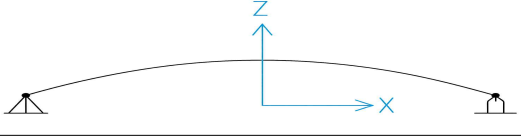
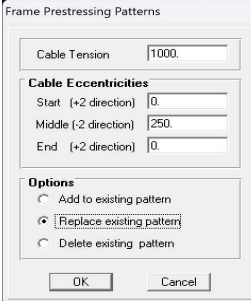

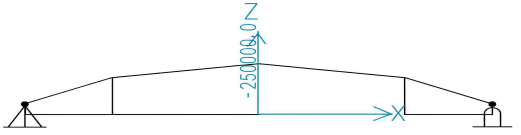


# 프리스트레스 콘크리트 공학 전산구조해석

1. 프리스트레스 콘크리트 구조, 지간장 10,000mm, 단면 500mm(B) × 700mm(H), 편심(정착단 e=0, 중앙부 e=250mm), 긴장력 1,000kN, 자중  $2.5 \times 10^{-8} \text{kN/mm}^2$ , 활하중 0.03kN/mm.

○ 계산치와 해석치 비교

- 자중 미 포함시 (상 하단 응력, 지간중양)
  - 계산치

- 해석치

- 자중까지 포함시 (상 하단 응력, 지간중양)
  - 계산치

- 해석치

- 활하중까지 포함시 (상 하단 응력, 지간중양)
  - 계산치

- 해석치

2. 프리스트레스 콘크리트 구조, 지간장 10,000mm, 단면 500mm(B) × 700mm(H), 편심(정착단 e=0, 중앙부 e=250mm), 긴장력 1,000kN, 자중  $2.5 \times 10^{-8} \text{kN/mm}^2$ , 활하중 50kN.

	<div style="border: 1px solid gray; padding: 5px;"> <p>Frame Prestressing Patterns</p> <p>Cable Tension: 1000.</p> <p><b>Cable Eccentricities</b></p> <p>Start (+2 direction): 0.</p> <p>Middle (-2 direction): 250.</p> <p>End (+2 direction): 0.</p> <p><b>Options</b></p> <p><input type="radio"/> Add to existing pattern</p> <p><input checked="" type="radio"/> Replace existing pattern</p> <p><input type="radio"/> Delete existing pattern</p> <p>OK Cancel</p> </div>	<div style="border: 1px solid gray; padding: 5px;"> <p>Frame Prestress Loads</p> <p>Load Case Name: L0401</p> <p>Scale Factor: 1</p> <p><b>Options</b></p> <p><input type="radio"/> Add to existing load</p> <p><input checked="" type="radio"/> Replace existing load</p> <p><input type="radio"/> Delete existing load</p> <p>OK Cancel</p> </div>

○ 계산치와 해석치 비교

· 자중 미 포함시 (상 하단 응력, 지간중양)

- 계산치

- 해석치

· 자중까지 포함시 (상 하단 응력, 지간중양)

- 계산치

- 해석치

· 활하중까지 포함시 (상 하단 응력, 지간중양)

- 계산치

- 해석치

3. 프리스트레스 콘크리트 구조, 지간장 10,000mm(2경간 연속), 단면 500mm(B) × 700mm(H), 편심 (정착단 e=0, 중앙부 e=250mm), 긴장력 1,000kN, 자중  $2.5 \times 10^{-8} \text{kN/mm}^2$ , 활하중 0.03kN/mm.

	<div style="border: 1px solid gray; padding: 5px;"> <p>Frame Prestressing Patterns</p> <p>Cable Tension: 1000</p> <p><b>Cable Eccentricities</b></p> <p>Start (+2 direction): 0</p> <p>Middle (-2 direction): 250</p> <p>End (+2 direction): 0</p> <p><b>Options</b></p> <p><input type="radio"/> Add to existing pattern</p> <p><input checked="" type="radio"/> Replace existing pattern</p> <p><input type="radio"/> Delete existing pattern</p> <p>OK Cancel</p> </div>	<div style="border: 1px solid gray; padding: 5px;"> <p>Frame Prestress Loads</p> <p>Load Case Name: LOAD1</p> <p>Scale Factor: 1</p> <p><b>Options</b></p> <p><input type="radio"/> Add to existing load</p> <p><input checked="" type="radio"/> Replace existing load</p> <p><input type="radio"/> Delete existing load</p> <p>OK Cancel</p> </div>

○ 계산치와 해석치 비교

- 자중 미 포함시 (상 하단 응력, 지간중앙, 내부지점부)
  - 해석치

- 자중까지 포함시 (상 하단 응력, 지간중앙, 내부지점부)
  - 해석치

- 활하중까지 포함시 (상 하단 응력, 지간중앙, 내부지점부)
  - 해석치

4. 프리스트레스 콘크리트 구조, 지간장 10,000mm(2경간 연속), 단면 500mm(B) × 700mm(H), 편심 (정착단 e=0, 중앙부 e=250mm), 긴장력 1,000kN, 자중  $2.5 \times 10^{-8} \text{kN/mm}^2$ , 활하중 50kN.

	<div style="border: 1px solid gray; padding: 5px;"> <p>Frame Prestressing Patterns</p> <p>Cable Tension: 1000</p> <p><b>Cable Eccentricities</b></p> <p>Start (+2 direction): 0</p> <p>Middle (-2 direction): 250</p> <p>End (+2 direction): 0</p> <p><b>Options</b></p> <p><input type="radio"/> Add to existing pattern</p> <p><input checked="" type="radio"/> Replace existing pattern</p> <p><input type="radio"/> Delete existing pattern</p> <p>OK Cancel</p> </div>	<div style="border: 1px solid gray; padding: 5px;"> <p>Frame Prestress Loads</p> <p>Load Case Name: LOAD1</p> <p>Scale Factor: 1</p> <p><b>Options</b></p> <p><input type="radio"/> Add to existing load</p> <p><input checked="" type="radio"/> Replace existing load</p> <p><input type="radio"/> Delete existing load</p> <p>OK Cancel</p> </div>

○ 계산치와 해석치 비교

- 자중 미 포함시 (상 하단 응력, 지간중앙, 내부지점부)
  - 해석치

- 자중까지 포함시 (상 하단 응력, 지간중앙, 내부지점부)
  - 해석치

- 활하중까지 포함시 (상 하단 응력, 지간중앙, 내부지점부)
  - 해석치

5. 프리스트레스 콘크리트 구조, 지간장 10,000mm(2경간 연속), 단면 500mm(B) × 700mm(H), 편심 (정착단 e=0, 중앙부 e=250mm), 긴장력 1,000kN, 자중  $2.5 \times 10^{-8} \text{kN/mm}^2$ , 활하중 100kN.

	<div data-bbox="762 224 1018 526"> <p>Frame Prestressing Patterns</p> <p>Cable Tension: 1000</p> <p><b>Cable Eccentricities</b></p> <p>Start (+2 direction): 0</p> <p>Middle (-2 direction): 250</p> <p>End (+2 direction): 0</p> <p><b>Options</b></p> <p><input type="radio"/> Add to existing pattern</p> <p><input checked="" type="radio"/> Replace existing pattern</p> <p><input type="radio"/> Delete existing pattern</p> <p>OK Cancel</p> </div>	<div data-bbox="1098 291 1353 459"> <p>Frame Prestress Loads</p> <p>Load Case Name: LOAD1</p> <p>Scale Factor: 1</p> <p><b>Options</b></p> <p><input type="radio"/> Add to existing load</p> <p><input checked="" type="radio"/> Replace existing load</p> <p><input type="radio"/> Delete existing load</p> <p>OK Cancel</p> </div>

○ 계산치와 해석치 비교

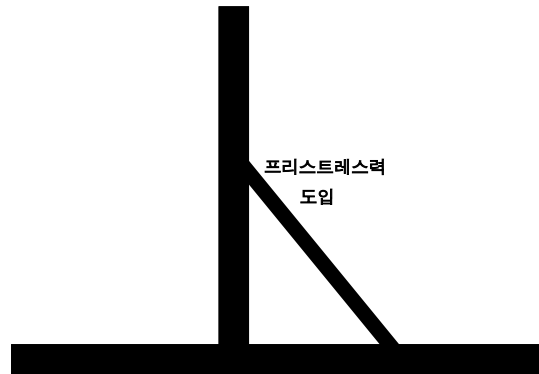
- 자중 미 포함시 (상 하단 응력, 지간중앙, 내부지점부)
  - 해석치

- 자중까지 포함시 (상 하단 응력, 지간중앙, 내부지점부)
  - 해석치

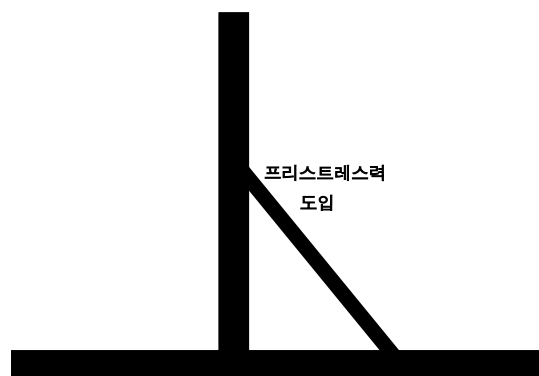
- 활하중까지 포함시 (상 하단 응력, 지간중앙, 내부지점부)
  - 해석치

# 프리스트레스력 도입에 따른 역T형 옹벽 벽체 높이 증대

1. 옹벽 높이=5,000mm, 저판 전체 폭 = 3,500mm, 앞굽길이 = 800mm, 뒷굽길이=800mm, 벽체두께=(하부 400mm, 상부 250mm(변다면, nonprismatic), 저판두께=500mm, 콘크리트 덮개=50mm, 구조 단위폭=1,000mm  $E_c=25\text{kN/mm}^2$ ,  $f_{ck}=0.027\text{kN/mm}^2$ ,  $f_y=0.4\text{kN/mm}^2$ , 콘크리트 단위 중량= $0.000000025\text{kN/mm}^3$ , 토압 계수 0.3, 뒷채움 흙 단위중량= $0.000000018\text{kN/mm}^3$ , 상재하중= $0\text{kN/mm}^3$  작용시 벽체 하단 휨모멘트 50% 감소를 위해 필요한 프리스트레스력은 ? (편심=0 적용)



2. 옹벽 높이=5,000mm, 저판 전체 폭 = 3,500mm, 앞굽길이 = 800mm, 뒷굽길이=800mm, 벽체두께=(하부 400mm, 상부 250mm(변다면, nonprismatic), 저판두께=500mm, 콘크리트 덮개=50mm, 구조 단위폭=1,000mm,  $E_c=25\text{kN/mm}^2$ ,  $f_{ck}=0.027\text{kN/mm}^2$ ,  $f_y=0.4\text{kN/mm}^2$ , 콘크리트 단위 중량= $0.000000025\text{kN/mm}^3$ , 토압 계수 0.3, 뒷채움 흙 단위중량= $0.000000018\text{kN/mm}^3$ , 상재하중= $0.00000001\text{kN/mm}^3$  작용시 벽체 하단 휨모멘트 50% 감소를 위해 필요한 프리스트레스력은 ? (편심=0 적용)



# 프리스트레스 도입에 따른 캔틸레버 옹벽 성능 향상 분석

## 1. 실습 개요

### 실습 제목

프리스트레스 도입에 따른 캔틸레버 옹벽 벽체 및 뒷굽판(Heel Slab)의 휨모멘트 감소 효과 분석

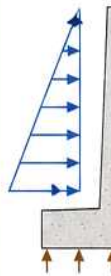
### 실습 목적

본 실습에서는 SAP2000을 이용하여 다음 사항을 확인한다.

- ✓ 일반 캔틸레버 옹벽의 거동 분석
- ✓ 벽체 후면 프리스트레스 도입 효과 분석
- ✓ 뒷굽판 프리스트레스 도입 효과 분석
- ✓ 프리스트레스 도입에 따른 휨모멘트 감소량 확인
- ✓ 프리스트레스 도입을 통한 옹벽 높이 증가 가능성 검토

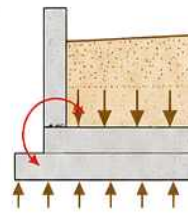
## 2. 이론적 배경

### 벽체



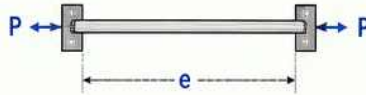
- 최대모멘트 위치 : 벽체 하단
- 토압 증가  $P_a \propto H^2$
- 하단모멘트  $M_w \propto H^3$

### 뒷굽판(Heel Slab)



- 뒤채움 흙 자중
- 상재하중 작용
- 따라서 벽체 접합부에서 큰 정모멘트 발생

### 프리스트레스 도입 효과

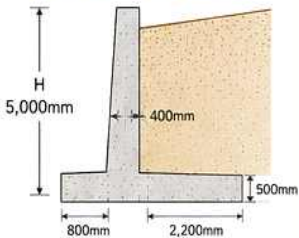


- 프리스트레스 힘  $P$ , 편심  $e$  일 때  $M_p = P \times e$ 의 저항모멘트 발생
- 결과적으로  $M_{net} = M - M_p$ 가 된다.

## 3. 실습 모델

### CASE 1

일반 옹벽(프리스트레스 없음)

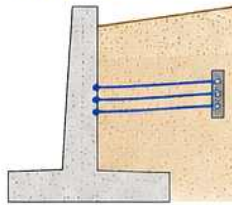


#### 조건

옹벽 높이 (H)	5,000 mm
벽체 두께	400 mm
뒷굽판 길이	2,200 mm
앞굽판 길이	800 mm
저판 두께	500 mm
뒤채움 흙 단위중량	$\gamma_s = 1.8 \times 10^{-8} \text{ kN/mm}^3$
토압계수	$K_a = 0.30$
상재하중	$q = 5.0 \times 10^{-6} \text{ kN/mm}^2$

### CASE 2

벽체 후면 프리스트레스 도입



CASE 1과 동일

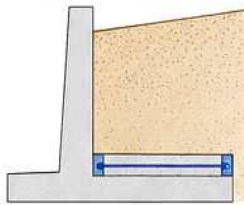
#### 추가조건

프리스트레스 힘	$P = 500 \text{ kN}$
편심	$e = 150 \text{ mm}$

저항모멘트  
 $M_p = 500 \times 150 = 75,000 \text{ kN} \cdot \text{mm}$

### CASE 3

뒷굽판 프리스트레스 도입



CASE 1과 동일

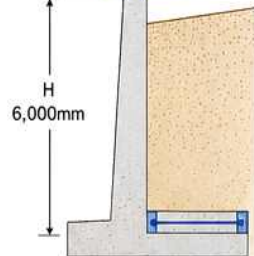
#### 추가조건

프리스트레스 힘	$P = 500 \text{ kN}$
편심	$e = 200 \text{ mm}$

저항모멘트  
 $M_p = 500 \times 200 = 100,000 \text{ kN} \cdot \text{mm}$

### CASE 4

높이 증가 옹벽



CASE 3 조건 유지

옹벽 높이 (H) 6,000 mm

## 4. SAP2000 모델링

### STEP 1

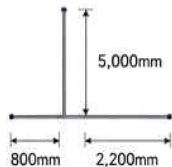
새 모델 생성



단위 : kN-mm

### STEP 2

Frame 요소 생성



### STEP 3

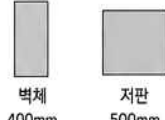
재료 정의



콘크리트  
 $E_c = 25 \text{ kN/mm}^2$

### STEP 4

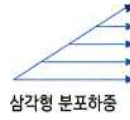
단면 정의



벽체 400mm  
저판 500mm

### STEP 5

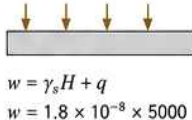
토압 입력



삼각형 분포하중  
 $0 \rightarrow 2.7 \times 10^{-2} \text{ kN/mm}$

### STEP 6

뒷굽판 상부 하중



$w = \gamma_s H + q$   
 $w = 1.8 \times 10^{-8} \times 5000 + 5 \times 10^{-6}$   
 $w = 9.5 \times 10^{-5} \text{ kN/mm}^2$

## 5. 해석 결과 정리

### CASE 1

항목	값
벽체 하단 모멘트	
뒷굽판 최대 모멘트	

### CASE 2

항목	값
벽체 하단 모멘트	
뒷굽판 최대 모멘트	

### CASE 3

항목	값
벽체 하단 모멘트	
뒷굽판 최대 모멘트	

### CASE 4

항목	값
벽체 하단 모멘트	
뒷굽판 최대 모멘트	

## 6. 모멘트 감소를 계산

### 벽체

$$\text{감소율} = \frac{M_{\text{CASE1}} - M_{\text{CASE2}}}{M_{\text{CASE1}}} \times 100$$

### 뒷굽판

$$\text{감소율} = \frac{M_{\text{CASE1}} - M_{\text{CASE3}}}{M_{\text{CASE1}}} \times 100$$

## 7. 결과 분석

- 1 벽체 후면 프리스트레스 도입 시 벽체 하단 모멘트는 몇 % 감소하는가?
- 2 뒷굽판 프리스트레스 도입 시 뒷굽판 최대 모멘트는 몇 % 감소하는가?
- 3 벽체 프리스트레스와 뒷굽판 프리스트레스 중 어느 방법이 더 효율적인가?
- 4 CASE 4에서 옹벽 높이를 6m로 증가시켜도 CASE 1과 유사한 수준의 모멘트를 유지할 수 있는가?

💡 핵심 포인트 : 프리스트레스는 토압 및 상재하중에 의해 발생하는 휨모멘트를 상쇄하여 옹벽의 안정성과 경제성을 향상시키고, 높이 증가 등 설계 유연성을 제공한다.

# 프리스트레스 도입에 따른 캔틸레버 옹벽 성능 향상 분석

## 1. 실습 개요

### 실습 제목

프리스트레스 도입에 따른 캔틸레버 옹벽 벽체 및 뒷굽판(Heel Slab)의 휨모멘트 감소 효과 분석

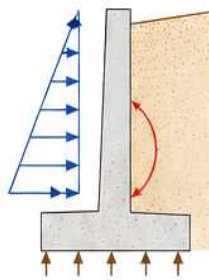
### 실습 목적

본 실습에서는 SAP2000을 이용하여 다음 사항을 확인한다.

- ✓ 일반 캔틸레버 옹벽의 거동 분석
- ✓ 벽체 후면 프리스트레스 도입 효과 분석
- ✓ 뒷굽판 프리스트레스 도입 효과 분석
- ✓ 프리스트레스 도입에 따른 휨모멘트 감소량 확인
- ✓ 프리스트레스 도입을 통한 옹벽 높이 증가 가능성 검토

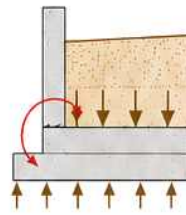
## 2. 이론적 배경

### 벽체



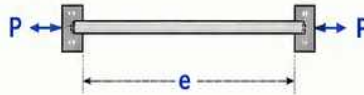
- 최대모멘트 위치 : 벽체 하단
- 토압 증가  $P_a \propto H^2$
- 하단모멘트  $M_w \propto H^3$

### 뒷굽판(Heel Slab)



- 뒤채움 흙 자중
- 상재하중 작용
- 따라서 벽체 접합부에서 큰 정모멘트 발생

### 프리스트레스 도입 효과

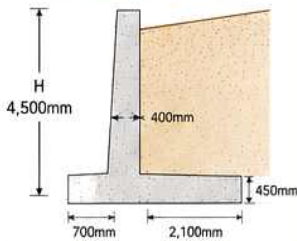


- 프리스트레스 힘 P, 편심 e 일 때  $M_p = P \times e$ 의 저항모멘트 발생
- 결과적으로  $M_{net} = M - M_p$ 가 된다.

## 3. 실습 모델

### CASE 1

일반 옹벽(프리스트레스 없음)

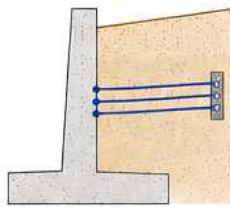


#### 조건

옹벽 높이 (H)	4,500 mm
벽체 두께	400 mm
뒷굽판 길이	2,100 mm
앞굽판 길이	700 mm
저판 두께	450 mm
뒤채움 흙 단위중량	$\gamma_s = 1.9 \times 10^{-6} \text{ kN/mm}^2$
토압계수	$K_a = 0.28$
상재하중	$q = 4.0 \times 10^{-6} \text{ kN/mm}^2$

### CASE 2

벽체 후면 프리스트레스 도입



CASE 1과 동일

#### 추가조건

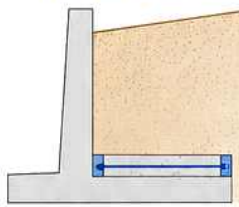
프리스트레스 힘	$P = 450 \text{ kN}$
편심	$e = 150 \text{ mm}$

#### 저항모멘트

$$M_p = 450 \times 150 = 67,500 \text{ kN} \cdot \text{mm}$$

### CASE 3

뒷굽판 프리스트레스 도입



CASE 1과 동일

#### 추가조건

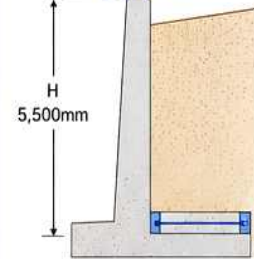
프리스트레스 힘	$P = 450 \text{ kN}$
편심	$e = 180 \text{ mm}$

#### 저항모멘트

$$M_p = 450 \times 180 = 81,000 \text{ kN} \cdot \text{mm}$$

### CASE 4

높이 증가 옹벽



CASE 3 조건 유지

옹벽 높이 (H) 5,500 mm

## 4. SAP2000 모델링

### STEP 1

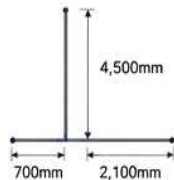
새 모델 생성



단위 : kN-mm

### STEP 2

Frame 요소 생성



### STEP 3

재료 정의

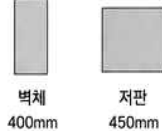


콘크리트

$E_c = 25 \text{ kN/mm}^2$

### STEP 4

단면 정의

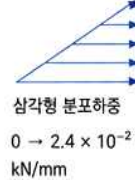


벽체

저판

### STEP 5

토압 입력



삼각형 분포하중  
 $0 \rightarrow 2.4 \times 10^{-2} \text{ kN/mm}$

### STEP 6

뒷굽판 상부 하중



$$w = \gamma_s H + q$$

$$w = 1.9 \times 10^{-6} \times 4500 + 4 \times 10^{-6}$$

$$w = 8.95 \times 10^{-5} \text{ kN/mm}^2$$

## 5. 해석 결과 정리

### CASE 1

항목	값
벽체 하단 모멘트	
뒷굽판 최대 모멘트	

### CASE 2

항목	값
벽체 하단 모멘트	
뒷굽판 최대 모멘트	

### CASE 3

항목	값
벽체 하단 모멘트	
뒷굽판 최대 모멘트	

## 6. 모멘트 감소를 계산

$$\text{벽체 감소율} = \frac{M_{CASE1} - M_{CASE2}}{M_{CASE1}} \times 100$$

$$\text{뒷굽판 감소율} = \frac{M_{CASE1} - M_{CASE3}}{M_{CASE1}} \times 100$$

## 7. 결과 분석

- 1 벽체 후면 프리스트레스 도입 시 벽체 하단 모멘트는 몇 % 감소하는가?
- 2 뒷굽판 프리스트레스 도입 시 뒷굽판 최대 모멘트는 몇 % 감소하는가?
- 3 벽체 프리스트레스와 뒷굽판 프리스트레스 중 어느 방법이 더 효율적인가?
- 4 CASE 4에서 옹벽 높이를 5.5m로 증가시켜도 CASE 1과 유사한 수준의 모멘트를 유지할 수 있는가?



핵심 포인트 : 프리스트레스는 토압 및 상재하중에 의해 발생하는 휨모멘트를 상쇄하여 옹벽의 안정성과 경제성을 향상시키고, 높이 증가 등 설계 유연성을 제공한다.

# 프리스트레스 도입에 따른 강재 트러스교 성능 향상 분석

## 1. 실습 개요

### 실습 제목

하한재 프리스트레스 도입에 따른 강재 트러스교의 처짐 감소 및 장시간화 효과 분석

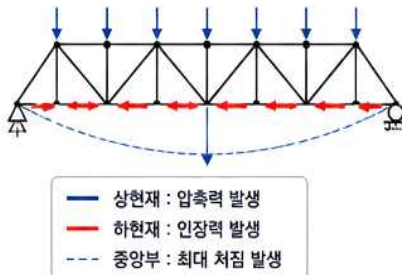
### 실습 목적

본 실습에서는 SAP2000을 이용하여 다음 사항을 확인한다.

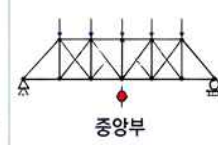
- ✓ 일반 강재 트러스교의 거동 분석
- ✓ 하한재 프리스트레스 도입 효과 분석
- ✓ 하한재 인장력 감소 효과 분석
- ✓ 중앙부 처짐 감소 효과 분석
- ✓ 프리스트레스 도입에 따른 시간장 증가 가능성 검토

## 2. 이론적 배경

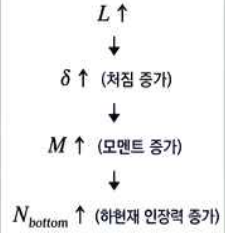
### 일반 강재 트러스교



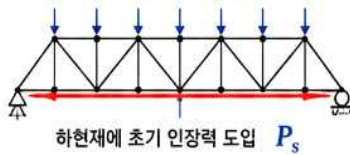
### 최대 처짐 위치



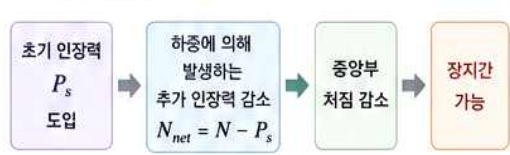
### 시간장 증가 시 변화



### 하한재 프리스트레스 도입

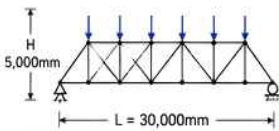


### 프리스트레스 효과



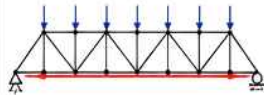
## 3. 실습 모델

### CASE 1 일반 강재 트러스교 프리스트레스 없음



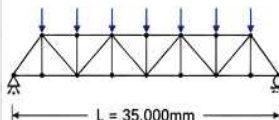
조건	
시간장 (L)	30,000 mm
트러스 높이 (H)	5,000 mm
패널 수	6 개
재료	강재 ( $E_s = 200 \text{ kN/mm}^2$ )
하중	고정하중 80 kN/절점 (각 절점) 활하중 120 kN (중앙 3절점)

### CASE 2 하한재 프리스트레스 도입 CASE 1과 동일



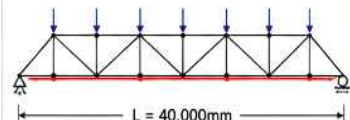
추가조건	
프리스트레스 힘 $P_s$	500 kN (하한재 전체 부재에 동일하게 도입)
초기 인장력 도입	

### CASE 3 시간 증가 트러스교 CASE 2 조건 유지



추가조건	
시간장 (L)	35,000 mm

### CASE 4 장시간 트러스교 CASE 2 조건 유지



추가조건	
시간장 (L)	40,000 mm
프리스트레스 힘 $P_s$	700 kN

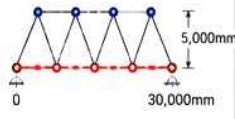
## 4. SAP2000 모델링

### STEP 1 새 모델 생성



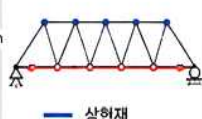
단위 : kN-mm

### STEP 2 절점 생성



- 하한재 : 0 ~ 30,000mm
- 상한재 : 높이 5,000mm

### STEP 3 Frame 요소 생성



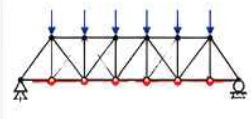
- 상한재
- 하한재
- 복재(대각재)

### STEP 4 재료 정의



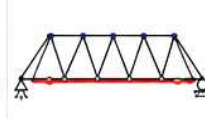
강재  
 $E_s = 200 \text{ kN/mm}^2$   
(탄성계수)

### STEP 5 하중 입력



- 고정하중 : 80 kN/절점 (하한재 절점)
- 활하중 : 120 kN/절점 (중앙 3절점)

### STEP 6 프리스트레스 입력



하한재 전체 부재에 프리스트레스 힘  $P_s$  적용 (초기 인장력 형태)

## 5. 해석 결과 정리

### CASE 1

항목	값
최대 하한재 인장력	
최대 상한재 압축력	
중앙부 처짐	

### CASE 2

항목	값
최대 하한재 인장력	
최대 상한재 압축력	
중앙부 처짐	

### CASE 3

항목	값
최대 하한재 인장력	
최대 상한재 압축력	
중앙부 처짐	

### CASE 4

항목	값
최대 하한재 인장력	
최대 상한재 압축력	
중앙부 처짐	

## 6. 감소율 계산

### ① 하한재 인장력 감소율

$$\text{감소율} = \frac{N_{CASE1} - N_{CASE2}}{N_{CASE1}} \times 100 (\%)$$

(N : 하한재 최대 인장력)

### ② 중앙부 처짐 감소율

$$\text{감소율} = \frac{\delta_{CASE1} - \delta_{CASE2}}{\delta_{CASE1}} \times 100 (\%)$$

( $\delta$  : 중앙부 최대 처짐)

## 7. 결과 분석

- ① 하한재 프리스트레스 도입 시 최대 인장력은 몇 % 감소하는가?
- ② 중앙부 처짐은 몇 % 감소하는가?
- ③ 프리스트레스 도입 후 시간장을 35m로 증가시켜도 허용 가능한 수준의 거동을 보이는가?
- ④ 40m 장시간 트러스교에 프리스트레스를 적용할 경우 경제성과 구조적 장점은 무엇인가?



**핵심 포인트** : 프리스트레스는 하한재의 인장력을 감소시키고 중앙부 처짐을 줄여 강재 트러스교의 장시간화를 가능하게 한다. 프리스트레스 도입 전후의 축력도(Axial Force Diagram)와 변형도(Deformed Shape)를 비교하는 것이 본 실습의 핵심이다.

# 프리스트레스 도입에 따른 강재 트러스교 성능 향상 분석

## 1. 실습 개요

### 실습 제목

하현재 프리스트레스 도입에 따른 강재 트러스교의 처짐 감소 및 장시간화 효과 분석

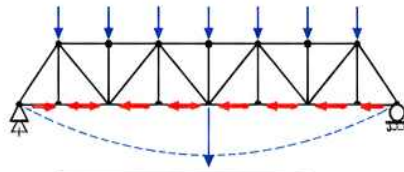
### 실습 목적

본 실습에서는 SAP2000을 이용하여 다음 사항을 확인한다.

- ✓ 일반 강재 트러스교의 거동 분석
- ✓ 하현재 프리스트레스 도입 효과 분석
- ✓ 하현재 인장력 감소 효과 분석
- ✓ 중앙부 처짐 감소 효과 분석
- ✓ 프리스트레스 도입에 따른 시간장 증가 가능성 검토

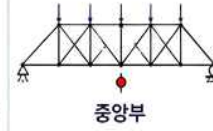
## 2. 이론적 배경

### 일반 강재 트러스교

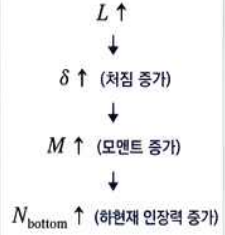


- 상현재: 압축력 발생
- 하현재: 인장력 발생
- - - 중앙부: 최대 처짐 발생

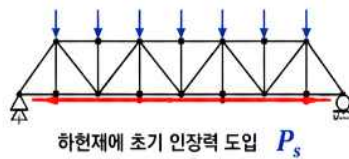
### 최대 처짐 위치



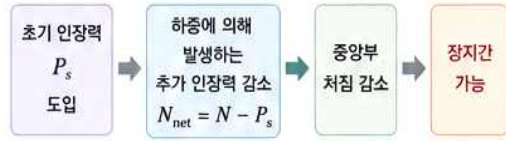
### 시간장 증가 시 변화



### 하현재 프리스트레스 도입

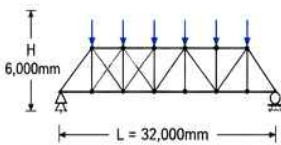


### 프리스트레스 효과



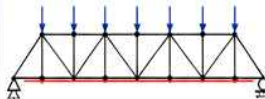
## 3. 실습 모델

### CASE 1 일반 강재 트러스교 프리스트레스 없음



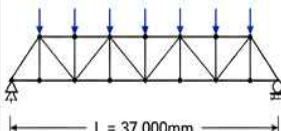
조건	
시간장 (L)	32,000 mm
트러스 높이 (H)	6,000 mm
패널 수	8 개
재료	강재 ( $E_s = 200 \text{ kN/mm}^2$ )
하중	고정하중 100 kN/절 (각 절점)
	활하중 150 kN/절 (중앙 4절점)

### CASE 2 하현재 프리스트레스 도입 CASE 1과 동일



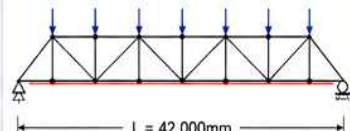
추가조건	
프리스트레스 힘 $P_s = 600 \text{ kN}$ (하현재 전체 부재에 동일하게 도입)	
<b>초기 인장력 도입</b>	

### CASE 3 시간 증가 트러스교 CASE 2 조건 유지



추가조건	
시간장 (L)	37,000 mm

### CASE 4 장시간 트러스교 CASE 2 조건 유지



추가조건	
시간장 (L)	42,000 mm
프리스트레스 힘	$P_s = 800 \text{ kN}$

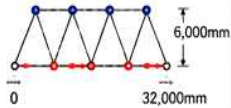
## 4. SAP2000 모델링

### STEP 1 새 모델 생성



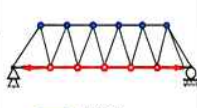
단위: kN-mm

### STEP 2 절점 생성



- 하현재: 0 ~ 32,000mm
- 상현재: 높이 6,000mm

### STEP 3 Frame 요소 생성



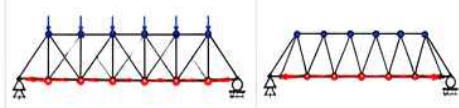
- 상현재
- 하현재
- 복제(대각재)

### STEP 4 재료 정의



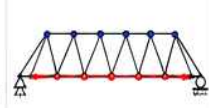
강재  
 $E_s = 200 \text{ kN/mm}^2$   
(탄성계수)

### STEP 5 하중 입력



- 고정하중: 100 kN/절점 (하현재 절점)
- 활하중: 150 kN/절점 (중앙 4절점)

### STEP 6 프리스트레스 입력



하현재 전체 부재에 프리스트레스 힘  $P_s$  적용 (초기 인장력 형태)

## 5. 해석 결과 정리

### CASE 1

항목	값
최대 하현재 인장력	
최대 상현재 압축력	
중앙부 처짐	

### CASE 2

항목	값
최대 하현재 인장력	
최대 상현재 압축력	
중앙부 처짐	

### CASE 3

항목	값
최대 하현재 인장력	
최대 상현재 압축력	
중앙부 처짐	

### CASE 4

항목	값
최대 하현재 인장력	
최대 상현재 압축력	
중앙부 처짐	

## 6. 감소를 계산

### ① 하현재 인장력 감소율

$$\text{감소율} = \frac{N_{CASE1} - N_{CASE2}}{N_{CASE1}} \times 100 (\%)$$

(N: 하현재 최대 인장력)

### ② 중앙부 처짐 감소율

$$\text{감소율} = \frac{\delta_{CASE1} - \delta_{CASE2}}{\delta_{CASE1}} \times 100 (\%)$$

( $\delta$ : 중앙부 최대 처짐)

## 7. 결과 분석

- ① 하현재 프리스트레스 도입 시 최대 인장력은 몇 % 감소하는가?
- ② 중앙부 처짐은 몇 % 감소하는가?
- ③ 프리스트레스 도입 후 시간장을 37m로 증가시켜도 허용 가능한 수준의 거동을 보이는가?
- ④ 42m 장시간 트러스교에 프리스트레스를 적용할 경우 경제성과 구조적 장점은 무엇인가?



**핵심 포인트:** 프리스트레스는 하현재의 인장력을 감소시키고 중앙부 처짐을 줄여 강재 트러스교의 장시간화를 가능하게 한다. 프리스트레스 도입 전후의 축력도(Axial Force Diagram)와 변형도(Deformed Shape)를 비교하는 것이 본 실습의 핵심이다.

# 프리스트레스 도입에 따른 흙막이 버팀보(Strut) 성능 향상 분석

## 1. 실습 개요

### 실습 제목

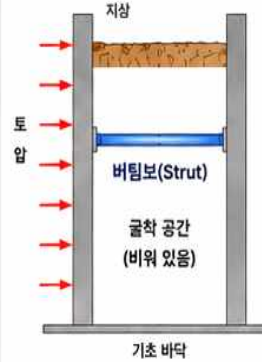
프리스트레스 도입에 따른  
흙막이 버팀보(Strut)의 효과 분석

### 실습 목적

- ✓ 흙막이 구조의 거동 분석
- ✓ 프리스트레스 도입 효과 분석
- ✓ 벽체 휨모멘트 및 변위 감소 확인
- ✓ 굴착 안정성 향상 확인
- ✓ 프리스트레스 버팀보의 실무 적용성 이해

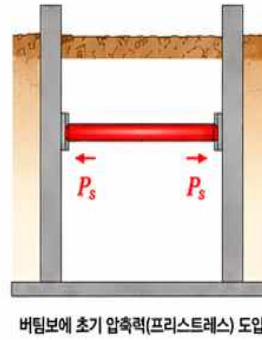
## 2. 이론적 배경

### 흙막이 구조 개념



- 굴착 시 토압(수평방향)은 외부(흙)에서 벽체로 작용 (밖 → 안 방향)
- 버팀보(Strut)는 벽체를 안쪽에서 서로 밀어주어 벽체의 벌어짐을 방지
- 벽체 안쪽은 지하 구조를 시공을 위해 비워 있어야 함

### 프리스트레스 버팀보 개념

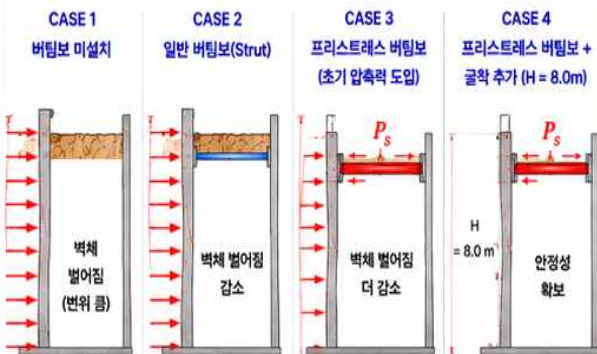


### 기대 효과

- ✓ 버팀보 압축력 증가 (여유도 증가)
- ✓ 벽체 휨모멘트 및 변위 감소
- ✓ 굴착 안정성 향상
- ✓ 시공 안정성 및 경제성 향상



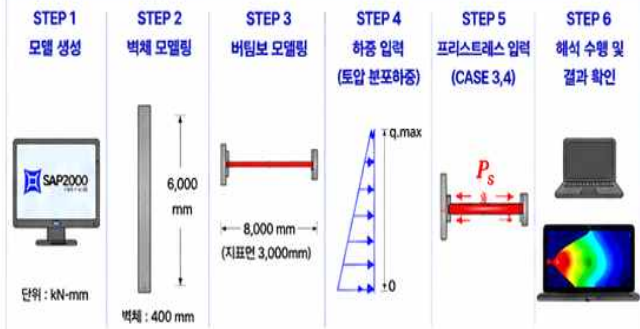
## 3. 실습 모델 (굴착고 H = 6.0 m)



공통 조건	
굴착고 (H)	6.0 m (CASE 4는 8.0 m)
벽체 두께	400 mm
버팀보 위치	지표면에서 3.0 m
버팀보 길이	8.0 m (벽체 간 거리)
지반 단위중량 (γ)	18 kN/m <sup>3</sup>
토압계수 (K <sub>a</sub> )	0.33

추가 조건 (프리스트레스)	
프리스트레스 힘 (P <sub>s</sub> )	= 800 kN (압축)
편심 (e <sub>0</sub> )	= 0 mm (중심 축력)
도입 위치	버팀보 전 길이에 균등 적용

## 4. SAP2000 모델링 방법



## 5. 해석 결과 비교 항목

항목	CASE 1 (미설치)	CASE 2 (일반 Strut)	CASE 3 (PS Strut)	CASE 4 (PS Strut, H=8m)	비고
버팀보 축력 (N)	kN				
벽체 최대 휨모멘트 (M <sub>max</sub> )	kN-m				
벽체 최대 변위 (δ <sub>max</sub> )	mm				
버팀보 중앙 변위 (δ <sub>strut</sub> )	mm				
최대 토압 반력 (R <sub>max</sub> )	kN				

## 6. 감소를 계산 (CASE2 대비)

- 1 벽체 휨모멘트 감소율
- 2 벽체 변위 감소율
- 3 버팀보 변위 감소율

$$\frac{M_{CASE2} - M_{CASE3}}{M_{CASE2}} \times 100 (\%)$$

$$\frac{\delta_{CASE2} - \delta_{CASE3}}{\delta_{CASE2}} \times 100 (\%)$$

$$\frac{\delta_{strut,CASE2} - \delta_{strut,CASE3}}{\delta_{strut,CASE2}} \times 100 (\%)$$

## 7. 결과 분석 및 토의

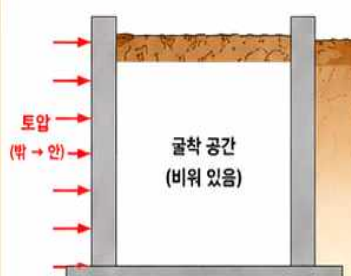
- 1 CASE 1(버팀보 비설치)과 비교하여 벽체의 최대 휨모멘트와 변위는 어떻게 변화하는가?
- 2 일반 버팀보(CASE 2)와 프리스트레스 버팀보(CASE 3)를 비교하여 효과를 분석하라.
- 3 프리스트레스를 도입하면 벽체 변위가 왜 감소하는가?
- 4 CASE 4(굴착고 증가, 프리스트레스 버팀보 적용)에서도 안정성이 확보되는가?
- 5 프리스트레스 버팀보의 장점과 주의할 점을 정리해 보자.



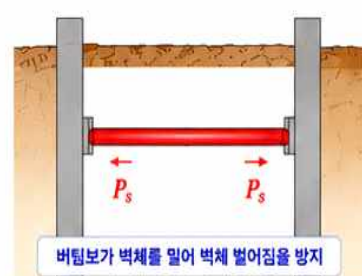
## 핵심 포인트

- ✓ 토압은 흙(외부)에서 벽체(내부)로 작용한다 (밖 → 안).
- ✓ 버팀보는 내부에서 벽체를 밀어 주는 구조로 토압에 저항한다.
- ✓ 프리스트레스 도입 시 버팀보의 압축력이 증가하여 벽체의 벌어짐과 휨모멘트가 감소한다.
- ✓ 굴착 상황 및 시공 안정성 확보에 효과적이다.

### 토압 방향 (개념도)



### 프리스트레스 버팀보 작용 (개념도)



# 프리스트레스 도입에 따른 흙막이 버팀보(Strut) 성능 향상 분석

### 1. 실습 개요

**실습 제목**  
프리스트레스 도입에 따른 흙막이 버팀보(Strut)의 효과 분석

**실습 목적**

- ✓ 흙막이 구조의 거동 분석
- ✓ 프리스트레스 도입 효과 분석
- ✓ 벽체 휨모멘트 및 변위 감소 확인
- ✓ 굴착 안정성 향상 확인
- ✓ 프리스트레스 버팀보의 실무 적용성 이해

### 2. 이론적 배경

#### 흙막이 구조 개념

- 굴착 시 토압(수평방향)은 외부(흙)에서 벽체로 작용 (밖 → 안 방향)
- 버팀보(Strut)는 벽체를 안쪽에서 서로 밀어주어 벽체의 벌어짐을 방지
- 벽체 안쪽은 지하 구조를 시공을 위해 비워 있어야 함

#### 프리스트레스 버팀보 개념

**기대 효과**

- ✓ 버팀보 압축력 증가 (어유도 증가)
- ✓ 벽체 휨모멘트 및 변위 감소
- ✓ 굴착 안정성 향상
- ✓ 시공 안정성 및

### 3. 실습 모델 (굴착고 H = 8.0 m)

#### CASE 1

버팀보 미설치

벽체 벌어짐 (변위 큼)

#### CASE 2

일반 버팀보(Strut)

벽체 벌어짐 감소

#### CASE 3

프리스트레스 버팀보 (초기 압축력 도입)

벽체 벌어짐 더 감소

#### CASE 4

프리스트레스 버팀보 + 굴착 추가 (H = 10.0m)

안정성 확보

공통 조건	
굴착고 (H)	8.0 m (CASE 4는 10.0 m)
벽체 두께	500 mm
버팀보 위치	지표면에서 4.0 m
버팀보 길이	9.0 m (벽체 간 거리)
지반 단위중량 (γ)	19 kN/m <sup>3</sup>
토압계수 (K <sub>a</sub> )	0.31

추가 조건 (프리스트레스)	
프리스트레스 힘 (P <sub>s</sub> )	= 1,200 kN (압축)
편심 (e <sub>a</sub> )	= 0 mm (중심 축력)
도입 위치	버팀보 전 길이에 균등 적용

### 4. SAP2000 모델링 방법

#### STEP 1

모델 생성

단위: kN-mm

#### STEP 2

벽체 모델링

벽체: 500 mm

#### STEP 3

버팀보 모델링

(지표면 4,000mm)

#### STEP 4

하중 입력 (토압 분포하중)

#### STEP 5

프리스트레스 입력 (CASE 3, 4)

#### STEP 6

해석 수행 및 결과 확인

### 5. 해석 결과 비교 항목

항목	CASE 1 (미설치)	CASE 2 (일반 Strut)	CASE 3 (PS Strut)	CASE 4 (PS Strut, H=10m)	비고
버팀보 축력 (N)	kN				
벽체 최대 휨모멘트 (M <sub>max</sub> )	kN-m				
벽체 최대 변위 (δ <sub>max</sub> )	mm				
버팀보 중앙 변위 (δ <sub>strut</sub> )	mm				
최대 토압 반력 (R <sub>max</sub> )	kN				

### 6. 감소율 계산 (CASE2 대비)

1. 벽체 휨모멘트 감소율

$$\frac{M_{CASE2} - M_{CASE3}}{M_{CASE2}} \times 100 (\%)$$

2. 벽체 변위 감소율

$$\frac{\delta_{CASE2} - \delta_{CASE3}}{\delta_{CASE2}} \times 100 (\%)$$

3. 버팀보 변위 감소율

$$\frac{\delta_{strut,CASE2} - \delta_{strut,CASE3}}{\delta_{strut,CASE2}} \times 100 (\%)$$

### 7. 결과 분석 및 토의

- CASE 1(버팀보 미설치)과 비교하여 벽체의 최대 휨모멘트와 변위는 어떻게 변화하는가?
- 일반 버팀보(CASE 2)와 프리스트레스 버팀보(CASE 3)를 비교하여 효과를 분석하라.
- 프리스트레스를 도입하면 벽체 변위가 왜 감소하는가?
- CASE 4(굴착고 증가, 프리스트레스 버팀보 적용)에서도 안정성이 확보되는가?
- 프리스트레스 버팀보의 장점과 주의할 점을 정리해 보자.

### 핵심 포인트

- ✓ 토압은 흙(외부)에서 벽체(내부)로 작용한다 (밖 → 안).
- ✓ 버팀보는 내부에서 벽체를 밀어 주는 구조로 토압에 저항한다.
- ✓ 프리스트레스 도입 시 버팀보의 압축력이 증가하여 벽체의 벌어짐과 휨모멘트가 감소한다.
- ✓ 굴착 상황 및 시공 안정성 확보에 효과적이다.

#### 토압 방향 (개념도)

굴착 공간 (비워 있음)

#### 프리스트레스 버팀보 작용 (개념도)

버팀보가 벽체를 밀어 벽체 벌어짐을 방지

### 실제조건 (변경 사항)

항목	기본 조건 (상단 표)	변경 조건 (이번 실습)
굴착고 (H)	8.0 m (CASE 4는 10.0 m)	9.0 m (CASE 4는 11.0 m)
벽체 두께	500 mm	600 mm
버팀보 위치	지표면에서 4.0 m	지표면에서 4.5 m
버팀보 길이	9.0 m (벽체 간 거리)	10.0 m (벽체 간 거리)
벽체 단위중량 (γ)	19 kN/m <sup>3</sup>	20 kN/m <sup>3</sup>
지반 단위중량 (γ)	19 kN/m <sup>3</sup>	20 kN/m <sup>3</sup>
토압계수 (K <sub>a</sub> )	0.31	0.30

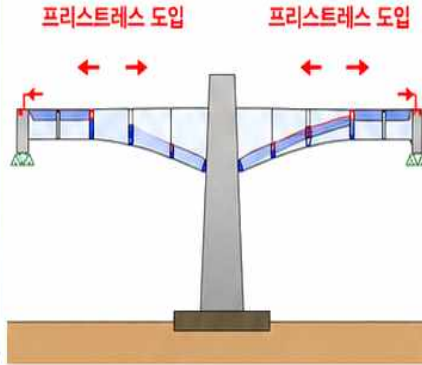
추가 조건 (프리스트레스)		비고
프리스트레스 힘 (P <sub>s</sub> )	= 1,500 kN (압축)	• 토압은 길이에 따라 선형 증가 (q = K <sub>a</sub> γz)
편심 (e <sub>a</sub> )	= 0 mm (중심 축력)	• 벽체 상단은 자유단, 하단은 고정단 조건 적용
도입 위치	버팀보 전 길이에 균등 적용	• 모든 해석은 선형 정적 해석 수행
		• 프리스트레스는 초기 상태에서 균등 압축력으로 도입

# Balanced Cantilever Bridge (균형 캔틸레버 교량) 실습 안내

프리스트레스가 없으면 성립하지 않는 시공법! 프리스트레스의 핵심 장점을 직접 확인해 보세요.

## 1. 개념 소개

- Balanced Cantilever Bridge는 교각에서 좌우로 캔틸레버를 연장하여 시공하는 교량입니다.
- 각 세그먼트는 프리스트레스로 미리 압축력을 도입하여 시공 중 균형을 유지합니다.
- 프리스트레스가 없다면 중간에서 처짐이 커지고, 시공 중 붕괴가 발생할 수 있습니다.



## 2. 실습 목표

- ✓ Balanced Cantilever 시공 원리 이해
- ✓ 프리스트레스 도입 전·후 거동 비교
- ✓ 처짐, 모멘트, 축력 변화 확인
- ✓ 프리스트레스의 구조적 효과 체험

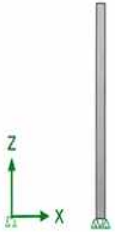
## 3. 실습 개요

- 해석 프로그램 : SAP2000
- 구조 형태 : 2D Frame (평면 골조)
- 교량 제원 (예시)
  - 경간 : 좌 60 m + 우 60 m
  - 세그먼트 길이 : 5.0 m
  - 교각 높이 : 20 m
  - 콘크리트 :  $f'c = 40$  MPa
  - 긴장재 : PS Tendon (프리스트레스)
- 비교 해석
  - CASE 1 : 프리스트레스 없음
  - CASE 2 : 프리스트레스 도입

## 4. 모델링 방법 (SAP2000)

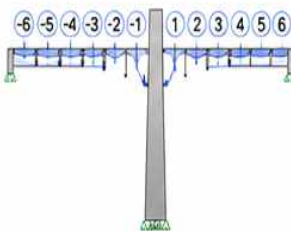
### ① 기본 모델 생성

- 2D Frame (X-Z 평면)



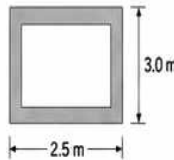
### ② 세그먼트 정의

- 각 세그먼트 길이 : 5.0 m



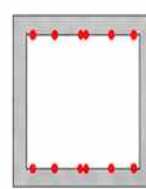
### ③ 재료 및 단면

- 콘크리트 :  $f'c = 40$  MPa
- 단면 예시 : Box Section



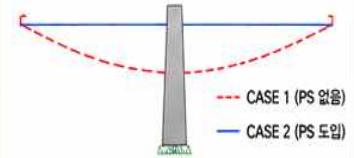
### ④ 프리스트레스 정의 (CASE 2)

- Tendon 배치 (상·하 방향)

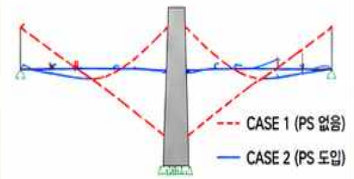


## 6. 비교 항목

### ① 처짐 비교 (최종 단계)



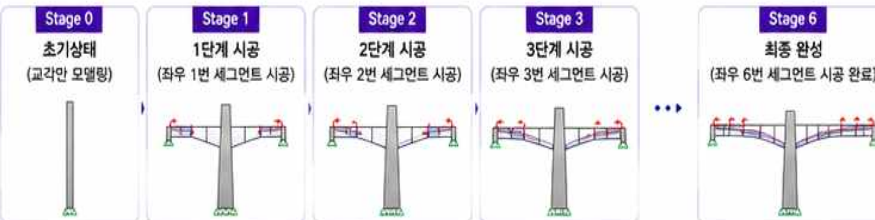
### ② 모멘트 비교 (최종 단계)



### ③ 교각 축력 비교 (최종 단계)

구분	CASE 1 (PS 없음)	CASE 2 (PS 도입)
상부 축력		
하부 축력		
최대 압축력		

## 5. 시공 단계 (예시: 좌우 대칭 시공)



※ 각 단계에서 세그먼트 자중을 적용하고, 프리스트레스(Tendon) 도입 → 해석 수행

## 7. 결과 해석 및 관찰 포인트

- 프리스트레스 도입 시, 각 단계에서 처짐이 현저히 감소하는가?
- 중간 시공 단계에서도 구조가 안정적으로 유지되는가?
- 최종 단계에서 CASE 1과 CASE 2의 최대 처짐을 비교하라.
- 최종 단계에서 모멘트 분포가 어떻게 달라지는가?
- Balanced Cantilever 시공이 가능한 이유를 프리스트레스 관점에서 설명하라.



## 8. 프리스트레스의 핵심 장점 (이 실습에서 확인!)

- ✓ 시공 중 구조 안정성 확보
- ✓ 처짐 및 모멘트 감소
- ✓ 교각에 작용하는 부재력 감소
- ✓ 장경간 시공 가능
- ✓ 구조물 사용성 및 내구성 향상

## 9. 실습 팁

- Tendon 프로퍼티에서 "Initial Strain" 또는 "Jack Force"를 이용해 프리스트레스를 도입합니다.
- 시공 단계별로 "Add/Modify Loads"를 이용해 자중을 단계적으로 적용합니다.
- P-Delta 옵션을 활성화하여 기하비선형 효과를 고려합니다.
- 결과 확인 시, Deformed Shape / Bending Moment / Axial Force를 비교합니다.

### 제출 보고서

- 모델링 개요 (제원, 단면, Tendon 배치 등)
- 시공 단계별 주요 결과 (처짐, 모멘트, 축력)
- 최종 단계 비교 표 및 그래프 (CASE 1 vs CASE 2)
- 프리스트레스의 장점에 대한 고찰

### 기대 효과

프리스트레스가 단순히 보를 튼튼하게 하는 것을 넘어, 시공 방법 자체를 가능하게 만드는 핵심 기술임을 직접 체험할 수 있습니다!

### 참고 이미지 (개념도)

