

Prestressed Molding Support



Kang Su Min
Kim Yong Man
Chae Seok Won

PROBLEM



지하층 옹벽, 합벽 타설 시 사용되는 기존 합벽 지지대 문제점

- 대형부재 사용으로 인한 작업 공간 협소 및 이동, 운반의 불편함
- 앵커 매립의 선 시공 필요성으로 인한 설치 및 해체공정의 복잡성
- 길게 빠져나온 부재로 인한 협소, 작업자의 걸려 넘어짐의 위험성

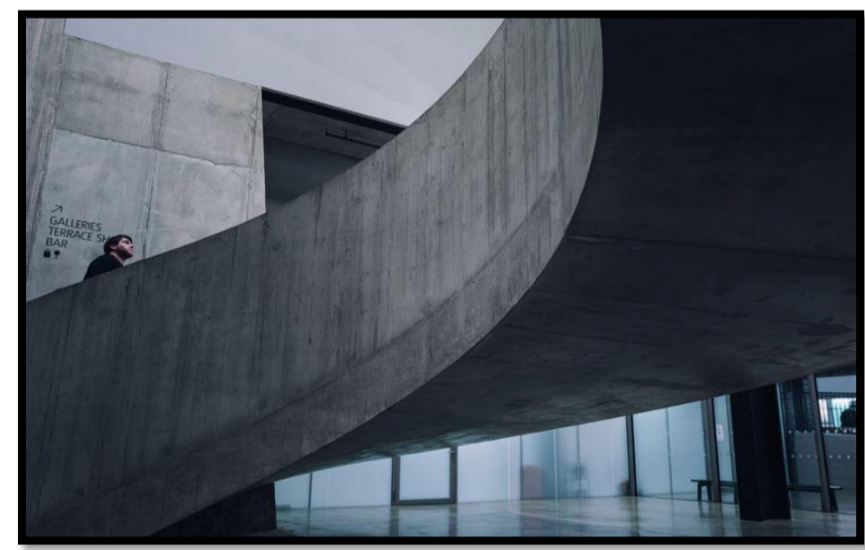
SOLUTION



- 기존 합벽 지지대의 축압을 버티며 부재를 간소화 하여 공간 확보
- 지하층 합벽지대 사용 시 발생하는 공간 관련 문제 대부분 해소
- 공간 확보가 어려운 도심지 공사 및 소규모 현장의 활용성 극대화

- 기존 합벽 지지대의 문제점 중 하나인 공간 협소 및 시공의 불편함 등을 개선하는 방안을 모색
- 부재를 간소화 하는 방법 중 버팀대에 가해지는 힘을 다른 방식으로 치환하여 부재를 단순화
- 지하층 옹벽이나 합벽 타설 시 높은 축압이 발생하기 때문에 이를 버틸 수 있는 방안을 고려함

CASE STUDY



[Prestressed concrete]

기존 합벽지대대의 성능을 단순 긴장력만으로 지지하는 것은 불가능 할 것이라 판단 강장벽에 더 큰 지지능력을 부여할 방법을 생각하여 진행

강선에 프리스트레스를 주어 강한 힘을 버티게 하는 프리스트레스의 기본원리를 적용할 것을 고려 단순 긴장력이 아닌 프리스트레스를 통한 더욱 큰 축압을 버틸 수 있게 되어 이점이 있음



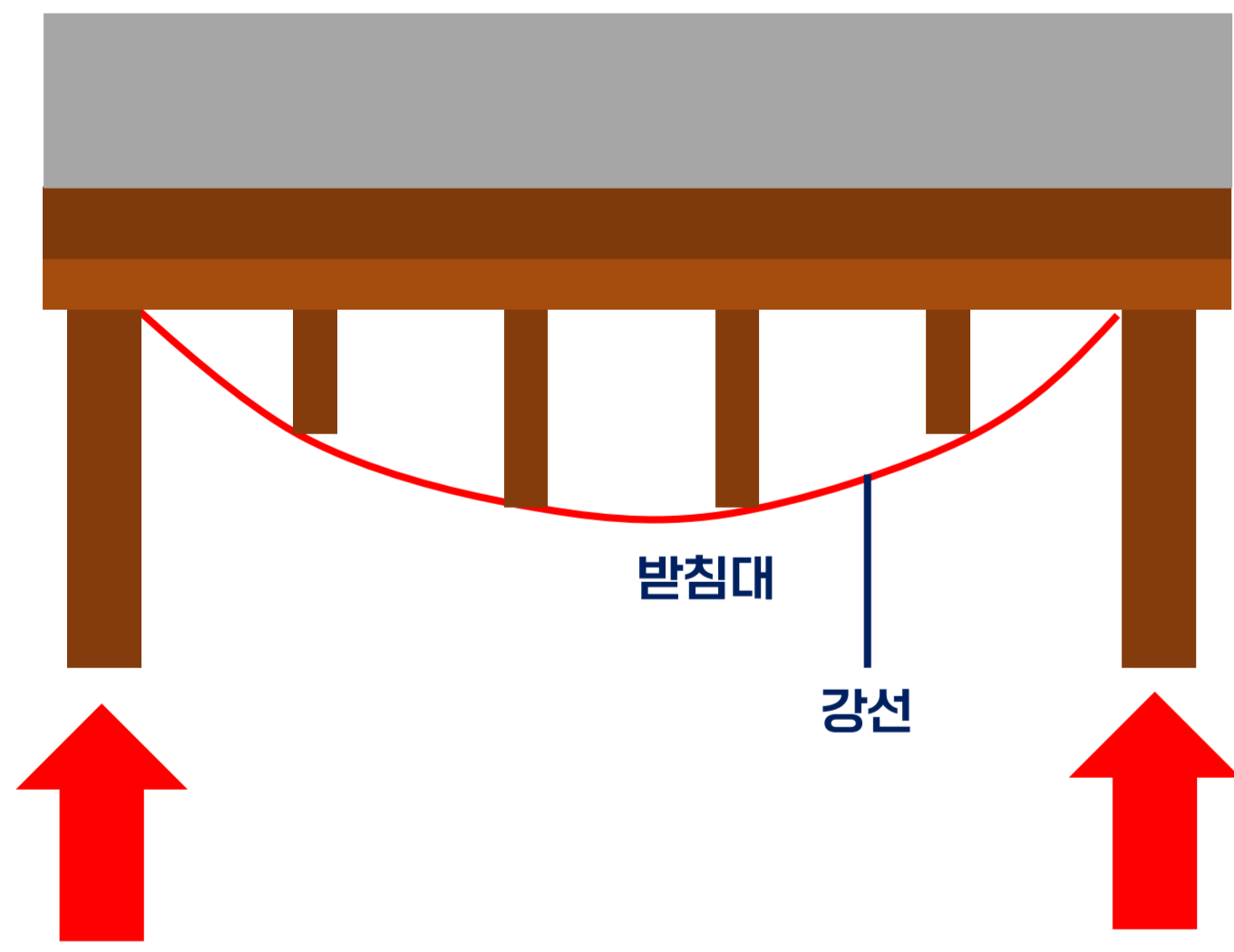
[IPS Method]

토압을 기존 지지방식이 아닌 떠받쳐 버팀보 강선으로 지지하는 방식의 효율이 공방이 좁은 IP5 에서 강선으로 축압을 지지하는 방식에 대한 Case study를 통하여 방식을 고안해 보았음

IPS공법을 통한 긴장력을 통해 압력을 버티는 방식에 대한 아이디어를 발전시켜 진행하였음

IPS와 합벽지대대의 상황을 모두 고려하여 최적의 방식을 찾아내는 것을 목표로 진행함

CONCEPT



[PMS Model]

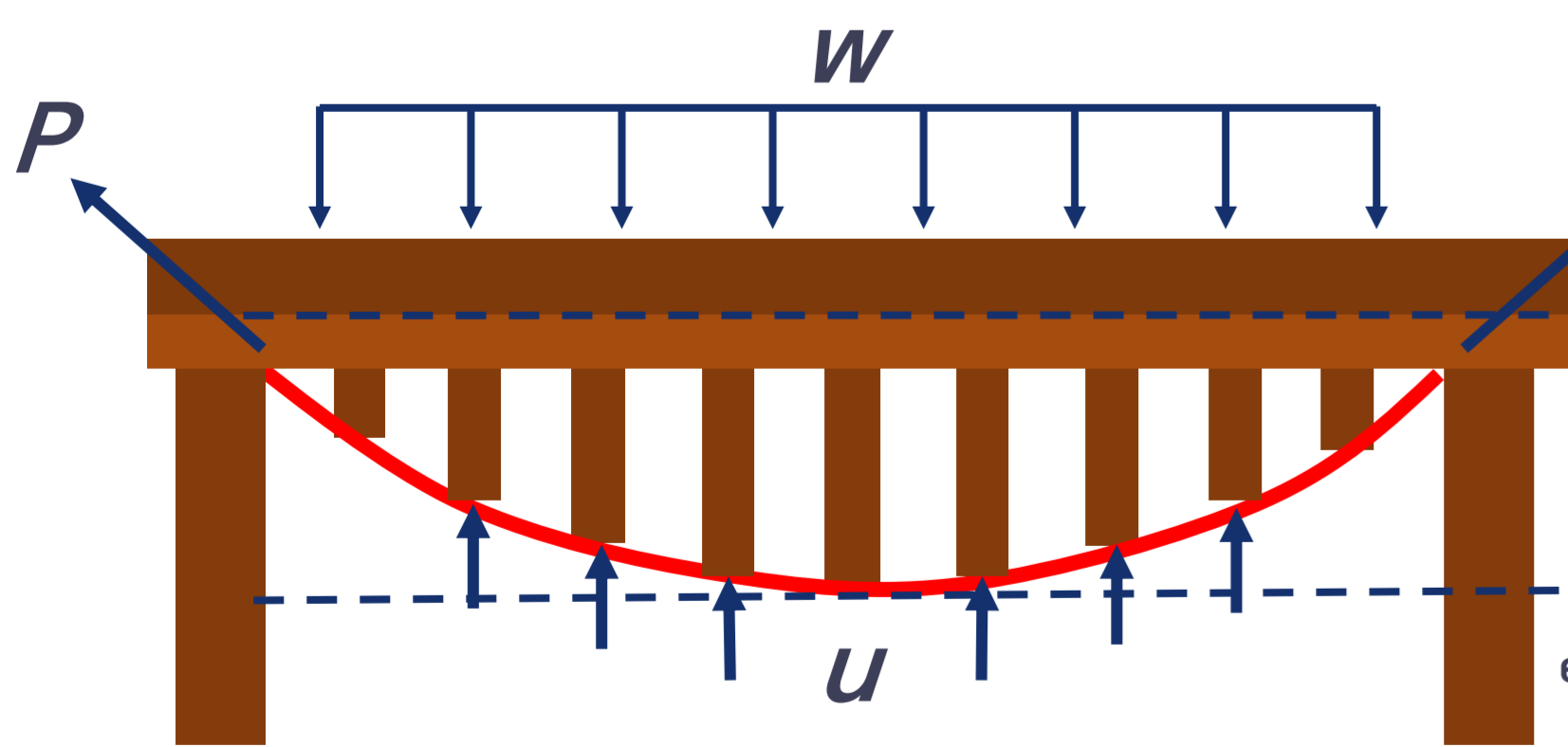
기존 합벽지대대가 받던 압축력을 다른 힘으로 치환하는 방법을 고려, 그 중 받침대에 강선을 두어 긴장력으로 버티는 방식을 최적이라 생각하고 진행함

곡면 형태의 경우 평면보다 곡률로 인해 다양한 강도와 강성을 확보 가능할 것이라 예측하고 아치 형태의 해당 컨셉을 바탕으로 계산 및 해석을 진행함

기존 합벽 지지대 대비 높은 축압을 버틸 수 있고 공간 확보에 이점을 가져올 수 있으며 이로 인해 지하층 옹벽, 합벽 타설 시 부재의 이동 및 운반이 간편해지고 특이한 도심지나 좁은 지하층 현장 같은 경우 장비 반입의 불편함을 대량 해결하고 이로 인해 시공이 간편해짐에 따라 공기 단축 등 이점이 생김

부재가 합벽 지지대 대비 간소화되고 앵커 등의 선시공이 불필요해짐에 따라 공정이 단순화 되고 노무비와 자재비 절감 등의 다양한 시공상의 이점이 생김

IDEA DEVELOPMENT

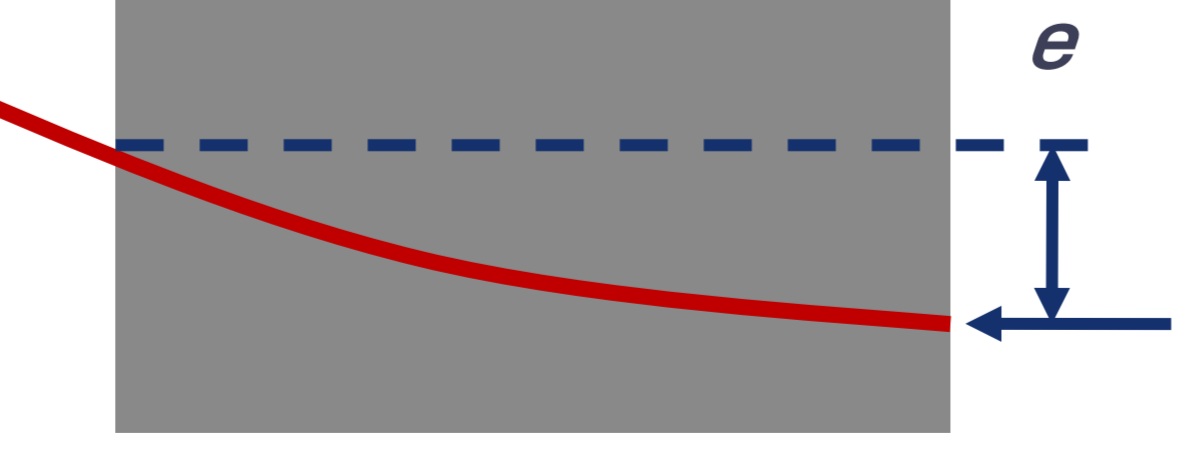
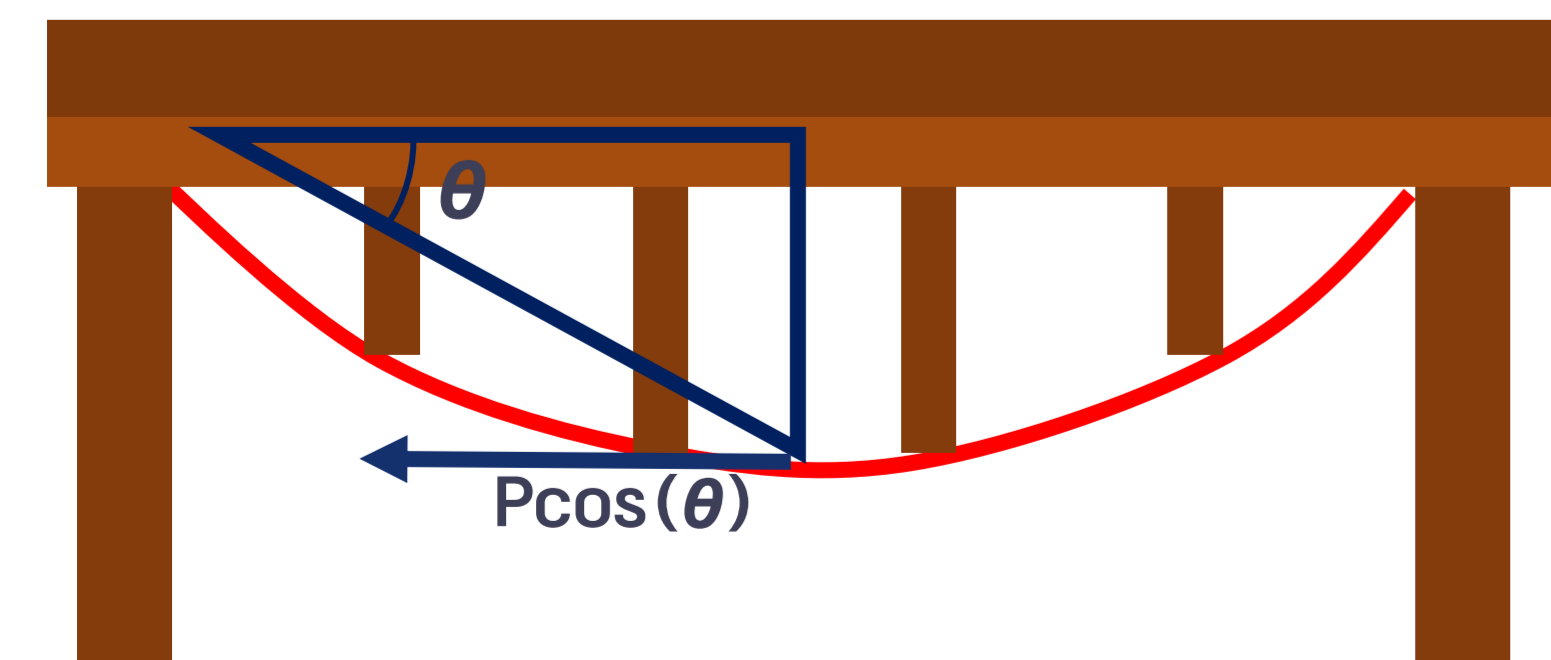


[Prestressed Con'c]

프리스트레스 공법의 원리를 그대로 적용하기에 문제점이 발생

프리스트레스 콘크리트 설계의 경우 해당 부재가 동일 부재임을 전제로 동일한 거동을 하는데 반해 PMS의 경우 지지대가 동일 한 거동을 한다고 확실할 수 없어 프리스트레스 콘크리트 설계의 기본 원리를 적용하는 방식에 대한 고려를 하게 됨. 이를 해결하기 위하여 강선과 거푸집 사이 무수히 많은 지지대가 있다고 생각 하여 동일부재라고 가정하고 원리를 적용하여 식을 도출하게 됨

$$\therefore \text{모멘트 평형식 } u = 8Pe/L^2 = w \rightarrow P = uL^2/8e$$



거푸집에서 사용되는 강연선의 각은 버팀보에 의해 커지기 때문에 이에 따른 각도 추가적인 계산이 필요

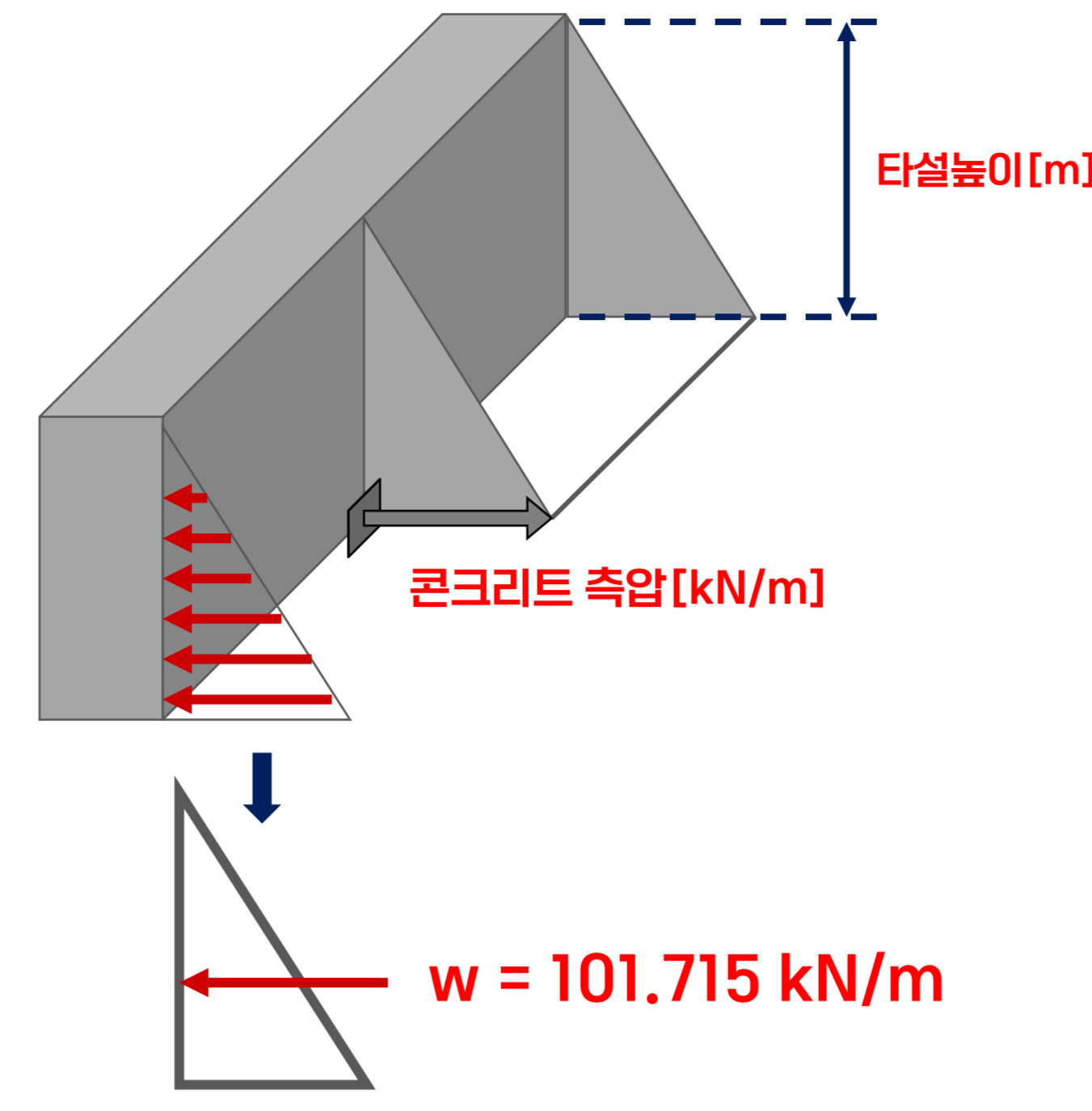
PSC의 변형이 거의 없다고 가정, 편심길이에 의한 각이 0에 수렴

$$\frac{uL^2}{8} = Pe \rightarrow \frac{uL^2}{8} = P\cos(\theta)e$$

$$\therefore P = \frac{uL^2}{8\cos(\theta)e}$$

LATERAL PRESSURE

$$u[kN/m] = w = \text{콘크리트 축압}[kN/m^2] * \text{타설높이}[m] / 2$$



콘크리트공사 표준시방서 (KCS 14 20 12 거푸집 및 동바리)

$$\text{콘크리트 축압}[kN/m^2] = C_w C_c [7.2 + \frac{790R}{T+10}] \quad (1.6-2)$$

철근콘크리트 수직, 수평 분리타설 유의사항
2. 타설방법 (일반사항)
3) 타설높이 제한
① 역, 기동 최대 4m

<표 1.6-1> 단위 중량 계수 (C_w)

콘크리트 단위중량 [kN/m ³]	C _w
22.5 초과 ~ 24 이하인 경우	1.0

<표 1.6-2> 화력점가름 계수 (C_c)

시멘트 종류 및 첨가물	C _c
자연재를 사용하지 않은 KS L 5201의 1, 2, 3종 시멘트	1.0

(L) 벽체의 축압은 콘크리트 타설 속도에 따라 식 (1.6-3)과 식 (1.6-4)과 같이 구분한다.

$$\text{① 타설 속도가 } 2.1\text{m/h} \text{ 이하이고, 타설높이가 } 4.2\text{m} \text{ 미만인 벽체}$$

$$C_c C_c [7.2 + \frac{790R}{T+10}] \quad (1.6-3)$$

② 타설 속도가 2.1m/h 이하이면서 타설 높이가 4.2m 초과하는 벽체 및 타설 속도가 (2.1~4.5)m/h인 모든 벽체

$$C_c C_c [7.2 + \frac{1160+240R}{T+10}] \quad (1.6-4)$$

STRENGTH

시험편	항복강도	인장강도	탄성계수	항복비 (%)	연신율 (%)
SS400-10mm	313	469	193,100	66.7	30
SS400-14mm	308	465	196,200	66.3	29
SPPH 42-6.8mm	358	415	175,300	85.9	28
SD35-D10	364	539	197,700	67.6	27
SWPC 7B	1,721	1,923	202,400	88.6	-

PC강연선 SWPC 7B ø15.2mm

항복강도 : 1,721 MPa
탄성계수 : 202 GPa

1개의 인장력 : 398 kN
1EA: 398kN
2EA: 796kN
3EA: 1194kN

강선 2EA의 경우 P > 796kN인 최대 거리

강선 3EA의 경우 P > 1194kN인 최대 거리

EXCEL

[편심거리 선정]

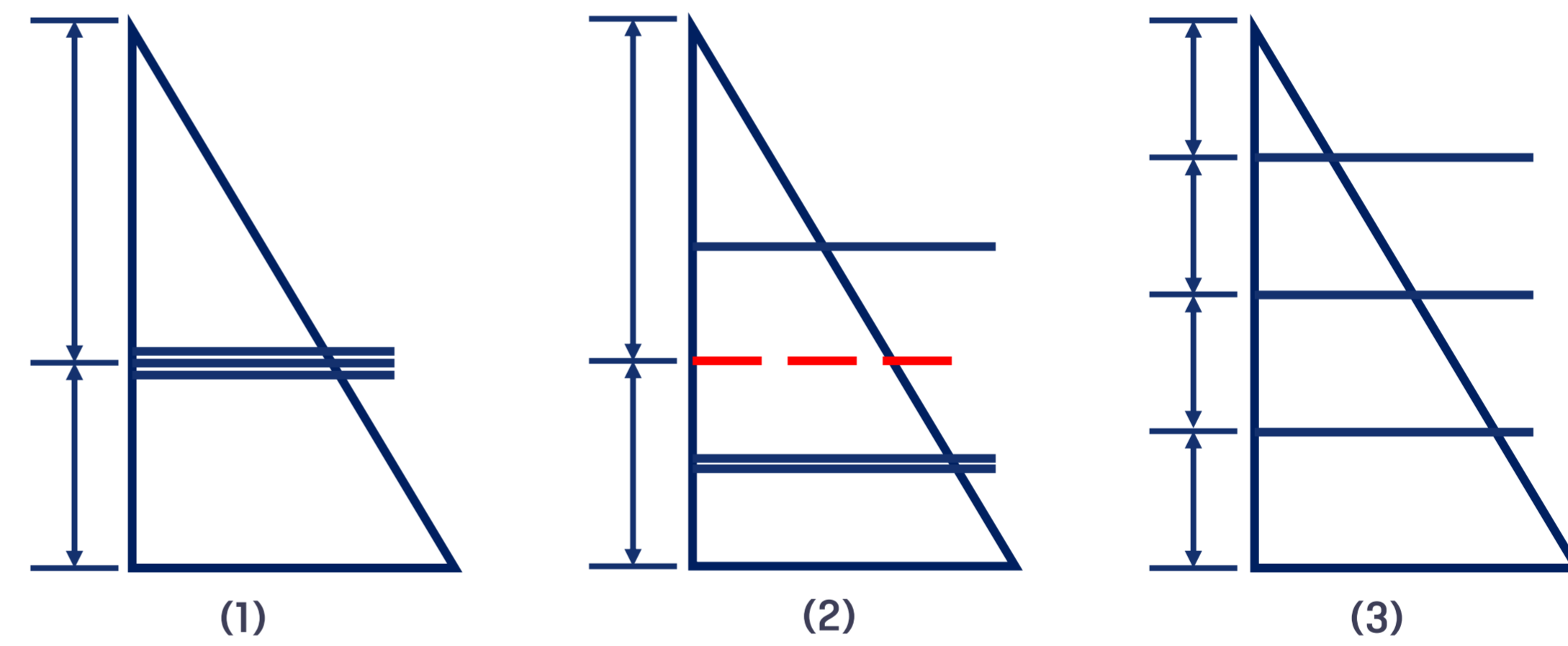
엑셀을 활용하여 위 수치 값을 입력한 수치 파일 작성 후 엑셀 검토를 통하여 편심거리인 e의 값을 확인

3EA의 경우 P > 1194kN의 최대값인 e = 0.27m
2EA의 경우 P > 796kN의 최대값인 e = 0.41m

두개의 값 중 강선 2EA로는 안정적인 지지가 어려울 것이라 판단하고 보다 안정적인 지지를 위해 3EA의 강선을 사용하는 방식으로 최종 결정하여 진행하게 됨

P < 1194kN 최댓값인 편심거리 0.27m 사용

MODEL CASE

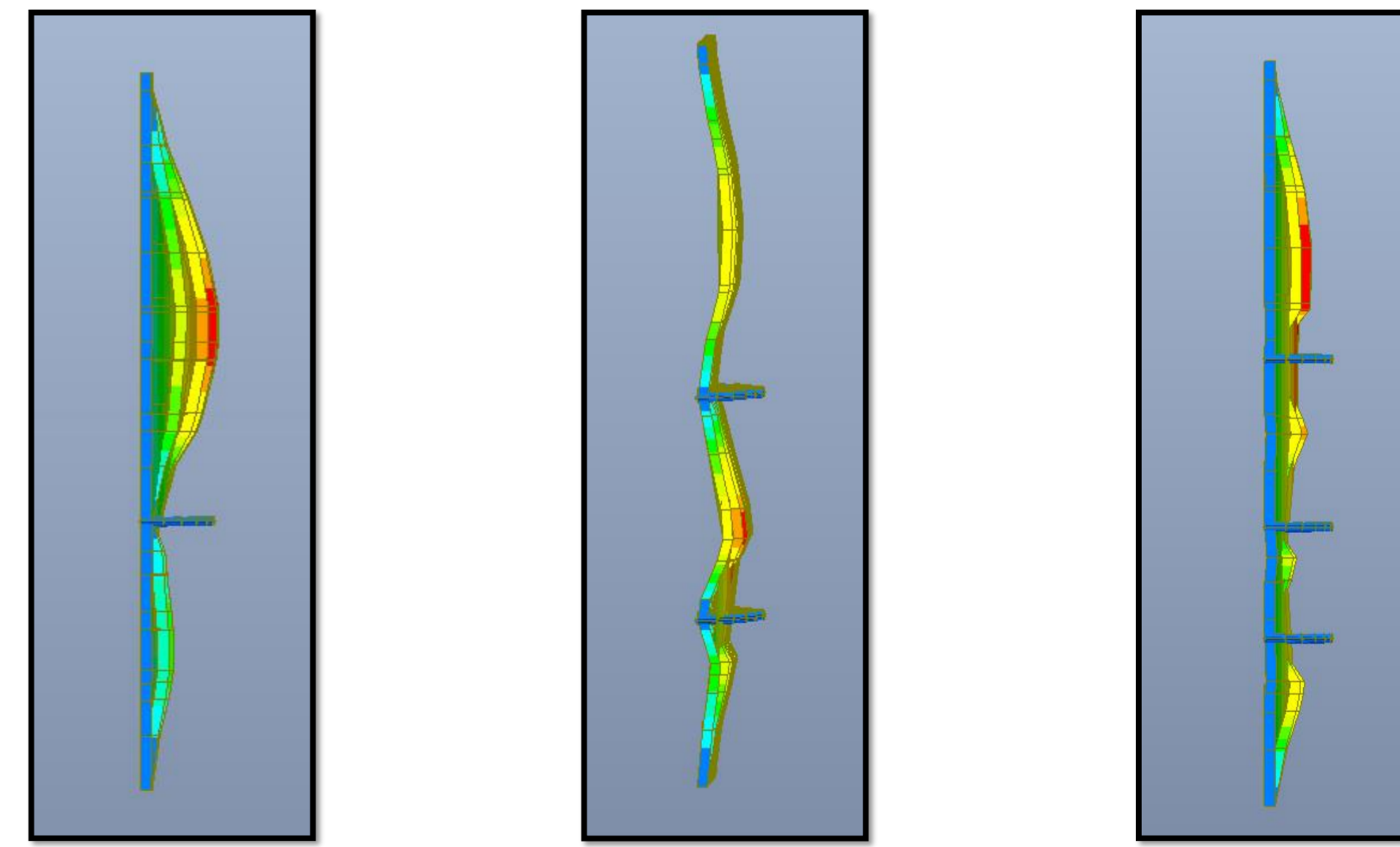


[강선 배치 형태 3가지 모델 케이스 구조 해석]

Case (1)
한 지점에 세 강선을 모두 배치할 초기 디자인에서는 삼각형의 무게중심 지점인 2/3 지점에 강선을 전부 배치하는 것으로 생각하고 구조해석을 진행하였음

Case (2)
두 지점에 세 강선을 나눠서 배치 초기 디자인에서는 삼각형의 무게중심인 2/3 지점을 기준으로 하여 위쪽 삼각형 2/3 지점에 하나 아래쪽 사다리꼴 중앙에 두개 배치하는 것으로 구조해석을 진행하여 결과를 살펴봄

Case (3)
세 지점에 세 강선을 나눠서 배치 초기 디자인에서는 삼각형을 4등분하여 강선을 배치하여 진행하고 이후 구조해석 결과에 따라 강선의 간격을 재배치하였음



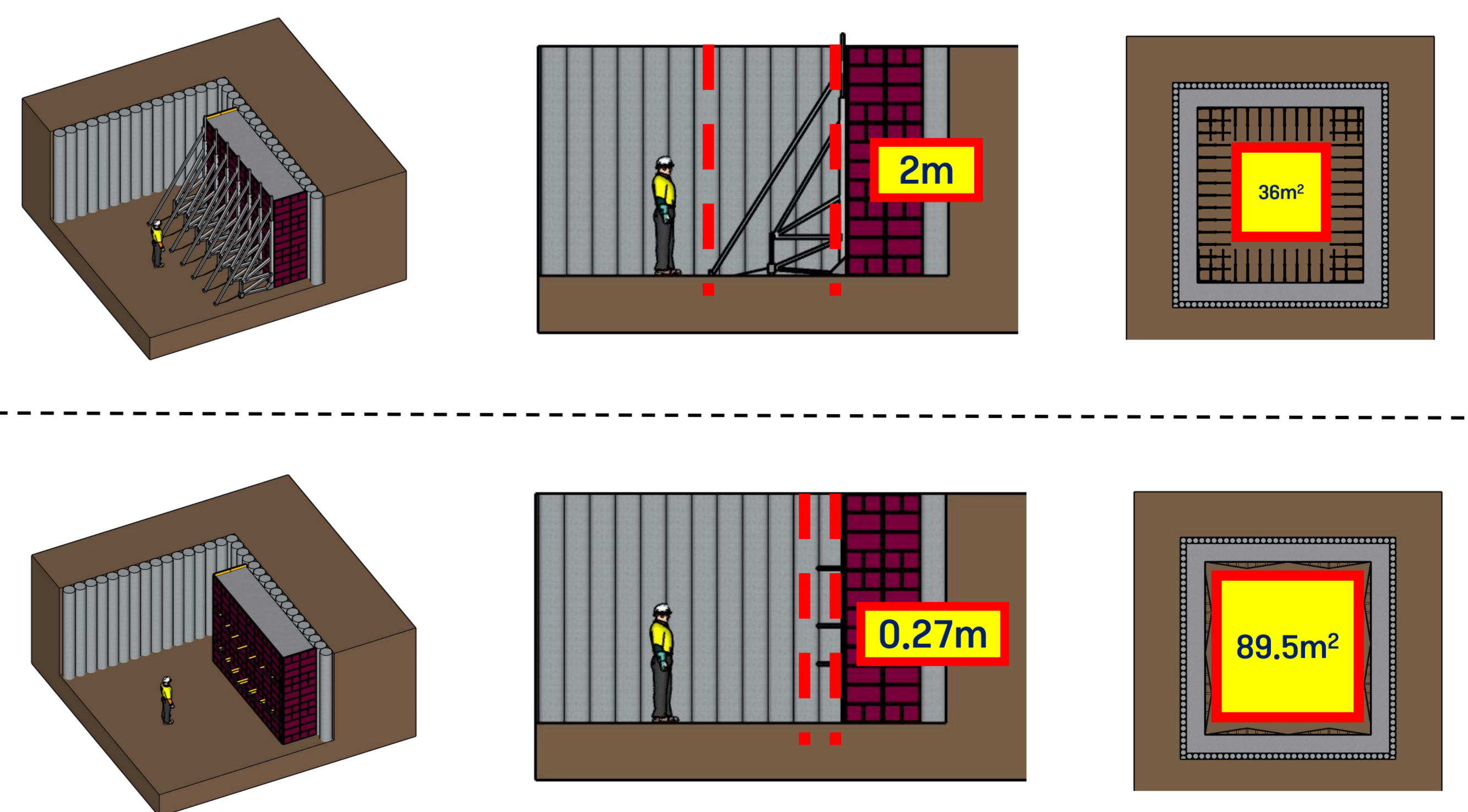
[가장 안정적인 모양인 CASE 3 선정]

각 모델 케이스의 Midas 구조해석 결과 Case(1)의 경우 상부에 응력이 집중되어 거푸집에 많은 변형이 오게 되고 부재의 상태 또한 NG값이 나와 불안정 함

Case(2)의 경우 Case(1)에 비해 많이 나아졌으나 여전히 불안정한 형태를 취하고 있으며 부재 간 또한 NG가 나오는 것으로 보아 여전히 불안정한 모델임

최종적으로 Case(3)의 경우 초기 디자인 형태에서는 가장 안정적인 모습을 취하고 있었지만 하부 응력 집중으로 인해 부재 간에 NG가 나타남으로 거푸집에 배치하는 강선 사이의 간격을 조정하여 최종 모델을 선정하게 되었으며, 해당 간격은 각각 아래에서 부터 0.9m, 0.5m, 1.0m, 1.6m의 간격을 취하고 있음

FINAL MODEL PLAN



- 부재 간소화를 통한 공간 확보를 통해 운반 및 이동이 용이하고 특이한 도심지 공사 및 소규모 현장 시 효율 극대화
- 부재의 간소화, 설치 및 해체 공정의 단순화, 현장 내 장비 반입이 용이해짐 등으로 인한 노무비 절감 및 공기 단축
- 높은 축압을 지지할 수 있음에 따라 분리 타설 등의 고려를 최소화하여 시공 등에 큰 이점을 지닐 수 있게 되었음