ACulvert 2018

암거, 지하차도, 복층 암거설계자동화 소프트웨어



HanGil IT

CONTENTS

I. 지하 구조물의 설계

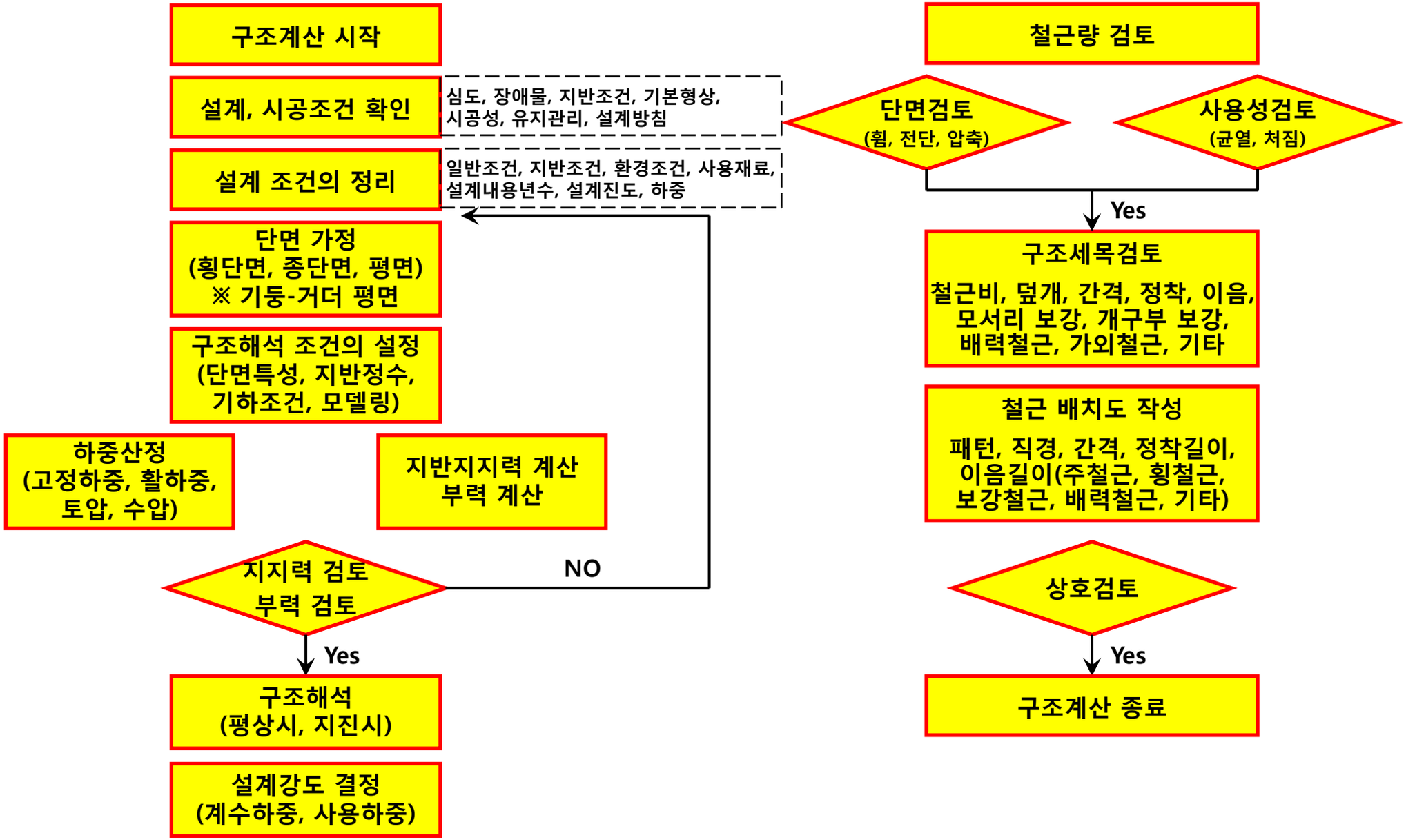
1. 지하구조물의 설계개요
2. 지하구조물의 설계절차
3. 지하구조물의 지점조건
4. 적용하중
5. 구조설계
6. 내진해석

1. 지하구조물의 설계 개요

▪ 일반사항

부 재 설계 법	• 철근 콘크리트 구조물은 원칙적으로 **강도설계법**의 규정에 따라 구조적 안전성을 확보할 수 있도록 설계하여야 하며, 균열 및 처짐 등의 사용성 검토도 수행하여야 한다. (다만, 특별한 경우에는 **허용응력 설계법**의 규정에 따라 설계한다.)
합 리 적 설계 방향	• 설계는 **시공 및 유지관리** 등을 충분히 고려하여 합리적인 구조물 설치계획을 수립하여야 한다. • 구조계산서와 도면은 일치하여야 하며, **시공성**을 고려하고 **손실량이 최소**가 되도록 철근배치계획 수립.
설계방법	• 허용응력 설계법 : 철근 콘크리트를 **탄성체**로 보고 재료에 적합한 **안전율**을 고려한 **허용응력**을 사용하여 설계하는 법 • 강도설계법 : 설계하중이 작용하여 부재가 파괴될 때 콘크리트의 압축응력 분포를 알아내어 이에 맞도록 적합한 **하중계수**에 따라 설계하는 법 • 한계상태 설계법 : 허용 응력도의 설계법의 결점을 보완하기 위해 제안된 설계로 정해진 한계 상태에 대해 안전성을 조사하는 방법

2. 지하구조물의 설계 절차



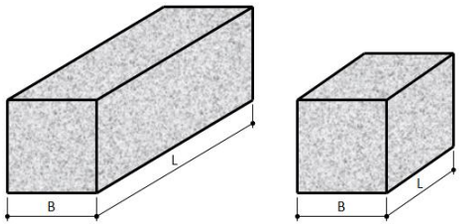
3. 지하구조물의 지점조건

지점조건 (토사부)

- 구조물이 토사지반에 위치하는 경우에는 저판 밑의 지지부에 지반스프링을 두어 해석하는 것을 원칙으로 하며, 이때 사용되는 지반스프링계수는 각종 조사 및 시험결과에 의해 얻어진 변형계수 및 기초의 재하 폭 등의 영향을 고려하여 정한다.

▪ 연직방향 지반반력계수

$$K_v = k_{vo}\left(\frac{B_v}{0.3}\right)^{-\frac{3}{4}}$$



$B < L$ $\quad B_v = \sqrt{B \times B}$

$B \geq L$ $\quad B_v = \sqrt{B \times L}$

기초환산폭(Bv)식의 폭(B) 적용방식의 설정값

	B > L	B = B	B < L
횡방향	B × L	B × L	B × B
종방향	L × L	L × L	B × L

여기서,

Kv : 연직방향 지반반력계수 (kN/m³)

kvo : 지름 300mm의 강체원판에 의한 평판 재하 시험의 값에 상당하는 연직방향 지반반력계수

$$k_{vo} = \frac{1}{0.3}\,\alpha\,E_0$$

Bv : 기초의 환산 재하 폭(m) [다만, 저면 형상이 원형인 경우에는 지름으로 한다.]

$$B_v = \sqrt{A_v}$$

Eo : 변형계수 (kN/m³)

α : 지반반력 계수의 추정에 쓰이는 계수로서 다음 표에 주어져 있다.

변형계수 Eo (MPa)	α	
	평상시	지진시
지름 300mm의 강체원판에 의한 평판 재하 시험을 반복시킨 곡선에서 구한 변형계수의 1/2	1	2
보링 공 내에서 측정한 변형계수	4	8
공시 체의 1축 또는 3축 압축시험에서 구한 변형계수	4	8
표준관 입 시험의 N값에서 Eo=2,800N으로 추정한 변형계수	1	2

Av : 연직방향의 재하면적 (m²)

4. 적용 하중

설계하중

- 구조물을 설계할 때 고려하는 하중은 구조물을 구성하고 있는 **각 부재에 응력, 변형, 변위**를 발생시킬 수 있는 모든 **외력과 내력으로 시공 중에 작용하는 하중과 시공 후에 작용하는 모든 하중**이다.
- 구조물 설계에 있어서 부재의 응력을 정확하게 계산해야 함은 물론, 정확한 하중의 산정 또한 이에 못지않게 중요하다.

하중의 종류	하중의 종류
주 하중 (P)	부 하중 (S)
1. 고정하중 (D)	9. 온도변화의 영향 (T)
2. 활 하중 (L)	10. 지진의 영향 (E)
3. 프리스트레스 (PS)	주 하중에 상당하는 특수하중 (PP)
4. 콘크리트 크리프의 영향 (CR)	11. 설 하중 (SW)
5. 콘크리트 건조수축의 영향 (SH)	12. 지반변동의 영향 (GD)
6. 토압 (H)	13. 지점이동의 영향 (SD)
7. 수압 (F)	특수하중 (PA)
8. 부력 또는 양압력 (B)	14. 가설 시 하중 (ER)
	15. 기타

4. 적용 하중

▪ 상재하중 (토피가 1.0m 이상인 경우에 적합)

노면 활 하중

- 지하 구조물에 대한 도로면의 활 하중은 발주 처 기준에 따르며, 아래 표를 참고할 수 있다.

군집하중

- 군집하중은 5.0kN/m^2의 등분포하중으로 고려할 수 있으며, 충격은 고려하지 않는다.

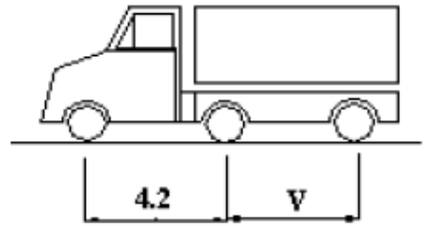
토피 (m)	도로면의 활 하중 (kN/m^2)	토피 (m)	도로면의 활 하중 (kN/m^2)
1.0	39.0	5.0	10.0
1.5	25.0	6.0	10.0
2.0	18.0	7.0	10.0
2.5	14.0	8.0	10.0
3.0	11.0	9.0	10.0
4.0	10.0	10.0	10.0
		이상	

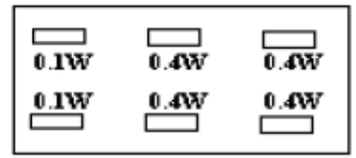
주) 중간 토피에 대한 것은 그 상위의 값을 취한다.

참고문헌) 서울지하철공사, 철도교설계기준(노반편), 도로교설계요령(표), 도로교설계요령(식), 도로설계편람(식), 교량설계기준(식)

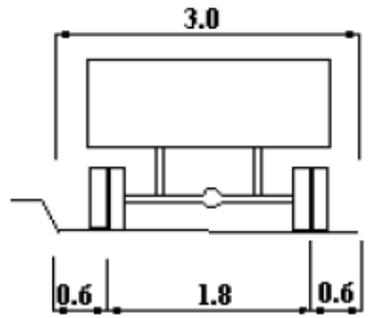
4. 적용 하중

▪ 이동하중 (토피가 1.0m 이하인 경우에 적합)





V=4.2 ~9.0



집중하중 Pm = 108 kN : 모멘트 계산시
Ps = 156 kN : 전단력 계산시
등분포 하중 12.7 kN/m



DL - 24

집중하중 Pm = 81 kN : 모멘트 계산시
Ps = 117 kN : 전단력 계산시
등분포 하중 9.5 kN/m



DL - 18

집중하중 Pm =60.8 kN : 모멘트 계산시
Ps =87.8 kN : 전단력 계산시
등분포 하중 7.1 kN/m

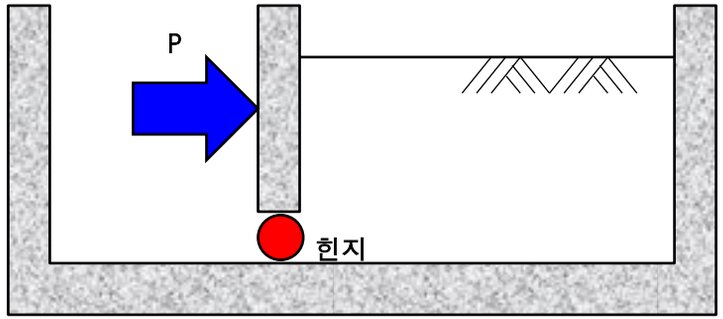


DL – 13.5

교량등급	하중등급	중량 W	총 하중 1.8W	전륜 하중 0.1W	후륜 하중 0.4W
1등교	DB-24	240	432	24	96
2등교	DB-18	180	324	18	72
3등교	DB-13.5	135	243	13.5	54

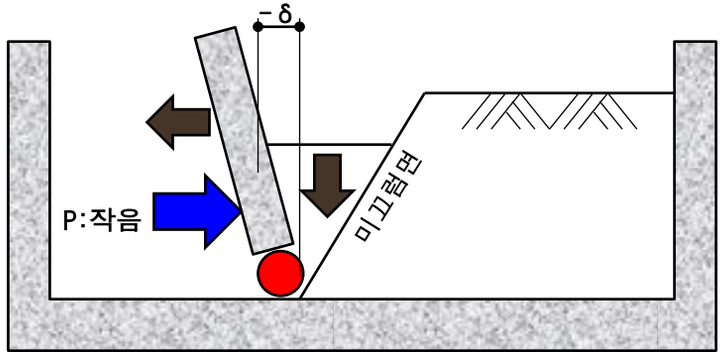
4. 적용 하중

▪ 정지 토압, 주동 토압, 수동 토압



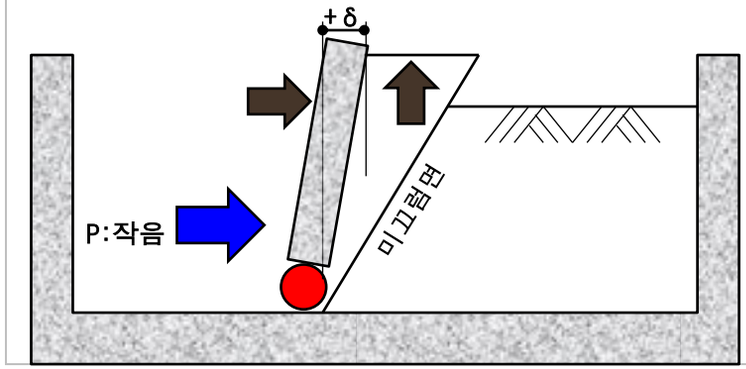
정지 상태

- 왼쪽 그림은 하단이 힌지 구조이고 회전이 자유로운 벽을 만드는 배후에 흙을 쌓으면 벽은 토압에 따라 전방으로 쓰러진다. 그러나 **전방에 토압에 맞는 힘** $P=P_0$로 지탱하면 벽은 안정을 유지할 수 있다.



주동 [主動] 상태

- 정지상태에서 지탱하고 있는 힘을 **서서히 감소시켜** 나가면 벽은 전방으로 회전 변위 하여 어떤 변위량에 이른 시점에서 흙 쌓기 내부에 미끄럼 면이 발생한다.
- 더욱 힘을 감소케 하면 벽과 미끄럼 면에 따라 형성된 쐐기 모양의 흙덩어리가 미끄럼 면에 따라 미끄러 떨어져 버린다.



수동 [受動] 상태

- 정지상태에서 지탱하고 있는 힘을 **서서히 증가시키**면 흙 쌓기는 압축되어 벽은 후방으로 변위하여 마침내 그림과 같은 상태로 된다.

4. 적용 하중

▪ 토압

정지 토압

- 정지 토압은 박스 구조물등과 같이 정지 토압을 적용하는 것이 타당한 경우에 적용한다.
- 구조물에 전 설계 토압이 작용하는 경우와 전 설계 토압의 ½이 작용하는 경우, 주동 토압 및 특수한 경우 현장조건에 의한 최소 토압 중에서 가장 불리한 경우의 단면력에 대하여 설계한다.

$$H = K_0 \left(L + \gamma_t \cdot h_1 + \gamma_{sub} \cdot h_2 \right)$$

주동 토압

- 주동 토압은 옹벽 구조물 등 주동 토압 적용이 타당한 경우에 적용한다.

$$H = K_a \left(L + \gamma_t \cdot h_1 + \gamma_{sub} \cdot h_2 \right)$$

여기서,

H : 토압 (kN/m^2)

K_o : 정지 토압계수 ($K_o = 1 - \sin\Phi$)

K_a : 주동 토압계수 ($K_a = (1 - \sin\Phi) / (1 + \sin\Phi)$)

L : 과재 하중 (kN/m^2)

r_t : 지하수면 이상의 흙의 단위중량 (kN/m^3)

r_t : 지하수면 이하의 흙의 단위중량 (kN/m^3)

h_1 : 지표에서 지하수면까지의 깊이 (m)

h_2 : 지하수면에서 측압을 구하려는 위치까지의 깊이 (m)

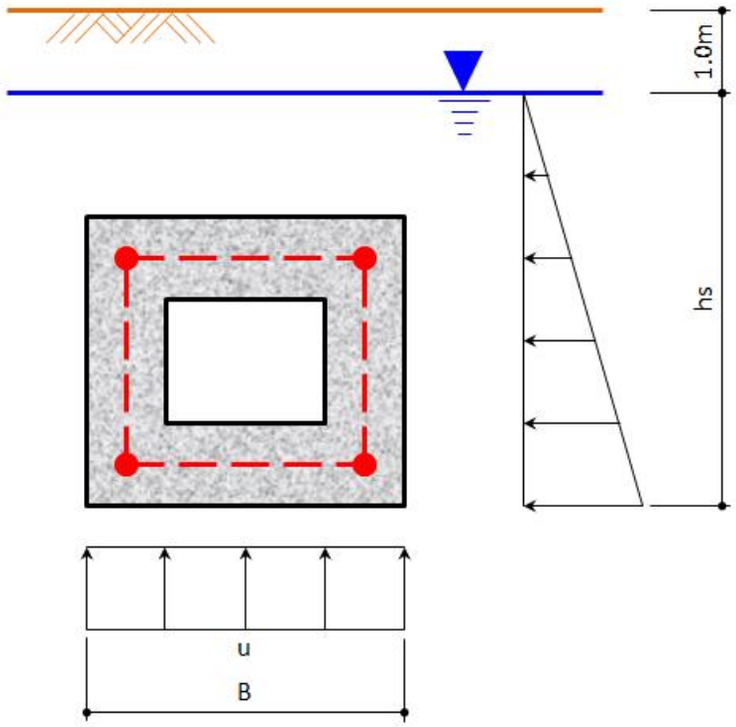
Φ : 흙의 내부 마찰각 (°)

4. 적용 하중

▪ 부력 계산의 세부기준

부 력

- 지하박스 구조물 설계 시 지하수위 이하에서는 간극수압이 작용하므로 정수압이 작용하는 것으로 가정하여 부력에 대한 안정성 여부를 검토하여야 한다.
- 부력에 대한 안전여부는 공사중과 완공 후로 구분하여 검토하고 공사 중에 공사 단계별 조건 중에서 가장 위험한 고전에서 검토한다.
- 부력(U)는 구조물 바닥폭(B) 전면에 수압(u)을 균등하게 작용시킨다.



$$U = \gamma_w \cdot h_s \cdot B \quad (u = \gamma_w \cdot h_s)$$

여기서,

U : 부력 (kN/m)

r_w : 물의 단위중량 (kN/m^3)

hs : 지하수의 심도 (m)

B : 구조물에 작용하는 부력의 폭 (m)

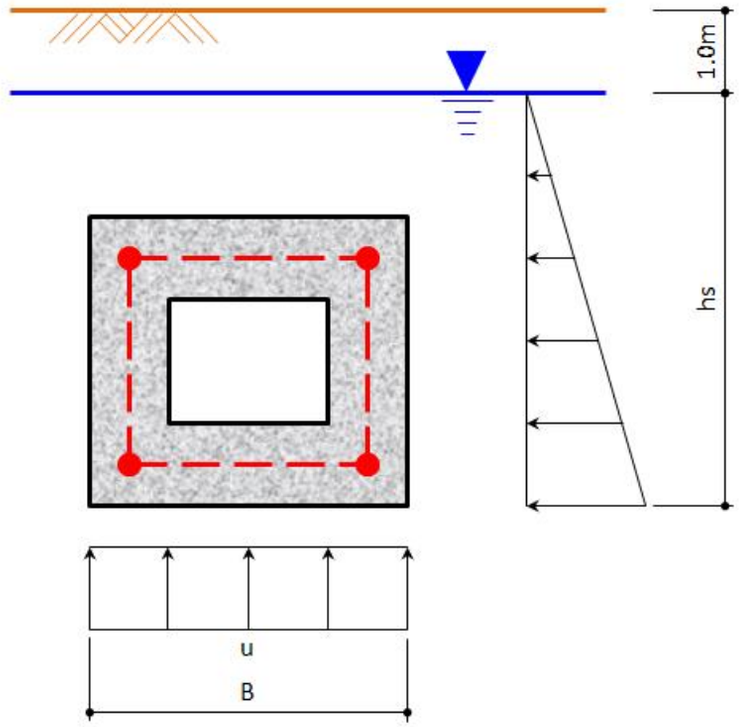
u : 구조물에 작용하는 수압 (kN/m^2)

4. 적용 하중

▪ 부력 계산의 세부기준

저 항 력

- 부력에 대한 저항력(R)은 고정하중인 구체자중 및 상재 고정하중과 측면 마찰력(F)의 총합으로 한다.
- 구체자중은 구조물자중 만을 고려하는 것을 원칙으로 한다.
- 상재고정하중은 포장하중과 지하수의 영향을 고려하여 구한다.
- 지하수위 이하의 토피 하중은 지하수위 이하 흙의 단위중량(r_{sub})을 기준으로 하고 연직수압은 추가로 고려한다.
- 주) 구조물 벽체와 주변 뒷채움 흙과의 측면 마찰력은 재질간의 접촉 불확실성을 고려하여 무시한다.



$$R = W_1 + W_2 + F$$

$$F = 2 \cdot C \cdot D + K_u \cdot \gamma \cdot D^2 \cdot \tan\delta$$

여기서,

R : 저항력

W_1 : 구체자중, W_2 : 상재고정하중

F : 측면 마찰력

C : 점착력 (kN/m^2)

D : 작용점의 심도 (m)

Ku : 토압계수로서 흙의 변형상태로부터 발생하는 정지토압계수 K_0에서 수동토압계수 K사이에 있는 값이나 안전을 고려하여 K_0=1-sinΦ 적용

r : 양 압력을 고려하는 습윤상태의 단위중량 (kN/m^3)

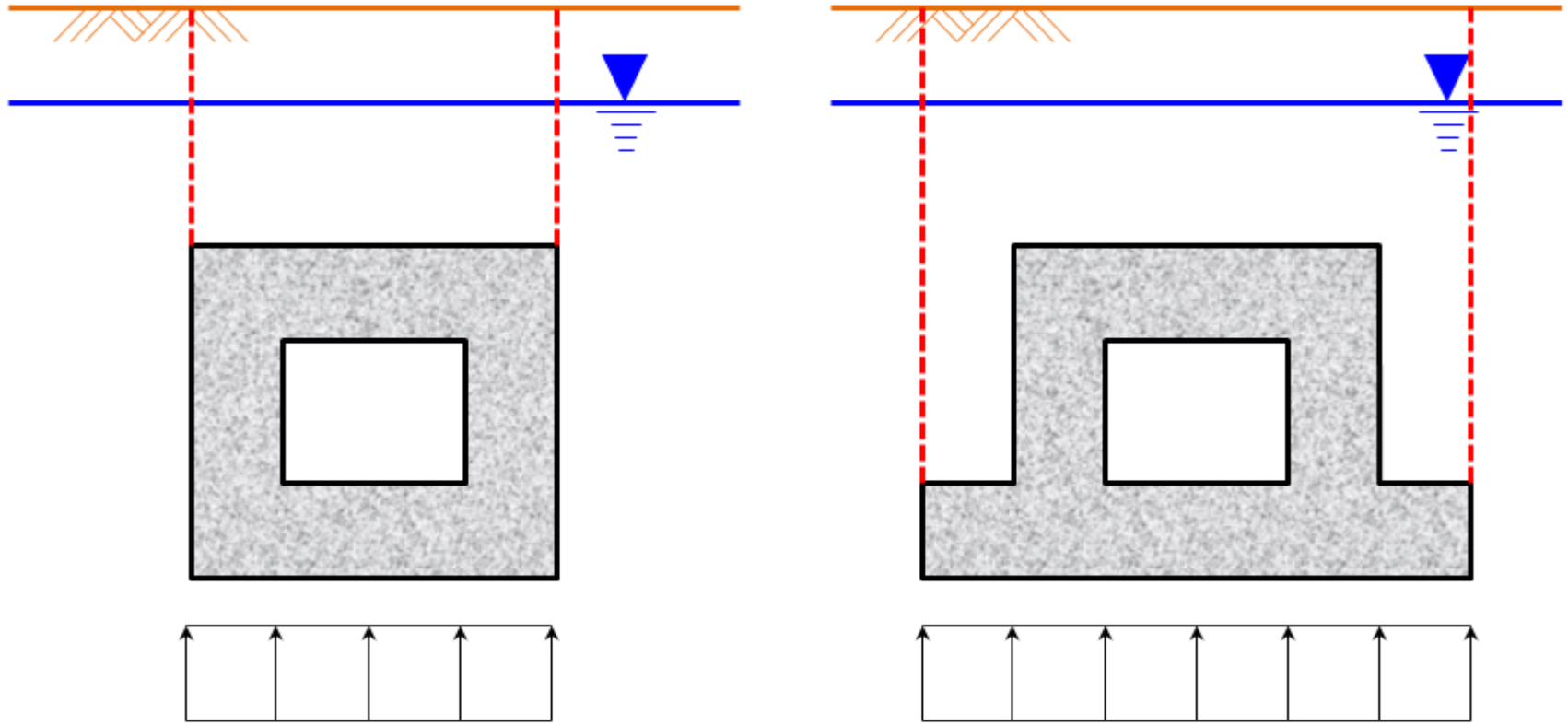
tanδ : 파괴면이 비교적 구조물 벽면에 인접하여 있으므로 구조물과 지반의 상태 마찰각으로 생각하면 δ=2/3Φ 로 적용

4. 적용 하중

▪ 부력 계산의 세부기준

안정 검토

- 부력(U)에 대한 안전율 Fs = R / U
- 공사 중 : Fs ≥ 1.10
- 완공 후 : Fs ≥ 1.20 (실제 조사수위 적용 시)
  Fs ≥ 1.05 (GL -1.0m, 극한상황)
- 부력에 대한 안전율 부족 시에는 전단 키 설치로 구조물 자체 중량 확보 방안, 부력방지 앵커설치, 영구배수공법 등과 같은 별도의 필요한 조치를 한다.

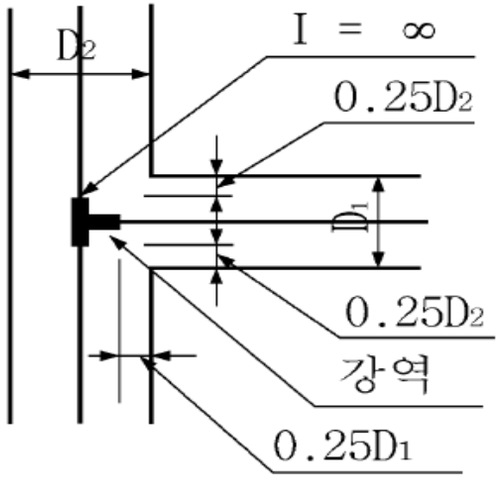


5. 구조 설계

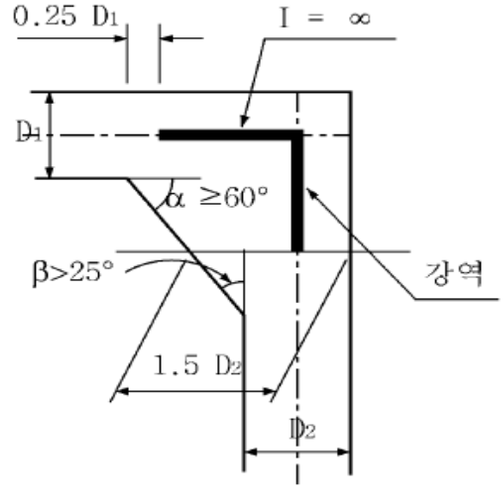
▪ 절점부의 강역

강역의 고려

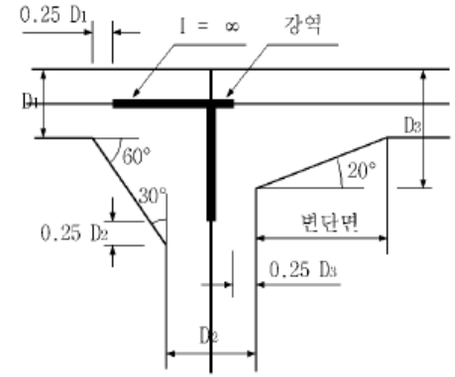
- 기둥과 보의 절점부에 특히 큰 헌치가 있는 경우나 보부재 또는 기둥부재의 부재 두께가 매우 큰 경우에는 강역의 영향을 고려한다.



(a) 등단면인 경우



(b) 변단면인 경우(1)



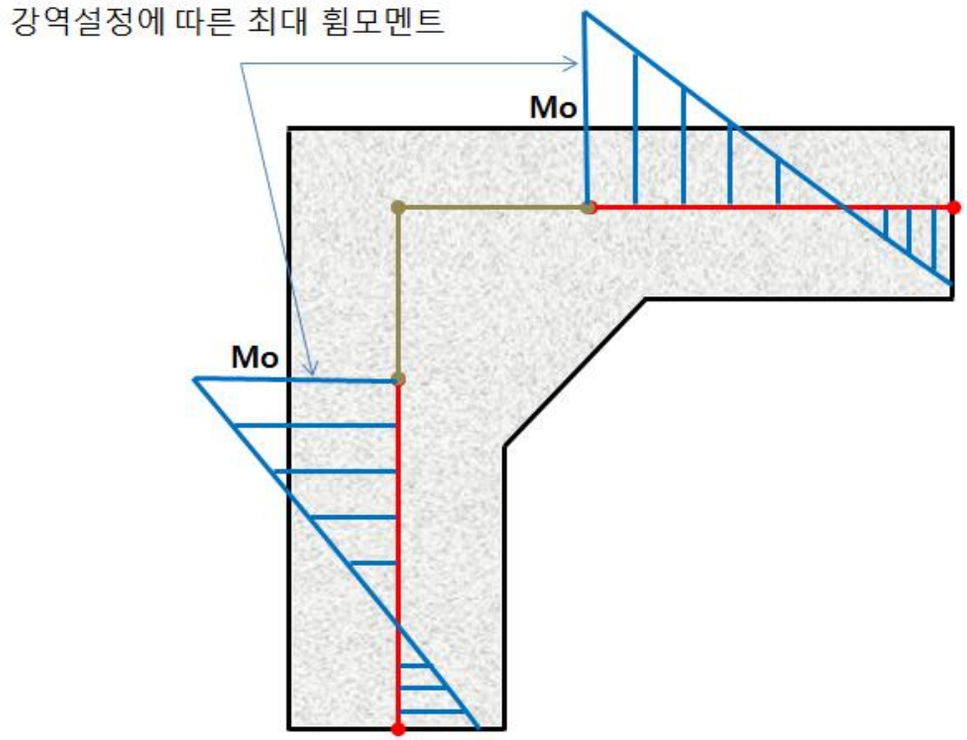
(c) 변단면인 경우(2)

5. 구조 설계

▪ 절점부의 강역

부재단의 휨모멘트

- 강역구간은 무한강성으로 적용되며 강역적용 하지 않은 부재력과 비교 하였을 경우 부모멘트는 증가하며 정모멘트는 감소한다. 또한 EndOffset의 기능을 적용하여 강역구간의 부재력은 고려하지 않는다.

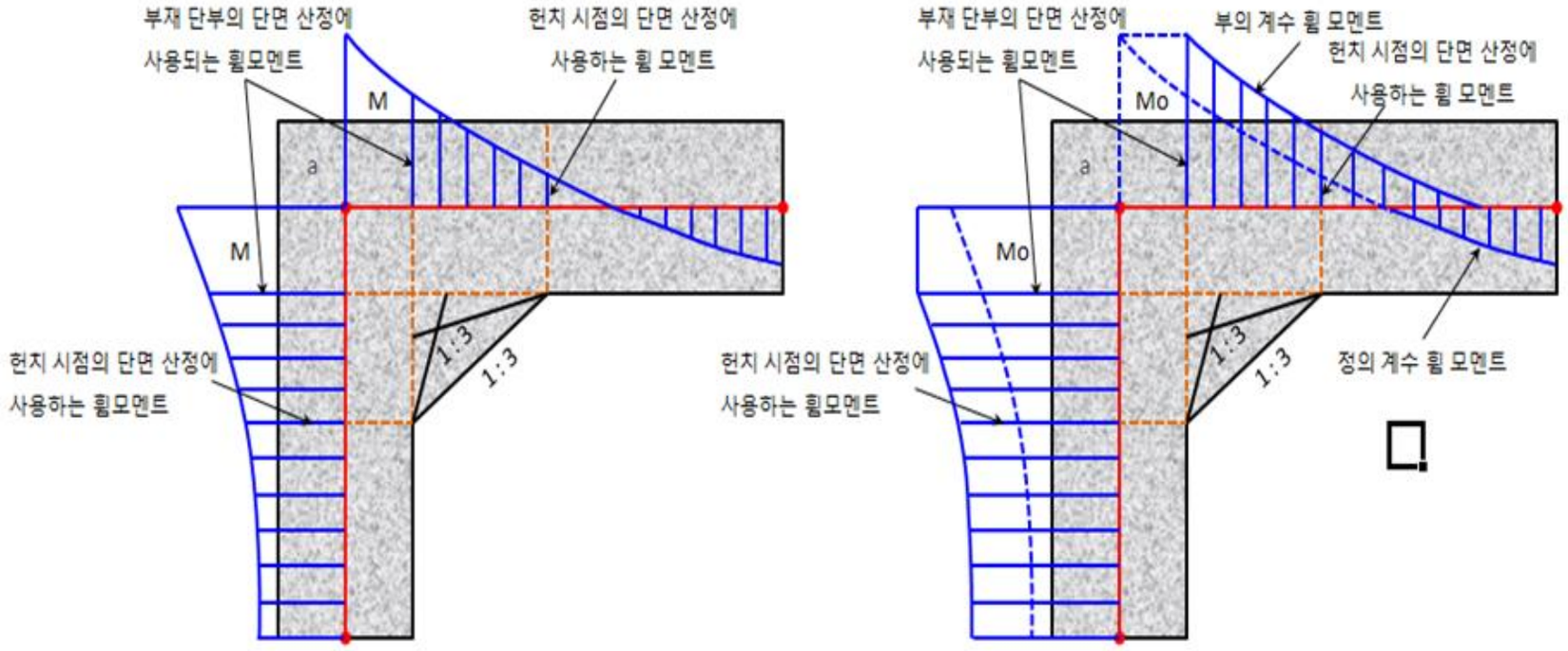


5. 구조 설계

▪ 헌치 유효 단면

헌치에 따른 휨모멘트

- 헌치의 영향을 고려하는 경우에는 부재 접합부의 헌치를 고려하여 변 단면으로 해석하고 아래 왼쪽 그림과 같이 검토 위치의 휨 모멘트를 사용한다. 헌치의 영향을 무시하고 구조해석을 하는 경우에는 구조해석에 의한 휨 모멘트를 아래 그림 우측과 같이 이동하여 구한 값을 사용한다.

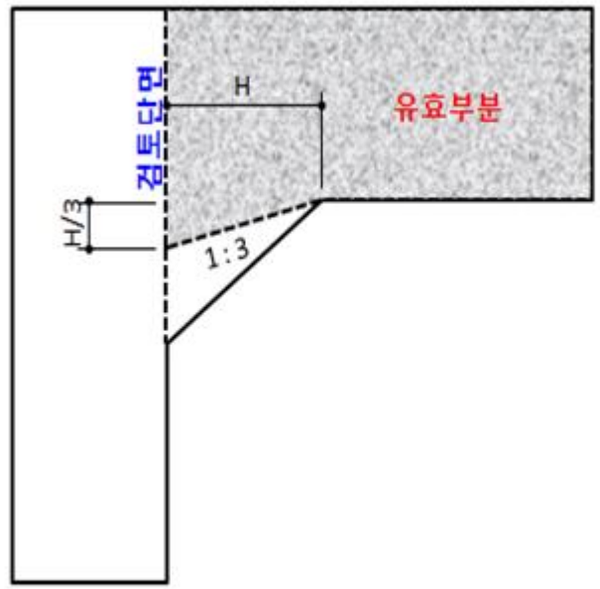


5. 구조 설계

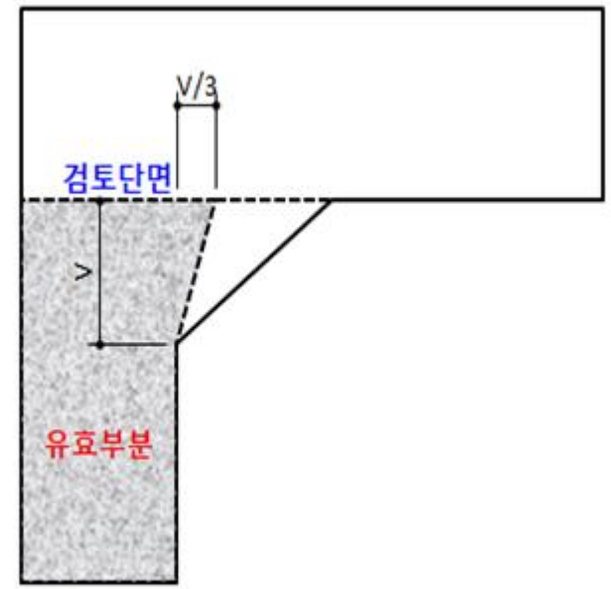
▪ 헌치 유효 단면

헌치의 유효단면

- 헌치의 유효부분은 1:3의 비율로 산정한다. 산정된 검토 단면은 단면 검토시 사용된다.



(가) 보부재



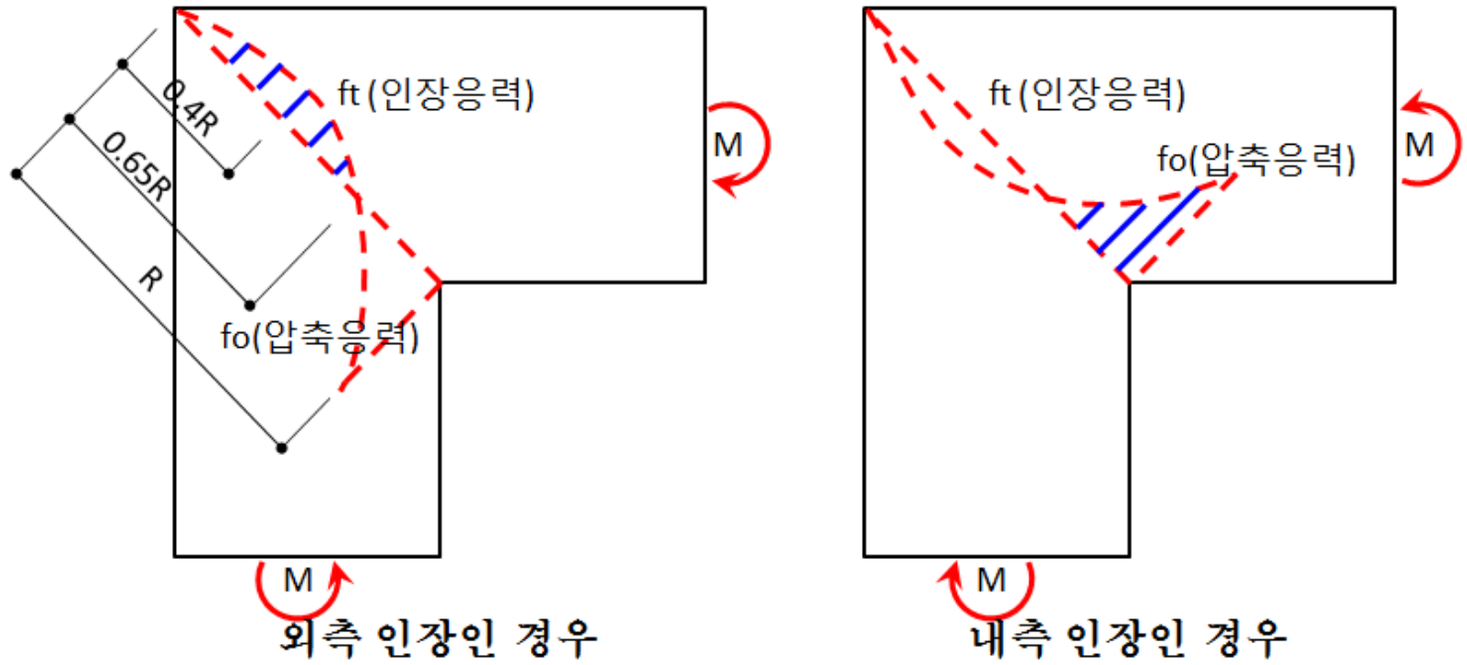
(나) 기둥부재

5. 구조 설계

▪ 단절점부의 보강 (우각부)

단절점부의 보강

- 부 휨 모멘트가 최 외측 접합부에 작용하는 경우에 계수하중 휨 모멘트에 의해 대각선 방향의 단면에 생기는 인장응력 ft가 $\sqrt{f_{ck}}/3$ 를 넘을 경우는 철근을 배치하여야 한다.

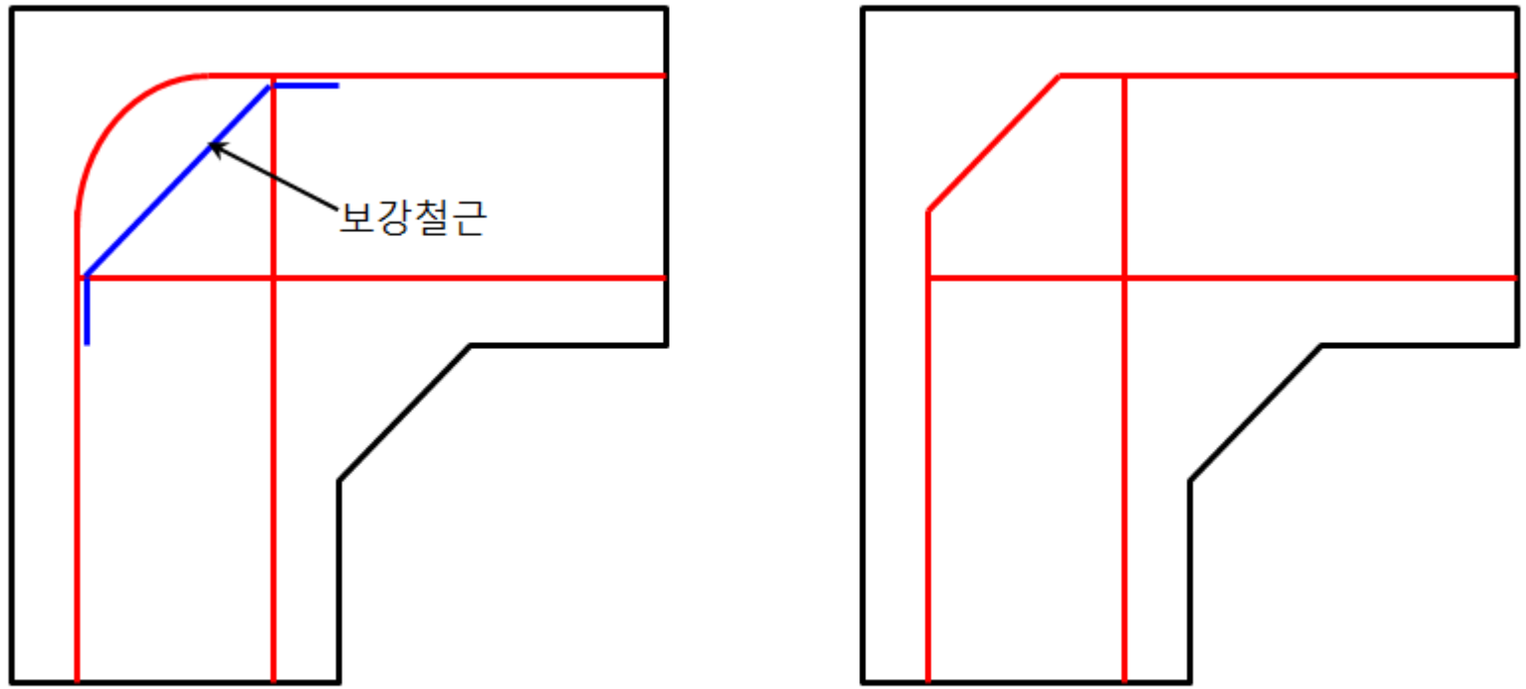


콘크리트 응력		SI 단위	보강 판별식 모멘트	철근량 산정 모멘트
콘크리트교 설계기준 해설(2012, P349)	계수인장응력	$\sqrt{f_{ck}}/3$	계수하중 모멘트	허용하중 모멘트
도로교 설계기준 해설(2008, P520)	허용 휨 인장응력	$0.13\sqrt{f_{ck}}$	허용하중 모멘트	허용하중 모멘트
도로교 설계기준 해설(2008, P520)	허용 전단응력	$0.08\sqrt{f_{ck}}$	허용하중 모멘트	허용하중 모멘트

5. 구조 설계

▪ 단절점부의 보강 (우각부)

단절점부의 보강	• 시공성 및 경제성을 감안하여 주철근을 내측으로 구부려서 배치하며, 보강철근의 일부(1/2)로 설계한다. 단, 내측으로 구부린 철근량은 전체 주철근량의 1/2이하이어야 한다.



1 Cycle　　2 Cycle

6. 내진 해석

▪ 내진 성능 목표

	성능기준 / 재현주기	기능수행	붕괴방지	위험도 계수
설계지진	50년	Ⅱ등급		0.40
	100년	Ⅰ등급		0.57
	200년	특등급		0.73
	500년		Ⅱ등급	1.00
	1,000년		Ⅰ등급	1.40
	2,400년		특등급	2.00

▪ 지진계수 Ca, Cv

지진계수	지진구역	지반종류				
		S_A	S_B	S_C	S_D	S_E
Ca	Ⅰ	0.09	0.11	0.13	0.16	0.22
	Ⅱ	0.05	0.07	0.08	0.11	0.17
Cv	Ⅰ	0.09	0.11	0.18	0.23	0.37
	Ⅱ	0.05	0.07	0.11	0.16	0.23

▪ 내진설계 순서

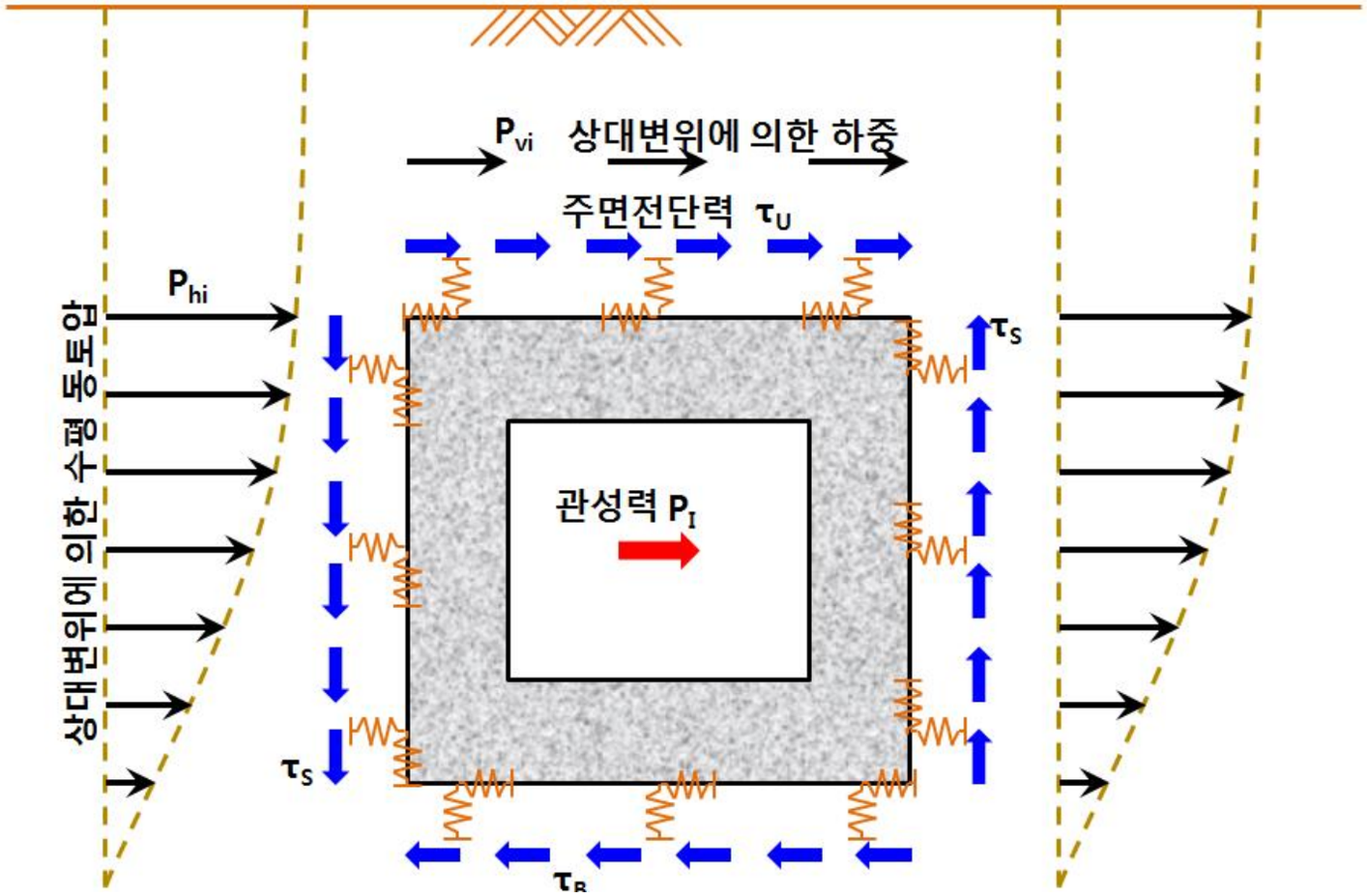
건설지점의 선정 → 내진등급 결정 → 지반 조사 → 단면가정 → 지진 해석법 결정 → 설계 하중 산정 → 구조해석 및 단면설계 → 안정성 검토

6. 내진 해석

▪ 지진 응답해석법

응답 변위법

- 지진 발생시에 생기는 지진변위에 의한 지진토압 및 지하 지중구조물과 주변지반관계에서의 경계조건을 적절히 모델링하여 정적으로 계산하는 방법을 '응답변위법'이라고 한다. 구조물의 모델링은 지반반력계수로 지지된 뼈대구조요소를 사용하며 지진하중은 지하구조물 구체에 가장 불리한 응력, 변위 그 밖의 영향이 발생되도록 작용시킨다.



6. 내진 해석

▪ 지진 등가정적 하중법

등가정적 하중법	• 지진을 하나의 하중으로 만들어 구조물에 정하중처럼 그 하중을 적용하는 하중법



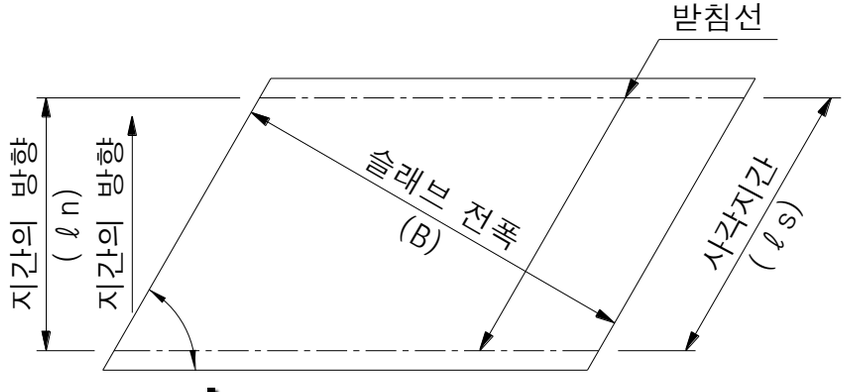
7. 경간 길이 결정

▪ 경사 슬래브교의 경간방향

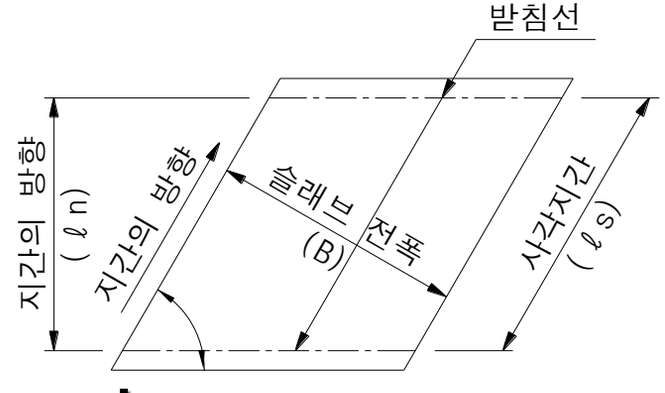
사각 (90 °) — **계산 지간** ☞ ln = ls

사각 (90 °~75°이상) — **계산 지간** ☞ ls

사각 (75 °~45°이상) — **계산 지간** ☞ ls (ls/B) ≥ 1.5
계산 지간 ☞ (ls+ln) /2 (ls/B) < 1.5



ls / B < 1.5인 경우



ls / B ≥ 1.5인 경우

감사합니다.

