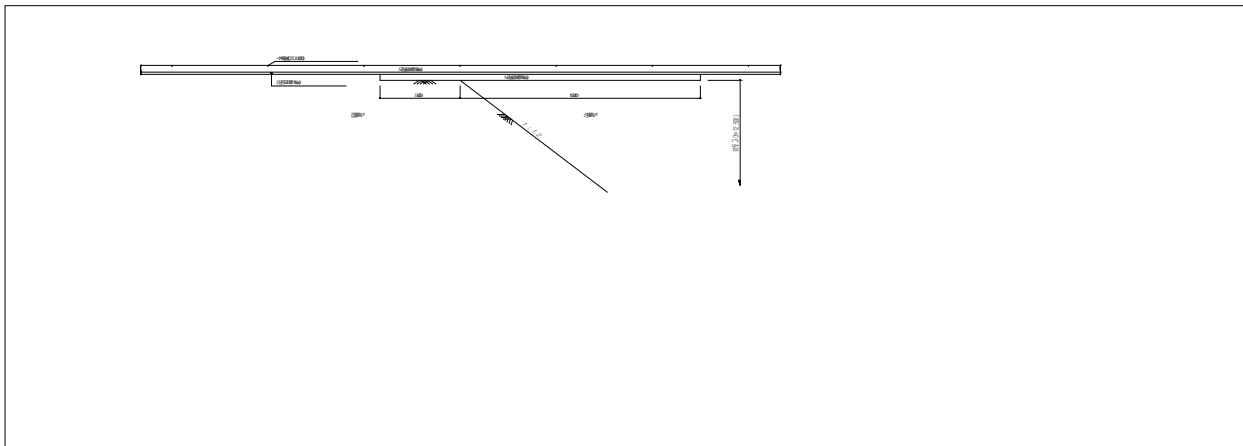


#-3 【 구조검토서 】

1. 보강슬래브 구조검토서
2. 지반 스프링계수 산정
3. 단면설계
4. 구조해석 전산 입력 DATA
5. 구조해석 OUTPUT

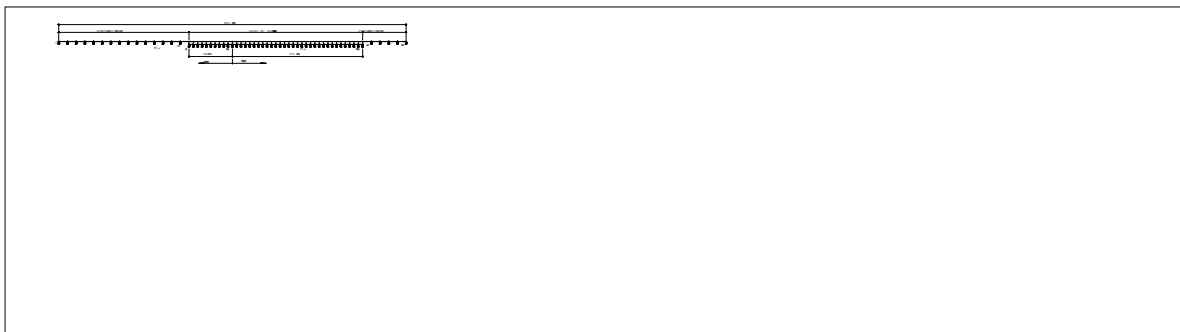
구조검토서

1. 검토조건



- 철 · 성경계면이 노선에 직각인 경우에 대해 2D FRAME 모델에 의한 종방향 검토
- 절토부 조건 : 토질 = 경암, 구배 = 1 : 1.2
- 보강범위 : 절토부 = 5M, 성토부 = 15M

2. 구조해석 모델링



- 포장면에 작용하는 하중의 전달과정과 포장슬래브의 역할을 고려하기 위해 포장슬래브도 모델링에 포함 시킴.
- 포장슬래브의 수축줄눈부는 내부 힌지로 처리
- 포장슬래브와 보강슬래브는 가상의 LINK부재로 연결

■ 단면특성

부 재	MEMBER NO	$E[\text{tf/m}^2]$	$H[\text{m}]$	$A[\text{m}^2]$	$I[\text{m}^4]$
포장슬래브	1 ~ 230	2.3×10^6	0.30	0.30	0.002250
보강슬래브	MS1 ~ MS200	2.3×10^6	0.25	0.25	0.001302
가상 LINK	DM1 ~ DM201	1.8×10^6	0.10	0.10	0.000083

■지반스프링

지반스프링계수의 값에 따라 변위 및 단면력의 결과치가 큰 차이를 보이고 있으나, 지반스프링계수의 설정방법이 명확치 않으므로 절·성경계부의 수치해석자료를 활용하여 다음의 두가지 경우에 대해 해석을 수행하여 불리한 경우의 단면력을 적용토록 함.

1) 경우-1 : 수치해석자료중 절토부(경암) 및 성토층의 E(탄성계수)값을 적용하여 도로교표준시방서에 제시된 식에 따라 K_V (지반반력계수)를 구하고, 이로부터 지반스프링계수를 계산.

· 절토부

$$E = 1,400,000 \text{ ft/m}^2 = 140,000 \text{ kgf/cm}^2 \text{ (경암)}$$

$$B_V = \sqrt{A_V} = 1.0\text{m} = 100\text{cm}$$

$$K_{VO} = 1/30 \times \alpha \times E = 3733.33 [\alpha = 0.8]$$

$$K_V = K_{VO} \cdot (B_V/30)^{-3/4} = 1,513.209 \text{ kgf/cm}^3 = 1,513,209 \text{ tf/m}^3$$

$$K_S = 1,513,209 \text{ tf/m [1m 간격인 경우]}$$

· 성토부

$$E = 2,800 \text{ ft/m}^2 = 280 \text{ kgf/cm}^2$$

$$B_V = \sqrt{A_V} = 1.0\text{m} = 100\text{cm}$$

$$K_{VO} = 1/30 \times \alpha \times E = 7.467 [\alpha = 0.8]$$

$$K_V = K_{VO} \cdot (B_V/30)^{-3/4} = 3.027 \text{ kgf/cm}^3 = 3,027 \text{ tf/m}^3$$

$$K_S = 3,027 \text{ tf/m [1m 간격인 경우]}$$

2) 경우-2 : 지지층의 토질역학적 특성을 고려하여 지반모델링에 대한 수치해석(FLAC)결과(단위하중에 대한 변위)와 스프링지지된 반무한연속보와의 상관관계로부터 적절한 지반스프링계수 추출.

$$\delta_{oo} = L^3/(48 \cdot E \cdot I) + 1/(2 \cdot K_S)$$

$$\delta_{oi} = \delta_{ci} = x_i \cdot (3 \cdot L^2 - 4 \cdot x_i^2)/(48 \cdot E \cdot I) + 1/(2 \cdot K_S)$$

$$= K_S \cdot \Delta_i \cdot x_i \cdot (3 \cdot L^2 - 4 \cdot x_i^2)/(48 \cdot E \cdot I) + 1/(2 \cdot K_S)$$

$$\Delta_c = \delta_{oo} + \sum R_i \cdot \delta_{ci} = L^3/(48 \cdot E \cdot I) + 1/(2 \cdot K_S) + \sum R_i \cdot [x_i \cdot (3 \cdot L^2 - 4 \cdot x_i^2)/(48 \cdot E \cdot I) + 1/(2 \cdot K_S)]$$

$$= L^3/(48 \cdot E \cdot I) + 1/(2 \cdot K_S) + \sum \Delta_i \cdot [K_S \cdot x_i \cdot (3 \cdot L^2 - 4 \cdot x_i^2)/(48 \cdot E \cdot I) + 1/2]$$

δ_{oo} : 스프링 지지된 단순보에서 중앙점 단위하중작용에 의한 중앙점의 처짐

δ_{ci} : 스프링 지지된 단순보에서 i점 단위하중작용에 의한 중앙점의 처짐

R_i : 스프링 지지된 연속보에서 중앙점 단위하중작용에 의한 i점 스프링 반력 [= $K_S \cdot \Delta_i$]

Δ_i : 스프링 지지된 연속보에서 중앙점 단위하중작용에 의한 i점의 처짐

Δ_c : 스프링 지지된 연속보에서 중앙점 단위하중작용에 의한 중앙점의 처짐

x_i : 연속보의 단부 지점으로부터 i점까지의 거리 [$x_i \leq L/2$]

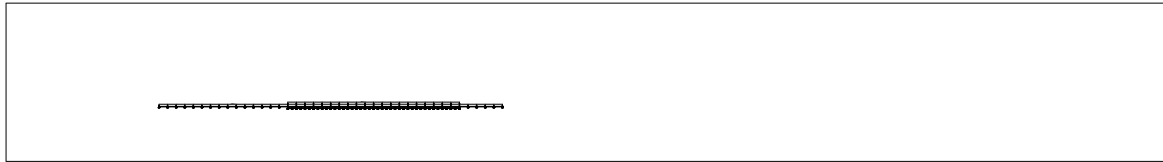
K_S : 반무한연속보의 등가지반스프링계수

NODE NO	Ks[tf/m]		비 고
	경우 1	경우 2	
1 ~ 16	1,513,209	30,833	절토부 포장슬래브(1m간격)
JS1 ~ JS51	151,321	3,083 ~ 1,569	절토부 보강슬래브(0.1m간격)
JS52 ~ JS201	302.7	55	성토부 보강슬래브(0.1m간격)
217 ~ 231	3,027	550	성토부 포장슬래브(1m간격)

3. 적용하중

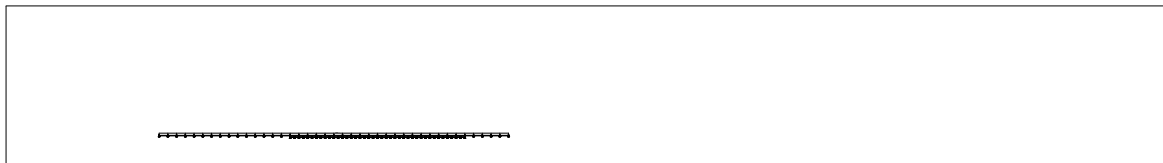
3.1 고정하중

- 포장슬래브(t=30cm)자중 : $W_{DP} = 0.30 \times 2.35 = 0.705 \text{ tf/m}^2$
- 보강슬래브(t=25cm)자중 : $W_{DS} = 0.25 \times 2.50 = 0.625 \text{ tf/m}^2$



3.2 활하중(등분포 활하중)

- 교통하중 = 1.30 tf/m^2 [“도로설계실무편람” 1996‘ 한국도로공사]



3.3 부등침하 - 성토부의 2차압축침하

- 보강슬래브 단부에서의 성토고(h) = $15.00/1.2 = 12.50\text{m}$ [절토구배 = 1 : 1.2]
 $\Delta h = \alpha \times h$ [NAVFAC DM7.2 참조]
- 3년 침하량 = $0.15\% \times 12.50 = 0.01875 \text{ m}$
- 15년 침하량 = $0.45\% \times 12.50 = 0.05625 \text{ m}$



3.4 하중조합[도로교 설계기준 참조]

- 탄성지지력의 차이에 의한 영향과 비교적 급격히 발생하는 3년내의 2차압축침하의 영향은 단기하중으로 최종침하에 수렴하는 15년 침하량의 영향은 장기하중으로 설정

3.4.1 단기하중

CASE-1 : $1.3 \times \text{고정하중} + 2.15 \times \text{활하중}$

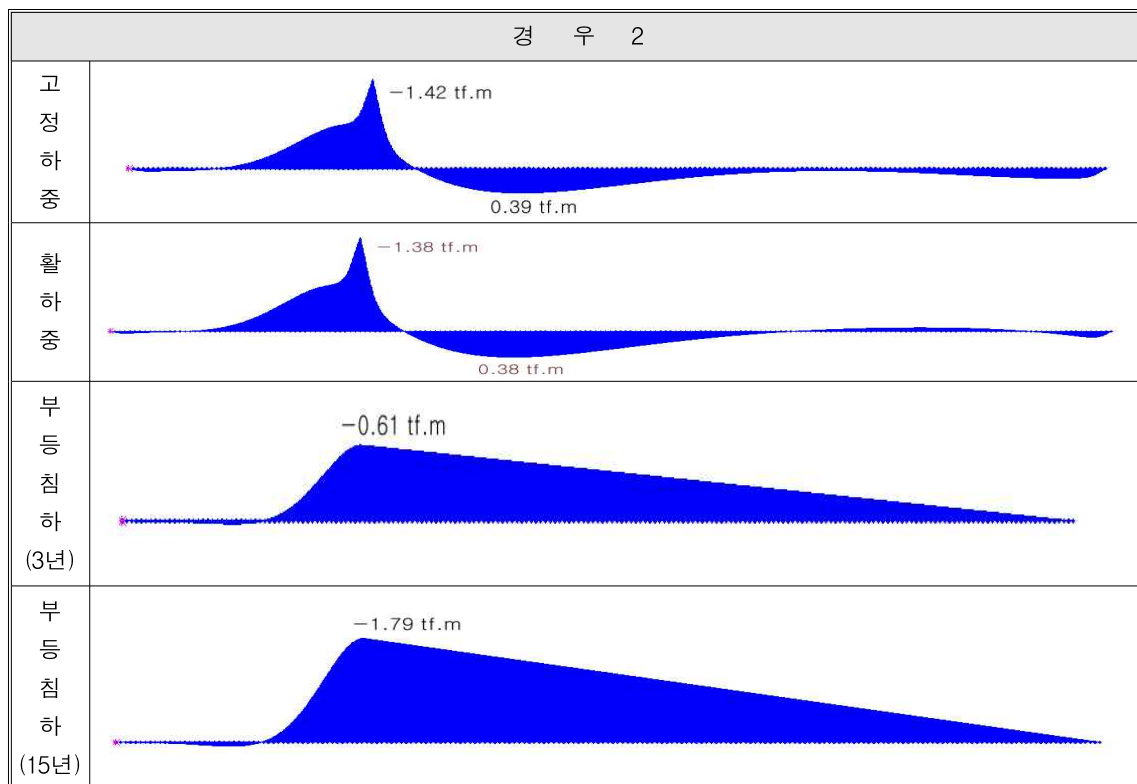
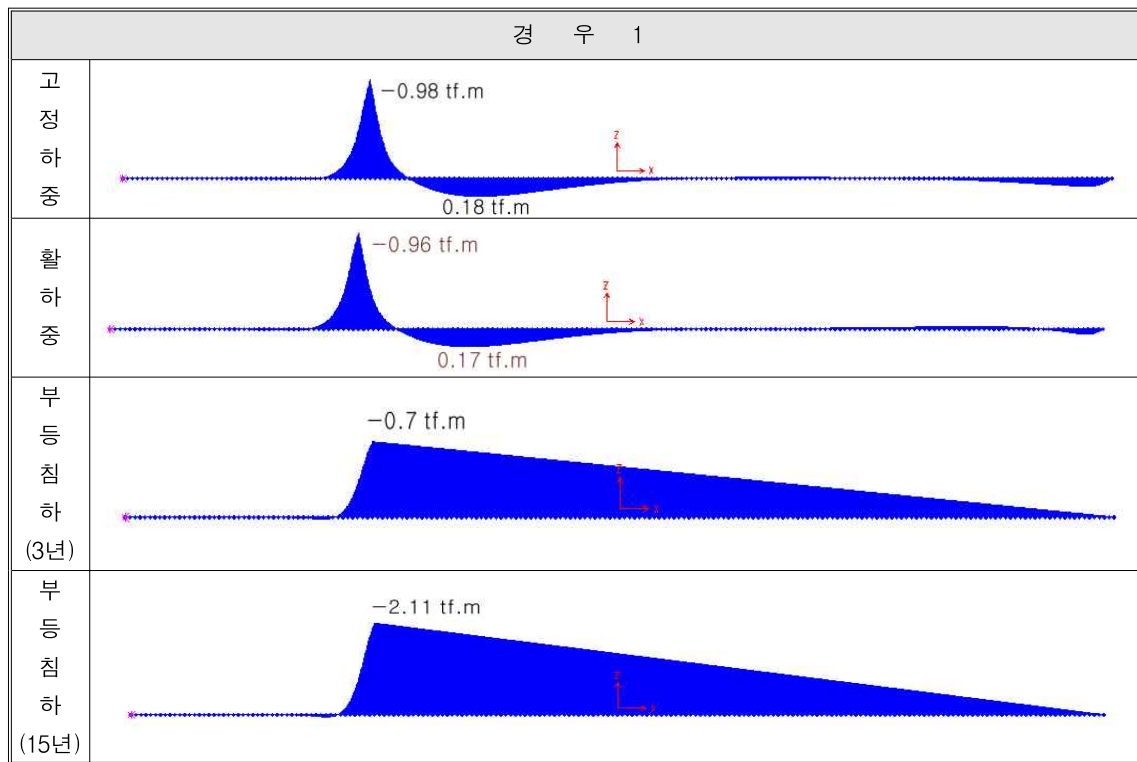
CASE-2 : $1.3 \times \text{고정하중} + 1.3 \times \text{활하중} + 1.3 \times \text{부등침하(3년)}$

3.4.2 장기하중

CASE-3 : $1.3 \times \text{고정하중} + 1.3 \times \text{활하중} + 1.3 \times \text{부등침하(15년)}$

4. 구조해석 결과

4.1 단면력도[B.M.D]



4.2 단면력 집계

[단위 : tf · m]

하 중 조 합			경 우 1		경 우 2		비 고
			정모멘트 (하면인장)	부모멘트 (상면인장)	정모멘트 (하면인장)	부모멘트 (상면인장)	
단기 하중	CASE-1	계수하중	0.61	3.33	1.33	4.82	강도설계 및 사용성 검토
		사용하중	0.35	1.94	0.77	2.80	
	CASE-2	계수하중	0.46	3.43	1.00	4.43	
		사용하중	0.35	2.64	0.77	3.41	
장기 하중	CASE-3		0.46	5.26	1.00	5.97	강도설계

5. 단면검토

- 보강슬래브의 파단을 방지하며, 부등침하 등의 지반변형을 수렴하는 천이구간의 역할로서 변위에 순응하는 연성적 구조설계라는 설계개념에 따라 변위발생을 억제하기 위한 압축부 배근규정(인장측의 1/2이상)을 배제하고 1단배근과 각 인장측에 배근하는 2단배근에 대해 검토.
- 단기하중에 대해서는 R.C구조의 조기열화를 방지하기 위해 강도와 사용성(균열)을 확보하고, 성토층이 안정화되어 급격한 침하의 우려가 없는 장기하중에 대해서는 강도만을 확보하여 단면의 파단을 방지하도록 한다.

설 계 단 면 력		정 모 멘 트 (하면인장)	부 모 멘 트 (상면인장)
단기하중	계수하중	1.33	4.82
	사용하중	0.77	3.41
장기하중	계수하중	1.00	5.97

5.1 1단 배근의 경우

5.1.1 상면피복 10cm(하면피복 15cm)인 경우

		철근배근	극한 모멘트 (tf · m)	사용 모멘트 (tf · m)	필요 철근량 (cm ²)	사용 철근량 (cm ²)	ΦMn	설계 강도 검토	균열 폭 (mm)	허용 균열 폭 (mm)	균열 검토
부 모멘트 (상면인장)	단기 하중	D16@150	4.82	3.41	13.493	13.24	4.74	NG	0.587	0.460	NG
		D16@200	4.82	3.41	13.493	9.93	3.61	NG	0.830	0.460	NG
		D19@150	4.82	3.41	13.493	19.10	6.62	OK	0.430	0.452	OK
		D19@200	4.82	3.41	13.493	14.32	5.09	OK	0.604	0.452	NG
	장기 하중	D16@150	5.97	-	17.029	13.24	4.74	NG	-	-	-
		D16@200	5.97	-	17.029	9.93	3.61	NG	-	-	-
		D19@150	5.97	-	17.029	19.10	6.62	OK	-	-	-
		D19@200	5.97	-	17.029	14.32	5.09	NG	-	-	-
정 모멘트 (하면인장)	단기 하중	D16@150	1.33	0.77	5.432	13.24	3.05	OK	0.455	0.710	OK
		D16@200	1.33	0.77	5.432	9.93	2.35	OK	0.631	0.710	OK
		D19@150	1.33	0.77	5.432	19.10	4.19	OK	0.343	0.702	OK
		D19@200	1.33	0.77	5.432	14.32	3.27	OK	0.471	0.702	OK
	장기 하중	D16@150	1.00	-	4.666	13.24	3.05	OK	-	-	-
		D16@200	1.00	-	4.666	9.93	2.35	OK	-	-	-
		D19@150	1.00	-	4.666	19.10	4.19	OK	-	-	-
		D19@200	1.00	-	4.666	14.32	3.27	OK	-	-	-

5.1.2 상면피복 12.5cm(하면피복 12.5cm)인 경우

		철근배근	극한 모멘트 (tf · m)	사용 모멘트 (tf · m)	필요 철근량 (cm ²)	사용 철근량 (cm ²)	ΦMn	설계 강도 검토	균열 폭 (mm)	허용 균열 폭 (mm)	균열 검토
부 모멘트 (상면인장)	단기 하중	D16@150	4.82	3.41	16.777	13.24	3.89	NG	1.050	0.585	NG
		D16@200	4.82	3.41	16.777	9.93	2.98	NG	1.472	0.585	NG
		D19@150	4.82	3.41	16.777	19.10	5.40	OK	0.780	0.577	NG
		D19@200	4.82	3.41	16.777	14.32	4.18	NG	1.083	0.577	NG
	장기 하중	D16@150	5.97	-	21.431	13.24	3.89	NG	-	-	-
		D16@200	5.97	-	21.431	9.93	2.98	NG	-	-	-
		D19@150	5.97	-	21.431	19.10	5.40	NG	-	-	-
		D19@200	5.97	-	21.431	14.32	4.18	NG	-	-	-
정 모멘트 (하면인장)	단기 하중	D16@150	1.33	0.77	5.707	13.24	3.89	OK	0.237	0.585	OK
		D16@200	1.33	0.77	5.707	9.93	2.98	OK	0.332	0.585	OK
		D19@150	1.33	0.77	5.707	19.10	5.40	OK	0.176	0.577	OK
		D19@200	1.33	0.77	5.707	14.32	4.18	OK	0.244	0.577	OK
	장기 하중	D16@150	1.00	-	4.263	13.24	3.89	OK	-	-	-
		D16@200	1.00	-	4.263	9.93	2.98	OK	-	-	-
		D19@150	1.00	-	4.263	19.10	5.40	OK	-	-	-
		D19@200	1.00	-	4.263	14.32	4.18	OK	-	-	-

5.2 2단 배근의 경우

		극한 모멘트 (tf · m)	사용 모멘트 (tf · m)	필요 철근량 (cm ²)	사용 철근량 (cm ²)	ΦMn	설계 강도 검토	균열폭 (mm)	허용 균열폭 (mm)	균열 검토
부 모멘트 (상면인장)	단기 하중	4.82	3.41	9.80	D16@150 (13.240)	6.42	OK	0.187	0.210	OK
	장기 하중	5.97	-	12.26	D16@150 (13.240)	6.42	OK	-	-	-
정 모멘트 (하면인장)	단기 하중	1.33	0.77	3.51	D13@300 (4.223)	2.12	OK	0.155	0.217	OK
	장기 하중	1.00	-	2.63	D13@300 (4.223)	2.12	OK	-	-	-

5.3 최적 배근

		주 철 근	비 고
1단 배근		D19@150	상면 피복 10cm
2단 배근	상 면	D16@150	피복 5cm
	하 면	D13@300	피복 5cm

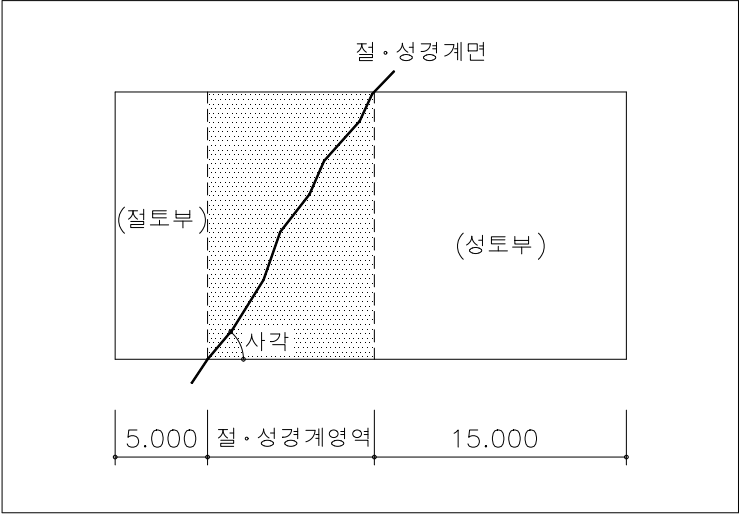
5.4 배력철근

배력 철근량은 도로교 설계기준(2000) 바닥판 배력철근량 기준을 적용하였다.

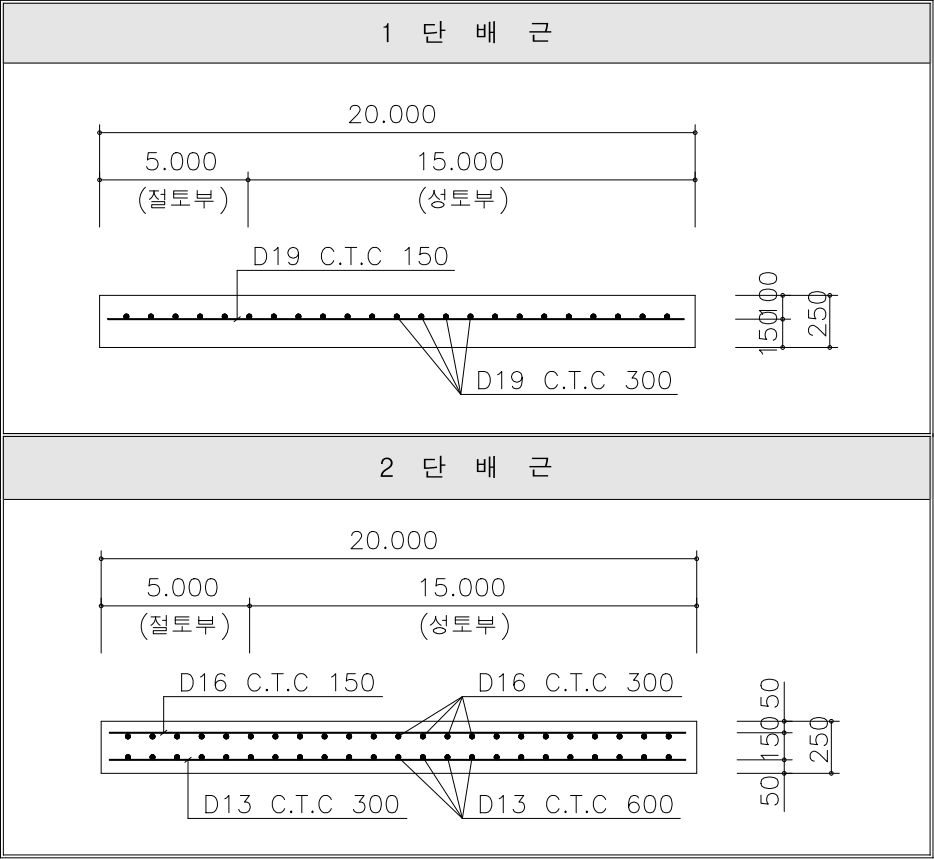
도로교 설계기준(2000) p.343	
· 주철근이 차량진행방향에 평행할 때 $\text{백분율} = \frac{55}{\sqrt{L}}$ 과 50%중 작은 값 (L은 바닥판의 경간,m) · 배력 철근량 : 주철근의 50%	

		주 철 근	배 력 철 근	비 고
1단 배근		D19@150	D19@300	배력철근량은 위의 기준에 의거하여 주 철근량의 50%적용
2단 배근	상 면	D16@150	D16@300	
	하 면	D13@300	D13@600	

※ 절 · 성경계면이 사각을 이룰 경우 보강슬래브의 뒤틀림 변형을 방지하기 위해서는 절 · 성경계영역에 대한 강성확보가 요구되므로 이 구간의 배력철근은 주철근과 동일한 철근량을 사용하는 것이 바람직하다고 사료된다.



5.5 철근 조립도

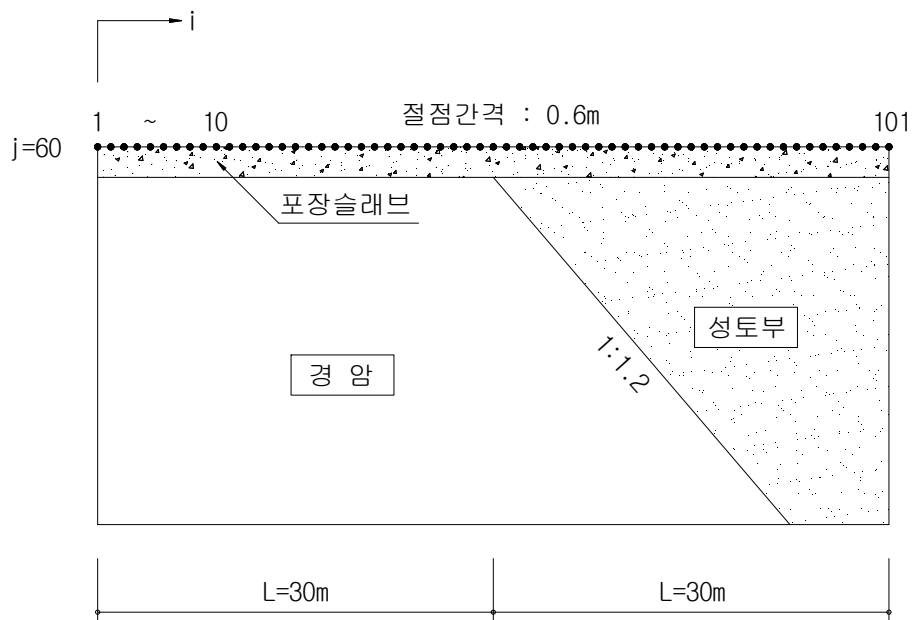


지반스프링계수 산정

1. 지반스프링계수 산정을 위한 FLAC해석

1.1 개요

절토부와 성토부의 적절한 지반스프링계수의 적용을 위하여 FDM 해석프로그램인 FLAC을 사용하여 절토부 30m, 성토부 30m의 지반과 보강슬래브 및 포장슬래브에 대해서 해석을 수행하였다. 각 절점(0.6m 간격)의 단위하중에 대한 변위값을 산출하여 적절한 지반스프링계수산정을 위한 Program에 적용하였다.



• 지반 및 포장슬래브의 해석 특성치

구 분	단위중량 (tonf/m ³)	탄성계수 (tonf/m ²)	프아송 비 (ν)	점착력 (tonf/m ²)	내부 마찰각 (degree)
경 암	2.70	1.4×10 ⁶	0.2	38	50
성 토부	1.90	2.0×10 ³	0.25	0.5	33
포장 슬래브	2.30	2.3×10 ⁶	0.18	50	40

1.2 FLAC해석(지반 Spring계수 산정을 위한 FDM해석) 입력 DATA

```
New
Tit
Analysis of Pavement Design (Con'c Pavement + Hard Rock)

Grid 100,59

m m
;gen 0,0 0,15.3 40,15.3 40,0
;gen line 0,15.0 40.0,15.0
;gen line 10.0,15.0 17.5,0

;ini x 17.5 y 0 i 44 j 1
;mark i 44 j 1

gen 0,0 0,20.3 60,20.3 60,0
gen line 0,20.0 60.0,20.0
gen line 30.0,20.0 37.5,0

ini x 37.5 y 0 i 63 j 1
mark i 63 j 1

*초기 물성치 입력

*노상
prop de 1.9 bu 5.56e4 sh 4.17e4 co 50 te 0 fri 35 reg 1 59

*절토면(경암)
prop de 2.7 bu 7.78e6 sh 5.83e6 co 500 te 0 fri 50 reg 1 2

*성토면
prop de 2.0 bu 1.867e4 sh 1.120e4 co 5 te 0 fri 33 reg 67 50

*****

m n reg 1 59
m n reg 67 50

*경계조건
fix x i 1 j 1,60
fix x i 101 j 1,60
fix y i 1,101 j 1

*중력가속도 적용
set g 9.81

his unbal

his ydis i 26 j 60
his ydis i 51 j 60
his ydis i 76 j 60

sol f 0.1
;step 4000
;step 3
def k0_set
  loop i (1,izones)
    loop j (1,jzones)
      sxx(i,j)=0.5*syy(i,j)
      szz(i,j)=0.5*syy(i,j)
    end_loop
  end_loop
end
k0_set

ini xdis 0 ydis 0 xvel 0 yvel 0
```

save dF3-1.sav

tit
Analysis of Pavement Design (Con'c Pavement + Hard Rock)

M M REG 1 59
m m reg 67 50

*초기 물성치 입력

*노상
prop de 1.9 bu 5.56e4 sh 4.17e4 co 50 te 0 fri 35 reg 1 59

*절토면(경암)
prop de 2.7 bu 7.78e6 sh 5.83e6 co 500 te 0 fri 50 reg 1 2

*성토면
prop de 2.0 bu 1.867e4 sh 1.120e4 co 5 te 0 fri 33 reg 67 50

sol f 0.1
;step 4000
;step 3
ini xdis 0 ydis 0 xvel 0 yvel 0
sa dF2-2.sav

tit
Analysis of Pavement Design

struct prop 1 e 2.3e6 i 2.25e-3 a 0.3

def K_use

loop ii (1,100)
 ib=ii
 ie=ii+1

 command
 struct beam beg grid ib 60 end grid ie 60 nprop 1
 end_command
end_loop
end
k_use

app press = 10 i 1 101 j 59

sol f 0.1
;step 4000
;step 4
sa dF3-3.sav
;ca ddf3.dat

단면 설계

1. 2단 배근의 경우

— 설 계 조 건 —

콘크리트 설계강도 : 240.0 kgf/cm²

철근 항복강도 : 3000.0 kgf/cm²

— 부 재 : 상면(단기하중)

극한 모멘트 (Mu) = 482000.000 kgf.cm

극한 전단력 (Su) = 0.000 kgf

단 위 폭 (B) = 100.000 cm

형 유효높이 (Dm) = 20.000 cm

전단유효높이 (Ds) = 20.000 cm

피 복 두 께 (Dz) = 5.000 cm

◆ 소요철근량 계산

극한모멘트 (Mu) = 482000.000 kgf.cm

평형모멘트 (Mb) = $0.85 \times f_{ck} \times A_b \times B \times (D_m - A_b/2) \times 0.85$
= 2816786.666 kgf.cm

여기서, $A_b = K \times X = 11.333$

$f_{ck} < 280$, $K = 0.85$

$f_{ck} > 280$

$K = 0.85 - (f_{ck} - 280) \times 0.007/10$

$X = 6000 \times D_m / (6000 + f_y) = 13.333 \text{ cm}$

--- Mu < MB ---

인장철근량 (As) = $M_u / (f_y \times (D_m - A_c/2) \times 0.85) = 9.804 \text{ cm}^2$

여기서 $A_c = (0.85 \times f_{ck} \times B \times D_m - \text{SQRT}((0.85 \times f_{ck} \times B \times D_m)^2 - 2 \times f_{ck} \times B \times M_u)) / (0.85 \times f_{ck} \times B) = 1.441 \text{ cm}$

단면철근비 (P) = $A_s / (B \times D_m) = 0.00490$

최대철근비 (Pmax) = $0.75 \times 0.85 \times f_{ck} \times A / (f_y \times D_m) = 0.02890$

최소철근비 (Pmin) = $14 / f_y = 0.00466$

--- P > PMIN 인 경우 ---

그러므로 As = 9.804 cm² 이상 사용하여야 한다.

사용철근량 As = D16 @ 15.0 = 13.24 cm² > 9.80 cm²

— 0.K. —

설계모멘트강도 $\Phi M_n = 0.85 \times (A_s \times f_y \times (D_m - A/2))$

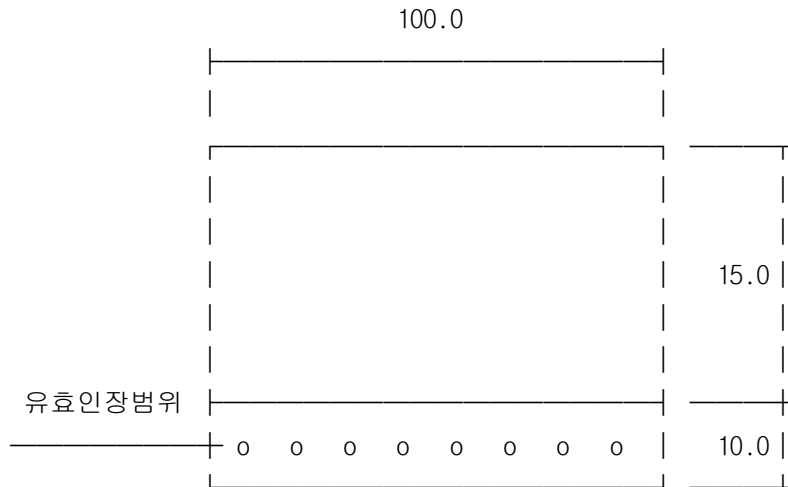
= 642371.700 kgf.cm > Mu = 482000.000 kgf.cm

여기서, $A = A_s \times f_y / (0.85 \times f_{ck} \times B) = 1.947 \text{ cm}$

— 0.K. —

사용철근량이 필요철근량의 4/3배 이상이므로 균열모멘트 무시

◆ 사용성 검토



i) 균열폭 검토

- 균열폭 계산

$$w = 1.08 \times \beta_c \times f_s \times (d_c \times A)^{(1/3)} \times 10^{(-5)}$$

여기서, β_c 는 중립축에서 인장측연단까지의 거리를 중립축에서 철근도심까지의 거리로 나눈 값

$$\beta_c = 19.464 / (19.464 - 5.000) = 1.345$$

$$f_s = 1418.64 \text{ kg/cm}^2$$

$$d_c = 5.00 \text{ cm}$$

$$A = 150.00 \text{ cm}^2$$

$$w = 1.08 \times 1.345 \times 1418.64 \times (5.0 \times 150.00)^{(1/3)} \times 10^{(-5)} = 0.187 \text{ mm}$$

- 허용균열폭 계산 (일반 환경)

$$w_a = 0.005 \times (50.0 - 16. / 2) = 0.210 \text{ mm}$$

- 균열폭 확인

$$w = 0.187 \text{ mm} < w_a = 0.210 \text{ mm}$$

O.K.

부 재 : 상면(장기하중)

$$\text{극한 모멘트 (Mu)} = 597000.000 \text{ kgf.cm}$$

$$\text{극한 전단력 (Su)} = 0.000 \text{ kgf}$$

$$\text{단 위 폭 (B)} = 100.000 \text{ cm}$$

$$\text{형 유효높이 (Dm)} = 20.000 \text{ cm}$$

$$\text{전단유효높이 (Ds)} = 20.000 \text{ cm}$$

$$\text{피 복 두께 (Dz)} = 5.000 \text{ cm}$$

◆ 소요철근량 계산

$$\text{극한모멘트 (Mu)} = 597000.000 \text{ kgf.cm}$$

$$\begin{aligned} \text{평형모멘트 (Mb)} &= 0.85 \times f_{ck} \times A_b \times B \times (D_m - A_b / 2) \times 0.85 \\ &= 2816786.666 \text{ kgf.cm} \end{aligned}$$

$$\text{여기서, } A_b = K \times X = 11.333$$

$$f_{ck} < 280, K = 0.85$$

$$f_{ck} > 280$$

$$K = 0.85 - (f_{ck} - 280) \times 0.007 / 10$$

$$X = 6000 \times D_m / (6000 + f_y) = 13.333 \text{ cm}$$

$$\text{--- } \mu_u < \mu_b \text{ ---}$$

$$\text{인장철근량 } (A_s) = \mu_u / (f_y \times (D_m - A_c/2) \times 0.85) = 12.258 \text{ cm}^2$$

$$\text{여기서 } A_c = (0.85 \times f_{ck} \times B \times D_m - \text{SQRT}((0.85 \times f_{ck} \times B \times D_m)^2 - 2 \times f_{ck} \times B \times \mu_u)) / (0.85 \times f_{ck} \times B) = 1.802 \text{ cm}$$

$$\text{단면철근비 } (P) = A_s / (B \times D_m) = 0.00612$$

$$\text{최대철근비 } (P_{\max}) = 0.75 \times 0.85 \times f_{ck} \times A / (f_y \times D_m) = 0.02890$$

$$\text{최소철근비 } (P_{\min}) = 14 / f_y = 0.00466$$

$$\text{--- } P > P_{\min} \text{ 인 경우 ---}$$

그러므로 $A_s = 12.258 \text{ cm}^2$ 이상 사용하여야 한다.

$$\text{사용철근량 } A_s = D16 @ 15.0 = 13.24 \text{ cm}^2 > 12.25 \text{ cm}^2$$

--- O.K. ---

$$\text{설계모멘트강도 } \phi M_n = 0.85 \times (A_s \times f_y \times (D_m - A/2))$$

$$= 642371.700 \text{ kgf.cm} > \mu_u = 597000.000 \text{ kgf.cm}$$

$$\text{여기서, } A = A_s \times f_y / (0.85 \times f_{ck} \times B) = 1.947 \text{ cm}$$

--- O.K. ---

$$\text{균열모멘트강도 } M_{cr} = f_{ru} \times I_g / y_t$$

$$= 30.983 \times 130208.3 / 12.50$$

$$= 322748.612 \text{ kgf.cm}$$

$$\phi M_n = 642371.7 \text{ kgf.cm} > 1.2 \times M_{cr} = 387298.3 \text{ kgf.cm}$$

--- O.K. ---

--- 부 재 : 하면(단기하중)

$$\text{극한 모멘트 } (\mu_u) = 133000.000 \text{ kgf.cm}$$

$$\text{극한 전단력 } (S_u) = 0.000 \text{ kgf}$$

$$\text{단 위 폭 } (B) = 100.000 \text{ cm}$$

$$\text{형 유효높이 } (D_m) = 20.000 \text{ cm}$$

$$\text{전단유효높이 } (D_s) = 20.000 \text{ cm}$$

$$\text{피 복 두께 } (D_z) = 5.000 \text{ cm}$$

◆ 소요철근량 계산

$$\text{극한모멘트 } (\mu_u) = 133000.000 \text{ kgf.cm}$$

$$\text{평형모멘트 } (\mu_b) = 0.85 \times f_{ck} \times A_b \times B \times (D_m - A_b/2) \times 0.85$$

$$= 2816786.666 \text{ kgf.cm}$$

$$\text{여기서, } A_b = K \times X = 11.333$$

$$f_{ck} < 280, K = 0.85$$

$$f_{ck} > 280$$

$$K = 0.85 - (f_{ck} - 280) \times 0.007 / 10$$

$$X = 6000 \times D_m / (6000 + f_y) = 13.333 \text{ cm}$$

$$\text{--- } \mu_u < \mu_b \text{ ---}$$

$$\text{인장철근량 } (A_s) = \mu_u / (f_y \times (D_m - A_c/2) \times 0.85) = 2.633 \text{ cm}^2$$

$$\text{여기서 } A_c = (0.85 \times f_{ck} \times B \times D_m - \text{SQRT}((0.85 \times f_{ck} \times B \times D_m)^2 - 2 \times f_{ck} \times B \times \mu_u)) / (0.85 \times f_{ck} \times B)$$

$$-2 \times f_{ck} \times B \times \mu_u) / (0.85 \times f_{ck} \times B) = 0.387 \text{ cm}$$

$$\text{단면철근비 (P)} = A_s / (B \times D_m) = 0.00131$$

$$\text{최대철근비 (P}_{\max}) = 0.75 \times 0.85 \times f_{ck} \times A / (f_y \times D_m) = 0.02890$$

$$\text{최소철근비 (P}_{\min}) = 14 / f_y = 0.00466$$

--- P < P_{MIN} 인 경우 ---

$$\text{최소철근량 : (1) } 4/3 \times A_s = 3.511 \text{ cm}^2$$

$$(2) 14 / f_y \times B \times D_m = 9.333 \text{ cm}^2$$

$$\text{그러므로, 최소철근량 } A_{s\min} = 3.511 \text{ cm}^2$$

그러므로 $A_s = 3.511 \text{ cm}^2$ 이상 사용하여야 한다.

$$\text{사용철근량 } A_s = D13 @ 30.0 = 4.22 \text{ cm}^2 > 3.51 \text{ cm}^2$$

— 0.K. —

$$\text{설계모멘트강도 } \phi M_n = 0.85 \times (A_s \times f_y \times (D_m - A/2))$$

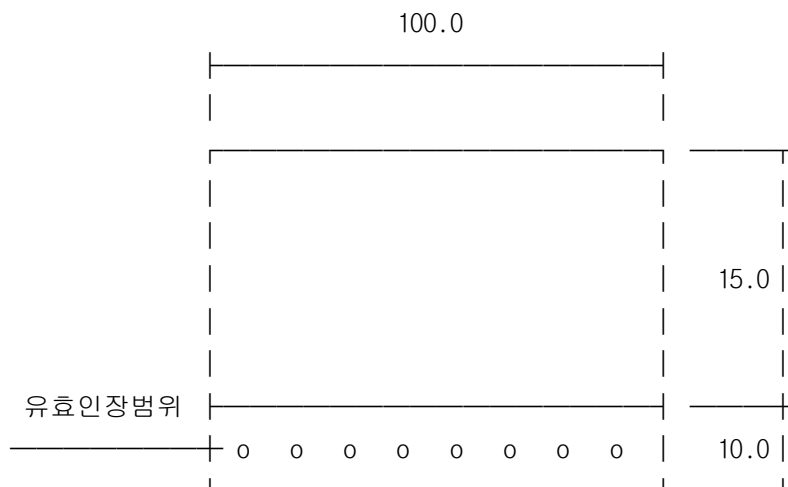
$$= 212045.647 \text{ kgf.cm} > \mu_u = 133000.000 \text{ kgf.cm}$$

$$\text{여기서, } A = A_s \times f_y / (0.85 \times f_{ck} \times B) = 0.621 \text{ cm}$$

— 0.K. —

사용철근량이 필요철근량의 4/3배 이상이므로 균열모멘트 무시

◆ 사용성 검토



i) 균열폭 검토

- 균열폭 계산

$$w = 1.08 \times \beta_c \times f_s \times (d_c \times A)^{(1/3)} \times 10^{(-5)}$$

여기서, β_c 는 종립축에서 인장측연단까지의 거리를 종립축에서
철근도심까지의 거리로 나눈 값

$$\beta_c = 21.646 / (21.646 - 5.000) = 1.300$$

$$f_s = 965.57 \text{ kg/cm}^2$$

$$d_c = 5.00 \text{ cm}$$

$$A = 300.00 \text{ cm}^2$$

$$w = 1.08 \times 1.300 \times 965.57 \times (5.0 \times 300.00)^{(1/3)} \times 10^{(-5)}$$

$$= 0.155 \text{ mm}$$

- 허용균열폭 계산 (일반 환경)

$$w_a = 0.005 \times (50.0 - 13. / 2) = 0.217 \text{ mm}$$

- 균열폭 확인

$$w = 0.155 \text{ mm} < w_a = 0.217 \text{ mm}$$

O.K.

—— 부 재 : 하면(장기하중)

$$\text{극한 모멘트 (Mu)} = 100000.000 \text{ kgf.cm}$$

$$\text{극한 전단력 (Su)} = 0.000 \text{ kgf}$$

$$\text{단 위 폭 (B)} = 100.000 \text{ cm}$$

$$\text{횡 유효높이 (Dm)} = 20.000 \text{ cm}$$

$$\text{전단유효높이 (Ds)} = 20.000 \text{ cm}$$

$$\text{피 복 두께 (Dz)} = 5.000 \text{ cm}$$

◆ 소요철근량 계산

$$\text{극한모멘트 (Mu)} = 100000.000 \text{ kgf.cm}$$

$$\begin{aligned} \text{평형모멘트 (Mb)} &= 0.85 \times f_{ck} \times A_b \times B \times (D_m - A_b/2) \times 0.85 \\ &= 2816786.666 \text{ kgf.cm} \end{aligned}$$

$$\text{여기서, } A_b = K \times X = 11.333$$

$$f_{ck} < 280, K = 0.85$$

$$f_{ck} > 280$$

$$K = 0.85 - (f_{ck} - 280) \times 0.007/10$$

$$X = 6000 \times D_m / (6000 + f_y) = 13.333 \text{ cm}$$

--- Mu < MB ---

$$\text{인장철근량 (As)} = M_u / (f_y \times (D_m - A_c/2) \times 0.85) = 1.975 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned} \text{여기서 } A_c &= (0.85 \times f_{ck} \times B \times D_m - \sqrt{(0.85 \times f_{ck} \times B \times D_m)^2} \\ &\quad - 2 \times f_{ck} \times B \times M_u) / (0.85 \times f_{ck} \times B) = 0.290 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\text{단면철근비 (P)} = A_s / (B \times D_m) = 0.00098$$

$$\text{최대철근비 (Pmax)} = 0.75 \times 0.85 \times f_{ck} \times A / (f_y \times D_m) = 0.02890$$

$$\text{최소철근비 (Pmin)} = 14 / f_y = 0.00466$$

--- P < Pmin 인 경우 ---

$$\text{최소철근량 : (1) } 4/3 \times A_s = 2.633 \text{ cm}^2$$

$$(2) 14 / f_y \times B \times D_m = 9.333 \text{ cm}^2$$

$$\text{그러므로, 최소철근량 } A_{smin} = 2.633 \text{ cm}^2$$

그러므로 As = 2.633 cm² 이상 사용하여야 한다.

$$\text{사용철근량 } A_s = D13 @ 30.0 = 4.22 \text{ cm}^2 > 2.63 \text{ cm}^2$$

—— O.K. ——

$$\text{설계모멘트강도 } \Phi M_n = 0.85 \times (A_s \times f_y \times (D_m - A/2))$$

$$= 212045.647 \text{ kgf.cm} > M_u = 100000.000 \text{ kgf.cm}$$

$$\text{여기서, } A = A_s \times f_y / (0.85 \times f_{ck} \times B) = 0.621 \text{ cm}$$

—— O.K. ——

사용철근량이 필요철근량의 4/3배 이상이므로 균열모멘트 무시

2. 1단 배근의 경우

2.1 상면피복 10cm인 경우(단기하중)

— 설 계 조 건 —

콘크리트 설계강도 : 240.0 kgf/cm²

철근 항복강도 : 3000.0 kgf/cm²

— 부 재 : 정모멘트_D16@150

극한 모멘트 (Mu) = 133000.000 kgf.cm

극한 전단력 (Su) = 0.000 kgf

단 위 폭 (B) = 100.000 cm

형 유효높이 (Dm) = 10.000 cm

전단유효높이 (Ds) = 10.000 cm

피 복 두 께 (Dz) = 15.000 cm

◆ 소요철근량 계산

극한모멘트 (Mu) = 133000.000 kgf.cm

평형모멘트 (Mb) = $0.85 \times f_{ck} \times A_b \times B \times (D_m - A_b/2) \times 0.85$
= 704196.666 kgf.cm

여기서, $A_b = K \times X = 5.666$

$f_{ck} < 280$, $K = 0.85$

$f_{ck} > 280$

$K = 0.85 - (f_{ck} - 280) \times 0.007 / 10$

$X = 6000 \times D_m / (6000 + f_y) = 6.666 \text{ cm}$

--- Mu < MB ---

인장철근량 (As) = $M_u / (f_y \times (D_m - A_c/2) \times 0.85) = 5.432 \text{ cm}^2$

여기서 $A_c = (0.85 \times f_{ck} \times B \times D_m - \text{SQRT}((0.85 \times f_{ck} \times B \times D_m)^2 - 2 \times f_{ck} \times B \times M_u)) / (0.85 \times f_{ck} \times B) = 0.798 \text{ cm}$

단면철근비 (P) = $A_s / (B \times D_m) = 0.00543$

최대철근비 (Pmax) = $0.75 \times 0.85 \times f_{ck} \times A / (f_y \times D_m) = 0.02890$

최소철근비 (Pmin) = $14 / f_y = 0.00466$

--- P > PMIN 인 경우 ---

그러므로 As = 5.432 cm² 이상 사용하여야 한다.

사용철근량 As = D16 @ 15.0 = 13.24 cm² > 5.43 cm²

— 0.K. —

설계모멘트강도 $\Phi M_n = 0.85 \times (A_s \times f_y \times (D_m - A/2))$

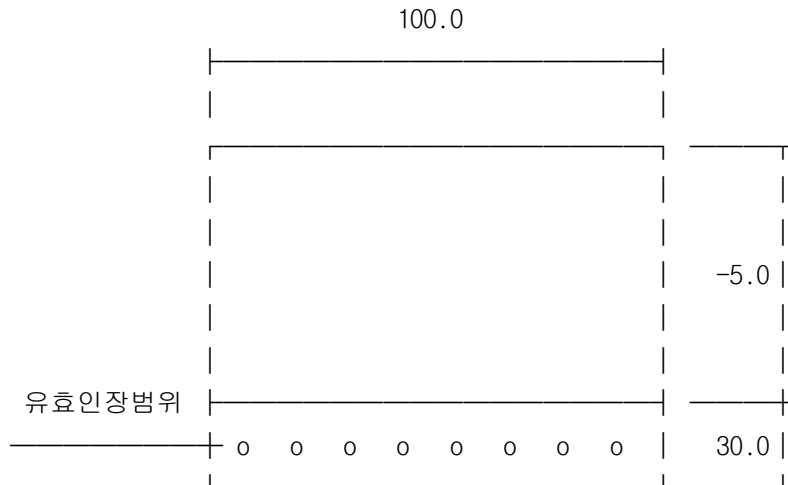
= 304751.700 kgf.cm > Mu = 133000.000 kgf.cm

여기서, $A = A_s \times f_y / (0.85 \times f_{ck} \times B) = 1.947 \text{ cm}$

— 0.K. —

사용철근량이 필요철근량의 4/3배 이상이므로 균열모멘트 무시

◆ 사용성 검토



i) 균열폭 검토

- 균열폭 계산

$$w = 1.08 \times \beta_c \times f_s \times (d_c \times A)^{(1/3)} \times 10^{(-5)}$$

여기서, β_c 는 중립축에서 인장측연단까지의 거리를 중립축에서 철근도심까지의 거리로 나눈 값

$$\beta_c = 21.336 / (21.336 - 15.000) = 3.367$$

$$f_s = 662.47 \text{ kg/cm}^2$$

$$d_c = 15.00 \text{ cm}$$

$$A = 450.00 \text{ cm}^2$$

$$w = 1.08 \times 3.367 \times 662.47 \times (15.0 \times 450.00)^{(1/3)} \times 10^{(-5)} = 0.455 \text{ mm}$$

- 허용균열폭 계산 (일반 환경)

$$w_a = 0.005 \times (150.0 - 16. / 2) = 0.710 \text{ mm}$$

- 균열폭 확인

$$w = 0.455 \text{ mm} < w_a = 0.710 \text{ mm}$$

O.K.

—— 부 재 : 정모멘트_D16@200

$$\text{극한 모멘트 (Mu)} = 133000.000 \text{ kgf.cm}$$

$$\text{극한 전단력 (Su)} = 0.000 \text{ kgf}$$

$$\text{단 위 폭 (B)} = 100.000 \text{ cm}$$

$$\text{형 유효높이 (Dm)} = 10.000 \text{ cm}$$

$$\text{전단유효높이 (Ds)} = 10.000 \text{ cm}$$

$$\text{피 복 두께 (Dz)} = 15.000 \text{ cm}$$

◆ 소요철근량 계산

$$\text{극한모멘트 (Mu)} = 133000.000 \text{ kgf.cm}$$

$$\begin{aligned} \text{평형모멘트 (Mb)} &= 0.85 \times f_{ck} \times A_b \times B \times (D_m - A_b / 2) \times 0.85 \\ &= 704196.666 \text{ kgf.cm} \end{aligned}$$

$$\text{여기서, } A_b = K \times X = 5.666$$

$$f_{ck} < 280, K = 0.85$$

$$f_{ck} > 280$$

$$K = 0.85 - (f_{ck} - 280) \times 0.007 / 10$$

$$X = 6000 \times D_m / (6000 + f_y) = 6.666 \text{ cm}$$

--- $M_u < M_B$ ---

$$\text{인장철근량 } (A_s) = M_u / (f_y \times (D_m - A_c/2) \times 0.85) = 5.432 \text{ cm}^2$$

$$\text{여기서 } A_c = (0.85 \times f_{ck} \times B \times D_m - \text{SQRT}((0.85 \times f_{ck} \times B \times D_m)^2 - 2 \times f_{ck} \times B \times M_u)) / (0.85 \times f_{ck} \times B) = 0.798 \text{ cm}$$

$$\text{단면철근비 } (P) = A_s / (B \times D_m) = 0.00543$$

$$\text{최대철근비 } (P_{\max}) = 0.75 \times 0.85 \times f_{ck} \times A / (f_y \times D_m) = 0.02890$$

$$\text{최소철근비 } (P_{\min}) = 14 / f_y = 0.00466$$

--- $P > P_{\min}$ 인 경우 ---

그러므로 $A_s = 5.432 \text{ cm}^2$ 이상 사용하여야 한다.

$$\text{사용철근량 } A_s = \text{D16 @ } 20.0 = 9.93 \text{ cm}^2 > 5.43 \text{ cm}^2$$

--- O.K. ---

$$\text{설계모멘트강도 } \Phi M_n = 0.85 \times (A_s \times f_y \times (D_m - A/2))$$

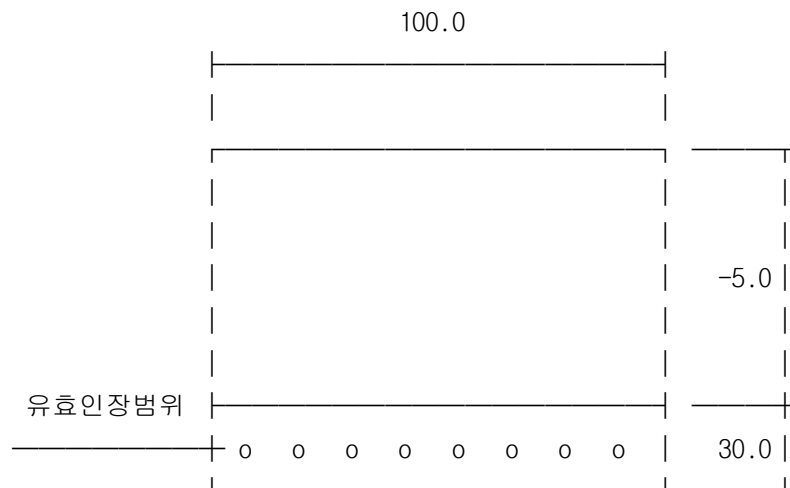
$$= 234726.581 \text{ kgf.cm} > M_u = 133000.000 \text{ kgf.cm}$$

$$\text{여기서, } A = A_s \times f_y / (0.85 \times f_{ck} \times B) = 1.460 \text{ cm}$$

--- O.K. ---

사용철근량이 필요철근량의 4/3배 이상이므로 균열모멘트 무시

◆ 사용성 검토



i) 균열폭 검토

- 균열폭 계산

$$w = 1.08 \times \beta_c \times f_s \times (d_c \times A)^{1/3} \times 10^{-5}$$

여기서, β_c 는 중립축에서 인장측연단까지의 거리를 중립축에서 철근도심까지의 거리로 나눈 값

$$\beta_c = 21.730 / (21.730 - 15.000) = 3.228$$

$$f_s = 870.28 \text{ kg/cm}^2$$

$$d_c = 15.00 \text{ cm}$$

$$A = 600.00 \text{ cm}^2$$

$$w = 1.08 \times 3.228 \times 870.28 \times (15.0 \times 600.00)^{(1/3)} \times 10^{(-5)}$$

$$= 0.631 \text{ mm}$$

- 허용균열폭 계산 (일반 환경)

$$w_a = 0.005 \times (150.0 - 16. / 2) = 0.710 \text{ mm}$$

- 균열폭 확인

$$w = 0.631 \text{ mm} < w_a = 0.710 \text{ mm}$$

O.K.

———— 부 재 : 정모멘트_D19@150

$$\text{극한 모멘트 (Mu)} = 133000.000 \text{ kgf.cm}$$

$$\text{극한 전단력 (Su)} = 0.000 \text{ kgf}$$

$$\text{단 위 폭 (B)} = 100.000 \text{ cm}$$

$$\text{형 유효높이 (Dm)} = 10.000 \text{ cm}$$

$$\text{전단유효높이 (Ds)} = 10.000 \text{ cm}$$

$$\text{피 복 두 께 (Dz)} = 15.000 \text{ cm}$$

◆ 소요철근량 계산

$$\text{극한모멘트 (Mu)} = 133000.000 \text{ kgf.cm}$$

$$\text{평형모멘트 (Mb)} = 0.85 \times f_{ck} \times A_b \times B \times (D_m - A_b/2) \times 0.85$$

$$= 704196.666 \text{ kgf.cm}$$

$$\text{여기서, } A_b = K \times X = 5.666$$

$$f_{ck} < 280, K = 0.85$$

$$f_{ck} > 280$$

$$K = 0.85 - (f_{ck} - 280) \times 0.007/10$$

$$X = 6000 \times D_m / (6000 + f_y) = 6.666 \text{ cm}$$

--- Mu < MB ---

$$\text{인장철근량 (As)} = Mu / (f_y \times (D_m - A_c/2) \times 0.85) = 5.432 \text{ cm}^2$$

$$\text{여기서 } A_c = (0.85 \times f_{ck} \times B \times D_m - \text{SQRT}((0.85 \times f_{ck} \times B \times D_m)^2 - 2 \times f_{ck} \times B \times Mu)) / (0.85 \times f_{ck} \times B) = 0.798 \text{ cm}$$

$$\text{단면철근비 (P)} = As / (B \times D_m) = 0.00543$$

$$\text{최대철근비 (Pmax)} = 0.75 \times 0.85 \times f_{ck} \times A / (f_y \times D_m) = 0.02890$$

$$\text{최소철근비 (Pmin)} = 14 / f_y = 0.00466$$

--- P > PMIN 인 경우 ---

그러므로 As = 5.432 cm² 이상 사용하여야 한다.

$$\text{사용철근량 As} = D19 @ 15.0 = 19.10 \text{ cm}^2 > 5.43 \text{ cm}^2$$

———— O.K. ———

$$\text{설계모멘트강도 } \Phi M_n = 0.85 \times (As \times f_y \times (D_m - A/2))$$

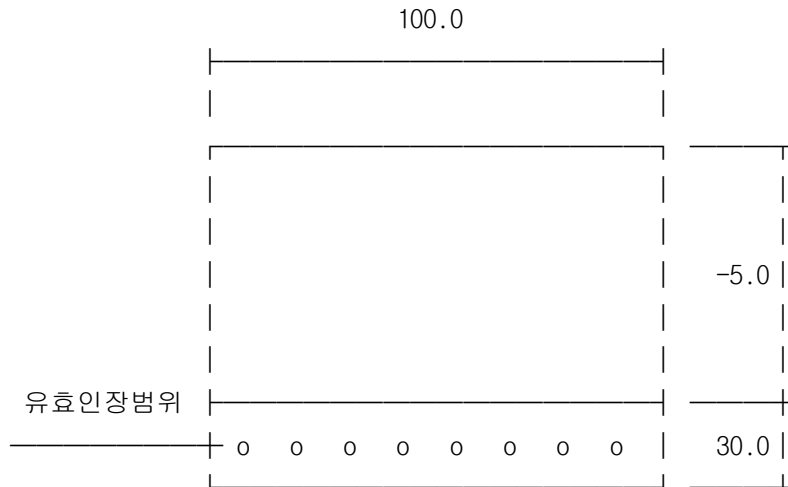
$$= 418648.125 \text{ kgf.cm} > Mu = 133000.000 \text{ kgf.cm}$$

$$\text{여기서, } A = As \times f_y / (0.85 \times f_{ck} \times B) = 2.808 \text{ cm}$$

———— O.K. ———

사용철근량이 필요철근량의 4/3배 이상이므로 균열모멘트 무시

◆ 사용성 검토



i) 균열폭 검토

- 균열폭 계산

$$w = 1.08 \times \beta_c \times f_s \times (d_c \times A)^{(1/3)} \times 10^{(-5)}$$

여기서, β_c 는 중립축에서 인장측연단까지의 거리를 중립축에서 철근도심까지의 거리로 나눈 값

$$\beta_c = 20.792 / (20.792 - 15.000) = 3.589$$

$$f_s = 468.90 \text{ kg/cm}^2$$

$$d_c = 15.00 \text{ cm}$$

$$A = 450.00 \text{ cm}^2$$

$$w = 1.08 \times 3.589 \times 468.90 \times (15.0 \times 450.00)^{(1/3)} \times 10^{(-5)} \\ = 0.343 \text{ mm}$$

- 허용균열폭 계산 (일반 환경)

$$w_a = 0.005 \times (150.0 - 19. / 2) = 0.702 \text{ mm}$$

- 균열폭 확인

$$w = 0.343 \text{ mm} < w_a = 0.702 \text{ mm}$$

O.K.

부 재 : 정모멘트_D19@200

$$\text{극한 모멘트 (Mu)} = 133000.000 \text{ kgf.cm}$$

$$\text{극한 전단력 (Su)} = 0.000 \text{ kgf}$$

$$\text{단 위 폭 (B)} = 100.000 \text{ cm}$$

$$\text{횡 유효높이 (Dm)} = 10.000 \text{ cm}$$

$$\text{전단유효높이 (Ds)} = 10.000 \text{ cm}$$

$$\text{피 복 두 개 (Dz)} = 15.000 \text{ cm}$$

◆ 소요철근량 계산

$$\text{극한모멘트 (Mu)} = 133000.000 \text{ kgf.cm}$$

$$\text{평형모멘트 (Mb)} = 0.85 \times f_{ck} \times A_b \times B \times (D_m - A_b / 2) \times 0.85 \\ = 704196.666 \text{ kgf.cm}$$

$$\text{여기서, } A_b = K \times X = 5.666$$

$$f_{ck} < 280, K = 0.85$$

$$f_{ck} > 280$$

$$K = 0.85 - (f_{ck} - 280) \times 0.007 / 10$$

$$X = 6000 \times D_m / (6000 + f_y) = 6.666 \text{ cm}$$

--- $M_u < M_B$ ---

$$\text{인장철근량 } (A_s) = M_u / (f_y \times (D_m - A_c/2) \times 0.85) = 5.432 \text{ cm}^2$$

$$\text{여기서 } A_c = (0.85 \times f_{ck} \times B \times D_m - \sqrt{(0.85 \times f_{ck} \times B \times D_m)^2 - 2 \times f_{ck} \times B \times M_u}) / (0.85 \times f_{ck} \times B) = 0.798 \text{ cm}$$

$$\text{단면철근비 } (P) = A_s / (B \times D_m) = 0.00543$$

$$\text{최대철근비 } (P_{\max}) = 0.75 \times 0.85 \times f_{ck} \times A / (f_y \times D_m) = 0.02890$$

$$\text{최소철근비 } (P_{\min}) = 14 / f_y = 0.00466$$

--- $P > P_{\min}$ 인 경우 ---

그러므로 $A_s = 5.432 \text{ cm}^2$ 이상 사용하여야 한다.

$$\text{사용철근량 } A_s = D19 @ 20.0 = 14.32 \text{ cm}^2 > 5.43 \text{ cm}^2$$

--- O.K. ---

$$\text{설계모멘트강도 } \Phi M_n = 0.85 \times (A_s \times f_y \times (D_m - A/2))$$

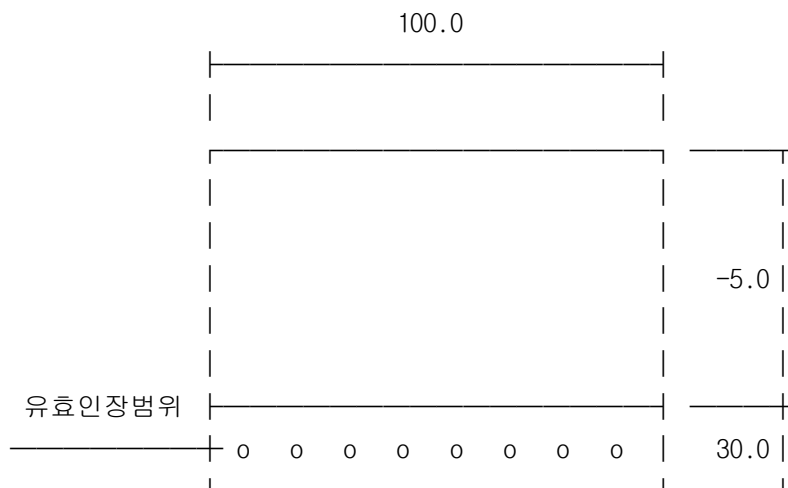
$$= 326811.445 \text{ kgf.cm} > M_u = 133000.000 \text{ kgf.cm}$$

$$\text{여기서, } A = A_s \times f_y / (0.85 \times f_{ck} \times B) = 2.106 \text{ cm}$$

--- O.K. ---

사용철근량이 필요철근량의 4/3배 이상이므로 균열모멘트 무시

◆ 사용성 검토



i) 균열폭 검토

- 균열폭 계산

$$w = 1.08 \times \beta_c \times f_s \times (d_c \times A)^{1/3} \times 10^{-5}$$

여기서, β_c 는 중립축에서 인장측연단까지의 거리를 중립축에서 철근도심까지의 거리로 나눈 값

$$\beta_c = 21.223 / (21.223 - 15.000) = 3.410$$

$$f_s = 614.93 \text{ kg/cm}^2$$

$$d_c = 15.00 \text{ cm}$$

$$A = 600.00 \text{ cm}^2$$

$$w = 1.08 \times 3.410 \times 614.93 \times (15.0 \times 600.00)^{1/3} \times 10^{-5}$$

$$= 0.471 \text{ mm}$$

- 허용균열폭 계산 (일반 환경)

$$w_a = 0.005 \times (150.0 - 19. / 2) = 0.702 \text{ mm}$$

- 균열폭 확인

$$w = 0.471 \text{ mm} < w_a = 0.702 \text{ mm}$$

O.K.

—— 부 재 : 부모멘트_D16@150

$$\text{극한 모멘트 (Mu)} = 482000.000 \text{ kgf.cm}$$

$$\text{극한 전단력 (Su)} = 0.000 \text{ kgf}$$

$$\text{단 위 폭 (B)} = 100.000 \text{ cm}$$

$$\text{형 유효높이 (Dm)} = 15.000 \text{ cm}$$

$$\text{전단유효높이 (Ds)} = 15.000 \text{ cm}$$

$$\text{피 복 두 개 (Dz)} = 10.000 \text{ cm}$$

◆ 소요철근량 계산

$$\text{극한모멘트 (Mu)} = 482000.000 \text{ kgf.cm}$$

$$\text{평형모멘트 (Mb)} = 0.85 \times f_{ck} \times A_b \times B \times (D_m - A_b/2) \times 0.85$$

$$= 1584442.500 \text{ kgf.cm}$$

$$\text{여기서, } A_b = K \times X = 8.500$$

$$f_{ck} < 280, K = 0.85$$

$$f_{ck} > 280$$

$$K = 0.85 - (f_{ck} - 280) \times 0.007 / 10$$

$$X = 6000 \times D_m / (6000 + f_y) = 10.000 \text{ cm}$$

--- Mu < MB ---

$$\text{인장철근량 (As)} = Mu / (f_y \times (D_m - A_c/2) \times 0.85) = 13.493 \text{ cm}^2$$

$$\text{여기서 } A_c = (0.85 \times f_{ck} \times B \times D_m - \text{SQRT}((0.85 \times f_{ck} \times B \times D_m)^2 - 2 \times f_{ck} \times B \times Mu)) / (0.85 \times f_{ck} \times B) = 1.984 \text{ cm}$$

$$\text{단면철근비 (P)} = As / (B \times D_m) = 0.00899$$

$$\text{최대철근비 (Pmax)} = 0.75 \times 0.85 \times f_{ck} \times A / (f_y \times D_m) = 0.02890$$

$$\text{최소철근비 (Pmin)} = 14 / f_y = 0.00466$$

--- P > PMIN 인 경우 ---

그러므로 As = 13.493 cm² 이상 사용하여야 한다.

$$\text{사용철근량 As} = D16 @ 15.0 = 13.24 \text{ cm}^2 < 13.49 \text{ cm}^2$$

—— N.G. ——

$$\text{설계모멘트강도 } \Phi M_n = 0.85 \times (As \times f_y \times (D_m - A/2))$$

$$= 473561.700 \text{ kgf.cm} < Mu = 482000.000 \text{ kgf.cm}$$

$$\text{여기서, } A = As \times f_y / (0.85 \times f_{ck} \times B) = 1.947 \text{ cm}$$

—— N.G. ——

$$\text{균열모멘트강도 } M_{cr} = f_{ru} \times I_g / y_t$$

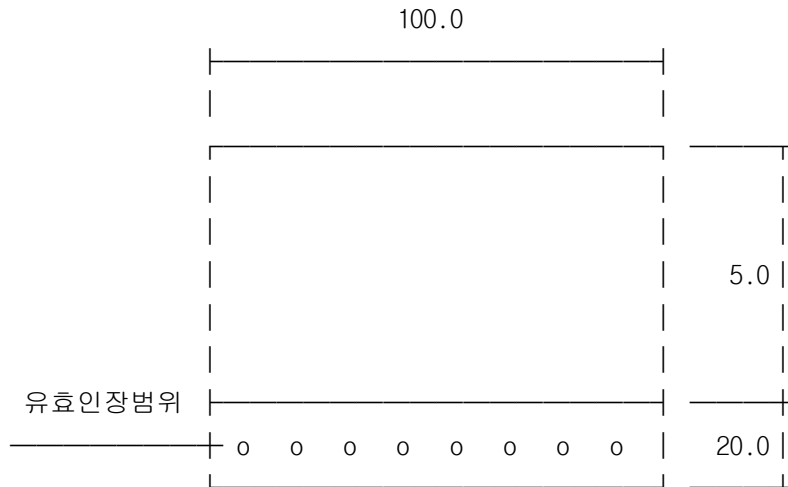
$$= 30.983 \times 130208.3 / 12.50$$

$$= 322748.612 \text{ kgf.cm}$$

$$\Phi M_n = 473561.7 \text{ kgf.cm} > 1.2 \times M_{cr} = 387298.3 \text{ kgf.cm}$$

—— O.K. ——

◆ 사용성 검토



i) 균열폭 검토

- 균열폭 계산

$$w = 1.08 \times \beta_c \times f_s \times (d_c \times A)^{(1/3)} \times 10^{(-5)}$$

여기서, β_c 는 중립축에서 인장측연단까지의 거리를 중립축에서 철근도심까지의 거리로 나눈 값

$$\beta_c = 20.323 / (20.323 - 10.000) = 1.968$$

$$f_s = 1916.14 \text{ kg/cm}^2$$

$$d_c = 10.00 \text{ cm}$$

$$A = 300.00 \text{ cm}^2$$

$$w = 1.08 \times 1.968 \times 1916.14 \times (10.0 \times 300.00)^{(1/3)} \times 10^{(-5)} = 0.587 \text{ mm}$$

- 허용균열폭 계산 (일반 환경)

$$w_a = 0.005 \times (100.0 - 16. / 2) = 0.460 \text{ mm}$$

- 균열폭 확인

$$w = 0.587 \text{ mm} > w_a = 0.460 \text{ mm}$$

N.G.

부 재 : 부모멘트_D16@200

$$\text{극한 모멘트 (Mu)} = 482000.000 \text{ kgf.cm}$$

$$\text{극한 전단력 (Su)} = 0.000 \text{ kgf}$$

$$\text{단 위 폭 (B)} = 100.000 \text{ cm}$$

$$\text{형 유효높이 (Dm)} = 15.000 \text{ cm}$$

$$\text{전단유효높이 (Ds)} = 15.000 \text{ cm}$$

$$\text{피 복 두께 (Dz)} = 10.000 \text{ cm}$$

◆ 소요철근량 계산

$$\text{극한모멘트 (Mu)} = 482000.000 \text{ kgf.cm}$$

$$\begin{aligned} \text{평형모멘트 (Mb)} &= 0.85 \times f_{ck} \times A_b \times B \times (D_m - A_b / 2) \times 0.85 \\ &= 1584442.500 \text{ kgf.cm} \end{aligned}$$

$$\text{여기서, } A_b = K \times X = 8.500$$

$$f_{ck} < 280, K = 0.85$$

$$f_{ck} > 280$$

$$K = 0.85 - (f_{ck} - 280) \times 0.007 / 10$$

$$X = 6000 \times D_m / (6000 + f_y) = 10.000 \text{ cm}$$

--- $\mu_u < \mu_b$ ---

$$\text{인장철근량 } (A_s) = \mu_u / (f_y \times (D_m - A_c/2) \times 0.85) = 13.493 \text{ cm}^2$$

$$\text{여기서 } A_c = (0.85 \times f_{ck} \times B \times D_m - \sqrt{(0.85 \times f_{ck} \times B \times D_m)^2 - 2 \times f_{ck} \times B \times \mu_u}) / (0.85 \times f_{ck} \times B) = 1.984 \text{ cm}$$

$$\text{단면철근비 } (P) = A_s / (B \times D_m) = 0.00899$$

$$\text{최대철근비 } (P_{\max}) = 0.75 \times 0.85 \times f_{ck} \times A / (f_y \times D_m) = 0.02890$$

$$\text{최소철근비 } (P_{\min}) = 14 / f_y = 0.00466$$

--- $P > P_{\min}$ 인 경우 ---

그러므로 $A_s = 13.493 \text{ cm}^2$ 이상 사용하여야 한다.

$$\text{사용철근량 } A_s = D16 @ 20.0 = 9.93 \text{ cm}^2 < 13.49 \text{ cm}^2$$

--- N.G. ---

$$\text{설계모멘트강도 } \phi M_n = 0.85 \times (A_s \times f_y \times (D_m - A/2))$$

$$= 361334.081 \text{ kgf.cm} < \mu_u = 482000.000 \text{ kgf.cm}$$

$$\text{여기서, } A = A_s \times f_y / (0.85 \times f_{ck} \times B) = 1.460 \text{ cm}$$

--- N.G. ---

$$\text{균열모멘트강도 } M_{cr} = f_{ru} \times I_g / y_t$$

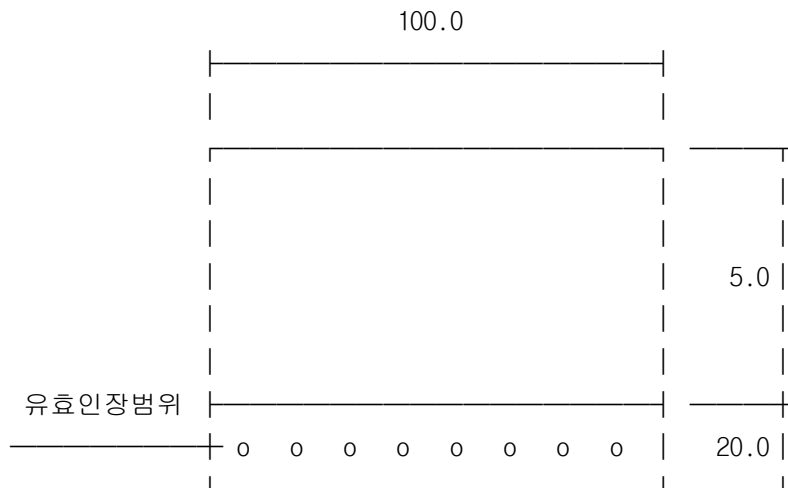
$$= 30.983 \times 130208.3 / 12.50$$

$$= 322748.612 \text{ kgf.cm}$$

$$\phi M_n = 361334.0 \text{ kgf.cm} < 1.2 \times M_{cr} = 387298.3 \text{ kgf.cm}$$

--- N.G. ---

◆ 사용성 검토



i) 균열폭 검토

- 균열폭 계산

$$w = 1.08 \times \beta_c \times f_s \times (d_c \times A)^{(1/3)} \times 10^{(-5)}$$

여기서, β_c 는 중립축에서 인장측연단까지의 거리를 중립축에서 철근도심까지의 거리로 나눈 값

$$\beta_c = 20.848 / (20.848 - 10.000) = 1.921$$

$$f_s = 2522.03 \text{ kg/cm}^2$$

$$d_c = 10.00 \text{ cm}$$

$$A = 400.00 \text{ cm}^2$$

$$w = 1.08 \times 1.921 \times 2522.03 \times (10.0 \times 400.00)^{1/3} \times 10^{-5} \\ = 0.830 \text{ mm}$$

- 허용균열폭 계산 (일반 환경)

$$w_a = 0.005 \times (100.0 - 16. / 2) = 0.460 \text{ mm}$$

- 균열폭 확인

$$w = 0.830 \text{ mm} > w_a = 0.460 \text{ mm}$$

N.G.

----- 부 재 : 부모멘트_D19@150

$$\text{극한 모멘트 (Mu)} = 482000.000 \text{ kgf.cm}$$

$$\text{극한 전단력 (Su)} = 0.000 \text{ kgf}$$

$$\text{단 위 폭 (B)} = 100.000 \text{ cm}$$

$$\text{휨 유효높이 (Dm)} = 15.000 \text{ cm}$$

$$\text{전단유효높이 (Ds)} = 15.000 \text{ cm}$$

$$\text{피 복 두께 (Dz)} = 10.000 \text{ cm}$$

◆ 소요철근량 계산

$$\text{극한모멘트 (Mu)} = 482000.000 \text{ kgf.cm}$$

$$\text{평형모멘트 (Mb)} = 0.85 \times f_{ck} \times A_b \times B \times (D_m - A_b/2) \times 0.85 \\ = 1584442.500 \text{ kgf.cm}$$

$$\text{여기서, } A_b = K \times X = 8.500$$

$$f_{ck} < 280, K = 0.85$$

$$f_{ck} > 280$$

$$K = 0.85 - (f_{ck} - 280) \times 0.007 / 10$$

$$X = 6000 \times D_m / (6000 + f_y) = 10.000 \text{ cm}$$

--- Mu < MB ---

$$\text{인장철근량 (As)} = Mu / (f_y \times (D_m - A_c/2) \times 0.85) = 13.493 \text{ cm}^2$$

$$\text{여기서 } A_c = (0.85 \times f_{ck} \times B \times D_m - \text{SQRT}((0.85 \times f_{ck} \times B \times D_m)^2 \\ - 2 \times f_{ck} \times B \times Mu)) / (0.85 \times f_{ck} \times B) = 1.984 \text{ cm}$$

$$\text{단면철근비 (P)} = As / (B \times D_m) = 0.00899$$

$$\text{최대철근비 (Pmax)} = 0.75 \times 0.85 \times f_{ck} \times A / (f_y \times D_m) = 0.02890$$

$$\text{최소철근비 (Pmin)} = 14 / f_y = 0.00466$$

--- P > PMIN 인 경우 ---

그러므로 As = 13.493 cm² 이상 사용하여야 한다.

$$\text{사용철근량 As} = D19 @ 15.0 = 19.10 \text{ cm}^2 > 13.49 \text{ cm}^2$$

----- O.K. -----

$$\text{설계모멘트강도 } \Phi M_n = 0.85 \times (As \times f_y \times (D_m - A/2))$$

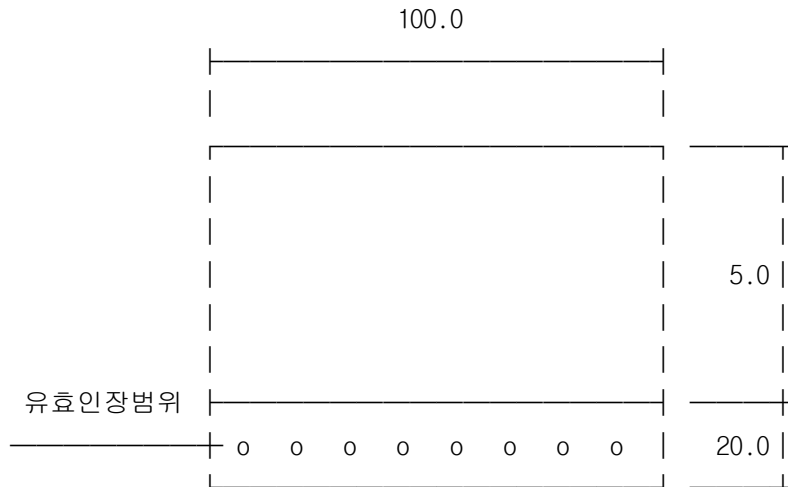
$$= 662173.125 \text{ kgf.cm} > Mu = 482000.000 \text{ kgf.cm}$$

$$\text{여기서, } A = As \times f_y / (0.85 \times f_{ck} \times B) = 2.808 \text{ cm}$$

----- O.K. -----

사용철근량이 필요철근량의 4/3배 이상이므로 균열모멘트 무시

◆ 사용성 검토



i) 균열폭 검토

- 균열폭 계산

$$w = 1.08 \times \beta_c \times f_s \times (d_c \times A)^{(1/3)} \times 10^{(-5)}$$

여기서, β_c 는 중립축에서 인장측연단까지의 거리를 중립축에서 철근도심까지의 거리로 나눈 값

$$\beta_c = 19.587 / (19.587 - 10.000) = 2.043$$

$$f_s = 1352.96 \text{ kg/cm}^2$$

$$d_c = 10.00 \text{ cm}$$

$$A = 300.00 \text{ cm}^2$$

$$w = 1.08 \times 2.043 \times 1352.96 \times (10.0 \times 300.00)^{(1/3)} \times 10^{(-5)} = 0.430 \text{ mm}$$

- 허용균열폭 계산 (일반 환경)

$$w_a = 0.005 \times (100.0 - 19. / 2) = 0.452 \text{ mm}$$

- 균열폭 확인

$$w = 0.430 \text{ mm} < w_a = 0.452 \text{ mm}$$

O.K.

부 재 : 부모멘트_D19@200

$$\text{극한 모멘트 (Mu)} = 482000.000 \text{ kgf.cm}$$

$$\text{극한 전단력 (Su)} = 0.000 \text{ kgf}$$

$$\text{단 위 폭 (B)} = 100.000 \text{ cm}$$

$$\text{형 유효높이 (Dm)} = 15.000 \text{ cm}$$

$$\text{전단유효높이 (Ds)} = 15.000 \text{ cm}$$

$$\text{피 복 두 개 (Dz)} = 10.000 \text{ cm}$$

◆ 소요철근량 계산

$$\text{극한모멘트 (Mu)} = 482000.000 \text{ kgf.cm}$$

$$\begin{aligned} \text{평형모멘트 (Mb)} &= 0.85 \times f_{ck} \times A_b \times B \times (D_m - A_b / 2) \times 0.85 \\ &= 1584442.500 \text{ kgf.cm} \end{aligned}$$

$$\text{여기서, } A_b = K \times X = 8.500$$

$$f_{ck} < 280, K = 0.85$$

$$f_{ck} > 280$$

$$K = 0.85 - (f_{ck} - 280) \times 0.007 / 10$$

$$X = 6000 \times D_m / (6000 + f_y) = 10.000 \text{ cm}$$

--- $M_u < M_B$ ---

$$\text{인장철근량 } (A_s) = M_u / (f_y \times (D_m - A_c/2) \times 0.85) = 13.493 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned} \text{여기서 } A_c &= (0.85 \times f_{ck} \times B \times D_m - \sqrt{(0.85 \times f_{ck} \times B \times D_m)^2} \\ &\quad - 2 \times f_{ck} \times B \times M_u)) / (0.85 \times f_{ck} \times B) = 1.984 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\text{단면철근비 } (P) = A_s / (B \times D_m) = 0.00899$$

$$\text{최대철근비 } (P_{\max}) = 0.75 \times 0.85 \times f_{ck} \times A / (f_y \times D_m) = 0.02890$$

$$\text{최소철근비 } (P_{\min}) = 14 / f_y = 0.00466$$

--- $P > P_{\min}$ 인 경우 ---

그러므로 $A_s = 13.493 \text{ cm}^2$ 이상 사용하여야 한다.

$$\text{사용철근량 } A_s = D19 @ 20.0 = 14.32 \text{ cm}^2 > 13.49 \text{ cm}^2$$

--- O.K. ---

$$\text{설계모멘트강도 } \Phi M_n = 0.85 \times (A_s \times f_y \times (D_m - A/2))$$

$$= 509455.195 \text{ kgf.cm} > M_u = 482000.000 \text{ kgf.cm}$$

$$\text{여기서, } A = A_s \times f_y / (0.85 \times f_{ck} \times B) = 2.106 \text{ cm}$$

--- O.K. ---

$$\text{균열모멘트강도 } M_{cr} = f_{ru} \times I_g / y_t$$

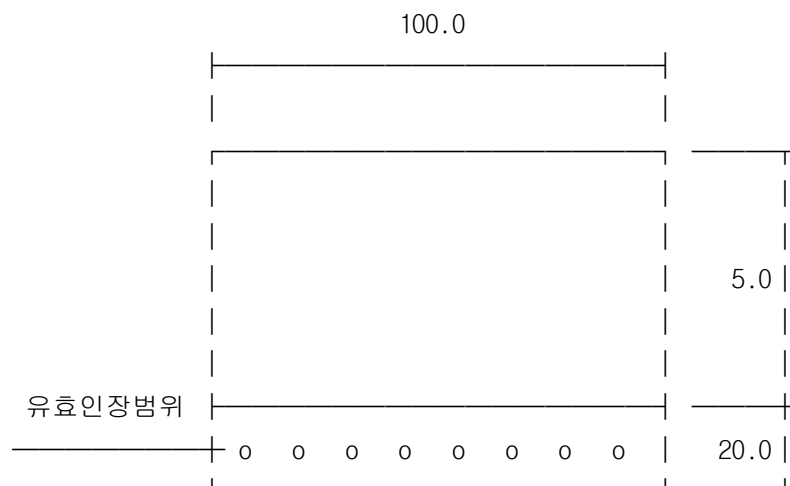
$$= 30.983 \times 130208.3 / 12.50$$

$$= 322748.612 \text{ kgf.cm}$$

$$\Phi M_n = 509455.1 \text{ kgf.cm} > 1.2 \times M_{cr} = 387298.3 \text{ kgf.cm}$$

--- O.K. ---

◆ 사용성 검토



i) 균열폭 검토

- 균열폭 계산

$$w = 1.08 \times \beta_c \times f_s \times (d_c \times A)^{1/3} \times 10^{-5}$$

여기서, β_c 는 중립축에서 인장측연단까지의 거리를 중립축에서 철근도심까지의 거리로 나눈 값

$$\beta_c = 20.171 / (20.171 - 10.000) = 1.983$$

$$f_s = 1777.71 \text{ kg/cm}^2$$

$$\begin{aligned}
 d_c &= 10.00 \text{ cm} \\
 A &= 400.00 \text{ cm}^2 \\
 w &= 1.08 \times 1.983 \times 1777.71 \times (10.0 \times 400.00)^{(1/3)} \times 10^{(-5)} \\
 &= 0.604 \text{ mm} \\
 \text{— 허용균열폭 계산 (일반 환경) —} \\
 w_a &= 0.005 \times (100.0 - 19. / 2) = 0.452 \text{ mm} \\
 \text{— 균열폭 확인 —} \\
 w &= 0.604 \text{ mm} > w_a = 0.452 \text{ mm} \\
 &\text{N.G.}
 \end{aligned}$$

2.2 상면피복 10cm인 경우(장기하중)

— 설 계 조 건 —

콘크리트 설계강도 : 240.0 kgf/cm²
 철근 항복강도 : 3000.0 kgf/cm²

— 부 재 : 정모멘트_D16@150

극한 모멘트 (Mu) = 100000.000 kgf.cm
 극한 전단력 (Su) = 0.000 kgf
 단 위 폭 (B) = 100.000 cm
 횡 유효높이 (Dm) = 10.000 cm
 전단유효높이 (Ds) = 10.000 cm
 피 복 두 개 (Dz) = 15.000 cm

◆ 소요철근량 계산

극한모멘트 (Mu) = 100000.000 kgf.cm
 평형모멘트 (Mb) = $0.85 \times f_{ck} \times A_b \times B \times (D_m - A_b/2) \times 0.85$
 = 704196.666 kgf.cm
 여기서, $A_b = K \times X = 5.666$
 $f_{ck} < 280, K = 0.85$
 $f_{ck} > 280$
 $K = 0.85 - (f_{ck} - 280) \times 0.007/10$
 $X = 6000 \times D_m / (6000 + f_y) = 6.666 \text{ cm}$

--- Mu < MB ---

인장철근량 (As) = $M_u / (f_y \times (D_m - A_c/2) \times 0.85) = 4.041 \text{ cm}^2$
 여기서 $A_c = (0.85 \times f_{ck} \times B \times D_m - \text{SQRT}((0.85 \times f_{ck} \times B \times D_m)^2 - 2 \times f_{ck} \times B \times M_u)) / (0.85 \times f_{ck} \times B) = 0.594 \text{ cm}$
 단면철근비 (P) = $A_s / (B \times D_m) = 0.00404$
 최대철근비 (Pmax) = $0.75 \times 0.85 \times f_{ck} \times A / (f_y \times D_m) = 0.02890$
 최소철근비 (Pmin) = $14 / f_y = 0.00466$

--- P < P_{MIN} 인 경우 ---

$$\begin{aligned}\text{최소철근량 : (1) } 4/3 \times A_s &= 5.388 \text{ cm}^2 \\ (2) 14/f_y \times B \times D_m &= 4.666 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

$$\text{그러므로, 최소철근량 } A_{smin} = 4.666 \text{ cm}^2$$

그러므로 $A_s = 4.666 \text{ cm}^2$ 이상 사용하여야 한다.

$$\text{사용철근량 } A_s = D16 @ 15.0 = 13.24 \text{ cm}^2 > 4.66 \text{ cm}^2$$

--- O.K. ---

$$\text{설계모멘트강도 } \phi M_n = 0.85 \times (A_s \times f_y \times (D_m - A/2))$$

$$= 304751.700 \text{ kgf.cm} > M_u = 100000.000 \text{ kgf.cm}$$

$$\text{여기서, } A = A_s \times f_y / (0.85 \times f_{ck} \times B) = 1.947 \text{ cm}$$

--- O.K. ---

사용철근량이 필요철근량의 4/3배 이상이므로 균열모멘트 무시

----- 부 재 : 정모멘트_D16@200

$$\text{극한 모멘트 (Mu) = } 100000.000 \text{ kgf.cm}$$

$$\text{극한 전단력 (Su) = } 0.000 \text{ kgf}$$

$$\text{단 위 폭 (B) = } 100.000 \text{ cm}$$

$$\text{횡 유효높이 (Dm) = } 10.000 \text{ cm}$$

$$\text{전단유효높이 (Ds) = } 10.000 \text{ cm}$$

$$\text{피 복 두께 (Dz) = } 15.000 \text{ cm}$$

◆ 소요철근량 계산

$$\text{극한모멘트 (Mu) = } 100000.000 \text{ kgf.cm}$$

$$\begin{aligned}\text{평형모멘트 (Mb) = } 0.85 \times f_{ck} \times A_b \times B \times (D_m - A_b/2) \times 0.85 \\ = 704196.666 \text{ kgf.cm}\end{aligned}$$

$$\text{여기서, } A_b = K \times X = 5.666$$

$$f_{ck} < 280, K = 0.85$$

$$f_{ck} > 280$$

$$K = 0.85 - (f_{ck} - 280) \times 0.007/10$$

$$X = 6000 \times D_m / (6000 + f_y) = 6.666 \text{ cm}$$

--- Mu < MB ---

$$\text{인장철근량 (As) = } M_u / (f_y \times (D_m - A_c/2) \times 0.85) = 4.041 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned}\text{여기서 } A_c = (0.85 \times f_{ck} \times B \times D_m - \text{SQRT}((0.85 \times f_{ck} \times B \times D_m)^2 \\ - 2 \times f_{ck} \times B \times M_u)) / (0.85 \times f_{ck} \times B) = 0.594 \text{ cm}\end{aligned}$$

$$\text{단면철근비 (P) = } A_s / (B \times D_m) = 0.00404$$

$$\text{최대철근비 (Pmax) = } 0.75 \times 0.85 \times f_{ck} \times A / (f_y \times D_m) = 0.02890$$

$$\text{최소철근비 (Pmin) = } 14/f_y = 0.00466$$

--- P < P_{MIN} 인 경우 ---

$$\begin{aligned}\text{최소철근량 : (1) } 4/3 \times A_s &= 5.388 \text{ cm}^2 \\ (2) 14/f_y \times B \times D_m &= 4.666 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

$$\text{그러므로, 최소철근량 } A_{smin} = 4.666 \text{ cm}^2$$

그러므로 $A_s = 4.666 \text{ cm}^2$ 이상 사용하여야 한다.

$$\text{사용철근량 } A_s = D16 \quad @ 20.0 = 9.93 \text{ cm}^2 > 4.66 \text{ cm}^2$$

—— 0.K. ——

$$\begin{aligned} \text{설계모멘트강도 } \Phi M_n &= 0.85 \times (A_s \times f_y \times (D_m - A/2)) \\ &= 234726.581 \text{ kgf.cm} > M_u = 100000.000 \text{ kgf.cm} \end{aligned}$$

여기서, $A = A_s \times f_y / (0.85 \times f_{ck} \times B) = 1.460 \text{ cm}$

—— 0.K. ——

사용철근량이 필요철근량의 4/3배 이상이므로 균열모멘트 무시

—— 부 재 : 정모멘트_D19@150

$$\begin{aligned} \text{극한 모멘트 (Mu)} &= 100000.000 \text{ kgf.cm} \\ \text{극한 전단력 (Su)} &= 0.000 \text{ kgf} \\ \text{단 위 폭 (B)} &= 100.000 \text{ cm} \\ \text{형 유효높이 (Dm)} &= 10.000 \text{ cm} \\ \text{전단유효높이 (Ds)} &= 10.000 \text{ cm} \\ \text{피 복 두께 (Dz)} &= 15.000 \text{ cm} \end{aligned}$$

◆ 소요철근량 계산

$$\begin{aligned} \text{극한모멘트 (Mu)} &= 100000.000 \text{ kgf.cm} \\ \text{평형모멘트 (Mb)} &= 0.85 \times f_{ck} \times A_b \times B \times (D_m - A_b/2) \times 0.85 \\ &= 704196.666 \text{ kgf.cm} \end{aligned}$$

여기서, $A_b = K \times X = 5.666$

$f_{ck} < 280, K = 0.85$

$f_{ck} > 280$

$K = 0.85 - (f_{ck} - 280) \times 0.007 / 10$

$X = 6000 \times D_m / (6000 + f_y) = 6.666 \text{ cm}$

--- Mu < MB ---

$$\begin{aligned} \text{인장철근량 (As)} &= M_u / (f_y \times (D_m - A_c/2) \times 0.85) = 4.041 \text{ cm}^2 \\ \text{여기서 } A_c &= (0.85 \times f_{ck} \times B \times D_m - \text{SQRT}((0.85 \times f_{ck} \times B \times D_m)^2 \\ &\quad - 2 \times f_{ck} \times B \times M_u)) / (0.85 \times f_{ck} \times B) = 0.594 \text{ cm} \\ \text{단면철근비 (P)} &= A_s / (B \times D_m) = 0.00404 \\ \text{최대철근비 (Pmax)} &= 0.75 \times 0.85 \times f_{ck} \times A / (f_y \times D_m) = 0.02890 \\ \text{최소철근비 (Pmin)} &= 14 / f_y = 0.00466 \end{aligned}$$

--- P < PMIN 인 경우 ---

$$\begin{aligned} \text{최소철근량 : (1) } 4/3 \times A_s &= 5.388 \text{ cm}^2 \\ \text{(2) } 14 / f_y \times B \times D_m &= 4.666 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{그러므로, 최소철근량 } A_{smin} = 4.666 \text{ cm}^2$$

그러므로 $A_s = 4.666 \text{ cm}^2$ 이상 사용하여야 한다.

$$\text{사용철근량 } A_s = D19 \quad @ 15.0 = 19.10 \text{ cm}^2 > 4.66 \text{ cm}^2$$

—— 0.K. ——

$$\begin{aligned} \text{설계모멘트강도 } \Phi M_n &= 0.85 \times (A_s \times f_y \times (D_m - A/2)) \\ &= 418648.125 \text{ kgf.cm} > M_u = 100000.000 \text{ kgf.cm} \end{aligned}$$

여기서, $A = A_s \times f_y / (0.85 \times f_{ck} \times B) = 2.808 \text{ cm}$

—— 0.K. ——

사용철근량이 필요철근량의 4/3배 이상이므로 균열모멘트 무시

—— 부 재 : 정모멘트_D19@200

극한 모멘트 (M_u) = 100000.000 kgf.cm
극한 전단력 (S_u) = 0.000 kgf
단 위 폭 (B) = 100.000 cm
형 유효높이 (D_m) = 10.000 cm
전단유효높이 (D_s) = 10.000 cm
피 복 두 께 (D_z) = 15.000 cm

◆ 소요철근량 계산

극한모멘트 (M_u) = 100000.000 kgf.cm
평형모멘트 (M_b) = $0.85 \times f_{ck} \times A_b \times B \times (D_m - A_b/2) \times 0.85$
= 704196.666 kgf.cm
여기서, $A_b = K \times X = 5.666$
 $f_{ck} < 280$, $K = 0.85$
 $f_{ck} > 280$
 $K = 0.85 - (f_{ck} - 280) \times 0.007/10$
 $X = 6000 \times D_m / (6000 + f_y) = 6.666$ cm

--- $M_u < M_b$ ---

인장철근량 (A_s) = $M_u / (f_y \times (D_m - A_c/2) \times 0.85) = 4.041$ cm²
여기서 $A_c = (0.85 \times f_{ck} \times B \times D_m - \sqrt{(0.85 \times f_{ck} \times B \times D_m)^2 - 2 \times f_{ck} \times B \times M_u}) / (0.85 \times f_{ck} \times B) = 0.594$ cm
단면철근비 (P) = $A_s / (B \times D_m) = 0.00404$
최대철근비 (P_{max}) = $0.75 \times 0.85 \times f_{ck} \times A / (f_y \times D_m) = 0.02890$
최소철근비 (P_{min}) = $14 / f_y = 0.00466$

--- $P < P_{min}$ 인 경우 ---

최소철근량 : (1) $4/3 \times A_s = 5.388$ cm²
(2) $14 / f_y \times B \times D_m = 4.666$ cm²

그러므로, 최소철근량 $A_{smin} = 4.666$ cm²

그러므로 $A_s = 4.666$ cm² 이상 사용하여야 한다.

사용철근량 $A_s = D19 @ 20.0 = 14.32$ cm² > 4.66 cm²

—— 0.K. ——

설계모멘트강도 $\phi M_n = 0.85 \times (A_s \times f_y \times (D_m - A/2))$
= 326811.445 kgf.cm > $M_u = 100000.000$ kgf.cm

여기서, $A = A_s \times f_y / (0.85 \times f_{ck} \times B) = 2.106$ cm

—— 0.K. ——

사용철근량이 필요철근량의 4/3배 이상이므로 균열모멘트 무시

—— 부 재 : 부모멘트_D16@150

극한 모멘트 (M_u) = 597000.000 kgf.cm
극한 전단력 (S_u) = 0.000 kgf
단 위 폭 (B) = 100.000 cm
형 유효높이 (D_m) = 15.000 cm

전단유효높이 (Ds) = 15.000 cm

피복 두께 (Dz) = 10.000 cm

◆ 소요철근량 계산

극한모멘트 (Mu) = 597000.000 kgf.cm

평형모멘트 (Mb) = $0.85 \times f_{ck} \times A_b \times B \times (D_m - A_b/2) \times 0.85$
= 1584442.500 kgf.cm

여기서, $A_b = K \times X = 8.500$

$f_{ck} < 280$, $K = 0.85$

$f_{ck} > 280$

$K = 0.85 - (f_{ck} - 280) \times 0.007 / 10$

$X = 6000 \times D_m / (6000 + f_y) = 10.000 \text{ cm}$

--- Mu < MB ---

인장철근량 (As) = $M_u / (f_y \times (D_m - A_c/2) \times 0.85) = 17.029 \text{ cm}^2$

여기서 $A_c = (0.85 \times f_{ck} \times B \times D_m - \text{SQRT}((0.85 \times f_{ck} \times B \times D_m)^2 - 2 \times f_{ck} \times B \times M_u)) / (0.85 \times f_{ck} \times B) = 2.504 \text{ cm}$

단면철근비 (P) = $A_s / (B \times D_m) = 0.01135$

최대철근비 (Pmax) = $0.75 \times 0.85 \times f_{ck} \times A / (f_y \times D_m) = 0.02890$

최소철근비 (Pmin) = $14 / f_y = 0.00466$

--- P > PMIN 인 경우 ---

그러므로 As = 17.029 cm² 이상 사용하여야 한다.

사용철근량 As = D16 @ 15.0 = 13.24 cm² < 17.02 cm²

--- N.G. ---

설계모멘트강도 $\Phi M_n = 0.85 \times (A_s \times f_y \times (D_m - A/2))$

= 473561.700 kgf.cm < Mu = 597000.000 kgf.cm

여기서, $A = A_s \times f_y / (0.85 \times f_{ck} \times B) = 1.947 \text{ cm}$

--- N.G. ---

균열모멘트강도 $M_{cr} = f_{ru} \times I_g / y_t$

= 30.983 × 130208.3 / 12.50

= 322748.612 kgf.cm

$\Phi M_n = 473561.7 \text{ kgf.cm} > 1.2 \times M_{cr} = 387298.3 \text{ kgf.cm}$

--- O.K. ---

--- 부재 : 부모멘트_D16@200

극한 모멘트 (Mu) = 597000.000 kgf.cm

극한 전단력 (Su) = 0.000 kgf

단 위 폭 (B) = 100.000 cm

형 유효높이 (Dm) = 15.000 cm

전단유효높이 (Ds) = 15.000 cm

피복 두께 (Dz) = 10.000 cm

◆ 소요철근량 계산

극한모멘트 (Mu) = 597000.000 kgf.cm

평형모멘트 (Mb) = $0.85 \times f_{ck} \times A_b \times B \times (D_m - A_b/2) \times 0.85$

$$= 1584442.500 \text{ kgf.cm}$$

$$\text{여기서, } Ab = K \times X = 8.500$$

$$fck < 280, K = 0.85$$

$$fck > 280$$

$$K = 0.85 - (fck - 280) \times 0.007 / 10$$

$$X = 6000 \times Dm / (6000 + fy) = 10.000 \text{ cm}$$

--- $Mu < MB$ ---

$$\text{인장철근량 (As)} = Mu / (fy \times (Dm - AC/2) \times 0.85) = 17.029 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned} \text{여기서 } Ac = & (0.85 \times fck \times B \times Dm - \sqrt{(0.85 \times fck \times B \times Dm)^2} \\ & - 2 \times fck \times B \times Mu)) / (0.85 \times fck \times B) = 2.504 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\text{단면철근비 (P)} = As / (B \times Dm) = 0.01135$$

$$\text{최대철근비 (Pmax)} = 0.75 \times 0.85 \times fck \times A / (fy \times Dm) = 0.02890$$

$$\text{최소철근비 (Pmin)} = 14 / fy = 0.00466$$

--- $P > P_{MIN}$ 인 경우 ---

그러므로 $As = 17.029 \text{ cm}^2$ 이상 사용하여야 한다.

$$\text{사용철근량 } As = D16 @ 20.0 = 9.93 \text{ cm}^2 < 17.02 \text{ cm}^2$$

--- N.G. ---

$$\text{설계모멘트강도 } \Phi Mn = 0.85 \times (As \times fy \times (Dm - A/2))$$

$$= 361334.081 \text{ kgf.cm} < Mu = 597000.000 \text{ kgf.cm}$$

$$\text{여기서, } A = As \times fy / (0.85 \times fck \times B) = 1.460 \text{ cm}$$

--- N.G. ---

$$\text{균열모멘트강도 } Mcr = fru \times I_g / y_t$$

$$= 30.983 \times 130208.3 / 12.50$$

$$= 322748.612 \text{ kgf.cm}$$

$$\Phi Mn = 361334.0 \text{ kgf.cm} < 1.2 \times Mcr = 387298.3 \text{ kgf.cm}$$

--- N.G. ---

--- 부 재 : 부모멘트_D19@150

$$\text{극한 모멘트 (Mu)} = 597000.000 \text{ kgf.cm}$$

$$\text{극한 전단력 (Su)} = 0.000 \text{ kgf}$$

$$\text{단 위 폭 (B)} = 100.000 \text{ cm}$$

$$\text{형 유효높이 (Dm)} = 15.000 \text{ cm}$$

$$\text{전단유효높이 (Ds)} = 15.000 \text{ cm}$$

$$\text{피 복 두께 (Dz)} = 10.000 \text{ cm}$$

◆ 소요철근량 계산

$$\text{극한모멘트 (Mu)} = 597000.000 \text{ kgf.cm}$$

$$\text{평형모멘트 (Mb)} = 0.85 \times fck \times Ab \times B \times (Dm - Ab/2) \times 0.85$$

$$= 1584442.500 \text{ kgf.cm}$$

$$\text{여기서, } Ab = K \times X = 8.500$$

$$fck < 280, K = 0.85$$

$$fck > 280$$

$$K = 0.85 - (fck - 280) \times 0.007 / 10$$

$$X = 6000 \times Dm / (6000 + fy) = 10.000 \text{ cm}$$

--- Mu < MB ---

$$\text{인장철근량 (As)} = \text{Mu} / (f_y \times (D_m - A_c/2) \times 0.85) = 17.029 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned} \text{여기서 } A_c &= (0.85 \times f_{ck} \times B \times D_m - \text{SQRT}((0.85 \times f_{ck} \times B \times D_m)^2 \\ &\quad - 2 \times f_{ck} \times B \times \text{Mu})) / (0.85 \times f_{ck} \times B) = 2.504 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\text{단면철근비 (P)} = \text{As} / (B \times D_m) = 0.01135$$

$$\text{최대철근비 (Pmax)} = 0.75 \times 0.85 \times f_{ck} \times A / (f_y \times D_m) = 0.02890$$

$$\text{최소철근비 (Pmin)} = 14 / f_y = 0.00466$$

--- P > PMIN 인 경우 ---

그러므로 As = 17.029 cm² 이상 사용하여야 한다.

$$\text{사용철근량 As} = D19 @ 15.0 = 19.10 \text{ cm}^2 > 17.02 \text{ cm}^2$$

--- O.K. ---

$$\text{설계모멘트강도 } \Phi M_n = 0.85 \times (A_s \times f_y \times (D_m - A/2))$$

$$= 662173.125 \text{ kgf.cm} > \text{Mu} = 597000.000 \text{ kgf.cm}$$

$$\text{여기서, } A = A_s \times f_y / (0.85 \times f_{ck} \times B) = 2.808 \text{ cm}$$

--- O.K. ---

$$\text{균열모멘트강도 } M_{cr} = f_{ru} \times I_g / y_t$$

$$= 30.983 \times 130208.3 / 12.50$$

$$= 322748.612 \text{ kgf.cm}$$

$$\Phi M_n = 662173.1 \text{ kgf.cm} > 1.2 \times M_{cr} = 387298.3 \text{ kgf.cm}$$

--- O.K. ---

--- 부 재 : 부모멘트_D19@200

$$\text{극한 모멘트 (Mu)} = 597000.000 \text{ kgf.cm}$$

$$\text{극한 전단력 (Su)} = 0.000 \text{ kgf}$$

$$\text{단 위 폭 (B)} = 100.000 \text{ cm}$$

$$\text{횡 유효높이 (Dm)} = 15.000 \text{ cm}$$

$$\text{전단유효높이 (Ds)} = 15.000 \text{ cm}$$

$$\text{피 복 두께 (Dz)} = 10.000 \text{ cm}$$

◆ 소요철근량 계산

$$\text{극한모멘트 (Mu)} = 597000.000 \text{ kgf.cm}$$

$$\text{평형모멘트 (Mb)} = 0.85 \times f_{ck} \times A_b \times B \times (D_m - A_b/2) \times 0.85$$

$$= 1584442.500 \text{ kgf.cm}$$

$$\text{여기서, } A_b = K \times X = 8.500$$

$$f_{ck} < 280, K = 0.85$$

$$f_{ck} > 280$$

$$K = 0.85 - (f_{ck} - 280) \times 0.007 / 10$$

$$X = 6000 \times D_m / (6000 + f_y) = 10.000 \text{ cm}$$

--- Mu < MB ---

$$\text{인장철근량 (As)} = \text{Mu} / (f_y \times (D_m - A_c/2) \times 0.85) = 17.029 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned} \text{여기서 } A_c &= (0.85 \times f_{ck} \times B \times D_m - \text{SQRT}((0.85 \times f_{ck} \times B \times D_m)^2 \\ &\quad - 2 \times f_{ck} \times B \times \text{Mu})) / (0.85 \times f_{ck} \times B) = 2.504 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\text{단면철근비 (P)} = \text{As} / (B \times D_m) = 0.01135$$

$$\text{최대철근비 (Pmax)} = 0.75 \times 0.85 \times f_{ck} \times A / (f_y \times D_m) = 0.02890$$

$$\text{최소철근비 (Pmin)} = 14/f_y = 0.00466$$

--- P > PMIN 인 경우 ---

그러므로 $A_s = 17.029 \text{ cm}^2$ 이상 사용하여야 한다.

$$\text{사용철근량 } A_s = D19 @ 20.0 = 14.32 \text{ cm}^2 < 17.02 \text{ cm}^2$$

--- N.G. ---

$$\begin{aligned} \text{설계모멘트강도 } \Phi M_n &= 0.85 \times (A_s \times f_y \times (D_m - A/2)) \\ &= 509455.195 \text{ kgf.cm} < M_u = 597000.000 \text{ kgf.cm} \end{aligned}$$

$$\text{여기서, } A = A_s \times f_y / (0.85 \times f_{ck} \times B) = 2.106 \text{ cm}$$

--- N.G. ---

$$\begin{aligned} \text{균열모멘트강도 } M_{cr} &= f_{ru} \times I_g / y_t \\ &= 30.983 \times 130208.3 / 12.50 \\ &= 322748.612 \text{ kgf.cm} \end{aligned}$$

$$\Phi M_n = 509455.1 \text{ kgf.cm} > 1.2 \times M_{cr} = 387298.3 \text{ kgf.cm}$$

--- O.K. ---

2.3 상면피복 12.5cm인 경우(단기하중)

--- 설 계 조 건 ---

콘크리트 설계강도 : 240.0 kgf/cm^2

철근 항복강도 : 3000.0 kgf/cm^2

--- 부 재 : 정모멘트_D16@150

$$\text{극한 모멘트 (Mu)} = 133000.000 \text{ kgf.cm}$$

$$\text{극한 전단력 (Su)} = 0.000 \text{ kgf}$$

$$\text{단 위 폭 (B)} = 100.000 \text{ cm}$$

$$\text{횡 유효높이 (Dm)} = 12.500 \text{ cm}$$

$$\text{전단유효높이 (Ds)} = 12.500 \text{ cm}$$

$$\text{피 복 두 개 (Dz)} = 12.500 \text{ cm}$$

◆ 소요철근량 계산

$$\text{극한모멘트 (Mu)} = 133000.000 \text{ kgf.cm}$$

$$\begin{aligned} \text{평형모멘트 (Mb)} &= 0.85 \times f_{ck} \times A_b \times B \times (D_m - A_b/2) \times 0.85 \\ &= 1100303.197 \text{ kgf.cm} \end{aligned}$$

$$\text{여기서, } A_b = K \times X = 7.083$$

$$f_{ck} < 280, K = 0.85$$

$$f_{ck} > 280$$

$$K = 0.85 - (f_{ck} - 280) \times 0.007 / 10$$

$$X = 6000 \times D_m / (6000 + f_y) = 8.333 \text{ cm}$$

--- $M_u < M_B$ ---

$$\text{인장철근량 } (A_s) = M_u / (f_y \times (D_m - A_c/2) \times 0.85) = 4.280 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned} \text{여기서 } A_c &= (0.85 \times f_{ck} \times B \times D_m - \text{SQRT}((0.85 \times f_{ck} \times B \times D_m)^2 \\ &\quad - 2 \times f_{ck} \times B \times M_u)) / (0.85 \times f_{ck} \times B) = 0.629 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\text{단면철근비 } (P) = A_s / (B \times D_m) = 0.00342$$

$$\text{최대철근비 } (P_{\max}) = 0.75 \times 0.85 \times f_{ck} \times A / (f_y \times D_m) = 0.02890$$

$$\text{최소철근비 } (P_{\min}) = 14 / f_y = 0.00466$$

--- $P < P_{\min}$ 인 경우 ---

$$\text{최소철근량 : (1) } 4/3 \times A_s = 5.707 \text{ cm}^2$$

$$(2) 14 / f_y \times B \times D_m = 5.833 \text{ cm}^2$$

$$\text{그러므로, 최소철근량 } A_{s\min} = 5.707 \text{ cm}^2$$

그러므로 $A_s = 5.707 \text{ cm}^2$ 이상 사용하여야 한다.

$$\text{사용철근량 } A_s = D16 @ 15.0 = 13.24 \text{ cm}^2 > 5.70 \text{ cm}^2$$

— 0.K. —

$$\text{설계모멘트강도 } \Phi M_n = 0.85 \times (A_s \times f_y \times (D_m - A/2))$$

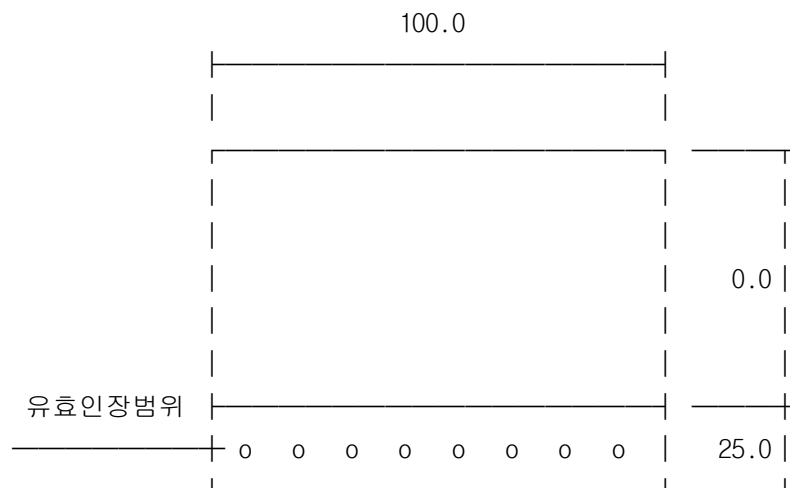
$$= 389157.693 \text{ kgf.cm} > M_u = 133000.000 \text{ kgf.cm}$$

$$\text{여기서, } A = A_s \times f_y / (0.85 \times f_{ck} \times B) = 1.947 \text{ cm}$$

— 0.K. —

사용철근량이 필요철근량의 4/3배 이상이므로 균열모멘트 무시

◆ 사용성 검토



i) 균열폭 검토

- 균열폭 계산

$$w = 1.08 \times \beta_c \times f_s \times (d_c \times A)^{1/3} \times 10^{-5}$$

여기서, β_c 는 중립축에서 인장측연단까지의 거리를 중립축에서 철근도심까지의 거리로 나눈 값

$$\beta_c = 20.805 / (20.805 - 12.500) = 2.505$$

$$f_s = 523.85 \text{ kg/cm}^2$$

$$d_c = 12.50 \text{ cm}$$

$$A = 375.00 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned} w &= 1.08 \times 2.505 \times 523.85 \times (12.5 \times 375.00)^{1/3} \times 10^{-5} \\ &= 0.237 \text{ mm} \end{aligned}$$

- 허용균열폭 계산 (일반 환경)

$$w_a = 0.005 \times (125.0 - 16. / 2) = 0.585 \text{ mm}$$

- 균열폭 확인

$$w = 0.237 \text{ mm} < w_a = 0.585 \text{ mm}$$

O.K.

— 부 재 : 정모멘트_D16@200

$$\text{극한 모멘트 (Mu)} = 133000.000 \text{ kgf.cm}$$

$$\text{극한 전단력 (Su)} = 0.000 \text{ kgf}$$

$$\text{단 위 폭 (B)} = 100.000 \text{ cm}$$

$$\text{휨 유효높이 (Dm)} = 12.500 \text{ cm}$$

$$\text{전단유효높이 (Ds)} = 12.500 \text{ cm}$$

$$\text{피 복 두께 (Dz)} = 12.500 \text{ cm}$$

◆ 소요철근량 계산

$$\text{극한모멘트 (Mu)} = 133000.000 \text{ kgf.cm}$$

$$\begin{aligned} \text{평형모멘트 (Mb)} &= 0.85 \times f_{ck} \times A_b \times B \times (D_m - A_b / 2) \times 0.85 \\ &= 1100303.197 \text{ kgf.cm} \end{aligned}$$

$$\text{여기서, } A_b = K \times X = 7.083$$

$$f_{ck} < 280, K = 0.85$$

$$f_{ck} > 280$$

$$K = 0.85 - (f_{ck} - 280) \times 0.007 / 10$$

$$X = 6000 \times D_m / (6000 + f_y) = 8.333 \text{ cm}$$

--- Mu < MB ---

$$\text{인장철근량 (As)} = \text{Mu} / (f_y \times (D_m - A_c / 2) \times 0.85) = 4.280 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned} \text{여기서 } A_c &= (0.85 \times f_{ck} \times B \times D_m - \text{SQRT}((0.85 \times f_{ck} \times B \times D_m)^2 \\ &\quad - 2 \times f_{ck} \times B \times \text{Mu})) / (0.85 \times f_{ck} \times B) = 0.629 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\text{단면철근비 (P)} = A_s / (B \times D_m) = 0.00342$$

$$\text{최대철근비 (Pmax)} = 0.75 \times 0.85 \times f_{ck} \times A / (f_y \times D_m) = 0.02890$$

$$\text{최소철근비 (Pmin)} = 14 / f_y = 0.00466$$

--- P < Pmin 인 경우 ---

$$\text{최소철근량 : (1) } 4/3 \times A_s = 5.707 \text{ cm}^2$$

$$(2) 14 / f_y \times B \times D_m = 5.833 \text{ cm}^2$$

$$\text{그러므로, 최소철근량 } A_{smin} = 5.707 \text{ cm}^2$$

그러므로 As = 5.707 cm² 이상 사용하여야 한다.

$$\text{사용철근량 } A_s = D16 @ 20.0 = 9.93 \text{ cm}^2 > 5.70 \text{ cm}^2$$

— O.K. —

$$\text{설계모멘트강도 } \Phi M_n = 0.85 \times (A_s \times f_y \times (D_m - A / 2))$$

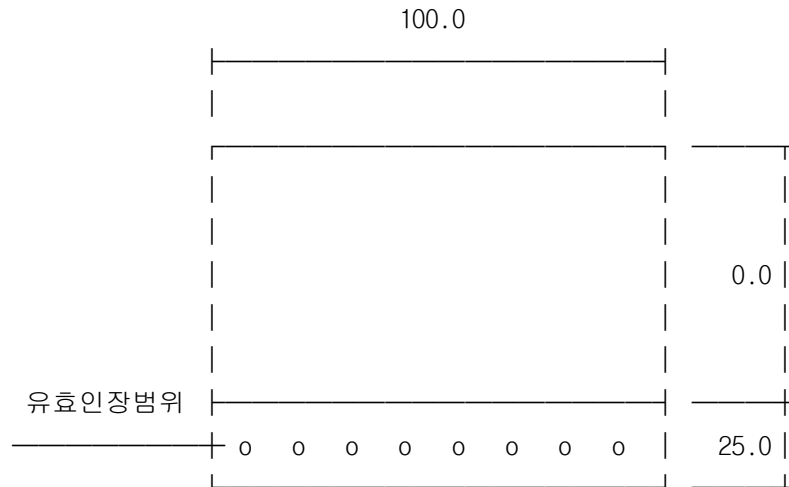
$$= 298031.522 \text{ kgf.cm} > M_u = 133000.000 \text{ kgf.cm}$$

$$\text{여기서, } A = A_s \times f_y / (0.85 \times f_{ck} \times B) = 1.460 \text{ cm}$$

— O.K. —

사용철근량이 필요철근량의 4/3배 이상이므로 균열모멘트 무시

◆ 사용성 검토



i) 균열폭 검토

- 균열폭 계산

$$w = 1.08 \times \beta_c \times f_s \times (d_c \times A)^{(1/3)} \times 10^{(-5)}$$

여기서, β_c 는 중립축에서 인장측연단까지의 거리를 중립축에서 철근도심까지의 거리로 나눈 값

$$\beta_c = 21.267 / (21.267 - 12.500) = 2.425$$

$$f_s = 688.90 \text{ kg/cm}^2$$

$$d_c = 12.50 \text{ cm}$$

$$A = 500.00 \text{ cm}^2$$

$$w = 1.08 \times 2.425 \times 688.90 \times (12.5 \times 500.00)^{(1/3)} \times 10^{(-5)} = 0.332 \text{ mm}$$

- 허용균열폭 계산 (일반 환경)

$$w_a = 0.005 \times (125.0 - 16. / 2) = 0.585 \text{ mm}$$

- 균열폭 확인

$$w = 0.332 \text{ mm} < w_a = 0.585 \text{ mm}$$

O.K.

부 재 : 정모멘트_D19@150

$$\text{극한 모멘트 (Mu)} = 133000.000 \text{ kgf.cm}$$

$$\text{극한 전단력 (Su)} = 0.000 \text{ kgf}$$

$$\text{단 위 폭 (B)} = 100.000 \text{ cm}$$

$$\text{형 유효높이 (Dm)} = 12.500 \text{ cm}$$

$$\text{전단유효높이 (Ds)} = 12.500 \text{ cm}$$

$$\text{피 복 두 개 (Dz)} = 12.500 \text{ cm}$$

◆ 소요철근량 계산

$$\text{극한모멘트 (Mu)} = 133000.000 \text{ kgf.cm}$$

$$\begin{aligned} \text{평형모멘트 (Mb)} &= 0.85 \times f_{ck} \times A_b \times B \times (D_m - A_b / 2) \times 0.85 \\ &= 1100303.197 \text{ kgf.cm} \end{aligned}$$

$$\text{여기서, } A_b = K \times X = 7.083$$

$$f_{ck} < 280, K = 0.85$$

$$f_{ck} > 280$$

$$K = 0.85 - (f_{ck} - 280) \times 0.007 / 10$$

$$X = 6000 \times D_m / (6000 + f_y) = 8.333 \text{ cm}$$

--- $\mu_u < \mu_B$ ---

$$\text{인장철근량 } (A_s) = \mu_u / (f_y \times (D_m - A_c/2) \times 0.85) = 4.280 \text{ cm}^2$$

$$\text{여기서 } A_c = (0.85 \times f_{ck} \times B \times D_m - \text{SQRT}((0.85 \times f_{ck} \times B \times D_m)^2 - 2 \times f_{ck} \times B \times \mu_u)) / (0.85 \times f_{ck} \times B) = 0.629 \text{ cm}$$

$$\text{단면철근비 } (P) = A_s / (B \times D_m) = 0.00342$$

$$\text{최대철근비 } (P_{\max}) = 0.75 \times 0.85 \times f_{ck} \times A / (f_y \times D_m) = 0.02890$$

$$\text{최소철근비 } (P_{\min}) = 14 / f_y = 0.00466$$

--- $P < P_{\min}$ 인 경우 ---

$$\text{최소철근량 : (1) } 4/3 \times A_s = 5.707 \text{ cm}^2$$

$$(2) 14 / f_y \times B \times D_m = 5.833 \text{ cm}^2$$

$$\text{그러므로, 최소철근량 } A_{s\min} = 5.707 \text{ cm}^2$$

그러므로 $A_s = 5.707 \text{ cm}^2$ 이상 사용하여야 한다.

$$\text{사용철근량 } A_s = D19 @ 15.0 = 19.10 \text{ cm}^2 > 5.70 \text{ cm}^2$$

--- 0.K. ---

$$\text{설계모멘트강도 } \phi M_n = 0.85 \times (A_s \times f_y \times (D_m - A/2))$$

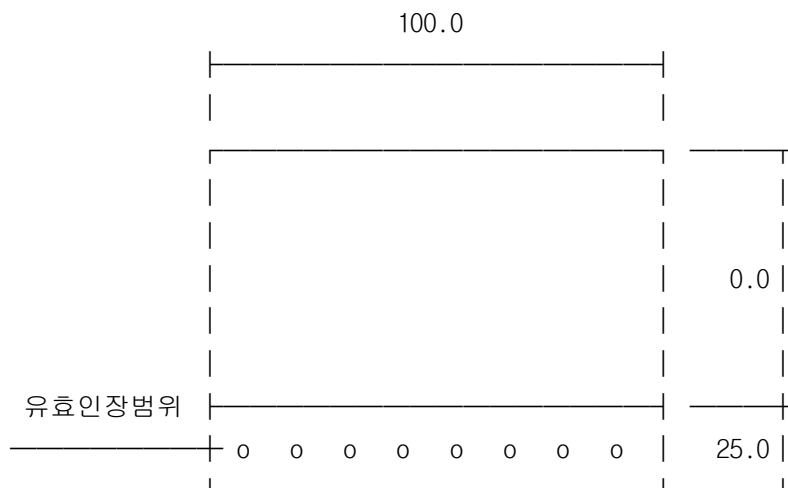
$$= 540411.198 \text{ kgf.cm} > \mu_u = 133000.000 \text{ kgf.cm}$$

$$\text{여기서, } A = A_s \times f_y / (0.85 \times f_{ck} \times B) = 2.808 \text{ cm}$$

--- 0.K. ---

사용철근량이 필요철근량의 4/3배 이상이므로 균열모멘트 무시

◆ 사용성 검토



i) 균열폭 검토

- 균열폭 계산

$$w = 1.08 \times \beta_c \times f_s \times (d_c \times A)^{(1/3)} \times 10^{(-5)}$$

여기서, β_c 는 중립축에서 인장축연단까지의 거리를 중립축에서 철근도심까지의 거리로 나눈 값

$$\beta_c = 20.161 / (20.161 - 12.500) = 2.631$$

$$f_s = 370.29 \text{ kg/cm}^2$$

$$d_c = 12.50 \text{ cm}$$

$$A = 375.00 \text{ cm}^2$$

$$w = 1.08 \times 2.631 \times 370.29 \times (12.5 \times 375.00)^{(1/3)} \times 10^{(-5)}$$

$$= 0.176 \text{ mm}$$

- 허용균열폭 계산 (일반 환경)

$$w_a = 0.005 \times (125.0 - 19. / 2) = 0.577 \text{ mm}$$

- 균열폭 확인

$$w = 0.176 \text{ mm} < w_a = 0.577 \text{ mm}$$

O.K.

—— 부 재 : 정모멘트_D19@200

$$\text{극한 모멘트 (Mu)} = 133000.000 \text{ kgf.cm}$$

$$\text{극한 전단력 (Su)} = 0.000 \text{ kgf}$$

$$\text{단 위 폭 (B)} = 100.000 \text{ cm}$$

$$\text{휨 유효높이 (Dm)} = 12.500 \text{ cm}$$

$$\text{전단유효높이 (Ds)} = 12.500 \text{ cm}$$

$$\text{피 복 두께 (Dz)} = 12.500 \text{ cm}$$

◆ 소요철근량 계산

$$\text{극한모멘트 (Mu)} = 133000.000 \text{ kgf.cm}$$

$$\begin{aligned} \text{평형모멘트 (Mb)} &= 0.85 \times f_{ck} \times A_b \times B \times (D_m - A_b/2) \times 0.85 \\ &= 1100303.197 \text{ kgf.cm} \end{aligned}$$

$$\text{여기서, } A_b = K \times X = 7.083$$

$$f_{ck} < 280, K = 0.85$$

$$f_{ck} > 280$$

$$K = 0.85 - (f_{ck} - 280) \times 0.007 / 10$$

$$X = 6000 \times D_m / (6000 + f_y) = 8.333 \text{ cm}$$

--- Mu < MB ---

$$\text{인장철근량 (As)} = Mu / (f_y \times (D_m - A_c/2) \times 0.85) = 4.280 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned} \text{여기서 } A_c &= (0.85 \times f_{ck} \times B \times D_m - \text{SQRT}((0.85 \times f_{ck} \times B \times D_m)^2 \\ &\quad - 2 \times f_{ck} \times B \times Mu)) / (0.85 \times f_{ck} \times B) = 0.629 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\text{단면철근비 (P)} = A_s / (B \times D_m) = 0.00342$$

$$\text{최대철근비 (Pmax)} = 0.75 \times 0.85 \times f_{ck} \times A / (f_y \times D_m) = 0.02890$$

$$\text{최소철근비 (Pmin)} = 14 / f_y = 0.00466$$

--- P < PMIN 인 경우 ---

$$\text{최소철근량 : (1) } 4/3 \times A_s = 5.707 \text{ cm}^2$$

$$(2) 14 / f_y \times B \times D_m = 5.833 \text{ cm}^2$$

$$\text{그러므로, 최소철근량 } A_{smin} = 5.707 \text{ cm}^2$$

그러므로 As = 5.707 cm² 이상 사용하여야 한다.

$$\text{사용철근량 } A_s = D19 @ 20.0 = 14.32 \text{ cm}^2 > 5.70 \text{ cm}^2$$

—— O.K. ——

$$\text{설계모멘트강도 } \Phi M_n = 0.85 \times (A_s \times f_y \times (D_m - A/2))$$

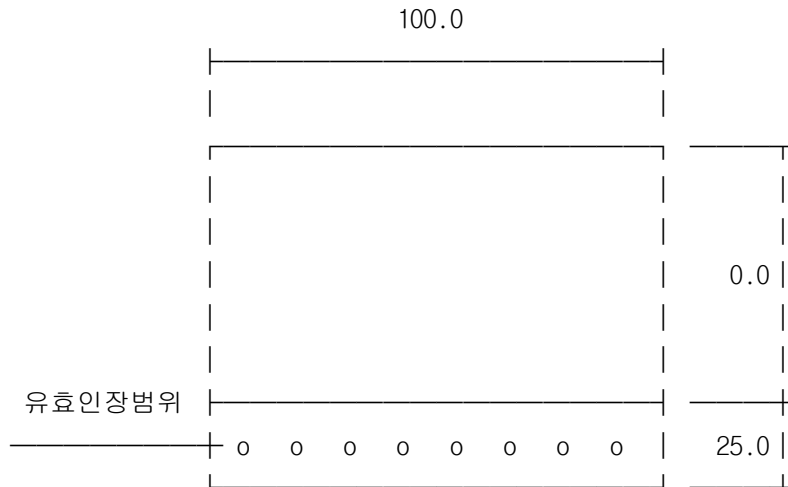
$$= 418133.642 \text{ kgf.cm} > Mu = 133000.000 \text{ kgf.cm}$$

$$\text{여기서, } A = A_s \times f_y / (0.85 \times f_{ck} \times B) = 2.106 \text{ cm}$$

—— O.K. ——

사용철근량이 필요철근량의 4/3배 이상이므로 균열모멘트 무시

◆ 사용성 검토



i) 균열폭 검토

- 균열폭 계산

$$w = 1.08 \times \beta_c \times f_s \times (d_c \times A)^{(1/3)} \times 10^{(-5)}$$

여기서, β_c 는 중립축에서 인장측연단까지의 거리를 중립축에서 철근도심까지의 거리로 나눈 값

$$\beta_c = 20.672 / (20.672 - 12.500) = 2.529$$

$$f_s = 486.12 \text{ kg/cm}^2$$

$$d_c = 12.50 \text{ cm}$$

$$A = 500.00 \text{ cm}^2$$

$$w = 1.08 \times 2.529 \times 486.12 \times (12.5 \times 500.00)^{(1/3)} \times 10^{(-5)} \\ = 0.244 \text{ mm}$$

- 허용균열폭 계산 (일반 환경)

$$w_a = 0.005 \times (125.0 - 19. / 2) = 0.577 \text{ mm}$$

- 균열폭 확인

$$w = 0.244 \text{ mm} < w_a = 0.577 \text{ mm}$$

O.K.

부 재 : 부모멘트_D16@150

$$\text{극한 모멘트 (Mu)} = 482000.000 \text{ kgf.cm}$$

$$\text{극한 전단력 (Su)} = 0.000 \text{ kgf}$$

$$\text{단 위 폭 (B)} = 100.000 \text{ cm}$$

$$\text{횡 유효높이 (Dm)} = 12.500 \text{ cm}$$

$$\text{전단유효높이 (Ds)} = 12.500 \text{ cm}$$

$$\text{피 복 두께 (Dz)} = 12.500 \text{ cm}$$

◆ 소요철근량 계산

$$\text{극한모멘트 (Mu)} = 482000.000 \text{ kgf.cm}$$

$$\text{평형모멘트 (Mb)} = 0.85 \times f_{ck} \times A_b \times B \times (D_m - A_b / 2) \times 0.85 \\ = 1100303.197 \text{ kgf.cm}$$

$$\text{여기서, } A_b = K \times X = 7.083$$

$$f_{ck} < 280, K = 0.85$$

$$f_{ck} > 280$$

$$K = 0.85 - (f_{ck} - 280) \times 0.007 / 10$$

$$X = 6000 \times D_m / (6000 + f_y) = 8.333 \text{ cm}$$

--- $\mu_u < \mu_B$ ---

$$\text{인장철근량 } (A_s) = \mu_u / (f_y \times (D_m - A_c/2) \times 0.85) = 16.777 \text{ cm}^2$$

$$\text{여기서 } A_c = (0.85 \times f_{ck} \times B \times D_m - \sqrt{(0.85 \times f_{ck} \times B \times D_m)^2 - 2 \times f_{ck} \times B \times \mu_u}) / (0.85 \times f_{ck} \times B) = 2.467 \text{ cm}$$

$$\text{단면철근비 } (P) = A_s / (B \times D_m) = 0.01342$$

$$\text{최대철근비 } (P_{\max}) = 0.75 \times 0.85 \times f_{ck} \times A / (f_y \times D_m) = 0.02890$$

$$\text{최소철근비 } (P_{\min}) = 14 / f_y = 0.00466$$

--- $P > P_{\min}$ 인 경우 ---

그러므로 $A_s = 16.777 \text{ cm}^2$ 이상 사용하여야 한다.

$$\text{사용철근량 } A_s = D16 @ 15.0 = 13.24 \text{ cm}^2 < 16.77 \text{ cm}^2$$

--- N.G. ---

$$\text{설계모멘트강도 } \phi M_n = 0.85 \times (A_s \times f_y \times (D_m - A/2))$$

$$= 389157.693 \text{ kgf.cm} < \mu_u = 482000.000 \text{ kgf.cm}$$

$$\text{여기서, } A = A_s \times f_y / (0.85 \times f_{ck} \times B) = 1.947 \text{ cm}$$

--- N.G. ---

$$\text{균열모멘트강도 } M_{cr} = f_{ru} \times I_g / y_t$$

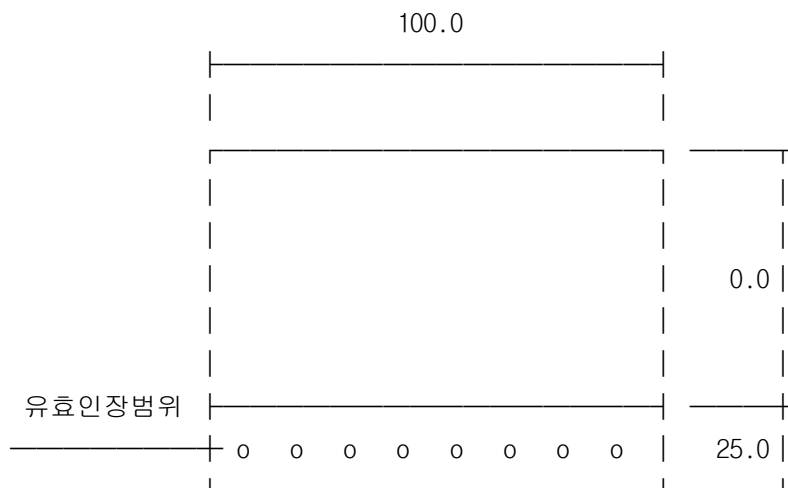
$$= 30.983 \times 130208.3 / 12.50$$

$$= 322748.612 \text{ kgf.cm}$$

$$\phi M_n = 389157.6 \text{ kgf.cm} > 1.2 \times M_{cr} = 387298.3 \text{ kgf.cm}$$

--- O.K. ---

◆ 사용성 검토



i) 균열폭 검토

- 균열폭 계산

$$w = 1.08 \times \beta_c \times f_s \times (d_c \times A)^{1/3} \times 10^{-5}$$

여기서, β_c 는 중립축에서 인장측연단까지의 거리를 중립축에서 철근도심까지의 거리로 나눈 값

$$\beta_c = 20.805 / (20.805 - 12.500) = 2.505$$

$$f_s = 2319.92 \text{ kg/cm}^2$$

$$d_c = 12.50 \text{ cm}$$

$$A = 375.00 \text{ cm}^2$$

$$w = 1.08 \times 2.505 \times 2319.92 \times (12.5 \times 375.00)^{1/3} \times 10^{-5}$$

$$= 1.050 \text{ mm}$$

- 허용균열폭 계산 (일반 환경)

$$w_a = 0.005 \times (125.0 - 16. / 2) = 0.585 \text{ mm}$$

- 균열폭 확인

$$w = 1.050 \text{ mm} > w_a = 0.585 \text{ mm}$$

N.G.

----- 부 재 : 부모멘트_D16@200

$$\text{극한 모멘트 (Mu)} = 482000.000 \text{ kgf.cm}$$

$$\text{극한 전단력 (Su)} = 0.000 \text{ kgf}$$

$$\text{단 위 폭 (B)} = 100.000 \text{ cm}$$

$$\text{형 유효높이 (Dm)} = 12.500 \text{ cm}$$

$$\text{전단유효높이 (Ds)} = 12.500 \text{ cm}$$

$$\text{피 복 두 개 (Dz)} = 12.500 \text{ cm}$$

◆ 소요철근량 계산

$$\text{극한모멘트 (Mu)} = 482000.000 \text{ kgf.cm}$$

$$\text{평형모멘트 (Mb)} = 0.85 \times f_{ck} \times A_b \times B \times (D_m - A_b/2) \times 0.85$$

$$= 1100303.197 \text{ kgf.cm}$$

$$\text{여기서, } A_b = K \times X = 7.083$$

$$f_{ck} < 280, K = 0.85$$

$$f_{ck} > 280$$

$$K = 0.85 - (f_{ck} - 280) \times 0.007/10$$

$$X = 6000 \times D_m / (6000 + f_y) = 8.333 \text{ cm}$$

--- Mu < MB ---

$$\text{인장철근량 (As)} = Mu / (f_y \times (D_m - A_c/2) \times 0.85) = 16.777 \text{ cm}^2$$

$$\text{여기서 } A_c = (0.85 \times f_{ck} \times B \times D_m - \text{SQRT}((0.85 \times f_{ck} \times B \times D_m)^2 - 2 \times f_{ck} \times B \times Mu)) / (0.85 \times f_{ck} \times B) = 2.467 \text{ cm}$$

$$\text{단면철근비 (P)} = As / (B \times D_m) = 0.01342$$

$$\text{최대철근비 (Pmax)} = 0.75 \times 0.85 \times f_{ck} \times A / (f_y \times D_m) = 0.02890$$

$$\text{최소철근비 (Pmin)} = 14 / f_y = 0.00466$$

--- P > PMIN 인 경우 ---

그러므로 As = 16.777 cm² 이상 사용하여야 한다.

$$\text{사용철근량 As} = D16 @ 20.0 = 9.93 \text{ cm}^2 < 16.77 \text{ cm}^2$$

----- N.G. -----

$$\text{설계모멘트강도 } \Phi M_n = 0.85 \times (As \times f_y \times (D_m - A/2))$$

$$= 298031.522 \text{ kgf.cm} < Mu = 482000.000 \text{ kgf.cm}$$

$$\text{여기서, } A = As \times f_y / (0.85 \times f_{ck} \times B) = 1.460 \text{ cm}$$

----- N.G. -----

$$\text{균열모멘트강도 } M_{cr} = f_{ru} \times I_g / y_t$$

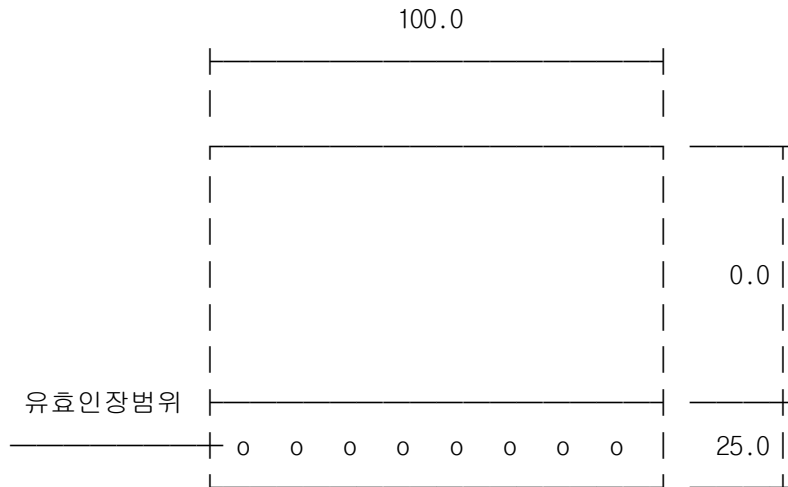
$$= 30.983 \times 130208.3 / 12.50$$

$$= 322748.612 \text{ kgf.cm}$$

$$\Phi M_n = 298031.5 \text{ kgf.cm} < 1.2 \times M_{cr} = 387298.3 \text{ kgf.cm}$$

----- N.G. -----

◆ 사용성 검토



i) 균열폭 검토

- 균열폭 계산

$$w = 1.08 \times \beta_c \times f_s \times (d_c \times A)^{(1/3)} \times 10^{(-5)}$$

여기서, β_c 는 중립축에서 인장측연단까지의 거리를 중립축에서 철근도심까지의 거리로 나눈 값

$$\beta_c = 21.267 / (21.267 - 12.500) = 2.425$$

$$f_s = 3050.87 \text{ kg/cm}^2$$

$$d_c = 12.50 \text{ cm}$$

$$A = 500.00 \text{ cm}^2$$

$$w = 1.08 \times 2.425 \times 3050.87 \times (12.5 \times 500.00)^{(1/3)} \times 10^{(-5)} \\ = 1.472 \text{ mm}$$

- 허용균열폭 계산 (일반 환경)

$$w_a = 0.005 \times (125.0 - 16. / 2) = 0.585 \text{ mm}$$

- 균열폭 확인

$$w = 1.472 \text{ mm} > w_a = 0.585 \text{ mm}$$

N.G.

—— 부 재 : 부모멘트_D19@150

$$\text{극한 모멘트 (Mu)} = 482000.000 \text{ kgf.cm}$$

$$\text{극한 전단력 (Su)} = 0.000 \text{ kgf}$$

$$\text{단 위 폭 (B)} = 100.000 \text{ cm}$$

$$\text{횡 유효높이 (Dm)} = 12.500 \text{ cm}$$

$$\text{전단유효높이 (Ds)} = 12.500 \text{ cm}$$

$$\text{피 복 두 개 (Dz)} = 12.500 \text{ cm}$$

◆ 소요철근량 계산

$$\text{극한모멘트 (Mu)} = 482000.000 \text{ kgf.cm}$$

$$\text{평형모멘트 (Mb)} = 0.85 \times f_{ck} \times A_b \times B \times (D_m - A_b / 2) \times 0.85 \\ = 1100303.197 \text{ kgf.cm}$$

$$\text{여기서, } A_b = K \times X = 7.083$$

$$f_{ck} < 280, K = 0.85$$

$$f_{ck} > 280$$

$$K = 0.85 - (f_{ck} - 280) \times 0.007 / 10$$

$$X = 6000 \times D_m / (6000 + f_y) = 8.333 \text{ cm}$$

--- $M_u < M_B$ ---

$$\text{인장철근량 } (A_s) = M_u / (f_y \times (D_m - A_c/2) \times 0.85) = 16.777 \text{ cm}^2$$

$$\text{여기서 } A_c = (0.85 \times f_{ck} \times B \times D_m - \sqrt{(0.85 \times f_{ck} \times B \times D_m)^2 - 2 \times f_{ck} \times B \times M_u}) / (0.85 \times f_{ck} \times B) = 2.467 \text{ cm}$$

$$\text{단면철근비 } (P) = A_s / (B \times D_m) = 0.01342$$

$$\text{최대철근비 } (P_{\max}) = 0.75 \times 0.85 \times f_{ck} \times A / (f_y \times D_m) = 0.02890$$

$$\text{최소철근비 } (P_{\min}) = 14 / f_y = 0.00466$$

--- $P > P_{\min}$ 인 경우 ---

그러므로 $A_s = 16.777 \text{ cm}^2$ 이상 사용하여야 한다.

$$\text{사용철근량 } A_s = D19 @ 15.0 = 19.10 \text{ cm}^2 > 16.77 \text{ cm}^2$$

--- O.K. ---

$$\begin{aligned} \text{설계모멘트강도 } \Phi M_n &= 0.85 \times (A_s \times f_y \times (D_m - A/2)) \\ &= 540411.198 \text{ kgf.cm} > M_u = 482000.000 \text{ kgf.cm} \end{aligned}$$

$$\text{여기서, } A = A_s \times f_y / (0.85 \times f_{ck} \times B) = 2.808 \text{ cm}$$

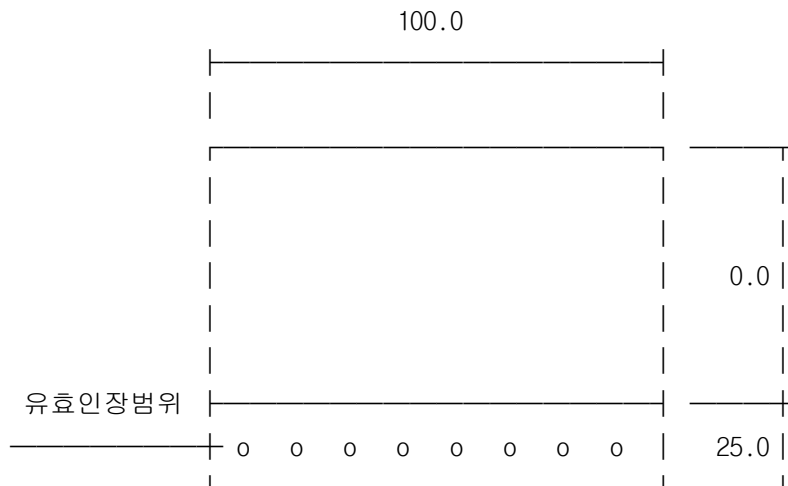
--- O.K. ---

$$\begin{aligned} \text{균열모멘트강도 } M_{cr} &= f_{ru} \times I_g / y_t \\ &= 30.983 \times 130208.3 / 12.50 \\ &= 322748.612 \text{ kgf.cm} \end{aligned}$$

$$\Phi M_n = 540411.1 \text{ kgf.cm} > 1.2 \times M_{cr} = 387298.3 \text{ kgf.cm}$$

--- O.K. ---

◆ 사용성 검토



i) 균열폭 검토

- 균열폭 계산

$$w = 1.08 \times \beta_c \times f_s \times (d_c \times A)^{1/3} \times 10^{-5}$$

여기서, β_c 는 중립축에서 인장측연단까지의 거리를 중립축에서 철근도심까지의 거리로 나눈 값

$$\beta_c = 20.161 / (20.161 - 12.500) = 2.631$$

$$f_s = 1639.86 \text{ kg/cm}^2$$

$$d_c = 12.50 \text{ cm}$$

$$A = 375.00 \text{ cm}^2$$

$$w = 1.08 \times 2.631 \times 1639.86 \times (12.5 \times 375.00)^{1/3} \times 10^{-5}$$

$$= 0.780 \text{ mm}$$

- 허용균열폭 계산 (일반 환경)

$$w_a = 0.005 \times (125.0 - 19. / 2) = 0.577 \text{ mm}$$

- 균열폭 확인

$$w = 0.780 \text{ mm} > w_a = 0.577 \text{ mm}$$

N.G.

—— 부 재 : 부모멘트_D19@200

$$\text{극한 모멘트 (Mu)} = 482000.000 \text{ kgf.cm}$$

$$\text{극한 전단력 (Su)} = 0.000 \text{ kgf}$$

$$\text{단 위 폭 (B)} = 100.000 \text{ cm}$$

$$\text{형 유효높이 (Dm)} = 12.500 \text{ cm}$$

$$\text{전단유효높이 (Ds)} = 12.500 \text{ cm}$$

$$\text{피 복 두께 (Dz)} = 12.500 \text{ cm}$$

◆ 소요철근량 계산

$$\text{극한모멘트 (Mu)} = 482000.000 \text{ kgf.cm}$$

$$\text{평형모멘트 (Mb)} = 0.85 \times f_{ck} \times A_b \times B \times (D_m - A_b / 2) \times 0.85$$

$$= 1100303.197 \text{ kgf.cm}$$

$$\text{여기서, } A_b = K \times X = 7.083$$

$$f_{ck} < 280, K = 0.85$$

$$f_{ck} > 280$$

$$K = 0.85 - (f_{ck} - 280) \times 0.007 / 10$$

$$X = 6000 \times D_m / (6000 + f_y) = 8.333 \text{ cm}$$

--- Mu < MB ---

$$\text{인장철근량 (As)} = Mu / (f_y \times (D_m - A_c / 2) \times 0.85) = 16.777 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned} \text{여기서 } A_c &= (0.85 \times f_{ck} \times B \times D_m - \text{SQRT}((0.85 \times f_{ck} \times B \times D_m)^2 \\ &\quad - 2 \times f_{ck} \times B \times Mu)) / (0.85 \times f_{ck} \times B) = 2.467 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\text{단면철근비 (P)} = A_s / (B \times D_m) = 0.01342$$

$$\text{최대철근비 (Pmax)} = 0.75 \times 0.85 \times f_{ck} \times A / (f_y \times D_m) = 0.02890$$

$$\text{최소철근비 (Pmin)} = 14 / f_y = 0.00466$$

--- P > PMIN 인 경우 ---

그러므로 As = 16.777 cm² 이상 사용하여야 한다.

$$\text{사용철근량 As} = D19 @ 20.0 = 14.32 \text{ cm}^2 < 16.77 \text{ cm}^2$$

—— N.G. ——

$$\text{설계모멘트강도 } \Phi M_n = 0.85 \times (A_s \times f_y \times (D_m - A / 2))$$

$$= 418133.642 \text{ kgf.cm} < Mu = 482000.000 \text{ kgf.cm}$$

$$\text{여기서, } A = A_s \times f_y / (0.85 \times f_{ck} \times B) = 2.106 \text{ cm}$$

—— N.G. ——

$$\text{균열모멘트강도 } M_{cr} = f_{ru} \times I_g / y_t$$

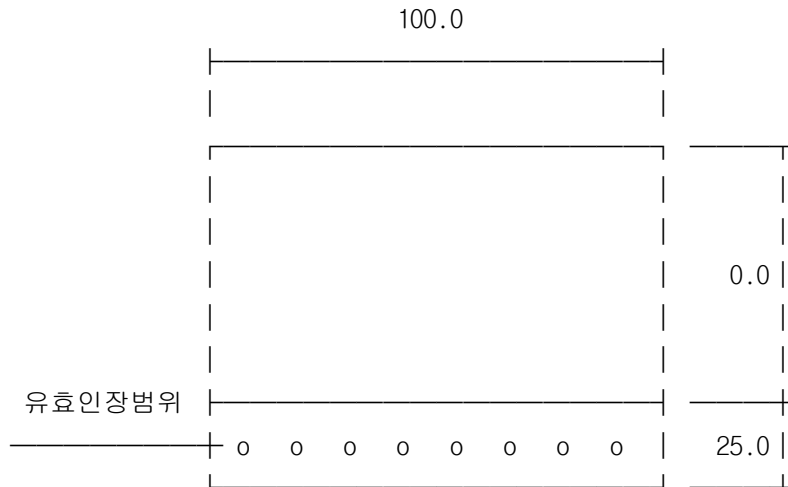
$$= 30.983 \times 130208.3 / 12.50$$

$$= 322748.612 \text{ kgf.cm}$$

$$\Phi M_n = 418133.6 \text{ kgf.cm} > 1.2 \times M_{cr} = 387298.3 \text{ kgf.cm}$$

—— O.K. ——

◆ 사용성 검토



i) 균열폭 검토

- 균열폭 계산

$$w = 1.08 \times \beta_c \times f_s \times (d_c \times A)^{(1/3)} \times 10^{(-5)}$$

여기서, β_c 는 중립축에서 인장측연단까지의 거리를 중립축에서 철근도심까지의 거리로 나눈 값

$$\beta_c = 20.672 / (20.672 - 12.500) = 2.529$$

$$f_s = 2152.82 \text{ kg/cm}^2$$

$$d_c = 12.50 \text{ cm}$$

$$A = 500.00 \text{ cm}^2$$

$$w = 1.08 \times 2.529 \times 2152.82 \times (12.5 \times 500.00)^{(1/3)} \times 10^{(-5)}$$

$$= 1.083 \text{ mm}$$

- 허용균열폭 계산 (일반 환경)

$$w_a = 0.005 \times (125.0 - 19. / 2) = 0.577 \text{ mm}$$

- 균열폭 확인

$$w = 1.083 \text{ mm} > w_a = 0.577 \text{ mm}$$

N.G.

2.4 상면피복 12.5cm인 경우(장기하중)

— 설 계 조 건 —

콘크리트 설계강도 : 240.0 kgf/cm²

철근 항복강도 : 3000.0 kgf/cm²

— 부 재 : 정모멘트_D16@150

극한 모멘트 (Mu) = 100000.000 kgf.cm

극한 전단력 (Su) = 0.000 kgf

단 위 폭 (B) = 100.000 cm

형 유효높이 (Dm) = 12.500 cm

전단유효높이 (Ds) = 12.500 cm

피 복 두 께 (Dz) = 12.500 cm

◆ 소요철근량 계산

$$\begin{aligned}\text{극한모멘트 (Mu)} &= 100000.000 \text{ kgf.cm} \\ \text{평형모멘트 (Mb)} &= 0.85 \times f_{ck} \times A_b \times B \times (D_m - A_b/2) \times 0.85 \\ &= 1100303.197 \text{ kgf.cm} \\ \text{여기서, } A_b &= K \times X = 7.083 \\ f_{ck} &< 280, K = 0.85 \\ f_{ck} &> 280 \\ K &= 0.85 - (f_{ck} - 280) \times 0.007/10 \\ X &= 6000 \times D_m / (6000 + f_y) = 8.333 \text{ cm}\end{aligned}$$

--- Mu < MB ---

$$\begin{aligned}\text{인장철근량 (As)} &= Mu / (f_y \times (D_m - A_c/2) \times 0.85) = 3.197 \text{ cm}^2 \\ \text{여기서 } A_c &= (0.85 \times f_{ck} \times B \times D_m - \text{SQRT}((0.85 \times f_{ck} \times B \times D_m)^2 \\ &\quad - 2 \times f_{ck} \times B \times Mu)) / (0.85 \times f_{ck} \times B) = 0.470 \text{ cm} \\ \text{단면철근비 (P)} &= As / (B \times D_m) = 0.00255 \\ \text{최대철근비 (Pmax)} &= 0.75 \times 0.85 \times f_{ck} \times A / (f_y \times D_m) = 0.02890 \\ \text{최소철근비 (Pmin)} &= 14 / f_y = 0.00466\end{aligned}$$

--- P < Pmin 인 경우 ---

$$\begin{aligned}\text{최소철근량 : (1) } 4/3 \times As &= 4.263 \text{ cm}^2 \\ \text{(2) } 14 / f_y \times B \times D_m &= 5.833 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

$$\text{그러므로, 최소철근량 } A_{smin} = 4.263 \text{ cm}^2$$

그러므로 As = 4.263 cm² 이상 사용하여야 한다.

$$\begin{aligned}\text{사용철근량 } As &= D16 @ 15.0 = 13.24 \text{ cm}^2 > 4.26 \text{ cm}^2 \\ &\text{--- O.K. ---}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{설계모멘트강도 } \phi M_n &= 0.85 \times (As \times f_y \times (D_m - A/2)) \\ &= 389157.693 \text{ kgf.cm} > Mu = 100000.000 \text{ kgf.cm} \\ \text{여기서, } A &= As \times f_y / (0.85 \times f_{ck} \times B) = 1.947 \text{ cm} \\ &\text{--- O.K. ---}\end{aligned}$$

사용철근량이 필요철근량의 4/3배 이상이므로 균열모멘트 무시

----- 부 재 : 정모멘트_D16@200

$$\begin{aligned}\text{극한 모멘트 (Mu)} &= 100000.000 \text{ kgf.cm} \\ \text{극한 전단력 (Su)} &= 0.000 \text{ kgf} \\ \text{단 위 폭 (B)} &= 100.000 \text{ cm} \\ \text{형 유효높이 (Dm)} &= 12.500 \text{ cm} \\ \text{전단유효높이 (Ds)} &= 12.500 \text{ cm} \\ \text{피 복 두께 (Dz)} &= 12.500 \text{ cm}\end{aligned}$$

◆ 소요철근량 계산

$$\begin{aligned}\text{극한모멘트 (Mu)} &= 100000.000 \text{ kgf.cm} \\ \text{평형모멘트 (Mb)} &= 0.85 \times f_{ck} \times A_b \times B \times (D_m - A_b/2) \times 0.85 \\ &= 1100303.197 \text{ kgf.cm} \\ \text{여기서, } A_b &= K \times X = 7.083 \\ f_{ck} &< 280, K = 0.85 \\ f_{ck} &> 280 \\ K &= 0.85 - (f_{ck} - 280) \times 0.007/10\end{aligned}$$

$$X = 6000 \times D_m / (6000 + f_y) = 8.333 \text{ cm}$$

--- $M_u < M_B$ ---

$$\text{인장철근량 } (A_s) = M_u / (f_y \times (D_m - A_c/2) \times 0.85) = 3.197 \text{ cm}^2$$

$$\text{여기서 } A_c = (0.85 \times f_{ck} \times B \times D_m - \sqrt{(0.85 \times f_{ck} \times B \times D_m)^2 - 2 \times f_{ck} \times B \times M_u}) / (0.85 \times f_{ck} \times B) = 0.470 \text{ cm}$$

$$\text{단면철근비 } (P) = A_s / (B \times D_m) = 0.00255$$

$$\text{최대철근비 } (P_{\max}) = 0.75 \times 0.85 \times f_{ck} \times A / (f_y \times D_m) = 0.02890$$

$$\text{최소철근비 } (P_{\min}) = 14 / f_y = 0.00466$$

--- $P < P_{\min}$ 인 경우 ---

$$\text{최소철근량 : (1) } 4/3 \times A_s = 4.263 \text{ cm}^2$$

$$(2) 14 / f_y \times B \times D_m = 5.833 \text{ cm}^2$$

$$\text{그러므로, 최소철근량 } A_{s\min} = 4.263 \text{ cm}^2$$

그러므로 $A_s = 4.263 \text{ cm}^2$ 이상 사용하여야 한다.

$$\text{사용철근량 } A_s = D16 @ 20.0 = 9.93 \text{ cm}^2 > 4.26 \text{ cm}^2$$

--- O.K. ---

$$\text{설계모멘트강도 } \Phi M_n = 0.85 \times (A_s \times f_y \times (D_m - A/2))$$

$$= 298031.522 \text{ kgf.cm} > M_u = 100000.000 \text{ kgf.cm}$$

$$\text{여기서, } A = A_s \times f_y / (0.85 \times f_{ck} \times B) = 1.460 \text{ cm}$$

--- O.K. ---

사용철근량이 필요철근량의 4/3배 이상이므로 균열모멘트 무시

--- 부 재 : 정모멘트_D19@150

$$\text{극한 모멘트 } (M_u) = 100000.000 \text{ kgf.cm}$$

$$\text{극한 전단력 } (S_u) = 0.000 \text{ kgf}$$

$$\text{단 위 폭 } (B) = 100.000 \text{ cm}$$

$$\text{휨 유효높이 } (D_m) = 12.500 \text{ cm}$$

$$\text{전단유효높이 } (D_s) = 12.500 \text{ cm}$$

$$\text{피 복 두 개 } (D_z) = 12.500 \text{ cm}$$

◆ 소요철근량 계산

$$\text{극한모멘트 } (M_u) = 100000.000 \text{ kgf.cm}$$

$$\text{평형모멘트 } (M_b) = 0.85 \times f_{ck} \times A_b \times B \times (D_m - A_b/2) \times 0.85$$

$$= 1100303.197 \text{ kgf.cm}$$

$$\text{여기서, } A_b = K \times X = 7.083$$

$$f_{ck} < 280, K = 0.85$$

$$f_{ck} > 280$$

$$K = 0.85 - (f_{ck} - 280) \times 0.007 / 10$$

$$X = 6000 \times D_m / (6000 + f_y) = 8.333 \text{ cm}$$

--- $M_u < M_B$ ---

$$\text{인장철근량 } (A_s) = M_u / (f_y \times (D_m - A_c/2) \times 0.85) = 3.197 \text{ cm}^2$$

$$\text{여기서 } A_c = (0.85 \times f_{ck} \times B \times D_m - \sqrt{(0.85 \times f_{ck} \times B \times D_m)^2 - 2 \times f_{ck} \times B \times M_u}) / (0.85 \times f_{ck} \times B) = 0.470 \text{ cm}$$

$$\text{단면철근비 } (P) = A_s / (B \times D_m) = 0.00255$$

$$\text{최대철근비 } (P_{\max}) = 0.75 \times 0.85 \times f_{ck} \times A / (f_y \times D_m) = 0.02890$$

$$\text{최소철근비 } (P_{\min}) = 14 / f_y = 0.00466$$

--- $P < P_{\min}$ 인 경우 ---

$$\text{최소철근량 : (1) } 4/3 \times A_s = 4.263 \text{ cm}^2$$

$$(2) 14/f_y \times B \times D_m = 5.833 \text{ cm}^2$$

그러므로, 최소철근량 $A_{smin} = 4.263 \text{ cm}^2$

그러므로 $A_s = 4.263 \text{ cm}^2$ 이상 사용하여야 한다.

사용철근량 $A_s = D19 @ 15.0 = 19.10 \text{ cm}^2 > 4.26 \text{ cm}^2$
 ——— 0.K. ———

설계모멘트강도 $\Phi M_n = 0.85 \times (A_s \times f_y \times (D_m - A/2))$

$$= 540411.198 \text{ kgf.cm} > M_u = 100000.000 \text{ kgf.cm}$$

여기서, $A = A_s \times f_y / (0.85 \times f_{ck} \times B) = 2.808 \text{ cm}$

———— 0.K. ———

사용철근량이 필요철근량의 4/3배 이상이므로 균열모멘트 무시

———— 부 재 : 정모멘트_D19@200

극한 모멘트 (M_u) = 100000.000 kgf.cm

극한 전단력 (S_u) = 0.000 kgf

단 위 폭 (B) = 100.000 cm

휨 유효높이 (D_m) = 12.500 cm

전단유효높이 (D_s) = 12.500 cm

피 복 두 개 (D_z) = 12.500 cm

◆ 소요철근량 계산

극한모멘트 (M_u) = 100000.000 kgf.cm

평형모멘트 (M_b) = $0.85 \times f_{ck} \times A_b \times B \times (D_m - A_b/2) \times 0.85$
 $= 1100303.197 \text{ kgf.cm}$

여기서, $A_b = K \times X = 7.083$

$f_{ck} < 280$, $K = 0.85$

$f_{ck} > 280$

$K = 0.85 - (f_{ck} - 280) \times 0.007/10$

$X = 6000 \times D_m / (6000 + f_y) = 8.333 \text{ cm}$

--- $M_u < M_b$ ---

인장철근량 (A_s) = $M_u / (f_y \times (D_m - A_c/2) \times 0.85) = 3.197 \text{ cm}^2$

여기서 $A_c = (0.85 \times f_{ck} \times B \times D_m - \text{SQRT}((0.85 \times f_{ck} \times B \times D_m)^2 - 2 \times f_{ck} \times B \times M_u)) / (0.85 \times f_{ck} \times B) = 0.470 \text{ cm}$

단면철근비 (P) = $A_s / (B \times D_m) = 0.00255$

최대철근비 (P_{max}) = $0.75 \times 0.85 \times f_{ck} \times A / (f_y \times D_m) = 0.02890$

최소철근비 (P_{min}) = $14/f_y = 0.00466$

--- $P < P_{MIN}$ 인 경우 ---

최소철근량 : (1) $4/3 \times A_s = 4.263 \text{ cm}^2$

(2) $14/f_y \times B \times D_m = 5.833 \text{ cm}^2$

그러므로, 최소철근량 $A_{smin} = 4.263 \text{ cm}^2$

그러므로 $A_s = 4.263 \text{ cm}^2$ 이상 사용하여야 한다.

사용철근량 $A_s = D19 @ 20.0 = 14.32 \text{ cm}^2 > 4.26 \text{ cm}^2$
 ——— 0.K. ———

설계모멘트강도 $\Phi M_n = 0.85 \times (A_s \times f_y \times (D_m - A/2))$

$$= 418133.642 \text{ kgf.cm} > M_u = 100000.000 \text{ kgf.cm}$$

여기서, $A = A_s \times f_y / (0.85 \times f_{ck} \times B) = 2.106 \text{ cm}$

———— 0.K. ———

사용철근량이 필요철근량의 4/3배 이상이므로 균열모멘트 무시

—— 부 재 : 부모멘트_D16@150

극한 모멘트 (Mu) = 597000.000 kgf.cm
극한 전단력 (Su) = 0.000 kgf
단 위 폭 (B) = 100.000 cm
휨 유효높이 (Dm) = 12.500 cm
전단유효높이 (Ds) = 12.500 cm
피 복 두 께 (Dz) = 12.500 cm

◆ 소요철근량 계산

극한모멘트 (Mu) = 597000.000 kgf.cm
평형모멘트 (Mb) = $0.85 \times f_{ck} \times A_b \times B \times (D_m - A_b/2) \times 0.85$
= 1100303.197 kgf.cm
여기서, $A_b = K \times X = 7.083$
 $f_{ck} < 280$, $K = 0.85$
 $f_{ck} > 280$
 $K = 0.85 - (f_{ck} - 280) \times 0.007 / 10$
 $X = 6000 \times D_m / (6000 + f_y) = 8.333 \text{ cm}$

--- Mu < MB ---

인장철근량 (As) = $M_u / (f_y \times (D_m - A_c/2) \times 0.85) = 21.431 \text{ cm}^2$
여기서 $A_c = (0.85 \times f_{ck} \times B \times D_m - \text{SQRT}((0.85 \times f_{ck} \times B \times D_m)^2 - 2 \times f_{ck} \times B \times M_u)) / (0.85 \times f_{ck} \times B) = 3.151 \text{ cm}$
단면철근비 (P) = $A_s / (B \times D_m) = 0.01714$
최대철근비 (Pmax) = $0.75 \times 0.85 \times f_{ck} \times A / (f_y \times D_m) = 0.02890$
최소철근비 (Pmin) = $14 / f_y = 0.00466$

--- P > PMIN 인 경우 ---

그러므로 As = 21.431 cm² 이상 사용하여야 한다.

사용철근량 As = D16 @ 15.0 = 13.24 cm² < 21.43 cm²
—— N.G. ——

설계모멘트강도 $\Phi M_n = 0.85 \times (A_s \times f_y \times (D_m - A/2))$
= 389157.693 kgf.cm < Mu = 597000.000 kgf.cm
여기서, $A = A_s \times f_y / (0.85 \times f_{ck} \times B) = 1.947 \text{ cm}$
—— N.G. ——

균열모멘트강도 $M_{cr} = f_{ru} \times I_g / y_t$
= $30.983 \times 130208.3 / 12.50$
= 322748.612 kgf.cm
 $\Phi M_n = 389157.6 \text{ kgf.cm} > 1.2 \times M_{cr} = 387298.3 \text{ kgf.cm}$
—— O.K. ——

—— 부 재 : 부모멘트_D16@200

극한 모멘트 (Mu) = 597000.000 kgf.cm
극한 전단력 (Su) = 0.000 kgf
단 위 폭 (B) = 100.000 cm
휨 유효높이 (Dm) = 12.500 cm
전단유효높이 (Ds) = 12.500 cm
피 복 두 께 (Dz) = 12.500 cm

◆ 소요철근량 계산

$$\begin{aligned}\text{극한모멘트 (Mu)} &= 597000.000 \text{ kgf.cm} \\ \text{평형모멘트 (Mb)} &= 0.85 \times f_{ck} \times A_b \times B \times (D_m - A_b/2) \times 0.85 \\ &= 1100303.197 \text{ kgf.cm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{여기서, } A_b &= K \times X = 7.083 \\ f_{ck} &< 280, K = 0.85 \\ f_{ck} &> 280 \\ K &= 0.85 - (f_{ck} - 280) \times 0.007/10 \\ X &= 6000 \times D_m / (6000 + f_y) = 8.333 \text{ cm}\end{aligned}$$

--- Mu < MB ---

$$\begin{aligned}\text{인장철근량 (As)} &= Mu / (f_y \times (D_m - A_c/2) \times 0.85) = 21.431 \text{ cm}^2 \\ \text{여기서 } A_c &= (0.85 \times f_{ck} \times B \times D_m - \text{SQRT}((0.85 \times f_{ck} \times B \times D_m)^2 \\ &\quad - 2 \times f_{ck} \times B \times Mu)) / (0.85 \times f_{ck} \times B) = 3.151 \text{ cm}\end{aligned}$$

$$\text{단면철근비 (P)} = As / (B \times D_m) = 0.01714$$

$$\text{최대철근비 (Pmax)} = 0.75 \times 0.85 \times f_{ck} \times A / (f_y \times D_m) = 0.02890$$

$$\text{최소철근비 (Pmin)} = 14 / f_y = 0.00466$$

--- P > PMIN 인 경우 ---

그러므로 As = 21.431 cm² 이상 사용하여야 한다.

$$\begin{aligned}\text{사용철근량 As} &= D16 @ 20.0 = 9.93 \text{ cm}^2 < 21.43 \text{ cm}^2 \\ &\text{--- N.G. ---}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{설계모멘트강도 } \Phi M_n &= 0.85 \times (As \times f_y \times (D_m - A/2)) \\ &= 298031.522 \text{ kgf.cm} < Mu = 597000.000 \text{ kgf.cm} \\ \text{여기서, } A &= As \times f_y / (0.85 \times f_{ck} \times B) = 1.460 \text{ cm} \\ &\text{--- N.G. ---}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{균열모멘트강도 } M_{cr} &= f_{ru} \times I_g / y_t \\ &= 30.983 \times 130208.3 / 12.50 \\ &= 322748.612 \text{ kgf.cm} \\ \Phi M_n &= 298031.5 \text{ kgf.cm} < 1.2 \times M_{cr} = 387298.3 \text{ kgf.cm} \\ &\text{--- N.G. ---}\end{aligned}$$

----- 부 재 : 부모멘트_D19@150

$$\begin{aligned}\text{극한 모멘트 (Mu)} &= 597000.000 \text{ kgf.cm} \\ \text{극한 전단력 (Su)} &= 0.000 \text{ kgf} \\ \text{단 위 폭 (B)} &= 100.000 \text{ cm} \\ \text{흙 유효높이 (Dm)} &= 12.500 \text{ cm} \\ \text{전단유효높이 (Ds)} &= 12.500 \text{ cm} \\ \text{피복 두께 (Dz)} &= 12.500 \text{ cm}\end{aligned}$$

◆ 소요철근량 계산

$$\begin{aligned}\text{극한모멘트 (Mu)} &= 597000.000 \text{ kgf.cm} \\ \text{평형모멘트 (Mb)} &= 0.85 \times f_{ck} \times A_b \times B \times (D_m - A_b/2) \times 0.85 \\ &= 1100303.197 \text{ kgf.cm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{여기서, } A_b &= K \times X = 7.083 \\ f_{ck} &< 280, K = 0.85 \\ f_{ck} &> 280 \\ K &= 0.85 - (f_{ck} - 280) \times 0.007/10 \\ X &= 6000 \times D_m / (6000 + f_y) = 8.333 \text{ cm}\end{aligned}$$

--- Mu < MB ---

$$\text{인장철근량 (As)} = \text{Mu} / (f_y \times (D_m - A_c/2) \times 0.85) = 21.431 \text{ cm}^2$$

$$\text{여기서 } A_c = (0.85 \times f_{ck} \times B \times D_m - \text{SQRT}((0.85 \times f_{ck} \times B \times D_m)^2 - 2 \times f_{ck} \times B \times \text{Mu})) / (0.85 \times f_{ck} \times B) = 3.151 \text{ cm}$$

$$\text{단면철근비 (P)} = \text{As} / (B \times D_m) = 0.01714$$

$$\text{최대철근비 (Pmax)} = 0.75 \times 0.85 \times f_{ck} \times A / (f_y \times D_m) = 0.02890$$

$$\text{최소철근비 (Pmin)} = 14 / f_y = 0.00466$$

--- P > PMIN 인 경우 ---

그러므로 As = 21.431 cm² 이상 사용하여야 한다.

$$\text{사용철근량 As} = D19 @ 15.0 = 19.10 \text{ cm}^2 < 21.43 \text{ cm}^2$$

--- N.G. ---

$$\begin{aligned} \text{설계모멘트강도 } \Phi M_n &= 0.85 \times (A_s \times f_y \times (D_m - A/2)) \\ &= 540411.198 \text{ kgf.cm} < \text{Mu} = 597000.000 \text{ kgf.cm} \end{aligned}$$

$$\text{여기서, } A = A_s \times f_y / (0.85 \times f_{ck} \times B) = 2.808 \text{ cm}$$

--- N.G. ---

$$\begin{aligned} \text{균열모멘트강도 } M_{cr} &= f_{ru} \times I_g / y_t \\ &= 30.983 \times 130208.3 / 12.50 \\ &= 322748.612 \text{ kgf.cm} \end{aligned}$$

$$\Phi M_n = 540411.1 \text{ kgf.cm} > 1.2 \times M_{cr} = 387298.3 \text{ kgf.cm}$$

--- O.K. ---

--- 부 재 : 부모멘트_D19@200

$$\text{극한 모멘트 (Mu)} = 597000.000 \text{ kgf.cm}$$

$$\text{극한 전단력 (Su)} = 0.000 \text{ kgf}$$

$$\text{단 위 폭 (B)} = 100.000 \text{ cm}$$

$$\text{형 유효높이 (Dm)} = 12.500 \text{ cm}$$

$$\text{전단유효높이 (Ds)} = 12.500 \text{ cm}$$

$$\text{피 복 두께 (Dz)} = 12.500 \text{ cm}$$

◆ 소요철근량 계산

$$\text{극한모멘트 (Mu)} = 597000.000 \text{ kgf.cm}$$

$$\begin{aligned} \text{평형모멘트 (Mb)} &= 0.85 \times f_{ck} \times A_b \times B \times (D_m - A_b/2) \times 0.85 \\ &= 1100303.197 \text{ kgf.cm} \end{aligned}$$

$$\text{여기서, } A_b = K \times X = 7.083$$

$$f_{ck} < 280, K = 0.85$$

$$f_{ck} > 280$$

$$K = 0.85 - (f_{ck} - 280) \times 0.007 / 10$$

$$X = 6000 \times D_m / (6000 + f_y) = 8.333 \text{ cm}$$

--- Mu < MB ---

$$\text{인장철근량 (As)} = \text{Mu} / (f_y \times (D_m - A_c/2) \times 0.85) = 21.431 \text{ cm}^2$$

$$\text{여기서 } A_c = (0.85 \times f_{ck} \times B \times D_m - \text{SQRT}((0.85 \times f_{ck} \times B \times D_m)^2 - 2 \times f_{ck} \times B \times \text{Mu})) / (0.85 \times f_{ck} \times B) = 3.151 \text{ cm}$$

$$\text{단면철근비 (P)} = \text{As} / (B \times D_m) = 0.01714$$

$$\text{최대철근비 (Pmax)} = 0.75 \times 0.85 \times f_{ck} \times A / (f_y \times D_m) = 0.02890$$

$$\text{최소철근비 (Pmin)} = 14 / f_y = 0.00466$$

--- P > PMIN 인 경우 ---

그러므로 As = 21.431 cm² 이상 사용하여야 한다.

$$\text{사용철근량 As} = D19 @ 20.0 = 14.32 \text{ cm}^2 < 21.43 \text{ cm}^2$$

--- N.G. ---

$$\begin{aligned}
 \text{설계모멘트강도 } \Phi M_n &= 0.85 \times (A_s \times f_y \times (D_m - A/2)) \\
 &= 418133.642 \text{ kgf.cm} < M_u = 597000.000 \text{ kgf.cm} \\
 \text{여기서, } A &= A_s \times f_y / (0.85 \times f_{ck} \times B) = 2.106 \text{ cm} \\
 &\text{—— N.G. ——}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{균열모멘트강도 } M_{cr} &= f_{ru} \times I_g / y_t \\
 &= 30.983 \times 130208.3 / 12.50 \\
 &= 322748.612 \text{ kgf.cm} \\
 \Phi M_n &= 418133.6 \text{ kgf.cm} > 1.2 \times M_{cr} = 387298.3 \text{ kgf.cm} \\
 &\text{—— 0.K. ——}
 \end{aligned}$$