피 암 터 널
구 조 계 산 서

2009. 05.

목 차

1. 설 계 조 건
2. 단 면 가 정
3. MODELING
4. 절점좌표
5. 단면제원
6. SPRING 계수 산정
7. 하중산정
8. 하중조합
9. 하중재하도
10. INPUT DATA
11. 해석결과
12. 철근량 검토
13. 사용성 검토
14. 기둥단면가정
15. 기둥단면 모델링
16. 기둥단면 절점번호
17. 기둥단면 제원
18. SPRING 계수 산정
19. INPUT DATA
20. 해석결과
21. 거더 철근량 검토
22. 방호벽 및 날개벽 설계
23. 지지력 산정

1. 설계조건

(1) 형식 : 1 련 BOX형식 피암터널

(2) 폭 : 11.800 m (내 공 폭 : 10.00 m)

(3) 높이 : 7.640 m (내공높이 : 5.74 m)

(4) 설계하중

1) 고정하중

▷ 철근콘크리트(r_c) = 25 kN/m³

▷ ASCON 포장 (r_a) = 23 kN/m³

▷ 상 부 토 사 (r_{t1}) = 19 kN/m³

2) 토압

▷ 토사 (r_t) = 19 kN/m³

▷ 내부마찰각 (Ø) = 30.0˚

▷ 주동토압계수 (Ka) = (1-sinØ) / (1+sinØ) = 0.333

▷ 물의 단위중량 (r_w) = 10 kN/m³

(5) 설계자료

CON'C : fck = 24 Mpa
Ec = 23,025 Mpa

RE-BAR : fy = 300 Mpa
Es = 200,000 Mpa

(6) 설계방법

강도설계법

(7) 참고문헌

▷ 콘크리트구조설계기준 해설 (2007개정)

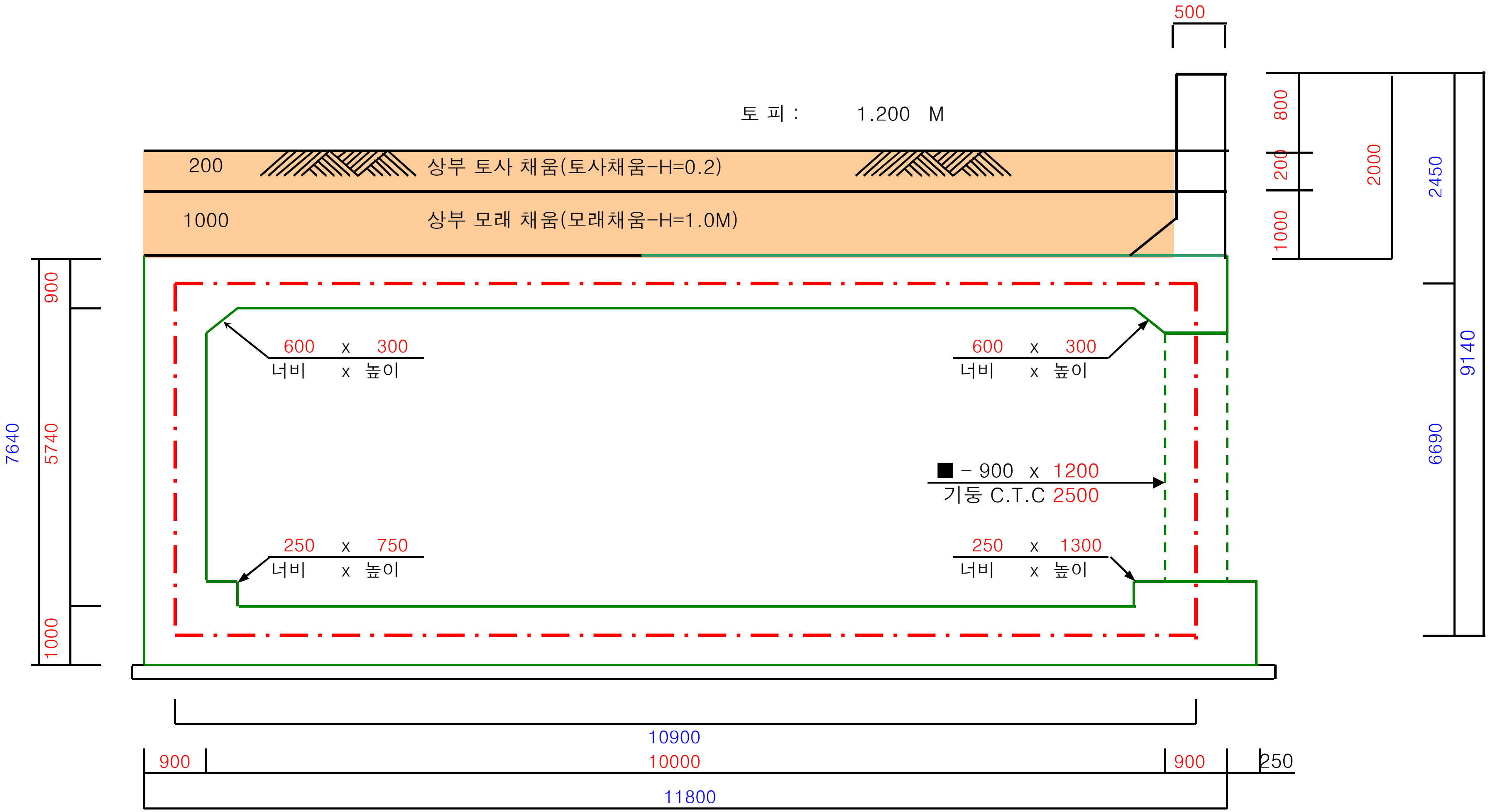
▷ 콘크리트표준시방서 (2005년)

▷ 도로교설계기준 (2005년)

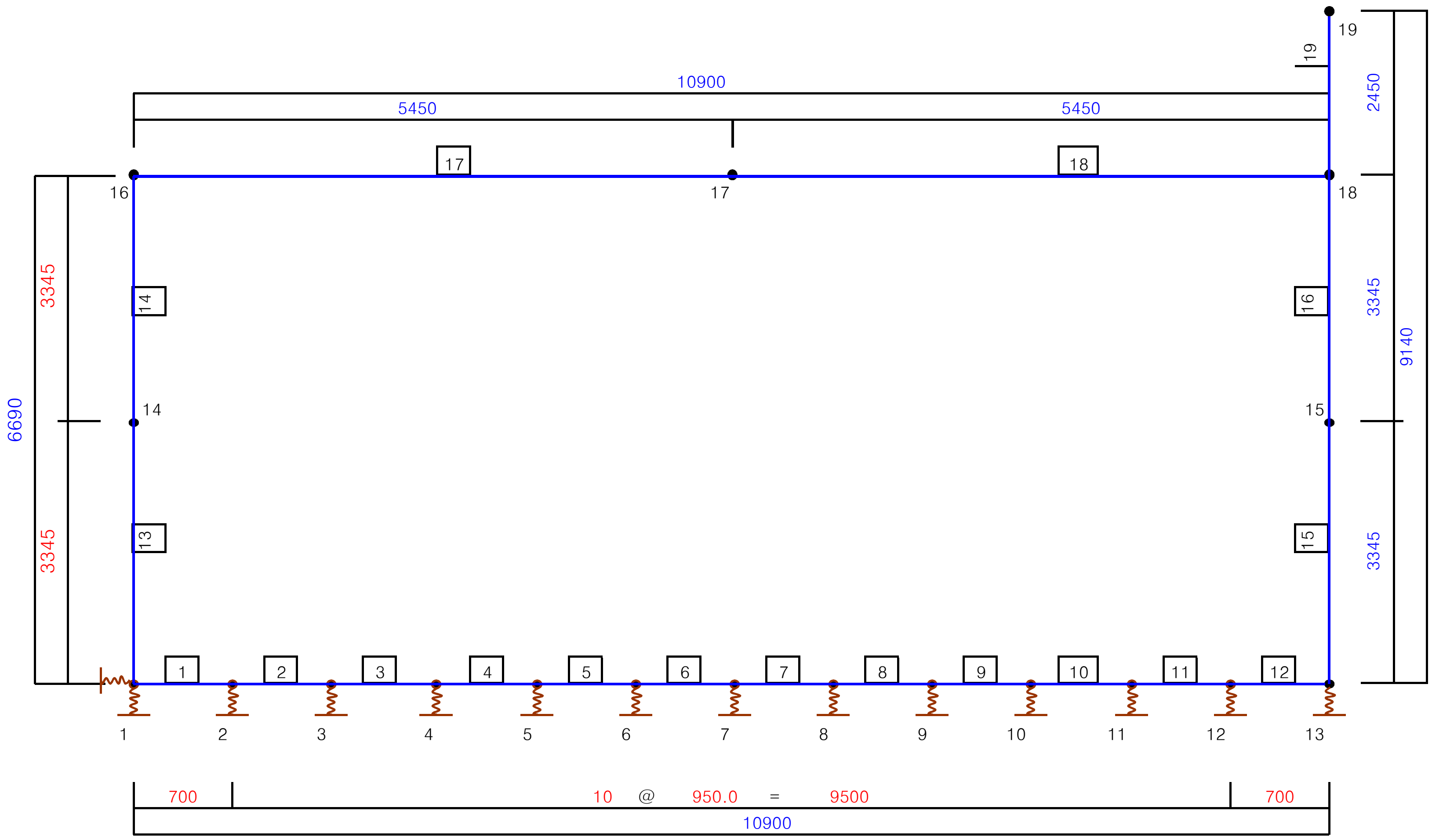
▷ 도로교표준시방서 '96

▷ 낙석의 내충격 설계 (과학기술)

2. 단면가정


토 피 : 1.200 M
200
상부 토사 채움(토사채움-H=0.2)
1000
상부 모래 채움(모래채움-H=1.0M)
500
800
200
1000
2000
2450
9140
6690
7640
900
5740
1000
600 x 300
너비 x 높이
600 x 300
너비 x 높이
■ - 900 x 1200
기둥 C.T.C 2500
250 x 750
너비 x 높이
250 x 1300
너비 x 높이
10900
900
10000
900
250
11800

3. MODELING



10900
5450
5450
19
19
2450
17
18
16
17
18
3345
14
16
3345
9140
6690
14
15
3345
13
15
3345
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
700
10 @ 950.0 = 9500
700
10900

4. 절점좌표

절 점 번 호	X	Z	절 점 번 호	X	Z
1	0.000	0.000	11	9.250	0.000
2	0.700	0.000	12	10.200	0.000
3	1.650	0.000	13	10.900	0.000
4	2.600	0.000	14	0.000	3.345
5	3.550	0.000	15	10.900	3.345
6	4.500	0.000	16	0.000	6.690
7	5.450	0.000	17	5.450	6.690
8	6.400	0.000	18	10.900	6.690
9	7.350	0.000	19	10.900	9.140
10	8.300	0.000			

5. 단면제원

NO	B(m)	H(m)	A(m^2)	I (m^4)	MEMBER
1	2.500	0.9	2.25	$2.5 \times 0.9^3 / 12 = 0.151875$	13, 14
2	2.500	1	2.5	$2.5 \times 1^3 / 12 = 0.208333$	1~12
3	2.500	0.9	2.25	$2.5 \times 0.9^3 / 12 = 0.151875$	17, 18
4	1.200	0.9	1.08	$1.200 \times 0.9^3 / 12 = 0.072900$	15, 16
5	2.500	0.5	1.25	$2.500 \times 0.5^3 / 12 = 0.026042$	19

6. SPRING 계수 산정 (도로교설계기준 해설 2008년 P759)

· $Kv = Kvo\ (Bv\ /0.30)^{-3/4}$

$= 280000.00 \times (5.431 / 0.3)^{-3/4}$

$= 31903.558$ kN/m^3

여기서, $Kvo = 1 / 0.3 \times a \times Eo$

$= 1 / 0.3 \times 1 \times 84000 = 280000.0$ kN/m^3

$Bv = \sqrt{11.8 \times 2.500} = 5.431$ m

$Eo = 2800 \cdot N = 2800 \cdot 30 = 84000$ kN/m^2

· $K1 = 31903.558 \times 1 / 2 \times (0.00 + 0.7) = 11166$ kN/m

· $K2 = 31903.558 \times 1 / 2 \times (0.70 + 0.95) = 26320$ kN/m

· $K3\sim k11 = 31903.558 \times 1 / 2 \times (0.95 + 0.95) = 30308$ kN/m

· $K12 = 31903.558 \times 1 / 2 \times (0.95 + 0.70) = 26320$ kN/m

· $K13 = 31903.558 \times 1 / 2 \times (0.70 + 0.00) = 11166$ kN/m

· Kh = 1E+10 kN/m

7. 하중산정

1) 고정하중

(1) 구 조 물 자 중 - CASE1

PROGRAM에서 자동 계산

(2) 상부슬래브 상단 토사 고정하중 - CASE2

· 토 사 : 0.200 x 19 x 2.5 = 9.500 kN/m

· 모 래 : 1.000 x 19 x 2.5 = 47.500 kN/m

$\Sigma W_D =$ 57.000 kN/m

2) 측벽 토압 CASE3

(1) 좌측 측벽 토압

· Q1 = 0.33 x { (2 + 0.9 / 2) x 19 } x 2.5
= 38.753 kN/m

· Q2 = 38.753 + 0.333 x (6.690 x 19.0) x 2.5
= 144.572 kN/m

(2) 우측 상단 면벽(흙막이옹벽)

· Q3 = 0.000 kN/m

· Q4 = 0.000 + 0.333 x (1.00 x 19.0 + 1.000 x 19.0) x 2.5
= 31.635 kN/m

3) 작업차량 하중 CASE4

(1) 상부슬래브 작용하중
(작업하중은 1.0 t/m^2 로 작용하는 것으로 설계함.)
· Qw = 10.000 x 2.5 = 25.000 kN/m

4) 포장하중 - 하부슬래브에 작용 CASE5

- 포장하중 (아스콘포장 : 80 mm)

· Qa = 0.08 x 23 x 2.5
= 4.600 kN/m

5) 낙석하중 - 상부슬래브에 작용

- CASE6 : L/4에 작용 , CASE7 : 2L/4에 작용 , CASE8 : 3L/4에 작용

Ho=15.0 m (피암터널 지점의 Ho= 15.0 m 로 가정)

W = 10.0 kNf (낙석의 중량 W = 10.0 kNf 로 가정)

h = 1.0 m (모래깔기 두께는 1.0 m 로 가정)

$\Phi = \tan^{-1}(1/0.5) =$ 63.4349

$\mu o = 0.2$ ($\mu o =$ 0.2 로 가정 - 사암의 마찰계수 - 도로설계편람)

$Hr = (1 - \mu o/(\tan\Phi))\ Ho$ Hr : 환산낙하 높이(m)

$= (1 - 0.2 / \tan(63.4349))\ Ho$

$=$ 13.1 m

$P = 2.455\ \lambda^{2/5}\ W^{2/3}\ Hr^{3/5}\ I$

라메의 상수 λ= 1145.0382 을 적용하고,
모래깔기두께가 90cm 이상이므로 I = 1.0을 적용한다.

P = 2.455 λ2/5 W2/3 Hr3/5 I

= 892.501 kNf

$Pv = P \times \sin\Phi =$ 892.501 $\times \sin\Phi$

= 798.277 kNf

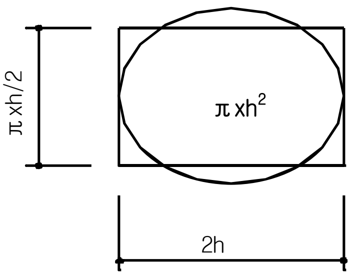
$Ph = P \times \sin\Phi \times \mu =$ 892.501 $\times \sin\Phi \times 0.35$
($\mu = \tan(2\Phi/3) =$ 0.35)

= 279.397 kNf

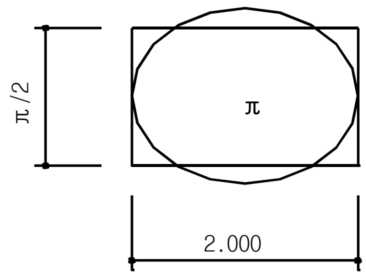
구조물에 작용하는 낙석하중

① 슬래브에 작용하는 하중계산

낙석에 의한 충격하중은 완충재 표면에 집중하중으로 작용하며,
모래깔기층을 분포각 45도로 분산되어 분포하는 것으로 한다.
또한, 해석을 간력하게 하기 위해 단면 방향으로 2h,
축방향으로 πh/2의 등가인 직사각형 분포로 가정한다.



모래깔기의 두께
h = 1.0 m로 할 경우

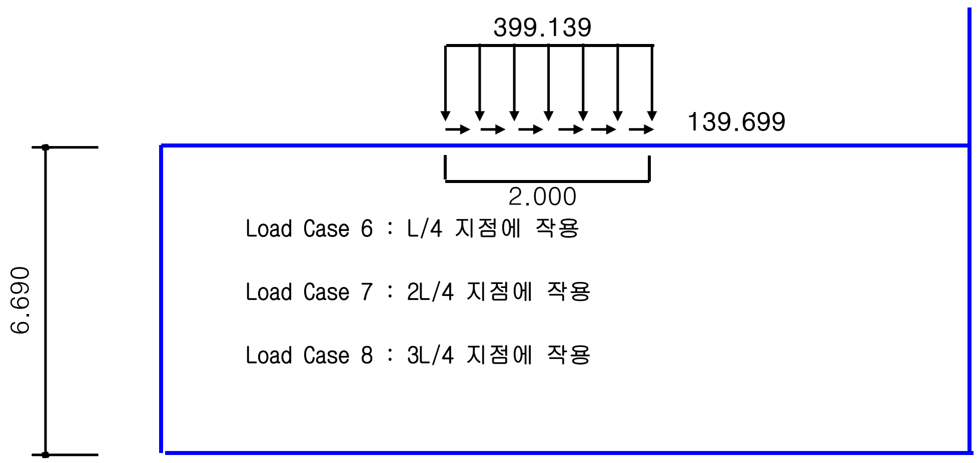


pv = Pv / π = 798.277 / π X π/2 = 399.139 kNf/m

ph = Ph / π = 279.397 / π X π/2 = 139.699 kNf/m

② 하중작용도(슬래브에 작용)

낙석에 의한 하중은 L/4, 2L/4, 3L/4 지점에 작용(CASE별)하는 것에 대하여 검토를 시행한다.



8. 하중조합

1) 계수하중 검토시

CASE1 : 구조물 자중(고정하중)   CASE2 : 상부토사 고정하중
CASE3 : 토 압   CASE4 : 작업차량하중(활하중)
CASE5 : 포장하중(고정하중)
CASE6, CASE7, CASE8 : 낙석하중 - COMBO1에서 하중조합.

(1) 낙석하중 ENVELOPE

ENV1 : 1.0 CASE6 OR 1.0 CASE7 OR 1.0 CASE8

(2) 고정하중 + 전설계토압 + 낙석하중

COMB 1 : 1.2 CASE1,5 + 1.6 CASE2 + 1.6 CASE3 + 1.6 ENV1

(3) 고정하중 + 전설계토압 + 활하중

COMB 2 : 1.2 CASE1,5 + 1.6 CASE2 + 1.6 CASE3 + 1.6 CASE4

(4) 고정하중 + 전설계토압 + 낙석하중

COMB 3 : 0.9 CASE1,5 + 1.6 CASE2 + 1.6 CASE3 + 1.6 ENV1

(5) 고정하중 + 전설계토압 + 활하중

COMB 4 : 0.9 CASE1,5 + 1.6 CASE2 + 1.6 CASE3 + 1.6 CASE4

2) 사용하중 검토시

(1) 고정하중 + 전설계토압

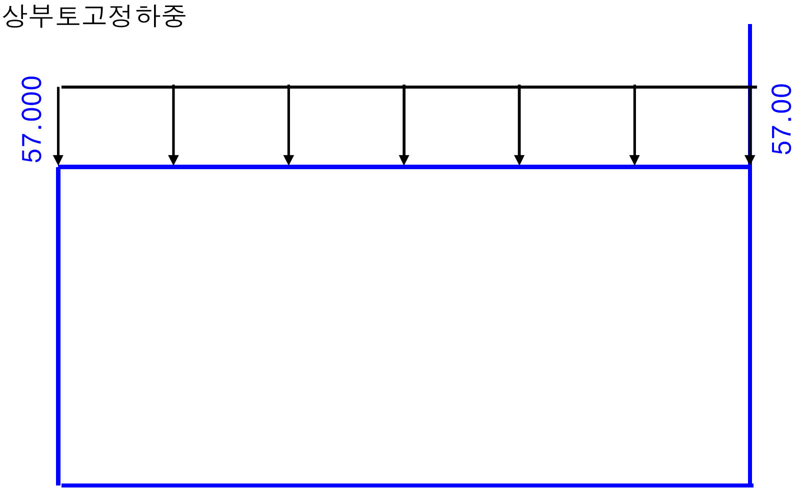
COMB 7 : CASE1 + CASE2 + CASE3 + CASE4 + ENV1

9. 하중재하도

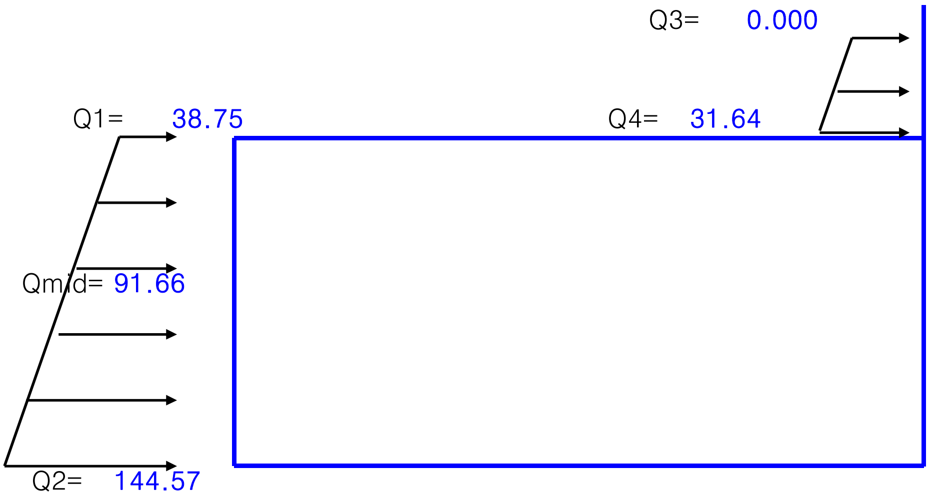
1) CASE1 : 구조물 자중

구조물 자중 : SAP2000에서 자체 입력

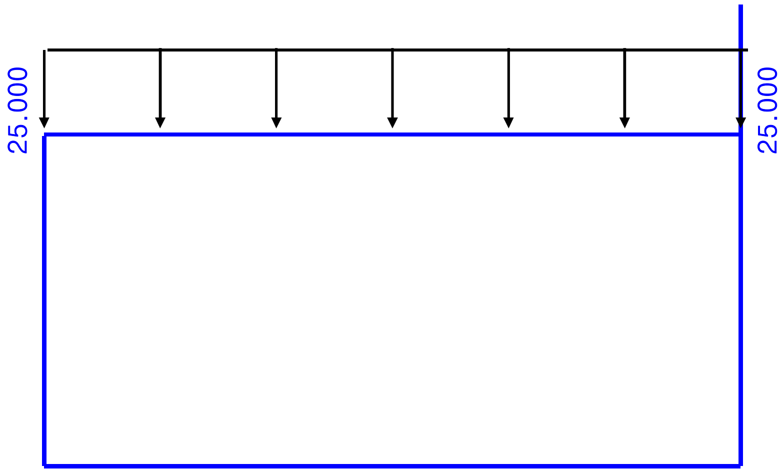
2) CASE2 : 상부토고정하중



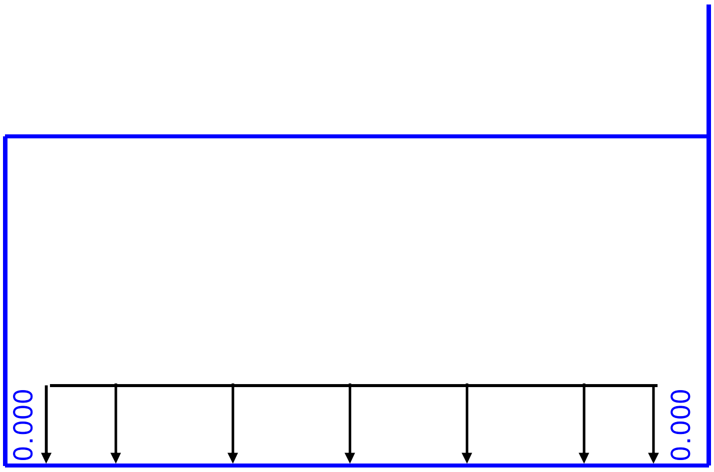
3) CASE3 : 측벽토압



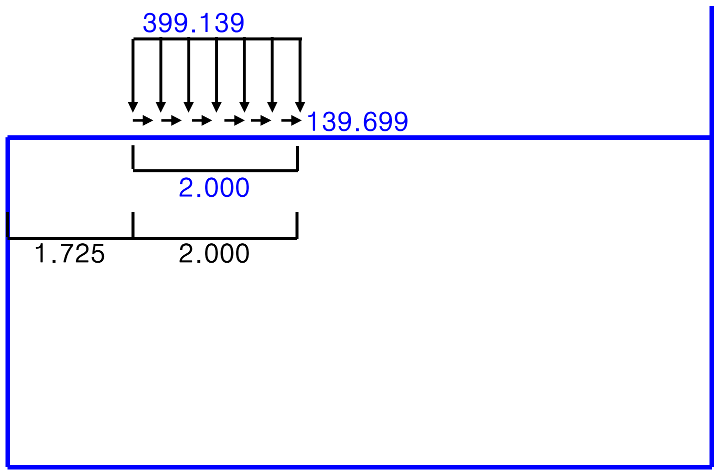
4) CASE4 : 활하중



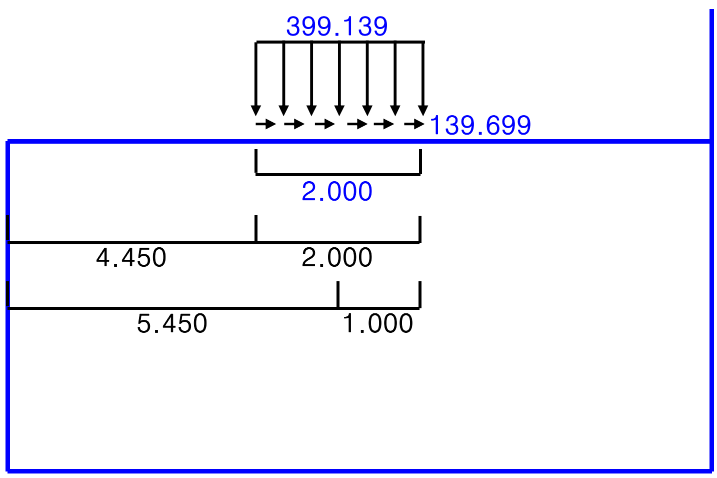
5) CASE5 : 포장하중 - 하부슬래브에 작용



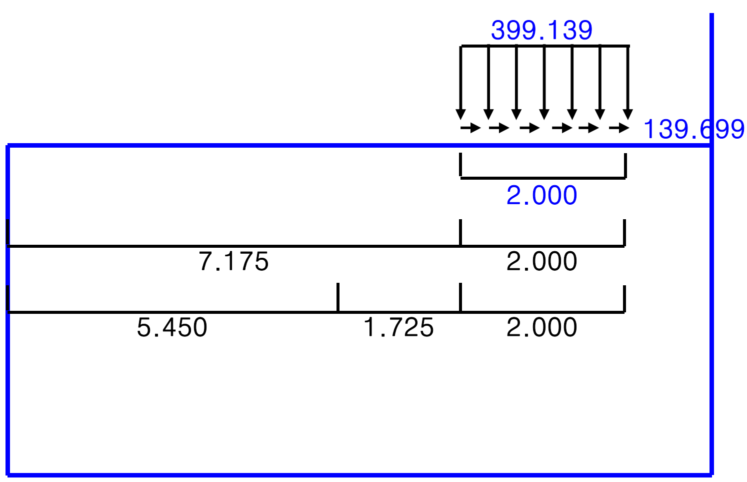
6) CASE6 : 낙석하중 (L/4지점을 중심으로 폭 2m에 작용)



7) CASE7 : 낙석하중 (2L/4지점을 중심으로 폭 2m에 작용)



7) CASE7 : 낙석하중 (2L/4지점을 중심으로 폭 2m에 작용)



10. INPUT DATA

피암터널단면해석

```
; File E:₩Tun2.$2k saved 1-15-02 16:41:28 in Ton-m

SYSTEM
  DOF=UX,UZ,RY  LENGTH=m  FORCE=KN  LINES=59

JOINT
  1   X=0.000      Y=0.000     Z=0.000
  2   X=0.700      Y=0.000     Z=0.000
  3   X=1.650      Y=0.000     Z=0.000
  4   X=2.600      Y=0.000     Z=0.000
  5   X=3.550      Y=0.000     Z=0.000
  6   X=4.500      Y=0.000     Z=0.000
  7   X=5.450      Y=0.000     Z=0.000
  8   X=6.400      Y=0.000     Z=0.000
  9   X=7.350      Y=0.000     Z=0.000
  10  X=8.300      Y=0.000     Z=0.000
  11  X=9.250      Y=0.000     Z=0.000
  12  X=10.200      Y=0.000     Z=0.000
  13  X=10.900      Y=0.000     Z=0.000
  14  X=0.000      Y=0.000     Z=3.345
  15  X=10.900      Y=0.000     Z=3.345
  16  X=0.000      Y=0.000     Z=6.690
  17  X=5.450      Y=0.000     Z=6.690
  18  X=10.900      Y=0.000     Z=6.690
  19  X=10.900      Y=0.000     Z=9.140

RESTRAINT
  ADD=1  DOF=U2,R1,R3
  ADD=2  DOF=U2,R1,R3
  ADD=3  DOF=U2,R1,R3
  ADD=4  DOF=U2,R1,R3
  ADD=5  DOF=U2,R1,R3
  ADD=6  DOF=U2,R1,R3
  ADD=7  DOF=U2,R1,R3
  ADD=8  DOF=U2,R1,R3
  ADD=9  DOF=U2,R1,R3
  ADD=10  DOF=U2,R1,R3
  ADD=11  DOF=U2,R1,R3
  ADD=12  DOF=U2,R1,R3
  ADD=13  DOF=U2,R1,R3

PATTERN
  NAME=DEFAULT

SPRING
  ADD=1   U1=1E+10 U3=11166
  ADD=2   U3=26320
  ADD=3   U3=30308
  ADD=4   U3=30308
  ADD=5   U3=30308
  ADD=6   U3=30308
  ADD=7   U3=30308
  ADD=8   U3=30308
  ADD=9   U3=30308
  ADD=10   U3=30308
  ADD=11   U3=30308
  ADD=12   U3=26320
  ADD=13   U3=11166

MATERIAL
```

```
  NAME=1FR  IDES=N
    T=0  E=2.3025E+07  U=.15  A=.00001
  NAME=2FR  IDES=N
    T=0  E=2.3025E+07  U=.15  A=.00001
  NAME=3FR  IDES=N
    T=0  E=2.3025E+07  U=.15  A=.00001
  NAME=4FR  IDES=N
    T=0  E=2.3025E+07  U=.15  A=.00001
  NAME=5FR  IDES=N
    T=0  E=2.3025E+07  U=.15  A=.00001
  NAME=STEEL  IDES=S  M=.798142  W=7.833413
    T=0  E=2.059396E+08  U=.15  A=.00001  FY=248211.3
  NAME=CONC  IDES=C  M=2.5  W=24.51662
    T=0  E=2.3025E+07  U=.15  A=.00001

FRAME SECTION
  NAME=1 MAT=1FR WPL=56.250  A=2.250 J=0 I=0.151875,0  AS=0,0 T=1,1
  NAME=2 MAT=2FR WPL=62.500  A=2.500 J=0 I=0.208333,0  AS=0,0 T=1,1
  NAME=3 MAT=3FR WPL=56.250  A=2.250 J=0 I=0.151875,0  AS=0,0 T=1,1
  NAME=4 MAT=4FR WPL=27.000  A=1.080 J=0 I=0.072900,0  AS=0,0 T=1,1
  NAME=5 MAT=5FR WPL=31.250  A=1.250 J=0 I=0.026042,0  AS=0,0 T=1,1

FRAME
  1  J=1,2     SEC=2  NSEG=4  ANG=0
  2  J=2,3     SEC=2  NSEG=4  ANG=0
  3  J=3,4     SEC=2  NSEG=4  ANG=0
  4  J=4,5     SEC=2  NSEG=4  ANG=0
  5  J=5,6     SEC=2  NSEG=4  ANG=0
  6  J=6,7     SEC=2  NSEG=4  ANG=0
  7  J=7,8     SEC=2  NSEG=4  ANG=0
  8  J=8,9     SEC=2  NSEG=4  ANG=0
  9  J=9,10    SEC=2  NSEG=4  ANG=0
  10  J=10,11  SEC=2  NSEG=4  ANG=0
  11  J=11,12  SEC=2  NSEG=4  ANG=0
  12  J=12,13  SEC=2  NSEG=4  ANG=0
  13  J=1,14  SEC=1  NSEG=4  ANG=0
  14  J=14,16  SEC=1  NSEG=4  ANG=0
  15  J=13,15  SEC=4  NSEG=4  ANG=0
  16  J=15,18  SEC=4  NSEG=4  ANG=0
  17  J=16,17  SEC=3  NSEG=4  ANG=0
  18  J=17,18  SEC=3  NSEG=4  ANG=0
  19  J=18,19  SEC=5  NSEG=4  ANG=0

LOAD
  NAME=1
    TYPE=GRAVITY  ELEM=FRAME
      ADD=*   UZ=-1
  NAME=2
    TYPE=DISTRIBUTED SPAN
      ADD=17  RD=0,1  UZ=-57.000, -57.000
      ADD=18  RD=0,1  UZ=-57.000, -57.000
  NAME=3
    TYPE=DISTRIBUTED SPAN
      ADD=13  RD=0,1  UX=144.570, 91.660
      ADD=14  RD=0,1  UX=91.660, 38.750
      ADD=19  RD=0,1  UX=31.640, 0
  NAME=4
    TYPE=DISTRIBUTED SPAN
      ADD=17  RD=0,1  UZ=-25.000, -25.000
      ADD=18  RD=0,1  UZ=-25.000, -25.000
  NAME=5
    TYPE=DISTRIBUTED SPAN
      ADD=2   RD=0,1  UZ=-0.000, -0.000
      ADD=3   RD=0,1  UZ=-0.000, -0.000
```

```
      ADD=4   RD=0,1  UZ=-0.000, -0.000
      ADD=5   RD=0,1  UZ=-0.000, -0.000
      ADD=6   RD=0,1  UZ=-0.000, -0.000
      ADD=7   RD=0,1  UZ=-0.000, -0.000
      ADD=8   RD=0,1  UZ=-0.000, -0.000
      ADD=9   RD=0,1  UZ=-0.000, -0.000
      ADD=10   RD=0,1  UZ=-0.000, -0.000
      ADD=11   RD=0,1  UZ=-0.000, -0.000
  NAME=6
    TYPE=DISTRIBUTED SPAN
      ADD=17  RD=0.317, 0.683  UZ=-399.139, -399.139
      ADD=17  RD=0.317, 0.683  UX=139.699, 139.699
  NAME=7
    TYPE=DISTRIBUTED SPAN
      ADD=17  RD=0.817, 1.000  UZ=-399.139, -399.139
      ADD=18  RD=0.000, 0.183  UZ=-399.139, -399.139
      ADD=17  RD=0.817, 1.000  UX=139.699, 139.699
      ADD=18  RD=0.000, 0.183  UX=139.699, 139.699
  NAME=8
    TYPE=DISTRIBUTED SPAN
      ADD=18  RD=0.317, 0.683  UZ=-399.139, -399.139
      ADD=18  RD=0.317, 0.683  UX=139.699, 139.699

COMBO
  NAME=ENV0  TYPE=ENVE
    LOAD=6  SF=1
    LOAD=7  SF=1
    LOAD=8  SF=1
  NAME=COMB1
    LOAD=1  SF=1.2
    LOAD=2  SF=1.6
    LOAD=3  SF=1.6
    LOAD=5  SF=1.2
    COMB=ENV0  SF=1.6
  NAME=COMB2
    LOAD=1  SF=1.2
    LOAD=2  SF=1.6
    LOAD=3  SF=1.6
    LOAD=4  SF=1.6
    LOAD=5  SF=1.2
  NAME=COMB3
    LOAD=1  SF=0.9
    LOAD=2  SF=1.6
    LOAD=3  SF=1.6
    LOAD=5  SF=0.9
    COMB=ENV0  SF=1.6
  NAME=COMB4
    LOAD=1  SF=0.9
    LOAD=2  SF=1.6
    LOAD=3  SF=1.6
    LOAD=4  SF=1.6
    LOAD=5  SF=0.9
  NAME=ENV1  TYPE=ENVE
    COMB=COMB1  SF=1
    COMB=COMB2  SF=1
    COMB=COMB3  SF=1
    COMB=COMB4  SF=1
  NAME=COMB5
    LOAD=1  SF=1
    LOAD=2  SF=1
    LOAD=3  SF=1
    LOAD=4  SF=1
    LOAD=5  SF=1
    COMB=ENV0  SF=1

END
```

11. 해석결과

11.1 OUTPUT DATA

F R A M E   E L E M E N T   F O R C E S

FRAME	LOAD	LOC	P	V2	V3	T	M2	M3
1	ENV0 MAX							
		0.00	187.17	505.36	0.00	0.00	0.00	973.02
		1.8E-01	187.17	505.36	0.00	0.00	0.00	884.58
		3.5E-01	187.17	505.36	0.00	0.00	0.00	796.14
		5.3E-01	187.17	505.36	0.00	0.00	0.00	707.70
		7.0E-01	187.17	505.36	0.00	0.00	0.00	680.13
1	ENV0 MIN							
		0.00	154.09	156.86	0.00	0.00	0.00	789.93
		1.8E-01	154.09	156.86	0.00	0.00	0.00	762.48
		3.5E-01	154.09	156.86	0.00	0.00	0.00	735.03
		5.3E-01	154.09	156.86	0.00	0.00	0.00	686.40
		7.0E-01	154.09	156.86	0.00	0.00	0.00	619.26
1	ENV1 MAX							
		0.00	487.18	1970.68	0.00	0.00	0.00	3948.02
		1.8E-01	487.18	1983.81	0.00	0.00	0.00	3602.00
		3.5E-01	487.18	1996.93	0.00	0.00	0.00	3253.69
		5.3E-01	487.18	2010.06	0.00	0.00	0.00	2903.08
		7.0E-01	487.18	2023.18	0.00	0.00	0.00	2647.55
1	ENV1 MIN							
		0.00	188.04	1185.23	0.00	0.00	0.00	2405.81
		1.8E-01	188.04	1195.07	0.00	0.00	0.00	2197.54
		3.5E-01	188.04	1204.91	0.00	0.00	0.00	1987.54
		5.3E-01	188.04	1214.76	0.00	0.00	0.00	1775.82
		7.0E-01	188.04	1224.60	0.00	0.00	0.00	1562.37
2	ENV0 MAX							
		0.00	187.17	419.12	0.00	0.00	0.00	680.13
		2.4E-01	187.17	419.12	0.00	0.00	0.00	626.20
		4.8E-01	187.17	419.12	0.00	0.00	0.00	572.27
		7.1E-01	187.17	419.12	0.00	0.00	0.00	518.34
		9.5E-01	187.17	419.12	0.00	0.00	0.00	464.41
2	ENV0 MIN							
		0.00	154.09	227.07	0.00	0.00	0.00	619.26
		2.4E-01	154.09	227.07	0.00	0.00	0.00	519.72
		4.8E-01	154.09	227.07	0.00	0.00	0.00	420.18
		7.1E-01	154.09	227.07	0.00	0.00	0.00	320.64
		9.5E-01	154.09	227.07	0.00	0.00	0.00	221.10
2	ENV1 MAX							
		0.00	487.18	1675.54	0.00	0.00	0.00	2647.55
		2.4E-01	487.18	1693.35	0.00	0.00	0.00	2320.47
		4.8E-01	487.18	1711.16	0.00	0.00	0.00	2004.77
		7.1E-01	487.18	1728.98	0.00	0.00	0.00	1704.80
		9.5E-01	487.18	1746.79	0.00	0.00	0.00	1401.65
2	ENV1 MIN							
		0.00	188.04	1030.68	0.00	0.00	0.00	1562.37
		2.4E-01	188.04	1044.04	0.00	0.00	0.00	1316.00
		4.8E-01	188.04	1057.40	0.00	0.00	0.00	1050.85
		7.1E-01	188.04	1070.76	0.00	0.00	0.00	762.57
		9.5E-01	188.04	1084.12	0.00	0.00	0.00	470.06
3	ENV0 MAX							
		0.00	187.17	329.66	0.00	0.00	0.00	464.41
		2.4E-01	187.17	329.66	0.00	0.00	0.00	398.07
		4.8E-01	187.17	329.66	0.00	0.00	0.00	331.74

7.1E-01	187.17	329.66	0.00	0.00	0.00	265.40
9.5E-01	187.17	329.66	0.00	0.00	0.00	199.06
3 ENV0 MIN						
0.00	154.09	279.31	0.00	0.00	0.00	221.10
2.4E-01	154.09	279.31	0.00	0.00	0.00	142.80
4.8E-01	154.09	279.31	0.00	0.00	0.00	64.51
7.1E-01	154.09	279.31	0.00	0.00	0.00	-13.79
9.5E-01	154.09	279.31	0.00	0.00	0.00	-92.08
3 ENV1 MAX						
0.00	487.18	1364.25	0.00	0.00	0.00	1401.65
2.4E-01	487.18	1382.06	0.00	0.00	0.00	1117.90
4.8E-01	487.18	1399.87	0.00	0.00	0.00	830.98
7.1E-01	487.18	1417.69	0.00	0.00	0.00	540.89
9.5E-01	487.18	1435.50	0.00	0.00	0.00	247.63
3 ENV1 MIN						
0.00	188.04	862.44	0.00	0.00	0.00	470.06
2.4E-01	188.04	875.80	0.00	0.00	0.00	240.40
4.8E-01	188.04	889.16	0.00	0.00	0.00	6.51
7.1E-01	188.04	902.52	0.00	0.00	0.00	-231.61
9.5E-01	188.04	915.88	0.00	0.00	0.00	-473.97
4 ENV0 MAX						
0.00	187.17	305.55	0.00	0.00	0.00	199.06
2.4E-01	187.17	305.55	0.00	0.00	0.00	126.49
4.8E-01	187.17	305.55	0.00	0.00	0.00	53.93
7.1E-01	187.17	305.55	0.00	0.00	0.00	-18.64
9.5E-01	187.17	305.55	0.00	0.00	0.00	-91.21
4 ENV0 MIN						
0.00	154.09	251.40	0.00	0.00	0.00	-92.08
2.4E-01	154.09	251.40	0.00	0.00	0.00	-151.79
4.8E-01	154.09	251.40	0.00	0.00	0.00	-211.50
7.1E-01	154.09	251.40	0.00	0.00	0.00	-271.21
9.5E-01	154.09	251.40	0.00	0.00	0.00	-330.91
4 ENV1 MAX						
0.00	487.18	1162.96	0.00	0.00	0.00	247.63
2.4E-01	487.18	1180.78	0.00	0.00	0.00	-16.12
4.8E-01	487.18	1198.59	0.00	0.00	0.00	-283.04
7.1E-01	487.18	1216.40	0.00	0.00	0.00	-553.14
9.5E-01	487.18	1234.21	0.00	0.00	0.00	-826.40
4 ENV1 MIN						
0.00	188.04	699.19	0.00	0.00	0.00	-473.97
2.4E-01	188.04	712.55	0.00	0.00	0.00	-663.06
4.8E-01	188.04	725.91	0.00	0.00	0.00	-925.03
7.1E-01	188.04	739.27	0.00	0.00	0.00	-1191.23
9.5E-01	188.04	752.63	0.00	0.00	0.00	-1461.67
5 ENV0 MAX						
0.00	187.17	306.91	0.00	0.00	0.00	-91.21
2.4E-01	187.17	306.91	0.00	0.00	0.00	-164.10
4.8E-01	187.17	306.91	0.00	0.00	0.00	-236.99
7.1E-01	187.17	306.91	0.00	0.00	0.00	-309.88
9.5E-01	187.17	306.91	0.00	0.00	0.00	-382.77
5 ENV0 MIN						
0.00	154.09	183.88	0.00	0.00	0.00	-330.91
2.4E-01	154.09	183.88	0.00	0.00	0.00	-374.59
4.8E-01	154.09	183.88	0.00	0.00	0.00	-418.26
7.1E-01	154.09	183.88	0.00	0.00	0.00	-461.93
9.5E-01	154.09	183.88	0.00	0.00	0.00	-505.60
5 ENV1 MAX						
0.00	487.18	1006.58	0.00	0.00	0.00	-826.40
2.4E-01	487.18	1024.39	0.00	0.00	0.00	-1060.39
4.8E-01	487.18	1042.20	0.00	0.00	0.00	-1239.07
7.1E-01	487.18	1060.02	0.00	0.00	0.00	-1375.13
9.5E-01	487.18	1077.83	0.00	0.00	0.00	-1514.35

5	ENV1 MIN						
	0.00	188.04	539.47	0.00	0.00	0.00	-1461.67
	2.4E-01	188.04	552.83	0.00	0.00	0.00	-1656.09
	4.8E-01	188.04	566.19	0.00	0.00	0.00	-1854.75
	7.1E-01	188.04	579.55	0.00	0.00	0.00	-2057.64
	9.5E-01	188.04	592.91	0.00	0.00	0.00	-2264.76
6	ENV0 MAX						
	0.00	187.17	282.85	0.00	0.00	0.00	-382.77
	2.4E-01	187.17	282.85	0.00	0.00	0.00	-449.95
	4.8E-01	187.17	282.85	0.00	0.00	0.00	-517.13
	7.1E-01	187.17	282.85	0.00	0.00	0.00	-584.30
	9.5E-01	187.17	282.85	0.00	0.00	0.00	-624.61
6	ENV0 MIN						
	0.00	154.09	125.27	0.00	0.00	0.00	-505.60
	2.4E-01	154.09	125.27	0.00	0.00	0.00	-535.35
	4.8E-01	154.09	125.27	0.00	0.00	0.00	-570.01
	7.1E-01	154.09	125.27	0.00	0.00	0.00	-619.13
	9.5E-01	154.09	125.27	0.00	0.00	0.00	-668.25
6	ENV1 MAX						
	0.00	487.18	808.55	0.00	0.00	0.00	-1514.35
	2.4E-01	487.18	826.36	0.00	0.00	0.00	-1605.68
	4.8E-01	487.18	844.18	0.00	0.00	0.00	-1700.19
	7.1E-01	487.18	861.99	0.00	0.00	0.00	-1797.86
	9.5E-01	487.18	879.80	0.00	0.00	0.00	-1898.71
6	ENV1 MIN						
	0.00	188.04	377.87	0.00	0.00	0.00	-2264.76
	2.4E-01	188.04	391.22	0.00	0.00	0.00	-2399.02
	4.8E-01	188.04	404.58	0.00	0.00	0.00	-2545.37
	7.1E-01	188.04	417.94	0.00	0.00	0.00	-2719.08
	9.5E-01	188.04	431.30	0.00	0.00	0.00	-2897.03
7	ENV0 MAX						
	0.00	187.17	231.22	0.00	0.00	0.00	-624.61
	2.4E-01	187.17	231.22	0.00	0.00	0.00	-641.89
	4.8E-01	187.17	231.22	0.00	0.00	0.00	-659.16
	7.1E-01	187.17	231.22	0.00	0.00	0.00	-676.44
	9.5E-01	187.17	231.22	0.00	0.00	0.00	-693.72
7	ENV0 MIN						
	0.00	154.09	72.75	0.00	0.00	0.00	-668.25
	2.4E-01	154.09	72.75	0.00	0.00	0.00	-706.39
	4.8E-01	154.09	72.75	0.00	0.00	0.00	-761.31
	7.1E-01	154.09	72.75	0.00	0.00	0.00	-816.22
	9.5E-01	154.09	72.75	0.00	0.00	0.00	-871.14
7	ENV1 MAX						
	0.00	487.18	580.93	0.00	0.00	0.00	-1898.71
	2.4E-01	487.18	594.29	0.00	0.00	0.00	-1949.20
	4.8E-01	487.18	607.65	0.00	0.00	0.00	-2002.87
	7.1E-01	487.18	621.01	0.00	0.00	0.00	-2059.71
	9.5E-01	487.18	634.37	0.00	0.00	0.00	-2119.72
7	ENV1 MIN						
	0.00	188.04	182.29	0.00	0.00	0.00	-2897.03
	2.4E-01	188.04	200.10	0.00	0.00	0.00	-3004.68
	4.8E-01	188.04	217.92	0.00	0.00	0.00	-3143.38
	7.1E-01	188.04	235.73	0.00	0.00	0.00	-3286.32
	9.5E-01	188.04	253.54	0.00	0.00	0.00	-3433.48
8	ENV0 MAX						
	0.00	187.17	148.35	0.00	0.00	0.00	-693.72
	2.4E-01	187.17	148.35	0.00	0.00	0.00	-699.13
	4.8E-01	187.17	148.35	0.00	0.00	0.00	-704.54
	7.1E-01	187.17	148.35	0.00	0.00	0.00	-709.96
	9.5E-01	187.17	148.35	0.00	0.00	0.00	-715.37
8	ENV0 MIN						

0.00	154.09	22.79	0.00	0.00	0.00	-871.14
2.4E-01	154.09	22.79	0.00	0.00	0.00	-906.37
4.8E-01	154.09	22.79	0.00	0.00	0.00	-941.60
7.1E-01	154.09	22.79	0.00	0.00	0.00	-976.83
9.5E-01	154.09	22.79	0.00	0.00	0.00	-1012.07
8 ENV1 MAX						
0.00	487.18	284.21	0.00	0.00	0.00	-2119.72
2.4E-01	487.18	297.57	0.00	0.00	0.00	-2124.39
4.8E-01	487.18	310.93	0.00	0.00	0.00	-2132.23
7.1E-01	487.18	324.29	0.00	0.00	0.00	-2143.25
9.5E-01	487.18	337.65	0.00	0.00	0.00	-2157.44
8 ENV1 MIN						
0.00	188.04	-34.50	0.00	0.00	0.00	-3433.48
2.4E-01	188.04	-16.69	0.00	0.00	0.00	-3491.82
4.8E-01	188.04	1.13	0.00	0.00	0.00	-3554.39
7.1E-01	188.04	18.94	0.00	0.00	0.00	-3621.19
9.5E-01	188.04	36.75	0.00	0.00	0.00	-3692.21
9 ENV0 MAX						
0.00	187.17	29.34	0.00	0.00	0.00	-715.37
2.4E-01	187.17	29.34	0.00	0.00	0.00	-708.60
4.8E-01	187.17	29.34	0.00	0.00	0.00	-701.83
7.1E-01	187.17	29.34	0.00	0.00	0.00	-695.06
9.5E-01	187.17	29.34	0.00	0.00	0.00	-688.29
9 ENV0 MIN						
0.00	154.09	-28.50	0.00	0.00	0.00	-1012.07
2.4E-01	154.09	-28.50	0.00	0.00	0.00	-1019.04
4.8E-01	154.09	-28.50	0.00	0.00	0.00	-1026.00
7.1E-01	154.09	-28.50	0.00	0.00	0.00	-1032.97
9.5E-01	154.09	-28.50	0.00	0.00	0.00	-1039.94
9 ENV1 MAX						
0.00	487.18	-100.29	0.00	0.00	0.00	-2157.44
2.4E-01	487.18	-86.93	0.00	0.00	0.00	-2108.48
4.8E-01	487.18	-73.57	0.00	0.00	0.00	-2062.69
7.1E-01	487.18	-60.21	0.00	0.00	0.00	-2020.07
9.5E-01	487.18	-46.85	0.00	0.00	0.00	-1980.63
9 ENV1 MIN						
0.00	188.04	-284.98	0.00	0.00	0.00	-3692.21
2.4E-01	188.04	-267.17	0.00	0.00	0.00	-3653.37
4.8E-01	188.04	-249.36	0.00	0.00	0.00	-3618.77
7.1E-01	188.04	-231.54	0.00	0.00	0.00	-3588.39
9.5E-01	188.04	-213.73	0.00	0.00	0.00	-3562.24
10 ENV0 MAX						
0.00	187.17	-85.17	0.00	0.00	0.00	-688.29
2.4E-01	187.17	-85.17	0.00	0.00	0.00	-668.06
4.8E-01	187.17	-85.17	0.00	0.00	0.00	-647.83
7.1E-01	187.17	-85.17	0.00	0.00	0.00	-627.60
9.5E-01	187.17	-85.17	0.00	0.00	0.00	-607.38
10 ENV0 MIN						
0.00	154.09	-131.46	0.00	0.00	0.00	-1039.94
2.4E-01	154.09	-131.46	0.00	0.00	0.00	-1008.72
4.8E-01	154.09	-131.46	0.00	0.00	0.00	-977.50
7.1E-01	154.09	-131.46	0.00	0.00	0.00	-946.28
9.5E-01	154.09	-131.46	0.00	0.00	0.00	-915.06
10 ENV1 MAX						
0.00	487.18	-483.59	0.00	0.00	0.00	-1980.63
2.4E-01	487.18	-470.23	0.00	0.00	0.00	-1867.37
4.8E-01	487.18	-456.87	0.00	0.00	0.00	-1757.27
7.1E-01	487.18	-443.52	0.00	0.00	0.00	-1650.35
9.5E-01	487.18	-430.16	0.00	0.00	0.00	-1546.60
10 ENV1 MIN						
0.00	188.04	-690.85	0.00	0.00	0.00	-3562.24
2.4E-01	188.04	-673.04	0.00	0.00	0.00	-3400.28

4.8E-01	188.04	-655.22	0.00	0.00	0.00	-3242.54
7.1E-01	188.04	-637.41	0.00	0.00	0.00	-3089.04
9.5E-01	188.04	-619.60	0.00	0.00	0.00	-2939.77
11 ENV0 MAX						
0.00	187.17	-151.09	0.00	0.00	0.00	-607.38
2.4E-01	187.17	-151.09	0.00	0.00	0.00	-571.49
4.8E-01	187.17	-151.09	0.00	0.00	0.00	-535.61
7.1E-01	187.17	-151.09	0.00	0.00	0.00	-499.72
9.5E-01	187.17	-151.09	0.00	0.00	0.00	-463.84
11 ENV0 MIN						
0.00	154.09	-339.84	0.00	0.00	0.00	-915.06
2.4E-01	154.09	-339.84	0.00	0.00	0.00	-834.35
4.8E-01	154.09	-339.84	0.00	0.00	0.00	-753.64
7.1E-01	154.09	-339.84	0.00	0.00	0.00	-672.92
9.5E-01	154.09	-339.84	0.00	0.00	0.00	-592.21
11 ENV1 MAX						
0.00	487.18	-810.34	0.00	0.00	0.00	-1546.60
2.4E-01	487.18	-796.98	0.00	0.00	0.00	-1355.73
4.8E-01	487.18	-783.62	0.00	0.00	0.00	-1168.04
7.1E-01	487.18	-770.26	0.00	0.00	0.00	-983.51
9.5E-01	487.18	-756.90	0.00	0.00	0.00	-787.95
11 ENV1 MIN						
0.00	188.04	-1338.31	0.00	0.00	0.00	-2939.77
2.4E-01	188.04	-1320.50	0.00	0.00	0.00	-2624.04
4.8E-01	188.04	-1302.68	0.00	0.00	0.00	-2312.54
7.1E-01	188.04	-1284.87	0.00	0.00	0.00	-2005.27
9.5E-01	188.04	-1267.06	0.00	0.00	0.00	-1716.44
12 ENV0 MAX						
0.00	187.17	-219.32	0.00	0.00	0.00	-463.84
1.8E-01	187.17	-219.32	0.00	0.00	0.00	-425.46
3.5E-01	187.17	-219.32	0.00	0.00	0.00	-387.08
5.3E-01	187.17	-219.32	0.00	0.00	0.00	-294.81
7.0E-01	187.17	-219.32	0.00	0.00	0.00	-195.67
12 ENV0 MIN						
0.00	154.09	-566.49	0.00	0.00	0.00	-592.21
1.8E-01	154.09	-566.49	0.00	0.00	0.00	-514.16
3.5E-01	154.09	-566.49	0.00	0.00	0.00	-446.15
5.3E-01	154.09	-566.49	0.00	0.00	0.00	-378.14
7.0E-01	154.09	-566.49	0.00	0.00	0.00	-310.32
12 ENV1 MAX						
0.00	487.18	-1143.05	0.00	0.00	0.00	-787.95
1.8E-01	487.18	-1133.21	0.00	0.00	0.00	-561.75
3.5E-01	487.18	-1123.36	0.00	0.00	0.00	-337.85
5.3E-01	487.18	-1113.52	0.00	0.00	0.00	-116.24
7.0E-01	487.18	-1103.68	0.00	0.00	0.00	103.07
12 ENV1 MIN						
0.00	188.04	-2017.29	0.00	0.00	0.00	-1716.44
1.8E-01	188.04	-2004.16	0.00	0.00	0.00	-1425.33
3.5E-01	188.04	-1991.04	0.00	0.00	0.00	-1152.00
5.3E-01	188.04	-1977.91	0.00	0.00	0.00	-880.39
7.0E-01	188.04	-1964.79	0.00	0.00	0.00	-610.81
13 ENV0 MAX						
0.00	-118.43	124.57	0.00	0.00	0.00	973.02
8.4E-01	-118.43	124.57	0.00	0.00	0.00	868.85
1.67	-118.43	124.57	0.00	0.00	0.00	764.68
2.51	-118.43	124.57	0.00	0.00	0.00	660.52
3.35	-118.43	124.57	0.00	0.00	0.00	556.35
13 ENV0 MIN						
0.00	-543.83	91.49	0.00	0.00	0.00	789.93
8.4E-01	-543.83	91.49	0.00	0.00	0.00	687.18
1.67	-543.83	91.49	0.00	0.00	0.00	584.43

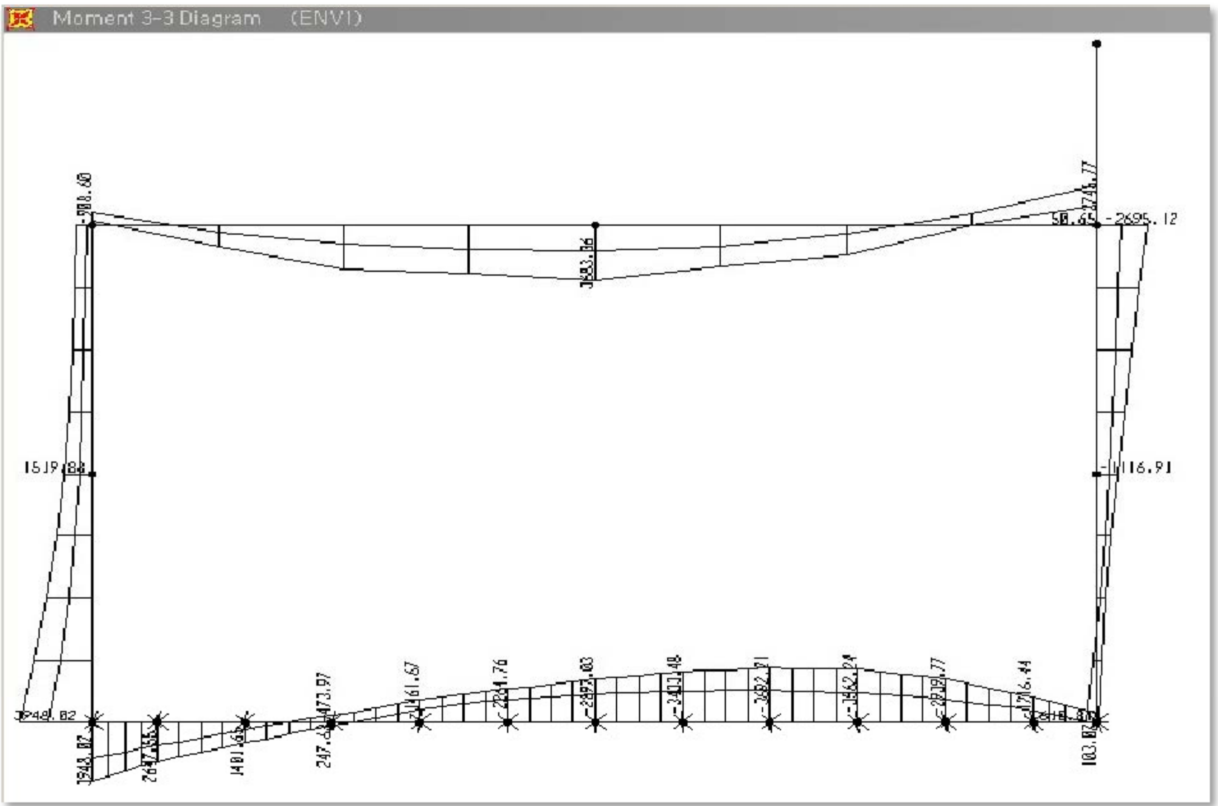
	2.51	-543.83	91.49	0.00	0.00	0.00	481.68
	3.35	-543.83	91.49	0.00	0.00	0.00	378.93
13	ENV1 MAX						
	0.00	-1228.06	1065.57	0.00	0.00	0.00	3948.02
	8.4E-01	-1185.73	880.99	0.00	0.00	0.00	3135.35
	1.67	-1143.39	714.10	0.00	0.00	0.00	2469.63
	2.51	-1101.06	564.91	0.00	0.00	0.00	1936.08
	3.35	-1058.72	433.42	0.00	0.00	0.00	1519.88
13	ENV1 MIN						
	0.00	-2119.71	844.28	0.00	0.00	0.00	2405.81
	8.4E-01	-2063.26	659.69	0.00	0.00	0.00	1778.20
	1.67	-2006.82	492.80	0.00	0.00	0.00	1297.55
	2.51	-1950.37	343.61	0.00	0.00	0.00	949.05
	3.35	-1893.92	212.12	0.00	0.00	0.00	717.92
14	ENV0 MAX						
	0.00	-118.43	124.57	0.00	0.00	0.00	556.35
	8.4E-01	-118.43	124.57	0.00	0.00	0.00	479.15
	1.67	-118.43	124.57	0.00	0.00	0.00	402.64
	2.51	-118.43	124.57	0.00	0.00	0.00	326.13
	3.35	-118.43	124.57	0.00	0.00	0.00	249.63
14	ENV0 MIN						
	0.00	-543.83	91.49	0.00	0.00	0.00	378.93
	8.4E-01	-543.83	91.49	0.00	0.00	0.00	276.18
	1.67	-543.83	91.49	0.00	0.00	0.00	173.43
	2.51	-543.83	91.49	0.00	0.00	0.00	70.67
	3.35	-543.83	91.49	0.00	0.00	0.00	-32.08
14	ENV1 MAX						
	0.00	-1058.72	433.42	0.00	0.00	0.00	1519.88
	8.4E-01	-1016.39	319.63	0.00	0.00	0.00	1249.39
	1.67	-974.05	223.54	0.00	0.00	0.00	1067.77
	2.51	-931.72	145.14	0.00	0.00	0.00	959.11
	3.35	-889.38	84.45	0.00	0.00	0.00	908.60
14	ENV1 MIN						
	0.00	-1893.92	212.12	0.00	0.00	0.00	717.92
	8.4E-01	-1837.47	98.33	0.00	0.00	0.00	589.34
	1.67	-1781.03	2.24	0.00	0.00	0.00	548.52
	2.51	-1724.58	-76.16	0.00	0.00	0.00	427.85
	3.35	-1668.13	-136.85	0.00	0.00	0.00	344.42
15	ENV0 MAX						
	0.00	-252.33	187.17	0.00	0.00	0.00	310.32
	8.4E-01	-252.33	187.17	0.00	0.00	0.00	181.46
	1.67	-252.33	187.17	0.00	0.00	0.00	52.60
	2.51	-252.33	187.17	0.00	0.00	0.00	-76.26
	3.35	-252.33	187.17	0.00	0.00	0.00	-205.12
15	ENV0 MIN						
	0.00	-677.73	154.09	0.00	0.00	0.00	195.67
	8.4E-01	-677.73	154.09	0.00	0.00	0.00	65.39
	1.67	-677.73	154.09	0.00	0.00	0.00	-64.88
	2.51	-677.73	154.09	0.00	0.00	0.00	-195.16
	3.35	-677.73	154.09	0.00	0.00	0.00	-325.44
15	ENV1 MAX						
	0.00	-1286.12	487.18	0.00	0.00	0.00	610.81
	8.4E-01	-1265.80	487.18	0.00	0.00	0.00	247.66
	1.67	-1245.47	487.18	0.00	0.00	0.00	-115.48
	2.51	-1225.15	487.18	0.00	0.00	0.00	-478.62
	3.35	-1204.83	487.18	0.00	0.00	0.00	-649.40
15	ENV1 MIN						
	0.00	-2324.82	188.04	0.00	0.00	0.00	-103.07
	8.4E-01	-2297.73	188.04	0.00	0.00	0.00	-260.31

	1.67	-2270.63	188.04	0.00	0.00	0.00	-417.56
	2.51	-2243.54	188.04	0.00	0.00	0.00	-760.56
	3.35	-2216.44	188.04	0.00	0.00	0.00	-1116.91
16 ENV0 MAX							
	0.00	-252.33	187.17	0.00	0.00	0.00	-205.12
	8.4E-01	-252.33	187.17	0.00	0.00	0.00	-333.98
	1.67	-252.33	187.17	0.00	0.00	0.00	-462.84
	2.51	-252.33	187.17	0.00	0.00	0.00	-591.70
	3.35	-252.33	187.17	0.00	0.00	0.00	-720.56
16 ENV0 MIN							
	0.00	-677.73	154.09	0.00	0.00	0.00	-325.44
	8.4E-01	-677.73	154.09	0.00	0.00	0.00	-472.48
	1.67	-677.73	154.09	0.00	0.00	0.00	-629.00
	2.51	-677.73	154.09	0.00	0.00	0.00	-785.52
	3.35	-677.73	154.09	0.00	0.00	0.00	-942.04
16 ENV1 MAX							
	0.00	-1204.83	487.18	0.00	0.00	0.00	-649.40
	8.4E-01	-1184.51	487.18	0.00	0.00	0.00	-815.70
	1.67	-1164.19	487.18	0.00	0.00	0.00	-982.01
	2.51	-1143.87	487.18	0.00	0.00	0.00	-1148.31
	3.35	-1123.55	487.18	0.00	0.00	0.00	-1314.61
16 ENV1 MIN							
	0.00	-2216.44	188.04	0.00	0.00	0.00	-1116.91
	8.4E-01	-2189.35	188.04	0.00	0.00	0.00	-1500.10
	1.67	-2162.25	188.04	0.00	0.00	0.00	-1898.44
	2.51	-2135.16	188.04	0.00	0.00	0.00	-2296.78
	3.35	-2108.07	188.04	0.00	0.00	0.00	-2695.12
17 ENV0 MAX							
	0.00	124.57	-118.43	0.00	0.00	0.00	32.08
	1.36	124.57	-118.43	0.00	0.00	0.00	601.29
	2.73	122.87	-118.43	0.00	0.00	0.00	1143.75
	4.09	122.87	252.33	0.00	0.00	0.00	1117.87
	5.45	122.87	252.33	0.00	0.00	0.00	1375.19
17 ENV0 MIN							
	0.00	91.49	-543.83	0.00	0.00	0.00	-249.63
	1.36	91.49	-543.83	0.00	0.00	0.00	193.44
	2.73	-14.76	-334.56	0.00	0.00	0.00	354.81
	4.09	-154.09	-334.56	0.00	0.00	0.00	516.17
	5.45	-154.09	-118.43	0.00	0.00	0.00	654.65
17 ENV1 MAX							
	0.00	84.45	-889.38	0.00	0.00	0.00	-344.42
	1.36	84.45	-679.51	0.00	0.00	0.00	1392.84
	2.73	81.73	-431.78	0.00	0.00	0.00	2906.14
	4.09	81.73	283.56	0.00	0.00	0.00	3215.50
	5.45	81.73	476.79	0.00	0.00	0.00	3683.36
17 ENV1 MIN							
	0.00	-136.85	-1668.13	0.00	0.00	0.00	-908.60
	1.36	-136.85	-1451.91	0.00	0.00	0.00	423.64
	2.73	-149.31	-900.84	0.00	0.00	0.00	1180.71
	4.09	-372.24	-684.61	0.00	0.00	0.00	1600.23
	5.45	-372.24	-122.59	0.00	0.00	0.00	1682.22
18 ENV0 MAX							
	0.00	122.87	252.33	0.00	0.00	0.00	1375.19

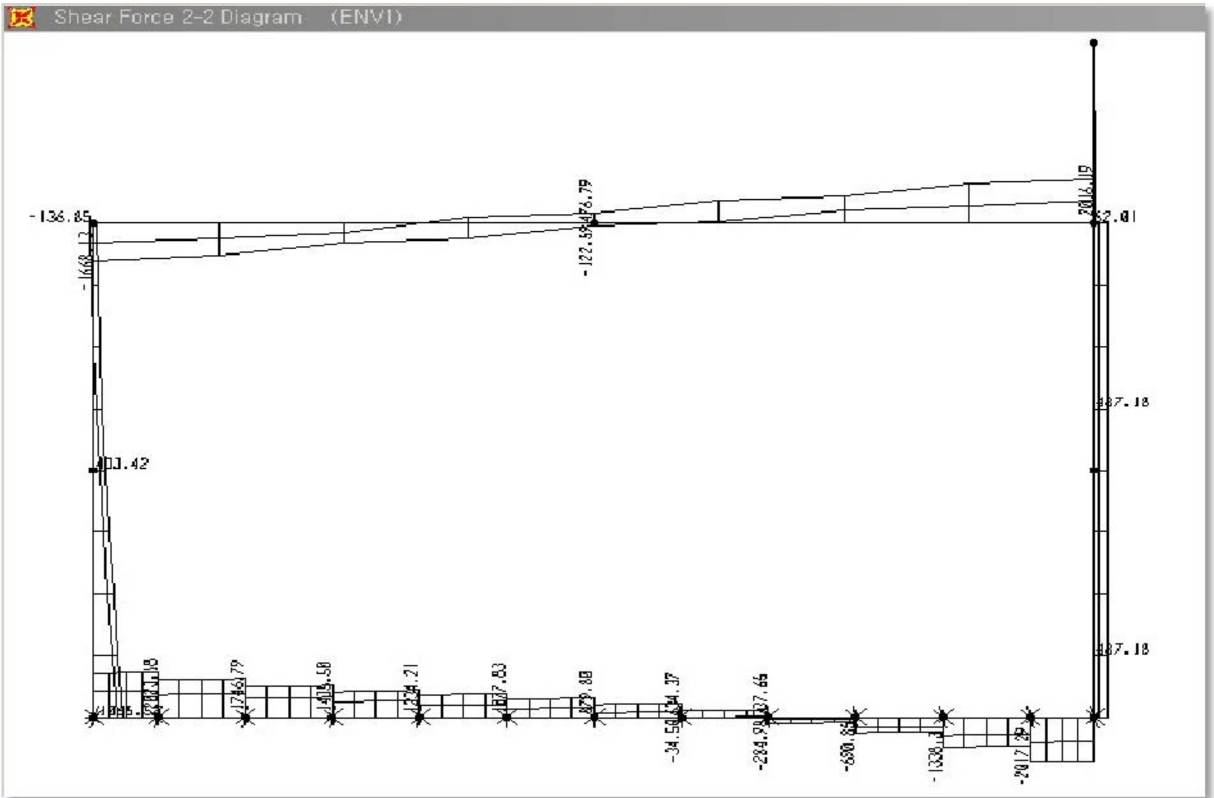
	1.36	122.87	461.61	0.00	0.00	0.00	944.77
	2.73	-16.46	461.61	0.00	0.00	0.00	801.76
	4.09	-154.09	677.73	0.00	0.00	0.00	76.86
	5.45	-154.09	677.73	0.00	0.00	0.00	-720.56
18	ENV0 MIN						
	0.00	-154.09	-118.43	0.00	0.00	0.00	654.65
	1.36	-187.17	-118.43	0.00	0.00	0.00	310.85
	2.73	-187.17	252.33	0.00	0.00	0.00	-32.96
	4.09	-187.17	252.33	0.00	0.00	0.00	-376.76
	5.45	-187.17	252.33	0.00	0.00	0.00	-942.04
18	ENV1 MAX						
	0.00	81.73	476.79	0.00	0.00	0.00	3683.36
	1.36	81.73	1021.71	0.00	0.00	0.00	2756.21
	2.73	-126.02	1237.94	0.00	0.00	0.00	1994.31
	4.09	-126.02	1799.96	0.00	0.00	0.00	6.79
	5.45	-126.02	2016.19	0.00	0.00	0.00	-1365.26
18	ENV1 MIN						
	0.00	-372.24	-122.59	0.00	0.00	0.00	1682.22
	1.36	-425.16	76.80	0.00	0.00	0.00	1426.66
	2.73	-425.16	559.17	0.00	0.00	0.00	533.98
	4.09	-425.16	806.91	0.00	0.00	0.00	-773.86
	5.45	-425.16	1054.64	0.00	0.00	0.00	-2745.77
19	ENV0 MAX						
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	6.1E-01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	1.23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	1.84	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	2.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
19	ENV0 MIN						
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	6.1E-01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	1.23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	1.84	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	2.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
19	ENV1 MAX						
	0.00	-68.91	62.01	0.00	0.00	0.00	50.65
	6.1E-01	-51.68	34.88	0.00	0.00	0.00	21.37
	1.23	-34.45	15.50	0.00	0.00	0.00	6.33
	1.84	-17.23	3.88	0.00	0.00	0.00	7.913E-01
	2.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
19	ENV1 MIN						
	0.00	-91.88	62.01	0.00	0.00	0.00	50.65
	6.1E-01	-68.91	34.88	0.00	0.00	0.00	21.37
	1.23	-45.94	15.50	0.00	0.00	0.00	6.33
	1.84	-22.97	3.88	0.00	0.00	0.00	7.913E-01
	2.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

11.2 부재력도

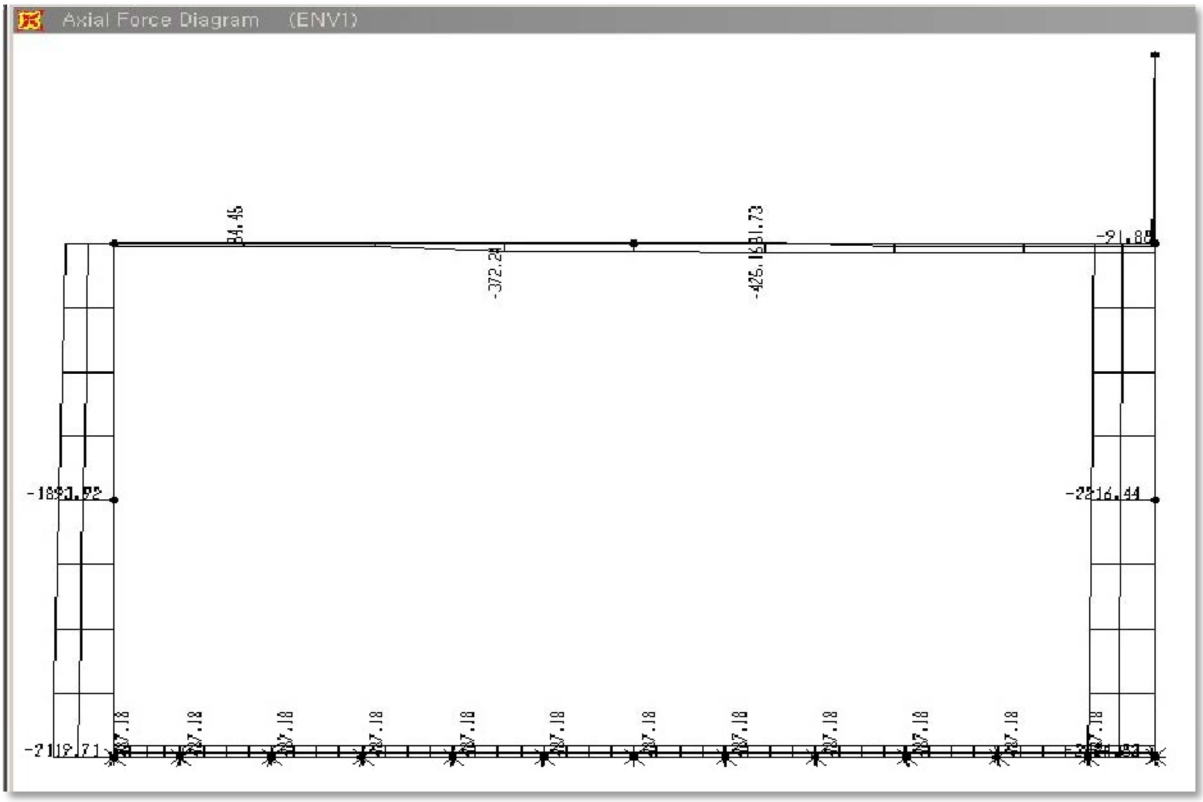
1) 계수하중-모멘트도



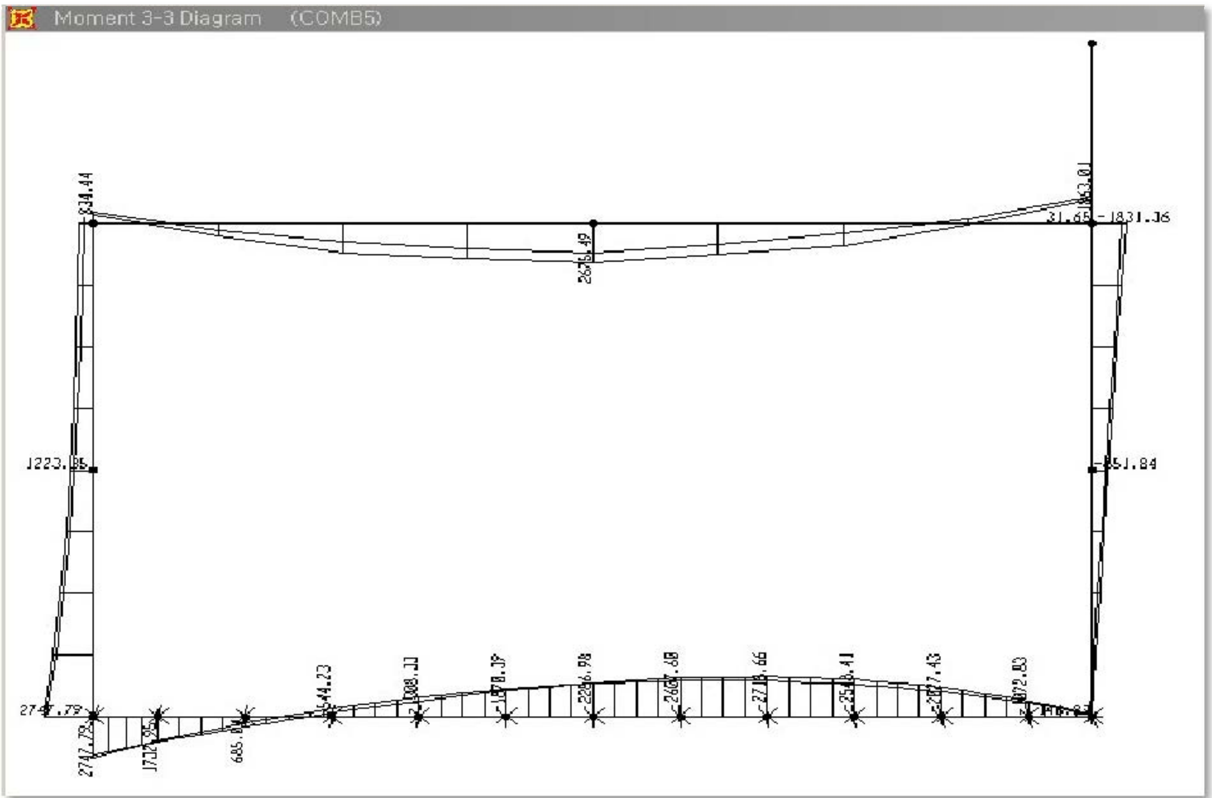
2) 계수하중-전단력도



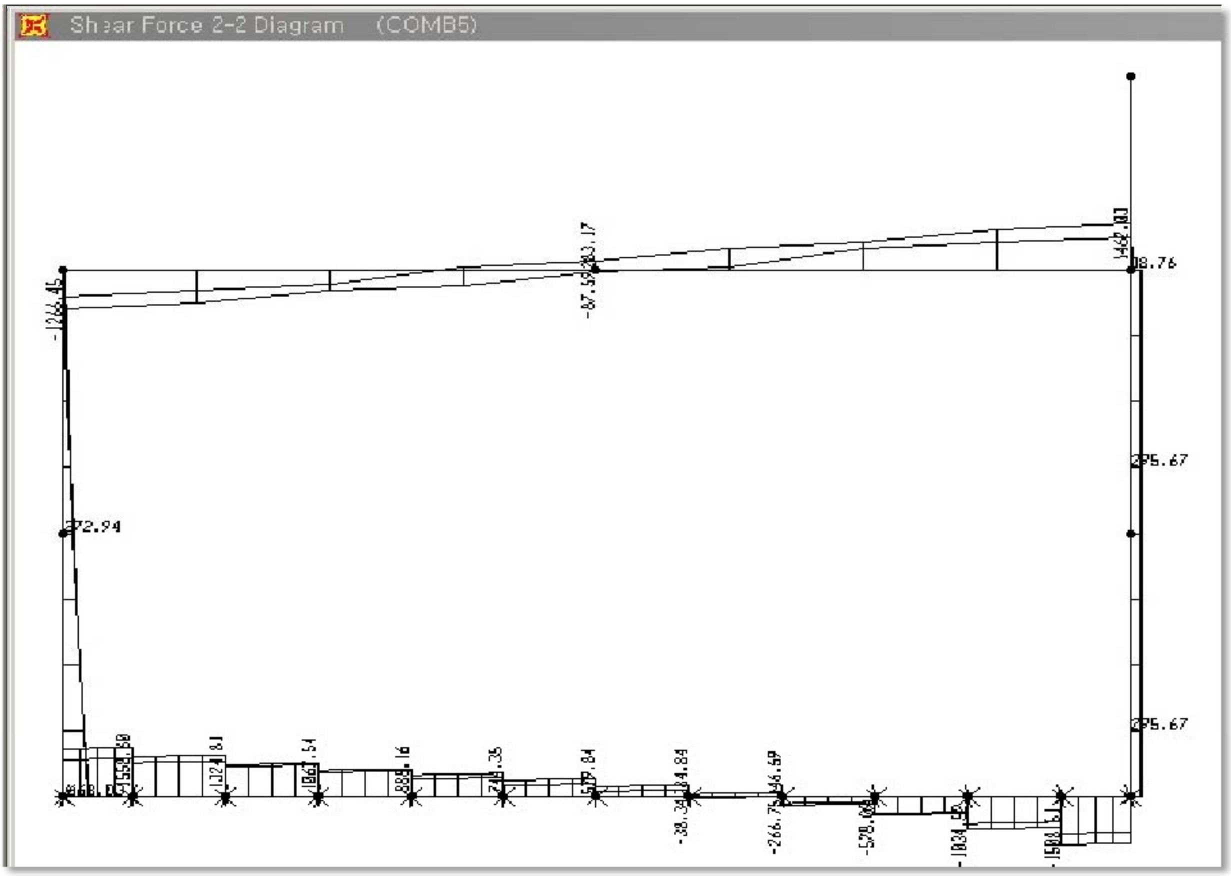
3) 계수하중-축력도



4) 사용하중-모멘트도



5) 사용하중-전단력도


Shear Force 2-2 Diagram (COMB5)
-1266.45
-87.59
1462.03
272.94
275.67
275.67
885.16
579.84
-38.34
-266.75
-578.09
-1834.58

11.3 OUTPUT 결과 요약

1) 계수하중에 의한 최대 단면력

구분		휨모멘트	전단력	비 고
상 부 슬 래 브	좌측	908.600	1668.130	
	중앙	3683.360		
	우측	2745.770	2016.190	
하 부 슬 래 브	좌측	3948.020	1970.680	
	중앙	3692.210		
	우측	610.810	1964.790	상단인장
벽 체	상단	908.600	54.830	
	중앙	1519.880		외측인장
	하단	3948.020	1065.570	
기 둥	상단	2695.120	2216.440	축력값
	중앙			
	하단			

2) 사용하중에 의한 최대 단면력

구분		휨모멘트	전단력	비 고
상 부 슬 래 브	좌측	834.440		우각부 검토
	중앙	2675.490		
	우측	1863.010	1462.030	우각부 검토
하 부 슬 래 브	좌측	2747.790		우각부 검토
	중앙	2718.660		
	우측	146.830	1464.760	우각부 검토
벽 체	상단	834.440		
	중앙	1223.350		
	하단	2747.790		
기 둥	상단			
	중앙			
	하단			

12. 철근량 검토

【 단철근보 : 상부슬래브-좌측 】

* 단면제원 및 설계가정
  fck = 24 MPa, fy = 300 MPa, k1 = 0.85, Φf = 0.85, Φv = 0.75

B (mm)	H (mm)	d (mm)	피복(mm)	Mu (kN.m)	Vu (kN)
2500.0	1000.0	900.0	100.0	908.600	1668.130

* 강도감소계수(Φ) 산정
  T = As x fy = 10134.000 x 300.00 = 3040200.000
  C = 0.85 x fck x a x b = 0.85 x 24.00 x a x 2500.000 = 51000.000 x a
  T = C 이므로, a = 59.612 mm, c = 59.612 / β1 = 59.612 / 0.85 = 70.131 mm
  εy = fy / Es = 300.00 / 200000.00 = 0.0015
  εt = 0.0030 x (dt - c) / c = 0.0030 x (900.00 - 70.131) / 70.131 = 0.0355
  εt ≥ 0.0050 이므로 인장지배단면이며, Φ = 0.85 를 적용한다.

* 필요철근량 산정
  Mu / Φ = As x fy x (d - a/2) ---------------- ①
  a = As x fy / (0.85 x fck x b) ---------------- ②
  식②를 식①에 대입하여 이차방정식으로 As를 구한다

$$\frac{fy^2}{2 \times 0.85 \times fck \times b} As^2 - fy \times d \times As + \frac{Mu}{\Phi} = 0 \text{ , } As = 4011.634 \text{ mm}^2$$

* 사용철근량 = 10134.0 mm² (철근도심 : 100.0 mm) , [사용률 = 2.526]
  1단 : D25 - 20.0 EA (= 10134.0 mm²)

* 철근비 검토
  ρmin : 1.4 / fy = 0.00467
  0.25 √fck / fy = 0.00408 , ρmin = 0.00467 적용
  수축온도철근비 = 0.00200
  ρmax = 0.64 x Pb = 0.64 x k1 x Φx (fck / fy) x {600 / (600 + fy)} = 0.02478
  ρuse = As / bd = 0.00450
  ρmax ≥ ρuse, As ≥ As(req) x 4/3 → 철근비 만족, ∴ 0.K (콘.설 6.3.2)

* 휨에 대한 검토
  ΦMn = 0.85 x 10134.000 x 300 x (900.00 - a/2) = 2248.730 kN.m
  ; a = As x fy / (0.85 x fck x b) = 59.612 mm
  ≥ Mu (= 908.600 kN.m) ∴ 0.K [안전률 2.475]

* 전단에 대한 검토 (d = 800.00 mm)
  ΦVc = 0.75 x 1/6 x √fck x b x d
  = 0.75 x 1/6 x √24 x 2500.00 x 800.00 = 1224.745 kN
  < Vu (= 1668.130 kN) , 전단보강 필요.

  Av_req = (1668.130-1224.745) x 300.00 / (300x800.00xΦ) x 1000 = 738.975 mm²
  Av_use = 1935.500 mm² (D22-5.0 EA, C.T.C 300 mm)
  Vs = 1935.500 x 300.0 x 800.00 / 300.00 x 1000 = 1548.400 kN

  Vs_Max = 2√24.0 / 3 x 2500.00 x 800.00 x 1000 = 6531.973 kN ≥ 1548.400 kN ∴ 0.K
  s = 300.000 ≤ 400.000 (d/2, 600 mm) 콘.설 7.4.2 ∴ 0.K
  ΦVn = 0.75 x (1632.993 + 1548.400) = 2386.045 kN ≥ 1668.130 kN ∴ 0.K

♀

【 단철근보 : 상부슬래브-중앙 】

* 단면제원 및 설계가정

fck = 24 MPa, fy = 300 MPa, k1 = 0.85, Φf = 0.85, Φv = 0.75

B (mm)	H (mm)	d (mm)	피복(mm)	Mu (kN.m)	Vu (kN)
2500.0	900.0	775.9	80.0	3683.360	0.000

* 강도감소계수(Φ) 산정

T = As x fy = 22982.000 x 300.00 = 6894600.000

C = 0.85 x fck x a x b = 0.85 x 24.00 x a x 2500.000 = 51000.000 x a

T = C 이므로, a = 135.188 mm, c = 135.188 / β1 = 135.188 / 0.85 = 159.045 mm

εy = fy / Es = 300.00 / 200000.00 = 0.0015

εt = 0.0030 x (dt - c) / c = 0.0030 x (820.00 - 159.045) / 159.045 = 0.0125

εt ≥ 0.0050 이므로 인장지배단면이며, Φ = 0.85 를 적용한다.

* 필요철근량 산정

Mu / Φ = As x fy x (d - a/2) ---------------- ①

a = As x fy / (0.85 x fck x b) ---------------- ②

식②를 식①에 대입하여 이차방정식으로 As를 구한다

$$\frac{fy^2}{2 \times 0.85 \times fck \times b} As^2 - fy \times d \times As + \frac{Mu}{\Phi} = 0 \text{ , } As = 20156.472 \text{ mm}^2$$

* 사용철근량 = 22982.0 mm² (철근도심 : 124.1 mm) , [사용률 = 1.140]

1단 : D29 - 20.0 EA (= 12848.0 mm²)

2단 : D25 - 20.0 EA (= 10134.0 mm²)

* 철근비 검토

ρmin : 1.4 / fy = 0.00467

0.25 √fck / fy = 0.00408 , ρmin = 0.00467 적용

수축온도철근비 = 0.00200

ρmax = 0.64 x Pb = 0.64 x k1 x Φx (fck / fy) x {600 / (600 + fy)} = 0.02478

ρuse = As / bd = 0.01185

ρmax ≥ ρuse ≥ρmin → 철근비 만족, ∴ O.K

* 휨에 대한 검토

ΦMn = 0.85 x 22982.000 x 300 x (775.90 - a/2) = 4150.990 kN.m

; a = As x fy / (0.85 x fck x b) = 135.188 mm

≥ Mu (= 3683.360 kN.m) ∴ O.K [안전률 1.127]

♀

【 단철근보 : 상부슬래브-우측 】

* 단면제원 및 설계가정

fck = 24 MPa, fy = 300 MPa, k1 = 0.85, Φf = 0.85, Φv = 0.75

B (mm)	H (mm)	d (mm)	피복(mm)	Mu (kN.m)	Vu (kN)
2500.0	933.3	805.0	100.0	2745.770	2016.190

* 강도감소계수(Φ) 산정

T = As x fy = 17915.000 x 300.00 = 5374500.000

C = 0.85 x fck x a x b = 0.85 x 24.00 x a x 2500.000 = 51000.000 x a

T = C 이므로, a = 105.382 mm, c = 105.382 / β1 = 105.382 / 0.85 = 123.979 mm

εy = fy / Es = 300.00 / 200000.00 = 0.0015

εt = 0.0030 x (dt - c) / c = 0.0030 x (833.33 - 123.979) / 123.979 = 0.0172

εt ≥ 0.0050 이므로 인장지배단면이며, Φ = 0.85 를 적용한다.

* 필요철근량 산정

Mu / Φ = As x fy x (d - a/2) ---------------- ①

a = As x fy / (0.85 x fck x b) ---------------- ②

식②를 식①에 대입하여 이차방정식으로 As를 구한다

$$\frac{fy^2}{2 \times 0.85 \times fck \times b} As^2 - fy \times d \times As + \frac{Mu}{\Phi} = 0 \text{ , } As = 14101.744 \text{ mm}^2$$

* 사용철근량 = 17915.0 mm² (철근도심 : 128.3 mm) , [사용률 = 1.270]

1단 : D29 - 20.0 EA (= 12848.0 mm²)

2단 : D25 - 10.0 EA (= 5067.0 mm²)

* 철근비 검토

ρmin : 1.4 / fy = 0.00467

0.25 √fck / fy = 0.00408 , ρmin = 0.00467 적용

수축온도철근비 = 0.00200

ρmax = 0.64 x Pb = 0.64 x k1 x Φx (fck / fy) x {600 / (600 + fy)} = 0.02478

ρuse = As / bd = 0.00890

ρmax ≥ ρuse ≥ρmin → 철근비 만족, ∴ O.K

* 휨에 대한 검토

ΦMn = 0.85 x 17915.000 x 300 x (805.05 - a/2) = 3437.019 kN.m

; a = As x fy / (0.85 x fck x b) = 105.382 mm

≥ Mu (= 2745.770 kN.m) ∴ O.K [안전률 1.252]

* 전단에 대한 검토 (d = 771.72 mm)

ΦVc = 0.75 x 1/6 x √fck x b x d

= 0.75 x 1/6 x √24 x 2500.00 x 771.72 = 1181.445 kN

< Vu (= 2016.190 kN) , 전단보강 필요.

Av_req = (2016.190-1181.445) x 300.00 / (300x771.72xΦ) x 1000 = 1442.231 mm²

Av_use = 1935.500 mm² (D22-5.0 EA, C.T.C 300 mm)

Vs = 1935.500 x 300.0 x 771.72 / 300.00 x 1000 = 1493.657 kN

Vs_Max = 2√24.0 / 3 x 2500.00 x 771.72 x 1000 = 6301.038 kN ≥ 1493.657 kN ∴ O.K

s = 300.000 ≤ 385.858 (d/2, 600 mm) 콘.설 7.4.2 ∴ O.K

ΦVn = 0.75 x (1575.260 + 1493.657) = 2301.688 kN ≥ 2016.190 kN ∴ O.K

♀

【 단철근보 : 하부슬래브-좌측 】

* 단면제원 및 설계가정

fck = 24 MPa, fy = 300 MPa, k1 = 0.85, Φf = 0.85, Φv = 0.75

B (mm)	H (mm)	d (mm)	피복(mm)	Mu (kN.m)	Vu (kN)
2500.0	1216.7	1066.7	100.0	3948.020	1970.680

* 강도감소계수(Φ) 산정

T = As x fy = 25696.000 x 300.00 = 7708800.000

C = 0.85 x fck x a x b = 0.85 x 24.00 x a x 2500.000 = 51000.000 x a

T = C 이므로, a = 151.153 mm, c = 151.153 / β1 = 151.153 / 0.85 = 177.827 mm

εy = fy / Es = 300.00 / 200000.00 = 0.0015

εt = 0.0030 x (dt - c) / c = 0.0030 x (1116.67 - 177.827) / 177.827 = 0.0158

εt ≥ 0.0050 이므로 인장지배단면이며, Φ = 0.85 를 적용한다.

* 필요철근량 산정

Mu / Φ = As x fy x (d - a/2) ---------------- ①

a = As x fy / (0.85 x fck x b) ---------------- ②

식②를 식①에 대입하여 이차방정식으로 As를 구한다

$$\frac{fy^2}{2 \times 0.85 \times fck \times b} As^2 - fy \times d \times As + \frac{Mu}{\Phi} = 0 \text{ , } As = 15147.440 \text{ mm}^2$$

* 사용철근량 = 25696.0 mm² (철근도심 : 150.0 mm) , [사용률 = 1.696]

1단 : D29 - 20.0 EA (= 12848.0 mm²)

2단 : D29 - 20.0 EA (= 12848.0 mm²)

* 철근비 검토

ρmin : 1.4 / fy = 0.00467

0.25 √fck / fy = 0.00408 , ρmin = 0.00467 적용

수축온도철근비 = 0.00200

ρmax = 0.64 x Pb = 0.64 x k1 x Φx (fck / fy) x {600 / (600 + fy)} = 0.02478

ρuse = As / bd = 0.00964

ρmax ≥ ρuse ≥ρmin → 철근비 만족, ∴ O.K

* 휨에 대한 검토

ΦMn = 0.85 x 25696.000 x 300 x (1066.67 - a/2) = 6494.099 kN.m

; a = As x fy / (0.85 x fck x b) = 151.153 mm

≥ Mu (= 3948.020 kN.m) ∴ O.K [안전률 1.645]

* 전단에 대한 검토 (d = 850.00 mm)

ΦVc = 0.75 x 1/6 x √fck x b x d

= 0.75 x 1/6 x √24 x 2500.00 x 850.00 = 1301.291 kN

< Vu (= 1970.680 kN) , 전단보강 필요.

Av_req = (1970.680-1301.291) x 300.00 / (300x850.00xΦ) x 1000 = 1050.021 mm²

Av_use = 1432.500 mm² (D19-5.0 EA, C.T.C 300 mm)

Vs = 1432.500 x 300.0 x 850.00 / 300.00 x 1000 = 1217.625 kN

Vs_Max = 2√24.0 / 3 x 2500.00 x 850.00 x 1000 = 6940.221 kN ≥ 1217.625 kN ∴ O.K

s = 300.000 ≤ 425.000 (d/2, 600 mm) 콘.설 7.4.2 ∴ O.K

ΦVn = 0.75 x (1735.055 + 1217.625) = 2214.510 kN ≥ 1970.680 kN ∴ O.K

♀

【 단철근보 : 하부슬래브-중앙 】

* 단면제원 및 설계가정

fck = 24 MPa, fy = 300 MPa, k1 = 0.85, Φf = 0.85, Φv = 0.75

B (mm)	H (mm)	d (mm)	피복(mm)	Mu (kN.m)	Vu (kN)
2500.0	1000.0	875.9	80.0	3692.210	0.000

* 강도감소계수(Φ) 산정

T = As x fy = 22982.000 x 300.00 = 6894600.000

C = 0.85 x fck x a x b = 0.85 x 24.00 x a x 2500.000 = 51000.000 x a

T = C 이므로, a = 135.188 mm, c = 135.188 / β1 = 135.188 / 0.85 = 159.045 mm

εy = fy / Es = 300.00 / 200000.00 = 0.0015

εt = 0.0030 x (dt - c) / c = 0.0030 x (920.00 - 159.045) / 159.045 = 0.0144

εt ≥ 0.0050 이므로 인장지배단면이며, Φ = 0.85 를 적용한다.

* 필요철근량 산정

Mu / Φ = As x fy x (d - a/2) ---------------- ①

a = As x fy / (0.85 x fck x b) ---------------- ②

식②를 식①에 대입하여 이차방정식으로 As를 구한다

$$\frac{fy^2}{2 \times 0.85 \times fck \times b} As^2 - fy \times d \times As + \frac{Mu}{\Phi} = 0 \text{ , } As = 17566.850 \text{ mm}^2$$

* 사용철근량 = 22982.0 mm² (철근도심 : 124.1 mm) , [사용률 = 1.308]

1단 : D29 - 20.0 EA (= 12848.0 mm²)

2단 : D25 - 20.0 EA (= 10134.0 mm²)

* 철근비 검토

ρmin : 1.4 / fy = 0.00467

0.25 √fck / fy = 0.00408 , ρmin = 0.00467 적용

수축온도철근비 = 0.00200

ρmax = 0.64 x Pb = 0.64 x k1 x Φx (fck / fy) x {600 / (600 + fy)} = 0.02478

ρuse = As / bd = 0.01050

ρmax ≥ ρuse ≥ ρmin → 철근비 만족, ∴ O.K

* 휨에 대한 검토

ΦMn = 0.85 x 22982.000 x 300 x (875.90 - a/2) = 4737.031 kN.m

; a = As x fy / (0.85 x fck x b) = 135.188 mm

≥ Mu (= 3692.210 kN.m) ∴ O.K [안전률 1.283]

♀

【 단철근보 : 하부슬래브-우측 】

* 단면제원 및 설계가정

fck = 24 MPa, fy = 300 MPa, k1 = 0.85, Φf = 0.85, Φv = 0.75

B (mm)	H (mm)	d (mm)	피복(mm)	Mu (kN.m)	Vu (kN)
2500.0	1000.0	875.9	80.0	610.810	1964.790

* 강도감소계수(Φ) 산정

T = As x fy = 22982.000 x 300.00 = 6894600.000

C = 0.85 x fck x a x b = 0.85 x 24.00 x a x 2500.000 = 51000.000 x a

T = C 이므로, a = 135.188 mm, c = 135.188 / β1 = 135.188 / 0.85 = 159.045 mm

εy = fy / Es = 300.00 / 200000.00 = 0.0015

εt = 0.0030 x (dt - c) / c = 0.0030 x (920.00 - 159.045) / 159.045 = 0.0144

εt ≥ 0.0050 이므로 인장지배단면이며, Φ = 0.85 를 적용한다.

* 필요철근량 산정

Mu / Φ = As x fy x (d - a/2) ---------------- ①

a = As x fy / (0.85 x fck x b) ---------------- ②

식②를 식①에 대입하여 이차방정식으로 As를 구한다

$$\frac{fy^2}{2 \times 0.85 \times fck \times b} As^2 - fy \times d \times As + \frac{Mu}{\Phi} = 0 \text{ , } As = 2760.281 \text{ mm}^2$$

* 사용철근량 = 22982.0 mm² (철근도심 : 124.1 mm) , [사용률 = 8.326]

1단 : D29 - 20.0 EA (= 12848.0 mm²)

2단 : D25 - 20.0 EA (= 10134.0 mm²)

* 철근비 검토

ρmin : 1.4 / fy = 0.00467

0.25 √fck / fy = 0.00408 , ρmin = 0.00467 적용

수축온도철근비 = 0.00200

ρmax = 0.64 x Pb = 0.64 x k1 x Φx (fck / fy) x {600 / (600 + fy)} = 0.02478

ρuse = As / bd = 0.01050

ρmax ≥ ρuse ≥ρmin → 철근비 만족, ∴ O.K

* 휨에 대한 검토

ΦMn = 0.85 x 22982.000 x 300 x (875.90 - a/2) = 4737.031 kN.m

; a = As x fy / (0.85 x fck x b) = 135.188 mm

≥ Mu (= 610.810 kN.m) ∴ O.K [안전률 7.755]

* 전단에 대한 검토 (d = 875.90 mm)

ΦVc = 0.75 x 1/6 x √fck x b x d

= 0.75 x 1/6 x √24 x 2500.00 x 875.90 = 1340.950 kN

< Vu (= 1964.790 kN) , 전단보강 필요.

Av_req = (1964.790-1340.950) x 300.00 / (300x875.90xΦ) x 1000 = 949.632 mm²

Av_use = 1432.500 mm² (D19-5.0 EA, C.T.C 300 mm)

Vs = 1432.500 x 300.0 x 875.90 / 300.00 x 1000 = 1254.733 kN

Vs_Max = 2√24.0 / 3 x 2500.00 x 875.90 x 1000 = 7151.731 kN ≥ 1254.733 kN ∴ O.K

s = 300.000 ≤ 437.952 (d/2, 600 mm) 콘.설 7.4.2 ∴ O.K

ΦVn = 0.75 x (1787.933 + 1254.733) = 2282.000 kN ≥ 1964.790 kN ∴ O.K

♀

【 단철근보 : 좌측벽체-상단 】

* 단면제원 및 설계가정

fck = 24 MPa, fy = 300 MPa, k1 = 0.85, Φf = 0.85, Φv = 0.75

B (mm)	H (mm)	d (mm)	피복(mm)	Mu (kN.m)	Vu (kN)
2500.0	1100.0	1000.0	100.0	908.600	54.830

* 강도감소계수(Φ) 산정

T = As x fy = 10134.000 x 300.00 = 3040200.000

C = 0.85 x fck x a x b = 0.85 x 24.00 x a x 2500.000 = 51000.000 x a

T = C 이므로, a = 59.612 mm, c = 59.612 / β1 = 59.612 / 0.85 = 70.131 mm

εy = fy / Es = 300.00 / 200000.00 = 0.0015

εt = 0.0030 x (dt - c) / c = 0.0030 x (1000.00 - 70.131) / 70.131 = 0.0398

εt ≥ 0.0050 이므로 인장지배단면이며, Φ = 0.85 를 적용한다.

* 필요철근량 산정

Mu / Φ = As x fy x (d - a/2) ---------------- ①

a = As x fy / (0.85 x fck x b) ---------------- ②

식②를 식①에 대입하여 이차방정식으로 As를 구한다

$$\frac{fy^2}{2 \times 0.85 \times fck \times b} As^2 - fy \times d \times As + \frac{Mu}{\Phi} = 0 \text{ , } As = 3601.282 \text{ mm}^2$$

* 사용철근량 = 10134.0 mm² (철근도심 : 100.0 mm) , [사용률 = 2.814]

1단 : D25 - 20.0 EA (= 10134.0 mm²)

* 철근비 검토

ρmin : 1.4 / fy = 0.00467

0.25 √fck / fy = 0.00408 , ρmin = 0.00467 적용

수축온도철근비 = 0.00200

ρmax = 0.64 x Pb = 0.64 x k1 x Φx (fck / fy) x {600 / (600 + fy)} = 0.02478

ρuse = As / bd = 0.00405

ρmax ≥ ρuse, As ≥ As(req) x 4/3 → 철근비 만족, ∴ O.K (콘.설 6.3.2)

* 휨에 대한 검토

ΦMn = 0.85 x 10134.000 x 300 x (1000.00 - a/2) = 2507.147 kN.m

; a = As x fy / (0.85 x fck x b) = 59.612 mm

≥ Mu (= 908.600 kN.m) ∴ O.K [안전률 2.759]

* 전단에 대한 검토 (d = 800.00 mm)

ΦVc = 0.75 x 1/6 x √fck x b x d

= 0.75 x 1/6 x √24 x 2500.00 x 800.00 = 1224.745 kN

ΦVc/2 ≥ Vu (= 54.830 kN) , 전단보강 불필요.

♀

【 단철근보 : 좌측벽체-중앙 】

* 단면제원 및 설계가정

fck = 24 MPa, fy = 300 MPa, k1 = 0.85, Φf = 0.85, Φv = 0.75

B (mm)	H (mm)	d (mm)	피복(mm)	Mu (kN.m)	Vu (kN)
2500.0	900.0	800.0	100.0	1519.880	0.000

* 강도감소계수(Φ) 산정

T = As x fy = 10134.000 x 300.00 = 3040200.000

C = 0.85 x fck x a x b = 0.85 x 24.00 x a x 2500.000 = 51000.000 x a

T = C 이므로, a = 59.612 mm, c = 59.612 / β_1 = 59.612 / 0.85 = 70.131 mm

ε_y = fy / Es = 300.00 / 200000.00 = 0.0015

ε_t = 0.0030 x (dt - c) / c = 0.0030 x (800.00 - 70.131) / 70.131 = 0.0312

ε_t ≥ 0.0050 이므로 인장지배단면이며, Φ = 0.85 를 적용한다.

* 필요철근량 산정

Mu / Φ = As x fy x (d - a/2) ---------------- ①

a = As x fy / (0.85 x fck x b) ---------------- ②

식②를 식①에 대입하여 이차방정식으로 As를 구한다

$$\frac{fy^2}{2 \times 0.85 \times fck \times b} As^2 - fy \times d \times As + \frac{Mu}{\Phi} = 0 \text{ , } As = 7666.476 \text{ mm}^2$$

* 사용철근량 = 10134.0 mm² (철근도심 : 100.0 mm) , [사용률 = 1.322]

1단 : D25 - 20.0 EA (= 10134.0 mm²)

* 철근비 검토

ρmin : 1.4 / fy = 0.00467

0.25 √fck / fy = 0.00408 , ρmin = 0.00467 적용

수축온도철근비 = 0.00200

ρmax = 0.64 x Pb = 0.64 x k1 x Φx (fck / fy) x {600 / (600 + fy)} = 0.02478

ρuse = As / bd = 0.00507

ρmax ≥ ρuse ≥ρmin → 철근비 만족, ∴ 0.K

* 휨에 대한 검토

ΦMn = 0.85 x 10134.000 x 300 x (800.00 - a/2) = 1990.313 kN.m

; a = As x fy / (0.85 x fck x b) = 59.612 mm

≥ Mu (= 1519.880 kN.m) ∴ 0.K [안전률 1.310]

♀

【 단철근보 : 좌측벽체-하단 】

* 단면제원 및 설계가정

fck = 24 MPa, fy = 300 MPa, k1 = 0.85, Φf = 0.85, Φv = 0.75

B (mm)	H (mm)	d (mm)	피복(mm)	Mu (kN.m)	Vu (kN)
2500.0	983.3	833.3	100.0	3948.020	1065.570

* 강도감소계수(Φ) 산정

T = As x fy = 25696.000 x 300.00 = 7708800.000

C = 0.85 x fck x a x b = 0.85 x 24.00 x a x 2500.000 = 51000.000 x a

T = C 이므로, a = 151.153 mm, c = 151.153 / β1 = 151.153 / 0.85 = 177.827 mm

εy = fy / Es = 300.00 / 200000.00 = 0.0015

εt = 0.0030 x (dt - c) / c = 0.0030 x (883.33 - 177.827) / 177.827 = 0.0119

εt ≥ 0.0050 이므로 인장지배단면이며, Φ = 0.85 를 적용한다.

* 필요철근량 산정

Mu / Φ = As x fy x (d - a/2) ---------------- ①

a = As x fy / (0.85 x fck x b) ---------------- ②

식②를 식①에 대입하여 이차방정식으로 As를 구한다

$$\frac{fy^2}{2 \times 0.85 \times fck \times b} As^2 - fy \times d \times As + \frac{Mu}{\Phi} = 0 \text{ , } As = 19989.151 \text{ mm}^2$$

* 사용철근량 = 25696.0 mm² (철근도심 : 150.0 mm) , [사용률 = 1.285]

1단 : D29 - 20.0 EA (= 12848.0 mm²)

2단 : D29 - 20.0 EA (= 12848.0 mm²)

* 철근비 검토

ρmin : 1.4 / fy = 0.00467

0.25 √fck / fy = 0.00408 , ρmin = 0.00467 적용

수축온도철근비 = 0.00200

ρmax = 0.64 x Pb = 0.64 x k1 x Φx (fck / fy) x {600 / (600 + fy)} = 0.02478

ρuse = As / bd = 0.01233

ρmax ≥ ρuse ≥ρmin → 철근비 만족, ∴ O.K

* 휨에 대한 검토

ΦMn = 0.85 x 25696.000 x 300 x (833.33 - a/2) = 4965.187 kN.m

; a = As x fy / (0.85 x fck x b) = 151.153 mm

≥ Mu (= 3948.020 kN.m) ∴ O.K [안전률 1.258]

* 전단에 대한 검토 (d = 750.00 mm)

ΦVc = 0.75 x 1/6 x √fck x b x d

= 0.75 x 1/6 x √24 x 2500.00 x 750.00 = 1148.198 kN

ΦVc/2 < Vu (= 1065.570 kN) , 최소 전단철근 보강.

Av_req = 0.0625 x √24.0 x 2500.0 x 300.0 / 300.0 = 875.000 mm² (≥ 0.35bs/fy)

Av_use = D19 - 5.0 EA = 1432.500 mm² ∴ O.K

【 기둥 : 사각기둥 】

㉮ 설계조건 및 단면가정

fck = 24 MPa, fy = 300 MPa, k1 = 0.85, Φc = 0.65, e = 1215.97 mm

B (mm)	H (mm)	d (mm)	피복(mm)	Pu (kN)	Mu (kN.m)
1200.0	900.0	800.0	100.0	2216.440	2695.120

㉯ 철근비 검토

Ag = 1080000.00 mm^2 , Ast = 27002.80 mm^2 , Puse = 0.02500

- 1단 : D32 - 34EA (As=27002.800 mm^2), d1 = 100.000 mm

ρmin (= 0.0100) ≤ ρuse (= 0.0250) ≤ ρmax (= 0.0800) ∴ O.K

㉰ 평형하중 산정

cb = 600 / (600 + fy) x d = 533.000 mm, ab = k1 x cb = 453.050 mm

Cc = 0.85 x 24.0 x 453.050 x 1200.000 = 11097.600 kN

∑Csi = 3536.731 kN, ∑Tsi = 3037.815 kN

Pb = 11097.600 + 3536.731 - 3037.815 = 11596.516 kN

Mb = Cc x 223.333 + ∑(Csi*di) + ∑(Tsi*di) = 4519.042 kN.m

eb < e → 인장 파괴 (eb = Mb/Pb = 389.690 mm, e = Mu/Pu = 1215.968 mm)

㉱ 공칭강도 산정

- 반복시산법을 이용하여 c = 250.368 mm, a = k1 x c = 212.813 mm 를 사용.

Cc = 0.85 x 24.0 x 212.813 x 1200.000 = 5209.660 kN

∑Csi = 2601.967 kN, ∑Tsi = 4715.866 kN

Pn = 5209.660 + 2601.967 - 4715.866 = 3095.760 kN

Mn = Cc x 34.359 + ∑(Csi*di) + ∑(Tsi*di) = 3764.331 kN.m

- 편심오차 : |e - Mn/Pn(=1215.963)| = 0.0045 ≤ 0.010 ∴ 허용오차 만족

㉲ 강도감소계수(Φ) 산정

dt = 900.00 - 100.00 = 800.000 mm

c = 250.368 mm, a = k1 x c = 212.813 mm

εy = fy / Es = 300.00 / 200000.00 = 0.0015

εt = 0.0030 x (dt-c) / c = 0.0030 x (800.00-250.37) / 250.37 = 0.0066

→ 계수축력이 0.10*fck*Ag보다 작고, fy가 400 MPa 이하이므로 εt = 0.0040를 적용한다.

εy < εt < 0.0050 이므로 변화구간단면이며, Φ = 0.79 를 적용한다.

Φ = 0.650 + (0.0040-0.0015) x (0.850-0.650) / (0.0050-0.0015) = 0.793

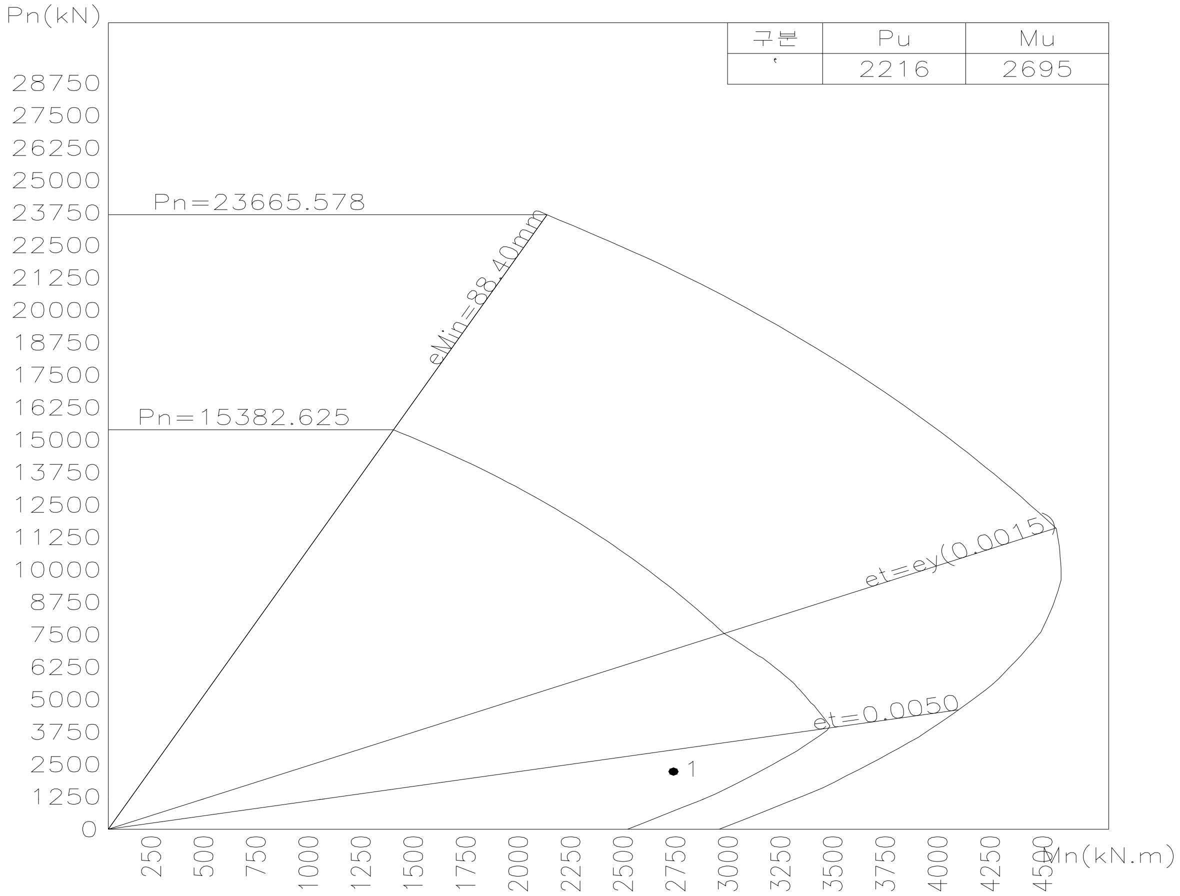
㉳ 축방향력 및 휨에대한 검토

MaxPn = 0.80 x {0.85 fck*(Ag-Ast) + fy*Ast} = 23665.586 kN ≥ Pn = 3095.760 kN

ΦPn = 0.79 x 3095.760 = 2454.496 kN ≥ Pu = 2216.440 kN ∴ O.K

ΦMn = ΦPn x 1.216 = 2984.588 kN.m ≥ Mu = 2695.120 kN.m ∴ O.K

PM 상관도



Pn(kN)
구분
Pu
Mu
2216
2695
Pn=23665.578
eMin=88.40mm
Pn=15382.625
et=ey(0.0015)
et=0.0050
1
Mn(kN.m)
28750
27500
26250
25000
23750
22500
21250
20000
18750
17500
16250
15000
13750
12500
11250
10000
8750
7500
6250
5000
3750
2500
1250
0
250
500
750
1000
1250
1500
1750
2000
2250
2500
2750
3000
3250
3500
3750
4000
4250
4500

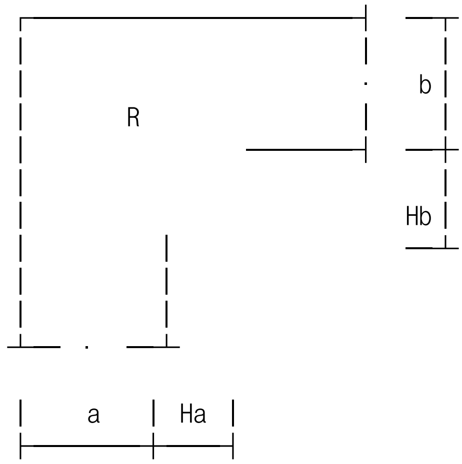
【 우각부 보강설계 : 우각부-상부좌측 】

콘크리트 설계강도 fck = 24.0 MPa 철근 항복강도 fy = 300.0 MPa
콘크리트 허용전단응력 υca = 0.08√fck 철근 허용인장응력 fsa = 150.0 MPa
= 0.392 MPa

사용하중 모멘트 Mo = 834.44 kN.m

연직부재의 높이 a = 900.00 mm
수평부재의 높이 b = 900.00 mm

연직방향의 헌치 Hb = 300.00 mm
수평방향의 헌치 Ha = 600.00 mm



$$R = \sqrt{2} \times (Ha*Hb + Hb*a + Ha*b) \div (Ha + Hb)$$
$$= 1555.635 \text{ mm}$$

* 최대 인장 응력 (ftmax)

$$ftmax = \frac{5\ Mo}{R^2\ W} = \frac{5 \times 834.44 \times 1000000}{1555.635^2 \times 1000.0} = 1.724 \text{ MPa}$$

$> \tau ca$ (= 0.392 MPa) ∴ 보강 철근 필요

* 보강 철근량 산정

$$Ag = \frac{2\ Mo}{R\ fsa} = \frac{2 \times 834.44 \times 1000000}{1555.635 \times 150.0} = 7151.978 \text{ mm}^2$$

* 우각부 철근량 검토

As = 7742.000 mm^2 ≥ 7151.978 mm^2 ∴ O.K

1단 : D22 - 10.0 EA (= 3871.000 mm^2)
2단 : D22 - 10.0 EA (= 3871.000 mm^2)

♀

【 우각부 보강설계 : 우각부-상부우측 】

콘크리트 설계강도 f_{ck} = 24.0 MPa 철근 항복강도 f_y = 300.0 MPa

콘크리트 허용전단응력 $\upsilon_{ca} = 0.08\sqrt{f_{ck}}$ = 0.392 MPa 철근 허용인장응력 f_{sa} = 150.0 MPa

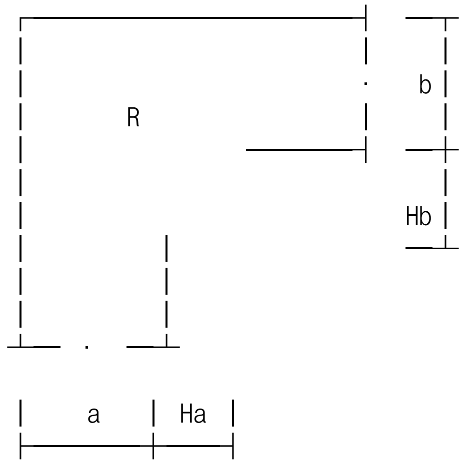
사용하중 모멘트 Mo = 1863.01 kN.m

연직부재의 높이 a = 900.00 mm

수평부재의 높이 b = 900.00 mm

연직방향의 헌치 Hb = 300.00 mm

수평방향의 헌치 Ha = 600.00 mm



$$R = \sqrt{2} \times (Ha*Hb + Hb*a + Ha*b) \div (Ha + Hb)$$
$$= 1555.635 \text{ mm}$$

* 최대 인장 응력 (ftmax)

$$ftmax = \frac{5\ Mo}{R^2\ W} = \frac{5 \times 1863.01 \times 1000000}{1555.635^2 \times 1000.0} = 3.849 \text{ MPa}$$

$> \tau_{ca}$ (= 0.392 MPa) ∴ 보강 철근 필요

* 보강 철근량 산정

$$Ag = \frac{2\ Mo}{R\ fsa} = \frac{2 \times 1863.01 \times 1000000}{1555.635 \times 150.0} = 15967.842 \text{ mm}^2$$

* 우각부 철근량 검토

As = 20268.000 mm^2 ≥ 15967.842 mm^2 ∴ O.K

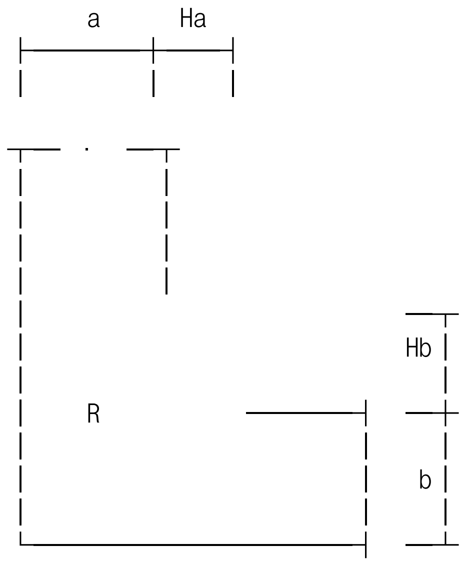
1단 : D25 - 20.0 EA (= 10134.000 mm^2)

2단 : D25 - 20.0 EA (= 10134.000 mm^2)

♀

【 우각부 보강설계 : 우각부-하부좌측 】

콘크리트 설계강도　　　fck = 24.0 MPa　철근 항복강도　　fy = 300.0 MPa
콘크리트 허용전단응력 υ_{ca} = 0.08√fck　철근 허용인장응력 fsa = 150.0 MPa
= 0.392 MPa



사용하중 모멘트 Mo = 2747.79 kN.m

연직부재의 높이 a = 900.00 mm
수평부재의 높이 b = 1000.00 mm

연직방향의 헌치 Hb = 250.00 mm
수평방향의 헌치 Ha = 650.00 mm

R = √2 × (Ha*Hb + Hb*a + Ha*b) ÷ (Ha + Hb)
= 1630.274 mm

* 최대 인장 응력 (ftmax)

$$ftmax = \frac{5\ Mo}{R^2\ W} = \frac{5 \times 2747.79 \times 1000000}{1630.274^2 \times 1000.0} = 5.169\ MPa$$

> τ_{ca} (= 0.392 MPa)　　∴ 보강 철근 필요

* 보강 철근량 산정

$$Ag = \frac{2\ Mo}{R\ fsa} = \frac{2 \times 2747.79 \times 1000000}{1630.274 \times 150.0} = 22473.033\ mm^2$$

* 우각부 철근량 검토

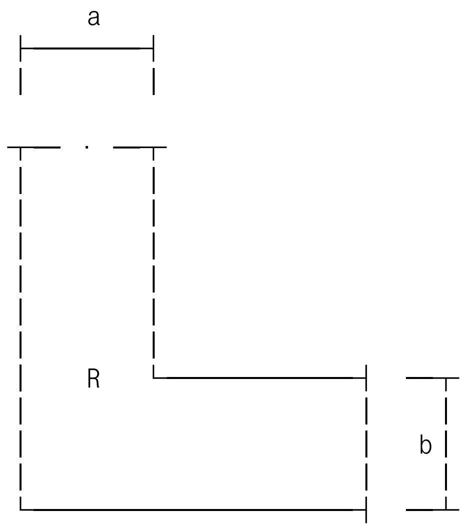
As = 25696.000 mm^2 ≥ 22473.033 mm^2　∴ O.K

1단 : D29 - 20.0 EA (= 12848.000 mm^2)
2단 : D29 - 20.0 EA (= 12848.000 mm^2)

♀

【 우각부 보강설계 : 우각부-하부우측 】

콘크리트 설계강도 f_{ck} = 24.0 MPa 철근 항복강도 f_y = 300.0 MPa
콘크리트 허용전단응력 $υ_{ca} = 0.08\sqrt{f_{ck}}$ 철근 허용인장응력 f_{sa} = 150.0 MPa
= 0.392 MPa



사용하중 모멘트 Mo = 146.83 kN

연직부재의 높이 a = 900.00 mm
수평부재의 높이 b = 1000.00 mm

$R = \sqrt{(a^2 + b^2)}$
$= 1345.362$ mm

* 최대 인장 응력 (ftmax)

$$ftmax = \frac{5\ Mo}{R^2\ W} = \frac{5 \times 146.83 \times 1000000}{1345.362^2 \times 1000.0} = 0.406\ \text{MPa}$$

$> \tau_{ca}$ (= 0.392 MPa) ∴ 보강 철근 필요

* 보강 철근량 산정

$$Ag = \frac{2\ Mo}{R\ f_{sa}} = \frac{2 \times 146.83 \times 1000000}{1345.362 \times 150.0} = 1455.172\ \text{mm}^2$$

* 우각부 철근량 검토

As = 7742.000 mm² ≥ 1455.172 mm² ∴ O.K

1단 : D22 - 20.0 EA (= 7742.000 mm²)

♀

【 수평철근량 계산 】

① 상부슬래브

- As,req = 0.0020 x B x H = 0.0020 x 1000.0 x 900.0

= 1800 ㎟

- 그러므로 필요철근량의 1/2 이상을 벽체 전면 및 배면에 배근한다.

∴ 1면당 D16 @ 150으로 배근하면 2면 x 198.6 ㎟ x 6.67 EA

= 2650 ㎟ O.K !!

② 하부슬래브

- As,req = 0.0020 x B x H = 0.0020 x 1000.0 x 1,000.0

= 2000 ㎟

- 그러므로 필요철근량의 1/2 이상을 벽체 전면 및 배면에 배근한다.

∴ 1면당 D16 @ 150으로 배근하면 2면 x 198.6 ㎟ x 6.67 EA

= 2650 ㎟ O.K !!

③ 벽 체

- As,req = 0.0025 x B x H = 0.0025 x 1000.0 x 900.0

= 2250 ㎟

- 그러므로 필요철근량의 1/2 이상을 벽체 전면 및 배면에 배근한다.

∴ 1면당 D16 @ 150으로 배근하면 2면 x 198.6 ㎟ x 6.67 EA

= 2650 ㎟ O.K !!

13. 사용성 검토

【 균열검토 : 상부슬래브-좌측 】

* 응력 산정
fs = M / [As x (d - χ/3)] = 834.440 x 1000000 / [10134.000 x (900.000 - 222.360/3)]
= 99.700 MPa
사용철근량 = 10134.0 mm² (철근도심 : 100.0 mm)
1단 : D25 - 20.0 EA (= 10134.0 mm²)

* 철근의 최대 중심간격
Cc = 100.00 - 25/2 = 87.50 mm
여기서 Cc ; 인장철근이나 긴장재의 표면과 콘크리트 표면사이의 두께(mm)
Smin : 375 x (210 / fs) - 2.5 x Cc = 375 x (210 / 99.70) - 2.5 x 87.50 = 571.12 mm
300 x (210 / fs) = 300 x (210 / 99.70) = 631.89 mm
Sa는 작은 값인 571.12 mm 를 적용
S = 2500.00 / 20.00 Ea = 125.00 ≤ Sa (= 571.12 mm) ∴ O.K

【 균열검토 : 상부슬래브-중앙 】

* 응력 산정
fs = M / [As x (d - χ/3)] = 2675.490 x 1000000 / [22982.000 x (775.905 - 285.007/3)]
= 170.974 MPa
사용철근량 = 22982.0 mm² (철근도심 : 124.1 mm)
1단 : D29 - 20.0 EA (= 12848.0 mm²)
2단 : D25 - 20.0 EA (= 10134.0 mm²)

* 철근의 최대 중심간격
Cc = 80.00 - 29/2 = 65.50 mm
여기서 Cc ; 인장철근이나 긴장재의 표면과 콘크리트 표면사이의 두께(mm)
Smin : 375 x (210 / fs) - 2.5 x Cc = 375 x (210 / 170.97) - 2.5 x 65.50 = 296.85 mm
300 x (210 / fs) = 300 x (210 / 170.97) = 368.48 mm
Sa는 작은 값인 296.85 mm 를 적용
S = 2500.00 / 20.00 Ea = 125.00 ≤ Sa (= 296.85 mm) ∴ O.K

【 균열검토 : 상부슬래브-우측 】

* 응력 산정
fs = M / [As x (d - χ/3)] = 1863.010 x 1000000 / [17915.000 x (805.050 - 264.141/3)]
= 145.037 MPa
사용철근량 = 17915.0 mm² (철근도심 : 128.3 mm)
1단 : D29 - 20.0 EA (= 12848.0 mm²)
2단 : D25 - 10.0 EA (= 5067.0 mm²)

* 철근의 최대 중심간격
Cc = 100.00 - 29/2 = 85.50 mm
여기서 Cc ; 인장철근이나 긴장재의 표면과 콘크리트 표면사이의 두께(mm)
Smin : 375 x (210 / fs) - 2.5 x Cc = 375 x (210 / 145.04) - 2.5 x 85.50 = 329.22 mm
300 x (210 / fs) = 300 x (210 / 145.04) = 434.37 mm
Sa는 작은 값인 329.22 mm 를 적용
S = 2500.00 / 20.00 Ea = 125.00 ≤ Sa (= 329.22 mm) ∴ O.K

♀

【 균열검토 : 하부슬래브-좌측 】

* 응력 산정
fs = M / [As x (d - χ/3)] = 2747.790 x 1000000 / [25696.000 x (1066.667 - 361.259/3)]
= 113.009 MPa
사용철근량 = 25696.0 mm² (철근도심 : 150.0 mm)
1단 : D29 - 20.0 EA (= 12848.0 mm²)
2단 : D29 - 20.0 EA (= 12848.0 mm²)

* 철근의 최대 중심간격
Cc = 100.00 - 29/2 = 85.50 mm
여기서 Cc ; 인장철근이나 긴장재의 표면과 콘크리트 표면사이의 두께(mm)
Smin : 375 x (210 / fs) - 2.5 x Cc = 375 x (210 / 113.01) - 2.5 x 85.50 = 483.10 mm
300 x (210 / fs) = 300 x (210 / 113.01) = 557.48 mm
Sa는 작은 값인 483.10 mm 를 적용
S = 2500.00 / 20.00 Ea = 125.00 ≤ Sa (= 483.10 mm) ∴ O.K

【 균열검토 : 하부슬래브-중앙 】

* 응력 산정
fs = M / [As x (d - χ/3)] = 2718.660 x 1000000 / [22982.000 x (875.905 - 306.856/3)]
= 152.911 MPa
사용철근량 = 22982.0 mm² (철근도심 : 124.1 mm)
1단 : D29 - 20.0 EA (= 12848.0 mm²)
2단 : D25 - 20.0 EA (= 10134.0 mm²)

* 철근의 최대 중심간격
Cc = 80.00 - 29/2 = 65.50 mm
여기서 Cc ; 인장철근이나 긴장재의 표면과 콘크리트 표면사이의 두께(mm)
Smin : 375 x (210 / fs) - 2.5 x Cc = 375 x (210 / 152.91) - 2.5 x 65.50 = 351.25 mm
300 x (210 / fs) = 300 x (210 / 152.91) = 412.00 mm
Sa는 작은 값인 351.25 mm 를 적용
S = 2500.00 / 20.00 Ea = 125.00 ≤ Sa (= 351.25 mm) ∴ O.K

【 균열검토 : 하부슬래브-우측 】

* 응력 산정
fs = M / [As x (d - χ/3)] = 146.830 x 1000000 / [22982.000 x (875.905 - 306.856/3)]
= 8.258 MPa
사용철근량 = 22982.0 mm² (철근도심 : 124.1 mm)
1단 : D29 - 20.0 EA (= 12848.0 mm²)
2단 : D25 - 20.0 EA (= 10134.0 mm²)

* 철근의 최대 중심간격
Cc = 80.00 - 29/2 = 65.50 mm
여기서 Cc ; 인장철근이나 긴장재의 표면과 콘크리트 표면사이의 두께(mm)
Smin : 375 x (210 / fs) - 2.5 x Cc = 375 x (210 / 8.26) - 2.5 x 65.50 = 9371.91 mm
300 x (210 / fs) = 300 x (210 / 8.26) = 7628.53 mm
Sa는 작은 값인 7628.53 mm 를 적용
S = 2500.00 / 20.00 Ea = 125.00 ≤ Sa (= 7628.53 mm) ∴ O.K

♀

【 균열검토 : 좌측벽체-상단 】

* 응력 산정
fs = M / [As x (d - χ/3)] = 834.440 x 1000000 / [10134.000 x (1000.000 - 236.090/3)]
= 89.374 MPa
사용철근량 = 10134.0 mm² (철근도심 : 100.0 mm)
1단 : D25 - 20.0 EA (= 10134.0 mm²)

* 철근의 최대 중심간격
Cc = 100.00 - 25/2 = 87.50 mm
여기서 Cc ; 인장철근이나 긴장재의 표면과 콘크리트 표면사이의 두께(mm)
Smin : 375 x (210 / fs) - 2.5 x Cc = 375 x (210 / 89.37) - 2.5 x 87.50 = 662.38 mm
300 x (210 / fs) = 300 x (210 / 89.37) = 704.90 mm
Sa는 작은 값인 662.38 mm 를 적용
S = 2500.00 / 20.00 Ea = 125.00 ≤ Sa (= 662.38 mm) ∴ O.K

【 균열검토 : 좌측벽체-중앙 】

* 응력 산정
fs = M / [As x (d - χ/3)] = 1223.350 x 1000000 / [10134.000 x (800.000 - 207.859/3)]
= 165.205 MPa
사용철근량 = 10134.0 mm² (철근도심 : 100.0 mm)
1단 : D25 - 20.0 EA (= 10134.0 mm²)

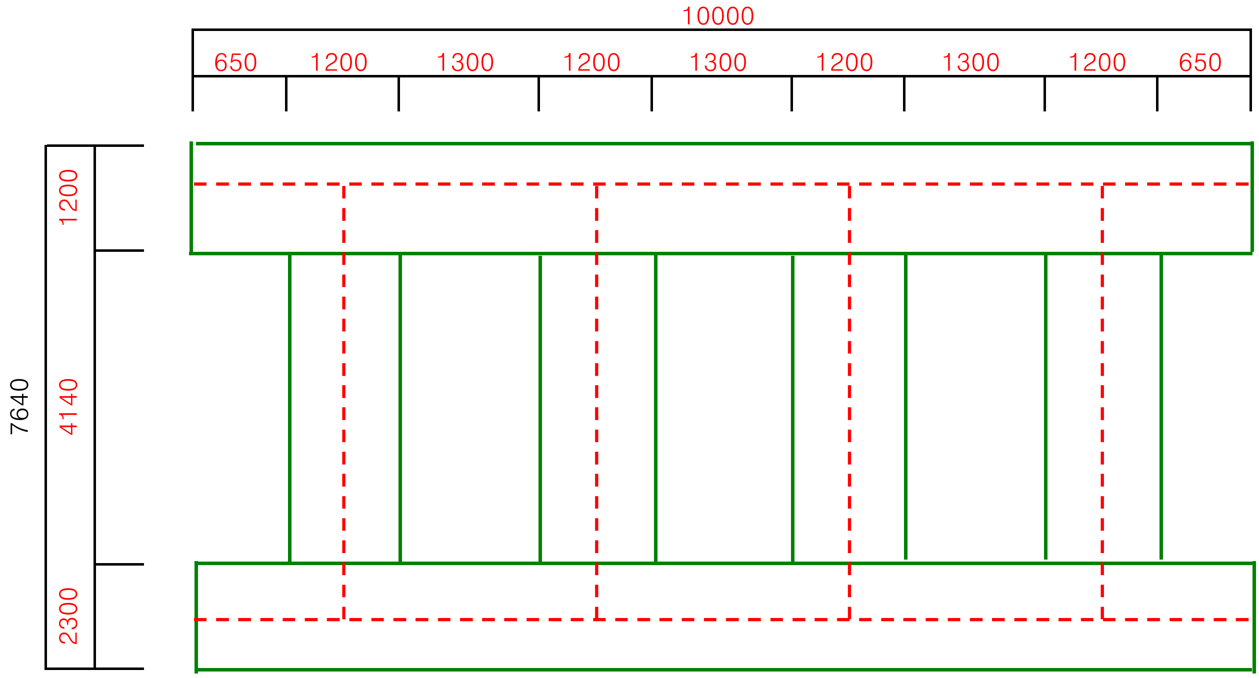
* 철근의 최대 중심간격
Cc = 100.00 - 25/2 = 87.50 mm
여기서 Cc ; 인장철근이나 긴장재의 표면과 콘크리트 표면사이의 두께(mm)
Smin : 375 x (210 / fs) - 2.5 x Cc = 375 x (210 / 165.20) - 2.5 x 87.50 = 257.93 mm
300 x (210 / fs) = 300 x (210 / 165.20) = 381.34 mm
Sa는 작은 값인 257.93 mm 를 적용
S = 2500.00 / 20.00 Ea = 125.00 ≤ Sa (= 257.93 mm) ∴ O.K

【 균열검토 : 좌측벽체-하단 】

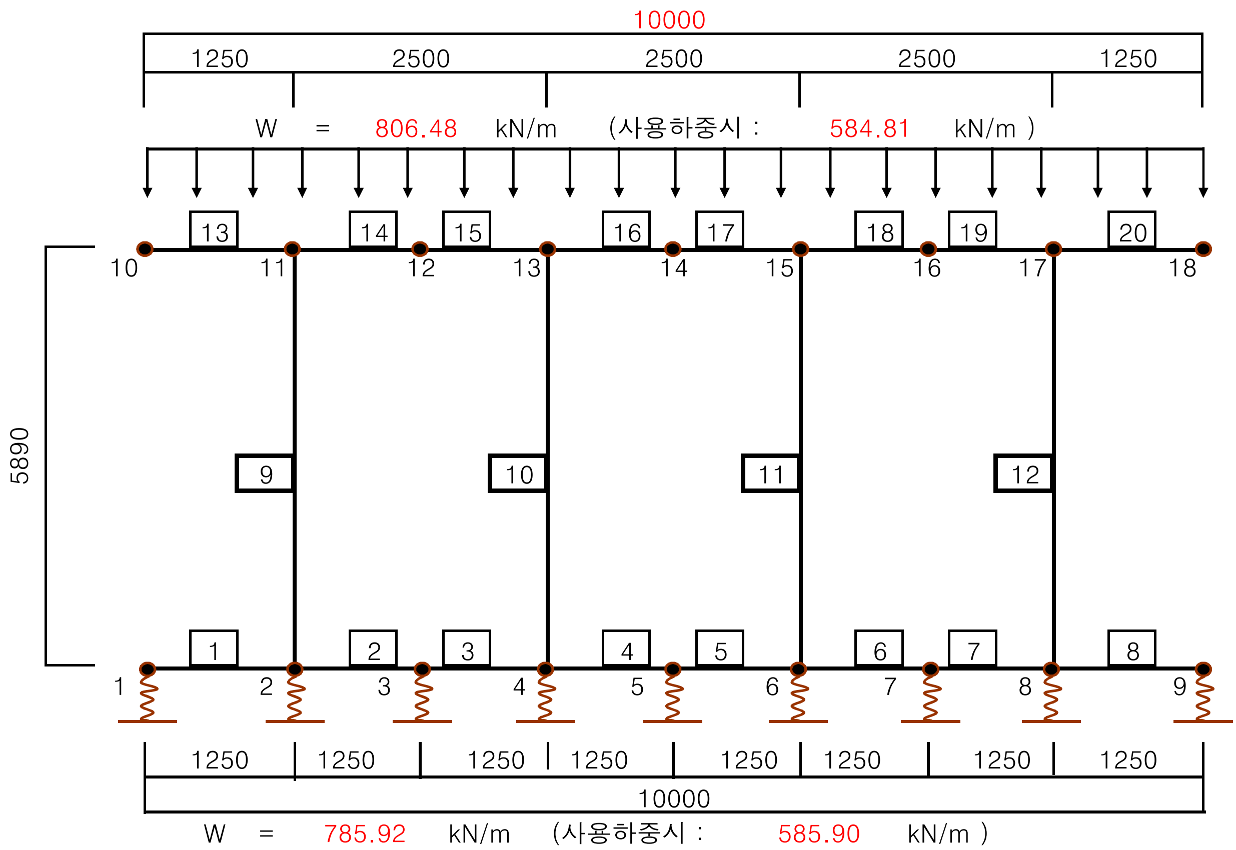
* 응력 산정
fs = M / [As x (d - χ/3)] = 2747.790 x 1000000 / [25696.000 x (833.333 - 310.897/3)]
= 146.546 MPa
사용철근량 = 25696.0 mm² (철근도심 : 150.0 mm)
1단 : D29 - 20.0 EA (= 12848.0 mm²)
2단 : D29 - 20.0 EA (= 12848.0 mm²)

* 철근의 최대 중심간격
Cc = 100.00 - 29/2 = 85.50 mm
여기서 Cc ; 인장철근이나 긴장재의 표면과 콘크리트 표면사이의 두께(mm)
Smin : 375 x (210 / fs) - 2.5 x Cc = 375 x (210 / 146.55) - 2.5 x 85.50 = 323.63 mm
300 x (210 / fs) = 300 x (210 / 146.55) = 429.90 mm
Sa는 작은 값인 323.63 mm 를 적용
S = 2500.00 / 20.00 Ea = 125.00 ≤ Sa (= 323.63 mm) ∴ O.K

14. 기둥단면가정



15. 기둥단면 모델링



W : 기둥측(우측) 전단력 / 2.50m (피암터널 하중산정 길이)

16. 기둥단면 절점좌표

NO.	X	Z	NO.	X	Z
1	0.000	0.000	10	0.000	5.890
2	1.250	0.000	11	1.250	5.890
3	2.500	0.000	12	2.500	5.890
4	3.750	0.000	13	3.750	5.890
5	5.000	0.000	14	5.000	5.890
6	6.250	0.000	15	6.250	5.890
7	7.500	0.000	16	7.500	5.890
8	8.750	0.000	17	8.750	5.890
9	10.000	0.000	18	10.000	5.890

17. 기둥단면 단면제원

NO	B(m)	H(m)	A(m^2)	I(m^4)	MEMBER
1	1.2	2.3	2.76	$1.2 \times 2.3^3 / 12 = 1.216700$	1~14
2	0.9	1.2	1.08	$0.9 \times 1.2^3 / 12 = 0.129600$	15~22
3	0.9	1.2	1.08	$0.900 \times 1.2^3 / 12 = 0.129600$	9~12

18. SPRING 계수 산정

· $K_v = K_{vo}\,(B_v / 0.330)^{-3/4}$

$= 280000.00 \times (30.000 / 0.3)^{-3/4}$

$= 8854.377$ kN/m^3

여기서, $K_{vo} = 1 / 0.3 \times a \times E_o$

$= 1 / 0.3 \times 1 \times 84000 = 280000.0$ kN/m^3

$B_v = \sqrt{1000 \times 0.9} = 30.000$ m

$E_o = 2800 \cdot N = 2800 \cdot 30 = 84000$ kN/m^2

K1, K9 = $8854 \times (0.00 + 1 / 2 \times 1.250) = 5534$ kN/m

K2, K8 = $8854 \times 1 / 2 \times (1.250 + 1.250) = 11068$ kN/m

K3~K13 = $8854 \times 1 / 2 \times (1.250 + 1.250) = 11068$ kN/m

· Kh = 1E+10 kN/m

19. INPUT DATA

```
; File E:₩기둥₩Collum.$2k saved 2-24-02 14:13:56 in Ton-m

SYSTEM
  DOF=UX,UZ,RY  LENGTH=m  FORCE=KN  LINES=59

JOINT
  1   X=0.000      Y=0.000     Z=0.000
  2   X=1.250      Y=0.000     Z=0.000
  3   X=2.500      Y=0.000     Z=0.000
  4   X=3.750      Y=0.000     Z=0.000
  5   X=5.000      Y=0.000     Z=0.000
  6   X=6.250      Y=0.000     Z=0.000
  7   X=7.500      Y=0.000     Z=0.000
  8   X=8.750      Y=0.000     Z=0.000
  9   X=10.000      Y=0.000     Z=0.000
  10   X=0.000      Y=0.000     Z=5.890
  11   X=1.250      Y=0.000     Z=5.890
  12   X=2.500      Y=0.000     Z=5.890
  13   X=3.750      Y=0.000     Z=5.890
  14   X=5.000      Y=0.000     Z=5.890
  15   X=6.250      Y=0.000     Z=5.890
  16   X=7.500      Y=0.000     Z=5.890
  17   X=8.750      Y=0.000     Z=5.890
  18   X=10.000      Y=0.000     Z=5.890

RESTRAINT
  ADD=1  DOF=U2,R1,R3
  ADD=2  DOF=U2,R1,R3
  ADD=3  DOF=U2,R1,R3
  ADD=4  DOF=U2,R1,R3
  ADD=5  DOF=U2,R1,R3
  ADD=6  DOF=U2,R1,R3
  ADD=7  DOF=U2,R1,R3
  ADD=8  DOF=U2,R1,R3
  ADD=9  DOF=U2,R1,R3

PATTERN
  NAME=DEFAULT

SPRING
  ADD=1   U1=1E+10 U3=5534
  ADD=9   U3=5534
  ADD=2   U3=11068
  ADD=8   U3=11068
  ADD=3   U3=11068
  ADD=4   U3=11068
  ADD=5   U3=11068
  ADD=6   U3=11068
  ADD=7   U3=11068

MATERIAL
  NAME=1FR  IDES=N
    T=0  E=2.3025E+07  U=.15  A=.00001
  NAME=2FR  IDES=N
    T=0  E=2.3025E+07  U=.15  A=.00001
  NAME=3FR  IDES=N
    T=0  E=2.3025E+07  U=.15  A=.00001
  NAME=STEEL  IDES=S  M=.798142  W=7.833413
    T=0  E=2.059396E+08  U=.15  A=.00001  FY=248211.3
  NAME=CONC  IDES=C  M=2.5  W=24.51662
```

```
    T=0  E=2.3025E+07  U=.15  A=.00001

FRAME SECTION
  NAME=1 MAT=1FR WPL=69.000  A=2.760 J=0 I=1.216700,0  AS=0,0 T=1,1
  NAME=2 MAT=2FR WPL=27.000  A=1.080 J=0 I=0.129600,0  AS=0,0 T=1,1
  NAME=3 MAT=3FR WPL=27.000  A=1.080 J=0 I=0.129600,0  AS=0,0 T=1,1

FRAME
  1  J=1,2  SEC=1  NSEG=4  ANG=0
  2  J=2,3  SEC=1  NSEG=4  ANG=0
  3  J=3,4  SEC=1  NSEG=4  ANG=0
  4  J=4,5  SEC=1  NSEG=4  ANG=0
  5  J=5,6  SEC=1  NSEG=4  ANG=0
  6  J=6,7  SEC=1  NSEG=4  ANG=0
  7  J=7,8  SEC=1  NSEG=4  ANG=0
  8  J=8,9  SEC=1  NSEG=4  ANG=0
  9  J=2,11  SEC=3  NSEG=4  ANG=0
  10  J=4,13  SEC=3  NSEG=4  ANG=0
  11  J=6,15  SEC=3  NSEG=4  ANG=0
  12  J=8,17  SEC=3  NSEG=4  ANG=0
  13  J=10,11  SEC=2  NSEG=4  ANG=0
  14  J=11,12  SEC=2  NSEG=4  ANG=0
  15  J=12,13  SEC=2  NSEG=4  ANG=0
  16  J=13,14  SEC=2  NSEG=4  ANG=0
  17  J=14,15  SEC=2  NSEG=4  ANG=0
  18  J=15,16  SEC=2  NSEG=4  ANG=0
  19  J=16,17  SEC=2  NSEG=4  ANG=0
  20  J=17,18  SEC=2  NSEG=4  ANG=0

LOAD
  NAME=1
    TYPE=DISTRIBUTED SPAN
      ADD=13   RD=0,1  UZ=-806.480, -806.480
      ADD=14   RD=0,1  UZ=-806.480, -806.480
      ADD=15   RD=0,1  UZ=-806.480, -806.480
      ADD=16   RD=0,1  UZ=-806.480, -806.480
      ADD=17   RD=0,1  UZ=-806.480, -806.480
      ADD=18   RD=0,1  UZ=-806.480, -806.480
      ADD=19   RD=0,1  UZ=-806.480, -806.480
      ADD=20   RD=0,1  UZ=-806.480, -806.480
      ADD=1   RD=0,1  UZ=785.920, 785.920
      ADD=2   RD=0,1  UZ=785.920, 785.920
      ADD=3   RD=0,1  UZ=785.920, 785.920
      ADD=4   RD=0,1  UZ=785.920, 785.920
      ADD=5   RD=0,1  UZ=785.920, 785.920
      ADD=6   RD=0,1  UZ=785.920, 785.920
      ADD=7   RD=0,1  UZ=785.920, 785.920
      ADD=8   RD=0,1  UZ=785.920, 785.920
  NAME=2
    TYPE=DISTRIBUTED SPAN
      ADD=13   RD=0,1  UZ=-584.810, -584.810
      ADD=14   RD=0,1  UZ=-584.810, -584.810
      ADD=15   RD=0,1  UZ=-584.810, -584.810
      ADD=16   RD=0,1  UZ=-584.810, -584.810
      ADD=17   RD=0,1  UZ=-584.810, -584.810
      ADD=18   RD=0,1  UZ=-584.810, -584.810
      ADD=19   RD=0,1  UZ=-584.810, -584.810
      ADD=20   RD=0,1  UZ=-584.810, -584.810
      ADD=1   RD=0,1  UZ=585.900, 585.900
      ADD=2   RD=0,1  UZ=585.900, 585.900
      ADD=3   RD=0,1  UZ=585.900, 585.900
      ADD=4   RD=0,1  UZ=585.900, 585.900
      ADD=5   RD=0,1  UZ=585.900, 585.900
      ADD=6   RD=0,1  UZ=585.900, 585.900
```

```
      ADD=7   RD=0,1  UZ=585.900, 585.900
      ADD=8   RD=0,1  UZ=585.900, 585.900

COMBO
  NAME=COMBO1
    LOAD=1  SF=1
  NAME=COMBO2
    LOAD=2  SF=1

END
```

20. 해석결과

20.1 OUTPUT DATA

F R A M E   E L E M E N T   F O R C E S

FRAME	LOAD	LOC	P	V2	V3	T	M2	M3
1	COMBO1							
		0.00	0.00	-12.67	0.00	0.00	0.00	0.00
		3.1E-01	0.00	-258.27	0.00	0.00	0.00	42.34
		6.3E-01	0.00	-503.87	0.00	0.00	0.00	161.42
		9.4E-01	0.00	-749.47	0.00	0.00	0.00	357.26
		1.25	0.00	-995.07	0.00	0.00	0.00	629.84
1	COMBO2							
		0.00	0.00	8.077E-01	0.00	0.00	0.00	0.00
		3.1E-01	0.00	-182.29	0.00	0.00	0.00	28.36
		6.3E-01	0.00	-365.38	0.00	0.00	0.00	113.93
		9.4E-01	0.00	-548.47	0.00	0.00	0.00	256.72
		1.25	0.00	-731.57	0.00	0.00	0.00	456.72
2	COMBO1							
		0.00	-13.61	1063.43	0.00	0.00	0.00	641.58
		3.1E-01	-13.61	817.83	0.00	0.00	0.00	347.64
		6.3E-01	-13.61	572.23	0.00	0.00	0.00	130.44
		9.4E-01	-13.61	326.63	0.00	0.00	0.00	-10.01
		1.25	-13.61	81.03	0.00	0.00	0.00	-73.71
2	COMBO2							
		0.00	-9.98	780.94	0.00	0.00	0.00	465.63
		3.1E-01	-9.98	597.85	0.00	0.00	0.00	250.19
		6.3E-01	-9.98	414.75	0.00	0.00	0.00	91.97
		9.4E-01	-9.98	231.66	0.00	0.00	0.00	-9.03
		1.25	-9.98	48.57	0.00	0.00	0.00	-52.82
3	COMBO1							
		0.00	-13.61	55.28	0.00	0.00	0.00	-73.71
		3.1E-01	-13.61	-190.32	0.00	0.00	0.00	-52.61
		6.3E-01	-13.61	-435.92	0.00	0.00	0.00	45.24
		9.4E-01	-13.61	-681.52	0.00	0.00	0.00	219.84
		1.25	-13.61	-927.12	0.00	0.00	0.00	471.19
3	COMBO2							

	0.00	-9.98	49.90	0.00	0.00	0.00	-52.82
	3.1E-01	-9.98	-133.20	0.00	0.00	0.00	-39.80
	6.3E-01	-9.98	-316.29	0.00	0.00	0.00	30.43
	9.4E-01	-9.98	-499.39	0.00	0.00	0.00	157.88
	1.25	-9.98	-682.48	0.00	0.00	0.00	342.55
4 COMB01							
	0.00	-9.46	995.31	0.00	0.00	0.00	460.95
	3.1E-01	-9.46	749.71	0.00	0.00	0.00	188.29
	6.3E-01	-9.46	504.11	0.00	0.00	0.00	-7.62
	9.4E-01	-9.46	258.51	0.00	0.00	0.00	-126.77
	1.25	-9.46	12.91	0.00	0.00	0.00	-169.18
4 COMB02							
	0.00	-7.01	731.73	0.00	0.00	0.00	335.26
	3.1E-01	-7.01	548.64	0.00	0.00	0.00	135.20
	6.3E-01	-7.01	365.55	0.00	0.00	0.00	-7.64
	9.4E-01	-7.01	182.45	0.00	0.00	0.00	-93.27
	1.25	-7.01	-6.413E-01	0.00	0.00	0.00	-121.67
5 COMB01							
	0.00	-9.46	-12.91	0.00	0.00	0.00	-169.18
	3.1E-01	-9.46	-258.51	0.00	0.00	0.00	-126.77
	6.3E-01	-9.46	-504.11	0.00	0.00	0.00	-7.62
	9.4E-01	-9.46	-749.71	0.00	0.00	0.00	188.29
	1.25	-9.46	-995.31	0.00	0.00	0.00	460.95
5 COMB02							
	0.00	-7.01	6.413E-01	0.00	0.00	0.00	-121.67
	3.1E-01	-7.01	-182.45	0.00	0.00	0.00	-93.27
	6.3E-01	-7.01	-365.55	0.00	0.00	0.00	-7.64
	9.4E-01	-7.01	-548.64	0.00	0.00	0.00	135.20
	1.25	-7.01	-731.73	0.00	0.00	0.00	335.26
6 COMB01							
	0.00	-13.61	927.12	0.00	0.00	0.00	471.19
	3.1E-01	-13.61	681.52	0.00	0.00	0.00	219.84
	6.3E-01	-13.61	435.92	0.00	0.00	0.00	45.24
	9.4E-01	-13.61	190.32	0.00	0.00	0.00	-52.61
	1.25	-13.61	-55.28	0.00	0.00	0.00	-73.71
6 COMB02							
	0.00	-9.98	682.48	0.00	0.00	0.00	342.55
	3.1E-01	-9.98	499.39	0.00	0.00	0.00	157.88
	6.3E-01	-9.98	316.29	0.00	0.00	0.00	30.43
	9.4E-01	-9.98	133.20	0.00	0.00	0.00	-39.80
	1.25	-9.98	-49.90	0.00	0.00	0.00	-52.82
7 COMB01							
	0.00	-13.61	-81.03	0.00	0.00	0.00	-73.71
	3.1E-01	-13.61	-326.63	0.00	0.00	0.00	-10.01
	6.3E-01	-13.61	-572.23	0.00	0.00	0.00	130.44
	9.4E-01	-13.61	-817.83	0.00	0.00	0.00	347.64
	1.25	-13.61	-1063.43	0.00	0.00	0.00	641.58
7 COMB02							
	0.00	-9.98	-48.57	0.00	0.00	0.00	-52.82
	3.1E-01	-9.98	-231.66	0.00	0.00	0.00	-9.03
	6.3E-01	-9.98	-414.75	0.00	0.00	0.00	91.97
	9.4E-01	-9.98	-597.85	0.00	0.00	0.00	250.19
	1.25	-9.98	-780.94	0.00	0.00	0.00	465.63
8 COMB01							
	0.00	0.00	995.07	0.00	0.00	0.00	629.84
	3.1E-01	0.00	749.47	0.00	0.00	0.00	357.26

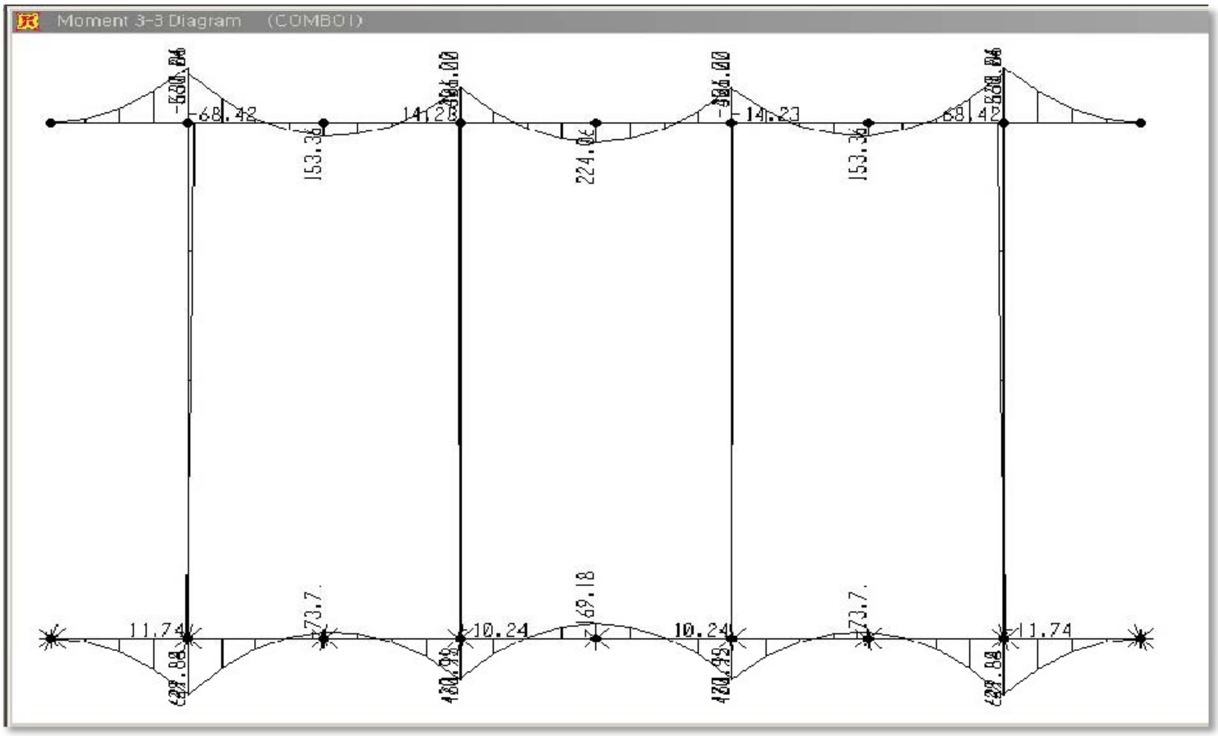
	6.3E-01	0.00	503.87	0.00	0.00	0.00	161.42
	9.4E-01	0.00	258.27	0.00	0.00	0.00	42.34
	1.25	0.00	12.67	0.00	0.00	0.00	0.00
8	COMB02						
	0.00	0.00	731.57	0.00	0.00	0.00	456.72
	3.1E-01	0.00	548.47	0.00	0.00	0.00	256.72
	6.3E-01	0.00	365.38	0.00	0.00	0.00	113.93
	9.4E-01	0.00	182.29	0.00	0.00	0.00	28.36
	1.25	0.00	-8.077E-01	0.00	0.00	0.00	0.00
9	COMB01						
	0.00	-2084.15	13.61	0.00	0.00	0.00	11.74
	1.47	-2084.15	13.61	0.00	0.00	0.00	-8.30
	2.95	-2084.15	13.61	0.00	0.00	0.00	-28.34
	4.42	-2084.15	13.61	0.00	0.00	0.00	-48.38
	5.89	-2084.15	13.61	0.00	0.00	0.00	-68.42
9	COMB02						
	0.00	-1511.10	9.98	0.00	0.00	0.00	8.90
	1.47	-1511.10	9.98	0.00	0.00	0.00	-5.79
	2.95	-1511.10	9.98	0.00	0.00	0.00	-20.48
	4.42	-1511.10	9.98	0.00	0.00	0.00	-35.17
	5.89	-1511.10	9.98	0.00	0.00	0.00	-49.86
10	COMB01						
	0.00	-1948.25	-4.15	0.00	0.00	0.00	-10.24
	1.47	-1948.25	-4.15	0.00	0.00	0.00	-4.12
	2.95	-1948.25	-4.15	0.00	0.00	0.00	1.99
	4.42	-1948.25	-4.15	0.00	0.00	0.00	8.11
	5.89	-1948.25	-4.15	0.00	0.00	0.00	14.23
10	COMB02						
	0.00	-1412.94	-2.97	0.00	0.00	0.00	-7.29
	1.47	-1412.94	-2.97	0.00	0.00	0.00	-2.92
	2.95	-1412.94	-2.97	0.00	0.00	0.00	1.45
	4.42	-1412.94	-2.97	0.00	0.00	0.00	5.82
	5.89	-1412.94	-2.97	0.00	0.00	0.00	10.19
11	COMB01						
	0.00	-1948.25	4.15	0.00	0.00	0.00	10.24
	1.47	-1948.25	4.15	0.00	0.00	0.00	4.12
	2.95	-1948.25	4.15	0.00	0.00	0.00	-1.99
	4.42	-1948.25	4.15	0.00	0.00	0.00	-8.11
	5.89	-1948.25	4.15	0.00	0.00	0.00	-14.23
11	COMB02						
	0.00	-1412.94	2.97	0.00	0.00	0.00	7.29
	1.47	-1412.94	2.97	0.00	0.00	0.00	2.92
	2.95	-1412.94	2.97	0.00	0.00	0.00	-1.45
	4.42	-1412.94	2.97	0.00	0.00	0.00	-5.82
	5.89	-1412.94	2.97	0.00	0.00	0.00	-10.19
12	COMB01						
	0.00	-2084.15	-13.61	0.00	0.00	0.00	-11.74
	1.47	-2084.15	-13.61	0.00	0.00	0.00	8.30
	2.95	-2084.15	-13.61	0.00	0.00	0.00	28.34
	4.42	-2084.15	-13.61	0.00	0.00	0.00	48.38
	5.89	-2084.15	-13.61	0.00	0.00	0.00	68.42
12	COMB02						
	0.00	-1511.10	-9.98	0.00	0.00	0.00	-8.90
	1.47	-1511.10	-9.98	0.00	0.00	0.00	5.79
	2.95	-1511.10	-9.98	0.00	0.00	0.00	20.48
	4.42	-1511.10	-9.98	0.00	0.00	0.00	35.17
	5.89	-1511.10	-9.98	0.00	0.00	0.00	49.86

13 COMB01							
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	3.1E-01	0.00	252.02	0.00	0.00	0.00	-39.38
	6.3E-01	0.00	504.05	0.00	0.00	0.00	-157.52
	9.4E-01	0.00	756.08	0.00	0.00	0.00	-354.41
	1.25	0.00	1008.10	0.00	0.00	0.00	-630.06
13 COMB02							
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	3.1E-01	0.00	182.75	0.00	0.00	0.00	-28.56
	6.3E-01	0.00	365.51	0.00	0.00	0.00	-114.22
	9.4E-01	0.00	548.26	0.00	0.00	0.00	-257.00
	1.25	0.00	731.01	0.00	0.00	0.00	-456.88
14 COMB01							
	0.00	13.61	-1076.05	0.00	0.00	0.00	-561.64
	3.1E-01	13.61	-824.02	0.00	0.00	0.00	-264.75
	6.3E-01	13.61	-572.00	0.00	0.00	0.00	-46.63
	9.4E-01	13.61	-319.97	0.00	0.00	0.00	92.74
	1.25	13.61	-67.95	0.00	0.00	0.00	153.36
14 COMB02							
	0.00	9.98	-780.09	0.00	0.00	0.00	-407.02
	3.1E-01	9.98	-597.34	0.00	0.00	0.00	-191.80
	6.3E-01	9.98	-414.59	0.00	0.00	0.00	-33.69
	9.4E-01	9.98	-231.83	0.00	0.00	0.00	67.32
	1.25	9.98	-49.08	0.00	0.00	0.00	111.21
15 COMB01							
	0.00	13.61	-67.95	0.00	0.00	0.00	153.36
	3.1E-01	13.61	184.08	0.00	0.00	0.00	135.21
	6.3E-01	13.61	436.10	0.00	0.00	0.00	38.31
	9.4E-01	13.61	688.13	0.00	0.00	0.00	-137.35
	1.25	13.61	940.15	0.00	0.00	0.00	-391.77
15 COMB02							
	0.00	9.98	-49.08	0.00	0.00	0.00	111.21
	3.1E-01	9.98	133.67	0.00	0.00	0.00	97.99
	6.3E-01	9.98	316.43	0.00	0.00	0.00	27.66
	9.4E-01	9.98	499.18	0.00	0.00	0.00	-99.77
	1.25	9.98	681.93	0.00	0.00	0.00	-284.32
16 COMB01							
	0.00	9.46	-1008.10	0.00	0.00	0.00	-406.00
	3.1E-01	9.46	-756.08	0.00	0.00	0.00	-130.35
	6.3E-01	9.46	-504.05	0.00	0.00	0.00	66.54
	9.4E-01	9.46	-252.02	0.00	0.00	0.00	184.68
	1.25	9.46	0.00	0.00	0.00	0.00	224.06
16 COMB02							
	0.00	7.01	-731.01	0.00	0.00	0.00	-294.51
	3.1E-01	7.01	-548.26	0.00	0.00	0.00	-94.62
	6.3E-01	7.01	-365.51	0.00	0.00	0.00	48.15
	9.4E-01	7.01	-182.75	0.00	0.00	0.00	133.82
	1.25	7.01	0.00	0.00	0.00	0.00	162.37
17 COMB01							
	0.00	9.46	0.00	0.00	0.00	0.00	224.06
	3.1E-01	9.46	252.02	0.00	0.00	0.00	184.68
	6.3E-01	9.46	504.05	0.00	0.00	0.00	66.54
	9.4E-01	9.46	756.08	0.00	0.00	0.00	-130.35
	1.25	9.46	1008.10	0.00	0.00	0.00	-406.00
17 COMB02							
	0.00	7.01	0.00	0.00	0.00	0.00	162.37

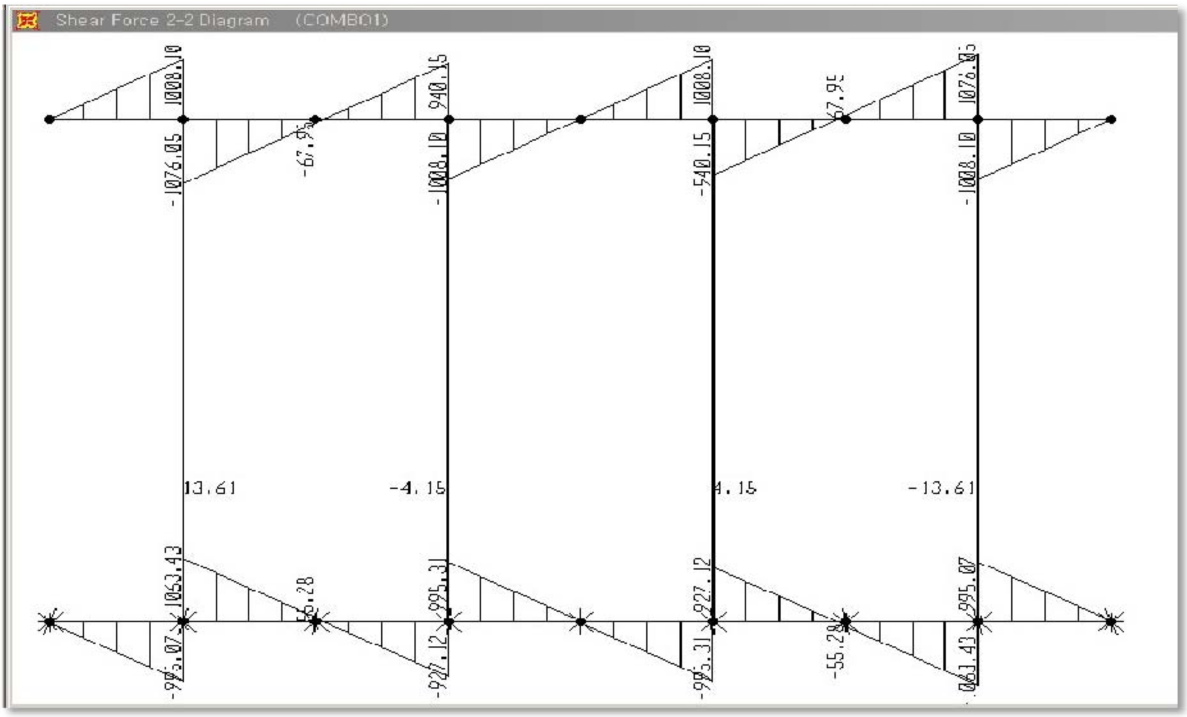
	3.1E-01	7.01	182.75	0.00	0.00	0.00	133.82
	6.3E-01	7.01	365.51	0.00	0.00	0.00	48.15
	9.4E-01	7.01	548.26	0.00	0.00	0.00	-94.62
	1.25	7.01	731.01	0.00	0.00	0.00	-294.51
18 COMB01							
	0.00	13.61	-940.15	0.00	0.00	0.00	-391.77
	3.1E-01	13.61	-688.13	0.00	0.00	0.00	-137.35
	6.3E-01	13.61	-436.10	0.00	0.00	0.00	38.31
	9.4E-01	13.61	-184.08	0.00	0.00	0.00	135.21
	1.25	13.61	67.95	0.00	0.00	0.00	153.36
18 COMB02							
	0.00	9.98	-681.93	0.00	0.00	0.00	-284.32
	3.1E-01	9.98	-499.18	0.00	0.00	0.00	-99.77
	6.3E-01	9.98	-316.43	0.00	0.00	0.00	27.66
	9.4E-01	9.98	-133.67	0.00	0.00	0.00	97.99
	1.25	9.98	49.08	0.00	0.00	0.00	111.21
19 COMB01							
	0.00	13.61	67.95	0.00	0.00	0.00	153.36
	3.1E-01	13.61	319.97	0.00	0.00	0.00	92.74
	6.3E-01	13.61	572.00	0.00	0.00	0.00	-46.63
	9.4E-01	13.61	824.02	0.00	0.00	0.00	-264.75
	1.25	13.61	1076.05	0.00	0.00	0.00	-561.64
19 COMB02							
	0.00	9.98	49.08	0.00	0.00	0.00	111.21
	3.1E-01	9.98	231.83	0.00	0.00	0.00	67.32
	6.3E-01	9.98	414.59	0.00	0.00	0.00	-33.69
	9.4E-01	9.98	597.34	0.00	0.00	0.00	-191.80
	1.25	9.98	780.09	0.00	0.00	0.00	-407.02
20 COMB01							
	0.00	0.00	-1008.10	0.00	0.00	0.00	-630.06
	3.1E-01	0.00	-756.08	0.00	0.00	0.00	-354.41
	6.3E-01	0.00	-504.05	0.00	0.00	0.00	-157.52
	9.4E-01	0.00	-252.02	0.00	0.00	0.00	-39.38
	1.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
20 COMB02							
	0.00	0.00	-731.01	0.00	0.00	0.00	-456.88
	3.1E-01	0.00	-548.26	0.00	0.00	0.00	-257.00
	6.3E-01	0.00	-365.51	0.00	0.00	0.00	-114.22
	9.4E-01	0.00	-182.75	0.00	0.00	0.00	-28.56
	1.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

20.2 부재력도

1) 모멘트도



2) 전단력도



20.3 OUTPUT 결과 요약

극한하중에 의한 최대 단면력

구분		휨모멘트	전단력
상부슬래브	중앙	224.06	0
	지점	-630.06	1076.05
하부슬래브	중앙	-169.18	0
	지점	629.84	1063.43

21. 거더 철근량검토

【 복철근보 : 상부거더-중앙부 】

```
├──── b = 900.0 mm ────┤
│                      │
┌──────────────────────┐  ──┬          fck = 24 MPa,  fy = 300 MPa
│  .  .  .  .  .  .  . │    │
│   As' =  3212.0 mm²  │    │           k1 = 0.85, Φf = 0.85, Φv = 0.80
│          5.0-D29     │    │
│                      │    │          인장피복 = 100.0 mm,  압축피복 = 100.00 mm
│                      │    │          인장중심 = 100.0 mm,  압축중심 = 100.00 mm
│                      │    │
│                      │ d = 1100.0 mm
│                      │(H = 1200.0 mm)
│                      │    │
│                      │    │        * 설계 하중
│          5.0-D25     │    │        - 모멘트 =  224.060 kN.m
│   As  =  2533.5 mm²  │    │        - 전단력 =    0.000 kN
│ . . . . . . . . . . .│  ──┴
└──────────────────────┘
```

* 철근비 검토 (중립축 = 8.0 mm : 압축철근 무시)

- ρ   =   2533.5 / (900.0 x 1100.0) = 0.00256
- ρ'   =   3212.0 / (900.0 x 1100.0) = 0.00324
- ρb   = 0.85 x fck x K1 / fy x 600 / (600 + fy) = 0.03853
- ρmax = 0.75 x ρb   = 0.02890
- ρmin : 14 / fy   = 0.00467
  - 0.80 √fck / fy   = 0.00408   ,   ρmin = 0.00467 적용

ρmax ≥ ρuse, As ≥ As(req) x 4/3 → 철근비 만족,   ∴ O.K (콘.설 6.3.2)

* 휨에 대한 검토

Mn = 2533.5 x 300 x (1100.0 - 41.4/2) = 820.3

; a = 2533.5 x 300 / (0.85 x 24 x 900.00) = 41.4

ΦMn = 0.85 x 820.323

= 697.275 kN.m ≥ 224.060 kN.m [안전율 : 3.11]   ∴ O.K

♀

【 복철근보 : 상부거더-지점부 】

```
├────── b = 900.0 mm ──────┤
│                           │
┌───────────────────────────┐   ──┬          fck = 24 MPa,  fy = 300 MPa
│   .   .   .   .   .   .   │     │
│    As' =  2533.5 mm²      │     │           k1 = 0.85, Φf = 0.85, Φv = 0.80
│            5.0-D25        │     │
│                           │     │          인장피복 = 100.0 mm,  압축피복 = 100.00 mm
│                           │     │          인장중심 = 100.0 mm,  압축중심 = 100.00 mm
│                           │     │
│                           │ d = 1100.0 mm
│                           │(H = 1200.0 mm)
│                           │     │
│                           │     │         * 설계 하중
│            5.0-D29        │     │         - 모멘트 =  630.060 kN.m
│    As  =  3212.0 mm²      │     │         - 전단력 = 1076.050 kN
│ . . . . . . . . . . . . . │   ──┴
└───────────────────────────┘
```

* 철근비 검토 (중립축 = 8.2 mm : 압축철근 무시)

- ρ = 3212.0 / (900.0 x 1100.0) = 0.00324
- ρ' = 2533.5 / (900.0 x 1100.0) = 0.00256
- ρb = 0.85 x fck x K1 / fy x 600 / (600 + fy) = 0.03853
- ρmax = 0.75 x ρb = 0.02890
- ρmin : 14 / fy = 0.00467

  0.80 $\sqrt{fck}$ / fy = 0.00408 , ρmin = 0.00467 적용

$\rho max \geq \rho use$, As ≥ As(req) x 4/3 → 철근비 만족, ∴ O.K (콘.설 6.3.2)

* 휨에 대한 검토

Mn = 3212.0 x 300 x (1100.0 - 52.5/2) = 1034.7

; a = 3212.0 x 300 / (0.85 x 24 x 900.00) = 52.5

ΦMn = 0.85 x 1034.673

= 879.472 kN.m ≥ 630.060 kN.m [안전율 : 1.40] ∴ O.K

♀

【 깊은 보 : 상부거더-지점부 】

* 단면제원 및 설계가정

B (mm)	Ln (mm)	d (mm)	Vu(kN)	fck(MPa)	fy(MPa)
900.0	1300.0	1100.0	1076.050	24.000	300.000

* 최대전단강도 검토

ΦMax Vn = Φ x 2 x $\sqrt{fck}$ / 3 x b x d
= 0.80 x 2 x $\sqrt{24}$ / 3 x 900.00 x 1100.00
= 2586.661 kN ≥ Vu(= 1076.050 kN) ∴ O.K

* 콘크리트의 전단강도

ΦVc = 0.80 x 1/6 x $\sqrt{fck}$ x b x d
= 0.80 x 1/6 x $\sqrt{24}$ x 900.00 x 1100.00 = 646.665 kN
< Vu (= 1076.050 kN) , 전단보강 필요.

* 전단철근의 전단강도

ⓐ 수직 전단철근

s = 125.00 mm ≤ d/5 또는 400 mm ∴ O.K

Av = D19 - 4.0 EA (=1146.000 mm^2) ≥ 0.0015 x b x s (=168.750 mm^2) ∴ O.K

ⓑ 수평 전단철근

sh = 0.00 mm ≤ d/3 또는 400 mm ∴ O.K

Avh = D0 - 0.0 EA (=0.000 mm^2) ≥ 0.0025 x b x sh (=0.000 mm^2) ∴ O.K

→ Vs = [Av/s x (1+Ln/d)/12 + Avh/sh x (11-Ln/d)/12] x fy x d = 550.080 kN

* 설계 전단강도

ΦVn = Φ x (Ss + Sc) = 0.80 x (550.080 + 808.332)
= 1086.729 kN ≥ Vu(= 1076.050 kN) ∴ O.K

♀

【 복철근보 : 하부거더-중앙부 】

```
├────── b =1400.0 mm ──────┤
│                           │
┌───────────────────────────┐   ──┬          fck = 24 MPa,  fy = 300 MPa
│   .   .   .   .   .   .   │     │
│    As' =  6193.6 mm²      │     │           k1 = 0.85, Φf = 0.85, Φv = 0.80
│            8.0-D22        │     │
│            8.0-D22        │     │          인장피복 = 100.0 mm,  압축피복 = 100.00 mm
│                           │     │          인장중심 = 150.0 mm,  압축중심 = 150.00 mm
│                           │     │
│                           │ d = 2150.0 mm
│                           │(H = 2300.0 mm)
│                           │     │
│                           │     │        * 설계 하중
│            8.0-D22        │     │        - 모멘트 =  169.180 kN.m
│    As  =  6193.6 mm²      │     │        - 전단력 =    0.000 kN
│  . . . . . . . . . . . .  │   ──┴
└───────────────────────────┘
```

* 철근비 검토 (중립축 = 11.8 mm : 압축철근 무시)

- ρ   =   6193.6 / (1400.0 x 2150.0) = 0.00206
- ρ'   =   6193.6 / (1400.0 x 2150.0) = 0.00206
- ρb   = 0.85 x fck x K1 / fy x 600 / (600 + fy) = 0.03853
- ρmax = 0.75 x ρb   = 0.02890
- ρmin : 14 / fy   = 0.00467

  0.80 √fck / fy   = 0.00408   ,   ρmin = 0.00467 적용

ρmax ≥ ρuse, As ≥ As(req) x 4/3 → 철근비 만족,   ∴ O.K (콘.설 6.3.2)

* 휨에 대한 검토

Mn = 6193.6 x 300 x (2150.0 - 65.1/2) = 3934.4

; a = 6193.6 x 300 / (0.85 x 24 x 1400.00) = 65.1

ΦMn = 0.85 x 3934.430

= 3344.265 kN.m ≥ 169.180 kN.m [안전율 : 19.77]   ∴ O.K

♀

【 복철근보 : 하부거더-지점부 】

```
├──── b =1400.0 mm ────┤
│                          │
┌─────────────┐   ─┬─          fck = 24 MPa,  fy = 300 MPa
│   .   .   .   .   .   .   │     │
│    As' =  6193.6 mm²      │     │           k1 = 0.85, Φf = 0.85, Φv = 0.80
│            8.0-D22        │     │
│            8.0-D22        │     │          인장피복 = 100.0 mm,  압축피복 = 100.00 mm
│                           │     │          인장중심 = 150.0 mm,  압축중심 = 150.00 mm
│                           │     │
│                           │ d = 2150.0 mm
│                           │(H = 2300.0 mm)
│                           │     │
│                           │     │        * 설계 하중
│            8.0-D22        │     │        - 모멘트 =  629.840 kN.m
│    As  =  6193.6 mm²      │     │        - 전단력 = 1063.430 kN
│ . . . . . . . . . . . . . │   ─┴─
└─────────────┘
```

* 철근비 검토 (중립축 = 11.8 mm : 압축철근 무시)
- ρ = 6193.6 / (1400.0 x 2150.0) = 0.00206
- ρ' = 6193.6 / (1400.0 x 2150.0) = 0.00206
- ρ_b = 0.85 x fck x K1 / fy x 600 / (600 + fy) = 0.03853
- ρ_{max} = 0.75 x ρ_b = 0.02890
- ρ_{min} : 14 / fy = 0.00467

  0.80 $\sqrt{fck}$ / fy = 0.00408 , ρ_{min} = 0.00467 적용

  $\rho_{max} \geq \rho_{use}$, As $\geq$ As(req) x 4/3 → 철근비 만족, ∴ O.K (콘.설 6.3.2)

* 휨에 대한 검토

Mn = 6193.6 x 300 x (2150.0 - 65.1/2) = 3934.4

; a = 6193.6 x 300 / (0.85 x 24 x 1400.00) = 65.1

ΦMn = 0.85 x 3934.430

= 3344.265 kN.m ≥ 629.840 kN.m [안전율 : 5.31] ∴ O.K

♀

【 깊은 보 : 하부거더-지점부 】

* 단면제원 및 설계가정

B (mm)	Ln (mm)	d (mm)	Vu(kN)	fck(MPa)	fy(MPa)
1400.0	1300.0	2150.0	1063.430	24.000	300.000

* 최대전단강도 검토

ΦMax Vn = Φ x 2 x $\sqrt{fck}$ / 3 x b x d

= 0.80 x 2 x $\sqrt{24}$ / 3 x 1400.00 x 2150.00

= 7864.495 kN ≥ Vu(= 1063.430 kN) ∴ O.K

* 콘크리트의 전단강도

ΦVc = 0.80 x 1/6 x $\sqrt{fck}$ x b x d

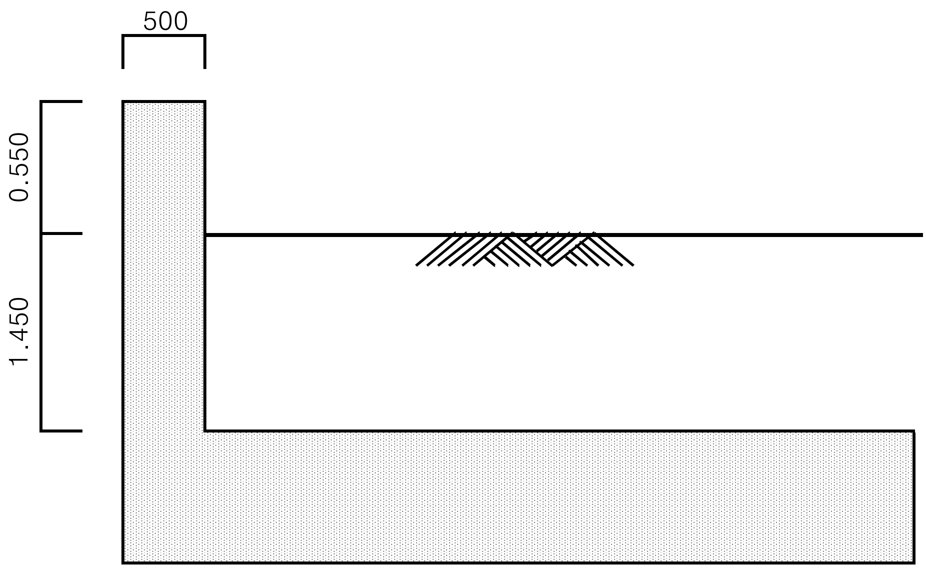
= 0.80 x 1/6 x $\sqrt{24}$ x 1400.00 x 2150.00 = 1966.124 kN

≥ Vu (= 1063.430 kN) , 전단보강 불필요.

22. 방호벽 및 날개벽 설계

22.1 방호벽 설계

정지토압계수 : 0.5



작용토압

$= 1 / 2 \times 19 \times 1.450^{2} \times 0.5$

$= 9.987$ kN

토압 작용 높이

하단에서 0.48333

작용 모멘트

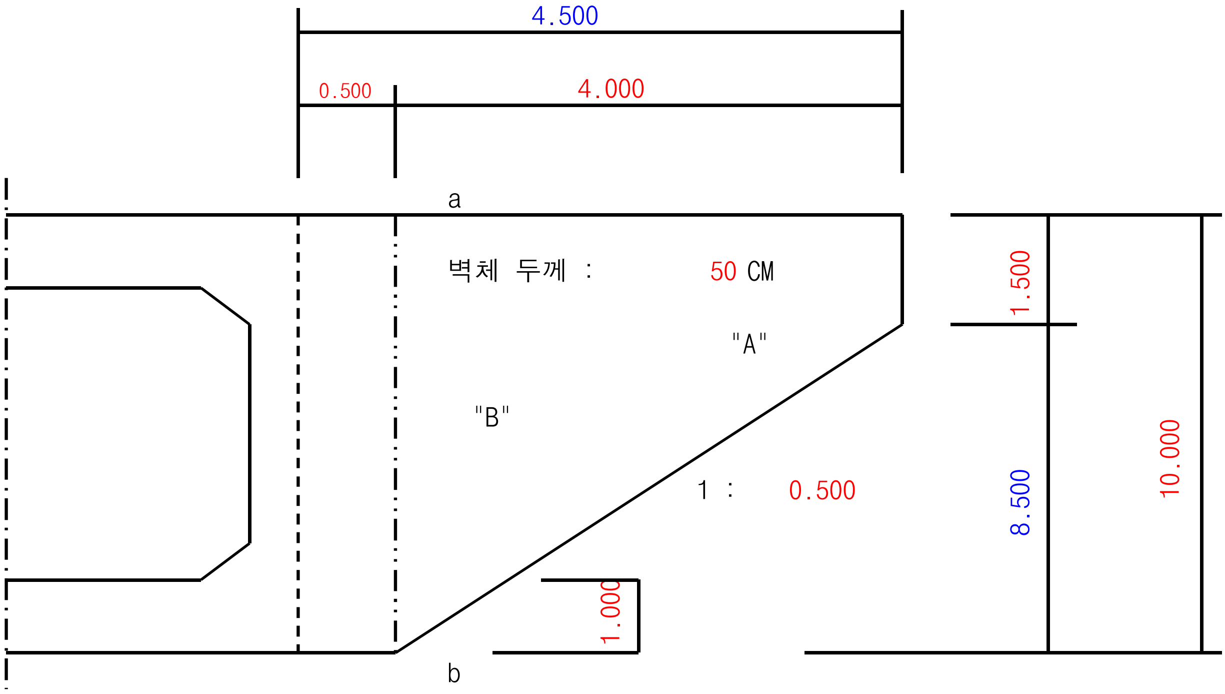
$= 1.8 \times 9.987 \times 0.483333$

$= 8.69$ kN-m

작용전단력

$= 9.987$ kN

22.2 날개벽 설계



1) 설 계 조 건

· 지 표 재 하 하 중	:	q =	10.000	kNf/m
· 뒷채움재 단위중량	:	ɣ =	19.000	kNf/m3
· 내 부 마 찰 각	:	ϕ =	30.00	°
· 정 지 토 압 계 수	:	Ko = (1 − sinϕ)	=	0.500

2) 단 면 력 계 산

(1) "A" 구간

$SD = 1/2 \cdot ɣt \cdot KO \cdot \{L1^3/(3 \cdot n^2) + L1^2/n \cdot (H1 + q/ɣt) + L1 \cdot H1 \cdot (H1 + 2 \cdot q/ɣt)\}$

$= 1/2 \times 19.0 \times 0.500 \times \{ 4.000^3 / (3 \times 0.500^2) + 4.000^2 / 0.500 \times (1.500 + 10.000 / 19.0) + 4.000 \times 1.500 \times (1.500 + 2 \times 10.0 / 19.0) \} = 786.083$ kNf

$MD = 1/2 \cdot ɣt \cdot KO \cdot \{L1^4/(12 \cdot n^2) + L1^3/(3 \cdot n) \cdot (H1 + q/ɣt) + L1^2 \cdot H1/2 \cdot (H1 + 2q/ɣt)\}$

$= 1/2 \times 19.0 \times 0.500 \times \{ 4.000^4 / (12 \times 0.500^2) + 4.000^3 / (3 \times 0.500) \times (1.500 + 10.0 / 19.0) + 4.000^2 \times 1.500 / 2 \times (1.500 + 2 \times 10.0 / 19.0) \}$

$= 961.500$ kNf · m

(2) "B" 구간

$SA = 1/2 \cdot \gamma t \cdot K0 \cdot (H2 + 2qH/\gamma t) \cdot L2$

$= 1 / 2 \times 19.0 \times 0.500 \times (10.000^2 + 2 \times 10.0 \times 10.000 / 19.0) \times 0.500 = 262.500$ kNf

$MA = 1/4 \cdot \gamma t \cdot K0 \cdot (H2 + 2qH/\gamma t) \cdot L2^2$

$= 1 / 4 \times 19.0 \times 0.500 \times (10.000^2 + 2 \times 10.0 \times 10.000 / 19.0) \times 0.500^2 = 65.625$ kNf · m

∴ a - b 부분에 대한 설계단면력은

$Su = 1.8 \cdot (SD + SA)/H = 1.8 \times (786.083 + 262.500) / 10.000$

$= 188.745$ kNf/m

$Mu = 1.8 \cdot (MD + MA + SD \cdot L2)/H$

$= 1.8 \times (961.500 + 65.625 + 786.083 \times 0.500) / 10.000$

$= 255.630$ kNf/m

22.3 단면검토

【 단철근보 : 캐노피 】

* 단면제원 및 설계가정

fck = 24 MPa, fy = 300 MPa, k1 = 0.85, Φf = 0.85, Φv = 0.75

B (mm)	H (mm)	d (mm)	피복(mm)	Mu (kN.m)	Vu (kN)
1000.0	500.0	400.0	100.0	8.690	9.980

* 필요철근량 산정

Mu / Φ = As x fy x (d - a/2) ---------------- ①

a = As x fy / (0.85 x fck x b) ---------------- ②

식②를 식①에 대입하여 이차방정식으로 As를 구한다

$$\frac{fy^2}{2 \times 0.85 \times fck \times b} As^2 - fy \times d \times As + \frac{Mu}{\Phi} = 0 , As = 85.330 \ mm^2$$

* 사용철근량 = 954.0 mm² (철근도심 : 100.0 mm) , [사용률 = 11.181]

1단 : D19 - 3.3 EA (= 954.0 mm²)

* 철근비 검토

ρmin : 1.4 / fy = 0.00467

0.25 √fck / fy = 0.00408 , ρmin = 0.00467 적용

수축온도철근비 = 0.00200

ρmax = 0.75 x Pb = 0.75 x k1 x Φx (fck / fy) x {600 / (600 + fy)} = 0.02890

ρuse = As / bd = 0.00239

ρmax ≥ ρuse, As ≥ As(req) x 4/3 → 철근비 만족, ∴ O.K (콘.설 6.3.2)

* 휨에 대한 검토

ΦMn = 0.85 x 954.045 x 300 x (400.00 - a/2) = 95.606 kN.m

; a = As x fy / (0.85 x fck x b) = 14.030 mm

≥ Mu (= 8.690 kN.m) ∴ O.K [안전률 11.002]

* 전단에 대한 검토 (d = 400.00 mm)

ΦVc = 0.75 x 1/6 x √fck x b x d

= 0.75 x 1/6 x √24 x 1000.00 x 400.00 = 261.279 kN

≥ Vu (= 9.980 kN) , 전단보강 불필요.

♀

【 단철근보 : 날개벽 】

* 단면제원 및 설계가정

fck = 24 MPa, fy = 300 MPa, k1 = 0.85, Φf = 0.85, Φv = 0.75

B (mm)	H (mm)	d (mm)	피복(mm)	Mu (kN.m)	Vu (kN)
1000.0	500.0	400.0	100.0	255.630	188.745

* 필요철근량 산정

Mu / Φ = As x fy x (d - a/2) ---------------- ①

a = As x fy / (0.85 x fck x b) ---------------- ②

식②를 식①에 대입하여 이차방정식으로 As를 구한다

$$\frac{fy^2}{2 \times 0.85 \times fck \times b} As^2 - fy \times d \times As + \frac{Mu}{\Phi} = 0 \text{ , } As = 2633.682 \text{ mm}^2$$

* 사용철근량 = 3379.7 mm^2 (철근도심 : 100.0 mm) , [사용률 = 1.283]

1단 : D25 - 6.7 EA (= 3379.7 mm^2)

* 철근비 검토

ρmin : 1.4 / fy = 0.00467

0.25 √fck / fy = 0.00408 , ρmin = 0.00467 적용

수축온도철근비 = 0.00200

ρmax = 0.75 x Pb = 0.75 x k1 x Φx (fck / fy) x {600 / (600 + fy)} = 0.02890

ρuse = As / bd = 0.00845

ρmax ≥ ρuse ≥ρmin → 철근비 만족, ∴ 0.K

* 휨에 대한 검토

ΦMn = 0.85 x 3379.689 x 300 x (400.00 - a/2) = 323.311 kN.m

; a = As x fy / (0.85 x fck x b) = 49.701 mm

≥ Mu (= 255.630 kN.m) ∴ 0.K [안전률 1.265]

* 전단에 대한 검토 (d = 400.00 mm)

ΦVc = 0.75 x 1/6 x √fck x b x d

= 0.75 x 1/6 x √24 x 1000.00 x 400.00 = 261.279 kN

≥ Vu (= 188.745 kN) , 전단보강 불필요.

23. 지지력 검토

23.1 지반의 허용연직지지력 : Terzaghi식 사용

$Qu = \alpha\ c\ Nc + q\ Nq + \beta\ r1\ B'\ Nr$

Qu : 하중의 편심을 고려한 지반의 극한지지력(kN)

c : 지반의 점착력 (kN/m²)

q : 상재하중(kN/m²), q = r2 x Df

r1,r2 : 지지지반 및 근입지반의 단위중량(kN/m³)

B : 기초의 폭(m) = B'

Df : 기초의 유효근입 깊이(m)

α , β : 기초의 형상계수

Nc,Nq,Nr : 지지력 계수 (Nc = 31.620, Nq = 17.810, Nr = 13.700)

c = 15.000 kN/m² , r1= 19.000 kN/m³ , r2= 19.000 kN/m³

Df = 1.200 m B = 10.900 m q = 9.600 kN/m²

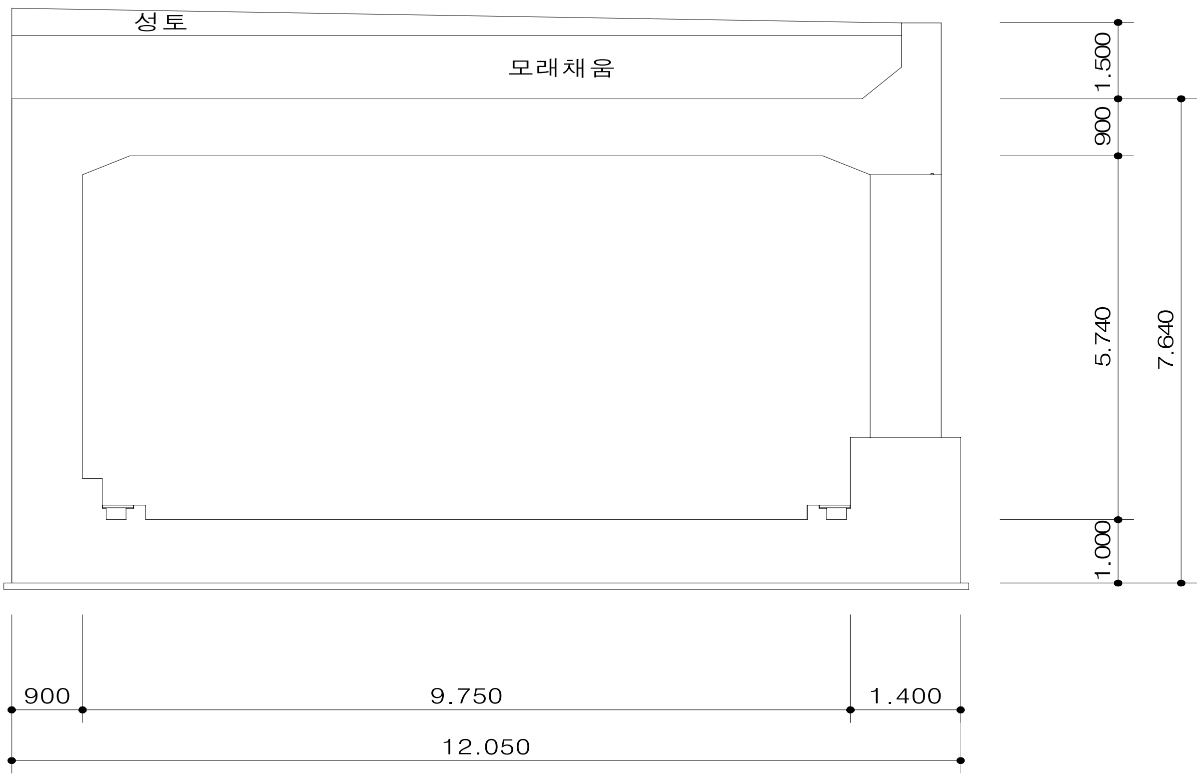
$Qu = 1.0 \times 1.50 \times 31.620 + 0.960 \times 17.810$

$+ 0.50 \times 0.80 \times 10.90 \times 13.700 = 124.3$ ton/m²

∴ Qa = Qu / 3 = 1,243.00 / 3 = 414.333 kN/m²

23.2 구 조 물 반 력

1) 피암터널 단면도



2) 지반반력 산정

(1) 자중 : (12.050 x 7.640 - 9.750 x 5.740) x 25	=	902.425	kN/m
(2) 상재하중 : 1.500 x 19.0 x 12.050	=	343.425	kN/m
(3) 포장하중 : 4.600 x 9.750	=	44.850	kN/m
(4) 차량활하중 : 96.00 x 4EA	=	384.000	kN/m
합 계	=	1674.700	kN/m

작용반력(Q) = 1674.700 / 12.050 = 138.979 kN/㎡

∴ qa = 414.333 kN/㎡ > 작용반력(Q) = 138.979 kN/㎡ ∴ O.K