코핑부 철근 설계 개선방안 검토

제공처 : 한국도로공사 설계처

출처 : 2011년도 고속도로 설계 실무자료집(2012, 한국도로공사)

1. 일반현황

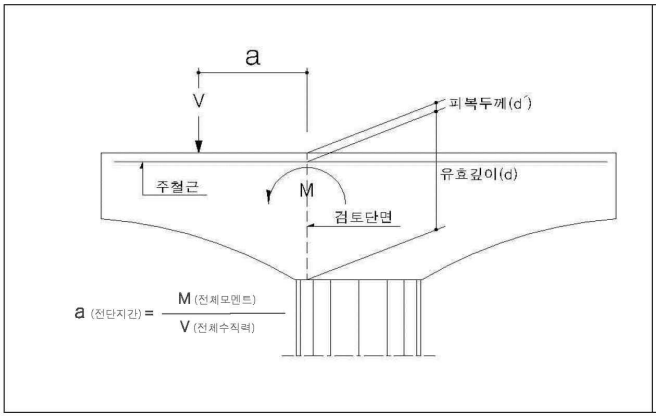
(1) 대부분의 교각 코핑부는 교좌장치의 집중하중, 높이가 큰 기하하적 형상 등으로 인해 일반적인 보 이론이 적용되기 어렵고,

(2) 이로 인해 복잡, 조밀한 철근 배근으로 시공성이 저하되므로, 이에 대한 개선방안 마련코자 함.

2. 현황 및 문제점

(1) 코핑부 현설계 기준 및 문제점

(1.1) 구조계산 시 브라켓/캔틸레버, 깊은보 등 각각 검토 후 필요 철근량 일괄 배근



- 깊은보 검토
  l_n = 2a
  l_n/d ≤ 5
- 브라켓 검토
  a/d ≤ 1
- 캔틸레버로 검토
  a/d > 1

(1.2) 경험식에 의존하고, 선형적 이론을 근거한 해석

(1.2.1) 불필요한 곳에 철근 과다 또는 필요한 곳에 철근 부족 가능성

(1.2.2) 위험단면 전단철근을 전 구간에 걸쳐 사용 : 전단철근 과다

(2) 받침부 현설계 기준 및 문제점

(2.1) 연직 · 수평하중에 대해 콘크리트 지압 · 파열 강도 미 반영

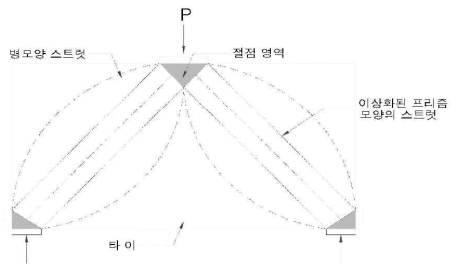
(2.2) 이로 인해 철근량 과다 우려

3. 개선내용

3.1 코핑부(깊은 보) 스트럿-타이 모델 해석 적용

3.1.1 스트럿-타이 모델 적용의 타당성

"스트럿-타이 모델"	<기본개념> o 응력흐름이 균일하지 않은 구간(1)D 영역)을 해석·설계하는 트러스 모델 o 내민받침, 깊은보 등 <기본원리> o 콘크리트는 압축에 강하다 : Compression Strut o 강재는 인장에 강하다 : Tension Tie



(1) D영역의 기존의 설계는 경험적이거나, 어림잡아 설계하였으나, 스트럿-타이 모델은 힘의 흐름을 잘 구현하는 합리적 해석 방법임

(2) 휨, 전단, 축력의 모든 하중 효과를 동시에 고려하여 일관성 확보함.

3.1.2 설계기준

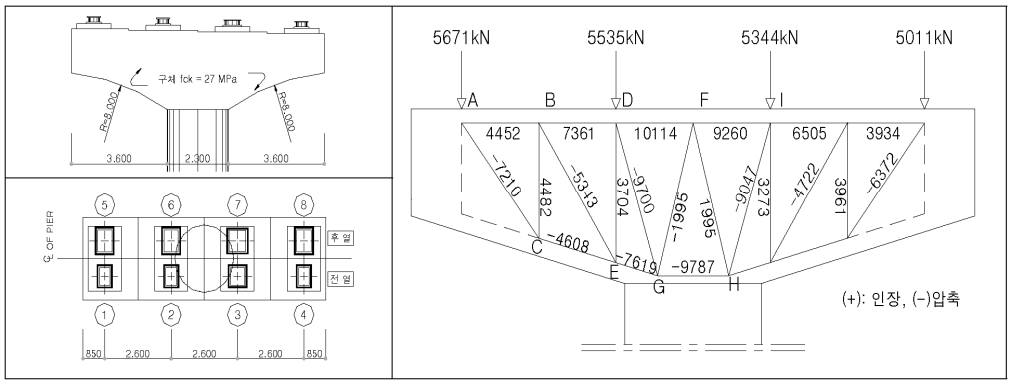
(1) ACI 318-02 설계기준(2002) 10.7.1

(1.1) 기존 경험식에 의존하던 깊은보 전단설계방법을 스트럿-타이 모델로 대체

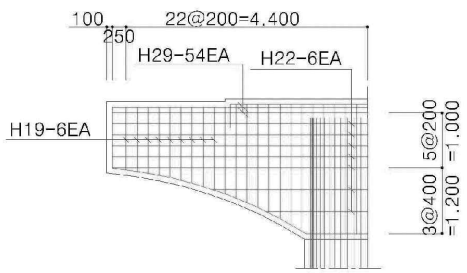
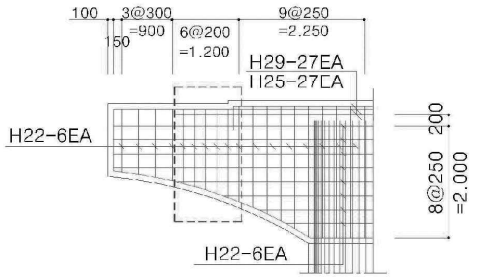
(2) 콘크리트 구조설계기준 해설(2007) 7.8.1

(2.1) 깊은보는 비선형해석 또는 스트럿-타이 모델에 따라 설계하도록 규정

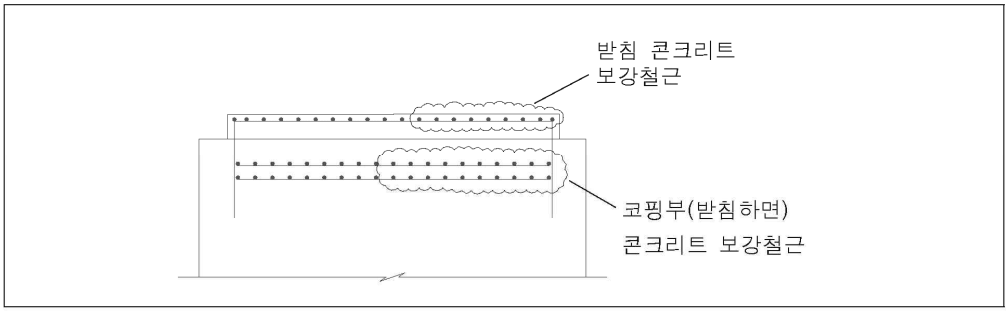
3.1.3 T형 교각의 스트럿-타이 모델 적용도



3.1.4 스트럿-타이 모델 적용 결과 비교

기존 설계방법	개선방안 (스트럿-타이 모델)
	
주철근 : 3.603ton 수직전단철근 : 2.382ton 수평전단철근 : 1.719ton 계 : 7.704ton	주철근 : 2.591ton(감 28%) 수직전단철근 : 2.547ton(증 7%) 수평전단철근 :1.745ton(증 2%) 계 : 6.883ton (감 11%)

3.2 콘크리트 강도를 고려한 받침부 설계



3.2.1 받침콘크리트

(1) 연직 · 수평하중에 대해 콘크리트 강도(지압 · 파열)만으로 대부분 저항 가능

(2) 설계 시 검토하여 최소철근 배치

<받침콘크리트 보강 설계 기준>

o 연직하중에 대한 검토

- 받침콘크리트 높이×2 ≤ 연단거리 : 검토 생략 및 최소철근 보강
- 받침콘크리트 높이×2 > 연단거리 : 검토 필요
  · P (= 계수연직하중 - 콘크리트 지압강도)에 대해 철근 보강

o 수평하중에 대한 검토

- 받침콘크리트 높이×1.5 ≥ 연단거리 : 검토 생략 및 최소철근 보강
- 받침콘크리트 높이×1.5 < 연단거리 : 검토 필요
  · H_8 (= 계수수평하중 - 콘크리트 파열강도)에 대해 철근 보강

3.2.2 코핑부 콘크리트

(1) 연직 · 수평하중에 대해 콘크리트 강도(지압 · 파열)만으로 대부분 저항 가능

(2) 설계 시 검토하여 철근 배근 여부 판단

〈코핑부 콘크리트 보강 설계 기준〉

o 연직하중에 대한 검토

- P (= 계수연직하중 - 콘크리트 지압강도)에 대해 철근 보강

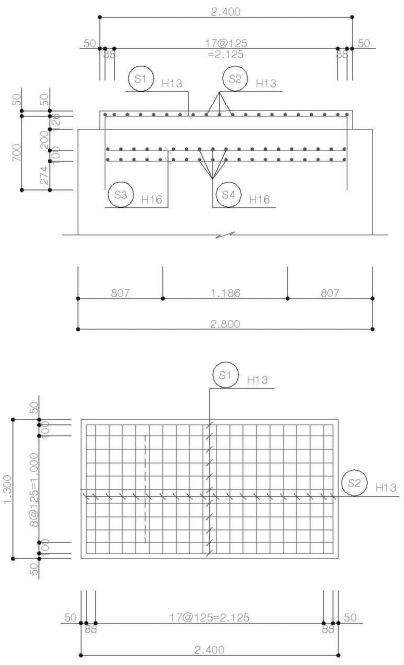
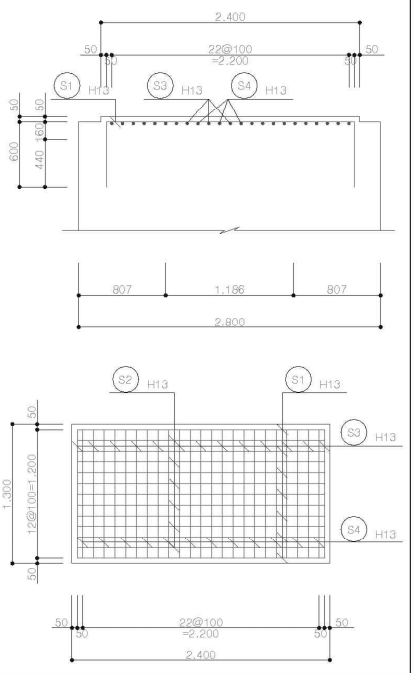
- 보강 철근량 $A_{sn1}=\frac{1}{4}(1-\frac{b_1}{b_c})\frac{P}{f_y}$

o 수평하중에 대한 검토

- H_s(= 계수수평하중 - 콘크리트 파열강도)에 대해 철근 보강

- 보강 철근량 $A_{sn2}=\frac{H_s}{\Phi f_y}$

3.2.3 철근량 및 철근 배근도 비교

구분	기존 설계방법	개선방안
받침 및 코핑부 콘크리트		
	1.003ton	0.368ton

4. 결론

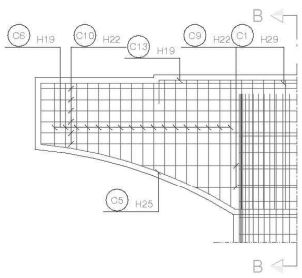
(1) 설계 중 노선 : 본 방침 적용

(2) 공사 중 노선 : 신규 · 변경 설계 교량에 적용

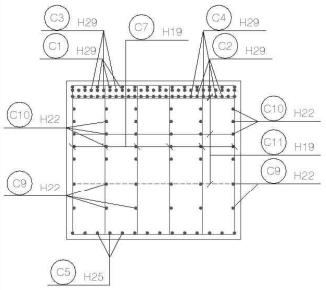
5. 기타

5.1 코핑부 참고

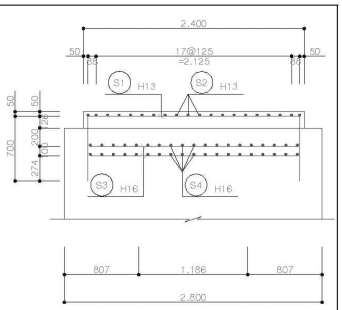
(1) 관련 도면



코핑부 배근도

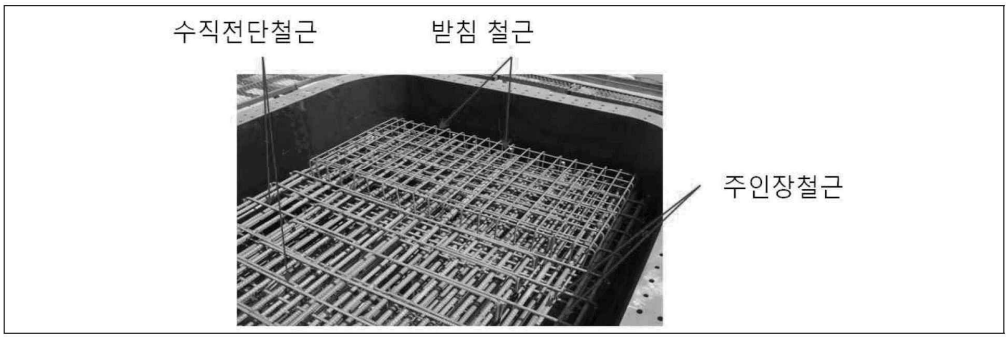


B-B단면



받침부 보강철근 및 받침부 하면 보강철근

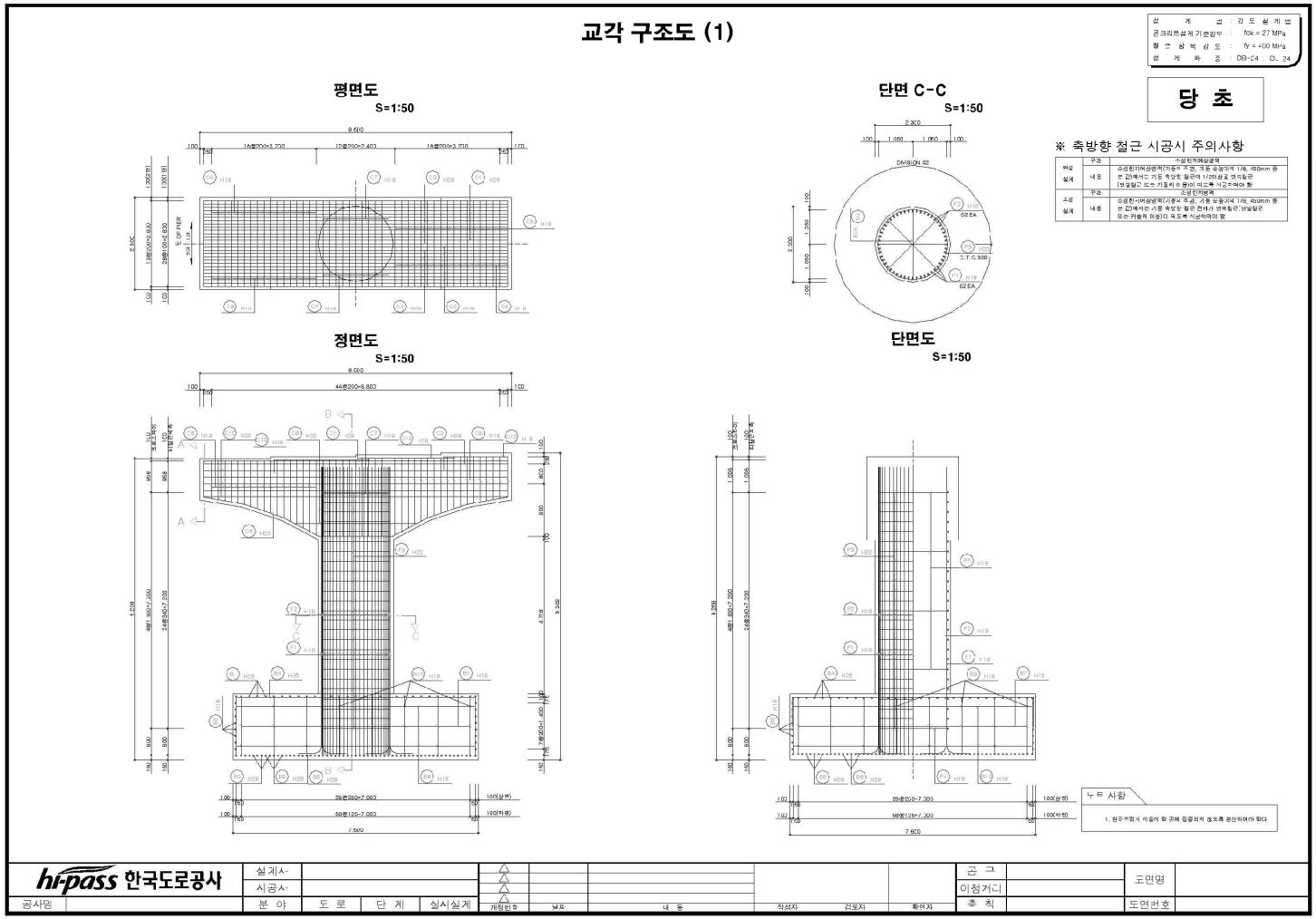
(2) 철근배근 시공 사진



(3) 코핑부 및 기초부 비교

구분	코핑부	기초부	비고
철근량	8.867ton	10.425ton	코핑부는 기초부에 비해 좁은 공간에서 많은 철근 배근
체적	53㎥	141㎥	
철근 종류	주인장철근, 수직전단철근, 수평전단철근, 받침부 보강철근, 하면 보강철근 등	인장철근, 압축철근, 전단철근(또는 조립철근) 등	
철근량/체적	0.167ton/㎥	0.074ton/㎥	

5.2 코핑부 일반도 · 철근 배근도 및 받침철근 배근도(기존 및 개선)

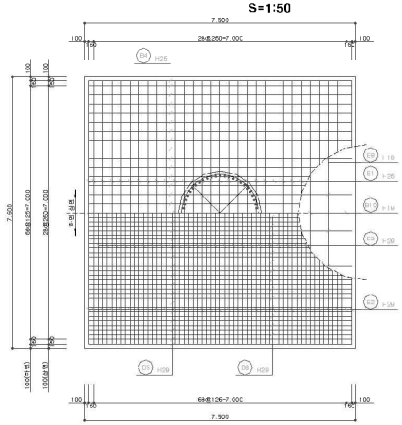


교각 구조도 (2)

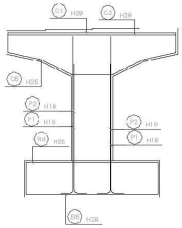
설 계 법	강 도 설 계 법
콘크리트설계기준강도	fck = 27 MPa
철 근 항 복 강 도	fy = 400 MPa
설 계 하 중	DB-24 , DL-24

당 초

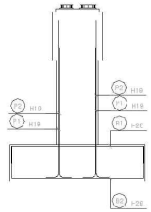
기초 평면도
S=1:50



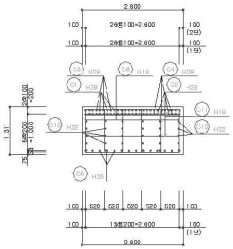
주철근 조립도(정면도) ①CYCLE
S=1:100



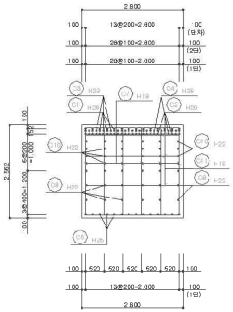
주철근 조립도(단면도) ①CYCLE
S=1:100



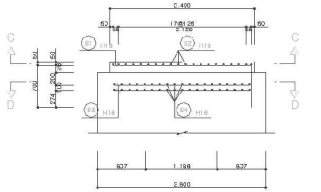
단면 A-A
S=1:50



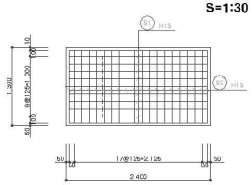
단면 B-B
S=1:50



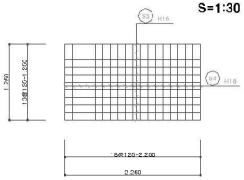
교좌면 보강 철근4 - 전열
S=1:30



단면 C-C 상세4
S=1:30



단면 D-D 상세4
S=1:30



노트 사항

1. 철근스칼싱 규정이 한 곳에 집중되지 않도록 유산하여야 한다.

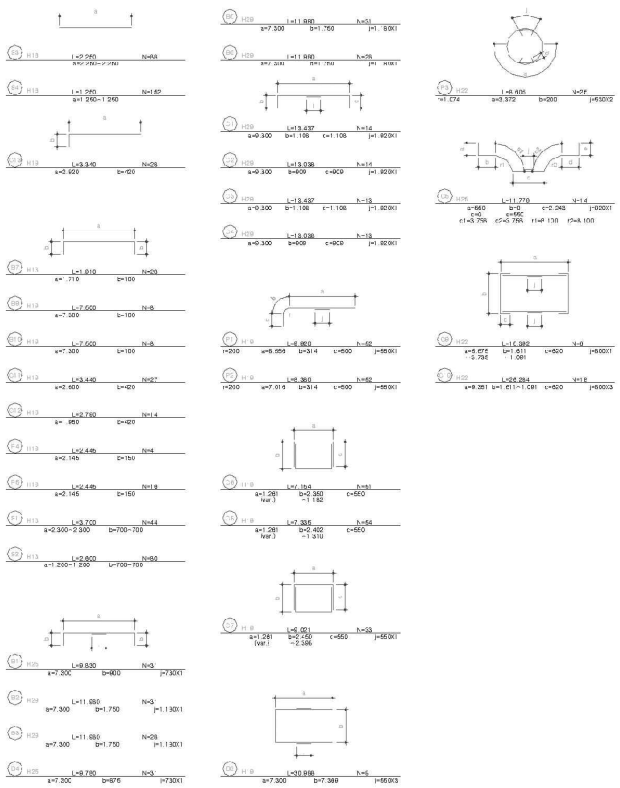
hi-pass 한국도로공사	설계사									공 구		도면명	
	시공사									이성거리			
공사명	분 야	도 로	단 계	실시 설계	개정번호	날짜	내 용	작성자	검토자	확인자	축 척		도면번호	

교각 구조도 (3)

설 계 법	: 강 도 설 계 법
콘크리트설계기준강도	: fck = 27 MPa
철 근 항 복 강 도	: fy = 400 MPa
설 계 하 중	: DB-24 , DL-24

당 초

철근상세



철근재료표

(SD400)

시 호	직 경	길 이 (M)	개 수	총길이 (M)	단위중량 (KG/M)	중량 (TON)	비 중 (TON)
B2	H29	11.950	31	371.380			
B3	"	11.950	28	335.440			
B5	"	11.950	31	371.380			
B9	"	11.950	28	335.440			
C1	"	13.437	14	188.118			
C2	"	13.056	14	182.832			
C3	"	13.437	13	174.681			
C4	"	13.056	13	169.728			
소 계				2128.466	6.040	12.727	11.371(8%)
B1	H26	8.830	31	304.730			
B4	"	9.750	31	303.180			
C5	"	11.779	14	164.906			
소 계				772.816	3.865	3.074	3.290(6%)
C9	H22	15.382	6	92.352			
C10	"	58.954	13	473.179			
F3	"	6.805	25	315.125			
소 계				760.656	3.045	2.373	2.515(9%)
B8	H 9	30.868	8	247.904			
B9	"	7.500	8	60.000			
B10	"	7.500	8	60.000			
C6	"	7.164	51	365.364			
C7	"	9.021	33	297.693			
C8	"	7.336	54	396.096			
C11	"	3.440	27	92.880			
C12	"	2.790	11	30.690			
C13	"	3.340	28	93.520			
F1	"	9.913	62	614.478			
F2	"	8.373	52	435.396			
F4	"	2.445	4	9.780			
F5	"	2.445	16	39.120			
소 계				2861.773	2.260	6.468	6.146(3%)
B3	H 8	2.260	88	198.000			
E4	"	1.260	142	180.000			
소 계				368.000	1.580	0.605	0.823(3%)
D7	H 3	1.810	29	53.490			
S1	"	3.700	44	162.800			
C2	"	2.800	60	200.000			
소 계				424.290	0.895	0.422	0.436(3%)
총 계				7135.979		23.169	24.549

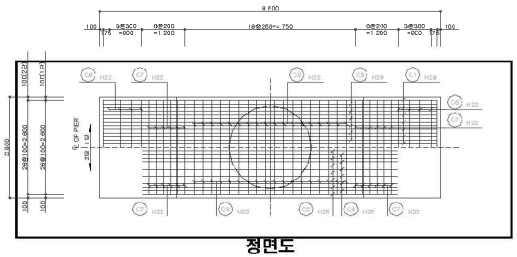
hi-pass 한국도로공사	설계시							공 구		조연경	
	시공사							이성거리			
공사명	분 야	도 로	단 거	실시설계	개정번호	날짜	내 용	작성자	검토자	확인자	측 적		도면번호	

교각 구조도 (1)

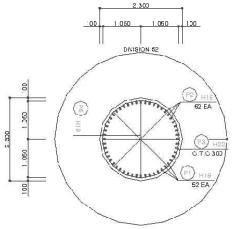
설 계 법	: 강 도 설 계 법
콘크리트 설계기준강도	: f_{ck} = 27 MPa
철 근 항 복 강 도	: f_y = 400 MPa
설 계 하 중	: DB-24 DL-24

변 경

평면도 S=1:50



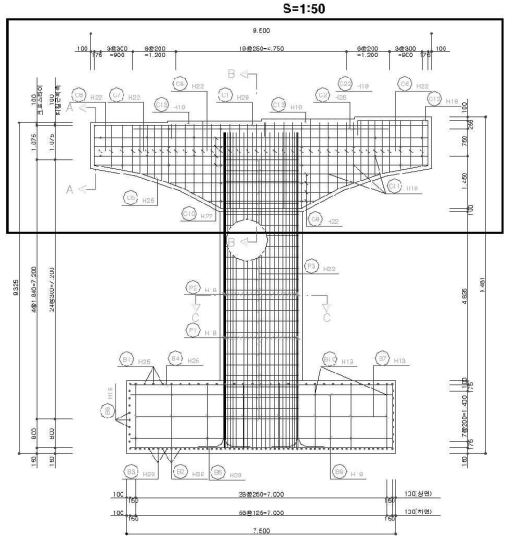
단면 C-C S=1:50



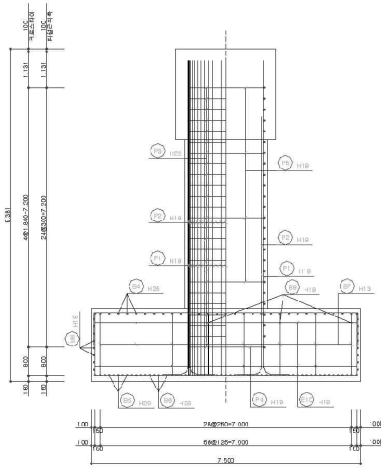
※ 축방향 철근 시공시 주의사항

	구간	소수위계세부목
방수 설계	내용	수설된커버삼열목(기둥의 직경, 기둥 유동이격 1/6, 450mm 중 큰 값)에서는 기둥 축방향 철근의 1/2이상을 연속철근 (반일철근 또는 커플러 이음)이 배치되 시공하여야 함
	구간	소설된커버영역
소중 설계	내용	소설된커버삼열목(기둥의 직경, 기둥 유동이격 1/6, 450mm 중 큰 값)에서는 기둥 축방향 철근 전체가 연속철근(주일철근 또는 커플러 이음)이 배치되 시공하여야 함

정면도 S=1:50



단면도 S=1:50



느트 사항

1. 철근주립시 이음이 한 곳에 집중되지 않도록 균산하여야 한다.

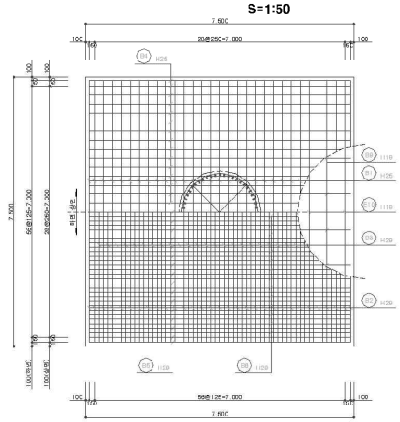
hi-pass 한국도로공사	설계사		△						공 구		도면명	
	시공사		△						이정기리			
공사명	분 야	도 로	단 계	실시설계	△	날짜	내 용	작성자	검토자	확인자	축 척		도면구호	
					개정번호									

교각 구조도 (2)

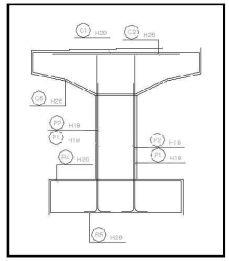
설 계 법	강 도 설 계 법
콘크리트설계기준강도 :	fck = 27 MPa
철 근 항 목 강 도 :	fy = 400 MPa
설 계 하 중	DB-24 DL-24

변 경

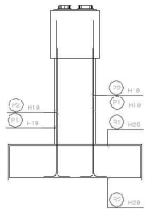
기초 평면도
S=1:50



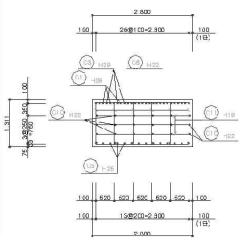
주철근 조립도(정면도) ①CYCLE
S=1:100



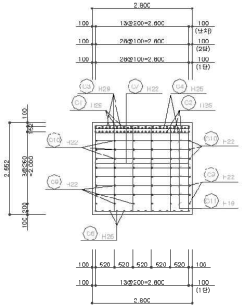
주철근 조립도(단면도) ①CYCLE
S=1:100



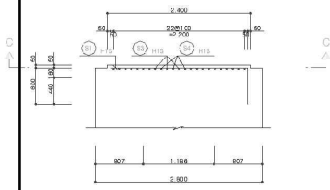
단면 A-A
S=1:50



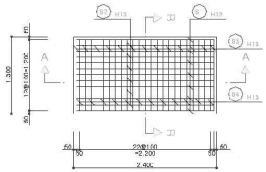
단면 B-B
S=1:50



교좌면 보강 철근4 - 전열
S=1:30



단면 C-C 상세4
S=1:30



노드 사항

1. 합은곡철서 이음이 한 곳에 집중되지 않도록 고산하여야 한다.

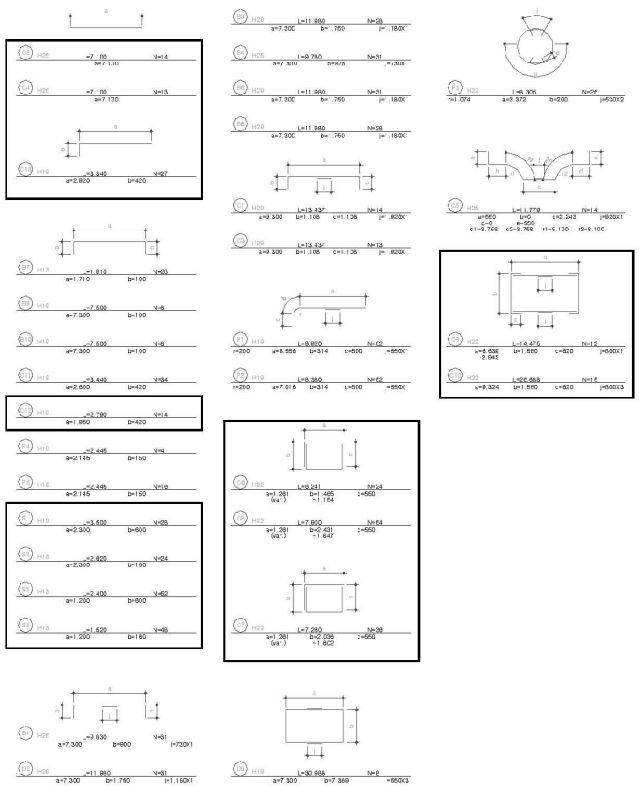
hi-pass 한국도로공사	설계사		△					공 구		도면덩	
	시공사		△					이정거리			
공사명	분 야	도 로 / 단 계 / 실시설계	△	개정번호 / 날짜 / 내 용		작성사	검도사	확인자	축 척		도면번호

교각 구조도 (3)

설 계 법	강 도 설 계 법
콘크리트설계 기준강도	fck = 27 MPa
철 근 항 복 강 도	fy = 400 MPa
설 계 하 중	DB-24 , DL-24

변 경

철 근 상 세



철 근 재 료 표

(CD40) (연결도)

부 재	직 경	길 이	수 량	총 길 이	단위중량	총 중 량	비 고
B2	H29	11.980	31	371.380	(kgf/m)		A30.06
B3	"	11.980	28	335.440			
B5	"	11.980	31	371.380			
B6	"	11.980	28	335.440			
C1	"	12.457	14	380.116			
C3	"	13.427	13	174.581			
소 계				1,478.436	6.080	8.952	9.480
C1	H25	9.805	31	304.730			
B4	"	9.780	31	303.180			
C2	"	7.120	14	99.400			
C4	"	7.120	13	92.500			
C5	"	11.770	14	164.908			
소 계				964.518	2.980	3.038	4.089
C6	H22	8.241	34	160.791			
C7	"	7.280	38	281.360			
C8	"	7.900	54	426.600			
C9	"	14.475	12	73.700			
C10	"	16.668	16	400.200			
F3	"	8.805	25	215.125			
소 계				1638.880	6.040	9.948	3.242
B8	H19	30.868	8	247.004			A30.36
C8	"	7.900	9	80.000			
B10	"	7.520	8	60.000			
C11	"	2.440	34	16.000			
C12	"	2.760	14	38.080			
C13	"	2.240	37	82.180			
F1	"	9.820	32	313.840			
F2	"	9.300	32	435.760			
F4	"	2.445	4	9.780			
F5	"	2.445	16	39.120			
소 계				1514.004	2.250	3.833	3.742
B7	H13	1.810	28	50.440			
B11	"	3.500	28	98.000			
B2	"	2.500	24	62.000			
B3	"	2.400	32	76.800			
B4	"	1.500	48	72.000			
소 계				457.120	0.888	0.406	0.450
총 계						21.781	22.982

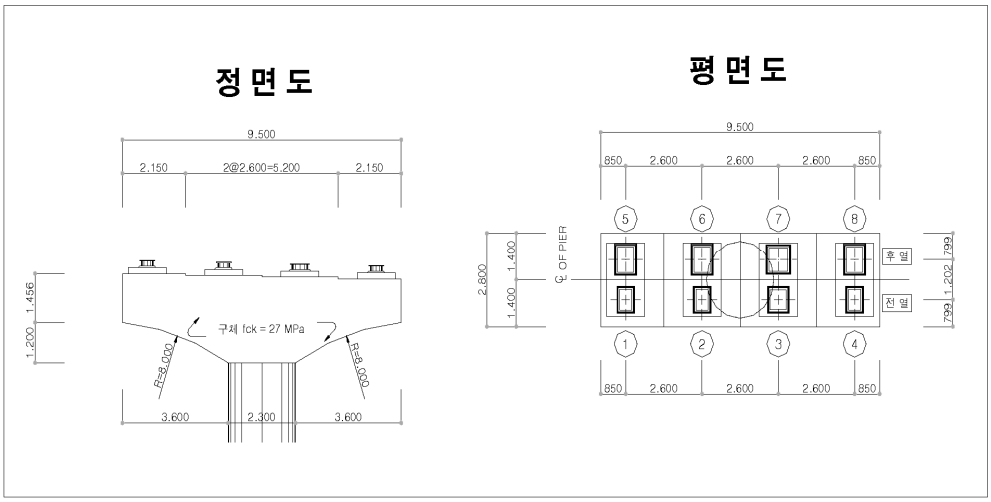
5.3 교각코핑부 스트럿타이 설계 예

5.3.1 설계조건

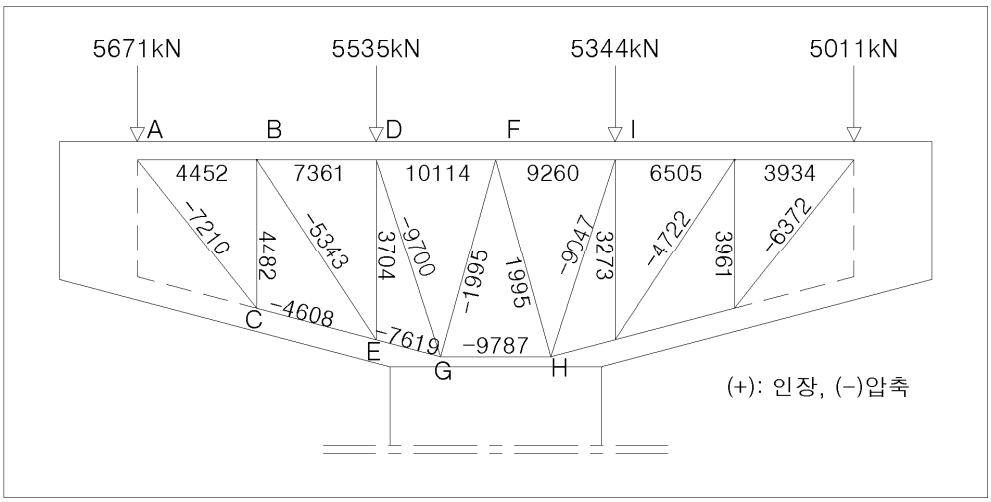
(1) 본체강도(fck=27Mpa)

(2) 철근강도(fy =400Mpa)

5.3.2 단면형상



5.3.3 스트럿-타이 모델 및 스트럿 타이 단면력



5.3.4 철근의 배치

(1) 상부철근 선정

(1.1) AB타이 : $A_{st}=\frac{Fu}{\Phi f_y}=\frac{4452.6\times10^3}{0.85\times400}$ =13,095㎟

(1.2) BD타이 : $A_{st}=\frac{Fu}{\Phi f_y}=\frac{7361.5\times10^3}{0.85\times400}$ =21,651㎟

(1.3) DF타이 : $A_{st}=\frac{Fu}{\Phi f_y}=\frac{10114.9\times10^3}{0.85\times400}$ =29,749㎟

- AB타이위치(H29-27EA=17,345㎟)
- BD, DF타이 위치는 시공성을 고려하여 DF타이 필요철근량 (H29-27EA+H25-27EA=31,026㎟)으로 동일 배근한다

(2) 전단보강 철근선정 : 전단력을 전달하기위해 BC와 DE타이 위치에는 각각 4,482kN과 3,704kN의 계수단면력을 전단하는데 필요한 철근량을 배근하여야 한다.

(2.1) BC타이 : n=$\frac{F_u}{\Phi A_{st} f_y}=\frac{4482\times10^3}{0.85\times387.1\times6\times400}$ ≒5.6 (H22철근배근)

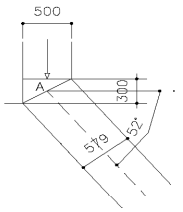
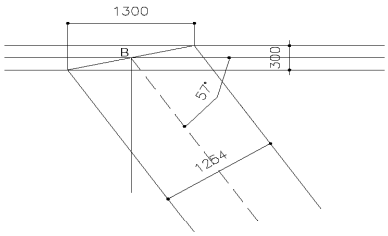
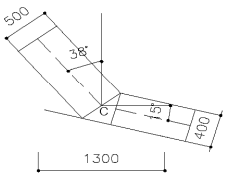
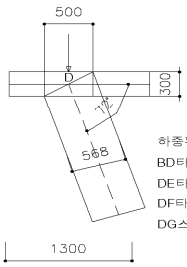
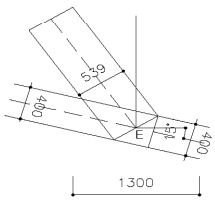
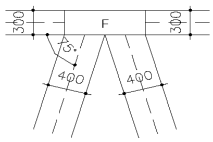
(2.2) DE타이 : n=$\frac{F_u}{\Phi A_{st} f_y}=\frac{3704\times10^3}{0.85\times387.1\times6\times400}$ ≒4.6 (H22철근배근)

(2.3) 결정한 각타이 위치에 배치할 스트럽의 수를 이용하여 각 타이의 최대유효폭 1300MM내에서의 필요 배근간격 s를 구하면 다음과 같다.

(2.3.1) BC타이 : 1300/5.6 = 232.14 (200MM 간격으로 배근)

(2.3.2) DF타이 : 1300/4.6 = 282.61 (250MM 간격으로 배근)

5.3.5 스트럿 절점영역의 최대유효폭 결정

< A절점 >	< B절점 >
 하중판의 폭: 500mm(하중판의 크기) AB타이 경계면의 폭: 300mm(=피복두께x2) AC스트럿 경계면의 폭: 579mm	 AB타이 경계면의 폭: 300MM(=피복두께X2) BC타이 경계면의 폭: 1300MM(수직타이 최대유효폭) BD타이 경계면의 폭: 300MM(=피복두께X2) BE타이 경계면의 폭: 1254MM
< C절점 >	**< D절점 >**
 AC스트럿 경계면의 폭: 500MM(설계영역 외단부 거리X2) BC타이 경계면의 폭: 1300MM(수직타이의 최대 유효폭) CE스트럿 경계면의 폭: 400MM(피복두께X2)	 하중판의 폭: 500mm(하중판의 크기) BD타이 경계면의 폭: 300mm(=피복두께x2) DE타이 경계면의 폭: 1300mm DF타이 경계면의 폭: 300mm(=피복두께x2) DG스트럿 경계면의 폭: 568mm
< E절점 >	**< F절점 >**
 BE스트럿 경계면의 폭: 539mm(설계외단부 거리X2) CE스트럿 경계면의 폭: 400mm(피복두께X2) DE타이 경계면의 폭: 1300mm EG스트럿 경계면의 폭: 400mm(피복두께X2)	 DF타이 경계면의 폭: 300mm(피복두께X2) FI스트럿 경계면의 폭: 400mm FG스트럿 경계면의 폭: 400mm FH스트럿 경계면의 폭: 400mm

부 재	최대유효폭
AC	500
BE	539
DG	568
FG	400
EG	400
CE	400
GH	400

5.3.6 스트럿 강도검토

(1) - $w_{req} = \dfrac{Fu}{\phi(0.85)\beta_s f_{ck} b}$

부 재	β_S	θ(°)	Fu(kN)	W(req)	W(prov)	안전성
AC	0.75	52	7210	199	500	만 족
BE	0.75	57	5343	148	539	만 족
DG	0.75	72	9700	268	568	만 족
FG	0.75	75	1995	55	400	만 족
EG	1.0	15	7619	158	400	만 족
CE	1.0	15	4608	96	400	만 족
GH	1.0	75	9787	203	400	만 족

5.3.7 절점영역의 강도 검토

(1) - $w_{req} = \frac{Fu}{\phi(0.85)\beta_n f_{ck} b} \leq w_{prov}$

절 점	β_n	종 류	단면력	Fu(kN)	W(req)	W(prov)	안전성
A	0.8	CCT	V	5671	125	500	만 족
			T-AB	4452	98	300	
			C-AC	7210	159	568	
B	0.6	CTT	T-AB	4452	131	300	만 족
			T-BD	7361	216	300	
			T-BC	4482	132	1300	
			C-BE	5343	157	1254	
C	0.8	CCT	C-AC	7210	159	579	만 족
			C-CE	4608	102	400	
			T-BC	4482	99	1300	
D	0.6	CTT	V	5535	163	500	만 족
			C-DG	9700	285	568	
			T-BD	7361	216	300	
			T-DF	10114	297	300	
			T-DE	3704	109	1300	
E	0.8	CCT	C-CE	4608	102	300	만 족
			C-EG	7619	168	300	
			C-EB	5343	118	400	
			T-ED	3704	82	400	
F	0.6	CTT	T-DF	10114	297	300	만 족
			T-FI	9260	272	300	
			T-FH	1995	59	400	
			T-FG	1995	59	400	
G	1.0	CCC	C-GE	7619	134	400	만 족
			C-GD	9700	171	568	
			C-GF	1995	35	400	
			C-GH	9787	173	400	

5.3.8 균열제어를 위한 최소철근량 검토

(1) 최소철근량 배근

$$\sum \frac{A_{si}}{bs_i} sin^2(r_i) \geq 0.003$$

(1.1) AC 스터럽 : $\sum \frac{A_{si}}{bs_i} sin^2(r_i) = \frac{387.1 \times 6}{2800 \times 250} sin^2 52 + \frac{387.7 \times 6}{2800 \times 300} sin^2 38 = 0.00311$

$\geq$ 0.0030

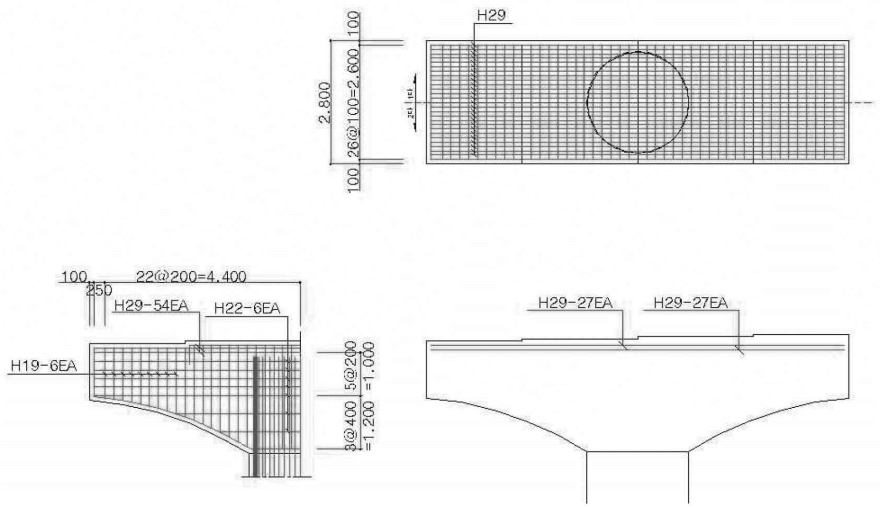
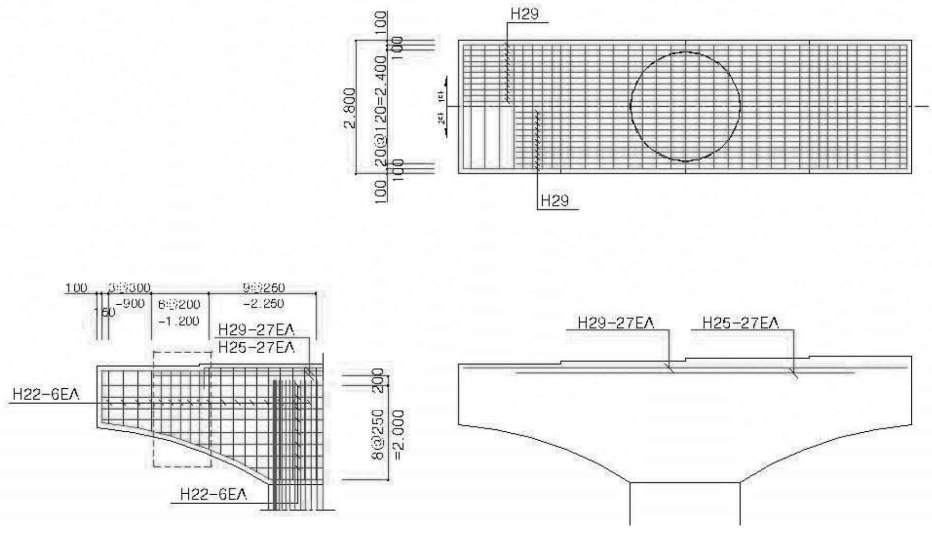
(1.2) BE 스터럽 : $\sum \frac{A_{si}}{bs_i} sin^2(r_i) \frac{387.1 \times 6}{2800 \times 250} sin^2 57 + \frac{387.1 \times 6}{2800 \times 300} sin^2 33 = 0.00353 \geq$

0.0030

(1.3) DG 스터럽 : $\sum \frac{A_{si}}{bs_i} sin^2(r_i) \frac{387.1 \times 6}{2800 \times 250} sin^2 72 + \frac{387.1 \times 6}{2800 \times 300} sin^2 18 = 0.00332 \geq$

0.0030

5.3.9 철근배근 상세도

현 설 계

- 주철근: H29-27ea+H29-27ea - 수평전단철근: H22-6 (간격:200mm) - 수직전단철근: H19-6 (간격:200mm)
스트럿 타이

- 주철근: H29-27ea+H25-27ea - 수평전단철근: H22-6ea (간격:250mm) - 수직전단철근: H22-6ea (간격:300mm, 200mm, 250mm)

5.3.10 철근량 비교

	주 철 근	수직·수평철근
현 설 계	H29-27EA+H29-27EA (3.603TON)	H19-6EA+H22-6EA (4.101TON)
스트럿 타이	H29-27EA+H25-27EA (2.591TON)	H22-6EA+H22-6EA (4.292TON)
철근량(증감)	-1.012TON	+0.191
철근량(증감)	-0.821TON	