기안자	부 장	처 장	본부장	부사장	사 장
최영구					
협 조	- 설계기준부장 : 도로설계부장 :				

문서번호	설계구10201-405
보존기간	10년
결재일자	2003. 10. 6
공개여부	공 개

교량방호울타리(기계타설) 철근피복두께 조정

2003. 10.

목 차

1. 검 토 목 적
2. 현 설 계
3. 개선방안검토
4. 검 토 결 론
5. 적 용 방 안
6. 특 기 사 항

한국도로공사
KOREA HIGHWAY CORPORATION
설 계 처

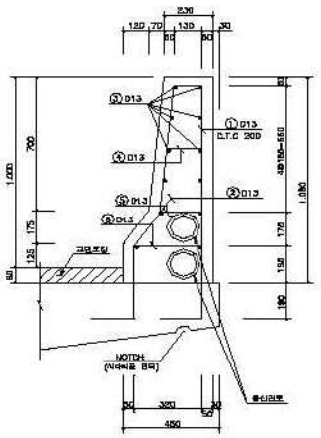
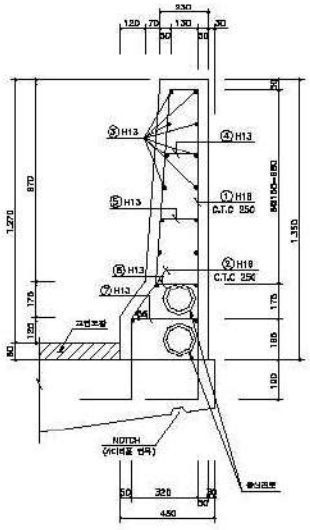
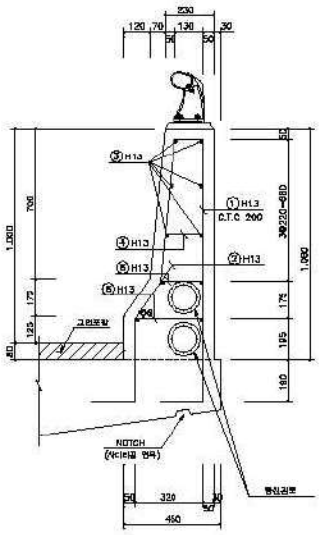
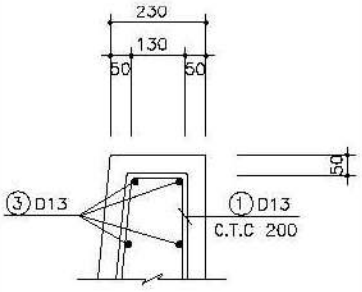
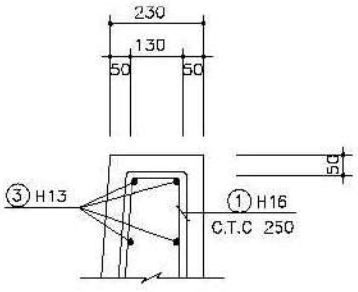
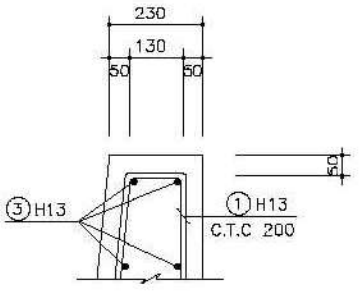
1. 검토목적

교량 방호울타리 기계타설시 정확한 피복의 유지가 곤란하고 철근배근형태가 요철모양으로 드러나 미관 및 내구성 저하가 우려되는 경우가 빈번히 발생함에 따라 철근의 피복을 조정하여 이를 개선하는 방안을 검토코자 함

※감사기12108-30356호('02.12.3)

- o 철근피복두께가 4cm 정도로 얇아 기계화 시공시 콘크리트성형이 어렵고 다짐부족현상 발생으로 철근하부에 공극이 나타나 균열 및 백태가 발생
- o 철근피복부족으로 방호벽에 철근배근형태가 요철모양으로 드러나고 있어 미관 및 내구성 저하가 우려됨

2. 현 설계

구 분	형식1	형식2	형식3
도 면			
상세도			
피복두께	43.5mm (스터럽의 경우 30.5mm)	42mm (스터럽의 경우 29mm)	43.5mm (스터럽의 경우 30.5mm)

3. 개선방안 검토

가. 설계기준의 적용

○ 도로안전시설 설치 및 관리 지침('01.7 건설교통부)

- 방호울타리의 설계는 구조계산, 전산분석(computer simulation), 간이시험, 실물충돌시험 등을 통하여 할 수 있으나, 차량방호울타리의 기능보장을 위한 성능확인은 최종적으로 실물충돌시험을 통해 확인하는 것을 원칙으로 한다.
- 그러나 국가 성능시험기관 지정확대 및 성능인증제도시행 등 실물충돌시험을 위한 제반 여건이 완진히 갖추어지기까지는 기존 지침에서 제시하고 있는 방호울타리의 규격이나 정하중시험을 통한 교량용 보형 방호울타리의 설계는 잠정적으로 병용한다.

※ 성능시험기관 지정

건설교통부고시 제2003-92호('03.4.17)에 의거 교통안전공단(자동차성능시험연구소)이 시험기관으로 지정된 상태임

○ 교량용 콘크리트 방호울타리 설계방법 검토(설계구13202-352, '02.7.22)

- 충돌하중 : 「NCHRP Report 86」에 소개된 Olson Model에 의거 산출
- 저항능력 : AASHTO LRFD Bridge Design Specipication('98)의 항복선 이론 적용
- 설계조건의 적용

종별구분	차량중량(t)	충돌속도(km/hr)	충돌각도(도)	충격도(kJ)
SB5 (S2)	14	80	15	230
SB6 (S3)	25	80	15	420

○ 따라서, 원칙적으로 실물충돌시험 결과에 따라 피복두께 조정시의 구조안전성을 검토하는 것이 바람직하나 기존의 단면이나 기타 다른 종류의 안전시설에 대한 실물충돌시험과 병행되어야 할 문제이므로 본 검토에서는 기 검토된 교량용 방호울타리의 설계방법을 적용코자 함

나. 피복두께 조정방법

○ 단면을 확대조정하는 방법

- 늘어나는 피복만큼 단면을 키우는 방법이 있으나 이 경우 슬라브폭의 확대가 필요하고 공사비가 고가임

○ 단면을 현행대로 유지하고 철근을 보강하는 방법

- **현재의 단면내에서 진면과 후면의 철근간격을 축소하고 저항능력의 감소를 철근을 추가하여 보완하는 방법**으로 공사비가 저렴함

○ 따라서, 단면을 현행대로 유지하고 철근을 보강하는 방법을 적용코자 함

다. 검토대상

○ 형식4(높이 1.27m : 콘크리트 방호벽 0.81m, 철재레일 0.46m) 제외

- 현새 서해대교와 강동대교에 적용된 형식
- 두 교량 모두 기계타설을 적용하였으나 현재까지 균열 또는 철근형상의 요철 등으로 인한 문제는 없는 것으로 판단되므로 검토대상에서 제외

라. 피복두께 조정사례

○ IOWA DEPARTMENT OF TRANSPORTATION

- CONSTRUCTION MANUAL
- 11.72 SLIP FORM BARRIER RAIL
- Reinforcement Bar Cover

Reinforcement Bar Cover has contributed to shadow effect. This occurs when reinforcing cage is not rigid or has only a minimum of cover and too much vibration was used. The remedy :

· Increase bar cover to 65mm(2-1/2 inches) from minimum of 50mm (2 inches)

마. 피복두께 조정시 저항능력 및 보강방안

○ 형식 1 (높이 1.0m)

- 피복만 증가시킬 경우의 저항능력

현행철근	피복(mm)	작용력(tf)	저항능력(tf)	비 고
수직철근 D13(C.T.C 200) 수평철근 D13(C.T.C 165)	43.5	34.370	40.525	1.179
	53.5(+10)		38.947	1.133
	63.5(+20)		36.227	1.054

- 보강방안(철근보강 case별 검토결과 붙임#2 참조)

구 분		현 행	검토안	
			피복 53.5mm	피복 63.5mm
철근배근	수직	D13(C.T.C 200)	좌동	좌동
	수평	D13(C.T.C 165)	D13(C.T.C 130)	D16(C.T.C 213)
저항능력(tf)		40.525	41.072	41.793
저항능력비		1.179	1.195	1.216
단위철근량(t/km)		41.641	44.511	45.757
공사비(원/km) (제잡비 포함)		83,887천원	85,735천원 (증 1,848천원)	86,538천원 (증 2,651천원)

○ 형식 2 (높이 1.27m)

- 피복만 증가시킬 경우의 저항능력

현행철근	피복(mm)	작용력(tf)	저항능력(tf)	비 고
수직철근 H16(C.T.C 250) 수평철근 H13(C.T.C 155)	42	61.375	65.596	1.069
	52(+10)		62.895	1.025
	62(+20)		60.230	N.G

- 보강방안(철근보강 case별 검토결과 붙임#2 참조)

구 분		현 행	검토안	
			피복 52mm	피복 62mm
철근배근	수직	H16(C.T.C 250)	H13(C.T.C 200)	H16(C.T.C 250)
	수평	H13(C.T.C 155)	H16(C.T.C 154)	H16(C.T.C 182)
저항능력(tf)		65.596	66.653	66.752
저항능력비		1.069	1.086	1.088
단위철근량(t/km)		57.312	61.630	62.643
공사비(원/km) (제잡비 포함)		99,891천원	102,670천원 (증 2,779천원)	103,323천원 (증 3,432천원)

○ 형식 3 (높이 1.27m : 콘크리트 방호벽 1.0m, 철재레일 0.27m)

- 피복만 증가시킬 경우의 저항능력

현행철근	피복(mm)	작용력(tf)	저항능력(tf)	비 고
수직철근 H13(C.T.C 200) 수평철근 H13(C.T.C 220)	43.5	61.375	66.402	1.082
	53.5(+10)		63.858	1.040
	63.5(+20)		61.331	0.999

※ 형식3의 철근배근에 대해서는 건설원10105-30389('03.8.14) 참조

- 보강방안(철근보강 case별 검토결과 붙임#2 참조)

구 분		현 행	검토안	
			피복 53.3mm	피복 63.5mm
철근배근	수직	H13(C.T.C 200)	좌동	좌동
	수평	H13(C.T.C 220)	H13(C.T.C 163)	H13(C.T.C 128)
저항능력(tf)		66.402	66.593	66.349
저항능력비		1.082	1.085	1.081
단위철근량(t/km)		41.218	42.367	43.840
공사비(원/km) (제잡비 포함)		83,614천원	84,354천원 (증 740천원)	85,303천원 (증 1,689천원)

(공사비는 철재난간을 제외한 공사비임)

4. 검토결론

○ 교량 방호울타리의 기계타설 구간에 대해 균열, 철근모양의 요철 등의 발생을 줄이기 위해 철근피복을 증대시키는 것은 타당한 것으로 판단됨

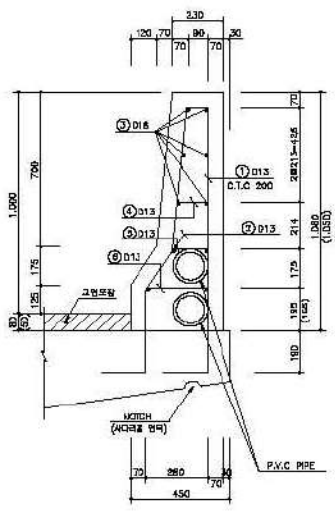
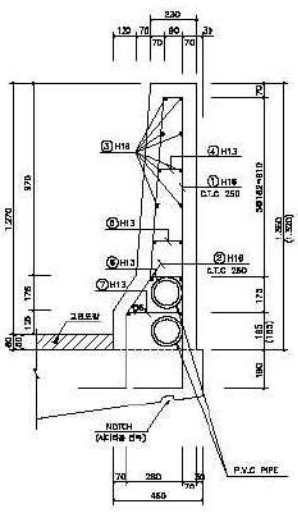
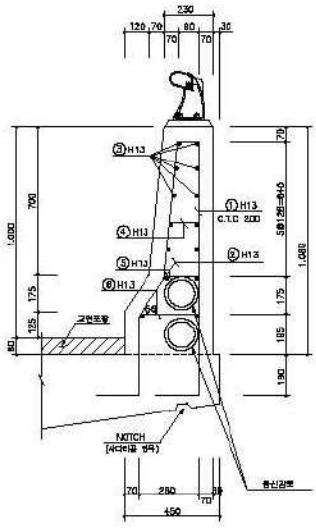
○ 10mm, 20mm를 증대시키는 두가지 경우를 비교하였으나 공사비의 차이가 미미하고 **미국 아이오와주의 CONSTRUCTION MANUAL에서 65mm를 규정하고 있는 점을 감안하여 20mm를 증대**시켜 다음표와 같이 적용코자 함(**인력타설구간은 현행피복 적용**)

구 분	형식 1, 3	형식2	비 고
피복두께(mm)	63.5 (70.0)	62.0 (70.0)	( )는 철근중심에서 콘크리트표면까지의 거리

○ 철근피복의 증대로 줄어드는 저항능력에 대해서는 다음과 같이 철근을 보강

- 형식 1 : 수평철근 D13, C.T.C 165 → D16, C.T.C 213
- 형식 2 : 수평철근 H13, C.T.C 155 → H16, C.T.C 182
- 형식 3 : 수평철근 H13, C.T.C 220 → H13, C.T.C 128

○ 적용도면

형식1	형식2	형식3
		

5. 적용방안

○ 설계중인 구간부터 본 기준을 적용

○ 공사중인 구간은 공사주관부서에서 결정

6. 특기사항

○ 현재 도로교통기술원에서 방호울타리의 설계방법과 관련된 연구를 진행중에 있으므로 동 연구가 완료될 때까지 잠정적용

첨 부 : 1. 표준도

2. 철근보강 CASE별 검토결과

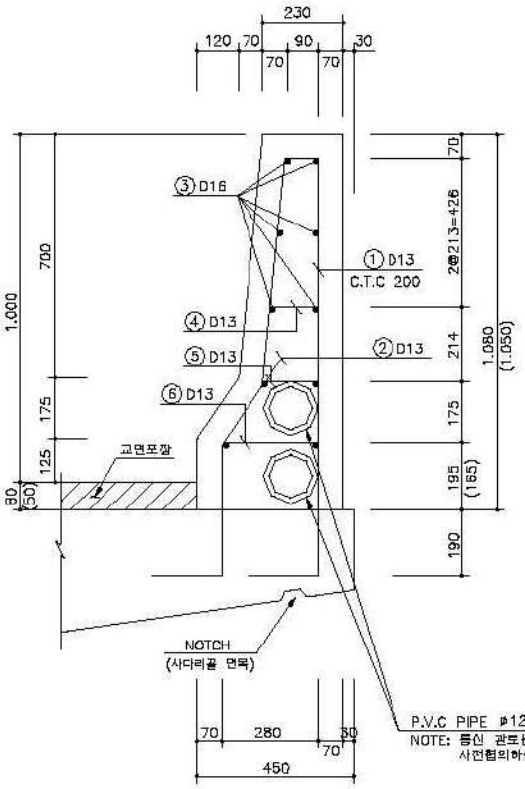
3. 형식별 구조계산 내용

붙임# 1

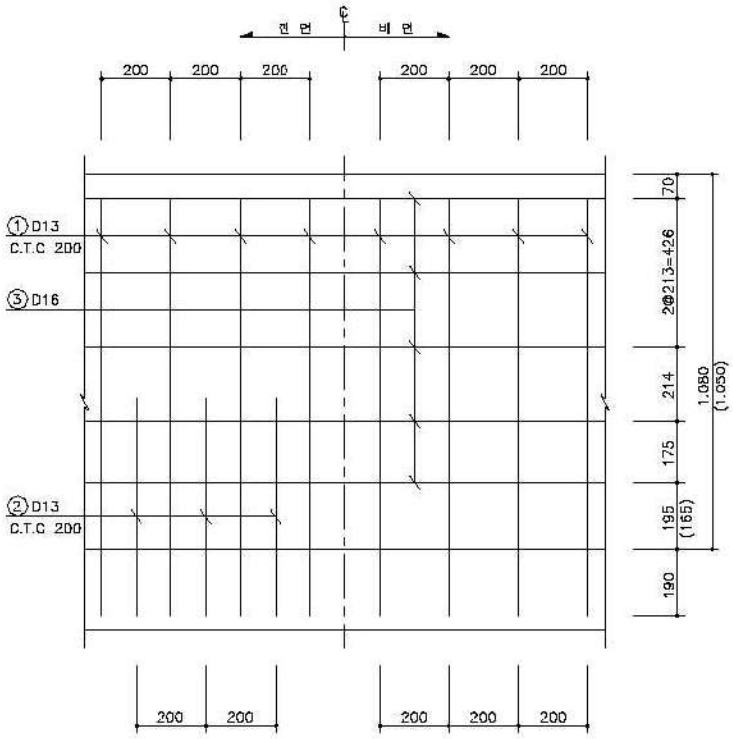
방 호 벽

형 식 — 1(개선안)

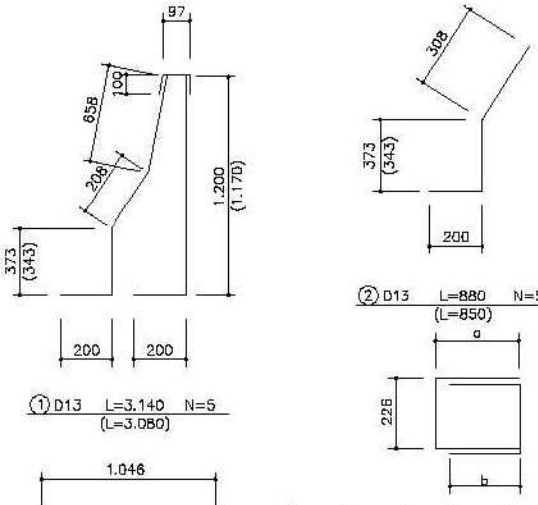
단 면 도
S = 1:10



정 면 도
S = 1:10



철 근 상 세 도
S = NONE



①D13 L=3.140 N=5
(L=3.080)

1.046

②D13 L=880 N=5
(L=850)

③D16 L=1.050 N=10

번 호	DIA	a	b	L	N
4	D13	165	165	1.110	2.5
5	D13	187	187	1.200	2.5
6	D13	298	298	1.640	2.5

재 료 표

(m 당)

품 명	단 위	수 량	비 고
콘 크 리 트	m^3	0.310	fck=240kgf/cm^2(2등)
거 푸 집	m^2	2.201	합 판 3 회
철 근	kgf	46.205/47.591 (45.757/47.129)	SD — 30

주) 1. 고랑 날개벽 및 방호벽내 통신관로는 통신관로공사 표준도 참조.
2. ( )는 L.M.C포장일 경우 치수임.

철 근 재 료 표

(SD 30) (m 당)

번 호	직 경	길 이 (m)	수 량 (EA)	총 길 이 (m)	단위중량 (kg/m)	총 중 량 (kgf)	합 품 (kgf)
3	D16	1.050	10	10.500			ADD 3%
소 계				10.500	1.560	16.380	16.871
1	D13	3.140 (3.080)	5	15.700 (15.400)			
2	"	0.880 (0.850)	5	4.400 (4.250)			
4	"	1.110	2.5	2.775			
5	"	1.200	2.5	3.000			
6	"	1.640	2.5	4.100			
소 계				29.975 (29.525)	0.995	29.825 (29.377)	30.720 (30.258)
총 계						46.205 (45.757)	47.591 (47.129)

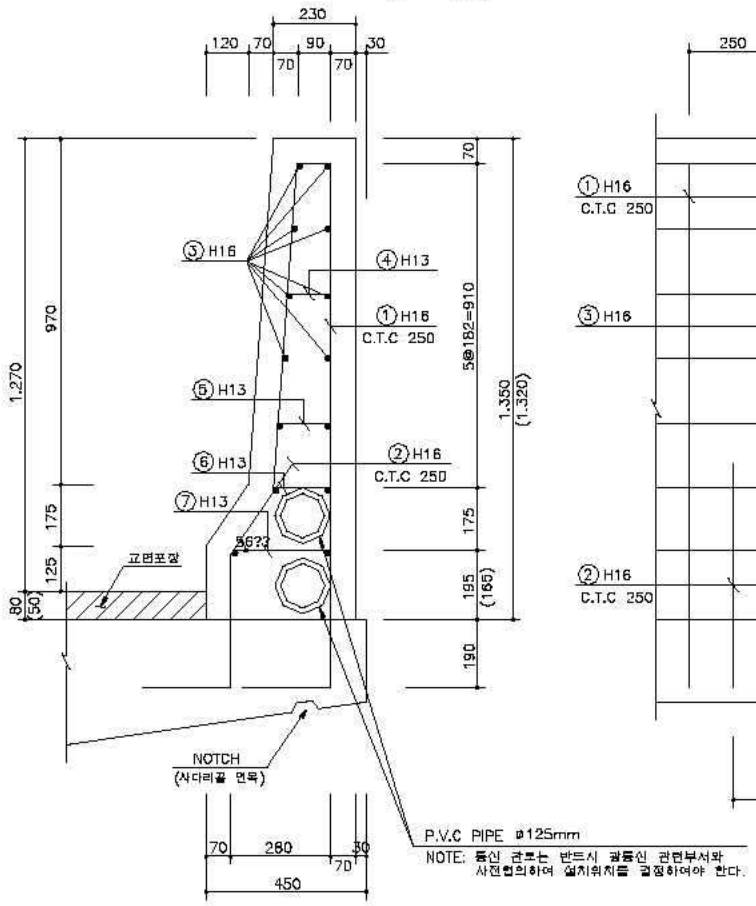
한국도로공사 KOREA HIGHWAY CORPORATION	표 준 도 TYPICAL DRAWING	도면명	방 호 벽 형 식 — 1(개선안)	설계자		작성일	2003.08	도면번호
				확인자		축 척	NONE	

방 호 벽

형 식 — 2(개선안)

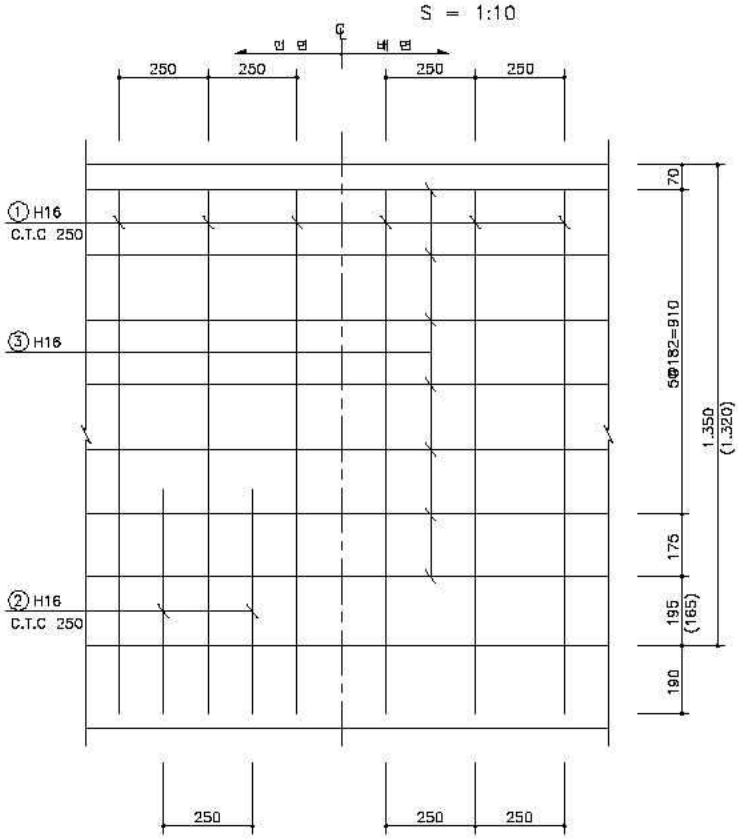
단 면 도

S = 1:10



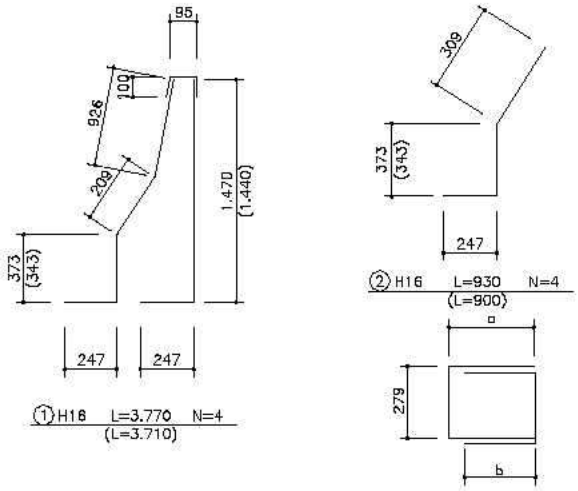
정 면 도

S = 1:10



철 근 상 세 도

S = NONE



번 호	DIA	a	b	L	N
4	H13	150	150	1.160	2
5	H13	176	176	1.260	2
6	H13	190	190	1.320	2
7	H13	301	300	1.760	2

재 료 표

(m 당)

공 종	단 위	수 량	비 고
콘 크 리 트	m^3	0.382	fck=240kgf/cm^2(2종)
거 푸 집	m^2	2.743	합 판 3 회
철 근	kgf	63.205/65.101 (62.643/64.522)	SD — 40

주) 1. 고랑 날개벽 및 방호벽내 통신관로는 통신관로공사 표준도 참조.
2. ( )는 L.M.C포장일 경우 치수임.

철 근 재 료 표

(SD 40) (m 당)

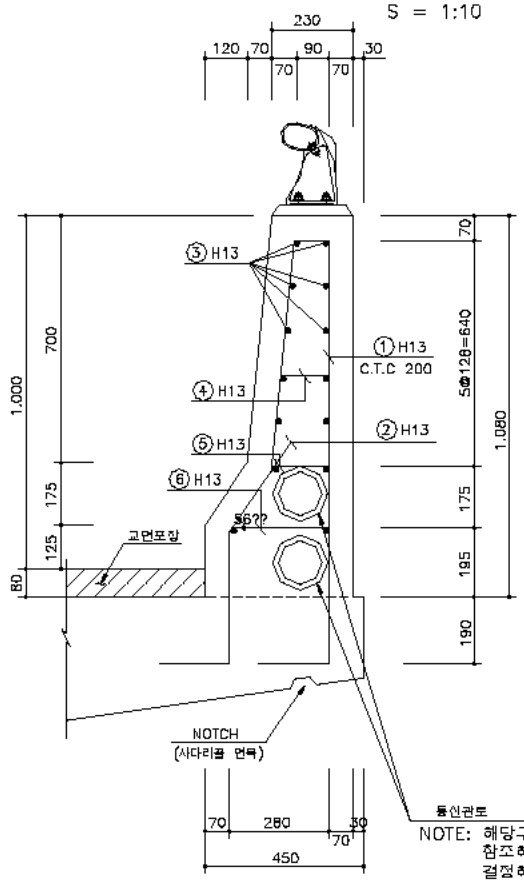
번 호	직 경	길 이 (m)	수 량 (EA)	총 길 이 (m)	단위중량 (kg/m)	총 중 량 (kgf)	할 증 (kgf)
1	H16	3.770 (3.710)	4	15.080 (14.840)			ADD 3%
2	"	0.930 (0.900)	4	3.720 (3.600)			
3	"	1.050	14	14.700			
소 계				33.500 (33.140)	1.560	52.260 (51.698)	53.828 (53.249)
4	H13	1.160	2	2.320			
5	"	1.260	2	2.520			
6	"	1.320	2	2.640			
7	"	1.760	2	3.520			
소 계				11.000	0.995	10.945	11.273
총 계						63.205 (62.643)	65.101 (64.522)

한국도로공사 KOREA HIGHWAY CORPORATION	표 준 도 TYPICAL DRAWING	도면명	방 호 벽 형 식 — 2(개선안)	설 계 자		작 성 일	2003.08	도면번호
				확 인 자		축 척	NONE	

방 호 벽 (슬래브용)

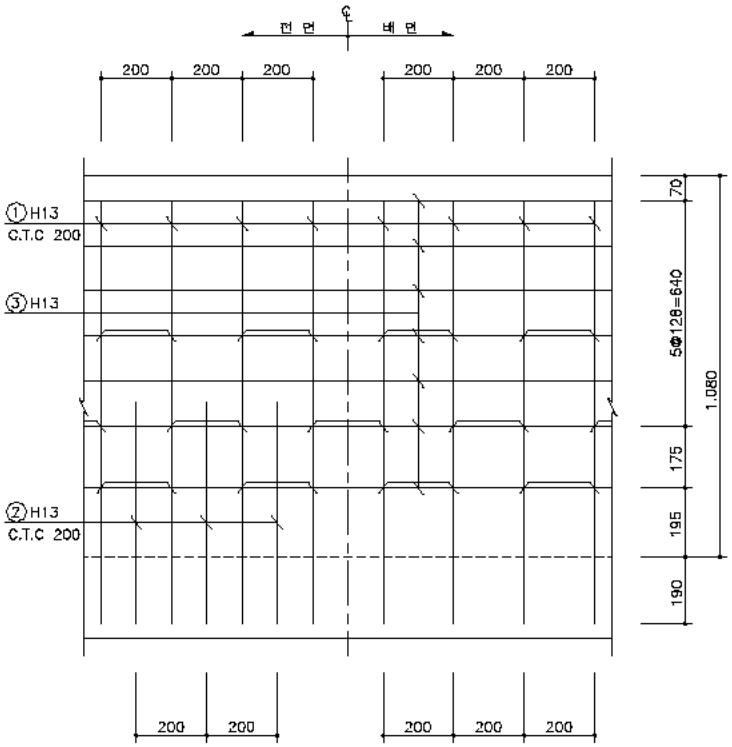
형 식 - 3

단 면 도
S = 1:10

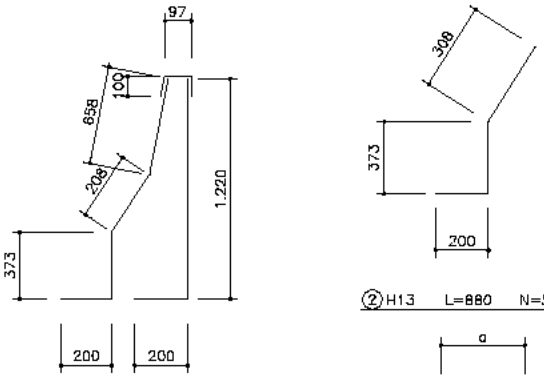


NOTE: 해당구간 통신관로 공사도면를 참조하여 설치위치 및 공수를 결정하여야 한다.

정 면 도
S = 1:10



철 근 상 세 도
S = NONE

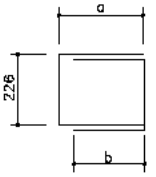


①H13 L=3.140 N=5

1.038

③H13 L=1.040 N=14

②H13 L=880 N=5



번 호	DIA	a	b	L	N
4	H13	165	165	1.110	2.5
5	H13	187	187	1.200	2.5
6	H13	298	298	1.640	2.5

재 료 표

(m 당)

품 명	단 위	수 량	비 고
콘 크 리 트	m^3	0.310	fck=240kgf/cm^2(2종)
거 푸 집	m^2	2.201	합 판 3 회
철 근	kgf	44.412/45.744	SD - 40
난 간	m	1.0	

NOTE: 교량 날개벽 및 방호벽내 통신관로는 통신관로공사 표준도 참조.

철 근 재 료 표

(SD 30) (m 당)

번 호	직 경	길 이 (m)	수 량 (EA)	총 길 이 (m)	단위중량 (kg/m)	총 중 량 (kgf)	할 증 (kgf)
1	H13	3.160	5	15.800			ADD 3%
2	"	0.880	5	4.400			
3	"	1.040	14	14.560			
4	"	1.110	2.5	2.775			
5	"	1.200	2.5	3.000			
6	"	1.640	2.5	4.100			
소 계				44.635	0.995	44.412	45.744
총 계						44.412	45.744

한국도로공사 KOREA HIGHWAY CORPORATION	표 준 도 TYPICAL DRAWING	도면명	방 호 벽 (슬래브용) 형 식 - 3	설 계 자		작 성 일	2003.08	도면번호
				확 인 자		축 척	NONE	3.028

붙임# 2

철근보강 CASE별 저항능력 검토

가. 형식 1

(1) 피복만 늘릴 경우의 저항능력

현행철근 규격, 간격		피복(mm)	작용력(tf)	저항능력(tf)	비 고
수직철근	수평철근				
D13, 200	D13,165	43.5	34.370	40.525	1.179
		53.5		38.947	1.133
		63.5		36.227	1.054

(2) 철근보강 case별 저항능력

구 분		철근 규격, 간격		저항능력	저항능력비	단위철근량 (t/km)
		수직철근	수평철근			
피복 53.5mm 적용시	case1	D13, 200	D13, 163	38.947	1.133	42.367
	case2	〃	D13, 130	41.072	1.195	44.511
	case3	〃	D16, 217	43.549	1.267	46.429
	case4	D16, 250	D13, 217	39.653	1.154	44.845
	case5	〃	D13, 163	42.078	1.224	46.835
피복 63.5mm 적용시	case1	D13, 200	D13, 128	39.385	1.146	43.840
	case2	〃	D16, 213	41.793	1.216	45.757
	case3	〃	D16, 160	44.487	1.294	48.934
	case4	D16, 250	D13, 213	38.069	1.108	44.322
	case5	〃	D13, 160	40.395	1.175	46.312
	case6	〃	D13, 128	42.501	1.236	48.421

나. 형식 2

(1) 피복만 늘릴 경우의 저항능력

현행철근 규격, 간격		피복(mm)	작용력(tf)	저항능력(tf)	비 고
수직철근	수평철근				
H16, 250	H13, 155	42	61.375	65.596	1.069
		52		62.895	1.025
		62		60.230	N.G

(2) 철근보강 case별 저항능력

구 분		철근 규격, 간격		저항능력	저항능력비	단위철근량 (t/km)
		수직철근	수평철근			
피복 52mm 적용시	case1	H13, 200	H13, 154	57.750	0.941	51.979
	case2	〃	H13, 131	59.756	0.974	54.148
	case3	〃	H16, 230	59.016	0.962	55.252
	case4	〃	H16, 184	64.075	1.044	58.478
	case5	〃	H16, 154	66.653	1.086	61.630
	case6	〃	H16, 131	69.071	1.125	65.006
	case7	H16, 200	H13, 230	65.926	1.074	61.964
	case8	〃	H13, 184	70.524	1.149	63.984
	case9	H16, 250	H13, 131	64.982	1.059	59.000
	case10	〃	H13, 154	62.895	1.025	56.851
	case11	〃	H16, 230	64.350	1.048	60.089
	case12	〃	H16, 184	69.688	1.135	63.325
	case13	〃	H16, 154	72.426	1.180	66.502
피복 62mm 적용시	case1	H13, 200	H13, 152	55.352	0.902	51.108
	case2	〃	H13, 130	57.218	0.932	53.277
	case3	〃	H16, 228	56.792	0.925	54.382
	case4	〃	H16, 182	61.374	1.000	57.608
	case5	〃	H16, 152	63.864	1.041	60.759
	case6	〃	H16, 130	66.106	1.077	64.135
	case7	H16, 200	H13, 228	63.410	1.033	61.112
	case8	〃	H13, 182	66.582	1.101	63.131
	case9	〃	H13, 152	69.921	1.139	65.077
	case10	H16, 250	H13, 130	62.241	1.014	58.328
	case11	〃	H16, 228	61.937	1.009	59.407
	case12	〃	H16, 182	66.752	1.088	62.643
	case13	〃	H16, 152	69.384	1.130	65.820

다. 형식 3

(1) 피복만 늘릴 경우의 저항능력

현행철근 규격, 간격		피복(mm)	작용력(tf)	저항능력(tf)	비 고
수직철근	수평철근				
H13, 200	H13, 220	43.5	61.375	66.402	1.082
		53.5			
		63.5			

(2) 철근보강 case별 저항능력

구 분		철근 규격, 간격		저항능력	저항능력비	단위철근량 (t/km)
		수직철근	수평철근			
피복 53.5mm 적용시	case1	H13, 200	H13, 217	63.858	1.040	40.397
	case2	〃	H13, 163	66.593	1.085	42.367
	case3	〃	H13, 130	69.154	1.127	44.511
	case4	〃	H16, 217	72.188	1.176	46.429
	case5	〃	H16, 163	75.623	1.232	49.606
	case6	〃	H16, 130	78.793	1.284	52.956
	case7	H16, 200	H13, 217	82.614	1.346	52.722
	case8	H16, 250	H16, 217	79.052	1.288	50.877
	case9	〃	H13, 217	70.260	1.145	44.845
	case10	〃	H13, 163	73.131	1.192	46.835
	case11	〃	H13, 130	75.824	1.235	48.944
피복 63.5mm 적용시	case1	H13, 200	H13, 213	61.331	0.999	39.725
	case2	〃	H13, 160	63.951	1.042	41.695
	case3	〃	H13, 128	66.349	1.081	43.840
	case4	〃	H16, 213	69.296	1.129	45.757
	case5	〃	H16, 160	72.583	1.183	48.934
	case6	〃	H16, 128	75.522	1.231	52.285
	case7	H16, 200	H13, 213	79.335	1.293	52.069
	case8	H16, 250	H16, 213	75.888	1.236	50.354
	case9	〃	H13, 213	67.482	1.100	44.322
	case10	〃	H13, 160	70.232	1.144	46.312
	case11	〃	H13, 128	72.738	1.185	48.421

1. 설계기준

1.1 방호벽 형식

1) 구조 형식 : 교량용 차량 방호울타리

2) 방호벽 형식 : 형식-1 (피복두께 = 7.0cm)

3) 방호벽 높이 : H = 1.080 m

4) 충돌 높이 : He = 1.000 m

1.2 하 중

1) 고정하중

① 철근 콘크리트 : Wc_1 = 2.500 tf/m^3

② 무근 콘크리트 : Wc_2 = 2.350 tf/m^3

③ A S C O N : Wa = 2.300 tf/m^3

2) 충돌하중

① 도로안전시설 설치 및 관리지침 [건설교통부 2001.7]

구 분	종별	차량중량(tonf)	충돌속도(km/h)	충돌각도(도)	충격도(kJ)
중앙분리대, 교량	SB5	14	80	15	230

② AASHTO LRFD Bridge Design Specifications

	Railing Test Level	Transverse(N)	Longitudinal(N)	Vertical(N)	L_t and L_L(mm)
Design Force	TL-4	240000	80000	80000	1070

3) 사용재료

① 방호벽

- 콘크리트 ┌ 설계기준강도 (fck) = 240 kgf/cm^2 = 23.537 MPa
  └ 탄 성 계 수 (Ec) = 238000 kgf/cm^2
- 철 근 ┌ 항 복 강 도 (fy) = 3000 kgf/cm^2 = 294.210 MPa
  └ 탄 성 계 수 (Es) = 2000000 kgf/cm^2

② 슬래브

- 콘크리트 ┌ 설계기준강도 (fck) = 270 kgf/cm^2 = 26.479 MPa
  └ 탄 성 계 수 (Ec) = 253000 kgf/cm^2
- 철 근 ┌ 항 복 강 도 (fy) = 4000 kgf/cm^2 = 392.280 MPa
  └ 탄 성 계 수 (Es) = 2000000 kgf/cm^2

1.3 참 고 문 헌

1) 도로교설계기준 - 건설교통부 2000년

2) 도로안전시설 설치 및 관리지침 - 건설교통부 2001년

3) 고속도로건설공사 표준도 - 한국도로공사 2001년

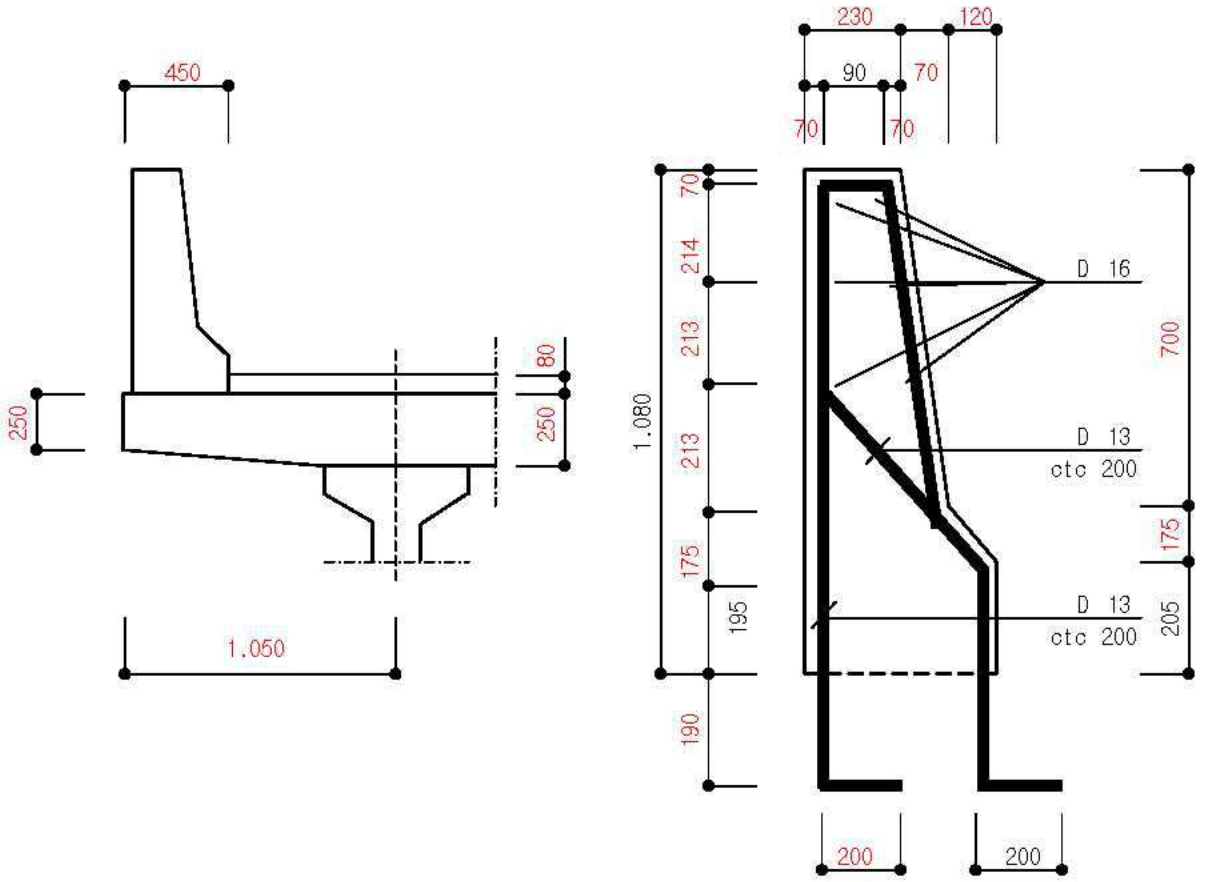
4) 도로교표준시방서 (부록 : 하중-저항계수 설계편) - 건설교통부 1996년

4) AASHTO LRFD Bridge Design Specifications - AASHTO 1998년

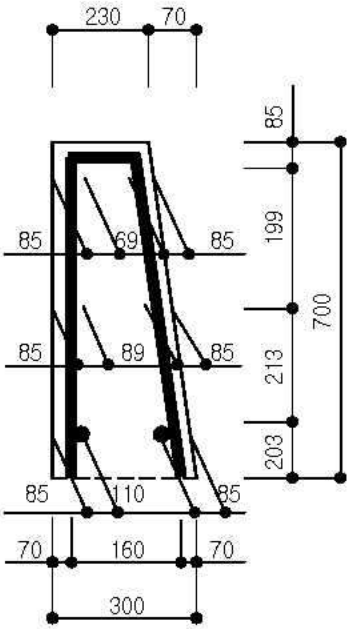
5) Design of Highway Bridges - Wiley-Interscience Pub. 1997년

(based on AASHTO LRFD Bridge Design Specifications)

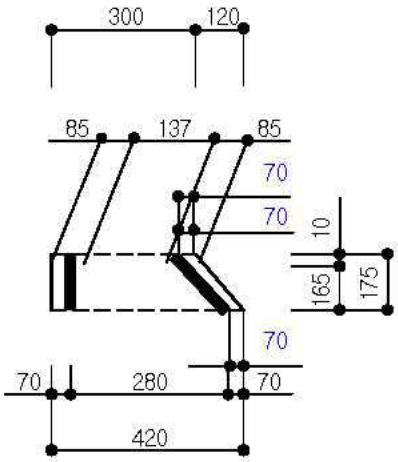
2. 가정단면



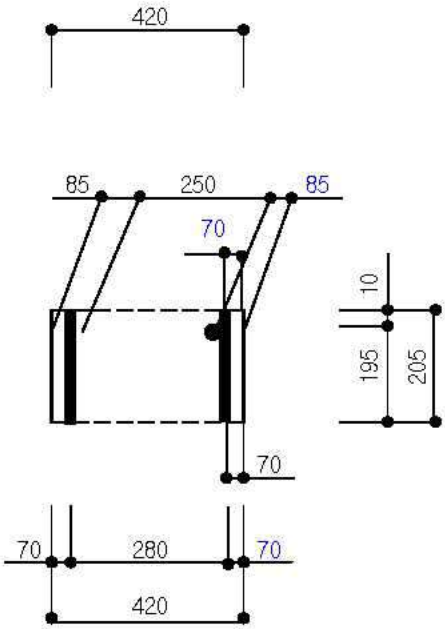
Segment 1



Segment 2

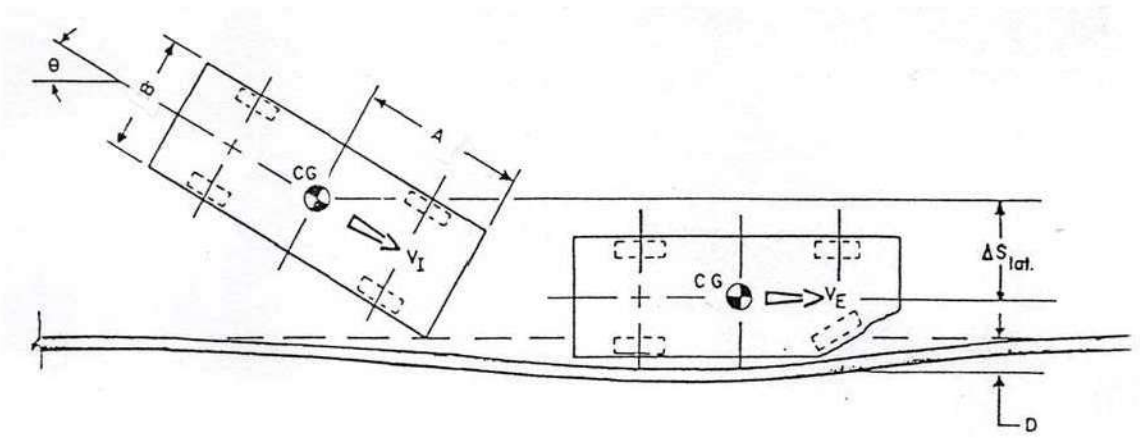


Segment 3



3. 충돌시 최대 충격력

3.1 Olsen Model (NCHRP Report 86)



1) 감가속도

$$avgG_{lat} = \frac{Vo^2 \cdot \sin^2\theta}{2 \cdot g \cdot [\, A \cdot \sin\theta - 0.5 \cdot B \cdot (1-\cos\theta) + D \,]}$$

$$= \frac{22.222^{\,2} \times \sin^2 15}{2 \times 9.807 \times [\, 4.3 \times \sin 15 - 0.5 \times 2.4 \times (\, 1 - \cos 15 \,) + 0.000 \,]}$$

$$= 1.563$$

여기서,

Vo	=	80.0 km/h	= 22.222 m/s
A	=	4.33 m	
B	=	2.44 m	
θ	=	15 °	
D	=	0.0 m	(강성 방호울타리)

$$maxG_{lat} = \pi/2 \cdot (avgG_{lat}) = 2.455$$

2) 횡방향 충격력

$$maxF_{lat} = maxG_{lat} \cdot W = 2.455 \times 14 = 34.370 \text{ tonf}$$

3.2 AASHTO LRFD Bridge Design Specifications

1) 적용기준 : TL-4

2) 횡방향 충격력 : 240000 N

4. 방호벽 전체 저항력 검토

4.1 연직축에 대한 BEAM의 MOMENT강도 (M_b)

가정한 방호벽 단면 상단에 BEAM 구간이 없으므로 Mb = 0 으로 된다.

4.2 연직축에 대한 WALL의 MOMENT강도 ($M_w \cdot H$)

1) Segment 1의 정.부모멘트 강도

As = D 16 @ 3 EA = 5.958 cm^2

$$a = \frac{As \cdot fy}{0.85 \cdot fck \cdot b} = \frac{5.958 \times 3000}{0.85 \times 240 \times 70} = 1.3 \text{ cm}$$

$$d = \frac{85 + 69 + 85 + 89 + 85 + 110}{3} = 174 \text{ mm} = 17.4 \text{ cm}$$

$\Phi Mn_1 = \Phi \cdot As \cdot fy (d - a/2)$

= 1.0 x 5.958 x 3000 x (17.4 - 1.3 / 2)

= 300417 kgf.cm

2) Segment 2의 정.부모멘트 강도

As = D 16 @ 1 EA = 1.986 cm^2

$$a = \frac{As \cdot fy}{0.85 \cdot fck \cdot b} = \frac{1.986 \times 3000}{0.85 \times 240 \times 17.5} = 1.7 \text{ cm}$$

d = 85 + 137 = 222 mm = 22.2 cm

$\Phi Mn_2 = \Phi \cdot As \cdot fy (d - a/2)$

= 1.0 x 1.986 x 3000 x (22.2 - 1.7 / 2)

= 127295.924 kgf.cm

3) Segment 3의 정.부모멘트 강도

As = D 16 @ 1 EA = 1.986 cm^2

$$a = \frac{As \cdot fy}{0.85 \cdot fck \cdot b} = \frac{1.986 \times 3000}{0.85 \times 240 \times 20.5} = 1.4 \text{ cm}$$

d = 85 + 250 = 335 mm = 33.5 cm

$\Phi Mn_3 = \Phi \cdot As \cdot fy (d - a/2)$

= 1.0 x 1.986 x 3000 x (33.5 - 1.4 / 2)

= 195348.887 kgf.cm

4) 전체 모멘트

$M_w \cdot H = \Phi Mn_1 + \Phi Mn_2 + \Phi Mn_3$

$= 300417.130 + 127295.924 + 195348.887 = 623061.941 \text{ kgf.cm} = 6.231 \text{ tf.m}$

4.3 수평축에 대한 WALL의 MOMENT강도 (M_c)

1) Segment 1의 모멘트 강도

As = D 13 @ 200 = 6.335 cm^2

$$a = \frac{As \cdot fy}{0.85 \cdot fck \cdot b} = \frac{6.335 \times 3000}{0.85 \times 240 \times 100} = 0.9 \text{ cm}$$

$$d = \frac{230 + 300}{2} - 70 = 195 \text{ mm} = 19.5 \text{ cm}$$

$Mc_1 = \Phi \cdot As \cdot fy (d - a/2)$ ze

$= 1.0 \times 6.335 \times 3000 \times (19.5 - 0.9 / 2)$

$= 361744.803 \text{ kgf.cm/m}$

2) Segment 2의 모멘트 강도

As = D 13 @ 200 + D 13 @ 200 = 12.670 cm^2

$$a = \frac{As \cdot fy}{0.85 \cdot fck \cdot b} = \frac{12.670 \times 3000}{0.85 \times 240 \times 100} = 1.9 \text{ cm}$$

d1 = (70 + 70) / 2 = 70 mm

d2 = (70 + 70) / 2 = 70 mm

$$d = \frac{300 + 420}{2} - 70 = 290 \text{ mm} = 29.0 \text{ cm}$$

$Mc_2 = \Phi \cdot As \cdot fy (d - a/2)$

$= 1.0 \times 12.670 \times 3000 \times (29.0 - 1.9 / 2)$

$= 1066879.213 \text{ kgf.cm/m}$

3) Segment 3의 모멘트 강도

As = D 13 @ 200 + D 13 @ 200 = 12.670 cm^2

$$a = \frac{As \cdot fy}{0.85 \cdot fck \cdot b} = \frac{12.670 \times 3000}{0.85 \times 240 \times 100} = 1.9 \text{ cm}$$

d1 = 420 - 70 = 350 mm = 35.0 cm

d2 = 420 - 70 = 350 mm = 35.0 cm

d = (d1 + d2) / 2 = 35.0 cm

$Mc_3 = \Phi \cdot As \cdot fy (d - a/2)$

$$Mc_3 = 1.0 \times 12.670 \times 4000 \times (35.0 - 2.5 / 2)$$

$$= 1710847.490 \text{ kgf.cm/m}$$

4) 전체 모멘트

$$M_o = \frac{Mc_1 \times L1 + Mc_2 \times L2 + Mc_3 \times L3}{L1 + L2 + L3}$$

$$= \frac{478391.873 \times 70.0 + 1406767.490 \times 17.5 + 1710847.490 \times 20.5}{70.0 + 17.5 + 20.5}$$

$$= 862761.442 \text{ kgf.cm/m} = 8.628 \text{ tf.m/m}$$

4.4 Critical Length Yield Line Pattern (L_c)

(AASHTO(LRFD) p.A13-6 참조)

$$L_o = \frac{L_t}{2} + \sqrt{\left(\frac{L_t}{2}\right)^2 + \frac{8 \cdot H \cdot (M_b + M_w \cdot H)}{M_o}}$$

$$= \frac{2.440}{2} + \sqrt{\left(\frac{2.440}{2}\right)^2 + \frac{8 \times 1.080 \times (0.000 + 7.103)}{8.628}}$$

$$= 4.153 \text{ m}$$

여기서,

L_t	=	2.440	m
H	=	1.080	m
M_b	=	0.000	tf.m
$M_w \cdot H$	=	7.103	tf.m
M_o	=	8.628	tf.m/m

4.5 Nominal Resistance to Transverse Load (R_w)

(AASHTO(LRFD) p.A13-5 참조)

$$R_w = \left(\frac{2}{2 L_o - L_t}\right)\left(8 \cdot M_b + 8 \cdot M_w \cdot H + \frac{M_o \cdot L_o^2}{H}\right)$$

$$= \left(\frac{2}{2 \times 4.153 - 2.440}\right) \times \left(8 \times 0.000 + 8 \times 7.103 + \frac{8.628 \times 4.153^2}{1.080}\right)$$

$$= 66.349 \text{ tonf}$$

∴ 우리기준과 비교

R_w = 66.349 tonf > 61.375 tonf **O.K!!!**

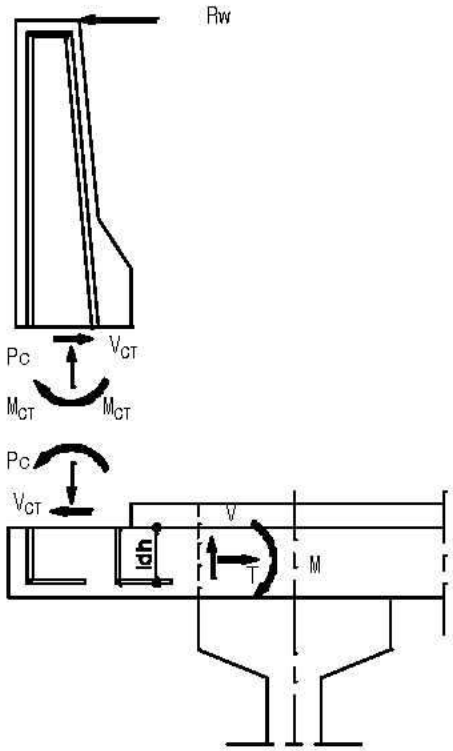
AASHTO(LRFD)기준과 비교

R_w = 651 kN > 516 kN **O.K!!!**

4.6 Shear Transfer Between Barrier and Deck

1) 충돌에 의한 방호벽의 전단력 (AASHTO(LRFD) p.A13-11 참조)

$$T = V_{CT} = \frac{R_w}{L_o + 2H} = \frac{66.349}{4.153 + 2 \times 1.080} = 10.510 \text{ tf/m}$$



2) Nominal Shear Resistance (도로교표준시방서(부록) p.5-72 참조)

$V_n = c \cdot A_{cv} + \mu \cdot (A_{vf} \cdot f_y + P_c)$

= 0.52 x 420 + 0.6 x (1.901 x 392.280 + 8.208)

= 670.642 N/mm

$V_n \leq 0.2 \cdot f_{ck} \cdot A_{cv}$ = 0.2 x 23.537 x 420 = 1977.091 N/mm **O.K!!!**

$V_n \leq 5.5 \cdot A_{cv}$ = 5.5 x 420 = 2310.000 N/mm **O.K!!!**

여기서, A_{cv} = 420 x 1 = 420 mm^2/mm

A_{vf} = H 13 @ 200 + H 13 @ 200 + H 13 @ 200

= 19.005 cm^2/m = 1.901 mm^2/mm

f_y = 392.280 MPa

c = 0.52 MPa

$\mu = 0.6\,\lambda = 0.6 \times 1.0 = 0.6$

Pc = 837 kgf/m = 8.208 N/mm

f_{ck} = 23.537 MPa

$\therefore$ Vn = 670.642 N/mm = 68.384 tf/m > V_{CT} = 10.510 tf/m **O.K!!!**

3) 최소 전단철근 검토 (도로교표준시방서(부록) p.5-73 참조)

$$A_{cf} = 0.35\,\frac{b_v \cdot s}{f_y}$$

$$= 0.35 \times \frac{420 \times 150}{392.280} = 56.210\ mm^2 < 380.100\ mm^2$$ **O.K!!!**

4) 정착길이 검토 (도로교표준시방서(부록) p.5-135 참조)

· 기본정착길이

$$l_{hb} = MAX\left(\frac{100 \cdot d_b}{\sqrt{f_{ck}}} = \frac{100 \times 13}{\sqrt{26.479}} = 253\ mm;\ 8 \cdot d_b = 8 \times 13 = 104\ mm;\ 150\ mm\right) = 253\ mm$$

· 수정계수

90° 갈고리에 대해서는 갈고리를 지나 연장된 철근의 피복두께가 5.0cm 이상인 경우 : 0.70

· 정착길이

$l_{dh} = l_{hb} \times$ 수정계수 = 253 × 0.7 = 177 mm < 197 mm **O.K!!!**

· 표준 90° 갈고리 연장길이

$12 \cdot d_b = 12 \times 12.7 = 152$ mm < $200 - (4 \cdot d_b - 1/2 \cdot d_b) = 156$ mm **O.K!!!**

1. 설계기준

1.1 방호벽 형식

1) 구조 형식 : 교량용 차량 방호울타리

2) 방호벽 형식 : 형식-2 (피복두께 = 6.0cm)

3) 방호벽 높이 : H = 1.350 m

4) 충돌 높이 : He = 1.350 m

1.2 하 중

1) 고정하중

① 철근 콘크리트 : Wc_1 = 2.500 tf/m^3

② 무근 콘크리트 : Wc_2 = 2.350 tf/m^3

③ A S C O N : Wa = 2.300 tf/m^3

2) 충돌하중

① 도로안전시설 설치 및 관리지침 [건설교통부 2001.7]

구 분	종별	차량중량(tonf)	충돌속도(km/h)	충돌각도(도)	충격도(kJ)
중앙분리대, 교량	SB6	25	80	15	420

② AASHTO LRFD Bridge Design Specifications

	Railing Test Level	Transverse(N)	Longitudinal(N)	Vertical(N)	L_t and L_L(mm)
Design Force	TL-5A	516000	173000	222000	2440

3) 사용재료

① 방호벽

- 콘크리트 ┌ 설계기준강도 (fck) = 240 kgf/cm^2 = 23.537 MPa
  └ 탄 성 계 수 (Ec) = 238000 kgf/cm^2
- 철 근 ┌ 항 복 강 도 (fy) = 4000 kgf/cm^2 = 392.280 MPa
  └ 탄 성 계 수 (Es) = 2000000 kgf/cm^2

② 슬래브

- 콘크리트 ┌ 설계기준강도 (fck) = 270 kgf/cm^2 = 26.479 MPa
  └ 탄 성 계 수 (Ec) = 253000 kgf/cm^2
- 철 근 ┌ 항 복 강 도 (fy) = 4000 kgf/cm^2 = 392.280 MPa
  └ 탄 성 계 수 (Es) = 2000000 kgf/cm^2

1.3 참 고 문 헌

1) 도로교설계기준 - 건설교통부 2000년

2) 도로안전시설 설치 및 관리지침 - 건설교통부 2001년

3) 고속도로건설공사 표준도 - 한국도로공사 2001년

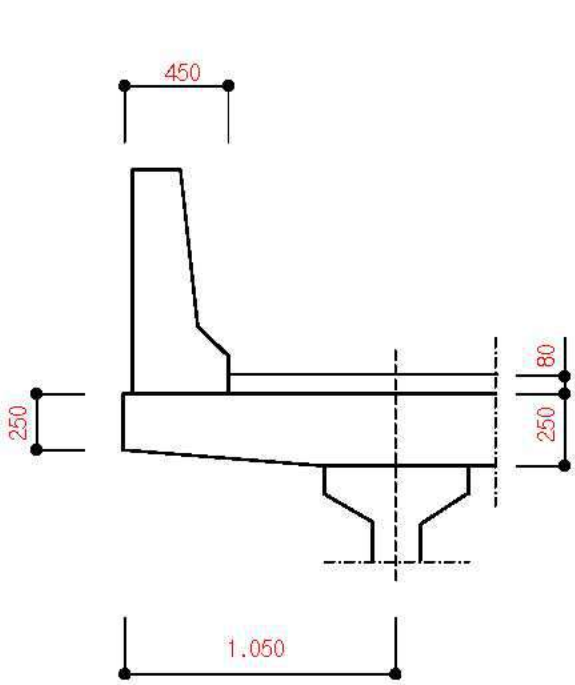
4) 도로교표준시방서 (부록 : 하중-저항계수 설계편) - 건설교통부 1996년

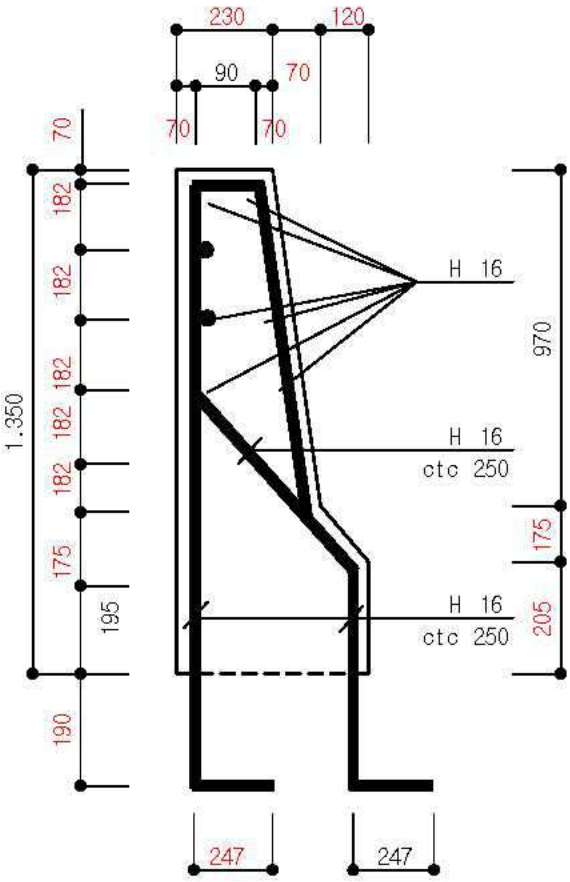
4) AASHTO LRFD Bridge Design Specifications - AASHTO 1998년

5) Design of Highway Bridges - Wiley-Interscience Pub. 1997년

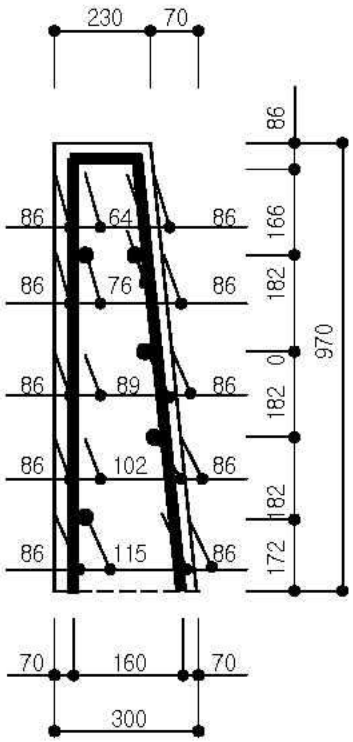
(based on AASHTO LRFD Bridge Design Specifications)

2. 가정단면

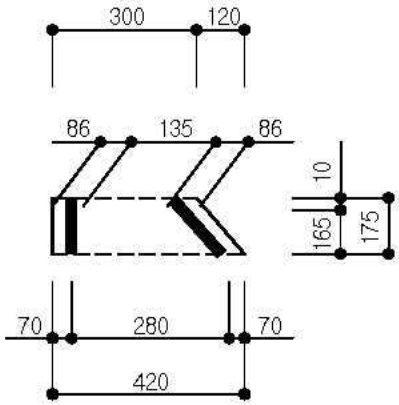




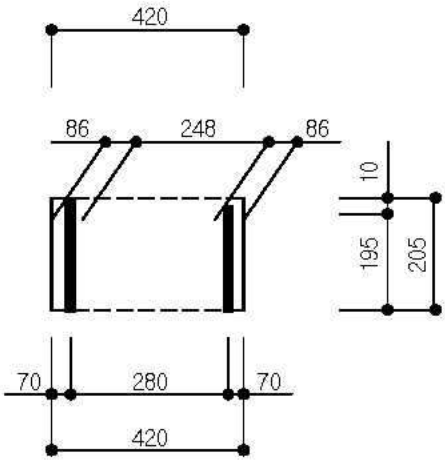
Segment 1



Segment 2

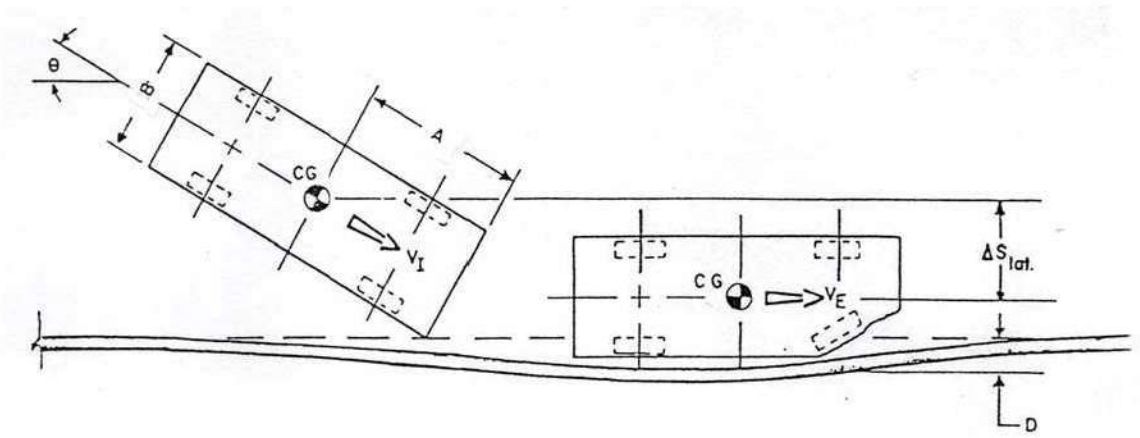


Segment 3



3. 충돌시 최대 충격력

3.1 Olsen Model (NCHRP Report 86)



1) 감가속도

$$avgG_{lat} = \frac{Vo^2 \cdot \sin^2\theta}{2 \cdot g \cdot [\, A \cdot \sin\theta - 0.5 \cdot B \cdot (1 - \cos\theta) + D \,]}$$

$$= \frac{22.222^{\,2} \times \sin^2 15}{2 \times 9.807 \times [\, 4.3 \times \sin 15 - 0.5 \times 2.4 \times (\, 1 - \cos 15 \,) + 0.000 \,]}$$

$$= 1.563$$

여기서,

Vo	=	80.0 km/h	= 22.222 m/s
A	=	4.33 m	
B	=	2.44 m	
θ	=	15 °	
D	=	0.0 m	

$$maxG_{lat} = \pi/2 \cdot (avgG_{lat}) = 2.455$$

2) 횡방향 충격력

$$maxF_{lat} = maxG_{lat} \cdot W = 2.455 \times 25 = 61.375 \text{ tonf}$$

3.2 AASHTO LRFD Bridge Design Specifications

1) 적용기준 : TL-4

2) 횡방향 충격력 : 516000 N

4. 방호벽 전체 저항력 검토

4.1 연직축에 대한 BEAM의 MOMENT강도 (M_b)

가정한 방호벽 단면 상단에 BEAM 구간이 없으므로 Mb = 0 으로 된다.

4.2 연직축에 대한 WALL의 MOMENT강도 ($M_w \cdot H$)

1) Segment 1의 정.부모멘트 강도

As = H 16 @ 5 EA = 9.93 cm^2

$$a = \frac{As \cdot fy}{0.85 \cdot fck \cdot b} = \frac{9.93 \times 4000}{0.85 \times 240 \times 97} = 2.0 \text{ cm}$$

$$d = \frac{86 * 5 + 64 + 76 + 89 + 102 + 115}{5}$$

= 175 mm = 17.5 cm

$\Phi Mn_1 = \Phi \cdot As \cdot fy (d - a/2)$

= 1.0 x 9.93 x 4000 x (17.5 - 2.0 / 2)

= 656030 kgf.cm

2) Segment 2의 정.부모멘트 강도

As = H 16 @ 1 EA = 1.986 cm^2

$$a = \frac{As \cdot fy}{0.85 \cdot fck \cdot b} = \frac{1.986 \times 4000}{0.85 \times 240 \times 17.5} = 2.2 \text{ cm}$$

d = 86 + 135 = 221 mm = 22.1 cm

$\Phi Mn_2 = \Phi \cdot As \cdot fy (d - a/2)$

= 1.0 x 1.986 x 4000 x (22.1 - 2.2 / 2)

= 166723.866 kgf.cm

3) Segment 3의 정.부모멘트 강도

As = H 16 @ 1 EA = 1.986 cm^2

$$a = \frac{As \cdot fy}{0.85 \cdot fck \cdot b} = \frac{1.986 \times 4000}{0.85 \times 240 \times 20.5} = 1.9 \text{ cm}$$

d = 86 + 248 = 334 mm = 33.4 cm

$\Phi Mn_3 = \Phi \cdot As \cdot fy (d - a/2)$

= 1.0 x 1.986 x 4000 x (33.4 - 1.9 / 2)

= 257784.510 kgf.cm

4) 전체 모멘트

$M_w \cdot H = \Phi Mn_1 + \Phi Mn_2 + \Phi Mn_3$

$= 656029.876 + 166723.866 + 257784.510 = 1080538.251 \text{ kgf.cm} = 10.805 \text{ tf.m}$

4.3 수평축에 대한 WALL의 MOMENT강도 (M_c)

1) Segment 1의 모멘트 강도

$As = H\ 16\ @\ 250 = 7.944\ cm^2$

$$a = \frac{As \cdot fy}{0.85 \cdot fck \cdot b} = \frac{7.944 \times 4000}{0.85 \times 240 \times 100} = 1.6 \text{ cm}$$

$$d = \frac{230 + 300}{2} - 70 = 195 \text{ mm} = 19.5 \text{ cm}$$

$Mc_1 = \Phi \cdot As \cdot fy (d - a/2)$

$= 1.0 \times 7.944 \times 4000 \times (19.5 - 1.6 / 2)$

$= 594884.104 \text{ kgf.cm/m}$

2) Segment 2의 모멘트 강도

$As = H\ 16\ @\ 250 + H\ 16\ @\ 250 = 15.888\ cm^2$

$$a = \frac{As \cdot fy}{0.85 \cdot fck \cdot b} = \frac{15.888 \times 4000}{0.85 \times 240 \times 100} = 3.1 \text{ cm}$$

$$d = \frac{300 + 420}{2} - 70 = 290 \text{ mm} = 29.0 \text{ cm}$$

$Mc_2 = \Phi \cdot As \cdot fy (d - a/2)$

$= 1.0 \times 15.888 \times 4000 \times (29.0 - 3.1 / 2)$

$= 1744016.414 \text{ kgf.cm/m}$

3) Segment 3의 모멘트 강도

$As = H\ 16\ @\ 250 + H\ 16\ @\ 250 = 15.888\ cm^2$

$$a = \frac{As \cdot fy}{0.85 \cdot fck \cdot b} = \frac{15.888 \times 4000}{0.85 \times 240 \times 100} = 3.1 \text{ cm}$$

$d = 420 - 70 = 350 \text{ mm} = 35.0 \text{ cm}$

$Mc_3 = \Phi \cdot As \cdot fy (d - a/2)$

$= 1.0 \times 15.888 \times 4000 \times (35.0 - 3.1 / 2)$

$= 2125328.414 \text{ kgf.cm/m}$

4) 전체 모멘트

$$M_o = \frac{Mc_1 \times L1 + Mc_2 \times L2 + Mc_3 \times L3}{L1 + L2 + L3}$$

$$= \frac{594884.104 \times 97.0 + 1744016.414 \times 17.5 + 2125328.414 \times 20.5}{97.0 + 17.5 + 20.5}$$

$$= 976246.502 \text{ kgf.cm/m} = 9.762 \text{ tf.m/m}$$

4.4 Critical Length Yield Line Pattern (L_c)

(AASHTO(LRFD) p.A13-6 참조)

$$L_o = \frac{L_t}{2} + \sqrt{\left(\frac{L_t}{2}\right)^2 + \frac{8 \cdot H \cdot (M_b + M_w \cdot H)}{M_o}}$$

$$= \frac{2.440}{2} + \sqrt{\left(\frac{2.440}{2}\right)^2 + \frac{8 \times 1.350 \times (0.000 + 10.805)}{9.762}}$$

$$= 4.886 \text{ m}$$

여기서,

L_t	=	2.440	m
H	=	1.350	m
M_b	=	0.000	tf.m
$M_w \cdot H$	=	10.805	tf.m
M_o	=	9.762	tf.m/m

4.5 Nominal Resistance to Transverse Load (R_w)

(AASHTO(LRFD) p.A13-5 참조)

$$R_w = \left(\frac{2}{2L_o - L_t}\right)\left(8 \cdot M_b + 8 \cdot M_w \cdot H + \frac{M_o \cdot L_o^2}{H}\right)$$

$$= \left(\frac{2}{2 \times 4.886 - 2.440}\right) \times \left(8 \times 0.000 + 8 \times 10.805 + \frac{9.762 \times 4.886^2}{1.350}\right)$$

$$= 70.671 \text{ tonf}$$

∴ 우리기준과 비교

R_w = 70.671 tonf > 61.375 tonf **O.K!!!**

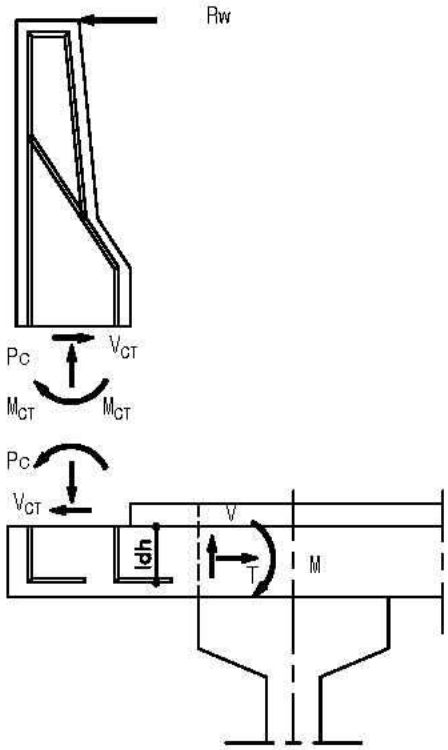
AASHTO(LRFD)기준과 비교

R_w = 693 kN > 516 kN **O.K!!!**

4.6 Shear Transfer Between Barrier and Deck

1) 충돌에 의한 방호벽의 전단력 (AASHTO(LRFD) p.A13-11 참조)

$$T = V_{CT} = \frac{R_w}{L_o + 2H} = \frac{70.671}{4.886 + 2 \times 1.350} = 9.316 \text{ tf/m}$$



2) Nominal Shear Resistance (도로교표준시방서(부록) p.5-72 참조)

$Vn = c \cdot Acv + \mu \cdot (Avf \cdot fy + Pc)$

$= 0.52 \times 420 + 0.6 \times (2.383 \times 392.280 + 9.964)$

$= 785.307$ N/mm

$Vn \leq 0.2 \cdot fck \cdot Acv = 0.2 \times 23.537 \times 420 = 1977.091$ N/mm **O.K!!!**

$Vn \leq 5.5 \cdot Acv = 5.5 \times 420 = 2310.000$ N/mm **O.K!!!**

여기서,

- $Acv = 420 \times 1 = 420$ mm²/mm
- Avf = H 16 @ 250 + H 16 @ 250 + H 16 @ 250
  - $= 23.832$ cm²/m $= 2.383$ mm²/mm
- $fy = 392.280$ MPa
- $c = 0.52$ MPa
- $\mu = 0.6 \lambda = 0.6 \times 1.0 = 0.6$
- $Pc = 1016$ kgf/m $= 9.964$ N/mm
- $fck = 23.537$ MPa

∴ $Vn = 785.307$ N/mm $= 80.076$ tf/m $> V_{CT} = 9.316$ tf/m **O.K!!!**

3) 최소 전단철근 검토 (도로교표준시방서(부록) p.5-73 참조)

$$A_{cf} = 0.35 \frac{b_v \cdot s}{f_y}$$

$$= 0.35 \times \frac{420 \times 187.5}{392.280} = 70.262\ mm^2 < 595.800\ mm^2 \quad \textbf{O.K!!!}$$

4) 정착길이 검토 (도로교표준시방서(부록) p.5-135 참조)

· 기본정착길이

$$l_{hb} = MAX\left(\frac{100 \cdot d_b}{\sqrt{f_{ck}}} = \frac{100 \times 16}{\sqrt{26.479}} = 311\ mm \;;\; 8 \cdot d_b = 8 \times 16 = 128\ mm \;;\; 150\ mm \right) = 311\ mm$$

· 수정계수

90° 갈고리에 대해서는 갈고리를 지나 연장된 철근의 피복두께가 5.0cm 이상인 경우 : 0.70

· 정착길이

$l_{dh} = l_{hb} \times$ 수정계수 $= 311 \times 0.7 = 218\ mm > 198\ mm$ **N.G!!!**

· 표준 90° 갈고리 연장길이

$12 \cdot d_b = 12 \times 15.9 = 191\ mm < 247 - (4 \cdot d_b - 1/2 \cdot d_b) = 191\ mm$ **O.K!!!**

5) M_o, L_o, P_w 재계산

· 수정계수 (소요As / 배근As)를 적용하여 배근As를 계산

배근As = 소요As x (198 / 218)

= 15.888 x (198 / 218) = 14.430 cm^2

· M_o 계산

Segment 1의 모멘트 강도

$$a = \frac{As \cdot fy}{0.85 \cdot fck \cdot b} = \frac{7.215 \times 4000}{0.85 \times 240 \times 100} = 1.4 \text{ cm}$$

$$Mc_1 = \Phi \cdot As \cdot fy \left(d - a/2 \right)$$

$$= 1.0 \times 7.215 \times 4000 \times \left(19.5 - 1.4 / 2 \right)$$

= 542369.731 kgf.cm/m

Segment 2의 모멘트 강도

$$a = \frac{As \cdot fy}{0.85 \cdot fck \cdot b} = \frac{14.430 \times 4000}{0.85 \times 240 \times 100} = 2.8 \text{ cm}$$

$$Mc_2 = \Phi \cdot As \cdot fy \left(d - a/2 \right)$$

$$= 1.0 \times 14.430 \times 4000 \times \left(29.0 - 1.4 / 2 \right)$$

= 1633094.105 kgf.cm/m

Segment 3의 모멘트 강도

$$a = \frac{As \cdot fy}{0.85 \cdot fck \cdot b} = \frac{14.430 \times 4000}{0.85 \times 240 \times 100} = 2.8 \text{ cm}$$

$$Mc_3 = \Phi \cdot As \cdot fy \left(d - a/2 \right)$$

$$= 1.0 \times 14.430 \times 4000 \times \left(35.0 - 2.8 / 2 \right)$$

= 1938592.760 kgf.cm/m

전체 모멘트

$$M_o = \frac{Mc_1 \times L1 + Mc_2 \times L2 + Mc_3 \times L3}{L1 + L2 + L3}$$

$$= \frac{542369.731 \times 97.0 + 1633094.105 \times 17.5 + 1938592.760 \times 20.5}{97.0 + 17.5 + 20.5}$$

= 895778.981 kgf.cm/m = 8.958 tf.m/m

· L_o 계산

$$L_o = \frac{L_t}{2} + \sqrt{\left(\frac{L_t}{2}\right)^2 + \frac{8 \cdot H \cdot (M_b + M_w \cdot H)}{M_o}}$$

$$= \frac{2.440}{2} + \sqrt{\left(\frac{2.440}{2}\right)^2 + \frac{8 \times 1.350 \times (0.000 + 10.805)}{8.958}}$$

$$= 5.030 \text{ m}$$

· R_w 계산

$$R_w = \left(\frac{2}{2L_o - L_t}\right)\left(8 \cdot M_b + 8 \cdot M_w \cdot H + \frac{M_o \cdot L_o^2}{H}\right)$$

$$= \left(\frac{2}{2 \times 5.030 - 2.440}\right) \times \left(8 \times 0.000 + 8 \times 10.805 + \frac{8.958 \times 5.030^2}{1.350}\right)$$

$$= 66.752 \text{ tonf}$$

∴ 우리기준과 비교

R_w = 66.752 tonf > 61.375 tonf **O.K!!!**

AASHTO(LRFD)기준과 비교

R_w = 655 kN > 516 kN **O.K!!!**