PSCI거더교 전단철근 배근방법 개선

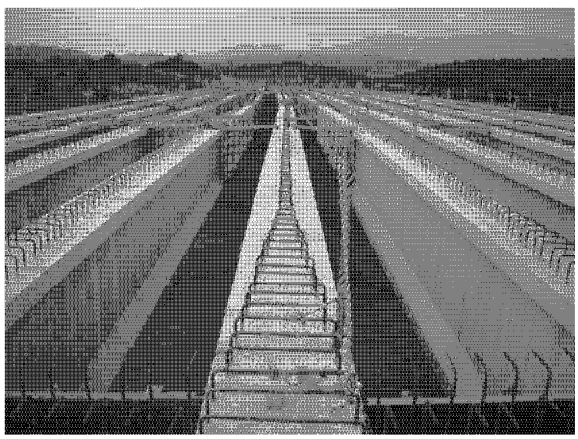
제공처 : 한국도로공사 기술심사처

출처 : 2008년도 고속도로 설계 실무자료집(2009, 한국도로공사)

1. 일반현황

(1) PSCI거더교(PSC빔교) 시공 시 거더 상단 전구간에 조밀하게 돌출되어 있는 전단연결재 때문에 거더 거치 후 후속작업 시 작업성이 떨어질 뿐만 아니라 작업 중 안전사고의 우려가 있으며, 전단연결재가 폐합형상(冂)으로 배근되어 있어 바닥슬래브 배력철근 조립이 어려움.

(2) 또한, 구조계산값 보다 과다하게 배근되고 있는 전단철근(전단연결재 포함)에 대한 상세 검토를 통해 합리적인 배근방안을 제시하고자 함.



<PSCI거더 상면 전경>

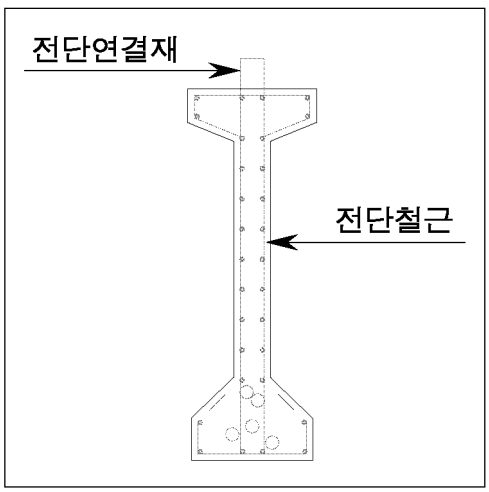


<거더 상면에서의 작업 전경>

(3) 용어설명

(3.1) 전단철근 - 휨응력과 전단응력의 합성에 의해 부재축에 경사지게 발생하는 인장응력(斜引張應力)에 대하여 거더 단면에 수직으로 배근하는 철근으로 사인장철근 또는 복부철근이라고도 하며 스터럽과 굽힘철근이 있다.

(3.2) 전단연결재 - 거더와 바닥슬래브 접촉면에 발생하는 수평전단력에 저항하도록 배근하는 철근으로 현재 시공되고 있는 PSCI거더교에는 전단철근(스터럽)을 슬래브 내로 연장하여 전단연결재를 대신하여 사용한다. 따라서, 현 표준도상의 전단철근은 전단철근+전단연결재를 말한다.



2. 현황 및 문제점

2.1 현 설계기준 및 문제점

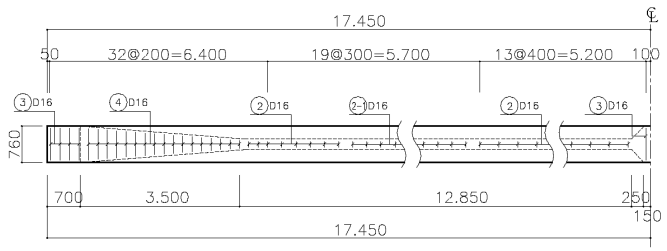
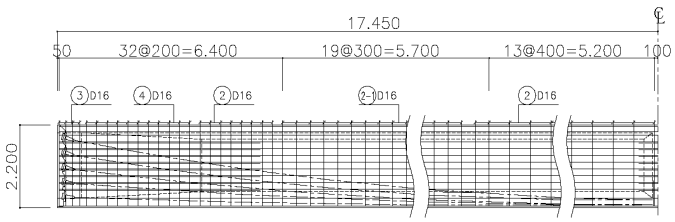
(1) 현행 설계기준

(1.1) 철근배근 : PSCI거더 표준도(한국도로공사, 2005)

(1.2) 설계기준 : 도로교설계기준(국토해양부, 2005)

(1.3) 전단철근 간격: C.T.C 200mm ~ 400mm

(1.4) 전단연결재 : 전단철근(스터럽)을 바닥슬래브까지 연장하여 사용

구 분	현 표준도
평면도 (전단연결재 배근도)	
측면도 (전단철근 배근도)	

(2) PSCI거더 전단연결재 개정 이력

(2.1) 2000년(건이이13105-57, 2000.06)

(2.1.1) 철근량 : D16@4ea → D16@2ea (철근량을 1/2로 감소)

(2.1.2) 노출길이 : 14cm → 19cm (슬래브두께(25cm) 감안 길이 연장)

(2.2) 2005년(설계처-542, 2005.03)

(2.2.1) 노출길이 : 19cm → 18cm (슬래브두께(24cm) 조정에 따라 길이 변경)

(3) 문제점

(3.1) PSCI거더 거치 후 후속공정(거푸집설치, 가로보설치, 철근조립 등)을 위하여 거더 상면으로 작업자의 통행이 불가피하며, 거더 상면 전구간에 걸쳐 조밀하

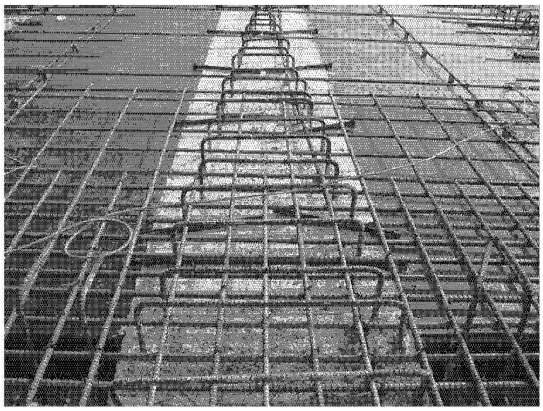
게 노출되어 있는 전단연결재 때문에 거더 상면의 공간이 협소하고 작업자의 통행안전성 및 작업성이 불량하여 안전사고 발생이 우려됨.

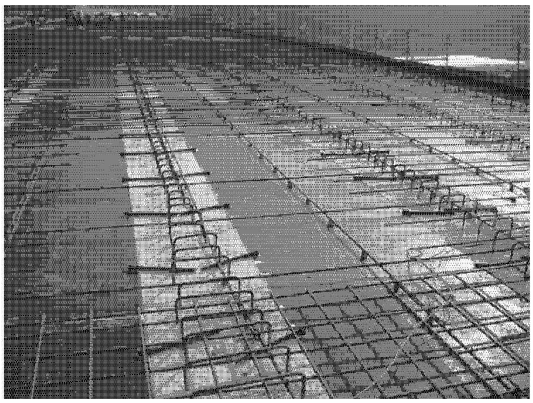
(3.1.1) 간격 : C.T.C 200mm~400mm

(3.1.2) 노출길이 : h=18cm

(3.2) 현장 작업자 대상 구두설문 조사 시 개선 요구

(3.3) 전단연결재가 교축직각방향으로 배치되어 있어 바닥슬래브 종방향철근 배근 시 폐합된 전단연결재 사이로 삽입해야 하므로 작업성이 불량함.





<전단연결재 안으로 바닥슬래브 배력철근 삽입>

(3.4) 돌출된 전단연결재 때문에 거더 상면 면마무리 어려움.

(3.5) 전단철근이 구조계산상 산출된 소요철근량 보다 과다하게 배근됨.

3. 개선내용

3.1 개선안 검토

3.1.1 대상교량

(1) 최근 설계된 경간장 35m 이하의 PSCI거더 교량의 구조계산서 검토

(2) 5m의 방음벽을 가정한 35m의 PSCI거더 교량을 대상으로 구조계산 실시

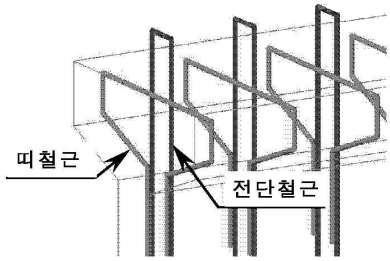
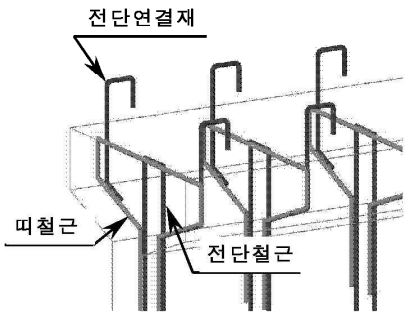
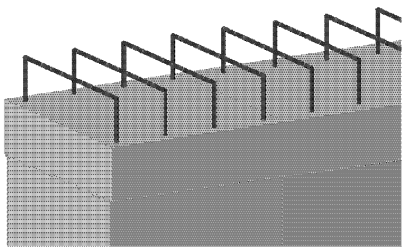
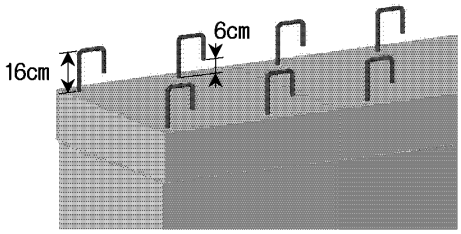
경간장	차로수	거더간격	방음벽	설계하중	비 고
35m	3차로	2.70m	5m	DB24	첨부 4.

3.1.2 검토내용

3.1.2.1 전단연결재의 형상 및 배치

(1) 거더 상면의 작업공간 확보방안

(2) 갈고리형태의 전단연결재 배근방법

구 분	기존방법	개선(안)
전 단 연결재	전단철근을 바닥슬래브 까지 연장 하여 전단연결재를 대신함	갈고리형태의 전단연결재 사용
배 근 방 법		
배 근 상 태		
노 출 길 이	18cm (슬래브 두께: 24cm, 피복: 6cm 고려)	16cm (슬래브 두께: 24cm, 피복: 6cm, 슬래브 주철근 직경: 1.6cm 고려)

3.1.2.2 전단철근 및 전단연결재 간격

(1) 최근 설계된 PSCI거더 교량 구조계산서의 소요 전단철근량 검토

(2) 거더 전구간 등간격 배근방안 검토

구 분	기존방법	개선(안)
배근간격	단 부: C.T.C 200mm 중앙부: C.T.C 300mm~400mm	전구간: C.T.C 400mm

(3) 검토근거 : 도로교설계기준, 2005

(3.1) 전단철근 설계기준

4.6 프리스트레스트 콘크리트, 4.6.3.8 전단 및 비틀림

· 설계조건 : $V_u = \phi(V_c + V_s)$

· 최소간격 : 0.75h 또는 600mm 이하

· 최소철근량 : $A_v = \frac{0.35 b_w s}{f_y}$

(3.2) 전단연결재 설계기준

4.4 강도설계법, 4.4.6.5 합성휨부재의 수평전단강도

· 설계 조건 : $V_u = \phi V_{nh}$

· 전단강도 :

① 접촉면이 청결하고 부유물이 없으며 일부러 거칠게 만들어진 경우; $V_{nh} \leq 0.56 b_v d\,(N)$

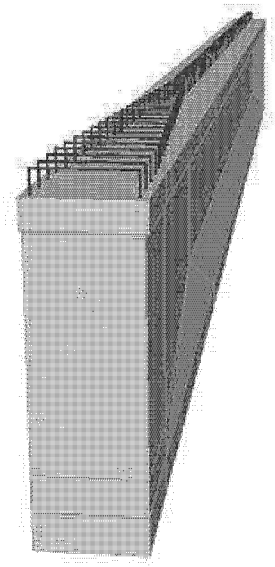
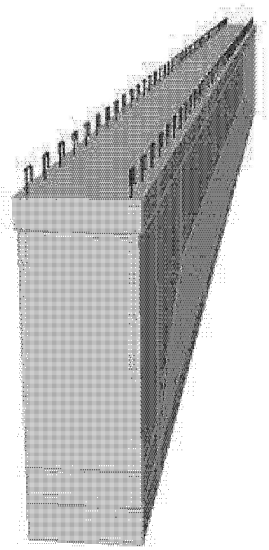
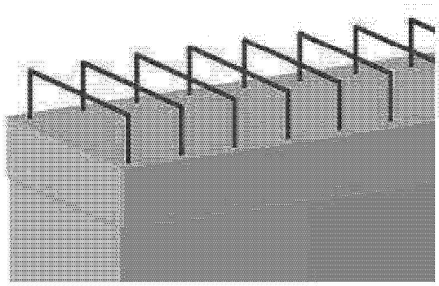
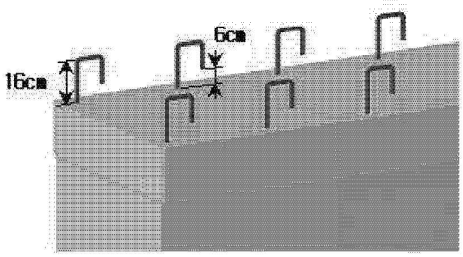
② 최소전단연결재가 있고 접촉면이 청결하고 부유물이 없으나 일부러 거칠게 만들어지지 않은 경우; $V_{nh} \leq 0.56 b_v d\,(N)$

③ 최소전단연결재가 있고 접촉면이 청결하고 부유물이 없으며 표면이 대략 6mm 깊이로 일부러 거칠게 만들어진 경우; $V_{nh} \leq 3.5 b_v d\,(N)$

· 최소간격 : 복부 최소폭의 4배 이하 또는 600mm 이하

· 최소철근량 : $A_v = \frac{0.35 b_w s}{f_y}$

(3.3) 전단연결재 배근방법 개선안

구 분	현 표준도	개 선 안
거더 상면		
배근 상태		
작업성	- 거더 상면 작업공간 부족으로 안전성 및 작업성 불량	- 작업자 이동안전성 향상 - 슬래브 주철근 배근 용이 - 거더 상면의 공간 확보로 표면 처리 작업 용이

3.1.3 설계자문

(1) 시행일시 : 2008. 09. 24

(2) 자문위원

성 명	소 속	직 위	비 고
유 동 호	(주)엔비코컨설탄트	대표이사	설계
나 정 우	(주)넥스엔지니어링	사장	설계
박 선 규	성균관대학교	교수	구조
조 병 완	한양대학교	교수	구조
박 현 진	동부엔지니어링	상임고문	시공
김 남 포	삼성물산(주)	부장	시공
박 영 하	도로교통연구원	수석연구원	구조

(3) 자문결과

자문내용	자문결과	조치계획
전단철근 배근 간격	▷ C.T.C 400mm로 배근하는 것은 적절함 [나정우,박선규,조병완,김남포,박영하] ▷ 전단철근의 직경을 16mm로 제한하지 않는 것이 바람직함 [유동호] ▷ $V_s > \frac{\sqrt{f_{ck}}}{3} b_w d$ 인 경우에 별도 검토 필요	- - ▷ 하중조건이 특이한 경우 구조계산을 통해 철근직경 선택 가능 - -
전단연결재 배근 간격	▷ C.T.C 400mm로 배근하는 것은 적절함 [유동호,나정우,박선규,조병완,박영하] ▷ 접촉면 처리에 주의하여야 함 [김남포]	- - ▷ 접촉면 처리에 관한 사항은 도면에 명기함
전단연결재 형상 및 배근 방법	▷ 문제 없음 [유동호,박선규,박영하] ▷ 기존방법과 개선안 모두 사용할 수 있도록 하는 것이 바람직함 [나정우] ▷ 연결강성이 중요하므로 전단연결재 사용보다 기존방법 유지 [조병완] ▷ 실험 또는 이론적 검증 필요 [박현진] ▷ 시공성이 떨어질 수 있음 [김남포]	- - - ▷ 전단연결재의 매입길이가 충분하여 역학적으로 문제가 없는 것으로 판단됨 ▷ 전단연결재 설치에 따른 시공성 저하가 다소 있을 수 있으나 전체적으로 안전성과 작업성의 향상 효과가 더 큼

3.1.4 시험시공

(1) 목적 : 개선된 전단연결재 및 전단철근의 작업성 및 안전성 검증

(2) 일시 : 2008년 10월 15일 ~ 10월 18일

(3) 위치 : 전주~남원 고속도로 제2공구

(4) 수량 : 35m PSCI거더 5본

(5) 시험시공 결과

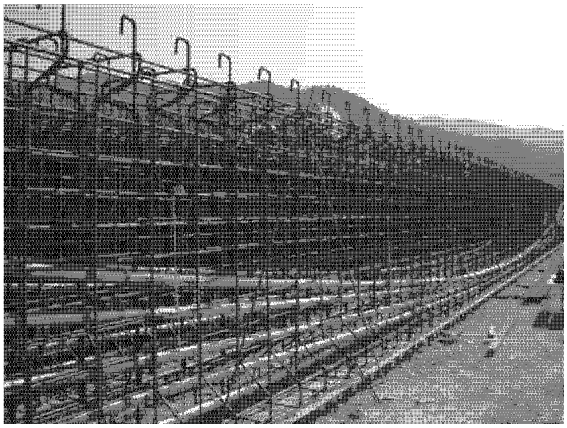
(5.1) 전반적으로 철근조립에 문제는 없음.

(5.2) 전단연결재 형상 및 제원 변경

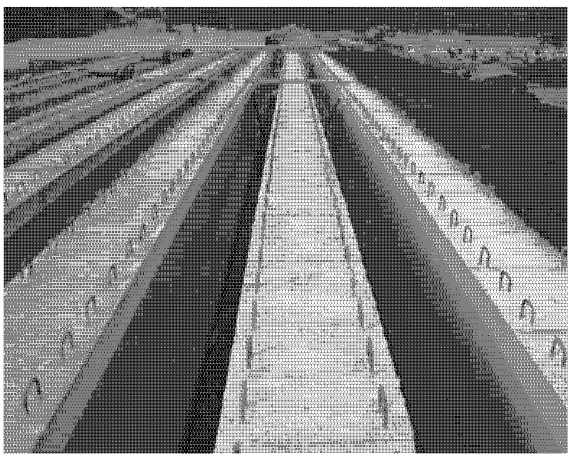
(5.2.1) 철근가공 편의를 위해 갈고리 곡선부를 직선 절곡

(5.2.2) 거더 상면과 갈고리 끝단의 간격 6cm는 적정함.

(5.3) 거더 거치 후 상부공 작업안전성 향상



<전단연결재 설치>



<거더 상면 전경>



<거더 상면 점검 모습(1)>



<거더 상면 점검 모습(2)>

3.1.5 검토결과

(1) 전단연결재의 형상 및 배치

(1.1) 거더 상면의 작업공간을 확보하기 위하여 전단철근(스터럽) 대신 별도의 전단연결재를 교축방향으로 배근

(1.2) 도로교설계기준에는 전단철근을 바닥슬래브까지 연장하여 전단철근의 일부가 전단연결재의 역할을 하도록 되어 있으나, PSCI거더교 설계시 유효높이(d)에 바닥슬래브의 두께는 고려하지 않으므로 본 검토에서 제안한 방법과 같이 별도의 전단연결재를 사용하여도 구조적으로 문제가 없음.

(2) 전단철근 간격

(2.1) 구조계산서 검토 결과 전단철근의 간격이 400mm 이상 가능한 것으로 나타

남.

(2.2) 전단철근 배근간격은 현행 200mm를 400mm로 배근 가능.

(3) 전단연결재 간격

(3.1) 구조계산서 검토 결과 전단연결재의 간격은 400mm 이상 가능하나 최소철근 규정에 의해 배근 간격은 400mm를 넘지 않도록 함.

(3.2) 거더 상단의 바닥슬래브와의 접촉면은 마찰저항력 증대를 위하여 거친면 마무리(대략 6mm 깊이로 일부러 거칠게 함)를 하고 전단연결재의 배근간격은 C.T.C 400mm로 함. (도로설계편람 제5편 교량(국토해양부, 2008) 508.2 PSC 합성거더교 설계편 참조)

(3.3) 다만, 전단연결재를 400mm 간격으로 배근하고 아래 도로교설계기준 ②항을 만족하는 경우에는 접촉면에 거친면마무리는 생략할 수 있음.

(3.4) 하중조건이 특수한 경우 전단철근과 전단연결재는 구조계산 결과에 따라 거더 단부구간에 C.T.C 400mm 이하로 배근할 수 있다.

3.2 개선방안

적용대상 / 구분	경간장 35M 이하	경간장 35M 초과
전단철근	- 스터럽(D16)을 전구간 C.T.C 400㎜로 배근	구조계산 결과에 따라 철근량 산정
전단연결재	- 갈고리철근(D16)을 교축방향으로 전단철근 배근간격에 따라 동일하게 C.T.C 400㎜로 배근	
전단연결재 노출길이	- 노출길이는 바닥슬래브 주철근 배근 시 간섭을 피할 수 있도록 16cm로 함 - 갈고리철근 끝단과 거더 상면과의 간격은 6cm로 함	
접촉면 처리	- 거더 상단의 바닥슬래브와의 접촉면은 거친면마무리 처리 (대략 6㎜ 깊이로 일부러 거칠게 함)	

4. 결론

(1) 전단연결재가 거더 상면의 양 외측에 배치되므로 거더 상면의 중앙부에 이동공간 확보

(1.1) 작업자의 안전성 향상

(2) 전단철근 배근 시 일정 간격으로 배근하므로 철근 배근 작업성 향상 및 검측 용이

(3) 전단연결재가 갈고리형상이므로 바닥슬래브 철근 배근작업 용이

(4) 작업공간이 확보되어 상면의 표면처리작업 용이

(4.1) 바닥슬래브와의 접합력 증대

(5) 품질향상 및 공사비 절감

(5.1) 공사비 절감 : 660,000원/본(총공사비), L=35m 기준

(예: 동해-삼척, 충주-제천 고속도로 PSC Beam 수 : 531본, 660,000원/본 × 531본 = 350,460,000원)

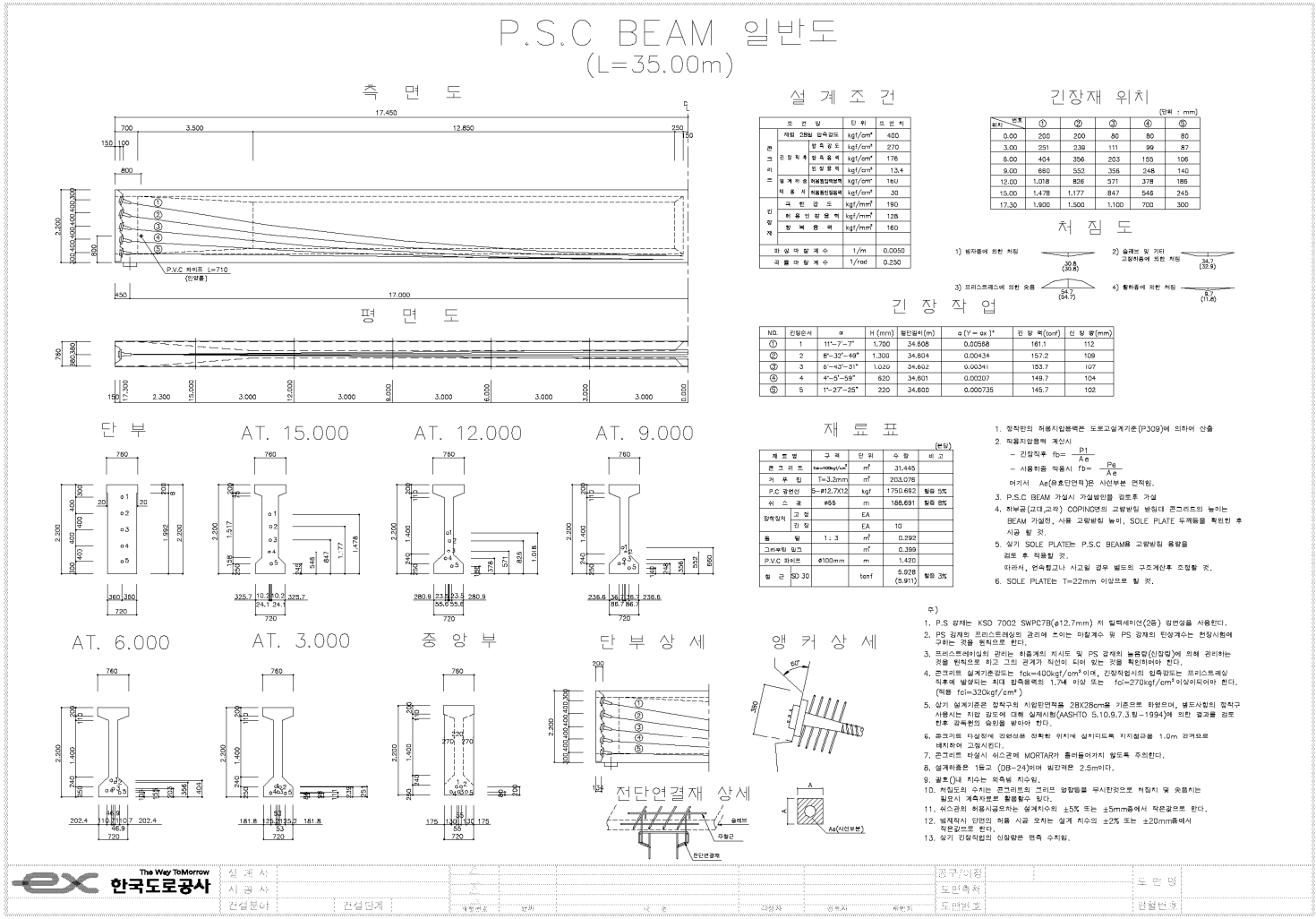
(6) 적용방안

(6.1) 설계중인 노선 : 본 방침 적용

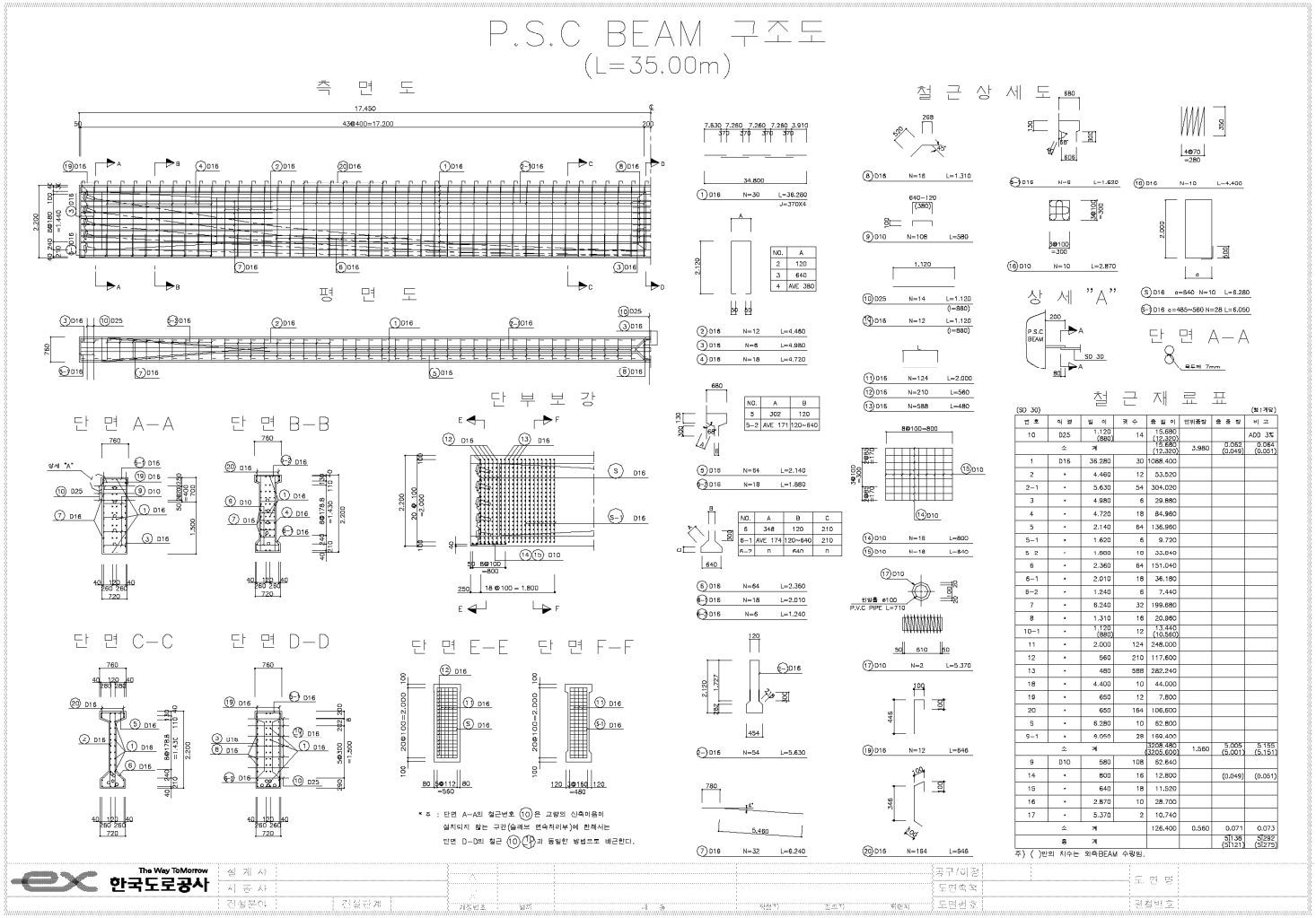
(6.2) 공사중 또는 미발주 노선 : 공사(설계)주관부서에서 적용여부 판단

5. 기타

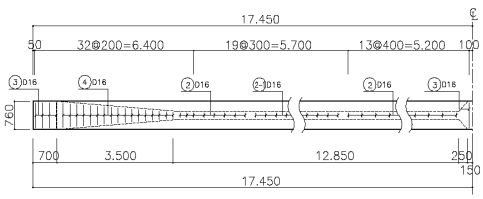
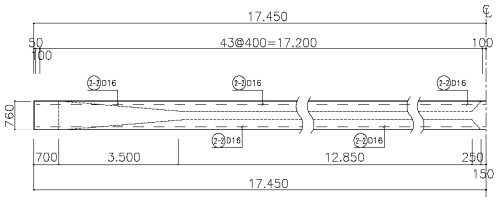
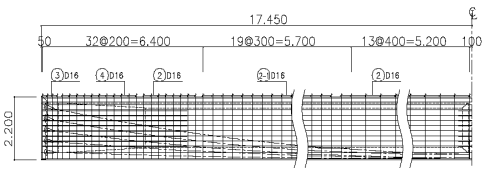
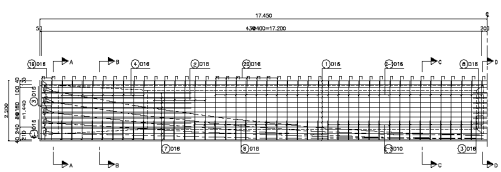
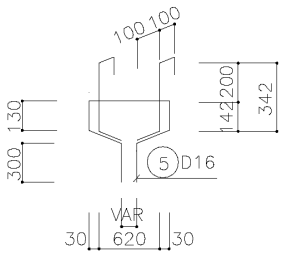
(1) 일반도


P.S.C BEAM 일반도
(L=35.00m)
측 면 도
평 면 도
설 계 조 건
긴장재 위치
처 짐 도
긴 장 작 업
재 료 표
단 부
AT. 15.000
AT. 12.000
AT. 9.000
AT. 6.000
AT. 3.000
중 앙 부
단 부 상 세
앵 커 상 세
전단연결재 상세
1. 정착판의 허용지압응력은 도로교설계기준(P309)에 의하여 산출
2. 작용지압응력 계산시
– 긴장직후 fb= P1/Ac
– 사용하중 작용시 fb= Pe/Ae
여기서 Ae(유효단면적)은 시인부분 면적임.
3. P.S.C BEAM 가설시 가설받침을 강토로 가설
4. 처부굽(고대고각) COPING면의 고압방입 방침대 콘크리트의 높이는 BEAM 가설시, 사용 고압방침 높이, SOLE PLATE 두께등을 확인한 후 시공 할 것.
5. 상기 SOLE PLATE는 P.S.C BEAM용 고압방침 용량을 검토 후 적용할 것.
따라서, 연속됩교나 시고일 경우 빔의 구조계산후 조정할 것.
6. SOLE PLATE는 T=22mm 이상으로 할 것.
주)
1. P.S 강재는 KSD 7002 SWPC7B(ϕ12.7mm) 저 릴렉세이션(2등) 강연성을 사용한다.
2. PS 강재의 프리스트레싱의 관리에 으이는 마찰계수 및 PS 강재의 탄성계수는 현장시험에 구하는 것을 원칙으로 한다.
3. 프리스트레이싱의 관리는 하중계의 지시도 및 PS 강재의 늘음량(신장량)에 의해 관리하는 것을 원칙으로 하고 그의 관계가 직선이 되어 있는 것을 확인하여야 한다.
4. 콘크리트 설계기준강도는 fck=400kgf/cm² 이며, 긴장작업시의 압축강도는 프리스트레싱 직후에 발생하는 최대 압축응력의 1.7배 이상 또는 fci=270kgf/cm²이상이되어야 한다. (허용 fci=320kgf/cm²)
5. 상기 설계기준은 정착구의 지압판면적을 28X28cm을 기준으로 하였으며, 넬도사항의 정착구 사용시는 지압 강도에 대해 실제시험(AASHTO 5.10.9.7.3항-1994)에 의한 결과를 검토 한후 감독원의 승인을 받아야 한다.
6. 콘크리트 타설장에 강성성을 정확히 위치에 설치디도록 지지철근을 1.0m 간격으로 배치하여 고정시킨다.
7. 콘크리트 타설시 쉬스관에 MORTAR가 흘러들어가지 않도록 주의한다.
8. 설계하중은 1등교 (DB-24)이며 바리케은 2.5m이다.
9. 괄호()내 치수는 외측빔 치수임.
10. 처짐도의 수치는 콘크리트의 크리프 영향뿐을 무시한것으로 처짐치 및 솟음치는 필요시 계측차로로 활용할수 있다.
11. 쉬스관의 허용시공오차는 설계치수의 ±5% 또는 ±5mm중에서 작은값으로 한다.
12. 빔제작시 단면의 허용 시공 오차는 설계 치수의 ±2% 또는 ±20mm중에서 작은값으로 한다.
13. 상기 긴장작업의 신장량은 편측 수치임.
The Way ToMorrow
한국도로공사
설 계 사
시 공 사
건설분야
건설업계
공구(이정)
도면축척
도면번호
도면 명
관철번호

(2) 구조도


P.S.C BEAM 구조도
(L=35.00m)
측 면 도
평 면 도
철 근 상 세 도
상 세 "A"
단 면 A-A
단 면 B-B
단 부 보 강
단 면 C-C
단 면 D-D
단 면 E-E
단 면 F-F
철 근 재 료 표
* 주 : 단면 A-A의 철근번호 ⑩은 교량의 신축이음이 설치되지 않는 구간(슬래브 연속처리부)에 한해서는 단면 D-D의 철근 ⑩,⑪과 동일한 방법으로 배근한다.
The Way To Morrow
한국도로공사
설 계 사
시 공 사
감 독 관
건설단계
도 면 명
도면축척
도면번호
검토번호

(3) 공사비 산출 근거 (PSC BEAM 35.0M)

구 분	현 표준도	개 선 안
평면도		
측면도		
전 단 연결재 상 세	 NO. / A 2 / 120 2-1 / 120 3 / 640 4 / AVE 380	
전단철근 간격	32@200+19@300+13@400(mm)	43@400(mm)
전 단 철근량	1.992 ton/본	1.532 ton/본
직 접 공사비	1,930,000 원/본	1,490,990 원/본
증 감	-	△ 440,000 원/본