프리캐스트 콘크리트 바닥판 적용성 검토

제공처 : 한국도로공사 설계처

출처 : 2009년도 고속도로 설계 실무자료집(2010, 한국도로공사)

1. 일반현황

도심지의 건설공사, 확장공사 및 노후교량의 교체시 원활한 교통소통 및 민원예방을 위하여 공기단축이 가능한 프리캐스트 조립식 바닥판 적용방안을 검토코자 함.

2. 현황 및 문제점

2.1 프리캐스트 콘크리트 바닥판 개요

2.1.1 개요

(1) 공장 또는 별도의 제작장에서 콘크리트 바닥판을 제작하여 현장으로 운반 후 긴장재를 이용하여 바닥판을 연결하고, 바닥판과 거더는 전단연결재를 이용하여 합성시키는 공법

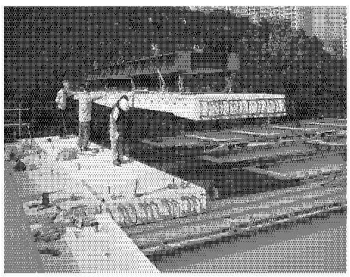
(1.1) Full-depth deck 프리캐스트 콘크리트 바닥판

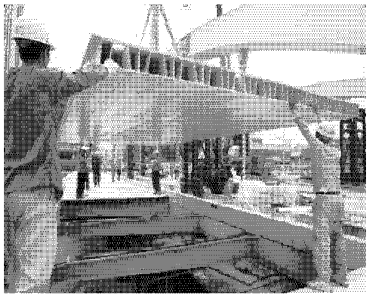
(1.1.1) 공장 및 별도의 제작장에서 바닥판을 제작하여 운반 후 현장에서 조립하는 전단면 프리캐스트 바닥판

(1.2) Partial-depth deck 프리캐스트 콘크리트 바닥판

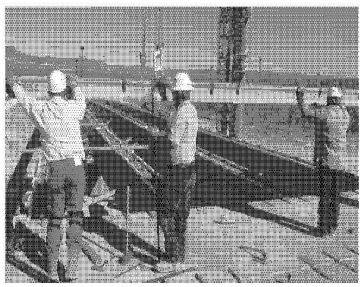
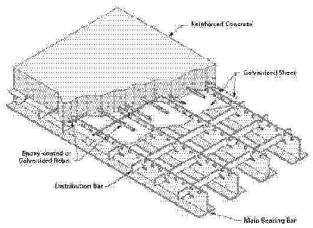
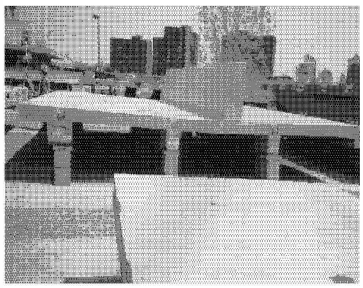
(1.2.1) 영구거푸집 역할의 프리캐스트 바닥판과 현장타설 콘크리트를 일체화하여 외력에 저항하는 거푸집 겸용 프리캐스트 바닥판(예: LB-deck)

2.1.2 국내현황

구 분	개요도	적용사례	특 징
프리캐스트 콘크리트 바닥판		화순-광주간 교동교(L=200m) 등 37개소	· 고강도 콘크리트를 이용하여 종방향 긴장력을 도입한 바닥판 (신기술 제405호)

구 분	개요도	적용사례	특 징
유리섬유복합소재(FRP) 프리캐스트 바닥판		배둔-시락간 배둔교(L=47m) 등 20개소	· FRP 복합재료를 이용하여 경량화한 바닥판 (신기술 제374호)

2.1.3 국외현황

구 분	개요도	적용사례	특 징
프리캐스트 콘크리트 바닥판		미국, 프랑스, 일본 등	종방향 긴장방법을 다양하게 연결 ◦ 강선으로 연결 ◦ 기계적 이음으로 연결 ◦ 루프로 연결
Exodermic 프리캐스트 바닥판		미국 (The Governor Malcolm E. Wilson Tappan Zee,2002년)	강재 격자구조에 철근콘크리트를 합성하여 경량화한 바닥판
프리캐스트 HPC 바닥판		캐나다 (Jacques Cartier교, 2002년)	강도 60Mpa이상의 고성능 콘크리트를 이용하여 단면을 경감한 바닥판

3. 개선내용

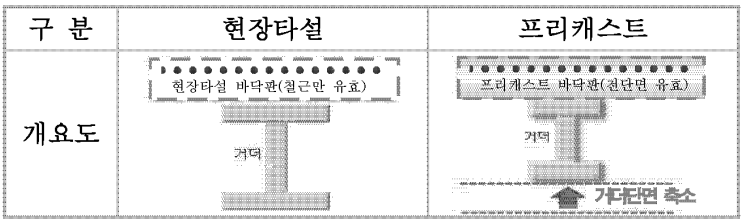
3.1 프리캐스트 콘크리트 바닥판 적용성 검토

3.1.1 검토방향

(1) 현재 국내에서 적용 가능한 프리캐스트 콘크리트 바닥판에 대하여 검토함.

(1.1) 유리섬유 복합소재(FRP) 프리캐스트 바닥판 등은 복합소재에 대한 적절한 설계법, 표준 시방서, 장기거동 등에 대한 연구가 필요.

3.1.2 주요특징

<table>
<tr><th>구 분</th><th>내 용</th><th>비 고</th></tr>
<tr><td>구조적 특징</td><td>o 연속교 바닥판 단면의 효율적 사용 : 부모멘트 구간에서 바닥판 전단면이 유효하므로 거더단면 축소가능(약10%)


o 바닥판 균열제어 : 인장응력에 대응하는 종방향 프리스트레스의 도입으로 균열발생 억제</td><td></td></tr>
<tr><td>시공/안전</td><td>o 단순공종에 의한 반복작업으로 신속한 제작 및 조립식 가설에 따른 현장작업 최소화로 공기단축
o 작업발판, 동바리가 필요없어 공사중 안전사고 예방</td><td></td></tr>
<tr><td>품질/환경</td><td>o 공장제작으로 품질확보 가능
o 급속시공으로 교통체증 최소화
o 공장제작 및 현장작업 최소화로 먼지, 소음 등 환경오염 요인 감소</td><td></td></tr>
</table>

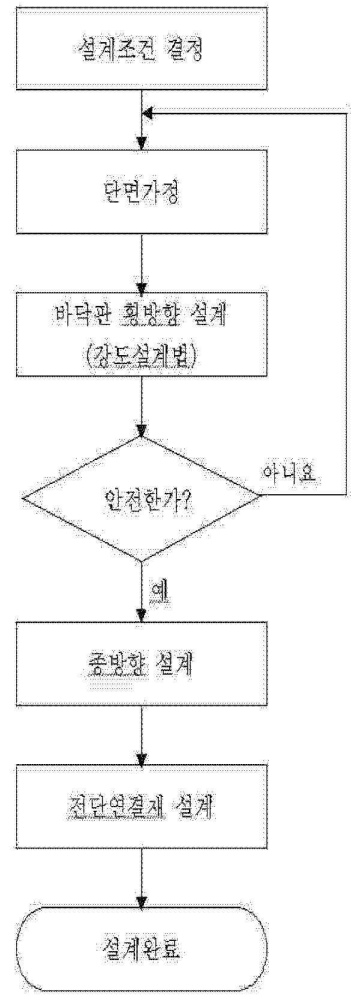
3.1.3 설계기준 검토

(1) 설계기준 : 도로교 설계기준 (2005, 국토해양부)

(1.1) 강도설계법

(1.2) 현장타설 바닥판과 설계과정은 동일하며, 프리스트레싱 도입에 따른 긴장력 산출과 정착부 검토, 전단포켓에 따른 전단연결재 배치검토가 추가됨.

(2) 프리캐스트 콘크리트 바닥판 설계흐름도

흐름도	내 용	비 고
	o 교량제원(하중, 형식, 연장, 폭원 등)에 따른 설계조건 결정	
	o 거더높이, 바닥판두께 등 단면가정	
	o 바닥판 횡방향 설계 : 거더높이, 바닥판두께 결정 (현장타설 바닥판과 동일)	도로교설계 기준 3.6.4
	o 종방향 설계 - 바닥판 합성을 위한 긴장력 도입으로 바닥판 전단면을 유효단면으로 강성 계산 - 정모멘트 구간 : 보통콘크리트 휨강도 ($f_r = 0.63\sqrt{f_{ck}}$) 수준의 긴장 강선량 설계 - 부모멘트 구간 : 하중조건(활하중+온도+건조수축+creep)에 따라 지점부 콘크리트 단면에 발생하는 인장응력을 상쇄시킬수 있는 강선량 설계	도로교설계 기준 3.9.1 도로교설계 기준 3.6.4.3
	o 전단연결재 설계 일반 강교와 동일하게 스터드 갯수 결정 후 간격 기준을 만족하도록 등간격 배치	도로교설계 기준 3.9.5

3.1.4 바닥판 공기 및 공사비 검토

(1) 검토교량 : PSC 빔교 (L=35m, B=12.6m), 단순교

구 분	현장타설 바닥판	프리캐스트 콘크리트 바닥판	비고
개 요	o 콘크리트 : 27Mpa o 철 근 : 400Mpa	o 콘크리트 : 35Mpa o 철 근 : 400Mpa o PS강연선 : SWPC7B Φ12.7	
거 더	o 형 고 : 2.2m	o 형 고 : 2.2m	
공 기	o 거푸집 : 5일/1경간 o 철 근 : 10일/1경간 o 현타/양생 : 30일 계 : 15+30 = 45일	o 운반/가설 : 1일/1경간 o 몰탈 타설/긴장 : 5일/1경간 o 면마무리/양생 : 20일 계 : 6+20 = 26일	
상부 공사비	o 바닥판 : 58 백만원 o 거 더 : 94 백만원 계 : 152 백만원	o 바닥판 : 99 백만원 o 거 더 : 94 백만원 계 : 193 백만원	공사비 증 27% (제잡비제외)

(2) 검토교량 : 개구제형 강합성 거더교 (L=45+3@55+45=255m, B=21m)

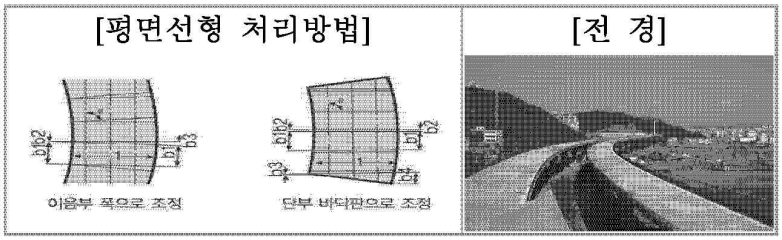
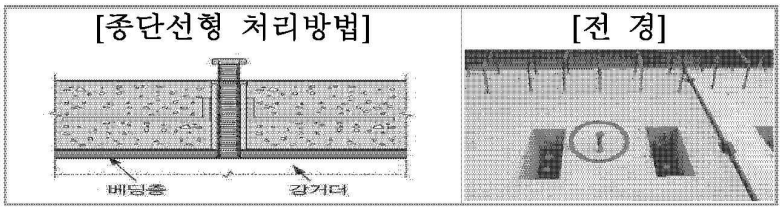
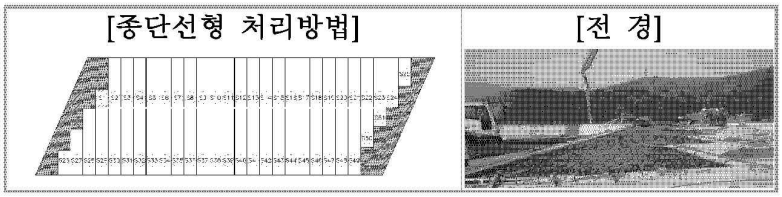
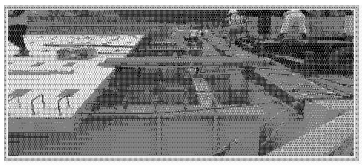
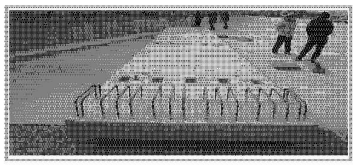
구 분	현장타설 바닥판	프리캐스트 콘크리트 바닥판	비고
개 요	o 콘크리트 : 27Mpa o 철 근 : 400Mpa	o 콘크리트 : 35Mpa o 철 근 : 400Mpa o PS강연선 : SWPC7B Φ12.7	
거 더	o 형 고 : 2.6m o 강재량 : 1,573ton	o 형 고 : 2.4m o 강재량 : 1,322ton (감 251ton)	강재량 16%절감
공 기	o 거푸집 : 5일/1경간 o 철 근 : 10일/1경간 o 현타/양생 : 30일 계 : 15X5+30 = 105일	o 운반/가설 : 1일/1경간 o 몰탈 타설/긴장 : 5일/1경간 o 면마무리/양생 : 20일 계 : 6X5+20 = 50일	
상부 공사비	o 바닥판 : 705 백만원 o 거 더 : 4,074 백만원 계 : 4,779 백만원	o 바닥판 : 1,205 백만원 o 거 더 : 3,422 백만원 계 : 4,627 백만원	공사비 감 3% (제잡비제외)

(2.1) 프리캐스트 바닥판은 현장타설 대비 약 50%의 공기가 단축되며,

(2.2) 교량 상부공사비는 현장타설 바닥판 대비 단순교의 경우 약 27% 증가하나 연속교의 경우 바닥판 전단면 효율증가에 따른 거더공사비(강재량 약 16%절감)가 절감되므로 상부공사비 차이는 미미함.

3.1.5 설계 적용성 검토

.

<table>
<tr><th>구 분</th><th>내 용</th><th>비 고</th></tr>
<tr><td rowspan="3">기하구조</td><td>o 평면선형 : R=350m 이상 적용
[평면선형 처리방법] [전 경]

· R=350m 미만시 선형변화에 따른 정밀제작 및 설치가 곤란함.</td><td></td></tr>
<tr><td>o 종단선형 : 제한 없음
· 바닥판 단차는 볼트형 높이조절장치로 조정
[종단선형 처리방법] [전 경]
</td><td></td></tr>
<tr><td>o 사교 : 제한 없음(교량 단부는 현장타설 적용)
[종단선형 처리방법] [전 경]
</td><td></td></tr>
<tr><td>부속시설</td><td>o 신축이음부 : 현장타설 적용

o 방호벽 : 연결철근 설치
</td><td></td></tr>
<tr><td>교면포장</td><td>o 교면포장 적용검토(설계처-2452, 2009.04.30)에 따라 콘크리트계 교면포장 적용</td><td></td></tr>
<tr><td>기 타</td><td>o 적용가능한 거더형식 : 거더와 바닥판이 합성구조인 교량형식(강박스, 플레이트, 소수주형, PSC 빔, 사장교 등)
o 1 SEG(폭 : 12~15m, L= 2m)당 2차로 적용가능</td><td></td></tr>
</table>

4. 결론

(1) 프리캐스트 콘크리트 바닥판은 공장제작에 따른 품질확보 및 현장작업 최소화에 따른 공기단축이 가능하므로, 도심지 통과구간 및 확장공사, 노후교량의 교체시 교통차단에 의한 민원발생으로 급속시공이 필요한 교량이나 개구제형 강합 성교와 같이 거푸집 해체가 곤란한 교량, 안전사고의 위험이 높은 교량 등 현장여건을 감안하여 적용.

(2) 공장 대량생산으로 프리캐스트 바닥판의 제작단가를 낮출수 있는 장대교량 등에서는 현장타설 바닥판과의 경제성을 비교 검토하여 설계적용 가능.

(3) 본 공법이외의 다른 형태의 공법(재질, 시공방법 등)을 사용하는 경우 정밀해석이나 시험 등 검증을 통해 사용가능.

(4) 적용방안

(4.1) 2009. 9월 설계중인 노선부터 적용

5. 기타

5.1 바닥판 공사비 검토

(1) 검토교량 : Steel-Box형식 L=51.8m, B=50m, 교고 7.5m

(단위 : 원/㎡)

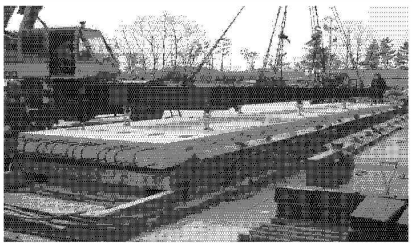
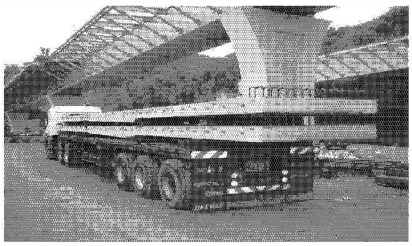
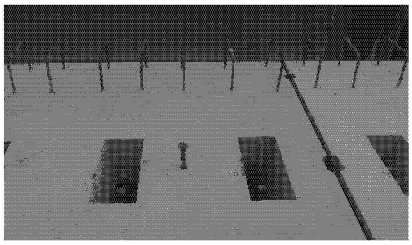
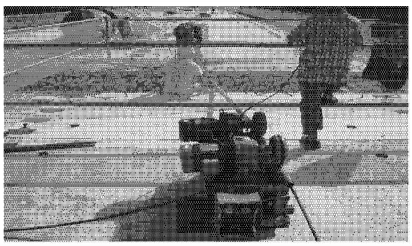
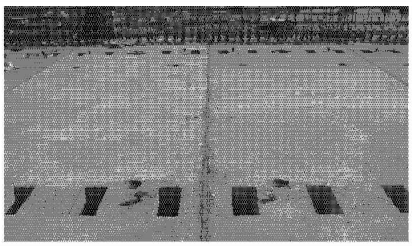
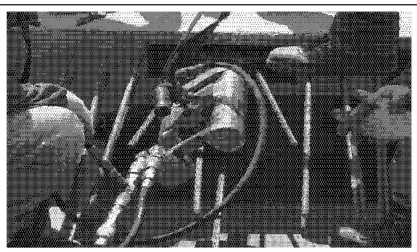
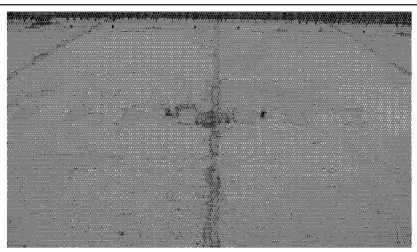
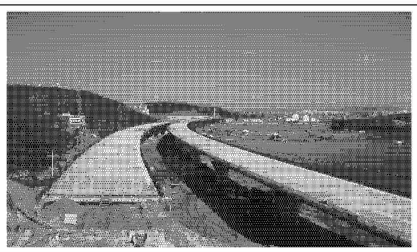
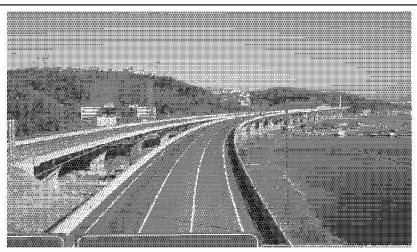
구 분		단위	현장타설 바닥판		프리캐스트 바닥판		증감	비고
			수량	공사비	수량	공사비	공사비	
제작비	콘크리트	㎥	0.303	19,010	0.288	20,811	증 1,801	자재, 타설비 포함
	철 근	ton	0.047	48,025	0.063	63,733	증 15,708	자재, 가공조립비 포함
	무수축몰탈	㎥	-	-	0.016	5,774	증 5,774	
	목재거푸집	㎡	0.708	19,699	0.268	7,470	감 12,229	
	동 바 리	식	1	43,551	1	5,823	감 37,728	
	강재거푸집	㎡	-	-	1.202	19,998	증 19,998	
	양 생	식	1	522	1	32,060	증 31,538	
	기 타	식	1	875	1	1,344	증 469	면고르기 등
	강연선 등	ton	-	-	0.006	45,595	증 45,595	자재, 긴장비 포함
	계			131,682		202,608	증 70,600 (54%)	
운반비		식	-	-	1	11,900	증 11,900	운반거리 120km
설치비		식	-	-	1	10,477	증 10,477	크레인 100ton
계				131,682		224,985	증 92,977 (71%)	제잡비제외

(1.1) 프리캐스트 바닥판은 거푸집 및 동바리 미설치에 따른 공사비가 일부 절감되나 강재거푸집 사용, 증기양생, 강연선 설치, 바닥판 단부의 현장타설 등에 따른 추가 공사비 발생으로 현장타설 대비 제작비만 54% 증가함.

(1.2) 또한, 공장제작에 따른 현장 운반비, 크레인 거치에 따른 설치비 등을 고려할

때 현장타설 대비 약 71% 증가함.

5.2 시공순서

	
① 바닥판 제작	② 바닥판 운반
	
③ 바닥판 거치	④ 바다판 수평조정
	
⑤ 강선 삽입	⑥ 이음부 채움재 타설
	
⑦ 강선 긴장	⑧ 전단포켓 채움재 타설
	
⑨ 바닥판 거치후 전경	⑩ 준공 전경

5.3 적용실적

No	교량명	교량형식	연장(m)	폭(m)	비고
1	삼승1교	플레이트 거더교	50	12.6	시공완료
2	청주IC교	강합성 아치교	74	18.6	
3	서천교	개구제 강합성교	1,030	24.6	
4	저도교	소수주형교	350	10.4	
5	유성IC교	PnP거더	40	15.6	
6	한계2교	PnP거더	50	11.0	
7	낙생2교	개구제 강합성교	50	36.4	시공중
8	구중교	소수주형교	580	20.9	
9	전주천교	사장교, 박스교	495	23.5	설계적용
10	천성교	소수주형교	150	12.6	
11	천성IC교	상로아치교	50	20.6	
12	대청대교 접속교	소수주형교	140	20.6	
13	용진교	개구제 강합성교	300	25.2	
16	둔천교	Steel Box 거더교	50	50.0	
17	장자천교외1개교	개구제 강합성교	710	30.0	
18	공도교	PnP거더	29	12.9	
19	수영고가교	PnP거더	219	34.9	
20	장상천제1교	PnP거더	84	31.3	
21	중방1교	PnP거더	34	5.0	
22	문산교	PnP거더	510	11.4	
23	도당1교	PnP거더	60	20.9	
24	도당2교	PnP거더	120	25.4	
25	풍곡3교	PnP거더	160	11.4	
26	천성회차로교	PnP거더	40	24.6	
27	원당교	PnP거더	40	24.5	
28	신계교	PnP거더	120	24.3	
29	석정교	PnP거더	120	24.5	
30	도개교	PnP거더	360	24.5	
31	금의3교	PnP거더	35	28.6	
32	장안IC교	PnP거더	30	28.5	
33	봉가천교	PnP거더	45	28.9	
34	봉가교	PnP거더	45	36.1	
35	죽율1교	PnP거더	30	31.7	
36	신길천교	PnP거더	895	24.3	
37	수평교외 37개교	PnP거더	4,200	30.0	
총 계		37 개소	11,295 m		