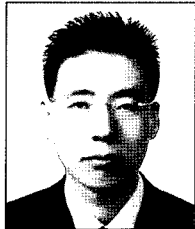


프리캐스트 콘크리트 바닥판을 이용한 합성형교의 설계 및 시공

Design and Construction of Composite Bridges with Full Depth
Precast Concrete Deck System used Longitudinal Tendon



김 태 훈*



김 인 규**



김 영 진***



김 성 운****

* (주)대우건설 기술연구원 토목연구팀 선임연구원
** (주)대우건설 기술연구원 토목연구팀 책임연구원
*** (주)대우건설 기술연구원 토목연구팀 수석연구원
**** (주)대우건설 기술연구원 연구위원

1. 머리말

국내 합성형 교량은 교량의 주요한 구조형태의 하나로 자리 잡아 현재 많은 합성형 교량이 시공되어 사용 중에 있다. 그러나 국내의 경우 현재까지 건설된 교량의 바닥판은 현장에서 직접 동바리를 설치하고 거푸집을 제작하고 철근을 배근 한 뒤 콘크리트를 타설 하는 현장타설 콘크리트 바닥판이 주를 이루었다. 현장타설 콘크리트에 의한 바닥판 시공은 기후의 영향을 많이 받고 동바리 설치와 거푸집 제작, 장기간의 양생 기간을 필요로 하기 때문에 시공 기간이 길고, 노동력이 많이 투입되어 인건비의 상승, 인력의 고령화로 인한 기술 인력의 부족 등으로 인한 시공관리 소홀과 품질저하 등 문제점을 내포하고 있다. 또한 현장타설 바닥판은 바닥판이 손상되거나 교량이 노후화 되어 보수·보강·교체해야 되는 경우에는 교통체증이 발생하는 등의 유지관리상의 문제점이 노출되고 있다. 이러한 문제점들에 대한 해결책 및 교량바닥판의 급속시공, 고품질화가 가능한 공법으로 국내에서도 프리캐스트 콘크리트 바닥판이 하나의 유력한 대안이 되고 있다.

2. 프리캐스트 콘크리트 바닥판의 특징

내구성의 증대, 유지 보수 필요성의 감소, 시공의 간편

성과 시공기간의 단축 및 교통흐름의 방해 없이 교통을 유지할 수 있다는 점 등이 프리캐스트 콘크리트 바닥판을 이용하는 주요 장점이다.

2.1 품질 및 공기단축

프리캐스트 바닥판은 그림 1과 같이 공장제작 제품으로 고강도화 및 현장작업의 최소화를 통한 고내구성 바닥판의 시공이 가능하며, 기존의 철근콘크리트 바닥판에서 초기에 발생하는 건조수축량을 대폭 감소시킬 수 있어 교량 바닥판의 초기 균열을 방지 할 수 있으며 현장의 여건에

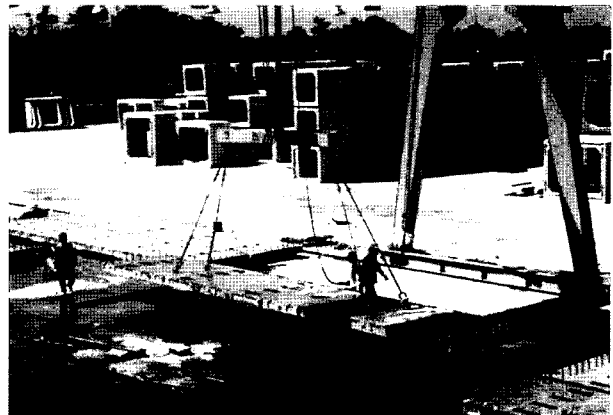


그림 1 프리캐스트 콘크리트 바닥판의 공장제작

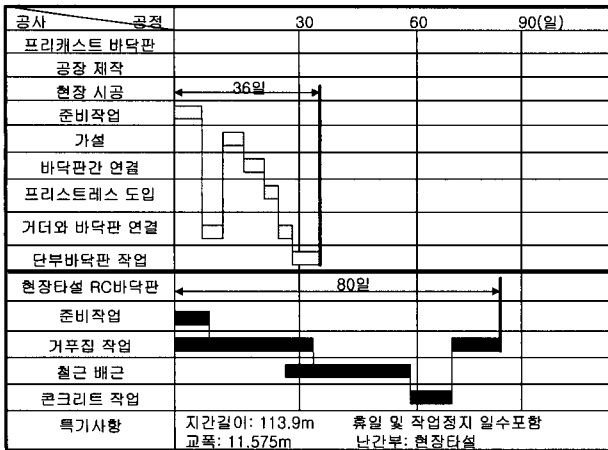


그림 2 프리캐스트 바닥판의 공기 비교

따라 발생 할 수 있는 재료적, 구조적 초기 결함을 대폭 줄일 수 있다. 또한 프리캐스트 바닥판의 시공은 기후의 영향을 많이 받지 않고 동바리 설치와 거푸집 제작, 장기간의 양생 기간을 필요로 하지 않기 때문에 시공기간을 현저히 단축시킬 수 있을 뿐만 아니라 산악지형과 같은 고공의 교량 건설시 더욱 유리하다. 프리캐스트 콘크리트 바닥판의 시공기간은 현장 RC타설 바닥판의 공사기간과 비교해 그림 2와 같이 약 50%이상 단축될 것으로 기대된다.

2.2 시공

현장에서 콘크리트를 타설하는 작업 대신에 미리 제작한

규격화된 프리캐스트 바닥판을 현장에서 크레인 등의 가설 장비를 이용하여 가설함으로써 기계화 시공을 달성할 수 있고 인력절감이 가능하며, 교량제원에 따라 바닥판의 제원을 변동하여 제작할 수 있으므로 적응성이 뛰어나다. 현장타설 바닥판의 경우 작업이 기후조건에도 많은 영향을 받게 되는데, 프리캐스트 바닥판을 사용하게 되면 전천후 시공이 가능하여 공기지연도 방지할 수 있을 것으로 기대된다. 신설교량의 바닥판 가설은 물론 급속시공 및 교차시공을 통한 노후 교량바닥판 교체에 적용할 수 있으며, 통행량이 증가에 따라 확폭 하는 경우에도 기존 바닥판을 철거한 후 거더만 보수하고 고강도콘크리트 등을 사용하면 사하중 증가 없이 기존 교량의 확폭 및 내하력 증대가 가능하여 바닥판 가설작업에는 그 적응성이 뛰어나다(그림 3).



그림 3 프리캐스트 바닥판의 시공

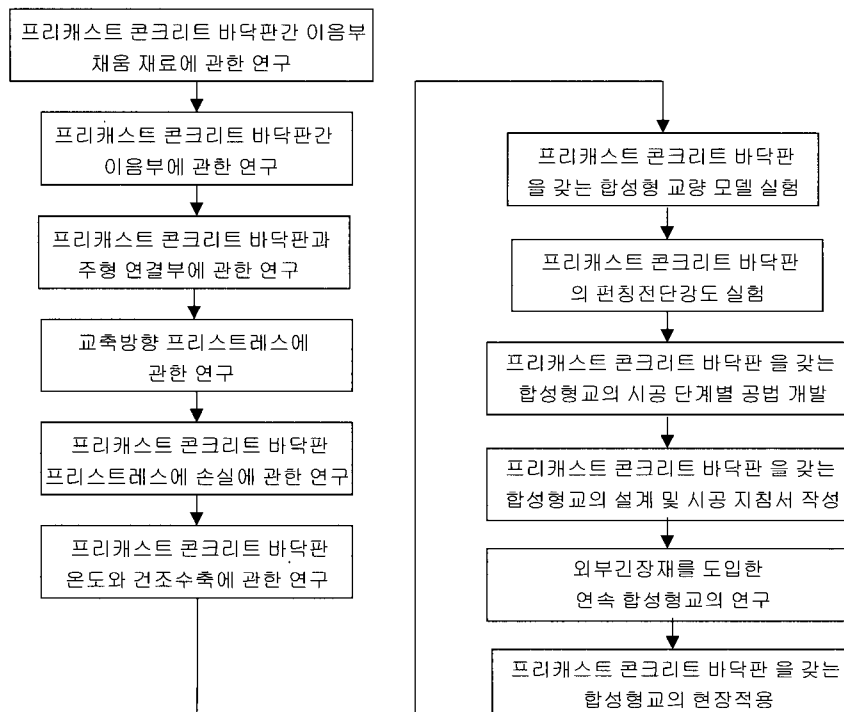


그림 4 프리캐스트 콘크리트 교량 바닥판 공법 개발

3. 내부긴장재를 갖는 프리캐스트 콘크리트 바닥판의 개발

프리캐스트 콘크리트 바닥판은 1996년부터 2005년까지 그림 4와 같이 개발해왔으며 그 연구내용은 표 1과 같다.

연구는 주로 교축방향 일괄 가설 긴장재와 베딩층을 갖는 프리캐스트 콘크리트 바닥판 시스템 특성상 존재하는 바닥판간, 바닥판과 거더의 연결부 거동에 대한 실험을 통해 이들 연결부 거동의 특성을 규명하였으며, 프리캐스트 콘크리트 바닥판의 사용성, 안정성에 대한 구조거동을 실

험 및 해석적 연구를 통해 교축방향 일괄 가설 긴장재와 베딩층을 갖는 프리캐스트 콘크리트 바닥판 교량의 설계 및 시공 기술을 개발하였다. 교축방향 일괄 가설 긴장재와 베딩층을 갖는 프리캐스트 콘크리트 교량 바닥판 공법이 국내 교량 건설 현장에 적용할 수 있도록 설계 및 시공지침서가 작성되었다.

이러한 개발 절차를 가진 프리캐스트 콘크리트 교량 바닥판의 사용성을 검증하기 위해 모형교량의 실험도 연구와 병행하여 수행되었으며 실험 연혁은 표 2와 같다.

표 1 프리캐스트 바닥판 개발

개발단계	주요 연구 내용
1996년 ~ 1997년	프리캐스트 콘크리트 교량 바닥판의 개발 및 실용화 (Ⅰ) ▷이음부간 채움재료 결정을 위한 재료실험 ▷바닥판간 이음부의 전단실험 ▷휨부재해석 및 실험 및 전단연결재에 대한 Push-Out 실험
1997년 ~ 1998년	프리캐스트 콘크리트 교량 바닥판의 개발 및 실용화 (Ⅱ) ▷프리스트레스 손실량 산정 ▷온도와 건조수축에 의한 바닥판 종방향 응력 ▷프리캐스트 바닥판의 전단연결재 설계 및 합성바닥판 실험 ▷프리캐스트 바닥판의 편칭전단 강도 산정 및 시공 단계별 해석
1999년 ~ 2000년	프리캐스트 콘크리트 교량 바닥판의 개발 및 실용화 (Ⅲ) ▷프리캐스트 바닥판 해석 시스템 개발 ▷프리캐스트 합성형교 설계·시공 지침서 작성
2000년 ~ 2001년	외부강선을 도입한 개구제형 강합성 교량의 실험적 연구 ▷외부강선 시스템 공법 연구 ▷정착구 내하력 실험
2001년 ~ 2002년	신형식 강합성 교량 개발에 관한 연구 ▷프리캐스트 바닥판을 갖는 연속 합성보 실험 ▷외부강선을 이용한 프리캐스트 바닥판 연속지점부 연속화 방안 ▷개구제 강합성교량의 설계·시공 지침서 작성
2003년	프리캐스트 바닥판을 갖는 PSC-BEAM 합성형교의 설계 및 시공법 연구 ▷전단연결재 개발 ▷전단연결재 수평전단 실험 ▷프리캐스트 바닥판과 PSC-거더 부착강도 평가 ▷전단연결재 수평전단 강도 평가
2004년	PSC-거더 연속화 공법 개발 (Ⅰ) ▷전단연결재 수평전단 설계식 제안 ▷합성보 실험을 통한 전단연결재 검증 ▷모형교량 실험을 통한 프리캐스트 바닥판을 갖는 PSC-거더교 성능 평가 ▷합성보 장기거동 실험
2005년	PSC-거더 연속화 공법 개발 (Ⅱ) ▷PSC-거더 연속화 공법 개발 ▷연속 합성보 정적 실험 ▷철도교 적용을 위한 진동 실험 ▷설계 및 시공 지침서 작성 ▷유지관리 지침서 작성

표 2 프리캐스트 바닥판 모형교량 실험

시 기	적 용 사 례	제 원	적 용 사 례	제 원
1996년 ~ 1997년		강거더 합성형 교량 1@10=10m		강주형 합성형 교량 1@10=10m
1998년 ~ 1999년		강거더 합성형 교량 1@10=10m		강거더 합성형 교량 2@10=20m
2000년 ~ 2001년		개구제 합성형 교량 2@10=20m		강거더 합성형 교량 2@20=40m
2002년 ~ 2003년		중부고속도로 삼승1교 시공 1@40=40m		전단연결재 수평전단 실험
2004년		PnP-거더교 모형교량 실험 1@17 = 17m		PnP 거더보 장기거동 실험 2@17 = 34m
2005년		PnP 거더 연속보 실험 2@17 = 34m		PnP 거더 진동실험 1@17 = 17m

4. 프리캐스트 콘크리트 바닥판을 갖는 강합성교의 시공

프리캐스트 콘크리트 교량 바닥판 설치공법은 침단 교량 기술로서 이미 해외에서는 개발 및 실용화에 박차를 가하고 있으나 자국의 기술보호 측면에서 문헌공개를 꺼리고

비공개적으로 연구개발이 이루어지고 있으며, 최근에는 미국 George Washington University에서 Full-Depth, Precast-Concrete Bridge Deck Panel Systems 과제가 2003년 7월 3년 연구과제로 시작되었다. 또한 프리캐스트 콘크리트 바닥판을 갖는 합성형교에 대해 해외에서 제시하는 여러 시방조건 등이 국내 실정과는 맞지 않아 이를 국내에 직접 도

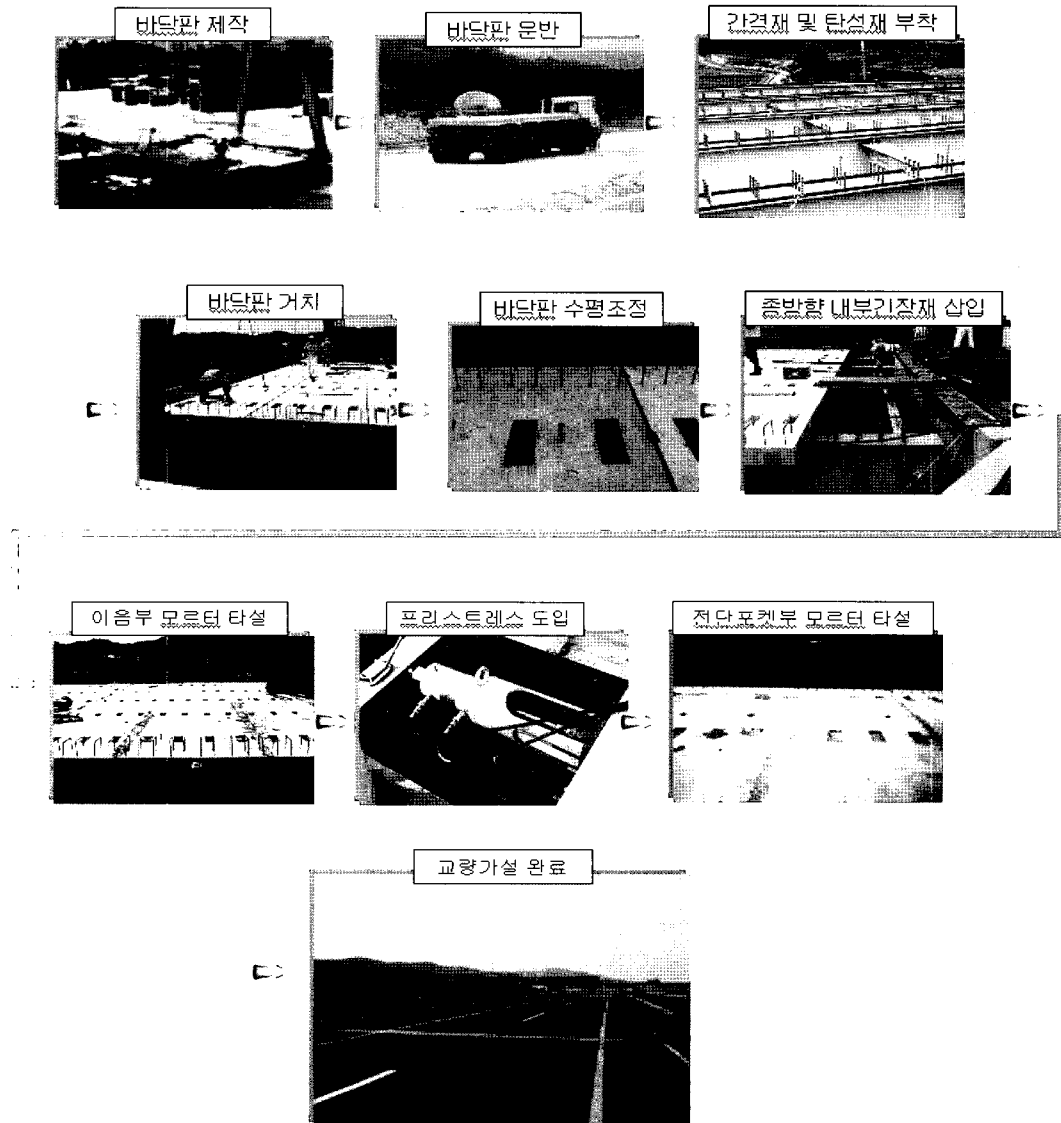


그림 5 프리캐스트 콘크리트 바닥판을 이용한 삼승1교의 시공 과정

입하는 것은 무리가 있다. 이러한 프리캐스트 콘크리트 바닥판을 국내 실정에 맞게 소화 개량하여 선진국과 시차 없이 프리캐스트 콘크리트 교량 바닥판 공법을 국내 실정에 맞게 개발하였으며 현장적용을 완료하였다.

중부내륙고속도로 시험주로내 삼승1교는 프리캐스트 콘크리트 바닥판을 갖는 합성형교로 국내 최초로 시공되었으며 이에 대한 시공절차를 그림 5와 같이 나타내었다.

그림 5와 같이 프리캐스트 바닥판은 공장에서 제작되어 현장으로 이송된다. 현장 여건상 공장과 거리가 먼 경우 현장에서의 작업도 가능하며 이에 따른 공사기간은 교량의 가설공기와는 별도로 진행된다. 미리 제작된 바닥판을 가설된 거더위에 가설하여 이음부 콘크리트를 타설한 다음 이음부의 압축력을 도입하기 위하여 교축방향 내부긴

장재에 프리스트레스를 도입한다. 프리스트레스 도입직후 바닥판과 거더와의 합성을 위해 전단포켓부에 무수축 모르터가 채움으로써 교량 바닥판의 가설이 완료된다.

5. 프리캐스트 콘크리트 바닥판의 설계

개발된 프리캐스트 콘크리트 바닥판이 정확하고 안전하게 설계 및 시공될 수 있도록 프리캐스트 바닥판과 각종 연결부에 대하여 설계 및 시공지침서를 작성하였다. 또한 프리캐스트 콘크리트 바닥판을 적용하고자 하는 일선 설계 및 시공분야 기술자들이 보다 편리하게 접근할 수 있도록 그림 6, 7과 같은 자동화된 설계프로그램을 개발하였다.

PBP - [D:\WORK-KIMW01-바닥판사업화\바닥판프로그램\WPB_release2\project\W\삼승1교-A.pbp]

File Bridge View Output Help

프로젝트 바닥판계획 프리캐스트바닥판 현장타설바닥판 계산서 설계도면 수량산출서

기본자료 | 단면형상 |

프로젝트 정의

프로젝트 삼승 1교 시점주요

개요 시범공사

비고 프리캐스트 바닥판을 이용

설계자 (주)연한지니머링

설계기간

비고

전폭/폭원

전폭여부 상하행선 분리교량

폭원구성 방+차+중

교량선형

편구배(%)

상행선 -2.0 하행선 -2.0

교량형식 자료

교량구조 단순교

경간구성(m) 40

폭 원(m) 12.6

상부구조 플레이트거더교

주형길이(m) 39.8

주형갯수(개) 5

유간거리

유간거리 시점측 종점측

바닥판(mm) 100 33

주형(mm) 100 100

중문대/방호벽

중앙문리대 분리형

방호벽-상행 방호벽1080

하행 방호벽1080

설계 조건

설계하중 1등급(D824)

재료 단위중량(t/m3)

No	재료	단위 중량
1	철근콘크리트	2500
2	PS콘크리트	2500
3	콘크리트	2350
4	시멘트모탈	2150

재료 강도

단위(kgf/cm2)

현타구간 PC구간

콘크리트	350	350
철근	4000	3000

강연선

모르터 500 kgf/cm2

파복 두께

파복두께 현타구간 PC구간

상면	60	50
하면	40	50

자료입력

그림 6 프로그램 초기 입력자료 형태

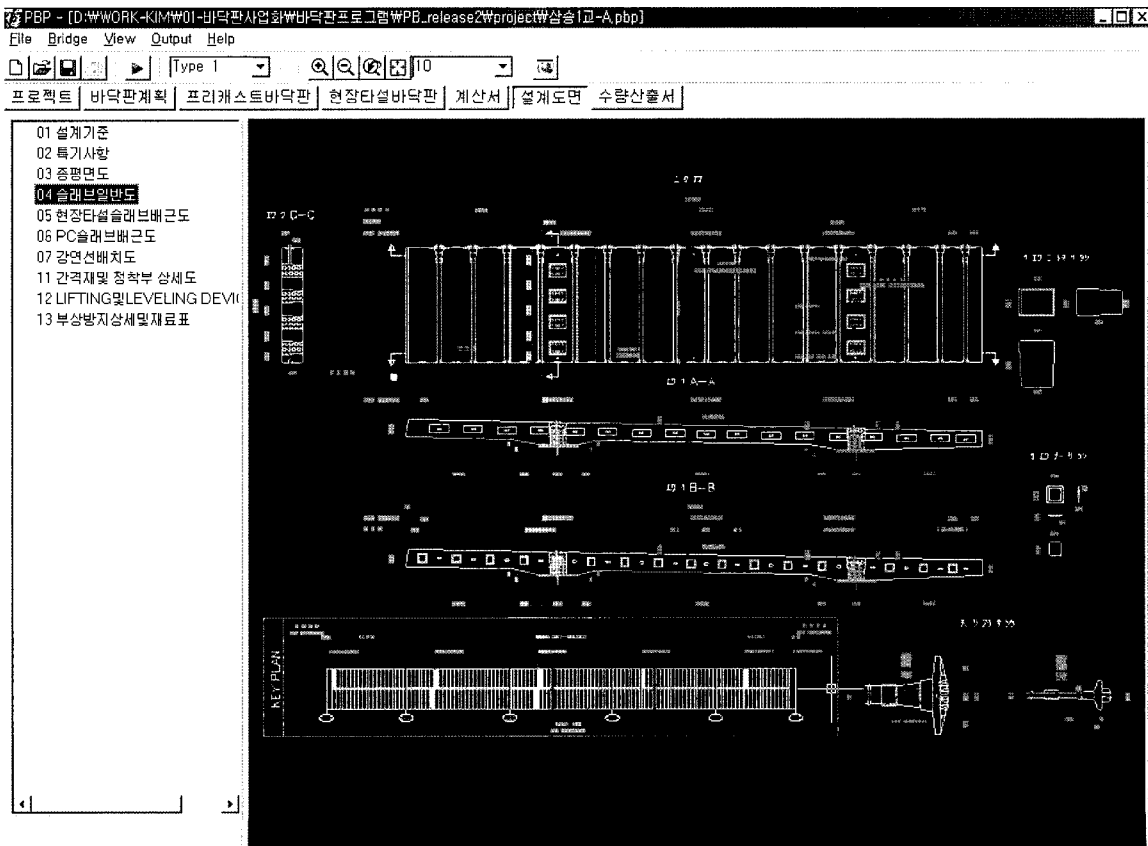


그림 7 도면 출력 현황

6. 맺음말

최근 급속시공 및 장수명화가 교량 분야에서의 가장 중요한 화두중의 하나이다. 현재 프리캐스트 콘크리트 교량 바닥판과 관련하여 프리캐스트 바닥판의 빠른 현장 적용을 위하여 현재 프리캐스트 바닥판의 설계 자동화를 위한 연구가 계속 진행되고 있으며 프리캐스트 바닥판을 PSC-거더에 적용하기 위한 연구도 완료 되어 PnP 거더교의 이름으로 현재 활발하게 현장에 적용되고 있다. 현재 프리캐스트 콘크리트 바닥판이 적용된 교량은 시공 완료된 교량이 3개소이며 현장에 적용되어 시공을 앞둔 교량이 약 20여개 총 연장이 약 3km에 이르고 있다. 이와 같이 프리캐스트 콘크리트 바닥판에 대한 설계 및 시공과 관련하여 많은 기술적 발전과 향후 삼승1교 및 기시공된 교량의 지속적인 관찰을 통해 바닥판의 장기거동에 대한 자료를 축적하고 유지관리를 위한 자료를 수집하여 활용할 경우 프리캐스트 콘크리트 바닥판을 이용한 합성형교의 시공이 더욱더 활발히 이루어질 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

1. 김영진, 정철현(1997) 급속시공을 위한 프리캐스트 바닥판의 활용, 콘크리트 학회지, Vol. 9, No. 1, pp.68~75.
2. 대우건설, 한국도로공사, 서울대학교(2000) 프리캐스트 콘크리트 교량 바닥판의 개발 및 실용화, 96연구 개발사업 최종보고서, 건설교통부, 한국건설기술연구원.
3. 대우건설기술연구소, 한국도로공사연구소(2002) 신형식 강합성형 교량 개발에 관한 연구, 2001년도 연구보고서, 도로연 01-30.
4. 대우건설, 한국시설안전기술공단, 비엔지컨설팅(2005) PC거더 교량 연속화공법개발, 연구보고서.
5. 정철현, 심창수, 김영진, 장성욱(1999) 프리캐스트 콘크리트 바닥판을 이용한 합성형교량의 정적 및 피로실험, 대한토목학회논문집, 제19권, 제 I -5호, pp.791~800. 