



바닥판 일체형 비대칭거더 공법

Asymmetric Prestressed Girders Prefabricated Method (APP Girder)

전호탁 Ho-Tak Jeon
하나에스이앤씨(주) 기술연구소 차장

강석영 Suk-Young Kang
하나에스이앤씨(주) 대표

유성근 Sung-Kun You
(주)이산 기술연구소 소장

1. 머리말

우리나라에서 공용중인 교량의 수는 고속도로 교량 8,047개소 등 전국에 총 27,381개소(2010년 기준)에 달하며, 이들 중 일부 구간에서는 교량의 노후화가 진행되고 있으므로 수명을 다한 구조물들은 보수·보강 또는 교체되어야 할 것이다. 노후된 교량의 교체나 보수·보강 시에는 원활한 교통소통, 신속한 공사, 민원 최소화, 건설안전성 확보가 중요한 관심사가 될 것이다. 또한 신설공사의 경우에도 도심지역과 같이 공간이 제한되고 공사로 인하여 주변 교통 여건을 제한하는 경우, 일반 공사에서의와는 달리 신속한 공사와 원활한 교통소통을 보장하는 시공방법의 선정이 우선적 기준이 될 것이다. 산업화가 먼저 이루어진 선진국에서는 우리보다 오래된 기간시설물의 존재로 다양한 조건하에서 합리적인 구조물 시공을 위한 급속시공법과 조립형 교량 구조시스템의 개발 및 적용이 이루어지고 있다. 국내에서도 건설프로젝트의 핵심적 고려사항인 경제성 검토 시 초기 건설비에서 유지관리와 교체에 이르는 전생애주기적 비용과 교통방해로 인한 간접손실 비용이 고려되고 있으므로 이용자의 편의성 제공 측면에서 공사기간동안 교통통제를 최소화하는 교량건설기술개발이 검토되고 있다.

공기를 단축할 수 있는 교량의 요소 중 하나인 바닥판은 거더 가설완료 후 가설동바리를 이용하여 바닥판 거푸집을 설치하거나 또는 영구거푸집 형태의 판넬을 설치하여 현장 제작하는 방법이 대부분인 실정이다. 이에 따라 고소작업으로 인한 작업능률 저하와 공사현장에서의 안전사고 발생으로 인명피해의 위험을 항상 내재하고 있다. 이에 대한 대안으로 공장에서 사전 제작하는 프리캐스트 바닥판 형식이 제안되고 있으나 운반의 한계성으로 인하여 세그먼트 형태로 분할제작을 하게 되므로 완성교량 상태에서 거더와 바닥판의 완전합성의 구조적 거동을 기대하기 어려우며 교량의 다양한 종횡단 선형을 감안 시 바닥판 형태를 형상화하기에는 어려움이 따르고 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 새로운 형태의 교량 시공방법의 개발이 요구되고 있다.

2. 바닥판 일체형 비대칭거더공법

2.1 개발배경

현재 대표적인 상부구조인 PSC 보에서 상부 바닥판의 시공은 대부분 경우 임시 또는 영구 거푸집을 사용하거나 일부 프리캐스트 판넬로 시공되고 있다. 기존의 상부 바닥판 시공은 교각에 설치된 PSC 보 위에서 작업이 이루어지므로 작



사진 1. 일반적인 바닥판 시공사례

업인원이 교량하부로 추락하는 사고가 빈번히 발생하고 있으며, 높은 공사비와 공사기간 및 품질저하 문제가 발생하고 있다. 또한 요즘 대안으로 제시되고 있는 프리캐스트 바닥판 공법은 공장제작으로 품질은 우수하나 분절된 바닥판을 일체화 시켜야 하며 빔과 바닥판의 합성도 완전 합성거동을 기대하기는 어려운 실정이다. 따라서 기존 시공방법의 안전성 문제를 해결하면서 경제적이고 시공에 유리한 신개념의 상부교량시스템 개발이 요구되어지고 있다(사진 1).

2.2 공법의 구성

바닥판 일체형 비대칭거더 공법 Asymmetric Prestressed Girders Prefabricated Method(APP Girder)은 T형보와 달리 좌우가 비대칭인 바닥판을 프리스트레스 콘크리트거더와 함께 지상에서 일체로 제작하여 <그림 1>과 같이 거더를 순차적으로 거치 조립함으로써 교량상부 형식을 완성하는 시공방법이다.

바닥판 일체형 비대칭거더 공법은 일반 PSC 빔 교량의 횡단구성을 종방향으로 분할한 형태로 각 형태에 따라 <그림 1>과 같이 외측빔, 내측빔, 중앙빔 타입으로 구

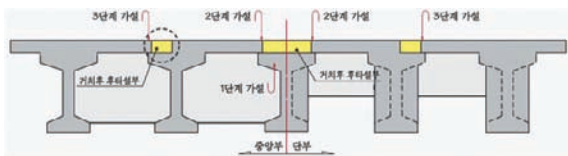


그림 1. 바닥판 일체형 비대칭거더 구성도

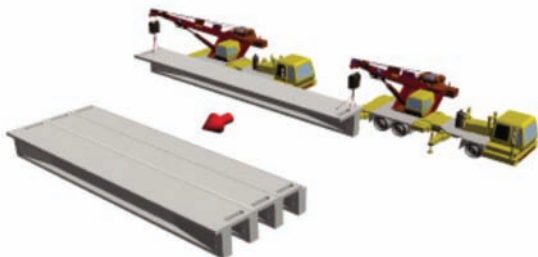


그림 2. 바닥판 일체형 비대칭거더 시공도

분할 수 있다. 이와 같이 바닥판과 빔이 일체화된 각각의 빔을 <그림 2>와 같이 중앙빔부터 내측빔, 외측빔 순으로 순차적으로 거치한 후 빔 상부의 연결부를 후타설하여 완성한다.

2.3 시공상세

바닥판 일체형 비대칭거더는 가설완료 후 별도의 안전장치 설치 없이도 <사진 2>와 같이 교량상부의 개구부가 원천적으로 차단되어 추락사고의 예방 및 상부고공작업을 최소화하여 고효율의 작업능률을 보인다.

기존 현장제작의 바닥판을 거더와 함께 일체로 제작함으로써 바닥판의 완전합성거동을 실현하며 일반 바닥판에 적용되어지는 설계기준압축강도 27 MPa의 콘크리트 강도가 아닌 PSC 보에 적용되어지는 40 MPa의 고강도 콘크리트를 거더와 함께 증기양생 함으로 공장제작과 유사한 높은 품질 및 내구성을 가진다.

바닥판 일체형 비대칭거더 상부의 연결부는 <사진 3>과 같이 커플러를 이용한 기계적 이음을 적용하여 주철근의 이음을 실시하며 무수축 콘크리트를 타설하여 일체화시킨다. 가설 시 바닥판 비대칭으로 인한 기울어짐은



사진 2. APP거더 가설 후 바닥판 상부전경



사진 3. 바닥판 연결부 커플러 체결



사진 4. 가설 중 체인블럭을 이용한 인양

〈사진 4〉와 같이 보조 체인블럭을 설치하여 기울어짐을 안정화한 후 크레인을 이용하여 안전하게 가설한다.

3. 공법의 특성

3.1 구조적 특성

바닥판 일체형 비대칭거더 공법은 기존 PSC 보 보다 바닥판의 강성이 추가되어 프리스트레스 긴장력 도입 시 〈그림 3〉과 같이 동일 거더교량 대비 높은 편심량을 도입할 수 있으므로 프리스트레스 효과를 극대화할 수 있으며 주거더에 추가 사하중으로 작용했던 바닥판 자중을 제작 시 자중으로 고려하여 1회 긴장으로 최대의 효과를 발휘할 수 있으므로 작업성이 불리하고 비용이 상승하는 추가 사하중에 대한 다단긴장의 공정을 생략할 수 있다.

3.2 시공 특성

바닥판을 PSC 보와 함께 프리캐스트로 제작하기 때문에 가설공정 완료시 상부 전체의 80%의 공정을 달성으로 공기단축 효과가 매우 크며 특히, 〈사진 5〉와 같이 하천공사 시행 시 가물막이 설치 일정이 촉박한 경우 하부 공 완료와 동시에 최단 공기로 공사를 수행할 수 있다.

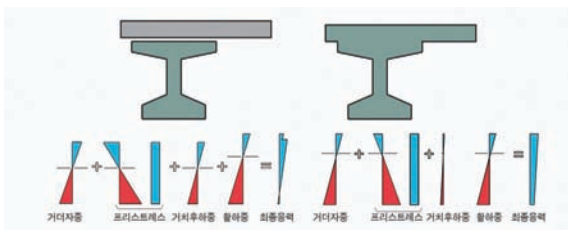


그림 3. PSC 보와 APP 거더 거동비교



사진 5. 하천공사 급속시공

4. 바닥판 구조성능 평가

4.1 시험체 제작

APP 거더의 바닥판 성능검증을 위한 부분실험시험은 프리캐스트 바닥판 이음부를 대상으로 2012년 서울시립 대학교에서 수행하였으며, 시험체의 제원은 〈그림 4〉와 같다.

4.2 하중재하에 따른 성능시험

바닥판 연결부를 부분시험체로 휨성능을 평가하였으며, 이를 위하여 실제교량과 달리 지점부에 지점을 두지 않고 캔틸레버 형식으로 가력하여 연결부에 부모멘트가 최대로 작용하게 시험하였다. 변위이력으로 반복하중을 각 사이클당 3회씩 가력하였으며, 이전 단계의 변위에 120 ~ 150% 사이의 변위증분으로 가력하였다. 500 kN 용량의 서보제어방식 액추에이터로 가력한 시험값과 유한요소해석 프로그램인 Vector2를 이용한 해석한 결과를 〈사진 6〉에 나타내었으며, 실험체의 최대하중은 4.97 ton으로 해석시 최대하중인 5.14 ton에 97% 정도

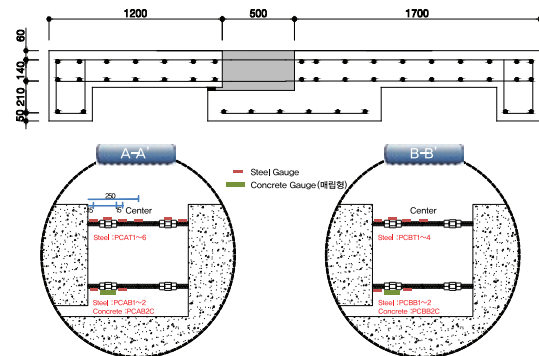


그림 4. APP 거더 바닥판시험체

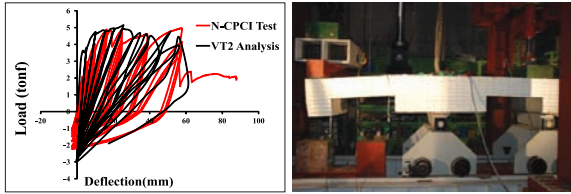


사진 6. APP 거더 바닥판시험

거의 일치하였으며 최대변위도 거의 유사함을 보였다.

4.3 바닥판 시험결과 평가

현재의 현장타설 바닥판을 고강도(40 MPa)의 프리캐스트 바닥판으로 적용하여 단면성능 및 내구성이 향상되었으며 연속부지점에서의 커플러 이음의 연결부 휨성능도 충분히 적용 가능한 것으로 평가 되었다.

5. 현장 사례

APP 거더의 현장적용사례 중 현장특성별로 분류한 대표적인 시공사례는 다음과 같다.

5.1 수해복구 현장 적용사례

논산 솔골교(사진 7)과 같이 수해복구 공사가 시급한 현장에 적용하여 홍수기 도래 전 공사를 완료하였다(표 1).

5.2 공용 중 철도덮개 적용사례

〈사진 8〉은 공용중인 장항선(천안 ~ 온양온천) 철도의 상부에 설치한 덮개공사로 낙하물에 의한 안전사고를 사전에 방지하였다(표 2).



사진 7. 논산 솔골교 수해복구공사(공사기간 2010. 4 ~ 2010. 6)



사진 8. 장항선(천안 ~ 온양온천) 복선전철 노반개량공사 (공사기간 2008. 2 ~ 2008. 6)



사진 9. 4대강 살리기 남한강 이포보의 공도교(공사기간 2011. 2 ~ 2011. 6)

5.3 하천교량 적용사례

〈사진 9〉는 4대강 살리기 남한강 이포보의 넓은 하폭과 많은 유량으로 인하여 가물막이 설치기간이 매우 한시적인 상황에서 홍수기 도래 전 하부공 완성과 동시에 상부공을 완료한 사례이다(표 3).

표 1. 논산 솔골교 공사개요

발주처	논산시
교량명	솔골교
지간	40 m
교량폭	10 m
거더 높이	1.5 m

표 2. 장항선(천안 ~ 온양온천) 복선전철 공사개요

발주처	철도시설공단
교량명	철도데크
지간	15.9 m
교량폭	380 m
거더 높이	1.2 m

표 3. 4대강 살리기(남한강 3공구) 공사개요

발주처	서울 국토관리청
교량명	이포보 공도교
지간	51 m 7경간
교량폭	7 m
거더 높이	2.6 m

6. 맺음말

지속적으로 교통량이 증가하고 과적차량의 운행이 빈번히 발생하는 것은 교량 바닥판 및 주요부재의 파손 원인으로 인식 되고 있다. 특히 손상이 가장 많이 발생하는 바닥판은 타설 직후 초기양생과정이 콘크리트 품질을 결정하는 핵심적인 요인임에도 불구하고 현재 대부분 시공방법인 현장타설 방법은 다양한 외기조건과 현장여건으로 적절한 양생이 어려울 경우 콘크리트 품질저하로 이어질 가능성이 존재하고 고소작업으로 인한 안전사고의 위험과 함께 공기연장 및 작업능률 저하등은 궁극적으로 교량의 품질 및 내구수명 저하를 초래할 수 있다. 또한 현재 적용되고 있는 대다수의 특허공법은 주거터인 보에 한하여 국한되고 있으나 본 고에서 소개한 바닥판 일체형 비대칭거더 공법은 기존의 교량 구성 방식에서 나타난 문제점을 해결한 조립형인 동시에 모듈의 개념이 일부 도입된 교량의 한 사례이며, 미래의 건설 환경 변화에 가장 잘 대처 할 수 있는 교량시공법이라 할 수 있을 것이다. □

담당 편집위원 : 차수원(울산대학교) chasw@ulsan.ac.kr



전호탁 차장은 한양대학교 토목공학과에서 외부긴장재로 보강된 연속강합성보의 휨거동에 관한 연구로 석사학위를 취득하였고 건설기술 연구개발 전문회사인 하나에스이앤씨(주) 기술연구소에서 PSC구조물, 강합성 교량 등의 연구개발 및 설계를 총괄 수행하고 있다.

hanasenc@chol.com



강석영 대표는 경희대학교 토목공학과에서 학사학위를 취득하였고 설계사인 유신을 거쳐 동아건설산업에서 설계총괄 업무를 수행한 후 2004년 건설기술 연구개발 전문회사인 하나에스이앤씨(주)를 창업하여 교량의 연구개발 및 경영 총괄을 맡아오고 있다.

stbox@naver.com



유성근 소장은 홍익대학교 토목공학과에서 석사학위를 취득한 후 노스캐롤라이나 주립대에서 박사학위를 취득하였고, 동아건설산업, (주)한양을 거쳐 현재 (주)이산 기술연구소 소장으로서 교량 및 각종 연구개발을 총괄 수행하고 있다.

skyou@gccity.kr