

완전매입형 복합트러스 합성보의 내하력 평가

The Study on Ultimate Strength of Fully Embedded Composite Truss Beam

천성봉* 원대연** 최홍식***
Cheon, Seong Bng Won, Dae Yon Choi, Hong Shik

ABSTRACT

The fully embedded composite truss beam is developed based on composite member, truss system before composite and beam system after composite. The proper design concept and method of the fully embedded composite truss beam are discussed. A bending test on the fully embedded composite truss beam with span length 25.0m is carried out to investigate the flexural behavior and ultimate strength of the developed structure up to failure. A good agreement between the measured and predicted results are observed.

1. 서론

본 논문에서 개발한 완전매입형 합성보는 PSC 하현재, 구조용 압연형강으로 제작되는 복부재 및 상현재로 구성되어진 복합트러스 구조형태를 가지고, 복부재 및 상현재가 바닥판 콘크리트의 타설시 완전 매입되는 특징을 가진다.

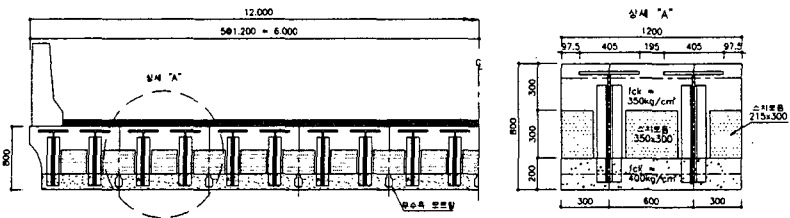


그림 1 완전매입형 합성보를 이용한 교량단면구성

개발한 완전매입형 합성보는 구성부재의 공장제작으로 품질관리가 용이하며, 바닥판 슬래브 타설시 하현 콘크리트 부재를 이용한 타설 작업으로 기존의 합성 거더의 현장 바닥판 타설시 필요한 동바리 설치 등이 불필요하게 되어 현장노동력을 크게 감소시키는 장점을 가진다. 또한 상부 플랜지 및 복부재가 바닥판 콘크리트에 완전히 매입된 후의 합성보에서는 상부 강재 플랜지는 주 철근을 대신하게 되므로 별도의 철근 배근이 필요 없게 되며, 복부강재 역시 작용 전단력에 대응하는 구조로 각 구성부재의 효율성을 최대한 살릴 수 있다. 본 논문에서는 개발한 합성보의 중소규모의 교량 및 기타 하중지지구조의 적용성검토를 목적으로 높이 0.8m, 폭 1.2m, 경간장 25.0m인 완전매입형 합성보 2기를 제작하여 파괴시험을 통한 극한하중상태까지의 부재거동을 조사하였다.

2. 완전매입형 합성보 설계 및 제작

경간장 25.0m, 교량 폭 12.0m에 대하여 완전매입형 합성보로 구성된 교량 단면도를 그림 1에 나타내었

* 정회원, (주)지아이에프 기술개발부장
** 정회원, (주)지아이에프 대표이사
*** 정회원, 충청대학교 토목공학과 교수

다. 교량 단면은 그림 1의 "상세A"와 같은 기본 구성단면인 완전매입형 합성보를 하현재의 무수축 모르탈 연결, 하현 콘크리트까지 바닥판 콘크리트의 일괄 타설로 서로 연결하여 일체화 시킨 구조이다. 본 논문에서는 기본 구성단면을 대상으로 PSC 하현재, 구조용 압연형강으로 제작되는 복부재 및 상현재로 구성되는 경간장 25m, 높이 0.8m, 폭 1.2m의 완전 매입형 합성보를 설계하였다.

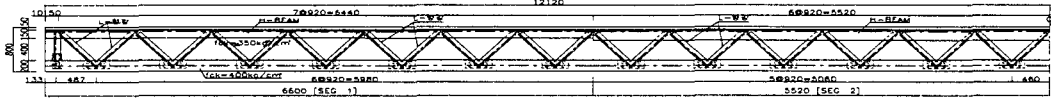


그림 2 트러스 구성 및 세그먼트 분할

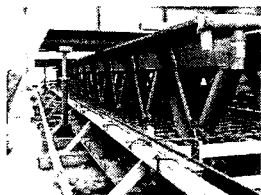


사진 1 상현 연결 구조

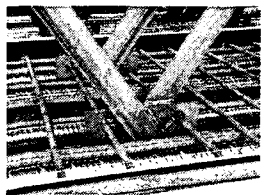


사진 2 하현 연결구조

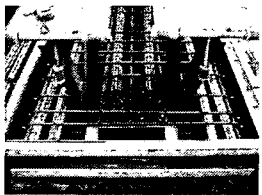


사진 3 정착구 배치

2.1. 설계 개요

상현재는 시공성 및 운반, 상현 콘크리트 타설 후에는 주철근 기능 및 복부재와의 연결을 쉽게 하기 위해 T 형태의 강재로 설계하였다. 복부재는 부재위치에 따라 인장력과 압축력이 번갈아 생기는 점 그리고 제작, 운반, 타 부재와의 결합 등의 시공성을 고려하여 L형강을 사용하였다. 복부재는 상현 강형의 복부와 직접 용접 연결되고, 하현 콘크리트 속에 매입되는 구멍강판 지벨구조의 매입강판과 용접 연결된다. 하현재에 매입되는 구멍강판의 구멍으로는 횡방향 철근이 배근되어 구멍 강판의 내하력 및 하현콘크리트의 일체화를 높이고 예기치 않은 이유로 인해 연결구조와 하현재가 분리되는 것에 대해 대비토록 하였다(사진 1, 2). 복부재의 트러스 구조형식 채택으로 하현재에 도입 가능한 프리스트레스의 크기가 상현재나 복부재에 의해 크게 제약받지 않게 되며, 트러스 경사각도는 경사각은 복부재 및 상하현의 단면강성에의 영향, 격점부가 많아지게 되는 시공상의 불리함 등을 감안하여 일반부에 53°, 지점부 81°로 트러스를 구성하는 설계를 하였다. 그림 2에 이러한 트러스 구성 및 세그먼트 분할도를 나타내었다.

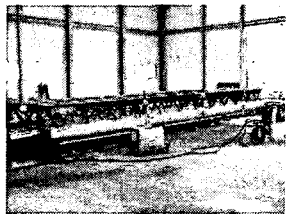


사진 4 1차PS 긴장작업

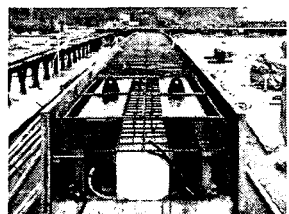


사진 6 타설 준비



사진 5 운반(11.0m)

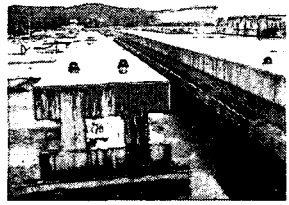


사진 7 거터 형상(정면)

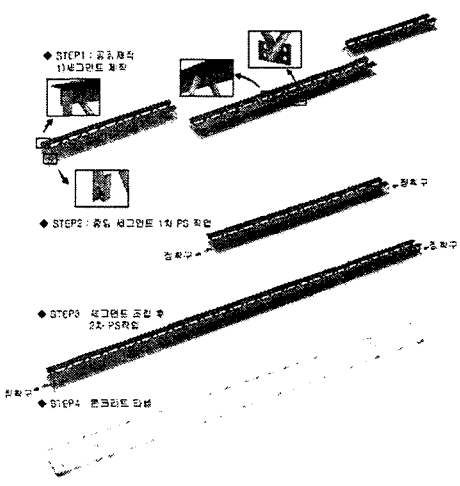


그림 3 완전매입형 합성보 시공순서

2.2. 제작 및 시공

시공 순서를 사진 3 ~ 6 및 그림 3에 나타내었다. 양지점부로부터 7.0m길이의 세그먼트 2개와 11.0m의 중앙부 세그먼트 1개로 분리 제작하고 긴장재는 중앙부 세그먼트에 2개, 지점부 세그먼트에 4개를 배치하였다. 하현재에 도입한 압축력은 하현콘크리트 양생 후 중앙 세그먼트의 단부에서 먼저 도입하고(사진 3, 4), 세그먼트 조립 후 바닥판 콘크리트 타설 전 양 지점부에서 도입 하였다. 각각의 정착구에 90.0 tonf의 압축력을 도입하였다. 실험 현장으로 운반된 세그먼트의 접합 후 바닥판 콘크리트는 단면내부에 스티로폼을 삽입하여 타설하였다(사진 6). 파괴시험을 위해 2기의 시험체를 제작하였고 그 중 하나에만 격점부 사이 하현 콘크리트 상부에 chipping 작업으로 상부 콘크리트와의 미끄러짐의 영향을 평가하였다.

3. 실험 방법 및 측정

적정한 휨 성능을 평가하기 위하여 단순 지지된 완전매입형 합성보에 정모멘트가 발생하도록 실제 가력 실험하여 설계식에 의한 예상 휨강도와 변형량을 실험결과와 비교 검토하였다. 하중 가력은 earth-anchor 이용한 하중재하 장치로 경간 중앙부 상부 콘크리트에 1점 재하하였다. 항복하중까지는 하중 가력 및 제거를 3회씩 반복 작용시켜 초기 휨거동을 평가하였고, 항복 이후에는 더 이상 외력에 저항하지 못하는 파괴시까지 가력하였다. 휨 설계를 위한 정적실험에서 균열전후의 휨 강성 평가를 위하여 세그먼트 연결부 및 중앙부에 변위계(LVDT)를 설치하였고, 지점부, 세그먼트 연결부 및 중앙부의 콘크리트 표면, 철근, 복부재 및 상현 강형에 변형률게이지를 설치하여 부재 거동에 미치는 영향을 평가하였다. 또한 균열 발생 후 하중증가에 따른 중방향 휨 균열 폭 및 균열 양상을 추적하였다.

4. 실험결과 및 고찰

4.1. 파괴 양상

초기 균열은 36.7 tonf에서 거더 중앙부 하단에서 발생하였고 하중이 증가할수록 균열은 하단에서 상부로 길이가 증가하고 항복 후 균열 폭이 증가하는 전형적인 휨 균열 양상을 보였다. 그림 4에 균열도를 나타내었다. 강선 및 에폭시 접촉으로 일체화 시킨 세그먼트 연결부가 하중 증가에 따라 접합면이 분리되었고 이로 인해 접합부 부근의 단면 복부 부까지 균열이 나타났다. 격점부 사이 하현 콘크리트 상단에서의 미끄러짐에 의한 균열은 chipping의 유무에 상관없이 거의 발생하지 않았다. 82.6 tonf에서 강선의 일부 파단으로 하중가력을 중지하였다. 파괴 하중시의 균열 및 처짐 상황을 사진 8~ 11에 나타내었다.

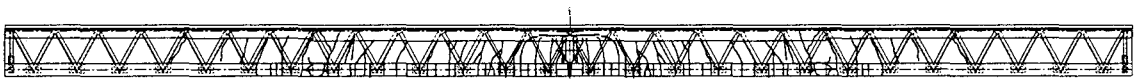


그림 4 균열도

4.2. 결과 분석



사진 8 파괴하중 재하
(82.6 tonf)

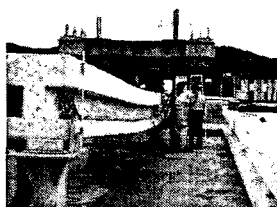


사진 9 처짐 상황
(연직처짐 61cm)

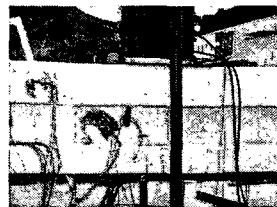


사진 10 중앙부 균열



사진 11 세그먼트 연결부
균열

그림 5에 경간 중앙부에서의 하중-처짐도를 나타내었다. 균열하중까지는 예상치와 실험치가 거의 유사한 완전 탄성적 거동을 보이며, 균열 발생 후 긴장재의 항복에 따른 단면 강성 감소에 따라 이전보다는 완만한 기울기를 가지며, 파괴 하중 시 중앙부 처짐이 급격하게 증가하는 거동을 보이고 있다. 그림 6에서와 같이 균열발생 전 단면 상하연의 콘크리트 변형률은 선형적인 변화를 보이고 있고, chipping의 유무와 상관없이 하현과 상현 콘크리트 접합부에서의 균열 및 이격 등은 나타나지 않고 있다. 이는 매입되어 있는 복부재가 상하현과 충분한 일체화 거동을 하고 있는 것으로 판단된다. 그림 7과 그림 8로부터 파괴 양상은 중앙부 하단에서의 휨 인장파괴가 지배적인 거동을 보인다.

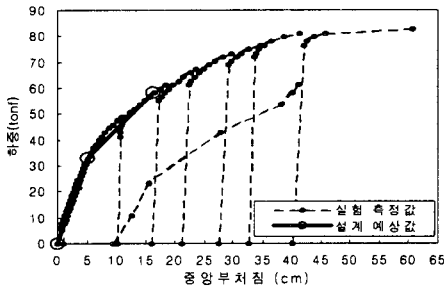


그림 5 하중-처짐 곡선(중앙부)

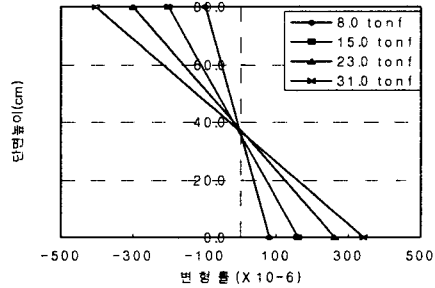


그림 6 균열발생 전 하중-변형률

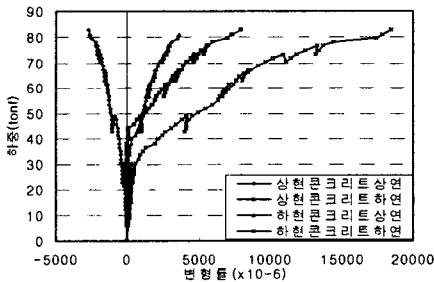


그림 7 하중-변형률 곡선(콘크리트)

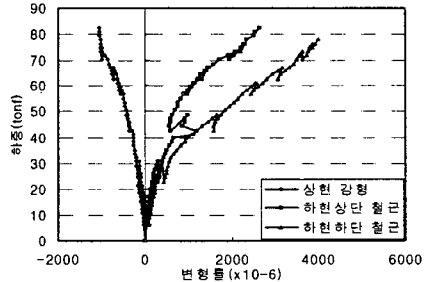


그림 8 하중-변형률 곡선(강재, 철근)

5. 결론

파괴실험을 통한 부재의 내하력은 균열 발생 및 그로 인한 단면강성저하로 가정한 설계하중과 잘 일치하고 있으며 중앙부 하단의 균열발생 후 하중 증가로 인한 균열 진전 및 균열 폭 확대는 전형적인 휨거동을 보이고 있다. 개발한 완전매입형 합성보는 상/하현재의 단면은 일정크기로 유지한 상태에서 도입되는 압축력 조절 및 복부높이 증가로 소정의 부재력을 얻을 수 있고 현장 바닥판 타설시 별도의 동바리공이 불필요한 시공상 장점을 가진다. 그러나 세그먼트 연결부에서 하중 증가에 따라 접합면이 분리되는 현상이 발생하였고 이로 인해 연결부 부근 단면 복부까지 균열이 발생하고 있어 세그먼트 접합을 위한 장치의 보완과 함께 단면 복부에 적절한 철근 배근이 필요하다 판단된다.

감사의 글

본 논문은 2005년도 전력산업연구개발사업 과제 지원에 의해 연구되었으며 이에 깊은 감사를 드립니다.

참고문헌

1. Dae Yon Won, Shin-ichi Hino, In Duk Choi and Yeong Ho Eum : DESIGN OF PRESTRESSED COMPOSITE TRUSS GIRDER, The Eighth Japan-Korea Joint Seminar on Steel Bridges, 2005.
2. S.B.Medberry, B.M. Shahrooz : Perfobond Shear Connectors for Composite Construction, Engineering Journal, Vol.39, 2002.