찬넬형 PC교의 실물실험 연구
Full Scale Model Test on Channel Type PC Bridge

구 민 세* 황 윤 국** 조 현 준** 유 영 찬** 김 정 호**
Koo, Min Se Hwang, Yoon Koog Cho, Hyun Joon You, Young Chan Kim, Jung Ho

ABSTRACT

This study was performed to verify the behavior of channel type PC bridge through the full scale model test.

It is well known that the behavior of connection is especially important in case of precast multi-beam bridges. In this study, the lateral load distribution capacity was found satisfactory and influenced little either by the type or strength of connections.

Analysis results agreed well with test results. Parameter studies were performed based on the test and analysis results.

1. 서론

구조물의 주부재를 프리캐스트화 할 때의 일반적인 장점은 현장에서의 작업량을 줄이므로써 공기를 단축시킬 수 있고, 부재를 공장 생산하므로써 대량생산에 의한 원가절감과 품질관리가 용이하다는 점이다. 따라서 본 연구도 이러한 점을 고려하여 보다 짧은 시간내에 경제적이며 가설이 편리한 교량을 건설하기 위한 공법으로, 주요부재를 PC화 하여 조립식 가설을 통해 하나의 교량을 완성하는 방법을 검토하게 되었다. 특히 기존의 교량을 보수하는 경우 상부구조를 간단히 교체하여 신설교량의 효과를 얻게 할 수 있도록 하는 것에도 본 연구의 목표를 두었기 때문에 신설 또는 교체 교량에 두루 활용할 수 있을것으로 본다.

본고에서는 찬넬형 조립식 PC교량 공법중 실험연구에 대한 부분만을 중점소개하고 이론해석에 대해서는 별도의 기회를 갖고자 한다.

2. 예비실험

상판과 거더를 일체화시켜 제작한 빔을 교량의 폭원에 맞게 조립시키는 공법을 택하고 있으므로, 연결되는 부위의 거동을 미리 확인할 필요가 있다. 즉, 연결부의 활하중횡분배 능력을 사전검토하여 여러 종류의 연결형태중 공학적으로 그리고 시공성을 고려한 상태에서 적절한 것을 선택하여야 하므로 <그림1>과 같은 연결방식을 대상으로 연결부에 대한 실험을 실시하였다.

3. 실물모형 실험

3.1 실물모형체의 개요

실물모형체는 경간장 15m, 교폭 6m의 교량으로 그 형태는 <그림2>와 같다.

찬넬형 조립식 PC빔의 제작은 길이를 지간장에 맞게 하여야 하므로 한 세그먼트의 중량이 취급과 운반에 장해 요인으로 작용할 수 있으므로, 가능한 폭을 줄이므로써 활하중분배 효과와 시공의 편의를 도모하여 폭을 1.2m 로 고정시켰다.

웨브의 높이는 처짐과 전단저항을 고려하여 결정하게 되는데, 단면 검토결과 전단저항에 대해서는 거의 문제가 되지 않으므로, 처짐규정에 맞추는데 주안점을 두어 PS강선 배치에 소요되는 최소의 웨브폭을 미리 결정하고 높이를 변수로 하여 단면의 강성을 검토하는 방법으로 세그먼트의 폭과 높이를 각각 120cm, 60cm로 최종 결정하였다.

PS강선의 배치는 PS부재에서 일반적으로 고려되는 자중과 PS강선에 의한 모멘트가 상쇄되도록하여, 단경간 교량에 적용할 것이므로 1점 Drape 형태를 택하였다(<그림3> 참조).

3.2 실험체 제작

(1) 주부재 생산

주부재의 콘크리트 설계기준강도는 420kg/cm² 로서 배치플랜트에서 생산된 레미콘을 운반거리 없이 직접 현장에서 PC부재 생산라인에 타설토록 하였다. 이 때 실험측정시의 강도를 확인하기 위해 동시에 공시체를 제작하여 주부재 생산과 동일한 양생조건 속에 있도록 하였다. 주부재는 12시간 동안 증기양생을 실시한 후 탈형하였고 탈형후 공기가 잘 통하는 적하장에 운반하여 서서히 온도가 감하되도록 함과 동시에 주부재의 온도가 대기온도 정도를 유지하였을때 부터 충분한 살수를 실시하였다.

또한 인장력 도입후에는 탈형이 어렵게 되므로 양단에 스치로폴을 삽입하여 부재에 휨이 발생한 후에도 탈형이 쉽도록 하였다.

(2) 교대설치

단순교의 형태를 대상으로 재하실험을 수행하므로 교대는 재하하중에 견딜 수 있으면 충분하다. 그러므로 단시간 재하를 위해서는 기초 처리와 별도의 교대설계가 필요치 않았다. 그 제원은 길이를 설계폭원 (6.0m)에 맞추어 무근으로 처리하고

* 인하대학교 조교수
** 한국건설기술연구원 구조연구실 연구원

폭은 교좌장치로 활용할 Sliding Pad의 폭보다 약간의 여유를 두어 약 40cm로 하였다. 교대의 높이는 최대 처짐시에도 처짐을 읽을 수 있는 공간 확보를 위해 약 1.2m 정도로 잡았다.

(3) 조립

5개의 세그먼트를 제작하여 <그림2>와 같이 조립하였다. 이때 사용된 크레인은 60톤급 이었으며, Sliding Pad를 두겹으로 깔고 <그림3>의 세그먼트 번호에 맞추어 순차적으로 교대에 올려 놓고 웨브에 뚫어 놓은 볼트구멍에 볼트를 체결하여 모양을 유지시켰다. PC빔이 완전히 장치된 다음 전단키의 그라우팅은 실험측정 2일전에 초속경 그라우팅재를 사용하여 실시하였다.

3.3 계측기기

실험체내의 응력을 측정하기 위하여 각 세그먼트의 중앙부 및 경간의 1/4 지점에 Strain Gage를 상단, 중단 및 하단 철근에 부착, 매설하였다(<그림3> 참조).

실험체의 처짐은 교량 중앙부에서 각 세그먼트 중앙의 슬래브 하부에 다이얼 게이지를 설치하여 측정하였다.

3.4 재하실험

(1) 재하위치

재하실험에서 얻고자 하는 자료는 각 세그먼트 속에 매설한 게이지로 부터 읽어 들이는 변형률과 처짐값이다. 이들 값은 단순지지점으로 이루어진 각 세그먼트의 개별 거동과 하중의 횡분배에 의한 거동을 확인하기 위한 것이므로 하중이 어느 세그먼트 위에 있든지 상관없이 중앙점에 재하시켰으며, 재하순서는 Load Case 1이 <그림2>의 (a), (b), (c), (d), (e)의 순으로 순차적 재하후 다시 역순으로 하중을 제거하므로서 각 세그먼트에 재하될 때마다 하중분배 상황을 파악토록 하는 것이었으며, Load Case 2에서 Load Case 6 까지는 (a)~(e) 세그먼트의 각각에 대해 재하하는 것이고 Load Case 7은 마지막으로 (e) 세그먼트 하나에 대해 인접한 (d)와의 연결볼트를 풀고 재하가능한 하중까지 실험하였다.

(2) 재하방법

하중으로 이용한 적재물은 하나의 중량이 6.8톤인 T형 파일이었으며 중앙부에서 차축간격인 4.2m 간격으로 받침물을 설치하고 60톤 크레인을 사용하여 파일이 적재될 때마다 측정하였다.

4. 실험결과 분석

(1) 예비실험

예비실험 결과 모든 시험체는 설계차륜하중의 3.5배에 해당하는 하중에서도 안전하였으며 예측된 바와 같이 <그림1> (c)의 형태가 가장 하중저항 능력이 좋고 (b)의 형태가 가장 불리하였다. 그러나 시공성을 고려할 경우 (c)의 형태는 예비실험을 하는 과정에서 조립이 매우 힘들었으므로, (a)와 (b)의 경우를 본실험에 채택하기로 하였다.

(2) 실물실험

<그림4>에서 <그림8>은 각각의 세그먼트에 하중을 가했을 때 각 세그먼트의 처짐을 나타낸 것이다. 이 그림에 의하면 연결부의 형태에 따라 하중분배 능력이 다소나마 다른 것으로 나타났으나 상세한 분석과 해석에 의하면 연결부의 형태 및 강성은 하중의 횡분배에 큰 영향이 없는 것으로 판명되었다(참고문헌[1]).

<그림9>는 세그먼트 1개를 독립시켜 실험한 결과를 컴퓨터 해석치와 비교한 것으로 대체적으로 잘 일치하고 있다. <그림10> 및 <그림11>은 각각 중앙부와 단부단면의 Mement-Curvature 해석 결과이다. 최종 파괴는 콘크리트의 압축파괴로 발생되나 만족할 만한 연성을 보유하고 있다.

<그림12>에서 <그림14>는 균열의 현상을 보여주고 있다. 최초 인장균열은 하중점 부근에서 발생하였으며 하중이 증가할 수록 양쪽으로 발전하였다. 이러한 현상은 하중점 주위에서의 균열하중을 계산한 결과와도 일치하고 있다(<표2> 참조).

5. 결론

본 실험에서 사용된 찬넬 형태의 조립식 부재 및 연결부의 거동은 만족할 만한 수준이었으며 실제 교량 건설에 효과적으로 이용될 수 있을 것이다. 다만 연결부의 피로현상 등 장기거동에 대한 추가적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

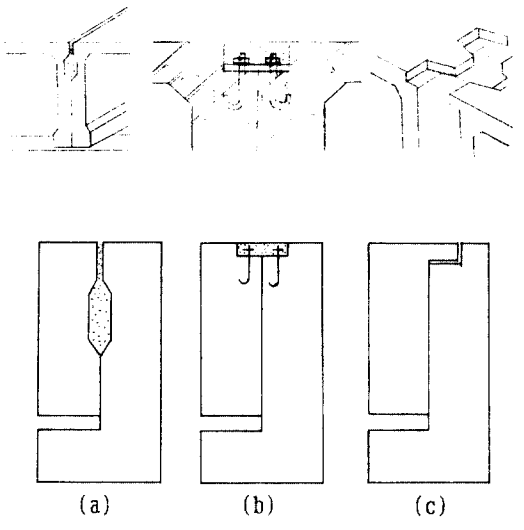
1. 구민세, 김긍환, 박영환, "찬넬형 PC 교량의 윤하중 분배계수", 대한토목학회 가을학술발표회 논문집, 1990.

2. Sanders, W.W., Elleby, H.A., "Distribution of Wheel Loads on Highway Bridges", NCHRP Reports 83.

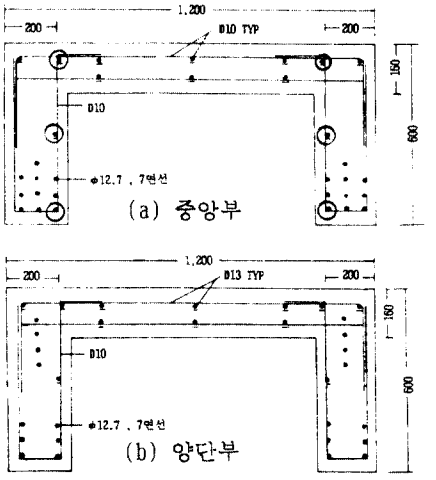
3. Pfeifer, D. W., Nelson T. A., "Tests to Determine the Lateral Distribution of Vertical Loads in a Long-Span Hollow-Core Floor Assembly", PCI Journal, Nov.-Dec., 1983.

감사의 글

본 연구는 (주)부산산업의 연구비 지원에 의하여 이루어 졌으며 이에 심심한 감사를 드립니다.



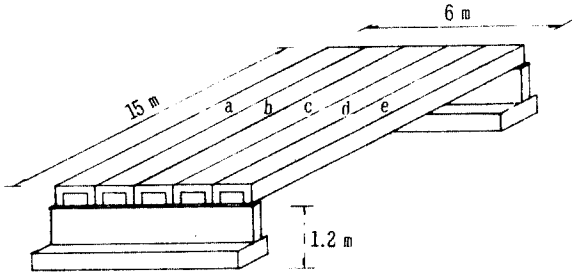
〈그림 1〉 검토대상 연결부 및 시험체 개념도



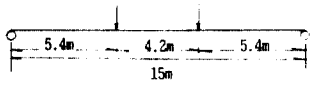
⊙ Strain gage(중앙부 및 L/4 지점)

• 철근 • PS강선 단위 : mm

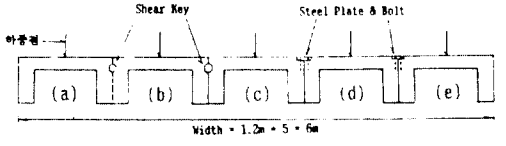
〈그림3〉 철근 및 PS강선 배치도



a. 실험체 개념도



b. 하중재하 위치

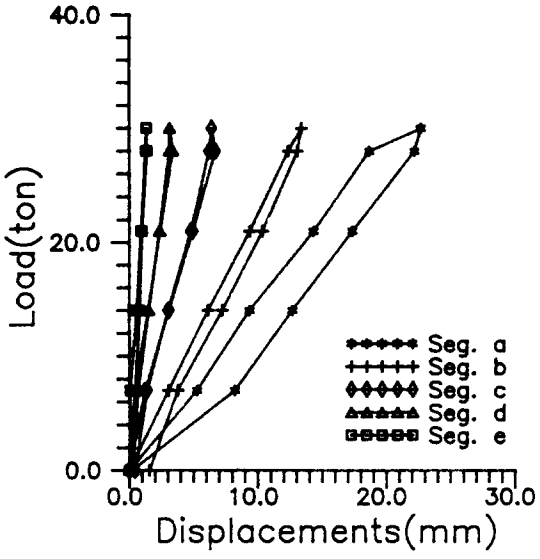


c. 실험체 단면도

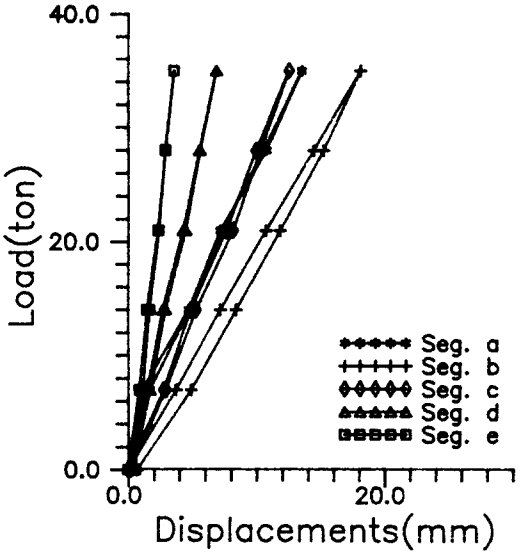
〈그림 2〉 실험체 개념도 및 하중재하위치

〈표1〉 설계조건

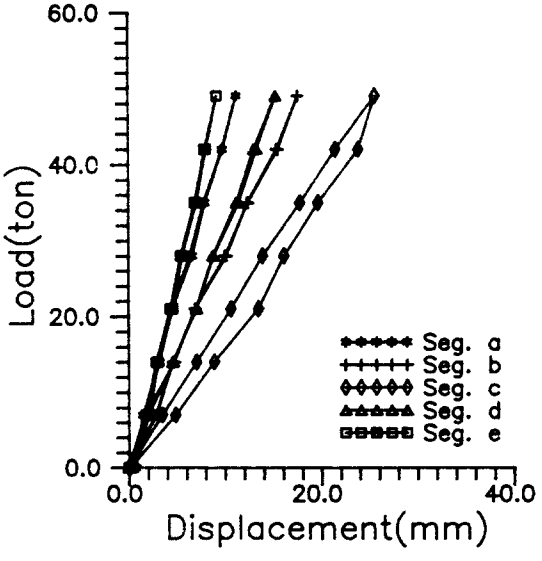
구 분	성 질	비 고
구조 형식	단 순 교	
교량 등급	3 등 급	
단면 제원	플랜지폭 :1.2m 플랜지높이:0.16m 웨 브 폭:0.4m 웨브 높이:0.44m	
하 중	활하중, 자중	
부재의 단위 중량	2.5 t/m³	
경간 길이	15 m	
Segment의폭	1.2 m	
콘크리트의 강 도	420 kg/cm²	설계기준강도
	320 kg/cm²	프리스트레스 도입시의강도
강연선의 극한강도	17,700 kg/cm²	φ12.7, 7 연선
강연선의 항복강도	15,000 kg/cm²	φ12.7, 7 연선
철 근 의 항복 강도	4,000 kg/cm²	SD 40



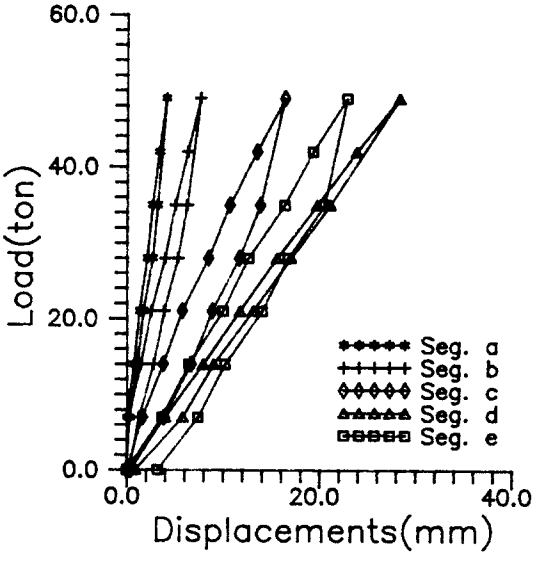
<그림 4> Load Case 2의 하중 - 처짐관계도



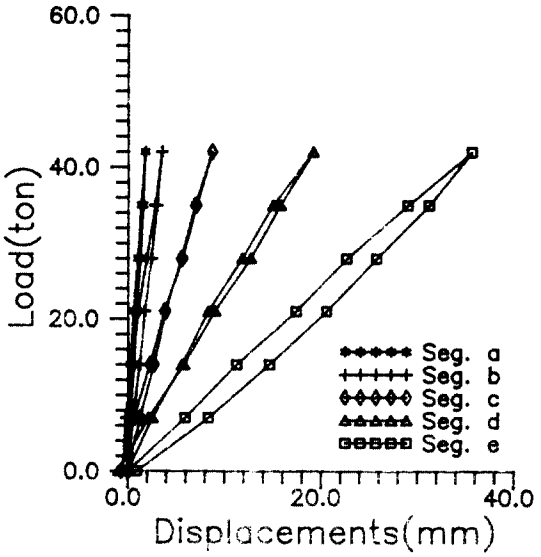
<그림 5> Load Case 3의 하중 - 처짐관계도



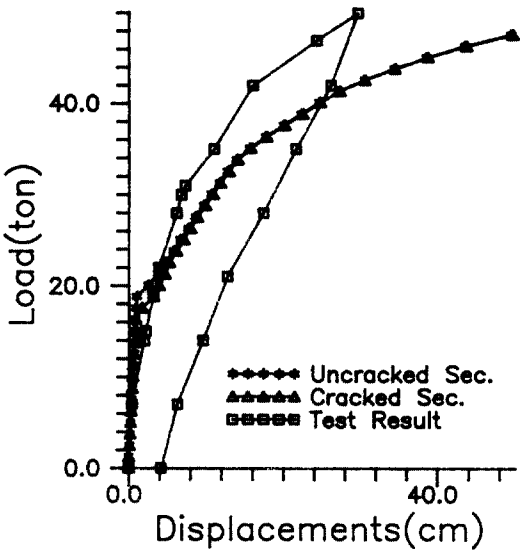
<그림 6> Load Case 4의 하중 - 처짐관계도



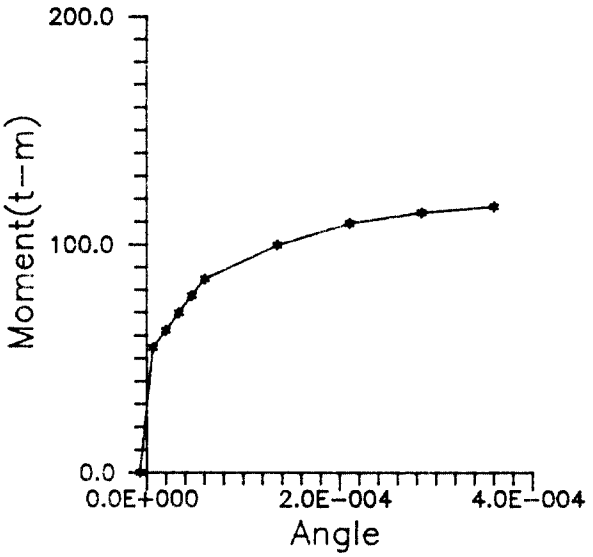
<그림 7> Load Case 5의 하중 - 처짐관계도



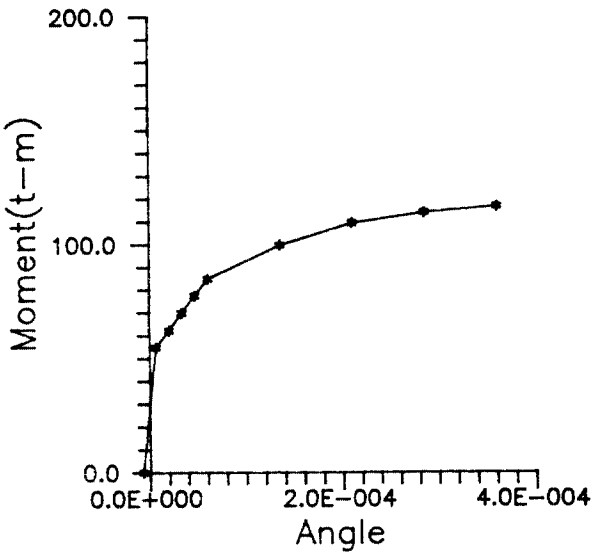
〈그림 8〉 Load Case 6의 하중 - 처짐관계도



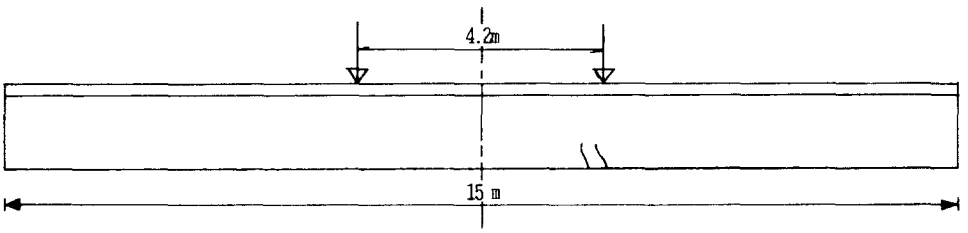
〈그림 9〉 Single Beam Test (Load Case7)



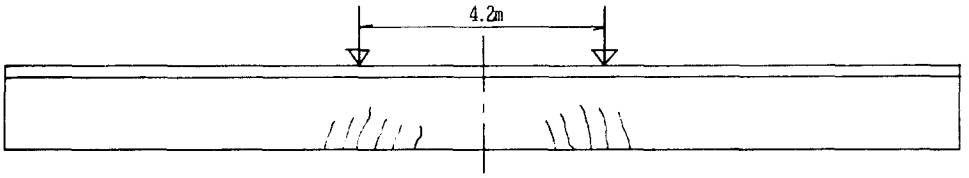
〈그림 10〉 중앙부의 M - ϕ 관계도



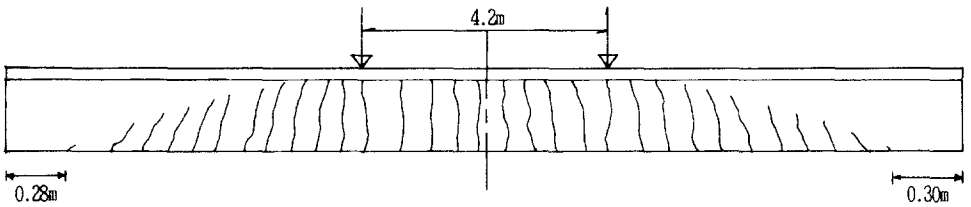
〈그림 11〉 양단부의 M - ϕ 관계도



<그림 12> 균열현상 (P = 21 ton)



<그림 13> 균열현상 (P = 28 ton)



<그림 14> 균열현상 (P = 49 ton)

<표2> 균열 모멘트 및 하중 (ton, m)

위 치	중 앙 부 L=7.5	L=5.625	하 중 점 L=5.4	L=5.25
Mcr	78.7	72.5	71.5	70.9
Md	24.8	23.3	22.9	22.6
M'cr	53.9	49.2	48.6	48.3
Pcr	20.0	18.2	18.0	18.4