

I-형강 합성바닥판의 정적 성능비교

Experimental Comparison for Static Performance of I-beam Concrete Slab

박길용* 박창규** 정영수***
Park, Gil Yong Park, Chang Kyu Chung, Young Soo

ABSTRACT

Recently, there have been increased much concerns about repair and rehabilitation works for aged concrete structures. In particular, it is known that due to repeated overburden vehicle there are significantly increasing number of aged concrete bridge slabs, which are strongly needed to construct and rehabilitate by innovative construction method.

The objective of this research is to develop the new construction method of concrete slab in bridge structure, which can contribute to minimize the traffic congestion during the repair and rehabilitation works of aged concrete slab, and can also sufficiently assure the quality through the minimization of in-situ works at the site. I-beams with punch holes, which are substituted instead of main reinforcing steels in concrete slabs, will be manufactured in accordance with the specification in the factory, and will be preassembled into the panel. After erecting the preassembled panels in the site, concrete will be poured into the slab panel.

This research is to investigate physical properties of I-Beam concrete slab through static test.

1. 서론

사회 간접자본 시설 중에 주요 구조물중의 하나인 교량은 구조설계의 오류와 시공결합, 공용 기간동안 환경조건의 변화에 따른 열화현상, 무분별한 초과하중 등의 여러 가지 요인에 의해 성능이 저하되고 구조물의 수명이 단축되며 안정성이 저하되게 된다. 또한 최근 교량상의 통과하중의 증대 및 교통량 폭증으로 공용중의 상판교량은 가혹한 하중하에서 국부파괴가 발생하여 이에 대한 유지보수 비용의 증가와 교통통제로 인한 물류비용의 폭증, 국민생활의 불편 등 사용상에 중대한 문제를 야기시키고 있다.

* 정회원, 중앙대학교 대학원 토목공학과 석사과정

** 정회원, 중앙대학교 대학원 토목공학과 박사과정

*** 정회원, 중앙대학교 건설대학 토목공학과 교수

이는 바닥판의 보수 혹은 교체공사등을 증가시키어, 보다 신속하고 부분교체로 교통통제를 완화할 수 있으며, 또한 품질에 신뢰성이 있는 바닥판공법이 필요하게 되었다. 이러한 연유로 그림 1 에 나타낸 바와 같은 형식인 강·콘크리트 합성바닥판으로 주철근을 대신하여 I형강을 사용하고, 배력근으로써 기존 철근을 사용하며, 거푸집대용으로 아연저판을 사용한 이른바, I형강 합성바닥판으로서 국내 여건에 맞는 바닥판공법을 위하여 실험 및 해석을 통한 연구를 수행하게 되었다. 한편, 주철근 대용의 I형강의 경우 국내에서 생산되고 있는 I형강과 새로 개발한 I형강을 설계 제작하였다. 제작된 시험편은 정적 시험을 수행한 후 각종 실험결과를 분석하여, 개발된 I형강 합성바닥판의 국내교량에서의 적극적인 활용방안을 모색하고자한다.

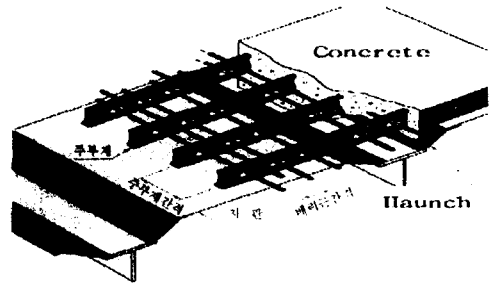


그림 1 I형강 슬래브의 주요구조

2. 실험개요

2.1 실험계획

본 연구는 I형강 합성바닥판의 실험 및 해석을 위하여 참고문헌을 통한 사전조사를 실시하였고, 본 연구는 I-150 형강 합성 바닥판 모델과 I-170 형강 합성바닥판 모델을 선정하여 합성바닥판을 제작하여 정적성능을 실험하였다. 이에 따라 I형강 슬래브에 따른 하중-변형율, 하중-처짐, 파괴현상 등을 분석하여 2가지 바닥판의 형강에 따른 경간거리 사용 가능 여부를 파악하였다.

2.2 사용재료

2.2.1 강종

I형강 합성바닥판용 I형강의 강종은 허용응력과 항복응력이 동일한 I-150은 국내에서 생산되고 있는 기성제품 SS400으로, I-170의 경우에도 SS400으로 하나 기성제품이 없는 관계로제작시 용접이 불가피하여 SWS400으로 정하였으며, 철근은 SD30을 사용하였다.

표 1 SS400과 SWS400 강재의 항복응력과 허용응력

(단위 : kgf/cm^2)

SS400 SWS 400	항복응력	허용축방향(휨)인장응력	허용휨압축응력	허용전단응력
응력	2,400	1,400	1,400	800

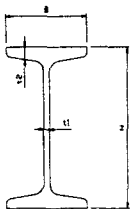


표 2 I형강 제원

H (mm)	B (mm)	t ₁ (mm)	t ₂ (mm)	단위중량 (kg/m)	A (cm ²)	I _x (cm ⁴)	r _x (cm)	z _x (cm ³)
150	75	5.5	9.5	17.1	21.83	819	4.5	109
170	22/44	6	16/8	12.4	19.1	596	8.81	67.7

그림 2 I형강단면도

2.2.2 콘크리트

본 실험에서 사용된 콘크리트 배합 및 $\phi 10 \times 20 \text{ cm}$ 로 제작된 공시체의 28일 압축강도는 다음과 같다. 바닥판 콘크리트의 설계기준강도는 주형과의 합성여부에 따라 다르나 본 실험에서는 안전측과 비합성형을 고려하여 270 kg/cm^2 보다 낮은 240 kg/cm^2 으로 계획하였다.

표 3 콘크리트 배합설계표

Max. size of Coarse Agg. (mm)	Slump (cm)	W/C	Fine Coarse Agg. Ratio (%)	Unit Weight (kg/m^3)				Compressive Strength (kgf/cm^2)
				Water	Cement	Fine Agg.	Coarse Agg.	
25	10	49.7	45.2	141	344	876	983	252

2.2.3 시험체 형상

본 연구는 I형강 합성바닥판에 대한 정적시험으로 수행되었으며, 시험체가 더 이상 외력에 저항하지 못할 때까지 재하하는 것으로 하였다. 본 실험체는 I-150을 주부재로하여 20cm 간격에 단순지지된 경간거리 2,200mm x 폭 800mm I형강 합성바닥판과 I-170을 주부재로하여 15cm 간격에 단순지지된 경간거리 2,200mm x 폭 1,000mm I형강 합성바닥판을 제작하였다. 합성바닥판 두께는 최소피복두께를 감안하여 I-150형강은 20cm로 I-170 형강은 22cm로 제작되었다. 하중은 합성바닥판의 중앙에 차량하중 타이어 면적인 $200\text{mm} \times 500\text{mm}$ 로 파괴시까지 변위제어로 재하하였다.

I형강 합성 바닥판은 하부 및 측면에 균열 관측을 위하여 아연 저판을 설치하지 않았으며, 상부 배력근은 상부 Flange의 상면에 용접하였고 하부 배력근은 Web Punch Hole 측면에 용접하여 실험을 수행하였다.

표 4 시험체 제원 및 홀 상세 제원

(단위 : mm)

구 분	폭	길이	높이(L)	주부재(H)	주부재 간격(G)	(A)	(B)
I-150 시험체	4,900	800	200	I-150형강	200	20	45
I-170 시험체	4,900	1,000	220	I-170형강	150	30	55

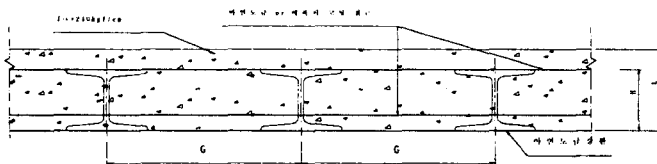


그림 3 I형강 시험체 형상

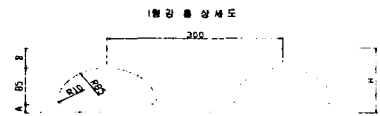


그림 4 I형강 홀 상세도

2.2.4 실험 방법

각 경간 중앙에 오일잭을 설치하여 가력을 하였고, 그 힘은 오일잭과 시험체 사이에 Load cell을 설치하여 측정하였다. 또한 시험체 상면에 Strain gage를, I형강에는 중앙지점부 상부플랜지에 Strain gage를 설치하여 부모멘트에 의한 변형률을 측정하였고, 또한 각 경간 중앙의 하부플랜지에 Strain gage를 설치하여 정모멘트에 의한 변형률을 측정하여 하중-변형률 관계를 측정하였다.

그리고 각 경간 중앙 하부에 변위계(LVDT)를 설치하여 하중-변위를 측정하였으며 각 종 계측장치는 2가지 시험체 모두 동일한 위치에 설치하였다. 실험상에서 발생하는 Data는 Data Logger로 계측하였다.

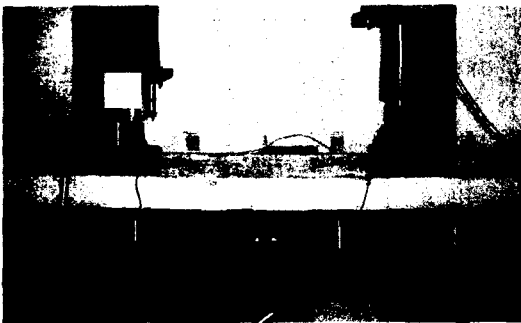


그림 5 실험 전경

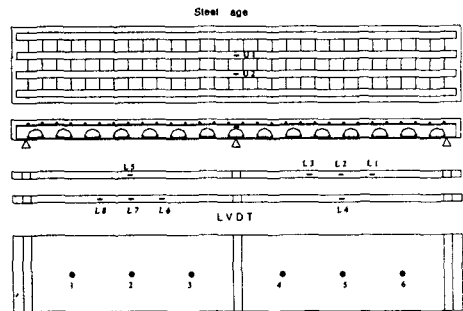


그림 6 게이지 부착위치

3. 실험 결과 및 분석

본 실험은 설계한 I형강 합성바닥판의 정적성능을 비교하고, I형강 합성바닥판의 파괴mode를 파악하고 실무에 적용할 수 있는 적합한 방안을 제시하고자 한다.

I-170 형강을 사용한 합성바닥판의 실험 결과, I형강 합성바닥판의 정적 실험은 하부 플랜지가 아닌 Web Punch Hole 하부에서 먼저 항복을 하였고, 하부 플랜지의 경우 중간 중앙부 Web Punch Hole 하부에서 모두 항복점을 넘은 후에도 전체적인 P- δ 관계는 탄성거동을 하였다. 이는 I형강의 경우에 주로 Web Punch Hole 주변이 먼저 항복하였으나 하부 플랜지가 탄성 구간에 있기 때문에 구조물 전체는 탄성 범위에 있다고 판단된다. I-150 형강을 사용한 합성바닥판은 하부플랜지와 Web Punch Hole과의 간격이 너무 적어 게이지 부착이 불가피하여 측정을 할 수 없었다.

항복시 변위는 I-150을 사용한 합성바닥판은 7.3mm가 발생하였으며, I-170을 사용한 합성바닥판은 7.8mm가 발생하였다.(그림 7, 그림 8 참조)

변형률에 있어서 상부와 하부 플랜지의 변형률은 거의 비슷한 탄성 거동을 보이다 항복 시점에 따른 차이를 볼 수 있었다.(그림 9, 그림 10 참조)

항복하중은 I-150형강을 사용한 합성바닥판이 I-170 형강을 사용한 합성바닥판보다 먼저 항복을 하였고, 하중값도 다소 차이가 있었다. 이는 I-170 형강이 I-150 형강보다 배치 간격에 있어서 차이가 있었으므로 하중에서도 차이가 발생되었을 것으로 판단된다. 상부와 하부에서 모멘트를 계산하여 경간 거리를 추정 한 결과, 20cm 간격의 I-150형강을 사용한 합성바닥판은 약 3,000mm 까지, 15cm 간격의 I-170 형강을 사용한 합성바닥판은 약 6,000mm 까지 가능하리라 판단된다.

표 5 항목 하중 비교

시험체 \ 구분	LOAD1	LOAD2	평균
I-150 합성바닥판	57 tonf	63 tonf	60 tonf
I-170 합성바닥판	73 tonf	93 tonf	83 tonf

1경간 변위비교

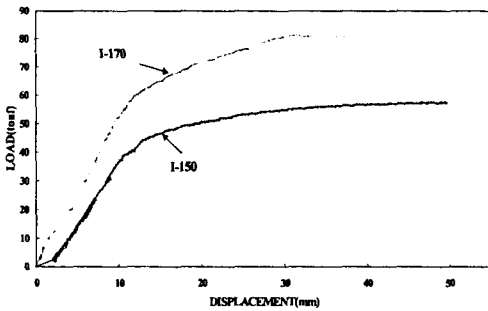


그림 7 1경간에서의 변위비교

2경간 변위비교

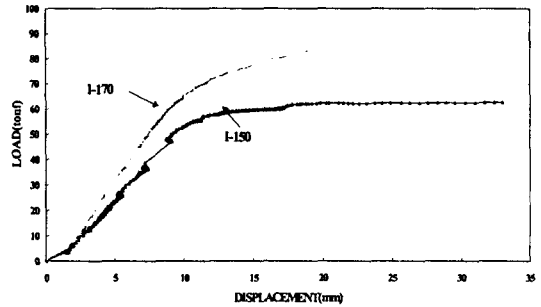


그림 8 2경간에서의 변위비교

상부플랜지

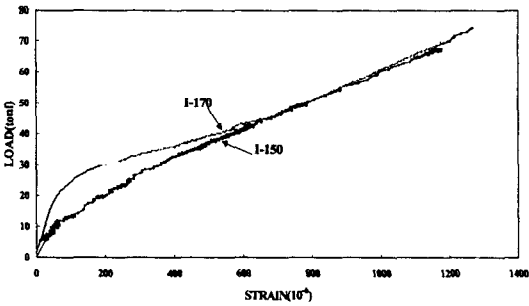


그림 9 상부플랜지에서의 P-ε 그래프

하부플랜지

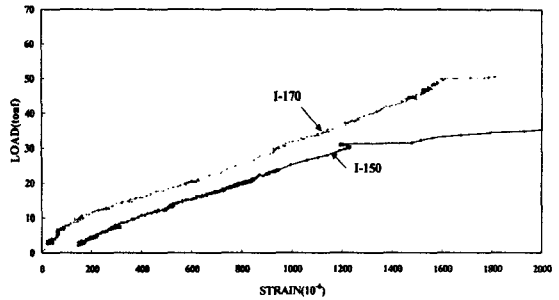


그림 10 하부플랜지에서의 P-ε 그래프

MOMENT

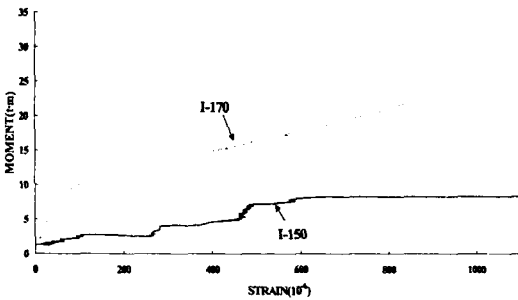


그림 11 상부플랜지에서의 부모멘트

MOMENT

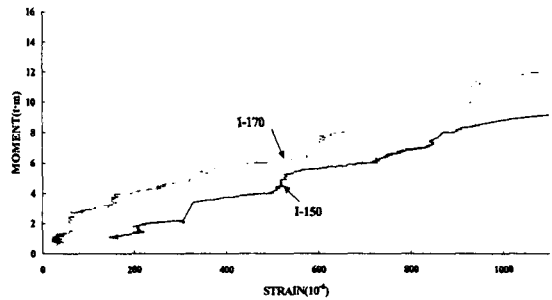


그림 12 하부플랜지에서의 정모멘트

4. 결론 및 추후 연구과제

본 실험의 결과로 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) I-150 형강을 이용한 합성바닥판의 정적 강도는 I-170 형강을 이용한 합성바닥판의 강도보다 다소 떨어지나 경간거리 최대 3,000mm 까지, I-170 형강을 이용한 합성바닥판의 경간거리는 최대 6,000mm 까지 사용이 가능하리라 판단된다.
- 2) 국내에서 생산되는 I형강 종류별 합성 바닥판에 따라 사용 가능한 경간거리의 실험이 요구되며, 국내 현실에 맞는 I형강의 개발이 시급히 마련되어야 하리라 판단된다.

감사의 글

본 연구는 포항산업과학연구원 및 현대기술연구소 지원에 의하여 연구되었으며, 이에 감사드립니다.

참 고 문 헌

1. “도로교 표준시방서”, 건설교통부, 1996
2. “ I 形鋼格子床版 (Concrete-filled I-beam Grid slab),” 鋼橋と基礎 98-7, pp.45 ~ 51.
3. “ I 形鋼格子床版の 疲勞耐久性に 關す 研究 (疲勞試驗計劃) 構造係大 セミ資料,” 1996.6.3
(Study on fatigue durability of grating-slab)
4. “ I 形鋼格子床版の 少化疲勞耐久性に 關す 研究 構造係大 セ”ミ資料”, 1996.1.29.
(Deterioration Mechanism and Fatigue Durability of grating-slab).”
5. “ マキノ吊橋の オーフ'ソク"レーテソク ”, 鋼橋と基礎, 98-1 pp.31 ~ 34.
(The Open Grating of the Mackinac Straits Bridge).
6. “ I 形鋼格子床版設計資料”, 建設消土木研究所 資料 第308号, 1967.4.
7. “ I 形강 합성바닥판의 정적성능 평가” 한국콘크리트학회논문집, 제13권 5호, 2001.10, pp430~437.