

가로거더공법에서 주형의 연속화 시점에 따른 주형의 거동

Behavior of Main Girder in Continuous Girder System using Cross Girder Method

박정웅* · 서원주** · 이선호***

Park, Jeong Ung · Seo, won ju · Lee, Son Ho

Abstract

It is on increasing trend to employ H-rolled beams as main flexural members of bridges and of temporary structures owing to their handiness for construction, maintenance, and management. But in the case of applying H-rolled beams to bridges, maximum length of bridge span is around 20m. Therefore, to develop simplified steel-concrete composite bridge having long span using H-rolled beam needs new cross girder system at internal supports, optimization of bridge system without cross beams between supports and steel-concrete composite bridge deck. This study performs mechanical analysis of cross girder system for H-rolled beam steel-concrete composite bridge with long span and verifies its usefulness.

Key words : Steel-Concrete Composite Bridge Deck, H-rolled Beam, Fast and Handy Construction, Cross Girder

H 형강은 시공성과 유지관리의 간편성으로부터 교량의 주형과 가설 구조물에 사용하는 경우가 증가하고 있다. 특히 H형강을 교량에 적용하는 경우 지점부의 부모멘트에 의해 지간장 20m 내외가 한계이고, 기존공법의 경우 콘크리트를 사용한 공법에 비해 큰 장점을 가지고 있지 못하다. 따라서 본 연구에서는 교량의 장지간화가 가능한 가로거더공법을 개발하여 기존의 강교량의 문제점을 극복한 장지간 H형강 강합성 교량을 개발하고자한다. 여기서는 수치해석적 방법으로 주형과 주형이 연속화되는 시점을 변화시켜 내하력을 계산하고, 그 결과로 부터 합리적인 가로거더공법을 개발하고자한다.

1. 서 론

가로거더공법은 모듈화된 종방향 바닥판 패널에 용접된 H형강 주형을 지점부(교각/교대)에 설치된 횡방향 가로거더에 먼저 전단키를 이용하여 단순보 지지방식으로 설치하고, 종방향 H형강 주형과 가로거더를 연속화시킨 후 바닥판 콘크리트를 타설하는 공법으로 자중에 대해서는 단순교, 활하중에 대해서는 연속교로 거동하게 하여 중앙부 지점부의 부모멘트를 감소시키고 하는 공법이다. 본 공법에는 H형강을 사용하므로 시공성이 좋은 형강 제품을 가공하지 않고 사용하여 경제적인 강합성교량¹⁻⁴⁾을 시공할 수 있도록 하며, 가로거더 공법을 사용함으로써 지점부에 설치되는 교량받침 개수를 줄일 수 있어 유지관리가 효율적이고 하부구조를 경량화 할 수 있을 뿐 아니라 교량의 장지간화와 낮은 형고로 시공할 수 있다. 또한 지점부의 부모멘트의 감소는 지점부의 바닥판의 인장응력을 감소시켜 유지관리 및 시공성이 향상된다.

가로거더공법에 있어서 저자들⁵⁾의 기존 연구에 따르면 강과 콘크리트의 자중에 대해 단순교 거동을 하도록 하는 경우 지점부의 부모멘트감소 효과는 증가하나 지간중앙부의 휨모멘트가 과대하게 증가하여 지간중

* 정회원 · 조선대학교 토목공학과 교수 · jupark@mail.chosun.ac.kr

** 비회원 · 조선대학교 대학원 석사과정

*** 정회원 · 석탑엔지니어링 기술연구소 이사 공학박사

양부의 휨모멘트에 의해 단면이 결정되었다. 이러한 문제점을 보완하기 위해 강의 자중에 대해서만 단순교거동을 하도록 하여 지간 중앙부의 휨모멘트를 감소시키는 방법을 제안하고자한다.

따라서 본 연구에서는 교량의 장지간화가 가능한 가로거더공법을 개발하여 기존의 문제점을 극복한 장지간 H형강 강합성 교량을 개발하기 위해 수치해석적 방법으로 주형의 연속화되는 시점을 변화시켜 내하력을 계산하고, 그 결과로 부터 합리적인 가로거더공법을 개발하고자한다.

2. 해석대상 및 모델링

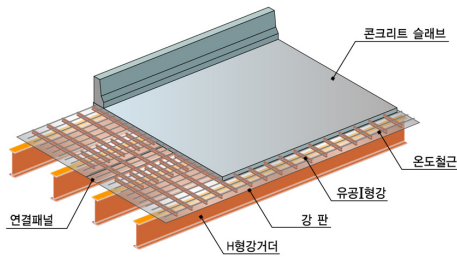


그림 1. 초간편 H형강 교량 형식

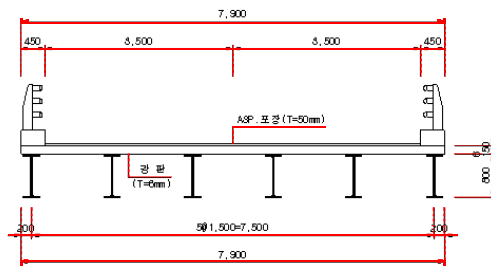


그림 2. 교량 단면

해석대상 초간편 H형강 교량의 개념도를 그림 1에, 본 연구에 사용한 대표 교량제원과 교량단면을 그림 2에 보여주고 있다. H형강 거더를 이용한 강합성교량을 개발하기 위해서 강합성 바닥판은 가설중에 H형강 거더의 횡-비틀림 좌굴을 방지하고, 거푸집을 대용하며, 콘크리트 타설 후에는 I형강 매입형 강합성 바닥판으로의 역할을 수행하여야 한다. 또한 급속 시공성을 확보하기 위하여 조립시공이 가능하여야 한다.

○ 설계조건 및 단면제원

- 형식: H형강 강합성 거더교
- 교량 폭: B=7.9m
- 교량등급: 1등급(설계하중 =DB-24, DL-24)
- 유공I형강: 100× 75× 5× 8, 종방향 300~400mm간격
- 바닥판 강재: 6mm
- ASP.포장 두께: 80mm
- 지간: 3경간 연속교(L=3@25=75m)
- 교량사각: $\theta=90^\circ$ (직교)
- 주형: H800 x 300 x 14 x 26
- 강재: SM520
- 슬래브 콘크리트 : T=150mm

강합성 H형강 거더교량에 대한 해석모델 정립과 하중의 횡분배 효과⁶⁾를 검증하기 위해 구조해석 프로그램인 Midas. Civil를 이용하여 25m 단순교에 대해 해석모델, 하중형태(DB-24, DL-24) 및 차선별(1차선, 2차선, 중앙재하, 편측재하) 해석조건을 변화시켜 해석을 실시하였다. 그 중 해석모델의 구체적인 조건은 표.1과 같으며, Con's-Solid 모델은 6mm 강바닥판과 콘크리트 바닥판을 분리하고, 하중분배를 원활히 할 수 있는 I-Beam 을 모델링하였다. 해석결과로부터 2개의 해석모델에 대해 DB-24하중 조건에서 하중분배계수를 계산하여 표.2에 Con's-Shell의 하중분배계수를, 표.3에 Con's-Solid의 하중분배계수를 보여주고 있다. 결과에 의하면 Con's-Solid의 하중분배계수 값이 더 작게 나타나 하중분배가 잘되고 있는 것을 알 수 있었다. 따라서 이후 해석에서는 Con's-Solid모델을 가지고 해석을 실시하였다.

표.1 강합성 바닥판 모델링

구분	콘크리트바닥판	강바닥판	H형강거더	I-Beam
Con's-Shell	Shell요소	-	Beam요소	-
Con's-Solid	Solid요소	Shell요소	Beam요소	Beam요소

표. 2 Con's-Shell의 하중분배계수

하중(HMmax)	하 중	분배율(Mmax)
DB-24 (110.22t · m)	외측(편측2차선제하)	0.341 (37.58t · m)
	내측(편측2차선제하)	0.358 (39.43t · m)
	외측(중앙2차선제하)	0.308 (33.99t · m)
	내측(중앙2차선제하)	0.334 (36.84t · m)

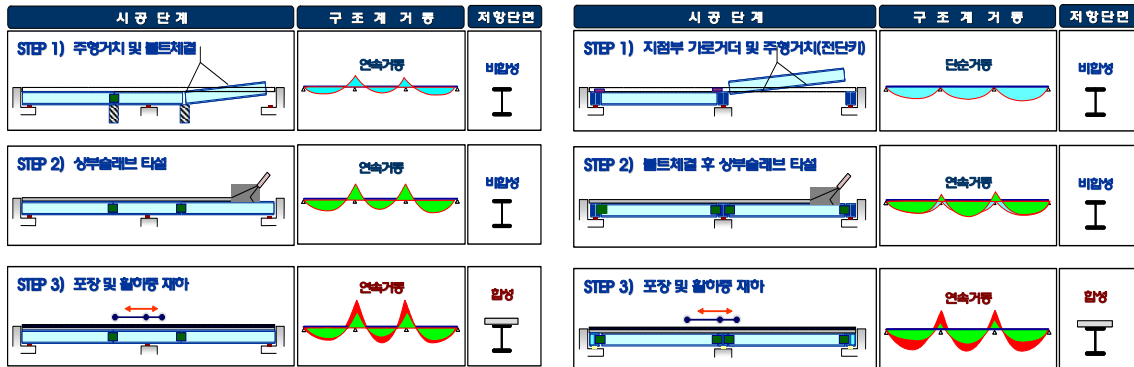
표. 3 Con's-Solid의 하중분배계수

하 중	하 중	분배율(Mmax)
DB-24	외측(편측2차선제하)	0.289 (31.87t · m)
	내측(편측2차선제하)	0.287 (31.62t · m)
	외측(중앙2차선제하)	0.264 (29.15t · m)
	내측(중앙2차선제하)	0.269 (29.65t · m)

3. 시공단계별 해석

3.1 시공단계

기존 교량의 시공순서 및 휨모멘트선도를 그림.4(a)에, 가로거더공법의 시공순서 및 휨모멘트선도를 그림.4(b)에 보여주고 있다. 기존교량의 경우 주형을 벤트에 거치하고 볼트를 체결하여 주형이 연속교로 거동하도록 한 다음, 콘크리트바닥을 타설하여 시공하므로써 주형거치시점부터 연속교로 거동하여 지점부의 모멘트가 상대적으로 크게 작용한다. 이것은 중앙지간이 큰 경우 더욱 현저하게 발생한다. 반면, 가로거더공법의 시공순서는 지점부에 연결부가 존재하므로 Step1과 같이 전단기를 이용하여 거치하고 주형이 단순교로 거동하고 이후 연결부를 체결함으로써 이후 타설되는 콘크리트바닥판부터 연속교로 거동하게 된다. 기존에 저자들이 제안한 자중과 콘크리트바닥판까지 단순교 거동을 하는 시스템에서는 자중에 의한 시간중앙부의 휨모멘트의 증가가 전체단면을 결정하는 문제가 되어 새롭게 제안한 것이다.



(a) 기존공법(진연속)

(b) 가로거더공법(활하중연속)

그림.4 강합성 H형강교량의 시공순서

3.2 해석결과 및 고찰

시공단계별 해석은 2절의 해석교량을 대상으로 실시하였다. 시공단계별 해석을 실시하기 위해 활하중에 대한 재하위치를 산정하기 위해 Midas. Civil 2차원 Beam요소를 이용하여 각 하중별 최대재하위치를 산정하였다. 또한 교축직각 방향의 활하중 재하위치는 2절의 연구결과로부터 2차선 편측제하로 하였다. 해석결과로부터 내측의 휨모멘트선도를 표.4에, 이것을 공법별로 정리하여 그림.5에 보여주고 있다. 결과에 의하면 가로거더공법을 사용하면 휨모멘트가 정모멘트구간에서는 7% 상승하였으나 부모멘트구간에서는 21% 감소하는 효과가 있었다. 이것은 가로거더공법을 사용할 경우 기존교량에 비해 장지간 교량을 가설 할 수 있을 뿐 아니라 동일 지간일 경우 경제적인 교량을 가설할 수 있다.

표.4 휨모멘트 집계_기존공법과 가로거더공법(내측거더)

구 분		기존공법				가로거더공법				
		0	1	2	3	0	1	2	3	
Moment (kN-m)	고정 하중	합성전	0.00	324.95	-540.86	111.79	0.00	386.16	-343.89	248.62
		합성후	0.00	97.89	-123.07	29.83	0.00	97.89	-123.07	29.83
		소계	0.00	422.84	-663.93	141.62	0.00	484.05	-466.96	278.45
	활하중	DB/DL	0.00	377.98	-289.61	320.09	0.00	377.98	-289.61	320.09
	Total		0.00	800.11	-953.54	461.29	0.00	862.03	-756.57	598.54

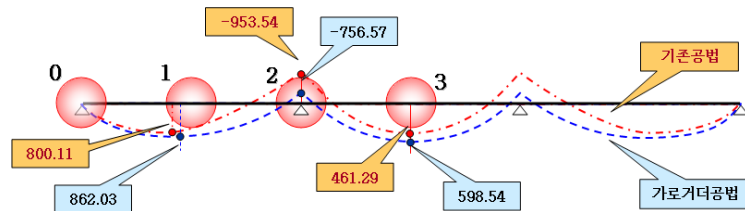


그림.5 공법에 따른 휨모멘트선도(내측)

4. 결 론

H형강을 주형으로 하는 강합성 교량은 정모멘트보다 지점부의 부모멘트가 크게 발생된다. 따라서 주형 단면의 크기는 지점부 부모멘트에 의해 결정되므로 지간장의 길이는 20m가 한계이다. 본 연구에서는 H형강을 주형으로 하는 교량의 장지간화를 위해 가로거더공법을 사용하여 지점부의 부모멘트 감소효과를 검증하고자 유한요소법으로 구조해석을 실시함으로 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

콘크리트 바닥판을 Shell요소, H형강 주형을 Beam요소로 구성된 Con's-Shell과 콘크리트 바닥판을 Solid요소, 강바닥판을 Shell요소, H형강과I형강을 Beam요소로 구성된 Con's-Solid에 대해 수치해석한 값을 하중분배계수로 비교분석한 결과 Con's-Solid 모델이 하중분배가 원활히 나타나 실제교량 거동에 유사함을 알 수 있었다. 또한, 가로거더공법을 사용하면 휨모멘트가 정모멘트구간에서는 7% 상승하였으나 부모멘트구간에서는 21% 감소하였다. 이것은 가로거더공법을 사용할 경우 기존교량에 비해 장지간 교량을 가설할 수 있다.

감사의 글

본 논문은 건설교통부가 주관하고 한국건설교통기술평가원이 시행하는 건설핵심기술연구개발사업(자유공모)으로 선정된 “초간편 H형강 교량 개발(과제번호:06건설핵심 C01-79)” 연구의 일환으로 수행되었다. 본 연구를 위해 많은 지원과 협조를 아끼지 않는 주관업체인 석탑엔지니어링과 협력업체인 현대제철과 협성실업에 감사드립니다.

참고문헌

1. 정영수, 박창규, 김용근, 이원표(2001), “I형강 합성바닥판의 정적성능 평가”, 콘크리트학회 논문집, 13권, 5호, 430-437.
2. 한국건설기술연구원, “장수명 합리화 교량바닥판 개발(1)”, 2003.
3. 한국건설기술연구원, “장수명 합리화 교량바닥판 개발-강·콘크리트 합성 바닥판”, 2005.
4. 한국도로교통협회, 도로교 설계기준, 2005.
5. 박정웅, 이선호, 윤기용, 박종섭, 김상섭, H형강을 이용한 초간편 장지간 강합성교량개발에 관한 기초연구, 강구조학회발표, 2007
6. 윤동용, 이성철, 은성운(2005). “단경간 H형강 교량의 가로보와 활하중 횡분배” 2005년도 대한토목학회 정기학술대회 논문집.