

V형 주탑 3차원 보도현수교의 설계

The design of V shape with 3 dimensional suspension foot bridge

신상훈* · 고영곤** · 이의택*** · 서용교****

Shin, Sang Hoon · Ko, Young Kon · Lee, Eui Taek · Seo, Yong Kyo

요약

두가현수교는 2010년 8월 집중호우로 인해 유실된 교량을 복구하기 위한 과업으로서 향후 재발방지를 위해 중앙 경간장을 증가시켜 통수단면적을 추가확보하고, 교량 여유고를 상향시켜 수해에 대비한 견고한 교량으로 계획하였다. 또한 보행자의 통행을 위한 보도육교의 특성을 고려하여 지역의 관광자원이 될 수 있도록 중앙경간 125m의 V형 주탑 3차원 보도현수교로 설계하였다.

보강거더는 H-Beam을 이용하여 자재 수급 및 취급이 용이하며 강재 바닥판을 적용하여 보다 경량화된 보강거더를 적용함으로써 주케이블의 장력 감소에도 기여하도록 하였으며, 행어정착을 위한 별도의 정착거더를 채택한 π 형식을 채택하여 풍동실험을 통해 내풍 안정성을 확인하였다. 주케이블 및 행어는 미관, 구조적 안정성, 유지관리성 및 가설의 용이함을 고려하여 PE를 피복한 PWS케이블을 선정하였다.

경관을 고려한 V형 주탑을 이용한 3차원 케이블을 채택하여 지역의 상징물을 표현하였으며 기초의 규모를 최소화 하였다. 또한 H형 및 A형 주탑과의 비교를 통해 V형 주탑 교량의 특성을 검토하였다.

keywords : 보도현수교, 3차원, V형 주탑, H-beam

1. 개요

두가현수교는 전라남도 곡성군 송정리와 두가리를 연결하는 보도교로서, 곡성군을 대표하는 상징성과 기념성 등이 창의적으로 표현된 교량으로 설계하였다. 곡성관광의 중심축 역할을 하고 있는 교량으로써 관광객의 편의와 지역의 상징물로서의 관광자원화를 도모하고, 보도현수교로서의 구조적 안정성, 시공성 및 경제성, 주변환경에 미치는 영향 등 여러 제반여건 및 제한사항을 충분히 검토하여 설계에 반영하였다.

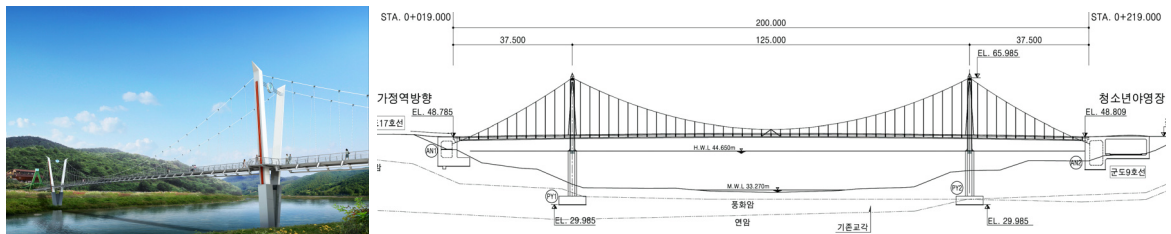


그림 1 두가현수교 종단면도

- * 정회원 · (주)케이블브릿지 상무이사 james@cablebridge.com
- ** (주)케이블브릿지 차장 zerogon@cablebridge.com
- *** (주)케이블브릿지 차장 benezio@cablebridge.com
- **** (주)케이블브릿지 과장 dragonbridge@cablebridge.com

2. 교량 계획

기존 두가현수교는 중앙경간장 90.3m, 총연장 168.3m, 교량상단고 44.55m로서 2010년 집중호우시 계획홍수위(44.65m)보다 높은 홍수가 발생(홍수흔적선 46.15m)하여 교량이 유실되었다.(그림2)

신설되는 두가현수교는 곡성군 125개리를 상징하는 125m의 중앙경간장과 설계조건에 부합하는 총연장 200m를 적용 하였다. 홍수흔적선보다 1.5m이상 교량 여유고를 확보하기 위해 중앙의 형하고를 결정하였고, 이에 따라 통수단면적은 2,397m²으로서 기존교량에 비해 1.54배 증가시켜 수해에 대한 안정성을 확보하였다.

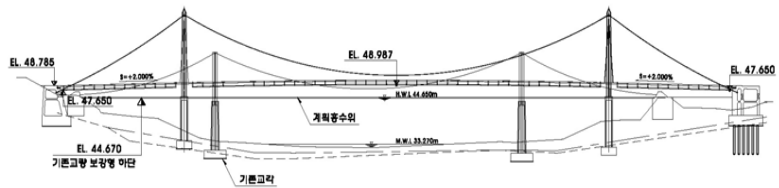


그림2 유실교량 사진 및 기존, 신설 두가현수교의 비교

주변 지형과 조화를 이룰 수 있도록 V형 주탑을 적용, 국내 최초의 V형 주탑 3차원 현수교 형식을 선정 하였으며, 중앙경간을 국내 최대인 125m로 확보하여 곡성군의 Land-Mark로서의 역할을 할 수 있도록 설계에 반영하였다. 또한 관광객들의 원활한 보행을 위해 순 폭원을 3.0m로 선정하였으며, 데크의 재료는 보행자의 편안한 보행을 위해 탄성고무 포장재료로 하였다.

3. 교량 설계

3.1. 보강거더 계획

주거더와 바닥판을 모두 강재로 용접하여 제작하였으며, 행정청부에 별도의 거더로 일체화한 π형 보강 거더를 채택하여 강성을 증가시켰다. 주거더는 300×300×10×15, 행정청부거더는 200×200×8×12의 H-beam을 사용하였으며, 보강거더 전체 강중은 8.5kN/m로서 케이블 및 앵커리지의 규모를 감소시킬 수 있었다. 주거더 및 정착 거더에 발생하는 응력이 모두 허용응력 이내로 적용되었으며, 보강거더의 발생처짐 또한 438.8mm로 허용처짐 보다 적게 발생하였다.

2차원 부분모형 풍동실험을 통하여 플러터 발현 풍속 및 와류진동 발생 풍속을 검토하였으며, 실험 결과 적정감쇠(수직 0.4%, 비틀림 0.37%) 모든 영역에서 어떠한 유해진동도 발생하지 않았고, 플러터 발현풍속은 46m/s이상으로서 보강형 설계풍속 38.6m/s이상의 충분한 내풍 안정성을 확보하였다. 공기력 계수 측정실험 결과 영각 0도의 공기력은 항력계수 0.3172, 양력계수 -0.1719, 피칭모멘트 계수 0.0013으로 나타났다.(그림3)

또한 보행자 하중에 의한 두가현수교의 수직 및 수평방향 진동사용성을 Eurocode를 기준으로 평가하였다. 극한 상황을 제외하고 보도교의 통행량을 4등급으로 구분하여 평가하였으며, 그 결과를 보면 수직 고유진동수는 위험범위 밖에 존재하므로 진동사용성을 평가할 필요가 없는 것으로 나타났다. 그리고 응답스펙트럼법으로 산정한 수평 방향 최대 가속도를 보면, 보행자가 매우 밀집된 경우 (TC4)에도 허용기준(Class-3)을 만족하는 것으로 나타났다. 결론적으로 보행하중에 의한 두가보도현수교의 진동가속도는 Eurocode의 허용기준을 만족하므로 진동 사용성에 문제가 없는 것으로 검토 되었다.

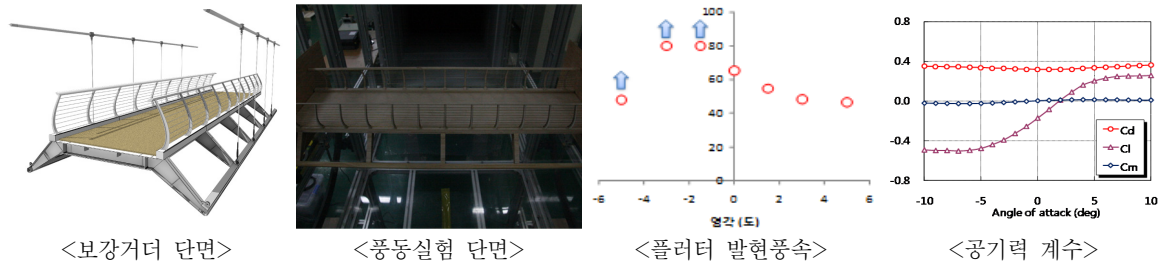


그림 3 보강거더 단면 및 풍동실험 결과

3.2. 주케이블 및 행어 계획

주케이블 및 행어는 외관이 미려하고 도장 및 별도의 유지관리가 불필요한 PE피복 PWS케이블로 설계하였다. 이를 통해 여러가닥의 케이블을 가설해야 하는 기존 교량의 단점을 보완하고, 케이블 제작 및 수입업체의 경쟁을 통해 구매시 경쟁력을 확보하였다.(표1) 행어 가설시에는 주케이블의 HDPE피복을 제작 공장에서 제거한 후 밴드를 체결하고 Sealing하여 마감하도록 하였다. 행어소켓정착구는 Double Outside-Rotation Ears Socket형식으로 3차원 현수교에서 발생하는 횡방향 꺾임을 수용할 수 있도록 각꺾임 완화장치가 하단부 소켓 내부에 설치되는 형태이다.

표 1 주케이블 및 행어

주케이블 형상	주케이블 단면	행어케이블 단면
	<ul style="list-style-type: none"> • 보도현수교용 PWS Cable • 5xΦ127 • 절단하중 4414kN • 안전률 2.5 	<ul style="list-style-type: none"> • 보도현수교용 PWS Cable • 5xΦ13 • 절단하중 426kN • 안전률 : 2.5

3.3. 주탑 계획

두가현수교의 교량형식은 현상공모 과업지시서의 내용상 기존 교량과 같은 형식의 현수교로 계획되도록 규정되어 기존교량과 동일한 현수교 형식을 채택하였다. 하지만, 기존교량과 비슷한 형상(H형 주탑)으로는 곡성군의 관광자원으로서의 상징성을 표현하기에 부족하고, 국내에 적용된 대부분의 3차원형태의 현수교는 A형 주탑으로 계획되어 보행자의 개방감을 확보하기에는 어려운 형식이다. 본 설계는 신개념의 V형 주탑 3차원 현수교를 계획하여 보행자의 시야 개방감은 물론 구조적으로도 안정한 교량계획을 수립하였다. (그림4)

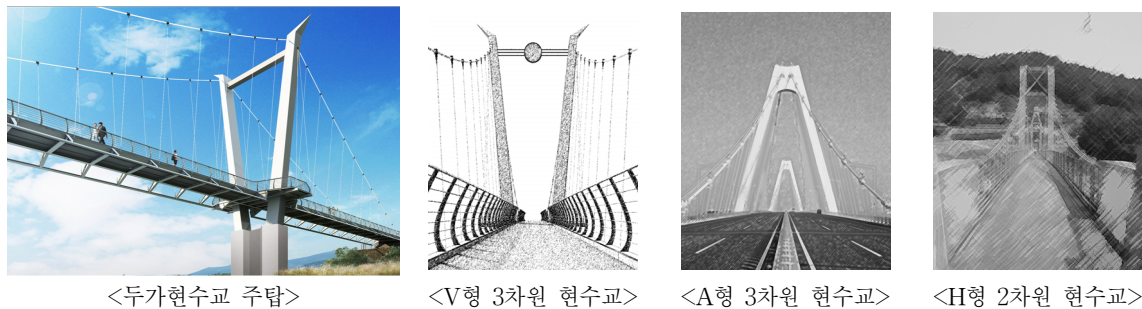


그림 4 주탑형상 및 케이블 배치 비교

V형 주탑 3차원 케이블 현수교와 비교하기 위해 A형 주탑 3차원 케이블 현수교와 H형 주탑 2차원 케이블 현수교를 모델링 하여 교량의 결과 특성치를 비교 분석하였다. (표2)

표 2 주탑형상에 따른 보강형 처짐 및 고유치 비교

주탑형상	보강형 처짐(mm)		고유진동수(Hz)		
	풍하중시 수평처짐	활하중시 연직처짐	연직대칭(f_V)	비틀림(f_T)	f_T / f_V
V형 주탑	135.78	438.83	0.641	1.489	2.323
A형 주탑	135.33	437.79	0.642	1.490	2.321
H형 주탑	135.81	436.86	0.643	1.492	2.320

두가현수교는 중앙경간장 125m, 케이블 지지간격 5.4m로서 변장비가 23.1이다. 표2에서 보듯이 두가현수교와 같은 변장비가 긴 교량에서는 주탑형상 및 케이블의 배치에 따른 교량의 처짐이나 고유치의 값이 거의 변화가 없음을 알 수 있다. 3차원 케이블을 배치하여 비틀림 진동수나 진동사용성 효과를 도입함에 있어서 변장비가 긴 교량보다는 짧은 교량에서 그 효과가 있겠지만, 이 경우 케이블의 과도한 격임에 의한 2차응력 문제가 발생할 수 있으므로 정밀한 검토를 통해 주탑 및 케이블 배치를 계획하여야 한다.

3.4. 앵커리지 및 접근경사로 계획

지반조사 결과를 기초로 하여 시점측 앵커리지는 중력식 앵커리지를 적용하였고, 종점측 앵커리지는 군도7호선을 횡단하는 Box형 교량과 일체로 계획하여 지지면적을 증가시키고 보행자의 동선을 고려한 접속경사로를 설치하여 공간활용성을 극대화 하였다. 이에 따라 Photo zone 등의 문화공간을 창출하였으며, 비상시 차량 통행공간을 확보하여 보도교의 역할 이외에 교량의 추가적인 기능을 담당할 수 있도록 하였다. (그림5)

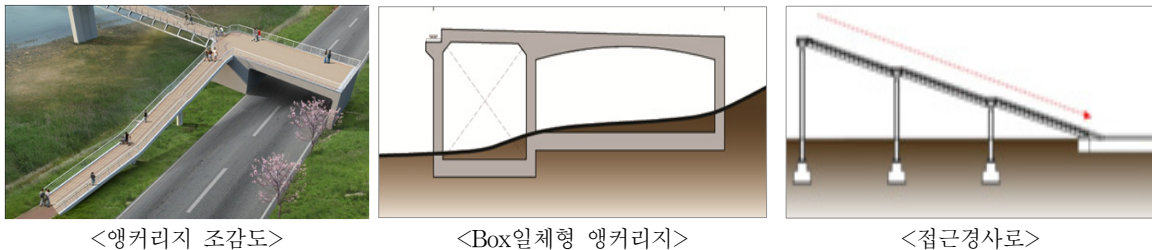


그림5 앵커리지 및 접근경사로

4. 맺음말

국내 최장 보강거더 보도현수교인 두가현수교는 국내 최초로 V형주탑 3차원 케이블을 적용하였고, 신기술 고기능성 π 형 보강거더를 채택하여 주변경관과 조화되는 교량미를 확보함은 물론 구조적인 안정성 및 효율성과 경제성을 함께 도모한 신개념 보도현수교로 설계하였다.

참고문헌

Jiri Strasky (2007) 스트레스 리본과 케이블지지 보도교, 이엔지북, p407