



베트남 하노이-하이퐁 고속도로 7공구 건설공사

Construction of Hanoi-Haiphong Expressway Package EX-7 in Vietnam

손학수 Hyeok-Soo Son
GS건설(주)
하노이-하이퐁7공구현장
설계팀장

이길재 Gil-Jae Lee
GS건설(주)
하노이-하이퐁7공구현장
공사(교량)팀장

지종현 Jong-Hyun Ji
GS건설(주)
하노이-하이퐁7공구현장
현장부소장

김효석 Hyo-Seok Kim
GS건설(주)
하노이-하이퐁7공구현장
현장소장

1. 머리말

베트남 하노이-하이퐁 고속도로 건설공사는 베트남의 수도 하노이(Hanoi)와 베트남 북부의 제2도시이며, 항구도시인 하이퐁(Haiphong)을 연결하는 총 연장 105.5km의 베트남 최초 자동차 전용 민간투자 고속도로 건설 사업이다(그림 1). 발주처는 VIDIFI(Vietnam Infrastructure Development and Finance Investment Joint Stock Company)이며, 전체 10개 공구 중 한국 건설사가 5개 공구(GS건설(주): 6, 7공구, 남광토건: 2, 10공구, 경남기업: 4공구)를 수주하여 현재 공사가 활발히 진행되고 있다. 하노이-하이퐁 고속도로 건설공사는 향후 2,320 km(2020년)의 베트남 고속도로 Network 구축의 초석이 되는 상징적인 사업으로 평가되고 있다. 하노이-하이퐁 고속도로 7공구(이하 HNHP EX-7)는 고속도로 전체 노선 105.5 km 중 하이퐁 인근에 위치하고 있으며, 연장 9.3 km, 노폭 33m의 신설 고속도로 건설공사로 총 5개의 교량(총 연장 1,981 m)을 포함하고 있다. 교량의 위치는 <그림 2>에 나타난 것과 같이 본선(main line)에 2개의 교량(Thanh An bridge, Bala bridge)과 2개의 fly-over(B49, B50) 교량 및 1개의 램프교량

(A07)으로 구성되어 있다. 이 기사에서는 하노이-하이퐁 고속도로 10개 공구 중 가장 앞선 공정률을 보이고 있는 7공구의 본선 주교량인 탄안(Thanh An)교의 시공에 대해 중점적으로 기술하였다

2. 탄안교(Thanh An Bridge) 개요

탄안교는 총 연장 963 m의 콘크리트교로, <그림 3>



그림 1. 베트남 하노이-하이퐁 고속도로 건설공사 노선도

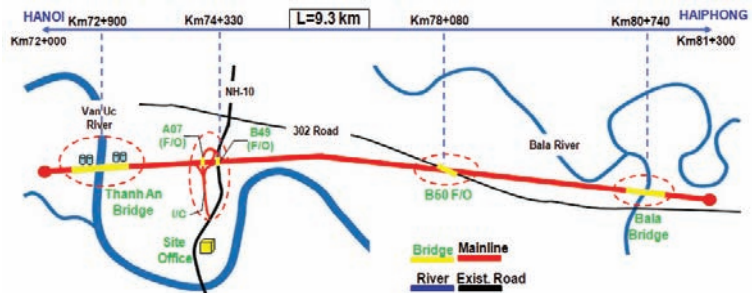


그림 2. 하노이-하이퐁 고속도로 7공구(HNHP EX-7) 노선도

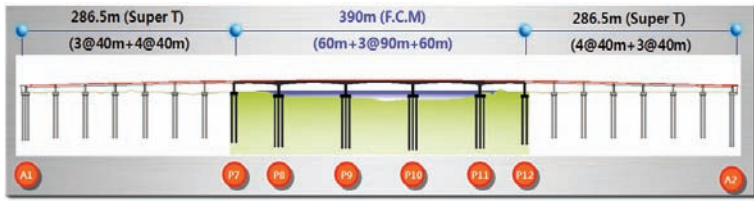


그림 3. 탄안교 교량구성 및 종단면도

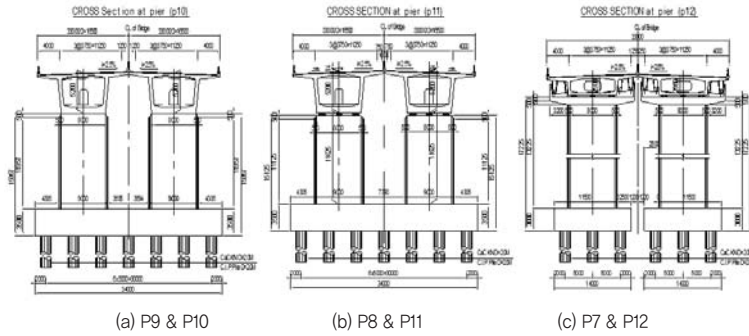


그림 4. 탄안교 F.C.M 구간 하부구조 및 상부 박스거더 단면도



(a) Super-T 거더 제작 및 야적 (b) Super-T 거더 가설



(c) Super-T 구간 전경
사진 1. 탄안교 Super-T 거더 구간

에 나타난 것과 같이 중앙부 390m, F.C.M 구간과 양쪽 286.5m, Super-T 거더교 구간으로 구성되어 있다. 횡단구성은 교폭 33m의 양방향 6차선 상·하행 분리교량이며, F.C.M 구간은 1셀(cell) 콘크리트 박스거더(B=16.49m, H=5.2~2.5m)로 구성되어 있다.

기초형식은 현장타설 콘크리트 말뚝으로 F.C.M 구간은 직경 2m, 평균 굴착심도 67m, 총 108개의 말뚝으로 구성되어 있고, Super-T 구간은 직경 1.5m, 평균 굴착심도 55m, 총 192개의 말뚝으로 구성되어 있다. 참고로 베트남 대부분의 지역은 암반층이 존재하지 않으므로 말

뚝설계시 선단지지력만을 고려하는 우리나라의 설계와는 달리 주변마찰력을 고려하여 설계를 수행하는 것이 일반적이다. 교각 및 상부 박스거더 단면은 <그림 4>에 나타난 것과 같이 중·소규모 F.C.M 교량에서 일반적으로 적용되어 온 전형적인 형식 및 형상이다. F.C.M 구간의 P9와 P10은 상하부 강결구조인 고정단 교각이며, 나머지 교각은 교각당 2개의 포트받침(pot bearing)과 교축직각방향 지진하중에 저항하기 위해 스톱퍼(stopper)가 설치되어 있고, P8과 P11에는 교축방향 지진하중에 저항하기 위한 LUD(lock-up device)가 설치되어 있다.

3. 탄안교 시공 및 특징

3.1 Super-T 거더 시공

탄안교 접속부 교량은 Super-T 거더로 설계되었으며, 이러한 Super-T 거더는 우리나라에서는 거의 찾아볼 수 없으나 베트남에서는 가장 널리 사용되는 거더 형식 중의 하나이다. 베트남에서의 Super-T 거더는 시공실적이 풍부하고 겐트릭레인(gantry crane)을 사용하여 비교적 손쉽게 가설할 수 있어 시공성이 우수한 거더 형식으로 평가되고 있다.

<사진 1>은 HNHP EX-7 현장의 Super-T 거더 제작 및 야적, 겐트릭레인을 이용한 가설 및 가설 완성 후의 전경을 나타낸 것이다.

3.2 F.C.M 시공

탄안교 F.C.M 구간은 5경간 연속 현장타설 콘크리트 박스거더교로 교량 중앙부를 기준으로 시점부인 Pier 7~9는 베트남 현지 업체인 MCC1이 종점부인 Pier 10~12와 중앙부 키세그먼트는 한국의 BNG건설이 협력업체로 시공을 담당하고 있다. 단일 교량에 2개의 협력업

체가 시공을 하고 있어 주두부 시공을 위한 브라켓 및 폼 트레블러의 설계가 동일하지 않고 이로 인한 시공방법, 장비 활용 등의 차이로 시공 전 검토에 소요되는 시간과 노력, 부가적인 검토와 감리 및 발주처와의 협의는 새롭고 힘든 과정이지만 우리나라와 베트남의 F.C.M 교량 시공을 위한 가시설 및 교량시공 기술을 단적으로 비교할 수 있는 좋은 예가 될 수 있을 것으로 생각된다. 업무과정을 통한 생각으로 베트남 현지 기술자들은 이론적인 배경과 전문적인 지식보다는 과거의 설계 및 시공 경험에 대한 의존성이 상당히 강하고, 이로 인해 구조계산상 문제가 없음에도 불구하고 추가적인 안전율을 확보하기 위한 과다설계 및 시공시 부가적인 철근배근 등을 당연한 것으로 인식하고 있으며, 새로운 형식의 교량설계 및 시공방법 등의 적용에는 많은 어려움이 따르는 것이 현실이다.



(a) 말뚝 두부 정리 및 기초 거푸집 설치 (b) 기초 철근 조립



(c) 기초 콘크리트 타설 (d) 교각 철근 조립 및 거푸집 설치



(e) 교각 시공 완료 (f) 포트받침 및 스토퍼 설치



(g) 주두부 브라켓 설치 (h) 주두부 폼 설치 및 철근 배근

사진 2. F.C.M 구간 Pier 11 주요 시공과정 및 전경

3.2.1 기초 및 교각 시공

탄안교의 기초 형식은 현장타설콘크리트 말뚝으로 Pier 8~11은 상·하행 2개의 교각이 1개의 기초로 지지되는 형식으로 직경 2m의 말뚝 21본(3×7)으로 구성되어 있고, 측경간 교각인 Pier 7과 Pier 12는 상·하행 독립 기초형식으로 직경 2m의 말뚝 6본(2×3)으로 구성되어 있다. 탄안교는 전형적인 중소규모 F.C.M 교량으로 설계나 시공에 있어 특이한 사항은 없으나 베트남의 대부분 지역이 연약지반인데다 암반층이 거의 존재하지 않는 지반 특성으로 인해 말뚝의 평균 굴착심도가 67m 이상으로 국내의 경우보다 말뚝 시공에 상대적으로 많은 시간이 소요되고 연직도 유지와 공벽붕괴 방지 등 시공에 보다 각별한 주의가 필요하다. <사진 2>는 Pier 11의 주요 시공과정을 순서대로 정리하여 나타낸 것이다.

3.2.2 주두부 시공

주두부는 길이 12m, 높이 5.2~4.659m로 2012년 10월 현재 Pier 8 상행선 주두부 시공이 완료되었으며, 폼트레블러(F/T) 설치작업이 진행 중이다(사진 3, 4). 주두부 콘크리트 타설은 <그림 5>에 나타낸 것과 같이 3차에 걸친 분할타설로 계획 및 타설하였다.



사진 3. Pier 8 주두부 시공을 위한 거푸집 설치



사진 4. Pier 8 주두부 시공 완료 및 폼트레블러(F/T) 설치

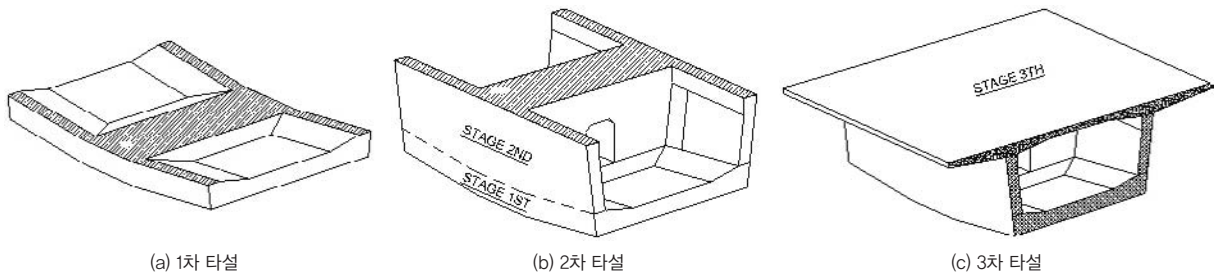


그림 5. 주두부 콘크리트 분할타설 계획

참고로, 주두부 시공을 위한 브라켓의 경우 베트남 현지 협력업체<사진 3>와 한국 협력업체<사진 2-(g)>의 브라켓 형식이 다른 것을 알 수 있으며, 전반적으로 베트남 형식은 국내에서 일반적으로 사용되는 형식과 비교했을 때 상대적으로 작은 치수의 부재를 조합하여 제작하므로 부재수가 많고 품질 및 시각적인 안전성면에서도 다소 차이가 있음을 알 수 있다.

3.2.3 상부공 시공

상부공은 P.S.C 현장타설 콘크리트 박스거더로 주경간장은 90m이며, 주두부 12m, 일반세그먼트 76m (12@3m, 10@4m), 키세그먼트 2m로 구성되어 있다. 측경간은 경간장 60m로 45m의 캔틸레버공법 시공구간과 15m의 F.S.M(full staging method) 시공구간으로 구성되어 있다. 시공기간은 주두부 60일, 일반세그먼트 9일, 키세그먼트 15일로 계획하고 있으며, 폼트레블러는 8대를 투입하여 상·하행선을 동시 시공하는 것으로 계획하였다. <그림 6>은 탄안교 F.C.M 시공순서도를 나타낸 것이다.

3.3 품질, 성능 및 하중재하 시험

대부분의 베트남 교량 건설공사에서는 콘크리트, 철근, PC 강재, 교량받침, 신축이음장치 등의 성능을 검증하기 위한 공급원승인원과는 별도로 현장에 반입되는 모든 재료 및 제품에 대한 추가적인 시험을 수행하여 품질과 성능을 검증하도록 요구하고 있다. 국내에서는 일반적으로 수행하지 않는 PC 강재의 릴렉세이션(relaxation) 시험뿐만 아니라 F.C.M 박스거더 긴장재의 그라우팅 시험도 수행하도록 규정되어 있다. 당 현장에서도 그라우팅 시험을 위해 <사진 5>에 나타난 것과 같이 종방향 하부텐던 중 가장 길이가 긴 66m 텐던을 대상으로 시험체를 제작한 후 그라우팅 시험을 수행하였으며, 그라우팅 실시 3일 후 3곳의 단면을 절단하여 결과를 확인하였다.

중요 가시설 및 시공장비에 대해서는 실물 하중재하 시험을 수행하도록 규정하고 있다. 이러한 규정은 과거 2007년 베트남의 건설공사 현장에서 대형사고가 발생한 이후 시행되었으며, 구조적인 안전성 확보 차원과 함께 자재 조달의 어려움으로 인해 설계도와 실제 시공에 사

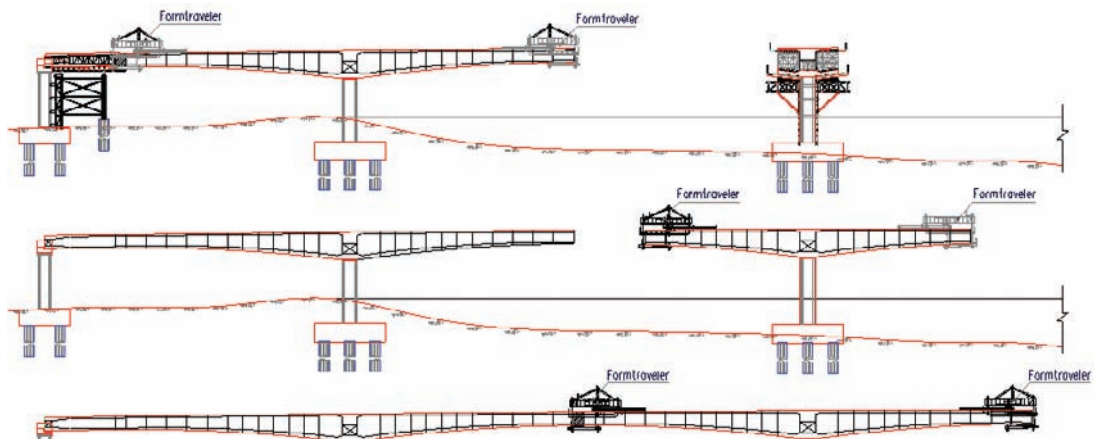


그림 6. 탄안교 F.C.M 시공 순서도



(a) 시험체(66m)



(b) 단면 절단 준비



(c) 시험결과

사진 5. PC 텐던 그라우팅 시험

용되는 자재의 규격과 품질이 다른 경우가 종종 발생하고, 가시철에 사용되는 강재 등의 재사용에 관한 관련 규정이 미비한 상태에서의 재사용이 보편화되어 있는 점과 시공 장비 등의 노후화가 심각한 베트남 건설시장의 현실을 감안한 정책의 일환으로 생각된다. 당 현장의 경우도 프로젝트 기술시방서에 Super-T 가설용 겐트리크레인, 주두부 시공용 브라켓, 폼트레블러 등에 대해서 실물 하중재하시험을 통해 그 성능을 검증하도록 규정되어 있고, 이에 따라 하중재하시험을 수행하였다.

하중재하시험은 일반적으로 설계에서 고려된 하중의 100%를 재하한 후 1차적으로 부재의 변형 및 손상여부를 측정하고, 이어 설계하중의 125%에 해당하는 하중을 재하한 후 2차 측정을 실시하며, 125% 하중을 재하한 상태에서 24시간이 경과한 후 최종 변형 및 손상여부를 측정하여 하중재하시험을 종료한다. <사진 6>은 Super-T 거더교 구간 겐트리크레인의 실물 하중재하시험을, <사진 7>은 F.C.M 구간 Pier 11 주두부 브라켓 실물 하중재하시험 전경을 나타낸 것이다.

<사진 8>은 F.C.M 상부공 시공을 위한 폼트레블러 실물 하중재하시험 전경을 나타낸 것으로, 주두부 시공을 위한 폼트레블러의 경우에도 베트남 현지 협력업체와 한국 협력업체의 형식이 다른 것을 알 수 있다.



(a) F/T 하중재하시험(P7~P9 구간)



(b) F/T 하중재하시험(P10~P12 구간)

사진 8. 폼트레블러(F/T) 하중재하시험

4. 맺음말


베트남 하노이-하이퐁 고속도로 건설공사는 베트남의 수도 하노이와 항구도시인 하이퐁을 연결하는 고속도로



사진 6. Super-T 겐트리크레인 하중재하시험



사진 7. F.C.M 구간 Pier 11, 주두부 브라켓 하중재하시험

로 우리나라의 경인고속도로와 그 기능과 역할면에서 유사한 성격을 띄고 있는 총 연장 105.5km의 베트남 최초 민간투자 고속도로 건설 사업이자 최초의 자동차 전용 고속도로 건설 사업이다. 우리나라에서는 이미 일반화되고 보편화된 도로 및 교량공사 수준으로 공사 난이도가 특별히 높거나 공사수행시 특수한 공법이 요구되는 것은 아니지만 베트남 현지의 건설 환경, 시공사와 감리단 및 발주처와의 이해관계 차이에 따른 협의 과정 등은 분명히 국내공사와는 다른 새롭고 힘든 과정이라고 할 수 있다. 또한, 언어소통의 장벽과 사고방식의 차이, 현지 정보의 부족, 이론적인 배경과 전문적인 지식보다는 과거의 설계 및 시공 경험에 전적으로 의존하는 경향 등으로 보다 발전되고 새로운 형식의 교량설계 및 시공방법 등의 적용에는 많은 어려움이 따르는 것이 현실이다. 한편으로는 이러한 베트남 건설 시장의 현실이 선진 설계 및 시공기술을 가진 우리나라 기업들이 베트남 시장 진출의 필요성 및 우위를 선점할 수 있는 계기가 될 수 있을 것으로 생각한다. 끝으로 GS건설의 베트남 하노이-하이퐁 7공구 고속도로 건설공사를 교두보로 베트남 하노이-하이퐁 고속도로 전 구간의 공사가 성공적으로 완성될 수 있기를 기대하며, 이 공사기사가 베트남에서의 건설공사에 대해 관심을 가지는 분들에게 조금이나마 도움이 되었으면 하는 바람이다. 

담당 편집위원 : 김도학(GS건설(주) 기술연구소)
dohkim@gsconst.co.kr



손혁수 박사는 영남대학교 토목공학과에서 심부구속철근요구량에 따른 철근콘크리트 교각의 내진설계방법에 관한 연구로 박사학위를 취득하였고, 서영엔지니어링에서 인천대교 건설공사 설계, 기술지원 업무를 수행하였으며, 2010년 GS건설(주) 토목사업본부에 입사하여 현재 베트남 하노이-하이퐁 고속도로 7공구 현장의 설계팀장으로 재직하고 있다.
hsson@gsconst.co.kr



이길재 과장은 경희대학교 토목공학과를 1996년 졸업하였고, 브이그(Vouygues)사에서 마창대교 공사업무를 수행하였으며, 2010년 GS건설(주) 토목사업본부에 입사하여 현재 베트남 하노이-하이퐁 고속도로 7공구 현장의 공사(교량)팀장으로 재직하고 있다.
gjlee@gsconst.co.kr



지종현 부소장은 충남대학교 토목공학과를 졸업한 후 1994년 GS건설(주) 토목사업본부에 입사하여 현재 베트남 하노이-하이퐁 고속도로 7공구 현장의 부소장으로 재직하고 있다.
jhji@gsconst.co.kr



김효석 소장은 전남대학교 토목공학과를 졸업하였으며, 토목시공기술사 자격을 보유하고 있다. 1996년 GS건설(주) 토목사업본부에 입사하여 현재 베트남 하노이-하이퐁 고속도로 7공구 현장의 소장으로 재직하고 있다.
hskim2@gsconst.co.kr