



Unbalance FCM 및 측경간단부 Endblock의 시공

Construction of Unbalance FCM & Endblock at Side Span

조확신 Hwak-Shin Cho
(주)삼성물산 고속국도
제60호선 동홍천-양양
제13공구 공사대리

최봉림 Bong-Rim Choi
(주)삼성물산 고속국도
제60호선 동홍천-양양
제13공구 공사팀장

정두용 Du-Yong Jeong
(주)삼성물산 고속국도
제60호선 동홍천-양양
제13공구 현장소장

유희주 Hee-Ju Yoo
한국도로공사 고속국도
제60호선 동홍천-양양
제13공구 공사감독

1. 머리말

고속국도 제60호선 동홍천-양양간 고속도로 건설공사는 기존 서울-춘천간 고속도로를 양양까지 연장하는 건설공사이다. 공사구간은 총연장 71.7km이며, 12개 공구로 분할하여 2015년 12월 완공을 목표로 시공 중에 있다. 이 중 삼성물산이 시공하는 제 13공구는 강원도 인제군 기린면 방동리 일대에 위치하고 있으며, 약 720m의 FCM(Free Cantilever Method; 이하 FCM) 교량 1개소(이하 방태천1교)와 약 2.67km의 NATM 터널 1개소로 구성되어 있다.

방태천1교는 방태천 및 418지방도를 횡단하는 상하행 분리교량으로 상부공은 1Cell PSC 박스거더 형식으로 설계되었다. 공사구간은 FSM(Full Staging Method; 이하 FSM) 및 FCM 구간으로 구성되어 있으며, 교량의 총 연장은 춘천방향 690m, 양양방향 720m이며, 고교 최대 약 80m인 구조물이다.

본 기사에서는 방태천1교 중점부 측경간에 국내 최초로 적용된 일방향 비대칭 가설공법(Unbalance FCM 및 Endblock)의 시공과정을 기술하고, 본 공법의 도입 배경 및 원리, 향후 개선방안에 대하여 소개하고자 한다.

2. 교량개요

2.1 FCM 교량 개요

현장타설 FCM 교량은 주두부를 시공한 후 이동식 작업대차인 F/T(Form Traveller)를 설치, 이후 세그먼트 단위로 좌우 균형을 맞춘 후 최종적으로 키 세그먼트(Key-Segment)를 시공하여 경간을 완성하는 공법이다. 이처럼 FCM 공법은 주두부를 중심으로 좌우 대칭으로 시공되기 때문에 일반적으로 BCM(Balance Cantilever Method; 이하 BCM)이라 불리기도 한다. FCM 공법이 적용된 연속교 형식 교량의 경우 구조특성상 주경간의 길이가 측경간에 비해 길다. 이 경우 좌우 대칭으로 시공되어 중앙부에서 폐합되는 주경간과 달리 측경간의 단부는 일반적으로 작업대차로 시공이 불가능하여 가설 동바리를 활용한 FSM 공법으로 시공된 후 폐합되게 된다.

2.2 방태천1교 개요

방태천1교는 비교적 험준한 산악지역에 위치하고 있으며, 횡단 하천의 폭은 약 100m이다. 원활한 유수의 흐름확보를

위해 하천 내 교각이 설치되지 않도록 주경간 135m의 FCM교로 계획되었다.

FCM 교량의 양 측경간 단부는 앞서 기술한 바와 같이 FSM 공법으로 시공된다. 그러나 방태천1교는 <사진 1>에서와 같이 종점부 교대(A2)측 측경간이 급경사지(45~73°)에 위치하여 측경간 단부 FSM 구간의 시공이 매우 난해하였다. 따라서 당 현장에서는 진입로 조성 및 원지반 굴착, 작업 공간 및 안전성 확보 등 측경간 단부 시공에 따른 최적 방안을 종합적으로 검토하여 가설 동바리 설치를 최소화 하고, 키 세그먼트 없이 경간을 완성하는 일방향 비대칭 가설공법(Unbalance FCM + Endblock)을 적용하였다.

3. 시공특징

방태천1교의 종점부는 <사진 2>에서와 같이 가설벤트 1개소 설치 후 F/T를 활용하여 시공되는 비대칭 가설공법으로 계획하였으며, 공법을 변경하게 된 사유를 요약하면 다음과 같다.



사진 1. 방태천1교 종점부(A2) 현황



사진 2. Unbalance FCM 현황

- (1) 종점부(A2) 사면의 급한 경사(45° ~ 73°)
- (2) 작업로 및 작업공간 확보의 어려움
- (3) 전면 418지방도 횡단
- (4) 약 68m의 높은 형하고

본 가설 공법의 가장 큰 특징은 주두부를 중심으로 좌우 대칭으로 가설 후 최종 키 세그먼트로 폐합되는 일반적인 FCM 공법과 달리 비대칭 FCM 공법으로 가설 후 키 세그먼트 없이 최종 Endblock 시공으로 경간을 완성시키는 비대칭 일방향 캔틸레버 공법이라는 점이다(<사진 3, 4>). 따라서 형상관리의 오차를 좌우 양측에서 수정할 수 없으며 진행방향으로 계속 수렴해 나가야 하므로 시공단계별 면밀한 형상관리가 필요하다. 본 공법의 특징을 요약하면 다음과 같다.

- (1) 측경간 가설벤트 설치 최소화
- (2) F/T를 활용한 측경간 단부 시공
- (3) 일방향 가설을 통한 형상관리

4. Unbalance FCM 및 Endblock의 시공

4.1 시공순서 및 현황

가설벤트의 위치는 하부 지반의 지형 및 구조물의 구조안정성, 가설벤트의 시공효율 등을 고려하여 14 SEG



(a) Balance FCM(당초) (b) Unbalance FCM(변경)

사진 3. 공법 변경에 따른 측경간 시공방법 비교



(a) 키 세그먼트(당초) (b) Endblock(변경)

사진 4. 공법 변경에 따른 최종 세그먼트 시공방법 비교

중앙부로 선정하였다. 비대칭 구간 세그먼트 분할은 기존 구조물 및 F/T와의 연계성을 고려하여 다음과 같이 결정하였다.

- 1) 춘천방향: 15 ~ 18SEG, L: 4.0 m
 - 2) 양양방향: 15 ~ 19SEG, L: 4.2 m
- Endblock 각 1개소, L: 7.5 m

방태천교 Unbalance FCM 구간은 <사진 5>에서와 같이 대칭 세그먼트 및 가설벤트의 시공, F/T 런칭을 통한 가설벤트 단부 설치, 비대칭 세그먼트의 시공 및 F/T 해체, Endblock의 시공 및 하부강연선 긴장으로 완성된다.



사진 5. Unbalance FCM 시공순서

4.2 가설벤트 설치

비대칭 FCM 시공을 위해 설치되는 가설벤트는 높이 약 30m, 자중은 약 60 ton의 강재구조물로서 최대 약 650 ton의 상부하중을 지지하는 구조물이다. 가설벤트는 기초시공 후 교대 후방에서 약 200 ton 크레인을 활용하여 대블럭으로 설치하였다(사진 6).

가설벤트의 기초는 성토사면의 비탈면 원호파괴 방지를 위하여 연암인 원지반에 기초를 조성하였으며, 사면 낙석으로 인한 충격을 막기 위하여 사면에 낙석 방지망을 설치하였다.

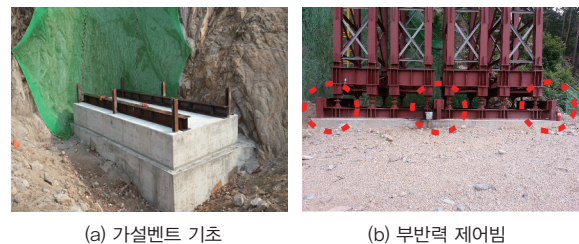
가설벤트는 독립 상태에서 풍하중에 의한 전도, 혹은 시공 중 과도한 수평력으로 인한 부반력이 발생할 수 있기 때문에 이를 방지하기 위해 부반력 제어용 빔을 하부에 설치하여 발생가능한 부반력에 대비하였다(사진 7).

가설벤트 상단부에는 400 ton 유압잭 2EA 및 Sliding Pad를 설치하여 연직 및 수평변위를 제어, 형상관리를 용이하게 하도록 하였다(사진 8).

가설벤트의 시공은 작업공간을 확보하기 위해 구조물 13SEG 시공 전 200 ton Crane을 활용하여 교대 후방에서 지상조립 후 인양, 설치하였으며, F/T 런칭을 위해 가설벤트의 상단부는 정위치에 설치하지 않고 상부에 적재하였다. 단부에 설치될 빔 및 유압잭,



사진 6. 가설벤트 설치 현황



(a) 가설벤트 기초 (b) 부반력 제어빔

사진 7. 가설벤트 기초 현황

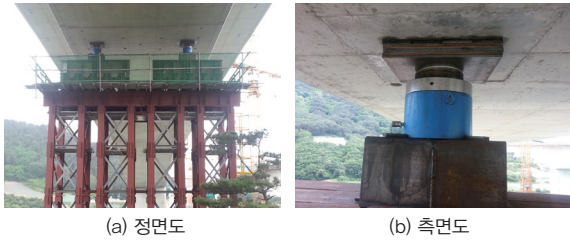


사진 8. 가설벤트 기초 현황

Sliding Pad는 14 SEG 시공 후 F/T 론칭을 통해 하부 공간이 확보되면 구조물 하부에 미리 설치해놓은 시공 홀을 통하여 단부 가시설을 설치하였다.

4.3 비대칭 세그먼트 시공

가설벤트의 설치가 완료되면 비대칭 세그먼트의 시공을 시작한다. 비대칭 세그먼트 시공 시 가장 주요한 점은 별도의 가시설 없어도 측경간 시공이 효율적으로 이루어진다는 것이다. 가시설 조성, 거푸집 공사 등 부대공사가 최소화되므로 측경간이 효율적으로 시공이 된다. 다만 키 세그먼트 없이 일방향 가설을 통해 측경간이 완공되므로 형상관리에 더 만전을 기울여야 한다.

Unbalance FCM 공법은 가설벤트 1개소에 대한 의존도가 매우 크므로 이를 관리하기 위한 방안, 대책 등을 상시 마련하여야 한다.

우리 현장에서는 가설벤트의 상부 교축 및 교축 직

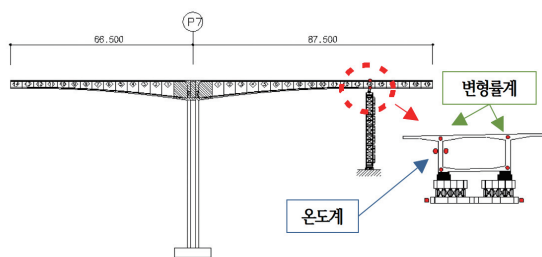
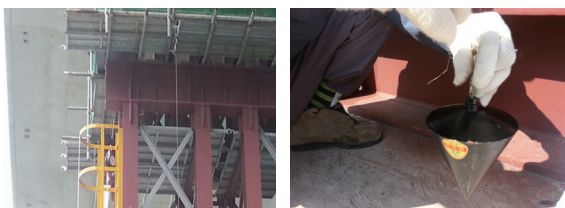


그림 1. 변형률계 및 온도계 설치 위치도



(a) 광파타겟 설치 (b) 연직추 설치

사진 9. 가설 동바리 관리

각방향 변위를 제어하기 위한 단부 Sliding Pad 설치, 연직 처짐 보정을 위한 유압잭 등을 설치하였으며, 지점부 응력체크를 위한 온도계 및 변형률계 설치(그림 1), 가설벤트의 변위 체크를 위한 광파타겟 및 연직추 설치를 통해 구조물뿐만 아니라 가설벤트의 거동을 시공 단계별로 관리하였다(사진 9).

4.4 Endblock 시공

Endblock은 길이 약 7.5 m의 구조물로서 측경간 완공 전 시공하는 마지막 구조물이다. Endblock의 가시설 한 쪽은 교대 압입에 설치한 벤트 지점부에, 다른 한쪽은 구조물 단부에 고정하여 Endblock 시공 완료 후 기 시공된 구조물과 함께 거동할 수 있도록 하였다(사진 10). Endblock의 장선재는 명에재에 단단히 고정되는데, 이때 Endblock이 구조물과 함께 거동할 수 있도록 타설전 벤트 지점부의 고정단을 해체 후 시공하였다.

5. 맺음말

방태천1교의 종점부는 급경사지에 위치하여 그 시공이 일반적인 FCM 공법으로는 시공이 어려웠다. 따라서 가설벤트의 설치가 최소화되는 Unbalance FCM + Endblock 시공으로 공법을 변경하여 시공하였다.

본 공법은 가설벤트 1개소 설치 후 F/T를 활용하



(a) 가설벤트 시공 (b) 명에재 시공 (c) 장선재 시공 (d) 구조물 시공

사진 10. 엔드블럭 시공순서도



사진 11. 종점부 시공완료 후 전경

여 Endblock을 제외한 측경간 진부를 가설하기 때문에 시공이 편리하고 효율적이다. 그러나 가설벤트 1개소에 비대칭 구간에서 발생하는 대부분의 하중이 집중되어 이로 인한 벤트의 처짐은 구조물 형상관리에 직접적인 영향을 미치기 때문에 정밀한 시공관리를 통한 구조거동의 단계별 예측은 무엇보다 중요하다.

방태천1교의 종점부 시공은 많은 기술자들이 국내 첫 시공을 위한 끊임없는 조사와 노력을 통해 이루어낸 결과물이다<사진 11>. 아무쪼록 본 공사를 통해 Unbalance FCM + Endblock 공법을 통한 일방향 비대칭 가설방법이 정립되고 유사 현장에 널리 활용되어 기술향상의 초석이 되기를 바라는 바이다. ☑

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



조확신 대리는 성균관대학교 대학원 초고층장대교량학과를 졸업 후 2011년 삼성물산에 입사하여 현재 동흥천 13공구 방태천1교 구조설계 및 시공업무를 수행중에 있다.
hwakshin.cho@samsung.com



최봉림 공사팀장은 토목시공기술사로써 2007년 삼성물산 입사 후 양평대교 등 특수교량 시공 전문가로써 현재 흥천양양 건설사업단 동흥천 13공구 공사팀장을 역임 중에 있다.
br2.choi@samsung.com



정두용 현장소장은 1981년 삼성물산 입사 후 고속도로 직무경력 14년 경력으로 현재 흥천양양 건설사업단 동흥천 13공구 현장소장을 역임 중에 있다.
jdy2520@samsung.com



유희주 공사감독은 전북대학교 및 동대학원 졸업 후 한국도로공사에 입사, 서울외곽순환고속도로 및 익산장수간고속도로, 음성충주간고속도로 등에 참여하였으며, 현재 흥천양양 건설사업단 동흥천 13공구 공사감독을 역임 중에 있다.
heeju@ex.co.kr

<http://www.kci.or.kr>



KOREA CONCRETE INSTITUTE