

콘크리트 아치교 시공기술

Constructional Technique of the Concrete Arch Bridge



최재석*
Jae-Seok Choi



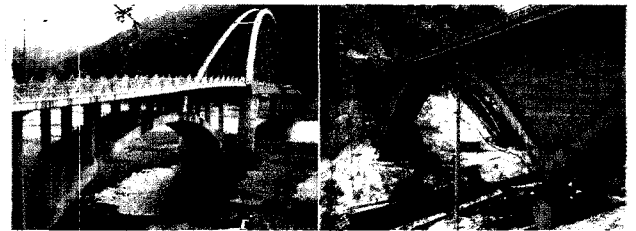
곽동주**
Dong-Joo Kwak

1. 머리말

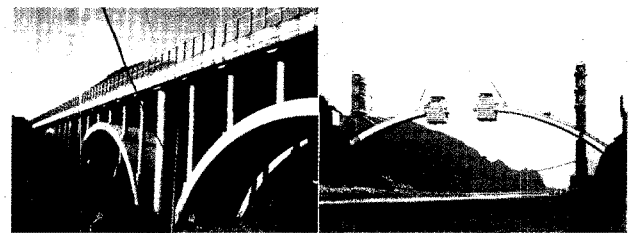
콘크리트 아치교는 곡선 미관이 수려한 구조 형태의 교량 형식으로서 아름다운 천연계곡, 하천, 관광지, 도로 등을 통과하는 경우 국내외 많은 시공 사례들이 있다. 전주 ~ 광양간 고속

도로(총연장 117km, 2004.12 착공~2010년 준공 예정) 건설 공사중 제3공구(시행자: 한국도로공사, 설계사: 천일기술단, 감리사: 다산컨설팅, 시공사: 금호산업)의 죽림온천 관광개발지를 직접 횡단하는 죽림1교는 콘크리트 아치교로서, 교량 연장 215m, 아치 경간 125m로 국내 최장 지간을 자랑한다.

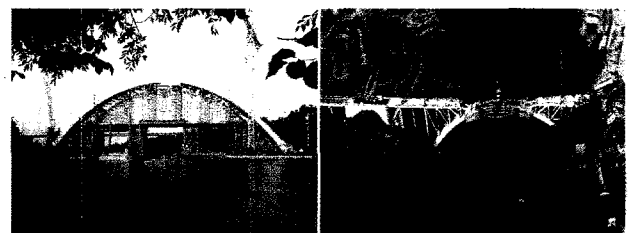
교량명	소재지	아치 (EA)	경간 (m)	라이즈 (m)	가설 공법	비고
죽림1교	전주-광양 고속도로	1	125	29	강재 동바리	금호산업, 국내최장경간 (시공중)
백운1교	중앙 고속도로	1	80	30	강재 동바리	극동건설, 현재 국내최장경간
퇴옹교	진주 ~ 통영 고속도로	3	52	16	강재 동바리	진흥기업
서곡교	중앙 고속도로	2	40	15	PSCB	두산건설
남도대교	국도17호 ~ 구례군도	1	50	15	강재 동바리	금강기업
남강대교	진주 ~ 남강 (국도33호선)	6	60	15	강재 동바리	현대산업개발
K r K	유교	1	390	67	PC 캔틸레버	
GRADES VILL	오스트리아	1	305	40	PC 동바리	
BLOUL RAMS	남아프리카	1	272	62	센타	
ARRA BIDA	포르트갈	1	270	52	센타	
장강대교	중국	1	420	84	파일론-멜란	세계최장경간
대룡교	일본	1	100	28	강재 동바리	
성지교	일본	1	82	14	멜란 합성	
후지가와교	일본	1	265	40	트러스-멜란	



(a) 남도대교(하동-화개장터) (b) 백운1교(중앙고속도로)



(c) 퇴옹교(진주-통영고속도로) (d) 장강대교(중국)

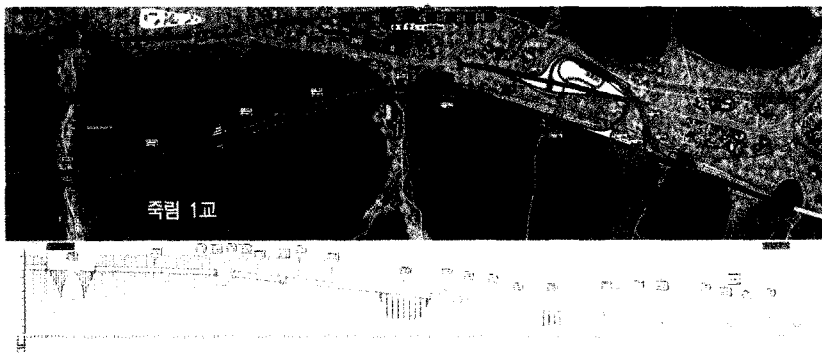


(e) 대룡교(일본) (f) 성지교(일본)

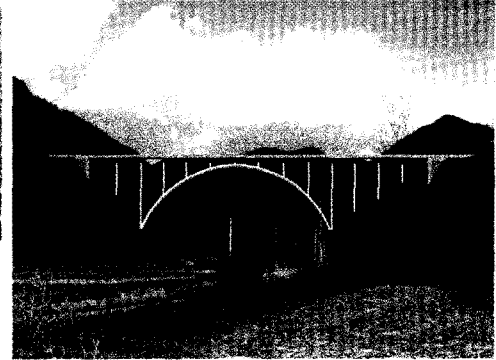
그림 1. 콘크리트 아치교 국내의 시공 사례

* 정희원, 금호산업(주)건설부문 전주·광양간 고속도로 3공구 현장소장
jschoi2@kumhoenc.com

** 한국도로공사 고속국도 27호선 전주·남원간 건설사업단장



(a) 현장 노선도



(b) 조감도

그림 2. 조감도

2. 교량 개요

2.1 주변 현황

2.1.1 위치적 조건

- 리도201호선(B = 4.0m), 금계천(B = 7.5 ~ 8.0m) 횡단
- 죽림온천 관광개발지구 통과(하부도로 통과 높이 = 38m)

2.1.2 선형조건

- 평면선형 : 광양방향 R = 2,550m, 전주방향 R = 2,000m
- 종단선형 : 종단곡선 S = (-) 0.775%

2.2 교량현황

- 1) 형식 : 콘크리트 상로 아치교
- 2) 교량 구성 : 아치리브, 연직재, 상부보강형
- 3) 교량 연장 : 215m
- 4) 교량 폭원 : 12.94m
- 5) 슬래브 두께 : 900mm
- 6) 아치 경간 : 125m
- 7) 가설 공법 : 접지식 지보공법(full staging method : 각종 가설 위치와 형상에 적합한 동바리를 지면에 접하여 설치하고 현장 콘크리트 타설로 아치리브를 시공하는 방법)

2.3 주요 공사 물량

- 1) 철근 : 2,611 ton(아치리브 : 1,062 ton)
- 2) 콘크리트 : 16,085 m³(아치리브 : 2,500 m³)
- 3) 총공사비 : 135억원(설계가)

3. 시공 기술

콘크리트 아치교는 아치리브, 연직재, 상부보강형으로 구성되는데 주 공종인 아치리브 시공은 접지식 지보공법을 적용, 가설 벤트 + 스틸 박스 거더를 설치하고 그 위에 시스템 동바리를 설치하여 경사면 거푸집, 철근, 콘크리트를 타설하는 공정으로 이루어진다(그림 3 참조). 중점 시공관리 사항은 <표 1>과 같다.

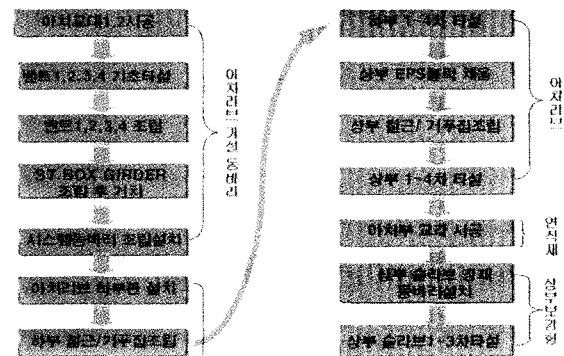
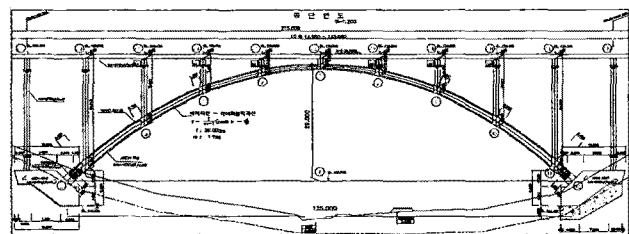
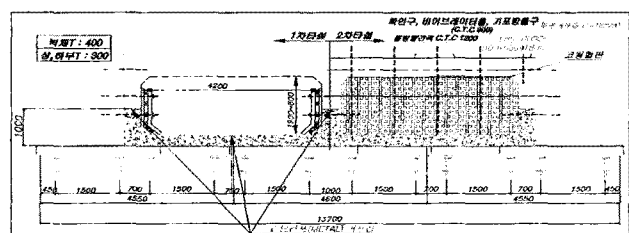


그림 3. 시공 flow chart



(a) 죽림1교 종단면도



(b) 아치리브 시공 횡단면도

그림 4. 단면도

표 1. 중점 시공관리 사항

시공관리 문제점	시공 여건	중점 시공관리 대책
1. 아치리브 시스템 동바리 안전사고 위험 상황	<ul style="list-style-type: none"> * 아치높이가 29.0m(지면에서 상부보강형까지는 45m)로써 고소에서 동바리 설치, 해체작업을 인력으로 실시 * 장비는 크레인을 주로 사용 * 콘크리트 타설시 동바리 붕괴 위험 상황 	<ul style="list-style-type: none"> * 시스템동바리 설치 : 단계별 정밀 안전점검후 보강 (전문용역) * 접단 계측시스템 도입 (3차원다중 타켓 자동SYS. 외)
2. 아치리브 상부 슬래브 시공을 위한 내부 동바리 설치/해체의 시공 안전성 불량	<ul style="list-style-type: none"> * 아치리브 경사로 인하여 시공이 어려움(경사 43°) * 개구부를 이용하여 동바리 거푸집을 해체,반출하도록 되어 있으나 중공단면이 협소 (지점부 : 1.9m, 아치크라운부 : 0.8m) * 개구부 규격 협소(1.0×1.0 m) 	<ul style="list-style-type: none"> * EPS공법 도입 : EPS블럭 + 코팅 합판을 설치 상부 슬래브 콘크리트 타설
3. 아치리브의 경사면/곡면 철근, 거푸집, 콘크리트 타설 안전 및 품질 확보 곤란	<ul style="list-style-type: none"> * 아치리브 경사/곡면으로 인하여 정상적인 안전/품질확보 곤란 * 아치리브 경사로 슬래브상면에 거푸집을 설치함으로 인하여 타설시 밀실충진 육안 확인 곤란 → 콘크리트 품질 확보 어려움. 	<ul style="list-style-type: none"> * 하부슬래브 : 메탈거푸집(육안 확인 가능) * 상부슬래브 : 합판거푸집(확인구 설치) * 유동성 우수한 콘크리트사용(고성능 감수제 사용)

* 문제점을 해결해가는 과정이 주시공과정이었음.

4. 시공 과정

콘크리트 아치교의 시공 과정은 full staging 공법으로 아치리브를 시공하고 그 위에 연직재와 상부 보강형을 시공하는 단계로 이루어진다(그림 5). 아치리브 시공은 가설 절곡(bent) /

박스거더 및 시스템 동바리를 조립 설치하고, 아치 경사면 거푸집, 철근, 콘크리트를 완성하는 작업으로서 아치 상부 보강형까지는 약 45m 높이, 아치 단부 경사도는 약 43°로써 고도의 안전 및 품질관리가 요구되었다.

4.1 아치리브 바닥판 및 벽체 시공 이음부 마감 거푸집 (메탈 리브 라스 시공)

아치리브 바닥판 및 벽체 시공 이음부의 콘크리트 타설시 마감공법 적용은 1차 구간의 경우 40° 이상의 경사면으로써 중력 작용에 의해 넘치게 됨으로 일반 각재나 합판 거푸집으로 시공할 경우 충진, 다짐 상태 미확인, 기포 발생 등으로 모의 시험 시공 결과 시공이 불가하였다. 따라서 메탈 리브 라스(metal rib lath)라고 하는 금속 철망 거푸집을 사용함으로써 육안 확인이 가능하고 다짐 및 품질관리에 용이하였다(그림 6).

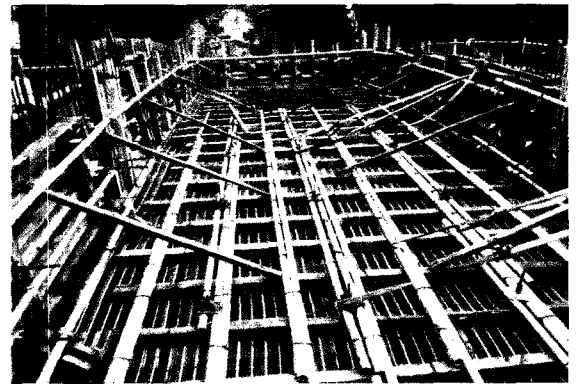


그림 6. 메탈 리브 라스(metal rib lath) 시공



그림 5. 축림교 시공 과정

4.2 아치리브 중공 단면 내부 동바리(EPS블록 대체 시공)

아치리브는 콘크리트 중량과 좌굴에 대한 안정성을 감안하여 경제적인 2-cell 중공 단면과 미관을 고려한 변단면으로 계획되었다. 하부 기초와 벽체 1/2을 우선 시공한 후 나머지 벽체와 상부를 시공하기 위한 동바리 작업은 콘크리트 타설 후 개구부(1.0×1.0 m)를 이용하여 해체, 반출해야 하지만 그 공간이 협소하여 안정성과 작업 공기상의 문제를 지니고 있었다. 이에 따라 개선대책으로 중공 단면 상부의 작업 하중을 충족하고 구조적 안정성을 가진 EPS 블록을 이용함으로써 작업상 안정성과 공기 단축을 향상시킬 수 있었다(그림 7).

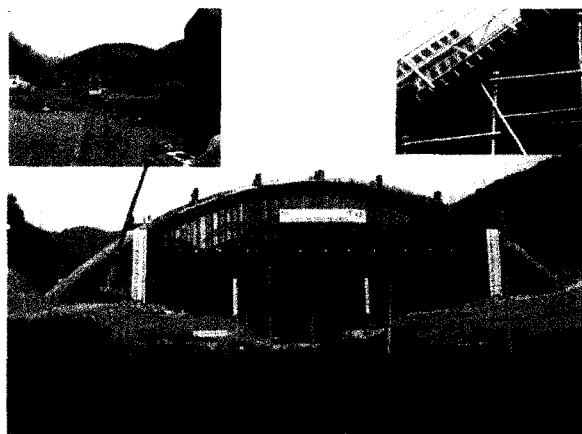


그림 8. 3차원 자동변위 계측 실시

4.3 3차원 자동 변위 계측기로 실시간 다중 개소 변위 측정

연장 125 m, 높이 29 m의 아치리브 시공에 있어 발생할 수 있는 위험 요소를 사전에 인지하여 대처할 수 있도록 계측을 실시하였다. 가설 동바리에 여러개의 타킷을 설치하고 그 거동을 레이저를 이용한 3차원 계측기로 정해진 시간 간격 대로 실시간 자동 측정했으며(그림 8), 타킷 설치의 시스템 동바리에 10개소, ST 박스 거더에 3개소를 설치하였다.

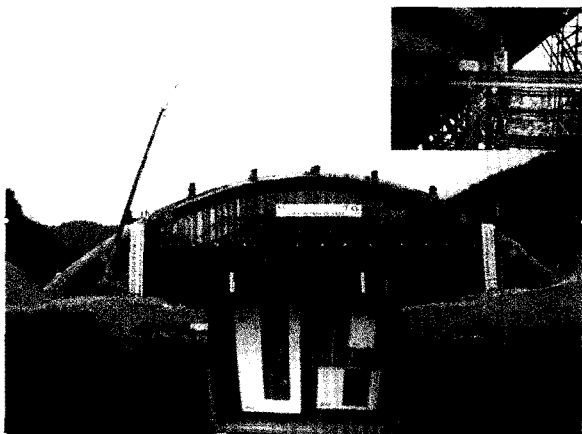


그림 9. 수직/수평 변위 경보기 설치

4.4 수직·수평 변위 경보기 및 풍속·경사·응력·침하 측정기 계측 관리

시스템 동바리 및 하부거푸집의 수직·수평 변위가 허용오차 초과 발생시 경보기가 작동하여 작업 중의 위험성을 알리는 시스템이며 총 4개소에 이동 설치 하였다(그림 9). 그 외 풍속계(구조물과 작업원의 안정성 확인), 경사계(절곡 경사도 측정), 침하측정기(절곡 기초의 침하 측정)등 다각도의 계측 관리를 시행하였다.

4.5 고강도콘크리트 적용

고강도 콘크리트를 생산하기 위해 고성능 AE 감수제를 첨가

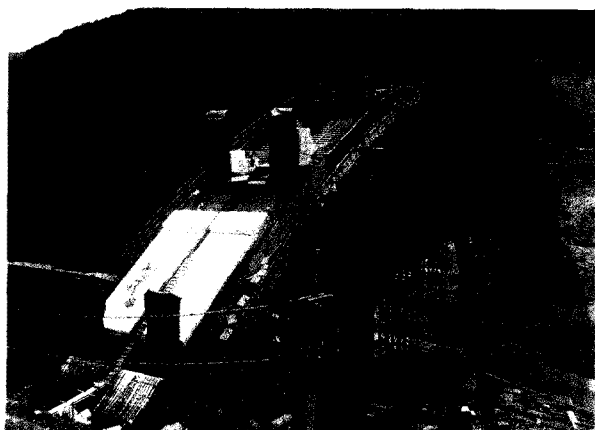


그림 7. EPS 블록 시공

하였다. 분말도가 크고 계면 활성제 역할을 하며 분산 작용 효과가 크다. 그러나 이로 인하여 공기량 확보가 일반 콘크리트 보다 어렵고, 유동성과 함께 마감성에 대한 고려도 필요하다.

- ① 공기량 : 동결을 흡수하여 콘크리트 내구성 확보
(점차 증가시키는 경향)
- ② 공기량 확보 : 골재 입도가 굵은 쪽, AE제 첨가 등

5. 맺음말

국내외의 우수한 역사와 시공사례를 가지고 있는 콘크리트 아치교는 아치 구조의 역학적 특성과 콘크리트의 재료 특성이 효과적으로 조합된 매우 합리적인 구조로서 아치의 경사면/곡면등 시공중의 안정성을 유지하기 위한 다양한 검토와 시공성 향상을 위한 연구개발 등으로 경제적으로 수려한 경관의 소규모 교량 형식 선정에 많이 적용되어 왔다. 당현장의 죽림1교는 아름다운 교량으로 그 계보를 잇는 국내 최대 경간의 콘크리트 아치교로서 우리 공사관계자들은 자긍심을 가지고 합심하여 보다 효율적이고 안정적인 고품질의 교량시공으로 국내 고속도로 교량 역사에 길이 남는 콘크리트 아치교 건설을 위해 최선을 다할 것이다. □