

# Hybrid Arch교 콘크리트리브 거푸집 및 동바리 검토

글 | 배민혁 | 토목기술부 대리 || 전화 : 02-3433-7763 || E-mail : widedream@ssyenc.com

## 1. 서론

교량이란 하천, 계곡, 호수, 해안 등의 위를 통행하거나 다른 도로, 철도, 수로 등 구조물 위를 횡단할 수 있도록 하는 모든 구조물을 총칭하는 것이라고 할 수 있다. 교량의 용도와 형식은 사회가 발전함에 따라 나날이 변화하고 있으며, 그에 따라 가설공법도 급변하여 왔다.

그 중 콘크리트 교량을 시공하기 위해서는 거푸집 및 동바리의 설치가 필요하다. 동바리 형식은 조립형동바리, 강관틀동바리, 강재동바리, 혼합형동바리로 구분되며, 조립형동바리와 강관틀동바리가 실무에서 통칭하는 시스템동바리에 해당된다. 이러한 거푸집 동바리 시공 시에는 현장여건, 경제성, 안전성 등을 고려하여 선택하여야 한다.

그 중 특수교량에 속하는 아치교는 다음과 같은 여러 가지 방법이 있다.

- 가설주탑과 케이블에 의한 방법
- 트러스와 케이블을 이용한 캔틸레버 방법
- 경사재와 연직재를 이용한 캔틸레버 가설방법
- 시스템 동바리 지지 방법
- 강재동바리 지지 방법

이러한 방법 중 강재동바리를 사용하여 시공한 Hybrid Arch교의 콘크리트리브 현장기술지원 사례를 들어본다.

## 2. Hybrid Arch교 소개

Hybrid Arch교는 아치교의 장점을 살려 시공하는 것으로서, Bracing이 없는 구조로 주행자의 개방감을 확보하고, 축력 지배구

조로 축력이 큰 지점부에는 좌굴의 위험이 있는 강재보다는 콘크리트로 압축력에 저항하도록 하여 안전성이 우수한 형식이다.

또한 강관 아치리브는 운반 및 가설이 양호하고 강재량이 작아 재도장 비용 등 유지관리에 유리하다.

따라서, Hybrid Arch교는 강재와 콘크리트의 복합구조로서 강재의 경제적 사용을 한 교량으로 생각된다. 국내에서 기 완공된 Hybrid Arch교는 인천대교 건설공사 2공구에서 시공한 사례가 있다.

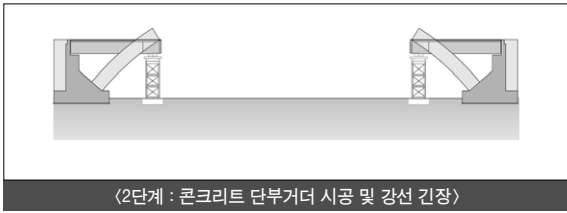


[그림 1] Hybrid Arch교 (인천대교 건설공사 2공구 현장)

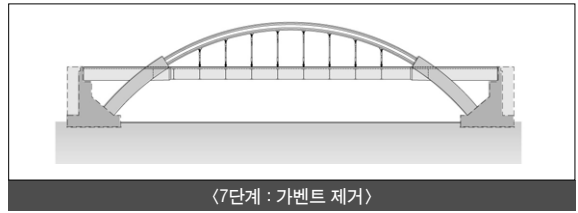
## 3. Hybrid Arch교의 시공순서



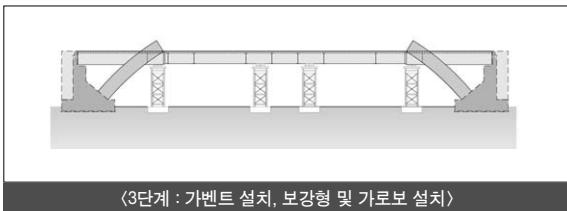
<1단계> 기초 및 교대시공, 콘크리트 아치부 시공



〈2단계 : 콘크리트 단부거더 시공 및 강선 긴장〉



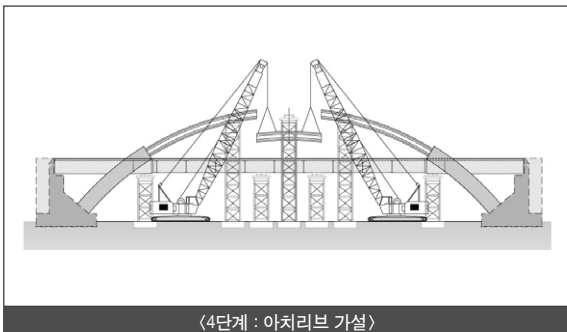
〈7단계 : 가벤트 제거〉



〈3단계 : 가벤트 설치, 보강형 및 가로보 설치〉



〈8단계 : 포장, 방호벽 및 중분대 설치〉



〈4단계 : 아치리브 가설〉

#### 4. 현장 적용 사례

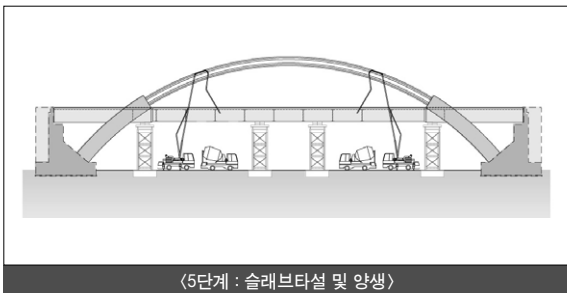
##### 4-1. 검토 배경

Hybrid Arch교의 콘크리트 리브는 시공순서에서 1단계에 해당하며, 이를 시공하기 위한 거푸집 및 동바리가 필요하게 되었다.

아치리브는 곡선부 중공 변단면으로서 내부거푸집도 고려해야 하였으나, 중공부에는 별도로 거푸집을 시공하지 않고 EPS블록을 설치하는 것으로 계획하였다.

당초계획은 공사비 절감을 위하여 시스템 동바리로 계획하였으나, 곡선부가 비대칭구조물이므로 시스템 동바리로 수평력에 대한 변위가 과다하고 부재의 응력이 허용응력을 초과하여 구조물의 안전성이 확보되지 않아 강재벤트를 사용한 동바리로 변경 계획하게 되었다.

이에, OO현장에 위치하고 있는 Hybrid Arch교의 콘크리트리브 거푸집 및 강재벤트를 검토한다.

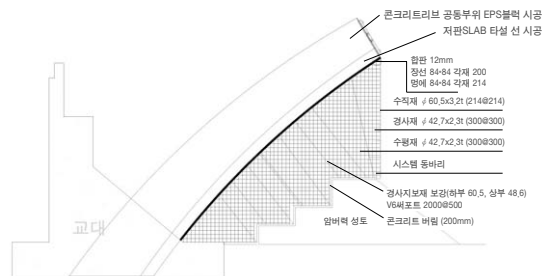


〈5단계 : 슬래브타설 및 양생〉

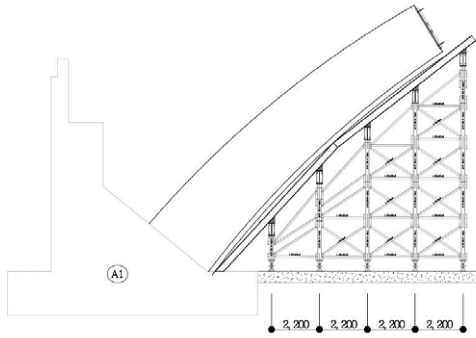
##### ① 당초 계획(시스템 동바리)



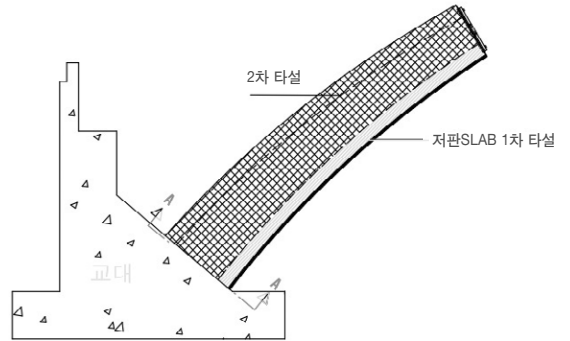
〈6단계 : 행어 케이블 가설 및 단부거더 강부체결〉



② 변경 검토(강재 벤트 등바리)



① 리브타설 순서



4-2. 검토조건

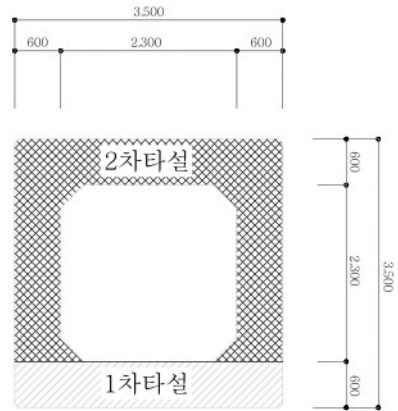
1) 거푸집 제원

부재	규격 (mm)	탄성 계수 E(MPa)	단면 2차 모멘트(mm <sup>4</sup> )	단면 계수 Z(mm <sup>3</sup> )	허용휨 응력 f <sub>w</sub> (MPa)	허용전단 응력 v <sub>c</sub> (MPa)	
거푸 집널	코팅합판, 18t	7,000	144	54	24	-	
장선	각관 75x 125x3,2t	2.1x10 <sup>5</sup>	2,570,000	41,120	140	80	
명예	각관 75x 125x3,2t	2.1x10 <sup>5</sup>	2,570,000	41,120	140	80	
명예 받침보	H-300x300 x10x15	2.1x10 <sup>5</sup>	204,000,000	119,800	140	80	
강재 벤트	하중 분배보	H-300x300 x10x15	2.1x10 <sup>5</sup>	204,000,000	119,800	140	80
	기둥	∅ 165, 2x12t	2.1 × 10 <sup>5</sup>	17,048,020	206,392	140	80
	가로보	L-90x90x9t	2.1x10 <sup>5</sup>	1,140,000	17,650	140	80
	브레 이싱	C-100x50 x5/7.5	2.1x10 <sup>5</sup>	1,890,000	37,800	140	80
		L-75x75x6t	2.1x10 <sup>5</sup>	461,000	8,470	140	80
	각관 60x60 x4,5t	2.1x10 <sup>5</sup>	516,233	17,208	140	80	

2) 콘크리트리브 타설 순서

콘크리트 리브는 다음과 같이 2차례로 나누어 시공한다.

② 단면 A-A



3) 하중 및 하중조합

① 연직하중

- 고정하중(DL)
  - 철근콘크리트 단위중량  $\gamma = 25 \text{ kN/m}^3$
  - 보통콘크리트 단위중량  $\gamma = 24 \text{ kN/m}^3$
  - 거푸집 하중 : 최소 0.4 kN/m<sup>2</sup>(특수거푸집의 경우에는 실제의 중량 적용)
- 활하중(LL)
  - 구조물의 연직방향 투영 단위 수평 면적당 최소 2.5 kN/m<sup>2</sup> 이상
  - 진동식 타설장비를 이용한 콘크리트 타설 시 3.75 kN/m<sup>2</sup>

② 수평하중

설계연직 하중의 2%에 해당하는 값과 동바리 상단의 수평방향 단  
위길이 당 1.5kN/m 두 값 중 큰 값을 적용

: 슬래브 두께 0.5m이상인 경우 3.50 kN/m<sup>2</sup>

: 슬래브 두께 1.0m이상인 경우 5.00 kN/m<sup>2</sup>

LL= 5.00 kN/m<sup>2</sup>

따라서, 연직하중은 고정하중 + 활하중이므로 90.00 kN/m<sup>2</sup>

③ 하중조합

구 분	연직하중	수평하중(교축)	수평하중(교축직각)
LCB 1	1.0	1.0	-
LCB 2	1.0	-	1.0

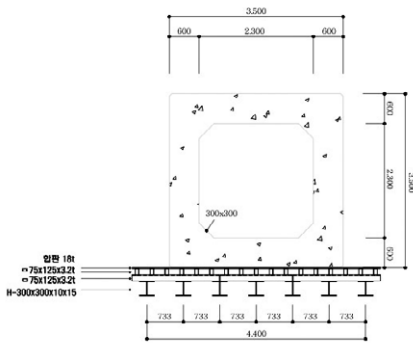
3) 거푸집 널 검토(장선 간격 산정)

① 거푸집 널 제원

규격	E (MPa)	A <sub>web</sub> (mm <sup>2</sup> )	I (mm <sup>4</sup> )	Z (mm <sup>3</sup> )	f <sub>ba</sub> (MPa)	U <sub>a</sub> (MPa)
코팅합판, 18t	7000	-	486	54	24	-

4-3. 슬래브(t=3.50m) 거푸집 검토

1) 검토단면



② 처짐 검토

w = 0.090 N/mm<sup>2</sup>

$$\delta_c = \frac{5wL_1^4}{384EI} < \delta_a = 3.0\text{mm}$$

$$L_1 = 4\sqrt{[384 \times 7,000 \times 486.0 \times 3.0 / (5 \times 0.0900)]} = 305.5\text{mm O,K}$$

∴ L<sub>1</sub> = 300mm 적용

③ 휨응력 검토

$$M_{\text{max}} = \frac{wL_1^2}{8} = 0.0900 \times 300^2 / 8 = 1012.5 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$f_b = \frac{M_{\text{max}}}{Z} = 1,012.50 / 54.0 = 18.8 \text{ MPa} < f_{ba} = 24 \text{ MPa O,K}$$

2) 작용하중

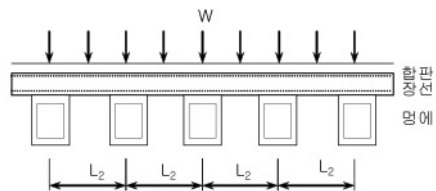
① 1차 타설 후 2차 타설 시 하중이 하부슬래브 1차타설 시  
하중보다 크므로 이에 대한 검토를 함.

- 1차타설 슬래브 두께 0.60 m
- 2차타설 슬래브 두께 2.90 m
- 철근콘크리트 단위중량 25.00 kN/m<sup>3</sup>
- 콘크리트 단위중량 24.00 kN/m<sup>3</sup>
- 거푸집 널 무게 0.40 kN/m<sup>2</sup>

② 연직하중

- 고정하중(DL) : 타설되는 콘크리트 중량  
DL = 25.00 X 0.60 + 24.00 X 2.90 + 0.40 = 85.00 kN/m<sup>2</sup>
- 활하중(LL) : 최소 2.5 kN/m<sup>2</sup> 이상이어야 함  
: 진동식 타설장비를 이용하여 콘크리트 타설  
3.75 kN/m<sup>2</sup>

4) 장선 검토(명에 간격 산정)



\* 등분포하중을 받는 단순보로 계산한다

① 거푸집 널 제원

규격	E (MPa)	A (mm <sup>2</sup> )	I (mm <sup>4</sup> )	Z (mm <sup>3</sup> )	f <sub>ba</sub> (MPa)	U <sub>a</sub> (MPa)
□ 75x125x3,2t	210,000	800	2,570,000	41,120.0	140	80.00

② 처짐 검토

$w = 27 \text{ N/mm}$

$\delta_{\max} = \frac{5wL_2^4}{384EI} \leq \delta_a = 3.0\text{mm}$

$L_2 = 4\sqrt{[384 \times 210,000 \times 2,570,000.0 \times 3.0 / (5 \times 27,0000)]}$   
 $= 1464.93\text{mm O.K}$

$\therefore L_2 = 600\text{mm}$  적용

③ 휨응력 검토

$M_{\max} = \frac{wL_2^2}{8} = 27,0000 \times 600^2 / 8 = 1215000 \text{ N} \cdot \text{mm}$

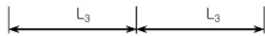
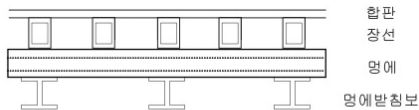
$f_b = \frac{M_{\max}}{Z} = 1,215,000.00 / 41,120.0 = 29.5 \text{ MPa}$   
 $\langle f_{ba} = 140 \text{ MPa O.K}$

④ 전단응력 검토

$V_{\max} = \frac{wL_2}{2} = 27,0000 \times 600 / 2 = 8100,000 \text{ N}$

$v = \frac{3}{2} \times \frac{V_{\max}}{A} = 3 \times 8,100.00 / (2 \times 800.0)$   
 $= 15.19 \text{ MPa} \langle v_a = 80.00 \text{ MPa O.K}$

5) 멩에 검토(멩에 받침보 간격 산정)



\* 등분포 하중을 받는 단순보로 계산한다.

① 멩에 제원

규격	E (MPa)	A (mm <sup>2</sup> )	I (mm <sup>4</sup> )	Z (mm <sup>3</sup> )	f <sub>ba</sub> (MPa)	U <sub>a</sub> (MPa)
□75x125x3,2t	210,000	800	2,570,000	41,120.0	140	80.00

② 처짐 검토

$w = 54 \text{ N/mm}$

$\delta_{\max} = \frac{5wL_3^4}{384EI} \leq \delta_a = 3.0\text{mm}$

$L_3 = 4\sqrt{[384 \times 210,000 \times 2,570,000.0 \times 3.0 / (5 \times 54,0000)]}$

$= 1231.86\text{mm O.K}$

$\therefore L_3 = 733\text{mm}$  적용

③ 휨응력 검토

$M_{\max} = \frac{wL_3^2}{8} = 54,0000 \times 733^2 / 8 = 3626700.75 \text{ N} \cdot \text{mm}$

$f_b = \frac{M_{\max}}{Z} = 3,626,700.75 / 41,120.0 = 88.2 \text{ MPa}$   
 $\langle f_{ba} = 140\text{MPa O.K}$

④ 전단응력 검토

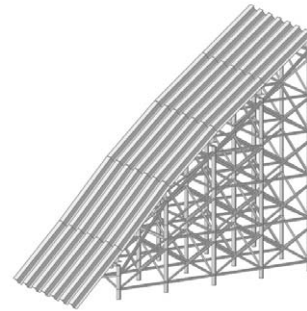
$V_{\max} = \frac{wL_3}{2} = 54,0000 \times 733 / 2 = 19791,000 \text{ N}$

$v = \frac{3}{2} \times \frac{V_{\max}}{A_{\text{web}}} = 19,791.00 / 800.0$   
 $= 24.74 \text{ MPa} \langle v_a = 80.0 \text{ MPa O.K}$

4-4. 강재 벤트 동바리 검토

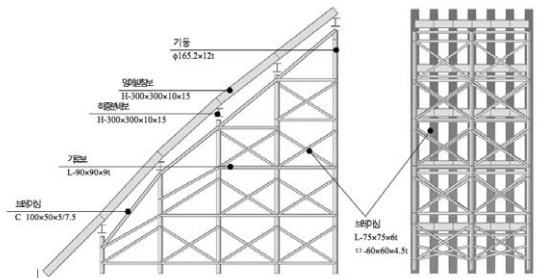
1) 모델링

① 입체도



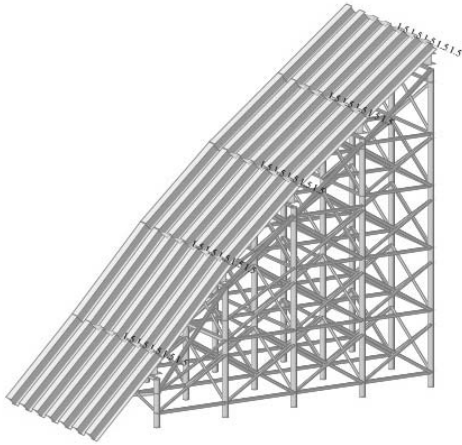
② 정면도

③ 측면도



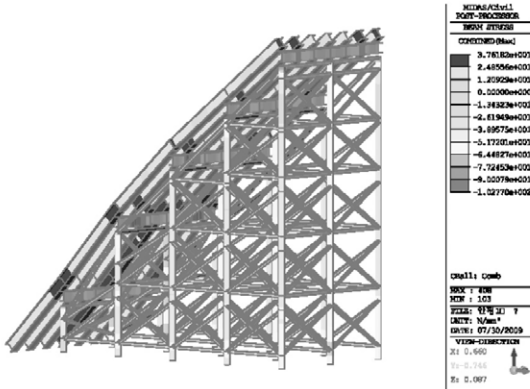


③ 수평하중(교축직각방향)



4) 응력도

① 강재의 응력 검토



$f_{max} = 102.8 \text{ MPa} < f_a = 140.0 \text{ MPa O.K}$

5. 결론

교량 시공을 위한 동바리는 공사비 측면에서는 시스템동바리가 경제성이 있으므로 이에 대하여 먼저 검토를 한 후, 구조적인 안전성에서 불충분할 경우 대안을 찾는 것이 바람직할 것으로 판단된다. 본 계산에 적용된 구조물은 비대칭이고 아치 형상이므로 당초 계

획된 시스템동바리에서는 구조적으로 안전성을 확보하지 못하여 강재동바리를 계획하고 개략적인 검토를 하였다.

검토 결과, 변경 계획된 단면인 강재 벤트 동바리로 구조적 안전성을 확보하는 것으로 판단되었다.

6. 시공 시 주의사항

동바리 설치 시 주의 사항으로는 아래와 같다.

- 1) 동바리 지지 지점부는 연직하중이나 수평력에 대하여 확실하게 고정되어 있도록 하여야 한다.
- 2) 콘크리트 타설 시 불균형 하중을 발생시키지 않도록 균등하게 타설을 하여야 한다.
- 3) 수직부재 설치 시 췌기 등을 적절히 사용하여 부재간 접촉부에 하중이 균등하게 분포되도록 세심한 주의를 하여야 한다.
- 4) 설치된 모든 동바리 부재는 거푸집이 설치된 후에 후속적으로 시행되는 철근배근 및 콘크리트 타설작업 중 진동이나 충격 등에 의해 부재간 접촉이 느슨해지거나 탈락할 수가 많으므로, 목공으로 하여금 수시 점검하여 결핍된 부분을 조정하거나, 재수정하여 부재간 접촉을 긴밀히 하여야 한다.
- 5) 설치된 거푸집 간에 발생된 공극이나 틈새 등은 실리콘 등을 사용하여 확실하게 밀봉하여 시멘트 풀의 누출을 방지한다. S

참고문헌

1. 건교부, '콘크리트 교량용 동바리 설치지침', 2007
2. 한국건설기술협회, '가설공사표준시방서' 2006
3. <http://en.structurae.de>