

Self-Moving Pier Bracket System을 이용한 이동식 동바리 공법의 시공 사례

Application of Self-Moving Pier Bracket System for Movable Scaffolding System



오세호*
Se-Ho Oh



이윤수**
Yun-Su Lee



지종현***
Jong-Hyun Ji



김경호****
Kyeong-Ho Kim



안호철*****
Ho-Chul Ahn

1. 서론

이동식 동바리 공법(movable scaffolding system, MSS)은 PSC 교량 가설을 위해 널리 사용되어지는 공법 중 하나이다. 일반적으로 MSS 공법은 중소규모의 교량에서 FSM(full staging method) 가설공법의 적용 불가능한 지역에서 ILM (incremental launching method) 공법과 더불어 자주 사용되어지며, 특히 교량의 경간수가 많을 경우에는 기계화된 시공과 이동식 동바리의 재사용으로 인해 매우 경쟁력 있는 시공방법이 된다.

한국도로공사에서 발주되었고 GS건설이 시공을 맡고 있는 현풍-김천간 고속도로 건설공사 제6공구의 지동교 및 낙동대교는 이러한 MSS 가설공법이 적용된 PSC 박스거더교이다. 낙동강 지류를 횡단하는 지동교의 경우는 일반적인 MSS 공법을 적

용하면 시공이 가능하였으나, 낙동강 본류를 횡단하는 낙동대교의 경우는 장마철에 공사용 가교가 물에 침수되기 때문에 Pier Bracket(P/B) 설치를 위한 크레인 진입이 원천적으로 불가능하게 된다. 따라서 이동식 동바리의 런칭이 불가능하므로 수위가 저하되어 가교가 원상 복구되기 전까지는 상부작업을 진행시킬 수 없는 것으로 파악되었다.

이러한 문제점을 해결하기 위하여 self-moving pier bracket (SMPB) 시스템을 본 현장에 적용하였다. SMPB 시스템은 이동식 동바리의 갠트리 및 트러스 거더에 별도로 설치된 레일을 따라 P/B이 이동하기 때문에 하부에서 별도의 크레인 작업이 필요치 않게 된다. 따라서 가교의 침수 여부에 관계없이 장마철에도 지속적인 시공이 가능하게 된다.

SMPB 시스템은 2개 구동 브래킷 방식으로 기존에 일반적으로 사용하고 있는 3개 비구동 브래킷 방식에 비해 보다

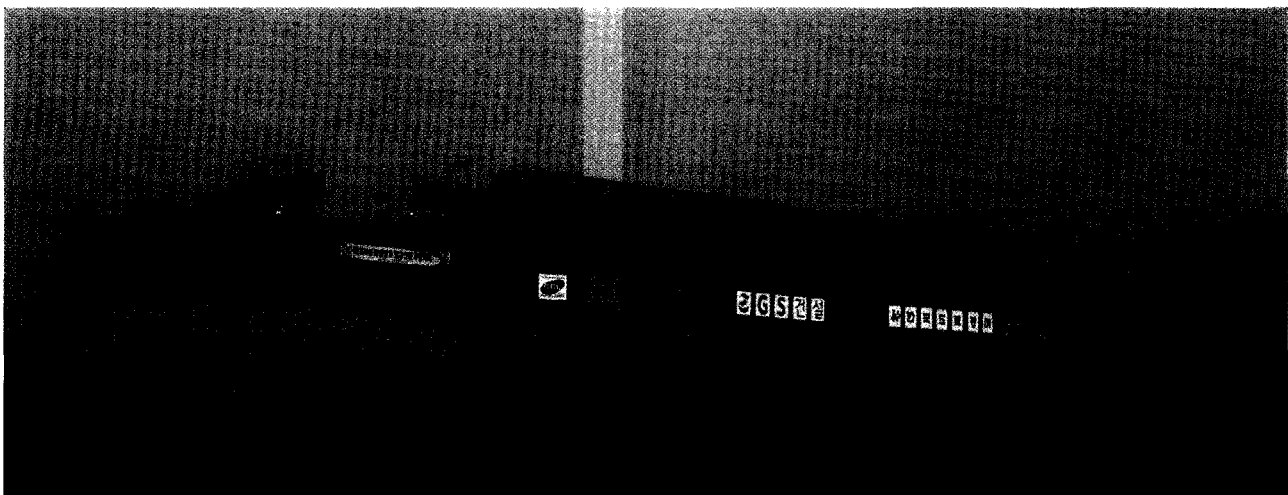


그림 1. MSS 시공 현황

* GS건설 기술본부 과장(shoh2@gsconst.co.kr)
**** CCL KOREA 기술부 이사

** GS건설 기술본부 부장
***** CCL KOREA 기술부 과장

*** GS건설 토목사업본부 과장

표 1. 낙동대교 및 지동교 교량 현황

	낙동대교	지동교
상부구조	P.S.C 박스거더교	P.S.C 박스거더교
경간구성	L = 18 @ 50 = 900 m	L = 12 @ 50 = 600 m
시공방법	MSS	MSS
평면선형	R = ∞ (직선)	R = ∞ (직선)
종단선형	S = +0.4650 %	S = -0.7298 %
슬래브폭	Btop = 12.145 m	Btop = 12.145 m

발전된 MSS 방식이다. 90년대 초반 국내 고속철도 공사에 몇몇 유사한 시공사례가 있으나, 공사 중에 많은 문제점들이 발생되어 제대로 적용되지 못하였으며, 이후 국내에는 시공 사례가 없었다. 또한 당시의 적용 교량은 모두 경간이 40 m 이하였고, 50 m 이상에 대해서는 GS 건설에서 시공하는 낙동대교가 최초이다. 이 공법은 시공 계획과 가설구조 설계 단계에서 철저한 준비를 통하여 현재 성공적으로 시공 중에 있으며, 본 기사에서는 SMPB 시스템의 MSS 공법에 대한 개략적인 설명과 시공사례에 대해 소개하고자 한다.

2. 교량 현황

〈표 1〉은 낙동대교 및 지동교의 교량 현황을 비교한 것이고, 〈그림 2 ~ 4〉는 낙동대교의 종평, 전경, 횡단면도를 보여주고 있다.

3. 교량형식 및 시공방법 선정

당초 지동교 및 낙동대교는 일반적인 MSS 공법을 이용한 PSC Box 거더로 설계되었다. 지동교의 경우 일반적인 MSS 공법을 사용할 경우 별다른 문제점은 없지만, 낙동대교의 경우 낙



그림 3. 낙동대교 주변 전경

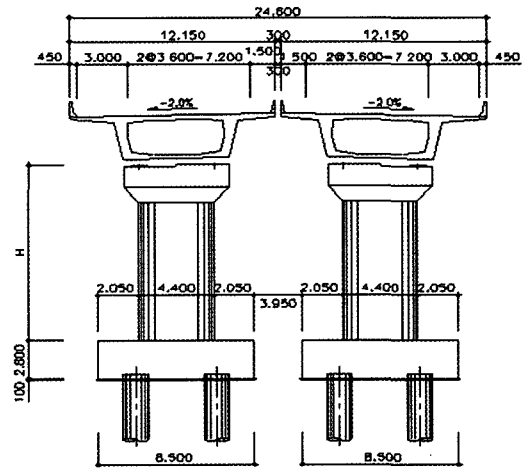


그림 4. 낙동대교 횡단면도

동강을 횡단하기 때문에 P/B 설치를 위해 상행 및 하행 방향의 가교 2개 및 축도가 필요하게 된다. 하지만 당초 설계에서는

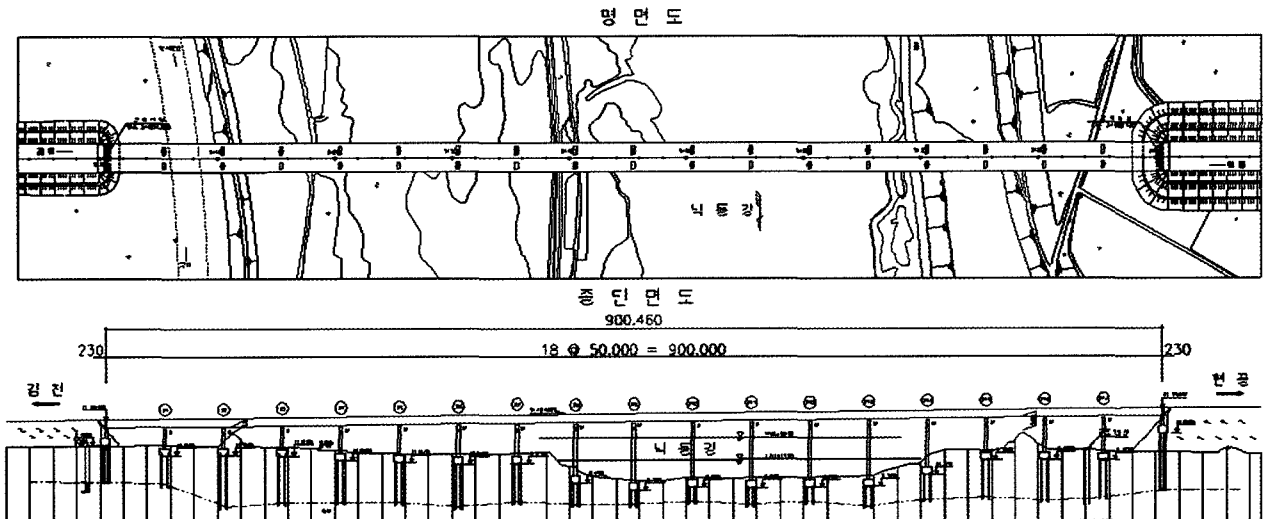


그림 2. 낙동대교 종평면도

표 2. 대안검토

교량 형식	가교 필요성	공기 준수	공사비
당초설계 PSC 박스거더(MSS)	필요	불가	1.00
변경 1안 PSC 박스거더(ILM)	불필요	가능	1.02
변경 2안 2주형 steel plate 거더(ILM)	불필요	가능	1.10
변경 3안 Steel 박스거더(Crane 시공)	필요	가능	1.25

주) 가교 필요성은 교량 상부공사시의 경우임

교각 시공을 위한 가교 1개만이 반영되어 추가적인 공사비가 요구되었고, 또한 장마철 홍수로 인해 가교가 물에 잠기고 축도가 유실될 가능성이 있어 가교 및 축도 복구시까지 공사가 지연될 가능성이 매우 큰 상황이었다. 낙동강의 장마철 수위를 고려해 볼 때 가교 침수로 인해 1년에 약 40일 정도 공기가연이 예상되었고, 이 기간은 공기 준수에 있어서 매우 심각한 영향을 줄 수 있는 기간이었다.

추가적으로 가교를 설치하려면 약 17억원 가량의 공사비가 증액되어야 하는데, 당시 여건상으로는 추가적인 예산확보가 어려웠고, 또한 공기 준수를 위해 다른 대안을 마련해야만 했다. 이에 따라 <표 2>와 같이 다른 형식의 교량을 검토하였는데, 이들 형식은 공기 준수는 가능하였지만 이쉽게도 모두 당초 설계에 비해 공사비는 증가하는 것으로 나타났다.

적절한 대안이 확보되지 않아 GS 건설에서는 당초 MSS 방식을 최대한 이용하는 쪽으로 방향을 정했다. 당초 설계의 문제점은 공사용 가도가 확보되지 않아 크레인 작업을 통한 P/B 설치 불가하다는 것이었는데, 이에 따라 P/B를 크레인 없이 설치할 수 있는 방법을 모색하는데 주안을 두었다. 이러한 과정에서 기존의 MSS를 변형시켜 P/B를 주거더를 따라 이동시켜 교각에 설치하는 방법(SMPB 시스템)을 찾게 되었고, 이를 본 현장에 적용해 보도록 하였다. SMPB 시스템을 사용하면 가교없이 P/B를 설치할 수 있어 추가적인 가교 설치 비용이 없을 뿐만 아니라, 낙동강 유역의 홍수 여부와 관계

없이 상부작업을 진행할 수 있어 공기 준수에도 매우 효과적이게 된다.

4. Self-Moving Pier Bracket System

4.1 일반적인 MSS 공법의 특징

SMPB 시스템이 일반적인 MSS 공법의 변형이기 때문에 우선은 일반적인 MSS 공법의 특징에 대해 간략히 살펴보고자 하겠다. MSS(movable scaffolding system)란 이동식 비계공법으로써 유압잭을 이용하여 전진, 후진 구동이 가능하도록 주거더와 거푸집을 상하, 좌우 조정이 가능하도록 고안된 기계화 가설공법이다. 즉 주거더와 거푸집이 교각과 교각사이를 이동 지보하면서, 상부 콘크리트를 타설하여 한 시간씩 시공해 나가는 방법으로 그 특징을 들면 다음과 같다.

- 1) 고도의 기계화 구동장치로서 신속, 안전, 확실한 시공을 할 수 있으므로 공사비와 공사기간을 단축할 수 있다.
- 2) 단순한 연속적 시공방식이므로 공사기간 단축은 물론, 장대교일수록 거푸집의 사용횟수가 많아 경제적이다.
- 3) 반복작업이 이루어지므로 소수의 인원으로도 시공가능하며, 시공 관리도 확실히 할 수 있으며 일기에 영향을 받는 일도 적다.

4.2 일반적인 MSS 공법과 SMPB 시스템을 적용한 MSS 공법과의 비교

SMPB 시스템은 런칭시를 제외하고는 일반적인 MSS와 운영 방식에 있어 아무런 차이가 없게 된다. <표 3>은 SMPB 시스템과 일반적인 MSS 공법의 특징을 비교하고 있다. SMPB 시스템에서는 1개조의 P/B가 덜 사용되는 대신에 런칭중 갠트리 지지



그림 5. 홍수시 낙동대교 전경



그림 6. 일반 MSS에서 P/B 설치 장면

표 3. 일반 MSS와 SMPB 시스템 MSS의 비교

구분	일반 MSS (3개 비구동 브래킷 방식)	SMPB 시스템 MSS (2개 구동 브래킷 방식)
Pier bracket	3조 (6개)	2조 (4개)
Rear cross beam	1 개	2 개
Front cross beam	-	1 개
장 점	<ul style="list-style-type: none"> · 런칭 작업이 단순하여 비교적 작업시간이 짧음 · 별도의 가공품이 적어 가공비가 적게 들 	<ul style="list-style-type: none"> · 하부 조건에 관계없이 런칭 가능 · P/B 설치/해체시 안전사고 위험이 비교적 적음
단 점	<ul style="list-style-type: none"> · P/B 설치, 해체시 다소의 위험 상존 · 하부조건에 따라 P/B 설치/해체에 어려움이 많고 경우에 따라서는 런칭 불가 	<ul style="list-style-type: none"> · P/B 이동을 위한 추가 장치 필요(FCB, RCB-2, Moving Unit 등) · 런칭 작업이 비교적 복잡하여 작업 시간이 다소 증가함

를 위해 rear cross beam(RCB)과 front cross beam(FCB)이 추가로 더 필요하게 된다.

〈그림 5〉는 홍수시 낙동대교의 전경을 보여주고 있다. 장마철 낙동강 유역에 홍수가 발생하면 가교는 물론 교각 까지도 상당 부분이 잠기게 되어, 일반적인 MSS 방법을 적용하면 크레인 작업을 통해 P/B를 설치할 수 없게 된다. 〈그림 6〉은 일반적인 MSS에서 크레인 작업을 통해 P/B를 설치하는 장면이다. 크레인 작업시 와이어 설치가 부적합할 경우 전도가 될 가능성이 있고, 작업원이 P/B에 동승하고 있기 때문에 안전관리에 만전을 기해야 한다. SMPB 시스템에서는 원천적으로 크레인 작업이 배제되기 때문에 이러한 문제점들이 모두 해결 가능하게 된다.

〈그림 7〉은 FCB를 나타낸다. FCB는 크게 내부 가로보(inner crossbeam)와 외부 보(sleeve beam)로 구성되는데, 외부 보는 내부 가로보를 감싸고 있어서 거푸집 설치 및 해체시 갠트리의 수평이동이 원활이 이루어 질 수 있도록 설계 되었다.

〈그림 8, 9〉는 각각 RCB-1, RCB-2를 나타내고 있다. RCB-1은 좌/우 각각 4개의 강봉으로 런칭시 및 타설시 갠트리를 지지하고, RCB-2는 런칭시 좌/우 각각 2개의 강봉으로 갠트리를 지지하게 된다.

4.3 SMPB 시스템이 적용된 MSS 의 런칭 과정

상부 PSC 박스거더를 타설할 때에 SMPB 시스템은 일반 MSS와 구조적 지지방식이 동일하게 된다. 즉 전방 P/B와 RCB(rear cross beam)에 의해서 전체 갠트리 거더가 지지되게 된다. 하지만 런칭시에는 SMPB 시스템에서는 P/B가 주거더에 설치된 레일을 따라 이동하여 크레인 없이 설치가 가능하다. 그러나 일반적인 MSS에서 3개의 P/B가 고정되어 주거더를

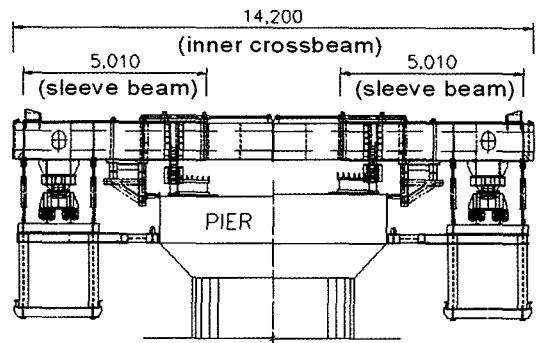


그림 7. FCB

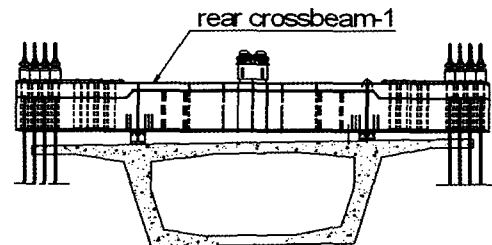
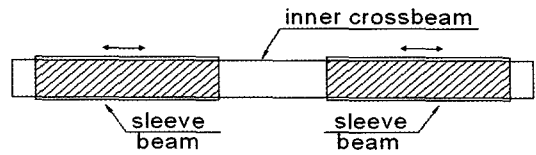


그림 8. RCB-1

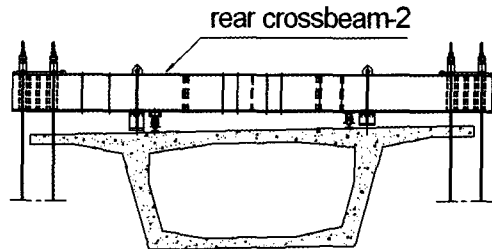


그림 9. RCB-2

지지하였지만, SMPB 시스템에서는 P/B 이동시에는 주거더를 지지할 수 없으므로 이를 위해 FCB(front cross beam)와 또 하나의 RCB (RCB-2) 가 추가적으로 필요하게 된다. 낙동대교에 대한 SMPB 시스템의 런칭 과정은 〈그림 10〉과 같다.

4.3.1 STEP 1 : 런칭 준비 단계

콘크리트 양생 및 긴장 작업 후 런칭 직전의 단계로써 주거더가 전방 P/B 와 RCB(RCB-1)에 의해 지지되는 일반적인 MSS와 동일하다.

4.3.2 STEP 2 : 1차 런칭 및 FCB 설치

거푸집 탈형 및 RCB-1을 해체한 후 갠트리를 전방으로 12m 이동시킨다. 이 때 주거더는 전,후방 P/B 에 의해 지지된다(2점

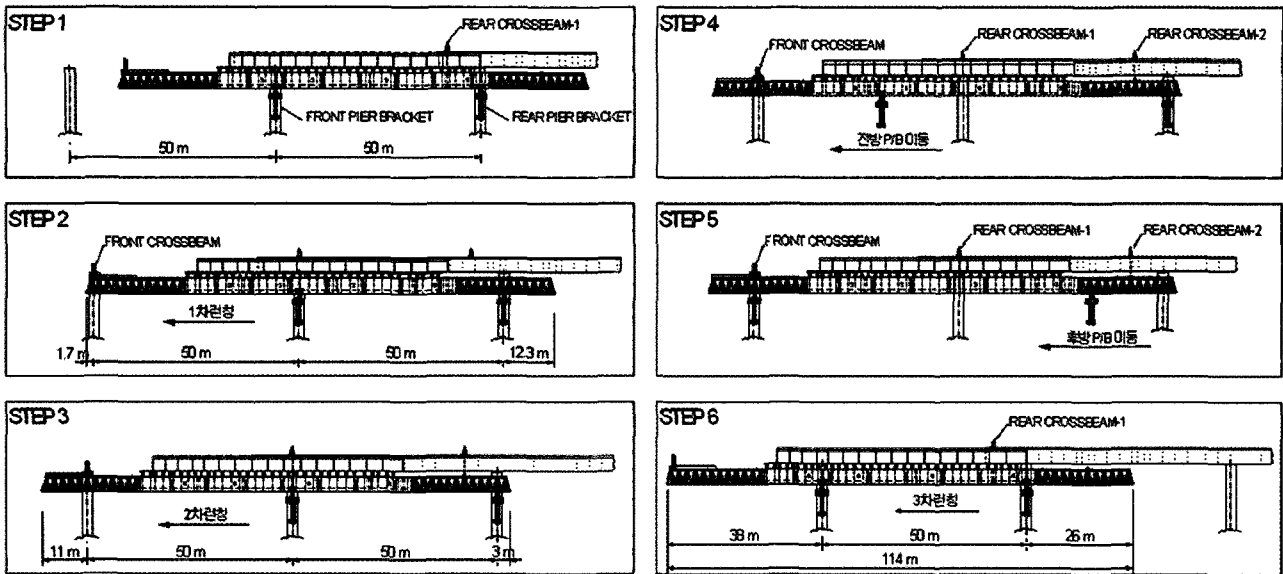


그림 10. SMPB 시스템을 적용한 MSS의 런칭 과정

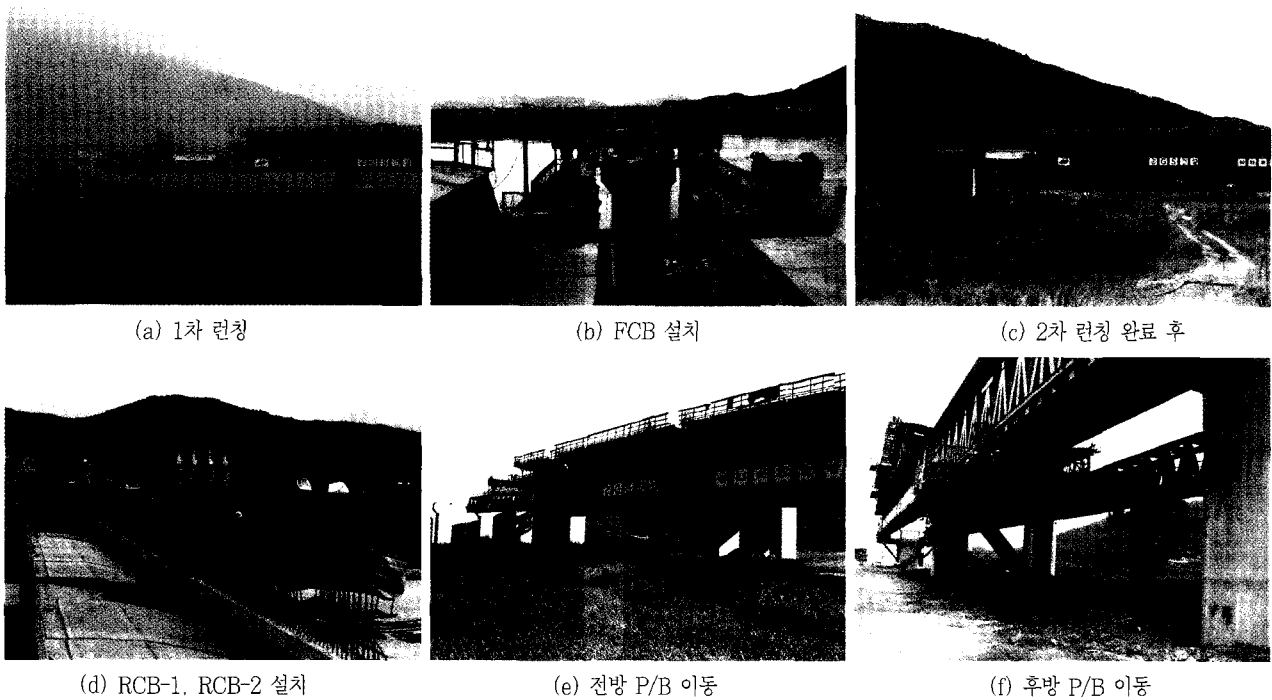


그림 11. SMPB 시스템을 이용한 런칭 과정(낙동대교 둔치부)

지지). 런칭시 트러스 거더의 전반부가 전방 교각에 도달하면 FCB를 설치하여 갠트리 자중을 분담토록 한다. 이후 시스템의 지지점은 FCB, 전방 P/B, 후방 P/B의 3점이 되나, 아직 무게 중심은 중간 교각의 후방에 위치한다.

4.3.3 STEP 3 : 2차 런칭

FCB 설치 완료 후에 전방으로 11 m 이동 시킨다. 런칭 중 지지점은 FCB, 전방 P/B, 후방 P/B의 3점이 되며, 갠트리의 무게 중심이 중간 교각의 전방으로 이동한다.

4.3.4 STEP 4 : 전방 P/B 이동 및 설치

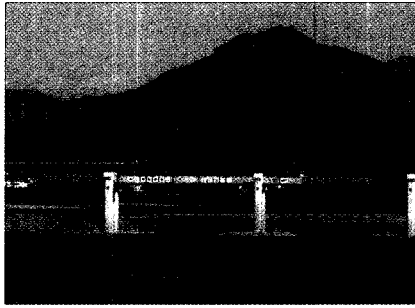
2차 런칭이 완료된 후에 RCB-1, RCB-2를 설치하여 지지점이 FCB, RCB-1, RCB-2가 되도록 한다. 지지점 형성이 완료되면 전방 P/B를 이동하여 전방 교각에 설치하도록 한다. 이때 전방 P/B는 주거더 옆면에 설치되어 있는 레일을 따라 별도의 이동유닛(moving unit)에 의해 이동 된다.

4.3.5 STEP 5 : 후방 P/B 이동 및 설치

전방 P/B 설치 완료후에 순차적으로 후방 P/B를 이동시켜



(a) 전방 P/B 설치



(b) 동절기 시공 전경



(c) 하절기 시공 전경

그림 12. 낙동대교 시공 전경(유심부)

다음 교각에 설치하도록 한다.

4.3.6 STEP 6 : 3차 런칭 및 런칭 작업 완료

전, 후방 P/B가 모두 이동되어 다음 교각에 설치되었으면 FCB 지지용 잭과 RCB-1, RCB-2의 강봉을 제거하여 지점이 다시 전방 P/B, 후방 P/B가 되도록 한다. 이후 전방으로 27m 런칭하고 RCB-1을 최종 위치에 설치하여 런칭 작업을 마무리하고, 다음 경간 콘크리트 타설을 위한 준비를 한다.

5. 낙동대교 기설을 위한 SMPB 시스템의 적용

낙동대교는 1실 PSC 박스구조이고 총연장 및 경간은 각각 900m, 50m이다. 이 교량은 낙동강을 횡단하는 교량으로써 둔치부에서는 일반적인 MSS 공법을 적용하였고, 낙동강 하상구간에서는 SMPB 시스템을 적용하였다. 2005년 8월에 둔치부에서 SMPB 시스템을 적용하여 성공적으로 런칭작업을 완료하였고, 이후 낙동강 유심부는 SMPB 시스템을 적용하여 시공중에 있다. 낙동대교 상행선의 경우 2006년 6월 현재 총 18개의 span 중 15번째 span이 시공 중에 있고, 이중 9개의 span은 SMPB 시스템을 적용하여 시공하였다. <그림 11>은 낙동대교 둔치부에서 SMPB 시스템이 적용되어 런칭작업이 이루어지는 과정을 보여주고 있다. <그림 12>는 낙동강 유심부에서의 SMPB 시스템이 적용된 낙동대교의 시공 전경을 보여주고 있다. 만약 일반적인 MSS가 적용되었다면 P/B 설치를 위해 2개의 가교 및 축도가 필요하나, SMPB 시스템을 적용하여 추가적인 가교 및 축도 설치비가 절감될 수 있었다.

낙동대교의 예정준공일은 2007년 5월이다. 이때까지 한 번의 장마 기간이 남아 있으나, SMPB 시스템의 적용으로 별다른 공기 지연 없이 공사가 진행될 수 있을 것으로 기대된다.

6. 맺음말

SMPB 시스템은 자주식으로 이동되는 2조의 교각브래킷(pier

bracket)을 사용하는 방식으로써 비구동되는 3조의 교각브래킷을 사용하는 일반적인 MSS 공법에 비하여 경제성과 시공성에서 보다 진보적인 PSC 구조물의 기설공법이다. 국내의 경우 일부 고속철도 구간에서 SMPB 시스템의 시도가 있었지만, 경간장이 40m 이내였고, 전방 지지보(front cross beam)의 변형 및 뒤틀림에 따른 많은 기술적인 문제점이 발생하여 최근에는 전혀 사용되지 못하고 있는 실정이었다.

GS건설에서는 그간의 교량건설 경험을 바탕으로 집약된 기술력을 최대한 발휘하여 경제성과 시공성이 확보된 보다 나은 고품질의 교량을 건설하기 위하여 부단히 노력해 왔다. 이러한 노력의 일환으로 CCL KOREA와 함께 50m 이상의 경간에 대해 국내에서 최초로 SMPB 시스템을 적용하여 이동식 등바리 공법을 성공적으로 시공할 수 있게 되었다.

본 기사에서는 SMPB 시스템에 대한 공법 특징과 이를 낙동대교 시공에 성공적으로 적용한 사례에 대해 소개하였다. 당초 낙동대교는 시공상 많은 어려움을 가지고 있었으나, SMPB 시스템을 적용하여 공사비의 추가 부담없이 문제점들을 해결할 수 있게 되었다. 이와 더불어 장마철에도 별다른 영향없이 상부 공사를 진행할 수 있어, 공기 준수 측면에 있어도 본 시스템은 지대한 역할을 할 것으로 예상된다.

SMPB 시스템은 MSS 공법의 운용을 보다 확장시켜 일반적인 MSS 공법 적용시에 많은 제약이 따랐던, 하천을 횡단하는 교량, 산악지형에 설치되는 교량, 해상교량의 접속 교량 등의 시공에 있어 활발히 적용될 수 있을 것으로 기대된다. □

참고문헌

1. 건설교통부, 도로설계기준, 건설교통부, 2005.
2. 건설교통부, 콘크리트 교량 기설 특수공법 설계·시공·유지관리 지침, 건설교통부, 1994.
3. 한국건설기술연구원, 經濟的인 PS콘크리트 橋梁建設 工法에 관한 研究, 한국건설기술연구원, 1986.
4. 건설교통부, PSC 박스거더교 설계 선진화를 통한 물량절감, 품질향상 방안 수립 연구보고서, 한국건설기술교통평가원, 2004.