

경사 인양 시스템을 통한 낙동강교 가설 공법 개선 사례

Article

03



조 남 소 차장(사진)
현대건설 기술연구소

박 경 호 상무, 양 성 만 과장
현대건설 경전선 및 부산신항 배후철도 제1공구

1. 서론

낙동강교는 낙동강과 밀양강의 합류 지점에 가설되는 총 연장 1,520m, 강재 중량 13,788tonf의 하로형 더블 와렌트러스교로, 완화곡선부를 포함한 곡선형 강철도교에 ILM 가설 공법이 적용된 국내 최초의 사례이다. 당초 동 교량은 트러스 부재가 갖는 구조적 취약성과 선형 특성 상의 기술적 한계 등으로 인해 [크레인을 이용한 직접 가설 공법]으로 계획되었으나, 강재 중량 최적화 과정, 완화곡선부에 대한 추진 기법 정립 등과 같은 기술 개발을 통해 [ILM 가설 공법]으로 변경 적용되기에 이르렀으며, 동 공법의 현장 시공 과정에서 [경사 인양 시스템]이라는 중량물 입체 이동 시스템을 개발, 가설 효율성을 극대화시키고 획기적인 공사비 절감 및 공기 단축을 실현하였다.

2007. 09월 현재 낙동강교는 트러스 총 22경간에 대한 추진이 완료되어 상부 슬라브 콘크리트 타설 작업이 진행 중이며, 가설 과정에서 개발된 [경사 인양 시스템]은 지난 2007. 01월 특허 등록된 이래, 2007. 08월 건설

교통부에서 지정·고시하는 [건설신기술 제538호]로 지정되어 그 기술적 독창성과 진보성을 인정받았다.

2. 낙동강교 가설 공사 개요

2.1 사업 개요

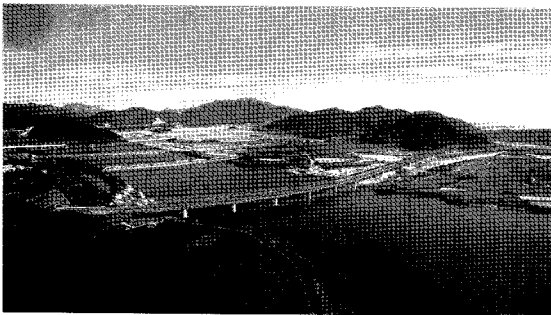
한국철도시설공단이 시행하고 당사가 설계·시공 일괄 입찰(턴키) 방식으로 수주하여 시공하는 『경전선 및 부산신항 배후철도 제1공구 복선전철 건설공사』는 기존 경전선의 낙후된 철도 수송 서비스를 향상시키고, 부산 가덕 신항만 배후철도의 수송시설 구축을 목적으로 지난 2003년 12월 발주된 총 연장 10.007km의 복선 철도 공사로 교량 2.8km, 터널 1.9km, 토공 5.3km 및 정거장 2개소로 구성되어 있다.

2.2 낙동강교 교량 형식 및 구조적 특성

낙동강교는 경상남도 밀양시 삼랑진읍과 김해시 생림면 일원에 가설되는 총 연장 1,520m의 강철도교로 완화곡선부를 포함한 곡선부(R=800m) 532m와 직선부

988m로 구성되어 있으며, 고속열차 운행에 따른 승차감 확보 및 구조부재의 합리적인 사용을 위하여 장경간의 연속교(경간장 70m의 6경간 연속교)로 설계되었다.

교량 지반은 지형적 특성상 최대심도 48m의 매립층 및 퇴적층이 폭넓게 분포하고 있어, 유심부 교각 3기에 대해서는 우물통 기초를, 교대 및 나머지 교각 19기에 대해서는 현장타설 콘크리트 말뚝기초를 적용하였다.



[그림 1] 낙동강교 조감도

교량 상부는 전형적인 싱글와렌트리스를 격자 방향으로 교차시켜 사재의 비지지장을 줄임으로써 부재의 축방향 내력을 증가시킨 더블와렌트리스 형식이 사용되었으며, 하부 바닥판은 콘크리트 슬래브와 스트링거를 합성시킨 강합성형 바닥판으로 설계하여 소음 및 진동 저감효과를 극대화하였다. 또한, 기존 볼트 체결 방식이 갖는 피로 수명 감소, 진동에 의한 취성 파괴 등의 문제점을 개선하기 위하여 트러스 전 경간을 100% 용접 결합하였고, 현장 가설 공법으로 [ILM 공법]을 채택함으로써 1회 1경간(L=70m, 최대 중량 750tonf)을 임시 가설 지점 없이 연속 추진토록 계획하였다.

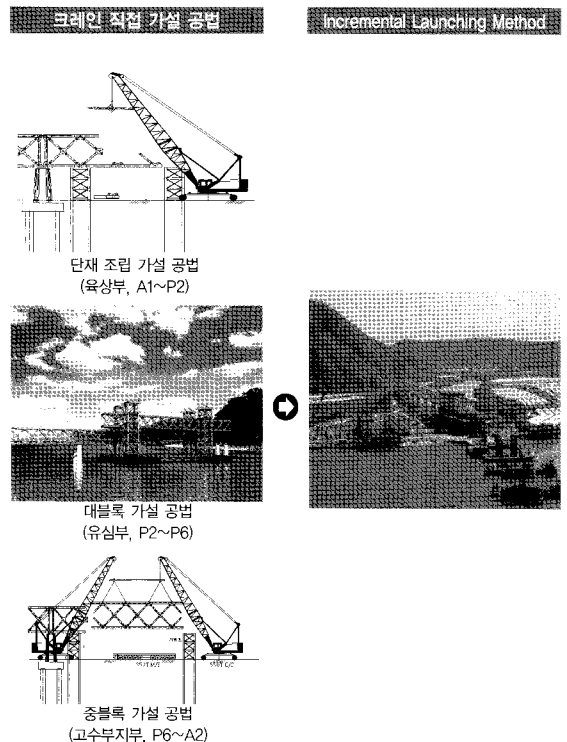
더블와렌트리스는 공장에서 단품 제작 후 트럭을 이용하여 현지로 육상 운송되며, 낙동강 고수부지에 위치한 제작장에서 입체 트러스의 형태로 조립된다. 트러스의 현장 조립은 ILM 공법의 1회 추진 단위인 1경간 70m를

기본으로 실시하며, 각종 치수 검사, 비파괴 검사 및 내구성 증방식 도장을 거쳐 상부 거치를 위한 모든 준비가 완료된다.

3. 교량 가설 공법 변경

3.1 가설 공법 선정

당초 낙동강교의 현장 가설 공법은 교량의 특이 선행 특성 및 현장 가설 여건 등으로 인해 [대형 크레인을 이용한 직접 가설 공법]으로 계획되었으나, 설치 효율성 및 적용 타당성을 종합 검토한 결과 최상의 품질 확보 및 공사비 절감이 가능한 [ILM 공법]으로 변경하였다. 당초 공법은 트러스 단재를 경간별 가설 조건에 따라 소·



[그림 2] 교량 가설 공법 변경 개요

중·대블록의 분절 형태로 제작한 후, 잭 업 바지(Jack Up Barge), 초대형 육상 크레인(550tonf Crawler Crane), 트랜스포터(Modular Transporter) 등과 같은 특수 장비를 이용하여 순차 조립하는 방법이었으나, 육상부, 유심부 및 고수부지부가 공존하는 낙동강교의 경우 가설 공법의 혼재가 불가피하였으며 특수 장비의 동원 가능성, 공기 증가, 용접 품질 저하 등과 같은 문제점을 내포하고 있었다.

반면, ILM 공법은 트리스를 제작장에서 대블록 형태로 일괄 조립한 후 추진용 잭을 이용 순차 추진하게 되므로 교량 전 경간을 동일 장소에서 동일 공정에 의해 가설할 수 있을 뿐만 아니라, 가설 장비의 활용도를 극대화시킬 수 있으며 가설벤트 등과 같은 공사용 가시설을 최소화할 수 있어 공사비 절감 및 공기 단축 효과를 극대화할 수 있었다. 그러나, 트리스가 갖는 구조적 취약성, 낙동강교의 특이 선형 특성 등으로 인해 동 공법의 적용 여부

를 쉽게 결정할 수 없었으며, 유사 교량에 대한 시공 실적조차 국내·외에 전무하였기 때문에 동 공법의 성공 여부를 누구도 확신할 수 없었다. 결국, 각계 전문가와의 기술 협의, 전문 구조 해석을 통한 기술적 확신, 원화곡선부 추진 기법 개발 등과 같은 각고의 노력 끝에 당초의 [크레인 직접 가설 공법]을 [ILM 공법]으로 변경하기에 이르렀다.

3.2 공법 변경에 따른 트리스 최적화

트리스 구조는 각 부재 절점을 힌지로 연결하고 하중의 작용점을 격점으로 유도함으로써 외력에 대하여 축력(軸力)으로 저항하도록 고안된 구조계이다. 따라서, 트리스 부재는 거더 부재에 비해 휨강성이 현저히 적을 수 밖에 없으며, 이로 인해 ILM 공법과 같이 특정 부재에 국부적인 휨응력이 지속적으로 유발되는 가설 공법의 경우 그 적용이 매우 제한적일 수 밖에 없다. 이러한

[표 1] 낙동강교 가설 공법 특징 비교

구분	낙동강교 가설 공법	
	크레인 직접 가설 공법	ILM 공법
공법 개요	<ul style="list-style-type: none"> 트리스 단재를, 소·중·대블록 등으로 조립한 후 크레인을 이용하여 현장 가설 육상부(A1~P2) : 단재 조립 가설 공법 유심부(P2~P6) : 대블록 가설 공법 고수부지부(P6~A2) : 중블록 가설 공법 	<ul style="list-style-type: none"> 트리스 단재를 고수부지부 제작장에서 경간별 조립한 후 Launching Jack을 이용, 양방향으로 추진하여 교량을 가설
특징	<ul style="list-style-type: none"> 교량 가설 정밀도 관리 불리 각종 가설장비의 현장 동원 불가 공사용 진입도로 및 작업장 확보 불리 일부 구간 볼트 구조로 변경 불가피 	<ul style="list-style-type: none"> 신기술/신공법 고수부지부에 현장 작업장 조성 직선부와 곡선부 양방향 추진 경제성 및 장비 효율 극대화
추가 고려 사항	<ul style="list-style-type: none"> 대규모 Load-Out 설비 추가 소요 대형 장비의 작업성 확보를 위해 일부 구간에 철근콘크리트 포장 가설도로 개설 인근 도로 우회 및 배수시설 추가 소요 	<ul style="list-style-type: none"> 추진 단계별 구조해석 및 시공계획 수립 하천점용 인 허가 협의
추정 공기	<ul style="list-style-type: none"> 약 33개월 	<ul style="list-style-type: none"> 약 27개월(크레인 분할 인양 방식 적용 시) 약 15개월(경사 인양 시스템 적용 시)

구조적 취약성에도 불구하고 현장 여건상 트러스교에 ILM 공법을 적용하게 되는 경우, 추진에 따른 휨응력의 발생을 최대한 억제하기 위하여 경간 중앙에 가설벤트 등의 임시 지지점을 배치하는 것이 일반적이며, 이는 가설 공사비 상승 요인으로 작용하여 동 공법이 갖는 경제성을 반감시키는 주요 요인으로 작용한다. 따라서, 트러스교에 ILM 공법을 적용함에 있어 가시설 사용량을 최소화하기 위해서는 실시설계 단계에서 각 부재의 단면력을 가설 특성에 맞게 구성하여야 하며, 매 추진 단계에서의 안정성을 전문 구조 해석 등을 통해 일일이 검증해 나가는 과정을 거쳐야 한다.

낙동강교 역시, 구조 해석 결과 동 공법의 적용으로 인해 하현재 등의 일부 부재에 과도한 휨응력 발생이 예상되었고, 이를 극복하기 위하여 기본설계 시 계획되었던 구조계를 전면 재구성함으로써 내력의 합리적인 재분배를 도모하였다.

또한, 추진에 따른 구조 안정성 확보를 위해 단계별 해석을 실시하여 응력 변화 추이를 분석하였으며, 현장 계측 시스템을 개발함으로써 취약 부재의 응력계를 검증할 수 있는 장치를 마련하였다. 특히, 각 추진 단계에서의 허용 추진력 및 경간별 한계 변형량을 미리 설정하여 부재의 국부 좌굴 현상을 미연에 방지하였으며, 가설 공법에 대한 각종 사례 분석을 통해 단계별 취약 부재를 선정하고 이를 중점 관리하였다.

이러한 실시설계 최적화 과정은 트러스 총 중량을 기본설계 대비 약 13%, 2,051tonf 절감시키는 성과로 나타났으며, 이는 해당 공종 하도급 계약 공사비 기준 약 59억 원에 해당하는 금액으로 턴키 공사의 계약적 특성 상당 사업의 원가 개선 효과에 직결되었다.

3.3 가설 공법 변경 효과

3.3.1 공기 단축 효과

낙동강교 상부공 가설을 위해 당초의 [크레인 직접 가설 공법]을 적용하는 경우 약 33개월의 공사 기간이 필요한 것으로 예측되었다. 육상부 2경간(A1~P2 구간)에 적용되는 단재 조립 가설 공법의 경우 여타 구간과 작업을 병행할 수 있어 별도의 가설 공기에 추산되지 않았으나, 유심부 4경간(P2~P6)을 위한 대블록 가설 공법의 경우 트러스 대조립, 진수, 하상 인양, 경간 연결 등에 약 5개월이 소요되는 것으로 예측되었고, 고수부지부 16경간(P6~A2)에 적용되는 중블록 가설 공법의 경우 트러스 중조립, 육상 이동, 크레인 인양 설치 등에 28개월이 소요되는 것으로 계산되었다. 이와는 별도로, 트러스 제작을 위한 물양장 조성, 700tonf 규모의 진수 설비 축조, 가설도로 콘크리트 포장 공사(11,550m³) 등에도 적지 않은 가설 기간이 소요되어 절대공기 33개월을 단축시키는 것은 사실상 불가능하였다.

그러나, [ILM 공법]의 경우 교량 전 구간에 대하여 공법이 단일화되므로 작업 효율성을 극대화시킬 수 있었으며, 이전 공법에서 필요하였던 대형 진수 설비, 가설도로 축조 등의 부대시설 공사 규모가 대폭 축소됨으로써 약 6개월 가량의 공기 단축이 가능할 것으로 기대되었다. 즉, 낙동강교 상부공 가설 공법을 [크레인 직접 가설 공법]에서 [ILM 공법]으로 변경 적용하는 경우 해당 공종의 소요 공기가 총 33개월에서 27개월로 6개월 단축되는 것으로 예측되었다.

3.3.2 공사비 절감 효과

당초의 [크레인 직접 가설 공법]은 공사 구간별 작업 여건이 일치하지 않음으로써 다양한 종류의 가시설물이

필요하였고 이는 공사비를 증가시키는 주요 원인이 되었다. 예를 들어, 교량 유심부에 적용된 대블록 가설 공법의 경우, 1,000ton급 잭 업 벤트(Strand Jack Up Bent), 대형 진수(Load-out) 설비, 3,000P급 바지 등이 동원되어야 했으나, 현장 여건상 일부 장비의 동원은 낙동강 하구언 통과 문제로 사실상 불가능하였으며 동원이 가능한 장비에 대해서도 과도한 임대료 발생이 예상되었다. 고수부지에 적용된 중블록 가설 공법에 대해서도, 초대형 가설 장비(550tonf Crawler Crane 2대 및 250tonf Modular Transporter, 22개월)의 임대, 가설도로 콘크리트 포장 및 폐기물 처리, 가설벤트 설치·해체 등에 막대한 비용 지출이 예상되었다.

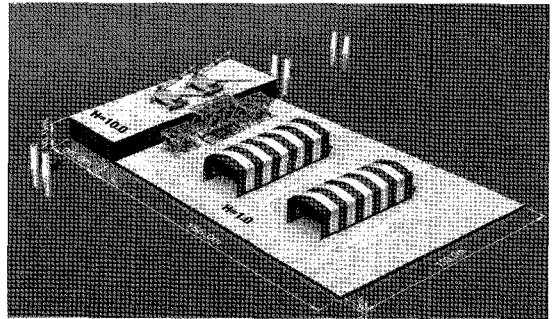
그러나, [ILM 공법]의 경우, 당초 예상되었던 특수 장비 임대료, 가설도로 축조 및 폐기물 처리 비용 등을 절감할 수 있었고, 가설벤트 등과 같은 부대시설 조성 규모를 크게 줄임으로써 가시설 시행 금액을 대폭 절감할 수 있었다. 터키 기본설계의 특성상 당초 공법에 대한 명확한 공사 내역이 존재하지 않아 동 공법 적용에 따른 공사비 절감 규모를 정확히 산정하기는 어려우나 그 절감 효과는 상당하다 할 수 있다.

4. 경사 인양 시스템 개발

4.1 시스템 개발의 필요성

[ILM 공법]이 적용되는 대형 교량의 경우, 통상적으로 1회 추진 단위(1경간)가 갖는 크기 및 중량이 지나치게 비대하여 인양 및 공간 이동에 많은 제한을 받게 되고, 이를 위한 각종 인양 장비 및 이동 설비의 조합이 공사의 성패를 좌우하는 중요한 요소가 된다. 이와 같은 사유로 [ILM 공법]을 위한 제작장 및 추진장은 일반적으로 교대

인근에 상부 구조물 가설 높이와 동일하게 조성하여 제작이 완료된 상부 구조물을 인양 과정없이 수평 이동 수단만을 이용하여 추진 위치로 이동시키게 된다. 그러나, 낙동강교의 경우 지형적 특성상 교대 인근 지역에 대규모 추진장을 조성할 수 없었을 뿐만 아니라, 교량의 특이 선형 특성으로 인해 곡선부와 직선부가 교차하는 하상 고수부지에 제작장 및 추진장을 조성하여야만 동 공법의 적용이 가능하였다. 즉, 고수부지 높이에서 제작이 완료된 트러스 일부를 추진 높이까지 들어 올리기 위하여 대규모 인양 작업이 필요하게 되었으며, 이는 인양 장비의 인양 능력에 의해 추진 단위가 결정되어야 하는 치명적인 약점을 가지고 있어 트러스 1경간을 3분할(최대 중량 250tonf) 인양하여 협소한 추진장에서 이를 재차 조립해야만 하였다.



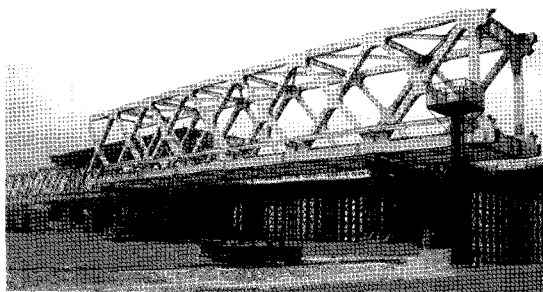
[그림 3] 크레인 3분할 인양 속도 조성 방식

또한, 고수부지에 축조 예정이었던 트러스 추진장은 동 시설물에 의한 하천 범람 및 홍수 피해 우려 등으로 인해 하천 전용 인·허가 과정에서 조성 불가 판정을 받았고, 이는 동 공법의 적용 가능성 자체가 불투명해지는 절대절명의 상황이었다. 즉, 수류의 소통에 방해가 되지 않으면서 추진 단위인 트러스 1경간(70m, 최대 중량 750tonf)을 추진 위치까지 일괄 인양·이동시킬 수 있는 방법을 찾아야 했으며, 이러한 과정에서 개발된 것이

[경사 인양 시스템]이다.

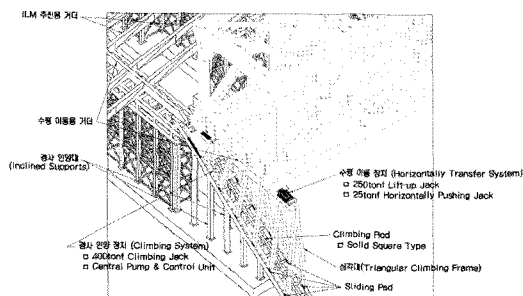
4.2 경사 인양 시스템 구성 요소

경사 인양 시스템은 조립이 완료된 트러스 1경간을 ILM 추진 위치까지 이동(수평 방향 43.1m, 수직 방향 10.2m)시키기 위하여 고안된 중량물 이동 시스템으로, 크레인 등을 이용한 여타 인양 방식에 비해 경제성 및 안전성에 있어 탁월한 성능을 발휘하였다.



[그림 4] 일괄 경사 인양 벤트 조성 방식

경사 인양 시스템의 구성 요소를 간략히 살펴 보면, 중량물을 지지하는 철골조(경사 인양대 및 삼각대), 이동 시 구동력의 원천이 되는 각종 구동 장치(경사 인양 장치 및 수평 이동 장치), 구동 장치의 이동 경로를 제공하고 반력을 전달하는 Climbing Rod, 이동 반력을 흡수하는 대형 콘크리트 블록, 트러스의 진입 시 간섭을 피하도록



[그림 5] 경사 인양 시스템 개념도

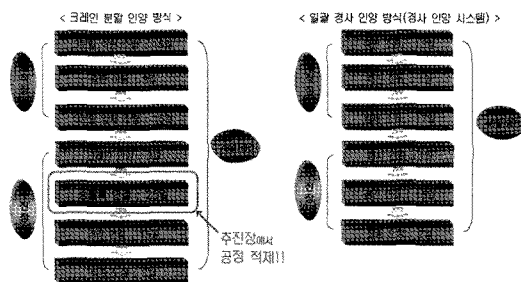
고안된 지중 구조체 등이 있다.

낙동강교 가설 공사 과정에서 개발된 동 시스템과 이를 이용한 중량물 이동 방법은 종래의 방식에 비해 시설이 매우 간편하고 안정적인 방법으로, 동 시스템을 구성하는 경사 인양 장치 및 수평 이동 장치의 개수 및 용량을 현장 상황에 맞게 적절히 조합함으로써 이송 대상물의 규모, 중량, 이송 거리 등에 제한 없이 적용이 가능하며, 가설재의 사용량과 작업 효율성에 따라 경사 각도를 임의 조절함으로써 경제성을 향상시킬 수 있다

4.3 경사 인양 시스템 개발 효과

4.3.1 공기 단축 효과

낙동강교 가설을 위해 [ILM 공법]을 적용하는 경우 트러스의 조립 단위, 이동 방법, 인양 방식 등이 가설 공기에 절대적인 영향을 미치는 것으로 확인되었다. 특히, 추진장으로서의 인양 방식을 결정함에 있어서 인양 한계 극복이 불가능한 [크레인 분할 인양 방식]을 고집하는 경우 추진장 상단부에서 공정 적체 현상이 불가피하였으며, 이로 인해 27개월의 상부공 가설 공기가 필요하였다. 즉, 추진장 상단부가 협소하므로 중블록을 서로 합체시키는데 많은 시간이 소요되었으며 이는 추진 주기 지연으로 이어져 1경간 추진에 약 45일이 소요되는 것으로



[그림 6] 트러스 1경간 완성 주기

로 분석되었다. 그러나, [경사 인양 시스템]을 이용하는 경우 제작장에서 1경간으로 합체되어 인양되므로 추진장에서의 작업량을 최소화시킬 수 있었으며, 동 공간에서의 공정 적체 현상을 극복함으로써 추진 주기를 대폭 단축할 수 있었다.

위의 [그림 6]은 종래의 [크레인 3분할 인양 속도 조성 방식]과 신규 개발된 [일괄 경사 인양 벤트 조성 방식]에 대하여 트러스 1경간 완성 주기를 나타낸 것으로, 당초 공법의 경우 트러스 1경간을 완성시키는데 총 78일이 소요되었으나 [경사 인양 시스템]을 사용함으로써 이 중 30일을 단축시켰으며, 트러스 추진 주기에 있어서는 그 성과가 더욱 확연하게 드러나 당초 45일이었던 추진 주기가 [경사 인양 시스템]의 사용으로 인해 18일로 단축되었음을 보여주고 있다.

현재 낙동강교는 2005. 12월 착공된 이래 총 22경간 중 20경간의 추진이 완료되었으며, 이는 직선부 14경간 가설에 7개월, 곡선부 8경간 가설에 6개월이 소요된 것으로 우기(2006. 06~09월)로 인한 공사 중단 기간을 제외하면 당초의 예측 공기 15개월을 실현한 것이다.

4.3.2 공사비 절감 효과

[LLM 공법]을 적용함에 있어서 추진장을 속도 형식으로 조성하고 크레인을 이용한 3분할 인양 방식을 채택하는 경우, 대형 인양 장비 동원, 대규모 토공 축조 공사 등의 부대시설 조성에만 약 64억원이 소요되는 것으로 예측되었다. 그러나, 추진장을 벤트 형식의 철골 구조물로 조성하고 대형 인양 장비 대신 경사 인양 시스템을 이용하는 경우 상기 공사비가 약 14억원(현대산업정보연구원 추산) 절감되는 것으로 나타나 약 50억원의 가시설 비용이 소요되는 것으로 계산되었다. 이와는 별개로, 낙

동강교 더블와렌트러스의 현장 제작 방식을 결정함에 있어서도 [크레인을 이용한 3분할 인양 방식]을 채택하는 경우 트러스의 제작 규모가 한정되고 추진장에서의 공정 적체 현상이 발생함으로 인해 공사비 절감이 불가능하였으나, 이를 [경사 인양 시스템을 이용한 일괄 인양 방식]으로 변경 적용하는 경우 트러스의 제작 단위를 대형화하고 인양 방식을 자동화할 수 있어 약 00억원(하도급 입찰 금액 기준)의 공사비 절감 효과가 발생하는 것으로 나타났다. 또한, 동 시스템 개발에 따른 12개월 공기 단축 효과를 금액으로 환산하는 것은 다소 무리일 수 있겠으나, 이에 대한 간접공사비를 단순 계산하는 경우에도 그 절감액이 약 00억원에 이르는 등, 동 시스템 적용에 따른 유·무형의 원가 절감 효과가 발생하였다. 이를 종합하면, 당초의 [크레인 3분할 인양 속도 조성 방식]을 [일괄 경사 인양 벤트 조성 방식]으로 변경함으로 인해 상부공 부대 공사비 14억원, 트러스 현장 제작비 00억원, 공기 단축에 따른 간접공사비 00억원 등, 총 00억원의 공사비 절감 효과가 발생하는 것으로 집계되었다.

5. 완화곡선부 추진 기법 개발

5.1 낙동강교 선형 특성을 고려한 추진장 위치 선정

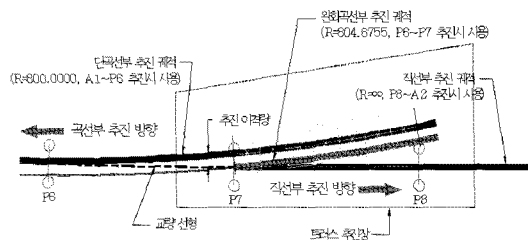
트러스 제작장 및 추진장은 곡선부와 직선부가 교차하는 변곡구간에 조성하여 동일 장소에서 양방향 추진이 가능하도록 하였다. 트러스 제작장은 트러스 3경간 이 동시에 순차 조립될 수 있도록 폭 120m, 길이 165m의 규모로 낙동강 고수부지에 조성하였으며, 토공 축조량을 최소화하고 홍수 시 수류 소통에 지장을 주지 않도록 지반고와 동일한 높이로 조성하였다. 반면, 트러스 추진장은 추진 높이 확보를 위해 지상 10m, 강제 중량

900tonf 규모의 잔교 형식으로 조성하였으며, 대형 장비의 진입을 원천 차단하고 모든 설비를 자동화함으로써 안전성과 편리성을 증진시켰다.

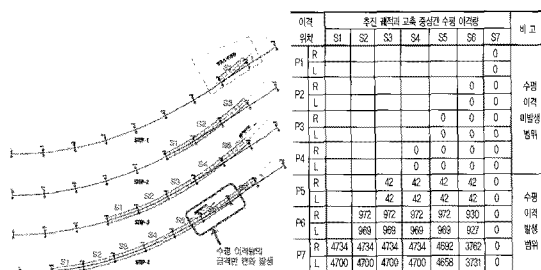
5.2 궤적 분석에 의한 완화곡선부 추진 기법 개발

교량의 평면 선형이 직선 또는 단(원)곡선만으로 구성되어 있는 경우, 현재까지 다양한 방식의 ILM 추진 기법이 개발되어 있어 추진 구조체의 힘응력만 극복할 수 있다면 동 공법을 적용하는데 큰 어려움이 없었다. 그러나, 교량의 평면 선형이 완화곡선 등의 특이 선형 구간을 포함하고 있는 경우, 완화곡선 추진 시 추진 방향이 실시간으로 바뀌어야 하기 때문에 동 공법의 적용은 사실상 불가능한 것으로 인식되었다.

그러나, 낙동강교의 경우 곡선부의 곡률반경이 도로교에 비해 상대적으로 크기 때문에 완화곡선부 추진 시 수평 이격 변동량이 그다지 크지 않을 것으로 예상되었고, 완화구간의 길이가 짧아 추진 방향의 변동 범위 역시 크지 않을 것으로 예상되었다. 이러한 점에 착안, 낙동강교에 대한 ILM 공법의 적용 가능성을 전면 재검토하기에 이르렀으며, 검토 결과 추진 구조체의 이동 궤적을 정밀 분석하고 그에 따른 추진 단계별 수평 이격량 제어 계획을 별도 수립하는 경우 동 공법의 현장 적용이 가능하다고 확신하기에 이르렀다.

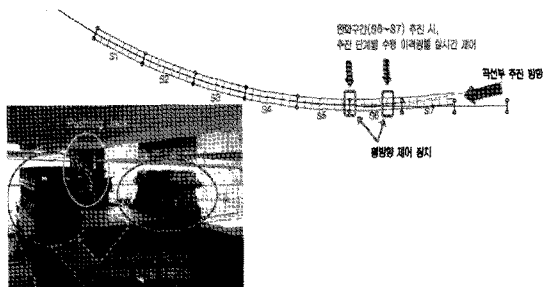


[그림 7] 낙동강교 추진 개요도



[그림 8] 추진 궤적 분석 개요

추진장 상단부에는 양방향 추진을 위하여 직선부 추진용 레일, 단곡선부 추진용 레일 및 완화곡선부 추진용 레일을 각각 배치하였으며, 곡선부 트러스의 추진 궤적을 분석한 결과 A1~P6경간에 대해서는 단곡선부 추진용 레일(R=800.0000m)을, 마지막 P6~P7경간에 대해서는 완화곡선부 추진용 레일(R=804.6755m)을 사용하는 경우 추진 구조체의 궤적이 [그림 8]에 나타난 교각별 최대 수평 이격량 이내에서 순차 안착됨을 확인하였다. 즉, 교각 P1~P4 상단부에서는 추진 궤적 중심과 교축 중심간 수평 이격 현상이 거의 발생하지 않아 별도의 제어 장치가 필요하지 않았으나, 수평 이격량이 최대가 되는 교각 P6 상단부의 경우 최종 경간(P6~P7경간) 추진 시 이격량의 급격한 변화[930mm⇒0mm(정위치)]가 발생하여 이를 제어할 수 있는 별도의 장치를 고안, 이를 통해 수평 이격량을 실시간 제어할 수 있도록 하였다.



[그림 9] 수평 이격량 제어 장치

6. 결론

본 원고에서는 그간 거더교의 전유물로만 인식되었던 ILM 공법이 대형 트러스교에 대해서도 별도의 가시설 없이 성공적으로 적용될 수 있음을 실 사례를 통해 입증 하였으며, 동 공법의 현장 시공 과정에서 [경사 인양 시스템]이라는 중량물 이동 시스템을 개발, 여타 인양 장치에 비해 시공 효율성 및 안정성을 증진시켰다. 또한, 이제까지 동 공법의 적용이 불가능한 것으로 인식되었던 특이 선형 구간에 대해서도 추진 궤적의 정밀 분석 및 정확한 수평 이격량 제어 계획을 수립함으로써 동 공법이 훌륭히 적용될 수 있음을 보였다.



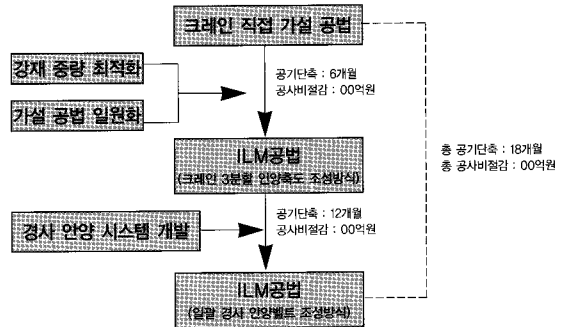
[그림 10] 낙동강교 가설 전경(2007. 04)

간략히 요약하면 다음과 같다.

- 트러스의 격점 체결 방식이 점차 힌지 구조에서 강결 구조로 변경됨으로 인해 트러스 부재에 대해서도 일정 수준의 휨 저항 성능을 기대할 수 있으며, 부재 내력의 합리적인 재구성을 통해 [ILM 공법]이

성공적으로 적용될 수 있다.

- 낙동강교 가설 공사를 수행함에 있어 당초 계획되었던 [크레인 직접 인양 공법]을 [ILM 공법]으로 변경함으로써 6개월의 공기 단축과 00억원의 공사비 절감 효과를 실현하였다.
- 동 공사의 [ILM 공법] 현장 시공 과정에서 [경사 인양 시스템]이라는 중량물 입체 이동 시스템을 개발, 12개월의 공기 단축과 00억원의 공사비 절감 효과를 얻을 수 있었다.



[그림 11] 낙동강교 가설 공법 개선 사례

- 추진 궤적 분석, 수평 이격량 제어 계획 수립 등을 통해 특이 선형 특성을 갖는 교량에 대해서도 [ILM 공법]이 훌륭히 적용될 수 있음을 사례를 통해 입증 하였다.
- 교량 가설의 주 작업 범위를 고수부지 내의 제작장 및 추진장으로 일원화 및 집중화함으로써 효율적인 안전 관리 및 환경 관리 체계를 구축하여 무결점 공사 관리를 구현하였다.