

가지지점을 이용한 프리스트레스된 라멘식 인도교



최 수 근

농어촌진흥공사 국제사업처 사업개발부장

1. 배 경

대호지구 농업종합개발사업은 농어촌진흥공사에서 81년 4월에 방조제를 착공하여 96년 12월에 3,859ha의 개답공사와 농업생산기반시설을 완료하였다. 이중에서 3,065ha는 지역주민 등 농어민에게 분양하여 소득증대에 기여하였으며, 794ha는 국내 최초의 대호환경농업시범지구로 조성하고 있다.

대호환경농업시범지구는 환경농업시범단지, 농어민교육복지센터, 자연생태공원, 농어촌주택단지, 첨단영농시범단지를 조성하여 한 곳에서 우리나라 21C 선진 농어촌을 체험할 수 있는 공간으로 인간·환경·기술과 농업이 조화를 이루는 친환경 간척지 이용의 새로운 모델을 제시할 계획으로 조성 중에 있으며, 또한 오리농법, 우렁이농법 등 유기농법과 저농약 저비료를 시비하는 국내 최대규모의 친환경농업시범 마을로 선정되어 농어민에게는 소득증대의 기회로 도시민

에게는 색다른 농어업의 체험과 자연의 소중함을 느끼게 할 새로운 개념의 농어촌 문화공간으로 자리 잡아가고 있다.

농어민복지센터는 충남 당진군 석문면과 서산군 대산면을 연결하는 30호 국도변의 대호방조제 중앙부에 위치한 도비도에 10.3ha 규모를 조성하여 농어민교육관, 전망대, 지하암반해수탕, 선착장과 각종 편의시설을 갖추고 농어업체험장, 갯벌체험장, 철새 탐조시설 등과 함께 주변의 난지도 해수욕장, 비경도, 대·소오도 등 크고 작은 섬과 서해지역의 유일무이한 해뜨는 마을 울돌목이 위치하여 향기 그윽한 서해바다를 중심으로 한 새로운 농어촌의 체험 교육장으로 부각되고 있다.

한편 본 교육복지센터는 30호 국도에 연결한 대호 제2호 배수갑문을 중심으로 해측에 2개 단지로 조성됨에 따라 이용객의 안전과 원활한 통행을 도모하여 단지내 동선의 활성화를 기하고

새로운 관광자원으로 확보될 수 있도록 미관을 고려하여 계획한 인도교의 설치배경과 기술적인 사항을 소개하고자 한다.

2. 인도교 시설공사계획

가. 필요성

대호농어민교육복지센터는 그림 1과 같이 대호 제2호 배수갑문(5.0m(B)×3.0m(H)×5련)의 해측을 중심으로 2개의 단지로 조성되어 있으나 배수갑문의 교량에 보도가 없는 2차선 도로만이 설치되어 통행의 불편과 안전사고 위험 등이 상존할 뿐 아니라 단지간의 동선계획이 차단되는 등 단지 일원화에 적지 않은 저해 요인이 되고 있어 인도교를 계획하게 되었다.

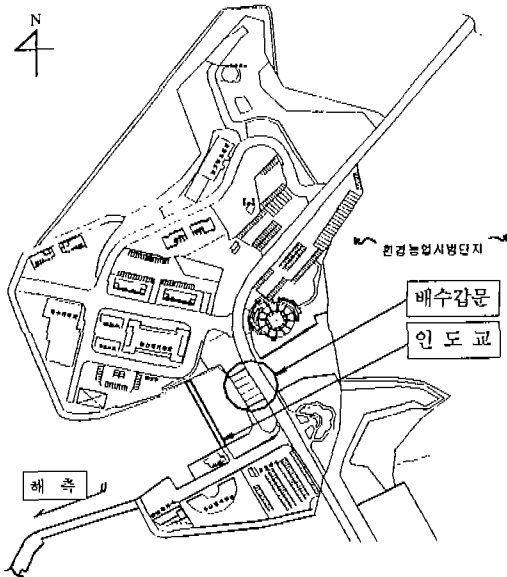


그림 1. 대호농어민교육복지센터 평면도

나. 고려사항

서해안 조류의 영향을 받는 곳에서 콘크리트

와 강구조물을 이용하여 건설하게 되는 인도교는 영농기와 우기철에 대호 제2호 배수갑문 취부 배수로 해측부에 가물막이를 하여 시공해야 하는 지역 여건 등 여러 제약요건을 해결하고자 고려되었던 주요사항은 다음과 같다.

- 염해지역에서 강구조물의 내구성과 콘크리트의 내염성
- 풍압과 내진에 대한 안정성 확보
- 제2호 배수갑문 홍수량 배제 단면확보
- 장기간에서의 동하중 진동에 대한 보행자의 쾌적성 확보
- 농어민복지센터의 주변환경과 조화를 이룬 조형미와 구조적 균형미
- 친환경적으로 이용객이 친숙감과 바다의 향취감을 함께 할 수 있는 재질 사용
- 인도교와 도로와의 접합부 단차와 계단을 없애고 지체장애인도 자유롭게 이용할 수 있는 편이성
- 공사 시행시기를 고려하여 최단의 공기가 소요되는 구조물

다. 설계

단지내에 설치하는 인도교의 총연장은 79m로서 교량 중앙부에 58m의 one-span 라멘교와 좌우측에 각각 12m와 9m의 단순보형 스라브교로 구성하고 인도교 폭원은 3.4m로 계획하여 대호 방조제 2호 배수갑문 홍수량 배제단면을 확보함으로써 영농기와 홍수기에 배수갑문 개폐에 지장없도록 계획하여 공기를 최대한 단축할 수 있도록 라멘교와 단순보형 복합구조물로 계획하였다. 인도교 양단 횡고 2m와 조성간만의 영향을

받는 지형에서 해수면의 조위 상승과 해일, 파도 등을 고려하여 플레이트거더를 제방정고에 얹히게 계획함으로써 배수갑문 취부배수로 단면을 축소하지 않으면서 좌우 단순보형 스타브 구간에서 구배를 조정하여 인도교와 기존도로 접합부의 단차와 계단을 없앨 수 있었다.

또한 인도교 폭원은 상부구조물이 해안의 강한 풍압과 설하중 등 외부하중에 의한 비틀림 응력 등에 안정하도록 구조계산에 의하여 가능한 한 최소폭으로 3.4m를 계획하였다.

One-span 라멘교는 표 1과 같이 단순보와 기

존 라멘교에 프리스트레스 효과를 도입한 라멘교 형식을 비교한 결과 인도교의 지점별 변단면 처리가 가능하여 강교부재 축소에 의한 공사비 절약과 프리스트레스된 강제 라멘식 인도교를 선정하였다. 또한 외형을 날렵하게 함으로써 미관을 향상시킴과 동시에 구조적 안정감을 주고 시공이 용이한 주변경관과 조화를 이루면서 또 하나의 관광자원으로서 랜드마크 역할을 할 수 있도록 현수케이블을 설치하여 조형미를 갖추도록 인도교로 계획하였다.

표 1. 인도교 교량 형식 비교

구분	단순보형	라멘식	
		라멘식 I (기존방식)	라멘식 II (프리스트레스효과 도입)
설계개념	Beam의 최대 Moment에 의해 보의 단면 설계	라멘식 구조로 단면설계	라멘식 I의 형식으로 설계하되 프리스트레스 효과를 도입하여 단면 설계
시공법	기둥과 보를 고정단과 가동단으로 하여 시공	벽체와 상부구조를 Bolt로 고정단으로 일체가 되도록 고정	벽체와 상부구조를 용접에 의해 고정단으로 시공
경제성	100	120~150	75~80
장·단점	<ul style="list-style-type: none"> ○ 단면이 크고 공사비가 비교적 많다. ○ 과도한 자중과 처짐으로 흔들림에 대한 불안감 초래 ○ 이음부의 고정에 대한 정확성이 요구되고 부설시공 우려 ○ Span의 길이에 제한 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 구조물은 안정하나 수많은 Bolt 연결에 의한 정확한 시공이 요구된다. ○ 강제량이 많이 소요되고 공사비가 증가한다. 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 프리스트레스 효과에 의거 지간을 길게 할 수 있고 단면을 최소화 할 수 있다. ○ 시공성이 용이하고 공기단축이 가능하다. ○ 미관이 좋고 안정감이 있다.
선정			○

1) 단면부재력 검토

구조물에 작용하는 하중은 사하중·활하중·풍하중과 온도에 의한 신축 등의 영향과 염해에서의 내구성을 감안하여 고강도 콘크리트를 사용한 콘크리트 부재의 강도설계법을 적용하고

강재(SWS 490)는 허용 응력설계법에 의하여 단면을 설계하였다.

특히 강풍의 영향을 많이 받는 해안가에 설치되는 장지간의 현수교에 크게 영향을 미치는 비틀림에 대한 변형 때문에 우리 공사 설계 검토

회의에서 고심하였으나 최근의 각종 기상변동에 의한 재해 등을 고려하여 서산축후소에서 68년부터 현재까지 측정된 최대 풍속은 1988년에 발생한 16.8m/s였으나 도로교 지방서의 최대 풍속인 50m/s와 내진 1등급을 적용하여 인도교의 폭원과 응력을 검토하고 각종 부재력을 결정하였다.

또한 보행자 등 이동하중에 의해 장기간 교량에서 출렁이는 불안감으로부터 쾌적성을 확보하고자 구조물의 고유 진동수를 2.3Hz 이상인 3.72Hz로 설계하였다.

2) 강제도장

해안에서 강구조 교량은 해풍과 비산 염분 등의 영향을 받아 강재의 부식이 빠르게 진행되나 완벽한 도장을 기대하기 어려워 공장도장을 원칙으로 현장에서 조립 설치하도록 하고 도장의 훼손 부분만을 현장에서 보완 조치토록 하였다. 또한 강재의 부재는 일정시간이 경과한 후 재도장 할 수 있도록 계획하여 강재 피복의 내염기성을 유지하도록 계획하였으며 사용되는 도료는 주위경관과 색채조화를 이루도록 무기질재 징크 프라이머 처리 후 역청제화 우레탄계를 계획하였다.

3) 인도교장식

인도교의 구조형식은 그림 2와 같이 프리스트레스 효과를 도입한 라멘식 교량이나 외부장식은 미관과 주변경관을 고려하여 현수교 형식으로 하였으며 사용되는 Cable은 내구성과 내염기성 등의 성질을 지니면서 바다의 운치를 감안하여 환경친화적인 신소재를 가능한 사용할 계획이다.

4) 인도교 포장
콜크마개공법, Soil cement 공법 등을 비교 검토하여 인도교 보행자의 친화감을 느낄 수 있는 신소재 사용할 계획이다.

라. 프리스트레스 효과를 도입한 라멘식 공법 적용

구조물의 원리는 강상자형보와 기둥을 용접에 의하여 일체화 하기전에 가지지점을 이용하여 프리스트레스를 가하여 구조물을 설치하므로 단순보의 중앙에서 발생하는 최대 정모멘트를 1/3 정도까지 줄일 수 있으며 단순보 처짐의 20% 정도를 감소 할 수 있었다. 또한 기존 라멘육교에서 볼트 체결 시공과정에서 발생하는 수축·팽창 등에 의한 시공결함을 개선할 수 있는 공법이다.

표 2의 시공순서에 의한 Moment도와 같이 인도교 교대에 단일 상자형 보를 얹어놓고 응력계산에 의하여 산정된 가지지점 즉 본 지구 인도교에서는 보의 양단 끝에서 전체길이의 1/3 지점(가지지점)에 높이 조절이 가능한 2개의 임시 기둥을 각각 설치하여 보의 양단부가 기둥의 상단부와 수평을 이룰 수 있도록 높여줌으로써 발생하는 부모멘트에 의해 보의 자중에 의한 정모멘트와 보와 기둥이 일체화된 후의 활하중에 의한 정모멘트를 대폭 감소시켜줄 수 있는 프리스트레스 효과를 얻는 것이다.

여기서 가지지점의 가장 적당한 위치는 원래

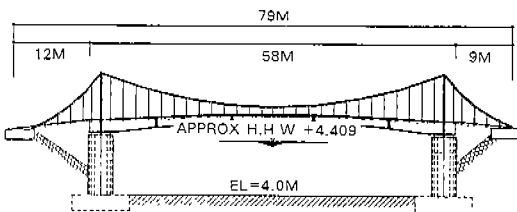
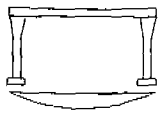
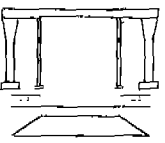
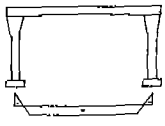
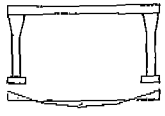


그림 2. 인도교 교량구조도

표 2. 시공순서에 의한 Moment 도

구 분	구조물의 형태 및 Moment도	구조물의 영향
○기둥을 설치한 후 보를 얹어 놓은 상태		○단순보에서 단면중앙부의 최대 Moment에 의하여 설계
○보의 양끝에서 1/3지점에 가지지점 2개소 설치(프리스트레스 도입)		○가지지점 2개소를 설치하여 가지점 사이의 Moment 크기를 같은 값을 가지도록 한다. ○기둥과 보를 용접에 의해 일체화 한다.
○구조물을 일체화 시킨 후 가지지점을 제거(부모멘트 발생)		정모멘트 : 기존단순보 형식의 1/3 범위 부모멘트 : 기존단순보 형식에 비해 절대값으로 2/3값 범위
○활하중에 의한 완성 후의 구조 형태		○활하중에 의거 사하중에 의한 Moment 변화

라멘구조물의 모멘트 형상인 정모멘트 구간의 최대모멘트가 부모멘트 구간 최대모멘트 절대값의 1/2이 발생되는 지점을 결정하여야 하며 이때 가지지점에 의한 상향력은 강형의 자중보다 크지 않게 하고 이로 인하여 발생하는 응력은 강재의 허용 인장력을 초과하지 않는 최대 한계내에서 결정하여야 한다. 또한 상향력이 재하될 때에는 강형복부의 국부좌굴이 발생되지 않도록 응력을 검토하여야 한다.

3. 농업토목에서의 공법 적용성

대호농어민교육복지센터내의 인도교는 '99. 7. 3일 착공하여 금년도 11월까지 완료 계획으로 라

멘식 구조의 상판에 가지지점을 설치한 후 프리스트레스를 도입한 공법을 장지간(L=58.0m)에 시도하는 공법으로 주변에 기존 구조물의 안정성확보, 각종 하중조건에 의한 부재력, 보행자의 쾌적성을 확보하기 위해서 진동에 의한 영향까지 검토하였으며 기초지반의 시공에서 구조물의 완성까지 세밀한 분석과 시공과정을 정리하여 이러한 특수공법에 대한 기술을 축적하고 보급코자하며 저수지의 여수로 부의 교량과 같이 여러 가지 원인으로 장지간의 철골구조물 또는 콘크리트와 철골로 된 복합구조물 설치가 요구될 경우 이의 공법 적용이 유용하게 활용될 것으로 기대된다.