

# 남해고속도로 섬진강교 내염보수공사 시공

## Repair of Seonjingang Bridge in Namhae Highway Route Deteriorated by Chloride Attack

한복규\*      지한상\*\*      정해문\*\*\*      안태송\*\*\*\*

Han, Bog Kyu    Chi, Han Sang    Cheong, Hai Moon    Ahn, Tae Song

---

### ABSTRACT

Corrosion of reinforced concrete structures in marine environment is one of the most important mechanisms of deterioration. Under Korean highway bridge, the time for the steel reinforcement in the concrete to exhibit initial signs of corrosion is within three decades. Therefore, "SUM JIN" highway bridge, located in a corrosive marine environment on the south of Korea, had been examined the current condition of the steel reinforcement corrosion in concrete by half-cell potentials, chloride contamination of concrete and so on. According to the tests, the protecting film around the reinforcement is deteriorated and corrosion activity developed in tidal zone.

The purpose of this paper is to report the effects of "SUM JIN" highway bridge damaged by chloride attack and to present the results of repair of "SUM JIN" highway concrete bridge in domestic marine environment.

---

### 1. 서론

콘크리트 구조물은 pH 12~13 정도의 강 알칼리성을 나타내는 매우 안정적이며 반영구적인 재료로 널리 알려져 있으나, 해양환경에 놓여있는 구조물은 염해로 인하여 조기열화 및 손상을 받을 우려가 있는 것으로 보고되고 있다. 실제로 국내·외에서는 염해피해로 인하여 교량 예상사용수명 이전에 철거 및 보수·보강을 하는 사례가 빈번히 발생하고 있으며, 이에 따른 유지관리비용이 과대하게 발생한 예가 적지 않게 보고되고 있다. 현재 국내 염해 보수 대책 현황을 살펴보면 보수시기에 있어서 열화가 어느 정도 진행된 후에 실시함에 따라 보수를 실행하여도 큰 기대효과를 보지 못하는 사례가 많은 점을 감안하여 유지관리 비용을 최소화하는 관점에서 근본적인 대책마련이 중요하다. 본 논문에서는 남해안에 위치한 1개 교량(섬진강교)을 대상으로 실시한 남해안의 염해 및 시공환경 조사결과와 이에 따른 염해대책공법의 시공결과에 대해서 보고하기로 한다.

---

\* 정회원, (주)한국소본드건설 기술개발부 과장  
\*\* 정회원, (주)한국소본드건설 기술개발부 이사  
\*\*\* 정회원, 한국도로공사 도로교통기술원 책임연구원  
\*\*\*\* 정회원, 한국도로공사 도로교통기술원 수석연구원

## 2. 섬진강교 개요 및 환경조사

섬진강교 개요는 표 1에 정리하였다. 섬진강교는 섬진강 하부에 해수와 민물이 교차하는 지역에 위치한 교량으로서 1992년 12월에 완공되어 공용년수가 보수시점에서 12년 경과하였다. 교각중에서 P2~P9 교각은 상시 해수중에 위치하고, P10, 11은 만조위때만 해수와 접촉하고 있다. 본 교량이 위치한 곳(남해안)의 조수간만차는 약 4m 정도이고, 3~4m 정도의 간만차 때문에 교각 및 푸팅부의 간만대 부위는 해수의 건습반복작용으로 인하여 해상교각의 간만대 부위는 산소(O<sub>2</sub>), 물(H<sub>2</sub>O), 염분(Cl)의 공급이 활발해짐에 따라 높은 부식환경을 형성하고 있으며, 교각의 상단부와 상부구조는 해상대기부로서 비례염분의 영향을 받는 환경이다. 시공여건을 살펴보면, 간만의 차로 인하여 건조시에는 시공가능시간이 3-5시간으로 제한되어 있어 빠른 해수유입으로 인한 시공의 어려움을 가지고 있다.

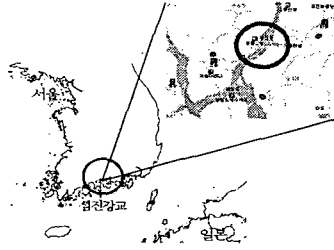


그림 1 섬진강교 위치

표 1 섬진강교 개요

장 소	경상남도 하동군 금성면 궁항리 소재		
노선/이정	남해고속도로 31.27Km		
연 장	524.60m	폭 원	11.85m
상부구조	PSC거터	하부구조	현장콘크리트 말뚝
공사기간	1989년 10월 ~ 1992년 12월 (공용년수 12년, 1992년 시점)		

교량의 정확한 염해피해조사를 하기 위해서 해수 접촉부위별 외관상태조사, 침투염분량측정 및 철근부식상태 조사를 실시하였다. 외관조사결과, 해수중 교각에서 일부 균열이 발견되었으나, 철근부식에 의한 것으로 판단되는 균열은 관찰되지 않았다. 침투염분량 측정은 P3, P4의 기초를 기준으로 하여 0.5m, 1.5m 높이와 푸팅부에서 코어를 채취하여 JCI-SC4방법에 준하여 산가용성 염화물을 측정하였다. 그 결과, 간만대부위는 철근위치에서 염화물량이 1.2kg/m<sup>3</sup>를 훨씬 초월하는 값을 가져 이미 철근부식에 의한 손상단계 중 진전기에 해당하고 있으며, 비말대의 경우 아직 잠복기 상태인 것을 알 수 있었다.(표 2

표 2 P4의 철근위치에서의 염분량 측정 결과

구 분	기초벽면	기초윗면	교각 (기초+0.5m)	교각 (기초+1.5m)
	간만대			비말대
철근위치에서의 염분량 (kg/m <sup>3</sup> )	2.06	1.86	3.06	0.50
철근부식상태	이미진행	이미진행	이미진행	-
판 정	진전기	진전기	진전기	잠복기

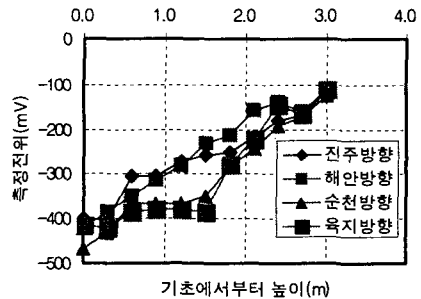


그림 2 철근의 자연전위 조사결과  
참고) 철근부식상태 조사는 KS F 2712

콘크리트 내부 철근의 반전지 전위 시험 방법으로 측정하였고, 분극저항법에 의해 철근부

식 진행속도를 측정하였다. 그림 2에 자연전위 측정예를 나타내었는데, 기초로부터 +1.5m까지의 부분의 자연전위가 -350mV 이하가 되어 이미 철근부식이 발생되었을 가능성이 매우 높은 것으로 나타났고, 분극저항 시험결과 높은 부식속도를 나타내고 있었다. 이상의 결과로부터, 푸팅부에서 +1.5m 하부에서는 이미 철근부식이 발생한 상태라고 판단할 수 있고, 균열이나 녹물발생이 보이지 않아, 철근부식에 의한 콘크리트 손상까지 진전된 상태는 아닌 것으로 나타났다.

### 3. 내염보수공법의 선정

표 3 섬진강교 내염보수공법 선정결과

표 3은 섬진강교 각 교각 부위별 염해손상상태에 대한 내염보수 대책 선정결과에 대해서 나타내었다. 보수공법의 선정은 고속도로 교량으로 중요교량이므로, 향후 염해에 대한 내구수명을 40년 이상 확보가능한 공법 중, 국내 시공

구분	대상교각	해수접촉부위	철근콘크리트 상태	보수공법
상시 해수 중 교각	P2~P9	간만대	진전기	전기방식
		비말대	잠복기	내염도장 (침투식도장재)
		해상대기부	잠복기	없음
일시 해수 중 교각	P10, P11	간만대	잠복기	내염도장 (코팅식도장재)
		비말대	잠복기	내염도장 (침투식도장재)
		해상대기부	잠복기	없음

기술로 적용가능한 공법으로 하는 것을 원칙으로 하여 검토한 결과, 가장 염해손상이 심각한 상시 해수중 교각의 간만대 부위에 대해서 전기방식 공법을 적용하는 것으로 하였다. 표 3에서 보는바와 같이, 철근부식발생 임계염분농도 이상 침투하여 이미 철근부식이 진행되고 있는 진전기에서 보수가능한 공법은 단면복구, 전기방식, 전기화학적 탈염 공법 등이 있다. 전기방식공법은 이미 국내에 시공실적(소래교, 가화천교)을 가지고 있으며, 방식전류가 공급되는 한 철근의 부식을 근본적으로 억제하는 것이 가능하므로 진전기 이후의 보수공법으로서 적합하다고 판단되어 선정하여 시공하였다. 해수와 직접적인 접촉이 드문 비말대의 경우 염화물 침투량이 비교적 적어 해수에 의한 염분공급을 차단하는 내염도장공법을 적용하였고, 해상대기부는 향후 50년 이상 경과되어도 철근부식 발생의 우려가 없는 것으로 평가되어 보수를 실시하지 않는 것으로 하였다.

### 4. 전기방식공법 시공

본 교량에 적용된 전기방식공법은 PE영구거집을 이용한 외부전원법을 적용하였다. PE 거꾸집을 이용함으로써 조수간만의 차에 의한 해수유입으로부터 양극재(티타늄매쉬) 및 모르타르 유실방지를 할 수 있었을 뿐만 아니라, 폴리에틸렌 계열의 재료를 사용함으로써 외부로부터의 산소, 물, 염분 침투를 차단할 수 있을 것으로 기대되었다. 주요공정의 개요 설명은 이미 소래교와 가화천교 시공<sup>1)</sup>에서 소개한 바 있어 본 논문에서는 전기방식 시공 후 통전시험결과에 대해서 주로 설명하도록 한다.

### 5. 통전시험 결과

섬진강교의 전기방식시설은 콘크리트 전기저항, 해상교량의 지형적 요건 및 철근부식정도를 고려하여 총 16개의 방식회로로 구성하였다. 표 4에 통전시험결과와 한 예로서 UNIT 3과 4에 대한 분극시험, 전류밀도 및 복극량 시험결과에 대하여 나타내었다. 전기방식시공 완료 4주 후 통전시험을 통하여 철근에 공급하는 방식전류량을 결정하기 위하여 E-Log I Test를 실시하였다. 복극량 시험은 철근 및 양극의 전위가 안정된 것을 확인하기 위해서 통전 개시 후 1주일 후에 시험을 실시하였다. 방식기준 설정은 철근의 자연전위보다 마이너스(-) 방향으로 100mV이상 분극으로 하였으며, 철근의 수소취화의 영향을 고려하여 분극된 전위가 -1,100mV보다 플러스되는 방향에 있는 것으로 설정하였다. 100mV 분극에 필요한 전류밀도는 P3, 4의 실험결과 15~16mA/m<sup>2</sup> 정도로 일반적인 전류밀도 (10~30mA/m<sup>2</sup>)와 유사한 것을 확인할 수 있었는데<sup>2)</sup>, 기준전극 설치 위치에 따라 약간의 차이를 보이는 것을 확인하였다. 표 4에서 보는바와 같이 선정된 전류밀도가 분극시험과 복극량 시험을 통하여 타당한 것을 확인할 수 있었다.

표 4 섬진강교 통전시험 결과

회로 구분	기준전극위치	통전 전 자연전위 E <sub>corr</sub> (mV)	100mV분극시		통전전후		복극량 시험결과 E <sub>io</sub> (mV)	전류밀도 선정결과 (mA/m <sup>2</sup> )
			전류밀도 (mA/m <sup>2</sup> )	E <sub>io</sub> (mV)	전위차	판정		
Unit 3	No.3(P3-상행-푸팅)	-571	15.5	-690	119	OK	141	16.6
	No.4(P4-상행-푸팅)	-623	16.6	-731	108	OK	115	
Unit 4	No.5(P3-하행-푸팅)	-606	15.5	-711	105	OK	141	15.5
	No.6(P4-하행-푸팅)	-515	15.5	-623	108	OK	111	

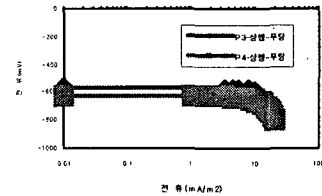


그림 3 P3,4의 분극시험결과

## 6. 결론

본 논문에서는 염해피해를 입은 해상교량인 남해선 섬진강교에 대하여 실시한 내염보수공법의 선정과 시공결과를 보고하였다. 남해안에 위치한 섬진강교의 염해피해 조사결과, 상수 해수중 교각의 간만대 부위는 철근위치에서 염화물량이 1.2kg/m<sup>3</sup>의 이상의 값을 가져 이미 철근부식이 진행된 진전기 상태에 있는 것으로 판단되어 철근의 부식의 진행을 근본적으로 억제할 수 있는 전기방식공법을 선정하여 시공하였고, 비말대 부위에 대해서는 내염도장공법을 적용하였다. 전기방식 공법의 선정은 교량 내구수명, 시공여건 등을 고려하여 티타늄메쉬 양극재를 이용한 외부전원법으로 하였으며, 양극재의 피복은 PE영구거푸집을 이용한 모르타를 주입공법으로 시공하였다. 방식기준은 100mV 분극상태로 하였는데, 이에 필요한 전류밀도는 15~16mA/m<sup>2</sup> 정도였고, 복극량 시험을 통해 철근이 방식상태에 놓여 있는 것을 확인하였다.

## 참고문헌

1. 한복규, 지한상, 정해문, 안태송, “가화천교 내염보수를 위한 전기방식공법 적용” 콘크리트학회 학술발표논문집, 2005 제 17권 1호 pp.519~522
2. 土木學會 電氣化學的防食工法 設計施工指針 (案), pp67-68, 2001.