

해양에 위치한 고속도로교량에 대한 내염보수 공법(2)-전기방식시공결과

Repair of Highway Bridge damaged by Chloride Attack in Marine Environment(2) - Application of Cathodic Protection

지한상* 한복규** 정해문*** 안태송**** 류종현*****
Chi, Han Sang Han, Bog Kyu Cheong, Hai Moon Ahn, Tae Song Ryu, Jong Hyun

ABSTRACT

Corrosion of reinforced concrete structures in marine environment is one of the most important mechanism of deterioration. However, conventional rehabilitation techniques in tidal zone, which consist of removing delaminated areas of concrete, cleaning affected steel and patching with portland cements mortar, have proven to be ineffective for marine structures. Also, repairs are often repeated every several years.

The purpose of this report is to announce appropriate repair method of highway bridge damaged by chloride attack in marine environment (application of cathodic protection) using FRP and antiwashout underwater mortar.

1. 서론

국내 해양환경에 놓인 콘크리트 구조물은 해수의 영향으로 인한 조기열화로 손상을 받을 우려가 있어, 염해에 대한 내구성 향상을 위한 대책이 반드시 필요하다. 특히, 서해안의 경우 큰 조수간만차의 영향으로 인하여 특수한 염해환경과 시공조건을 가지고 있으며, 이에 따른 적절한 보수공법 선정에 어려움이 있다. 실제로 현재 시행중인 염해보수방법에 많은 문제를 발생시키고 있어 여기에 대한 기술개발 및 시공방법이 필연적으로 요구된다. 이에 염해환경에 놓인 콘크리트 구조물의 품질확보를 위한 적합한 보수공법을 선정하고자 하였다. 그 결과, FRP연구거푸집과 속경형 수중불분리 모르타르를 이용한 전기방식공법을 선정 및 적용하였으며, 본 논문에서는 서해안의 시공환경 소개와 특수한 염해·시공환경을 고려한 시공방법 및 결과에 대해서 보고하기로 한다.

2. 소래교의 시공 환경조사

서해안에 위치한 소래교의 경우 표 1과 그림 1에서 보는바와 같이 조수간만의 차가 동

- * 정회원, (주)한국쇼본드건설 기술개발부
- ** 정회원, (주)한국쇼본드건설 기술개발부
- *** 정회원, 한국도로공사 도로교통기술원 책임연구원
- **** 정회원, 한국도로공사 도로교통기술원 수석연구원
- ***** 정회원, 한국도로공사 도로교통기술원 위촉연구원

해안에 비해 4-6배 정도 큰 차이가 나는 것을 알 수 있다. 이로인하여, 해상교각의 간만대 부위는 산소(O₂), 물(H₂O), 염분(Cl⁻)의 공급이 활발함에 따라 높은 부식환경을 형성하고 있다. 시공여건을 살펴보면, 간만의 차가 8-9m정도 되기 때문에 간조시에는 푸팅부위에서 작업이 가능해진다. 하지만, 큰 조수간만차로 인하여 조류의 속도가 빠르며, 1일 시공가능 시간이 3-5시간으로 제한되어 있어 빠른 해수유입으로 인한 정밀시공의 어려움을 가지고 있다. 또한 해산물시장(소래포구)가 근처에 있어 시장으로 운행하는 소형 선박의 왕래가 많으므로 선박의 운항을 배려한 대책공법선정이 중요하다.

위 치	간만차 (대)	간만차 (소)
서해안	8.1 m	3.5 m
남해안	3.8 m	0.9 m
동해안	1.2 m	0.4 m

표 1 조수간만의 차 (지역별)

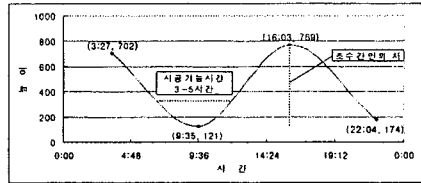


그림 1 조수간만의 차(서해안)

3. 공법의 선정

공법의 선정에 있어서 시공조건 및 조사결과를 정리하면 다음과 같다. ①작업가능시간은 3-5시간/일 이다. ②큰 조수간만차에 의한 정밀시공이 어렵다. ③조류가 빠르며, 소형 선박의 왕래가 많다. ④간만부의 철근은 일부 부식되고 있는 것으로 조사되었다. 이와같은 결과에 의해서 기존에 사용한 보수공법은 적합하지 않은 것으로 판단되었으며, 철근의 부식을 근본적으로 억제할 수 있는 전기방식공법을 실시하는 것으로 하였다. 하지만, 전기방식공법은 신설시와 간만대를 제외한 부위의 보수시 적용한다면 유리한 이점이 있으나, 간만대 부위 교각에 대한 보수공법으로서는 큰 조수간만차에 의하여 시공중 모르타르 유실 등의 우려가 있고 간만시 모르타르의 수분흡수로 인하여 전기저항이 변할 수 있는 시공성과 수명 측면에서 다소 불리한 것으로 판단되었다. 이에따라, 소래교에는 특수한 염해환경 및 시공환경을 고려한 시공방법을 모색하였으며 그 결과 FRP영구거푸집을 설치하여 수중 불분리성 모르타르를 주입시키는 공법을 선정 및 적용하였다.

4. 전기방식공법

4.1 전기방식의 시공

본 교량에 적용한 해상교각의 전기방식 내염보수공법에 대한 전시공 과정을 체계화 하였으며 각 시공단계는 그림 2에 나타내었으며 본 시공법의 특징은 다음과 같다. ① FRP 영구거푸집설치와 모르타르 주입을 하나의 공정으로 1사이클화 하여 시공함으로써 1일 3-5시간동안 시공하는 것이 가능해 졌다.(그림 3) ② FRP영구거푸집을 사용함으로써

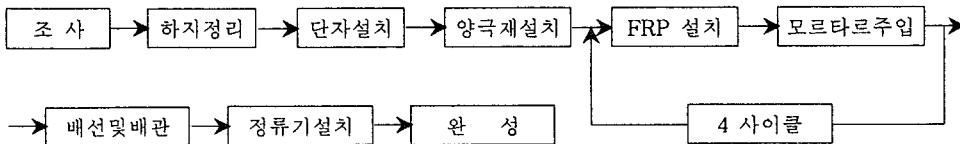


그림 2 전기방식 내염보수 공법의 시공순서

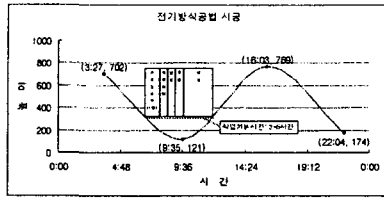


그림 3 전기방식공법 시공(1사이클)

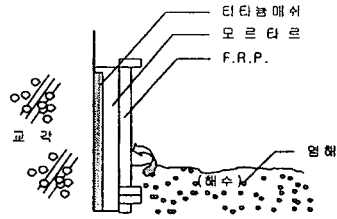


그림 4 시공도면

염분, 공기, 물의 영향을 차단할 수 있었다(그림 5참고). 전기방식공법 주요공정의 개요 설명은 아래와 같다.

(1) 표면정리(바탕처리)

콘크리트 표면에 부착된 해삼물류의 제거와 양극재 및 피복모르타르의 부착성능을 높이기 위하여 콘크리트 표면을 저압의 워터젯을 사용하여 바탕처리하였다. 이 후 샌더 그라인더를 사용하여 작은 이물질까지 완전히 제거하였다(그림 5)

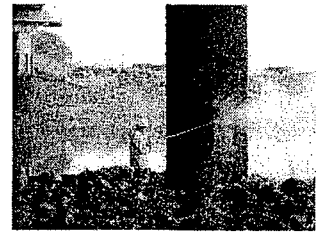


그림 5 콘크리트 면 바탕처리

(2) 단자설치

방식회로 형성 및 확인을 위해 콘크리트 내에 매설형 기준전극을 설치하였다. 본 교량에 사용된 전극은 염화은 전극을 사용하였으며 철근의 부식상태를 고려하여 3곳에 설치하였다(그림 6). 설치위치는 간만대 부위를 상중하로 나누어 HWL -2.1m, -4.0m, -6.9m 위치에 각각 설치하였다.

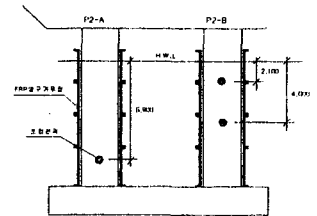


그림 6 시공도면(기준전극)

(3) 양극재 설치

방식전류를 균일하게 적용하기 위해서 티타늄 매쉬 형태의 양극재를 교각에 둘러 설치하였다. 이때, 방식전류에 영향을 주지 않도록 플라스틱 못을 사용하여 고정하였다.

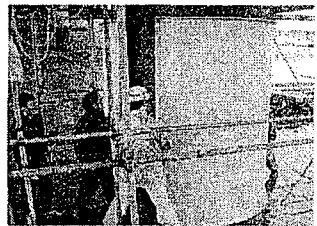


그림 7 FRP양극재거푸집 설치

(4) FRP영구거푸집 설치

FRP영구거푸집은 현장조립을 고려하여 두개로 분할하였으며 반원 형태로 제작하였다. 또한, 부식방지를 위해 스텐레스 양카를 사용하여 거푸집을 연결 및 정착하였다(그림 6, 7). FRP영구거푸집 설치시 피복두께(3cm)를 확보하기 위하여 스페이서를 6군데 설치하였다. FRP영구거푸집은 모르타르가 경화될 때까지 보호하는 역할을 감안할 때 축압 및 주입시 발생하는 압력에 대한 고려가 필요하다. 따라서, 본 공사에서는 두께 7mm의 적층 FRP를 사용하였다. FRP의 기본 물성은 표 3과 같다. FRP영구거푸집을 설치한 주된 이유는 다음과 같다. ① 경량인 재료로써 빠른 시공시간을 확보할 수 있다. ② 모르타르 타설시 거푸집 역할을 수행할 수 있을 뿐만아니라 시공 후 교각 내하력 증대 효과를 가질 수 있다. ③ 빠른 해수 유입으로부터 모르타르 유실방지와 조수간만시 수분의 차단효과를 가진다.

시험항목	단 위	결 과	시험방법
압축강도	kg/cm ²	2,010	ASTM D 695
인장강도	kg/cm ²	1,140	ASTM D 638
굴곡강도	kg/cm ²	1,740	ASTM D 790

표 3 FRP영구거푸집 기본물성

시험항목	단 위	결 과	시험방법
유 동 성	sec	6.2	JSCE-F 541
압축강도	kg/cm ²	496	KS F 4042
인장강도	kg/cm ²	100	KS F 4042
굴곡강도	kg/cm ²	25	KS F 4715

표 4 주입용 모르타르 기본물성

(5) 모르타르 주입

서해안의 큰 조수간만차에 의한 빠른 해수유입으로 인하여 제한된 시간안에 피복모르타르 주입완료를 위하여 속경형 수중 불분리 모르타르를 사용하였다. 주입용 모르타르의 주입은 공극발생을 최소화 하기 위해서 하부에서 주입하여 상부로 배기하는 방식을 선정하였다. FRP영구거푸집 설치와 모르타르 주입까지의 공정을 간소화 하여 짧은 시간안에 시공하는 것이 가능해졌다. 완성된 사진은 그림 8과 같다.

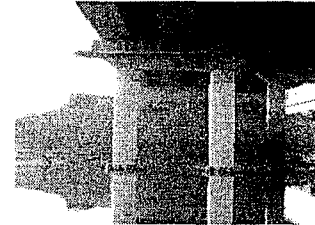


그림 8 시공 후 모습

4.2 통전시험

통전시험을 통해 공급하는 방식전류량을 결정하여야 한다. 이때, 단면복구재에 의한 철근의 부동태화 및 수화반응의 영향을 고려하여 모르타르 주입 4주 후에 시험을 실시하였다. 분극시험결과는 그림 9와 같다. 이 결과를 토대로

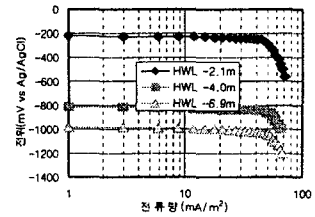


그림 9 분극시험 결과

본 교량의 방식효과를 유추해 보면 100mV 분극에 필요한 전류밀도는 56mA/m²로써 방식전류밀도 100mV이상의 전위량을 만족시킬 수 있고, 방식기간을 통해 양극시스템과 콘크리트 품질이 저하되지 않는다고 판단된다. 국내 최초로 실시된 간만대에서 전기방식공법으로써 향 후 방식전류를 설정하는데 유지관리 및 검토가 이루어져야 된다고 생각된다.

5. 결론

본 논문은 서해안의 염해환경의 소개와 특수한 염해환경과 시공조건등을 고려한 시공방법의 제안과 결과를 보고하였다. 본 논문의 결론을 요약하면 다음과 같다.

- 1) 서해안에 위치한 교량의 경우 큰 조수간만차(동해안의 4-6배)를 가지고 있으며, 이를 고려한 염해대책 방법이 필요하다.
- 2) 간만대 부위 전기방식공법은 현장여건과 방식성능, 내구수명을 고려하여 FRP영구거푸집과 속경형 수중 불분리 모르타르를 이용한 공법을 선정하였으며, 시공완료 후 통전 시험 결과 철근부식억제효과를 확인하였다.
- 3) 전기방식 시공결과 시공의 간소화를 통하여 간조시간(3-5시간) 동안 시공하는 것이 가능한 것을 확인했으며, 큰 조수간만차가 있는 간만대 부위의 염해보수대책공법으로 적합하다고 판단된다.

참고문헌

1. 社) 土木學會 電氣化學的防食工法 . 設計施工指針 (案), pp67-68, 2001.
2. Browne, R.D. (1982), "Design prediction of life for reinforced concrete in marine and other chloride environments". Durability of Building Materials, 1: 113-125.