

석산육교 공동충전을 위한 가소상 모르타르 충진(TMP)공법 적용

The Application of TMP Method on Suk-San Highway Bridge

한복규* 신관수** 정해문*** 이재도***
Han, BogKyu Shin, GaonSu Cheong, Haimoon Lee, JeaDo

ABSTRACT

Suk-San highway bridge, located on a soft ground environment, had been examined the current condition of settlement estimation throughout G.P.R(Ground Penetrating Radar), general observation and visual observation(video camera & scope). According to the above observations, the ground of this area has sunk about thirty centimeters since 1996. Also, currently, Suk-San highway bridge has been disjoining the gap between the structure and ground. Therefore, it is necessary to fill it up the gap.

The purpose of this paper is to report the effects of Sunk-San highway bridge was observed by G.P.R. & general observation etc. and to present the results of repair of Suk-San highway bridge filling the gap up.

1. 서론

건축 또는 토목구조물은 지반과 일체화 되도록 설계되어 있으나, 시공상의 이유 혹은 시공 후 지반의 유동 등으로 인하여 구조물과 지반사이에 공극이 발생하게 된다. 이때 발생한 공동에 의하여 상부구조의 지반 침하 등의 문제점이 발생하게 됨에 따라, 이에 따른 대책마련(매립/충진)이 반드시 필요하다. 국내 연약지반 내 건설된 석산육교의 도로 포장의 교량 뒤채움부 침하로 인해 1996년 개통 이후 지속적인 보수를 실시하였으나 근본적으로 해결이 되지 않는 문제점을 가지고 있었으며, 현장 실태조사 결과, 이미 침하로 인한 단차 및 벌어짐(공극)이 지속적으로 발생하고 노면수 유입에 의한 침식과 세굴이 심화됨을 확인하였으며, 이로 인한 통행차량의 소통에 지장을 초래하는 것을 확인하였다. 이에, 적절한 유동성 및 점성으로 한정주입이 가능한 가소상 모르타르 그라우팅 공법(TMP공법)을 적용하였으며, 이에 따른 현장조사 및 시공결과에 대해서 보고하기로 한다.

2. 석산육교의 개요

남해고속도로 중앙지선에 위치한 석산육교는 우리나라를 대표하는 연약지반 지대인 낙동강 델타 지역에 건설되었으며, 하부 연약한 점성토층의 심도가 매우 깊고 압축성이 커, 시공 중은 물론 현재까지도 큰 침하가 발생하고 있는 교량이다. 교량개통 후 지속적으로 발생하는 침하(평균 30cm)로 인해 교대 뒤채움부에서 공동이 발생하고 있으며, 그 대책으로 2004년 기준 총 3차에 걸쳐 충진을 실시하였다. 하지만, 유동성이 우수한 그라우트(C.B)를 사용함에 따라 측면으로 재료유실이 많은 것으로 조사되

* 정회원, (주)한국소븐드건설 기술개발부 과장

** 정회원, (주)한국소븐드건설 기술개발부 연구원

*** 정회원, 한국도로공사 도로교통기술원 책임연구원

**** 정회원, 한국도로공사 양산지사 과장

었다. 표 1에서는 석산육교의 개요, 그림 1에서는 석산육교의 위치를 나타내었다.

표 2 석산육교 개요

장 소	경상남도 양산시 동면 석산리 1888번지		
노선/이정	남해선 중앙지선 6.04Km		
연 장	26.1m	폭 원	32.8m
상부구조	라멘교	교량접속부 형태	접속슬래브
공용년수	1996년 준공(공용년수: 10년)		

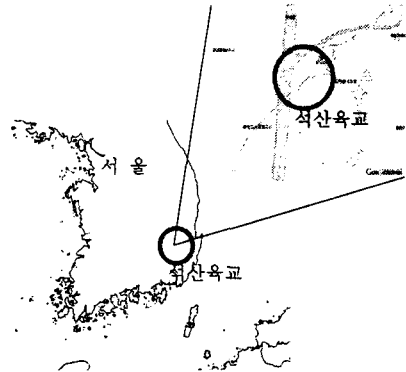


그림 1 석산육교 위치도

3. 공동충진 공법 선정

3.1 석산육교 현장조사

석산육교의 지반상태, 공동 및 이상유무를 확인하기 위하여 ①육안관찰, ②G.P.R.탐사 및 ③실측(잠망식 비디오 카메라)을 실시하였다. 현장조사결과, 육교 점검로 계단은 현저하게 침하된 상태인 것을 확인할 수 있었으며, 공동이 확인되는 지점에서 다이크의 여유가 부족한 것을 확인할 수 있었다. GPR 탐사결과 접속슬래브 하부에 지반 이완대 신호로 사료되는 신호가 검출되었다. 잠망식 비디오 카메라 실측을 위하여 슬래브 상부에서 천공을 실시하였으며, 실시결과 침하깊이는 평균 약 9cm인 것을 확인하였다. 개통 직후의 포장면은 토공부에서 침하가 발생하게되면 그림 3과 같은 모식도를 가지게 되며, 그림으로부터 슬래브 하부의 공동의 규모를 산정할 수 있을 것으로 사료된다. 예상 공동구 깊이 H는 보링을 통해 실측한 각 천공깊이의 합/천공갯수를 기준으로 하며, 접속슬래브 길이는 6m를 기준으로 하였다. 위의 내용을 정리하면 다음 식1과 같이 정리할 수 있으며, 추정결과 17.46m³의 공동크기를 유추할 수 있다.

$$\text{예상공동구 추정(m}^3\text{)} = H(\text{침하깊이}) \times B(\text{접속슬래브 길이}) \times b(\text{접속슬래브 너비}) \times (1/2) \dots \text{식1}$$

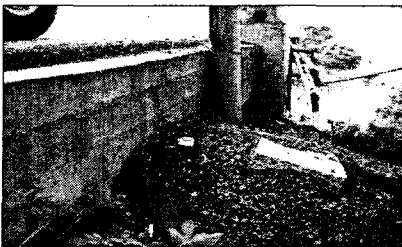


그림 2 침하에 의한 다이크 증고

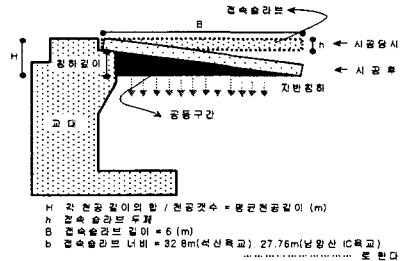


그림 3 공동구 추정 모식도

3.2 공법의 선정

석산육교 교량뒤채움부 공동 그라우팅 공사는 2003년기준 총 3회를 실시하였다. 기존의 공법은 일반적인 그라우팅공법, C.B., 경량기포 그라우트등을 사용하였으나, 공동 추정량에 대비하여 3~4배 더 많은 투입결과를 나타내었다. 그 원인을 살펴보면, 기존 그라우트는 시공시 유동성이 좋아 좁은 틈새 충전에는 유리하나 노면수의 유입 및 집중으로 공동의 확장,전이 및 유로가 형성되어 많은 유실량을 가지는 것으로 조사되었다. 이에, 기존 그라우팅재료의 단점을 보완할 수 있는 점성과 유동성을 동시에 보유한 재료

의 필요성이 대두되면서 물에 희석이 되지 않고, 미세한 틈으로의 누출을 방지할 수 있는 재료를 중심으로 재료선정을 하였으며, 검토결과 TMP (Thixotropic -gel Mortar Packing Method)공법을 적용하였다. 그림 4에서는 TMP공법의 점성과 유동성에 대해서 나타내었다.

3.3 가소상 모르타르 그라우트

가소상 그라우트는 그림 4에서 보는바와 같이 액체와 고체의 중간영역에 속하며, 그라우트 자체의 유동성은 없으나, 약간의 가압으로도 쉽게 유동화 될 수 있는 것을 특징으로 한다. 가소상이라는 특성은 모든 그라우트는 유동상에서 경화에 도달하는 과정속에 반드시 가소상 경화영역을 거치게 되는데, 그라우트에 첨가하는 물은 고체입자의 부착(흡착)이나 반응에 관계하는 고정수와 자유수(자유롭게 이동할 수 있는 물)로 나뉘어진다. 이때 그림 5에서 보는바와 같이 가소제(TM-2)를 첨가함으로써 마요네즈 형상의 부드러운 고정수로 변화시킴으로써 가소상을 만들게 된다.

3.4 가소상 그라우트(TMP)의 주입 메카니즘

가소상 그라우트의 주입 메카니즘은 2액(A,B액)을 혼합하여 가소상 고결(Thixotropic-Gel) 상태를 실용상 유효시간까지 끌어올리는 방식으로 그림 6와 같이 모식도를 나타낼 수 있다. ①최초의 주입된 그라우트의 충전, ②다음에 주입된 그라우트, ③다음에 주입된 그라우트의 순차적으로 앞쪽으로 압출되게 되면, 최종적으로 그림 7에서보는바와 같이 확인구(배출구)를 통해서 주입을 마무리 하게 된다. 그라우트의 주입은 확인구의 토출되는 현상으로 충전여부를 확인할 수 있으며, 본 공사에는 충전이 이루어진 것을 그림 7을 통해 판단할 수 있다.

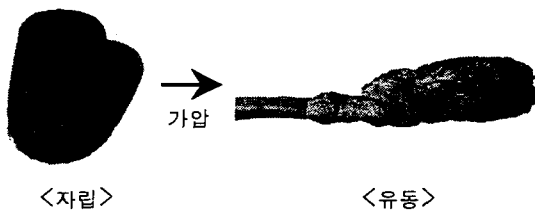


그림 4 TMP공법(가소상 그라우트)

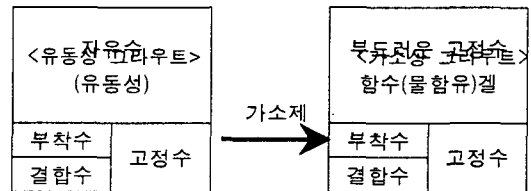


그림 5 가소상 그라우트

4. TMP공법의 시공

그림 8에서는 본 교량에 적용된 TMP공법의 시공 흐름도를 정리하였으며, 본 교량에 적용된 공법의 특징은 다음과 같다. ①가소상의 점성을 이용하여 미세한 틈으로의 누출을 방지할 수 있는 한정주입이 가능하다. ②본 공사가 연약지반에 사용하는 그라우트 재료이기 때문에 경량의 재료임이 중요하다. 따라서, 이에따른 그라우트 현장 품질시험결과 비중 1.04로써 경량이며, 불리당이 거의 없는 무수축성재료임을 확인하였다. ③공동에는 수분이 항상 존재하는 상태를 감안하였을때, 수중불분리성 재료임을 현장 시험을 통하여 확인할 수 있었으며, 그림 9에 나타내었다.

표 2 TMP공법 배합설계

구분	모르타르(A액)			Air(B액)		
사용재료	TM-1	TM-3	혼합수	TM-5	기포제 희석수	공기량
배합비	500kg	20kg	518ℓ	0.92kg	14.9ℓ	30%
※ 압축강도 5.3N/mm ² , 모르타르 비중 1.51, TMP 비중 1.04						

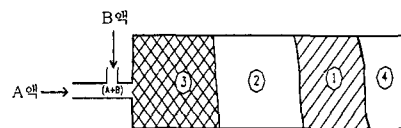


그림 6 가소상 그라우트의 모식도



그림 7 그라우트 토출

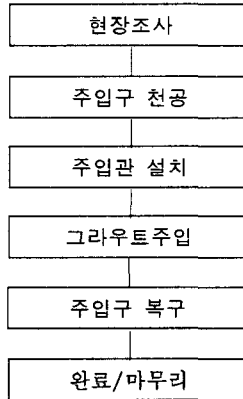


그림 8 공정표

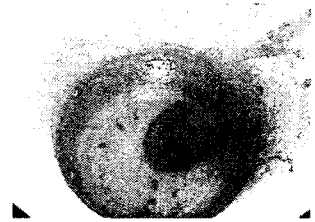


그림 9 수중불분리 확인모습

본 공사의 공동충전 시공을 실시함에 따라 공동구 조사를 통하여 추측한 공동구 추정치와 실제 시공 완료 이후 주입량을 비교 및 검토결과 다음 표 3과 같다. 위의 결과로부터 충전이 원활하게 이루어 졌으며, 기존 그라우트의 문제점인 미세틈으로의 재료 유출이 없음을 확인할 수 있었다.

표 3 공동구 충전결과

구 분	TMP공법
공동구 추정치	17.46m ³
실 공동구 주입량	17.89m ³
추정치-실주입량	-0.42m ³

5. 결론

본 논문은 석산육교의 연약지반의 현장 조사 결과 소개와 교량 뒤편부 공동에 대한 대책공법의 선정과 시공방법에 대한 결과를 보고하였다. 본 논문의 결론을 요약하면 다음과 같다.

- 1) 남해안 중앙지선에 위치한 석산육교의 연약지반에 의한 공동 조사결과 점속슬래브 하부에 공동이 있는 것을 확인하였으며, 공동에 의한 구조물 손상의 우려가 있는 것으로 조사되었다.
- 2) 석산육교 교량 뒤편부 공동 그라우팅공사의 공법 선정결과 점성과 유동성을 동시에 만족시킬 수 있는 TMP공법을 선정하였으며, 시공결과 미세틈으로의 유출이 없으며, 주입공 및 확인공을 통하여 공동부의 충전상태를 확인하였다.

참고문헌

1. Jean-Louis Briaud, et al., "Settlement of Bridge Approaches", NCHRP Synthesis 234, 1997.
2. 가소상 그라우트(TMP) 협의회, "가소상 공동 주입공법(1)", 터널, 교량하부 등 공동주입 기술자료 제 2권, 2005. 7., pp. 9~40.