

거가대교 케이슨기초 그라우트 충전 사례연구

A Case Study on Caisson Foundation Grouting in Geo-Ga Bridge

배경태¹⁾, Kyung-Tae Bae, 차경섭²⁾, Kyung-Seob Cha, 김영진³⁾, Young-Jin Kim, 박충환⁴⁾, Chung-Whan Park, 정경환⁵⁾, Gyeong-Hwan Jeong

- ¹⁾ (주)대우건설 기술연구원 전임연구원, Associate Researcher, Institute of Construction Technology, DAEWOO E&C Co. Ltd.
²⁾ (주)대우건설 기술연구원 선임연구원, Researcher, Institute of Construction Technology, DAEWOO E&C Co. Ltd.
³⁾ (주)대우건설 기술연구원 전문위원, Research Fellow, Institute of Construction Technology, DAEWOO E&C Co. Ltd.
⁴⁾ (주)대우건설 상무, Managing Director, DAEWOO E&C Co. Ltd.
⁵⁾ (주)동아지질 대표이사, CEO, Dong-A Geological Engineering Co. Ltd.

SYNOPSIS : During construction of a sea-crossing bridge grouting was used to fill densely the space between the bottom of caisson and the ground. This grout mixture was mixed with an anti-washout admixture after locating accurately the pre-cast caisson on three concrete landing pads. This method differs significantly from the costly conventional method, for bridge foundations offshore, where concrete is placed in situ after excavating inside of a temporary concrete coffering wall. To verify the grouting method in advance, the full-scale field tests were performed twice on land. After identifying the fluidity of the grout material to be filled, finding some possible problems with the main construction and revising the original design, the main construction has been continuing successfully with 20 caissons completed to date. The purpose of this paper is to introduce for the first time in Korea the grouting method including the automatic and the manual monitoring system based on the main construction of the caisson foundation.

Keywords : Caisson Foundation, Mortar grout, Full-scale field test, Monitoring System

1. 서 론

거가대교의 사장교 기초형식은 현장여건 및 국내의 적용사례 조사를 토대로 선정된 콘크리트 케이슨 기초로서, 상부에서의 하중을 기초저면 전체가 받는 구조로 계획되었다. 케이슨 거치를 위한 해저 굴착은 장비의 정밀성 문제로 인해 토공 계획면의 평탄성 확보가 어려울 것으로 예상되어 토공을 완료한 굴착면에 별도의 pad를 거치하고 상부에 케이슨을 거치하는 것으로 계획하였다. 케이슨 거치시 케이슨 바닥 슬래브의 하부와 굴착면 사이에는 공극이 발생할 가능성이 있어 별도의 충전이 필요하므로 본 시공에 적용되는 수중 불 분리 그라우트는 케이슨 저판과 기초 암반사이를 확실하게 충전할 수 있는 성능과 하중 전달에 필요한 강도를 가지는 품질이 요구된다. 따라서 본 연구에서는 기 수행된 수중 그라우트의 배합설계(정상균 등, 2005) 및 실험모형실험을 통한 충전기술(박충환 등, 2007)을 적용하여 본 시공시 자동화 계측센서를 통한 충전성 평가기법과 제안된 배합비로 설계된 수중 불 분리성 모르타르의 해상 케이슨기초 적용성을 평가하였다.

2. 케이슨기초 그라우트 충전 계획

부산~거제간 연결도로는 국지도 58호선으로서 교량구간의 총연장은 4219.5m이고, 주 예비 항로부 LOT2와 부 예비 항로부 LOT1이 설치되는 사장교 구간(LOT1 : 3주탑 사장교, LOT2 : 2주탑 사장교)과 접속교 구간(접속 1, 2, 3, 4교)으로 구성되어 있다. 사장교의 주탑부를 제외한 나머지 부분은 제작장에서 precast로 미리 제작(케이슨, 교각, 코핑, 상판 등)하여 현장으로 운반한 후 조립하는 방법으로 시공된다. 본 사업의 교량 하부기초 케이슨은 총 23기(LOT1 P2~P13 : 12개소, LOT2 P1~P13 : 11개소)로 계획되어 있으며 구간별 교량현황은 그림 1과 같다(정상균 등, 2005). Precast로 제작된 교량기초 케이슨은 현장에 미리 설치된 3개의 landing pad위에 거치되며 케이슨 슬래브 저면과 원 지반사이를 일체화하기 위하여 수중 불 분리재를 사용한 그라우트재를 주입하는 공법이 적용되었다.

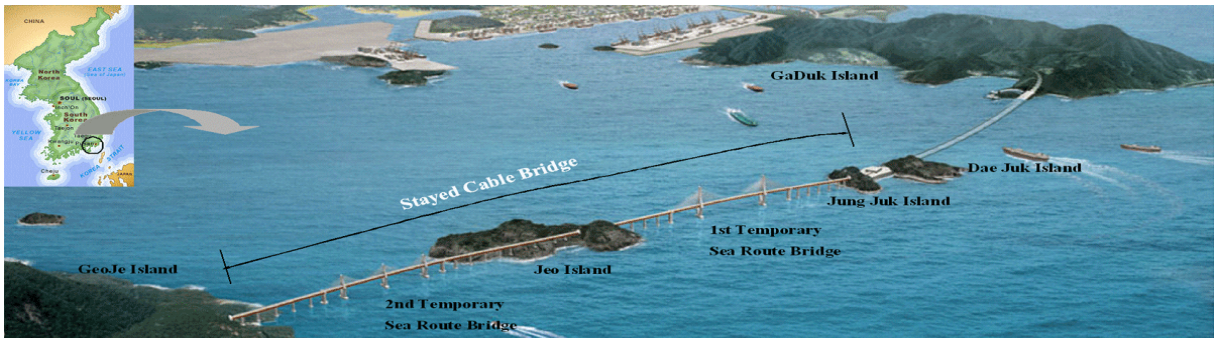


그림 1. 거가대교 사장교 구간

충진 대상인 케이슨기초의 크기는 11m×17.5m~41m×20.25m의 총11개 type이며, 그림 2는 규모가 가장 큰 LOT2-P5의 단면이다. 굴착오차는 그림 3에서 보는 바와 같이 계획 굴착 level에서 +20cm~-30cm로 최대 65cm의 공극을 충전하는 것으로 계획하였다.

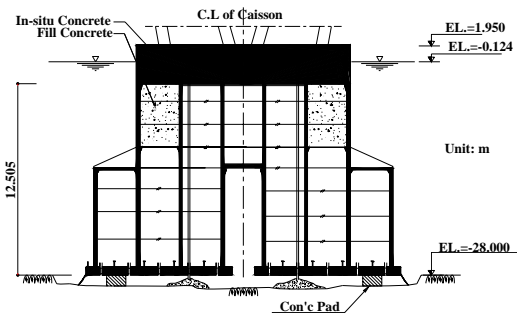


그림 2. 케이슨 설치 대표단면

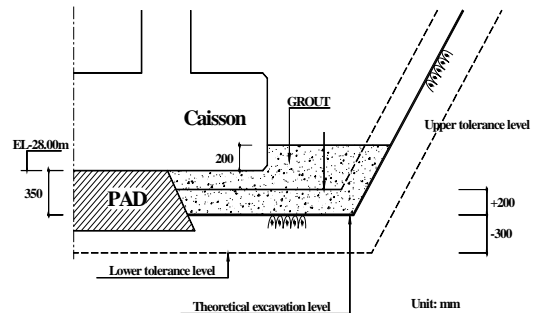


그림 3. 케이슨 하부 그라우트 충전단면

3. 시공현황

거가대교는 3주탑 사장교(LOT1), 2주탑 사장교(LOT1) 및 접속교로 구성되어 있으며, 이에 따른 하부기초 케이슨은 총 23개소(LOT1-P2~P13 : 12개소, LOT2-P1~P6, P9~P13 : 11개소)이다. 2006년 3월 L2-P1을 시작으로 2008년 7월까지 20개소의 그라우트 충전이 완료되었으며 그 현황은 표 1과 같다.

3.1. 그라우트 충전

그라우팅 시공 지점의 유속이 빠른 관계로 그림 4와 같이 pad 설치지점 중앙부에 콘크리트 블록(1개

소)을 설치 후, 와이어를 크레인으로 고정한 상태에서 그라우트 파이프를 기 설치된 와이어에 순차적으로 체결하여 해상 B/P(batch plant)선에서 직접 타설하였다. 그라우팅용 barge선의 crane과 잠수부를 이용하여 4" 그라우트 pipe를 케이슨 격벽 내에 기 설치된 각각의 주입관(6") 내부로 삽입한 후, 해상 B/P선에서 boom을 이용하여 barge선의 agitator 스크린 상부로 재료분리가 일어나지 않도록 주의하여 공급하였으며, 이때 주입압력은 50~300 kPa로 하여 hose pump로 케이슨 중앙부에서 외곽부로 순차적으로 재료를 타설하였다.

표 1. 케이슨기초 크기 및 그라우트 충전량

(unit: m³)

Items		Caisson Size(m)	Predicted Filling Amount	Construction Date	Measured Filling Amount
1 st Junction Bridge	L1-P2	11.0×17.5	127.4	12/04/2007	266
	L1-P3	12.0×17.5	184.6	11/05/2007	266
	L1-P4	12.0×17.5	202.8	09/18/2007	352
	L1-P5	13.0×18.5	202.8	06/26/2007	512
2 nd Temporary Sea Route Bridge	L1-P6	17.5×17.5	156	04/13/2008	440
	L1-P7	13.55×37.7	436.8	10/29/2007	607
	L1-P8	14.55×37.7	436.8	05/30/2007	812
	L1-P9	13.55×37.7	436.8	04/05/2007	669
2 nd Junction Bridge	L1-P10	17.5×17.5	156.0	01/05/2007	570
	L1-P11	13.0×21.5	178.1	12/08/2007	1,003
	L1-P12	13.0×21.5	178.1	10/31/2007	298
	L1-P13	12.0×17.5	127.4	12/23/2006	351
3 rd Junction Bridge	L2-P1	1.10×17.5	127.4	03/06/2006	212
	L2-P2	17.5×17.5	222.3	07/12/2008	695
	L2-P3	17.5×17.5	222.3	08/08/2006	388
1 st Temporary Sea Route Bridge	L2-P4	17.5×22.7	410.8	10/13/2006	636
	L2-P5	19.0×37.7	542.1	10/17/2006	1,523
	L2-P6	19.0×37.7	542.1	10/05/2006	1,352
	L2-P9	13.0×23.7	205.4	01/29/2008	484
4 th Junction Bridge	L2-P10	12.0×22.7	205.4	08/23/2007	370
	L2-P11	12.0×22.7	205.4	06/21/2007	350
	L2-P12	12.0×22.7	191.1	09/29/2007	370
	L2-P13	13.0×22.7	191.1 </td <td>12/20/2006</td> <td>483</td>	12/20/2006	483

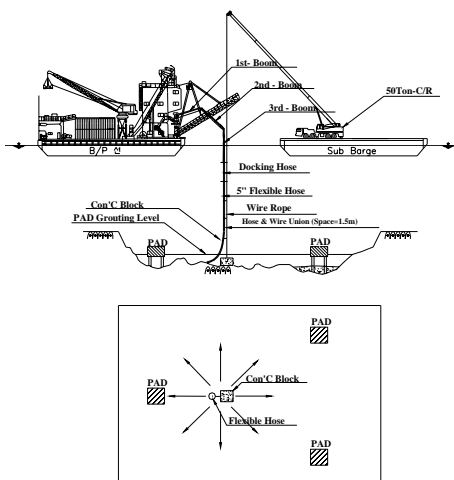


그림 4. Pad 하부 그라우트 개념도

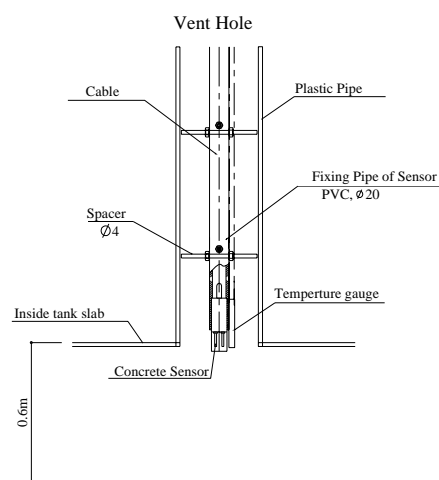


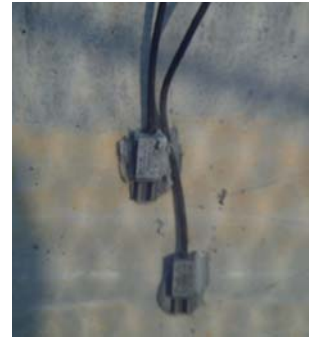
그림 5. 계측기 설치 위치

3.2. 그라우트 충전성 확인

케이슨기초 하부 그라우트의 충전성을 확인하기 위하여 그림 5와 같이 케이슨 저면과 동일한 심도의 각vent hole 하부에 그림 6(a)와 같은 2개의 충전감지센서(concrete sensors) 및 1개의 온도센서(temperature gauge)를 1개조로 설치하였으며, 그림 6(b)과 같이 케이슨 외곽부 측면 4곳에 각각 상부(저면으로부터 20cm)와 하부(저면으로부터 10cm)에 추가로 2개의 충전감지센서를 설치하여 그라우트의 진행 상황 및 저면 밀착 상황을 파악하였다.



(a) 케이슨 저면 충전감지센서 및 온도센서

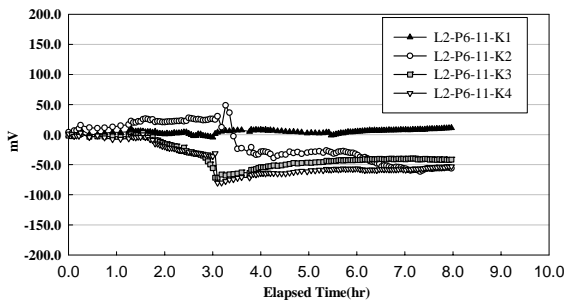


(b) 케이슨 외곽 충전감지센서

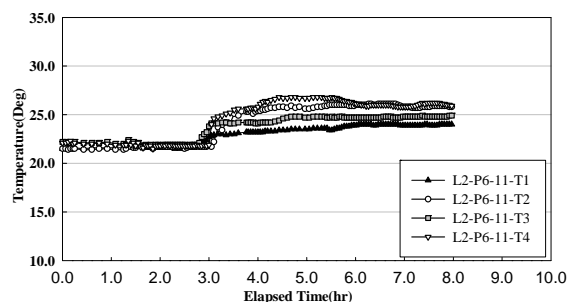
그림 6. 그라우트 충전성 확인 계측기

4. 계측결과 및 분석

충전감지센서와 온도센서와 같은 자동화 계측을 통해 기 수행된 연구(정상균 등, 2005)에서 제안된 배합비로 설계된 수중 불 분리성 모르타르의 해상 케이슨기초 하부 충전 적용성을 평가하기 위하여 그라우트 타설 후 시간경과에 따른 센서 전압의 변화를 그림 7 및 그림 8에 나타내었다. 충전감지센서와 온도센서가 그라우트재에 반응할 경우 센서의 전압이 증가하거나 감소하는 특성을 이용하여 그라우트의 충전성을 육안관측 결과와 비교하였다. 그림에서와 같이 충전감지센서와 온도센서는 동일한 시간대에 그라우트에 반응하여 충전감지센서는 전압이 떨어지고 온도센서는 전압이 상승하는 상반된 그래프 형상으로 반응함을 알 수 있었으며 이는 육안관측 결과와 일치함을 알 수 있었다. 이를 통해 자동화 계측을 통한 해상 케이슨기초 하부의 그라우트 충전성 평가기법을 확인하였으며 제안된 배합비로 설계된 수중 불 분리성 모르타르의 해상공사 적용 우수성을 알 수 있었다.

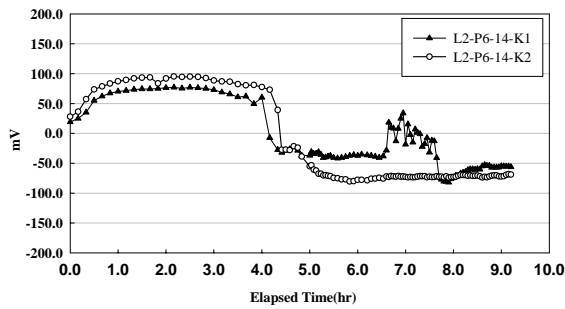


(a) 충전감지센서

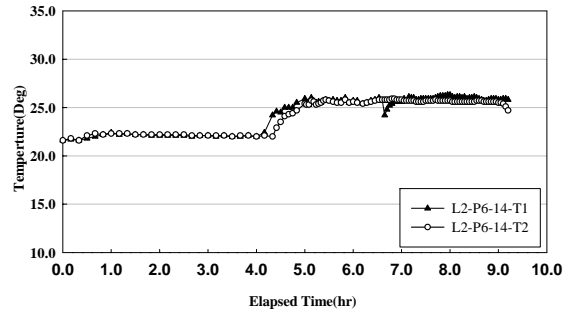


(b) 온도센서

그림 7. Cell No.11 계측 결과



(a) 충전감지센서



(b) 온도센서

그림 8. Cell No.14 계측 결과

5. 결론

본 연구에서는 거가대교 케이슨기초 그라우트 배합설계 후 실시한 신타모형시험 즉, 신타크기의 모형을 이용한 시험을 통하여 개선된 방법을 적용하여, 본 시공시 기존 해상기초 그라우팅 공법에 비해 충전 우수성을 평가하였다.

- (1) 충전감지센서와 온도센서는 동일한 시간대에 그라우트에 반응하여 충전감지센서는 전압이 떨어지고 온도센서는 전압이 상승하는 상반된 그래프 형상으로 반응하였으며 이는 육안관측 결과와 일치함을 알 수 있었다.
- (2) 충전감지센서와 온도센서와 같은 자동화 계측을 통한 해상 케이슨기초 하부의 그라우트 충전성 평가기법을 확인하였으며 제안된 배합비로 설계된 수중 불 분리성 모르타르의 해상공사 적용 우수성을 알 수 있었다.

참고문헌

1. 정상균, 장현갑, 정경환, 백주현 (2005), “부산~거제간 연결도로 해상교량기초 그라우팅을 위한 배합설계”, *대한토목학회 정기학술발표회 논문집*, pp. 3990~3993.
2. 박충환, 정상균, 정경환, 신민식, 박찬우, 권진욱 (2007), “부산~거제간 연결도로 해상교량기초 그라우팅 신타모형시험”, *한국지반공학회 가을학술발표회 논문집*, pp. 1~10.
3. 박충환, 정상균, 정경환, 신민식, 박찬우, 권진욱 (2007), “부산~거제간 연결도로 해상교량기초 그라우팅 시공사례 연구”, *한국지반공학회 가을학술발표회 논문집*, pp. 665~678.