

# 해양콘크리트의 품질관리 방안 및 마감성 개선에 관한 연구

## A Study on the Quality Control and the Finishability Improvement of Durable Marine Concrete

유재강\*  
Yoo, Jae Kang

김영진\*\*  
Kim, Young Jin

정기성\*\*\*  
Jung, Gi Sung

임현철\*\*\*\*  
Lim, Hyun Chil

### ABSTRACT

This study investigates the quality control and the finishability improvement properties of durable marine concrete under construct in Geo-je Ka-duk fixed link project. Below  $3.5 \times 10^{-12}$   $m^2/s$  chloride migration coefficient and above 40MPa compressive strength are required for the caisson structure concrete.

The quality control was performed from physical-chemical analysis of raw materials to concrete test.

Also, the efficiency of vibration type and action interval were tested to remove the entrapped air on the faced to form. And kinds of form and remolding agent were also tested.

This paper aim to enhance the practical use of high performance concrete to construction field.

### 1. 서론

기존의 콘크리트 배합설계는 목표로 하는 설계기준강도를 만족시키기 위한 강도설계로서 진행되어 왔으나, 최근에는 콘크리트 내부로 침투·확산하는 성능저하 물질에 대한 콘크리트의 침투저항성을 확보하는 성능설계로 서서히 변화되고 있다.

본 논문에서는 100년의 내구수명을 목표로 설계된 부산-거제간 연결도로 공사에 사용된 해양콘크리트의 제 특성을 소개하고, 품질의 안정적 확보를 위한 품질관리 방안과 콘크리트 표면 마감성 개선에 관한 일련의 연구결과를 소개하고자 한다.

### 2. 현장 개요 및 콘크리트의 특성

#### 2.1 현장개요

부산-거제간 연결도로 현장은 경남 거제시 장목면 유희리(거제도)와 부산광역시 천성동(가덕도)을 2개의 사장교와 1개의 침매터널로 연결하는 총 연장 8.2km, 왕복 4차로의 도로공사이며, 사업구간 및 조감도는 그림 1과 같다.

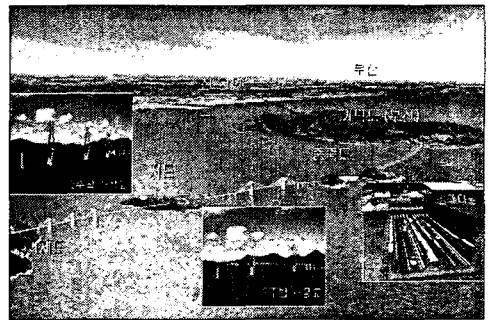


그림 1. 거가대교 현장 조감도

- \* 정회원, 대우건설 기술연구원 전임연구원
- \*\* 정회원, 대우건설 기술연구원 수석연구원, 공박
- \*\*\* 정회원, 대우건설 GK PC제작현장, 과장
- \*\*\*\* 정회원, 대우건설 GK PC제작현장, 현장소장

## 2.2 콘크리트의 특성

목표 내구수명 100년을 만족하기 위한 콘크리트의 염화물 확산계수는 비탈대구간  $3.5 \times 10^{-12} \text{m}^2/\text{s}$ , 해수 중  $6.0 \times 10^{-12} \text{m}^2/\text{s}$ 로 제안되었으며, 목표 염화물 확산계수를 만족하는 교량 및 사장교의 케이슨 부재 콘크리트 배합은 표 1과 같다.

표 1. 케이슨용 콘크리트 배합

물-결합재비 (%)	잔골재율 <sup>1)</sup> (%)	단위량 (kg/m <sup>3</sup> )						
		물	시멘트	잔골재	굵은골재	플라이애시	실리카폼	고성능감수제 <sup>2)</sup>
32.5	41.0	137	325	712	1081	84	13	6.75

1) 콘크리트의 균지않은 성상에 따라 워커빌리티 확보를 위해 조정 가능함.

그림 2, 3은 압축강도 및 염화물 확산계수 평가(NT-Build 492<sup>1)</sup>)결과를 나타낸 것이며, 그림 4는 동결융해 시험(pr-EN 12390-9<sup>2)</sup>)에 따른 콘크리트 표면의 스케일링 측정결과를 나타낸 것으로, 모두 제안된 수준(28일 압축강도 40MPa 이상, 28일 염화물 확산계수  $3.5 \times 10^{-12} \text{m}^2/\text{s}$  이하, 동결융해 56사이클의 스케일링  $0.3 \text{kg}/\text{m}^2$  이하)을 만족하였다.

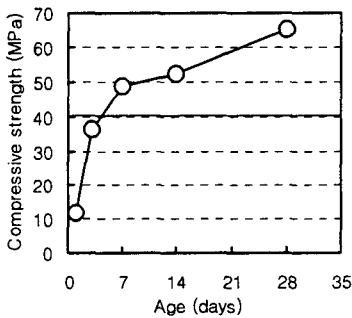


그림 2. 압축강도

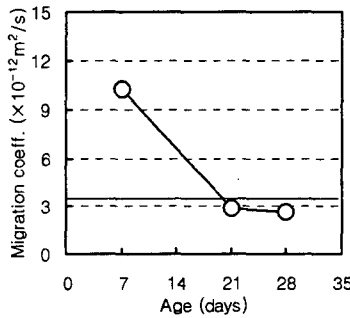


그림 3. 염화물 확산계수

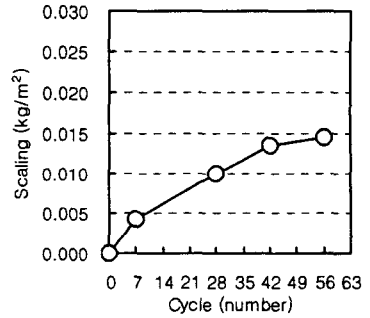


그림 4. 동결융해 시험결과

## 3. 현장 품질관리 및 마감성 개선방안 검토

### 3.1 현장 품질관리 방안

#### (1) 원재료의 품질관리 (사진 1)

현장에 반입되는 부순골재는 석산에서 파쇄한 후 세척하도록 하였고, 잔골재는 중국산 강사로서 중국현지에서 조립을, 비중, 흡수율을 검토한 후 반입하도록 하였으며, 골재의 표면수를 수시로 평가한 결과를 바탕으로 배척플랜트에서 표면수율을 보정하였다.

시멘트 및 고성능감수제, 혼화제는 현장 시험실에서 성능평가를 수행한 후 반입하였으며, 콘크리트 단계에서 염화물 확산계수 및 압축강도 특성을 평가하였다.

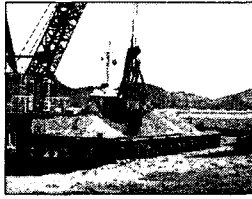
#### (2) 배척플랜트 품질안정성 확보 및 실대부재 시공성 평가 (사진 2)

현장에 설치된 배척플랜트 계량기기의 계량정밀도 향상을 위해 정기적인 분동시험을 수행하였고, 비빔시간, 표면수 보정오차 등에 따른 콘크리트 품질변화를 사전에 검토한 후 지속적인 시험생산을 통해 콘크리트의 품질이 안정적으로 확보되도록 하였다.

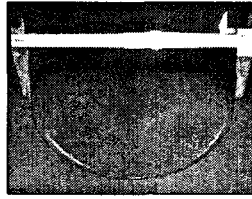
배척플랜트에서 생산된 콘크리트가 목표성능을 안정적으로 만족하는가를 검토한 후, 케이슨기초의 일부 부위를 모사한 실대부재를 제작하여 온도 및 변형을 계측하였으며, 시공시 펌프압송성, 다짐작업의 난이도 등을 관찰하였다.



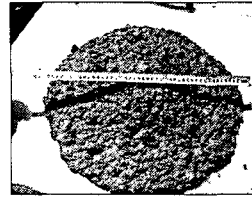
석산전경



잔골재 반입



시멘트 유동성 평가



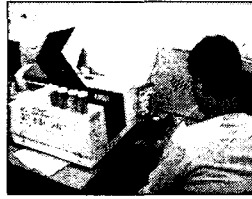
콘크리트 물성 평가



부순골재 세척



표면수 평가

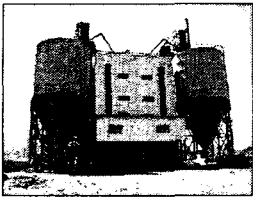


IR 분석

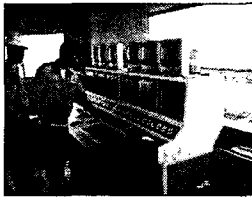


염화물 확산계수 평가

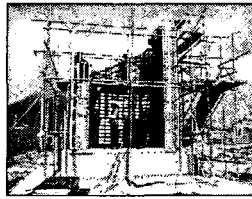
사진 1. 원재료의 품질관리



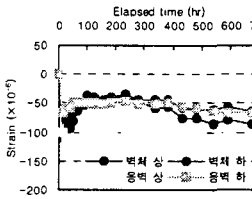
배치플랜트 전경



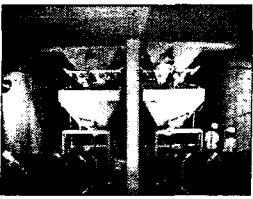
계량 정밀도 평가



실대부재 제작



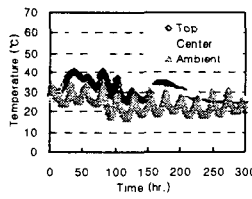
변형 계측



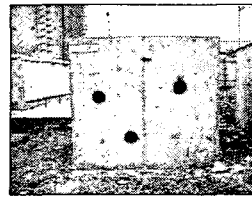
분동시험



배치플랜트 생산시험



온도 계측



코어 평가

사진 2. 배치플랜트 생산성 평가 및 실대부재 시험

실대부재 시험결과 매시브한 중심부 온도는 타설 후 36시간 경과한 시점에서 59.6°C로 최고온도를 보였으며, 표면부와 중심부 온도 차이는 20°C 이내로 나타났다. 변형은 타설 직후 48시간 이내에 최고 수축량을 보였으며, 부위에 관계없이 대부분 120μ 이내의 변형을 보였다.

코어 시험체의 염화물 확산계수는 그림 5에 나타낸 바와 같이 재령 21일에 3.46×10<sup>-12</sup>m<sup>2</sup>/s로 목표 염화물 확산계수 수준인 3.5×10<sup>-12</sup>m<sup>2</sup>/s를 만족하고 있으며, 재령 경과와 더불어 지속적으로 감소하는 추세를 보였다.

### 3.2 표면 마감성 개선 방안 검토

목표 염화물 확산계수 3.5×10<sup>-12</sup>m<sup>2</sup>/s를 만족하기 위한 콘크리트 배합은 낮은 단위수량 및 물-결합재비에 플라야시 및 실리카폼을 사용하고, 고성능감수제에 의해 유동성을 확보하였기 때문에 점성이 다소 크고 잉여수분이 거의 없어 일반콘크리트에 비하여 펌핑 및 타설, 다짐시 작업성이 다소 저하되는 특성을 보였다.

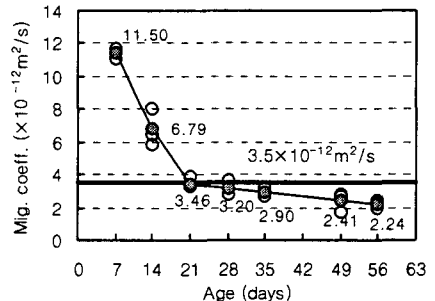
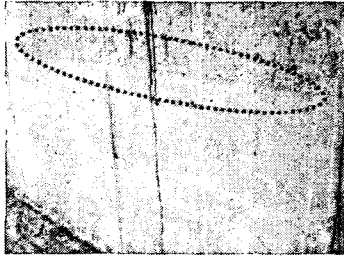
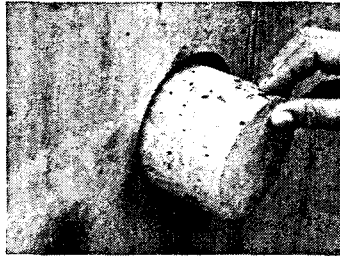


그림 5. 코어시험체의 염화물 확산계수

사진 3은 콜드조인트가 발생된 콘크리트 표면 성상을 나타낸 것이고, 그림 6은 콜드조인트 부위와 표준양생 공시체의 염화물 확산계수 비교시험 결과를 나타낸 것이다.



(a) 콜드조인트 발생



(b) 코어채취

사진 3. 콜드조인트 부위에 대한 염화물 확산특성 평가

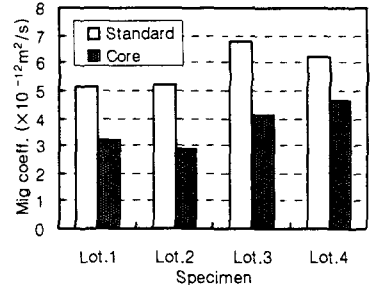


그림 6. 염화물 확산계수 측정결과

콜드조인트는 일사에 가열된 거푸집과 접하는 콘크리트 표면부의 급격한 수분증발에 기인한 것으로 사료되며, 코어채취 및 염화물 확산시험 결과 표준양생 공시체보다 낮은 확산계수를 갖는 것으로 평가되었다.

표 2는 거푸집 종류, 다짐기기의 종류 및 다짐방법, 거푸집 박리제 종류에 따라 거푸집과 접한 콘크리트 표면에 갇힌공기(Entrapped air)의 제거효과를 검토한 결과를 정리한 것으로서, 거푸집에 밀착하여 다짐작업을 할 경우, ø65mm의 바이브레이터를 사용할 경우 갇힌공기 제거효과가 우수한 것으로 나타났다.

표 2. 콘크리트 표면 개선방안 검토 결과

방안	방법	판정			검토의견
		Excellent	Ordinary	Poor	
거푸집 종류	철판		○		거푸집 종류에 따른 효과는 없었으며, 표면부위에 대한 추가다짐을 할 경우 효과적임.
	코팅합판		○		
	부직포			○	
	코팅합판+면칼다짐	○			
다짐기 종류	ø45mm 바이브레이터		○		다짐기의 직경이 큰 ø65mm 바이브레이터가 효과적임.
	ø65mm 바이브레이터	○			
	고주파 바이브레이터		○		
다짐방법	40cm 간격		○		거푸집 밀착다짐이 효과적임.
	30cm 간격		○		
	거푸집 밀착다짐	○			
박리제 종류	유성		○		큰 영향 없음.
	수성		○		

#### 4. 결 론

본 논문에서는 부산-거제간 연결도로 현장에서 사용하는 고내구성 해양콘크리트의 품질확보를 위한 재료, 생산, 시공 측면의 방안을 소개하였다.

콘크리트가 고성능화 될수록 콘크리트의 점성은 높아지게 되며 믹서의 단위시간당 생산량, 펌프압 송성, 다짐작업의 용이성 등 생산, 시공적인 문제가 발생될 수 있어, 향후 고성능 콘크리트의 실용화를 위해서는 현장적용성 평가에 관한 실험적 연구가 필요할 것으로 사료된다.

#### 참고문헌

1. NT BUILD 492, Concrete, mortar and cement-based repair materials: chloride migration coefficient
2. prEN 12390-9, Testing hardened concrete - Part 9: Freeze-thaw resistance - Scaling, 2002