

수중불분리성 혼화제의 종류에 따른 콘크리트의 성능 비교연구

Comparative Study on the Underwater Concrete Properties using various Anti-washout Admixtures

백승준*
Baek, S. J.

박희민**
Park, H. M.

성상래***
Sung, S. R.

윤영수****
Yoon, Y. S.

이승훈*****
Lee, S.H

Abstract

This paper presents the characteristics and properties of the five domestic and foreign-made anti-washout admixtures commercially available in Korea. These admixtures have been analysed by experiments to compare among others specifically on the following items : air content, slump-flow, hardening time, pH, filling condition, turbidity, content of chloride, compressive strength of underwater concrete and ratio of ambient / underwater concrete compressive strength.

The mix design for comparison has been set according to the Japanese practices since there is still no guideline concerning underwater concrete available domestically.

1. 서 론

1.1 연구의 필요성

최근 해양개발이 활발하게 이루어짐에 따라 선진국에서는 수중콘크리트 구조물의 수요가 급증하고

* 삼성물산(주) 건설부문 기술연구소 중앙시험실 주임

** 삼성물산(주) 건설부문 기술연구소 중앙시험실 실장

*** 삼성물산(주) 건설부문 기술연구소 중앙시험실 과장

**** 삼성물산(주) 건설부문 기술연구소 선임연구원

***** 삼성물산(주) 건설부문 기술연구소 전임연구원

있으며, 국내 여건 또한 삼면이 바다로 둘러싸여 있을뿐만 아니라 주변에 강과 하천이 산재해 있어서 항만, 해양, 연육교 등 바다와 연관된 공사가 많고 내륙에서도 치수 및 수리를 위한 토목공사가 상당부분을 차지하고 있어서 수중콘크리트 구조물에 대한 수요가 급증하고 있다.

수중공사를 함에 있어서 지금까지는 대부분이 밑열림상자, 포대 콘크리트, 버켓 및 트레미공법 등을 이용함으로써 콘크리트 강도의 신뢰성 저하, 수질오염, 시공기술 및 장비의 고도화 등에 대한 문제점을 내포하고 있었다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서 1974년 독일에서는 최초로 수에서 재료분리가 없이 콘크리트를 타설할 수 있는 수중불분리 혼화제가 개발되어 수로 및 항만공사에 적용되기 시작하였고, 국내에서도 80년대말부터 일부 연육교와 교각의 기초부위에 소규모로 적용되거나 교각의 보수용으로 사용된 실적이 있다.

그러나 아직은 국내에서 수중불분리 혼화제를 이용한 수중콘크리트의 시공지침이나 성능을 평가하는 정확한 방법이 확립되어 있지 않을뿐만 아니라 수중불분리 콘크리트의 제조에 관계되는 혼화제가 콘크리트의 물성에 미치는 영향에 관한 연구도 미흡한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 국내에서 유통되고 있는 수중불분리 혼화제 중에서 5개사 제품을 선정하여 각 혼화제의 특성에 따른 수중불분리 콘크리트의 제반물성을 비교·검토함으로써 국내에서 유통되고 있는 수중불분리 혼화제의 특성 및 고유동화제 투여량과의 상호관계를 파악하고자 하였다.

1.2 연구목표

본 연구는 국내에서는 아직 그 연구개발 및 적용사례가 거의 없는 수중불분리 콘크리트의 개발 및 실용화를 위한 것으로서, 실내배합을 통하여 공기량, 응결시험, 슬럼프 플로우 등 총 9가지의 항목에 대한 물성시험을 수행하였다. 표 1-1은 세부적인 시험내역을 나타낸 것이다.

표 1-1 시험내역

관련내용	세 부 항 목	
시험내역		
실내시험	① 공기량 시험 ② 슬럼프플로우 시험 ③ 응결시간 측정 ④ 탁도 ⑤ pH	⑥ 충전도 시험 ⑦ 수중강도의 측정 ⑧ 기중/수중 강도비 ⑨ 염화물 함유량

2. 실내시험

수중불분리 혼화제의 경우 아직은 국내에서 그에 대한 시공지침이나 성능평가를 위한 기준이 확립되어 있지 않고, 수중불분리 콘크리트의 제조에 관계되는 혼화제가 콘크리트의 물성에 미치는 영향에 관한 자료도 미비한 실정이다. 따라서 본 실내시험에서는 국내에서 사용되고 있는 국내외 수중불분리 혼화제 중에서 5개사 제품을 선정하여 표 1-1에 나타난 항목을 근거로 제반 비교시험을 수행하였다.

2.1 사용재료

2.1.1 시멘트

본 실내시험에 사용된 시멘트는 국내 S사에서 생산 납품되는 5종 (내황산염) 시멘트로서 물리적, 화학적 시험결과는 표 2-1과 같다.

표 2-1 5종시멘트의 물리적, 화학적 시험결과

구분	물리적 특성						화학적 특성					
	응결시간(분)		압축강도(kg/cm ²)			분말도	안정도	강열감량	MgO	SO ₃	C ₃ A	C ₄ AF
	초결	종결	3일	7일	28일							
시험결과	330	455	191	285	415	3305	0.06	0.9	3.1	2.0	1.8	18.4

2.1.2 골재

본 시험에 사용된 조골재는 경기도 일원에 공급되는 Y석산의 골재를 사용하였으며, 세골재는 인천 세척사를 사용하였다. 이에 대한 물성시험결과는 다음의 표 2-3 및 표 2-4와 같다.

표 2-2 조골재의 물성시험결과

비중	흡수율	조립율	마모율	단위중량	안전성
2.632	0.61	6.5	21	1.457	1.58

표 2-3 세골재의 물성시험결과

비중	흡수율	조립율	염화물함량 (NaCl)
2.607	0.81	2.94	0.018

2.1.3 혼화제

수중불분리 콘크리트에 사용되는 혼화제는 크게 증점제, 소포제, 응결조절제, 고유동화제로 구분할 수 있는데, 국내에서 사용되고 있는 수중불분리성 혼화제는 증점제, 소포제 및 응결조절제를 포함하고 있으므로 크게 수중불분리성 혼화제와 고유동화제로 나눌수 있다. 표 2-2는 대상업체에서 사용하고 있는 수중불분리 혼화제 및 고유동화제의 종류를 나타낸 것이다.

표 2-4 수중불분리 혼화제 및 고유동화제의 종류

사용혼화제 구분	수중불분리 혼화제	고유동화제
A	HEC	멜라민 설폰산계
B	HPMC	멜라민 설폰산계
C	HEC	멜라민 설폰산계
D	HEC	멜라민 설폰산계
E	HEC	멜라민 설폰산계

2.2 시험배합

2.2.1 비교시험 배합표

본 시험에 적용된 비교시험 배합표는 단위수량, 잔골재율 및 물-시멘트비 등에 대해서 일본토목학회의 자료를 근거로 작성하였으며⁽¹⁾, 이를 근거로 수중불분리 혼화제의 비교시험을 수행하였다. 표 2-5는 수중불분리 콘크리트의 제반물성시험을 위하여 사용된 배합을 나타낸 것이다.

표 2-5 상대비교시험 배합표

골재 최대크기 (mm)	W/C (%)	S/A (%)	단위량 (kg/m ³)			
			시멘트	물	굵은골재	잔골재
25	38	45	579	220	835	812

2.2.2 재료투입 및 배합시간

본 시험에 사용된 믹서는 1축강제식 믹서로서 최대용량은 50 l 이고, 분당회전수는 44 rpm 이다. 표 2-6은 투입된 재료의 순서 및 배합시간을 나타낸 것이다.

표 2-6 재료투입순서 및 배합시간

구분	배합시간	재료투입순서
1단계	20초	조,세골재+시멘트+증점제
2단계	3분	물+고유동화제

3. 수중불분리 혼화제의 시험결과

3.1 수중불분리 혼화제의 기준

수중불분리 콘크리트에 사용되는 혼화제에 대한 성능 및 품질기준이 국내에서는 아직도 확립되어 있지 않다. 따라서, 본 시험은 국내의 기준과 더불어 일본토목학회 및 일본어항어촌 기술연구소에서 제시하고 있는 수중불분리 혼화제의 사용에 따른 콘크리트의 성능기준을 참고로 하였다¹²⁾. 그러나, 일본토목학회 기준과 일본어항어촌 기술연구소 기준 사이에도 약간의 차이는 있으므로 차이가 나는 항목에 대해서는 일본토목학회의 기준을 따르도록 하였다.

3.2 비교시험결과

국내에서 사용되고 있는 수중불분리 혼화제를 가지고 공기량, 슬럼프 플로우, 경시변화량, 탁도, pH, 응결시간, 충전도 및 기중 및 수중타설에서의 압축강도에 대한 제반시험을 수중불분리 콘크리트의 제조를 통해서 수행한 결과는 다음과 같다.

3.2.1 공기량시험

공기량시험은 KSF 2421에 준하여 실시하였으며 시험결과는 그림 3-1과 같다.

3.2.2 슬럼프플로우 시험

슬럼프플로우 시험은 일본토목학회에서 규정하고 있는 방법으로써 무다짐으로 3등분하여 슬럼프콘에 콘크리트를 넣은 다음 5분후에 측정하였다. 시험결과는 그림 3-2와 같다.

3.2.3 수중분리도 시험

일본토목학회에서 규정하고 있는 수중분리도에 대한 측정은 탁도와 pH값을 측정함으로써 알 수 있다. 시험결과는 그림 3-3과 같다.

3.2.4 응결시간

응결시간 시험은 KSF 2436-92의 규정에 의하여 실시하였으며, 시험결과는 그림 3-4와 같다.

3.2.5 충전성 시험

충전성시험은 일본토목학회에서 규정하고 있는 방법을 따랐으며, 시험결과는 그림 3-5와 같다.

3.2.6 압축강도시험

수중불분리 혼화제에 대한 공시체의 압축강도 규정은 일본토목학회의 규정을 따랐으며, 수중강도 및 수중에 대한 기중제작 공시체의 강도비로 나타나 있다. 시험결과는 표 3-1과 같다.

4. 결 론

국내의 수중콘크리트 건설현장에 적용하기에 앞서 국내외에서 제조된 다섯종류의 수중불분리 혼화

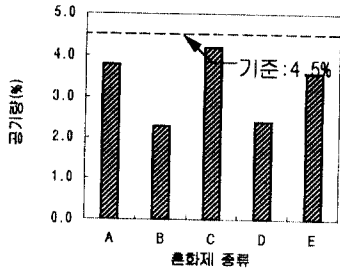


그림 3-1 공기량 시험결과

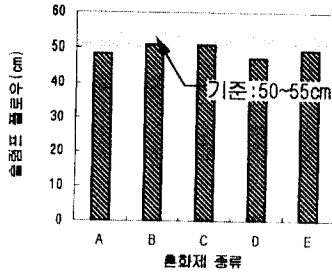


그림 3-2 슬럼프플로우 시험결과

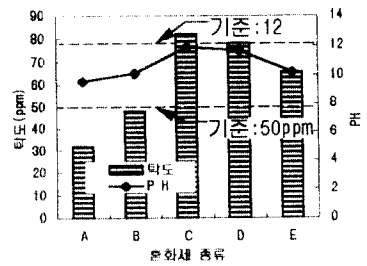


그림 3-3 수중분리도 시험결과

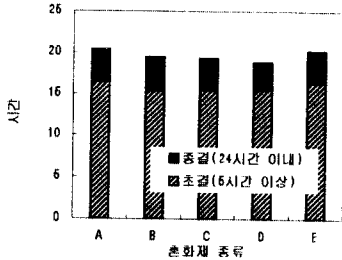


그림 3-4 응결시험 시험결과

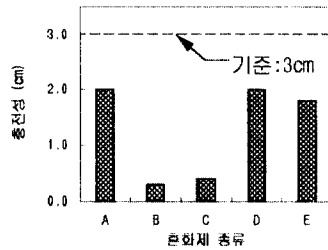


그림 3-5 충전성 시험결과

표 3-1 압축강도 시험결과

구분	재령	기준	A	B	C	D	E	비고
기중강도	7일	-	252	308	312	350	286	수온 20℃
	28일	-	350	445	412	435	369	
수중강도	7일	150 이상	239	314	225	277	236	
	28일	250 이상	325	410	321	394	349	
수중/기중 강도비	7일	80% 이상	95	102	72	79	83	
	28일	80% 이상	93	92	78	91	95	

제의 대하여 공기량시험, 충전도시험, 슬럼프플로우시험, 수중강도의 측정, 응결시간측정, 수중/기중 강도비, 탁도, 염화물함유량 및 pH에 관한 비교분석을 수행하였다.

각각의 혼화제 특성에 따라 제반물성의 장단점이 나타나기도 하지만, 상대적 비교를 위해 한가지의 고정된 배합으로 분석이 진행되었다는 점과 5종시멘트로 한정되어 실험이 진행되었다는 점에 비추어 상기에 언급한 물성중 혼화제별로 장단점이 항목별로 특색있게 나타나므로 어느 것이 가장 좋다는 판정은 아직은 시기상조인 것으로 판단되며, 건설현장의 여건을 고려하여 시멘트의 종류가 확정되면 그에 따른 세부실험과 분석이 체계적으로 수행되어 주어진 여건에서 가장 적합한 수중분리 혼화제의 선정이 이루어져야 할 것으로 생각된다.

● 참고문헌 ●

1. 日本土木學會, 水中不分離性콘크리트設計施工指針(案), 技報堂, 1991.
2. 漁港漁村建設技術研究所, 水中不分離性콘크리트매뉴얼, 山海堂, 1990.