

養生水에 따른 水中不分離콘크리트의 壓縮強度特性에 관한 實驗的 研究

An Experimental Study on the Characteristics of Compressive Strength of Antiwashout Underwater Concrete with Curing Water

윤재범* 고창섭* 김명식** 장희석**
Yoon, Jae-Bum Ko, Chang-Sup Kim, Myoung-Sik Jang, Heui-Suk

ABSTRACT

The objective of this study is to investigate the compressive strength property of antiwashout underwater concrete with curing water through experimental researches. Type of casting and curing water(fresh water, sea water) are used as main experimental parameter, additionally a few variables affecting compressive strength property are used ; water-cement ratio(45%, 48%, 50%, 52%, 55%), and unit weight of admixtures(antiwashout underwater agent ; 0.6%, 0.8%, 1.0%, 1.2%, 1.4% of unit weight of water, superplasticizer ; 0.5%, 1.0%, 1.5%, 2.0%, 2.5% of unit weight of cement))

Compressive strength level of antiwashout underwater concrete which was cast and cured in fresh water is higher than other one. Consequently, incremental modulus has to increase when the antiwashout underwater concrete is made use of underwater work from ocean.

1. 서론

종래의 수중콘크리트공사에서는 일반콘크리트를 사용하고, 타설방법을 트레미, 밀열림상자 또는 펌프압송법 등을 이용하여 재료분리를 줄이려고 하였지만, 수중에서 시멘트가 유실되어 콘크리트의 품질이 불균일하게 되고 강도와 수밀성이 저하되는 것은 피할 수 없었다. 그러나, 이런 문제점들은 1974년 독일에서 처음 개발된 수중불분리혼화제를 첨가한 수중불분리콘크리트의 생산이 가능하게 되어 재료적인 측면에서 많이 개선될 수 있었고, 현재는 유럽과 일본을 중심으로 일반화되고 있으나, 국내에서는 아직 연구실적과 시공실적이 부족하여 활용화되지 못하고 있을 뿐만 아니라 수중콘크리트공사에 적용하기 위한 기준 또한 미흡한 실정이다.

또한, 수중불분리콘크리트는 일반적으로 해양이나 하천에 타설하게 되는데, 해수는 물리적, 화학적으로 담수와 큰 차이가 있어 해수에서 타설된 수중불분리콘크리트의 특성 역시 담수에서의 특성과 다를 것이다. 그런데, 국내 연구실적 대부분의 제작·양생이 담수에서 수행되어져 왔으며, 실제 해양에서 이를 적용할 때 차이가 있을 것이다.

따라서, 본 연구에서는 물-시멘트비, 그리고 혼화제 첨가량 등과 같은 배합조건을 변화시켜 해수와 담수에서 제작·양생하여 양생수에 따른 경화된 수중불분리콘크리트의 압축강도 특성을 살펴보고자 한다.

2. 실험개요

2.1 사용재료

시멘트는 S사의 보통포틀랜드 시멘트를 사용하였으며, 물리적 성질 및 화학성분은 표 1과 같다. 그리고,

* 부경대학교 석사과정

** 부경대학교 토목공학과 교수

굵은골재는 최대치수 25mm인 경남 진해 용원 석산에서 생산되는 부순자갈을 사용하였고, 비중은 2.60, 조립율은 6.83이었으며, 잔골재는 상용수로 염분을 제거한 전남 진도 앞바다에서 채취한 바다모래를 사용하였는데, 비중은 2.58, 조립율은 2.73이었다. 혼화제는 A사에서 생산되는 셀룰로오즈계의 수중불분리혼화제(AWA)를 사용하였고, 콘크리트의 유동성을 획득하기 위해서 멜라민계의 유동화제(SP)를 사용하였다.

표 1. 시멘트의 물리적 성질 및 화학성분

비중	Ignition loss (%)	Insoluble residue (%)	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃
3.15	1.1	0.7	21.3	4.7	3.1	63.1	3.0	2.0

2.2 실험방법

본 연구에서 수중제작공시체는 대한토목학회에서 규정한 「콘크리트용 수중불분리성 혼화제 품질기준」의 「수중 제작 공시체 제작 방법」에 준하여 해수와 담수에서 제작하였으며, 각각 해수와 담수에서 7일, 28일간 표준양생을 실시하였다.

압축강도시험은 해수와 담수에서 양생된 수중제작공시체를 KS F 2405(콘크리트의 압축강도 시험 방법)에 준하여 재령 7일, 28일에 측정하였다.

2.3 실험파라미터 및 배합

2.3.1 실험파라미터

본 연구에서는 배합강도(f_{cr})를 240kgf/cm², 슬립스플로우를 50±5cm, 공기량 4%이하를 기준으로 기본적인 시방배합표를 만들고, 물-시멘트비, 혼화제 첨가량 등을 변화시켜 경화된 수중불분리콘크리트의 압축강도 특성을 파악하였다.

2.3.2 배합

본 연구에서 사용한 재료와 실험파라미터에 따라 배합계산한 결과 표 2과 같은 배합표를 얻을 수 있었는데, 여기서 각 실험파라미터에 해당되는 배합조건을 제외하고는 시방배합(표 2의 Standard)의 배합조건을 따랐다.

표 2. 수중불분리콘크리트의 배합표

Parameter	Symbol	W/C (%)	S/a (%)	Unit weight (kg/m ³)						
				W	C	S	G	Admixture		
								AWA	SP	
Standard	ST	50	40	220	440	619	944	2.2	6.6	
W/C	W고정	C I	45	40	220	489	603	919	2.2	7.334
		C II	48	40	220	458	614	935	2.2	6.875
		C III	52	40	220	423	625	952	2.2	6.347
		C IV	55	40	220	400	633	964	2.2	6.000
	C고정	W I	45	40	198	440	642	978	1.98	6.6
		W II	48	40	211	440	629	958	2.11	6.6
		W III	52	40	229	440	610	929	2.29	6.6
		W IV	55	40	242	440	597	909	2.42	6.6
AWA	AWA I	50	40	220	440	619	944	1.32	6.6	
	AWA II	50	40	220	440	619	944	1.76	6.6	
	AWA III	50	40	220	440	619	944	2.64	6.6	
	AWA IV	50	40	220	440	619	944	3.08	6.6	

표 2. 수중불분리콘크리트의 배합표 (계속)

Parameter	Symbol	W/C (%)	S/a (%)	Unit weight (kg/m ³)					
				W	C	S	G	Admixture	
								AWA	SP
SP	SP I	50	40	220	440	619	944	2.2	2.2
	SP II	50	40	220	440	619	944	2.2	4.4
	SP III	50	40	220	440	619	944	2.2	8.8
	SP IV	50	40	220	440	619	944	2.2	11.0

3. 실험결과 및 고찰

3.1 물-시멘트비에 따른 압축강도 특성

그림 1과 그림 2는 물-시멘트비를 변화시켜 해수와 담수에서 제작·양생한 수중불분리콘크리트의 재령 7일, 28일의 압축강도 결과이다.

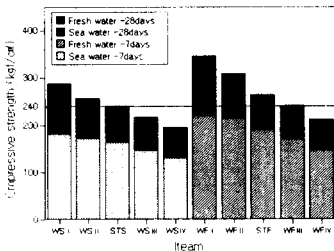


그림 1 W/C 변화에 따른 압축강도 (C:고정, W:변화)

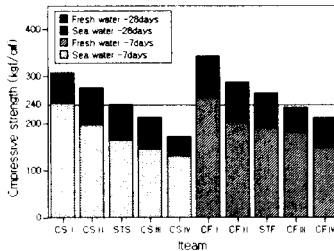


그림 2 W/C 변화에 따른 압축강도 (C:변화, W:고정)

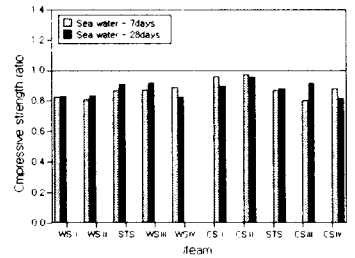


그림 3 W/C 변화에 따른 압축강도비

그림 1과 그림 2에서 단위시멘트량을 조정하여 W/C를 변화시킨 공시체의 압축강도의 변화가 단위수량을 조정하여 W/C를 변화시킨 공시체의 압축강도의 변화보다 큰 차이를 보였으나, 재령에 따른 압축강도 증가는 단위수량을 조정하여 W/C를 변화시킨 공시체가 크게 나타났다. 또한, 전반적으로 W/C가 증가할수록 재령에 따른 압축강도 증가량이 감소하고 있는데, 이것은 W/C가 증가할수록 상대적으로 단위시멘트량이 감소하기 때문으로 생각된다.

W/C 변화에 관계없이 담수에서 제작·양생했을 때 재령에 따른 압축강도 증가량이 해수에서 제작·양생한 경우보다 크게 나타났는데, 이것은 해수내의 무기질로 인한 삼투작용으로 공시체 내부의 미립분들이 담수에서보다 더 많이 유출되었기 때문으로 생각된다.

그림 3은 담수에서 제작·양생된 공시체의 압축강도에 대한 해수에서 제작·양생된 공시체의 압축강도비를 나타낸 것이다.

그림 3에서 해수에서 제작·양생된 공시체의 압축강도는 담수에서 제작·양생된 공시체의 압축강도보다 재령에 관계없이 5~20%정도 작게 나타났다.

3.2 혼화제 첨가량에 따른 압축강도 특성

그림 4와 그림 5는 혼화제 첨가량을 변화시켜 해수와 담수에서 제작·양생한 수중불분리콘크리트의 재령 7일, 28일의 압축강도 결과이다.

그림 4와 그림 5에서 혼화제 첨가량이 증가할수록 압축강도가 높게 측정되었는데, 수중불분리혼화제에 따른 압축강도의 증가는 첨가량이 증가할수록 콘크리트의 점성이 강해지므로 인해서 시멘트의 유실이 적어지

기 때문에 생각되고, 유동화제에 따른 압축강도의 증가는 첨가량이 증가할수록 W/C가 상대적으로 약간씩 감소하기 때문에 생각된다. 재령에 따른 압축강도의 증가량은 수중불분리혼화제의 첨가량이 증가할수록 증가하다가 단위수량의 1.0%이상 첨가했을 때는 비슷해지는 경향을 보이고 있으며, 유동화제 첨가량의 변화에는 관계없이 비슷한 수준을 보였다. 해수에서 제작·양생된 공시체의 압축강도는 담수에서 제작·양생된 공시체의 압축강도보다 재령에 관계없이 8~20%정도 작게 나타났다.

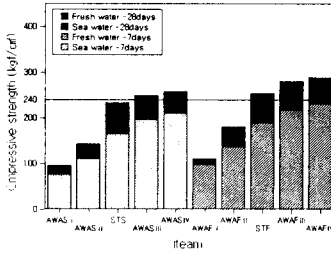


그림 4 수중불분리혼화제 첨가량에 따른 압축강도

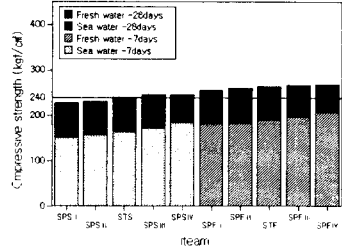


그림 5 유동화제 첨가량에 따른 압축강도

4. 결론

물-시멘트비, 그리고 혼화제 첨가량 등과 같은 배합조건을 변화시켜 해수와 담수에서 제작·양생하여 양생수에 따른 경화된 수중불분리콘크리트의 압축강도 특성을 살펴본 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- (1) 전반적으로 W/C가 증가할수록 재령에 따른 압축강도 증가량이 감소하고 있는데, 이것은 W/C가 증가할수록 상대적으로 단위시멘트량이 감소하기 때문에 생각된다.
- (2) 혼화제 첨가량이 증가할수록 압축강도가 높게 측정되었는데, 수중불분리혼화제에 따른 압축강도의 증가는 첨가량이 증가할수록 콘크리트의 점성이 강해지므로 인해서 시멘트의 유실이 적어지기 때문으로 생각되고, 유동화제에 따른 압축강도의 증가는 첨가량이 증가할수록 W/C가 상대적으로 약간씩 감소하기 때문으로 생각된다.
- (3) 해수에서 제작·양생된 공시체의 압축강도는 담수에서 제작·양생된 공시체의 압축강도보다 재령에 관계없이 5~20%정도 작게 나타났는데, 이것은 해수내의 무기질로 인한 삼투작용으로 공시체 내부의 미립분들이 담수에서보다 더 많이 유출되었기 때문으로 생각된다. 따라서, 해양에서 타설되는 수중불분리콘크리트의 배합계산시 담수에서보다 증가계수를 20%정도 높게 결정해야 할 것으로 생각된다.

참고문헌

1. 문한영, "콘크리트용 수중불분리성 혼화제 품질규준", 대한토목학회지, Vol. 45, No.1, pp.71-77, 1997.
- 1.
2. 김명식, "수중비분리콘크리트의 특성에 대한 기초적 연구", 한국농공학회지, 제38권, 제6호, pp.74-82, 1996.
3. 윤재범 외4인, "수중불분리콘크리트의 최적 W/C에 관한 연구", 한국콘크리트학회 1998년도 봄 학술발표회 논문집, Vol. 10, No.1, pp.277-283, 1998. 5.
4. 關博, "日本土木學會,水中不分離性コンクリート設計施工指針(案)のアウトラインセメント・コンクリート", No.541, pp.49-52, 1992.
5. Ksmal Henri Khayat, "Effects of Antiwashout Admixtures on Fresh Concrete Properties", ACI Materials Journal, Vol. 92, No. 2, pp.164-171, March-April 1995.