

해사를 사용한 수중불분리콘크리트의 강도발현에 관한 기초적 연구

A Fundamental Study on the Strength Development of Antiwashout Underwater Concrete Using Sea Sand

이 상 명* 최 의 식* 김 명 식** 이 환 우*** 백 동 일****
Lee, Sang Myung Choi, Sik Kim, Myung Sik Lee, Hwan Woo Baek, Dong Yil

Recently, in the trend of using aggregate, it is common that coarse aggregate is replaced with crushed stone and fine aggregate is replaced with sea sand as a replacing aggregate. In this study, to judge the adaptability of using antiwashout underwater concrete, we used mixed sand (river sand : sea sand = 5 : 5) and changed W/C. After carrying out the reserch on the strength development of the compressive strength of specimen, tensile strength, flexural strength which is produced and cured in the air and salt water, we founded that when W/C was low and the amount of AWA and SP were increased, the state of strength development was excellent.

1. 서론

최근 해양개발로 인한 해양구조물의 급격한 증가로 수중불분리콘크리트에 대한 수요가 점차 증가하고 있으나, 국내에서는 수중불분리콘크리트에 대한 구체적인 연구결과가 부족해 설계와 시공에 있어 많은 어려움을 겪고 있는 실정이다. 또한 근래 천연골재의 고갈로 인해 쇄석, 부순돌, 해사 등의 사용이 보편화 되고 있는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 점차 고갈되어가고 있는 천연골재의 대체골재로 해사를 하천사와 혼합한 혼합사를 사용한 수중불분리콘크리트의 압축 강도, 인장 강도, 휨 강도에 대한 강도특성을 비교·분석하여 수중불분리콘크리트의 설계 및 시공의 기초자료로 제시하고자 한다.

* 정회원, 부경대학교 토목공학과 석사과정

** 정회원, 부경대학교 토목공학과 부교수

*** 정회원, 부경대학교 토목공학과 조교수

**** 정회원

2. 실험개요

2.1 사용재료

2.1.1 시멘트

본 연구에서는 1종 보통포틀랜드시멘트를 사용하였으며, 특성은 Table 1과 같다.

Table 1 Chemical & Physical properties of Ordinary Portland Cement

Specific gravity	Chemical composition(%)						Ig.Loss (%)	Insol.Res (%)
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃		
3.14	21.0~22.5	4.5~6.0	2.5~3.5	63.0~66.0	0.9~3.3	1.0~2.0	0.5~1.3	0.2~0.9

2.1.2 골재

본 연구에서 굵은골재는 경남 용원 석산에서 채취한 25mm의 쇄석골재를 사용하였고, 잔골재는 경남 합천 황강에서 채취한 하천사와 전남 진도 앞바다에서 채취한 해사를 5 : 5로 혼합한 혼합사를 사용하였다.

2.1.3 혼화재료

본 연구에서 사용한 혼화제는 국내 D사에서 생산되는 주성분이 셀룰로오즈 에테르계(HEC)인 수중불분리혼화제와 트리아진 고축합물계 유동화제를 사용하였으며, 수중불분리혼화제는 단위수량×0.82, 1.0, 1.14%로 사용하였고, 유동화제는 단위시멘트량×1.5, 2.0, 2.5%를 사용하였다.

2.2 실험파라미터

본 연구에서는 수중불분리콘크리트의 압축 강도, 인장 강도, 휨 강도 특성을 파악하기 위하여 w/c, 수중불분리혼화제 및 유동화제 첨가량을 각각 변화시켜 연구를 수행하였으며, 강도측정용 공시체는 기중, 해수중에서 제작하여 해수에서 양생하였다. 실험에 대한 파라미터는 Table 2와 같다.

Table 2 Parameter and symbol

w/c (%)	Curing condition	Superplasticizer (C×%)	Antiwashout underwater admixture (W×%)	Symbol
45 (A) 50 (B) 55 (C) 60 (D)	Salt water (S)	1.5 (S)	0.82 (I)	-SS I
			1.00 (II)	-SS II
			1.14 (III)	-SS III
		2.0 (M)	0.82 (I)	-SM I
			1.00 (II)	-SM II
			1.14 (III)	-SM III
		2.5 (L)	0.82 (I)	-SL I
			1.00 (II)	-SL II
			1.14 (III)	-SL III

2.3 배합설계

본 연구의 배합설계조건은 수중불분리콘크리트의 설계기준강도(σ_{ck})를 240kg/cm²으로 하였으며, 단위수량과 잔골재율(S/a)은 각각 220kg/m³, 40%로 고정하였고, 슬럼프플로우 50±5cm를 기준으로 하여 배합설계를 실시하였다. 배합비는 Table 3과 같다.

Table 3 Mix proportion

σ_{ck} (kg/cm ²)	W/C (%)	Slump Flow (cm)	G_{max} (mm)	S/a (%)	Unit weight (kg/m ³)							
					W	C	Sea sand	River sand	G	AWA (W×%)	SP (C×%)	
240	45	50±5	25	40	220	489	301.5	301.5	957	0.82	1.5	
	50					440	309.5	309.5	983			1.00
	55					400	316	316	1004			1.14
	60					367	321.5	321.5	1021			

2.4. 강도실험

수중불분리콘크리트의 압축·인장·휨강도 측정용 공시체는 대한토목학회 「콘크리트용 수중불분리성 혼화제 품질규준」에 준하여 제작하였으며, 해수에서 양생시킨 후 압축강도는 재령 7일, 28일에 측정하였고, 인장강도 및 휨강도는 재령 28일에 측정하였다. 압축강도는 KS F 2405 콘크리트의 압축강도 시험 방법에 의하여 실시하였고, 인장강도는 KS F 2423 콘크리트의 인장강도 시험 방법, 휨강도는 KS F 2407 콘크리트의 휨강도 시험 방법(단순보의 중앙점 하중법)에 의하여 실시하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 압축강도

재령 28일에서의 w/c별 압축강도 특성을 살펴보면 w/c 45%에서는 본 연구에서 사용한 AWA와 SP첨가량의 변화와 관계없이 설계기준강도를 상회하는 250~306kg/cm²를 얻을 수 있었고, w/c 50%에서는 AWA를 단위수량에 대하여 1.14%를 첨가했을 때만 251~265kg/cm²정도의 소요강도를 얻을 수 있었으며, w/c 55%, 60%의 재령 28일 압축강도는 설계기준강도에 미치지 못하였다.(Fig. 1 참조)

3.2 인장강도

w/c 45%, 50%의 인장강도는 AWA와 SP의 첨가량 변화에 관계없이 23~33kg/cm²의 강도발현을 보였고, w/c 55%에서는 SP첨가량 변화에 따라 AWA의 첨가량을 단위수량에 대하여 1.00%, 1.14% 첨가했을 때 23~28kg/cm²로 설계기준강도 1/10에 근접상회하는 결과를 나타내었으나, w/c 60%의 경우 설계기준강도의 1/10 이하로 나타났다.(Fig. 2 참조)

3.3 휨 강도

일반콘크리트에서 휨 강도는 압축강도의 1/5~1/7정도로 나타나고 있으나, 본 연구에서 휨 강도는 설계기준강도인 240kg/cm²의 1/5~1/7인 34~48kg/cm²을 모두 상회하는 50~73kg/cm²의 값을 나타내었다.(Fig. 3 참조)

3.4 압축강도의 수중/기중 강도비

압축강도의 수중/기중 강도비를 w/c별로 살펴보면, w/c 45%의 경우 혼화재료의 첨가량 변화에 관계없이 재령 7일, 재령 28일 수중/기중 강도비는 대한토목학회기준(재령 7일-60%, 재령 28일-70%)을 근접상회하는 66~90%(재령 7일), 67~94%(재령 28일)의 결과를 나타내었고, w/c 50%에서는 SP첨가량 변화에 따라 AWA의 첨가량이 단위수량에 대하여 1.00%(2.2kg/m³), 1.14%(2.5kg/m³) 첨가했을 때 대한토목학회기준을 만족하였으나, w/c 55%, 60%의 수중/기중 강도비는 대체적으로 대한토목학회기준 이하의 경향을 보였다.(Fig. 4 참조)

3.5 인장/압축 강도비

w/c가 증가할수록 압축강도, 인장강도 모두 감소하는 데, 감소율에 있어서 압축강도의 감소율이 인장강도의 감소율보다 상대적으로 크기 때문에 w/c가 증가할수록 인장/압축 강도비가 증가하는 결과를 나타내었다.(Fig. 5 참조)

3.6 압축, 인장, 휨 강도 비교

본 연구에서 압축강도에 대한 인장강도와 휨강도의 강도발현 정도는 각 w/c에서 일반콘크리트와 비슷하게 나타났다.(Fig. 6~8 참조)

5. 결론

해사를 사용한 수중불분리콘크리트의 w/c변화에 따른 강도발현에 대한 연구를 통하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 본 연구에서 제시된 설계기준강도에 대한 압축강도의 신뢰성 확보에 있어서 w/c 45%가 가장 양호한 결과를 보였고, 압축강도에 대한 인장강도와 휨강도의 비는 w/c가 증가할수록 오히려 높은 비율을 보였는데, 이것은 w/c 증가에 따른 압축강도의 감소가 30%정도로 인장강도, 휨강도에 비해 크게 감소하였기 때문인 것으로 판단되었다.
- (2) 문헌과 시험자료로부터 동일한 w/c와 하천사를 사용하여 담수중에서 제작·양생된 수중불분리콘크리트와 비교했을 때 약 70%정도의 압축강도를 보였는데, 이러한 결과는 잔골재로서 혼합사(하천사:해사=5:5)를 사용하고 해수중에서 제작·양생했기 때문에 나타난 것으로서 특히 양생조건에서 많은 차이를 가져온 결과라고 판단되었다.

참고문헌

1. 강창구, "콘크리트 기술", 원기당, 1995.
2. 문한영, "콘크리트용 수중불분리성 혼화제 품질규준", 대한토목학회, 제45권, 제1호, pp71-77, 1997.1.
3. 한국콘크리트학회, "콘크리트 혼화재료", 기문당, 1997.
4. 財團法人沿岸開發技術研究センターはか, "水中不分離性 ユンクリート・マニュアル(設計・施工)", 山海堂, 1990.
5. 關博, "日本土木學會,水中不分離性ユンクリート設計施工指針(案)のアウトラインセメント・ユンクリート", 1992.

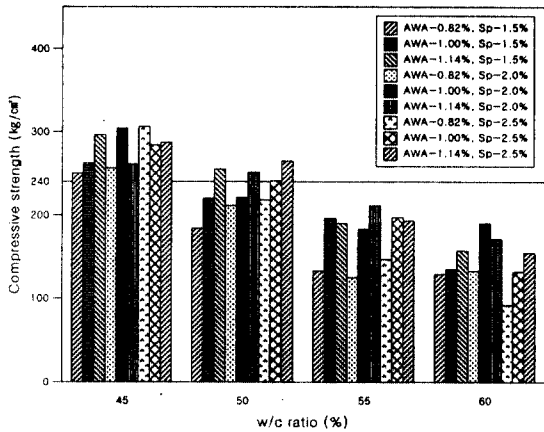


Fig. 1 Compressive strength as to w/c ratio

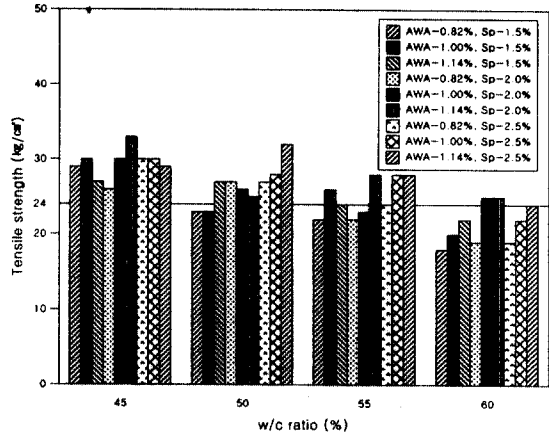


Fig. 2 Tensile strength as to w/c ratio

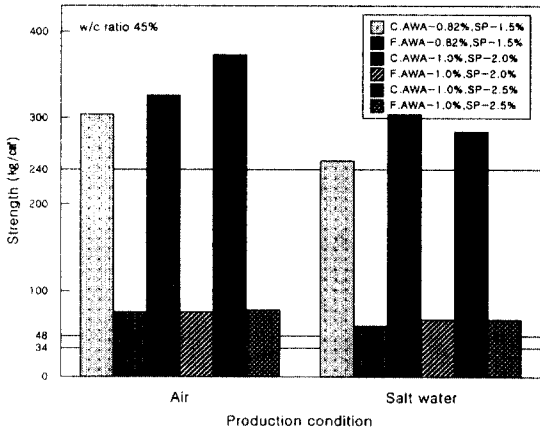


Fig. 3 Strength as to production condition

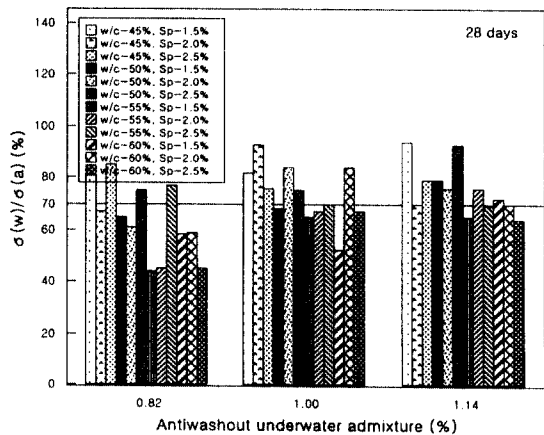


Fig. 4 $\sigma(w)/\sigma(a)$ as to Antiwashout underwater admixture

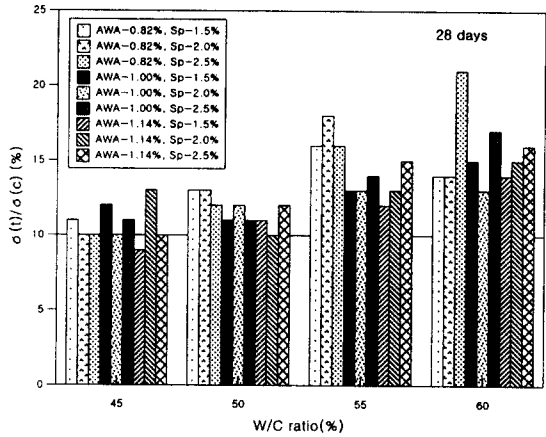


Fig. 5 $\sigma_{(w)}/\sigma_{(a)}$ as to w/c ratio

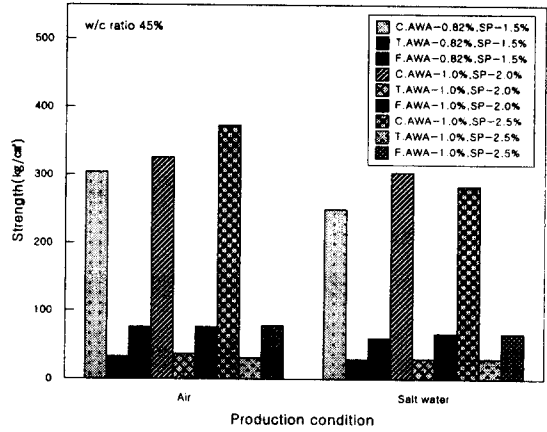


Fig. 6 Strength as to production condition

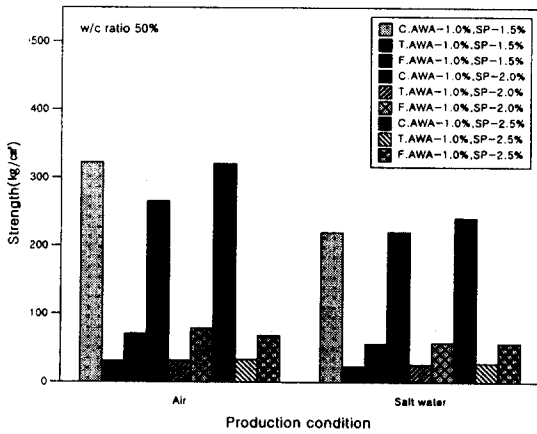


Fig. 7 Strength as to production condition

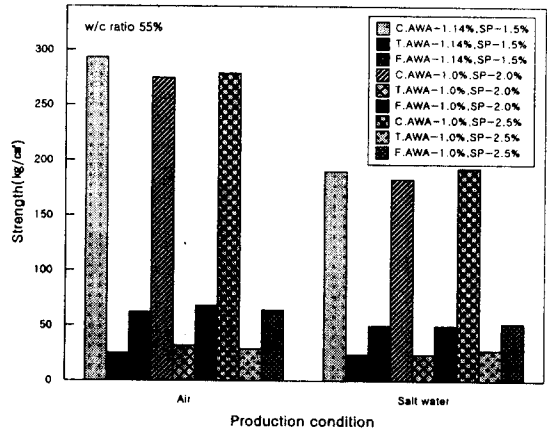


Fig. 8 Strength as to production condition