

플라이애쉬를 혼입한 굳지않은 수중불분리성 콘크리트의 특성에 관한 연구

The Characteristic of Fresh Properties of Antiwashout Underwater Concrete with Variation of Fly Ash

정 병 훈¹
Jung Byung Hon

최 병 우²
Choi Byung Woo

장 희 석²
Jang Heue Suk

김 명 식²
Kim Myung Sik

ABSTRACT

In recently, through the development of antiwashout admixture, it's possible to construct in underwater with the concrete which is improved segregation resistance of material, filling and self-leveling. It is generally to use this method with Europe and Japan as the central figure, and also the construction case is reported in Korea.

There's some advantages to add the fly ash in plain concrete. The objective of this study is to find the characteristics of fresh underwater antiwashout concrete which is followed by the blend rate of fly ash.

1. 서론

수중콘크리트공사에 있어서의 문제점은 수중에 콘크리트를 칠 때 물의 씻김작용에 의하여 시멘트가 유실되는 재료분리문제와 다짐없이 치게되는 수중콘크리트의 수밀성과 내구성에 대한 신뢰성 확보문제 등을 들 수 있다.

최근 수중불분리성 혼화제의 개발과 사용으로 콘크리트를 재료분리저항성을 향상시킨 양질의 콘크리트를 제작할 수 있게 되었고, 양호한 충전성과 셀프레벨링성으로 수심이 깊은 곳에서의 구조물 시공, 고강도 수중콘크리트의 제조 및 연속타설시공, 수질오염방지 등 많은 이점을 제시하고 있어 유럽과 일본을 중심으로 사용이 일반화되고 있으며, 우리 나라에서도 시공사례가 보고되고 있다.

한편, 콘크리트에 플라이애쉬를 첨가하면 유동성의 개선, 블리딩 감소, 장기강도의 개선, 수화열의 감소, 알카리골재반응의 억제, 황산염 저항성 향상, 콘크리트의 수밀성의 향상 등의 여러 가지 장점이 있다. 본 연구에서는 플라이애쉬의 치환율을 변화시킨 굳지않은 수중불분리성 콘크리트의 특성에 관하여 살펴보고자 한다.

¹ 성회원, 부경대 토목공학과 석사과정

² 성회원, 부경대 토목공학과 교수

2. 실험개요

2.1 사용재료

2.1.1 시멘트

본 연구에서는 국내 S사의 제1종 보통 포틀랜드시멘트를 사용하며, 화학성분 및 물리적 성질은 표 1과 같다.

표 1. 시멘트의 화학성분 및 물리적 성질

화학성분(%)						강열감량(%)	불용해잔분(%)	비중
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃			
21.3	4.7	3.1	63.1	3.0	2.0	1.13	0.7	3.14

2.1.2 골재

본 연구에서 사용한 굵은골재는 용원 석산에서 생산된 25mm의 쇄석을 사용하고, 잔골재는 전남 진도 앞바다에서 채취한 해사를 상용수로 세척하여 사용하였으며, 골재의 특성은 표 2와 같다.

표 2 골재의 물리·화학적 성질

종류	항목	C _{max} (mm)	비중	흡수율 (%)	조립율	단위중량 (kg/m ³)	조개껍질 함유량 (%)	염화물함유량 (×10 ⁻³ %)	
								NaCl	Cl
잔골재	-	-	2.62	1.8	2.75	1569	7.2	2.6	2.0
굵은골재	25	25	2.62	1.16	6.83	1583	-	-	-

표 2에서 조개껍질함유량은 표준체인 5mm체를 통과한 해사를 절건비중량에 대한 백분율이고, 염화물함유량은 세척한 해사의 중량에 대한 백분율이다.

2.1.3 혼화재료

본 연구에서는 국내 A사에서 생산되는 셀룰로오스계인 수중불분리성 혼화제와 멜라민계가 주성분인 유동화제를 사용하였고, 각 재료의 물리적 성분 및 화학성분은 표 3과 같다. 플라이애쉬는 삼천포 화력발전소에서 생산되는 F급 플라이애쉬를 사용하였으며, 화학성분은 표 4와 같다.

표 3 혼화재료의 물리·화학적 성질

종류	항목	주성분	pH	비중	성상
수중불분리성 혼화제(AWA)		셀룰로오스 에테르계	7.1	1.07	분말
유동화제(SP)		트리아진 고축합물	12.0	1.23	액상

표 4 플라이애쉬의 화학성분

화학성분(%)					
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃
49.66	22.88	8.16	8.91	3.79	0.27

2.2 실험방법

본 연구에서는 먼저 굵은골재, 잔골재, 시멘트, 수중불분리성 혼화제를 믹서에 넣고 30초간 건비빔한 후 물을 투입하여 1차 혼합비빔을 60초간 실시한 다음 마지막으로 유동화제를 투입하여 2차 혼합비빔을 90초간 실시하여 수중불분리성 콘크리트를 제작하였으며, 굳지않은 콘크리트의 특성을 위하여 다음과 같은 시험을 수행하였다.

2.2.1 수중분리도시험

수중불분리성 콘크리트의 수중분리도시험은 대한토목학회에서 규정한 「콘크리트용 수중불분리성 혼화제 품질기준」의 「수중낙하시험 방법」에 준하여 현탁액의 pH와 현탁물질량을 측정하였다.

2.2.2 유동성시험

수중불분리성 콘크리트의 유동성(Slump flow)시험은 대한토목학회에서 규정한 「콘크리트용 수중불분리성 혼화제품질기준」의 「수중불분리성 콘크리트의 슬럼프플로우 시험방법」에 준하여 실시하였는데, 슬럼프콘과 다짐봉은 「KS F 2402 콘크리트 슬럼프시험」에 준하는 것을 사용하였다.

2.2.3 공기량시험

굳지않은 수중불분리성 콘크리트의 공기함유량은 「KS F 2421 굳지않은 콘크리트의 압력법에 의한 공기함유량 시험(공기실 압력방법)」에 준하여 워싱턴 에어메터를 사용하여 측정하였다.

2.2.4 배합설계

본 연구에서는 배합강도(f_{cu})를 $240\text{kg}/\text{cm}^2$ 로 하며, 단위수량을 $220\text{kg}/\text{m}^3$ 로, 슬럼프플로우를 $50\pm 5\text{cm}$, 공기량을 4%이하를 기준으로 하고, 잔골재율은 40%, 플라이애쉬는 단위시멘트량에 10%, 15%, 20%, 25%, 30%, 35%로 변화시키고, 수중불분리성 혼화제와 유동화제는 각각 단위수량에 대하여 1.2%, 3%로 하여 배합계산한 결과 표 5와 같은 배합표를 얻었다.

표 5. 수중불분리성 콘크리트의 배합표

Symbol	W/C(%)	S/a(%)	Unit weight (kg/m^3)						
			W	C	S	Fly Ash	G	Admixture	
								AWA	SP
ST	50	40	220	440	619	0	968	2.64	6.6
AF 10	50	40	220	396	619	44	968	2.64	6.6
AF 15	50	40	220	374	619	66	968	2.64	6.6
AF 20	50	40	220	352	619	88	968	2.64	6.6
AF 25	50	40	220	330	619	110	968	2.64	6.6
AF 30	50	40	220	308	619	132	968	2.64	6.6
AF 35	50	40	220	286	619	154	968	2.64	6.6

3 실험결과 및 고찰

3.1 굳지않은 콘크리트의 특성

3.1.1 수중분리도 특성

수중분리도를 파악하기 위하여 플라이애쉬의 치환율을 변화시켜 제작한 수중불분리성 콘크리트의 현탁액의 pH와 현탁물질량의 측정결과는 각각 그림 1과 그림 2와 같다

그림 1과 그림 2에서 플라이애쉬의 치환율이 증가할수록 pH는 감소하고 현탁물질량은 증가하는 것으로 나타났는데, 이것은 플라이애쉬가 반응성이 없어 수중불분리성 혼화제와 흡착되지 않기 때문에 치환율이 증가하면 시멘트보다 상대적으로 pH가 낮은 플라이애쉬의 유실량이 많아지기 때문인 것으로 사료된다.

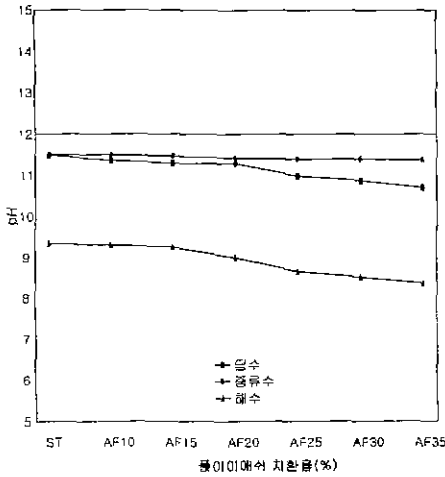


그림 1 플라이애쉬 치환율의 변화에 따른 pH

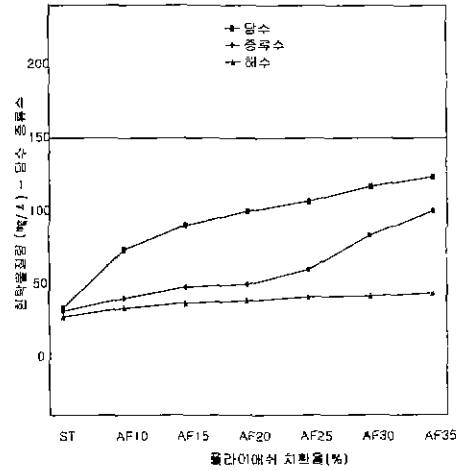


그림 2. 플라이애쉬 치환율의 변화에 따른 현탁물질량

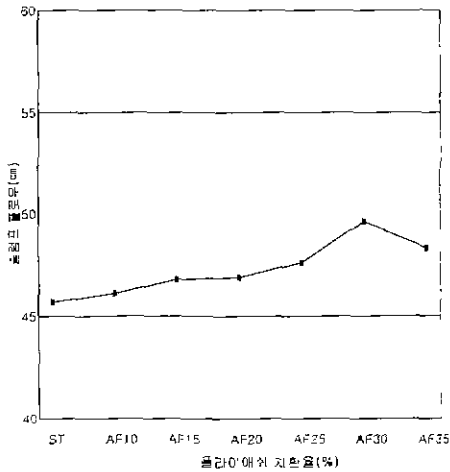


그림 3. 플라이애쉬 치환율의 변화에 따른 슬럼프플로우

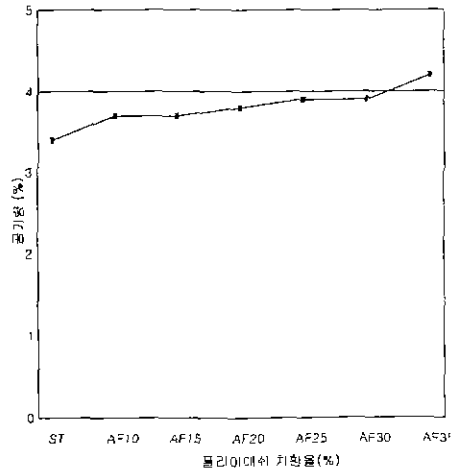


그림 4 플라이애쉬 치환율의 변화에 따른 공기량

3.1.2 유동성

그림 3은 플라이애쉬 치환율에 따른 수중불분리성 콘크리트의 유동성을 파악하기 위하여 슬럼프플로우를 측정된 결과이다. 슬럼프플로우는 본 연구에서 요구한 $50\pm 5\text{cm}$ 를 모두 만족하는 것으로 나타났다.

그림 3에서 플라이애쉬 치환율이 증가함에 따라서 슬럼프플로우는 점차 증가하다가 치환율이 30%를 넘는 경우에는 오히려 감소하는 것으로 나타났다.

3.1.3 공기량

그림 4는 플라이애쉬 치환율에 따른 수중불분리성 콘크리트의 공기량을 측정된 결과로 치환율 35%일 경우를 제외하고는 배합설계기준을 만족하는 것으로 나타났으며, 그 경향은 플라이애쉬 치환율이 증가함에 따라서 공기량도 증가하는 것으로 나타났다. 일반적으로 AE제를 사용한 콘크리트에서는 플라이애쉬가 AE제와 흡착하는 성질이 있기 때문에 공기량이 감소하는 것으로 알려져 있으나, 수중불분리성 콘크리트에서는 수중불분리성 혼화제의 강력한 점성작용으로 인하여 오히려 갇힌 공기량을 증가시키는 작용을 한다.

본 연구에서는 AE제를 사용하지 않고 플라이애쉬 치환율을 증가시킨 결과 공기량이 증가하는 것으로 나타났다.

4. 결론

(1) 플라이애쉬 치환율의 변화에 따른 수중불분리성 콘크리트의 pH는 치환율이 증가함에 따라서 감소하는 것으로 나타났으나, 현탁물질량은 증가하는 결과를 나타냈는데 이것은 플라이애쉬가 반응성이 없어 수중불분리성 혼화제와 흡착되지 않기 때문에 치환율이 증가함에 따라 시멘트보다 상대적으로 pH가 낮은 플라이애쉬의 유실량이 많아지기 때문인 것으로 사료된다.

(2) 플라이애쉬 치환율의 변화에 따른 수중불분리성 콘크리트의 슬럼프플로우는 본 연구에서 요구한 $50\pm 5\text{cm}$ 를 만족하는 것으로 나타났으며, 플라이애쉬 치환율이 30%일 때 유동성이 가장 양호한 것으로 나타났다

(3) 플라이애쉬 치환율이 증가할수록 수중불분리성 콘크리트의 공기량은 증가하는 것으로 나타났는데, 이것은 본 연구에서 사용한 수중불분리성 혼화제의 강력한 점성작용으로 인하여 갇힌 공기량이 증가한 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

1. 문한영, "플라이애시를 혼합한 수중불분리성 콘크리트의 재물성", 한국콘크리트학회 1999년도 봄 학술발표회 논문집, pp.609~612, 1999.
2. 한국콘크리트학회, "최신콘크리트공학" pp.150~155, 1997.10
3. 한국콘크리트학회, "콘크리트 혼화재료", 기문당, pp.186~216, 1977
4. 대한토목학회, "콘크리트용 유동화제 품질기준", 대한토목학회지, 제45권 제3호, pp.93~97, 1997.3.
5. 이승한, "플라이애쉬 및 고로슬래그를 사용한 고성능콘크리트의 특성", 한국콘크리트학회 1998년도 가을 학술발표회 논문집, 제10권 2호, pp 275~280, 1998. 11

6. 권중현, "플라이애시를 혼입한 해수중 불분리성콘크리트의 특성", 경상대학교 대학원 박사학위 논문 pp 32~49, 1999.8