

플라이애시를 혼합한 수중불분리성 콘크리트의 제물성

Properties of Antiwashout Underwater Concrete Containing Fly Ash

문한영^{*} 김성수^{**} 이재준^{***} 전중규^{****}
Moon, Han-Young Kim, Seong-Soo Yi, Jae-Jun Jeon, Joong-Kyu

ABSTRACT

Recently, the antiwashout underwater concrete with an antiwashout admixtures has been increasingly used for underwater structures. However, the credibility of antiwashout underwater concrete was brought up as problems because it seldom was applied to fields.

In this study, experiments were made on the basic properties of antiwashout underwater concrete replaced with fly ash up to 30% to improve its properties.

Resultant to the test, we got the results as follows; funnel flow time was decreased, the slump flow was increased and the elevation of head was decreased rapidly whereas the amount of suspended solids became high, pH became low.

In view of 70%, the standard ratio of compressive strengths between cast in water and in air, it was obtained the result that the ratio was over 90% at 28days.

1. 서 론

최근 부산의 수영만에 건설되는 광안대교, 신국제공항을 잇는 영종대교, 서해안고속도로상의 신설 교량기초 및 한강상의 교량 보수공사 등과 같은 대형 수중콘크리트 구조물에 수중불분리성 콘크리트를 적용하는 사례가 점차 증대되고 있는 추세이다.

그런데 수중불분리성 콘크리트는 수중불분리성혼화제의 증점작용 때문에 일반 수중콘크리트보다 소정의 유동성을 확보하기 위한 경우, 과도한 단위수량의 증가를 피하기 위해서 고성능감수제 또는 AE감수제를 적당량 사용해야 한다. 그러나 수중불분리성혼화제와 고성능감수제를 활용한 수중불분리성 콘크리트는 트레미, 콘크리트 펌프 및 프리팩트콘크리트와 같은 일반적인 수중콘크리트 공법과는 달리 개발된 역사가 비교적 짧은 탓으로 현장에 적용된 시공실적이 적어 신뢰성에 대한 의문을 제기하는 등의 문제점이 지적되고 있다. 그래서 수중불분리성 콘크리트의 제물성을 향상·개선시키기 위한 목적으로 플라이애시로 대체한 수중불분리성 콘크리트에 착안하게 되었다.

본 연구에서는 플라이애시를 시멘트중량에 30%까지 대체하여 제조한 수중불분리성 콘크리트의 수중에서의 재료분리정도, 유동성 및 압축강도를 측정하여 수중불분리성 콘크리트의 기초물성에 대하여 고찰하였다.

* 정회원, 한양대학교 공과대학 토목공학과 교수

** 정회원, 대전대학교 이공대학 토목공학과 교수

*** 정회원, 한양대학교 대학원 토목공학과 박사과정

**** 정회원, 한양대학교 대학원 토목공학과 석사과정

2. 사용재료 및 실험방법

(1) 시멘트 : 보통포틀랜드시멘트(이하 OPC로 약함) 및 플라이애시(이하 FA로 약함)의 화학성분 및 물리적 성질은 표 1과 같다.

표 1 시멘트, 플라이애시의 화학성분 및 물리적 성질

항 목 종 류	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	CaO (%)	MgO (%)	SO ₃ (%)	Ig. loss (%)	Specific gravity	Blaine (cm ² /g)
OPC	21.95	6.59	2.81	60.1	3.32	2.11	2.58	3.15	3,112
FA	67.7	25.0	2.85	2.00	0.90	-	3.47	2.15	3,274

- (2) 골재 : 굵은골재는 최대치수 25mm, 비중 2.67, 흡수율 0.78% 및 조립률 6.47인 부순돌을 사용하였으며, 잔골재는 바다모래를 세척하여 비중 2.60, 흡수율 0.94% 및 조립률 2.80인 것을 사용하였다.
- (3) 화학혼화제 : 주성분이 Hydroxypropyl Methylcellulose(HPMC)인 수중불분리성혼화제와 벨라민계 고성능감수제를 사용하였다.
- (4) 수중 재료분리정도 : 대한토목학회의 『콘크리트용 수중불분리성혼화제 품질규준(안)』의 수중낙하시험에 준하여 수중에서의 재료분리정도를 측정하였다.
- (5) 슬럼프플로우 시험 : 슬럼프플로우는 대한토목학회 규준(안) 『수중불분리성 콘크리트의 슬럼프플로우 시험방법』에 준하여 측정하였으며, 경과시간에 따른 슬럼프플로우 손실률을 알아보기 위하여 믹싱직후 0, 30 및 60분에 슬럼프플로우값을 측정하였다.
- (6) V형 깔대기 유하시간 측정시험 : 수중불분리성 콘크리트의 유동특성을 알아보기 위하여 그림 1과 같은 V형 깔대기를 제작하여 콘크리트를 채우고 흘러내리는 유하시간을 분-초 단위로 측정하였다.
- (7) U형 박스 높이차 시험 : 그림 2와 같은 박스용기에 물을 미리 채우고 수중불분리성 콘크리트를 박스의 한 쪽에 50cm 높이까지 채운 후 칸막이를 들어 올려 콘크리트가 철근 사이를 유동하여 다른 한쪽으로 상승된 높이와 원래의 콘크리트가 하강된 높이차(H)를 cm단위로 측정하였다.

3. 수중불분리성 콘크리트의 재료분리정도

일반적으로 수중불분리성혼화제는 수중불분리성 콘크리트의 혼합수에 용해되어 혼합수의 점성을 높여주고, 시멘트입자에 흡착되어 입자간의 가교역할을 함으로 시멘트입자가 수중에서 회석 내지는 유실되는 것을 방지하여 수중불분리성 콘크리트의 재료분리를 줄여주는 역할을 한다.

대한토목학회의 『콘크리트용 수중불분리성혼화제 품질규준(안)』에 의하면, 수중불분리성 콘크리트의 재료분리정도는 수중낙하시험을 실시하여 현탁물질량 및 pH값을 측정하도록 되어있다.

그래서 플라이애시를 30%까지 대체한 수중불분리성 콘크리트의 현탁물질량과 pH값을 측정한 결과를 정리한 것이 그림 3이다. 이 그림에서 알 수 있듯이 플라이애시의 대체율이 커질수록 현탁물질량은 증가하는 반면 pH값은 낮아지는 경향을 나타내었다.

플라이애시로 대체한 수중불분리성 콘크리트의 현탁물질량이 증가하는 이유는 플라이애시는 반응성이 없어 수중불분리성혼화제에 흡착되지 않을 뿐만 아니라 수중에서 물과 접촉하면 입자가 분리되기 때문에 플라이애시 대체율이 증가할수록 시멘트만을 사용한 수중불분리성 콘크리트의 현탁물질량보다 많아졌다고 생각된다. 한편, 플라이애시 대체율이 증가하는데 따라 현탁물질량이 증가함에도 불구하고 pH값이 낮아지는 이유는 현탁물질량 중에 포함된 시멘트 보다 플라이애시의 분리정도가 커져 pH값이 낮아지는 결과를 나타내었다고 생각된다.

4. 수중불분리성 콘크리트의 유동특성

플라이애시로 대체한 수중불분리성 콘크리트의 유동성을 평가하기 위하여 슬럼프플로우, V형 깔대기 유하시간 및 U형 박스에 의한 높이차를 측정하여 이들 상호관계를 정리한 것이 그림 4 및 5이다.

그림 4에서 알 수 있듯이 경과시간에 관계없이 플라이애시의 대체율이 증가할수록 슬럼프플로우값은 약간씩 증가하였고, 슬럼프플로우 손실률은 대체율에 관계없이 경과시간 60분에서 12%정도였으며, 깔대기의 유하시간은 크게 감소되는 결과를 나타내었다.

수중불분리성 콘크리트의 유동특성을 알아보기 위하여 U형 박스에 의한 높이차 측정 결과를 슬럼프플로우와의 관계로 정리한 것이 그림 5로서, 플라이애시를 20% 대체하는데 따라 콘크리트의 높이차가 급격히 감소되는 좋은 결과를 나타냄으로서 플라이애시가 수중불분리성 콘크리트의 시공성을 크게 향상시키는데 유효한 것으로 생각된다.

5. 수중불분리성 콘크리트의 압축강도

수중불분리성 콘크리트의 품질을 알아보기 위한 한 수단으로 압축강도용 공시체를 수중 및 공기중에서 제조하여 각각 재령 3일부터 91일까지의 압축강도를 측정하여 정리한 것이 표 2이며, 각각 재령 및 플라이애시의 대체율별 기중과 수중 콘크리트의 압축강도와의 관계를 나타낸 것이 그림 6이다.

먼저 플라이애시를 30%까지 대체한 수중불분리성 콘크리트의 수중/기중 압축강도비는 표 2에서 알 수 있듯이 플라이애시의 대체율이 증가하는데 따라 압축강도비는 감소하였으나, 재령이 증가함에 따라 압축강도비의 폭이 크게 감소되는 결과를 나타내었다.

한편, 대한토목학회의 『수중불분리성혼화제를 첨가한 콘크리트의 품질규준(안)』에 의하면, 수중/기중 압축강도비가 재령 7일에서는 60%이상, 재령 28일에서는 70%이상으로 규정되어 있으므로 표 2의 압축강도비는 규준값을 훨씬 상회하는 좋은 결과임을 알 수 있다.

이번에는 수중불분리성 콘크리트의 기중압축강도와 수중압축강도와의 관계를 나타낸 것이 그림 6으로서 재령에 따라 강도의 발현폭이 크게 상이하였으나, 이들 사이에는 매우 좋은 상관관계가 있음을 알 수 있다. 다시 말해서 플라이애시의 대체율이 증가하는데 따라 수중불분리성 콘크리트의 재령 7일에서 압축강도의 차이가 매우 컸으나, 재령 91일에서는 플라이애시의 포졸란반응으로 강도가 크게 증진되어 압축강도의 발현폭이 크게 줄어든 강도증진현상을 나타내었다.

표 2 플라이애시 대체율에 따른 수중불분리성 콘크리트의 압축강도

항 목 대체율(%)	압축강도(kg/cm ²)				
	3일	7일	28일	56일	91일
0	229/263(87)*	375/415(90)	493/519(95)	501/527(95)	511/533(96)
10	189/230(82)	336/395(85)	468/497(94)	512/534(96)	534/559(96)
20	168/224(75)	315/366(86)	446/485(92)	492/524(94)	527/550(96)
30	128/178(72)	235/290(81)	398/435(91)	468/498(94)	507/534(95)

* 수중압축강도/기중압축강도(수중/기중 압축강도비)

6. 결론

- (1) 플라이애시로 대체한 수중불분리성 콘크리트의 현탁물질량은 시멘트만을 사용한 수중불분리성 콘크리트의 현탁물질량보다 컸으나, pH값은 오히려 낮아지는 결과를 나타내었다.
- (2) 플라이애시로 대체한 수중불분리성 콘크리트의 유동성을 측정한 결과, 플라이애시의 대체율이 증가 하는데 따라 슬럼프플로우값이 약간 증가하였고, 깔대기의 유하시간은 크게 감소되었으며, 또한 U형박스의 높이차가 급격히 감소됨으로서 시공성을 향상시키는데 유효하다고 생각된다.
- (3) 플라이애시를 30%까지 대체한 수중불분리성 콘크리트의 초기재령에서 압축강도는 상당히 작았으나, 장기재령에서는 플라이애시의 포졸란반응에 의하여 압축강도가 크게 증진되어 강도폭이 크게 줄어들었다. 또한, 재령 28일에서 수중/기중 압축강도비가 90%이상으로 수중불분리성 콘크리트의 규준값 70%를 상회하는 좋은 결과를 얻었다.

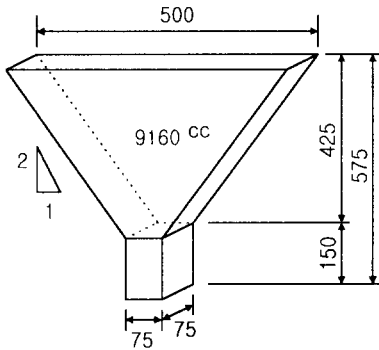


그림 1 유하시간 측정장치 (단위 : mm)

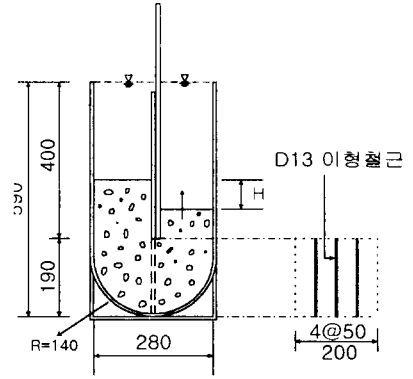


그림 2 박스 높이차 측정장치 (단위 : mm)

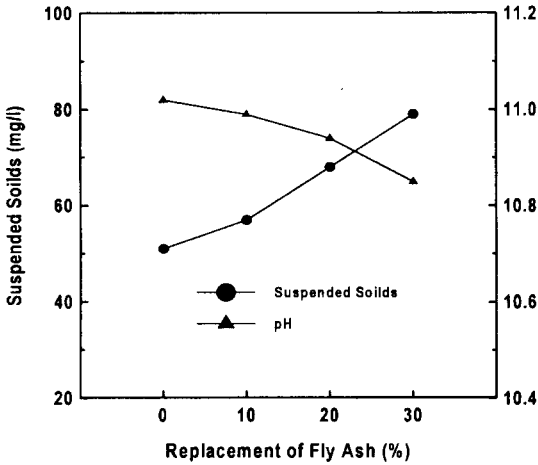


그림 3 수중에서의 재료분리정도

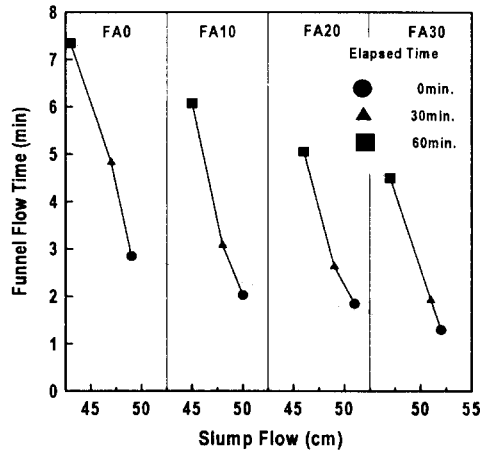


그림 4 유하시간과 슬럼프플로우와의 관계

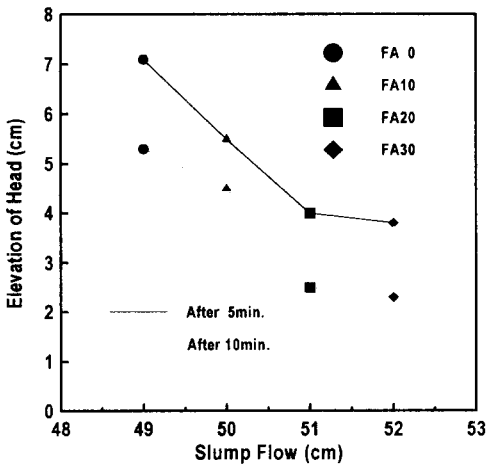


그림 5 시공성과 슬럼프플로우와의 관계

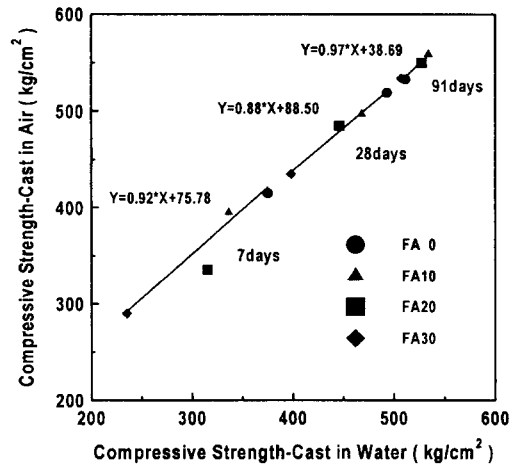


그림 6 기중-수중 압축강도와의 관계