

고강도 수중불분리성콘크리트의 기초물성에 대한 연구

Fundamental Properties of High-Strength Antiwashout Underwater Concrete

문한영^{*} 김성수^{**} 송용규^{***} 전중규^{***}
Moon, Han-Young Kim, Seong-Soo Song, Yong-Kyu Jeon, Joong-Kyu

ABSTRACT

Recently, the antiwashout underwater concrete has been increasingly used for underwater structures such as very high diaphragm walls or high strength massive concrete structures. In this study, experiments were made on the fundamental properties of antiwashout underwater concrete replaced with Fly Ash from 10% to 30% to improve its properties. Resultant to the test, we got the results as follows; the value of slump flow was increased, the setting time was very delayed, and the heat evolution amount decreased, whereas the amount of suspended solids became high, and pH value became low as to increasing the replacement ratio of Fly Ash. Also the ratios of compressive strength (in water compared to in air) at 28day were obtained over 90%, and these values were satisfied with 70% of a criterion.

1. 서론

최근 영종대교, 광안대교, 서해안고속도로상의 교량기초 및 한강상의 교량 보수공사 등과 같은 수중 콘크리트 구조물에 수중불분리성콘크리트를 적용한 사례가 증가하고 있다. 또한 초대형 지하연속벽과 같은 콘크리트 구조물을 수중 또는 바다 속에 고강도 매스콘크리트 구조물로 축조해야 할 필요성 등으로 인하여 수화열이 적고 고강도의 수중불분리성콘크리트 개발이 필요 불가결한 실정이다. 그래서 수중불분리성콘크리트의 수화열을 저감시키며, 장기강도 증진 및 내해수성의 향상 등 제 물성 향상에 효과가 있는 플라이애시를 적정량 혼합한 수중불분리성콘크리트의 고강도화를 목표로 하였다.

본 연구에서는 플라이애시를 시멘트 중량에 3단계로 혼합하여 500 kgf/cm² 정도를 목표강도로 제조한 고강도 수중불분리성콘크리트의 재료분리정도, 응결시간, 유동성손실 및 제 강도를 측정할 길과에 대하여 고찰하였다.

2 실험개요

2.1 사용재료

- (1) 시멘트 : 보통포틀랜드시멘트(이하 OPC로 약함) 및 플라이애시(이하 FA로 약함)의 화학성분 및 물리적 성질은 표 1과 같다.
- (2) 골재 : 굵은골재의 최대치수 25mm, 비중 2.66, 흡수율 0.78% 및 조립률 6.47인 부순돌을 사용하

* 정희원, 한양대학교 공과대학 토목공학과 교수

** 정희원, 대신대학교 이공대학 토목공학과 교수

*** 정희원, 한양대학교 대학원 토목공학과 박사과정

였으며, 잔골재는 비중 2.59, 흡수율 0.80% 및 조립률 2.80인 바다모래를 세척하여 사용하였다.

- (3) 화학혼화제 : 주성분이 HPMC(Hydroxypropyl Methylcellulose)계인 수중불분리성혼화제와 멜라민계 고성능감수제를 사용하였다.

표 1 시멘트, 플라이애시의 화학성분 및 물리적 성질

항목 종류	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

2.2 실험방법

- (1) 수중재료분리도 : 대한토목학회¹⁾의 『콘크리트용 수중불분리성혼화제 품질규준(안)』의 수중낙하 시험에 준하여 현탁물질량 및 pH를 측정하였다.
- (2) 슬럼프플로우 : 대한토목학회 규준(안) 『수중불분리성콘크리트의 슬럼프플로우 시험방법』에 준하여 측정하였으며, 믹싱후 0, 30 및 60분에서 슬럼프플로우값을 측정하였다.
- (3) 응결시간 : 수중불분리성콘크리트의 응결시간은 KS F 2436에 준하여 측정하였다.

3. 실험결과에 대한 고찰

3.1 수중불분리성 콘크리트의 현탁물질량 및 pH

플라이애시를 30%까지 혼합한 수중불분리성콘크리트의 현탁물질량과 pH값을 측정한 결과를 정리한 것이 그림 1이다. 이 그림에서 플라이애시의 혼합률이 증가할수록 현탁물질량은 증가하는 반면 pH값은 거의 변화가 없음을 알 수 있다. 그 이유는 플라이애시가 반응성이 없어 수중불분리성혼화제에 흡착되지 않을 뿐만 아니라 물과 접촉하면 입자가 분리되기 때문에 플라이애시 혼합률이 증가할수록 시멘트만을 사용한 수중불분리성콘크리트의 현탁물질량보다 많아졌다고 생각된다.

3.2 수중불분리성콘크리트의 응결시간

플라이애시를 혼합하지 않은 수중불분리성콘크리트(이하 기준콘크리트로 약함)와 플라이애시를 혼합한 수중불분리성콘크리트의 응결시간을 측정하여 정리한 것이 그림 2이다. 이 그림에 의하면 플라이애시 혼합률 30%에서 수중불분리성콘크리트의 초결 및 종결시간은 기준콘크리트보다 약 1.7~1.8배정도 크게 지연되는 결과를 나타내었다. 수중불분리성콘크리트에 플라이애시를 혼합하므로써 응결이 지연되는 이유는 초기수화에 영향을 미치는 시멘트의 조성광물 중 C₃A 및 C₃S의 함유량이 감소하여 시멘트 수화에 의하여 생성되는 Ca(OH)₂의 양이 줄어들었을 뿐만아니라 플라이애시 중의 미연소 탄소에 흡착되므로써 Ca(OH)₂농도가 저하되었기 때문으로 생각된다. 그러나 본 논문에서 플라이애시를 혼합한 수중불분리성콘크리트의 응결시간은 대한토목학회 “콘크리트용 수중불분리성 혼화제 품질규준(안)”에서 규정하고 있는 초결 5시간 이상, 종결 30시간 이하를 만족하는 값이다

3.3 수중불분리성콘크리트의 유동성 손실률

플라이애시를 혼합한 수중불분리성콘크리트의 믹싱후의 경과시간 0, 30, 및 60분까지의 슬럼프플로우값을 측정하여 믹싱직후 측정된 슬럼프플로우값 100에 대하여 각각의 시간에 따른 유동성 손실률을 정리한 것이 그림 3이다. 이 그림에서 플라이애시를 혼합함에 따라 경과시간에 관계없이 유동성 손실률이 기준콘크리트보다 약간 작았으며, 경과시간 60분에서 플라이애시 30% 혼합한 수중불분리성콘크리트의 유동성 손실률은 5% 정도 작은 좋은 결과를 나타내었다. 다시 말해서 수중불분리성콘크리트에 플라이애시를 혼합하므로써 기준콘크리트보다 유동성 손실저감 효과가 있음을 알 수 있었다.

3.4 수중불분리성콘크리트의 강도특성

(1) 압축강도

플라이애시를 혼합한 수중불분리성콘크리트를 수중 및 기중에서 제조하여 각각 재령 3일부터 91일까지의 각 재령별 압축강도를 측정하여 정리한 것이 그림 4이다. 이 그림에서 알 수 있듯이 플라이애시의 혼합률이 증가하는데 따라 재령 28일까지는 압축강도가 감소하였으나, 재령 56일 이후에서는 오히려 플라이애시의 포졸란반응으로 인하여 기준콘크리트보다 약간 증가하는 좋은 경향을 나타내었다.

여기서 플라이애시를 혼합한 수중불분리성콘크리트를 수중에서 제조한 공시체의 압축강도가 기중에서 제조한 공시체의 압축강도보다 약간 낮은 유사한 경향을 나타냄을 알 수 있었다.

(2) 인장강도 및 휨강도

플라이애시를 10, 20 및 30% 혼합한 수중불분리성콘크리트의 수중 및 기중에서 공시체를 제조하여 재령 28일의 인장강도 및 휨강도를 측정하여 정리한 것이 그림 5 및 그림 6이다.

이들 그림에 의하면 플라이애시의 혼합률이 증가함에 따라 인장강도 및 휨강도는 다같이 플라이애시를 혼합하지 않은 기준콘크리트보다 감소되는 결과를 나타내었으며, 수중에서 제조한 공시체의 인장 및 휨강도가 기중에서 제조한 공시체의 강도보다 약간 작은 값을 나타내었다.

그런데 수중제조 수중불분리성콘크리트 공시체의 인장강도 및 휨강도에 대한 압축강도 값은 각각 13~15 및 7~9 배 정도의 범위에 있음을 알 수 있었다.

4. 결론

(1) 플라이애시를 혼합한 수중불분리성콘크리트의 현탁물질량은 플라이애시가 수중불분리성혼화제에 흡착되지 않을 뿐만 아니라 물과 접촉하면 입자가 분리되기 때문에 시멘트만을 사용한 수중불분리성콘크리트의 현탁물질량보다 컸으나, pH값은 거의 변화가 없음을 알 수 있었다.

(2) 플라이애시 혼합률 30%에서 수중불분리성콘크리트의 초결 및 종결시간은 기준콘크리트보다 약 1.7~1.8배정도 크게 지연되는 결과를 나타내었으나, 대한토목학회 규준(안)의 초설 5시간 이상 및 종결 30시간 이하를 만족하는 값을 알 수 있었다.

(3) 플라이애시를 혼합함에 따라 경과시간에 관계없이 유동성 손실률이 기준콘크리트보다 약간 작았으며, 플라이애시 30% 혼합한 수중불분리성콘크리트의 유동성 손실률은 경과시간 60분에서 기준콘크리트보다 5% 정도 작은 좋은 결과를 나타내었다.

(4) 플라이애시를 혼합한 수중불분리성콘크리트의 초기재령에서 압축강도는 작았으나, 장기재령에서는 압축강도가 크게 증진되는 결과를 얻었으며, 수중에서 제조한 수중불분리성콘크리트의 압축강도는 인장강도 및 휨강도에 각각 13~15 및 7~9 배 정도의 범위에 있음을 알 수 있었다.

참고문헌

1. 대한토목학회, "콘크리트용 수중불분리성 혼화제 품질규준(안)", 1995. 10.
2. 禰留和人, 清水洋次, 下田努, 宮野一也, "特殊水中コンクリートの高強度・マスコンクリート適用性に關する 研究", 콘크리트工學年次論文報告集, 10-2, 1988, pp55~58
3. 永嶋正久, "水和反應と凝結硬化", わかりやすいセメント科學 No. 4, (社)セメント協會, 1993. 3.

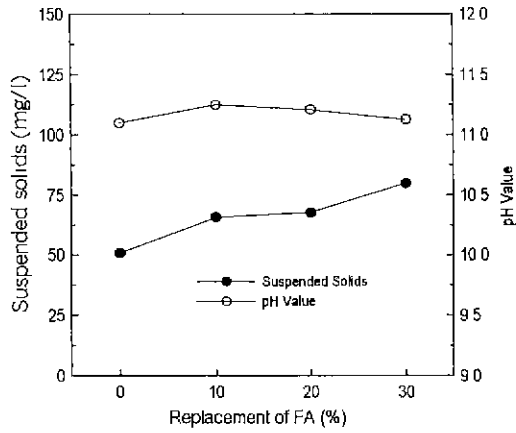


그림 1 플라이애시 혼합물에 따른 현탁물질량과

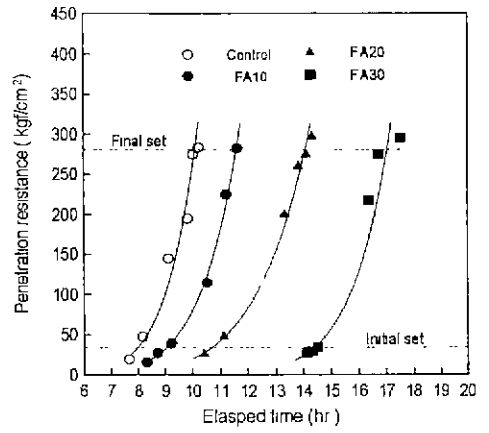


그림 2 수중불분리성콘크리트의 응결시간

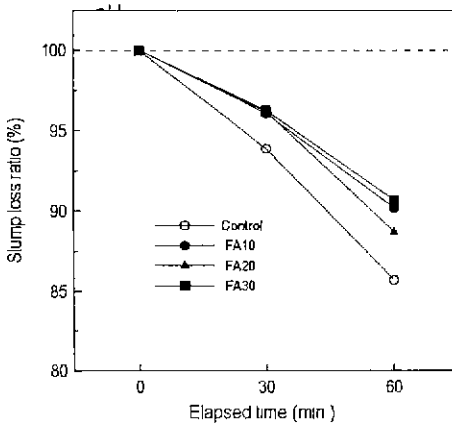


그림 3 경과시간에 따른 슬럼프플로우 손실률

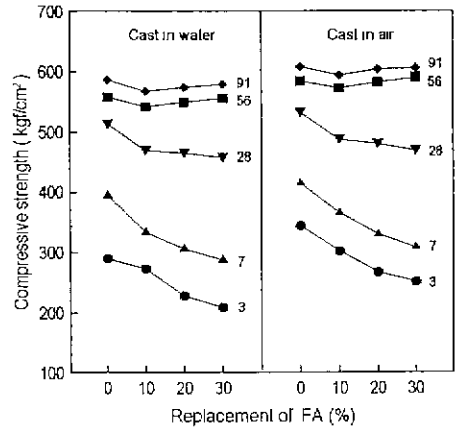


그림 4 플라이애시 혼합물에 따른 수중 및 기중 콘크리트의 압축강도

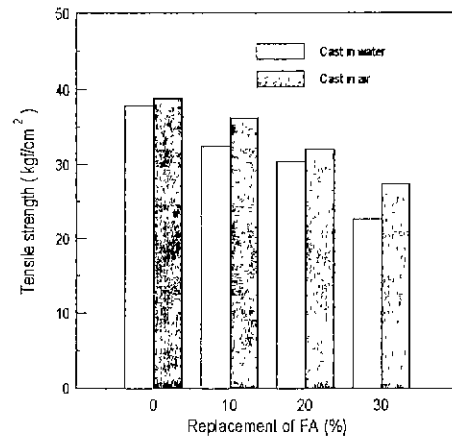


그림 5 플라이애시 혼합물에 따른 수중 및 기중 콘크리트의 인장강도

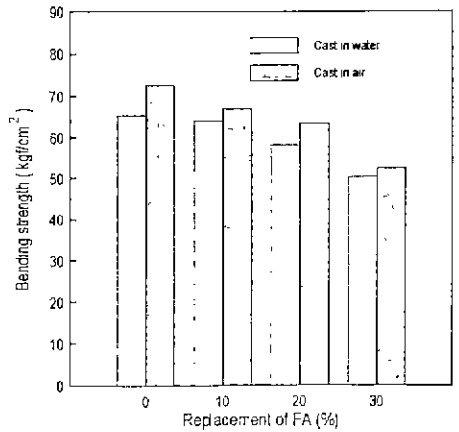


그림 6 플라이애시 혼합물에 따른 수중 및 기중 콘크리트의 휨강도