

고로슬래그미분말 및 하수슬러지를 혼입한 시멘트계 저강도 재료의 기초적 물성

Fundamental Properties of Controlled Low Strength Materials Mixed Blast Furnace Slag and Sewage Sludge

김 동 훈* 박 신** 임 남 기***
Kim, Dong-Hun Park, Shin Lim, Nam-Gi

Abstract

As the result of uniaxial compression strength test on the CLMS mixing BFS and SS with BFS 4000, it required to determine the desired strength through increasing unit quantity of cement in mixing process because of dramatic strength deterioration of strength according to increasing replacing rate. In this study's result, regardless of differences in fine aggregates used, in order to get uniaxial compression strength in the scope exceeding criteria of minimum strength for applying to the field, the most reasonable combination was to mix replacing BFS with fineness of 6000 in 30%. For the CLMS mixing BFS and SS, in order to improve flow ability by securing quantity of minimum unit and to repress bleeding rate with securing uniaxial compress strength considering the field applicability, regardless of differences in fine aggregates used, to mix BFS over 6000 in 30% was most effective.

키 워 드 : 시멘트계 저강도재료, 고로슬래그미분말, 플라이애쉬, 압축강도, 자원재 활용
Keywords : controlled low strength materials, blast furnace slag, fly ash, compressive strength, recycling

1. 서 론

1.1 연구의 목적

CLSM(Controlled Low Strength Materials)은 시멘트계 슬러리 재료로서 ACI 229위원회에서는 재령 28일의 압축강도가 8.3N/mm^2 이하로 될 수 있게 제어된 슬러리계의 되메움 재료로 정의하고 있다. 또한, 일본에서는 "제어형저강도 재료" 또는 "저강도제어 재료"로 정의되고 있는 유동화 처리토의 일종이다. CLSM의 가장 큰 특징은 다량의 산업부산물 및 폐기물을 안전하면서도 유효하게 경제적으로 이용할 수 있다는 점이다. 현 시점에서 시멘트계 슬러리 재료의 주 재료는 플라이애쉬(Fly Ash : 이하, FA)가 사용되고 있으나, 고로슬래그미분말(Blast Furnace Slag : 이하, BFS) 등의 산업부산물은 물론 하수슬러지(Sewage Sludge : 이, SS) 등의 산업폐기물에 이르기까지 광범위하게 적용 가능한 슬러리계의 저강도 재료이다.

본 연구에서는 BFS 및 SS를 혼입한 시멘트계 저강도 재료의 물성시험을 실시하여 향후 다양한 용도와 사용재료별 요구 성능에 대응할 수 있는 자원순환형 시멘트계 저강도 재료의 개발 및 실용화를 위한 기초적인 자료로 활용하고자 한다.

2. 실험방법

본 연구에서는 BFS 및 SS의 혼입이 시멘트계 저강도 재료의 유동성 및 압축강도에 미치는 영향을 파악하기 위해 단위시멘트량을 100kg/m^3 으로 고정하고 시멘트, 물, 분체, 잔골재로 구성된 각 재료의 배합을 결정하였다. 또한, 각 재료의 배합에 있어서는 북미의 ACI 229 및 일본의 유동화 처리토 이용매뉴얼에 규정된 현장 적용을 위한 평가 기준에 의거 목표 플로치 $200\text{mm}(\pm 20)$, 블리딩율 3%이하(20Time), 일축압축강도 $0.3\sim 0.7\text{MPa}$ 를 얻는데 필요한 단위 수량을 조절하는 방법으로 각 재료의 배합을 결정하였다. BFS 및 SS 혼입 시멘트계 저강도 재료의 배합인자 및 조건은 표1, 배합은 표 2와 같다.

* 동명대학교 건축공학과 겸임교수, 공학박사

** 창원문성대학 건축학과 부교수, 공학박사

*** 동명대학교 건축공학과 교수, 공학박사, 교신저자(ing@tu.ac.kr)

표 1. 사용재료의 배합인자 및 조건

Test item	Unit quantity of cement (kg/m ³)		
	Replacement ratio	Pulverulent body	Fine aggregate
BFS 4000	30,50,70	SS	S
			CSF
BFS 6000	30,50,70	SS	S
			CSF
BFS 8000	30,50,70	SS	S

표 2. BFS 및 SS 혼입 시멘트계 저장도 재료의 배합표

	Unit weight (kg/m ³)						
	R·R(%)	C	BFS	W	S	SS	CFS
BFS4000	30	70	30	394	1224	294	1117
	50	50	50	374	1250	300	1148
	70	30	70	403	1203	289	1116
BFS6000	30	70	30	385	1242	298	1109
	50	50	50	401	1208	290	1097
	70	30	70	407	1194	286	1107
BFS8000	30	70	30	409	1191	285	1138
	50	50	50	403	1203	288	1094
	70	30	70	409	1189	285	1130

화력발전소에서 부산되는 FA 등의 각종 산업부산물을 재활용한 슬러리계의 저장도 재료는 플로, 블리딩율, 일축압축강도를 기준으로 공학적 특성 및 현장에서의 적용성을 평가하고 있다. 국내의 경우 현재까지 이에 대한 정확한 평가기준은 없으나, 북미는 ACI Committe 229(1994), 일본은 유동화 처리토이용매뉴얼(2009)에서 그 평가기준과 시험방법 등을 규정하고 있다. 본 연구에서는 북미와 일본의 시험 및 평가방법을 기준으로 시험과 현장 적용성을 평가하였다.

3. 고찰

블리딩 결과는 그림 1(a,b), 압축강도 결과는 그림 2(a,b)와 같다. 그림으로부터, 전체적으로 SS를 혼입한 경우 잔골재의 차이에 상관없이 대략 2~3% 범위에서 블리딩율이 형성되어 본 연구에서 현장 적용성을 고려하여 설정한 기준치인 3% 이하를 만족하였다. 또한, 분체에 SS를 사용하고, 잔골재로 S를 혼입한 경우 BFS 4000 및 6000을 30% 정도에서 치환하면은 블리딩율의 억제를 통한 유동성 개선에 유효할 것으로 나타났다. 한편, 그림2로부터 BFS 6000 및 8000을 혼입한 경우는 치환율 50% 까지 조금의 강도 저하가 나타나는 것으로 파악되었으나, 본 연구에서 현장 적용을 위해 설정한 최소강도(0.3MPa)를 만족하는 것으로 나타났다. 하지만, BFS 4000을 SS와 함께 혼입하여 사용하는 경우에 있어서는 배합단계에서의 단위시멘트량 증가에 따른 목표 강도의 확보가 필요한 것으로 확인되었다.

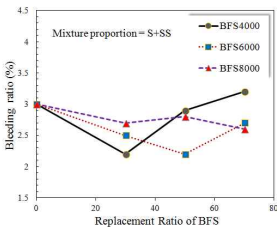


그림 1(a). 블리딩(SS+S)

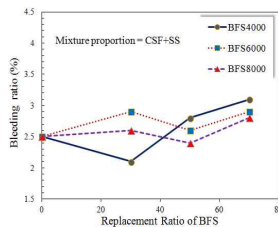


그림 1(b). 블리딩(SS+CSF)

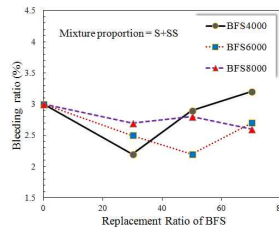


그림 2(a). 압축강도(SS+S)

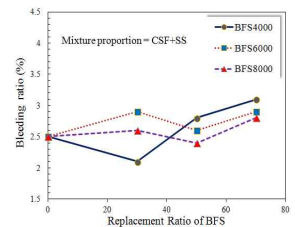


그림 2(b). 압축강도SS+CSF

4. 결론

BFS 및 SS를 혼입한 경우 대략 2~3% 정도 범위에서 블리딩이 형성되어 현장 적용을 위한 북미(ACI Committe 229)와 일본의 유동화처리 토 이용매뉴얼의 기준치인 3%이하를 만족하였고 또한, BFS 6000 및 8000을 혼입한 경우에서도 현장 적용을 위한 국제 기준치인 최소강도 (0.3MPa)을 만족하는 것으로 나타났다.

감사의 글

본 논문은 미래창조과학부에서 지원하는 이공분야기초연구사업(과제번호: 2014R1A1A1002508)의 일환으로 수행된 연구임을 밝히며 이에 감사를 드립니다.

참고 문헌

1. 김동훈, 하수슬러지를 활용한 저장도 콘크리트의 합리적 배합방법, 한국콘크리트학회논문집, 제24권 제4호, 2012