

레드머드의 소성온도 및 첨가량변화에 따른 컬러콘크리트의 기초적 연구

The Study about Colored Concrete Corresponding to the Various Temperatures for Plasticity and Additive Volume on the redmud

김 태 청* 김 중* 연 규 원** 윤 기 원*** 신 동 안****
Kim, Tae Cheong Kim, Jong Yeun, Kyu-Won Yoon, Gi Woon Shin, Dong An

ABSTRACT

This study investigated fundamental properties of the colored concrete Corresponding to the various temperatures for plasticity and additive volume of the redmud. the results were summarized as following. There was no difference on the air contents and slumpflow at each temperatures for plasticity. The color tone was high in accordance with increase of temperatures for plasticity, but the drying shrinkage length change was shown in the opposite tendency. The slumpflow was gradually declined, but the air content, compressive strength, color ton and drying shrinkage length change were overall increased when the additive volume of the redmud was increased.

1. 서 론

최근, 컬러콘크리트는 마감, 바닥 및 구조체 전체 공사에 적용하여 주문자가 요구하는 다양하고 선명한 색채감을 얻을 수 있는 반면 콘크리트에 색감을 발현할 수 있는 착색제의 비용이 고가이므로 현재 일부분의 구조물에서만 사용되고 있어 경제성을 동반한 컬러콘크리트용 안료의 개발이 요구되어지고 있다.

그런데, 알루미늄 생산시 발생되어지는 산업부산물인 레드머드는 붉은색을 나타내는 특성을 갖고 있음에도 불구하고 콘크리트용 안료보다는 산업폐수처리, 무응집제 및 시멘트 재료로써의 활용하는 분야에서 많은 연구가 진행되었지만, 컬러콘크리트용 착색제로서의 사용은 착색이 미약하여 중요하지 않은 곳에 착색보조재로서 활용되어지고 있지만, 발생량에 비하여 널리 이용되고 있지 못하는 실정이다.

따라서, 본 연구에서는 컬러콘크리트의 색감을 발현시킬 수 있는 안료개발을 하기 위하여 산업부산물인 레드머드를 고온으로 소성하여 산화시켜 컬러콘크리트의 안료로써 사용하였을 경우 특성을 검토하여 착색이 용이하고, 경제성을 갖춘 콘크리트용 안료를 개발하는데 있다.

* 정회원, (주)선엔지니어링종합건축사사무소 건설기술연구소 연구원

** 정회원, (주)선엔지니어링종합건축사사무소 건설기술연구소 소장

*** 정회원, 아주산업(주) 기술연구소 소장

**** 정회원, (주)선엔지니어링종합건축사사무소 부사장

2. 실험 계획 및 방법

2.1 실험계획

표 1은 본 연구의 실험계획을 나타낸 것이다. 실험 요인으로 W/B는 40% 1수준에 대하여 플레인 배합은 목표 슬럼프플로우 600±100mm, 목표 공기량 3%이하를 만족하도록 배합설계하여 모든 배합에 적용하도록 하였다. 플레인 배합 결정시에는 컬러콘크리트의 제조를 위하여 백색 시멘트를 사용하였고, 레드머드는 40℃ 및 800℃로 소성하여 사용하였다. 레드머드의 소성시 목표온도에 도달시간은 30분이고, 3시간 동안 소성을 실시하는 것으로 하였다. 또한, 레드머드의 첨가량은 3%, 6%, 9%를 외할 치환하여 첨가하는 것으로 총 10배치의 실험을 계획하였다.

실험사항으로는 굳지않은 콘크리트에서는 슬럼프플로우, 공기량, 단위용적질량을 측정하였고, 경화 콘크리트에서는 압축강도 및 발색을 측정하였으며, 내구성과 관련하여 건조수축에 의한 길이변화를 측정하도록 실험계획하였다. 본 연구의 배합사항은 표 2와 같다.

2.2 사용재료

본 연구의 사용재료로써, 시멘트는 국내산 U사의 KS L 5204에 합격한 Hunter식의 백색도가 90.5인 백색시멘트(밀도: 3.07g/cm³, 분말도: 3,690cm²/g)를 사용하였고, 잔골재(밀도: 2.60g/cm³, 입형판정실적율: 59%)와 굵은 골재(밀도: 2.64g/cm³, 입형판정실적율: 56.5%)는 충북 청원군 옥산산 강모래와 20mm 부순 굵은 골재를 사용하였다. 혼화제는 나프탈렌계 고성능 감수제(밀도: 1.15g/cm³)를 사용하였고, 레드머드(밀도 : 3.23g/cm³)의 화학성분은 표 3과 같다.

2.3 실험방법

본 연구의 실험방법으로 먼저, 콘크리트의 혼합은 강제식 팬타입 믹서를 이용하여 실시하였으며, 컬러 콘크리트의 균일한 발색을 위해 시멘트와 착색제를 프리믹스한 후 골재를 투입하여 건비빔을 실시하였고, 여기에 물과 고성능감수제를 넣어 혼합하는 것으로 하였다.

굳지않은 콘크리트의 실험으로 슬럼프플로우 KS F 2402, 공기량 시험은 KS F 2421, 단위용적질량 시험은 KS F 2409 시험방법 규정에 의거 실시하였고, 경화 콘크리트의 실험으로 압축강도

표 1. 실험계획

실험요인		실험수준	
배합 사항	W/B	1	40
	슬럼프플로우(mm)	1	600±100
	공기량(%)	1	3%이하
	시멘트 종류	1	백색포틀랜드 시멘트
	착색제 종류	3	· 0℃ RM* · 400℃ RM · 800℃ RM
실험 사항	착색보조제 첨가량(%)	3	· 레드머드 단독 혼입 (3, 6, 9)
	굳지않은 콘크리트	3	· 슬럼프플로우 · 공기량 · 단위용적질량
	경화 콘크리트	3	· 압축강도 · 발색측정 · 건조수축길이변화

* 레드머드 (Red Mud)

표 2. 배합사항

W/B (%)	단위 수량 (kg/m ³)	S/a (%)	SP/C (%)	소성 온도 (℃)	착색제 혼입률 (%)	중량배합(kg/m ³)			
						C	S	G	착색제 (g)
40	175	50	1.5	P*	0	438	822	861	0
				0	RM3	438	817	855	13.1
					RM6	438	812	850	26.3
					RM9	438	807	844	39.4
				400	RM3	438	817	855	13.1
					RM6	438	812	850	26.3
					RM9	438	807	844	39.4
				800	RM3	438	817	855	13.1
					RM6	438	812	850	26.3
					RM9	438	807	844	39.4

* Plain

표 3. 레드머드의 화학성분

시험항목	시험결과	시험방법	
화학성분 (%)	SiO ₂	12.0	KS E 3808 : 2003
	FeO ₃	33.3	
	TiO ₂	8.4	
	Al ₂ O ₃	25.14	
	CaO	2.5	
	MgO	0.2	
	K ₂ O	0.1	
	Na ₂ O	8.3	
	SO ₃	0.4	KS L 5120 : 1999
	MnO	0.1	
	P ₂ O ₅	0.2	
CrO ₃	0.1		

는 KS F 2405의 시험방법으로 실시하였고, 발색측정은 평균적인 색을 측정할 수 있는 일본 K사의 분광측색계(CM-2500d) 제품을 사용하여 3회 발색 측정을 실시하여 평균치값을 사용하였다.

3. 실험결과 및 분석

3.1 굳지않은 콘크리트의 특성

레드머드의 소성온도 및 첨가량변화에 따른 굳지않은 콘크리트의 특성은 다음과 같다.

소성온도별 슬럼프플로우 및 공기량은 거의 차이가 나지 않는 것으로 나타났고, 레드머드 첨가량이 증가할수록 슬럼프플로우는 저하되는 것으로 나타났고, 공기량은 증가하는 것으로 나타났다.

3.2 경화콘크리트의 특성

(1) 압축강도

그림 1은 레드머드의 소성온도 및 첨가량 변화에 따른 압축강도를 나타낸 것이다. 먼저, 소성온도별 압축강도는 400℃ 증가할 때마다 약 2MPa씩 증가하는 것으로 나타났는데, 이는 레드머드를 고온소성함에 따라 수분 및 가스손실에 기인한 것으로 분석된다. 레드머드 첨가량 변화에 따른 압축강도는 첨가량이 증가할수록 약 3MPa씩 증가하는 것으로 나타났는데, 이는 미세공극 충전효과에 기인한 것으로 분석된다.

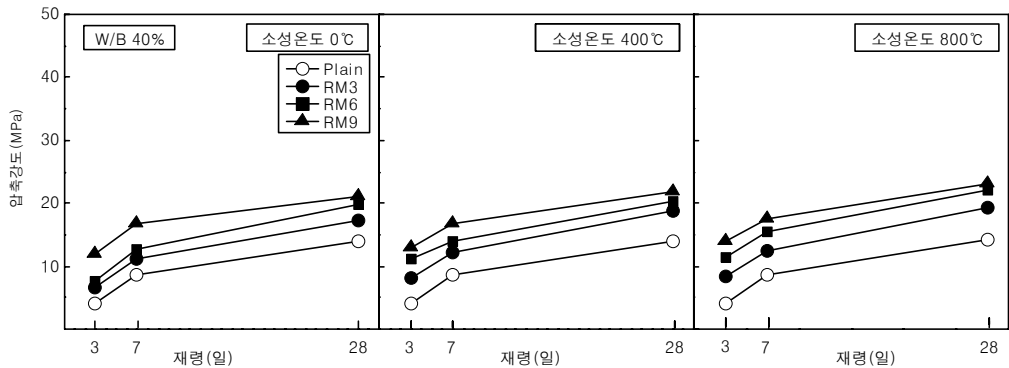


그림 1. 소성온도 및 첨가량에 따른 압축강도

(2) 발색측정

그림 2는 색을 보다 시각적, 정량적으로 나타내기 위하여 국제조명위원회 a*b* 색도환(色度環)을 나타낸 것이다.

그림 3은 레드머드 소성온도 및 첨가량변화에 따라 7, 28일에서 실내외의 발색측정을 나타낸 것이다. 레드머드의 첨가량이 증가할수록 소성온도가 높을수록 +a*값은 증가하는 것으로 나타났고, +b*값은 거의 변화가 없는 것으로 나타났다. 착색에서 붉은색 계통을 나타내는 +a*값이 0℃~400℃에서 2%가 증가했고, 400℃~800℃차이에서는 15%로 증가한 것으로 나타났다. 초기 7일까지는 실내와 실외의 +a*, +b*값은 거의 차이가 나지 않았지만, 시간이 경과할수록 실내는 거의 변화가 없는 반면, 실외는 +a*, +b*값이 현저하게 떨어지는 것으로 나타났다.

(3) 건조수축 길이변화

그림 4는 레드머드 소성온도 및 첨가량변화에 대해 재령경과에 따른 건조수축 길이변화율을 나타낸 것이다. 레드머드의 소성온도가 높을수록 전반적으로 건조수축량이 감소되는 것으로 나타났으며, 첨가

량이 증가할수록 증가되는 것으로 나타났다. 이는 레드머드가 물에 용해되지 않는 미립자가 분체의 불용(不溶)성질을 가지고 있으며, 이로 인해 형성된 모세관 공극 등 내부에 존재하던 많은 양의 잉여수가 건조되면서 나타난 것으로, 레드머드 첨가량이 증가될수록 잉여수량이 많아지면서 더 큰 건조수축율을 보이는 것으로 사료된다.

4. 결론

본 연구에서는 레드머드의 소성온도 및 첨가량변화에 따라 쉘 콘크리트를 대상으로 기초적 물성에 미치는 영향에 대하여 분석하였는데, 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 레드머드의 첨가량이 증가할수록 슬럼프플로우는 저하하는 것으로 나타났고, 공기량은 증가하는 것으로 나타났다.

2) 소성온도별 압축강도는 400℃ 증가할 때마다 약 2MPaTr 증가하는 것으로 나타났고, 레드머드 첨가량 변화에 따른 압축강도는 첨가량이 증가할수록 약 3MPa씩 증가하는 것으로 나타났다.

3) 발색측정은 레드머드의 첨가량이 증가할수록 소성온도가 높을수록 +a*값은 증가하는 것으로 나타났고, +b*값은 거의 변화하지 않는 것으로 나타났다. 착색에서 붉은색 계통을 나타내는 +a*값이 0℃~400℃에서 2%가 증가했고, 400℃~800℃ 차이에서는 15%로 증가한 것으로 나타났으며, 시간이 경과할수록 실내는 거의 변화가 없는 반면, 실외는 +a*, +b*값이 현저하게 떨어지는 것으로 나타났다.

4) 건조수축길이변화는 소성온도가 높을수록 감소하는 것으로 나타났고, 첨가량이 증가할수록 증가되는 것으로 나타났다.

감사의 글

본 연구는 건설교통부가 출연하고 “콘크리트 코리아 연구단”에서 주관하여 시행한 2005년도 건설핵심기술연구개발사업건설핵심-D11, 고성능다기능 콘크리트의 개발 및 활용기술지원으로 수행되었으며, 이에 감사를 표합니다.

참고 문헌

1. 이문환 ; 칼라 콘크리트의 제조기술 및 활용, 콘크리트학회지 제 15권 1호, 2003. 1
2. 한천구 ; 레미콘 품질관리, 기문당, 2002. 2

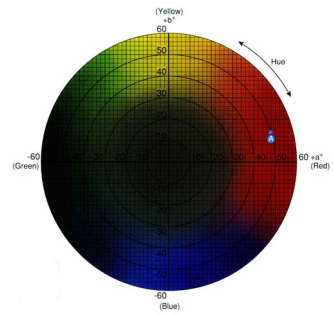


그림 2. CIE의 표준 a*b* Color Space

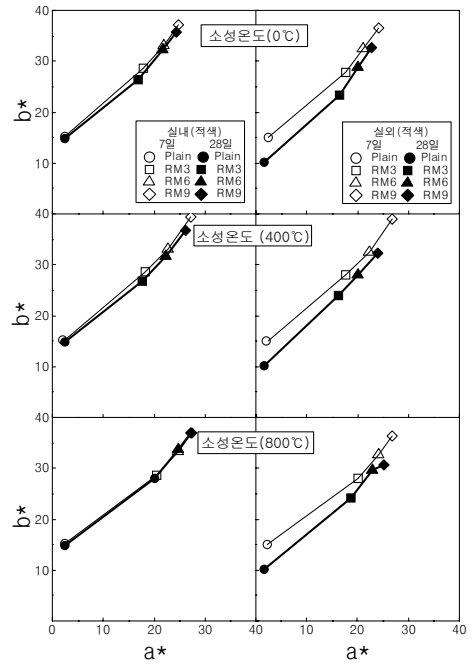


그림 3. 소성온도 및 첨가량에 따른 발색측정

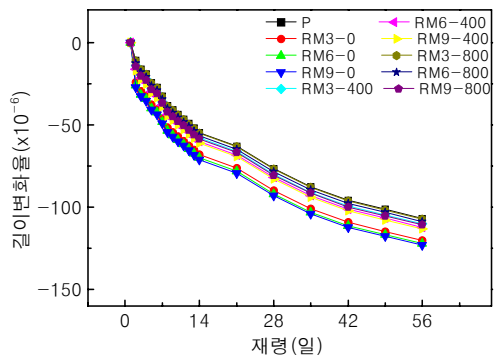


그림 4. 소성온도 및 첨가량에 따른 건조수축 길이변화