

액상화 레드머드의 첨가량에 따른 시멘트 모르타르의 강도특성 및 색차 분석

Strength Characteristic and Color Difference Analysis of Cement Mortar According to the Amount of Liquefied Red Mud

강석표¹ · 강혜주^{1*}Suk-Pyo Kang¹ · Hye-Ju Kang^{1*}

(Received June 8, 2018 / Revised June 20, 2018 / Accepted June 21, 2018)

In the construction sector, new demands for aesthetics are increasing due to structural stability and improvement of living standard and consciousness level. On the other hand, Red Mud sludge is generated from aluminum hydroxide extraction process from Bauxite. Red mud sludge contains about 20% of Fe_2O_3 and represents a natural reddish brown. It is highly applicable to the construction industry. In this paper, red mud sludge with a water content of 50%, which is a by-product of the industry, was prepared as a liquid phase. The liquefied red mud was added to cement mortar and the strength and color difference of cement mortar were investigated according to the addition amount of liquefied red mud.

As a result, the compressive strength decreased with increasing amount of liquefied red mud. The color of cement mortar containing liquefied red mud was found to be distributed in the range of YR series in all samples. As the amount of liquefied red mud increased, the color became darker.

키워드 : 액상화 레드머드, 플로우, 압축강도, 색차 분석

Keywords : Liquefied red mud, Flow, Compressive strength, Color difference analysis

1. 서론

건설분야에서는 구조적 안정성과 더불어 생활수준과 의식수준의 향상으로 미관에 대한 새로운 요구가 증대되고 있다(Jang 2007). 또한 친서정적이면서도 다양한 콘크리트 제품을 찾는 수요가 증가하는 등 사회적인 배경과 관련하여 의장성이 중요시되고 있다(Seok 2016).

이에 따라 환경친화적인 콘크리트의 중요성이 강조됨은 물론 콘크리트 구조물의 아름다움을 추구하는 경향이 증가하면서 착색재를 사용한 칼라 콘크리트의 생산이 증가하고 있다(Choe et al. 2006; Lee et al. 2004). 칼라 콘크리트란 백색 포틀랜드 시멘트 및 기타 시멘트에 착색재를 첨가하여 제작하는 것으로 국외의 경우는 내·외부 공간을 중심으로 다양한 색상의 칼라 콘크리트가 광범위하게 쓰이고 있다. 그러나 국내에서는 고가의 재료 사용으로 공사비가 크게 증가되는 경제적인 요인 및 장기적인 환경하에서의 내구성 평가가 검증되지 않아 특별한 경우를 제외하고는 기

피하고 있는 실정이다(Lee 2003).

한편 보크사이트(Bauxite)부터 수산화알루미늄 추출공정에서 발생하는 레드머드 슬러지는 Fe_2O_3 를 약 20% 함유하고 있어 자연스런 천연 황토색을 나타내며 건설산업 분야에 활용 가능성이 높다. 산업부산물 레드머드는 베이어프로세스 공정으로 인하여 함수율 50%의 슬러지 상태로 배출되고 있으며, 현재 이를 함수율 10% 내외의 분말형태로 제조하여 재활용하고 있다. 그러나 분말형태의 제조는 가열 및 분쇄 공정이 필요하고 이에 따른 제조원가 상승 등 경제적인 문제로 인해 재활용률이 약 10% 수준으로 제한적이다. 연간 30만 톤이 발생되고 있는 레드머드를 건설산업에 적극적으로 재활용하기 위해서는 취급이 간편하고 제조원가를 절감시킬 수 있는 재활용 기술개발이 요구된다. 이러한 레드머드를 건설산업에 재활용하고자 하는 연구가 국내외적으로 다양하게 수행되고 있다.

Pontikes and Anglopoulos(2013)의 연구에 의하면 레드머드에 10~15% 함유되어 있는 Na_2O 는 슬래그나 알루미늄 규산염 광물이

* Corresponding author E-mail: leekang02@nate.com

¹우석대학교 건축학과 (Department of Architecture, Woosuk University, Chungcheongbuk-do, 27841, Korea)

해리되어 축중합을 통해 안정한 수화물을 생성하기 위한 자극제나 촉진제로서 액상 규산나트륨(Sodium Silicate) 대신 활용 가능하거나 인산나트륨(Sodium Phosphate) 대신 지연제로서 활용 가능하여 각종 건설자재로서의 재활용이 가능하다고 보고하고 있다.

또한 레드머드를 건설자재로서 재활용하기 위한 기존 연구문헌 중 Kang은 레드머드를 알칼리 활성화 슬래그-레드머드 시멘트를 제안하였다. 알칼리 활성화 슬래그-레드머드 시멘트는 고가의 액상 자극제 대신 분말형 산업부산물 자극제와 레드머드와 함께 활용하는 연구이다(Kang 2012).

따라서 본 논문에서는 산업부산물인 함수율 50%의 레드머드 슬러지를 가열 공정 없이 적정 혼합수 및 첨가제를 사용하여 액상으로 제조하였으며, 제조된 액상화 레드머드를 시멘트 모르타르에 첨가하여 액상화 레드머드의 첨가량에 따른 시멘트 모르타르의 강도 및 색차를 검토하고 향후 경제적으로 제조된 액상화 레드머드를 건설산업 현장에 대량 적용되기 위한 기초자료를 제시하고자 한다.

2. 실험계획 및 방법

2.1 실험계획

액상화 레드머드의 첨가량에 따른 시멘트 모르타르의 강도 및 색차 분석을 위한 실험계획을 Table 1에 나타내었다. 결합재는 보통 포틀랜드 시멘트(C)와 고로 슬래그 시멘트(SC)를 사용하였으며 단위시멘트량은 400kg/m³, W/C비는 70%로 설정하였다. 액상화 레드머드는 시멘트 중량에 대하여 12.5%, 25%, 37.5%, 50%로 외할 첨가하였으며 액상화 레드머드의 함수율을 고려하여 배합별로서 수량을 제외하고 W/C비를 계산하여 배합하였다. 액상화 레드머드

첨가량에 따른 시멘트 모르타르의 강도 및 색차 분석 검토를 위하여 플로우, 압축강도, 색차 분석을 실시하였다.

2.2 사용재료

레드머드(red mud) 슬러지는 보오크사이트 원광석으로부터 수산화알루미늄[Al(OH)₃] 및 수산화알루미늄(Al₂O₃)을 제조하는 공정에서 발생하는 산업부산물이다. 국내의 경우 레드머드는 Bayer Process를 통하여 Al₂O₃ 1톤을 생산하면 함수율 40~60%의 슬러지 상태로 대략 2톤이 발생되며, 발생량은 국내 발생량의 대부분을 차지하고 있는 K사에서만 연간 약 30만 톤이 슬러지 상태로 발생되고 있다. 레드머드를 활용하기 위한 기존방법으로 건조분쇄 공정을 거친 건조 레드머드의 특성과 배출형태인 레드머드 슬러지의 물리화학적 특성을 Table 2에 나타내었다. 레드머드의 화학조성은 SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃가 약 80%를 차지하고 있으며, 레드머드가 황토색으로 나타나게 하는 Fe₂O₃는 22.8%를 차지하고 있다.

레드머드 슬러지의 사진을 Fig. 1(a)에 나타내었다. 물리적 특성은 함수율 50.2%의 슬러지 상태로 진밀도는 2.0g/cm³, 평균입경 4.31 μ m이다. 현재 가장 많은 재활용 형태인 건조 레드머드는 Fig. 1(b)와 같으며 물리적 특성은 함수율 10.2%의 건조분말로서 진밀도는 3.50g/cm³로 시멘트와 비교하여 상대적으로 크며 비표면적은 23.53m²/g, 평균입경은 2.75 μ m이다.

레드머드 슬러지를 분산시켜 액상화 레드머드로 제조하기 위하여 국내 K사의 호모믹서를 사용하여 혼합 분산하였다. 혼합수와 레드머드 슬러지를 3분간 분산시킨 후 분산제, 증점제 및 소포제를 차례로 첨가하여 2분간 추가 분산시켰다. 본 논문에서 레드머드 슬러지를 분산시키기 위한 장비로서 호모믹서는 회전하는 rotor와

Table 1. Experimental plan and mix design

Type of binder	Binder content (%)	W/C(%)	Liquefied red mud/binder(%)	Unit weighth(kg/m ³)				Test items	
				B ¹⁾	S ²⁾	W ³⁾	R ⁴⁾		
Ordinary portland cement(C)	C0	400	70	0	400	1,697	280	-	Flow Compressive strength (7days, 28days) Color difference analysis
	C50	400	70	12.5	400	1,697	256	50	
	C100	400	70	25	400	1,697	232	100	
	C150	400	70	37.5	400	1,697	207	150	
	C200	400	70	50	400	1,697	183	200	
Slag cement(SC)	SC0	400	70	0	400	1,683	280	-	
	SC50	400	70	12.5	400	1,683	256	50	
	SC100	400	70	25	400	1,683	232	100	
	SC150	400	70	37.5	400	1,683	207	150	
	SC200	400	70	50	400	1,683	183	200	

1) B: Binder(Ordinary portland cement or Slag cement) 2) S: Sand 3) W: Water 4) R: Liquefied Red Mud

Table 2. Properties of red mud

Type	Specific surface area(cm ² /g)	Average particle diameter(μ m)	Density (g/cm ³)	Moisture content ratio(%)	Viscosity (cP)	Chemical composition(%)							
						SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	Na ₂ O	K ₂ O
Red mud sludge	6,465	4.31	2.0	50.2	20,000	38.8	16.1	22.8	3.4	0.2	0.0	10.0	0.4
Dried red mud	3,144	2.75	3.15	10.2	-								

Table 3. Physical properties and chemical composition of binder

Type of binder	Specific surface area (cm ² /g)	Density (g/cm ³)	Ig. loss	Chemical composition(%)					
				SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃
OPC ¹⁾	3,144	3.15	1.32	21.7	5.7	3.2	63.1	2.8	2.2
SC ²⁾	3,959	3.06	1.49	27.2	9.4	2.2	52.0	3.6	2.1

1) OPC: Ordinary portland cement 2) SC: Slag cement



(a) Red Mud sludge (b) Dried Red Mud (c) Liquefied Red Mud

Fig. 1. Image of red mud

고정되어 있는 stator 사이의 세밀한 간극으로 강력한 전단에너지 를 만들어 내는 분산장비이다. 호모믹서는 회전자의 고속 회전에 의해 약 20~30m/s의 높은 전단력이 발생되고 주위의 진공에 의해 레드머드 슬러지가 아래에서 회전자 사이로 빨려 들어가며 입자가 분산되어 입경이 작아지게 된다(Kang and Kang 2017).

본 논문에서 사용한 액상화 레드머드를 Fig. 1(c)에 나타내었다. 제조된 액상화 레드머드의 고형분은 51.6%, 단위용적 질량은 1,570kg/cm³이며, 평균입경은 3.15 μ m로 Fig. 2와 같이 레드머드 슬러지보다 작고 건조 레드머드 2.75 μ m와 비교하여 비교적 구형으로 입자는 크지만 비교적 고른 입도 분포를 나타내고 있다. 점도는 7,850cP를 나타내며 레드머드 슬러지 점도인 약 20,000cP보다 낮은 점도를 나타내고 있다.

본 연구에서 사용한 결합재는 보통 포틀랜드 시멘트와 고로 슬래그 시멘트이며 물리·화학적 특성을 Table 3에 나타내었다. 본 연구에서 사용한 보통 포틀랜드 시멘트는 국내 S사의 보통 포틀랜드 시멘트를 사용하였다. 또한 고로슬래그 시멘트는 국내 H사에서 시판하고 있는 비표면적 3,959cm²/g, 밀도 3.06g/cm³의 1종 고로 슬래그 시멘트를 사용하였다.

본 논문에서 사용한 골재는 KS L ISO 679의 주문진 표준사를

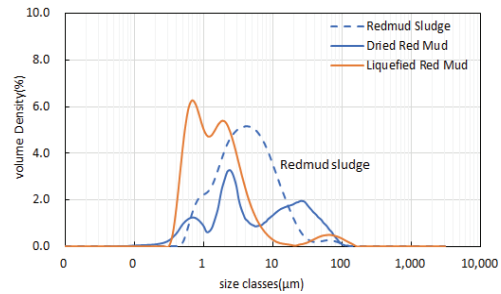


Fig. 2. Partile size distribution of red mud

사용하였다.

2.3 실험방법

액상화 레드머드의 첨가량에 따른 시멘트 모르타르의 플로우 측정은 KS F 2594 군지 않는 콘크리트의 슬럼프 플로우 시험방법에 의하여 측정하였다.

액상화 레드머드의 첨가량에 따른 시멘트 모르타르의 압축강도를 측정하기 위하여 KS L ISO 679에 의거하여 공시체를 각 재령별로 3개씩 제작하여 양생온도 20±2℃ 및 상대습도 70%의 항온항습기에서 양생하였다. 7일, 28일이 경과한 후 KS F 5105 수경성 시멘트 모르타르의 압축강도 시험 방법에 의해 압축강도를 측정하였다.

액상화 레드머드의 첨가량에 따른 시멘트 모르타르의 색차 분석을 위한 측정방법은 일반적인 측정방법인 시각측색법과 기기에 의한 물리적인 측정의 두 가지 방법으로 진행하였다.

일출 3시간 후부터 일몰 3시간 전 사이의 운량 30% 정도의 담 천공 상태에서, 먼셀표색계에 의한 시각측색법으로 측정하는 시각측색법과 접물측정 방식의 색채회도계(CD-200, Minolta)를 이용하여, CIE D65 광원을 기준광원으로 하여 측정하는 물리측색법을 사용하였다.

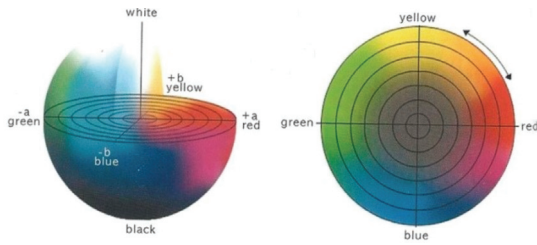


Fig. 3. CIE Lab color system

측색대상에 대하여 측색한 표색계는 Fig. 3에 나타난 CIE 1976 L*a*b*를 측정하였으며, 시감측색에 의한 측색은 Munsell 색채계를 기준으로 하였다.

분석방법은 국제조명위원회(Commission Internationale de l'Eclairage, 약칭 CIE)가 1976년에 권장한 지각적으로 거의 균등한 보도를 가진 색공간인 CIE L*a*b* 표색계를 기준으로 계산하였으며 색차계산은 KS M ISO 7724도료와 바니시 측색법에서 규정하고 있는 외장마감재의 색차측정방법 및 색차계산방법에 근거하여, L*a*b* 색차 계산식은 KS A 0063: 색차표시방법을 토대로 계산하였다.

3. 실험결과 및 분석

3.1 플로우

액상화 레드머드의 첨가량에 따른 시멘트 모르타르의 플로우 측정 결과를 Fig. 4에 나타내었다. 그림에서 볼 수 있듯이 결합재를 보통 포틀랜드 시멘트로 사용한 경우 액상화 레드머드를 첨가하지 않은 C0에서 102mm, 액상화 레드머드를 결합재에 대하여 12.5% 첨가한 C50에서 121mm, 25% 첨가한 C100에서 123mm, 37.5% 첨가한 C150에서 124mm, 50% 첨가한 C200에서 126mm를 나타내었다. 액상화 레드머드를 보통 포틀랜드 시멘트 모르타르에 첨가하게 되면 플로우는 증가하는 것으로 나타났으며 액상화 레드머드를 첨가하지 않은 시험체와 비교하여 첨가량 50의 경우에서 급격히 플로우가 증가하였다. 액상화 레드머드 첨가량에 따른 변화는 121~126mm로 나타나 첨가량에 따른 영향 정도는 미미한 것으로 나타났다.

결합재를 슬래그 시멘트로 사용한 시멘트 모르타르의 플로우 측정 결과 액상화 레드머드를 첨가하지 않은 SC0에서 104mm, 액상화 레드머드를 결합재에 대하여 12.5% 첨가한 SC50에서 138mm, 25% 첨가한 SC100에서 142mm, 37.5% 첨가한 SC150에서 145mm, 50% 첨가한 SC200에서 146mm를 나타내었다. 액상화 레드머드를 슬래그 시멘트 모르타르에 첨가하게 되면 플로우는

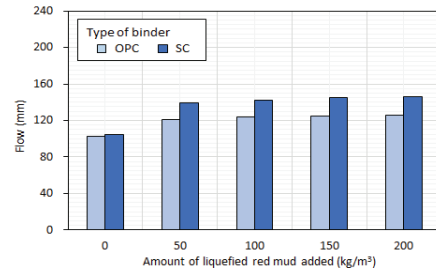


Fig. 4. Flow test result

증가하는 것으로 나타났으며 액상화 레드머드를 첨가하지 않은 시험체와 비교하여 첨가량 50의 경우에서 급격히 플로우가 증가하였다. 액상화 레드머드 첨가량에 따른 변화는 138~146mm로 나타나 첨가량에 따른 영향 정도는 보통 포틀랜드 시멘트를 결합재로 사용한 경우보다 큰 것으로 나타났다. 액상화 레드머드를 첨가할수록 결합재를 보통 포틀랜드 시멘트를 사용한 경우보다 슬래그 시멘트를 사용한 경우가 더 좋은 유동성을 나타냈다. 이는 일반적으로 보통 포틀랜드 시멘트보다 수화반응이 지연되는 슬래그 시멘트가 액상화된 레드머드와 함께 볼베어링 역할을 하여 유동성을 증진시킨 것으로 판단된다.

3.2 압축강도

액상화 레드머드의 첨가량에 따른 시멘트 모르타르의 압축강도 측정 결과를 Fig. 5에 나타내었다. 결합재를 보통 포틀랜드 시멘트로 사용한 시멘트 모르타르의 28일 압축강도는 C0에서 29.1MPa, C50에서 22.0MPa, C100에서 14.8MPa, C150에서 5.1MPa, C200에서 4.1MPa를 나타내며 액상화 레드머드를 첨가할수록 압축강도는 낮아지는 것으로 나타났다.

결합재를 슬래그 시멘트로 사용한 시멘트 모르타르의 28일 압축강도는 SC0에서 22.3MPa, SC50에서 19.1MPa, SC100에서 11.7MPa, SC150에서 10.9MPa, SC200에서 7.6MPa를 나타내며 보통 포틀랜드 시멘트와 마찬가지로 액상화 레드머드를 첨가할수록 압축강도는 낮아지는 것으로 나타났다. 본 논문에서는 배합에서 액상화 레드머드의 함수율을 고려하여 혼합수량을 제외하였기 때문에 물비의 영향보다는 기존 분말 레드머드를 사용한 시멘트 모르타르의 연구 결과와 마찬가지로 레드머드의 첨가로 직경 10~1,000nm의 모세관 공극이 증가(Kang and Kwon 2017)하는 것과 더불어 레드머드의 첨가량이 증가할수록 실질적인 결합재의 손실량이 증가하기 때문에 수화반응에 의한 수화생성물의 감소로 강도 발현 정도가 미미한 것으로 판단된다.

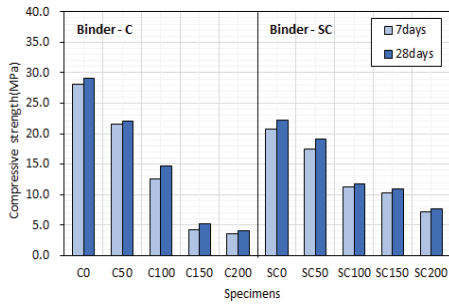


Fig. 5. Compressive strength

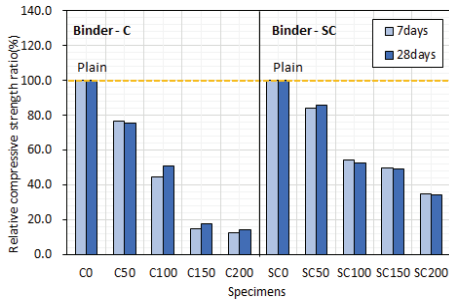


Fig. 6. Relative compressive strength ratio

액상화 레드머드를 첨가하지 않은 플레인 시료인 C0, SC0와 액상화 레드머드를 첨가한 시멘트 모르타르의 상대 압축강도 비를 Fig. 6에 나타내었다. 결합재를 보통 포틀랜드 시멘트로 사용한 시멘트 모르타르의 28일 상대 압축강도 비는 C0 100%에 대하여 C50에서 75.6%, C100에서 50.8%, C150에서 17.7%, C200에서 최소 14.2%로 급격한 감소를 나타내었다. 결합재를 슬래그 시멘트로 사용한 시멘트 모르타르의 28일 상대 압축강도 비는 SC0 100%에 대하여 SC50에서 85.7%, SC100에서 52.7%, SC150에서 49.0%, SC200에서 34.2%를 나타내었다. 액상화 레드머드를 첨가량에 따른 시멘트 모르타르의 압축강도 영향정도는 슬래그 시멘트보다 보통 포틀랜드 시멘트가 큰 것으로 나타났으며 첨가량에 따른 강도 감소폭이 큰 것으로 나타났다.

3.3 색차 분석

색의 3속성에 의한 표시방법에 의하면, 색에는 3가지의 성질과 차원이 있고 이 3가지의 차원은 색상(hue), 명도(value, lightness), 채도(chroma)로 분석된다. 또한 이것을 색감각의 3속성이라 부르며 이와 같은 색의 3속성에 의한 표시기호에 따라 유채색은 먼셀 표색계(H V/C)로 '5R 4/10'와 같은 예로 나타낼 수 있다(Lee 2003, KS A 0062).

L*a*b* 표색계는 1976년에 국제조명위원회에서 규격화한 표색계 하나로 물체의 색을 표현하는 데 가장 일반적으로 사용되고

Table 4. Image of specimen with liquefied red mud

Type of binder	Ordinary portland cement(C)	Slag cement(SC)	
Liquefied red mud added amount	0		
	50		
	100		
	150		
	200		

있다. L*a*b* 표색계는 Fig. 3에 표시된 바와 같이 L*는 명도를 색상과 채도를 표시하는 색도를 a*, b*로 표시하고 있으며 a*는 빨간색 방향 -a*은 녹색 방향으로, b*는 노란색 방향, -b*는 파란색 방향을 표시하고 있다. 각 방향으로 수치가 커짐에 따라 색도가 높게 되고 중앙으로 감에 따라 무채색으로 된다. 그리고 L* 값은 명도를 나타내는 것으로 측정범위는 0에서 100까지이며, 0은 검정색이며, 100은 흰색을 나타낸다. 또한 a*와 b*값은 색상과 채도가 종합된 것으로 측정범위는 각각 +60에서 -60까지 120등급으로 분류된다(Kim 2010, Shin 2014).

액상화 레드머드의 첨가량에 따른 시멘트 모르타르 시험체의 사진을 Table 4에 나타내었으며 색차 분석 결과를 Table 5에 나타내었다. 색차값에 해당하는 ΔE*ab값은 결합재를 보통 포틀랜드 시멘트로 사용한 시멘트 모르타르의 경우 C0에서 25.11, C50에서 7.14, C100에서 3.28, C150에서 9.07, C200에서 13.67을 나타내며 액상화 레드머드를 첨가할수록 색차값은 비교적 증가하는 것으로 나타났다. 결합재를 슬래그 시멘트로 사용한 시멘트 모르타르의 경우 ΔE*ab값은 SC0에서 28.15, SC50에서 5.32, SC100에서 7.09, SC150에서 11.85, SC200에서 9.32를 나타내며 보통 포틀랜드 시멘트와 마찬가지로 액상화 레드머드를 첨가할수록 색차값은

Table 5. Color difference characterization with liquefied red mud

Type of binder	Color difference value(ΔE^*ab)	CIE L*a*b*			
		L*	a*	b*	
Ordinary portland cement (C)	C0	25.11	53.92	1.82	12.93
	C50	7.14	52.82	13.98	28.06
	C100	3.28	54.87	17.78	34.74
	C150	9.07	53.09	21.1	39.56
	C200	13.67	53.87	24.02	43.87
Slag cement (SC)	SC0	28.15	62.98	0.82	10.31
	SC50	5.32	52.66	18.76	34.24
	SC100	7.09	58.68	20.95	38.37
	SC150	11.85	60.4	25.25	40.44
	SC200	9.32	55.22	24.06	38.10

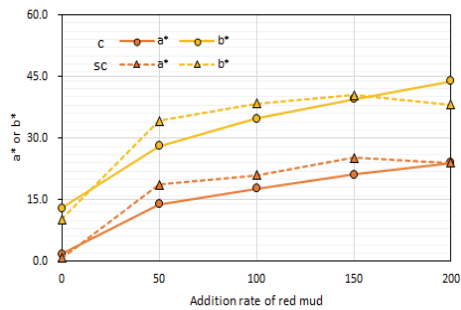


Fig. 7. According to the amount of liquefied red mud a* and b*

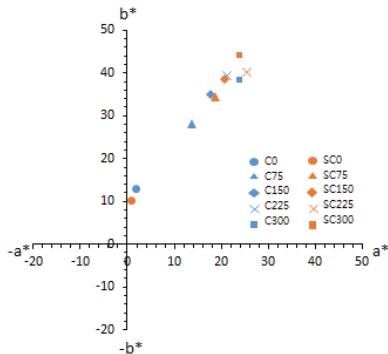


Fig. 8. Relationship between a* and b*

증가하는 것으로 나타났다. 그러므로 색강도(color strength)를 고려한다면 본 논문에서의 효율적인 첨가량은 보통 포틀랜드 시멘트의 경우 증가폭이 큰 C150, 슬래그 시멘트의 경우 가장 높은 값을 나타내는 SC150이 적정할 것으로 판단된다.

결합재를 보통 포틀랜드 시멘트로 사용한 시멘트 모르타르의 명도에 해당하는 L*값은 52.85~54.87로 나타났으며 슬래그 시멘트로 사용한 시멘트 모르타르의 L*값은 52.66~62.98을 나타내며

슬래그 시멘트를 결합재로 사용하는 것이 더 높은 명도값을 나타내는 것으로 측정되었다.

액상화 레드머드의 첨가량에 따른 시멘트 모르타르의 색도를 a*값 및 b*값을 Fig. 7에 나타내었다. 결합재 종류와 관계없이 액상화 레드머드 첨가할수록 빨간색 방향에 해당하는 a*값은 증가하는 것으로 나타났다. a*와 마찬가지로 노란색 방향에 해당하는 b*값은 액상화 레드머드를 첨가할수록 증가하는 것으로 나타났다. 기존 황토색을 나타내는 무기안료 제조 시 산화철 안료를 비율에 따라 red와 yellow를 혼합하여 제조하는 것과 같이 사용하는 것과 같이 액상화 레드머드의 첨가량에 따른 색도 값으로 기존 산화철 안료의 비율에 따른 색채값을 얻을 수 있을 것으로 판단된다.

액상화 레드머드를 첨가한 시멘트 모르타르의 a*와 b*의 관계를 Fig. 8에 나타내었다. 시멘트 모르타르에 액상화 레드머드를 첨가하게 되면 모든 시험체에서 색채는 YR 계열의 범위에 분포하는 것으로 나타나며 액상화 레드머드 첨가량이 증가할수록 색채는 뚜렷해지는 경향을 나타내었다.

4. 결론

산업부산물 레드머드를 활용하기 위한 방안으로 적정 혼합수 및 첨가제를 사용하여 제조된 액상화 레드머드를 제조하고 이를 혼입한 시멘트 모르타르의 강도 및 색차 분석을 검토한 결과는 다음과 같다.

1. 액상화 레드머드를 첨가한 시멘트 모르타르의 플로우는 결합재를 보통 포틀랜드 시멘트로 사용한 경우 90~126mm, 슬래그 시멘트로 사용한 경우 104~146mm를 나타내며 결합재를 슬래그 시멘트로 사용한 경우가 더 유동성이 좋은 것으로 나타났다.
2. 액상화 레드머드를 첨가한 시멘트 모르타르의 28일 압축강도는 결합재를 보통 포틀랜드 시멘트로 사용한 경우 29.1~4.1MPa를 나타내며 액상화 레드머드를 첨가할수록 압축강도는 낮아지는 것으로 나타났다. 결합재를 슬래그 시멘트로 사용한 시멘트 모르타르의 28일 압축강도는 22.3~7.6MPa를 나타내며 보통 포틀랜드 시멘트와 마찬가지로 액상화 레드머드를 첨가할수록 압축강도는 낮아지는 것으로 나타났다.
3. 액상화 레드머드를 첨가한 시멘트 모르타르의 색차 분석 결과 시멘트 모르타르에 액상화 레드머드를 첨가하게 되면 색채는 YR 계열의 범위에 분포하는 것으로 나타나며 액상화 레드머드 첨가량이 증가할수록 색차값이 증가하며 색채가 뚜렷해지는 경향을 나타내었다.

감사의 글

이 논문은 2017년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원(No.2017R1A2B2007967) 및 국토교통부 국토교통기술촉진연구사업(18CTAP-C142091-01)의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

References

- Choi, J.J., Hwang, E.H., Moon, D.J. (2006). An experimental study on the flowability and compressive strength of color concrete mixed with pigments, *Journal of The Korean Society of Civil Engineers*, **26(3)**, 547–553 [in Korean].
- Daniel, V.R., Joao, A.L., Marcio, R.M. (2011). Potential use of natural red mud as pozzolan for portland cement, *Materials Research*, **14(1)**, 60–6.
- Jang, H.S., Lee, H.Y. (2007). “Analysis about color revelation degree of mortar that mixed pigment,” *Korea Concrete Conference Proceedings*, **2007(11)**, 825–828.
- Kang, S.P., Kang, H.J. (2017). Evaluation of dispersion characteristics for liquefied red mud by viscosity and sediment Index, *Journal of Korea Institute of Building Construction*, **17(6)**, 517–525 [in Korean].
- Kang, S.P., Kang, H.J. (2017). Pore and efflorescence characteristics of alkali activated slag–red mud cement mortar depending on red mud, *Journal of Korea Institute of Building Construction*, **17(3)**, 261–8 [in Korean].
- Kang, S.P., Kwon, S.J. (2017). Effects of red mud and alkali-activated slag cement on efflorescence in cement mortar, *Construction and Building Materials*, **133**, 459–467.
- Kim, T.C. (2010). The Determination of Optimal Mixture Proportion and the Evaluation of Economic Benefits through Life Cycle Cost Analysis on Color Concrete Panel, Cheongju University, Korea.
- KS A 0062. (2013). How to Display by 3 Attributes of Color, KSA.
- Lee, J.Y., Go, S.S. (2003). Effect analysis of inorganic pigment on the colors of colored cement mortars applying CIE L*a*b* color system, *Journal of the Architectural Institute of Korea Structure & Construction*, **19(11)**, 125–132 [in Korean].
- Lee, M.H. (2003). Manufacture and application of color concrete, *Magazine of the Korea Concrete Institute*, **15(1)**, 43–48 [in Korean].
- Lee, S.H., Kim, G.D., Chung, S.Y. (2004). Hannam-dong juvenile education culture center – mix design of black concrete and application technology, *Magazine of the Korea Concrete Institute*, **16(3)**, 50–57 [in Korean].
- Pan, Z., Cheng, L., Lu, Y., Yang, N. (2002). Hydration products of alkali-activated slag–red mud cementitious material, *Cement and Concrete Research*, **32(3)**, 357–362.
- Pontikes, Y., Angelopoulos, G.N. (2013). Bauxite residue in cement and cementitious applications : current status and a possible way forward, *Resources, Conservation and Recycling*, **73(8)**, 53–63.
- Seok, H.S. (2017). Color Revelation Characteristics of Black Mortar according to Colorant Type and Contents , Korea International University Of Transportation Graduate School of Global Convergence Department of Construction Engineering.
- Sin, G.O. (2014). Study on the Color Variation of Buildings by Daylight, Ph.D Thesis, Chungnam National University, Korea.

액상화 레드머드의 첨가량에 따른 시멘트 모르타르의 강도특성 및 색차 분석

건설분야에서는 구조적 안정성과 더불어 생활수준과 의식수준의 향상으로 미관에 대한 새로운 요구가 증대되고 있다. 한편 보크사이트(Bauxite)부터 수산화알루미늄 추출공정에서 발생하는 레드머드 슬러지는 Fe_2O_3 를 약 20% 함유하고 있어 자연 스런 천연 황토색을 나타내며 건설산업분야에 활용 가능성이 높다. 본 논문에서는 산업부산물인 함수율 50%의 레드머드 슬러지를 액상으로 제조하여, 제조된 액상화 레드머드를 시멘트 모르타르에 첨가하여 액상화 레드머드의 첨가량에 따른 시멘트 모르타르의 강도 및 색차를 검토하였다. 그 결과 액상화 레드머드 첨가량이 증가할수록 압축강도는 증가하였으며 액상화 레드머드를 첨가한 시멘트 모르타르의 색채는 모든 시험체에서 YR계열의 범위에 분포하는 것으로 나타나며 액상화 레드머드 첨가량이 증가할수록 색채는 뚜렷해지는 경향을 나타내었다.