pISSN 1598-2033
eISSN 2233-5706

J. Korea Inst. Build. Constr. Vol. 17, No. 6 : 517-525 / Dec, 2017
https://doi.org/10.5345/JKIBC.2017.17.6.517

www.jkibc.org

점도 및 침전지수에 의한 액상화 레드머드의 분산 특성평가

Evaluation of Dispersion Characteristics for Liquefied Red Mud by Viscosity and Sediment Index

강 석 표[1] 강 혜 주[2*]

Kang, Suk-Pyo[1] Kang, Hye-Ju[2*]

Department of Architecture, Woosuk University, Jincheon-Eup, Jincheon-Gun, 27841, Korea[1]

Department of Construction Engineering, Woosuk University, Jincheon-Eup, Jincheon-Gun, 27841, Korea[2]

Abstract

Red mud is an industrial by-product produced during the manufacturing aluminum hydroxide ($Al(OH)_3$) and aluminum oxide(Al_2O_3) from Bauxite ores. In Korea, approximately 2 tons of red mud in a sludge form with 50% moisture content is produced when 1ton of Al_2O_3 is produced through the Bayer process. In the paper, dispersion characteristics of liquefied red mud that does not require heating and grinding process for recycling were investigated through viscosity and sediment index. The results showed that the sediment index of liquefied red mud increased but viscosity of that decreased with a higher W/R ratio. Also we proposed the range of initial viscosity from 2000cP to 8000cP and target sedimentation index below 20% at elapsed time 180days for stable dispersion of liquefied red mud.

Keywords : red-mud, viscosity, liquefied, sediment index, particle size distribution

1. 서 론

최근 들어 감성융합 기술의 세계시장은 연평균 27%씩 급성장 하고 있으며 건설분야에서도 감성 활용기술의 필요성이 증대되고 있다. 기존에는 버려지던 산업부산물을 단순히 재활용하는 차원에서 향후에는 재활용에 새로운 가치를 더해 감성을 부여하는 가치상향형의 고감성 업싸이클링(upcycling) 건설기술에 대한 요구가 증대되고 있다[1].

한편 보오크사이트로(Bauxite)부터 수산화알루미늄 추출공정에서 발생되는 레드머드 슬러지는 Fe_2O_3가 약 20% 함유되어 있으며 자연스런 천연 황토색으로 건설산업분야에 활용 가능성이 높다. 이러한 레드머드를 건설산업에 재활용하고자 하는 연구가 국내외적으로 다양하게 수행되고 있다. Pontikes and Anglopoulos의 연구에 의하면 레드머드에 10~15% 함유되어져 있는 Na_2O는 슬래그나 알루미노 규산염 광물이 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[2,3]. 또한 레드머드를 건설자재로서 재활용하고자 하는 국내의 대표적인 연구로서 Kang은 레드머드를 알칼리활성화 슬래그-레드머드 시멘트로 재활용 하고자 하는 논문을 발표하였다[4]. 알칼리활성화 슬래그-레드머드 시멘트는 알칼리자극제, 고로슬래그와 레드머드로 구성되어 있는 클링커 프리 시멘트이다[5]. 그러나 알칼리활성화 슬래그-레드머드 시멘트는 레드머드 대체율이 증가할수록 압축강도는 감소하고 직경 10~1000nm의 모세관 공극이 증가하는 문제점이 있다. 또한 나트륨계 자극제인 레드머드로 인하여 Na_2SO_4의 물질로서 백화발생이 증가하는 것으로 보고하였다[6].

Received : September 27, 2017
Revision received : October 30, 2017
Accepted : November 23, 2017
* Corresponding author : Kang, Hye-Ju
[Tel: 82-43-531-2903, E-mail: leekang02@nate.com]
ⓒ2017 The Korea Institute of Building Construction, All rights reserved.

Table 1. Mix design (g)

W/R (%)	No.	Redmud	Water	Viscosity Agent	Dispersant	Antifoamer	plain
200	1	1400	2800	0	0	2(0.14)	★
	2	1400	2800	20(0.014)	0	2(0.14)	
	3	1400	2800	20(0.014)	100(0.07)	2(0.14)	
	4	1400	2800	20(0.014)	200(0.14)	2(0.14)	
	5	1400	2800	30(0.021)	3002(0.21)	2(0.14)	
100	6	1400	1400	0	0	2(0.14)	★
	7	1400	1400	4(0.003)	0	2(0.14)	
	8	1400	1400	4(0.003)	50(0.04)	2(0.14)	
	9	1400	1400	10(0.007)	100(0.07)	2(0.14)	
50	10	1400	700	0	0	2(0.14)	★
	11	1400	700	0	100(0.07)	2(0.14)	
	12	1400	700	2(0.001)	0	2(0.14)	
	13	1400	700	5(0.004)	0	2(0.14)	
	14	1400	700	5(0.004)	100(0.07)	2(0.14)	
	15	1400	700	5(0.004)	200(0.14)	2(0.14)	
	16	1400	700	5(0.004)	350(0.25)	2(0.14)	
	17	1400	700	5(0.004)	500(0.36)	2(0.14)	
	18	1400	700	5(0.004)	700(0.50)	2(0.14)	
25	19	1400	350	0	0	2(0.14)	★
	20	1400	350	0	200(0.14)	2(0.14)	
	21	1400	350	0	350(0.25)	2(0.14)	
	22	1400	350	0	500(0.36)	2(0.14)	
	23	1400	350	0	700(0.50)	2(0.14)	

( ) : Percentage of Admixture to Red Mud (%)

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 이로 인하여 제조원가가 상승하여 재활용이 제한적이다. 연간 30만톤이 발생되고 있는 레드머드를 건설산업에 적극적으로 재활용하기 위해서는 취급이 간편하고 제조원가를 절감시킬 수 있는 재활용 기술개발이 요구된다.

따라서 본 논문에서는 산업부산물인 함수율 50%의 레드머드 슬러지를 가열 공정없이 건설산업 현장에 사용할 수 있도록 적정 혼합수 및 첨가제를 사용하여 액상화하고 점도, 입도, 침전지수와 같은 분산특성을 검토하여 향후 레드머드 분산에 대한 기초자료를 제시하고자 한다.

2. 실험계획 및 방법

2.1 실험요인

액상화 레드머드를 제조하기 위한 혼합비를 Table 1에 나타내었다. W/R비를 200%, 100%, 50%, 25%로 설정한 후 분산제, 증점제를 적정 첨가한 총 23개 실험요인에 대하여 분산특성을 검토하였다. 또한 액상화 레드머드 혼합시 발생 하는 기포를 최소화하기 위하여 소포제를 레드머드 슬러지에 대하여 0.14%로 동일하게 첨가하였다. 액상화 레드머드의 분산특성을 검토하기 위하여 침전지수, 점도 및 입도를 비교 검토하였다.

2.2 사용재료

2.2.1 레드머드 슬러지

레드머드(Red mud)는 보오크사이트(Bauxite) 원광석으로부터 수산화알루미늄($Al(OH)_3$) 및 산화알루미늄(Al_2O_3)을 제조하는 공정에서 발생되는 산업부산물이다. 국내의 경우 레드머드는 Bayer Process를 통하여 Al_2O_3 1톤을 생산하면 함수율 40~60%의 슬러지상태로 대략 2톤이 발생되며, 발생량은 국내 발생량의 대부분을 차지하고 있는 K사에서만 연간 약 30만톤이 슬러지 상태로 발생되고 있다.

Table 2는 국내 레드머드 발생량이 가장 많은 K사에서발생되는 레드머드 슬러지의 물리 화학적 특성을 나타내었으며 Figure 1에 XRD분석결과를 나타내었다. 레드머드 슬러지의 화학조성은 대부분 SiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3가 약 80%를 차지하고 있으며, 그중 레드머드가 붉은색으로 나타나게 하는 Fe_2O_3는 22.8%를 차지하고 있다. 물리적 특성의 경우 밀도는 2.0g/cm^3로 나타났으며, 평균입경은 4.31㎛로 입도분포를 Figure 2에 나타내었다. 레드머드의 건설자원으로 활용하는데 장애요소 중 하나인 함수율은 50.2%로 나타났다. 또한 점도는 10000cP로 유동성이 매우 낮고 워커빌리티가 나쁘며 원재료 자체에서 물과 레드머드 슬러지가 분리되어 원상태로 재활용하기에 어려운 상태이다.

2.2.2 혼화제

본 논문에 사용한 혼화제의 특성을 Table 3에 나타내었다. 분산제는 국내 S사의 polycarboxylic acid계 분산제이며 증점제는 국내 H사의 Methyl Cellulos계 증점제를 사용하였다. 본 논문에 사용한 소포제는 국내 K사의 투명한 액상의 Polyoxyalkylene alkylether계 소포제로 pH는 4.5~7.5를 나타내며 비중은 0.9984, 점도 269(25℃, cPs)를 가진다.

Table 2. Properties of red mud sludge

Type	Chemical composition (wt.%)								Density (g/cm^3)	Average Grain Diameter(μm)	Moisture content ratio(%)	Viscosity (cP)
	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	SO_3	Na_2O	K_2O				
Redmud sludge	38.8	16.1	22.8	3.4	0.2	0.0	10.0	0.4	2.0	4.31	50.2	10000

Table 3. Properties of admixtures

Type	Color	specific gravity	pH	Residue Content (%)	Viscosity (cps)	NaCl wt(%)	Moisture wt(%)
Polycarboxylic acid series	Light brown	1.136	6.72	40.7	180	-	-
Methyl Cellulos	White	-	-	-	32900	1.36	1.40

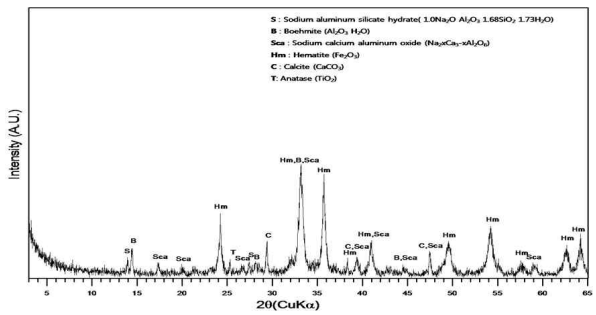


Figure 1. XRD of Red mud sludge

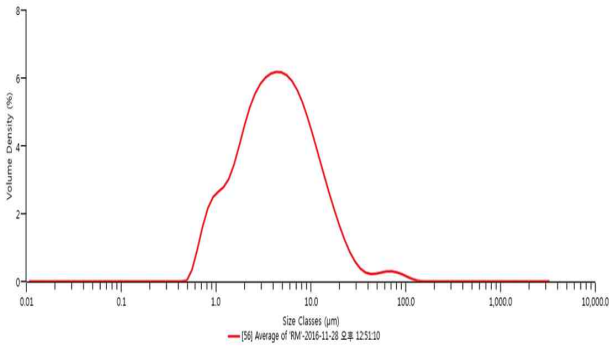


Figure 2. Partile size distribution of red mud sludge

Figure 3. Homo mixer

Figure 4. Viscometer

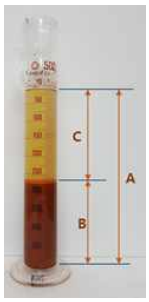


Figure 5. Example of sedimentation

2.3 실험방법

2.3.1 액상화 레드머드의 제조

레드머드를 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 Figure 3과 같은 호모믹서를 사용하였다. 호모믹서는 회전하는 rotor와 고정되어있는 stator 사이의 세밀한 간극으로 강력한 전단에너지를 만들어내는 분산장비이다. 호모믹서는 회전자의 고속 회전으로 인해 약 20~30m/s의 높은 전단력이 발생되고 주위의 진공에 의해 레드머드 슬러지가 아래에서 회전자 사이로 빨려 들어가며 입자가 분산되어 입경이 작아지게 된다.

2.3.2 점도 측정방법

본 논문에서는 액상화 레드머드의 분산 특성으로서 점도를 측정하였다. 점도는 액상화 레드머드를 제조 직후와 180일이 경과된 후 침전된 Figure 5의 C부분을 스포이드로 제거 후 B부분의 시료를 200ml 동일량 채취하여 측정하였다. Figure 4와 같은 brookfield사의 점도계로 4번 Spindle을 사용하여 10rpm으로 점도를 측정하였다.

2.3.3 침전지수 산출방법

본 논문에서는 액상화 레드머드의 분산 특성을 정량화하

기 위하여 침전지수를 활용하였다. 경과일수에 따른 침전지수를 산출하기 위한 시료는 액상화 레드머드를 분산시킨 직후 500ml 매스실린더에 동일 양으로 담아 외부와의 공기를 차단된 상태로 상온에서 180일 동안 정치시켰다. 최초 1주일은 24시간 간격, 이후 7주는 7일 간격, 이후 4개월은 한 달 간격으로 총 180일 동안 Figure 5와 같이 침전 높이를 측정하였으며 이를 식 1과 같이 계산하여 침전지수를 산출하였다[7].

$$\text{침전지수}(\%) = 100 - \frac{n\text{일에서 레드머드의 침전된 높이}(B)}{\text{액상 레드머드의 최초 높이}(A)} \times 100 \quad -- (1)$$

2.3.4 입도 측정방법

액상화 레드머드의 입자크기 및 입자분포 측정을 위하여 M사의 입도분석기로 입도를 측정하였다. 입도분석기의 일정파장의 레이저 beam이 입자에 도착하면 빛이 산란, 투과, 흡수된다. 산란되는 빛 중에는 회절, 굴절, 반사되는 것이 있으며 흡수된 빛의 일부는 입사 빛 보다 긴 파장의 빛을 다시 방출하기도 한다. 이렇게 동시에 복합적으로 나타나는 광산란 정도를 검출기로 검출하여 입도분포를 측정하였다.

3. 실험결과 및 분석

3.1 점도

액상화 레드머드의 분산직후 초기 점도와 최종 경과시간 180일의 점도 비교를 Figure 6에 나타내었으며 Table 4에 점도와 침전지수를 나타내었다. 본 논문의 범위에서는 W/R 비가 높을수록 액상화 레드머드의 점도는 전반적으로 감소하고, 경과시간 180일의 점도는 플레인을 제외한 대부분의 시료에서 초기점도와 비교하여 낮아지는 경향을 나타냈다.

액상화 레드머드의 시료별 초기점도에 대한 경과시간 180일의 점도비를 Figure 7에 나타내었다. 액상화 레드머드의 경과시간 180일 점도는 초기점도와 비교하여 대체적으로 감소하는 경향을 나타내고 있다. 그러나 혼합수와 레드머드 슬러지만을 분산시킨 No 1, 6, 10, 19 시료의 경우 180일 점도가 초기점도보다 높게 나타나고 있다.

이는 혼합수 만으로 분산시킬 경우 직후에는 슬러지의 응집 입자가 분산되나 시간이 경과하면서 분산된 입자의 재응집 현상이 일어났기 때문으로 사료된다. 또한 No 5시료도

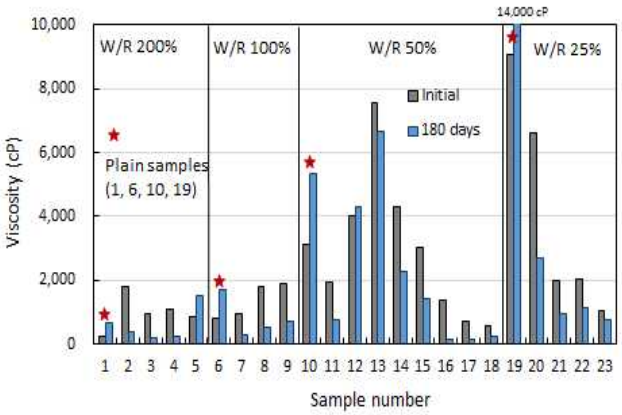


Figure 6. Relationship between initial and 180 days viscosity

Table 4. Viscosity measurement result and sediment index

W/R(%)	No.	Viscosity(cPs)		Sediment index	plain
		Initial	180days		
200	1	240	680	54.3	★
	2	1800	380	46.9	
	3	960	180	55.3	
	4	1100	240	50.2	
	5	860	1500	34.7	
100	6	800	1680	36.3	★
	7	1880	700	31.0	
	8	960	260	40.8	
	9	1800	520	31.2	
50	10	3100	5340	18.7	★
	11	1920	760	34.4	
	12	4020	4300	13.4	
	13	7580	6680	5.0	
	14	4300	2280	9.0	
	15	3020	1420	11.9	
	16	1380	140	30.6	
	17	700	140	40.3	
	18	580	240	44.4	
25	19	9100	14000	6.4	★
	20	6620	2680	14.8	
	21	1980	940	22.8	
	22	2020	1140	25.1	
	23	1060	760	32.8	

점도비가 174%로 매우 높게 나타났는데 이는 W/R 200%의 높은 혼합수비에 증점제 다량으로 혼합되었기 때문에 초기점도에 대한 180일 점도비가 약 174%로 높게 나타난 것으로 판단된다. 액상화 레드머드의 분산결과 혼합수만을 분산할 경우 점도가 높아지지만 분산제와 증점제를 혼합하여 분산할 경우 점도가 높아지지 않고 낮아지거나 유지하는 경향을 나타냈다.

Table 5. Sedimentation of specimens by elapsed time

W/R (%)	200		100		50		25	
Elapsed time (days)	1	180	1	180	1	180	1	180
Image of sedimentation								

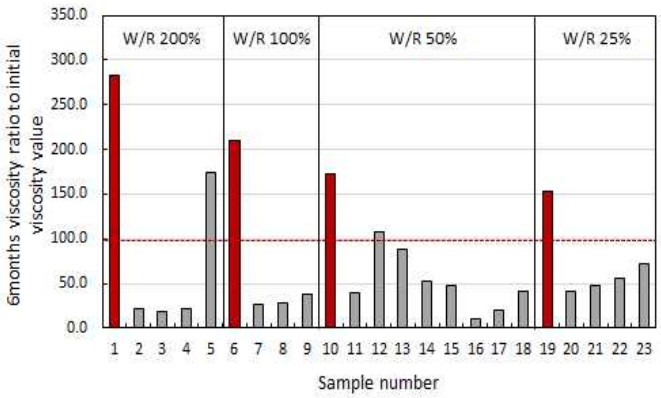


Figure 7. Viscosity ratio by W/R

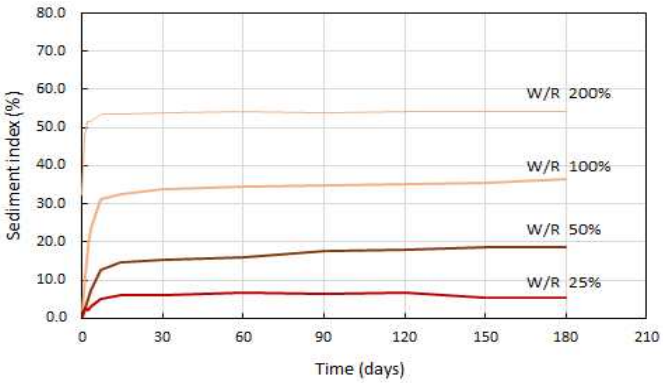


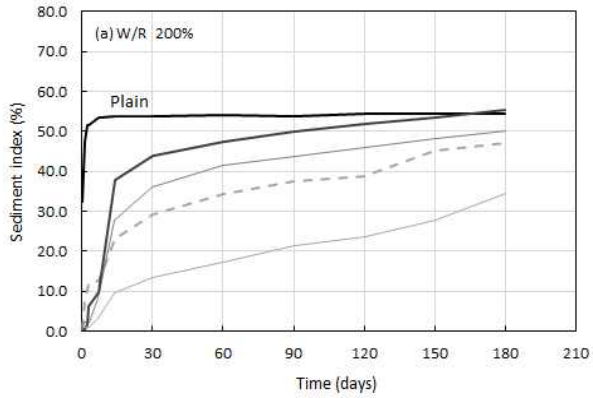
Figure 8. Sediment index by W/R

3.2 침전지수

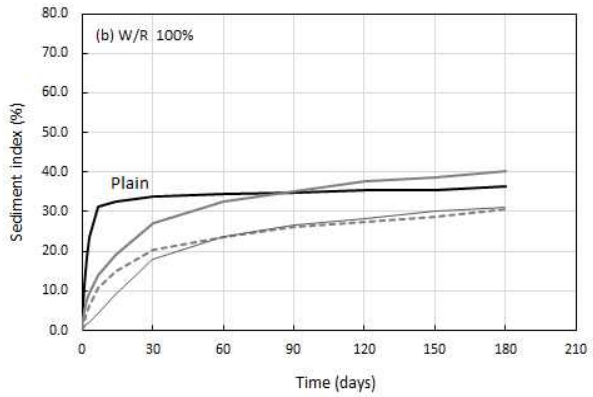
혼합수만을 사용하여 분산시킨 플레인(Plain) 액상화 레드머드의 경과시간 180일 침전지수 관찰 결과를 Figure 8에 나타내었으며 경과시간 1일 및 180일 시료의 침전상태를 Table 5에 나타내었다. 레드머드 슬러지와 혼합수만을 혼합 분산시킨 액상화 레드머드의 W/R비에 따른 침전지수는 W/R비가 높을수록 높은 침전지수를 나타냈다. 최종 경과시간 180일에서의 침전지수는 W/R비 200%의 경우 54.3%, W/R비 100%의 경우 36.3%, W/R 50%의 경우 18.7%, W/R비 25%의 경우 5.5%를 나타내었다. 또한 침전지수는 경과시간 증가할수록 높게 나타났으며 초기에 급격하게 증가하고 일정 시간 이후에는 유지되는 경향을 나타내었다. W/R비에 따른 침전지수는 W/R비가 높을수록 초기에 급격하게 증가하는 경향을 나타내고 있다. 최종 경과시간 180일 침전지수 값의 90%에 도달되는 W/R비별 경과시간은 W/R비 200%에서는 1일, W/R비 100%에서는 7일, W/R비 50%에서는 60일, W/R비 25%에서는 7일로 나타났다[8].

W/R비별 분산제 및 증점제를 사용한 액상화 레드머드의 경과시간 180일 동안의 침전지수 관찰 결과를 Figure 9에 나타내었다. W/R비에 따라 분산제 및 증점제를 사용한 액상화 레드머드의 분산 특성은 다양하게 나타나고 있다. 혼합수만을 사용한 플레인 시료와 마찬가지로 분산제 및 증점제를 사용하더라도 W/R비가 클수록 침전지수는 증가하는 경향을 보이고 있다. 혼합수만을 사용한 플레인 시료와 비교하여 분산제 및 증점제를 사용한 모든 시료는 시간이 경과됨에 따라 침전지수는 완만하게 증가하는 경향을 보이고 있다. 또한 플레인 시료와 비교하여 분산제 및 증점제를 사용한 액상화 레드머드의 침전지수는 W/R비 증가할수록 낮아지는 것으로 나타났다.

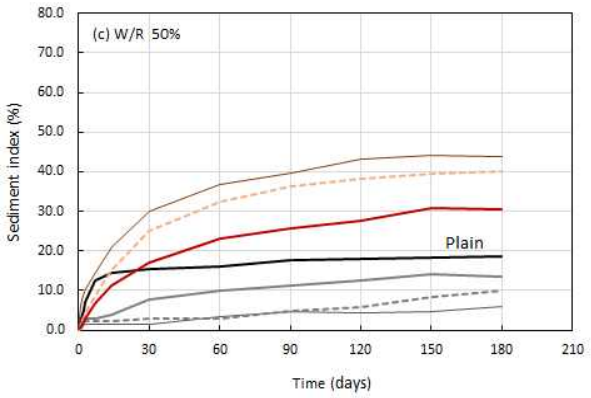
W/R비 200%의 최종 경과시간 180일에서의 침전지수는 Figure 9의 (a)에 나타낸 바와 같이 혼합수만을 사용한 플레인 시료의 경우 54.3%이었으나 분산제 및 증점제를 사용한 시료의 경우 34.4~55.3%를 나타내고 있어 플레인과 비교하여 상대적으로 작게 나타났다. W/R비 100%의 최종 경과시간 180일에서의 침전지수는 Figure 9의 (b)에 나타낸 바와 같이 혼합수만을 사용한 플레인 시료의 경우 36.3%이었



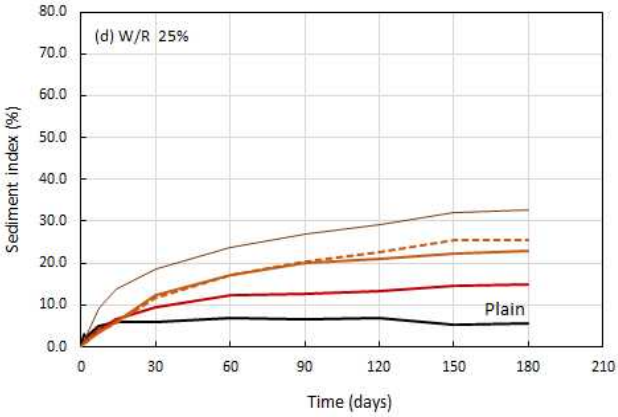
(a) W/R 200%



(b) W/R 100%

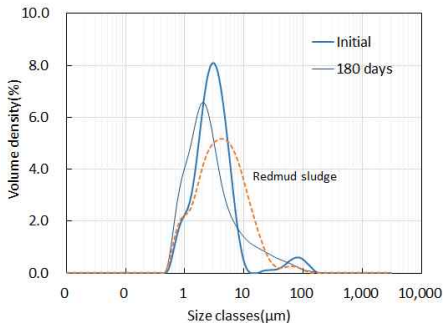


(c) W/R 50%

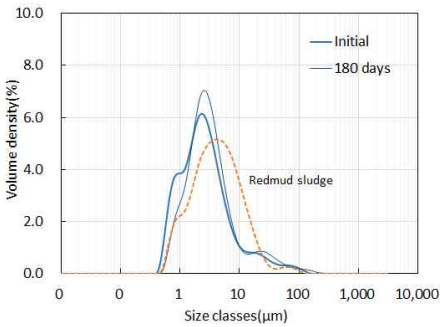


(d) W/R 25%

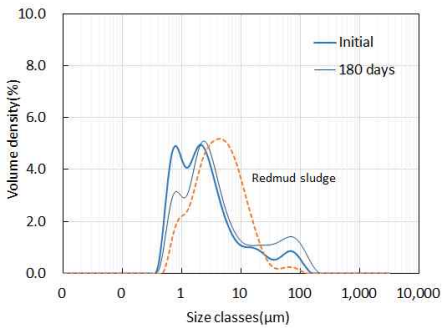
Figure 9. Sediment index by W/R



(a) W/R 100%



(b) W/R 50%



(c) W/R 25%

Figure 10. Particle size distribution by W/R

으나 분산제 및 증점제를 사용한 시료의 경우 30.6~40.2%를 나타내고 있어 플레인과 비교하여 유사하게 나타났다. W/R비 50%의 최종 경과시간 180일에서의 침전지수는 Figure 9의 (c)에 나타낸 바와 같이 혼합수만을 사용한 플레인 시료의 경우 18.7%이었으나 분산제 및 증점제를 사용한 시료의 경우 5.9~43.9%를 나타내고 있어 플레인과 비교하여 가장 큰 차이를 나타내고 있다. W/R비 25%의 최종 경과시간 180일에서의 침전지수는 Figure 9의 (d)에 나타낸바와 같이 혼합수만을 사용한 플레인 시료의 경우 5.5%이었으나 분산제 및 증점제를 사용한 시료의 경우 14.8~32.8%를 나타내고 있어 플레인과 비교하여 상대적으로 크게 나타났다.

3.3 입도

W/R비에 따른 액상화 레드머드의 분산직후 및 최종 경과

시간 180일에서의 입자분포를 레드머드 슬러지와 비교하여 Figure 10에 나타내었다. 레드머드 슬러지를 분산시킨 액상화 레드머드의 입자분포는 레드머드 슬러지의 입자분포와 비교하여 좌측으로 이동하고 있어 분산을 하게 되면 레드머드의 입자는 작아지는 것으로 나타났다. 이는 호모믹서의 고속 회전하는 회전자로 인한 주위의 진공으로 높은 전단력이 발생하고 이로 인하여 레드머드 슬러지가 아래에서 회전자 사이로 빨려 들어가며 분산되어 입자의 충돌 및 회전자와 고정자 사이의 충격으로 입경이 줄어든 것으로 판단된다. 또한 액상화 레드머드는 W/R비가 낮아질수록 전체적인 입자가 더욱 작아지는 경향을 보이고 있는데 이는 액상화 레드머드의 W/R비가 낮아질수록 점도가 증가되며 점도의 증가로 인하여 전단력이 높아졌기 때문으로 사료된다.

또한 경과시간에 따른 액상화 레드머드의 입자분포는 분산직후와 경과시간 180일을 비교할 시 시간이 경과할수록 다소 우측으로 이동하며 입자가 커지는 경향을 보이고 있으며 이는 W/R비가 낮아질수록 뚜렷한 경향으로 나타나고 있다. 그러나 최종 180일이 경과하더라도 레드머드 슬러지의 평균입경과 비교하여 작은 것을 알 수 있다. 이를 정량화하여 구체적으로 나타내고자 W/R비별 액상화 레드머드의 분산직후 및 최종 경과시간 180일에서의 평균입경을 Figure 11에 나타내었다. W/R비 100%의 평균입경은 직후에서 3.15㎛, 최종 경과시간 180일에서 2.5㎛로서 직후보다 오히려 감소하는 것으로 나타났다. W/R비 50%의 평균입경은 직후에서 2.55㎛, 최종 경과시간 180일에서 3.2㎛로서 직후보다 증가하였으며 W/R비 25%의 평균입경은 직후에서 2.18㎛, 최종 경과시간 180일에서 3.11㎛로서 직후보다 증가하는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 W/R비가 감소할수록 점도가 낮아지고 경과시간이 지날수록 분산되었던 입자들이 재응집되어 나타난 결과로 사료된다.

3.4 점도와 침전지수의 관계

액상화 레드머드의 최종 경과시간 180일에서의 침전지수 및 점도를 Figure 12에 나타내었다. 최종 경과시간 180일 침전지수에 미치는 점도의 영향은 점도가 낮을수록 침전지수가 높은 값을 나타내고 있다. 따라서 점도를 활용하여 최종 경과시간 180일의 침전지수를 예측 가능할 것으로 사료된다. 특히 점도 2000cP를 중심으로 침전지수는 유의할 만한 경향을 나타내고 있다. 점도 2000cP이하에서는 침전지수가 큰 변화폭을 보이고 있으나 점도 2000cP이상에서는 다양한 점

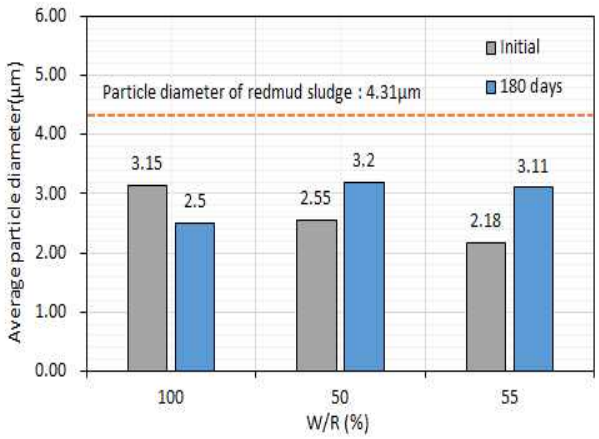


Figure 11. Average particle diameter by W/R

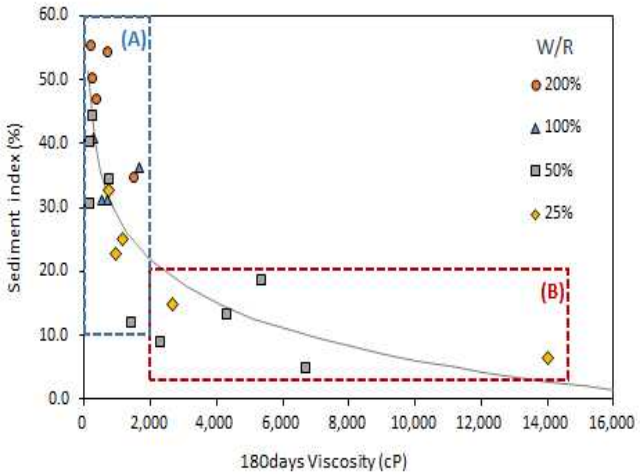


Figure 12. Relationship between viscosity and sediment index

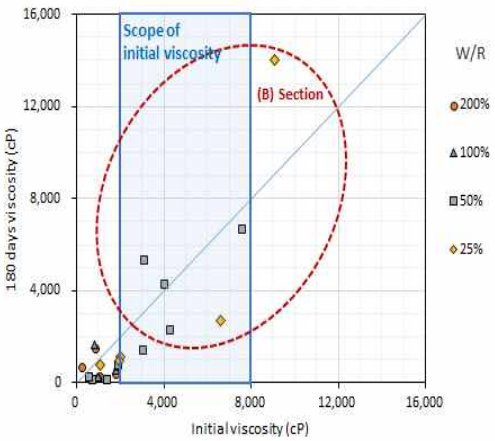


Figure 13. Relationship between initial and 180 days viscosity

도 범위에서 침전지수는 크게 변하지 않는 것으로 나타났다. 이를 구체적으로 점도 2000cP이하를 'A구역'으로 점도

2000cP이상을 'B구역'으로 구분하여 비교하였다.

점도 2000cP이하의 A구역 침전지수는 11.9~55.3%로 나타났으며 W/R비는 200%, 100%, 50%, 25%로 침전지수 및 W/R비가 다양하게 나타나고 있다. 그러나 점도 2000cP 이상의 B구역 침전지수는 5.0~18.7%로 나타나며 W/R비는 50%, 25%로 A구역과 비교하여 침전지수 및 W/R비가 낮은 변화폭으로 나타나 액상화 레드머드가 안정화 되어있는 것을 알수있다. 따라서 액상화 레드머드의 품질관리 측면에서 점도를 2000cP이상으로 유지하며 W/R비를 50%이하로 설정하는 것이 적정할 것으로 판단되며 이때의 침전지수는 20%이하를 나타내고 있다.

액상화 레드머드의 분산 직후 초기점도와 최종 경과시간 180일에서의 점도비교를 Figure 13에 나타내었으며 Figure 12의 B구역을 표기하였다. 액상화 레드머드의 점도는 분산 직후와 경과시간 180일에서 유사한 경향을 나타내고 있다. 최종 경과시간 180일에서의 점도와 침전지수 관계에서 적정 점도로 판단한 2000cP이상의 B구역 또한 초기점도에서 2000~9000cP정도를 나타내고 W/R비는 50%이하를 나타내어 20%이하의 침전지수를 유지하기 위해서는 W/R비는 50%이하로 설정하고 분산 직후 초기점도는 2000~8000cP를 가지는 것이 적정할 것으로 판단된다.

따라서 본 논문의 범위에 한하여 경과시간 180일에서의 침전지수에 액상화 레드머드의 안정적인 분산을 위해서는 초기 점도를 2000cP~8000cP를 적용하고 목표 침전지수를 20%이하로 설정하는 것이 적정할 것으로 사료된다. 또한 목표 침전지수 20%이하 분산직후 점도 2000~8000cP에 포함되는 시료는 W/R비 50%이하로서 적정 혼합수비로 판단된다.

4. 결 론

본 연구에서는 슬러지 상태로 배출되는 레드머드의 재활용 및 건설산업분야의 대량 활용을 위한 방안으로서 액상화 레드머드를 제조하고 점도와 침전지수를 통하여 분산 특성을 검토한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 액상화 레드머드의 점도는 전반적으로 W/R비가 높을수록 감소하고, 경과시간 180일의 점도는 분산제 및 증점제를 사용한 시료에서 초기점도와 비교하여 전반적으로 낮아졌으나 혼합수와 레드머드 슬러지만을 분산시킨 시료에서는 경과시간 180일 점도가 초기점도보다 높게 나타났다.
2) 액상화 레드머드의 침전지수는 산제 및 증점제를 사용한 시료에서 W/R비가 클수록 증가하고, 혼합수만을 사용한 플레인 시료와 비교하여 분산제 및 증점제를 사용한 시료의 경과시간에 따른 침전지수는 완만하게 증가하는 경향을 보이고 있다.
3) 최종 경과시간 180일 침전지수에 미치는 경과시간별 점도의 영향은 점도가 낮을수록 침전지수가 높은 값을 나타내며 이는 분산 직후와 최종 경과시간 180일에서 유사하게 나타나고 있다.
4) 본 논문의 범위에 한정하여 액상화 레드머드의 안정적인 분산을 위해서는 초기 점도를 2000cP에서 8000cP을 적용하고 목표 침전지수를 20%이하로 설정하는 것이 타당할 것으로 사료되며 향후 액상화 레드머드의 경제적인 배합조건에 대한 추가적인 연구가 필요할 것으로 판단된다.

요 약

레드머드(Red mud)는 보오크사이트 원광석으로부터 수산화알루미늄($Al(OH)_3$) 및 산화알루미늄(Al_2O_3)을 제조하는 공정에서 발생되는 산업부산물로 Bayer Process를 통하여 함수율 50%의 슬러지 상태로 국내에서 연간 약 30만톤이 발생되고 있다. 본 논문에서는 함수율 50%의 레드머드 슬러지를 가열 공정없이 건설산업 현장에 사용할 수 있도록 적정 혼합수 및 첨가제를 사용하여 액상화하고 점도, 입도, 침전지수와 같은 분산특성을 검토하였다. 본 논문의 범위에 한정하여 액상화 레드머드의 안정적인 분산을 위해서는 초기 점도를 2000cP에서 8000cP을 적용하고 목표 침전지수를 20%이하로 설정하는 것이 타당할 것으로 사료된다.

키워드 : 레드머드, 점도 , 침전지수, 액상화, 입도

Acknowledgement

This research was supported by a grant (16CTAP-C115206-01#) from Infrastructure and transportation technology promotion research Program funded by

Ministry of Land, Infrastructure and Transport of Korean government. This work was supported by the National Research Foundation of Korea(NRF) grant funded by the Korea government (MSIP) (No. 2017 R1A2B2007967)

References

1. Kim HS. A study of the space planning applying up-cycling resource circulation process [master's thesis]. [Seoul (Korea)]: Sungkyunkwan University; 2017. 121 p.
2. Pontikes Y, Angelopoulos GN. Bauxite residue in cement and cementitious applications : Current status and a possible way forward, Resources. Conservation and Recycling. 2013 Apr;73(8):53-63.
3. Daniel VR, Joao AL, Marcio RM. Potential use of natural red mud as pozzolan for portland cement. Materials Research. 2011 Jan;14(1):60-6.
4. Kang SP, Kwon SJ. Effects of red mud and alkali-activated slag cement on efflorescence in cement mortar. Construction and Building Materials. 2017 Feb;133:459-67.
5. Pan Z, Cheng L, Lu Y, Yang N. Hydration products of alkali-activated slag-red mud cementitious material. Cement and Concrete Research. 2002 Sep;32(3):357-62.
6. Kang SP, Kang HJ. Pore and efflorescence characteristics of alkali activated slag-red mud cement mortar depending on red mud. Journal of Korea Institute of Building Construction. 2017 Jan;17(3):261-8.
7. Chu YS, Park YA, Lee HJ. An Experimental study on flocculation and settling of fine-grained suspended sediments. Journal of the Korea Society of Oceanography. 1999 Feb;4(1):40-9.
8. Myeonggyu Sang, Analysis of sludge settling characteristics in sbr(sequencing batch reactor) process [master's thesis]. [Seoul (Korea)]: University of Seoul; 2008. 64 p.