

지연제 첨가에 의한 회수수의 재이용

Recycling of Sludgewater containing Set-retarder

송영진*

아타라시 다이키**

Song, Young jin

Atarashi, Daiki

ABSTRACT

Most of ready-mixed concrete plants have the problem of construction waste sludge, which pollutes environment and causes economic loss due to the discard and increasing the cost of concrete. Thus, a recycling of the cement sludge has been strongly desired as one of their solution. This research is to the study on the recycling of the cement sludge, especially the study on the hydration control by the sodium gluconate as a set-retarder. The set-retarder can delay the hydration of the cement included in the sludge water, so that the sludge water can be substituted with some of new cement without the property of the cement. And it invests the effect of the sodium gluconate to the hydration of the cement in suspension. The degree of hydration of cement may be controlled by adding the sodium gliconate. The hydration delay time is observed that depends on the concentration of residual sodium gloconate, not how long the cement has been hydrated before the addition of the sodium gluconate.

요 약

최근 폐기물 적정처리 및 유효활용문제 등의 해결에 대하여 국가적차원에서 활성화됨에 따라 레미콘공장에 있어서도 회수콘크리트나 레미콘차, 믹서 등의 세척 후 발생한 시멘트슬러지, 회수수를 재이용하려는 연구가 진행되고 있다. 그러나 대부분의 레미콘공장에서는 종래의 처리방법으로는 비용 및 환경적 부담을 많이 느끼고 있음에도 불구하고 인식부족으로 인해 재이용에 난색을 표하는 경우가 많다.

이러한 상황에서 지연제를 첨가하여 시멘트의 수화를 억제한 회수수를 새로운 콘크리트에 일부 재이용하여도 콘크리트 성상에 악영향을 끼치지 않는다는 것이 많은 연구를 통해 밝혀지고 있다. 그러나 일정시간 초기수화가 진행된 회수수중의 일부 수화한 시멘트에 대한 지연메카니즘 연구는 매우 부족한 것이 사실이다.

이에 본 연구는 먼저 일부 수화한 시멘트에 대한 지연제의 지연메카니즘을 확립하고 수화반응 제어기술을 확립할 목적으로 연구를 행한 결과, 회수수 중의 지연제의 잔존농도를 제어하는 것으로서 일부 수화한 시멘트의 수화반응에 대한 제어가 가능한 것을 알게 되었다.

* 정회원, (주)H&Tech 연구실장

** 정회원, 일본부루란공업대학 응용화학과 조교수

1. 서 론

현재, 레디믹스콘크리트 공장에서는 회수콘크리트 및 레미콘차, 믹서 등의 세정수로부터 골재는 회수하여 재사용하고 나머지 슬러지수는 회수수로서 일부 이용하거나, 필터프레스에 의해 노반재나 산업폐기물로서 처리하고 있는 실정이다. 최근, 지연제의 첨가에 의해 회수수중의 시멘트의 수화를 억제시켜 새로운 콘크리트에 재이용하는 방법이 제안¹⁾²⁾되어 레디믹스 콘크리트공장의 제로에미션대책으로서 기대를 모으고 있다. 그러나 회수콘크리트나 회수수와 같이 초기수화가 진행되어 일부 수화한 시멘트(이하 수화시멘트)에의 지연제의 흡착거동과 흡착량 및 수화제어의 정도, 지연제로 제어한 수화시멘트의 수화반응성 그리고 이것을 혼합한 새로운 시멘트 페이스트의 물성에 대한 연구는 아직 충분하다고는 볼 수 없다.

따라서 본 연구에서는 레디믹스콘크리트공장에 있어서의 회수수 재이용시스템의 기초적 데이터를 수집할 목적으로 수화지연의 작용기구의 해명 및 수화시멘트의 수화반응 제어방법에 대하여 검토를 하였다.

2. 실험 방법 및 사용재료

2.1 사용재료

본 연구에 사용된 재료로는 시멘트는 연구용 보통포틀랜드시멘트 (이하 OPC)를 사용하였다. 화학조성 및 물리특성은 표 1에 나타내었다. 지연제로써는 글루콘산나트륨을 사용하였다.

표 1 시멘트의 화학조성 및 물리특성

Chemical compositions (mass%)								Mineral compositions* (mass%)					Blaine	Density
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	Cl	SO ₃	C ₃ S	C ₂ S	C ₃ A	C ₄ AF	(cm ² /g)	(g/cm ³)
21.6	5.3	2.3	64.5	2.11	0.25	0.55	0.11	1.8	64.4	11.6	9.5	8	3090	3.17

*Calculation by Bogue equation

2.2 실험 방법

2.2.1 수화시멘트의 제조

먼저 회수 콘크리트 및 회수수를 상정하여 OPC 5g에 물 2g를 첨가하여 물시멘트비 0.4로써 시멘트페이스트를 제작하고 초기수화시간으로써 1, 2, 3 및 4시간 양생시켰다. 그리고 공장에서의 회수수에 지연제 첨가에 의한 수화정지 후 재이용전까지의 보존과정을 상정하여, 전단계에서 제작양생한 초기수화시간이 서로 다른 각각의 수화시멘트페이스트 7g에 소정의 농도 (0~0.500mass%×C)로 제조한 글루콘산나트륨 수용액을 18g 첨가하여 물시멘트비 4.0의 수화시멘트 서스펜전을 제조하였다. 제조한 수화시멘트 서스펜전은 50ml의 원통형밀폐용기에 넣어 1분간 5회 상하로 회전시키면서 0~7일까지 양생을 시켰다.

2.2.2 측정방법

수화발열속도는 12점식샌드위치형 수화열량계(도코리코)에 의하여 측정하였다. 최고수화발열속도의 도달시간을 T₁으로하여 수화시멘트 서스펜전의 수화반응성을 검토하였다. 그리고 연속유동식 표면적계 (HORIBA SA6200)를 이용, 질소가스흡착법으로 측정하여 BET비표면적치를 구하였다. 글루

콘산나트륨의 잔존농도는 원심분리하여 상층액을 채취한 후 액상 중의 글루콘산나트륨의 농도를 전유기탄소계(시마쯔제작소 TOC 5050A)로 측정하여 액상잔존농도를 구하였고, 수화시멘트 중의 Alite 및 C₃A의 수화반응율은 D-dry 건조 후 분말X선회절(XRD)의 내부표준법으로 미반응물량을 정량하여 구하였다.

3. 결과 및 고찰

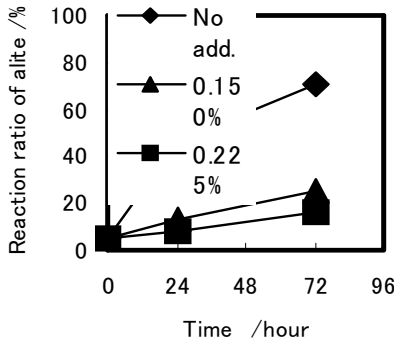


그림 1 수화시멘트 서스펜션 중의 Alite의 수화반응율 (초기 수화 2시간)

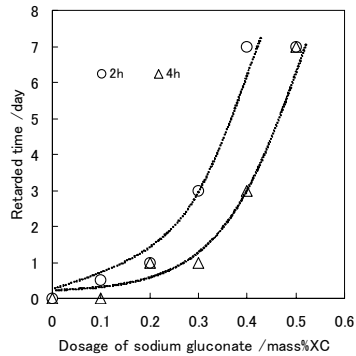


그림 2 글루콘산나트륨의 첨가율에 의한 수화시멘트의 수화억제시간

3.1 수화시멘트 서스펜션 중의 Alite 및 C₃A의 수화반응율

회수콘크리트 및 회수수의 수화양생시간을 상정한 초기수화시간(0~4시간)경과에 따르는 시멘트 페이스트중의 Alite 및 C₃A의 수화반응율을 검토한 결과, 초기수화 4시간 경과에서는 Alite의 수화반응율은 약10%, C₃A는 약30%정도 진행되었다. 이는 잔존수화반응율이 각각 약90 및 70%가 남아있음을 말하고, 수화제어를 통해 향후 재이용할 수 있는 가능성이 있다고 생각된다.

그림 1에 초기 수화 2시간 경과한 수화시멘트 페이스트를 포함한 수화시멘트 서스펜션 중의 Alite의 수화반응율을 나타내었다. 글루콘산나트륨 무첨가의 경우 수화가 지속적으로 증대하여 72시간 후 약 70% 수화한 것을 알 수 있다. 이에 반해 글루콘산나트륨을 0.150mass% 첨가한 경우 20%정도로 수화가 억제되고 0.225mass% 첨가할 경우 20%이하로 수화를 지속적으로 억제할 수 있음을 알 수 있었다.

3.2 수화시멘트 서스펜션 중의 수화시멘트에 미치는 글루콘산나트륨의 작용기구

그림 2에 글루콘산나트륨의 첨가율에 따른 수화시멘트 서스펜션 중의 수화시멘트의 수화억제시간을 나타내었다. 이때 수화억제시간의 기준은 글루콘산나트륨 첨가직전의 비표면적을 기준으로 수화반응진행으로 인해 기준비표면적이상이 된 시점으로 하였다. 초기수화 2시간이후 글루콘산나트륨을 첨가하였을 경우보다 4시간의 경우에 동등한 첨가율에서의 수화억제시간은 짧아진다. 즉, 글루콘산나트륨의 첨가시기를 빠르게 하는 것이 효과적임을 알 수 있다.

이때 글루콘산나트륨의 첨가시기에 관계없이 하나의 요인으로 정리할 방법을 검토한 결과 그림 3과 같이 액상잔존농도로 정리하여 보면 글루콘산나트륨의 첨가시기에 관계없이 수화반응을 제어하는 것이 가능하다는 것을 알 수 있었다.

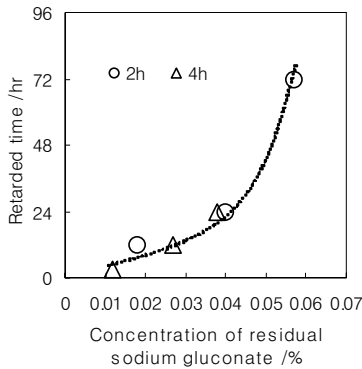


그림 3 글루콘산나트륨의 액상잔존농도와 수화억제시간과의 관계

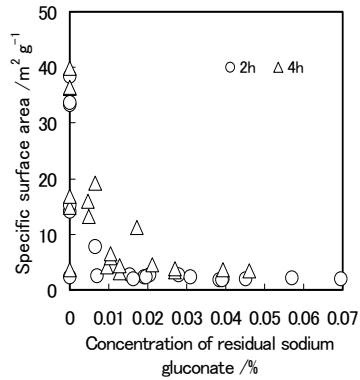


그림 4 글루콘산나트륨의 액상잔존농도와 수화시멘트의 비표면적과의 관계

3.3 비표면적과 글루콘산나트륨의 잔존농도와의 관계

수화시멘트의 비표면적과 글루콘산나트륨의 잔존농도와의 관계를 그림 4에 나타내었다. 글루콘산나트륨의 잔존농도가 어떤 일정농도 이상이 되면 비표면적은 억제된다. 즉, 글루콘산나트륨의 잔존농도가 약 0.02% 이상으로 유지되면 시멘트의 수화가 진행되지 않고 있음을 알 수 있다.

이상으로부터 수화시멘트 서스펜션 중의 글루콘산나트륨의 잔존농도를 일정농도 이상으로 제어하는 것에 의해 시멘트의 비표면적을 지속적으로 억제할 수 있고, 따라서 약 90% 정도의 시멘트를 재이용하는 것이 가능하다고 생각된다.

4. 결론

- 1) 글루콘산나트륨의 첨가에 의해 수화시멘트의 수화반응을 억제할 수 있고 그 첨가율을 증가시키므로써 보다 지속적으로 수화를 억제할 수 있다. 이때 잔존미수화시멘트부분은 새로운 시멘트와 혼합할 경우 결합재로써 강도발현 등에 충분히 기여할 수 있다고 생각된다.
- 2) 글루콘산나트륨의 첨가시기를 빠르게 하는 것이 효과적이다. 첨가시기가 늦어지면 수화시멘트 중의 시멘트질량당 흡착량이 많아지고 액상잔존량이 작아진다.
- 3) 글루콘산나트륨의 액상잔존농도를 일정하게 하는 것에 의해 수화시멘트의 비표면적을 억제할 수 있다. 따라서 수화반응율을 억제하기 위해서는 글루콘산나트륨의 액상잔존농도를 일정 이상으로 유지할 필요가 있다.

감사의 글

이 논문은 2008년도 일본 동경공업대학 이공학연구과 재료공학전공 다이몽(大門)사카이(坂井)연구실의 박사과정논문연구으로써 수행되었습니다. 이에 깊은 감사를 드립니다.

참고문헌

1. 會澤賢一ほか, “超遲延劑添加による生コンスラッジの有効利用に関する研究”, 콘크리트工学年次論文報告集 第18卷第1号, pp.387-392, 1996
2. 中本純次ほか, “凝結遲延劑を用いたスラッジ混入コンクリートの配合設計”, セメント・コンクリート論文集, No.57, pp.592-598, 2003