

황산알루미늄을 사용한 쏿크리트용 Alkali-free 급결제의 수화 및 응결 특성

Hydration and Setting Properties of Alkali-free Accelerator for Shotcrete using Aluminum sulfate

김영엽* 권춘우* 정석조* 추용식** 이종규***
Kim, Young Yup Kwon, Choon Woo Jung, Suk Jo Chu, Yong Sik Lee, Jong Kyu

ABSTRACT

The purpose of this paper is to investigate on hydration, setting time and compressive strength properties of cement paste mixed alkali-free accelerator using aluminum sulfate for shotcrete. The experimental focus is to variously added element with alkali-free accelerator for shotcrete using aluminum sulfate. When diethanolamine was used as a component of alkali-free accelerator, alkali-free accelerator contributed to increasing early hydration, setting time and compressive strength properties of cement paste and mortar.

1. 서론

급결제란 시멘트, 물, 이외에 재료로서 모르타르, 콘크리트에 시멘트를 급결시키는 성질을 부여하기 위하여 첨가되는 재료이다. 주 용도는 고속도로 및 철도, 지하철 공사, 암벽 및 법면 보호 공사, 통신구/전력구, 지하터널, 상하수도 등의 지하구조물의 누수방지를 목적으로 하는 초속경성 결합재와 도로나 철도의 터널공사, 지하발전소 및 연료저장시설의 지하공동 굴삭공사 등에 사용되고 있다. 기존의 급결제는 강알칼리성으로 폐쇄공간에서 작업하는 작업자의 건강과 주변 토양의 오염 등에 심각한 악영향을 미친다. 또한 일반 콘크리트에 비해 쏿크리트용 콘크리트의 경우 장기강도가 떨어진다는 문제점을 가지고 있다. 기존의 급결제는 강알칼리성이고, 장기강도가 약하다는 단점 때문에 그 이용범위가 제한적이었다. 기존의 급결제의 단점을 보완할 수 있는 알칼리가 없고 장기강도도 일반 콘크리트와 대등하거나 그 이상의 강도를 갖는 새로운 재료를 연구함으로써 보수·보강, 절개면·사면 정리 등 각종 토목, 건축공사의 급결성이 요구되는 부분에 응용이 가능하게 되면 그 응용범위는 광대해진다.

따라서 본 실험의 목적은 기존의 급결제의 단점을 보완할 수 있는 초기 급결 특성 및 장기강도의 발현이 우수한 Alkali-free의 새로운 개념의 급결제의 연구에 목적이 있다.

* 정회원, 요업(세라믹)기술원 세라믹·건재본부 연구원

** 정회원, 요업(세라믹)기술원 세라믹·건재본부 선임 연구원

*** 정회원, 요업(세라믹)기술원 세라믹·건재본부 책임 연구원

2. 실험내용 및 계획

급결제의 제조는 공업용 고체 황산알루미늄(Al:17%)을 주성분으로 용매를 증류수로 하였고, Diethanolamine를 각각 첨가하여 pH 0~7사이의 액상 급결제 제조를 목적으로 제조된 급결제의 각 성분이 첨가 될 때의 물성을 모르타르 그리고 페이스트 등에 적용하여 측정하여 하였다.

2.1.출발원료 조성 및 혼합목적

Table 1 Properties of Aluminum Sulfate

Al ₂ O ₃	Al ₂ (SO ₄) ₃	H ₂ O	Specific gravity	PH
17%	57%	43	1.62	3.0 Over

Table 2 Properties of admixtures

	혼합 기대효과	과량 첨가에 대한 특성
고체 황산알루미늄(17%)	강도증진, 응결시간 단축	침전, 강도저하
Diethanolamine	응결시간단축, 분산제효과	초기 강도발현 지연, 강도저하

2.2.실험 방법

급결제 제조 시 실험실의 온도를 20~23℃로 고정하고 주성분인 고체 황산알루미늄(Al:17%)을 제외하고 나머지 첨가물은 순도 98% 이상으로 사용하였으며, 배합은 stirrer로 700rpm, 20℃에서 mixing하였다. Water를 용매로 공업용 고체 황산알루미늄(Al:17%)을 첨가하고 Diethanolamine 을 혼입하였다. 일정 온도이상(40℃)에서는 석출물이 생기는 경우가 있다. 따라서 본 연구에서 상온에서 교반시간을 늘리는 방법으로 하여, 공업용 고체 황산알루미늄(Al:17%)의 경우 12시간 정도 첨가물은 각각 2시간 정도 교반하였다.

3. 실험결과 및 분석

3.1. 압축강도 특성

Fig. 2 는 급결제 고체 황산알루미늄(Al:17%):DEA(100:0), 과 OPC 와의 강도비교 이다. 고체 황산알루미늄(17%)을 5%첨가한 것과 OPC 강도를 비교한 결과 OPC 보다 초기부터 28일까지 높은 강도증진을 보이고 있다. Fig. 3은 고체 황산알루미늄(17%):DEA(100:0)과 고체 황산알루미늄(Al:17%):DEA(92:8), 고체 황산알루미늄(Al:17%):DEA(94:6), 고체 황산알루미늄(Al:17%):DEA(96:4)를 각각 시멘트 비 5% 첨가하였을 때의 압축강도를 나타낸 것이며, 초기부터 28일까지의 강도를 비교한 결과 고체 황산알루미늄(Al:17%):DEA(96:4) 급결제는 고체 황산알루미늄(17%):DEA(100:0)보다 높은 강도 증진을 보이고 있으나 고체 황산알루미늄(Al:17%):DEA(92:8)과 고체 황산알루미늄(Al:17%):DEA(94:6)는 낮은 강도 증진율을 보이고 있다. 따라서 DEA의 첨가량이 적은 급결제가 DEA 첨가량이 많은 급결제보다 강도증진이 높은 것으로 보이고 있음을 확인할 수 있다.

3.2. 응결 특성

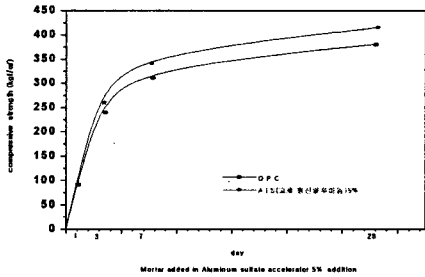


Fig. 2

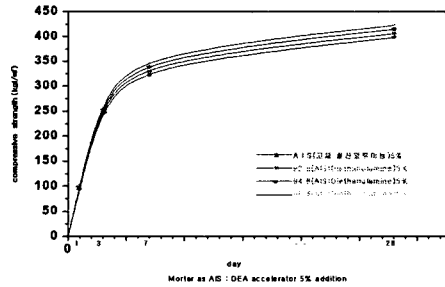


Fig. 3

Fig. 4는 제조된 급결제의 응결 특성을 비교하기 위해 KS L 5103에 의해 길모어 침으로 초결 및 종결을 측정 하였다. 급결제를 시멘트 중량대비 5%, 8%씩 첨가하고, W/C=27%, 30%, 35%, 40%로 첨가하여 각각 성분의 응결 특성을 검토하였으며, 공업용 고체 황산알루미늄(Al:17%)에 DEA를 혼합 사용하여 응결을 측정하였다. 고체 황산알루미늄(Al:17%)+DEA의 혼합비율을 달리하여 시멘트에 첨가한 후 응결시간을 측정한 결과이다. 고체 황산알루미늄(Al:17%):DEA(92:8) 과 고체 황산알루미늄(Al:17%):DEA(94:6)이 응결 시간은 짧은 것으로 나타나고 있다.

응결

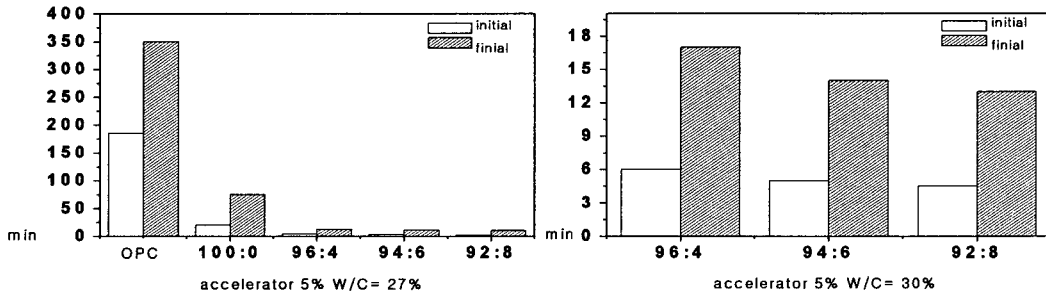


Fig. 4

3.3. XRD 분석

Fig. 5 와 Fig. 6은 재령 1일에 대한 XRD Peak를 살펴보면 급속한 수화반응으로 인해 Ettringite 및 Ca(OH₂)의 생성이 OPC 보다 급속하게 진행되고 있다. 이는 급결제가 시멘트와 혼합되면서 초기수화반응에 영향을 미치는 C₃A를 자극시키고, 고체 황산알루미늄(Al:17%)용액에서 sulfate는 시멘트와 반응하여 Ettringite를 급속히 생성시켜 OPC보다 빠른 수화반응을 진행시키고 있다. 재령 7일에서는 C₃S와 C₂S가 Ca(OH₂)으로 전환되면서 Ca(OH₂)의 Peak가 나타나고 있다. 또한, OPC의 28일 Peak와 유사한 과정으로 보인 것으로 이미 중·장기 강도발현을 하고 있는 것으로 보인다.

3.4. 내부미세구조 분석

Fig. 7은 재령 1일에서 급결제를 첨가한 Paste 상은 Ettringite 등의 수화생성이 OPC에 비해 빠르게

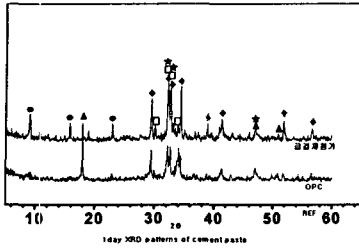


Fig. 5

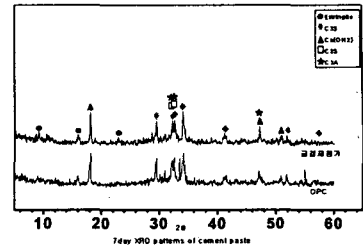
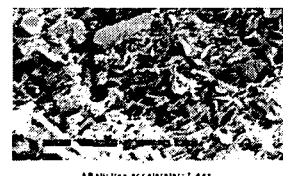


Fig. 6

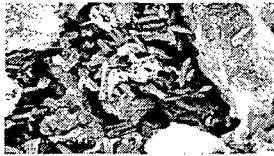
생성되고 있음을 확인할 수 있었다. 재령 7일에서 OPC에서는 Ettringite의 생성이 보이고 있으나 급결제를 첨가한 것은 다량의 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 생성되고 있었으며, 이것은 XRD 분석 과 비슷한 결과를 보여주고 있다.



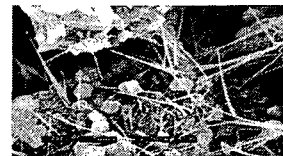
OPC-7 day



Al:17% accelerator-7 day



Al:17% accelerator-7 day



OPC-7 day

Fig. 7

4. 결론

급결제는 OPC 보다 양호한 응결특성을 가지고 있으며, 특히 고체 황산알루미늄(17%): DEA(92:8)로 제조한 급결제가 가장 좋은 응결 특성을 보이고 있다. 압축강도 측정결과 고체 황산알루미늄 (Al:17%):DEA의 비율은 96:4 에서 가장 높은 강도 특성을 보이고 있다. 1,7일 재령에 따른 XRD 및 SEM 분석결과 급결제의 성분 중 고체 황산알루미늄(Al:17%)는 C_3S 와 C_3A 와의 반응에 의해 Ettringite의 생성을 가속시켜 빠른 초기강도를 발현시키며 장기강도에서도 좋은 특성을 나타내고 있었다.

참고문헌

1. 강내된 외 3명, “초기강도 증진을 위한 황산알루미늄 혼입시멘트 모르타르의 물리적 특성”, 한국콘크리트학회논문집, 제15권2호, 2003.11
2. 최상율, 포틀랜드 시멘트의 수화
3. 최상율, 혼합 시멘트와 혼화재