

혼화제 종류에 따른 시멘트 페이스트의 레올로지 특성에 관한 실험적 연구

An Experimental Study on the Rheology Properties of Cement-Paste Due to Different of Superplasticizer

류희정* 최영준** 김재훈*** 강훈**** 김화중****

Ryu, Hee-Jung Choi, Young-Jun Kim, Jae-Hun Kang, Hun Kim, Wha-Jung

Abstract

The purpose of this study is to investigate and analyze the fluidity and rheology property of superplasticizer which is necessary using for high flowing concrete fluidity establishment, by changing the substitutional ratio of 6 kinds, and examined the fluidity and rheology properties as time goes by.

In the result of this study, the fluidity and rheology properties are differently found and on the effects of admixture for the fluidity, F type is superior and A type is lower than others. Besides, F type is the most superior values in the time goings.

1. 서론

최근 콘크리트의 시공성 향상 및 고품질화를 목적으로 고유동 콘크리트에 관한 연구가 활발하게 진행되고 있다. 고유동 콘크리트는 유동성과 재료분리저항성이 우수하고 진동다짐을 하지 않고 거푸집 각 부분까지 충전되는 콘크리트로서 종래의 콘크리트와는 다른 굳지 않은 성상이 있는 것으로 알려져 있다. 따라서, 고유동콘크리트의 성질을 규명하기 위해서는 종래의 슬럼프시험 등과 같은 방법 이외에 콘크리트의 유동과 변형을 함께 취급할 수 있는 레올로지 해석이 필요하다고 생각된다. 콘크리트를 골재와 페이스트로 구성된 2상재료로 생각할 때, 우선 페이스트의 레올로지 특성을 파악할 필요가 있으며, 페이스트의 레올로지 특성은 물결합제비, 혼화제 종류, 분체 종류 등에 따라서 달라진다고 생각

* 경북대학교 건축공학과 석사과정

** 경북대학교 건축공학과 박사과정

*** 한양대학교 건축공학과 박사과정

**** 고려산업개발 연구개발실 차장

***** 정희원, 경북대학교 교수, 공학박사

된다.

따라서, 본 연구에서는 고유동콘크리트에 유동성 확보를 목적으로 필수적으로 사용되고 있는 고성능AE감수제의 종류 및 첨가량 등에 따라서 유동성 및 레올로지 특성을 파악하였다.

2. 실험개요

2.2.1 실험인자 및 수준

고성능AE감수제(이하 혼화제)에 따른 시멘트 페이스트의 유동성 및 레올로지 특성을 파악하기 위하여 국내에 시판되고 있는 국산 및 외산 혼화제 6종류를 선정하여 첨가량 및 경과시간에 따른 플로우값 및 레올로지 정수를 측정하였다. 실험인자 및 수준은 <표-1>과 같다.

2.2.2 사용재료 및 혼합

실험에 사용된 재료는 <표-2>와 같으며 페이스트의 혼합은 시멘트와 혼합수를 혼합용기에 넣고 30초간 저속에서 혼합한후 30초간 정지시키고 다시 고속에서 180초간 혼합하였다.

2.2.3 측정항목 및 측정방법

시멘트페이스트의 레올로지는 [그림-1]에 나타난 회전점도계(내원통회전점도형, BrookField HADV II+(Spindle

표1. 실험인자 및 수준

| 실험인자 | 수준 |
|--------------|----------------|
| 물시멘트비 | 30% |
| 고성능AE감수제 | 6가지 |
| 혼화제 첨가량(C×%) | 0.5~2.3% |
| 경과시간 | 0, 30, 60, 90분 |

표2. 사용재료

| 사용재료 | 비고 |
|------|---|
| 시멘트 | S사 포틀랜드 시멘트 1종 비중 : 3.15 비표면적 : 3,190(cm ² /g) |
| 혼화제 | A형 : H社, 나프탈렌계 B형 : K社, 나프탈렌계 C형 : I社, 나프탈렌계 D형 : F社, 나프탈렌계 E형 : J社, 나프탈렌계 F형 : M社, 폴리칼본산계 |

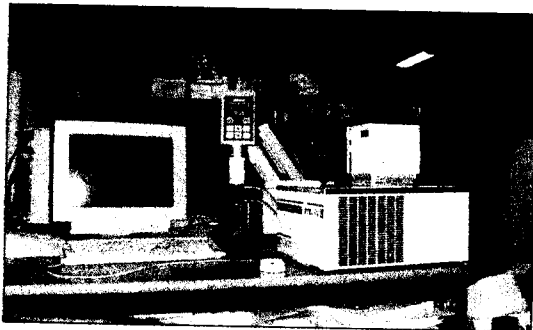


사진 1. 회전점도계 및 Temperature bath 형상

SC4-27))를 이용하였다. 측정에 있어서 점도계의 회전속도를 0.5, 2.5, 10, 20, 50, 100rpm으로 상승시킬 때의 전단응력을 측정하여 소성점도와 항복값을 구하였다. 페이스트 플로우값은 KS L 5111에 규정되어 있는 모르타용 플로우 콘을 이용하여 낙하운동을 하지않고 콘을 들어올렸을 때 페이스트의 퍼진 길이를 가로·세로 2회 측정하였다. 경과시간에 따른 페이스트 유동성 및 레올로지 측정은 30, 60, 90분이 경과할 때마다 고속으로 60초간 혼합한 후 측정하였다. 실험은 온도 22±2℃, 습도 50%인 항온항습실에서 행하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 페이스트의 유동성

혼화제의 첨가량에 대한 플로우값의 관계를 혼화제 종류별로 나타낸 것이 그림 1이다. 페이스트의 플로우값은 혼화제 첨가량이 많아질수록 증가하였으며, 혼화제 종류에 따라서 각기 다른 경향을 나타내었다. A형의 경우에는 혼화제 첨가량 1.7%에서도 플로우값이 150mm이하인 반면에 B, C, E, F형은 350mm이상을 보이고 있다. 또한, F형은 혼화제 첨가량이 많아짐에 따라 지속적으로 플로우가 증가하고 있으나, A형은 1.7%, B,C,D형은 1.3%, E형은 1.0%에서 큰 폭으로 플로우값이 증가하였다.

혼화제 첨가량 0.9, 1.3, 1.7%를 기준으로 볼 때 혼화제 종류에 따라 플로우값을 비교한 것이 그림 2이다. B, C, E, F형이 상대적으로 높은 플로우값을 나타내고 있으며, 유동성에 있어서 혼화제의 사용 효과는 F형이 가장 크며, A형이 가장 낮은 것을 알 수 있다.

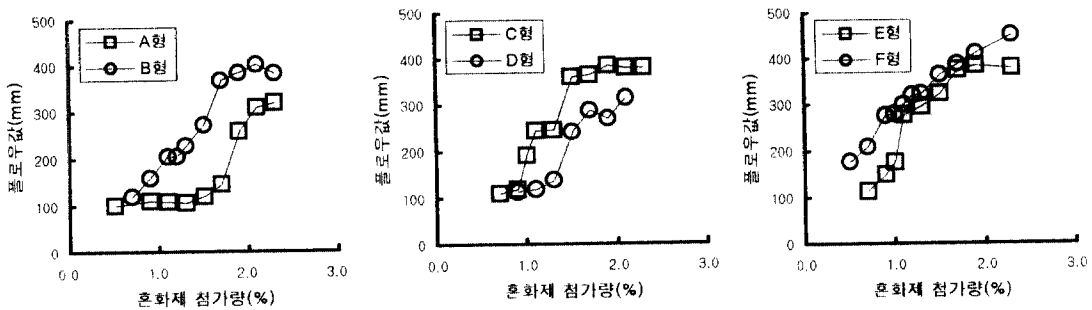


그림 1 혼화제 첨가량에 대한 플로우값의 관계

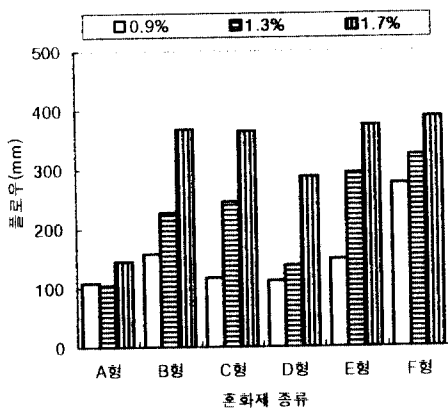


그림 2 혼화제 종류에 따른 플로우값의 관계

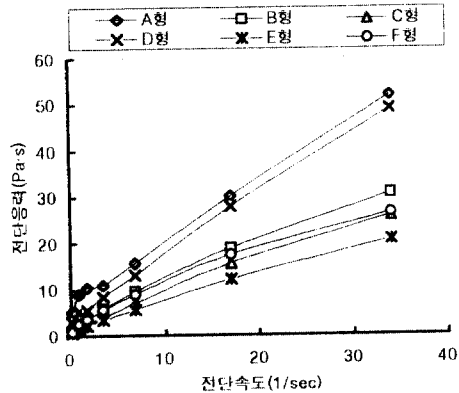


그림 3 혼화제 종류에 따른 레올로지 곡선(1.7%)

3.2 페이스트의 전단속도와 전단응력

혼화제 첨가량 1.7%에서 혼화제의 종류에 따른 페이스트의 레올로지 곡선은 그림 3과 같다. 페이스트의 레올로지 곡선은 기존의 연구와 같이 빙함(Bingham)체의 거동³⁾을 나타내고 있음을 알 수 있다. 유동성의 결과와 마찬가지로 사용효과가 큰 혼화제일수록 낮은 전단응력에 레올로지 곡선이 위치하고 있다.

3.3 페이스트의 소성점도와 항복값

페이스트의 플로우값에 따른 소성점도 및 항복값의 변화를 혼화제 종류별로 나타낸 것이 그림 4이다. 전반적으로 혼화제 첨가량이 증가함에 따라서 소성점도 및 항복값이 감소하고 있다. A, D, F형은 소성점도 값을 어느정도 유지하면서 플로우값이 증가하는 반면에 B, C, E형은 소성점도값이 저하되면서 플로우값이 증가되고 있다. 그리고, 혼화제 종류에 따라서 다르지만 대체적으로 소성점도값이 1.0이하일 때 재료분리가 발생하고 있다. 항복값도 소성점도값과 비슷한 경향으로 감소되고 있다. 따라서, 유동성 결과에서 좋은 성능을 보인 A형은 소성점도가 크게 저하하지 않았으나, B, C, E형은 상대적으로 플로우값은 양호하였지만, 소성점도가 많이 저하되는 것으로 나타났다.

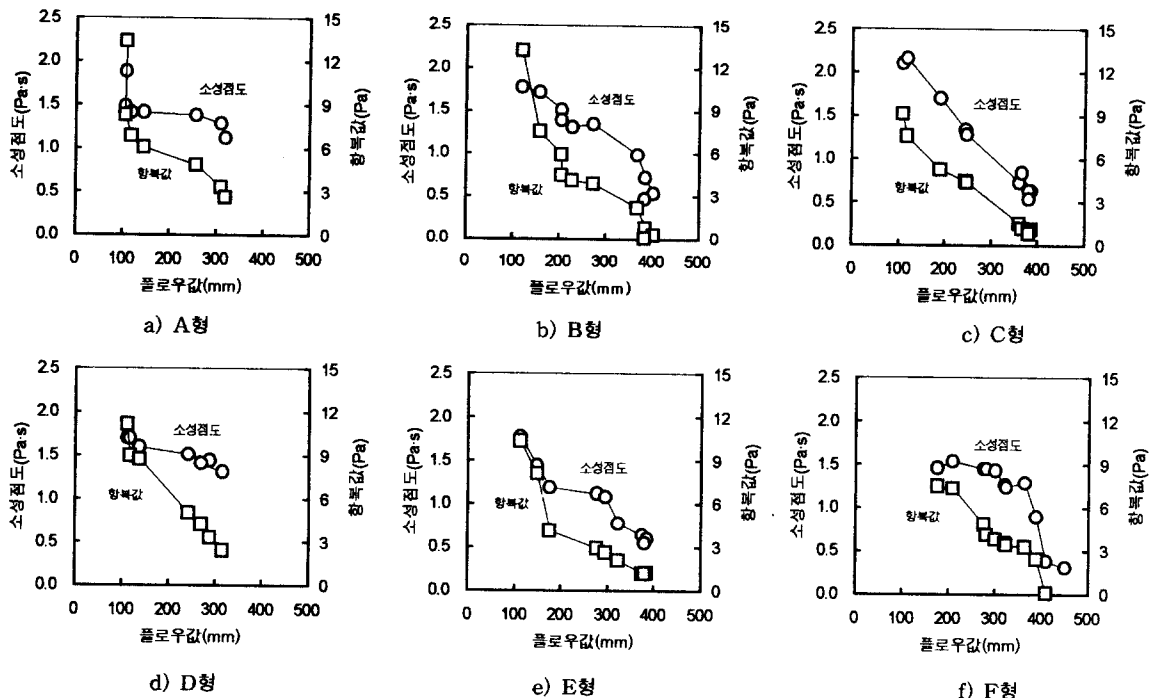


그림 4 플로우값에 따른 소성점도 및 항복값의 변화

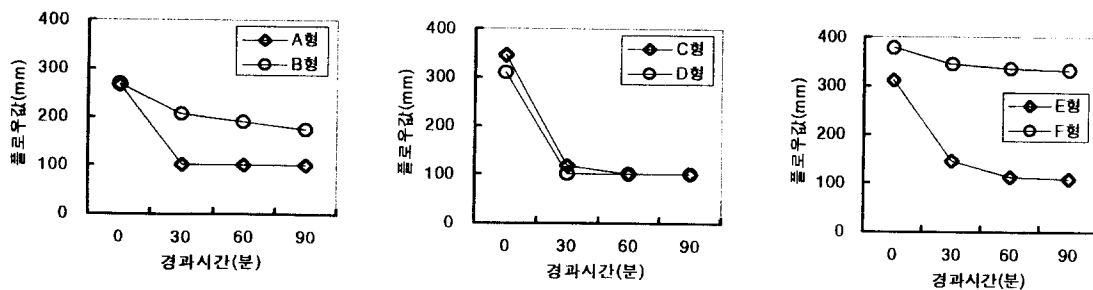


그림 5 경과시간에 따른 페이스트의 유동성 변화

3.4 페이스트의 경시변화

경과시간에 따른 페이스트의 유동성 변화를 그림 5에 나타낸다. A, B, C, D형은 30분이후에서는 플로우가 나오지 않았으나, F형은 30분에서 30mm정도로 유동성이 감소하고 이후부터는 유동성 변화가 거의 없는 것으로 나타났다.

경과시간에 따른 페이스트의 소성점도 및 함복값의 변화를 그림 6에 나타낸다. A, C, D형은 60분까지 큰 폭으로 증가하여 90분에서는 측정범위를 벗어날 정도였으며, B, E, F,형은 상대적으로 소성점도 및 함복값이 크게 증가하지 않은 것으로 나타났다. 특히, 함복값은 거의 변화가 없는 것으로 나타났다.

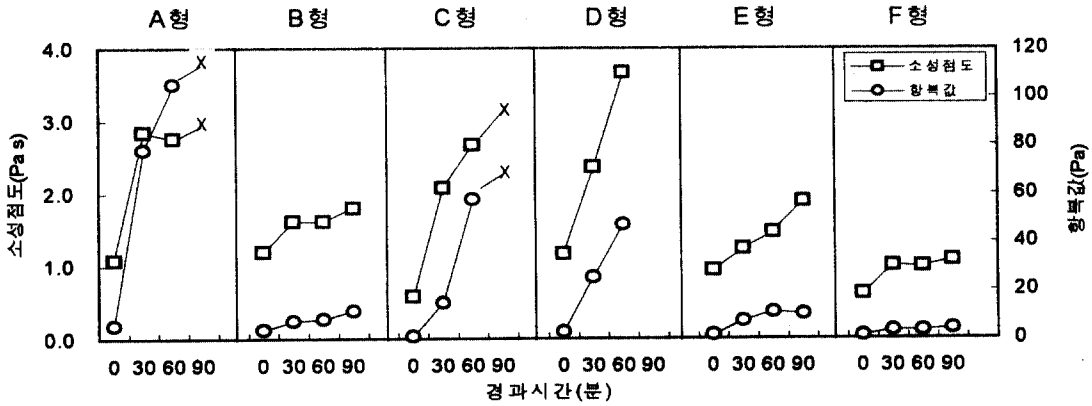


그림 6 경과시간에 따른 페이스트의 소성점도 및 함복값의 변화

3.5 유동성과 레올로지 정수와의 상관관계

페이스트의 유동성과 레올로지 정수사이의 상관관계를 그림 7에 나타낸다. 먼저, 유동성과 함복값은 85%이상의 높은 상관성을 나타내고 있으나, 유동성과 소성점도는 다소 낮은 상관성을 보이고 있다. 따라서, 레올로지 정수로써 페이스트의 유동성을 어느 정도 예측하는 것이 가능한 것으로 사료된다.

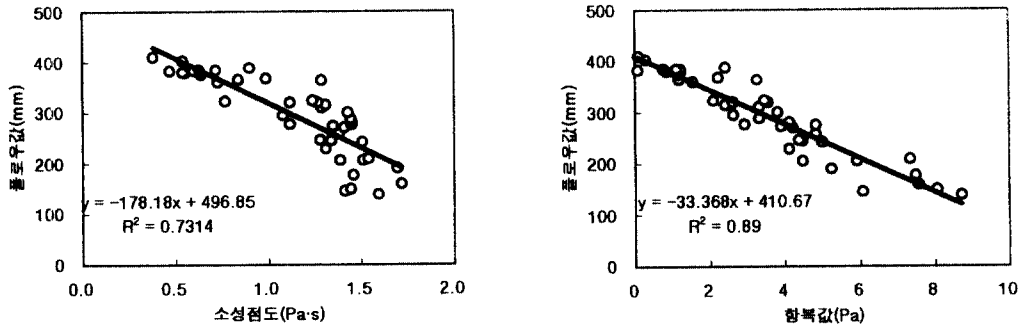


그림 7 페이스트의 유동성과 레올로지 정수사이의 상관관계

4. 결론

고유동콘크리트의 기초성질 규명을 위하여 혼화제의 종류 및 첨가량에 따른 시멘트페이스트의 유동성 및 레올로지 성상을 실험한 결과를 요약하면 아래와 같다.

1) 혼화제 첨가량에 따른 플로우값의 증가는 혼화제 종류에 따라서 다르게 나타났으며, B, C, E, F형이 상대적으로 높은 증가율을 나타내었다. 그리고, F형이 유동성 증대면에서 가장 양호하였다.

2) 페이스트의 소성점도 및 함복값은 혼화제 첨가량이 증가함에 따라서 소성점도 및 함복값이 감소하였으며, 유동성 결과에서 좋은 성능을 보인 A형은 소성점도가 크게 저하하지 않았으나, B, C, E형은 상대적으로 플로우값은 양호하였지만, 소성점도가 많이 저하되는 것으로 나타났다.

3) 경과시간에 따른 페이스트의 유동성 변화에서 A, B, C, D형은 30분 이후에서는 플로우가 나오지 않았으나, F형은 30분 이후부터는 유동성 변화가 거의 없는 것으로 나타났다. 그리고, 소성점도 및 함복값의 변화는 A, C, D형은 60분까지 큰 폭으로 증가하여 90분에서는 측정범위를 벗어날 정도였으며, B, E, F,형은 상대적으로 소성점도 및 함복값이 크게 증가하지 않은 것으로 나타났다.

감사의 글

본 연구는 상공부가 주관한 「'97 산·학·연 공동기술개발 지역컨소시엄」에 따라 (주)수성레미콘과 공동연구로 수행되었으며 연구를 위하여 협조하여 주신 여러분께 깊은 감사를 드립니다.

참고문헌

- (1) 최영준, 김재훈, 지남용, 김화중, “플라이애쉬를사용한 시멘트페이스트의 레올로지특성에 관한 실험적 연구”, 한국콘크리트학회 가을학술발표논문집, 제 9권 2호, 통권 제 15집 1997. 10, pp241~246.
- (2) 菊川浩治 : モルタルおよびコンクリートの粘度式に関する研究, 日本土木學會論文集. No. 414, 1990, pp 109~118
- (3) 野口貴文, 李翰承 : ペーストのレオロジーに扱ばす高性能AE減水劑の影響, コンクリート工學年次報告集. Vol. 16, No.1, 1994 pp455~460
- (4) 4. 村田二郎, “まだ固まらないコンクリートのレオロジーの影響”, コンクリートジャーナル, Vol. 10, No12, Dec. 1992, pp1~10
- (5) 泉 達男의 2인: 高流動コンクリートの 레オロジー-特性に関する研究, 콘크리트工學年次報告集. Vol. 16, No.1, 1994 pp177~182
- (6) 高流動コンクリートの材料・調合・製造・施工指針(案)・同解説, 日本建築學會, 1997.