

고성능감수제를 사용한 콘크리트의 품질 특성에 관한 연구

A Study on the Quality Characteristics of Concrete Using Super Plasticizer

배 수 호* 신 의 군** 윤 상 대***
Bae, Su Ho Shin, Eui Kyoun Youn, Sang Dai

ABSTRACT

The purpose of this study is to evaluate the quality characteristics of concrete using super plasticizer which is on the market within the country.

For this purpose, nine kinds of super plasticizer are compared and analyzed for the slump, air content, unit weight, water-reducing percent and ratios of compressive strength with admixture content.

As a result, the optimum quantity of admixture content were obtained for ordinary and high strength concrete using super plasticizer.

1. 서론

최근 구조물이 대형화, 특수화, 고층화되어 감에 따라 보다 합리적이고 경제적인 구조시스템의 개발이 요구되며, 건설공사의 질적내용이 고도화, 복잡화되어 감에 따라 콘크리트 성능에 대한 요구가 다양화 되어, 사회적여건 변화에 따른 획기적인 시공성 개선의 요구 및 콘크리트 자체의 내구성 향상에 대한 연구의 필요성이 대두되고 있다.

따라서 이러한 요구에 부응하기 위해서는 혼화재료의 특성을 명확히 파악하여, 용도에 적합한 혼화재료를 사용, 콘크리트의 성능을 향상시키고, 조기노후화를 방지하여 내구성을 향상시켜야 할 것이다.

그러나 혼화재료는 그 특성을 알고 적절히

사용한 경우는 기존의 많은 실적으로부터 그 효과가 명확히 밝혀져 있지만, 그것을 오용하면 오히려 콘크리트에 악영향을 미치는 성질을 갖고 있는 것도 있으므로 혼화재료의 선정 및 사용에 있어서는 각각의 품질이나 효과를 충분히 확인한 후, 적절히 사용하여야 할 것이다.

따라서 본연구는 고유동성, 고강도 및 고내구성을 가진 고품질 콘크리트를 실용화시키기 위하여 국내에서 시판되는 고성능감수제에 대하여 이들 제품회사별로 콘크리트의 품질 특성에 관한 시험연구를 통하여 그 특성을 비교·분석한 후 이들의 사용법에 관한 기본 자료를 제시코자 한다.

2. 시험개요

2.1 사용재료

*농어촌진흥공사 농공기술연구소 연구원
**농어촌진흥공사 농공기술연구소 책임연구원
***농어촌진흥공사 농공기술연구소 수석연구원

2.1.1 시멘트

시멘트는 시중에서 구입한 보통 포틀랜드 시멘트(A사 제품)를 사용하였으며, 그 물리적 성질은 표.1과 같다.

표.1 시멘트의 물리적 성질

비중	응결 시간		본밀도 (cm^3/g)	압축강도 (kg/cm^2)		
	초결 (min)	중결 (hr)		σ_3	σ_7	σ_{28}
3.12	209	5.5	4,037	158	251	287

2.1.2 골재

본연구에 사용된 골재는 남한강산(경기 여주군)으로서 그 물리적 성질은 표.2 및 표.3과 같다.

표.2 잔골재의 물리적 성질

비중	흡수율 (%)	단위용적중량 (t/m^3)	200번체통과량 (%)	조립률 (F.M)
2.60	2.1	1.635	2.4	2.50

표.3 굵은골재의 물리적 성질

굵은골재최대치수 (mm)	비중	흡수율 (%)	단위용적중량 (t/m^3)	조립률 (F.M)	마모율 (%)
25	2.66	1.0	1.727	6.92	23.8

2.1.3 혼화제

본연구에 사용된 혼화제는 고강도 콘크리트용으로 많이 쓰이고 있는 고성능감수제(표준형)에 대하여 9개의 국내 시판회사에서 판매되는 제품을 구입, 시험하였다.

2.2 시험방법

고성능감수제를 사용한 콘크리트의 품질 시험은 KS F 2560(콘크리트용 화학혼화제) 및 ASTM C 494(Standard Specification for Chemical Admixtures for Concrete)에 준하여 보통강도와 고강도 콘크리트 모두 하였으며,

시험 콘크리트(혼화제를 사용한 콘크리트)의 배합방법은 기존 콘크리트(혼화제를 사용하지 않은 콘크리트)와 동일한 배합으로 한 후, 그것과 동일 슬럼프를 얻기 위한 단위수량 및 이때의 공기량, 단위용적중량, 압축강도를 측정하여 감수율 및 압축강도비를 구하였다.

2.2.1 기본배합

기본배합은 콘크리트의 시공성을 고려하여 슬럼프를 $21 \pm 2\text{cm}$ 로 하였으며, 그 배합 표는 표.4와 같다.

표.4 기본배합

구분	굵은골재최대치수 (mm)	슬럼프 (cm)	공기량 (x)	물-시멘트비 (x)	잔골재율 (x)	단위량 (kg/m^3)			
						W	C	S	G
보통강도	25	21 ± 2	1.8	57.8	39	207	358	684	1094
고강도	25	21 ± 2	0.8	48.1	38	216	450	619	1033

2.2.2 고성능감수제 첨가량

고성능감수제의 첨가량은 보통강도 콘크리트의 경우, 기본배합에서 시멘트 중량비의 1.5~3.0%이며, 고강도 콘크리트의 경우는 기본배합에서 시멘트 중량비의 1.0~2.5% 범위내에서 각각 0.5%씩 증가시켜 감수율 및 압축강도 특성을 비교해 가면서 보통강도 및 고강도 콘크리트에 대한 고성능감수제의 최적첨가량을 도출시켰다.

2.2.3 공기량

공기량시험은 KS F 2421(굳지않은 콘크리트의 압력법에 의한 공기함유량 시험 방법)에 의하였고, 사용골재의 내부에 포함된 공기가 공기량시험에 미치는 영향을 고려하기

위하여 먼저, 골재 수정계수를 구한 후, 콘크리트의 겉보기공기량을 측정하여 공기량을 구하였다.

2.2.4 단위용적중량

굳지 않은 콘크리트의 공기량변화에 따른 단위용적중량을 파악하고, 또한 그것의 단위수량을 계산하기 위하여 KS F 2409(굳지 않은 콘크리트의 단위용적중량 및 공기량 시험 방법)에 따라 단위용적중량을 측정하였다.

2.2.5 공시체제작

압축강도시험용 콘크리트공시체 ($\phi 10 \times 20\text{cm}$)는 KS F 2403(시험실에서 콘크리트의 압축 및 휨강도시험용 공시체를 제작하고 양생하는 방법)에 의하여 제작하였으며, 성형후 24시간 경과하여 물드를 제거하고 시험전까지 $20 \pm 3^\circ\text{C}$ 의 온도로 습윤양생하였다.

3. 결과분석 및 고찰

표.5 및 표.6은 콘크리트용 혼화제로서 고성능감수제를 사용한 보통강도 및 고강도 콘크리트의 품질시험 결과를 나타낸 것으로, 슬럼프 $21 \pm 2\text{cm}$ 를 기준으로 하여 고성능감수제 첨가량에 따른 콘크리트의 특성을 파악하였다.

3.1 고성능감수제 첨가량에 따른 공기량

고성능감수제의 첨가량을 보통강도 콘크리트는 시멘트 중량비의 1.5~3.0%, 고강도 콘크리트는 그것의 1.0~2.5%로 하여 공기량을 측정한 결과, 전자는 0.6~3.5%, 후자는 0.2~2.6%로 혼화제 첨가량별 뚜렷한 경향은

나타나지 않았고, 기존 콘크리트의 공기량(보통강도: 1.8%, 고강도: 0.8%)과 거의 비슷한 값을 나타내었는데, 이것은 국내 시판되는 고성능감수제의 공기연행 효과가 거의 없기 때문인 것으로 판단된다.

또한, 기존 및 시험콘크리트 모두 고강도 콘크리트가 보통강도 콘크리트 보다 공기량이 적은데, 이것은 고강도 콘크리트가 보통강도 콘크리트에 비해 단위시멘트량이 많고, 물-시멘트비가 작아서 수밀한 콘크리트로 되기 때문이다.

3.2 고성능감수제 첨가량에 따른 단위용적중량

고성능감수제 첨가량에 따른 보통강도 콘크리트의 단위용적중량은 $2,352 \sim 2,425\text{kg/m}^3$ 으로 기존 콘크리트치($2,352\text{kg/m}^3$) 보다 $0 \sim 73\text{kg/m}^3$ 크게 나타났고, 고강도 콘크리트의 경우는 $2,405 \sim 2,449\text{kg/m}^3$ 으로 기존 콘크리트치($2,398\text{kg/m}^3$) 보다 $7 \sim 51\text{kg/m}^3$ 크게 나타났으며, 고성능감수제 첨가량에 따른 단위용적중량의 뚜렷한 경향은 보이지 않았다.

한편, 고강도 콘크리트의 단위용적중량은 보통강도 콘크리트의 그것 보다 $24 \sim 53\text{kg/m}^3$ 만큼 큰데, 이것은 고강도 콘크리트가 단위시멘트량이 많고, 물-시멘트비가 작기 때문에 수밀한 것으로, 3.1의 굳지 않은 콘크리트의 공기량이 적어지는 원인 이기도 하다.

3.3 고성능감수제 첨가량에 따른 감수율 고성능감수제 첨가량에 따른 감수율은

제품회사별, 강도별(보통강도, 고강도)로 차이는 있으며 보통강도 콘크리트는 25~37%이고, 고강도 콘크리트는 25~36%로서 본시험에 사용된 제품은 25% 이상의 양호한 감수율이 있는 것으로 나타났다.

한편, 고성능감수제를 사용한 콘크리트의 감수율은 혼화제 첨가량에 따라서 어느 정도 비례로 커지지만, 그것의 특성상 혼화제 첨가량에 비례하여 점성이 커지기 때문에 다짐이 어렵고 불균일한 품질의 콘크리트가 될 우려가 있으므로 이 감수율은 콘크리트의 작업성과 압축강도 등을 함께 고려하여 판단하여야 할 것이다.

3.4 고성능감수제 첨가량에 따른 압축강도

3.4.1 보통강도 콘크리트

고성능 감수제를 사용하지 않은 기준 콘크리트에 대한 그것을 사용한 시험 콘크리트의 압축강도비는 혼화제 첨가량에 따른 일정한 경향은 나타나지 않았고, 각 제품회사별로 최대압축강도를 발현시키는 최적 혼화제 첨가량이 나타났다.

예를 들면, 각 재령별로 약간의 편차는 있지만 재령 28일을 기준으로 한 압축강도는 D, F, G, H, I사 제품은 혼화제 첨가량 1.5% (294~397kg/cm³)에서, C사 제품은 2.0% (313kg/cm³)에서, A, B 및 E사 제품은 2.5% (289~311kg/cm³)에서 최대치를 나타내었다.

따라서, 고성능감수제 사용시 이들 제품 회사별로 최대압축강도를 발현시키는 혼화제 첨가량이 다르기 때문에 혼화제 품질시험을

거쳐 사용하는 것이 경제성 및 실용성측면에서 유리할 것이다.

한편, F사 제품은 혼화제 첨가량 2.0%부터 경화불량 현상이 나타나 제품의 문제점이 노출되었다.

3.4.2 고강도 콘크리트

혼화제 첨가량에 따른 고강도 콘크리트의 최대압축강도는 재령 28일을 기준으로 한 경우 E, F, G, H, I사 제품은 혼화제 첨가량 1.0% (413~480kg/cm³)에서, A, B, C, D사 제품은 1.5% (415~485kg/cm³)에서 발현되었다.

따라서, 고강도 콘크리트의 최적 혼화제 첨가량은 1.0~1.5% 범위에 있는 것을 알 수 있다.

한편, F사 제품은 고강도 콘크리트에서도 혼화제 첨가량 2.0%부터 경화불량 현상이 나타나므로 이 제품 사용시 혼화제 첨가량에 대한 세심한 주의가 요망된다.

3.5 최적혼화제첨가량에 대한 물-시멘트비

슬럼프 21±2cm를 기준으로 하였을 때, 최대압축강도를 얻기 위한 최적혼화제첨가량은 보통강도 콘크리트의 경우는 1.5~2.5%이고, 고강도 콘크리트의 경우는 1.0~1.5% 범위에 있으므로, 최적혼화제첨가량에 대한 물-시멘트비는 전자는 36~41%이고, 후자는 32~37% 범위에 있다.

따라서, 시공성을 고려하였을 때 단위시멘트량에 따른 최적 물-시멘트비가 존재하는 것을 알 수 있다.

4. 결론 및 금후 과제

국내 시판되고 있는 고강도 콘크리트용 혼화제로서 고성능감수제를 사용한 콘크리트의 품질 특성에 관한 시험결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 고성능감수제 첨가량에 따른 공기량 변화의 뚜렷한 경향은 나타나지 않았고, 고강도 콘크리트의 경우가 보통강도 콘크리트의 경우 보다 공기량이 적은 경향을 보였는데, 이것은 단위시멘트량이 많고, 물-시멘트비가 작아서 치밀한 콘크리트가 되기 때문이다.

한편, 고성능감수제를 사용한 콘크리트의 공기량 범위가 기존 콘크리트와 거의 유사한 것으로 판단해 볼 때, 국내 시판되는 고성능감수제의 공기연행 효과는 없는 것으로 판단된다.

2) 고성능감수제 첨가량에 따른 단위용적중량의 뚜렷한 변화는 나타나지 않았으며, 고강도 콘크리트의 단위용적중량은 보통강도 콘크리트의 경우 보다 $24 \sim 53 \text{kg/m}^3$ 만큼 큰데, 이것은 단위용적중량이 공기량, 단위시멘트량, 물-시멘트비에 영향을 받기 때문인 것으로 판단된다.

3) 고성능감수제를 사용한 콘크리트의 감수율은 그 사용량에 따라서 어느 정도 비례하여 커지지만, 또한 혼화제 첨가량에 비례하여 콘크리트의 점성이 크게 되어 다짐이 어렵고 불균일한 품질의 콘크리트가 될 수 있으므로 이 감수율은 작업성과 압축강도 등을

함께 고려하여 판단해야 할 것이다.

4) 고성능감수제 첨가량에 따른 압축강도는 보통강도 콘크리트의 경우, 그 첨가량이 1.5~2.5%에서 최대치($289 \sim 397 \text{kg/cm}^2$)를 나타내었고, 고강도 콘크리트의 경우는 1.0~1.5%에서 최대치($413 \sim 485 \text{kg/cm}^2$)를 나타내었다.

따라서 시공성을 고려할 때, 최대압축강도를 발현시키는 최적혼화제첨가량은 보통강도 콘크리트의 경우 1.5~2.5%이고, 고강도 콘크리트의 경우는 1.0~1.5% 범위에 있다.

5) 최적 혼화제첨가량에 대한 물-시멘트비는 보통강도의 경우 36~41%이고, 고강도의 경우 32~37% 범위이다. 따라서 시공성을 고려하였을 때, 단위시멘트량별로 최적 물-시멘트비가 존재하는 것을 알 수 있다.

6) 고성능감수제를 사용한 콘크리트의 가장 큰 특성중의 하나가 시간경과에 따른 슬럼프 손실이 크다는 것이므로, 금후 국내 시판되는 고성능감수제의 제품회사별로 슬럼프 경시변화를 파악한 후, 그에 대한 적절한 대책을 세워야 할 것이다.

참고 문헌

1. 한국공업규격: KS F 2560: "콘크리트용 화학 혼화제"
2. ASTM C 494: "Standard specification for chemical admixtures for concrete", 1980
3. 권영호 외 3인: 고강도 콘크리트용 혼화제의 품질성능에 관한 연구", 한국콘크리트학회 논문집, Vol.1.5, No.1, 1993, pp165~173
4. 문한영: "건설재료학", 동명사, 1992.