

시멘트 종류에 따른 고강도콘크리트의 공학적 특성에 관한 실험적 연구

An Experimental Study on the Engineering Properties of High- Strength Concrete according to Kinds of Cement

○ 김 용 로 [*]	박 선 규 [*]	김 규 용 ^{**}
Kim, Yong Ro	Park, Sun Gyu	Kim, Gyu Yong
김 목 한 ^{***}	이 승 훈 ^{***}	김 무 한 ^{****}
Kim, Mook Han	Lee, Seung Hoon	Kim, Moo Han

ABSTRACT

To investigate the influence of kinds of cement on state of high-strength concrete, this study deals with the engineering properties of high-strength concrete used 4 kinds of ordinary portland cement.

The result of this study can be summarized as follows.

- 1) It appeared that the change in fluidity with time differ with kinds of cement.
- 2) The difference of setting time was seen over 3 hours according to kinds of cement.

Therefore, it must be examined about used materials when high-strength concrete is manufactured in the construction field.

1. 서론

최근의 건축구조물은 고층화·대형화되어 가는 추세를 보이고 있다. 특히, 민간 건설업체에서는 50층 이상의 초고층 주거용 건축구조물의 시공이 점차 증가하고 있는 추세에 있으며, 이는 인구의 증가에 따른 토지 이용률의 제고차원에서 앞으로도 더욱 증가될 전망이다. 이와 같은 건축구조물의 대형화, 초고층화, 고기능화에 대한 사회적 요구 및 콘크리트의 이용범위 확대라는 측면에서 고강도콘크리트의 경제적 개발과 그 실용화에 대한 시대적 요구가 증가되고 있다.¹⁾

한편, 고강도콘크리트는 일반콘크리트와 비교하여 물시멘트비가 낮고, 단위시멘트량이 많기 때문에 시멘트의 품질에 의한 영향을 크게 받게 되며, 고성능감수제를 사용하는 경우 혼화제와의 적합성에 대한 검토가 이루어져야 한다.²⁾ 또한, 고강도콘크리트에 사용되는 동일 종류의 시멘트에서도 제조회사 및 제조기간 등에 따른 품질차이에 의해 공학적 특성에 영향을 미치게 되므로 고강도콘크리트의 안정된 품질확보를 위해서는 이에 대한 검토가 이루어져야 할 것이다

따라서, 본 연구는 국내에서 생산되는 4개회사의 1종 보통포틀랜드시멘트를 사용하여 고강도콘크리트에 적용시 유동특성, 응결특성 및 경화성상에 대하여 비교·검토함으로써 고강도콘크리트의 제조시 기초적인 자료로서 제시하고자 한 것이다.

* 정회원, 충남대학교 대학원 건축공학과

** 정회원, 일본 건설성 건축연구소 제2연구부 무기재료연구실, 연구원·공박

*** 정회원, 삼성물산(주) 건설부문 기술연구소, 주임연구원

**** 정회원, 삼성물산(주) 건설부문 기술연구소, 선임연구원

***** 정회원, 충남대학교 건축공학과, 교수·공박

표 1. 실험계획 및 콘크리트 배합

시멘트 종류	물 결합재 비 (%)	플라이 애시 대체율 (%)	고성능 감수제 첨가율 (%)	잔 골재율 (%)	단위수량 (kg/m ³)	절대용적 (ℓ/m ³)				단위중량 (kg/m ³)				측정항목
						시멘트	플라이 애시	잔골재	굵은골재	시멘트	플라이 애시	잔골재	굵은골재	
A B C D	29.5	5.0	1.5	41	171	175	14	250	380	551	29	655	1008	<ul style="list-style-type: none"> • 공기량 • 슬럼프 • 슬럼프-플로우 • 응결시험 • 압축강도

표 2. 시멘트의 물리적 성질

2. 실험계획 및 방법

2.1 실험계획 및 배합

본 실험의 실험계획 및 배합은 표 1에서 보는 바와 같이 물결합재비 29.5%, 플라이애시 대체율 5%에 있어서 시멘트 종류에 따른 고강도콘크리트의 성상을 검토하기 위하여 국내에서 생산되는 4개회사의 1종 보통포틀랜드시멘트를 사용하였다. 또한, 고성능감수제는 1.5%로 동일 첨가하여 유동성의 차이를 검토하고자 하였다.

측정항목은 굳지않은 콘크리트의 유동성을 평가하기 위하여 슬럼프, 슬럼프-플로우를 비빔직후, 경시 40분, 경시 60분에서 측정하였으며, 시멘트의 종류에 따른 응결성상을 분석하기 위하여 KS F 2436에 준하여 관입저항침에 의한 콘크리트의 응결시험을 실시하였다.

또한, 경화콘크리트의 성상을 검토하기 위하여 KS F 2405에 준하여 재령 14시간, 1일, 3일, 7일, 28일, 56일에서의 압축강도를 측정하였다.

시멘트 종류	비중	분말도 (cm ² /g)	응결도 (h:m)		강열감량 (%)	안정성	압축강도 (kgf/cm ²)		
			초결	종결			3일	7일	28일
A	3.15	3680	3:30	5:30	1.0	양호	196	271	390
B	3.15	3770	3:30	5:45	1.9	양호	235	294	378
C	3.15	3630	3:35	5:35	1.5	양호	227	298	368
D	3.15	3410	4:10	6:40	1.2	양호	207	293	371
HPC용 시멘트 품질규격(안) (JIS R 5210)	-	2,500 이상	60분 이상	10 시간 이하	30 이하	양호	-	-	30 Mpa 이상

표 3. 사용재료의 물리적 성질

플라이애시	<ul style="list-style-type: none"> • 비중 : 2.17, 분말도 : 3,610cm²/g, 강열감량 : 4.0% • 습분 : 0.1%
고성능감수제	<ul style="list-style-type: none"> • 나프탈렌계 • 비중 : 1.184, pH : 7.3
잔 골재	<ul style="list-style-type: none"> • 제염사 • 입경 : 5mm, 조립율 : 2.87, 비중 : 2.62
굵은골재	<ul style="list-style-type: none"> • 부순자갈 • 입경 : 20mm, 조립율 : 6.50, 비중 : 2.65

2.2 사용재료

표 2는 본 실험에 사용한 시멘트의 물리적 성질을 나타낸 것으로서 국내에서 생산되는 4개회사의 1종 보통포틀랜드시멘트를 사용하였으며, JIS의 고성능콘크리트용 시멘트의 품질규격과 비교하여 모두 양호한 것으로 나타났다.

기타 사용재료의 물리적 성질을 나타낸 표 3에서 보는 바와 같이 혼화제는 보령산 플라이애시를 사용하였으며, 고성능감수제는 나프탈렌계의 응결축진형을 사용하였다. 골재로서 잔골재는 제염사를 사용하였으며, 굵은골재는 부순자갈을 사용하였다.

2.3 콘크리트 비빔방법

본 실험의 콘크리트 비빔방법은 100ℓ 강제식 팬타입 막서를 사용하여, 일괄투입 방식으로 건비법

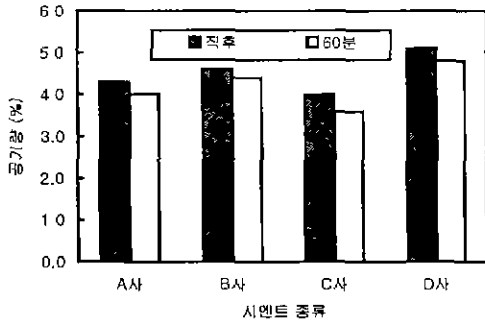


그림 1. 시멘트 종류에 따른 공기량의 변화

을 30초간 실시한 후 물과 고성능감수제를 첨가하고 2분 30초간 비빔을 실시하였으며, 총 비빔시간은 3분이 소요되었다.

3. 실험결과의 분석 및 검토

3.1 굳지않은 콘크리트 성상의 검토

그림 1은 시멘트 종류별 공기량의 변화를 나타낸 것으로서 비빔직후의 공기량은 4~5% 범위로 나타났으며, D사 시멘트의 경우 비빔직후 공기량이 다소 높게 나타났다. 또한, 경시 60분에서는 0.2~0.3% 정도 저하하는 것으로 나타났다.

그림 2는 시멘트 종류별 비빔직후 슬럼프 및 슬럼프-플로우의 변화를 나타낸 것으로서 시멘트 종류에 따른 유동성의 차이가 나타나고 있다. 비빔직후 슬럼프는 25~26cm로 유사한 수준을 보이고 있지만, 슬럼프-플로우의 경우 시멘트 종류에 따라 최대 6cm 정도의 차이를 나타내고 있다.

그림 3은 시멘트 종류별 경과시간에 따른 슬럼프 및 슬럼프-플로우의 변화를 비빔직후의 값을 1로 하여 경시변화비로 나타낸 것이다. 시멘트 종류에 따른 슬럼프-플로우의 경시변화는 A사 및 C사 시멘트의 경우 경과시간에 따른 유동성 유지능력이 양호하게 나타나고 있는 반면, B사 및 D사의 경우 상대적으로 저하하는 것으로 나타났다. 특히, 비빔직후 슬럼프-플로우가 가장 낮은 C사 시멘트의 경우 유동성 유지성능은 양호하게 나타나고 있지만, 비빔직후 슬럼프-플로우가 크게 나타났던 D사 시멘트의 경우 경시변화가 크게 나타났다.

3.2 시멘트 종류에 따른 응결성상의 검토

그림 4는 시멘트 종류에 따른 관입저항치의 변화를 나타낸 것으로서 초결 도달시간의 경우 D사 시멘트가 7시간 14분, A사 시멘트의 경우 10시간 35분으로 3시간 이상 차이가 있는 것으로 나타났다.

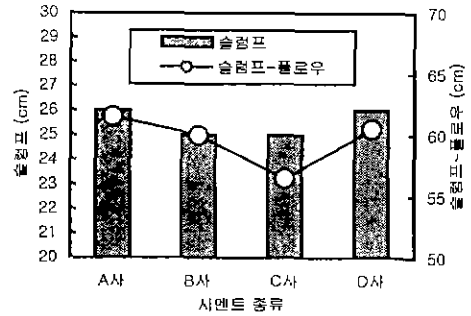


그림 2. 시멘트 종류별 비빔직후 슬럼프 및 슬럼프-플로우

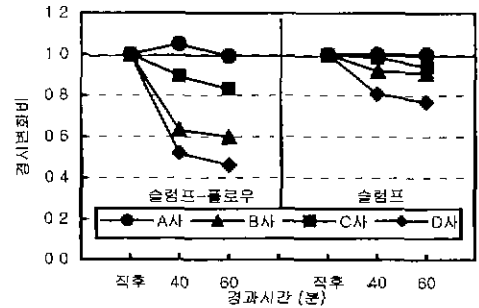


그림 3. 시멘트 종류별 경과시간에 따른 슬럼프 및 슬럼프-플로우의 경시변화비

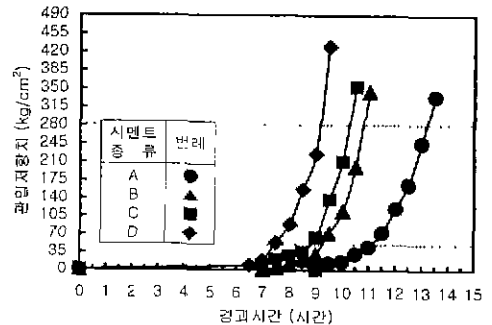


그림 4. 시멘트 종류에 따른 관입저항치의 변화

또한, 경과시간에 따른 유동성 유지성능이 양호하게 나타났던 A사 및 C사 시멘트의 경우 응결시간에 있어서는 2시간 이상의 차이를 나타내고 있어, 유동성상과는 상이한 경향을 보이고 있다.

3.3 강도발현성상의 검토

시멘트 종류별 재령에 따른 압축강도의 변화를 나타낸 그림 5에서 보는 바와 같이 재령 28일 이후의 압축강도는 유사하게 나타나고 있으나, 초기 재령인 3일까지의 강도는 압축강도가 가장 높은 수준을 나타낸 D사 시멘트와 가장 낮은 수준의 A사 시멘트는 50~80kgf/cm²의 차이를 나타내고 있다.

따라서, 고강도콘크리트의 사용 효과로서 거푸집 조기탈형에 의한 공기단축 등의 시공능률 향상을 위한 초기 강도발현을 위해서는 시멘트 품질에 대한 사전검토가 필요할 것으로 사료된다.

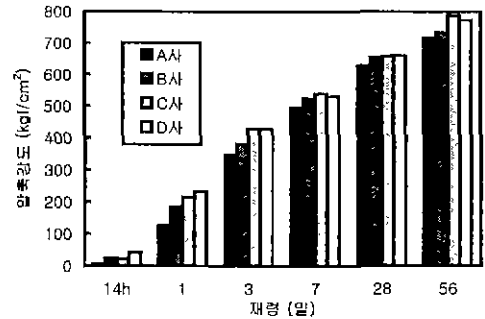


그림 5. 시멘트 종류별 재령에 따른 압축강도의 변화

4. 결론

시멘트 종류에 따른 고강도콘크리트의 공학적 특성에 관한 실험적 연구의 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 고강도콘크리트의 굳지않은 성상에 있어서 시멘트 종류에 따라 비빔직후 유동성상 및 경과시간에 따른 유동성 유지성능에 있어서 차이가 나타났으며, 응결성상에 있어서도 초결 및 종결 도달시간에 있어서 최대 3시간 이상의 차이가 있는 것으로 나타났다.
- 2) 시멘트 종류에 따른 고강도콘크리트의 압축강도는 초기 재령인 3일까지는 50~80kgf/cm²의 차이를 나타내고 있으며, 재령 28일 이후에는 유사한 강도수준을 발현하는 것으로 나타났다.
- 3) 시멘트 종류에 따라 고강도콘크리트의 유동성상, 응결시간 및 초기 강도에 큰 영향을 미치고 있는 것으로 나타나 고강도콘크리트를 건설생산현장에 적용하여 시공능률 향상 및 공기단축 등을 도모하기 위해서는 시멘트 품질에 대한 사전검토 및 성능평가가 이루어져야 할 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 충남대학교와 삼성물산(주) 건설부문의 산·학 협동연구의 일부임을 밝히며 본 연구를 위해 협조해주신 삼성물산(주) 관계자 여러분께 감사드립니다.

참고문헌

1. 김무한 외, 초고강도콘크리트의 개발과 그 적용에 관한 연구, 대한건축학회논문집, 제14권, 제1호, 1998. 1, pp.391~399
2. 高強度コンクリートの技術の現状, 日本建築学会, 1991, pp.29~33
3. 金武漢 ほか, 高強度流動化コンクリートの施工性と工学的特性に関する実験的研究, 日本コンクリート工学年次論文報告集, 第12巻, 第1号, 1990. 6, pp.269~274
4. New RC総プロ委員会, 平成元年度高強度コンクリート分科報告書, (材)国土開発技術研究センター, 1993. 3