

프리믹스 혼합시멘트를 사용한 콘크리트의 품질편차에 관한 연구

An Experimental Study on the Quality Deviation of Concrete Using Premixed Cement and Non-Premixed Cement

배 준 영* 김 종 백* 조 성 현* 노 현 승* 김 정 환** 박 승 범***

Bae, Jun Young Kim, Jong Back Cho, Sung Hyun Roh, Hyeon Seung, Kim, Jung Hwan, Park, Seung Bum

ABSTRACT

This study carried out to evaluate the quality deviation according to Premixed and Non-Premixed cement for normal and high strength concrete using blast furnace slag and fly ash.

The results of experiment are founded that concrete using premixed cement have more performance than non-premixed cement at a point of view for the quality deviations both strength and Chloride ion diffusion.

Therefore, it is desirable that premixed cement should be used to decrease strength deviation in high strength concrete and durability deviation in normal strength concrete.

요 약

본 연구에서는 시멘트와 광물질 혼화제인 고로슬래그미분말과 플라이애시를 미리 혼합한 프리믹스 혼합시멘트와 이들 재료를 각각 투입하여 제작한 콘크리트에 대하여 보통강도 및 고강도 영역에서의 압축강도와 염화물 확산계수를 측정하고 각각에 대한 품질편차를 검토하였다. 검토 결과 프리믹스 혼합시멘트를 사용한 콘크리트가 재료를 각각 투입하여 제조한 콘크리트에 비하여 보통강도 및 고강도 영역 모두에서 압축강도 평균값은 증가하고 표준편차는 감소하는 것으로 나타났으며, 염화물 확산계수의 경우 평균값과 표준편차가 모두 감소하는 경향을 나타냈다.

향후 고강도 영역에서의 압축강도 변동폭 및 보통강도 영역에서의 내구성 변동폭을 감소시키기 위해 프리믹스 혼합시멘트를 사용하는 것이 바람직한 것으로 판단된다.

*정회원, 한일시멘트 테크니컬센터

**정회원, 한일시멘트 테크니컬센터장

***정회원, 충남대학교 토목공학과, 교수

1. 서론

최근 들어 고성능 콘크리트에 대한 시장수요가 증가되고 있는 추세이며 이러한 콘크리트를 제작하기 위하여 다양한 광물질 혼화제가 레미콘 생산시 각각 투입되어 활용되어지고 있는 실정이다.

그러나 콘크리트 배합시 시멘트와 광물질 혼화제를 각각 투입할 경우 재료들이 충분히 분산되지 않아 균질하지 못한 콘크리트가 생산되고 이로 인하여 강도 및 내구특성의 저하 및 품질편차발생 등이 문제점으로 나타날 수 있다. 따라서 이를 해결하기 위한 방안으로 시멘트와 광물질 혼화제를 분체 혼합용 믹서로 미리 혼합한 형태의 프리믹스 혼합시멘트에 대한 관심이 증가하고 있다. 하지만 프리믹스 혼합시멘트를 사용한 콘크리트가 각 재료를 각각 투입하여 제조한 콘크리트에 비하여 어떠한 측면에서 유리한가에 대한 연구는 아직까지 미흡한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 동일한 배합조건에서 시멘트와 혼화제를 각각 투입한 콘크리트와 미리 프리믹스한 혼합시멘트를 사용한 콘크리트의 압축강도 및 염화물 확산계수에 대하여 품질편차를 비교 검토하였다.

2. 실험계획 및 방법

2.1. 실험계획

프리믹스 혼합시멘트를 사용한 콘크리트의 품질편차를 검토하기 위한 실험계획은 표 1과 같다. 콘크리트 배합은 보통강도와 고강도 배합 2종류를 사용하였으며 결합재로는 시멘트, 플라이애시 및 고로슬래그미분말을 사용하였다.

경화 전 콘크리트의 특성을 평가하기 위하여 공기량, 슬럼프 및 슬럼프 플로우를 측정하였으며 경화 후 콘크리트의 품질편차를 검토하기 위하여 재령 28일에서의 압축강도 시험 및 염화물 확산시험을 실시하였다. 또한 측정된 데이터에 대하여 평균, 표준편차 및 정규분포 곡선을 구하여 품질편차 특성을 평가하였다.

표 1. 실험계획

구분	W/B (%)	S/a (%)	G _{max} (mm)	목표 슬럼프 (mm)	단위재료량(kg/m ³)							실험항목
					W	C	FA	BFS	S	G	AD	
보통강도-NPC*	42.7	46.2	25	180±25	172	161	81	161	787	934	3.22	-공기량 -슬럼프 및 슬럼프 플로우 -압축강도 : 재령28일 -염화물 확산시험 : 재령28일
보통강도-PMC**												
고강도-NPC	32.5	50.0	20	550±50	168	207	103	207	813	822	5.43	
고강도-PMC												

* NPC : 시멘트와 혼화제를 각각 투입한 콘크리트

** PMC : 프리믹스한 혼합시멘트를 사용한 콘크리트

2.2. 사용재료

본 연구에 사용된 시멘트와 광물질 혼화제의 물리·화학적 특성은 표 2와 같다. 잔골재는 조립율 2.70, 비중 2.62인 강사를 사용하였으며 굵은골재는 조립율 6.82, 흡수율 0.78%인 20mm 부순자갈과 조립율 7.06, 흡수율 0.4%인 25mm 쇄석을 사용하였다. 혼화제는 표준형 AE 감수제를 사용하였다.

표 2 사용재료의 물리·화학적 특성

종류	실험항목	비중	분말도 (cm ² /g)	강열감량	화학조성(%)					
					SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃
1종보통포틀랜드시멘트		3.15	3492	2.18	21.16	4.65	3.14	62.79	2.81	2.13
고로슬래그미분말		2.94	4174	0.35	28.14	15.87	1.06	45.95	4.98	2.12
플라이애시		2.11	3990	3.04	50.72	20.73	6.37	3.61	1.08	0.54

2.3 실험방법

프리믹스 혼합시멘트 제조는 실험실 분체혼합용 고속믹서를 사용하였으며, 혼합시간은 150초로 하여 균질하게 혼합되도록 하였다. 콘크리트 배합은 Two-Shaft Twin 믹서를 사용하였으며 보통강도의 배합시간은 90초, 고강도의 배합시간은 240초로 하였다.

굳지 않은 콘크리트 시험에서는 공기량과 슬럼프 및 슬럼프 플로우 시험을 실시하였다. 공시체 제작은 압축강도 시험용 30개, 염화물 확산계수 시험용 15개를 제작하여 채령 28일까지 $20 \pm 2^\circ\text{C}$ 수증양생을 실시하였다. 압축강도 시험은 28일 채령에서 각각 30개의 공시체에 대하여 「KS F 2405 콘크리트의 압축강도 시험방법」에 의거 실시하였으며 염화물 확산시험은 채령 28일에 각각 15개의 공시체에 대하여 유럽의 시험규준인 「NT Build 492 Chloride migration coefficient from non-steady state migration experiments」에 준하여 실시하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1. 공기량, 슬럼프 및 슬럼프 플로우

그림 1은 공기량, 슬럼프 및 슬럼프 플로우 측정결과를 나타낸 것이다. 공기량 측정결과 보통강도 배합의 경우 NPC가 3.4%, PMC가 3.5%로 나타났으며, 고강도 배합의 경우 NPC가 2.5%, PMC가 2.9%로 나타나 NPC와 PMC에 따른 큰 영향은 없는 것으로 나타났다.

보통강도 배합의 슬럼프 시험결과 NPC가 175mm, PMC가 180mm로 나타났으며, 고강도 배합의 슬럼프 플로우 시험결과 NPC가 515mm, PMC가 555mm로 나타나 목표 슬럼프 및 슬럼프 플로우에 모두 만족하는 것으로 나타났다.

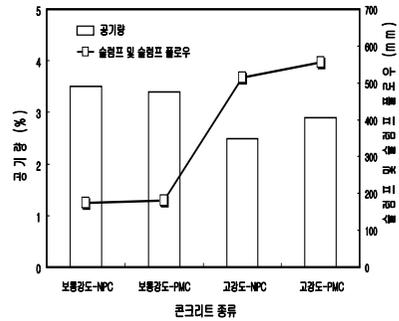


그림 1 공기량, 슬럼프 및 슬럼프 플로우

3.2. 압축강도

그림 2는 채령 28일에서의 평균 압축강도 및 표준편차를 나타낸 것이며, 그림 3은 압축강도의 정규분포곡선을 나타낸 것이다. 보통강도 영역 배합의 압축강도 평균값은 NPC가 36.9MPa, PMC가 38.7MPa로 나타나 PMC가 약 4.6% 높게 나타났으며, 고강도 영역 배합의 경우 NPC가 45.9MPa, PMC가 46.5MPa로 나타나 PMC가 약 1.3% 높게 나타났다. 표준편차의 경우 보통강도 영역 배합은 NPC가 1.435, PMC가 1.139로 나타나 PMC가 약 21% 낮게 나타났으며, 고강도 영역 배합은 NPC가 2.918, PMC가 1.931로 나타나 PMC가 약 34% 낮게 나타났다. 따라서 그림 3에서 보는바와 같이 고강도 영역으로 갈수록 압축강도의 변동폭이 크기 때문에 고강도 콘크리트 제조시 프리믹스 혼합시멘트를 사용하는 것이 바람직하다.

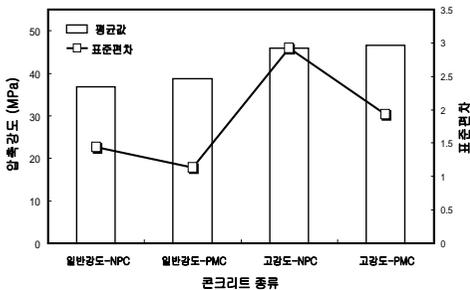


그림 2 평균 압축강도 및 표준편차

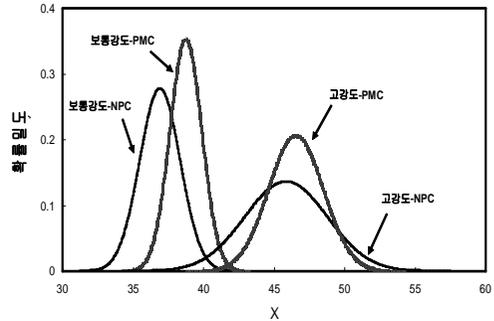


그림 3 압축강도의 정규분포곡선

3.3. 염화물 확산계수

그림 4는 재령 28일에서의 평균 염화물 확산계수 및 표준편차를 나타낸 것이며, 그림 5는 염화물 확산계수의 정규분포곡선을 나타낸 것이다. 보통강도 콘크리트의 염화물 확산계수 평균값은 NPC가 $7.07 \times 10^{-12} \text{m}^2/\text{sec}$, PMC가 $6.48 \times 10^{-12} \text{m}^2/\text{sec}$ 로 나타나 PMC가 약 8.3% 낮게 나타났으며, 고강도 콘크리트의 경우 NPC가 $4.49 \times 10^{-12} \text{m}^2/\text{sec}$, PMC가 $4.37 \times 10^{-12} \text{m}^2/\text{sec}$ 로 나타나 PMC가 약 2.7% 낮게 나타났다. 표준편차의 경우 보통강도 콘크리트는 NPC가 5.035×10^{-13} , PMC가 2.602×10^{-13} 로 나타나 PMC가 약 48% 낮게 나타났으며, 고강도 콘크리트의 경우 NPC가 3.654×10^{-13} , PMC가 2.447×10^{-13} 으로 나타나 PMC가 약 33% 낮게 나타났다. 그러므로 그림 5에서 보는바와 같이 염화물 확산계수는 압축강도와 달리 보통강도 영역에서 품질변동이 크게 발생하기 때문에 보통강도 영역에서는 내구성 확보차원에서 프리믹스 혼합시멘트를 사용하는 것이 바람직하다.

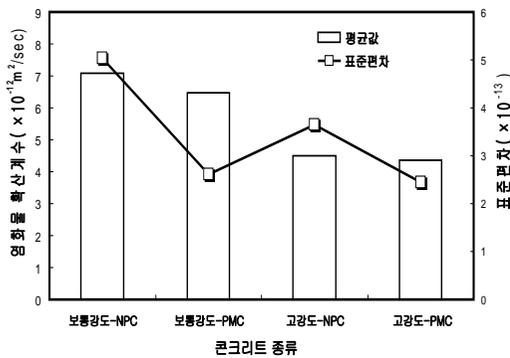


그림 4 평균 염화물 확산계수 및 표준편차

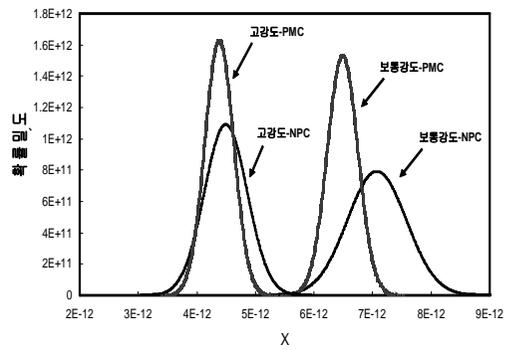


그림 5 염화물 확산계수의 정규분포곡선

4. 결론

혼합시멘트를 사용한 콘크리트의 품질편차를 검토한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) PMC가 NPC에 비하여 보통강도 및 고강도 영역 모두에서 압축강도 평균값은 증가하고 표준편차는 감소하였으며, 염화물 확산계수 평균값 및 표준편차는 모두 감소하는 경향을 나타냈다.
- 2) 고강도 영역에서의 압축강도 변동폭 및 보통강도 영역에서의 내구성 변동폭을 감소시키기 위해 프리믹스 혼합시멘트를 사용하는 것이 바람직한 것으로 판단된다.

참고문헌

1. David Chopin : Francois de Larrard, and Bogdan Cazacliu, Why do HPC and SCC Require a Long Mixing Time?, Cement and Concrete Research, Vol.34, No.12, pp.2237~2243, 2004.
2. 김달중, 배준영, 권인표, 조성현, 노현승, 김정환, “혼합시멘트 투입방법이 콘크리트 물성에 미치는 영향에 관한 실험적 연구”, 한국콘크리트학회 가을학술발표회 논문집, pp.445~448, 2007,
3. 김정환, 이교일 “혼합시멘트의 필요성”, 콘크리트학회지 제20권 3호, pp.10~12, 2008. 5.