

시공시 균열저항성을 갖는 고강도 콘크리트 스페이서 개발

Development of High-Strength Concrete Spacer with Crack Resistance during Construction

이 민 재* 최 지 호* 최 덕 진* 조 영 휘** 김 진 만***
 Lee, Min-Jae Choi, Ji-Ho Choi, Duck-Jin Cho, Young-Hwi Kim, Jin-Man

Abstract

Spacers which we studied about is the secondary product of the concrete and it is applied on concrete structure. Therefore, securing equal or greater performance than concrete is desirable. Also, there is a tendency that concrete structures are strengthened. Therefore, reinforcement is used more and it is needed highly strengthened spacer. In this study, therefore, we would like to develop highly strengthened spacer which has crack resistance during construction. After this study, we confirmed that the spacer we developed has good crack resistance in construction.

키 워 드 : 고강도, 수중양생, 증기양생, 스페이서
 Keywords : high strength, water curing, steam curing, spacer

1. 서 론

최근 건축물의 고층화, 대형화에 따라 철근 콘크리트 구조를 사용한 건축물의 비중이 날로 높아가고 있다. 이 같은 철근 콘크리트 구조물의 구조 내력이나 내화성 또는 내구성 측면에서 철근의 피복 두께를 확보하는 것은 매우 중요하다. 조립한 철근의 위치 확보 및 받침, 콘크리트 타설 중에 작용하는 여러 가지 시공하중과 진동에 대하여 철근의 위치를 유지하고 피복두께를 확보함으로써 적절한 품질을 얻기 위하여 사용되는 부속제품이 스페이서이다.¹⁾

본 연구에서 대상으로 하는 스페이서는 콘크리트 2차 제품이며 적용부위가 구조체 콘크리트이므로 모체 콘크리트와 동등 이상의 성능을 확보하는 것이 바람직하고 최근 구조체 콘크리트가 고강도화 되는 경향에 의해 철근 사용량이 증가하기 때문에 부속제품인 스페이서도 고강도화 해야 할 필요성이 제기되고 있다.²⁾

또한 기존의 스페이서는 사용 시 거푸집 제거 후 나타나는 스페이서 흔적으로 인하여 미관상태가 양호하지 않은 현상이 발생한다. 거푸집 제거 후 노출단면을 최소화시켜 미관 상태를 양호하게 하는 스페이서가 일부 존재하지만 형상이 기존의 스페이서에 비하여 이형이기 때문에 시공시 균열이 발생할 위험이 존

재하므로 이에 대한 개선이 필요하다.

이에 따라, 본 연구에서는 철근 배근 시에 균열저항성을 갖는 고강도 콘크리트 스페이서를 개발하고자 하였다.

2. 실험 개요

2.1 실험 계획

본 연구의 실험계획은 표 1과 같다. 실리카흙은 고강도 콘크리트 제조에 필수적인 결합재로서 경제성을 고려하여 결합재비를 10%로 계획하였고³⁾ 다른 결합재인 오메가 역시 동일한 결합재비를 사용하였다. 이로 인한 단위수량의 증가를 조절하기 위하여 고성능감수제를 사용하였으며 물결합재비는 16%로 고정하고 양생방법은 각 배합별로 표준수중양생과 상압증기양생 후 수중양생을 실시하였다. 측정항목은 유동성, 관입저항침에 의한 콘크리트의 응결시간, 압축 강도 및 휨강도, 재하하중이다.

표 1. 실험계획

물결합재비 (wt%)	결합재비 (%)	결합재량 (kg/m ³)	실험수준		측정항목
			혼화재 종류	양생방법	
16	90:10	1000	SF OM	수중양생 스티양생 후 수중양생	·유동성 ·응결시간 ·압축강도 ·휨강도 ·철근재하

주)OPC : 보통 포틀랜드 시멘트 SF : 실리카 흙
 OM : 오메가2000

* 정회원, 공주대학교 대학원
 ** 정회원, (주) 천지건설 과장
 *** 정회원, 공주대학교 교수, 공학박사

2.2 실험 배합

실험 배합은 표 2에 나타난 것과 같으며 두 배합의 유동성을 맞추기 위하여 물결합재비를 16%로 고정하고 고성능 감수제를 각각 결합재량 대비 2.5%, 3% 사용하였다.

표 2. 실험배합

물결합재비 (wt%)	공기량 (wt%)	물 (kg)	단위중량(Kg/m ³)						
			결합재				잔골재	감수제 (%)	합계
			OPC	SF	OM	Total			
16	0.5	160	900	100	-	1000	1305	2.5	2465
16	0.5	160	900	-	100	1000	1339	3.0	2499

2.3 사용 재료

시멘트는 국내 S사의 보통 포틀랜드 시멘트를 사용하였으며 KS L 5201 1종 규격품으로 그 물리적 특성은 표 3과 같다.

혼화재의 경우 실리카 폼은 수입산을 사용하였으며 오메가의 경우 국내 H사의 제품을 사용하였다. 물리적 특성은 표 4와 같다.

골재는 깨끗하게 세척된 해사를 사용하였으며 물리적 특성은 표 5와 같다.

고성능 감수제는 KS F 2560 기준에 적합한 국내산 폴리카르본산계 감수제를 사용하였으며 물리적 특성은 표 6과 같다.

표 3. 시멘트의 물리적 특성

비중	응결시간 (시간 : 분)		분말도 (cm ² /g)	압축 강도 (MPa)		
	초결	종결		3일	7일	28일
3.15	4.5	7.15	3,400	23.0	29.3	39.8

표 4. 혼화재의 물리적 특성

구분	비중	분말도 (cm ² /g)	SiO ₂ (%)	강열감량 (wt%)	함수율 (%)
SF	2.11	220,000	94	1.0	0.2
OM	2.94	9,728	12.27	-	-

표 5. 잔골재의 물리적 특성

골재 종류	최대 치수 (mm)	조립률	표면건조 밀도 (g/cm ³)	흡수율 (%)	단위용적중량 (kg/m ³)
해사	5.0	2.84	2.60	0.98	1.59

표 6. 혼화재의 물리적 특성

주성분	색상	비중 (20℃)	수소이온농도
폴리카르본산계	연갈색 용액	1.05	6.5

2.4 실험 방법

2.4.1 시험체 제작

단위결합재량이 많은 고강도 콘크리트를 기존의 일괄투입법으로 혼합할 경우 구성 재료를 균일하게 분산시키기 어려울 뿐만 아니라 믹서의 부하량을 증가시키기 때문에 콘크리트의 소요 품질 확보에 어려움이 있다. 이에 본 실험은 그림 1과 같은 비빔방법을 채택하여 실시하였다. 혼합 후 JIS몰드와 스페이서 몰드에 모르타르 페이스트를 타설하여 그림 2의 진동테이블을 사용하여 진동 다짐하였다.

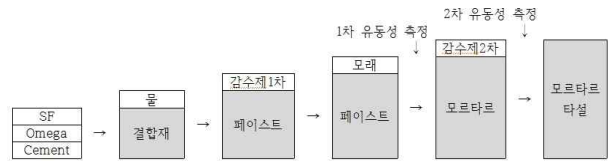


그림 1. 비빔 방법



그림 2. 진동 테이블

2.4.2 양생 방법

시험체의 양생은 수중양생과 상압증기양생 후 수중양생으로 나누어 진행하였다. 수중양생의 경우 항온항습실을 이용하여 20℃, RH 60%의 조건에서 실시하였으며, 상압증기양생의 경우 그림 3과 같이 20℃에서 3시간의 승온 후 65℃에서 5시간의 증기 양생 후에 서냉 후 수중 양생하였다.

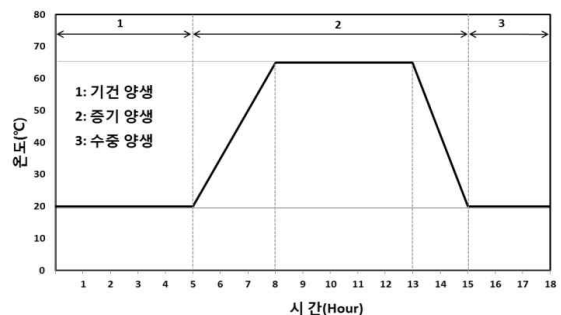


그림 3. 증기양생 방법

2.4.3 응결 측정

응결 측정은 KS F 2436 관입 저항침에 의한 콘크리트의 응결 시간 시험방법을 사용하여 실시하였다.

2.4.4 압축강도 및 휨강도 측정

유동성, 압축강도 및 휨강도는 KS L ISO 679 시멘트 모르타르의 압축강도 및 휨강도의 시험 방법에 따라서 1, 3, 7, 28일의 재령에서 측정하였다.

2.4.5 철근재하실험

철근재하실험은 실제 현장에서 철근 배근 시 스페이서에 가해지는 총 하중 값과 그림 4에 보이는 것과 같이 제작한 스페이서 공시체 위에 철근을 놓고 측정한 하중 값을 비교하여 현장 적용성을 검토하였다.

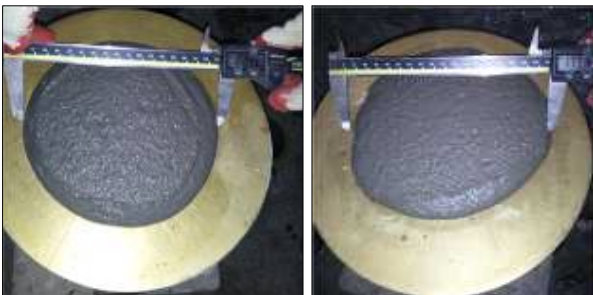


그림 4. 가압 형상

3. 실험결과 및 분석

3.1 유동성

모르타르 페이스트의 반죽질기는 그림 5에 나타난 것과 같이 일정 수준의 작업성 확보를 위하여 목표 플로우를 170±10mm로 설정하고 고성능 감수제의 양을 조절하여 페이스트의 반죽질기를 목표 플로우 범위에 맞도록 조정하였다.



(1) OPC, SF (2) OPC, OM

그림 5. 플로우

3.2 응결

공시체 진동다짐 후에 30분이 경과된 시점부터 30분 간격으로 관입 저항침을 사용하여 응결시간을 측정하였다.

그림 6에 나타난 것과 같이 OPC90 SF10 배합의 경우 초결이 270분, 종결이 360분에 발생하여 빠른 응결을 나타냈으며 OPC90 OM10 배합의 경우 초결은 300분으로 전 배합과 비교하여 큰 차이가 없었으나 종결은 540분으로 OPC90 SF10 배합에 비하여 180분의 차이를 나타내었다.

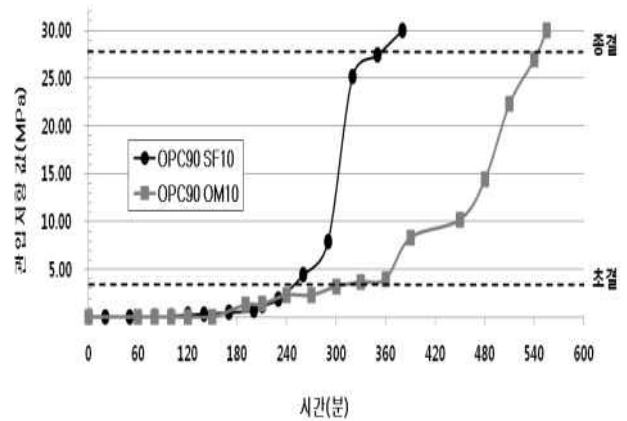


그림 6. 응결 결과

3.3 압축강도 및 휨강도

재령에 따른 압축강도는 그림 7에 나타난 것과 같이 모든 배합이 28일 재령에서 100MPa 이상의 강도결과를 나타내었다. 또한 증기양생을 실시한 두 배합의 경우 재령 1일에 압축강도 100MPa 이상의 고강도를 발현하여, 제조 후 1일 이내에 고강도 제품을 출하할 수 있는 가능성을 제시하고 있다.

휨강도의 경우 그림 8에 나타난 것과 같이 전 시험체가 압축강도 대비 20%정도인 20MPa의 강도를 발현하였다.

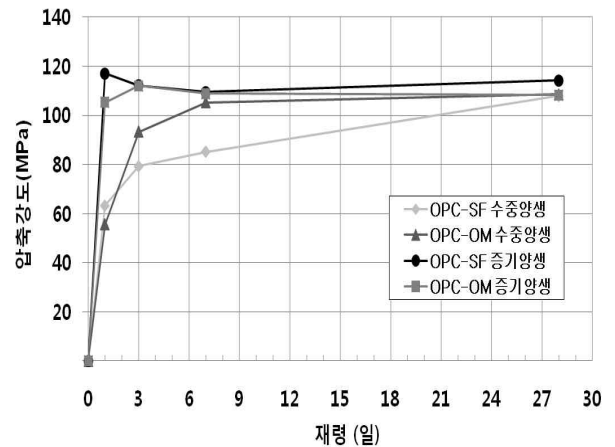


그림 7. 압축 강도

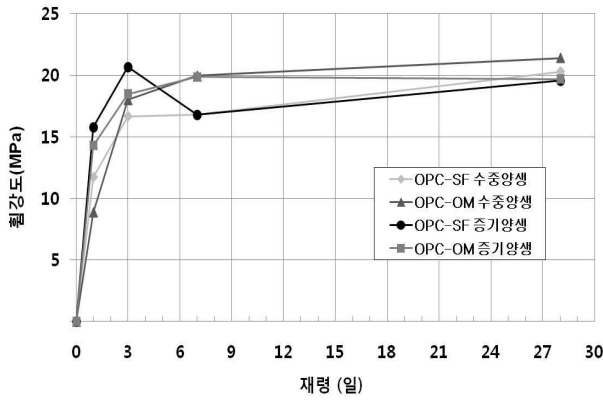


그림 8. 휨 강도

3.4 철근재하실험

시공시 적용되는 재하조건하에서 강도를 검토하기 위하여 제작한 스페이서 공시체에 D22 철근을 놓고 가력하중을 측정하였다. 실제 철근 배근 시 작용하는 총 하중 값은 표7에 나타난 것과 같이 단위면적당 철근 중량, 충격하중, 작업하중, 적재물 하중을 합산하고 안전율 2를 적용하여 약 773kg/m²의 하중을 도출하였으며 이 값을 스페이서 공시체의 가력하중과 비교하였다. 스페이서의 나비, 길이, 높이 총 세 부분을 철근의 마디부분과 리브부분을 구별하여 가력 하였다. 비교 결과, 그림 9에 나타난 것과 같이 모든 가력하중 값이 실제 철근 배근 시 작용하는 총 하중을 상회하는 결과를 나타내었다.

표 7. 하중 산출

콘크리트 부리 크기	단위면적당 철근 중량 (kg/m ²)	시공하중 (kgf/m ²)	적재하중 (kgf/m ²)	총하중 (kg/m ²)
D10	6,72	250	100	713,44
D13	11,94	250	100	723,88
D16	18,72	250	100	737,44
D19	27	250	100	754
D22	36,48	250	100	772,96
D25	47,76	250	100	795,52
D29	60,48	250	100	820,96
D32	74,76	250	100	849,52
D35	90,12	250	100	880,24

주) 안전율 2 적용

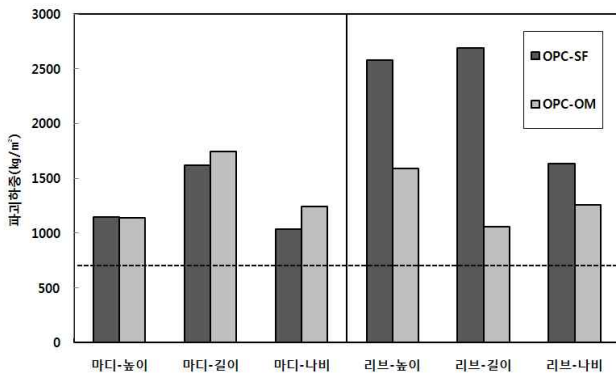


그림 9. 가력 하중

4. 결 론

시공시 균열저항성을 갖는 고강도 콘크리트 스페이서의 개발에 관한 연구 결과 다음과 같은 결과를 얻었다.

- 1) 낮은 물결합재비의 사용으로 페이스트의 유동성에 대한 우려가 있었으나 고성능감수제의 사용과 비빔방법의 개선으로 작업성을 확보할 수 있었다.
- 2) 응결시간에 대한 검토 결과 실리카 폼을 사용한 배합이 오메가를 사용한 배합에 비하여 빠른 종결을 나타내어 생산성 면에서 보다 유리할 것으로 판단된다.
- 3) 양생방법에 따른 강도 검토 결과 증기양생을 통하여 초기에 고강도의 확보가 가능함으로써 빠른 시기에 제품 출하가 가능할 것으로 판단된다.
- 4) 스페이서의 가력하중 값을 철근 배근 시의 재하하중과 비교 검토한 결과 현장적용성에는 큰 무리가 없을 것으로 판단된다.

본 연구에서 도출된 결과를 통하여 시공시 균열저항성을 갖는 고강도 콘크리트 스페이서의 개발가능성을 확인하였지만 높은 결합재량, 고성능 감수제의 과다사용, 낮은 물결합재비로 인한 작업성의 문제 등 경제성 및 여러 공학적 문제점들을 고려하였을 때 차후 추가적인 연구의 필요성이 있다고 판단된다.

감사의 글

본 연구는 (주)천지건설에서 지원하는 2011년도 위탁연구수행으로 인한 결과물임을 밝힙니다.

참 고 문 헌

1. 국토 해양부, 콘크리트 구조 설계 기준, 한국콘크리트학회 2007
2. 이대경외, 고로슬래그를 사용한 고강도 스페이서의 개발 및 고강도화 매카니즘 분석, 대한건축학회 학술발표대회 논문집, 제20권 제2호, pp.535-538, 2000
3. 신성우외, 초고강도 콘크리트의 강도발현에 미치는 배합요인에 관한 연구, 대한건축학회논문집, 제12권 제5호, pp.213-220, 1996