

# 병용계 고유동 자기충전콘크리트의 기포저감을 위한 연구

## The Study for the Air Bubble Deterioration of Combined High Flowing Self-Compacting Concrete

최연왕\*      김경환\*\*      류득현\*\*\*      정재권\*\*\*\*      강현진\*\*\*\*\*      이재남\*\*\*\*\*  
Choi, Yun Wang   Kim, kyung Hwan   Ruy, Deug hyun   Jeong, Jae Gwon   Kang, Hyun jin   Lee, Jae Nam

### ABSTRACT

This study is to manufacture HSCC (High flowing Self-Compacting Concrete) be able to construction without vibration & hardening, and it is stable according to the change of the surface number of aggregate and to examine the factor of reduction occurred before after hardening through the indoor experiment. It is essential to use of the thickener to increase the viscosity in the combined HSCC. In this result, it make more bubbles than HSCC of pulverulent body. The result of study has shown, through the surface air bubble by not passed air bubbles within concrete after hardening, It has bad effect in not only appearance of structures but strength & duration. It is the experiment for air bubble of concrete according to the types of aggregate (fine aggregate), mixing time of concrete, exfoliation, material of model form and so that reduce the air bubble of combined HSCC. Experiments have shown, the effect of exfoliation was bigger than the effect of form for the performance of surface finishing of combined HSCC after hardening according to the exfoliation or material of model form and the opaque guris has good condition of finishing.

### 요약

본 연구는 골재의 표면수 변동에 따른 콘크리트의 품질변동이 안정하며 현장에서 무진동·무다짐 시공이 가능한 병용계 고유동 자기충전콘크리트 (High flowing Self-Compacting Concrete ; 이하 HSCC라 약함)를 제조하였으며, 실내실험을 통하여 경화 전·후 콘크리트에서 발생하는 기포의 저감 요인을 검토하고자 한다. 병용계 HSCC는 굳지 않은 콘크리트의 점성을 증가하기 위하여 증점제의 사용은 필연적이며 이러한 결과 분체계 HSCC보다 많은 수의 기포를 발생시킨다. 또한 경화 후 콘크리트 내에 갇힌공기의 발생으로 만들어진 표면의 기포는 구조물의 미관뿐만 아니라 강도 및 내구성에도 나쁜 영향을 미치는 연구결과가 보고 되고 있다. 본 논문에서는 병용계 HSCC의 기포발생을 저감하기 위하여 골재(잔골재) 종류, 콘크리트 비빔시간, 박리제 종류 및 모형 거푸집 재질에 따른 콘크리트의 기포발생에 대한 실험을 실시하였다. 실험 결과 박리제 및 모형 거푸집 재질에 따른 경화 후 병용계 HSCC의 표면마감성능은 거푸집의 영향 보다 박리제의 영향이 크게 작용하였으며 불투명 구리스가 가장 좋은 마감상태를 유지하였다.

- \* 정회원, 세명대학교 토목공학과 교수
- \*\* 정회원, (주)에이치비티 대표이사
- \*\*\* 정회원, 유진기업기술연구소 소장
- \*\*\*\* 정회원, 세명대학교 토목공학과 박사과정
- \*\*\*\*\* 정회원, 대우건설기술연구원 연구원
- \*\*\*\*\* 정회원, 세명대학교 토목공학과 석사과정

## 1. 서론

최근 연속타설, 강제거푸집 진동의 최소화 및 균질한 콘크리트의 강도로 인해 공기단축 및 시공단가 절감이 가능한 HSCC의 연구와 함께 건설 현장은 수시로 변화되는 표면수율에 민감도가 적은 병용계 HSCC의 연구가 진행되고 있다. 하지만 병용계 HSCC는 증점제의 사용으로 발생된 갇힌공기를 제거하기 위하여 사용된 소포제의 영향으로 경화 후 콘크리트 표면에 상당수의 기포를 발생시키며, 발생된 기포는 콘크리트의 강도 감소와 함께 내구성을 저하시키는 문제점을 야기 시킨다.

따라서 본 연구에서는 병용계 HSCC의 경화 전·후의 기포 저감을 위하여 2종류의 잔골재를 사용한 병용계 HSCC를 제조하였으며, 박리제 및 거푸집 재질을 변화시켜 병용계 HSCC의 표면마감성능을 분석 고찰 하였다.

## 2. 실험개요

### 2.1 사용재료

#### 2.1.1 분체 및 골재

시멘트는 밀도 3.15의 보통포틀랜드시멘트(이하, OPC로 약함)를 사용하였고, 분체는 국내 S사의 석회석 미분말(이하, LSP로 약함)과 플라이애쉬(이하, FA로 약함)를 사용하였다. 골재는 잔골재의 경우 각각 입도가 다른 낙동강산 강모래(이하, RS로 약함) 및 해사(이하, SS로 약함)를 사용하였으며, 굵은 골재(이하, G로 약함)는 최대 치수(Gmax) 20mm인 부순 골재를 사용하였다. 각각의 물리·화학적 특성은 표 1과 같다.

표 1. 분체 및 골재의 물리·화학적 특성

|    | Powder  |   |  | S                                      |   | G   |
|----|---|---|--|--|---|---|
|    | C   | LSP   | FA   | RS                                     | SS  |   |
| 특성 | 밀도:3.15<br>(g/cm <sup>3</sup> )<br>분말도:3500<br>(cm <sup>2</sup> /g) | 밀도 : 2.69(g/cm <sup>3</sup> )<br>분말도:4100(cm <sup>2</sup> /g) | 감열감량3.5%<br>밀도: 2.18(g/cm <sup>3</sup> )<br>분말도:4100(cm <sup>2</sup> /g) | 낙동강산 강모래<br>조립율:2.54<br>0.08mm통과율:1.6% | 서해안산(경기) 해사<br>조립율:3.10<br>0.08mm통과율:2.4% | 충북 단양 부순자갈<br>밀도: 2.63(g/cm <sup>3</sup> )<br>조립율:7.03<br>실적율:58.2% |

#### 2.1.2 화학혼화제 및 박리제

병용계 HSCC의 유동성 조절을 위하여 사용된 고성능감수제(이하, SP로 약함)는 국내 H사에서 생산되는 폴리카르본산계 SP를 사용하였다. 점도확보를 위하여 사용된 증점제는 SP제에 적합하며 외기 온도에 민감도가 작은 폴리-사카이드계 증점제를 사용하였으며, 소포제는 수중에서 분산효과가 높은 백색 분말형 소포제를 사용하였다. 표 2 및 3은 각각의 물리 화학적 성질이다. 박리제는 일반적으로 많이 사용되는 폐유, 불투명구리스 및 투명 구리스를 사용하였다.

표 2. 증점제의 물리·화학적 성질

| Item Type | Series          | Appearance       | Solubility         | Moisture content (mg/g) | Viscosity (mPa.s) | PH      | Sieve analysis        |
|-----------|-----------------|------------------|--------------------|-------------------------|-------------------|---------|-----------------------|
| 증점제       | Poly-saccharide | Yellowish powder | Cold water soluble | 95~145                  | 8,00~11,00        | 6.0~9.5 | ≤30mg/g on 3000 micro |

표 3. 소포제의 물리·화학적 성질

| Item Type | Appearance | Color | Ash         | Consistency        | Apparent density (g/l) | Solubility  |
|-----------|------------|-------|-------------|--------------------|------------------------|-------------|
| 소포제       | powder     | white | approx. 33% | free flowing power | approx. 260            | dispersible |

## 2.2. 실험방법

강제식 팬형 믹서기(40 rpm)를 이용하여 병용계 HSCC의 비빔시간에 따른 유동성을 평가하기 위하여 KS F 2594 및 2441에 준하여 Slump flow 및 공기량시험을 실시하였으며, 경화 후 콘크리트의 표면 마감성을 평가하기 위하여 각각 3종류 재질의 모형 거푸집을 제작하여 박리제를 도포 후 콘크리트를 무진동·무다짐으로 타설하였다. 모형거푸집은 건설구조물에 가장 많이 사용되고 있는 목재 합판, 강재 및 플라스틱합판을 이용하여 150×150×550mm의 장방형 모형체를 제작하였으며, 거푸집에 사용된 표면박리제는 병용계 HSCC 타설 전 2회 덧칠하여 고르게 도포하였다. 또한 HSCC는 15±3℃ 기건상태에서 72시간 양생 후 거푸집을 탈형하여 표면 마감성을 평가하였다.

## 2.3 콘크리트의 배합

병용계 HSCC의 배합은 JSCE기준안의 2등급에 준하여 실시하였으며, 골재 채움률(PF) 1.12, 잔골재율(S/a)은 0.48로 정하여 예비배합을 기준으로 LSP 15% 및 FA 30%의 3성분계 HSCC배합을 실시하였다. 또한 조립율이 다른 2종류의 잔골재(강사 및 해사)를 사용하였으며, 표 4는 병용계 HSCC 배합에 사용된 배합표이다.

표 4. 분체 및 병용계 보통강도 HSCC 배합

| Type          | PF   | S/a (%) | W/P (%) | LSP/(C+LSP+FA) (%) | FA/(C+FA) (%) | Unit mass(kg/m <sup>3</sup> ) |     |     |    | S   | G   | SP (*P%) | AE제 (*C%) | 증점제 (*W) | 소포제 (*증점제) |    |    |
|---------------|------|---------|---------|--------------------|---------------|-------------------------------|-----|-----|----|-----|-----|----------|-----------|----------|------------|----|----|
|               |      |         |         |                    |               | W                             | P   |     |    |     |     |          |           |          |            | RS | SS |
|               |      |         |         |                    |               |                               | C   | LSP | FA |     |     |          |           |          |            |    |    |
| 병용 (Combined) | 1.12 | 0.48    | 0.35    | 15                 | 10            | 172                           | 302 | 62  | 26 | 793 | 856 | 1.4      | 0.2       | 0.3      | 10         |    |    |

## 3. 실험결과 및 고찰

### 3.1 굳지 않은 콘크리트의 기포 영향 평가

그림 1은 잔골재 변화에 따른 굳지 않은 병용계 HSCC의 수준별 비빔시간에 따른 콘크리트 표면의 기포를 나타낸 그림이다. 그림 1의 결과 RS보다 SS를 사용한 병용계 HSCC가 콘크리트 표면에 많은 기포가 발생되었으며, 이러한 원인은 SS가 RS보다 조립율이 크기 때문인 것으로 판단된다. 또한 비빔시간의 변화에 따른 표면의 기포는 RS 및 SS를 사용한 병용계 HSCC 모두 6분에서 가장 많은 표면기포가 나타났으며, 비빔시간이 가장 긴 9분의 경우 적은 수의 표면기포가 발생되었다. 이러한 결과 현장에서 적정 비빔시간을 통하여 콘크리트표면의 기포를 최소화 시킬 수 있을 것으로 판단된다.

### 3.2 경화 후 콘크리트의 기포 성상

그림 2는 잔골재를 변화시킨 경화 후 병용계 HSCC의 마감성을 알아보기 위하여 박리제 및 거푸집을 변화시켜 표면기포발생 수를 정리한 것이다. 그림 2의 결과 병용계 HSCC의 표면에서 발생한 기포수는 RS 및 SS를 사용한 모든 병용계 HSCC가 박리제에 대하여 폐유(E3), 투명 구리스(E2) 및 불투명 구리스(E1) 순으로 발생하였으며, 불투명 구리스의 사용은 현장에서 가장 많이 사용되는 박리제인 폐유보다 약 90%이상 기포

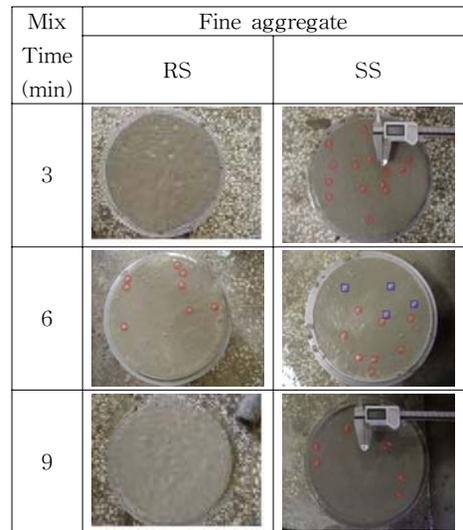


그림 1. 비빔시간에 따른 병용계 HSCC의 기포발생 (○ 1mm, < 1.5mm)

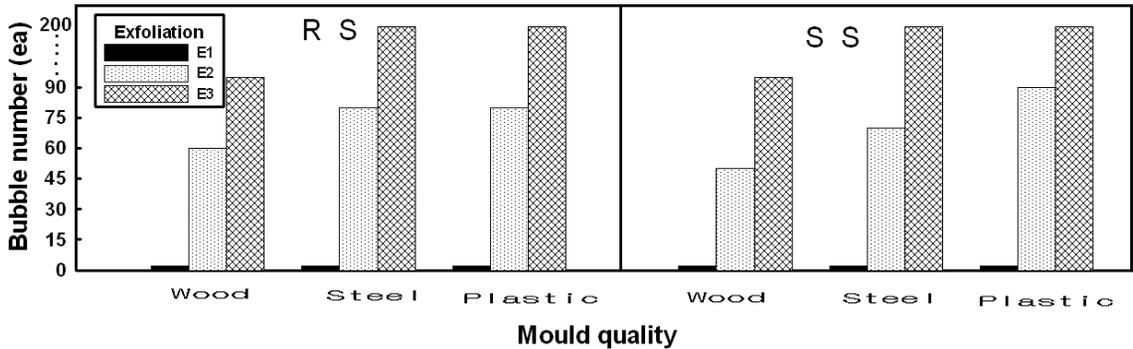


그림 2. 골재입도, 박리제 및 거푸집에 따른 기포 발생 수

가 저감되는 것으로 나타났다. 이러한 원인은 불투명 구리스 박리제는 콘크리트에서 발생한 갇힌공기와 가장 친유성의 정도가 높음으로써 표면에서 기포가 쉽게 제거된 것으로 판단된다. RS 및 SS를 사용한 병용계 HSCC의 경우 비슷한 개수의 기포가 나타났으며, 거푸집 재질에 따른 기포의 발생은 강재 및 플라스틱을 사용한 거푸집 보다 목재를 사용한 거푸집이 다소 작은 갇힌수의 기포가 발생하였다. 경화 후 병용계 HSCC 표면의 기포를 발생시키기에 있어서 큰 영향을 주는 요인은 잔골재의 입도 및 거푸집 재질 보다 콘크리트 표면 박리제가 크게 영향을 미치는 것으로 판단된다.

#### 4. 결론

병용계 HSCC의 기포저감에 대한 연구의 일환으로 경화 전·후에 콘크리트표면에서 발생하는 기포에 영향 중 잔골재, 거푸집 재질 및 박리제에 대하여 비교 검토함으로써 본 연구로부터 얻은 결론은 다음과 같다.

1. 비빔시간의 변화에 따른 경화 전 콘크리트 표면의 기포는 시간에 따라 다르게 나타났으며, 현장에서 적정 비빔시간을 통하여 콘크리트표면의 기포를 최소화 시킬 수 있을 것으로 판단된다.
2. 거푸집 재질에 따른 표면기포의 발생은 큰 차이가 없었으며 강재 및 플라스틱을 사용한 거푸집 보다 목재를 사용한 거푸집이 다소 작은 개수의 표면기포가 발생하였다.
3. 병용계 HSCC에 발생된 표면기포수는 폐유, 투명 구리스 및 불투명 구리스 박리제 순으로 발생하였으며 불투명 구리스를 사용한 HSCC는 현장에서 가장 많이 사용되는 폐유보다 약 90%이상 감소하였다.
4. 향후 콘크리트 표면 기포가 많이 발생하는 병용계 HSCC를 현장에 타설시 표면기포를 저감하기 위하여 골재의 입도 및 거푸집 재질보다 거푸집 표면에 사용되는 박리제에 대한 검토가 우선적으로 고려해야할 것으로 판단된다.

#### 감사의글

본 연구는 한국건설교통기술평가원 건설핵심기술연구개발사업의 고성능·다기능 콘크리트의 개발 및 활용기술(05 건설핵심 D11-1)의 일환으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

#### 참 고 문 헌

1. 최연왕 외 2인, “프리캐스트 교량부재용 초유동 자기충진 콘크리트의 유동 특성에 관한 연구” 대한 토목학회 논문집 제 28권 1A호 2008.1 pp 155~163
2. Choi Yun wang, “An experimental research on the fluidity and mechanical properties of high strength lightweight self compacting concrete” Cement and Concrete Research, 2006.