

강섬유가 혼입된 고유동 자기충전 콘크리트의 유동 및 강도 특성

Flowability and Strength Properties of High Flowing Self-Compacting Concrete with Steel Fiber Reinforced

최연왕* 최욱** 정재권*** 안태호****
Choi, Yun-Wang Choi, Wook Jung, Jea-Gwone An, Tae-Ho

Abstract

In this study, the concrete, in which the steel fiber(SF) with different volume-surface ratios and lengths was intermixed in High flowing Self-Compacting Concrete(HSCC), was produced to compare with steel fiber reinforced concrete as a part of plan to improve the workability and the quality of steel fiber reinforced concrete. As the result of experiment, the flowing and passing characteristics of HSCC intermixed with SF was highly improved as there was no fiber ball phenomenon due to the effect of high flowability and the viscosity, and in the identical range of compressive strength, it showed the tendency that the splitting and flexural strength was increasing as the length was getting longer regardless of volume-surface ratio when compared with HSCC which was intermixed with SF. It is estimated that in case of application of HSCC intermixed with steel fiber to work sites, it would be possible to improve the workability and the quality which would be better than that of steel fiber reinforced concrete which has been used.

요 지

본 연구에서는 강섬유보강 콘크리트의 시공성 및 품질향상 방안의 일환으로 고유동 자기충전 콘크리트(HSCC)에 형상비 및 길이를 달리한 강섬유(SF)를 혼입한 콘크리트를 제조하여 강섬유보강 일반콘크리트(CC)와 유동 및 강도 특성을 비교 검토하였다. 실험결과 SF를 혼입한 HSCC는 높은 유동성 및 점성의 영향으로 SF 자체의 뭉침현상이 발생하지 않아 강섬유보강 CC의 경우보다 유동성능 및 통과성능이 크게 향상되었으며, 동일한 압축강도 범위에서 SF를 혼입하지 않은 HSCC의 경우보다 쪼갬 및 휨강도는 SF의 형상비와 관계없이 길이가 길어질수록 증가하는 경향이 나타났다. 이상의 실험결과를 통하여 강섬유를 혼입한 HSCC를 현장 적용할 경우 기존에 사용되고 있는 강섬유보강 CC의 경우보다 시공성 및 품질 향상이 가능할 것으로 판단된다.

Keywords : High flowing Self-Compacting, Steel Fiber, Flowability

핵심 용어 : 고유동 자기충전 콘크리트, 강섬유, 유동성

* 정회원, 세명대학교 토목공학과 교수

** 정회원, 한국시설안전공단 네트워크연구단 팀장

*** 정회원, 세명대학교 토목공학과 박사과정

**** 정회원, 세명대학교 토목공학과 석사과정

E-mail : crete77@semyung.ac.kr 043-642-8816

• 본 논문에 대한 토의를 2009년 2월 28일까지 학회로 보내 주시면 2009년 5월호에 토론결과를 게재하겠습니다.

1. 서 론

콘크리트는 내구성 및 성형성 등이 탁월하며 우수한 강도발현으로 강재와 더불어 보편화된 구조재료로 인정받고 있으나 높은 압축강도에 비하여 인장강도 및 휨강도가 낮기 때문에 균열에 대한 저항능력이 떨어져 최대응력 이후 급격한 취성적인 파괴가 일어나는 본질적인 단점을 가지고 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위한 방법의 하나로 강섬유를 혼입함으로써 인성을 증가시켜 콘크리트 구조물에 요구되는 강도를 개선시킬 수 있다. 그러나 일반콘크리트에 강섬유를 혼입할 경우 강섬유의 분산성이 떨어져 섬유 뭉침(fiber ball)과 같은 현상이 발생하는 등 시공성이 저하되며, 소요의 역학적 특성을 얻지 못하는 경우가 발생할 수 있다.⁽¹⁾

특히 콘크리트 구조물 중 터널 라이닝 콘크리트는 천단부의 국부적인 균열 및 파괴를 방지하기 위하여 철근을 사용하지 않은 무근콘크리트의 경우 강섬유를 혼입하는 것이 필수적이다. 이러한 경우 강섬유 사용에 따른 라이닝 콘크리트의 유동성 저하 및 강섬유 뭉침에 따른 강섬유의 불균등 분산 등에 의하여 콘크리트 충전성이 현저히 떨어져 내부 공동현상이 발생하여 라이닝 콘크리트 구조물의 안정성을 크게 저하시키는 요인이 되고 있다.

한편, 국내의 경우 초고층 아파트 건설 현장을 중심으로 콘크리트의 시공성 및 품질안정성을 확보하기 위하여 콘크리트의 유동성 및 점성을 향상시킨 고유동 자기충전 콘크리트를 적용하는 사례가 증가하고 있는 실정이다.

고유동 자기충전 콘크리트는 재료분리 및 블리딩 현상 없이 거푸집내에 콘크리트를 무진동·무다짐으로 구석구석까지 타설이 가능하며 시공 후 균일한 콘크리트 강도분포를 확보할 수 있는 장점이 있는 것으로 보고되고 있다.⁽²⁾

이러한 고유동 자기충전 콘크리트에 강섬유를 혼입할 경우 고유동 자기충전 콘크리트의 높은 유동성능에 의한 유동성 향상 효과 및 높은 점성에 의한 강섬유의 분산성을 확보할 수 있어 시공효율 향상 및 인장강도 및 휨강도를 증가시킬 것으로 판단된다. 그러나, 국내의 경우 강섬유를 혼입한 일반 콘크리트에 대한 연구는 많이 보고 되고 있지만 강섬유를 혼입한 고유동 자기충전 콘크리트에 대한 연구는 찾아보기 어려운 실정이다. 따라서, 본 연구에서는 강섬유보강 콘크리트의 시공성 및 품질향상 방안의 일환으로 고유동 자기충전콘크리트(High flowing Self-Compacting Concrete 이하 HSCC)에 형상 변화를 달리한 강섬유로 혼입한 콘크리트를 제조하여 일반 강섬유보강 콘크리트(Conventional Concrete 이하 CC)와 유동특성 및 강도 특성을 비교 검토하였다.

2. 실험개요

2.1 사용재료

2.1.1 시멘트 및 혼화제

시멘트는 밀도 3.15g/cm³ 및 비표면적 3,540cm²/g의 보통포틀랜드시멘트(이하 OPC로 약함)를 사용하

Table 1 Chemical Component and Physical Properties of Powder

| Item Type | SiO ₂ (%) | Al ₂ O ₃ (%) | Fe ₂ O ₃ (%) | CaO (%) | Na ₂ O (%) | K ₂ O (%) | MgO (%) | SO ₃ (%) | L.O.I | Density (g/cm ³) | Specific Surface area (cm ² /g) |
|--------------|-------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|------------|--------------------------|-------------------------|------------|------------------------|-------|---------------------------------|---|
| OPC | 21.6 | 6.0 | 3.1 | 61.4 | - | - | 3.4 | 2.5 | 0.03 | 3.2 | 3,540 |
| LSP | 11.1 | 4.1 | 1.4 | 43.8 | 0.18 | 1.02 | 1.4 | 0.3 | 35.7 | 2.7 | 4,170 |
| FA | 58.2 | 26.3 | 7.4 | 6.51 | 0.80 | - | 1.1 | 0.3 | 3.2 | 2.2 | 3,550 |

Table 2 Physical properties of aggregates

| Item Type | Gmax(mm) | Density(g/cm ³) | Absorption(%) | F. M | Bulk density(kg/m ³) |
|--------------|----------|-----------------------------|---------------|------|----------------------------------|
| Gravel | 20 | 2.56 | 1.01 | 7.96 | 1,611 |
| Sand | - | 2.56 | 2.07 | 2.89 | 1,637 |

였으며, OPC에 대체한 분체는 국내에서 생산 중인 S사의 석회석 미분말(이하 LSP로 약함) 및 플라이 애시(이하 FA로 약함)를 혼화제로 사용하였다. 사용분체의 화학성분 및 물리적 특성은 Table 1과 같다.

2.1.2 골재

잔골재는 낙동강산 강모래(이하 S로 약함)를 사용하였으며, 굵은 골재는 최대치수 20mm인 부순골재(이하 G로 약함)를 사용하였다. 굵은골재 및 잔골재의 물리특성은 Table 2와 같다.

2.1.3 혼화제

본 연구에서 사용된 혼화제는 국내 H사의 폴리카르복산계 고성능 감수제(이하 SP라 약함) 및 공기량 조절을 위해 공기 연행제(이하 AE라 약함)를 사용하

였다.

또한 골재의 표면수율에 대하여 민감도를 작게 하기 위하여 증점제 및 소포제를 사용하였다. 증점제 및 소포제의 물리·화학적 특성은 Table 3과 4과 같다.

2.1.4 강섬유

강섬유(이하 SF라 약함)는 국내에서 생산중인 S사 제품의 양단 후크형 강섬유(번들형)를 사용하였으며, 물리적 성질은 Table 5와 같다.

2.2 콘크리트

강섬유가 혼입된 고유동 자기충전 콘크리트의 성능 평가(병용계) 기준은 국내에서 아직 정립되어 있지 않기 때문에 Table 6과 같은 일본토목학회(JSCE) “자

Table 3 Chemical Component and Physical Properties of VMA

| Type \ Item | Series | Appearance | Solubility | Viscosity (mPa.s) | Ph | Sieve analysis |
|-------------|-----------------|------------------|--------------------|-------------------|---------|-----------------------|
| VMA | Poly saccharide | Yellowish powder | Cold water soluble | 8,000 ~11,000 | 6.0~9.5 | ≤30mg/g on 3000 micro |

Table 4 Chemical Component and Physical Properties of ADA

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

Table 5 Shape and Properties of Steel Fibers

| Sample name | Length (L : mm) | Diameter (D : mm) | Aspect ration (L/D) | Type | Tensile Strength (MPa) |  |
|-------------|-----------------|-------------------|---------------------|-------------|------------------------|--|
| SF1 | 31.03 | 0.50 | 62.06 | Hooked type | 1064 | |
| SF2 | 50.19 | 0.69 | 72.74 | | 969 | |
| SF3 | 59.23 | 0.89 | 66.55 | | 865 | |

Table 6 Specification of HSCC proposed by JSCE

| Item | Rank | | | |
|-----------------------------------|--|---------|---------|------|
| | 1 | 2 | 3 | |
| Construction condition | Minimum gap between reinforcement (mm) | 35~60 | 60~200 | ≥200 |
| | Amount of reinforcement (kg/m ³) | ≥350 | 100~350 | ≤100 |
| Flowability | Slump flow (mm) | | | |
| | 650~750 | 600~700 | 500~650 | |
| Segregation resistance ability | Time required to flow through V-funnel (s) | 10~25 | 7~20 | 7~20 |
| | Time required to reach 500mm of slump flow (s) | 5~20 | 3~15 | 3~15 |
| Filling height of U-box Test (mm) | | ≥300 | ≥300 | ≥300 |

기충전형 콘크리트의 시험 방법” 병용계 2등급 성능기준과⁽³⁾ Table 7과 같은 미국재료시험학회(ASTM C 1621) 성능기준을⁽⁴⁾ 선정하였다. Table 6 기준에 만족시키는 기준배합을 선정 후 HSCC 배합은 Nan-Su의 배합설계법^{(5),(6)}을 수정·보완하여 골재의 느슨한 상태에 대한 밀실한 상태의 단위용적질량의 비에 잔골재율에 따라 가중치를 적용하여 얻어지는 골재채움률(이하 PF로 약함)값을 적용하여 실시하였다.⁽⁷⁾

CC 배합은 예비시험을 통하여 W/C 46% 및 S/a 44%로 고정한 후 SF 혼입량을 국내 기관별 시방서 기준에서 권장하고 있는 40kg/m³으로 정하여 콘크리트를 제조하였다. 또한 HSCC 배합의 경우 PF 1.12, 물-분체비(이하 W/P로 약함) 39% 및 S/a 48%로 고정한 후 전체 분체(P)에 대하여 LSP를 15%로 고정한 후 나머지 분체에 대하여 FA를 30%로 용적 치환시킨 콘크리트를 제조 하였다. 콘크리트에 사용된 배합표는 Table 8과 같다.

2.2.1 유동성 시험

CC의 유동성 평가 시험방법은 KS F 2402에 준하여 Slump 값을 측정하였으며, HSCC의 유동성 평가 시험방법은 KS F 2594, 대한토목학회 규격인 KSCE

2003-02 및 ASTM C 1611⁽⁸⁾에 따라 Slump-cone에 시료를 채운 후 다짐을 하지 않은 상태에서 시료의 자중만으로 흘러 퍼졌을 때 콘크리트의 Slump-flow (mm)값을 측정하였다.

2.2.2 재료분리 저항 및 충전성 시험

HSCC의 재료분리 저항성 시험은 KSCE 2003-03에 준하여 재료분리 저항성능을 측정하였다. V-funnel 유하시간의 경우 시료를 시험장치에 채운 후 하부의 입구를 개방하여 시료가 완전히 흘러내렸을 때까지의 유하시간을 측정하였다.

HSCC의 충전성 평가 시험은 KSCE 2003-01에 준하여 충전성능을 측정하였다. U형 박스에 시료를 채운 후 가운데 칸막이를 들어올려 콘크리트가 철근 사이를 통과하여 상승된 높이와 단차를 측정하였다.

2.2.3 통과성능 시험

HSCC의 충전성 평가 시험방법은 Table 7에 ASTM C 1621⁽⁴⁾에 준하여 통과성능을 측정하였다. J-ring 중앙의 Slump-cone을 들어올려 J-ring이 있는 Slump flow 값과 J-ring이 없는 Slump flow 값을 비교하였다.

Table 7 Specification of HSCC proposed by ASTM C 1621

| Difference (mm) | Blocking Assessments |
|-----------------|--------------------------------|
| 0 to 25 | NO visible blocking |
| ≥25 to 50 | Minimal to noticeable blocking |
| > 50 | Noticeable to extreme blocking |



Table 8 Mixture proportions of concrete

| Type | PF | S/a (%) | W/C (%) | W/P (%) | FA/(C+FA) (volume%) | Unit mass(kg/m ³) | | | | | | Steel fiber (kg/m ³) | SP (×P%) | VMA (×W%) | ADA (×VMA%) | |
|------|-------|---------|---------|---------|---------------------|-------------------------------|-----|-----|----|----|-----|----------------------------------|----------|-----------|-------------|----|
| | | | | | | W | P | | | S | G | | | | | |
| | | | | | | | C | LSP | FA | | | | | | | |
| CC | Plain | - | 44 | 46 | 46 | - | 189 | 412 | 0 | 0 | 732 | 986 | 0 | 0.1 | 0 | 0 |
| | SF1-1 | | | | | | | | | | | | 40 | 0.1 | | |
| | SF1 | | | | | | | | | | | | 40 | 0.3 | | |
| | SF2 | | | | | | | | | | | | 40 | 0.3 | | |
| | SF3 | | | | | | | | | | | | 40 | 0.3 | | |
| HSCC | Plain | 1.12 | 48 | 59 | 39 | 30 | 175 | 298 | 64 | 88 | 769 | 864 | 0 | 0.9 | 0.2 | 20 |
| | SF1 | | | | | | | | | | | | 40 | | | |
| | SF2 | | | | | | | | | | | | 40 | | | |
| | SF3 | | | | | | | | | | | | 40 | | | |
| | SF3 | | | | | | | | | | | | 40 | | | |

2.2.4 압축강도 시험

강섬유 혼입한 콘크리트의 압축강도 시험 방법은 KS F 2405에 준하여 실시하여, 시험용 공시체는 $\varnothing 100 \times 200 \text{mm}$ 원주형 몰드에 CC는 2층 8회 다짐을 하고 HSCC는 다짐을 하지 않은 상태에서 제작하였으며 24시간 후 몰드를 탈형하여 소정의 재령까지 $20 \pm 3^\circ \text{C}$ 의 수조에 침지하여 양생하였다.

2.2.5 쪼갬인장강도 시험

CC 및 HSCC의 쪼갬인장강도 시험은 압축강도용 공시체와 동일한 방법으로 제조한 콘크리트용 공시체를 이용하여 KS F 2423에 준하여 실시하였다.

2.2.6 휨강도 시험

CC 및 HSCC의 휨강도 시험은 압축강도용 공시체와 동일한 방법으로 제조한 콘크리트용 공시체를 이용하여 KS F 2408에 준하여 실시하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 강섬유가 혼입된 콘크리트의 유동특성

3.1.1 유동성능 평가

Table 9는 SF를 혼입한 CC 및 HSCC의 유동성능을 알아보기 위하여 Table 8의 배합으로 제조한 콘크리트의 Slump 시험, Slump flow 시험 및 J-ring flow 시험사진을 나타낸 것이다.

Fig. 1은 SF를 혼입한 CC의 유동성능을 평가하기

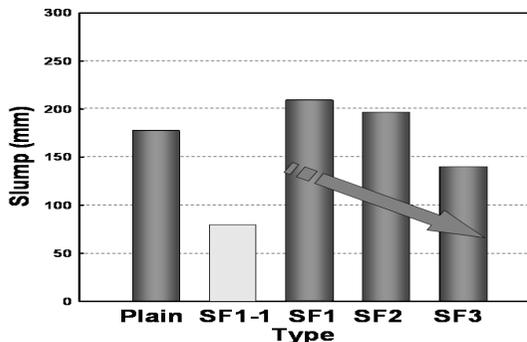


Fig. 1 Slump of CC

위하여 Slump 값을 정리한 것이다. Fig. 1의 결과 SF 중 형상비가 가장 작은 SF-1을 사용한 SF 1-1은 SF를 사용하지 않은 기준배합과 동일한 SP제 양을 사용한 결과 Slump값이 약 55% 정도 크게 감소되는 결과가 나타났다. 따라서 기준배합과 동일한 유동성능을 확보하기 위하여 SP제 양을 3배 증가시킨 SF1, SF2 및 SF3의 경우 기준배합과 유사한 유동성능을 확보할 수 있었지만 SF의 길이 및 직경이 커짐에 따라 비례적으로 Slump 값이 감소되어 유동성이 저하되는 경향이 나타났다. 이러한 현상은 CC에 SF를 혼입할 경우 콘크리트 내부에서 SF가 변형 및 유동성을 구속하기 때문이며, 또한 SF의 길이가 길어짐에 따라 fiber ball 현상이 더욱 현저하게 발생하여 SF의 분산성이 떨어지는 것으로 판단된다. Fig. 2는 SF를 혼입한 HSCC의 유동성능을 평가하기 위하여 Slump flow 값을 정리한 것이다. Fig. 2의 결과 동일한 SP제 양을 사용한 HSCC의 경우 SF의 길이 및 직경이 커질수록 Slump flow 값이 비례적으로 저하되는 경향을 나타내고 있으나 기준배합에 비하여 최대 6% 정도 감소로 그 영향은 작았으며, 모든 배합에서 JSCE 2등급 병용계 기준(600-700mm)을 만족하였다.

이러한 결과는 CC에 비하여 HSCC의 경우 큰 유동성 확보를 위하여 SP제 양을 다량 사용하고 있으며, 또한 적절한 점성확보를 위하여 사용된 많은 분체량에 의하여 증가된 시멘트 페이스트가 SF 하나하나와 전면 부착됨으로써 유동성을 방해하는 SF 자체의 뭉침현상이 발생하지 않은 것으로 판단된다.

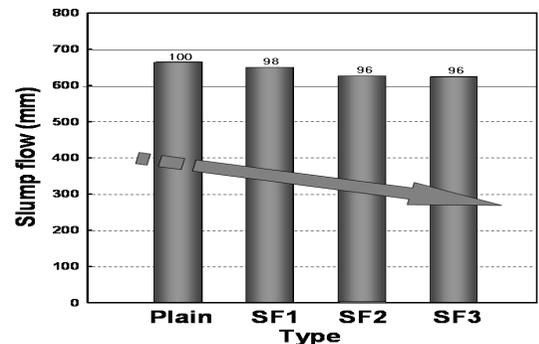


Fig. 2 Slump flow of HSCC

Table 9 Slump of CC, Slump flow and J-ring of HSCC

| | Plain | SF-1 | SF-2 | SF-3 |
|------------------|---|---|--|---|
| CC |  |  |  |  |
| Slump (mm) | 178 | 210 | 195 | 140 |
| HSCC |  |  |  |  |
| Slump flow (mm) | 665 | 650 | 625 | 625 |
| HSCC |  |  |  |  |
| J-ring flow (mm) | 660 | 620 | 590 | 580 |

3.1.2 재료분리 저항 및 충전성능 평가

Fig. 3은 SF를 혼입한 HSCC의 재료분리저항성을 평가하기 위하여 V-funnel 유하시간과 Slump flow 500mm도달시간의 관계를 나타낸 것이며, Fig. 4는 충전성능을 알아보기 위하여 U-box의 충전높이를 정리한 것이다. Fig. 3의 결과 Slump flow 500mm도달시간은 SF의 길이 및 직경이 증가함에 다소 증가하는 경향을 나타내고 있지만 모든 배합에서 목표 기준 값을 만족하였다. 그러나 Fig. 3의 V-funnel 유하시

간 및 Fig. 4의 U-box 충전높이 시험 결과 SF2 및 SF3은 기준 범위를 만족하지 못한 결과가 나타났다.

이러한 결과를 통하여 V-funnel 유하시간 시험 및 U-box의 충전높이 시험의 경우 SF의 형상비 보다는 길이가 보다 큰 영향을 미치는 것으로 판단된다.

따라서, 철근콘크리트 구조물에 SF를 혼입한 HSCC를 적용할 경우 철근간격 200mm 이하에서 SF 길이 50mm 이상을 사용하면 충전성이 크게 떨어지므로 충전성을 만족하기 위해서는 SF 길이 30mm 정도가 적당할 것으로 판단된다.

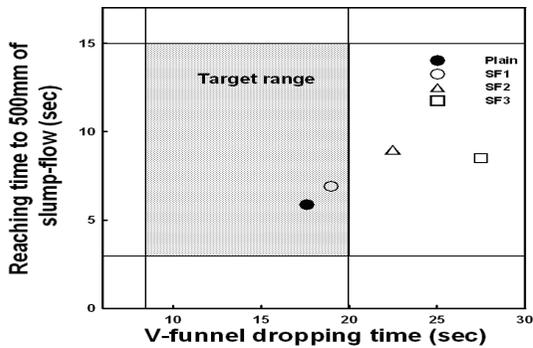


Fig. 3 Relationship between V-funnel dropping time and reaching time to 500mm Slmp flow of HSCC

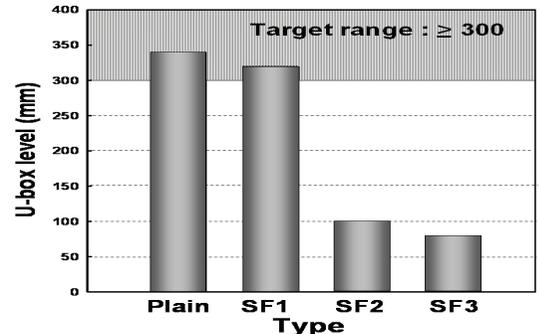


Fig. 4 U-Box level of HSCC

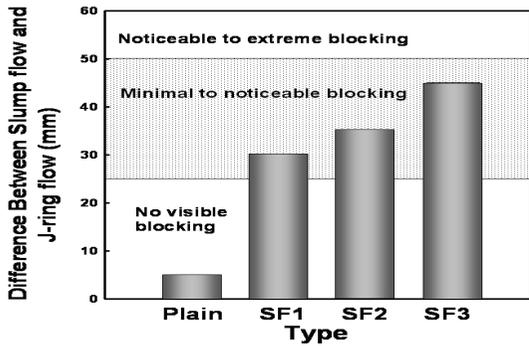


Fig. 5 Difference Between Slump flow and J-ring flow of HSCC

3.1.3 통과성능 평가

Fig. 5는 SF를 혼입한 HSCC의 Slump flow와 J-ring flow의 차이 값을 정리한 것이다. Fig. 5의 결과 기준배합에 비하여 SF를 혼입한 배합의 경우 Slump flow와 J-ring flow의 차이 값이 크게 증가하여 통과성능이 크게 저하되는 결과가 나타났다. 또한 형상비와 관계없이 SF의 길이가 커질수록 통과성능이 비례적으로 감소하였으나, ASTM C 1621에서 제시한 최소 성능 기준은 만족하였다.

3.2 강섬유가 혼입된 콘크리트의 강도특성

3.2.1 압축강도 평가

Fig. 6 및 7은 SF를 혼입한 CC 및 HSCC의 재령 별 압축강도를 정리한 것이다. Fig. 6 및 7의 결과 재령 3 및 7일의 초기재령에서 HSCC가 CC보다 압축강도값이 다소 낮은 경향을 나타나고 있지만, 모든 재령에서 SF를 혼입한 CC 및 HSCC의 압축강도는 기존의 연구결과와 마찬가지로 SF의 길이 및 직경의 변화에 영향을 받지 않는 것으로 나타났다.

또한, Table 10은 압축강도 파괴 후 사진을 정리한 것이다. Table 10의 결과 SF를 혼입하지 않은 기준공시체의 경우 일반적인 압축 파괴형태가 일어났으나, SF를 혼입한 콘크리트의 경우 최대하중 도달 후에도 SF가 파괴면을 구속함에 따라 파편 탈락이 적게 발생하고 있음을 알 수 있다.

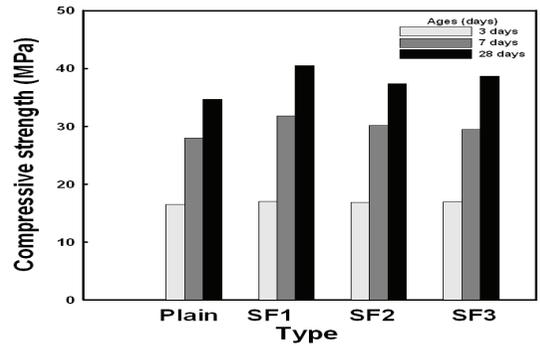


Fig. 6 Compressive strength of CC

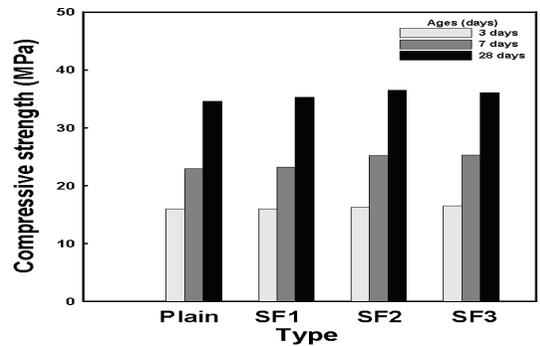


Fig. 7 Compressive strength of HSCC

Table 10 Failed specimens after the compression test

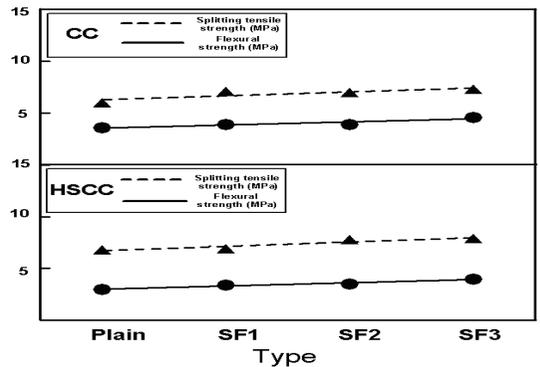
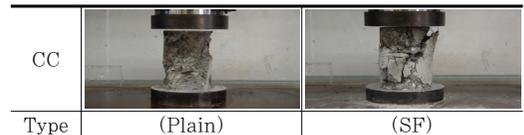


Fig. 8 Splitting tensile strength and flexural strength of Concrete

3.2.2 쪼갬인장강도 및 휨강도 평가

Fig. 8은 SF를 혼입한 CC 및 HSCC의 쪼갬 인장 강도 및 휨강도를 정리한 것이다. Fig. 8의 결과 SF를 혼입하지 않은 기준 공시체보다 SF를 혼입한 경우 길이 및 직경이 증가할수록 비례적으로 쪼갬인장강도 및 휨강도가 증가하는 경향이 나타났다. 이러한 결과는 SF를 콘크리트에 혼입할 경우 콘크리트 하중이 재하됨에 따라 SF에 의해 하중이 재분배됨으로서 콘크리트의 인장력이 증가된 것으로 판단된다.

4. 결 론

- 1) 콘크리트에 SF를 혼입할 경우 유동성능 확보를 위하여 CC는 기준배합보다 SP제 양을 3배 증가시켰지만, HSCC는 기준배합과 동일한 SP제 양으로 유동성능을 확보할 수 있었다.
- 2) V-funnel 유하시간 시험 및 U-box의 충전높이 시험의 경우 SF의 형상비 보다는 길이가 보다 큰 영향을 미치는 것으로 나타났으며, 철근콘크리트 구조물에 SF를 혼입한 HSCC를 적용할 경우 철근간격 200mm 이하에서 SF 길이 50mm 이상을 사용하면 충전성이 크게 떨어지므로 충전성을 만족하기 위해서는 SF 길이 30mm 정도가 적당할 것으로 판단된다.
- 3) SF를 혼입한 HSCC 경우 Slump flow와 J-ring flow의 차이 값이 크게 증가하여 통과성능이 저하되는 결과가 나타났지만 형상비와 관계없이 SF의 길이가 커질수록 통과성능이 비례적으로 감소하였으며, ASTM C 1621에서 제시한 최소 성능 기준은 만족하였다.
- 4) SF를 혼입한 HSCC의 압축강도는 최대하중 도달 후에도 SF가 파괴면을 구속함에 따라 파편 탈락이 적게 발생하였는데, 동일한 압축강도 범위에서 SF를 혼입하지 않은 HSCC의 경우보다 쪼갬 및 휨강도는 SF의 형상비와 관계없이 길이가 길어질수록 증가하는 경향이 나타났다.

이상의 실험결과를 통하여 강섬유를 혼입한 고유동 자기충전 콘크리트를 현장 적용할 경우 기존에 사용하고 있는 강섬유보강 일반콘크리트의 경우보다 시

공성 및 품질 향상이 가능할 것으로 판단된다.

감사의 글

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

참고문헌

1. 고경택, 강수태, 박정준, 류금성, "고강도 강섬유 보강 시멘트 복합체의 워커빌리티 향상에 관한 연구", 한국구조물진단학회 제8권 제3호, 2004. 7. pp. 141-148.
2. Mustafa Sahmaran, Alperen Yurtseven, I. Ozgur Yaman, "Workability of hybrid fiber reinforced self-compacting concrete," Building and Environment, Vol. 40, Issue 12, 2005, pp. 1672-1677.
3. 高流動 ヌソクリト一施工指針, JSCE, 2000, pp. 40-45.
4. ASTM C 1621, "Standard Test Method for Pssing Ability of Self-Consolidating Concrete by J-Ring".
5. Nan Su, Buquan Miao, "A new method for the mix design of medium strength flowing concrete with low cement content," Cement and Concrete Composite, Vol. 25, Issue 2, 2003, pp. 215-222.
6. Nan Su, Kung-Chung Hsu, His-Wen Chai, "A simple mix design method for self-compacting concrete," Cement and Concrete Research, Vol. 31, Issue 12, 2001, pp. 1799-1807.
7. Yun Wang Choi, Yong Jic Kim, Hwa Cheol Shin, Han Young Moon, "An experimental research on the fluidity and mechanical properties of high-strength lightweight self-compacting concrete," Cement and Concrete Research, Vol. 36, Issue 9, 2006, pp. 1595-1602.
8. ASTM C 1611, "Standard Test Method for Slump Flow of Self-Consolidating Concrete". 2007.

(접수일자 : 2008년 8월 29일)

(심사완료일자 : 2008년 10월 31일)