강섬유 보강 고성능 콘크리트의 유동 특성

Rheology Property of Steel Fiber Reinforced High Performance Concrete

* 김 영 익 · 성 찬 용(충남대)
* Kim, Young-Ik · Sung, Chan-Yong

Abstract

This study is performed to examine the flowability and filling ability of steel fiber reinforced high performance concrete.

For the estimation of the flowability and filling ability, slump flow, box height difference and L-shape filling appearence are measured and compared.

The test result shows that the slump flow is 60±5cm to make no difference with containing steel fiber, box height difference is increased with increasing steel fiber and L-shape filling appearence is to bad with increasing steel fiber.

But, proper containg of steel fiber is considered to be applied for high performance concrete without decreasing of slump flow and filling ability

Ⅰ. 서 론

건설기술의 발전과 더불어 현대구조물이 초고층화, 대형화, 특수화에 따른 콘크리트 성능 향상에 대한 필요성이 대두되면서 캐나다, 미국, 일본 등에서는 고강도 콘크리트의 개념에서 진일보하여 고강도 이외에 우수한 시공성과 내구성을 요하는 고성능 콘크리트(High Performance Concrete)에 관한 연구가 활발히 진행되고 있으며, 미국, 캐나다 등에서는 고강도성과 고내구성을 강조한 반면에 일본에서는 다짐이 필용없는 자기충전성에 의해 타설이 가능한 시공성에 초점을 둔 고성능 콘크리트에 대한 연구가 이루어지고 있다.

그러나 고성능 콘크리트는 단위결합재량의 증가에 따른 초기 건조수축과 균열 발생 등의 문제점을 내포하고 있어 이에 대한 보완이 요구되고 있다.[2,4)]

한편, 콘크리트의 취성거동을 연성거동으로 유도하고 콘크리트의 인장저항력을 증대시켜 균열의 생성 및 성장을 억제하는 등의 역학적 성질을 개선하기 위하여 단섬유상의 재료를 불규칙한 배열로 콘크리트 속에 랜덤 분산시켜 넣은 섬유보강 콘크리트가 사용되고 있으며, 특히 강섬유보강 콘크리트는 취성적 성질을 크게 개선함과 동시에 균열구속성능, 에너지흡수능력, 내충격성, 내마모성 등이 우수한 것으로 알려져 있다.[1,3,5)]

따라서 본 연구에서는 고성능 콘크리트의 고강도, 유동성, 고내구성를 만족시키면서 콘크리트의 인장강도와 휨인성, 건조수축에 따른 균열에 대한 저항성을 증가시키기 위하여 강섬유를 보강한 강섬유보강 고성능 콘크리트를 개발하여 이에 대한 레올로지 특성을 구명하는 데 그 목적이 있다.

2002년도 한국농공학회 학술발표회 논문집 (2002년 10월 12일)

Ⅱ. 재료 및 방법

1. 사용재료

가. 시멘트

시멘트는 KS F 5201에 규정된 국내 S사 제품의 보통 포틀랜드 시멘트를 사용하였다.

나. 골 재

굵은골재는 비중이 2.64, 조립율이 7.28인 쇄석을 사용하였고, 잔골재는 비중이 2.62, 조립율이 2.35인 천연모래를 사용하였다.

다. 플라이 애시

보령 화력발전소에서 부산되는 비중이 2.39, 비표면적이 3,152㎠/g인 플라이 애시를 사용하였다.

라.강섬유

강섬유는 국내 C사의 양단후크형(End hook)형으로 길이 35mm, 형상비 65, 비중 7.85인 것을 사용하였다.

마. 고성능감수제

콘리트의 강도 증진과 유동성 확보를 위하여 음이온 계면 활성제인 나프탈렌 설폰산염을 주성분으로 하는 고성능 감수제를 사용하였다.

2 공시체 제작

가. 콘크리트 배합

강섬유보강 고성능 콘크리트의 배합은 예비실험을 통하여 결정된 유동성과 충진성을 만족시키는 잔골재 용적비, 물/시멘트 용적비, 굵은골재 용적비를 사용하여 슬럼프 플로우 값이 60±5cm가 될 수 있도록 하였으며, 강섬유의 혼입량은 슬럼프 플로우 및 충진성을 크게 저하시키지 않는 범위에서 전체 체적비로 0, 2.5%, 0.5%, 0.75%, 1.0%로 결정하였다.

유동성과 점성의 증가를 위한 충진재는 고성능 콘크리트의 초기강도 및 장기강도 발현의 특성을 파악하기 위하여 플라이 애시를 결합재 중량의 10%와 20% 사용하였다.

한편, 강섬유의 혼입에 따른 유동성과 충진성의 감소를 억제하기 위하여 고강도성 및 내구성을 저하시키지 않은 범위내에서 물/결합재비와 고성능 감수제 사용량을 배합에 따라 조정하였다.

나. 공시체 제작 및 양생

강섬유보강 고성능 콘크리트의 제작은 KS F 2405 (콘크리트의 압축강도 시험방법)에 준하여 잔골재, 굵은골재를 잘 혼합한 다음 시멘트, 플라이 애시 및 강섬유를 투입하여 건비빔을 30초간 실시한 후 물을 1차 투입하여 1분간 믹싱하고, 물과 고성능 감수제를 2차 투입하여 30초간 고속 회전하였으며, 몰드에 타설된 콘크리트는 양생상자에서 24시간 정치 후 탈형하여 소정의 재령까지 수중양생(20±1℃)을 하였다.

2002년도 한국농공학회 학술발표회 논문집 (2002년 10월 12일)

3. 시험방법

가. 슬럼프플로우 시험

슬럼프 플로우 시험은 시료를 슬럼프 플로우 콘의 상단까지 채운 후 콘을 수직으로 들어올린 후 시료의 변형이 완전히 종료된 시점에 직각방향으로 측정하였다.

나. 과밀배근 철근 충전성 시험

과밀배근 철근 충전성 시험은 시료를 입구에 투입하여 하단까지 흐르게 한 후 충전 정도를 측정하였으며, 매우 우수, 우수, 보통, 불량 등의 4단계로 구분하였다.

다. 박스 간극통과성 시험

왼쪽의 박스에 시료를 채우고 왼쪽과 오른쪽 박스를 연결하는 판을 들어올리면 왼쪽에서 시료가 D13의 철근들이 배근되어 있는 부분을 통과하여 오른쪽으로 이동하며, 이때 왼쪽 박스와 오른쪽 박스의 높이차를 구하여 측정하였다.

라. L형 플로우 시험

시료를 투입구에 가득 채운 후 흐르게 하여 최종 도달거리와 도달 속도를 측정하였다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 슬럼프 플로우

강섬유 혼입율에 관계없이 목표 슬럼프 플로우 60±5cm를 만족하는 것으로 나타났으나, 섬유를 혼입하지 않은 고성능 콘크리트에 비해 섬유혼입율이 증가함에 따라 동일 슬럼프 플로우를 유지하기 위한 물/결합재비와 고성능 감수제의 사용량이 약간 증가하였다.

보통 시멘트 콘크리트에서는 섬유의 혼입에 의해 슬럼프 플로우가 크게 감소하는 반면에 고성능 콘크리트에서는 유동성이 상대적으로 월등히 우수하기 때문에 강섬유의 혼입이 슬럼프 플로우 저하의 원인이 되지 못하는 것으로 나타났다.

2. 과밀배근 철근 충전성

과밀배근 철근 충전성 시험결과, 강섬유의 혼입율 0.5%까지는 섬유를 혼입하지 않은 고성능 콘크리트와 동일하게 충전성이 매우 우수(excellent)한 것으로 나타났으나, 0.75% 혼입시에는 우수(good), 1.0% 혼입시에는 보통(plain)으로 나타났는데, 이러한 결과는 슬럼프 플로우는 장애물이 없어 강섬유의 혼입율에 상관없이 거의 일정하게 나타났으나 과밀배근 철근 충전성은 섬유의 혼입율이 일정량 이상일 경우에는 길이가 긴 섬유와 골재 및 시멘트 페이스트가 일체가 되어 철근을 통과할 때 저항성이 증가하기 때문으로 생각된다.

3. 박스 간극 통과성 시험

박스 간극 통과성 시험결과, 강섬유를 혼입하지 않은 고성능 콘크리트에 비하여 강섬유 혼입율이 증가할수록 박스 높이 차가 크게 나타났으며, 강섬유 혼입율 1%에서는 막힘 현상이 발생하였는데 이러한 결과는 왼쪽 박스에 시료를 투입한 후 왼쪽과 오른쪽을 연결하는 판을 들어 올렸을 때 강섬유와 골재 및 시멘트 페이스트가 동시에 철근을 통과하면서 골재에 비해 상대적으로 길이가 긴 강섬유가 골재와 맞물려 철근을 통과하지 못하여 계속적으로 흐르지 못한 것으로 생각된다.

2002년도 한국농공학회 학술발표회 논문집 (2002년 10월 12일)

Ⅳ. 결 론

이 연구는 고성능 콘크리트의 고강도, 초유동성, 고내구성를 만족시키면서 인장강도와 휨인성 및 균열에 대한 저항성을 증가시키기 위하여 강섬유를 보강한 강섬유보강 고성능 콘크리트를 개발하여 이에 대한 유동 특성을 구명한 것으로서, 이 연구를 통해 얻어진 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 슬럼프 플로우는 강섬유 혼입율에 관계없이 60±5cm를 만족하는 것으로 나타났으며, 섬유혼입율이 증가함에 따라 슬럼프 플로우가 약간 감소하였다.

2. 과밀배근 철근 충전성 시험결과 강섬유의 혼입율 0.5%까지는 섬유를 혼입하지 않은 고성능 콘크리트와 동일하게 충전성이 매우 우수(excellent)한 것으로 나타났으나, 강섬유 혼입율이 증가할수록 충전성이 감소하였다.

3. 박스 간극 통과성 시험결과 강섬유를 혼입하지 않은 고성능 콘크리트에 비하여 강섬유 혼입율이 증가할수록 박스 높이 차가 크게 나타났으며, 강섬유 혼입율 1%에서는 막힘 현상이 발생하였다.

참 고 문 헌

1. A. M. Brandt. 1995. Cement-based composites : materials, mechanical properties and performance, E & FN Spon : 66-76.

2. A. Katz. and A. Bentur. 1991. High performance fibers in high strength cementitious matrices, *High Performance Fiber Reinforced Cement Composites.* E & FN SPON : 237-247.

3. Erik J. Sellevold. 1987. The function of condensed silica fume in high strength concrete, *Proceeding of Simposium on Utilization of High Strength Concrete,* Stavanger Norway : 39~50.

4. K. Sakai, N. Banthia. and O. E. Gjorv. 1995. *Concrete under Severe Conditions (environment and loading,* E & FN Spon : 1675~1683.

5. Sung, C. Y., Lee, S. H. and Song, C. S. 2001. Properties of physical and mechanical of Eco-concrete with polypropylene(in korean). *Journal of the Korean Society of Agricultural Engineers* 43(1) : 116-121.

2002년도 한국농공학회 학술발표회 논문집 (2002년 10월 12일)