

Micro-CT 스캐닝을 통한 섬유보강 콘크리트 기둥내부 강섬유의 배향성 및 위치분포 분석

Analysis of Orientation and Distribution of Steel Fiber in Fiber Reinforced Concrete Column by Micro-CT Scanning

박 태 훈* 서 형 원** 배 성 철***
Park, Tae-Hoon Suh, Heong-Won Bae, Sung-Chul

Abstract

In this study, analysis of steel fiber orientation and distribution inside fiber reinforced concrete was performed using micro-CT scanning technology. Samples were extracted from the column according to its height and distance from the mold. Samples were scanned in order to attain the image of steel fibers then region of interest were obtained by binarization process. By calculating the principle moment of inertia of each fiber, direction vector, scale, center position, volume, and surface area were gained in order to analyze the orientation and distribution. Most of the fibers inside the column tended to be perpendicular to the main axis of the column. Moreover, most of the fibers appeared at the bottom of the column and at the position where it is farthest from the mold.

키 워 드 : 미세단층촬영, 섬유보강 콘크리트, 강섬유, 배향성, 위치분포
Keywords : micro-CT, fiber reinforced concrete, steel fiber, orientation, distribution

1. 서 론

1.1 연구의 목적

고성능 콘크리트는 일반 콘크리트의 물성을 개선하기 위해 사용된다. 하지만, 고성능 콘크리트는 취성의 성향을 나타내기 때문에 균열이 조금만 생겨도 큰 균열로 발전할 수 있고, 고온에 노출되면 폭렬이 일어날 수 있는 위험이 있다. 이를 보완하기 위해 하이브리드 섬유(강섬유 + 폴리프로필렌 섬유)를 혼입시켜 고성능 콘크리트의 물성을 향상시킨다. 섬유보강 고성능 콘크리트의 성능을 좌우하는 가장 중요한 인자는 섬유의 물성과 섬유의 배향성 및 위치분포이다. 기존 연구에서는 섬유가 고르게 분포되어 있고 하중방향과 섬유가 평행할 때 가장 좋은 성능을 나타내는 것으로 알려져 있으나 실제 구조물내의 섬유의 배향성 및 위치분포에 대한 정보는 부족한 실상이다. 본 연구에서는 섬유보강 콘크리트 기둥에서의 위치에 따른 섬유 배향성 및 분포도를 micro-CT를 이용하여 분석하였다.

2. 실험 방법

2.1 공시체 제작 및 추출

30mm의 길이, 6mm의 원지름을 가진 hook end steel fiber(강섬유) 40kg/m³의 비율로 혼입한 60MPa강도의 섬유보강 콘크리트 실기둥을 400×500×3000mm³크기로 제작하였다. 기둥의 높이에 따라서(하(A), 중(B), 상(C)) / 거푸집으로부터의 거리에 따라서(원(1), 중(2), 근(3))로 나누어서 3개씩 총 9개의 공시체를 추출하였다.

2.2 Micro-CT 촬영 및 분석

추출한 공시체를 미세단층촬영기(SkyScan1173, Bruker-CT, Belgium)을 이용하여 2240×2240pixel²의 크기로 약 2000장 촬영하였다. 분석을 위하여 획득한 2D CT 이미지의 재구성 및 이진화를 진행하였다. 각 2D 이미지들의 이진화 후 섬유를 3D 이미지로 재구성하였다(그림1). 3D화 한 섬유들의 단면2차모멘트를 계산하여서 각 섬유의 주축을 도출하여서 섬유의 위치벡터, 크기, 도심, 부피, 표면적을 구하였다.¹⁾

* 한양대학교 건축공학부 석사과정
** 한양대학교 건축공학부 석·박통합과정
*** 한양대학교 건축공학부 조교수, 교신저자(sbae@hanyang.ac.kr)

3. 실험 결과

3.1 강섬유의 배향성 및 위치분포 분석

주 철근의 방향을 기준으로 추출한 각 공시체의 배향성을 파악하였다(그림2). 배향성이 45° 이상이면 주 철근과 수직인 경향, 45° 이하이면 주 철근과 평행인 경향을 나타낸다. 기둥의 높이에 따른 결과로 하부(A) 79%, 중부(B) 85%, 상부(C) 85%의 비율로 섬유가 주 철근과 수직인 경향을 나타내었다. 거푸집으로부터의 거리에 따른 결과로 원(1) 81%, 중(2) 76%, 근(3) 92%의 비율로 섬유가 주 철근과 수직인 경향을 확인하였다. 섬유의 위치분포는 기둥의 위치에 따른 섬유들의 부피의 총합으로 파악하였다. 그 결과, 하부(A) 40.4%, 중부(B) 35.8%, 상부(C) 23.8%, 원(1) 38.9%, 중(2) 32.9%, 근(3) 28.2%의 비율로 섬유가 분포되어 있는 것을 확인하였다.



그림 1. 섬유 3D화 이미지

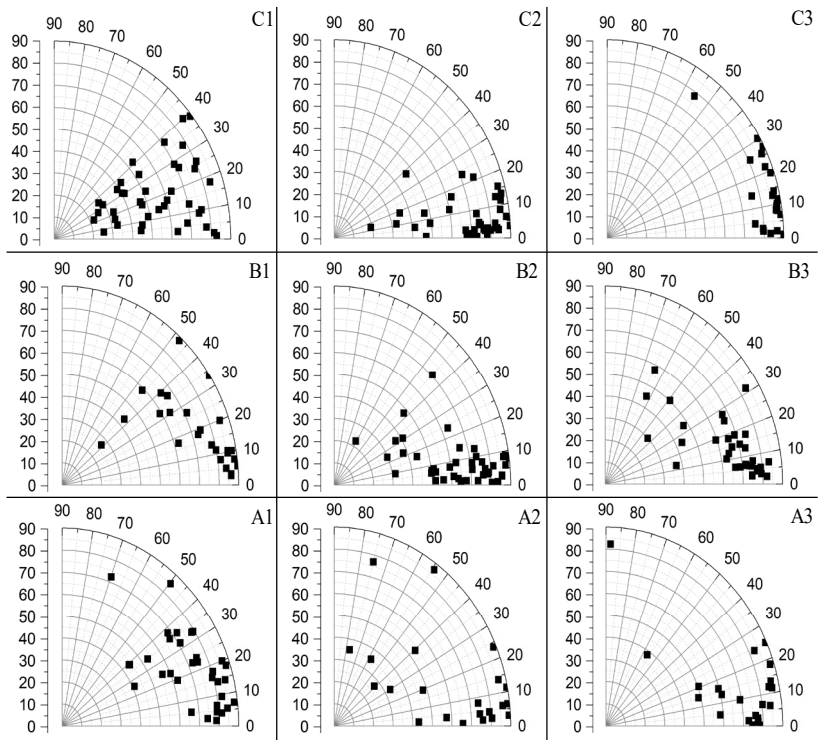


그림 2. 기둥의 위치에 따른 섬유의 배향성 결과

4. 결 론

본 연구에서는 섬유보강 콘크리트 실기둥에서 기둥의 높이, 거푸집으로부터의 거리에 따른 위치를 나누어서 추출한 공시체를 micro-CT를 이용하여 내부에 분포되어 있는 섬유의 배향성 및 위치분포를 파악하였다. 섬유의 배향성은 대체적으로 주 철근과 수직인 경향을 나타내었고 섬유는 기둥의 하단부, 거푸집으로부터 가장 먼 곳에서 가장 많이 분포하는 것을 확인하였다. 하지만 섬유를 분석할 때 두 개 이상 겹쳐진 섬유를 분리하는 것에 아직까지 어려움이 있다. 추후 연구에는 기둥내부에서 휘어진 섬유와 겹쳐진 섬유의 분석방법에 관한 연구를 진행할 예정이다.

Acknowledgement

본 연구는 국토교통부 국토교통기술사업화지원사업의 연구비지원(16TBIP-C111710-01)에 의해 수행되었습니다.

참 고 문 헌

1. B. Drach, A. Drach, and I. Tsukrov, Characterization and statistical modeling of irregular porosity in carbon /carbon composites based on X-ray microtomography data, ZAMM · Z. Angew. Math. Mech Vol.93, No.5, pp.346~66, 2013