

양마섬유를 혼입한 콘크리트의 공학적 특성에 관한 실험적 연구

An Experimental Study on the Engineering Properties of Fiber Reinforced Concrete using Kenaf Fibers

권영호^{1*}

전우철²

Kwon, Yeong-Ho^{1*}

Jun, Woo-Chul²

*Department of Architecture & Fire Administration, Dong Yang University, Punggi-eup, Yeongju-si, Gyeongbuk, 36040, Korea ¹
Baengnyeong Army Facility Construction, Doosan E&C, Baengnyeong-myun, Ongjin-gun, Incheon, 23103, Korea ²*

Abstract

This study is to examine experimentally on the engineering properties of fiber reinforced concrete using kenaf(KN) fiber and another organic fibers for comparing test, and propose the usable method of KN fiber as an natural fiber in the concrete industry. It is to select 4 contents(0, 0.3, 0.6 and 0.9 kg/m³) of KN fiber and 4 organic fibers (Jute, Cellulose, Polypropylene and Nylon). For this study, it is to perform various tests including slump, air content, plastic and drying shrinkage, flexural and tensile strength, carbonation depth for the fiber reinforced concrete according to contents of KN fiber and 4 organic fibers. The results of this study are as follows : In case of KN fiber contents 0.6 kg/m³, it shows the effective results from increasing concrete strength including flexural and tensile, from decreasing plastic and drying shrinkage, carbonation depth. Also KN fiber is confirmed having excellent performances by comparing with test results of another organic fibers as same contents 0.6 kg/m³. Therefore, considering concrete test results, cost and environment, KN fiber is proposed as the optimum contents in the range of 0.6 kg/m³ and an effective fiber materials, and needs to keep up these study on the site application.

Keywords : kenaf fiber, organic fiber, optimum contents, plastic and drying shrinkage

1. 서론

최근 콘크리트 기술은 구조물의 초고층화·대형화·특수화 등과 같은 사회적 요구에 부응하며, 고강도·고내구성·고유동성 등의 성능개발을 통해 비약적으로 발전해 왔다. 그럼에도 불구하고 콘크리트 재료의 취성적인 특성과 초기의 소성수축 균열 등은 여전히 해결해야 할 과제로 남아 있다. 이를 개선하기 위한 방안의 하나로, 콘크리트 매트릭스에 섬유보강재를 혼입하여 인장응력을 분산시키는 섬유보강 콘크리트(Fiber Reinforced Concrete : FRC)에 관

한 연구가 지속적으로 수행되고 있으며, 이에 대한 관심과 필요성도 점차 증대되고 있다[1,2].

대표적인 섬유보강재는 강, 유리, 탄소섬유와 같이 콘크리트의 역학적 성질을 개선시키기 위한 무기질 섬유와 폴리프로필렌, 폴리에틸렌, 나일론 등의 인공섬유 및 펄프, 마, 코코넛, 소나무 등에서 추출되는 천연섬유와 같이 콘크리트의 에너지 흡수능력을 증진시키기 위한 유기질 섬유로 구분할 수 있다 [2]. 특히, 친환경성과 경제성 측면이 대두되면서 황마(Jute, 이하 JT), 셀룰로오스(Cellulose, 이하 CEL) 등과 같은 유기질 천연섬유에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다[3,4].

또한, 인공섬유인 나일론(Nylon, 이하 NY), 폴리프로필렌(Polypropylene, 이하 PP) 및 폴리비닐 알코올(Poly vinyl alcohol, 이하 PVA)과 천연섬유인 CEL섬유의 혼입율에 따른 모르타르 및 콘크리트의 유동성, 강도 및 건조수축 등에 관한 성능평가를 통하여 천연섬유의 사용성에 대한 연구

Received : January 19, 2016

Revision received : April 6, 2016

Accepted : April 15, 2016

* Corresponding author : Kwon, Yeong-Ho

[Tel: 82-54-630-1197, E-mail: kyh00127@hanmail.net]

©2016 The Korea Institute of Building Construction, All rights reserved.

도 활발히 이루어지고 있다[5,6,7]. 특히, 천연섬유의 하나인 양마(Kenaf, 이하 KN)를 섬유보강재로 사용할 수 있는 가능성을 제시한 연구도 보고되었으며, 또한 국내에서도 세계 3대 섬유작물인 KN(장대)의 국산화 성공과 새만금 및 경기 화옹간척지 등에서 재배하기 시작하여 대량생산을 통해 본격적으로 산업소재 시장에 진출할 것으로 예상되고 있다[8,9].

KN의 줄기에서 가공된 KN섬유는 표면이 거칠고, 인장력 및 부식저항성이 우수하며, 셀룰로오스 함량이 약 60~70%, 리그닌 함량이 10~20%로 높고 생육이 빨라서 생산성 및 경제성이 우수하기 때문에, 이를 섬유보강재로 사용할 경우에 인장강도와 부착력의 증진 및 소성수축 균열의 감소는 물론 친환경적인 소재의 활용성 측면에도 큰 효과가 있을 것으로 사료된다[8].

따라서 본 연구에서는 KN섬유의 혼입량에 따른 섬유보강 콘크리트의 공학적 특성을 실험적으로 평가하여, 최적 혼입량을 도출하고자 한다. 또한, KN섬유의 최적 혼입량에 대하여, 유기질 섬유보강재(JT섬유, CEL섬유, PP섬유 및 NY섬유)와의 비교실험을 통해, 실제 적용할 수 있는 기초자료를 제시하고자 한다.

2. 실험계획 및 방법

2.1 실험계획

KN섬유의 혼입량에 따른 섬유보강 콘크리트의 특성을 실험적으로 평가하고, 유기질 섬유보강재와의 비교하기 위한 단계별 실험과정은 Figure 1과 같다.

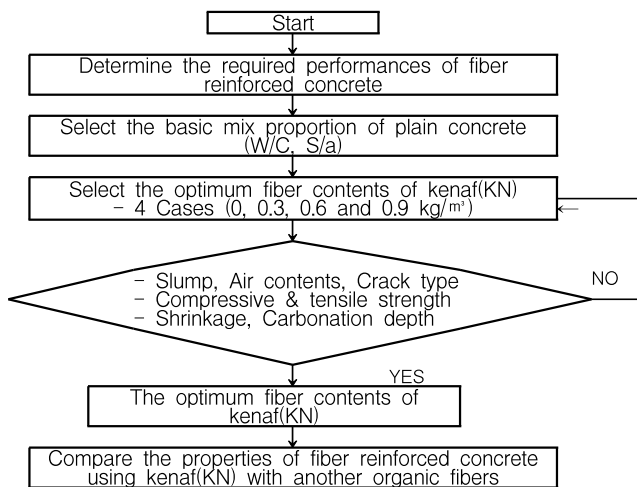


Figure 1. Test procedure for fiber reinforced concrete using kenaf(KN) and another organic fibers

2.2 사용재료

본 연구에서 시멘트는 KS L 5201을 만족하는 국내 C사의 보통포틀랜드 시멘트(밀도 3.15g/cm³, 분말도 3,265cm²/g, 안정성 0.08%)를 사용하였다.

또한, 잔골재는 적당한 입도를 갖는 인천산 세척사(바닷모래, 밀도 2.50g/cm³, 조립률 2.86, 흡수율 2.62%)이며, 굵은골재는 파주산 25 mm 쇄석(부순자갈, 밀도 2.63g/cm³, 조립률 6.55, 흡수율 0.58%)을 사용하였다.

Table 1은 사용된 섬유보강재의 역학적 특성을 나타낸 것이며, Figure 2는 섬유보강재의 형상 및 현미경 구조를 각각 나타낸 것이다.

Table 1. Mechanical characteristics for types of fibers

| Fiber types | Density (g/cm ³) | Fiber length (mm) | Equivalent diameter (mm) | Tensile strength (MPa) | Modulus of elasticity (MPa) |
|-------------|------------------------------|-------------------|--------------------------|------------------------|-----------------------------|
| KN | 1.24 | 8 | 0.059 | 600 | 34,000 |
| JT | 1.30 | 10 | 0.065 | 300 | 32,000 |
| CEL | 1.50 | 2.92 | 0.015 | 510 | 6,100 |
| PP | 0.91 | 12 | 0.041 | 560 | 3,600 |
| NY | 1.16 | 12 | 0.023 | 765 | 4,020 |

여기서, 천연섬유인 KN섬유와 CEL섬유는 국내 D사의 제품을, JT섬유는 C사의 제품을 사용하였으며, 인공섬유인 PP섬유와 NY섬유는 국내 N사의 제품을 사용하였다.

KN섬유는 표면이 거친 용마루 형태로 콘크리트 매트릭스의 부착력 향상에 기여할 수 있고, 단면이 타원형으로 표면적의 증대에 따른 성능개선도 기대된다[8].

JT섬유는 표면이 거칠어 시멘트 복합체의 결합력이 우수하며 친수성으로 분산성이 우수하기 때문에, 부착강도 증진 및 균열발생 억제에 효과가 있다[3]. CEL섬유는 표면이 수산화기(OH)를 띄기 때문에, 가교작용을 통하여 역학적 성질개선 및 미세균열 저감에 우수한 성능을 갖고 있다[4]. PP섬유는 가볍고 분산성이 좋기 때문에 인장강도의 개선과 소성 및 건조수축에 의한 균열억제로 내구성을 향상시킬 수 있으며, NY섬유는 흡수율이 커서 시멘트 수화시 수분을 공급하는 역할을 하여 시멘트 복합체의 결합력을 증진시키는 효과가 있다[1].

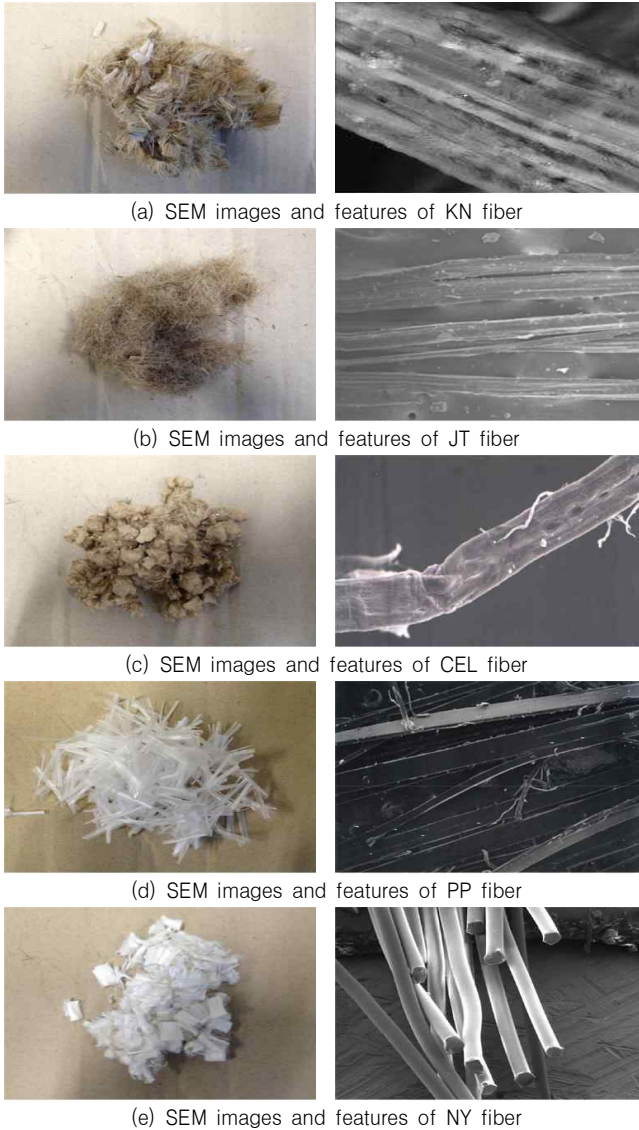


Figure 2. SEM images and features of organic fibers

2.3 배합조건 및 배합방법

Table 2는 본 연구에서 선정된 콘크리트의 배합조건을 나타낸 것이다. 이때 굳지 않은 콘크리트의 요구성능은 슬럼프 $180 \pm 25\text{mm}$, 공기량 $4.5 \pm 1.5\%$ 이며, KN섬유의 혼입량 및 비교용 유기질 섬유보강재 종류에 따른 실험계획은 Table 3과 같다.

Table 2. Basic mix proportion for plain concrete

| W/C (%) | S/a (%) | Unit materials weight (kg/m ³) | | | | Chemical admixture (%) |
|---------|---------|--|--------|------|--------|------------------------|
| | | Water | Cement | Sand | Gravel | |
| 49.9 | 48.5 | 181 | 363 | 850 | 913 | 0.6 |

Table 3. Experimental plan for fiber contents and fiber types

| Fiber types | Fiber contents (kg/m ³) | Evaluation items |
|-----------------|-------------------------------------|---|
| Plain | 0.0 | - Slump, Air content |
| KN | KN-0.3 | - Compressive strength |
| | KN-0.6 | - Tensile strength |
| | KN-0.9 | - Flexural strength |
| | KN-0.9 | - Plastic shrinkage crack |
| JT, CEL, PP, NY | Optimum fiber contents of KN | - Drying shrinkage - Carbonation depth |

콘크리트 배합에는 2축 트윈샤프트(Twin shaft) 고성능 믹서(30rpm)를 사용하였으며, 배합시간 및 배합방법은 Figure 3과 같다.

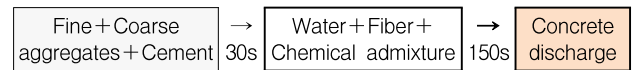


Figure 3. Mixing method and time of the fresh concrete

2.4 시험방법

슬럼프 및 공기량 시험은 KS F 2402 및 KS F 2421에 따라 실시하였다. 소성수축 시험은 Figure 4에 나타난 바와 같이 ASTM C 1581에 제시한 $\varnothing 400 \times 50\text{mm}$ 및 중앙부에 콘크리트를 구속하기 위한 $\varnothing 150\text{mm}$ 링을 설치한 시험체에 시편을 제작한 후, $30 \pm 3^\circ\text{C}$ 의 온도와 $50 \pm 3\%$ 의 상대습도 조건에서 48시간 동안 진행하면서 균열상황을 확인하였다.

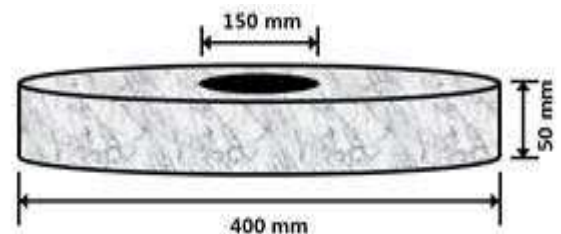


Figure 4. Test specimen for plastic shrinkage crack

압축강도 시험은 KS F 2405에 따라, 인장강도 시험은 KS F 2423에 따라, 휨강도 시험은 KS F 2408에 따라 재령별 실시하였다. 건조수축 길이변화 시험은 KS F 2424에 따라 $100 \times 100 \times 400\text{mm}$ 각주 시험체를 제작하여, 상온 $20 \pm 2^\circ\text{C}$, 습도 $60 \pm 5\%$ 조건에서 기건양생을 실시한 후에 부착형 스트레인 게이지를 사용하여 재령 51일까지 측정하였다. 또한, 탄산화 촉진시험은 KS F 2584에 따라 제작된 시험체를 온도 $20 \pm 2^\circ\text{C}$, 습도 $60 \pm 5\%$, CO_2 발생량 $5.0 \pm 0.5\%$ 환경조건에서 촉진양생을 진행한 후, 재령 1,

2, 6, 8주에 각각 실험체 15곳의 평균값으로 탄산화 깊이를 측정하였다.

3. 실험결과 분석 및 고찰

3.1 KN섬유 혼입량에 따른 콘크리트의 특성

3.1.1 슬럼프 및 공기량 분석

KN섬유의 혼입량에 따른 섬유보강 콘크리트의 슬럼프 및 공기량 실험결과는 Table 4와 같다.

슬럼프는 대부분 목표값(180 ± 25 mm)을 만족하였지만, 혼입량이 증가할수록 10~15mm 범위에서 감소되는 경향을 보였다. 이는 매트릭스에서 거친 섬유표면으로 인한 부착성과 섬유 상호간의 가교작용(Bridging)에 기인된 것으로 사료된다[5,8]. 또한 경시변화 30분에 따른 슬럼프 손실은 초기와 유사하게 10~15mm 정도 감소하는 것으로 나타났다.

Table 4. Slump and air results for fiber contents

| No. | Fiber content (kg/m ³) | Slump (mm) | | Air content (%) | |
|--------|------------------------------------|------------|---------|-----------------|---------|
| | | 0 min. | 30 min. | 0 min. | 30 min. |
| Plain | 0.0 | 185 | 175 | 4.7 | 4.4 |
| KN-0.3 | 0.3 | 175 | 165 | 5.1 | 4.7 |
| KN-0.6 | 0.6 | 175 | 160 | 5.5 | 4.7 |
| KN-0.9 | 0.9 | 170 | 160 | 5.7 | 5.1 |

또한, Plain에 비해 KN섬유의 혼입량이 증가할수록 공기량이 약간 증가하는 것으로 나타났는데, 이는 섬유와 시멘트 매트릭스의 미세공극이 증가하기 때문으로 사료된다[5,6]. 그러나 대부분 목표 공기량($4.5 \pm 1.5\%$)을 만족하였다.

3.1.2 소성수축 균열 분석

Figure 5 및 Figure 6은 KN섬유의 혼입량에 따른 균열 폭과 길이 및 균열 면적의 측정결과를 각각 나타낸 것이며, Figure 7은 KN섬유의 혼입량에 따른 소성수축 균열의 성상을 나타낸 것이다.

실험결과, Plain에 비하여 KN섬유의 혼입량이 증가할수록, 균열의 길이는 약 20~60%, 균열의 폭은 약 21~56% 정도의 범위에서 감소하는 것으로 나타났다.

또한, 상대균열 면적비는 KN섬유의 혼입량 0.3kg/m³의 경우 약 36%, 0.6kg/m³의 경우 81% 및 0.9kg/m³의 경우

약 83% 범위에서 감소되는 것으로 나타났다. 이는 KN섬유의 혼입율이 증가할수록, 소성수축으로 표면에 발생하는 콘크리트의 인장응력에 대하여 매트릭스 내에 분산된 섬유의 구속효과가 증대되기 때문에, 균열의 길이, 폭 그리고 균열 면적이 감소된 것으로 사료된다[6].

또한, KN섬유의 혼입량 0.9kg/m³와 0.6kg/m³의 균열저감 효과는 약 2% 정도의 차이를 나타내었는데, 이와 함께 경제성 등을 고려하여 KN섬유의 최적 혼입량을 선정하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.

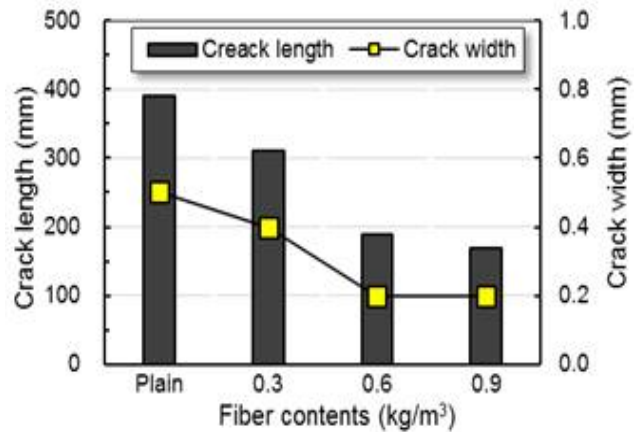


Figure 5. Crack length and width depending on KN contents

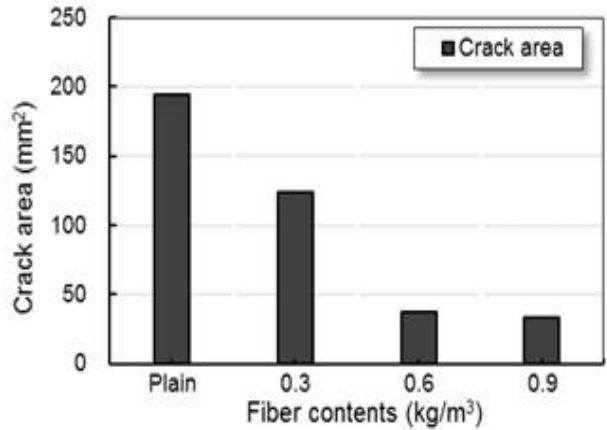


Figure 6. Crack area depending on KN fiber contents

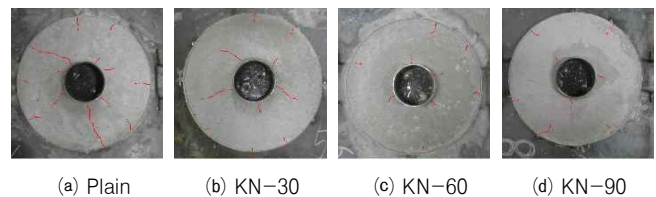


Figure 7. Plastic shrinkage crack depending on KN contents

3.1.3 압축강도 분석

Figure 8은 KN섬유의 혼입량에 따른 재령별 압축강도의 측정결과를 나타낸 것이다.

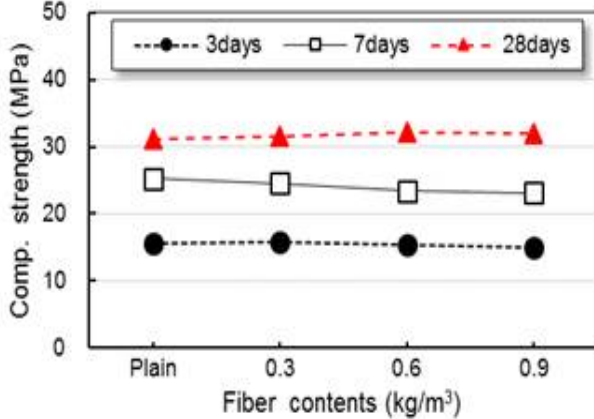


Figure 8. Compressive strength depending on KN fiber contents

실험결과, 초기재령(3일, 7일)에서는 KN섬유의 혼입량이 증가할수록 압축강도가 1.0~9.0% 범위에서 감소하는 경향을 보였으나, 재령 28일에서는 Plain과 거의 유사하거나 1.0~3.0% 증가하는 경향을 나타내었다. 즉, KN섬유의 혼입량에 따른 압축강도의 영향은 크지 않은 것으로 사료된다[4].

3.1.4 인장강도 및 휨강도 분석

Figure 9 및 Figure 10은 KN섬유의 혼입량에 따른 인장강도 및 휨강도의 측정결과를 각각 나타낸 것이다.

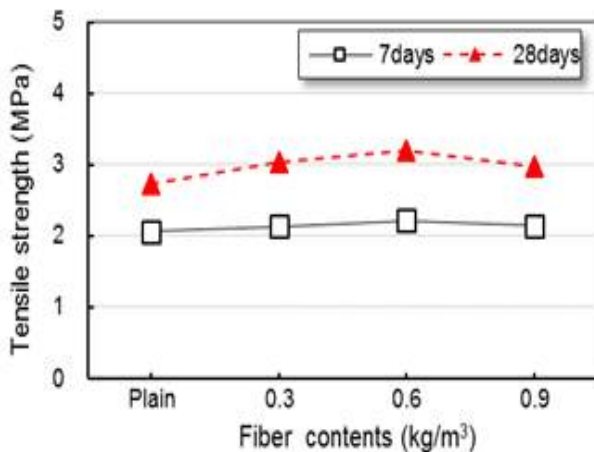


Figure 9. Tensile strength depending on KN fiber contents

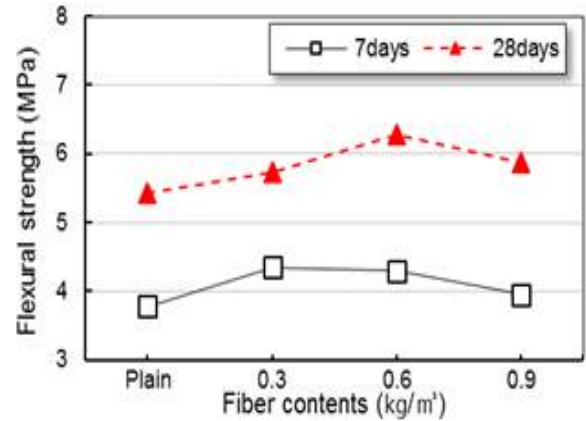


Figure 10. Flexural strength depending on KN fiber contents

실험결과, 28일 인장강도는 KN섬유의 혼입량 0.6kg/m³까지 11~17% 증가하였지만, 혼입량 0.9kg/m³에서는 9%로 증가폭이 감소하는 것으로 나타났다. 이는 KN섬유의 혼입량이 증가함에 따라 콘크리트 매트릭스 내에서 섬유가 뭉침현상, 부착력 감소 및 분산성의 한계 등의 영향에 기인한 것으로 사료된다[5,6].

28일 휨강도 실험결과도 KN섬유의 혼입량 0.6kg/m³까지는 약 6.0~16.0% 증가하는 것으로 나타났는데, 이는 섬유의 에너지 흡수능력과 부착성능에 따른 최적 혼입량이 존재하는 것으로 사료된다[5]. 따라서, 강도특성을 고려하면, KN섬유의 혼입량은 0.6kg/m³ 범위가 적합할 것으로 사료된다.

3.1.5 건조수축 특성분석

Figure 11은 KN섬유의 혼입량에 따른 재령 51일까지의 건조수축(길이변화)의 측정결과를 나타낸 것이다.

실험결과, KN섬유의 혼입량이 증가함에 따라, 0.3kg/m³에서 2.7%, 0.6kg/m³에서 9.9%, 0.9kg/m³에서 8.4%정도 건조수축을 억제하는 것으로 나타났지만, 소성수축 균열의 억제효과에 비하여 그 효과는 크지 않았다[6].

3.1.6 탄산화 깊이 분석

Figure 12는 KN섬유의 혼입량에 따른 재령 56일(8주)까지의 탄산화 깊이의 측정결과를 나타낸 것이다.

실험결과, KN섬유 혼입을 0.6kg/m³까지는 탄산화 깊이의 차이가 Plain에 비해 약간 감소하거나 유사한 값을 보였지만, 0.9kg/m³에서는 증가하는 경향을 보였다. 이는 KN섬유의 증가에 따라 미세공극이 증가하기 때문으로 사료되

만, 0.6kg/m^3 이하의 범위에서는 큰 영향이 없을 것으로 나타났다.

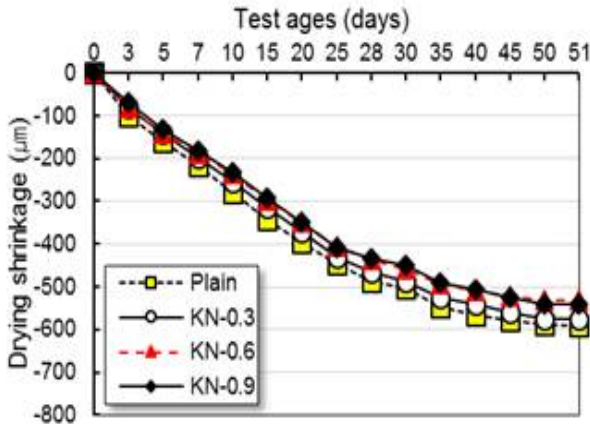


Figure 11. Drying shrinkage depending on KN contents at ages

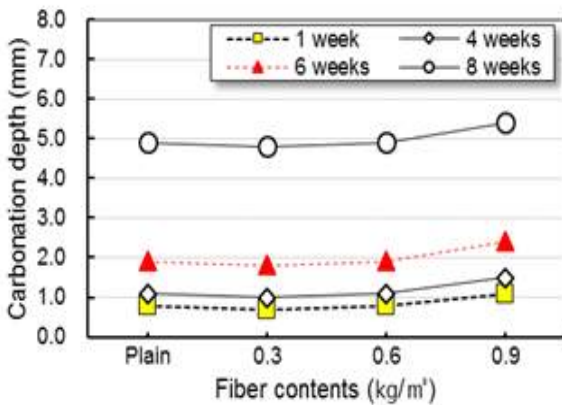


Figure 12. Carbonation depth depending on KN contents at ages

3.1.7 KN섬유의 최적 혼입량 및 비교평가 시험

KN섬유의 혼입량에 따른 콘크리트의 특성분석 결과, 최적 혼입량은 0.6kg/m^3 범위로 나타났다. 따라서 본 연구에서는 Table 2의 배합조건에서 KN섬유의 최적 혼입량(0.6kg/m^3)과 동일한 혼입량을 각각 사용한 유기질 섬유보강재에 대한 콘크리트의 특성을 비교하였다.

3.2 섬유보강재 종류에 따른 콘크리트의 특성

3.2.1 슬럼프 및 공기량 분석

Figure 13은 섬유보강재의 종류에 따른 슬럼프의 경시변화를 나타낸 것이다.

실험결과, 대부분의 섬유에서 경시변화에 따라 슬럼프가

감소하는 것으로 나타났는데, 이는 섬유에 흡수되는 수량과 뭉침현상 및 콘크리트 계면과의 접착력 차이에 따른 것으로 사료된다[3,11].

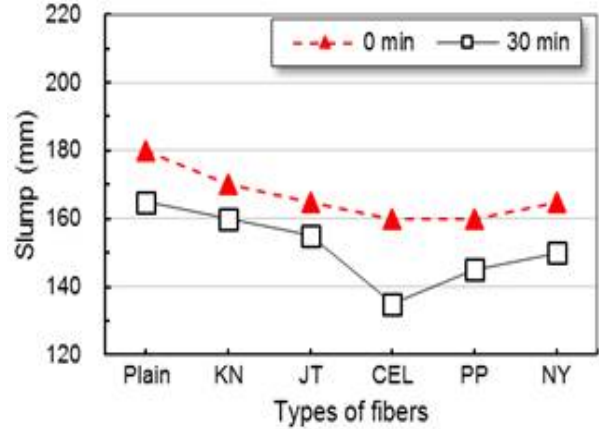


Figure 13. Slump depending on types of fibers at elapsed time

경시변화 30분에서 CEL섬유는 수분흡수의 증대로 슬럼프 손실이 크게 나타났으며, 분산성과 친수성을 갖는 KN섬유 및 JT섬유는 목표 슬럼프($180\pm 25\text{mm}$)를 만족하였다.

공기량 실험결과, KN섬유에 비해 PP섬유 및 NY섬유의 공기량이 약간 저하되는 경향을 보였지만, 대부분 목표 공기량($4.5\pm 1.5\%$)을 만족하였다[6].

3.2.2 소성수축 균열 분석

Figure 14 및 Figure 15는 섬유보강재의 종류에 따른 콘크리트의 균열 폭과 길이 및 균열 면적을, Figure 16은 소성수축 균열의 성상을 나타낸 것이다.

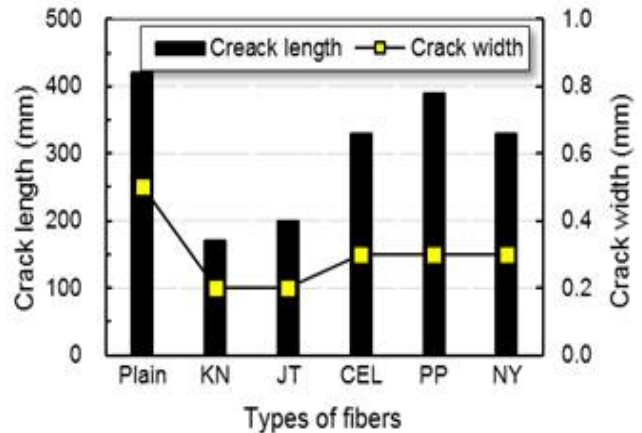


Figure 14. Crack length and width depending on types of fibers

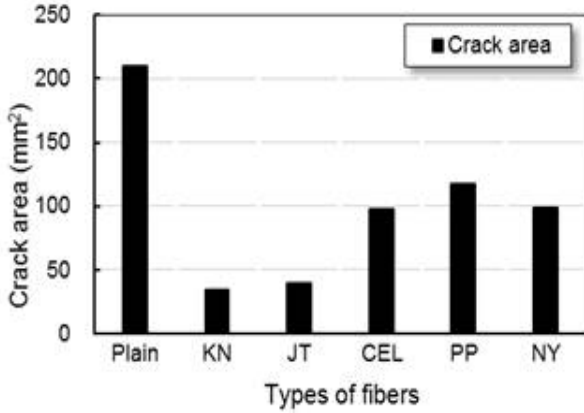


Figure 15. Crack area depending on types of fibers

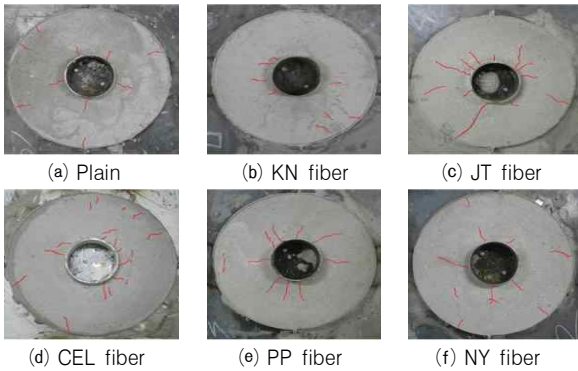


Figure 16. Plastic shrinkage crack depending on types of fibers

실험결과, Plain에 비하여 각각 섬유를 혼입한 콘크리트의 균열저감 효과는 KN섬유>JT섬유>CEL섬유>NY섬유>PP섬유 순으로 나타났다. 상대균열 면적비는 Plain에 비해 KN섬유 16%, JT섬유 19%, CEL섬유 46%, NY섬유 47%, PP섬유 56%를 나타내었는데, 이는 섬유의 밀도, 길이, 표면성상 및 역학적 특성에 따른 영향으로 사료된다 [3,4]. 각각의 섬유보강재에 대한 최적 혼입량의 차이도 있을 것으로 사료되지만, 동일 혼입량에서 KN섬유의 균열저감 효과가 가장 큰 것으로 나타났다.

3.2.3 압축강도 분석

Figure 17은 섬유보강재의 종류에 따른 재령별 압축강도의 측정결과를 나타낸 것이다.

실험결과, 28일 재령강도는 KN섬유>JT섬유>PP섬유>NY섬유>CEL섬유 순으로 나타났지만, Plain에 비해 94~105% 범위로 압축강도의 영향은 크지 않은 것으로 사료된다[5,6].

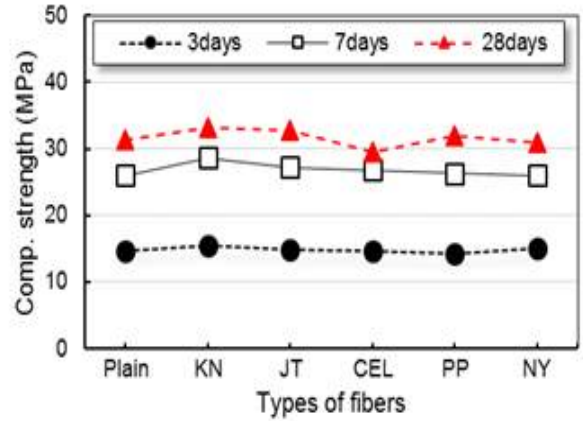


Figure 17. Compressive strength depending on types of fibers

3.2.4 인장강도 및 휨강도 분석

Figure 18 및 Figure 19는 섬유보강재의 종류에 따른 인장강도 및 휨강도의 측정결과를 각각 나타낸 것이다.

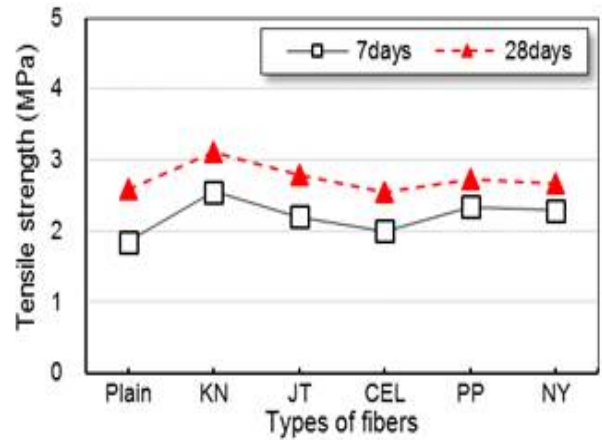


Figure 18. Tensile strength depending on types of fibers

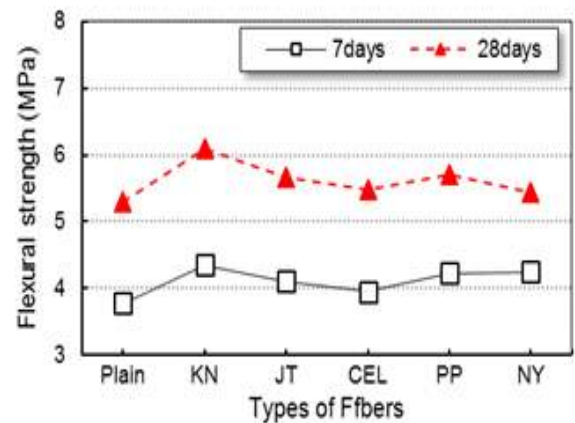


Figure 19. Flexural strength depending on types of fibers

실험결과, 28일 인장강도는 KN섬유>JT섬유>PP섬유>NY섬유>CEL섬유 순으로 나타났다. Plain에 비해 KN섬유가 20% 정도 높게 측정되었으나, 나머지 섬유보강재는 -2~7% 정도로 큰 차이를 보이지 않았다. 이는 KN섬유의 거친표면으로 인한 부착성 증대에 기인된 것으로 사료된다[2,8].

휨강도 측정결과도 인장강도와 유사한 경향을 나타내었으며, 대부분 Plain에 비해 약간 높은 것으로 나타났다. 이는 섬유의 가교현상과 매트릭스의 분산성능에 따른 것으로 사료된다[3].

3.2.5 건조수축 특성분석

Figure 20은 섬유보강재의 종류에 따른 재령 51일까지의 건조수축(길이변화)의 측정결과를 나타낸 것이다.

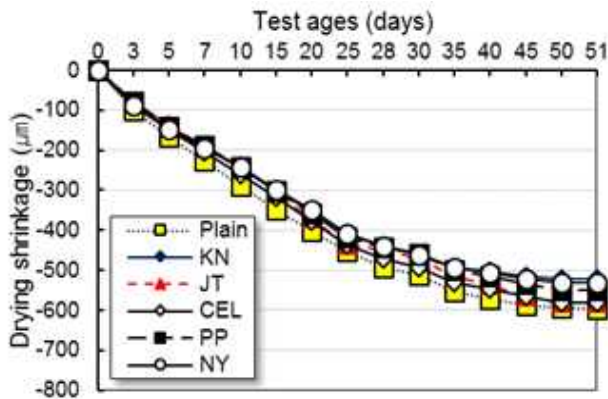


Figure 20. Drying shrinkage depending on fiber types at ages

실험결과, KN섬유>NY섬유>PP섬유>CEL섬유>JT섬유 순으로 건조수축의 저감효과가 있는 것으로 나타났다. KN섬유와 NY섬유의 경우 11% 이상의 건조수축 저감효과가 있었지만, 그 외 섬유보강재는 2~8% 범위를 나타내었다.

3.2.6 탄산화 깊이 분석

Figure 21은 섬유보강재의 종류에 따른 재령 56일(8주)까지의 탄산화 깊이의 측정결과를 나타낸 것이다.

실험결과, NY섬유>CEL섬유>KN섬유>PP섬유>JT섬유 순으로 탄산화 깊이의 저감효과가 있는 것으로 나타났다. Plain과 비교할 때, KN섬유, PP섬유 및 JT섬유는 탄산화 깊이가 약간 증가하는 것으로 측정되었다. 이는 콘크리트 매트릭스에 내에 분포된 섬유조직의 미세공극의 분포에 따

른 영향으로 사료된다.

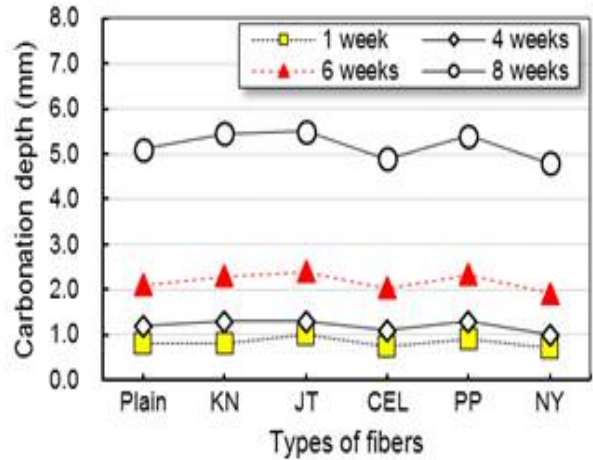


Figure 21. Carbonation depth depending on fiber types at ages

4. 결 론

본 연구에서는 KN섬유의 혼입율에 따른 섬유보강 콘크리트의 특성평가로 최적 혼입량을 선정하고, 동일한 혼입량을 각각 사용한 유기질 섬유보강재의 성능을 비교, 평가하기 위한 연구로, 그 결과를 정리하면 다음과 같다.

- 1) 섬유표면의 부착성 및 매트릭스 내의 미세공극으로 인하여 KN섬유의 혼입량이 증가할수록, 슬럼프 감소 및 공기량 증대하는 경향을 나타내었다.
- 2) KN섬유의 혼입량이 증가할수록, 콘크리트 매트릭스 내에 분산된 섬유의 부착력 및 구속효과로 인하여 혼입량 0.3kg/m³에서 36%, 0.6kg/m³에서 81% 및 0.9kg/m³에서 83%범위에서 소성수축 균열을 저감시키는 효과가 있는 것으로 사료된다.
- 3) KN섬유의 혼입량이 증가할수록, 에너지 흡수능력 및 부착성 등의 영향으로 인장강도 11~17% 및 휨강도 6~16% 증가한 것으로 사료된다.
- 4) 건조수축 길이변화 및 탄산화 실험결과, Plain에 비해 KN섬유의 혼입량 0.6kg/m³범위까지 저감되거나 유사한 값을 보였다. 전반적인 실험결과를 고려할 때, KN섬유의 최적 혼입량은 0.6kg/m³가 가장 적합할 것으로 사료된다.
- 5) KN섬유와 유기질 섬유보강재의 슬럼프 실험결과, 분산성과 친수성을 갖는 KN섬유와 JT섬유가 목표슬럼프

프를 만족하였다. 또한, 소성수축 균열의 면적비는 Plain에 비해 KN섬유(16%), JT섬유(19%), CEL섬유(46%), NY섬유(47%), PP섬유(56%)의 순으로 KN섬유 및 JT섬유의 효과가 가장 우수한 것으로 나타났다.

- 6) 인장강도 및 휨강도 분석결과, 섬유의 표면 및 탄성계수, 부착성 등의 영향으로 KN섬유가 Plain에 비해 20%정도 높게 나타났으며, 건조수축 길이변화의 실험결과 KN섬유와 NY섬유가 11%이상의 수축저감효과가 있었다. 그러나, 탄산화 깊이는 섬유조직의 미세공극의 영향으로 NY섬유 및 CEL섬유가 우수한 것으로 나타났다.

요 약

본 연구에서는 천연섬유인 KN섬유를 섬유보강 콘크리트에 사용하기 위한 방안으로, KN섬유의 혼입량 및 유기질 섬유보강재 종류에 따른 콘크리트의 공학적 특성을 실험적으로 확인하였다. 이러한 연구를 위하여 KN섬유의 혼입량 4종류(0, 0.3, 0.6 및 0.9kg/m³) 및 비교용 섬유보강재(JT, CEL, PP 및 NY섬유) 4종류를 대상으로 슬럼프, 공기량, 소성수축 시험 및 압축강도, 인장강도, 휨강도, 그리고 건조수축량, 탄산화 깊이 등을 실험하였다. 실험결과, KN섬유의 혼입량 0.6kg/m³일 때, 인장강도 및 휨강도 증진에 매우 효과적이며, 소성수축 균열 및 건조수축량 저감, 탄산화 깊이에도 큰 효과가 있는 것으로 나타났다. 또한, 동일량 혼입량(0.6kg/m³)을 사용한 유기질 섬유보강재와의 비교실험에서 탄산화 깊이를 제외한 인장강도 및 휨강도, 소성수축 균열 및 건조수축량 저감 등에 KN섬유가 우수한 것으로 나타났다. 따라서, KN섬유의 혼입량 0.6kg/m³를 사용하여 섬유보강 콘크리트에 적용하는 것이 콘크리트의 성능 및 환경성, 경제성 측면에서 가장 적합한 것으로 나타났으며, 향후 현장적용성에 대한 지속적인 연구가 요구된다.

키워드 : 양마섬유, 유기섬유, 최적혼입량, 소성수축균열

References

1. Won JP, Park CG, Effects of Specialty Cellulose Fibers on Improvement of Flexural Performance and Control of Crack

ing of Concrete, Journal of the Korea Concrete Institute, 2000 Apr;12(2):89-98.

2. Kim KL, Ahn TH, Kim BG, Application of Nylon Fiber Reinforced Concrete, Magazine of the Korea Concrete Institute, 2004 Nov;16(6):65-73.

3. Yoon KW, Kim DY, Jun IG, Lee JH, Park YG, Research for Performance Evaluation of Crack Reduction in Fiber Reinforced Concrete with Using Jutes, Proceedings of the Korea Institute of Building Construction, 2010 May;10(1):53-55.

4. Yoon KW, Kim DY, Jun IG, Lee JH, Park YG, Evaluation of the Basic Properties of Concrete with Types of Cellulose Fibers, Journal of the Korea Institute of Building Construction, 2011 Sept;11(5):419-25.

5. Han CG, Kim BG, Lee KC, Kim KL, (2006), Influence of Organic Fiber Kinds on Engineering Properties of Concrete, Proceedings of the Korea Institute of Building Construction, 2006 May;6(1):27-30.

6. Han CG, Han MC, Shin HS, Effect of the Nylon and Cellulose Fiber Contents on the Mechanical Properties of the Concrete, Journal of the Korea Institute of Building Construction, 2007 Sept;7(3):83-90.

7. Han CG, Shin HS, Park YK, Kim KM, Lee GC, Hwang IS, Engineering Properties of Cement Mortar using Organic Fiber Rehabilitation Materials, Proceedings of the Korea Institute of Building Construction, 2005 Nov;5(2):39-42.

8. Elsaid A, Dawood M, Seracino R, Bobko C, Mechanical properties of kenaf fiber reinforced concrete, Construction and Building Material, 2011 Apr;25(4):1991-2001.

9. Kang SY, Kenaf as Jangdae for bioplastics and biofibers developed and will be commercialized, Jeongeup Advanced Radiation Technology Institute of Korea Energy Research Institute, 2013 Nov. Available from: <http://sjbnews.com>

10. Won JP, Park CG, Ahn TS, Experimental Study for Plastic Shrinkage Cracking of Cellulose Fiber Reinforced Concrete, Proceedings of the Korea Concrete Institute, 1998 Nov;10(2):319-23.

11. Kim JS, Jung JH, Choi Y, A Property of Cellulose Fiber Reinforced Concrete, Proceedings of the Korea Concrete Institute 2005 Nov;22(2):203-4