

중심 축하중을 받는 고강도 RC기둥의 섬유 혼입량에 따른 폭열 및 내화 성상

한천구¹⁾·황인성¹⁾·이재삼²⁾·김경민^{2)*}

¹⁾청주대학교 건축공학과 ²⁾두산산업개발(주) RC연구개발팀

(2005년 6월 1일 원고접수, 2005년 12월 30일 심사완료)

Spalling and Fire Enduring Properties of High Strength RC Column Subjected to Axial Load Depending on Fiber Contents

Cheon-Goo Han¹⁾, Yin-Seong Hwang¹⁾, Jae-Sam Lee²⁾, and Kyoung-Min Kim^{2)*}

¹⁾Dept. of Architectural Engineering, Chongju University, Chongju 360-764, Korea

²⁾Dept. of RC Research & Development, Doosan Industrial Development Co., LTD, Seoul 137-062, Korea

(Received June 1, 2005, Accepted December 30, 2005)

ABSTRACT

This paper investigates experimentally the fire resistance performance and spalling resistance of high performance reinforced concrete column member subjected to fire containing polypropylene fiber(PP fiber) and cellulose fiber(CL fiber). An increase in PP fiber and CL fiber contents, respectively resulted in a reduction of fluidity due to fiber ball effect. Air content is constant with an increase in fiber content. Compressive strength reached beyond 50 MPa. Based on fire resistance test, severe failure occurred with control concrete specimen, which caused exposure of reinforcing bar. No spall occurred with specimen containing PP fiber. This is due to the discharge of internal vapour pressure. Use of CL fiber superior to control concrete in the side of spalling resistance, localized failure at corner of specimen was observed. Corner of specimen had deeper neutralization than surface of specimen. Specimen containing PP fiber had the least damaged area due to spalling. Neutralization depth ranged between 6 and 8 mm. Residual compressive strength of specimen containing PP fiber maintained 40%, which is larger than control concrete with 20% of residual strength. Specimen containing CL fiber had 25% of residual strength.

Keyword : RC column, spalling of high performance concrete, polypropylene fiber, cellulose fiber

1. 서 론

최근의 건축 구조물은 초고층화와 함께 고강도 및 고성능 콘크리트의 사용이 증가함에 따라 화재시 폭열에 대한 관심이 높아지고 있다. 화재시 발생하는 폭열현상은 갑작스런 고온이 구조체 내부로 전달되면 내부 수증기압이 발생하고, 이러한 내부 수증기압이 콘크리트의 인장강도를 초과하면 심한 폭음과 함께 박리 및 탈락하는 현상^{1) 6)}, 낮은 물시멘트비로 강도가 크고, 내부 조직이 치밀한 고성능 콘크리트일수록 발생이 용이한 것으로 알려지고 있다.

이러한 폭열을 방지하는 방안으로는 마감재로 내화도료를 피복하여 화재시 고온을 차단하는 방법과 내열성이

작은 유기섬유 등을 혼입하여 내부 수증기압을 빠르게 유출시키는 방법^{7) 8)}, 강제 등으로 황구속하여 폭열을 억제하는 방법 등이 알려지고 있다. 국내에서는 폴리프로필렌 섬유(이하 PP섬유)와 메탈라스 황구속⁹⁾에 의한 폭열방지 연구가 일부 진행되었으나, 실구조체를 대상으로 장시간 가열에 의한 폭열방지 및 내화성능에 대한 검토는 미흡한 실정이다.

그러므로, 본 연구에서는 기존연구에서 폭열방지에 효과가 있는 것으로 알려진 PP섬유와 내열성이 적은 셀룰로오스 섬유(이하 CL섬유)의 혼입량 및 마감재 변화에 따라 제작한 RC 기둥부재에 대하여 3시간 내화시험을 실시한 후 폭열 및 잔존 압축강도 등 내화특성 등을 검토하므로써, 화재시 고성능 콘크리트의 내화성 향상 방안을 제시하고자 한다.

* Corresponding author

E-mail : km-kim@doosan.com

©2006 by Korea Concrete Institute

Table 1 Experimental design

| Factors | | | | | | Experiments | |
|---------|-----------------------|-----------------|--------|------------------------------------|-----|---|--|
| W/B (%) | Consistency (mm) | Air contents(%) | FA (%) | Fiber contents(kg/m ³) | | Fresh concrete | Hardened concrete |
| | | | | PP | CL | | |
| 34 | Slump flow 600±100 | 4.5±1.5 | 15 | Plain | | <ul style="list-style-type: none"> Slump Slump flow Air content Unit weight | <ul style="list-style-type: none"> Compressive strength of cylinder specimens - (3, 7, 28 days) Compressive strength of full sized specimens (plain, PP 0.9kg/m³) Temperature history (plain, PP 0.9kg/m³) Fire resistance test Spalling area ratio Depth of spalling Weight reduction ratio Depth of neutralization Residual comp. st. ratio |
| | | | | 0.9 | 0.6 | | |
| | | | | 1.8 | 1.2 | | |
| | | | | 2.7 | 1.8 | | |

Table 2 Mixture proportions

| W/B (%) | W (kg/m ³) | S/a (%) | SP/C* (%) | AE/C** (%) | Kind of fiber | Volume mixing (ℓ/m ³) | | | | Weight mixing (kg/m ³) | | | | | | |
|---------|------------------------|---------|-----------|------------|---------------|-----------------------------------|----|-----|-----|------------------------------------|----|-----|-----|----------|----------|--|
| | | | | | | C | FA | S | G | C | FA | S | G | PP Fiber | CL Fiber | |
| 34 | 168 | 46 | 1.0 | 0.014 | Plain | 157 | 34 | 274 | 322 | 420 | 74 | 708 | 840 | 0 | 0 | |
| | | | | | PP | | | | | | | | | 0.9 | - | |
| | | | | | CL | | | | | | | | | 1.8 | - | |
| | | | | | | | | | | | | | | 0.6 | 1.2 | |
| | | | | | | | | | | | | | | | 1.8 | |

* superplasticizer ratio by weight of cement

** AE content ratio by weight of cement

2. 실험계획 및 방법

2.1 실험계획

본 연구의 실험계획은 Table 1과 같다. 즉, 실험요인으로 W/B는 호칭강도 40MPa를 만족하는 실무 시공조건을 고려하여 플라이애쉬를 15% 치환한 34%의 1수준에 대하여 RC기둥 부재로 상정한 300×300×600 mm의 시험체를 제작한 후 섬유를 혼입하지 않은 플레인과 PP섬유 혼입량을 0.9, 1.8, 2.7kg/m³의 3수준, CL섬유를 0.6, 1.2, 1.8kg/m³의 3수준으로 총 7배치를 실험계획 하였다. 이때, 플레인은 목표 슬럼프플로우치를 고유동 콘크리트 범위인 600±10 mm, 목표 공기량을 4.5±1.5%를 만족하도록 배합설계 하였고, PP 및 CL섬유 혼입량 변화에 따라 동일하게 적용하였으며, 실험사항으로 굳지않은 콘크리트와 경화 콘크리트는 Table 1과 같고, 배합사항은 Table 2와 같다.

2.2 사용 재료

본 실험에 사용한 시멘트는 국내산 보통 포틀랜드 시멘트를 사용하였고, 골재로서 잔골재는 경남 창녕군 현창산 강모래, 굵은골재는 경남 진해시 용원산 25mm 부순 굵은골재를 사용하였는데, 시멘트 및 골재의 물리적 성질은 Tables 3 및 4와 같다. 또한, 혼화재료로 플라이애쉬는 보령 화력산, 고

성능감수제는 국내산 B사의 폴리칼본산계를 사용하였는데, 그 물리적 성질은 Tables 5 및 6과 같다. PP 및 CL 섬유는 국내산 S사 제품을 사용하였는데, 그 물리적 성질은 Table 7과 같고, 섬유의 형상은 Photo 1과 같다.

Table 3 Physical properties of cement

| Density (g/cm ³) | Blaine (cm ² /g) | Soundness (%) | Setting time (min) | | Compressive strength (MPa) | | |
|------------------------------|-----------------------------|---------------|--------------------|------|----------------------------|-------|--------|
| | | | Ini. | Fin. | 3days | 7days | 28days |
| 3.15 | 3,203 | 0.08 | 215 | 310 | 21.9 | 30.0 | 38.5 |

Table 4 Physical properties of aggregates

| Aggregates | Density (g/cm ³) | Fines modulus | Absorption ratio(%) | Unit weight(kg/m ³) |
|-------------|------------------------------|---------------|---------------------|---------------------------------|
| Fine agg. | 2.58 | 2.81 | 0.43 | 1,517 |
| Coarse agg. | 2.61 | 6.56 | 0.59 | 1,528 |

Table 5 Physical properties of fly ash

| Density (g/cm ³) | Blaine (cm ² /g) | L.O.I (%) | Compressive strength ratio(%) | SiO ₂ (%) | Moisture content(%) |
|------------------------------|-----------------------------|-----------|-------------------------------|----------------------|---------------------|
| 2.22 | 3,850 | 4.2 | 92 | 67.5 | 0.2 |

Table 6 Physical properties of chemical admixture

| Kind | Ingredient | Type | Color | Density(g/cm ³) |
|------------------|-------------------|-------|--------------|-----------------------------|
| Superplasticizer | Polycarbonic acid | Fluid | White yellow | 1.14 |

Table 7 Physical properties of fiber

| Kind | Ingredient | Density (g/cm ³) | Length (mm) | Diameter (mm) | Melting point (°C) | Tensile strength (MPa) |
|----------|---------------------------|------------------------------|-------------|---------------|--------------------|------------------------|
| PP Fiber | Homopolymer polypropylene | 0.9 | 15.0 | 0.070 | 162 | 560 |
| CL Fiber | Cellulose | 1.5 | 2.9 | 0.015 | 260 | 510 |

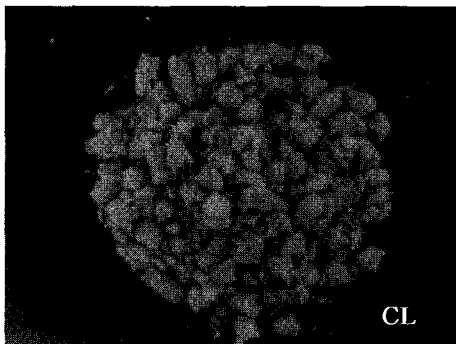
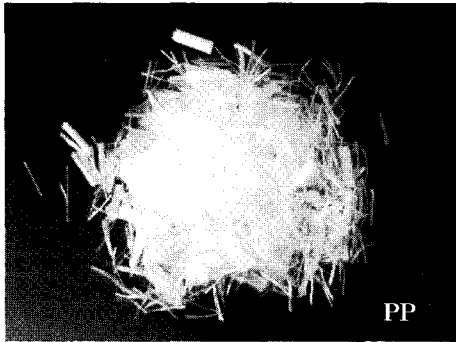


Photo 1 Shape of PP and CL fiber

2.3 실험 방법

본 연구의 실험방법으로 콘크리트의 혼합은 강제식 팬타입 믹서를 사용하였는데, 이때, 섬유 혼입은 섬유의 분산이 잘 되도록 PP섬유의 경우 건비빔시 손으로 골고루 뿌려주었고, CL섬유는 배합수에 혼합하여 분산이 잘 되도록 한 후 혼합을 실시하였다.

굳지않은 콘크리트의 실험으로 슬럼프는 KS F 2402 규정에 의거 실시하였고, 슬럼프플로우는 슬럼프 측정이 끝난 후 최대직경과 이에 직교하는 직경의 평균치로 하였으며, 공기량 및 단위용적질량은 KS F 2421 및 2409의 규정에 따라 실시하였다.

RC 기둥부재는 Fig. 1의 배근도에 의해 철근조립 후 거푸집을 조립한 다음 섬유 혼입량에 따른 콘크리트를 부어 넣어 제작한 후 20 ± 3 °C의 표준양생조건에서 14일 살수양생한 후 14일 기중방치 하였다.

경화콘크리트의 실험으로 공시체 압축강도는 KS F 2405

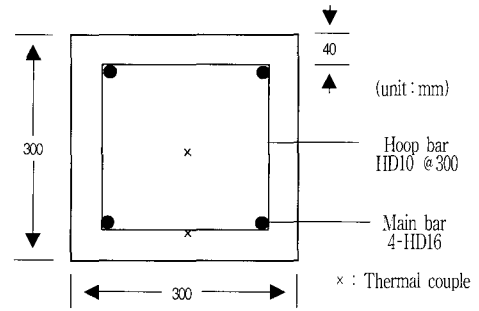


Fig 1 Bar arrangement of RC column

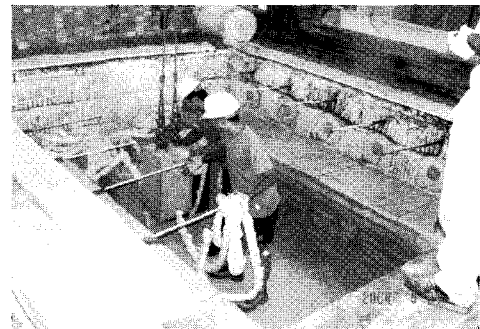


Photo 2 Heater for test of fire resistance

에 의거 1,000 kN U.T.M.을 사용하여 측정하였고, 구조체 압축강도는 10,000 kN U.T.M을 이용하여 측정하였다.

온도이력 측정은 Fig. 1과 같이 중심부와 단부에 K타입 열전대를 매설한 후 데이터 로거에 의해 매분간격으로 측정하였으며, 내화시험은 실무조건으로 시공한 RC 기둥부재를 Photo 2와 같이 한국건설기술연구원의 바닥용 가열로 내에 수직으로 배치한 후 Fig. 2와 같이 KS F 2257-1에서 규정한 표준가열곡선으로 3시간 가열을 실시하는 것으로 하였다. 내화시험 후 폭열여부는 육안으로 관찰하여 조사하였고, 폭열발생 면적률은 폭열면적을 RC 기둥부재의 전체면적으로 나눈 백분율로 구하였으며, 폭열깊이는 RC 기둥부재의 4면 및 모서리에 대한 최대 폭열깊이의 평균치로 구하였고, 중량감소율은 내화시험 전후 각 시험체의 중량을 측정하여 백분율로 구하였다. 또한, 중성화 깊이는 1% 페놀프탈레인 알칼용액을 시험체 절단면에 분무하여 무색부분을 중성화로 간주하여 평균적인 중성화 깊이를 구하였고, 잔존 압축강도는 RC 기둥부재를 코어채취하여 KS F 2405에 의거 측정하였다.

3. 실험 결과 및 분석

3.1 굳지않은 콘크리트의 특성

Figs. 3 및 4는 PP 및 CL섬유의 혼입량 변화에 따른 슬럼프, 슬럼프플로우, 공기량 및 단위용적질량을 나타낸 것이다.

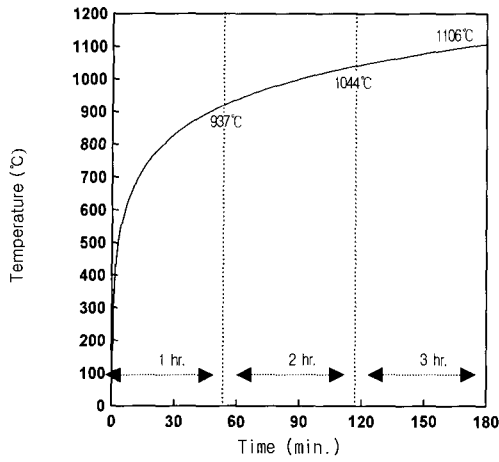


Fig. 2 Standard heating curve

먼저, 플레인 콘크리트는 목표 슬럼프플로우 600 ± 100 mm 및 목표 공기량 $4.5 \pm 1.5\%$ 의 범위를 만족하도록 배합 설계 하였다.

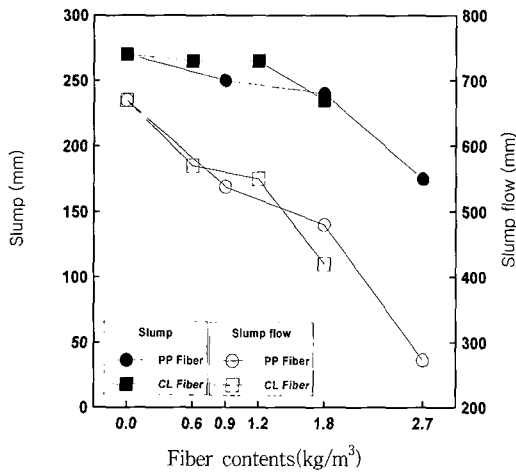


Fig. 3 Slump and slump flow of fresh concrete with fiber contents

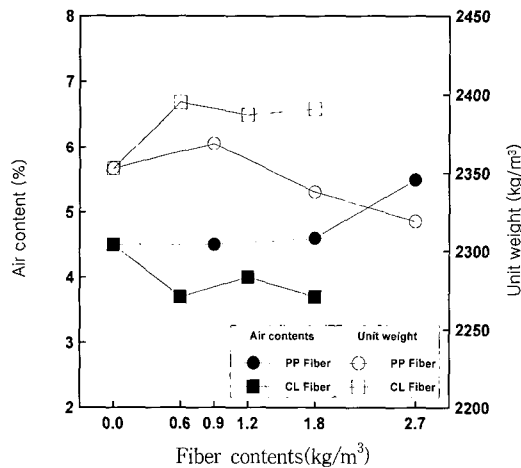


Fig. 4 Air contents and unit weight of fresh concrete with fiber contents

섬유 혼입량 증가에 따른 유동성은 PP 및 CL섬유 공히 플레인보다 저하하였고, 섬유 종류에 따라서는 PP섬유가 CL섬유보다 다소 크게 저하하였는데, 이는 PP섬유가 밀도가 작고, 길이가 긴 단섬유로 영침현상에 의해 유동성이 크게 저하한 것으로 사료된다. 또한, PP 및 CL섬유 혼입량 변화에 따른 공기량은 플레인과 비교하여 다소 증감의 차이는 있으나, 모두 목표 공기량의 범위를 만족하였고, 단위 용적질량은 공기량과 반대의 경향이였다.

3.2 경화 콘크리트의 특성

Fig. 5는 PP 및 CL섬유 혼입량 변화에 따른 재령별 경화콘크리트 압축강도를 나타낸 것이고, Fig. 6은 플레인을 100으로 보고 섬유 혼입량 변화에 따른 압축강도비를 나타낸 것이다.

전반적으로 압축강도는 재령이 경과할수록 증가하는 경향이었고, 플레인인 경우 재령 28일에서 52MPa 정도의 고

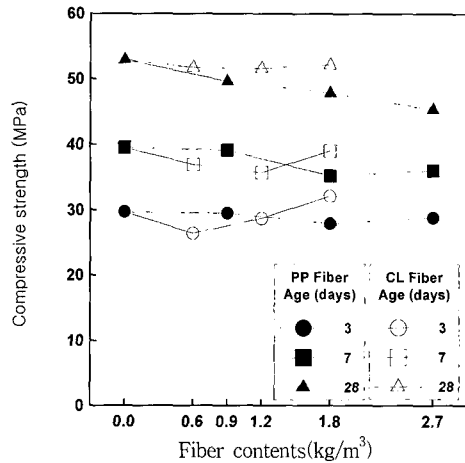


Fig. 5 Compressive strength of harden concrete with fiber contents

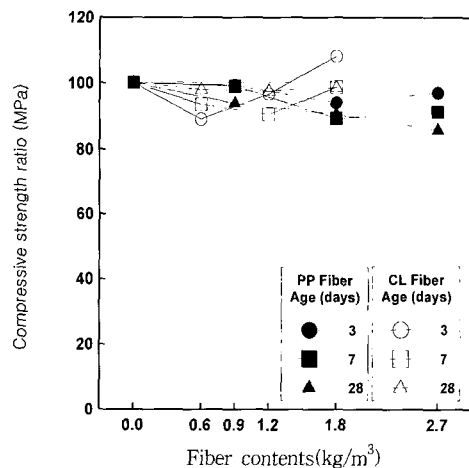


Fig. 6 Compressive strength ratio of harden concrete with fiber contents

Table 8 Comparison of compressive strength and residual compressive strength in full sized specimens

| Kind | | Plain | PP fiber |
|--|----------------------------------|-------|----------|
| Before fire test | Compressive strength (MPa) | 50.0 | 48.5 |
| | compared with plain specimens(%) | 100 | 97 |
| After fire test | Compressive strength (MPa) | 37.8 | 38.6 |
| | compared with plain specimens(%) | 100 | 102 |
| Residual compressive strength after fire test(%) | | 75.6 | 79.5 |

강도로 나타났다. 또한, 섬유 혼입량 변화에 따른 압축강도는 PP섬유의 경우 혼입량이 증가할수록 다소 저하하여 압축강도비가 10% 전후로 감소하였고, CL섬유의 경우는 플레인과 비교하여 압축강도의 큰 차이 없이 52MPa 전후의 고강도를 발휘하였다. 이는 PP섬유의 경우 CL섬유보다 길이 및 직경이 큰 반면 콘크리트와의 부착강도가 충분히 발휘되지 못할 뿐만 아니라 공기량의 영향 등 복합적인 요인에 기인된 것으로 사료된다.

Table 8은 10,000 kN U.T.M을 이용하여 내화시험 전·후의 플레인 및 PP섬유를 혼입한 구조체의 압축강도 및 잔존 압축강도율을 비교한 것이다. 먼저 내화시험 전에는 플레인의 경우 50.0MPa 이었고 PP섬유를 혼입한 경우에는 48.5MPa를 나타내어 다소 작은 압축강도 결과를 나타내었다. 반면, 내화시험 후에는 플레인의 경우 37.8MPa를

나타내어 잔존 압축강도율이 75.6% 이었고, PP섬유를 혼입한 경우는 38.6MPa로 잔존강도율이 약 80%로 나타나, PP섬유를 혼입한 경우가 플레인 보다 화재시 잔존내력 향상에 약 5% 정도의 효과가 있음을 알 수 있었다.

3.3 폭열 및 내화 특성

Photo 3은 PP 및 CL섬유의 혼입량 변화에 따라 제작한 RC 기둥부재에 대하여 화재를 상정한 3시간 내화시험을 실시하고 난 후의 모습을 나타낸 것이다.

PP 및 CL섬유의 혼입량 변화에 따라 제작한 RC 기둥부재의 폭열 특성으로, 먼저, 섬유를 혼입하지 않은 플레인은 급격한 고온과 내부 수증기압의 영향으로 심한 파괴폭열이 발생하여 철근이 노출되었고, PP섬유를 혼입한 경우는 내열성이 작은 PP섬유가 고온에 녹아 내부 수증기압을 효과적으로 배출할 수 있는 통로를 형성하여 폭열이 방지됨을 확인할 수 있었다.

또한, CL섬유를 혼입한 RC 기둥은 플레인과 비교하여 어느 정도 폭열방지에 효과가 있음을 확인할 수 있었으나, 대부분 모서리에서 파괴폭열이 발생하였다. 이는 모서리에서의 2면 가열에 의한 급격한 온도상승과 CL섬유의 길이가 PP섬유보다 상대적으로 짧아 내부 수증기압을 효과적으로 배출할 수 있는 통로로 형성되지 못한 것에 기인된 결과로 사료된다.

Fig. 7은 플레인 및 PP섬유를 혼입한 경우의 중앙부 및 단부의 온도이력을 나타낸 것이다. 먼저 플레인의 경우 가

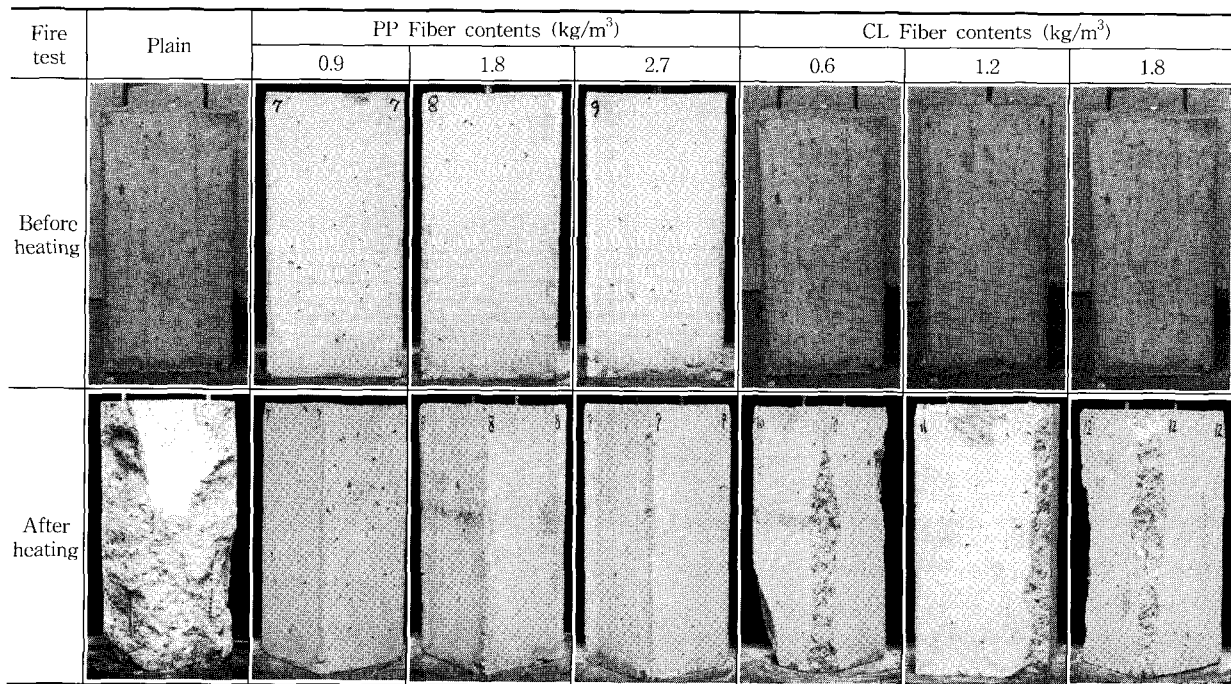


Photo 3 RC Column after fire resistance test with fiber contents

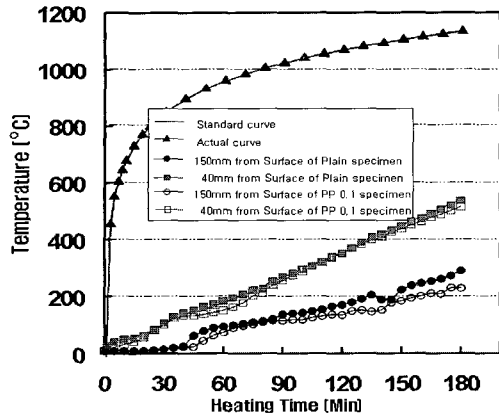


Fig. 7 Temperature history of specimens

열 후 약 45분 후 첫 번째 폭열이 관찰되었는데, 이때 플레인 콘크리트의 단부 철근부분의 온도는 약 200 °C를 기록하였다. 또한, PP섬유를 0.1% 혼입한 부재의 경우는 100 ~ 200 °C 범위에서 일순간 온도상승을 멈추고 수평을 유지하는 것으로 나타났는데, 이는 PP섬유가 약 160 °C에서 녹

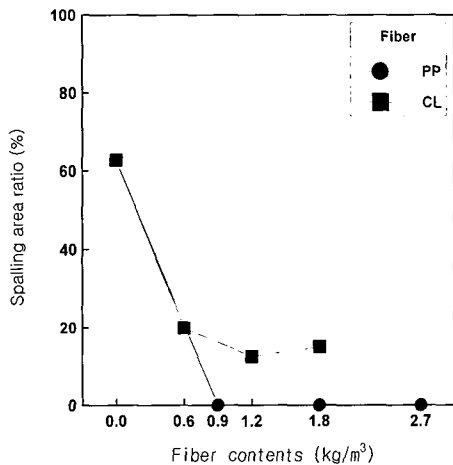


Fig. 8 Spalling area ratio after fire resistance test

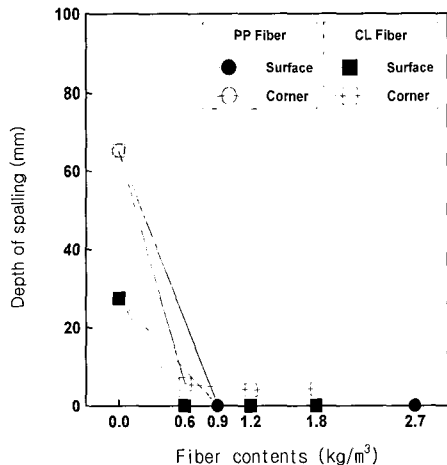


Fig. 9 Depth of spalling after fire resistance test

아 콘크리트에 흡착하여 생긴 공극사이로 수증기가 방출하여 내부의 열을 소모한데 기인한 것으로 사료된다.

Fig. 8은 PP 및 CL섬유 혼입량 변화에 따른 내화시험 후 RC 기둥부재의 폭열발생 면적률을 나타낸 것이다.

PP 및 CL섬유 혼입량 변화에 따른 RC 기둥부재의 내화시험 후 폭열발생 면적율은 플레인인 경우 63% 정도로 전면적에서 폭열이 발생함을 알 수 있었고, 섬유혼입에 따라서는 PP섬유의 경우 폭열면적이 전혀 발생하지 않았으나, CL섬유는 모서리 부분의 폭열에 의해 20% 전후의 발생율을 나타내었다.

Fig. 9는 PP 및 CL섬유 혼입량 변화에 따른 내화시험 후 RC 기둥부재의 표면 및 모서리의 평균 폭열깊이를 나타낸 것이다. 내화시험 후 RC 기둥부재의 폭열깊이는 전반적으로 표면보다 모서리에서 깊게 발생하는 것으로 나타났는데, 이는 모서리인 경우 2면 가열에 의한 급격한 온도상승 및 내부 수증기압의 영향으로 폭열이 더 심하게 발생한 것으로 사료된다.

섬유 혼입량 변화에 따라서는 섬유를 혼입하지 않은 플레인인 경우 표면의 평균 폭열깊이가 27mm 정도로 나타났고, 모서리 부분은 65mm 정도로 폭열이 더 깊게 나타났으며, PP섬유를 혼입한 경우는 폭열이 발생하지 않아 표면 및 모서리에서의 폭열깊이가 나타나지 않았으나, CL섬유를 혼입한 경우는 모서리 부분에서 5mm 전후로 플레인보다 얇게 나타났다.

Fig. 10은 섬유 혼입량 및 마감재 변화에 따른 내화시험 후 RC 기둥부재의 중량감소율을 나타낸 것이다.

먼저, 섬유 혼입량 변화에 따른 내화시험 후 RC 기둥부재의 중량감소율은 플레인 콘크리트의 경우 폭열발생으로 22.5%로 나타난 반면, PP섬유를 혼입한 경우는 폭열은 방지되었으나, 가열건조의 영향으로 7% 전후만큼 감소하였고, CL 섬유는 모서리 부분의 폭열에 의해 10% 정도까지 감소하는 것으로 나타났다.

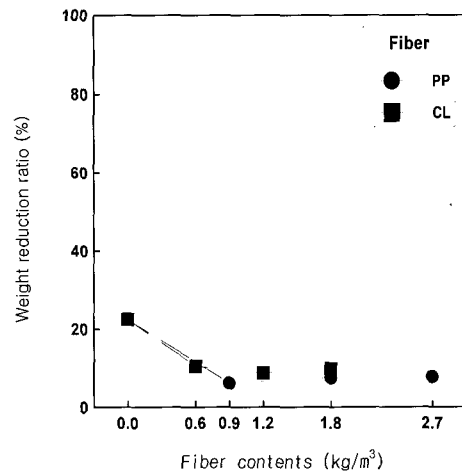


Fig. 10 Weight reduction ratio after fire resistance test

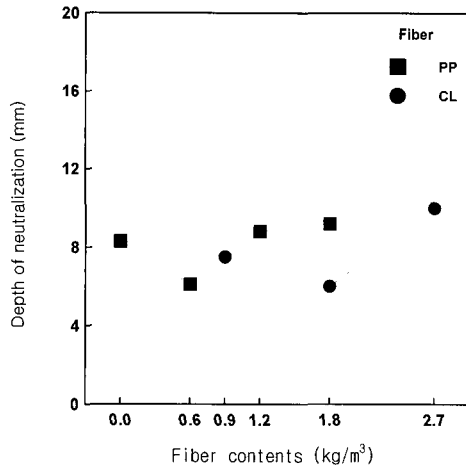


Fig. 11 Depth of neutralization after fire resistance test

Fig. 11은 PP 및 CL섬유 혼입량 변화에 따른 내화시험 후 RC 기둥부재의 중성화 깊이를 나타낸 것이다. 내화시험 후 RC 기둥부재의 중성화 깊이는 500 °C 이상의 고온에 따른 수산화칼슘의 분해에 의한 것으로, 섬유 혼입량 변화에 따라 다소 차이는 있으나 폭발발생 여부와 관계없이 대부분 6 ~ 8mm의 중성화 깊이로 플레인과 큰 차이가 없는 것으로 나타났다. 이는 RC 기둥부재가 고온을 차단하지 못하고, 모든 부재에서 동일조건인 화열을 받은 것으로 판단된다.

3.4 잔존 압축강도

Fig. 12는 PP 및 CL섬유 혼입량 변화에 따른 RC 기둥부재의 내화시험 후 코어 압축강도 및 잔존 압축강도율을 나타낸 것이다.

내화시험 후 RC 기둥부재의 코어 압축강도는 전반적으로 고온에 의한 팽창압 및 내부균열 등의 영향으로 크게 저하하였는데, 플레인 콘크리트의 경우 잔존 압축강도율이 23% 정도로 나타난 반면, PP섬유를 혼입하여 폭발이 방지된 경우는 40% 전후로 다소 증진되었고, CL섬유의 경우는 25% 전후로 플레인과 큰 차이가 없는 것으로 나타났다. 따라서, PP 및 CL섬유 혼입에 따른 고성능 RC 기둥은 화재시 폭발방지 효과는 있으나, 잔존내력의 저하문제가 발생하므로, 향후 폭발방지 뿐만 아니라 잔존내력을 향상시킬 수 있는 방안이 요구된다.

4. 결 론

본 연구는 PP 및 CL섬유의 혼입량 변화에 따라 제작한 RC 기둥부재를 대상으로 화재를 상정한 내화시험 후 폭발방지 및 내화성능을 검토한 것으로, 그 실험 결과를 요약

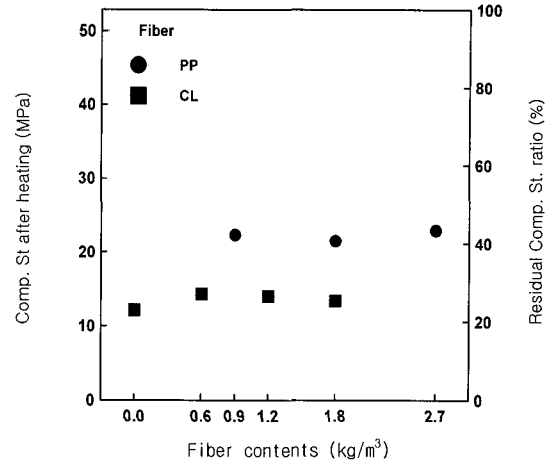


Fig. 12 Compressive strength and residual compressive strength ratio after fire resistance test

하면 다음과 같다.

- 1) 굳지않은 콘크리트의 특성으로, 플레인 콘크리트는 목표 유동성 및 공기량의 범위를 만족하였고, PP 및 CL섬유 혼입량 증가에 따른 유동성은 섬유의 엉킴현상 등에 의해 플레인보다 저하하였고, 공기량은 섬유 혼입량 증가에 따라 다소 증감의 차이는 있으나, 모두 목표 공기량의 범위를 만족하였다.
- 2) 경화 콘크리트의 특성으로, 압축강도는 플레인인 경우 재령 28일에서 52MPa 정도의 고강도로 나타났고, 섬유의 혼입량 변화에 따라서는 PP섬유의 경우 혼입량이 증가할수록 다소 저하하였고, CL섬유의 경우는 플레인과 비교하여 큰 차이가 없는 것으로 나타났다.
- 3) 내화시험 후 RC 기둥부재의 폭발특성으로, 섬유를 혼입하지 않은 플레인은 전체적으로 심한 파괴폭열이 발생하여 철근이 노출되었고, PP섬유를 혼입한 경우는 내부 수증기압의 효과적인 배출로 폭열이 방지되었으나, CL섬유는 모서리 부분에서 일부 파괴폭열이 발생하는 것으로 나타나, PP섬유가 CL섬유보다 폭발방지 성능이 우수함을 알 수 있었다.
- 4) PP 및 CL섬유의 혼입량 변화에 따른 내화시험 후 RC 기둥의 폭발깊이는 표면보다 모서리에서 2면 가열에 의한 급격한 온도상승 등의 영향으로 깊게 발생하였고, 폭발발생면적율은 폭발방지 성능과 관계하여 PP섬유를 혼입한 경우가 가장 양호하였으며, 중성화깊이는 6~8 mm 전후의 유사한 깊이로 나타났다.
- 5) 내화시험 후 잔존 압축강도는 내부균열 등의 영향으로 크게 저하하였는데, 섬유종류에 따라서는 PP섬유의 경우 잔존 압축강도율이 40% 전후로 플레인의 20%보다 크게 나타났고, CL섬유를 혼입한 경우는 25% 전후로 플레인과 큰 차이가 없었다.

참고문헌

1. 池尾陽作, 高強度コンクリートの耐火性能(爆裂)に関する研究, 日本コンクリート工学, 第37巻, 第8號, 1999. 8, pp.53~57.
2. 吉田 正友, コンクリートの爆熱に及ぼすコンクリート内部の空隙および含水量の影響に関する研究, 日本建築學會大會學術講演梗概集, 1998. 9, pp.33~34.
3. 한천구, 양성환, 이병열, 황인성, “골재종류 및 폴리프로필렌 섬유 혼입률 변화에 따른 고성능 콘크리트의 폭열 특성에 관한 연구”, 콘크리트학회논문집, 11권 5호, 1999. 10, pp.69~78.
4. 한천구, 양성환, 이병열, 황인성, “혼화재 종류 및 폴리프로필렌 섬유의 혼입률 변화에 따른 고성능 콘크리트의 폭열 특성”, 한국구조물진단학회지, 4권, 1호, 2000. 1, pp.85~92.
5. 소양섭, “고성능 콘크리트의 내화성능(고강도 및 섬유보강 콘크리트)”, 콘크리트학회지, 14권 2호, 2002. 3, pp.3744.
6. Sanjayan, G. and Stocks, L.J., “Spalling of High-Strength Silica Fume Concrete in Fire”, *ACI Materials Journal*, Vol.90, No.2, 1993, pp.170~173.
7. 西田 朗, 山崎 唐行, 井上秀之, “爆熱防止用ポリプロピレン短纖維を混入した高強度コンクリート性状に関する研究”, 日本建築學會大會學術講演梗概集, 1994. 9, pp.331~338.
8. 藤中 英生, 吉平 章夫, 米澤 敏男, 三井 健郎, “ポリプロピレン纖維を混入した高強度コンクリートRC柱の耐火性能”, 日本建築學會學術講演梗概集, 1998. 9, pp.35~36.
9. 한천구, 황인성, 정덕우, “PP섬유 혼입 및 횡구속에 의한 고성능 콘크리트의 폭열 방지 성능”, 대한건축학회 구조계 논문집, 19권 1호, 2003. 1, pp.61~68.
10. 오창희, 강병희, “고온수열 콘크리트의 성상에 관한 실험적 연구(I)”, 대한건축학회논문집, 3권 4호, 1987. 12, pp.163~171.
11. 강병희, 오창희, “고온수열 콘크리트의 성상에 관한 실험적 연구(II)”, 대한건축학회논문집, 5권 4호, 1989. 8, pp.285~292.
12. 金和中, “高溫度におけるコンクリートの力學的舉動に関する實驗的研究”, 東京工業大學博士學位論文, 1988. 3, pp.285~292.
13. 송훈, 형원길, 도정운, 소양섭, “고강도 실리카 폼 콘크리트의 압축강도와 함수율에 따른 폭열특성”, 대한건축학회 구조계 논문집, 20권 9호, 2004. 9, pp.111~118.

요 약

본 연구는 PP 및 CL섬유 혼입률 변화에 따라 제작한 고성능 RC 기둥부재를 대상으로 화재를 상정한 내화시험 후 폭열 방지 및 내화성능을 검토한 것으로, 그 실험결과를 요약하면 다음과 같다. 굳지않은 콘크리트의 특성으로, PP 및 CL섬유 혼입률 증가에 따른 유동성은 섬유의 엉킴현상 등에 의해 플레인보다 저하하였고, 공기량은 다소 증감의 차이는 있으나 모두 목표 공기량의 범위를 만족하였으며, 경화 콘크리트의 압축강도는 섬유 혼입률 변화에 따라 50 MPa 전후의 고강도로 나타났다. 내화시험 후 RC 기둥부재의 폭열특성으로, 섬유를 혼입하지 않은 플레인은 전체적으로 심한 파괴폭열이 발생하여 철근이 노출되었고, PP섬유를 혼입한 경우는 내부 수증기압의 효과적인 배출로 폭열이 방지되었으며, CL섬유는 플레인보다 폭열 방지효과는 있으나, 모서리 부분에서 일부 파괴폭열이 발생하였다. 또한, 내화시험 후 폭열깊이는 표면보다 모서리에서 더 깊게 나타났고, 폭열발생면적율은 폭열방지 성능과 관계하여 PP섬유를 혼입한 경우가 가장 양호하였으며, 중성화깊이는 6~8mm 전후의 유사한 깊이로 나타났다. 내화시험 후 잔존 압축강도율은 PP섬유를 혼입한 경우 40% 전후로 플레인의 20% 보다 크게 나타났고, CL섬유를 혼입한 경우는 25% 전후로 플레인과 큰 차이가 없었다.

핵심용어 : RC 기둥, 고성능 콘크리트의 폭열, 폴리프로필렌 섬유, 셀룰로오스 섬유