



고강도, 고성능 콘크리트의 폭열방지를 위한 유기섬유보강재

스폴콘®-화이버



(주)에스에스산업
S.S. INDUSTRY CO., LTD.



(주)에스에스산업
S.S. INDUSTRY CO., LTD.

당사는 1992년도에 설립. 시멘트, 아스팔트를 기본으로 하는 건축 및 토목섬유 전문개발·제조회사로서, 특히

① 슈퍼스트롱 콘-화이버 :

콘크리트 균열방지를 위한 합성섬유보강재(PP섬유)로 국내최초 국산화 및 양산체제를 갖춘 토목섬유 전문개발회사 설립【발명특허 및 국산신기술(KT) 인증】

② 슈퍼콘셀 :

콘크리트 / 모르타의 장기내구성 증진을 목적으로 균열억제에 탁월한 친수성 셀룰로오스 섬유보강재 개발, 양산화 [발명특허 및 한국신기술 (NT)인증]

③ 슈퍼 콘-FRC :

콘크리트 / 모르타와의 부착성 및 분산성, 탄성계수, 인장력이 강화된 PVA 섬유보강재 개발, 양산화

④ 아미콘-화이버 :

탄소수 6개의 TOW형(섬유다발) Nylon6으로 콘크리트 / 모르타와의 부착성, 분산성능 등을 한층 강화시킨 Nylon섬유보강재 개발, 양산화

⑤ 글로콘 :

콘크리트 / 모르타 / 시멘트 2차 제품의 휨·인장강도를 개선하는 등의 2차적 보강을 위한 천연섬유 보강재 개발, 양산화

⑥ 파워콘-화이버 :

콘크리트 / 모르타 균열방지를 위한 PET섬유보강재 개발, 양산화

⑦ 스폴콘-화이버 :

고강도, 고성능 콘크리트의 폭열방지를 위한 유기섬유 보강재 개발, 양산화

⑧ 슈퍼 폴리-FRC :

콘크리트 강화재로서 Steel Fiber를 대체 사용할 수 있는 Polyolefin 계 구조용 콘크리트 섬유강화재 개발, 양산화

⑨ 아스콘셀 :

아스팔트포장 중, SMA포장에 사용되는 섬유첨가제를 국내최초 국산화개발에 성공, 양산화 [발명특허 및 재활용우수제품 (GR)인증]

⑩ CAS :

아스콘 포장의 소성변형, 균열방지, 박리현상의 최소화를 위한 고성능 중저가 개질아스콘 개발, 양산화

⑪ 기타 섬유 제품:

미장모르타, topping, stucco, grouting, precast제품, 내화물, 시멘트 2차 제품 등에 사용되는 섬유류 등을 개발, 양산하고 있습니다.

앞으로도 당사 임직원 일동은 끊임없는 연구개발을 통하여 새롭고 혁신적인 제품개발에 최선을 다하겠습니다. 성원에 감사합니다.

임직원 일동



고강도, 고성능콘크리트에서의 폭열발생 기구(Mechanism)

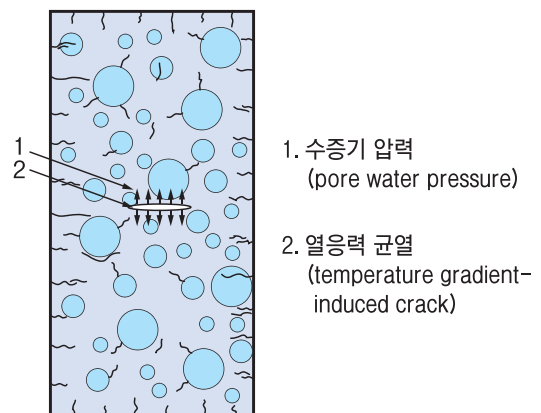
최근에는 건축구조물들이 초고층화, 대규모화 되면서 (초)고강도 및 고성능 콘크리트의 사용이 증가추세에 있습니다. 고강도, 고성능 콘크리트는 내·외부 조적이 치밀하여 화재발생시 고열을 받게 되면 콘크리트 내에 존재하는 물, 공기 등이 팽창하여 수증기압이 발생하고 이러한 내부 수증기압은 콘크리트의 인장강도를 초과하면 콘크리트 구조체에서 심한 폭음과 함께 박리 및 탈락하는 폭열현상이 발생하게 됩니다.

이러한 폭열현상은 피복콘크리트가 결손되고 철근이 노출되며 철근이 고온을 받게되면 구조부재는 치명적인 내력저하로 건축구조물의 붕괴원인이 되기도 합니다.

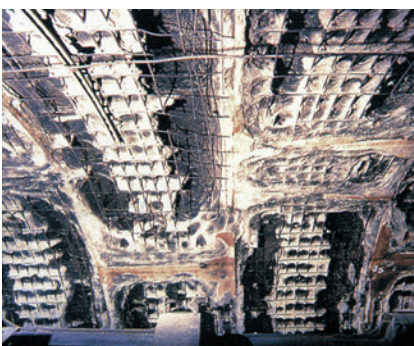
또한 이러한 폭열현상은 일반적인 건축구조물에 적용하고 있는 내화규정(ISO834 곡선) 및 개념(고강도 콘크리트의 내화대책)과 달리, 도로터널 및 지하구조물(지하철 등)에 적용되는 내화개념(일반강도 콘크리트에서 급격한 온도상승 조건의 내화대책)은 상당히 다르며, 폐쇄된 공간인 터널 및 지하철 등에서 화재가 발생할 경우, 일반강도의 보통 콘크리트라 하여도 밀폐된 공간에 위치하고 있어 급격한 온도상승 ($1,000^{\circ}\text{C}$ 이상) 등으로 폭열현상이

발생하게 됩니다. 이는 구조체의 강도저하는 물론 붕괴 및 인명피해 뿐만 아니라 교통지연, 복구에 따른 비용 등의 경제적, 사회적으로 큰 손실을 발생시킵니다. 따라서 고강도, 고성능 콘크리트부재 및 도로터널, 지하철구조물 등은 내화구조상 반드시 해결되어야만 하는 문제점으로 지적되고 있습니다.

당사는 이러한 콘크리트의 폭열현상을 PP Fiber 등의 내열성이 작은 섬유를 일정량 혼입 해 줌으로써 방지할 수 있는 “스폴콘-화이버”를 개발, 양산하고 있습니다.



[폭열 메커니즘]



(a) EURO 터널(1996)



(b) Gotthard 터널(2001)



(c) 달성 2터널(2005)

[국·내외에서 발생된 터널 화재 사고]

폭열방지 대책 및 스폴콘-화이버의 작용

내화성 확보 및 폭열방지를 위한 기존방법 등을 열거하면

- ① 마감재로 내화도료 등을 피복하여 화재시 고온차단
- ② 철근의 피복두께를 충분히 한다.
- ③ 내화성이 높은 골재사용(함수율이 낮은 골재사용)
- ④ 콘크리트 표면을 회반죽 등의 단열제로 보호
- ⑤ 박리, 탈락 방지를 위하여 메탈라스 등으로 고정시킴
- ⑥ 콘크리트 내부 수증기압이 발생하지 않도록 빠른 시간 내에 수증기의 이동을 가능하게 한다.

상기 대책 중 가장 간편하고, 저렴하며 효과적인 방안으로는 “⑥의 경우”로 콘크리트 내열성이 작은 PP섬유, PVA섬유, Nylon 섬유 등의 유기질 단섬유를 혼입하면 화재시 섬유가 고온에 녹아 내부수증기압을 효과적으로 배출할 수 있는 통로를 형성하여 폭열이 방지됩니다. 따라서 고강도 및 고성능 콘크리트의 폭열현상을 PP섬유 등의 내열성이 작은 Fiber를 일정량 콘크리트에 혼입해 줌으로써 방지될 수 있습니다.

※ 고성능 고강도 콘크리트의 폭열현상은 W/C가 작고 내부조직이 치밀할수록, 압축강도가 클수록 심하게 발생합니다. 또한 “스폴콘-화이버” 혼입량이 적정량 이하일 때도 폭열현상이 발생합니다.

스폴콘-화이버의 물성(Physical properties)

구분 \ 섬유종류	Polypropylene	Polyvinyl alcohol	Nylon
용융점(℃)	160~170	160~250	215~230
밀도	0.91	1.2~1.3	1.14~1.16
탄성계수(MPa)	3,600~7,000	11,000~37,000	3,500~5,000
인장강도(MPa)	260~710	770~1,200	765~918
인장신도(%)	5~21	3~13	8~15
산 / 알칼리저항성	매우 높음(불활성)	높음(불활성)	매우 높음(불활성)
섬유직경(μm)	25~40	8~16	15~30
섬유길이(mm)	3~30	3~30	3~30

※ 내열성이 작은 유기질섬유 순

①PP섬유(170℃이하) > ②PVA섬유(200℃내외) > ③나일론섬유(220℃내외)



스폴콘-화이버 혼입율에 따른 굳지않은 콘크리트의 특성

- ◎ 슬럼프 및 슬럼프 폴로우 : “스폴콘-화이버” 혼입율 증가에 따라 슬럼프 및 슬럼프 폴로우 저하에 영향을 미치며, 0.3%이상 혼입율에서는 급격한 유동성 저하가 나타납니다.
- ◎ 공기량 : “스폴콘-화이버” 혼입율이 증가할수록 공기량증가에 영향을 미치나 큰 차이는 나지 않습니다.

※ “스폴콘-화이버”는 고강도, 고성능 콘크리트의 폭열방지는 물론 잔존 내력을 증가시켜 내화성능을 향상시켜 줍니다.

스폴콘-화이버 혼입율에 따른 경화 콘크리트의 특성

- ◎ 압축강도 : W/B별 “스폴콘-화이버” 혼입율이 0.2%까지는 압축강도에 별다른 영향을 미치지 않으며, 0.2%이상 혼입율이 증가할수록 압축강도저하에 영향을 미치나 큰 차이는 나지 않습니다.
또한 화재를 상정한 내화시험 실시 후의 잔존압축강도는 강도에 따라 다소 차이는 있으나 “스폴콘-화이버” 무 혼입일 때는 20%이하로 크게 저하되며, “스폴콘-화이버” 0.1%이상 혼입율 증가에 따라 65%(±20%)전후로 측정됩니다.
- ◎ 휨 · 인장강도 : “스폴콘-화이버” 혼입율이 증가할수록 휨 · 인장강도는 다소 증가합니다.(8~12%향상)
또한 내화시험 실시 후의 잔존 휨 · 인장강도율은 “스폴콘-화이버” 무 혼입인 경우 모두 폭열하여 강도측정이 불가하였으나, “스폴콘-화이버” 0.1%이상 혼입한 경우 잔존 휨 · 인장강도율은 45%전후로 측정됩니다.
- ◎ 물시멘트비에 의한 길이변화는 “스폴콘-화이버” 혼입 및 무 혼입 모두 큰 차이가 없으며, 단위 용적 중량율은 “스폴콘-화이버” 혼입율 증가에 따라 다소 저하됩니다.

0(플레인)			PP0.05%혼입			PP 0.1혼입			PP0.15혼입			PP0.2혼입			PP0.25혼입			PP 0.3혼입		
4 등급 판	4 등급 판	4 등급 판	4 등급 판	4 등급 판	4 등급 판	4 등급 판	4 등급 판	4 등급 판	3 등급 판	3 등급 판	3 등급 판	2 등급 판	2 등급 판	3 등급 판	2 등급 판	2 등급 판	1 등급 판	1 등급 판	1 등급 판	1 등급 판

W/B 15% - 폭열 손상 및 폭열등급

4 등급 판	4 등급 판	4 등급 판	3 등급 판	3 등급 판	3 등급 판	1 등급 판	1 등급 판	1 등급 판	1 등급 판	1 등급 판	1 등급 판	1 등급 판	1 등급 판	1 등급 판	1 등급 판	1 등급 판	1 등급 판	1 등급 판	1 등급 판	1 등급 판

W/B 25% - 폭열 손상 및 폭열등급

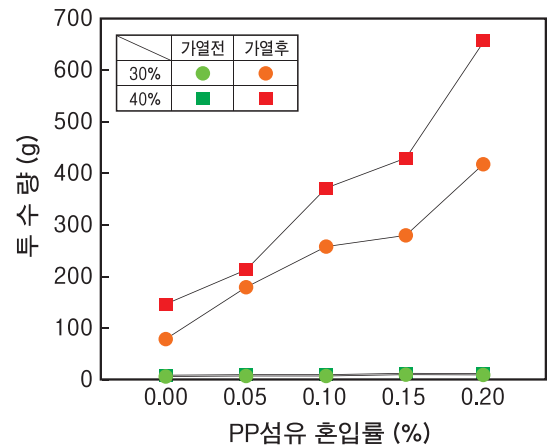
[W/B별 PP섬유 혼입율 변화에 따른 공시체의 폭열모습 및 폭열등급]

스폴콘-화이버가 혼입된 고강도 콘크리트의 가열시험 및 결과

가. 가열시험

① 가열시험 전후의 투수량 시험

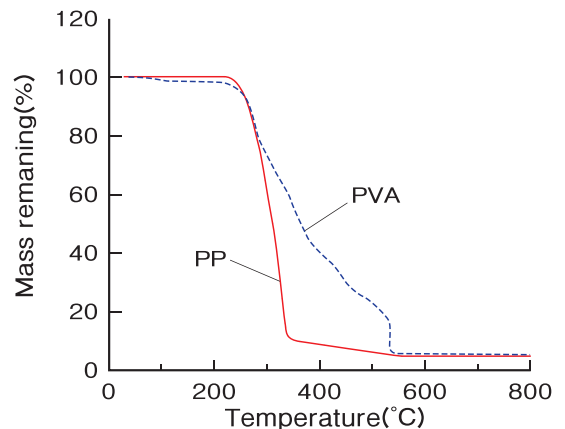
“스폴콘-화이버” 무 혼입과 혼입한 투수 시험체를 제작하여 화재 전후의 투수시험 결과에서 “스폴콘-화이버” 무 혼입과 혼입한 것의 투수량 차이는 화재전과 비교하여 화재후가 현저하게 증가하는 것으로 나타나며, 이는 화재시 고온에서 녹은 “스폴콘-화이버”가 내부 수증기압을 외부로 방출시키는 통로가 됨을 입증하는 것으로 투수압에 의한 물의 투수량이 현저하게 증가된 것으로 분석됩니다. 따라서 “스폴콘-화이버”는 화재시 내부 수증기압을 외부로 방출시키는 통로역할을 하여 폭열방지에 효과적인 역할을 합니다.



[화재 전후의 투수시험]

② 온도상승에 따른 중량 변화

높은 온도에 콘크리트가 노출되었을 때 폭열현상은 콘크리트 단면내 온도차와 콘크리트 공극내 존재하는 공기, 수증기, 물 등이 높은 온도에서 발생하는 공극압(pore pressure)이 원인이며, 이러한 공극압을 빠른 시간내 배출시켜주기 위하여 “스폴콘-화이버”가 사용됩니다. “스폴콘-화이버”의 용점은 170℃이하로 온도가열 증가에 따라 중량변화가 일어나는데 특히 250℃부터 급격한 중량손실이 일어나며, 이러한 중량손실위치(섬유가 녹은 위치)가 관로가 되어 내부 수증기압을 빠른 시간 내 외부로 배출시켜 폭열을 방지하는 역할을 하게 됩니다.



[온도증가에 따른 중량변화]

나. 폭열 특성

고강도 콘크리트의 폭열은 가열을 시작한지 곧바로 나타나기 시작하며, 30분이 경과하면서 거의 발생하지 않습니다. 또한 고강도 콘크리트의 폭열현상은 압축강도가 클수록(W/B가 작고, 내부구조가 치밀할수록) 콘크리트가 떨어져나가는 양이 급속하게 증가하며, 따라서 고강도 콘크리트에서 압축강도가 클수록 “스폴콘-화이버” 혼입량을 증가시켜 사용하여야 하며, 화이버혼입량이 증가할수록 콘크리트가 떨어져 나가는 양이 급속하게 줄어듭니다. 이는 “스폴콘-화이버”가 화재시 녹아 내부 수증기압을 외부로 원활히 방출시켜주는 통로역할을 하여 폭열방지에 효과적인 역할을 하기 때문입니다.

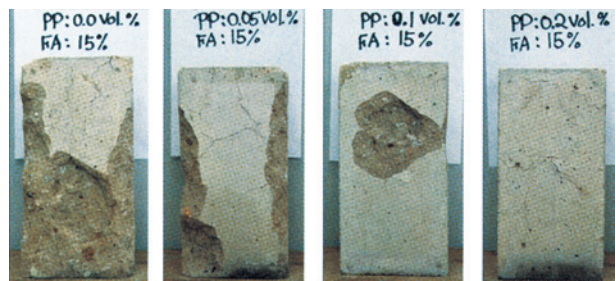
고강도 콘크리트의 강도별 스폰콘-화이버 사용량(예)

(PP fiber 기준, 콘크리트 1 m³당)

압축강도별	“스폰콘-화이버” 혼입율(량)	적용현장 내역(예)
40 ~ 60 MPa	0.1% (0.9 kg)	해운대 두산위브 포세이돈현장(두산산업개발) 40MPa : 0.1%(0.9kg)외 메탈라스사용 휴맥스 빌리지 신축현장(삼성물산) 60MPa : 0.17%(1.53kg) 80MPa : 0.2%(1.8kg) 대구 수성SK리더스뷰(SK건설) 50Mpa : 0.1%(0.9kg) ※ 0.2%(1.8kg)이상 사용시 유동성 및 분산성 등을 고려하여 6mm 섬유를 권장함.
60 ~ 75 MPa	0.15% (1.35kg)	
75 ~ 90 MPa	0.2% (1.8 kg)	
90 ~ 100 MPa	0.25% (2.25kg)	
100 ~ 이상MPa	0.3% (2.7 kg)	
도로 터널라이닝 및 지하구조물(지하철 등 밀폐된 공간의 구조물)	0.2~0.25% (1.8~2.25kg)	

스폰콘-화이버의 사용용도 및 사용효과

1. 고강도, 고성능 콘크리트에서의 화재발생시 폭열방지 효과 및 잔존 압축, 휨 · 인장강도를 증가
2. 도로터널의 라이닝콘크리트 및 지하구조물 (지하철 등)등의 폭열방지 효과
3. 기 설치된 구조물의 보수, 보강 및 내화성능 향상을 위한 내화 모르터에 혼입사용. (고인성 내화보수 모르터)
4. 콘크리트의 취성거동을 연성거동으로 유도 및 인장 저항 능력증대, 국부적인 균열의 생성 및 성장 억제(충격, 파손에 대한 저항력 증대, 구조물의 휨 인성증대 효과)



[설계강도 80MPa 섬유 혼입량에 따른 폭열 양상]

◎ 스폰콘-화이버 사용 및 혼합방법

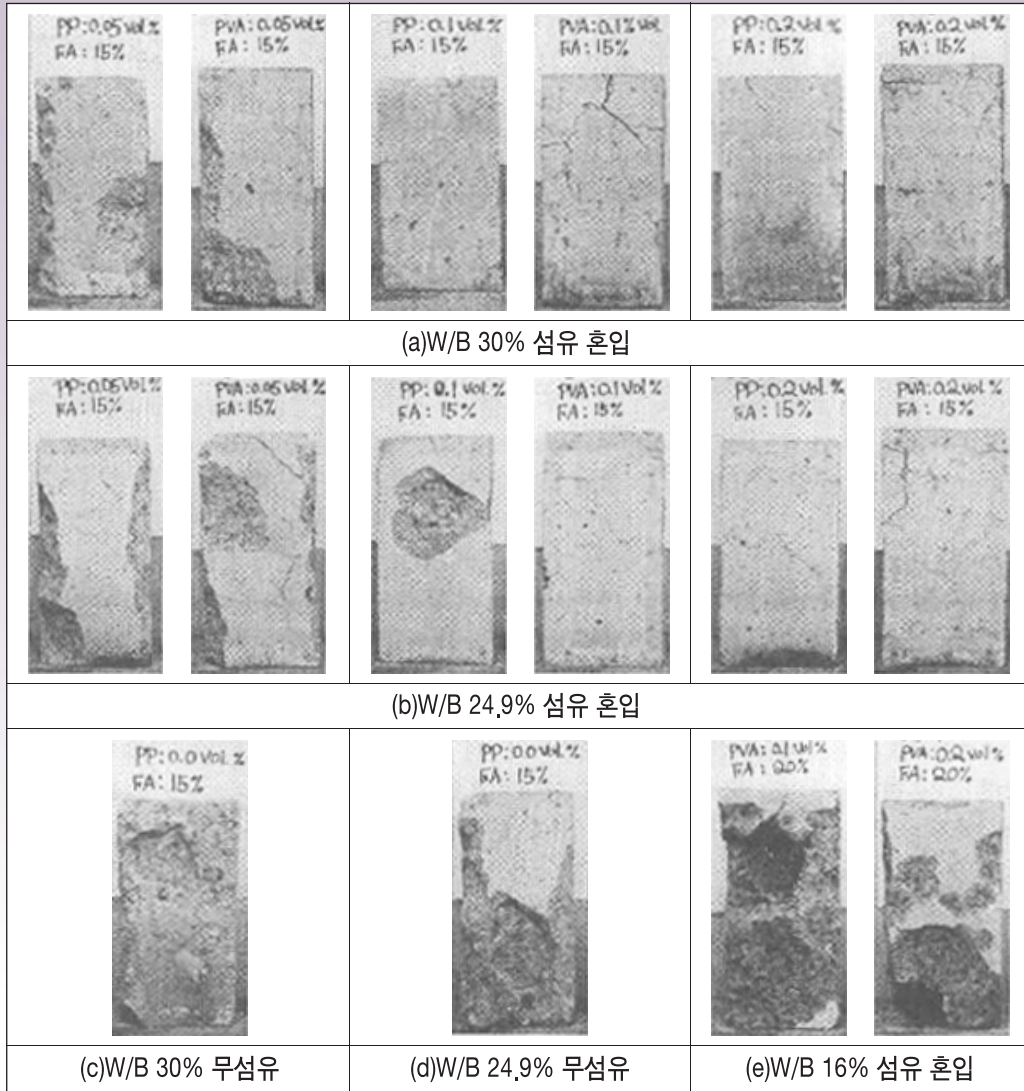
레미콘 Batch plant의 콘베어 혹은 믹서드럼에 해당량을 직접 투입, 혼합사용

◎ 스폰콘-화이버 포장단위

기본포장단위 : 0.9kg / 포, 1kg / 포, 20kg / Box

그 외 사용자의 주문요청 및 Batch plant 믹서 용량에 따라 별도 포장, 출고함

※ 본 카다록상의 사진 및 자료(그래프)등은 한국콘크리트학회 발행 ‘학회지’, ‘논문집’ 등을 인용 또는 참고하였음을 밝힙니다.



[시험체 폭열모습]



(주) 에스에스산업
S.S. INDUSTRY CO., LTD.

본사: 서울시 강남구 도곡동 902-8 (동신상가 B/D 2F)
 대표: 02)572-3355 FAX : 02)572-3113
 공장: 경기도 안성시 대덕면 소내리 213-1
 TEL: 031)672-0789 FAX : 031)673-0789
 Http: ssindustry.co.kr E-mail: ssinco@kornet.net

- 기타 생산생목 : 콘-화이버(P,P 섬유), 슈퍼콘셀, 슈퍼콘-FRC, 아미콘-화이버, 글로콘, 파워콘-화이버, 스폴콘-화이버, 슈퍼폴리-FRC, 아스콘셀, CAS, 콘크리트 / 모르타 / 2차 제품보강섬유류 및 내화물섬유류

