

섬유혼입율 변화에 따른 고강도 섬유보강 콘크리트의 방폭특성

Explosionproof Properties of High Strength Steel Fiber Reinforced Concrete with the Contents of Steel Fiber

이광설* 안영준** 박구병*** 김성수**** 한천구****
Lee, Kwang-Sul An, Young-Jun Park, Goo-Byeong Kim, Seong-Soo Han, Cheon-Goo

ABSTRACT

For the purpose of military means, explosion proof concrete, which protect the structures from the damage due to the explosion of bomb and maintain its shape, is required to develop. Therefore, in this paper, mechanical and explosionproof properties of concrete are tested under various steel fiber contents and member size. According to the experimental results, compressive, tensile and flexural strength go up with the increase of fiber contents. Energy bearing capacities is higher with the increase of fiber contents. Especially, it is confirmed that slurry infiltrated fiber concrete(SIFCON) gains in high strength and has high energy bearing capacities. SIFCON is expected to apply in the construction of explosion proof structures.

1. 서 론

우리나라는 남북이 대치되어 있는 상황으로 국가방위시설의 안전보전문제는 대단히 중요한 사항이다. 그 중에서도 특히, 외부에 노출되는 비행기 격납고, 정부주요청사 및 군사시설 등의 경우 폭탄에 의해 포격을 받을 때는 폭탄의 충격력으로 인해 내부의 장치, 시설 및 인명에 피해를 받게 되므로 국가방위에 큰 타격을 받을 수도 있다. 따라서, 이러한 위험요소를 미리 예방하고자 국가방위차원에서 폭탄 투하시 충격력에도 파괴되지 않고, 혹은, 파괴되어도 형태를 유지하는 방폭콘크리트의 개발이 요구되어지고 있다.

그러므로, 본 연구에서는 고강도 콘크리트 범위에서 일반콘크리트, 강섬유콘크리트 및 슬러리 침지 섬유보강콘크리트(이하SIFCON이라 칭함)의 섬유혼입률과 부재크기 등의 변화에 따른 콘크리트의 역학적특성과 방폭특성을 실험하고, 이를 분석하므로써 방폭콘크리트의 개발에 한 참고자료로 제시하고자 한다.

2. 실험계획 및 방법

2.1 실험계획

* 정회원, 청주대 대학원, 석사과정

** 정회원, 청주대 산업대학원, 석사과정

*** 정회원, 청주대 대학원, 박사과정, 시설안전기술공단

**** 정회원, 청주대 교수, 공학박사

본 연구의 실험계획은 표 1과 같다.

표 1. 방폭실험계획

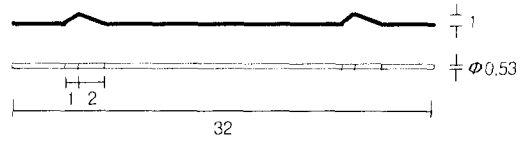
실험요인		수준
배합 사항	콘크리트 종류	5 <ul style="list-style-type: none"> • 보통콘크리트 (W/C=35% 목표슬럼프 8cm; N-0) • 강섬유콘크리트 (W/C=35%, 섬유혼입률 0.5%, 1.0%, 목표슬럼프 8cm; F-0.5, F-1.0) • SIFCON (W/B=35%, 섬유혼입률 5.9%, 7.1%; S-5.9, S-7.1)
	시험편	2 50×50×10, 50×50×20(cm)
	배근종류	2 부근, 배근
실험 사항	경화 콘크리트	<ul style="list-style-type: none"> • 역학적특성 : 압축, 인장, 휨강도 및 정탄성계수 • 방폭특성 : 파괴유무 관찰, 최대균열폭 및 최대처짐량

2.2 사용재료

본 실험의 콘크리트 재료는 일반 레미콘 제조에 사용하는 것으로 하였다. 단, SIFCON 그라우트재용 잔골재는 충북 청원군 미원면산의 0.3mm이하 규사(비중;2.67)를 사용하고, 혼화제는 보령화력산의 플라이애쉬(비중;2.2, 감열감량;5.9)와 노주이애쉬(비중;2.2)를 사용하며, 고성능감수제는 폴리칼본산계를 사용한다. 강섬유는 국내 J사 재료 그 물리적 성질은 표 2와 같다.

표 2. 강섬유의 성질

제조 방법	형상 (mm)	인장강도 (kgf/cm ²)	형상비
강선 절단법	Steel Wire 0.53(φ)×32(ℓ)	12,000	60.3



(단위 : mm)

그림 1. 강섬유 형태

2.3 실험방법

본 실험에 적용한 SIFCON 그라우트재의 혼합은 규사, 시멘트, 플라이애쉬, 실리카흄을 강제식 팬믹서에 투입하고, 20초간 건비빔을 실시한 후 물과 고성능감수제를 넣고 120초간 혼합하는 것으로 한다. 경화콘크리트에서의 압축, 휨, 인장강도 및 탄성계수시험은 KS F 2405, 2407, 2423 및 2438에 준하여 실시한다.

방폭실험은 시험편 중앙부에 폭약 113g(1/4파운드)을 설치하고, 5kg의 모래주머니로 전색하여 폭파시킨 후 파괴양상, 균열 및 상부처짐을 조사한다.

3. 실험결과 및 분석

3.1 강도시험결과

그림 2는 섬유혼입률 변화에 따른 고강도 콘크리트의 압축, 휨, 인장강도를 꺾은선 그래프로 나타낸 것이다. 전반적인 경향으로 압축, 휨 및 인장강도는 섬유혼입률이 증가할수록 커지는 것으로 나타났는데, 먼저, 압축강도는 섬유를 혼입하지 않은 N-0보다 섬유를 혼입한 경우 최대 1.8배정도 증가한 것으로 나타났고, 휨강도는 최대 6.7배 인장강도는 최대 7.0배의 강도증진효과를 갖는 것으로 나타났다. 이는 섬유혼입률이 증가함에 따라 섬유와 콘크리트간의 부착강도가 증진되어 인성이 크게 나타난 결과로 분석된다.

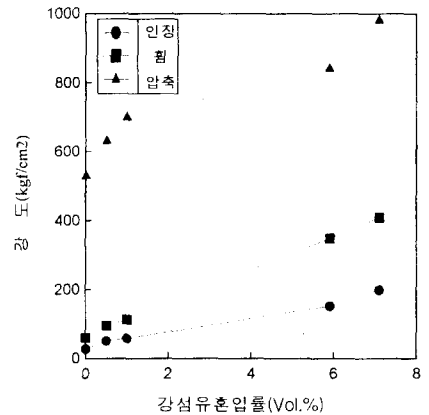


그림 2. 섬유혼입률에 따른 강도

3.2 하중 - 변형시험결과

그림 3은 고강도 콘크리트에 있어 φ10×20cm공시체의 압축하중 재하에 따른 응력-변형도 곡선을

나타낸 것이다.

전반적으로 섬유혼입률이 증가할수록 변형응력은 커지는 것으로 나타났다. 즉, N-0의 경우는 변형이 0.01이전에서 파괴현상이 나타났으나, 섬유를 혼입한 경우는 최대응력에 도달한 후에도 파괴되지 않고 계속 저항하는 높은 에너지 흡수능력을 갖는 것으로 나타났다.

그림 4는 고강도 콘크리트에 있어 10×10×40cm인 휨곡시체의 하중 재하에 따른 휨 - 처짐곡선을 나타낸 것이다. 전반적으로 섬유혼입률이 증가할수록 휨강도와 휨인성이 증가하는 것으로 나타났고, 하중-처짐을 비교한 결과 N-0의 경우 최대하중에 도달한 후 바로 파괴되었으나, 강섬유를 혼입한 경우 에너지 흡수능력이 크게 증가하여 하중에 저항하면서 처짐과 균열이 지속적으로 증가하는 경향으로 나타났다.

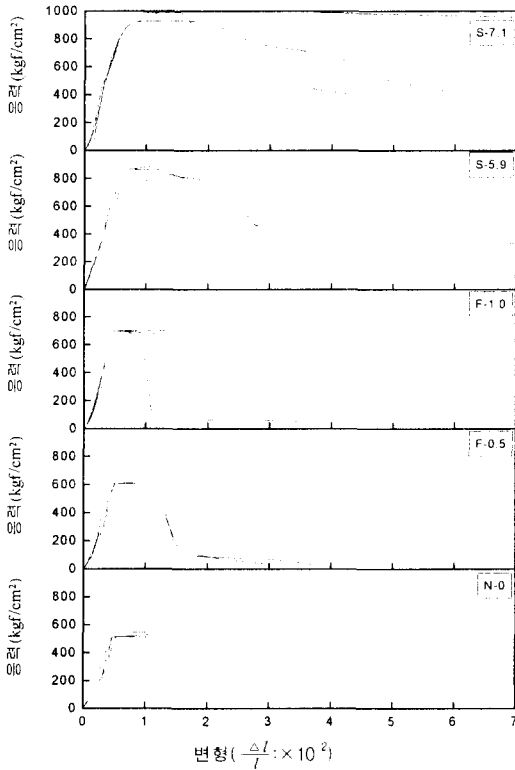


그림 3. 압축응력 - 변형도

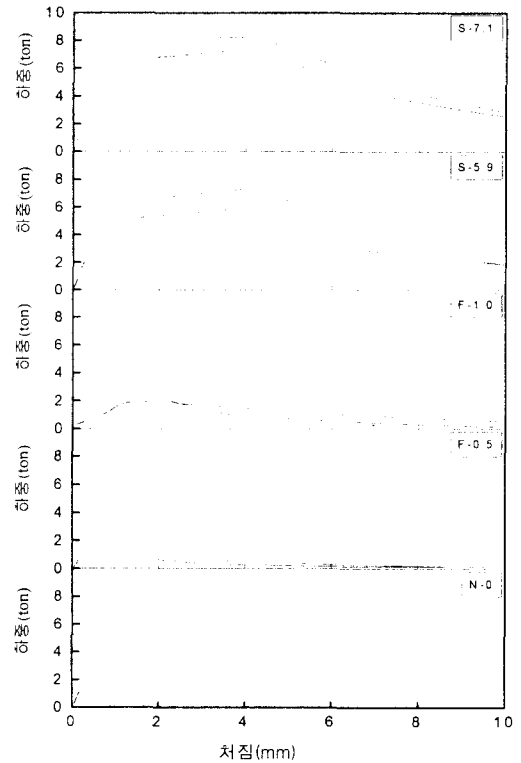


그림 4. 휨하중 - 처짐

3.3 방폭특성

사진 1은 고강도 콘크리트에 있어 섬유보강 콘크리트의 방폭특성으로 폭파실험 후의 시험편의 모양을 나타낸 것이다. 전반적으로 시험편은 철근이 배근되고, 부재 두께가 두꺼우며, 강섬유 혼입률이 증가할수록 파괴되지 않는 것으로 나타났다. 특히, 철근을 배근하지 않은 콘크리트 시험편 중에서는 두께 20cm에 강섬유혼입율이 큰 SIFCON만이 파괴되지 않았고, 두께가 10cm인 시험편도 SIFCON만이 형상을 유지하고 모두 파괴되었다. 또한, 강섬유혼입률이 증가할수록 최대균열폭과 처짐은 감소하는 것으로 나타났는데, 강섬유 콘크리트의 경우 균열 및 처짐이 크게 발생하였으나, SIFCON의 경우에는 형체를 유지하며 균열 및 처짐이 크게 감소하는 것으로 나타났다. 이는 콘크리트에 혼입된 강섬유가 순간적으로 발생하는 폭발력을 흡수하는 효과에 따라 나타난 결과로 사료되며, 추후 SIFCON을 사용한 효과적인 방폭구조물의 활용이 기대되어진다.

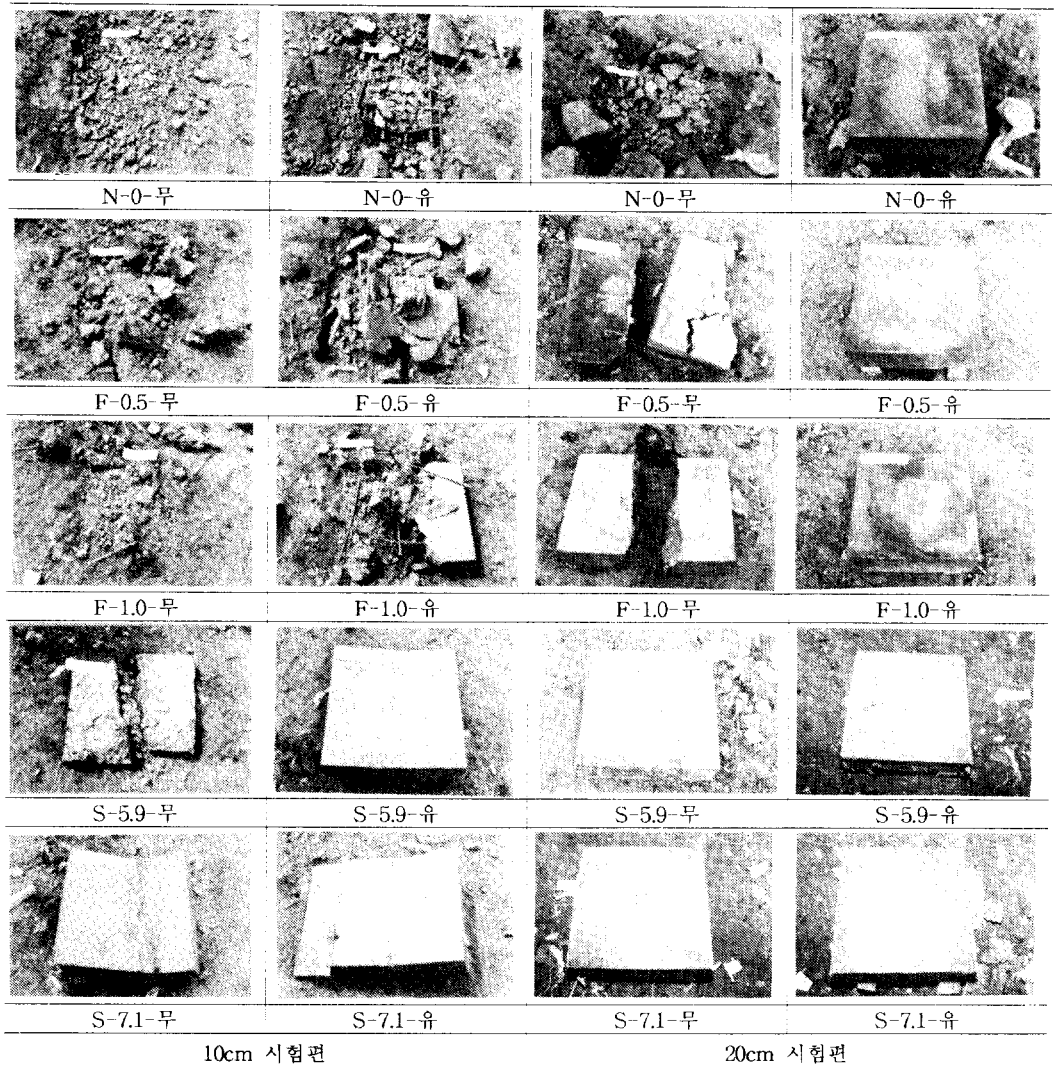


사진 1. 폭파실험후의 시험편

4. 결론

본 연구는 고강도 콘크리트에 있어 섬유보강콘크리트의 섬유혼입률변화에 따른 강도 및 방폭특성에 관한 실험 연구로서 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 압축, 인장 및 휨강도특성은 섬유혼입률이 증가할수록 크게 나타났는데, 특히, SIFCON에서 가장 우수한 강도특성을 확인할 수 있었다.
- 2) 응력-변형, 하중-처짐 곡선의 특성으로는 섬유혼입률이 증가할수록 에너지흡수능력이 크게 증가하여, SIFCON은 강도증진과 아울러 큰 에너지흡수능력이 있음을 확인할 수 있었다.
- 3) 방폭특성으로는 섬유혼입률이 크고, 철근이 배근되고, 두께가 두꺼울수록 양호한 것으로 나타났는데, 특히, SIFCON인 경우는 우수한 방폭에너지 흡수능력을 확인할 수 있었다. 이는 추후 방폭구조물의 설계 및 활용에 효과적인 자료로 활용될 수 있을 것으로 사료된다.