

EMP 방호 구조물 기술: From Nano- to Macro-scale

3

글 이남근
-
인프라안전연구본부
수석연구원

EMP 방호 개념

EMP(Electro Magnetic Pulse)란 100V/m 이상의 전계강도를 갖는 고출력전자기파 펄스를 말한다. EMP 범주에는 많은 구분이 있으나, 그중 HEMP(High-altitude EMP)는 고도 40km 이상의 상공에서 핵폭발로 인하여 발생하는 높은 전자파 에너지로서 인체에는 무해하지만, 반경 수십에서 수백 km에 걸쳐 금속성 물질에 유기되어 빠른 속도로 전자기기를 파괴하거나 무력화시킬 수 있다(그림 1). 고출력전자기파 펄스를 수단으로 각종 정보통신장치에 장착된 전자소자를 손상시켜 오작동 및 기능 마비를 일으키는 것을 EMP 공격이라 하고, 일반적으로 방사성 EMP(대기 중에서 직접 침투 및 투과되는 것을 방호) 및 전도성 EMP(전력선, 통신선 및 상하수도관 등에 전자기파에 의하여 유기된 과전류를 방호)로 나누어진다.

한 국가의 인프라망(전력망, 통신망, 금융망, 도로망 등)은 정보통신망과 밀접하게 연결되어 운용되므로 EMP에 의해 인프라망에 피해가 발생할 경우, 사회·경제적으로 대혼란을 야기할 가능성이 존재한다. EMP 공격에 관한 보다 쉬운 이해를 도울 수 있는 자료는 영화(분노의 질주: 더 익

스트림)에서도 볼 수 있는데 영화의 주인공이 적의 기지를 무력화시키기 위하여 EMP를 사용하는 장면이 나온다. EMP 공격은 개인화기, 폭탄 등의 물리적인 공격과 달리 사람에게 직접적인 피해를 유발하지는 않지만 정보통신 및 기기의 손상으로 인한 사회·경제적 피해는 막대할 것으로 예상된다.

EMP 차폐란 고출력 전자기 펄스가 공기 속에서 파장으로 진행하다 차폐물을 만나 반사, 흡수 과정을 거친 후 전계강도가 손실되는 효과를 말한다(그림 2). 반사손실(Reflection Loss)은 두 매질(공기, 차폐물질)의 특성 임피던스 차이에 의하여 일어나며, 흡수손실(Absorption Loss)은 차폐물질 내부에 유기된 전류에 의하여 발생한 열로 변환되는 손실이다.

EMP 차폐 콘크리트계 구조물 기술

국내의 경우 보안시설을 포함한 건축물은 약 70~80%가 철근콘크리트 구조로 구성된다. 한국건설기술연구원에서 2018년부터 국가 R&D로 수행하고 있는 'EMP 방호 구조물 연구단'에서는 방사성 EMP 차폐가 가능한 콘크리트계¹⁾ 방호 구조체 개발, EMP 차폐 건축자재/부속자재 개발, EMP 차폐성능 시험/평가 기술 개발 연구를 수행하고 있다. 기존 콘크리트는 방사성 EMP 효과가 전혀 없는 것으로 알려져 있으나, 콘크리트 구성 재료에 전도성 재료인 카본 소재, 금속성 입자 및 전도성 섬유 등을 첨가하면 EMP 차폐가 가능한 벽체, 보 및 기둥 구조체 개발이 가능하다. 또한, 구조물의 표면에 코팅하는 방식으로 성능을

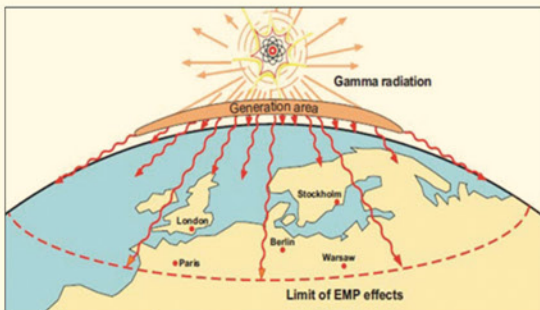


그림 1. HEMP의 발생 및 영향 범위 예 (강호재, 2015)

1) 여기서, 콘크리트계란 콘크리트, 철근콘크리트 및 시멘트 복합재료를 통칭하며, 시멘트 복합재료(HPPFRC)란 기존 콘크리트와 유사한 기능을 하는 재료로서 시멘트, 골재, 기능성 첨가재료와 섬유 등을 합성한 건설재료를 말한다.

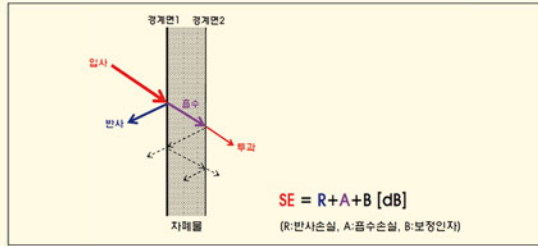


그림 2. EMP 차폐 개념도 (EMP 차폐와 성능평가, 2015)

향상시키는 것도 가능하며, 그 밖에 금속용사 코팅, 무기질 도장재 기술, 나노 고분자 합성 물질 코팅 기술이 있다. EMP 차폐는 구조체뿐만 아니라 개구부의 차폐가 이루어져야 구조물 전체의 요구차폐 성능을 달성할 수 있으므로 창호, 도어 및 연결부 건축자재의 차폐 성능을 확보하는 연구도 필요하다. 현재, 구조물 단위에서 EMP 차폐성을 시험 및 평가할 수 있는 기준은 없으므로 유효성이 입증된 차폐성능 시험평가 기술 개발도 필요하다.

Multi-Scale 연구방법

EMP 차폐 콘크리트계 구조물을 개발하기 위해서는 Multi-Scale 접근방법의 연구가 수행되어야 한다. EMP 차폐용 물질은 주로 나노스케일 입자이며, 콘크리트 구성물질은 마이크로스케일(Mesoscale 포함) 입자이다. 그리고 구조물 차원에서의 차폐성능 평가 및 설계를 위해서는 매크로스케일에서 접근되어야 한다. 먼저, 나노스케일 단위에서는 EMP 차폐성을 높이기 위하여 전도성 나노탄소소재 기술 연구가 이루어진다. 탄소나노튜브, 그래핀, 탄소섬유 등 나노탄소소재의 우수한 전기적 성질을 활용하여 높은 전기 전도성/차폐성을 갖는 콘크리트계 재료를 개발할 수 있다. 시멘트 안에서의 나노소재 분산성, 시멘트 입자와의 물리화학적 결합 등의 연구가 필요하다. 마이크로스케일에서는 시멘트복합재료의 구성물질 중 하나인 강섬유(Steel Fiber)가 EMP 차폐성능에 가장 큰 비중을 차지한다. 강섬유의 분산 및 배열, 나노재료 간의 연결을 이어주는 가교역

할 등에 관련 연구를 통하여 차폐성능을 극대화할 수 있다. 매크로스케일에서는 철근 콘크리트의 철근 배근 상세 설계 연구가 필요하다. 콘크리트 내의 철근은 차폐성능 향상에 기여할 수 있는 것으로 알려져 있으므로, 철근 배근 상세, 강재 Mesh 형태 복합 상세 등 연구가 필요하다.

매크로 물질인 철근, 메소/마이크로 물질인 강섬유, 전도성 골재 및 시멘트, 나노 물질인 CNT, 그래핀 등을 멀티스케일 관점에서 접근한다면, 보다 성능이 극대화된 EMP 차폐 구조물을 개발할 수 있을 것으로 기대한다. 예를 들어, 철근과 철근 사이의 공간을 강섬유 또는 전도성 골재로 채우고, 강섬유와 강섬유 사이의 공간을 전도성 나노물질로 채우게 된다면, 전자파 투과 간격을 좁힐 수 있게 되어 철근-강섬유-CNT로 이어지는 완벽한 전기적 네트워크가 이루어질 수 있다.

향후 연구 방향

EMP에 의한 공격은 이라크전에서 미군의 사용 외에는 전세계적으로도 보고된 바 없으나, 국지적인 테러 발생이 점차 빈번해지고 있는 국제적인 상황을 고려할 때 EMP 공격에 대비한 방호 기술을 수립하는 것은 필요하다. 특히, 주요 사회 기간시설의 피해가 발생할 경우 사회/경제적 피해 규모는 막대할 것으로 예상된다.

현재 EMP 방호 구조물 기술과 관련하여 국내에서는 아직 산발적 연구가 진행되어 왔으며, 전 세계적으로도 콘크리트계 구조체 차원에서 기술이 완성된 바는 없다. 따라서, 이 기술의 완성도를 높이기 위해서는 토목, 건축, 화학, 나노, IT 기술이 다학제적으로 융합되어 연구되는 것이 필요하다. 또한, 융합학문을 기반으로 나노부터 매크로의 Multi-Scale 관점에서 심도 있는 융합연구가 진행된다면 세계적으로 관련 분야를 선도하는 연구로 발전할 수 있을 것으로 기대한다. ☑

참고자료

- 강호재 (2015) EMP 방호시설의 직사각형 슬롯에 대한 전기적 차폐 특성 연구, 석사학위 논문, 인하대학교
- 한국화학융합시험연구원 (2015), EMP 차폐와 성능평가, 보고서.

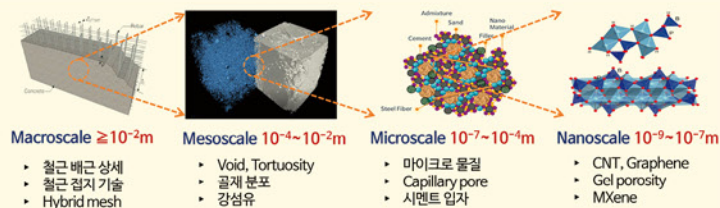


그림 3. EMP 차폐 콘크리트계 재료 연구의 Multi-Scale 접근법