

Global Report

나노기술을 사용하여 이집트에서 개발한 지속가능한 시스템 건축재 GFRG

1. 개요
2. GFRG 정의
3. GFRG 용도
4. GFRG 프로젝트 사례
5. 기존 제품과 GFRG 간의 단열성 비교
6. 결론

1. 개요

건설 프로젝트 성공을 위한 핵심사안 중 하나는 프로젝트 관리의 3요소(시간, 비용 및 품질)이다. 지난 십 수 년 동안 많은 건설 시스템들(construction systems)은 이 3요소 관리와 더불어 발전되어왔다. GFRG(유리섬유 강화 석고제품) 시스템은 이러한 건설시스템들 중 하나였으며 건설재료에 대한 LEED 인증항목들을 충족시켰다. 이집트의 기존 시스템들과 비교하면 GFRG(Glass Fiber Reinforced Gypsum) 시스템은 시간측면, 품질측면 그리고 반복적인 프로젝트의 경우 비용측면에서 기존 시스템에 비하여 우수하다. 최근 지속가능성에 대한 세계의 인식은 다양한 측면에서 증가해왔으며 열쾌적성(thermal comfort)은 사용자들에게 영향을 주는 주요 지속가능한 측면 중 하나이다. 이 보고서는 이집트에서 기존 시스템과 비교하여 GFRG 시스템의 열쾌적성을 연구하는 것이 목표이며 열쾌적성을 증가시키기 위하여 이 건설재료를 발전시킬 수 있는 나노기술을 연구하는 것도 목표이다.

2. GFRG 정의

GFRG는 유리섬유 강화 석고(Glass Fiber Reinforced Gypsum)의 약자이다. 이것은 하나의 새로운 건축판넬 제품의 이름으로 기본적으로 석고플라스터, 강화유리섬유로 만들며 GFRG로 업계에서 알려져 있다. 신속한 대량생산에 적합한 이 제품은 원래 호주에서 1990년 개발되었다. GFRG는 비용효과적인 대규모 서민주택을 크게 필요로 하고 폐산업 부산물(industrial by-product waste)인 석고를 풍부하게 이용할 수 있는 인도(India)와 특히 관련이 있다. 이 제품은 환경 친화적이고 친환경일 뿐만 아니라 내수성과 내화성이 있다. GFRG 판넬은 현재 세심하게 통제되는 여건 하에서 두께 124mm, 길이 12m 그리고 높이 3m 크기로 제조되고 있다. 이 판넬은 요구되는 규격으로 절단될 수 있다. 주 용도는 벽체용으로 쓰이지만 철근콘크리트와 조합하여 바닥 및 지붕재로도 쓰일 수 있다. 이 판넬은 공동(cavities)이 있는데 이곳을 철근으로 보강하고 콘크리트를 채워 추가적인 강도와 연성을 발휘하게 할 수 있다. 이 판넬은 철근콘크리트를 안 채울 수도 있으며 구조요건에 맞게 부분적으로 또는 전체적으로 철근콘크리트를 채울 수도 있다.

GFRG 건축 판넬은 현재 매뉴얼에 기술된 것과 같은 재료의 특성과 일반적인 규격으로 제조되고 있다. GFRG의 일반적인 규격은 12m x 3m x 0.124m의 규격이며, 판넬 매 1m 마다 4개의 셀(cells)을 가지고 있다. 각 셀은 250mm 폭에 124mm 깊이로 230mm x 94mm의 공동(cavity)을 가지고 있다. 여러 셀들은 20mm 두께의 솔리드 리브(solid ribs)와 15mm 두께의 플렌지(flanges)로 상호 연결되어 있으며 300~350mm 유리섬유를 로빙(roving) 방식으로 랜덤으로 중앙에 보강한 석고플라스터로 이루어져 있다. 판(skin)의 두께는 15mm이고 리브(rib)의 두께는 20mm이다.

3. GFRG 용도

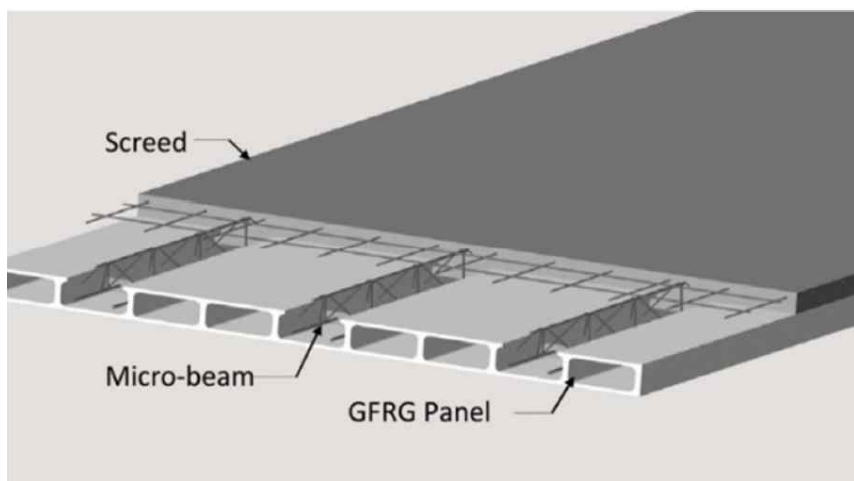
내력벽 용으로 GFRG를 사용하는 일반적인 다층건축물의 경우 기초 및 바닥/지붕과 만나는 벽체의 연결

은 철근콘크리트 채움 방법이나 철근콘크리트 빔을 이용하여 이루어진다. 지상층에 설치되는 모든 GFRG 벽 패널은 적절한 기초위에 지지되는 RC 밀잡이 보(plinth beams)위에 시공될 수 있다.



<그림 3 - 현장에서 밀잡이 보(plinth beams) 위에 GFRG 패널을 설치>

또한 GFRG 패널은 철근콘크리트(RC)와 조합하여 중간층의 바닥/지붕슬래브용으로 사용될 수 있다. GFRG 슬래브의 강도는 철근콘크리트 마이크로 빔을 삽입하여 크게 개선할 수 있다. 마이크로 빔 삽입을 위하여 양쪽 끝에 최소 25mm의 프렌지가 돌출되도록 각각의 공동(cavity) 상부 프렌지(flange)를 잘라 없앤다. 규격 10게이지(gauge) 100mm x 100mm 용접철망과 함께 최소 두께 50mm의 RC 콘크리트를 GFRG 바닥 패널 위에 타설한다. 이 RC 콘크리트 타설 부분과 마이크로 빔이 일련의 T-빔의 형태로 작용하게 된다. RC 콘크리트 타설 두께 및 RC 마이크로 빔의 설치간격은 스펠 및 부과되는 하중의 정도에 따라 달라져야 한다. 수평 연결빔, RC 마이크로 빔의 매립, 콘크리트 타설 부분(screed) 그리고 GFRG 벽체의 수직 로드(rod)는 상호 연결되어야 하며 바닥/지붕 슬래브와 벽체 시스템 사이의 완벽한 연결이 보장되어야 한다.



<그림 4 - 마이크로 빔, 콘크리트 타설 부분(screed), GFRG 바닥 슬래브>

4. GFRG 프로젝트 사례

4.1 사례 1 : 호주 S.A. Parafield Gardens 아파트 : 2002년 11월에 준공되었으며 내외부 내력벽체에 2,350M²가 적용되었다.

4.2 사례 2 : 호주 S.A. Mawson Lakes 아파트 : 2004년 9월 준공되었으며 내력벽체에 6,709M²가 적용되었다.

4.3 사례 3 : 호주 S.A. West Beach 아파트 주거시설 : 2005년 11월 준공되었으며 내외부 내력벽체에 910M²가 적용되었다.

4.4 사례 4 : 2009년 3월 뉴칼레도니아에서 2009년 3월에 준공된 별장형 주택(Holiday Housing)은 내외부 내력벽체에 3,800M²가 적용되었다.

5. 기존 제품과 GFRG 간의 단열성 비교

기존 시스템이라 함은 콘크리트 슬래브 위에 시공되어 플라스터를 바르는 조적공사(공동벽돌)를 의미한다. 벽돌과 플라스터의 시공 상세는 본문 표 1에 표시되어 있다. 이 보고서는 U값 방정식을 사용하여 본문 표 2와 같이 기존 시스템의 다양한 사례에 대한 단열성능을 연구할 것이다. 본 연구는 소프트웨어 “디자인 빌더(Design Builder)”를 사용하여 기본모델을 적용하였으며 기본 모델의 규격은 폭 3m, 높이 3m, 길이 3m이다.

5.1 U값 계산

$$U = 1/R_t$$

$$U = \text{U-Value (W/m}^2 \cdot \text{C)}$$

$$R_t = \text{총 열저항(Overall Thermal Resistance) (m}^2 \cdot \text{C/W)}$$

$$R_t = R_o + \sum R + R_i$$

$$R_o = \text{외부 공기막 저항(Outer Air-Film Resistance) = 0.055 m}^2 \cdot \text{C/W}$$

$$R_i = \text{내부 공기막 저항(Inner Air-Film Resistance) = 0.123 m}^2 \cdot \text{C/W}$$

$$R = L / K$$

$$L = \text{재료 폭(Material Width) (m)}$$

$$K = \text{열전도율(Thermal Conductivity) (W/m} \cdot \text{C)}$$

$$R_t = R_o + \sum R + R_i$$

$$= 0.055 + L_1/K_1 + L_2/K_2 + \dots + L_n/K_n + 0.123$$

5.2 건설 분야의 나노기술

나노기술과 나노재료는 건설업계와 건축분야에 흥미로운 새로운 기회를 제공한다. 예를 들어 내구성이 우수하고 수명이 길며 동시에 매우 경량인 건설자재를 통해서 그러한 기회를 제공할 수 있다. 기존 단열로는 가능하지 못했고 에너지 효율을 개선하는데 도움을 줄 수 있는 건축물의 단열성능 회복을 가능

하게 하는 매우 우수한 단열성을 지닌 신규 단열재들이 이미 시장에 나와 있다. 유리공사, 조적공사, 목공사 또는 금속공사 등 다양한 마감처리 방법들도 나와 있으며 그 목표는 재료의 수명을 연장시키는 것 뿐 만 아니라 기능을 개선하는 것이다. 이러한 마감처리 방법들은 물, 에너지 및 세정제 등과 관련한 자원도 절약할 수 있다.

새로운 나노기술의 개발에 관해 집중적으로 연구한 부문들이 있어왔지만 건설업계의 “나노제품(Nano-products)”은 부차적인 역할을 계속하고 있는 것이 현실이며 현재는 단순히 틈새시장을 점유하고 있는 것으로 나타났다. 건설업은 보수적이기 때문에 혁신을 위한 시도는 시장을 침투하는데 어려움을 자주 겪는다. 이렇게 되는 주요 이유들 중 하나는 높은 가격 때문이다. 현재 나노재료 및 나노제품은 제조기술 때문에 기존 대체재들 보다 값이 상당히 더 비싸다. 건설재료는 대체적으로 대량으로 사용된다. 한 건물 또는 어떤 구조물의 전체 양을 고려할 때 작은 값의 차이가 전체 공사비를 엄청나게 증가시킬 수 있다. 또한 신규제품의 기술적 성능이 제일 먼저 입증되어야만 한다. 건축물에서 수명은 20~30년 범위 내인데 예를 들어 단지 1~3년의 내구성을 지닌 코팅제를 적용하기가 어렵다. 많은 나노제품에 대해 보다 장기적이고 실질적인 경험이 아직 부족하며 우리는 그러한 제품 수명에 관해 아는 것이 너무 적다. 따라서 당분간 건설업계는 입증되어 있는 기존제품에 의존하는 것을 선호하게 되는 것이다.

건설업계에서 나노기술 제품과 나노기술 적용, 나노기술의 가용성과 그 성능은 현재 아주 제한적이다. 2009년에 실시된 유럽건설 부문의 한 조사에서 대부분의 응답자들(75%)은 나노제품과 관련된 것인지 여부에 대해 알지 못하는 것으로 나타났다. 이것은 건축 재료에서 나노물질의 의무표시가 없기 때문이기도 하다. 다른 많은 판매사례와 마찬가지로 나노라는 접두사는 제조자가 판매개선에 대한 희망을 정당화하는 경우에만 어떤 제품을 광고하는데 사용된다. 어떤 하나의 나노제품이 실제로 나노물질을 포함하고 있는지 여부와 나노물질을 함유한다면 얼마나 많은 양이 들어있는지 등은 사용자들에게 명확하지 않은 상태가 대부분이다. “나노(Nano)”라는 용어를 사용하는 모든 제품이 실제로 나노물질을 포함하는 것은 아니다. 종종 “나노(Nano)”라는 용어는 단순히 몰탈이 경화할 때 형성되는 미세 구조물의 크기 또는 어떤 특정 재료의 기공 크기와 같이 나노크기의 물체를 말한다. 제품 클레임(product claims)과 홍보에서 “나노(Nano)”라는 용어를 사용하는 것도 최근 수 년 동안 다시 감소하고 있다.

5.3 에어로젤 나노물질(Aerogel Nanomaterials)

나노기술 재료는 건설 및 설계단계에 큰 영향을 미치며 에어로젤은 건설 분야에 쓰일 수 있는 나노기술 재료 중 하나로 간주된다. 에어로젤은 99%가 공기로 구성될 수 있는 고도의 다공성 고체물질이다. 에어로젤은 광물체를 형성하는 나노 스케일 입자로 구성된 구불구불한 미세구조를 가진 고도의 다공성 재료인데 하나의 우수한 초저밀도의 현저한 특성을 나타내는 재료이다. 울트라 파인 스폰지와 필적하는 이 기적적인 재료는 다른 많은 발명품과 같이 우주기술(space technology)에 그 기원을 두고 있다. 고효율의 단열재와 고도의 미세필터와 마찬가지로 에어로젤은 수년 동안 우주연구(space research)분야에 큰 기여를 해왔다. 에어로젤 재료는 에어로젤 타일(aerogel tiles) 및 에어로젤 입자(aerogel granulate)처럼 사용될 수 있다.

6. 결론

6.1 에어로젤 물질(타일 및 과립)을 첨가한 후 열쾌적성능은 11월부터 4월까지의 기간 동안 약간 개선되었다. 이러한 개선은 열쾌적성능에 대해 우리가 예상했던 것보다 낮은 것이었다.

6.2 GFRG 시스템과 기존 시스템을 비교했을 때 열쾌적성능은 거의 동일했다.

6.3 특히 외벽에 GFRG 시스템의 공동에 콘크리트를 채움에 따라 GFRG의 열전도율은 예상보다 더 컸다.

6.4 GFRG 시스템의 여러 벽체에 콘크리트를 채우는 것을 최소화하기 위하여 향후 연구 시 이 부분에 대한 구조분석을 고려할 필요가 있다.

6.5 재료의 열쾌적성을 적용하기 위한 나노기술 재료를 사용한다고 해도 우리는 열쾌적성을 위한 지속 가능한 해결책을 소홀히 하여서는 안 된다.