

Global Report

가변형 주택에 자가치유 나노 콘크리트 사용에 따른 영향

1. 개요
2. 소개
3. 문제점
4. 지속가능성과 나노기술
5. 가변형 주택과 자가치유 콘크리트의 적용
6. 자가치유 콘크리트와 가변형 주택의 조사
및 분석
7. 자가치유 콘크리트와 가변형 주택의 검토
결과
8. 결론

1. 개요

최근 수십 년 동안 모더니스트 이데올로기(modernist ideology)는 삶의 디자인에 의문을 제기하고 건물은 시간이 지남에 따라 변하게 할 수 있고 환경에 해를 끼치지 않는 방식으로 접근하고 있다. 한편 광범위한 첨단 재료들이 건설 부문의 과학 기술 전망에 영향을 미쳐왔다. 마찬가지로 자가치유 재료들은 나노기술 분야에서 경제적 혁신의 진전을 이끌고 있다. 자가치유 재료는 지속 가능성과 친환경 건축물을 위한 다차원적 가치를 형성하는 일종의 나노재료라고 주장되어 왔지만 여전히 가치 창출의 결과에 대한 이해와 의사 결정에 있어서 고려가 불충분한 상태이다. 이러한 이유로 본 프로젝트의 목적은 자가치유 재료의 구조와 친환경 건축물의 설계 프로세스에 관한 그 영향을 조사코자하는 것이다. 본 보고서에서는 환경 영향, 지속 가능성 및 사용방법 등을 포함하여 정성적 연구의 일종인 근거이론을 적용하여 나노재료 기반의 자가치유 콘크리트에 대한 종합적인 평가를 제공하고 일종의 정량적 방법인 인과 비교 방법(Causal-Comparative)으로 가변형 주택(flexible houses)의 설계에 이 재료의 적용방안을 제공코자 한다. 나노 재료의 미래와 가변형 건축을 위한 이 재료의 의미가 무엇인지도 확인하고 모색할 것이다.

2. 소개

나노 규모의 새로운 시멘트 기술에 의한 콘크리트 조작 과학기술은 새롭게 적합한 구조로 콘크리트를 만들고 새로운 특성을 창출할 수 있다. 콘크리트 분야에서 혁신을 일으킨 다양한 종류의 기술들이 많이 있지만 지난 20년 동안에는 자가 치유 콘크리트가 주도해왔다.

이러한 재료 자체가 주목을 받는 이유는 콘크리트의 수명을 늘리고 장수명 건축을 제어할 비용과 필요성을 줄이는 그 역량 때문이다. 건축과 나노 혁신 사이의 관계는 새로운 종류의 재료를 도입함으로써 나노기술을 통해 이루어지며, 이와 관련하여 자동 세척성 유리(self-clean glasses), 자가수선 고형물(self-mending solid), 광방출 표면(light-emanating surfaces), 적응형 광전지 보드(adaptable photovoltaic boards), 항균 덮개(anti-bacterial coverings) 등과 같이 명확한 사례들이 이러한 주장을 뒷받침할 수 있다.

삶의 질을 개선하는 과정에서 새로운 종류의 라이프 스타일에 주의를 기울임으로써 새로운 유형의 건축이 주택에 적응성과 유연성을 부여하고 생활 측면의 보다 스마트한 디자인에 대한 새로운 해석과 수요를 가져오게 하고 있다. 거주하기에 앞서 다양한 설계 레이-아웃으로 사용자의 니즈에 적응할 수 있고 지금 필요한 사람과 수요를 수용할 수 있는 역량을 갖는 가변형 주택의 결정. 또한 새로운 기술과 인구통계학적 변화에 적응할 수 있는 잠재력이 있어야 하며 경우에 따라 주택 설계 및 기타 분야에 이르기까지도 적응할 수 있어야 한다. 가변형 주택은 사용자들로 하여금 점유후 기간과 설계 과정에서도 그 책임을 이행가능하게 한다. 또한 시간이 지남에 따라 가변형 주택은 사용자가 원하는 계획 프로세스에 따라 달라진다.

가변형 주택에 나노 자가치유 콘크리트를 사용하는 것은 환경비용과 관련이 있을 수 있다. 재료를 신중하게 분석하고 선택하며 현대건축과 그 재료를 결합하는 방법이 편안함과 효율성을 극적으로 향상시킬 수 있을 뿐만 아니라 그 생애주기의 환경적 영향도 크게 감소시킬 수 있다. 본 논문에서 찾고자 하는 문제는 가변형 주택의 건설에서 친환경 건축의 개념인 나노 자가치유 콘크리트의 당면한 문제를 어떻게 개선하고 이 재료를 사용하는 효과를 향상시킬 것인가 이다. 간단히 요약하면 친환경 건축 측면에서 일반적인 건축수준으로 나노 자가치유 콘크리트 사용에 따른 문제점을 어떻게 감소시킬 것인가 이다.

이를 위해 처음에는 나노 자가치유 콘크리트를 설명하고 그 특성, 환경적 영향, 지속 가능성 및 사용방법 등을 설명하기 위한 정성적 방법론인 기술적 방법을 시도 할 것이다. 그리고 근거이론(grounded theory) 방식을 통해 이 재료와 가변형 주택의 문제점 해소를 시도할 것이다. 그리고 최종적으로는 상관 연구 설계(correlational research design)에 의하여 두 변수(가변형 주택과 자가치유 콘크리트) 사이의 관계를 측정하고 나노 재료의 미래와 가변형 건축에 대한 영향이 어떻게 될 것인지 검토 및 모색할 것이다.

3. 문제점

콘크리트 과학부문의 나노기술은 나노미터 규모의 구조를 조작하여 이상적인 기계적 거동을 지닌 새롭고 적합한 세대의 시멘트 복합재를 생성하는 기술을 포함하며 새로운 특성을 가진 콘크리트도 생성시킬 수 있다. 나노 입자에 소요되는 막대한 비용은 이러한 제품의 개발과 사용을 방해하므로 콘크리트 산업에서 나노기술을 상업적 규모로 활용하는 것은 시장 내에서 이용 가능한 제품의 수를 소수로 여전히 제한하고 있는 것이 현실이다. 마지막으로 사회적 인프라를 통해 지역사회에 이러한 새로운 재료를 도입하는 것에 더하여, 이러한 종류의 재료에 대한 균일한 공급, 시멘트와 나노 재료의 상용성, 가공, 제조, 안전, 운송문제, 대량 생산 및 비용 등과 같이 콘크리트 산업 내 나노기술의 확대에 앞서 해결될 필요가 있는 많은 과제들이 존재한다.

3.1 연구 문제

나노 자가치유 콘크리트의 사용은 환경비용과 관련되어 있다. 재료를 신중하게 분석하고 선택하는 것과 현대건축과 그것들을 결합하는 방법은 생애주기에 걸친 환경적 영향을 크게 줄일 수 있을 뿐만 아니라 쾌적성과 효율성을 크게 개선할 수 있다. 본 논문에서 찾고자 하는 문제는 친환경 건축 개념 중 하나인 가변형 주택의 건설에 이 재료 사용에 따른 비용과 문제를 줄이기 위해 나노 자가치유 콘크리트의 현 문제점을 어떻게 해결하느냐 하는 것이다.

3.2 연구 대상

오늘날의 세계에서 콘크리트는 세계적으로 물 다음으로 가장 널리 사용되는 재료이다. 나노실리카와 같은 기존의 나노 재료와 함께 이 재료의 고유한 특성을 이용한다면 탁월한 역량을 가진 새로운 재료를 만드는데 효과적으로 사용될 수 있다. 나의 우선적인 연구 대상은 친환경 건축 측면에서 일반적인 건축 수준으로 나노 자가치유 콘크리트의 문제점을 줄일 수 있는 방법이다.

3.3 연구 방법론

먼저 나노 자가치유 콘크리트를 설명하고 이 재료의 특성, 환경적 영향, 지속 가능성 및 사용 방법 등을 기술하기 위한 정성적 방법론인 기술적 방법(description method)을 시도할 것이다. 그리고 근거이론(grounded theory)을 통해 이 재료와 가변형 주택의 문제점 해소를 시도할 것이다. 최종적으로는 인과 비교(causalcomparative) 방법으로 나노 재료의 미래와 가변형 건축의 의미를 결정짓기 위해 검토 및 모색을 시도할 것이다.

4. 지속 가능성과 나노기술

오늘날의 세계에서 지속 가능성은 건축도 예외는 아니지만 가장 중요한 이슈 중 하나가 되었다. 지속 가능성의 주요 목표 중 하나는 인간의 건강 증진과 환경보호이다. 나노사이언스(Nanoscience)는 건축과

건설에 긍정적인 영향을 미치는 다양한 종류의 시설물과 재료를 제공하고 도입하는 일종의 지속 가능한 기술임을 스스로 밝히고 있다(Mohamed, 2015). 건설 분야에서 나노기술은 기존의 문제점을 줄이거나 해결할 수도 있으며 또한 프로젝트 실행 및 수요 방식을 변경할 수 있는 특별하고 긍정적인 거동으로 인해 많은 관심을 받고 있다(Aljenbaz & Çağnan, 2020).

4.1 나노 시멘트 재료

콘크리트는 재료구성, 단계 및 스케일이라는 다양한 특징을 지니고 있다. 그 재료구성은 물, 기타 많은 광물질 첨가재 및 다양한 혼합물을 들수 있으며, 이 재료구성은 프로젝트와 상황에 따라 스케일, 비율 등을 달리할 수 있다.

파티클과 튜브 같은 나노 블록을 콘크리트에 포함함으로써 콘크리트는 놀라운 거동과 특성을 나타나게 되고 또한 분자를 콘크리트 입자에 부착하거나 그 구성재료에 조작을 하여 콘크리트 구성재료의 계면 상호작용(interfacial interaction)을 촉진할 수 있다.

나노 콘크리트는 물과 각각의 특성이 보다 작은 크기의 것에서 나오는 그 재료구성의 분해 메커니즘으로 혼합 및 부착되는 마이크로 및 나노미터 스케일 결정(crystal)의 다양한 크기로 구성되어 있다. 무정형 세그먼트는 나노 자체인 칼슘, 규산염 및 수화물이며 이 재료들은 콘크리트와 함께 접촉시키는 역할을 한다.

4.2 나노 자가치유 시멘트 재료

자가치유 콘크리트는 콘크리트 분야의 다양한 혁신적인 많은 기술들 사이에서 주목받고 있다. 그 이유는 이 콘크리트가 콘크리트의 수명을 늘리고 장수명 건물 건축 취급 프레임워크의 재정적 비용을 줄일 수 있기 때문이다.

콘크리트용 자가치유 시멘트의 가장 일반적이고 혁신적인 구성재료에는 강철, 폴리에틸렌(PE) 및 폴리비닐알코올(PVA) 등이 있다. 이들 재료는 자가치유 콘크리트의 주요 목표달성을 촉진하는데 사용된다. 이러한 섬유는 균열의 크기와 모양을 개선하고 가장 중요한 것은 콘크리트의 인장응력을 받는 상황 하에서 치유 능력을 향상시키는 것이라 할 수 있다. 예를 들면, 초기 인장응력을 받는 상황하에서 콘크리트를 자가치유하도록 만드는 강섬유 및 PE 섬유를 사용하는 것이 그 예이다.

콘크리트 혼합물의 또 다른 유리한 측면은 탄산화라는 방법으로 강도를 생성하는 그 역량이다. 물속에 존재하는 이산화탄소의 존재는 무수석고(anhydrite) 시멘트 입자와 반응하여 2차 수화를 일으킬 수 있다. 포틀랜드아이트(수산화칼슘)의 입자는 이산화탄소와 반응하여 탄산칼슘을 기반으로 한 광물침전을 생성한다.

4.3 자가치유 콘크리트의 장점과 단점

자가치유 콘크리트의 가장 큰 장점은 수 십년 또는, 어쩌면 수 세기-약 200년 정도, 동안 지속할 수 있는 잠재력을 가진 수명이다. 따라서 역사적인 건물에서 이와 같은 재료로 교체하여 그 지속 가능성을 개선할 수 있고 이러한 국가적 가치가 더 오랫동안 보존될 수 있다고 주장할 수 있다.

콘크리트 표면에 대한 유지보수 활동의 감소는 또 다른 자가치유 콘크리트와 관련된 장점이다. 일반적으로 균열의 진행을 막기 위하여 콘크리트 표면에 대한 정기적인 균열 보수작업이 필수적인 것이 현실이다. 이와 같은 보수작업은 간과되어서는 아니되는 일이며, 다른 일에 더 많은 시간을 할애 할 수 있는 자가치유 콘크리트에 관해 고려해 보아야 하는 것이다.

현재 자가치유 콘크리트의 가장 큰 단점 중 하나는 비용문제이다. 많은 사람들이 콘크리트가 비용이 저렴한 재료이기 때문에 설계에 반영하는 것을 선호하지만 자가치유 콘크리트는 비교적 최근에 나온 재

료로서 사용 예가 극히 드물다. 따라서 비용이 많이 들 수 있다. 그리고 그러한 기존의 재료를 새로운 재료로 대체하는 데에는 비용과 시간이 많이 소요될 것이다. 자가치유 콘크리트의 두 번째 단점은 이 제품을 사용하는 방법을 이미 알고 있는 건설업체가 많지 않다는 것이다. 이것은 아직도 새로운 재료이며, 모든 회사가 이 재료를 그대로 사용하는 것도 아니며 모든 건설업체가 사용해야 하는 의무적인 것도 아니다. 이 재료를 사용하고 거주지역에 따라 전문지식을 갖춘 건설업체를 찾는 것은 어려울 수 있다.

5. 가변형 주택과 자가치유 콘크리트의 적용

사람들은 자기 정체성(self-identification), 생활방식, 기술 발전, 그리고 가족 구조(family structure)와 같은 많은 불가피한 요인들에 적응하기 위해 그들 주택의 레이-아웃을 늘 수정해 나간다. 사람들은 최소한의 투자가 필요로 할 때 그들의 건물 레이-아웃을 변경할 수 있도록 장기적인 솔루션을 필요로 한다.

결과적으로 변화를 수용하기 위한 주택의 가변성은 확실히 필요하다 할 것이다. 가변성은 건물의 경직성에 대한 치료법으로 인식되며 자원과 (내재)에너지를 최적화 할 뿐만 아니라 건물의 수명을 연장하는데 도움이 된다. 유럽의 건축물에서 가변성에 대한 아이디어는 20세기 초 극심한 주택 위기로 인해 제2차 세계 대전 이후 시작되었다. 이 아이디어에 대한 수 년간의 연구 개발 후에 오늘날의 일부 연구자들은 건축 재료와 디자인이 가변성에 의해 크게 영향을 받고 있다고 주장한다. 기존 건물의 수리와 재사용에 의한 생애주기 전개는 일반적으로 새로운 건축으로 대체하는 것 보다 더 지속 가능하고 보다 효과적이며 그리고 더 효율적이다. 또한 기존 건물의 일부 보수후 재사용을 위한 체계적인 관리는 자원과 시간의 기본적 가치를 절약할 수 있다 따라서 가변성을 위한 설계는 개발도상국의 재정 및 천연자원을 절약할 수 있다.

건축물의 크기와 형태는 건축물의 기능과 그 수명을 제공하는데, 이와 관련하여 주로 소형 건축물은 주거용으로 사용되며 도시 외곽이나 교외에 배치된다. 콘크리트는 주요 건축 재료 중 하나이며 주거용 건물의 크기로 인해 콘크리트의 주 용도는 기초, 기둥 및 슬래브에 사용되는데, 건물의 기능이 적합하고 변하지 않는 경우 자가치유 콘크리트를 사용하여 건축물의 수명을 연장할 수 있다. 건축물의 수명을 증가시켜서 건축가들도 그들의 설계 전략과 표준을 변경하고 개선해야 한다는 것은 분명하다. 이와 관련하여 건축가들이 설계 과정에서 고려해야 하는 주요 측면은 미래의 기술향상과 건물의 수요, 필요한 변화와 사용자의 라이프-스타일이다. 또한 미래의 교외 변경 및 개선사항은 건물이 새로운 맥락에서 잘 작동하고 설계가 다가오는 변화를 충분히 수용할 수 있도록 가변성이 있어야 한다는 것이다.

6. 자가치유 콘크리트와 가변형 주택의 조사 및 분석

가변형 설계 과정은 두단계로 나눌수 있는데, 혼합물의 디자인 레벨과 재료의 조화를 찾는 단계와 재료의 구성이 사용자의 다양한 니즈와 수요 또는 장소에 따른 다양한 사용자에게 맞게 조정되고 적용되어야 하는 사용자 레벨의 단계가 그것이다. 가변형 설계의 원천은 다양한 그룹의 가변성 요소에 의해 활성화되는 제조작업과 관련이 있다. 공급 시스템인 정신적 및 육체적 생산활동은 구조적 원천에 사용되지만 제어 시스템은 기반설비의 원천을 위해 사용된다. 그동안 현대적인 재료를 많이 사용하면 사용자를 위한 아름답고 편안한 공간을 만들 수 있었지만 시간이 지남에 따라 밀도가 다양한 재료는 부정적인 반응과 파괴를 유발하며 그 중 나노재료는 큰 효율성으로 환영받아 왔다. 이러한 방식으로 나노 자가치유 콘크리트는 사용에 방해가 되는 다양한 장애물이 많음에도 불구하고 앞으로 지어지는 건축물에는 다른 건축공간을 지원할 수 있다. 자가치유 콘크리트는 일반 콘크리트 보다 훨씬 더 효과적임이 분명하지

만 이 재료와 가변형 설계 사이의 강력한 관계 중 일부가 언급될 수 있도록 할 것이다.

7. 자가치유 콘크리트와 가변형 주택의 검토 결과

본 연구에서 수행된 연구결과와 가변형 주택에 자가치유 콘크리트 사용의 영향을 비교한 결과에 따르면 둘 다 내구성과 지속 가능성을 높이는데 이바지 하지만 자가치유 콘크리트의 사용은 아직 활성화되지 못하고 많은 어려움을 겪고 있다는 것이다. 반면에 가변형 주택은 사용자에게 의한 통제가 시도되고 있으나 일부 건축적 요인이나 서비스 공간 문제로 인해 여전히 완벽히 가변형일 수 없지만 그 건물내에서 사용자의 생활에 큰 영향을 미친다. 이 두 가지 모두는 재료의 수리 및 설치비 절감, 건축물 수명의 연장과 보존 문제 감소 등 많은 장점을 가지고 있다. 본래 강도의 손상보수와 균열의 25%에 대한 효율성을 갖는 자가치유 콘크리트를 사용한다는 전제하에 재료 보수 및 대체에 대한 필요성은 없게 될 것이므로 그 건물의 내구성이 향상된다 할 것이다.

따라서 연구에 따르면 현대적 건물에 거주하는 거주자의 요구에 대한 80% 응답의 결과로 균열을 보수하는 능력이 있는 자가치유 콘크리트는 내구성을 25% 증가시킬 것이라는 것이다. 이와 같이 건물의 모든 공간과 구조를 지탱함과 동시에 이 재료는 사용자들이 살기에 안전한 환경을 제공하게 될 것이다. 건설과정의 모든 노력이 모든 면의 니즈를 100% 충족하면서 자가치유 콘크리트의 존재는 이러한 노력을 두 배로 늘려서 건물의 내구성을 향상시키게 될 것이다.

8. 결론

특히 개발도상국에서 자원의 할당과 건축설계 주요기준들의 적용, 그리고 오늘날 모더니즘의 이데올로기가 삶의 디자인을 변화시키고 건축기술 및 산업에 더 가까워진 점을 고려하여 건축가들은 이 새로운 관점과 요구되는 변화에 대응하기 위하여 유연한 디자인에 의존하게 되어왔다. 예를 들어, 장기적으로 모든 사용자와 그들의 요구에 부응하는 주택이 그것이다. 이러한 유형의 설계는 건축 설계(특히 기초부문)에 새로운 차원을 제공하여 최소한의 비용으로 수요축(demand axis)의 레이-아웃을 변경할 수 있는 잠재적 기회를 제공한다.

그러나 이것은 건축, 기술 및 재료 사이의 연결이 없이는 불가능하다. 요즈음 특히 가장 많이 소비되는 콘크리트와 같은 건축 재료의 성능을 향상시키는 나노기술의 잠재력이 중요하게 되었는데, 이것은 콘크리트의 기계적 특성 향상을 기반으로 한 콘크리트 복합재료의 개발로 이어지고 있다. 자가치유 콘크리트는 가장 놀라운 나노 제품 중 하나이다. 이 콘크리트는 저공해, 합리적 가격, 친환경성 및 열악한 환경하에서의 큰 내구성 등과 같은 많은 중요한 특징을 가지고 있다.

따라서 가변형 설계와 자가치유 콘크리트 재료의 통합이 고강도 및 내구성이 있는 시멘트 복합재를 구현함으로써 환경영향을 줄이는 재료를 만들고 수리하거나 교체해야 할 필요성을 줄이는 방법으로 인간의 삶에 중요한 영향을 미칠 수 있다. 이것은 건설과정에 있어 에너지와 인력의 사용을 줄여 환경 오염을 막는 것을 의미한다. 한편, 이러한 재료의 큰 기계적 강도로 인해 건축물은 더 긴 수명을 갖게 될 것이며 인간의 다양한 요구를 기반으로 한 보다 원칙적인 설계 및 보다 정밀한 건축공간에 대한 건축가의 판단력(sensitivity)에 영향을 미치게 될 것이다.

<원문제목> The Impact of Using Nano Self-Healing Concrete in Flexible Houses

<원문출처> Future cities and Environment