

Global Report

친환경 기술을 적용하는 도시계획 및 건축 솔루션

1. 개요
2. 소개
3. 재료 및 방법
4. 결과
5. 검토
6. 결론

1. 개요

이 연구의 목적은 도시계획 및 건축 솔루션 부문에서 친환경 기술 적용의 이론과 실무를 조사하는 것이다. 지속 가능한 발전 개념의 프레임워크 내에서 건설 부문 환경 요건에 대한 고려사항들이 매우 중요해지고 있다. 많은 환경 문제를 해결하는 것을 목표로 하는 공공기관의 고도의 역동적인 발전으로 주거부문 생태계와 관련한 정보가 쏟아져 나오게 하였는데 이러한 정보들은 생태계 구축의 제도적 환경의 발전에 활력을 불어 넣었다. 환경친화적 건설의 특정 기준이 형성되고 있으며, 시장 참여자들이 환경 친화적인 건축 재료와 기술을 적용하도록 하고 그 결과 이 건설 분야의 혁신적 발전이 이루어지도록 설계되고 있다. 따라서 친환경 건축 발전을 위한 기반은 친환경 건축의 혁신적 프로세스를 구현한다는 공통의 목표를 해결하기 위해 프로세스 참여자들이 함께 모이는 혁신적인 플랫폼으로 간주되어야 한다. 동시에 언급한 프로세스와 관련된 참여자들에게는 상호 작용하는 표준 및 규칙이 마련되어야 한다. 또한 프로세스 참여자들은 이 분야 커뮤니케이션의 공식 및 비공식 규범에 따라야 할 필요성이 있다. 즉 전자에는 합작 투자, 국가 표준 및 환경 법규 등을 포함하며, 후자에는 모든 투자 프로젝트와 혁신주제에 대한 건설 제품 품질의 가치 특성, 환경 친화성, 안락함과 안전성의 조합을 포함한다.

세계가 친환경 건축으로 나아가고 있으므로 안정적인 발전은 건설 종사자, 정치인 및 산업계의 핵심 요소가 되고 있다. 건축물이 친환경 소비를 하도록 할 때 내재 에너지 및 온실가스 배출의 영향은 매우 중요하게 된다. 친환경 건축은 다양한 재료와 건설 공법을 적용하여 건설될 수 있다. 친환경 식품은 에너지 소비를 아주 적게 할 수 있으며 환경과 자연에도 이로울 수 있다. 따라서 인류 존재의 모든 영역에서 가장 중요한 재생 가능한 재료인 환경 친화적인 재료를 사용하는 것이 자원 사용을 최적화하고 인간 활동과 관련된 환경 영향을 줄일 수 있는 가장 효과적인 방법인 것 같다.

오늘날 친환경 건설 개발의 우선순위는 건축 설계의 혁신뿐만 아니라 건축되는 건축물의 비용 효과성, 안전성, 천연자원의 균형이 잡힌 사용, 유해한 환경영향 감소에 있다.

2. 소개

현재 많은 환경적 원칙들에 기반한 건축 및 건설 솔루션이 현대적 도시 환경의 조화로운 발전에 핵심인 것으로 알려져 있다.

그러나 현재 건설 중인 지역 및 도시 차원에서 사람들을 위한 통합적 생활지원 시스템을 구성하는 메커니즘뿐만 아니라 명확한 방법론은 아직 없는 상태이다. 하지만 의심할 여지 없이 테크노 인위적 (technoanthropogenic) 영향이 증가하는 시대 상황에서 도시와 주택의 생태계에 과학적 방향이 개입된 친환경 설계 및 시공의 필요성이 존재한다.

도시 환경 속에서 이 생활지원 시스템은 개인의 사회적, 경제적, 미적 및 환경적 니즈를 가장 잘 충족하도록 설계된다. 도시는 시스템이 복잡한데 도시의 모든 요소가 상호 연계되어 있으며, 그 중 어느 하나에서 발생한 변화는 모든 구성요소와 시스템 전체의 변화를 몰고 온다. 자연경관의 일부인 도시는 인공적으로 만들어진 것이기 때문에 자연에 부정적인 영향을 미친다. 모든 자연적인 요소의 상태는 도시 환경에 직접적으로 반영된다. 불리한 생태 상황은 차츰차츰 인간의 직접적인 생태 거주환경에 부정적인 영향을 미친다.

지난 10년 동안 산업 및 농업 생산이 감소하는 것을 지켜보았고, 주택건설의 속도가 감소하였으며, 임대생활 공간의 숫자도 감소하였다.

그럼에도 불구하고 생태 및 환경 보호에 대한 문제는 여전히 상당히 많고 예민한 상태이다. 공장 자원 및 대기 오염은 낡은 장비와 현대적 기술 및 처리 시설의 불충분한 실행으로 인해 여전히 높은 수준이다. 도로 교통은 도시 공기 오염을 증가시켜왔다. 승객 운송이 크게 늘어났기 때문에 트럭 운행의 감소가 주요 지역의 전반적인 대기 및 소음 공해를 감소시키지는 않는다. 자금부족으로 인해 도시 및 인접 지역의 위생 상태와 개선 수준이 악화되었다.

수입된 건축 및 마감자재, 산업 폐기물로 만든 자재는 항상 충분한 환경적 퀄리티를 가지고 있지는 못하며, 또 그러한 자재는 미래를 예측하기도 어렵다. 많은 단열재들이 10~20년에 걸쳐 독성 물질을 방출하고 단열성을 상실하는 경우가 있는 것이다. 사용되는 국내외 건설 재료들은 방사선에 대한 평가가 요구되는데 전선 및 중계기는 전자기파 방사선을 유발한다.

건설의 환경적 안전성은 주택 수요의 질과 가격에 영향을 미치는 요인 중 하나이다. 또한 건축공사 중 환경친화적인 기술을 사용하면 건물의 건설 및 운영 기간 중 자원과 에너지를 절약하는데 도움이 되며 결과적으로 개발자에게 수익 증가를 안겨다 준다. 앞서 언급한 모든 것이 연구 주제를 결정짓는데 관련성이 있었다.

3. 재료 및 방법

본 연구에서는 친환경 건설의 문제점에 관련하여 환경에 대한 건설 산업의 부정적인 영향을 감소시키는 방법을 제시했을 뿐만 아니라 외국의 연구결과들도 고려하였다.

4. 결과

인류는 항상 자연과 그 환경과의 상호작용 문제에 관심을 가져왔다. 자연환경 즉, 기후 조건(온도 및 습도, 기류), 지상 및 지하수의 흐름, 토양과 그에 적응하는 녹지대 등에 존재하는 사람에게는 많은 요인들이 늘 영향을 받아왔고 지금도 영향을 미치고 있다. 동시에 인간은 자연환경에 인간의 니즈를 적응시키고자 하였다. 결과적으로 인위적인 요인들이 자연환경을 변화시킨 도시들이 생기게 되었다. 산업계, 교통 및 유틸리티는 도시환경에 대한 압력을 증가시킨다. 소음, 가스, 먼지, 진동, 전자파 발생, 인류 관점의 변화, 위험한 산업체의 존재와 같은 요인들이 인체에 부정적인 영향을 미쳐 다양한 질병을 유발한다. 한 요인에 의한 영향이 다른 요인에 의한 영향을 증폭시키는 것과 같이 이러한 요인들은 대부분 자주 누적되고 시너지효과를 갖는다는 사실에 유의해야 한다.

도시 환경문제에 대한 해결책에는 현대 도시 생태학과 친환경 건설의 목표와 목적을 결정하는 다양한 자연 과학 및 사회학적 분야를 포괄하여 적용하는 것을 포함한다. 친환경 건축(생태 건축-ecological construction)이란 환경에 미치는 영향이 최소화된 건축물의 건축 및 운영의 한가지 유형이다. 그 목표는 설계, 시공, 운영, 보수 및 철거를 위한 현장의 선정에서부터 건물의 전 생애주기에 걸쳐 에너지 및 재료 자원의 소비 수준을 줄이는 것이다. 생태 건축 또는 친환경 건축은 오늘날의 세계와 아주 관련성이 깊다. 이러한 건축물은 환경친화적인 재료로 건축하는 것뿐만 아니라 모든 유형의 에너지를 절약하는 것을 목표로 하고 있다. 세계 에너지의 약 40%는 인간의 생활을 위한 건축물에 의해 소비되며 그에

따른 이산화탄소 배출량은 약 35%에 달하는 것으로 통계에 의해 밝혀지고 있다. 우리는 폐기물 하면 고형폐기물을 생각할 수 밖에 없는데, 그 중 50%는 도시 폐기물이다. 친환경 건축의 기준을 정의하는 과학적 도형은 본문 그림 1에 표시되어 있다.

5. 검토

도시개발 프로젝트에 관한 유해 요인의 영향을 감소시키는 것은 보다 더 복잡한 과제이다. 이 과제는 해당 도시의 마스터 플랜의 실행과 경관 조성에 의해 해결된다. 이러한 조치에는 추가적인 자금과 상당한 비용이 요구된다. 상대적으로 유리한 지역에서 어떤 다른 유리한 지역으로의 이전에 생태 건축 방법(ecological construction methods)을 적용하는 것이 가능하다.

현 단계에서 시급한 문제 중 하나는 건축 재료의 친환경화이다. 연구의 핵심은 현재 포틀랜드 시멘트의 제조와 관련하여 엄청난 양의 온실가스 배출로 인하여 기존의 보통 포틀랜드 시멘트의 대체재를 개발하는 것에 맞추어져 있다. GGBFS-FA에 기반한 지오폐리머 결합재는 보통 포틀랜드 시멘트의 혁신적인 대체재로서 널리 사용될 수 있는 재료이다. 지오폐리머 결합재의 제조에는 환경 친화성뿐만 아니라 많은 에너지를 필요로 하지 않으며 또한 산업 폐기물의 사용을 통해 지속 가능한 발전에도 기여한다. 철강산업의 부산물인 강재 슬래그는 향후 천연골재의 급격한 부족 가능성이 있기 때문에 콘크리트 생산용 천연골재의 대체재로 쓰일 수 있다.

조골재로 강재 슬래그를 사용한 GGBFS-FA 지오폐리머 콘크리트를 천연화강석 골재를 다양한 대체비율, 즉 용적비로 0%, 25%, 50%, 75% 및 100%씩의 강재 슬래그로 대체하여 만들어 다양한 생 콘크리트 및 기계적 특성을 연구하였다. 강재 슬래그를 사용한 GGBFS-FA 지오폐리머 콘크리트의 휨 피로 거동(bending-fatigue behavior)도 상세히 검토되었다. 또한 두 가지 와이블 분포 파라미터(Weibull distribution parameters)를 사용하여 다양한 응력 수준에서 GGBFS-FA 지오폐리머 콘크리트의 피로 데이터의 확률 분포를 모델링하기 위한 노력도 이루어졌다. 그 결과는 GGBFS-FA 지오폐리머 콘크리트에 강재 슬래그가 포함되면 기계적 강도는 약간 감소하는 것으로 나타났다. 한편 강재 슬래그를 포함시키면 흡수율 및 공극비율은 더 높아지는 것으로 나타났다.

화강암 골재와 비교하여 강재 슬래그를 포함하는 지오폐리머 콘크리트 혼합물에서 피로파괴 횟수가 감소하는 것이 관찰되었다. 일반적으로 강재 슬래그의 성능은 구조물 및 포장용으로 만족스러운 것으로 밝혀졌으며 강재 슬래그는 새로운 건축 재료로 인정받을 수 있다. 환경친화적이고 지속 가능한 건축 재료를 개발하는 것은 건설 업계로 부터 많은 관심을 끌었다.

증가하는 시멘트 생산으로 늘어나는 온실가스 배출, 많은 에너지 소비 및 환경위험 때문에 연구진은 기존 포틀랜드 시멘트의 대체 가능 재료를 개발하는데 집중해왔다. 지오폐리머, 알칼리 활성화 슬래그와 같은 활성화된 결합재는 현대적 연구 커뮤니티가 관심을 가지는 보통 포틀랜드 시멘트의 가능한 대안으로 고려될 수 있다. 지오폐리머 콘크리트는 우수한 기계적 강도 특성을 가지고 있다(Davydovits, 1982, 1984; Swanepoel and Strydom, 2002). 지오폐리머는 강 알칼리성 매질을 사용하여 알루미늄 실리케이트가 풍부한 출발물질(starting materials)을 활성화하여 얻을 수 있다. 지오폐리머 재료의 합성에 플라이 애시 사용에 관한 여러 가지 연구들이 보고된 바 있었다(Swanepoel and Strydom, 2002; Palomo et al., 1999; Fernandez-Timenez and Palomo, 2000). 폴리머로 형성되는 주요 반응 생성물은 알루미늄 실리케이트 수화물 겔이다. 지오폐리머에 FA를 사용할 때 경화와 강도 발현이 늦어지는 몇 가지 단

점이 있다(Swanepoel and Strydom, 2002).

FA에 필요한 활성화 에너지가 크기 때문에 열 경화는 FA 기반의 지오폴리머를 생성할 때 중요한 변수가 된다(Jiang and Roy, 1990). 그러나 지오폴리머 기반 콘크리트에 미세립 고로 슬래그(GGBFS)를 첨가하면 열 경화가 필요 없이 상온에서도 충분한 강도를 얻을 수 있었다(Nath and Sarker, 2012; Rajamane, 2013). 그런데 그 이유는 GGBFS 활성화의 결과로 주로 규산 칼슘 수화물(CSH)이 생성되기 때문이다(Li and Liu, 2007).

FA 기반 폴리머의 특성은 알칼리 활성화제, 활성화제 모듈의 종류와 알칼리 활성화제의 산화나트륨 용량, 양생의 유형, 양생 시간 및 온도, 물과 결합재의 비율 등에 따라 달라진다(Voraa and Dave, 2013). 콘크리트 제조용 골재의 수요는 많은 국가에서 대규모 인프라 및 건설 프로젝트가 늘어나면서 증가해왔다. 이것은 미래를 위해 천연골재를 보존하고 생태학적 균형을 유지하기 위하여 천연골재에 대한 대안을 찾는데 관심을 불러일으켜 왔다.

산업체에서 발생하는 폐기물은 콘크리트 제조에 사용 가능한 대안으로 간주된다. 철강 산업체에서 강재를 생산하는 과정에 나오는 폐기물인 강재 슬래그는 천연골재의 잠재적인 대안으로 고려될 수 있다.

매립지에 강재 슬래그를 내다 버리면 비용이 많이 들고 환경에 부정적인 영향으로 이어질 수 있다. 콘크리트에 강재 슬래그를 사용하면 천연골재 자원을 보존하는데 도움이 될 뿐만 아니라 매립지 면적도 줄어들어 매립장 폐기로 야기되는 환경적 위험을 줄일 수 있다.

강재 슬래그는 보통 염기성 산소 또는 전기 아크로를 사용하여 생산되기 때문에 사용되는 기술에 따라 강재 슬래그는 염기성 산소 슬래그(BOF)와 전기 아크로(EAF)로 나뉘어 질 수 있다. 강재 생산에 사용되는 첨가제 유형에 따라 EAF 강재 슬래그는 화학적 및 물리적 특성 측면에서 BOF 강재 슬래그와 약간 상이하다. 그러나 강재 슬래그 골재는 부피 성형(bulk deformation)과 같은 문제점이 있는데 그것은 주로 유리 석회 또는 마그네시아가 존재하기 때문이다. 유리 석회가 대기 중의 이산화탄소가 있는 상태에서 물과 접촉하면 탄산칼슘을 형성하는 반응을 일으켜 부피변형을 유발한다.

강재 슬래그와 관련된 또 다른 문제는 골재의 높은 비중이다. 강재 슬래그와 관련된 이러한 문제로 인하여 콘크리트에 강재 슬래그를 사용하는 것은 한계가 있다. 강재 슬래그 골재의 팽창성 문제에 대한 가능한 해법 한가지는 골재를 3~6개월 동안 풍화시켜 석회와 마그네시아를 허용한게치 이내로 만드는 것이다. 풍화 이후에 강재 슬래그의 표면에 탄산칼슘의 얇은 층이 형성되어 육안으로 식별이 가능하고 물리적 특성에도 약간의 변화를 가져온다.

보통포틀랜드 시멘트(OPC) 콘크리트에 조골재 크기의 강재 슬래그 골재를 과거에 사용한 많은 연구진의 연구결과에 따르면 조골재 크기의 강재 슬래그 골재의 성능이 석회석, 자갈, 반려암 등과 같은 천연골재의 성능에 비해 만족스럽거나 더 우수한 것으로 나타났다(Shekarchi et al., 2003; Maslehuddin et al., 2003; Alizadeh et al., 1996; Taha et al., 2014). 조사에 따르면 강재 슬래그 골재는 각진 모양, 울퉁불퉁한 모양과 거친 질감으로 인하여 기계적 성능이 개선되는 것으로 드러났다. 그러나 OPC 콘크리트에 강재 슬래그 골재를 포함시키면 천연골재와 비교하여 콘크리트의 강도 특성이 비슷하거나 미미하게 감소하는 것으로 보고한 연구진의 보고서는 거의 없다(Manso et al., 2004; Carlo et al., 2013; Gonza Les-Ortega et al., 2014). 하지만 지금까지 알칼리 활성화로 만들어진 콘크리트에 강재 슬래그

조골재를 사용하는 것에 대한 효과성을 조사하려는 시도는 없었으므로 이 분야에 대한 추가적인 연구 필요성이 있다.

콘크리트 보도는 일반적으로 교통량이 많으며 전체적인 수명에 걸쳐 많은 반복하중에 견뎌내야 한다. 반복하중으로 인한 피로 파괴는 콘크리트 포장 파괴의 주요 요인 중 하나이므로 대부분의 설계 표준에서 피로 파괴가 수반되는 콘크리트 포장의 설계는 필수적이다. 지오폐리머 콘크리트의 동적 거동에 대한 연구는 특수 문헌에서 매우 드물게 제시되어 있다. 그러나 위와 같은 방법으로 시험한 주요 결론은 다음과 같다 : 지오폐리머 콘크리트 GGBFS-FA에 강재 슬래그를 포함시키면 구조물 및 도로표면에 사용하기에 만족스러운 결과를 도출하였다. 콘크리트 제조시 강재 슬래그로 골재를 쓰게 되면 강재 슬래그의 활용 문제를 부분적으로 해결할 수 있을뿐만 아니라 골재 부족과 관련된 문제를 해결하게 될 것이다.

또한, 오늘날 연구자들은 린(lean) 건설 프로젝트 및 친환경 프로젝트의 결과를 관리하는데 BIM 기술을 사용하는 것에 집중하고 있다.

현재 건설공사의 대부분은 복잡한 프로젝트의 형태로 이루어지기 때문에 훌륭한 사업관리 방법이 매우 중요한 것으로 간주된다(Maylaret Al., 2008). 건설 산업은 수익성, 환경 관리 및 지속가능성에 관한 극심한 압력에 직면하고 있으므로 건설 프로젝트는 예산 및 일정뿐만 아니라 품질 및 환경 영향 측면에서도 전문적으로 분석되어야 한다. 현재의 여건과 건설 부문의 전반적인 상태를 감안할 때 평소와 같은 비즈니스가 실행가능하지 않다는 것이 분명하므로 건설 업계는 변화와 지속적인 개선 의제를 가지고 있는 것이 중요하다. 과도한 재료 및 기술적 낭비, 자원에 대한 과도한 의존, 에너지 사용 및 탄소 발자국과 같은 고유한 문제는 글로벌 수준에서 해결되고 있다.

6. 결론

지속이 가능하고 환경친화적인 건축 목표를 달성하는 것은 사람들이 더 나은 삶을 영위하기 위하여 그들의 모든 전문적 활동에 대한 궁극적 모델을 만들어 온 주요 목표 중 하나이다. 이러한 이유로 보다 친환경적인 건축으로의 움직임과 보다 친환경적인 건설이 건설 산업의 주요 목표이다. 지속 가능한 개발은 세계가 친환경 건설로 나아감에 따라 건설 시행자, 정치인 및 업계 대표에게 점점 더 중요한 요소가 되고 있다. 건축물이 친환경 소비를 하게 되면 내재 에너지와 온실가스 배출의 영향이 매우 중요하게 된다. 친환경 건물은 다양한 재료와 시공방법을 적용하여 건설될 수 있다. 친환경 제품은 에너지 소비가 매우 적고 환경과 자연에 이로울 수 있다. 따라서 사람이 존재하는 모든 영역에서 가장 중요한 재생 가능한 재료로서 환경친화적인 재료를 사용하는 것은 자원 사용을 최적화하고 인간 활동과 관련된 환경 영향을 줄이는 가장 효과적인 방법이다. 모든 살아있는 자연요소와 자연속 기존 에너지의 효과적인 사용을 의미하는 진정한 친환경 건축을 향한 움직임은 현대 건축의 필수 요건이다.

<원문제목> USE OF "GREEN" TECHNOLOGIES IN URBAN PLANNING AND ARCHITECTURAL SOLUTIONS

<원문출처> Journal of Critical Reviews