

Global Report

새로운 건축 재료인 투명성 콘크리트에 관한 연구

1. 개요
2. 소개
3. 투명성 콘크리트에 사용되는 재료
4. 투명성 콘크리트의 원리
5. 투명성 콘크리트의 시공
6. 제조 공정
7. 용도
8. 장단점
9. 결론

1. 개요

투명성 콘크리트(Transparent concrete)는 투광성을 지닌 콘크리트 기반의 건축 재료로서 일반적으로 광섬유(Optical fibres)라고 하는 광학재료가 콘크리트 내에 내재되어 있기 때문에 빛을 투과시키는 특성을 나타낸다. 빛은 콘크리트의 한쪽 단면에서 반대쪽 단면으로 투과된다. 따라서 광섬유는 투명성을 지닌 콘크리트 단면에 관통이 되도록 배열되어야 한다. 투명성 콘크리트는 그 특성으로 인해 반투명 콘크리트(translucent concrete) 또는 투광성 콘크리트(light transmitting concrete)로도 알려져 있다. 투명성 콘크리트는 외관재(facade material) 및 내벽의 칸막이재(cladding of interior walls)로 사용된다. 이 보고서에서는 콘크리트와 광섬유의 장점을 결합하기 위해 콘크리트 내에 수많은 가닥의 플라스틱 광섬유(POF) 또는 대구경의 유리광섬유를 배열하여 투명성 콘크리트를 개발하는 것을 목표로 하고 있다. 그 주요 목적은 조명용 전력소비를 줄여주도록 광원으로 햇빛을 사용하는 방법, 건축물의 응력을 감지하기 위하여 광섬유를 사용하는 것, 그리고 건축물의 훌륭한 미적 뷰를 표현할 수 있는 건축적 목적으로 이 투명성 콘크리트를 사용하는 것이다.

2. 소개

불과 몇 십 년 전 1960년대의 콘크리트는 급속한 도시화란 고정된 그 이미지로 인해 종종 오해와 기피의 대상이 되는 경향이 있었다. 하지만 이후 콘크리트는 기술적 측면뿐만 아니라 미학적인 측면에서도 상당한 발전을 이루었다. 콘크리트는 더 이상 과거의 무겁고 차가우며 우울한 회색의 재료가 아니고 아름답고 생기를 불어넣어 주는 재료가 되었다. 연구와 혁신에 의해 새롭게 개발된 콘크리트는 보다 튼튼하고 가벼우며 백색이나 다양한 색상을 지닌 재료로 만들어지게 되었다. 콘크리트는 새롭게 드러난 거의 모든 문제점을 극복하게 되었다. 2001년에 투명성 콘크리트의 개념이 헝가리 건축가 Aron Losonzi에 의해 처음으로 제시되었다. 그 첫 번째 투명성 콘크리트 블록은 LiTraCon이라고 하는 제품으로 2003년에 다량의 유리섬유를 혼합하여 성공적으로 생산되었다. Joel S. 및 Sergio O.G. 이 두 사람은 투명성 콘크리트 재료를 개발하였는데 이것은 일반 콘크리트 중량의 30% 수준에 불과하였고 80%의 빛을 투과시킬 수 있는 수준이었다. 2010년 상하이 엑스포에서 오픈한 이탈리아 파빌리온(전시건물)은 콘크리트 내에 유리섬유를 혼합하여 개발된 일종의 투명성 콘크리트로 주목할 만하다. 투명성 콘크리트는 주로 투명성에 중점을 두지만 그 사용 목적은 친환경 기술의 적용과 예술적인 마감의 적용에 있다. 따라서 결함 진단(damage detection), 화재 경고(fire warning)와 같은 안전 감시(safety monitoring), 환경 보호 및 에너지 절약과 예술적 모델링(artistc modeling) 측면에서 건축물의 요건을 충족시킬 수 있는 새로운 기능성 재료를 개발하는 것이 대단히 중요하다. 투명성 또는 반투명 콘크리트는 보다 큰 투명성 건축을 원하는 건축가들에게 최선의 해법이 될 수 있다.

3. 투명성 콘크리트에 사용되는 재료

투명성 콘크리트를 만드는데 사용되는 재료에는 두 가지 기본적인 재료가 있는데 그 하나는 건설 분야에서 쓰이는 것이고 다른 하나는 감지 분야(sensing field)에서 쓰이는 것이다. 첫 번째 콘크리트는 토건 분야의 가장 중요한 재료 중 하나로서 재료가 풍부하고 저렴하며 생산과정이 단순하다는 장점을 가지고 있다. 두 번째 광섬유는 우수한 투광성을 지닌 재료로서 인공의 빛이나 일련의 광화학 반응(photochemical process)이 없이 미리 설계된 방법에 따라 햇빛이나 전등 빛을 투과시킬 수 있도록 배열될 수 있으며 또한 건축물의 응력 분포를 연구하는데 사용될 수 있는 광탄성 효과(photo elastic effect)를 지닌 재료이다. 콘크리트와 광섬유의 장점을 결합하여 투명성 콘크리트라 불리는 멋진 기능성

재료를 개발하는 것은 건설 및 감지 분야의 활용에 있어서 중요한 가치를 지니고 있다.

2.1 광섬유의 종류 : 광섬유에는 세 가지 기본적인 종류가 있다.

- 1) 다중 모드 경사 굴절을 광섬유(Multimode graded-index fiber)
- 2) 다중 모드 계층 굴절을 광섬유(Multimode step-index fiber)
- 3) 단일 모드 계층 굴절을 광섬유(Single-mode step-index fibers)

다중 모드 광섬유는 한 번에 수백 개의 광 모드를 전파할 수 있지만 단일 모드 광섬유는 단지 하나의 광 모드를 전파할 수 있다.

단일 모드 광섬유는 명확하게 정의된 경로에서 빛을 전파하므로 모드 간 분산 효과(intermodal dispersion effects)가 없으므로 광섬유가 다중 모드 광섬유보다 넓은 대역폭에서 작동할 수 있다. 한편, 다중 모드 광섬유는 한 번에 처리할 수 있는 많은 광 모드 전파로 인해 많은 모드 간 분산 효과가 발생한다.

4. 투명성 콘크리트의 원리

투명성 콘크리트 또는 반투명 콘크리트는 “나노광학(Nano-Optics)” 기술을 기반으로 하여 만들어진 것이다. 광섬유들은 서로 엇갈려 작은 좁고 긴 구멍들이 서로 포개어 설치되는 만큼 많은 빛을 통과시킨다. 콘크리트 내의 광섬유들이 좁고 긴 구멍의 역할들을 해서 콘크리트를 통과해 빛이 전달되는 원리이다.

5. 투명성 콘크리트의 시공

투명성 콘크리트는 미리 만들어진 형틀에 미세골재를 사용한 콘크리트와 반투명 패브릭(translucent fabric)이 층을 이루며 생산된다. 패브릭의 양이 상대적으로 작게 들어가기 때문에 투명성 콘크리트의 견고함과 컨시스턴시(consistency)는 고강도 콘크리트와 동일하다. 아무리 두꺼운 콘크리트 벽체라 할지라도 광섬유를 통해 거의 에너지 손실이 없이 빛이 투과되기 때문에 빛, 그림자 심지어 색상까지 들여다보는 것이 가능하다. 투명성 콘크리트는 조립식 건물의 블록이나 판넬로 생산될 수 있다. 광섬유는 아주 작은 크기이기 때문에 콘크리트와 한데 섞여서 마치 작은 골재 조각처럼 콘크리트의 하나의 구성재가 되는 것이다. 콘크리트 속에 들어있는 유리처럼 별개의 재료가 아니라 이런 방식으로 내부뿐만 아니라 표면이 균질한 하나의 새로운 재료가 되는 것이다. 광섬유는 블록의 양면 사이에 점들로 나타나 보이는데 이곳을 통해 빛이 유도된다. 광섬유가 평행하게 설치되기 때문에 벽체의 밝은 쪽 면에서 빛을 받은 사물이 어두운 쪽 면에 똑같이 나타나 보인다. 벽체의 반대 쪽 면에 선명하게 그림자가 표시되는 이러한 현상이 가장 흥미로운 점일 것이다. 더구나 빛의 색상도 똑 같이 나타난다.

6. 제조 공정

투명성 콘크리트의 제조 공정은 일반 콘크리트의 제조 공정(MANUFACTURING PROCESS)과 거의 동일하다. 골재와 시멘트 혼합물 사이에 단지 광섬유들만 추가적으로 설치되는 것이 다를 뿐이다. 콘크리트는 조금씩 작은 층을 이루며 타설이 되며 광섬유는 쪽 펴 넣어 콘크리트 사이 사이에 배열된다. 수천 가닥의 광섬유가 콘크리트 속에 매립되어 자연광이든 인공광이든 빛이 투과된다. 투광성 콘크리트는 콘

크리트 배합의 용적비로 4~5% 정도 첨가하여 생산된다. 콘크리트 배합재는 미세한 재료로 만들어지며 조골재는 함유하지 않는다. 광섬유의 두께는 특정 광투과 요건에 맞게 2 μm 에서 2 mm 정도까지 변경될 수 있다. 자동화 생산 공정에는 단일 섬유 대신에 직조된 섬유 직물(woven fibres fabric)을 사용한다. 직물과 콘크리트는 약 2mm에서 5mm 간격으로 형틀 내에 교대로 주입된다. 간격이 더 작거나 층이 촘촘하면 콘크리트를 통과하는 빛의 양이 증가하게 된다. 제작이 완료되면 특정 크기의 판넬이나 블록으로 절단이 되며 표면은 일반적으로 광내기 작업이 이루어져 반광에서 고광택에 이르는 마감면을 형성한다.

7. 용도

7.1 벽체의 조명용

투명성 콘크리트는 실내 및 외벽용 건축 재료로 사용될 수 있다. 햇빛이 벽체를 비추는 경우라면 동쪽이나 서쪽의 배치가 권장된다 ; 일출이나 일몰시의 광선은 보다 낮은 각도로 광섬유를 비추게 되어 빛의 강도는 더 커지게 될 것이다. 투광성 콘크리트는 벽체에 사용하는 기존 방식 외에도 뒷면에서 조명이 되는 장식용 벽재로도 사용될 수 있다.

7.2 일몰 후 보도포장 조명용

투명성 콘크리트는 바닥재로 사용되어 아래에서 조명이 되는 보도용으로 쓰일 수 있다. 낮에는 일반적인 보도용 포장재로 보이지만 일몰 후에는 포장블록이 빛이 나며 다양한 색상을 나타낼 수 있다.

7.3 독창적인 디자인에 적용

각종 건축물에 다양하게 쓰일 수 있으며 많은 분야의 디자인에 사용될 수 있다. 투명성 콘크리트를 사용하는 두 가지 성공적인 디자인 사례에는 보석 디자인과 콘크리트 벤치에 적용된 경우가 있었다. 다채로운 형상, 명문(inscriptions)과 사진으로 로고를 만드는데 사용될 수도 있으며 미관목적으로 사용될 수도 있다.

7.4 리셉션 데스크 작품용(Artsy Reception Desk)

눈에 띄는 모양을 만들어내길 원한다면 앞면과 옆면이 밝게 빛나는 곳에 예술적이고 유행하고 있는 리셉션 데스크를 선택하면 된다.

7.5 조명기구 및 풍속화(conversation piece)용

투명성 콘크리트 큐브는 의심할 여지없이 훌륭한 하나의 풍속화가 될 수 있다. 새로운 큐브 라인은 4개의 동일한 콘크리트 조각으로 이루어지며 그 독특한 형상으로 인해 함께 고정하지 않고도 안정적인 구조를 이루고 있다.

또한 다음과 같은 용도에도 쓰일 수 있다.

- * 투명성 콘크리트 블록은 바닥재, 포장용재 및 내력벽 용도에도 적합
- * 박판으로 제작하여 전면벽체, 실내용 벽재 및 칸막이 벽재 용
- * 칸막이 벽재로 햇빛이 잘 안 들어오는 곳에 사용될 수 있다.
- * 장식 및 미관용의 가구 제작용
- * 조명 설비
- * 인도(sidewalks)의 야간 조명용

- * 어두운 지하철역의 가시성 증대용
- * 정전 시 실내 화재대피 조명용
- * 야간에 도로 과속방지턱의 조명용

8. 장단점

- 투명성 콘크리트의 주요 장점은 미세한 투명성 콘크리트의 형태는 흐릿하게 보이지만 대형 투명성 콘크리트는 그 형태가 잘 보인다는 점이다.
- 튼튼한 벽체가 빛이 투과될 수 있는 능력도 부여된다면 주간에 사람들이 집에 전등을 덜 쓰게 할 수 있다는 것을 의미한다.
- 투명성 콘크리트는 아주 우수한 건축적 특성을 지니고 있어서 건축물에 훌륭한 미적 뷰를 제공할 수 있다.
- 빛이 적절이 들어오지 못하는 곳에 투명성 콘크리트가 사용될 수 있다.
- 건축물에 투명성 콘크리트의 활용으로 에너지 절약이 이루어질 수 있다.
- 빛을 투과시키는 특성으로 인해 완전 환경 친화적이어서 에너지 소비가 감소될 수 있다.
- 가장 큰 단점은 이 투명성 콘크리트에는 광섬유를 사용하기 때문에 값이 고가라는 것이다.
- 투명성 콘크리트 블록의 제조는 소요 인력을 구하기 어렵고 숙련된 특수 인력이 요구된다.

9. 결론

투명성 콘크리트라 불리는 멋진 건축 재료는 콘크리트 내에 광섬유 또는 대구경 유리섬유를 첨가하여 개발될 수 있다. 투명성 콘크리트는 우수한 투광성을 지니고 있으며 콘크리트 용적에 대한 광섬유의 비율은 투광성에 비례한다. 투명성 콘크리트는 기존의 일반 콘크리트와 비교하여 강도가 떨어지지 않으며 미적인 측면에서도 아주 중요한 특성을 가지고 있다. 투명성 콘크리트는 건축물에 최상의 건축적 외관을 선사할 수 있으며 또한 빛이 부족한 곳에서도 사용될 수 있다. 이러한 새로운 종류의 건축 재료는 친환경 에너지 절약 개념과 자체 감지 특성이 있는 기능적 재료의 개념을 통합하는 것이 가능하다.

<원문제목> A Study on Transparent Concrete - A Novel Architectural Material to Explore Construction Sector

<원문출처> International Journal of Engineering and Innovative Technology (IJEIT)