

Global Report

투명성 콘크리트 개관

1. 개요
2. 소개
3. 관련문헌 검토
4. 투명성 콘크리트용 재료
5. 투명성 콘크리트의 작동 원리
6. 투명성 콘크리트의 장단점
7. 기존 콘크리트와 투명성 콘크리트 비교
8. 용도
9. 결론

1. 개요

과거에 경량 콘크리트, 자가다짐 콘크리트, 고강도 콘크리트 등 여러 가지 유형의 콘크리트가 건설공사를 위해 개발되었으나 그러한 콘크리트의 개발 이후 건물에는 어두움 등 몇 가지 문제들이 생기게 되었다. 도시지역의 경우 층수가 높은 건물들이 서로 아주 가까이에 붙어 있어서 한낮의 경우에도 실내가 어두운 경우가 많다. 이러한 문제점들은 콘크리트를 통해 빛이 투과되는 투명성 콘크리트에 의해 해결될 수 있다. 투명성 콘크리트는 낮에는 실내에 햇빛을 투과시키며 밤에는 건물의 외관을 멋지게 만들어 준다. 투명성 콘크리트는 콘크리트의 바깥 면에서 안쪽 면으로 광섬유가 설치되어 있기 때문에 콘크리트를 통해 빛이 투과된다. 투광성 콘크리트는 빛을 유도하는(gardening-guiding의 오타, 검수자주) 특성이 있기 때문에 에너지 효율적인 건물로 만들어 준다.

2. 소개

투명성 콘크리트(Transparent concrete) 또는 투광성 콘크리트(light transmitting concrete) 또는 반투명 콘크리트(translucent concrete)는 모두 같은 하나의 콘크리트로서 광섬유를 사용하여 콘크리트를 통해 빛을 투과시키는 콘크리트이다. 투명성 콘크리트는 건물을 친환경 건물로 만들어주는 재료이다. 기존 콘크리트가 빛을 투과시킬 수 없는 시멘트, 모래, 자갈 및 물의 혼합물로 만들어지는데 투명성 콘크리트는 시멘트, 모래 및 광섬유와 물로 만들어지며 콘크리트의 한쪽 면에서 반대쪽 면으로 수천가닥의 광섬유가 보강되어져 콘크리트를 통해 빛이 투과되는 것이다. 최초의 투명성 콘크리트는 1935년에 캐나다에서 특허가 난 적이 있었다. 투명성 콘크리트의 개념은 2001년에 헝가리 건축가 Aron Losocz에 의해 도입되었으며 최초의 투명성 콘크리트 블록은 2003년에 다량의 유리섬유를 사용하여 성공적으로 제조되었으며 LiTraCon이라 불리어졌다. 유리섬유 및 광섬유의 발전으로 인하여 투명성 콘크리트에 관한 연구들은 증가할 것이다. 투명성 콘크리트는 광섬유를 첨가할 뿐 기존 일반 콘크리트와 크게 다르지 않고 같은 재료를 쓴다. 많은 콘크리트들에서 섬유는 콘크리트의 인장력을 증가시키기 위해 사용되지만 투명성 콘크리트에서 광섬유는 그러한 목적으로 사용되지는 않으며 단지 빛을 투과시킬 목적으로 쓴다.

3. 관련문헌 검토

3.1 Soumyajit Paul, Avik Dutta는 2013년 10월 10일 발행 ISSN 2250-3153 국제 과학기술저널 학술지에서 “Translucent Concrete(반투명 콘크리트)”란 제목의 논문을 발표하였는데 그 내용은 다양한 비율의 광섬유(1~6%)와 대구경 유리섬유의 투명성 콘크리트에 관한 것이었다. 광섬유와 유리섬유의 도광 특성을 분석하고 투명성 콘크리트가 빛을 유도하는 우수한 특성을 가지고 있고, 투광성은 광섬유의 양과 직접적으로 비례한다는 결론을 내렸다.

3.2 Prof.Sonali, M.Kankriya는 2016년 10월 10일 발행 ISSN 2250-3153 국제 과학기술저널 학술지에서 “Translucent Concrete By using Optical fiber and Glass rods(광섬유와 유리막대를 사용하여 만든 반투명 콘크리트)”란 제목의 논문을 발표하였는데 광섬유 보강 투명성 콘크리트와 유리막대 보강 투명성 콘크리트의 압축강도를 비교하는 내용이었다. 광섬유 보강 콘크리트와 유리막대 보강 콘크리트의 비용도 비교하였으며 투명성 콘크리트의 압축강도는 어느 정도 감소되므로 기둥이나 빔과 같은 구조용으로 사용하기 보다는 주로 칸막이벽재로 사용하는 것이 좋다는 결론을 내렸다. 투명성 콘크리트의 초기 비용은 기존 일반 콘크리트와 비교하여 높긴 하지만, 지속적으로 증가하는 관세로 인하여 전기로 절약이 Rs.1368.58(루피)에 이르는 것으로 결론 내릴 수 있다. 따라서 투광성 콘크리트 블록에 투자된 초과

금액에 대한 투자회수기간은 가정용 전력소비의 경우 1년 정도가 될 것이고, 상업용 및 산업용 소비의 경우 0.72년 정도가 될 것이다. 또한 투명성 콘크리트의 이산화탄소 배출량은 기존 일반 콘크리트에 비하여 적다.

3.3 Abhishek Tiwari, Parmod Saharan는 2016년 7월 7일 국제 토건 학술지(SSRG-IJCE) - volume 3 Issue에서 “Study of Behavior of Translucent Concrete using Rice Husk and and Steel fiber(왕겨와 강섬유를 사용한 반투명 콘크리트 거동에 관한 연구)”라는 제목으로 왕겨재(rice husk ash)와 0.125%의 강섬유(steel fiber)를 첨가한 반투명 콘크리트에 관한 연구결과를 발표하였다. 이 연구 보고서에 사용된 광섬유의 비율은 0.25%~4%로 다양하고 콘크리트의 압축강도를 비교하였다. 이 보고서에서 광섬유의 비율을 증가시키면 콘크리트의 압축강도는 떨어지지만 왕겨재(rice husk ash)와 강섬유(steel fiber)를 첨가하면 콘크리트의 압축강도가 증가한다는 결론을 내렸다. 투명성 콘크리트의 비용은 증가하지만 에너지 절약, 미적 우수성, 지속가능성 등의 다양한 장점으로 인해 그 단점이 상쇄된다.

4. 투명성 콘크리트용 재료

4.1 시멘트 - 투명성 콘크리트는 일반적으로 빛을 투과시키는 용도로 사용되므로 특별한 시멘트가 요구되지 않는다. 그레이드 43의 보통 포틀랜드 시멘트가 사용될 수 있다.

4.2 모래 - 1.18mm 규격의 체를 통과하는 모래가 사용되어야 한다.

4.3 물 - 물은 콘크리트를 구성하는 모든 재료를 혼합하는데 사용된다. 투명성 콘크리트 제조를 위해 식음용수가 사용되어야 한다.

4.4 광섬유 - 광섬유는 인간의 머리카락 보다 약간 두꺼운 직경을 가진 석영질 유리 또는 플라스틱으로 만든 투명하고 유연한 섬유이다. 광섬유는 섬유의 양단 사이에 빛을 투과시키는 수단으로 사용되고 광통신(fiber-optic communications)에 널리 쓰이는 재료로 보다 먼 장거리 통신이나 일반 전선 보다 더 높은 대역폭(데이터 속도)으로 전송을 가능하게 한다.

5. 투명성 콘크리트의 작동 원리

투명성 콘크리트는 “나노광학(Nano-Optics)”을 기반으로 하며 섬유는 작은 구멍을 통해 빛을 투과시킨다. 수천가닥의 광섬유가 한쪽 면에서 반대쪽 면으로 설치되어 빛을 투과시킨다.

광학적으로 조밀한 매체를 이동하는 빛이 가파른(경계면의 임계각 보다는 더 큰) 각도로 다다를 때 그 빛은 완벽히 반사된다. 이를 내부 전반사(total internal reflection)라고 한다.

이러한 효과는 광섬유에서 코어에 빛을 가두는데 사용된다. 빛은 코어와 클래딩 사이의 경계면에서 앞뒤로 반사되며 섬유의 코어를 통해 이동한다. 빛은 임계각(critical angle)보다 더 큰 각도로 경계면에서 반사되어야하기 때문에 특정 각도 범위내로 섬유에 들어오는 빛만이 밖으로 굴절되지 않고 섬유를 따라 이동할 수 있다. 이러한 각도의 범위를 섬유의 수용뿔(acceptance cone of the fiber)이라 부른다. 이 수용뿔의 크기는 섬유의 코어와 굴절율이 낮은 영역(Cladding)사이 굴절률 차이의 함수이다.

6. 투명성 콘크리트의 장단점

6.1 장점

- 1) 건축계획의 원칙에 따라 건축물은 우수한 미적 외관을 가져야만 한다. 투명 콘크리트가 그것을 가능하게 만든다.
- 2) 두 건물이 서로 아주 가깝게 인접해 있으면 건물 내에 빛이 잘 안 들어오는데, 투명성 콘크리트가 그런 장소에 적합하다.
- 3) 투명성 콘크리트는 탄소배출량도 저감시킨다.
- 4) 투명성 콘크리트는 에너지 절약형이다.
- 5) 투명성 콘크리트는 문 밖에 서있는 사람의 이미지를 볼 수 있는 시설물을 제공한다.

6.2 단점

- 1) 투명성 콘크리트의 주요 단점은 광섬유의 사용으로 인해 비용이 많이 든다는 것이다.
- 2) 투명성 콘크리트는 광섬유의 설치에 숙련된 인력을 필요로 한다.

7. 기존 콘크리트와 투명성 콘크리트 비교

- 7.1 투명성 콘크리트는 기본 일반 콘크리트에 비하여 고가이다.
- 7.2 투명성 콘크리트는 기존 일반 콘크리트에 비하여 미적으로 우수한 외관을 제공한다.
- 7.3 투명성 콘크리트의 강도는 기본 일반 콘크리트의 강도와 거의 유사하다.

8. 용도와 시공 사례

8.1 용도

- 1) 벽체의 조명용(a)



(a)

- 2) 콘크리트 바닥용(b)



(b)

- 3) 리셉션 데스크용(c)



(c)



(d)

4) 고속도로용(d)

5) 계단용(e)



(e)



(f)

6) 콘크리트 판넬용(f)

8.2 시공 사례

1) 유럽 문(Europeon Gate) :



유럽문은 2004년에 Aron Isosnczi와 Orsolya Vadasz에 의해 건설되었는데 헝가리 Komárom 시내 Fortress Monostorin 지역에 위치하고 있다. 유럽문은 투광성 콘크리트로 시공되어 있다. 햇빛이 아침과

오후에 유럽문의 벽체를 비추어준다. 밤에는 인공 빛을 사용하여 유럽문에 쾌적한 외관을 제공한다.

2) Cella Septichora 방문자 센터



방문자 센터의 주출입문은 10cm 두께의 투명성 콘크리트 블록으로 만들어져 있다. 이 투명성 콘크리트 블록은 철제 틀 속에 배치되어 고정되어 있다. 이 문의 중량은 2톤이다.

3) 조지아(그루지아) 은행 본사 신사옥



조지아의 수도 트빌리시에 위치한 조지아 은행 본사의 벽체는 투명성 콘크리트인 LiTracon으로 만들어져 있다.

9. 결론

투명성 콘크리트는 우수한 건축 재료이다. 다양한 논문이나 보고서에서 언급된 바와 같이 콘크리트의 강도는 어느 정도 감소하지만 약간의 보강재를 첨가하여 극복될 수 있으므로, 투명성 콘크리트의 강도는 기존 콘크리트와 같다고 할 수 있다. 투명성 콘크리트는 건축물의 미학적 외관을 제공한다. 또한 에너지 효율적인 재료이고 친환경 건축물을 만드는데 쓰일 수 있다.

<원문제목> An Overview on Transparent Concrete

<원문출처> International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)