

Global Report

혁신적인 신규 건축재료인 반투명 콘크리트에 대한 검토

1. 개요
2. 소개
3. 반투명 콘크리트의 다양한 분야의 쓰임새
4. 반투명 콘크리트의 기계적 특성
5. 반투명 콘크리트의 광투과성
6. 반투명 콘크리트의 단열 및 에너지 절감
7. 결론

1. 개요

최근 친환경 건축에 대한 개념은 다양한 분야에서 일반적인 관심사가 되었다. 혁신적인 재료들이 친환경 건축 요건들을 충족시키기 위하여 끊임없이 개발되고 있다. 콘크리트에 광섬유와 같은 일부 광학 재료를 사용하여 실내 공간으로 외부의 빛을 투과시키도록 하는 혁신적인 유형의 재료들 중 하나로 반투명 콘크리트(TC) 또는 광 투과성 콘크리트(LTC)가 생산되고 있다. 이 보고서는 반투명 콘크리트의 용도, 광섬유의 적절한 비율과 배열 패턴, 광 투과성, 기계적, 열적 및 에너지 절약 특성 측면에서 이전의 연구결과를 종합하여 검토코자 한다. 우리는 반투명 콘크리트 기술 부분에서 특히 지난 10년 동안 수행된 주목할 만한 연구결과들을 검토하였다. 많은 장점에도 불구하고 반투명 콘크리트의 문헌 연구결과에서 몇 가지 차이가 있었다는 것이 공통된 의견이었다. 반투명 콘크리트의 강도와 적절한 섬유 비율이 주요 한계점들이다. 재료의 강도와 에너지 절약에 관한 광섬유의 다양한 비율을 사용할 경우의 영향을 조사한 연구결과들 사이의 차이점(GAP)에 의하면 섬유의 적절한 비율은 강도를 위해서는 5% 미만이어야 하고 에너지 절약을 위해서는 최적의 비율이 4.3%~6% 사이라는 결론을 내리게 되었다. 우리는 향후 연구를 위한 가능한 영역을 찾아내고 이러한 차이점을 메우기 위해 결론 부분에서 권장 사항을 제안코자 한다.

2. 소개

콘크리트는 전 세계적으로 사용되는 중요한 건축재료 중 하나로 간주 될 수 있다. 반투명 콘크리트는 섬유 강화 콘크리트의 한 유형으로 고려할 수 있다. 최초의 반투명 콘크리트 개념은 2001년 Aron Losonczy에 의하여 제시되었는데 2003년에 최초의 반투명 콘크리트인 “LiTraCon”이 성공적으로 제조되었다. 미적인 요소 이외에 건물 외피로 활용하는 이 반투명 콘크리트는 실내 공간에 빛이 들어오도록 하여 인공조명의 필요성을 감소시키게 한다. 2013년 Bhushan, et al[본문 참고문서 4]의 연구결과에서는 광학 소재를 사용하기 때문에 광 투과 특성에 대한 정의를 명확히 하였고, 반투명 콘크리트 블록의 장단점을 검토하였다. 그들은 반투명 콘크리트를 사용하는 많은 방법들이 있고 다양한 형태로 구현하여 큰 장점들이 있다는 결론을 내렸다. 반투명 콘크리트에 대한 기본적인 아이디어는 건축 외관 재료로서 건축물에 사용하는 것이었지만 이 분야에 대한 연구는 거의 없었다. 가장 두드러진 단점이라 한다면 비싼 건설비라고 생각할 수 있다. 반투명 콘크리트를 생산하는 비용에 대해 조사한 연구는 거의 없었다. 다른 연구들에서는 콘크리트에 빛을 투과시키기 위해 새로운 재료들을 추가하는 경향이 있었다. 또한 콘크리트에 미리 형성된 수지를 혼합함으로써 새로운 형태의 반투명 콘크리트 판넬이 개발되었다.

반투명 콘크리트는 기존 전통적인 콘크리트 구성재와 같이 굵은 골재 없이 시멘트, 물, 모래와 그 밖에 플라스틱 섬유 및 유리 섬유와 같은 특정 양의 광 투과성 소재로 구성되어 있다. 이를 생산하는 방법에는 여러 가지가 있지만 반투명 콘크리트 재료의 가장 인기가 있는 상품은 “LiTraCon”으로서 96%의 콘크리트와 중량비 4%의 광섬유로 만들었다.

“Web of Science core collection database and Scopus database”에 따르면 이전에 발표된 대부분의 연구들, 특히 지난 10년간은 이 분야에 대한 관심이 증가하고 있음을 나타낸다. 반투명 콘크리트의 적용 분야에서 이루어진 연구결과들에 초점을 맞추어 볼 때 이 분야의 연구결과들은 반투명 콘크리트의 미적인 용도만 다루었던 것은 아니며 반투명 콘크리트가 조명 수요를 감소시킴에 따라 에너지 소비에 영향을 미치는 광투과성 재료로 시험이 이루어졌다는 것을 알 수 있다.

3. 반투명 콘크리트의 다양한 분야의 쓰임새

지금까지 반투명 콘크리트는 PC 블록이나 벽 판넬로 제조되었다. 따라서 반투명 콘크리트의 사용은 아직 널리 적용되고 있지 않았다. 다음은 몇 가지 그 적용 사례를 살펴 본 것이다.

- 미관용 : 반투명 콘크리트의 가장 중요한 쓰임새 중 하나는 건물의 미관을 목적으로 정면에 사용하는 것이다. 따라서 박물관, 미술관 및 단순한 건축재료가 아닌 장식 재료로 사용되는 예술 또는 디자인 프로젝트에서도 사용될 수 있다.
- 건물 내부의 조명용 : 반투명 콘크리트의 주요 용도는 이전의 연구에서 언급된 바와 같이 반투명 콘크리트가 실내 공간에 빛을 투과시킬 수 있는 능력이 있음에 따라 교육용 건물과 같은 실내 공간을 조명하는 것이다. 반투명 콘크리트는 외부의 정면, 칸막이 벽 및 바닥 등에 널리 사용된다. 그러나 흡음 특성에 대한 연구는 거의 또는 전혀 없다.
- 계단 및 내벽용 : 계단실 내부의 바깥쪽 벽에 반투명 콘크리트를 적용하면 햇빛이 내부공간으로 들어 오게 되므로 특히 초고층 건물에서 비상시 및 정전시 건물대피용으로 좋은 해결책이 될 수 있다.
- 에너지 절약용 : 최근 일부 연구에 따르면 환경 및 친환경 요건을 충족시키기 위하여 조명 비용을 줄이는 데 도움이 되는 대형 건물의 정면 또는 천정에 반투명 콘크리트 판넬을 적용하는 것을 연구한다고 하는데 이러한 곳에서는 반투명 콘크리트가 조명수요를 감소시킴으로서 에너지 소모를 줄이는 수단으로 사용될 수 있다. 본문 참고문서 [11]에 따르면 반투명 콘크리트는 친환경 에너지 절약 건설재료로 간주 될 수 있는데, 특정한 종류의 반투명 콘크리트가 에너지 절약을 하는 하나의 재료로서의 특성을 연구하기 위하여 제조되고 있다고 한다. 반투명 콘크리트에 광섬유와 함께 폐유리를 사용하여 보다 환경 친화적인 건물이 될 수 있는 가능성이 연구되었다.
- 문 및 전면 벽체용 : 반투명 콘크리트 적용에 관한 제안들 중 하나는 거주자들이 바깥에 사람이 있는지 알 수 있도록 주택의 외부 문에 반투명 콘크리트를 사용하는 것이다.
- 경량 건축재료용 : 여러 연구결과에 따르면 반투명 콘크리트 적용하는 사례 중 하나는 건물의 구조적 측면에서 사하중(자중)을 감소시키는 경량 재료로서 반투명 콘크리트를 사용하는 것이다. 이전의 연구에서는 제조비용에 관한 영향과 함께 반투명 콘크리트의 광 투과성 역량을 통해 반투명 콘크리트 사용의 효과성을 입증하였다. 기존 콘크리트와 비교하여 콘크리트에 혼합된 광섬유의 다양한 비율을 사용하는 또 다른 연구에서는 압축강도 시험과 같은 여러 가지 시험들이 수행되었다. 그 결과 반투명 콘크리트가 콘크리트 강도에 영향을 거의 주지 않고 빛을 투과시키는 역량이 있음이 밝혀졌다. 최근 일부 연구에서는 반투명 콘크리트 판넬에 새로운 재료를 혼합하여 콘크리트의 자중을 감소시키고 강도를 향상시키며 환경 친화적인 재료로 생산하는 것을 연구하는 움직임이 일어나고 있다.
- 인도, 과속방지턱 및 도로 차선표시용 : 반투명 콘크리트 재료는 공공 안전을 위해 야간에 인도에 조명을 하는데 사용될 수 있으며, 어두운 지하철역의 가시성을 높이는 것은 물론 산업용 보호대 및 방지턱(industrial bumps)에 사용될 수도 있다. 도로 조명 차선표시용으로 반투명 콘크리트를 사용하는 방법에 대한 상세한 연구는 본문 참고문서[16]에 제시되었다.
- 도로용 터널 및 지하철 역 : 반투명 콘크리트는 도로용 터널 또는 지하철역의 조명용으로 사용된다. 도로용 터널 빔(beams) 사이의 공간(gap)에 햇빛을 유도하기 위해 반투명 콘크리트 사용을 기반으로 한 한 도로 터널의 축적 모델(a scale model)과 도로 터널에 반투명 콘크리트 사용을 발전시키고 연구했던 내용은 본문 참고문서 [17]에 제시되었다. 하지만 도로 터널용의 경우에는 비용문제가 따른다.

상기에 나열된 사례들을 통해 반투명 콘크리트 사용 및 적용 분야의 과학적 연구는 단열성능 및 투광성의 장점을 활용하기 위해 더 많은 연구가 필요한 것으로 보인다.

4. 반투명 콘크리트의 기계적 특성

반투명 콘크리트는 건설 부문에서 새로운 재료로 간주되고 있으며, 기능적 특성을 연구 조사하려는 연구자들의 관심이 현재 증가하고 있다. 기존 콘크리트와 반투명 콘크리트의 압축강도를 비교하여 기계적 특성을 시험할 필요가 있었는데, 재령 7일 이상의 연구 결과에 있어서는 특히 재령 28일의 시험결과의 중요성을 고려해 볼 필요가 있었다. 콘크리트 블록에 매립된 반투명 콘크리트의 특징적인 구성 재료로서 광섬유를 사용하기 때문에 다음과 같은 내용을 다룬 문헌을 검토하는 것이 중요하다 :

- 콘크리트 혼합물 내에서 광섬유와 같은 다양한 투광성 구성재를 사용하는 효과
- 광섬유의 적절한 용적비율
- 콘크리트의 강도 특성에 따른 섬유가닥의 다양한 배열 패턴

4.1 투광성 구성재의 사용 효과

현대적인 건축에서 친환경 건축재료로서 콘크리트 혼합물 내에 반투명 콘크리트를 사용하는 기본원리는 광섬유 또는 대구경 유리 섬유와 같은 나노 광학을 기반으로 한다. 일부 연구자들은 일반적으로 콘크리트에 광섬유를 사용하는 것이 기존 콘크리트와 거의 같은 압축강도를 가지는 것으로 가정하였기 때문에, 반투명 콘크리트를 제조하기 위하여 구조적으로 취약함을 초래하지 않아야 한다고 보았다. 다른 한편으로는 미적이며 에너지 절약적인 점도 필요조건 이었다.

투광성 콘크리트의 장식적인 용도와 강도 특성을 개발하는 한 연구가 실험을 통하여 본문 참고문서 [20]에 제시되었다. 그 연구 주요 목적은 4주 동안의 콘크리트 압축강도를 확인하기 위하여 큐브에 콘크리트를 타설 하기에 앞서 형틀 작업 과정에 적당한 수준으로 배열시킨 광섬유를 사용하는 것이다. 본 연구는 크기 150mm의 콘크리트 큐브에 무작위로 배열시킨 0.45의 광섬유 배합비를 가진 시편을 시험하였는데 압축강도 기계를 사용하여 재령 28일의 압축강도가 약 25N/mm^2 를 기록하였다. 연구진은 광투과성 콘크리트가 기존 콘크리트와 비교할 때 장식적인 것과 마찬가지로 구조적으로 효율적인 재료가 될 수 있다는 결론을 내렸다.

본문 참고 문서[8]과 같이 다른 연구에서는 반투명 콘크리트의 압축강도에 관해 다양한 섬유 용적비율에 따른 시험을 실시하였다. 강도와 내구성을 증가시키기 위해 콘크리트에 철망 대신에 사용한 광섬유의 효과가 연구조사 되었다. 이 실험연구는 배합비 0.4와 0.25~3mm의 다양한 직경의 광섬유로 투광성 콘크리트의 압축강도와 콘크리트 배합 등급을 위해 디자인되었다. 연구진은 광섬유 기반의 콘크리트를 사용하면 일반 콘크리트와 비교하여 압축강도는 증가되고 인장강도 및 휨강도는 감소되는 수준으로 콘크리트의 구조적 효율성을 향상시킬 수 있다는 결론을 내렸다.

본문 참고문서 [21]에서는 제시된 광섬유 배열 패턴에 따른 효과를 다루었는데 발생한 균열 상태를 기반으로 투광성 콘크리트의 강도 특성을 시험하기 위하여 광섬유 배열이 다양한 패턴을 가진 투광성 콘크리트의 실험연구가 디자인 되었다. 그에 따른 결과 특히 동심원 패턴을 사용하는 경우 압축강도에 관한 광섬유의 양과 그 배열에 따라 상당히 큰 영향을 나타내었다. 따라서 이러한 점에서 반투명 콘크리트 판넬에서 플라스틱 광섬유 배열을 최적화해야 할 필요성이 있다.

5. 반투명 콘크리트의 광투과성

반투명 콘크리트의 광 투과성을 다루었던 이전의 연구는 거의 없었는데, 이것은 광섬유 비율과 직경의 증가에 정비례 하였다. 콘크리트 판넬의 샘플 프로토타입으로 시뮬레이션이 되고 실험적으로 조사되었던 이전의 연구 내용은 본문 참고문서 [33]에 제시되었다. 그 참고 문서에서 유리공장에서 나오는 폐유리 조각들을 사용하는 것에 관한 영향은 조명용 에너지 수요와 광 투과성 측면에서 분석되었다. 실험결과 유리 부피에 따라 광투과율 5%인 콘크리트 판넬의 사용과 관련하여 상당한 잠재력이 있는 것으로 나타났다. 결과적으로 조명용 에너지 수요의 감소 범위는 광투과율이 5%인 시뮬레이션에서

12.7%~16%로 산출되었다. 연구대상이 된 콘크리트 판넬의 더 좋은 적용 사례는 건물 외피용 보다는 내벽용 이었다. 반투명 콘크리트 판넬의 섬유 용적비를 결정하는 중요성과 일광 투과성에 미치는 영향 측면에서 다양한 용적비의 광섬유(2mm 및 3mm)를 사용하여 투과된 광속(luminous flux) 실험이 이루어진 내용은 본문 참고문서 [2]에 제시되었다. 가장 좋은 결과는 크기가 7인치 x 7인치 x 0.5인치인 시편에서 용적비 약 5%이고 직경이 3mm를 사용하는 경우로 나타났다. 직선 광섬유(straight optical fibers)의 광 투과 시뮬레이션은 섬유의 휨 때문에 약간의 손실이 나타났는데 실제 시공과정에 적용하기는 힘들지만 광투과 성능에 영향을 미치기 때문에 휨반경(bending radius)은 광섬유 직경의 15배 미만이어야 한다고 권장되었다. 또한 이 연구는 외부에서 내부로 광투과를 측정하기 위해 창문을 대체하기 위해 설계된 다양한 두께(3, 6 및 10mm)의 또 다른 반투명 콘크리트 판넬을 시험한 연구가 있었는데 시험조건도 결과는 섬유 사이의 분포와 공간이 한 공간에 들어오는 일광에 영향을 주는 핵심 요소라는 것을 확인하였다.

플라스틱 광섬유의 다양한 직경, 용적비 및 간격을 가진 6개의 시편에 대한 광투과 역량이 실험으로 연구된 내용은 본문 참고문서 [24]에 제시되었다. 논리적으로 광투과율은 플라스틱 광섬유의 비율에 따라 증가했지만 압축강도에는 영향을 미치지 않았다. 광섬유가 콘크리트의 강도와 외관을 향상시키면서 투과성이 가장 좋게 나타난 결과는 직경 1.5mm 매 10mm 간격으로 배치한 1.43%의 섬유를 사용하는 경우이었다.

6. 반투명 콘크리트의 단열 및 에너지 절감

친환경 재료로 간주되는 반투명 콘크리트는 냉방부하를 증가시킬 수 있지만 동절기 난방부하 수요를 감소시킬 수 있을 뿐만 아니라, 낮 동안 인공조명에 사용되는 전기 수요를 감소시킬 수 있어서 에너지 소모를 감소시킬 수 있다. 이 보고서에 제시된 연구결과는 에너지를 절약시켜 줄 수 있는 반투명 콘크리트의 열 및 조명 분석 연구에 관한 이전 연구결과들을 요약한 것이다.

반투명 콘크리트 판넬에 관한 실험적 연구는 12개월에 걸쳐 모의로 태양광에 노출되는 동안 콘크리트에 광섬유의 배열을 모델링하여 빛 배출 및 열적 특성을 조사 연구한 것이었다. 그 결과 반투명 콘크리트의 우수한 열적 및 기계적 특성이 입증되었다.

크기가 0.3m x 0.3m x 0.1m인 반투명 콘크리트 판넬에 대한 전산 모델링(Computational modelling)은 섬유의 용적 배합비 10.56%를 사용하여 캘리포니아주 버클리의 기후조건 모델로 광 투과성을 연구하기 위하여 설계되었다. 1년 동안 시뮬레이션을 통해 반투명 콘크리트 판넬의 태양열 흡수를 전산 모델로 시뮬레이션 및 계산하는 하나의 알고리즘이 사용되었다. 본 연구결과는 반투명 콘크리트를 적용하는 건물에 들어오는 태양빛의 양을 계산하는 방법을 설정하기 위한 것이다. 이것은 향후 공기조화설비(HVAC) 설계 프로세스 중 설계 의사 결정에 영향을 미칠 것이다.

이전의 논문을 보완하여 새로운 연구에서는 최대 에너지 절약을 달성하게 될 반투명 콘크리트 판넬을 위한 광섬유의 가장 좋은 비율을 찾아내고, 열적 및 광학적 분석을 제시하기 위해 이루어졌다. 본 연구는 크기 3m x 3m x 2.895m인 모델 룸에 적용된 것으로 이전 연구와 같은 크기의 전산 모델을 가진 실험실에서 판넬을 제조하여 수행하였다. 공기조화설비에 관한 냉난방 부하의 시뮬레이션 및 산정과 최대의 에너지 절약을 달성할 판넬용 광섬유의 최상의 비율을 산정하는 기타 광학적 및 열적 분석을 하기 위하여 하나의 소프트웨어가 개발되었다. 이를 통해 섬유 용적비로 약 6%를 사용하면 에너지 소모를 18%까지 감소시킨다는 것을 알게 되었다.

최근 연구는 섬유 비율이 4.1%인 반투명 콘크리트 블록의 열전도율 및 투과율을 시험하기 위해 실험 장치를 만들어 이루어졌으며, 섬유가 들어가지 않은 블록과 비교해 보았는데, 그 이유는 이러한 특성을 연구한 것이 거의 없었기 때문이다. 밀도가 2200kg/m³과 2400kg/m³인 열전도 계수가 1.75W/(mk)와

동등하기 때문에 반투명 콘크리트가 광섬유가 없는 콘크리트에 비하여 열전도가 덜하다는 것을 알게 되었고, 시험을 통해 반투명 콘크리트의 열전도 계수는 $1.61W(mk)$ 이고 콘크리트에 광섬유를 추가하면 단열성이 더 좋아진다는 것을 알게 되었다.

폐유리 조골재와 고저항 자동 수축 몰탈(high resistance self-compacting mortar)과 거친 평판유리 조각을 결합하여 크기가 $50cm \times 50cm \times 2.5cm$ 인 새로운 반투명 콘크리트 판넬에 대한 시험이 이루어졌다. 광투과성과 조명용 에너지 수요에 미치는 영향을 연구하기 위한 실험적 연구와 시뮬레이션에 대한 연구가 실시되었다. 그 계산 결과를 바탕으로 반투명 콘크리트 판넬의 광투과 값이 증가함에 따라 조명용 에너지 수요가 감소하는데 이러한 감소는 6~20% 정도에 달하는 것이었다.

또한 새로운 종류의 레진 반투명 몰탈 기반의 콘크리트에 대한 광투과성, 기계적 특성 및 열성능을 실험적으로 그리고 수치상으로 조사 연구하였다. 연구관찰 결과 기존 전통적인 콘크리트 열전도율 $0.89W(mk)$ 에 비하여 반투명 콘크리트의 열전도율은 $0.3815W(mk)$ 로 60% 낮은 결과를 나타내었다.

최근의 연구는 반투명 콘크리트를 통해 들어오는 빛의 투과에 대한 다양한 요인의 영향을 시뮬레이션하고 반투명 콘크리트를 사용하는 동안 최적의 조명 비율에 도달하는 연구에 섬유의 크기를 시뮬레이션하기 위해 이루어졌다. 기존의 연구결과들이 에너지 수요 측면에서 전반적인 긍정적 지표를 제공했지만 기존 전통적 콘크리트와 반투명 콘크리트의 열적 성능 및 광투과성을 비교하거나 이러한 특성을 측정했던 연구는 거의 없었다.

앞선 내용 들을 요약하자면 이 보고서에서 제시된 이전 연구결과들을 통해 최대 에너지 절약과 더 나은 기계적 특성을 모두 달성하기 위한 콘크리트의 광섬유 최적 비율을 연계한 연구결과들 간에는 값 차이가 있다.

7. 결론

본 보고서는 반투명 콘크리트에 관한 향후 연구 개발에 대한 지침으로 사용될 수 있는 이전의 반투명 콘크리트 연구결과와 결론을 제시한 것으로 이전 연구결과를 관찰한 것을 기반으로 다음과 같은 결론을 내리고자 한다.

반투명 콘크리트는 미적인 용도 뿐 만 아니라 건물 내부 조명용과 구조용 경량 재료로도 쓰이는 등 많은 용도를 가지고 있으며 그 용도를 확장하기 위해 더 많은 연구가 필요하다. 이 보고서 서두에서 언급한 바와 같이 반투명 콘크리트는 내부공간에 빛을 들어가게 할 수 있으므로 창문을 쓰지 않는 교육용 건축물에 사용될 수 있다. 또한 반투명 콘크리트에 대한 방음 분야의 연구가 이루어지는 것이 필요한데 현재 이 분야에 관한 연구는 거의 또는 전혀 없는 실정이다. 반투명 콘크리트에 대한 사용범위를 확장시키는 것은 중요하다.

열 및 에너지 절약 분야의 대부분 연구는 내부공간에 햇빛을 쏘이기 위해 콘크리트에 광섬유를 첨가하는 것과 관련 실험적 연구 또는 시뮬레이션 연구 및 콘크리트 속에 광섬유 비용을 조사 연구하는 경향이다. 겨울철 산업조명 및 난방 부하에 대한 수요를 줄여 최적의 에너지 절약을 달성하기 위해 최상의 비율에 도달하는 것을 목표로 한다. 이전 연구의 평균적인 결과에 따르면 콘크리트 용적에 섬유는 6% 이상이 에너지 절약을 위한 완벽한 비율로 나타났으며 12.7%에서 18%까지 이었다.

반투명 콘크리트의 기계적 특성에 관련하여 기존 콘크리트와 반투명 콘크리트의 특성을 비교하는 많은 연구들이 있으며, 특히 콘크리트 재료의 가장 중요한 특성 중 하나로 압축강도 값을 기록하는 것을 들 수 있다. 그러나 대부분의 연구에 따르면 반투명 콘크리트 강도와 관련한 기계적 특성은 일반 콘크리트에 비하여 여전히 떨어지며 더 많은 조사연구가 필요하다.

반면에 일부 연구에서는 반투명 콘크리트에 섬유를 첨가하는 것이 섬유 비용과 관련된 기계적 특성에 미치는 영향을 조사하였다. 이러한 많은 연구들은 강도 성능을 향상시키기 위해 직경이 다른 광섬유로

0%에서 6%로 다양한 콘크리트 배합에 광섬유의 영향을 실험적으로 조사 연구하였다. 예상대로 광섬유의 비율을 증가시키면 압축강도는 줄어들었으며, 콘크리트 용적비 5%의 섬유 비율이 기계적 특성을 위한 완벽한 비율인 것으로 나타났다.

균열 패턴에 따른 압축강도에 영향을 미치는 하나의 좋은 지표로 간주되는 콘크리트 시편에 대한 섬유의 패턴 배열에 대한 연구는 거의 없는 실정이다. 그리고 이 점은 향후 연구에서 광범위하게 조사될 필요성이 있다. 극소수의 연구에서 효과적인 요인으로 플라스틱 광섬유와 같은 콘크리트 배합에 대체재를 첨가하는 것, 즉 광섬유 대신에 유리 막대를 사용하는 것이 반투명 콘크리트의 기계적 특성을 강화하고 강도를 증가하고 광 투과성을 함께 높이는 목표를 달성한 것으로 나타났다. 그러나 반투명 콘크리트를 지원하는 새로운 재료 시험에 대한 더 많은 연구는 여전히 필요한 상태이다.

앞서 언급한 바와 같이 에너지 절약을 위한 적절한 콘크리트 용적대비 섬유 비율은 6% 이상이며 기계적 강도를 더 좋게 하기 위해선 그 비율이 5% 미만이다. 따라서 5~6% 구간이 최대로 에너지를 절약하고 보다 우수한 기계적 강도 목표 달성을 위해 콘크리트에서 광섬유의 가장 좋은 비율에 대한 연구결과들에서 나타난 값의 차이 이다. 따라서 광투과성 대체 소재 첨가를 조사 연구하는 것과 관련하여 반투명 콘크리트의 특성을 개발하기 위한 추가 연구가 필요하다.

<원문제목> A Review of Translucent Concrete as a New Innovative Material in Architecture

<원문출처> Civil Engineering and Architecture 8(4)