

Global Report

광섬유와 유리막대를 사용한 반투명 콘크리트

1. 개요
2. 소개
3. 배합비
4. 시편에 대한 시험
5. 결론

1. 개요

콘크리트는 전통적으로 단단하고 튼튼한 건설자재로 마감작업이나 단장작업을 필요로 한다. 소규모 건축물들은 고층빌딩이나 초고층빌딩으로 탈바꿈하고 있다. 이와 같은 상황은 인근에 들어서는 건축물에 막혀 건물 내 자연채광을 방해하는 큰 문제를 일으킨다. 이런 문제를 극복하기 위하여 인공조명이 건물에 사용되지만 이러한 인공조명은 건축물 내에 열을 증가시키게 된다. 이번 연구는 스마트 투명 콘크리트의 유효성을 평가하기 위해 유리막대와 광섬유를 다양한 비율로 결합하여 콘크리트 시편을 제작하고 일반콘크리트 시편과 그 시험 결과를 비교하고자 한다. 압축강도 시험과 광투과 시험 이 두 가지 시험을 시편을 가지고 수행하였으며 소요비용 비교도 실시하였다.

2. 소개

2.1 일반사항

콘크리트는 인프라 및 주택 개발에 핵심적인 역할을 한다. 콘크리트는 로마시대부터 사용되어 왔지만 그 기본 구성재는 아직 동일한 상태이다. 건배합의 세 가지 구성재는 조골재, 세골재 및 시멘트이다. 눈부신 경제적 성장, 도시화, 인구증가, 전 세계적인 공간 활용으로 인해 콘크리트 기술은 획기적인 변화가 있었다. 대부분의 건축물들은 초고층 빌딩처럼 같은 지역 내에서 서로 인접하여 건설된다. 인접 건축물이 들어섬에 따라 건축물에 자연채광을 빼앗는 가장 큰 문제점 중 하나가 발생한다. 건축물들이 서로 가깝게 겹쳐 들어설 때 자연채광을 이용하기가 어려운 것이다. 반투명 콘크리트는 어떤 패턴을 가지고 빛을 투과시키는 콘크리트로서 창조적이고 지속가능한 적용을 통하여 콘크리트의 이미지를 변화시키는데 많은 사람들이 노력을 기울이고 있다.

2.2 전력소비

전기사용의 30%는 조명용으로 사용되고 있어서 건축물의 실내조명에 자연채광을 활용하는 것이 필요하다.

1) 광섬유

광섬유는 인간의 머리카락 보다 약간 두꺼운 유리(실리카) 또는 플라스틱으로 만들어진 유연한 투명 섬유이다. 광섬유는 버퍼코팅(Buffer coating), 클래딩(cladding) 및 코어(core)로 구성된 세 가지 층으로 형성된 케이블이다. 그리고 빛의 투과는 섬유의 코어를 통해 이루어진다. 광섬유의 장점으로 다음과 같은 것을 들 수 있다.

1. 안전성 - 광섬유 케이블은 전기, 열 또는 자외선의 영향을 받지 않는다. 귀중한 유물 그림, 가연성 표면 등에 사용하기에 이상적이다.
2. 다양성 - 하나의 광원에서 다양한 유형의 빛으로 활용할 수 있다.
3. 사용자 친화성 - 이 케이블은 내구성이 있고 자외선으로부터 보호되는 플라스틱이어서 깨지거나 불에 타지 않아 사실상 유지관리에 별도의 노력이 들지 않는다.

이 광섬유는 광 투과성이 아주 우수하다. 오늘날 광섬유는 일반적으로 유리 또는 플라스틱으로 만들기

때문에 섬유를 가늘고 길게 만드는 것이 가능하다. 또한 유리와 플라스틱은 모두 투명하기 때문에 특정 파장에서 섬유에 빛을 효율적으로 통과시키는 것이 가능하다.

2) 유리

유리는 투명하고 다양한 곳에 기술적으로나 장식적인 용도로 광범위하게 사용되는 비결정성 무정형 고체인데 많은 유용한 특성을 지니고 있다.

1. 투명해서 안을 볼 수 있다.
2. 강하고 단단하며 큰 하중을 받을 수 있다.
3. 불침투성이 있어서 물 또는 다른 액체를 통과하지 못하게 하며 물에 젖거나 오염되지 않는다.

3) 일반적인 실내조명 수준 및 권장 실내조명 수준

청명한 날 야외의 조도 수준은 약 1만 럭스(Lux)이다. 건물 내에서 창문 가까이 있는 곳의 조도 수준은 약 1천 럭스 정도로 낮아질 수 있다. 건물 내 중앙부에서는 그만큼 더 낮아지게 될 것이다. 예전에 일반적인 활동을 위한 조도의 수준은 보통 100 - 300럭스 정도이었다. 오늘날 조도의 수준은 활동에 따라 달라지겠지만 500 - 1,000럭스 이상인 경우가 대부분이다. 정밀작업이나 세부적인 작업용 조도의 수준은 1,500 - 2,000럭스에 도달 할 수도 있다.

2.3 본 조사보고서의 목표

전통적으로 콘크리트 부재는 구조용으로 쓰는 것으로 생각되었지만 최근에 이러한 개념이 바뀌어 건축물의 장식용재로 콘크리트를 사용하게 되었다. 광섬유를 사용하는 고성능 콘크리트는 부분적으로 콘크리트를 투명하게 함으로써 건축물의 미관을 개선하는 장식적인 자재로 활용될 수 있다는 것이 알려지고 있다. 따라서 이 프로젝트는 다음과 같은 목표를 달성하고자 한다.

1. 반투명 콘크리트는 자연광의 무한한 잠재력을 가진 에너지를 이용하여 건축물의 운영 에너지를 줄이는 것을 목표로 한다.
2. 또 다른 추가적인 목표는 일반적으로 지루하고, 창백하며, 불투명한 회색 재료로 인식되고 있는 콘크리트의 이미지를 변화시킬 수 있는 기쁨을 주는 미적 활동이 되도록 하는 것이다.
3. 광섬유와 유리 기반의 투명 콘크리트는 그냥 일반적인 건설재가 아닌 박물관이나 특수 전시회에 사용될 수 있는 예술품으로 간주될 수 있다는 것이다.
4. 주요 목표는 자연광을 사용하여 에너지를 절약하는 것이고 그에 따라 인공조명에서 나오는 열의 양을 줄이는 것이다.
5. 건축용 투명 블록을 사용하여 조명용 에너지 절약을 연구하는 것이다.
6. 이 고성능 콘크리트의 비용 효과성을 연구하는 것이다.

3. 배합비

3.1 표준관리배합

M-20급 콘크리트용 표준관리배합(Control mixture)은 IS:10262-2009의 기준에 따라 설계되었다. 시멘트, 세골재, 조골재 및 물의 배합비는 1 : 1.83 : 2.21 : 0.50으로 하였다.

3.2 광투과성 콘크리트의 몰드 및 시편 제작

제작되는 시편의 규격은 150 x 150 x 150mm 큐브의 형태이다. 이 시편 제작을 위한 몰드는 철판 바닥에 두께 5mm의 합판으로 4면을 막는 것으로 하였다. 합판의 2면은 구멍을 뚫지 않고 나머지 2면은 몰드에 콘크리트를 타설하는 동안 유리막대가 제 위치에 있도록 15mm 간격으로 구멍을 뚫었다. 합판은 서로 고정되도록 못질을 하였다. 구멍이 뚫린 2면은 한쪽 방향으로 유리막대가 지나가도록 서로 마주보게 위치시켰다. 유리막대들은 충분한 길이로 절단이 되었고 서로 마주보는 2개의 합판 면에 뚫린 구멍에 하나씩 설치되었다. 가공된 광섬유를 포함하는 시편은 150 x 150 x 150mm 규격의 정육면체이다. 몰드는 서로 마주보게 한 두 개의 합판면과 가구를 만드는데 쓰이는 썬미카(sun mica - 나무결 무늬의 재료)로 이루어졌다. 시편의 콘크리트는 세 번에 나누어 타설하였으며 콘크리트의 다짐작업을 위해 테이블 진동기가 사용되었다. 다짐작업 완료 후 몰드 상부의 잉여재료를 제거하고 평평하게 고름작업을 실시하였다.

3.3 시편의 탈형 및 양생

제작된 시편은 방해받지 않는 평평한 곳에 위치시켰다. 콘크리트 타설 24시간 후 조심스럽게 탈형하였고 큐브 시편들은 각각의 식별표시/번호를 부여하였다. 탈형 후 이 시편들은 수중양생을 위해 양생조로 운반되었다.

4. 시편에 대한 시험

4.1 압축강도

배합설계별 압축강도를 확인하기 위하여 2,000KN 용량의 압축강도 시험기를 사용하여 큐브 시편에 대한 시험을 실시하였다.

<표 2 - 광섬유와 유리막대를 포함한 콘크리트의 압축강도 시험결과>

시편		광섬유 없는 시편	광섬유 넣은 시편	
크기(mm)		150 x 150	150 x 150	
간격(%)		-	0.8%	0.4%
압축강도(N/mm ²)	재령 3일	15.61	14.62	14.81
	재령 7일	21.80	20.52	20.79
	재령 28일	26.9	25.65	25.99

시편		광섬유 없는 시편	광섬유 넣은 시편		
크기(mm)		150 x 150	150 x 150		
간격(cm)		-	1.5cm 간격	3.0cm 간격	4.5cm 간격
압축강도(N/mm2)	재령 3일	15.61	14.57	14.79	14.97
	재령 7일	21.80	20.71	21.02	21.28
	재령 28일	26.90	25.57	25.95	26.27

광섬유 0.4%의 경우 재료 비 (Cost Of Material For 0.4% Optical Fibers)

- * 광섬유(Optical fibers) = 4.5(RMT) X Rs.150/- = 675/-
- * 시멘트(Cement) = 9(bags) X Rs.350/- = 3150/-
- * 플라이애시(FA) = 0.560(m3) X Rs.600/- = 336/-
- * 조골재(CA) = 0.660(m3) X Rs.560/- = 372.96/-
- * 총 재료비(Total cost of material) = 675 + 3150 + 336 + 372.96 = Rs.4533.96/-

따라서 콘크리트 1입방미터 당 총 재료비는 약 4,500Rs.이다.

구분	광섬유율(%)	비용		비용증가율(%)
		기존 블록	광섬유 블록	
1	0.8%	3,861.2 + 504 = 4,365.2 Rs.	5,206.72 + 522 = 5,728.72 Rs.	31.24%
2	0.4%	3,861.2 + 504 = 4,365.2 Rs.	4,533.96 + 522 = 5,055.96 Rs.	15.82%

구분	광섬유율(%)	비용		비용증가율(%)
		기존 블록	광섬유 블록	
1	12%	3,861.2 + 510 = 4,371.2 Rs.	4,076.57 + 520 = 4,596.57 Rs.	5.36%
2	6%	3,861.2 + 510 = 4,371.2 Rs.	3,848.2 + 520 = 4,368.2 Rs.	0.11%
3	4%	3,861.2 + 510 = 4,371.2 Rs.	3,854.4 + 520 = 4,374.4 Rs.	0.26%

5. 결론

5.1 압축강도

M-20급 기존 콘크리트의 재령 28일 압축강도가 26.90N/mm2인데 반하여 투광성 콘크리트의 재령 28일 압축강도는 유리막대 간격 1.5cm(12%)의 경우 25.57N/mm2에서부터 유리막대 간격 4.5cm(4%)의 경우 26.27N/mm2에 이르기까지 다양하였다. 따라서 재령 28일 압축강도는 12%, 4% 비율의 유리막대를 사용한 경우 5.2%, 2.4%씩 각각 감소하였다. 광섬유 0.8% 및 0.4%로 제작한 재령 28일 압축강도는

25.65N/mm² 및 25.99N/mm²로 각각 확인되었다. 따라서 재령 28일 압축강도는 각각 4.9% 및 3.5%씩 감소하였다. 유리막대와 광섬유로 만든 투광 콘크리트는 기둥이나 보와 같은 구조용으로 사용하기 보다는 주로 칸막이 벽재로 쓰인다. 이 투광성 콘크리트의 주된 초점은 압축강도 보다는 콘크리트를 통하는 빛의 투과이다. 아직까지는 재령28일 투광성 콘크리트 압축강도가 기존 콘크리트에 비하여 약간 떨어진다.

5.2 비용검토 결과

비록 투광성 콘크리트의 초기비용은 기존 콘크리트에 비하여 많이 들지만 투자회수 분석결과 전기세의 증가 등으로 절약되는 전기요금은 1,368.58Rs.인 것으로 확인되었다. 따라서 투광성 블록에 투자된 초과 금액에 대한 투자회수기간은 가정용 건축물의 경우 1년 그리고 상업용 및 산업용 건축물의 경우 0.72년으로 계산되었다.

이 투광성 콘크리트 제품은 또한 환경에 위해가 되는 이산화탄소 배출도 감소시킬 것이다. 따라서 이 투광성 콘크리트는 고성능 콘크리트의 일종으로 볼 수 있다. 이 고성능 투광성 콘크리트를 사용하면 지구환경을 보호하는 데에도 도움이 된다.