제 출 문

국토교통부장관(국토교통과학기술진흥원장) 귀하

이 보고서를 "도시 표면온도 저감이 가능한 태양열 차단 보도블럭 개발에 관한 연구"과제(세부과제 "지역별 도시열섬 특성을 고려한 Hybrid 블록의 최적 설계/시뮬레이션 프로그램 개발에 관한 연구")의 보고서로 제출합니다.

2015. 11. 19.

주관연구기관명 : ㈜에코청진
주관연구책임자 : 김 종 훈
연 구 원 : 정 동 원
" : 이 동 규
" : 이 은 주
" : 최 현 국
" : 박 창 현
협동연구기관명 : 중앙대학교 산학협력단
협동연구책임자 : 최 성 철

보고서 요약서

<table>
<tr><td>과제고유번호</td><td>14CHUD-C063723-03</td><td>해 당 단 계
연 구 기 간</td><td>2012.11.19.
~
2015.11.18</td><td>단 계 구 분</td><td>3 / 3</td></tr>
<tr><td>연 구 사 업 명</td><td colspan="5">국토교통기술촉진연구사업</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연 구 과 제 명</td><td>최 상 위
과 제 명</td><td colspan="4">도시 표면온도 저감이 가능한 태양열 차단 보도블럭 개발</td></tr>
<tr><td>단위과제명</td><td colspan="4">지역별 도시열섬 특성을 고려한 Hybrid 블록의 최적설계/시뮬레이션 프로그램개발(공동연구기관)</td></tr>
<tr><td>연 구 책 임 자</td><td>김종훈</td><td>총연구기간
참 여
연구원수</td><td>총 : 12명
내부 : 12명
외부 : 0명</td><td>총연구비</td><td>정부:768,500 천원
기업:327,040 천원
계:1,095,540 천원</td></tr>
<tr><td>연구기관명 및
소 속 부 서 명</td><td colspan="2">㈜에코청진</td><td>참여기업명</td><td colspan="2">㈜에코청진</td></tr>
<tr><td>국제공동연구</td><td colspan="5">상대국명 : 상대국연구기관명 :</td></tr>
<tr><td colspan="4">요약(연구결과를 중심으로 개조식 500자 이내)</td><td>보고서면수</td><td>200</td></tr>
<tr><td colspan="6">▪ 도심지에서 발생하는 열섬현상은 온실가스 방출에 의한 매연 열량의 증가, 녹지 감소 및 대형 구조물에 의한 축열량 증가로 인한 것으로, 최근 사회적 문제도 대두되고 있으며, 도로포장분야에서는 선진국의 경우 열섬현상의 해결책으로 세라믹 다공체를 이용한 차열 도료 등의 기술개발이 이루어지고 있으나, 태양광 난반사로 인한 보행자 및 운전자 안전성 확보 문제 때문에 보수성 포장이 확대되고 있는 추세이지만, 보수성 포장제 또한 겨울철 동파로 인해 내구성 및 내후성에 문제가 대두되고 있는 실정이다.
▪ 따라서 본 연구에서는 태양열 고반사 재료 및 Patterning 기술을 활용하여 감각적이고 기능적인 도시설계가 가능한 열섬현상 저감형 블록을 선행연구, 일사반사율, Patterning 기술개발, Composite 블록, 차단 Layer 적용 Hybrid 블록 등으로 태양열 반사를 통한 축열방지 기능과 Patterning 기술의 접목을 통해 세계최고기술 수준인 일본의 태평양와 니코社의 물리적 특성 및 내구 · 내후성이 우수한 도시표면온도 저감이 가능한 보 · 차도용 Hybrid 블록 개발 및 실용화 하였다.</td></tr>
<tr><td rowspan="2">색 인 어
(각 5개 이상)</td><td>한 글</td><td colspan="4">반사율, 태양열 반사, 열섬저감, 보도블록, 시뮬레이션</td></tr>
<tr><td>영 어</td><td colspan="4">albedo, solar reflection, heat-island, road block, simulation</td></tr>
</table>

요 약 문

Ⅰ. 제 목

도시 표면온도 저감이 가능한 태양열 차단 보도블럭 개발

Ⅱ. 연구개발과제 개요(목적, 필요성, 범위 등을 기술)

1. 목적

도심지에서 발생하는 열섬현상은 온실가스 방출에 의한 매연 열량의 증가, 녹지 감소 및 대형 구조물에 의한 축열량 증가로 인한 것으로, 최근 사회적 문제로 대두되고 있다. 도로포장분야에서는 선진국의 경우 열섬현상의 해결책으로 세라믹 다공체를 이용한 차열 도료 등의 기술개발이 이루어지고 있으나, 태양광 난반사로 인한 운전자 안전성 확보 문제 때문에 보수성 포장이 확대되고 있는 추세이다. 도시 내 높은 점유면적을 차지하는 보도, 공원, 주차장 등을 활용하여 도심지 열섬현상을 완화하기 위한 기술개발은 현재까지 미흡한 실정으로 이러한 공간에 적용할 수 있는 열섬저감 기술의 개발이 시급하다.

2. 필요성

도시의 인구 밀집화에 따라 인공 구조물이 확산됨과 동시에 지면의 열을 증발 잠열로 소모할 수 없는 인공 포장면이 확대됨에 따라 도시 열환경이 더욱 악화되고 있다. 기상청의 “한반도 최근 10년 기후특성” 자료에 따르면 평균 열대야 일수는 9.2일로 30년(1971~2000년) 평균값에 비해 1.4일 증가하였으며, 온난화와 열섬현상에 따른 기온 상승폭이 세계 평균보다 큰 것으로 나타났다(최근 10년간 세계평균기온 0.74℃상승, 대한민국 1.5℃ 상승).

- 서울의 경우 폭염 사망자가 나오는 28.1℃ 이상인 경우가 여름철 평균 16일이지만, 2030년 30일 이상, 2050년 50일 이상으로 증가하여 폭염사망자가 2050년 600명 이상이 될 것으로 예측되고 있음.
- 여름철 기온 상승으로 인하여 냉방부하가 증가됨에 따라 매년 최대 전력수요 기록이 갱신되고 있음.

도시열섬현상은 열사병, 집중호우 및 열대야를 유발하며, 에너지 소비를 가속화시켜 또 다른 환경문제를 발생시켜 도시 생태계를 위협하고 있다. 독일, 일본 등 선진국을 중심으로 도시 열환경 개선을 위한 다양한 정책 수립 및 관련 기술개발에 집중적으로 투자하고 있다. 도시열섬 현상을 해결하기 위해 선진국에서는 열섬저감형 포장 블록 제품개발이 활발히 진행되어 일부 업체들이 판매하고 있으나, 국내에서는 주로 보수성 포장 등 도로포장분야에 대한 연구가 진행되었을 뿐, 열섬 저감형 콘크리트 블록 개발은 전무한 실정이다.

도시열섬 저감을 위해 선진국에서는 태양광 고반사 도료, 보수성포장, 차열성 포장, 투수성 포장 등과 같이 다양한 기술을 개발하고 있지만, 국내의 경우에는 주로 건물, 도로포장 분야에서 정부 R&D사업이 집중되고 있으며, 열섬 저감형 콘크리트 블록 연구에 대한 정부 지원은 전무한 실정으로 선진국의 기술격차 해소를 위한 노력이 필요하다.

- 1990년대 태양열 고반사 도료가 개발되어 보급되기 시작하면서 도시 녹지면적이 적은 일본에서는 도시열섬 문제 해결을 위하여 투수성/보수성/차열성 포장 등 포장 분야 기술개발
- 미국에서는 도시열섬 저감을 위하여 Cool Pavement, Cool Roofing 및 옥상 녹화 등의 기술개발
- 일본의 태평양 프리캐스트 콘크리트 공업은 2010년 08월 기준 기존 아스팔트 포장의 표면온도 대비 노면의 표면온도를 10℃ 낮출 수 있는 열섬저감형 보도 블록 “OCEAN TECH”를 개발

3. 범위

본 연구에서는 태양열(Near-Infrared Spectrum) 고반사 재료 및 Patterning 기술을 활용하여 감각적이고 기능적인 도시설계가 가능한 블록을 개발하여 상용화·사업화를 다음과 같이 진행하고자 한다.

태양열 고반사 Hybrid Block 제조 기술로,

- 블록 유색층에 고반사 재료, 코팅제 및 Patterning 기술을 접목하여 일반 보·차도 블록 포장 대비 표면온도 10℃하강 효과를 실현하고자 함
- 고반사 재료(석회석 미분말, 슬래그 미분말, 기타 고반사 재료 등) 활용 태양열 반사
- 최적 Patterning 개발(Pattern 형태, 면적 비율 및 깊이에 따른 반사 특성 분석)
- 태양열 반사 코팅제 활용 기술(내구성을 고려해 보행시 접촉하지 않는 부분에 대한 선택적 적용)

Ⅲ. 연구개발 수행내용 및 결과(연구수행과정, 연구수행결과 등을 기술)

1. 문헌분석

국내·외 열섬 저감형 블록 제품의 현황 및 품질 기준에 대한 문헌 수집

- 국외 열섬 저감형 포장 및 블록 현황(일본, 미국, 유럽 등)
- 국내·외 고반사 재료 현황 및 반사메커니즘 분석
- 국내·외 성능평가 방법 분석(ASTM, JIS, EN, KS)

2. 기능성 블록의 재료설계를 위한 일사반사율 특성 분석

태양열 반사율 측정을 통한 친환경 저에너지 고반사 블록의 설계 기반이 될 수 있는 원재료의 반사율 인덱스 작성

- 태양열 고반사 재료선정을 위한 성능평가
- Albedo 및 Retro-reflectance Index 작성

3. 기능성 향상을 위한 블록 디자인 Patterning 기술개발

Patterning 형상, 깊이에 따른 Patterning 기술

- Patterning 특성에 따른 반사율 분석
- 태양열 고반사 특성과 결합된 Patterning 기술개발(최적형상 및 깊이 결정)
- 생산라인과 결부된 표면 연마 및 가공기술 개발
- 보행자 난반사 방지를 위한 최적 Pattern 분류 및 제품설계

4. Composite Block 개발

적외선 영역의 높은 반사율을 위한 블록 최적 배합비 도출

- 골재, 혼합재, 바인더, 안료 등의 구성 비율
- 혼합 배합비에 따른 반사율 및 역학적 특성 분석
- 최적 반사율 배합 및 Patterning 기술 적용 콘크리트 블록 시제품 개발
- Composite Block 시제품 평가(기초 물리적 특성, 내후성 시험, 내구성 시험)

5. Hybrid Block 개발

고반사 수지, 세라믹 소재 등을 이용한 태양열 차단 Layer 형성기술

- 적외선 반사에 효과적인 차단 Layer의 두께 및 소재 결정
- 부착성능, 마모성, 내구성을 고려한 Layer 소재 결정
- Layer 재료별 태양열 차단 성능 검토, 고반사 코팅제의 자외선 열화 검토
- 도시열섬 저감을 위한 Hybrid Block 시제품 개발
- Hybrid Block 시제품 평가(기초 물리적 특성, 내후성 시험, 내구성 시험 등의 평가를 통한 사후관리방안 마련)

6. 생산공정 개선

생산성 향상을 위한 공정기술 검토

- Patterning 깊이 / 각 조정 및 표면 마감
- 차단 Layer 스프레이 공정(스프레이 면적 및 시간 등 공정 최적화)

7. 현장적용을 통한 태양열 고반사 블록의 실증화

태양열 고반사 블록의 Mock-Up 시험 및 현장 표면온도 특성 평가를 통한 기존 블록과의 차별성 검증

- 기존 보도블록, 태양열 고반사 블록 Mock-Up Test
- 기존 보도블록, 태양열 고반사 블록 표면의 온도 측정

8. 최종보고서 작성

기술적 연구결과를 통해 얻어지는 시제품에 대한 성능평가 결과, 현장 적용성 검토 등을 통한 최종 보고서 작성 및 상용화를 위한 계획 및 준비, 지식재산권 등

Ⅳ. 최종 연구성과 및 적용실적

연구내용	연구성과	적용실적
1.문헌분석	-국·내외 고반사 재료 및 Hybrid Block 개발을 위한 선행연구 조사·분석 보고서	-열섬저감형 포장 및 블록 현황 -고반사 재료 현황 및 반사메커니즘 -성능평가 방법 파악
2.일사반사율 특성분석	-Retro-reflectance Index 확립	-태양열 고반사 재료선정
3.Patterning기술개발	- Patterning 적용 블록 일사반사율 70% 이상	-Patterning 최적 형상 및 깊이 결정 -보행자 난반사 방지 Pattern 적용 -표면 가공(Brushing) 기술 적용
4.Composite Block 개발	-일사반사율60%이상 -촉진내후성시험 후 탈·변색 無 -휨강도 3㎫이상 -투수계수 0.2㎜/sec -미끄럼저항성 35BPN이상	-Composite Block 시제품 생산 -Composite Block 특허출원 1건 -Composite Block 특허등록 1건 -유색 Composite Block 특허출원 1건 -유색 Composite Block 특허등록 1건
5.Hybrid Block 개발	-휨강도 5㎫이상 -투수계수 0.3㎜/sec이상 -미끄럼저항성 45bpn이상 -일사반사율 70%이상 -촉진내후성시험 후 탈·변색 無 -표면온도 저감 △10℃이상	-Patterning 기술 및 태양열 차단 Layer 적용한 Hybrid Block 시제품 생산 -Hybrid Block 특허출원 1건 -Hybrid Block 특허등록 1건 -투수코어블록 특허출원 1건
6.생산공정개선	-Pattern 깊이/ 각 조정 및 표면마감 -차단 Layer 면적 및 시간 최적화	-생산성 향상을 위한 공정기술(성형 및 Spray) 적용
7.고반사 블록의 실증화	-기존블록과 태양열 고반사 블록 Mock-Up 및 현장적용 블록 표면온도 측정 비교·분석	-기존보도블록, 태양열 고반사 블록 Mock-Up Test -기존보도블록, 태양열 고반사 블록 현장적용 Test
8.최종보고서 작성	-연구 결과에 대한 최종 보고서	-시제품의 성능평가에 대한 시험성적서 -현장 적용성에 대한 결론 -사용화를 위한 계획

Ⅴ. 연구목표 달성 및 효과

1. 기술적측면

- 21세기 새로운 사회적 문제로 대두되고 있는 도시열섬현상을 완화하고 도시의 열환경을 개선할 수 있는 기술 확립이 가능함
- 도시열섬현상 저감 성능과 유지관리 및 보수 편의성, 미려한 외관을 가진 친환경 저에너지 보도블록 개발을 통하여 도심환경의 개선을 도모
- 정부의 녹색성장과 발맞추어 기존 보도블록을 대체할 수 있는 우수한 강도와 도심지 에너지 효율 향상에 이바지할 수 있는 보도블록 개발은 도시계획에 획기적인 변화를 도모
- 도시 열환경 개선 관련 기술 정립 및 고도화 기반 제공

2. 산업적 측면

- 기능성 친환경 블록 제조기술 확보를 통한 제품 성능 신뢰성 향상, 신수요 창출 및 관련 분야 산업 활성화
- 도시 전체 온도 상승을 억제할 수 있는 기술로서 국가적인 에너지 절감 효과 기대, 여름철 냉방부하 저감에 따라 27,000TOE, 67,000TC 절감 가능

3.경제적 측면

- 열사병, 집중호우 및 열대야 발생의 주요 원인인 도시 열섬현상 발생을 줄이고, 쾌적한 도시 환경 창출을 통한 국민 주거환경 개선
- 지속가능한 도시 성장 기반을 구축하고 궁극적으로 저탄소 녹색 도시 건설에 기여함

Ⅵ. 연구성과 활용계획

현재 국내에서 판매되고 있는 보도블록 제품 중 본 연구의 개발 제품과의 유사기능을 가지는 제품은 없는 상태이며, 최근 국내 기업들도 도시 환경개선 및 지역 환경 보존을 위한 기능성 블록 및 블록 제품의 고급화 요구가 높아짐에 따라 신제품 개발을 위한 노력을 기울이고 있지만, 아직 미흡한 실정이며, 선진국에 대한 기술 의존도가 높다.

이노블록, 한림 로덱스의 경우 투수성 블록, 보수성 블록 등 기능성 제품을 생산·판매하고 있으나 국내는 일사 반사형 기능성 블록 제품에 대한 개발 및 생산은 전무한 실정이다.

따라서 본 연구를 통해 개발된 태양광 고반사형 보·차도 블록은 기존 보·차도 포장뿐만 아니라 공원 등의 포장에 폭넓게 활용할 것이다.

- 기존 블록 제품에 태양열 반사 기술을 도입하여 도시 온난화 현상을 저감할 수 있는 개발 제품 특성을 바탕으로 국내 보도블록 전체시장을 목표시장으로 함
- 국내 보도블록 시장규모는 5,200억 수준으로 세종행복도시, 지역혁신도시, 자전거도로 확충에 납품하여 매년 3% 이상 시장이 성장함
- 보도블록 제품에 태양광 반사기능을 부여한 기능성 보도블록을 개발하는 것은 국내 최초로서 해당 제품이 국내 보도블록 시장에 출시될 경우 현재까지 경쟁제품은 없는 실정임
- 개발 제품을 통해 새로운 기능성 보도블록 시장 창출이 가능하고, 기존 보도블록 시장도 장악할 수 있음

Ⅰ. Title

Development of high solar reflectance hybrid-Block for the island mitigations

Ⅱ. R&D projects summary

1. Purpose

In downtown transpiratory heat island phenomenon is due to green degrade and increase storage of heat from large structures, increase of exhaust calory caused by greenhouse gas emissions, it has emerged in recent social problems. In the case of the developed nations are made technical development such as a heat shield coating material using porous ceramics on solution of heat island phenomenon in pavement areas but since the operator stability securement caused by diffused reflection solar, water-retentive pavement is expanding a trend. Utilizing such sidewalk, park, parking lot hold by the city's high occupied area, technical development to alleviate the urban heat island phenomenon is unsatisfactory condition to date. Development of heat island reduction techniques applicable to this area is urgently needed.

2. Necessity

According to population crowding of the city, artificial structures extending at the same time, depending on the expansion artificial pavement that can not be consumed the latent heat and vaporization to soil heat, city thermal environment is in decline. According to the "Climate characteristic korean peninsula the last decade" of met office, as 9.2days the number of average tropical nights had increased by 1.4days compared to the 30-year(1971~2000년) average, according to the warming and the heat island phenomenon temperature rise outstripped is showed greater than global average(The last 10 years the global average temperature rise 0.74℃, the Republic of Korea rise 1.5℃).

- In case of Seoul, when more than 28.1℃ will come to heat wave deaths is summer months average 16days. but more than 30days in 2030, increased to 50days 2050, heat wave deaths in 2050 are expected to be more than 600 people.
- According to increased cooling load due to the summer temperatures rise, every year maximum power demand record is renewed.

The urban heat island phenomenon is causing heatstroke, heavy rains and tropical nights, accelerate the energy consumption of urban ecosystem is threatening. Germany, Japan etc. developed countries has intensively investing technology development and various policy making for city thermal environment improvement. In developed countries to resolve the urban heat island phenomenon, heat island reduction type pavement block product development is selling some company and actively underway. But in korea as has been the study about water-retentive pavement etc. road pavement areas, heat island reduction type concrete block development is nonexistent situation.

In developed countries to reduce the urban heat island phenomenon has developed a variety of technologies such as solar high reflex paint, water-retentive pavement, cool pavement, pervious pavement. But in the case of Korea has focused the government R&D projects in the field of road pavement, buildings and government support to heat island reduction type concrete block research is nonexistent situation. This is necessary effort to overcome the technological gap of developed countries.

- Solar high reflex paint have been developed and started to propagated in the 1990s, In Japan less urban green area develop packaging sector technology pervious, water-retentive, cool pavement etc. to solve urban heat island problem.
- In the US to reduce the urban heat island, Cool Pavement, Cool Roofing and rooftop greening etc. technical development.
- Pacific Precast Concrete Industry in Japan, development "OCEAN TECH" heat island reduction type sidewalk block lowerable 10℃ for surface temperature of existing asphalt pavement in August 2010.

3. Scope

In this study, Solar high reflex material and Patterning techniques would like to proceed as follows using service/commercialization developing block that can be to city design sensible and functional Solar high reflex Hybrid Block to manufacturing technique,

- Compared general sidewalk / driveway block pavement, intended to achieve a surface temperature of 10℃ lowering effect grafting high reflex material, coatings and Patterning technique in block colored layer
- High reflex material(Limestone powder, Slag powder, etc. High reflex material) utilizing solar reflection
- Optimum Patterning development(Pattern shape, area ratio and with depth reflection feature analysis)
- Solar reflection coatings utilizing technology(Alternative behavior for the part not contact during walking to consider the durability)

Ⅲ. R&D performance content and results(Research process of achievement, Research performance result etc.)

1. literature analysis

literature collection for the status and quality standards of domestic and foreign heat island reduction type block product.

- Domestic and foreign heat island reduction type pavement and block status
- Domestic and foreign high reflex material status and reflex mechanism analysis
- Domestic and foreign performance evaluation method analysis(ASTM, JIS, EN, KS)

2. Solar reflectance feature analysis for material design of functional block.

Create reflectance index of raw materials that can be design based on environmentally friendly low-energy high reflex block for Solar reflectance measurement

- Performance evaluation for selection of solar high reflex material
- Albedo and Retro-reflectance Index draw up

3. Block design Patterning technical development for improved in functionality Patterning shape, Patterning techniques in accordance with the depth

- Analysis of reflectance feature Patterning
- Combined with solar high reflex feature Patterning technical development (Determining the optimum shape and depth)
- Development surface grinding and processing technology coupled with production line
- Product design and optimum Pattern classification for prevention pedestrian diffused reflection

4. Composite Block Development

Derived block optimum mixing ratio for high reflectivity in the infrared light region

- Distribution ratio of Aggregates, Admixture, binders, Pigment
- Reflectance and mechanical feature analysis of mixing ratio
- Concrete block prototype development applied optimum reflectance mixing ratio and Patterning technology
- Composite Block prototype assessment(Based on physical feature, Weathering test, Durability test)

5. Hybrid Block Development

Solar cut off Layer forming technology using such as high reflex resin, ceramic

materials

- Determined thickness and material of effective cut off Layer on the infrared light reflective
- Determined Layer material considering the bond performance, wearing, durability
- Review solar cut off performance of Layer material, Review ultraviolet rays degradation of high reflex coatings
- Hybrid Block prototype development for reducing urban heat island
- Hybrid Block prototype evaluation(Management measures arrangement through evaluation of Based on physical feature, Weathering test, Durability test)

6. Improve production processes

Review process technology for increased productivity

- Patterning depth / each adjustment and surface finishing
- Cut off Layer spray process(Spray the area and time process optimization)

7. Feasibility of solar high reflex block through field application

Difference of verification with existing block through evaluation surface temperature field and Mock-Up test of solar high reflex block

- The existing sidewalk block, solar high reflex block Mock-Up test
- The existing sidewalk block, temperature measurement of surface solar high reflex block

8. The final report preparation

The final report preparation and planning and preparation for commercialization, intellectual property rights on review of field tailorability, result performance evaluation on the prototype obtained through technical research result

Ⅳ. The final results of research and application actual result

Research content	Research result	Application actual result
1.literature analysis	- Preceding research survey analysis report for domestic and foreign high reflex material and Hybrid Block	- Heat island reduction type pavement and block status - High reflex material status and reflex mechanism - Performance evaluation method grasp
2.Solar reflectance feature analysis	- Retro-reflectance Index establishment	- Selection of solar high reflex material
3.Patterning technical development	- Patterning apply to block solar reflectance over 70%	- Patterning optimum shape and depth decision - Prevention pedestrian diffused reflection Pattern apply - Brushing technical apply
4.Composite Block development	- Solar reflectance over 60% - Promotion weathering test after bleaching of discoloration none - Bending strength over 3㎫ - Coefficient of permeability 0.2㎜/sec - Skid resistance over 35BPN	- Composite Block prototype production - Composite Block one patent application - Composite Block one patent registration - Colored Composite Block one patent application - Colored Composite Block one patent registration
5.Hybrid Block development	- Bending strength over 5㎫ - Coefficient of permeability over 0.3㎜/sec - Skid resistance over 45BPN - Solar reflectance over 70% - Promotion weathering test after bleaching of discoloration none - surface temperature reduction over △10℃	- Production Hybrid Block prototype applicated Patterning technique and solar cut off Layer - Hybrid Block one patent application - Hybrid Block one patent registration - Permeable core block one patent application
6.Improve production processes	- Patterning depth / each adjustment and surface finishing - Cut off Layer area and time optimization	- Process technology for increased productivity(Forming and Spray) apply
7.Feasibility of solar high reflex block	- Comparative analysis after Mock-Up and field application block surface temperature measurement of the existing block and solar high reflex block	- The existing sidewalk block, solar high reflex block Mock-Up test - The existing sidewalk block, solar high reflex block field application test
8.The final report preparation	- The final report on research result	- Test certificate on the performance evaluation of prototype - Conclusion about field tailorability - Plan for using service

Ⅴ. Research objectives and effects

1. Technical aspects

- Century mitigate urban heat island phenomenon is becoming a social problem, and new technologies are available that can be established to improve the thermal environment of the city
- Reducing urban heat island phenomenon through the performance and maintenance management and maintenance convenience, low energy eco-friendly development with a beautiful appearance sidewalk block promote the improvement of the urban environment
- The government's green growth and to sidewalk that can contribute to improving energy efficiency, superior strength and downtown sidewalk to replace the existing development plan to meet the dramatic changes in urban planning
- Improving urban heat environment-related technology and advanced formulations based on available

2. Industrial aspects

- Functional Block friendly manufacturing techniques ensure product performance through improved reliability, new demand generation industry and related fields to activate
- A technology that can suppress the temperature rise in accordance with the national city-wide energy savings expected in summer cooling load reduction 27,000TOE, 67,000TC savings possible

3. Economics aspects

- Heat stroke, the leading causes of urban heat island phenomenon, reducing the occurrence of torrential rains and tropical nights occur, improving national urban environment creates a comfortable living environment through
- Building a sustainable urban growth based on low carbon, green, and ultimately contribute to urban construction

Ⅵ. The study and planning

The product is no state with a similar function in the research and development of products currently in the sidewalk that is sold in the domestic product, Recent domestic enterprises, but also devoting increased efforts to develop new products according to the demands of advanced functional blocks and blocks Products for urban environmental improvement and environmental preservation areas, situation is still lacking high technology dependence on developed countries.

In the case of Ino block, the block lodex to Hallym permeability, producing functional products, such as water retention block. Although domestic sales and is the development and production of functional blocks solar reflective products are nonexistent situation.

Therefore, the existing beams. The present study was developed through a solar reflective beam. Driveway block paving driveway as well as a wide range of packaging will take advantage of the parks.

- Good access to Domestic sidewalk overall market by introducing solar reflective technology in the existing block products based on product characteristics that can be developed to reduce urban warming to the target market.
- The domestic market is the 5,200 million reported a block level Sejong happy city, regional innovation cities, delivery by bicycle road expansion market grew more than 3% annually.
- Developing a functional sidewalk granted by the solar reflection on the sidewalk product features are being been no competition so far as when the product is first launched in the domestic Korean market sidewalk.
- The new functional block sidewalk market creation is possible through the development and production, the existing sidewalk market that can be seized.

CONTENTS

Chapter 1. Overview of Research & Development projects ····· 29
Section 1. Background and need for research & development ····· 29
1. Research background ····· 29
2. The need for research & development ····· 29
Section 2. characteristic of research & development ····· 31
1. Hybrid solar reflection and block manufacturing technology ····· 31
2. Optimal Design and Simulation Technology ····· 32
Section 3. Domestic and foreign technology developments ····· 32
1. Domestic technology and industry trends ····· 33
2. foreign technology and industry trends ····· 35
3. domestic and foreign Patents ····· 37
4. Government support policy status ····· 39
Section 4. Research results are occupying positions in the relevant field ····· 40
1. differentiation of research and development results ····· 40
2. Research Results differentiation ····· 41
3. industry and other domestic and foreign associations. Cooperation possibilities ····· 41

Chapter 2. Information and perform research and development results ····· 43
Section 1. Research carried out Strategic and methods ····· 43
1. Research and Development Strategies ····· 43
Section 2. Research carried out the process and content ····· 45
1. Study contents and how to perform ····· 45
2. The main propulsion schedule by year ····· 49
Section 3. Studies carried out and the results of the verification results ····· 50

Chapter 3. The final results of research and applied results ····· 303
Section 1. Individual research ····· 303
1. research achievements ····· 303
Section 2. Core technology ····· 305
1. The list of achievements ····· 305
2. Key Performance by a detailed description ····· 306
Section 3. Main research achievements ····· 316

Section 4. Technology implementation and application examples ····· 319
1. Test ····· 319
2. Prototype ····· 323
3. Field Applications(planned) ····· 325
Section 5. Technological development and prospects of the domestic market ····· 329

Chapter 4. Research objectives and effects ····· 331
Section 1. Research and Development The ultimate goal achievement ····· 331
1. The research and development carried out progress ····· 331
2. Research achievement of development goals ····· 332
Section 2. Research Benefits ····· 334
1. Technical aspects ····· 334
2. The industrial aspects ····· 334
3. Economics aspects ····· 334

Chapter 5. Utilization of research results ····· 335
Section 1. Utilization of research results ····· 335
1. The royalty payment plan ····· 335
2. The application of the developed technology commercialization ····· 335
3. The production plan ····· 336
4. Outlets secure planning ····· 337

[References] ····· 339

[Annex] ····· 341

목 차

제 1 장 연구개발과제 개요 ····· 29
제 1 절 연구개발의 배경 및 필요성 ····· 29
1. 연구개발 배경 ····· 29
2. 연구개발의 필요성 ····· 29
제 2 절 연구개발의 특징 ····· 31
1. 태양열 고반사 Hybrid 블록 제조 기술 ····· 31
2. 최적설계 및 시뮬레이션 기술 ····· 32
제 3 절 국내·외 기술개발 현황 ····· 32
1. 국내 기술 및 산업동향 ····· 33
2. 국외 기술 및 산업동향 ····· 35
3. 국내·외 특허 동향 ····· 37
4. 정부지원 정책 현황 ····· 39
제 4 절 연구개발결과가 관련분야에서 차지하는 위치 ····· 40
1. 연구개발 결과의 차별성 ····· 40
2. 연구개발 결과 차별화 ····· 41
3. 타 산업 및 국내·외 연계·협력 가능성 ····· 41

제 2 장 연구개발 수행 내용 및 결과 ····· 43
제 1 절 연구 수행 전략 및 방법 ····· 43
1. 연구개발 추진 전략 ····· 43
제 2 절 연구 수행 과정 및 내용 ····· 45
1. 연구 내용 및 수행 방법 ····· 45
2. 연도별 주요 추진 일정 ····· 49
제 3 절 연구수행결과 및 결과의 검증 ····· 50

제 3 장 최종 연구성과 및 적용실적 ····· 303
제 1 절 개별 연구성과 ····· 303
1. 연구성과 ····· 303
제 2 절 핵심요소기술 ····· 305
1. 성과리스트 ····· 305
2. 핵심성과별 세부 설명 ····· 306
제 3 절 주요 연구성과 ····· 316
제 4 절 기술 실시 및 적용사례 ····· 319
1. 시험 ····· 319
2. 시제품 ····· 323

3. 현장 적용 사례 ····· 325
제 5 절 기술개발 성과의 국내 시장전망 ····· 329

제 4 장 연구목표 달성 및 효과 ····· 331
제 1 절 연구개발 최종목표 달성도 ····· 331
1. 연구개발 수행 진도율 ····· 331
2. 연구개발 목표의 달성도 ····· 332
제 2 절 연구개발 기대효과 ····· 334
1. 기술적 측면 ····· 334
2. 산업적 측면 ····· 334
3. 경제적 측면 ····· 334

제 5 장 연구성과의 활용계획 ····· 335
제 1 절 연구성과 활용방안 ····· 335
1. 기술료 납부계획 ····· 335
2. 개발기술을 적용한 제품화 ····· 335
3. 양산계획 ····· 336
4. 판로확보계획 ····· 337

[참고문헌] ····· 339

[부 록] ····· 341
1. 정량적 성과와 정성적 성과 ····· 342
2. 기타사항(중요 연구 변경사항 등) ····· 344

<표 목차>

[고급 콘크리트 보차도 블록 제품 비교] ····· 33
[도시열섬 대책 관련 주요 특허 현황] ····· 38
[도쿄도의 주요 열섬 대책] ····· 53
[도시열섬 대책 관련 주요 특허 현황] ····· 57
[고반사 재료의 물리적 특성] ····· 83
[고반사 재료 일사반사율 시험결과] ····· 85
[고반사 재료 및 원재료의 물리적 특성] ····· 89
[고반사 재료 및 원재료의 일사반사율 시험결과] ····· 91
[고반사 재료 및 원재료의 Retro-reflectance Index] ····· 91
[Patterning 형상 시험결과] ····· 103
[Patterning 형상 및 깊이 시험결과] ····· 105
[Patterning 형상 및 깊이 물리적 특성 시험] ····· 106
[Patterning에 따른 표면 연마 및 가공기술 적용 블록 시험결과] ····· 121
[Pattern 분류 및 제품설계 시험결과] ····· 127
[기존 제품과의 비교 시험결과] ····· 128
[Composite 블록 배합비에 따른 시험결과(일사반사율)] ····· 131
[Patterning 적용 Composite Block 시제품 일사반사율 시험결과] ····· 150
[옥외폭로시험(직접)] ····· 158
[옥외폭로시험(접지)] ····· 159
[Composite Block 시제품 촉진내후성시험 후 일사반사율] ····· 159
[Patterning 적용 Hybrid Block 일사반사율] ····· 214
[옥외폭로시험(직접)] ····· 229
[옥외폭로시험(접지)] ····· 229
[촉진내후성 250시간 후 일사반사율시험] ····· 230
[촉진내후성 500시간 후 일사반사율시험] ····· 230
[표면온도 측정 시험] ····· 231
[유기화합물의 결합 강도에 비해 자외선 광의 에너지 함량(Lappin, 1971)] ····· 261
[반구형 분광 반사율 측정을 위한 바닥 코팅 샘플] ····· 266
[매끈한 표면의 복원 알베도, 코팅 #1과 같이 코팅된 바닥] ····· 267
[코팅 #2와 같이 거친 표면 바닥의 예상 알베도 복원] ····· 267
[알베도 센서 SR-01의 특성] ····· 270
[전압측정모듈 NI-9211의 특성] ····· 270
[SDL-150R의 특성] ····· 271
[RTMK의 특성] ····· 271
[현장 시공 블록 적외선열화상카메라에 의한 표면온도(최고온도)] ····· 273
[현장 시공 블록 Data Logger에 의한 표면온도] ····· 276
[콘크리트와 아스팔트의 열특성] ····· 286
[재료의 종류에 따른 태양 복사 흡수율] ····· 291
[해석에 적용된 재료의 열적특성 및 지리적 조건] ····· 296
[태양열 고반사 블록의 핵심원재료 구성] ····· 336
[기술개발 후 국내·외 주요 판매처 현황] ····· 338

<그림 목차>

[도시열섬 저감을 위한 Hybrid 콘크리트 블록 개발 개요] ····· 29
[도시열섬현상 관련 언론보도] ····· 30
[도시열섬현상과 폭염사망자 관련 언론보도 (중앙일보 2012.07.30.)] ····· 31
[태양열 고반사 기술 개요] ····· 32
[최적설계/시뮬레이션 기술 개요] ····· 32
[도시열섬 저감을 위한 기술개발 동향] ····· 33
[변색, 탈색이 없는 제안기관의 생산 제품 적용 현장] ····· 34
[열섬저감포장 시험 포장 및 블록] ····· 35
[미국 환경청의 열섬완화 전략] ····· 35
[도쿄 열환경 Map] ····· 36
[도쿄 열섬 대책 추진 지도] ····· 36
[Iwata社 기능성 블록의 표면온도 시험장면] ····· 36
[기능성 포장분야(보수성 포장, 차열성 포장) 특허출원 현황(1990~2005)] ····· 37
[고반사성 차열성 도료분야 특허출원 현황(1990~2005)] ····· 37
[도쿄 열환경 Map] ····· 52
[도쿄 열섬 대책 추진 지도] ····· 52
[Iwata社 기능성 블록의 표면온도 시험장면] ····· 54
[미국 환경청의 열섬완화 전략] ····· 55
[독일의 투수성 포장] ····· 56
[기능성 포장분야(보수성 포장, 차열성 포장) 특허출원 현황(1990~2005)] ····· 56
[고반사성 차열성 도료분야 특허출원 현황(1990~2005)] ····· 57
[표면 온도의 반사계수 효과] ····· 65
[투과성 대 재래식 아스팔트] ····· 66
[열복사 전도기의 외형, Emissometer] ····· 74
[수평면 일사량계] ····· 75
[스펙트럼의 위치에 따른 장비의 설치 및 통합 영역] ····· 76
[투과율 측정을 위한 장비의 설치 및 통합 영역] ····· 77
[분광 광도계의 예 (적분 구에 구멍이 2 개있는 경우)] ····· 77
[고반사 재료의 일사반사율 대상후보군] ····· 82
[고반사 재료의 색상] ····· 83
[고반사 재료의 일사반사율시험 결과] ····· 84
[원재료 색상] ····· 89
[원재료 일사반사율시험 결과] ····· 90
[Patterning 형상에 따른 일사반사율 시험 결과] ····· 104
[일사반사율시험 결과 가장 우수한 Patterning 형상 및 깊이] ····· 104
[Patterning 적용 2차 가공에 의한 일사반사율 시험결과] ····· 121
[Patterning 및 2차 가공에 의한 일사반사율시험 결과] ····· 126
[원재료 골재 입도 배합에 따른 일사반사율시험 결과] ····· 127
[Composite 블록 배합비에 따른 시험결과(일사반사율)] ····· 139

[Composite 블록 배합비에 따른 시험결과(일사반사율)] ····· 140
[미끄럼저항성 시험장치] ····· 154
[투수성 시험장치] ····· 155
[촉진내후성 시험기] ····· 156
[직접폭로시험] ····· 156
[접지폭로시험] ····· 156
[도막 두께 측정 시험] ····· 177
[촉진내후성 시험기] ····· 178
[Taber 마모 시험기] ····· 178
[전자기파 범위 및 방사 에너지] ····· 198
[라운드 패턴닝 성형 장치(좌) 및 표면 연마 가공 장치(우)] ····· 205
[미끄럼저항성 시험장치] ····· 224
[투수성 시험장치] ····· 225
[촉진내후성 시험기] ····· 225
[고반사 코팅재료 조성물 Spray 장치(좌) 및 조성물 분산 장치(우)] ····· 253
[Nozzle의 형상 및 Spray 방식] ····· 253
[표면온도 측정 제품] ····· 258
[표면온도 측정 장비 - 적외선 열화상 카메라] ····· 258
[알베도 측정시스템의 구성] ····· 271
[Hybrid Block White 일사반사율] ····· 275
[인조화강석블록 White] ····· 275
[환경에 노출된 블록 표면에서의 열에너지 교환] ····· 284
[프로그램 각 요소에서의 열에너지 교환 메커니즘] ····· 284
[열에너지 전달률 산정 알고리즘] ····· 292
[모듈을 통한 태양복사량 산정 시 필수 입력 값] ····· 293
[태양복사에너지 입력과 관련된 기하학적 조건] ····· 293
[서울의 일간 시간에 따른 태양복사에너지 흐름의 변화] ····· 294
[표면온도 시뮬레이션 프로그램을 이용한 형상 모델링] ····· 295
[표면온도 시뮬레이션 프로그램의 결과 형상물] ····· 295
[대기온도] ····· 296
[표면에 입사하는 태양복사에너지] ····· 296
[표면 반사율에 따른 태양복사에너지] ····· 297
[반사율 50%일 때 표면 온도 양상] ····· 299
[반사율 70%일 때 표면 온도 양상] ····· 299
[미끄럼저항성 시험장치] ····· 320
[투수성 시험장치] ····· 321
[촉진내후성 시험기] ····· 321
[직접폭로시험] ····· 322
[접지폭로시험] ····· 322
[개발제품의 추가공정] ····· 335
[태양열 고반사 콘크리트 블록 양산 계획] ····· 336

제 1 장 연구개발과제 개요

제 1 절 연구개발의 배경 및 필요성

1. 연구개발 배경

도심지에서 발생하는 열섬현상은 온실가스 방출에 의한 매연 열량의 증가, 녹지 감소 및 대형 구조물에 의한 축열량 증가로 인한 것으로, 최근 사회적 문제로 대두되고 있음.

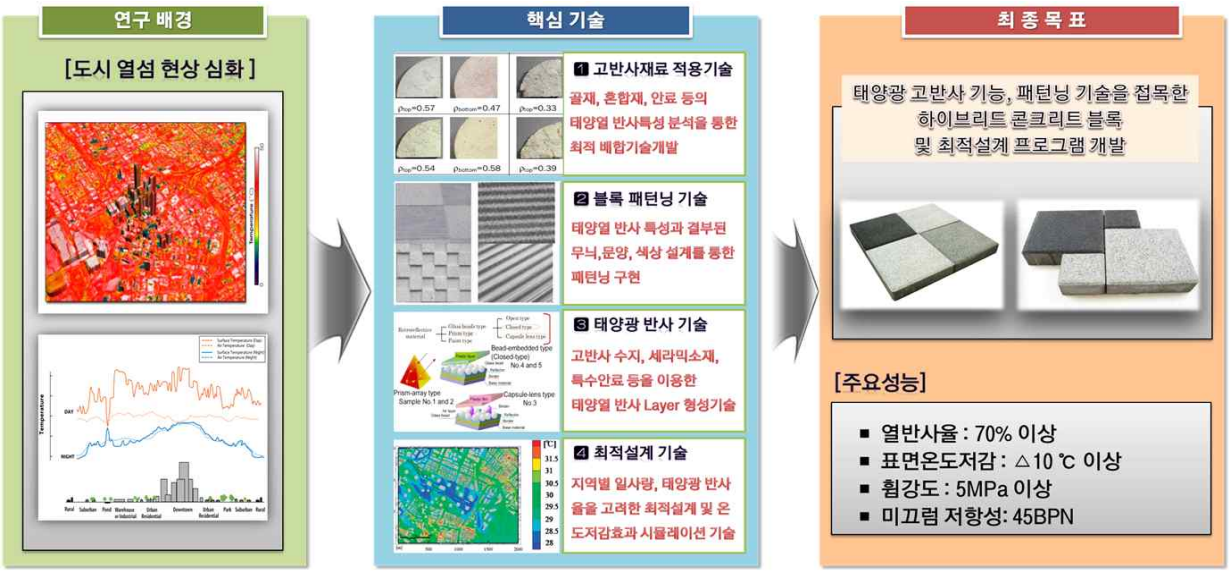
도시 전체 면적의 약 30~40%가 포장부분(보도, 차도, 주차장 등)으로 태양열 흡수율이 높은 포장 표면이 열섬현상의 주요 원인으로 작용하고 있음.

도로포장분야에서는 선진국의 경우 열섬현상의 해결책으로 세라믹 다공체를 이용한 차열 도료 등의 기술개발이 이루어지고 있으나, 태양광 난반사로 인한 운전자 안전성 확보 문제 때문에 보수성 포장이 확대되고 있는 추세임.

본 연구는 블록 표면에 Patterning 기술을 적용하여 태양광 난반사를 해결하고자 함.

도시내 높은 점유면적을 차지하는 보도, 공원, 주차장 등을 활용하여 도심지 열섬현상을 완화하기 위한 기술개발은 현재까지 미흡한 실정으로 이러한 공간에 적용할 수 있는 열섬저감 기술의 개발이 시급함.

본 연구에서는 근 적외선(near-infrared spectrum) 고반사 재료 및 Patterning 기술을 활용하여 감각적이고 기능적인 도시설계가 가능한 열섬현상 저감형 블록을 실용화하고자 함.



[도시열섬 저감을 위한 Hybrid 콘크리트 블록 개발 개요]

2. 연구개발의 필요성

도시의 인구 밀집화에 따라 인공 구조물이 확산됨과 동시에 지면의 열을 증발 잠열로 소모할 수 없는 인공 포장면이 확대됨에 따라 도시 열환경이 더욱 악화되고 있음.

도로포장, 교통량 및 건물 냉난방 부하로 인한 인공열 증대로 도시 지표면의 온도

가 높아져 도시상공이 고온 기류의 섬모양 형태로 뒤덮게 되는 것을 도시열섬현상(Urban Heat Island)이라함.



같은 서울이라도 더 찜통은 중랑·여의도·서초

지역별 최고 기온 분석해보니

건물 많고 한강서 먼 곳이 더 더워

서울 30도 안 넘은 곳 평창동 유일

전국에선 대구·경북지역이 최고

경산 하양읍 38.2도까지 치솟아

서울 지역별 평균 최고 온도 단위:℃

※7월 23-28일 평균 최고 기온

자료:기상청

전국에 폭염이 계속되는 가운데 올여름 서울에서 가장 무더운 지역은 중랑구·여의도·강남 3구 일대(서초·강남·송파구)인 것으로 나타났다.

같은 서울이더라도 북악산·관악산 등 산으로 둘러싸인 마을과 고층 건물이 상대적으로 적은 곳은 평균 최고기온이 4도 이상 낮았다.

기상청은 본격적인 폭염이 시작된 23~28일 서울 시내 28개 지점에서 측정한 최고기온을 분석한 결과 중랑구가 평균 34.2도로 가장 더웠다고 29일 밝혔다. 여의도(33.9도)와 서초구(33.8도)·강남구(33.4도)·송파구(33.3도) 등이 그 뒤를 이었다.

가장 시원한 곳은 북악산과 가까운 종로구(평창동)였다. 평균 최고기온이 29.9도로, 서울의 28개 관측지점 가운데 유일하게 30도를 밑돌았다. 관악구(30.9도)·강서구(31.5도)·도봉구(31.8도), 은평구·성북구(각 31.9도) 등 산지와 인접한 지역도 비교적 기온이 낮았다.

기상청은 서울 안에서도 기온 차이가 많이 나는 이유는 도심의 '열섬 현상'과 주변 자연환경 때문이라고 설명했다. 기상청 허복행 관측정책과장은 "고층건물이 밀집한 지역은 건물이 열이 빠져나가는 것을 막는데다 복사열을 발산해 주변 기온을 더 높이는 특성이 있다"며 "특히 중랑구는 나무가 적고 한강과도 거리가 멀어 열을 식힐 만한 환경이 없는 점이 영향을 미친 것 같다"고 설명했다.

최저기온 역시 중랑구가 가장 높았다. 같은 기간 밤사이 중랑구의 평균 최저기온은 26.3도였다. 강남구(25.7도), 서초구(25.6도) 등도 기온이 높아 이 지역 주민들은 열대야에 시달렸다.

전국에서는 대구·경북 지역이 가장 무더웠다. 29일 경북 경산의 낮 최고기온은 37.4도까지 치솟았다. 경산시 하양읍은 자동기상관측장비(AWS) 측정 결과 38.2도로 가장 더웠다. 대구는 이날 낮 최고기온이 36.8도까지 올라 열흘째 폭염경보가 내려졌다. 질병관리본부는 올해 6월 1일부터 7월 28일까지 열사병 등 더위로 인한 온열질환자가 286명에 달하고, 사망자는 4명으로 집계했다.

기상청 장현식 통보관은 "북태평양 고기압이 강하게 발달하고 있어 8월 중순까지 폭염이 이어지겠다"며 "8월 상순이 올해 더위의 절정이 될 것"이라고 말했다.

◆**절정 이룬 피서 인파 사고도 잇따라**=7월 마지막 휴일인 28, 29일 전국 곳곳의 해수욕장에는 피서객들이 몰려 인산인해를 이뤘다. 부산 해운대에는 29일 70만 명의 인파가 몰렸고, 강릉 경포대 등 강원도 내 90개 해변에도 피서객들로 발 디딜 틈이 없었다.

이틀간 전국에서 물놀이 사고로 6명이 숨지고, 전남 영광군에서는 비닐하우스 작업을 하던 김모(67)씨가 폭염으로 쓰러져 뇌사 상태에 빠지는 등 피해도 이어졌다. 폭염으로 바닷가의 수온도 올라가면서 독성 해파리가 나타나기도 했다. 울산 진하 해수욕장과 제주 중문 색달해변에서는 해파리에 물리는 사고가 발생해 한때 입장이 봉제되기도 했다.

박유미 기자 yumip@joongang.co.kr

a) 중앙일보 기사 (2012.07.30)



b) MBC 뉴스데스크 (2012.07.29)

[도시열섬현상 관련 언론보도]

기상청의 "한반도 최근 10년 기후특성" 자료에 따르면 평균 열대야 일수는 9.2일로 30년(1971~2000년) 평균값에 비해 1.4일 증가하였으며 온난화와 열섬현상에 따른 기온 상승폭이 세계 평균보다 큰 것으로 나타남.

※ 최근 10년간 세계 평균 기온 0.74℃ 상승, 대한민국 1.5℃ 상승

서울의 경우 폭염 사망자가 나오는 28.1℃ 이상인 경우가 여름철 평균 16일이지만, 2030년 30일 이상, 2050년 50일 이상으로 증가하여 폭염 사망자가 2050년 600명 이상이 될 것으로 예측되고 있음.

여름철 기온 상승으로 인하여 냉방부하가 증가됨에 따라 매년 최대 전력수요 기록이 갱신되고 있음.



노인건강 위협하는 폭염 … 대구는 지난주 내내 '역치기온'

〈고령 사망자 늘기 시작하는 온도〉

KEI 보고, 최근 기온과 비교 결과

1도 오르면 서울 최고 13% 더 사망

25일 이후 6대 도시 기온 위험수준

서울 등 6대 도시의 '찜통 더위'가 65세 이상 고령자의 생명을 위협하는 수준인 것으로 분석됐다.

본지가 한국환경정책평가연구원(KEI)이 펴낸 '우리나라 기후변화의 경제학적 분석(III)' 보고서와 최근의 기온 분포를 비교·분석한 결과 25일을 고비로 국내 6대 도시의 평균기온이 고령자 초과사망 '역치(閾値·문턱값)'를 모두 넘어선 것으로 나타났다.

보고서에 따르면 서울의 초과사망 역치 기온은 27.8도인데 24~25일 이틀의 평균 기온이 27.85도였다. 일사병처럼 곧바로 집계가 이뤄지지는 않지만 25일 이후 고령자 초과사망을 불러오는 폭염이 계속되고 있다는 의미다.

주요 도시, 폭염 사망자 발생 '역치기온' 도달 시기

※연속된 이틀의 기온 평균값이 역치기온보다 높으면(붉은 글씨) 폭염으로 인한 초과 사망자 발생. 단위:℃

	역치기온	7월 20일	21일	22일	23일	24일	25일	26일	27일	28일
서울	27.8						27.9	28.1	27.9	28.5
부산	26.5					28.0	28.1	28.6	28.6	29.4
대구	27.9	28.8	27.4		29.9	30.9	31.3	31.3	31.0	31.1
인천	25.8			26.5	26.8	26.5	26.6	26.1	26.8	27.2
광주	28.1				28.6	28.9	29.1	29.0	28.6	29.6
대전	26.2		27.8	27.6	28.4	28.9	28.7	28.6	28.9	28.9

자료:기상청 · 한국환경정책평가연구원(KEI)

대구는 6대 도시 중 가장 빠른 20일부터 역치기온(27.9도)을 넘어섰다. 잠깐 기온이 떨어진 22일을 제외하고는 고령자 초과사망을 부르는 상황이 일주일 넘게 지속되고 있는 셈이다. 부산은 24일부터, 인천·대전은 22일부터, 광주는 23일부터 역치기온을 넘어섰다.

연구를 맡은 순천향대 박정임(환경보건학) 교수는 "도시마다 역치 기온이 다른 것은 경제수준이나 에어컨 보급률, 독거노인 비율 등에 차이가 있기 때문"이라고 설명했다.

역치기온을 넘어설 때마다 늘어나는 사망자 숫자도 도시마다 다르다. KEI 보고서는 서울은 기온이 역치기온보다 1도씩 더 올라갈 때마다 일반 사망자의 12.75%씩 폭염 사망자가 증가하는 것으로 추정했다. 예를 들어 사고·재해 사망자를 제외한 서울의 평시 사망자가 100명이라고 했을 때 역치기온보다 1도 높은 28.8도에서는 113명 정도가 사망한다는 것이다.

기온 1도당 증가하는 사망자 비율은 대구가 9.28%로 서울 다음으로 높고, 광주 7%, 인천 6.31%, 대전 4.02%, 부산 3.75% 순으로 나타났다.

보고서는 지구온난화로 역치기온을 초과하는 경우가 늘 것으로 전망했다. 서울은 2030년 연간 13일, 2050년에는 연간 36일로 늘어날 것으로 예측됐다. 순천향대 박 교수는 "고령화 추세가 겹치면서 2011~2020년에는 연평균 고령인구 초과 사망자가 서울 49명, 전국 264명이 될 것으로 추산됐다"고 말했다.

강찬수 환경전문기자

envirepo@joongang.co.kr

◆**초과사망**=특정 원인 때문에 통상적인 기대치보다 사망자가 크게 늘어나는 것을 말한다. 폭염에 의한 초과사망에는 일사병뿐만 아니라 심장·뇌 질환 등이 악화돼 사망하는 경우도 포함된다.

◆**역치기온**=기온이 올라갈수록 고령 사망자가 늘어나기 시작하는 온도. 이틀간의 평균기온값을 기준으로 한다.

[도시열섬현상과 폭염사망자 관련 언론보도 (중앙일보 2012.07.30.)]

도시열섬현상은 열사병, 집중호우 및 열대야를 유발하며, 에너지 소비를 가속화시켜 또다른 환경문제를 발생시켜 도시 생태계를 위협하고 있음.

독일, 일본 등 선진국을 중심으로 도시 열 환경 개선을 위한 다양한 정책 수립 및 관련 기술개발에 집중적으로 투자하고 있음.

일본 도쿄의 경우 도시 공간전체의 기후변화를 감지하고 대처할 수 있도록 모니터링 체계를 강화하였으며 건축물 녹화, 도로 살수 및 열환경 개선형 포장재 적용을 확대하고 있음.

도시열섬 현상을 해결하기 위해 선진국에서는 열섬저감형 포장 블록 제품개발이 활발히 진행되어 일부 업체들이 판매하고 있으나, 국내에서는 주로 보수성포장 등 도로포장분야에 대한 연구가 진행되었을 뿐, 열섬 저감형 콘크리트 블록 개발은 전무한 실정임.

국내 콘크리트 블록 업체는 80%이상이 소규모이며, 시장점유율 상위권의 일부 업체는 기술을 수입하고 있는 실정으로, 정부R&D사업을 통한 열섬저감형 콘크리트 블록 등 기능성 블록의 국산화가 시급함.

제 2 절 연구개발의 특징

1. 태양열 고반사 Hybrid 블록 제조 기술

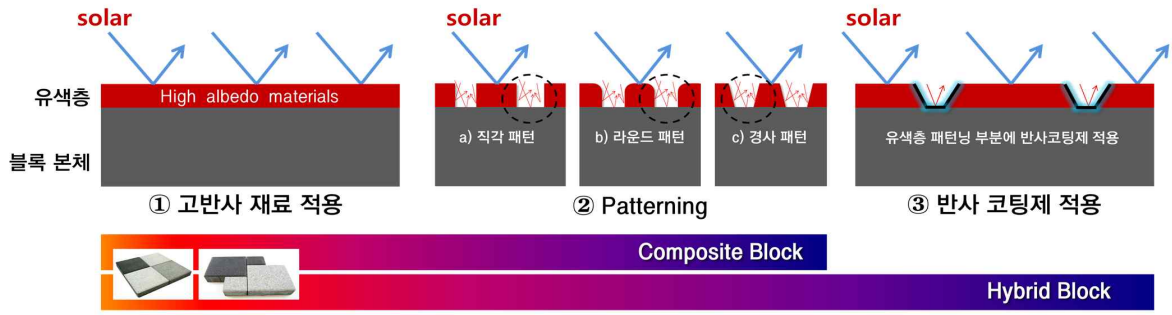
블록 유색층에 고반사 재료, 코팅제 및 Patterning 기술을 접목하여 일반 보차도 블록 포장 대비 표면 온도 10℃ 하강 효과를 실현하고자 함.

High Albedo material (석회석 미분말, 슬래그 미분말, 기타 고반사 재료 등) 활용 태양열 반사

최적 Patterning 개발 (Pattern 형태, 면적 비율 및 깊이에 따른 반사 특성분석)

태양열 반사 코팅제 활용 기술 (내구성을 고려해 보행시 접촉하지 않는 부분에 대

한 선택적 적용)



[태양열 고반사 기술 개요]

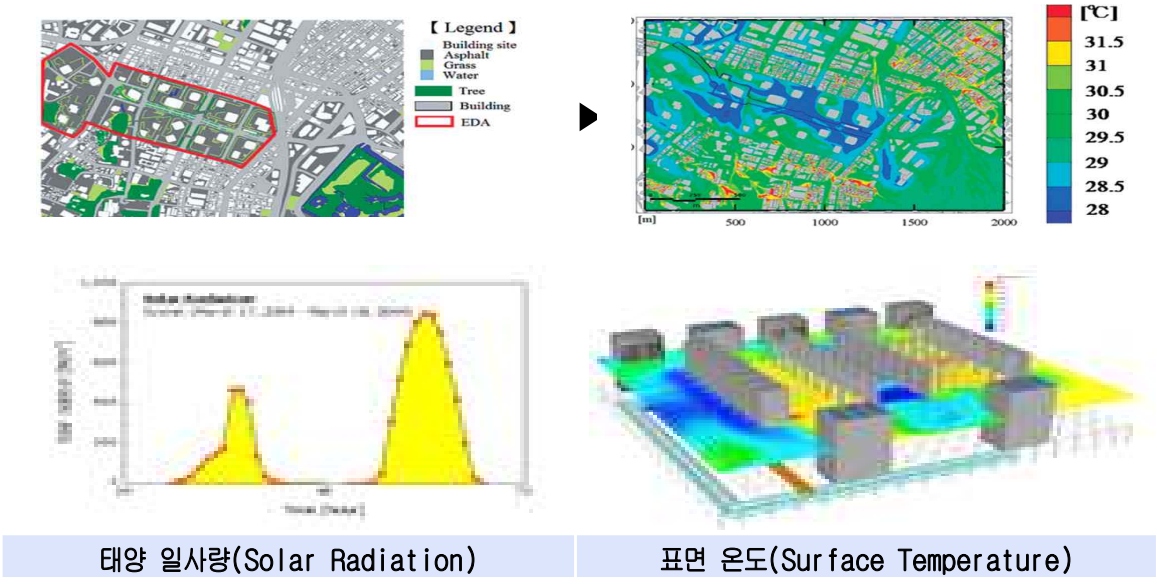
2. 최적설계 및 시뮬레이션 기술

고반사 재료 적용에 따른 보차도의 표면온도 강화 시뮬레이션 기술

블록의 태양과 반사율 특성 및 시공지역의 기후특성(기온, 풍속, 일사량 등)을 고려하여 블록표면 온도 하강 효과 계산 및 비교

블록시공 위치에 대한 표면 온도 하강 효과 예측

사용자 친숙형 User 인터페이스 개발에 따른 고반사 재료 및 설계기술의 활성화



태양 일사량(Solar Radiation) | 표면 온도(Surface Temperature)

[최적설계/시뮬레이션 기술 개요]

제 3 절 국내·외 기술개발 현황

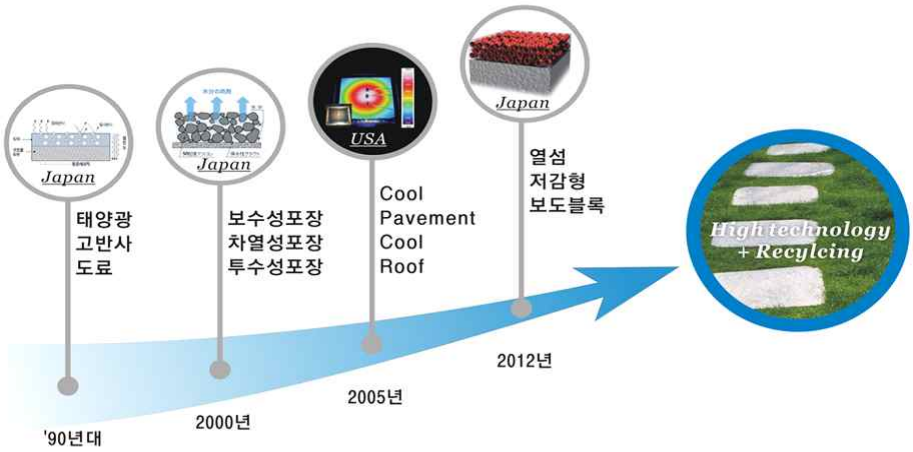
도시열섬 저감을 위해 선진국에서는 아래 그림과 같이 다양한 기술을 개발하고 있지만, 국내의 경우에는 주로 건물, 도로포장 분야에서 정부 R&D사업이 집중되고 있으며 열섬 저감형 콘크리트 블록 연구에 대한 정부 지원은 전무한 실정으로 선진국과의 기술격차 해소를 위한 노력이 필요함.

1990년대 태양열 고반사 도료가 개발되어 보급되기 시작하면서 도시 녹지면적이 적은 일본에서는 도시 열섬 문제 해결을 위하여 투수성/보수성/차열성 포장 등 포장분야 기술개발

미국에서는 도시열섬 저감을 위하여 Cool Pavement, Cool Roofing 및 옥상녹화 등

의 기술개발

일본의 태평양 프리캐스트 콘크리트공업은 2010년 8월 기존 아스팔트 포장의 표면 온도 대비 노면의 표면 온도를 10℃ 낮출 수 있는 열섬저감형 보도블록 “OCEAN TECH”를 개발



[도시열섬 저감을 위한 기술개발 동향]

1. 국내 기술 및 산업동향

국내 보·차도 블록은 저가의 일반 콘크리트 인터로킹블록이 주로 사용되었으나, 시간경과에 따른 변색, 탈색, 깨짐 등의 문제로 2000년대 중반 이후부터 점토블록, 고강도 콘크리트 블록 등 고급 제품으로 대체되고 있는 추세임.

최근 고급 콘크리트 보·차도 블록은 주로 투수성, 미끄럼 저항성 분야를 중심으로 기술개발이 이루어지고 있으며, 미적 디자인을 고려한 다양한 제품이 출시되고 있음.

시장점유율이 높은 주요 제품의 기술, 경제성을 비교분석한 결과는 표와 같음.



[모서리 깨짐]



[변색, 탈색]

[고급 콘크리트 보차도 블록 제품 비교]

구분	에코청진 네오스톤 투수블록	I社 에코페이버	H社 아쿠아로드 투수쇼트블록
규격	100×200×60mm, 200×200×60mm 등	300x300x60mm, 200x200x80mm등	198×98×60mm, 298×298×60mm등
제품 사양	재질 : 콘크리트 용도 : 보도용 밀도 : 2291.67 kg/㎥ 파괴하중 : 4.0 MPa 이상 투수계수: 1×10^{-2}cm/sec 이상	재질 : 콘크리트 용도 : 보차도용 비중 : 2187.5 kg/㎥ 파괴하중 : 4.0 MPa 이상 흡수율 : 5 %	재질 : 콘크리트 용도 : 보도용 비중 : 2150.00 kg/㎥ 파괴하중 : 4.0 MPa 이상
장점	• 다공구조로 되어 있어 하천 범람의 방지,지수·보수기능으로 환경친화적 • 우천시 미끄럼 방지 기능 • 천연골재로 색상을 표현함으로써 탈변색이 없으며 자연석재 질감 제품	• 투수 기능을 갖고 있어서 빗물의 침투 및 저장으로 하천의 범람을 방지하고, 물고임을 억제하며, 우천시 보행이 쾌적하고, 인도의 배수에 필요한 경사가 필요없는 친환경적 제품	• 다양한 색상과 디자인으로 주변환경과 어울려 아름다운 공간 연출. • 강도적으로 내구성이 강하며, 색상의 변색에도 강한 저항성을 가짐. • 주택가인근, 공원, 산책로등에 적합.
단점	• 자재비 높음 • 색상 단조로움(5가지)	• 자재비 매우 높음	• 자재비 매우 높음 • 규격 단조로움.
단가	자재비 : 33,000원/m^2(관급) 설치비 : 4,348원/m^2	자재비 : T60 42,100원 /m^2(관급) 설치비 : 4,348원/m^2	자재비:T60 38,000~55,000원/m^2(관급) 설치비 : 4,348원/m^2

구분	H社 스톤페이브블록	S社 화강석블록	C社 코디스톤블록
규격	198×98×60(80)mm	250x125x60m,250x125x80m 등	100×100×60mm, 200×100×60mm등
제품 사양	재질 : 콘크리트 용도 : 보도용 비중 : 2.150kg/㎥ 파괴하중 : 4.0 MPa 이상	재질 : 콘크리트 용도 : 보도용 비중 : 2.5 이상 휨강도 : 3.0 MPa 이상 흡수율 : 10%이내	재질:황토,규사,천매암,일라이트,블라스팅 용도 : 보도용 휨강도 : 4.0 MPa 이상 흡수율 : 5.0 % 소요량 : 25 개/㎡
장점	• 천연화강석과 가장 가까운 질감으로, 유럽풍의 분위기를 제공. • 표면의 작은 요철은 보행의 편안함을 제공하고, 쉽게 오염되지 않게 작용하는 기능. • 편안하고 고급스러운 분위기는 주변과 자연스럽게 조화를 이룸.	• 블록 가장자리가 완만한곡선을 형성하여 연속적으로 결합시 걸림턱이 없어 보행이 안전. • 블록자체가 빗물이 투수되는 구조로 된 친환경적인 보도블록. • 화강석 느낌의 표층부로 고급스러운 분위기를 창출.	• 자연에서 채취한 일반 흙(원토)을 블록에 첨가하여 보다 많은 원적외선과 음이온을 대량 방출 • 상부층 표면에 분쇄된 규사(폐유리, 인조석 등)의 재활용 자재를 사용 • 특수가공을 하여 천연화강석과 같은 질감을 표현
단점	• 자재비 매우 높음 • 규격 단조로움.	• 규격 단조로움 • 색상 선명도가 떨어지며 고급제품으로서의 품격 미흡	• 자재비 매우 높음 • 강도기준 매우 낮음
단가	자재비 : T60 36,800~52,300원 /m²(관급) 설치비 : 4,348원/m²	자재비 : T60 22,000원 /m²(관급) 설치비 : 4,348원/m²	자재비 : T60 52,800원 /m²(관급) 설치비 : 4,348원/m²

최근 서울시에서 시작된 디자인 거리 조성사업이 각 지차체로 확대되면서 친환경적인 투수성 블록의 수요가 급증하고 있으며, 당분간 기능성 콘크리트 보·차도 블록에 대한 기술개발이 지속됨과 동시에 고급 제품의 시장점유율이 높아질 것으로 전망됨.

미끄럼저항성의 경우, 기술표준원에서 KS F 4419 “보·차도용 콘크리트 인터로킹 블록”의 품질기준 반영을 추진하고 있어 생산업체에서는 미끄럼 저항성 확보를 위한 기술개발을 중점 추진하고 있음.

제안 기관에서도 고급 블록제품 시장 진출을 목적으로 기존 콘크리트 블록의 변색 및 탈색을 방지하기 위하여 무안료 적용기술과 표면 특수가공 처리 기술개발을 통해 천연석재와 같은 수려한 외관을 나타낼 수 있는 기술을 개발한 바 있음.



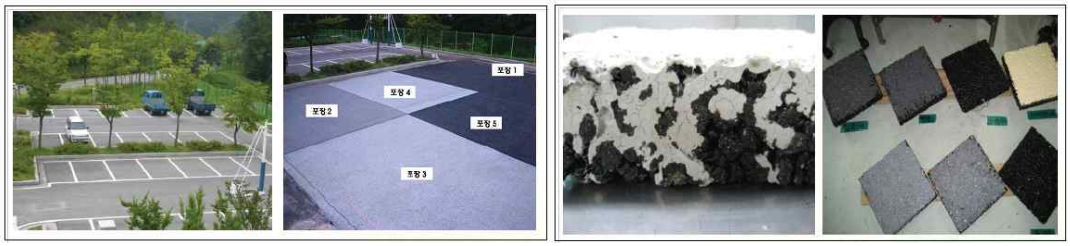
[변색, 탈색이 없는 제안기관의 생산 제품 적용 현장]

보·차도 포장분야에서 도시열섬 저감을 위한 연구는 대부분 보수성 도로 포장분야 위주로 진행되고 있으며, 아직 제품화가 된 사례가 많지 않아 일본에 비하여 미흡한 실정임.

한국건설기술연구원에서는 포장면 환경성 향상 소재 개발 과제를 통하여 보수성 아스팔트 포장체의 내구성능 특성 분석, 보수성 친환경 블록 및 포장 시스템을 개발함.

이노블록, 한림로덱스의 경우 투수성 블록, 보수성 블록, 녹화 블록 등 기능성 제품을 생산·판매하고 있으나, 국내의 경우 태양열 반사형 기능성 콘크리트블록 제품

에 대한 개발 및 생산은 전무한 실정임.



[열섬저감포장 시험 포장 및 블록]

보·차도 블록의 기술 동향을 볼 때, 기능성 블록 개발연구는 활발히 이루어지고 있으나, 일사반사율 70%, 표면온도 10℃저감 성능을 가진 제품 생산기술은 개발되지 않고 있으며, 해당기술을 확보하기 위한 연구가 필요한 것으로 판단됨.
도시 에너지 효율성 향상 연구의 경우에도 건축물 및 설비를 중심으로 진행되고 있으며, 도시 면적의 상당부분을 차지하고 있는 보·차도 블록의 교체만으로 도시 열섬현상을 저감시킬 수 있을 것으로 예상됨.

2. 국외 기술 및 산업동향

선진국에서는 열섬저감을 위한 대책의 필요성에 대해서 공감하고 종합적 환경 프로그램을 시행 중이며, 포장분야에 관한 연구는 일본과 유럽 국가를 중심으로 수행되고 있음.
미국 열섬대책은 과거에는 Cool roofing(단열성 도료뿐만 아니라 담색계 페인트로 지붕 온도를 낮게 유지하는 수법이 주류)을 주로 사용하였으나 최근에는 옥상녹화를 도입하고 있음.
시카고는 미국 옥상녹화의 선도지로서 2001년에 옥상녹화를 추진하는 정책이 채택되었으며, 또한 시의 보조금으로 건설되는 빌딩에 대해서는 옥상녹화가 의무화
미국 환경청에서는 도시열섬 완화를 위한 Heat Island Reduction Program 시행중임.
4대 전략 도출: ① 식생, ② Green Roof, ③ Cool Roof, ④ Cool Pavements



식생 Green Roof Cool Roof Cool Pavement

[미국 환경청의 열섬완화 전략]

유럽에서는 열섬대책뿐만 아니라 인간 배려 등 종합적 가치로서 녹화사업이 추진되고 있으며, 독일에서는 옥상녹화에 대하여 각주·시의 단위에서 구체적인 대책이 추진 중임.
건설조절배치 등과 같은 규정에 의한 의무화, 자치단체 등에 의한 옥상녹화설치에 대한 조성금 등 열섬현상 완화를 위하여 일본 정부는 기술개발뿐만 아니라 열섬대책(ヒートアイランド對策大綱) 등 다양한 정책을 개발하고 있음.

매년 열섬에 의한 환경피해가 심해지고 있는 도쿄는 2003년 열섬 대책을 통하여 도시 열환경 Map 및 열섬 대책 추진 지역을 선정하였으며, 2005년 7월에 열섬 대책 가이드라인을 발행함.

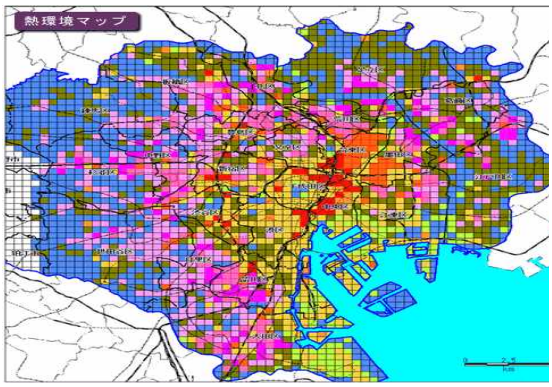
일본에서도 열섬현상의 주원인을 도로포장으로 판단하고 있으며 이를 완화할 수 있는 방안에 대한 다양한 연구가 진행되고 있음.

열섬현상 완화 포장공법으로 보수성 포장과 차열성 포장에 대한 연구가 진행 중에 있음.

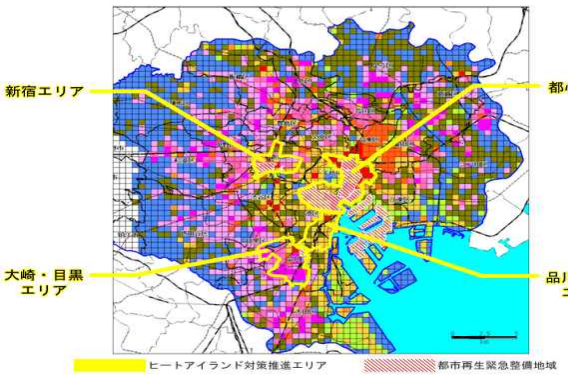
토목연구소의 현재까지 연구결과 차열성 포장과 보수성 포장 모두 노면 온도를 억제하는 효과가 있으며 보수성 포장보다는 차열성 포장이 노면온도를 억제하는 효과가 큼.

일본 도쿄에서는 열섬현상 완화를 목적으로 도로의 표면온도 상승방지를 위하여 2001년 여름에 대표적 도심지인 신주쿠에 보수성 포장을 시범 실시함.

표면온도 모니터링 결과 일반 포장과 비교하여 약 20℃정도 온도가 내려가는 것으로 조사되어 실험 장소를 증가시키고, 포장 면적도 확대함.



[도쿄 열환경 Map]

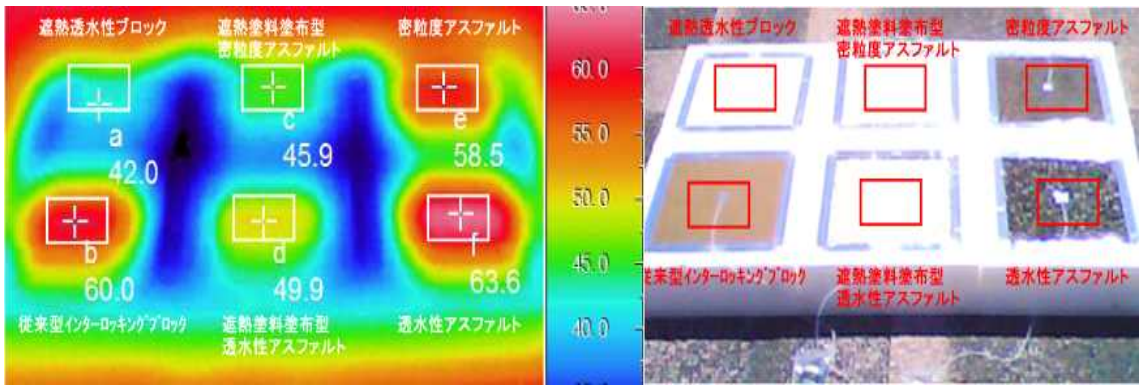


[도쿄 열섬 대책 추진 지도]

타이세이로텍은 여름철 도로포장의 노면온도를 장기간 낮게 유지할 수 있는 “보수성 포장 자동 급수형 쿨로드(Cool Road)”를 개발함.

쿨로드(Cool Road)는 도로포장 내부에 설치한 다기능센서가 자동으로 급수하기 때문에 우수(雨水)가 없어도 최소한의 수량으로 노면의 온도를 낮출 수 있음.

Iwata社는 낮 최고 기온이 30℃ 이상을 기록하는 하절기에 아스팔트 포장표면에 비하여 10℃ 이상 표면온도가 낮은 차열, 투수성능을 보유한 다기능성 포장 블록을 개발함.

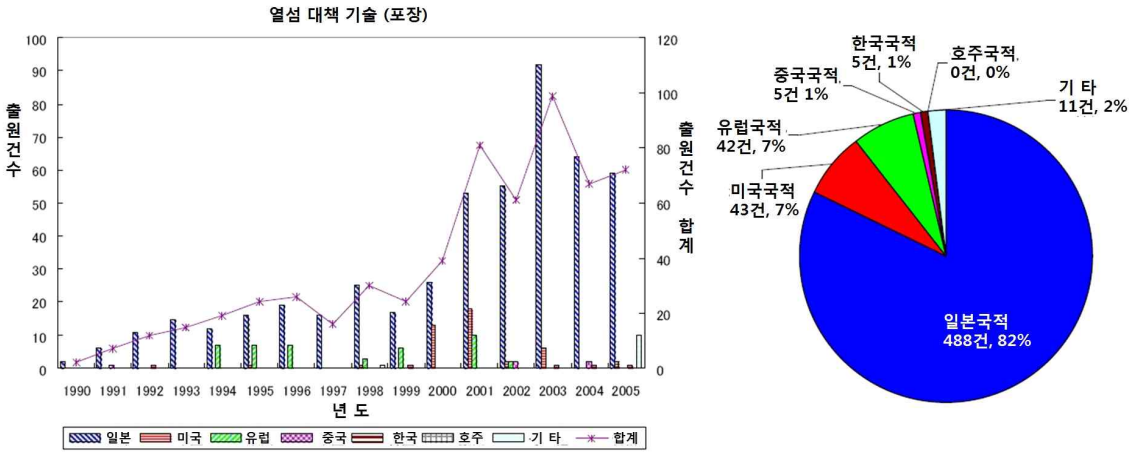


[Iwata社 기능성 블록의 표면온도 시험장면]

3. 국내·외 특허 동향

도시열섬 대책 관련 기능성 포장분야(보수성 포장, 차열성 포장) 특허는 1990년대 초반 출원되기 시작하여 2000년대 초반 급속한 증가추세를 보이고 있으며, 고반사 도료·차열도료 분야의 경우 1990년대 중반부터 성장하기 시작함.

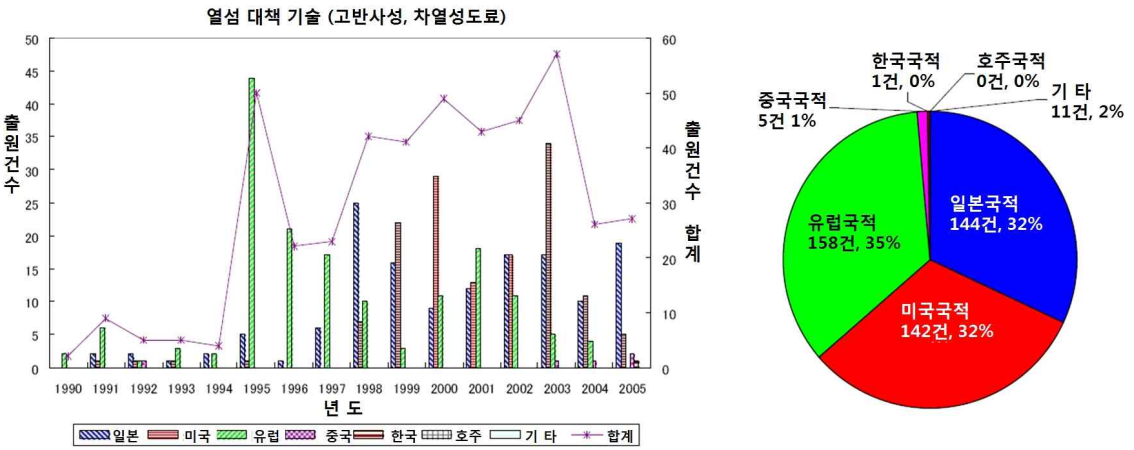
기능성 포장분야의 출원인별 국적은 일본이 약 80% 이상을 차지하고 있으며, 미국과 유럽은 약 7%를 점하고 있음.



[기능성 포장분야(보수성 포장, 차열성 포장) 특허출원 현황(1990~2005)]

※ 자료: 일본 특허청 "특허출원기술동향조사보고서 - 도시열섬대책 기술", 2008.04

고반사 도료·차열도료 분야의 출원인별 국적은 일본이 약 80% 이상을 차지하고 있으며, 미국과 유럽은 약 7%를 점하고 있음.



[고반사성 차열성 도료분야 특허출원 현황(1990~2005)]

※ 자료: 일본 특허청 "특허출원기술동향조사보고서 - 도시열섬대책 기술", 2008.04

도시열섬 저감을 위한 특허출원을 분석한 결과 도로포장 관련 출원이 대부분을 차지하고, 블록 관련 특허 출원은 미흡한 실정임.

도로포장 분야의 경우 포장 표면온도를 저하시키기 위하여 고반사 코팅재료를 사용하는 차열 포장과 관련된 차열 포장용 도료, 혼합물 및 시공방법 등 다양한 특허출원이 이뤄지고 있으며, 도시열섬 저감 관련 기능성 블록 관련 특허는 대부분 블록 표면의 연속공극을 통해 우수를 블록 밑 기초부분으로 보내는 투수성 블록이나 보수성 블록 관련 출원임.

태양열 고반사 재료 및 관련 기술을 활용한 블록제품 특허출원은 전무한 실정임.

[도시열섬 대책 관련 주요 특허 현황]

발명의 명칭	출원인	특허출원번호
차열성 포장 혼합물 및 차열성 포장 방법	주식회사 한수도로산업	10-2008-0014337
열 차단 탄성 포장재 및 그 시공방법	박경민	10-2008-0027145
차열 코팅 조성물 및 차열 코팅 조성물을 이용한 칼라 마감투수포장 시공방법	주식회사 세진로드	10-2008-0098187
열방사 기능을 갖는 도로 포장재	(주)알엔씨	10-2008-0059772
차열 코팅 재료	미츠비시 쥬고교 가부시키가이샤	10-2010-7006650
차열성 포장 혼합물 및 차열성 포장 방법	주식회사 한수도로산업	10-2008-0014337
열 차단 탄성 포장재 및 그 시공방법	박경민	10-2008-0027145
차열 도로포장 공법	한국도로공사	10-2007-0105210
차열도료	주식회사 호암알앤디	10-2007-0137466
열섬방지 탄성포장재 시공방법	(주)토탈	10-2009-0107584
열섬현상 완화용 도로포장 구조물	한국도로공사	10-2007-0048025
열섬현상 완화용 도로 구조물	한국도로공사	10-2007-0048023
보수성(保水性) 콘크리트 조성물 및 이를 이용한 콘크리트 포장 방법	주식회사 패턴크리트	10-2010-0019072
차열성 도료 조성물 및 이를 이용한 미끄럼 방지용 차열성포장체	주식회사 홍서이엔씨	10-2008-0039288
보수성과 배수성이 향상된 도로포장용 조성물 및 이를 이용한 현장 타설공법	(주) 지오시스	10-2009-0000074
투수성과 보수성을 가지는 포장용 블록	(주)자연과환경	10-2008-0079260
보습성 콘크리트 블록 및 이의 제조방법	주식회사 제일에코텍	10-2010-0012828
도로의 온도 상승 방지용 포장 시스템	한국건설기술연구원	10-2006-0134869
버텀애쉬를 이용한 콘크리트 투수보도용 판 및 블록	한국지알씨 주식회사	20-2006-0008601
보수성 블록	한림에코텍	10-2007-0029566
透水性ブロック	吉村 政宏	2009-22168
透水性および保水性のある自然石を用いた舗装	小林 恒己	2008-192815
吸水ブロック及びそれを用いたブロック舗装	株式会社 林物産発明研究所	2007-305183
透水性と保水性のある舗装材料及び舗装かた工法	かねこ株式会社	2007-253745
太陽熱遮断性舗装体の構築方法	ＮＩＰＰＯコーポレーション	2007-312045
保水性ブロック及びその製造方法	ＪＦＥスチール株式会社	2006-179802
温度上昇抑制舗装及び温度上昇抑制方法	住友大阪セメント株式会社	2006-96824
遮熱性セラミック真空球体配合の硬質骨材及びその製造方法並びに骨材を用いた道路の舗装方法	太洋塗料株式会社	2004-335063
熱反射道路	日本特殊塗料株式会社	2003-7951
遮熱性塗料	奥アンツーカ株式会社	2005-379073
遮熱性舗装及びその舗設方法	株式会社大林組	2002-327218
遮熱性 · 保水性舗装	住友大阪セメント株式会社	2005-104696

4. 정부지원 정책 현황

가. 관련 법령, 정부 정책 및 담당기관

(1) 저탄소 녹색성장 기본법(환경부)

① 경제와 환경의 조화로운 발전을 위하여 저탄소 녹색성장에 필요한 기반을 조성하고 녹색기술과 녹색산업을 새로운 성장동력으로 활용함으로써 국민경제의 발전을 도모

② 2020년 저탄소 녹색사회 구현을 목표로 국가 전체 온실가스 30% 감축 목표 제시

③ 주요 부문별·업종별 온실가스 감축목표 확정(2011.07.12.)

(2) 건설기술관리법(국토해양부)

① 건설기술의 연구·개발을 촉진하고 이를 효율적으로 이용·관리하게 함으로써 건설기술 수준의 향상과 건설공사의 적정한 시행을 이루고 건설공사의 품질과 안전을 확보하여 공공복리의 증진과 국민경제의 발전

(3) GR(Good Recycled) 인증제도(지식경제부 기술표준원)

① 재활용 제품의 품질·환경친화성을 정부가 인증함하여 소비자의 불신을 해소하고 수요기반을 확충을 하기 위해 시행

② 폐요업 분야 35종, 폐유리 분야 9종, 폐플라스틱 분야 66종 등 총 223종

(4) 자원의 절약과 재활용 촉진에 관한 법률(환경부)

① 폐기물의 발생을 억제하고 재활용을 촉진하는 등 자원을 순환적으로 이용하도록 함으로써 환경의 보전과 국민경제의 건전한 발전에 이바지

② 2006년 12월 “건설폐기물 재활용 기본 5개년 계획”(2007~2011) 수립

③ 2007년 순환골재의 신뢰성 향상을 위한 순환골재 품질인증제도 실시

나. 정부지원 정책사업 종류와 현황

(1) 건설표준화 장단기 추진계획(국토해양부)

① 건설산업 경쟁력 강화

② 건설분야 표준화를 통하여 건설산업 관련주체들간 지식공유의 기반 구축

(2) 제4차 건설기술진흥 기본계획(국토해양부)

① 건설기술 정책·제도의 선진화 및 연구개발의 촉진·활용 등을 통해 건설기술 수준 향상 및 경쟁력 제고를 위한 국가종합계획

② 건설자재·부재의 품질관리 개선

(3) 국토해양 R&D 발전전략(국토해양부)

① 국토해양 R&D 거버넌스·사업체계·프로세스 개선 등 연구환경 개선을 위한 종합계획

② 차세대 미래핵심기술인 “Green-up 30″ 제시

(4) 환경분야 녹색성장 실천계획(환경부)

① 지국적 차원의 환경 · 자원위기에 따라 급성장하고 있는 세계 환경시장을 선점하기 위해 유망 환경기술 · 산업을 전략적으로 육성

② 생활환경 개선사업은 국민의 삶의 질 향상

(5) 에너지 절약 정책(지식경제부)

① 국민들이 에너지 절약에 참여할 수 있도록 다양한 인센티브 제공

② 백화점, 대형마트, 자동차 판매 업소는 영업시간 외 옥외조명뿐만 아니라 실내 상품 진열장의 조명 소등, 유흥업소는 오전 2시 이후 조명 소등

③ 에너지이용합리화법에 따라 과태료 부과

다. 종합 결론

【 강 점 (S) 】
- 전력수요 급증에 따른 에너지 절감 정책 추진 - 정부의 국민 삶의 질 향상에 대한 정책의지 강화 - 환경 산업과 관련된 시장의 급성장

【 약 점 (W) 】
- 선진기술대비 국내 기술보유 미비 - 관련 기술수준 등 정부 차원의 가이드라인 미흡 - 포장에 대한 정부연구지원 부족

【 기 회 (O) 】
- 지방자치단체를 중심으로 도시 열환경 개선을 위한 정책 수립 - 도시 열환경 개선을 위해 차열포장, 보수성 포장 등 기술개발은 추진되어져왔으나, 실용화에 이르지 못함. - 친환경적인 기능성 보도블록의 수요 증가

【 위 험 (T) 】
- 저가제품으로 인식되어 있어 기능성에 따른 경제적 거부감 - 건설시장의 침체에 따른 수요 감소 - 자체 연구개발보다는 해외기술수입에 의존하는 경향이 강함. - 연구개발 결과물에 대한 정부지원체계 미흡

제 4 절 연구개발결과가 관련분야에서 차지하는 위치

1. 연구개발 결과의 차별성

부처명	사업명	과제명	예산	비 고
중소기업청	산학연공동기술개발	도시 열섬현상 완화를 위한 고성능 차열성 포장공법 개발	0.23	가
환경부	차세대핵심환경기술개발	도시열섬현상 저감용 보수 세라믹 블록 및 실용시스템 개발	1.9	나
중소기업청	산학연공동기술개발	도심지 열섬 완화를 위한 보수성 포장의 보수 주입재 개발	0.08	다
중소기업청	중소기업기술혁신개발	커플링 제를 이용한 도로용 아스팔트 개질재 및 친환경 저소음 배수성아스콘 개발	3.6	라
중소기업청	산학연공동기술개발	환경친화형 컬러 배수성포장재료 및 공법개발	0.17	마

가. 차열성 도료를 아스팔트 포장체 표면에 도포하거나 충전하는 방법과 표층혼합물에 차열성 재료를 혼합하여 시공하는 방법 개발. 태양광선중 높은 에너지를 가진 적외선 부분을 70% 반사함으로써 복사에 의한 열전달이 큰 아스팔트 포장체의 차열성능을 증진시켜 포장체 온도를 10~15℃ 감소시킬 수 있는 기술 개발

나. 도시 열섬현상 완화를 위한 보수량 0.22g/cm2 이상의 보수 성능을 보이며 노면 온도 최고 15℃의 저감 성능을 실현하는 보수성 세라믹 블록 및 실용시스템 개발

다. 도심지 열섬완화를 위한 보수성 포장의 보수 주입재 개발. 흡수성능과 강도를 증진시킨 보수 주입재를 이용하여 배수성 포장의 공극에 침투시킴으로써 하절기 노면 온도를 15℃이상 저감시켜 도심지 열섬완화와 기존 아스팔트 포장의 문제점인 소성변형을 저감시킬 수 있는 기술개발

라. 커플링 제를 이용한 도로용 아스팔트 개질재 및 친환경 저소음 배수성 아스콘 개발을 통해 기존의 도로포장재보다도 우수한 소음저하 기능과 배수기능을 가지는 포장재 개발

마. 국내의 기후 조건과 교통 특성에 적합한 배수성 칼라 아스팔트 포장의 신재료 기술 및 포장시공 기술을 개발하는데 있으며, 이를 위해 기존의 아스팔트에 폐타이어를 혼입하고, 자체 개발된 개질재를 활용하여 국내의 도로 특성에 적합한 새로운 배수성 포장공법 개발

2. 연구개발 결과 차별화

도시열섬현상을 저감시킬 수 있는 포장기술개발에 관한 연구는 상기 기존 연구과제 조사결과와 같이 대부분 보수성 도로 포장분야 위주로 진행되고 있으며, 최근에는 차열 도료를 적용하는 연구가 진행되고 있음. 따라서 보·차도 블록의 표면 Patterning과 태양열 차단 Layer를 적용하고자 하는 본 연구개발 결과와는 차별성이 있음.

3. 타 산업 및 국내·외 연계·협력 가능성

본 연구는 도시열섬현상을 저감시켜 도시전체의 에너지 효율을 향상시킬 수 있는 기술로서 도시설계 및 주택 건축 산업, 건축설비, 전력산업 등과의 직접적 연계가 있음.

제 2 장 연구개발 수행 내용 및 결과

제 1 절 연구 수행 전략 및 방법

1. 연구개발 추진 전략

가. 연구개발 추진 체계

구 분	주관연구기관, 참여기업 (주식회사 에코청진)	공동연구기관 (중앙대학교 산학협력단)
1차년도 (2012.11 ~ 2013.11)	▪ 국외 열섬 저감형 포장 및 블록 현황 ▪ 고반사 재료현황 및 반사메커니즘 분석 ▪ 국내외 성능평가 방법 분석 ▪ 태양열 고반사 재료선정을 위한 성능평가 ▪ 태양열 파장영역에서의 반사특성 분석을 통한 대상 후보군 결정 - Albedo 및 Retro-reflectance Index 작성 ▪ Patterning 적용기술 - 생산라인과 결부된 표면 연마, 가공기술 개발 및 최적 Pattern 분류 및 제품설계 ▪ 적외선 영역의 높은 반사율을 위한 블록 최적 배합비 도출	▪ 태양열 고반사 특성을 고려한 해석 알고리즘 (영향계수 정립) - 직접 및 간접 복사 - 태양 고도 및 위도 - 풍속 및 그림자 - 난반사, 에너지 흡수 특성 등
2차년도 (2013.11 ~2014.09)	▪ Composite 블록 시제품 개발 - 최적 반사율 배합 및 Patterning 기술 적용 콘크리트 블록 시제품 개발 ▪ 시제품 평가 ▪ 고반사 수지, 세라믹 소재 등을 이용한 태양열 차단 layer 형성기술 ▪ 생산성 향상을 위한 공정기술 검토	▪ 표면온도 시뮬레이션 모듈 개발 - User Friendly 구동환경 - 태양광의 파장대별 고려인자 도출 - 수치 시뮬레이션 프로그램 개발
3차년도 (2014.09 ~2015.11)	▪ Hybrid 블록 시제품 개발 - Patterning 기술(1차년도)과의 접목을 통한 Hybrid 블록 시제품 개발 ▪ 시제품 평가 ▪ 생산성 향상을 위한 공정기술 검토 ▪ Mock-up 시험체 제작 및 현장적용 - 기존 보도블록, 태양열 고반사 블록 - Mock-up 시험체 표면 및 현장 적용 블록 표면의 온도 측정	▪ 제품 적용을 통한 신뢰성 제고 - 기존 블록과의 상대 비교, 실용화를 위한 방향성 제시 - 블록 표면 온도 하강 효과 계산 및 비교 - 블록 시공 위치에 대한 표면 온도 하강 효과 예측

나. 세부 추진 계획 및 방법

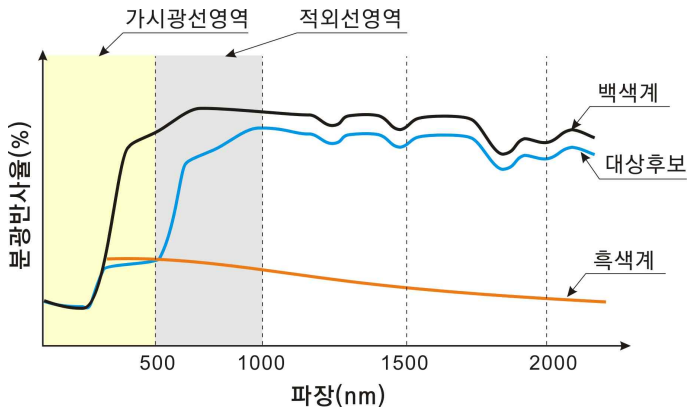
구분	연구내용	세부추진 계획 및 방법	수행기간	해당기관
1차 년도	■문헌분석	- 국외 열섬 저감형 포장 및 블록 현황 - 고반사 재료현황 및 반사메커니즘 분석 - 국내외 성능평가 방법 분석	2개월	에코청진 중앙대
	■태양열 고반사 특성을 고려한 해석 알고리즘	- 직접 및 간접 복사, 태양 고도 및 위도 - 풍속, 그림자, 난반사, 에너지 흡수특성 등	10개월	중앙대
	■재료설계를 위한 일사 반사율 특성분석	- 태양열 파장영역에서의 반사특성 분석을 통한 대상 후보군 결정 - Albedo 및 Retro-reflectance Index작성	4개월	에코청진
	■블록 디자인 Patterning 기술개발 (I)	- Patterning 특성에 따른 반사율 분석 - 태양열 고반사특성과 결합된 Patterning 기술개발 (최적형상 및 깊이결정)	6개월	에코청진
	■블록 디자인 Patterning 기술개발 (II)	- 생산라인과 결부된 표면 연마 및 가공기술 개발 - 보행자 난반사 방지를 위한 최적 Pattern 분류 및 제품설계	3개월	에코청진
	■중간보고서 작성	- 1차년도 중간보고서 작성	2개월	에코청진 중앙대
2차 년도	■Composite 블록 개발	- 적외선 영역의 높은 반사율을 위한 블록 최적 배합비 도출 - Patterning 적용 Composite 블록 시제품 개발 - 시제품 평가	5개월	에코청진
	■Hybrid 블록 개발 (I)	- 고반사 수지, 세라믹 소재 등을 이용한 태양열 차단 layer 형성기술 - 적외선 반사에 효과적인 차단 layer의 두께 및 소재 결정	3개월	에코청진
	■생산 공정 개선 (I)	- 생산성 향상을 위한 공정기술 검토 - Patterning 깊이, 각	4개월	에코청진
	■표면온도 시뮬레이션 모듈 개발	- User Friendly 구동환경 - 태양광의 파장대별 고려인자 도출 - 수치 시뮬레이션 프로그램 개발	10개월	중앙대
	■중간보고서 작성	-2차년도 중간보고서 작성	2개월	에코청진 중앙대
3차 년도	■Hybrid 블록 개발 (II)	- 도시열섬 저감을 위한 Hybrid 블록 시제품 개발 - 시제품 평가	5개월	에코청진
	■시뮬레이션 프로그램 개발 및 적용	- 기존 블록과의 비교, 실용화를 위한 방향성 제시 - 블록 표면 온도 하강 효과 계산 및 비교 - 블록 시공 위치에 대한 표면 온도 하강 효과 예측	10개월	에코청진 중앙대
	■생산 공정 개선 (II)	- 생산성 향상을 위한 공정기술 검토 - 차단 layer 형성, 건조 공정	4개월	에코청진
	■태양열 고반사 블록의 실증화	- Mock-up 시험체 제작 및 현장적용	3개월	에코청진
	■최종보고서 작성	-3차년도 최종보고서 작성	2개월	에코청진 중앙대

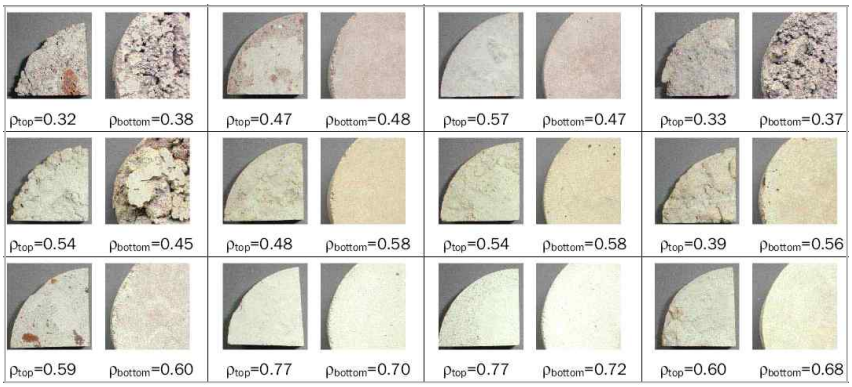
제 2 절 연구 수행 과정 및 내용

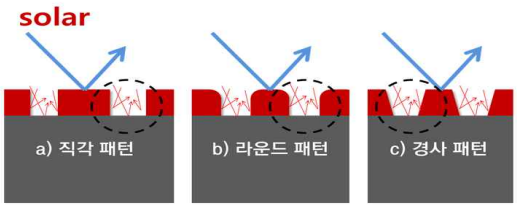
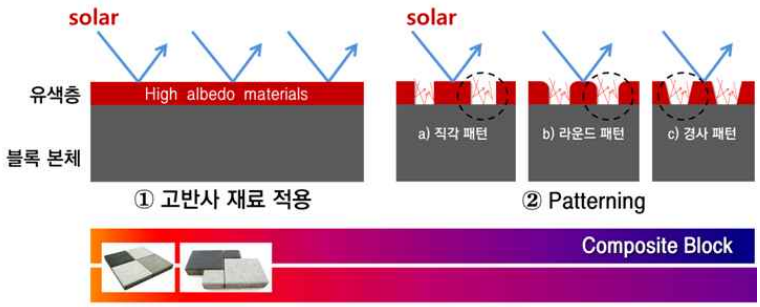
1. 연구 내용 및 수행 방법

가. 주관연구기관

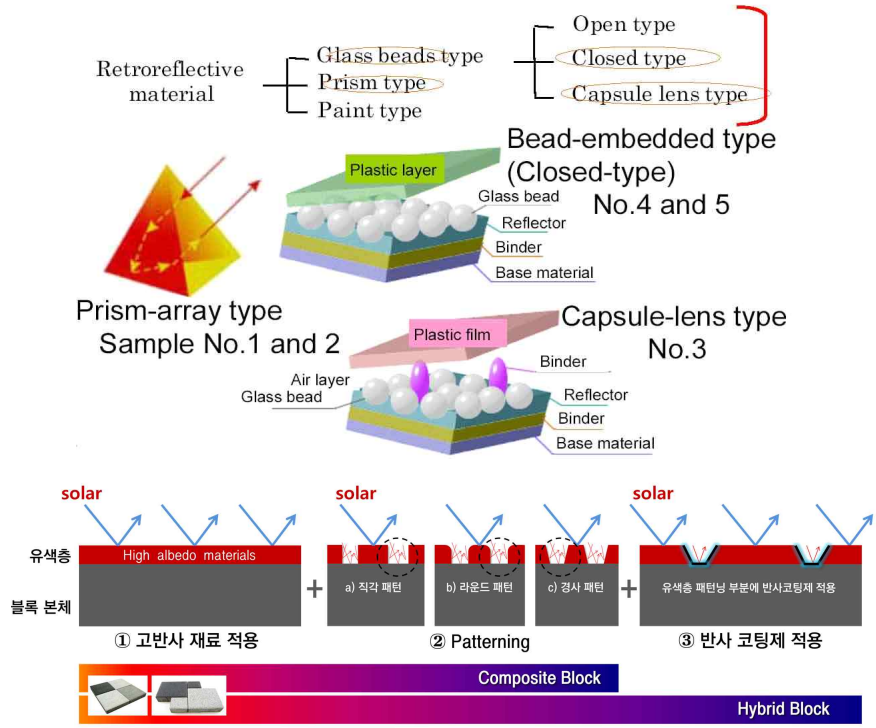
<table>
<tr><th>연 차</th><th colspan="2">주요 연구내용</th></tr>
<tr><td rowspan="2">1차년도</td><td>문헌분석</td><td>■ 국외 열섬 저감형 포장 및 블록 현황 (일본, 미국, 유럽 등)
■ 국내외 고반사 재료현황 및 반사메커니즘 분석
■ 국내외 성능평가 방법 분석
: 재료 및 현장 반사율 측정방법 등 (ASTM, JIS, EN, KS)</td></tr>
<tr><td>기능성 블록의 재료설계를 위한 일사 반사율 특성분석</td><td>태양열 반사율 측정을 통한 친환경 저에너지 고반사 블록의 설계 기반이 될 수 있는 원재료의 반사율 인덱스 작성

■ 태양열 고반사 재료선정을 위한 성능평가
- 태양열 파장영역에서의 반사특성 분석을 통한 대상 후보군 결정
: 가시광선 반사 최소화를 통한 눈부심 방지, 적외선 반사 최대화 재료 선정
 

- Albedo 및 Retro-reflectance Index작성
: 골재, 혼합재(slag, limestone), 수지, 안료 등
 
</td></tr>
</table>

<table>
<tr><th>연 차</th><th>주요 연구내용</th><th></th></tr>
<tr><td rowspan="5">2차년도</td><td>기능성 향상을 위한 블록 디자인 Patterning 기술개발 (I)</td><td>■ 형상, 깊이에 따른 Patterning 기술
- Patterning 특성에 따른 반사율 분석
- 태양열 고반사특성과 결합된 Patterning 기술개발 (최적형상 및 깊이결정)
 
</td></tr>
<tr><td>기능성 향상을 위한 블록 디자인 Patterning 기술개발 (II)</td><td>■ Patterning 적용기술
- 생산라인과 결부된 표면 연마 및 가공기술 개발
- 보행자 난반사 방지를 위한 최적 Pattern 분류 및 제품설계
  </td></tr>
<tr><td>Composite 블록 개발(I)</td><td>■ 적외선 영역의 높은 반사율을 위한 블록 최적 배합비 도출
- 골재, 혼합재, 바인더, 안료 등의 구성비율
- 혼합배합비에 따른 반사율 및 역학적 특성분석</td></tr>
<tr><td>Composite 블록 개발(II)</td><td>■ Patterning 적용 Composite 블록 시제품 개발
- 최적 반사율 배합 및 Patterning 기술 적용 콘크리트 블록 시제품 개발
 

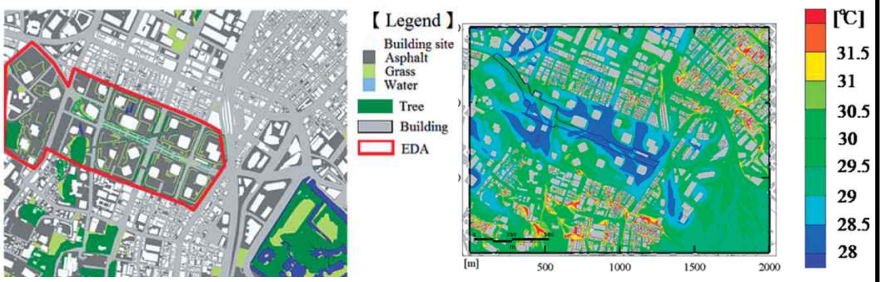
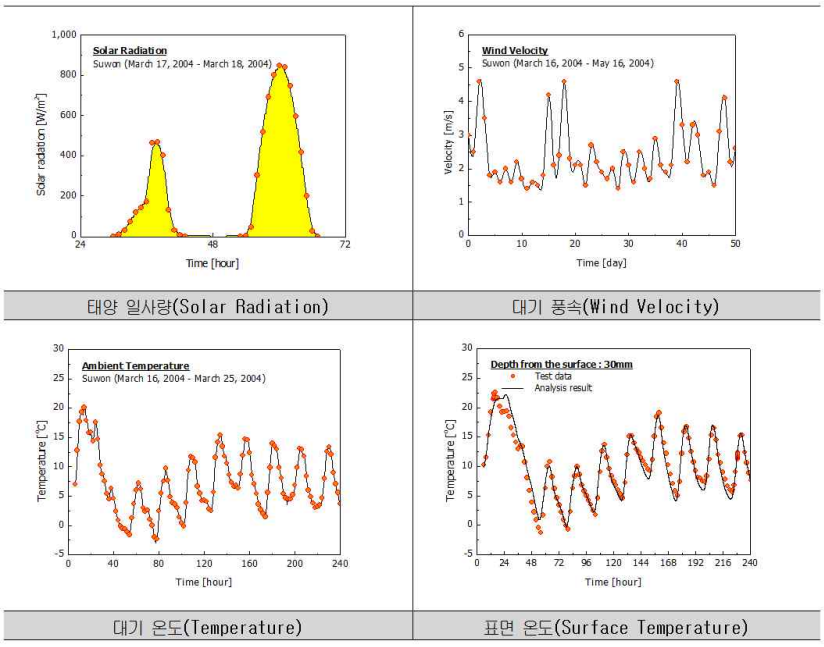
■ 시제품 평가
- 기초 물리적 특성 분석(강도, 충격, 마모율, 미끄럼 저항성)
- 마모시험, 촉진 내후성 시험에 의한 태양열 반사 저감율 측정
- 동결융해, 장기 옥외폭로, 외관평가 등
- 촉진/옥외 내구성 평가를 통한 성능개선 및 사후관리방안 마련</td></tr>
<tr><td>Hybrid 블록 개발 (I)</td><td>■ 고반사 수지, 세라믹 소재 등을 이용한 태양열 차단 layer 형성기술
- 적외선 반사에 효과적인 차단 layer의 두께 및 소재 결정
: 부착성능, 마모성, 내구성을 고려한 layer 소재 결정
: layer 재료별 태양열 차단 성능 검토, 고반사 코팅제의 자외선 열화 검토</td></tr>
<tr><td>생산 공정 개선(I)</td><td>■ 생산성 향상을 위한 공정기술 검토
- Patterning
: Patterning 깊이/각 조정, 표면 마감</td></tr>
</table>

<table>
<tr><th>연 차</th><th>주요 연구내용</th></tr>
<tr><td rowspan="3">3차년도</td><td>Hybrid 블록 개발
(II)</td><td>■ 도시열섬 저감을 위한 Hybrid 블록 시제품 개발
- Patterning 기술(1차년도)과의 접목을 통한 Hybrid 블록 시제품 개발
 

■ 시제품 평가
- 기초 물리적 특성 분석(강도, 충격, 마모율, 미끄럼 저항성)
- 마모시험, 촉진 내후성 시험에 의한 태양열 반사 저감율 측정
- 동결융해, 장기 옥외폭로, 외관평가 등
- 촉진/옥외 내구성 평가를 통한 성능개선 및 사후관리방안 마련</td></tr>
<tr><td>생산 공정 개선
(II)</td><td>■ 생산성 향상을 위한 공정기술 검토
- 차단 layer 형성
: layer 스프레이 공정(스프레이 면적, 시간 등 공정 최적화)
: 건조 공정</td></tr>
<tr><td>현장적용을 통한 태양열 고반사 블록의 실증화</td><td>태양열 고반사 블록의 Mock-up 시험 및 현장 표면온도 특성평가를 통한
기존 블록과의 차별성 검증

■ Mock-up 시험체 제작 및 현장적용
- 기존 보도블록, 태양열 고반사 블록
- Mock-up 시험체 표면 및 현장 적용 블록 표면의 온도 측정
 
</td></tr>
</table>

나. 공동연구기관

<table>
<tr><th>연 차</th><th colspan="2">주요 연구내용</th></tr>
<tr><td>1차년도</td><td>표면온도
시뮬레이션
프로그램 개발I</td><td>■ 태양열 고반사 특성을 고려한 해석 알고리즘 (영향계수 정립)
- 직접 및 간접 복사
- 태양 고도 및 위도
- 풍속 및 그림자
- 난반사, 에너지 흡수 특성 등</td></tr>
<tr><td>2차년도</td><td>표면온도
시뮬레이션
프로그램 개발II</td><td>■ 표면온도 시뮬레이션 모듈 개발
- User Friendly 구동환경
- 태양광의 파장대별 고려인자 도출
- 수치 시뮬레이션 프로그램 개발
 
</td></tr>
<tr><td>3차년도</td><td>표면온도
시뮬레이션
프로그램 개발III</td><td>■ 제품 적용을 통한 신뢰성 제고
- 기존 블록과의 상대 비교, 실용화를 위한 방향성 제시
- 블록 표면 온도 하강 효과 계산 및 비교
- 블록 시공 위치에 대한 표면 온도 하강 효과 예측
 

태양 일사량(Solar Radiation) | 대기 풍속(Wind Velocity)
대기 온도(Temperature) | 표면 온도(Surface Temperature)</td></tr>
</table>

2. 연도별 주요 추진 일정

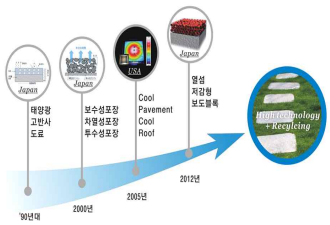
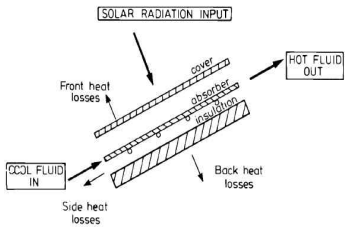
구분	과제명 (연구기관)	연구목표	연구목표별 Activity	성과물 (산출물)	관련 성과목표/지표		소요 연구비 (백만원)	1차년도				2차년도				3차년도			
					성과목표	성과지표		1/4	2/4	3/4	4/4	1/4	2/4	3/4	4/4	1/4	2/4	3/4	4/4
주관	표면온도 10℃ 저감형 Hybrid 블록 및 최적 활용기술 개발 (에코청진)	도시열섬 저감형 Hybrid 블록 개발	문헌분석	조사분석 보고서	1-1	1-1-①													
			기능성 블록의 재료설계를 위한 일사 반사율 특성분석	물성평가 (성적서)	1-4	1-4-①													
			기능성 향상을 위한 블록 디자인 Patterning 기술개발 (I)	물성평가 (성적서)	1-4	1-4-①													
			기능성 향상을 위한 블록 디자인 Patterning 기술개발 (II)	물성평가 (성적서)	1-4	1-4-① 1-4-③ 1-4-④ 1-4-⑤ 1-4-⑥														
공동	Hybrid 블록의 최적설계/시뮬레이션(중앙대)	최적설계/ 시뮬레이션 프로그램 개발	열섬해석관련 문헌분석	조사분석 보고서	1-1	1-1-①													
			태양열 고반사 특성을 고려한 해석 알고리즘	알고리즘 (보고서)	1-3	1-3-①													
주관	표면온도 10℃ 저감형 Hybrid 블록 및 최적 활용기술 개발 (에코청진)	도시열섬 저감형 Hybrid 블록 개발	Composite 블록 개발	제품개발 (시제품)	1-2	1-2-①													
			Hybrid 블록 개발 (I)	물성평가 (성적서)	1-2	1-2-②													
			생산 공정 개선 (I)	현장적용	1-2	1-2-① 1-2-②													
공동	Hybrid 블록의 최적설계/시뮬레이션(중앙대)	최적설계/ 시뮬레이션 프로그램 개발	User Friendly 구동환경	프로그램	1-3	1-3-①													
			태양광의 파장대별 고려인자 도출	프로그램	1-3	1-3-①													
			수치 시뮬레이션 프로그램 개발	프로그램	1-3	1-3-①													
주관	표면온도 10℃ 저감형 Hybrid 블록 및 최적 활용기술 개발 (에코청진)	도시열섬 저감형 Hybrid 블록 개발	Hybrid 블록 개발 (II)	제품개발 (시제품)	1-2	1-2-②													
			생산 공정 개선 (II)	현장적용	1-2	1-2-① 1-2-②													
			태양열 고반사 블록의 실증화	현장적용	1-4	1-2-① 1-2-②													
공동	Hybrid 블록의 최적설계/시뮬레이션(중앙대)	최적설계/ 시뮬레이션 프로그램 개발	제품 적용을 통한 신뢰성 제고	프로그램	1-3	1-3-①													
			프로그램 실용화	프로그램	1-3	1-3-①													

제 3 절 연구수행결과 및 결과의 검증

[주 관] 도시표면온도 저감이 가능한 태양열 차단 보도블럭 개발

1차년도 Activity	**고반사 재료 및 Hybrid 블록 개발을 위한 선행연구 분석**	
	A01 국외 열섬 저감형 포장 및 블록 현황	(주)에코청진
	A02 국내·외 고반사 재료 현황 및 반사메커니즘 분석	(주)에코청진
	A03 국내·외 성능평가 방법 분석	(주)에코청진
	기능성 블록의 재료설계를 위한 일사반사율	
	A04 태양열 고반사 재료선정을 위한 성능평가	(주)에코청진
	A05 Albedo 및 Retro-Reflectance Index 작성	(주)에코청진
	기능성 향상을 위한 블록 디자인 Patterning 기술개발	
	A06 형상 및 깊이에 따른 Patterning 기술	(주)에코청진
	A07 생산라인과 결부된 표면 연마 및 가공기술 개발	(주)에코청진
	A08 보행자 난반사 방지를 위한 최적 패턴 분류 및 제품설계	(주)에코청진
	고반사 재료 및 Patterning 기술을 적용한 Composite 블록 개발(Ⅰ)	
	A09 적외선 영역의 높은 반사율을 위한 블록 배합비 도출	(주)에코청진
2차년도 Activity	**고반사 재료 및 Patterning 기술을 적용한 Composite Block 개발(Ⅱ)**	
	A10 Patterning 적용 유색 Composite Block 개발	(주)에코청진
	A11 Patterning 적용 Composite Block 시제품 개발	(주)에코청진
	A12 Composite Block 시제품 평가	
	Patterning 기술 및 태양열 차단 레이어를 적용한 Hybrid Block 개발(Ⅰ)	
	A13 적외선 반사 차단 Layer의 두께 및 소재 결정	(주)에코청진
	A14 고반사 코팅제의 자외선 열화 검토	(주)에코청진
	생산성 향상을 위한 Patterning 공정 기술 검토	
	A15 Patterning 깊이 / 각 조정 및 표면 마감	(주)에코청진
3차년도 Activity	**Patterning 기술 및 태양열 차단 Layer를 적용한 Hybrid Block 개발(Ⅱ)**	
	A16 Patterning 적용 Hybrid Block 시제품 개발	(주)에코청진
	A17 Hybrid Block 시제품 평가	(주)에코청진
	생산 공정 개선(Ⅱ)	
	A18 생산성 향상을 위한 Layer Spray 공정 최적화	(주)에코청진
	현장적용을 통한 태양열 고반사 블록의 실증화	
	A19 Mock-Up Test	(주)에코청진
	A20 현장 적용 Test	(주)에코청진

주관연구기관	도시 표면 온도 저감이 가능한 태양열 차단 보도 블럭 개발	관련 성과지표 (KPI)
Activity (A01~A03)	고반사 재료 및 Hybrid 블록 개발을 위한 선행연구 분석	조사 분석 보고서
(주)에코청진		

목적	기존 태양열 차단 블록의 개발현황 및 메커니즘 도출		
단계	**내용**	**관련 사진**	**산출물**
열섬저감형 포장 및 블록 현황	▪ 국외 열섬 저감형 포장 및 블록 현황 분석(일본, 미국, 유럽 등)		조사 분석 보고서
고반사 재료현황 및 반사메커니즘	▪ 국내·외 고반사 재료 현황 및 반사메커니즘 분석		조사 분석 보고서
국내외 성능평가 방법	▪ 국내·외 성능평가 방법 분석 및 재료 및 현장 반사율 측정방법 등 (ASTM, JIS, EN, KS)		조사 분석 보고서
관련 목표 성과물	조사 분석 보고서		

A01	국외 열섬 저감형 포장 및 블록 현황
단계	일본, 미국, 유럽 등의 열섬 저감형 포장 및 블록 현황 분석

연구내용

(1) 일본

(가) 도시열섬 현상에 관한 실험의 사례

: 지구의 온난화에 급격한 도시발달로 인한 열섬현상 등으로 생활환경이 급격히 악화되었다. 이에 1990년대부터 도시 열섬현상에 대한 연구조사가 활발히 진행되었다.

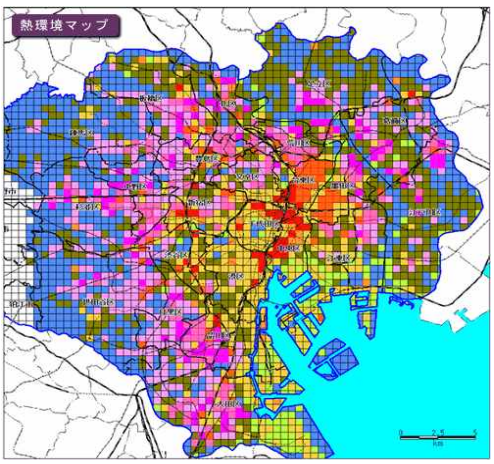
년도	연구자	내용	지역
1991	Kimura	인공 폐열의 감축에 의한 도시 규모에서의 기온저감 효과	관동평야 동경도
1997	Ichinose		
1997	Murakami	토지이용변화에 기인하는 열섬의 형상에 대해서 수치모델을 이용하여 검토	동경일대
2000	Kusaka	토지이용변화가 기온장, 풍속장에 미치는 영향 평가	관동평야

(나) 도시열섬에 대한 대책 및 적용

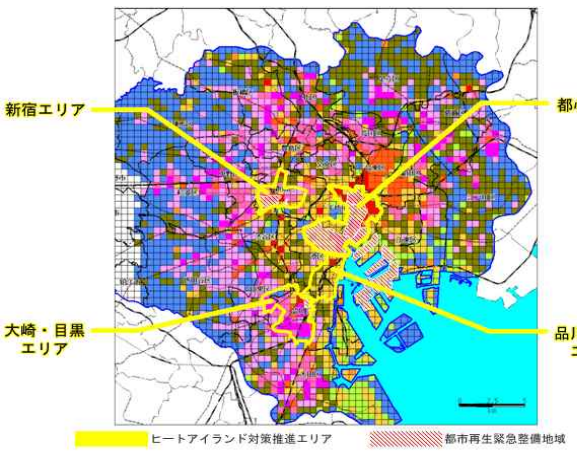
① 일본 도쿄의 경우 도시 공간전체의 기후변화를 감지하고 대처할 수 있도록 모니터링 체계를 강화하였으며 건축물 녹화, 도로 살수 및 열환경 개선형 포장재 적용을 확대하고 있다.

② 일본 도쿄에서는 열섬현상 완화를 목적으로 도로의 표면온도 상승방지를 위하여 2001년 여름에 대표적 도심지인 신주쿠에 보수성 포장을 시범 실시하였다. 표면온도 모니터링 결과 일반 포장과 비교하여 약 20℃정도 온도가 내려가는 것으로 조사되어 실험 장소를 증가시키고, 포장 면적도 확대하였다.

③ 매년 열섬에 의한 환경피해가 심해지고 있는 도쿄는 2003년 열섬 대책을 통하여 도시 열환경 Map 및 열섬 대책 추진 지역을 선정하였으며, 2005년 7월에 열섬 대책 가이드라인을 발행하였다.



[도쿄 열환경 Map]



[도쿄 열섬 대책 추진 지도]

[도쿄도의 주요 열섬 대책]

분야	주요 대책	세부내용
도로	포장(피복) 대책	▪ 보수성 포장, 차열성 포장, 투수성 포장
	녹화 대책	▪ 가로수 재생 및 정비
공원	피복 대책	▪ 포장구조 전환
	녹화 대책	▪ 공원정비
하천・운하	수면 확보	▪ 수면 확보
	녹화 대책	▪ 투수성 포장(관리용 도로) ▪ 호안 부지 등의 녹화
건물	녹화 대책	▪ 신축・증축 시 녹화 ▪ 개보수 시 녹화
	인공배열 대책	▪ 저배열 설비기기 이용 확대, 외장 피복 ▪ 하수 열 이용 냉난방 시스템 도입 ▪ 에너지절약 설계 지침 재정비

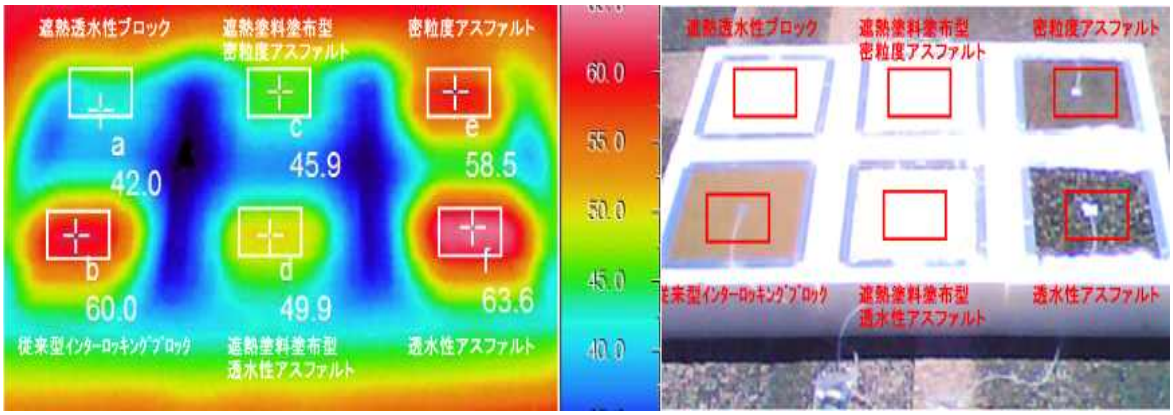
(다) 도시열섬현상 완화를 위한 기술 개발

① 도시의 녹지면적이 적은 일본에서는 열섬현상의 주원인을 도로포장으로 판단하고 있으며 이를 완화할 수 있는 방안에 대한 다양한 연구가 진행되고 있고 있다.

② 1990년대에는 태양열 고반사 도료가 개발되어 보급되기 시작하면서 아스팔트에 고반사 도료를 코팅하는 방법의 연구 및 시공이 많이 진행되있으며, 2000년대에 들어서면서 도시 열섬 문제 해결을 위하여 투수성/보수성/차열성 포장 등 포장 분야 기술개발이 이루어졌다. 토목연구소의 현재까지 연구결과, 차열성 포장과 보수성 포장 모두 노면 온도를 억제하는 효과가 있으며 보수성 포장 보다는 차열성 포장이 노면온도를 억제하는 효과가 큼.

③ 블록업체의 열저감 블록의 개발이 지속적으로 이루어지고 있으며, 투수성/보수성 블록 대다수의 업체에서 제조하고 있는 건설자재가 되어있다. 현재는 이러한 건설자재보다 온도저감효과가 뛰어난 기능성 차열블록의 개발이 진행 중에 있다.

TORAY	투수블록 및 보수성 블록으로 인한 노면온도 저감 블록 개발과 광촉매 코팅을 적용하여 NOx를 제거하는 오염 제어성 포장 개발
태평양 프리캐스트 콘크리트 공업	2010년 8월 기존 아스팔트 포장의 표면온도 대비 노면의 표면 온도를 10℃ 낮출 수 있는 열섬저감형 보도 블록 “OCEAN TECH”을 개발
타이세이로텍	여름철 도로포장의 노면온도를 장기간 낮게 유지할 수 있는 “보수성 포장 자동 급수형 쿨로드(Cool Road)”를 개발함. -쿨로드(Cool Road)는 도로포장 내부에 설치한 다기능센서가 자동으로 급수하기 때문에 우수(雨水)가 없어도 최소한의 수량으로 노면의 온도를 낮출 수 있음.
Iwata社	낮 최고 기온이 30℃ 이상을 기록하는 하절기에 아스팔트 포장표면에 비하여 10℃ 이상 표면온도가 낮은 차열, 투수성능을 보유한 다기능성 포장 블록을 개발함.



[Iwata社 기능성 블록의 표면온도 시험장면]

(2) 미국

(가) 도시열섬 현상에 관한 실험의 사례

: 도시열섬 경감대책에 관한 연구로는, 주로 건물 옥상의 알베도 증대와 녹화의 추진에 따른 효과검증이 이루어지고 있다.

년도	연구자	내용	지역
1995	Sailor	옥상과 도로면의 알베도 변화와 녹피율 변화가 열섬경감에 미치는 영향을 평가 - 알베도 증가에 의한 기온저화 : 1.5℃ - 녹피율 증가에 의한 기온저화 : 1.3℃	L A 지역
1997	Taha	녹지를 증가시킨 경우와 알베도를 높인 경우의 기온 저감 효과를 추정 - 알베도 0.13 증가시키면 영역의 중심부에서 기온을 최대 4.5℃ 낮출 수 있음	L A 지역

(나) 도시열섬에 대한 대책 및 적용

① 미국 환경청에서는 도시열섬 완화를 위한 Heat Island Reduction Program 시행중에 있다.

: 지속적이고 환경 친화적인 빗물 관리 차원에서 수질보전을 위한 종합적 전략 관점으로 접근하고 있으며, 적용방안으로 대규모로는 숲, 습지, 침수지들 자연경관 및 생태 민감 지역의 보전과 복구, 소규모로는 레인가든, 투수성 포장, 옥상녹화, 나무와 화단, 변기 및 조경관개 등 비음용사용을 위한 빗물 확보에 주력하고 있다.

주요구성요소	
장소 관점	옥상 녹화(Green Roof), 빗물 모으기(Rain Harvesting), 레인가든, 투수성 도로 포장, 화단, 재개발 등
지역 관점	Green Parking, Green Street, 소규모 습지, 나무 및 도시 숲 등
유역 관점	수변 완충지대 및 녹색 인프라 설계 등



① 식 생



② Green Roof



③ Cool Roof



④ Cool Pavement

[미국 환경청의 열섬완화 전략]

② 시카고는 미국 옥상녹화의 선도지로서 2001년에 옥상녹화를 추진하는 정책이 채택되었으며, 또한 시의 보조금으로 건설되는 빌딩에 대해서는 옥상녹화를 의무화하고 있다.

(다) 도시열섬현상 완화를 위한 기술 개발

① 2005년 미국에서는 도시열섬 저감을 위하여 Cool Pavement, Cool Roofing 및 옥상녹화 등의 기술개발이 진행되었다.

② 녹지면적이 비교적 넓은 미국에서는 투수성/보수성/차열성 포장 등 포장분야 기술개발을 통한 도시열섬을 저감하기 보다는 Cool roofing, 옥상녹화의 도입으로 열섬현상을 완화하는데 주력하고 있다.

: 과거에는 Cool roofing(단열성 도료뿐만 아니라 담색계 페인트로 지붕 온도를 낮게 유지하는 수법이 주류)을 주로 사용하였으나 최근에는 옥상녹화를 도입하고 있고 있다.

(3) 영국, 독일, 네델란드 등

① 대부분의 선진국에서는 1990년부터 기후온도변화를 조사하고 이에 따른 열섬현상 완화 가이드라인을 제시하여, 열섬현상 완화 관련 연구 및 그에 따른 포장 적용성을 평가하는 단계에 있다. 또한, 유럽에서는 열섬대책뿐만 아니라 인간배려 등 종합적 가치로서 녹화사업이 추진되고 있으며, 독일에서는 옥상녹화에 대하여 각주·시의 단위에서 구체적인 대책이 추진 중에 있다.

② 독일, 네델란드는 투수성 블록 포장이 보도, 주차장 및 공원 등 여러 용도에 사용되고 있으며, 특히 네델란드는 투수성 포장공법에서 지하수의 오염방지까지

연구가 진행되었다.

③ 영국에서도 투수성 블록 포장 공법이 사용되고 있으며, “녹색인프라 파트너십”이라는 정책을 수립하여 열섬효과 저감을 위해 국가적으로 추진하고 있다. 이 정책의 도시 열섬효과의 완화는 맨체스트 대학에서 10% 가량의 도시 녹지공간이 필요하다고 제안하였고, 나무, 공원 및 정원, 옥상 및 벽면 녹화 등을 이용한다.

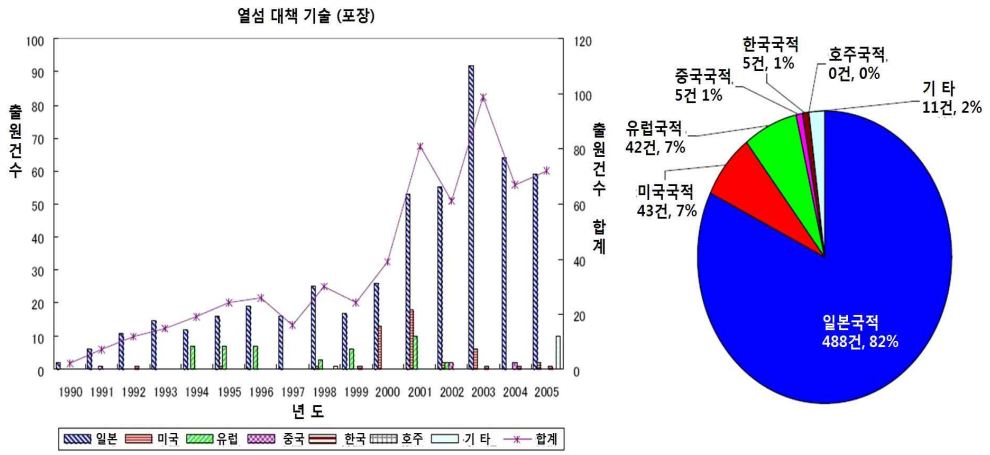


[독일의 투수성 포장]

(4) 특허 동향

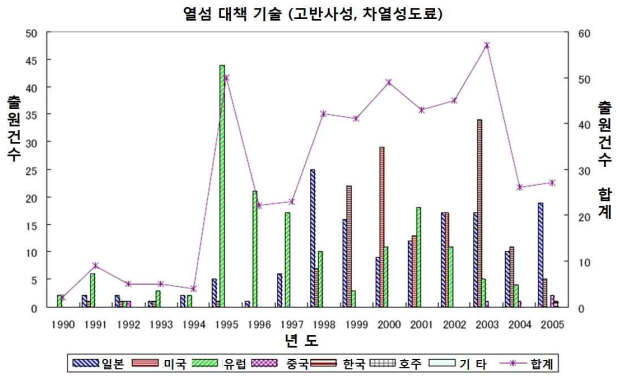
① 도시열섬 대책 관련 기능성 포장분야(보수성 포장, 차열성 포장) 특허는 1990년대 초반 출원되기 시작하여 2000년대 초반 급속한 증가추세를 보이고 있으며, 고반사도료 · 차열도료 분야의 경우 1990년대 중반부터 성장하기 시작하였다.

② 기능성 포장분야의 출원인별 국적은 일본이 약 80% 이상을 차지하고 있으며, 미국과 유럽은 약 7%를 점하고 있음.



[기능성 포장분야(보수성 포장, 차열성 포장) 특허출원 현황(1990~2005)]

: 고반사 도료·차열도료 분야의 출원인별 국적은 일본이 약 80% 이상을 차지하고 있으며, 미국과 유럽은 약 7%를 점하고 있음.





[고반사성 차열성 도료분야 특허출원 현황(1990~2005)]

※ 자료: 일본 특허청 "특허출원기술동향조사보고서 - 도시열섬대책 기술", 2008.04

③ 특허 분석 결과

[도시열섬 대책 관련 주요 특허 현황]

발명의 명칭	특허출원번호
차열성 포장 혼합물 및 차열성 포장 방법	10-2008-0014337
열 차단 탄성 포장재 및 그 시공방법	10-2008-0027145
차열 코팅 조성물 및 차열 코팅 조성물을 이용한 칼라 마감투수포장 시공방법	10-2008-0098187
열방사 기능을 갖는 도로 포장재	10-2008-0059772
차열 코팅 재료	10-2010-7006650
차열성 포장 혼합물 및 차열성 포장 방법	10-2008-0014337
열 차단 탄성 포장재 및 그 시공방법	10-2008-0027145
차열 도로포장 공법	10-2007-0105210
차열도료	10-2007-0137466
열섬방지 탄성포장재 시공방법	10-2009-0107584
열섬현상 완화용 도로포장 구조물	10-2007-0048025
열섬현상 완화용 도로 구조물	10-2007-0048023
보수성(保水性) 콘크리트 조성물 및 이를 이용한 콘크리트 포장 방법	10-2010-0019072
차열성 도료 조성물 및 이를 이용한 미끄럼 방지용 차열성포장체	10-2008-0039288
보수성과 배수성이 향상된 도로포장용 조성물 및 이를 이용한 현장 타설공법	10-2009-0000074
투수성과 보수성을 가지는 포장용 블록	10-2008-0079260
보습성 콘크리트 블록 및 이의 제조방법	10-2010-0012828
도로의 온도 상승 방지용 포장 시스템	10-2006-0134869
버텀애쉬를 이용한 콘크리트 투수보도용 판 및 블록	20-2006-0008601
보수성 블록	10-2007-0029566
透水性ブロック	2009-22168
透水性および保水性のある自然石を用いた舗装	2008-192815
吸水ブロック及びそれを用いたブロック舗装	2007-305183
透水性と保水性のある舗装材料及び舗装かた工法	2007-253745
太陽熱遮断性舗装体の構築方法	2007-312045
保水性ブロック及びその製造方法	2006-179802
遮熱性セラミック真空球体配合の硬質骨材及びその製造方法並びに骨材を用いた道路の舗装方法	2004-335063
熱反射道路	2003-7951
遮熱性塗料	2005-379073
遮熱性舗装及びその舗設方法	2002-327218
遮熱性 · 保水性舗装	2005-104696

: 도시열섬 저감을 위한 특허출원을 분석한 결과 도로포장 관련 출원이 대부분을 차지하고, 블록 관련 특허 출원은 미흡한 실정이다. 도로포장 분야의 경우 포장 표면온도를 저하시키기 위하여 고반사 코팅재료를 사용하는 차열 포장과 관련된 차열 포장용 도료, 혼합물 및 시공방법 등 다양한 특허 출원이 이뤄지고 있으며, 도시열섬 저감 관련 기능성 블록 관련 특허는 대부분 블록 표면의 연속공극을 통해 우수를 블록 밑 기초부분으로 보내는 투수성 블록이나 보수성 블록 관련 출원이다. 현재, 태양열 고반사 재료 및 관련 기술을 활용한 블록제품 특허출원은 전무한 실정이다.

연구결과

국외 열섬 저감형 포장 및 블록 현황의 조사 결과 1990년도부터 선진국에서는 열섬 저감에 대한 관심을 보이기 시작했으며, 이에 따른 조사 분석 보고서 및 그 해결 방안에 대해 계속적인 연구개발을 진행하였다. 초기에는 열의 흡수율이 높은 아스팔트나 콘크리트에 차열도료를 코팅하는 방법으로 열섬효과를 방지하는 노력을 했으며, 그 후 투수블록/보수블록의 개발이 이루어졌다. 그러나 현재는 비교적 국토의 면적이 넓고 도로가 차지하는 면적이 넓은 나라에서는 녹지공간의 활용을 통해 온도저감 추진을 하고 있으며, 열저감 블록으로 투수블록/보수블록이 사용되고 있다. 그러나, 국토면적이 좁고 녹지공간을 많이 확보할 수 없는 일본에서는 투수블록/보수블록과 고반사 코팅재료를 활용한 도로의 설계를 극대화하고 있으며, 좀 더 발전된 제품으로 고반사 재료를 이용한 열섬저감 블록이 개발 진행 중에 있다.
대한민국의 경우 2000년부터 빗물의 이용을 극대화하기 위해 투수블록을 사용하기 시작했다. 현재 여러 제조업체에서 투수블록을 개발 중에 있으나, 시공에서부터 투수블록이 그 기능을 하지 못하도록 설계되고 있으며, 투수블록은 시간이 경과함에 따라 투수율은 저감하고 온도 저감 효과는 감소하게 되는 문제점을 보이고 있다.
이러한 현시점에서 개발 진행하고 있는 고반사 재료를 이용한 하이브리드블록의 개발이 절실한 시점이라고 판단된다.

연구성과 및 활용

- 국외의 선진 제품에 대한 분석을 통해 진행해야 될 계획 수립
- 특허 분석을 통한 관련 기술 활용성 검토

1. 고반사 재료 및 hybrid 블록 개발을 위한 선행연구분석

(1) 국외 열섬 저감형 포장 및 블록 현황

① 일본

㈀ 도시열섬 현상에 관한 실험의 사례

: 지구의 온난화에 급격한 도시발달로 인한 열섬현상 등으로 생활환경이 급격히 악화되었다. 이에 1990년대부터 도시 열섬현상에 대한 연구조사가 활발히 진행되었다.

[표.1 - 일본의 도시열섬현상 조사 현황]

년도	연구자	내용	지역
1991	Kimura	인공 폐열의 감축에 의한 도시 규모에서의 기온저감 효과	관동평야 동경도
1997	Ichinose		
1997	Murakami	토지이용변화에 기인하는 열섬의 형상에 대해서 수치모델을 이용하여 검토	동경일대
2000	Kusaka	토지이용변화가 기온장, 풍속장에 미치는 영향 평가	관동평야

㈁ 도시열섬에 대한 대책 및 적용

- 일본 도쿄의 경우 도시 공간전체의 기후변화를 감지하고 대처할 수 있도록 모니터링 체계를 강화하였으며 건축물 녹화, 도로 살수 및 열환경 개선형 포장재 적용을 확대하고 있다.
- 일본 도쿄도에서는 열섬현상 완화를 목적으로 도로의 표면온도 상승방지를 위하여 2001년 여름에 대표적 도심지인 신주쿠에 보수성 포장을 시범 실시하였다. 표면온도 모니터링 결과 일반 포장과 비교하여 약 20℃정도 온도가 내려가는 것으로 조사되어 실험 장소를 증가시키고, 포장 면적도 확대하였다.
- 매년 열섬에 의한 환경피해가 심해지고 있는 도쿄는 2003년 열섬 대책을 통하여 도시 열환경 Map 및 열섬 대책 추진 지역을 선정하였으며, 2005년 7월에 열섬 대책 가이드라인을 발행하였으며, 이에대한 대책을 표.2에서처럼 추진하였다.



그림.1 도쿄 열환경 Map

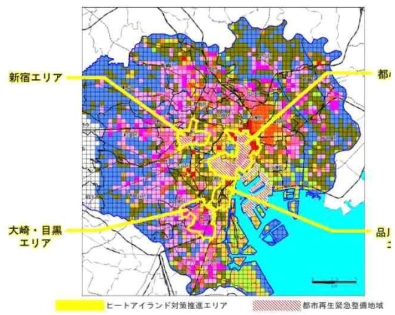
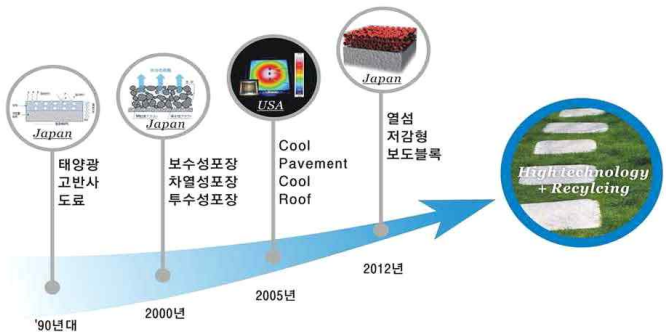


그림.2 - 도쿄 열섬 대책 추진 지도

차열성 도료 조성물 및 이를 이용한 미끄럼 방지용 차열성포장체	주식회사 홍서이엔씨	10-2008-0039288
투수성과 보수성을 가지는 포장용 블록	(주)자연과환경	10-2008-0079260
보습성 콘크리트 블록 및 이의 제조방법	주식회사 제일에코텍	10-2010-0012828
도로의 온도 상승 방지용 포장 시스템	한국건설기술연구원	10-2006-0134869
버텀애쉬를 이용한 콘크리트 투수보도용 판 및 블록	한국지알씨 주식회사	20-2006-0008601
보수성 블록	한림에코텍	10-2007-0029566
透水性ブロック	吉村 政宏	2009-22168
透水性および保水性のある自然石を用いた舗装	小林 恒己	2008-192815
吸水ブロック及びそれを用いたブロック舗装	株式会社 林物産発明研究所	2007-305183
透水性と保水性のある舗装材料及び舗装かた工法	かねこ株式会社	2007-253745
太陽熱遮断性舗装体の構築方法	ＮＩＰＰＯコーポレーション	2007-312045
保水性ブロック及びその製造方法	ＪＦＥスチール株式会社	2006-179802
遮熱性セラミック真空球体配合の硬質骨材及びその製造方法並びに骨材を用いた道路の舗装方法	太洋塗料株式会社	2004-335063
熱反射道路	日本特殊塗料株式会社	2003-7951
遮熱性塗料	奥アンツーカ株式会社	2005-379073
遮熱性舗装及びその舗設方法	株式会社大林組	2002-327218
遮熱性・保水性舗装	住友大阪セメント株式会社	2005-104696

(3) 소론

- 이미 선진국에서는 기후온도변화의 위험성을 감지하여 이러한 변화에 대처하기 위해 다각도로 연구개발을 진행하고 있다.
- 투수성 블록, 보수성 블록 등의 도시의 온도를 저감할 수 있는 블록은 거의 상용화의 단계에 있으며, 이러한 블록보다 뛰어난 열섬저감형 블록이 개발 단계에 있다.
- 미국, 독일 등 녹지 공간의 활용이 우수한 나라의 경우 옥상녹화나 공원 등을 이용하여 열섬효과의 방지하고 있으며, 우리나라와 같이 녹지공간이 부족한 일본의 경우 다양한 온도저감형 블록이 연구개발되고 있다.



[그림. 8 - 도시열섬 저감을 위한 기술개발 동향]

A02	국내・외 고반사 재료 현황 및 반사메커니즘 분석
단계	고반사 재료 선정 및 반사 메커니즘 검토

연구내용

(1) 국내외 고반사 재료현황

국내외에서 도시의 열섬효과를 감소시키기 위해 여러 가지 방안에서 공법이 개발되었다. 태양열 반사 도료를 이용하여 코팅하는 방법, 투수시공으로 인한 표면 온도를 저감시키기 방법, 투수 및 보수 블록으로 인한 방법, 옥상녹화나 공원 등 녹지를 형성하는 등, 다양한 방법으로 개발이 진행되고 있으나 여러 가지 문제점을 야기하고 있다. 예를 들어 투수나 보수로 인한 도로포장 방법은 시간이 지나면, 블록에 먼지나 이물질이 점착되어 그 기능을 상실하고, 태양열 반사 도료를 이용한 방법은 도료가 벗겨지는 문제점이 있었다. 이에 미국이나 유럽과 같은 녹지면적이 넓은 나라는 녹지공간을 확보하는 방법으로 정책이 바뀌고 있는 실정이다. 그러나 우리나라와 일본과 같이 녹지면적이 좁고 인구가 밀집한 나라에서는 도로가 차지하고 있는 비율이 매우 크기 때문에 고반사 재료를 이용한 열섬효과를 방지하는 공법이 절실한 실정이다.

보도 및 차도에 사용되는 블록은 그 기능뿐만 아니라, 시각적으로도 주위의 경관과 어울리는 포장이 되어야 되기 때문에 다음과 같이 색상별로 고반사 재료를 분석하였다.

(가) 화이트

① Titanium Dioxide Rutile

: 모든 색상 중 빛을 가장 많이 반사하는 색상은 화이트이다. 이 화이트 색상 중 이산화티탄(TiO_2)을 포함한 재료가 가장 인기 있는 재료이다. 이는 이산화티탄이 가장 빛을 많이 산란시키며, 열의 흡수가 낮으며 무독성이며 가격이 저렴하기 때문이다. 이산화 티타늄은 가시광선 영역 안에서 가장 높은 반사 인덱스를 가지고 있다.

(나) 블랙/브라운

① Carbon Black

: 카본블랙은 존재하는 모든 태양 스팩트럼에서 가장 흡수율이 높으며, 가장 반사를 작게 하는 재료이다.

② Chromium Iron Oxide Selective Black

: 이 재료의 일부는 광물 함량에 의해 블랙보다 브라운에 가까운 색상을 나타내는 경우도 있다.

: 이 재료는 이산화티탄 화이트의 절반 정도 1,000㎚의 후방 산란 계수, NIR에 좋은 산란을 가지고 있지만, 매우 짧은 NIR에 많은 열을 흡수한다.

③ Perylene Black

: Perylene Black은 근적외선 영역에서 매우 약하게, 가시광선영역에서 강하게 흡수한다. 그러나 흰색바탕을 통해 적용 할 때 700㎚에서 흡수 감소를 나타내며,

매우 높은 NIR 반사율 (0.85)을 제공하는 재료이며, 우수한 내광성 및 내후성을 나타낸다.

④ Iron Oxide Brown

: Iron oxide browns (B13 - B15)은 가시광선영역에서 높은 흡수를 보이며, NIR에서 낮은 흡수를 나타낸다.

(다) 블루/퍼플(자주)

① Cobalt Aluminate Blue, Cobalt Chromite Blue

: 이 재료는 400-500㎚에서 적절한 반사를 나타내며 가시광선 영역에서는 강력한 흡수를 보이는 재료이다.

: 재료는 짧은 NIR에서는 낮은 흡수를 보이지만 1,200-1,600㎚ 영역에서는 알맞은 흡수를 나타낸다.

: 흰색 배경에 사용시 NIR 반사율은 매우 증가하지만, 색상의 일부는 너무 밝아 눈부심을 나타 낼 수도 있다.

② Iron Blue

: Iron Blue는 가시광선 영역과 적외선 영역에서 가장 약하게 빛을 산란하고, 열을 흡수하는 재료이다. 거의 블랙의 색상과 유사한 반사 영역대를 가지는 재료로 적합하지 않은 재료이다.

③ Ultramarine Blue

: Ultramarine Blue는 낮은 적외선 영역에서 열을 약하게 흡수하며, 약하게 빛을 산란시키는 재료이다.

: 만일 적절한 양의 재료를 사용할 경우 NIR 영역에서 많은 흡수를 하지 않고 가시광선 영역에서 흡수를 부여할 수 있어 눈부심을 조절할 수 있는 재료이다.

④ Phthalocyanine Blue

: Phthalocyanine Blue 500-800㎚ 영역에서 약한 빛 반사를 보이며, 강한 열흡수를 가진 재료이다.

: 블랙의 배경의 Phthalocyanine Blue는 최소한의 NIR 반사율을 가지고 있지만, 파란색 보이는 흰색의 배경의 Phthalocyanine는 비교적 높은 NIR 반사율(0.63)을 나타낸다.

: 반사 인덱스는 파장에 따라 변화하며, 적외선 스펙트럼의 짧은 파장에서는 2를 초과한다.

⑤ Dioxazine Purple

: Dioxazine 퍼플은 Phthalocyanine Blue와 비슷하지만, 가시광선 영역에서 더 많이 열을 흡수하며, 적외선 영역에서는 더 적게 열을 흡수한다.

(라) 그린

① Chromium Oxide Green

: Chromium Oxide Green은 가시광선에서 강한 흡수와 강한 산란을 번갈아 한다. 그리고 적외선영역에서는 강한 산란 가벼운 흡수를 나타낸다.

: 흰색 바탕에 chromium oxide green을 사용하게 된다면 탁월한 NIR 반사를 가진 그린색이 만들어진다.

② Cobalt Chromite Green

: Cobalt Chromite Green은 Cobalt Chromite Blue와 거의 유사하며, 군사위장용으로 많이 사용된다.

③ Cobalt Titanate Green

: 코발트 티탄 그린은 코발트 크롬 철광 녹색으로 비슷하지만, 전체 태양 스펙트럼에 걸쳐 더 강하게 산란하고 500㎚의 주위에서는 뚜렷하게 흡수한다.

: 흰색 배경의 코발트 청록색은 매우 강한 NIR 반사(0.72)를 만드는 뿐만 아니라, 밝은 라이트 블루색을 나타낸다.

④ Phthalocyanine Green

: Phthalocyanine Green은 Phthalocyanine Blue와 유사하지만, 짧은 근적외선 영역에서는 더 강하게 흡수한다.

: 반사율을 예측하기가 힘들고 불규칙적인 반사를 나타낸다.

(마) 레드/오렌지

① Iron Oxide Red

: Iron Oxide Red는 400-600㎚의 밴드에서 약한 산란 매우 강한 흡수의 모양을 나타낸다.

: 흰색을 바탕으로 하는 Iron Oxide Red는 적외선 영역에서 약하게 흡수하며 색상 또한 좋다. 또한 적외선 영역에서 좋은 반사율(0.53-0.67)을 나타낸다.

② Cadmium Orange

: Cadmium Orange는 400-600㎚ 영역에서 약하게 반사하며, 강하게 흡수한다. 그리고 더 긴 파장에서는 강하게 반사하며, 거의 열을 흡수하지 않는다.

: 흰색 배경에 적용한 Cadmium Orange는 밝은 오렌지색을 나타내고, 매우 높은 NIR 반사율(0.87)을 보입니다. 기본적으로 흰색 배경과 같을 수 있다.

③ Organic Red

: Organic Red는 600㎚ 까지는 약한 산란, 강한 흡수를 보이며, 그 이상의 영역에서는 약한 흡수와 중등의 산란을 보이는 재료이다.

: 흰색 배경 위에 적용했을 때, 그들은 중간 붉은 색과 매우 높은 NIR 반사율(0.87 0.82)을 얻을 수 있다.

(바) 옐로우

① Iron Oxide Yellow

: Iron Oxide Yellow은 Iron Oxide red와 비슷한 갈색을 띤 노란색이다.

: 그것은 흰색 배경 위에 적용 할 때 높은 NIR 반사율(0.70)을 나타낸다.

② Cadmium Yellow

: Cadmium Yellow는 Cadmium Orange와 유사하다.

: 그것은 더 밝은 노란색이며 흰색 배경 위에서 매우 높은 NIR 반사(0.87)를 가진다.

③ Chrome Yellow

: Chrome Yellow는 Cadmium Yellow과 비슷하지만 흡수율의 점차적 감소를 나타낸다.

: 그것은 더 밝은 노란색이며 흰색 배경 위에서 매우 높은 NIR 반사(0.82)를 가진다.

④ Chrome Titanate Yellow

: Chrome Titanate Yellow는 Chrome Yellow와 비슷하지만 적외선 영역에서 더 강하게 빛을 산란한다.

: Chrome Titanate Yellow의 산란 계수는 높은 적외선 영역의 반사율을 가지기 위해 티타늄 화이트와 사용될 때, 근적외선 영역에서 100㎜$^{-1}$을 초과 할 수 있다.

: 검정바탕의 Chrome Titanate Yellow는 그린이나 브라운의 색상을 나타내기도 하며 0.26 - 0.62의 적외선 반사를 보인다.

: 흰색바탕일 경우 오렌지나 옐로우의 색상을 나타내며, 0.80 - 0.86의 높은 적외선 반사를 보인다.

⑤ Nickel Titanate Yellow

: Nickel Titanate Yellow는 Chrome Titanate Yellow와 유사하다.

: 흰색에 적용될 때, 그것은 색도가 낮은 노란색을 띠며, 0.77-0.85의 높은 적외선영역의 반사를 나타낸다.

: 검정색에 적용될 때 녹색을 띤 노란색으로 표시되며, 0.42-0.64의 반사를 보인다.

⑥ Strontium Chromate Yellow + Titanium Dioxide

: 이 재료는 검은색 백그라운드에서 녹색을 띤 브라운으로 표시되며, 흰색에서는 노란색으로 표시된다.

: 이 재료는 1000㎚ 파장에서 매우 낮게 흡수하며, 매우 강하게 빛을 산란한다.

⑦ Hansa Yellow, Diarylide Yellow

: Hansa Yellow, Diarylide Yellow 500㎚ 아래에서는 강하게 흡수하고 그 밖의 영역에서는 매우 약하게 흡수한다.

: 흰색에 적용될 때, 이 재료는 밝은 노란색이나 오랜지 빛 노란색을 나타내며, 0.87의 높은 반사율을 보인다.

(사) 진주빛

① Mica + Titanium Dioxide

: 이산화티탄으로 코팅된 운모 조각은 박막 간섭을 통해 자신의 색깔을 다양하게 나타내며(금색, 파란색, 녹색, 오렌지, 레드, 바이올렛, 또는 밝은 백색) 강한 산란 약한 흡수를 나타낸다.

: 일부는 근적외선의 100㎜$^{-1}$을 초과 계수를 산란했다.

: 흰색에 적용될 때, 이 재료는 0.88-0.90의 높은 NIR 반사를 보이며, 화이트 색상이며, 블랙에 적용될 때 0.35-0.54의 반사를 보인다.

② Mica + Titanium Dioxide + Iron Oxide

: 이산화티탄과 산화철로 코팅된 운모조각은 이산화티탄으로 코팅된 운모조각과 매우 흡사하다. 그러나 더 많이 흡수하고, 더 적게 반사하여, 더 어두운 색상이다.

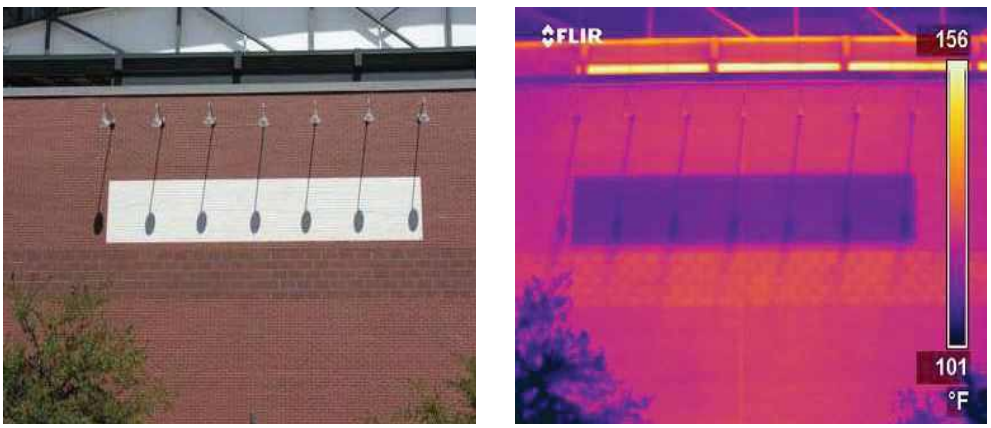
(2) 반사 메커니즘 분석

(가) 태양광 반사율

태양광 에너지는 자외선(UV), 가시광선 및 적외선 에너지로 구성되며, 각각 여러 비율로 지구에 도달한다. 태양광 에너지의 5%는 자외선 스펙트럼에 있으며, 피부 변색에 원인이 되는 광선 형태를 포함한다. 태양광 에너지의 43%는 가시광선이며, 보랏빛에서 붉은 빛에 이르는 색상이 있다. 그리고 태양광 에너지의 나머지 52%는 적외선이며 열로 느껴진다. 이 모든 파장 속의 에너지는 도시 열섬 형성의 원인이 된다. 태양광 반사율 또는 반사계수는 표면이 반사하는 태양광 에너지의 비율이다. 서늘한 포장도로에 관한 대부분의 연구는 본 특성에 초점을 맞추어 왔으며, 재료 최대 표면 온도의 주 결정요인이다. 이후 포장도로 안으로 표면에서 더 적은 열이 이전되기 때문에, 반사계수는 또한 표면 아래의 포장도로 온도에 영향을 미친다. 연구자들, 엔지니어들, 업계는 재료가 얼마나 잘 각 파장에 에너지를 반사하는 지를 측정한 후 이들 값의 가중 평균을 산정함으로써, 태양광 반사율 결정하는 방법을 개발하기 위하여 협력해 왔다. 아스팔트 및 콘크리트와 같은 재래식 포장 재료는 5~40%의 태양광 반사율을 가지며, 이는 대기 안으로 반사하는 대신 도달하는 에너지의 95~60% 흡수하는 것을 의미한다. 그러나 이들 값은 수명과 재료에 따라 다르며, 통상 시간의 경과에 따라 변화한다. 아래 그림은 반사 계수만을 변경하는 것이 얼마나 상당히 표면 온도를 변경할 수 있는지를 표시한다. 비록 LBNL의 그러한 것들을 포함해 연구자들이 75%보다 큰 태양광 반사율을 가진 밝은 색상 포장도로를 만들었다고 하더라도, 이들 고반사 계수 포장도로는 광범하게 퍼진 상업적 사용 가능성을 가지고 있지는 않다.

풍화 및 오물의 축적으로 인해, 재래식 아스팔트 및 콘크리트의 태양광 반사율은 시간의 경과에 따라 변화하는 경향이 있다. 아스팔트는 접합제가 산화되고 더 많은 골재가 마모로 노출됨에 따라 밝아지는 경향이 있다. 콘크리트 또한 모래와 돌, 골재를 사용하지만, 아스팔트와 대조적으로 접합제로서 포틀랜드 시멘트를 전형적으로 사용한다. 도보 및 차량 통행은 일반적으로 시멘트를 오염시켜, 시간이 경과함에 따라 어두워지게 한다.

반사계수는 전형적으로 0~1의 눈금으로 측정된다. 본 보고서에서, 반사계수는 비율로 제시되며, 따라서 0.05의 반사계수는 5%의 태양광 반사율에 상당한다. “태양광 반사율 지수”는 태양의 재료 온도를 나타내기 위하여 단일 측정으로 태양광 반사율 및 열 발산도 양자를 통합하는 0~100 눈금의 값이다.



[표면 온도의 반사계수 효과]

(나) 열 방사율

재료의 열 방사율은 얼마나 많은 열이 주어진 온도에서 단위 면적 당 발산될 것인지, 얼마나 용이하게 표면이 열을 떨어뜨리는지를 결정한다. 복사 에너지에 대해 노출되는 어떠한 표면도 열 평형상태에 도달할 때까지 (즉 수신된 만큼 많은 열을 발산할 때까지) 가열될 것이다. 고 발산도 표면이 더욱 용이하게 해당 열을 발산하기 때문에, 햇빛에 노출될 때 고 발산도를 가진 표면은 저 발산도를 가진 표면 보다 더 낮은 온도에서 열 평형상태에 도달할 것이다. 열 발산도는 도시 열섬에 대한 재료 출자를 결정하는 데 있어서 중요한 역할을 한다. 2007년부터의 연구는 반사계수 및 발산도가 최소 온도에 영향을 미치는 발산도 및 최대 표면 온도에 큰 영향을 주는 반사계수로, 재래식 포장도로가 냉각 또는 가열하는 정도를 결정하는 데 가장 큰 영향을 미치고 있다고 주장한다. 비록 열 발산도가 중요한 특성이긴 하지만, 대부분의 포장도로 재료가 본질적으로 높은 발산도 값을 가지기 때문에 그것을 변경하는 서늘한 포장도로 실행을 채택하기 위해서는 제한된 옵션만이 존재한다.

(다) 투과성

투과성 포장도로는 잠재적인 서늘한 포장도로로서 출현하고 있다. 이들 포장도로는 공기, 물, 수증기를 포장도로의 공간으로 허용한다. 투과성 포장도로 기술은 다공성 아스팔트 응용, 투과성 콘크리트 응용, 투과성 포장용 벽돌 및 격자 포장도로를 포함한다. 투과성 목표 및 예상되는 교통 하중에 대한 구조적 요구사항 양자를 모두 성취하기 위하여, 이들 투과성 포장도로는 적절한 디자인과 설치로 장점을 취한다. 젖은 경우, 이들 포장도로는 냉각 증발을 통해 온도를 더 낮출 수 있다. 물은 공간을 통과하고 토양이나 아래 지지 재료 안으로 통과한다(아래 그림). 포장도로 구조 내 습기는 표면 열로 증발하고, 이에 따라 식물로 덮인 토지 표면에서 냉각 증발과 유사하게 포장도로로부터 열을 뽑아낸다. 일부 투과성 포장도로 시스템은 잔디 또는 낮게 놓여있는 초목을 포함하며, 이는 잘 수화한 초목의 표면 온도가 전형적으로 주변 공기 온도보다 낮기 때문에 특별히 서늘하게 유지될 수 있다.



[투과성 대 재래식 아스팔트]

건조되었을 때, 투과성 포장도로가 온도에 영향을 미칠 수 있는 정도는 더욱 복잡하고 불확실하다. 예를 들어 투과성 포장도로의 더 큰 공기 공간은 사용 가능한 표면 영역을 증가시킨다. 이들 조건들은 더 낮은 포장도로 구조 및 토양으로의 열 이

전을 제한하여, 포장도로 표면에 열을 유지(주간 표면 온도 증가)하지만 대부분의 열저장을 감소(야간 열 방출 감소)시킬 수도 있다. 더 큰 표면 영역은 또한 포장도로 위의 공기 이동(대류)을 증가시켜, 포장도로에서 공기까지 열을 이전할 수도 있다. 전반적으로 포장도로 표면 하층으로 열 이전이 제한되면, 야간동안 열의 방출을 감소시킨다. 도시 재료로부터 저장된 열의 방출은 많은 도시들에서 경험하는 야간 열섬의 주요 원인 제공자이다.

공기온도 및 도시열섬 조건에 대한 투과성 포장도로의 영향을 더욱 이해하기 위하여 더 많은 연구가 필요하다. 이들 냉각 메커니즘의 복합성 및 이들 포장도로가 기능하는 넓은 조건 범위가 제시된다면, 더 많은 현장 테스트 및 유효성 검사가 수량화될 수 있으며, 도시 기후에 투과성 포장도로의 장점과 영향 범위를 명확하게 할 것이다.

(라) 고려해야할 기타 요인

포장도로 온도는 일련의 요인에 따라 다르다. 반사 포장도로는 열 취득을 제한하는 표면 반사계수를 증가시키는 반면, 투과성 포장도로는 서늘한 상태를 유지할 수 있도록 포장도로가 축축할 때 증발 냉각을 가능하게 한다. 그러나 실제 조건은 포장도로 특성에 따라 변화되며, 모든 상황 하에서 “서늘하게” 되지 않을 수도 있는 포장도로를 야기할 수 있다. 본 장은 포장도로 선택사항을 만들 때 공동체가 고려해야 할 이러한 문제점들을 제시한다.

태양광 반사율, 발산도 및 투과성 이외에도, 기타 특성 및 요인들이 얼마나 용이하게 포장도로가 빛을 흡수하거나 상실하는지에 영향을 미친다.

① 대류

포장도로는 따뜻한 포장도로 위에서 공기가 이동함에 따라 대류를 통해 공기에 열을 이전한다. 대류의 비율은 표면 위에서 전달하는 공기의 온도 및 가속도, 포장도로의 거친 정도, 공기에 노출된 포장도로의 총 표면 면적에 따라 달라진다. 일부 투과성 포장도로는 재래식 포장도로 보다 더 거친 표면을 가지고 있으며, 이는 효과적인 표면 영역을 증가시키고 포장도로 위의 난기류를 창출한다. 이러한 거친 정도가 대류 및 냉각을 증가시키는 반면, 표면의 순 태양광 반사율을 또한 감소시킬 수도 있다.

② 열전도율

낮은 열전도율을 가진 포장도로는 표면에서 가열될 수 있지만, 더 높은 전도율을 가진 포장도로만큼 빨리 다른 포장도로 층 전방에 해당 열을 이전시키지는 않을 것이다.

③ 열용량

포장도로와 같은 많은 인공 재료들은 건조된 흙과 모래 같은 천연 재료보다 더 많은 열을 저장할 수 있다. 결과적으로 조립 영역은 전형적으로 더 많은 태양 에너지를 포착하며, 때때로 낮 동안 주변 농촌의 2배만큼이나 보유한다. 도시 지역의 재료가 저장된 열을 방출하는 경우, 재래식 도시 재료의 더 높은 열 용량은 야간 열섬의 원인이 된다.

④ 두께

더 두꺼운 포장도로가 더 많은 열을 저장하므로, 포장도로의 두께 또한 얼마나 많은 열이 저장되는지에 영향을 미친다.

⑤ 도시 기하학적 구조

도시 내 빌딩의 치수와 공간 점유, 즉 도시 기하학적 구조는 얼마나 많은 열을 포장도로 및 기타 기간 시설이 흡수하는 지에 영향을 미칠 수 있다. 예를 들어, 좁은 거리를 따라 있는 높은 빌딩은 “도시 협곡”을 창출한다. 이러한 협곡 효과는 빌딩이 그늘을 제공하는 경우, 낮 동안 포장도로에 대한 열 취득을 제한할 수 있다. 그러나 이들 동일한 빌딩은 또한 포장도로에 의해 반사 및 발산되는 열을 흡수 및 가둘 수도 있으며, 이는 열이 도시로부터 빠져 나가지 못하도록 하고 야간에 열섬 효과를 악화시킨다. 도시 협곡 효과의 전반적인 영향은 특정 도시가 배치된 방법, 위도, 1년 중의 시간 및 기타 요인들에 따라 달라진다. 이들 특성이 포장도로 온도 및 도시 열섬 효과에 가지는 정확한 영향을 결정하기 위해서는 더 많은 연구가 필요하다.

연구결과

고반사 재료를 분석한 결과 재료의 종류에 따라 태양열의 파장에 따른 반사의 특성이 상이한 것을 알 수 있었다. 그러나 색상이 밝은 재료 일수록 빛의 반사율이 높고, 흡수가 낮은 것을 알 수 있었다. 이산화티탄 성분의 화이트 색상이 반사가 높고 흡수가 낮은 재료로 알려져 있으며, 카본 성분의 블랙 색상이 반사가 낮고 흡수가 높았다. 이는 이산화티탄의 화이트 계열의 색상을 사용한 제품이 열저감 효과가 높을 것이라고 판단할 수 있다.(가시광선 영역에서는 눈부심이 발생할 수 있음)

또한 유사한 색상에서도 반사 및 흡수의 차이를 나타낸다. 옐로우 색상의 경우 Cadmium Yellow의 경우 매우 높은 반사율을 가진 제품으로 반사율이 최대 0.87의 값을 가지나, Iron Oxide Yellow의 경우 최대 0.70의 값을 가진다.

뿐만 아니라, 유사한 색상에서도 반사의 특성상 가시광선 영역에서 높은 반사율을 나타내고, 적외선 영역에서 상대적으로 낮은 반사율을 보이는 재료가 있다. 이런 재료들은 눈부심 현상을 초래할 수 있으며, 온도저감 효과에는 영향이 없다. 또한 눈부심에 영향이 있는 가시광선 영역에서는 흡수가 높고 적외선 영역에서는 높은 반사율을 가지는 재료가 있다. 이러한 재료는 고반사 블록에 사용하기에 적합한 재료라고 할 수 있다. 이에 문헌조사를 바탕으로 고반사 재료의 반사특성에 대한 명확히 분석하여 실험을 진행하여야 한다.

순번	C.I.N.C	Pigment Name	C.I.	CAS-No	입도(㎛)
1	PBr24	Chrome Antimony Titanate	77310	68186-90-3	10 - 25
2	PBr29	Chrome Iron Brown	77500	12737-27-8	10 - 25
3	PW6	Titanium Dioxide Rutile	77891	13463-67-7	10 - 25
4	PY35	Cadmium Yellow	77205	12442-27-2	10 - 25
5	PBk32	Perylene Black	71133	83524-75-8	10 - 25
6	PY1	Hansa Yellow	11680	2512-29-0	10 - 25
7	PBk12	Iron Titanium Brown Spinel	77543	68187-02-0	10 - 25
8	PB28	Cobalt Aluminate Blue Spinel	77346	1345-16-0	10 - 25
9	PB27	Prussian Blue	77510	14038-43-8	10 - 25
10	PY53	Nickel titanate yellow	77788	8007-18-9	10 - 25
11	PY42	Yellow Iron Oxide	77492	51274-00-1	10 - 25
12	PY83	Diarylide Yellow HR	21108	5567-15-7	10 - 25
13	PW20	Titanated Mica	77019	12001-26-2	10 - 25
14	PR9	Naphthol Red Light	12460	6410-38-4	10 - 25

연구성과 및 활용

- 국내·외 고반사 재료 현황을 분석하면서 다양한 색상을 가진 고반사 재료를 도출할 수 있었으며, Composite 블록에 접목 가능성 검토를 위해 각 재료의 시험을 진행.
- 태양광 반사 메커니즘을 분석한 결과, 보·차도에 적용하기 위해서는 다양한 고려사항이 필요하며, 블록 표면 형태에 대한 재해석과 유지관리에 대한 대비책을 수립.

2. 국내외 고반사 재료현황 및 반사메커니즘 분석

(1) 국내외 고반사 재료현황

국내외에서 도시의 열섬효과를 감소시키기 위해 여러 가지 방안에서 공법이 개발되었다. 태양열 반사 도료를 이용하여 코팅하는 방법, 투수시공으로 인한 표면 온도를 저감시키기 방법, 투수 및 보수 블록으로 인한 방법, 옥상녹화나 공원 등 녹지를 형성하는 등, 다양한 방법으로 개발이 진행되고 있으나 여러 가지 문제점을 야기하고 있다. 예를 들어 투수나 보수로 인한 도로포장 방법은 시간이 지나며 블록에 먼지나 이물질이 점착되어 그 기능을 상실하며, 태양열 반사 도료를 이용한 포장 방법은 도료가 벗겨짐에 의한 차열성 저감의 문제점이 있었다. 이에 미국이나 유럽과 같은 녹지면적이 넓은 나라는 녹지공간을 확보하는 방법으로 정책이 바뀌고 있는 실정이다. 그러나, 우리나라와 일본과 같이 녹지면적이 좁고 인구가 밀집한 나라에서는 도로가 차지하고 있는 비율이 매우 크기 때문에 고반사 재료를 이용한 열섬효과를 방지하는 공법이 절실한 실정이다.

보도 및 차도에 사용되는 블록은 그 기능 뿐만 아니라, 시각적으로도 주위의 경관과 어울리는 포장이 되어야 되기 때문에 다음과 같이 색상별로 고반사재료를 분석하였다.

① 화이트

㉠ titanium dioxide white

: 모든 색상 중 빛을 가장 많이 반사하는 색상은 화이트이다. 이 화이트 색상 중 이산화티탄(TiO2)을 포함한 재료가 가장 인기 있는 재료이다. 이는 이산화티탄이 가장 빛을 많이 산란시키며, 열의 흡수가 낮으며 무독성이며 가격이 저렴하기 때문이다. 그러나, 이산화티타늄은 가시광선 영역 안에서 가장 높은 반사인덱스를 가지고 있다.

② 블랙/브라운

㉠ Carbon Black

: 카본블랙은 존재하는 모든 태양 스팩트럼에서 가장 흡수율이 높으며, 가장 반사를 작게 하는 재료이다.

㉡ Chromium Iron Oxide Selective Black

: 이 재료의 일부는 광물 함량에 의해 블랙보다 브라운에 가까운 색상을 나타내는 경우도 있다.

: 이 재료는 1000 nm의 영영에서 이산화티타늄 화이트의 절반 정도의 후방 산란 계수를 가지며, 근 적외선 영역에서도 좋은 산란을 가지고 있지만, 그들은 또한 매우 짧은 NIR에 많은 열을 흡수한다.

㉢ Perylene Black

: Perylene Black는 근적외선 영역에서 매우 약하게, 가시강선영역에서 강하게 흡수한다. 그러나 흰색 통해 적용 할 때 700 nm에서 흡수 감소를 나타내며, 매우 높은 NIR 반사율 (0.85)를 제공하는 재료이며, 우수한 내광성 및 내후성을 나타난다.

㉣ Iron Oxide Brown

: Iron oxide brown은 가시광선영역에서 높은 흡수를 보이며, NIR에서 낮은 흡수를 나타낸다.

(ㄹ) 두께

더 두꺼운 포장도로가 더 많은 열을 저장하므로, 포장도로의 두께 또한 얼마나 많은 열이 저장되는지에 영향을 미친다.

(ㅁ) 도시 기하학적 구조

도시 내 빌딩의 치수와 공간 점유, 즉 도시 기하학적 구조는 얼마나 많은 열을 포장도로 및 기타 기간 시설이 흡수하는지에 영향을 미칠 수 있다. 예를 들어, 좁은 거리를 따라 있는 높은 빌딩은 "도시 협곡"을 창출한다. (그림 7 참조) 이러한 협곡 효과는 빌딩이 그늘을 제공하는 경우, 낮 동안 포장도로에 대한 열 취득을 제한할 수 있다. 그러나 이들 동일한 빌딩은 또한 포장도로에 의해 반사 및 발산되는 열을 흡수 및 가둘 수도 있으며, 이는 열이 도시로부터 빠져 나가지 못하도록 하고 야간에 열섬 효과를 악화시킨다. 도시 협곡 효과의 전반적인 영향은 특정 도시가 배치된 방법, 위도, 1년 중의 시간 및 기타 요인들에 따라 달라진다. 이들 특성이 포장도로 온도 및 도시 열섬 효과에 가지는 정확한 영향을 결정하기 위해서는 더 많은 연구가 필요하다.

A03	국내・외 성능평가 방법 분석
단계	ASTM, JIS, EN, KS의 재료 및 현장 반사율 측정방법

(1) 열 특성의 평가 방법

지표면 근처의 대기온도를 결정하는 것에는 다양한 인자가 복잡하게 서로 관련되어 있다. 도시 지표면 부근의 기온을 결정하는 요인으로서는, 그 지점의 지리와 지형조건, 기상조건(상공의 기온, 풍속, 운량, 일사량, 계절 시각 등), 지표면의 열특성(반사율, 열용량, 토양 수분량, 지면 거칠기, 복사 방출율 등), 건물 등의 기하학적 형상과 물성, 인간 활동에 의해 발생하는 인공 폐열, 대기의 열 흡수 특성 등에 영향을 받는다.

특정의 지표면이 대기에 미치는 영향을 다른 종류의 지표면과 비교하여 상대적 영향을 평가하는 방법으로는, (i)물성치의 비교에 의한 방법, (ii) 포장 표면의 온도와 포장 면에서 대기로의 현열 수송량, (iii) 포장면의 열수지 관측과 추정에 의한 방법, (iv) 포장 면 부근의 대기온도 측정과 계산으로 평가하는 방법으로 대별할 수 있다.

그리고 대기온도를 계산으로 평가하는 방법으로는, 1차원, 2차원 및 3차원 기법이 있다. 또, 평가의 대상이 되는 규모는 (i) 건물로 둘러싸인 정도의 가로(街路), (ii) 복수의 건물과 도로면으로 이루어지는 정도의 가구(街區), (iii) 이들의 집합체인 도시 전체의 규모(중규모(meso)라고 함)로 분류된다.

(가) 열적 물성치(thermal physical property)의 비교에 의한 방법

지표면의 열적 물성치를 비교하는 것이 가장 간편한 방법이지만, 지표면의 열적 물성은 단일 지표로 우열을 나타낼 수는 없다. 그래서 보수성 포장과 차열성 포장을 비교하는 등 실제 경우에 있어서는 복수의 열적 물성영향이 가미된 표면온도와 열수지에 의한 평가가 필요하다.

증발이 없는 재료의 경우, 온도차는 거의 알베도로 결정되는 것을 알 수 있다. 다만, 금속 등은 장파복사의 방출율이 낮기 때문에 회귀 직선보다도 온도 차가 크게 나타난다.

아스팔트 포장의 경우, 여름철 맑은 날에 표면 온도에 가장 큰 영향을 주는 열적 물성치는 알베도이고, 이어서 열용량, 열전도도의 순임을 알 수 있다. 단, 증발에 의한 잠열수송을 무시할 수 없는 보수성 포장 등의 경우에는 증발효과를 나타내는 지표로 증발효율과 표층의 함수율 등도 포함시킬 필요가 있다.

(나) 표면온도에 의한 방법

포장재의 열적 특성인 표면온도를 이용해서 평가하는 방법은, 여름철 맑은 날 포장 표면의 최고온도를 어느 정도나 억제할 수 있는가를 지표로 이용하는 경우가 많다. 표면 온도가 높으면 대기로 수송되는 현열량과 장파 복사량이 많아지기 때문에 대기와 인체에 미치는 열적 영향이 큰 것으로 평가된다.

표면온도는 다른 종류의 포장재를 서로 비교한다는 점에서는 유용한 정보이다. 그렇지만, 실제 야외 환경에서 이를 평가하기 위해서는 동일한 장소와 기상 조건 하에서 비교를 하여야 하기 때문에 여러 종류를 비교하려면 넓은 관측 장소와 다수

의 관측 장비가 있어야 한다. 또, 현실적으로 도시 내의 포장도로는 주위의 건물로 둘러싸여 있는 경우가 많아서 각각의 포장 면에 노출되는 기상조건(바람, 복사량)이 복잡해지고 건물 그림자의 영향으로 표면온도의 저감효과가 잘 나타나지 않는 경우도 고려한 평가가 필요하다. 이러한 상황에서 어느 정도의 기온저감 효과가 나타날 것인가를 포함해서 파악하고 싶은 경우, 기상모델을 이용한 수치실험 방법과 실제 도시를 모의한 방법을 사용하는 것이 유용하다.

(다) 열수지에 의한 방법

낮에 포장 면으로 입사되는 에너지는 태양 일사와 대기 장파복사인데, 태양 일사의 일부는 포장면의 알베도에 따라서 일정량은 반사되어진다. 반사되지 않고 남은 복사에너지는 포장 면을 통해서 포장재와 그 아래에 있는 지반으로 전달되기도 하고, 포장 면에서 대기로 현열과 장파복사의 형태로 수송된다.

일반적으로 지표면이 콘크리트나 아스팔트로 포장됨으로써, 현열 수송량이 증가되는 것이 열섬현상을 유발하는 큰 요인이라고 평가되고 있기 때문에, 포장 면이 대기에 미치는 열적인 영향이라는 관점에서 가장 중요한 항목은 현열수송량이다.

현열수송량은 초음파 풍속계와 Scintilo meter를 사용해서 직접 측정하는 방법과 열수지식의 잔차항을 이용해서 산출하는 방법, 대기의 안정도 영향을 수식화한 Louis의 식을 이용해서 산정하는 방법 등이 있다.

또, 지표에서 반사된 일사량과 장파복사에 대해서도 고려할 필요가 있다.

특히, 차열성 포장 등의 고반사성 포장(포장표면의 알베도가 기존의 아스팔트보다 큰 경우는 고반사성으로 지칭함. 보수성 포장이라 하더라도 알베도가 큰 경우는 고반사성 포장의 일종으로 생각할 수 있음)의 경우는 기존의 아스팔트 포장보다도 반사되는 일사량이 증가한다는 사실로부터 그것에 의한 인체의 열적 부하가 증가하지는 않는가, 반사된 일사로 대기가 가열되는 것은 아닌가라는 관점이 분명히 규명되어져야 한다.

(라) 온도에 의한 평가

도로포장이 대기에 미치는 영향을 평가하는 기법은, 어떤 규모로 현상을 취급하느냐에 따라서 달라진다. 포장도로 위를 걷는 인간에게 미치는 영향은 도로와 건물로 둘러싸여 있는 캐노피(canopy), 공간 규모(space scale)에서의 온도 평가가 요구된다. 또 도시 전체의 대기 온도에 미치는 영향은 중규모(meso-scale: 수평거리로 1~1,000km 이상의 현상을 취급하기 위한 규모)에서의 평가가 요구된다.

미세 규모(micro scale)에서는, 지표면 부근의 복잡한 흐름장과 복사환경을 고려한 위에서 기온을 평가하여야 한다. 반면에 중규모에서는 지표면에서 대기로 수송되는 열 플럭스를 적절하게 산정한 바탕 위에서 공간 평균의 온도를 평가한다. 어느 경우(미세규모 또는 중규모)나 수치모의실험에 의한 방법, 풍동 실험에 의한 방법, 현지 관측에 의한 방법으로 평가할 수 있다.

수치모의실험에서는 대기의 흐름성분과 압력(p), 수증기압(q), 온도(T)에 관한 물리방정식을 주어진 초기조건, 경계조건 하에서 시간적으로 적분함으로써 평가를 수행한다.

포장면 상의 기온 평가를 실측으로 수행함에 있어서는, 기온의 측정 대상이 되는

포장면의 크기가 유한하므로, 측정 고도를 너무 높게 하면 포장면의 풍상에 위치하는 다른 지표면의 열적인 영향이 측정결과에 들어가 버린다. 예로써, 풍상의 안정층 영향이 상당히 남아있게 된다. 따라서 관측점의 높이와 포장면의 공간규모와의 관계에 주의하여야 한다.

(2) 국제 표준에 따른 열적 특성 성능 평가 시험방법

(가) ASTM - C1371-04a(2010년 개정)

: 이 방법은 복사 열전도에 의한 재료의 열적 특성을 분석하는 방법이다. 아래 그림의 측정도구를 사용하여 다음과 같은 식을 이용하여 복사열전도를 구한다.

$$Q_{rad} = A\varepsilon\sigma(T1^4 - T2^4)$$

여기에서 Q_{rad}= 복사 열전도

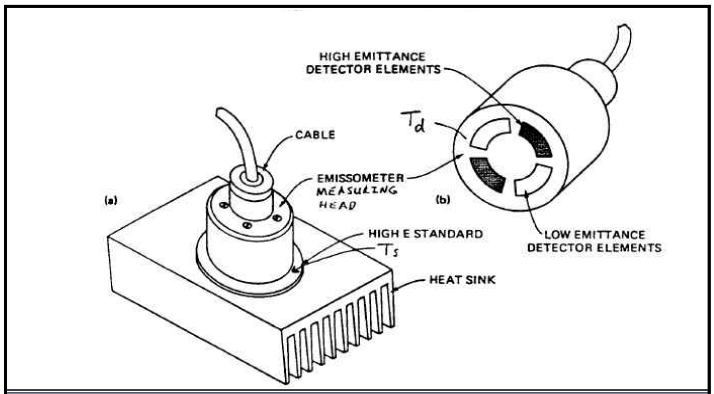
A = 표면의 면적, ㎡

ε = 표면의 총 열 방사율, 차원

σ = 슈테판 - 볼츠만 상수, 5.6696 3 10− W/m2· K4

T_1 = 테스트한 표면의 온도, K

T_2 = 복사열 배경의 온도, K



[열복사 전도기의 외형, Emissometer]

: 이 측정기는 재료의 표면이 낮은 반사율을 가지고 있을 경우, 열 반사선 열전달이 감소된다. 또한, 측정 기간 동안 낮은 표면의 반사율이 유지되지 않는다면, 재료의 장기적인 반사율 감소를 가져올 수 있으므로 재료의 선정에 주의해야 한다. 그래서 이 시험 방법은 현장에서 낮은 반사율 표면의 비교와 정기적인 테스트를 위한 수단을 제공합니다.

(나) ASTM - C1549-09

: 이 시험 방법은 상업용 휴대용 태양 반사율을 사용하여, 실험실이나 현장에서 평면 불투명 재질의 태양 광 반사율을 결정하는 방법이다. 시험 방법의 목적은 태양 방사선에 노출된 표면을 통해 온도와 열 흐름을 평가하는데 필요한 태양 광 반사율 데이터를 얻는데 있다.

$$Q_{abs} = A \cdot q_{solar} \cdot (1-r)$$

여기서, Q_{abs} = ㎡ 흡수되는 복사열

A = 입사 방사선의 영역, ㎡

q_{solar} = 태양 플럭스, W/㎡

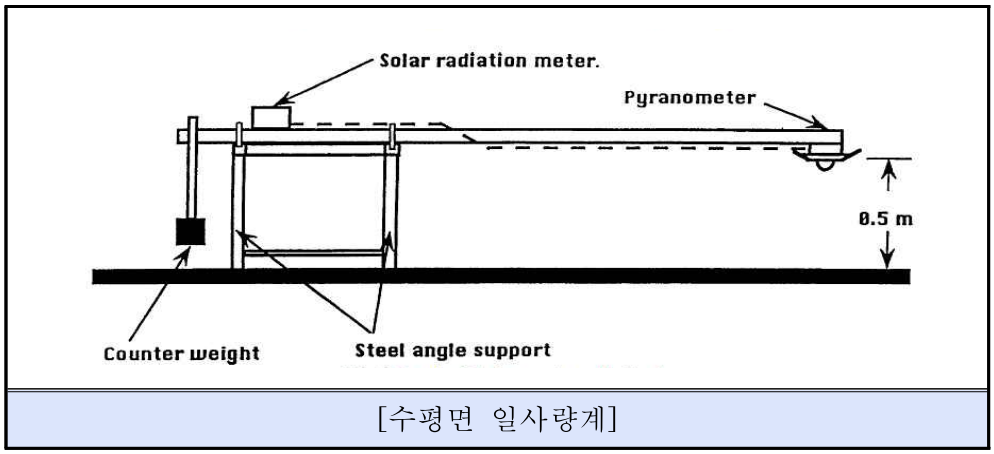
r = 태양 반사율, 무차원

: 이 방법의 태양 반사율을 측정하는 낮은 반사율 파장에 사용하는 시험으로 시험은 범위가 250-2500㎚에서는 사용할 수 없는 방법이다. 이러한 이유로 가시광선의 영역에서 적외선 영역의 넓은 범위를 측정하는 본 과제의 진행에서는 적합하지 않다.

(다) ASTM : E1918 - 06

: 이 시험 방법은 수평면 일사량 계를 사용하여 다양한 분야에서 수평과 낮은 경사 표면 및 재질의 태양광 반사율의 측정하는 방법이다. 표면에서 정상으로 태양의 각도가 45 ° 미만의 경우 사용하며, 수평면 일사량계의 그림은 아래의 그림과 같고 수평면 일사량의 계산은 입사된 방사선 양에 대한 반사되는 방사선 양으로 계산한다.

$$\text{수평면 일사량} = \frac{\text{반사된 반사량}}{\text{입사된 반사량}}$$



[수평면 일사량계]

: 수평면 일사계의 측정은 건조한 표면에서 수행되어야 하며, 같은 지붕, 균질한 도로 및 주차장, 낮은 경사표면에 적용되는 시험 방법이다.

(라) ASTM : E1980 - 11

: 이 방법은 0.1보다 큰 반사율 표면에 대한 수평과 낮은 경사의 제품 표면의 태양광 반사율 지수(SRI)를 계산하기 위한 것입니다.

: 재료의 전도가 0 일 때 태양열에 노출되는 표면의 온도는 다음과 같은 식에서 도출된다.

$$aI = \varepsilon\sigma(Ts^4 - Tsky^{4)} + hc(Ts - Ta)$$

여기서, a= 태양광 흡수열
I = 태양 플럭스
ε = 열 반사율
σ =스테판 볼츠만 계수(5.66961 x 10^8), W·m²·K⁴
Ts = 정상 상태의 표면 온도
$Tsky$ = 대기 온도
hc = 대류 계수
Ta = 공기 온도

: 이 계산은 태양 반사율 및 열 반사율이 표면과 표면 근처 주변 공기의 온도에 영향을 미치는 중요한 요소이라는 점을 근거하여, 낮은 태양 반사율을 가진 표면

은 태양에너지를 높은 에너지 비율로 흡수하고 흡수된 에너지는 일정한 비율로 땅과 건물에 대류하게 되며 나머지는 하늘로 반사된다는 가정 아래 계산된 수식이다.

: 이 방법은 측정 된 태양광 반사율 및 표면 열반사율에 따른 표면의 태양광 반사지수(SRI)를 계산한다. 이렇게 측정된 태양광 반사지수는 표면의 상대온도와 그 상대온도의 후속을 결정하여, 도시를 설계하는 적절한 재료를 선택하는데 도움을 준다.

(마) ASTM : E903 - 12

: 이 시험 방법은 분광광도계를 사용하여 열 흡수율, 반사율, 광선투과도를 측정하는데 사용하는 방법이다. 측정된 스펙트럼 값에서 태양 가중 특성을 계산하는 방법이 지정된다.

: 이 시험 방법은 반사와 산란의 특성을 갖는 모든 재료에 적용 가능하며, 시험 물질의 질감에 미치는 영향에 대한 특별한 고려하여 적용 광학 코팅과 재료에 적용할 수 있다. 그리고 시험 물질의 질감을 고려한 특별한 상황과 얇은 코팅막이 형성된 재료에 적용 할 수 있다. 그러나 불균일한 모양이나 패턴에 적용할 때는 시험 방법의 적용에 대하여 특별한 고려가 필요하다.

: 태양 투과율, 반사율 또는 흡수율은 표준 또는 선택된 태양 스펙트럼 방사와 가중 평균을 계산하여 얻을 수 있으며, 그 계산 방식은 아래의 식과 같다.

식 1, $$\rho_s = \left(\sum_{i=1}^{n} \rho(\lambda_i) E_{\lambda i} \Delta\lambda_i \right) / \left(\sum_{i=1}^{n} E_{\lambda i} \Delta\lambda_i \right)$$

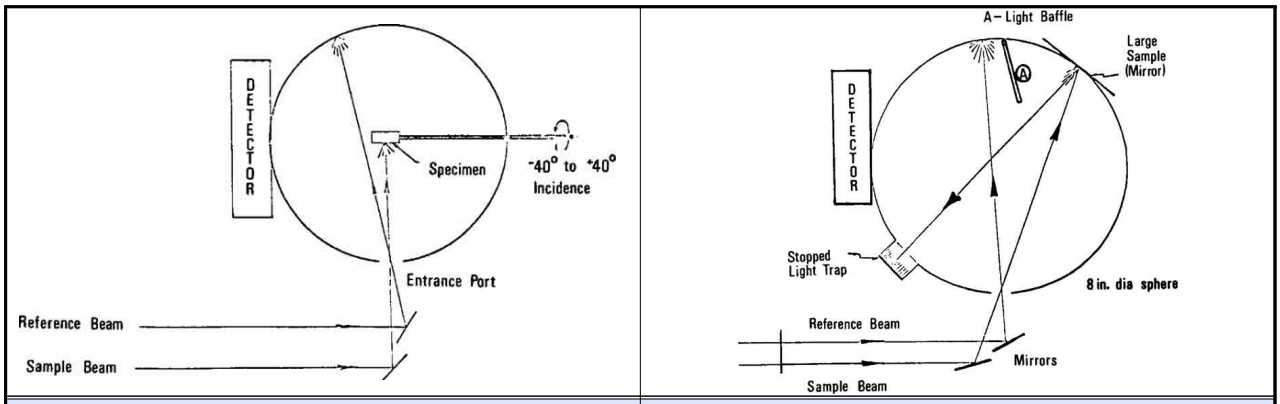
식 2, $$\rho_s = 1/n \sum_{i=1}^{n} \rho(\lambda_i)$$

여기서, ρ_s = 분광반사율

$\rho(\lambda_i)$ = 작업 표준 또는 기준에 대한 보정 분광 반사율

E_λ = 표준 스펙트럼 조도 분포

$\Delta\lambda i$ = 스펙트럼의 파장의 변화

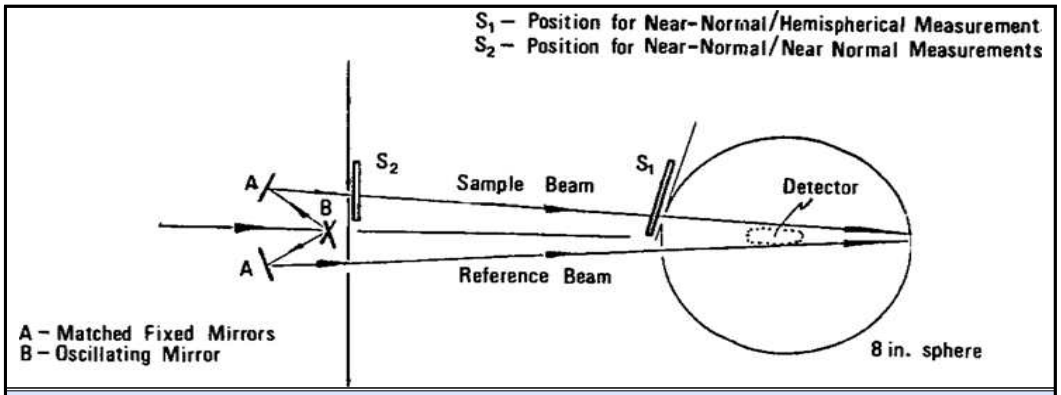


중심에 설치된 스펙트럼	벽에 설치된 스펙트럼

[스펙트럼의 위치에 따른 장비의 설치 및 통합 영역]

: 이 시험 방법은 표준 기준 태양광 스펙트럼 분포를 사용하여 적용하지만, 소스와 태양 광 스펙트럼 분포와 가중치의 세부 정보가 보고되기 때문에 다른 스펙트럼을 사용하여 적용 할 수 있다.

: 이 방법의 측정은 약 300-2500㎚의에서 스펙트럼 범위에서 이루어진다.



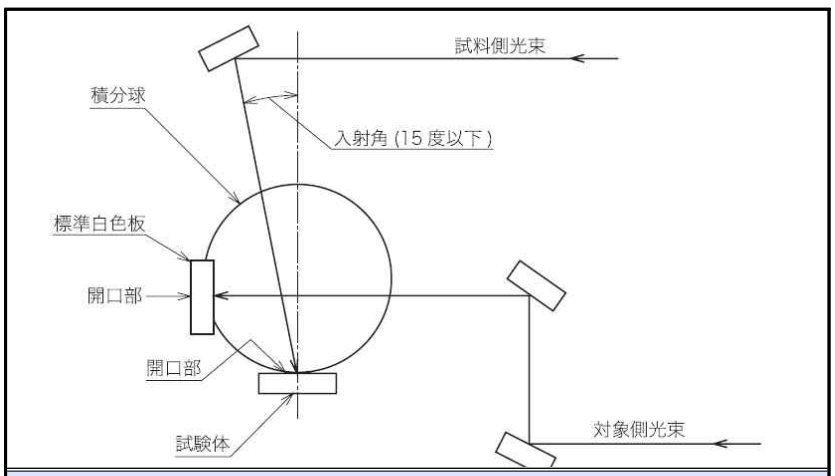
중심에 설치된 스펙트럼

[투과율 측정을 위한 장비의 설치 및 통합 영역]

(바) JIS : K 5602 (2008)

: 이 규격은 분광 광도계를 이용한 도막의 일사 반사율을 구하는 방법에 대하여 규정한다.(국제표준은 지정되지 않음)

: 대상으로 하는 파장 범위에서 표준 백색 판의 분광 반사율을 100 %를 기준으로, 시료의 각 파장의 분광 반사율을 구하고 기준 태양 광 분광 복사 조도 분포를 나타내는 계수를 곱한 값을 파장 범위에 가중 평균하여 일사 반사율을 구한다.



[분광 광도계의 예 (적분 구에 구멍이 2 개있는 경우)]

적분 구를 차폐 한 상태에서 분광 반사율을 0 %로 조정 한 후, 표준 백색 판 측정 파장 영역에서의 분광 반사율을 100 %로 설정한다. 분광 광도계를 조정 후 시험편의 측정을 실시한다. 작업은 다음과 같다.

① 0 % 조정 후 분광 광도계의 적분 구 두 구멍에 표준 백색 판을 설치, 광원의 입사각이 15도를 초과 않고, 한편, 정 반사광들을 포착 할 수 있는 범위에서 시료 측 광속 및 대상 측 광속을 입사시켜 파장 300 ~ 2,500㎚의 파장 영역에 걸쳐 전반사 광속을 측정해서 구한 분광 반사율의 라인을 100 % 선으로 맞춘다.

② 100 % 라인이 평탄하다는 것을 확인한 후, 요철이 있는 경우 표준 백색 판에 의하여 장치를 조정한다.

③ 조정 종료 후, 적분 공 시료 입구에 시험편의 도장 면을 설치하고, 광원의 입사각이 15도를 넘지 않으며 정 반사광을 포착 할 수 있는 범위에서 시료 측 광속을 입사시켜 파장 300 ~ 2,500㎚의 반사 광속을 측정해서 분광 반사율을 구한다.

일사반사율은 분광반사율을 이용하여 다음 식 1에 따라 산출한다. 일사반사율은 근자외선 및 가시광선 영역(300 ~ 780㎚), 근 적외선 영역(780 ~ 2,500㎚) 및 모든 파장 영역(300 ~ 2,500㎚)의 세 파장 범위에 대해 일사반사율 ρe를 구하고 기록하고 그 식은 아래와 같다.

$$\rho_e = \frac{\sum_{\lambda} [(E\lambda \times \Delta\lambda) \times \rho(\lambda)]}{\sum_{\lambda} (E\lambda \times \Delta\lambda)}$$

여기에서, ρe : 일사반사율(%)

$\rho(\lambda)$: 요구한 분광반사율(%)

$E\lambda \times \Delta\lambda$: 기준태양광에 대한 값 계수

λ : 파장

연구결과

고반사 재료의 분석 결과, 완성된 제품의 성능의 평가하는 방법은 매우 중요하다. 실제 시공된 제품의 경우 지점의 지리와 지형조건, 기상조건(상공의 기온, 풍속, 운량, 일사량, 계절 시각 등), 지표면의 열특성, 건물 등의 기하학적 형상과 물성 등 여러 가지 대기온도를 결정하는 다양한 인자가 복잡하게 연관되어 있다.

앞에서 언급한 것처럼 반사율을 측정하기 위한 여러 가지 방법이 있으나, 실험실이나 시험 샘플을 측정하기 위해서는 일본규격인 “JIS K 5602”을 활용하는 것이 바람직하며, 야외 실험이나 시공된 공간을 측정하기 위해서는 미국규격인 ASTM E1918을 활용하는 것 이 바람직할 것이라고 판단된다. 그러나 외부의 환경이 불일정하므로 열적 물성치의 비교에 의한 방법, 표면온도에 측정에 의한 비교 샘플 측정 등 다양한 방법이 동반 되어야 할 것이다.

현재 진행하고 있는 “도시 표면온도 저감이 가능한 태양열 차단 보도블럭 개발”은 High albedo 물질 자체 및 이를 이용한 블록 제조의 최적 배합비를 도출하여 실용화 기술을 개발하는데 목적이 있다. 이를 통해 “Blue Ocean″을 창출하여 시장 진출할 뿐만 아니라, 온도상승에 따른 에너지 소비가속화, 열사병, 집중호우 및 열대야 등 사회에 발생하고 있는 환경문제를 해결 할 수 있을 것이다.

연구성과 및 활용

- JIS K 5602를 적용하는 공인된 시험기관에 의뢰하여 일사반사율에 대한 검토를 진행함.
- 현장에 대해서는 장비 구입을 통해 Mock-UP 및 현장 Test를 진행함.
- 규명 방법에 있어서 입증된 방법을 통해 검증함.

3. 국내외 성능평가 방법 분석

도로의 열적 특성을 개선하고자 하는 연구는 일본에서 지난 1993년부터 시작되어 오늘에 이르고 있으며, 국내에서는 2005년부터 기술개발 사업이 시작되었다. 그 이외에 이 분야의 기술개발을 추진 중인 국가는 아직 없는 것으로 알려져 있다. 따라서 여기서는 일본에서 수행된 신도로 포장재의 열특성 평가 방법을 소개하기로 한다.

(1) 열 특성의 평가 방법

지표면 근처의 대기온도를 결정하는 것에는 다양한 인자가 복잡하게 서로 관련되어 있다. 도시 지표면 부근의 기온을 결정하는 요인으로서는, 그 지점의 지리와 지형조건, 기상조건(상공의 기온, 풍속, 운량, 일사량, 계절 시각 등), 지표면의 열특성(반사율, 열용량, 토양 수분량, 지면 거칠기, 복사방출율 등), 건물 등의 기하학적 형상과 물성, 인간활동에 의해 발생하는 인공 폐열, 대기의 열흡수 특성 등에 영향을 받는다.

특정의 지표면이 대기에 미치는 영향을 다른 종류의 지표면과 비교하여 상대적 영향을 평가하는 방법으로는, (ⅰ)물성치의 비교에 의한 방법, (ii) 포장표면의 온도와 포장면에서 대기로의 현열수송량, (iii) 포장면의열수지 관측과 추정에 의한 방법, (iv) 포장면 부근의 대기온도 측정과 계산으로 평가하는 방법으로 대별할 수 있다.

그리고 대기온도를 계산으로 평가하는 방법으로는, 1차원, 2차원 및 3차원 기법이 있다. 또, 평가의 대상이 되는 규모는 (i) 건물로 둘러싸인 정도의 규모(街路규모라고 부름), (ii) 복수의 건물과 도로면으로 이루어지는 정도의 규모(街區규모라고 부름), (iii) 이들의 집합체인 도시 전체의 규모(중규모(meso)라고 함)로 분류된다.

① 열적 물성치(thermal physical property)의 비교에 의한 방법

지표면의 열적 물성치를 비교하는 것이 가장 간편한 방법이지만, 지표면의 열적 물성은 단일 지표로 우열을 나타낼 수는 없다. 그래서 보수성 포장과 차열성 포장을 비교하는 등 실제 경우에 있어서는 복수의 열적 물성영향이 가미된 표면온도와 열수지에 의한 평가가 필요하다.

증발이 없는 재료의 경우, 온도차는 거의 알베도로 결정되는 것을 알 수 있다. 다만, 금속 등은 장파복사의 방출율이 낮기 때문에 회귀직선보다도 온도차가 크게 나타난다.

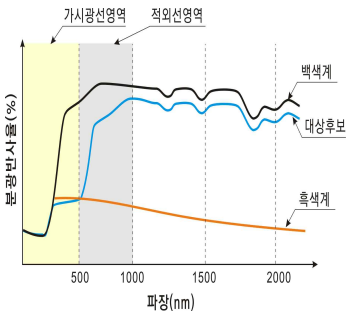
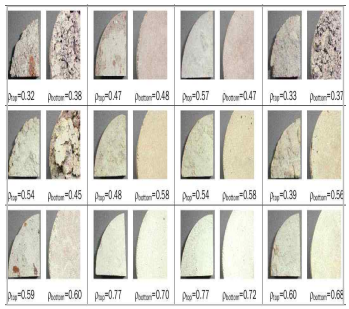
아스팔트 포장의 경우, 여름철 맑은 날에 표면온도에 가장 큰 영향을 주는 열적 물성치는 알베도이

측정하기 위해서는 일본규격인 "JIS K 5602"을 활용하는 것이 바람직하며, 야외 실험이나 시공된 공간을 측정하기 위해서는 미국규격인 ASTM E1918을 활용하는 것 이 바람직할 것이라고 판단된다. 그러나, 외부의 환경이 불일정하므로 열적 물성치의 비교에 의한 방법, 표면온도에 측정에 의한 비교 샘플 측정 등 다양한 방법이 동반 되어야 할 것이다.

현재 진행하고 있는 "도시표면온도 저감이 가능한 태양열 차단 보도블록 개발"은 High albedo 물질 자체 및 이를 이용한 블록 제조의 최적 배합비을 도출하여 실용화 기술을 개발하는데 목적이 있다. 이를 통해 "Blue Ocean"을 창출하여 시장 진출할 뿐만 아니라, 온도상승에 따른 에너지 소비 가속화, 열사병, 집중호우 및 열대야 등 사회에 발생하고 있는 환경문제를 해결 할 수 있을 것이다.

- 끝 -

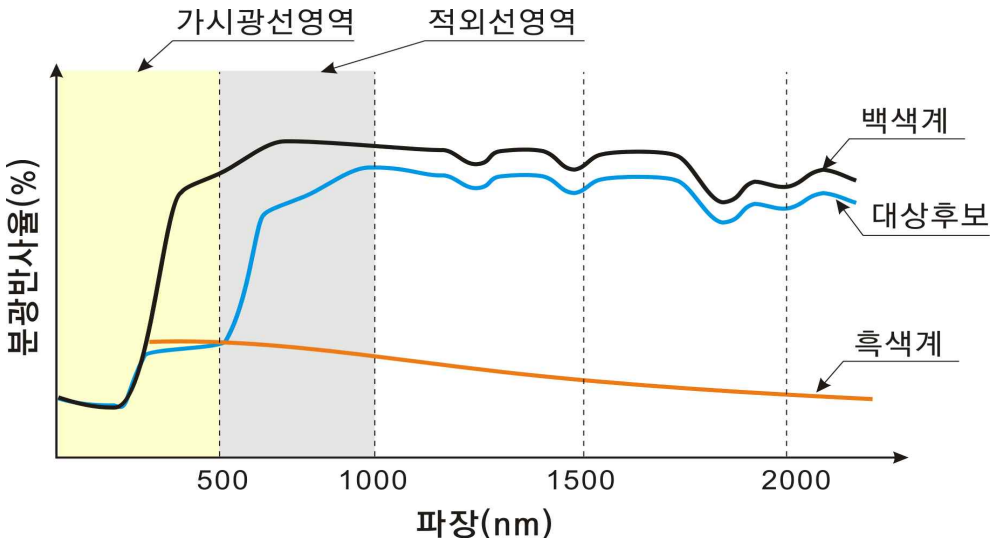
주관연구기관	도시 표면 온도 저감이 가능한 태양열 차단 보도 블럭 개발	관련 성과지표 (KPI)
Activity (A04~A05)	기능성 블록의 재료설계를 위한 일사반사율 특성 분석	공인시험 성적서
(주)에코청진		

목적	Composite 블록 재료 설계를 위한 각 재료의 일사반사율 특성 분석		
단계	**내용**	**관련 사진**	**산출물**
고반사 재료 성능평가	▪ 가시광선 반사 최소화를 통한 눈부심 방지, 적외선 반사 최대화 재료 선정		공인시험 성적서
Albedo 및 Retro-reflextance Index 작성	▪ 고반사 재료와 원재료의 Albedo 및 재귀반사 Index 작성		공인시험 성적서
관련 목표 성과물	재료 설계를 위한 대상 후보군 결정과 Albedo 및 Retro-reflectance Index		

A04	태양열 고반사 재료 선정을 위한 성능평가
단계	태양열 파장영역에서의 반사특성 분석을 통한 대상 후보군 결정

연구내용

본 보고서는 태양열 고반사 재료 및 Patterning 기술을 적용한 도시열섬 저감형 Composite 블록 개발의 재료 선정을 위한 태양에너지 영역범위에서 가시광선 영역의 반사는 최소화하고, 적외선 영역에 고반사 특성을 가진 재료로 사용함에 있어서의 적용성 및 문제점 파악에 대한 분석에 목적을 둔다. 태양열 고반사 재료로서의 시험 결과를 분석한 사항들은 다음과 같다.



[고반사 재료의 일사반사율 대상후보군]

(1) 태양열 고반사 재료 선정

태양열 고반사 재료 선정은 앞서 A02 단계에서 국내·외 고반사 재료 현황에 대한 분석을 통해 도출한 재료를 시험하여 비교·분석하고자 한다.

(가) 개요

태양열 파장영역에서의 반사특성 분석을 통한 대상 후보군 결정.

(나) 태양열 고반사 재료의 필수 요건

① 색상(흑색, 백색)

② 표면상태(요철, 매끈함)

(다) 대상

① Titanium Dioxide Rutile(TiO_2) ② Cobalt Aluminate Blue Spinel($CoAl_2O_4$)

③ Cadmium Orange(CdS)

④ Nickel Titanate Yellow(Ti, Ni, Sb)O_2

⑤ Hansa Yellow ⑥ Chrome Antimony Titanate(Ti, Cr, Sb)O_2

⑦ Cadmium Yellow($CdSO_4$)

[고반사 재료의 물리적 특성]

시료	색상	pH	비중(g/㎤)	입자크기(㎛)
①	백색	6 ~ 7	3.84 ~ 4.26	0.2 ~ 0.3
②	파란색	10.7	4.3	0.2 ~ 0.3
③	오렌지	6.5	1 ~ 1.4	0.2 ~ 0.3
④	노란색	6 ~ 7	3.9	0.5 ~ 1.5
⑤	노란색	6	4.1	0.2 ~ 0.3
⑥	갈색	6 ~ 7	4 ~ 5	0.2 ~ 0.3
⑦	노란색	6.5	1- 1.4	0.2 ~ 0.3

(2) 제조 방법

태양열 고반사 재료의 일사반사율 시험을 위한 시편의 제조방법과 조건은 다음과 같다.

(가) 시편 제조 방법

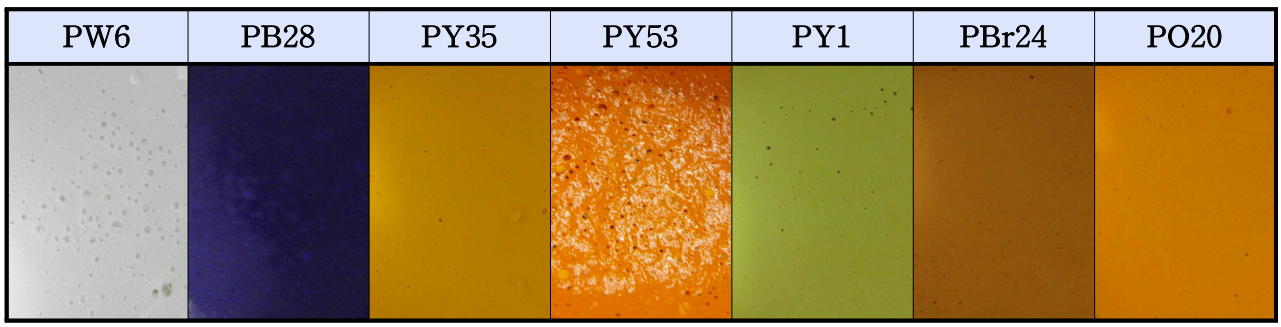
① 고반사 재료 100g에 물 45g 첨가하여 혼합.
② 100 × 70 × 30(㎜)크기의 몰드에 혼합된 고반사 재료를 삽입하여 진동 다짐.
③ 72시간 상온 건조 후 탈형.

(나) 시편 조건

① 시편 크기 : 100 × 70 × 30(㎜) 이하.
② 표면 상태 : 굴곡이 없는 평면이어야 하며, 표면에 실금(Crack)이 없어야 함.

(다) 시편 색상

시편 색상의 순서는 태양열 고반사 재료 대상 ① ~ ⑦ 순서임.



[고반사 재료의 색상]

(3) 시험 방법

(가) 시험 장소

한국건설생활환경시험연구원 안전환경센터

(나) 시험 규격

JIS K 5602(도막에 의한 태양 복사의 반사율 측정)

(다) 산 출 식

일사반사율은 분광반사율을 이용하여 다음 식 1에 따라 산출함. 일사반사율은 근자외선 및 가시광선 영역(300 ~ 780㎚), 근 적외선 영역(780 ~ 2,500㎚) 및 모든 파장 영역(300 ~ 2,500㎚)의 세 파장 범위에 대해 일사반사율 ρe를 구하고 기록함.

$$\rho_e = \frac{\sum_{\lambda}[(E\lambda \times \Delta\lambda)\times \rho(\lambda)]}{\sum_{\lambda}(E\lambda \times \Delta\lambda)} \quad \text{.....(식 1)}$$

여기에서, ρe : 일사반사율(%)

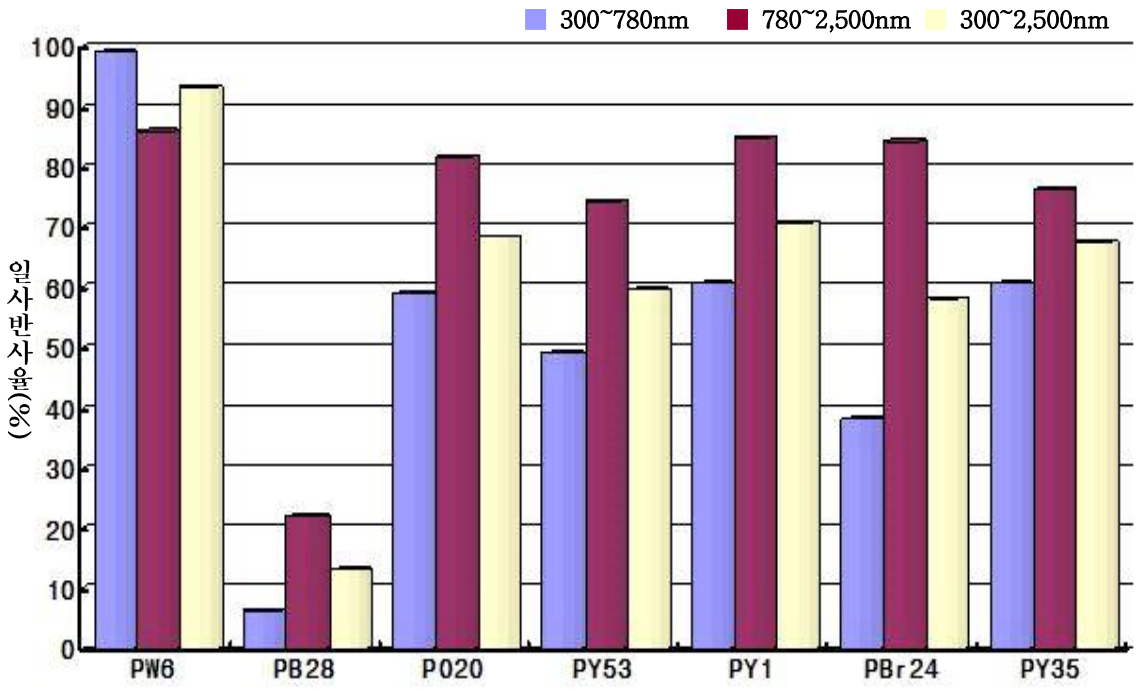
$\rho(\lambda)$: 요구한 분광반사율(%)

$E\lambda \times \Delta\lambda$: 기준태양광에 대한 값 계수

λ : 파장

연구결과

- 아래 표는 고반사 재료의 일사반사율 시험결과로 태양에너지 영역에서 가시광선 영역(300 ~ 780㎚)과 적외선 영역(780 ~ 2,500㎚)의 일사반사율을 나타내고 있다. 앞서 A02 단계에서 찾은 고반사 재료는 PW06을 제외한 모든 재료에서 가시광선 반사 최소화를 통한 눈부심 방지하고, 적외선 반사 최대화시키는 재료임을 확인하였다. 이는 가시광선 영역의 반사는 색상에 영향을 많이 받는 것으로 사료된다.



[고반사 재료의 일사반사율시험 결과]

[고반사 재료 일사반사율 시험결과]

순번	시료명	시험항목	일사반사율(%)
①	PW6(Titanium Dioxide Rutile)	300 ~ 780㎚	99.1
		780 ~ 2,500㎚	85.9
		300 ~ 2,500㎚	93.2
②	PB28(Cobalt Aluminate Blue Spinel)	300 ~ 780㎚	6.3
		780 ~ 2,500㎚	22.2
		300 ~ 2,500㎚	13.3
③	PO20(Cadmium Orange)	300 ~ 780㎚	59.0
		780 ~ 2,500㎚	81.6
		300 ~ 2,500㎚	68.5
④	PY53(Nickel Titanate Yellow)	300 ~ 780㎚	49.1
		780 ~ 2,500㎚	74.3
		300 ~ 2,500㎚	59.7
⑤	PY1(Hansa Yellow)	300 ~ 780㎚	60.6
		780 ~ 2,500㎚	84.8
		300 ~ 2,500㎚	70.8
⑥	PBr24(Chrome Antimony Titanate)	300 ~ 780㎚	38.3
		780 ~ 2,500㎚	84.3
		300 ~ 2,500㎚	58.2
⑦	PY35(Cadmium Yellow)	300 ~ 780㎚	60.6
		780 ~ 2,500㎚	76.4
		300 ~ 2,500㎚	67.5

연구성과 및 활용

- 가시광선 반사 최소화를 통한 눈부심 방지 및 적외선 반사 최대화 고반사 재료 선정.

□ 공인 시험 성적서

3193-1902-1410-9251

시험성적서

1. 성 적 서 번 호 : CT13-94343
2. 의 뢰 자
   - ○ 업 체 명 : 에코청진(주)
   - ○ 주 소 : 경북 성주군 선남면 관화리 120
   - ○ 의뢰일자 : 2013.09.25
   - ○ 시험발급일 : 2013.10.14
3. 시험성적서의 용도 : 품질관리
4. 시 료 명 : 고반사 재료(PW6) 외 6건
5. 시험방법
   (1) JIS K 5602 : 2008

확인	작성자 성 명	이연성	기술책임자 성 명	유경환

비고 : 1. 이 성적서는 의뢰자가 제시한 시료 및 시료명으로 시험한 결과로서 전체 제품에 대한 품질을 보증하지는 않습니다.
2. 이 성적서는 홍보, 선전, 광고 및 소송용으로 사용될 수 없으며, 용도 이외의 사용을 금합니다.

한국건설생활환경시험연구원

서초행정관리동 : 137-707 서울특별시 서초구 서초동 1465-4 02-3415-8886
결과문의 : 안전환경센터 ☎ (031)389-9105

양식QP-20-01-05(2)

시험성적서

성적서번호 : CT13-94343

6. 시험결과

1) PW6

시험항목	단위	시험방법	시험결과
일사반사율 (300 nm ~ 780 nm)	%	(1)	99.1
일사반사율 (780 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	85.9
일사반사율 (300 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	93.2

2) PB28

시험항목	단위	시험방법	시험결과
일사반사율 (300 nm ~ 780 nm)	%	(1)	6.3
일사반사율 (780 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	22.2
일사반사율 (300 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	13.3

3) PO20

시험항목	단위	시험방법	시험결과
일사반사율 (300 nm ~ 780 nm)	%	(1)	59.0
일사반사율 (780 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	81.6
일사반사율 (300 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	68.5

4) PY53

시험항목	단위	시험방법	시험결과
일사반사율 (300 nm ~ 780 nm)	%	(1)	49.1
일사반사율 (780 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	74.3
일사반사율 (300 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	59.7

5) PY1

시험항목	단위	시험방법	시험결과
일사반사율 (300 nm ~ 780 nm)	%	(1)	60.6
일사반사율 (780 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	84.8
일사반사율 (300 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	70.8

6) PBr24

시험항목	단위	시험방법	시험결과
일사반사율 (300 nm ~ 780 nm)	%	(1)	38.3
일사반사율 (780 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	84.3
일사반사율 (300 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	58.2

7) PY35

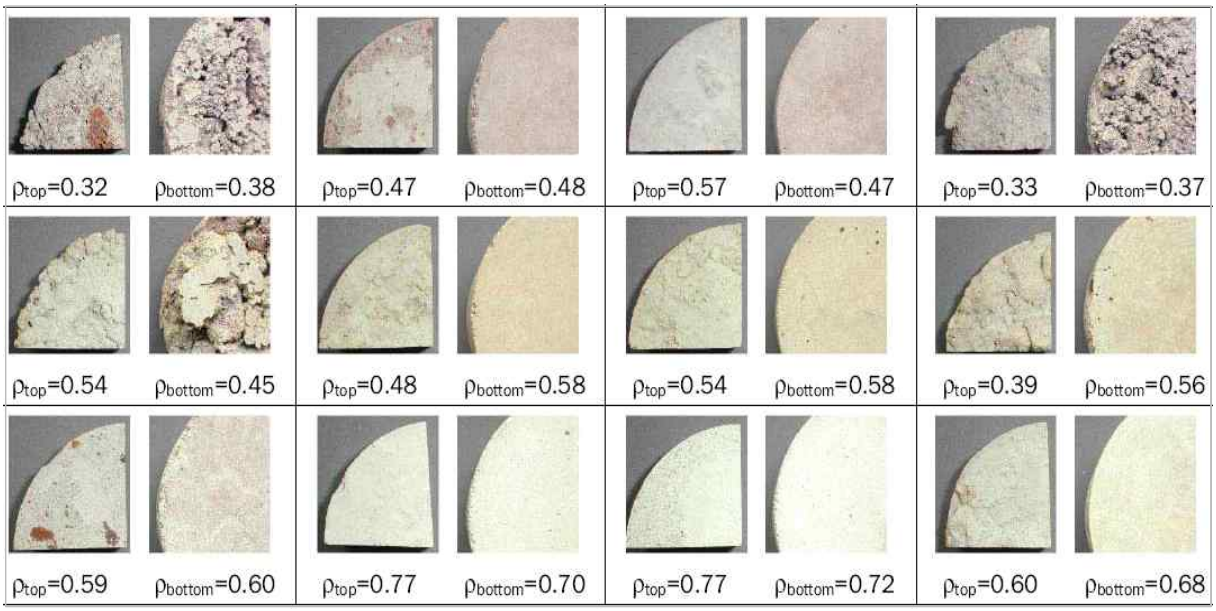
시험항목	단위	시험방법	시험결과
일사반사율 (300 nm ~ 780 nm)	%	(1)	60.6
일사반사율 (780 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	76.4
일사반사율 (300 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	67.5

---- 이 하 여 백 ----

A05	Albedo 및 Retro-Reflectance Index 작성
단계	골재, 혼합재(Slag, Limestone), 안료 등의 Index 작성

연구내용

본 보고서는 앞서 A04 단계에서 확인된 고반사 재료와 Composite 블록을 형성하는 원재료인 골재, 혼합재(Slag, Limestone), 결합재(시멘트, 백시멘트)에 대한 Albedo 및 Retro-reflectance Index를 작성하여, 기능성 블록 재료설계를 위한 원재료의 일사반사율 특성을 분석하였다.



(1) 원재료의 선정

앞서 A04단계에서 확인된 고반사 재료와 Composite 블록을 형성하는 원재료를 시험하여 비교・분석하고자 한다.

(가) 개요

고반사 재료 및 Composite 블록 원재료의 Albedo 및 Retro-reflextance Index 분석

(나) 대상

① Titanium Dioxide Rutile(TiO_2) Dupont社
② Cobalt Aluminate Blue Spinel($CoAl_2O_4$)
③ Cadmium Orange(CdS) ④ Nickel Titanate Yellow(Ti, Ni, Sb)O_2
⑤ Hansa Yellow ⑥ Chrome Antimony Titanate(Ti, Cr, Sb)O_2
⑦ Cadmium Yellow($CdSO_4$)
⑧ 백색 골재 분말 ⑨ 황색 골재 ⑩ 백색 시멘트
⑪ 고로슬래그 ⑫ 백색골재
⑬ Titanium Dioxide Rutile(TiO_2) Cosmo화학社
⑭ Colite(인공제올라이트)

[고반사 재료 및 원재료의 물리적 특성]

시료	색상	pH	비중(g/㎤)	입자크기(㎛)
①~⑦	고반사 재료 물리적 특성 표에 표기함.			
⑧	백색	6 ~ 7	2.65	200 ~ 700
⑨	노란색	6 ~ 7	2.75	200 ~ 700
⑩	백색	11	2.6	2 ~ 3
⑪	아이보리	8 ~ 10	2.88 ~ 2.94	2 ~ 4
⑫	백색	6 ~ 7	2.65	8,000 ~ 10,000
⑬	백색	6 ~ 7	3.84 ~ 4.26	2 ~ 3
⑭	형광백색	10 ~ 11.4	2.5 ~ 3.5	2 ~ 3.5

(2) 제조 방법

태양열 고반사 재료 및 원재료의 Albedo 및 Retro-reflectance Index를 작성하기 위한 시편의 제조방법과 조건은 다음과 같다.

(가) 시편 제조 방법

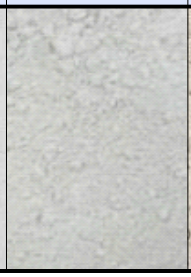
① 원재료 100g에 물 or 불포화폴리에스테르 45g 첨가하여 혼합.
② 100 × 70 × 30(㎜)크기의 몰드에 혼합된 고반사 재료 및 원재료를 삽입하여 진동 다짐.
③ 72시간 상온 건조.

(나) 시편 조건

① 시편 크기 : 100 × 70 × 30(㎜) 이하.
② 표면 상태 : 굴곡이 없는 평면이어야 하며, 표면에 실금(Crack) 등이 없어야 함.

(다) 시편 색상

고반사 재료의 시편 형상 및 색상은 앞서 A04 단계에서 나타냈으므로, 여기서는 그 외의 시료에 대한 형상 및 색상을 나타냄.

⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	⑬	⑭
						

[원재료 색상]

(3) 시험 방법

(가) 시험 장소

한국건설생활환경시험연구원 안전환경센터

(나) 시험 규격

JIS K 5602(도막에 의한 태양 복사의 반사율 측정)

(다) 산 출 식

일사반사율은 분광반사율을 이용하여 다음 식 1에 따라 산출함. 일사반사율은 근자외선 및 가시광선 영역(300 ~ 780㎚), 근 적외선 영역(780 ~ 2,500㎚) 및 모든 파장 영역(300 ~ 2,500㎚)의 세 파장 범위에 대해 일사반사율 ρe를 구하고 기록함.

$$\rho_e = \frac{\sum_{\lambda} [(E\lambda \times \Delta\lambda) \times \rho(\lambda)]}{\sum_{\lambda} (E\lambda \times \Delta\lambda)} \quad \text{.....(식 1)}$$

여기에서, ρe : 일사반사율(%)

$\rho(\lambda)$: 요구한 분광반사율(%)

$E\lambda \times \Delta\lambda$: 기준태양광에 대한 값 계수

λ : 파장

연구결과

- 아래 표는 고반사 재료 및 원재료의 일사반사율 시험결과로 태양에너지 영역에서 가시광선 영역(300 ~ 780㎚)과 적외선 영역(780 ~ 2,500㎚)의 일사반사율을 나타내고 있다. 고반사 재료 중 PW06을 제외한 모든 재료에서 가시광선 반사 최소화를 통한 눈부심을 방지하고, 적외선 반사 최대화시키는 재료임을 확인하였으나, 원재료는 모두 가시광선 영역과 적외선 영역에서 동일하거나 가시광선 영역에서 우수한 일사반사율을 나타냈다.

C

300~780nm 780~2,500nm 300~2,500nm

일사반사율(%)

백색골재분말 황색골재 고로슬래그 백색골재 백색골재 TiO2 Colite

[원재료 일사반사율시험 결과]

[고반사 재료 및 원재료의 일사반사율 시험결과]

순번	시료명	시험항목	일사반사율(%)
① ~ ⑦은 고반사 재료 일사반사율 시험결과 표에 표기.			
⑧	백색 골재 분말	300 ~ 780㎚	53.0
		780 ~ 2,500㎚	42.0
		300 ~ 2,500㎚	47.9
⑨	황색 골재	300 ~ 780㎚	31.6
		780 ~ 2,500㎚	45.0
		300 ~ 2,500㎚	97.6
⑩	백색 시멘트	300 ~ 780㎚	93.4
		780 ~ 2,500㎚	86.3
		300 ~ 2,500㎚	90.3
⑪	고로슬래그	300 ~ 780㎚	93.8
		780 ~ 2,500㎚	87.9
		300 ~ 2,500㎚	91.2
⑫	백색 골재	300 ~ 780㎚	60.5
		780 ~ 2,500㎚	42.3
		300 ~ 2,500㎚	52.5
⑬	Titanium Dioxide Rutile(Cosmo화학社)	300 ~ 780㎚	102.0
		780 ~ 2,500㎚	92.4
		300 ~ 2,500㎚	97.6
⑭	Colite	300 ~ 780㎚	98.4
		780 ~ 2,500㎚	95.0
		300 ~ 2,500㎚	96.8

이는 Composite 블록 개발 A09 단계에서 고반사 재료와 원재료에 대한 배합비 도출에서 가시광선 영역 반사율을 최소화 시키고, 적외선 영역 반사율을 최대화시키는 배합비를 도출해야 할 것으로 사료된다.

또한, 고반사 재료 및 원재료의 일사반사율 시험결과를 바탕으로 Retro-reflectance Index를 도출할 수 있다. 그 내용을 아래 표에 나타냈다.

[고반사 재료 및 원재료의 Retro-reflectance Index]

순번	시료명	시험항목	Retro-reflectance Index
①	PW06 (Titanium Dioxide Rutile)	300 ~ 780㎚	99.1
		780 ~ 2,500㎚	85.9
		300 ~ 2,500㎚	93.2
②	PB28 (Cobalt Aluminate Blue Spinel)	300 ~ 780㎚	6.3
		780 ~ 2,500㎚	22.2
		300 ~ 2,500㎚	13.3
③	PO20 (Cadmium Orange)	300 ~ 780㎚	59.0
		780 ~ 2,500㎚	81.6
		300 ~ 2,500㎚	68.5
④	PY53 (Nickel Titanate Yellow)	300 ~ 780㎚	49.1
		780 ~ 2,500㎚	74.3
		300 ~ 2,500㎚	59.7

순번	시료명	시험항목	Retro-reflectance Index
⑤	PY1 (Hansa Yellow)	300 ~ 780nm	60.6
		780 ~ 2,500nm	84.8
		300 ~ 2,500nm	70.8
⑥	PBr24 (Chrome Antimony Titanate)	300 ~ 780nm	38.3
		780 ~ 2,500nm	84.3
		300 ~ 2,500nm	58.2
⑦	PY35 (Cadmium Yellow)	300 ~ 780nm	60.6
		780 ~ 2,500nm	67.5
		300 ~ 2,500nm	76.4
⑧	백색 골재 분말	300 ~ 780nm	53.0
		780 ~ 2,500nm	42.0
		300 ~ 2,500nm	47.9
⑨	황색 골재	300 ~ 780nm	31.6
		780 ~ 2,500nm	45.0
		300 ~ 2,500nm	97.6
⑩	백색 시멘트	300 ~ 780nm	93.4
		780 ~ 2,500nm	86.3
		300 ~ 2,500nm	90.3
⑪	고로슬래그	300 ~ 780nm	93.8
		780 ~ 2,500nm	87.9
		300 ~ 2,500nm	91.2
⑫	백색 골재	300 ~ 780nm	60.5
		780 ~ 2,500nm	42.3
		300 ~ 2,500nm	52.5
⑬	Titanium Dioxide Rutile (Cosmo화학社)	300 ~ 780nm	102.0
		780 ~ 2,500nm	92.4
		300 ~ 2,500nm	97.6
⑭	Colite (Cosmo화학社)	300 ~ 780nm	98.4
		780 ~ 2,500nm	95.0
		300 ~ 2,500nm	96.8

연구성과 및 활용

- 고반사 재료와 원재료의 Retro-reflectance Index를 정립.
- Composite 블록에 적용될 재료의 배합에 유용한 자료를 도출.

□ 공인 시험 성적서

3193-1902-1410-9251

시험성적서

1. 성 적 서 번 호 : CT13-94343
2. 의 뢰 자
   - ○ 업 체 명 : 에코청진(주)
   - ○ 주 소 : 경북 성주군 선남면 관화리 120
   - ○ 의뢰일자 : 2013.09.25
   - ○ 시험발급일 : 2013.10.14
3. 시험성적서의 용도 : 품질관리
4. 시 료 명 : 고반사 재료(PW6) 외 6건
5. 시험방법
   (1) JIS K 5602 : 2008

확인	작성자 성 명	이연성	기술책임자 성 명	유경환

비고 : 1. 이 성적서는 의뢰자가 제시한 시료 및 시료명으로 시험한 결과로서 전체 제품에 대한 품질을 보증하지는 않습니다.
2. 이 성적서는 홍보, 선전, 광고 및 소송용으로 사용될 수 없으며, 용도 이외의 사용을 금합니다.

한국건설생활환경시험연구원

서초행정관리동 : 137-707 서울특별시 서초구 서초동 1465-4 02-3415-8886
결과문의 : 안전환경센터 ☎ (031)389-9105

양식QP-20-01-05(2)

시험성적서

성적서번호 : CT13-94343

6. 시험결과

1) PW6

시험항목	단위	시험방법	시험결과
일사반사율 (300 nm ~ 780 nm)	%	(1)	99.1
일사반사율 (780 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	85.9
일사반사율 (300 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	93.2

2) PB28

시험항목	단위	시험방법	시험결과
일사반사율 (300 nm ~ 780 nm)	%	(1)	6.3
일사반사율 (780 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	22.2
일사반사율 (300 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	13.3

3) PO20

시험항목	단위	시험방법	시험결과
일사반사율 (300 nm ~ 780 nm)	%	(1)	59.0
일사반사율 (780 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	81.6
일사반사율 (300 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	68.5

4) PY53

시험항목	단위	시험방법	시험결과
일사반사율 (300 nm ~ 780 nm)	%	(1)	49.1
일사반사율 (780 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	74.3
일사반사율 (300 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	59.7

5) PY1

시험항목	단위	시험방법	시험결과
일사반사율 (300 nm ~ 780 nm)	%	(1)	60.6
일사반사율 (780 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	84.8
일사반사율 (300 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	70.8

6) PBr24

시험항목	단위	시험방법	시험결과
일사반사율 (300 nm ~ 780 nm)	%	(1)	38.3
일사반사율 (780 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	84.3
일사반사율 (300 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	58.2

7) PY35

시험항목	단위	시험방법	시험결과
일사반사율 (300 nm ~ 780 nm)	%	(1)	60.6
일사반사율 (780 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	76.4
일사반사율 (300 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	67.5

---- 이 하 여 백 ----

5665-7371-3142-6254

시험성적서

1. 성 적 서 번 호 : CT13-69419
2. 의 뢰 자
   - ○ 업 체 명 : 에코청진(주)
   - ○ 주 소 : 경북 성주군 선남면 관화리 120
   - ○ 의뢰일자 : 2013.07.03
   - ○ 시험발급일 : 2013.07.15
3. 시험성적서의 용도 : 품질관리
4. 시 료 명 : 1.황색 골재(고반사 재료) 외 2건
5. 시험방법
   (1) JIS K 5602 : 2008

확인	작성자 성 명	이연성	기술책임자 성 명	유경환

비고 : 1. 이 성적서는 의뢰자가 제시한 시료 및 시료명으로 시험한 결과로서 전체 제품에 대한 품질을 보증하지는 않습니다.
2. 이 성적서는 홍보, 선전, 광고 및 소송용으로 사용될 수 없으며, 용도 이외의 사용을 금합니다.

한국건설생활환경시험연구원

서초행정관리동 : 137-707 서울특별시 서초구 서초동 1465-4 02-3415-8886
결과문의 : 안전환경센터 ☎ (031)389-9105

양식QP-20-01-05(2)

시험성적서

성적서번호 : CT13-69419

6. 시험결과

1) 황색 골재(고반사 재료)

시험항목	단위	시험방법	시험결과
일사반사율 (300 nm ~ 780 nm)	%	(1)	31.6
일사반사율 (780 nm ~ 2500 nm)	%	(1)	45.0
일사반사율 (300 nm ~ 2500 nm)	%	(1)	97.6

2) 이산화티타늄 루틸 분말(고반사 재료)

시험항목	단위	시험방법	시험결과
일사반사율 (300 nm ~ 780 nm)	%	(1)	102.0
일사반사율 (780 nm ~ 2500 nm)	%	(1)	92.4
일사반사율 (300 nm ~ 2500 nm)	%	(1)	97.6

3) 백색 골재 분말(고반사 재료)

시험항목	단위	시험방법	시험결과
일사반사율 (300 nm ~ 780 nm)	%	(1)	53.0
일사반사율 (780 nm ~ 2500 nm)	%	(1)	42.0
일사반사율 (300 nm ~ 2500 nm)	%	(1)	47.9

---- 이 하 여 백 ----

6453-6325-9353-6130

시험성적서

1. 성 적 서 번 호 : CT13-73923
2. 의 뢰 자
   - ○ 업 체 명 : 에코청진(주)
   - ○ 주 소 : 경북 성주군 선남면 관화리 120
   - ○ 의뢰일자 : 2013.07.17
   - ○ 시험발급일 : 2013.10.04
3. 시험성적서의 용도 : 품질관리
4. 시 료 명 : 1.백색 골재(고반사 재료) 외 3건
5. 시험방법
   (1) JIS K 5602 : 2008

확인	작성자 성 명	이연성	기술책임자 성 명	유경환

비고 : 1. 이 성적서는 의뢰자가 제시한 시료 및 시료명으로 시험한 결과로서 전체 제품에 대한 품질을 보증하지는 않습니다.
2. 이 성적서는 홍보, 선전, 광고 및 소송용으로 사용될 수 없으며, 용도 이외의 사용을 금합니다.

한국건설생활환경시험연구원

서초행정관리동 : 137-707 서울특별시 서초구 서초동 1465-4 02-3415-8886
결과문의 : 안전환경센터 ☎ (031)389-9105

양식QP-20-01-05(2)

시험성적서

성적서번호 : CT13-73923

6. 시험결과

1) 백색 골재(고반사 재료)

시험항목	단위	시험방법	시험결과
일사반사율 (300 nm ~ 780 nm)	%	(1)	60.5
일사반사율 (780 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	42.3
일사반사율 (300 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	52.5

2) 백 시멘트(고반사 재료)

시험항목	단위	시험방법	시험결과
일사반사율 (300 nm ~ 780 nm)	%	(1)	93.4
일사반사율 (780 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	86.3
일사반사율 (300 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	90.3

3) 고로슬래그(고반사 재료)

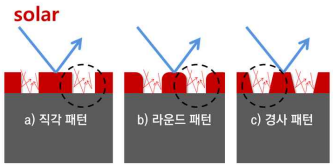
시험항목	단위	시험방법	시험결과
일사반사율 (300 nm ~ 780 nm)	%	(1)	93.8
일사반사율 (780 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	87.9
일사반사율 (300 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	91.2

4) Colite(고반사 재료)

시험항목	단위	시험방법	시험결과
일사반사율 (300 nm ~ 780 nm)	%	(1)	98.4
일사반사율 (780 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	95.0
일사반사율 (300 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	96.8

---- 이 하 여 백 ----

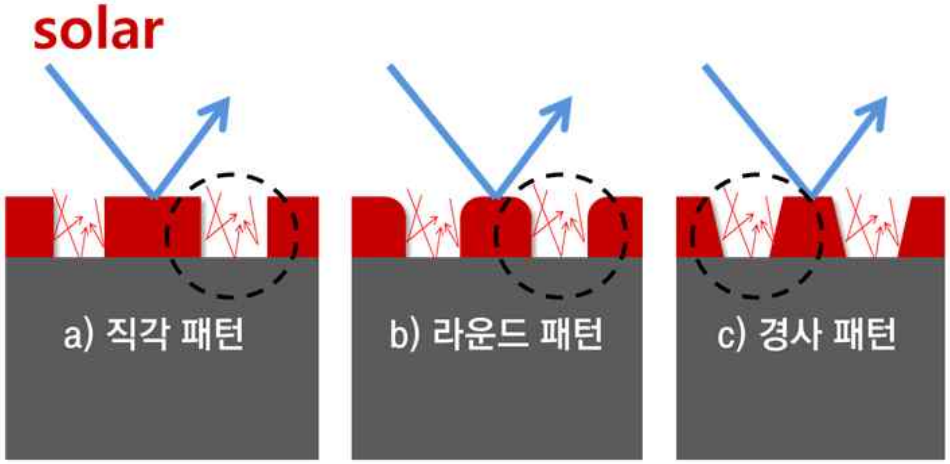
주관연구기관	도시 표면 온도 저감이 가능한 태양열 차단 보도 블럭 개발	관련 성과지표 (KPI)
Activity (A06~A08)	기능성 향상을 위한 블록 디자인 Patterning 기술개발	특허출원1건 특허등록1건 시험성적서
(주)에코청진		

목적	Patterning 형상 및 깊이, 표면 연마에 따른 제품설계		
단계	**내용**	**관련 사진**	**산출물**
형상 및 깊이에 따른 Patterning	▪ Patterning 특성에 따른 반사율 분석 및 태양열 고반사 특성과 결합된 Patterning 형상 및 깊이 결정		공인시험 성적서
Patterning 적용기술 개발	▪ 생산라인과 결부된 표면 연마 및 가공기술 개발을 통한 보행자 난반사 방지를 위한 최적 Pattern 분류 및 제품설계		공인시험 성적서
Patterning 적용기술 분석	▪ 보행자 난반사 방지를 위한 최적의 Pattern 분류 및 제품설계		공인시험 성적서 특허출원1건 특허등록1건
관련 목표 성과물	▪ Patterning 형상 및 깊이, 표면 연마 및 가공 기술 적용성 검토 ▪ 특허 출원 1건 ▪ 특허 등록 1건 ▪ 휨강도 3.0㎫ 이상 공인시험성적서		

A06	형상 및 깊이에 따른 Patterning 기술
단계	Patterning 형상 및 깊이에 따른 반사율 분석

연구내용

본 보고서는 태양열 고반사 재료 및 Patterning 기술을 적용한 도시열섬 저감형 Composite 블록 개발에서 Patterning 형상 및 깊이에 따른 반사율 분석을 위한 Patterning 형상을 직각, 라운드, 경사 Pattern으로 비교·검토하여, 각 Patterning의 깊이(0.2 ~ 1.2㎜) 6가지에 대한 일사반사율 시험 결과를 분석한 사항들은 다음과 같다.



(1) 형상 및 깊이에 따른 Patterning 기술

Patterning 형상 및 깊이는 기존 인터로킹 블록과 동일한 배합비로 제작하여 시편의 Patterning 형상 및 깊이만 변경하였다. 이 시편을 한국건설생활환경시험연구원에 일사반사율 시험 의뢰하여 최적의 형상과 깊이를 분석하였다.

(가) 개요

Patterning 형상 및 깊이에 따른 태양열 파장영역에서의 반사특성 분석을 통한 Patterning 결정.

(나) 대상

① Patterning 형상
- 직각 Patterning 1.2㎜
- 경사 Patterning 1.2㎜
- 라운드 Patterning 1.2㎜

② Patterning 깊이
- 직각 Pattern에서 0.2㎜, 0.4㎜, 0.6㎜, 0.8㎜, 1.0㎜, 1.2㎜
- 경사 Pattern에서 0.2㎜, 0.4㎜, 0.6㎜, 0.8㎜, 1.0㎜, 1.2㎜
- 라운드 Pattern에서 0.2㎜, 0.4㎜, 0.6㎜, 0.8㎜, 1.0㎜, 1.2㎜

(2) 제조 방법

Patterning 형상 및 깊이에 따른 일사반사율 시험을 위한 시편의 제조 방법과 조건은 다음과 같다.

(가) 시편의 제조 방법

① 일사반사율 시험 시편

- 흰색골재분말 2,070g에 백시멘트 500g, 물 150g과 TiO_2 시멘트wt.5% 혼합.
- 100 × 70 × 30(㎜)크기의 몰드에 기존 콘크리트 인터로킹 블록 유색층 배합으로 혼합물을 삽입하여 진동다짐.
- 72시간 상온 건조.

② 휨강도 시험 시편

- 유색층은 흰색골재분말 2,070g에 백시멘트 500g, 물 150g과 TiO_2 시멘트wt.5% 혼합.
- 200 × 200 × 60(㎜)크기의 몰드에 기존 콘크리트 인터로킹 블록 본체층 배합으로 혼합물을 삽입하여 진동다짐.
- 72시간 상온 건조.

(나) 시편 조건

① 시편 크기 : 100 × 70 × 30(㎜) 이하(일사반사율), 200 × 200 × 60(㎜)

② 표면 상태 : 표면에 실금(Crack)이 없어야 함.

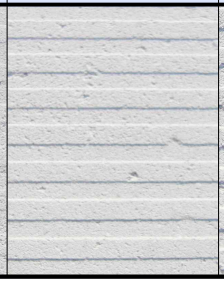
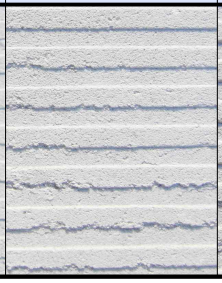
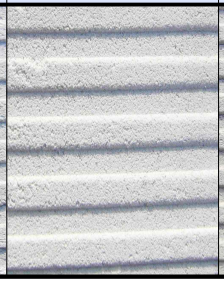
(다) 시편 상태

① Patterning 형상

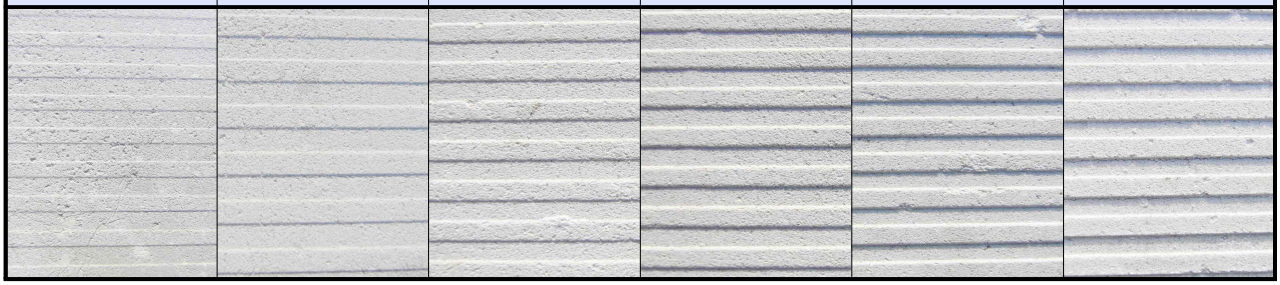
직각 Patterning 1.2㎜	경사 Patterning 1.2㎜	라운드 Patterning 1.2㎜
		

② Patterning 깊이

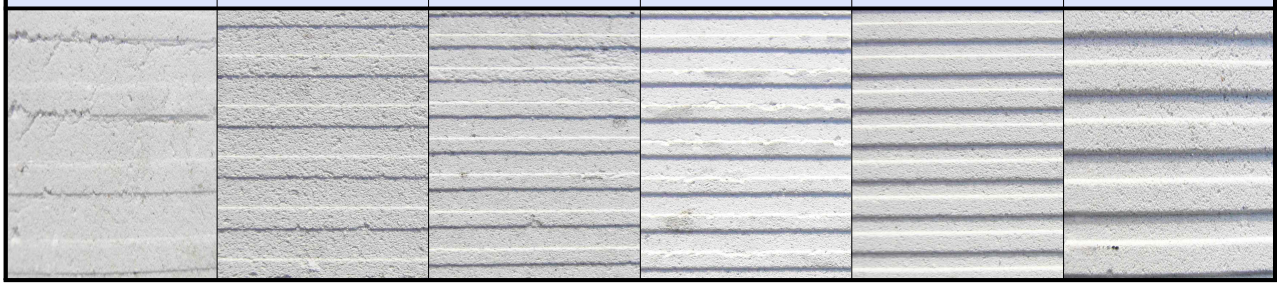
- 직각 Patterning 깊이

깊이 0.2㎜	깊이 0.4㎜	깊이 0.6㎜	깊이 0.8㎜	깊이 1.0㎜	깊이 1.2㎜
					

- 경사 Patterning 깊이

깊이 0.2㎜	깊이 0.4㎜	깊이 0.6㎜	깊이 0.8㎜	깊이 1.0㎜	깊이 1.2㎜
					

- 라운드 Patterning 깊이

깊이 0.2㎜	깊이 0.4㎜	깊이 0.6㎜	깊이 0.8㎜	깊이 1.0㎜	깊이 1.2㎜
					

(3) 시험 방법

(가) 일사반사율 시험

① 시험 장소 : 한국건설생활환경시험연구원 안전환경센터

② 시험 규격 : JIS K 5602(도막에 의한 태양 복사의 반사율 측정)

③ 산 출 식 : 일사반사율은 분광반사율을 이용하여 다음 식 1에 따라 산출함. 일사반사율은 자외선 및 가시광선 영역(300 ~ 780㎚), 적외선 영역(780 ~ 2,500㎚) 및 모든 파장 영역(300 ~ 2,500㎚)의 세 파장 범위에 대해 일사반사율 ρe를 구하고 기록함.

$$\rho_e = \frac{\sum_{\lambda}\left[\left(E\lambda \times \Delta\lambda\right)\times \rho(\lambda)\right]}{\sum_{\lambda}\left(E\lambda \times \Delta\lambda\right)} \quad \text{.....(식 1)}$$

여기에서, ρe : 일사반사율(%)

$\rho(\lambda)$: 요구한 분광반사율(%)

$E\lambda \times \Delta\lambda$: 기준태양광에 대한 값 계수

λ : 파장

(나) 휨강도 시험

① 시험 장소 : 한국건설생활환경시험연구원 대구·경북지원센터

② 시험 규격 : KS F 4419(보·차도용 콘크리트 인터로킹 블록)

③ 산 출 식 : 시료를 24시간 물속에 침수시킨 후 꺼낸 즉시 시험한다. 지점간 거리를 140㎜로 취하여 지점간 중앙에 하중을 가한다. 이때 가압속도는 파괴 하중의 약 50%까지는 빠른 속도로 작용시킨 다음, 최대 휨 압축 응력의 증가가 매분 9.8㎫을 초과하지 않을 정도로 하중을 가하여 시험기에 나타난 최대 하중 P를 측정하여 다음 식에 따라 휨 강도를 계산한다.

$$\text{휨강도} = \frac{3Pl}{2bd^2} \quad \text{.....(식 1)}$$

여기에서, P : 시험기가 나타낸 최대 파괴 하중(N)

l : 지점 간 거리(㎜)

b : 지점 간에 직각 방향의 평균 나비(㎜)

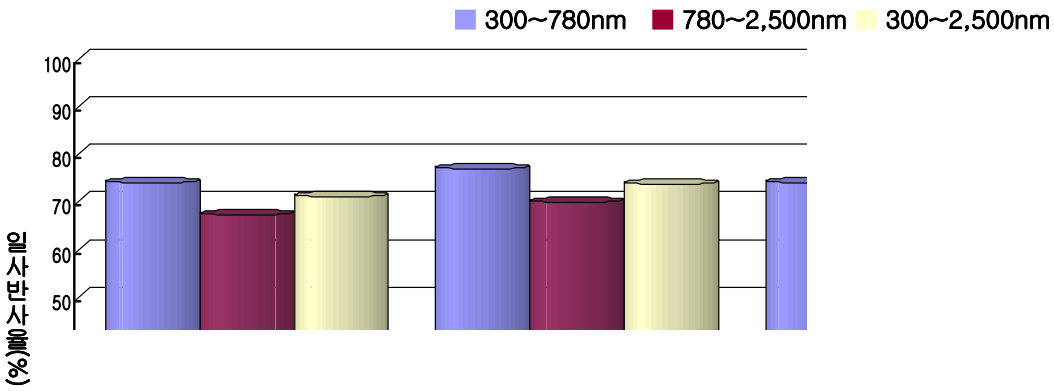
d : 블록의 평균 두께(㎜)

연구결과

- Patterning 형상에 따른 시험 결과는 경사 Patterning이 가시광선 영역 76.7%, 적외선 영역 69.9%, 전체 영역 73.7%로 가장 우수한 일사반사율을 나타냈고, 그 다음 라운드 Patterning이 73.9%, 68.7%, 71.5%이고, 직각 Patterning이 가장 저조한 73.9%, 67.3%, 70.9%로 나타났다.
- 또한, 가시광선 영역과 적외선 영역의 차가 경사 Pattern은 6.8%, 라운드 Pattern은 5.2%이므로 라운드 Pattern이 gap이 적다.
- 하지만, 경사 Pattern과 라운드 Pattern의 총 일사반사율의 차를 살펴보면, 경사 Pattern이 2.2% 더 높은 것을 확인할 수 있다.
- 따라서, 경사 Pattern과 라운드 Pattern의 가시광선 영역 및 적외선 영역 차와 총 일사반사율의 차를 산출해 보면, 태양에너지 영역대의 차와 총 일사반사율의 차를 산출해보면, 0.6%차로 경사 Pattern이 우수하다.

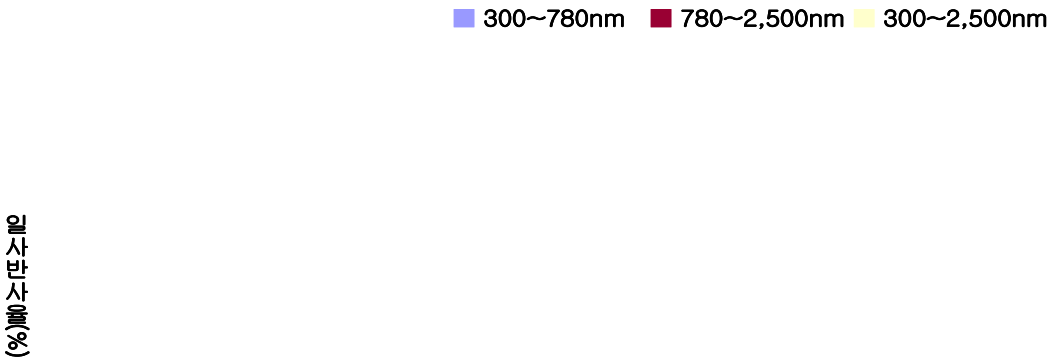
[Patterning 형상 시험결과]

Patterning	시료명	시험항목	일사반사율(%)
Patterning 형상	직각 Patterning 1.2㎜	300 ~ 780㎚	73.9
		780 ~ 2,500㎚	67.3
		300 ~ 2,500㎚	70.9
	경사 Patterning 1.2㎜	300 ~ 780㎚	76.7
		780 ~ 2,500㎚	69.9
		300 ~ 2,500㎚	73.7
	라운드 Patterning 1.2㎜	300 ~ 780㎚	73.9
		780 ~ 2,500㎚	68.7
		300 ~ 2,500㎚	71.5



[Patterning 형상에 따른 일사반사율 시험 결과]

▪ Patterning 형상 및 깊이에 따른 시험 결과는 직각 Patterning 깊이 중에서는 가시광선 영역에서 76.0%, 적외선 영역에서 69.5%, 전체 영역에서 73.1%의 일사반사율을 나타낸 1.0㎜가 가장 우수하였으며, 경사 Patterning 깊이 중에서는 77.2%, 70.4%, 74.1%의 일사반사율을 나타낸 0.6㎜, 라운드 Patterning 깊이 중에서는 76.8%, 71.4%, 74.3%의 일사반사율을 나타낸 0.2㎜가 가장 우수하게 나타났다. 각 Patterning 형태 중 가장 우수한 일사반사율을 나타낸 깊이를 비교하면, 라운드 Patterning 0.2㎜가 태양열 전체 영역에서도 가장 우수하며, 가시광선 영역과 적외선 영역의 차도 가장 작은 것으로 나타났으므로 본 연구개발에 가장 적합한 가시광선 영역의 반사율 최소화 및 적외선 영역 반사율 최대화를 도출하였다.



[일사반사율시험 결과 가장 우수한 Patterning 형상 및 깊이]

[Patterning 형상 및 깊이 시험결과]

Patterning	시료명	시험항목	일사반사율(%)
Patterning 깊이	직각 Patterning 0.2㎜	300 ~ 780㎚	73.2
		780 ~ 2,500㎚	66.6
		300 ~ 2,500㎚	70.2
	직각 Patterning 0.4㎜	300 ~ 780㎚	76.1
		780 ~ 2,500㎚	67.5
		300 ~ 2,500㎚	72.3
	직각 Patterning 0.6㎜	300 ~ 780㎚	74.7
		780 ~ 2,500㎚	68.5
		300 ~ 2,500㎚	72.0
	직각 Patterning 0.8㎜	300 ~ 780㎚	75.6
		780 ~ 2,500㎚	69.2
		300 ~ 2,500㎚	72.8
	직각 Patterning 1.0㎜	300 ~ 780㎚	76.0
		780 ~ 2,500㎚	69.5
		300 ~ 2,500㎚	73.1
	경사 Patterning 0.2㎜	300 ~ 780㎚	76.1
		780 ~ 2,500㎚	69.7
		300 ~ 2,500㎚	73.2
	경사 Patterning 0.4㎜	300 ~ 780㎚	75.7
		780 ~ 2,500㎚	69.1
		300 ~ 2,500㎚	72.8
	경사 Patterning 0.6㎜	300 ~ 780㎚	77.2
		780 ~ 2,500㎚	70.4
		300 ~ 2,500㎚	74.1
	경사 Patterning 0.8㎜	300 ~ 780㎚	75.5
		780 ~ 2,500㎚	68.6
		300 ~ 2,500㎚	72.4
	경사 Patterning 1.0㎜	300 ~ 780㎚	76.2
		780 ~ 2,500㎚	69.7
		300 ~ 2,500㎚	73.3
	라운드 Patterning 0.2㎜	300 ~ 780㎚	76.8
		780 ~ 2,500㎚	71.4
		300 ~ 2,500㎚	74.3
	라운드 Patterning 0.4㎜	300 ~ 780㎚	75.7
		780 ~ 2,500㎚	69.1
		300 ~ 2,500㎚	72.8
	라운드 Patterning 0.6㎜	300 ~ 780㎚	77.2
		780 ~ 2,500㎚	70.4
		300 ~ 2,500㎚	74.1
	라운드 Patterning 0.8㎜	300 ~ 780㎚	75.2
		780 ~ 2,500㎚	69.3
		300 ~ 2,500㎚	72.6
	라운드 Patterning 1.0㎜	300 ~ 780㎚	75.1
		780 ~ 2,500㎚	69.2
		300 ~ 2,500㎚	72.4

▪ Patterning 블록의 물리적 특성 분석을 위해 시편을 라운드 Patterning 0.2㎜와 라운드 Patterning 0.4㎜에 대한 휨강도, 미끄럼저항성, 투수계수 시험을 실시한 결과는 당해연차에 요구하는 모든 조건을 충족시켰으며, 그 수치적 결과는 다음과 같다.

[Patterning 형상 및 깊이 물리적 특성 시험]

시료명	시험항목	단위	시험결과
라운드 Patterning 0.2㎜	휨강도	㎫	6.1
	미끄럼저항성	BPN	61
	투수계수	㎜/sec	0.4
라운드 Patterning 0.4㎜	휨강도	㎫	4.92
	미끄럼저항성	BPN	59
	투수계수	㎜/sec	0.4

연구성과 및 활용

▪ 직각, 경사, 라운드 Patterning 형상에 따른 반사율 특성 분석 결과 경사 Patterning이 본 연구의 목적에 가장 적합함.

▪ Patterning 형상 및 깊이에 따른 반사율 특성 분석 결과 라운드 Patterning 0.2㎜가 가장 적합함.

▪ Patterning 형상 및 깊이가 적용된 Patterning 블록의 휨강도 및 미끄럼저항성, 투수계수 등의 내구성 및 안정성을 시험한 결과 모든 기준에서 연구 목표치를 상회함.

□ 특허출원서(차열블록제조방법 10-2013-0076338)

관 인 생 략

출 원 번 호 통 지 서

출 원 일 자	2013.07.01
특 기 사 항	심사청구(유) 공개신청(무)
출 원 번 호	10-2013-0076338 (접수번호 1-1-2013-0587577-18)
출원인 명칭	(주)에코청진(1-2004-030511-4)
대 리 인 성 명	안경주(9-2000-000064-8)
발 명 자 성 명	박명진 박중걸 김영안 이성원 최정호 이성진 정동원 이동규 이은주 이옥경
발 명 의 명 칭	차열 블록 제조방법

특 허 청 장

<< 안내 >>

1. 귀하의 출원은 위와 같이 정상적으로 접수되었으며, 이후의 심사 진행상황은 출원번호를 통해 확인하실 수 있습니다.

2. 출원에 따른 수수료는 접수일로부터 다음날까지 동봉된 납입영수증에 성명, 납부자번호 등을 기재하여 가까운 우체국 또는 은행에 납부하여야 합니다.
※ 납부자번호 : 0131(기관코드) + 접수번호

3. 귀하의 주소, 연락처 등의 변경사항이 있을 경우, 즉시 [출원인코드 정보변경(경정), 정정신고서]를 제출하여야 출원 이후의 각종 통지서를 정상적으로 받을 수 있습니다.
※ 특허로(patent.go.kr) 접속 > 민원서식다운로드 > 특허법 시행규칙 별지 제5호 서식

4. 특허(실용신안등록)출원은 명세서 또는 도면의 보정이 필요한 경우, 등록결정 이전 또는 의견서 제출기간 이내에 출원서에 최초로 첨부된 명세서 또는 도면에 기재된 사항의 범위 안에서 보정할 수 있습니다.

5. 외국으로 출원하고자 하는 경우 PCT 제도(특허·실용신안)나 마드리드 제도(상표)를 이용할 수 있습니다. 국내출원일을 외국에서 인정받고자 하는 경우에는 국내출원일로부터 일정한 기간 내에 외국에 출원하여야 우선권을 인정받을 수 있습니다.
※ 제도 안내 : http://www.kipo.go.kr-특허마당-PCT/마드리드
※ 우선권 인정기간 : 특허·실용신안은 12개월, 상표·디자인은 6개월 이내
※ 미국특허상표청의 선출원을 기초로 우리나라에 우선권주장출원 시, 선출원이 미공개상태이면, 우선일로부터 16개월 이내에 미국특허상표청에 [전자적교환허가서(PTO/SB/39)]를 제출하거나 우리나라에 우선권 증명서류를 제출하여야 합니다.

6. 본 출원사실을 외부에 표시하고자 하는 경우에는 아래와 같이 하여야 하며, 이를 위반할 경우 관련법령에 따라 처벌을 받을 수 있습니다.
※ 특허출원 10-2010-0000000, 상표등록출원 40-2010-0000000

7. 기타 심사 절차에 관한 사항은 동봉된 안내서를 참조하시기 바랍니다.

□ 특허등록증(차열블록제조방법 10-2013-1342004)

특 허 증

CERTIFICATE OF PATENT

특 허 제 10-1342004 호
(PATENT NUMBER)

출원번호 (APPLICATION NUMBER) 제 2013-0076338 호
출 원 일 (FILING DATE:YY/MM/DD) 2013년 07월 01일
등 록 일 (REGISTRATION DATE:YY/MM/DD) 2013년 12월 10일

발명의명칭 (TITLE OF THE INVENTION)
차열 블록 제조방법

특허권자 (PATENTEE)
(주)에코청진(175111-0******)
경북 성주군 선남면 관화리 120

발명자 (INVENTOR)
등록사항란에 기재

위의 발명은 「특허법」에 따라 특허등록원부에 등록되었음을 증명합니다.

(THIS IS TO CERTIFY THAT THE PATENT IS REGISTERED ON THE REGISTER OF THE KOREAN INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE.)

2013년 12월 10일

특허청장 김 영 민
COMMISSIONER, THE KOREAN INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE

연차등록료 납부일은 설정등록일 이후 4년차부터 매년 12월 10일까지이며 등록원부로 권리관계를 확인바랍니다.

□ 공인 시험 성적서(일사반사율시험)

6133-4913-2785-1566

시험성적서

1. 성 적 서 번 호 : CT13-94365
2. 의 뢰 자
   - ○ 업 체 명 : 에코청진(주)
   - ○ 주 소 : 경북 성주군 선남면 관화리 120
   - ○ 의뢰일자 : 2013.09.25
   - ○ 시험발급일 : 2013.10.14
3. 시험성적서의 용도 : 품질관리
4. 시 료 명 : Patterning(직각 Patterning 0.2 mm) 외 17건
5. 시험방법
   (1) JIS K 5602 : 2008

확인	작성자 성 명	이연성	기술책임자 성 명	유경환

비고 : 1. 이 성적서는 의뢰자가 제시한 시료 및 시료명으로 시험한 결과로서 전체 제품에 대한 품질을 보증하지는 않습니다.
2. 이 성적서는 홍보, 선전, 광고 및 소송용으로 사용될 수 없으며, 용도 이외의 사용을 금합니다.

한국건설생활환경시험연구원

서초행정관리동 : 137-707 서울특별시 서초구 서초동 1465-4 02-3415-8886
결과문의 : 안전환경센터 ☎ (031)389-9105

양식QP-20-01-05(2)

시험성적서

성적서번호 : CT13-94365

6. 시험결과

1) 직각 Patterning 0.2 ㎜

시험항목	단위	시험방법	시험결과
일사반사율 (300 ㎚ ~ 780 ㎚)	%	(1)	73.2
일사반사율 (780 ㎚ ~ 2 500 ㎚)	%	(1)	66.6
일사반사율 (300 ㎚ ~ 2 500 ㎚)	%	(1)	70.2

2) 경사 Patterning 0.2 ㎜

시험항목	단위	시험방법	시험결과
일사반사율 (300 ㎚ ~ 780 ㎚)	%	(1)	76.1
일사반사율 (780 ㎚ ~ 2 500 ㎚)	%	(1)	69.7
일사반사율 (300 ㎚ ~ 2 500 ㎚)	%	(1)	73.2

3) 라운드 Patterning 0.2 ㎜

시험항목	단위	시험방법	시험결과
일사반사율 (300 ㎚ ~ 780 ㎚)	%	(1)	76.8
일사반사율 (780 ㎚ ~ 2 500 ㎚)	%	(1)	71.4
일사반사율 (300 ㎚ ~ 2 500 ㎚)	%	(1)	74.3

4) 직각 Patterning 0.4 ㎜

시험항목	단위	시험방법	시험결과
일사반사율 (300 ㎚ ~ 780 ㎚)	%	(1)	76.1
일사반사율 (780 ㎚ ~ 2 500 ㎚)	%	(1)	67.5
일사반사율 (300 ㎚ ~ 2 500 ㎚)	%	(1)	72.3

5) 경사 Patterning 0.4 ㎜

시험항목	단위	시험방법	시험결과
일사반사율 (300 ㎚ ~ 780 ㎚)	%	(1)	75.7
일사반사율 (780 ㎚ ~ 2 500 ㎚)	%	(1)	69.1
일사반사율 (300 ㎚ ~ 2 500 ㎚)	%	(1)	72.8

6) 라운드 Patterning 0.4 ㎜

시험항목	단위	시험방법	시험결과
일사반사율 (300 ㎚ ~ 780 ㎚)	%	(1)	73.7
일사반사율 (780 ㎚ ~ 2 500 ㎚)	%	(1)	68.3
일사반사율 (300 ㎚ ~ 2 500 ㎚)	%	(1)	71.3

7) 직각 Patterning 0.6 ㎜

시험항목	단위	시험방법	시험결과
일사반사율 (300 ㎚ ~ 780 ㎚)	%	(1)	74.7
일사반사율 (780 ㎚ ~ 2 500 ㎚)	%	(1)	68.5
일사반사율 (300 ㎚ ~ 2 500 ㎚)	%	(1)	72.0

8) 경사 Patterning 0.6 ㎜

시험항목	단위	시험방법	시험결과
일사반사율 (300 ㎚ ~ 780 ㎚)	%	(1)	77.2
일사반사율 (780 ㎚ ~ 2 500 ㎚)	%	(1)	70.4
일사반사율 (300 ㎚ ~ 2 500 ㎚)	%	(1)	74.1

시험성적서

성적서번호 : CT13-94365

6. 시험결과

9) 라운드 Patterning 0.6 ㎜

시험항목	단위	시험방법	시험결과
일사반사율 (300 ㎚ ~ 780 ㎚)	%	(1)	77.6
일사반사율 (780 ㎚ ~ 2 500 ㎚)	%	(1)	70.3
일사반사율 (300 ㎚ ~ 2 500 ㎚)	%	(1)	74.3

10) 직각 Patterning 0.8 ㎜

시험항목	단위	시험방법	시험결과
일사반사율 (300 ㎚ ~ 780 ㎚)	%	(1)	75.6
일사반사율 (780 ㎚ ~ 2 500 ㎚)	%	(1)	69.2
일사반사율 (300 ㎚ ~ 2 500 ㎚)	%	(1)	72.8

11) 경사 Patterning 0.8 ㎜

시험항목	단위	시험방법	시험결과
일사반사율 (300 ㎚ ~ 780 ㎚)	%	(1)	75.5
일사반사율 (780 ㎚ ~ 2 500 ㎚)	%	(1)	68.6
일사반사율 (300 ㎚ ~ 2 500 ㎚)	%	(1)	72.4

12) 라운드 Patterning 0.8 ㎜

시험항목	단위	시험방법	시험결과
일사반사율 (300 ㎚ ~ 780 ㎚)	%	(1)	75.2
일사반사율 (780 ㎚ ~ 2 500 ㎚)	%	(1)	69.3
일사반사율 (300 ㎚ ~ 2 500 ㎚)	%	(1)	72.6

13) 직각 Patterning 1.0 ㎜

시험항목	단위	시험방법	시험결과
일사반사율 (300 ㎚ ~ 780 ㎚)	%	(1)	76.0
일사반사율 (780 ㎚ ~ 2 500 ㎚)	%	(1)	69.5
일사반사율 (300 ㎚ ~ 2 500 ㎚)	%	(1)	73.1

14) 경사 Patterning 1.0 ㎜

시험항목	단위	시험방법	시험결과
일사반사율 (300 ㎚ ~ 780 ㎚)	%	(1)	76.2
일사반사율 (780 ㎚ ~ 2 500 ㎚)	%	(1)	69.7
일사반사율 (300 ㎚ ~ 2 500 ㎚)	%	(1)	73.3

15) 라운드 Patterning 1.0 ㎜

시험항목	단위	시험방법	시험결과
일사반사율 (300 ㎚ ~ 780 ㎚)	%	(1)	75.1
일사반사율 (780 ㎚ ~ 2 500 ㎚)	%	(1)	69.2
일사반사율 (300 ㎚ ~ 2 500 ㎚)	%	(1)	72.4

16) 직각 Patterning 1.2 ㎜

시험항목	단위	시험방법	시험결과
일사반사율 (300 ㎚ ~ 780 ㎚)	%	(1)	73.9
일사반사율 (780 ㎚ ~ 2 500 ㎚)	%	(1)	67.3
일사반사율 (300 ㎚ ~ 2 500 ㎚)	%	(1)	70.9

시험성적서

성적서번호 : CT13-94365

6. 시험결과

17) 경사 Patterning 1.2 ㎜

시험항목	단위	시험방법	시험결과
일사반사율 (300 ㎚ ~ 780 ㎚)	%	(1)	76.7
일사반사율 (780 ㎚ ~ 2 500 ㎚)	%	(1)	69.9
일사반사율 (300 ㎚ ~ 2 500 ㎚)	%	(1)	73.7

18) 라운드 Patterning 1.2 ㎜

시험항목	단위	시험방법	시험결과
일사반사율 (300 ㎚ ~ 780 ㎚)	%	(1)	73.9
일사반사율 (780 ㎚ ~ 2 500 ㎚)	%	(1)	68.7
일사반사율 (300 ㎚ ~ 2 500 ㎚)	%	(1)	71.5

---- 이 하 여 백 ----

□ 공인 시험 성적서(기초 물리적 특성)

the way to trust KCL

3919-2092-9522-4325

시험성적서

1. 성 적 서 번 호 : CT13-95111
2. 의 뢰 자
   - ○ 업 체 명 : (주)에코청진
   - ○ 주 소 : 경북 성주군 선남면 관화리 120
   - ○ 의뢰일자 : 2013.09.26
   - ○ 시험발급일 : 2013.10.03
3. 시험성적서의 용도 : 품질관리
4. 시 료 명 : 패턴닝 적용 블록(#1)
5. 시험방법
   (1) KS F 4419:2009

6. 시험결과

1) 1

시험항목	단위	시험방법	시험결과
휨 강도	MPa	(1)	6.3

2) 2

시험항목	단위	시험방법	시험결과
휨 강도	MPa	(1)	6.1

3) 3

시험항목	단위	시험방법	시험결과
휨 강도	MPa	(1)	6.1

4) 4

시험항목	단위	시험방법	시험결과
휨 강도	MPa	(1)	6.1

5) 5

시험항목	단위	시험방법	시험결과
휨 강도	MPa	(1)	5.9

---- 이 하 여 백 ----

확인	작성자 성 명	김용민	기술책임자 성 명	이장목

비고 : 1. 이 성적서는 의뢰자가 제시한 시료 및 시료명으로 시험한 결과로서 전체 제품에 대한 품질을 보증하지는 않습니다.
2. 이 성적서는 홍보, 선전, 광고 및 소송용으로 사용될 수 없으며, 용도 이외의 사용을 금합니다.

한국건설생활환경시험연구원장

대구경북지원 : 704-932 대구 달서구 죽전동 277-5 053-557-6681
결과문의 : 대구경북지원 ☎ (053)557-6681

총 1페이지 중 1페이지 양식QP-20-01-05(2)

the way to trust KCL

2433-3290-9078-7170

시험성적서

1. 성 적 서 번 호 : CT13-95098
2. 의 뢰 자
   - ○ 업 체 명 : (주)에코청진
   - ○ 주 소 : 경북 성주군 선남면 관화리 120
   - ○ 의뢰일자 : 2013.09.26
   - ○ 시험발급일 : 2013.10.03
3. 시험성적서의 용도 : 품질관리
4. 시 료 명 : 패턴닝 적용 블록(#1)
5. 시험방법
   (1) KS F 2375:2011

6. 시험결과

1) 1

시험항목	단위	시험방법	시험결과
실내 미끄럼 저항성	BPN	(1)	61

---- 이 하 여 백 ----

확인	작성자 성 명	김용민	기술책임자 성 명	이장목

비고 : 1. 이 성적서는 의뢰자가 제시한 시료 및 시료명으로 시험한 결과로서 전체 제품에 대한 품질을 보증하지는 않습니다.
2. 이 성적서는 홍보, 선전, 광고 및 소송용으로 사용될 수 없으며, 용도 이외의 사용을 금합니다.

한국건설생활환경시험연구원장

대구경북지원 : 704-932 대구 달서구 죽전동 277-5 053-557-6681
결과문의 : 대구경북지원 ☎ (053)557-6681

양식QP-20-01-05(2)

the way to trust KCL

9575-4371-8657-6192

시험성적서

1. 성 적 서 번 호 : CT13-95108
2. 의 뢰 자
   - ○ 업 체 명 : (주)에코청진
   - ○ 주 소 : 경북 성주군 선남면 관화리 120
   - ○ 의뢰일자 : 2013.09.26
   - ○ 시험발급일 : 2013.10.03
3. 시험성적서의 용도 : 품질관리
4. 시 료 명 : 패턴닝 적용 블록(#1)
5. 시험방법
   (1) KS F 4419:2009

6. 시험결과

1) 1

시험항목	단위	시험방법	시험결과
투수계수	mm/s	(1)	0.4

---- 이 하 여 백 ----

확인	작성자 성 명	김용민	기술책임자 성 명	이장목

비고 : 1. 이 성적서는 의뢰자가 제시한 시료 및 시료명으로 시험한 결과로서 전체 제품에 대한 품질을 보증하지는 않습니다.
2. 이 성적서는 홍보, 선전, 광고 및 소송용으로 사용될 수 없으며, 용도 이외의 사용을 금합니다.

한국건설생활환경시험연구원장

대구경북지원 : 704-932 대구 달서구 죽전동 277-5 053-557-6681
결과문의 : 대구경북지원 ☎ (053)557-6681

양식QP-20-01-05(2)

the way to trust KCL

8449-7893-4719-1989

시험성적서

1. 성 적 서 번 호 : CT13-95110
2. 의 뢰 자
   - ○ 업 체 명 : (주)에코청진
   - ○ 주 소 : 경북 성주군 선남면 관화리 120
   - ○ 의뢰일자 : 2013.09.26
   - ○ 시험발급일 : 2013.10.03
3. 시험성적서의 용도 : 품질관리
4. 시 료 명 : 패턴닝 적용 블록(#2)
5. 시험방법
   (1) KS F 4419:2009

6. 시험결과

1) 1

시험항목	단위	시험방법	시험결과
휨 강도	MPa	(1)	4.9

2) 2

시험항목	단위	시험방법	시험결과
휨 강도	MPa	(1)	4.9

3) 3

시험항목	단위	시험방법	시험결과
휨 강도	MPa	(1)	4.9

4) 4

시험항목	단위	시험방법	시험결과
휨 강도	MPa	(1)	4.9

5) 5

시험항목	단위	시험방법	시험결과
휨 강도	MPa	(1)	5.0

---- 이 하 여 백 ----

확인	작성자 성 명	김용민	기술책임자 성 명	이장목

비고 : 1. 이 성적서는 의뢰자가 제시한 시료 및 시료명으로 시험한 결과로서 잔체 제품에 대한 품질을 보증하지는 않습니다.
2. 이 성적서는 홍보, 선전, 광고 및 소송용으로 사용될 수 없으며, 용도 이외의 사용을 금합니다.

한국건설생활환경시험연구원장

대구경북지원 : 704-932 대구 달서구 죽전동 277-5 053-557-6681
결과문의 : 대구경북지원 ☎ (053)557-6681

총 1페이지 중 1페이지 양식QP-20-01-05(2)

the way to trust KCL

8922-1616-6522-5148

시험성적서

1. 성 적 서 번 호 : CT13-95102
2. 의 뢰 자
   - ○ 업 체 명 : (주)에코청진
   - ○ 주 소 : 경북 성주군 선남면 관화리 120
   - ○ 의뢰일자 : 2013.09.26
   - ○ 시험발급일 : 2013.10.03
3. 시험성적서의 용도 : 품질관리
4. 시 료 명 : 패턴닝 적용 블록(#2)
5. 시험방법
   (1) KS F 2375:2011

6. 시험결과

1) 1

시험항목	단위	시험방법	시험결과
실내 미끄럼 저항성	BPN	(1)	59

---- 이 하 여 백 ----

확인	작성자 성 명	김용민	기술책임자 성 명	이장목

비고 : 1. 이 성적서는 의뢰자가 제시한 시료 및 시료명으로 시험한 결과로서 전체 제품에 대한 품질을 보증하지는 않습니다.
2. 이 성적서는 홍보, 선전, 광고 및 소송용으로 사용될 수 없으며, 용도 이외의 사용을 금합니다.

한국건설생활환경시험연구원장

대구경북지원 : 704-932 대구 달서구 죽전동 277-5 053-557-6681
결과문의 : 대구경북지원 ☎ (053)557-6681

양식QP-20-01-05(2)

the way to trust KCL

9836-2743-9441-8478

시험성적서

1. 성 적 서 번 호 : CT13-95107
2. 의 뢰 자
   - ○ 업 체 명 : (주)에코청진
   - ○ 주 소 : 경북 성주군 선남면 관화리 120
   - ○ 의뢰일자 : 2013.09.26
   - ○ 시험발급일 : 2013.10.03
3. 시험성적서의 용도 : 품질관리
4. 시 료 명 : 패턴닝 적용 블록(#2)
5. 시험방법
   (1) KS F 4419:2009

6. 시험결과

1) 1

시험항목	단위	시험방법	시험결과
투수계수	mm/s	(1)	0.4

---- 이 하 여 백 ----

확인	작성자 성 명	김용민	기술책임자 성 명	이장목

비고 : 1. 이 성적서는 의뢰자가 제시한 시료 및 시료명으로 시험한 결과로서 전체 제품에 대한 품질을 보증하지는 않습니다.
2. 이 성적서는 홍보, 선전, 광고 및 소송용으로 사용될 수 없으며, 용도 이외의 사용을 금합니다.

한국건설생활환경시험연구원장

대구경북지원 : 704-932 대구 달서구 죽전동 277-5 053-557-6681
결과문의 : 대구경북지원 ☎ (053)557-6681

A07	생산라인과 결부된 표면 연마 및 가공기술 개발
단계	블록 가공 브러시에 의한 표면 연마 및 가공기술에 의한 영향

연구내용

본 보고서는 앞서 A06 단계에서 Patterning 형상 및 깊이에 따른 반사율을 분석한 결과를 확인하고, 기능성 향상을 위해 생산라인과 결부된 표면 연마 및 가공기술을 개발하고자 한다. 생산라인과 결부된 표면 연마 및 가공기술 개발은 다음과 같다.

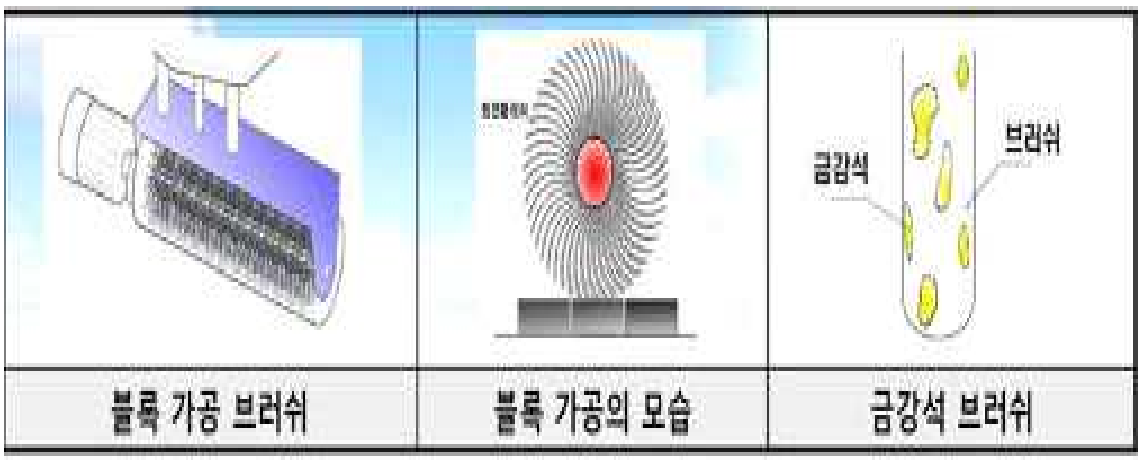
(1) 표면연마 및 가공기술

(가) 개요

Patterning 최적 형상 및 깊이에 따른 기능성 향상을 위한 표면 가공 기술.

(나) 기술

① 금강석이 포함된 회전 브러시로 블록 상면의 시멘트 페이스트 가공.
② 블록 상면의 시멘트 페이스트를 연마하여 제거함.
③ 블록 상면의 시멘트 페이스트를 제거하여, 상면에 여러 색상과 크기의 천연골재를 노출시키어 천연 대리석과 같은 질감을 표현함.



(2) 제조 방법

Patterning 최적 형상 및 깊이에서 기능성 향상을 위한 생산라인과 결부된 표면 연마 및 가공기술을 적용한 일사반사율 시험을 위한 시편의 제조방법과 조건은 다음과 같다.

(가) 시편 제조 방법

① 흰색골재분말 2,070g에 백시멘트 500g, 물 150g과 TiO_2 시멘트wt.5% 혼합.
② 100 × 70 × 30(㎜)크기의 몰드에 기존 콘크리트 인터로킹 블록 유색층 배합으로 혼합물을 삽입하여 진동다짐.
③ 72시간 상온 건조.
④ 금강석 브러시로 2차 가공하여 상면의 페이스트 연마.

(나) 시편 조건

① 시편 크기 : 100 × 70 × 30(㎜) 이하.

② 표면 상태 : 표면에 실금(Crack)이 없어야 함.

(다) 시편 상태

라운드 Patterning 0.2㎜	라운드 Patterning 0.4㎜
	

(3) 시험 방법

(가) 시험 장소

한국건설생활환경시험연구원 안전환경센터

(나) 시험 규격

JIS K 5602(도막에 의한 태양 복사의 반사율 측정)

(다) 산 출 식

일사반사율은 분광반사율을 이용하여 다음 식 1에 따라 산출함. 일사반사율은 근자외선 및 가시광선 영역(300 ~ 780㎚), 근 적외선 영역(780 ~ 2,500㎚) 및 모든 파장 영역(300 ~ 2,500㎚)의 세 파장 범위에 대해 일사반사율 ρe를 구하고 기록함.

$$\rho_e = \frac{\sum_{\lambda} [(E\lambda \times \Delta\lambda) \times \rho(\lambda)]}{\sum_{\lambda} (E\lambda \times \Delta\lambda)} \quad \text{.....(식 1)}$$

여기에서, ρe : 일사반사율(%)

$\rho(\lambda)$: 요구한 분광반사율(%)

$E\lambda \times \Delta\lambda$: 기준태양광에 대한 값 계수

λ : 파장

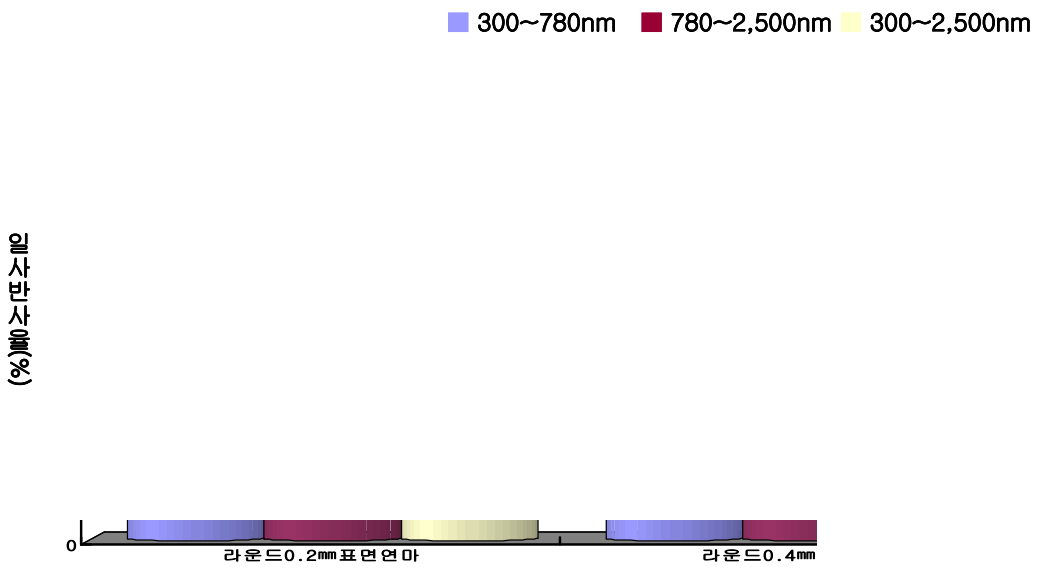
연구결과

기능성 향상을 위해 앞서 A06 단계에서 확인된 본 연구목표와 가장 적합한 일사반사율을 나타낸 라운드 Patterning 0.2㎜와 0.4㎜를 생산라인과 결부된 표면 연마 및 가공 기술을 접목시켜, 한국건설생활환경시험연구원에서 시험한 결과는 라운드

Patterning 0.2㎜에 표면 연마 및 가공기술을 접목한 블록이 태양열 영역 중에서 가시광선 영역에서 76.1%, 적외선 영역에서 71.5%, 전체 영역에서 74.0%로 라운드 Patterning 0.4㎜에 표면 연마 및 가공기술이 접목된 블록의 76.3%, 71.0%, 73.9%보다 성능 또는 가시광선 영역에서의 반사 최소화 및 적외선 영역에서 반사 최대화인 연구 목적에 더욱 적합하다. 그러나 라운드 Patterning 0.2㎜를 표면 연마 및 가공기술을 접목시킨 결과, Patterning 0.2㎜의 높이가 너무 낮으므로 Patterning이 표면 연마 및 가공기술에 의해 마모되어, 가시광선 영역에서 반사율이 증가된 것으로 판단된다.

[Patterning에 따른 표면 연마 및 가공기술 적용 블록 시험결과]

시료	시험항목	일사반사율(%)
라운드 Patterning 0.2㎜ 표면연마	300 ~ 780㎚	76.1
	780 ~ 2,500㎚	71.5
	300 ~ 2,500㎚	74.0
라운드 Patterning 0.4㎜ 표면연마	300 ~ 780㎚	76.3
	780 ~ 2,500㎚	71.0
	300 ~ 2,500㎚	73.9



[Patterning 적용 2차 가공에 의한 일사반사율 시험결과]

연구성과 및 활용

- 기능성 향상을 위한 Patterning 적용기술을 생산라인과 결부된 표면 연마 및 가공기술 개발을 통해 진행하여, 라운드 Patterning 0.2㎜에 표면 연마 및 가공 기술을 적용한 블록이 가장 우수하지만, 성형불량 발생률이 0.4㎜보다 3배이상 높으므로, 라운드 Patterning 0.4㎜가 가장 적합하므로, Composite 블록에 적용할 시 가장 우선적으로 진행되어야 할 부분임.

□ 공인 시험 성적서(일사반사율)

5272-6335-2518-9771

시험성적서

1. 성 적 서 번 호 : CT13-94366
2. 의 뢰 자
   - ○ 업 체 명 : 에코청진(주)
   - ○ 주 소 : 경북 성주군 선남면 관화리 120
   - ○ 의뢰일자 : 2013.09.25
   - ○ 시험발급일 : 2013.10.14
3. 시험성적서의 용도 : 품질관리
4. 시 료 명 : Composite 블록(고반사 재료 wt. 5%)외 6건
5. 시험방법
   (1) JIS K 5602 : 2008

확인	작성자 성 명	이연성	기술책임자 성 명	유경환

비고 : 1. 이 성적서는 의뢰자가 제시한 시료 및 시료명으로 시험한 결과로서 전체 제품에 대한 품질을 보증하지는 않습니다.
2. 이 성적서는 홍보, 선전, 광고 및 소송용으로 사용될 수 없으며, 용도 이외의 사용을 금합니다.

한국건설생활환경시험연구원

서초행정관리동 : 137-707 서울특별시 서초구 서초동 1465-4 02-3415-8886
결과문의 : 안전환경센터 ☎ (031)389-9105

총 2페이지 중 1페이지

양식QP-20-01-05(2)

시험성적서

성적서번호 : CT13-94366

6. 시험결과

1) 고반사 재료 wt.10 %

시험항목	단위	시험방법	시험결과
일사반사율 (300 nm ~ 780 nm)	%	(1)	76.7
일사반사율 (780 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	70.1
일사반사율 (300 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	73.8

2) 고반사 재료 wt.15 %

시험항목	단위	시험방법	시험결과
일사반사율 (300 nm ~ 780 nm)	%	(1)	76.8
일사반사율 (780 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	70.9
일사반사율 (300 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	74.1

3) 고반사 재료 wt.20 %

시험항목	단위	시험방법	시험결과
일사반사율 (300 nm ~ 780 nm)	%	(1)	77.8
일사반사율 (780 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	70.9
일사반사율 (300 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	74.7

4) 고반사 재료 wt.25 %

시험항목	단위	시험방법	시험결과
일사반사율 (300 nm ~ 780 nm)	%	(1)	76.4
일사반사율 (780 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	70.5
일사반사율 (300 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	73.7

5) 고반사 재료 wt.30 %

시험항목	단위	시험방법	시험결과
일사반사율 (300 nm ~ 780 nm)	%	(1)	80.6
일사반사율 (780 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	73.5
일사반사율 (300 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	77.5

6) 라운드 Patterning 0.2 mm 표면연마

시험항목	단위	시험방법	시험결과
일사반사율 (300 nm ~ 780 nm)	%	(1)	76.1
일사반사율 (780 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	71.5
일사반사율 (300 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	74.0

7) 라운드 Patterning 0.4 mm 표면연마

시험항목	단위	시험방법	시험결과
일사반사율 (300 nm ~ 780 nm)	%	(1)	76.3
일사반사율 (780 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	71.0
일사반사율 (300 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	73.9

---- 이 하 여 백 ----

A08	보행자 난반사 방지를 위한 최적 Pattern 분류 및 제품설계
단계	Pattern 분류 및 제품설계에 따른 가시광선 영역의 반사특성 분석

연구내용

본 보고서는 앞서 A07 단계에서 확인된 Patterning 최적 형상 및 깊이의 제품을 기능성 향상을 위해 생산라인과 결부된 표면 연마 및 가공 기술을 접목시켜 한국건설생활환경시험연구원에서 일사반사율 시험한 결과를 분석하고, Patterning이 적용되지 않은 Square의 평판 형상으로 표면 입도에 따른 비교 시험을 통해 최적 Pattern 분류와 제품설계에 적용하고자 한다. 이를 통하여 보행자 난반사 방지를 위한 Patterning 블록의 최적의 Pattern을 설계 반영한 시험결과를 분석한 사항들은 다음과 같다.

(1) 보행자 난반사 방지를 위한 최적의 Pattern

보행자 난반사 방지를 위한 최적의 Pattern분류는 앞서 A06 ~ A07단계에서 Patterning 형상 및 깊이와 표면 연마 및 가공기술을 접목시킨 Patterning에 대한 자료를 분석하고, Square의 평판 형상으로 표면 입도에 따른 비교 시험을 통해 Patterning 블록의 Pattern 분류와 제품 설계에 반영하고자 한다.

(가) 개요

Patterning 블록의 Pattern분류 및 제품설계

(나) 대상

① 라운드 Patterning 0.2 ~ 0.4㎜ ② 라운드 Patterning 0.2 ~ 0.4㎜ 표면 연마
③ Square Type 분말
④ Square Type 분말 : 골재 = 1 : 1
⑤ Square Type 분말 : 골재 = 1 : 2
⑥ Square Type 분말 : 골재 = 2 : 1
⑦ Square Type 골재
⑧ 기존 콘크리트 인터로킹 블록

(2) 제조 방법

(가) 시편 제조 방법

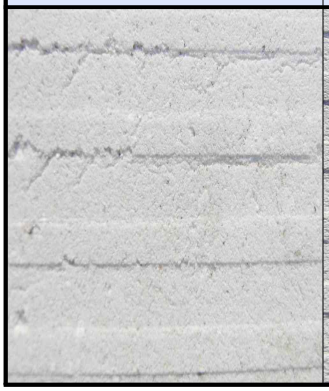
① Patterning 블록의 배합은 흰색골재분말 2,070g에 백색 포틀랜드 시멘트 500g, 물 150g과 TiO_2 시멘트 wt.5% 혼합.
② Square Type 블록의 배합은 흰색골재분말 2,070g을 위 ③ ~ ⑦의 비율로 배합하고, 백색 포틀랜드 시멘트 500g, 물 150g과 TiO_2 시멘트 wt.5% 혼합.
② 100 × 70 × 30(㎜)크기의 몰드에 기존 콘크리트 인터로킹 블록 유색층 배합으로 혼합물을 삽입하여 진동다짐.
③ 72시간 상온 건조 후 탈형.

(나) 시편 조건

① 시편 크기 : 100 × 70 × 30(㎜) 이하.

② 표면 상태 : 표면에 실금(Crack)이 없어야 함.

(다) 시편 상태

라운드 Patterning 0.2㎜	라운드 Patterning 0.4㎜	라운드 Patterning 0.2㎜ 표면 연마	라운드 Patterning 0.4㎜ 표면 연마
			

Square 분말	Square 분말:골재=1:1	Square 분말:골재=1:2	Square 분말:골재=2:1
			

(3) 시험 방법

(가) 시험 장소

한국건설생활환경시험연구원 안전환경센터

(나) 시험 규격

JIS K 5602(도막에 의한 태양 복사의 반사율 측정)

(다)산 출 식

일사반사율은 분광반사율을 이용하여 다음 식 1에 따라 산출함. 일사반사율은 근자외선 및 가시광선 영역(300 ~ 780㎚), 근 적외선 영역(780 ~ 2,500㎚) 및 모든 파장 영역(300 ~ 2,500㎚)의 세 파장 범위에 대해 일사반사율 ρe를 구하고 기록함.

$$\rho_e = \frac{\sum_{\lambda} [(E\lambda \times \Delta\lambda) \times \rho(\lambda)]}{\sum_{\lambda} (E\lambda \times \Delta\lambda)} \quad \text{.....(식 1)}$$

여기에서, ρe : 일사반사율(%)

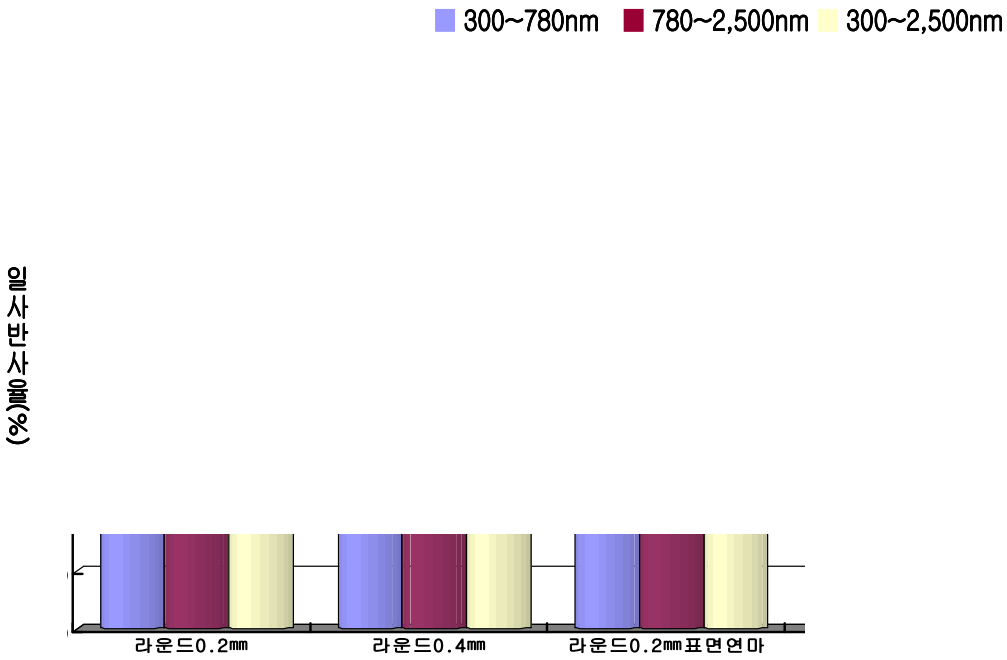
$\rho(\lambda)$: 요구한 분광반사율(%)

$E\lambda \times \Delta\lambda$: 기준태양광에 대한 값 계수

λ : 파장

연구결과

- 보행자 난반사 방지를 위한 최적 Pattern과 제품설계를 위해 앞서 A06과 A07에서 확인된 가시광선 영역 반사 최소화를 통한 눈부심 방지와 적외선 영역의 반사 최대화를 통한 Patterning과 기능성 향상을 위한 Patterning 적용기술인 생산라인과 결부된 표면 연마 및 가공기술을 적용한 블록 중 가장 우수한 제품을 비교·분석하고자 한다. 그 결과, 일사반사율이 가장 우수한 제품은 가시광선 영역에서 76.8%, 적외선 영역에서 71.4% 전체 영역에서 74.3%를 나타낸 라운드 Patterning 0.2㎜이지만, 본 연구 목표에 가장 적합한 제품은 가시광선 영역에서 76.1%, 적외선 영역에서 71.5%, 전체 영역에서 74.0%를 나타낸 라운드 Patterning 0.2㎜ 표면 연마 및 가공기술이 접목된 제품이 가장 우수하다고 판단된다.



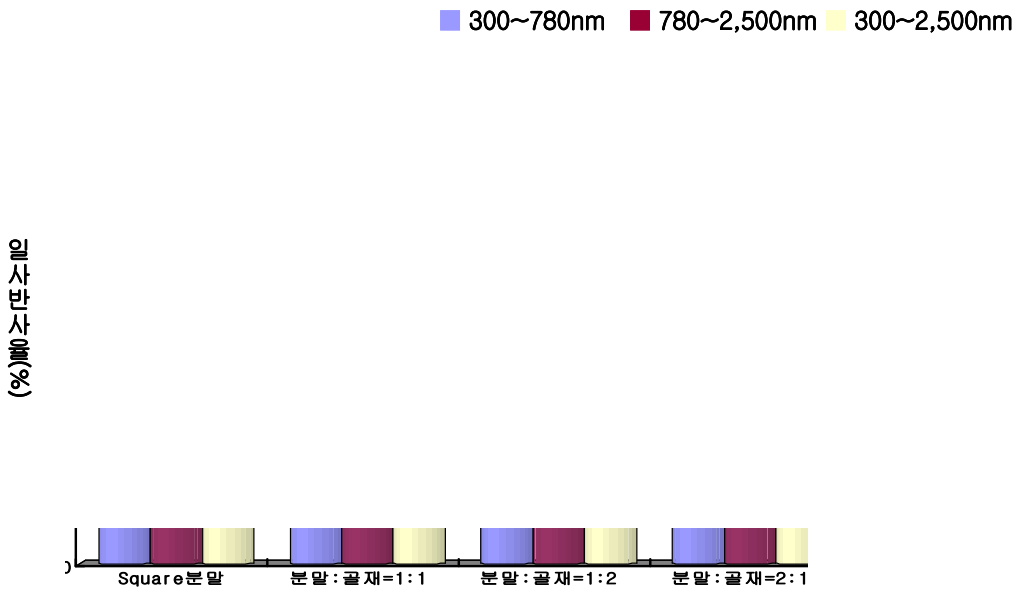
[Patterning 및 2차 가공에 의한 일사반사율시험 결과]

- 태양열 전체 영역에서 라운드 Patterning 0.2㎜ 제품이 라운드 Patterning 0.2㎜ 표면연마 및 가공기술이 접목된 제품보다 74.3%와 74.0%로 우수하지만, 본 연구 목표에 부합되는 가시광선 영역 반사 최소화와 적외선 영역 반사 최대화를 위해서는 라운드 Patterning 0.2㎜ 표면 연마 및 가공기술이 접목된 제품이 가장 적합하다.

[Pattern 분류 및 제품설계 시험결과]

Patterning	시료명	시험항목	일사반사율(%)
Patterning 깊이	라운드 Patterning 0.2㎜	300 ~ 780㎚	76.8
		780 ~ 2,500㎚	71.4
		300 ~ 2,500㎚	74.3
	라운드 Patterning 0.4㎜	300 ~ 780㎚	73.7
		780 ~ 2,500㎚	68.3
		300 ~ 2,500㎚	71.3
표면 연마 및 가공 기술	라운드 Patterning 0.2㎜	300 ~ 780㎚	76.1
		780 ~ 2,500㎚	71.5
		300 ~ 2,500㎚	74.0
	라운드 Patterning 0.4㎜	300 ~ 780㎚	76.3
		780 ~ 2,500㎚	71.0
		300 ~ 2,500㎚	73.9

▪ 또한, 기능성 향상을 위한 Patterning을 적용한 블록이 태양에너지 반사에 나쁜 영향을 미칠 수도 있으므로, 그 부분에 대한 분석을 위해 Patterning을 적용하지 않은 Square Type으로 원재료의 입도에 따른 반사 특성을 분석하였다. 그 결과, 모든 부분에서 기능성 향상을 위한 Patterning 적용과 표면 연마 및 가공기술을 접목한 제품이 우수하였다.



[원재료 골재 입도 배합에 따른 일사반사율시험 결과]

▪ 이 시험을 통해 도출할 수 있는 것은 원재료의 입도가 미분이라고 하여 다 좋은 것은 아니란 것이다. 그 보다는 굵은 골재와 세골재가 적당한 비율로 배합되어, 표면의 평활도가 좋은 제품이 반사율 또한 우수하다는 결론을 도출 할 수 있었다. 그 예로 미세한 분말이 표면에 적용된 제품이 일반적으로 가장 우수한 반사율을 나타낼 것으로 판단되지만, 그 결과는 정 반대인 분말과 골재의 배합 비율이 2 : 1인 제품이 가장 높은 반사율을 나타냈으며, Square Type 분말을 적용한

제품은 가시광선 영역 반사율이 74.0%, 적외선 영역에서는 67.5%, 전체 영역에서는 71.1%이며, Square Type 분말 : 골재 = 2 : 1 제품의 경우는 가시광선 영역에서 75.9%, 적외선 영역에서 69.7%, 전체 영역에서 73.1%로 가시광선 영역에서는 상대적으로 반사 최소화시키고, 적외선 영역에서 반사 최대화를 나타냈기 때문이다.

[기존 제품과의 비교 시험결과]

Patterning	시료명	시험항목	일사반사율(%)
표면 입도에 따른 분석	Square 분말	300 ~ 780㎚	74.0
		780 ~ 2,500㎚	67.5
		300 ~ 2,500㎚	71.1
	Square 분말 : 골재 = 1 : 1	300 ~ 780㎚	73.6
		780 ~ 2,500㎚	67.7
		300 ~ 2,500㎚	71.0
	Square 분말 : 골재 = 1 : 2	300 ~ 780㎚	75.4
		780 ~ 2,500㎚	69.2
		300 ~ 2,500㎚	72.7
	Square 분말 : 골재 = 2 : 1	300 ~ 780㎚	75.9
		780 ~ 2,500㎚	69.7
		300 ~ 2,500㎚	73.1
	기존 인터로킹 블록	300 ~ 780㎚	21.6
		780 ~ 2,500㎚	23.7
		300 ~ 2,500㎚	22.5

연구성과 및 활용

- Patterning 적용 기술인 생산라인과 결부된 표면 연마 및 가공기술을 적용시킨 라운드 Patterning 0.2㎜의 제품이 가장 우수한 성능을 나타냄.
- Patterning 및 표면연마 기술을 접목하지 않은 Square Type으로 표면 입도에 따른 반사율 특성 분석 결과, 미분이 아닌 굵은 골재와 세골재의 적당한 배합비를 가진 표면이 가장 우수한 반사 특성을 나타냄.
- 따라서 Composite 블록 개발을 위한 혼합 배합비에 적용 가능.

A09	적외선 영역의 높은 반사율을 위한 블록 배합비 도출
단계	고반사 재료 및 Patterning 기술을 적용한 블록의 배합비 도출

연구내용

본 보고서는 앞서 A06 ~ A08 단계에서 확인된 최적의 형상 및 깊이의 Patterning 블록을 표면 연마 및 가공기술을 접목시킨 제품을 앞서 A04 ~ A05 단계에서 확인된 고반사 재료 및 원재료를 일정하게 배합하여 혼합 배합비에 따른 반사율 및 역학적 특성을 분석하고자 한다. Composite 블록의 기초적 구성 비율을 도출하여, 시험결과를 분석한 사항들은 다음과 같다.

(1) Composite 블록

기능성 향상을 위한 최적의 형상 및 깊이를 형성시킨 Patterning 블록에 표면 연마 및 가공기술을 접목시켜 보행자 난반사 방지를 시켜 기능성을 확인하였으며, 그 블록에 고반사 재료 및 원재료를 일정한 비율로 혼합하여 기능성 향상에 대한 비교・분석 한다.

(가) 개요

Patterning 블록에 고반사 재료와 원재료를 배합한 Composite 블록의 최적 배합비 도출.

(나) 대상

① 라운드 Patterning 0.4㎜ Titanium Dioxide Rutile wt.10%
② 라운드 Patterning 0.4㎜ Titanium Dioxide Rutile wt.15%
③ 라운드 Patterning 0.4㎜ Titanium Dioxide Rutile wt.20%
④ 라운드 Patterning 0.4㎜ Titanium Dioxide Rutile wt.25%
⑤ 라운드 Patterning 0.4㎜ Titanium Dioxide Rutile wt.30%

(2) 제조 방법

기능성 향상을 위한 Patterning 블록에 고반사 재료와 원재료를 배합한 Composite 블록의 일사반사율 시험을 위한 시편의 제조방법과 조건은 다음과 같다.

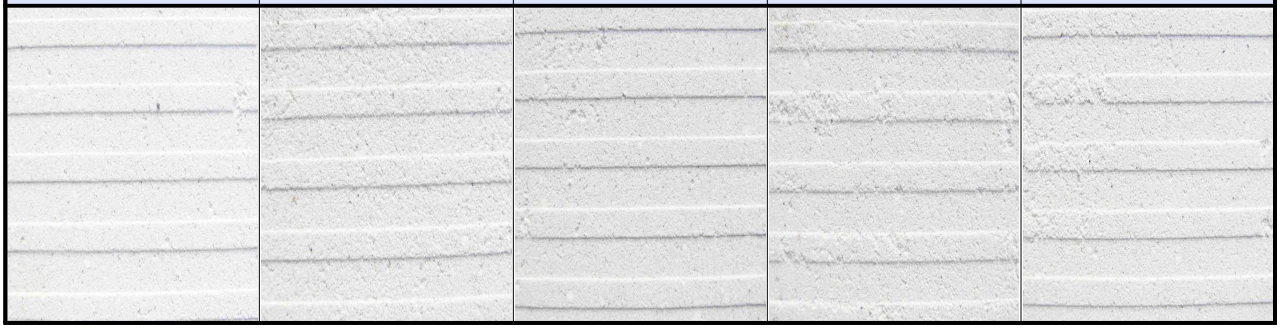
(가) 시편 제조 방법

① 백색골재분말 777g, 백색골재 258g에 백시멘트 250g, Titanium Dioxide Rutile은 백시멘트의 wt.10~30%(gap 5%)로 각각 25 ~ 75g을 첨가하여 혼합.
② 100 × 70 × 30(㎜)크기의 몰드에 기존 콘크리트 인터로킹 블록 유색층 배합으로 혼합물을 삽입하여 진동다짐.
③ 72시간 상온 건조.

(나) 시편 조건

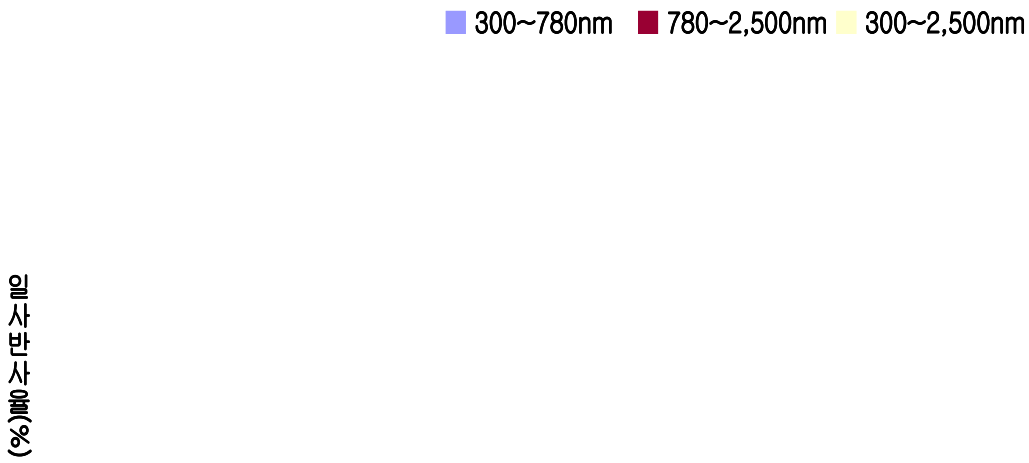
① 시편 크기 : 100 × 70 × 30(㎜) 이하.
② 표면 상태 : 표면에 실금(Crack)이 없어야 함.

(다) 시편 상태

wt.10%	wt.15%	wt.20%	wt.25%	wt.30%
				

연구결과

- 적외선 영역의 높은 반사율을 위한 블록 최적 배합비 도출을 위해 골재, 바인더, 안료 등의 구성 비율을 검토하고 본 배합비에 따른 반사율 및 역학적 특성 분석을 위해 앞서 A05 단계에서 확인된 고반사 재료인 Titanium Dioxide Rutile의 첨가량에 따른 반사율 및 역학적 특성을 분석하였다. 그 결과, 태양에너지 전체 영역에서 가장 우수한 Titanium Dioxide Rutile wt.30%가 가시광선 영역에서 80.6%, 적외선 영역에서 73.5%, 전체 영역에서 77.5%로 가장 우수하였다. 하지만, 경제성과 시공성 또는 본 연구 목표에 적합한 배합비는 가시광선 영역에서 76.8%, 적외선 영역에서 70.9%, 전체 영역에서 74.1%를 나타낸 Titanium Dioxide Rutile wt.15%가 가장 이상적인 것으로 사료된다.



- 그 이유는 태양에너지 전체 영역에서는 Titanium Dioxide Rutile wt.30%가 가장 우수하였지만, 상대적으로 가시광선 영역과 적외선 영역의 차가 7.1%의 차이를 보이는 반면에 Titanium Dioxide Rutile wt.15%는 가시광선 영역과 적외선 영역

의 차가 5.9%로 가장 적은 차를 나타냈다. 또한, Titanium Dioxide Rutile wt.30%는 Titanium Dioxide Rutile wt.15%에 비해 고반사 재료가 2배가 들어가므로 경제성이 떨어지며, 고반사 재료의 첨가량이 높아질수록 블록의 표면 강도 또한 저하되는 현상이 있어 생산성이 떨어진다. 따라서, 경제성과 생산성, 본 연구 목표인 가시광선 반사 최소화와 적외선 반사 최대화에 적합한 배합비를 도출하였다.

[Composite 블록 배합비에 따른 시험결과(일사반사율)]

시료	시험항목	일사반사율(%)
Composite 블록 wt.10%	300 ~ 780㎚	76.7
	780 ~ 2,500㎚	70.1
	300 ~ 2,500㎚	73.8
Composite 블록 wt.15%	300 ~ 780㎚	76.8
	780 ~ 2,500㎚	70.9
	300 ~ 2,500㎚	74.1
Composite 블록 wt.20%	300 ~ 780㎚	77.8
	780 ~ 2,500㎚	70.9
	300 ~ 2,500㎚	74.7
Composite 블록 wt.25%	300 ~ 780㎚	76.4
	780 ~ 2,500㎚	70.5
	300 ~ 2,500㎚	73.7
Composite 블록 wt.30%	300 ~ 780㎚	80.6
	780 ~ 2,500㎚	73.5
	300 ~ 2,500㎚	77.5

연구성과 및 활용

- 골재, 혼합재, 바인더, 안료 등의 구성 비율 도출.
- 혼합 배합비에 따른 반사율 및 역학적 특성 분석(경제성, 시공성, 연구목표 등).

□ 공인 시험 성적서

5272-6335-2518-9771

시험성적서

1. 성 적 서 번 호 : CT13-94366
2. 의 뢰 자
   - ○ 업 체 명 : 에코청진(주)
   - ○ 주 소 : 경북 성주군 선남면 관화리 120
   - ○ 의뢰일자 : 2013.09.25
   - ○ 시험발급일 : 2013.10.14
3. 시험성적서의 용도 : 품질관리
4. 시 료 명 : Composite 블록(고반사 재료 wt. 5%)외 6건
5. 시험방법
   (1) JIS K 5602 : 2008

확인	작성자 성 명	이연성	기술책임자 성 명	유경환

비고 : 1. 이 성적서는 의뢰자가 제시한 시료 및 시료명으로 시험한 결과로서 전체 제품에 대한 품질을 보증하지는 않습니다.
2. 이 성적서는 홍보, 선전, 광고 및 소송용으로 사용될 수 없으며, 용도 이외의 사용을 금합니다.

한국건설생활환경시험연구원

서초행정관리동 : 137-707 서울특별시 서초구 서초동 1465-4 02-3415-8886
결과문의 : 안전환경센터 ☎ (031)389-9105

양식QP-20-01-05(2)

시험성적서

성적서번호 : CT13-94366

6. 시험결과

1) 고반사 재료 wt.10 %

시험항목	단위	시험방법	시험결과
일사반사율 (300 nm ~ 780 nm)	%	(1)	76.7
일사반사율 (780 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	70.1
일사반사율 (300 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	73.8

2) 고반사 재료 wt.15 %

시험항목	단위	시험방법	시험결과
일사반사율 (300 nm ~ 780 nm)	%	(1)	76.8
일사반사율 (780 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	70.9
일사반사율 (300 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	74.1

3) 고반사 재료 wt.20 %

시험항목	단위	시험방법	시험결과
일사반사율 (300 nm ~ 780 nm)	%	(1)	77.8
일사반사율 (780 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	70.9
일사반사율 (300 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	74.7

4) 고반사 재료 wt.25 %

시험항목	단위	시험방법	시험결과
일사반사율 (300 nm ~ 780 nm)	%	(1)	76.4
일사반사율 (780 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	70.5
일사반사율 (300 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	73.7

5) 고반사 재료 wt.30 %

시험항목	단위	시험방법	시험결과
일사반사율 (300 nm ~ 780 nm)	%	(1)	80.6
일사반사율 (780 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	73.5
일사반사율 (300 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	77.5

6) 라운드 Patterning 0.2 mm 표면연마

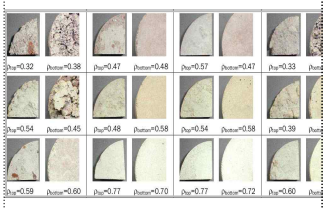
시험항목	단위	시험방법	시험결과
일사반사율 (300 nm ~ 780 nm)	%	(1)	76.1
일사반사율 (780 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	71.5
일사반사율 (300 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	74.0

7) 라운드 Patterning 0.4 mm 표면연마

시험항목	단위	시험방법	시험결과
일사반사율 (300 nm ~ 780 nm)	%	(1)	76.3
일사반사율 (780 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	71.0
일사반사율 (300 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	73.9

---- 이 하 여 백 ----

주관연구기관	도시 표면온도 저감이 가능한 태양열 차단 보도블럭 개발	관련 성과지표 (KPI)
Activity (A10~A12)	고반사 재료 및 Patterning 기술을 적용한 Composite Block 개발(Ⅱ)	시제품 공인성적서
(주)에코청진		

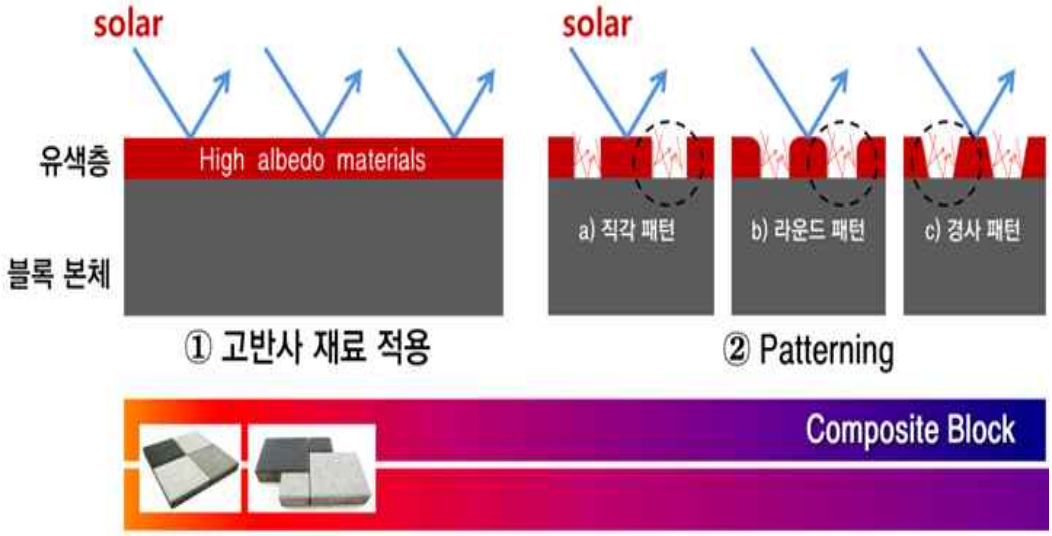
목적	Composite Block 시제품 개발을 통한 물리적 특성 및 내구성 평가		
단계	**내용**	**관련 사진**	**산출물**
유색 composite Block 개발	▪ 최적 반사율 배합 및 Patterning 기술적용 유색 콘크리트 블록 개발		공인시험성적서
Composite Block 시제품 개발	▪ 최적 반사율 배합 및 Patterning 기술 적용 콘크리트 블록 시제품 개발		Composite Block 시제품
Composite Block 시제품 평가	▪ 기초 물리적 특성 및 장기 내구성 평가	 	공인시험성적서

관련 목표 성과물	Composite Block 시제품 개발 Composite Block 기초 물리적 특성, 내후성 공인시험성적서 특허 출원 1건 특허 등록 1건

A10	Patterning 적용 유색 Composite Block 개발
단계	최적반사율 배합 및 Patterning 기술 적용 유색 Composite Block 개발

연구내용

본 보고서는 Patterning 적용 유색 Composite Block 개발을 위해 적외선 영역의 높은 반사율을 위한 블록 최적 배합비를 도출하여 최적의 형상 및 깊이의 Patterning Block을 표면 연마 및 가공기술을 접목시켜 Patterning 적용 유색 Composite Block의 배합비에 따른 반사율 특성을 분석하고자 한다. 유색 Composite Block의 기초적 구성 비율을 도출하여, 시험결과를 분석한 사항들은 다음과 같다.



(1) Patterning 적용 유색 Composite Block 배합비

기능성 향상을 위한 최적의 형상 및 깊이를 형성시킨 Patterning 블록에 표면 연마 및 가공기술을 접목시켜, 백색계열에 한정되었던 고반사 블록을 다양한 색상을 가진 고반사 재료 및 원재료를 일정한 비율로 혼합하여, 기능성 향상에 대한 비교·분석을 실시한다.

(가) 개요

백색계열에 한정되었던 고반사 블록에 유색 고반사 재료 및 원재료를 배합한 Composite Block의 최적 배합비를 도출하여 시제품 생산에 적용.

(나) 대상

① 라운드 Patterning 0.4㎜ Titanium Dioxide Rutile wt.0~30%(5%씩 증가)
② 라운드 Patterning 0.4㎜ Chromium Iron Oxide wt.0~30%(5%씩 증가)
③ 라운드 Patterning 0.4㎜ Iron Oxide Red wt.0~30%(5%씩 증가)
④ 라운드 Patterning 0.4㎜ Chrome Yellow wt.0~30%(5%씩 증가)

(2) 제조방법

기능성 향상을 위한 Patterning Block에 백색계열이 아닌 다양한 색상을 가진 고반사 재료와 원재료를 배합한 Composite Block의 일사반사율 시험을 위한 시편의 제조방법과 조건은 다음과 같다.

(가) 시편 제조 방법

① 백색골재분말(or 흑색골재분말) 777g, 흑색골재(or 백색골재) 258g에 백시멘트(or 시멘트) 250g, Titanium Dioxide Rutile, Chromium Iron Oxide, Iron Oxide Red, Chrome Yellow는 백시멘트(or 시멘트)의 wt.0~30%로 각각 0g, 12.5g, 25g, 37.5g, 50g, 62.5g, 75g을 첨가하여 혼합.

② 100 × 70 × 30(㎜)크기의 몰드에 상기 ①의 유색층 배합으로 혼합물을 삽입하여 진동다짐.

③ 72시간 상온 양생.

④ 표면 2차 가공 연마 작업.



재료의 계량



계량된 재료의 믹싱



표면층 성형



양생

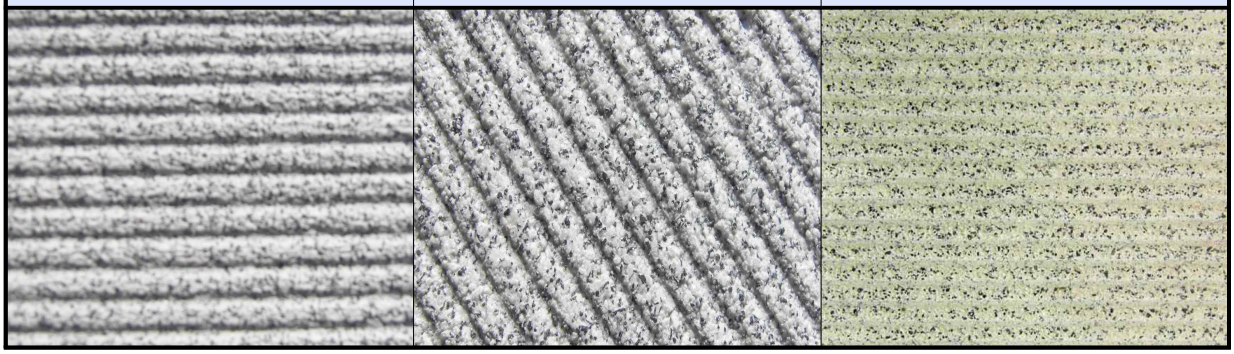
(나) 시편 조건

① 시편 크기 : 100 × 70 × 30(㎜) 이하.

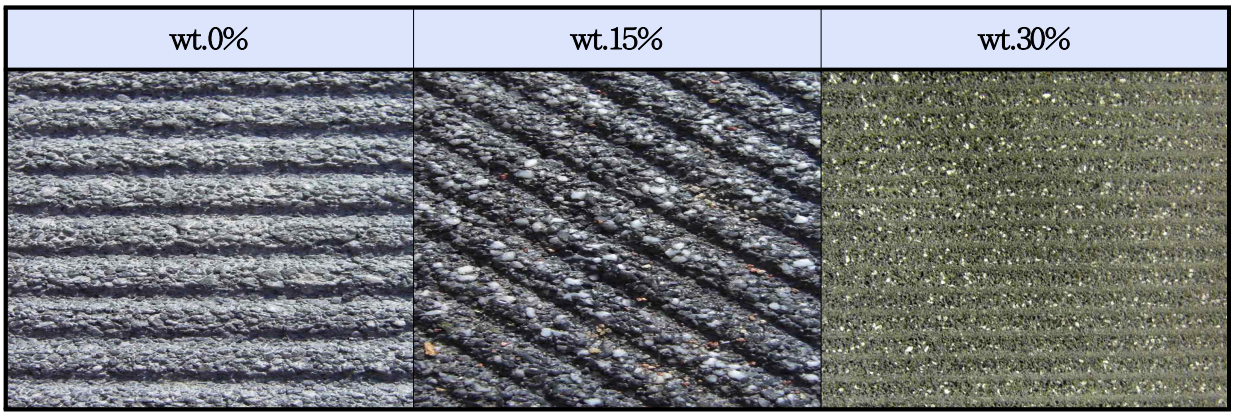
② 표면 상태 : 표면에 실금(Crack)이 없어야 함.

(다) 시편 상태

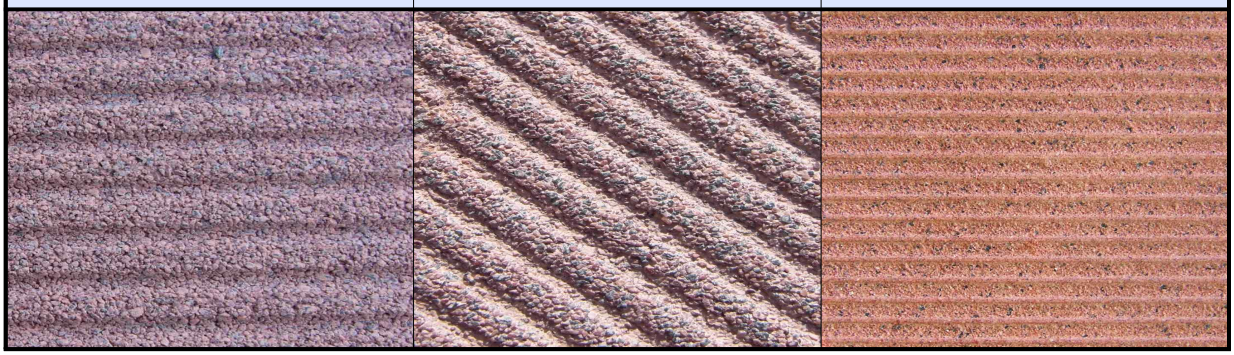
① 라운드 Patterning 0.4㎜ Titanium Dioxide Rutile

wt.0%	wt.15%	wt.30%
		

② 라운드 Patterning 0.4㎜ Chromium Iron Oxide

wt.0%	wt.15%	wt.30%
		

③ 라운드 Patterning 0.4㎜ Iron Oxide Red wt.0~30%(5%씩 증가)

wt.0%	wt.15%	wt.30%
		

④ 라운드 Patterning 0.4㎜ Chrome Yellow wt.0~30%(5%씩 증가)

wt.0%	wt.15%	wt.30%
		

(3) 시험방법

(가) 시험 장소

한국건설생활환경시험연구원 안전환경센터

(나) 시험 규격

JIS K 5602(도막에 의한 태양 복사의 반사율 측정)

(다) 산 출 식

일사반사율은 분광반사율을 이용하여 다음 식 1에 따라 산출함. 일사반사율은 근자외선 및 가시광선 영역(300 ~ 780㎚), 근 적외선 영역(780 ~ 2,500㎚) 및 모든 파장 영역(300 ~ 2,500㎚)의 세 파장 범위에 대해 일사반사율 ρe를 구하고 기록함.

$$\rho_e = \frac{\sum_{\lambda} [(E\lambda \times \Delta\lambda) \times \rho(\lambda)]}{\sum_{\lambda} (E\lambda \times \Delta\lambda)} \quad \text{.....(식 1)}$$

여기에서, ρe : 일사반사율(%)

$\rho(\lambda)$: 요구한 분광반사율(%)

$E\lambda \times \Delta\lambda$: 기준태양광에 대한 값 계수

λ : 파장

연구결과

- 적외선 영역의 높은 반사율을 위한 블록 최적 배합비 도출을 위해 골재, 바인더, 안료 등의 구성 비율을 검토하고, 본 혼합 배합비에 따른 반사율 및 역학적 특성 분석을 위해 유색 고반사 재료인 Titanium Dioxide Rutile, Chromium Iron Oxide, Iron Oxide Red, Chrome Yellow의 첨가량에 따른 반사율 및 역학적 특성을 분석하였다.
- 그 결과, 태양에너지 전체 영역에서 가장 우수한 Titanium Dioxide Rutile wt.30%가 가시광선 영역에서 80.6%, 적외선 영역에서 73.5%, 전체 영역에서 77.5%, Chromium Iron Oxide wt.5%가 가시광선 영역에서 25.9%, 적외선 영역에서 22.8%, 전체 영역에서 24.6%, Iron Oxide Red 10%가 가시광선 영역에서 25.7%, 적외선 영역에서 38.8%, 전체 영역에서 31.3%, Chrome Yellow wt.25%가 가시광선 영역에서 47.5%, 적외선 영역에서 59.7%, 전체 영역에서 52.8%로 가장 우수하였다.
- 하지만, 경제성과 시공성 또는 본 연구 목표에 적합한 배합비는 백색인 Titanium Dioxide Rutile wt.10%가 가시광선 영역에서 76.7%, 적외선 영역에서 70.1%, 전체 영역에서 73.8%, 검정색인 Chromium Iron Oxide wt.5%가 가시광선 영역에서 25.9%, 적외선 영역에서 22.8%, 전체 영역에서 24.6%, 붉은색인 Iron Oxide Red wt.10%가 가시광선 영역에서 25.7%, 적외선 영역에서 38.8%, 전체 영역에서 31.3%, 노란색인 Chrome Yellow wt.5%가 가시광선 영역에서 45.8%, 적외선 영역에서 55.7%, 전체 영역에서 50.1%가 가장 이상적인 것으로 사료된다.

[Composite 블록 배합비에 따른 시험결과(일사반사율)]

시료	시험항목	일사반사율(%)
Titanium Dioxide Rutile wt.0%	300 ~ 780㎚	55.5
	780 ~ 2,500㎚	51.9
	300 ~ 2,500㎚	53.7
Titanium Dioxide Rutile wt.5%	300 ~ 780㎚	73.1
	780 ~ 2,500㎚	71.7
	300 ~ 2,500㎚	72.4
Titanium Dioxide Rutile wt.10%	300 ~ 780㎚	76.7
	780 ~ 2,500㎚	70.1
	300 ~ 2,500㎚	73.8
Titanium Dioxide Rutile wt.15%	300 ~ 780㎚	76.8
	780 ~ 2,500㎚	70.9
	300 ~ 2,500㎚	74.1
Titanium Dioxide Rutile wt.20%	300 ~ 780㎚	77.8
	780 ~ 2,500㎚	70.9
	300 ~ 2,500㎚	74.7
Titanium Dioxide Rutile wt.25%	300 ~ 780㎚	76.4
	780 ~ 2,500㎚	70.5
	300 ~ 2,500㎚	73.7
Titanium Dioxide Rutile wt.30%	300 ~ 780㎚	80.6
	780 ~ 2,500㎚	73.5
	300 ~ 2,500㎚	77.5
Chromium Iron Oxide wt.0%	300 ~ 780㎚	19.7
	780 ~ 2,500㎚	16.0
	300 ~ 2,500㎚	18.1
Chromium Iron Oxide wt.5%	300 ~ 780㎚	25.9
	780 ~ 2,500㎚	22.8
	300 ~ 2,500㎚	24.6
Chromium Iron Oxide wt.10%	300 ~ 780㎚	24.5
	780 ~ 2,500㎚	24.6
	300 ~ 2,500㎚	24.6
Chromium Iron Oxide wt.15%	300 ~ 780㎚	18.8
	780 ~ 2,500㎚	19.8
	300 ~ 2,500㎚	19.3
Chromium Iron Oxide wt.20%	300 ~ 780㎚	21.2
	780 ~ 2,500㎚	21.3
	300 ~ 2,500㎚	21.3
Chromium Iron Oxide wt.25%	300 ~ 780㎚	17.7
	780 ~ 2,500㎚	19.3
	300 ~ 2,500㎚	18.4
Chromium Iron Oxide wt.30%	300 ~ 780㎚	21.0
	780 ~ 2,500㎚	23.9
	300 ~ 2,500㎚	22.3

[Composite 블록 배합비에 따른 시험결과(일사반사율)]

시료	시험항목	일사반사율(%)
Iron Oxide Red wt.0%	300 ~ 780㎚	26.7
	780 ~ 2,500㎚	36.2
	300 ~ 2,500㎚	30.7
Iron Oxide Red wt.5%	300 ~ 780㎚	24.3
	780 ~ 2,500㎚	37.2
	300 ~ 2,500㎚	29.9
Iron Oxide Red wt.10%	300 ~ 780㎚	25.7
	780 ~ 2,500㎚	38.8
	300 ~ 2,500㎚	31.3
Iron Oxide Red wt.15%	300 ~ 780㎚	22.8
	780 ~ 2,500㎚	36.4
	300 ~ 2,500㎚	28.7
Iron Oxide Red wt.20%	300 ~ 780㎚	22.4
	780 ~ 2,500㎚	36.5
	300 ~ 2,500㎚	28.5
Iron Oxide Red wt.25%	300 ~ 780㎚	21.4
	780 ~ 2,500㎚	37.5
	300 ~ 2,500㎚	28.3
Iron Oxide Red wt.30%	300 ~ 780㎚	22.5
	780 ~ 2,500㎚	38.4
	300 ~ 2,500㎚	29.4
Chrome Yellow wt.0%	300 ~ 780㎚	35.7
	780 ~ 2,500㎚	51.1
	300 ~ 2,500㎚	42.3
Chrome Yellow wt.5%	300 ~ 780㎚	45.8
	780 ~ 2,500㎚	55.7
	300 ~ 2,500㎚	50.1
Chrome Yellow wt.10%	300 ~ 780㎚	47.2
	780 ~ 2,500㎚	57.1
	300 ~ 2,500㎚	51.5
Chrome Yellow wt.15%	300 ~ 780㎚	47.4
	780 ~ 2,500㎚	59.3
	300 ~ 2,500㎚	52.6
Chrome Yellow wt.20%	300 ~ 780㎚	47.3
	780 ~ 2,500㎚	58.6
	300 ~ 2,500㎚	52.1
Chrome Yellow wt.25%	300 ~ 780㎚	47.5
	780 ~ 2,500㎚	59.7
	300 ~ 2,500㎚	52.8
Chrome Yellow wt.30%	300 ~ 780㎚	40.5
	780 ~ 2,500㎚	52.6
	300 ~ 2,500㎚	45.7

- 그 이유는 태양에너지 전체 영역에서는 Titanium Dioxide Rutile wt.30%, Chrome Yellow wt.25%가 가장 우수하였지만, 상대적으로 가시광선 영역과 적외선 영역의 차가 7.1%, 12.2%의 차이를 보인는 반면에 Titanium Dioxide Rutile wt.10%, Chrome Yellow wt.5%는 가시광선 영역과 적외선 영역의 차가 6.6%, 9.9%로 가장 적은 차를 나타냈다.
- 또한, Titanium Dioxide Rutile wt.30%, Chrome Yellow wt.25%는 Titanium Dioxide Rutile wt.10%, Chrome Yellow wt.5%에 비해 고가의 고반사 재료가 3배, 5배가 첨가되므로 경제성이 떨어지며, 고반사 재료의 첨가량이 높아질수록 블록의 표면 강도 또한 저하되는 현상이 있어 생산성이 떨어진다.
- 따라서 본 연구 목표에 가장 적합한 경제성과 생산성에 우수한 가시광선 반사 최소화와 적외선 반사 최대화에 가장 적합한 배합비를 도출하였다.

연구성과 및 활용

- 골재, 혼합재, 바인더, 안료 등의 구성 비율 도출
- 혼합 배합비에 따른 반사율 및 역학적 특성 분석(경제성, 생산성, 연구목표 등)
- 유색 Composite Block 개발
- 특허출원 제 10-2014-0089752호 “블록 형성용 조성물 및 이를 이용한 블록의 제조방법”
- 특허등록 제 10-1529681호 “블록 형성용 조성물 및 이를 이용한 블록의 제조방법”

관 인 생 략

출 원 번 호 통 지 서

출 원 일 자	2014.07.16
특 기 사 항	심사청구(유) 공개신청(무) 참조번호(1321)
출 원 번 호	10-2014-0089752 (접수번호 1-1-2014-0668512-29)
출원인 명칭	(주)에코청진(1-2004-030511-4)
대리인 성명	특허법인주원(9-2008-100161-7)
발명자 성명	박명진 박중걸 이성원 김종훈 박창현
발명의 명칭	블록 형성용 조성물 및 이를 이용한 블록의 제조방법

특 허 청 장

<< 안내 >>

1. 귀하의 출원은 위와 같이 정상적으로 접수되었으며, 이후의 심사 진행상황은 출원번호를 통해 확인하실 수 있습니다.

2. 출원에 따른 수수료는 접수일로부터 다음날까지 동봉된 납입영수증에 성명, 납부자번호 등을 기재하여 가까운 우체국 또는 은행에 납부하여야 합니다.
※ 납부자번호 : 0131(기관코드) + 접수번호

3. 귀하의 주소, 연락처 등의 변경사항이 있을 경우, 즉시 [출원인코드 정보변경(경정), 정정신고서]를 제출하여야 출원 이후의 각종 통지서를 정상적으로 받을 수 있습니다.
※ 특허로(patent.go.kr) 접속 > 민원서식다운로드 > 특허법 시행규칙 별지 제5호 서식

4. 특허(실용신안등록)출원은 명세서 또는 도면의 보정이 필요한 경우, 등록결정 이전 또는 의견서 제출기간 이내에 출원서에 최초로 첨부된 명세서 또는 도면에 기재된 사항의 범위 안에서 보정할 수 있습니다.

5. 외국으로 출원하고자 하는 경우 PCT 제도(특허·실용신안)나 마드리드 제도(상표)를 이용할 수 있습니다. 국내출원일을 외국에서 인정받고자 하는 경우에는 국내출원일로부터 일정한 기간 내에 외국에 출원하여야 우선권을 인정받을 수 있습니다.
※ 제도 안내 : http://www.kipo.go.kr-특허마당-PCT/마드리드
※ 우선권 인정기간 : 특허·실용신안은 12개월, 상표·디자인은 6개월 이내
※ 미국특허상표청의 선출원을 기초로 우리나라에 우선권주장출원 시, 선출원이 미공개상태이면, 우선일로부터 16개월 이내에 미국특허상표청에 [전자적교환허가서(PTO/SB/39)를 제출하거나 우리나라에 우선권 증명서류를 제출하여야 합니다.

6. 본 출원사실을 외부에 표시하고자 하는 경우에는 아래와 같이 하여야 하며, 이를 위반할 경우 관련법령에 따라 처벌을 받을 수 있습니다.
※ 특허출원 10-2010-0000000, 상표등록출원 40-2010-0000000

7. 기타 심사 절차에 관한 사항은 동봉된 안내서를 참조하시기 바랍니다.

□ 특허등록(블록 형성용 조성물 및 이를 이용한 블록의 제조방법 10-2015-1591681)

특허증
CERTIFICATE OF PATENT

특허 Patent Number	제 10-1529681 호
출원번호 Application Number	제 10-2014-0089752 호
출원일 Filing Date	2014년 07월 16일
등록일 Registration Date	2015년 06월 11일

발명의 명칭 Title of the Invention
블록 형성용 조성물 및 이를 이용한 블록의 제조방법

특허권자 Patentee
(주)에코청진(175111-0****)**
경상북도 성주군 선남면 관용로 190-88

발명자 Inventor
등록사항란에 기재

위의 발명은 「특허법」에 따라 특허등록원부에 등록되었음을 증명합니다.
This is to certify that, in accordance with the Patent Act, a patent for the invention has been registered at the Korean Intellectual Property Office.

2015년 06월 11일

특허청장
COMMISSIONER,
KOREAN INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE
최 동 규

□ 공인 시험 성적서

▪ Composite Block Black 일사반사율

the way to trust KCL

시험성적서

성적서번호 : CT14-025551

6. 시험결과

1) 유색 Composite Block(B.Black 303T) wt.0 %

시험항목	단위	시험방법	시험결과
일사반사율 (300 nm ~ 780 nm)	%	(1)	19.7
일사반사율 (780 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	16.0
일사반사율 (300 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	18.1

2) 유색 Composite Block(B.Black 303T) wt.5 %

시험항목	단위	시험방법	시험결과
일사반사율 (300 nm ~ 780 nm)	%	(1)	25.9
일사반사율 (780 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	22.8
일사반사율 (300 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	24.6

3) 유색 Composite Block(B.Black 303T) wt.10 %

시험항목	단위	시험방법	시험결과
일사반사율 (300 nm ~ 780 nm)	%	(1)	24.5
일사반사율 (780 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	24.6
일사반사율 (300 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	24.6

4) 유색 Composite Block(B.Black 303T) wt.15 %

시험항목	단위	시험방법	시험결과
일사반사율 (300 nm ~ 780 nm)	%	(1)	18.8
일사반사율 (780 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	19.8
일사반사율 (300 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	19.3

5) 유색 Composite Block(B.Black 303T) wt.20 %

시험항목	단위	시험방법	시험결과
일사반사율 (300 nm ~ 780 nm)	%	(1)	21.2
일사반사율 (780 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	21.3
일사반사율 (300 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	21.3

6) 유색 Composite Block(B.Black 303T) wt.25 %

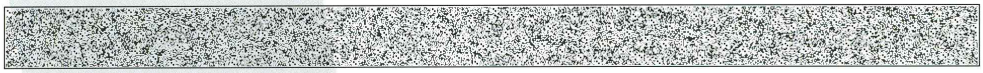
시험항목	단위	시험방법	시험결과
일사반사율 (300 nm ~ 780 nm)	%	(1)	17.7
일사반사율 (780 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	19.3
일사반사율 (300 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	18.4

7) 유색 Composite Block(B.Black 303T) wt.30 %

시험항목	단위	시험방법	시험결과
일사반사율 (300 nm ~ 780 nm)	%	(1)	21.0
일사반사율 (780 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	23.9
일사반사율 (300 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	22.3

---- 이 하 여 백 ----





▪ Composite Block Red 일사반사율

the way to trust KCL

시험성적서

성적서번호 : CT14-025552

6. 시험결과

1) 유색 Composite Block(Red 150) wt.0 %

시험항목	단위	시험방법	시험결과
일사반사율 (300 nm ~ 780 nm)	%	(1)	26.7
일사반사율 (780 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	36.2
일사반사율 (300 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	30.7

2) 유색 Composite Block(Red 150) wt.5 %

시험항목	단위	시험방법	시험결과
일사반사율 (300 nm ~ 780 nm)	%	(1)	24.3
일사반사율 (780 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	37.2
일사반사율 (300 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	29.9

3) 유색 Composite Block(Red 150) wt.10 %

시험항목	단위	시험방법	시험결과
일사반사율 (300 nm ~ 780 nm)	%	(1)	25.7
일사반사율 (780 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	38.8
일사반사율 (300 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	31.3

4) 유색 Composite Block(Red 150) wt.15 %

시험항목	단위	시험방법	시험결과
일사반사율 (300 nm ~ 780 nm)	%	(1)	22.8
일사반사율 (780 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	36.4
일사반사율 (300 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	28.7

5) 유색 Composite Block(Red 150) wt.20 %

시험항목	단위	시험방법	시험결과
일사반사율 (300 nm ~ 780 nm)	%	(1)	22.4
일사반사율 (780 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	36.5
일사반사율 (300 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	28.5

6) 유색 Composite Block(Red 150) wt.25 %

시험항목	단위	시험방법	시험결과
일사반사율 (300 nm ~ 780 nm)	%	(1)	21.4
일사반사율 (780 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	37.5
일사반사율 (300 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	28.3

7) 유색 Composite Block(Red 150) wt.30 %

시험항목	단위	시험방법	시험결과
일사반사율 (300 nm ~ 780 nm)	%	(1)	22.5
일사반사율 (780 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	38.4
일사반사율 (300 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	29.4

---- 이 하 여 백 ----

▪ Composite Block Yellow 일사반사율

the way to trust KCL

시험성적서

성적서번호 : CT14-025553

6. 시험결과

1) 유색 Composite Block(S.Yellow K1011) wt.0 %

시험항목	단위	시험방법	시험결과
일사반사율 (300 nm ~ 780 nm)	%	(1)	35.7
일사반사율 (780 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	51.1
일사반사율 (300 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	42.3

2) 유색 Composite Block(S.Yellow K1011) wt.5 %

시험항목	단위	시험방법	시험결과
일사반사율 (300 nm ~ 780 nm)	%	(1)	45.8
일사반사율 (780 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	55.7
일사반사율 (300 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	50.1

3) 유색 Composite Block(S.Yellow K1011) wt.10 %

시험항목	단위	시험방법	시험결과
일사반사율 (300 nm ~ 780 nm)	%	(1)	47.2
일사반사율 (780 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	57.1
일사반사율 (300 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	51.5

4) 유색 Composite Block(S.Yellow K1011) wt.15 %

시험항목	단위	시험방법	시험결과
일사반사율 (300 nm ~ 780 nm)	%	(1)	47.4
일사반사율 (780 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	59.3
일사반사율 (300 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	52.6

5) 유색 Composite Block(S.Yellow K1011) wt.20 %

시험항목	단위	시험방법	시험결과
일사반사율 (300 nm ~ 780 nm)	%	(1)	47.3
일사반사율 (780 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	58.6
일사반사율 (300 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	52.1

6) 유색 Composite Block(S.Yellow K1011) wt.25 %

시험항목	단위	시험방법	시험결과
일사반사율 (300 nm ~ 780 nm)	%	(1)	47.5
일사반사율 (780 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	59.7
일사반사율 (300 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	52.8

7) 유색 Composite Block(S.Yellow K1011) wt.30 %

시험항목	단위	시험방법	시험결과
일사반사율 (300 nm ~ 780 nm)	%	(1)	40.5
일사반사율 (780 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	52.6
일사반사율 (300 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	45.7

---- 이 하 여 백 ----

A11	Patterning 적용 유색 Composite Block 시제품 개발
단계	최적반사율 배합 및 Patterning 기술 적용 Composite Block 시제품

연구내용

본 보고서는 Patterning 적용 Composite Block 시제품 개발을 위해 A10단계에서 적외선 영역의 높은 반사율을 위한 블록 최적 배합비를 도출하여, 공장 생산 라인에서 최적의 형상 및 깊이의 Patterning Block을 표면 연마 및 가공기술을 접목시켜, Patterning 적용 Composite Block의 배합비에 따른 공장 생산 적합성과 시제품의 태양에너지 반사 특성을 분석하고자 한다. Patterning 적용 Composite Block의 공장 생산 라인 적합성과 시제품의 태양에너지 반사 특성 시험결과를 분석한 사항들은 다음과 같다.

(1) Patterning 적용 Composite Block 시제품

기능성 향상을 위한 최적의 형상 및 깊이를 형성시키기 위해 시제품 몰드로 성형시킨 Patterning Block에 높낮이를 조절할 수 있는 다수개의 금강석 브러시로 표면 연마 및 가공기술을 접목시켜, Patterning 적용 Composite Block 시제품이 시작품과 비교하여 기능성을 비교 · 분석 한다. 여기서, 시제품 금형은 패턴닝에 따른 불량률을 최소화시킨 패턴닝 가장자리의 라운드 컷팅 압축 상판을 적용함.

(가) 개요

공장 생산라인에 접목시켜 고반사 재료와 원재료를 배합하여, 최적의 형상 및 깊이를 형성시키기 위해 시제품 몰드로 Patterning을 적용한 Patterning Block을 제조하고, 본 Patterning Block에 높낮이 조절이 가능한 다수개의 금광석 브러시를 이용한 표면 가공 및 연마를 적용한 Composite Block 시제품 개발.

(나) 대상

① 라운드 Patterning 0.4㎜ Titanium Dioxide Rutile wt.5%
② 라운드 Patterning 0.4㎜ Chromium Iron Oxide wt.10%
③ 라운드 Patterning 0.4㎜ Iron Oxide Red wt.10%
④ 라운드 Patterning 0.4㎜ Chrome Yellow wt.5%

(2) 제조 방법

기능성 향상을 위한 Patterning 블록에 고반사 재료와 원재료를 배합한 Composite 블록의 일사반사율 시험을 위한 시편의 제조방법과 조건은 다음과 같다.

(가) Composite Block 시제품 제조 방법

① 백색골재분말(or 흑색골재분말) 777㎏, 흑색골재(or 백색골재) 258㎏에 백시멘트(or 시멘트) 250㎏, Titanium Dioxide Rutile, Chromium Iron Oxide, Iron Oxide Red, Chrome Yellow는 각각 백시멘트(or 시멘트)의 wt.5%, 10%, 10%, 5%로 각각 25㎏(wt.10%), 12.5㎏(wt.5%)를 첨가하여 혼합기에서 Mixing.

② 200 × 200 × 60(㎜)크기의 몰드에 기존 콘크리트 인터로킹 블록 본체층 배합비를 가진 조성물을 투입한 다음 그 위에 상기 ①의 배합으로 고반사 조성물을 삽입하여 진동다짐.

③ 72시간 상온 양생.

④ 표면 2차 가공 연마 작업.

공급	혼합
	

성형	양생
	

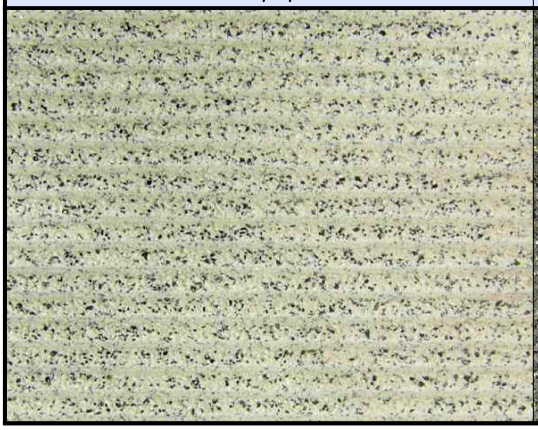
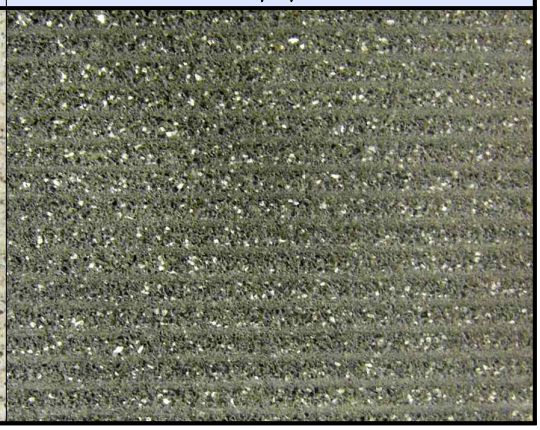
2차 가공	적재
	

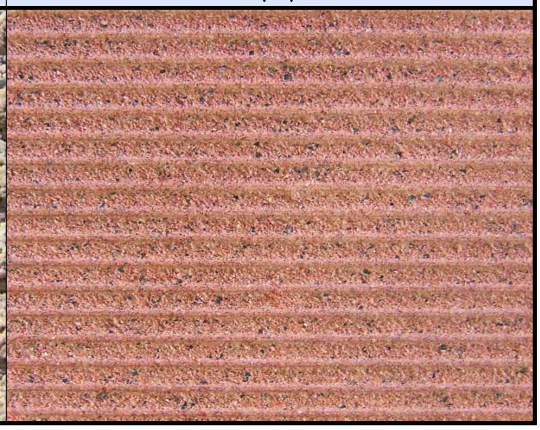
(나) 시편 조건

① 시편 크기 : 100 × 70 × 30(㎜) - 일사반사율 측정을 위한 시편으로 Cutting.

② 표면 상태 : 표면에 실금(Crack)이 없어야 함

(다) 시편 상태

백색	흑색
	

황색	적색
	

(3) 시험 방법

(가) 시험 장소

한국건설생활환경시험연구원 안전환경센터

(나) 시험 규격

JIS K 5602(도막에 의한 태양 복사의 반사율 측정)

(다) 산 출 식

일사반사율은 분광반사율을 이용하여 다음 식 1에 따라 산출함. 일사반사율은 근자외선 및 가시광선 영역(300 ~ 780㎚), 근 적외선 영역(780 ~ 2,500㎚) 및 모든 파장 영역(300 ~ 2,500㎚)의 세 파장 범위에 대해 일사반사율 ρe를 구하고 기록함.

$$\rho_e = \frac{\sum_{\lambda}[(E\lambda \times \Delta\lambda)\times \rho(\lambda)]}{\sum_{\lambda}(E\lambda \times \Delta\lambda)} \quad \text{.....(식 1)}$$

여기에서, ρe : 일사반사율(%)

$\rho(\lambda)$: 요구한 분광반사율(%)

$E\lambda \times \Delta\lambda$: 기준태양광에 대한 값 계수

λ : 파장

연구결과

- Patterning 적용 Composite Block 시제품 개발을 위해 생산 라인에서 최적의 형상 및 깊이의 Patterning Block을 표면 연마 및 가공기술을 접목시켜, Patterning 적용 Composite Block의 배합비에 따른 공장 생산 적합성과 시제품의 태양에너지 반사 특성을 분석하였다. 그 결과, Patterning 적용 Composite Block 시제품 White는 68.1%, Patterning 적용 Composite Block 시제품 Black는 6.5%, Patterning 적용 Composite Block 시제품 Yellow는 53.8%, Patterning 적용 Composite Block 시제품 Red는 30.5%로 나타났다.
- Patterning 적용 Composite Block 시제품 중 대부분이 Composite Block 시작품과 거의 동일한 일사반사율을 나타냈으나, Composite Block 시제품 black의 경우, Composite Block 시작품보다 18.1% 차가 발생하여, 이에 대한 확인을 다시 해야한다. 또한, 대량 생산을 위해서는 믹싱 및 성형, 양생은 기존 제품과 동일한 방식이지만, 표면 2차 가공을 위해서는 생산라인과 별개의 라인이 추가되므로, 생산기간 및 인력 등에 대한 요소가 추가되므로 차 후 효율적인 생산 공정에 대한 수정이 요구된다. Patterning과 외관 겉모양에 대한 흠은 사전 검토를 통해 보완 수정하였으므로, 시작품과 동일하게 생산되었다.

[Patterning 적용 Composite Block 시제품 일사반사율 시험결과]

시료	시험항목	일사반사율(%)
Patterning 적용 Composite Block 시제품 White	300 ~ 780㎚	71.2
	780 ~ 2,500㎚	64.4
	300 ~ 2,500㎚	68.1
Patterning 적용 Composite Block 시제품 Black	300 ~ 780㎚	7.4
	780 ~ 2,500㎚	5.4
	300 ~ 2,500㎚	6.5
Patterning 적용 Composite Block 시제품 Yellow	300 ~ 780㎚	47.8
	780 ~ 2,500㎚	61.8
	300 ~ 2,500㎚	53.8
Patterning 적용 Composite Block 시제품 Red	300 ~ 780㎚	20.2
	780 ~ 2,500㎚	44.0
	300 ~ 2,500㎚	30.5

연구성과 및 활용

- Patterning 적용 Composite Block 시제품 (White, Black, Red, Yellow) 개발.
- Patterning 적용 Composite Block 대량생산 가능.

□ 공인 시험 성적서

▪ Composite Block 시제품 일사반사율

the way to trust KCL

시험성적서

성적서번호 : CT14-082124

6. 시험결과

1) Composite Block 시제품(White)

시험항목	단위	시험방법	시험결과
일사반사율 (300 nm ~ 780 nm)	%	(1)	71.2
일사반사율 (780 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	64.4
일사반사율 (300 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	68.1

2) Composite Block 시제품(Yellow)

시험항목	단위	시험방법	시험결과
일사반사율 (300 nm ~ 780 nm)	%	(1)	47.8
일사반사율 (780 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	61.8
일사반사율 (300 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	53.8

3) Composite Block 시제품(Red)

시험항목	단위	시험방법	시험결과
일사반사율 (300 nm ~ 780 nm)	%	(1)	20.2
일사반사율 (780 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	44.0
일사반사율 (300 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	30.5

4) Composite Block 시제품(Black)

시험항목	단위	시험방법	시험결과
일사반사율 (300 nm ~ 780 nm)	%	(1)	7.4
일사반사율 (780 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	5.4
일사반사율 (300 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	6.5

---- 이 하 여 백 ----

A12	Patterning 적용 Composite Block 시제품 평가
단계	기초 물리적 특성 및 장기 내구성 평가

연구내용

Patterning 적용 Composite Block 시제품에 대한 물리적 특성 및 장기 내구성을 평가하기 위해 휨강도, 미끄럼저항성, 투수계수, 촉진내후성, 옥외폭로(접지, 직접 6개월) 등에 대한 시험을 통해 검토하였으며, 촉진내후성 시험 후 일사반사율 저감 유무 검토와 저감에 따른 성능개선 및 사후관리방안을 마련하였다. Patterning 적용 Composite Block 시제품에 대한 물리적 특성 및 장기 내구성 시험 결과를 분석한 사항은 다음과 같다.

(1) 제조 방법

Patterning 적용 Composite Block 시제품은 A11단계에서 설명한 것과 동일한 방법으로 제조된 시제품을 시편으로 사용하였다. 그 시편의 제조 방법과 조건은 다음과 같다.

(가) 시편의 제조방법

본 시편은 시제품으로 공장 생산라인에서 직접 시범 가동하여 제조한 Patterning 적용 Composite Block 시제품이며, 그 배합비와 제조방법은 다음과 같다.

① 백색골재분말(or 흑색골재분말) 777㎏, 흑색골재(or 백색골재) 258㎏에 백시멘트(or 시멘트) 250㎏, Titanium Dioxide Rutile, Chromium Iron Oxide, Iron Oxide Red, Chrome Yellow는 각각 백시멘트(or 시멘트)의 wt.5%, 10%, 10%, 5%로 각각 25㎏(wt.10%), 12.5㎏(wt.5%)를 첨가하여 혼합기에서 Mixing.

② 200 × 200 × 60(㎜)크기의 몰드에 기존 콘크리트 인터로킹 블록 본체층 배합비를 가진 조성물을 투입한 다음 그 위에 상기 ①의 배합으로 고반사 조성물을 삽입하여 진동다짐. 여기서, 시제품 금형은 패턴닝에 따른 불량률을 최소화시킨 패턴닝 가장자리의 라운드 컷팅 압축 상판을 적용함.

③ 72시간 상온 양생.

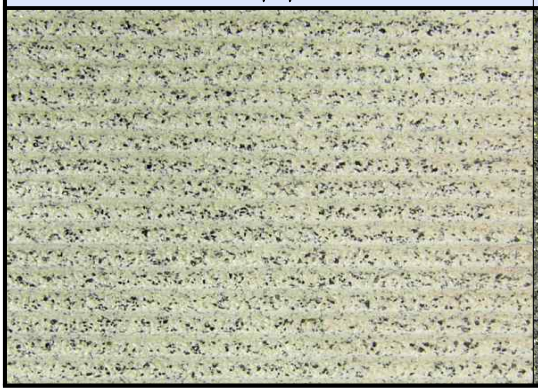
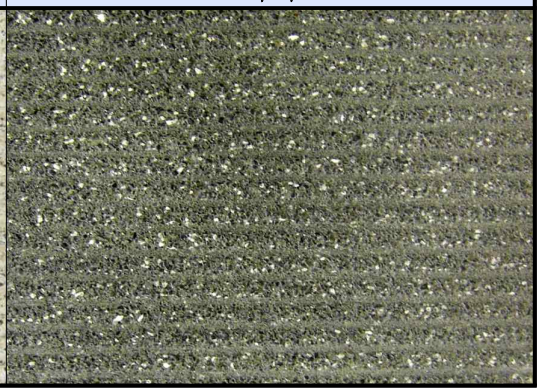
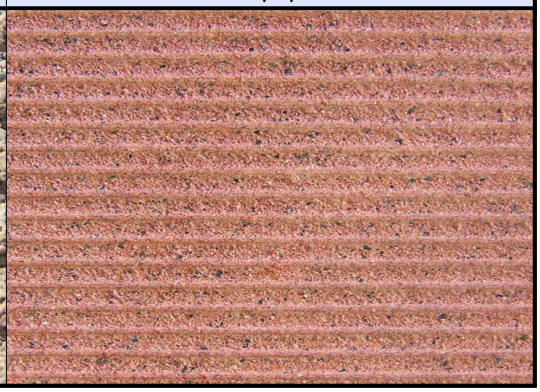
④ 표면 2차 가공 연마 작업.

(나) 시편 조건

① 시편 크기 : 100 × 70 × 30(㎜) 이하(일사반사율), 200 × 200 × 60(㎜)

② 표면 상태 : 표면에 실금(Crack)이 없어야 함.

(다) 시편 상태

백색	흑색
	
황색	**적색**
	

(2) 시험 방법

(가) 휨강도 시험

① 시험 장소

한국건설생활환경시험연구원 대구·경북지원센터

② 시험 규격

KS F 4419(보·차도용 콘크리트 인터로킹 블록)

③ 산 출 식

시료를 24시간 물속에 침수시킨 후 꺼낸 즉시 시험한다. 지점간 거리를 140㎜로 취하여 지점간 중앙에 하중을 가한다. 이때 가압속도는 파괴 하중의 약 50%까지는 빠른 속도로 작용시킨 다음, 최대 휨 압축 응력의 증가가 매분 9.8㎫을 초과하지 않을 정도로 하중을 가하여 시험기에 나타난 최대 하중 P를 측정하여 다음 식에 따라 휨 강도를 계산한다.

$$\text{휨강도} = \frac{3Pl}{2bd^2} \quad \text{.....(식 1)}$$

여기에서, P : 시험기가 나타낸 최대 파괴 하중(N)

l : 지점 간 거리(㎜)

b : 지점 간에 직각 방향의 평균 나비(㎜)

d : 블록의 평균 두께(㎜)

(나) 미끄럼저항성 시험

① 시험 장소

한국건설생활환경시험연구원 대구・경북지원센터

② 시험 규격

KS F 2375(노면의 미끄럼저항성 시험방법)

③ 산 출 식

최소 90×150㎜이상의 블록을 수평조절나사를 돌려 시험기의 수평을 맞추고, 시험기에 밀착되도록 시료(블록)를 놓는다. 접지 길이의 측정게이지를 이용하여 시료 표면에 접지 길이를 표시한다. 접지 길이는 14 ~ 127㎜ 정도로 하며, 높이조절 나사를 돌려 슬라이더가 시료 표면에 표시된 접지에 접하도록 조절한다. 시료 표면에 물을 충분히 뿌린 후, 진가를 이동시켜 미끄럼 저항 지수를 측정한다. BPN 값을 확인하고 진자를 원위치에 고정시키며, 처음 측정값을 제외한 총 5번의 값을 기록하고, 20℃에서의 온도 보정으로 BPN 값을 구한다.

$$C20 = 0.0074t + 0.0052t - 3.064 + Ct \quad (식\ 2)$$

여기에서, C20 : 20℃로 보정한 BPN 값

Ct : 노면온도 t℃일 때의 BPN 값

t : 노면온도



[미끄럼저항성 시험장치]

(다) 투수계수시험

① 시험 장소

한국건설생활환경시험연구원 대구・경북지원센터

② 시험 규격

KS F 4419(보・차도용 콘크리트 인터로킹 블록)

③ 산 출 식

블록의 두께와 단면적을 버니어 캘리퍼스로 측정한다. 거푸기 내에 블록을 고정시

킨다. 이때 블록 이외로 물이 빠지지 않도록 파라핀이나 실링재로 빈틈없이 막아준다. 거푸기가 장치된 투수성 시험장치의 월류 수조에 물을 채우고, 급수 쪽 거푸기 내 블록을 포수한 다음, 거푸기 윗부분의 월류구에서 물이 월류할 때까지 주수하여 수위를 일정하게 한다. 월류 수조에서 배수량이 일정해지는 것을 기다려서, 30초 동안의 유출수량 Q(㎤)을 메스실린더로 측정한다. 동시에 30초 동안 배수되는 월류 수조와 급수 쪽 거푸기 수위와의 수위차를 측정한다. 투수계수는 시료 3개를 1분 이상의 간격을 두고 시험을 하여 각각의 값을 평균한 값으로 나타내며, 다음 식에 따라 계산한다.

$$\mathbf{K} = \frac{d}{h} \times \frac{Q}{A \times 30s}$$

여기에서, K : 투수계수(㎜/sec)

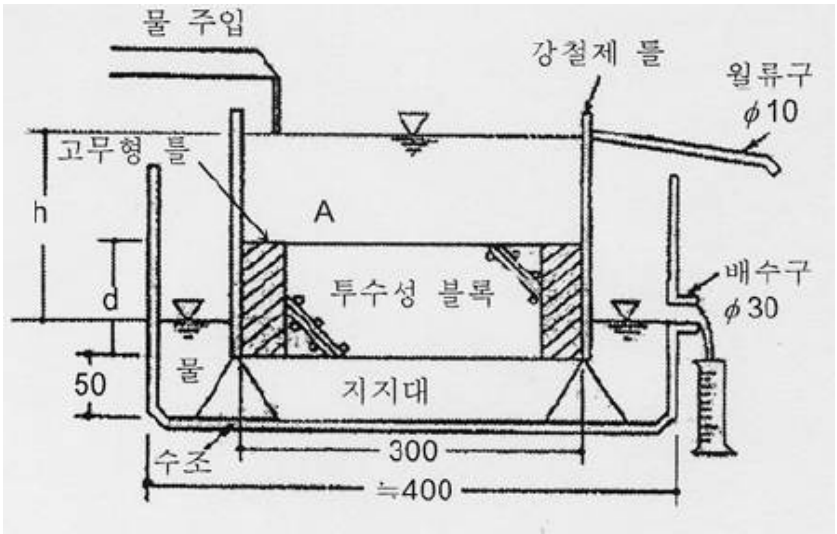
Q : 배수되는 유출수량(㎣)

d : 블록의 두께(㎜)

h : 수위차(㎜)

A : 블록의 단면적(㎟)

30s : 측정시간(sec)



[투수성 시험장치]

(라) 촉진내후성시험

① 시험 장소

한국건설생활환경시험연구원 옥외실증센터

② 시험 규격

KS M ISO 4892(플라스틱-실험실 광원에 의한 노출 시험방법 제4부 : 개방불꽃 카본 아크 램프)

③ 산 출 식

개방 불꽃 카본 아크 램프 시험기의 시료 유지용 틀에 시편은 수평으로 장착되어 윗면이 시험 조건에 직접 노출되게 된다. 빛 조사량의 변화 사이클을 통해 밤과 낮의 일조량 변화상을 적용하였고 동시에 물 분무에 따른 코팅재의 손상을 촉진시키는 환경조건을 만들었다. 촉진내후성시험은 WS, 250시간으로 정했고, 표면의 변퇴색(Gray Scale) 및 쵸킹 유무를 시험한다.





[촉진내후성 시험기]

(마) 옥외폭로시험

① 시험 장소

한국건설생활환경시험연구원 옥외실증센터

② 시험 규격

KS D 0060(옥외 폭로시험 방법 통칙)

③ 산 출 식

접지폭로와 직접폭로로 진행하였다. 접지폭로는 시료를 지면에 설치하고 폭로하여 화학적 · 물리적 성질의 경시 변화를 조사한다. 시료를 폭로시험의 목적에 따라 규정된 방위에 맞추어 강풍, 진동 등에 의해 이동되지 않도록 설치하며, 무게가 특히 큰 시료인 경우에는 지반을 굳혀서 견고한 기초를 만들어 그곳에 설치한다. 지면의 배수 등에 주의하고 장시간 침수되지 않도록 한다. 직접 폭로는 시료를 바람, 비, 햇살 등의 자연 환경에 직접 폭로하여 화학적 · 물리적 성질의 경시 변화를 조사한다. 시료에 영향을 주는 외력이 가해지지 않도록 시료를 직접 폭로 받침대에 부착하든가 또는 시료지지 틀에 부착하여 폭로 받침대에 고정할 수 있는 구조로 한다. 폭로시험 중의 시료에 그늘, 물방울의 낙하, 시료 이외로부터의 부식 생성물에 의한 오염들의 영향이 생기지 않는 구조로 한다. 시료 상호간의 접촉에 의한 영향이 생기지 않도록 적당한 간격을 벌려서 시료를 배치한다.




[직접폭로시험] [접지폭로시험]

(바) 촉진내후성 시험 후 일사반사율시험

① 시험 장소

한국건설생활환경시험연구원 안전환경센터

② 시험 규격

JIS K 5602(도막에 의한 태양 복사의 반사율 측정)

③ 산 출 식

촉진내후성시험 후 시편(Patterning 적용 Composite Block 시제품)을 회수하여 일사반사율시험을 다음 식 1에 따라 산출함. 일사반사율은 근 자외선 및 가시광선 영역(300 ~ 780㎚), 근 적외선 영역(780 ~ 2,500㎚) 및 모든 파장 영역(300 ~ 2,500㎚)의 세 파장 범위에 대해 일사반사율 ρe를 구하고 기록함.

$$\rho_e = \frac{\sum_{\lambda}[(E\lambda \times \Delta\lambda)\times \rho(\lambda)]}{\sum_{\lambda}(E\lambda \times \Delta\lambda)} \quad \text{.....(식 1)}$$

여기에서, ρe : 일사반사율(%)

$\rho(\lambda)$: 요구한 분광반사율(%)

$E\lambda \times \Delta\lambda$: 기준태양광에 대한 값 계수

연구결과

▪ **휨강도시험**

Patterning 적용 Composite Block 시제품의 휨강도에 대한 정량적 성과 목표는 3.0 ㎫ 이상이며, 시제품의 휨강도 시험결과는 최소 7.7㎫로 나타났으므로, 휨강도 기준은 정량적 성과 목표의 2.0배를 상회하는 수준이다.

구분	Block 형태				
휨강도(㎫)	정량적 성과 목표				
	3.0 이상				
	Patterning 적용 Composite Block 시제품				
	8.4	8.3	7.7	8.1	8.3

▪ **미끄럼저항성시험**

Patterning 적용 Composite Block 시제품의 미끄럼저항성시험에 대한 정량적 성과 목표는 35BPN 이상이며, 시제품의 미끄럼저항성 시험결과는 52BPN, 51BPN으로 나타났으므로, 미끄럼저항성 기준은 정량적 성과 목표의 1.5배를 상회하는 수준이다.

구분	정량적 목표	Patterning 적용 Composite Block 시제품	
미끄럼저항성 (BPN)	35 이상	52	51

(다) 투수계수시험

Patterning 적용 Composite Block 시제품의 투수계수시험에 대한 정량적 성과 목표는 0.2㎜/sec 이상이며, 시제품의 투수계수 시험결과는 0.2㎜/sec로 나타났으므로, 투수계수 기준은 정량적 성과 목표와 동일한 수준이다. 따라서 투수계수에 대한 고려를 하여 시제품 제작을 하여야 한다.

구분	투수계수(㎜/sec)
정량적 성과 목표	0.2 이상
Patterning 적용 Composite Block 시제품	0.2

(라) 촉진내후성시험

한국건설생활환경시험연구원에서 Patterning 적용 Composite Block 시제품의 WS, 250시간의 경우 변퇴색(Gray Scale)은 5등급으로 나타났으며, 500시간의 경우 변퇴색(Gray Scale)은 4-5등급으로 나타났다. 외관인 쵸킹 유무는 이상 없는 것으로 나타났다. 따라서 촉진내후성 결과로 Patterning 적용 Composite Block 시제품은 내후성이 우수하다고 판단된다.

시료명	시험항목	시험결과(㎎)
Patterning 적용 Composite Block 시제품	WS, 250시간 변퇴색(Gray Scale)	5
	WS, 250시간 쵸킹	이상 없음
	WS, 500시간 변퇴색(Gray Scale)	4-5
	WS, 500시간 쵸킹	이상 없음

(마) 옥외폭로시험

Patterning 적용 Composite Block 시제품의 옥외폭로시험을 KS D 0600 “옥외 폭로 시험 방법 통칙”을 준용하여 접지 및 직접폭로 조건으로 3개월간 시험한 결과, 변퇴색(Gray Scale) 4-5등급을 나타냈으며, 외관 쵸킹 유무는 모든 시편에서 이상 없는 것으로 나타났다. 따라서 Patterning 적용 Composite Block 시제품의 내후성을 입증하였다.

[옥외폭로시험(직접)]

시료명	시험항목	시험결과(㎎)
Composite Block 시제품 White	변태색(Gray Scale)	4-5
	쵸킹	이상없음
Composite Block 시제품 Black	변태색(Gray Scale)	4-5
	쵸킹	이상없음
Composite Block 시제품 Red	변태색(Gray Scale)	4-5
	쵸킹	이상없음
Composite Block 시제품 Yellow	변태색(Gray Scale)	4-5
	쵸킹	이상없음

[옥외폭로시험(접지)]

시료명	시험항목	시험결과(㎎)
Composite Block 시제품 White	변태색(Gray Scale)	5
	쵸킹	이상없음
Composite Block 시제품 Black	변태색(Gray Scale)	4-5
	쵸킹	이상없음
Composite Block 시제품 Red	변태색(Gray Scale)	4-5
	쵸킹	이상없음
Composite Block 시제품 Yellow	변태색(Gray Scale)	4-5
	쵸킹	이상없음

(바) 촉진내후성시험 후 일사반사율 시험

Patterning 적용 Composite Block 시제품의 촉진내후성시험 500시간 후 일사반사율의 저감을 알아보기 위해 일사반사율시험을 시행한 결과를 아래 표와 같이 나타냈다. Patterning 적용 Composite Block 시제품의 촉진내후성시험 500시간 후 일사반사율은 White의 경우, 68.1%에서 70.5%, Black은 6.5%에서 6.8%로 증가되었으며, Yellow는 53.8%에서 53.7%, Red는 30.5%에서 27.8%로 저감되었다. 따라서 Patterning 적용 Composite Block 시제품의 촉진내후성 500시간 후 일사반사율에 대한 영향은 미미한 것으로 나타났다.

[Composite Block 시제품 촉진내후성시험 후 일사반사율]

시료	시험항목	일사반사율(%)
Patterning 적용 Composite Block 시제품 White	300 ~ 780㎚	74.3
	780 ~ 2,500㎚	65.7
	300 ~ 2,500㎚	70.5
Patterning 적용 Composite Block 시제품 Black	300 ~ 780㎚	7.6
	780 ~ 2,500㎚	5.7
	300 ~ 2,500㎚	6.8
Patterning 적용 Composite Block 시제품 Yellow	300 ~ 780㎚	47.3
	780 ~ 2,500㎚	62.1
	300 ~ 2,500㎚	53.7
Patterning 적용 Composite Block 시제품 Red	300 ~ 780㎚	18.2
	780 ~ 2,500㎚	40.3
	300 ~ 2,500㎚	27.8

연구성과 및 활용

- Patterning 적용 Composite Block 시제품의 휨강도, 미끄럼저항성, 투수계수, 촉진내후성, 옥외폭로, 촉진내후성시험후 일사반사율 저감 등에 대한 다양한 검토를 통해 Patterning 적용 Coposite Block 시제품은 2차년도 정량적 성과 목표를 크게 상회하는 수준이며, 촉진내후성시험 후 일사반사율의 저감율은 미미한 수준으로 나타났다.

□ 공인 시험 성적서

▪ Patterning 적용 Composite Block 시제품 물리적 특성시험

the way to trust KCL

시험성적서

성적서번호 : CT14-036195

6. 시험결과

1) 1

시험항목	단위	시험방법	시험결과
유색층 두께	mm	(1)	11
휨 강도	MPa	(1)	8.1
미끄럼 저항성	BPN	(2)	54

2) 2

시험항목	단위	시험방법	시험결과
유색층 두께	mm	(1)	11
휨 강도	MPa	(1)	8.1
미끄럼 저항성	BPN	(2)	53

3) 3

시험항목	단위	시험방법	시험결과
유색층 두께	mm	(1)	11
휨 강도	MPa	(1)	8.3

4) 4

시험항목	단위	시험방법	시험결과
유색층 두께	mm	(1)	11
휨 강도	MPa	(1)	8.0

5) 5

시험항목	단위	시험방법	시험결과
유색층 두께	mm	(1)	11
휨 강도	MPa	(1)	8.0

6) 3-5

시험항목	단위	시험방법	시험결과
투수 계수	mm/s	(1)	0.2

---- 이 하 여 백 ----

▪ Patterning 적용 Composite Block 시제품 촉진내후성시험(WS, 250시간)

the way to trust KCL

시험성적서

성적서번호 : CT14-039790

6. 시험결과

1) 순환자원 Composite Block wt.5%

시험항목	단위	시험방법	시험결과
촉진내후성시험(WS, 250 시간)후-외관(쵸킹 유무)	-	(1)	이상없음
촉진내후성시험(WS, 250 시간)후-변퇴색(Gray Scale)	급	(2)	5

2) 순환자원 Composite Block wt.10%

시험항목	단위	시험방법	시험결과
촉진내후성시험(WS, 250 시간)후-외관(쵸킹 유무)	-	(1)	이상없음
촉진내후성시험(WS, 250 시간)후-변퇴색(Gray Scale)	급	(2)	5

3) 순환자원 Composite Block wt.15%

시험항목	단위	시험방법	시험결과
촉진내후성시험(WS, 250 시간)후-외관(쵸킹 유무)	-	(1)	이상없음
촉진내후성시험(WS, 250 시간)후-변퇴색(Gray Scale)	급	(2)	5

4) 순환자원 Composite Block wt.20%

시험항목	단위	시험방법	시험결과
촉진내후성시험(WS, 250 시간)후-외관(쵸킹 유무)	-	(1)	이상없음
촉진내후성시험(WS, 250 시간)후-변퇴색(Gray Scale)	급	(2)	5

5) 순환자원 Composite Block wt.30%

시험항목	단위	시험방법	시험결과
촉진내후성시험(WS, 250 시간)후-외관(쵸킹 유무)	-	(1)	이상없음
촉진내후성시험(WS, 250 시간)후-변퇴색(Gray Scale)	급	(2)	5

---- 이 하 여 백 ----

▪ Patterning 적용 Composite Block 시제품 촉진내후성시험(WS, 500시간)

the way to trust KCL

시험성적서

성적서번호 : CT14-039788

6. 시험결과

1) 순환자원 Composite Block 코팅제 1 wt.5%

시험항목	단위	시험방법	시험결과
촉진내후성시험(WS, 500 시간)후-외관(쵸킹 유무)	-	(1)	이상없음
촉진내후성시험(WS, 500 시간)후-변퇴색(Gray Scale)	급	(2)	4-5

2) 순환자원 Composite Block 코팅제 2 wt.10%

시험항목	단위	시험방법	시험결과
촉진내후성시험(WS, 500 시간)후-외관(쵸킹 유무)	-	(1)	이상없음
촉진내후성시험(WS, 500 시간)후-변퇴색(Gray Scale)	급	(2)	4-5

3) 순환자원 Composite Block 코팅제 3 wt.15%

시험항목	단위	시험방법	시험결과
촉진내후성시험(WS, 500 시간)후-외관(쵸킹 유무)	-	(1)	이상없음
촉진내후성시험(WS, 500 시간)후-변퇴색(Gray Scale)	급	(2)	4-5

4) 순환자원 Composite Block 코팅제 4 wt.20%

시험항목	단위	시험방법	시험결과
촉진내후성시험(WS, 500 시간)후-외관(쵸킹 유무)	-	(1)	이상없음
촉진내후성시험(WS, 500 시간)후-변퇴색(Gray Scale)	급	(2)	4-5

5) 순환자원 Composite Block 코팅제 5 wt.30%

시험항목	단위	시험방법	시험결과
촉진내후성시험(WS, 500 시간)후-외관(쵸킹 유무)	-	(1)	이상없음
촉진내후성시험(WS, 500 시간)후-변퇴색(Gray Scale)	급	(2)	4-5

※ 촉진내후성 시험 조건
- 노출시험방법 : WS-A
- 블랙패널온도 : (63 ± 3) ℃
- 상대습도 : (50 ± 5) %
- 분무사이클 : 102분 조사 후 18분 조사 및 물 분무
- 시험편 표면의 방사조도 : 255 W/m² @ 300 nm ~ 700 nm

---- 이 하 여 백 ----

▪ Patterning 적용 Composite Block 시제품 옥외폭로시험(접지폭로)

the way to trust KCL

시험성적서

성적서번호 : CT13-40428

6. 시험결과

1) 고반사 블록(W)

시험항목	단위	시험방법	시험결과
옥외(접지)폭로시험(3 개월)후-외관(쵸킹 유무)	-	(1)	이상없음
옥외(접지)폭로시험(3 개월)후-변퇴색(Gray Scale)	급	(2)	5

2) 고반사 블록(W 표면가공)

시험항목	단위	시험방법	시험결과
옥외(접지)폭로시험(3 개월)후-외관(쵸킹 유무)	-	(1)	이상없음
옥외(접지)폭로시험(3 개월)후-변퇴색(Gray Scale)	급	(2)	5

3) 고반사 블록(W 코팅1)

시험항목	단위	시험방법	시험결과
옥외(접지)폭로시험(3 개월)후-외관(쵸킹 유무)	-	(1)	이상없음
옥외(접지)폭로시험(3 개월)후-변퇴색(Gray Scale)	급	(2)	5

4) 고반사 블록(B)

시험항목	단위	시험방법	시험결과
옥외(접지)폭로시험(3 개월)후-외관(쵸킹 유무)	-	(1)	이상없음
옥외(접지)폭로시험(3 개월)후-변퇴색(Gray Scale)	급	(2)	4-5

5) 고반사 블록(B 표면가공)

시험항목	단위	시험방법	시험결과
옥외(접지)폭로시험(3 개월)후-외관(쵸킹 유무)	-	(1)	이상없음
옥외(접지)폭로시험(3 개월)후-변퇴색(Gray Scale)	급	(2)	4-5

6) 고반사 블록(B 코팅1)

시험항목	단위	시험방법	시험결과
옥외(접지)폭로시험(3 개월)후-외관(쵸킹 유무)	-	(1)	이상없음
옥외(접지)폭로시험(3 개월)후-변퇴색(Gray Scale)	급	(2)	4-5

7) 고반사 블록(R)

시험항목	단위	시험방법	시험결과
옥외(접지)폭로시험(3 개월)후-외관(쵸킹 유무)	-	(1)	이상없음
옥외(접지)폭로시험(3 개월)후-변퇴색(Gray Scale)	급	(2)	4-5

8) 고반사 블록(R 표면가공)

시험항목	단위	시험방법	시험결과
옥외(접지)폭로시험(3 개월)후-외관(쵸킹 유무)	-	(1)	이상없음
옥외(접지)폭로시험(3 개월)후-변퇴색(Gray Scale)	급	(2)	4-5

9) 고반사 블록(R 코팅1)

시험항목	단위	시험방법	시험결과
옥외(접지)폭로시험(3 개월)후-외관(쵸킹 유무)	-	(1)	이상없음
옥외(접지)폭로시험(3 개월)후-변퇴색(Gray Scale)	급	(2)	4-5

10) 고반사 블록(G)

시험항목	단위	시험방법	시험결과
옥외(접지)폭로시험(3 개월)후-외관(쵸킹 유무)	-	(1)	이상없음
옥외(접지)폭로시험(3 개월)후-변퇴색(Gray Scale)	급	(2)	5

the way to trust KCL

시험성적서

성적서번호 : CT13-40428

6. 시험결과

11) 고반사 블록(G 표면가공)

시험항목	단위	시험방법	시험결과
옥외(접지)폭로시험(3 개월)후-외관(쵸킹 유무)	-	(1)	이상없음
옥외(접지)폭로시험(3 개월)후-변퇴색(Gray Scale)	급	(2)	5

12) 고반사 블록(G 코팅1)

시험항목	단위	시험방법	시험결과
옥외(접지)폭로시험(3 개월)후-외관(쵸킹 유무)	-	(1)	이상없음
옥외(접지)폭로시험(3 개월)후-변퇴색(Gray Scale)	급	(2)	5

13) 고반사 블록(Y)

시험항목	단위	시험방법	시험결과
옥외(접지)폭로시험(3 개월)후-외관(쵸킹 유무)	-	(1)	이상없음
옥외(접지)폭로시험(3 개월)후-변퇴색(Gray Scale)	급	(2)	4-5

14) 고반사 블록(Y 표면가공)

시험항목	단위	시험방법	시험결과
옥외(접지)폭로시험(3 개월)후-외관(쵸킹 유무)	-	(1)	이상없음
옥외(접지)폭로시험(3 개월)후-변퇴색(Gray Scale)	급	(2)	4-5

15) 고반사 블록(Y 코팅1)

시험항목	단위	시험방법	시험결과
옥외(접지)폭로시험(3 개월)후-외관(쵸킹 유무)	-	(1)	이상없음
옥외(접지)폭로시험(3 개월)후-변퇴색(Gray Scale)	급	(2)	4-5

16) 패턴닝 블록 라운드(W)

시험항목	단위	시험방법	시험결과
옥외(접지)폭로시험(3 개월)후-외관(쵸킹 유무)	-	(1)	이상없음
옥외(접지)폭로시험(3 개월)후-변퇴색(Gray Scale)	급	(2)	5

17) 패턴닝 블록 라운드(W 표면가공)

시험항목	단위	시험방법	시험결과
옥외(접지)폭로시험(3 개월)후-외관(쵸킹 유무)	-	(1)	이상없음
옥외(접지)폭로시험(3 개월)후-변퇴색(Gray Scale)	급	(2)	5

18) 패턴닝 블록 라운드(W 코팅1)

시험항목	단위	시험방법	시험결과
옥외(접지)폭로시험(3 개월)후-외관(쵸킹 유무)	-	(1)	이상없음
옥외(접지)폭로시험(3 개월)후-변퇴색(Gray Scale)	급	(2)	5

19) 패턴닝 블록 라운드(B)

시험항목	단위	시험방법	시험결과
옥외(접지)폭로시험(3 개월)후-외관(쵸킹 유무)	-	(1)	이상없음
옥외(접지)폭로시험(3 개월)후-변퇴색(Gray Scale)	급	(2)	4-5

20) 패턴닝 블록 라운드(B 표면가공)

시험항목	단위	시험방법	시험결과
옥외(접지)폭로시험(3 개월)후-외관(쵸킹 유무)	-	(1)	이상없음
옥외(접지)폭로시험(3 개월)후-변퇴색(Gray Scale)	급	(2)	4-5

시험성적서

성적서번호 : CT13-40428

6. 시험결과

21) 패턴닝 블록 라운드(B 코팅1)

시험항목	단위	시험방법	시험결과
옥외(접지)폭로시험(3 개월)후-외관(쵸킹 유무)	-	(1)	이상없음
옥외(접지)폭로시험(3 개월)후-변퇴색(Gray Scale)	급	(2)	4-5

22) 패턴닝 블록 라운드(R)

시험항목	단위	시험방법	시험결과
옥외(접지)폭로시험(3 개월)후-외관(쵸킹 유무)	-	(1)	이상없음
옥외(접지)폭로시험(3 개월)후-변퇴색(Gray Scale)	급	(2)	4-5

23) 패턴닝 블록 라운드(R 표면가공)

시험항목	단위	시험방법	시험결과
옥외(접지)폭로시험(3 개월)후-외관(쵸킹 유무)	-	(1)	이상없음
옥외(접지)폭로시험(3 개월)후-변퇴색(Gray Scale)	급	(2)	4-5

24) 패턴닝 블록 라운드(G)

시험항목	단위	시험방법	시험결과
옥외(접지)폭로시험(3 개월)후-외관(쵸킹 유무)	-	(1)	이상없음
옥외(접지)폭로시험(3 개월)후-변퇴색(Gray Scale)	급	(2)	5

25) 패턴닝 블록 라운드(G 표면가공)

시험항목	단위	시험방법	시험결과
옥외(접지)폭로시험(3 개월)후-외관(쵸킹 유무)	-	(1)	이상없음
옥외(접지)폭로시험(3 개월)후-변퇴색(Gray Scale)	급	(2)	5

---- 이 하 여 백 ----

▪ Patterning 적용 Composite Block 시제품 옥외폭로시험(직접폭로)

the way to trust KCL

시험성적서

성적서번호 : CT13-40514

6. 시험결과

1) 고반사 블록(W)

시험항목	단위	시험방법	시험결과
옥외(직접)폭로시험(3 개월)후-외관(쵸킹 유무)	-	(1)	이상없음
옥외(직접)폭로시험(3 개월)후-변퇴색(Gray Scale)	급	(2)	4-5

2) 고반사 블록(W 표면가공)

시험항목	단위	시험방법	시험결과
옥외(직접)폭로시험(3 개월)후-외관(쵸킹 유무)	-	(1)	이상없음
옥외(직접)폭로시험(3 개월)후-변퇴색(Gray Scale)	급	(2)	4-5

3) 고반사 블록(W 코팅1)

시험항목	단위	시험방법	시험결과
옥외(직접)폭로시험(3 개월)후-외관(쵸킹 유무)	-	(1)	이상없음
옥외(직접)폭로시험(3 개월)후-변퇴색(Gray Scale)	급	(2)	4-5

4) 고반사 블록(B)

시험항목	단위	시험방법	시험결과
옥외(직접)폭로시험(3 개월)후-외관(쵸킹 유무)	-	(1)	이상없음
옥외(직접)폭로시험(3 개월)후-변퇴색(Gray Scale)	급	(2)	4-5

5) 고반사 블록(B 표면가공)

시험항목	단위	시험방법	시험결과
옥외(직접)폭로시험(3 개월)후-외관(쵸킹 유무)	-	(1)	이상없음
옥외(직접)폭로시험(3 개월)후-변퇴색(Gray Scale)	급	(2)	4-5

6) 고반사 블록(B 코팅1)

시험항목	단위	시험방법	시험결과
옥외(직접)폭로시험(3 개월)후-외관(쵸킹 유무)	-	(1)	이상없음
옥외(직접)폭로시험(3 개월)후-변퇴색(Gray Scale)	급	(2)	4-5

7) 고반사 블록(R)

시험항목	단위	시험방법	시험결과
옥외(직접)폭로시험(3 개월)후-외관(쵸킹 유무)	-	(1)	이상없음
옥외(직접)폭로시험(3 개월)후-변퇴색(Gray Scale)	급	(2)	4-5

8) 고반사 블록(R 표면가공)

시험항목	단위	시험방법	시험결과
옥외(직접)폭로시험(3 개월)후-외관(쵸킹 유무)	-	(1)	이상없음
옥외(직접)폭로시험(3 개월)후-변퇴색(Gray Scale)	급	(2)	4-5

9) 고반사 블록(R 코팅1)

시험항목	단위	시험방법	시험결과
옥외(직접)폭로시험(3 개월)후-외관(쵸킹 유무)	-	(1)	이상없음
옥외(직접)폭로시험(3 개월)후-변퇴색(Gray Scale)	급	(2)	4-5

10) 고반사 블록(G)

시험항목	단위	시험방법	시험결과
옥외(직접)폭로시험(3 개월)후-외관(쵸킹 유무)	-	(1)	이상없음
옥외(직접)폭로시험(3 개월)후-변퇴색(Gray Scale)	급	(2)	5

the way to trust KCL

시험성적서

성적서번호 : CT13-40514

6. 시험결과

11) 고반사 블록(G 표면가공)

시험항목	단위	시험방법	시험결과
옥외(직접)폭로시험(3 개월)후-외관(쵸킹 유무)	-	(1)	이상없음
옥외(직접)폭로시험(3 개월)후-변퇴색(Gray Scale)	급	(2)	5

12) 고반사 블록(G 코팅1)

시험항목	단위	시험방법	시험결과
옥외(직접)폭로시험(3 개월)후-외관(쵸킹 유무)	-	(1)	이상없음
옥외(직접)폭로시험(3 개월)후-변퇴색(Gray Scale)	급	(2)	5

13) 고반사 블록(Y)

시험항목	단위	시험방법	시험결과
옥외(직접)폭로시험(3 개월)후-외관(쵸킹 유무)	-	(1)	이상없음
옥외(직접)폭로시험(3 개월)후-변퇴색(Gray Scale)	급	(2)	4-5

14) 고반사 블록(Y 표면가공)

시험항목	단위	시험방법	시험결과
옥외(직접)폭로시험(3 개월)후-외관(쵸킹 유무)	-	(1)	이상없음
옥외(직접)폭로시험(3 개월)후-변퇴색(Gray Scale)	급	(2)	4-5

15) 고반사 블록(Y 코팅1)

시험항목	단위	시험방법	시험결과
옥외(직접)폭로시험(3 개월)후-외관(쵸킹 유무)	-	(1)	이상없음
옥외(직접)폭로시험(3 개월)후-변퇴색(Gray Scale)	급	(2)	4-5

16) 패턴닝 블록 라운드(W)

시험항목	단위	시험방법	시험결과
옥외(직접)폭로시험(3 개월)후-외관(쵸킹 유무)	-	(1)	이상없음
옥외(직접)폭로시험(3 개월)후-변퇴색(Gray Scale)	급	(2)	4-5

17) 패턴닝 블록 라운드(W 표면가공)

시험항목	단위	시험방법	시험결과
옥외(직접)폭로시험(3 개월)후-외관(쵸킹 유무)	-	(1)	이상없음
옥외(직접)폭로시험(3 개월)후-변퇴색(Gray Scale)	급	(2)	4-5

18) 패턴닝 블록 라운드(W 코팅1)

시험항목	단위	시험방법	시험결과
옥외(직접)폭로시험(3 개월)후-외관(쵸킹 유무)	-	(1)	이상없음
옥외(직접)폭로시험(3 개월)후-변퇴색(Gray Scale)	급	(2)	4-5

19) 패턴닝 블록 라운드(B)

시험항목	단위	시험방법	시험결과
옥외(직접)폭로시험(3 개월)후-외관(쵸킹 유무)	-	(1)	이상없음
옥외(직접)폭로시험(3 개월)후-변퇴색(Gray Scale)	급	(2)	4-5

20) 패턴닝 블록 라운드(B 표면가공)

시험항목	단위	시험방법	시험결과
옥외(직접)폭로시험(3 개월)후-외관(쵸킹 유무)	-	(1)	이상없음
옥외(직접)폭로시험(3 개월)후-변퇴색(Gray Scale)	급	(2)	4-5

the way to trust KCL

시험성적서

성적서번호 : CT13-40514

6. 시험결과

21) 패턴닝 블록 라운드(B 코팅1)

시험항목	단위	시험방법	시험결과
옥외(직접)폭로시험(3 개월)후-외관(쵸킹 유무)	-	(1)	이상없음
옥외(직접)폭로시험(3 개월)후-변퇴색(Gray Scale)	급	(2)	4-5

22) 패턴닝 블록 라운드(R)

시험항목	단위	시험방법	시험결과
옥외(직접)폭로시험(3 개월)후-외관(쵸킹 유무)	-	(1)	이상없음
옥외(직접)폭로시험(3 개월)후-변퇴색(Gray Scale)	급	(2)	4-5

23) 패턴닝 블록 라운드(R 표면가공)

시험항목	단위	시험방법	시험결과
옥외(직접)폭로시험(3 개월)후-외관(쵸킹 유무)	-	(1)	이상없음
옥외(직접)폭로시험(3 개월)후-변퇴색(Gray Scale)	급	(2)	4-5

24) 패턴닝 블록 라운드(G)

시험항목	단위	시험방법	시험결과
옥외(직접)폭로시험(3 개월)후-외관(쵸킹 유무)	-	(1)	이상없음
옥외(직접)폭로시험(3 개월)후-변퇴색(Gray Scale)	급	(2)	5

25) 패턴닝 블록 라운드(G 표면가공)

시험항목	단위	시험방법	시험결과
옥외(직접)폭로시험(3 개월)후-외관(쵸킹 유무)	-	(1)	이상없음
옥외(직접)폭로시험(3 개월)후-변퇴색(Gray Scale)	급	(2)	5

---- 이 하 여 백 ----

▪ Patterning 적용 Composite Block 시제품 촉진내후성 시험 후 일사반사율시험

the way to trust KCL

시험성적서

성적서번호 : CT14-082125

6. 시험결과

1) Composite Block 시제품(White) 촉진내후성 시험 후

시험항목	단위	시험방법	시험결과
일사반사율 (300 nm ~ 780 nm)	%	(1)	74.3
일사반사율 (780 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	65.7
일사반사율 (300 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	70.5

2) Composite Block 시제품(Yellow) 촉진내후성 시험 후

시험항목	단위	시험방법	시험결과
일사반사율 (300 nm ~ 780 nm)	%	(1)	47.3
일사반사율 (780 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	62.1
일사반사율 (300 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	53.7

3) Composite Block 시제품(Red) 촉진내후성 시험 후

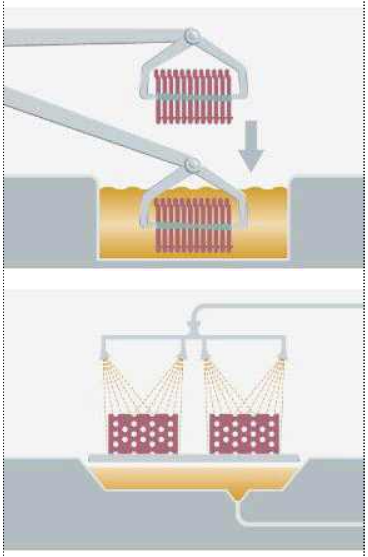
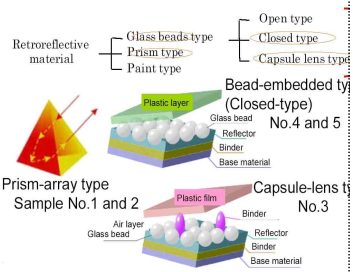
시험항목	단위	시험방법	시험결과
일사반사율 (300 nm ~ 780 nm)	%	(1)	18.2
일사반사율 (780 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	40.3
일사반사율 (300 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	27.8

4) Composite Block 시제품(Black) 촉진내후성 시험 후

시험항목	단위	시험방법	시험결과
일사반사율 (300 nm ~ 780 nm)	%	(1)	7.6
일사반사율 (780 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	5.7
일사반사율 (300 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	6.8

---- 이 하 여 백 ----

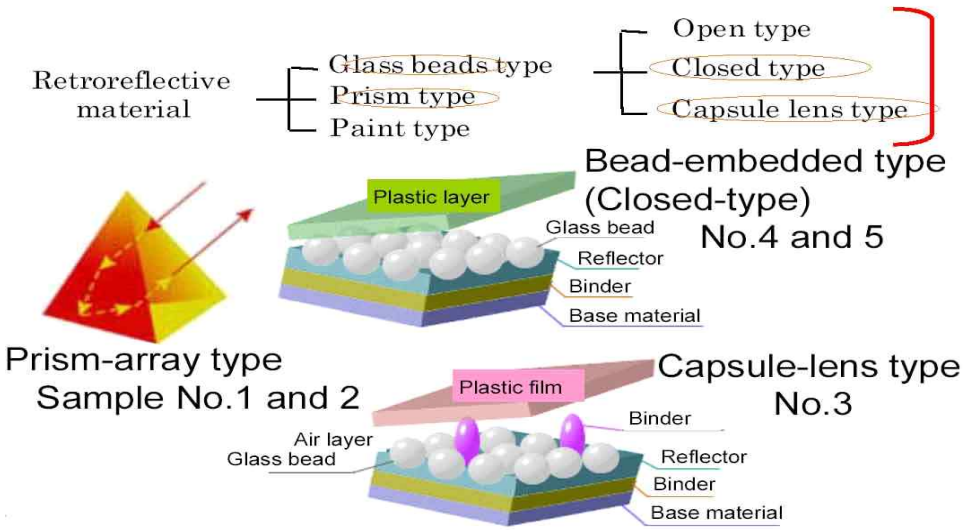
주관연구기관	도시 표면온도 저감이 가능한 태양열 차단 보도 블럭 개발	관련 성과지표 (KPI)
Activity (A13~A14)	Patterning 기술 및 태양열 차단 레이어를 적용한 Hybrid Block 개발(Ⅰ)	공인시험 성적서
(주)에코청진		

목적	고반사 수지, 세라믹 소재 등을 이용한 태양열 차단 Layer 형성기술		
단계	**내용**	**관련 사진**	**산출물**
적외선 반사 차단 Layer 두께 및 소재 결정	▪ 부착성능, 마모성, 내구성을 고려한 Layer 소재 결정		공인성적서
고반사 코팅제의 자외선 열화 검토	▪ Layer 재료별 태양열 차단 성능 검토 및 고반사 코팅제의 자외선 열화 검토		공인성적서 및 보고서
관련 목표 성과물	Hybrid Block 시제품에 적용할 고반사 코팅제 기초 특성 및 내후성		

A13	적외선 반사 차단 Layer의 두께 및 소재 결정
단계	부착성능, 마모성, 내구성을 고려한 Layer 소재 결정

연구내용

본 보고서는 적외선 반사에 효과적인 최적 코팅재료 결정을 위해 부착성능, 마모성, 내구성을 고려한 최적의 코팅 소재 및 두께를 선택하는 것이다. 그 코팅재료는 수용성 침투 코팅재료인 실리콘 계열과 아크릴계, 우레탄계 등을 적용하여 시험하였다.



(1) 적외선 반사에 효과적인 최적 코팅재료 조사

적외선 반사에 효과적이 최적 코팅재료를 부착성능, 마모성, 내구성 등을 시험하여, 최적의 코팅 소재와 두께를 결정하였다.

(가) 코팅 재료

코팅재료는 실리콘, 왁스 계열, 오일 등 다양한 종류가 있으며, 일반적으로 알려진 코팅재료의 종류 및 특성 주성분에 따른 내용은 다음과 같다.

① 실리콘계

㉮ 실리콘네이트계 : 수용액형으로 금속 상태로 저분자 실란 화합물이 주성분임.

㉯ 실리콘화합물계 : 유기요제 모노머형으로 저분자의 실란화합물이 주성분임.

㉰ 실리콘계 : 유기용제형으로 비교적 고분자인 실리콘 유기 실록산을 골격으로 하는 고분자가 주성분임.

㉱ 혼합제 : 실란화합물계와 아크릴계 모노머 또는 올리고머가 주성분임.

㉲ 아크릴수지계 : 유기용제형으로 아크릴계 모노머 또는 올리고머가 주성분임.

② 비실리콘계

㉮ 우레탄화합물계 : 유기용제형로 우레탄계 올리머가 주성분임.

㉯ 기타 : 유기 중합계 모노머, 올리고머가 주성분인 코팅재료.

(나) 코팅 소재에 따른 용도

① 실리콘 : 투명처리가 필요한 콘크리트 벽돌조, 석재면, 석고 미장면 및 제물치장 콘크리트 등에 사용함.

② 솔벤트 아크릴 : 일반 콘크리트나 제물치장 콘크리트, 석고 미장, 벽돌조 및 석재면으로 적은 광택이나, 약간의 흑화가 허용되는 경우에 사용하도록 한다. 휘발성 탄화수소 용액에 든 투명한 방수성의 아크릴 수지 코팅 및 특수 바탕면 공사에는 담당원의 지시에 따라 다른 종류의 수지나 첨가물을 사용하여야 함.

③ 수용성 아크릴 : 솔벤트 아크릴이 너무 유해하거나, 대기오염 방지 기준 등에 의하여 사용이 금지되었을 때, 또는 적은 광택의 외관이 허용되는 경우에 이 제품을 사용하도록 함.

(다) 코팅 소재에 따른 특성

① 유성 계열

㉮ 사용범위가 넓으며, 바탕색상을 선명하게 유지해주고 수명을 연장시킨다.

㉯ 시공 후 이물질이 묻지 않는다.

㉰ 시공이 간편하며, 코팅 수명이 길다.

㉱ 가격이 저렴하며, 인체에 미치는 영향이 아주적다.

② 수성 계열

㉮ 서리로 인한 외벽의 침수, 얼룩 등을 방지.

㉯ 산, 염에 의한 풍화 방지(내산성, 내알칼리성 우수)

㉰ 무색 투명한 액상이므로 대상물의 색상을 유지.

㉱ 실리콘 특성으로 물을 차단함으로 이끼 및 곰팡이 생성억제.

㉲ 간단한 기공이 가능함.

③ 실리콘 계열

㉮ 유성실리콘계의 실란/실록산과 촉매가 석유계 용제 및 유기용제에 녹아 있는 형태로 신속하고 우수한 코팅성을 나타내며, 건축물 표면이나 주위 환경에 영향을 작게 받는다.

㉯ 수성 실리콘계의 미텔실리콘네이트 및 실란계의 액상 코팅제로 물에 희석하여 사용할 수 있는 제품이므로 화재의 위험이 없고, 친환경적인 장점이 있으나, 처리 후 1-2일간 물과 접촉을 피해야 한다. 또한 실란 / 실록산을 유화하여 만든 제품은 유성보다 경화 시간만 느릴 뿐 내구 성능과 사용 편의성 등에서 유리하다.

(2) 코팅재료 적용 방법

Patterning 적용 Composite Block 시제품에 코팅재료 Acrylics Elastomeric(coat 1), Unsaturated Polyester(coat 2), Acrylics(coat 3), Urethane affiliation(coat 4), Resin affiliation(coat 5)를 각 시편에 혼합(Mixing), 뿜칠(Spray), 붓칠(Paint Roller), 담금(Dipping)방법으로 시공하여 가장 적합한 방법을 도출하고자 한다.

(가) 코팅재료 시공방법 장 · 단점

Patterning 적용 Composite Block 시제품의 기능을 유지 및 반사에 대한 성능을 향상시키기 위해서는 반드시 코팅제의 시공이 필요하다. 그 이유는 블록 표면에 포함되어 있는 고반사 재료(Composite Block 원재료) 및 Patterning 기술이 주요 기능이기 때문이다. 따라서 표면에 오염이 발생하면, 고반사 블록의 주요 기능이 저하되기 때문에 유지 관리 측면에서 블록 표면에 코팅재료를 시공하는 것이 반드시 필요한 공정이다.

① 혼합((Mixing) 방식

혼합(Mixing) 방식은 코팅재료를 블록 표면층 재료와 혼합시 코팅재료를 첨가하여 혼합하는 방식이다. 따라서 혼합(Mixing)에 따른 문제점은 다음과 같다.

㉮ 2차 가공(표면연마 및 가공) 공정에서 블록 표면에 형성된 Layer가 제거되어 표면오염 발생될 수 있음.

㉯ 코팅재료는 고분자 재료이므로 혼합기계(Mixing Machine)의 표면에 고착되어 굳는 현상이 발생.

Layer의 기능을 발휘하기 위해서는 상당량의 코팅재료가 첨가되어야 하며, 이에 따른 성형공정에 문제가 발생되며, 소량 첨가시 코팅 Layer로서의 기능을 발휘할 수 없음.

② Pre-Water Repellent

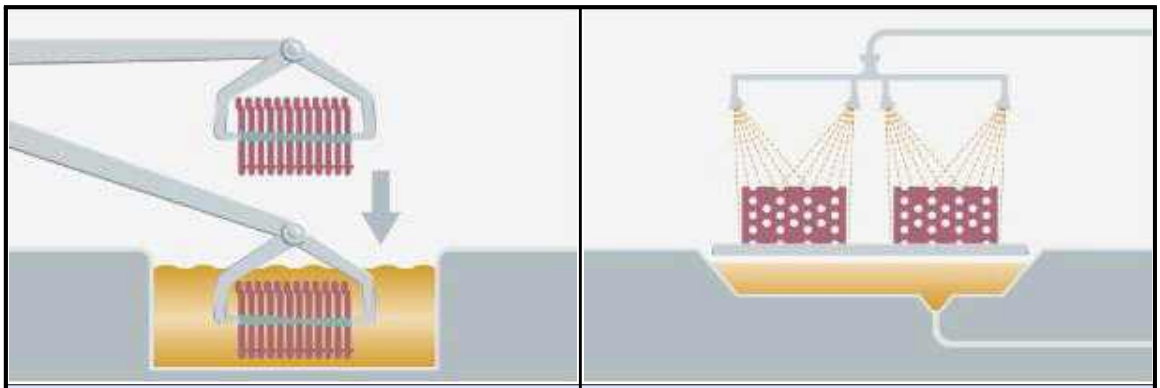
Pre-Water Repellent 방식은 고반사 블록 성형 후 또는 제작 완료 직후 코팅제를 분사 또는 침전 방법으로 블록에 접목시키는 방식이다.

㉮ 담금(Dipping) 방식

개체 단위 전체를 침전시켜 도막 두께가 균일하게 도포되지만, 작업 효율성이 저하되고, 침전을 위한 이동 공정의 추가와 고가 설비의 신설이 필요하다.

㉯뿜칠(Spray) 방식

작업 효율성이 높지만, 개체 단위 표면에 코팅재료를 포설하여 도막 두께가 균일하지 못하고, 성형 후 공정에서 접목이 가능하지만, 혼합(Mixing) 방식의 문제점과 동일한 2차 가공(표면 연마 및 가공) 공정에서 블록 표면에 형성된 Layer가 제거되어 표면오염 발생될 염려가 있음.



담금방식(Dipping Method)	뿜칠방식(Spraying Method)

③ Post-Water Repellent

Post-Water Repellent 방식은 Patterning 적용 Composite Block 시공 이후에 고반사 코팅재료를 시공하는 방식으로 블록의 표면처리 방법 중 가장 적합한 방법이지만, 코팅 하자 또한 가장 많은 것이 현실이다. 국외에서 가장 선호하는 방법이며, Post-Water Repellent 방식에서는 분사식, 붓칠(Paint Roller), 비질(Brushing) 등의 방법을 이용해 코팅재료를 적용할 수 있다.

<table>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>분사식(Spraying)</td><td>롤링(Rolling)</td></tr>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>브러싱(Brushing)</td><td>전·후 블록 표면</td></tr>
</table>

하지만, 국내 콘크리트 인터로킹 블록의 시공 현실은 시공사에서 부가적인 시공을 하는 것을 상당히 꺼려하고 있으며(인건비, 외부 시공환경 조건, 코팅재료의 선택 등), 제품에 기능이 있는 것을 원한다.

위와 같이, 코팅재료의 적용을 위해 다양한 공법이 있지만, Patterning 적용 Composite Block에 쉽게 적용시킬 수 있는 방법은 없으며, 가장 효율성이 높고 경제적인 공법을 통해 3차 년도에 적용할 것이다.

따라서 공법에 대한 선정 이전에 다양한 고반사 코팅재료를 Patterning 적용 Composite Block에 적용시켰을 시, 부착강도, 마모성, 내구성 등이 가장 우수한 코팅재료를 선정하고, 그 재료의 적용을 통한 가장 합리적인 두께를 결정하고자 한다.

(나) 코팅재료 시공방법에 따른 소모량

① 혼합(Mixing) 방식

㉮ Patterning 적용 Composite Block 시제품 중량은 4.8 ~ 5.2㎏/ea(200 × 200 × 60㎜ 기준).

㉯ 고반사 코팅재료의 기능성이 요구되는 소모량은 혼합(Mixing) 방식일 경우,

제품 중량의 10% 이상 첨가해야 고반사 코팅재료에 대한 기능성을 확보할 수 있음.

㉰ Patterning 적용 Composite Block 시제품 중량을 약 5.0㎏/ea로 가정시, 고반사 코팅재료의 소모량은 0.5㎏/ea가 소모된다.

② 담금(Dipping) 방식

㉮ Patterning 적용 Composite Block 시제품 중량은 4.8 ~ 5.2㎏/ea(200 × 200 × 60㎜ 기준).

㉯ 담금(Dipping) 방식은 Patterning 적용 Composite Block 시제품 중량의 4 ~ 5% 정도 흡수하게 된다.

㉰ Patterning 적용 Composite Block 시제품 중량을 약 5.0㎏/ea로 가정하고, Patterning 적용 Composite Block 시제품이 약 4.5% 흡수를 한다고 가정하면, 고반사 코팅재료의 소모량은 0.225㎏/ea가 소모된다.

③ 붓칠(Paint Roller) 방식

㉮ 고반사 코팅재료의 기능성이 요구되는 소모량은 붓칠(Paint Roller) 방식일 경우, 도포 횟수를 3 ~ 5회 도포를 해야 소정의 기능을 확보할 수 있다.

㉯ Patterning 적용 Composite Block 시제품은 투수기능을 확보하기 위해 골재의 입도가 굵으므로, 표면에 붓칠(Paint Roller)을 하면, 흡수하는 량이 꽤 많으므로 소요량이 생각보다 많아진다.

㉰ 국외 문헌(Ackbari, 1997)에서 고반사 제품의 코팅재료 도막두께는 30㎛ 정도일 때, 가장 좋은 반사율을 나타낸다고 연구결과를 발표하였다.

㉱ 본 연구의 고반사 코팅재료의 경우 국외 문헌(Ackbari, 1997)의 코팅 재료와는 다른 코팅 재료에 반사 기능을 보유하고 있으므로, 바닥재의 마모감량 등을 고려하여 100 ~ 150㎛로 도막두께를 설정하였다.

㉲ 도막두께는 건축용과 바닥용의 경우, 코팅재료의 마모율이 10배 이상 차이가 발생하므로 도막두께 또한, 내구성을 위해 3 ~ 5배로 설정한 것이다.

㉳ Patterning 적용 Composite Block 시제품에 고반사 코팅재료를 붓칠(Paint Roller) 방식으로 도막두께 100 ~ 150㎛로 도포시 0.23 ~ 0.35㎏/㎡ 소모된다.

④ 뿜칠(Spray) 방식

㉮ 고반사 코팅재료를 Patterning 적용 Composite Block에 적용시키기 위해서는 성형 후 뿜칠(Spray)을 하는 것이 가장 이상적인 공정이다.

㉯ 성형 후 뿜칠(Spray)을 하면, 양생 후 Patterning 적용 Composite Block 시제품의 2차 가공에 의해 표면의 시멘트페이스트가 제거되고, 천연칼라골재가 발현되므로, 표면 밀도 증가에 의한 표며 오염을 방지할 수 있도록 한다.

㉰ 또한, Patterning 적용으로 인한 Composite Block 최상 면의 천연칼라골재의 발현과, 굴곡 진 Patterning 안쪽 부분은 고반사 코팅재료로, 후방 산란(Back-Scattering)이 아닌 반사를 유도할 수 있음.

㉱ 뿜칠(Spray) 방식으로 도막두께 100 ~ 150㎛ 도포시 소모량은 0.33 ~ 0.55㎏/㎡ 소모된다.

(3) 제조방법

A11단계에서 설명한 것과 동일한 방법으로 제조된 Patterning 적용 Composite Block 시제품을 시편으로 사용하였다. 그 시편의 제조 방법과 조건은 다음과 같다.

(가) 시편의 제조방법(부착강도, 촉진내후성, Taber마모)

본 시편은 시제품으로 공장 생산라인에서 직접 시범 가동하여 제조한 Patterning 적용 Composite Block 시제품이며, 그 배합비와 제조방법은 다음과 같다.

① 백색골재분말(or 흑색골재분말) 777㎏, 흑색골재(or 백샐골재) 258㎏에 백시멘트(or 시멘트) 250㎏, Titanium Dioxide Rutile, Chromium Iron Oxide, Iron Oxide Red, Chrome Yellow는 각각 백시멘트(or 시멘트)의 wt.5%, 10%, 10%, 5%로 각각 25㎏(wt.10%), 12.5㎏(wt.5%)를 첨가하여 혼합기에서 Mixing.

② 200 × 200 × 60(㎜)크기의 몰드에 기존 콘크리트 인터로킹 블록 본체층 배합비를 가진 조성물을 투입한 다음 그 위에 위 배합으로 고반사 조성물을 삽입하여 진동다짐.

③ 72시간 상온 양생.

④ 표면 2차 가공 연마 작업.

⑤ 코팅재료 Acrylics Elastomeric(coat 1), Unsaturated Polyester(coat 2), Acrylics(coat 3), Urethane affiliation(coat 4), Resin affiliation(coat 5)를 각 시편에 뿜칠(Spraying) 방식으로 도포함.

(나) 시편 제조방법(도막두께)

① 두께 3㎜ 철판

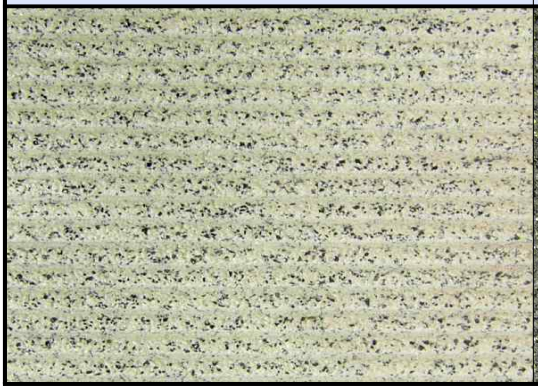
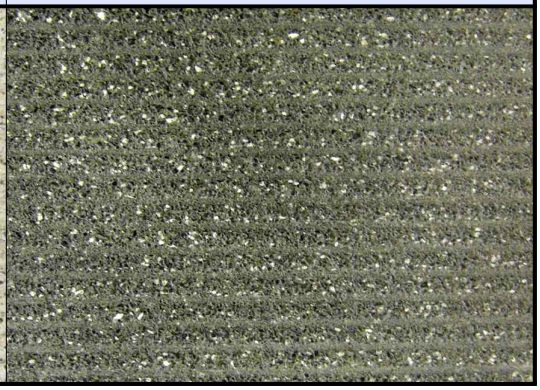
② 코팅재료 Acrylics Elastomeric(coat 1), Unsaturated Polyester(coat 2), Acrylics(coat 3), Urethane affiliation(coat 4), Resin affiliation(coat 5)를 각 시편에 뿜칠(Spraying) 방식으로 도포함.

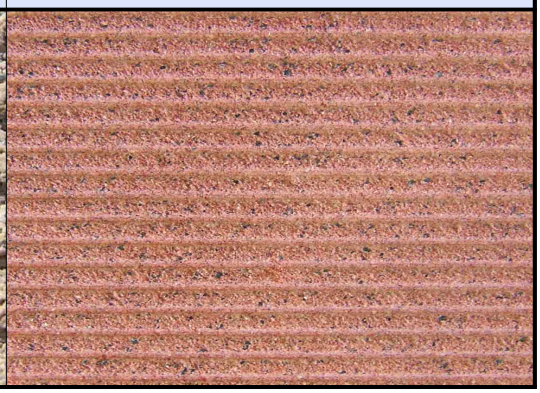
(다) 시편 조건

① 시편 크기 : 70 × 70 × 30(㎜)

② 표면 상태 : 표면에 실금(Crack)이 없어야 함.

(라) 시편 상태

백색	흑색
	

황색	적색
	

(3) 시험 방법

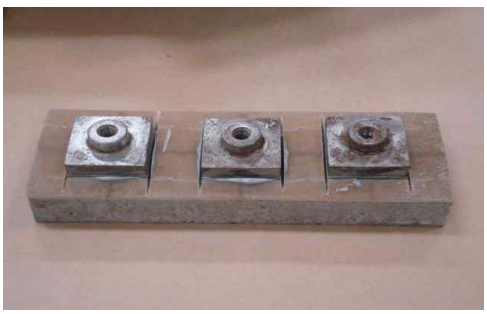
(가) 부착성능 시험

Composit Block에 적용시킬 수용성 침투 아크릴계, 실리콘 계 등의 부착 형태에 따른 재료적 성능 분석을 실시하여 비교 평가한다.

본 시험은 KS M ISO 4624 “도료와 바니시-부착 박리 실험”을 준용하여 소정의 양생이 끝난 시험체를 양생실 내에 수평하게 놓고 시료 도포면에 접착제를 바른 후 아래 그림과 같이 상부 인장용 지그(강철제)를 올려놓고 가볍게 문질러 접착한다. 24시간 건조 후 아래 그림과 같이 하부 인장용 지그(강철제)를 사용하여 시료면에 대해 수직방향으로 인장력을 가해 피단할 때까지 10㎜/min의 속도로 최대 인장하중을 구한다. 부착강도는 다음 식에 의해 구한다.

$$\text{부착강도(N/㎟)} = \frac{T}{1600}$$

여기에서, T : 최대 인장 하중(N)




[도막 두께 측정 시험]

(나) 코팅두께 시험

Patterning 적용 Composit Block 시제품 표면에 적용시킬 코팅재료는 내구성 및 일사반사율 증진을 위하여 일정한 두께로 코팅재료가 밀착되어 있어야 한다. 도막두께가 일정하지 않거나 두께에 따라 일사반사율에 많은 영향을 미칠 수 있으므로 도막두께를 측정한다.

본 시험은 KS M ISO 2808 “도료와 바니시 - 도막 두께 측정”에 준하여 10㎝ × 10㎝ 크기의 시험편으로 절단하여 무게를 측정하고, 측정하고자 하는 면에 리무버 또는 M.E.K로 박리한 후 세척수로 씻어낸 후, 시편의 수분을 완전히 건조시킨다. 그

후 도막을 제거한 시편의 무게를 측정하여, 다음 식에 따라 도막두께를 산출한다.

도막두께(㎛) = 도막량(g/㎡) / 건조 도막 비중(g/㎤)

※ 도막량(g/㎡)=도막 제거 전 시편의 무게(㎎)-도막을 제거한 시편의 무게(㎎)/10

(다) 촉진내후성시험

본 시험은 KS M ISO 4892 “플라스틱 - 실험실 광원에 의한 노출 시험방법 제4부 : 개방 불꽃 카본 아크 램프”에 준하여, 개방 불꽃 카본 아크 램프 시험기의 시료 유지용 틀에 시편은 수평으로 장착되어 윗면이 시험 조건에 직접 노출되게 된다. 빛 조사량의 변화 사이클을 통해 밤과 낮의 일조량 변화상을 적용하였고, 동시에 물 분무에 따른 코팅재의 손상을 촉진시키는 환경 조건을 만들었다. 촉진내후성시험은 개방 불꽃 카본-아크 광원 WS, 250시간으로 표면의 변퇴색(Gray Scale) 및 쵸킹 유무를 확인했다.



[촉진내후성 시험기]

(라) Taber마모시험

본 시험은 KS M ISO 5470-1 “고무 또는 플라스틱 피복 직물 - 내마모성 측정 방법”을 준용하여, 소정의 양생을 마친 시험편에 마모륜 H-22로 사용하였고, 1,000g의 하중으로 1,000사이클의 조건으로 시험했다. 각각의 마모륜 표면을 교차하여 다이아몬드 정돈 기구의 끝 부분이 한 차례 왕복(예를 들면 한 번 앞으로 한 번 뒤로 움직여)하는 소요 시간이 25초가 되도록 마찰을 시켜 마모륜을 재 정돈한다. 효과적인 정돈을 위하여 정돈 기구에 필요한 최소의 힘만을 가하도록 한다. 정돈 작업 동안 마모륜을 6 ~ 10rev/min의 속도로 회전시킨다. 매 500회마다 연마지를 교체한다. 평행 추나 추가 하중 추를 사용하여, 관련된 재료나 제품 성능에 명시된 값과 상응하도록 마모륜 각각의 하중을 조절한다.



[Taber 마모 시험기]

연구결과

(가) 부착성능시험

① 고반사 코팅재료

본 시편은 코팅재료를 뿜칠(Spraying) 방식으로 3㎜ 철판에 도포한 시편의 시험결과이다. Acrylics Elastomeric(coat 1)는 0.8㎫, Unsaturated Polyester(coat 2)는 0.9㎫, Acrylics(coat 3)는 0.9㎫, Urethane affiliation(coat 4)는 1.2㎫, Resin affiliation(coat 5)는 1.2㎫로 나타났다. 코팅재료 중 가장 우수한 부착강도를 나타낸 Urethane affiliation(coat 4)와 Resin affiliation(coat 5)가 코팅재료로 가장 적합하다고 판단된다.

시료명	시험항목	시험결과(㎫)
Acrylics Elastomeric(coat 1)	부착강도	0.8
Unsaturated Polyester(coat 2)	부착강도	0.9
Acrylics(coat 3)	부착강도	0.9
Urethane affiliation(coat 4)	부착강도	1.2
Resin affiliation(coat 5)	부착강도	1.2

② Hybrid Block 시작품

본 시편은 Resin affiliation(coat 5)을 뿜칠(Spraying) 방식으로 Composite Block 시제품에 도포한 시편의 시험결과이다. Hybrid Block 시작품 White는 1.7㎫, Hybrid Block 시제품 Black은 1.7㎫, Hybrid Block 시작품 Gray는 1.6㎫, Hybrid Block 시작품 Yellow는 2.2㎫, Hybrid Block 시작품 Red는 1.8㎫로 나타났다. Hybrid Block 시작품 Yellow와 Red의 부착강도가 비교적 높은 것은 천연골재의 흡수율이 타 재료보다 높기 때문인 것으로 사료된다.

시료명	시험항목	시험결과(㎫)
Hybrid Block 시작품 White	부착강도	1.7
Hybrid Block 시작품 Black	부착강도	1.7
Hybrid Block 시작품 Gray	부착강도	1.6
Hybrid Block 시작품 Yellow	부착강도	2.2
Hybrid Block 시작품 Red	부착강도	1.8

(나) 도막 두께 시험

① 고반사 코팅재료

본 시편은 코팅재료를 뿜칠(Spraying) 방식으로 3㎜철판에 도포한 시편의 시험결과이다. Acrylics Elastomeric(coat 1)는 15㎛, Unsaturated Polyester(coat 2) 도막두께는 28㎛, Acrylics(coat 3)는 51㎛, Urethane affiliation(coat 4)는 81㎛, Resin affiliation(coat 5)의 도막두께는 105㎛로 나타났다. Patterning 적용 Composit Block 시제품 표면에 적용시킬 코팅재료는 내구성 및 일사반사율 증진을 위하여 코팅두께는 30 ~ 50㎛가 가장 적합하지만, 바닥재와 고반사 코팅재료의 특성상 90 ~ 150㎛가 적당하다. 따라서 철판에 도포하여, 도막두께 105㎛으로 나타난 가장 우수한 Resin affiliation(coat 5)를 고반사 코팅재료로 적용하고자 한다.

시료명	시험항목	시험결과(㎛)
Acrylics Elastomeric(coat 1)	도막두께	15
Unsaturated Polyester(coat 2)	도막두께	28
Acrylics(coat 3)	도막두께	51
Urethane affiliation(coat 4)	도막두께	81
Resin affiliation(coat 5)	도막두께	105

② Hybrid Block 시작품

본 시편은 도막두께가 가장 우수한 고반사 재료인 Resin affiliation(coat 5)을 뿜칠(Spraying) 방식으로 Composite Block 시제품에 도포한 시편의 시험결과이다. Patterning 적용 Composit Block 시제품 표면에 적용시킬 바닥재와 고반사 코팅재료의 특성상 90 ~ 150㎛가 적당하다. 따라서 Hybrid Block 모든 시제품의 도막두께는 122 ~ 127㎛로 나타났으므로, Resin affiliation(coat 5) 고반사 재료가 적합하다고 사료된다.

시료명	시험항목	시험결과(㎛)
Hybrid Block 시작품 White	도막두께	127
Hybrid Block 시작품 Black	도막두께	123
Hybrid Block 시작품 Gray	도막두께	122
Hybrid Block 시작품 Yellow	도막두께	126
Hybrid Block 시작품 Red	도막두께	127

(다) 촉진내후성시험

본 시편은 코팅재료를 뿜칠(Spraying) 방식으로 Composite Block 시제품 White에 고반사 코팅재료 Coat 1 ~ 5를 도포한 시편의 시험결과이다. 한국건설생활환경시험연구원에서 WS(개방 불꽃 카본-아크 광원), 250시간 촉진내후성 시험 결과 코팅재료 모두 변퇴색(Gray Scale)은 4 ~ 5등급으로 나타났으며, 외관인 쵸킹 유무는 이상 없는 것으로 나타났다. 따라서 촉진내후성 결과로 보면 5가지 코팅재료 모두 사용할 수 있는 것으로 판단된다.

시료명	시험항목	시험결과
Acrylics Elastomeric(coat 1)	변퇴색(Gray Scale)	4-5
	쵸킹	이상없음
Unsaturated Polyester(coat 2)	변퇴색(Gray Scale)	4-5
	쵸킹	이상없음
Acrylics(coat 3)	변퇴색(Gray Scale)	4-5
	쵸킹	이상없음
Urethane affiliation(coat 4)	변퇴색(Gray Scale)	4-5
	쵸킹	이상없음
Resin affiliation(coat 5)	변퇴색(Gray Scale)	4-5
	쵸킹	이상없음

(라) Taber마모시험

① 고반사 코팅재료

본 시험에 적용된 Patterning 적용 Composite Block 시제품 White에 코팅재료 Coat 1 ~ 5는 다양한 코팅소재에 대해 바닥재에서 가장 중요한 특성을 검토하기 위해 내마모성 시험을 진행하였다. Acrylics Elastomeric(coat 1) 시편은 4,424㎎ 마모되었고, Unsaturated Polyester(coat 2) 시편은 2,648㎎, Acrylics(coat 3) 시편은 1,952㎎, Urethane affiliation(coat 4) 시편은 1,210㎎, Resin affiliation(coat 5) 시편은 520㎎ 마모되었다. 따라서 코팅재료 중 가장 우수한 내마모성을 나타낸 Patterning 적용 Composite Block 시제품의 코팅재료 Resin affiliation(coat 5)임을 확인할 수 있었다.

시료명	시험조건	시험결과(㎎)
Acrylics Elastomeric(coat 1)	H-22마모륜, 1,000g, 1,000회	4,424
Unsaturated Polyester(coat 2)	H-22마모륜, 1,000g, 1,000회	2,648
Acrylics(coat 3)	H-22마모륜, 1,000g, 1,000회	1,952
Urethane affiliation(coat 4)	H-22마모륜, 1,000g, 1,000회	1,210
Resin affiliation(coat 5)	H-22마모륜, 1,000g, 1,000회	520

② Hybrid Block 시작품

본 시편은 도막두께가 가장 우수한 고반사 재료인 Resin affiliation(coat 5)을 뿜칠(Spraying) 방식으로 Composite Block 시제품에 도포한 시편의 시험결과이다. 고반사층의 재료에 따른 바닥재에서 가장 중요한 특성을 검토하기 위해 내마모성 시험을 진행하였다. Hybrid Block 시작품 White는 439㎎ 마모되었고, Hybrid Block 시작품 Black은 506㎎, Hybrid Block 시작품 Gray는 498㎎, Hybrid Block 시작품 Yellow는 522㎎, Hybrid Block 시작품 Red는 472㎎ 마모되었다. 따라서 코팅재료 중 가장 우수한 내마모성을 나타낸 Resin affiliation(coat 5)는 모든 색상의 제품에 적합하다고 판단되며, 내마모성이 우수한 것을 확인할 수 있었다.

시료명	시험조건	시험결과(㎎)
Hybrid Block 시작품 White	H-22마모륜, 1,000g, 1,000회	439
Hybrid Block 시작품 Black	H-22마모륜, 1,000g, 1,000회	506
Hybrid Block 시작품 Gray	H-22마모륜, 1,000g, 1,000회	498
Hybrid Block 시작품 Yellow	H-22마모륜, 1,000g, 1,000회	522
Hybrid Block 시작품 Red	H-22마모륜, 1,000g, 1,000회	472

연구성과 및 활용

- 적외선 반사에 효과적인 차단 Layer의 두께 및 그 소재의 부착성능, 마모성능, 내구성을 고려한 Layer를 결정.
- 코팅 Layer 다양한 시공 방식에 대한 종류와 경제성, 효율성 검토.
- 부착성능, 마모성능, 내구성 모두 우수한 결과를 나타낸 Resin affiliation(Coat 5)를 적합하다고 사료됨.

□ 공인 시험 성적서

▪ 도막두께 및 부착강도

the way to trust KCL

시험성적서

성적서번호 : CT14-084373

6. 시험결과

1) 1

시험항목	단위	시험방법	시험결과
도막 두께	μm	(1)	15
부착강도	N/㎟	(2)	0.8

2) 2

시험항목	단위	시험방법	시험결과
도막 두께	μm	(1)	28
부착강도	N/㎟	(2)	0.9

3) 3

시험항목	단위	시험방법	시험결과
도막 두께	μm	(1)	51
부착강도	N/㎟	(2)	0.9

4) 4

시험항목	단위	시험방법	시험결과
도막 두께	μm	(1)	81
부착강도	N/㎟	(2)	1.2

5) 5

시험항목	단위	시험방법	시험결과
도막 두께	μm	(1)	105
부착강도	N/㎟	(2)	1.2

※ 도막 두께 - 기기명 : MiniTest 2100

---- 이 하 여 백 ----

the way to trust KCL

3686-9813-1345-6674

시험성적서

1. 성 적 서 번 호 : CT15-097788
2. 의 뢰 자
   - ○ 업 체 명 : (주)에코청진
   - ○ 주 소 : 경상북도 성주군 선남면 관화리 120
   - ○ 의뢰일자 : 2015년 09월 10일
   - ○ 시험기간 : 2015년 09월 10일 ~ 2015년 09월 17일
3. 시험성적서의 용도 : 품질관리
4. 시 료 명 : Hybrid Block W 시작품

5. 시험방법

(1) KS M ISO 2808:2007 (2) KS M ISO 4624:2007

6. 시험결과

1) Hybrid Block W 시작품

시험항목	단위	시험방법	시험결과	비 고
도막두께	㎛	(1)	117	(23 ± 2) ℃, (45 ± 5) % R.H.
부착강도	N/㎟	(2)	1.2	(23 ± 2) ℃, (45 ± 5) % R.H.

※ 도막 두께 측정 기기명 : MiniTest 2100

---- 이 하 여 백 ----

확인	작성자 성 명	윤창수	기술책임자 성 명	이송원

비고 : 1. 이 성적서는 의뢰자가 제시한 시료 및 시료명에 한정된 결과로서 전체제품에 대한 품질을 보증하지는 않습니다.
2. 이 성적서는 홍보, 선전, 광고 및 소송용으로 사용될 수 없으며, 용도 이외의 사용을 금합니다.

2015년 09월 17일

한국건설생활환경시험연구원장

가산시험연구동 : 085-03 서울특별시 금천구 가산디지털1로 199 02-2102-2500
결과문의 : 신소재신뢰성센터 ☎ (02)2102-2501

the way to trust KCL

1675-8852-3534-1869

시험성적서

1. 성 적 서 번 호 : CT15-097789
2. 의 뢰 자
   - ○ 업 체 명 : (주)에코청진
   - ○ 주 소 : 경상북도 성주군 선남면 관화리 120
   - ○ 의뢰일자 : 2015년 09월 10일
   - ○ 시험기간 : 2015년 09월 10일 ~ 2015년 09월 17일
3. 시험성적서의 용도 : 품질관리
4. 시 료 명 : Hybrid Block B 시작품

5. 시험방법

(1) KS M ISO 2808:2007 (2) KS M ISO 4624:2007

6. 시험결과

1) Hybrid Block B 시작품

시험항목	단위	시험방법	시험결과	비 고
도막두께	㎛	(1)	118	(23 ± 2) ℃, (45 ± 5) % R.H.
부착강도	N/㎟	(2)	1.3	(23 ± 2) ℃, (45 ± 5) % R.H.

※ 도막 두께 측정 기기명 : MiniTest 2100

---- 이 하 여 백 ----

확인	작성자 성 명	윤창수	기술책임자 성 명	이송원

비고 : 1. 이 성적서는 의뢰자가 제시한 시료 및 시료명에 한정된 결과로서 전체제품에 대한 품질을 보증하지는 않습니다.
2. 이 성적서는 홍보, 선전, 광고 및 소송용으로 사용될 수 없으며, 용도 이외의 사용을 금합니다.

2015년 09월 17일

한국건설생활환경시험연구원장

가산시험연구동 : 085-03 서울특별시 금천구 가산디지털1로 199 02-2102-2500
결과문의 : 신소재신뢰성센터 ☎ (02)2102-2501

the way to trust KCL

3496-3403-4563-8416

시험성적서

1. 성 적 서 번 호 : CT15-097790
2. 의 뢰 자
   - ○ 업 체 명 : (주)에코청진
   - ○ 주 소 : 경상북도 성주군 선남면 관화리 120
   - ○ 의뢰일자 : 2015년 09월 10일
   - ○ 시험기간 : 2015년 09월 10일 ~ 2015년 09월 17일
3. 시험성적서의 용도 : 품질관리
4. 시 료 명 : Hybrid Block G 시작품

5. 시험방법

(1) KS M ISO 2808:2007 (2) KS M ISO 4624:2007

6. 시험결과

1) Hybrid Block G 시작품

시험항목	단위	시험방법	시험결과	비 고
도막두께	μm	(1)	112	(23 ± 2) ℃, (45 ± 5) % R.H.
부착강도	N/㎟	(2)	1.3	(23 ± 2) ℃, (45 ± 5) % R.H.

※ 도막 두께 측정 기기명 : MiniTest 2100

---- 이 하 여 백 ----

확인	작성자 성 명	윤창수	기술책임자 성 명	이송원

비고 : 1. 이 성적서는 의뢰자가 제시한 시료 및 시료명에 한정된 결과로서 전체제품에 대한 품질을 보증하지는 않습니다.
2. 이 성적서는 홍보, 선전, 광고 및 소송용으로 사용될 수 없으며, 용도 이외의 사용을 금합니다.

2015년 09월 17일

한국건설생활환경시험연구원장

가산시험연구동 : 085-03 서울특별시 금천구 가산디지털1로 199 02-2102-2500
결과문의 : 신소재신뢰성센터 ☎ (02)2102-2501

the way to trust KCL

3961-5505-7608-3457

시험성적서

1. 성 적 서 번 호 : CT15-097791
2. 의 뢰 자
   - ○ 업 체 명 : (주)에코청진
   - ○ 주 소 : 경상북도 성주군 선남면 관화리 120
   - ○ 의뢰일자 : 2015년 09월 10일
   - ○ 시험기간 : 2015년 09월 10일 ~ 2015년 09월 17일
3. 시험성적서의 용도 : 품질관리
4. 시 료 명 : Hybrid Block Y 시작품

5. 시험방법

(1) KS M ISO 2808:2007 (2) KS M ISO 4624:2007

6. 시험결과

1) Hybrid Block Y 시작품

시험항목	단위	시험방법	시험결과	비 고
도막두께	μm	(1)	111	(23 ± 2) ℃, (45 ± 5) % R.H.
부착강도	N/㎟	(2)	1.5	(23 ± 2) ℃, (45 ± 5) % R.H.

※ 도막 두께 측정 기기명 : MiniTest 2100

---- 이 하 여 백 ----

확인	작성자 성 명	윤창수	기술책임자 성 명	이송원

비고 : 1. 이 성적서는 의뢰자가 제시한 시료 및 시료명에 한정된 결과로서 전체제품에 대한 품질을 보증하지는 않습니다.
2. 이 성적서는 홍보, 선전, 광고 및 소송용으로 사용될 수 없으며, 용도 이외의 사용을 금합니다.

2015년 09월 17일

한국건설생활환경시험연구원장

가산시험연구동 : 085-03 서울특별시 금천구 가산디지털1로 199 02-2102-2500
결과문의 : 신소재신뢰성센터 ☎ (02)2102-2501

the way to trust KCL

3000-6666-5544-7276

시험성적서

1. 성 적 서 번 호 : CT15-097794
2. 의 뢰 자
   - ○ 업 체 명 : (주)에코청진
   - ○ 주 소 : 경상북도 성주군 선남면 관화리 120
   - ○ 의뢰일자 : 2015년 09월 10일
   - ○ 시험기간 : 2015년 09월 10일 ~ 2015년 09월 17일
3. 시험성적서의 용도 : 품질관리
4. 시 료 명 : Hybrid Block R 시작품

5. 시험방법

(1) KS M ISO 2808:2007 (2) KS M ISO 4624:2007

6. 시험결과

1) Hybrid Block R 시작품

시험항목	단위	시험방법	시험결과	비 고
도막두께	μm	(1)	115	(23 ± 2) ℃, (45 ± 5) % R.H.
부착강도	N/㎟	(2)	1.5	(23 ± 2) ℃, (45 ± 5) % R.H.

※ 도막 두께 측정 기기명 : MiniTest 2100

---- 이 하 여 백 ----

확인	작성자 성 명	윤창수	기술책임자 성 명	이송원

비고 : 1. 이 성적서는 의뢰자가 제시한 시료 및 시료명에 한정된 결과로서 전체제품에 대한 품질을 보증하지는 않습니다.
2. 이 성적서는 홍보, 선전, 광고 및 소송용으로 사용될 수 없으며, 용도 이외의 사용을 금합니다.

2015년 09월 17일

한국건설생활환경시험연구원장

가산시험연구동 : 085-03 서울특별시 금천구 가산디지털1로 199 02-2102-2500
결과문의 : 신소재신뢰성센터 ☎ (02)2102-2501

▪ 촉진내후성시험(WS, 250시간)

the way to trust KCL

시험성적서

성적서번호 : CT14-013647

6. 시험결과

1) Hybrid Block 코팅제 1 wt.5%

시험항목	단위	시험방법	시험결과
촉진내후성시험(WS, 250 시간)후-외관(쵸킹 유무)	-	(1)	이상없음
촉진내후성시험(WS, 250 시간)후-변퇴색(Gray Scale)	급	(2)	4-5

2) Hybrid Block 코팅제 2 wt.5%

시험항목	단위	시험방법	시험결과
촉진내후성시험(WS, 250 시간)후-외관(쵸킹 유무)	-	(1)	이상없음
촉진내후성시험(WS, 250 시간)후-변퇴색(Gray Scale)	급	(2)	4-5

3) Hybrid Block 코팅제 3 wt.5%

시험항목	단위	시험방법	시험결과
촉진내후성시험(WS, 250 시간)후-외관(쵸킹 유무)	-	(1)	이상없음
촉진내후성시험(WS, 250 시간)후-변퇴색(Gray Scale)	급	(2)	4-5

4) Hybrid Block 코팅제 4 wt.5%

시험항목	단위	시험방법	시험결과
촉진내후성시험(WS, 250 시간)후-외관(쵸킹 유무)	-	(1)	이상없음
촉진내후성시험(WS, 250 시간)후-변퇴색(Gray Scale)	급	(2)	4-5

5) Hybrid Block 코팅제 5 wt.5%

시험항목	단위	시험방법	시험결과
촉진내후성시험(WS, 250 시간)후-외관(쵸킹 유무)	-	(1)	이상없음
촉진내후성시험(WS, 250 시간)후-변퇴색(Gray Scale)	급	(2)	4-5

---- 이 하 여 백 ----

▪ Taber마모시험

the way to trust KCL

2326-8023-1637-7791

시험성적서

1. 성 적 서 번 호 : CT14-081626
2. 의 뢰 자
   - ○ 업 체 명 : (주)에코청진
   - ○ 주 소 : 경상북도 성주군 선남면 관화리 120
   - ○ 의뢰일자 : 2014.07.31
   - ○ 시험발급일 : 2014.08.12
3. 시험성적서의 용도 : 품질관리
4. 시 료 명 : 고반사 코팅재료
5. 시험방법
   (1) KS F 2813:2001

6. 시험결과

1) 고반사 코팅재료

시험항목	단위	시험방법	시험결과
마모감량 1	mg	(1)	4 424
마모감량 2	mg	(1)	2 648
마모감량 3	mg	(1)	1 952
마모감량 4	mg	(1)	1 210
마모감량 5	mg	(1)	520

※ 의뢰자가 제공한 시험체에 대한 시험결과임.
※ 시험조건 : H-22 마모륜, 1 000 g, 1 000 회

---- 이 하 여 백 ----

확인	작성자 성 명	노상균	기술책임자 성 명	조재우

비고 : 1. 이 성적서는 의뢰자가 제시한 시료 및 시료명으로 시험한 결과로서 전체 제품에 대한 품질을 보증하지는 않습니다.
2. 이 성적서는 홍보, 선전, 광고 및 소송용으로 사용될 수 없으며, 용도 이외의 사용을 금합니다.

한국건설생활환경시험연구원장

에너지환경사업본부 : 363-883 충청북도 청주시 청원구 오창읍 양청3길 73 043-210-8990
결과문의 : 건축환경재료센터 ☎ (043)210-8955

양식QP-20-01-05(2)

the way to trust KCL

8591-8289-2206-5064

시험성적서

1. 성 적 서 번 호 : CT15-091395
2. 의 뢰 자
   - ○ 업 체 명 : (주)에코청진
   - ○ 주 소 : 경상북도 성주군 선남면 관화리 120
   - ○ 의뢰일자 : 2015년 08월 24일
   - ○ 시험기간 : 2015년 08월 24일 ~ 2015년 09월 22일
3. 시험성적서의 용도 : 품질관리
4. 시 료 명 : Hybrid Block W 시작품
5. 시험방법
   (1) KS F 2813:2001

6. 시험결과

1) Hybrid Block W 시작품

시험항목	단위	시험방법	시험결과	시험환경
마모감량	mg	(1)	439	(20±2) ℃, (65±20) % R.H.

※ 의뢰자가 제공한 시험체에 대한 시험결과임.
※ 시험조건 : H-22 마모륜, 1 000 g, 1 000 회

---- 이 하 여 백 ----

확인	작성자 성 명	노상균	기술책임자 성 명	조재우

비고 : 1. 이 성적서는 의뢰자가 제시한 시료 및 시료명으로 시험한 결과로서 전체 제품에 대한 품질을 보증하지는 않습니다.
2. 이 성적서는 홍보, 선전, 광고 및 소송용으로 사용될 수 없으며, 용도 이외의 사용을 금합니다.

2015년 09월 22일

한국건설생활환경시험연구원장

에너지환경사업본부 : 281-15 충청북도 청주시 청원구 오창읍 양청3길 73 TEL 043-210-8990
결과문의 : 건축환경재료센터 ☎ (043)210-8955

양식QP-20-01-05(3)

the way to trust KCL

9493-1988-1116-1778

시험성적서

1. 성 적 서 번 호 : CT15-091396
2. 의 뢰 자
   - ○ 업 체 명 : (주)에코청진
   - ○ 주 소 : 경상북도 성주군 선남면 관화리 120
   - ○ 의뢰일자 : 2015년 08월 24일
   - ○ 시험기간 : 2015년 08월 24일 ~ 2015년 09월 22일
3. 시험성적서의 용도 : 품질관리
4. 시 료 명 : Hybrid Block B 시작품
5. 시험방법
   (1) KS F 2813:2001

6. 시험결과

1) Hybrid Block B 시작품

시험항목	단위	시험방법	시험결과	시험환경
마모감량	mg	(1)	506	(20±2) ℃, (65±20) % R.H.

※ 의뢰자가 제공한 시험체에 대한 시험결과임.
※ 시험조건 : H-22 마모륜, 1 000 g, 1 000 회

---- 이 하 여 백 ----

확인	작성자 성 명	노상균	기술책임자 성 명	조재우

비고 : 1. 이 성적서는 의뢰자가 제시한 시료 및 시료명으로 시험한 결과로서 전체 제품에 대한 품질을 보증하지는 않습니다.
2. 이 성적서는 홍보, 선전, 광고 및 소송용으로 사용될 수 없으며, 용도 이외의 사용을 금합니다.

2015년 09월 22일

한국건설생활환경시험연구원장

에너지환경사업본부 : 281-15 충청북도 청주시 청원구 오창읍 양청3길 78 TEL 043-210-8990
결과문의 : 건축환경재료센터 ☎ (043)210-8955

양식QP-20-01-05(3)

the way to trust KCL

3451-6215-2463-6502

시험성적서

1. 성 적 서 번 호 : CT15-091397
2. 의 뢰 자
   - ○ 업 체 명 : (주)에코청진
   - ○ 주 소 : 경상북도 성주군 선남면 관화리 120
   - ○ 의뢰일자 : 2015년 08월 24일
   - ○ 시험기간 : 2015년 08월 24일 ~ 2015년 09월 22일
3. 시험성적서의 용도 : 품질관리
4. 시 료 명 : Hybrid Block G 시작품
5. 시험방법
   (1) KS F 2813:2001

6. 시험결과

1) Hybrid Block G 시작품

시험항목	단위	시험방법	시험결과	시험환경
마모감량	㎎	(1)	498	(20±2) ℃, (65±20) % R.H.

※ 의뢰자가 제공한 시험체에 대한 시험결과임.
※ 시험조건 : H-22 마모륜, 1 000 g, 1 000 회

---- 이 하 여 백 ----

확인	작성자 성 명	노상균	기술책임자 성 명	조재우

비고 : 1. 이 성적서는 의뢰자가 제시한 시료 및 시료명으로 시험한 결과로서 전체 제품에 대한 품질을 보증하지는 않습니다.
2. 이 성적서는 홍보, 선전, 광고 및 소송용으로 사용될 수 없으며, 용도 이외의 사용을 금합니다.

2015년 09월 22일

한국건설생활환경시험연구원장

에너지환경사업본부 : 281-15 충청북도 청주시 청원구 오창읍 양청3길 73 TEL 043-210-8990
결과문의 : 건축환경재료센터 ☎ (043)210-8955

the way to trust KCL

7882-5230-1481-2383

시험성적서

1. 성 적 서 번 호 : CT15-091399
2. 의 뢰 자
   - ○ 업 체 명 : (주)에코청진
   - ○ 주 소 : 경상북도 성주군 선남면 관화리 120
   - ○ 의뢰일자 : 2015년 08월 24일
   - ○ 시험기간 : 2015년 08월 24일 ~ 2015년 09월 22일
3. 시험성적서의 용도 : 품질관리
4. 시 료 명 : Hybrid Block Y 시작품
5. 시험방법
   (1) KS F 2813:2001

6. 시험결과

1) Hybrid Block Y 시작품

시험항목	단위	시험방법	시험결과	시험환경
마모감량	mg	(1)	522	(20±2) ℃, (65±20) % R.H.

※ 의뢰자가 제공한 시험체에 대한 시험결과임.
※ 시험조건 : H-22 마모륜, 1 000 g, 1 000 회

---- 이 하 여 백 ----

확인	작성자 성 명 노상균	기술책임자 성 명 조재우

비고 : 1. 이 성적서는 의뢰자가 제시한 시료 및 시료명으로 시험한 결과로서 전체 제품에 대한 품질을 보증하지는 않습니다.
2. 이 성적서는 홍보, 선전, 광고 및 소송용으로 사용될 수 없으며, 용도 이외의 사용을 금합니다.

2015년 09월 22일

한국건설생활환경시험연구원장

에너지환경사업본부 : 281-15 충청북도 청주시 청원구 오창읍 양청3길 78 043-210-8990
결과문의 : 건축환경재료센터 ☎ (043)210-8955

양식QP-20-01-05(3)

the way to trust KCL

1199-4190-3010-1964

시험성적서

1. 성 적 서 번 호 : CT15-091398
2. 의 뢰 자
   ○ 업 체 명 : (주)에코청진
   ○ 주 소 : 경상북도 성주군 선남면 관화리 120
   ○ 의뢰일자 : 2015년 08월 24일
   ○ 시험기간 : 2015년 08월 24일 ~ 2015년 09월 22일
3. 시험성적서의 용도 : 품질관리
4. 시 료 명 : Hybrid Block R 시작품
5. 시험방법
   (1) KS F 2813:2001

6. 시험결과

1) Hybrid Block R 시작품

시험항목	단위	시험방법	시험결과	시험환경
마모감량	mg	(1)	472	(20±2) ℃, (65±20) % R.H.

※ 의뢰자가 제공한 시험체에 대한 시험결과임.
※ 시험조건 : H-22 마모륜, 1 000 g, 1 000 회

---- 이 하 여 백 ----

확인	작성자 성 명	노상균	기술책임자 성 명	조재우

비고 : 1. 이 성적서는 의뢰자가 제시한 시료 및 시료명으로 시험한 결과로서 전체 제품에 대한 품질을 보증하지는 않습니다.
2. 이 성적서는 홍보, 선전, 광고 및 소송용으로 사용될 수 없으며, 용도 이외의 사용을 금합니다.

2015년 09월 22일

한국건설생활환경시험연구원장

에너지환경사업본부 : 281-15 충청북도 청주시 청원구 오창읍 양청3길 [illegible] 043-210-8990
결과문의 : 건축환경재료센터 ☎ (043)210-8955

양식QP-20-01-05(3)

A14	Layer 재료별 태양열 차단 성능 검토 및 분석
단계	Layer 재료별 태양열 차단 성능 검토, 고반사 코팅제의 자외선 열화 검토

연구내용

본 보고서에서는 실리콘, 왁스 계열, 오일 등 다양한 종류의 코팅재료에 대한 적용 방법과 부착성능, 마모성, 내구성을 고려한 최적의 코팅 소재 및 두께를 A13에서 분석하였고, 본 과제에서 가장 중요한 반사율의 성능과 열화에 대한 분석을 하고자 한다.

(1) 제조방법

A11단계에서 설명한 것과 동일한 방법으로 제조된 Patterning 적용 Composite Block 시제품을 시편으로 사용하였다. 그 시편의 제조 방법과 조건은 다음과 같다.

(가) 시편의 제조방법

본 시편은 고반사 코팅재료에 따른 반사율 성능을 비교 검토하는 시험이므로 순수한 고반사 코팅재료에 대한 시편 제조방법이며, 그 제조방법은 다음과 같다.

① 코팅재료 Acrylics Elastomeric(coat 1), Unsaturated Polyester(coat 2), Acrylics(coat 3), Urethane affiliation(coat 4), Resin affiliation(coat 5)를 수분이 유출되지 않는 고무 몰드에 100g씩 삽입.

② 건조기 40℃에서 1hr 건조 후 탈형.

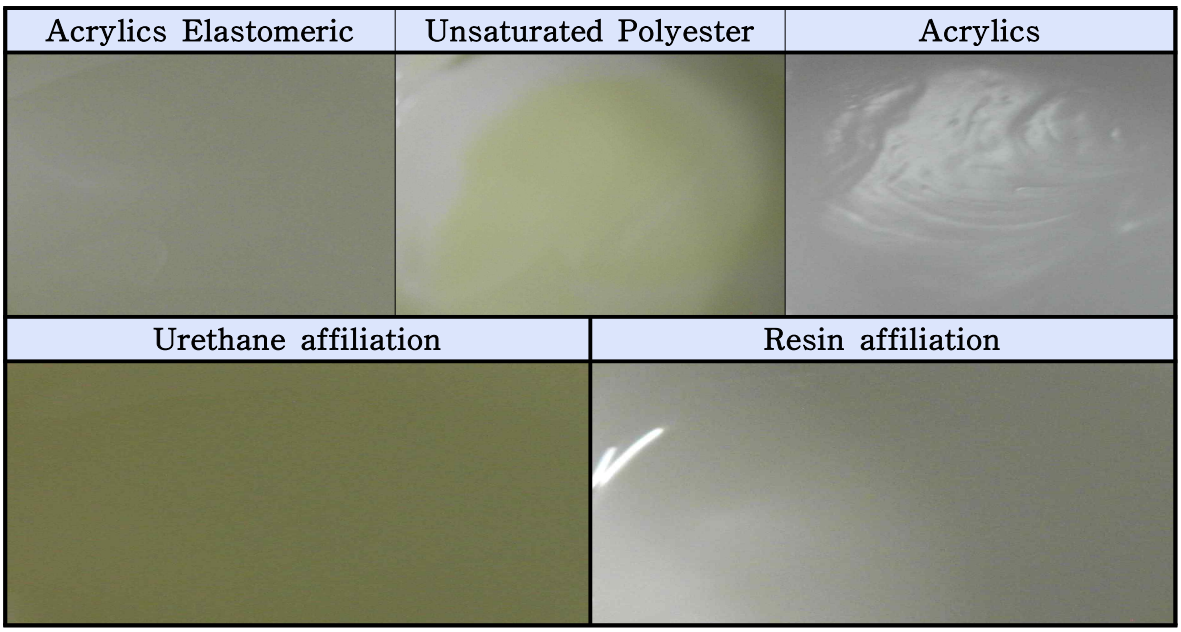
③ 100 × 70(㎜)로 시편을 절단.

(나) 시편 조건

① 시편 크기 : 100 × 70(㎜)

② 표면 상태 : 표면에 실금(Crack)이 없어야 함.

(다) 시편 상태



(3) 시험 방법

(가) 일사반사율시험

각 고반사 코팅재료를 검토하기 위해 일사반사율시험을 다음과 같이 진행하였다. 본 시험은 JIS K 5602 "페인트 필름에 의한 태양 복사의 반사율 측정"을 준용하여, 대상으로 하는 파장 범위에서 표준 백색 판의 분광 반사율을 100%를 기준으로, 다음 식 1에 따라 산출한다. 일사반사율은 근 자외선 및 가시광선 영역(300 ~ 780㎚), 근 적외선 영역(780 ~ 2,500㎚) 및 모든 파장 영역(300 ~ 2,500㎚)의 세 파장 범위에 대해 일사반사율 ρe를 구하고 기록하고 그 식은 아래와 같다.

$$\rho_e = \frac{\sum_{\lambda} [(E\lambda \times \Delta\lambda) \times \rho(\lambda)]}{\sum_{\lambda} (E\lambda \times \Delta\lambda)}$$

여기에서, ρe : 일사반사율(%)

$\rho(\lambda)$: 요구한 분광반사율(%)

$E\lambda \times \Delta\lambda$: 기준태양광에 대한 값 계수

λ : 파장

연구결과

(가) 일사반사율시험

일사반사율시험 결과 Acrylics Elastomeric은 19.8%, Unsaturated Polyester는 42.6%, Acrylics는 54.8%, Urethane affiliation은 18.2%, Resin affiliation은 11.0%로 나타났다. 코팅재료 중 일사반사율이 가장 우수한 재료는 Acrylics이지만, 혼탁도(Turbidity)가 높으므로, 유색 Patterning 적용 Composite Block 시제품의 표면 색상을 나타내지 못하며, 반사율도 저하시키는 영향을 준다. 그러므로 코팅재료는 Patterning 적용 Composite Block 시제품의 반사 성능을 장기적으로 유지할 수 있는 방안으로 하며, 내후성과 마모성, 부착강도, 코팅두께 등 모든 것을 고려하였을 때, 수용성 침투 코팅소재인 Resin affiliation을 적용하기로 하였다.

시료명	시험항목	시험결과(%)
Acrylics Elastomeric(coat 1)	300 ~ 780㎚	21.9
	780 ~ 2,500㎚	17.2
	300 ~ 2,500㎚	19.8
Unsaturated Polyester(coat 2)	300 ~ 780㎚	49.7
	780 ~ 2,500㎚	33.7
	300 ~ 2,500㎚	42.6
Acrylics(coat 3)	300 ~ 780㎚	64.0
	780 ~ 2,500㎚	43.3
	300 ~ 2,500㎚	54.8
Urethane affiliation(coat 4)	300 ~ 780㎚	21.3
	780 ~ 2,500㎚	14.3
	300 ~ 2,500㎚	18.2
Resin affiliation(coat 5)	300 ~ 780㎚	11.9
	780 ~ 2,500㎚	9.8
	300 ~ 2,500㎚	11.0

(2) 코팅재료에 대한 자외선 열화 특성 분석

(가) 내부 스트레스 - 코팅 건조와 양생

내부의 코팅 응력은 건조, 양생, 노화되는 동안 형성된다. 양생 스트레스는 용매(수성 도료, 또는 물)가 증발하면서 부피 손실을 초래시켜, 가교-수지 중합에 의한 도막 수축을 발생시킨다.

코팅(비휘발성 용매 또는 재료와 같은 100% 고체가 아닌 원료)의 건조는 물 또는 대기 중의 용매 증발로 인해 체적 감소의 원인이 된다. 코팅은 초기에는 겔(Gel) 형태이지만, 초기 건조 후에 남아있는 부드러운 수지가 여전히 변형되기 때문에, 스트레스가 최소화된다. 하지만, 코팅이 건조된 후, 응력의 증가로 인해 가교-수지의 변형이 어렵고 변형되지 않는다. 저분자 가소제는 수지가 부드럽게 유지할 수 있고 취성을 발생시키는 원인 물질이 휘발하는 시간을 지연시켜 비교적 유연하도록 첨가한다. 두께가 두꺼운 가교수지(폴리에스테르 및 비닐에스테르 수지 등)는 비교적으로 얇은 가교 수지 또는 얇은 코팅 시스템보다 더 큰 응력을 가진다. 시간이 지남에 따라, 가교 결합과 용매 증발과 가소제 이행과 휘발 지속, 취성 및 코팅 막 응력을 발생시킨다.

극단적인 경우, 박리와 균열 및 코팅의 분할은 대체적으로 가장자리 또는 코팅 손상과 같은 스트레스 지점에서 시작하여 발생할 수 있다. 내부 스트레스는 적절한 안료에 의해 완화되고, 도막 전체에 안료를 분산시킬 수 있다. 적절한 청소와 깨끗한 표면은 시스템의 접착성에 스트레스의 영향을 완화하는 것을 도울 수 있다. 기존 시스템에 추가로 코팅을 적용할 때, 기존의 코팅이 충분하지 못한 접착성을 가지고 있다면, 새로운 코팅의 응력은 기존의 재료를 박리시킬 것이다.

(나) 외부 스트레스 - 진동, 휨, 기초 재료의 팽창/수축

외부 스트레스는 일반적으로 내부 스트레스보다 더 크게 코팅에 작용되어 충격을 받지만, 그 작용은 누적된다. 태양열 난방/냉각은 상당한 스트레스를 발생시키는 결과로 기초 재료, 금속, 열에 의한 팽창 및 냉각에 의한 수축을 발생시킨다. 공식적으로, 착색 및 두께, 코팅은 일반적으로 팽창되지 않거나 동일한 비율로 수축하며, 이것은 기판 또는 도장 사이에 코팅 또는 접착 분리의 응집력을 분열시킨다.

따라서 코팅 시스템의 휨은 구조부에 풍설(風雪) 부하의 결과이며, 기계류의 진동과 하중 부하(교량의 교통 또는 저수 탱크의 충전 등)는 더 큰 스트레스를 제공할 수 있다. 주기적인 스트레스는 다른 스트레스와 전술한 악화 중인 영향과 같이 결합될 때 파괴될 수 있다.

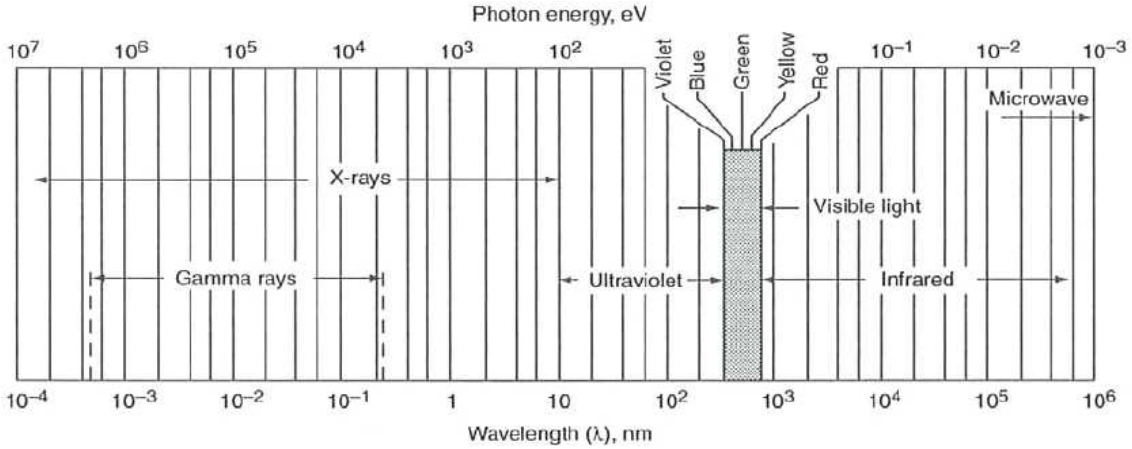
충격, 마모 및 기계적 손상은 코팅 시스템에 대한 외부 스트레스의 다른 유형이다. 이러한 영향은 가장 일반적으로 갑작스럽게 발생하며, 국부적이고 다른 스트레스와 전술한 영향이 상대적으로 갑작스럽게 발생한다. 떨어진 도구, 돌 또는 기계적 충격의 다른 형태로부터 코팅에 미치는 영향은 도막의 파괴와 균열을 발생시킨다. 충격과 같이 코팅이 취성이거나 유리 전이 온도 Tg가 낮은 경우 손상이 가장 크다.

연마에 의한 마모 결과, 슬러리 또는 모래와 같은 유동 입자 때문에 연마와 침식이 발생한다. 코팅은 지속적인 마모에 의해 마모되고, 작은 균열에 의해 하자가 발생된다. 파손되기 쉬운 코팅은 부드러운 고무 코팅보다 마모 손상에 더욱 민감하다. 산화알루미늄, 모래, 석영, 석류석과 다른 단단한 재료와 같은 마모 저항성 안료는

마모 저항성을 증가시키기 위해 코팅에 추가해야한다.
고무 완충제 또는 마모 저항성 코팅 두께, 또는 마모 판(충격 또는 극심한 마모가 있는 곳에 설치된 금속 판)은 충격과 마모 스트레스의 영향을 줄일 수 있다.

(다) 태양 에너지

태양에서 방사되는 에너지는 대략적으로 자외선 9%, 가시광선 45% 및 적외선 46%이다.
자외선 영역(10~400㎚ 파장)은 가장 짧은 파장을 가지고 있으며, 이러한 코팅과 같은 고분자 재료에 가장 파괴적이다. 빛은 유기 분자에 공유 결합을 파괴하고 방해하는 충분한 에너지를 가지고 있다. 그것은 페인트를 열화시키는 280㎚보다 낮은 자외선을 상당량 방사시켜 침투시킨다. 280㎚보다 낮은 자외선은 수증기와 대기 중에 다른 작은 분자에 의해 흡수되기 때문에 해로운 것으로 간주되지 않는다. 고분자 시스템에 가장 악 영향을 미치는 방사에너지의 주파수는 가시광선 범위의 보라색과 파란색 부분이다. 가시광선 범위 영역은 400 ~ 780㎚이다. 400㎚ 이상의 긴 파장은 고분자에 악영향을 미치지 않는다. 자외선 에너지는 공유 결합을 파괴하고, 고분자의 분자 연쇄 길이가 짧아지는 결과를 초래하여 고분자에 활성산소를 형성시킨다. 유리는 어떠한 흡수도 없이 가시광선을 통과시킨다. 유리는 자외선의 짧은 파장을 투과시키지 못하고, 긴 파장의 자외선 투과를 줄일 수 있다. 따라서 재료는 유리 뒤에 노출된 색상은 유지되고 유리의 보호 없이 노출된 색상보다 오래 유지될 수 있다.
높은 고도에서는 자외선 지수가 높다. 추가적으로, 높은 고도에서는 건조하기 때문에, 그에 따라 대기 중에 수분에 의해서 방사량의 흡수가 적을 수 있다. 마찬가지로, 맑은 하늘과 같이 건조한 환경은 강한 자외선을 조사하므로 고분자에게 더 큰 악영향을 미치는 결과를 초래한다. 반대로, 산업 환경으로부터 화학적 오염과 스모그, 수증기의 결합은 자외선을 흡수하기 때문에 자외선에 의한 손상을 줄일 수 있다. 그러나 코팅과 같은 고분자에 대기 오염의 상승효과는 자외선 보다 더 큰 악영향을 초래할 수 있다. 표면(방사의 집중)에 물과 함께 결합하여 자외선을 방사 및 화학적 오염은 자외선-고분자 코팅 저하와 같은 가장 큰 가능성을 제공한다.



[전자기파 범위 및 방사 에너지]

특정한 수지, 특히 지방족 폴리에스테르, 아크릴과 폴리우레탄은 대부분 투명하며,

분자의 흡수가 없으므로 자외선과 자외선 에너지가 통과할 수 있다. 따라서 이들은 자외선에 노출되어 있는 수지에 열화가 없다. 추가적으로, 도료에 안료, 특히 무기 안료는 자외선을 소멸시키고 흡수하며, 분산시켜, 열화에 미치는 효과를 줄인다. 알루미늄과 같은 판형태의 안료는 특히 반사에 좋고 가시광선과 자외선에 불투명하다. 아연 및 아연 산화물은 특히 자외선 흡수에 좋고, 어떠한 열화 효과의 경우 작거나 코팅 없이도 열로 자외선 에너지를 소멸시킨다. 이산화티탄은 좋은 자외선 흡수제 이지만, 표면에 물과 결합 및 대기 중 산소의 존재는 코팅 수지의 자외선 열화를 가속화할 수 있다.

(라) 열에너지

재료에 열을 가하는 것은 고분자 수지를 포함하여 원자의 진동을 증가시킨다. 열에너지는 태양 방사보다 외부 표면에 집중되어, 고분자 내부에 더욱 균일하게 작용한다. 충분한 열이 적용된다면, 고분자 내부의 분자 진동이 화학 결합에 의한 파손이 증가될 수 있다. 이러한 현상이 발생했을 때, 활성산소는 형성되고, 고분자의 분자 중량은 가벼워진다. 활성산소는 분자 고리의 일부와 함께 더욱 반응할 수 있으며, 단축 반응을 발생시킨다. 그 효과는 본질적으로 가교에 저항하고, 활성산소 분열 또는 결합 파괴가 수분 및 화학적 침투에 저항하는 고분자 수지의 부적합한 기능의 결과이다. 심지어 더욱 열을 가하면, 탄화는 고분자 재료를 어둡게 함으로써 발생할 수 있고, 근본적으로 물리적 특징의 전체적 손실을 발생시켜 으스러지게 될 수 있다.

(마) 침투(물, 화학 물질 및 산소)

주어진 환경에서 화학과 수분에 의해 코팅의 침투는 코팅의 열화에 주요 요인이다. 코팅은 특별히 공식화 및 대기 중 또는 침지 환경에 대한 저항 시험이 필요하다. 안료와 수지는 주어진 환경 조건을 고려하여 저항성에 대해 주의하며 선택한다.

물은, 액상 또는 증기 형태로 거의 모든 외부 환경에 존재한다. 물은 한 개의 산소 원자와 두 개의 수소 원자의 매우 작은 분자로 구성되어있다. 수소와 산소 원자 사이의 유인적 공유결합에서 공유된 전자쌍의 음전하의 변위는 산소에 경미한 음전하와 수소에 경미한 양전하를 만든다. 물의 산소 원자에 전하는 다른 분자에 어떤 다른 인접한 수소 원자와 인접한 물 분자로부터 다른 수소 원자를 유인한 것이다. 양극성이라 불리는, 이 유인적 힘은, 표면 장력에 의해 물이 제공되고, 더 쉽게 다른 양극 물질을 용해할 수 있다. 에스테르, 에테르 및 카르보닐을 포함한 양극 코팅은 물과 유인적관계가 된다. 그들이 피막 내에 유지한다면, 마찬가지로, 양극 용매, 산소화된 용매(케톤, 아세트산 염 등)는 물을 끌어당길 것이다. 물이 도막에 들어가면, 그것은 수지의 공유 결합을 멀리 떨어지게 하는 힘이 작용하고, 접착 결합 기초 물질이 팽창되거나 파괴될 수 있다. 코팅의 체적은 물과 접촉될 때 20-50% 정도 증가시킬 수 있다. 코팅의 팽창은 높은 가교 밀도(페놀, 페놀 에폭시, 노볼락 및 불소중합체)와 같은 밀착된 가교를 제외한 실질적으로 모든 코팅 재료에서 발생한다.

화학 물질은 물과 함께 코팅을 침투할 수 있다. 물에 의해 무수물이 용해된 산과 알칼리는 도막을 침투할 수 있다. 산의 강도는 수산화 이온을 능가하는 수소 이온

(H^+)의 과잉 작용으로 정해진다. 알칼리의 강도는 수산화 이온을 능가하는 수소 이온(OH^-)의 과잉 작용으로 정해진다. 코팅의 산과 알칼리의 공격은 잘 알려진 현상이고, 코팅에 저항성 안료와 밀착된 가교 수지의 주의 깊은 선택으로 방지할 수 있다. 그러나 물의 침투, 소금과 용매, 중성 pH(산과 알카리 제외) 등 모두는 파괴성을 지니고 있다.

막을 통해 산소 침투 또는 부식된 자리는 물 분자보다 산소 분자의 크기가 더 크기 때문에 공기에 의한 부식 진행이 느리다. O_2(산소)는 분자 당 2개의 산소 원자를 가진다. 그 산소 분자는 직경이 크고, 물 분자(물 = 18g/mol, 산소 = 32g/mol) 보다 더욱 무겁다.

따라서 침투의 느린 속도는 종종 부식의 속도(자연적 환경에서 부식조의 음극 반응은 산소 침투에 의존)를 제어한다. 산소 침투가 느리면, 부식의 속도도 동일하게 느려진다.

불행하게도, 이러한 각각의 환경적 스트레스는 서로 결합하여 발생할 수 있고, 또는 모두가 코팅 제조 결함에 의해 훼손되어 코팅 시스템, 코팅 사양, 또는 표면 처리 및 코팅 적용을 악화시킨다. 때로는 잘못될 수 있는 모든 일이 그릇된 현상으로 나타날 수 있다. 그렇게 되면, 코팅 실패는 빨리 발생하고, 작업 진행으로 보정할 수 있다. 그러나 그 결함은 종종 동일한 현상으로 발생되지 않으며, 원료 적용 후 중간에 몇 달 또는 몇 년에 걸쳐 발생되고, 오래 지속된다.

연구성과 및 활용

- 적외선 반사에 효과적인 차단 Layer 재료별 태양열 차단 성능 검토 및 고반사 코팅제의 자외선 열화 특성을 검토.
- 위 시험에서 가장 우수한 결과를 나타낸 수용성 침투 Resin affiliation(Coat 5)을 적용.
- Patterning 적용 Composite Block 시제품의 코팅재료 적용 기술을 융합하여 장기적 내구성을 보강한 Hybrid Block을 제작할 수 있는 코팅재료 확보.
- 코팅재료에 따른 촉진내후성시험 WS, 250시간에 대한 검토결과, 탈 · 변색 및 쵸킹, 크랙 등의 문제가 발생하지 않았으므로 적합한 코팅재료를 확보.

1. 개요

산업 및 해양지역 보호 코팅 시스템은 일반적으로 문제없이 적용되고, 코팅의 공시된 예상 수명은 예상대로 진행된다. 그러나 코팅 시스템은 예상치 못한 원인으로 조기에 실패하고, 값 비싼 결과를 초래 한다. 이 보고서는 이러한 얘기치 않은 오류를 해결하고, 다양한 하자에 대한 원인과 해결방안을 제공하고자한다.

2. 코팅 하자

2.1. 코팅 하자 요소

코팅 하자의 요소는 내부적 코팅제에 대한 문제와 외부 환경적 요인에 의한 다양한 요소들이 존재한다. 세부적 내용은 다음과 같다.

(1) 내부적 요소(제품 및 시공)

① 코팅 제조
② 시방서
③ 표면 처리 및 적용
④ 시공 환경

(2) 외부적 요소(환경)

① 내부 응력 코팅 - 건조 및 경화
② 외부 스트레스 - 진동 , 굴곡 , 기계적 손상
③ 태양 에너지
④ 열
⑤ 침투(물, 화학 물질, 산소)

이러한 결함의 각각은 서로 조합에서 발생할 수 있고, 또는 전체가 코팅 시스템을 악화시킬 수 있다. 이러한 결함 또는 악화 효과 중 하나 이상이 자주 발생하지 않으면 시공 후 몇 달 또는 몇 년 동안 보호 하고 오래 지속될 수 있다.

조기 하자를 방지하는 코팅 시스템은 보수 또는 교체 비용의 절약을 고려할 때, 코팅 시공비용보다 크다.

미국의 국립 페인트 및 코팅 협회(National Paint and Coatings Association) 자료에 따르면, 2006년 미국에서 판매되는 산업용 코팅의 총 금액 $6,000,000,000 상당의 385,000,000gal을 사용했다. 현장 적용 산업 유지 보수 코팅의 값은 추가 $1,180,000,000, 그리고 해양지역 유지 보수 코팅으로 $252,000,000를 사용했다. 산업 및 해양지역 유지 보수 코팅은 약 47,700,000gal으로 약 $30/gal의 평균 비용으로 산출되었다. 산업 및 해양지역 부식을 방지하기 위한 보호 코팅이 433,000,000gal의 대부분은 부식 방지를 위해 매년 적용했다.

그러나 시공 후 이러한 코팅의 아주 적은 비율로 하나 또는 다른 이유에 의해 조기에 실패한다. 이 보고서는 코팅 하자에 대한 기술적인 원인을 분류하고, 그 하자를 방지하는 방법에 대해 설명한다.

참고 문헌

1. "US Paint and Coatings Industry Marketing Analysis 2006-2011" National Paint and Coatings Association, 1500 Rhode Island Ave., NW Washington, DC 2005.
2. Excerpts from ASM Handbook Volume 13 B "Degradation of Protective Coatings" Kenneth B. Tator; pages 589-599; ASM Materials Park, OH, 44073; 2005.
3. "Handbook of Weathering" 3rd edition; page 58; Gorge Wypch; ChemTec Publishing; 2003.
4. "Protective Coatings" Clive H. Hare; SSPC 94-12; page 464; Technology Publishing Company, Pittsburgh, PA.1 5203; 1994.
5. "Hess's Paint Film Defects" 3rd edition; page 185; M. Hess, H.R. Hamburg, W. M. Morgans; Chapman and Hall, 1979.

□ 공인 시험 성적서

▪ 고반사 코팅재료 일사반사율시험

the way to trust KCL

시험성적서

성적서번호 : CT13-94367

6. 시험결과

1) Acrylics Elastomeric

시험항목	단위	시험방법	시험결과
일사반사율 (300 nm ~ 780 nm)	%	(1)	21.9
일사반사율 (780 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	17.2
일사반사율 (300 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	19.8

2) Unsaturated Polyester

시험항목	단위	시험방법	시험결과
일사반사율 (300 nm ~ 780 nm)	%	(1)	49.7
일사반사율 (780 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	33.7
일사반사율 (300 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	42.6

3) Acrylics

시험항목	단위	시험방법	시험결과
일사반사율 (300 nm ~ 780 nm)	%	(1)	64.0
일사반사율 (780 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	43.3
일사반사율 (300 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	54.8

4) Urethane affiliation

시험항목	단위	시험방법	시험결과
일사반사율 (300 nm ~ 780 nm)	%	(1)	21.3
일사반사율 (780 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	14.3
일사반사율 (300 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	18.2

5) Resin affiliation

시험항목	단위	시험방법	시험결과
일사반사율 (300 nm ~ 780 nm)	%	(1)	11.9
일사반사율 (780 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	9.8
일사반사율 (300 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	11.0

---- 이 하 여 백 ----

주관연구기관	도시 표면온도 저감이 가능한 태양열 차단 보도 블럭 개발	관련 성과지표 (KPI)
Activity (A15)	생산 공정 개선(Ⅰ)	공정기술검토
(주)에코청진		

목적	생산성 향상을 위한 Patterning 공정 기술 검토		
단계	**내용**	**관련 사진**	**산출물**
생산공정 개선(Ⅰ)	▪ Patterning 깊이/ 각 조정, 표면 마감	 	

관련 목표 성과물	Patterning 깊이 / 각 조정 및 표면마감

A15	생산 공정 개선(I)
단계	Patterning 깊이 / 각 조정 및 표면 마감 공정

연구내용

본 보고서는 Patterning 깊이 / 각이 Composite Block 시제품 성형 공정에 최적 Patterning 깊이 / 각의 결정을 위해 표면 마감 공정(2차 가공) 등을 고려한 최적의 깊이 / 각을 선택하고, 표면 마감 공정의 효율성을 높이기 위하여 표면 마감 공정의 순서 및 배치를 검토하고자 한다.



[라운드 패턴닝 성형 장치(좌) 및 표면 연마 가공 장치(우)]

(1) Patterning 깊이

라운드 Patterning 깊이는 생산 공정상 0.2㎜ 제조시 Patterning이 파손되는 경향이 있어 Patterning 깊이 0.4㎜보다 3배이상 Loss가 크다. 하지만, Patterning 깊이 0.4㎜로 압축상판 몰드 설계에 대한 재해석을 통해 패턴닝 가장자리 부분을 라운드 컷팅으로 기존 불량에 따른 Loss를 현저히 줄였다.

(가) 시편 제조방법



재료의 계량 | 계량된 재료의 믹싱

표면층 성형 | 양생

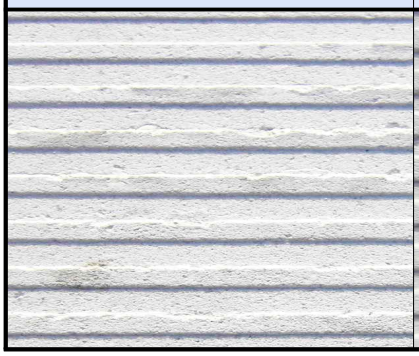
① 백색골재분말(or 흑색골재분말) ,1035g에 백시멘트(or 시멘트) 250g, Titanium Dioxide Rutile, Chromium Iron Oxide, Iron Oxide Red, Chrome Yellow는 백시멘트(or 시멘트)의 wt.0 ~ 30%로 각각 0g, 12.5g, 25g, 37.5g, 50g, 62.5g, 75g을 첨가하여 혼합.

② 100 × 70 × 30(㎜)크기의 몰드에 상기 ①의 유색층 배합으로 혼합물을 삽입하여 진동다짐.

③ 72시간 상온 양생.

(다) 시편 상태

Patterning R 0.2㎜	Patterning R 0.4㎜	Patterning R 0.6㎜
		

Patterning R 0.8㎜	Patterning R 1.0㎜	Patterning R 1.2㎜
		

(2) Patterning 각

Patterning 각은 가시광선 영역의 난반사, 적외선 영역의 재귀반사를 할 수 있는 Patterning으로 제작하며, 으스러짐 등이 가장 적은 각에 대해서 알아보고자 한다.

(가) 시편 제조방법

① 백색골재분말(or 흑색골재분말) 1,035g에 백시멘트(or 시멘트) 250g, Titanium Dioxide Rutile, Chromium Iron Oxide, Iron Oxide Red, Chrome Yellow는 백시멘트(or 시멘트)의 wt.0~30%로 각각 0g, 12.5g, 25g, 37.5g, 50g, 62.5g, 75g을 첨가하여 혼합.

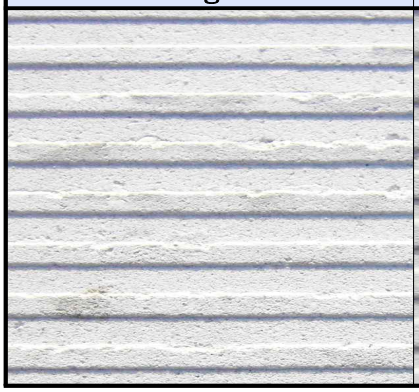
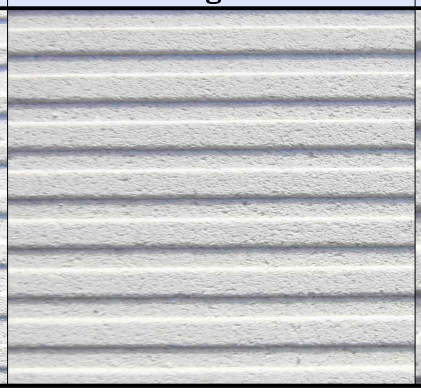
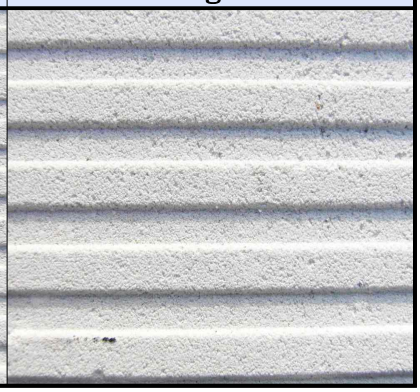
② 100 × 70 × 30(㎜)크기의 몰드에 기존 콘크리트 인터로킹 블록 유색층 배합으로 혼합물을 삽입하여 진동다짐.

③ 72시간 상온 양생.

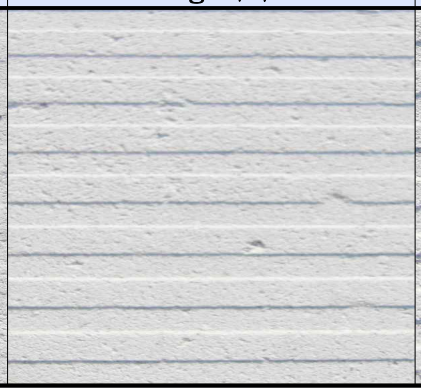
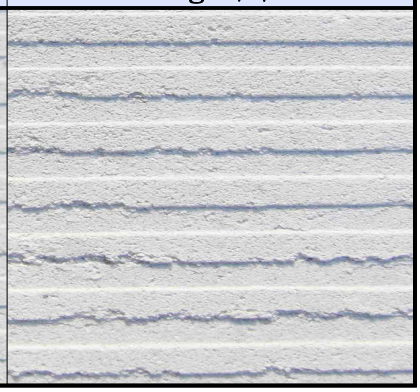
(나) 시편 상태

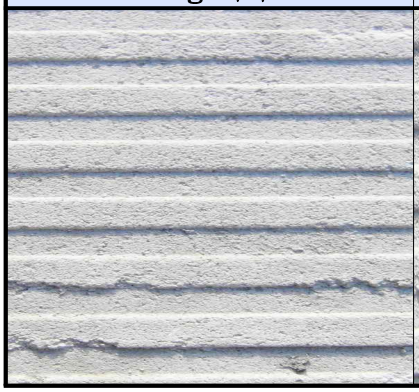
① Patterning Round

Patterning R 0.2㎜	Patterning R 0.4㎜	Patterning R 0.6㎜
		

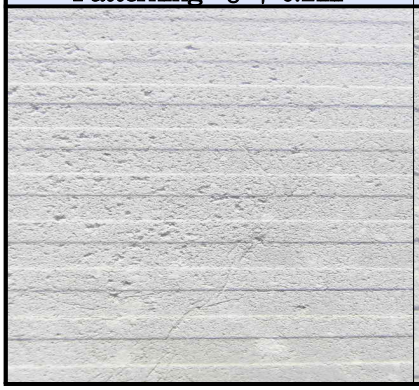
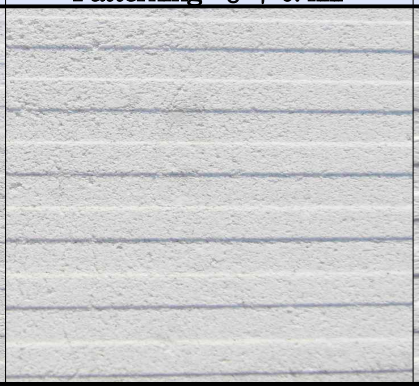
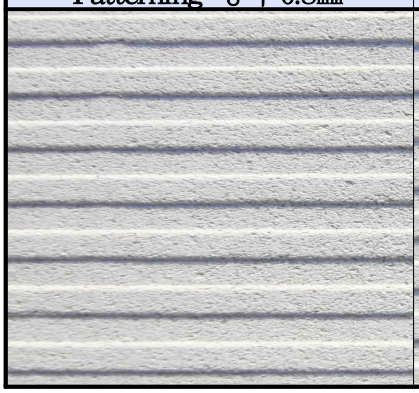
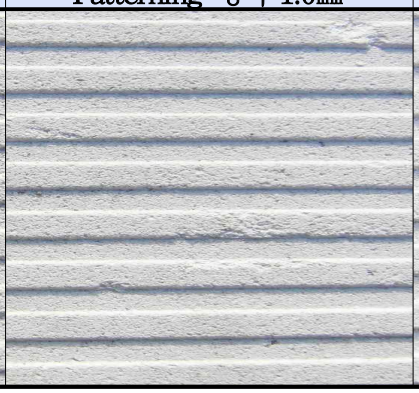
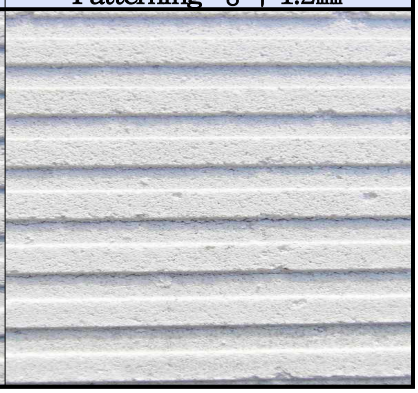
Patterning R 0.8㎜	Patterning R 1.0㎜	Patterning R 1.2㎜
		

② Patterning 직각

Patterning 직각 0.2㎜	Patterning 직각 0.4㎜	Patterning 직각 0.6㎜
		

Patterning 직각 0.8㎜	Patterning 직각 1.0㎜	Patterning 직각 1.2㎜
		

③ Patterning 경사

Patterning 경사 0.2㎜	Patterning 경사 0.4㎜	Patterning 경사 0.6㎜
		
Patterning 경사 0.8㎜	Patterning 경사 1.0㎜	Patterning 경사 1.2㎜
		

(3) 표면 마감(2차 가공)

현재 표면 마감을 실행할 수 있는 공정이 생산 공정과 별도로 외부에 2차 가공 실이 존재한다. 이는 Patterning 적용 Composite Block 제작시 2차 가공 공정의 이동 경로에 대한 문제와 생산 기간이 길어지는 단점이 있다.

연구결과

(가) Patterning 깊이

위 그림에서도 알 수 있듯이 Patterning 깊이는 생산 공정상 0.2 ~ 0.4㎜ 제조시 Patterning이 파손되는 경향이 있어 Loss가 크다. 따라서 Patterning 깊이는 0.6㎜ 이상으로 하는 것이 불량률을 최소화할 수 있으며, 생산 효율에 도움이 된다. 그러나 최대 효율의 Patterning 깊이는 0.4㎜ 이므로 시제품 몰드의 개선 및 진동의 방식 변화를 통해 불량률을 최소화 할 수 있었다. 이에 Patterning 깊이는 0.4㎜로 결정하였다.

(나) Patterning 각

위 그림에서도 알 수 있듯이 Patterning 각에서는 Patterning 깊이와는 다른 각각의 특성에 따라 으스러짐이 발생하였다. 하지만, 여기서 가장 중요한 것은 Patterning 각도 깊이도 중요하지만, 일사반사율에 가장 큰 영향을 미칠 수 있는 Patterning 형상이 무엇인가가 가장 중요하다. 따라서 일사반사율이 가장 우수한 Patterning은 라운드 Patterning이며, Patterning 각 역시 라운드 Pattern이 가장 생

산하기 좋고 Loss율이 적다.

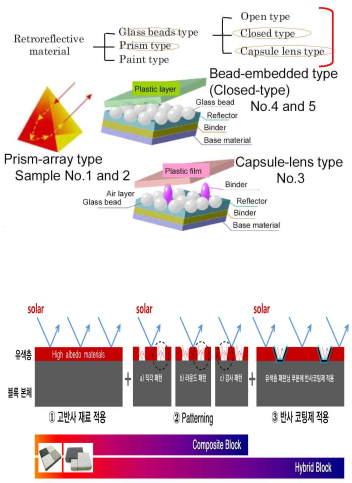
(다) 표면 마감

표면 마감(2차 가공) 장치는 생산 공정 라인과 별도로 실외에 단독으로 설치되어 있어, 2차 가공을 위해 양생을 마친 Composite Block을 이동시켜 별도로 진행해야 된다. 따라서 이 표면 마감(2차 가공) 장치를 생산 공정 라인에 삽입시켜, 양생 후 포장 전 공정에 표면 마감(2차 가공) 공정을 설치하여, 이동에 의한 인력과 시간을 줄일 수 있는 표면 마감 공정을 신설하여, 금강석이 포함된 브러시로 상면의 협잡물을 제거하고, 여러 색상과 크기의 천연골재를 생산 성향을 위한 Patterning을 노출시켜, 천연대리석과 같은 질감을 표현하며, 표면 가공에 의한 적외선 영역 반사 성능 향상과 더불어 표면오염을 억제하는 기능을 발현하게 한다.

연구성과 및 활용

- Patterning 깊이는 0.6㎜가 가장 으스러짐 발생률이 적으나, 압축상판 몰드 설계 및 진동, 압축력 등에 대한 재해석을 통해 0.4㎜로 가장 적합한 설계함.
- Patterning 각은 일사반사율이 우수하고 불량률이 가장 적은 라운드 Pattern.
- 표면 마감(2차 가공) 공정을 생산 공정 라인에 삽입시켜 생산 효율성 극대화.

주관연구기관	도시 표면온도 저감이 가능한 태양열 차단 보도 블럭 개발	관련 성과지표 (KPI)
Activity (A16~A17)	Patterning 기술 및 태양열 차단 레이어를 적용한 Hybrid Block 개발(Ⅱ)	시제품1건 시험성적서 특허등록1건
(주)에코청진		

목적	도시열섬 저감을 위한 Hybrid Block 시제품 개발		
단계	**내용**	**관련 사진**	**산출물**
Patterning 적용 Hybrid Block 시제품 개발	▪ Patterning 기술(1차년도)과의 접목을 통한 Hybrid Block 시제품 개발 및 생산		시제품 / 특허출원1건 특허등록1건
Hybrid Block 시제품 평가	▪ 기초 물리적 특성 및 장기 내구성 평가		공인성적서

관련 목표 성과물	Hybrid Block 시제품 기초 물리적 특성 및 내구성(공인 시험성적서) 특허출원 1건 특허등록 1건

A16	Patterning 적용 Hybrid Block 시제품 개발
단계	고반사 코팅재료 Spray 및 Patterning 기술 적용 Hybrid Block 시제품

연구내용

본 보고서는 고반사 코팅재료를 블록 표면에 Spray 및 Patterning을 적용한 Hybrid Block 시제품 개발을 위해 A11단계와 A13단계에서 적외선 영역의 높은 반사율을 위한 블록 최적 배합비를 도출하여, 공장 생산 라인에서 최적의 형상 및 깊이의 Patterning Block을 성형한 다음 블록 표면에 다양한 고반사 코팅재료를 접목시켜 도출한 최적의 일사반사율과 내후성을 발현하는 고반사 코팅재료를 Spraying하고 표면 연마 및 가공기술을 접목시켜, Patterning 적용 Hybrid Block 고반사 코팅재료의 Spray에 따른 공장 생산 적합성과 시제품의 태양에너지 반사 특성을 분석하고자 한다. Patterning 적용 Hybrid Block의 공장 생산 라인 적합성과 시제품의 태양에너지 반사 특성 시험결과를 분석한 사항들은 다음과 같다.

(1) Patterning 적용 Hybrid Block 시제품

기능성 향상을 위한 최적의 형상 및 깊이를 형성시키기 위해 시제품 몰드로 성형시킨 Patterning Block에 고반사 코팅재료인 Resin affiliation을 Spraying 후 양생하여 높낮이를 조절할 수 있는 다수개의 금강석 브러시로 표면 연마 및 가공기술을 접목시켜, Patterning 적용 Hybrid Block 시제품의 기능성을 비교·분석 한다. 여기서, 시제품 금형은 Patterning에 따른 불량률을 최소화시킨 Patterning 가장자리의 라운드 Cutting 압축 상판을 적용함.

(가) 개요

공장 생산라인에 접목시켜 고반사 재료와 원재료를 배합하여, 최적의 형상 및 깊이를 형성시키기 위해 시제품 몰드로 Patterning을 적용한 Patterning Block을 성형한 다음 다수개의 안개형 분사 노즐을 통해 고반사 코팅재료를 Spray하여 제조하고, 본 Patterning Block에 높낮이 조절이 가능한 다수개의 금광석 브러시를 이용한 표면 가공 및 연마를 적용한 Hybrid Block 시제품 개발.

(나) 대상

① 라운드 Patterning 0.4㎜ Titanium Dioxide Rutile wt.5% Resin affiliation
② 라운드 Patterning 0.4㎜ Chromium Iron Oxide wt.0~30% Resin affiliation
③ 라운드 Patterning 0.4㎜ Iron Oxide Red wt.0~30% Resin affiliation
④ 라운드 Patterning 0.4㎜ Chrome Yellow wt.0~30% Resin affiliation

(2) 제조 방법

기능성 향상을 위한 Patterning이 적용된 Composite Block에 고반사 코팅재료를 블록 표면에 Spray된 Hybrid Block의 일사반사율 시험을 위한 시편의 제조방법과 조건은 다음과 같다.

(가) Hybrid Block 시제품 제조 방법

① 백색골재분말(or 흑색골재분말) 777㎏, 흑색골재(or 백색골재) 258㎏에 백시멘트(or 시멘트) 250㎏, Titanium Dioxide Rutile, Chromium Iron Oxide, Iron Oxide Red, Chrome Yellow는 각각 백시멘트(or 시멘트)의 wt.0 ~ 30%(첨가율 각 5%씩 증가)를 첨가하여 혼합기에서 Mixing.

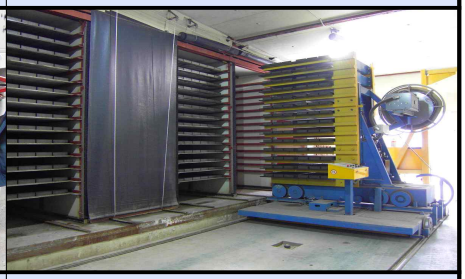
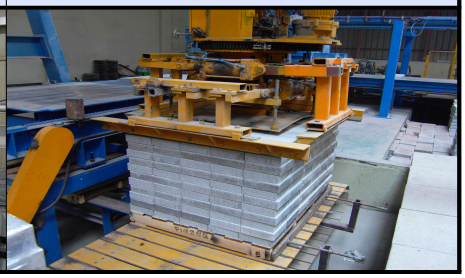
② 200 × 200 × 60(㎜)크기의 몰드에 기존 콘크리트 인터로킹 블록 본체층 배합비를 가진 조성물을 투입한 다음 그 위에 상기 ①의 배합으로 고반사 조성물을 삽입하여 진동다짐.

③ 25개의 안개형 분사 2단(50개) 노즐을 통해 Resin affiliation을 물과 70 : 1로 희석시킨 고반사 코팅재료를 Spaying.

④ 고반사 코팅재료의 응집 및 얼룩발생을 방지하기 위해 코팅재료 분산.

⑤ 72시간 상온 양생.

⑥ 표면 2차 가공 연마 작업.

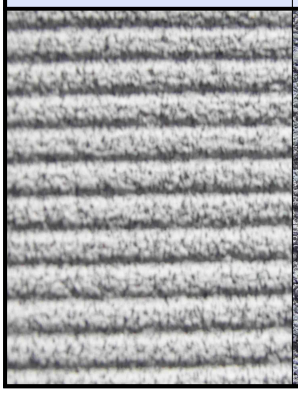
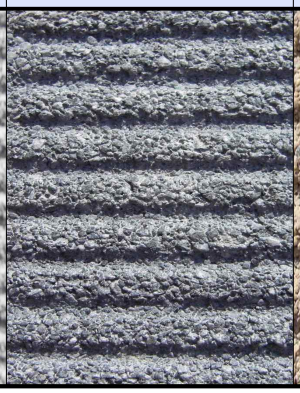
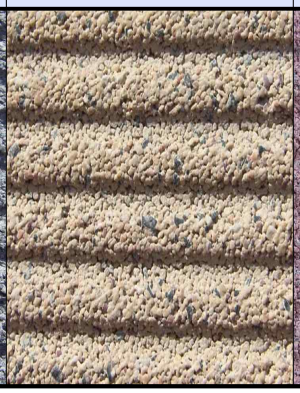
공급	혼합
	
성형	고반사 코팅재료 S
	
블로우	양생
	
2차 가공	적재
	

(나) 시편 조건

① 시편 크기 : 100 × 70 × 30(㎜) - 일사반사율 측정을 위한 시편으로 Cutting.

② 표면 상태 : 표면에 실금(Crack)이 없어야 함

(다) 시편 상태

Hybrid Block W	Hybrid Block B	Hybrid Block Y	Hybrid Block R
			

(3) 시험 방법

(가) 시험 장소

한국건설생활환경시험연구원 안전환경센터

(나) 시험 규격

JIS K 5602(도막에 의한 태양 복사의 반사율 측정)

(다) 산 출 식

일사반사율은 분광반사율을 이용하여 다음 식 1에 따라 산출함. 일사반사율은 근자외선 및 가시광선 영역(300 ~ 780㎚), 근 적외선 영역(780 ~ 2,500㎚) 및 모든 파장 영역(300 ~ 2,500㎚)의 세 파장 범위에 대해 일사반사율 ρe를 구하고 기록함.

$$\rho_e = \frac{\sum_{\lambda}[(E\lambda \times \Delta\lambda)\times \rho(\lambda)]}{\sum_{\lambda}(E\lambda \times \Delta\lambda)} \quad \text{.....(식 1)}$$

여기에서, ρe : 일사반사율(%)

$\rho(\lambda)$: 요구한 분광반사율(%)

$E\lambda \times \Delta\lambda$: 기준태양광에 대한 값 계수

λ : 파장

연구결과

- Patterning 적용 Hybrid Block 시제품 개발을 위해 생산 라인에서 최적의 Patterning으로 성형한 다음 다수개의 안개 분사형 노즐로 Resin affiliation 조성물을 블록 표면에 분사하여 양생시키고, 표면 연마 및 가공기술을 접목시켜, Patterning 적용 Hybrid Block의 공정에 따른 공장 생산 적합성과 시제품의 태양에너지 반사 특성을 분석하였다. 그 결과, Patterning 적용 Hybrid Block 시제

품 White는 배합비가 결정되었기 때문에 가장 적합한 코팅재료의 일사반사율로 76.9%로 나타났으며, Yellow는 첨가량 wt.5%의 일사반사율이 47.4% Black은 첨가량 wt.5의 일사반사율이 16.2%, Red는 첨가량 wt.5%의 일사반사율이 28.5%로 나타났다. 따라서 금속산화물의 색상에 따른 일사반사율 시험 중 유색의 경우 경제성을 고려하여, 가장 우수한 성능을 나타낸 각 중량비로 적용한다.

[Patterning 적용 Hybrid Block 일사반사율]

시료명	시험항목	시험결과(%)
Hybrid Block W (wt.5%)	300 ~ 780㎚	79.0
	780 ~ 2,500㎚	74.4
	300 ~ 2,500㎚	76.9
Hybrid Block Y (wt.0%)	300 ~ 780㎚	29.9
	780 ~ 2,500㎚	46.6
	300 ~ 2,500㎚	37.1
Hybrid Block Y (wt.5%)	300 ~ 780㎚	43.3
	780 ~ 2,500㎚	52.8
	300 ~ 2,500㎚	47.4
Hybrid Block Y (wt.10%)	300 ~ 780㎚	41.8
	780 ~ 2,500㎚	52.0
	300 ~ 2,500㎚	46.2
Hybrid Block Y (wt.15%)	300 ~ 780㎚	28.3
	780 ~ 2,500㎚	31.5
	300 ~ 2,500㎚	29.7
Hybrid Block Y (wt.20%)	300 ~ 780㎚	42.7
	780 ~ 2,500㎚	56.1
	300 ~ 2,500㎚	48.5
Hybrid Block Y (wt.25%)	300 ~ 780㎚	43.5
	780 ~ 2,500㎚	56.4
	300 ~ 2,500㎚	49.1
Hybrid Block Y (wt.30%)	300 ~ 780㎚	43.4
	780 ~ 2,500㎚	55.4
	300 ~ 2,500㎚	48.6
Hybrid Block B (wt.0%)	300 ~ 780㎚	11.9
	780 ~ 2,500㎚	10.4
	300 ~ 2,500㎚	11.3
Hybrid Block B (wt.5%)	300 ~ 780㎚	15.3
	780 ~ 2,500㎚	17.4
	300 ~ 2,500㎚	16.2
Hybrid Block B (wt.10%)	300 ~ 780㎚	14.1
	780 ~ 2,500㎚	18.4
	300 ~ 2,500㎚	16.0
Hybrid Block B (wt.15%)	300 ~ 780㎚	14.4
	780 ~ 2,500㎚	17.8
	300 ~ 2,500㎚	15.9
Hybrid Block B (wt.20%)	300 ~ 780㎚	12.6
	780 ~ 2,500㎚	17.4
	300 ~ 2,500㎚	14.8
Hybrid Block B (wt.25%)	300 ~ 780㎚	13.0
	780 ~ 2,500㎚	18.2
	300 ~ 2,500㎚	15.3

시료명	시험항목	시험결과(%)
Hybrid Block B (wt.30%)	300 ~ 780㎚	9.5
	780 ~ 2,500㎚	15.2
	300 ~ 2,500㎚	12.0
Hybrid Block R (wt.0%)	300 ~ 780㎚	18.8
	780 ~ 2,500㎚	30.2
	300 ~ 2,500㎚	23.7
Hybrid Block R (wt.5%)	300 ~ 780㎚	22.9
	780 ~ 2,500㎚	36.0
	300 ~ 2,500㎚	28.5
Hybrid Block R (wt.10%)	300 ~ 780㎚	21.1
	780 ~ 2,500㎚	35.4
	300 ~ 2,500㎚	27.2
Hybrid Block R (wt.15%)	300 ~ 780㎚	17.6
	780 ~ 2,500㎚	34.5
	300 ~ 2,500㎚	24.9
Hybrid Block R (wt.20%)	300 ~ 780㎚	21.3
	780 ~ 2,500㎚	36.9
	300 ~ 2,500㎚	28.1
Hybrid Block R (wt.25%)	300 ~ 780㎚	20.1
	780 ~ 2,500㎚	35.7
	300 ~ 2,500㎚	26.8
Hybrid Block R (wt.30%)	300 ~ 780㎚	18.7
	780 ~ 2,500㎚	35.1
	300 ~ 2,500㎚	25.8

연구성과 및 활용

- Patterning 적용 Hybrid Block 시제품 (White, Black, Red, Yellow) 개발.
- 특허출원 제 10-2014-0124408호 “표면오염 발생을 방지한 유색 고반사 블록 형성용 조성물 이를 이용한 블록의 제조방법”
- 특허등록 제 10-1529683호 “표면오염 발생을 방지한 유색 고반사 블록 형성용 조성물 이를 이용한 블록의 제조방법”
- Patterning 적용 Hybrid Block 대량생산 가능.

□ 특허출원서(표면오염 발생을 방지한 유색 고반사 블록 형성용 조성물 및 이를 이용한 블록의 제조방법 10-2014-0124408)

관인생략

출원번호통지서

출원일자	2014.09.18
특기사항	심사청구(유) 공개신청(무) 참조번호(1410)
출원번호	10-2014-0124408 (접수번호 1-1-2014-0886334-56)
출원인 명칭	(주)에코청진(1-2004-030511-4)
대리인 성명	특허법인주원(9-2008-100161-7)
발명자 성명	박명진 박중걸 이성원 김종훈 박창현
발명의 명칭	표면오염 발생을 방지한 유색 고반사 블록 형성용 조성물 및 이를 이용한 블록의 제조방법

특 허 청 장

<< 안내 >>

1. 귀하의 출원은 위와 같이 정상적으로 접수되었으며, 이후의 심사 진행상황은 출원번호를 통해 확인하실 수 있습니다.

2. 출원에 따른 수수료는 접수일로부터 다음날까지 동봉된 납입영수증에 성명, 납부자번호 등을 기재하여 가까운 우체국 또는 은행에 납부하여야 합니다.
※ 납부자번호 : 0131(기관코드) + 접수번호

3. 귀하의 주소, 연락처 등의 변경사항이 있을 경우, 즉시 [출원인코드 정보변경(경정), 정정신고서]를 제출하여야 출원 이후의 각종 통지서를 정상적으로 받을 수 있습니다.
※ 특허로(patent.go.kr) 접속 > 민원서식다운로드 > 특허법 시행규칙 별지 제5호 서식

4. 특허(실용신안등록)출원은 명세서 또는 도면의 보정이 필요한 경우, 등록결정 이전 또는 의견서 제출기간 이내에 출원서에 최초로 첨부된 명세서 또는 도면에 기재된 사항의 범위 안에서 보정할 수 있습니다.

5. 외국으로 출원하고자 하는 경우 PCT 제도(특허·실용신안)나 마드리드 제도(상표)를 이용할 수 있습니다. 국내출원일을 외국에서 인정받고자 하는 경우에는 국내출원일로부터 일정한 기간 내에 외국에 출원하여야 우선권을 인정받을 수 있습니다.
※ 제도 안내 : http://www.kipo.go.kr-특허마당-PCT/마드리드
※ 우선권 인정기간 : 특허·실용신안은 12개월, 상표·디자인은 6개월 이내
※ 미국특허상표청의 선출원을 기초로 우리나라에 우선권주장출원 시, 선출원이 미공개상태이면, 우선일로부터 16개월 이내에 미국특허상표청에 [전자적교환허가서(PTO/SB/39)]를 제출하거나 우리나라에 우선권 증명서류를 제출하여야 합니다.

6. 본 출원사실을 외부에 표시하고자 하는 경우에는 아래와 같이 하여야 하며, 이를 위반할 경우 관련법령에 따라 처벌을 받을 수 있습니다.
※ 특허출원 10-2010-0000000, 상표등록출원 40-2010-0000000

7. 기타 심사 절차에 관한 사항은 동봉된 안내서를 참조하시기 바랍니다.

□ 특허등록증(표면오염 발생을 방지한 유색 고반사 블록 형성용 조성물 및 이를 이용한 블록의 제조방법 10-2015-1529683)

특허증
CERTIFICATE OF PATENT

특허 Patent Number	제 10-1529683 호
출원번호 Application Number	제 10-2014-0124408 호
출원일 Filing Date	2014년 09월 18일
등록일 Registration Date	2015년 06월 11일

발명의 명칭 Title of the Invention

표면오염 발생을 방지한 유색 고반사 블록 형성용 조성물 및 이를 이용한 블록의 제조방법

특허권자 Patentee

(주)에코청진(175111-0****)**
경상북도 성주군 선남면 관용로 190-88

발명자 Inventor

등록사항란에 기재

위의 발명은 「특허법」에 따라 특허등록원부에 등록되었음을 증명합니다.

This is to certify that, in accordance with the Patent Act, a patent for the invention has been registered at the Korean Intellectual Property Office.

KOREAN INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE · 대한민국 특허청 ·

2015년 06월 11일

특허청장
COMMISSIONER,
KOREAN INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE

최 동 규

□ 공인 시험 성적서

▪ Hybrid Block White 일사반사율시험

시험성적서

성적서번호 : CT14-025550

6. 시험결과

1) Hybrid Block 코팅제 1 wt.5 %

시험항목	단위	시험방법	시험결과
일사반사율 (300 nm ~ 780 nm)	%	(1)	80.2
일사반사율 (780 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	75.8
일사반사율 (300 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	78.3

2) Hybrid Block 코팅제 2 wt.5 %

시험항목	단위	시험방법	시험결과
일사반사율 (300 nm ~ 780 nm)	%	(1)	70.4
일사반사율 (780 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	69.8
일사반사율 (300 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	70.1

3) Hybrid Block 코팅제 3 wt.5 %

시험항목	단위	시험방법	시험결과
일사반사율 (300 nm ~ 780 nm)	%	(1)	73.1
일사반사율 (780 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	71.7
일사반사율 (300 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	72.4

4) Hybrid Block 코팅제 4 wt.5 %

시험항목	단위	시험방법	시험결과
일사반사율 (300 nm ~ 780 nm)	%	(1)	76.5
일사반사율 (780 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	72.0
일사반사율 (300 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	74.4

5) Hybrid Block 코팅제 5 wt.5 %

시험항목	단위	시험방법	시험결과
일사반사율 (300 nm ~ 780 nm)	%	(1)	79.0
일사반사율 (780 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	74.4
일사반사율 (300 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	76.9

---- 이 하 여 백 ----

▪ Hybrid Block Yellow 일사반사율시험

시험성적서

성적서번호 : CT14-050078

6. 시험결과

1) 순환자원 유색 Hybrid Block(S.Yellow K1011) wt. 0 %

시험항목	단위	시험방법	시험결과
일사반사율 (300 nm ~ 780 nm)	%	(1)	29.9
일사반사율 (780 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	46.6
일사반사율 (300 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	37.1

2) 순환자원 유색 Hybrid Block(S.Yellow K1011) wt. 5 %

시험항목	단위	시험방법	시험결과
일사반사율 (300 nm ~ 780 nm)	%	(1)	43.3
일사반사율 (780 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	52.8
일사반사율 (300 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	47.4

3) 순환자원 유색 Hybrid Block(S.Yellow K1011) wt. 10 %

시험항목	단위	시험방법	시험결과
일사반사율 (300 nm ~ 780 nm)	%	(1)	41.8
일사반사율 (780 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	52.0
일사반사율 (300 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	46.2

4) 순환자원 유색 Hybrid Block(S.Yellow K1011) wt. 15 %

시험항목	단위	시험방법	시험결과
일사반사율 (300 nm ~ 780 nm)	%	(1)	26.8
일사반사율 (780 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	31.5
일사반사율 (300 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	29.7

5) 순환자원 유색 Hybrid Block(S.Yellow K1011) wt. 20 %

시험항목	단위	시험방법	시험결과
일사반사율 (300 nm ~ 780 nm)	%	(1)	42.7
일사반사율 (780 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	56.1
일사반사율 (300 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	48.5

6) 순환자원 유색 Hybrid Block(S.Yellow K1011) wt. 25 %

시험항목	단위	시험방법	시험결과
일사반사율 (300 nm ~ 780 nm)	%	(1)	43.5
일사반사율 (780 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	56.4
일사반사율 (300 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	49.1

7) 순환자원 유색 Hybrid Block(S.Yellow K1011) wt. 30 %

시험항목	단위	시험방법	시험결과
일사반사율 (300 nm ~ 780 nm)	%	(1)	43.4
일사반사율 (780 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	55.4
일사반사율 (300 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	48.6

—— 이 하 여 백 ——

▪ Hybrid Block Black 일사반사율시험

시험성적서

성적서번호 : CT14-050076

6. 시험결과

1) 순환자원 유색 Hybrid Block(B.Black 303T) wt. 0 %

시험항목	단위	시험방법	시험결과
일사반사율 (300 nm ~ 780 nm)	%	(1)	11.9
일사반사율 (780 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	10.4
일사반사율 (300 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	11.3

2) 순환자원 유색 Hybrid Block(B.Black 303T) wt. 5 %

시험항목	단위	시험방법	시험결과
일사반사율 (300 nm ~ 780 nm)	%	(1)	15.3
일사반사율 (780 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	17.4
일사반사율 (300 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	16.2

3) 순환자원 유색 Hybrid Block(B.Black 303T) wt. 10 %

시험항목	단위	시험방법	시험결과
일사반사율 (300 nm ~ 780 nm)	%	(1)	14.1
일사반사율 (780 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	18.4
일사반사율 (300 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	16.0

4) 순환자원 유색 Hybrid Block(B.Black 303T) wt. 15 %

시험항목	단위	시험방법	시험결과
일사반사율 (300 nm ~ 780 nm)	%	(1)	14.4
일사반사율 (780 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	17.6
일사반사율 (300 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	15.9

5) 순환자원 유색 Hybrid Block(B.Black 303T) wt. 20 %

시험항목	단위	시험방법	시험결과
일사반사율 (300 nm ~ 780 nm)	%	(1)	12.6
일사반사율 (780 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	17.4
일사반사율 (300 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	14.6

6) 순환자원 유색 Hybrid Block(B.Black 303T) wt. 25 %

시험항목	단위	시험방법	시험결과
일사반사율 (300 nm ~ 780 nm)	%	(1)	13.0
일사반사율 (780 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	18.2
일사반사율 (300 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	15.3

7) 순환자원 유색 Hybrid Block(B.Black 303T) wt. 30 %

시험항목	단위	시험방법	시험결과
일사반사율 (300 nm ~ 780 nm)	%	(1)	9.5
일사반사율 (780 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	15.2
일사반사율 (300 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	12.0

—— 이 하 여 백 ——

▪ Hybrid Block Red 일사반사율시험

시험성적서

성적서번호 : CT14-050077

6. 시험결과

1) 순환자원 유색 Hybrid Block(Red 150) wt. 0 %

시험항목	단위	시험방법	시험결과
일사반사율 (300 nm ~ 780 nm)	%	(1)	18.8
일사반사율 (780 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	30.2
일사반사율 (300 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	23.7

2) 순환자원 유색 Hybrid Block(Red 150) wt. 5 %

시험항목	단위	시험방법	시험결과
일사반사율 (300 nm ~ 780 nm)	%	(1)	22.9
일사반사율 (780 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	36.0
일사반사율 (300 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	28.5

3) 순환자원 유색 Hybrid Block(Red 150) wt. 10 %

시험항목	단위	시험방법	시험결과
일사반사율 (300 nm ~ 780 nm)	%	(1)	21.1
일사반사율 (780 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	35.4
일사반사율 (300 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	27.2

4) 순환자원 유색 Hybrid Block(Red 150) wt. 15 %

시험항목	단위	시험방법	시험결과
일사반사율 (300 nm ~ 780 nm)	%	(1)	17.6
일사반사율 (780 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	34.5
일사반사율 (300 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	24.9

5) 순환자원 유색 Hybrid Block(Red 150) wt. 20 %

시험항목	단위	시험방법	시험결과
일사반사율 (300 nm ~ 780 nm)	%	(1)	21.3
일사반사율 (780 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	36.9
일사반사율 (300 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	28.1

6) 순환자원 유색 Hybrid Block(Red 150) wt. 25 %

시험항목	단위	시험방법	시험결과
일사반사율 (300 nm ~ 780 nm)	%	(1)	20.1
일사반사율 (780 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	35.7
일사반사율 (300 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	26.8

7) 순환자원 유색 Hybrid Block(Red 150) wt. 30 %

시험항목	단위	시험방법	시험결과
일사반사율 (300 nm ~ 780 nm)	%	(1)	18.7
일사반사율 (780 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	35.1
일사반사율 (300 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	25.8

—— 이 하 여 백 ——

총 2페이지 중 2페이지 양식QP-20-01-06(2)

A17	Patterning 적용 Hybrid Block 시제품 평가
단계	기초 물리적 특성 및 장기 내구성 평가

연구내용

Patterning 적용 Hybrid Block 시제품에 대한 물리적 특성 및 장기 내구성을 평가하기 위해 휨강도, 미끄럼저항성, 투수계수, 촉진내후성, 옥외폭로(접지, 직접 3개월), 표면온도 저감 등에 대한 시험을 통해 검토하였으며, 촉진내후성 시험 후 일사반사율 저감 유무 검토하였다. Patterning 적용 Hybrid Block 시제품에 대한 물리적 특성 및 장기 내구성 시험 결과를 분석한 사항은 다음과 같다.

(1) 제조 방법

Patterning 적용 Hybrid Block 시제품은 A16단계에서 설명한 것과 동일한 방법으로 제조된 시제품을 시편으로 사용하였다. 그 시편의 제조 방법과 조건은 다음과 같다.

(가) 시편의 제조방법

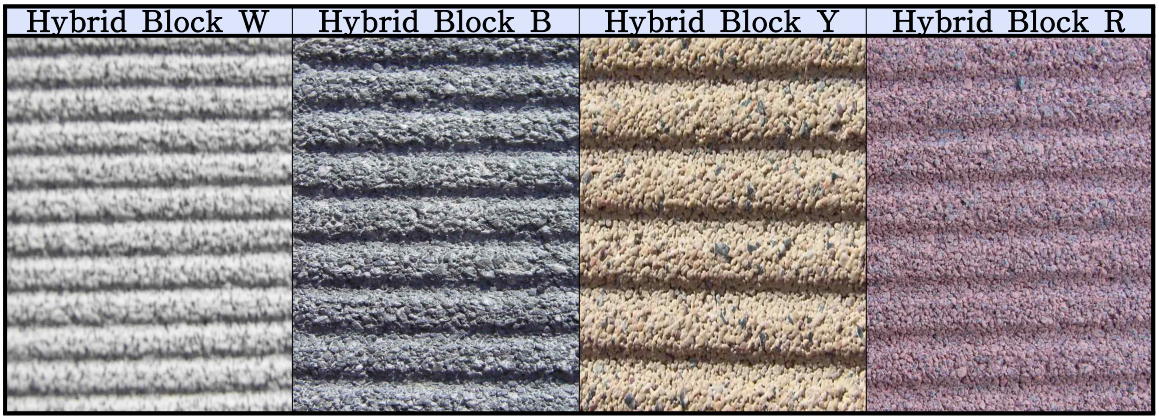
본 시편은 시제품으로 공장 생산라인에서 직접 시범 가동하여 제조한 Patterning 적용 Hybrid Block 시제품이며, 그 배합비와 제조방법은 다음과 같다.

① 백색골재분말(or 흑색골재분말) 777㎏, 흑색골재(or 백색골재) 258㎏에 백시멘트(or 시멘트) 250㎏, Titanium Dioxide Rutile, Chromium Iron Oxide, Iron Oxide Red, Chrome Yellow는 각각 백시멘트(or 시멘트)의 wt.5%로, 각 12.5㎏을 첨가하여 혼합기에서 Mixing.
② 200 × 200 × 60(㎜)크기의 몰드에 기존 콘크리트 인터로킹 블록 본체층 배합비를 가진 조성물을 투입한 다음 그 위에 상기 ①의 배합으로 고반사 조성물을 삽입하여 진동다짐.
③ 25개의 안개형 분사 2단(50개) 노즐을 통해 Resin affiliation을 물과 70 : 1로 희석시킨 고반사 코팅재료를 Spaying.
④ 고반사 코팅재료의 응집 및 얼룩발생을 방지하기 위해 코팅재료 분산.
⑤ 72시간 상온 양생.
⑥ 표면 2차 가공 연마 작업.

(나) 시편 조건

① 시편 크기 : 일사반사율 100 × 70 × 30(㎜), 물리적 특성200 × 200 × 60(㎜)
② 표면 상태 : 표면에 실금(Crack)이 없어야 함.

(다) 시편 상태



(2) 시험 방법

(가) 휨강도 시험

① 시험 장소

한국건설생활환경시험연구원 대구·경북지원센터

② 시험 규격

KS F 4419(보·차도용 콘크리트 인터로킹 블록)

③ 산 출 식

시료를 24시간 물속에 침수시킨 후 꺼낸 즉시 시험한다. 지점간 거리를 140㎜로 취하여 지점간 중앙에 하중을 가한다. 이때 가압속도는 파괴 하중의 약 50%까지는 빠른 속도로 작용시킨 다음, 최대 휨 압축 응력의 증가가 매분 9.8㎫을 초과하지 않을 정도로 하중을 가하여 시험기에 나타난 최대 하중 P를 측정하여 다음 식에 따라 휨 강도를 계산한다.

$$\text{휨강도} = \frac{3Pl}{2bd^2} \quad \text{.....(식 1)}$$

여기에서, P : 시험기가 나타낸 최대 파괴 하중(N)

l : 지점 간 거리(㎜)

b : 지점 간에 직각 방향의 평균 나비(㎜)

d : 블록의 평균 두께(㎜)

(나) 미끄럼저항성 시험

① 시험 장소

한국건설생활환경시험연구원 대구·경북지원센터

② 시험 규격

KS F 2375(노면의 미끄럼저항성 시험방법)

③ 산 출 식

최소 90×150㎜이상의 블록을 수평조절나사를 돌려 시험기의 수평을 맞추고, 시험기에 밀착되도록 시료(블록)를 놓는다. 접지길이의 측정게이지를 이용하여 시료 표면에 접지 길이를 표시한다. 접지길이는 14 ~ 127㎜ 정도로 하며, 높이조절 나사를

돌려 슬라이더가 시료 표면에 표시된 접지에 접하도록 조절한다. 시료 표면에 물을 충분히 뿌린 후, 진가를 이동시켜 미끄럼 저항 지수를 측정한다. BPN 값을 확인하고 진자를 원위치에 고정시키며, 처음 측정값을 제외한 총 5번의 값을 기록하고, 20℃에서의 온도 보정으로 BPN값을 구한다.

$$C20 = 0.0074t + 0.0052t - 3.064 + Ct \text{(식 2)}$$

여기에서, C20 : 20℃로 보정한 BPN 값

Ct : 노면온도 t℃일 때의 BPN 값

t : 노면온도



[미끄럼저항성 시험장치]

(다) 투수계수시험

① 시험 장소

한국건설생활환경시험연구원 대구·경북지원센터

② 시험 규격

KS F 4419(보·차도용 콘크리트 인터로킹 블록)

③ 산 출 식

블록의 두께와 단면적을 버니어 캘리퍼스로 측정한다. 거푸기 내에 블록을 고정시킨다. 이때 블록 이외로 물이 빠지지 않도록 파라핀이나 실링재로 빈틈없이 막아준다. 거푸기가 장치된 투수성 시험장치의 월류수조에 물을 채우고, 급수 쪽 거푸기 내 블록을 포수한 다음, 거푸기 윗부분의 월류구에서 물이 월류할 때까지 주수하여 수위를 일정하게 한다. 월류 수조에서 배수량이 일정해지는 것을 기다려서, 30초 동안의 유출수량 Q(㎤)을 메스실린더로 측정한다. 동시에 30초 동안 배수되는 월류수조와 급수 쪽 거푸기 수위와의 수위차를 측정한다. 투수계수는 시료 3개를 1분 이상의 간격을 두고 시험을 하여 각각의 값을 평균한 값으로 나타내며, 다음식에 따라 계산한다.

$$K = \frac{d}{h} \times \frac{Q}{A \times 30s}$$

여기에서, K : 투수계수(㎜/sec)

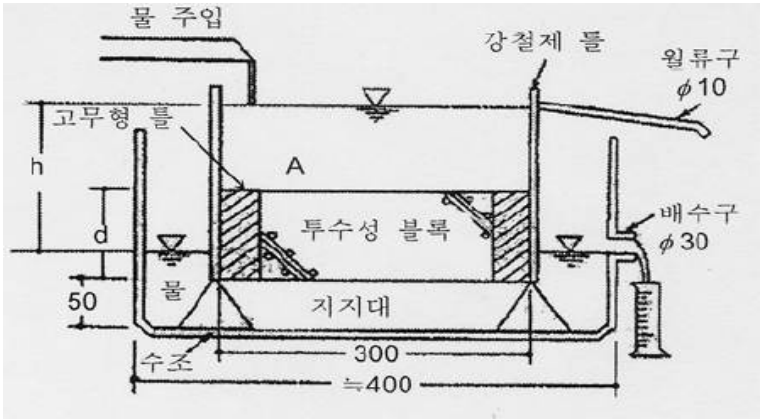
Q : 배수되는 유출수량(㎟)

d : 블록의 두께(㎜)

h : 수위차(㎜)

A : 블록의 단면적(㎟)

30s : 측정시간(sec)



[투수성 시험장치]

(라) 촉진내후성시험

① 시험 장소

한국건설생활환경시험연구원 옥외실증센터

② 시험 규격

KS M ISO 4892(플라스틱-실험실 광원에 의한 노출 시험방법 제4부 : 개방불꽃 카본 아크 램프)

③ 산 출 식

개방 불꽃 카본 아크 램프 시험기의 시료 유지용 틀에 시편은 수평으로 장착되어 윗면이 시험 조건에 직접 노출되게 된다. 빛 조사량의 변화 사이클을 통해 밤과 낮의 일조량 변화상을 적용하였고 동시에 물 분무에 따른 코팅재의 손상을 촉진시키는 환경조건을 만들었다. 촉진내후성시험은 WS, 250시간으로 정했고, 표면의 변퇴색(Gray Scale) 및 쵸킹 유무를 시험한다.



[촉진내후성 시험기]

(마) 옥외폭로시험

① 시험 장소

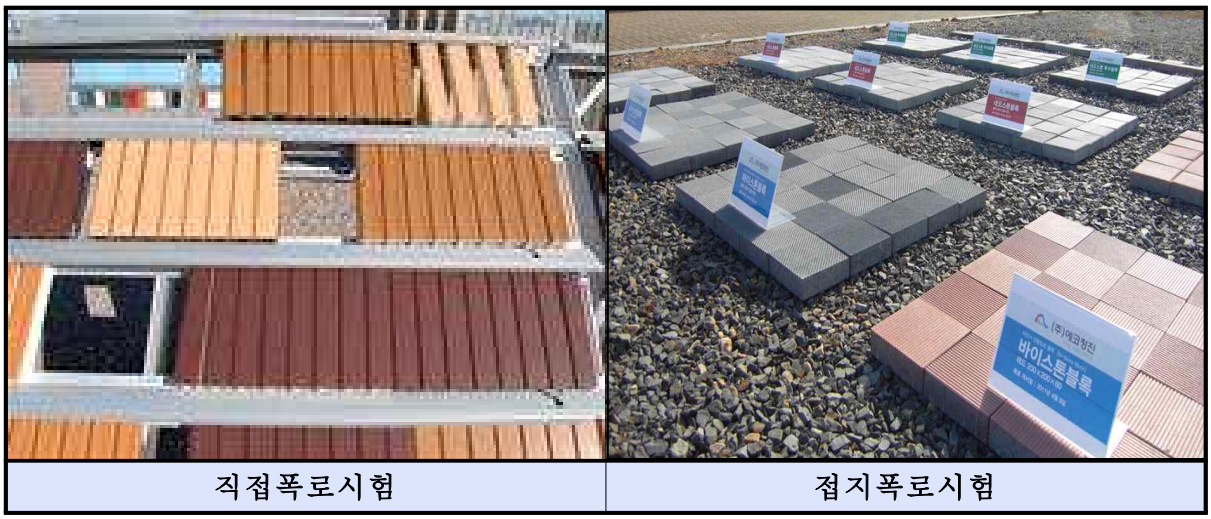
한국건설생활환경시험연구원 옥외실증센터

② 시험 규격

KS D 0060(옥외 폭로시험 방법 통칙)

③ 산 출 식

접지폭로와 직접폭로로 진행하였다. 접지폭로는 시료를 지면에 설치하고 폭로하여 화학적 · 물리적 성질의 경시 변화를 조사한다. 시료를 폭로시험의 목적에 따라 규정된 방위에 맞추어 강풍, 진동 등에 의해 이동되지 않도록 설치하며, 무게가 특히 큰 시료인 경우에는 지반을 굳혀서 견고한 기초를 만들어 그곳에 설치한다. 지면의 배수 등에 주의하고 장시간 침수되지 않도록 한다. 직접 폭로는 시료를 바람, 비, 햇살 등의 자연 환경에 직접 폭로하여 화학적 · 물리적 성질의 경시 변화를 조사한다. 시료에 영향을 주는 외력이 가해지지 않도록 시료를 직접 폭로 받침대에 부착하든가 또는 시료 지지틀에 부착하여 폭로 받침대에 고정할 수 있는 구조로 한다. 폭로시험 중의 시료에 그늘, 물방울의 낙하, 시료 이외로부터의 부식 생성물에 의한 오염들의 영향이 생기지 않는 구조로 한다. 시료 상호간의 접촉에 의한 영향이 생기지 않도록 적당한 간격을 벌려서 시료를 배치한다.



직접폭로시험	접지폭로시험

(바) 촉진내후성 시험 후 일사반사율시험

① 시험 장소

한국건설생활환경시험연구원 안전환경센터

② 시험 규격

JIS K 5602(도막에 의한 태양 복사의 반사율 측정)

③ 산 출 식

촉진내후성시험 후 시편(Patterning 적용 Hybrid Block 시제품)을 회수하여 일사반사율시험을 다음 식 1에 따라 산출함. 일사반사율은 근 자외선 및 가시광선 영역(300 ~ 780㎚), 근 적외선 영역(780 ~ 2,500㎚) 및 모든 파장 영역(300 ~ 2,500㎚)의 세 파장 범위에 대해 일사반사율 ρe를 구하고 기록함.

$$\rho_e = \frac{\sum_{\lambda}[(E\lambda \times \Delta\lambda)\times \rho(\lambda)]}{\sum_{\lambda}(E\lambda \times \Delta\lambda)} \quad \text{.....(식 1)}$$

여기에서, ρe : 일사반사율(%)

$\rho(\lambda)$: 요구한 분광반사율(%)

$E\lambda \times \Delta\lambda$: 기준태양광에 대한 값 계수

(사) 표면온도 측정 시험

① 시험 장소

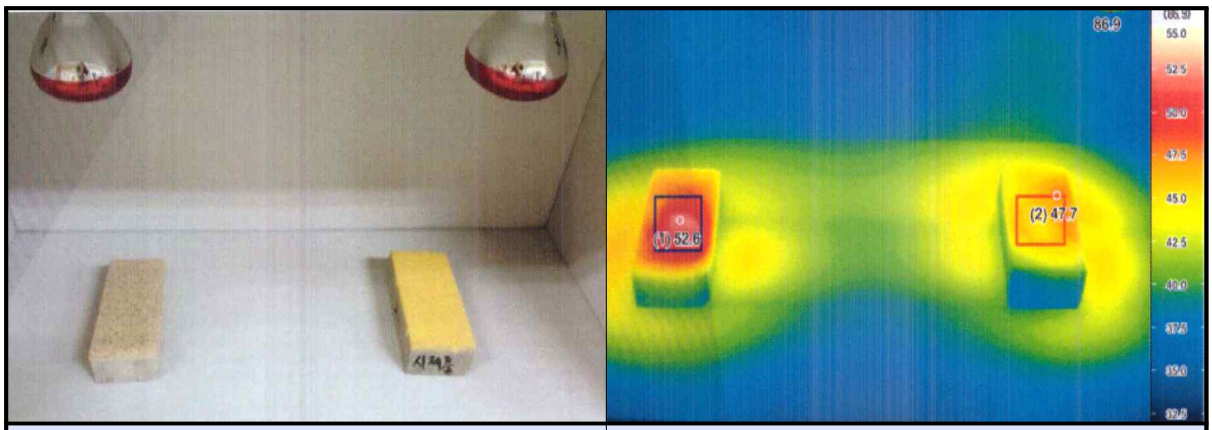
한국건설생활환경시험연구원 안전환경센터

② 시험 규격

KS F 2829(적외선 열화상 평가)

③ 산 출 식

적외선램프로부터 수직으로 30㎝ 아래 시편 배치함. 시료는 적외선램프의 중앙에 위치시키며, 조사시간은 1시간으로 함. 1시간 조사 후 시료에 대한 표면온도를 적외선 열화상 카메라로 측정하여 결과를 나타냄. 결과는 각 시편의 최고온도와 평균온도 최저온도를 통해 △T(℃)를 산출함.



시료 사진	적외선 열화상 이미지

연구결과

(가) 휨강도시험

Patterning 적용 Hybrid Block 시제품의 휨강도에 대한 정량적 성과 목표는 5.0MPa 이상이며, 시제품의 휨강도 시험결과는 평균 5.76MPa로 나타났으므로, 휨강도 기준은 정량적 성과 목표의 상회하는 수준이다.

구분	Block 형태				
휨강도(MPa)	정량적 성과 목표				
	5.0 이상				
	Patterning 적용 Hybrid Block 시제품				
	5.8	5.7	5.8	5.6	5.9

(나) 미끄럼저항성시험

Patterning 적용 Hybrid Block 시제품의 미끄럼저항성시험에 대한 정량적 성과 목표는 45BPN 이상이며, 시제품의 미끄럼저항성 시험결과는 평균 57BPN으로 나타났으므로, 미끄럼저항성 기준은 정량적 성과 목표의 1.26배를 상회하는 수준이다.

구분	정량적 목표	Patterning 적용 Hybrid Block 시제품		
미끄럼저항성 (BPN)	45 이상	56	58	57

(다) 투수계수시험

Patterning 적용 Hybrid Block 시제품의 투수계수에 대한 정량적 성과 목표는 0.03㎝/sec이상이며, 시제품의 투수계수 시험결과는 0.03㎝/sec으로 나타났으므로, 투수계수 기준은 정량적 성과 목표에 적합한 수준이다.

구분	투수계수(㎝/sec)
정량적 성과 목표	0.03 이상
Hybrid Block 시제품	0.03

(라) 촉진내후성시험

Patterning 적용 Hybrid Block 시제품의 촉진내후성시험에 대한 정량적 성과 목표는 쵸킹 유무는 이상 없음이며, 시제품의 촉진내후성 탈·변색은 WS, 250시간에는 모든 시료가 5등급인 이상 없음으로 나타났으며, 500시간에는 Hybrid Block Gray는 5등급 나머지는 모두 4-5등급인 이상 없음으로 촉진내후성 기준은 정량적 성과 목표와 동일한 수준이다.

시료명	시험항목	시험결과
Hybrid Block(White)	WS, 250시간 변퇴색(Gray Scale)	5
	WS, 250시간 쵸킹	이상없음
	WS, 500시간 변퇴색(Gray Scale)	4-5
	WS, 500시간 쵸킹	이상없음
Hybrid Block(Black)	WS, 250시간 변퇴색(Gray Scale)	5
	WS, 250시간 쵸킹	이상없음
	WS, 500시간 변퇴색(Gray Scale)	4-5
	WS, 500시간 쵸킹	이상없음
Hybrid Block(Gray)	WS, 250시간 변퇴색(Gray Scale)	5
	WS, 250시간 쵸킹	이상없음
	WS, 500시간 변퇴색(Gray Scale)	5
	WS, 500시간 쵸킹	이상없음
Hybrid Block(Red)	WS, 250시간 변퇴색(Gray Scale)	5
	WS, 250시간 쵸킹	이상없음
	WS, 500시간 변퇴색(Gray Scale)	4-5
	WS, 500시간 쵸킹	이상없음
Hybrid Block(Yellow)	WS, 250시간 변퇴색(Gray Scale)	5
	WS, 250시간 쵸킹	이상없음
	WS, 500시간 변퇴색(Gray Scale)	4-5
	WS, 500시간 쵸킹	이상없음

(마) 옥외폭로시험

Patterning 적용 Hybrid Block 시제품의 옥외폭로시험을 KS D 0600 “옥외 폭로 시험 방법 통칙”을 준용하여 접지 및 직접폭로 조건으로 3개월간 시험한 결과, 변퇴색(Gray Scale) 4-5등급을 나타냈으며, 외관 쵸킹 유무는 모든 시편에서 이상 없는 것으로 나타났다. 따라서 Patterning 적용 Hybrid Block 시제품의 내후성을 입증하였다.

[옥외폭로시험(직접)]

시료명	시험항목	시험결과
Hybrid Block 시제품 White	변태색(Gray Scale)	4-5
	쵸킹	이상없음
Hybrid Block 시제품 Black	변태색(Gray Scale)	4-5
	쵸킹	이상없음
Hybrid Block 시제품 Gray	변태색(Gray Scale)	4-5
	쵸킹	이상없음
Hybrid Block 시제품 Red	변태색(Gray Scale)	4-5
	쵸킹	이상없음
Hybrid Block 시제품 Yellow	변태색(Gray Scale)	4-5
	쵸킹	이상없음

[옥외폭로시험(접지)]

시료명	시험항목	시험결과
Hybrid Block 시제품 White	변태색(Gray Scale)	4-5
	쵸킹	이상없음
Hybrid Block 시제품 Black	변태색(Gray Scale)	4-5
	쵸킹	이상없음
Hybrid Block 시제품 Gray	변태색(Gray Scale)	4-5
	쵸킹	이상없음
Hybrid Block 시제품 Red	변태색(Gray Scale)	4-5
	쵸킹	이상없음
Hybrid Block 시제품 Yellow	변태색(Gray Scale)	4-5
	쵸킹	이상없음

(바) 촉진내후성시험 후 일사반사율 시험

Patterning 적용 Hybrid Block 시제품의 촉진내후성시험 250시간 후 일사반사율의 저감을 알아보기 위해 일사반사율시험을 시행한 결과를 아래 표와 같이 나타냈다. Patterning 적용 Hybrid Block 시제품 White, Yellow의 촉진내후성시험 250시간 후 일사반사율은 76.9%, 47.4%에서 72.4%, 46.3%로 저감되었으며, Hybrid Block 시제품 Black, Red는 16.2%, 28.5%에서 17.0%, 39.5%로 증가하였다. Patterning 적용 Hybrid Block 시제품의 촉진내후성 250시간 후 일사반사율에 대한 영향을 미치는 것으로 나타났다.

[촉진내후성 250시간 후 일사반사율시험]

시료명		시험항목	시험결과(%)
촉진 내후성 시험 WS, 250시간	Hybrid Block W시제품	300 ~ 780㎚	75.8
		780 ~ 2,500㎚	68.2
		300 ~ 2,500㎚	72.4
	Hybrid Block B 시제품	300 ~ 780㎚	19.1
		780 ~ 2,500㎚	14.4
		300 ~ 2,500㎚	17.0
	Hybrid Block G 시제품	300 ~ 780㎚	36.7
		780 ~ 2,500㎚	34.0
		300 ~ 2,500㎚	35.5
	Hybrid Block R 시제품	300 ~ 780㎚	29.4
		780 ~ 2,500㎚	52.8
		300 ~ 2,500㎚	39.5
	Hybrid Block Y 시제품	300 ~ 780㎚	41.4
		780 ~ 2,500㎚	53.1
		300 ~ 2,500㎚	46.3

Patterning 적용 Hybrid Block 시제품의 촉진내후성시험 500시간 후 일사반사율의 저감을 알아보기 위해 일사반사율시험을 시행한 결과를 아래 표와 같이 나타냈다. Patterning 적용 Hybrid Block 시제품 White, Yellow의 촉진내후성시험 500시간 후 일사반사율은 76.9%, 47.4%에서 70.0%, 45.2%로 저감되었으며, Hybrid Block 시제품 Black, Red는 16.2%, 28.5%에서 18.3%, 37.9%로 증가하였다. Patterning 적용 Hybrid Block 시제품의 촉진내후성 500시간 후 일사반사율에 대한 영향을 미치는 것으로 나타났으며, 사후관리방안 마련이 필요하다.

[촉진내후성 500시간 후 일사반사율시험]

시료명		시험항목	시험결과(%)
촉진 내후성 시험 WS, 500시간	Hybrid Block W시제품	300 ~ 780㎚	74.1
		780 ~ 2,500㎚	65.0
		300 ~ 2,500㎚	70.0
	Hybrid Block B 시제품	300 ~ 780㎚	20.8
		780 ~ 2,500㎚	15.2
		300 ~ 2,500㎚	18.3
	Hybrid Block G 시제품	300 ~ 780㎚	32.6
		780 ~ 2,500㎚	30.2
		300 ~ 2,500㎚	31.6
	Hybrid Block R 시제품	300 ~ 780㎚	28.2
		780 ~ 2,500㎚	50.7
		300 ~ 2,500㎚	37.9
	Hybrid Block Y 시제품	300 ~ 780㎚	40.6
		780 ~ 2,500㎚	51.8
		300 ~ 2,500㎚	45.2

(사) 표면온도시험

Patterning 적용 Hybrid Block 시제품의 색상별 표면온도 저감을 알아보기 위해 인조화강석블록과 표면온도 비교 시험을 시행한 결과를 아래 표와 같이 나타났다. Patterning 적용 Hybrid Block 시제품 전 색상에서 인조화강석블록보다 3.4 ~ 6.9℃ 표면온도가 낮게 나타났다. Patterning 적용 Hybrid Block 시제품은 표면온도에 대한 영향을 미치는 것으로 나타났다. 또한, Hybrid Block White의 경우, 이조화강석블록 Black보다 무려 14.5℃차가 발생하였으며, 이는 단지 실험실 시험일뿐, 조사시간의 한계가 있으므로, 각 블록의 열평형이 이루어지지 않은 것으로 판단된다. 하지만, 어느 정도의 성과는 시험결과에도 나타났다.

[표면온도 측정 시험]

구분	최고온도(℃)	평균온도(℃)	최저온도(℃)	편차(℃)
Hybrid Block White	46.3	44.8	43.2	6.9
인조화강석블록 White	53.2	51.0	48.0	
Hybrid Block Black	57.4	55.1	52.6	3.4
인조화강석블록 Black	60.8	57.8	53.1	
Hybrid Block Gray	53.7	51.3	46.1	4.3
인조화강석블록 Gray	58.0	55.3	51.2	
Hybrid Block Red	53.7	51.3	46.1	6.4
인조화강석블록 Red	46.8	45.4	44.1	
Hybrid Block Yellow	53.2	51.5	48.4	4.9
인조화강석블록 Yellow	47.7	45.9	44.8	

연구성과 및 활용

- Patterning 적용 Hybrid Block 시제품의 휨강도, 미끄럼저항성, 투수계수, 표면온도, 촉진내후성, 옥외폭로, 촉진내후성시험 후 일사반사율 저감 등에 대한 다양한 검토를 통해 Patterning 적용 Hybrid Block 시제품은 3차년도 정량적 성과 목표를 상회하는 수준이며, 촉진내후성시험 후 일사반사율 저감에 대한 부분은 사후관리방안에 대한 마련이 필요하다.
- 따라서 Patterning 적용 Hybrid Block 시제품의 사후관리 방안을 첨부자료와 같이 정리하였다.

□ 공인 시험 성적서

▪ Hybrid Block 시제품 물리적 특성 시험

the way to trust KCL

시험성적서

성적서번호 : CT15-061569

6. 시험결과

1) hybrid block

시험항목	단위	시험방법	시험결과	시험환경
휨 강도	MPa	(1)	5.8	(25±2) ℃ (30±5) % R.H.
휨 강도	MPa	(1)	5.7	(25±2) ℃ (30±5) % R.H.
휨 강도	MPa	(1)	5.8	(25±2) ℃ (30±5) % R.H.
휨 강도	MPa	(1)	5.6	(25±2) ℃ (30±5) % R.H.
휨 강도	MPa	(1)	5.9	(25±2) ℃ (30±5) % R.H.
미끄럼 저항	BPN	(2)	57	(25±2) ℃ (30±5) % R.H.
투수계수	mm/s	(1)	0.03	(25±2) ℃ (30±5) % R.H.

---- 이 하 여 백 ----

the way to trust KCL

시험성적서

성적서번호 : CT15-096122

6. 시험결과

1) hybrid block 시제품

시험항목	단위	시험방법	시험결과	시험환경
치수-가로	mm	(1)	199	(25±2) ℃ (30±5) % R.H.
치수-세로	mm	(1)	199	(25±2) ℃ (30±5) % R.H.
치수-두께	mm	(1)	60	(25±2) ℃ (30±5) % R.H.
유색층 두께	mm	(1)	9	(25±2) ℃ (30±5) % R.H.
치수-가로	mm	(1)	199	(25±2) ℃ (30±5) % R.H.
치수-세로	mm	(1)	200	(25±2) ℃ (30±5) % R.H.
치수-두께	mm	(1)	60	(25±2) ℃ (30±5) % R.H.
유색층 두께	mm	(1)	9	(25±2) ℃ (30±5) % R.H.
치수-가로	mm	(1)	199	(25±2) ℃ (30±5) % R.H.
치수-세로	mm	(1)	199	(25±2) ℃ (30±5) % R.H.
치수-두께	mm	(1)	60	(25±2) ℃ (30±5) % R.H.
유색층 두께	mm	(1)	9	(25±2) ℃ (30±5) % R.H.
치수-가로	mm	(1)	199	(25±2) ℃ (30±5) % R.H.
치수-세로	mm	(1)	199	(25±2) ℃ (30±5) % R.H.
치수-두께	mm	(1)	60	(25±2) ℃ (30±5) % R.H.
유색층 두께	mm	(1)	9	(25±2) ℃ (30±5) % R.H.
치수-가로	mm	(1)	200	(25±2) ℃ (30±5) % R.H.
치수-세로	mm	(1)	199	(25±2) ℃ (30±5) % R.H.
치수-두께	mm	(1)	60	(25±2) ℃ (30±5) % R.H.
유색층 두께	mm	(1)	9	(25±2) ℃ (30±5) % R.H.
휨 강도	MPa	(1)	6.0	(25±2) ℃ (30±5) % R.H.
휨 강도	MPa	(1)	5.9	(25±2) ℃ (30±5) % R.H.
휨 강도	MPa	(1)	6.1	(25±2) ℃ (30±5) % R.H.
휨 강도	MPa	(1)	6.1	(25±2) ℃ (30±5) % R.H.
휨 강도	MPa	(1)	6.0	(25±2) ℃ (30±5) % R.H.
미끄럼 저항	BPN	(2)	56	(25±2) ℃ (30±5) % R.H.
미끄럼 저항	BPN	(2)	58	(25±2) ℃ (30±5) % R.H.

▪ Hybrid Block 시제품 촉진내후성시험

the way to trust KCL

시험성적서

성적서번호 : CT15-092722

6. 시험결과

1) White

시험항목	단위	시험방법	시험결과	시험환경
촉진내후성시험(WS, 250 시간)후-외관(쵸킹 유무)	-	(1)	이상없음	(24.5 ± 2.0) ℃, (50 ± 5) % R.H.
촉진내후성시험(WS, 250 시간)후-변퇴색(Gray Scale)	급	(2)	5	(24.5 ± 2.0) ℃, (50 ± 5) % R.H.

2) Black

시험항목	단위	시험방법	시험결과	시험환경
촉진내후성시험(WS, 250 시간)후-외관(쵸킹 유무)	-	(1)	이상없음	(24.5 ± 2.0) ℃, (50 ± 5) % R.H.
촉진내후성시험(WS, 250 시간)후-변퇴색(Gray Scale)	급	(2)	5	(24.5 ± 2.0) ℃, (50 ± 5) % R.H.

3) Gray

시험항목	단위	시험방법	시험결과	시험환경
촉진내후성시험(WS, 250 시간)후-외관(쵸킹 유무)	-	(1)	이상없음	(24.5 ± 2.0) ℃, (50 ± 5) % R.H.
촉진내후성시험(WS, 250 시간)후-변퇴색(Gray Scale)	급	(2)	5	(24.5 ± 2.0) ℃, (50 ± 5) % R.H.

4) Read

시험항목	단위	시험방법	시험결과	시험환경
촉진내후성시험(WS, 250 시간)후-외관(쵸킹 유무)	-	(1)	이상없음	(24.5 ± 2.0) ℃, (50 ± 5) % R.H.
촉진내후성시험(WS, 250 시간)후-변퇴색(Gray Scale)	급	(2)	5	(24.5 ± 2.0) ℃, (50 ± 5) % R.H.

5) Yellow

시험항목	단위	시험방법	시험결과	시험환경
촉진내후성시험(WS, 250 시간)후-외관(쵸킹 유무)	-	(1)	이상없음	(24.5 ± 2.0) ℃, (50 ± 5) % R.H.
촉진내후성시험(WS, 250 시간)후-변퇴색(Gray Scale)	급	(2)	5	(24.5 ± 2.0) ℃, (50 ± 5) % R.H.

※ 촉진내후성 시험 조건
- 블랙패널온도 : (63 ± 3) ℃
- 상대습도 : (50 ± 5) %
- 분무사이클 : 102분 조사 후 18분 조사 및 물 분무
- 시험편 표면의 방사조도 : 255 W/m² @ 300 nm ~ 700 nm

---- 이 하 여 백 ----

the way to trust KCL

시험성적서

성적서번호 : CT15-092723

6. 시험결과

1) White

시험항목	단위	시험방법	시험결과	시험환경
촉진내후성시험(WS, 500 시간)후-외관(쵸킹 유무)	-	(1)	이상없음	(24.5 ± 2.0) ℃, (50 ± 5) % R.H.
촉진내후성시험(WS, 500 시간)후-변퇴색(Gray Scale)	급	(2)	4-5	(24.5 ± 2.0) ℃, (50 ± 5) % R.H.

2) Black

시험항목	단위	시험방법	시험결과	시험환경
촉진내후성시험(WS, 500 시간)후-외관(쵸킹 유무)	-	(1)	이상없음	(24.5 ± 2.0) ℃, (50 ± 5) % R.H.
촉진내후성시험(WS, 500 시간)후-변퇴색(Gray Scale)	급	(2)	4-5	(24.5 ± 2.0) ℃, (50 ± 5) % R.H.

3) Gray

시험항목	단위	시험방법	시험결과	시험환경
촉진내후성시험(WS, 500 시간)후-외관(쵸킹 유무)	-	(1)	이상없음	(24.5 ± 2.0) ℃, (50 ± 5) % R.H.
촉진내후성시험(WS, 500 시간)후-변퇴색(Gray Scale)	급	(2)	5	(24.5 ± 2.0) ℃, (50 ± 5) % R.H.

4) Read

시험항목	단위	시험방법	시험결과	시험환경
촉진내후성시험(WS, 500 시간)후-외관(쵸킹 유무)	-	(1)	이상없음	(24.5 ± 2.0) ℃, (50 ± 5) % R.H.
촉진내후성시험(WS, 500 시간)후-외관(쵸킹 유무)	급	(2)	4-5	(24.5 ± 2.0) ℃, (50 ± 5) % R.H.

5) Yellow

시험항목	단위	시험방법	시험결과	시험환경
촉진내후성시험(WS, 500 시간)후-외관(쵸킹 유무)	-	(1)	이상없음	(24.5 ± 2.0) ℃, (50 ± 5) % R.H.
촉진내후성시험(WS, 500 시간)후-외관(쵸킹 유무)	급	(2)	4-5	(24.5 ± 2.0) ℃, (50 ± 5) % R.H.

※ 촉진내후성 시험 조건
- 블랙패널온도 : (63 ± 3) ℃
- 상대습도 : (50 ± 5) %
- 분무사이클 : 102분 조사 후 18분 조사 및 물 분무
- 시험편 표면의 방사조도 : 255 W/m² @ 300 nm ~ 700 nm

---- 이 하 여 백 ----

- Hybrid Block 시제품 옥외폭로시험(직접시험)

- Hybrid Block 시제품 옥외폭로시험(접지시험)

▪ Hybrid Block 시제품 촉진내후성시험(WS, 250시간) 후 일사반사율시험

the way to trust KCL

6713-3751-9244-2369

시험성적서

1. 성 적 서 번 호 : CT15-102330
2. 의 뢰 자
   ○ 업 체 명 : (주)에코청진
   ○ 주 소 : 경상북도 성주군 선남면 관화리 120

3. 시험기간 : 2015년 09월 23일 ~ 2015년 10월 14일
4. 시험성적서의 용도 : 품질관리
5. 시 료 명 : Hybrid Block W 시작품(NC-B-1) 촉진내후성시험 WS, 250시간 후
6. 시험방법
   (1) JIS K 5602:2008

7. 시험결과

1) Hybrid Block W 시작품(NC-B-1) 촉진내후성시험 WS, 250시간 후

시험항목	단위	시험방법	시험결과	비 고
일사반사율 (300 nm ~ 780 nm)	%	(1)	75.8	(25.1 ± 0.2) ℃ (40.8 ± 0.5) % R.H.
일사반사율 (780 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	68.2	(25.1 ± 0.2) ℃ (40.8 ± 0.5) % R.H.
일사반사율 (300 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	72.4	(25.1 ± 0.2) ℃ (40.8 ± 0.5) % R.H.

---- 이 하 여 백 ----

확인	작성자 성 명	이형욱	기술책임자 성 명	김상철

비고 : 1. 이 성적서는 의뢰자가 제시한 시료 및 시료명에 한정된 결과로서 전체제품에 대한 품질을 보증하지는 않습니다.
2. 이 성적서는 홍보, 선전, 광고 및 소송용으로 사용될 수 없으며, 용도 이외의 사용을 금합니다.

2015년 10월 14일

한국건설생활환경시험연구원장

군포시험실 : 435-010 경기도 군포시 공단로 149 I' VALLEY군포 805호 (031)389-9100
결과문의 : 그린소재평가센터 ☎ (031)389-9185

the way to trust KCL

8755-5548-6130-6198

시험성적서

1. 성 적 서 번 호 : CT15-102329
2. 의 뢰 자
   ○ 업 체 명 : (주)에코청진
   ○ 주 소 : 경상북도 성주군 선남면 관화리 120

3. 시험기간 : 2015년 09월 23일 ~ 2015년 10월 14일
4. 시험성적서의 용도 : 품질관리
5. 시 료 명 : Hybrid Block B 시작품(NC-B-1) 촉진내후성시험 WS, 250시간 후
6. 시험방법
   (1) JIS K 5602:2008

7. 시험결과

1) Hybrid Block B 시작품(NC-B-1) 촉진내후성시험 WS, 250시간 후

시험항목	단위	시험방법	시험결과	비 고
일사반사율 (300 nm ~ 780 nm)	%	(1)	19.1	(25.1 ± 0.2) ℃ (40.8 ± 0.5) % R.H.
일사반사율 (780 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	14.4	(25.1 ± 0.2) ℃ (40.8 ± 0.5) % R.H.
일사반사율 (300 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	17.0	(25.1 ± 0.2) ℃ (40.8 ± 0.5) % R.H.

---- 이 하 여 백 ----

확인	작성자 성 명	이형욱	기술책임자 성 명	김상철

비고 : 1. 이 성적서는 의뢰자가 제시한 시료 및 시료명에 한정된 결과로서 전체제품에 대한 품질을 보증하지는 않습니다.
2. 이 성적서는 홍보, 선전, 광고 및 소송용으로 사용될 수 없으며, 용도 이외의 사용을 금합니다.

2015년 10월 14일

한국건설생활환경시험연구원장

군포시험실 : 435-010 경기도 군포시 공단로 149 I' VALLEY군포 805호 (031)389-9100
결과문의 : 그린소재평가센터 ☎ (031)389-9185

the way to trust KCL

9765-9651-5313-6119

시험성적서

1. 성 적 서 번 호 : CT15-102328
2. 의 뢰 자
   ○ 업 체 명 : (주)에코청진
   ○ 주 소 : 경상북도 성주군 선남면 관화리 120

3. 시험기간 : 2015년 09월 23일 ~ 2015년 10월 14일
4. 시험성적서의 용도 : 품질관리
5. 시 료 명 : Hybrid Block G 시작품(NC-B-1) 촉진내후성시험 WS, 250시간 후
6. 시험방법
   (1) JIS K 5602:2008

7. 시험결과

1) Hybrid Block G 시작품(NC-B-1) 촉진내후성시험 WS, 250시간 후

시험항목	단위	시험방법	시험결과	비 고
일사반사율 (300 nm ~ 780 nm)	%	(1)	36.7	(25.1 ± 0.2) ℃ (40.8 ± 0.5) % R.H.
일사반사율 (780 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	34.0	(25.1 ± 0.2) ℃ (40.8 ± 0.5) % R.H.
일사반사율 (300 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	35.5	(25.1 ± 0.2) ℃ (40.8 ± 0.5) % R.H.

---- 이 하 여 백 ----

확인	작성자 성 명	이형욱	기술책임자 성 명	김상철

비고 : 1. 이 성적서는 의뢰자가 제시한 시료 및 시료명에 한정된 결과로서 전체제품에 대한 품질을 보증하지는 않습니다.
2. 이 성적서는 홍보, 선전, 광고 및 소송용으로 사용될 수 없으며, 용도 이외의 사용을 금합니다.

2015년 10월 14일

한국건설생활환경시험연구원장

군포시험실 : 435-010 경기도 군포시 공단로 149 I' VALLEY군포 805호 (031)389-9100
결과문의 : 그린소재평가센터 ☎ (031)389-9185

the way to trust KCL

3602-6036-9536-2555

시험성적서

1. 성 적 서 번 호 : CT15-102327
2. 의 뢰 자
   ○ 업 체 명 : (주)에코청진
   ○ 주 소 : 경상북도 성주군 선남면 관화리 120

3. 시험기간 : 2015년 09월 23일 ~ 2015년 10월 14일
4. 시험성적서의 용도 : 품질관리
5. 시 료 명 : Hybrid Block R 시작품(NC-B-1) 촉진내후성시험 WS, 250시간 후
6. 시험방법
   (1) JIS K 5602:2008

7. 시험결과

1) Hybrid Block R 시작품(NC-B-1) 촉진내후성시험 WS, 250시간 후

시험항목	단위	시험방법	시험결과	비 고
일사반사율 (300 nm ~ 780 nm)	%	(1)	29.4	(25.1 ± 0.2) ℃ (40.8 ± 0.5) % R.H.
일사반사율 (780 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	52.8	(25.1 ± 0.2) ℃ (40.8 ± 0.5) % R.H.
일사반사율 (300 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	39.5	(25.1 ± 0.2) ℃ (40.8 ± 0.5) % R.H.

---- 이 하 여 백 ----

확인	작성자 성 명	이형욱	기술책임자 성 명	김상철

비고 : 1. 이 성적서는 의뢰자가 제시한 시료 및 시료명에 한정된 결과로서 전체제품에 대한 품질을 보증하지는 않습니다.
2. 이 성적서는 홍보, 선전, 광고 및 소송용으로 사용될 수 없으며, 용도 이외의 사용을 금합니다.

2015년 10월 14일

한국건설생활환경시험연구원장

군포시험실 : 435-010 경기도 군포시 공단로 149 I' VALLEY군포 805호 (031)389-9100
결과문의 : 그린소재평가센터 ☎ (031)389-9185

the way to trust KCL

8002-3863-7596-5120

시험성적서

1. 성 적 서 번 호 : CT15-102326
2. 의 뢰 자
   ○ 업 체 명 : (주)에코청진
   ○ 주 소 : 경상북도 성주군 선남면 관화리 120

3. 시험기간 : 2015년 09월 23일 ~ 2015년 10월 14일
4. 시험성적서의 용도 : 품질관리
5. 시 료 명 : Hybrid Block Y 시작품(NC-B-1) 촉진내후성시험 WS, 250시간 후
6. 시험방법
   (1) JIS K 5602:2008

7. 시험결과

1) Hybrid Block Y 시작품(NC-B-1) 촉진내후성시험 WS, 250시간 후

시험항목	단위	시험방법	시험결과	비 고
일사반사율 (300 nm ~ 780 nm)	%	(1)	41.4	(25.1 ± 0.2) ℃ (40.8 ± 0.5) % R.H.
일사반사율 (780 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	53.1	(25.1 ± 0.2) ℃ (40.8 ± 0.5) % R.H.
일사반사율 (300 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	46.3	(25.1 ± 0.2) ℃ (40.8 ± 0.5) % R.H.

---- 이 하 여 백 ----

확인	작성자 성 명	이형욱	기술책임자 성 명	김상철

비고 : 1. 이 성적서는 의뢰자가 제시한 시료 및 시료명에 한정된 결과로서 전체제품에 대한 품질을 보증하지는 않습니다.
2. 이 성적서는 홍보, 선전, 광고 및 소송용으로 사용될 수 없으며, 용도 이외의 사용을 금합니다.

2015년 10월 14일

한국건설생활환경시험연구원장

군포시험실 : 435-010 경기도 군포시 공단로 149 I' VALLEY군포 805호 (031)389-9100
결과문의 : 그린소재평가센터 ☎ (031)389-9185

▪ Hybrid Block 시제품 촉진내후성시험(WS, 500시간) 후 일사반사율시험

the way to trust KCL

9705-3381-8380-8461

시험성적서

1. 성 적 서 번 호 : CT15-102316
2. 의 뢰 자
   ○ 업 체 명 : (주)에코청진
   ○ 주 소 : 경상북도 성주군 선남면 관화리 120

3. 시험기간 : 2015년 09월 23일 ~ 2015년 10월 14일
4. 시험성적서의 용도 : 품질관리
5. 시 료 명 : Hybrid Block W 시제품(NC-B-1) 촉진내후성시험 WS, 500시간 후
6. 시험방법
   (1) JIS K 5602:2008

7. 시험결과

1) Hybrid Block W 시제품(NC-B-1) 촉진내후성시험 WS, 500시간 후

시험항목	단위	시험방법	시험결과	비 고
일사반사율 (300 nm ~ 780 nm)	%	(1)	74.1	(25.1 ± 0.2) ℃ (40.8 ± 0.5) % R.H.
일사반사율 (780 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	65.0	(25.1 ± 0.2) ℃ (40.8 ± 0.5) % R.H.
일사반사율 (300 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	70.0	(25.1 ± 0.2) ℃ (40.8 ± 0.5) % R.H.

---- 이 하 여 백 ----

확인	작성자 성 명	이형욱	기술책임자 성 명	김상철

비고 : 1. 이 성적서는 의뢰자가 제시한 시료 및 시료명에 한정된 결과로서 전체제품에 대한 품질을 보증하지는 않습니다.
2. 이 성적서는 홍보, 선전, 광고 및 소송용으로 사용될 수 없으며, 용도 이외의 사용을 금합니다.

2015년 10월 14일

한국건설생활환경시험연구원장

군포시험실 : 435-010 경기도 군포시 공단로 149 I' VALLEY군포 805호 (031)389-9100
결과문의 : 그린소재평가센터 ☎ (031)389-9185

the way to trust KCL

4946-6023-1165-2038

시험성적서

1. 성 적 서 번 호 : CT15-102317
2. 의 뢰 자
   ○ 업 체 명 : (주)에코청진
   ○ 주 소 : 경상북도 성주군 선남면 관화리 120

3. 시험기간 : 2015년 09월 23일 ~ 2015년 10월 14일
4. 시험성적서의 용도 : 품질관리
5. 시 료 명 : Hybrid Block B 시제품(NC-B-1) 촉진내후성시험 WS, 500시간 후
6. 시험방법
   (1) JIS K 5602:2008

7. 시험결과

1) Hybrid Block B 시제품(NC-B-1) 촉진내후성시험 WS, 500시간 후

시험항목	단위	시험방법	시험결과	비 고
일사반사율 (300 nm ~ 780 nm)	%	(1)	20.8	(25.1 ± 0.2) ℃ (40.8 ± 0.5) % R.H.
일사반사율 (780 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	15.2	(25.1 ± 0.2) ℃ (40.8 ± 0.5) % R.H.
일사반사율 (300 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	18.3	(25.1 ± 0.2) ℃ (40.8 ± 0.5) % R.H.

---- 이 하 여 백 ----

확인	작성자 성 명	이형욱	기술책임자 성 명	김상철

비고 : 1. 이 성적서는 의뢰자가 제시한 시료 및 시료명에 한정된 결과로서 전체제품에 대한 품질을 보증하지는 않습니다.
2. 이 성적서는 홍보, 선전, 광고 및 소송용으로 사용될 수 없으며, 용도 이외의 사용을 금합니다.

2015년 10월 14일

한국건설생활환경시험연구원장

군포시험실 : 435-010 경기도 군포시 공단로 149 I' VALLEY군포 805호 (031)389-9100
결과문의 : 그린소재평가센터 ☎ (031)389-9185

the way to trust KCL

2472-8233-8288-6475

시험성적서

1. 성 적 서 번 호 : CT15-102318
2. 의 뢰 자
   ○ 업 체 명 : (주)에코청진
   ○ 주 소 : 경상북도 성주군 선남면 관화리 120

3. 시험기간 : 2015년 09월 23일 ~ 2015년 10월 14일
4. 시험성적서의 용도 : 품질관리
5. 시 료 명 : Hybrid Block G 시제품(NC-B-1) 촉진내후성시험 WS, 500시간 후
6. 시험방법
   (1) JIS K 5602:2008

7. 시험결과

1) Hybrid Block G 시제품(NC-B-1) 촉진내후성시험 WS, 500시간 후

시험항목	단위	시험방법	시험결과	비 고
일사반사율 (300 nm ~ 780 nm)	%	(1)	32.6	(25.1 ± 0.2) ℃ (40.8 ± 0.5) % R.H.
일사반사율 (780 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	30.2	(25.1 ± 0.2) ℃ (40.8 ± 0.5) % R.H.
일사반사율 (300 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	31.6	(25.1 ± 0.2) ℃ (40.8 ± 0.5) % R.H.

---- 이 하 여 백 ----

확인	작성자 성 명	이형욱	기술책임자 성 명	김상철

비고 : 1. 이 성적서는 의뢰자가 제시한 시료 및 시료명에 한정된 결과로서 전체제품에 대한 품질을 보증하지는 않습니다.
2. 이 성적서는 홍보, 선전, 광고 및 소송용으로 사용될 수 없으며, 용도 이외의 사용을 금합니다.

2015년 10월 14일

한국건설생활환경시험연구원장

군포시험실 : 435-010 경기도 군포시 공단로 149 I' VALLEY군포 805호 (031)389-9100
결과문의 : 그린소재평가센터 ☎ (031)389-9185

양식QP-20-01-05(4)

the way to trust KCL

8263-1425-7063-3638

시험성적서

1. 성 적 서 번 호 : CT15-102319
2. 의 뢰 자
   ○ 업 체 명 : (주)에코청진
   ○ 주 소 : 경상북도 성주군 선남면 관화리 120

3. 시험기간 : 2015년 09월 23일 ~ 2015년 10월 14일
4. 시험성적서의 용도 : 품질관리
5. 시 료 명 : Hybrid Block R 시제품(NC-B-1) 촉진내후성시험 WS, 500시간 후
6. 시험방법
   (1) JIS K 5602:2008

7. 시험결과

1) Hybrid Block R 시제품(NC-B-1) 촉진내후성시험 WS, 500시간 후

시험항목	단위	시험방법	시험결과	비 고
일사반사율 (300 nm ~ 780 nm)	%	(1)	28.2	(25.1 ± 0.2) ℃ (40.8 ± 0.5) % R.H.
일사반사율 (780 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	50.7	(25.1 ± 0.2) ℃ (40.8 ± 0.5) % R.H.
일사반사율 (300 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	37.9	(25.1 ± 0.2) ℃ (40.8 ± 0.5) % R.H.

---- 이 하 여 백 ----

확인	작성자 성 명	이형욱	기술책임자 성 명	김상철

비고 : 1. 이 성적서는 의뢰자가 제시한 시료 및 시료명에 한정된 결과로서 전체제품에 대한 품질을 보증하지는 않습니다.
2. 이 성적서는 홍보, 선전, 광고 및 소송용으로 사용될 수 없으며, 용도 이외의 사용을 금합니다.

2015년 10월 14일

한국건설생활환경시험연구원장

군포시험실 : 435-010 경기도 군포시 공단로 149 I' VALLEY군포 805호 (031)389-9100
결과문의 : 그린소재평가센터 ☎ (031)389-9185

양식QP-20-01-05(4)

the way to trust KCL

7119-8327-1876-7593

시험성적서

1. 성 적 서 번 호 : CT15-102320
2. 의 뢰 자
   ○ 업 체 명 : (주)에코청진
   ○ 주 소 : 경상북도 성주군 선남면 관화리 120

3. 시험기간 : 2015년 09월 23일 ~ 2015년 10월 14일
4. 시험성적서의 용도 : 품질관리
5. 시 료 명 : Hybrid Block Y 시제품(NC-B-1) 촉진내후성시험 WS, 500시간 후
6. 시험방법
   (1) JIS K 5602:2008

7. 시험결과

1) Hybrid Block Y 시제품(NC-B-1) 촉진내후성시험 WS, 500시간 후

시험항목	단위	시험방법	시험결과	비 고
일사반사율 (300 nm ~ 780 nm)	%	(1)	40.6	(25.1 ± 0.2) ℃ (40.8 ± 0.5) % R.H.
일사반사율 (780 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	51.8	(25.1 ± 0.2) ℃ (40.8 ± 0.5) % R.H.
일사반사율 (300 nm ~ 2 500 nm)	%	(1)	45.2	(25.1 ± 0.2) ℃ (40.8 ± 0.5) % R.H.

---- 이 하 여 백 ----

확인	작성자 성 명	이형욱	기술책임자 성 명	김상철

비고 : 1. 이 성적서는 의뢰자가 제시한 시료 및 시료명에 한정된 결과로서 전체제품에 대한 품질을 보증하지는 않습니다.
2. 이 성적서는 홍보, 선전, 광고 및 소송용으로 사용될 수 없으며, 용도 이외의 사용을 금합니다.

2015년 10월 14일

한국건설생활환경시험연구원장

군포시험실 : 435-010 경기도 군포시 공단로 149 I' VALLEY군포 805호 (031)389-9100
결과문의 : 그린소재평가센터 ☎ (031)389-9185

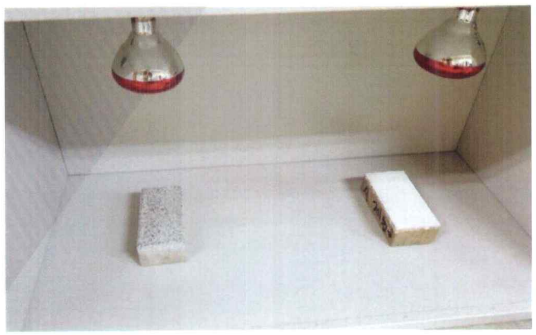
▪ Hybrid Block 시제품 및 인조화강석블록 표면온도 측정시험

the way to trust KCL

시험성적서

성적서번호 : CT15-107199

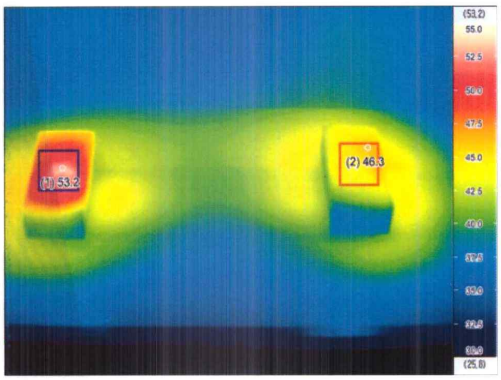
6. 시험결과



< 시 료 사 진 >

※ 시험방법

1. 의뢰자가 제시한 비교시편과 시료를 각각 적외선램프로 부터 수직으로 30 ㎝ 아래 배치함
2. 시료는 적외선램프의 중앙에 위치시키며 조사시간은 의뢰자가 제시한 1시간으로 하였음
3. 1시간 조사 후 시료에 대한 표면온도를 적외선 열화상카메라로 측정하여 결과를 나타냄.끝.



< 적외선 열화상 이미지 >

	인조화강석 W	시제품 W
최고온도 (℃)	53.2	46.3
평균온도 (℃)	51	44.8
최저온도 (℃)	48	43.2
ΔT (℃)	0	6.9

----- 이 하 여 백 -----

총 2 페이지 중 2 페이지

양식QP-20-01-06(3)

the way to trust KCL

시험성적서

성적서번호 : CT15-107200

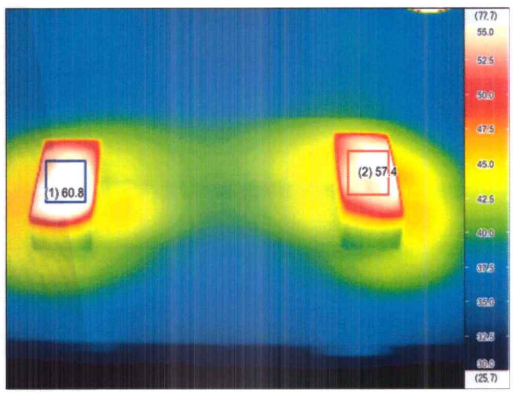
6. 시험결과



< 시 료 사 진 >

※ 시험방법

1. 의뢰자가 제시한 비교시편과 시료를 각각 적외선램프로 부터 수직으로 30 ㎝ 아래 배치함
2. 시료는 적외선램프의 중앙에 위치시키며 조사시간은 의뢰자가 제시한 1시간으로 하였음
3. 1시간 조사 후 시료에 대한 표면온도를 적외선 열화상카메라로 측정하여 결과를 나타냄.끝.



< 적외선 열화상 이미지 >

	인조화강석 B	시제품 B
최고온도 (℃)	60.8	57.4
평균온도 (℃)	57.8	55.1
최저온도 (℃)	53.1	52.6
ΔT (℃)	0	3.4

----- 이 하 여 백 -----

총 2 페이지 중 2 페이지

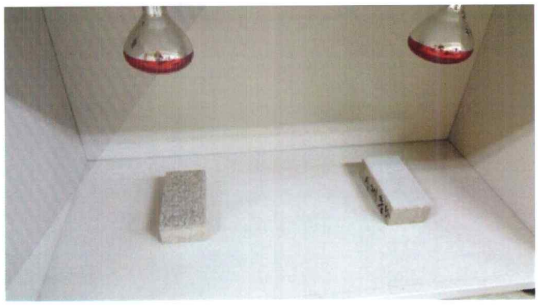
양식QP-20-01-06(3)

the way to trust KCL

시험성적서

성적서번호 : CT15-107201

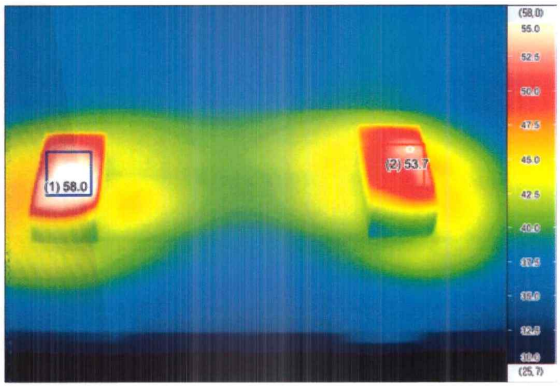
6. 시험결과



< 시 료 사 진 >

※ 시험방법

1. 의뢰자가 제시한 비교시편과 시료를 각각 적외선램프로 부터 수직으로 30 ㎝ 아래 배치함
2. 시료는 적외선램프의 중앙에 위치시키며 조사시간은 의뢰자가 제시한 1시간으로 하였음
3. 1시간 조사 후 시료에 대한 표면온도를 적외선 열화상카메라로 측정하여 결과를 나타냄.끝.



< 적외선 열화상 이미지 >

	인조화강석 G	시제품 G
최고온도 (℃)	58	53.7
평균온도 (℃)	55.3	51.3
최저온도 (℃)	51.2	46.1
ΔT (℃)	0	4.3

----- 이 하 여 백 -----

총 2 페이지 중 2 페이지

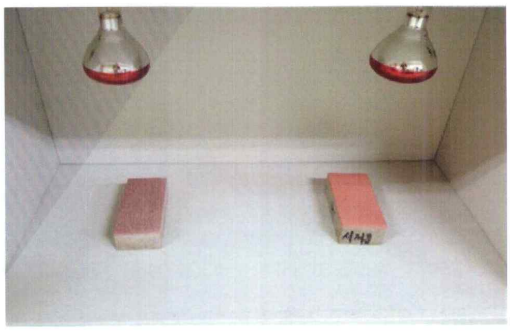
양식QP-20-01-06(3)

the way to trust KCL

시험성적서

성적서번호 : CT15-107202

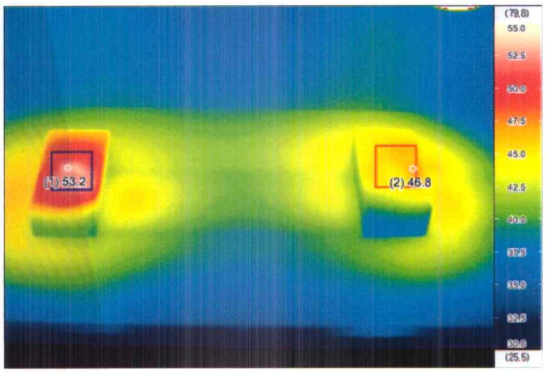
6. 시험결과



< 시 료 사 진 >

※ 시험방법

1. 의뢰자가 제시한 비교시편과 시료를 각각 적외선램프로 부터 수직으로 30 ㎝ 아래 배치함
2. 시료는 적외선램프의 중앙에 위치시키며 조사시간은 의뢰자가 제시한 1시간으로 하였음
3. 1시간 조사 후 시료에 대한 표면온도를 적외선 열화상카메라로 측정하여 결과를 나타냄.끝.



< 적외선 열화상 이미지 >

	인조화강석 R	시제품 R
최고온도 (℃)	53.2	46.8
평균온도 (℃)	51.5	45.4
최저온도 (℃)	48.4	44.1
ΔT (℃)	0	6.4

----- 이 하 여 백 -----

the way to trust KCL

시험성적서

성적서번호 : CT15-107203

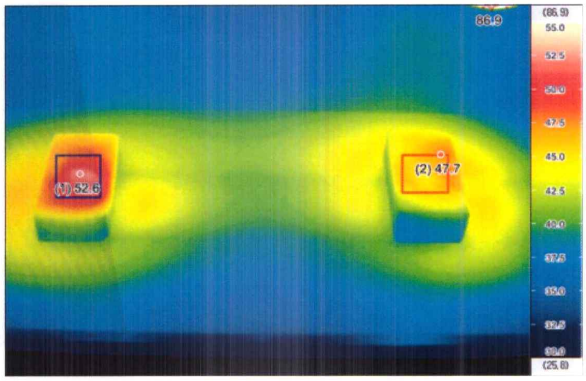
6. 시험결과



< 시 료 사 진 >

※ 시험방법

1. 의뢰자가 제시한 비교시편과 시료를 각각 적외선램프로 부터 수직으로 30 ㎝ 아래 배치함
2. 시료는 적외선램프의 중앙에 위치시키며 조사시간은 의뢰자가 제시한 1시간으로 하였음
3. 1시간 조사 후 시료에 대한 표면온도를 적외선 열화상카메라로 측정하여 결과를 나타냄.끝.



< 적외선 열화상 이미지 >

	인조화강석 Y	시제품 Y
최고온도 (℃)	52.6	47.7
평균온도 (℃)	50.3	45.9
최저온도 (℃)	46.9	44.8
ΔT (℃)	0	4.9

----- 이 하 여 백 -----

총 2 페이지 중 2 페이지

양식QP-20-01-06(3)

주관연구기관	도시 표면온도 저감이 가능한 태양열 차단 보도 블럭 개발	관련 성과지표 (KPI)
Activity (A18)	생산공정 개선(Ⅱ)	특허출원
(주)에코청진		

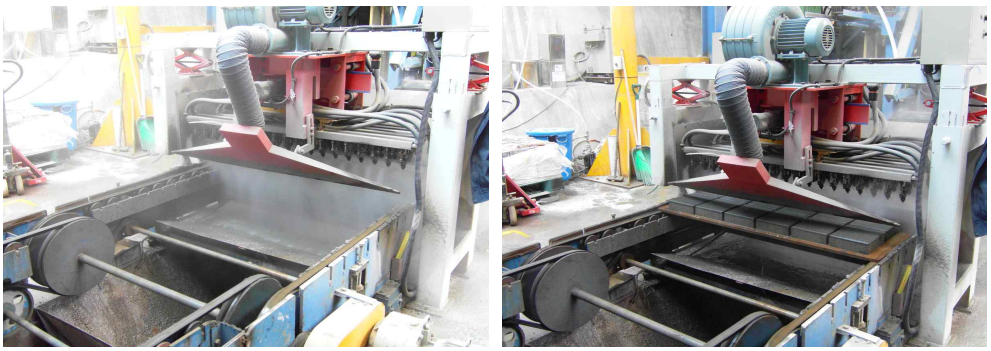
목적	생산성 향상을 위한 공정 기술 검토		
단계	**내용**	**관련 사진**	**산출물**
생산 공정 개선(II)	▪ 차단 Layer 형성, 건조 공정 기술적 검토	 	특허출원 1건

관련 목표 성과물	특허출원 1건

A18	생산 공정 개선(Ⅱ)
단계	생산성 향상을 위한 Layer Spray 공정 최적화

연구내용

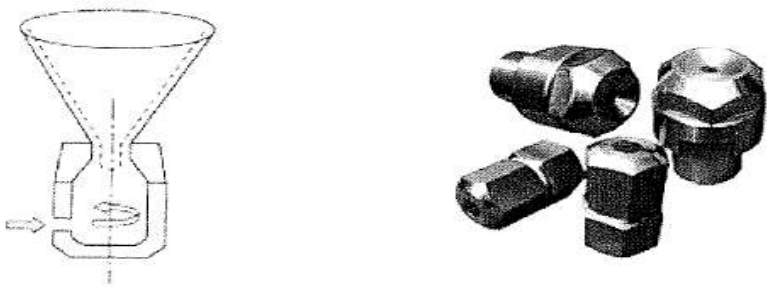
본 보고서는 생산성 향상을 위한 Hybrid Block 시제품 양산시 고반사 코팅재료 Spray 공정에 최적 공법의 결정을 위해 표면 마감 공정(2차 가공)과 기능(일사반사율, 마모성, 오염성) 등을 고려한 최적의 고반사 코팅재료 조성물의 Spray 면적과 시간을 Setting하고, 공정 등의 추가를 고려하여 적용하고자 한다.



[고반사 코팅재료 조성물 Spray 장치(좌) 및 조성물 분산 장치(우)]

(1) Spray 장치

중·고압 펌프로 이송된 고반사 코팅재료 조성물을 코어, Orifice를 내장한 Nozzle로 미립화 한다. 코어로 선회력을 주어진 코팅재료는 Orifice의 내벽으로 선회하여 공기 중에 뛰어 나가는 때에는 박막의 Polo Cone을 형성한다. 이 Cone의 액체는 막이 엷을수록 미립화가 촉진되어 초미립 입경을 얻을 수 있다. 아래 그림에 압력 Nozzle의 미립화의 원리 및 개략도를 나타내었다.



[Nozzle의 형상 및 Spray 방식]

(2) Spray 면적

고반사 코팅재료 조성물의 1회 Spraying 면적은 기존에 생산되는 면적인 0.72㎡으로 한다. 생산성 향상을 위한 고반사 코팅재료 조성물의 Spray 면적을 조정하게 되면, 고가의 기존 설비(몰드, 바이더 등)의 변경되어야 하며, 기존 설비에서 생산효율이 가장 우수한 1Cycle 면적이므로 고반사 코팅재료 조성물의 Spray 면적은 고정하는 것이 가장 적합하다고 할 수 있다.

(3) Spray 설비

고반사 코팅재료 조성물의 Spray 설비는 1Cycle 면적에 대한 1열 ~ 4열까지 실험을 진행하였다. 각 열마다 1Cycle 면적을 Cover하기 위해서는 안개 분사형 Nozzle이 25개가 필요하며, 각 Nozzle이 담당하는 면적을 균일하게 하기 위해서 4열까지 교차적으로 Spraying되어 기능적(일사반사율, 비용 등)으로 효율성이 가장 높은 고반사 코팅재료 조성물의 두께가 100 ~ 150㎛가 되도록 설계하여 적용하였다.

(4) Spray 시간

고반사 코팅재료 조성물의 Spraying Time은 5 ~ 7sec가 가장 적합한 코팅두께 100 ~ 150㎛를 나타냈다. 이는 Spraying Time이 5sec미만일 시, 고반사 코팅재료 조성물의 코팅두께가 100㎛미만이 되므로 장기적인 내구성 및 내후성에 영향을 미칠 수 있으며, Spraying Time이 7sec초과되면 코팅두께는 150㎛초과되므로 Hybrid Block 표면에 투명하지 못한 막이 형성되어 일사반사율을 저하시키고, 자재 소모량이 증가되며, 양생시간이 증가되므로 생산효율이 저하된다.

(5) 추가 설비

고반사 코팅재료 조성물의 Spraying 후 단계로 2차년도 연차실적계획서 상에 건조공정을 추가하였으나, 그 방법은 Blow 공정보다는 효율이 현저하게 떨어지는 방법이므로 제외하였다. 따라서 현재 고반사 코팅재료 조성물 Spraying 직후 Hybrid Block 표면에 분산되지 못한 고반사 코팅재료 조성물을 분산시켜 건조 속도를 증가시키는 Heating Blow 공정으로 Hybrid Block 표면에 65°로 공기를 분사 시켜 고반사 코팅재료 조성물을 분산시키고 건조시킨다. 그 후 각 바이더는 핑거카에 의해 0.72㎡씩 각각 일정한 공간을 두고 적층되어 72시간 양생시켜 건조를 완성한다.

연구결과

(1) Spray 장치

고반사 코팅재료 조성물이 블록 표면에 충돌 속도가 빠를수록, 충돌 시 입자온도가 높을수록 처짐 정도가 증가한다. 즉, 열원 내 체류시간이 같을 때 화염 온도의 증가는 충돌 시 입자의 온도 상승을 일으켜 적층되면서 퍼짐현상이 잘 일어나 표면조도의 감소가 발생한다. 이러한 표면 조도의 감소는 기공율의 감소를 가져오고 이로 인한 치밀한 조직이 형성되어 코팅 경도 상승의 효과가 있을 뿐만 아니라, 코팅의 결합(Cohesive) 강도에도 영향을 미칠 수 있다.

(2) Spray 설비

고반사 코팅재료 조성물이 Hybrid Block 표면에 일률적인 Spraying을 위해 Spray 설비를 1열에 25개의 Nozzle이 있는 설비를 4열까지 배치하여 성형된 1cycle의 면적에 코팅두께 100 ~ 150㎛로 생산할 수 있다.

(3) Spray 시간

고반사 코팅재료 조성물의 코팅두께는 100 ~ 150㎛를 유지할 수 있도록 Atomizer 4,500rev/min으로 하고, Slurry feeding late는 60 ~ 80(ℓ/h)로 적용하였다. 이는 고

반사 코팅재료 조성물의 코팅두께 100 ~ 150㎛일 때, 내구성 및 내후성에도 가장 좋은 영향을 미칠 수 있기 때문이다.

(4) 추가 설비

Hybrid Block 표면이 평탄이 아니므로 표면에 분산되지 못한 고반사 코팅재료 조성물을 Heating Air Blow설비를 이용하여 고반사 코팅재료 조성물을 분산시켜 일률적인 코팅두께와 건조 속도의 증가를 도출할 수 있었다.

연구성과 및 활용

- Spray 설비는 1열 25개의 안개 분사형 Nozzle을 4열까지 적용.
- Spray 시간은 고반사 코팅재료 조성물의 코팅두께가 100 ~ 150㎛로 형성되도록 5 ~ 6sec로 설정.
- Heating Air Blow 설비를 추가하여 분산되지 못한 고반사 코팅재료 조성물을 분산시켜 생산효율 증대.
- 특허출원(투수기능이 지속가능한 투수블록 및 이를 형성하기 위한 투수블록 조성물과 투수블록의 제조방법 10-2014-0138252)

□ 특허출원서(투수기능이 지속가능한 투수블록 및 이를 형성하기 위한 투수블록 조성물과 투수블록의 제조공법 10-2014-0138252)

관인생략

출원번호통지서

출원일자	2014.10.14
특기사항	심사청구(유) 공개신청(무) 참조번호(1542)
출원번호	10-2014-0138252 (접수번호 1-1-2014-0976622-34)
출원인 명칭	(주)에코청진(1-2004-030511-4)
대리인 성명	특허법인주원(9-2008-100161-7)
발명자 성명	박명진 박중걸 이성원 김종훈 박창현
발명의 명칭	투수기능이 지속가능한 투수블록 및 이를 형성하기 위한 투수블록 조성물과 투수블록의 제조공법

특 허 청 장

<< 안내 >>

1. 귀하의 출원은 위와 같이 정상적으로 접수되었으며, 이후의 심사 진행상황은 출원번호를 통해 확인하실 수 있습니다.

2. 출원에 따른 수수료는 접수일로부터 다음날까지 동봉된 납입영수증에 성명, 납부자번호 등을 기재하여 가까운 우체국 또는 은행에 납부하여야 합니다.
※ 납부자번호 : 0131(기관코드) + 접수번호

3. 귀하의 주소, 연락처 등의 변경사항이 있을 경우, 즉시 [출원인코드 정보변경(경정), 정정신고서]를 제출하여야 출원 이후의 각종 통지서를 정상적으로 받을 수 있습니다.
※ 특허로(patent.go.kr) 접속 > 민원서식다운로드 > 특허법 시행규칙 별지 제5호 서식

4. 특허(실용신안등록)출원은 명세서 또는 도면의 보정이 필요한 경우, 등록결정 이전 또는 의견서 제출기간 이내에 출원서에 최초로 첨부된 명세서 또는 도면에 기재된 사항의 범위 안에서 보정할 수 있습니다.

5. 외국으로 출원하고자 하는 경우 PCT 제도(특허·실용신안)나 마드리드 제도(상표)를 이용할 수 있습니다. 국내출원일을 외국에서 인정받고자 하는 경우에는 국내출원일로부터 일정한 기간 내에 외국에 출원하여야 우선권을 인정받을 수 있습니다.
※ 제도 안내 : http://www.kipo.go.kr-특허마당-PCT/마드리드
※ 우선권 인정기간 : 특허·실용신안은 12개월, 상표·디자인은 6개월 이내
※ 미국특허상표청의 선출원을 기초로 우리나라에 우선권주장출원 시, 선출원이 미공개상태이면, 우선일로부터 16개월 이내에 미국특허상표청에 [전자적교환허가서(PTO/SB/39)를 제출하거나 우리나라에 우선권 증명서류를 제출하여야 합니다.

6. 본 출원사실을 외부에 표시하고자 하는 경우에는 아래와 같이 하여야 하며, 이를 위반할 경우 관련법령에 따라 처벌을 받을 수 있습니다.
※ 특허출원 10-2010-0000000, 상표등록출원 40-2010-0000000

7. 기타 심사 절차에 관한 사항은 동봉된 안내서를 참조하시기 바랍니다.

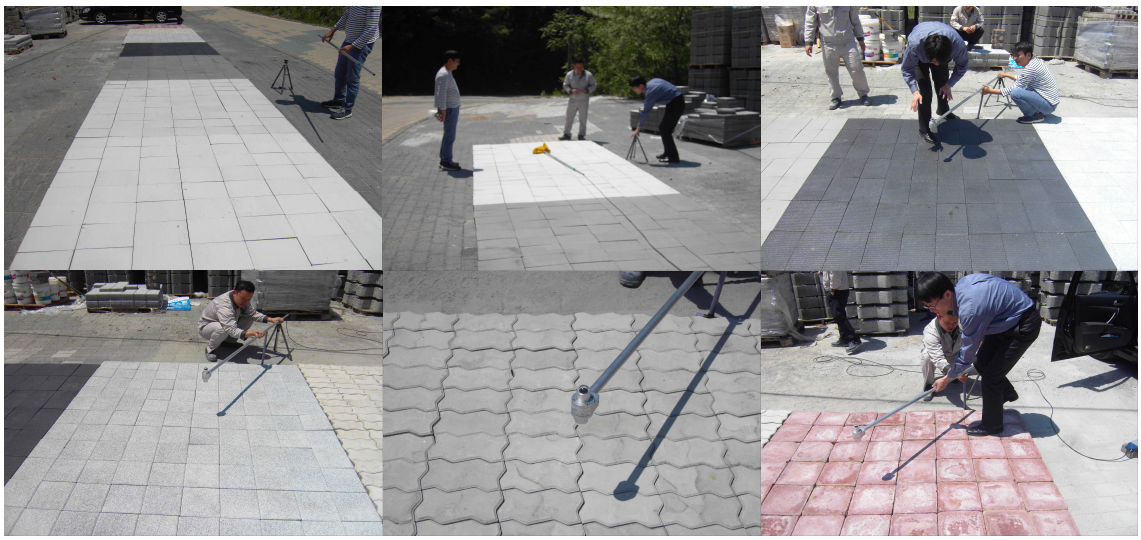
주관연구기관	도시 표면온도 저감이 가능한 태양열 차단 보도 블럭 개발	관련 성과지표 (KPI)
Activity (A19~A20)	태양열 고반사 블록의 실증화	Mock-Up 및 현장 Test
(주)에코청진		

목적	Mock-Up 시험체 제작 및 현장 적용을 통한 실증화		
단계	**내용**	**관련 사진**	**산출물**
Mock-Up 시험체 제작 및 Test	▪ Hybrid Block 시제품 외 4가지의 시험체를 설치하여 각각의 표면온도를 비교 분석	 	
현장적용 시험체 제작 및 Test	▪ Hybrid Block 시제품과 인조화강석블록 시험체를 설치하여 동일한 색상에 대한 각각의 표면온도를 비교 분석		
관련 목표 성과물	Hybrid Block 시제품 외 5가지 시험체 각각의 표면온도 비교 분석		

A19	현장적용을 통한 태양열 고반사 블록의 실증화
단계	Mock-Up Test

연구내용

본 보고서는 기존 제품과 Hybrid Blcok 시제품의 Mock-Up Test를 진행하여, 표면온도 특성 평가를 통한 차별성을 검증하기 위한 실험이다.



[표면온도 측정 제품]

(1) 제품

① Composite Block White ② Hybrid Block White
③ 아스팔트 Black ④ 인조화강석블록 White ⑤ 점토바닥벽돌 Red

(2) 실험방법

적외선 열화상 카메라 Micro-Epsilon社의 Thermo IMAGER TIM 230을 사용하여, 각 블록에 대한 표면온도를 오전 09시 30분부터 매 시간 마다 오후 07시 30분까지 10회 측정하였다.

① Measuring ranges : -20 to 100°C / 0 to 250°C / 150 to 900°C/ optionally up to 1500°C
② Optical resolution 160x120 IR / 640x480VIS
③ Spectral range 7.5 to 13μm
④ Excellent thermal sensitivity of 0.08K(NETD)
⑤ Exchangeable lenses with 6°FOV



[표면온도 측정 장비 - 적외선 열화상 카메라]

(3) 측정 조건

각 블록을 현장에 적용하고, 각 블록의 일부분은 공용 후 오염이 표면온도에 미치는 영향을 평가하기 위하여, 25ton 트럭으로 스키드 마크를 형성시켜, 깨끗한 표면과의 비교를 평가하였다. 본 실험은 2015년 05월 22일 오전 9시 30분 ~ 오후 07시 30분까지 Micro-Epsilon社의 Thermo IMAGER TIM 230을 사용하여 매 1시간마다 측정하였다. 그 결과는 다음과 같다.

(가) 대기기후 현황

현장 표면온도 측정 실험을 진행한 2015년 05월 22일 기온 및 풍속, 강우량, 구름의 량 등은 다음과 같다.

구분	자료
평균기온	20.5℃
최고기온	30.5℃
일 평균 운량	1.5
일 강수량	0㎜
일 평균 풍속	2.8m/sec
일 평균 상대습도	61.5%
일조시간	12.6시간

※ 운량 : 강수 유무와 관계없이 하루 평균 구름의 양
(맑음 0-2, 구름 조금 3-5, 구름 많음 6-8, 흐림 9-10).

(4) 사후관리방안

(가) 개요

바닥은 시멘트계 코팅 또는 아크릴계를 기초로 한 고분자 코팅과 같은 아크릴계 탄성중합체 코팅을 표면에 처리하였다. 몇몇 바닥의 알베도는 알베도의 저감이 영구적인 것인지를 확인하기 위해 세척 전과 후에 대한 측정을 실시하였다.

국내·외 자료에서 대부분의 알베도 저하는 시공 후 첫 해에 발생되고, 심지어 2달 이내에 발생된다고 나타냈다. 한 구획의 바닥에서, 시공 후 2달 만에 70%의 알베도 저하가 발생했다. 1년이 지난 후, 알베도의 저하는 매우 느리며, 2년이 지난 후에도 알베도는 매우 작은 저하를 나타냈다. 1993년 저자 Akbari에 의해 계절에 따른 냉방 에너지 절감의 측정은 알베도 저감이 가장 심한 2달 이후의 영향을 측정했다. 국내·외 자료에서는 축적된 오염 때문에 1년이 지난 후 냉방 에너지 절약이 20%의 손실을 예상했다.

하지만, 대부분의 바닥을 청소할시, 그 알베도는 초기 알베도의 90%까지 복원되었다. 비록 세척은 알베도를 회복시키는 영향을 주지만, 에너지 절약에 대한 증가는 일시적이고 인건비는 에너지 절약보다 더 중요하다. 국내·외 자료의 계산은 단지 에너지 절약을 달성하기 위해 높은 알베도 바닥을 청소하는 사람을 고용하는 비용이 효율적이지 않기 때문에, 오염에 저항하는 높은 알베도 코팅을 개발하고 검토하는 것이 더욱 유용할 것이라고 설명한다.

높은 알베도 바닥 코팅은 건물 냉·난방 사용을 줄일 수 있고, 대규모로 적용된다

면, 여름철 도시 온도를 저감시킬 수 있다. 태양 에너지의 흡수를 저감시키는 방법으로, 높은 알베도 코팅은 바닥의 표면 온도와 건물 내장재에 열-전달을 감소시킨다. 바닥의 낮은 표면 온도는 도시 공기 온도를 줄이는데 기여한다(저자 Akbari, 1988). 냉방 에너지의 절약을 극대화하기 위해, 높은 알베도 바닥 코팅은 1) 높은 태양 반사율(가시광과 근 적외선 영역 모두) 2) 높은 적외선 방사율 및 3) 코팅의 수명에 대한 특성 유지를 해야 한다.

(나) 배경 검토

① 알베도의 정의

0.28 ~ 2.8㎛ 이내에서 통합 반구형의 반사율을 적용하는 용어를 "알베도"라고 한다. 그러나 알베도는 명확하게 정의된 매개 변수가 아니다. 경사진 바닥은 주변과 지표면에 의해 다시 반사된 일부 복사에너지를 받기 때문에, 입사된 복사에너지의 분광분포는 수평적인 바닥에서 보다 차이가 있다. 주변에서 바닥에 도달하는 복사에너지의 분광분포는 시간적으로 다양할 수 있다. 이 연구에서 경사진 바닥의 알베도를 평가하기 위해, 가능한(출사 복사에너지의 검출 최소화를 위한) 바닥의 정점에 가까운 바닥 표면에 평행한 평면 판위에 통합 반구형 입사 복사에너지를 측정해야 한다.

② 풍화작용의 영향

에너지 효율의 척도로서 반사 바닥 코팅의 성능은 알베도에 직접적으로 관련된 것이다. 바닥의 온도는 상당 외기 온도와 대략 동일하다, T_{sa}의 정의는 다음과 같다.

$$T_{sa} = T_o + \frac{(1 - A_S)I_t - \epsilon\delta R}{h_a}$$

여기에서, T_o = 외부온도,℃

A_s = 알베도

I_t = 표면에 입사된 총 태양 복사에너지, W/㎡

ϵ = 표면의 반구 방출

δR = 외부 공기 온도에 검은색 본체에 의해 방사된 것과 주변과 표면 사이에 입사된 다른 온도의 복사에너지, W/㎡

h_a = 외부 표면에 대류와 장파장의 복사에너지에 의한 열 변환의 계수, W/㎡℃

초기에 높은 방사율을 가진 재료가 있다고 가정하고, 풍화 발생으로 방사율에 대한 변화는 대부분 중요하게 작용하지 않는다. 그러나, 알베도는 표면 축적 및 재료의 열화 때문에 초기 알베도가 높은 경우에 감소하고, 초기 알베도가 낮은 경우는 증가할 가능성이 있다. 오염과 식물 생장이 표면에 축적되는 것은 물에 용해되는 정도(수용성)에 따라 영구적일 수도 있고 그렇지 않을 수도 있다. 그러나 열화는 재료에 화학적 변화를 유발하여 영구적으로 알베도를 저감된 상태로 유지시킬 수 있다. 일사(특히 자외선), 습기(이슬, 비, 습도), 온도(바닥의 시간-평균적 온도), 자연 및 인위적인 오염 물질[특히 연무제(aerosols)와 산성침적)은 바닥 코팅의 주요 저해 요소이다(Anderson, 1990).

③ 고분자 분해

충분한 에너지를 가진 자외선(UV) 광자가 고분자에 흡수된 그룹(발색단 또는 불순물)을 파괴시킬 때 고분자의 광분해가 시작된다.

$$Q=h\ v$$

여기에서, Q = 복사에너지, J

h = 플랑크상수, 6.625×10^{-34} J·s

v = 주파수, sec^{-1}

높은 주파수의 요소와 같이 파열(Wave Train)은 더 많은 복사에너지를 전달하기 때문이다. 빛의 흡수는 고분자를 활성 상태로 생성시키며, 에너지가 방출되지 않는 경우, 이는 활성 산소를 생성하기 위해 결합 분열을 겪게 될 것이다(Silberglitt & Le, 1990). 활성 산소와 O_2(산화) 사이의 연쇄 반응 다음에 고분자 분해로 이어진다.

[유기화합물의 결합 강도에 비해 자외선 광의 에너지 함량(Lappin, 1971)]

파장(㎛)	에너지(kJ/ein)	결합	결합 에너지(kJ/mol)
0.20	418	C-H	356 - 418
0.30	398	C-C	314 - 335
		C-O	314 - 335
0.35	339	C-Cl	293 - 335
0.40	297	C-N	251 - 272

※ein : Einstein(아인슈타인) 광자의 Avagadro's number

성층권의 오존과 대기 밖에 산소와 질소에 의해 흡수되기 때문에, 지구의 표면에 도달하는 태양 복사에너지는 0.29㎛보다 크다. 자외선 영역 0.3 ~ 0.4㎛로부터 확대는 광자의 높은 에너지 때문에 코팅이 대부분 광화학적으로 유도된 분해가 된다. 위 표에 나타낸 바와 같이, 태양 자외선(UV)의 각 양자 에너지는 고분자 재료에서 공유 결합 구축 에너지를 분열시키기에 충분한 에너지를 가지고 있다.(Sylvester, 1991).

모든 유기물 및 대부분의 무기 안료는 일광에 분해된다. 이산화티탄 안료는 대부분 흰색 바닥 코팅에 사용되며, 열역학적으로 안정적이지만 강한 자외선 흡수제이기 때문에 결합제의 분해에 기여한다. 자외선 흡수제로, 도장 막과 자외선의 활성화된 산화 촉매로서 작용한다(Braun, 1987).

광분해 이외에 수분, 온도, 오염 물질이 코팅에 손상을 줄 수 있다. 예를 들어, 습도와 온도의 변화는 코팅의 팽창 및 수축으로 인해 균열을 발생시킬 수 있다(Pappas, 1989).

④ 상호작용 효과

수분, 온도 및 광의 영향은 바닥 표면의 열화의 속도를 증가시키기 위해 동시에 작용할 수 있다. 그것들은 온도와 산화 분해, 가수 분해 및 산화 분해, 대기 오염 물

질 및 가수 분해 사이의 상호 작용에 대한 연관성이 있다. 예를 들어, 아크릴-멜라민 코팅의 연구는 광 노출과 함께 높은 수분 및 가수 분해에서 증폭된 광-산화 분해를 보여준다(Griffin, 1982). -12℃의 표면 온도는 유기 물질의 산화 속도를 2배 증가시킨다. 시공된 바닥에서, 일광과 광산화에 의해 신설 콘크리트가 노출되기 때문에, 물은 산화된 콘크리트 계 혼합물을 용해시킨다(Griffin, 1982).
이것은 안정화제를 첨가함으로써, 자외선(UV) 분해에 저항하는 코팅을 가능하게 한다. 일반적으로, 코팅은 1) 0.29㎛이상의 파장 빛을 흡수 2) 쉽게 추출된 수소 원자를 가지거나 3) 쉽게 가수 분해되는 것과 같이 수지 성분의 최소로 구성되어야 한다. 고분자에서 수소의 추출은 광산화 분해를 선도하는 핵심 절차이다. Pappas의 작용기 목록은 인접한 탄소 원자로부터 H-원자의 추출을 촉진시키고, 작용기는 그들의 중요한 순서대로 가수 분해될 수 있다고 나타냈다. 가수 분해와 개연성이 없는 작용기는 산화를 촉진할 가능성이 더욱 적다. 그 광산화 절차는 1) 고분자에 의해 흡수된 빛을 줄이는 빛 흡수제 2) 산화 분해를 줄이는 산화 방지제 또는 활성화 상태 고분자의 결합 절단과 함께 대항할 수 있다(Pappas, 1989).

⑤ 풍화 영향의 평가
냉·난방 장치의 에너지 절약을 위해, 바닥 코팅의 목적은 바닥 내부로 열전달을 감소시키거나, 야간 복사에너지를 높이는 것이다. 알베도 측정은 태양 반사기로 재료의 성능을 결정하는 한 가지 방법이다. 또 다른 방법은 통제된 조건 하에서 서로 다른 물질의 표면 온도를 비교하는 것이다.

연구결과

(1) 표면오염에 따른 표면온도 비교

본 연구에서 개발된 Composite Block의 경우, 다양한 색상을 발현할 수 있다. 이를 공용 후 오염을 시킨 부분과 깨끗한 부분을 구분하여 실시하였다. 그 결과, 깨끗한 부분과 오염이 된 부분의 경우 표면온도 차가 약 2.6 ~ 4.5℃ 차이가 발생하였다. 또한, 이 현상과 유사한 제품으로 인조화강석블록 W, 점토바닥벽돌 R는 표면온도 차가 각각 +1.6 ~ +3.1℃, +0.8 ~ +2.8℃ 차이를 나타냈다. 따라서 표면의 색상이 밝을수록 표면오염에 의한 표면온도 차의 범위가 크게 발생하였으며, 본 연구에서 개발된 2차 연마를 한 Composite Block도 예외는 아니었다.
또한, 이와 반대의 결과를 나타낸 제품은 아스팔트 B로 표면오염에 따른 표면온도 차가 -0.2 ~ -3.8℃까지 온도가 내려가는 결과를 나타냈다. 이는 제품 표면의 색상이 어두우면, 표면오염에 의해 색상이 밝아지므로 표면온도가 내려가는 것이다.
하지만, 본 연구에서 개발된 Hybrid Block W는 표면온도 차가 각각 +0.2 ~ +1.2℃, +0.2 ~ +0.7℃ 상승하였다. 따라서, 표면처리를 하지 않은 블록 보다는 고반사 코팅 재료 조성물을 적용한 블록의 표면온도 상승효과가 적다는 것을 확인하였다.

(가) 공용 후 깨끗한 표면(평균온도 및 최저온도)

구분	1회	2회	3회	4회	5회	6회	7회	8회	9회
Composite Block W	27.9 (26.3)	31.9 (30.2)	36.2 (35.1)	39.3 (37.2)	41.5 (39.5)	38.8 (37.0)	37.3 (35.4)	32.4 (30.8)	25.8 (24.4)
Hybrid Block W	26.8 (25.1)	31.1 (29.3)	35.9 (34.2)	36.4 (34.2)	40.9 (38.7)	39.2 (37.2)	36.9 (35.0)	33.1 (31.2)	24.9 (23.6)
네오스톤블록 W	32.1 (31.1)	35.1 (33.7)	40.5 (39.2)	44.9 (43.4)	46.1 (44.8)	44.2 (43.2)	40.0 (39.2)	34.8 (34.7)	26.0 (25.3)
아스팔트 B	38.3 (35.8)	46.4 (45.0)	52.7 (50.1)	57.1 (54.3)	56.9 (54.8)	54.0 (51.8)	49.9 (47.7)	40.5 (38.6)	30.5 (29.1)
점토바닥벽돌 R	31.1 (30.2)	43.6 (42.2)	45.1 (41.9)	49.4 (46.8)	49.6 (47.7)	46.7 (45.9)	43.5 (41.7)	38.7 (37.4)	28.3 (26.9)

(나) 공용 후 오염된 표면(평균온도와 최저온도)

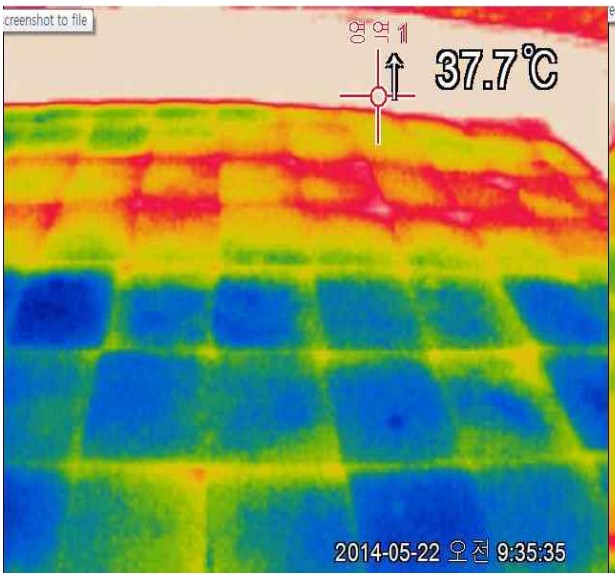
구분	1회	2회	3회	4회	5회	6회	7회	8회	9회
Composite Block W	31.0 (28.9)	35.4 (33.2)	40.7 (38.1)	43.6 (40.9)	45.6 (42.8)	42.4 (39.9)	41.2 (38.7)	35.6 (33.4)	28.4 (26.9)
Hybrid Block W	27.4 (30.9)	32.3 (29.7)	36.1 (34.9)	36.6 (34.5)	41.4 (39.2)	39.7 (37.6)	37.1 (35.2)	33.3 (31.6)	25.4 (24.1)
네오스톤블록 W	33.7 (32.6)	37.7 (36.5)	42.9 (41.9)	47.9 (46.4)	48.7 (47.4)	46.3 (45.3)	43.1 (41.7)	37.5 (36.4)	28.7 (27.8)
아스팔트 B	36.0 (34.4)	45.1 (44.0)	49.9 (48.8)	56.9 (54.7)	56.2 (55.1)	52.4 (50.4)	49.5 (48.2)	41.3 (40.3)	30.4 (29.1)
점토바닥벽돌 R	33.9 (32.7)	45.7 (44.1)	45.9 (43.8)	51.5 (49.7)	51.2 (49.3)	49.7 (47.7)	44.7 (43.8)	40.0 (38.7)	29.2 (28.1)

(2) 제품에 따른 표면온도 비교

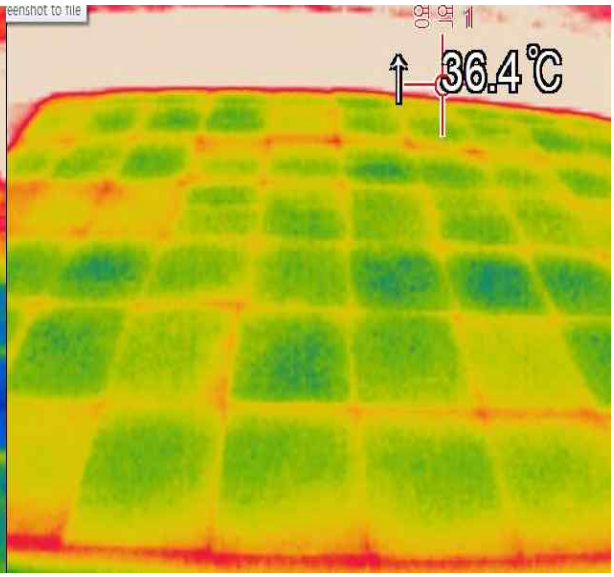
제품에 따른 표면온도 비교는 표면온도가 가장 높은 시점인 오후 2시 30분에 측정한 결과 값을 비교하면 된다. 위 표 순서에 따라 제품 각각의 표면온도를 살펴보면, 41.5℃(Composite Block W), 40.9℃(Hybrid Block W), 46.1℃(인조화강석블록 W), 57.1℃(아스팔트 B), 49.6℃(점토바닥벽돌 R)로 나타났다.

따라서, 동일한 색상에 대비하여 개발된 Hybrid Block은 5.2℃ 차가 발생하였으며, 다른 색상인 아스팔트 대용인 인터로킹블록 B와는 16.2℃ 차가 발생하였다.

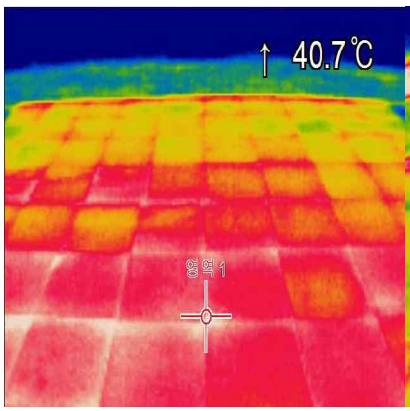
(가) 오전 09시 30분(측정 1회)



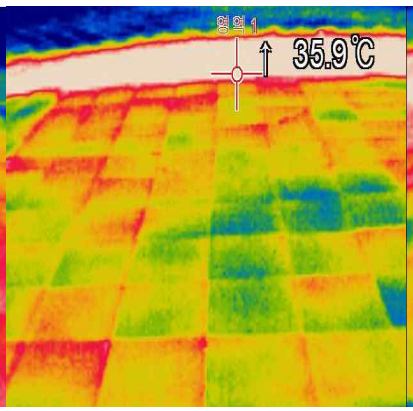
Composite Block W



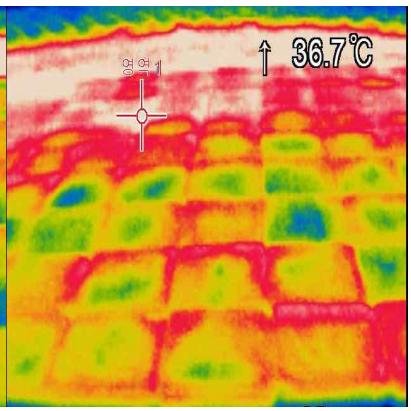
Hybrid Block W



아스팔트 B

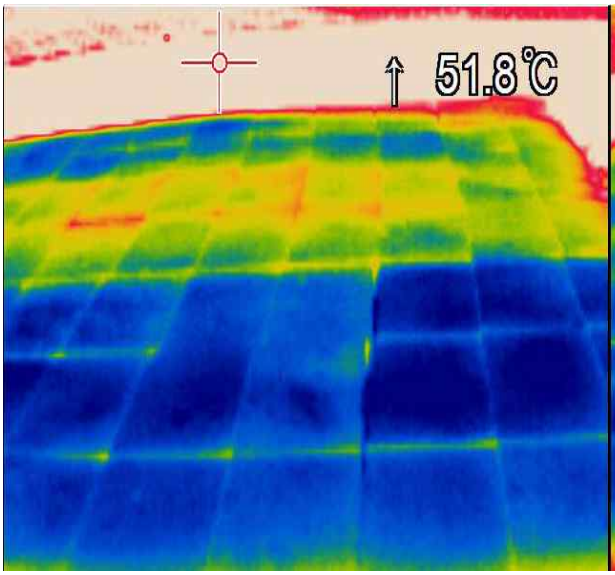


네오스톤블록 W

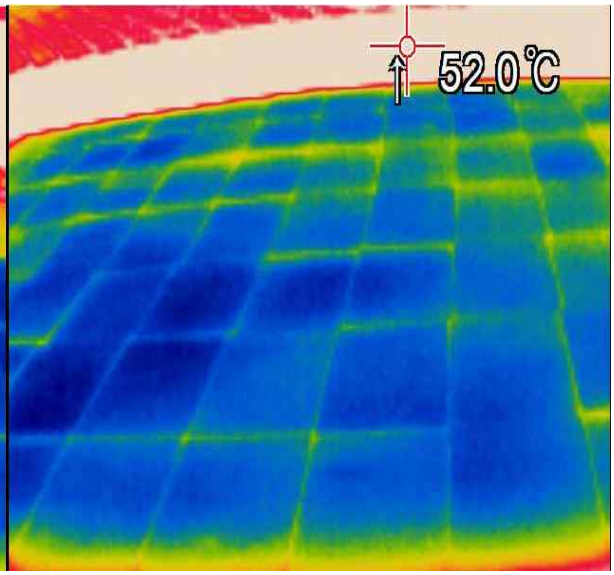


점토바닥벽돌 R

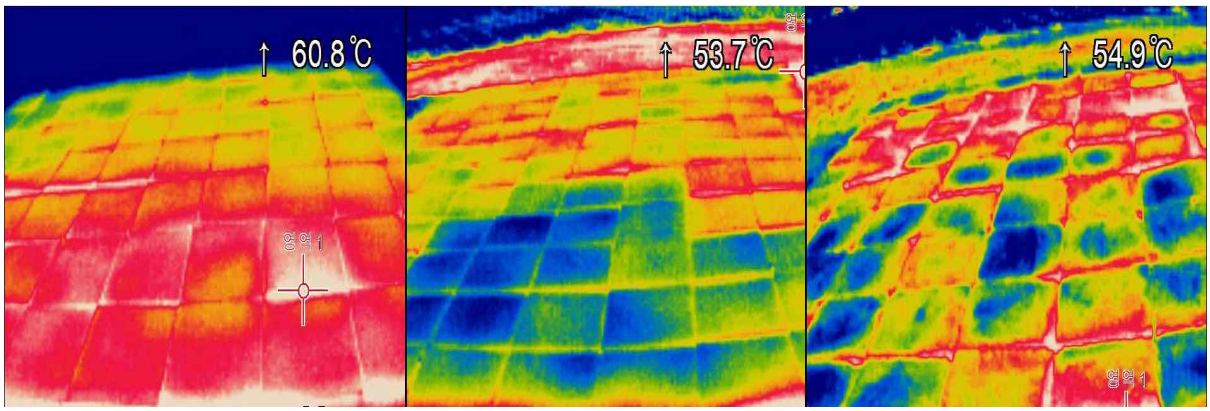
(나) 오후 02시 30분(표면온도가 가장 높은 시간 - 측정 5회)



Composite Block W

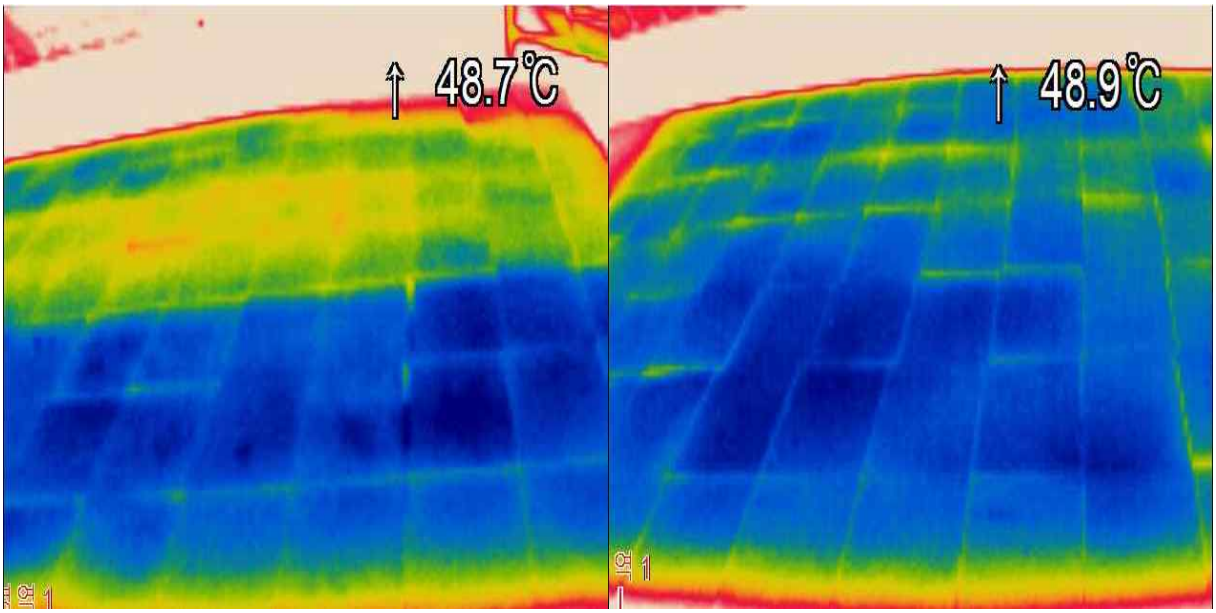


Hybrid Block W

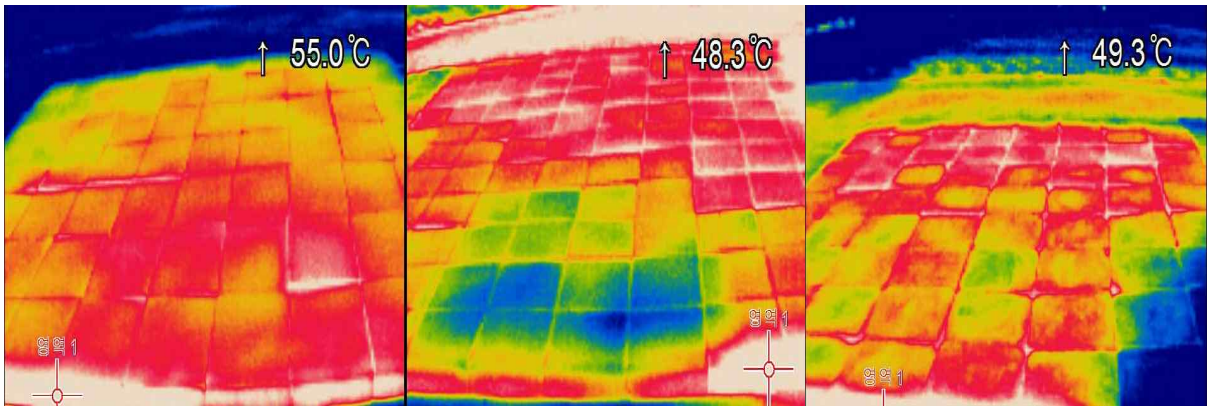


아스팔트대용블록 B　　네오스톤블록 W　　점토바닥벽돌 R

(다) 오후 04시 30분(측정 7회)

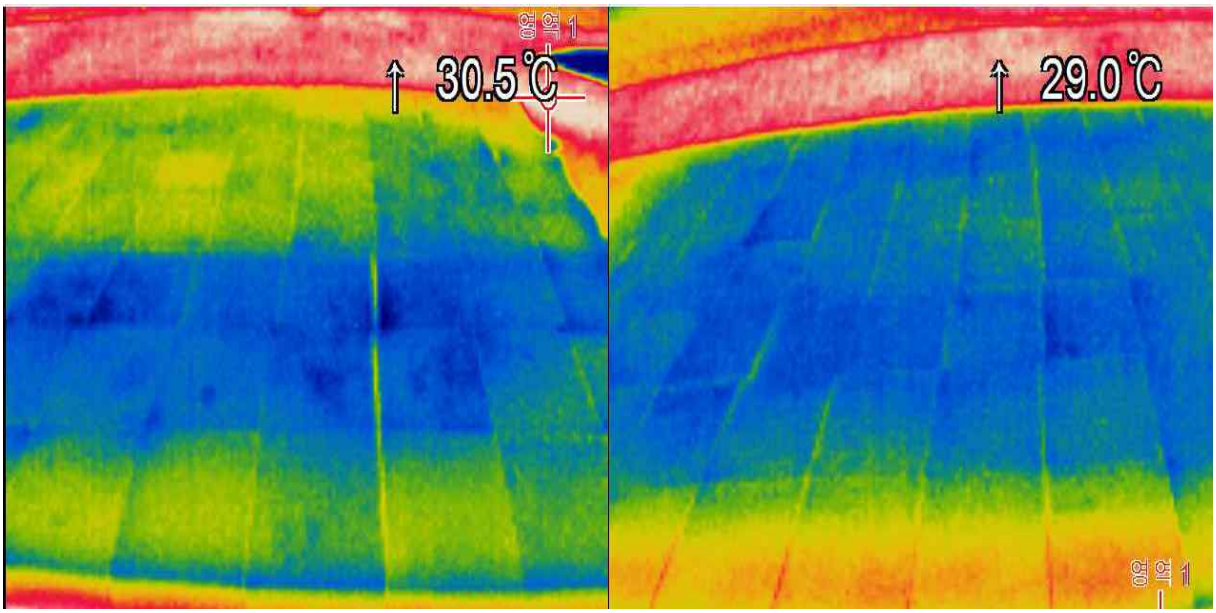


Composite Block W　　Hybrid Block W

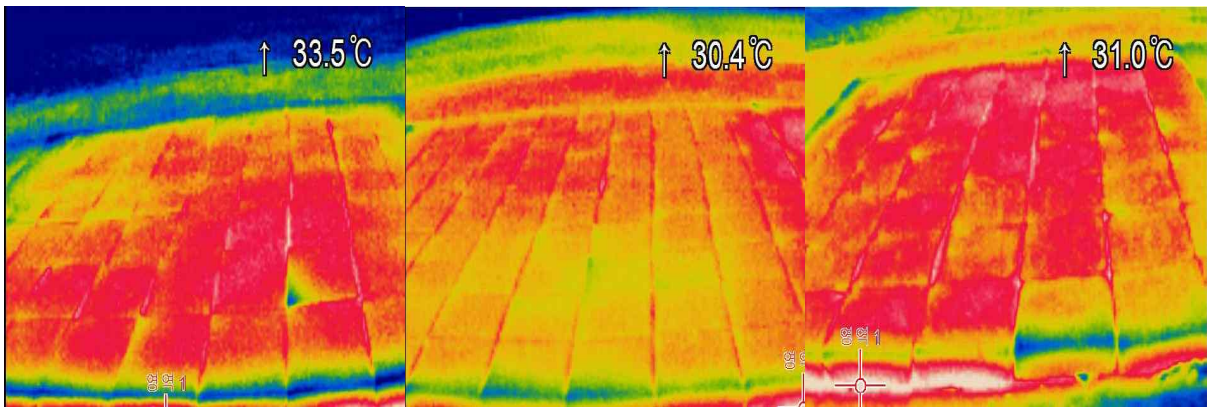


아스팔트대용블록 B　　네오스톤블록 W　　점토바닥벽돌 R

(라) 오후 07시 30분(측정 9회)



Composite Block W　　Hybrid Block W



아스팔트 대용블록 B　　네오스톤블록 W　　점토바닥벽돌 R

(3) 사후관리방안

(가) 바닥재와 시편의 선택

코팅 #1 아크릴을 기반으로 한 흰색 폴리머 코팅.

코팅 #2 널리 사용되는 수지와 흰색 아크릴 기반의 코팅.

코팅 #3 흰색 시멘트 코팅. 백 시멘트, 이산화티탄 및 수지 결합제의 건조 혼합물을 현장에서 물과 결합.

[반구형 분광 반사율 측정을 위한 바닥 코팅 샘플]

코팅 번호	도막 두께(㎜)	판 형태(L/㎡)	도장범위($/㎡)
1	0.4	판지	0.7
2	1.0	고무	1.9
3	0.6	광물 판	1.6

(나) 세척의 영향

코팅 #1과 코팅 #2와 같은 바닥 표면은 여러 가지 방법을 사용하여 세척하였다. 대부분의 바닥은 비누와 물과 함께 수세미를 사용하여 세척하였다. 2가지의 바닥은 압축-세척으로 세척하였지만, 바닥에 대한 알베도 측정이 없었기 때문에, 세척 효과를 추정할 수 없었다. 다른 바닥은 세척 방법 간의 비교를 위해, 다른 세척 구획으로 구성하였다. 1991년, 1992년, 1993년에 연속적으로 측정한 바닥에 대하여, 원래 값의 비율로 알베도 복원을 계산할 수 있다. 그 측정 번호는 본문에서 참조하기 위해 사용된다.

[매끈한 표면의 복원 알베도, 코팅 #1과 같이 코팅된 바닥]

측정번호	판 형태	코팅 재령 (Year)	알베도			복원(%)
			새제품	오염	세척	
한번세척	매끈한 판	1	0.79	0.59	0.64	81
21	매끈한 판	1	0.79	0.59	0.73	92
22	매끈한 판	2	0.79	0.61	0.76	96
2	금속 판	1	0.69	0.54	0.70	100

※ 오염 축적 1년 후 세척.

세척된 바닥으로 인해 발생하는 알베도의 증가는 여러 가지 요인에 의존하지만, 일반적으로 중요하다. 단순히 바닥을 호스로 씻어내는 것은 효과가 없다. 수세미와 비누가 사용되었을 때, 알베도는 알베도의 손실이 영구적이지 않음을 나타내는, 원래 값의 90% 이내로 복원되었다.

각 바닥의 초기 알베도를 모르기 때문에, 본 연구에서 다른 바닥에 대한 복원된 알베도에 세척의 영향 평가는 정확하지 않다. 비교를 위한 기초로서, 유사한 바닥의 알베도가 보정 계수를 곱한, 코팅 후 2개월에 측정한다. 보정 계수는 노출된 2개월 후 다른 바닥에 알베도가 감소하는 것에 근거한다. 아래 표는 바닥의 추측된 알베도 복원을 나타냈다. 코팅 전 좋지 않은 상태에 거친 바닥을 형성시키며, 코팅의 점착성에 영향을 미치고, 풍화를 악화시킨 것을 측정하였다. 몇몇 지역은 주변 나무나 바닥에 있는 HVAC(Heating, Ventilation, Air Conditioning) 설비에 의해 얼룩이 발생되었다. 바닥을 청소하는데 사용되는 방법으로, 거친 표면과 같은 바닥보다 매끈한 표면을 가진 바닥이 더 쉽게 청소된다.

[코팅 #2와 같이 거친 표면 바닥의 예상 알베도 복원]

측정번호	판 형태	코팅 재령 (Years)	알베도		복원	비고
			오염	세척		
9	자갈	2	0.46	0.5	78	HVAC 설비 : 발색
10	자갈	4	0.45	0.53	83	
11	자갈	6	0.40	0.52	81	배수 불량 : 발색
12	자갈	6	0.45	0.53	83	HVAC 설비 : 발색

※ 이 바닥은 코팅 전 거친 표면을 가진 바닥이다.

이 자료는 저자 Akbari에 의해 건물 감시에 대한 연구에서 세척된 높은 알베도 바닥의 보존 에너지 계산된 비용을 사용한 것에 발취했다. 예상은 1,000㎾의 연간 냉각 에너지 사용과 세척을 통해 달성된 알베도의 평균 변화를 기준으로 한다. 경험을 바탕으로, 185㎡ 세척은 $25/인력-시간의 추측한 비용에 작업의 4명 인력-시간을 필요로 한다. $100/바닥의 비용으로, 비누와 물, 수세미와 같은 세척에 의한 바닥 청소 작업을 진행하는 사람을 고용하여, ~70센트/㎾h 보전된 에너지의 비용(CCE)으로 작업 되었다. 바닥에 호스를 이용한 물 세척은, 25$의 비용으로 1인력/시간에 대해, 0.05의 알베도 증가시켜, ~60센트/㎾h의 보전된 에너지의 비용(CCE)의 결과를 나타냈다. 절약되긴 하지만 기후와 집의 특성에 의존해야하며, 본 보고서는 바닥을 세척함으로써 절약이 일계성(One Season)을 얻는 것을 나타냈다. 따라서 높은 알베도 또는 호스를 이용하여 물을 분사하여 바닥을 세척한 것은 대부분의 바닥에 대한 효과적 비용은 아니다. 한 장소에 세척을 할 경우, 여름 직 전에 실시한 세척은 냉방 에너지 절약을 최대화할 것이다. 그것은 개발된 코팅제를 사용해야지만, 호스를 이용한 물 분사로 쉽게 청소가 되고 잦은 세척 또는 호스를 이용한 물 분사를 하지 않고도 오염 저항성을 가질 것이다.

(다) 결론

고반사 블록의 시공 후 사후 관리를 위해, 높은 알베도 바닥의 노화 특성을 해결하기 위해서 설명했다. 알베도의 감소는 코팅 자체, 표면의 질감, 바닥의 기울기와 오염과 쓰레기에 따라 달라진다. 일반적으로, 알베도의 가장 큰 연례 감소는, 20% 정도가 첫해에 발생하는 것으로 예상된다. 이 감소는, 보고된 냉방 에너지 절약 측정에 이미 포함되어 있다. 2년 후, 알베도 증가에 대한 감소는 작을 수 있으며, 첫 해에 측정된 절약의 20%에 의해 연간 절약 추정치를 저하시킨다. 대부분의 경우, 높은 알베도 코팅을 세척하면, 원래 값의 90~100% 이내로 알베도 값을 되돌릴 수 있다. 먼지의 축적이 첫 번째 달에 결합을 발생시킬 수 있기 때문에, 세척한 바닥으로부터 효과는 짧은 기간이다.

연구성과 및 활용

- 표면처리를 하지 않은 블록보다는 고반사 코팅재료 조성물을 적용한 블록의 표면온도 상승효과가 적다.
- 동일한 색상에 대비하여 개발된 Hybrid Block은 5.2℃ 차가 발생하였으며, 다른 색상인 아스팔트 대용인 인터로킹블록 B와는 16.2℃ 차가 발생함.
- 세척은 냉방 에너지 절약에 대한 것 만이라면, 비용 절약에 대한 영향이 적고, 여름 전 짧은 기간에만 작용된다. 본 보고서에서 발견한 바닥 코팅의 명백한 차이는 냉각 에너지 절약을 위해 사용될 수 있는 높은 알베도 코팅의 확실한 내구성 시험과 품질 시험에 대한 필요성을 나타내는 것이다.

A20	현장적용을 통한 태양열 고반사 블록의 실증화
단계	현장적용 Test

연구내용

본 보고서는 기존 제품과 Hybrid Blcok 시제품의 현장적용 Test를 진행하여, 표면온도 특성 평가를 통한 차별성을 검증하기 위한 실험이며, Hybrid Block의 경우, White, Black, Gray, Yellow, Red로 다양한 색상을 발현할 수 있다. 이를 인조화강석블록 White, Black, Gray, Yellow, Red와 같이 경상북도 성주군 성주읍 성밖숲길 보도에 50m씩 시공하였다.



(1) 제품

① Hybrid Block White ② Hybrid Block Black ③ Hybrid Block Gray
④ Hybrid Block Yellow ⑤ Hybrid Block Red
⑥ 인조화강석블록 White ⑦ 인조화강석블록 Black ⑧ 인조화강석블록 Gray
⑨ 인조화강석블록 Yellow ⑩ 인조화강석블록 Red

(2) 실험방법

적외선 열화상 카메라 Micro-Epsilon社의 Thermo IMAGER TIM 230과 라디안에서 제작한 SDL-350R 데이터 로거에 표면온도 측정 센서를 연결하여, 각 블록에 대한 표면온도를 오전 09시 30분부터 매 시간 마다 오후 07시 30분가지 11회 측정하였다.

또한, 알베도 센서(SRA-01)는 태양광과 반사광의 입사량에 비례하는 전압을 발생시키며, 이를 전압을 측정할 수 있는 모듈(NI-9211)에서 디지털로 변환하여 사용자 컴퓨터로 정보를 넘겨 알베도 측정시스템을 구축하였다.

(가) 적외선 열화상 카메라

① Measuring ranges : -20 to 100°C / 0 to 250°C / 150 to 900°C/ optionally up to 1500°C
② Optical resolution 160x120 IR / 640x480 VIS
③ Spectral range 7.5 to 13μm
④ Excellent thermal sensitivity of 0.08K (NETD)
⑤ Exchangeable lenses with 6°FOV



[표면온도 측정 장비 - 적외선 열화상 카메라]

(나) 알베도 측정시스템

알베도 센서 SRA-01의 특성 중 Spectral range를 보면 태양광의 305 ~ 2,800nm 파장대의 에너지를 측정할 수 있다. 이는 태양광 스펙트럼의 대부분을 감지할 수 있으며 따라서 본 연구에 적용하기 충분하다.

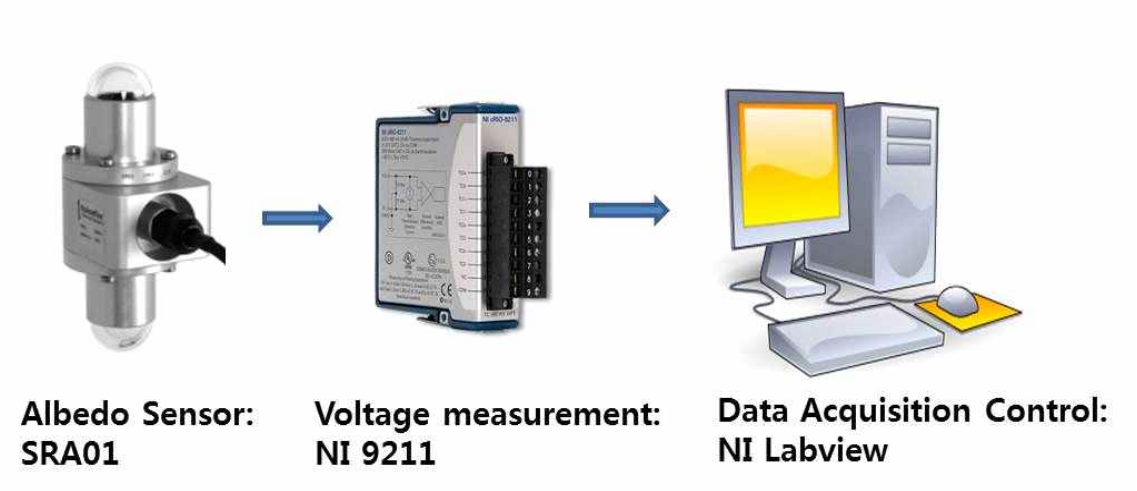
[알베도 센서 SR-01의 특성]

항 목	특 성
Pyranometer ISO classification	second class
Spectral range	305 to 2800 nm
Sensor sensitivity (nominal)	15 µV/Wm-2
Albedo range	0 to 100%
Temperature range	-40 to +80 °C

전압측정 모듈로서 National Instrument사의 NI-9211를 사용하였다. 아래 표3.2에 NI-9211의 기본적인 특성을 보여준다. NI-9211의 전압측정 범위는 160mV(-80~+80mV)이고 24bit의 해상도를 가지고 있다. 따라서 $160mV/2^{24} \approx 10^{-3}mV$의 이론적 해상도를 가지며, 이는 알베도센서 SRA-01이 가지는 민감도 15µV/Wm^{-2}를 측정하기에 충분한 해상도이다.

[전압측정모듈 NI-9211의 특성]

항 목	특 성
Channels	4
Differential Channels	4
Resolution	24 bits
Sample Rate	14 S/s
Maximum Voltage Range	-80 mV to 80 mV



[알베도 측정시스템의 구성]

(다) 표면온도 측정 센서

Hybrid Block 시제품과 인조화강석블록의 정밀한 표면온도를 측정하기 위해 정·동적 스트레인 측정기인 SDL-150R과 표면온도 측정 센서인 RTMK를 통해 실험을 진행하였다.

[SDL-150R의 특성]

항 목	특 성
Sampling speed	100 - 900㎲. in step of 100㎲ 1-132767㎳. in step of 1㎳.
Low-pass filter	Butterworth(30,100,300,1k)Hz-3dB±1dB
Low-pass Slope	-12dB±1dB/oct.
Frequency responce	DC-㎑(3dB±1dB)
High-pass filter Cut-off frequence	1.0Hz±0.05Hz
High-pass filter Slope	6dB±1dBoct.

표면온도 측정용 센서는 RTMK로 K type thermocouple와 Cable를 사용하여 SDL-150R과 연동시켜 표면온도를 측정하였다. 이는 -50 ~ 200℃까지 측정할 수 있는 센서로 10*10㎜의 크기를 가진다. 연장 선 또한, -50 ~ 200℃까지 측정할 수 있으며, 현장의 여건상 50m 4개, 25m 4개, 3m 2개로 측정하였다.

[RTMK의 특성]

항 목	특 성
Thermocouple Type	K Type thermocouple
Load Point	sus spot 용접(10*10)㎜

(3) 측정 조건

각 블록을 현장에 적용하고, 각 블록의 일부분은 공용 후 오염이 표면온도에 미치는 영향을 평가하였다. 본 실험은 2015년 09월 22일 ~ 10월 14일까지 5차례 실험하여, 표면온도가 가장 높은 날의 오전 9시 30분 ~ 오후 07시 30분까지 Micro - Epsilon社의 Thermo IMAGER TIM 230과 라디안에서 제작한 SDL-350R 데이터로거에 표면온도 측정 센서를 연결하여, 매 1시간마다 측정한 결과 값을 도출하였다. 그 결과는 다음과 같다.

(가) 대기기후 현황

현장 표면온도 측정 실험을 진행한 2015년 09월 22일 기온 및 풍속, 강우량, 구름의 량 등은 다음과 같다.

구분	자료
평균기온(℃)	20.5
최고기온(℃)	27.2
일 평균 운량	2.1
일 강수량(㎜)	-
일 평균 풍속(m/sec)	2.4
일 평균 상대습도(%)	78.3
일조시간(hr)	10.3

(나) 시제품 현장 시공



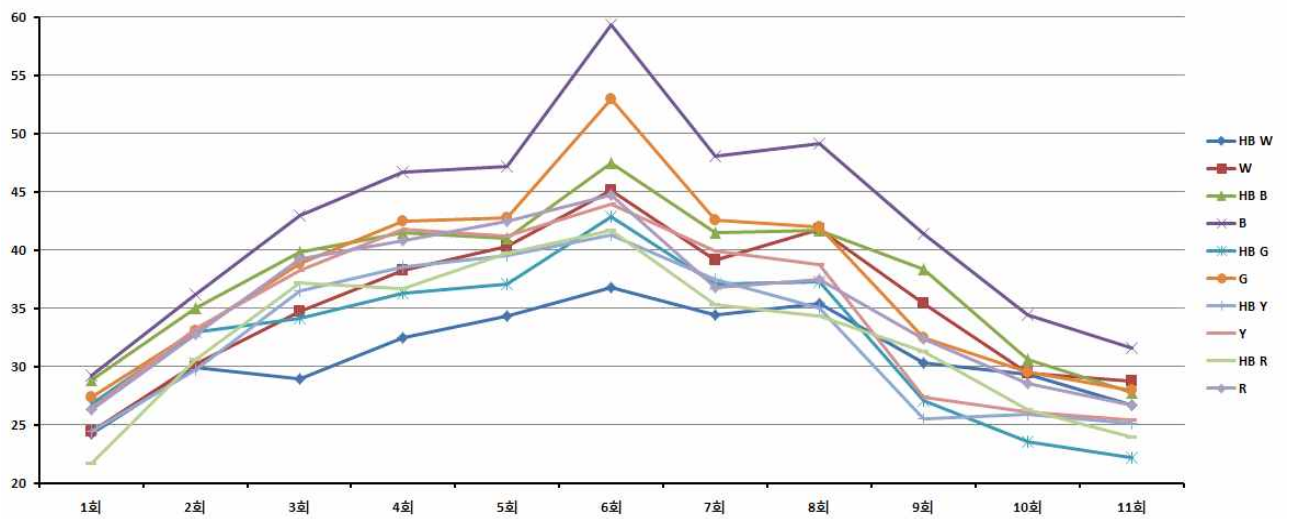
연구결과

(1) 적외선열화상카메라 표면 온도

본 연구에서 개발된 Hybrid Block White, Black, Gray, Yellow, Red와 인조화강석블록 White, Black, Gray, Yellow, Red와 같이 경상북도 성주군 성주읍 성밖숲 길 보도에 50m씩 구획을 분리하여 시공하고, 현장에서 적외선 열화상카메라로 매 시간마다 촬영하였다. 그 결과, 블록의 표면온도가 가장 높은 6회차(오후 2시)의 Hybrid Block White와 인조화강석블록 White는 각 36.8℃, 45.1℃로 8.3℃차가 발생했으며, Black은 각47.5℃, 59.3℃로 11.8℃차가 발생했다. 또한, Gray는 42.9℃, 53.0℃로 10.1℃차가 발생하였으며, Yellow는 41.3℃, 44.0℃로 2.7℃차와 Red는 41.7℃, 44.7℃로 3.0℃차가 발생했다. 따라서 Hybrid Block의 경우 모든 색상에서 인조화강석블록 보다 낮은 표면온도를 나타냈으며, 유색 제품일수록 표면온도 편차는 적게 나타났으며, White, Black, Gray의 경우, △-10℃ 차가 발생하였다. 하지만, 표면온도가 가장 낮은 Hybrid Block White의 경우 시간의 경과에 따라 떨어지는 온도가 늦어진다는 점은 최고점의 표면온도가 낮기 때문에 떨어지는 온도 폭이 적다고 판단되지만, 마지막 07시 30분 측정한 온도가 다른 유색 제품보다 온도가 높다는 것을 재검토한 결과, 현장에서 일사량이 Hybrid Block White가 가장 많은 것(그늘이 없음)에 따른 결과라고 판단된다.

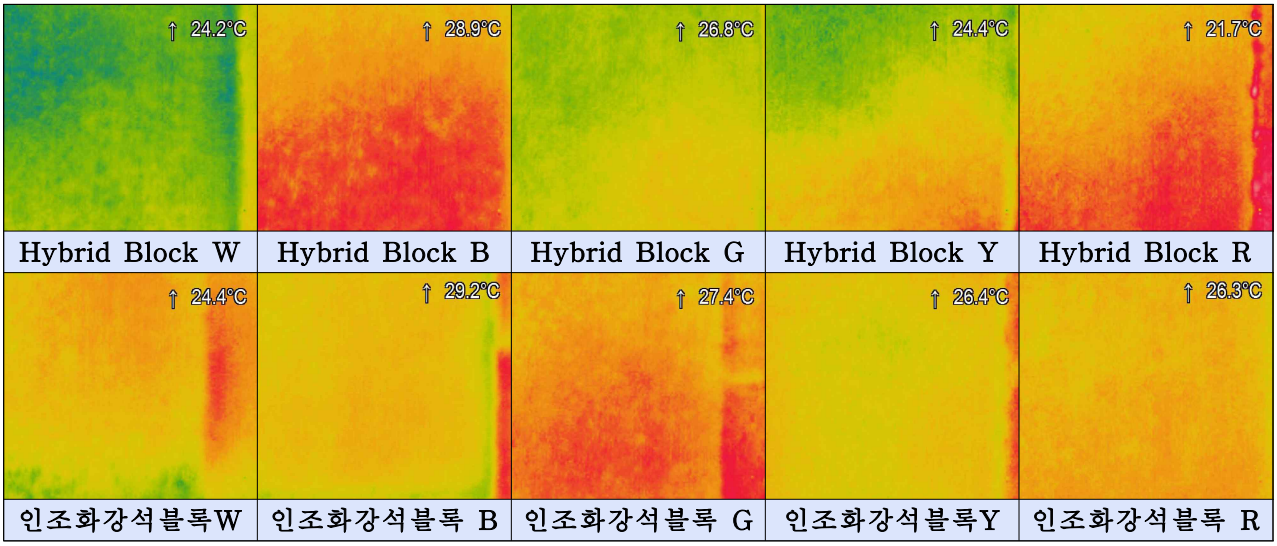
[현장 시공 블록 적외선열화상카메라에 의한 표면온도(최고온도)]

구분	1회	2회	3회	4회	5회	6회	7회	8회	9회	10회	11회
Hybrid Block W	24.2	29.9	29.0	32.5	34.3	35.8	34.4	35.4	30.3	29.3	26.7
인조화강석블록 W	24.4	30.2	34.7	38.3	40.3	45.1	39.1	41.8	35.4	29.4	28.8
Hybrid Block B	28.9	35.0	39.8	41.5	41.0	47.5	41.5	41.7	38.4	30.6	27.8
인조화강석블록 B	29.2	36.2	43.0	46.7	47.2	59.3	48.1	49.1	41.4	34.4	31.6
Hybrid Block G	26.8	33.0	34.1	36.3	37.1	42.9	37.1	37.3	27.1	23.6	22.2
인조화강석블록 G	27.4	33.1	38.9	42.5	42.8	53.0	42.6	42.0	32.5	29.5	28.0
Hybrid Block Y	24.4	29.7	36.5	38.6	39.5	41.3	37.5	35.0	25.5	25.9	25.1
인조화강석블록 Y	26.4	33.3	38.3	41.8	41.2	44.0	39.9	38.8	27.4	26.1	25.4
Hybrid Block R	21.7	30.6	37.2	36.7	39.7	41.7	35.3	34.3	31.3	26.3	24.0
인조화강석블록 R	26.3	32.8	39.2	40.8	42.5	44.7	36.8	37.5	32.4	28.6	26.7

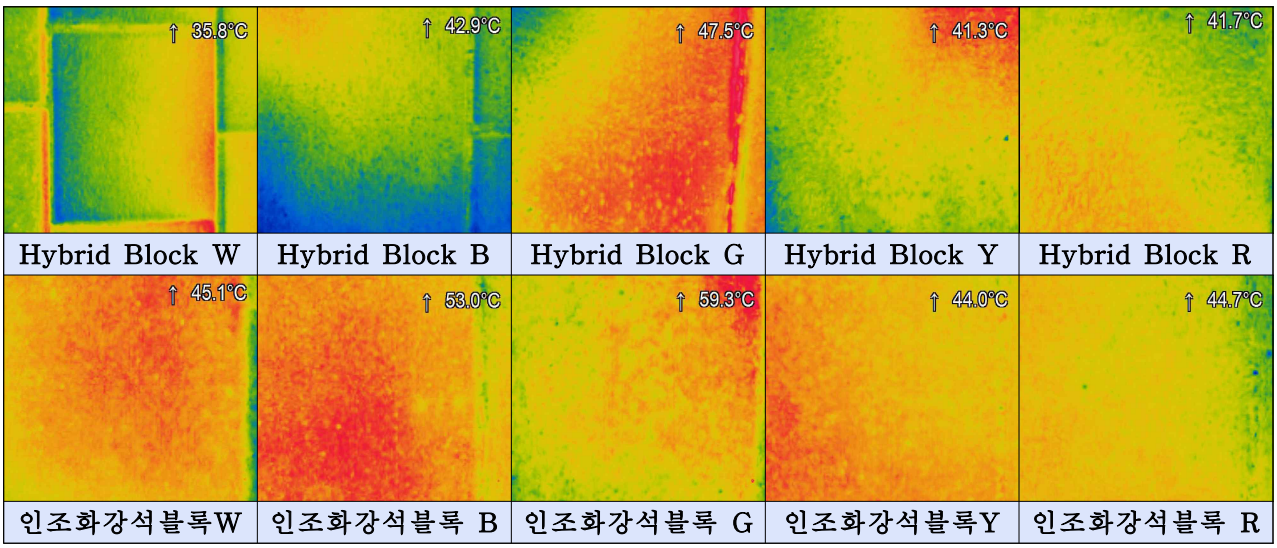


[현장 시공 블록 적외선열화상카메라에 의한 표면온도 곡선]

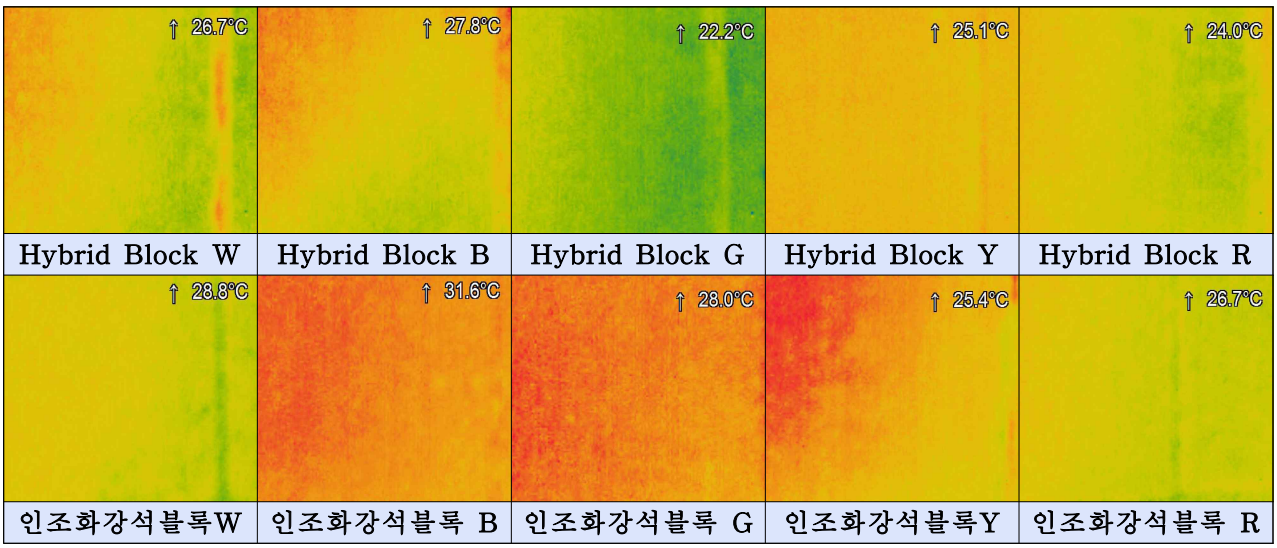
(가) 오전 09시 30분(측정 1회)



(나) 오후 02시 30분(표면온도가 가장 높은 시간 - 측정 6회)



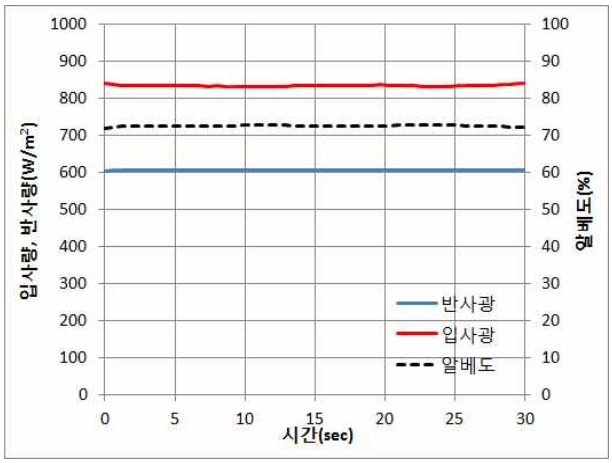
(다) 오후 07시 30분(측정 11회)



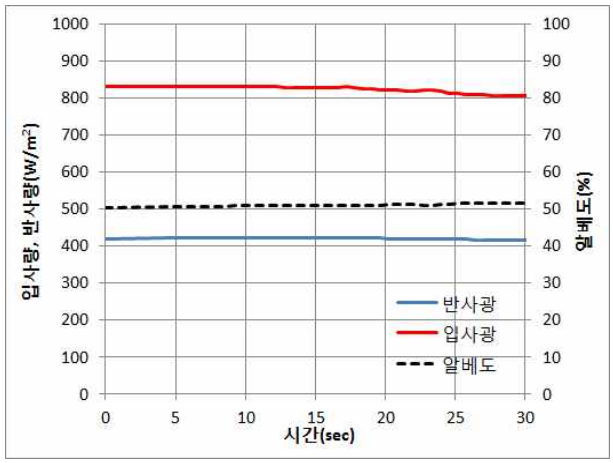
(2) 센서를 적용한 알베도

개발된 Hybrid Block White와 인조화강석블록 White 알베도 측정 시험을 수행하였다. 알베도 측정 시험은 측정 센서가 2개이므로, 위 두가지 블록에만 측정을 진행하였다.

시험방법은 센서 설치용 Rod를 이용하여 블록 표면에서 50㎝ 높이의 블록 포장영역의 중앙부에 위치하게 설치하여, 2015년 09월 22일 오전 9시 30분 ~ 오후 07시 30분까지 측정하였다. 아래 그림은 Hybrid Block White와 인조화강석블록 White의 일사반율 중 일부분에 대한 내용이다.



[Hybrid Block White 일사반사율]



[인조화강석블록 White]

현장에 설치된 Hybrid Block과 인조화강석 블록의 알베도 측정시험 결과, Hybrid Block White의 경우 알베도 값이 평균적으로 68 ~ 72% 정도로 평가되었으며, 비교를 위해 인조화강석블록 White의 경우 평균적으로 45 ~ 51%의 알베도 값을 보였다. 이는 Hybrid Block의 경우, 고반사 금속산화물 첨가에 따른 반사율의 증가와 고반사 코팅재료에 의한 반사율 유지가 된다는 증거이며, 인조화강석블록의 경우 기본적으로 알베도 값이 저조하였으며, 현장의 여건 상 표면오염에 의한 알베도 값이 더욱 저조한 것으로 나타났다.

(3) 표면온도 측정센서를 적용한 표면온도

본 연구에서 개발된 Hybrid Block White, Black, Gray, Yellow, Red와 인조화강석블록 White, Black, Gray, Yellow, Red와 같이 경상북도 성주군 성주읍 성밖숲 길 보도에 50m씩 구획을 분리하여 시공하고, 현장에서 표면온도 센서와 Data Logger로 매 시간마다 측정하였다. 그 결과, 블록의 표면온도가 가장 높은 6회차(오후 2시)의 Hybrid Block White와 인조화강석블록 White는 각 36.7℃, 46.6℃로 9.9℃차가 발생했으며, Black은 각 47.1℃, 59.9℃로 12.8℃차가 발생했다. 또한, Gray는 42.9℃, 53.0℃로 10.1℃차가 발생하였으며, Yellow는 40.9℃, 44.5℃로 3.6℃차와 Red는 41.5℃, 44.8℃로 3.3℃차가 발생했다. 따라서 Hybrid Block의 경우 모든 색상에서 인조화강석블록 보다 낮은 표면온도를 나타냈으며, 유색 제품일수록 표면온도 편차는 적게 나타났으며, White, Black, Gray의 경우, △-10℃ 차가 발생하였다. 하지만, 표면온도가 가장 낮은 Hybrid Block White의 경우 시간의 경과에 따라 떨어지는 온도가 늦어진다는 점은 최고점의 표면온도가 낮기 때문에 떨어지는 온도

폭이 적다고 판단되지만, 마지막 07시 30분 측정한 온도가 다른 유색 제품보다 온도가 높다는 것을 재검토한 결과, 현장에서 일사량이 Hybrid Block White가 가장 많은 것(그늘이 없음)에 따른 결과라고 판단된다.

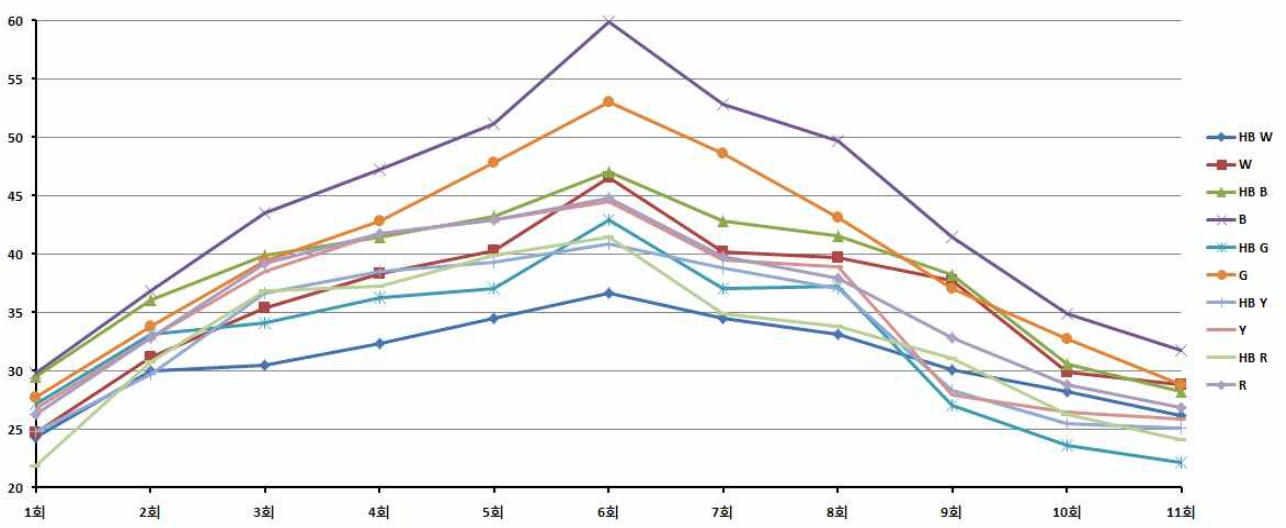


표면온도 측정센서 | Data Logger

표면온도 측정 장비 Set | 표면온도 측정

[현장 시공 블록 Data Logger에 의한 표면온도]

구분	1회	2회	3회	4회	5회	6회	7회	8회	9회	10회	11회
Hybrid Block W	24.3	30.0	30.5	32.4	34.5	36.7	34.5	33.1	30.1	28.2	26.2
인조화강석블록 W	24.7	31.2	35.4	38.3	40.3	46.6	40.2	39.7	37.7	29.9	28.8
Hybrid Block B	29.5	36.1	39.9	41.5	43.2	47.1	42.8	41.6	38.2	30.6	28.2
인조화강석블록 B	29.8	36.9	43.5	47.3	51.2	59.9	52.8	49.7	41.5	34.9	31.8
Hybrid Block G	27.2	33.1	34.1	36.3	37.1	42.9	37.1	37.3	27.1	23.6	22.2
인조화강석블록 G	27.7	33.8	39.4	42.8	47.8	53.0	48.6	43.1	37.1	32.7	28.8
Hybrid Block Y	24.8	29.7	36.7	38.5	39.3	40.9	38.8	37.1	28.3	25.5	25.1
인조화강석블록 Y	26.8	32.8	38.5	41.8	42.9	44.5	39.5	38.9	27.9	26.5	25.9
Hybrid Block R	21.9	30.8	36.9	37.3	39.9	41.5	34.9	33.8	31.1	26.3	24.1
인조화강석블록 R	26.3	32.8	39.2	41.8	42.9	44.8	39.8	37.9	32.8	28.8	26.9



[현장 시공 블록 표면온도 특정 센서에 의한 표면온도 곡선]

연구성과 및 활용

- 개발된 Hybrid Block 시제품과 인조화강석블록의 표면온도 편차는 무채색 계열인 White, Black, Gray가 크며, 유채색 계열인 Red와 Yellow는 차이는 있으나, 미미한 수준임.
- 동일한 색상의 인조화강석블록보다 개발된 Hybrid Block의 표면온도 편차가 White는 9.9℃, Black은 10.1℃, Gray는 12.8℃, Yellow는 3.6℃, Red는 3.3℃ 발생함.
- 개발된 Hybrid Block 및 인조화강석블록의 표면온도를 적외선 열화상 카메라와 표면온도 측정 센서로 측정한 결과, 유사한 표면온도 분포를 나타내므로, 표면온도에 대한 검증 된 것으로 사료된다.

□ 성주군청 현장 적용 공문

인쇄 : 곽무근 / 도시건축과 (2015-06-26 13:05:07)

2015년, 광복 70년의 해, 전 국민 나라사랑 태극기 달기 운동에 적극 동참 합시다!

성 주 군

수신 (주)에코청진 엄운섭
(경유)
제목 보도블록 개체사업 대상지 선정 통지

1. 평소 군정 발전에 협조해 주신데 대하여 감사드립니다.

2. 에코청진영업 15-6-1호(2015.6.12.)관련하여 보도블록 개체사업 대상지를 붙임과 같이 통지하오니 사업 추진 시 설치 규정에 맞게 시공하여 주시기 바랍니다.

붙임 : 위치도 및 사진대지 1부. 끝.

성 주 군 수

주무관 곽무근 도시개발담당 류삼덕 ★도시건축과 전결 2015. 6. 25.
장 진희복

협조자 주무관 김철원

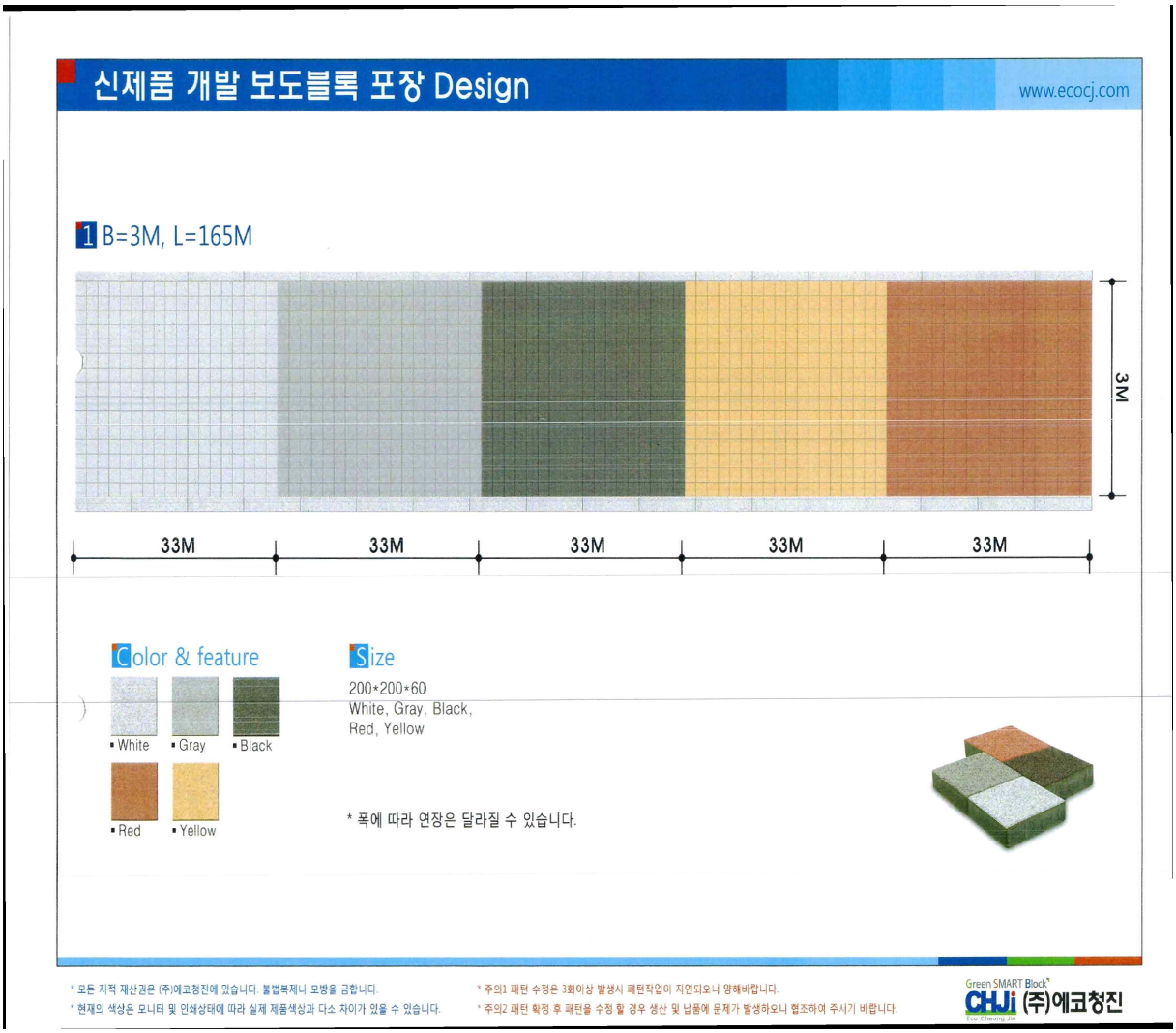
시행 도시건축과-25580 (2015. 6. 25.) 접수

우 719-800 경북 성주군 성주읍 성주로 3200 / www.sj.go.kr

전화번호 054-930-6583 팩스번호 054-930-6569 / kmgkmg777@korea.kr / 대국민 공개

문서관리카드도시건축과-25580 1/1

□ 현장 적용 Pattern Design



□ 현장 시공 사진









[협 동] 지역별 도시열섬 특성을 고려한 Hybrid Block의 최적설계/시뮬레이션 프로그램 개발

1차년도 Activity	**표면온도 시뮬레이션 프로그램 개발(Ⅰ)**	
	B01 열섬해석관련 문헌분석	중앙대산학
2차년도 Activity	**표면온도 시뮬레이션 프로그램 개발(Ⅱ)**	
	B02 표면온도 시뮬레이션 개발	중앙대산학
	B03 수치 시뮬레이션 개발	중앙대산학
	B04 기하학적 형상 모델링	중앙대산학
3차년도 Activity	**표면온도 시뮬레이션 프로그램 개발(Ⅲ)**	
	B05 제품 적용을 통한 신뢰성 제고	중앙대산학

B01	열섬해석관련 문헌분석
단계	열섬관련 온도 해석 및 시뮬레이션 기법 조사

박기용 (2011) 등은 바람 및 열분석을 합리적으로 해석하기 위한 프로그램을 제시하여 도시 열섬현상을 해석하고자 하였다. 토지, 물, 바람, 녹지 공간 등 도시 토지피복상태에 대한 것과 수변공간을 적용하였을 때를 도시 열섬현상에 어떤 영향을 미치는지를 분석하였고 그 결과 수변공간이 형성된 지역에서 온도가 절감되는 것을 확인하였다.

이용준 (2010) 등은 전산유체역학 (CFD)을 이용하여 공동주택단지의 외부 열환경 해석방법을 정립하고, 외부 환경 영향 인자들의 민감도를 제시하였다. 해석조건은 외부 환경 영향 인자들 의해 일사성분, 바람, 건물 열수지 반응, 노면상태, 음영, 지면포장 등으로 분류하였다. 해석결과 풍속이 가장 민감도가 컸으며, 음영, 지면상태, 풍향 순으로 확인되었다.

김주수 (2010) 등은 전산 열유체역학 (CFD) 시뮬레이션을 통해 아파트 단지의 환경적인 요소인 녹지, 수목, 수공간에 따른 온열 환경을 해석하여 실측 데이터와 비교하였다. 해석시 단지내의 환경적인 요소 이외에도 일사량, 풍속, 풍향, 온도, 상대습도, 증발효율, 알베도 등을 고려하여 해석하였다. 해석 결과 공간 구성에 따른 온도 분포의 오차율은 4~8%였으며, 기류 속도는 1~20%의 오차율을 보였다.

Bueno (2012) 등은 도시 외각 지역에 위치한 기상 관측소로부터 계측된 데이터를 이용하여 도시 협곡 내부의 대기 온도를 계산하고자 모델 Urban Weather Generator (UWG)를 제시하였다. 이 모델을 평가하기 위해 스위스의 Basel지역과 프랑스의 Toulouse지역의 현장데이터와 비교 검증하였고 그 결과 UWG의 예상 오차 1K에 만족하는 결과를 얻었다.

Kumar (2011)는 유한체적법 (FVM)을 기초로 한 유체 소프트웨어 FLUENT를 이용하여 다양한 변수에 따른 열 흐름을 해석하였다. 2차원 또는 3차원에서 온도의 다양한 변수들에 따른 흡수계수, 산란계수, 반사율, 그리고 산란 반사율 등의 열 흐름을 평가하였다. 그 결과 등온의 흡수와 방출을 하는 매질을 적용하였을 때에 열 흐름과 온도는 흡수계수와 함께 증가함을 나타내었다. 순수 산란 매질에서는 굵은 격자를 사용할 때 유한체적법은 열 흐름보다 높은 값을 예측하였지만 작은 격자를 사용하였을 때는 정확한 값에 근접하였다. 흡수, 방출, 산란의 경우 산란 반사율이 0일 때, 무차원 열 흐름은 최대가 된 반면 산란 반사율이 증가할 때는 무차원 열 흐름이 감소함을 보였다.

Wang (2010) 등은 도심 캐노피 (canopy) 모델을 가지고 표면 온도와 전도성 열에너지의 이동에 관하여 공간적으로 분석하는 방법을 연구하였다. 이 연구에서는 흙의 온도와 전도성의 열의 흐름을 공간적으로 분석하였다. 이 분석 방법은 확산방정식에서 Green function solution을 이용하였으며, 일반적인 환경에서 초기 경계 값 문제에 적용하였다.

Tasumi (2008) 등은 지표면 에너지균형을 계산하기 위하여 위성으로부터 표면 반사율과 Albedo를 추정하는 연구를 수행하였다. 이 연구에서는 전형적으로 구름이 없고, 안개가 적은 상태 그리고 20도 보다 작은 센서 측정각도에서 Landsat과 MODIS 위성 센서에 적용되는 표면에서의 반사율을 측정하기 위한 빠르고 사용가능한 방법을 분석하였다. 이 방법은 공기 중의 수분에 대한 데이터와 digital elevation model의 요청만으로 간단하고 명확한 방정식으로 구성된다. 따라서 이 방법은 낮은 안개 수준과 구름이 없는 상태에서 들어오고 나가는 대기의 전도를 측정하기 위한 위성 사진에서 작동가능하고 정량적인 적용에 사용될 수 있다.

Zhong (2008)은 주거용 빌딩에서 열과 수분의 전달에 관한 연구를 수행하였다. 이 연구는

주거용 건물에 사용되는 구조물 등에서 건물외벽의 일시적인 열과 수분의 전달을 모델링하였다. 벽 모델은 이전에 개발된 MOIST 3.0으로 불리는 1차원의 모델에 기초하였고, 이것은 수증기의 확산과 물의 모세관에서의 전달을 포함하였다. 이 연구는 정밀한 외벽 모델과 거주자의 안락함, 에너지 이용, 그리고 벽의 재료 상태에 대한 외벽 디자인의 영향에 대해 조사를 가능하게 하는 전체적인 빌딩 모델의 연결하는데 주로 활용될 수 있다.

Nakaohkubo 와 Hoyano (2009)는 도시블록의 효과적인 알베도와 합리적인 열전달에 관한 기하학적 공간의 효과 영향을 조사하기 위해 성능이 향상된 열 환경 시뮬레이터를 기반으로 한 3D CAD를 가지고 연구를 수행하였다. 블록 표면에서 태양 복사열을 직접 복사, 천공 복사, 다중반사, 반사된 태양 복사와 정반사에 의한 태양 복사에 대해 계산하였다.

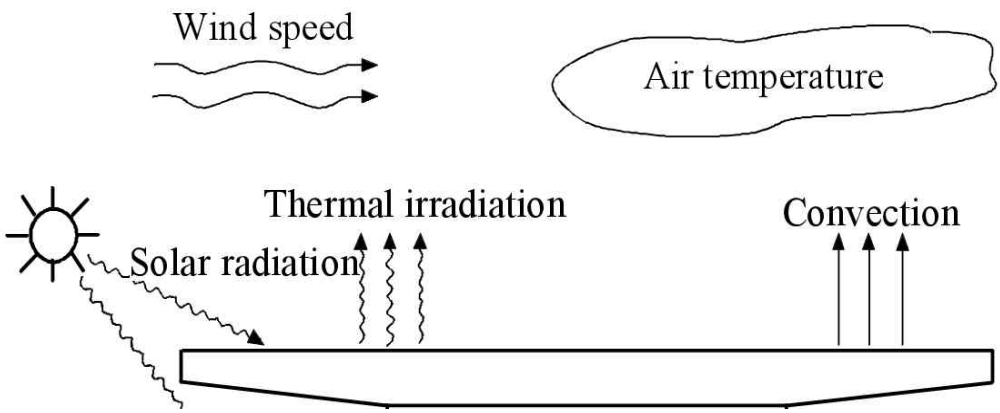
Han (2011) 등은 열전달 이론을 기초로 도로 포장에서 일어나는 온도변화를 예측하기 위한 1차원 모델을 제시하였다. 모델의 입력변수로는 시간당 태양 복사량, 일일 평균 풍속, 그리고 대기온도가 사용되었으며 그 결과 시간별 도로 포장의 온도가 깊이의 함수로서 정확하고 일반적인 값을 가졌다.

B02	표면온도 시뮬레이션 모듈 개발
단계	태양광의 파장대별 고려인자 도출 및 표면온도 시뮬레이션 모듈 개발

연구내용

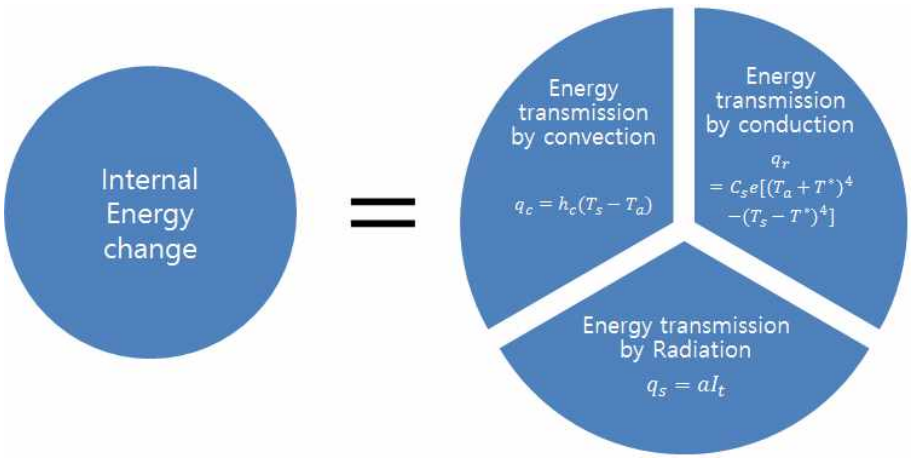
본 보고서는 도시표면온도 저감이 가능한 태양열 차단 보도블럭 개발을 위하여 고반사 재료 적용에 따른 보차도의 표면온도 시뮬레이션 프로그램 개발을 목적으로 하고 있다. 이를 위하여 태양복사에너지에 대한 블록의 반사율 특성과 시공지역의 기후특성 (기온, 풍속, 일사량 등)을 고려하여 블록 표면온도 하강 효과 계산 및 비교 하였다.

아래 그림은 환경에 노출에 블록 표면에서의 열에너지 교환을 나타낸다. 대기에 노출된 블록 표면은 그 주변의 환경과 열에너지를 교환하며 이때 표면에서 일어나는 열에너지 교환은 복사, 대류 및 전도에 의해 발생한다 (Sparrow and Cess, 1987).



[환경에 노출된 블록 표면에서의 열에너지 교환]

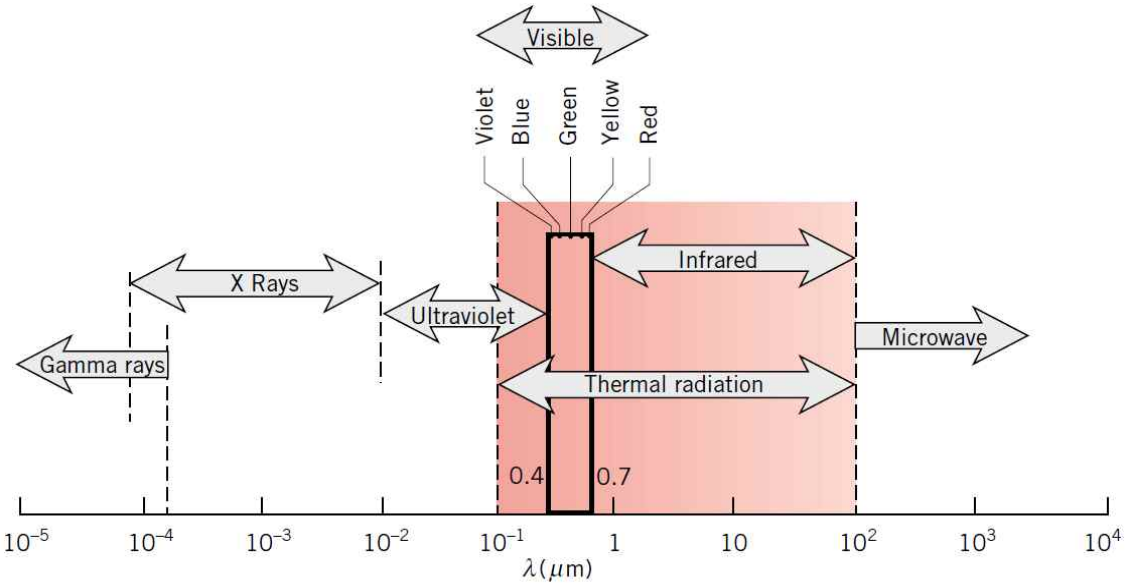
표면온도 시뮬레이션 프로그램을 개발하기 위해서는 먼저 시간의 변화에 따른 고체 내부의 열에너지 전달에 대한 정확한 수학적 모델링을 하였다. 예측된 시간에 대한 열에너지는 유한요소법 및 유한차분법 등 수치해석기법을 이용하여 예측 할 수 있다. 아래 그림은 개발된 프로그램 각 요서에서의 열에너지 교환 메커니즘을 도식화 한 것이다(Siegel and Howell, 2001).



[프로그램 각 요소에서의 열에너지 교환 메커니즘]

1) 태양광의 파장대별 고려인자 도출

복사는 물질의 방사로부터 시작되며 그 이동에는 어떠한 물질도 필요치 않는다. 이러한 태양 복사전파는 일반적으로 고전적인 전자기파 이론과 양자 역학을 통해 그 이동을 설명할 수 있다 (Incropera et al., 2011). 그 가운데 대부분의 열복사를 전자기파의 전달로 간주한다.



[전자기파 복사의 스펙트럼]

그림 3은 전자기파 복사의 스펙트럼을 나타낸다. 감마레이, X레이, 그리고 자외선 복사 (Ultraviolet radiation)는 짧은 파장 범위에 있으며 마이크로웨이브와 라디오웨이브 ($\lambda > 10^5\ \mu m$)는 장거리 파장에 속한다. 스펙트럼의 중간 부분에 있는 자외선 복사의 일부분과 모든 가시영역과 적외선 (Infrared ray)이 속한 0.1 ~ 100 μm 부분이 물질의 열적 상태 또는 온도에 영향을 주는 열복사 구간이다. 이 때문에 열복사는 열전달과 밀접한 관련이 있다.

열복사는 파장의 길이에 따라서 단파복사와 장파복사로 나눌 수 있으며, 태양 복사라 불리는 단파복사는 주로 태양으로부터 오는 직접 복사와 천공 복사로 구성된다. 표면위의 태양 복사의 강도는 대기 상태뿐만 아니라 표면의 상태에도 큰 영향력을 받는다. 반면 지구복사라 불리는 장파복사는 단파복사에 비해 낮은 강도를 갖고 있지만 이것은 지표면에서 내보내는 지표복사와 대기가 내보내는 대기복사를 모두 포함한다. 이는 지구가 오랫동안 태양 복사에너지를 받고 있지만 온도가 일정하게 유지 되는 이유이기도 하다.

2) 2차원 열전달 방정식

수직 방향으로의 열전달은 무시할 수 있으므로 열 경계상태가 수직 방향으로 일정하다고 가정한 후 식 (1)과 같이 열전달에 대해 2차원으로 표현 할 수 있다 (Siegel and Howell, 2001) .

$$k\left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2}+\frac{\partial^2 T}{\partial y^2}\right)=\rho c\frac{\partial T}{\partial t} \qquad \text{(식 1)}$$

여기서, T = 온도 (좌표 x, y 그리고 시간 t에 따른 함수)

k = 등방성 열전도계수

ρ = 밀도

c = 비열

기존의 연구를 통한 콘크리트와 아스팔트의 열 물성(전도율 k와 비열 c)을 표 1에 나타내었다.

[콘크리트와 아스팔트의 열특성]

Reference	Specific heat ($J/kg℃$)		Conductivity ($W/m℃$)	
	Concrete	Asphalt	Concrete	Asphalt
Emanuel 등, 1978	668	-	1.7	-
Dilger 등, 1983	960	920	1.5	40
Hirst, 1984	960	840	1.4	0.7
Branco 등, 1993	1,000	900	1.5	0.8
Elbadry 등, 1983	960	920	1.5	0.93
Prakash Rao ,1986	922	838	1.384	0.744

식 (1)과 관련된 경계조건은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$k\left(\frac{\partial T}{\partial x}n_x+\frac{\partial T}{\partial y}n_y\right)+q=0 \qquad \text{(식 2)}$$

여기서, n_x, n_y = 방향코사인

q = 표면에서의 에너지 전달률

에너지 전달률 q는 식 (3)과 같이 나타낼 수 있다.

$$q=q_c+q_r+q_s \qquad \text{(식 3)}$$

여기서, q_c = 대류에 의한 에너지 전달률

q_r = 전도에 의한 에너지 전달률

q_s = 태양열 복사에 의한 에너지 전달률

연구결과

1) 수치 시뮬레이션 프로그램 모듈 개발

경사진 표면위로 입사하는 태양 복사에너지를 통해 발생하는 열전달 q_s는 다음과 같이 나타낸다.

$$q_s=aI_t \qquad \text{(식 4)}$$

여기서 a : 태양 복사 흡수율

I_t : 경사면위의 총 태양 복사

대류에 의한 열 전달률 q_c는 식 (5)와 같이 나타낼 수 있으며, 이는 외기온도 T_a와 표면온도 T_s 차이에 의하여 열전달이 발생한다.

$$q_c=h_c(T_s-T_a) \qquad \text{(식 5)}$$

여기서 h_c는 대류 열전도계수이며, 시간 의존적 경계조건 절에서 자세히 설명하도록 하겠다.

전도에 의한 열 전달률 q_r은 식 (6)을 통해 계산할 수 있다.

$$q_r = C_s e\,[\,(T_a + T^*)^4 - (T_s + T^*)^4\,] \qquad \text{(식 6)}$$

여기서 C_s : Stefan-Boltzman 상수,

$5.677\times10^{-8}\,W/(m^2\cdot K^4)$ 또는 $18.891\times10^{-8}\,Btu/(h\,ft^2\cdot R^4)$

e : 이상적 흑체 복사와 표면의 복사에 관련된 복사율 $(0 \le e \le 1)$

T^* : 절대 온도로 변환하기 위한 상수

섭씨에서 절대온도로 변환 시 : 273.13

화씨에서 랭킨온도로 변환 시 : 459.67

T_a : 외기온도

T_s : 표면온도

식 (6)는 다음과 같이 근사 직선 형태로 변환하여 표현할 수 있다.

$$q_r = h_r\,(T_s - T_a) \qquad \text{(시 7)}$$

여기서 h_r은 복사 열전달계수로 다음과 같이 정의된다.

$$h_r = C_s e[(T_s + T^*)^2 + (T_a + T^*)^2](T_s + T_a + 2T^*) \qquad \text{(식 8)}$$

연구성과 및 활용

- 태양 복사 에너지에 영향을 주는 전자기파의 파장 범위 도출
- 태양 복사 에너지를 계산하기 위한 모듈 개발
- 블록의 열적 특성과 주변 환경 요건들을 적용 시 시간에 따른 태양복사량 산정 가능

KSCE Journal of Civil Engineering (0000) 00(0):1-8
DOI 10.1007/s12205-015-0460-7
Copyright ⓒ2015 Korean Society of Civil Engineers

Structural Engineering
pISSN 1226-7988, eISSN 1976-3808
www.springer.com/12205

Experimental Characterization of Age-Dependency of Shrinkage Coefficient of Hardening Concrete

Seongcheol Choi*

Received August 12, 2014/Revised April 16, 2015/Accepted July 29, 2015/Published Online September 18, 2015

Abstract

This study experimentally investigated the shrinkage coefficient of hardening concrete which describes free drying shrinkage per unit change in internal relative humidity. While existing studies suggested the age-independency of the coefficient, this study indicated that the coefficient had strong age-dependency. The coefficient was greater at early ages and diminished and converged to a constant as hardening of concrete progressed. The numerical analysis implied that age-dependency of the coefficient had a considerable effect on drying shrinkage stress development in concrete structures. The experimental method in this study quantitatively evaluated the drying shrinkage of hardening concrete in terms of internal relative humidity changes, which eventually allows realistic assessments of drying shrinkage stress development in the early-age concrete structures in the field.

Keywords: *cast-in-place concrete structures; cracking potential, drying shrinkage, hardening concrete, relative humidity, shrinkage coefficient*

1. Introduction

Drying shrinkage of ordinary strength/performance concrete is mainly due to the moisture loss to environment, resulting in drying shrinkage stress development in concrete structures when it is internally or externally restrained (Altoubat and Lange, 2001; Kim and Lee, 1998). It is known that not only thermal stress but also drying shrinkage stress affects the cracking potential of cast-in-place concrete structures at early ages (Springenschmid, 1998; Yuan and Wan, 2002; Holt and Leivo, 2004). Early-age cracking has undesirable effects on the serviceability, durability, and performance of concrete structures. A number of numerical studies (Kim and Lee, 1998; Choi *et al.*, 2011; Kwon and Shah., 2008) have been carried out with the aim to predict drying shrinkage stress in concrete structures under environmental loadings. Because drying shrinkage stress is produced when the free volume or length change of concrete due to moisture losses is restrained, the realistic input for the free volume or length changes is very important in accurately evaluating drying shrinkage stress development in concrete structures.

The spatial distribution of moisture in the pores of concrete, which is expressed in terms of Relative Humidity (RH) and its variations over time, can be numerically predicted with accuracy as the governing equation and boundary conditions on moisture diffusion in concrete were mathematically well-formulated (Kim and Lee, 1998; Kwon and Shah, 2008; Oh and Cha, 2003; Bažant and Najjar, 1972). The shrinkage coefficient, which describes how volume or length of concrete freely changes with response to a change in RH, has been employed in evaluating free drying shrinkage from RH predicted in the numerical analysis (Kwon and Shah, 2008; Bažant and Xi, 1994). Free drying shrinkage is defined as the unrestrained shrinkage measured in the idealized conditions where there is no restraint and no stress, and the whole specimen shrinks uniformly (Bažant and Xi, 1994). The modeling of shrinkage coefficient requires measuring internal RH in concrete and free drying shrinkage in the idealized conditions. The test data on the shrinkage coefficient is very limited because most experimental studies on drying shrinkage of concrete have simply measured the length changes of concrete specimens over time in the controlled environment. Without measuring internal RH of concrete, the shrinkage had been measured until the internal RH in concrete was equilibrated with the environmental RH. Furthermore, nonlinear RH differentials resulting from the very slow rate of moisture diffusion and surface drying in concrete inhibits free drying shrinkage from being directly measured, as the internal restraint leads to the stress development even in a cross-section of very thin concrete specimens (Bažant and Raftshol, 1982; Anayo and Wittmann, 2002; Hwang and Young, 1984). It is also challenging to accurately measure internal RH of concrete, despite recent substantial progresses for RH measurement technology (Choi and Won, 2010; Yeon *et al.*, 2009).

The limited test data due to difficulty in measuring the shrinkage coefficient leads to huge discrepancies in values of the coefficient adopted in the existing numerical studies (Kwon and Shah, 2008;

*Member, Associate Professor, Dept. of Civil and Environmental Engineering, Chung-Ang University, Seoul 156-756, Korea (Corresponding Author, E-mail: schoi@cau.ac.kr)

conditions in the numerical analysis.

Figure 14 shows the drying shrinkage stress predicted at the surface region in the concrete deck when different shrinkage coefficients were employed. For given material properties, the age-dependent shrinkage coefficient of hardening concrete proposed in this study was estimated based on the ACI 209 model (1992) for the modulus development and B3 model (Bažant, 1995) for ultimate drying shrinkage. The values of shrinkage coefficient assumed to be age-independent in the existing studies (Alvaredo, 1994; Lim *et al.*, 2009) shown in Fig. 10 were also employed in the analysis with the aim to assess the effect of shrinkage coefficient on the drying shrinkage stress development predicted in the analysis.

As shown in Fig. 14, the drying shrinkage stress varied significantly according to the shrinkage coefficients employed, even in a relatively short period of analysis. This is because a large portion of free drying shrinkage in the concrete deck was restrained not only by a steel girder in full scale but also by a plane geometry of concrete deck. This variation in stress indicates that a realistic modeling of shrinkage coefficient is important in assessing drying shrinkage development and the corresponding cracking potential in concrete structures at early ages.

4.3 Discussion

The current study focused on developing an experimental approach that can be efficiently used in modeling the shrinkage coefficient of hardening concrete. Even though the shrinkage coefficient evaluated in this study seemed to be more plausible to the fundamentals of drying shrinkage of hardening concrete than other models (Zhang *et al.*, 2010; Lim *et al.*, 2009; Jiajun *et al.*, 2006), more test data is needed to validate the experimental approach and the results in this study. Due to difficulty in measuring internal relative humidity and free drying shrinkage of hardening concrete, test results on the shrinkage coefficient are very limited. An extensive experimental program is currently in progress at Chung-Ang University, in which a variety of mixture proportions of concrete materials were covered.

Depending on mixture proportions of materials and curing conditions, concrete may swell or autogenously shrink. The current study indicates that even though the existing model approximately captured the stiffness development required to describe the age-dependency of the shrinkage coefficient of concrete in hardening stages, a considerable differences occurred at very early ages between test data and the existing model. More elaborate models for stiffness development at very early ages may reduce the discrepancies. Although the specimen in this study was relatively thin and no visible crack was detected, the surface micro-cracking may develop in the specimen due to differential shrinkage (Bažant and Raftshol, 1982; Hwang and Young, 1984). This micro-cracking would affect not only RH distribution but also drying shrinkage of specimen, which was not considered in this study. Further studies are required in this aspect.

5. Conclusions

Realistic evaluation of the shrinkage coefficient of hardening concrete is important in assessing drying shrinkage stresses and cracking potentials of cast-in-place concrete structures at early ages because the free drying shrinkage estimated from the shrinkage coefficient with RH changes results in stress-dependent strain and stress development if restrained. Due to the difficulties in measuring RH and free drying shrinkage of concrete, test data on the coefficient were very limited especially in hardening concrete. This study experimentally investigated the shrinkage coefficient of hardening concrete. The shrinkage coefficient of hardening concrete was experimentally estimated by continuously measuring the variations of RH differentials and the drying shrinkage over time from concrete casting. The following conclusion can be drawn from this study.

1. The experimental method in this study is considered to properly capture the age-dependency of shrinkage coefficient and ultimate shrinkage of concrete. While the existing experimental studies implied age-independency of the shrinkage coefficient of hardening concrete, test results in this study indicate that the coefficient had a strong age-dependency. It was greater at early ages and decreased and converged to a constant as hardening of materials progressed.
2. The fractional changes in elastic modulus development were closely related to the variation of shrinkage coefficient over time. Considering such fundamentals of drying shrinkage that the volume reduction of cement paste in hardening concrete is restrained by the hardened materials, it is considered reasonable to model the variation of shrinkage coefficient of hardening concrete at macro-scale in terms of the modulus development over time.
3. Even though the shrinkage coefficient diminished quickly to a constant in a relatively short period, the numerical case study showed that the age-dependency of shrinkage coefficient during hardening stages made a considerable difference in drying shrinkage stress development in concrete structures. Therefore, the drying shrinkage stress development predicted in the numerical analysis may not be realistic if age-dependency of the coefficient is neglected.

Acknowldegements

This research was supported by Basic Science Research Program through the National Research Foundation of Korea (NRF) funded by the Ministry of Science, ICT & Future Planning (NRF-2013R1A1A1011679). This research was also supported by a grant (14CHUD-C063723-03) from Technology Advancement Research Program funded by Ministry of Land, Infrastructure and Transport of Korean government.

References

Abbasnia, R., Kanzadi, M., Zadeh, S., and Ahmadi, J. (2009). "Prediction

B03	수치 시뮬레이션 개발
단계	사용자 편의의 구동환경 구축 기반의 시간에 따른 태양복사량 산정

연구내용

앞서 언급한 것과 같이 표면온도 시뮬레이션 개발을 위해서는 태양복사에너지 뿐만 아니라 태양복사에너지에 대한 블록의 반사율 특성과 시공지역의 기온, 풍속, 일사량 등의 기후 특성 또한 고려되어야 한다.

1) 시간 의존적 경계조건

태양의 에너지 방출로 인해 창출되는 양은 정해진 시간을 알면 그 시간대에 발생하는 에너지 양을 계산할 수 있다. 하지만 그 에너지가 지구상에 도달함에 있어서는 그 당시의 풍속, 대기의 선명도, 표면의 반사율 등 많은 인자들이 있어 지구가 받는 태양복사에너지를 계산 시 이를 모두 고려해 주어야 한다.

식 (4)에서 언급되었던 I_t는 단위 시간동안 경사면 위에 발생하는 총 태양 복사에너지로써 직접 복사와 간접 복사, 그리고 지표반사산란복사의 총 합으로 나타낼 수 있다. 여기서, 지표반사산란복사는 재료의 반사율과 축열량에 의하여 주변 구조물이 받는 2차적인 복사에너지이다.

$$I_t = I_b\frac{\cos\theta}{\cos\theta_z} + I_d\left(\frac{1+\cos\beta}{2}\right) + I\rho\left(\frac{1-\cos\beta}{2}\right) \qquad \text{(식 9)}$$

여기서 I_b : 수평면 위의 직접 복사량

I_d : 수평면 위의 간접 복사량

I : 수평면 위의 총 태양 복사, $I_b + I_d$

β : 평면 기울기

ρ : 확산지표반사 눈이 없는 곳은 0.2, 신적설시 0.7

θ : 입사각

θ_z : 천정각

직접 복사와 간접 복사는 I_d/I 와 k_T를 연관하여 계산하고 있다. I_d/I 는 수평면 위의 시간에 따른 복사의 비로써 간접 복사와 관련이 있고, k_T는 단위시간 선명도의 지수로써 식 (10)과 같이 나타낸다.

$$k_T = \frac{I}{I_o} \qquad \text{(식 10)}$$

여기서 I는 계측된 데이터로서 수평면 위의 총 태양 복사에너지를 나타낸다. 그리고 외기복사 I_o는 다음과 같이 계산된다.

$$I_o = \frac{12\times 3600}{\pi} G_{sc}\left(1+0.033\cos\frac{360n}{365}\right) \times\left[\cos\phi\cos\delta\left(\sin\omega_2 - \sin\omega_1\right) + \frac{\pi\left(\omega_2-\omega_1\right)}{180} sin\phi\sin\delta\right] \qquad \text{(식 11)}$$

I_o는 시간의 함수인 시간각 ω_1과 ω_2사이의 시간에 대한 수평면 위의 외기 복사를 나타내는 것으로서 ω_2가 더 큰 값을 갖는다. 여기서 G_{sc}는 태양 상수로써 $1367\,W/m^2$ 이다.

관측된 수평면 위의 복사에너지대비 간접 복사의 비 I_d/I 와 단위k_T의 상관관계에 대해 다음과 같은 식을 제시하였다 (Duffie and Beckman, 2007).

$$\frac{I_d}{I}=\begin{cases}1.0-0.249k_T & \text{for}\, 0 \le k_T \le 0.35\\ 1.557-1.84k_T & \text{for}\, 0.35 < k_T < 0.75\\ 0.177 & \text{for}\ k_T \ge 0.75\end{cases} \qquad \text{(식 12)}$$

식 (12)를 통하여 계산된 수평면 위의 간접 복사 I_d를 통하여서 수평면 위의 직접 복사량 I_b를 계산 할 수 있다.

$$I_b = I - I_d \qquad \text{(식 13)}$$

식 (5)의 대류 열전도계수 h_c는 당시 시간의 풍속의 지배적인 영향을 받는다.

$$h_c = 5.6 + 4.0v \qquad \text{(식 14)}$$

여기서 v는 풍속 (m/sec)이다.

앞서 언급한 식 (4)의 태양 복사 흡수율 a는 표면의 재료에 따라 다양한 값을 가지고 있다. 일반적인 재료들이 갖는 태양 복사 흡수율을 아래 표를 통해 제시하였다 (Dilger 등, 1983).

[재료의 종류에 따른 태양 복사 흡수율, a]

Material	Solar absorptivity, a
Concrete	0.50
Asphalt	0.685
Steel	0.90

표면에 입사하는 태양 복사는 태양 복사 흡수율에 따라 표면에 흡수되는 태양 복사와 표면 반사율에 따라 반사되는 태양 복사로 구분 할 수 있다. 이때 반사되는 태양 복사는 정반사에 의한 것과 난반사에 의한 것으로 구분되는데 이것들을 하나의 반사율 γ로 표현할 수 있으며 다음과 같이 계산된다.

$$a + r = 1 \qquad \text{(식 15)}$$

진태양시는 하늘을 가로지르는 태양이 나타내는 각 운동에 기초가 된 시간이며 해시계의 기초가 된다.

태양시는 태양의 각의 관계들로 계산되는 시간이다. 이것은 지방시와 일치하지 않으며, 이것은 표준시간을 태양시로 바꾸기 위해서는 두 번의 수정이 필요하다. 첫 번째는, 자오선과 지방시에 기초된 자오선 사이의 경도의 차이에 대한 상수 수정이다. 지방 자오선을 알아내기 위해서는 지방시와 그리니치 표준시의 차이를 15로 나누어야 하며 태양은 4분에 1°의 횡이동을 한다. 두 번째 수정은 시간에 관련된 식이며, 그 식은 태양이 자오선을 가로지르는 시간의 영향을 주는 지구의 자전의 비의 작은 변화에 대한 설명이다. 그에 따른 태양시와 표준시간의 분 단위의

차이는 다음과 같다.

$$Solar time - standard time = 4(L_{st} - L_{loc}) + E \quad (식\ 16)$$

여기서 L_{st}는 지방시 지역의 표준자오선이고, L_{loc}는 문제의 지역의 경도이다. 그리고 경도는 경위로서 $0^\circ \leq L \leq 360^\circ$이며, 매개변수 E는 시간의 식(분단위)으로 다음과 같이 계산된다.

$$E = 229.2(0.000075 + 0.001868\cos B - 0.032077\sin B - 0.014615\cos 2B - 0.04089\sin 2B) \quad (식\ 16)$$

표면위로 직접 복사가 들어오는 것을 입사라고 하는데, 이때 입사각의 크기는 복사량과 밀접한 관련이 있다. 입사각 θ에 관한 식을 다음과 같이 나타낼 수 있다.

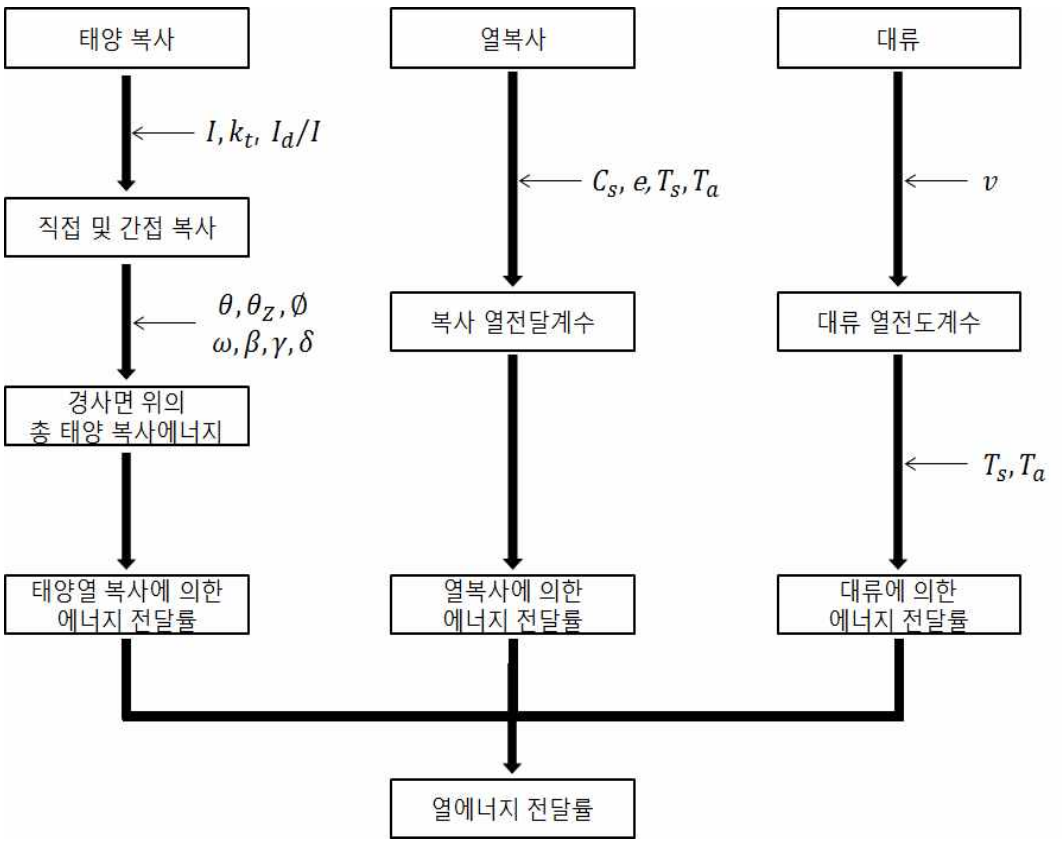
$$\cos\theta = \sin\delta\sin\phi\cos\beta - \sin\delta\cos\phi\sin\beta\cos\gamma + \cos\delta\cos\phi\cos\beta\cos\omega + \cos\delta\sin\phi\sin\beta\cos\gamma\cos\omega + \cos\delta\sin\beta\sin\gamma\sin\omega \quad (식\ 17)$$

여기서 ϕ는 위도, δ는 적위, β는 기울기, γ는 표면 방위각, 그리고 ω는 시간각이 된다.

연구결과

1) 시간에 따른 태양복사량 산정과 전산 입력화 및 사용자 편의적인 구동환경 구축

지금까지 개발한 모듈들을 가지고 전산 입력화를 통해 시간에 따른 태양복사량을 산정할 수 있다. 아래 그림은 표면위에 발생하는 열에너지 전달률을 계산하는 알고리즘을 나타낸다. 시간에 따른 태양복사에너지 또한 총 열에너지 전달률을 계산하기위한 모듈 중 하나에 속한다.



[열에너지 전달률 산정 알고리즘]

사용자가 편리하게 이용할 수 있는 구동환경을 구축하기 위하여 표면 반사율, 위도, 경도, 원하는 년 중 날짜 등을 입력 할 수 있도록 하였으며, 입력 시 태양복사에너지 입력과 관련된 기하학적 조건과 같은 태양복사에너지 계산에 필요한 기하학적 조건을 자동으로 계산하여 준다. 이를 통한 결과로 해당 지역의 년 중 일별 평균 열에너지 흐름, 특정한 날 중 시간대별 평균 복사에너지 흐름 등을 계산하여 그래프로 나타내 준다.

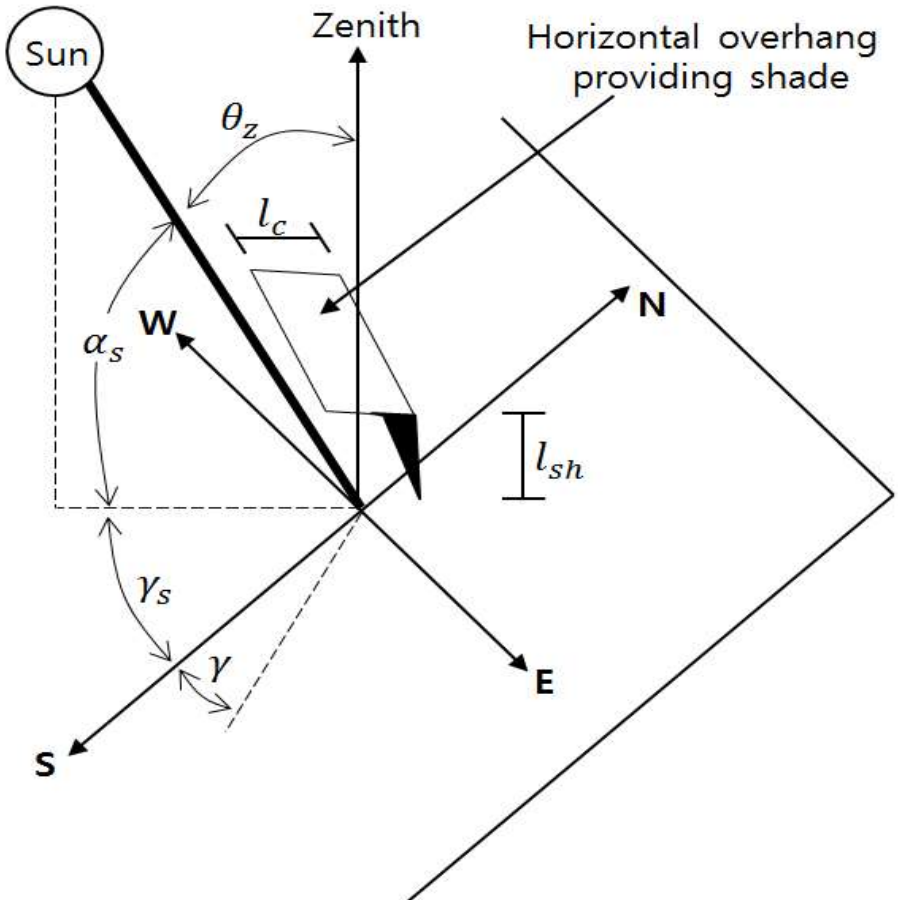
```
ALBEDO =

longitude =

latitude =

Day of year =
```

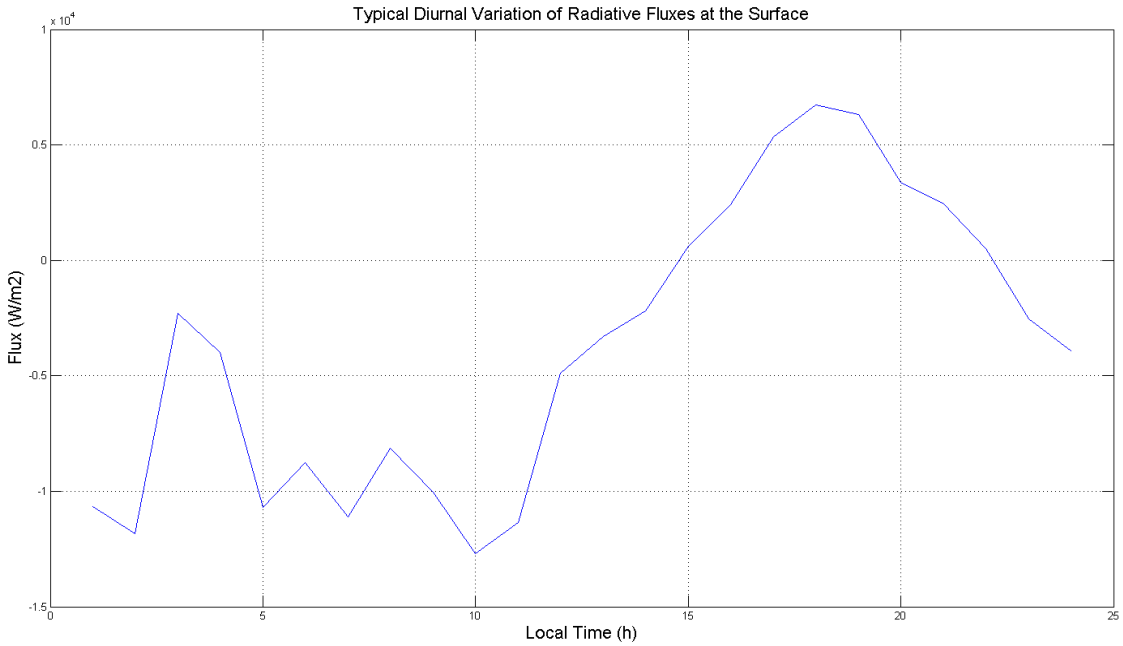
[모듈을 통한 태양복사량 산정 시 필수 입력 값]



[태양복사에너지 입력과 관련된 기하학적 조건]

2) 모듈을 이용한 시간에 따른 태양복사량 산정의 예

모듈을 사용하여 우리나라 도시 서울의 시간에 따른 태양복사량을 산정해 보았다. 서울은 북위 37°34′00″N, 동경 126°58′41″에 위치해 있다. 표면 반사율은 26%, 연중 일은 360일로 가정하여 입력하였다.



[서울의 일간 시간에 따른 태양복사에너지 흐름의 변화]

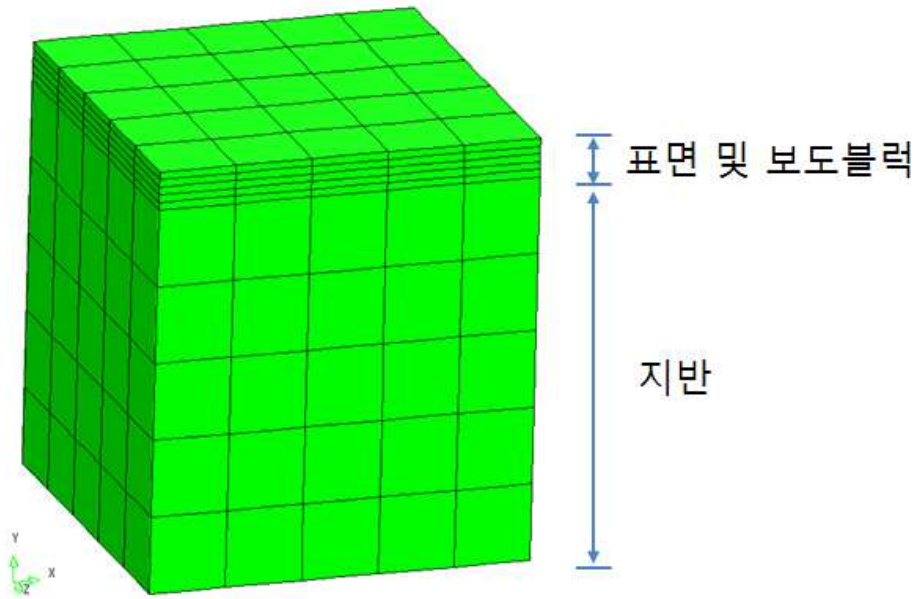
위 그래프는 보도블록 표면에서 발생하는 하루 동안 시간의 변화에 따른 태양복사에너지의 흐름을 나타낸 그래프이다. 보도블록의 표면 반사율을 고려한 결과이며, 이 결과는 이후에 보도블록의 표면 온도를 산정 시 매우 중요한 데이터로 활용될 수 있다.

연구성과 및 활용

- 위치, 시간 그리고 환경 요소 (반사율, 풍속 등)를 고려한 태양복사량 산정 모듈 개발
- 사용자가 편리하게 프로그램을 이용 할 수 있는 구동환경 구축
- 블록 표면에 작용하는 시간에 따른 태양 복사량을 통해 시간에 따른 블록의 표면온도를 산정 할 수 있음

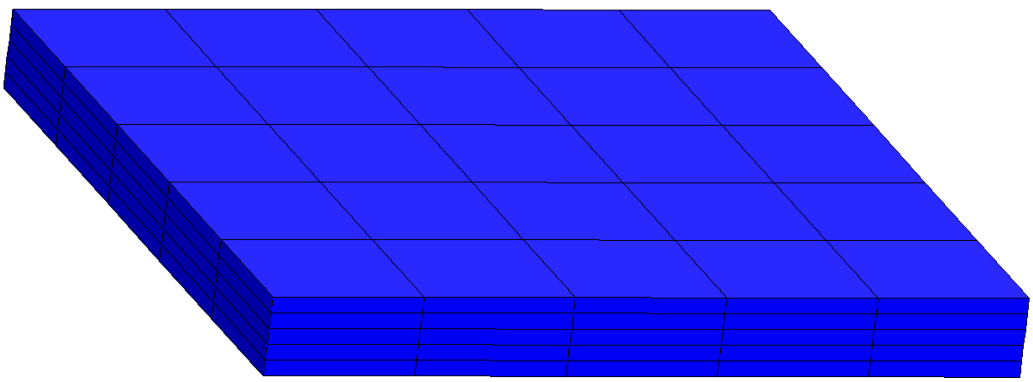
B04	기하학적 형상 모델링
단계	유한차분 해석을 위한 기하학적 형상 모델링

표면온도 시뮬레이션 프로그램을 좀 더 사용자가 편리하게 이용하고 그 결과를 쉽게 이해하기 위해서는 앞서 소개하였던 여러 가지 모듈들의 개발과 동시에 기하학적인 형상 모델링도 함께 구축되어야 한다. 아래에 그림은 표면온도 시뮬레이션 프로그램을 이용하여 만든 블록 표면의 형상 모델링이다.



[표면온도 시뮬레이션 프로그램을 이용한 형상 모델링]

위 그림은 지반위에 보도블록이 설치된 형상을 나타낸 모델링이다. 프로그램 내부에서는 위 그림처럼 지반의 영향도 고려하여 표면부의 온도를 계산한다. 하지만 계산된 표면온도를 나타내는 결과 형상물은 위 그림처럼 지반을 포함한 경우보다 보도블록과 표면부의 형상만을 나타내주는 것이 훨씬 더 그 결과를 이해하기 쉬우므로 계산된 표면온도의 결과는 아래 그림과 같이 지반을 제외한 보도블록의 결과만을 나타낸다.

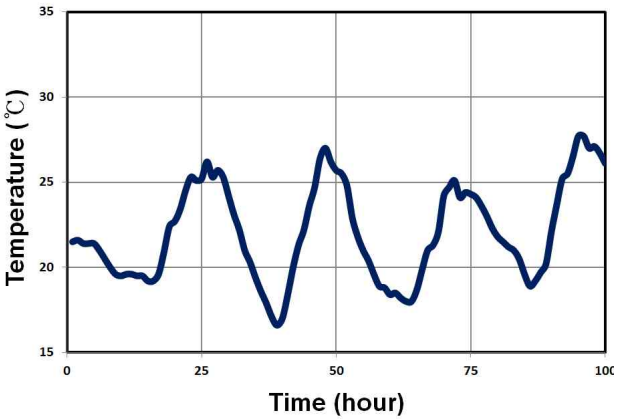


[표면온도 시뮬레이션 프로그램의 결과 형상물]

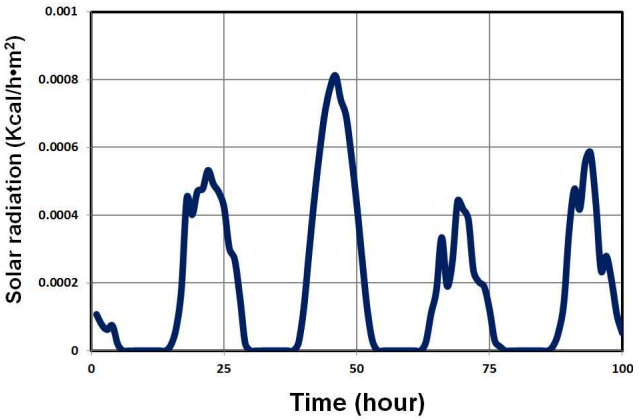
B05	제품 적용을 위한 신뢰성 제고
단계	기존 블록과의 상대 비교 및 블록 표면 온도 하강 효과 계산 및 비교

1) 모델링을 적용한 해석 결과

지금까지 개발한 모듈과 기하학적 형상모델링을 이용하여 아래의 그래프에 나타난 대기온도 및 태양복사에너지를 고려한 표면온도 해석을 실시하였다. 또한 반사율에 조건에 따라 표면의 온도가 어떻게 변화하는지 해석 결과를 통해 비교해 보았다.



[대기온도]



[표면에 입사하는 태양복사에너지]

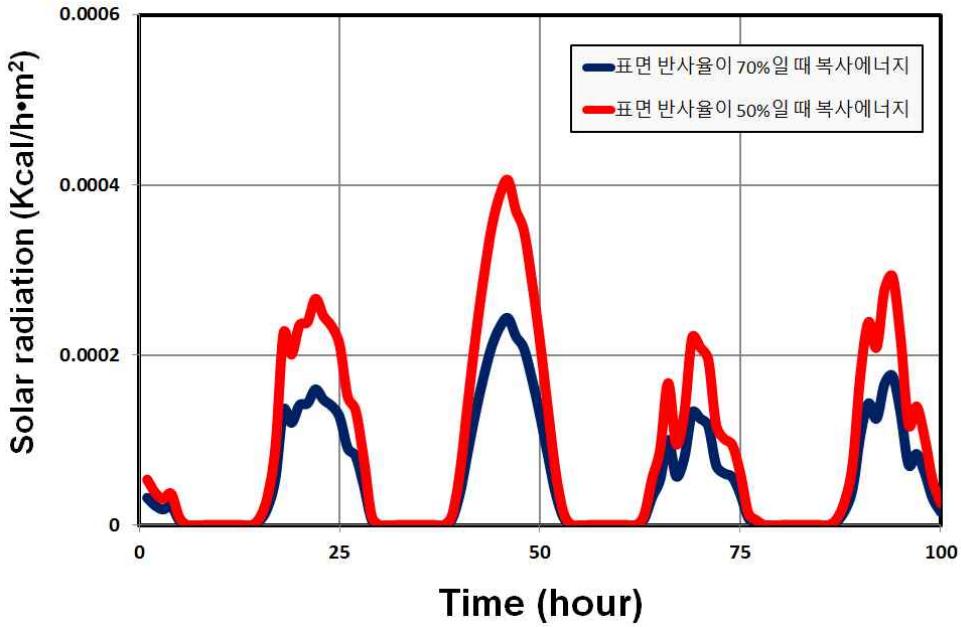
그래프에서 보이는 것처럼 대기온도는 낮과 밤이 바뀜에 따라 온도가 상승 또는 하강하였으며, 표면에 입사하는 태양복사에너지 또한 비슷한 형태를 취하였는데 이때 0의 값을 나타내는 때는 태양이 저문 시간을 나타낸다.

그 이외에 콘크리트 보도블록의 밀도, 열전도율, 비열, 열팽창계수, 대류계수, 표면 반사율 등의 열적 특성과 함께 위도와 방위각 등의 지리적 특성을 반영하여 해석을 실시하였다.

[해석에 적용된 재료의 열적특성 및 지리적 조건]

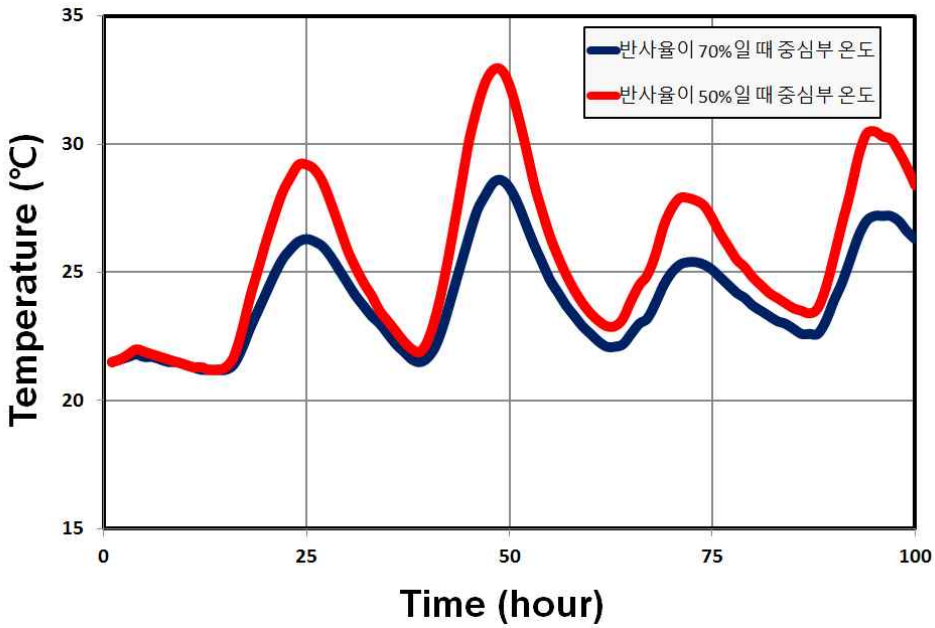
열적특성 및 해석조건		
밀도 (kg/m3)	2500	
열전도율 (kcal/m·hr·℃)	2.3	
비열 (kcal/kg·℃)	0.25	
열팽창계수 (/℃)	1×10^{5}	
대류계수 (kcal/m2·hr·℃)	12	
표면 반사율	70%	50%
위도 (°)	37.5 N	
방위각 (°)	-22°	

해석에 적용한 표면 반사율 70%는 현재 에코청진에서 개발 중인 Hybrid 블록의 최종 목표이고, 50%는 일반적인 콘크리트 블록에서의 표면반사율이다. 앞에서 개발한 모듈을 통해 산정한 표면 반사율에 따른 태양복사에너지는 아래의 그래프와 같다.



[표면 반사율에 따른 태양복사에너지]

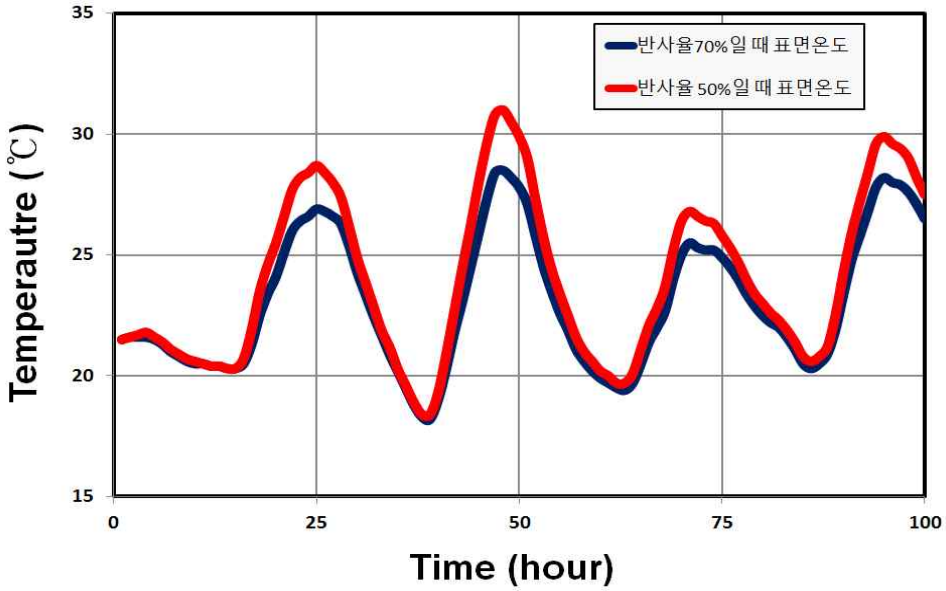
해석결과는 아래 그림과 반사율에 따른 블록 표면에서의 온도 이력에 표면부의 온도이력과 블록 중심부의 온도이력을 각각 나타내었다.



[반사율에 따른 블록 중심부에서의 온도이력]

위 그림은 반사율이 70%와 50%일 때 블록 중심부에서의 온도이력을 나타낸 그래프이다. 해석결과를 보면 반사율이 70%의 보도블록이 반사율 50%의 보도블록보다 중심부 온도가 전체적으로 더 낮은 것을 알 수 있다. 특히 반사율 70%의 블록이 해석 47시간에서 28°를 기록함으로써 동일시간에 32.4°를 기록한 반사율 50%의 블록보다 약 4.4° 낮은 온도를 기록하였으며 이를 통해 약 16%의 온도저감 효과가 있음을 알 수 있다.

아래 그림은 총 해석시간 동안의 표면 중앙부의 온도 이력을 나타내고 있다. 해당 그래프 또한 반사율 50% 와 70% 따라 그래프를 도식하여 그 결과를 비교하고 있다.

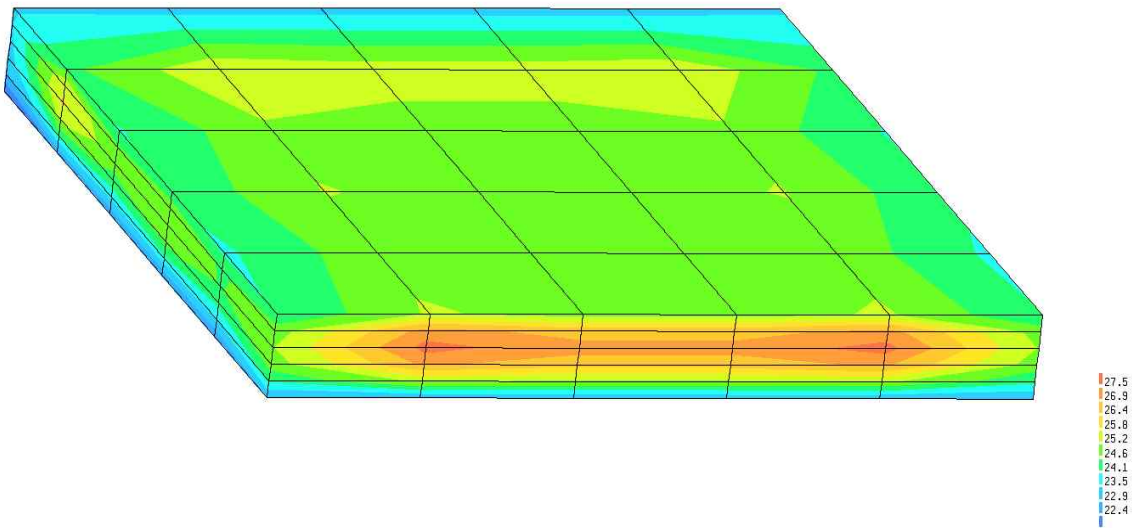


[반사율에 따른 블록 표면에서의 온도 이력]

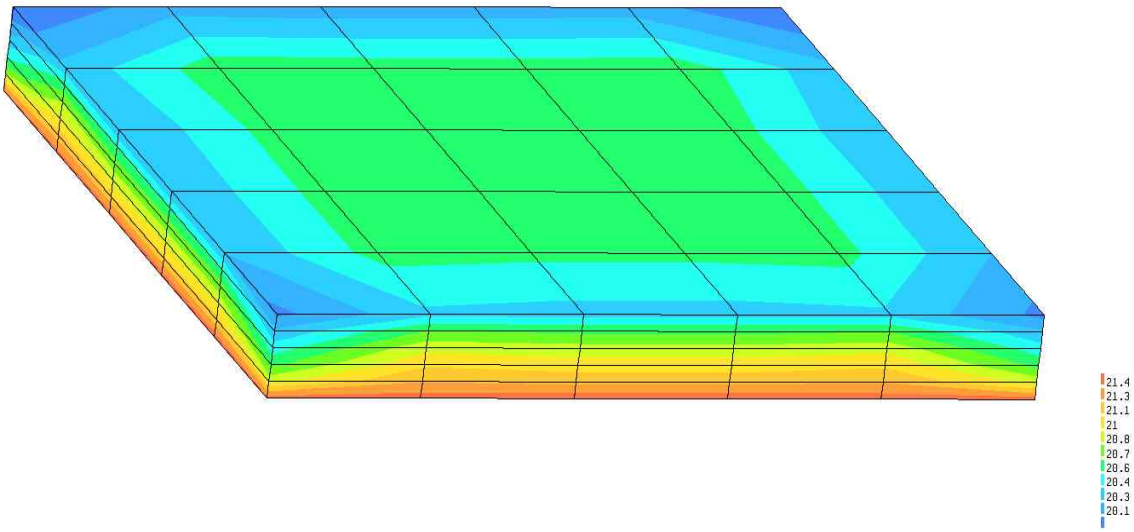
해석 결과 반사율이 70%에 일 때 50%의 반사율을 갖는 보도블록보다 표면온도가 전체적으로 더 낮은 것을 알 수 있었으며, 특히 최고 온도를 기록한 48시간에서는 반사율 70%의 보드블록을 사용한 경우 28.5°를 나타내어 반사율 50% 블록을 사용 했을 때의 31°보다 약 8.8%의 표면온도 저감 효과가 있음을 알 수 있었다.

아래그림과 반사율 70%일 때 표면 온도 양상은 표면온도 해석을 통해 비교한 두 블록의 차이를 시각적으로 보여주고 있다.

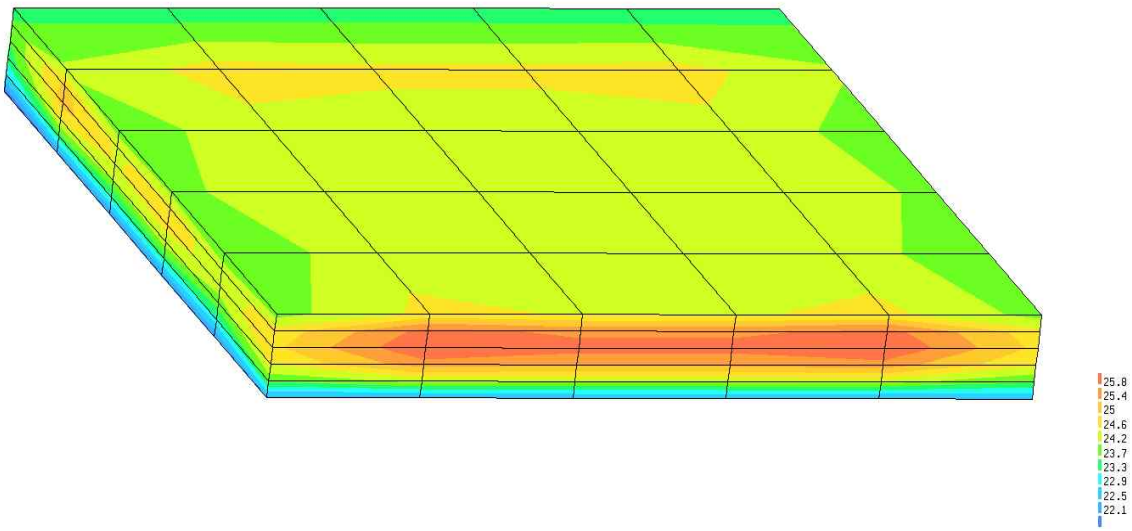
연구를 통해 개발된 시뮬레이션 프로그램은 블록의 반사율, 비열, 열전도율 등의 열적특성과 시공지역의 기온, 풍속, 일사량 등의 기후특성을 고려하고 있다. 따라서 시뮬레이션 프로그램을 실용화 하게 되면 시공지역의 기후특성에 따른 표면온도 변화 양상을 확인할 수 있기 때문에 블록 시공 시 해당 지역에 최적화된 블록을 선정할 수 있다. 또한, 추후 온도저감 효과를 위한 블록 개발 시 온도 변화 분석 및 블록의 성능을 검증하는데 유용하게 사용될 수 있을 것으로 기대된다.



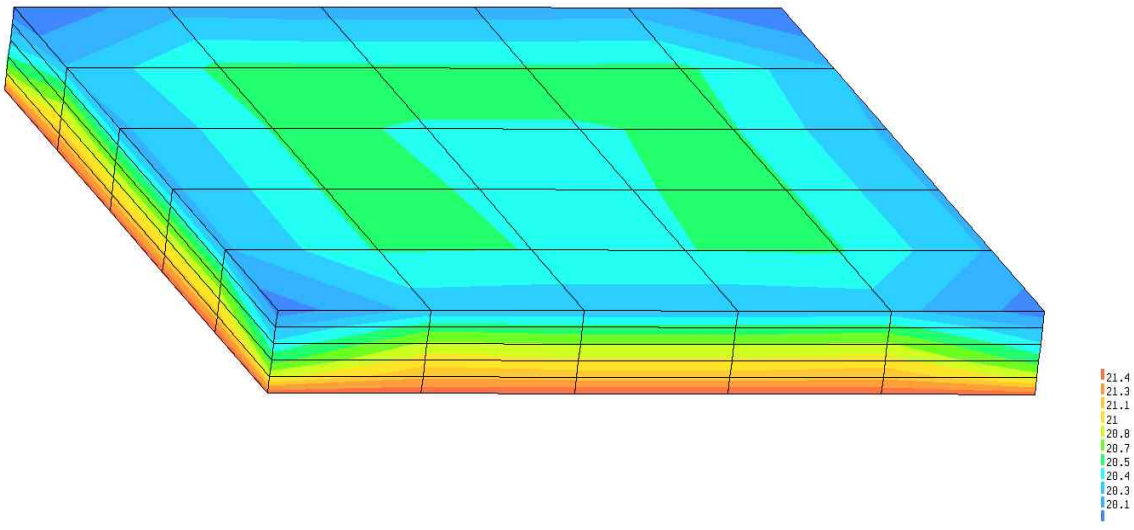
a. 1일 최고 외기온도 일 때 표면 온도 양상



b. 1일 최저 외기온도 일 때 표면 온도 양상
[반사율 50%일 때 표면 온도 양상]



a. 1일 최고 외기온도 일 때 표면 온도 양상



b. 1일 최저 외기온도 일 때 표면 온도 양상
[반사율 70%일 때 표면 온도 양상]

연구성과 및 활용

- 사용자의 이해를 돕기 위한 기하학적 모델링 형상 구축 및 모듈에 적용.
- 프로그램의 결과를 형상 모델링과 함께 등온선으로 표시함으로서, 보도블록의 온도분포를 시각적으로 쉽게 표현.
- 프로그램을 이용하여 반사율, 전도율, 비열 등의 블록의 열적 특성에 따른 표면온도 해석이 가능하고, 이를 통해 Hybrid 블록의 도시표면온도 저감 효과를 판단 하는데 활용 할 수 있음

□ 프로그램 등록

제 C-2015-023517 호

프 로 그 램 등 록 증

1. 프로그램의 제호 (명칭) 하이브리드 블록 온도 시뮬레이션 프로그램
2. 저작자 성명 (법인명) 중앙대학교 산학협력단 서울특별시 동작구 흑석로5길
3. 생년월일 (법인등록번호) 115071-0004394
4. 창작연월일 2015년09월25일
5. 공표연월일 -
6. 등록사항 저작자 : 중앙대학교 산학협력단, 창작 : 2015.09.25
7. 등록연월일 2015년10월07일

「저작권법」 제53조에 따라 위와 같이 등록되었음을 증명합니다.

2015년 10월 08일

한국저작권위원회

제 3 장 최종 연구성과 및 적용실적

제 1 절 개별 연구성과

1. 연구성과

가. 논문게재 성과

게재연도	논문명	저자			학술지명	Vol.(No.)	국내외 구분	SCI구분
		주저자	교신저자	공동저자				
2015	Experimental Characterization of Age-Dependency of Shrinkage Coefficient of Hardening Concrete	Seongcheol Choi	Seongcheol Choi		KSCE Journal of Civil Engineering	Online publication		SCI (E)
2015	MOISTURE-BUFFERING CHARACTERISTICS OF BUILDING MATERIALS	Young Cheol Choi	Seongcheol Choi		Ceramics-Silikty			SCI (E)

나. 학술대회 발표 성과

발표일	발표명	저자	학술대회명	국내외 구분

다. 특허 성과

출원된 특허의 경우					등록된 특허의 경우				
출원연도	특허명	출원인	출원국	출원번호	등록연도	특허명	등록인	등록국	등록번호
2013.06	차열블록제조방법	(주)에코청진	대한민국	10-2013-0072845	2013.12	차열블록제조방법	(주)에코청진	대한민국	10-2014-1342004
2014.07	블록형성용조성물및이를이용한블록의제조방법	(주)에코청진	대한민국	10-2014-0089752	2015.06	블록형성용조성물및이를이용한블록의제조방법	(주)에코청진	대한민국	10-2015-15291681
2014.08	표면오염발생을방지한유색고반사블록제조방법	(주)에코청진	대한민국	10-2014-0124408	2015.06	표면오염발생을방지한유색고반사블록제조방법	(주)에코청진	대한민국	10-2015-1529683
2014.10	투수가능이 지속가능한 투수블록 및 이를 형성하기 위한 투수블록 조성물과 투수블록의 제조공법	(주)에코청진	대한민국	10-2014-0138252					

라. 기술료 징수 현황

기 징수액	해당연도 징수액	향후 징수액	합계

마. 사업화 현황

사업화명	사업화내용	사업화 업체 개요				기매출액	해당연도 매출액	매출액 합계
		업체명	대표자	종업원수	사업화형태			

바. 인력활용 / 양성 성과

(1) 인력지원 성과

(가) 주관연구기관

지원 총인원	지원 대상 (학위별, 취득자)				성별		지역별		
	박사	석사	학사	기타	남	여	수도권	대전	기타지역
8		1	6	1	7	1			8

(나) 공동연구기관

지원 총인원	지원 대상 (학위별, 취득자)				성별		지역별		
	박사	석사	학사	기타	남	여	수도권	대전	기타지역
5	1	3	1		5		5		

(2) 장・단기 연수지원 성과

장기 (2개월 이상)		단기 (2개월 미만)	
국내	국외	국내	국외

(3) 산업기술인력 양성 성과

프로그램명	프로그램 내용	교육기관	교육 개최회수	총 교육시간	총 교육인원

사. 국제화/협력 성과

(1) 인력교류 성과

외국 연구자 유치				해외 파견			
유치기간(월)	국적	학위	전공	파견기간(월)	파견국	학위	전공

(2) 기술무역 성과

(단위 : 백만원)

기술명	분야	징수액	해당연도 징수액	향후 예정액	계약 업체명	계약업체 소속국가	수출/수입

제 2 절 핵심요소기술

1. 성과리스트

가. 주관연구기관

연번	핵심성과명	핵심성과 설명	성과유형	성과달성	해당연차
1	기능성 향상을 위한 블록 디자인 패턴닝 기술개발(Ⅱ)	보행자 난반사 방지를 위한 최적 Pattern 분류 및 제품 설계	공법·기법	(주)에코청진	2013.11 – 2014.11 (1년)
2	적외선 영역의 높은 반사율을 위한 블록 최적 배합비 도출	재료의 흡합 배합비에 따른 반사율 및 역학적 특성 분석	재료·자재	(주)에코청진	2013.11 – 2014.11 (1년)
3	Patterning 적용 Composite 블록 시제품 개발	최적 반사율 배합 및 패턴닝 기술 적용 콘크리트 블록 시제품 개발	공법·기법	(주)에코청진	2013.11 – 2014.11 (1년)
4	고반사 수지, 세라믹 소재 등을 이용한 태양열 차단 Layer 형성기술	적외선 반사에 효과적인 차단 Layer의 두께 및 소재를 결정하여 제품 개발	공법·기법	(주)에코청진	2013.11 – 2015.11 (2년)
5	Coposite 블록 개발에 적합한 생산 공정 개선	Composite 블록의 생산성 향상을 위한 Patterning 깊이 또는 각을 조정하여 표면마감에 대한 공정기술을 검토	공법·기법	(주)에코청진	2013.11 – 2014.11 (1년)
6	Hybrid Block 개발(Ⅱ)	Patterning 기술 접목을 통한 Hybrid Block 시제품 개발 기초 물리적 특성 및 내구성 평가	재료·자재	(주)에코청진	2014. 09 ~ 2015. 11
7	생산 공정 개선(Ⅱ)	Layer 스프레이 공정 최적화 Layer 건조공정 최적화	공법·기법	(주)에코청진	2014. 09 ~ 2015. 11
8	현장 적용을 통한 실증화	태양열 고반사 블록의 Mock-up 시험 및 현장 표면온도 특성평가를 통한 기존 블록과의 차별성 검증	재료·자재	(주)에코청진	2014. 09 ~ 2015. 11

나. 공동연구기관

연번	핵심성과명	핵심성과 설명	성과유형	성과달성	해당연차
1	표면온도 시뮬레이션 프로그램 개발	태양열 고반사 특성을 고려한 해석 알고리즘을 이용하여 표면온도 시뮬레이션을 모듈을 개발하고 제품 적용을 통한 신뢰성을 제고하는 프로그램 개발	소프트웨어	중앙대학교	2012.11 – 2015.11 (3년)
2	표면온도 시뮬레이션 프로그램 개발	제품 적용을 통한 신뢰성 제고를 위해 기존 블록과 비교, 온도 하강 효과 계산 및 예측	소프트웨어	중앙대학교	2014. 09 ~ 2015. 11

2. 핵심성과별 세부 설명

가. 주간연구기관

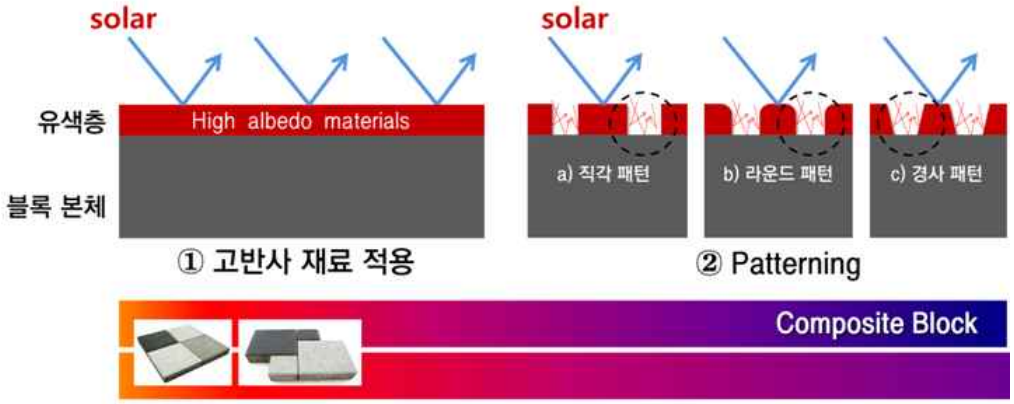
(1) 기능성 향상을 위한 블록 디자인 Patterning 기술개발(공법・기법)

<table>
<tr><td>관련 그림 / 사진</td><td colspan="6">   </td></tr>
<tr><td>정의(설명)</td><td colspan="6">보행자 난반사 방지를 위한 최적 Pattern 분류 및 제품 설계</td></tr>
<tr><td>설정사유</td><td colspan="6">기존 제품과의 차별성(눈부심 방지)을 통한 개선방향 설정</td></tr>
<tr><td>목 적</td><td colspan="6">보행자의 보행 안정성 및 쾌적성을 제공하는 블록 개발을 목적으로 함</td></tr>
<tr><td>성능목표</td><td colspan="6">(기존기술 수준) 보행자의 눈부심 등에 대한 안정성을 고려하지 않음
(개발기술 수준) 보행자의 난반사 방지 및 미끄럼 저항성 증가
(개발기술 수준 설정근거) 본 연구진에 의해 개발된 Patterning 블록의 경우, 기존 블록에 제시되지 않은 보행자의 난반사 방지하는 효과가 있으므로, 보행자의 보행 안정성을 위해 Pattern 분류 및 제품 설계</td></tr>
<tr><td>성과달성 책임자 (소속기관)</td><td colspan="6">김영안(에코청진)</td></tr>
<tr><td>소요기간</td><td colspan="6">'12.11 ~'14.09 (01년 10개월)</td></tr>
<tr><td rowspan="3">핵심성과</td><td>양적성과</td><td>차년도</td><td>특허</td><td>SCI 논문</td><td>비SCI논문</td><td>S/W</td><td>기타</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>질적성과</td><td>차년도</td><td colspan="5">휨강도 3.0㎫ 이상, 투수계수 2.0×10^{-2}㎝/sec 이상,
미끄럼저항성 시험 35BPN 이상, 일사반사율 60% 이상</td></tr>
<tr><td>달성 확인방법</td><td>차년도</td><td colspan="5">공인시험성적서</td></tr>
</table>

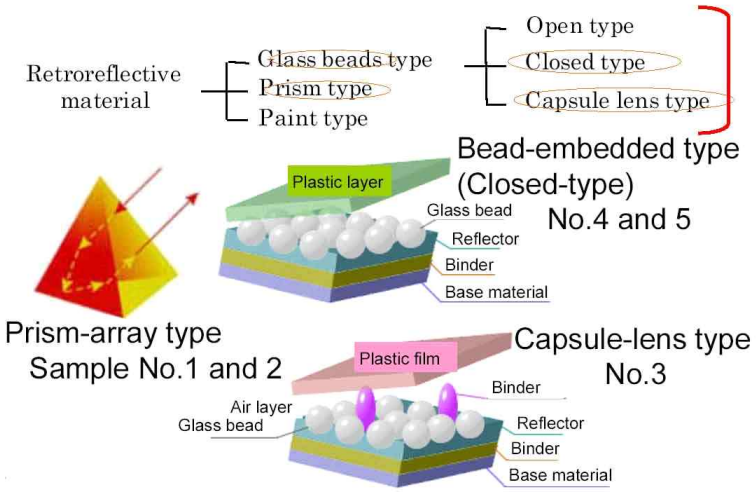
(2) 적외선 영역의 높은 반사율을 위한 블록 최적 배합비 도출(재료・자재)

<table>
<tr><td colspan="2">관련 그림 / 사진</td><td colspan="6">   </td></tr>
<tr><td colspan="2">정의(설명)</td><td colspan="6">혼합 배합비에 따른 반사율 및 역학적 특성 분석</td></tr>
<tr><td colspan="2">설정사유</td><td colspan="6">최적 반사율 배합을 적용 콘크리트 블록 시제품 개발</td></tr>
<tr><td colspan="2">목 적</td><td colspan="6">적외선 영역의 높은 반사율을 위한 블록 최적 배합비를 도출하기 위해 다양한 고반사 재료와 골재를 혼합하여 최적의 반사율 배합을 도출한 콘크리트 블록 시제품 개발</td></tr>
<tr><td colspan="2">성능목표</td><td colspan="6">(기존기술 수준) 도시열섬 저감을 위한 기술은 대부분 보수성 도로 포장분야 위주로 진행되고 있으며, 아직 제품화가 된 사례가 없음
(개발기술 수준) 고반사 재료 및 골재의 배합비율에 따라 일사반사율 60% 이상의 성능을 발휘할 수 있는 제품 개발
(개발기술 수준 설정근거) 본 연구진에 의해 개발된 고반사 재료 및 골재의 배합비를 적용 콘크리트 블록의 경우, 기존 블록에 제시되지 않은 고반사 재료를 이용하여 블록 자체에 반사를 통해 열섬현상을 줄이는 것으로 시제품을 개발</td></tr>
<tr><td colspan="2">성과달성 책임자 (소속기관)</td><td colspan="6">김영안(에코청진)</td></tr>
<tr><td colspan="2">소요기간</td><td colspan="6">'12.11 ~'14.09 (01년 10개월)</td></tr>
<tr><td rowspan="3">핵심성과</td><td>양적성과</td><td>차년도</td><td>특허</td><td>SCI 논문</td><td>비SCI논문</td><td>S/W</td><td>기타</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td>출원 1
등록 1</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>질적성과</td><td>차년도</td><td colspan="5">일사반사율 60% 이상, 표면온도 저감 △7℃ 이상,
휨강도 3.0㎫ 이상, 투수계수 2.0×10^{-2}㎝/sec 이상,
촉진내후성 200시간 제논아크광원 노출후 탈변색 없음</td></tr>
<tr><td>달성 확인방법</td><td>차년도</td><td colspan="5">특허출원서, 특허 등록증, 공인시험성적서 및 보고서</td></tr>
</table>

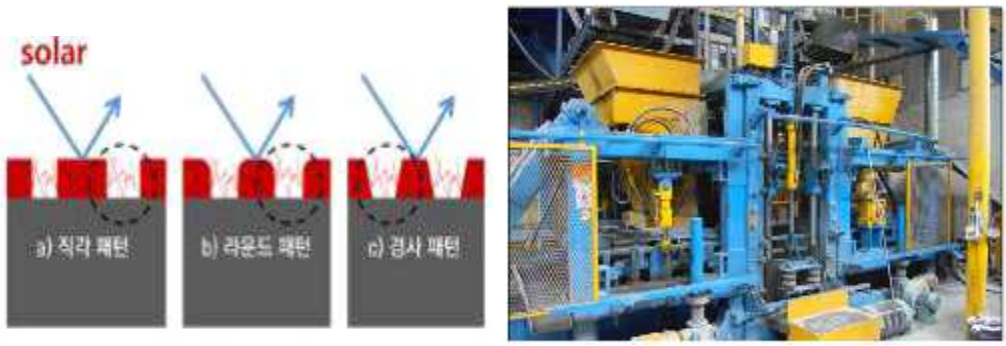
(3) Patterning 적용 Composite 블록 시제품 개발(공법・기법)

<table>
<tr><td colspan="2">관련 그림 / 사진</td><td colspan="6"> 
</td></tr>
<tr><td colspan="2">정의(설명)</td><td colspan="6">고반사 재료 및 Patterning 적용하여 최적의 Composite 블록 개발</td></tr>
<tr><td colspan="2">설정사유</td><td colspan="6">고반사 재료 특성에 따라 Patterning 적용에 대한 개선방향 설정</td></tr>
<tr><td colspan="2">목 적</td><td colspan="6">고반사 재료와 Patterning 기술이 적용된 시제품을 개발하여 시제품에 대한 물리적 특성(휨강도, 미끄럼저항)과 일사반사율 60% 이상, 촉진내후성 시험에 의한 태양열 반사 저감율 등을 만족할 수 있는 시제품 개발</td></tr>
<tr><td colspan="2">성능목표</td><td colspan="6">(기존기술 수준) 기존 국내에서는 도시열섬 저감을 위한 기술은 대부분 보수성 도로 포장분야 위주로 진행되고 있으며, 도시열섬 저감에 대한 자료 부재
(개발기술 수준) 고반사 재료와 Patterning 기술을 접목하여 개선점을 도출하고, 도시열섬 저감에 대한 증빙자료 제시
(개발기술 수준 설정근거) 국내외 사례 검토</td></tr>
<tr><td colspan="2">성과달성 책임자 (소속기관)</td><td colspan="6">김영안(에코청진)</td></tr>
<tr><td colspan="2">소요기간</td><td colspan="6">'13.11 ~'14.09 (10개월)</td></tr>
<tr><td rowspan="3">핵심성과</td><td>양적성과</td><td>차년도</td><td>특허</td><td>SCI 논문</td><td>비SCI논문</td><td>S/W</td><td>기타</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td>출원 1
등록 1</td><td></td><td></td><td></td><td>시제품 1건</td></tr>
<tr><td>질적성과</td><td>차년도</td><td colspan="5">시제품 개발</td></tr>
<tr><td></td><td>달성 확인방법</td><td>차년도</td><td colspan="5">특허 출원서, 특허 등록증, 시제품</td></tr>
</table>

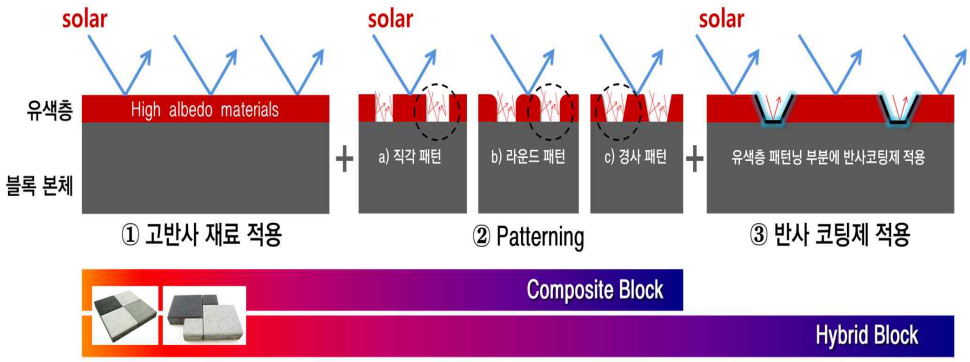
(4) 고반사 수지, 세라믹 소재 등을 이용한 태양열 차단 Layer 형성기술(공법・기법)

<table>
<tr><td>관련 그림 / 사진</td><td colspan="6"> 
</td></tr>
<tr><td>정의(설명)</td><td colspan="6">적외선 반사에 효과적인 차단 Layer의 두께 및 소재 결정</td></tr>
<tr><td>설정사유</td><td colspan="6">적외선을 효과적으로 차단하는 Layer가 Composite 블록에 접목되었을 때 물리・화학적 영향과 외부환경에서의 열화를 검토하여 개선</td></tr>
<tr><td>목 적</td><td colspan="6">Composite 블록에 적외선 반사에 효과적인 차단 Layer의 두께 및 소재에 따른 Composite 블록의 물리・화학적 변화를 검토하여 개선</td></tr>
<tr><td>성능목표</td><td colspan="6">(기존기술 수준) 적외선 반사에 효과적인 차단 Layer 적용에 대한 구체적인 두께 및 소재가 없음
(개발기술 수준) Composite 블록 표면에 적외선 반사에 효과적인 차단 Layer의 두께 및 소재를 접목하여 적용방안 도출
(개발기술 수준 설정근거) 국외 사례 검토</td></tr>
<tr><td>성과달성 책임자 (소속기관)</td><td colspan="6">김영안(에코청진)</td></tr>
<tr><td>소요기간</td><td colspan="6">'13.11 ~'14.09 (10개월)</td></tr>
<tr><td rowspan="3">핵심성과</td><td>양적성과</td><td>차년도</td><td>특허</td><td>SCI 논문</td><td>비SCI논문</td><td>S/W</td><td>기타</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td>출원 1
등록 1</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>질적성과</td><td>차년도</td><td colspan="5">일사반사율 60%이상, 표면온도저감 △7℃ 이상,
촉진내후성 200시간 제논아크광원 노출후 탈변색 없음,
휨강도 3.0MPa 이상</td></tr>
<tr><td></td><td>달성 확인방법</td><td>차년도</td><td colspan="5">특허출원서, 특허 등록증, 공인시험성적서</td></tr>
</table>

(5) Composite 블록 개발에 적합한 생산 공정 개선(공법・기법)

<table>
<tr><td>관련 그림 / 사진</td><td colspan="6"> 
</td></tr>
<tr><td>정의(설명)</td><td colspan="6">Patterning 깊이/각 조정 및 표면 마감에 대한 생산 공정 기술 검토</td></tr>
<tr><td>설정사유</td><td colspan="6">Patterning 깊이/각 조정 및 표면 마감에 대한 생산 공정의 기술적 검토를 하여 생산성 확보</td></tr>
<tr><td>목 적</td><td colspan="6">Patterning 깊이/각 및 표면 마감에 따른 생산성에 미치는 영향을 분석하여 생산성 향상을 위한 생산 공정 개선</td></tr>
<tr><td>성능목표</td><td colspan="6">(기존기술 수준) Patterning 깊이/각 및 표면 마감에 대한 생산 공정 기술 전무
(개발기술 수준) 최적의 Patterning 깊이/각 및 표면 마감을 접목시키기 위한 생산 공정을 검토하여 개선하여 생산성을 향상
(개발기술 수준 설정근거) Patterning 깊이/각 및 표면 마감에 적합한 생산 설비 및 공정에 대한 실험을 통한 생산성의 확보</td></tr>
<tr><td>성과달성 책임자 (소속기관)</td><td colspan="6">김영안(에코청진)</td></tr>
<tr><td>소요기간</td><td colspan="6">’13.11 ~’14.09 (10개월)</td></tr>
<tr><td rowspan="3">핵심성과</td><td>양적성과</td><td>차년도</td><td>특허</td><td>SCI 논문</td><td>비SCI논문</td><td>S/W</td><td>기타</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>질적성과</td><td>차년도</td><td colspan="5">휨강도 3.0㎫ 이상, 미끄럼저항성 35BPN이상,
투수계수 2.0×10^{-2}㎝/sec 이상</td></tr>
<tr><td></td><td>달성 확인방법</td><td>차년도</td><td colspan="5">공인시험성적서</td></tr>
</table>

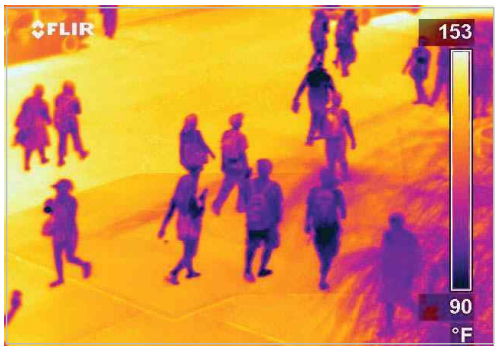
(6) Hybrid Block 개발(재료 · 자재)

<table>
<tr><td>관련 그림 / 사진</td><td colspan="6"> 
</td></tr>
<tr><td>정의(설명)</td><td colspan="6">Patterning 기술 접목을 통한 Hybrid Block 시제품 개발과 이 시제품의 기초 물리적 특성 및 마모, 촉진내후성 등을 통한 장기 내구성 평가.</td></tr>
<tr><td>설정사유</td><td colspan="6">Patterning 적용 Hybrid Block 시제품의 기초 내구성과 내후성을 평가하여, 상품화할 수 있는 검토를 하여, 보완 · 수정 방안 마련.</td></tr>
<tr><td>목 적</td><td colspan="6">Hybrid Block 시제품의 휨강도, 마모율, 미끄럼저항성 시험을 통해 기초 물리적 특성 검토.
마모시험, 촉진내후성시험에 의한 태양열 반사 저감율 검토.
동결융해, 장기 옥외폭로시험으로 외관 평가를 통해 장기 내구성 검토.
촉진/옥외 내구성 평가를 통한 성능개선 및 사후관리 방안 마련.</td></tr>
<tr><td>성능목표</td><td colspan="6">(기존기술 수준) 휨강도 : 5㎫, 투수계수 : 0.3㎜/sec,
미끄럼저항성 45BPN, 촉진내후성 : 탈 · 변색 없음.
(개발기술 수준) 휨강도 : 5㎫이상, 투수계수 : 0.3㎜/sec 이상,
미끄럼저항성 45BPN이상, 촉진내후성 : 탈 · 변색 없음.
(개발기술 수준 설정근거) 일본 태양광 고반사 재료의 최고성능 값 기준.</td></tr>
<tr><td>성과달성 책임자 (소속기관)</td><td colspan="6">김종훈(에코청진)</td></tr>
<tr><td>소요기간</td><td colspan="6">'14. 09 ~'15. 03(07개월)</td></tr>
<tr><td rowspan="3">핵심성과</td><td>양적성과</td><td>차년도</td><td>특허</td><td>SCI 논문</td><td>비SCI논문</td><td>S/W</td><td>기타</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td>출원 1건</td><td></td><td></td><td></td><td>시제품 1</td></tr>
<tr><td>질적성과</td><td>차년도</td><td colspan="5">시제품 개발,
휨강도 5㎫ 이상, 투수계수 : 0.3㎜/sec,
미끄럼저항성 : 45BPN이상, 촉진내후성 탈 · 변색없음</td></tr>
<tr><td></td><td>달성 확인방법</td><td>차년도</td><td colspan="5">특허 출원증, 시제품, 공인시험기관 인증서</td></tr>
</table>

(7) 생산 공정 개선(공법 · 기법)

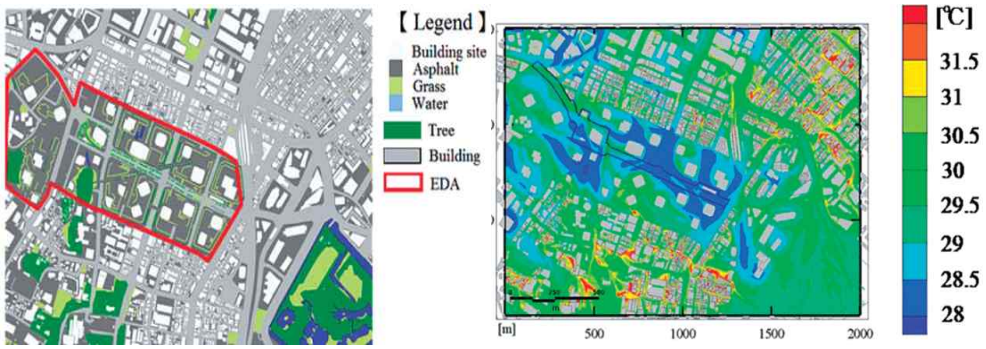
<table>
<tr><td>관련 그림 / 사진</td><td colspan="6">   </td></tr>
<tr><td>정의(설명)</td><td colspan="6">생산성 향상을 위한 고반사 코팅재료 시공 방법 뿜칠(Spray) 공법 검토</td></tr>
<tr><td>설정사유</td><td colspan="6">Patterning 적용 Hybrid Block 시제품에 고반사 코팅재료를 접목시키기 위해 스프레이 시공방법에 대한 Detail한 검토가 필요하며, 생산성 향상을 위한 도막두께 및 표면강도에 대한 검토 필요</td></tr>
<tr><td>목 적</td><td colspan="6">생산성 향상을 위한 공정기술 검토를 위해 고반사 코팅재료 Layer 스프레이 공정에 대한 면적, 시간 등에 대한 공정과 도막두께 및 표면 강도에 대한 Detail 확보.</td></tr>
<tr><td>성능목표</td><td colspan="6">(기존기술 수준) 담금(Dipping) 방식 적용(최종 공정).
(개발기술 수준) 스프레이 방식으로 고반사 코팅재료 뿜칠 공법을 도입하여 생산성이 우수하며, 담금 방식에 의한 불필요한 부분의 코팅을 배제함.
(개발기술 수준 설정근거) 일본 태양광 고반사 재료의 최고성능 값 기준.</td></tr>
<tr><td>성과달성 책임자 (소속기관)</td><td colspan="6">김종훈(에코청진)</td></tr>
<tr><td>소요기간</td><td colspan="6">’15. 04 ~’15. 07 (04개월)</td></tr>
<tr><td rowspan="3">핵심성과</td><td>양적성과</td><td>차년도</td><td>특허</td><td>SCI 논문</td><td>비SCI논문</td><td>S/W</td><td>기타</td></tr>
<tr><td>질적성과</td><td>차년도</td><td colspan="5">일사반사율 70% 이상,
옥외폭로시험(접지 및 직접폭로) 6개월 : 탈 · 변색 없음.
생산성 향상을 위한 공정기술 검토 보고서</td></tr>
<tr><td>달성 확인방법</td><td>차년도</td><td colspan="5">공인시험기관 시험성적서, 보고서</td></tr>
</table>

(8) 현장적용을 통한 실증화(재료 · 자재)

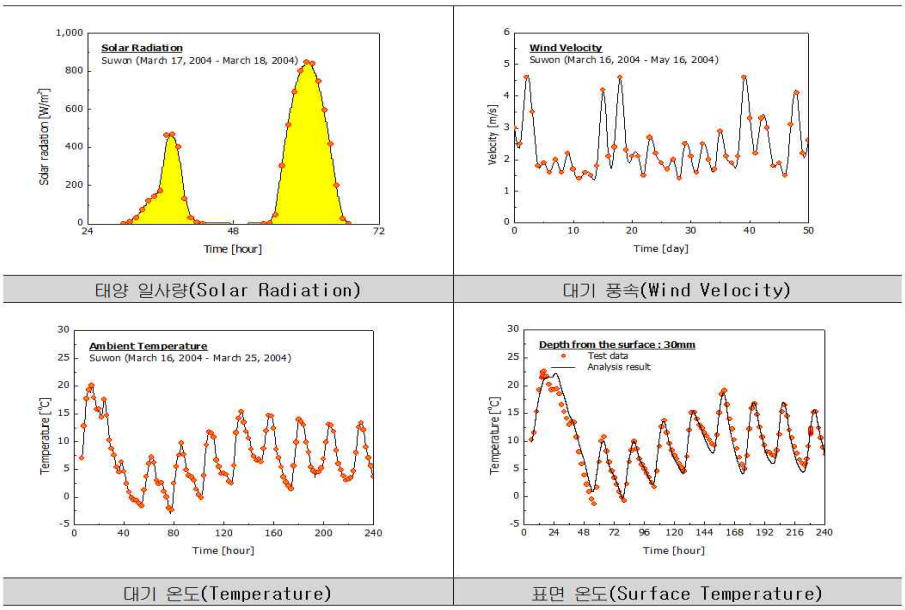
<table>
<tr><td colspan="2">관련 그림 / 사진</td><td colspan="5">  
</td></tr>
<tr><td colspan="2">정의(설명)</td><td colspan="5">태양열 고반사 블록의 Mock-up 시험 및 현장 표면온도 특성평가를 통한 기존 블록과의 차별성 검증</td></tr>
<tr><td colspan="2">설정사유</td><td colspan="5">최종 개발된 Patterning 적용 Composite Block과 Hybrid Block, 기존 보도블록의 Mock-up Test 및 현장 적용을 통해 개발된 제품의 성능 검토</td></tr>
<tr><td colspan="2">목 적</td><td colspan="5">최종 개발된 Patterning 적용 Composite Block과 Hybrid Block, 기존 보도블록의 Mock-up Test 및 현장 적용을 통해 표면온도 특성을 평가하여 차별성 검증</td></tr>
<tr><td colspan="2">성능목표</td><td colspan="5">(기존기술 수준) 표면온도저감 : △10℃
(개발기술 수준) 표면온도저감 : △10℃ 이상
(개발기술 수준 설정근거) 일본 태양광 고반사 재료의 최고성능 값 기준.</td></tr>
<tr><td colspan="2">성과달성 책임자 (소속기관)</td><td colspan="5">김종훈(에코청진)</td></tr>
<tr><td colspan="2">소요기간</td><td colspan="5">'15. 08 ~'15. 10(03개월)</td></tr>
<tr><td rowspan="3">핵심성과</td><td rowspan="2">양적성과</td><td rowspan="2">차년도</td><td>특허</td><td>SCI 논문</td><td>비SCI논문</td><td>S/W</td><td>기타</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td>현장적용 1</td></tr>
<tr><td>질적성과</td><td>차년도</td><td colspan="5">Mock-up 실험, 현장 실험,
휨강도 5㎫ 이상, 투수계수 : 0.3㎜/sec,
미끄럼저항성 : 45BPN이상, 촉진내후성 탈 · 변색없음</td></tr>
<tr><td>달성 확인방법</td><td>차년도</td><td colspan="5">현장 시험 자료</td></tr>
</table>

나. 공동연구기관

(1) 표면온도 시뮬레이션 프로그램 개발(소프트웨어)

<table>
<tr><td>관련 그림 / 사진</td><td colspan="6"> 
</td></tr>
<tr><td>정의(설명)</td><td colspan="6">고반사 블록 성능평가를 위한 환경조건 자료 모듈화</td></tr>
<tr><td>설정사유</td><td colspan="6">프로그램에 현장 환경조건과 유사한 인자들을 기입하여 도출되는 값이 수치적으로 해석될 수 있도록 모듈화 필요</td></tr>
<tr><td>목 적</td><td colspan="6">현장의 다양한 환경조건에 대한 수치적인 인자를 도출하여 User Friendly 구동 환경으로 실질적인 자료로 활용</td></tr>
<tr><td>성능목표</td><td colspan="6">(기존기술 수준) 기존 국내에서는 표면온도 성능평가를 위한 시뮬레이션 모듈 부재
(개발기술 수준) 태양광 파장대별 고려인자 도출과 수치 시뮬레이션 프로그램을 개발하여 User Friendly 구동환경을 실현
(개발기술 수준 설정근거) 국외 사례 검토</td></tr>
<tr><td>성과달성 책임자 (소속기관)</td><td colspan="6">최성철(중앙대학교)</td></tr>
<tr><td>소요기간</td><td colspan="6">’13.11 ~’14.11 (0년12개월)</td></tr>
<tr><td rowspan="3">핵심성과</td><td>양적성과</td><td>차년도</td><td>특허</td><td>SCI 논문</td><td>비SCI논문</td><td>S/W</td><td>기타</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td>1</td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>질적성과</td><td>차년도</td><td colspan="5">수치검증</td></tr>
<tr><td></td><td>달성 확인방법</td><td>차년도</td><td colspan="5">SCI 논문 게재 1건</td></tr>
</table>

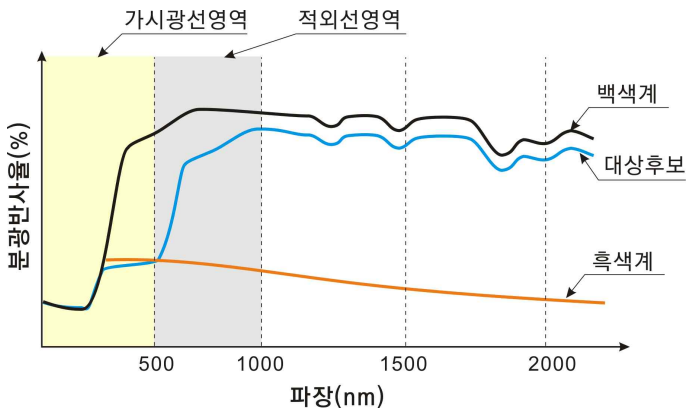
(2) 표면온도 시뮬레이션 프로그램 개발(프로그램)

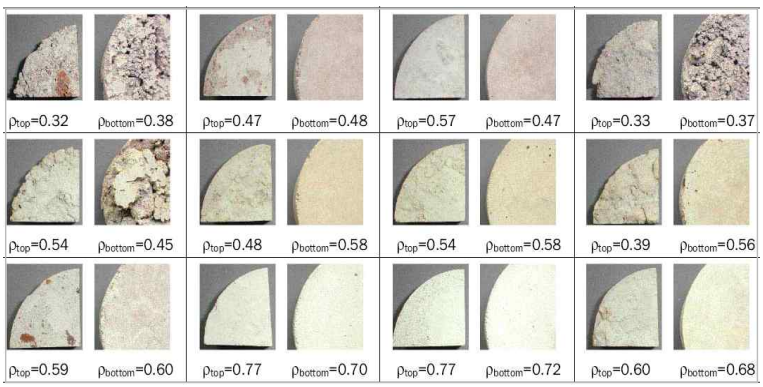
<table>
<tr><td>관련 그림 / 사진</td><td colspan="6">


태양 일사량(Solar Radiation) | 대기 풍속(Wind Velocity)
대기 온도(Temperature) | 표면 온도(Surface Temperature)
</td></tr>
<tr><td>정의(설명)</td><td colspan="6">개발된 제품을 기존 블록과의 상대 비교, 표면 온도 하강 예측을 통한 신뢰성 제고</td></tr>
<tr><td>설정사유</td><td colspan="6">다양한 환경을 프로그램에 접목시켜 다양한 조건하에서 개발된 제품의 효과와 신뢰성을 제고하기 위한 프로그램 해석</td></tr>
<tr><td>목 적</td><td colspan="6">기존 블록과의 상대 비교, 실용화를 위한 방향성 제시를 통해 블록 표면 온도 하강 효과를 계산하고 비교하여, 블록 시공 위치에 대한 표면 온도 하강 효과 예측함으로 제품 적용을 통한 신뢰성 제고</td></tr>
<tr><td>성능목표</td><td colspan="6">(기존기술 수준) 국내의 표면온도 성능평가를 위한 시뮬레이션 모듈 부재
(개발기술 수준) 제품 적용을 통한 신뢰성 제고를 위한 표면온도 하강 예측
(개발기술 수준 설정근거) 유럽 태양광 표면온도 시뮬레이션 프로그램.</td></tr>
<tr><td>성과달성 책임자 (소속기관)</td><td colspan="6">최성철(중앙대학교)</td></tr>
<tr><td>소요기간</td><td colspan="6">'14. 09 ~'15. 10(14개월)</td></tr>
<tr><td rowspan="3">핵심성과</td><td>양적성과</td><td>차년도</td><td>특허</td><td>SCI 논문</td><td>비SCI논문</td><td>S/W</td><td>기타</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td>1</td><td></td><td>1</td><td></td></tr>
<tr><td>질적성과</td><td>차년도</td><td colspan="5">SCI(E) 논문게재, 프로그램 개발 소프트웨어 등록</td></tr>
<tr><td></td><td>달성 확인방법</td><td>차년도</td><td colspan="5">SCI(E) 논문 게재 확인서, S/W 등록증</td></tr>
</table>

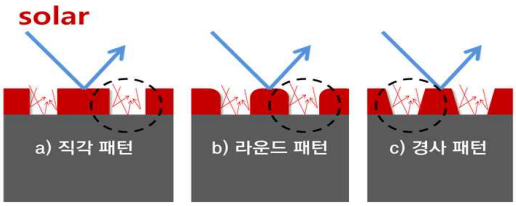
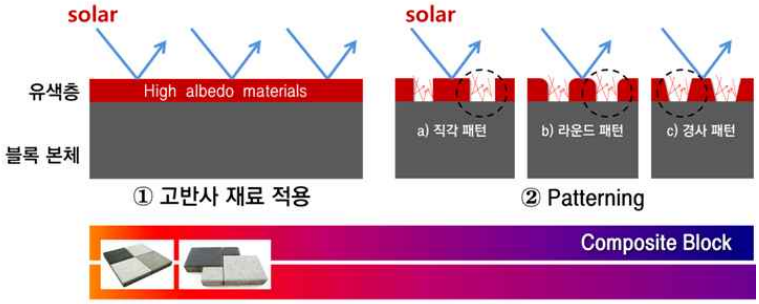
제 3 절 주요 연구성과

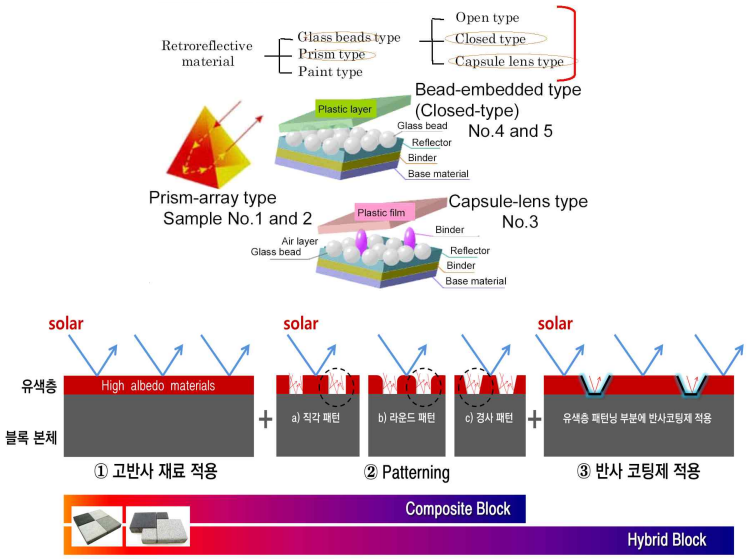
<table>
<tr><th colspan="2">주요 연구내용</th><th>주요성과</th></tr>
<tr><td>문헌분석</td><td>■ 국외 열섬 저감형 포장 및 블록 현황 (일본, 미국, 유럽 등)
■ 국내외 고반사 재료현황 및 반사메커니즘 분석
■ 국내외 성능평가 방법 분석
: 재료 및 현장 반사율 측정방법 등 (ASTM, JIS, EN, KS)</td><td>▪ 조사·분석 보고서</td></tr>
<tr><td>기능성 블록의 재료설계를 위한 일사 반사율 특성분석</td><td>태양열 반사율 측정을 통한 친환경 저에너지 고반사 블록의 설계 기반이 될 수 있는 원재료의 반사율 인덱스 작성

■ 태양열 고반사 재료선정을 위한 성능평가
- 태양열 파장영역에서의 반사특성 분석을 통한 대상 후보군 결정
: 가시광선 반사 최소화를 통한 눈부심 방지, 적외선 반사 최대화 재료 선정
 

- Albedo 및 Retro-reflectance Index작성
: 골재, 혼합재(slag, limestone), 수지, 안료 등
 
</td><td>▪ 원재료 반사율 Index

▪ 고 반 사 Material Retro-reflectance Index 작성</td></tr>
</table>

기능성 향상을 위한 블록 디자인 Patterning 기술개발 (I)	■ **형상, 깊이에 따른 Patterning 기술** - Patterning 특성에 따른 반사율 분석 - 태양열 고반사특성과 결합된 Patterning 기술개발 (최적형상 및 깊이결정) 	
기능성 향상을 위한 블록 디자인 Patterning 기술개발 (II)	■ **Patterning 적용기술** - 생산라인과 결부된 표면 연마 및 가공기술 개발 - 보행자 난반사 방지를 위한 최적 Pattern 분류 및 제품설계  	▪ **차열블록 제조방법 특허출원 1건 (10-2013-0076338)** ▪ **차열블록 제조방법 특허등록 1건 (10-2013-1342004)**
Composite 블록 개발(I)	■ **적외선 영역의 높은 반사율을 위한 블록 최적 배합비 도출** - 골재, 혼합재, 바인더, 안료 등의 구성비율 - 혼합배합비에 따른 반사율 및 역학적 특성분석	
Composite 블록 개발(II)	■ **Patterning 적용 Composite 블록 시제품 개발** - 최적 반사율 배합 및 Patterning 기술 적용 콘크리트 블록 시제품 개발  ■ **시제품 평가** - 기초 물리적 특성 분석(강도, 충격, 마모율, 미끄럼 저항성) - 마모시험, 촉진 내후성 시험에 의한 태양열 반사 저감율 측정 - 동결융해, 장기 옥외폭로, 외관평가 등 - 촉진/옥외 내구성 평가를 통한 성능개선 및 사후관리방안 마련	▪ **Composite Block 시제품 개발 1건** ▪ **유색 차열블록 제조방법 특허출원 1건 (10-2014-0089752)** ▪ **유색 차열블록 제조방법 특허등록 1건 (10-2015-15291681)**
Hybrid 블록 개발 (I)	■ **고반사 수지, 세라믹 소재 등을 이용한 태양열 차단 layer 형성기술** - 적외선 반사에 효과적인 차단 layer의 두께 및 소재 결정 : 부착성능, 마모성, 내구성을 고려한 layer 소재 결정 : layer 재료별 태양열 차단 성능 검토, 고반사 코팅제의 자외선 열화 검토	▪ **태양열 차단 Layer 열화특성 분석 보고서**
생산 공정 개선(I)	■ **생산성 향상을 위한 공정기술 검토** - Patterning : Patterning 깊이/각 조정, 표면 마감	▪ **환경표지인증 신청 (EL.245)** ▪ **환경표지인증 등록 (제 12927 호)**

Hybrid 블록 개발 (II)	■ **도시열섬 저감을 위한 Hybrid 블록 시제품 개발** - Patterning 기술(1차년도)과의 접목을 통한 Hybrid 블록 시제품 개발  ■ **시제품 평가** - 기초 물리적 특성 분석(강도, 충격, 마모율, 미끄럼 저항성) - 마모시험, 촉진 내후성 시험에 의한 태양열 반사 저감율 측정 - 동결융해, 장기 옥외폭로, 외관평가 등 - 촉진/옥외 내구성 평가를 통한 성능개선 및 사후관리방안 마련	▪ **Hybrid Block 시제품 1건** ▪ **Hybrid Block 제조방법 특허출원 (10-2014-0124408)** ▪ **Hybrid Block 제조방법 특허등록 (10-2015-1529683)** ▪ **투수블록 제조방법 특허출원 1건 (10-2014-0138252)**
생산 공정 개선 (II)	■ **생산성 향상을 위한 공정기술 검토** - 차단 layer 형성 : layer 스프레이 공정(스프레이 면적, 시간 등 공정 최적화) : 건조 공정	▪ **녹색기술인증 신청 (T100302)** ▪ **녹색기술인증 등록 (GT-15-00147)** ▪ **환경표지인증 신청 (EL.745)** ▪ **환경표지인증 등록 (제 12926 호)**
현장적용을 통한 태양열 고반사 블록의 실증화	*태양열 고반사 블록의 Mock-up 시험 및 현장 표면온도 특성 평가를 통한* *기존 블록과의 차별성 검증* ■ **Mock-up 시험체 제작 및 현장적용** - 기존 보도블록, 태양열 고반사 블록 - Mock-up 시험체 표면 및 현장 적용 블록 표면의 온도 측정  	▪ **인조화강석 블록 및 Hybrid Block 시제품 현장 적용** ▪ **사후관리 방안보고서** ▪ **규격서** ▪ **시방서**

제 4 절 기술 실시 및 적용사례

1. 시험

가. 휨강도 시험

(1) 시험 장소

한국건설생활환경시험연구원 대구・경북지원센터

(2) 시험 규격

KS F 4419(보・차도용 콘크리트 인터로킹 블록)

(3) 산 출 식

시료를 24시간 물속에 침수시킨 후 꺼낸 즉시 시험한다. 지점간 거리를 140㎜로 취하여 지점간 중앙에 하중을 가한다. 이때 가압속도는 파괴 하중의 약 50%까지는 빠른 속도로 작용시킨 다음, 최대 휨 압축 응력의 증가가 매분 9.8㎫을 초과하지 않을 정도로 하중을 가하여 시험기에 나타난 최대 하중 P를 측정하여 다음 식에 따라 휨 강도를 계산한다.

$$\text{휨강도} = \frac{3Pl}{2bd^2} \quad \text{.....(식 1)}$$

여기에서, P : 시험기가 나타낸 최대 파괴 하중(N)

l : 지점 간 거리(㎜)

b : 지점 간에 직각 방향의 평균 나비(㎜)

d : 블록의 평균 두께(㎜)

나. 미끄럼저항성 시험

(1) 시험 장소

한국건설생활환경시험연구원 대구・경북지원센터

(2) 시험 규격

KS F 2375(노면의 미끄럼저항성 시험방법)

(3) 산 출 식

최소 90×150㎜이상의 블록을 수평조절나사를 돌려 시험기의 수평을 맞추고, 시험기에 밀착되도록 시료(블록)를 놓는다. 접지길이의 측정게이지를 이용하여 시료 표면에 접지 길이를 표시한다. 접지길이는 14 ~ 127㎜ 정도로 하며, 높이조절 나사를 돌려 슬라이더가 시료 표면에 표시된 접지에 접하도록 조절한다. 시료 표면에 물을 충분히 뿌린 후, 진가를 이동시켜 미끄럼 저항 지수를 측정한다. BPN 값을 확인하고 진자를 원위치에 고정시키며, 처음 측정값을 제외한 총 5번의 값을 기록하고, 20℃에서의 온도 보정으로 BPN값을 구한다.

$$C20 = 0.0074t + 0.0052t - 3.064 + Ct \text{(식 2)}$$

여기에서, C20 : 20℃로 보정한 BPN 값

Ct : 노면온도 t℃일 때의 BPN 값

t : 노면온도



[미끄럼저항성 시험장치]

다. 투수계수시험

(1) 시험 장소

한국건설생활환경시험연구원 대구·경북지원센터

(2) 시험 규격

KS F 4419(보·차도용 콘크리트 인터로킹 블록)

(3) 산 출 식

블록의 두께와 단면적을 버니어 캘리퍼스로 측정한다. 거푸기 내에 블록을 고정시킨다. 이때 블록 이외로 물이 빠지지 않도록 파라핀이나 실링재로 빈틈없이 막아준다. 거푸기가 장치된 투수성 시험장치의 월류 수조에 물을 채우고, 급수 쪽 거푸기 내 블록을 포수한 다음, 거푸기 윗부분의 월류구에서 물이 월류할 때까지 주수하여 수위를 일정하게 한다. 월류 수조에서 배수량이 일정해지는 것을 기다려서, 30초 동안의 유출수량 Q(㎤)을 메스실린더로 측정한다. 동시에 30초 동안 배수되는 월류 수조와 급수 쪽 거푸기 수위와의 수위차를 측정한다. 투수계수는 시료 3개를 1분 이상의 간격을 두고 시험을 하여 각각의 값을 평균한 값으로 나타내며, 다음식에 따라 계산한다.

$$K = \frac{d}{h} \times \frac{Q}{A \times 30s}$$

여기에서, K : 투수계수(㎜/sec)

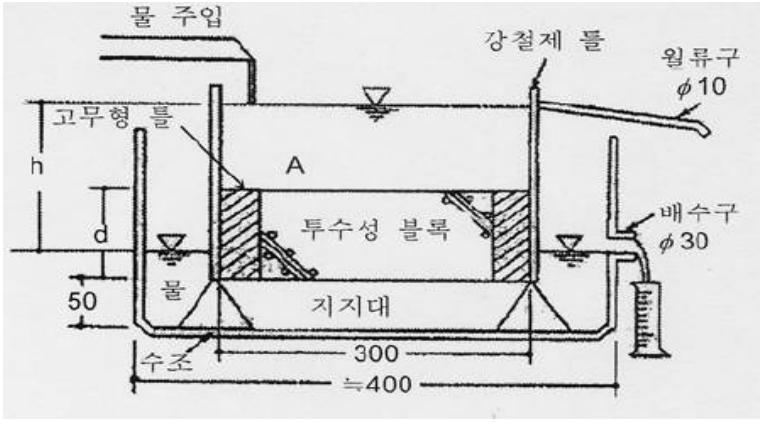
Q : 배수되는 유출수량(㎟)

d : 블록의 두께(㎜)

h : 수위차(㎜)

A : 블록의 단면적(㎟)

30s : 측정시간(sec)



[투수성 시험장치]

라. 촉진내후성시험

(1) 시험 장소

한국건설생활환경시험연구원 옥외실증센터

(2) 시험 규격

KS M ISO 4892(플라스틱-실험실 광원에 의한 노출 시험방법 제4부 : 개방불꽃 카본 아크 램프)

(3) 산 출 식

개방 불꽃 카본 아크 램프 시험기의 시료 유지용 틀에 시편은 수평으로 장착되어 윗면이 시험 조건에 직접 노출되게 된다. 빛 조사량의 변화 사이클을 통해 밤과 낮의 일조량 변화상을 적용하였고 동시에 물 분무에 따른 코팅재의 손상을 촉진시키는 환경조건을 만들었다. 촉진내후성시험은 WS, 250시간으로 정했고, 표면의 변퇴색(Gray Scale) 및 쵸킹 유무를 시험한다.



[촉진내후성 시험기]

마. 옥외폭로시험

(1) 시험 장소

한국건설생활환경시험연구원 옥외실증센터

(2) 시험 규격

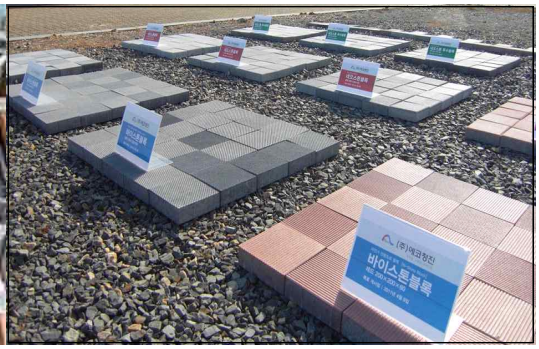
KS D 0060(옥외 폭로 시험 방법 통칙)

(3) 시험방법

접지폭로와 직접폭로로 진행하였다. 접지폭로는 시료를 지면에 설치하고 폭로하여 화학적 · 물리적 성질의 경시 변화를 조사한다. 시료를 폭로시험의 목적에 따라 규정된 방위에 맞추어 강풍, 진동 등에 의해 이동되지 않도록 설치하며, 무게가 특히 큰 시료인 경우에는 지반을 굳혀서 견고한 기초를 만들어 그곳에 설치한다. 지면의 배수 등에 주의하고 장시간 침수되지 않도록 한다. 직접 폭로는 시료를 바람, 비, 햇살 등의 자연 환경에 직접 폭로하여 화학적 · 물리적 성질의 경시 변화를 조사한다. 시료에 영향을 주는 외력이 가해지지 않도록 시료를 직접 폭로 받침대에 부착하든가 또는 시료 지지 틀에 부착하여 폭로 받침대에 고정할 수 있는 구조로 한다. 폭로시험 중의 시료에 그늘, 물방울의 낙하, 시료 이외로부터의 부식 생성물에 의한 오염들의 영향이 생기지 않는 구조로 한다. 시료 상호간의 접촉에 의한 영향이 생기지 않도록 적당한 간격을 벌려서 시료를 배치한다.



[직접폭로시험]



[접지폭로시험]

바. 촉진내후성 시험 후 일사반사율시험

(1) 시험 장소

한국건설생활환경시험연구원 안전환경센터

(2) 시험 규격

JIS K 5602(도막에 의한 태양 복사의 반사율 측정)

(3) 산 출 식

촉진내후성시험 후 시편(Patterning 적용 Composite Block 시제품)을 회수하여 일사반사율시험을 다음 식 1에 따라 산출함. 일사반사율은 근 자외선 및 가시광선 영역(300 ~ 780㎚), 근 적외선 영역(780 ~ 2,500㎚) 및 모든 파장 영역(300 ~ 2,500㎚)의 세 파장 범위에 대해 일사반사율 ρe를 구하고 기록함.

$$\rho_e = \frac{\sum_{\lambda}[(E\lambda \times \Delta\lambda)\times \rho(\lambda)]}{\sum_{\lambda}(E\lambda \times \Delta\lambda)} \quad \text{.....(식 1)}$$

여기에서, ρe : 일사반사율(%)

$\rho(\lambda)$: 요구한 분광반사율(%)

Eλ×△λ : 기준태양광에 대한 값 계수

2. 시제품

기능성 향상을 위한 Patterning 적용된 Composite Block에 고반사 코팅재료를 블록 표면에 Spray된 Hybrid Block의 일사반사율 시험을 위한 시편의 제조방법과 조건은 다음과 같다.

가. Hybrid Block 시제품 제조 방법

(1) 백색골재분말(or 흑색골재분말) 777kg, 흑색골재(or 백색골재) 258kg에 백시멘트(or 시멘트) 250kg, Titanium Dioxide Rutile, Chromium Iron Oxide, Iron Oxide Red, Chrome Yellow는 각각 백시멘트(or 시멘트)의 wt.5%로 12.5kg를 첨가하여 혼합기에서 Mixing.

(2) 200 × 200 × 60(㎜)크기의 몰드에 기존 콘크리트 인터로킹 블록 본체층 배합비를 가진 조성물을 투입한 다음 그 위에 상기 ①의 배합으로 고반사 조성물을 삽입하여 진동다짐.

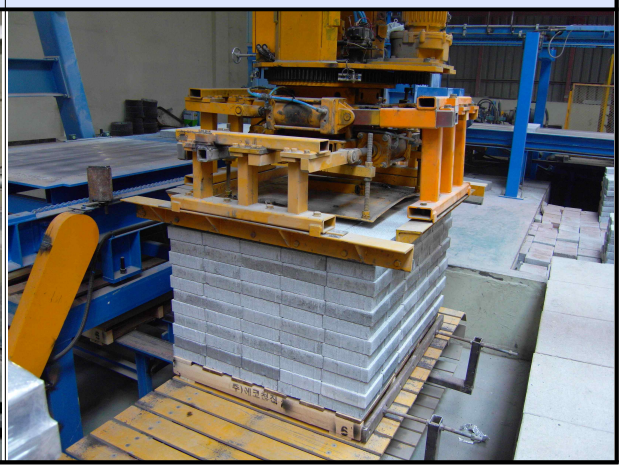
(3) 25개의 안개형 분사 2단(50개) 노즐을 통해 Resin affiliation을 물과 70 : 1로 희석시킨 고반사 코팅재료를 Spaying.

(4) 고반사 코팅재료의 응집 및 얼룩발생을 방지하기 위해 코팅재료 분산.

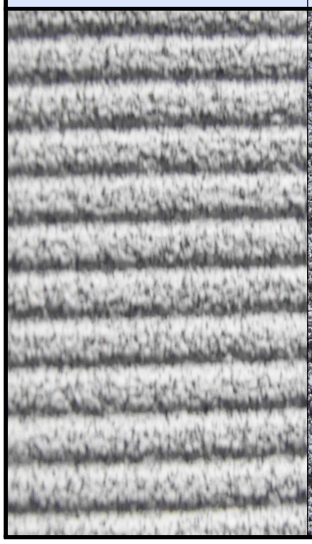
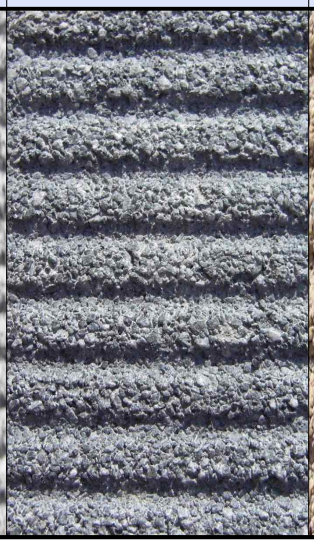
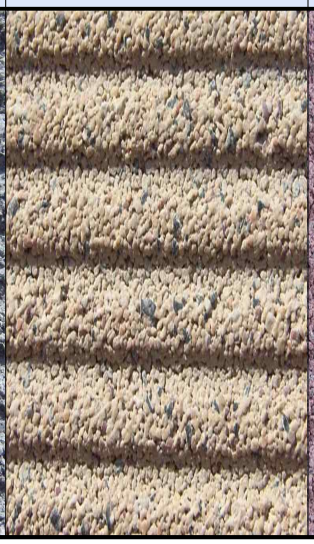
(5) 72시간 상온 양생.

(6) 표면 2차 가공 연마 작업.

공급	혼합
	
성형	고반사 코팅재료 Spraying
	

Heating air blow	양생
	
2차 가공(Brushing)	적재
	

나. 시편 상태

Hybrid Block W	Hybrid Block B	Hybrid Block Y	Hybrid Block R
			

3. 현장 적용 사례

□ 성주군청 현장 적용 공문

인쇄 : 곽무근 / 도시건축과 (2015-06-26 13:05:07)

2015년, 광복 70년의 해, 전 국민 나라사랑 태극기 달기 운동에 적극 동참 합시다!

성 주 군

수신 (주)에코청진 엄운섭
(경유)
제목 보도블록 개체사업 대상지 선정 통지

1. 평소 군정 발전에 협조해 주신데 대하여 감사드립니다.

2. 에코청진영업 15-6-1호(2015.6.12.)관련하여 보도블록 개체사업 대상지를 붙임과 같이 통지하오니 사업 추진 시 설치 규정에 맞게 시공하여 주시기 바랍니다.

붙임 : 위치도 및 사진대지 1부. 끝.

성 주 군

주무관 곽무근 도시개발담당 류삼덕 ★도시건축과 전결 2015. 6. 25. 장 진희복

협조자 주무관 김철원

시행 도시건축과-25580 (2015. 6. 25.) 접수

우 719-800 경북 성주군 성주읍 성주로 3200 / www.sj.go.kr

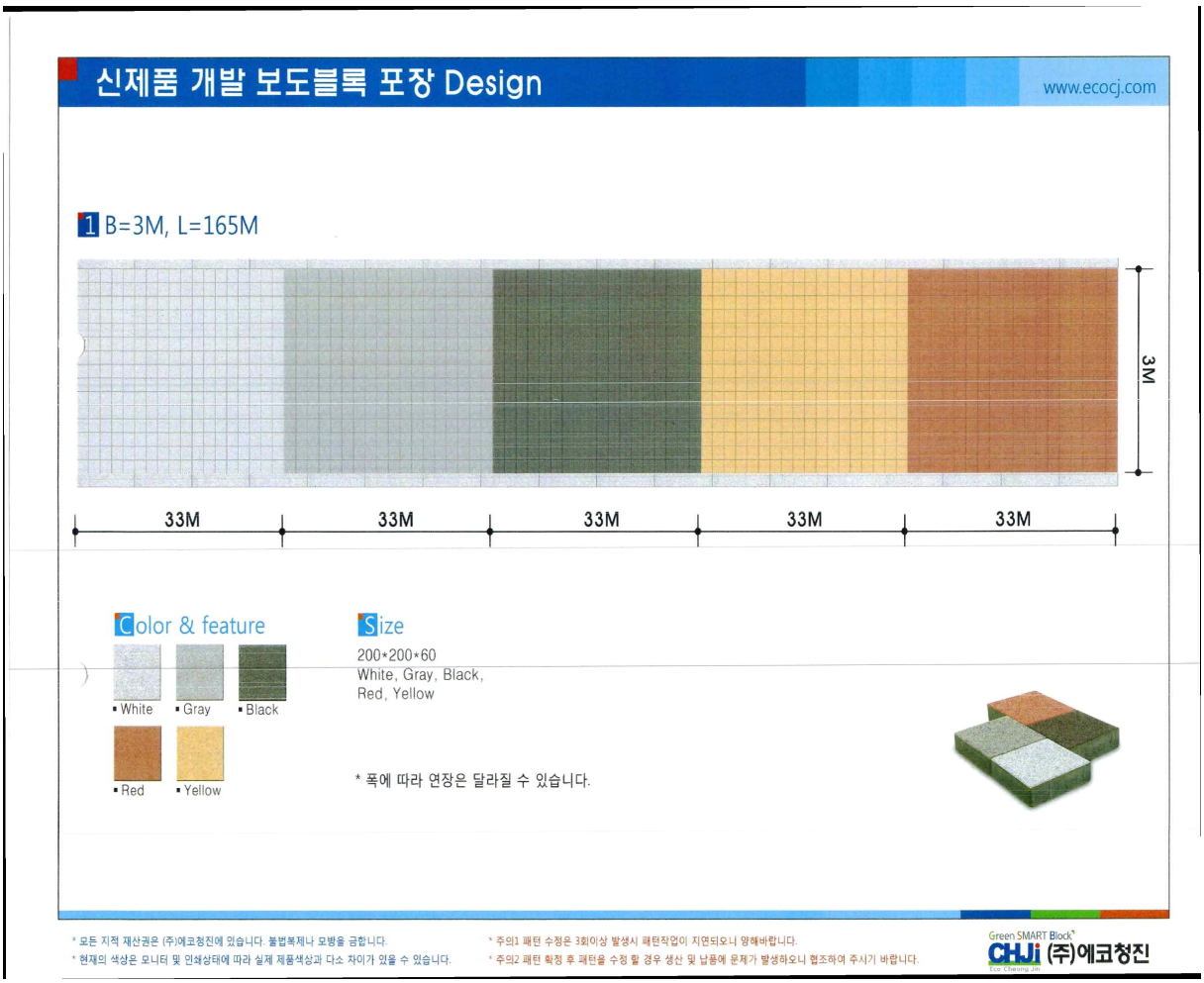
전화번호 054-930-6583 팩스번호 054-930-6569 / kmgkmg777@korea.kr / 대국민 공개

문서관리카드도시건축과-25580 1/1

□ 현장 적용 위치



□ 현장 적용 Pattern Design



□ 현장 시공 사진








63루 5039

제 5 절 기술개발 성과의 국내 시장전망

(1) 국내에서 시판되고 있는 주요 고급 콘크리트 보·차도 블록 제품과의 경쟁력을 자체적으로 평가한 결과, 심미성, 친환경성, 열섬저감기능 측면에서 경쟁력을 갖춘 것으로 판단됨.

구분	에코청진 네오스톤 투수블록	I社 에코페이버	H社 아쿠아로드 투수쇼트블록
규격	100×200×60mm, 200×200×60mm 등	300x300x60mm, 200x200x80mm등	198×98×60mm, 298×298×60mm등
외관			
제품 사양	재질 : 콘크리트 용도 : 보도용 밀도 : 2291.67 kg/㎡ 파괴하중 : 4.0 MPa 이상 투수계수: 1×10^{-2}cm/sec 이상	재질 : 콘크리트 용도 : 보차도용 비중 : 2187.5 kg/㎥ 파괴하중 : 4.0 MPa 이상 흡수율 : 5 %	재질 : 콘크리트 용도 : 보도용 비중 : 2150.00 kg/㎥ 파괴하중 : 4.0 MPa 이상
장점	• 다공구조로 되어 있어 하천 범람의 방지,지수·보수기능으로 환경친화적 • 우천시 미끄럼 방지 기능 • 천연골재로 색상을 표현함으로써 탈변색이 없으며 자연석재 질감 제품	• 투수 기능을 갖고 있어서 빗물의 침투 및 저장으로 하천의 범람을 방지하고, 물고임을 억제하며, 우천시 보행이 쾌적하고, 인도의 배수에 필요한 경사가 필요없는 친환경적 제품	• 다양한 색상과 디자인으로 주변환경과 어울려 아름다운 공간 연출. • 강도적으로 내구성이 강하며, 색상의 변색에도 강한 저항성을 가짐. • 주택가인근, 공원, 산책로등에 적합.
단점	• 자재비 높음 • 색상 단조로움(5가지)	• 자재비 매우 높음	• 자재비 매우 높음 • 규격 단조로움.
단가	자재비 : 33,000원/m²(관급) 설치비 : 4,348원/m²	자재비 : T60 42,100원 /m²(관급) 설치비 : 4,348원/m²	자재비:T60 38,000~55,000원/m²(관급) 설치비 : 4,348원/m²

구분	H社 스톤페이브블록	S社 화강석블록	C社 코디스톤블록
규격	198×98×60(80)mm	250x125x60m,250x125x80m 등	100×100×60mm, 200×100×60mm등
외관			
제품 사양	재질 : 콘크리트 용도 : 보도용 비중 : 2.150kg/㎥ 파괴하중 : 4.0 MPa 이상	재질 : 콘크리트 용도 : 보도용 비중 : 2.5 이상 휨강도 : 3.0 MPa 이상 흡수율 : 10%이내	재질:황토,규사,천매암,일라이트,블라스팅 용도 : 보도용 휨강도 : 4.0 MPa 이상 흡수율 : 5.0 % 소요량 : 25 개/㎡
장점	• 천연화강석과 가장 가까운 질감으로, 유럽풍의 분위기를 제공. • 표면의 작은 요철은 보행의 편안함을 제공하고, 쉽게 오염되지 않게 작용하는 기능. • 편안하고 고급스러운 분위기는 주변과 자연스럽게 조화를 이룸.	• 블록 가장자리가 완만한곡선을 형성하여 연속적으로 결합시 걸림턱이 없어 보행이 안전. • 블록자체가 빗물이 투수되는 구조로 된 친환경적인 보도블록. • 화강석 느낌의 표층부로 고급스러운 분위기를 창출.	• 자연에서 채취한 일반 흙(원토)을 블록에 첨가하여 보다 많은 원적외선과 음이온을 대량 방출 • 상부층 표면에 분쇄된 규사(폐유리, 인조석 등)의 재활용 자재를 사용 • 특수가공을 하여 천연화강석과 같은 질감을 표현
단점	• 자재비 매우 높음 • 규격 단조로움.	• 규격 단조로움 • 색상 선명도가 떨어지며 고급제품으로서의 품격 미흡	• 자재비 매우 높음 • 강도기준 매우 낮음
단가	자재비 : T60 36,800~52,300원 /m²(관급) 설치비 : 4,348원/m²	자재비 : T60 22,000원 /m²(관급) 설치비 : 4,348원/m²	자재비 : T60 52,800원 /m²(관급) 설치비 : 4,348원/m²

(2) 따라서, 본 개발제품은 태양열 고반사 기능 및 순환자원 40 ~ 50% 활용을 중심으로 환경표지 및 GR인증으로 판로확보를 추진함.

(3) 최근 서울시에서 시작된 디자인거리 조성사업이 각 지차체로 확대되면서 친환경적인 투수성 블록의 수요가 급증하고 있으며, 당분간 기능성 콘크리트 보차도 블록에 대한 기술개발이 지속됨과 동시에 고급 제품의 시장점유율이 높아질 것으로 전망됨.

경쟁사	제품명	판매 단가 (원/m²(관급))	경쟁력 평가						장·단점
			경제성 (5점)	심미성 (5점)	친환경 (5점)	열섬저감기능 (5점)	내구성 (5점)	합계 (25점)	
이노블록	에코페이버	44,100	3	4	5	4	4	20	▪ 투수 기능으로 빗물의 침투 및 저장으로 물고임을 억제하며, 우천시 인도의 배수에 필요한 경사가 필요없는 친환경적 제품. ▪ 자재비 매우 높음.
한림로덱스	아쿠아로드 투수쇼트블록	39,500 ~55,000	3	4	3	4	5	19	▪ 다양한 색상과 디자인으로 주변환경과 어울려 아름다운 공간 연출. ▪ 강도적으로 내구성이 강하며, 색상의 변색에도 강한 저항성을 가짐. ▪ 자재비 매우 높으며, 규격 단조로움.
한림로덱스	스톤페이브 블록	38,300 ~53,300	3	5	3	2	5	18	▪ 천연화강석과 가장 가까운 질감으로, 유럽풍의 분위기를 제공. ▪ 표면의 작은 요철은 보행의 편안함을 제공하고, 쉽게 오염되지 않게 작용하는 기능. ▪ 자재비 매우 높으며, 규격 단조로움.
서호건업	화강석블록	24,200	5	3	4	4	4	20	▪ 블록 가장자리가 곡선을 형성하여 연속적으로 결합시 걸림턱이 없어 보행이 안전. ▪ 블록자체가 빗물이 투수되는 구조. ▪ 화강석 느낌의 표층부로 고급스러운 분위기를 창출하나, 색상 선명도가 떨어짐.
청원산업	코디스톤블록	52,800	3	5	5	3	5	21	▪ 자연에서 채취한 일반 흙(원토)을 블록에 첨가하여 원적외선과 음이온을 대량 방출. ▪ 상부층 표면에 분쇄된 규사(폐유리, 인조석 등)의 재활용 자재를 사용. ▪ 특수가공으로 천연화강석 질감 표현 ▪ 자재비 매우 높으며, 강도기준 매우 낮음.
에코청진	**태양열 고반사 블록 (개발제품)**	**35,000**	**4**	**5**	**5**	**5**	**4**	**23**	**▪ 고급 콘크리트 보차도 블록에 태양열 반사 기능을 접목하여 여름철 보차도 표면온도를 10℃이상 낮출수 있는 기능 보유. ▪ 패턴닝 및 표면 연마 가공 공정을 통하여 수려한 고급 외관 구현. ▪ 순환자원을 40 ~ 50%이상 적용한 친환경 콘크리트 블록 제품.**

제 4 장 연구목표 달성 및 효과

제 1 절 연구개발 최종목표 달성도

1. 연구개발 수행 진도율

가. 주관연구기관

구분 / 개발내용	연구개발기간 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	진도(%)
문헌분석	------	------											100
	————	————											
반사율 성능평가			------	------	------	------	------	------	------				100
			————	————	————	————	————	————	————				
원재료 대상후보군 설정			------	------	------	------	------	------	------				100
			————	————	————	————	————	————	————				
Retro-reflectance Index작성					------	------	------	------	------	------	------	------	100
					————	————	————	————	————	————	————	————	
Patterning 반사율 분석						------	------	------	------	------	------	------	100
						————	————	————	————	————	————	————	
Patterning 기술개발										------	------	------	100
										————	————	————	
총 진도율	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

구분 / 개발내용	연구개발기간 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	진도(%)
Composite Block 개발(Ⅱ)	------	------	------	------	------	------	------				100
	————	————	————	————	————	————	————				
Hybrid Block 개발(Ⅰ)									------	------	100
									————	————	
생산 공정개선(Ⅰ)									------	------	100
									————	————	
총 진도율	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

구분 / 개발내용	연구개발기간 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	진도(%)
Hybrid Block 시제품 개발	------	------	------												100
	————	————	————												
Hybrid Block 시제품 평가				------	------	------									100
				————	————	————									
Layer Spray 공정 검토							------	------	------						100
							————	————	————						
Mock-Up Test									------	------					100
									————	————					
현장 적용 Test									------	------	------				100
									————	————	————				
판로 확보										------	------	------	------	------	100
										————	————	————	————	————	
총 진도율	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

…… 당초계획
———— 실 적

나. 공동연구기관

구 분 / 개발내용	연 구 개 발 기 간										진도 (%)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
표면온도 시뮬레이션 모듈 개발	·····	·····	·····	·····	·····	·····	·····	·····	·····	·····	100
	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	
초기 및 경계조건 확립						·····	·····	·····	·····	·····	100
						— —	— —	— —	— —	— —	
기하학적 형상 모델링			·····	·····	·····	·····	·····	·····	·····	·····	100
			— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	
총 진도율	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

구 분 / 개발내용	연 구 개 발 기 간												진도 (%)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
열섬해석관련 문헌분석	·····	·····											100
	— —	— —											
태양 직접 및 간접복사 모델링			·····	·····	·····	·····	·····						100
			— —	— —	— —	— —	— —						
태양고도, 위도, 풍속, 그림자 모델링						·····	·····	·····	·····	·····			100
						— —	— —	— —	— —	— —			
난반사, 에너지 흡수특성 모델링									·····	·····	·····	·····	100
									— —	— —	— —	— —	
총 진도율	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

····· 당초계획
——— 실 적

2. 연구개발 목표의 달성도

가. 주관연구기관

목 표	달성도(%)	내 용
고반사 재료 및 Hybrid 블록 개발을 위한 선행연구 분석	100	▪ 국외 열섬 저감형 포장 및 블록 현황(일본, 미국, 유럽) ▪ 국내외 고반사 재료현황 및 반사메커니즘 분석 ▪ 재료 및 현장 반사율 측정방법 분석 ▪ 조사 분석 보고서 작성
기능성 블록의 재료 설계를 위한 일사반사율 측정	100	▪ 태양열 파장영역에서의 반사특성 분석을 통한 대상 후보군 결정 - 가시광선 반응 최소화를 통한 눈부심 방지, 적외선 반사 최대화 재료 선정 ▪ Albedo 및 Retro - reflectance Index 작성
기능성 향상을 위한 블록 디자인 Patterning 기술개발	100	▪ Patterning 특성에 따른 반사율 ▪ 최적 형상 및 깊이 일사반사율 ▪ 생산라인과 결부된 표면연마 및 가공기술 개발 ▪ 보행자 난반사 방지를 위한 최적 패턴 분류 및 제품설계 시작품 제작
Composite 블록 개발(I)	100	▪ 골재, 혼합재, 바인더, 안료 등의 구성비율에 따른 시작품 제작 ▪ 혼합 배합비에 따른 반사율 및 역학적 특성 분석

목 표	달성도(%)	내 용
Composite Block 개발(Ⅱ)	100	▪ 유색 Composite Block 시제품 생산. ▪ 특허등록(제10-1342004호). ▪ 특허출원(제10-0089752호). ▪ 촉진/옥외 내후성 평가를 통한 성능개선 및 사후관리 방안 마련.
Hybrid Block 개발(Ⅰ)	100	▪ 적외선 반사에 효과적인 차단 Layer 두께 및 소재 결정 ▪ 고반사 코팅재료 조사분석보고서에 나타나 있는 국외 논문의 코팅재료 두께를 토대로 실험. ▪ 특허출원 진행 중“표면오염 발생을 방지한 유색 고반사 블록과 그 제조방법 및 이를 이용한 시공방법”.
생산 공정 개선(Ⅰ)	100	▪ Patterning 깊이에 따른 생산 효율성 검토 및 분석. ▪ Patterning 각에 따른 생산 효율성 검토 및 분석. ▪ 표면마감(2차 가공)의 생산 공정 라인에 삽입시켜 생산성 증대 검토.

목 표	달성도(%)	내 용
Hybrid Block 시제품	100	▪ Patterning 기술(1차년도)과의 접목을 통한 Hybrid 블록 시제품 개발
Hybrid Block 시제품 평가	100	▪ 기초 물리적 특성 분석(강도, 충격, 마모율, 미끄럼 저항성) ▪ 마모시험, 촉진 내후성 시험에 의한 태양열 반사 저감율 측정 ▪ 동결융해, 장기 옥외폭로, 외관평가 등 ▪ 촉진/옥외 내구성 평가를 통한 성능개선 및 사후관리방안 마련
Layer Spray 공정 검토	100	▪ 생산성 향상을 위한 공정기술 검토 : layer 스프레이 공정(스프레이 면적, 시간 등 공정 최적화)
Mock-Up Test	100	▪ 기존 보도블록, 태양열 고반사 블록의 Mock-up 시험체 표면의 온도 측정
현장 적용 Test	100	▪ 기존 보도블록, 태양열 고반사 블록 현장적용 후 표면의 온도 측정
판로 확보	100	▪ 녹색기술인증 및 환경표지인증을 통한 조달우수제품 등록을 진행 중이며, 이를 통해 전국 판로 확보

나. 공동연구기관

목 표	달성도(%)	내 용
표면온도 시뮬레이션 프로그램 개발(I)	100	▪ 국내외 열섬관련 시뮬레이션 개발 연구 사례 조사 분석 보고서 작성 ▪ 태양광 반사에 따른 열에너지효율 해석 프로그램 ▪ 직접 및 간접 복사 등 태양복사에 의한 물질의 에너지 변화 모델링 ▪ 태양 고도 및 위도에 대한 영향 ▪ 풍속 및 그림자에 의한 영향 정립 ▪ 물체의 난반사, 에너지 흡수 특성 값의 수치적인 적용
표면온도 시뮬레이션 모듈 개발	100	▪ 사용자 편의적인 구동환경 구축. ▪ 태양광 파장대별 고려인자 도출. ▪ 수치 시뮬레이션 프로그램 개발.
초기 및 경계조건 확립	100	▪ 시간 의존적 경계조건. ▪ 시간에 따른 태양복사량 및 전산 입력.
기하학적 형상 모델링	100	▪ 유한차분 해석을 위한 기하학적 형상 모델링

제 2 절 연구개발 기대효과

1. 기술적 측면

가. 21세기 새로운 사회적 문제로 대두되고 있는 도시열섬현상을 완화하고 도시의 열환경을 개선할 수 있는 기술 확립이 가능함.

나. 도시 열섬효과 저감 성능과 유지관리 및 보수 편의성, 미려한 외관을 가진 친환경 저에너지 보도블록 개발을 통하여 도심환경의 개선을 도모.

다. 정부의 녹색성장과 발맞추어 기존 보도블럭을 대체할 수 있는 우수한 강도와 도심지 에너지 효율향상에 이바지 할 수 있는 보도블록 개발은 도시계획에 획기적인 변화를 도모할 수 있음.

라. 도시 열환경 개선 관련 기술 정립 및 고도화 기반 제공.

2. 산업적 측면

가. 기능성 친환경 블록 제조기술 확보를 통한 제품 성능 신뢰성 향상, 신수요 창출 및 관련 분야 산업 활성화.

나. 도시 전체 온도 상승을 억제할 수 있는 기술로서 국가적인 에너지 절감 효과 기대, 여름철 냉방부하 저감에 따라 27,000TOE, 67,000 TC 절감 가능.

3. 경제적 측면

가. 열사병, 집중호우 및 열대야 발생의 주요 원인인 도시 열섬현상 발생을 줄이고, 쾌적한 도시 환경 창출을 통한 국민 주거환경 개선.

나. 지속가능한 도시 성장 기반을 구축하고 궁극적으로 저탄소 녹색 도시 건설에 기여함.



제 5 장 연구성과의 활용계획

제 1 절 연구성과 활용방안

1. 기술료 납부계획

가. 기술개발 결과에 대한 최종평가가 “성공”으로 판정될 경우, 연구개발 결과물을 당사에서 직접 실시하여 제품화 상용화·사업화

나. 실제 기업 매출을 증대할 수 있도록 아래와 같이 사업화 계획에 따른 신제품 사업화를 진행하여 단 시일 내에 신제품 매출의 증대를 도모(3년 내에 해당제품 매출 50억 이상 달성 목표-조달우수제품)

다. 본 과제에 따른 기술료의 납부는 성공 판정일로부터 6개월 이내에 이에 해당하는 기술료를 납부할 것임.

라. 기술료 납부 금액은 연구비 집행에 대한 최종 정산 후 정부 출연금 집행액에 따라 일부 변경될 수 있음.

2. 개발기술을 적용한 제품화

가. 도시 열환경 개선을 위한 태양열 고반사 콘크리트 블록은 주관기관에서 생산중인 디자인 블록(네오스톤 등)의 기본 제조공정 및 원재료를 기본으로 활용하고, 태양열 반사기능의 부여를 위하여 표면 패턴닝 및 코팅 등의 공정을 신규로 도입할 예정임.

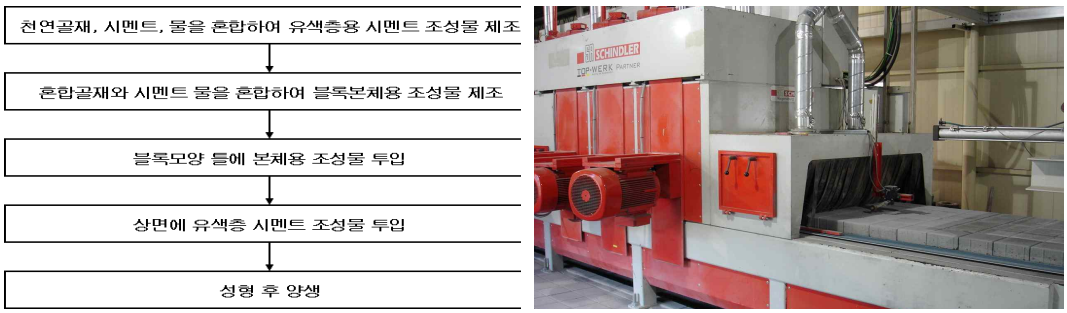
나. 태양열 고반사 콘크리트의 블록의 생산공정은 크게 3가지로 구성될 것으로 예상됨.

(1) 1단계 : 상면에 천연골재가 형성된 블록을 제조하는 단계

(2) 2단계 : 태양열 반사기능을 부여하기 위한 패턴닝 또는 코팅 처리 단계

(3) 3단계 : 제조된 표면의 상층부를 연마하는 단계(개발기술 활용)

다. 3단계 공정의 생산개요도는 아래 그림과 같으며 2단계의 패턴닝 및 코팅처리단계의 공정은 연구개발결과를 토대로 양산준비단계에서 설비를 도입할 예정임.



[개발제품의 추가공정]

라. 핵심원재료의 구성은 크게 보도블록의 블록층 구성재료와 표면처리 재료로 구분되며, 표면 패턴닝의 개발기술에 따라 원재료의 구성은 조정될 수 있음.

[태양열 고반사 블록의 핵심원재료 구성]

구분	원재료	비고
본체개발 성과 및 독창적 핵심기술	시멘트, 굵은 골재, 순환 골재, 고로슬래그 미분말, 잔골재	
유색층	백시멘트, 천연칼라골재, 기능성 코팅재료[1], 열반사 재료[2]	표면가공처리방법에 따라 재료의구성은 변경됨.

※주 1) 기능성 코팅재료는 수용성 침투 코팅재가 적용되었으며, 태양열 반사율 및 내구성, 경제성 등을 고려하여 선정함.
2) 열반사 재료는 High Albedo 특성을 가지는 무기계 재료가 적용되며, 코팅재 및 패턴닝 처리방법에 따른 태양열 반사율, 경제성 등을 고려하여 선정함.

3. 양산계획

가. 제품 양산계획의 구체적인 단계별 전략은 아래와 같이 3단계로 추진될 예정임.

(1) 1단계 : 과제 연구수행 기간 중 제품 검증을 통한 양산체제 준비.
(2) 2단계 : 기존 보유 생산라인을 활용하여 5만㎡/년 예비양산.
(3) 3단계 : 신규라인 전환을 통하여 24만㎡/년 생산 Capacity 확보.

나. 양산단계(3단계) 주요 투자 계획

콘크리트 블록 전용 신규라인 설비 도입 : 7억원 (24만㎡/년 기준)
설계/생산인력 및 운전자금 투입액 : 3억원(7인 신규채용, 인증 확인 등 제반비용 포함)



[태양열 고반사 콘크리트 블록 양산 계획]

다. 신규라인 도입

(1) 주관기관에서는 기존 2개의 생산라인을 보유하고 있으며, 2단계에는 기존 라인에 신규공정을 임시 적용하여 예비 양산할 계획으로, 본격 양산을 위해서 패턴닝 등의 신규 공정을 1개 라인에 전면 적용하여, 24만㎡/년 규모의 생산능력을 확보할 예정임.

(2) 제품 생산을 위한 필요한 추가 설비에 대한 계획을 수립하여, 개발종료 1년 이내(2016년 2분기)에 신규 생산라인의 도입을 완료할 계획임.

라. 신규인력 채용

(1) 개발 제품의 양산을 위한 신규 생산라인의 운영 및 관리인력 등의 확보는 양산준비단계(2015년)에서 다음과 같이 7인 내외의 생산인력을 확보할 계획임.

(가) 열반사 보도블록 패턴닝 설계인력 : 1인

(나) 생산라인 투입 인력 : 4인

(다) 생산라인 관리 및 영업 : 2인

마. 양산 계획

(1) 주관기관의 기존 생산라인을 활용하는 2016년은 생산능력의 50%인 5만㎡/년을 생산하여 판매할 계획이며, 본격적인 시장진입 시기인 2017년에는 전용 생산설비를 활용하여 12만㎡/년을 생산할 계획임.

(2) 태양열 고반사 콘크리트 블록은 아직 시장이 형성되어 있지 않아, 2년간의 시장 진입기간이 필요하며, 도시열섬 저감 기능 특화를 통하여 기존 보·차도 블록보다 고급제품으로 판매가 가능할 것으로 확신함.

구분		(2016년) 개발종료 후 1년	(2017년) 개발종료 후 2년	(2018년) 개발종료 후 3년	개발종료 후 3년간 매출합계
국내	시장점유율(%)	0.3%	0.7%	0.8%	109억원
	판매량(단위:㎡)	50,000	120,000	140,000	
	판매단가(원)	35,000	35,000	35,000	
	예상매출액(억원)	17.5억원	42억원	49억원	
생산능력		100,000㎡/년	240,000㎡/년	240,000㎡/년	

4. 판로확보계획

가. 홍보 강화

(1) 전시회 참가, 전문잡지 광고, 학회 활동 등을 통한 신제품의 우수성 홍보

(2) 본사 및 전국 영업 관련자, 업계 관련자 대상의 기술 세미나 개최

나. 해당 시장별 마케팅 전략 수립 (先 관급시장, 後 민간시장)

(1) 기본적으로 블록 제품의 최대 수요처인 관급 시장에 주력하며 민간시장에도 본격적으로 진입할 예정

(가) 관급시장 : 안정적 제품 품질 및 기능성을 바탕으로 한 공격적 마케팅

(나) 민간시장 : 관급시장 실적에 대한 적극적 홍보를 통한 시장 진입

다. 전국 영업망을 활용한 지방 시장 영업 강화

(1) 현재 서울 거리르네상스 사업이 마무리 되어 감에 따라 각 지자체의 디자인본부 및 센터를 활용하여 기존에 서울지역에 시공된 당사 제품을 전략적으로 홍보, 각 지방의 영업지사를 활용한 지방 시장 공략

(2) 대구지역의 경우 거리 환경 개선사업에 당사의 제품이 기 설계 반영되어 있고 이에 개발된 신제품에 대한 집중적으로 영업

(3) 태양열 고반사 블록 제조 기술을 기반으로 대구 혁신도시, 경북 혁신도시 등 전국 11개 혁신도시를 대상으로 중점적으로 영업

(4) 그 외 각 지역에서 개최되는 행사, 교육청 등에도 영업 진행

라. 녹색기술 인증 및 친환경 인증을 통한 안정적 성장 기반 확보

(1) 건설분야(국토해양부) 녹색기술인증 획득

(2) 우수재활용제조제품 인증(지식경제부 기술표준원), 환경마크(환경산업진흥원) 인증 획득



녹색기술 인증 획득



환경마크 인증 획득



우수재활용제품 인증 획득

[기술개발 후 국내·외 주요 판매처 현황]

판매처	국가 명	판매 단가 (천원)	예상연간 판매량[1)]	예상판매 기간(년)[2)]	예상총판매금 (천원)	관련 제품
서울시 구청	대한민국	3.5	45,000	5	7,875,000	태양열 고반사 자원재활용 블록
대구시 구청	대한민국	3.5	25,000	5	4,375,000	
경북 각 시군	대한민국	3.5	20,000	5	3,500,000	
교육청	대한민국	3.5	15,000	5	2,625,000	
건설회사	대한민국	3.5	10,000	5	1,750,000	
기타	대한민국	3.5	5,000	5	875,000	

※ 주 1 : 본격적인 시장 진입 시기인 2016년의 예상 판매량임.

2 : 당사의 제품개발 사이클을 볼 때 4~5년간 판매가 가능할 것으로 예상됨.

[참고문헌]

1. Hashem Akbari, “Effects of Composition and Exposure On the Solar Reflectance Of Portland Cement Concrete”, 2001, LBNL.
2. Surabi Menon, “Global cooling: increasing world-wide urban albedos to offset CO2”, 2008, CAC.
3. Ronnen Levinson, “Measuring solar reectance|Part I : dening a metric that accurately predicts solar heat gain”, 2010, Heat Island Group.
4. Leanna Shea Rose, “Urban Surfaces and Heat Island Mitigation Potentials”, 2009, Submitted to Journal of the Human-Environment System.
5. SARAH BRETZ, “PRACTICAL ISSUES FOR USING SOLAR-REFLECTIVE MATERIALS TO MITIGATE URBAN HEAT ISLANDS”, 1998, Atmospheri~ Environment Vol. 32, No. 1, pp. 95 101.
6. Surabi Menon, “Radiative forcing and temperature response to changes in urban albedos and associated CO2 offsets”, 2007, NASA Goddard Space Flight Center.
7. “US Paint and Coatings Industry Marketing Analysis 2006-2011” National Paint and Coatings Association, 1500 Rhode Island Ave., NW Washington, DC 2005.
8. Excerpts from ASM Handbook Volume 13 B “Degradation of Protective Coatings” Kenneth B. Tator; pages 589-599; ASM Materials Park, OH, 44073; 2005.
9. Gorge Wypch; ChemTec Publishing, “Handbook of Weathering”, 2003, 3rd edition; page 58
10. Clive H. Hare, “Protective Coatings”, 1994, SSPC 94-12; page 464; Technology Publishing Company, Pittsburgh, PA.1 5203.
11. M. Hess, “Hess’s Paint Film Defects” 3rd edition; page 185, 1979, H.R. Hamburg, W. M. Morgans; Chapman and Hall.
12. Akbad, H., S. Bretz, D. Kum, J. Hartford, B. Fishman, H. Taha and W. Bos, 1993. Monitoring Peak Power and Cooling Energy Savings of Shade Trees and White Surfaces in the Sacramento Municipal Utility District (SMUD) Service Area: Data Analysis, Simulations, and Results. LBL No. 34411, Lawrence Berkeley Laboratory, Berkeley, CA.
13. Akbari, H.,Y.J. Huang, P. Martien, L. Rainer, A. Rosenfeld, H. Taha, 1988. "The Impact of Summer Heat Islands on Cooling Energy Consumption and CO2 Emissions." Proceedings of the ACEEE 1988 Summer Study on Energy Efficiency in Buildings, American Council for an Energy Efficient Economy, Washington, D.C.
14. American Society of Heating, Refrigerating, and Air-conditioning Engineers (ASHRAE), 1989.ASHRAE Handbook of Fundamentals, Atlanta, GA. Anderson, R.W., 1992. Preliminary Evaluation of Radiation Control Coatings for Energy Conservation in Buildings. ORNLISubl89-SE79111, Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, TN.
15. Anderson, T.E., 1990. "Exposure Testing and Evaluation of Performance Degradation," In Solar Collectors, Energy Storage, and Materials, F. de Winter, ed., pp. 955-973, The

MIT Press, Cambridge, MA.
16. Taha, H., D. Sailor, and H. Akbari, 1992. High-Albedo Materials for Reducing Building Cooling Energy Use. LBL No. 31721, Lawrencc Berkeley Laboratory, Berkeley, CA.
17. ASTM, 1992b. "Standard Terminology Relating to Paint, Varnish, Lacquer, and Related Products." Annual Book of ASTM Standards, vol. 6.01, D16. American Society for Testing Materials, Philadelphia, PA.
18. Branco, F. A., and Mendes, P. A. (1993) Themal actions for concrete bridge design. Journal of Structural Engineering, ASCE, V. 119, No. 8, pp. 2313-2331
19. Branco, F. A., Mendes, P. A., and Mirambell, E. (1992) Heat of hydration effects in concrete structures. Materials Journal, ACI, V. 89, No. 2, pp. 139-145
20. Bueno, B., Norford, L., and Pigeon, G. (2012) Prediction Of The Urban Heat Island Effect To Be Used In Building Energy Analyses, Fifth National Conference of IBPSA-USA
21. CEB (1985) Thermal effects in concrete structures. Bulletin d'information No. 167, pp. 122
22. Dilger, W. H., Ghali, A., Chan, M., Cheung, M. S., and Maes, M. A. (1983) Temperature stresses in composite box girder bridges. Journal of Structural Engineering, ASCE, V. 109, No. 6, pp. 1460-1478
23. Duffie, J. A., and Beckman, W. A. (1980) Solar Engineering of Thermal Processes. John Wiley & Sons, pp. 762
24. Elbadry, M., and Ghali, A. (1983) Temperature variations in concrete bridges. Journal of Structural Engineering, ASCE, V. 109, No. 6, pp. 2355-2374
25. Emanuel, J. H., and Hulsey, J. L. (1978) Temperature distributions in composite bridges. Journal of the Structural Division, ASCE, V. 104, No. ST1, pp. 65-78
26. Han, R., Jin, X., and Glover, C. J. (2011) Modeling Pavement Temperature for Use in Binder Oxidation Models and Pavement Performance Prediction, Journal of Materials in Civil Engineering, ASCE, V. 23, No. 4, pp. 351-359
27. Hirst, M. J. S. (1984) Thermal loading of concrete bridges. Canadian Journal of Civil Engineering, V. 11, No. 3, pp. 423-429
28. Hoffman, P. C., McClure, R. M., and West, H. H. (1983) Temperature study of an experimental segmental concrete bridge. PCI Journal, March-April, pp. 78-97
29. Kumar, S. (2011) ANALYSIS OF RADIATIVE HEAT TRANSFER IN AN ABSORBING-EMITTING-SCATTERING MEDIUM USING FLUENT. PhD Thesis, National Institute of Technology, Tamil Nadu, India, pp.77
30. Mirambell, E., and Costa, J. (1991) Design temperature differences for concrete bridges. Structural Engineering International Association for Bridge and Structural Engineers, V. 1, No. 3, pp.36-40
31. Nakaohkubo, K., and Hoyano, A. (2009), Radiant Heat Transfer M

[부 록]

1. 정량적 성과와 정성적 성과

가. 정량적 성과

구분	양적성과		주관 ((주)에코청진)		공동 (중앙대학교산학)		합계	
			계획	실적	계획	실적	계획	실적
공공적 성과	법 제정 및 개선							
	설계기준, 시방서, 지침에 제안							
	설계기준, 시방서, 지침에 반영							
	정책제안							
	정책채택							
기술적 성과	특허	출원	3	4			3	4
		등록	2	3			2	3
	실용신안	출원						
		등록						
	디자인	출원						
		등록						
	소프트웨어(S/W)				1	1	1	1
	기타 성과(상표, 서비스 등)							
	신기술 지정							
학술적 성과	국내외 학술지 게재	일반학술지						
		SCI(E)학술지			1	2	1	2
	국내외 학술회의 발표							
경제적 성과	기술실시계약		1	1			1	1
	사업화/제품화		1	1			1	1
	현장적용에 의한 비용절감		1	1			1	1

나. 질적성과 총괄

연번	핵심성과명	질적성과	계획	실적	비고
1	Hybrid Block 개발	시제품 개발	2건	2건	주관 연구 기관
		휨강도	5.0㎫이상	6.0㎫	
		투수계수	0.3㎜/sec이상	0.3㎜/sec	
		미끄럼저항성	45BPN이상	57BPN	
		촉진내후성	탈 · 변색 없음	탈 · 변색 없음	
		일사반사율	70%이상	72%	
2	생산 공정 개선	생산 공정 개선 보고서	1건	1건	
3	현장 적용을 통한 실증화	일사반사율	70%이상	73%	
		표면온도저감	△10℃ 이상	△16℃	
4	표면온도 시뮬레이션 프로그램개발	프로그램개발 (수치검증)	1건	1건	공동 연구

다. 연구성과 집계 현황표

	성과목표	성과지표		성과검증 기준			달성치	달성도(%)
				목표치	측정방법	검증방법		
질적 목표	Hybrid블록 요구성능 도출	①	조사분석보고서	1건	보고서 작성여부	보고서	1건	100
	제품개발	①	물성평가(Composite블럭)	1건	제품 개발여부	공인시험 성적서	1건	100
		②	물성평가(Hybrid블럭)	1건	제품 개발여부	공인시험 성적서	1건	100
	프로그램개발	①	수치검증	1건	프로그램개발여부	S/W 등록증	1건	100
	블록 성능평가	①	일사 반사율	70%이상	JIS K 5602	공인시험 성적서	72%	100
		②	표면온도저감	△10℃이상	KS F 2829	공인시험 성적서	△16.5℃	100
		③	휨강도	5 MPa이상	KS F 4419	공인시험 성적서	6.0 MPa	100
		④	투수계수	3.0×10-2 cm/sec 이상	KS F 4419	공인시험 성적서	0.3㎜/sec	100
		⑤	촉진내후성	WS, 250시간 탈·변색 없음	KS F 2274	공인시험 성적서	탈·변색 없음	100
		⑥	미끄럼저항성	45BPN이상	KS F 2375	공인시험 성적서	57BPN	100

		성과지표	목표치	달성치	달성도(%)
양적 목표	사업연계지표	특허출원	3건	4건	133
		특허등록	2건	3건	150
		국내 학술지 논문 게재	1건	2건	200
		시제품 개발	2건	2건	100
		현장적용	1건	1건	100
		프로그램 등록	1건	1건	100

2. 기타사항(중요 연구 변경사항 등)

가. 주관연구기관

구 분	변경 전	변경 후	변경사유
연구책임자변경	이성원 책임연구원	김종훈 연구소장	- 이성원 책임연구원 퇴사 - 2015년 05월 31일
참여연구원변경	이성진 선임연구원	김종철 선임연구원	- 이성진 선임연구원 퇴사 - 2015년 01월 31일