

차열도료 적용에 의한 열섬현상 저감방안 시공사례 연구

김 동 우^{*†}, 방 극 호^{*}, 이 득 선^{**}, 김 해 동^{***}

수원과학대학 건축설비소방과, 대림대학 설비계열, SK건설(주) Complex팀장, 대하기업 대표

Experimental Investigation of reducing the heat island effects using the newly developed isolation-heat paint and the heat exchanging paint

Dong Woo Kim^{*†}, Keuk-Ho Bahng^{*}, Lee Deuk Sun^{**}, Kim Hae Dong^{***}

^{*†} Department of Building System Technology, Suwon Science College, Gyeonggi 445-743, Korea

^{*} Division of HVAC & Fire Engineering, Daelim University, Gyeonggi 431-715, Korea

^{**} Sk E&C, Complex team, Seoul 192-18, Korea

^{***} Dae Ha Industrial Co., Ltd.

ABSTRACT: This study practically investigated the effects of the newly developed isolation-heat paints applied into the buildings and the roads in Japan. After 1970 since the gravitation of population toward the cities has got more deeply involved due to the development of industries, the increased paved roads and the heats come out from the industrial chimneys cause the heat island effect. The dark colored paints on the roads and the stagnations of air blocked by large buildings turned out to be also the main reasons for the heat island effect. Therefore, in order to cool down the heats accumulated in buildings and roads, the developed isolation-heat paints applied into several different regions and the decreased temperatures and heats were accurately measured and reported.

1. 도시 열섬 현상의 개요

1970년대 이후 산업이 발전함에 따라 도시의 집중현상이 심화되었고 도시는 양적으로 팽창하게 되었다. 이는 도시 내 건축물과 검은색의 포장도로, 에너지가 뿜어내는 인공열, 산업·생활현장에서 나오는 대기오염물질의 증가로 이어졌고 결과적으로 도시 열섬현상(Heat island effect)이 발생하게 되었다.

도시 열섬현상이란 도시화와 고도의 토지이용이 진행되면서 나타나는 기후적 특성으로서, 도시 안에서 발생하는 인공 열과 대기오염, 건축물, 포장된 도로 등의 영향으로 도심이 주변의 교외지에 비해 고온의 공기가 섬 모양으로 뒤덮고 있는 상태를 일컫는다. 도시 열섬현상은 고층빌딩증가로 인한 건축물 표면온도를 급속히 상승시키고 그 결과 도시 내부의 온도를 상승시키는 데 영향을 미치며 또한 건축물과 포장도로의 증가는 녹

지공간 비율의 감소로 인한 수목 및 녹지의 차양, 증발산 효과 감소로 인해 나타난다.

여름철 열섬현상은 내부, 외부 모두 쾌적하지 못한 환경을 만들며, 냉방장치가 흔하게 사용되는 지역에서는 냉방장치 가동시간과 에너지 소비의 비율을 증가시킨다. 열섬현상으로 인하여 더워진 공기는 도시공간을 뒤덮음으로 인해 대기오염 확산 및 자연정화를 막기도 한다.

이러한 도시 열섬 현상 규명과 완화를 위해 국내·외에서는 많은 연구가 시행되어 왔으며, 이러한 도시 열섬현상을 완화시키기 위해 도시 내 수목 식재에 관하여 중요성을 강조하여 왔다.

본고에서는 열섬현상 저감대책의 일환으로 차열도료(로드쿨러, 열교환도료)의 특징 및 적용사례를 중심으로 태양열을 재귀반사(再歸反射)시키는 원리로 우주에 반사하여 승온, 축열하지 않는 방법으로 시원한 도시조성에 공헌할 수 있는 로드쿨러와 에너지 교환작용으로 열에너지를 분산시

켜 표면온도를 저하시켜주는 열교환도료의 특성을 중심으로 그 저감대책 및 에너지 절감효과에 관해 기술하고자 한다.

2. 도시 열섬현상의 발생원인

한여름이 되면 도시는 열섬현상으로 몸살을 겪는다. 열섬현상의 주요인으로는 대기오염과 함께 건물이나 지표에서 뿜어내는 인공열을 들 수 있다. 이 인공열과 대기오염에 의해 마치 도시 전체가 비닐하우스에 둘러싸인 것과 같은 온실효과가 나타나는 것인데, 근래 지구 환경문제가 심각해짐에 따라 도시환경 문제의 하나로서 여름철 외부 온열환경의 악화가 큰 문제로 대두되고 있다. 대도시는 Fig.1처럼 하나의 거대한 발열체로서, 그 주요한 열원은 일사와 에너지 소비로 인한 발열이다.

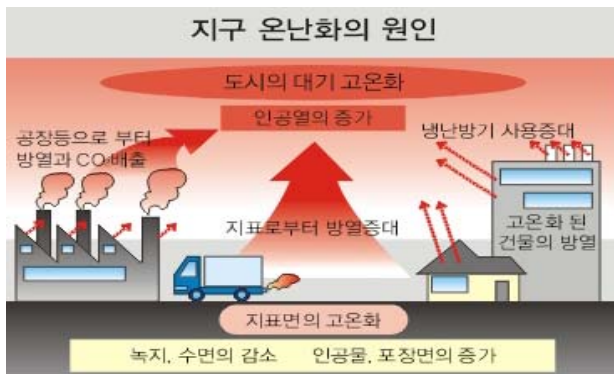


Fig. 1 The causes of the global warming

여름철의 도시에 있어서 받은 열과 방출하는 열의 균형이 맞지 않으면 기온이 상승하게 된다. 더욱이 여름철에 냉방을 위한 에너지의 소비가 증가됨에 따라서 악순환에 빠지게 된다. 도시 열섬현상에는 많은 원인이 있을 수 있으나, 본고에서는 지표면의 피복상태, 도시의 인공배열, 도시의 환기 등에 관해서만 기술한다.

2.1 지표면의 피복상태

도시의 표면상태, 즉 포장된 도로와 건물 지붕의 색, 녹지의 형성은 열섬에 많은 영향을 미친다. 도시와 교외의 표면피복 상태는 매우 다르며 열에 대한 반응도 다르다. 교외지역과 비교하여

도시의 표면은 태양과 대기열에 대한 높은 흡수율, 낮은 반사율, 녹지 공간의 감소에 따른 낮은 증산작용으로 인한 낮은 열의 소실과 빠른 열전달 등의 특징을 가지고 있다.

검정색의 아스팔트는 태양열의 대부분을 흡수한다. 도시는 대부분 콘크리트나 아스팔트와 같이 흡수율이 높고 열용량이 많은 재료로 마감되어 있어 낮에는 일사열을 흡수하였다가 밤에 방출하기 때문에 낮보다 밤에 더 확연하게 나타난다. 버클리 대학의 Rosenfeld는 차, 공장, 빌딩 등에서 나오는 열은 여름철의 도시 열섬을 일으키는 온도의 거의 2%정도에 지나지 않으며, 그것보다는 도시의 어두운 색채에 의해 태양에너지의 대부분을 흡수하여 도시열섬을 유발한다고 말하고 있을 만큼 지표면의 피복 상태는 도시 열섬현상을 유발하는 주요한 원인으로 대두되고 있다.

2.2 도시의 인공배열

도시 내에서 인공적으로 배출되는 열은 교외보다 매우 높다. 즉, 자동차, 공장, 난로, 조명, 냉난방기 등으로 인해 발생하는 인공적인 열이 도시 열섬의 주요한 원인이 된다. 도시의 열섬현상은 산업화가 진행되면서 더욱 확연하게 들어났다. 뿐만 아니라 도시 지역의 확장에 따라 기존 하나의 중심지를 따라 나타났던 현상이 도시 여러 곳에서 나타나게 된다.

2.3 도시의 환기부족

수직적으로 들어선 대형건물 및 공장들은 불규칙적인 지면을 형성하여 자연적인 공기의 흐름이나 바람을 방해한다. 도심이 먼지등과 같은 오염물질에 의하여 심하게 오염되었을 경우, 열섬현상으로 인해 더러워진 공기는 먼지 지붕형태가 되어 태양에너지의 지표 가열을 방해함으로써 공기의 수직 흐름이 감소되어 도심은 더욱 더 심하게 오염된다. 즉, 여름의 뜨겁고 오염된 공기는 상부의 대기와 섞이지 못하고 층을 이루게 되며, 이 뜨거운 공기는 오염된 공기가 그 위의 뜨거운 공기와 섞이는 것을 막는다. 도심의 대기오염은 매우 심하며 열을 저장하는 미립자 역할을 하게 된다. 대기는 열을 저장하여 다시 도시로 방출한

다. 따라서 대기오염은 도시 열섬의 원인이 되고 이 도시 열섬은 다시 대기를 오염시키는 악순환이 반복된다.

3. 도시 열섬현상의 저감사례

도시 열섬현상의 규명과 완화를 위해 국내·외에서 많은 연구가 시행되고 있고, 도시 내 수목 식재에 관련된 많은 제안이 있었다. 기존 자료에 의하면 국외에서 수목 피복의 10%증가는 여름철 온도를 0.5~1℃정도 감소시키는 것으로 나타났으며, 일본의 구마모토시 여름철 기온을 조사한 결과, 오후 3시에 공원지역과 주변지역과는 약 2.5℃의 온도차이가 있었으며, 냉각효과는 공원에서 20m 떨어진 지역에 까지 나타났다고 한다. 인공구조물이 많은 도시에서 녹지는 도시 대기를 가열하는 현열을 잠열로 전환하여 대기온도를 낮추고, 또한 인공구조물에 도달하는 태양복사를 차단하거나 흡수하여 구조물의 축열에 의한 온도 상승을 저감시키며 냉방에너지를 절약한다. 이러한 일련의 사례를 통해 일정 정도 수준 외부 환경을 조절 할 수 있으며, 이것이 도시 열섬현상을 저감시킬 수 있는 하나의 방편으로 사용될 수 있다.

또한 열섬현상대책으로 차열도료 시공효과를 살펴보면, 일본 스미다구립 오가미 초등학교에서는 교정에 시공한 고무칩 포장의 복사열로 인한 무더위대책의 일환으로 작년 8월경 교정의 개보수 공사와 더불어 오염에도 차열효과가 지속되는 열교환방식의 차열도료를 시공했다. 시공 후에는 쾌적하게 운동회 준비가 가능했고 맨발로 다녀도 불쾌하다고 호소하는 학생이 없어졌다고 한다.

야나기시마 유치원(동경 동구 요코가와 위치)에서도 같은 해 여름 놀이기구에 같은 제품인 열교환도료를 시공한 결과 도포한 부분이 ‘따뜻하다’ 라는 정도로 놀라운 반응이 있었고, 유아가 만져도 안심할 수 있는 정도라고 한다.

동일본 열교환도료 공법연구회(아라가와 구)에서는 이 제품은 동경 서머랜드(하찌오지시)의 옥외수영장과 Yahoo돔(후쿠오카시) 주변에도 채택되어 있어 외부기온이 높으면 칠하지 않는 부분과 15도 가깝게 차이가 발생한다고 한다.

이와 같이 차열도료는 건물, 도로 등에서도 축열된 열을 억제하여 냉난방효과를 높일 수 있고

지표면에서 뿜어내는 인공열 또한 근본적으로 저감시킬 수 있는 도료이다. 즉, 도로나 건물의 표면 온도를 낮출 뿐만 아니라 방열을 억제하여 주변 온도까지 함께 내려줄 수 있는 것이다. 그러므로 차열도료는 도시의 열섬 현상과 열대야 현상, 지구온난화까지 대응할 수 있는 유일한 대책으로 주목받고 있는 것이다. 그러므로 다음 장에서는 차열도료를 이용한 지구온난화 및 에너지 절약에 관한 내용을 중심으로 기술한다.

4. 차열도료의 제품 사례

4.1 로드 쿨러의 원리

에너지는 열, 전자파, 운동 등 다양한 형태로 변화하지만 제멋대로 증가하거나 소멸하는 경우는 없고 불멸이다. 또한 도시 온난화와 지구온난화의 열원은 태양열로서 CO₂는 발생하지 않으나 온실처럼 태양열을 가두어 지표면을 온난화시킨다. 전자파인 이 빛은 진공상태에서도 전달되는데 물질에 흡수되면 열이 된다. 태양광은 우주를 초속 30만km로 통과하여 다른 혹성과 마찬가지로 지구에 도달한다. 그 빛은 최초로 성층권(높이 50km), 다음으로 대류권(높이 약 12km)의 대기층을 통과하여 지표면에 도달하게 되는데 자외선은 성층권에 있는 오존층에서 대부분이 흡수된다. 대류권에서 구름이 있으면 구름의 양에 따라 지표면에 도달량이 감소한다. 도시를 형성하는 모든 자재에 태양광이 흡수되면 열이 되고, 천공으로 반사된 만큼의 부분은 역으로 대류권, 성층권의 순서로 통과하여 1초 후에는 30만km 우주로 반사한다.



Fig. 2 The principles of reducing the heat

island effect

우주비행사들이 보는 밝고 푸른 지구는 지구표면으로 부터의 태양광의 반사광이다. 또한 우리들이 별이 총총한 하늘을 바라보는 것은 우주를 멀리 바라보고 있는 상태인 것이다. 중요한 점은 Fig. 2, 3 처럼 지표면에 흡수되지 않은 반사광은 지표면에 도달하는 태양광과 마찬가지로 에너지 덩어리로서 지구의 권외에서 사라져가는 것으로 그만큼 도시의 축열을 확실하게 감소시킨다.



Fig. 3 The principles of cooling down the city by reflecting the sunlight

발열한 사람의 체온과 마찬가지로, 과열된 도시의 온도를 직접 낮추는 저 코스트의 간편한 기술, 즉 “반사에 의한 지표면의 과도한 온도상승과 축열의 억제” 이론인 태양열 반사 도시냉각원리에 기초한 로드쿨러는 Fig. 4처럼 반사율이 상승하는 특수차열도료인 쿨조브와 재귀성이 높은 알갱이인 특수 유리 비즈를 혼합한 도료로 태양열을 우주로 재귀반사하여 승온 및 축열을 하지 않음으로 열섬현상저감에 기여할 수 있고 냉방전력의 저감으로 전기료 절약, 연료자원절약, CO₂ 배출삭감, 공조설비와 수전설비비용을 저감할 수 있을 것으로 사료된다.

로드쿨러의 시공은 특수 遮熱塗料와 특수 유리 비즈를 사용합니다.



Fig. 4 The developed Road Cooler

4.2 로드 쿨러 기술 자료

4.2.1 비즈의 직경에 따른 콘크리트의 온도차 실험

비즈의 직경에 따른 콘크리트의 온도차 실험은 Fig. 5와 같이 2008년 1월 10일 나고야 마쓰오카 콘크리트 공업주식회사 실험실에서 100V, 110W 백열램프를 사용, 시험편(50×50×10mm)인 몰탈에, 비접촉온도계(FLUKE 63) 비접촉 타입의 사용기구를 이용하여 시험편 5종류의 실험을 수행하였다. 측정시기는 램프 점등 후 4시간, 램프와의 거리 18cm이고 측정상황은 단열재로서의 발포스티로폴 상에 시험편을 올려놓고, 빛이 표면에만 닿도록 종이 상자로 둘러쌓아 실험하였다.

아래 Table 1에서 알 수 있듯이 로드쿨러의 비즈직경이 적을수록 플레인(plane) 콘크리트와의 온도차가 커짐을 알 수 있고, 비즈가 동일직경일 경우 비즈 혼합비율이 100%일 때보다 50%혼합일 때가 온도차가 커짐을 알 수 있다.



Fig. 5 Experimental conditions for measuring the temperature differences in Road Cooler depending on bead diameters

4.2.2 금속종류에 따른 온도차 실험

금속종류에 따른 온도차비교에서는 Fig. 6처럼

스텐레스가 제일 크고 철45%+알루미늄55%, 알

Table. 1 Comparisons the temperatures with the different bead diameters and bead percentages

공 시 체	비즈의 상황	측정 온도 (°C)	플레인과의 차이 (°C)
플레인 콘크리트	-	76	-
로드쿨러 비즈직경 (Ø0.106~0.59)	50%	53	-23
로드쿨러 비즈직경 (Ø0.59~0.85)	50%	57	-19
로드쿨러 비즈직경 (Ø0.106~0.59)	100%	60	-16
로드쿨러 비즈직경 (Ø0.59~0.85)	100%	65	-11

루미늄100%순으로 나타났고, 1시간마다의 온도 상승을 확인한 결과 일정시간 경과 후에는 온도차가 거의 일정한 값을 유지함을 알 수 있다.

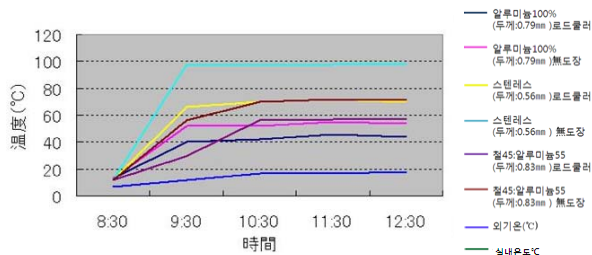


Fig. 6 Comparisons the temperatures with different metals used

4.2.3 플레인 콘크리트와 로드쿨러의 온도차 비교

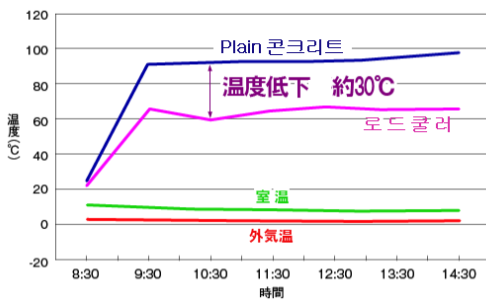


Fig. 7 Comparison of the temperatures with and without the Road Cooler

측정조건은 공시체 몰탈 (50×50×10mm)에 110W

백열램프를 18cm떨어진 위치에서 조사하여, 비접촉 온도계로 1시간마다 측정한 결과 Fig. 7처럼 일정시간 경과 후 로드쿨러가 플레인콘크리트보다 약 30°C의 온도저하가 나타남을 알 수 있다.

4.2.4 색상 차이에 따른 콘크리트 온도차 실험

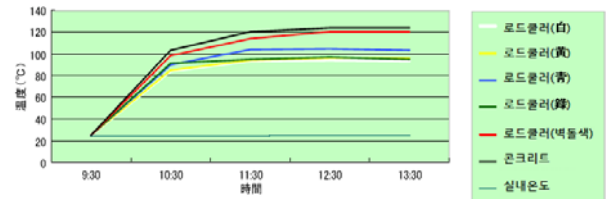


Fig. 8 Comparisons the temperatures with different colored Road Cooler applied

로드쿨러의 색상차이에 따른 온도변화에서는 Fig. 8처럼 밝은 백색에 가까울수록 온도차가 커짐을 알 수 있고, 열을 흡수하는 붉은색계열인 벽돌색에서 온도차가 적음을 알 수 있다.

Table. 2 Comparisons of the temperature risings with different colored Road Cooler applied

시간	실온	플레인	로드쿨러 (白)	로드쿨러 (黃)	로드쿨러 (靑)	로드쿨러 (靑)	로드쿨러 (벽돌색)
9:30	24	25	25	25	25	25	25
10:30	24	103	84	85	91	90	98
11:30	24	120	93	94	95	104	114
12:30	25	124	94	96	97	105	120
13:30	25	124	93	96	95	103	120

4.2.5 로드쿨러 차열효과 및 특징

20년 전부터 열섬현상을 연구하고 있는 나고야 공업대학 이와오 교수는 연구소 인근의 콘크리트 표면온도와 식물잎의 온도를 측정한 결과 각각 50°C, 38°C로 되었다. 식물의 잎이 적외선을 90%반사하며 태양열이 저장되지 않는 쪽으로 작용하고 있는 이 원리를 이용하여 태양열을 반사하는 도료를 개발하고자 2005년 기업과 함께 “도시 온난화대책 기술연구회”를 발족하여 금년 5월 로드쿨러라는 차열도료를 개발하였다. 로드쿨러는 Fig. 9 처럼 차열효과가 있는 도료에

유리알갱이를 부착시킨 것으로 태양열을 받으면 다시 원래 방향으로 78~80%를 반사하는 도료로서 공동개발회사는 마쓰요카 콘크리트공업(주)이다.

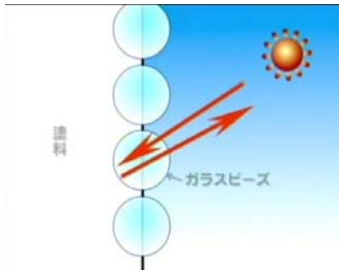


Fig. 9 The principle of sunlight reflection



Fig. 10 Experimental setup for measuring the temperatures of the Road Cooler

Figure 10은 로드쿨러와 플레인콘크리트와의 실험장치 사진으로 백열라이트를 사용하여 점등 후 4시간 경과후의 온도를 측정한 결과 Fig. 11, 12와 같이 콘크리트온도는 90℃, 로드쿨러를 도장한 경우의 온도는 64℃로 측정되어 도장한 것만으로도 온도하강효과가 있음을 알 수 있다.



Fig. 11 Concrete temperature



Fig.12 Coated Road Cooler temperature

로드쿨러 시공현장의 작업과정에서 지붕위의 온도는 42℃ 정도로 일사병이 우려되는 상황이었으

나 로드쿨러로 도장 후 사람의 눈높이에서 온도를 측정한 결과 35℃까지 하강하였고 1회 도장만으로 약 6~7℃온도가 하강하는 효과를 체감할 수 있었다고 한다.

또 재질이 다른 금속판지붕의 시공에서는 도장하지 않은 금속판지붕 위의 표면온도는 Fig. 13 처럼 56℃이고 도장 후 표면온도는 Fig. 14처럼 38℃로 18℃의 온도차이가 있음을 알 수 있다.



Fig. 13 Plane metal surface temperature



Fig. 14 Coated Road Cooler temperature

차열도료는 예전부터 판매되어왔으나 로드쿨러는 온도의 하강정도가 예전의 도료로 도장했을 때보다 훨씬 크게 나타났다고 한다.

과거에 60℃를 넘던 지붕온도가 37~38℃정도로 외기온도에 근접하게 되어 건물내부에서 일하는 사람들의 냉방기기효과가 예전보다 훨씬 향상되었고 보다 쾌적한 실내환경으로 개선되었다고 한다.

로드쿨러는 수용성 합성수지 에멀전으로 비즈와의 밀착성은 표준성능 JIS K 5665 1종 A품질에 기초하여 쿨비즈의 고착율이 99%이상이고, 도료의 건조시간은 통상 20~30분이면 피막이 형성되며 색상은 12종류가 있다. 로드쿨러는 반사율이 높은 도료에 재귀성이 높은 유리 알갱이를 도료에 약 반쯤 혼합하여 반사경을 만들어 빛을 재귀시켜 온도의 축열을 막아주는 효과가 있을 뿐 온도를 강하시키는 것이 아니므로 동절기에 추워지는 일은 없다.

이와외 교수는 아직은 시작단계이지만 로드쿨러를 이용하여 태양 축열량을 20%감소시킨다면 Fig. 15처럼 약 2.8℃기온하강이 가능하리라 예측하고 있다.

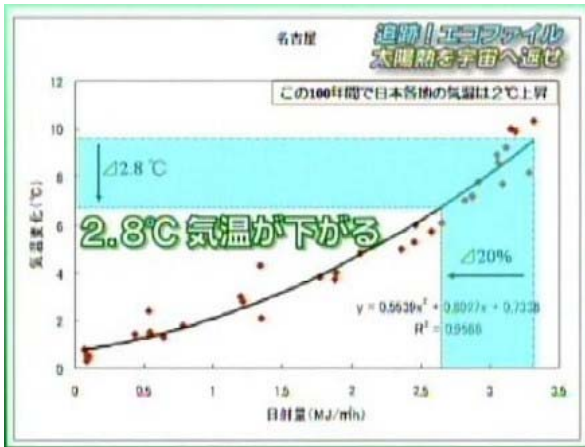


Fig. 15 Decreasing temperatures with the different amount of reflections

4.3 로드쿨러의 시공사례

(1) 개인주택의 테라스 시공 예

건축한지 40년째 되는 단독주택의 예로서 20년 전 리모델링 시 테라스 지붕을 추가 시공하였는데 남향이어서 열대지방과 같이 햇빛이 작열하여 여름에는 근접할 수 없었으나 금년 5월에 로드쿨러를 도장한 후 내부온도가 4~5°C 정도 하강하여 지금은 28~29°C 정도라고 한다.



(2) 레스토랑 2층 건물(기후현 소재)

기후현에 있는 레스토랑 2층의 예로서 여름철 에어컨의 설정온도를 23°C 강(強)으로 작동하고, 옥상 중앙에서 스프링클러로 물을 하루 종일 뿌려도 거의 효과가 없었으나, 로드쿨러 시공 후에는 가게 내의 환경이 많이 개선되어 지금은 에어컨 설정온도를 27°C 약(弱)으로 설정해도 에어컨의 효과가 잘 유지 되고 있는 상황이라고 한다.



(3) 학교 콘크리트 옥상건물(기후현 소재)

면적 160m²인 학교 콘크리트 건물 옥상에 로드쿨러를 시공한 예로서 외기온도 31.6°C인 조건에서 시공전 표면온도는 40°C였으나 2008년 6월 24일 시공 후에는 22°C로 실내온도가 5°C 정도 내려가서 학생들의 쾌적한 실내환경조성에 기여하였다고 한다.



(4) 금속판 지붕 건물(애지현 소재)

2008년 8월 10일 면적 1530m²인 금속판 지붕 건물에 로드쿨러를 시공하여 외기온 36°C일 때, 시공전 온도가 49°C이였으나 시공 후 33°C로 저하되어 1회 도장단계에서 실내온도가 5~6°C 하강하는 차열효과를 얻었다고 한다.



4.4 열교환도료

4.4.1. 열교환도료의 특징

태양광선이 열교환도료(KJ체인지 코트)를 도포한 도막에 닿으면 그 속의 적외선 일부가 열에너지로 변환되어 급격히 도막 내로 분산, 이동한다.

이 도막 내에는 특수한 열교환용 재료가 들어있어, 열이 닿는 즉시 에너지 변환을 일으켜 온도를 낮춰주는 원리이다. 이 에너지교환 작용은 표면층에서 일어나고 대부분의 열은 운동에너지로 소비된다. 이러한 원리로 열교환도료는 시간의 경과에 따라 도막이 오염되거나 흠집이 생겨도 변함없는 차열효과를 얻을 수 있다는 것이 가장 큰 특징이다. 따라서 건물 외벽, 공장지붕, 옥외탱크 등 차열이 필요한 장소 뿐 만 아니라 오염이 생기기 쉬운 보도(고무칩), 아스팔트 보도 위에 도장하여도 놀라운 차열효과를 얻을 수 있다. 또한, 강판이나, 아스콘, 고무칩, FRP면 등 어떠한 조건에서도 뛰어난 밀착력을 갖는 것이 특징이다.

반면, 겨울철에는 단열효과를 기대할 수 있다. 기온이 25℃이하로 내려가면 에너지교환재료가 작용이 정지되어 내부의 열이 밖으로 나가는 것을 막아주기 때문이다. 그러므로 겨울철, 동결이 우려되는 교량 등에도 시공이 가능하다.

열교환도료는 작업 면에 있어서도 수성 도료이기 때문에 안전하며 친환경적이다. 또한 일액 타입의 도료임에도 불구하고 내마모성이 뛰어나며, 한 번의 도장으로 효과가 지속되는 제품이므로 작업이 보다 간단하다.

한국화학시험연구원에서 열교환도료를 분석한 결과 내마모성의 마모감량이 일반 도료의 1/3 수준으로 강한 접착력 및 내구성을 가지고 있으며 도장 후 건조시간도 30분으로 놀라울 정도로 건조가 빠름을 확인할 수 있었다. 색상 역시, 화이트, 아이보리 등의 밝은 색 계열부터 열을 흡수하는 성질의 블루, 적갈색 등 어두운 계열까지 폭 넓은 색상 선택이 가능하다.

4.4.2 열교환도료의 차열효과

열교환도료의 온도 감소 효과는 다양한 기관에서 실험·입증된 바 있다. 올해 2월 일본 도료검사협회에서는 열교환도료와 일반도료와의 온도차 비교 시험을 실시하였다. Figure 16처럼 태양광에 근사한 일사장치를 열교환도료와 일반도료를 바른 철판위에 설치하고 똑같은 양의 일사(日射)를 동시에 조사(照射)하는 방식의 실험이다. 측정은 각각의 판에 온도계 센서를 부착하여 온도를 측정하였으며, 일반도료를 바른 참조

표준판의 온도가 60℃가 되었을 때 시험판(열교환도료)의 온도를 측정하는 방식으로 진행되었다. 색상은 일반도료는 그레이, 열교환도료는 백색과 흑색을 따로 측정하였다.

시험결과는 참조표준판 온도가 올라감에 따라 시험판의 온도도 일정하게 상승하였지만, 수치의 격차는 크게 벌어졌다. 참조표준판의 온도계 센서가 60℃를 가리킬 때 흑색 시험판의 온도는 57.3℃(일사반사율 26%), 백색 시험판의 온도는 39.4℃(일사반사율 87.5%)로 무려 20℃ 가까이 차이가 나는 것을 볼 수 있었다. 흑색 시험판의 경우, 흑색이 열흡수색인 것을 감안할 때 그레이색인 일반 도료보다 낮은 온도로 측정되었으며, 흰색의 경우는 보다 뛰어난 차열효과를 나타내고 있었다.



Fig. 16 Experimental setup for measuring the temperature rises due to the radiation

위의 실험을 통하여 열교환도료가 일반도료는 물론 일반 차열도료와 견주어 보았을 때에도 뛰어난 온도상승억제효과가 있다는 것이 입증되었다.

4.4.3. 열교환도료 시공사례

(1) 일본 가미자끼 종합청사 시범현장

Figure 17은 일본 가미자끼 종합청사의 시범현장으로 시공전과 시공후의 외부기온 조건이 거의 같은 경우에서의 온도비교이다. 측정기구는

Thermo Recorder TR-57C를 사용하였으며 측정장소는 회의실 슬라이트 표면과 안쪽, 회의실 실내 및 외부에서 측정한 값이다.



Fig. 17 Complex building in Saga Japan before and after the heat exchanging paint applied

Table. 3 Temperature changes with and without the heat exchanging paint

사 례 1	구분	외부기온 (°C)	지붕표면 온도(°C)	지붕내면 온도(°C)	실내온도 (°C)
	8월21 (도장전)	32.8	55.0	39.4	36.8
	9월8일 (도장후)	32.7	36.4	30.4	29.5
	온도차	-	▲18.6	▲9.0	▲7.3

사 례 2	구분	외부기온 (°C)	지붕표면 온도(°C)	지붕내면 온도(°C)	실내온도 (°C)
	8월23 (도장전)	35.4	70.0	40.5	38.5
	9월11일 (도장후)	35.2	38.0	33.1	34.3
	온도차	-	▲32.0	▲7.4	▲4.2

Table 3의 사례1과 2에서 알 수 있는 바와 같이 외부기온이 거의 동일한 조건에 있어서 지붕표면 온도에서는 18°C이상, 지붕내면에서 7.0°C이상, 실내에서도 4.0°C이상이나 온도차가 시공 후에 현저히 저하됨을 알 수 있고, Fig. 18은 시공전, 시공중, 시공후의 온도변화의 그래프이다.

열교환도료는 도장만으로 여름철 사무실, 학교 등의 더운 실내 환경을 보다 쾌적하게 개선시켜 주며 더불어 온실가스의 원인이기도 한 에어컨 등의 사용을 최소화 할 수 있다. 온실가스 즉, CO₂ 감소에도 큰 역할을 할 수 있는 것이다.

또한 공조 설비에 드는 공사비용을 절감할 수 있으며, 설비를 작동시키는 데 필요한 에너지와

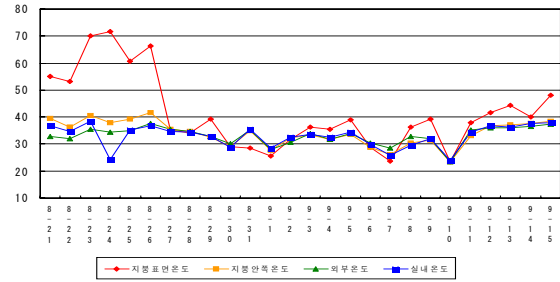


Fig. 18 Temperature variations of the Complex building with the heat exchanging paint

그에 따른 제반비용도 절약할 수 있다. 약 300평면적의 지붕에 열교환도료를 시공하였을 때 어느 정도의 냉방비 절감 효과가 있는지 계산해본 결과 년 6,874,200원, CO₂의 양으로 환산하면 27t(환경청 환산1KWH=0.378kg CO₂ 인용)의 양이 절감된다는 결과가 나왔다. 단 한 번의 도장으로 경제적인 효과는 물론 오존층 파괴의 원인인 CO₂를 대량 줄일 수 있는 것이다.

(2) 일본 오가미 초등학교의 시공현장

Figure 19는 일본 동경 스미다구에 위치한 오가미 초등학교의 열교환도료 시공사진과, 운동장의 대부분을 일반도료로 도장한 모 초등학교의 열의 분포를 서모그래피를 이용하여 촬영한 사진이다. 상단이 열교환도료를 시공한지 1년이 경과한 오가미 초등학교이며, 하단은 운동장의 대부분인 고무칩인 모 초등학교의 열교환도료 시공 당시의 사진이다. 이 사진을 촬영할 당시의 외부기온은 33.5°C로 동일하다.

좌측의 서모그래프를 보면 알 수 있듯이 같은 조건 하에서 열교환도료를 도장한 운동장 위의 어린이들의 체온은 30°C에서 36°C사이의 정상체온을 유지하고 있는 반면, 일반 도료를 도장한 모 초등학교의 운동장 표면의 온도는 물론, 그 위에서 체육활동을 하고 있는 어린이들의 체온도 색상을 통해 한층 올라간 것을 확인할 수 있다. 이처럼 한여름 야외활동을 할 경우 같은 기온에서도 바닥의 복사열에 의해 쾌적함을 느끼는 정도가 크게 차이남을 알 수 있으며, 열교환도료는

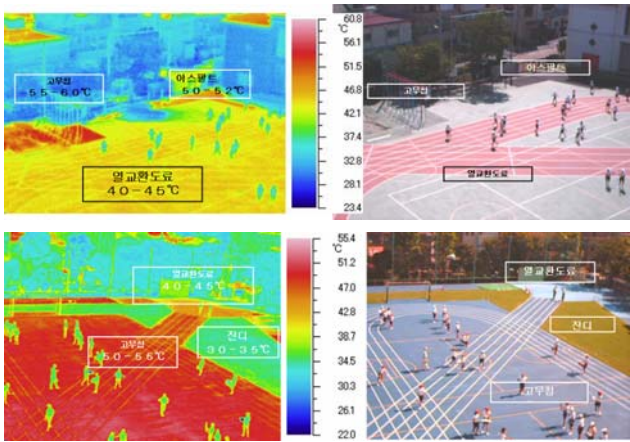


Fig. 19 Thermographs of Ogami elementary school (top) and Mo elementary school (bottom) in Tokyo.

이러한 복사열 저감에 보다 효과적인 해결책이라는 것을 확인할 수 있다.

(3) 일본 구로다 초등학교 교정 도장공사

Figure 20은 일본 구로다 초등학교 교정 도장공사 완료 후(2006. 9. 4일 오전 11시)에 외부 기온 30.1℃인 상태에서 3군데 온도를 측정하여 비교한 결과 아스팔트 표면온도 ①은 49.4℃, 트랙주변온도 ②는 41.8(℃), 트랙표면온도 ③은 44.0(℃)가 측정되어 아스팔트①과 트랙표면③과의 온도차가 약 6℃ 발생됨으로써 그 차열성능을 확인할 수 있다.



Fig. 20 Temperature measurements of the painted ground in Goorody elementary school

5. 열섬현상 저감을 위한 제언

식생과 토양대신에 콘크리트 건물 및 아스팔트 포장 등의 불투수면이 대부분을 차지하고 있는 도시에서는 주간에 복사열을 흡수하고 야간에 서서히 방출하여 야간온도를 높이는 역할을 한다. 특히 수목이나 지피식물은 외부온도 조절에 깊이 관여하고, 그 결과 녹지로 둘러싸인 지역에서 대기온도의 상승이 억제되는 효과를 얻을 수 있다. 또한 산업화로 인한 녹지파괴가 기온상승의 주된 역할을 하고 있는 데 이를 극복하기 위해 녹지공간 확충 계획이 절실한 실정이다. 이는 도시 미기후 개선효과에 따른 기온상승 완화라는 환경 조절적 측면에서 녹지의 기능을 부각시키려는 노력을 해야 하겠다.

또한 차열도료(로드쿨러, KJ체인지코트)는 도장만으로 여름철 건물의 실내온도를 낮춰 실내 환경을 보다 쾌적하게 개선시켜 주며 더불어 냉매 가스 등의 주요 배출원인 에어컨 등의 사용을 최소화 할 수 있어 온실가스 감축에 큰 효과를 기대할 수 있다. 공조 설비 설치에 드는 공사비용을 절감할 수 있으며, 설비를 작동시키는 데 필요한 에너지와 그에 따른 제반비용도 절약할 수 있다. 차열도료를 공원, 보도, 건물외벽 등에 시공하면 표면의 복사열감소로 인하여 인공열 또한 근본적으로 저감시킬 수 있게 되고 어린이들이 땀 흘리며 노는 놀이터나 운동장, 수영장 등에 시공하여도 보다 안전한 차열효과를 기대할 수 있다.

이처럼 에너지절감용 친환경 건축자재인 차열도료는 단순한 차열효과의 기능을 넘어 저탄소 녹색성장의 원동력으로 에너지절약은 물론 도시의 열섬 현상과 열대야 현상, 지구온난화까지 대응할 수 있으리라 기대된다.

참고문헌

1. 김태연, 2009, 도시 열섬현상저감을 위한 단지계획, Journal of the KARSE
2. (주)메가엑심, 2009, 열교환도료
3. 대하기업, 2009, 로드쿨러 기술자료
4. 대하기업, 2009, 로드쿨러에 의한 에너지절감효과 시산표
5. 재단법인 일본건축종합시험소, 특수도료의 차열 성능 시험보고서