요 약 문

Ⅰ. 제목

기후변화 대응 도시열섬 완화를 위한 쿨루프(cool roof) 시범 설치 및 효과분석

Ⅱ. 연구의 목적 및 필요성

최근 전 세계적으로 기후변화와 관련하여 각종 피해와 문제점들이 크게 이슈화되고 있다. 그 중 여름철의 폭염일수의 증가와 도시화에 따른 열섬현상(Heat-island)의 가속화는 도시 거주민의 쾌적한 생활환경에 직접적인 영향을 미치고 있다. 또한 매년 더워지는 여름으로 인해 가정 및 공공기관, 산업체 등에서 냉방에너지 소비량이 크게 급증하여 에너지의 공급과 수요의 불균형 현상이 발생하고 있어 국가의 경제적 위기를 초래하고 있는 실정이다. 이러한 기후변화 대응을 위한 여러 방안 중에서 건물의 냉방에너지 저감과 도시열섬현상 완화를 위한 방안으로 쿨루프(Cool roof)에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 쿨루프는 반사율이 높은 도료나 재료를 건물 지붕 마감재나 옥상에 적용하여 태양복사에너지의 흡수를 최소화하고 열 방출을 최대화하는 지붕 시스템을 말하는 것으로 높은 반사율과 복사율을 갖는 열적 특성으로 인해 일반적인 지붕 마감재보다 낮은 표면온도를 유지하게 만드는 것이다. 현재 미국과 일본, 유럽의 선진 도시를 중심으로 쿨루프 도입이 활발히 이루어지고 있으며 지속적인 확산을 위한 인센티브 제공과 관련 단체 및 기관 설립 등의 제도 및 정책 개발이 활발히 진행되고 있다. 국내의 경우도 최근 폭염일수의 증가와 도시열섬현상이 빈번히 발생되고 있는 상황에서 여름철 냉방기 사용 급증 등에 따른 에너지 부족 문제의 심각성이 대두되고 있으며 이러한 문제를 개선하기 위한 일환으로 쿨루프 적용에 대한 관심이 높아지고 있다. 하지만 국내의 쿨루프 도입을 위한 제도 및 정책을 마련하기 위하여 국내 건물을 대상으로 쿨루프의 에너지 저감 및 도시열섬완화 효과를 규명한 실증적인 연구 자료가 필요하지만, 아직까지 연구가 초기 단계이기 때문에 기초적인 자료가 부족한 실정이다.

따라서 본 연구는 도시지역의 열섬현상 완화를 위한 기후변화 대응방안 중 하나인 쿨루프의 적용방안을 모색하기 위해 실험모형 제작 및 시범지역을 선정하여 장기적인 현장 모니터링을 바탕으로 쿨루프의 에너지 저감 및 도시열섬완화 효과에 대한 실증적인 자료를 구축하고자 한다.

Ⅲ. 연구의 내용 및 범위

본 연구는 우선 국내·외 선행연구의 고찰은 현재까지 적용되고 있는 국내·외의 쿨루프 적용 사례를 고찰하여 본 연구의 방법론을 마련한 뒤 이를 토대로 쿨루프의 적용효과에 대한 실증적 연구를 위해 국내 건축물의 재료와 단열율 등을 고려한 실험모형의 제작과 실제 건물의 쿨루프 적용효과를 파악하기위해 시청의 옥상에 쿨루프를 시공한다. 다음으로 실험 모형과 시청을 대상으로 현장 모니터링을 실시하여 실험모형의 경우 지붕 마감재 종류별 지붕 및 천장 표면온도, 실내온도 그리고 지붕 마감재의 반사율과 복사율, 복사에너지 등을 측정 장비를 통해 측정하고 시청의 경우 쿨루프를 시공한 옥상과 녹색 우레탄으로 구성된 기존 옥상의 옥상 표면온도와 천장 표면온도, 실내 온도를 각각 측정한다. 마지막으로 현장 모니터링 결과를 활용하여 쿨루프 적용에 따른 효과를 에너지 저감 및 도시열섬현상의 측정에서 규명하고 국내 쿨루프 적용을 위한 방안을 마련한다.

시·공간적 범위는 창원시를 대상으로 창원대학교 2공학관에 실험모형을 설치하여 2014년 5월 29일부터 2014년 10월 16일까지 현장 모니터링 하였으며 창원 시청 옥상의 경우, 쿨루프 시공이 완료된 2014년 5월 31일부터 기존 옥상과의 비교를 통해 쿨루프 적용 효과에 대해 현장 모니터링 하였다.

Ⅳ. 연구결과

연구결과를 요약하면 다음과 같다. 색상과 재질을 달리하여 구성된 9개의 실험모형을 모니터링한 결과를 분석해보면 재질을 동일하게 고정하고 색상만 녹색, 흰색, 검정색으로 구분하였을 때 지붕 표면온도의 경우 방수페인트 흰색(반사율 0.596, 복사율 0.886)은 녹색(반사율 0.112, 복사율 0.807)보다 최대 23.60℃, 평균 3.31℃ 낮았으며 검정색(반사율 0.043, 복사율 0.811)보다 최대 25.30℃, 평균 3.39℃낮게 나타났다. 천장 표면온도의 경우 방수페인트 흰색이 녹색에 비해 최대 4.30℃, 평균 0.63℃낮았으며 검정색에 비해 최대 4.90℃, 평균 0.50℃낮았다. 실내온도의 경우 방수페인트 흰색이 녹색보다 최대 2.8℃, 평균 0.30℃ 낮았으며 검정색보다 최대 2.40℃, 평균 0.15℃낮았다. 따라서 밝은 색의 지붕 마감재를 사용하는 것이 어두운 색의 지붕 마감재를 사용하는 것보다 모형 온도를 낮게 유지하는데 도움이 되었다.

색상을 고정하고 재질을 구분한 결과 지붕 표면온도의 경우 녹색의 아스팔트 싱글(반사율 0.088, 복사율 0.816)이 방수페인트(반사율 0.112, 복사율 0.807)에 비해 최대 17.40℃ 평균 1.05℃ 낮았으며 강판(반사율 0.109, 복사율 0.790)에 비해

최대 16.00℃, 평균 0.96℃ 낮게 나타나 아스팔트 싱글이 가장 낮은 온도의 지붕마감재로 나타났다. 천장 표면온도의 경우 녹색의 아스팔트 싱글이 방수페인트보다 최대 2.50℃, 평균 0.17℃ 낮았으며 강판보다 최대 3.10℃, 평균 0.33℃낮았다. 실내온도의 경우 녹색의 아스팔트 싱글이 방수페인트보다 최대 3.50℃, 평균 0.14℃ 낮았으며 강판보다 최대 2.00℃, 평균 0.21℃낮았다. 따라서 재질을 달리함으로써 모형의 온도를 낮게 유지할 수 있음을 알 수 있었다.

창원 시청의 기존 녹색 우레탄 옥상과 쿨루프 시공 옥상을 비교한 결과 지붕 표면온도의 경우 쿨루프 시공 옥상(반사율 0.544, 복사율 0.921)이 기존 녹색 우레탄 옥상(반사율 0.211, 복사율 0.892)보다 최대 10.20℃, 평균 2.03℃로써 낮았으며 단열재 표면온도의 경우 쿨루프 시공 옥상이 기존 녹색 우레탄 옥상보다 최대 2.50℃, 평균 1.36℃ 낮게 나타났다. 단열재와 천장 사이 실내온도는 쿨루프 시공 옥상이 기존 녹색 우레탄 옥상보다 최대 2.70℃, 평균 1.69℃ 낮았다.

이상과 같이 본 연구는 실험 모형 설치와 실제 건물의 쿨루프 적용을 통하여 쿨루프 효과를 분석하였으며, 국내 남부지역(경상남도 창원시)의 여름부터 가을까지 기간 동안 쿨루프의 효과가 있음을 실증적으로 규명하였다. 그러나 우리나라의 경우 계절이 뚜렷하여 하절기와 동절기의 온도차이가 많이 나기 때문에 쿨루프가 겨울에 난방비를 증가시키는 요인으로 작용할 수 있다. 따라서 현장 모니터링을 지속적으로 하여 계절에 따른 쿨루프 효과를 분석할 필요가 있다고 판단된다.

이후, 표면에너지 수지 분석과 실험 모형 및 시청 건물을 대상으로 건물 에너지 모델링을 실시하여 현장 측정한 데이터와 비교·분석하여 국내의 쿨루프 도입을 위한 기초자료로 유용하게 사용할 수 있을 것이라 기대된다.

Ⅴ. 연구결과의 활용계획

본 연구결과는 쿨루프의 효과를 다양한 재질과 색상을 가지는 지붕마감재 모형에 적용하여 지붕면 표면온도와 실내온도를 장기적으로 측정함으로써 냉방에너지 저감과 도시열섬완화 측면에서의 지붕마감재 재질 및 색상(또는 반사율과 복사율)의 기준을 마련하기 위한 객관적 데이터로 활용가능하다.

실험 모형의 단열재 두께도 기존 다른 연구자의 모형보다 5㎝ 더 두꺼운 15㎝를 적용하여 단열재 두께에 따른 쿨루프 효과의 차이를 서로 비교하는 것이 가능하며, 이를 통해 신축 및 기존 건축물의 지붕면 단열재 두께에 따른 쿨루프 효과를 사전에 검토하는데 활용 가능하다.

국내에서는 최초로 기존의 실제 건축물에 쿨루프를 적용하여 그 효과를 장기적으로 측정·분석하였다는데 큰 의미가 있다고 판단된다. 따라서 본 연구를 통해서 실제

건축물의 쿨루프 효과를 측정함으로써 냉방에너지 절약 및 도시열섬 완화, 또는 기후변화대응전략으로서의 쿨루프 적용여부를 국가 및 지방정부 차원에서 의사 결정하는데 도움을 줄 것으로 판단된다. 마지막으로 본 연구과제 완료 이후에도 지속적인 모니터링을 실시하여 태양에너지의 반사율이 높은 쿨루프 적용에 따른 겨울철 난방비의 증가 가능성을 판단하는데 필요한 데이터를 생성하는 것이 가능할 것이다.