

커튼월 결로 성능평가에 관한 연구

A Study on the Codensation Performance of The Curtain-walls

이 상 진* · 옥 중 호** · 김 성 근***

Lee Sang Jin · Ock, Jong-Ho · Kim Sung Keun

요 약

최근 건축물들이 100층 이상이 되는 Super Tall 추세로 증가되어가면서 자연스럽게 건축외장 부분에서도 변화의 바람이 불고 있다. 기존 건축물들을 구성하던 중량벽체를 대신하여 비내력벽 개념의 커튼월 시스템 사용으로 변화되어가고 있다. 그러나 커튼월 시스템은 건축물의 외부환경인 공기와 빛, 열 등의 요소들로 인해 부하가 많이 발생하며 특히 커튼월 외피부분에 발생하는 결로 문제가 심각해지고 있는 실정이다. 특히 국내 건설시장의 여건 상 건축물들의 밀집화로 인한 통풍량 및 일조량 부족으로 결로발생은 더욱 심각해지고 있다. 하지만 아직까지 결로발생을 검토하는 표준화된 절차가 정립하지 않은 실정으로 건설사업관리자를 위한 결로발생검토프로세스 마련이 시급하다 할 것이다. 본 연구는 커튼월 시스템의 대표적 타입인 Unitized 시스템과 Stick 시스템 선정하여 동일한 온도에서 상대습도의 변화에 따른 결로 발생범위 및 온도분포를 비교·분석하여 커튼월 결로성능을 평가하고 향후 결로발생검토프로세스 마련을 위한 기초자료를 제공코자 한다.

키워드: 커튼월, 창호, 결로, Psy-evalove4, THERM 5 시뮬레이션 프로그램

1. 서 론

1.1. 연구의 배경 및 목적

초고층으로 계획된 건축물들이 점점 증가되어가고 있고 주거 및 오피스 등의 건축물에 전반적으로 초고층이란 단어가 붙으며 새로운 하나의 트렌드로 현 건축문화의 이슈화가 되고 있다. 이러한 초고층 건축 중심의 변화는 기존 건축물들을 구성하던 재료와 구조 공법 등을 변화게 하였는데 건축외장의 경우, RC구조의 중량벽체를 대신하여 커튼월 시스템의 사용이 증가하게 되었으며 미국과 유럽, 동남아국가 건축물의 약 45 ~ 50% 정도는 건물외벽을 커튼월로 구성하고 있다고 조사되었다.

우리나라의 경우도 초고층 건축물 뿐만 아니라 저층건축물 및 주거건축물에도 커튼월 시스템 방식

을 적용하고 있다. 이렇듯 커튼월 시스템이 증가하고 있는 현재 상황에서 기존의 중량벽체구조 보다 건축물에 공기, 음, 빛 등의 요소들로 인해 외피에 부하가 많이 발생하게 되어 실내의 각종 환경요소들에 많은 영향을 미치게 되었는데 특히 결로의 문제가 심각하게 발생되고 있는 실정이다.

결로는 대부분이 하절기와 동절기에 많이 나타나는데 일조량 및 통풍량 부족과 실내외 연결부인 벽체의 온도차로 인해 생성된다. 이러한 원인이 발생되어지는 데는 건축물의 증가와 도시의 협소한 공간으로 인해 건축물들의 밀집화가 발생되어 결로 발생에 영향을 미치고 있다. 이러한 현상이 점점 증가되어감에 따라 커튼월 결로를 방지하기 위한 설계 검토 방안이 필요하다. 그러나 아직까지는 결로 발생 구조를 검토하는 표준화되어진 절차가 없는 실정이다.

본 연구에서는 커튼월 결로발생 구조에 대한 검토절차를 마련하기 위한 기초적 연구로서 유리외프레임으로 구성된 커튼월 시스템의 대표적인 타입을 선정하고 열성능을 평가하는데 사용되고 있는 THERM 5와 Psy-evalove4를 활용하여 커튼월 결로발생 여부를 검토하고 생성범위 및 온도분포를 분석하여 결로성능을 평가하고자 한다.

* 학생회원, 서울산업대학교 건축공학과, 학부과정, hennessey05@paran.com

** 중신회원, 서울산업대학교 건축학부 교수, 공학박사, ockjh@snut.ac.kr

*** 중신회원, 서울산업대학교 건설공학부 교수, 공학박사, cem@snut.ac.kr

2)

1.2. 연구의 범위 및 방법

본 연구에서는 대표적인 커튼월 시스템 타입인 Unitized 시스템과 Stick 시스템 2가지를 선정하여 동등한 실내외 조건과 부재의 재질을 설정하여 열 성능 시뮬레이션 실시한다. 이에 타입별 결로 발생의 생성범위와 온도분포 결과를 비교하여 커튼월 결로성능을 평가한다.

2. 선행연구 분석

초고층 커튼월 결로 성능 평가에 관한 선행 연구를 살펴보면 경량 커튼월 외피구조의 표면 결로 방지에 관한 연구에서 김지현 외(2004)는 커튼월이 설치된 건축물 실내 하부에서 커튼월 내부표면을 따라서 실내 상부로 이동하는 공조방식을 기준하여 커튼월 부위에 온도분포와 내부표면 최저온도를 측정하고 온도 편차율을 적용하여 결로 발생 유무를 평가 및 방지 방안을 분석하였다.

초고층 주거건물 커튼월의 창호부 전열 및 결로 성능평가에 관한 연구로 정만석 외(2005)는 초고층 주거건축물에 적용된 커튼월 창호부에 전열과 결로 성능을 평가하며 커튼월 창호부에 구성되어진 요소들의 전열·결로 성능을 분석 후 미치는 영향들을 확인하여 개선안을 제시하였다. 또한 축소모형실험을 통한 커튼월 창호부의 결로 발생 양상 분석에 관한 연구에서 정지나 외(2005)는 모델로 선정된 축소모형을 가지고 난방방식 및 실내외 온도조건 상대습도를 변화시켜 유리 및 알루미늄 프레임의 결로 발생 양상을 측정 및 비교분석하였다.

커튼월 시스템 벽체부의 단열재 실내측 마감재 파손 여부에 따른 결로 평가 및 내부 결로 방지를 위한 효과적 마감재에 관한 연구에서 송승영 외(2006)는 커튼월 시스템의 벽체를 구성하는 단열재의 실내 마감 현황을 확인하고 전열 및 투습해석을 실행 후 마감재의 파손 여부에 따른 결로 방지 성능을 평가하여 내부 결로 방지에 대한 효율적인 단열재를 제안하였다.

커튼월 결로 성능 평가에 관한 선행 연구를 분석해 본 결과 설비에 의한 공조 및 난방방식, 커튼월 시스템을 구성하는데 포함되어진 요소들과 마감재를 기준으로 한 전열 및 결로 평가에 관한 사항들은 진행되고 있지만 커튼월 시스템의 타입별에 관한 연구는 전무하다는 것을 확인하였다. 그러므로 본 연구에서는 대표적인 커튼월 시스템 2가지를 선택하여 타입별 결로 성능평가를 실시하였다.

3. 타입별 커튼월 결로 성능평가 실험

건물의 구조적인 특성과 외부환경에 따라 여러 가지 형식으로 설계되고 시공되는 커튼월의 타입을 실내외 온도와 상대습도에 의한 결로 발생 유무와

생성범위 및 온도분포를 파악하였으며 해석 도구는 2D 시뮬레이션 프로그램으로 열 성능 평가가 가능한 THERM 5을 사용하였다. 시뮬레이션을 위해서 사용된 커튼월 구성부재의 재질들은 대부분 THERM 5 프로그램 라이브러리에서 사용하였고 시뮬레이션 환경은 실외 -18℃, 실내 21℃내로 설정하였다. 구성부재들의 재질에 대한 세부사항 및 경계조건은 표 1과 같다.

표 1. 커튼월 구성부재 재질 및 경계조건

부위	재질
프레임	Aluminum(Painted), Aluminum Alloy(Oxidized, Mill Finish)
유리종류	Glass(Plate or Float)
기타부재	Silicone, Filled, Polyamide 6.6 with 25% glass fiber, Silica Gel(Desiccant)-Loose Fill, Polyethylene / Polythene LD(Low Density) ,Silicone, Steel-Galvanized Sheet(0.14%C)
공기층	Frame Cavity NFRC 100-2001, Frame Cavity-CEN Simplified
경계조건	NFRC 100-2001 Exterior , Interior Aluminum Frame (Convection only), Frame Cavity Surface, Adiabatic

3.1. 커튼월 타입 분석

커튼월 타입에 의한 분류에는 Stick 시스템과 Unitized 시스템, 윈도우 월 시스템이 있다. 본 연구에는 이 3가지 중에서 기본적이고 대표적으로 많이 사용되는 Stick 시스템과 Unitized 시스템을 선정하여 시뮬레이션을 적용하였다. Unitized 시스템은 건축모듈을 기준으로 취급이 가능한 크기로 나누고 구성부재들 모두 공장에서 조립된 프리패브(Pre-fab)형식으로 대부분 글래이징(Glazing)을 포함하며 시공속도 및 품질관리의 업무가 업체의존도가 높아 현장상황에 융통성을 발휘하기 어려운 점이 있다.

반면 Stick 시스템은 구성부재들을 현장에서 조립하고 연결하여 창틀이 구성되는 형식으로 글래이징은 현장에서 조립되어져 현장안전과 품질관리에 부담이 있지만 현장적응력이 우수하여 공기의 조절이 가능한 점이 있다.1) 이 2가지 시스템을 비교한 세부사항은 표 2과 같다.

1) SCEA 초고층 커튼월 전문가 아카데미 강의교재, 서울산업대학교 Vol.1

3.2. 결로 성능평가 실험 및 방법

실험 타입으로 선정된 시스템인 Unitized 시스템과 Stick 시스템 각각의 CAD도면을 준비한 후 시뮬레이션 프로그램인 THERM 5로 보내 실험하기 위해 불필요한 부분 수정 및 보완 작업을 실시하였다. 수정된 도면을 THERM 5에 실행하여 각 부재에 맞는 재질을 입력하고 경계조건을 설정한 후 시뮬레이션을 실시하였으며 위 작업은 그림 1에 나타내었다. 결과값은 Isotherms(등온선)과 Color Infrared Pixel Resolution(색상)의 2가지 형태로 나타내었으며 Psy-evalove⁴²⁾를 활용하여 결로 생성 온도를 파악한 후 THERM 5로 분석한 커튼월 단면에 온도와 결로온도를 비교하여 결로성능을 평가하였다. 그림 2와 그림 3에 Psy-evalove4 프로그램과 실험순서를 나타내었다.

그림 1. CAD도면 수정 및 THERM File 변환

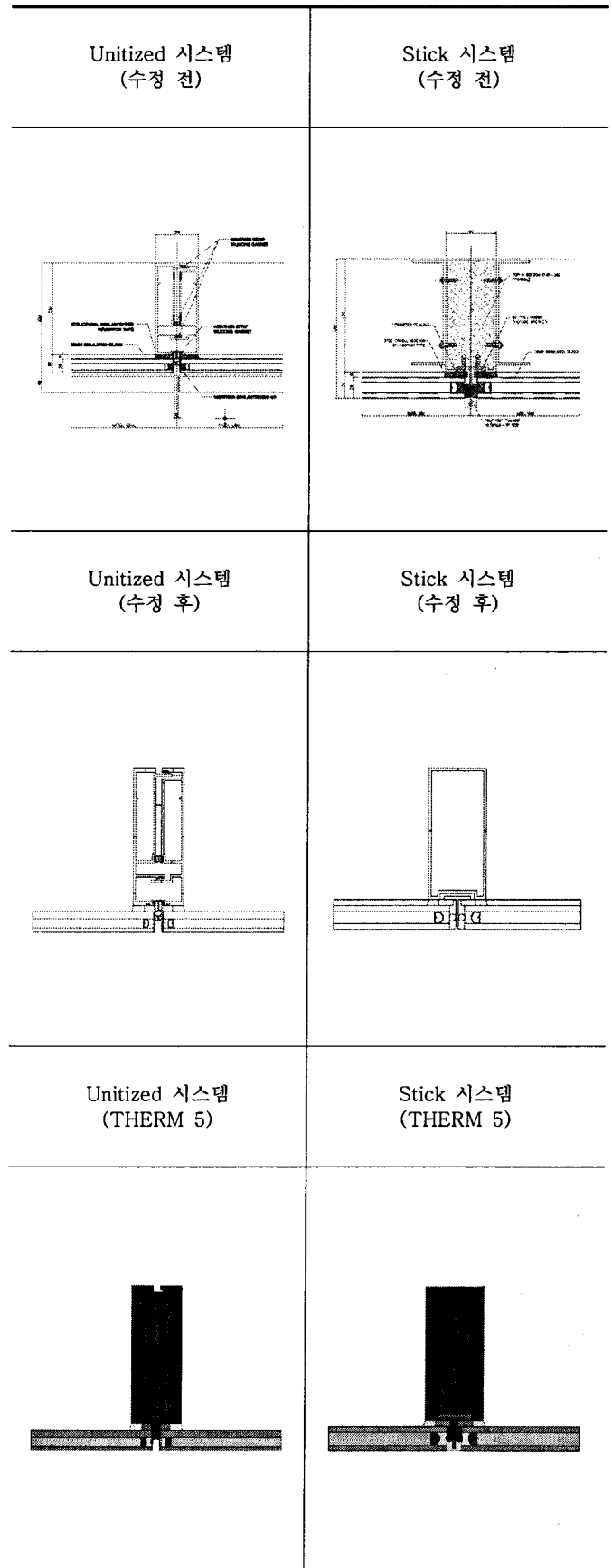


표 2. 타입별 비교 세부항목

특성	분류	Unitized 시스템	Stick 시스템
형태		- 단순한 입면 효과적	- 복잡한 입면에도 대응력이 우수,
재료		- 디자인 형태가 제한적 - Stick 시스템보다 중량이 무거움	- 디자인 형태가 다양화. - Unitized 시스템보다 중량이 가벼움.
가공 및 조립		- 부재제작이 공장에서 이루어져 품질확보 가능 - 품질관리가 용이	- 기본적으로 현장조립이므로 품질확보 어려움. - 품질관리에 주의 필요
시공성		- 부재가 대형이므로 다루기 어려움 - 시공기간 단축 - 보수작업이 어려움 - 부재가 Unit화되어 운반이 어려움	- 장비 용량을 줄일 수 있음. - 부재를 다루기가 용이함 - 시공기간이 길어짐 - 많은 부재가 한 번에 운반되기가 용이함

2) 국민대 공과대학 프로그래밍 모임 E.N.P가 개발 프로그램

그림 2. Psy-evalove4

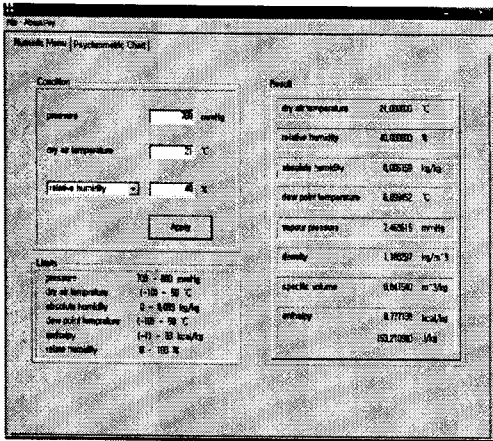


그림 3. 결로 성능평가 실험순서

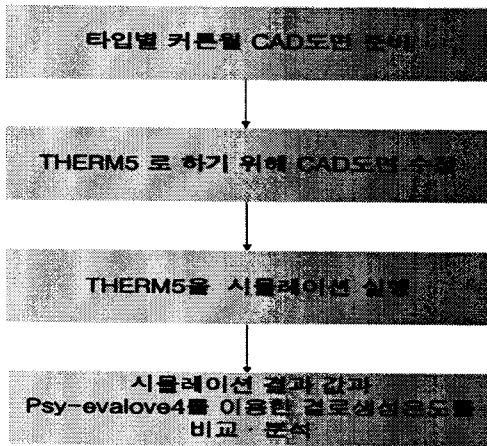


그림 4. THERM 5 시뮬레이션

타입	Unitized 시스템	Stick 시스템
시뮬레이션 모델 (Isotherms)		
시뮬레이션 모델 (Color Infrared Pixel Resolution)		
부위별 최저/최고온도 (°C)	11.6 / -11.6	8.8 / -11.8

3.3. 결로 성능평가 실험 결과 분석

커튼월에 가장 대표적인 2가지 타입의 Unitized 시스템과 Stick 시스템에 구성부재의 동등한 재질과 외부조건을 설정하여 상대습도의 변화에 따라 달라지는 결로온도를 커튼월 단면부분과 온도분포를 확인하여 결로 여부를 판정하였다.

시뮬레이션 결과를 Isotherms 형식으로 나타내어 Psy-evalove4 프로그램을 기준온도 21°C로 고정하고 상대습도를 40%, 50%로 나누어 결로온도를 파악하였다. 위의 내용은 그림 4에 나타내었다.

(1) 상대습도를 40%로 설정하였을 때 결로온도는 6.9°C로 나타났으며 THERM 5에 나타난 등온선을 통하여 온도를 비교해 본 결과 Unitized 시스템은 유리부분과 인접해 있는 Weather Sealant 부분에 집중적으로 결로가 발생하는 것으로 나타났고 Stick 시스템은 유리부분과 백업재 주변 프레임 부분에 결로가 발생하는 것으로 나타났다.

(2) 상대습도를 50%로 설정하였을 때에는 10°C의

결로온도가 생성되었고 Unitized 시스템은 실내측에 가장 가까운 Weather Strip Silicone Gasket과 그 주변의 프레임을 제외한 모든 부분에 결로가 발생하는 것으로 나타났으며 Stick 시스템은 커튼월 전 부분에 결로가 발생하는 것으로 나타났다.

동일한 온도를 설정하고 상대습도의 변화에 생성된 결로온도를 바탕으로 타입별 결로범위를 확인한 결과 Unitized 시스템과 Stick 시스템 2가지 모두 시스템적으로 어느 한 쪽이 결로생성 저항에 강한 면을 가지고 있지 않고 유사한 결로성능을 갖고 있다고 판단하였으며 상대습도의 변화가 커튼월 결로생성에 큰 영향을 미치는 것을 확인하였다.

따라서 커튼월 결로생성을 방지하기 위해서는 시스템 타입 자체에 따른 문제에 접근하기보다는 타입별 상대습도의 변화를 측정하는 시뮬레이션을 활용하여 설계검토에 정확한 결로성능 평가를 실시하고 온도에 따른 상대습도를 적절하게 조절하는 방법이 효과적이라 판단하였다.

4. 결론 및 향후 연구

본 연구는 커튼월 시스템 타입에 따른 결로성능 평가를 제시하였고 열 성능 평가 프로그램과 자동 결로온도 생성프로그램을 활용하여 타입별 결로 유무 및 범위를 측정된 결과, 각 구성부재의 재질과 경계조건을 동일하게 설정하였을 경우 Unitized 시스템이나 Stick 시스템, 2가지 타입 중 어느 한 시스템이 월등히 결로생성 저항에 강하지 않음을 알 수 있었다.

또한 시스템 타입보다는 결로온도를 변화시키는 상대습도에 의해 커튼월의 결로 생성범위와 온도에 큰 영향을 미치는 것을 확인 할 수 있었다.

따라서 커튼월의 결로생성을 방지하기 위해서는 설계 검토 단계에서 상대습도를 효과적으로 조절하는 방안에 대한 고려와 커튼월 타입별 시뮬레이션을 통하여 상대습도에 변화에 의해 발생하는 결로 생성 범위 및 온도를 측정하는 결로성능 평가에 대한 고려가 강화되어야 한다고 판단하였다.

향후 더욱 정확하고 광범위한 결로 및 전열 성능 평가를 적용하여 건축물의 총 에너지 소비량을 분석하고 LCC를 연계한 비용적인 면에서 검토가 필요할 것이다.

참고문헌

1. 정만석 외 1인 “초고층 주거건물 커튼월의 창호부 전열 및 결로 성능평가에 관한 연구” 대한건축학회 우수출업논문전 수상논문개요집 2005 .04. 23
2. 정지나 외 3인 “축소모형실험을 통한 커튼월 창호부의 결로발생 양상 분석에 관한 연구” 대한건축학회 창립60주년기념 학술발표대회논문집 제25권 제1호(통권 제49집) 2005 .10 .24~25
3. 송승영 외 3인 “커튼월 시스템 벽체부의 단열재 실내측 마감재 파손 여부에 따른 결로 평가 및 내부결로 방지를 위한 효과적 마감재에 관한 연구” 대한건축학회논문집 계획계 22권 8호(통권214호) 2006 .08
3. 임정희 외 3인 “고층 아파트 단위주거의 커튼월 결로 예측” 대한건축학회논문집 계획계 2007. 03
3. 김지현 외 3인 “경량 커튼월 의외구조의 표면 결로 방지에 관한 연구” - I국제공항 탑승동의 사례를 중심으로 대한건축학회 학술발표논문집 제24권 제1호 2004. 04. 24
4. 정석환 외 5인 “로이유리의 저 방사 코팅 적용 위치에 따른 온도변화 및 에너지 성능 비교 분석” 대한건축학회논문집 계획계 2007. 08
5. 이민우 외 4인 “석재 커튼월-슬라브 접합부 패스닝 유닛의 결로방지성능 향상에 관한 연구” 대한건축학회 창립60주년기념 학술발표대회논문집 제25권 제1호(통권 제49집) 2005 .10 .24~25
6. 이미진 외 5인 “석재 커튼월-지붕층 슬라브 접합부의 단열 및 결로방지 성능향상에 관한 연구” 대한건축학회 창립60주년기념 학술발표대회논문집 제25권 제1호(통권 제49집) 2005 .10 .24~25
5. SCEA 초고층건축 커튼월 전문가 아카데미 강의교재 Vol.1
6. Lawrence Berkeley National Laboratory, “THERM 2.0: Program Description A PC Program for Analyzing the Two-Dimensional Heat Transfer Through Building Products 1998. 06

Abstract

Recently, the buildings have been likely to shape Super Tall trend. Therefore, the exterior parts of the buildings come to be changed. Instead of early heavy wall structure, it is changed to light wall concept of curtain wall system. However, the curtain wall system causes lots of loads due to the external surrounding factors of building. In particular, due to the densely built-up condition in Korea, the generation of dew condensation is getting severer. Since there has been no standardized process that reviews this generation of dew condensation, it is very urgent for us to prepare the reviewing process for the dew condensation for construction business managers. The purpose of this study is to assess dew condensation function of the curtain wall and provide the basic data for the provision of the future dew condensation review process by comparing and analyzing the range of generation of dew condensation as well as temperature distribution according to the change of relative humidity at the identical temperature by selecting the Unitized system and Stick system which are the representative types of curtain wall system.

Keywords : Curtain Wall, Window, Condensation, Psy-evalove4, THERM 5 Simulation Program