

## 고단열 커튼월 핵심 설계 원리에 관한 연구\*

### A Study on the Core Design Principle of High Insulation Curtain-Wall

최원기\*\* · 이수열\*\*\* · 김선형\*\*\* · 김성범\*\*\* · 김영탁\*\*\*\* · 김진희\*\*\*\*\*

Won-Ki Choi\*\* · Soo-Yeol Lee\*\*\* · Sun-Hyung Kim\*\*\* · Sung-Bum Kim\*\*\* · Young-Tag Kim\*\*\*\* · Jin-Hee Kim\*\*\*\*\*

#### Abstract

As the proportion of newly built office buildings with curtain-walls has increased so has the need to improve the thermal performance of curtain-walls. Most curtain-wall structures are composed of aluminum frames and high-performance glazing making them more difficult to achieve higher insulation performance levels compared to typical non-glazed insulated walls. However with the growing use of low-e and vacuum glass and the development of various thermal breaks, the U-value of curtain-walls have greatly improved. This paper presents the findings of a research project into a high-performance curtain-wall system suitable for zero-energy buildings through the core design principle of a thermally improved curtain-wall frame. Typical core technologies are summarized as follows. The thermal performance of an aluminum frame curtain-wall can be improved by 19% when a thermal break is implemented at least two times over the frame's section and it can be improved by 25% if the inner space of the glazing pocket is divided into multiple compartments. In addition, the use of polyamide, which has excellent structure and fire resistance properties, can further improve thermal performance by more than 4%. This material can improve glazing workability and minimize internal convective heat loss by utilizing double extrusion technology. Higher insulation performance can be realized when designing a curtain-wall using these design principles which can contribute to energy savings towards the realization of zero-energy buildings.

**Keywords :** Office Building, Curtain-Wall, High Insulation, Thermal Break, Multi-Inner Space, Energy Saving

#### 1. 서 론

최근 신축되는 업무용 건물의 대부분에 커튼월 구조가 적용된다. 이러한 커튼월 구조는 알루미늄 프레임(frame)과 창유리(glazing)로 구성되어, 일반 단열재를 포함하는 벽체와 비교해 약 5 ~ 10 배 정도 단열성능이 낮은 특징이 있다. 그러나 창유리는 단

열성능(U-Value)뿐만 아니라 조명부하에 영향을 미치는 가시광선투과율(visible light transmittance; VLT)과 냉방부하에 큰 영향을 미치는 태양열취득율(solar heat gain coefficient; SHGC) 성능도 함께 갖고 있어 건물 용도에 맞춰 합리적으로 설계될 경우 동일한 건물에서도 에너지를 절감할 수 있는 충분한 여지를 갖는다.

\*본 연구는 국토교통부 주거환경연구사업의 연구비지원(21RERF-C146906-04)에 의해 수행되었습니다.

\*\* (주)선우시스 기술연구소 연구소장, 공학박사(주저자, 교신저자: [cwk@sonusys.co.kr](mailto:cwk@sonusys.co.kr))

\*\*\* (주)선우시스 기술연구소 연구원

\*\*\*\* (주)에임트에너지 사업운영그룹이사, 공학박사

\*\*\*\*\* 국립공주대학교 건축공학과 연구교수, 공학박사

커튼월 프레임의 경우 대부분 알루미늄 소재로 구성되며, 내화성능이 요구될 시 스틸 소재가 활용된다. 일반적인 알루미늄은 열전도율이 높아 열교(thermal bridge)의 통로로 작용하므로 합리적인 열교차단 기술을 적용해야 한다.

창유리는 중심부와 가장자리부의 단열값이 차이가 커 단열간봉(insulating spacer) 사용뿐만 아니라 불활성기체 충전, 합리적인 간봉 두께 등을 종합적으로 고려하여 적용해야 한다.

이러한 커튼월 설계의 일반 기술들은 현재 국내에서도 널리 활용되고 있으나 해외기술 대비 프레임 설계 기술의 격차가 크게 나타나고 있는 실정이다. 이러한 격차는 가격경쟁 위주의 시장 구조, 소재 기술의 고도화 부족 그리고 전문 인력 양성을 위한 프로세스 부재 등과 그 외 다양한 원인이 있을 것이다.

이에 본 논문에서는 국내에서 손쉽게 구할 수 있는 자재를 활용한 고단열 커튼월 개발에 있어 핵심이 되는 원리와 이론적 민감도 분석 그리고 실험 검증을 통해 창호 개발업체의 설계 기술 향상에 기여하고자 한다.

## 2. 선행연구

본 연구와 같이 고단열 커튼월 개발과 관련된 연구는 현재 초기 단계에 있으며, 대표적인 연구 결과를 정리하면 다음과 같다.

박혜영·박성중(2020)은 고단열 커튼월 프레임 개발을 위한 각 부품 항목과 이들의 단열성능에 미치는 영향을 정량적으로 분석해 제시하였고, 국내 단열바 기술의 발전 방향과 커튼월 산업의 나아갈 방향을 제시한 의미있는 연구를 수행하였다. 박종준 외(2020)는 건물에너지 해석시 배제되는 커튼월 프레임에 대한 영향을 고려한 에너지 상관관계 분석을 수행하였으며, 특히 커튼월 유형 즉 노출, 비노출 유형에 따른 단열성능 분석 결과를 반영한 것이다. 최

원기(2020)는 제로에너지창호기술에서 소속사의 조달우수 커튼월 기술의 개발 방향과 기존 커튼월 방식과의 차이점을 비교분석하고 향후 커튼월 산업이 나아갈 방향을 제시하였다. 최원기·조용철(2017)은 커튼월의 단열성능에 가장 큰 영향을 미치는 열교차단재의 형상, 크기, 위치 등에 따른 성능 변화에 대한 이론적 분석을 수행하였으며, 국내 열교차단재 기술의 개발 방향을 제시하였다. 송진희·신동일(2020)은 커튼월 외벽 시스템 유형에 따른 단열성능 분석과 새로운 열교 저감 기술을 개발하였으며, KS F 2278을 이용한 실험 및 시뮬레이션 분석의 한계를 제시하고 있다.

그 외 연구들은 대부분 커튼월 성능이 건물에너지에 미치는 영향, 시뮬레이션과 실험값의 비교 등이 대부분이다.

한편, 해외에서도 커튼월 관련 많은 연구들이 수행되었지만 기술 개발 방법론과 관련된 것은 부재하고 현장 적용된 기술의 특징점을 중심으로 연구 및 보고서가 주류를 이루고 있다(Marquis et al., 2017). 특히 ISO 10077-2, 112631(2017)는 국제 표준을 통해 이론적 분석 방법론을 중심으로 표준을 제시하고 있다. 그리고 독일 Passive House Institute(2015)에서는 다양한 프레임 재질과 창유리 조합에 따른 프레임의 U-Value, 선형 열관류율( $\psi$ , W/mK)을 제공하고 있으나 고단열 프레임 설계 방법론을 제시하지 않고 있다. 그 외에도 SHÜCO, REHAU, SALAMANDER, GEZE 등 대다수의 시스템 창호업체에서는 자사 제품들에 대한 프레임 단면과 프레임 U-Value 그리고 창유리 조합에 따른 창호 U-Value를 제공하고 있어 창호 개발시 참고자료로 활용할 가치를 갖는다.

## 3. 연구방법

현재 국내에서는 창호의 U-Value와 VLT 그리고 SHGC를 이론적으로 분석하는 툴(tool)로 미국

Lawrence Berkeley National Laboratory(LBNL, 2019)에서 개발해 무료로 배포하는 WINDOW & THERM 프로그램이 주로 활용되고 있다. 그리고 실험은 KS F 2277, 2278(2017)에 기반한 U-Value 측정을 진행하고 있다. 따라서 본 논문에서도 '설계-이론적 분석-보완 설계-이론적 분석-최종 실험 검증'의 프로세스를 통해 최종 성과물이 도출되었다.

특히 창유리의 성능이 동일한 경우 프레임 열교차 단재 종류 및 형상, 제작 용이성, 가격, 창호 기본 성능 등의 커튼월 개발시 고려해야 하는 모든 요소들을 종합적으로 반영하여 현실성있는 제품 개발에 초점을 두었다. 또한 국내·외 고단열 프레임과의 차별성과 국내에서 공급 가능한 부자재 활용도 고려하였으며, 특허 등록된 제품(2019)을 중심으로 분석이 수행되었다.

## 4. 고단열 커튼월 프레임 설계 및 성능검증

### 4.1 고단열 프레임 설계 프로세스 및 시뮬레이션 검토

고단열 커튼월 프레임은 캡처 및 히든 타입, 두 가지 안에 대한 설계가 진행되었으며 본 연구에서 활용된 데이터는 Low-e유리가 적용된 42mm Triple Glazing 조합으로 한정하여 서술하였다. 유리 조합은 H사에서 제조되는 제품을 조합하여 구성하였으며 Low-e유리는 Glass 1번과 Glass 3번에 적용되었다. 그리고 중공층은 실제 제조과정에서 아르곤을 완충할 수 없는 조건을 반영하여 아르곤 90%, 공기 10%가 적용되었다. WINDOW 7.6 프로그램을 통해

유리 조합의 성능을 분석한 결과 열관류율은 0.679 W/m<sup>2</sup>·K이고 SHGC는 0.203으로 나타났다. 유리 조합에 대한 제원 및 성능은 Table 1과 같다.

고단열 커튼월 프레임 설계는 3~4단계의 보완과정을 거쳐 최종 설계안이 도출되었다. 프레임에 적용된 기술은 국내 원·부자재 제조 기업들이 구현 가능한 형상, 구조적 안전 및 내구성, 제작의 용이성 등을 고려하여 설계에 반영되었다.

캡처 타입 커튼월의 1차 설계는 기성 제품군들 대비 향상된 단열성능 도출을 목적으로 컨셉 설계가 수행되었다. 이를 위해 주요 단열 구획구간인 유리와 동일 선상 부분의 열교차단재, C형 폴리아미드(Polyamide)의 길이를 40mm로 증대시켰으며 폴리아미드 사이 축을 통해 정제 공기층을 분할시키고 단열성능 향상을 도모하였다. 또한 이중압출 기술을 적용하여 폴리아미드와 유리사이의 공간에 EPDM(Ethylene Propylene Diene Methylene)소재의 가스켓 날개를 형성하고 공기층을 분할하였다. 내측은 메인 프레임(Main frame)과 결속되는 결합 브라켓 사이 PVC 소재의 단열 브라켓을 삽입하여 단열구간이 추가로 구획되었다. 멀리언(Mullion)은 캡을 결속하는 외측 어댑터(Adapter)와 결합 브라켓 사이에 11.5mm의 폴리아미드를 추가하였다.

2차 설계안은 유리 구성 구간의 C형 폴리아미드의 형상을 수정하였다. 1차 설계안의 프레임을 THERM 7.6 프로그램을 통해 해석한 결과 폴리아미드 내부 축의 간격이 밀접하여 대류 차단 목적과는 달리 전도를 통한 열교가 발생하여 열손실이 상대적으로

**Table 1.** Detail Specification of the Glazing

Category	Glass1	Gap1	Glass2	Gap2	Glass3
Thickness (mm)	6	12	6	12	6
Composition	SKN 154 II	Ar 90% / Air 10%	Clear	Ar 90% / Air 10%	SKN 154 II
U-value	0.679 W/m <sup>2</sup> ·K				
SHGC	0.203				

증가하는 것을 확인하였다. 또한 연질재료인 EPDM 이중압출의 생산성을 고려하여 날개의 길이가 축소되었다. 이는 날개가 유리면에 맞닿을 경우와 약 4 mm 이격시킬 경우 단열성능의 차이가 발생하는지 검토한 결과이며, 그 차이가 미미한 것으로 나타났기 때문이다. 이에 이중압출의 생산성을 고려하여 EPDM, 가스켓의 형상 길이가 축소되었다. 실내 유리 조합면에 맞닿는 고정용 가스켓은 내측으로 날개 형상으로 설계하여 공기층을 최대한 분할하였다.

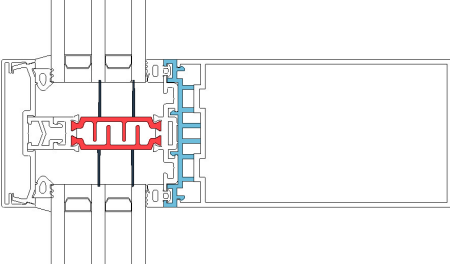
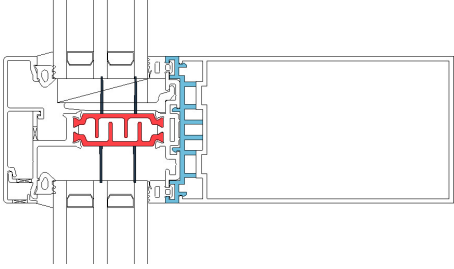
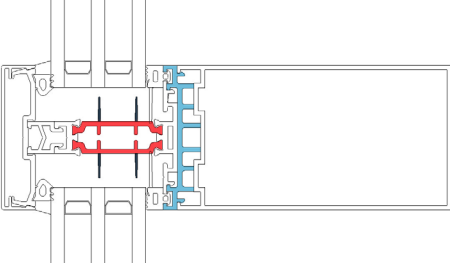
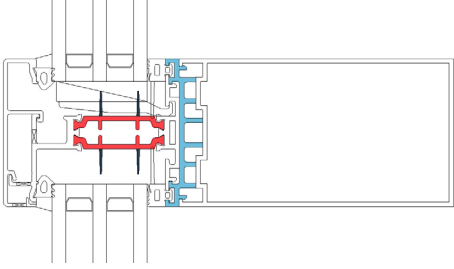
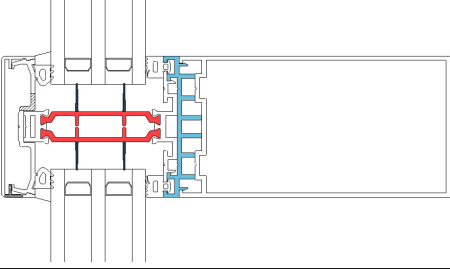
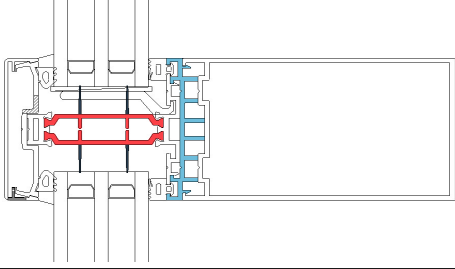
3차 설계안은 현장 시공성이 저하되지만 제작 공정의 효율을 증대시키기 위해 멀리언(Mullion)과 트랜섬(Transom)의 형상을 통일한 것이다. 그리고 외측 결합 브라켓에 존재하던 폴리아미드를 제거하고

유리구성 사이의 메인 폴리아미드의 길이를 40mm에서 53mm로 최대한 증대시켰다. 이때 폴리아미드는 커튼월의 기본 기능인 구조적 안정성 및 압출시 발생할 수 있는 문제요소들을 제거한 범위에 한정하여 증대되었다. 시제품 제작과정에선 EPDM 이중압출 날개형상과 유리 세팅클립 간의 허용 간섭범위를 초과하는 문제가 발생해 세팅클립의 형상을 수정하였다. 추가적으로 실내측 고정용 가스켓의 날개형상은 단열성능 향상에 미미한 효과를 나타내는 것으로 검토되어 원가절감을 위해 제거되었다.

앞서 서술한 캡 타입 커튼월의 1차 설계안과 보완된 프레임의 단면 수정 과정은 Table 2와 같다.

WINDOW&THERM 7.6 프로그램을 통해 각 부위

**Table 2.** Design Processes of the Cap Type Curtain-wall Frame

Category	Mullion	Transom
1st design proposal		
2nd design proposal		
3rd design proposal		

및 창세트의 단열성능은 Table 3과 같이 분석되었다. 1차 설계안의 경우 프레임 평균 열관류율은  $1.801 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ 로 나타났으며 엣지  $1.046 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ , 창세트는  $0.798 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ 로 분석되었다. 보완된 2차 설계안의 경우 프레임 평균  $1.765 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ , 엣지  $1.053 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ , 창세트 성능은  $0.797 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ 로 단열성능이 미미하게 향상되었다. 최종설계안은 프레임 평균  $1.590 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ , 엣지  $0.973 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ , 창세트는  $0.775 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ 로 1차 설계안 대비  $0.023 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ 의 단열성능이 향상되어 약 3%의 성능이 개선되었다.

위와 같이 프레임은 한정된 규격내에서 제한된 기술 요소가 적용되기 때문에 고성능으로 설계될수록 성능 변화의 폭이 적게 나타나는 것으로 확인되었다.

Table 4는 히든 타입 커튼월의 설계과정을 나타낸 것이다. 히든 타입 커튼월도 캡 타입과 호환성을 위해 메인 프레임과 PVC의 단열 브라켓을 동일하게 사용하였으며 1차 설계안부터 멀리언과 트랜섬의 형상을 통일하였다. 적용된 열교차단재인 폴리아미드는 50mm의 스틱형으로 설계되었다. 2차 설계안은 단열성능의 향상을 위해 스틱형 폴리아미드의 중앙부에 EPDM 이중압출을 통한 날개형상을 구현하여 증공층을 분할하였다. 3차 설계안은 기존 스틱형 폴리아미드가 결합 브라켓과 결속시 수작업을 통해 밀어 넣는 방식으로 불필요한 인력손실 및 공정의 비효율성을 제거하고 단열성능 향상을 도모하기 위해

증공형 롤링 타입으로 수정되었으며 이중압출 날개는 세팅클립과의 간섭으로 인해 제거되었다. 4차 설계안은 증공형 롤링 타입의 폴리아미드 폭을 간결하게 수정하고 줄어드는 폴리아미드 폭만큼 유리 조합의 길이가 증대되었다. 그리고 히든 타입의 커튼월도 WINDOW&THERM 프로그램을 통해 Table 5와 같은 성능분석이 수행되었다.

1차 설계안은 프레임의 평균 열관류율이  $1.696 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ 으로 분석되었으며 엣지  $0.913 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ , 창세트  $0.774 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ 의 성능을 나타냈다. 2차 설계안은 프레임 평균 열관류율이  $1.668 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ , 엣지  $0.869 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ , 창세트  $0.768 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ 로 1차 설계안 대비 약 1% 성능이 향상되었다. 3차 설계안은 프레임  $1.816 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ , 엣지  $0.901 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ , 창세트  $0.784 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ 로 2차 설계안 대비 약 2% 성능이 저하되었다. 그 이유로는 기존 스틱형 폴리아미드에서 증공형 롤링 폴리아미드 타입으로 변경되면서 롤링을 위한 알루미늄 결합 브라켓의 형상변경으로 폴리아미드의 길이가 줄어들게 되면서 나타난 현상으로 파악되었다. 4차 설계안은 프레임  $1.663 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ , 엣지  $0.862 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ , 창세트  $0.769 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ 로 증공형 롤링 폴리아미드의 폭을 감소시키고 유리의 면적을 증대시켜 2차 설계안과 비슷한 수준으로 성능이 향상되었으며, 생산성을 고려하여 최종안으로 선정되었다.

**Table 3.** U-value of the Cap Type Curtain-wall Frame

[Unit:  $\text{W/m}^2 \cdot \text{K}$ ]

Category	1st design proposal		2nd design proposal		3rd design proposal		
	Frame	Edge	Frame	Edge	Frame	Edge	
Transom	Head	1.886	1.068	1.844	1.076	1.593	0.974
	Sill	1.888	1.076	1.838	1.077	1.590	0.973
Mullion	Left Jamb	1.715	1.018	1.690	1.030	1.589	0.973
	Right Jamb	1.713	1.021	1.688	1.030	1.586	0.972
Average		1.801	1.046	1.765	1.053	1.590	0.973
Window		0.798		0.797		0.775	

**Table 4.** Design Processes of the Hidden Type Curtain-wall Frame

Category	Mullion	Transom
1st design proposal		
2nd design proposal		
3rd design proposal		
4th design proposal		

**Table 5.** U-value of the Hidden Type Curtain-wall Frame

		[Unit: W/m <sup>2</sup> ·K]							
Category		1st design proposal		2nd design proposal		3rd design proposal		4th design proposal	
		Frame	Edge	Frame	Edge	Frame	Edge	Frame	Edge
Transom	Head	1.661	0.908	1.659	0.867	1.784	0.897	1.643	0.861
	Sill	1.660	0.908	1.659	0.866	1.784	0.897	1.644	0.860
Mullion	Left Jamb	1.731	0.917	1.676	0.872	1.848	0.904	1.681	0.864
	Right Jamb	1.730	0.917	1.676	0.871	1.849	0.904	1.682	0.864
	Average	1.696	0.913	1.668	0.869	1.816	0.901	1.663	0.862
Window		0.774		0.768		0.784		0.769	

#### 4.2 고단열 프레임 적용 시험 분석

시험 분석은 KOLAS 공인시험 기관인 한국건설생  
 활환경시험연구원에 시험의뢰를 신청하여 커튼월

의 단열성능 시험이 수행되었다. 시험은 KS F 2278  
 창호의 단열성능 시험방법을 기준으로 수행되었으  
 며 시험체는 위에서 검토된 캡 타입의 3차 설계안으

**Table 6.** Comparative Analysis of the u-value

	Simulation	Test
Cap type curtain-wall	0.775 W/m <sup>2</sup> ·K	0.705 W/m <sup>2</sup> ·K



**Fig. 1.** Original official test report of the cap type curtain-wall

로 제작해 진행되었다.

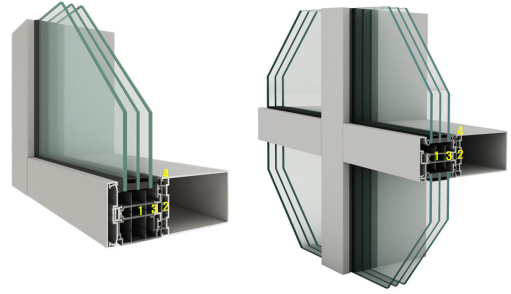
Table 6은 시뮬레이션과 시험 분석 결과를 비교한 것으로, 시험결과 0.705W/m<sup>2</sup>·K의 단열성능이 도출되었으며 시뮬레이션과는 0.070W/m<sup>2</sup>·K의 차이가 발생해 약 9%의 오차를 나타냈다. 이는 시뮬레이션과 물리적 실험과의 결과에서 오는 차이로 판단되며, 다년간의 분석 노하우에 기초할 때 약 ± 10%의 성능 차이는 일반적으로 발생하는 것으로 나타났으며, 대체적으로 물리적 실험 결과가 좋게 나타나는 경향이 있었다.

끝으로 Fig. 1은 공인시험성적서 원본을 스캔한 것이다.

## 5. 고성능 커튼월 개발 원리 및 의의

본 연구는 컨셉 단계의 특허 기술을 토대로 국내 건설현장에서 적용 가능한 수준의 가격 경쟁력, 원활한 자재 수급 조건, 효율적인 생산성, 고성능 구현 등을 목표로 개발이 수행되었다.

Fig. 2는 핵심 개발원리 4가지와 제품 사진이다. 먼



**Fig. 2.** Core Development Principles and Product Photos

저 기술 1은 다중날개 2개를 포함하며 폴리아미드 최대길이 확보를 위해 다중격실 열교 차단재를 적용한 것이다. 기술 2는 이중 재질간 거리 증가를 위한 단일브라켓 설치이다. 기술 3은 분리가 용이하고 다양한 결합이 가능한 결합 브라켓 적용이고, 기술 4는 이중 원터치 끼움형 결합 방식이다.

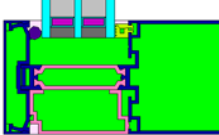
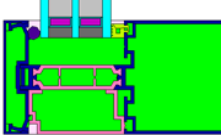
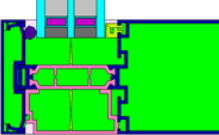
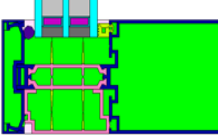
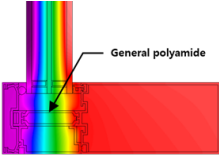
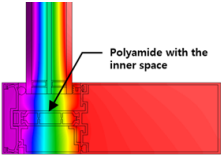
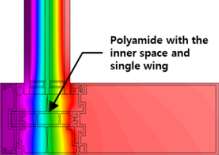
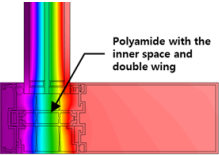
다음은 핵심 기술들 상호간의 비교 분석한 결과를 정리한 것이다.

Table 7은 폴리아미드 내부 격실 구조와 날개 가스켓 적용에 따른 성능을 비교 분석해 정리한 것이다. 먼저 폴리아미드 내부 격실 구조는 성능 향상을 기대할 수 있지만 그 비율이 4% 수준이었으나, 창유리 포켓에 날개 가스켓을 적용한 경우에는 추가적으로 25% 이상의 성능 향상을 나타내고 있었다. 따라서 핵심 기술에 있어 가능한 한 많은 날개 가스켓을 적용하는 것이 바람직하겠지만 압출 용이성을 고려해 2 개로 제안하였다.

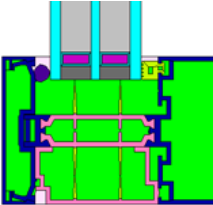
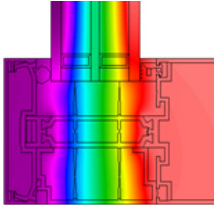
Table 8은 Table 7의 핵심 기술에 추가적으로 PVC 단일 브라켓을 적용한 경우를 비교 분석해 정리한 것이다. PVC 단일 브라켓은 열교를 2번에 걸쳐 차단하는 효과로 인하여 19% 이상의 성능 향상을 가져올 수 있었다.

결국 고단열 커튼월 개발에 있어 핵심 원리는 창유리 포켓(glazing pocket)의 중공층 공간을 가능한 한 대류 현상을 억제할 수 있는 격실 구조를 많이 갖도

**Table 7.** Analysis of Thermal Performance According to the Step-by-step Inner Space Formation of the Thermal Break at the Glazing pocket

	Model A	Model B	Model C	Core Tech.
Insulation structure of frame	General polyamide	Polyamide with the inner space	Polyamide with the inner space and single wing	Polyamide with the inner space and double wing
Frame detail				
Analysis detail				
U-value (W/m <sup>2</sup> ·K)	3.113	3.001	2.218	1.981
Performance improvement compared to Model A	-	4%	29%	36%

**Table 8.** Performance Analysis According to PVC Bracket Application

	Core Tech.	Patent tech.
Insulation structure of frame	Polyamide with the inner space and double wing	Polyamide with the inner space and double wing + PVC insulating blanket
Frame & analysis detail		
U-value (W/m <sup>2</sup> ·K)	1.981	1.590
Performance improvement compared to Model A	-	19.3%

록 구성하는 것과 프레임의 열교를 다중으로 차단시킬 수 있는 구조라 할 수 있을 것이다. 그 외 기본적인 고단열 구현 기술이 정리되면, 압출 성능과 제작 용

이성, 구조 안전성 등을 종합적으로 고려해 최종 상세 설계안을 확정하면 될 것으로 판단된다.



## 6. 결론

본 연구는 국내 실정에 적합한 커튼월 프레임 형상, 압출능력, 제조 원가, 구조 안전성 등을 고려하여 고성능 커튼월을 개발한 것으로 핵심 기술 2가지를 중심으로 분석 및 검증은 수행한 것으로 그 결과를 정리하면 다음과 같다.

고성능 커튼월 개발을 위한 핵심 기술에 대한 정량적 분석을 통해 창유리 포켓부의 다중 격식을 가능한 한 많이 형성해 자연 대류를 억제하는 기술을 통해 약 25% 이상의 성능 향상을 가져왔으며, 프레임의 열교 최소화를 위해 다중 열교 차단 기술을 적용해 약 19% 이상을 성능 향상을 가져왔다.

추가적으로 폴리아미드 열교차단재의 내부를 격실로 구성할 경우에 약 4%의 추가적인 성능 향상을 가져왔다.

기본 설계 개념을 수립한 다음부터는 압출 성능과 제작 용이성, 구조 안전성 등을 종합적으로 고려해 최종 상세 설계안을 확정하면 될 것으로 판단된다.

이상의 연구 결과 공유를 통해 국내 커튼월 시장의 품질 안정성에 기여하고, 향후 제로에너지 건축물 의무화에 따른 고성능 창호 제품들의 시장 활성화에 기여하고자 한다.

## 참고문헌

1. 박종준·김의원·김영일(2020), “커튼월의 설치 및 단

열 방식에 따른 열관류율 및 공조부하 연구”, 「대한설비공학회 설비공학논문집」, 32(10): 465-472.

2. 박혜영·박성중(2020), “열관류율[Uf] 1.0W/m<sup>2</sup>·K 이하 커튼월 프레임 개발을 위한 부품 항목 및 성능 영향 연구”, 「한국건축환경설비학회 논문집」, 14(5): 484-496.
3. 송진희·신동일(2020), “열교 저감 고단열 커튼월 외벽 시스템 개발 사례”, 「건축환경설비」, 14(1): 34-41.
4. 최원기(2020), “제로에너지창호기술”, 「그린빌딩」, 21(3): 36-47.
5. 최원기·조용철(2017), “창호의 단열성능에 미치는 열교 차단재의 기능과 역할”, 「대한설비공학회 2017년도 하계학술발표대회」, 623-628.
6. 특허청(2019), “다중 격실 이중 열차단 구조 단열 커튼월”, 특허 제 10-1969379호.
7. ISO 10077-2 (2017), “Thermal performance of windows, doors and shutters : Calculation of thermal transmittance. Part 2 : Numerical method for frame”.
8. ISO 112631 (2017), “Thermal performance of windows, doors and shutters : Calculation of thermal transmittance. Part 2 : Numerical method for frame”.
9. KS F 2277 (2017), “건축용 구성재의 단열성 측정 방법: 교정 열상자법 및 보호 열상자법”.
10. KS F 2278 (2017), “창호의 단열성 시험방법”.
11. LBNL (2019), “WINDOW & THERM user’s manual”.
12. Marquis, P., Mirahadi, F., Ali, H., McCabe, B., Shahi, A., De Berardis, P. and Lyall, R. (2017), “Window wall and curtain wall : An objective review”, Leadership in Sustainable Infrastructure.
13. Passive House Institute (2015), “Certified passive house component”.

---

## 요약

---

최근 신축되는 업무용 건물 가운데 커튼월 구조를 갖는 건물의 비중은 갈수록 증가하는 추세에 있다. 그러나 대부분의 커튼월 구조는 알루미늄 프레임과 고성능 창유리로 구성되어, 일반 벽체와 같은 고단열 구조를 갖는데 한계가 있다. 그러나 Low-e 유리 및 진공유리의 보급 그리고 다양한 열교차단재의 개발 등으로 커튼월의 단열값도 크게 향상되고 있다. 이에 본 논문에서는 커튼월 프레임의 단열값을 향상시키는 핵심 설계 원리를 통해 제로에너지 건물에 적합한 수준의 고단열 커튼월 시스템을 개발하는데 목적이 있으며, 대표적인 핵심 기술을 요약하면 다음과 같다.

알루미늄의 열교차단은 최소 2번 이상 구현을 통해 19%의 성능 향상을 도모하고, 창유리 결합 부위에 있어 가능한 많은 다중 격실을 갖도록 설계해 최소 25% 이상의 성능 향상을 기대할 수 있다. 또한 상대적으로 구조 및 내화 성능이 우수한 폴리이미드를 적용할 경우 이중압출 기술을 활용하여 유리 시공성을 향상시키고 내부 대류 열손실을 최소화하는 설계를 수행할 경우 추가적으로 4% 이상의 성능 향상을 기대할 수 있다.

본 설계 원리를 활용하여 커튼월을 설계할 경우 보다 향상된 단열성능을 구현할 수 있을 것이고, 이러한 고단열 커튼월이 시장에 보급 활성화될 경우 업무용 건물의 에너지 절감과 제로에너지 건축물 구현에 크게 기여할 수 있을 것으로 판단된다.

**주제어** : 업무용 건물, 커튼월, 고단열, 열교차단, 다중격실, 에너지절감

---