



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

공학석사 학위논문

플라스틱 단열재를 적용한 커튼월 파스너의 단열성능 평가

2016년 8월

부경대학교 산업대학원

건축공학과

송 재 홍

공학석사 학위논문

플라스틱 단열재를 적용한 커튼월 파스너의 단열성능 평가

지도교수 정 근 주

이 논문을 공학석사 학위 논문으로 제출함

2016년 8월

부경대학교 산업대학원

건축공학과

송 재 홍

이 논문을 송재홍의 공학석사 학위논문으로
인준함

2016년 8월

주 심 공학박사 이 수 용 (인)

위 원 공학박사 이 규 남 (인)

위 원 공학박사 정 근 주 (인)

목 차

1. 서	론	1
1.1	연구의 배경 및 목적	1
1.2	연구방법 및 범위	3
2. 기존연구 분석 및 이론고찰		5
2.1	연구동향 분석	5
2.2	CFD 해석 이론	7
2.2.1	유한요소법	7
2.2.2	CFD 코드의 구조	8
3. 커튼월 파스너 단열 개선방안 도출		9
3.1	커튼월 파스너의 단열측면 문제점	9
3.2	보강재료 소개	11
3.3.	단열개선방안 도출	12
3.3.1	기존안 구성	13
3.3.2	부착안 구성	14
3.3.3	복합안 구성	15
4. 파스너 단열성능 평가		16
4.1	성능 평가 방법	16
4.2	각 대안별 CFD 시뮬레이션	20
4.3	해석조건	22
4.3.1	기존안 시뮬레이션 결과	24
4.3.2	부착안 시뮬레이션 결과	26
4.3.3	복합안 시뮬레이션 결과	28
4.4	대안별 CFD 결과비교	30
4.4.1	A-A'단면 비교	31

4.4.2 B-B'단면 비교	32
4.5 시뮬레이션 결과분석	33
4.6 Mock-up실험	34
4.7 Mock-up실험 결과	41
4.8 시뮬레이션과 실험 비교	43
 5. 결론	 45
 참고문헌	 47



표 목 차

표 3.1 테프론과 금속의 물성치 비교	11
표 4.1 실내외 환경조건	16
표 4.2 대안별 시뮬레이션 결과	33



그 림 목 차

그림 1.1 연구 흐름도	4
그림 3.1 기존안 구성	13
그림 3.2 부착안 구성	14
그림 3.3 복합안 구성	15
그림 4.1 해석 모델 수평 단면	18
그림 4.2 해석 모델 수직 단면	19
그림 4.3 시뮬레이션 진행과정	20
그림 4.4 기존안 시뮬레이션 결과	24
그림 4.5 기존안 Back View	25
그림 4.6 부착안 시뮬레이션 결과	26
그림 4.7 부착안 Back View	27
그림 4.8 복합안 시뮬레이션 결과	28
그림 4.9 복합안 Back View	29
그림 4.10 비교단면 위치	30
그림 4.11 A-A'단면 온도비교	31
그림 4.12 B-B'단면 온도비교	32
그림 4.13 크로스 플로우 팬	35
그림 4.14 기류 측정 장비	35
그림 4.15 냉동고 내부 구성	36
그림 4.16 기밀성 확보를 위한 틈새 매움	37
그림 4.17 Mock-up 설치 사진	38
그림 4.18 온도 측정 센서 위치	39
그림 4.19 실험 진행 사진	40
그림 4.20 대안별 측정온도 변화	41
그림 4.21 대안별 실험 결과	42
그림 4.22 시뮬레이션 Mock-up실험 결과 비교	44

Evaluation of Thermal Insulation Performance of Curtain Wall Fasteners with Plastic Insulator

by Song, Jae Hong

Department of Architectural Engineering, Graduate School of Industry
Pukyong National University, Busan, Korea

Abstract

Curtain wall system is widely used for many high-rise buildings. This system has a lot of advantages in economic feasibility and high-quality construction. It can be installed with much less construction processes while maintaining the construction quality of the building, compared with conventional envelope systems. In addition, it is mostly made of metal and glasses, making its appearance look so modern and cool that people can be provided with visual amenity.

On the other hands, this system is usually made up with metal frame such as aluminum or steel because it should have enough structural strength. In addition structural parts such as fastener, bolt and nut, which are used to incorporate the curtain wall into building structures, are also usually metallic. The weak point is that those metallic materials have such a high thermal conductivity that they can cause much heat loss through the building envelope. With this system, the building could lead to increased heating and

cooling load. increasing the energy consumption to keep comfortable indoor condition by AHU(Air Handling Unit).

To reduce the energy consumption in buildings, energy requirement should be firstly reduced by improving the insulation of building envelope. Wall insulation is a very important factor because room air temperature usually depends on the heat transmittance through the wall. If the heat transmittance through the wall could be reduced, indoor environment is more easy to be controlled by AHU, compared to the wall with lower insulation.

To improve Insulation, it is necessary to use the materials with low thermal conductivity. However these materials mostly cannot perform as structural parts because of relatively low structural strength. If plastic material with lower thermal conductivity is used for the entire curtain wall, the building will be unsafe so that structural part have to be original positioned and thermal breaker like plastic have to be positioned at the weakest point.

In this research, teflon is suggested to improve thermal performance of curtain wall. Teflon is a kind of engineering plastic which has lower thermal conductivity and reasonable hardness so that it can be a suitable material for curtain wall element. To show the effect of suggested alternatives on insulation improvement, CFD simulation was conducted in parallel with mock-up experiments. Both of CFD simulation and experiment showed the consistent results, indicating that the teflon is effective to improve the thermal insulation performance of the curtain wall.

1. 서 론

1.1 연구배경 및 목적

1990년대 중반 이후 주상복합을 중심으로 한 고층 주거시설의 건축이 활발해지면서 커튼월의 적용빈도가 급속히 증가되었다¹⁾. 이런 대규모 건물의 경우에는 외벽이 유리로 이루어진 커튼월 형태가 많은데 그 대표적인 이유는 경량 구조로서 고층 건물 적용 시 구조적인 부담이 적으며, 공장에서 부위별로 대량생산하여 현장에서 조립하는 형태의 생산 형태이기에 공기단축이 가능하다는 장점 때문이다. 또한 커튼월로 외피를 마감할 경우 일반적인 외피에 비해 건설 공정이 상대적으로 단순화될 수 있기 때문에 총 공사비용의 절약이 가능하다. 마지막으로 건물의 외관 대부분이 유리로 되어있어 시각적인 개방감을 느낄 수 있고, 하이테크 분위기를 풍길 수 있는 등 건물의 미적인 아름다움 또한 다른 건물에 비하여 우수한 장점이 있다.

이러한 장점에도 불구하고, 커튼월 부재를 통한 열손실은 외피의 단열성능 저하를 야기할 수 있으며 이는 커튼월의 가장 큰 문제점 중 하나라고 할 수 있다. 더욱이, 주거용 건물은 상업용 건물이 비해 내부발열이 적어 난방부하의 비중이 매우 큰 외피부하 지배형 건물이어서 외피 단열이 매우 중요하다는 특징이 있다. 그러나 기존의 설계, 시공사례를 보면 커튼월과 구조부재를 연결하는 패스닝 유닛의 경우 단열이 미비하여 열교부위가 되기 쉬우며 이러한 부위는 외벽에서 반복적으로 발생하고 있다.²⁾ 대부분의 커튼월 재료는 금속재질인 알루미늄과 철인데 이는 매우 높은 열전도율을 지니고 있어 외피를 통한 열손실이 더

1) 강승희, 구보경, 주선경, 송승영, 커튼월 앵커링 유닛의 단열성능 향상이 건물 난방 에너지성능에 미치는 영향, 대한건축학회 계획계 23권 2호 p833~p866. 2003. 10.

2) 송승영, 석호태, 구보경, 김윤정, 단열피복을 위한 주상복합건물 알루미늄 커튼월 패스닝 유닛의 에너지성능 향상에 관한 연구, 대한건축학회 논문집 계획계 제 22권 2호 215p ~ 258p 2006. 02.

욱 증가할 수 있다.

또한 실내를 쾌적한 상태로 유지하기 위해서는 냉난방 시스템이 가동되어야 하는데, 외피의 단열성능이 저하되면 실내를 쾌적하게 유지하기 위한 냉난방 에너지 소비량 및 그에 따른 에너지 비용이 증가할 수 있다. 따라서 쾌적한 실내 환경을 구현하고 냉난방 에너지를 절약하기 위해서는 실내공간이 건물 외부로부터 받는 영향을 최소화해야 하며, 이를 위해서는 외피의 단열성능을 개선하는 것이 무엇보다 중요하다고 할 수 있다.

특히 커튼월과 슬래브 사이의 파스너(Fastener)는 철제 연결고리로서 높은 열전도율로 인하여 열교(Thermal bridge) 현상을 일으키는 가장 취약한 부위이다. 즉 실내공간의 열이 유출되는 가장 주요한 통로로서 에너지 손실과 더불어 동절기 결로현상 등을 일으켜 실내 쾌적성을 저하시키는 원인이다. 본 연구에서는 이를 개선하고자 엔지니어링 플라스틱의 한 종류인 테프론(Poly Tetra Fluoro Ethylene)을 활용하여 파스너에서의 열교를 최소화하기 위한 개선안을 제시하고 이를 CFD(Computational Fluid Dynamics) 시뮬레이션과 Mock-up 실험을 통하여 검증하고자 하였다.

1.2 연구의 방법 및 범위

본 연구는 커튼월 파스너의 단열효과를 검증하고자 CFD 시뮬레이션과 실험으로 커튼월 단열성능을 분석하였다. 시뮬레이션에 따라 예상되는 값을 실험값으로 검증하고자 하였으며 실제 건물에 사용되는 커튼월 일부와 파스너, 슬래브에 대한 CFD 시뮬레이션과 함께 Mock-up 실험을 병행하였다.

먼저 CFD 시뮬레이션에 이용한 프로그램은 Star-ccm+ 10.04 ver으로 이 프로그램은 전도·대류·복사 열전달을 포함한 열해석이 가능하므로 커튼월 해석에 적합하다고 판단된다. 본 연구에서는 파스너와 그 주변 연결부위를 해석영역으로 설정하여 실내외 조건을 입력한 후 각 부재의 표면온도를 분석하는 방법으로 단열성능을 평가하였다.

Mock-up 실험은 파스너 단열성능 개선안을 적용한 실물 커튼월에 대하여, 동절기 실내외 온도 조건에서 커튼월 실내외측의 표면온도를 측정하였다. 단열성능이 좋을수록 실내측에서 실외측으로 열손실이 저감되므로, 커튼월 외측표면의 온도를 비교하여 파스너 개선안의 단열성능을 평가하였다.

본 연구의 진행과정은 그림 1.1과 같다.

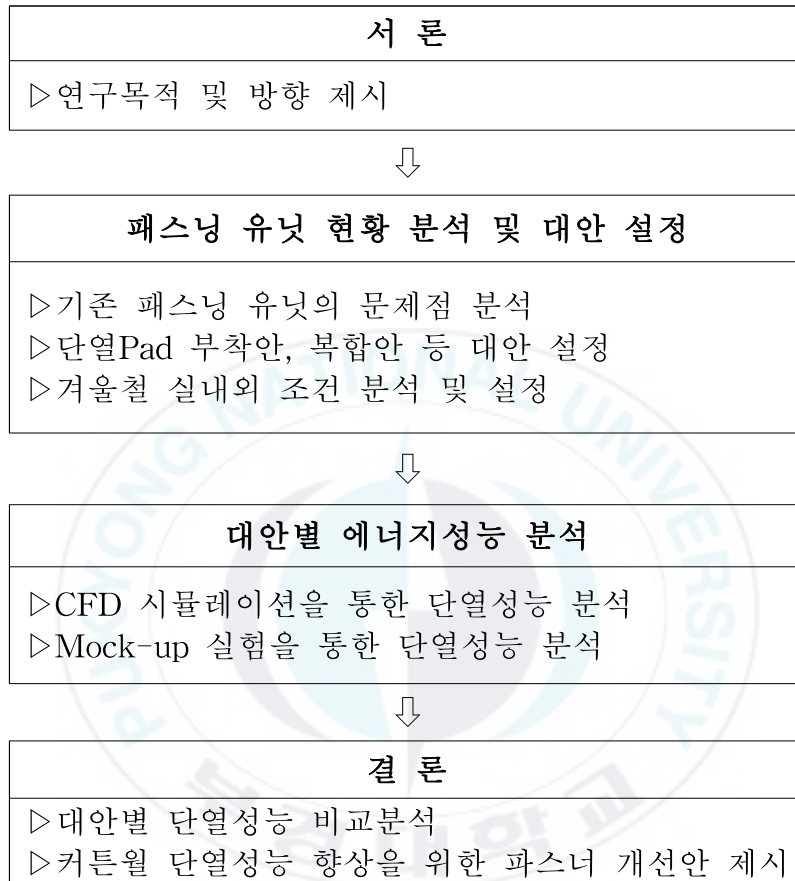


그림 1.1 연구 흐름도

2. 기존연구 분석 및 이론고찰

2.1 연구동향 분석

파스너 단열성능 평가와 관련된 기존 연구는 일반적으로 실험적인 방법을 통하여 진행되어 왔다. 서동수³⁾의 연구에서는 기존의 파스너에 단열보강을 한 대안의 성능을 검증하였는데 패스닝 유닛 자체만의 단열성능 평가 또는 커튼월 슬라브 사이에 패스닝 유닛을 조립한 경우의 단열성능에 대해 항온 Chamber를 활용한 온도차 실험⁴⁾으로 검증, 진행하였다. 또한 구보경⁵⁾의 연구 등에서는 시뮬레이션을 활용한 성능평가를 행하였으며 3차원 전열해석이 가능한 Physibel Voltra 3.0w 또는 2차원 전열해석 프로그램인 THERM 등을 활용하였다. 이런 프로그램들은 외피를 구성하고 있는 구조체의 전도에 의한 전열해석은 가능하지만, 기류 및 복사에 의한 영향을 상세히 해석하기는 어려운 단점이 있다.

이러한 관점에서 본 연구는 기류 및 복사의 영향을 해석할 수 있는 CFD 시뮬레이션을 진행하였으며, 실험값과 비교 검증하기 위해 Mock-up 실험의 구성과 동일한 경계조건으로 해석을 수행하였다. CFD 시뮬레이션 결과를 검증하기 위한 Mock-up 실험도 함께 진행하여 시뮬레이션의 신뢰성을 확보하고자 하였다. 또한 시뮬레이션을 통하여 여러 가지 개선안에 따른 모의 결과를 얻을 수 있어 향후 단열성능 개선을 위한 다양한 방안을 제시할 수 있도록 하였다. 열환경 및 열전달 분석의 목표는 대부분 에너지 효율을 통한 경제성 향상이라 할 수 있다. 따라서 건물에너지와 관련한 연구는 경제성 평가를 함께 제시하는 경

3) 서동수, 이영욱, 송진규, 송승영, 구조용 단열 패스너 시스템의 성능평가, 대한건축학회 구조계 20권 12호 pp11-18 2014. 12.

4) 석호태, 광현철, 정지나, 송승영, 커튼월 외피시스템 벽체부의 전열특성에 관한 실험적 연구, 대한건축학회 논문집 계획계 21권 10호 pp255-264, 2005. 10.

5) 구보경, 송승영, 석호태, 난방 에너지성능 및 경제성 평가를 통한 주상복합 커튼월 패스닝 유닛 부위의 적정 단열계획, 대한건축학회 계획계 23권 2호 pp189-198, 2007. 02.

우가 있다. 강승희⁶⁾의 연구에는 건물의 1년간 에너지 소비량을 바탕으로 LCC(Life Cycle Cost) 분석을 통하여 경제적 효과를 검증하였으며 마찬가지로 단열성능은 3차원 전열 시뮬레이션으로 진행하였다. 국내뿐만 아니라 국외 학술지의 연구결과에서도 볼 수 있는데 Song et al⁷⁾의 연구에서도 마찬가지로 메탈 패넬 커튼월 시스템의 열교 저감 대안의 경제적 효과를 LCC 분석으로 제시하였으며, Song et al⁸⁾의 연구에서는 투자회수기간(Payback Period)분석을 통해 패스닝 유닛의 열교차단 효과를 평가한 바 있다.



-
- 6) 강승희, 송승영, 3차원 전열해석 및 생애비용 분석을 통한 커튼월 앵커링 유닛의 단열 성능 향상 방안 평가, 한국태양에너지학회 논문집 23(4) pp63-70, 2003. 04.
 - 7) Jin-hee Song, Jae-Han Lim, Seung-Yeong, Song, Evaluation of alternatives for reducing thermal bridges in metal pannel curtain wall system, Energy and buildings, Vol127, 1 September 2016, pp138-158
 - 8) Seung-Yeong Song, June-Seong Yi, Bo-Kyoung Koo, Insulation plan of aluminum curtain wall-fastening unit for high-rise residential complex, Building and Environment, issue 7, Vol43, July 2008. pp1310-1317

2.2 CFD 해석 이론

2.2.1 유한요소법

CFD는 공학과 수리 물리학의 문제들을 풀기 위한 하나의 수치 기법인 유한 요소법에 기반을 둔 수치해석 기술이다. 복잡한 기하학적 형상과 하중 그리고 재료 성질을 가지고 있는 문제들에 대하여 일반적으로 해석적인 수학해를 구하는 것은 불가능하므로 적절한 근사해를 구하기 위해서 유체를 더 작은 유체나 단위(유한요소)로 나누고, 그 요소들을 두 개 이상의 요소들이 공유하는 점(절점)이나, 경계선, 또는 경계면으로 연결된 대등한 시스템으로 만드는 모델화 과정을 거치게 되는데 이를 이산화 혹은 격자분할 이라고 한다. 유한요소법에서는 전체 물체에 대한 문제를 한 번에 풀지 않고, 각각의 유한요소에 대한 방정식을 세우고, 그들을 조합하여 전체 물체에 대한 방정식을 구한다⁹⁾. CFD는 이러한 유한요소들을 행렬법으로 나열한 후 방정식의 수식화를 간단하게 하기 위한 목적으로 디지털 컴퓨터로 프로그래밍 된 것이다.

이러한 프로그램의 장점은 입력방법이 잘 조직화되어 있어 사용자가 사용하기 편리하게 되어 있고 다양한 문제를 풀어 낼 수 있으며 새로운 유형의 문제나 새로운 기술적 방법에 대한 모듈을 첨가함으로써 프로그램 확장이 용이하다는 점이다. 하지만 단점으로는 초기 개발비용이 많이 들며 많은 부분이 저작권 상 특허로 되어 있다. 따라서 사용자들이 프로그램의 알고리즘에 대해 접근하기가 어렵고 새 버전의 개정판을 만들어야 할 경우 전문 개발자들에 의해서만 구현이 된다.

현재 널리 사용되고 있는 프로그램으로는 ANSYS, ALGOR, COMSOL 등이 있으며 고체 및 유체의 정적, 동적 해석 및 열 등온선과 같은 그림을 보여주는 후처리 기능을 가지고 있다.

9) 신종계, 이용신, 조성욱 공역(1998), Logan의 유한요소법 첫걸음, 서울, 시그마프레스, pp1-23 참조

2.2.2 CFD 코드의 구조

현재 공학적으로 중요한 열 유동문제를 해석하기 위해 여러 종류의 CFD코드(전산유체코드)가 상업적으로 개발되어 시판되고 있다. 이러한 상용 CFD 코드는 코드의 해석능력에 쉽게 접근할 수 있도록 문제에 따른 매개변수를 입력시키고 그 결과를 조사할 수 있는 정교한 사용자 인터페이스(User Interface)를 포함하고 있다. 이러한 CFD코드의 요소는 크게 3가지로 분류된다.

먼저 전처리 단계에서는 열 유동문제의 입력 및 솔버(Solver)에 의해 사용하기 적합한 형태로의 입력의 순차적인 변화로 구성된다. 우선 관심영역의 정의와 격자생성 그리고 유체의 물성과 계산영역 경계조건 설정이 이루어지며 해석을 진행하기 위한 요소별 특성을 입력하는 단계라 할 수 있다

다음은 솔버(Solver)단계로 많은 상용 CFD코드에서 채택하고 있는 유한체적법의 수치알고리즘은 다음 단계로 구성된다.

- ◆ 계산영역 전체 제어체적에 걸친 지배방정식의 형식적 적분
- ◆ 유동과정을 나타내는 적분방정식에서 대류, 확산 및 생성과 같은 다양한 유한차분형태의 근사화 및 이산화
- ◆ 반복법(Iterative Method)에 의한 대수방정식의 해

마지막으로 후처리를 진행하게 되며 상용 CFD 코드들은 뛰어난 그래픽 능력을 가진 공학 워크스테이션의 급속한 보급으로 인하여 다양한 데이터 가시화 도구들을 갖추고 있다. 대표적으로 영역 및 격자계 표시, 벡터플롯, 선과 음영에 의한 등고(Contour)플롯, 입자궤적, 결과그림조작(이동, 회전, 스케일링 등의 기능을 가지고 있어 결과를 표현하는데 많은 도움을 주고 있다.¹⁰⁾

10) 명현국 저(2002), CFD입문, 서울, 문운당 pp13-16 참조

3. 커튼월 파스너 단열 개선방안 도출

3.1 커튼월 파스너의 단열측면 문제점

파스너의 주목적은 커튼월을 골조에 고정 및 구속하기 위한 것으로 구조적 강성이 많이 요구된다. 커튼월 하중을 안정적으로 지탱하고 외력에 저항하기 위해서는 구조적 강성이 가장 중요한데 이를 해결하기 위해서는 그 재료의 강도가 중요하여, 그로 인해 일반적으로 금속 물질을 사용하게 된다. 특히 대형 건물의 경우 더 많은 하중을 버티기 위하여 더 크고 우수한 강성을 가진 부재를 사용하게 되는데 금속으로 이루어져 있는 프레임에 의하여 열전달 측면에서 매우 약점을 가지고 있다. 이러한 약점에 의해 발생하는 문제점은 다음과 같다.

첫째, 실내 열에너지의 손실이 늘어난다. 파스너는 일반 벽체 부위에 비해 단열시공이 매우 까다로워 쉽게 열교부위가 될 수 있으며, 이는 외피의 단열성능을 저하시키는 주요 원인이 된다. 또한 건물의 주요기능은 사람에게 쾌적한 공간을 제공하는 것인데, 외기의 영향을 차단해 줄 외벽의 단열성능이 확보되지 않는다면 실내 열쾌적성이 저하될 수 있으며, 냉난방 에너지 소비도 증가할 우려가 있다. 특히 구조적 연결철물인 파스너와 더불어 볼트 너트류는 반드시 금속 재질을 사용하여야 하기에 열손실을 피할 수 없다.

둘째, 표면 결로 발생이다. 단열성능이 확보되지 않은 경우 커튼월의 표면온도가 저하되어 실내측 표면결로 및 커튼월 내부 결로가 발생할 수 있다. 이는 곰팡이 발생으로 인한 실내 위생 악화, 마감재 또는 단열재 손상은 물론 누전 등 안전사고의 원인이 될 수도 있다.

이러한 문제에 대응하기 위해서는 단열효과가 우수한 재료를 사용해야 하는데 이 재료들은 금속만큼 구조적 성능을 발휘하지 못한다. 따라서 구조적 결합을 위한 주재료가 아닌 보조재로 역할을 할 수 있으며 단열적 측면에서 주된 역할을 할 수 있는 재료가 필요하다. 단열보강을 하는 방법은 금속 연결 철물간

의 직접적인 접촉을 방해하는 위치에 열전도율이 낮은 재료를 덧대는 방법을 고려할 수 있다. 열전도율이 높은 금속물질간의 직접적 연결은 열손실이 일어나는 면적이 넓어 많은 열손실을 유발하기에, 본 연구에서는 이를 차단할 수 있는 위치에 열전도율이 매우 낮으면서 강도가 우수한 엔지니어링 플라스틱을 보강하는 방법을 검토하였다.



3.2 단열보강재료

엔지니어링 플라스틱이란 공업, 구조재료로도 사용되는 강도 높은 플라스틱으로 내식 내약품성이 강한 고분자 구조의 고기능 수지로 금속 대체를 목표로 하는 수지를 총칭하는 말이다. 이 연구에서 사용된 엔지니어링 플라스틱은 테프론이며 불소와 탄소의 강력한 화학적 결합으로 인해 매우 안정된 물질이다. 높은 온도범위에서도 특성이 변화하지 않으며 불연성 물질이기도 하다. 사용범위는 주방용기 부터 기계, 자동차, 항공우주 분야까지 다양하게 사용되고 있다.¹¹⁾

표 3.1은 테프론과 금속(Stainless steel)의 물리적 성질을 비교한 것으로 테프론을 커튼월 파스너의 단열보강 재료로 활용할 수 있음을 보여주고 있다.

표 3.1 테프론과 금속의 물성치 비교

	테프론	금속(SS400)
경도(Hardness)	55(Shore D)	59~74(Rockwell B)
연신율	400 %	22 ~ 25 %
인장강도	31 MPa	400 MPa
압축강도	26 MPa	262 MPa

테프론의 경도는 금속과 큰 차이를 보이지 않으며 테프론의 압축강도는 콘크리트(보통 콘크리트 압축강도 24-28MPa)와 비교해도 그 성능이 부족하지 않아 부재와 부재사이에 위치함에 있어 매우 안정적이라고 판단된다.

11) Dupont, Teflon PTFE Fluoropolymer resin, properties handbook. 1997

3.3 단열 개선방안 도출

본 연구는 단열을 보강하지 않은 파스너를 기존안으로 설정하고 기존안에 단열보강을 적용한 모델을 도출하여 기존안과의 단열성능을 비교 분석하였다. 먼저 건물에서 사용되는 일반적인 파스너를 구현한 후, 단열보강을 단계적으로 적용한 대안을 도출하였다.

보강을 하지 않은 형태를 기존안으로 하고 테프론을 패드형태로 제작하여 파스너 아래에 덧댄 형태를 부착안, 부착안의 개선형태로 파스너의 연결철물인 볼트, 너트 그리고 앵커에도 단열보강을 적용한 안을 복합안으로 설정하였다.

부착안의 경우 파스너가 커튼월 멀리온과 슬래브에 직접 접촉되는 것을 방지하기 위한 방법이다. 열전도율이 높은 부재간의 직접적인 열전달을 감소시켜 내부의 열이 외부로 손실되는 것을 줄일 수 있을 것으로 예상된다.

복합안의 경우 부착안에서 더 보완된 형태를 하고 있으며, 이는 연결철물인 판형 와셔를 보강한 것으로 와셔와 직접 닿는 철물 사이에 와셔와 똑같은 형태로 제작된 테프론을 함께 결속시키는 안이다. 복합안은 파스너 뿐 아니라 볼트의 직접적인 연결 또한 방지하는 방법이며 이를 통해 연결 철물을 통한 열전달을 최소화하도록 계획하였다.

3.3.1 기존안 구성

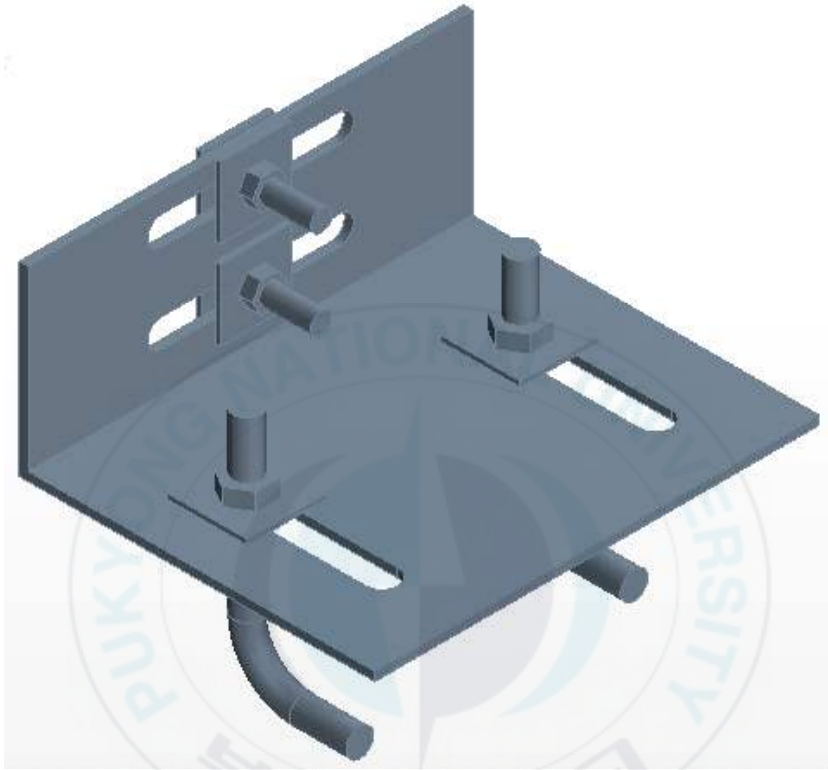


그림 3.1 기존안 구성

기존안은 일반적인 파스너 형태로 어떠한 단열보강을 하지 않은 대안이며 그 형태는 그림 2.1과 같다. 복층유리 사이에는 건조공기층이 형성되어 있으며 이를 포함한 커튼월 유닛을 콘크리트 슬래브에 연결하게 된다. 콘크리트에 연결하기 위한 앵커볼트는 일반적으로 C채널과 T볼트 결합으로 이루어지는데, 이는 구조적 결합으로 인한 분리의 위험이 있으며 높은 열전도로 인하여 단열측면에서도 불리함이 있다. 따라서 단열 및 구조 측면에서 안정적일 것으로 판단되는 L자형 앵커를 직접 슬래브에 매입하는 방법을 적용하였다.

3.3.2 부착안 구성

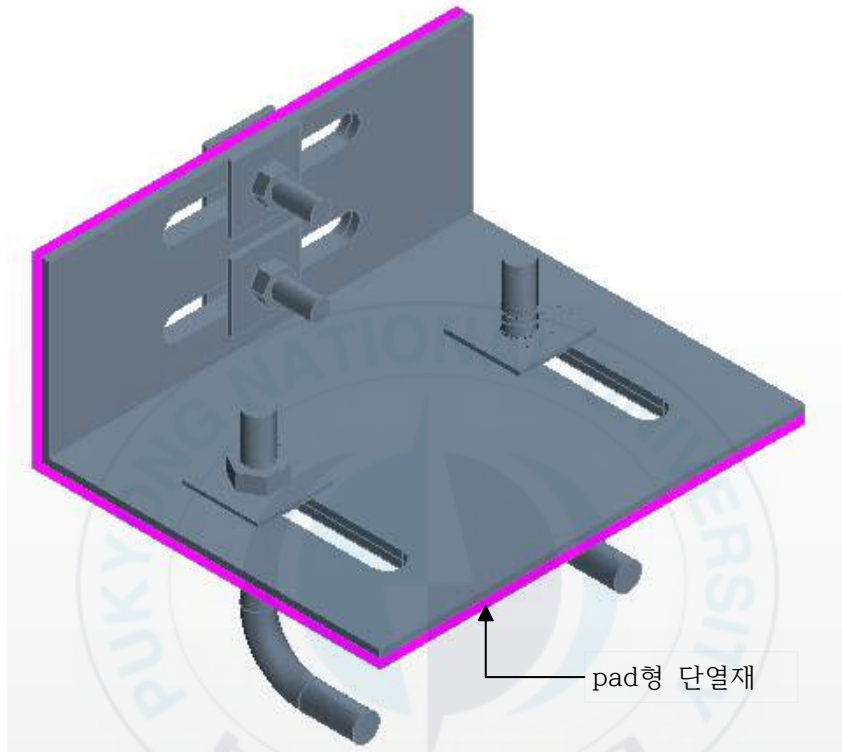


그림 3.2 부착안 구성

두 번째는 일반적인 파스너 형태에서 단열보강을 한 부착안이다. 이는 파스너 아래에 단열성능이 좋은 플라스틱 단열재를 삽입하여 연결철물로 구속하는 것인데 이 단열재는 단열성능과 더불어 구조적인 안정성도 함께 지녀야 한다. 외력을 전달하는 부재를 보강하는 것이기에 단순고무와 같은 물질은 제외하였으며, 일반적인 플라스틱 중에서도 강도가 좋은 재료를 선택하고 그 두께는 파스너의 두께와 동일한 5mm로 하였다.

3.3.3 복합안 구성

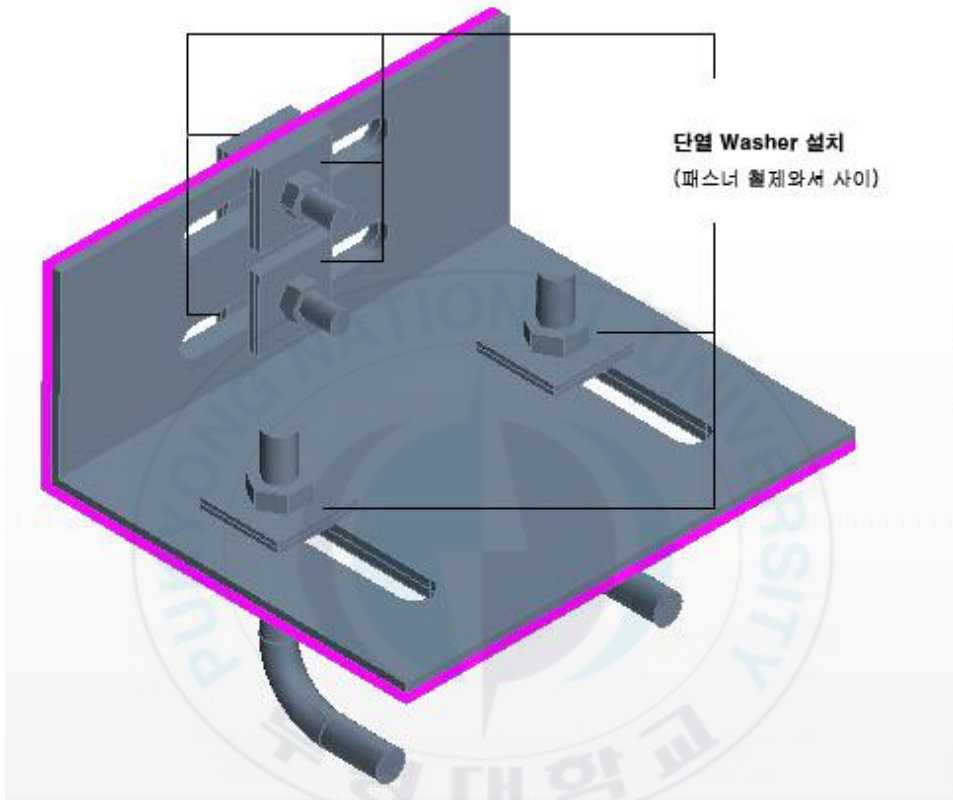


그림 3.3 복합안 구성

마지막으로 복합안의 경우 부착안에서 단열와셔를 추가한 형태이다. 단열와셔 또한 부착된 패드와 같이 연결철물 사이에 위치하도록 하였으며 철물과 철물이 바로 맞닿는 것을 방지하기 위한 형태이다. 단열와셔의 형태는 각 부위별 금속와셔와 동일한 크기로 제작하였으며 두께 또한 금속와셔와 동일한 3mm로 제작하였다.

4. 파스너 단열성능 평가

4.1 성능 평가 방법

본 장에서는 커튼월과 슬래브의 연결철물인 파스너의 단열성능 평가를 각 대안별로 수행하였다. 실제상황과 가까운 조건을 구현하기 위해 실내외 온도조건은 동절기 서울 평균 실내외 온도로 가정하였으며, 기상청 자료를 근거로¹²⁾ 외기온도는 -11℃ 실내온도는 22℃로 설정하였다.

또한 파스너는 콘크리트 슬래브에 볼트체결 방식으로 연결되며 슬래브의 볼트는 L자형 앵커볼트를 사용하였다. 일반적으로 파스너를 슬래브에 구축하기 위한 철물구조는 C채널과 T볼트의 결합으로 구성되는데 이는 구조적 결합으로 인한 분리 위험도 있으며 열전달 측면에서도 불리함을 가지고 있다. 이를 해결하기 위하여 슬래브에 직접 매립되는 L자형 앵커볼트를 설치하였다. 파스너의 접촉면은 슬래브의 상부와 커튼월의 Mullion 면이며 1차적 단열보강을 하게 될 접촉면이다.

표 4.1 실내외 환경조건

실내·외 분류	설정조건		
	설정온도(℃)	압력(atm)	기류(m/s)
실외공기	-11	1	0.2(커튼월 방향) 0.5(수직 하향)
실내공기	22	1	0.2(커튼월 방향)

12) 기상청, 국내기후자료 연별자료극값, 평균기온최저(2011~2015년) 참조.

단열성능 평가는 CFD 시뮬레이션과 Mock-up 실험의 두 가지 방법으로 진행하였다. 우선 CFD시뮬레이션을 통해 커튼월 부재 표면온도 분포를 분석하였다. 분석 대상 표면은 커튼월이 실외공기와 접하는 면 중에서 알루미늄 Mullion의 온도를 관찰하였다. 커튼월의 단열성능에 따라 커튼월 외부 표면의 온도도 함께 변화할 수 있기 때문이다. 즉, 단열성능이 나쁠수록 실내의 열이 더 많이 유출되기 때문에 외부표면의 온도는 더 상승하는 반면, 단열성능이 높을수록 실외로의 열류가 감소되어 표면온도가 낮게 유지될 것이기 때문이다.

단열성능 평가에 사용된 커튼월은 실제 건물에도 일반적으로 적용되는 형태로 하였으며 프레임 내부에 열교차단재(Azon)가 설치된 모델을 적용하였다. Azon은 폴리우레탄 계열의 엔지니어링 플라스틱이며 우수한 강도와 낮은 열전도성을 지니고 있다. Azon은 커튼월 프레임 단면을 통한 열교차단을 통한 단열효과를 담당하고, 이와 함께 본 연구에서는 Teflon 패드 및 와셔의 혼합사용으로 파스너 부위의 단열효과를 더 극대화할 수 있는 방안을 검증하고자 하였으며 CFD와 실험을 통한 비교 분석을 하였다.

커튼월 파스너의 단열성능 평가를 위한 두 번째 방법은 Mock-up실험으로, 커튼월 프레임 교차부를 포함한 Mock-up(500mm×500mm)을 제작하여 실험을 진행하였다. 건물에서 커튼월과 슬래브가 연결되는 부위를 일부 구현하여 항온항습 Chamber안에서 실험을 진행하였으며 상온은 Chamber내의 실내 온도로, 겨울철 외기온도는 냉동고의 설정온도로 재현하였으며 두 공기의 유출 및 혼입을 방지하여 커튼월을 통한 열전달을 통해서만 온도가 변할 수 있도록 진행하였다. 해석을 진행하기 위한 유동영역(실내외 공기조건)은 일반적인 현상과 유사한 난류모델을 선정하였으며 이는 실험과 시뮬레이션의 실내외 조건을 최대한 유사하게 구현하기 위한 방안이다.

해석을 위한 파스너 조립 및 구성은 그림 4.1 및 그림 4.2 과 같다. Chamber 크기를 고려하여 커튼월 Mock-up을 제작하였고 파스너 및 앵커링 철물들로 조립을 하였다.

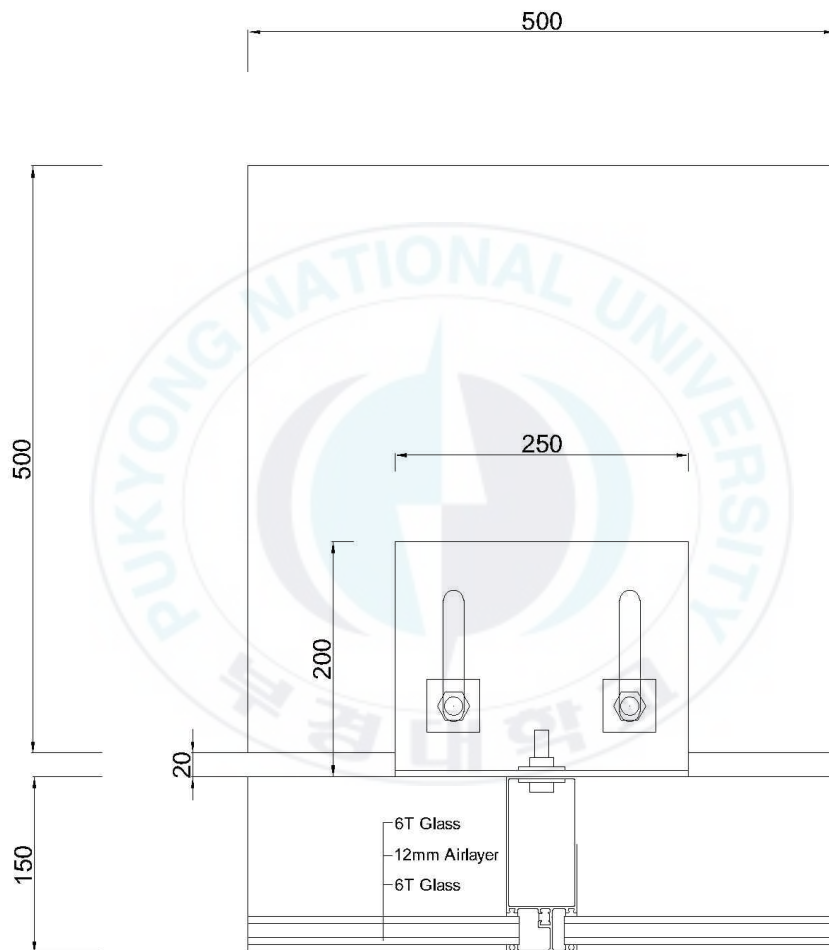


그림 4.1 해석 모델 수평 단면

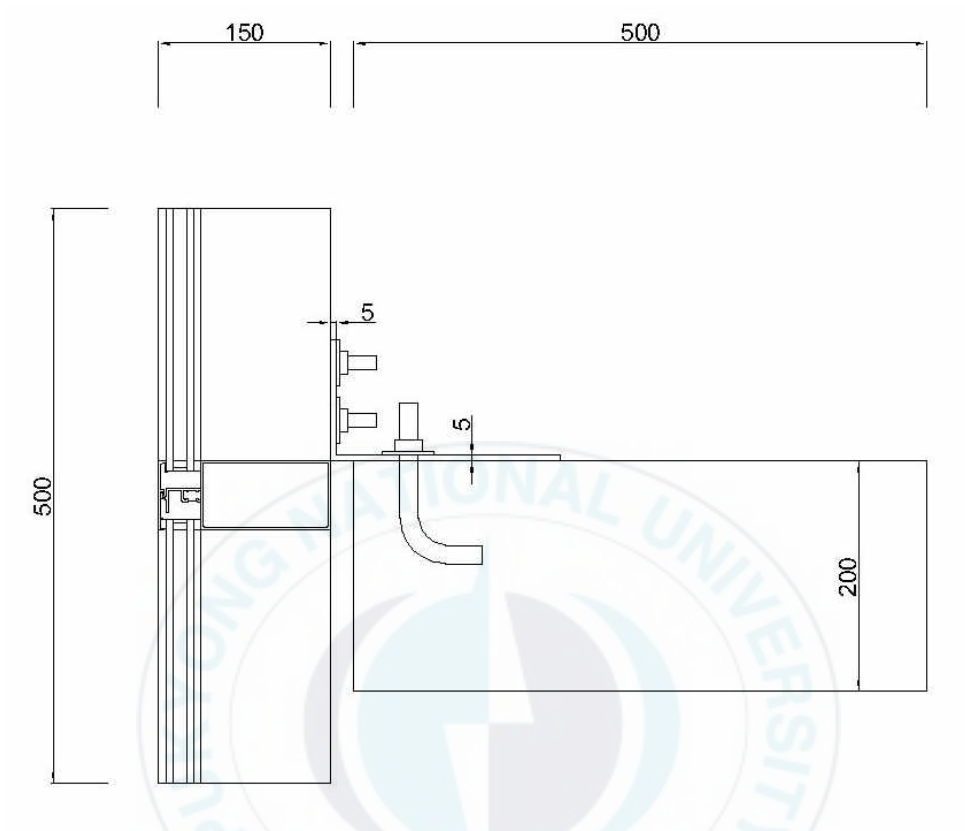


그림 4.2 해석 모델 수직 단면

4.2 각 대안별 CFD시뮬레이션

파스너 체결부위는 커튼월의 수직·수평 부재가 만나는 부위로 3차원 형태로 열전달이 일어나므로, 파스너의 단열성능평가를 위하여 각 부위별 모델링 작업은 3D-CAD 기반으로 수행하였다. 생성된 3D 모델은 수치해석을 위한 경계조건이 설정되며 이 경계조건에 포함되는 것은 고체와 고체 사이의 경계, 고체와 유체 사이의 경계, 각 부위별 시작온도와 실내외 공기의 온도 마지막으로 기류조건 입력이 있다. 기류조건은 경우 Mock-up 실험의 저온측(냉동고)의 기류 현상과 상온측(상온Chamber)에서 일어나는 기류조건을 모두 입력하여야 하며 이는 기류에 의한 커튼월 열전달 변화도 분석에 포함하기 위함이다.

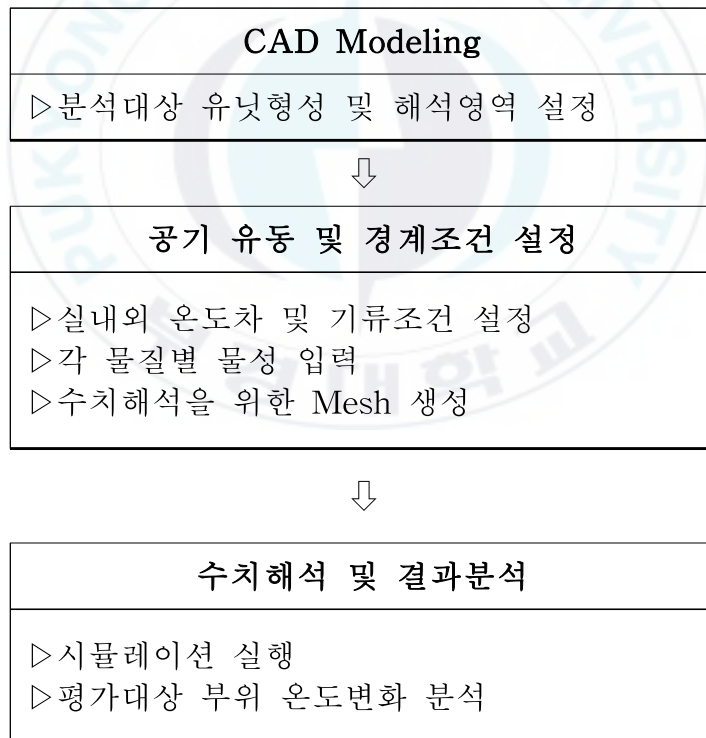


그림 4.3 시뮬레이션 진행과정

그림 4.3은 시뮬레이션의 진행 과정을 나타내고 있으며 통상적인 CFD 시뮬레이션 진행과정과 다르지 않다. 먼저 가상에서 구현된 3D모델을 해석영역으로 바꾸기 위하여 경계조건이 설정된다. 본 모델링의 경우 유체와 고체 사이의 경계, 고체와 고체 사이의 경계에서의 열전달조건, 기류조건 및 기압조건, 마지막으로 실내외 온도차 등을 입력하였다. 일반적으로 CFD는 반복 연산에 따른 계산 오차(residual)의 수렴여부로 해석값을 추론하는 것이므로 실제 실험값과는 오차가 있을 수 있기에 각 대안별 시뮬레이션 결과에 따른 온도값과 실제 실험값의 패턴 분석으로 그 결과를 비교 분석 하였다.



4.3 해석조건

CAD 데이터를 이용하여 평가대상 부위를 모델링 한 다음 해석부위별 경계조건을 입력하게 되는데 특히 유체의 흐름을 설정할 때에는 유체의 성분 및 유체 모델의 설정에 따라 결과의 정확도가 달라질 수 있다.

해석을 진행하기 위한 유동영역은 크게 층류와 난류로 구분이 된다. 파이프 내부유동의 경우 낮은 속도에서는 매끈하게 흐르나 어떤 임계값 이상에서는 혼돈 양상을 보인다. 매끈하게 흐르는 경우를 층류(Laminar)라 부르며 질서정연한 유동특성을 보이고 혼돈양상을 보이는 경우를 난류(Turbulent)라 부르고 속도가 요동치고 매우 무질서한 유동특성을 보여준다. 층류에서 난류로의 천이(Transition)는 급작스레 일어나지 않고 난류가 되기 전 난류와 층류유동 사이를 반복하는 일정 영역에서 발생한다.

층류에서 난류로의 천이는 여러 변수 중에 특히 기하학적 형상, 표면조도, 유동속도, 표면온도, 유체의 종류 등이 큰 영향을 미친다. 1880년대 Osborne Reynolds는 많은 실험을 통해 유체의 관성력과 점성력의 비가 유동영역을 결정한다는 것을 발견하였으며 이 비를 Reynolds 수라고 부르며 원형 파이프 내 유동의 경우 다음과 같이 표현된다.

$$Re = \frac{V_{avg}D}{v} = \frac{\rho V_{avg}D}{\mu} \quad (\text{식2-1})$$

V_{avg} = 평균 유동속도(m/s)
 D = 기하학적 특성길이
 v = μ/ρ = 유체의 동점성계수

유동이 난류가 되기 시작하는 Reynolds 수를 임계 Reynolds 수(Re_{cr})라 부르는데 이 값은 기하학적 형상과 유동조건에의 함수이다. 층류 천이 난류운동에 대한 정확한 Reynolds 수는 정확히 알 수 없으나 대체로 원형 파이프 유동의 경우 $Re \leq 2300$ 이면 층류, $Re \geq 4000$ 이면 난류, 그리고 그 사이가 천이영역으로 구

분된다.¹³⁾ 본 연구에서는 실내외 공기의 유동조건을 난류모델로 하였으며 이는 실내외 공기유동을 자연대류를 해석하기 위한 일반적인 해석조건이라 할 수 있다.



13) 김내현, 박운진, 이열, 이원남, 차상원, 최윤희, 하만영 공역(2005), 유체역학, 서울, 한국맥그로힐(주) pp305-306 참조

4.3.1 기존안 시뮬레이션 결과

기존안은 단열보강을 하지 않은 모델로서 실내의 열에너지가 실외로 가장 많이 손실되는 결과를 나타내었다. 기존안의 표면온도 분포는 그림 4.4와 같다.

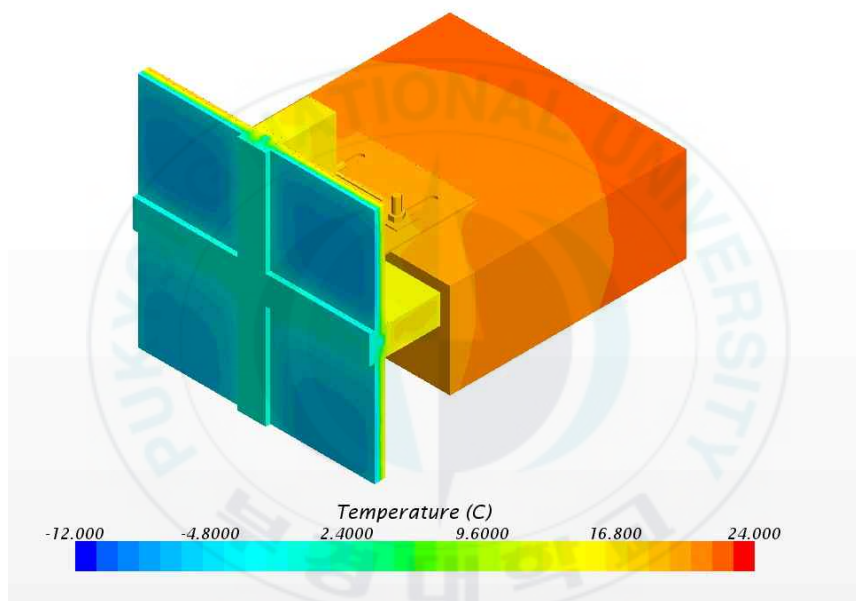


그림 4.4 기존안 시뮬레이션 결과

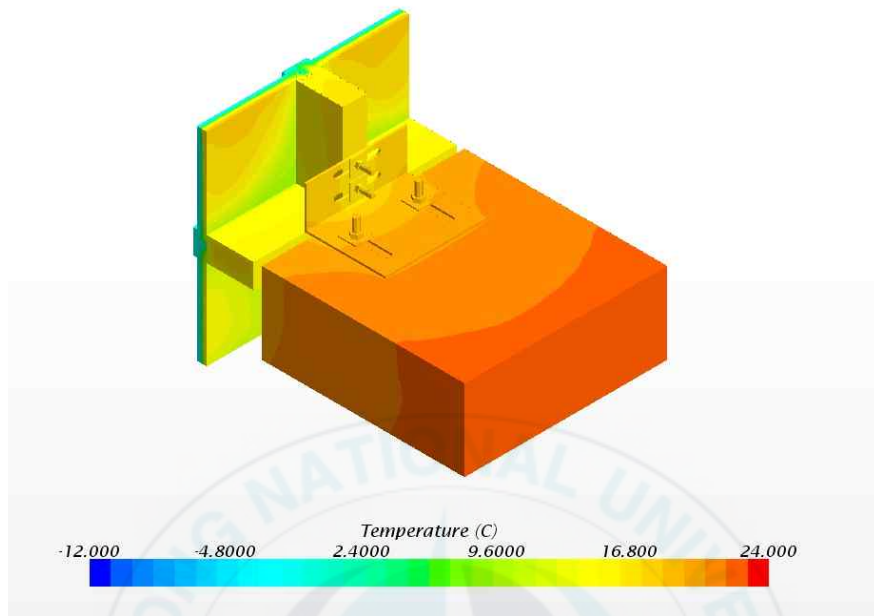


그림 4.5 기존안 Back View

측정대상 지점인 커튼월 외측 프레임의 중심온도는 -0.3°C 로 계산되었으며 파스너와 커튼월이 연결되는 부위에서 상대적으로 높은 온도분포를 보였다. 이는 파스너 연결부위와 가장 가까운 부위이며 해석 영역 중 열손실이 가장 많은 부위로 판단된다.

4.3.2 부착안 시뮬레이션 결과

부착안은 커튼월과 파스너 사이, 슬래브와 파스너 사이에 패드 형태의 테프론을 부착한 형태이며 기존안과 대비하여 상대적으로 높은 단열성능을 나타내었다.

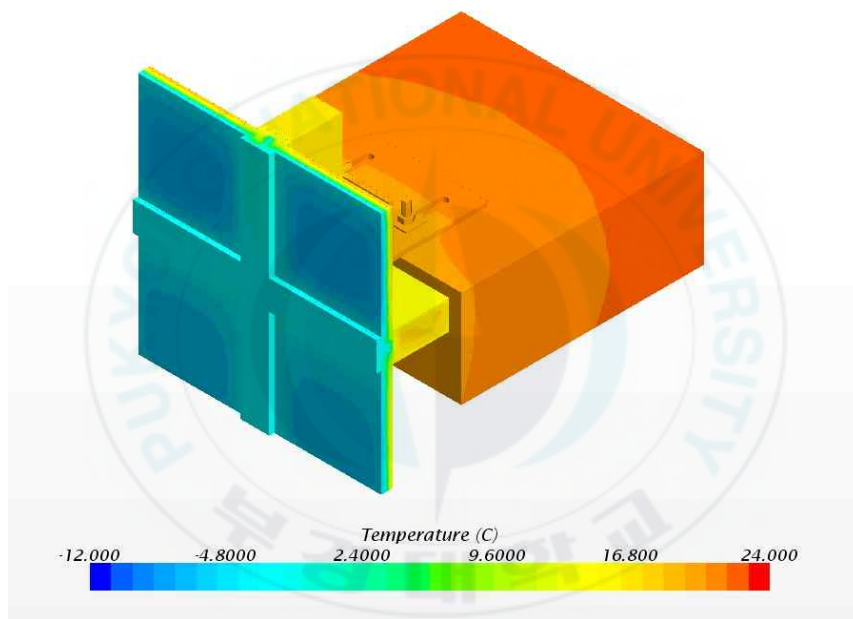


그림 4.6 부착안 시뮬레이션 결과

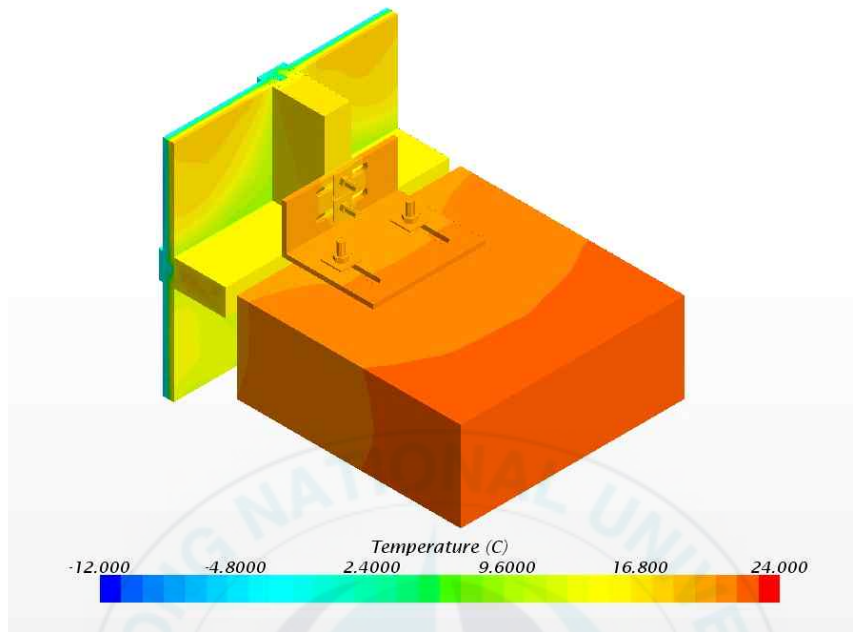


그림 4.7 부착안 Back View

커튼월 외측 프레임의 중심온도는 -2.1°C 로 나타났으며 이는 기존안과 비교하여 약 1.8°C 낮은 온도를 보이고 있어, 기존안에 비해 파스너를 통한 열손실이 다소 감소하였음을 알 수 있다. 따라서 기존안에 단열성능이 개선되었음을 알 수 있다.

4.3.3 복합안 시뮬레이션 결과

복합안은 부착안의 개선형태로 파스너의 접촉면 뿐 아니라 연결 철물인 앵커 및 볼트 너트 사이의 와셔에도 단열보강을 한 형태이다. 와셔와 파스너 사이에 와셔와 똑같은 형태의 단열Sleeve를 끼워넣은 형태로 파스너와 연결 철물들의 직접적인 결합을 방해하기 위해 고안되었다. 시뮬레이션 결과는 아래 그림 4.8과 같으며 커튼월 외측 프레임의 중심온도는 -2.2°C 로서 세 가지 대안 중 외측 표면온도가 가장 낮은 것으로 분석되었다. 이를 통해 복합안의 단열성능이 가장 우수한 것으로 판단할 수 있다.

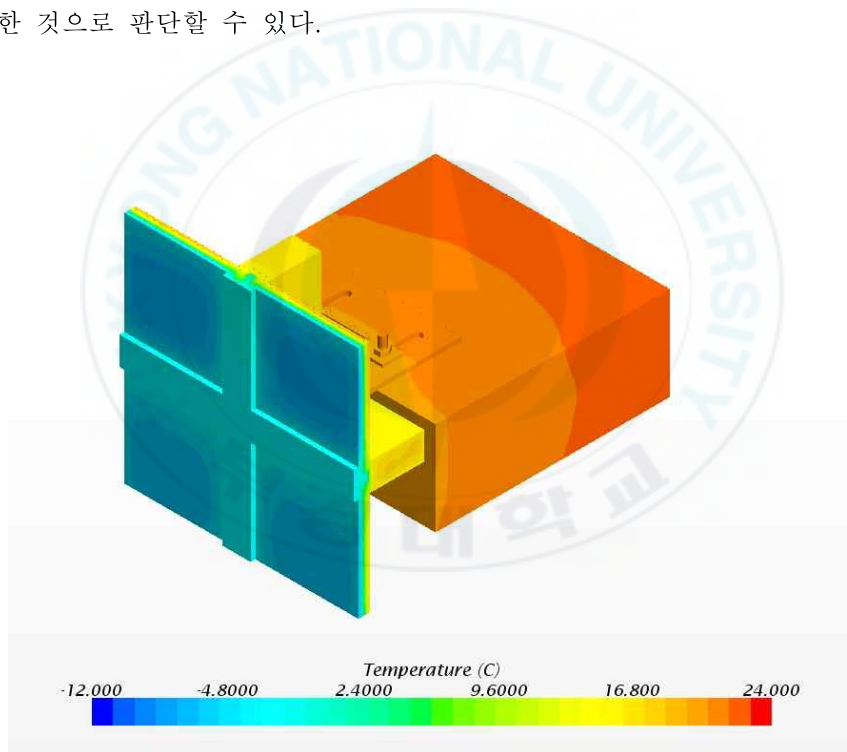


그림 4.8 복합안 시뮬레이션 결과

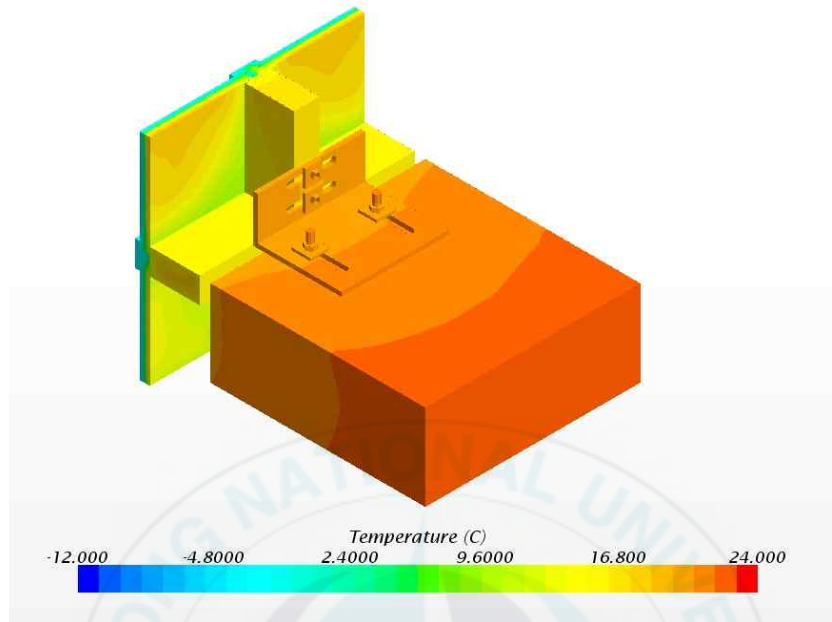


그림 4.9 복합안 Back View

4.4 대안별 CFD 결과 비교

시뮬레이션 결과를 비교하기 위하여 각 단면별 온도분포를 관찰하였다. 관찰 범위는 커튼월 프레임 부분으로 한정했으며 수직·수평 단면의 실외측 표면온도를 비교 하였다. 단면의 위치는 그림 4.10과 같다.

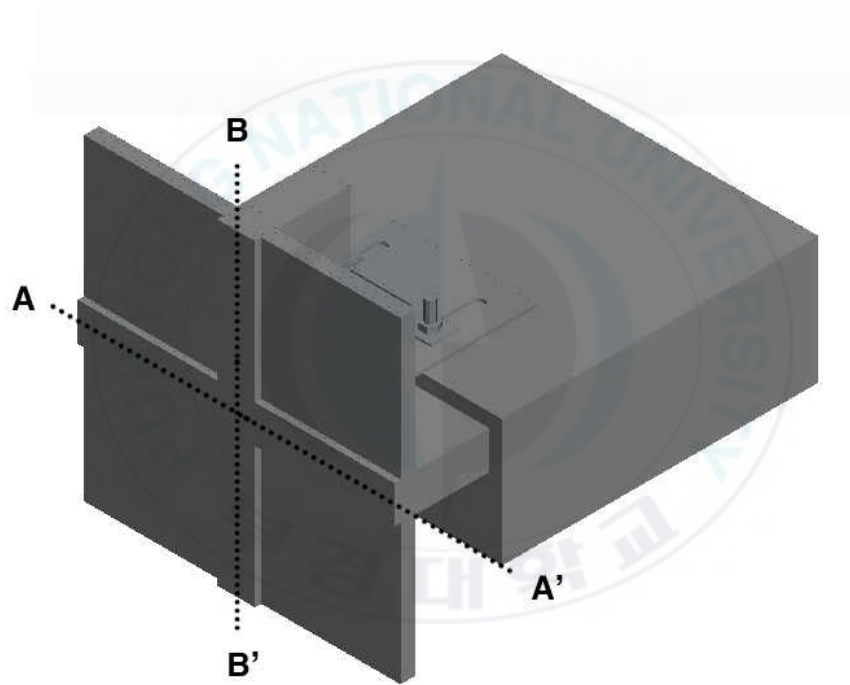


그림 4.10 비교단면 위치

4.4.1 A-A' 단면 비교

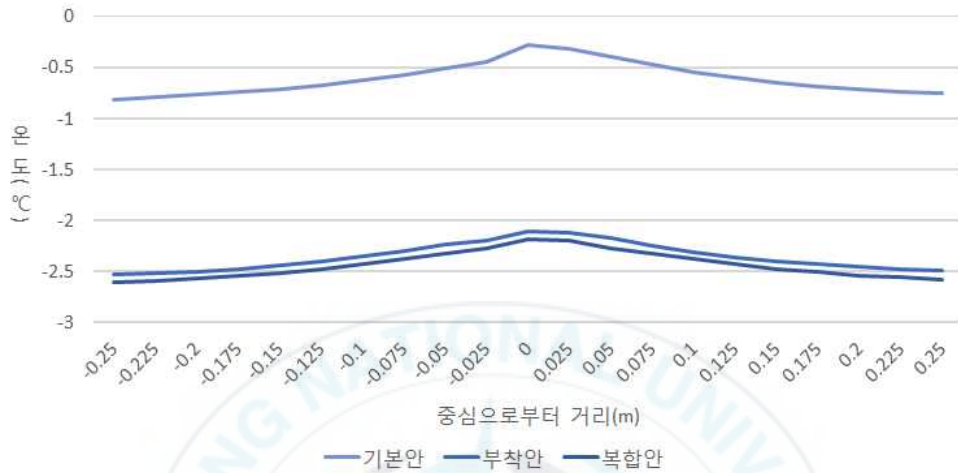


그림 4.11 A-A' 단면 온도비교

열손실이 가장 많은 기준안의 온도분포가 높게 형성되며 부착안, 복합안의 경우 상대적으로 낮게 형성되고 있다. 이는 커튼월을 통한 실내에서 실외로의 열손실이 저감된 것으로 단열성능이 향상되었음을 알 수 있다.

4.4.2 B-B' 단면 비교

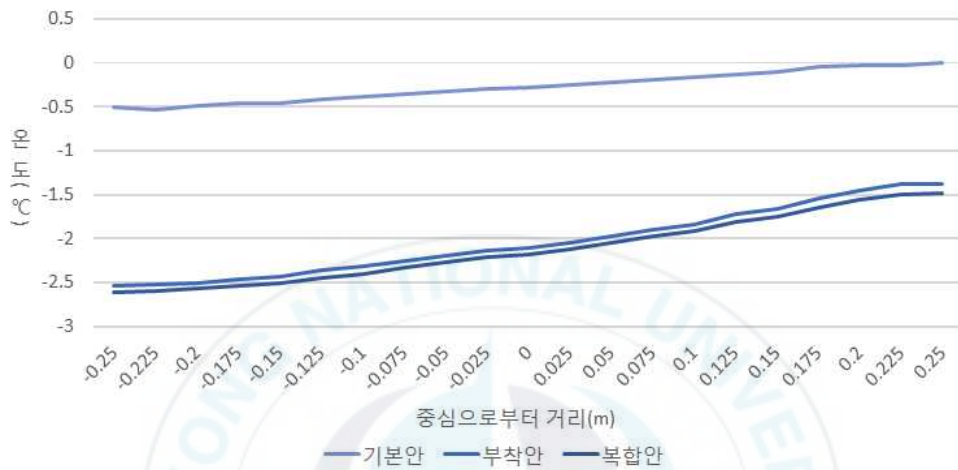


그림 4.12 B-B' 단면 온도비교

A-A' 단면과 마찬가지로 열손실이 가장 많은 기존안의 온도분포가 높게 형성되며 부착안, 복합안의 경우 상대적으로 낮게 형성되고 있다.

4.5 시뮬레이션 결과분석

단열보강을 한 대안의 경우 보강을 하지 않은 경우보다 외기와 접하는 프레임의 표면온도가 더 낮았으며 이는 단열보강의 효과가 있음을 말하고 있다. 가장 높은 효과를 나타내는 것은 복합안으로 측정부위 최저온도가 -2.2°C 로 나타났다. 부착안에 비하여 최대온도가 0.1°C 정도 더 낮았으며 이는 복합안과 같이 파스너 뿐 아니라 연결철물에도 함께 단열보강을 한다면 조금 더 열 손실을 줄일 수 있음을 보여주었다.

표 4.2 대안별 시뮬레이션 결과 (단위 : $^{\circ}\text{C}$)

제시안 \ 구분	실외 온도	측정부위 온도	실내 온도
기존안	-11	-0.3	22
부착안		-2.1	
복합안		-2.2	

4.6 Mock-up실험

실제 커튼월 파스너에 단열보강을 한 경우 단열성능 평가를 위해 Mock-up 실험을 수행하였고, 실내외 조건의 안정적인 구현을 위해 항온항습 Chamber 안에서 Mock-up 실험을 진행하였다. 실외조건 구현을 위해 커튼월의 실외측을 냉동고에 노출시키되, 냉동고와 커튼월 접합부의 기밀을 위하여 단열재(압출법 보온판)를 이용하여 커튼월이 부착될 수 있는 틈을 제작하고, 이 틈에 맞추어 커튼월 시편을 부착하였다. 가장 중요한 것은 커튼월을 통한 열전달만을 분석하는 것이므로, Chamber 내부 기류와 냉동고 내부 기류의 철저한 분리가 필요하며, 이를 위해 글루건 및 테이프로 냉동고와 커튼월 사이 접합부를 기밀하게 처리하였다.

콘크리트 슬래브는 실제 고층건물에 사용되는 일반적인 콘크리트를 감안하여 물시멘트비 38.5%와 잔골재율 47%로 설정하였으며 25-35-180의 배합으로 진행하였다. 슬래브의 크기는 500mm×500mm 두께 200mm 로 CFD의 해석범위와 동일하게 제작하였다.

냉동고는 내부 기류가 전혀 없을 경우 내부의 온도편차가 매우 크게 나타나므로 강제 기류형성을 통해 기류혼합을 유도하여 냉동고 내부의 온도편차를 줄일 수 있도록 하였다. 이를 위해 냉동고 내부에 크로스 플로우 팬(Cross Flow Fan)을 커튼월 반대편쪽으로 향하도록 설치하여 냉동기 내부 온도분포를 고르게 하도록 하였다. 크로스 플로우 팬을 가동한 후 밀폐된 공간에서의 기류를 측정하여 얻어진 값은 시뮬레이션 진행에 필요한 값으로 입력되었으며 이 조건으로 실험을 진행하였다.



그림 4.13 크로스 플로우 팬(Cross Flow Fan)

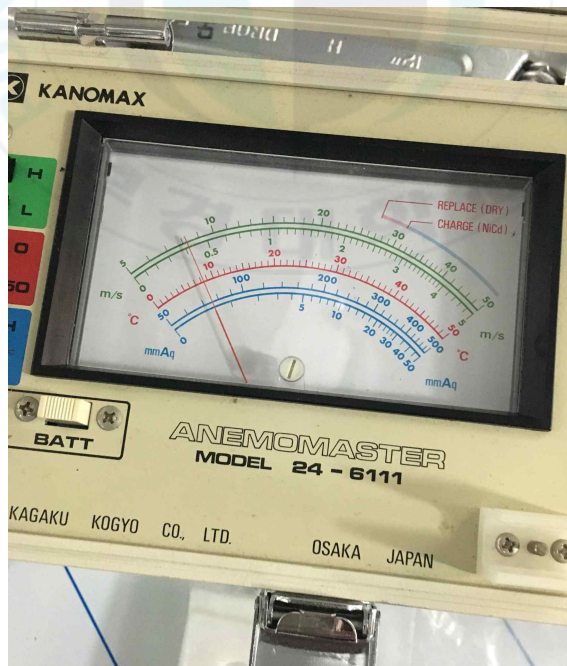


그림 4.14 기류 측정 장비

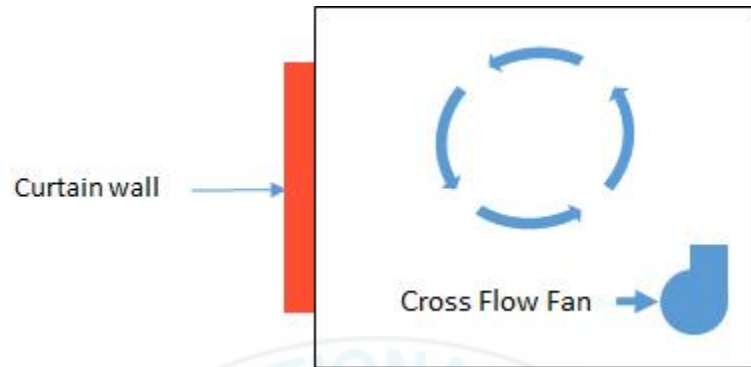


그림 4.15 냉동고 내부 구성

그림 4.15는 냉동고 내부 구성을 보여주고 있으며 내부 기류 형성을 통하여 냉동고 내부의 온도는 고르게 분포하게 할 수 있었다. 실험체는 콘크리트와 커튼월을 파스너를 이용하여 연결하고 그 높이를 단열 스티로폼을 통하여 그 높이를 조절하였다. 슬래브의 열이 외부로 빠져나가지 않고 커튼월을 통해서 전달될 수 있도록 하기위하여 단열재로 위치를 고정시켰으며 그 모습은 그림 4.17과 같다.



그림 4.16 기밀성 확보를 위한 틈새 매움



그림 4.17 Mock-up 설치 사진

냉동고의 설정온도는 -11°C 이며 향온향습Chamber의 온도는 22°C 를 유지하도록 하였다. 지속적으로 실내외 온도에 노출 시킨 뒤 실시간으로 온도변화를 기록하였으며 측정지점은 냉동고와 면하는 커튼월 프레임의 중심점으로 설정하였다. 표면온도 값은 실내외 온도가 안정화될 때까지 약 50분동안 1초 단위로 그 값을 기록하였다.

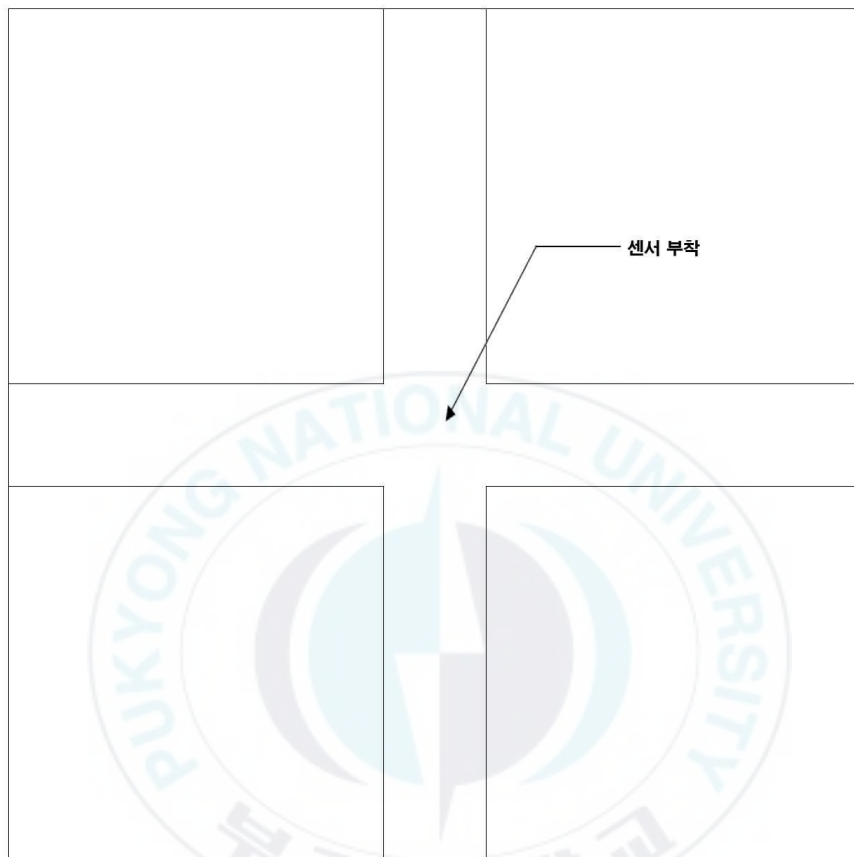


그림 4.18 온도 측정 센서 위치



그림 4.19 실험 진행 사진

4.7 Mock-up실험 결과

초기 설정온도까지 Initial time 까지는 지속적으로 온도가 내려가고 있으나 약 1400s 이후로 온도가 비교적 안정화되어 상하로 변하는 것을 알 수 있다. 이는 냉동고 설정온도에 도달하기 까지 일정 시간이 소요되기 때문이며, 또한 설정온도에 도달한 이후에는 냉동고 내부 온도 유지를 위해 냉동기의 on/off 제어가 일어났기 때문으로 판단된다. 따라서 위의 값 중 설정온도에서 안정적인 구간인 1400s 이후의 구간을 기준으로 최소, 최대 그리고 평균값을 도출하였다.

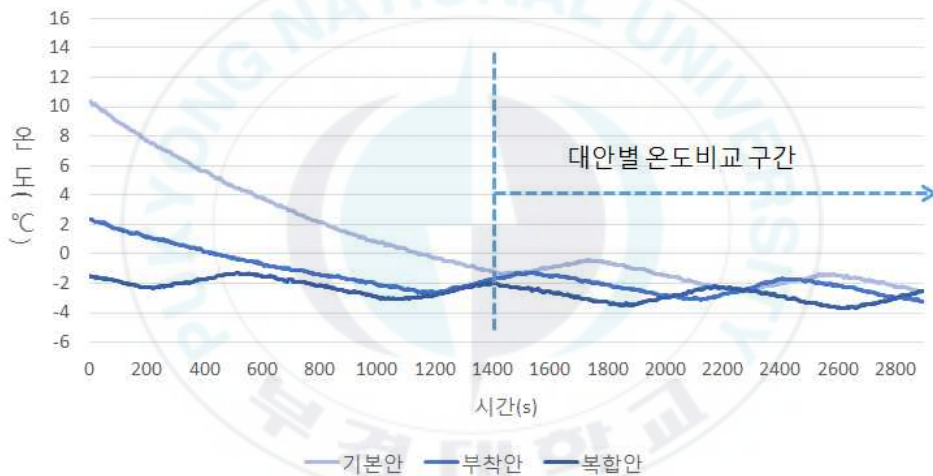


그림 4.20 대안별 측정온도 변화

그림 4.20은 Mock-up실험에 의한 결과를 그래프로 나타내고 있으며 각 대안별 성능을 비교할 수 있도록 표현하였다. 복합안이 가장 우수한 성능을 보이고 있으며 그다음으로 부착안, 기본안 순으로 성능을 보이고 있다.

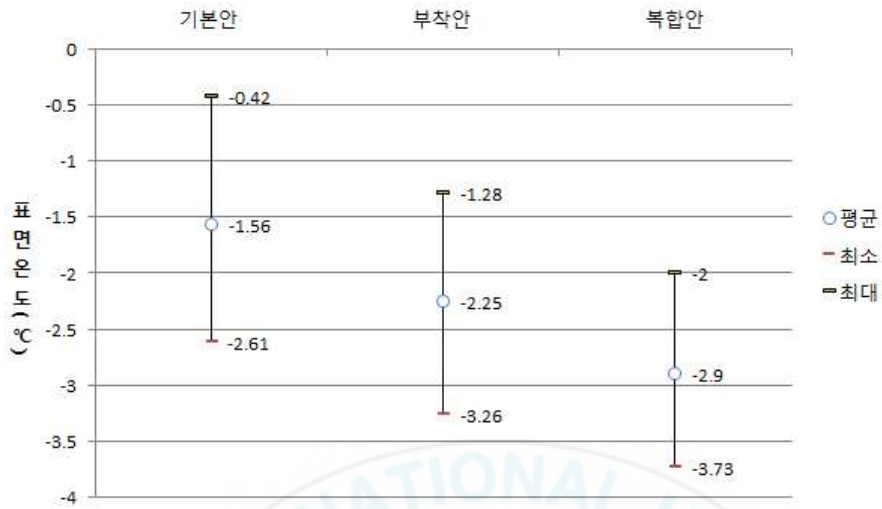


그림 4.21 대안별 실험 결과 (단위 : °C)

실험결과 파스너 사이에 단열재를 부착한 것이 부착하지 않은 것 보다 열 손실이 덜하였으며 복합안의 경우 약간의 효과를 더 볼 수 있었음을 알 수 있었다. 이는 연결 철물간의 직접적인 연결을 피하는 것이 열손실 저감 측면에서 유리하다는 것을 알 수 있으며 아무리 작은 연결철물이라 하더라도 단열보강을 한 대안이 단열성능이 향상될 수 있음을 알 수 있다.

4.8 시뮬레이션과 실험 비교

그림 4.22는 시뮬레이션에서 얻어진 값과 실험에서 얻어진 값을 비교한 그래프로 두 결과 모두 복합안의 단열성능이 가장 우수함을 알 수 있다. 실험과 CFD 간의 결과 차이는 다음과 같은 이유에서 발생하는 것으로 판단된다.

첫 번째 이유로는 실내외 온도제어의 불일치성이다. CFD의 경우 실내외로 공급되는 공기의 온도는 항상 일정하지만 실제 냉동고의 온도제어는 공조기의 간헐적 운전으로 특정 위치의 센서에서 얻어진 온도값을 기준으로 간헐적 운전을 통하여 온도제어를 하고 있다. 따라서 그 변동폭에 따라 측정 지점의 온도가 함께 변하기 때문에 CFD의 결과와 일치함에 있어 어려움이 있다.

두 번째 이유로는 실내외 기류조건의 변화이다. Chamber의 기류조건은 항상 변화하기에 예측이 불가능함을 알 수 있다. 그렇기 때문에 최대한 정체기류를 형성한 다음 실험을 진행하고 CFD에서는 약간의 대류를 일으키기 위하여 기류조건을 입력하게 된다. 아무리 정체기류를 형성하여도 사람이나 사물에 의해서 대류가 일어날 것이며 실제 실험에서 냉동기의 방열로 인하여 온도조건의 미세한 차이가 있었음을 알 수 있다.

마지막으로 복사열 제어이다. 복사열에 의한 효과는 매우 미미하지만 결국 그 측정값에 영향을 미치는 요소이다. CFD에서도 복사열에 따른 온도 변화는 구해내기가 어려우며 항상 일정한 온도의 복사열을 방출하는 것이 아니기에 예측함에 있어 어려움이 많다.

위의 대표적인 변수에 따라 실험값과 CFD값의 차이가 있었음을 추론 할 수 있으며 그 외 다른 변수들도 존재 할 수 있다. 하지만 제안한 단열보강 안의 효과는 입증 할 수 있었으며 단열재 자체의 단열성능 뿐 아니라 단열재의 위치 또한 중요하게 고려되어야 함을 보여주고 있다.

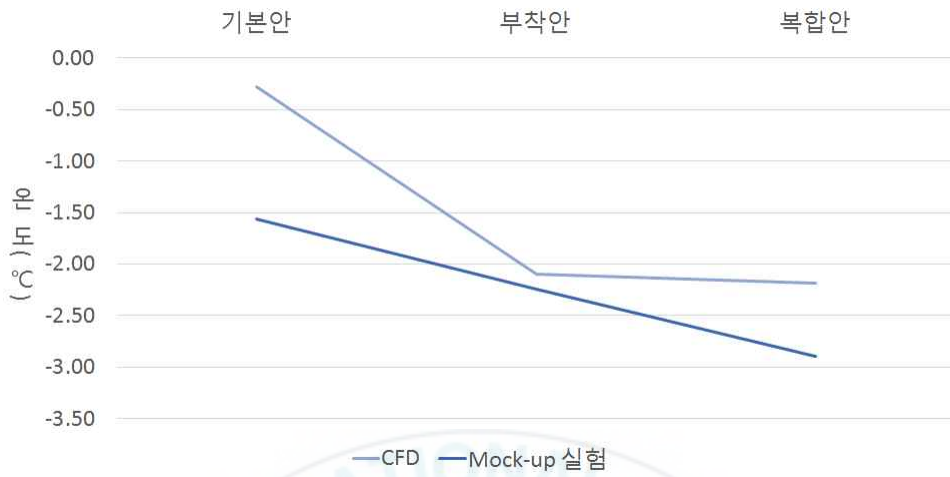


그림 4.22 시뮬레이션 실험 비교 그래프

5. 결 론

본 연구는 파스너의 단열보강 방법 제안과 그 성능을 검증하는 것을 목표로 하였으며, CFD 시뮬레이션 및 Mock-up 실험 결과 복합안(단열패드+단열와셔 부착), 부착안(단열패드부착), 기존안 순서로 단열성능이 우수한 것으로 분석되었다. 커튼월 파스너의 단열보강을 하는데 있어 가장 중요한 점은 연결 철물간의 직접적인 연결을 방지할 수 있는 위치에 단열재를 부착하는 것으로 판단된다. 본연구의 주요 결론 및 한계를 요약하면 다음과 같다.

커튼월 파스너의 단열성능 개선을 위한 방안으로 테프론이라는 엔지니어링 플라스틱을 활용하여 파스너와 구조체 및 연결철물과의 직접적인 접촉을 방지하는 위치에 결속시킨 대안을 제시하였다. 이는 철제 연결철물간의 접촉을 방지함과 함께 열의 이동통로를 최소화 하는 효과를 기대하기 위하여 고안된 것이다.

표면온도 비교분석 결과 복합안의 단열성능이 가장 우수하며 측정부위의 온도는 CFD결과 -2.2°C , 실험결과 -2.9°C 로 나타났으며 이는 기존안에 비해 CFD결과 1.9°C , 실험결과 1.3°C 더 낮은 값으로 단열성능이 개선되었음을 알 수 있다. 따라서 연결 철물간의 직접적인 연결을 방지할 수 있는 위치에 단열재는 부착하는 것이 중요하다는 것을 알 수 있다.

본 연구는 커튼월 파스너에 엔지니어링 플라스틱의 한 종류인 테프론을 활용하여 단열성능을 향상시키는 방안을 제시하고 검증하였다. 최근에는 커튼월 내부에 열교차단재(Azon)가 설치된 제품이 생산되어 커튼월의 단열성능 향상에 기여하고 있으나, 커튼월 내부 뿐 아니라 함께 사용되는 파스너 및 연결철물들의 단열성능도 함께 개선함으로써 그 효과를 기대하였다. 그 결과 금속 부재간의 직접적인 연결을 방지하는 위치에 강성이 우수하고 열전도율이 낮은 엔지니어링 플라스틱을 삽입하여 전열면적을 줄였으며 그 효과를 실험과 CFD로 검증하였으며 그 결과 복합이 가장 우수한 성능을 보이며 이를 통하여 파스너의 단열성능 향상에 엔지니어링 플라스틱이 충분히 기여하고 있다고 판단된다. 이러

한 방법으로 건물외피의 단열성능 개선을 통하여 실내공기의 쾌적함을 유지하는데 도움이 되며 더 나아가 냉·난방 부하에도 영향을 주어 에너지 효율 증대, 경제적인 효과도 기대할 수 있다.



참고문헌

1. 강승희, 구보경, 조선경, 송승영, 커튼월 앵커링 유닛의 단열성능 향상이 건물 난방 에너지 성능에 미치는 영향 대한건축학회 학술발표대회 논문집 계획계 23(2), pp833-836, 2003. 10.
2. 송승영, 석호태, 구보경, 김윤정, 단열피복을 위한 주상복합건물 알루미늄 커튼월 패스닝 유닛의 에너지성능 향상에 관한 연구, 대한건축학회 논문집 계획계 제 22권 2호 pp215-258 2006. 02.
3. 서동수, 이영욱, 송진규, 송승영, 구조용 단열 패스너 시스템의 성능평가. 대한건축학회 구조계 20권 12호 pp11-18 2014. 12.
4. 석호태, 박현철, 정지나, 송승영, 커튼월 외피시스템 벽체부의 전열특성에 관한 실험적 연구. 대한건축학회 논문집 계획계 21권 10호 pp255-264
5. 구보경, 송승영, 석호태, 난방 에너지성능 및 경제성 평가를 위한 주상복합 커튼월 패스닝 유닛 부위의 적정 단열 계획, 대한건축학회 논문집 계획계 제 23(2) pp189-198 2007. 02.
6. 강승희, 송승영, 3차원 전열해석 및 생애비용 분석을 통한 커튼월 앵커링 유닛의 단열 성능 향상 방안 평가, 한국태양에너지학회 논문집 23(4) pp63-70
7. Jin-hee Song, Jae-Han Lim, Seung-Yeong Song, Evaluation of alternatives for reducing thermal bridges in metal pannel curtain wall system, Energy and Buildings, Vol127, 1 September 2016, Pages 138-158
8. Seung-Yeong Song, June-Seong Yi, Bo-Kyoung Koo, Insulation plan of aluminum curtain wall-fasteneing unit for high-rise residential complex, Building and Environment, issue 7, Vol43, July 2008, pp1310-1317
9. 신종계, 이용신, 조성욱 공역(1988), Lagan의 유한요소법 첫걸음, 서울, 시그마프레스, pp1-23
10. 명현국 저(2002), CFD입문, 서울, 문운당 pp13-16

11. Dupont Teflon PTFE Fluoropolymer resin, properties handbook. 1997
12. 기상청, 국내기후자료 연별자료극값, 평균기온최저(2011-2015년)
13. 김내현, 박운진, 이열, 이원남, 차상원, 최윤희, 하만영 공역(2005), 유체역학, 서울, 한국맥그로힐(주) pp305-306

