

열교로 인한 건물 에너지 손실 정도 및 단열규정 보완 필요성

송승영 소속 및 직위 이화여자대학교 건축학부 교수
 E-mail 주소 archssy@ewha.ac.kr
 전문 분야 건물에너지, 친환경건축

한국건축친환경설비학회
2009년 제도 및 기술발전 심포지움
"녹색 성장을 위한 건물 에너지 절약과 제도 개선"

열교로 인한 건물 에너지 손실 정도 및 단열규정 보완 필요성

2009.7.10

송승영
(archssy@ewha.ac.kr)

이화여자대학교 건축학부

목 차

1. 서 론
2. 열교 관련 국내외 기준, 규정 현황
3. 열교 제거 위한 외단열의 국내외 현황
4. 동계 난방시 내/외단열 공동주택 외표면 온도분포 비교
5. 주요 열교부위에 대한 내/외단열 공동주택 연간 손실, 획득열량 비교
6. 주요 열교부위에 대한 내/외단열 공동주택 선형 열관류율 비교
7. 결 론
8. 참고문헌

1. 서 론

- 2005년 기준 한국은 온실가스 배출량 591.1백만 CO2톤으로 OECD 국가 중 6위
- 1990-2004년 온실가스 배출량 증가율은 90.1%로 OECD 국가 중 1위
- 전체 온실가스 배출량 중에서 에너지부문의 온실가스 배출량은 448백만 CO2톤으로 세계 10위 수준이며 누적배출량은 세계 23위 수준
- 부문별 온실가스 배출량 분포는 **에너지 84.4%**, 산업공정 11.0%, 농업 2.7%, 폐기물 2.2%로 에너지 부문에서의 온실가스 배출 비중 압도적으로 높음

1. 서 론

- 국내 에너지 소비량은 세계 10위 수준(IEA, 2002년 기준)이며, 원자력 제외시 국내 에너지자립도는 3.4%(2005년 기준)에 불과
- 국내 최종에너지 소비에서 건물 부문이 차지하는 비중은 약 **24%** 정도(2002~2006년 평균)로 막대하며, 지속적 증가추세임
- 국내 공동주택의 에너지소비량 → 건물부문 연간 에너지소비량의 약 **36%** 차지(2005년) → 비중 매우 큼

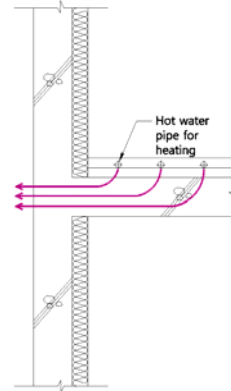
▶ 국내 부문별 최종에너지 소비 추이(에너지경제연구원, 단위: 백만TOE)

구 분	2002	2003	2004	2005	2006	2002~2006 평균 증가율
산 업	89.2(56%)	90.8(55%)	93.0(56%)	94.4(55%)	96.0(55%)	1.9%
수 송	33.8(21%)	34.6(21%)	34.6(21%)	35.6(21%)	36.6(21%)	2.0%
건 물	37.5(23%)	38.6(24%)	38.4(23%)	41.0(24%)	40.8(24%)	2.1%
합 계	160.5(100%)	164.0(100%)	166.0(100%)	171.0(100%)	173.4(100%)	2.0%

1. 서 론

■ 국내 공동주택의 에너지소비 특성

- 공동주택은 내부발열량 적어 난방부하 비중 매우 크며, 외피부하 지배형 건물 (envelope load dominated building)이므로 에너지 절약 위해서는 **외피 단열**이 무엇보다 중요
- **내단열** 적용으로 벽-슬라브, 벽-벽 접합부 등에서 단열재 불연속되어 필연적으로 **열교** 발생
- 특히, 난방용 온수배관이 바닥에 설치되므로 구조체를 통한 실외로의 전도 열손실 방지가 매우 중요함에도 불구하고 벽-슬라브 접합부 열교부위를 통해 매우 큰 **전도 열손실** 발생

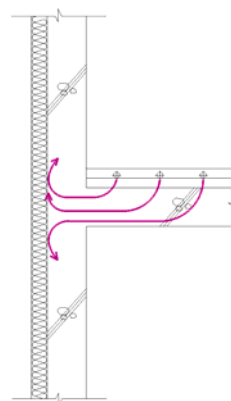


▶ 내단열 적용시 벽-슬라브 접합부 단면에서의 전열현상

1. 서 론

■ 외단열 적용으로 열교 제거시 기대효과

- 외단열의 경우 구조체 외측에 단열재 설치되므로 열교 발생 근원적으로 차단 => **에너지 절약** 뿐만 아니라 국내 공동주택 하자 원인의 상당 부분 차지하는 **결로 발생 줄임**
- 콘크리트 벽체 등의 축열재가 단열재 내측에 위치하므로 난방열 축열에 의한 **난방 효율 향상** 가능
- 국내 공동주택의 경우 정형화된 형식으로 설계, 시공되고 동일 혹은 유사 부위가 대부분의 공동주택에서 반복적으로 나타나므로, 외단열 적용으로 열교제거시 에너지절약 가능성은 매우 클 것으로 예상됨
- 실외에서 단열 시공 진행되므로 신축 뿐만 아니라 기존 건물 리모델링시 공정수립, 공기단축 등에 큰 이점 => 그린홈 추진방향 (신축 100만호, 기존건물 100만호)



▶ 외단열 적용시 벽-슬라브 접합부 단면에서의 전열현상

2. 열교 관련 국내외 기준, 규정 현황

2.1 국내

- 건축물의 에너지절약 설계기준에서, 외단열 적용을 권장사항으로 하고 있으며, 외단열 적용한 경우 면적비율에 따라 에너지성능지표(EPI) 계산시 가점 부여
- 그러나 건축물의 설비기준 등에 관한 규칙에서 모든 외피 부위의 단열성능을 단순히 열관류율(열교가 아닌 일반부위에만 적용 가능함)로만 규정함으로써 열교부위에 대한 고려 자체를 하지 않고 있음
- 또한 열교부위의 단열성능 산출, 열교부위를 통한 손실열량 평가, 열교부위의 요구 단열성능 설정 등과 같이 열교 제거를 위한 적극적이고 구체적인 기준 및 제도 전혀 마련된 바 없고, 업계에서도 기존 내단열 시스템을 계속 고수하고 있어, 열교 발생으로 인한 많은 에너지손실 초래되고 있는 실정임

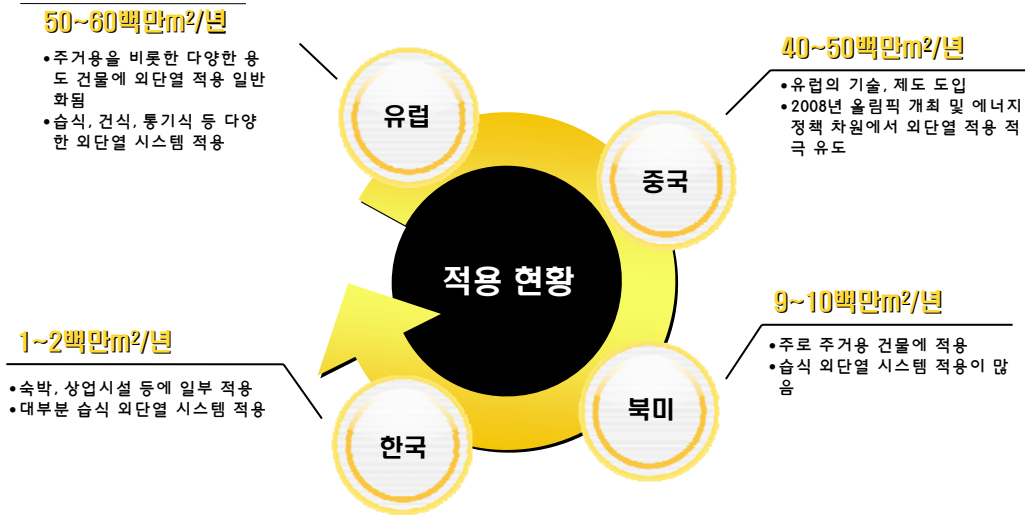
2. 열교 관련 국내외 기준, 규정 현황

2.2 국외

- 일반부위의 단열성능 지표인 열관류율처럼 열교부위의 단열성능 지표가 되는 선형 열관류율(선형 열교부위를 통한 단위길이당 실내외 단위온도차당 손실열량 의미)의 계산 방법, 열교부위를 통한 전열량 및 표면온도 계산방법(ISO 10211:2007), 전형적인 열교 유형별 선형 열관류율 값(ISO14683: 1999) 등이 이미 국제 표준으로 제정되었음
- 이를 토대로 영국에서는, 주거용 건물의 에너지 성능 평가를 위한 국가 기준인 SAP2005(The Government's Standard Assessment Procedure for Energy Rating of Dwellings)에서 주요 열교부위별 최대 선형 열관류율 값 제시하고, 열교부위를 통한 손실열량 반드시 포함하여 건물 에너지 소비량 산출하도록 함으로써 주거용 건물에서의 열교 제거를 적극 유도하고 있음
- 유럽의 초 에너지절약형 공동주택 프로젝트인 Passive House에서는 선형 열관류율을 이용, 열교부위를 통한 손실열량 반드시 포함하여 건물 에너지 소비량 산출하도록 할 뿐만 아니라, 열교부위 선형 열관류율은 반드시 0.01W/mK 이하가 되도록 규정함으로써 열교 제거(thermal bridge-free construction)를 필수사항으로 하고 있고, 외단열 적용을 당연시 하고 있음

3. 열교 제거 위한 외단열의 국내외 현황

3.1 외단열 시장 현황



3. 열교 제거 위한 외단열의 국내외 현황

3.2 주요 외단열 시스템 현황

- 독일(Sto, Isover, ROCKWOOL사 등, Sto사 제품은 국내 Kosto사에서 공급)

구분	StoTherm Classic	StoTherm Mineral	StoTherm Cell	Sto Ventec	Sto Solar
구성					
특징	<ul style="list-style-type: none"> • EPS 보드 사용 • 건식 및 습식 공법 	<ul style="list-style-type: none"> • 미네랄 울 사용 	<ul style="list-style-type: none"> • 미네랄 폼보드 사용 	<ul style="list-style-type: none"> • Ventilation이 가능한 통기식 외단열 시스템 	<ul style="list-style-type: none"> • Transparent capillary board(투과형 단열재) 사용 • 일사 열획득 및 단열 동시에 해결하는 Solar wall로 기능

3. 열교 제거 위한 외단열의 국내외 현황

3.2 주요 외단열 시스템 현황

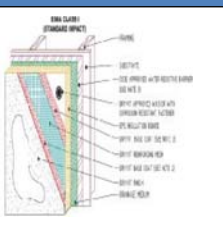
■ 일본

구분	NITTOBO사	MAG사	ASHAHI사	PARAMOUNT사	NOZAWA사	FUKKO JAPAN사
구성						
특징	<ul style="list-style-type: none"> • DANWALL DRY 공법 • DANWALL WET 공법 • DANWALL NET 공법 • DANWALL 통기공법 	<ul style="list-style-type: none"> • 글라스 울 사용 • 통기식 공법 	<ul style="list-style-type: none"> • REISA 공법 (글라스 울 사용) 	<ul style="list-style-type: none"> • E-Z CLIP (천장 단열 부분) 	<ul style="list-style-type: none"> • HI-PART공법 • ASH-LOCK 공법 	<ul style="list-style-type: none"> • RC조 공법 • 철골조 공법 • 보드타입 공법

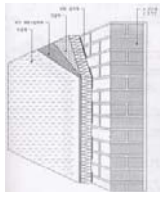
3. 열교 제거 위한 외단열의 국내외 현황

3.2 주요 외단열 시스템 현황

■ 미국

구분	DRYVIT
구성	
특징	<ul style="list-style-type: none"> • 단열재로 EPS 보드 사용 • 건식, 습식, 통기식 외단열 시스템 등 다양한 시스템 존재 • Residential MD system: 결로수 배출이 가능한 외단열 시스템 • Sprint MD system : Polyisocyanurate foam core board 를 사용하고, 결로수 배출이 가능한 외단열 시스템

■ 한국

구분	효성이노테크(미국 DRYVIT사와 기술제휴)
구성	
특징	<ul style="list-style-type: none"> • 우리나라에서 오랫동안 널리 사용 • 드라이비트용 EPS 보드 사용, 변형 및 뒤틀림 방지를 위해 속성 • EPS 보드 부착을 위한 접착제로 유리섬유를 함침시켜 밀바탕을 구성, 현장 사용시 시멘트와 혼합하여 사용(습식)

3. 열교 제거 위한 외단열의 국내외 현황

3.2 주요 외단열 시스템 현황

■ 한국(KCC)

구분	습식(접착식 고정)	건식(기계식 고정)	통기식(통기층 형성)
구성			
시스템 사진			

이화여대 건축학부 교수 송승영(archssy@ewha.ac.kr)

13

3. 열교 제거 위한 외단열의 국내외 현황

3.2 주요 외단열 시스템 현황

제 품	단열재	습식 (접착식 고정)	건식 (기계식 고정)	통기식 (통기층 형성)
한국 효성이노테크	EPS 보드	O	X	X
한국 KCC	글라스 울, 미네랄 울	O	O	O
독일 Sto사 한국 Kosto사	EPS 보드	O	O	X
	미네랄 울	O	O	O
	미네랄 폼	O	X	X
	Transparent capillary board (투과형 단열재)	O	X	X
미국 Dryvit사	EPS 보드	O	O	O
일본 Nittobo사	EPS 보드 페놀 폼	X	O	X
	미네랄 울	O	X	X
	미네랄 울 글라스 울 페놀 폼	X	O	O
일본 Ashahi사	글라스 울	X	O	O

이화여대 건축학부 교수 송승영(archssy@ewha.ac.kr)

14

3. 열교 제거 위한 외단열의 국내외 현황

3.3 외단열 공동주택 사례

■ 유럽

Wohnhochhaus Waldsassener Str., Berlin (독일)	Wohnanlage Mörikestraße, Ludwigshafen-Oggersheim (독일)	Wohnanlage, Nicolaistraße/Katharinenstraße, Zwickau (독일)	Eigentumswohnanlage, Mittlerer Hasenpfad, rankfurt (독일)
			
Wohnanlage Korber Höhe, Sallerstraße/Wildtaubenweg (독일)	Wohnbaugruppe Märkisches Viertel, Berlin(독일)	Greenwich Millennium Village (영국)	Sovereign Quay (영국)
			

이화여대 건축학부 교수 송승영(archssy@ewha.ac.kr)

15

3. 열교 제거 위한 외단열의 국내외 현황

3.3 외단열 공동주택 사례

■ 미국

미네랄 울 시공 전경	습식 마감 시공 모습	마감재 하단부 시공 모습	완공 전경
			

■ 캐나다

공동주택 1	공동주택 2	공동주택 3	공동주택 4
			

이화여대 건축학부 교수 송승영(archssy@ewha.ac.kr)

16

3. 열교 제거 위한 외단열의 국내외 현황

3.3 외단열 공동주택 사례

- 중국



3. 열교 제거 위한 외단열의 국내외 현황

3.3 외단열 공동주택 사례

- 한국



4. 동계 난방시 내/외단열 공동주택 외표면 온도분포 비교

■ 열화상 촬영 공동주택 개요

구분	A 공동주택	B 공동주택	C 공동주택	D 공동주택
단열시스템	EPS보드, 습식 외단열	내단열	EPS보드, 건식 외단열	내단열
외피 열관류율	법규 기준치 만족 (상호 동일)		법규 기준치 만족 (상호 동일)	
주소	경기도 김포시	경기도 김포시	경기도 성남시	경기도 성남시
건축 규모	지하2층, 지상 15층, 4개동, 총 220세대	지하1층, 지상 12~15층, 6개동, 총 294세대	지하3층, 지상 25~38층, 4개동, 총 803세대	지하3층, 지상 21~27층, 3개동, 총 203세대
입주	2006.10	2006.11	2003.10	2003.5

4. 동계 난방시 내/외단열 공동주택 외표면 온도분포 비교

■ 열화상 촬영 개요

촬영시각/ 외기온도/ 적용방사율	A, B 공동주택	2008.01.17, 07:26 AM/-10.5°C/Emissivity 0.9		
	C, D 공동주택	2008.01.16, 07:16 AM/-9.0°C/Emissivity 0.9		
열화상 장치 제원	제조사	NEC San-ei Instruments, Ltd.		
	모델명	TH9100Pro		
	Measuring range	Range 1	-40 to 120°C	
		Range 2	0 to 500°C	
	Resolution	Range 1	0.08°C (at 30°C 60Hz)	
			0.03°C (at 30°C Σ 64)	
	Accuracy	$\pm 2^\circ\text{C}$ or $\pm 2\%$ of reading whichever greater		
Spectral range	8 to 14 μm			
Thermal image pixels	320 x 240			

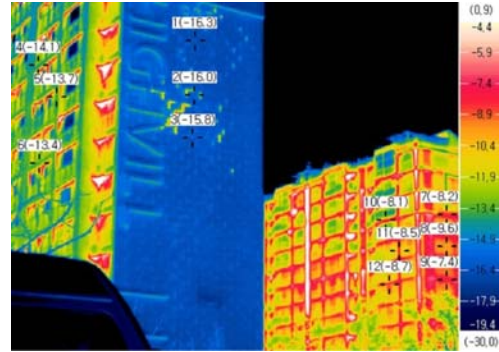
4. 동계 난방시 내/외단열 공동주택 외표면 온도분포 비교

- A (외단열) 및 B (내단열) 공동주택

외단열 적용된 A 공동주택의 벽-슬라브 접합부 외표면 온도는 전면 외벽에서는 평균 5.3℃ 낮고, 측벽에서는 평균 7.6℃ 낮음 => 동계 난방시 내단열 공동주택에서 열교로 인한 열손실 매우 큼 확인



(a) 외관 사진



(b) 열화상 촬영 사진

▶ A (좌측 갈색 1개동, 외단열) 및 B (우측 미색 1개동, 내단열) 공동주택 열화상 촬영 결과

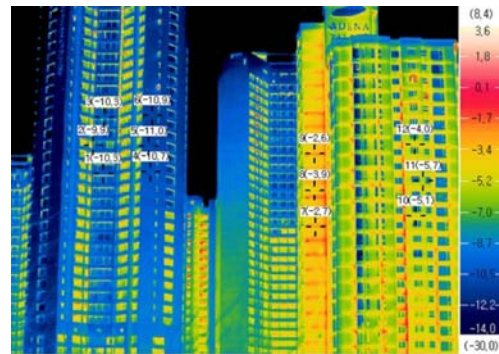
4. 동계 난방시 내/외단열 공동주택 외표면 온도분포 비교

- C (외단열) 및 D (내단열) 공동주택

외단열 적용된 C 공동주택의 벽-슬라브 접합부 외표면 온도는 전면 외벽에서는 평균 5.2℃ 낮고, 측벽에서는 평균 7.8℃ 낮음 => 동계 난방시 내단열 공동주택에서 열교로 인한 열손실 매우 큼 확인



(a) 외관 사진



(b) 열화상 촬영 사진

▶ C (좌측 백색 2개동, 외단열) 및 D (우측 갈색 1개동, 내단열) 공동주택 열화상 촬영 결과

5. 주요 열교부위에 대한 내/외단열 공동주택 연간 손실, 획득열량 비교

5.1 연간 손실, 획득열량 평가 방법

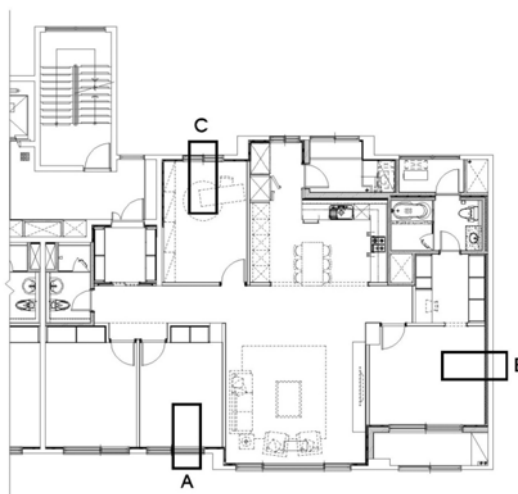
(1) 개요

- 내단열 적용 E 공동주택에서 대표적 열교부위 선정
 - 기준층 전면 외벽-슬라브 접합부
 - 기준층 측벽-슬라브 접합부
 - 기준층 후면 외벽-슬라브 접합부
- Physibel Voltra 6.0W 프로그램 이용, 연간 3차원 비정상 전열해석 실시
 - Physibel Voltra: Physibel사에서 만든 상용, 범용의 전열해석 프로그램으로 열평형 방정식을 유한차분법에 의해 이산화하여 풀어줌으로써 복잡한 건물 부위에서의 정밀 전열해석이 가능한 프로그램

5. 주요 열교부위에 대한 내/외단열 공동주택 연간 손실, 획득열량 비교

5.1 연간 손실, 획득열량 평가 방법

(2) 해석부위 모델링



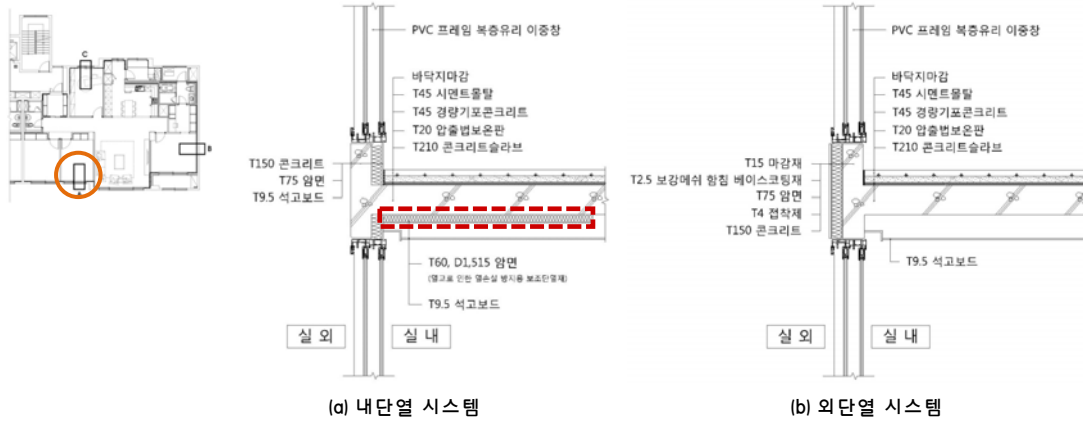
- A부위: 전면 외벽-슬라브 접합부
- B부위: 측벽-슬라브 접합부
- C부위: 후면 외벽-슬라브 접합부

▶ 평가대상 공동주택 기준층 평면도

5. 주요 열교부위에 대한 내/외단열 공동주택 연간 손실, 획득열량 비교

5.1 연간 손실, 획득열량 평가 방법

(2) 해석부위 모델링

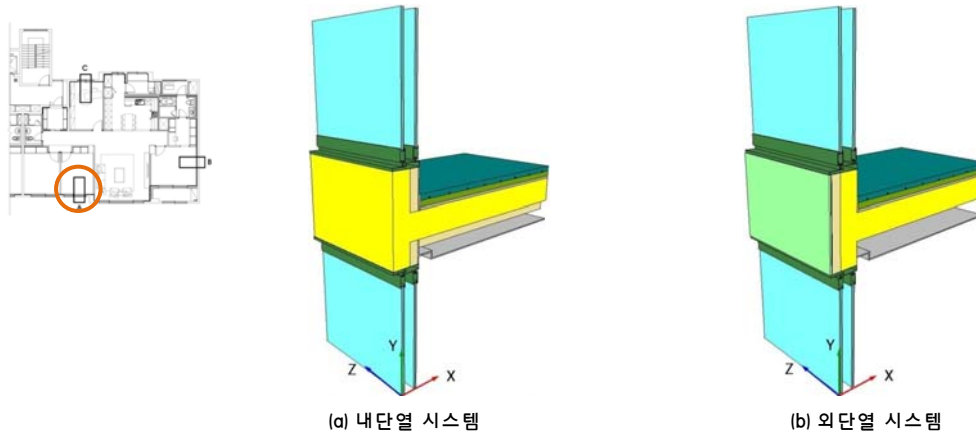


▶ 전면 외벽-슬라브 접합부 단면도

5. 주요 열교부위에 대한 내/외단열 공동주택 연간 손실, 획득열량 비교

5.1 연간 손실, 획득열량 평가 방법

(2) 해석부위 모델링

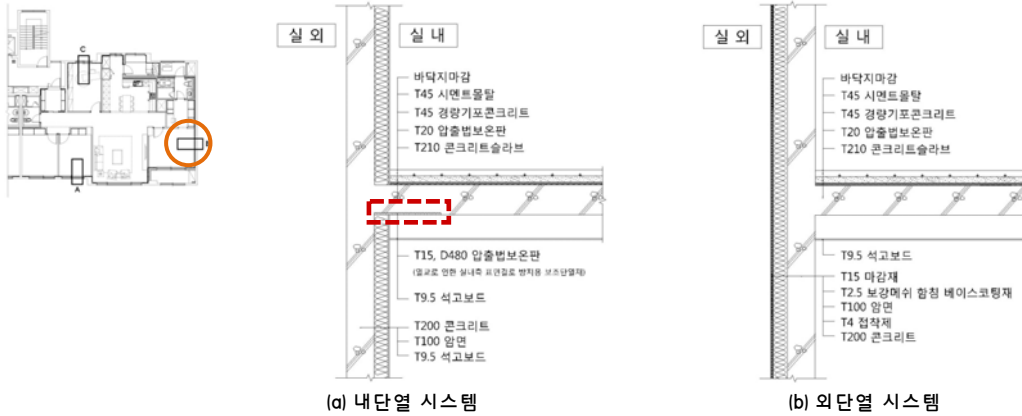


▶ 전면 외벽-슬라브 접합부 모델링 결과

5. 주요 열교부위에 대한 내/외단열 공동주택 연간 손실, 획득열량 비교

5.1 연간 손실, 획득열량 평가 방법

(2) 해석부위 모델링

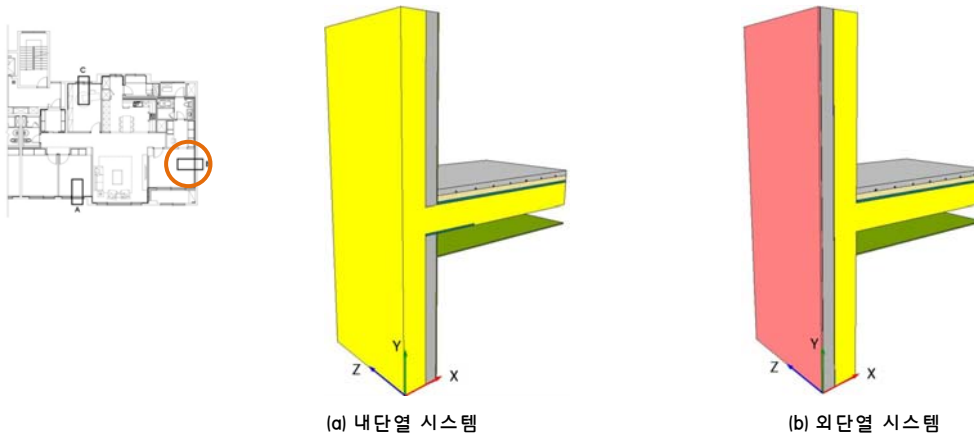


▶ 축벽-슬라브 접합부 단면도

5. 주요 열교부위에 대한 내/외단열 공동주택 연간 손실, 획득열량 비교

5.1 연간 손실, 획득열량 평가 방법

(2) 해석부위 모델링

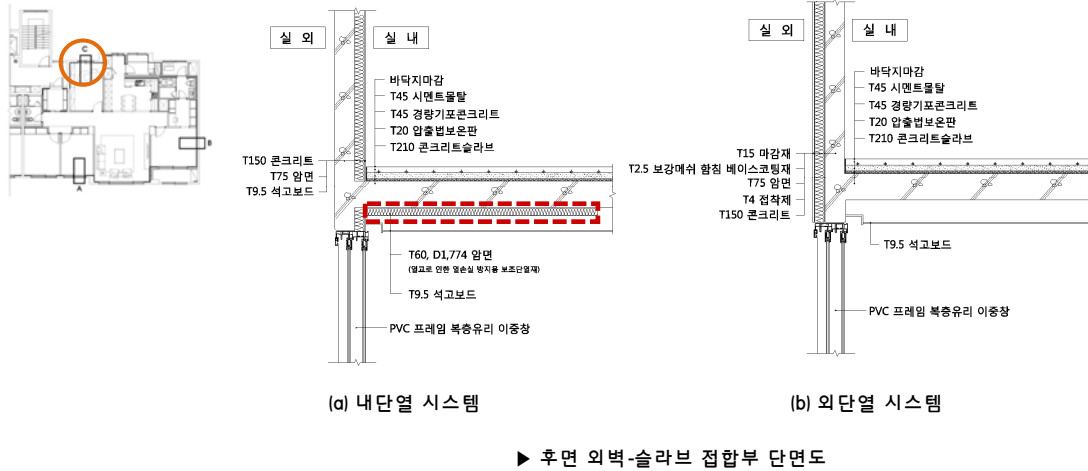


▶ 축벽-슬라브 접합부 모델링 결과

5. 주요 열교부위에 대한 내/외단열 공동주택 연간 손실, 획득열량 비교

5.1 연간 손실, 획득열량 평가 방법

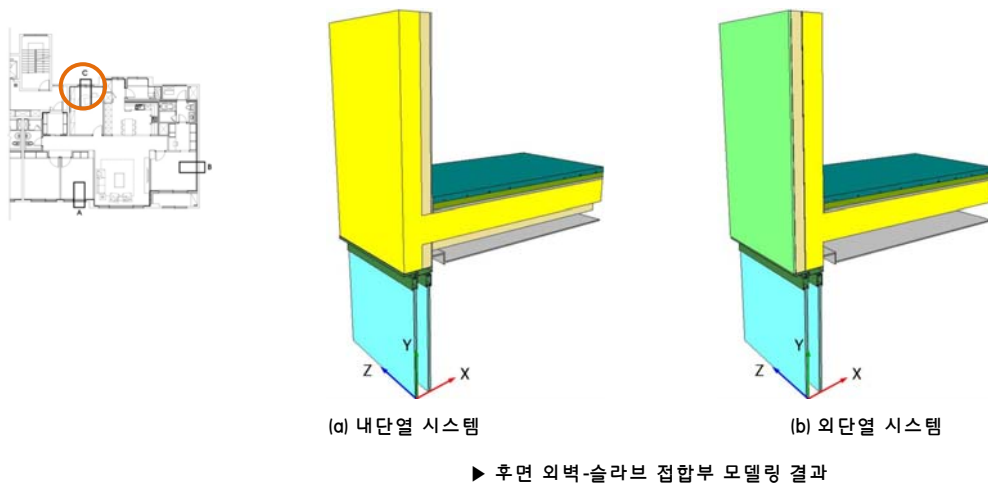
(2) 해석부위 모델링



5. 주요 열교부위에 대한 내/외단열 공동주택 연간 손실, 획득열량 비교

5.1 연간 손실, 획득열량 평가 방법

(2) 해석부위 모델링



5. 주요 열교부위에 대한 내/외단열 공동주택 연간 손실, 획득열량 비교

5.1 연간 손실, 획득열량 평가 방법

(3) 손실, 획득열량 정의 및 난방용 온수공급 조건

- 손실열량 정의
구조체의 실내측 표면을 통해 실내로부터 구조체로 전달되는 열량 (실내온도 > 구조체 실내측 표면온도인 경우의 전열량)
- 획득열량 정의
구조체의 실내측 표면을 통해 구조체로부터 실내로 전달되는 열량 (실내온도 < 구조체 실내측 표면온도인 경우의 전열량)
- 해석시 난방용 온수공급 모델링 여부에 따른 손실, 획득열량의 의미

난방용 온수공급 모델링 여부	구분	의미
X	손실열량	난방부하 (작을수록 좋음)
	획득열량	냉방부하 (작을수록 좋음)
O	손실열량	실제 난방시의 난방효율 (작을수록 좋음)
	획득열량	실제 난방시의 난방효율 (클수록 좋음)

5. 주요 열교부위에 대한 내/외단열 공동주택 연간 손실, 획득열량 비교

5.1 연간 손실, 획득열량 평가 방법

(3) 손실, 획득열량 정의 및 난방용 온수공급 조건

- 난방용 온수공급 조건

일 최저 외기온도(°C)	운전횟수 (회/일)	운전시간 (시간)	운전 시각 (시)	온수온도 (°C)
-10 이하	3	8	4~7, 11~13, 17~20	65
-10 ~ -5	3	7	4~6, 11~13, 17~20	
-5 ~ 15	2	4	4~6, 17~19	

- 서울지역 표준 기후데이터 분석 결과 7, 8월에는 일 최저 외기온도가 모두 15°C를 초과하여 난방용 온수공급 필요 없는 것으로 나타남
- 6, 9월의 경우 난방용 온수공급이 필요한 시간은 총 720시간 중 각각 8, 16시간에 불과한 것으로 나타남
- 6~9월 동안에는 난방용 온수공급이 불필요한 것으로 간주, 난방용 온수공급 모델링한 경우의 연간 손실, 획득열량 평가시 6~9월은 제외

5. 주요 열교부위에 대한 내/외단열 공동주택 연간 손실, 획득열량 비교

5.1 연간 손실, 획득열량 평가 방법

(4) 해석조건

■ 연간 비정상상태 전열해석 조건

해석 조건	<ul style="list-style-type: none"> • Time Step Interval = 30분 • Start-up Calculation Duration = 6일 • Maximum Number of Iterations = 10,000 • Maximum Temperature Difference = 0.0001°C • Heat Flow Divergence for Total object=0.001% • Heat Flow Divergence for Worst Node = 1%
----------	--

■ 실내외 경계조건

구 분		실내측		실외측	
		설정온도 (°C)	표면열전달율 (W/m ² ·°C)	설정온도 (°C)	표면열전달율 (W/m ² ·°C)
동계	12~2월	20	5.8	서울지역 표준 기후데이터 건구온도	34.0
춘추계	3~5월, 9~11월	23	5.8		28.4
하계	6~8월	26	5.8		22.7

5. 주요 열교부위에 대한 내/외단열 공동주택 연간 손실, 획득열량 비교

5.1 연간 손실, 획득열량 평가 방법

(4) 해석조건

■ 재료 물성치

구 분	재료명	열전도율 (W/m·°C)	비중 (kg/m ³)	비열 (J/kg·°C)
내단열 및 외단열 시스템 공동 재료	콘크리트	1.720	2,240	879
	경량기포콘크리트	0.114	650	1,173
	모르타르	0.930	1,950	921
	석고보드	0.326	940	1,130
	미네랄 울	0.035	50	838
	압출 발포폴리스틸렌	0.029	43	1,220
	PVC	0.170	1,390	900
	Glass	1.000	2,470	750
	X-L 파이프	0.324	930	1,600
물	0.660	979	4,188	

5. 주요 열교부위에 대한 내/외단열 공동주택 연간 손실, 획득열량 비교

5.1 연간 손실, 획득열량 평가 방법

(4) 해석조건

■ 재료 물성치

구분	재료명	열전도율 (W/m ² ·°C)	비중 (kg/m ³)	비열 (J/kg·°C)
외단열 시스템 적용재료	접착제	0.353	1,493	717
	베이스코팅재	0.181	1,761	914
	마감재	0.196	1,521	965



(a) 접착제 (b) 베이스코팅재 (c) 마감재

▶ 외단열 시스템 적용 재료 물성 측정용 시편

5. 주요 열교부위에 대한 내/외단열 공동주택 연간 손실, 획득열량 비교

5.2 연간 손실, 획득열량 비교

(1) 설치 단열재 체적

전면 외벽-슬라브 접합부 (m ³)		측벽-슬라브 접합부 (m ³)		후면 외벽-슬라브 접합부 (m ³)	
내단열	외단열	내단열	외단열	내단열	외단열
0.159 (0.0%)	0.084 (-47.4%)	0.286 (0.0%)	0.300 (+4.9%)	0.255 (0.0%)	0.164 (-35.6%)

5. 주요 열교부위에 대한 내/외단열 공동주택 연간 손실, 획득열량 비교

5.2 연간 손실, 획득열량 비교

(2) 난방용 온수공급 모델링 안한 경우 연간 손실열량 (난방부하)

월	전면 외벽-슬라브 접합부 (MJ)		축벽-슬라브 접합부 (MJ)		후면 외벽-슬라브 접합부 (MJ)	
	내단열	외단열	내단열	외단열	내단열	외단열
1	327,929.6	306,800.6	119,509.1	75,161.2	237,099.2	208,801.6
2	241,546.8	225,934.9	88,880.3	56,004.0	174,932.6	154,166.7
3	241,367.9	224,226.5	89,567.3	56,521.8	175,660.0	153,477.5
4	153,501.2	142,486.2	57,719.8	36,499.6	112,005.6	97,941.1
5	88,893.8	81,963.6	33,796.2	21,402.0	65,211.7	56,563.7
6	55,614.4	51,128.4	21,062.0	13,370.5	40,784.0	35,274.0
7	28,979.9	26,850.2	9,847.7	6,116.2	20,782.7	18,064.7
8	18,803.5	17,743.4	4,912.9	2,913.8	12,862.8	11,348.1
9	31,208.9	29,390.8	9,775.1	5,959.7	21,948.0	19,448.5
10	113,618.8	105,888.9	41,646.3	26,222.7	82,414.6	72,442.9
11	211,144.5	197,392.4	76,712.5	48,256.4	152,604.1	134,469.9
12	287,946.2	269,517.8	105,851.8	66,674.3	208,413.8	183,858.3
계	1,800,555.4 (0.0%)	1,679,323.5 (-6.7%)	659,281.1 (0.0%)	415,102.2 (-37.0%)	1,304,719.1 (0.0%)	1,145,857.0 (-12.2%)

5. 주요 열교부위에 대한 내/외단열 공동주택 연간 손실, 획득열량 비교

5.2 연간 손실, 획득열량 비교

(3) 난방용 온수공급 모델링 안한 경우 연간 획득열량 (냉방부하)

월	전면 외벽-슬라브 접합부 (MJ)		축벽-슬라브 접합부 (MJ)		후면 외벽-슬라브 접합부 (MJ)	
	내단열	외단열	내단열	외단열	내단열	외단열
1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	914.7	884.8	28.3	0.0	530.9	476.2
6	2,012.3	1,944.2	60.9	0.0	1,164.6	1,041.1
7	7,168.4	6,852.1	1,128.6	541.5	4,582.4	4,044.2
8	12,044.3	11,478.7	2,819.7	1,636.5	8,052.9	7,179.7
9	7,742.8	7,338.6	1,637.2	891.1	5,136.8	4,507.8
10	218.2	231.1	0.0	0.0	120.3	127.0
11	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
12	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
계	30,100.8 (0.0%)	28,729.5 (-4.6%)	5,674.7 (0.0%)	3,069.2 (-45.9%)	19,587.9 (0.0%)	17,375.9 (-11.3%)

5. 주요 열교부위에 대한 내/외단열 공동주택 연간 손실, 획득열량 비교

5.2 연간 손실, 획득열량 비교

(4) 난방용 온수공급 모델링 한 경우 연간 손실열량 (실제 난방시 난방효율, 작을수록 좋음)

월	전면 외벽-슬라브 접합부 (MJ)		측벽-슬라브 접합부 (MJ)		후면 외벽-슬라브 접합부 (MJ)	
	내단열	외단열	내단열	외단열	내단열	외단열
1	288,655.3	276,252.4	83,393.9	58,459.5	195,495.9	181,852.7
2	212,831.5	203,638.0	62,510.4	43,757.8	144,554.8	134,430.0
3	212,386.6	203,176.6	64,584.4	44,664.4	145,655.7	134,552.7
4	132,722.3	127,136.2	38,083.8	27,734.6	90,632.1	84,536.0
5	75,539.8	72,300.2	20,615.1	15,500.5	51,713.0	48,083.3
6	-	-	-	-	-	-
7	-	-	-	-	-	-
8	-	-	-	-	-	-
9	-	-	-	-	-	-
10	98,198.1	94,334.3	25,970.1	19,303.1	66,963.9	62,325.4
11	186,382.9	178,907.8	54,092.1	37,861.2	127,154.5	118,037.7
12	253,073.2	242,964.1	74,279.5	52,055.8	172,272.8	160,346.4
계	1,459,789.6 (0.0%)	1,398,709.5 (-4.2%)	423,529.3 (0.0%)	299,337.0 (-29.3%)	994,442.6 (0.0%)	924,164.2 (-7.1%)

5. 주요 열교부위에 대한 내/외단열 공동주택 연간 손실, 획득열량 비교

5.2 연간 손실, 획득열량 비교

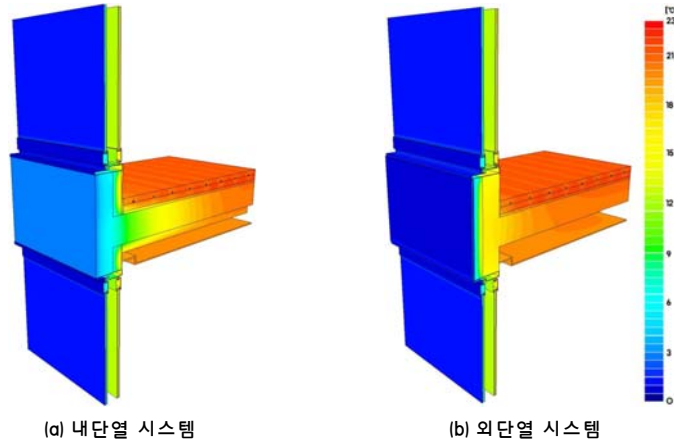
(5) 난방용 온수공급 모델링 한 경우 연간 획득열량 (실제 난방시 난방효율, 클수록 좋음)

월	전면 외벽-슬라브 접합부 (MJ)		측벽-슬라브 접합부 (MJ)		후면 외벽-슬라브 접합부 (MJ)	
	내단열	외단열	내단열	외단열	내단열	외단열
1	154,313.8	161,557.7	136,860.3	152,897.3	178,688.8	191,961.9
2	111,194.0	116,413.9	98,651.3	110,147.5	128,763.9	138,284.4
3	98,649.9	103,660.1	87,852.7	97,970.9	114,303.8	122,979.5
4	95,116.7	100,394.2	84,098.7	93,746.4	110,310.6	118,713.6
5	81,720.2	86,391.3	71,637.0	78,686.4	94,363.3	100,838.0
6	-	-	-	-	-	-
7	-	-	-	-	-	-
8	-	-	-	-	-	-
9	-	-	-	-	-	-
10	94,366.3	99,691.7	83,201.4	91,734.0	109,542.1	116,977.2
11	98,572.1	103,621.5	87,304.3	97,432.6	114,324.8	122,735.4
12	134,539.1	140,910.6	119,293.6	133,186.1	155,805.9	167,291.9
계	868,472.2 (0.0%)	912,641.0 (+5.1%)	768,899.2 (0.0%)	855,801.1 (+11.3%)	1,006,103.1 (0.0%)	1,079,781.8 (+7.3%)

5. 주요 열교부위에 대한 내/외단열 공동주택 연간 손실, 획득열량 비교

5.2 연간 손실, 획득열량 비교

(6) 년중 최저 외기온 발생 시각의 구조체 온도분포

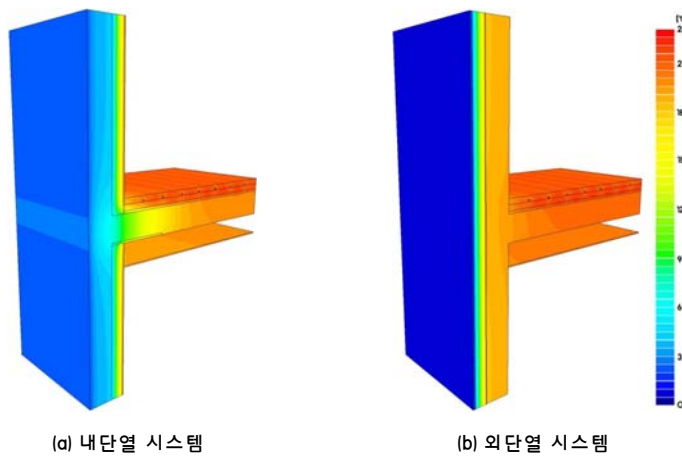


▶ 최저 외기온(-12.2℃) 발생 시각의 전면 외벽-슬라브 접합부 온도분포

5. 주요 열교부위에 대한 내/외단열 공동주택 연간 손실, 획득열량 비교

5.2 연간 손실, 획득열량 비교

(6) 년중 최저 외기온 발생 시각의 구조체 온도분포

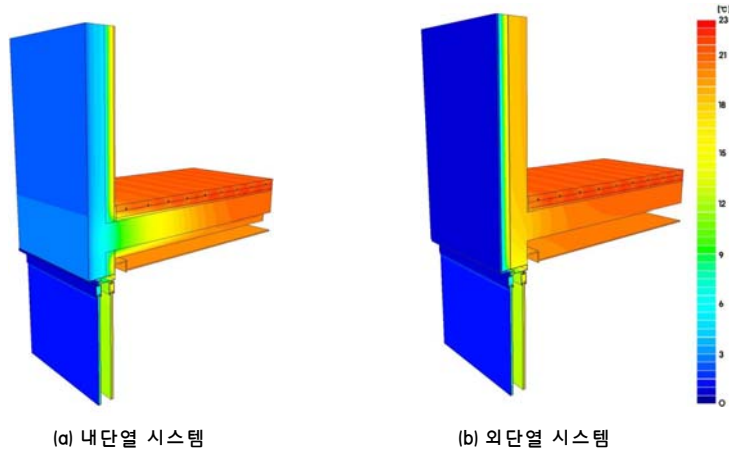


▶ 최저 외기온(-12.2℃) 발생 시각의 측벽-슬라브 접합부 온도분포

5. 주요 열교부위에 대한 내/외단열 공동주택 연간 손실, 획득열량 비교

5.2 연간 손실, 획득열량 비교

(6) 년중 최저 외기온 발생 시각의 구조체 온도분포



▶ 최저 외기온(-12.2℃) 발생 시각의 후면 외벽-슬라브 접합부 온도분포

6. 주요 열교부위에 대한 내/외단열 공동주택 선형 열관류율 비교

6.1 선형 열관류율 산출 개요

- 선형 열관류율 : ISO 10211:2007에서 정한 열교부위 단열성능 지표 => 선형 열교부위를 통한 단위길이당 실내외 단위온도차당 손실열량 의미
- Physibel BISCO 프로그램 이용 2차원 정상상태 전열해석, 선형 열관류율 산출
- 전면 외벽-슬라브 접합부, 축벽-슬라브 접합부, 세대 간벽-외벽 접합부, 세대 간벽-지붕 슬라브 접합부 4개 부위에 대한 선형 열관류율 산출

6. 주요 열교부위에 대한 내/외단열 공동주택 선형 열관류율 비교

6.2 선형 열관류율 비교

부위	전면 외벽-슬라브 접합부	측벽-슬라브 접합부	세대 간벽-외벽 접합부	세대 간벽-지붕 접합부
도면				
내단열	0.546W/mK (0.0%)	0.610W/mK (0.0%)	0.959W/mK (0.0%)	0.697W/mK (0.0%)
외단열	0.198W/mK (-63.7%)	0.154W/mK (-74.8%)	0.083W/mK (-91.4%)	0.050W/mK (-92.8%)

7. 결 론

- 열화상 장치를 이용, 외단열 공동주택과 인근의 내단열 공동주택에 대한 동계 난방시 외표면 온도 분포 촬영 결과,
 - 외단열 공동주택의 벽-슬라브 접합부 외표면 온도는 외벽에서는 5.2~5.3°C, 측벽에서는 7.6~7.8°C 낮아, 절대 다수를 차지하는 국내 내단열 공동주택에서 동계 난방시 열교로 인한 열손실 매우 큼을 확인함
- 공동주택 기준층 전면 외벽-슬라브 접합부의 경우, 외단열 적용으로 열교제거시
 - 설치 단열재 체적: 47.4% 감소
 - 난방부하 및 냉방부하: 6.7% 및 4.6% 감소
 - 실제 난방시 난방효율: 손실열량 4.2% 감소, 획득열량 5.1% 증가
- 공동주택 기준층 측벽-슬라브 접합부의 경우, 외단열 적용으로 열교제거시
 - 설치 단열재 체적: 4.9% 증가
 - 난방부하 및 냉방부하: 37% 및 45.9% 감소
 - 실제 난방시 난방효율: 손실열량 29.3% 감소, 획득열량 11.3% 증가
- 공동주택 기준층 후면 외벽-슬라브 접합부의 경우, 외단열 적용으로 열교제거시
 - 설치 단열재 체적: 35.6% 감소
 - 난방부하 및 냉방부하: 12.2% 및 11.3% 감소
 - 실제 난방시 난방효율: 손실열량 7.1% 감소, 획득열량 7.3% 증가

7. 결 론

- 연간 손실, 획득열량 평가 대상 부위를 기준으로 할 경우, 국내 공동주택에서 외단열 적용에 의한 열교제거만으로도,
 - 난방부하는 평균 18.6%, 냉방부하는 평균 20.6% 감소 가능함
 - 실제 난방시 손실열량은 평균 13.5% 감소 및 획득열량은 평균 7.9% 증가 가능함
- 주요 열교부위에서의 선형 열관류율(선형 열교부위를 통한 단위길이당 실내외의 단위온도차당 손실열량)은 외단열 적용에 의한 열교제거만으로도 63.7~92.8% 감소
- 난방용 온수배관이 바닥에 설치되는 국내 공동주택에서 열교제거를 통한 에너지절약 효과는 매우 큼
- 국내 공동주택에서 열교제거를 통한 에너지절약 위해서는,
 - 열교부위 단열성능 지표로서 선형 열관류율 계산방법 규정한 ISO 10211:2007의 국내 표준화(KS F ISO 10211:2009)
 - 건축물의 설비기준 등에 관한 규칙, 지역별 부위별 열관류율 규정상에, Passive House에서와 같이 열교부위 선형 열관류율 상한값 설정
 - 건물에너지효율등급인증제도 상에서 공동주택 난방 에너지소비량 산출시 유럽의 경우에서와 마찬가지로 열교부위 손실열량 포함
 - 외단열이나 기타 열교제거 공법의 설계, 시공기술 개발 및 적용 적극 유도

8. 참고문헌

- Seung-Yeong Song, Bo-Kyoung Koo, Bo-Hye Choi, Energy performance evaluation in the case of applying external insulation and finish system to the wall-slab joints in apartment building envelope, Procs. of SB08 Melbourne World Sustainable Building Conference, Vol.2, 2008.9, pp.1837-1844
- Seung-Yeong Song, Bo-Kyoung Koo, Bo-Hye Choi, Comparison of internal and external insulation systems for thermal bridges adjacent to hot water heating pipes, JAABE(심사중)
- 송승영, 구보경, 최보혜, 내, 외단열 시스템 적용시의 공동주택 기준층 전면 외벽-슬라브 접합부 및 측벽-슬라브 접합부 단열성능 비교 평가, 대한건축학회논문집(계획계) 24권 8호, 2008.8, pp.277-284
- 송승영, 구보경, 최보혜, 내, 외단열 시스템 적용시 공동주택 후면 외벽-슬라브 접합부의 에너지성능 비교평가, 대한건축학회 학술발표대회논문집, 28권 1호, 2008.10, pp.551-554
- 송승영, 열교제거를 통한 공동주택의 에너지소비 절감량, 한국건설기술연구원 건설안전 및 건자재표준화 기반구축 표준기술력 향상사업 워크샵(창호의 단열성능 및 열교표준화를 위한 워크샵), 2009.2.16, 일산 킨텍스 2108호
- 송승영, 열화상과 전열해석 시뮬레이션에 의한 외단열 공동주택의 에너지성능 평가, 한국건설기술연구원 International Thermography Technical Seminar in Energy Performance for Net Zero Energy Home & Building, 2009.4.27, 코엑스 컨퍼런스센터 304호