

제로에너지 공동주택 구현을 위한
기밀성능 향상방안 연구
Improving Airtightness Performance
for Implementation
of Zero Energy Apartment Building

연구지원 2020-144호

제로에너지 공동주택 구현을 위한 기밀성능 향상방안 연구

지은이 박정하 · 김길태 · 곽병창 · 김태호 · 김성용 · 강기연

발행인 황희연

발행처 한국토지주택공사 토지주택연구원

편 집 박정하

주소 (우)30065 대전광역시 유성구 엑스포로 539번길 99

전화/전송 044) 902-9137 / 044) 902-9130

전자우편 jhpark@lh.or.kr

홈페이지 <http://lhi.lh.or.kr>

- 이 출판물은 우리 공사의 업무상 필요에 의하여 연구·검토한 기초자료로써 공사나 정부의 공식적인 견해와 관계가 없습니다.
- 우리 공사의 승인 없이 연구내용의 일부 또는 전부를 다른 목적으로 이용할 수 없습니다.

연구지원 2020-144

제로에너지 공동주택 구현을 위한
기밀성능 향상방안 연구
Improving Airtightness Performance
for Implementation
of Zero Energy Apartment Building

참여연구진

연구총괄

박정하 LH 토지주택연구원 주택성능연구개발센터 책임연구원

공동연구진

김길태 LH 토지주택연구원 주택성능연구개발센터 수석연구원

곽병창 LH 토지주택연구원 주택성능연구개발센터 책임연구원

김태호 LH 토지주택연구원 주택성능연구개발센터 책임연구원

김성용 LH 토지주택연구원 주택성능연구개발센터 연구원

강기연 LH 주택기술처 주택기술부 차장

연구심의위원(가나다순)

김종엽 LH 토지주택연구원 주택성능연구개발센터 센터장

전주영 LH 토지주택연구원 주택성능연구개발센터 연구위원

정승호 LH 공공지원건축사업단 차장

조원제 LH 서울지역본부 주택리모델링부 부장

조우진 삼성물산 책임

최경석 한국건설기술연구원 센터장

홍구표 강원대학교 교수



연구 요약

□ 연구의 배경 및 필요성

- 기후위기에 대응하기 위한 건물에너지소비량 저감의 필요성이 전세계적인 이슈로 대두되고 있으며, 우리나라에서도 2025년 공동주택의 제로에너지 건축물 이행 예정
- 제로에너지 건축물을 구현하기 위한 필수적 요소인 단열 강화나 고효율 설비 등의 기술은 이미 고도화되어있고 경험과 노하우가 축적되어 있는 반면, 건물 냉난방부하의 최대 40%까지 영향을 미치는 창기에 대한 대책으로 현재 기밀수준보다 기밀 성능의 강화가 필요하나 이를 위한 설계,시공 단계에서부터의 기밀 기준과 적용방안이 부재

□ 선행연구와의 차별성

- 현재 건물의 기밀성능은 준공 후 성능을 파악할 수 있어 설계 시공단계에서 기밀성능을 구현할 방법이 마련되어 있지 않음
- 5년 후로 다가온 제로에너지 건축물 이행을 대비하여 기밀성능 향상을 위해 적용 가능한 기밀기술을 검토하고, 기밀성능 향상 목표에 따른 적용방안이 제시되어야 함
- 본 연구에서는 2025년 공동주택의 제로에너지 건축물 이행에 앞서, 기밀성능 향상목표를 수립하고 목표 달성을 위한 기밀기술의 적용방안을 마련하고자 함

□ 검토 내용

- 공동주택 기밀성능 관련 문헌조사 및 현황분석
- 공동주택 제로에너지 구현을 위한 기밀성능 목표 설정
- 기밀성능 단계별 기밀기술 적용 및 성능평가
- 공동주택 기밀성능 향상을 위한 기밀기술 적용방안 제시

□ 연구 결과

○ 공동주택 기밀성능 현황분석

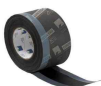
- 최근 4년간 건물에너지효율등급 인증 대상 공동주택 기밀성능 조사(총 738세대) 결과, 신축공동주택의 기밀성능은 현재 ACH@50 3.0회/h 수준으로 에너지성능등급이 높을수록 기밀성능도 좋은 경향이 있었으며 특히 1++등급이상의 경우 2.0 회/h 이하의 기밀성능을 보임
- 최근 2년간 준공된 패시브하우스(10개 사례)의 경우 1.0회/h 이하로 나타남

○ 공동주택 제로에너지 구현을 위한 기밀성능 목표

단계	1단계	2단계	3단계
달성시기	2022년	2025년	2035년 이후
기밀성능 (ACH@50)	3.0 회/h	2.0 회/h	1.5 회/h 이하
비고	· 제로에너지 의무화 준비 · '22년 나설예정 기준 기밀성능 · 친환경설비학회 기준 에너지절약건물 수준	· 제로에너지 의무화 시행 · 제로에너지 인증 5등급 달성을 위한 성능목표	· 제로에너지 고도화 · 친환경설비학회 기준 '제로에너지 건물' 수준

○ 공동주택의 주요 기밀부위와 적용가능한 기밀자재 조사

- 공동주택의 주요기밀부위 분석 결과 창호/ 배관콘센트/ 조적 부위로 구분할 수 있으며, 적용방법과 적용가능한 자재기술을 조사 분석함

기밀부위	적용 방법	적용 가능한 기밀자재		
창호와 구조가 만나는 틈새	창호 내외부 틈새에 우레탄 충진 후 테이프 적용 또는 방습제/ 실란트 도포	<기밀테이프> 	<탄성도막 가변형 방습제> 	<고성능 실란트> 
	창호 테두리에 폭에 맞는 팽창테이프 부착후 창호 시공	<팽창 테이프> 		
배관 /콘센트	관통부에 배관이나 콘센트 크기에 맞는 기밀캡 또는 전용 테이프 사용	<배관용 기밀테이프> 		<콘센트 기밀캡> 
		<탄성도막 가변형 방습제> 		
조적	조적조에 뽀칠 또는 에어리스로 분무하여 시공			

○ 창호적용 기밀기술의 비교

– 기밀성능에 가장 큰 영향을 미치며 적용방법이 다양한 창호 기밀기술을 비교

방법 항목		기존 시공법	기밀테이프	팽창테이프	탄성도막 방습제	고성능 실란트
기밀시공 구성		폼 충전 + 실란트	폼 충전 + 프라이머 + 기밀테이프	팽창테이프	폼 충전 + 탄성도막 방습제	폼 충전 + 고성능 실란트
시공 성	시공 난이도	–	별도 교육 필요	별도 교육 필요	쉬움	기존 시공법과 동일
	시공 시간	–	– 프라이머, 접착제 도포 후 시공 – 창호에 미리 설치 가능 (개당 30분)	창호 1개당 30분	– 완전 건조에 6시간 이상 필요 – 2회 도포	기존 시공법과 동일
일 위 대 가 (원/m)	재료비	2,500원	7,000~9,000원	5,000~6,000원	4,000원	12,000원
	노무비	3,500원	5,000~8,000원	3,000원	4,000원	3,500원
84㎡Type 확장형 세대 시공비용*		약 35만원	약 70~100만원	약 47~53만원	약 48만원	약 92만원

* 1세대 시공시 산출한 금액이며, 자재 및 현장의 조인트 부위 크기 등에 따라 변동이 있을 수 있음.

○ 기밀성능 현장평가 챔버 제작

- 현장에서의 주요 기밀기술 적용이 가능하고 기밀성능 평가시스템이 구축된 기밀성능 현장평가 챔버를 제작(3 × 3 × 6(m), 목조패널라이징 구조)
- 공동주택의 주요 기밀부위(창호, 배관 및 콘센트)에 기밀 시공하여 단계별 기밀성능 목표와 비교

기밀성능평가 챔버	기밀시공 적용 부위	
	창호	벽체 및 천정
	프레임 주위 벽체와 접합부 기밀테이프 시공	배관, 배기구, 콘센트 부위 기밀 테이프 시공
		

○ 기밀성능 현장평가 챔버의 기밀성능 측정

- Blower Door(TEC Duct Bluster)로 50Pa에서의 감압법, 가압법으로 측정하였으며 결과, 주요 기밀부위에 기밀시공한 상태인 1차측정에서 2.11회/h, 기밀취약 부위 보완 및 창호 기밀작업 후 측정한 2차측정에서는 1.38회/h 로 나타남

구 분	내 용	감압법	가압법	평균
1차 측정	창호 및 벽체 등 기밀시공, 1등급 창호	2.00회/h	2.23회/h	2.11회/h
2차 측정	기밀취약부위 보완 및 창호 기밀작업	1.27회/h	1.49회/h	1.38회/h

- 현장평가 챔버는 목구조임과 작은 체적(37m³)으로 일반 Con'c조 주택에 비해 기밀에 불리함에도 챔버에 적용한 기밀시공 수준이 2단계(2.0회/h), 기밀취약 부위 보완 후에는 3단계(1.5회/h) 목표 달성이 가능하다고 판단되나, 실제 공동 주택에 동일 시공 및 평가를 통해 목표의 검증 및 조정 필요

○ 단계별 기밀성능 달성방안 제안

- 본 연구에서 제시한 단계별 기밀성능 목표의 달성방안을 제안함

단계	기밀성능 (ACH@50)	기밀성능 달성방안	비고
1단계 (2022)	3.0회/h	현행 수준의 시공	2022년 LH 설계기준
2단계 (2025)	2.0회/h	1단계 수준 + 창호, 배관 접합부, 조적조 등 주요 기밀 부위 기밀시공 + 기밀시공 관리*	*기밀시방 준수 및 작업자 교육
3단계 (2035~)	1.5회/h 이하	2단계 수준 + 고기밀 시스템 창호 적용 + 엄격한 기밀 시공 관리**	**기밀 숙련공에 의한 시공 및 시공중 기밀부위 확인

□ 기대효과

- 기밀성능향상을 위한 적용방안 제시를 통해 제로에너지 관련 제도 강화에 따른 대응 기술기반 구축과 기밀성능 강화로 주택성능 향상 기대
- 향후 LH 공동주택의 제로에너지 및 기밀 관련 기술 적용을 위한 설계기준 및 시방 활용

주제어 제로에너지, 공동주택, 기밀기술, 기밀성능평가

차 례

제1장 서론	1
1.1 연구의 배경 및 목적	3
1.2 연구 내용 및 추진일정	6
제2장 건물 기밀성능 및 제로에너지 관련 문헌 고찰	7
2.1 건물 기밀성능 개요	9
2.1.1 건물 기밀의 개념 및 중요성	9
2.1.2 건물 기밀성능 표현 및 측정 방법	10
2.1.3 건물 기밀 관련 기준 및 제도	12
2.2 제로에너지 건축물의 정의 및 기준	14
2.3 선행연구 분석	16
제3장 제로에너지 구현을 위한 기밀성능 목표 설정	19
3.1 공동주택 기밀성능 현황 분석	21
3.2 제로에너지 구현을 위한 기밀성능에 따른 ECO2 시뮬레이션 검토	25
3.3 기밀성능 단계별 목표 설정	28
제4장 공동주택의 주요 기밀부위 및 적용기술 분석	31
4.1 공동주택의 주요 기밀부위 분석	33
4.2 공동주택 적용 기밀기술 분석	37
4.2.1 기밀 기술 분석 개요	37
4.2.2 기밀 기술 분석	38
4.2.3 기밀 자재의 기밀성능 비교방법 검토	48
제5장 기밀기술 성능평가 및 기밀성능 향상방안 제안	51

5.1 기밀성능 현장평가 챔버 구축 및 성능평가	53
5.1.1 기밀기술 적용 및 기밀성능평가를 위한 챔버 제작	53
5.1.2 기밀성능평가 챔버의 기밀성능 측정	57
5.2 단계별 목표에 따른 기밀성능 향상방안 제안	59
 제6장 결론	 61
 참고문헌	 65
 부 록	 71



표 차례

[표 1-1] 과제 추진 일정	6
[표 2-1] 기밀성능 측정방법 비교	10
[표 2-2] 국외 기밀성능 관련 기준	12
[표 2-3] 국내 기밀성능 관련 기준	13
[표 2-4] 기타 국내외 기밀성능 관련 기준	13
[표 2-5] 제로에너지 건축물 인증 조건	15
[표 2-6] 제로에너지 건축물 인증 등급기준	15
[표 2-7] 공동주택 기밀성능 현황 관련 연구	16
[표 2-8] 기밀부위별 기여도 및 기밀기술 관련 연구	17
[표 2-9] 건물 기밀성능 측정방법 관련 연구	17
[표 2-10] 기밀수준에 따른 에너지성능 영향 분석 연구	18
[표 3-1] 기존 문헌의 신축공동주택 기밀성능 측정결과	21
[표 3-2] 기존 LH 신축공동주택 기밀성능 측정결과	21
[표 3-3] 건축물에너지효율등급 본인증 신축공동주택의 기밀성능	22
[표 3-4] 건축물에너지효율등급별 기밀성능	23
[표 3-5] 최근 2년간 완공된 패시브하우스의 기밀성능	24
[표 3-6] 기밀성능목표 설정을 위한 ECO2 시뮬레이션 개요	25
[표 3-7] 59㎡ Type 2018년 설계기준 시뮬레이션 결과	26
[표 3-8] 59㎡ Type 2022년 설계기준 시뮬레이션 결과	26
[표 3-9] 84㎡ Type 2018년 설계기준 시뮬레이션 결과	26
[표 3-10] 84㎡ Type 2022년 설계기준 시뮬레이션 결과	27
[표 3-11] 제로에너지 공동주택 구현을 위한 단계별 기밀성능 목표	29
[표 4-1] 국토부 제로에너지 관련 자료의 주요 기밀부위	34

[표 4-2] 기존 문헌의 공동주택 주요 기밀부위	35
[표 4-3] 공동주택의 주요 기밀부위와 적용가능 기밀자재	36
[표 4-4] 기밀 기술 분석 개요	37
[표 4-5] 84㎡확장형 Type 1세대 창호기밀시공 물량 산출표	45
[표 4-6] 창호적용 기밀기술 비교	46
[표 4-7] 가압법 50Pa에서의 침기량 및 환기횟수	50
[표 5-1] 기밀성능평가 챔버 기밀시공 적용 내용	53
[표 5-2] 기밀성능평가 챔버 제작안	54
[표 5-3] 기밀성능 챔버에서의 기밀자재 성능비교 Pilot Test 결과	56
[표 5-4] 기밀성능평가 챔버 기밀성능측정 결과	57
[표 5-5] 단계별 기밀성능 목표 및 기밀성능 달성방안	59



그림 차례

[그림 1-1] 제로에너지 건축 단계적 의무화 로드맵	3
[그림 1-2] 기밀성능 향상방안 필요성	4
[그림 2-1] 기밀한 건물(좌)과 기밀하지 않은 건물(우)의 차이	9
[그림 2-2] 제로에너지 건축물의 개념	14
[그림 2-3] 제로에너지 건축물의 정의	14
[그림 3-1] 건축물에너지효율등급 본인증 신축공동주택 기밀성능 분포	22
[그림 3-2] 건축물에너지효율 등급별 기밀성능	23
[그림 3-3] 시공중 기밀성능 평가	24
[그림 4-1] 건물의 일반적인 누기 발생부위	33
[그림 4-2] 건물의 기밀층 형성	33
[그림 4-3] 공동주택의 주요 기밀부위	34
[그림 4-4] 기밀기술 시공성 분석 및 자료	37
[그림 4-5] 팽창테이프	38
[그림 4-6] 팽창테이프 팽창 전(좌)과 후(우)	39
[그림 4-7] 팽창테이프 시공	39
[그림 4-8] 다양한 기밀테이프	40
[그림 4-9] 기밀테이프 시공 방법	41
[그림 4-10] 탄성도막 가변형 방습제	42
[그림 4-11] 탄성도막 방습제 시공	43
[그림 4-12] 탄성도막 방습제 에어리스 시공	43
[그림 4-13] 고성능 실란트	44
[그림 4-14] 콘센트 기밀캡	44
[그림 4-15] 전동 댐퍼	47

[그림 4-16] 아크릴 시편 제작 개요(좌) 및 우레탄 폼 충전(우)	48
[그림 4-17] 기존 실란트 마감(좌),기밀테이프(중), 탄성도막제 도포(우)	48
[그림 4-18] 자연환기 성능평가 장치	49
[그림 4-19] 기밀자재 시료 장착 후 시험 모습	49
[그림 4-20] 실증실험동 대상 공간 및 시편 장착 모습	50
[그림 5-1] 기밀성능평가 챔버의 기밀성능 평가방법 개요	54
[그림 5-2] 구조체(패널라이징) 제작 및 현장설치 모습	55
[그림 5-3] 부위별 기밀시공 모습	55
[그림 5-4] 기밀시공 완료 후 모습	55
[그림 5-5] 기밀성능챔버에서의 기밀자재 성능비교를 위한 Pilot Test	56
[그림 5-6] 기밀성능평가 및 기밀취약부위 보완	57

제 1 장 서 론

LANDS
LINGUISTIC
HISTORY

&

제1장 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

- [기후 위기 및 국제적 대응] 지구온난화 가속화로 이른바 ‘기후 위기 시대’에 접어들면서 온실가스 감축을 위한 국제적 협력과 노력이 이루어지고 가운데 2015년 ‘제21차 유엔기후변화협약 당사국총회’에서 산업화 이전 대비 2°C 이내의 지구의 기온상승을 목표로 하는 온실가스 배출량 감축목표를 합의하는 파리협정이 채택
- [국가 온실가스 감축 목표] 우리나라는 「2030 국가 온실가스 감축 로드맵 수정안(2018.07.)」에 따라 온실가스 감축목표(2030년 BAU대비 37%)를 수립하였고, 에너지소비량의 약 1/5을 차지하는 건물분야¹⁾의 경우 약 64.5백만 톤의 온실가스 감축을 목표로 함²⁾



[그림 1-1] 제로에너지 건축 단계적 의무화 로드맵

- [제로에너지 건축물 성능 강화] 이를 위해 「제로에너지건축 보급 확산 방안(2019.06.)」에 따라 기존 계획을 조정하여 강화된 제로에너지 로드맵에 다른 단계적 의무화가 진행되고 있으며, 대표적 주거유형인 공동주택의 경우(30세대 이상) 2025년부터 제로에너지 건축물로의 이행 예정([그림 1-1] 참조)³⁾

1) 한국에너지공단(2020), '2020 에너지통계 핸드북', 2018년 부문별 최종에너지 소비량 추이 중 가장상업분야(17.8%) 및 공공분야(2.4%)의 합산 비중임
2) 환경부 보도자료(2018), '2030 온실가스 감축 로드맵 수정안 및 2018~2022년 배출권 할당계획 확정'
3) 한국에너지공단(2020), '제로에너지빌딩 홍보책자' (zeb.energy.or.kr)

- **[기밀성능 향상 필요성]** 제로에너지 공동주택을 달성하기 위해 고효율 설비적용, 열성능 강화 등이 이루어지고 있으나, 건물 냉난방 부하에 20~40%까지 영향⁴⁾을 미치는 침기(Infiltration)에 의해 발생하는 에너지 손실에 대한 대책마련 필요
- **[기밀성능 구현의 문제점]** 현재까지 국내에서는 건물 에너지 성능과 관련하여 준공시점의 현장 기밀성능 측정값을 활용하기 때문에 제로에너지 공동주택을 구현하기 요소들 중 다른 성능기준에 비해 기밀성능 기준은 상대적으로 완화되어 다뤄지고 있으며, 현장에서의 기밀성능 측정시에도 개구부 또는 틈새의 밀봉방법의 차이와 현관문에서의 Fan 설치로 현장 측정 기밀성능과 실제 건축물의 성능과는 다소 차이가 발생하여 기존 공동주택의 기밀성능 향상에 대한 대응은 부진한 상태임. 특히, 설계시공단계에서 건물의 기밀성능을 정확하게 알기 어려워 설계단계에서부터 시공단계까지 기밀성능 목표에 따른 기밀성능을 구현할 수 있는 기밀성능 향상방안이 필요함([그림 1-2] 참조)



[그림 1-2] 기밀성능 향상방안 필요성

- **[기밀 수준에 따른 방안 필요]** 제로에너지 목표를 만족할 수준을 달성하기 위해서는 현재 3.0회(ACH@50Pa)를 상회하는 수준의 신축공동주택 기밀성능에서 단계적으로 기밀성능 수준을 향상하기 위한 기밀성능 구현 방안의 마련이 시급함
- **[기밀 기술자료의 부족]** 공동주택의 기밀성능 현황과약, 최신 기밀/시공 방안,

4) 조재훈 외(2014), '제로에너지 건물 구현을 위한 국가 기밀도 기준 정립 및 측정방법(KS)개발' 최종보고서, 국토교통과학기술진흥원

기밀기술의 현장 적용성 검토, 기밀성능 단계별 목표비용에 따른 기밀기술 적용 방안 등 설계시공단계에서 건축물의 에너지 성능목표에 따른 기밀성능 구현이 가능한 기술자료가 부족한 상황

- 따라서 본 연구에서는, 2025년 공동주택의 제로에너지 건축물 이행을 대비하고자 기밀성능 단계별 목표를 수립하고, 기밀성능 향상을 위한 기밀 부위의 분석, 기밀자재와 기술의 선정 방안 검토와 적용방안에 따른 기밀기술을 평가하여 제로에너지 공동주택 추진에 대비한 기밀성능 향상 방안을 마련하고자 함

1.2 연구 내용 및 추진일정

○ 상기의 연구목표 달성을 위한 세부 연구 내용은 다음과 같으며, 과제추진 일정은 [표 1-1]에 나타냄

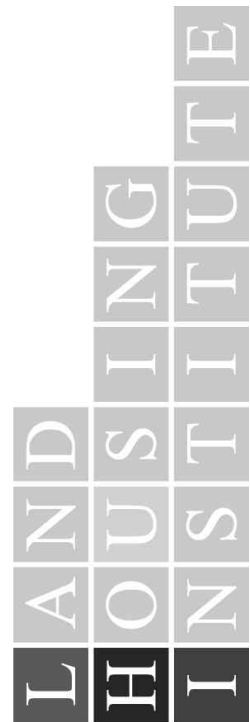
- 공동주택 기밀성능 관련 문헌조사 및 현황분석
- 공동주택 제로에너지 구현을 위한 기밀성능 목표 설정
- 기밀성능 단계별 기밀기술 적용 및 성능평가
- 공동주택 기밀성능 향상을 위한 적용방안 제시

[표 1-1] 과제 추진 일정

주요 연구내용	2020년										
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
기밀 관련 문헌조사											
기밀성능 현황 분석 및 특성 도출											
기밀성능목표 설정											
기밀단계별 적용가능 기밀기술 검토											
단위 기밀기술 현장시공											
기밀기술 적용방안 제시											
최종보고서 작성											
공 정 누 계(%)					50					100	

제 2 장

건물 기밀성능 및 제로에너지 관련 문헌 고찰

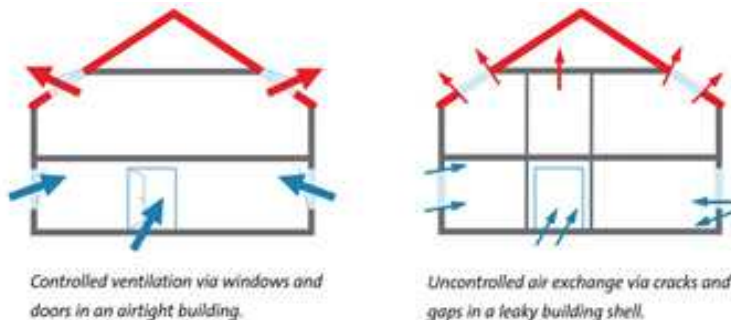


제2장 건물 기밀성능 및 제로에너지 관련 문헌 고찰

2.1 건물 기밀성능 개요

2.1.1 건물 기밀의 개념 및 중요성

- 건물의 외피를 통해 실내에서 외기로 이동하는 공기는 환기(Ventilation), 침기(Infiltration), 누기(Exfiltration)가 있으며 환기가 실내공기 청정 등을 목적으로 의도된 공기의 이동을 의미하는 반면, 침기와 누기는 의도되지 않은 공기의 이동으로 에너지 성능 저하, 결로발생, 차음성능 저하, 내부 공기 오염 등을 유발함
- 건물의 기밀도(Airtightness)란, 건물의 외피 전체 또는 외피를 구성하는 재료나 자재의 공기 유출입에 저항하는 정도를 의미하며, 모든 건물에서는 의도되지 않은 공기의 이동을 차단하기 위해 높은 수준의 기밀성이 요구됨
- [그림 2- 1]⁵⁾은 기밀한 건물과 기밀하지 않은 건물의 차이를 보여주고 있음



[그림 2-1] 기밀한 건물(좌)과 기밀하지 않은 건물(우)의 차이

5) Proinsulation 홈페이지, proinsulation.le

2.1.2 건물 기밀성능 표현 및 측정 방법

- 건물의 기밀성능을 나타내는 방법은 크게 아래 네 가지 방법이 널리 사용되고 있음⁶⁾
 - CMH50(mh) : 실내외 압력차를 50Pa로 유지하기 위해 실내에 불어 넣어야 할 기류량으로, 건물의 기밀성능을 나타내는 가장 흔한 척도임
 - ACH50(h⁻¹) : 건물의 외피에 50Pa의 압력이 작용하고 있을 때 실내 공기가 몇 번 교환되는 지를 의미하며, 서로 다른 크기의 건물에서 기밀성능을 비교할 때 유용하게 쓰임
 - ELA(Effective Leakage Area, 유효누기면적)(cm²/m²) : 4Pa에서 발생하는 누기량과 같은 양의 공기가 새는 면적
 - EqLA(Equivalent Leakage Area, 상당누기면적)(cm²/m²) : 10Pa에서 발생하는 누기량과 같은 양의 공기가 새는 면적
- 한편, 건물의 기밀성능은 크게 압력차 측정법(Fan pressurization method)과 가스 추적법(Tracer gas method) 두 가지 방법이 있으며, [표 2-1]⁷⁾에 두 방법의 차이를 비교하였음

[표 2-1] 기밀성능 측정방법 비교

	압력차 측정법(Fan pressurized method)	가스 추적법(Tracer gas method)
특성	실내로 외기를 도입하여 가압 또는 실내공기를 외부로 방출시켜 실내 감압 후 실내외 압력차가 임의의 설정값에 도달하였을 때 팬의 풍량으로 침기량 또는 누기량을 산정하는 방법	추적가스(SF ₆ 또는 CO ₂)를 분사시켜 시간에 따른 감소량을 측정하는 방법
장점	- 기상조건에 큰 영향을 받지 않음 - 발연기 및 기류측정기를 사용하여 누기 부위를 검출 가능 - 설치가 간단하며 적은비용으로 신속하게 기밀성능을 파악	건물의 실제 환기량 측정이 가능하며 시간에 따른 누기량 변화 및 장기간의 측정이 가능함
단점	실제 거주조건하에서의 환기량 측정 어려움	- 외부 기상조건에 영향을 많이 받음 - 특정 누기부위를 구분하기 어려움 - 측정비용이 상대적으로 높음

6) 조재훈 외(2014), '제로에너지 건물 구현을 위한 국가 기밀도 기준 정립 및 측정방법(KS) 개발' 최종보고서, 국토교통과학기술진흥원

7) 이윤규 외(2011), '건축물 기밀성능 기준 개발 연구' 최종보고서, 국토해양부

- 압력차 측정법은 가스측정법에 비해 설치가 간단하고 추후 침기 및 누기부위의 사후관리에 용이한 면이 있어 압력차 측정법에 의한 기밀성능 측정방법이 선호되고 있음('KS L ISO 9972 단열-건물 기밀성 측정-팬 가압법')
- 압력차 측정법의 경우 팬 가압 또는 감압을 위해 측정장비를 현관 또는 창문에 설치하는데 측정장비의 설치위치에 따라 측정값의 차이가 발생(많게는 33%)⁸⁾ 하는 것으로 나타나며, 준공 전후의 측정시점(Method A, Method B)에 따른 기밀 성능의 차이가 발생하여 준공 전 건물의 실질적 기밀성능을 측정하기 어렵고 준공 후 기밀 성능 확인이 가능함
- 현재 우리나라의 건축물 에너지효율등급 인증에서 6회(ACH@50Pa)의 기밀값을 적용하여 예비인증 후, 준공시점에서 기밀성능 측정값을 입력한 결과에 따라 본인증을 받게 되어 실제 설계 및 시공단계에서의 기밀성능 향상에 대한 중요성이 부각되고 있지 않음
- 따라서, 기밀성능과 기밀측정 방법이 제시되고 있음에도 불구하고 기밀성능 향상을 위해서는 설계 및 시공단계에서부터 건물의 기밀성능을 확보하기 위한 방안이 필요함

8) 지경환 외(2016), '공동주택의 준공 전후 측정 시점에 따른 기밀성능 비교', 한국건축친환경설비학회 논문집, v.10,n.1, pp.55-60

2.1.3 건물 기밀 관련 기준 및 제도

- 국외의 기밀성능 기준은 설계 및 시공특성, 기밀성능 데이터 등 해당 국가의 실정에 따라 시행되고 있으며, [표 2-2]⁹⁾에 각국의 기밀성능 관련 기준을 정리함

[표 2-2] 국외 기밀성능 관련 기준

국가	관련기준 (측정방법)	기밀성능기준	측정조건	측정결과 표현
미국	ASHRAE 90.1 (ASTM E779)	CFM75/ft ² ≤0.6	풍속 2m/s 이하, 온도 5~35 °C 이내	Handbook-Leaky
		CFM75/ft ² ≤0.3		Handbook-Average
		CFM75/ft ² ≤0.1		Handbook-Tight
일본	JIS (JIS A-1516)	0.5 ACH@10Pa(RC조)	풍속 5.6 m/s 이하	EqLA@4Pa
		0.7 ACH@10Pa(조적조)		
		1.0 ACH@10Pa(기타)		
영국	Building Regulation Part L2 (BS EN 13829)	<10m ³ /h · m ² @50	풍속 6m/s 이하 250m · K 이하	m ³ /h · m ²
독일	Passive house (DIN EN 13829)	ACH@50≤0.6	—	50Pa 에서의 회 /h
	EnEV (DIN EN 13829)	ACH@50≤1.5~3.0	—	
프랑스	CSTB	ACH@50≤0.2	—	50Pa 에서의 회 /h

9) 조재훈 외(2014), '제로에너지 건물 구현을 위한 국가 기밀도 기준 정립 및 측정방법(KS) 개발' 최종보고서, 국토교통과학기술진흥원

- 우리나라의 경우 「에너지절약형 친환경주택의 건설기준」과 「건축물의 에너지절약 설계기준」에서 건물 기밀성능에 대해 [표 2-3]과 같이 명시하고 있으나, 창호의 기밀성능 외 건물의 기밀성능에 대한 구체적 기준과 측정법에 대한 내용은 없음

[표 2-3] 국내 기밀성능 관련 기준

구 분		내 용
에너지절약형 친환경주택의 건설기준 (국토교통부 고시)	제 7 조 (설계조건)	(고단열 고기밀 강재문) · 거실내의 방화문과 외기에 직접면하는 세대현관문 : 기밀성능 1 등급 · 외기에 간접면하는 세대현관문 : 기밀성능 2 등급 이상
		(외기에 직접면하는 창호의 기밀성능) · KS F2292 창호의 기밀성 시험방법에 의해 1 등급 이상
건축물의 에너지절약 설계기준 (국토교통부 고시)	제 6 조 (건축부문의 의무사항)	건축물 외피 단열부위의 접합부, 틈 등은 밀폐될 수 있도록 코킹과 가스켓 등을 사용하여 기밀하게 처리
	제 7 조 (건축부문의 권장사항)	창 및 문 등 개구부 둘레와 배관 및 전기배선이 거실의 실내와 연결되는 부위는 외기가 침입하지 못하도록 기밀하게 처리함

- 한국건축친환경설비학회의 『KIAEBS C-1: 2013, 건축물의 기밀성능 기준』에서는 건물에너지 성능에 따른 기밀기준을 제시하고 있음¹⁰⁾
- 독일 패시브하우스 인증기준에서 패시브하우스의 기밀성능은 0.6회/h 이하로 규정
- 2022년 적용 예정인 LH 설계기준의 기밀성능은 에너지절약건물 수준인 3.0회/h

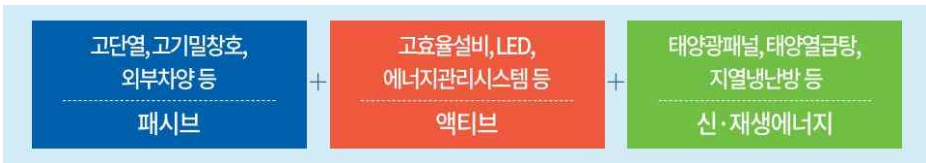
[표 2-4] 기타 국내외 기밀성능 관련 기준

구 분	내 용	
건축물의 기밀성능기준 (한국건축친환경설비학회)	모든 건물	5.0 ACH@50 이하
	에너지절약건물	3.0 ACH@50 이하
	제로에너지건물	1.5 ACH@50 이하
독일 패시브하우스 인증기준		0.6 ACH@50 이하
`22년 LH 설계기준 기밀성능		3.0 ACH@50 이하

10) 한국건축친환경설비학회(2013), 『KIAEBS C-1: 2013, 건축물의 기밀성능 기준』

2.2 제로에너지 건축물의 정의 및 기준¹¹⁾

- 제로에너지 건축물은 「녹색건축물 조성 지원법」 제2조(정의)제4호에 따르면 ‘건축물에 필요한 에너지부하를 최소화하고 신에너지 및 재생에너지를 활용하여 에너지 소요량을 최소화하는 녹색건축물’을 의미([그림 2-2] 참조)



[그림 2-2] 제로에너지 건축물의 개념

- 제로에너지 건축물은 [그림 2-3]과 같이 ZEB Ready, nZEB, NZEB, PLUS Energy Building 등 다양하게 구분되고 있으며 각국의 기술경제적 여건을 고려하여 선택적으로 정의하고 있으나, 우리나라에서는 제로에너지 보급 활성화 측면에서 Nearby ZEB를 제로에너지 건축물로 인정하고 있음

ZEB Ready	· Zero Energy Building Ready · 일본, 영국 등에서 사용되고 있는 개념으로 자국 시장수용능력에 따라 충격을 완화하고자 정의한 신재생을 제외한 저 에너지 빌딩 수준의 건축물
nZEB	· Nearly Zero Energy Building · 제로에너지건축물 구축의 경제적 현실성을 고려하여 건물에서 사용되는 에너지용도를 구분하고, 한정된 용도에너지의 사용량을 제로화 하는 건축물
NZEB	· Net Zero Energy Building · 건물 효율화를 통해 에너지 사용량을 큰 폭으로 저감한 후, 신재생에너지 발전을 통해 연간 에너지사용량을 "0"으로 유지
Plus Energy Building	· Plus Energy Building · 건물이 필요로 하는 에너지보다 더 많은 양의 에너지를 신재생에너지원으로부터 생산하여 에너지저장장치(ESS)에 저장하거나 인접한 건물 또는 전력망에 공급

[그림 2-3] 제로에너지 건축물의 정의

11) 한국에너지공단, 제로에너지빌딩 홍보책자

- 2025년부터 추진되는 우리나라의 건물 제로에너지 이행은 2017년부터 시행하고 있는 제로에너지건축물 인증을 근간으로 하고 있으며, 인증을 위한 조건과 등급은 [표 2-5] , [표 2-6]과 같음

[표 2-5] 제로에너지 건축물 인증 조건

구분	내용	비고
조건 1	건축물 에너지효율등급 1++ 이상	ECO2 평가시 주거용 건축물의 경우 해당 바닥면적별 난방냉방급탕조명환기 에너지소요량을 산출, 1차에너지소요량이 90kWh/m ² ·yr 미만
조건 2	에너지자립률 20% 이상	$\text{에너지 자립률 (\%)} = \frac{\text{단위면적당 1차에너지생산량 (kWh/m}^2\text{·yr)}}{\text{단위면적당 1차에너지소비량 (kWh/m}^2\text{·yr)}} \times 100$
조건 3	BEMS 또는 원격검침 전자식 계량기 설치	체크리스트 평가항목(데이터 수집 및 표시 등 BEMS 9개 항목, 원격검침계량기 6개항목)별 적용여부 판단

[표 2-6] 제로에너지 건축물 인증 등급기준

ZEB등급	에너지자립률
1등급	에너지자립률 100% 이상
2등급	에너지자립률 80% 이상 ~ 100% 미만
3등급	에너지자립률 60% 이상 ~ 80% 미만
4등급	에너지자립률 40% 이상 ~ 60% 미만
5등급	에너지자립률 20% 이상 ~ 40% 미만

2.3 선행연구 분석

- 국내 2007년 이후 기밀 관련 연구는 2010년대 초반 에너지 성능기준 강화 분위기와 함께 활발히 진행되어왔고, 관련 선행연구는 크게 공동주택 기밀현황 관련 연구, 기밀부위별 기여도 및 기밀기술 관련 연구, 기밀성능 측정방법 관련 연구, 기밀 수준에 따른 에너지성능 영향도 분석 관련 연구 등으로 구분할 수 있으며, 분석 결과는 [표 2-7],[표 2-8],[표 2-9],[표 2-10]과 같음

－ 공동주택 기밀성능 현황 관련 연구

[표 2-7] 공동주택 기밀성능 현황 관련 연구

논문명	저자, 연도	내용
Blower Door를 이용한 국내 주거용 건물의 기밀도 실측 사례 분석	권오현 외 (2010)	기존/신축 주택을 대상으로 기밀성능을 측정한 결과, 최근 건물은 1.85~3.79, 20~30년전 건물의 경우 9.03~12.91의 환기 횟수를 보임
초고층 주거건물에서의 단위세대 기밀성능 성능측정 및 평가	조재훈 외 (2010)	초고층 주거건물 2개동(240세대) 대상으로 블로어도어 측정 수행한 결과, 1.8~3.8회로, 편치윈도우 창은 2.4회, 커튼월 타입 3.1회이며 바닥면적이 증가할수록 ACH50값은 작아짐
단위세대 기밀성능 측정 및 에너지 관련기준 평가	신현국 외 (2012)	146세대 블로어도어 측정결과 ACH50 1.4~3.7(평균 2.3회)로, 기존보다 시공관리, 시공능력향상, 기밀자재 개발로 성능 향상이 이루어진 것으로 판단되나 패시브 기준에는 여전히 부족한 수준으로 국내 실정에 맞는 성능기준과 기밀 시공방안이 마련되어야 함
신축 공동주택의 누기특성 및 기밀성능 분석에 관한 연구	이윤규 외 (2013)	신축 공동주택의 기밀성능 측정 결과 약 ACH50 2.8/h로 나타났으며, 팬의 설치위치에 따라 33%, 자연환기 설비가설치된 공동주택의 경우 25% 정도 차이를 보임
국내 저에너지 주택의 기밀성능 현황 분석	안나 외 (2013)	일반 공동주택 1.96~7.87의 값에 비해 패시브주택의 기밀성능은 RC조 0.54~0.87(평균 0.7), 목구조 및 경량철골조의 경우 0.43~1.54(평균 1.0)으로 나타났으나, 독일 패시브 기밀기준 0.6에 미치지 못하는 수준이며 이는 적정 시공 매뉴얼의 부재로 기밀화 시공 수준의 차이가 나기 때문임

－ 기밀부위별 기여도 및 기밀기술 관련 연구

[표 2-8] 기밀부위별 기여도 및 기밀기술 관련 연구

논문명	저자, 연도	내용
기밀시공관리에 따른 건물의 기밀도 현황 연구	박선호 외 (2007)	기밀시공 및 시공관리가 집중된 단독주택은 0.67회까지 기밀하였고, 기밀시공에 대한 업무지침을 전달하여 유경험자가 시공한 경우(공동주택) 1.37회, 관리인된 건물은 3.74회로 나타나며, 이는 시공관리에 따른 기밀성능의 차이를 드러내는 결과임
Blower Door를 이용한 고기밀 공동주택의 기밀성능 평가	김승철 외 (2011)	고단열 공동주택을 대상으로 블로어도어를 이용해 침기성능을 측정하고 취약부위를 판단한 결과 전체밀폐시 1.65, 전체 제거시 1.96으로 20% 차이가 발생했으며 창문을 밀폐한 비닐을 제거했을 때 변화량이 45%를 차지함
패시브 디자인을 적용한 주택의 기밀성에 관한 실측 사례 연구	이태구 외 (2013)	패시브주택을 대상으로 Blower Door 테스트를 수행하였으며, 기밀성능을 높이기 위해 필요한 주요 침기부위(문과 창호 자체, 창호 및 외벽 결합, 콘센트 등)를 확인
공동주택 기밀성 향상을 위한 요소별 기여도 분석	홍구표 외 (2013)	2세대를 대상으로 기밀성능에 영향을 미치는 요소를 전기, 설비1(물이동), 설비2(공기이동), 건축요소(창호)로 구분하였고 기밀성능은 2.58ACH50, 2.35ACH50으로 각 요소별 부위에 밀봉후 제거에 따라 기밀성능을 확인해본 결과 전기, 설비1(물)에서는 미미한 차이이며, 설비2까지 개방한 경우에도 기밀성능은 13%정도 차이로 창호밀봉 제거시 0.69→2.35로 가장 큰 기밀성 변화가 나타남
국내 고층 공동주택의 기밀성능 특성 분석 및 누기부위 조사	지경환 외 (2016)	공동주택 857세대를 대상으로 기밀성능을 측정하고 주요 누기부위를 확인하였으며, 주요 누기부위로 현관문, 창호프레임 접합부, 환기 및 배기배관 관통부 등으로 확인

－ 건물 기밀성능 측정방법 관련 연구

[표 2-9] 건물 기밀성능 측정방법 관련 연구

논문명	저자, 연도	내용
건물의 기밀성능 측정에서의 가감압법 테스트조건 비교	신현국 외 (2011)	블로어도어 가감압법 중 감압법이 높게 나타나며, (17~23%) 이는 창호가 침기 차단 구조이기 때문으로 차압범위는 저압과 고압 모두 포함하는 10~75pa에서 측정해야하며, 측정회수에 따른결과 1회 측정시 10회 측정시보다 17~6%차이가 나고 있음을 밝힘
공동주택의 준공 전후 측정 시점에 따른 기밀성능 비교	지경환 외 (2016)	건물에서의 ISO 9972 Method A,B,C에 따른 기밀성능을 실측하여 비교하였고 준공 후 외부와 연결되는 환기, 배기의 밀봉처리하는 방법(Method C)에 의해 측정하였을 때 가장 기밀성능이 좋은 것으로 확인함

－ 기밀 수준에 따른 에너지성능 영향 분석 연구

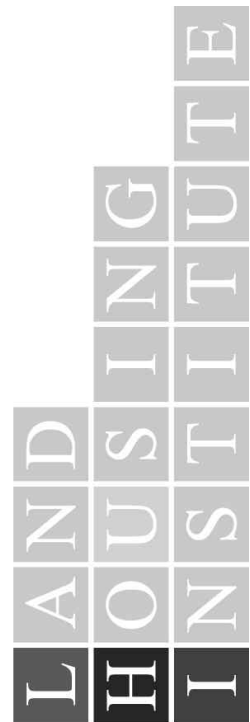
[표 2-10] 기밀수준에 따른 에너지성능 영향 분석 연구

논문명	저자, 연도	내용
건물 구조 특성에 따른 기밀성능 및 난방 에너지 요구량 분석	이수인 외 (2015)	공동주택의 구조특성에 따른 기밀성능을 실측하고 난방에너지 요구량을 분석하였으며, 벽식보다 라멘구조에 누기발생이 높은 접합부가 많지 않아 기밀도가 떨어지는 것으로 나타났으며, 에너지 요구량도 약 11.5% 더 많음
공동주택의 기밀성능 확보에 따른 에너지 요구량 절감률 변화에 관한 연구	강기남 외 (2017)	기밀성능이 패시브수준으로 향상될 경우 일반 건물의 기밀 기준에 비해 난방에너지 요구량이 약 37.3% 저감됨을 확인할 수 있으며, 현재수준 3회수준에서 1.5회로 낮출 경우 약 14.5%의 난방부하 저감이 가능

- 선행연구 분석 결과, 최근의 기밀 관련 연구는 건물 에너지 절감을 위해 공동주택의 기밀수준 파악과 영향도 및 성능평가방법을 분석하는 연구위주로 수행되었고, 기밀성능 향상을 위한 구체적 적용방안을 도출하지 못한 한계점이 있음

제 3 장

제로에너지 구현을 위한 기밀성능 목표설정



&

제3장 제로에너지 구현을 위한 기밀성능 목표설정

3.1 공동주택 기밀성능 현황 분석

○ 공동주택의 기밀성능 현황

- [표 3-1]은 2009년 이후 기밀성능 관련 연구 및 보고서에서 실시한 신축공동주택의 기밀성능 측정 결과를 나타낸 것이며, 4.57회/h ~ 2.59회/h 로 나타남

[표 3-1] 기존 문헌의 신축공동주택 기밀성능 측정결과

논문 /보고서	대상 세대 수	기밀성능 (ACH@50Pa)
문현준 외 (2009)	3	4.57
권오현 외 (2009)	4	3.98
윤재옥 외 (2013)	27	2.98
지경환 외 (2017)	487	2.59
이지연 외 (2019)	36	3.42

- 김길태 외(2013)의 연구¹²⁾에서는 LH 신축공동주택 2개단지 15세대를 대상으로 기밀성능을 측정하였으며, 측정 결과 [표 3-2]와 같이 15세대 평균 3.24회/h 로 나타남

[표 3-2] 기존 LH 신축공동주택 기밀성능 측정결과

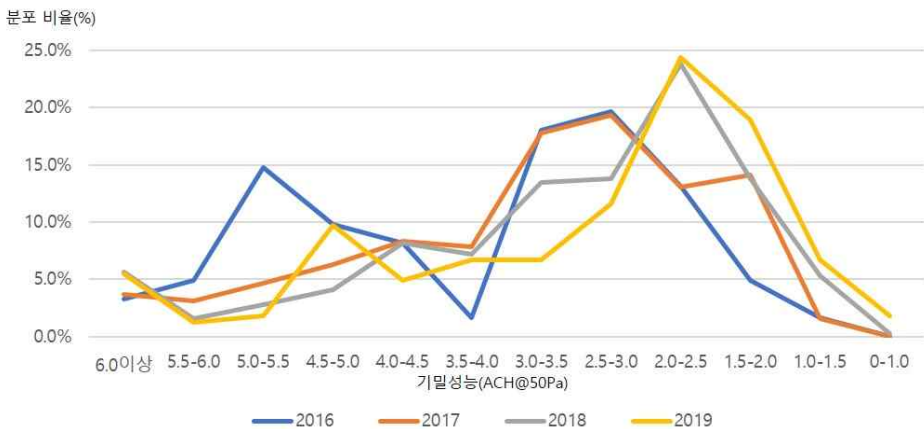
구 분	대상 세대 수	기밀성능 (ACH@50Pa)
노은 4단지	5	2.37
위례신도시	10	3.68
합계/평균	15	3.24

12) 김길태 외(2013), '노후 임대주택의 에너지 성능향상을 위한 개선방향 연구' 최종보고서, 토지주택연구원

- [표 3-3], [그림 3-1]은 건축물에너지효율등급 인증 대상 신축공동주택의 최근 4년간(2016년~2019년) 본인증시 측정한 738개 단지의 기밀성능 값을 분석한 결과¹³⁾를 보여주고 있으며, 3.67회/h(2016년)에서 2.97회/h(2019년)로 계속 기밀성능이 향상되어 현재 약 3.0회/h 수준을 보이고 있음을 알 수 있었음

[표 3-3] 건축물에너지효율등급 본인증 신축공동주택의 기밀성능

년도	2016년	2017년	2018년	2019년
대상 단지	61	191	321	165
기밀성능 (ACH@50Pa)	3.67	3.30	3.11	2.97



[그림 3-1] 건축물에너지효율등급 본인증 신축공동주택 기밀성능 분포

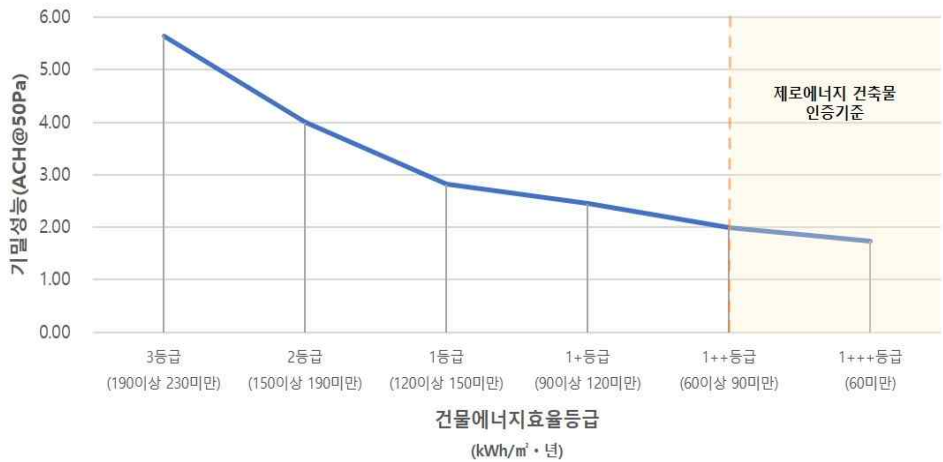
- 건물의 에너지 성능과 기밀성능은 밀접한 연관성을 갖는데, [표 3-4], [그림 3-2]는 4년간 738개 단지 건축물에너지효율등급 본인증시 기밀성능 값을 건축물에너지효율 등급별로 정리한 결과를 보여주며, 실제로 건축물에너지효율 등급이 높을수록 기밀성능 또한 좋은 경향이 있음을 나타내고 있음
- 특히, 제로에너지 건축물 인증 취득을 위한 조건인 건축물에너지효율등급

13) 한국에너지공단으로부터 제공받은 자료를 정리한 결과임

1++이상(90kWh/m²·년) 대상 건축물에서는 2.0회/h 이하의 기밀성능임을 알 수 있었음

[표 3-4] 건축물에너지효율등급별 기밀성능

	대상 단지	에너지소요량 (kWh/m ² ·년)	기밀성능 (ACH@50Pa)
1+++등급	4	26.3	1.74
1++등급	3	79.4	2.00
1+등급	100	110.2	2.45
1등급	369	136.9	2.82
2등급	250	169.4	4.00
3등급	11	213.0	5.65
4등급	1	267.1	5.12



[그림 3-2] 건축물에너지효율 등급별 기밀성능

○ 패시브하우스(단독주택)의 기밀성능 현황

- [표 3-5]는 최근 2년간 완공된 RC조 신축 패시브주택 10개의 기밀성능을 조사¹⁴⁾한 결과를 나타낸 것으로, 패시브하우스의 경우 1.0회/h 이하 수준으로 구현하고 있음

[표 3-5] 최근 2년간 완공된 패시브하우스의 기밀성능

주택명	준공년도	기밀성능 (ACH@50Pa)	비고
은평 연서로 단독주택 (3.9L)	2019	0.21	철근콘크리트 구조
괴산군 단독주택 (4.4L)	2019	0.43	
군산시 단독주택 (3.0L)	2019	0.48	
세종 로렌하우스	2019	0.35~0.53	
오산 로렌하우스	2019	0.46~0.99	
세종 도담패시브하우스 (1.4L)	2019	0.24	
아산시 동화리 주택 (4.6L)	2018	0.43	
장성군 진원면 주택 (3.1L)	2018	1.16	
장동 단독주택 (2.8L)	2018	0.68	
대전 도룡동 단독주택 (2.5L)	2018	0.76	

- 패시브하우스 수준¹⁵⁾으로 시공중인 사례의 기밀시공 현장을 2차례 방문¹⁶⁾하여 조사한 결과, [그림 3-3]과 같이 기밀시공시 시공단계에서부터 기밀성능을 확인하고 취약부위를 찾아 보완하는 시공관리를 실시하며 기밀 숙련공에 의해 시공되고 있었음



[그림 3-3] 시공중 기밀성능 평가

14) 한국패시브건축협회 홈페이지, www.phiko.kr 에서 발췌하여 정리한 자료임

15) 중간 기밀성능 측정 결과 기밀성능 약 1.0회/h(ACH@50Pa)로 나타남

16) 아산시 꿈샘어린이 청소년도서관 현장, (2020.7.21.기밀시공 및 7.31. 중간 기밀성능 평가)

3.2 제로에너지 구현을 위한 기밀성능에 따른 ECO2 시뮬레이션 검토

○ 기밀성능 단계별 ECO2 시뮬레이션 개요

- LH 표준 평면의 59㎡ 및 84㎡ type 공동주택을 대상으로 건축물에너지효율등급 및 제로에너지 등급 인증 프로그램인 ECO2를 활용하여, LH의 현행 단열 설계기준 (2018년)과 2022년 설계기준 적용시 기밀성능(ACH@50Pa, n/h) 단계별 변화에 따른 에너지 요구량(kWh/㎡·년)의 변화를 확인하고, 제로에너지 건축물 달성여부 (제로에너지 인증 5등급 달성)를 검토함
- [표 3-6]은 ECO2 시뮬레이션 개요를 나타냄

[표 3-6] 기밀성능목표 설정을 위한 ECO2 시뮬레이션 개요

구분	59㎡ Type		84㎡ Type	
	2018년 설계기준	2022년 설계기준	2018년 설계기준	2022년 설계기준
형태	공동주택(1세대)	최동	최동	최동
외벽평균 열관류율	0.539 W/㎡·K	0.500 W/㎡·K	0.385 W/㎡·K	0.351 W/㎡·K
벽체면적	54.11㎡	최동	90.02㎡	최동
창 및 문 면적비	29.6%	29.6%	23.1%	최동
전열교환기 효율	냉방(60%) 난방(75%)	최동	냉방(60%) 난방(75%)	최동
난방방식	개별난방	최동	최동	최동
보일러 효율	콘덴싱(91%)	콘덴싱(92%)	콘덴싱(91%)	콘덴싱(92%)
조명밀도	8W/㎡	5W/㎡	8W/㎡	5W/㎡
기밀성능	6회/h~3회/h : 1회/h 간격, 3회/h~0.5회 : 0.5회/h 간격으로 입력(ACH@50Pa)			

- 제로에너지 인증등급 달성여부 검토를 위해서 에너지 자립률 평가가 필수적으로 신재생에너지 생산량의 가정이 필요하며, 유정현 외(2020)의 연구¹⁷⁾에 따르면 개별난방 공동주택에 PV시스템이 측벽까지 설치되는 경우 제로에너지 5등급 달성이 가능한 것으로 나타났고, 이때 신재생에너지시스템에 의한 생산량¹⁸⁾은 실제 단지를 대상으로 산출한 값인 약 45kWh/m²·년을 활용
- [표 3-7], [표 3-8], [표 3-9], [표 3-10]은 시뮬레이션 결과를 나타냄

[표 3-7] 59m² Type 2018년 설계기준 시뮬레이션 결과(단위 : kWh/m²·년)

기밀성능 (ACH50/회)	6.0	5.0	4.0	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0	0.5
등급용 1차에너지 소요량	118.8	115.5	112.2	109.2	107.6	106	101.1	99.6	98.1
에너지 자립률(%)	18.0	18.3	18.7	19.1	19.3	19.5	20.1	20.3	20.5
제로에너지 인증등급	등급 외								

[표 3-8] 59m² Type 2022년 설계기준 시뮬레이션 결과(단위 : kWh/m²·년)

기밀성능 (ACH50/회)	6.0	5.0	4.0	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0	0.5
등급용 1차에너지 소요량	101.7	98.6	95.4	92.2	90.8	89.2	84.4	82.8	81.3
에너지 자립률	19.4	19.8	20.2	20.7	20.9	21.1	21.8	22.0	22.3
제로에너지 인증등급	등급외					5등급			

[표 3-9] 84m² Type 2018년 설계기준 시뮬레이션 결과(단위 : kWh/m²·년)

기밀성능 (ACH50/회)	6.0	5.0	4.0	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0	0.5
등급용 1차에너지 소요량	95.2	92.2	89.3	86.5	85.2	81.6	80.3	79.1	77.9
에너지 자립률	20.9	21.3	21.7	22.2	22.4	23.0	23.2	23.5	23.7
제로에너지 인증등급	등급외		5등급						

17) 유정현 외(2020), '공동주택의 에너지 자립수준 향상방안 연구' 최종보고서, 토지주택연구원

18) PV 옥상면적 40%(408m²)설치 및 측벽 설치(수직형 PV 효율 20%, 134kW/450세대), 표준형(용적률 147%) 단지를 대상으로 산정하였음

[표 3-10] 84㎡ Type 2022년 설계기준 시뮬레이션 결과(단위 : kWh/㎡·년)

기밀성능 (ACH50/회)	6.0	5.0	4.0	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0	0.5
등급용 1차에너지 소요량	78.6	75.7	72.8	70.0	66.5	65.2	63.9	62.7	61.5
에너지 자립률	22.7	23.2	23.7	24.2	24.9	25.2	25.5	25.7	26.0
제로에너지 인증등급	5등급								

- 시뮬레이션 결과, 84㎡ type의 경우 2022년 설계기준 적용시 45kWh/㎡·년 수준의 신재생에너지 생산시 기밀성능에 관계없이 제로에너지 등급달성이 가능하나, 84㎡ type에 비해 소형이고 창면적비가 증가하는 59㎡ type의 경우 2018년 현재 기준에서는 제로에너지 인증등급 달성이 불가능하고, 2022년 에너지 성능이 강화된 설계기준에서도 기밀성능 2.0회/h 이하일 경우에서 제로에너지 인증등급 달성이 가능한 것으로 나타남
- 1인가족 증가, 고령화 등의 요인으로 소형평형 주택의 공급과 그 비중은 갈수록 증가할 것으로 예상됨을 고려하면, 향후 에너지성능 강화를 위한 설계기준 적용이 예정되어있음에도 불구하고 공동주택에서 2025년 제로에너지 건축물 구현이 가능한 기밀성능은 2.0회/h 수준까지 향상이 필요한 것으로 판단됨

3.3 기밀성능 단계별 목표 설정

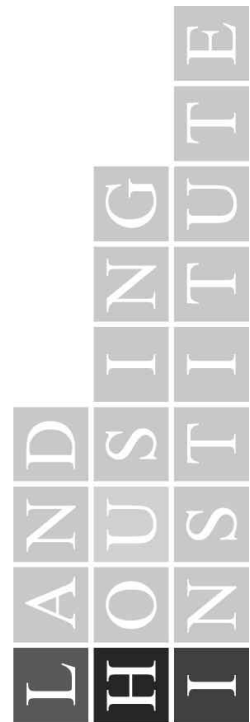
- 기밀성능 단계별 성능 기준
 - 본 장에서 수행한 기밀성능 현황과 기밀성능에 따른 ECO2 에너지성능 시뮬레이션 결과를 종합해 보면,
 - 현재 공동주택의 기밀성능은 매년 조금씩 상향되어 평균적으로 3.0회/h의 성능을 나타내고 있으며, 이는 2022년 설계기준의 기밀성능 목표와 같은 수준으로 현행 설계 및 시공 수준에서 별도의 기밀 기술 도입 없이 달성 가능
 - 그러나 2022년 도입 예정인 에너지성능이 강화 설계기준에도 불구하고 인증용 에너지 평가 시뮬레이션인 ECO2 평가 결과 제로에너지 건축물 구현(제로에너지 인증등급 5등급 이상)을 위해서는 기밀성능을 2.0회/h까지 향상이 바람직하며, 이는 현재 기밀성능 현황 조사결과에서 제로에너지 인증 등급 조건 중 하나인 건축물 에너지효율등급 1++등급 이하의 공동주택이 평균 2.0회/h 수준의 기밀성능을 구현하고 있음을 고려하면 적절한 성능으로 판단됨
 - 기밀성능 2.0회/h 수준에서 우리나라의 제로에너지 건축물 인증제에서 인정하는 제로에너지 등급 달성이 가능하더라도 지속적으로 건물자체의 에너지 절약 성능을 강화를 위해 공동주택의 기밀성능 또한 궁극적으로는 패시브하우스 수준에 가깝게 발휘되는 수준으로 향상해야 함
 - 최근의 패시브하우스 단독주택의 경우 공동주택과 같은 RC조에서도 1.0회/h 이하의 기밀성능을 구현하고 있으나, 이는 기밀기술 적용과 전문적인 시공관리에 의해 가능한 성능으로 단독주택에 비해 시공관리가 어렵고 국산 기밀자재의 수급을 고려하면 1.0회/h 이하의 기밀성능은 공동주택에서의 기밀기술 적용 및 시공관리 경험이 부족한 상태에서는 시기상조인 성능목표임
 - 따라서, 본 연구에서는 제로에너지 공동주택 구현을 위한 단계별 기밀성능 목표를 [표 3-11]과 같이 설정하였음

[표 3-11] 제로에너지 공동주택 구현을 위한 단계별 기밀성능 목표

단계	1단계	2단계	3단계
달성시기	2022년	2025년	2035년 이후
기밀성능 (ACH@50)	3.0 회/h	2.0 회/h	1.5 회/h 이하
비고	· 제로에너지 의무화 준비 · `22년 LH설계기준 기밀성능 · 친환경설비학회 기준 에너지절약건물 수준	· 제로에너지 의무화 시행 · 제로에너지 인증 5등급 달성을 위한 성능목표	· 제로에너지 고도화 · 친환경설비학회 기준 '제로에너지 건물' 수준

제 4 장

공동주택 주요 기밀부위 및 적용기술 분석

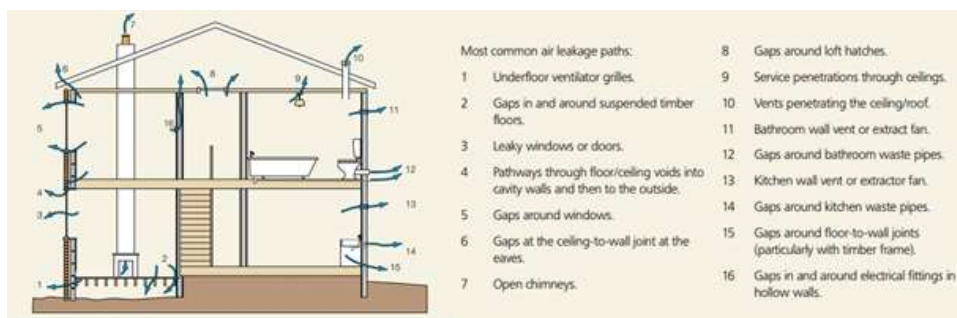


&

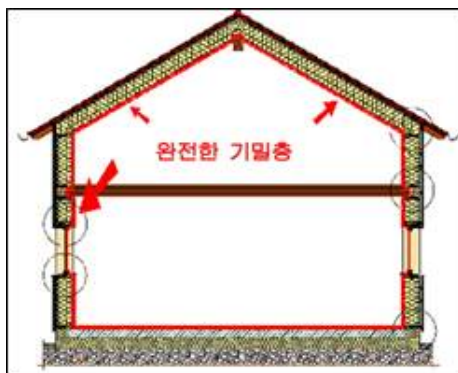
제4장 공동주택 주요 기밀부위 및 적용기술 분석

4.1 공동주택의 주요 기밀부위 분석

- 건물의 주요 누기 발생부위는 [그림 4-1]¹⁹⁾과 같이 벽과 지붕이 만나는 접합부, 개구부 틈새, 배관 관통 부위 등 다양하며, 따라서 건물의 기밀성능 확보를 위해서는 [그림 4-2]²⁰⁾와 같이 단열면 안쪽으로 완전한 기밀층을 형성해야 함



[그림 4-1] 건물의 일반적인 누기 발생부위

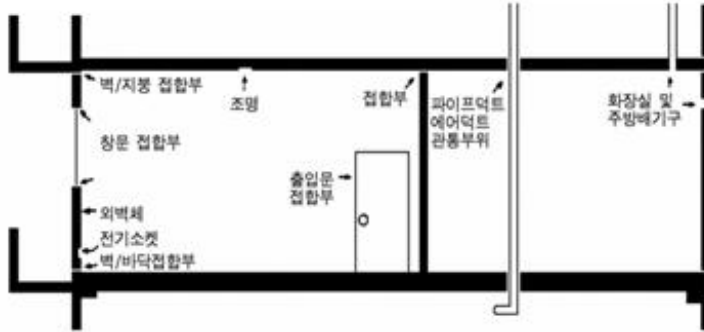


[그림 4-2] 건물의 기밀층 형성

19) Energy Saving Trust(2014), Improving airtightness in dwellings

20) 패시브건축협회 홈페이지 www.phiko.kr

- 건식 구조인 목구조의 경우 기밀층 형성을 위해 벽체 등에 별도의 투습, 방습층을 형성해야 하나 공동주택의 대부분은 RC조로, RC조는 실내 미장면이 기밀층의 역할을 수행하므로 목구조보다 기밀층 형성이 용이하며, 콘크리트면이 단절되는 [그림 4-3]²¹⁾과 같은 부위를 주요 기밀부위로 볼 수 있음



[그림 4-3] 공동주택의 주요 기밀부위

- 기존 문헌 분석을 통해 공동주택의 주요 기밀부위를 조사하였으며, 국토부 제로에너지 관련 가이드 및 자료에서는 [표 4-1]과 같이 기밀부위와 대응방안을 제시하고 있음

[표 4-1] 국토부 제로에너지 관련 자료의 주요 기밀부위

구분	주요 기밀부위 및 기밀 방안		비 고
공동주택의 제로에너지 설계 가이드라인 (2016)	기밀성이 높은 창문 및 문 적용	EN12207 통기량 기준 만족	
	창호 및 문 주변	기밀테이프 등 적용	
	배관·덕트·케이블 등 설비관통부위	기밀자재를 적용하여 틈새부위 방지	
제로에너지 건축물 인증 기술요소 참고서 (2020)	창호(틀)부위	실런트, 기밀테이프	창호공사시
	파이프 및 덕트	실런트, 기밀테이프	조적공사전
	조적벽	단열 우레탄 폼·기밀테이프	미장공사전
	전기배선	기밀소켓, 기밀테이프	내장공사후

21) 이윤규 외(2011), '건축물 기밀성능 기준 개발 연구' 최종보고서, 국토해양부

- [표 4-2]는 최근 10년간 기밀관련 논문과 보고서에서 제시하고 있는 공동주택의 주요 기밀부위를 나타냄

[표 4-2] 기존 문헌의 공동주택 주요 기밀부위

논문/보고서	주요 기밀부위		비 고
김승철 외(2011)	창문, 조명, 스위치 및 컨트롤러, 배수구, 에어컨, 점검구 순서		
국토해양부 보고서 (2011)	외피접합부위	구조체, 창호	
	간접외피 접합부위	현관문, 방화문, 기계실문, 세대간벽, 내부창호	
	설비관통 부위	급배수설비, 전기설비, 콘센트, 조명설비	
	환기설비 부위	기계환기설비, 자연환기설비, 화장실 배기설비, 에어컨, 레인지후드	
홍구표 외 (2013)	전기요소	감지기, 에어컨, 월패드, 스피커, 세대분전반, 통신단자, 원격검침기	창호에 의한 영향이 가장 크게 나타남
	설비요소 (물이동)	각종 배수구인 세면대, 욕조, 세탁기, 주방 싱크대	
	설비요소 (공기이동)	환기구, 주방배기 후드, 화장실 배기	
	건축요소	창호	
지경환 외 (2016)	현관 문 및 창호 프레임 접합부, 환기 및 배기를 위한 배관 관통부 주변, AD/PD 건축벽체 접합부, 벽체 접합부		기류 가시화장치로 조사

- 종합해보면, 공동주택의 주요 기밀부위는 크게 창호 부위, 배관 및 콘센트 부위, 조적 부위로 정리할 수 있음

○ [표 4-3]에 현재 공동주택의 주요 기밀부위에 적용가능한 기밀자재를 나타냄

[표 4-3] 공동주택의 주요 기밀부위와 적용가능 기밀자재

기밀부위	적용 가능자재		
창호	〈기밀테이프〉		
			
	〈팽창 테이프〉	〈탄성도막 가변형 방습제〉	〈고성능 실란트〉
			
배관/콘센트	〈배관용 기밀테이프〉		〈콘센트 기밀캡〉
			
조적	〈탄성도막 가변형 방습제〉		
			

4.2 공동주택 적용 기밀기술 분석

4.2.1 기밀 기술 분석 개요

- 기밀기술의 분석 및 평가를 위해 주요 부위에 적용가능한 국내 시판 및 적용 중인 기밀자재를 중심으로 용도 및 특징, 시공성, 자재비용, 기밀성능에 대해 분석하고자 하였으며, [표 4-4]와 [그림 4-4]는 분석 개요를 나타냄

[표 4-4] 기밀 기술 분석 개요

검토 항목	검토 방법	대상 자재
용도 및 특징	- 기존 문헌 (논문, 보고서) - 제조사 제공 자료 및 담당자 면담 /질의 (제조사 업체 : 프로클리마, 누리캡 (일브룩), 시가, 생고뱅 (이소바)) - 시험용 시편에 시험 시공	창호, 배관, 조적조용 기밀자재 (팽창테이프, 기밀테이프, 탄성도막 방습재, 고성능 실리콘, 기밀캡)
시 공 성		
비용		
기밀성능	- 기밀자재의 기밀성능 평가 시험방법 부재 - 기밀자재의 성능 평가방안 검토	창호용 기밀자재 (기밀테이프, 탄성도막 방습재, 고성능 실리콘)



[그림 4-4] 기밀기술 시공성 분석 및 자료

4.2.2 기밀 기술 분석

1) 팽창 테이프²²⁾



[그림 4-5] 팽창테이프

- [용도] 창 및 도어 주위, 패널과 바닥 슬라브 조인트
- [특징]
 - 기밀, 수밀, 단열의 3가지 기능을 한 제품으로 마감하는 건식 씰링 제품으로 폼 충전과 실리콘 마감이 불필요
 - 25년 이상의 자외선 노출에 내구 수명 확보
 - 단열성능 : $\lambda = 0.048\text{W/mK}$, 수밀성능 풍압 : 600Pa 이상
 - 투습계수 $S_d < 0.5\text{m}$, 난연성 B1(DIN4102)
 - 방음 : 50dB/접합부로부터 15mm거리
 - 사용온도 : $-30^\circ\text{C} \sim 90^\circ\text{C}$
 - 제품 사이즈 : 폭(너비) 58~88mm / 높이(간격) 4~30mm
 - 창호연결 내부의 수분을 외부로 배출하는 숨쉬기 기능
 - [그림 4-6]과 같이 압축된 테이프 시공 후 팽창하여 틈새를 완전히 충전

22) ㈜누리컴 홈페이지 및 제공자료에서 발췌하여 정리한 자료임



[그림 4-6] 팽창테이프 팽창 전(좌)과 후(우)

- [가격] m당 약 4,000원~6,500원
- [시공성]
 - 창호에 미리 테이핑 작업(창호 1개당 약 30분 소요)하여 현장반입 후 설치
 - 단독시공으로 단열, 기밀, 마감 완료(기준 폼 충전, 실란트 마감 불필요)
 - 콘크리트면이 균일하지 못할 경우 적절한 높이의 팽창테이프를 선정하기 어려움
 - 작업의 숙련성이 요구되며 무경험자의 경우 최초 작업시 교육 필요



[그림 4-7] 팽창테이프 시공

2) 기밀 테이프²³⁾



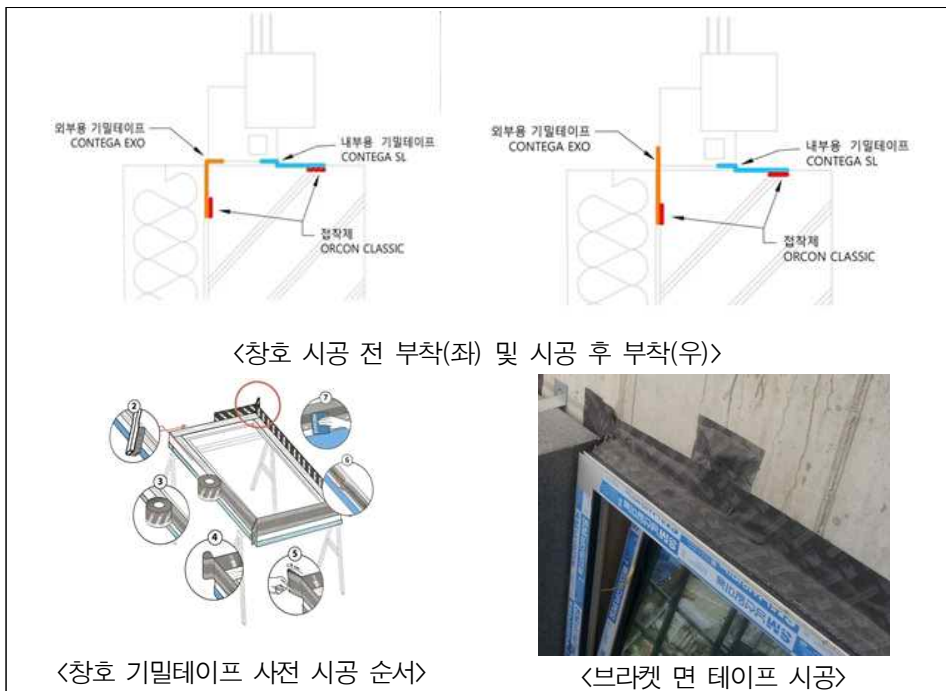
[그림 4-8] 다양한 기밀테이프

- [용도] 창 및 도어 주위, 배관 및 콘센트 접합부, 방습층 접합부 등
- [특징]
 - 개구부 주변 및 접합부의 투습, 방습 및 기밀층을 형성하기 위한 테이프형 마감재
 - 내부용(방습), 외부용(투습)을 구분하여 사용하며, 시공성을 고려한 다양한 기밀테이프가 있어 목적에 맞게 사용해야 함(프라이머 불필요한 테이프, 코너용 테이프, 3면 접착 테이프 등)
 - 신축성이 좋은 테이프는 배관 접합부 용으로 사용 가능
 - 투습계수 S_d 0.05 ~ 2.8m
 - 사용온도 : -30°C ~ 90°C
 - 제품 사이즈 : 폭(너비) 50~200mm / 길이 25~50m/roll
- [가격] m당 약 1,000원~2,000원(프라이머 또는 전용접착제 필요)
/m당 약 4,000원~5,000원(프라이머 또는 전용접착제 불필요)

23) 프로클리마, SIGA, 생고방 홈페이지 및 제공자료에서 발췌하여 정리한 자료임

○ [시공성]

- 내구성이 우수한 자재 선택이 필요하며, 저온에서 접착력이 저하되므로 낮은 온도에서도 사용이 가능한 자재를 선택
- 단열 성능이 없으므로 창호와 벽체 사이 폼을 충진하고, 콘크리트 면 시공시 프라이머 또는 전용 접착제 도포 후 부착
- 간단한 시공법 교육후 쉽게 시공 가능
- 창호에 따라 미리 부착(창호 1개에 약 30분)후 현장에서 창호 설치시 테이프의 접착만 수행 가능하며 타 공정과 간섭되지 않도록 계획할 필요
- 테이프와 접합면이 부실한 부위가 생기지 않도록 접착이 모두 균일하게 시공하며, 특히 창호 고정을 위한 브라켓 면의 섬세한 작업이 필요
- 기밀테이프 표면에 미장작업을 할 시 테이프 면적의 최소 75% 이상을 전용 접착제로 접착해야 함



[그림 4-9] 기밀테이프 시공 방법

3) 탄성도막 가변형 방습제²⁴⁾



[그림 4-10] 탄성도막 가변형 방습제

- [용도] 창 및 도어 주위, 패널과 바닥슬라브 조인트, 조적부위 등
- [특징]
 - 즉시 분사 또는 붓칠하여 시공하므로 시간 절약 및 기존 기밀테이프에 비해 자재비, 시공비 절감 가능(약 40% 수준)
 - 단독으로 기밀자재로 사용 또는 기밀테이프와 함께 사용
 - 창호 조인트 뿐 아니라 조적, 배관 접합부 등 여러 복잡한 구조에도 시공 가능
 - 건조 후 탄력성과 접착성을 가지며, 시공면 위에 콘크리트 및 기밀테이프 사용이 용이함
 - 투습계수 S_d 0.13 ~ 10m
 - 사용온도 : 5℃ ~ 35℃
- [가격] m당 약 1,000원 ~ 2,000원
- [시공성]
 - 붓칠 또는 에어리스를 사용하여 기존의 작업방법과 동일하여 시공난이도 낮음
 - 내외부 구분 없이 사용하며 콘크리트, 목조, 조적, 창문, 지붕, 벽 등 다양한 구조와 재료에 시공이 가능함
 - 단독 기밀재료로 사용 가능하며 기밀테이프와 함께 시공하여 기밀성능 극대화

24) 프로클리마 홈페이지 및 제공자료에서 발췌하여 정리한 자료임

- 액체 분사형으로 기밀테이프 시공이 어려운 브라켓 부위나 기하학적 부위에도 말끔하게 처리 가능
- 완전 건조시간에 약 6~48시간 소요되며 건조시 수분을 피해야 함
- 2회 이상 도장이 필요한 도장시공과 같은 시공법으로, 현장 시공관리에 유의



[그림 4-11] 탄성도막 방습제 시공



[그림 4-12] 탄성도막 방습제 에어리스 시공

4) 고성능 실란트²⁵⁾



[그림 4-13] 고성능 실란트

- **[용도]** 창 및 도어와 벽체의 조인트 부위(실란트 시공 부위)
- **[특징]** 기밀성능과 내구성이 우수한 고성능 실란트로, 기존 시공법과 같이 실란트 시공 마감으로 기밀성능 확보 가능하여 타 기밀자재보다 시공성이 우수함
- **[가격]** 310mm당 약 30,000원(약 m당 5,000원)

5) 콘센트 기밀캡²⁶⁾



[그림 4-14] 콘센트 기밀캡

- **[용도]** 분전반, 콘센트 CD관의 기밀시공용
- **[특징]** 간단한 시공으로 기밀이 취약한 분전반, 콘센트 CD관의 기밀층 형성 및 습기차단 가능하며 다양한 사이즈(16,22,28,30,40mm)의 적용 가능
- **[가격]** 개당 약 2,000~4,000원

25) SIGA 홈페이지 및 제공자료에서 발췌하여 정리한 자료임

26) 프로클리마 홈페이지 및 제공자료에서 발췌하여 정리한 자료임

6) 창호 적용 기밀자재의 비교

- 공동주택의 기밀기술에 가장 영향을 크게 미치며, 다양한 기밀기술 적용이 가능한 부위인 창호의 기밀기술 적용 방법에 따라 시공성과 비용 등을 비교하였으며, 그 결과를 [표 4-6]에 나타냄
- 비용의 경우 현장에서의 창호와 벽체 틈새의 폭, 기밀테이프의 종류에 따라 차이에 따라 물량 나뉘므로 상대 비교가 어려우므로, 세종시 주택성능연구개발센터 내 실증실험동의 84㎡ 확장형 type(LH 표준 평면) 1세대 사례를 대상으로 [표 4-5]와 같이 물량을 산출하여 대략적으로 비교하였음

[표 4-5] 84㎡ 확장형 Type 1세대 창호기밀시공 물량 산출표

위치	창호 SIZE		전체 Joint 길이 (시공 물량)
	가로(mm)	세로(mm)	
거실	3,600	2,200	11,60
침실 1	1,800	2,400	8,40
침실 2	2,100	2,200	8,60
침실 3	1,800	2,200	8,00
주방/식당	1,800	1,200	6,00
드레스룸	900	1,200	4,20
발코니1	1,800	2,200	8,00
발코니2	900	1,200	4,20
소계			59.00

- 각 대안별 기밀성능은 평가방법이 부재하여 자재만의 기밀성능의 우열을 판별하기 어려워 비교항목에서 제외함
- 창호 적용 기밀자재의 시공성, 비용 등의 비교 결과를 종합하면 아래와 같음
 - 기밀테이프의 경우 현재 가장 널리 사용되는 창호 joint 부위 기밀시공방법이나, 기존 시공법에 비해 2배 이상의 시공비용과 다소 복잡한 시공법이 단점임
 - 팽창테이프의 경우 비용과 시공시간에서 유리하나 시츄폭을 맞추기 어려운 점과 틈새 마감에 있어 입주자, 시공자에게 생소한 점이 있음
 - 탄성도막 방습제만 사용한 기밀시공의 경우 저렴하고 시공이 간편하나 물리적 성질이 타 시공법에 비해 다소 저조하고 도장 방식의 시공법으로 건조시간

이 필요한 점과 현장에서 관리가 어려운 점이 있음

- 고성능 실란트는 기존 시공법과 동일하여 시공성에서 가장 우수하나 아직 국내 시공사례가 없으며, 고가임

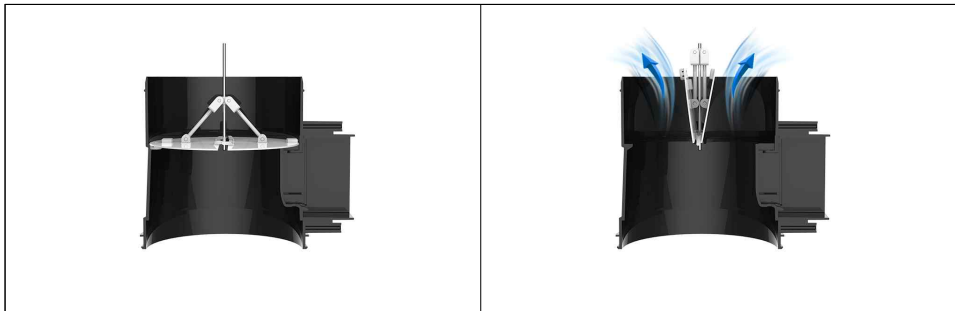
[표 4-6] 창호적용 기밀기술 비교

항목 \ 방법		기존 시공법	기밀테이프	팽창테이프	탄성도막 방습제	고성능 실란트
기밀시공 구성		폼 충전 + 실란트	폼 충전 + 프라이머 + 기밀테이프	팽창테이프	폼 충전 + 탄성도막 방습제	폼 충전 + 고성능 실란트
물리적 성질	투습 계수 (Sd)	—	0.05~2.8m	0.5m 이하	0.13~10m	—
	사용 온도	—	-40~90℃	-30~90℃	5~35℃	—
시공성	시공 난이도	—	별도 교육 필요	별도 교육 필요	쉬움	기존 시공법과 동일
	시공 시간	—	- 프 라이 머 , 접착제 도포 후 시공 - 창호에 미리 설치 가능 (개당 30분)	창호 1개당 30분	- 완전 건조에 6시간 이상 필요 - 2회 도포	기존 시공법과 동일
일위 대가 (원/m)	재료비	2,500원	7,000~9,000원	5,000~6,000원	4,000원	12,000원
	노무비	3,500원	5,000~8,000원	3,000원	4,000원	3,500원
84㎡Type 확장형 세대 시공비용*		약 35만원	약 70~100만원	약 47~53만원	약 48만원	약 92만원

* 1세대 시공시 일위대가 기준으로 산출한 금액이며, 자재 선택 및 현장의 조인트 사춤폭 크기 등에 따라 변동이 있을 수 있음

7) 주방·욕실 댐퍼 기밀 기술

- 주택의 기밀성능을 저하시키는 주요 요인으로 주방과 욕실에서의 댐퍼설치가 있으며, 에너지성능 외에 냄새 등의 역류 문제가 있어 2015년부터 ‘주택건설기준 등에 관한 규칙’에서 주택의 부엌과 욕실, 화장실에 설치하는 배기설비에는 연기나 냄새등이 실내로 역류하는 것을 방지하는 자동역류방지댐퍼 설치²⁷⁾를 의무화 함
- 댐퍼의 기밀성능과 유사한 성능시험은 한국설비기술협회의 단체표준 SPS-KARSE B 0055-6334 역류방지 전동댐퍼에 따르면 닫힌상태에서 배출되는 측에 수압 2kPa을 1시간 가한 후 누설되는 물의 양을 측정한 누설량(cm³/h)이 있으며, [그림 4-15]²⁸⁾와 같은 전동댐퍼의 경우 기밀성능은 99% 정도로 나타남
- 가격은 무동력의 경우 약 4,000원/개에서 전동댐퍼의 경우 30,000~50,000원/개



[그림 4-15] 전동 댐퍼(좌: 닫힌 상태, 우: 열린 상태)

27) 주택건설기준등에 관한 규칙

제11조(배기설비) 영 제44조에 따라 주택의 부엌·욕실 및 화장실에 설치하는 배기설비는 다음 각 호에 적합하여야 한다.

6. 배기통은 연기나 냄새 등이 실내로 역류하는 것을 방지할 수 있도록 다음 각 목의 어느 하나에 해당하는 구조로 할 것

가. 세대 안의 배기통에 자동역류방지댐퍼(세대 안의 배기구가 열리거나 전동환기설비가 가동하는 경우 전기 또는 기계적인 힘에 의하여 자동으로 개폐되는 구조로 된 설비를 말한다) 또는 이와 동일한 기능의 배기설비 장치를 설치할 것

나. 세대간 배기통이 서로 연결되지 아니하고 직접 외기에 개방되도록 설치할 것

28) 그렉스 홈페이지 www.grex.co.kr

4.2.3 기밀 자재의 기밀성능 비교방법 검토

- 현재 기밀자재의 기밀성능을 시공 전 평가 또는 판단할 수 있는 시험 방법이 없어 설계 또는 시공단계에서 기밀성능을 판단하거나 기밀자재 선택을 할 수 있는 기준으로 기밀성능을 활용하기 어려움
- 본 연구에서는 기밀자재의 기밀성능을 시험할 수 있는 기존의 유사 시험방법을 참고한 Pilot Test를 수행하고, 기밀성능을 비교하는 방법을 검토하고자 함
- 이를 위해 [그림 4-16], [그림 4-17]과 같이 아크릴 패널(300×900×20mm) 중앙에 500(길이)×20(너비)×20(깊이)mm 크기로 천공하여 동일하게 우레탄 폼을 충전 후 기밀자재를 시공하여 기밀성능을 비교하기 위한 시편을 제작



[그림 4-16] 아크릴 시편 제작 개요(좌) 및 우레탄 폼 충전(우)



[그림 4-17] 기존 실란트 마감(좌), 기밀테이프(중), 탄성도막제 도포(우)

1) 기밀성능 비교방법 Pilot Test 1 : KS F 2921 시험법 준용

- 기밀자재를 적용한 시편을 자연환기설비의 환기성능 평가장치에 아래 사진과 같이 장착하여, KS F 2921(자연환기설비의 환기성능 평가방법)을 준용하여 시험을 수행
- KS F 2921시험방법은 장치 내 블로워를 가동하여 풍동 내외에 일정한 압력차가 있을 때 풍량을 측정하여 환기성능을 평가하는 방법²⁹⁾으로, 기밀성능을 평가하는 압력차 측정법(ISO 9972)과도 유사한 원리임
- 시험 결과, 기존 시공방법(실런트 마감), 기밀테이프, 탄성도막제 모두 장치의 최대 차압 60Pa 에서도 비교가 불가한 분해능 이하의 값(소수점 셋째자리 미만)을 나타내어, 본 시험법을 준용한 성능평가방법은 유효하지 않음



[그림 4-18] 자연환기 성능평가 장치

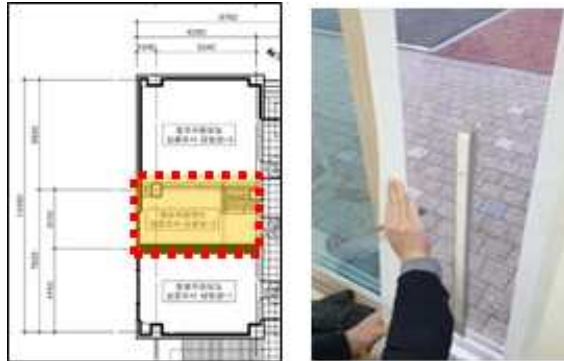


[그림 4-19] 기밀자재 시료 장착 후 시험 모습

29) 한국산업표준 KS F 2921:2018, 자연환기설비의 환기성능 시험방법

2) 기밀성능 비교방법 Pilot Test 2 : 실증실험동 장착 후 Blower Door 측정

- 주택성능연구개발센터의 실증실험동 C동내 체적 50m³ 의 실증실험실 창호에 기밀자재 시편을 설치하고, 주변부를 기밀 작업 후 Blower Door(TEC Model 3)를 이용하여 가압법으로 50Pa 에서의 누기량(CMH)을 측정
- 5회 반복 측정하여 평균값을 비교결과, 침기량 및 환기횟수(@50Pa)는 기존 실런트 마감보다 탄성도막 방습제(1회도포), 기밀테이프 적용이 미세하게 작은 값으로 나타났으나 이는 오차범위내의 값으로 판단됨
- 기밀하지 않은 공간(10회 수준)에서 시편 틈새 크기 500mm x 20mm로 기밀 자재 적용 부위가 실제 주택의 창호 기밀시공 부위의 물량(84m²주택의 경우 약 60m)보다 작아 변별력을 보이지 못한 것으로 판단됨
- 자재별본 시험 결과는 기밀한 실험대상에서 반복 실험에 의해 신뢰성을 확보 할 필요가 있으며 본 측정결과는 자재별 상대 비교 수준에서 참고해야 함



[그림 4-20] 실증실험동 대상 공간 및 시편 장착

[표 4-7] 가압법 50Pa 에서의 침기량 및 환기횟수

	CMH	ACH@50Pa
기존 실런트 마감	510.25	10.21
탄성도막 방습제 (1 회 도포)	505.14	10.10
기밀테이프 마감	500.25	10.01

제 5장

기밀기술 성능평가 및 기밀성능 향상방안 제안

LANDSLIDE
INSTITUTE
LH&I

&

제5장 기밀기술 성능평가 및 기밀성능 향상방안 제안

5.1 기밀성능 현장평가 챔버 구축 및 성능평가

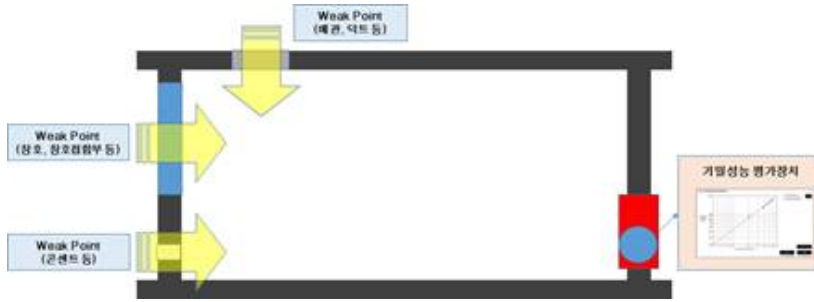
5.1.1 기밀기술 적용 및 기밀성능평가를 위한 챔버 제작

- 실제 공동주택을 대상으로 기밀기술 적용 및 평가는 시공시기 조율 등의 어려움이 있으므로, 본 장에서는 현장과 같이 기밀기술을 적용하고 적용 방안 및 기밀성능을 평가할 챔버 및 평가시스템을 구축하고, 공동주택에서 기밀에 취약한 주요부위(창호, 벽체 등)에 기밀시공하여 3장에서 설정한 기밀성능 목표와 비교하고자 함
- 기존 공동주택의 기밀수준에 따라 적용하여야 하는 기밀기술의 데이터는 미비한 편이며, 박선호 외(2007)의 연구에서 창호 기밀테이프 적용, 배관 관통부위 몰탈 충전적용을 통해 기밀성능 1.37회/h까지 가능한 것으로 나타난 결과를 참고하였음
- [표 5-1]과 같이 챔버의 최종 기밀성능목표는 3장에서 설정한 3단계 목표 1.5회/h로 설정하고 이를 달성하기 위한 기밀시공 수행

[표 5-1] 기밀성능평가 챔버 기밀시공 적용 내용

구분	기밀시공 적용 부위	기밀성능 목표
창호	- 프레임 주위 벽체와 접합부 기밀테이프 시공 - 창호의 기밀성능 : 1 등급 (미닫이 창호)	1.5회 (ACH@50Pa)
벽체 및 천정	- 배관, 배기구, 콘센트 부위 기밀 테이프 시공 - 벽체 12mm OSB+200mm 글라스울 + 외벽 투습방수재, 내벽 OSB 조인트부위 기밀테이프 시공으로 기밀면 형성 - 조적조 기밀면은 챔버에서 구현하지 않아 벽체의 기밀시공으로 조적조 기밀면이 구현되었다고 가정	

- [그림 5-1]은 기밀성능평가 챔버 기밀성능 평가방법 개요를, [표 5-2]는 기밀성능평가 챔버의 제작안을 나타냄
- 기밀성능평가 챔버의 체적은 2.5(높이) × 2.6(너비) × 5.7(길이)m로 약 37m³



[그림 5-1] 기밀성능평가 챔버의 기밀성능 평가 방법 개요

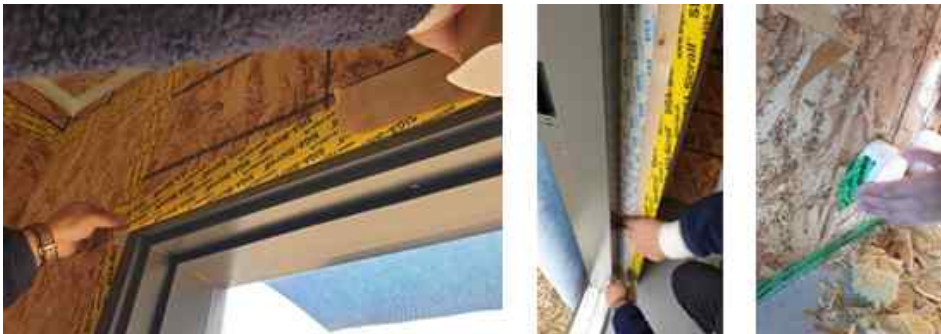
[표 5-2] 기밀성능평가 챔버 제작안

남측 벽체(안)	동측 벽체(안)
북측 벽체(안)	서측 벽체(안)

○ [그림 5-2], [그림 5-3], [그림5-4]는 기밀성능평가 제작 모습을 나타냄



[그림 5-2] 구조체(패널라이징) 제작 및 현장설치 모습



[그림 5-3] 부위별 기밀 시공 모습



[그림 5-4] 기밀시공 완료 후 모습

- 기밀성능챔버 제작 후 4장에서 수행한 기밀성능 비교방법 Pilot Test 2(실증실험동 장착후 Blower Door 측정)의 방법을 기밀성능챔버에 적용하여 [그림 5-5]와 같이 Pilot Test를 수행하였으나, 기밀성능평가 측정결과 [표 5-3]에 나타난 것처럼 4장의 결과와 마찬가지로 자재별 기밀성능을 판단하기 어려운 결과를 확인하였음



[그림 5-5] 기밀성능챔버에서의 기밀자재 성능비교를 위한 Pilot Test

[표 5-3] 기밀성능 챔버에서의 기밀자재 성능비교 Pilot Test 결과

	CMH	ACH@50Pa
기존 실란트 마감	491	13.3
기밀테이프 마감	489	13.2

- 기밀자재의 효과적인 선택을 위해 필요한 자재별 성능을 비교확인할 수 있는 방법이 부재하여 기밀성능챔버를 이용하여 자재성능비교방법을 검토하였으나, 본 연구에서 수행한 방법으로는 시편의 제작 및 시편설치시 기밀성능에 영향을 주는 요인의 통제 등에 한계가 있었음
- 기밀챔버에서의 성능비교 결과를 바탕으로 볼 때 시편의 기밀자재 적용부위를 1m 이상 적용하고, 시편 장착을 위한 기밀한 지그 등을 설치하여 3개이상의 동일 재료 시편으로 반복 시험을 수행하면 보다 신뢰도가 높은 결과를 도출할 수 있을 것으로 판단됨

5.1.2 기밀성능평가 챔버의 기밀성능 측정

- 기밀성능평가는 기밀성능평가 챔버에 설치된 Blower Door(TEC Duct Bluster)로 50Pa에서의 감압법, 가압법으로 측정
- [표 5-1]의 기밀시공 상태에서 기밀성능을 측정(1차측정)하고, 측정후 기밀취약부위를 보완하고 창호 기밀작업을 수행후 기밀성능을 재측정(2차측정)([그림 5-6] 참조)



[그림 5-6] 기밀성능평가 및 기밀취약부위 보완

- [표 5-4]는 기밀성능 평가 결과를 보여주며, 주요 기밀부위에 기밀시공한 상태인 1차측정에서 2.11회/h, 기밀취약부위 보완 및 창호 기밀작업 후 측정한 2차측정에서는 1.38회/h 로 나타남

[표 5-4] 기밀성능평가 챔버 기밀성능측정 결과

		감압법	가압법	평균
1차 측정 (창호 및 벽체 등 기밀시공, 1등급 창호)	CMH(m³/h)	74	83	79
	ACH@50(1/h)	2.00	2.23	2.11
2차 측정 (기밀취약부위 보완 및 창호 기밀작업)	CMH(m³/h)	47	55	51
	ACH@50(1/h)	1.27	1.49	1.38

- 1차측정 결과 본 연구에서의 단계별 기밀성능목표 2단계인 2.0회/h 에 다소 못 미치는 기밀성능을 나타냈으나, 성능평가를 수행한 챔버는 목구조로 RC조에 비해 벽면에서의 기밀 구현이 어려우며 챔버의 체적이 37m³로서 일반 주택에 비해 작아 기밀성능에 불리한 점을 고려하면 기밀챔버의 최초 기밀시공 수준에서 2.0회/h 수준의 기밀성능을 구현할 수 있다고 판단됨
- 2차측정 결과 기밀성능 1.38회/h 로 단계별 기밀성능 최종목표인 1.5회/h 이하의 성능을 나타냄
- 따라서 본 성능평가 결과로 볼 때, 일반 RC조 주택에 챔버에 적용한 창호(1등급 적용), 배관 및 콘센트 부 기밀 시공시 2단계 수준인 2.0회/h, 그리고 기밀 취약부위의 보강 작업과 현 1등급 창호보다 고기밀 창호 등의 적용등을 통해 1.5회/h 수준에 상당하는 기밀성능 구현이 가능하다고 판단되나, 본 장에서 수행한 기밀기술 적용 및 성능평가는 RC조와 기밀기술 적용에 차이가 있는 목구조 챔버를 대상으로 이루어진 것이며 챔버의 창면적 비율도 일반 주택과 차이가 크므로 반드시 실제 RC조 공동주택에 동일한 기밀 시공 및 기밀성능 평가를 통한 비교 및 확인이 필요함

5.2 단계별 목표에 따른 기밀성능 향상방안 제안

- 지금까지 기밀성능평가 챔버에 기밀기술을 적용하여 기밀성능을 확인하였고, 3장에서 제시한 기밀성능 단계별 목표를 달성하기 위한 방안을 [표 5-5]와 같이 제안함

[표 5-5] 단계별 기밀성능 목표 및 기밀성능 달성방안

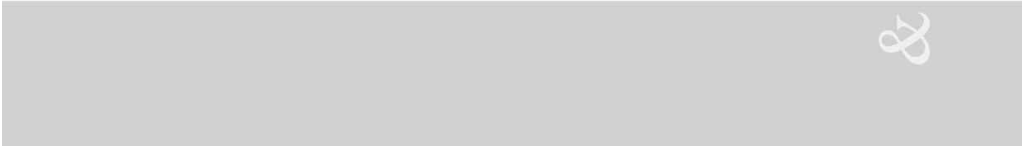
단계	기밀성능 (ACH@50)	기밀성능 달성방안	비고
1단계 (2022)	3.0회/h	현행 수준의 시공	2022년 LH 설계기준
2단계 (2025)	2.0회/h	1단계 수준 + 창호 부위, 배관 접합부, 조적조 기밀시공 + 기밀시공 관리*	*기밀시방 준수 및 작업자 교육
3단계 (2035~)	1.5회/h 이하	2단계 수준 + 고기밀 시스템 창호 적용 + 기밀 시공 관리 강화**	**기밀 숙련공에 의한 시공 및 시공중 기밀부위 확인

- **[1단계 (3.0회/h)]** 2019년 에너지효율등급 인증 대상 신축 공동주택의 기밀성능 사례와 같이 현행 공동주택 설계 및 시공 수준에서 가능
- **[2단계(2.0회/h)]** 창호, 배관, 조적조의 기밀시공에 의해 가능하며 기밀 시공시 각 기술별 시방에 맞게 시공되도록 관리 및 시공부위 확인 필요
- **[3단계(1.5회/h 이하)]** 2단계 수준에서 보다 기밀성능을 향상시키기 위해 고기밀의 시스템 창호 적용과, 시공시 시방에 맞는 관리와 확인은 물론, 시공 중 기밀성능 진단³⁰⁾을 통해 미세한 누기 부위까지 찾아 기밀부위를 보완하는 수준의 강화된 시공관리에 의한 기밀시공 필요

30) 시공중 기밀성능을 확인하는 방법으로 블로어도어로 압력차를 발생시켜 연기를 이용하는 방법, 열화상 카메라 촬영으로 기밀부위 온도차를 확인하는 방법 등이 있으며, 최근 광병창 외(2020)의 연구에서는 마이크 로폰을 이용하여 차음성능 진단과 동시에 기밀부위를 간단히 확인하는 방법도 제안되고 있음

제 6장
결 론

LANDSLIDE
INSTITUTE
HONOLULU



제6장 결 론

본 연구에서는 2025년 공동주택의 제로에너지 건축물 이행에 앞서 공동주택의 기밀성능의 향상이 시급히 필요한 가운데, 기밀성능 단계별 목표를 설정하고, 기밀기술과 자재별 분석, 평가 및 단계별 목표에 따른 성능평가를 통해 단계별 기밀성능 향상 방안을 제시하고자 하였으며, 결론은 다음과 같음

1) 우리나라 신축공동주택의 기밀성능은 최근 10년간 계속 향상되어 현재 약 ACH@50 3.0회/h 내외로 나타나고 있으며, 특히 건축물에너지효율등급이 높을수록 기밀성능도 좋은 경향이 있어 1++ 등급 이상($90\text{kWh/m}^2\text{년}$)의 경우 2.0회/h 이하 수준의 기밀성능을 나타냄. 한편, 패시브하우스 단독주택의 경우 1.0회/h 이하로 조사되었음

2) 현재 기밀성능 현황과 국내외 기밀성능 기준, LH 기밀성능 목표와 제로에너지 구현(제로에너지 인증 5등급 달성)이 가능한 기밀성능 등을 고려하여 단계별 기밀성능 목표를 ACH@50Pa 기준 1단계(2022년) 3.0회/h, 2단계(2025년) 2.0회/h, 3단계(2035년 이후) 1.5회/h로 설정하였음

3) 공동주택의 주요 기밀부위는 창호부위, 배관 및 콘센트 부위, 조적 부위로 정리할 수 있으며, 적용 가능한 기밀기술(자재)는 기밀테이프, 팽창테이프, 탄성도막 방습제, 콘센트 기밀캡, 고성능 실란트 등으로 현장의 소요 물량 등에 따라 비용이 차이가 발생하므로 적용시 이를 고려해야 함

4) 기밀기술 적용과 성능평가가 가능한 기밀성능평가 챔버를 구축하고, 단계별 성능목표와 비교하고자 하였으며, 평가 결과 주요 기밀부위에 기밀시공한 상태인 1차 측정에서 2.11회/h, 기밀취약부위 보완 및 창호 기밀작업 후 측정한 2차측정에서는 1.38회/h 로 측정되어 각각 2단계(2.0회/h), 3단계(1.5회/h 이하) 수준의 기밀성능으

로 나타난다. 다만, 이 결과는 일반 주택과 작은 체적과 큰 창면적비를 갖는 목구조의 챔버에서 도출한 결과이므로 반드시 콘크리트 구조의 실제 공동주택에서 동일 시공 방법을 적용하여 확인할 필요가 있음

6) 본 연구에서 제시한 단계별 기밀성능 목표의 달성방안을 제안하면 1단계(2022년, 3.0회/h)) 성능목표는 현행 설계 수준에서 가능하며, 2단계(2025년, 2.0회/h)) 창호, 배관, 조적조의 시공관리에 의한 기밀시공이 필요하고, 3단계(2035년 이후 1.5회/h 이하) 수준을 달성하기 위해서는 2단계 수준에 고기밀의 시스템 창호 적용과, 시공 중 기밀 진단을 통해 미세한 누기 부위까지 찾아 기밀부위를 보완하는 기밀시공관리가 요구됨

본 연구는 현황 및 제로에너지 달성여부를 판단하여 단계별 기밀성능 목표를 수립하고 적용 가능한 기밀기술을 분석하였으나, 기밀기술을 실제 공동주택이 아닌 성능평가용 챔버를 제작하여 기밀성능을 평가한 한계점이 있음

따라서 본 연구에서 제안한 성능목표를 달성하기 위해서는 반드시 후속 연구에서 실제 공동주택을 대상으로 기밀기술 적용 및 시범시공을 통해 단계별 기밀기술 적용방안과 기밀기술별 기밀성능을 확인하고, 기밀성능 목표의 검증이 필요함

또한 기밀성능의 구현은 현장에서의 경험이 중요하므로, 제로에너지 건축물 이행을 앞두고 기밀성능 향상을 준비하는 단계에서 시범 시공 등 기밀성능 향상에 필요한 기밀시공 경험과 현장의 기밀성능 관리방안에 관한 노하우의 축적이 필수적으로 뒷받침되어야 본 연구에서 제안하는 기밀성능 향상방안의 실현이 가능하다고 판단됨

참 고 문 헌

L	A	N	D						
H	O	U	S	I	N	G			
I	N	S	T	I	T	U	T	E	

참고문헌

[논문]

- 강기남(2015), '공동주택 기밀수준 확보를 통한 에너지 성능 분석', 대한설비공학회
동계학술발표대회 논문집, pp.232-233
- 강기남(2017), '공동주택의 기밀성능 확보에 따른 에너지 요구량 절감률 변화에 관
한 연구', 대한설비공학회 하계학술발표대회 논문집, pp.220-223
- 강지연(2019), '공동주택 구조 형식에 따른 기밀성능 측정 및 분석', 한국생태환경건
축학회 논문집, v.19,n.6, pp.81-86
- 곽병창(2020), '빔포밍 방식 음향 카메라를 활용한 공동주택 기밀성능 측정 연구',
한국건축환경설비학회 논문집, v.14,n.6, pp.674-686
- 권오현(2010), 'Blower Door를 이용한 국내 주거용 건물의 기밀도 실측사례 분
석', 대한건축학회 논문집 계획계, v.26,n.7, pp.303-310
- 김승철(2011), 'Blower Door를 이용한 고기밀 공동주택의 기밀성능 평가', 한국생
태환경건축학회 춘계학술발표대회 논문집 v.11,n.1, pp.3-6
- 박선효(2007), '기밀 시공 관리에 따른 건물의 기밀도 현황 연구', 한국생태환경건축
학회 춘계학술발표대회 논문집 v.7,n.1, pp.81-84
- 신철웅(2012), '환기설비가 적용된 공동주택의 기밀성능 특성 연구', 대한설비공학회
하계학술발표대회 논문집, pp.342-345
- 신현국(2011), '건물의 기밀성능 측정에서의 가감압법 테스트조건 비교', 대한건축학
회 논문집 계획계, v.27,n.8, pp.279-286
- 신현국(2012), '단위세대 기밀성능 측정 및 에너지 관련 기준 평가', 대한건축학회
춘계학술발표대회 논문집 계획계, v.32,n.1, pp.229-230
- 안나(2013), '국내 저에너지주택의 기밀성능 현황 분석', 한국태양에너지학회 춘계학
술발표대회 논문집, v.33,n.1, pp.334-338

- 웅드람(2019), 'Blower Door를 이용한 건물의 기밀성능 시험 방법의 고찰', 대한설비공학회 논문집, v.31,n.5, pp.216-226
- 이수인(2015), '건물 구조 특성에 따른 기밀성능 및 난방 에너지 요구량 분석', 한국생태환경건축학회 논문집, v.15,n.2, pp109-115
- 이수인(2016), '방풍재 적용에 따른 슬라이딩 창호의 부위별 기밀성능 개선도 분석', 대한건축학회 추계학술발표대회 논문집, v.36,n.2, pp.531-532
- 이윤규(2013), '신축 공동주택의 누기특성 및 기밀성능 분석에 관한 연구', 대한설비공학회 논문집, v.25,n.11, pp.606-611
- 이지연(2019), '공동주택 타입별 기밀성능 실측 연구', 대한건축학회 추계학술발표대회 논문집, v.39,n.2, pp.341-342
- 이태구(2013), '패시브 디자인을 적용한 주택의 기밀성에 대한 실측 사례 연구', 한국생태환경건축학회 논문집, v.13,n.2, pp.13-20
- 조재훈(2010), '초고층 주거건물에서의 단위세대 기밀성능 측정 및 평가', 대한건축학회 논문집 계획계, v.26,n.10, pp.337-344
- 지경환(2014), '기존 건축물의 기밀성능 진단을 위한 주요 누기부위 조사에 관한 연구', 대한건축학회 춘계학술발표대회 논문집, v.34,n.1, pp.241-242
- 지경환(2015), 'ISO 9972의 측정 준비 단계별 공동주택의 기밀성능 비교', 대한건축학회 추계학술발표대회 논문집, v.35,n.2, pp.239-240
- 지경환(2016), '공동주택의 준공 전후 측정 시점에 따른 기밀성능 비교', 한국건축친환경설비학회 논문집, v.10,n.1, pp.55-60
- 지경환(2016), '국내 고층 공동주택의 기밀성능 특성 분석 및 누기부위 조사', 한국건축친환경설비학회 논문집, v.10,n.4, pp.307-312
- 지경환(2018), '건물의 기밀성능 향상을 위한 기밀 관리 프로세스 구축', 한국건축친환경설비학회 추계학술발표대회 논문집, pp.43-44
- 홍구표(2013), '공동주택 기밀성 향상을 위한 요소별 기여도 분석', 대한건축학회 추계학술발표대회 논문집, v.33,n.2, pp.315-316

[보고서]

- 김길태 외(2013), 「노후 임대주택의 에너지 성능향상을 위한 개선방안 연구」 최종 보고서, 토지주택연구원
- 유정현 외(2020), 「공동주택의 에너지 자립수준 향상방안 연구」 최종보고서, 토지주택연구원
- 이명주 외(2016), 「공동주택의 제로에너지 설계 가이드라인」, 국토교통부
- 이명주 외(2018), 「제로에너지주택 최적화모델 개발 및 실증단지 구축연구」 최종보고서, 국토교통과학기술진흥원
- 이윤규 외(2011), 「건축물 기밀성능 기준 개발 연구」 최종보고서, 국토해양부
- 조재훈 외(2014), 「제로에너지 건물 구현을 위한 국가 기밀도 기준 정립 및 측정방법(KS) 개발」 최종보고서, 국토교통과학기술진흥원

[기준 및 법령]

- 국토교통부 고시 '에너지절약형 친환경주택의 건설기준'
- 국토교통부 고시 '건축물의 에너지절약 설계기준'
- 국토교통부령 '주택건설기준 등에 관한 규칙'
- 한국산업표준 'KS L ISO 9972-2016 단열-건물 기밀성 측정-팬 가압법'
- 한국산업표준 'KS L ISO 12569:2000 건물 열 성능-건물 내 환기 측정-추적 가스 희석법'
- 한국산업표준 'KS F 2921:2081 자연환기설비의 환기성능 시험방법'
- 한국설비기술협회 단체표준 'SPS-KARSE B 0055-6334:2015 역류방지 전동댐퍼'
- 한국건축친환경설비학회 'KIAEBS C-1:2013, 건축물의 기밀성능 기준'

[웹사이트]

- Proinsulation, proinsulation.le
- SIGA, www.siga.swiss
- 그렉스, www.grex.co.kr
- 누리켄, www.nurichem.com
- 생고뱅이소바코리아, www.isover.co.kr

프로클리마, www.proclima.co.kr

한국패시브건축협회, www.phiko.kr

[단행본 및 간행물]

Energy Saving Trust(2014), 'Improving airtightness in dwellings'

이명주(2017), '건축물 중심 제로에너지도시', 제이엠아이디어스

한국에너지공단(2020), '2020 에너지통계 핸드북'

한국에너지공단(2020), 'ZERO ENERGY BUILDING(제로에너지건축 홍보책자)'

한국에너지공단(2020), '제로에너지건축물 인증 기술요소 참고서'

홍도영(2019), '람다패시브하우스 프로젝트', (주)주택문화사

[보도자료]

환경부 보도자료(2018.07.24.), '2030 온실가스 감축 로드맵 수정안 및
2018~2022년 배출권 할당계획 확정'



L	A	N	D			
H	O	U	S	I	N	G
I	N	S	T	I	T	U
						E

10

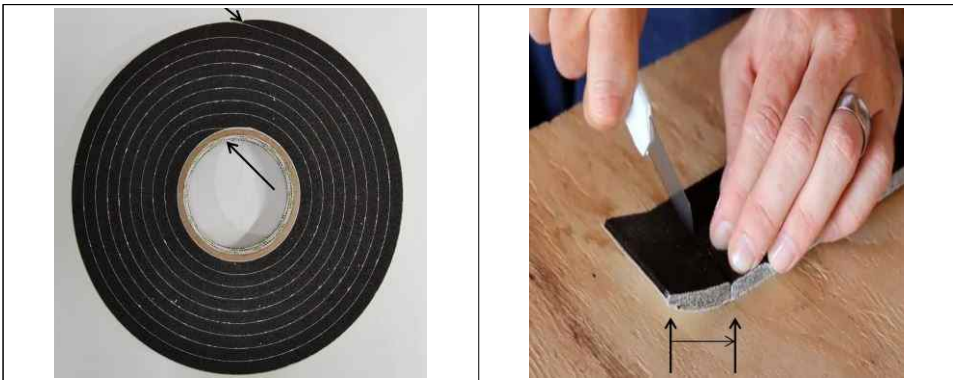
11

부록 : 기밀자재 시공방법

부록에 수록된 『기밀자재 시공방법』은 국내 기밀자재 공급업체((주)누리켄, 프로클리마, SIGA)로부터 제공받거나 공개 자료의 전부 또는 일부를 발췌 및 정리하여 참고 자료로서 활용하기 위해 소개하는 것으로, 시공방법은 제품 또는 현장에 따라 차이가 있을 수 있음

1. 팽창테이프³¹⁾

○ [준비 작업]



[그림 부록-1] 팽창테이프 시공 준비단계

- [그림 부록-1]의 좌측과 같이 팽창테이프의 시작 및 끝단 부위(화살표)의 일정부분이 말려있으므로 이 부분을 절단함
- 시작부위는 시공전에, 끝단부위는 사용 끝에 화살표 간격(약 20mm)만큼 반듯이 절단하여 이어붙이기할 때 빈틈이 발생치 않도록 해야함

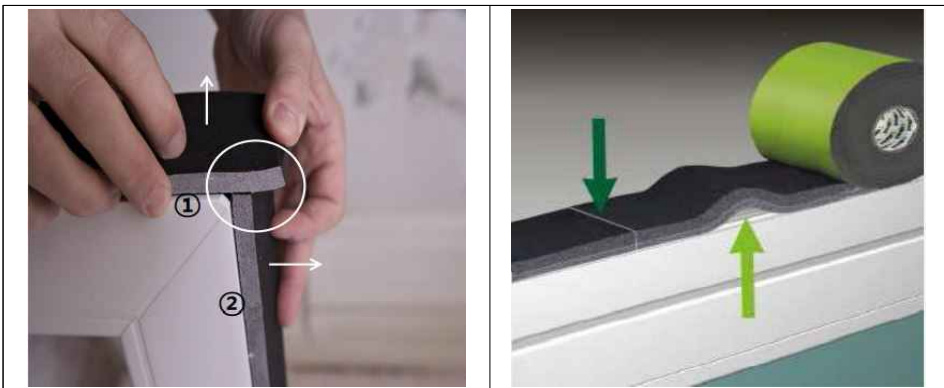
31) (주)누리켄 제공 자료에서 발췌하여 정리한 자료임

○ [창호 테이핑 작업]



[그림 부록-2] 팽창테이프 창호테이핑 작업

- [그림 부록-2]의 좌측과 같이 팽창테이프를 부착할 창틀의 상하좌우의 4면을 청소하여 표면의 이물질에 의한 접착력 감소를 피해야 함
- 청소된 창틀면 위에 팽창테이프를 4면에 부착



[그림 부록-3] 팽창테이프 시공시 주의사항

- 팽창테이프는 [그림 부록-3] 좌측과 같이 바깥쪽으로 팽창하므로 코너부위는 ①번의 위치에 있는 테이프를 약 20mm 더 길게 절단하여 상대편 테이프 ②가 팽창했을때의 높이를 맞추어 빈틈이 발생하지 않도록 해야 함

- [그림 부록-3]의 우측과 같이 팽창테이프를 이어붙이기 할 때 그림처럼 여유분을 이어붙이는 방향으로 밀어붙여서 이음매에 틈이 발생치 않도록 해야 함
- 코너부위에서의 이어붙이기 작업이 불량일 경우 빈 틈이 발생하여 기밀, 수밀 성능이 저하됨

○ [창호 설치]



[그림 부록-4] 팽창테이프 설치

- [그림 부록-4]와 같이 팽창테이프를 창틀에 붙인 후 개구부에 투입, 일정 시간 후 팽창하여 빈틈을 채우도록 함

○ [시공 후]



[그림 부록-5] 팽창테이프 시공 후 모습

- 팽창테이프 시공 후 [그림 부록-5]와 같이 팽창하여 틈새를 완전히 메꾸게 됨

2. 기밀테이프³²⁾

- 기밀테이프의 시공 방법은 창호 시공 전과 후에 따라 작업하는 경우로 구분 할 수 있으며, 각각의 용도에 맞는 기밀테이프를 사용하여 내외부면 작업 필요
- [창호 시공 전 작업 시]



[그림 부록-6] 창호 시공 전 작업시(RC, 조적)

－ 창호 시공 전 작업시 작업 순서([그림 부록-6] 참조)

- ① 기밀테이프가 시공된 창호를 설치
- ② 안쪽 접착 필름을 벗겨냄
- ③ 조적 면에 접착제를 지그재그 방식으로 끊김 없이 발포함
- ④ 테이프를 덮어 지긋이 눌러줌
- ⑤ 양 끝 겹치는 부분에 접착제를 발라줌
- ⑥ 모서리 부분에도 접착제를 발라줌
- ⑦ 외부 접착 필름을 떼어낸 후 마무리

※ 기밀테이프 표면에 미장작업을 할 시 테이프 면적의 최소 75% 이상을 전용 접착제로 접착해야 함

32) 프로클리마 제공 자료에서 발췌하여 정리한 자료임

○ [창호 시공 후 작업 시]

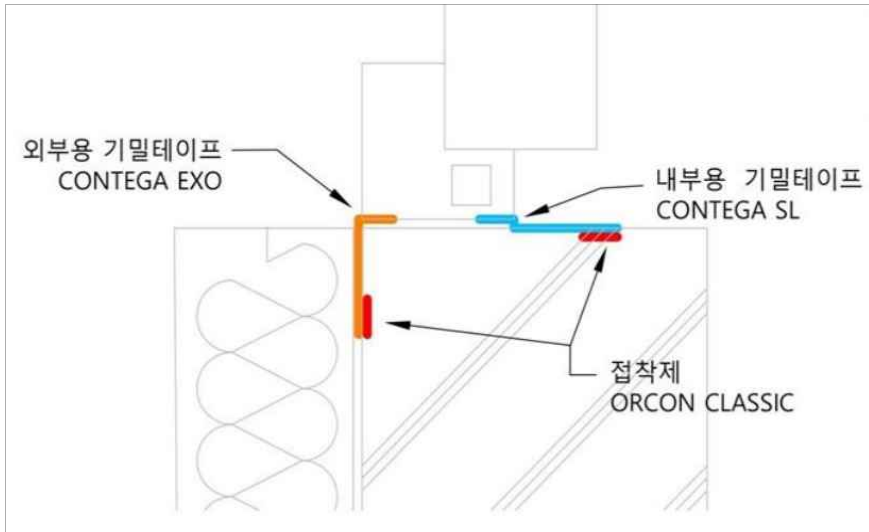


[그림 부록-7] 창호 시공 후 작업시(RC, 조적)

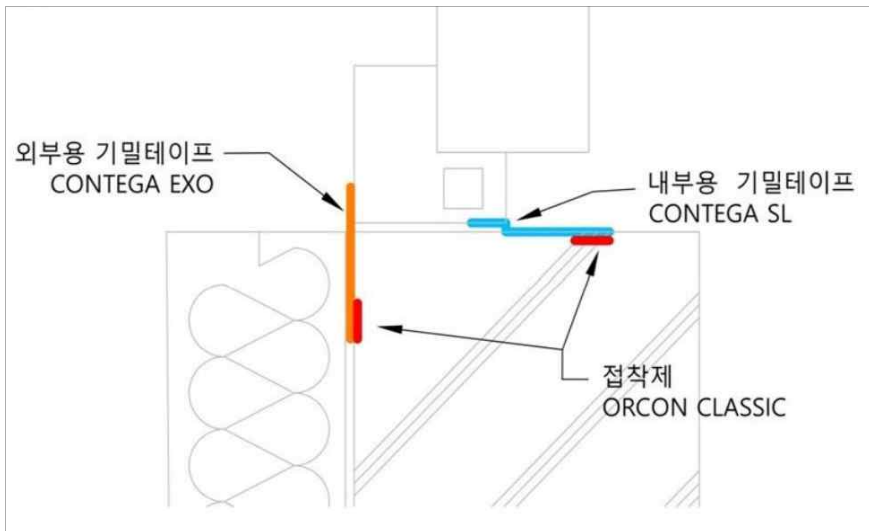
- 창호 시공 전 작업시 작업 순서([그림 부록-7] 참조)

- ① 안쪽 접착 비닐을 제거 후 창호테두리에 접착해나감
 - ② 모서리면은 테이프를 자르지 않고 접어서 이어나감
 - ③ 작업이 용이하지 않아 절단했을 경우 절단부분에 보조자재(접착제 등)을 사용
 - ④ 조적 면에 접착제를 지그재그 방식으로 끊임없이 발포함
 - ⑤ 테이프를 지긋이 눌러줌
 - ⑥ 양 끝 겹치는 부분에 접착제를 발라줌
 - ⑦ 외부 접착 필름을 떼어낸 후 마무리
- ※ 기밀테이프 표면에 미장작업을 할 시 테이프 면적의 최소 75% 이상을 전용 접착제로 접착해야 함

○ [기밀테이프 창호 시공 디테일]



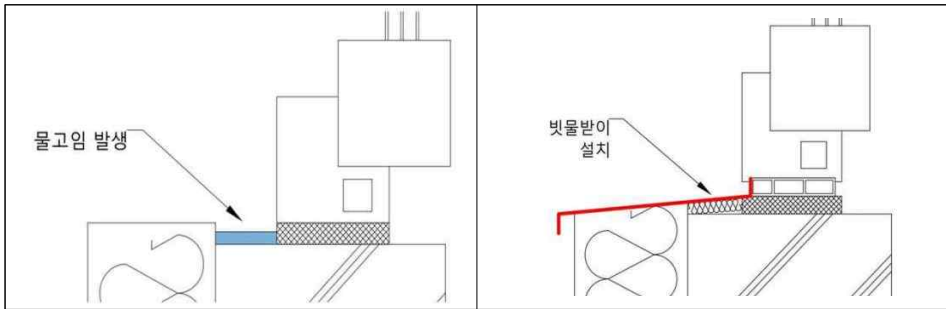
[그림 부록-8] 창호 시공 전 기밀테이프 시공 디테일



[그림 부록-9] 창호 시공 전 기밀테이프 시공 디테일

○ [기밀테이프 창호 시공시 주의점]

- 창호 시공시 원활한 물빠짐을 위해 구배를 두거나 [그림 부록-10]과 같이 빗물받이 등을 설치해야 하며, 물이 지속적으로 고이게 시공 될 경우 기밀테이프의 접착력이 떨어지며 방수층이 무너질 수 있음



[그림 부록-10] 물고임 방지를 위한 빗물받이 설치

- 창호 주변 철물 등 돌출부에는 충분한 접착제를 사용하여 틈새가 발생하지 않도록 꼼꼼하게 시공해야 함



[그림 부록-11] 돌출부 시공 모습

3. 탄성도막 기변형 방습제³³⁾

○ [창호 시공 법]



[그림 부록-12] 탄성도막제 창호시공방법

- ① 창호 프레임에 마스킹 테이프를 붙여 줌
- ② 창호와 벽체 사이에 폼을 일정하게 씌움
- ③ 칼로 폼의 단면을 절단 함
- ④ 붓을 사용하여 탄성도막제를 도포하여 창호와 벽체사이에 기밀층을 형성
- ⑤ 도막제가 굳기 전에 마스킹 테이프를 제거하여 깔끔한 면이 나오도록 함

33) 프로클리마 제공 자료에서 발췌하여 정리한 자료임

○ [기밀테이프 선시공 후 창호 시공 방법]



[그림 부록-13] 기밀테이프 선시공 후 탄성도막제 창호시공방법

- ① 창호 테이프를 시공할 면에 도막제를 도포함
- ② 도막제 면 위에 기밀테이프를 붙여주고, 접착력이 취약한 모서리 부분은 한번 더 덧발라 줌
- ③ 시공현장에 따라 방수성능을 확실히 하고 싶을 경우 기밀테이프 위에 도막제를 덧발라 한층 더 확실한 기밀층을 형성
- ④ 콘크리트 작업 시 별도의 접착제 없이 도막제로 대체할 수 있으므로 시공비 절감에 도움이 됨

○ [배관 및 벽체부 시공방법]



[그림 부록-14] 탄성도막제 배관 및 벽체부 시공방법

- ① 작업면을 브러쉬로 깨끗하게 해줌
- ② 양털섬유는 최소 40mm이상 씩 벽면 및 파이프에 접촉되야 하므로 작업할 곳의 빈틈을 포함하여 길이를 재어 줌
- ③ 알맞은 크기만큼 천을 재단 함
- ④ 파이프와 주위 벽면에 두께 1mm이상 도포
- ⑤ 섬유를 +모양으로 사방으로 붙여 위에 한 번 더 도포함
- ⑥ 틈새가 생기지 않게 x모양으로 한 번 더 덮어 줌
- ⑦ 전체적으로 한번 더 도포하여 틈새를 완벽히 차단

4. 배관/콘센트 기밀자재³⁴⁾

○ [배관/전선용 기밀자재]

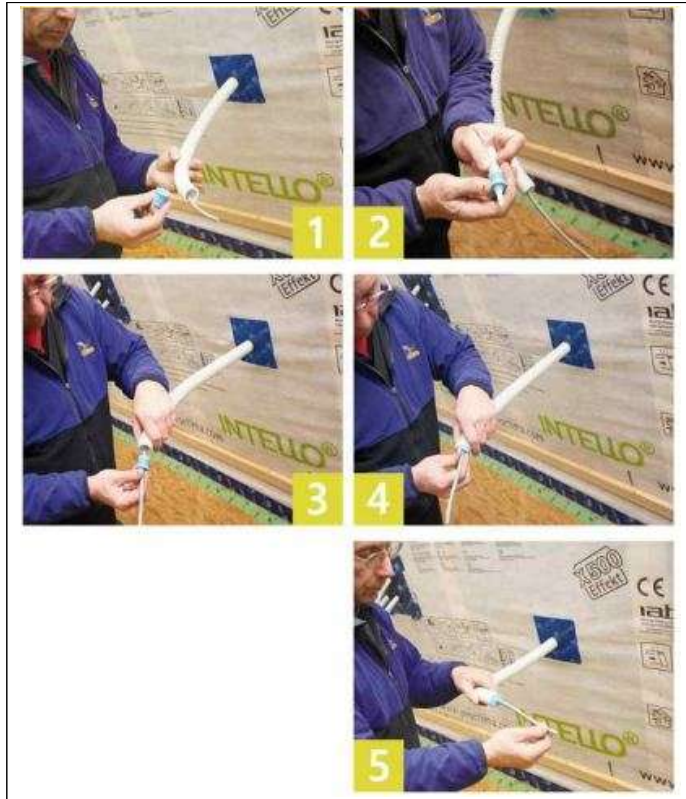


[그림 부록-15] 배관/전선용 기밀자재의 콘크리트조 시공 방법

- ① 시공전 적용되는 부위를 깨끗하게 청소함
 - ② 배관 또는 배관 주변에 접착제를 도포함
 - ③ 크기에 알맞은 제품을 끼워줌
 - ④ 접착제와 잘 붙여주고, 테두레에 부속자재 등으로 접착하여 줌
- ※ 접착력 강화를 위해 프라이머 또는 탄성도막제를 사용하여도 됨
- ※ 조적, RC조 시공시에는 외/내부 한쪽만 시공하거나 양쪽만 시공하며, 단열재 위에 시공할 수 없으므로 단열재 시공 전 작업해야 함

34) 프로클리마 제공 자료에서 발췌하여 정리한 자료임

○ [콘센트용 기밀자재]



[그림 부록-16] 콘센트용 기밀자재의 시공 방법

- ① CD관에 알맞은 크기의 콘센트용 기밀자재를 준비함
- ② 끝이 뾰족한 도구로 사용할 전선의 수만큼 구멍을 뚫어 줌
- ③ 구멍에 선을 끼워 넣어 줌
- ④ CD관 또는 분전반에 콘센트용 기밀자재를 끼워 줌

5. 고성능 실란트³⁵⁾

- 고성능 실란트의 경우 기존의 폼 충전 후 실란트를 도포하는 창호 조인트 시공 방법과 동일하나, 일반 실란트보다 뽁뽁하므로 주의를 요함³⁶⁾
- [그림 부록-17]과 같이 외부 마감에 따라 흑/백 등의 색상을 사용



[그림 부록-17] 고성능 실란트 시공방법

35) SIGA 제공 자료에서 발췌하여 정리한 자료임

36) 본 연구수행시 샘플시공 경험을 바탕으로 하였음