

고기밀 패시브주택을 위한 기밀시공 지침

- 최근 화두가 되고 있는 패시브주택의 구현을 위하여 필수적으로 요구되는 건물외피의 기밀시공 지침을 소개하고자 한다.

이윤규 / 한국건설기술연구원 연구위원(yglee@kict.re.kr)

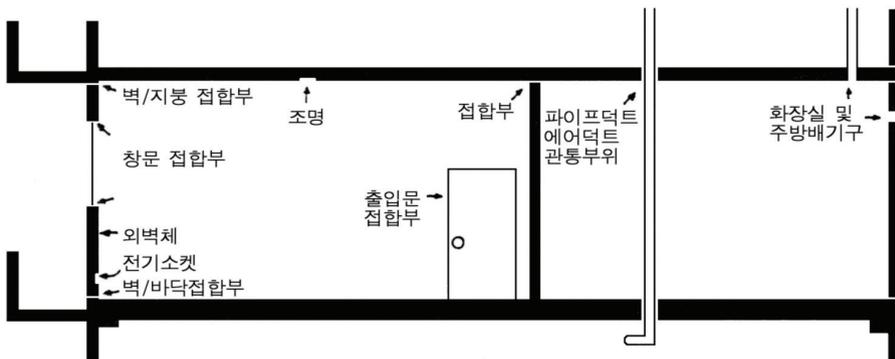
신축 공동주택의 나타날 수 있는 일반적인 누기 및 침기부위(Leakage area)는 다음 그림에서 보는 바와 같다. 이와 같이 재실자가 의도하지 않는 실내외간의 공기유동이 발생하고, 건물부위를 통한 공기유동량(Air flow rate)은 다음과 같은 3가지 요인에 좌우된다.

- ① 누기 및 침기부위의 크기와 위치
- ② 누기 및 침기부위에서의 공기유동 특성
- ③ 누기 및 침기부위 전후의 압력차

건물외피 또는 외기와 면한 건물 부위별 공기 유동량을 평가하기 위해서는 이러한 3가지의 주

요 영향요소에 대한 정확한 이해와 각각의 성능측정 방법이 결정돼야 한다. 공기유동량 평가의 주개념은 전체 건물외피에 걸친 공기의 질량균형(mass balance)에 근거한다. 건물외피 또는 주요 부위에서의 공기유동은 주변 환경 요건 등으로 인하여 매우 복잡하게 발생하며, 일반적으로 다음과 같은 부위에서 일어난다.

- 주방 또는 화장실에 설치된 배기구, 천장 또는 벽 부위에 설치된 환기설비의 급기구, 굴뚝 부위와 같이 계획된 개구부
- 건물시공 시 발생한 눈에 보이지 않는 구조체의 틈새(균열, 틈, 중공벽 표면 및 천장 표면)



[그림 1] 국내 공동주택에 있어서의 일반적인 누기 및 침기부위



- 환기용 덕트, 에어컨, 주방 레인지후드 등 각종 설비시스템이 관통하는 구조체 부위의 틈새
- 개폐가능한 창 및 문 등의 개구부 주변 접합부위
- 조명기구, 전원스위치 및 각종 컨트롤러, 전기콘센트 박스 주변 부위
- 물 사용 공간의 배수구
- 기타 부위 (점검구 등)

김승철 등의 연구결과¹⁾에 의하면 고단열, 고기밀 공동주택을 대상으로 기밀성능을 측정된 결과 누기 예상부위는 창문, 조명, 스위치 및 컨트롤러, 배수구, 에어컨, 점검구 순서로 나타나고 있다. 이 승복의 저에너지 친환경 공동주택 통합설계연구에서는 개구부의 기밀화 시공방안으로 계단실문, 구획문, 기계실문, 방충실문, 설비샤프트 점검구, 세대창호, 세대 현관문, 실외기실문, 엘리베이터 전실문, 엘리베이터문, 외부출입문에 대한 방안을 제안하였다. 또한, 구조체의 기밀화 시공방안으로 내벽과 바닥접합부, 설비배관/덕트 관통부, 엘리베이터 승강장 측 코어벽, 외피와 바닥 접합부, 창호프레임과 벽접합부에 대한 시공방안을 제시하였다.

본 고에서는 상기와 같이 신축 공동주택 거주자의 의도와는 다르게 실내외간의 공기유동이 발생하는 누기 예상부위를 현장 기밀성능 측정결과와 기존 연구결과를 바탕으로 아래와 같이 4개 부위 별로 유형화하고 해당부위에 포함된 요소들을 제시하였다. 4개의 부위는 외피에 접한 부위, 간접적으로 외피에 접한 부위, 설비관통부위, 환기설비 부위로 정하였다.

외피에 접한 부위는 단위세대에서 외부환경에 직접적으로 면하는 부위로서 외부환경변화가 직접적으로 세대 내부 환경에 영향을 미치는 부위이다. 간접적으로 외피 접한 부위는 외부환경에 직접

〈표 1〉 누기 및 침기 예상 부위

부위	해당 요소
외피에 접한 부위	구조체, 창호
간접적으로 외피 접한 부위	현관문, 방화문, 기계실문, 세대간벽, 내부창호
설비관통 부위	급배수 설비, 전기설비, 콘센트, 조명설비
환기설비 부위	기계환기설비, 자연환기설비, 화장실 배기설비, 에어컨, 레인지후드

적으로 영향을 받지 않으나 계단실, 엘리베이터 홀, 인접세대 창문 개방 등에 따라 세대내부에 영향을 미칠 수 있는 부위를 의미한다. 설비관통부위는 공동주택의 경우 층별, 공정별에 따라 같은 수직/수평라인에서 분배되어 공동주택 내부로 연결되며 최종적으로 외부에 직간접적으로 접하게 된다. 환기설비 부위는 공동주택에 설치된 기계환기설비, 자연환기설비, 화장실 배기설비, 에어컨, 레인지후드 등으로 외부환경에 배관을 통해 직·간접적으로 연결되어 있는 부위를 의미한다. 이를 바탕으로 설계 시 또는 시공 후에 발생할 수 있는 기밀성능 저하를 사전에 방지할 수 있도록 설계 또는 시공자가 현장에서 활용할 수 있는 시공가이드라인을 도출하고자 하였다.

본 고에서는 기존 연구문헌과 현장 측정자료를 바탕으로 신축 공동주택에서 기밀성능 확보를 위한 표준화 시공방법을 제시하였다. 해당 공동주택의 공정프로세스상의 준비 및 이행사항에 대해 서술하였고, 공정프로세스에서 해당 공정에 적용할 수 있는 건축자재의 선택 및 적용, 시공방법을 건축전문시방서와 비교하여 체크리스트로 제시하였다.

기밀성능 확보를 위한 공정프로세스에서의 준비사항

신축 공동주택의 계획 및 시공단계에서 누기 예상부위로 설정한 4개 부위(외피에 접한 부위, 간

1) Blower Door를 이용한 고기밀 공동주택의 기밀성능 평가, 김승철 외 (2011)

접적으로 외피에 접한 부위, 설비관통부위, 환기설비부위)에 대한 충분한 검토 및 정밀시공이 이루어진다면, 사전에 누기 및 침기 부위를 최소화하여 적절한 기밀성능을 확보할 수 있을 것으로 판단된다.

계획단계

건축물의 기밀성능 향상을 위해 기본적으로 이행할 필요가 있는 요인들에 대하여 건축물의 착공 전에 적절한 계획을 수립하고 충분한 검토를 실시하면 근본적으로 해당 건축물의 기밀성능을 향상시킬 수 있다. 계획단계에서 시행하는 이러한 내용은 신축 공동주택뿐 아니라 다른 건축물에도 적용 가능하다. 건축물의 전체 공정계획 수립 시 누기 예상부위의 시공 및 건축자재 적용과 관련하여 정확한 공정계획 수립 및 현장 점검자 임명, 숙련기술자 활용계획 수립 등을 통해 기밀성능 저해 요인을 사전에 대비할 수 있다.

누기 예상부위의 자세한 설계도서 작성을 통해 정밀시공을 유도할 수 있으며, 전문가 자문을 통한 건축물 전체의 적합한 방화구획 설정 등으로도 건물 전체의 기밀성능을 향상시킬 수 있다. 이를 위해서는 공정별로 적절한 방법과 적합한 건축자재를 기재한 상세 시방서를 작성하고 적용하여야 한다. 창호 및 마감자재 등의 선정 시 국가공인 인증시험에 상응하는 건축자재를 사용하고 이를 정밀 시공함으로써 기밀성능이 정확히 발현될 수 있도록 해야 한다.

시공단계

건축물의 기밀성능 확보를 위하여 적합한 마감공사 및 건축자재 사용계획 수립 후 정밀시공 및 관리가 필요하다. 시공단계에서는 해당부위의 건축자재가 공정계획 및 설계도서에 맞게 시공되었는지 여부를 확인 및 감독해야 한다. 건축물 외피와 누기 예상부위에 대한 공정이 진행될 경우, 누기 및 누기 예상부위를 작업자 및 감독자에게 미리 알려

〈표 2〉 계획 및 설계, 시공단계 고려사항

구분	내용
공정계획 및 관리	- 공정계획수립 및 시공관리
설계도서	- 상세 설계도서 작성 및 방화구획 설정
시방서	- 공사별 시방서에 따른 정밀시공 유도 및 점검
건축자재 관리	- 시방서에 따른 품질관리 및 제품성능 성적서 점검

주어 문제를 사전에 차단할 수 있도록 해야 한다. 공정 시작 전 설계도서 및 시방서에 적합한 건축자재가 적용되었는지 확인하고 현장작업자가 해당공정에 적합한 기술자인지 여부도 확인해야 한다. 현장 점검자 임명을 통해 공사 중간 체크리스트를 활용하여 정확한 시공이 이루어지고 있는지 여부를 확인하고 점검할 필요가 있다. 공사 완료 후에는 육안검사 및 기밀성능 측정장비 등을 활용하여 해당 공정의 완성도를 점검해야 한다(표 2 참조).

공정 및 건축자재별 시공가이드라인

본 연구에서는 기밀성능 향상을 위한 건축자재의 시공방법 및 기밀 시공재료의 적용방법을 LH공사의 주택건설공사전문시방서를 원용하여 검토하였다. 아래의 표는 누기 예상부위와 관련하여 공정별 시방서 내용 중에 검토해야 할 중점 확인사항을 나타냈다(표 3 참조).

외피에 접한 부위

누기 예상부위 중 외피에 접한 부위는 구조체, 창호로 선정하였다. 구조체의 경우 현재 신축 공동주택 대다수가 RC구조를 가진 판상형, 탑상형 형태로 시공되고 있다. 이러한 구조의 공동주택에서 철근콘크리트 타설시 이어 붓기 및 양생과정에서 발생하는 균열은 직접적인 단위세대의 기밀성능 저하로 이어진다.

따라서 구조체 및 구조체 접합부 공사 시 균열



〈표 3〉 주택건설공사 전문시방서 중 기밀성능 관련 중점확인사항

대분류	중분류	중점 확인사항
철근콘크리트공사	콘크리트	<ul style="list-style-type: none"> ● 콘크리트 이어치기 계획도 점검 ● 콘크리트 양생
	콘크리트 균열보수	<ul style="list-style-type: none"> ● 균열에 대한 관리 기준 점검 ● 보수계획서 점검
건축공사	건축공사 일반사항	<ul style="list-style-type: none"> ● 자재 및 품질관리 ● 공사별 제출물 점검
	벽돌공사	<ul style="list-style-type: none"> ● 자재 및 품질관리
	단열공사	<ul style="list-style-type: none"> ● 시공상세도면 점검 ● 자재 제품자료 점검
	외단열공법	<ul style="list-style-type: none"> ● 시공상세도면 점검 ● 자재 제품자료 점검
	창호주위 충전	<ul style="list-style-type: none"> ● 현장 점검 ● 충전용 건축자재 품질기준 점검
	도막방수	<ul style="list-style-type: none"> ● 방수층 및 보호층 시공계획 점검 ● 방수재 부위별 점검
	실링공사	<ul style="list-style-type: none"> ● 현장 점검 ● 자재 및 제품자료 점검
	알루미늄합금제창호	<ul style="list-style-type: none"> ● 제품의 성능요구사항 점검
	강제창호	<ul style="list-style-type: none"> ● 제품의 성능요구사항 점검
	자연환기구 설치	<ul style="list-style-type: none"> ● 시공상세도면 점검 ● 제품의 성능요구사항 점검
기계설비공사	기계설비공사일반사항	<ul style="list-style-type: none"> ● 자재 및 품질관리 ● 공사별 제출물 점검
	기계설비공사기본공사	<ul style="list-style-type: none"> ● 현장 품질관리
	급배수 및 통기설비	<ul style="list-style-type: none"> ● 시공상세도면 점검 ● 현장 점검
	기계환기설비	<ul style="list-style-type: none"> ● 시공상세도면 점검 ● 현장 점검
	시스템에어컨	<ul style="list-style-type: none"> ● 시공상세도면 점검 ● 현장 점검
전기통신공사	전기공사 일반사항	<ul style="list-style-type: none"> ● 자재 및 품질관리 ● 공사별 제출물 점검
	방화구획 관통부위 내화충전공사	<ul style="list-style-type: none"> ● 내화충전구조 상세도 점검
	배선	<ul style="list-style-type: none"> ● 덕트내 배선 점검
	분전반	<ul style="list-style-type: none"> ● 설치공사 점검
정보통신공사	정보통신공사일반사항	<ul style="list-style-type: none"> ● 자재 및 품질관리

이 발생되지 않도록 콘크리트 제품의 성능 타설 및 양생에 대한 현장 점검이 요구된다. 균열발생부위에 대한 보수공사 실시 및 점검을 통해 기밀성능 저해 요인을 사전에 방지할 수 있다.

바닥 및 천장 슬래브와 내벽 설치 시 실런트 및 코킹 등의 기밀성 시공재료를 사용하여 마감하여야 한다. 급배수 설비, 기계설비, 전기설비, 환기설

비 관통부위가 발생한 곳은 기밀성시공재료인 발포우레탄충전재 및 실링재를 이용하여 구조체와 부재에 틈새가 발생하지 않도록 밀실하게 시공되어야 한다.

창호는 외부에 직접적으로 노출되어 있어 일정 기준이상의 기밀성능이 확보된 제품이 설치되어야 하며, 구조체와 이음 부분에 대한 공사 관리가 중

〈표 4〉 외피부위 기밀성 시공방안 및 관련 시방서

해당요소	시방서	기밀성 확보 시공방안	기밀성 시공재료
구조체	<ul style="list-style-type: none"> ● 콘크리트 ● 콘크리트 균열보수 ● 단열공사 ● 기계설비공사일반사항 ● 전기공사 일반사항 ● 방화구획 관통부위 내화충전공사 	<ul style="list-style-type: none"> ● 콘크리트 품질관리 ● 콘크리트 이어지기 계획점검 ● 균열 보수계획 점검 및 보수 ● 구조체 관통부위에 대한 기밀성 재료를 이용한 충전 ● 단열재 시공시 기밀성 시공재료 적용 	실런트 기밀시트 에폭시수지
창호	<ul style="list-style-type: none"> ● 건축공사 일반사항 ● 창호주위 충전 ● 실링공사 ● 도막방수 ● 알루미늄합금제창호 ● 자연환기구 설치 	<ul style="list-style-type: none"> ● 기밀성능 인증 창호 적용 ● 구조체와 창호부재간의 기밀성 시공재료 시공 ● 창호 틀 내부에 기밀성, 단열 시공재료의 충전 ● 단열재 시공 및 마감부위 기밀성 시공재료 적용 	기밀시트 실링재

〈표 5〉 간접외피부위의 기밀성 시공방안 및 관련 시방서

해당요소	시방서	기밀성 확보 시공방안	기밀성 시공재료
현관문 기계실문 세대간벽	<ul style="list-style-type: none"> ● 콘크리트 ● 건축공사 일반사항 ● 실링공사 ● 강제창호 ● 자연환기구 설치 	<ul style="list-style-type: none"> ● 구조체와 부재의 접합부 기밀성 시공재료 사용 ● 현관문 및 기계실문 weather-strip적용 ● 문짝 비틀림 현상 점검 	기밀시트 기밀테이프 실링재

요하다. 창틀의 설치 시에 구조체와의 이음부에 대한 충전재 시공 및 기밀성 시공재료 시공으로 기밀 성능을 높일 수 있다(표 4 참조).

간접적으로 외피에 접한 부위

간접적으로 외피에 접한 부위는 세대현관문, 기계실문, 세대간벽이 해당된다. 이는 직접적으로 외부환경에 영향을 받지 않지만, 계단실, 엘리베이터 홀 및 인접세대 등을 통해 유출입되는 외부공기에 의해 누기가 발생할 수 있는 부위이다. 현관문은 시공과정에 문짝의 비틀림 등의 원인으로 인해 문짝과 문틀 사이에 틈새가 발생할 수 있기 때문에 이를 방지하기 위해 상측, 좌·우측에 문풍지를 부착하여 기밀성능을 확보하여야 한다.

세대 간 벽은 발코니에 설치되는 피난용도의 간이 벽으로 내력벽 구조가 아닌 석고보드로 시공되고 있다. 석고보드와 고정철물 그리고 구조체 사이에 접합부는 기밀시트, 테이프 및 실링재를 시공하여 기밀성능을 확보할 수 있다. 간접적으로 외피

에 접한 부위는 적절한 방화구획 설정으로 누기 발생을 줄일 수 있다(표 5 참조).

설비관통부위

설비관통부위는 기계, 전기, 정보통신설비 및 환기설비에 사용되는 배관, 전선관 및 콘센트, 센서류, 조명설비 등이 구조체를 관통하거나 부착되는 부위를 의미한다. 신축 공동주택은 수직입상관 및 수평분기관 등으로 인해 간접적으로 외부환경에 노출되어 있다.

급배수 위생설비 배관의 경우, 배관자체에는 봉수 및 수격방지장치 등을 항상 밀실하게 유지하고 있지만, 구조체는 관통하는 배관 주변부에 대한 실링재 및 모르타르 공사가 불량할 경우에 해당 부위를 통해 침기 및 누기가 발생하게 된다. 설비관통부위는 단위세대에서 그 개소가 가장 많고 배관과 배선의 경로가 매우 복잡해지므로 기본 설계단계에서 구조체 관통부위를 최소화하는 설비설계계획을 수립하는 것이 중요하다(표 6 참조).



〈표 6〉 설비관통부위 기밀성 시공방안 및 관련 시방서

해당요소	시방서	기밀성 확보 시공방안	기밀성 시공재료
기계설비 전기설비 정보통신설비 기계환기설비	<ul style="list-style-type: none"> ● 건축공사 일반사항 ● 실링공사 ● 기계설비공사 일반사항 ● 기계설비공사 기본공사 ● 급배수 및 통기설비 ● 기계환기설비 ● 전기공사 일반사항 ● 방화구획 관통부위 내화충전공사 ● 배선 ● 분전반 ● 정보통신공사일반사항 	<ul style="list-style-type: none"> ● 상세도면에 따른 정밀시공 ● 구조체와 부재의 접합부 기밀성 시공재료 사용 ● 배관 이음부에 기밀시공재료 적용 ● 전기 및 정보통신용 배관 내부 기밀성 시공재료 충전 ● 콘센트 및 센서류 박스 매립시 기밀성 시공재료 및 기밀화 소켓 사용 	<ul style="list-style-type: none"> 기밀시트 기밀테이프 실링재 기밀화소켓

〈표 7〉 환기설비부위 기밀성 시공방안 및 관련 시방서

해당요소	시방서	기밀성 확보 시공방안	기밀성 시공재료
기계환기설비	<ul style="list-style-type: none"> ● 건축공사 일반사항 ● 실링공사 ● 자연환기구 설치 ● 기계설비공사 일반사항 ● 기계설비공사 기본공사 ● 기계환기설비 ● 시스템에어컨 ● 전기공사 일반사항 	<ul style="list-style-type: none"> ● 상세도면에 따른 정밀시공 ● 구조체와 부재의 접합부 기밀성 시공재료 사용 ● 이음부에 기밀시공재료 적용 	<ul style="list-style-type: none"> 기밀시트 기밀테이프 실링재

환기설비부위

기계환기설비, 자연환기설비, 화장실 배기설비, 에어컨, 레인지후드 등의 설비는 덕트, 입상관 등을 통해 외부환경에 직·간접적으로 노출되어 있다. 기계환기설비 급·배기구, 화장실 배기구, 레인지후드는 팬과 덕트 이음부, 덕트 분기점 등의 접합부에 기밀성시공재료 사용하여 환기설비부위를 통한 침기 및 누기를 차단할 수 있다(표 7 참조).

참고 문헌

1. 이윤규, 1998, 공기유동 해석에 의한 공동주택 환기성능 예측모델에 관한 연구, 연세대 박사논문
2. 신우철 외, 2005, 고기밀 고단열 주택의 기밀성능에 관한 실험적 연구, 신우철 외, 한국태양에너지

학회 학술논문

3. 김승철 외, 2011, Blower Door를 이용한 고기밀 공동주택의 기밀성능 평가, 한국생태환경건축학회 학술발표
4. 이승복 외, 2011, 저에너지 친환경 공동주택 통합설계 (설계가이드, 시공메뉴얼)
5. Marianna Papaglastra, 2008, International comparison of envelope airtightness measurements,
6. Henri, Fennell and Jonathan Haehnel, 2005, Setting Airtightness Standards. ASHRAE Journal
7. AIVC, 2011, Towards optimal airtightness performance, Air Infiltration and Ventilation Centre
8. IBEC, 2004, 住宅の機密性能試験方法, 財団法人 建築環境省エネルギー機構 