

# 국내 비주거용 건물의 기밀성능 측정 결과를 통한 기밀 시공 가이드라인 개발

## Developing the Construction Guideline for ZEB Based on Air-tightness of Public Buildings in Korea

배민정\* · \*\* · 최경석\*\*\*

Minjung Bae · Gyeongseok Choi

### Abstract

Since the design Standard for Energy Conservation in Building was implemented in 2008 for the first time, building elements such as window and door should satisfy the minimum criteria to apply for a building. Though its regulation does not cover the whole building yet, recent demand to reduce energy consumption in building sector grows rapidly year by year and also draws a lot of interest to ensure the whole building level. For example, a Zero energy building, one of low-energy buildings, requires a customized solution to resolve the air leakage issue to meet the standards in achieving the high level of air tightness. In this study, six non-residential buildings were tested by fan pressurization method to observe the air tightness of whole building to suggest the construction guideline for air tightness of low-energy building. Five out of six tested buildings showed 0.27 to 1.16 h<sup>-1</sup> of number of air changes except one community center. These buildings were carefully constructed not only for building planning but also for parts where there was a concern of air leakage, thereby securing high levels of air-tightness. The construction skills were developed as a checklist to manage and supervise the construction site. It is our suggestion to use this checklist at construction sites for ZEB with the high level of air-tightness.

**Keywords:** Air Tightness(기밀성능), Fan Pressurization/Depressurization(팬 가압/감압법), Blower Door Test(블로어 도어 테스트), Zero Energy Buildings(제로에너지 건축물)

### 1. 서론

국내에서는 국가 온실가스 로드맵을 통해 2030년까지 BAU 대비 37% 수준으로 온실가스 배출량을 감축하고자 노력하고 있으며, 건물 부문의 온실가스 감축을 위해 2030년에는 연면적 500m<sup>2</sup> 이상 모든 신축 건물에 대한 제로에너지 건물을 의무화하고자 한다. 정부에서는 법적 기준을 마련하여 건물 구성 요소

의 에너지 성능을 관리하고 있으며, 국내 건물 에너지 효율화를 위해 해당하는 성능 의무화 기준을 선진국 수준으로 강화하였다. 창호와 같은 건물 외피 요소의 기밀성능은 법적 기준을 통해 관리되고 있으나 건물 자체의 기밀성능에 대하여 아직 의무 기준이 수립되지 않았으며, 선진국의 패시브 건축물 기밀성능에 근거한 참고자료와 선행연구들을 통해 건물의 기밀성능 향상을 위한 방안이 논의되고 있다.

\* 한국건설기술연구원 국민생활연구본부 전임연구원 (baeminjung@kict.re.kr)

\*\* 아주대학교 스마트융합건축학과 박사과정

\*\*\* 한국건설기술연구원 국민생활연구본부 연구위원 (교신저자: bear717@kict.re.kr)

(Received: September 17, 2020 / Revised: October 22, 2020 / Accepted: October 22, 2020)

주거용 건물의 다양한 기밀성능 실측 사례와 이를 기반으로 한 기밀성능 평가기준 정립에 관한 연구는 지속적으로 진행되어 왔으며(권오현 외, 2010), 건물 부위별 기밀성능 영향도 분석을 통해 주거용 건물의 기밀성능 예측 방안 연구(지경환 외, 2017; 박승환·송두삼, 2019)도 수행되고 있다. 패시브 수준의 건물 요소를 계획 및 적용하여도 준공 완료된 건물에서 예상치 못한 기밀성능 저하가 발생할 수 있으므로(이태구·윤두영, 2013), 건물의 기밀성능 확보를 위한 필수 고려사항들이 지속적으로 논의되어 왔다(윤재욱, 2013; 최윤정 외, 2013; 백남춘 외, 2014; 지경환 외, 2016b). 기밀 설계 규격의 준수 여부는 건물의 현장 기밀성 측정을 위한 표준 방법(Lee et al., 2017)을 통해 평가 가능하지만, 건물 누기(air leakage) 부위 파악이 용이하지 않으며, 누기 부위가 확인 되더라도 현장 상황에 따라 보수 작업에 많은 제약이 따른다(이동운, 2016; 지경환 외, 2016a).

기존 연구에서는 실제 건물에 대한 다양한 기밀측정 데이터를 구축하고, 이를 기반으로 건물의 주요 누기 발생 부위를 인지할 수 있도록 하였다. 그러나 기밀 시공법과 같은 누기 발생이 우려되는 부위의 근본적 해소 방안을 제시한 사례는 매우 적고, 대부분 주거용 건물을 중심으로 진행되었다는 한계점이 있다. 본 연구에서는 체육관, 주민센터 등과 같은 비주거용 건물의 현장 기밀성 측정결과를 토대로 기밀 시공 가이드라인을 구축하여 고기밀 건물 구현을 위한 기반 자료를 마련하고자 하였다. 패시브 수준으로 지어진 건물의 현장 기밀성능 비교 분석을 통해 공사 계획 및 방식을 검토하고, 누기 발생이 우려되는 건물 부위를 중심으로 권장 기밀 설계 및 시공 방안을 구축하였다. 연구 결과를 통해 고기밀성 건축물을 구축할 수 있는 방안을 마련하여 향후 제로에너지 건축물 보급 활성화를 지원하고자 한다.

## 2. 기밀성능 측정

현장 기밀성 측정은 패시브 수준으로 지어진 비주거용 건물 6개소(복합커뮤니티 센터, 체육관, 주민센터, 복합청사, 도서관, 면사무소)를 대상으로 수행하였다. 건물의 기밀성능 평가 방법에는 가스 추적법(Tracer Gas Method)과 팬 가압/감압법(Fan Pressurization/Depressurization Method)이 있다(이수인 외, 2015). 가스 추적법의 경우 팬 가압/감압법 대비 더 많은 비용이 소요되고, 고도의 기술을 지닌 전문가들이 필요하며, 대규모 건물의 기밀성능 측정에는 한계가 있으므로(이동석 외, 2014) 건물 전체의 기밀성능 평가 시에는 주로 팬 가압/감압법을 활용한다. 본 연구에서는 ISO 9972(International Standard Organization, 2015)에 따라 팬 가압/감압법으로 건물의 기밀성능을 측정하였

다. 측정은 공정 완료 후 건물 사용 직전에 수행되었으며, 블로어 도어 장비를 통해 가압과 감압 조건을 만들고 15~60pa의 실내외 압력차를 유지시키는 유량을 측정하였다. 건물별 기밀체적을 고려한 기밀성능을 계산하였으며, 이때 계산된 기밀성능은 ACH50[h<sup>-1</sup>]으로 표시하였다. 또한 창호와 창호 설치 부위의 누기량 측정을 위해 오리피스(Orifice)가 설치된 비닐막을 창문 부위에 설치하고, 비닐막에 2개의 모세관을 삽입하여 블로어 도어 팬을 통한 압력차 발생 및 유량 측정을 실시하였다(그림 1).

측정 대상 건물들은 대부분 주출입구에 블로어 도어를 설치하여 건물 전체의 기밀성능 측정이 가능하였으나, 복합커뮤니티 센터의 경우, 주출입구에 강화유리 도어를 설치하여 블로어 도어를 설치할 수 없었다. 각 층별로 구획된 테라스 출입구 또한 강화유리 도어를 사용하였으며, 층별 내·외부 공간이 명확하게 구분되지 않아 블로어 도어를 활용한 건물 전체의 기밀성능 측정이 불가한 것으로 분석되었다. 따라서 건물 내 간이테스트 대상 공간을 선정하여 기밀성능을 측정하고, 해당 결과를 기반으로 건물 전체의 기밀성능을 유추하고자 하였다. 복합커뮤니티 센터 내 4층 다목적실은 외기에 직접 면한 외피에 창호가 설치되어 있고, 내력벽 공간이며, 외피를 관통하는 설비가 없고, 블로어 도어 설치 가능한 개구부 설치되어 있어 간이테스트 대상 공간으로 적합하였다.

## 3. 비주거용 건물 기밀성능 측정 결과

패시브 수준으로 지어진 비주거용 건물 6개소의 기밀성능 측정 결과는 표 1과 같다.

복합커뮤니티 센터의 경우 앞서 논의된 바와 같이 선정된 간이테스트용 공간의 기밀성능 측정 결과를 기반으로 건물 전체의 기밀성능을 유추하고자 한다. 4층 다목적실의 기밀성능 측정 결과는 3.9 회(h<sup>-1</sup>)이며, 해당 공간의 창호 및 창호 설치 부위

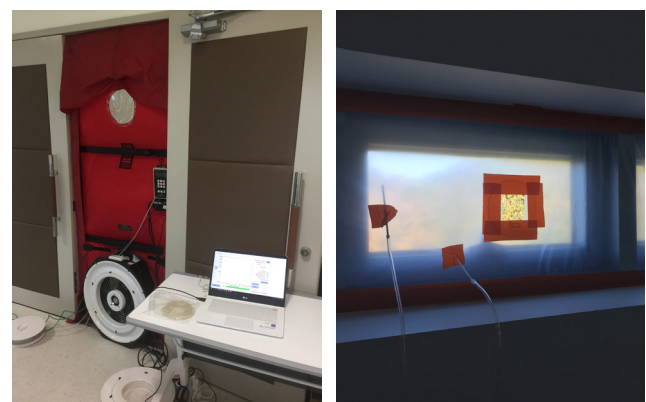


Fig. 1. The Air Tightness Test Using the Blower Door and Orifice

의 누기량은 1.04m<sup>3</sup>/(h·m), 창호 부위의 누기량은 0.94m<sup>3</sup>/(h·m)로 분석되었다. 측정된 2가지 누기량을 복합커뮤니티 센터 내 설치된 모든 창호에 반영하여 표 2와 같이 창호 및 창호 설치 부위를 통한 총 손실 누기량으로 1,602.43m<sup>3</sup>/h를 계산하였고, 이를 기밀체적 36,460.06m<sup>3</sup>으로 나누어 복합커뮤니티 센터 내 창호 부위의 기밀성능으로 0.04 회(h<sup>-1</sup>)를 도출하였다.

본 연구에서 측정 대상으로 선정한 체육관, 주민센터, 복합청사는 복합커뮤니티 센터와 건물용도 및 크기가 유사하다. 건물 및 창호 부위의 기밀성능 결과를 토대로 창호 기밀성능이 건물 기밀성능에 기여하는 비율을 산정하였으며, 이는 표 3과 같다. 산정된 비율의 평균값인 2.1%를 복합커뮤니티 센터의 창호 부위 기밀성능과 함께 전체 기밀성능 추정 시 활용하였다.

복합커뮤니티 센터의 창호 부위를 통한 기밀성능 값과 유사 건물들을 통해 산출된 창호 기밀성능의 건물 기밀성능 기여 비율로 추정된 건물 전체의 기밀성능은 1.90회(h<sup>-1</sup>)이며, 현장 기밀성 간이테스트를 수행하였던 4층 다목적실은 복합커뮤니티 센터의 대표 공간이므로 건물 전체의 기밀성능은 1.90~3.89회(h<sup>-1</sup>)로 추정할 수 있다.

도서관의 창호 및 창호 설치 부위의 누기량은 0.34m<sup>3</sup>/(h·m), 창호 부위의 누기량은 0.29m<sup>3</sup>/(h·m)로 분석되었다. 측정된 누기량을 도서관 내 설치된 모든 창호에 반영하여 표 4와 같이 창호 및 창호 설치 부위를 통한 총 손실 누기량 115.48m<sup>3</sup>/h를 계

산하였으며, 이를 기밀체적 6,335.60m<sup>3</sup>으로 나누어 도서관 내 창호 부위의 기밀성능으로 0.018회(h<sup>-1</sup>)를 산정하였다. 도서관의 창호 기밀성능이 건물의 기밀성에 기여하는 비율은 1.5%로 체육관, 주민센터와 유사한 수준에 해당한다. 복합청사의 경우 창호 면적이 비교적 높게 계획되어 창호 기밀성능이 건물 전체 기밀성능에 기여하는 비율이 높게 책정된 것으로 판단된다.

국내에는 아직 건물의 기밀성능 의무화 기준이 수립되지 않았으며, 표 5와 같이 협회 등을 통해 건물의 기밀성능 권장 수준이 제시되고 있다. 한국건축친환경설비학회에는 건물 유형을 제로에너지 건물(ZEB), 에너지절약형 건물, 모든 건물로 구분하고 국내 건물 현황에 부합하는 기밀성능 수준을 제시한다. 건물 에너지 효율 측면을 크게 고려하지 않은 일반적인 건물이라 하더라도 충족되어야 하는 최소한의 기밀성능 수준을 판단할 수 있다. 한국패시브건축협회는 독일 패시브하우스 연구소의 개념을 토대로 A0, A1, A2 등급으로 건물을 구분하고 해당 유형별 기밀성능 권장수준을 제시한다. A0 등급은 연간 20도의 실내 온도를 유지하기 위해 면적당 1.5L의 난방부하(기름)이 필요한 건물을 의미하며, A1 등급과 A2 등급은 동일한 조건일 때 각각 3.0L, 5.0L의 난방부하가 발생하는 에너지절약형 건물로 간주한다.

한국패시브건축협회 기준과 비교해볼 때 체육관, 주민센터, 면사무소는 A0 등급, 복합청사는 A1 등급, 면사무소는 A2 등급 기준을 충족한다. 복합커뮤니티 센터는 패시브 수준의 건물 요소로 구성되었으나 팬 가압/감압법을 통한 현장 기밀성 시

**Table 1.** The Results for Air Tightness of Public Buildings [Unit : h<sup>-1</sup>]

| 1                | 2             | 3               | 4                 | 5              | 6               |
|------------------|---------------|-----------------|-------------------|----------------|-----------------|
| Community center | Sports center | District office | Government office | Public library | District office |
| 1.90~3.89        | 0.27          | 0.41            | 0.94              | 1.15           | 0.44            |

**Table 2.** Air Leakage of Window and Joint in Community Center

| Measuring area     | Leakage (a) [m <sup>3</sup> /(h·m)] | Length (b) [m] | Calculated airflow@50Pa (a×b) [m <sup>3</sup> /h] |
|--------------------|-------------------------------------|----------------|---|
| Windows-Wall joint | 0.10                                | 2,580.36       | 258.04  |
| Windows            | 0.94                                | 1,430.20       | 1 344.39  |

**Table 3.** Air Tightness of Public Buildings and Windows

|  | Sports center | District office | Government office |
|--|---------------|-----------------|-------------------|
| Air tightness of building (a) [h <sup>-1</sup> ] | 0.27          | 0.41            | 0.94              |
| Air tightness of windows (b) [h <sup>-1</sup> ]  | 0.004         | 0.008           | 0.026             |
| Ratio ((b÷a)×100)                                | 1.5%          | 2.0%            | 2.8%              |

**Table 4.** Air Leakage of Window and Joint in Library

| Measuring area     | Leakage (a) [m <sup>3</sup> /(h·m)] | Length (b) [m] | Calculated airflow@50Pa (a×b) [m <sup>3</sup> /h] |
|--------------------|-------------------------------------|----------------|---|
| Windows-Wall joint | 0.05                                | 497.74         | 24.89   |
| Windows            | 0.29                                | 312.36         | 90.59   |

**Table 5.** The Recommended Level for Air Tightness of Building

| Association              | Korean institute of architectural sustainable environment and building systems |                                      |                 | Passive house institute Korea |       |       |
|--------------------------|--|--------------------------------------|-----------------|-------------------------------|-------|-------|
|                          | ZEB  | Energy efficiency building (Not ZEB) | Common building | A0                            | A1    | A2    |
| Building Type            |  |                                      |                 |                               |       |       |
| Air tightness (x, ACH50) | x≤1.5  | x≤3.0                                | x≤5.0           | x≤0.6                         | x≤1.0 | x≤1.5 |



협이 불가한 건물이었으며, 추정을 통해 산출한 건물의 기밀성능 결과는 해당 기준을 만족하지 못하였다. 한국건축친환경설비학회 기준에서는 복합커뮤니티 센터를 제외한 5개소 건물들은 제로에너지 건축물의 기밀성능 수준을 충족하며, 복합커뮤니티 센터의 기밀성능 추정값은 에너지절약을 고려하지 않은 일반적인 건물 수준을 만족하는 것으로 분석된다.

복합커뮤니티 센터는 그림 2(a)와 같이 강화유리로 된 여닫이 도어를 건물 출입문으로 설치하였으며, 각 층별 테라스 출입문 또한 강화유리 도어를 사용하였다. 「건축물의 에너지 절약설계기준」에서 규정한 “기밀성 문”은 한국산업규격(KS) F 2292(국가기술표준원, 2019)에 의하여 기밀성 등급에 따른 기밀성이 1~5등급(통기량  $1\sim 5\text{m}^3/\text{h}\cdot\text{m}^2@10\text{Pa}$ )에 해당하여야 한다. 선행연구(지경환 외, 2014)에서 건물의 출입문에 대한 현장 기밀성능을 측정된 결과, 강화유리 도어로 구성된 방풍실문은 약 77등급(통기량 약  $77\text{m}^3/\text{h}\cdot\text{m}^2@10\text{Pa}$ )에 해당하였다. 내·외부 출입문은 외기와 직접적으로 면하므로 가장 기밀한 성능이 요구되나, 복합커뮤니티 센터에 적용된 건물 출입문은 고기밀성이라 판단하기 어려우며, 과도한 보이드(Void) 설계로 층간 기밀구획이 명확하지 않은 점 등 기밀 설계가 반영되었다고 판단하기 어렵다.

또한 4층 다목적실의 기밀성능 측정값이 창호 부위 누기량을 통한 건물 기밀성능 추정값보다 높게 나타나고 있으며 이는 기밀층이 구축된 설비시스템 계획 및 시공 적용이 미흡한 것으로 분석된다. 이와 같은 현장 특성을 고려해보면 복합커뮤니티 센터는 현장 기밀성 시험을 통해 추정된 기밀성능 범위보다도 더 저하된 기밀성능을 확보한 건물일 수 있다.

복합커뮤니티 센터의 창호 부위 누기량은 도서관보다 높게 분석되었다. 복합커뮤니티 센터의 측정 창호는 기밀1등급의 공인성능을 확보한 밀창 제품이었으나, 현장 누기량 측정 결과 기밀2등급으로 분석되었으며, 도서관의 측정 창호는 기밀1등급의

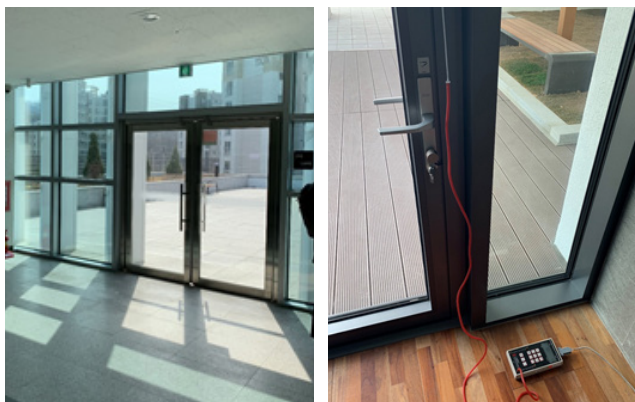
공인성능을 확보한 틸트앤턴 제품으로 현장 누기량 측정 결과는 기밀1등급으로 추정되었다. 따라서 설치된 창호 제품의 기밀성능에 따른 누기량 차이로 분석되며, 그 밖에도 창호 개폐방식, 기밀테이프 시공여부에 창호 부위의 누기량에 영향을 미친 것으로 분석된다(그림 3).

본 연구에서 분석한 비주거용 건물들은 패시브 건축물로서 기대되는 성능을 달성하고자 건물이 계획되어 완공에 이르는 과정 동안 공정별로 요구되는 사항들은 최대한 준수하고자 하였다. 다만 복합커뮤니티 센터의 경우 패시브 건축물에서 요구하는 건물 요소 성능 수준을 만족하였으나, 현장 기밀성 시험을 통해 기밀 설계 및 시공 수준이 다소 미흡한 것으로 분석되었으며, 이외의 비주거용 건축물 5개소는 패시브 건축물로서 건물 요소 성능 및 기밀성을 모두 충족하는 건물로 분석되었다.

#### 4. ZEB 구현을 위한 기밀 시공 가이드라인

최근 국내 정책의 영향으로 크게 주목받고 있는 제로에너지 건축물은 일반 건축물 대비 고려해야 하는 설계 및 시공 내용이 있으므로, 추가되는 공중에 대한 관리가 필요하다. 누기(air leakage)는 계획되지 않은 예측 불가능한 공기의 건물 출입을 의미하며, 건물 에너지 손실을 유발시키는 주요 원인이 된다. 제로에너지 건축물이 계획대로 에너지를 사용하기 위해서는 누기를 최소화하여야 하고, 이를 위해 기밀설계, 기밀자재 시공 등 누기 현상 최소화 공법이 필요하다.

본 연구에서 분석한 비주거용 건물 5개소(체육관, 주민센터, 복합청사, 도서관, 면사무소)에서 주요하게 고려하였던 누기 발생우려 부위에 반영된 시공계획 및 방안을 토대로 제로에너지 건축물 구현을 위한 기밀 시공 가이드라인을 마련하고자 하였다.



(a) Toughened Glass Door (b) High Air-Tightness Door  
**Fig. 2.** The Entrance of the Community Center and the Library



(a) Community Center (no Installation) (b) Library (Installation)

**Fig. 3.** Installation with Air Tightness Tapes on the Window and Wall Junction

### 4.1. 누기 발생우려 부위에 대한 기밀 시공방안

목표로 하는 건물의 기밀성능을 충족하기 위해서는 실내 가벽 활용 최소화 및 방풍실·기밀문 설치 등 건물 계획 단계에서 주요 누기 발생우려 부위에 대한 디테일부 설계 및 시공유무 확인이 필요하다. 본 연구에서 분석한 비주거용 건물 5개소는 모두 건물 개구부, 구조체 부위, 설비-외피 인입 부위를 주요 누기 발생우려 부위로 분류하였으며, 이에 따른 설계 및 시공방안을 수립하였다.

개구부 부위에 해당하는 창호-벽체 접합부, 문-벽체 접합부, 창문-창틀 접합부, 출입문 설치부위는 외벽 단열재와 연속적으로 프레임 부위가 이어지도록 위치 확인 후 시공하였으며, 프레임과 벽체가 직접적으로 맞닿는 부분은 기밀테이프와 같은 기밀자재를 시공하여 누기를 방지하고자 하였다.

건물의 바닥-벽체 접합부, 벽체-지붕 접합부, 그 밖에 벽체가 꺾이는 코너부 또한 주요 누기 발생우려 부위로 구분하였으며, 이러한 부위에서도 특히 외기와 직접 면하는 콘크리트 골조는 단열재가 모두 감싸도록 시공하고, 단열재 이음부위, 철물연결부위 등에는 단열폼(foam)으로 충진하였다.

오수 및 배수 인출관, 수도 및 가스 인입관 등 기밀외피 관통부위는 최소한으로 계획하였으며, 관통 부위는 디테일부 설계 및 검토, 검증된 기밀자재 시공을 통해 누기량을 최소화하였다. 콘센트, 전등스위치 등의 부위는 인입부를 통한 침기 차단용 기밀자재를 시공하여 건물 전체 기밀층을 훼손시키지 않도록 주의하였다.

한편 한국에너지공단에서 발행한 「제로에너지건축물 인증 기술요소 참고서」에 그림 4(한국에너지공간 건물에너지실, 2020)와 같이 제로에너지 건축물 구현을 위한 주요 부위별 침기(누기) 및 열교 최소화 방안이 제시되었으며, 해당 내용은 본 연구에서 분석한 주요 누기 발생우려 부위와 그에 따른 대응 방안과 유사한 것을 알 수 있다.

### 4.2. 기밀 계획 및 시공 체크리스트

기밀 성능은 대표적인 건물 에너지 성능 항목 중 하나로, 제로에너지 건축물은 반드시 고도의 기밀성능이 충족되어야 한다. 창호 및 출입문은 고기밀 성능을 확보한 제품으로 사용하며, 부득이 강화유리 도어 또는 슬라이딩 자동문을 주출입구 및 부출입구로 활용해야 할 경우 방풍실과 같은 기밀성 향상 방안을 동시에 계획하여야 한다.

개구부와 벽체 접합부위, 배관 및 배선 주변은 기밀테이프 등의 기밀자재 시공 계획이 필요하다(그림 5). 창호-콘크리트 구조물 접합 부위는 우레탄폼으로 충진하고 틈새 없이 기밀테

|      | 창호(窗) 부위   | 파이프 및 덕트 부위   | 조적벽 부위  | 전기배선 부위   |
|------|--|---|---|---|
| 시공자재 | 실런트, 기밀테이프   | 실런트, 기밀테이프  | 단열 우레탄폼, 기밀테이프  | 기밀소켓, 기밀테이프   |
| 시공공정 | 창호공사 시 (단열재 시공 전)  | 조적공사 전  | 미장공사 전  | 내장공사 후  |
| 시공위치 | 창틀-구조체 접합부   | AD/PD 입상 배관   | 조적벽 배관 관통 부위  | 세대 분전반, 훑트  |
| 시공방법 | 창틀-구조체 접합부(실내측) 단열재 시공   | 배관주변 틈새 실런트 충진 후 기밀테이프 문어발 형태 가공 적용   | ERV 스톱링클러 낚은 틈새 폼 충진 후 기밀테이프 시공   | 구격과 맞는 경우 기밀소켓 적용, 그 외 기밀테이프 시공   |
|      |  |  |  |  |

Fig. 4. Strategies for Minimizing Air Leakage and Thermal Bridges for ZEBs



(a) Window and Wall Junction (b) Pipes on the Wall

Fig. 5. Leakage Parts with Air Tightness Construction Method on Non-residential Buildings

이프를 부착한 후 미장 마감 공사를 실시한다. 이때 주변 실내측에는 기밀층, 방습층 테이프를, 실외측에는 방수층, 투습층 테이프를 설치하여야 한다. 이와 같은 시공 계획은 실제로 현장에서 반영되었는지 확인될 필요가 있으며 이를 위한 체크리스트는 그림 6과 같이 구성될 수 있다.

### 5. 결론

본 연구에서는 비주거용 건물의 현장 기밀성 측정 시험을 수행하고, 건물 및 창호 부위의 기밀성능 측정 결과를 토대로 주요 누기 발생우려 부위에 대한 기밀 설계 및 시공 수준을 분석하였다.

1) 복합커뮤니티 센터는 기밀 설계가 거의 고려되지 않아 블로어 도어 장비를 활용한 건물 전체 기밀성능을 평가할 수 없었으며, 창호 부위 누기량으로 추정된 값보다 간이테스트 공간의 기밀성능 측정값이 더 높게 나타나므로 기밀층이 구축된 설비시스템 계획 및 시공이 미흡한 수준으로 판단된다.

2) 복합커뮤니티 센터 외 비주거용 건물들은 기밀 설계를

| 제로에너지 빌딩 공종별 체크리스트 |                      | 문서번호          |      |     |      |
|--------------------|----------------------|---------------|------|-----|------|
| 공종                 | 기밀테이프                | 세부공종          |      |     |      |
| 부위                 | 창호 내외부               | 위치            |      |     |      |
| 구분                 | 검사항목                 | 검사기준<br>(시방서) | 검사결과 |     | 조치사항 |
|                    |                      |               | 적합   | 부적합 |      |
| 도서                 | 설치 위치, 수량, 사이즈 확인·검토 |               |      |     |      |
|                    | 보양, 안전대책 확인·검토       |               |      |     |      |
| 자재                 | 부위별 자재, 수량, 규격 확인·검토 |               |      |     |      |
|                    | 오염, 파손 여부 확인·검토      |               |      |     |      |
| 시공                 | 바탕면 청결도 및 수분 확인      |               |      |     |      |
|                    | 작업 시 온도 확인           |               |      |     |      |
| 공사 완료              | 최종 마감상태 육안 확인        |               |      |     |      |
|                    | 누기 여부 확인             |               |      |     |      |
| 시공자결점일             | 년 월 일                | 총괄 시공 책임자     | (인)  |     |      |
|                    |                      | 공종별 시공 관리자    | (인)  |     |      |
| 감리자결점일             | 년 월 일                | 총괄 감리 책임자     | (인)  |     |      |
|                    |                      | 감리자           | (인)  |     |      |
| 첨부자료               |                      |               |      |     |      |

Fig. 6. Checklist of Installation with Air Tightness Tapes for ZEB

포함하여 주요 누기 발생우려 부위에 대한 디테일부 설계 및 시공을 수행하여 패시브 수준으로 기밀성능을 확보하였다.

3) 패시브 성능의 건물 기밀 설계 및 시공 수준은 한국에너지공단에서 제시하는 제로에너지 건축물 구현을 위한 주요 부위별 침기 최소화 방안과 유사하다. 제로에너지 건축물을 위한 기밀 설계 방안은 패시브 건축물 수준이고 일반 건축물보다는 높은 수준이어야 한다.

4) 건물의 우수한 기밀성능 충족을 위해서는 기밀 설계 및 시공 계획이 실제 건물에 반영되었는지 체크리스트 등을 통해 확인되어야 한다. 적용되지 않았거나 기존 계획이 미흡할 경우 보완 및 계획 수정을 통해 목표 성능에 달성할 수 있도록 노력해야 한다.

### 감사의 글

본 연구는 국토교통부 주거환경연구사업의 연구비지원(20RERP-C146906-03)에 의해 수행되었습니다.

### 참고문헌

1. 국가기술표준원(2019), “KS F 2292-창호의 기밀성 시험방법”.
2. 권오현·김진효·김민휘·석윤진·정재원(2010), “Blower Door

- 를 이용한 국내 주거용 건물의 기밀도 실측 사례 분석”, 「대한건축학회 논문집」, 27(7): 303-310.
3. 박승환·송두삼(2019), “차압 측정을 통한 공동주택 기밀성능 예측방법의 제안 및 신뢰성 분석”, 「대한설비공학회 학술발표대회논문집」, 637-640.
4. 백남춘·한승현·이왕제·윤종호·신우철(2014), “다가구 및 다세대 원룸주택의 기밀성능 실측연구”, 「한국생태환경건축학회 논문집」, 14(5): 117-121.
5. 윤재욱(2013), “신축 공동주택에서 감압법을 이용한 기밀성능 실측 연구”, 「한국생태환경건축학회 논문집」, 13(3): 27-32.
6. 이동석·지경환·조재훈(2014), “대규모 건물의 기밀성능 측정기준 수립에 관한 연구”, 「한국태양에너지학회 논문집」, 34(1): 117-124.
7. 이동윤·이주호·김규동·이준서·김영학(2016), “초고층 건물의 시공단계 기밀성능 측정 및 개선효과 분석”, 「대한설비공학회 학술발표대회논문집」, 287-288.
8. 이수인·김정국·김서훈·김종훈·정학근·장철용(2015), “건물 구조 특성에 따른 기밀성능 및 난방 에너지 요구량 분석-신축 공동주택 중심으로”, 「한국생태환경건축학회 논문집」, 15(2): 109-115.
9. 이태구·윤두영(2013), “패시브 디자인을 적용한 주택의 기밀성에 관한 실측 사례 연구”, 「한국생태환경건축학회 논문집」, 13(2): 13-20.
10. 지경환·신현국·조재훈(2016a), “공동주택의 준공 전후 측정 시점에 따른 기밀성능 비교”, 「한국건축친환경설비학회 논문집」, 10(1): 55-60.
11. 지경환·신현국·조재훈(2016b), “국내 고층 공동주택의 기밀성능 특성 분석 및 누기부위 조사”, 「한국건축친환경설비학회 논문집」, 10(4): 308-313.
12. 지경환·신현국·한승우·조현·조재훈(2017), “다중회귀분석을 통한 국내 공동주택 단위세대의 기밀성능 예측”, 「한국건축친환경설비학회 논문집」, 11(6): 465-475.
13. 지경환·이동석·조재훈(2014), “건물 출입문의 기밀성능 기준 및 측정을 통한 데이터 비교”, 「대한건축학회 논문집」, 30(3): 223-230.
14. 최윤정·남보라·신현국·조재훈(2013), “공동주택에서 슬라이딩 창호의 기밀 취약점 분석”, 「대한건축학회 논문집」, 29(1): 221-228.
15. 한국에너지공단 건물에너지실(2020), 「제로에너지건축물 인증 기술요소 참고서」, p.20.
16. International Standard Organization (2015), “Thermal performance of buildings—Determination of air permeability of buildings—Fan pressurization method”.
17. Lee, D. S., J. W. Jeong and J. H. Jo (2017), “Experimental study on Air tightness test methods in large buildings; proposal of averaging pressure difference method”, *Building and Environment*, 122: 61-71.