



오피스빌딩 리모델링을 위한 도로 폭별 건물 규모 증가에 따른 냉난방에너지 소요량 분석

Analysis of Heating and Cooling Energy Consumption for Office Building Remodeling according to the Increasing Building Size per Road Width

권주현* · 오준걸**

Joo-Hyeon Kwon* · Joon Gul Oh**

* Graduate Student, School of Architecture, Seoul National Univ. of Science and Technology, South Korea (joo94@seoultech.ac.kr)

** Corresponding author, Professor, School of Architecture, Seoul National Univ. of Science and Technology, South Korea (jgoh@seoultech.ac.kr)

ABSTRACT

Purpose: The study analyzes office buildings and surrounding roads located in Teheran-ro, where remodeling is expected. The optimum size of office buildings is derived for each road width. It is intended to predict the energy consumption of heating and cooling loads in office buildings and to present guidelines for design that can save energy in the initial design stage for remodeling. **Method:** This study classified roads in Gangnam-gu with Teheran-ro at the center according to the hierarchy of roads specified in the Building Act. Cases by road width were selected according to classification and the average volume of office buildings located on the road was derived. The office building with the derived volume was simulated by changing the width of the road. Design Builder, a building energy analysis program, was selected as a simulation tool for analysis of heating and cooling loads according to road width and size. **Result:** When designed as the largest size in the volume allowed by the law, heating and cooling load per area are advantageous. In the initial design phase, more granular research is required by applying a variety of variables that affect energy savings.

KEYWORD

냉난방에너지 소요량
도로 폭
리모델링
오피스빌딩

Cooling and Heating Energy Consumption
Road Width
Remodeling
Office Building

ACCEPTANCE INFO

Received May. 11, 2020
Final revision received Aug. 24, 2020
Accepted Aug. 26, 2020

© 2020. KIEAE all rights reserved.

1. 서론

1.1. 연구의 배경 및 목적

‘지구의 날’이었던 2019년 4월, 뉴욕시장 빌 더블라지오(Bill de Blasio)는 기후 변화 위기에 대처하고 온실가스 배출을 억제하는 뉴욕시 ‘그린뉴딜정책’(Green New Deal)의 일환으로 기존 건축물도 개정된 규제에 맞추어 리모델링 해야 하며, 기준을 지키지 않으면 2030년부터 100만 달러(한화 약 11억원) 이상의 벌금을 부과하는 방안을 발표하였다¹⁾. Fig. 1.은 C40 기후리더십 그룹에서 발표한 온실가스 배출량 상위 대도시이다²⁾. 뉴욕시가 새로운 도시 규제를 시행함에 따라 온실가스 배출 등 환경적 이슈가 대두되고 있어 각국의 대도시들도 영향이 불가피 할 것으로 예상된다[1].

이보다 앞선 2018년 10월, 서울시는 보도자료를 통하여 최근 높아지는 공실률과 준공 15년 이상의 노후된 오피스빌딩이 문제점으로 대두되는 강남구 테헤란로 일대를 ‘리모델링 활성화구역’으로 지정하는 계획방안을 추진하고 있음을 밝혔다[2]. 테헤란로에 위치한 건축물 대다수가 지구단위계획 지침에서 정하는 허용 용적률 800%까지 개발 완료되어 용적률 상승을 위한 재건축은 사실상 불가능하지만, 테헤란로 일대가 ‘리모델링 활성화구역’으로 지정된다면 기존

The 10th largest emitter of greenhouse gases [1000m Ton]

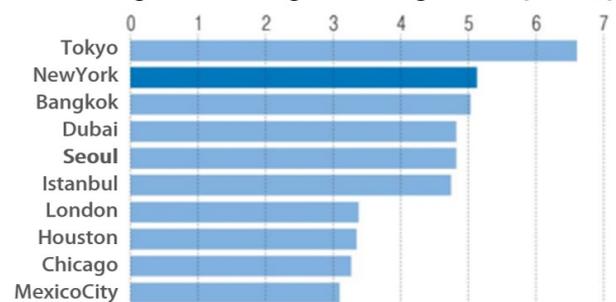


Fig. 1. The 10th largest emitter of greenhouse gases (C40 Climate Leadership Group)

연면적 대비 최대 30%까지 용적률을 높여서 증축 가능하다.

본 연구의 목적은 대규모 리모델링이 예상되는 서울시 강남구 테헤란로와 그 외 다양한 도로 폭에 접하는 오피스빌딩에서 도로 폭과 건물 규모 변화에 따른 냉난방에너지 소요량을 분석한다. 연구의 결과는 오피스빌딩 냉난방에너지 소요량을 예측하여 리모델링을 위한 초기 디자인단계에서 에너지 절감 기초자료로 활용이 기대된다.

1.2. 연구의 방법 및 범위

먼저 테헤란로 중심의 공간적 범위인 강남구 내 도로를 건축법에 따른 도로의 위계로 분류하였다. 이에 도로 폭 규모별 사례를 선정하여 도로에 위치한 오피스빌딩이 갖는 평균 체적을 도출하고, 도로 폭

의 변화를 적용하여 에너지 시뮬레이션을 진행하였다. 오피스빌딩의 냉난방에너지 분석을 위하여 에너지플러스(Energy Plus) 기반의 건물 에너지 해석 프로그램인 디자인빌더 v3.4.041(Design Builder v3.4.041)를 사용하였다[3].

Fig. 2.와 같이 강남구는 50m 폭의 넓은 간선도로를 중심축으로 계획되었다. 간선도로는 동서 또는 남북방향이며, 그 하위 도로 또한 명확한 방향축을 가진다. 본 연구에서는 강남구 내 도로 폭의 규모별 사례로서 폭 50m의 테헤란로와 그 이하 폭 35m의 논현로, 폭 25m의 선릉로를 각각 선정하였다.

2. 도로 폭과 체적

2.1. 도로의 선정 및 현황 분석

‘도로’(道路,Road)는 건축법 제2조 제1항 제11호에 의해 보행과 통행이 가능한 너비 4m 이상인 길로 정의된다. 유사어로 ‘가로’(街路,Street)는 고속도로를 제외한 시가지의 일반 도로로서 도시의 중추기능 역할을 하는 도시 활동의 근원으로 정의된다. 본 연구는 서울시 강남구 내 실제 도로 현황을 파악하고 건축법과 도로법을 기준으로 하기에 ‘도로’와 ‘가로’ 중 보다 적합한 ‘도로’를 기준으로 한다.

건축법에서 도시계획시설로서 도로는 Table. 1.과 같이 도로 폭 및 차선 수 등 규모에 따라 크게 4개로 구분되며, 다시 도로 폭에 따라 1류~3류로 세분화된다. Fig. 3.와 같이 ‘도로 폭’은 차도와 양쪽 보도를 포함한 너비이다.

본 연구에서는 도로 폭 변화에 따른 도로 건너편 건물과 대상 건물 간의 관계가 간선도로변에 위치한 오피스빌딩의 냉난방에너지에 미치는 영향을 분석하기 위하여 도로의 규모별 분류에 의해 사례 도로를 선정하였다. 광로의 경우, 1류 규모인 70m 이상 폭을 갖는 사례는 서울시에서는 종로구 세종대로 일부(100m)가 유일하므로, 연구 범위 내 가장 넓은 도로 폭인 50m의 광로 2류, 테헤란로를 선정

하였다. 대로와 중로의 사례는 각 분류 내 1류 규모의 도로인 논현로와 선릉로를 선정하였다. 또한 왕복 2차선 규모의 소로는 도로 변에 위치한 오피스빌딩의 규모가 제한적이므로 본 연구에서 제외되었다.

Fig. 4.~6.은 도로의 위성사진을 통해 선정한 사례 도로 내 오피스빌딩의 평균적인 크기를 분석한 것이다. 그리고 시뮬레이션을 위해 오피스빌딩의 높이는 ‘테헤란로 상업지역 가로구역별 최고 높이 지침’에서 최고 높이를 만족하도록 설정하였다[4]. 층고(스팬드럴 포함)는 4m로 가정하여 층수를 계산하였다. 이권형 외 2인(2014)에 따르면 장단변비는 동일한 연면적의 경우 정방형에 가까울수록 냉난방에너지 절감에 유리함에 본 연구에서도 1:1로 설정하였다[5].

테헤란로는 지구단위계획구역 상 ‘테헤란로제2지구’와 ‘국제교류복합지구’ 일부를 포함하고 있다. ‘테헤란로제2지구’는 일반상업지역과 제3종일반주거지역이 7대3비율로 구성되어있으며[6], ‘국제교류복합지구’ 중 연구에 포함되는 범위는 모두 일반 상업지역(간선도로변)이다[7]. 도로변에 위치한 일반상업지역에서 건축법규상 건물 최대 규모는 Table. 3.과 같다.

Table. 1. Categorized by Road Scale at Gangnam-gu

| Name | Scale | | | Case in Gangnam-gu |
|---------------|--------------------|----------------|------------|--------------------|
| | Traffic Lane | Classification | Road Width | |
| Gwang-ro (光路) | Both-way 8~10 Lane | class 1 | 70m~ | Teheran-ro (50m) |
| | | class 2 | 50~70m | |
| | | class 3 | 40~50m | |
| Dae-ro (大路) | Both-way 6 Lane | class 1 | 35~40m | Nonhyeon-ro (35m) |
| | | class 2 | 30~35m | |
| | | class 3 | 25~30m | |
| Jung-ro (中路) | Both-way 4 Lane | class 1 | 20~25m | Seolleung-ro (25m) |
| | | class 2 | 15~20m | |
| | | class 3 | 12~15m | |
| So-ro (小路) | Both-way 2 Lane | class 1 | 10~12m | - |
| | | class 2 | 8~10m | |
| | | class 3 | ~8m | |

Table. 2. Establishment of Office Building Size by Road Width

| Road Width | 25m | 35m | 50m |
|-----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| Road Name | Seolleung-ro | Nonhyeon-ro | Teheran-ro |
| Building Type | Office Building | | |
| Typical Floor Area | 250m ² | 450m ² | 650m ² |
| Length to Width Ratio | 1:1 | | |
| Height | 60m(15F) | 72m(18F) | 88m(22F) |
| Volume | 15,000m ³ | 32,400m ³ | 57,200m ³ |

Table. 3. Architectural Regulations

| Road Width | Site | BCR* | FAR** | Height |
|--------------------|-------------------------|------|-------|--------|
| 25m (Seolleung-ro) | Along the Arterial Road | 60% | 800% | 110m |
| | Residential Area | 50% | 250% | 55m |
| 35m (Nonhyeon-ro) | Along the Arterial Road | 60% | 800% | 110m |
| | Residential Area | 50% | 250% | 55m |
| 50m (Teheran-ro) | Along the Arterial Road | 60% | 800% | 110m |

*BCR: Building Coverage Ratio **FAR: Floor Area Ratio

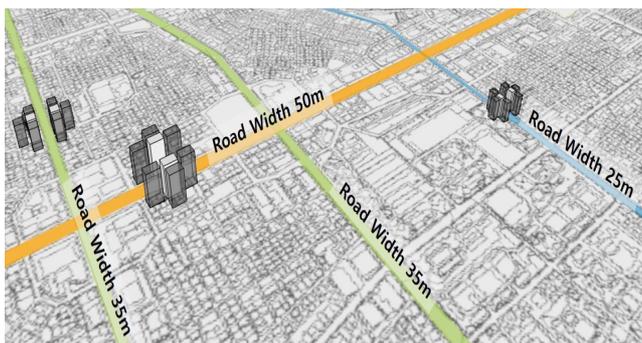


Fig. 2. Area of Case Study

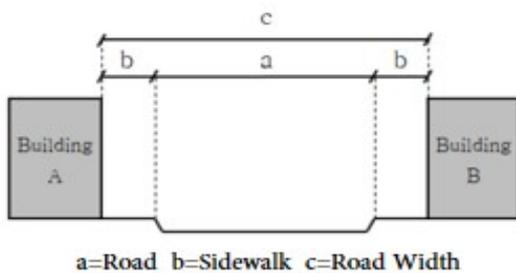


Fig. 3. Composition of Road Width



Fig. 4. Average Office Building Size at 25m Width Road

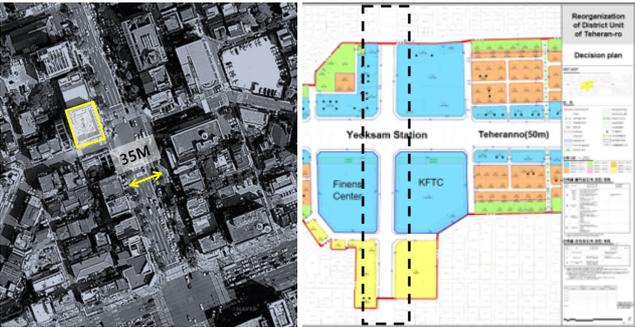


Fig. 5. Average Office Building Size at 35m Width Road



Fig. 6. Average Office Building Size at 50m Width Road

2.2. 시뮬레이션을 위한 건물 체적 설정

각 도로 폭 별로 선정된 사례 도로에 대해 위성사진, 토지이용규제정보시스템 등을 통해 오피스빌딩의 평균 체적을 도출한다. 25m 도로 폭의 선릉로는 선릉역과 강남구청역 사이 약 770m의 직진 구간에서 43개 건축물 조사를 통해 평균 체적 15,000㎡의 V3, 35m 도로의 논현로는 역삼역에서 연주역 약 730m 구간에서 35개 건축물을 통해 평균 체적 32,400㎡의 V6, 50m 도로 폭의 테헤란로는 역삼역에서 선릉역까지 약 1.1km 구간에서 50개의 건축물 조사를 통해 평균 체적 57,000㎡의 V9을 각 도로 폭의 평균 체적 크기로 도출한다.

또한 다양한 규모의 분석모델을 시뮬레이션으로 확인하기 위해 Table 4.와 같이 도출한 3개의 오피스빌딩 평균 체적인 V3, V6, V9 모델 사이에 체적을 추가하였다. 평균 체적 모델 규모 간 차이 값을 계산하여 도출하였다. V6를 기준으로 V1~V6은 V3과 V6의 차이를 동일하게 나눈 값 사이 값으로 하며, V6~V11은 V6과 V9의 차이를 동일하게 나눈 값 사이 값으로 한다. 25m 도로 폭은 V1~V5, 35m 도로 폭은 V4~V8, 50m 도로 폭은 V7~V11이 각 도로 폭 별 오피스빌딩의 그룹으로 볼 수 있다. Table 4. 내 'VIR(Volume Increase Ratio)'은 해당 모델과 직전 규모 모델의 체적 값을 나눈 값으로 본 체적 대비 증가 비율을 의미한다.

Table 4. Volumetric Establishment according to Road Width

| Model | Volume (㎡) | *VIR (%) | Total Floor Area (㎡) | Typical Floor Area (㎡) | Floors | Building Height(m) |
|-------|------------|----------|----------------------|------------------------|--------|--------------------|
| V1 | 3,400 | - | 850 | 65 | 13 | 52 |
| V2 | 9,200 | +271% | 2,300 | 164 | 14 | 56 |
| V3 | 15,000 | +163% | 3,750 | 250 | 15 | 60 |
| V4 | 20,800 | +139% | 5,200 | 325 | 16 | 64 |
| V5 | 26,600 | +128% | 6,650 | 391 | 17 | 68 |
| V6 | 32,400 | +122% | 8,100 | 450 | 18 | 72 |
| V7 | 40,600 | +125% | 10,150 | 534 | 19 | 76 |
| V8 | 48,800 | +120% | 12,200 | 610 | 20 | 80 |
| V9 | 57,000 | +117% | 14,250 | 678 | 21 | 84 |
| V10 | 65,200 | +114% | 16,300 | 740 | 22 | 88 |
| V11 | 73,400 | +113% | 18,350 | 797 | 23 | 92 |

*VIR: Volume Increase Ratio(V(n+1)/Vn)

3. 오피스빌딩 냉난방에너지 소요량 시뮬레이션

3.1. 시뮬레이션 설정

디자인빌더의 조건 입력란 분류는 Activity, Construction, Lighting, HVAC로 구분된다[8]. Activity와 Lighting은 디자인빌더 자체 템플릿인 Generic Office Template의 기본 설정값을 적용한다. Construction은 패시브적 요소 입력란으로 냉난방에너지에 영향을 미치는 입력값인 열관류율(U-Value)을 포함한다. 설정한 부위별 열관류율은 국토교통부 고시 '건축물의 에너지절약 설계기준 해설서(2017)'을 기반으로, 설정한 부위별 열관류율은 국토교통부 고시 '건축물의 에너지절약 설계기준(2018)' [별표1]에 따라 중부 2 지역 단열기준에 적합하게 반영하였으며, 세부 설정 값은 Table 5.와 같다. HVAC은 VAV 시스템(가변풍량방식)을 적용하고 기상데이터는 서울특별시의 기상데이터를 적용한다.

분석 오피스빌딩은 코너가 아닌 도로변의 중간에 위치한다는 가정이며, 주변건물과의 이격거리는 보조 간선도로의 폭인 3m로 좌·우는 1차선, 후면은 2차선으로 각각 6m, 9m로 적용한다. Fig. 7.과 같이 주변 건물은 좌·우·후면과 도로의 맞은편에 위치하며 분석 오피스빌딩과 동일 체적과 조건이다.

시뮬레이션 분석을 위한 모델링 조건은 다음과 같다.

- 1) 분석 오피스빌딩은 도로의 북측에 위치하며 남향을 가진다.
- 2) 분석 오피스빌딩의 향별 창면적비(WWR)는 동·서·남·북이 차례로 80%, 80%, 100%, 20%으로 적용한다[9].
- 3) 법적기준에 따른 외피 부위별 열관류율 값을 준수한다.
- 4) 코어의 위치는 고려하지 않으며 지하층도 제외한다.

위의 조건 중 2)는 창면적비는 선행연구에서 도출한 오피스빌딩 방위별 입면의 최적 창면적비이다. 이는 '서울시 녹색건축물 설계기준(2019)' 중 '외피 디자인의 자율성 부여를 위한 창면적비 완화' 기준을 만족하여 최대 적용 가능한 창면적비 70%를 평균 창면적비로 하였으며, 동·서의 창면적비는 동일하게 80%로 설정한다.

Table. 5. Simulation Data Settings

| | | | | |
|--------------------------------------|----------------------------|-----------------------------|--------------------------|--------------------------------------|
| Factor | Location | SEOUL | Weather data | SEOUL |
| | Activity Template | Generic Office Area | HVAC Template | VAV |
| | Office Equipment | 11.77W/m ² | Lighting Energy | 5W/m ² ·100lux |
| | Occupancy | 0.111 people/m ² | Building Operation Time | 07:00 ~ 19:00 (Holiday Exclusion) |
| | Infiltration Constant rate | 0.7ac/h | | |
| Setpoint Temperatures | Heating /Set Back | 22°C/12°C | Cooling /Set Back | 24°C/28°C |
| Glazing | Light Transmission | 0.56 | U-Value | 1.50W/m ² ·K |
| | Total Solar Transmission | 0.69 (SHGC) | | |
| U-Value | External Wall | 0.21W/m ² ·K | Ground Floor | 0.18W/m ² ·K |
| | Window/Door | 1.50W/m ² ·K | Internal Floor | 0.81W/m ² ·K |
| | Roof | 0.22W/m ² ·K | | |
| Surrounding Buildings | | | | |
| Convective Heat Transfer Coefficient | | | 19.87W/m ² ·K | |
| Radiative Heat Transfer Coefficient | | | 5.13W/m ² ·K | |

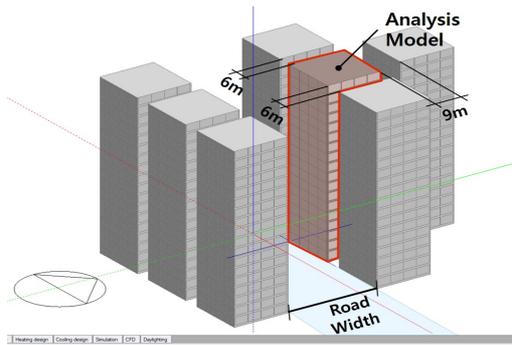


Fig. 7. Model Layout for Simulation

3.2. 시뮬레이션 분석 결과

Fig. 8.은 디자인빌더 시뮬레이션 결과 화면이며, 도로 폭 별로 체적(m³)과 연면적(m²) 당 도출된 오피스빌딩의 규모에 따른 냉난방에너지 소요량은 Table. 6.과 같다.

시뮬레이션 결과값의 신뢰도를 비교하기 위해 장재희(1994)의 '사무소건물의 냉난방에너지 실태조사'를 통한 연간 단위공조면적당 냉난방에너지 사용량 분석과 비교하였다[10]. 해당 연구에 따르

Table. 6. Heating and Cooling Energy Consumption per Road Width [kWh]

| Road Width | V1 | | | V2 | | | V3 | | | V4 | | | V5 | | | V6 | | | |
|------------|-----------|-----------------|-----------------|-----------|-----------------|-----------------|-----------|-----------------|-----------------|-----------|-----------------|-----------------|-----------|-----------------|-----------------|--|-----------------|-----------------|--|
| | H&C Con. | /m ² | /m ³ | H&C Con. | /m ² | /m ³ | H&C Con. | /m ² | /m ³ | H&C Con. | /m ² | /m ³ | H&C Con. | /m ² | /m ³ | H&C Con. | /m ² | /m ³ | |
| 25m | 135,691 | 159.6 | 39.9 | 316,322 | 137.5 | 34.4 | 494,270 | 131.8 | 33.0 | 650,016 | 125.0 | 31.3 | 828,786 | 124.6 | 31.2 | 991,967 | 122.5 | 30.6 | |
| 35m | 132,648 | 156.1 | 39.0 | 305,302 | 132.7 | 33.2 | 472,362 | 126.0 | 31.5 | 628,157 | 120.8 | 30.2 | 800,269 | 120.3 | 30.1 | 958,601 | 118.3 | 29.6 | |
| 50m | 130,398 | 153.4 | 38.4 | 293,969 | 127.8 | 32.0 | 454,180 | 121.1 | 30.3 | 604,861 | 116.3 | 29.1 | 766,454 | 115.3 | 28.8 | 919,822 | 113.6 | 28.4 | |
| Road Width | V7 | | | V8 | | | V9 | | | V10 | | | V11 | | | * H&C Con.: Heating&Cooling Energy Consumption | | | |
| | H&C Con. | /m ² | /m ³ | H&C Con. | /m ² | /m ³ | H&C Con. | /m ² | /m ³ | H&C Con. | /m ² | /m ³ | H&C Con. | /m ² | /m ³ | | | | |
| 25m | 1,219,195 | 120.1 | 30.0 | 1,445,688 | 118.5 | 29.6 | 1,668,331 | 117.1 | 29.3 | 1,891,066 | 116.0 | 29.0 | 2,114,129 | 115.2 | 28.8 | | | | |
| 35m | 1,182,850 | 116.5 | 29.1 | 1,405,426 | 115.2 | 28.8 | 1,622,727 | 113.9 | 28.5 | 1,841,580 | 113.0 | 28.2 | 2,061,238 | 112.3 | 28.1 | | | | |
| 50m | 1,135,225 | 111.8 | 28.0 | 1,350,173 | 110.7 | 27.7 | 1,562,914 | 109.7 | 27.4 | 1,777,921 | 109.1 | 27.3 | 1,990,837 | 108.5 | 27.1 | | | | |

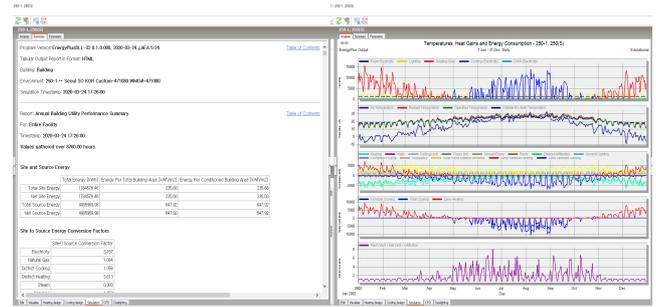


Fig. 8. Simulation Analysis Screen

면 공조면적 20,312m²의 지상 18층 규모의 오피스빌딩은 113.87 Mcal/m²·yr의 연간 단위공조면적당 냉난방에너지 사용량을 가진다. 시뮬레이션 결과 값과 비교를 위해 단위를 환산하면 132.43kWh/m²·yr이며, 분석모델 중 가장 유사한 V11(연면적 18,350m²)의 도로 폭 별 단위면적당 냉난방에너지 소요량인 108.5~115.2kWh/m²과 17.23 ~23.93kWh/m² 차이가 난다. 실제 오피스빌딩과 시뮬레이션 모델의 규모, 위치, 구성 설비 등 차이를 감안하면 실제 오피스빌딩의 냉난방에너지 소요량과 시뮬레이션 결과 값이 근사함을 알 수 있다.

도출한 오피스빌딩의 냉난방에너지 소요량 범위는 V1이 50m 도로에 위치하여 있을 때 130,398kWh로 가장 작은 값을 나타내며, V11이 25m 도로에 접하였을 때 2,114,129kWh로 가장 큰 냉난방에너지 소요량을 가진다. 오피스빌딩의 규모가 클수록 총 냉난방에너지 소요량 또한 증가하므로 본 연구에서는 도출한 냉난방에너지 소요량을 각각의 연면적으로 나누어 1m²당 냉난방에너지 소요량을 비교하였다. 1m²당 냉난방에너지 소요량은 V11이 50m 도로 폭에서 108.5kWh/m²로 최저 값을 나타내며, V1이 25m 도로 폭에서 159.6kWh/m²로 가장 크다. 이는 에너지경제연구원에서 발표한 에너지 총 조사보고서(2015) 중 연면적이 큰 건물일수록 연간 단위면적당 에너지 소비량은 감소한다는 조사 사례의 분석 결과와 일치한다[11].

Table. 7.은 분석모델 V1~V11의 규모와 도로 폭 별 냉난방에너지 소요량 증가율이다. 냉난방에너지 소요량의 증가율은 도로 폭에 관계없이 건물 규모에 따른 증가율과 비례한다. 이로써 건물 규모 증가에 따른 냉난방에너지 소요량 변화는 도로 폭에 영향을 크게 받지 않는다는 것을 알 수 있다.

Fig. 9.은 연면적과 도로 폭 변화에 따른 오피스빌딩 1m²당 냉난방에너지 소요량이며, V1이 25m 도로 폭에서 159.6kWh/m²로 가장

Table. 7. Increase of Heating and Cooling Energy Consumption by building Size and Width of Road

| Model | Volume | Total Area | 25m Road | 35m Road | 50m Road |
|---------|--------|------------|----------|----------|----------|
| V1-V2 | 271% | 271% | 235% | 232% | 227% |
| V2-V3 | 163% | 163% | 155% | 155% | 154% |
| V3-V4 | 139% | 139% | 131% | 133% | 133% |
| V4-V5 | 128% | 128% | 127% | 127% | 127% |
| V5-V6 | 122% | 122% | 119% | 120% | 120% |
| V6-V7 | 125% | 125% | 123% | 123% | 123% |
| V7-V8 | 120% | 120% | 118% | 119% | 119% |
| V8-V9 | 117% | 117% | 115% | 115% | 116% |
| V9-V10 | 114% | 114% | 113% | 114% | 114% |
| V10-V11 | 113% | 113% | 112% | 112% | 112% |

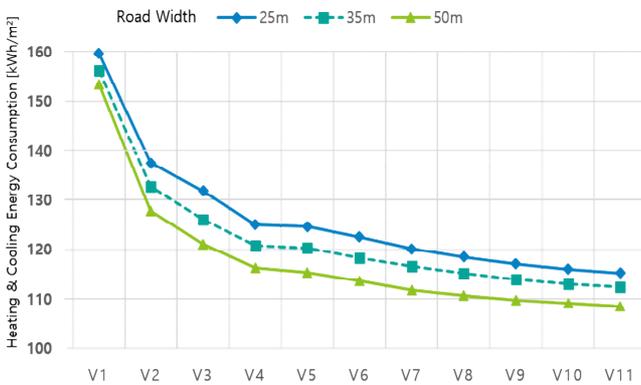


Fig. 9. Heating and Cooling Energy Consumption per m² [kWh/m²]

큰 냉난방에너지 소요량이 나타났다. 또한 V11이 50m 도로에 접할 때, 가장 적은 냉난방에너지 소요량인 108.5kWh/m²로 나타났다. 이러한 1m²당 냉난방에너지 소요량의 최저와 최고 값 차이는 51.1kWh/m²로 최저 냉난방에너지 소요량의 약 47%를 차지한다. 25m 도로 폭의 냉난방에너지 소요량과 50m 도로 폭의 냉난방에너지 소요량의 차이 값이 가장 많이 나는 체적은 V3으로 두 값의 차이는 10.69kWh/m²이다. 또 가장 적은 차이 값을 가지는 체적은 V1으로 6.23kWh/m²이다. 이 때 두 값의 변화폭이 크지 않아 어느 규모의 체적이 도로 폭 변화에 따른 에너지 절감이 보다 효과적인지는 단정하기 어렵다.

V4와 V5는 모든 도로 폭에서 매우 유사한 값의 냉난방에너지 소요량을 나타낸다. 두 모델의 차이 값은 모든 도로 폭에서 약 0.4~1kWh/m²이다. 반대로 연속되는 체적 규모 중 가장 차이 값이 큰 모델은 V1과 V2로, 두 체적 간 차이 값은 22~25kWh/m²이다. V1와 V2의 차이 값을 제외한 연속된 체적 규모의 냉난방에너지 소요량 차이 값은 7kWh/m²를 넘지 않는다. 이에 연속되는 체적 규모 V1~V4가 갖는 차이 값은 V5~V11가 갖는 차이 값보다 증가 폭이 크며, 이는 일정 규모의 체적까지는 도로 폭에 따른 냉난방에너지 소요량의 변화폭이 크지만, 변화폭이 동일하게 유지되는 체적 크기 이후에는 냉난방에너지 소요량 변화폭은 완만한 곡선으로 나타남을 알 수 있다.

Fig. 10.은 연면적과 도로 폭에 따라 변화하는 1m²당 냉방에너지 소요량을, Fig. 11.은 1m²당 난방에너지 소요량을 나타낸 것이다. 냉

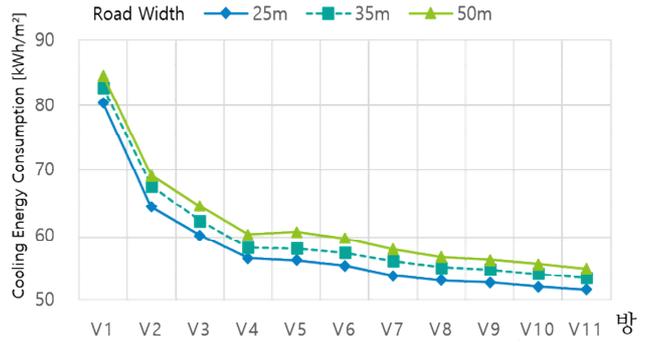


Fig. 10. Cooling Energy Consumption per m² [kWh/m²]

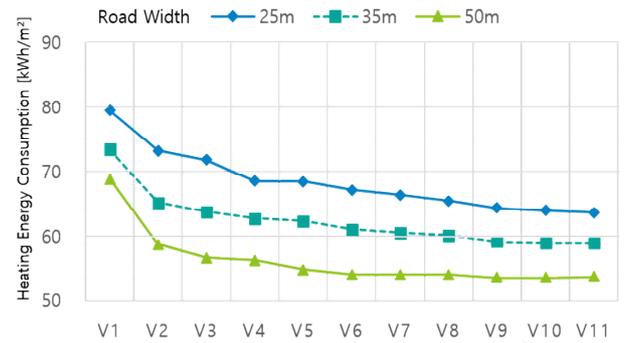


Fig. 11. Heating Energy Consumption per m² [kWh/m²]

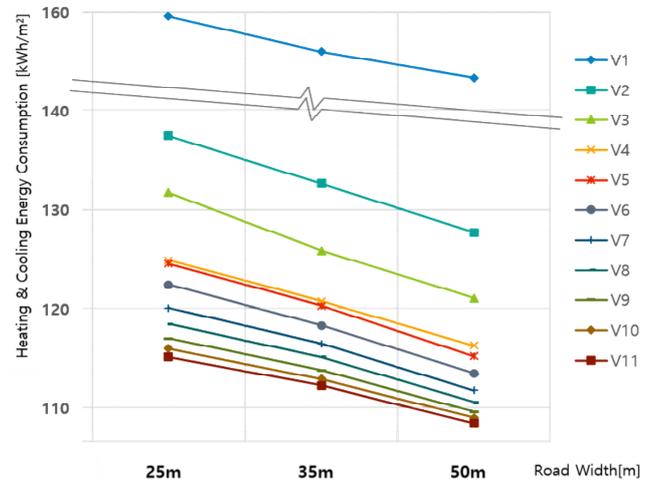


Fig. 12. Heating and Cooling Energy Consumption per m² [kWh/m²]

에너지 소요량은 도로 폭 50m>35m>25m의 순서로 소요량이 크게 나타났고, 난방에너지 소요량은 25m>35m>50m 순서로 소요량이 큰 것으로 분석되었다. 냉방에너지 소요량은 난방에너지 소요량보다 도로 폭에 따른 차이가 크지 않다. 이는 도로 폭 변화에 따라 발생하는 주변 건물을 통한 일조, 일사 등이 난방에너지 소요량 발생에 영향을 미쳐 보다 큰 변화폭을 가지는 것으로 판단된다. 또한 냉방에너지 소요량은 난방에너지 소요량보다 체적에 따른 변화폭이 크게 나타났다. 냉방에너지 소요량 그래프는 냉난방에너지 소요량 그래프와 매우 유사한 곡선으로, 냉방에너지 소요량 절감이 난방에너지 소요량 절감보다 더 효율적인 절감대책으로 분석된다.

Fig. 12.는 V1~V11의 대상 모델의 도로 폭 당 냉난방에너지 소요량을 나타낸 그래프이다. 모든 도로 폭에서 가장 작은 규모인 V1의

1㎡당 냉난방에너지 소요량이 가장 크며 가장 큰 규모의 V11이 가장 작은 냉난방에너지 소요량을 나타냈다. 이는 오피스빌딩의 규모가 클수록 요구되는 1㎡당 냉난방에너지 소요량이 적음을 알 수 있다. 그러나 25m 도로 폭에서 냉난방에너지 소요량 절감이 가장 유리한 V11은 건폐율 60%, 용적률 800%을 초과하여 법적으로 계획이 불가능하다. 또한 V1의 규모가 에너지 절감 측면에서 가장 유리한 도로 폭 50m 도로에 위치한다면 이는 지구단위계획에서 규제하는 800% 용적률보다 매우 적으므로 에너지 절감에 따른 비용보다 경제적인 효율성이 부족하기에 실현되기는 어렵다. 따라서 냉난방에너지 소요량을 통한 에너지 절감을 위해 실현 가능한 도로 폭별 규모는 앞서 V1~V11 도출 과정에서 설정한 그룹별 가장 큰 규모로, 25m 도로 폭에서는 V5, 35m 도로 폭에서는 V8, 50m 도로 폭에서는 V11이 가장 유리한 냉난방에너지 소요량을 갖는 규모로 분석된다.

4. 결론

본 연구는 초기 디자인 단계에서 냉난방에너지 절감 계획이 가능한 오피스빌딩의 체적을 구하고자 시뮬레이션을 통해 도로 폭과 규모 변화에 따른 오피스빌딩의 냉난방에너지 소요량을 분석하였다. 본 연구에서 도로의 현황과 법규에 명시된 용적률 및 건폐율에 맞추어 도출한 다양한 규모의 정방형 형태 오피스빌딩을 도로 폭별로 배치하여 에너지 시뮬레이션을 실행한 연구결과는 다음과 같다.

첫째, 오피스빌딩이 최대 규모로 설계되었을 때, 1㎡당 냉난방에너지 소요량 절감에 유리하다. 따라서 향후 테헤란로가 '리모델링 활성화 구역'으로 지정된다면, 기존 용적률 대비 최대로 계획 가능한 30% 증가한 체적이 1㎡당 냉난방에너지 절감에 가장 유리할 것으로 판단된다. 연구에서 도출한 분석 규모 중 평균 체적의 용적률 30% 증가에 해당되는 체적은 도로 폭 25m에서는 V4, 도로 폭 35m에서는 V7, 50m에서는 V11이다. 이 때, 냉난방에너지 소요량의 절대적인 수치를 기준으로 보면 50m도로에서 최대 규모인 V11과 최소 규모인 V1의 차이는 약 15배이다.

둘째, 오피스빌딩에서 냉방에너지 소요량보다 난방에너지 소요량이 도로 폭 변화에 더 큰 영향을 받는다. 또한 냉난방에너지 소요량 절감을 위해서 난방에너지 소요량보다 냉방에너지 소요량 절감 계획이 보다 효과적이다.

셋째, 도로 폭 변화는 건물 규모 변화에 따른 냉난방에너지 증감에 큰 영향을 주지 않는다. 대규모 리모델링 계획 시, 도로 폭별 분류를 통해 절감 방안을 수립하는 것보다 오피스빌딩의 규모 분류를 통하여 냉난방에너지 절감 계획을 수립하는 것이 효과적이다.

본 연구에서 V1~V2에서 나타난 큰 폭의 냉난방에너지 소요량 차이 값과 V4~V5에서 나타난 동일 수준의 냉난방에너지 소요량 차이 값 확인을 위한 연구와 도로의 남측에 위치한 북향 건물을 함께 고려한 후속 연구가 필요하다. 또한 향후 본 연구에서 제시한 규모와 도로 폭 외에 초기 디자인 단계에서 에너지 절감에 영향을 미치는 층고, 창면적비, 외피 재료 및 성능 등 다양한 변수를 적용하고, 테헤란로 일대 '리모델링 활성화구역'의 수립 방향 및 목적을 보다 명확하게 반영한 연구가 요구된다.

Acknowledgement

본 성과는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No.2020R1F1A1073481).

Reference

- [1] 경향신문, 뉴욕 '그린 뉴딜' 시동 "빌딩 배출 온실가스 80% 감축", <http://news.khan.co.kr/>, 2019.04.23. // (Kyunghyang Shinmun, Starting Green New Deal in New York "80% reduction in building emissions", <http://news.khan.co.kr/>, 2019.04.23.)
- [2] 서울특별시, 테헤란로 재창조를 위한 리모델링 활성화 구역 지정 추진, www.seoul.go.kr, 2019.05.08. // (Seoul Metropolitan Government, Designation of remodeling activation zone for the re-creation of Teheran-ro, www.seoul.go.kr, 2019.05.08.)
- [3] 김신해, 곽영훈, 김창성, 에코2와 디자인빌더 프로그램을 이용한 공동주택 에너지 성능 비교 분석, 한국: 한국생태환경건축학회 논문집, 18(5), 2018.10, pp.47-54. // (S.H. Kim, Y.H. Kwak, C.S. Kim, The Analysis on Energy Performance of Collective Housing using ECO2 and DesignBuilder Softwares, Korea: Conference Journal of KIEAE, 18(5), 2018.10, pp.47-54.)
- [4] 서울특별시, 서울특별시 가로구역별 건축물 높이 지정, www.seoul.go.kr, 2015.08.27. // (Seoul Metropolitan Government, Designation of Building Height by Street Area of Seoul Metropolitan Government, www.seoul.go.kr, 2015.08.27.)
- [5] 이권형, 김인한, 추승연, Energy BIM 기반 초기 건축 단계의 설계결정인자 간 상관성 분석 -에너지성능평가의 냉난방부하 절감을 중심으로-, 한국: 대한건축학회 논문집 - 계획계, 30(12), 2014.12, pp.31-39. // (K.H. Lee, I.H. Kim, S.Y. Choo, A Causality Analysis among Architectural Design Decision Factors in the Early Design Stage -focused on Reduction of Cooling and Heating Loads in Energy BIM Simulation-, Korea: Journal of The Architectural Institute of Korea Planning & Design, 30(12), 2014.12, pp.31-39.)
- [6] 서울특별시, 테헤란로제2지구 제1종지구단위계획, www.seoul.go.kr, 2017.11.14. // (Seoul Metropolitan Government, Class 1 District Unit Plan of Teheran-ro 2nd District Unit, www.seoul.go.kr, 2017.11.14.)
- [7] 서울특별시, 국제교류복합지구(코엑스-잠실종합운동장 일대) 지구단위계획, www.seoul.go.kr, 2017.11.17. // (Seoul Metropolitan Government, District Unit Plan of International Exchange Complex District, www.seoul.go.kr, 2017.11.17.)
- [8] Garg, Vishal, Mathur, Jyotirmay, Tatali, Surekha, Bhatia, Aviruch, Building Energy Simulation : A working Using DesignBuilder, USA: CRC Press, 2017, pp.34-158.
- [9] 권주현, 오준걸, 오피스빌딩 방위별 입면의 최적 창면적비에 관한 연구, 한국: 한국생태환경건축학회 추계학술 발표대회 논문집, 18(2), 2018.11, pp.90-91. // (J.H. Kwon, J.G. Oh, The Optimized Window to Wall Ratio as per Orientation on the Office Building Facade, Korea: Conference Journal of KIEAE, 18(2), 2018.11, pp.90-91.)
- [10] 장재희, 최을, 김병선, 이경희, 사무소건물의 냉난방에너지 소비실태조사, 한국: 대한건축학회 논문집 - 계획계, 14(2), 1994.10, pp.417-420. // (J.H. Jang, Y. Choi, B.S. Kim, K.H. Lee, A Survey on Heating and Cooling Energy Consumption in the Office Buildings, Korea: Journal of The Architectural Institute of Korea Planning & Design, 14(2), 1994.10, pp.417-420.)
- [11] 김동일, 이병호, 율종돈, 빅데이터 이용 건물에너지의 소비량 분석 및 활용 방안, 한국: 대한설비공학회 설비저널, 46(10), 2017.10, pp.50-60. // (D.I. Kim, B.H. Lee, J.D. Yoon, Analysis and Application of Building Energy Consumption Using Big Data, Korea: The Society of Air-Conditioning And Refrigerating Engineers of Koera, 18(2), 2018.11, pp.90-91.)

- 1) 빌 더블라지오 뉴욕시장은 '그린 뉴딜 정책' 발표에서 유리판 초고층 빌딩의 건축을 금지하는 조례를 도입하겠다고 밝혔다. AP통신과 미국 국내 매체 보도를 인용하였다(2019. 04. 22.).
- 2) 기후변화에 대응하기 위한 세계 대도시 지도자들의 모임 C40 기후 리더십 그룹(C40 Large Cities Climate Summit)