

사무소 건물의 Zero Emission Building 디자인을 위한 기초적 연구

A Fundamental Study of Zero Emission Building design for Office Building

○ 최 서 영* 강 혜 진** 이 언 구***
Choi, Seo-Young Kang, Hae-Jin Rhee, Eon-Ku

Abstract

The study intends to develop Zero Emission Building design method which can be easily used in early design stage for office buildings. In this paper, as the fundamental study intensive literature search is conducted to establish for a reference baseline buildings. Also, energy strategies and performance levels which affect heating, cooling and light energy consumption are selected. As the result of the intensive research presented in this study, Zero Emission Building Design strategies were found. ZEB design strategies include W/D(Width/ Depth) Ratio, orientation, type of core space, ceiling height, WWR(Window/ Wall Ratio), insulation of wall, performance of window, SHGC(Solar Heat Gain Coefficient), horizontal louver and natural ventilation(infiltration).

키워드 : 사무소건물, 제로에미션빌딩, CO₂ 배출량, 에너지 절감 요소

Keywords : Office Building, Zero Emission building, CO₂ Emission, Energy Efficiency Elements

1. 서 론

1.1 연구의 목적

최근, 기후변화에 의한 전 세계적인 피해가 심각해지면서 주요원인인 CO₂ 배출규제가 확대 되고 있다. 그 중 전체 CO₂ 배출량의 약 25%를 차지하는 건물분야에 대해 정부에서는 세계기후변화협약(UNFCCC)과 관련하여 2020년까지 분야별 감축목표로 건물부문 26.9%의 감축을 제시한 바 있다. 사무소 건물의 경우 건물 용도별 비율에 있어 17%로 비주거용 시설 중 가장 큰 비율을 차지하고 있어 사무소 건물을 통해 제안한다면 건물분야에서 CO₂ 배출 절감을 극대화 할 수 있을 것이다.

건물 분야에서 CO₂ 을 절감하기 위해서는 Zero Emission Building 프로세스를 적용하는 것이 필요하다. 그러나 Zero Emission Building 디자인 프로세스는 기존의 디자인 프로세스와는 다르기 때문에 기존 프로세스를 사용하여 디자인할 경우 Zero Emission 성능을 달성하기 어렵다.

따라서 본 연구에서는 ZEB 디자인 프로세스를 정립하

고 설계초기단계 디자인에서 참고할 수 있도록 표준모델 설정, ZEB 설계변수, 성능범위를 제시하고자 한다.

1.2 연구의 방법 및 절차

본 연구를 수행하기 위해서는 표준모델의 설정이 중요하므로 각종 문헌 및 도면조사를 통해 표준모델을 설정한다. 또한 표준모델에 적용할 수 있는 Zero Emission Building 계획요소들을 선정하고 각 요소의 적용가능한 성능 범위를 설정한다.

2. ZEB(Zero Emission Building)의 디자인 프로세스

2.1 Zero Emission Building의 개념²⁾

‘Zero Emission’의 개념은 1994년 국제연합대학(United Nation University)에서 Gunter Pauli에 의해 처음 제창되었다. “Zero Emission”이란 오염물질 혹은 폐기물의 배출을 최소화하고 궁극적으로 ‘0(零, zero)’으로 만드는 프로세스를 의미한다. 일반적으로는 지구온난화의 주원인인 탄산가스(CO₂)의 방출억제를 말한다. 본 연구에서 ZEB(Zero Emission Building)이란 건물의 CO₂ 배출량을 ‘0(zero)’으로 하는 것을 목표로 하는 건축물이라 정의한다.

2) 박보량(2012), 상업시설 Zero Emission 계획을 위한 에너지절감 요소기술 적용에 관한 연구

* 중앙대 대학원 석사과정

** 중앙대 건축학부, 공학박사

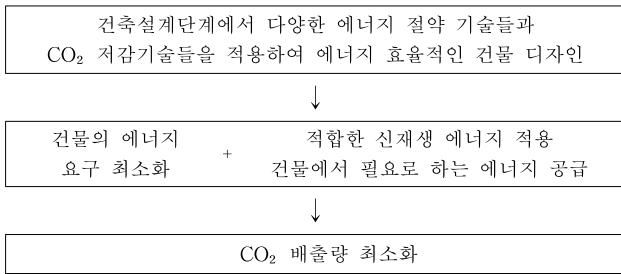
*** 중앙대 건축학부 교수, 공학박사

“이 논문은 2012년 한국연구재단 연구비 지원을 받아 수행된 연구임”(KRF-2012-0000136)

2.2 Zero Emission Building 프로세스³⁾

Zero Emission Building 디자인의 목적을 구현하기 위해 건물의 에너지요구량을 최소화하고 시스템성능의 균형을 맞추는 등의 작업들이 피드백을 통해 이루어지고, 이러한 디자인 과정을 통해 건물의 효율을 향상시킨다. 즉, 건축설계단계에서 다양한 에너지 절약 기술들과 CO₂ 저감기술들을 적용하여 에너지 효율적인 건물을 디자인함으로써 건물의 에너지 요구량을 최소화하고, 적합한 신재생에너지를 적용하여 건물에서 필요로 하는 에너지를 공급하여 CO₂ 배출량을 최소화한다. Zero Emission Building의 기술요소는 크게 건축적인 방법과, 설비적인 방법 그리고 신재생에너지로 나눌 수 있다. 이를 도식으로 요약하면 표1과 같다

표1. Zero Emission Building Process



3. 사무소 건물 표준모델 설정 및 시뮬레이션 검증

3.1 사무소 건물의 표준모델 설정

사무소 건물 표준모델은 서울시에 위치한 사무소 건물의 현황조사자료를 바탕으로 가장 일반적인 모듈을 가진 사무소 건물을 그림 1과 같이 선정하였다.

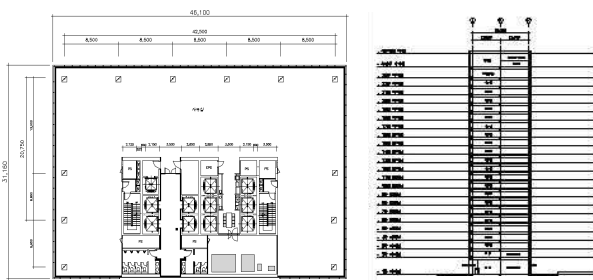


그림1. 사무소 건물 표준모델 평·단면도

사무소 건물의 표준모델설정을 위해 기존 문헌조사 및 실측자료, ASHRAE 등의 자료를 참고하여 가장 많이 보급되고 있는 조건들의 표준값을 바탕으로 산정하였다. 사무소 건물의 표준모델의 개요는 다음 표2과 같다. 재실, 조명, 공조, 기기 스케줄의 경우 ASHRAE 90.1 2007를 참고 하였으며, 표3,4과 같다.

3) 박보량(2012), 상업시설 Zero Emission 계획을 위한 에너지절감 요소기술 적용에 관한 연구

표2. 사무소 건물의 표준모델 개요

계획별 분류	계획요소	표준규모	
규모	기준층 바닥면적 ⁴⁾	1400m ²	
	기준층 Core 면적	430m ²	
	층수 ⁵⁾	20층	
형태	장단변비 ⁶⁾	1:1.5	
	건물의 향 ⁷⁾	남향	
평면	코어의 유형 (기준층 면적의 25~30%)	편심코어	
	층고 ⁸⁾	3.9m	
입면 단면	천장고 ⁹⁾	2.7m	
	플래넘	1.2m	
	창면적비 ¹⁰⁾	50%	
	자연채광(실내기준조도 ¹¹⁾)	500lux	
부위별 계획	지붕 및 벽체	단열 성능 ¹²⁾	지붕 0.25 벽체 0.40
	창호	창호성능 ¹³⁾	2.4W/m ² K
		차폐계수(SHGC) ¹⁴⁾	0.4
기밀	기밀성능	0.3	
실내발열부하	제실밀도 ¹⁵⁾	70W/인	
	발열밀도 ¹⁶⁾	12W/m ²	
	기기부하 ¹⁷⁾	14W/m ²	
내부설정 온도 ¹⁸⁾	냉방온도	26℃	
	난방온도	20℃	

표3. 사무소 건물의 재실 및 조명 스케줄¹⁹⁾

재실 스케줄				조명 스케줄			
재실율	주중	토요일	일요일	재실율	주중	토요일	일요일
1~5	0	0	0	1~5	0.05	0.05	0.05
6	0	0	0	6	0.1	0.05	0.05
7	0.1	0.1	5	7	0.1	0.1	0.05
8	0.2	0.1	5	8	0.3	0.3	0.05
9~12	0.95	0.3	5	9~12	0.9	0.3	0.05
13~18	0.95	0.1	5	13~18	0.8	0.15	0.05
19	0.1	0.05	5	19	0.3	0.05	0.05
20~23	0.1	0	0	20~23	0.3	0.05	0.05
24	0.05	0	0	24	0.05	0.05	0.05

- 4) 홍성희 외 3명(2002), 사무소건물의 에너지전력원단위 설정 연구, 대한건축학회논문집, 18권 9호
- 5) 한국에너지기술연구원(2007), 에너지성과확산사업
- 6) 지식경제부(2009), 기후변화 대응을 위한 건물 에너지효율 등급표시제도 개발연구
- 7) 한국에너지기술연구원(2007), 에너지성과확산사업
- 8) 임병관(2004), 사무소건물에서 자연채공에 의한 조명에너지 절약의 평가, 설비공학논문집, 제 16권, 제 6호
- 9) 지식경제부(2009), 기후변화 대응을 위한 건물 에너지효율 등급표시제도 개발연구
- 10) 황장승 외 2명, 건물에너지 시뮬레이션을 활용한 사무소건물의 에너지성능평가, 대한건축학회논문집
- 11) 임병관(2004), 사무소건물에서 자연채공에 의한 조명에너지 절약의 평가, 설비공학논문집, 제 16권, 제 6호
- 12) 산업자원부(2004), 에너지기술 DB 구축사업
- 13) 김병수 외1(2005) 시각적 쾌적성과 에너지 성능분석에 의한 오피스 창호의 적정 투과율 선정
- 14) 원기(2011), 오피스 건물의 에너지 절약, Glazing SHGC로 해결하자
- 15) 행정자치부(2006), 정부청사 에너지관리 자료집
- 16) 산업자원부(2007), 건물의 에너지효율 등급 평가기준 및 정책 개발에 관한 연구
- 17) 국토해양부(2009), 녹색도시 건축물 활성화 방안
- 18) 행정안전부(2006), 정부청사 에너지관리 자료집
- 19) 황장승 외 2명, 건물에너지 시뮬레이션을 활용한 사무소건물의 에너지성능평가, 대한건축학회논문집

표4 사무소 건물의 공조 및 기기스케줄²⁰⁾

공조 스케줄				기기 스케줄			
제설일	주중	토요일	일요일	제설일	주중	토요일	일요일
1~6	0	0	0.1	1~6	F	F	F
7	0	0	0.1	7	N	N	F
8~11	1	1	0.1	8~11	N	N	F
12	0.5	0.5	0.1	12	N	N	F
13~14	1	1	0.1	13	N	N	F
15~17	1	0.1	0.1	15~17	N	N	F
18~22	0.1	0.1	0.1	18~22	N	N	F
23	0.1	0.1	0.1	23	F	F	F
24	0.1	0	0.1	24	F	F	F

3.2 사무소 건물 표준모델의 에너지 소비량 분석

사무소 건물의 에너지 소비량 분석을 위해 전도전달함수를 사용하는 EnergyPlus를 시뮬레이션 도구로 선정하였다. EnergyPlus는 해석 시간 간격 설정이 자유로우며, 모듈형 구조를 가지므로 사용자 임의로 시스템을 구성할 수 있다. 또한 다중 Zone 간의 유동해석이나 태양광발전과 같은 대체에너지 시스템의 해석이 가능하다. 표5의 시뮬레이션 결과는 설비시스템에서 사용하는 에너지소비량을 변환계수²¹⁾ 난방 1.1, 난방 외 2.75을 사용하여 변환시킨 값이다.

표5 표준모델의 시뮬레이션 결과

구분	에너지 소비량(kWh/m ²)	비율 (%)
난방	72.9	16.8
냉방	93.6	21.6
조명	97.4	22.4
기기	121.9	28.1
동력(운송: 팬+펌프)	48.3	11.1
총합	434.1	100

사무소 건물의 면적규모별 단위면적당 에너지소비량²²⁾에 따르면, 본 연구에 설정한 표준모델에 해당하는 30,001 ~ 35,000m² 면적 규모를 가진 업무용 시설의 경우, 485.3kWh/m²의 에너지를 소비하는 것으로 나타났다. 본 연구 시뮬레이션 결과와 비교했을 때, 오차범위 12% 이내인 것을 확인하였다.

4. 사무소 건물의 Zero Emission Building 설계요소 선정 및 성능범위 설정

사무소 건물 에너지 절감에 영향을 미치는 설계요소를 선정 후, 이를 바탕으로 성능범위를 설정하였다. 성능범위는 현재 가장 많이 보급된 성능 혹은 법적기준을 최소성능으로 설정하고, 앞으로 현실화, 상용화가 가능하다고 판단되는 기술 중에서 최대에너지절약을 구현할 수 있는 성능을 최대성능으로 설정하였다.

설계 요소는 크게 건물 형태 및 규모, 평입단면, 부위별 계획으로 분리할 수 있으며 이는 장단변비, 향, 코어

20) 황장승 외 2명, 건물에너지 시뮬레이션을 활용한 사무소건물의 에너지성능평가, 대한건축학회논문집

21) 지식경제부(2009), 기후변화 대응을 위한 건물 에너지효율 등급 표시제도 개발연구

22) Ibid

위치, 천장고, 층고, 창면적비, 외벽단열, 창호단열, 차양, 환기 및 기밀성능으로 구분된다.

4.1 건물의 형태 및 규모 : 장단변비, 향

일반적으로 장단변비의 경우, 비가 커질수록 단위면적당(m²) 냉난방에너지 소비량은 증가하는 것으로 나타난다.²³⁾ 전도에 의한 열손실량 1:1.2에서 1:2로 변화할 때 열손실이 1.1배에서 1.15배로 증가하며 1:4로 변화할 때에는 약 2배로 증가한다.²⁴⁾ 이는 열전도에 있어서 열손실에 취약한 향인 북향을 접하는 외벽 및 외피의 면적이 증가하기 때문인 것으로 판단된다. 1:2의 장단변비 이후에 열손실량의 증가가 급격할 것으로 판단되므로 최대 1:2로만 제한한다.²⁵⁾

향 또한, 에너지 절약을 위한 설계요소인 것은 향에 따라 일사량이 달라지기 때문이다²⁶⁾. 향은 사면에 같은 면적의 창이 있을 경우, 남북 축으로 시계방향 80도 회전시에 최소 피크부하가 발생하는 것으로 나타나고 있으나²⁷⁾, 일반적으로 장단변비의 변화에 따라 향에 따른 일사량이 달라질 수 있으므로 설계요소의 성능범위는 동서남북 모두 향으로 설정할 수 있다.²⁸⁾

4.2 건물의 평입단면 : 코어유형, 천장고, 창면적비

사무소 건물의 평면은 코어의 유형에 따라 크게 중심코어, 편심코어, 혹은 이중코어로 분류할 수 있다.²⁹⁾ 그러나 이중코어의 경우 장단변비가 길고 초대형 사무소 건물에서 적용할 수 있는 타입이므로 제외하였고³⁰⁾, 중심코어와 편심코어만을 고려하는 것으로 설정하였다.

천장고의 경우, 공조해야하는 공간의 볼륨을 결정해주는 에너지 절약 설계 요소로서 일반적으로 2.5m인 경우가 17%, 2.6m가 12m, 2.7m가 4.8%³¹⁾인 것으로 나타났다. 2.3m가 최소, 3m가 최대인 것으로 나타났다.

창면적비는 일사투과에 따른 냉방에너지증가, 난방에너지감소, 조명에너지소비의 감소(자연채광을 이용) 등의 에너지소비량에 많은 영향을 미치는 요소³²⁾이다. 일반사무소의 경우 조사³³⁾에 따르면 20.5% - 83.4%의 분포를

23) 국토해양부(2009), 녹색도시 건축물 활성화 방안

24) 행정안전부(2006), 정부청사 에너지관리 자료집

25) 김원석(2010), 사무소 건물의 조광제어시스템 적용에 따른 에너지 소비량 변화 특성에 관한 연구

26) 임병찬(2004), 사무소건물에서 자연채광에 의한 조명에너지 절약의 평가, 설비공학논문집, 제 16권, 제 6호

27) 황장승 외 2명, 건물에너지 시뮬레이션을 활용한 사무소건물의 에너지성능평가, 대한건축학회논문집

28) 김선혜(1998), 창을 통한 일사량의 적정화를 위한 건물 방향 설정, 대한건축학회학술발표대회 제 18권

29) 지식경제부(2009), 기후변화 대응을 위한 건물 에너지효율 등급 표시제도 개발연구

30) 산업자원부(2007), 건물의 에너지효율 등급 평가기준 및 정책 개발에 관한 연구

31) 임병찬(2004), 사무소건물에서 자연채광에 의한 조명에너지 절약의 평가, 설비공학논문집, 제 16권, 제 6호

32) 황장승 외 2명, 건물에너지 시뮬레이션을 활용한 사무소건물의 에너지성능평가, 대한건축학회논문집

33) 지식경제부(2009), 기후변화 대응을 위한 건물 에너지효율 등급

보이며, 사무소의 층고 2.7m를 고려하여 창면적비는 최대 80%까지 범위를 나타낸다.

4.3 건물의 부위별 계획 : 벽체단열, 창호단열, 창호 차폐개수, 수평차양, 환기 및 기밀성능

벽체 및 창의 단열 강화는 외피를 통한 에너지 손실을 저감함으로써 냉난방에너지 사용량을 감축할 수 있다. 외피의 단열은 열관류율이 낮은 단열재의 사용과 단열재의 두께를 조절함으로써 강화할 수 있으며,³⁴⁾ 현재 국내의 건축축열부위의 열관류율은 0.36W/m²K³⁵⁾ 이하를 기준으로 하고 있으며, ASHRAE에서는 0.477W/m²K 이하를 기준으로 제시하고 있으나 지속적인 단열강화가 예상되므로 이를 최소기준으로 사용하는 것이 필요하다.

창호의 단열로 사용할 수 있는 창호 열관류율값은 최대 3.0W/m²K 이상이 31%로 가장 많았고, 그 다음으로는 2.6W/m²K 이상 ~ 2.8W/m²K 미만인 26%를 차지³⁶⁾하였다.

창호의 차폐계수는 일사열 취득에 영향을 미쳐 냉난방에너지 부하를 절감시킨다.³⁷⁾ 일반적인 사무소 건물의 창호 차폐계수는 0.3~0.7³⁸⁾인 것으로 나타났으며, ASHRAE 2011에서는 0.4를 최소 차폐개수로 지정하고 있다.

수평차양을 설치하는 것은 일사열 획득량과 눈부심을 줄이며, 냉방에너지 부하를 절감하는 효과가 있다. 차양의 길이는 일반적으로 600~1000mm의 범위를 가지고 있으며, 길이가 늘어날수록 에너지 절감량이 크지만 1500mm를 초과하는 경우 난방부하의 상승량이 냉방부하의 절감량만큼 높아져, 총 냉난방부하에 끼치는 절감효과가 줄어들었다.³⁹⁾ 또한 900mm를 초과하는 경우 glare를 유발할 수 있다고 제시하고 있다.⁴⁰⁾ 따라서 최대 수평차양을 800mm로 제한하였다.

환기 및 기밀성능은의 경우 환기는 자연통풍의 효과를 판단할 수 있는 기준⁴¹⁾이며, 자연환기성능은 사무소 외피에 설치되는 창면적 및 창개폐방식에 따라 달라진다.⁴²⁾ 기밀성능은 벽체의 기밀성능은 창호 및 벽체의 성능, 시공성능에 따라 달라는데 일반적으로 여름에 0.3ACH 겨울에 0.1ACH 정도이다.⁴³⁾

4.4 소결

사무소 건물의 에너지 절감 설계요소에 대한 성능범위에 조사 결과 성능범위의 최소 및 최대범위는 표6과 같다.

표6. 사무소 건물의 에너지 절감 설계요소 성능범위

구분	최소	최대	
	장단변비	1:1	1:2
건물의 형태 및 규모	동 서 남 북		
건물의 평입단면	천장고(m)	2.3	3.0
	창면적비(%)	20	80
건물의 부위별 계획	벽체 열관류율(W/m ² K)	0.15	0.31
	창호 열관류율(W/m ² K)	1.70	2.83
	창호 차폐개수	0.40	0.70
	수평 차양(m)	0.00	0.80
	환기(ACH)	0.00	0.80
기밀(ACH)	0.10	0.30	

5. 결 론

본 연구는 사무소 건물의 Zero Emission Building 디자인을 위한 기초적 연구로서 요약하면 다음과 같다.

(1) 설정된 표준모델을 바탕으로 에너지 소비량을 평가한 결과 시뮬레이션 결과와 비교했을 때, 면적규모별 단위면적당 에너지소비량⁴⁴⁾과 오차범위 12%이내인 것을 확인하였다.

(2) 사무소 건물의 Zero Emission Building 설계요소로는 건물의 개요의 규모 및 형태 측면에서 장단변비와 향이 요소로 선정되었고, 건물의 평입단면에서는 코어유형, 천장고, 창면적비 요소로 선정되었다. 건물의 부위별 계획에서는 외벽단열, 창호단열, 창호 차폐개수, 차양, 환기 및 기밀성능이 선정되었다.

(3) 사무소 건물의 Zero Emission Building 설계요소의 성능범위는 최소의 경우 가장 많이 보급된 성능 혹은 법적 기준을, 최대의 경우 가까운 시일 내에 상용화 가능한 성능을 기준으로 설정하였다.

참고문헌

- 이종식, 강혜진, 박진철, 이연구(2009), 건물의 CO₂ 배출 저감 건축기술요소 제안에 관한 연구 : 공동주택을 중심으로, 한국태양에너지학회 춘계학술발표회
- 김승민(2012) 공공업무시설의 제로에미션 계획에 관한 연구, 석사학위논문
- 김수진, 이연구(2012), 단독주택의 Zero Emission Prototype 제시를 위한 연구, 대한건축학회 학술발표대회 논문집 v.32 n.1(계획계)
- 이종식(2009), 공동주택 건축기술요소의 친환경 성능평가에 관한 연구, 석사학위논문
- 황장승 외 2명, 건물에너지 시뮬레이션을 활용한 사무소건물의 에너지성능평가, 대한건축학회논문집

44) 지식경제부(2009), 기후변화 대응을 위한 건물 에너지효율 등급 표시제도 개발연구

표시제도 개발연구

34) 행정안전부(2006), 정부청사 에너지관리 자료집
 35) 국토해양부(2009), 녹색도시 건축물 활성화 방안
 36) 김병수 외1(2005) 시각적 쾌적성과 에너지 성능분석에 의한 오피스 창호의 적정 투과율 선정
 37) 최원기(2011), 오피스 건물의 에너지 절감, Glazing SHGC로 해결하자
 38) 한글라스 홈페이지, <http://www.myhanglas.co.kr>
 39) 김동균 외4(2010), 사무공간의 수평차양과 차폐개수 변화에 따른 방위별 부하 절감방안에 관한 연구
 40) 윤경 외2(2011), 실내 빛환경 평가기준을 통한 사무공간의 채광성능 평가에 관한 연구 -수평차양을 중심으로
 41) 원종서외1(2011), 국내 건물에서의 기밀화 사례
 42) 문현준(2008), 건물의 기밀도와 자연환기, 건물환기시설 및 건축물관리 방안 세미나 자료
 43) 신우철(2006), 건물의 기밀성능 측정사례 소개