대한설비공학회 2009 하계학술발표대회 논문집 pp. 0114 ~ 0119

09-S-020

유리성능에 따른 커튼월건물의 에너지절약효과에 대한 연구

-표준건물 에너지소비와의 비교분석을 중심으로-

이 용 준*, 정 광 섭**, 오 보 환***, 강 재 식, 최 경 석****, 이 득 호**

*(주)EAN테크놀로지, **서울산업대학교, ***대우건설 기술연구원, ****건설기술연구원

A Study on a Efficiency of Glazing for Energy Reduction of Curtain Wall Buildings

Yong-Jun Lee*, Kwang-Sub Jung**, Bo-Hwan Oh***,
Jae-Sik Kang, Kyoung-Suk Choi****, Deuk-Ho Lee**

ABSTRACT: This study has been conducted to describe the establishment of national measures to reduce world energy consumption and CO_2 Emission. Particularly, Reductions in energy consumption from building operation is the most important part to achieve these national objectives. Element to evaluate the quantitative effects of these systems by having rationalized regulation and operation is essential, when planning for building energy reduction design. USGBC(US Green Building Council) have operated sustainable assessment method called LEED, which introduces baseline performance and evaluation direction for building simulation techniques. This research analyzed Quantitative assessments of the building energy consumption and analyzed baseline figures to provide comparative analysis with standard building settings.

Key words: Performance Rating Method(건물에너지성능평가방법), Carbon footprint(탄소배출량), USGBC(미국 친환경 건축의회)

1. 서 론

최근 유가 및 환율의 상승, CO_2 배출거래 시장의 확대는 에너지 및 CO_2 감축에 대한 전세계적인 관심을 고조시키고 있다. 이를 위하여 각국에서는 에너지 사용 및 CO_2 배출 감소를 위한 구체적인 대책을 수립하고 있다. 그 중 한 가지는 전체 CO_2 배출량의 약 25%를 차지하는 건물부문에서의 감축이다. 건축부문에서의 CO_2 배출량을 줄이기 위해서는 건축운영단계에서 소비되는 에너지를 감소시키는 것이 중요하며, 이는 지속적인 효과 측면에서도 매우 바람직할 것으로 예상된다.

이에, 에너지 소비 및 CO_2 배출량 감소를 더욱 촉진하기 위하여 에너지 효율 등급의 강화 및 에너지 소비의 총량제 개념 도입과 같은 국가 제도적인 방안이 모색되고 있으며, 이러한 제도의 합리적인 시행을 위해서는 건물의 에너지 소비량에 대한 정량적이며 객관적인 평가 방법에 대한 다양한 연구가 진행되고 있다.

미국 USGBC에서 시행하는 LEED 인증의 경우 건물의 에너지 저감 효과를 평가하기 위하여 이미 정밀 시뮬레이션 기법을 도입하고 있으며, 특히 표준 건물(Baseline Design)과 평가대상 건물(Advanced Design)에 대한 에너지 소비량을 시뮬레이션 기법을 통하여 비교하여 건물 계획의 에너지 소비 저감 효과를 평가하고 있다.

본 연구의 목적은 이러한 국내 평가 방법 정립

의 기초 자료를 제공하기 위하여 기존 연구에서 제시되었던 표준건물의 사례를 대상으로 외피의 유리성능 향상에 따른 건물의 에너지 절약 효과를 비교 분석하고자 하였다.

본 연구의 분석 대상 표준 건물은 업무용 건물로서 행정중심복합도시 에너지 사용계획 최적화를 위해 한국에너지기술연구원 건물에너지연구센터에서 설정한 건물에너지 수요예측을 위한 비주거용 건물 중 사무소 및 공공청사용 표준건물 데이터를 기반으로 설정하였다.

2. 시뮬레이션 개요 및 조건

본 연구에서 적용한 표준 건물은 지하 2층 지상 7층 규모의 건물로서 설정 조건은 정리하면 다음과 같다.

2.1 표준 건물의 설정 조건

Table 1 공조존 구분

구분	Height**	Width	Depth	Area	Volume
Office*	4.0(2.7)	40.8	26.0	1060.8	2864.2
Service1	5.8(4.5)	7.55	8.5	64.2	288.8
Service2	5.8(4.5)	7.8	8.5	66.3	298.4
Service3	5.8(4.5)	8.1	8.5	68.4	307.9
Service4	5.8(4.5)	15.6	13.1	144.8	651.6
Service5	5.8(4.5)	7.8	13.1	102.2	459.8
Service6	5.8(4.5)	11.9	13.1	155.9	701.5

* Office는 2-7층까지 동일한 규모로 계획됨

** ( ) 는 천장고

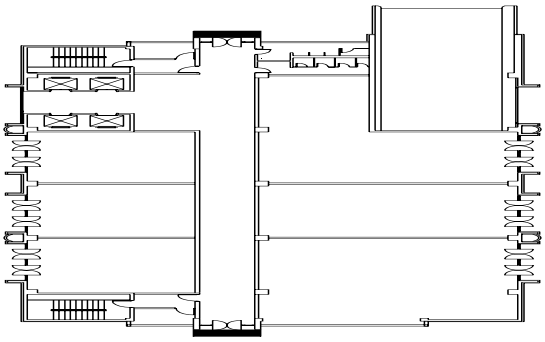

Fig. 1 표준건물 1층 평면도(근린생활시설)

표준건물의 입지조건은 당초 대전으로 설정되어 있었으나 본 연구에서는 서울로 변경하였다.

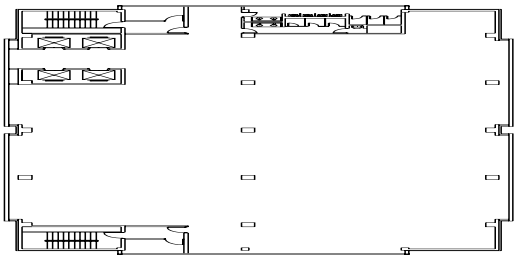

Fig. 2 표준건물 기준층 평면도(업무시설)

이에 따라 적용된 기상데이터는 해석 프로그램으로 사용한 TRNSYS에서 제공하는 서울지역 기상데이터를 사용하였다.

2.2 표준 건물 건물외피 조건

해석 대상 표준건물의 부위별 외피 설정 조건은 다음과 같다.

Table 2 건물부위별 외피조건

구분	재료명	두께 (㎜)	열전도율 (W/m · K)	밀도 (kg/m^3)	비열 (J/kg · K)
외벽	알루미늄 복합패널	4	0.16	1360	
	단열재	65	0.034	24	1590
	철근 콘크리트	200	1.5	2400	920
	시멘트 몰탈	18	1.3	2000	837
외벽	시멘트 몰탈	18	1.3	2000	837
	철근 콘크리트	200	1.5	2400	920
	시멘트 몰탈	18	1.3	2000	837
지붕	무근 콘크리트	60	1.63	2242	836
	도막방수	3	0.63		
	보호몰탈	47	1.4	1858	836
	철근 콘크리트	150	1.5	2400	920
	단열재	110	0.034	24	1590
	공기층*	-	0.1621		
	석고보드	9.5	0.21	1000	1130
바닥 (기준층)	카펫타일	10	0.84	2000	1004
	시멘트 몰탈	40	1.3	2000	837
	철근 콘크리트	150	1.5	2400	920
	공기층*	-	0.1621		
	석고보드	9.5	0.21	1000	1130
바닥 (최하층)	화강석 물갈기	30	2.17	2180	712
	시멘트 몰탈	20	1.3	2000	837
	철근 콘크리트	150	1.5	2400	920
	단열재	50	0.034	24	1590

* 공기층은 열저항 표기

설정된 표준 건물의 창호는 칼라복층유리로 계획되어 있으며 단열재는 대전지역 기준으로 설정되어 있다. 본 연구에서는 단열재의 사양을 서울지역 기준 두께로 변경하여 설정하였다.

2.3 표준 건물의 내부발열 조건

본 연구에서 적용한 표준 건물은 지상 1층 근린 생활 시설의 6개 서비스 존과 복도, 2층 이상의 업무공간과 코어 및 화장실로 구성되어 있으며, 1층과 2층 이상은 냉방과 난방 설정온도 조건은 같으나, 내부발열과 이에 대한 스케줄은 각기 설정되어있으며 다음과 같다.

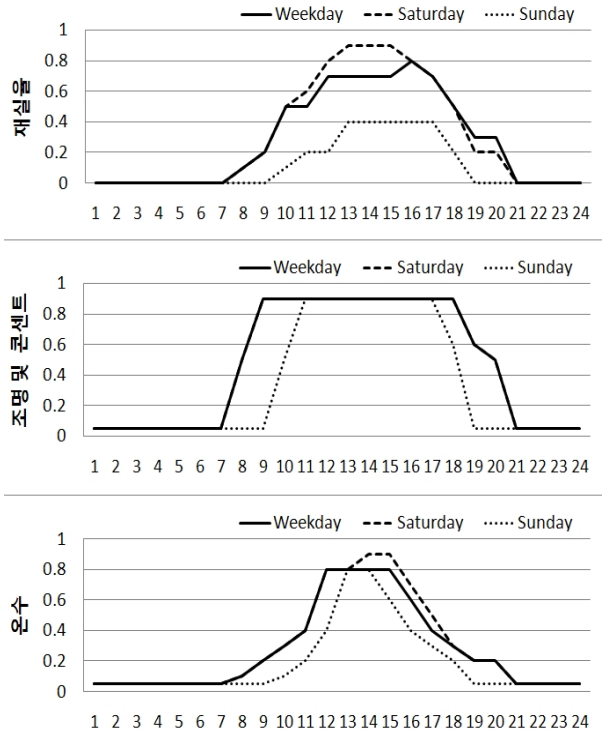

Fig. 3 표준건물 내부발열 스케쥴

Table 3 냉난방 설정온도

구분	설정조건
냉방	26℃
난방	18℃ (비사용시), 22℃ (사용시)

* 표준건물 공조스케줄에 따라 적용

냉방을 위한 기준 온도조건은 26℃, 난방을 위한 온도조건은 재실자가 있을 경우에는 22℃, 그렇지 않은 경우에는 18℃로 설정되었다.

Table 4 내부발열

건물 유형	재실 밀도 (㎡/인)	전열 (W/㎡)	온수 (W-인)	최소 외기량 (L/s/㎡)	조명 (W/㎡)
사무소	25	7.5	90	0.4	18
서비스 시설	30	2.5	80	1.0	22

* 표준건물 내부발열 스케줄에 따라 적용

재실밀도가 25㎡당 1인으로서 본 표준건물의 바닥 면적을 고려하여 한 개 층에 재실율이 100%일 경우 36명이 근무하는 것으로 간주하였으며, 서비스시설은 각기 면적에 따라 3-7명으로 재실밀도에 따라 설정되었다.

2.4 비교 대안 조건 설정

본 연구에서 에너지 소비 저감 대안은 유리 성능의 강화로 설정하였으며, 이에 따라 다음과 같이 유리 물성을 설정하였다.

설정된 유리대안은 현재 국내에서 생산되고 있는 고성능 유리를 로이 코팅 종류와 중공층 충진가스 종류에 따라 4가지로 설정하였으며, 표준건물의 유리 물성은 현재 생산되는 칼라복층유리의 성능 중 중간 정도의 성능 사양으로 선정하였다. 설정된 유리 대안은 다음과 같다.

Table 5 유리대안 물성치

구분	충진 가스	U-value (W/㎡ · K)	SHGC	SC	T-vis
Color-Double (GS)	Air	2.76	0.69	0.59	0.78
하드코팅 로이유리 (G1)	Air (-A)	1.69	0.57	0.47	0.77
	Ar (-Ar)	1.10	0.58	0.47	0.77
소프트코팅 로이유리 (G2)	Air (-A)	1.63	0.30	0.24	0.58
	Ar (-Ar)	1.43	0.37	0.32	0.53

* 모든 유리대안의 레이어구성은 6-12-6

단, 본 연구에서 사용한 정밀 에너지 해석 프로그램은 TRNSYS ver.16으로 이전 버전과 달리 보다 정확한 해석을 위하여 LBNL에서 제공하는 Window Property Liblary를 요구하며, 분석 대상

대안과 동일한 spec.의 유리는 라이브러리로 제공되지 않기 때문에 본 해석에서는 LBNL에서 제공하는 WINDOW 프로그램을 이용하여 적용 예정인 유리 제품과 가장 근사한 성능의 유리 라이브러리를 생성하여 이를 해석에 적용하였다.

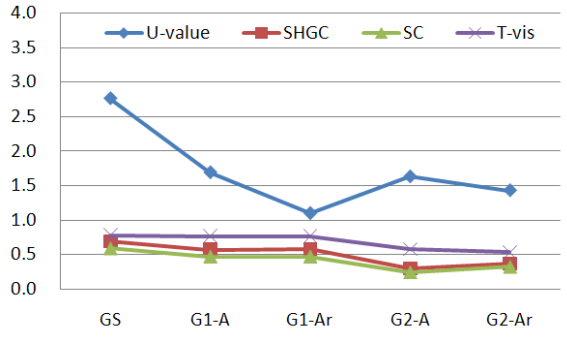

Fig. 4 유리대안에 따른 물성치

상기의 그래프는 각 유리 대안별 냉난방 부하에 영향이 큰 열관류율 및 차폐계수를 비교한 것으로. 열관류율의 경우 아르곤 충진 하드코팅 로이유리 대안(G1-Ar)이 1.1 W/m^2·K로 가장 우수한 것을 알 수 있으며, 이에 비하여 표준건물 기본창호인 칼라복층유리(GS) 대안이 2.76 W/m^2·K로 가장 큰 열관류율을 나타내고 있다.

차폐계수는 고급사양일수록 우수한 성능을 나타내며, 0.69에서 0.30의 성능 분포를 나타내고 있다. 일반적으로 열관류율은 난방부하에 미치는 영향이 크며, 차폐계수는 냉방부하에 미치는 영향이 큰 것을 고려할 때 이에 상응한 결과가 예상되나, 일사와 전도에 대한 성능에 따라 복합적인 영향이 예상된다. 연간부하에서 냉난방 부하가 차지하는 비율로 볼 때 난방부하보다는 냉방부하의 비중이 크기 때문에 연간부하 저감에는 차폐계수가 낮은 유리대안이 보다 우수할 것으로 판단된다.

3. 시뮬레이션 및 분석 결과

본 연구에서는 건물의 기본조건(건물 규모, 형태, 내부 발열, 침기 또는 외기 도입 조건 등)은 동일하게 적용하고 에너지 소비 저감 대안인 외피 종류만을 변경하여 에너지 소비 저감 대안의 효과를 확인할 수 있도록 하였다.

다음은 표준건물과 외피 대안에 대한 냉난방 부하 시뮬레이션 결과이다. 본 연구에서는 시뮬레이션 도구로서 TRNSYS Ver.16을 사용하였다.

3.1 표준건물의 연간 냉난방 부하

상기 조건에 의한 표준건물의 에너지 시뮬레이션을 실시한 결과는 다음과 같다.

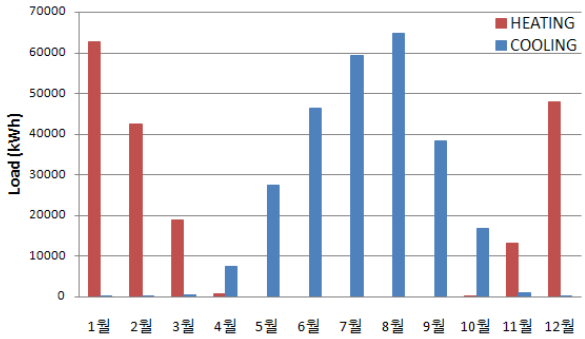

Fig. 5 표준건물의 월별 냉난방부하

표준건물의 냉난방 부하 해석 결과를 살펴보면 난방부하의 경우 1월, 냉방부하의 경우 8월이 가장 높게 나타났다.

표준건물의 전체 냉난방 부하는 냉방의 경우 262.03 MWh, 난방 185.78 MWh로서 연간 부하 중 냉방부하가 약 58%, 난방 부하는 약 42%를 차지하고 있는 것으로 나타났다.

이를 단위면적당 부하로 정리하여 보면 냉방부하의 경우 약 36.6 kWh/㎡, 난방 부하의 경우 약 25.95 kWh/㎡로 나타났다.

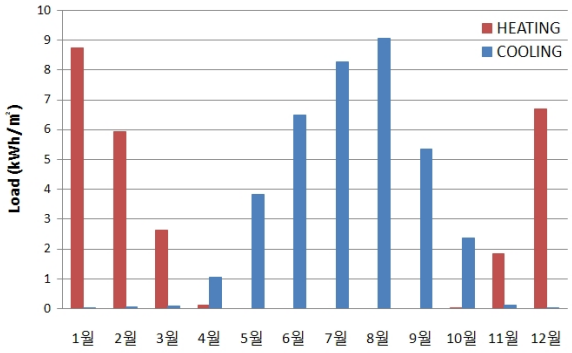

Fig. 6 표준건물 월별 단위면적당 냉난방부하

3.2 유리대안별 연간 냉난방 부하 비교

표준건물과 외피 물성 이외의 조건을 동일하게 설정하고 시뮬레이션을 실시한 결과를 각 외피 대안별로 비교 정리하면 다음과 같다.

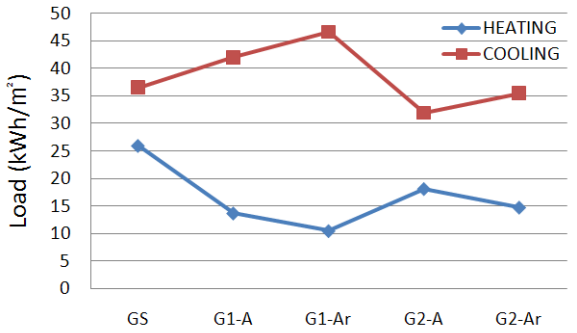

Fig. 7 유리대안에 따른 단위면적당 연간 냉난방부하 (1)

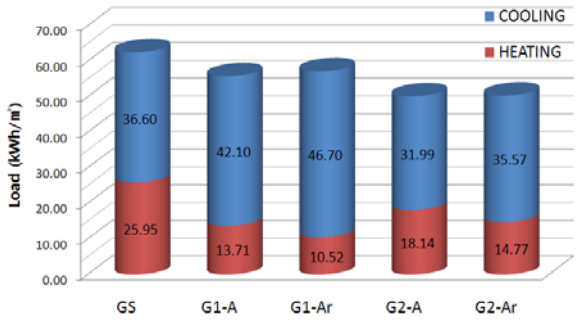

Fig. 8 유리대안에 따른 단위면적당 연간 냉난방부하 (2)

Fig. 8에 제시된 그래프는 대상 건물의 연간 냉난방 부하를 유리대안별로 비교한 것으로 연간 부하의 측면에서는 표준건물의 칼라복층유리 대안의 냉난방 부하가 가장 큰 것으로 나타났다. 이후 차폐계수 0.6이하의 G1대안, 차폐계수 0.4이하의 G2 대안의 순으로 부하량이 적은 것으로 나타났다.

이는 차폐계수가 연간부하에 미치는 영향을 나타내는 것으로 특히 넓은 커튼월 외피를 가진 건물의 경우 냉방부하의 저감을 위해서는 차폐계수가 낮은 유리의 적용이 반드시 필요한 것으로 나타났다.

해석결과에서 G1 대안 계열의 두 유리 중 아르곤 가스 충전 대안(G1-Ar)의 냉방부하가 거의 유사한 차폐계수임에도 여타 대안 대비 크게 발생하는 것을 볼 수 있는데 이는 상대적으로 낮은 열관류율에 의하여 내부에서 발생되는 발열이 외부로 전도되어 방출되는 것이 어렵게 되기 때문으로 판단되며, 이는 표준대안(GS)과 하드코팅 로이 공기 충진 대안(G1-A)간의 비교에서도 같은 경향이 나타남을 알 수 있다.

그러나 난방 부하의 경우 하드코팅 로이유리 대안(G1) 계열이 가장 낮은 부하량을 나타내며, 이는 표준 대안에 비하여 높은 열관류율과, G2 계열 대안에 비하여 높은 차폐계수에 의하여 보다 적은 전도 열손실과 보다 많은 일사 취득이 가능하기 때문으로 판단된다.

해석결과 가장 적은 연간부하를 나타낸 유리대안은 소프트 코팅 로이유리 대안인(G2-A)으로 가장 큰 연간부하를 나타낸 표준건물 대안 대비 연간 약 20%의 부하저감 효과를 보이며, G1 계열 대안의 경우 약 9~11%의 부하저감 효과가 있는 것으로 나타났다.

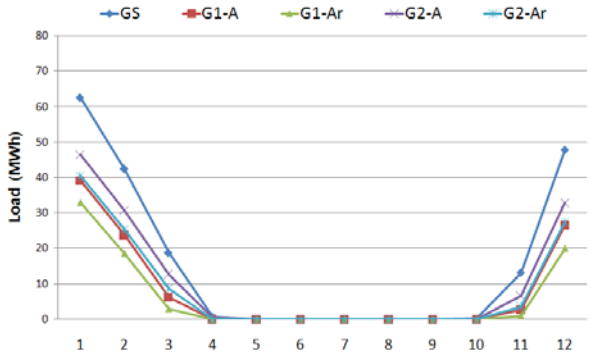

Fig. 9 유리대안에 따른 월별 난방부하

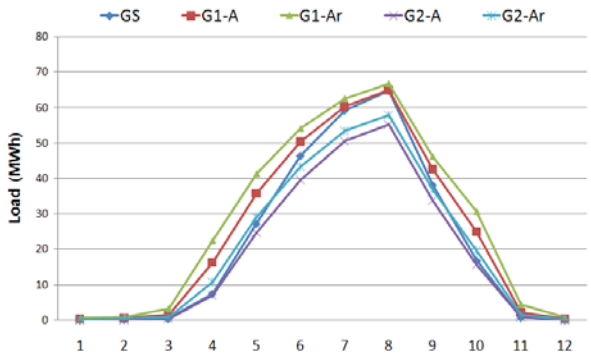

Fig. 10 유리대안에 따른 월별 냉방부하

상기의 분석 결과를 단순히 연간 부하의 측면에서 비교하면 GS>G1-Ar>G1-A>G2-Ar>G2-A와 같은 것을 확인할 수 있다.

3.3 유리대안별 연간 CO_2발생량 비교

상기의 시뮬레이션 결과 도출된 냉난방 부하를 기준으로 각 대안별 연간 CO_2 발생량을 약산하여 비교 하였다. 본 연구에서 적용한 CO_2발생량

약산법은 에너지관리공단에서 제공하는 탄소중립 프로그램을 이용한 것이다. 비교한 결과는 다음의 그래프와 같다.

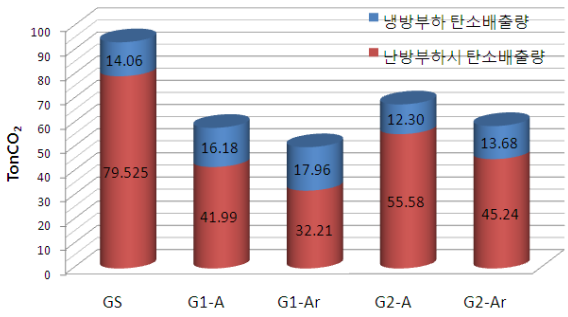

Fig. 11 유리대안의 연간 CO_2 발생량

상기의 그래프와 같이 각 대안별 CO_2발생량은 ?GS>G2-A>G2-Ar>G1-A>G1-Ar 의 순으로 나타났으며 특히 난방 시 열원을 지역난방으로 설정할 경우 부하 분석에서 가장 적은 연간부하량을 나타내었던 대안의 CO_2 발생량이 상대적으로 많은 부하량을 나타내는 대안보다 큰 것으로 나타났다.

이는 일반적인 경제성 분석시 결과와도 다른 경향을 나타내는 것임을 예상할 수 있는데, 일반적으로 난방에 사용되는 에너지 비용보다 냉방 특히 전기를 이용하는 에너지 비용이 크게 산정되기 때문이다.

4. 결론

본 연구의 결론은 다음과 같다.

(1) 건물의 투명 외피 성능에 따른 건물의 에너지 소비 및 CO_2 발생량을 정량적으로 평가하기 위하여 표준건물 대비 냉난방 부하를 해석하여 비교 분석하였다.

(2) 해석 결과 투명외피의 성능은 건물의 냉난방 부하에 매우 복합적으로 영향을 미치게 됨을 확인하였으며, 투명 외피의 성능 향상에 따라 에너지 소비 및 CO_2 발생량 저감에도 복합적인 영향을 미치게 됨을 확인할 수 있었다.

(3) 이에 따란 건물 에너지 저감 요소의 적용에 따른 효과의 객관적인 검증을 위해서는 표준건물의 설정 및 이를 기초로 시뮬레이션 기법에 기반한 평가방법이 반드시 필요하며, 이는 건물의 운영 중 에너지 소비에 미치는 복합적인 영향을 정량적으로 평가할 수 있기 때문이다.

(4) 이를 위해서는 각 건물의 유형 및 지역 등에 따른 합리적인 표준건물의 설정이 선행되어야 할 것으로 판단된다.

(5) 또한 보다 정확한 평가를 위해서는 건물의 부하해석뿐 아니라 실질적인 에너지 소비량 해석을 위한 설비 시스템 및 열원에 대한 고려가 필수적인 것으로 판단된다.

(6) 이를 통하여 소비되는 에너지원에 따른 경제성 평가 및 에너지 소비와 CO_2발생량의 저감 효과를 보다 정확히 평가할 수 있을 것으로 판단된다.

(7) 이러한 평가기법의 정립 및 적용성 확보가 선행될 시 에너지 소비 및 CO_2 저감 제도가 보다 합리적으로 운영될 수 있을 것으로 사료된다.

후 기

본 연구는 2008. 한국에너지기술연구원 통합운영 저에너지 건설기술 개발 연구사업의 연구성과 중 일부임

참고문헌

1. Lee, Y. J. Evaluation on the annual amount of natural ventilation in an apartment unit using CFD and network model simulation, SB07 Seoul Conference, 2007
2. TRNSYS manuals, the University of Wisconsin Madison Solar Energy Lab, 2007 Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 18, No. 6, pp. 507-514.
3. ASHRAE, ASHRAE STANDARD 90.1-2004. Performance Rating Method
4. Baek, N. CH. A Performance Analysis and a Design of the Heating and Cooling System for the KIER Zero Energy Solar Hous, Korean Journal of Air- Conditioning and Refrigeration Engineering, 2005. 06.
5. Jang, Y. S. Building Database of a Residential House to Cope with Framework Convention on Climate Change(FCCC), Korean Journal of Air- Conditioning and Refrigeration Engineering, 2004. 11.
6. CARBON NEUTRAL program, Korea Energy Management Corporation, http://zeroco2.kemco.or.kr/