

# 건물 외피의 열특성과 외주부 깊이에 따른 PAL에 관한 연구

김지혜\*, 김환용\*\*

\*경상대학교 대학원 건축공학과(kjh2imea@nate.com), \*\*경상대학교 건축공학과(hykim@gnu.ac.kr)

## A study on the PAL according to thermal characteristic of building skin and perimeter zone depth

Kim, Ji-Hye\* Kim, Hwan-Yong\*\*

\*Dept. of Architectural Eng., Graduate School, Gyeongsang National University(kjh2imea@nate.com),  
\*\*Dept. of Architectural Eng., Gyeongsang National University(hykim@gnu.ac.kr),

### Abstract

The perimeter zone is space which receives a significant effect of ambient condition, it is necessary to improve the thermal performance in order to building energy saving. For this reason, a lot of study about the active approach is being performed, such as perimeter-less air conditioning system. But the performance of the perimeter zone is necessary to improve, through the passive approach. Therefore, the purpose of this study is to provide basic materials of energy-saving design of perimeter zone, based of the PAL that simulation changing the thickness of insulation and the rate of windows.

Keywords : 연간열부하계수(PAL, Perimeter Annual Load), 열관류율(Thermal Transmittance),  
일사취득계수(SHGC, Solar Heat Gain Coefficient), 외피열특성(Thermal characteristic of skin)

### 1. 서 론

세계적으로 에너지 소비절감과 탄소 배출 저감이 주요 관심사로 떠오르면서 우리나라도 2008년 '저탄소 녹색성장'이라는 새로운 국가 비전을 제시하여 생활 및 산업 전반에서의 에너지 절약을 도모하고 있다. 특히 건축

부분은 국내 전체 에너지 소비량의 약 30%를 차지하고 있으며, 산업 및 수송 등 다른 분야에 비해 연간 에너지 소비증가율이 높은 추세이다. 또한, 최근 건축물의 경향이 조망 및 의장적 요인과 경량 고층화로 인해 창면적율이 점차 증대되면서 여름철 과도한 일사와 겨울철 열전도로 건물 외주부 냉난방부하가

투고일자 : 2010년 2월 5일, 심사일자 : 2010년 2월 15일, 게재확정일자 : 2010년 3월 22일  
교신저자 : 김환용(hykim@gnu.ac.kr)

더욱 증가하고 있다. 외주부는 건물 외피와 가까워 외기 조건의 영향을 크게 받는 공간으로, 주택과 같은 소규모 건물은 전공간이 외주부가 되어 이와 같은 구분이 무의미하지만, 사무소 등과 같은 업무용 대규모 건물에서는 외주부와 내부공간의 실내 기후에 명백한 차이가 있어, 외주부와 내부공간의 구분에 따라 냉난방부하 또한 달라진다. 이 때문에 일본에서는 연간열부하계수(PAL : Perimeter Annual Load)를 건물의 에너지 절약 성능을 나타내는 기준으로 채용하고 있으며, 건물 용도에 따라 그 수치를 제한하여 건물 외주부의 에너지 절약을 도모하고 있다. 하지만 우리나라에서는 외주부에 대한 명확한 기준이 제시되어 있지 않으며, 최근 설비적인 방법으로 건물 외피의 성능을 향상시켜 외주부의 에너지 소비를 줄이는 페리미터레스 공조 시스템에 대한 연구는 활발히 진행되고 있지만, 외주부의 에너지 절약을 위해서는 건축물을 계획할 때부터 건축적인 방법을 통한 외피부하 절감이 필요하며 이에 대한 정량적인 분석이 필요하다.

따라서 본 연구는 연간열부하계수(PAL)를 기준으로 에너지 절약적인 건물 외주부 설계의 기초자료를 제시하는 것을 목적으로 사무소 건물을 대상으로 단열재 두께와 창면적을 변화에 따른 PAL의 변화에 대한 시뮬레이션을 수행하였다. 시뮬레이션 해석에는 동적 열부하 프로그램인 TRNSYS를 사용하였으며, 우리나라 중부와 남부 지역을 대상으로 외주부 깊이의 변화에 따른 PAL의 변화를 분석하였다.

## 2. 건물 외피 열특성과 PAL의 관계

### 2.1 PAL(Perimeter Annual Load)

연간열부하계수 PAL은 외주부의 연간냉난방부하를 외주부의 바닥면적으로 나눈 값으로 건물 외주부의 에너지성능을 나타낸다.

즉, 단위바닥면적당 냉난방부하 합계가 작은 건물일수록 PAL이 작으며, 그 건물의 외주부는 에너지 절약적이라 할 수 있다. PAL은 다음 식과 같다.

$$PAL = \frac{\sum_{zone} (PSH + PSC)}{\sum_{zone} A} \quad (MJ/m^2 Year) \dots (1)$$

여기서, A: 외주부 바닥면적( $m^2$ ), PSH: 기간난방부하(MJ/Year), PSC: 기간냉방부하(MJ/Year)를 나타낸다.

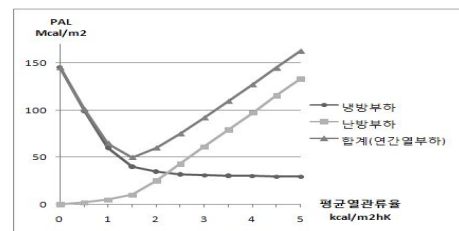


그림 1. 평균열관류율과 열부하의 관계

PAL에 영향을 미치는 요인은 기상 조건으로 기온과 일사량, 야간 방사량, 건축 조건으로는 평균열관류율과 일사취득율이 있다. 그림 1은 일사취득율이 0.1인 건물 벽체의 단열 변화에 따른 PAL의 변화량을 나타낸 것이다. 벽체의 평균열관류율을 작게 하면 난방부하는 현저히 감소하지만, 평균열관류율=1.5 이하가 되면 감소량은 크지 않다. 한편, 냉방부하의 경우 단열성 부여에 따라 조금씩 증가하고, 평균열관류율=2.0 이하가 되면 현저히 증대되어 이 경우의 최적 평균열관류율은 약 1.5가 된다. 하지만 단열 변화에 따른 평균열관류율 뿐만 아니라 일사취득율도 PAL에 영향을 미치므로, 외주부의 최적설계를 위해서는 이 두가지 요인을 동시에 고려할 필요가 있다.

### 2.2 평균열관류율과 일사취득율

벽체 또는 다른 구조체가 서로 다른 열관류율(K) 값을 가진 여러 구조로 이루어져 있

다면 전체 단열성능은 여러 구조의 상대적인 면적에 의해 결정되며, 벽체의 열관류율 계산에 있어 각 부위별로 열관류율 값이 다를 경우 이를 면적으로 가중평균 하여 나타낸 것이 평균열관류율이다.

일사취득계수( $\eta$ )는 유리창 등의 일사가 투과하기 쉬운 부위에 입사한 일사가 실내에 침입하는 비율을 나타낸 수치로서, 일사취득율이란 벽체의 부위별 일사취득계수가 다를 경우 이를 면적으로 가중평균한 것을 말하며, 평균열관류율과 일사취득율은 다음 식(2)와 식(3)에 나타낸다.

$$\text{평균열관류율} = \frac{\sum_k K_k A_k}{\sum_k A_k} \quad (W/m^2K) \quad \dots (2)$$

$$\text{일사취득율} = \frac{\sum_k \eta_k A_k}{\sum_k A_k} \quad \dots (3)$$

여기서, A: 부위 k의 면적( $m^2$ ), K: 부위 k의 열관류율( $W/m^2K$ ),  $\eta$ : 부위 k의 일사취득계수를 나타낸다.

### 2.3 일본의 PAL기준

표 1. 일본의 연간열부하계수 기준

구분	PAL( $MJ/m^2 Year$ )
숙박시설	420
의료시설	340
상업시설	380
사무소	300
학교	320
음식점	550

표 1은 일본의 PAL 기준<sup>1)</sup>을 나타낸다. 본 연구에서의 대상 건물은 사무소로서, 300  $MJ/m^2 Year$ 을 기준으로 건물 외피 열특성과 외주부 깊이에 따른 외주부의 열성능을 평가한다.

1) 전채취, 일본의 그린건축에 대한 경위와 동향, 한국그린빌딩 협의회, 2008. 09

## 3. 기후설계 도구 개발

### 3.1 대상건물개요

대상 건물은 그림 2와 같이 20m×20m의 정방형 중규모 사무공간으로 천정고는 2.9m, 층고는 3.5m로 가정한다. 동서남북의 외부존(Perimeter Zone)과 중앙 내부존(Interior Zone)으로 구획하며, 정남향으로 위치한다.

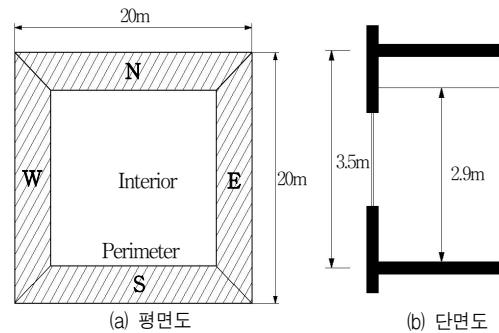


그림 2. 시뮬레이션 기본 모델

### 3.2 계산 조건

단열재 두께와 창면적율에 따른 건물의 PAL을 평가하기 위해 표 2와 같이 변수를 설정하여, 외부존 깊이마다 case 25개씩 총 75개의 case를 분석하였으며, 구조체와 유리창의 물성치는 표 3에 나타낸다. 실내 냉방 설정온도는 26℃, 난방 설정온도는 20℃로 하고, 재실자와 조명, 기기의 스케줄은 일반 사무소 기준으로 하였으며, 내부 발열밀도는 인체 65  $w/m^2$ , 조명 20  $w/m^2$ , 기기 15  $w/m^2$ 로 설정하였다. 기상데이터는 TRNSYS에서 제공하는 중부지역(서울), 남부지역(울산)의 TMY2 과일을 사용하였다.

표 2. 시뮬레이션 변수의 종류와 수준

변수	수준				
	1	3	5	7	9
외주부 깊이(m)	1	3	5	7	9
창면적율(%)	10	30	50	70	90
단열재 두께(mm)	20	30	40	50	60

표 3. 구조체와 유리의 물리적 특성

구 성	두께(mm)	열관류율( $W/m^2K$ )
외벽	20mm	242
	30mm	252
	40mm	262
	50mm	272
	60mm	282
내벽	96	1.386
천장	386	0.376
바닥	250	0.565
지붕	346	0.365
유리창 종류	일사취득계수	열관류율( $W/m^2K$ )
이중창	0.589	1.4

### 3.3 변수에 따른 평균열관류율과 일사취득율

창면적율과 단열재 두께 변화에 따른 평균 열관류율을 표 4에 나타낸다. 창면적율이 커질수록 평균열관류율은 커지고, 단열재 두께가 두꺼워질수록 작아지는 것을 알 수 있다. 표 5는 창면적율 변화에 따른 일사취득율을 나타낸 것으로, 일사취득율 역시 창면적율이 증가할수록 커지는 것을 알 수 있다.

표 4. 창면적율과 단열재 두께에 따른 평균열관류율

창면적율 \ 단열재	10%	30%	50%	70%	90%
20mm	1.1075	1.1725	1.2375	1.3025	1.3675
30mm	0.8753	0.9919	1.1085	1.2251	1.3417
40mm	0.7322	0.8806	1.029	1.1774	1.3258
50mm	0.6368	0.8064	0.976	1.1456	1.3152
60mm	0.5675	0.7525	0.9375	1.1225	1.3075

표 5. 창면적율에 따른 일사취득율

창면적율	10%	30%	50%	70%	90%
일사취득율	0.0589	0.1767	0.2945	0.4123	0.5301

### 3.4 계산 결과

(1) 평균열관류율과 일사취득율에 따른 PAL

그림 3과 그림 4에 중부 지역의 외주부 깊이를 5m로 했을 때 창면적율과 단열재 두께에 따른 PAL을 나타낸다. 단열재 두께와 관계없이 창면적율이 증가함에 따라 평균열관류율도 증가하여 PAL이 커지는 것을 알 수 있다.

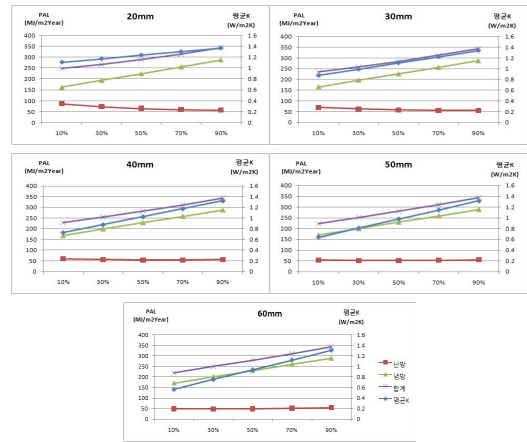


그림 3. 창면적율에 따른 PAL

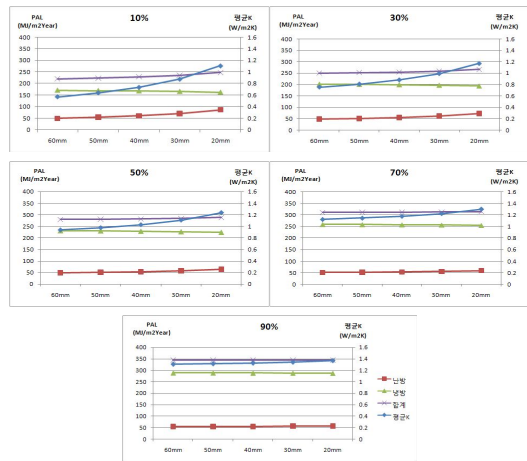


그림 4. 단열재에 따른 PAL

이것은 창면적율이 증가함에 따라 실내로 유입되는 일사량이 많아져 난방부하는 감소하지만 그 폭이 적고 냉방부하의 증가량이 많기 때문에 PAL도 증가하는 것으로 사료된다. 또한, 건물의 PAL은 단열재의 두께를 증가시킬수록 평균열관류율이 작아져 감소하는 것을 볼 수 있다. 단열재의 두께가 증가할수록 벽체의 열관류율이 작아지기 때문에 내부열이 외부로 빠져나가기 어려워 난방부하는 감소하지만, 이와 반대로 실내의 열이 실외로 빠져나가기 어려워 실내 발열부하가 많은 사무실의 경우 냉방부하는 증가한다. 하지만 창면적율에 따른 변화에 비해 그 폭이 작게 나타나는데,

이것은 창면적율이 커질수록 벽체의 열관류율보다 창의 열관류율이 평균열관류율에 미치는 영향이 크기 때문에 평균열관류율의 단열재 두께에 따른 변화가 극히 적고, 이에 따라 PAL의 변화도 작게 되어 창면적율이 90%일 때에는 거의 동일한 것으로 나타났다.

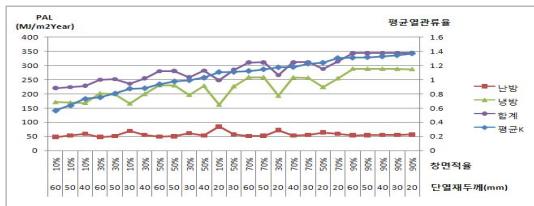


그림 5. 평균열관류율에 따른 PAL

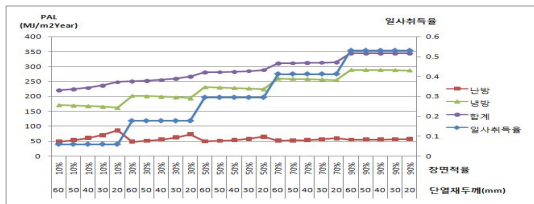


그림 6. 일사취득율에 따른 PAL(중부지역)

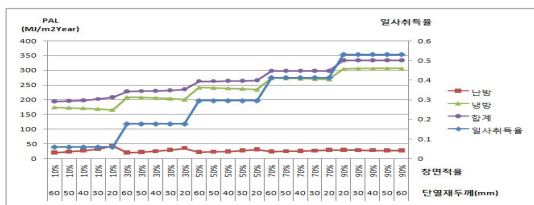


그림 7. 일사취득율에 따른 PAL(남부지역)

한편 그림 5는 창면적율과 단열재 두께 변화에 따른 평균열관류율의 크기 순으로 PAL을 정리한 것이다. 벽 단열 변화에 따라 평균열관류율 약 1.5를 기준으로 PAL이 일정하게 감소, 증가하는 그림 1과 다르게 평균열관류율의 증가에 따라 불규칙적인 변화를 보이고 있다. 하지만 일사취득율에 따른 지역별 PAL을 나타낸 그림 6과 그림 7에서는 일사취득율에 따라 순차적으로 증가하는 것으로 나타났다. 이것은 단열재 두께만을 변화시킬 경우 평균열관류율만이 변화하여 PAL에 영향을 미치지, 창면

적율을 변화시킬 경우에는 평균열관류율과 일사취득율이 동시에 변화하여 PAL에 영향을 미치기 때문인 것으로 판단된다. 따라서 에너지 절약적인 외주부를 설계하기 위해 PAL을 기준으로 할 때 단열재의 두께도 고려해야 하지만, 창면적율을 지역에 맞게 조절하는 것이 보다 중요한 것으로 사료된다. 외주부 깊이를 5m로 했을 경우에는 단열재 두께에 상관없이 중부지역은 일사취득율이 0.2945이하, 남부지역은 일사취득율이 0.4123이하가 되면 PAL이 300MJ/m²Year 이하가 되는 것으로 나타났다.

(2) 외주부 깊이에 따른 PAL

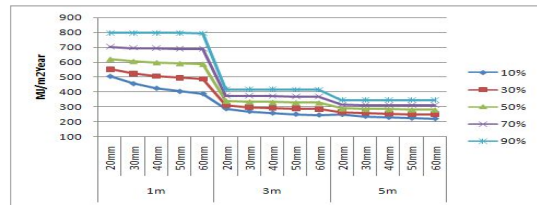


그림 8. 중부 지역의 외주부 깊이에 따른 PAL

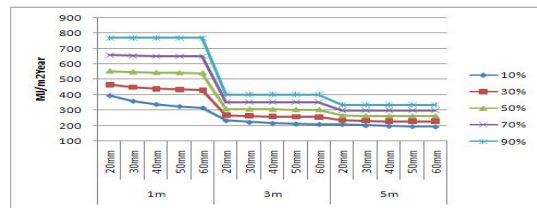


그림 9. 남부 지역의 외주부 깊이에 따른 PAL

중부와 남부 지역의 외주부 깊이에 따른 PAL을 그림 8과 그림 9에 나타낸다. 외주부가 1m일 경우 PAL이 가장 크고, 3m일 때 큰 폭으로 감소하며, 5m로 할 때 조금 감소하여 가장 낮은 PAL의 분포를 보이고 있다. 이것은 외주부 깊이가 1m일 경우에 일사의 영향을 크게 받아 냉방부하가 높게 나타나지만, 외주부 깊이가 깊어질수록 외부 존의 체적이 커져 일사의 영향을 완화시키는 것으로 판단된다.

중부와 남부 두 지역 모두 외주부 깊이가 5m이고, 단열재가 60mm, 창면적율이 10%일 때 PAL이 가장 작았으며, 외주부 깊이가 1m

이고, 단열재가 20mm, 창면적율이 90%일 때 가장 크게 나타났다. 또, 중부 지역의 PAL을  $300MJ/m^2Year$  이하로 억제하기 위해서는 외주부 깊이가 5m일 경우에는 창면적율을 50% 이하, 외주부 깊이가 3m일 경우에는 창면적율을 30%이하로 해야 하며, 남부 지역의 경우에는 외주부 깊이가 5m일 경우에는 70% 이하, 외주부 깊이 3m일 경우에는 30%이하로 해야 하는 것으로 나타났다. 남부 지역보다 중부 지역이 PAL이 높고  $300MJ/m^2Year$  이하가 되는 범위가 좁은 것은 실내발열 등으로 인한 냉방부하는 큰 차이가 없지만, 위도상으로 중부지역이 남부지역 보다 높은 곳에 위치하여 난방부하가 크기 때문인 것으로 생각된다. 따라서 외주부의 에너지 절약을 위해서는 지역의 기후특성을 고려하여 외주부 깊이와 창면적율을 결정할 필요가 있다.

#### 4. 결 론

본 연구는 건물 외피의 평균열관류율과 일사취득율 그리고 외주부 깊이가 PAL에 미치는 영향을 알아보고, 지역에 따른 에너지 절약적인 건물 외주부 설계의 기초자료를 제시하는 것을 목적으로 수행하였으며, 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 건물의 PAL은 단열을 강화할수록 평균 열관류율이 작아져 감소하며, 창면적율을 감소시킬수록 평균열관류율과 일사취득율이 동시에 작아져 단열재 두께를 변화시켰을 때보다 큰 폭으로 감소하는 것으로 나타났다. 따라서 에너지 절약적인 외주부를 설계하기 위해 PAL을 기준으로 할 경우 지역 기후에 따른 창면적율의 결정이 중요한 것으로 사료된다.
- (2) 외주부 깊이를 5m로 했을 경우에는 단열재 두께에 상관없이 중부지역은 일사취득율이 0.2945이하, 남부지역은 일사취득율이 0.4123이하가 되면 PAL이  $300MJ/m^2Year$  이

하가 되는 것으로 나타났다.

- (3) 외주부 깊이에 따른 PAL은 1m일 때 가장 크고, 5m일 때 가장 낮게 나타났다. 이것은 외주부 깊이가 1m일 경우에는 일사의 영향을 크게 받아 냉방부하가 높게 나타나지만, 외주부 깊이가 깊어질수록 외주부의 체적이 커져 일사의 영향을 완화시키는 것으로 사료된다.
- (4) 중부 지역의 PAL을  $300MJ/m^2Year$  이하로 억제하기 위해서는 외주부 깊이가 5m일 경우에는 창면적율을 50%이하, 외주부 깊이가 3m일 경우에는 창면적율을 30% 이하로 해야 하며, 남부 지역의 경우에는 외주부 깊이가 5m일 경우에는 70%이하, 외주부 깊이 3m일 경우에는 30%이하로 해야 하는 것으로 나타났다. 따라서 외주부의 에너지 절약을 위해서는 지역 기후를 고려하여 외주부 깊이와 창면적율을 결정할 필요가 있다.

향후 연구에서는 유리의 열관류율과 일사취득율을 변화시키는 시뮬레이션을 수행하여 건물의 PAL에 미치는 영향을 검토하여 건물 설계시 적용할 수 있는 정량적인 자료를 제시할 계획이다.

#### 참 고 문 헌

1. 김현중, 이강영, 최원기, 서승직, 사무소 건물의 외주부 산정법에 따른 열부하 패턴 (1)-외주부 면적에 따른 영향을 중심으로, 대한건축학회 학술발표대회 논문집, 2007. 10
2. 박주현, 김강수, 소규모 사무공간 외피 존의 에너지 절감을 위한 투과체 및 차양계획에 관한 연구, 대학건축학회 논문집, 2009. 08
3. 전체취, 일본의 그린건축에 대한 경위와 동향, 한국그린빌딩 협의회, 2008. 09
4. 松尾 陽, 村上周三, 宮田紀元, 鎌田元康, 坂本雄三, 建築と氣象, 朝倉書店