

# 國內·外 建築物 에너지節約 設計 基準의 比較 分析 研究

## Comparative Study on the Energy Conservation Standard in Building Sectors in Korea and other Developed Country

안 태 경\*      조 동 우\*\*      이 승 언\*\*\*

Ahn, Tae-Kyung   Cho, Dong-woo   Lee, Seung-Eon

### Abstract

1st and 2nd oil crises in 1970's had provided a momentum to make each country understood the importance of energy conservation. With these as a turning-point, all the countries had started to make their energy policy strengthened. In the early 1990's, energy conservation was once again embossed with the advent of global warming problem caused mainly by fossil fuel combustion for human activities.

Building is regarded as one of most energy consuming sectors accounting for about 25% of the whole energy consumption. To mitigate green house gases(GHGs) emission, reducing energy consumption of building sector is very important for the national energy policy. To present the direction and the level of building insulation for the future standard for mitigating GHGs emission, we have surveyed actual conditions of envelope design and insulation condition of residential and non-residential buildings in Korea. And we also reviewed new energy conservation standards of other advanced countries that was made to cope with climate change agreement.

키워드 : 단열, 건물, 에너지절약, 기준, 건물외피, 지구온난화

key word : insulation, building, energy conservation, standard, building envelope, global warming

### 1. 서론

우리나라는 에너지의 해외 의존도가 크며 전체 에너지 사용량 중 건물부문이 차지하는 비율이 높으므로 건축물의 열성능 향상을 위한 에너지 절약정책은 매우 중요한 의미를 갖고 있다고 볼 수 있다.

지금까지 건물에서의 에너지 절약문제는 경제적 측면 및 쾌적한 환경의 창출이라는 측면에서만 고려되어 왔다. 그러나 선진국에서 이산화탄소(CO<sub>2</sub>)온실가스를 절감하는 국제협약이 이루어지고 있는 시점으로 지구환경보존의 관점에서 다시 검토되어야 하는 중요한 문제로 대두되고 있다. 최근 선진각국에서는 이러한 변화에 적극적으로 대응하여 건축물에 적용하고 있는 에너지절약 기준을 보다 강화하는 등 여러가지 정책들을 마련하고 있다.

따라서 본연구에서는 우리나라의 건물 외피 및 단열설계실태를 조사하고 선진국에서 최근 강화되고 있는 건축물 에너지절약 설계기준을 비교 분석함으로써 우리나라 기준의 현황과 앞으로의 개선방향을 제시코자 한다.

### 2 건물외피 및 단열설계 실태조사

건물외피의 열성능을 결정하는 요소로는 건물외피의 단열성능, 창면적비, 유리 종류에 따른 투과율, 차폐계수, 방위 등 많은 요소가 있다. 이러한 요소들은 건물의 열성능에 직접적 영향을 미치는 중요한 에너지절약 요소이다.

따라서 본 연구에서는 비주거용 건물과 주거용 건물에 대한 외피설계현황을 파악하기 위하여 서울에 위치한 공동주택 및 사무소 건물의 실태조사를 실시하였다.

#### 2.1 주거용 건물의 실태조사

본 연구에서는 국내에서 시공되는 건물외피의 단열설계에 대한 실태분석을 위하여 각 시공업체 및 설계사무소의 도면 및 시방서를 수집·분석하였다. 조사대상은 17개 업체의 26개 현장 및 표준도면을 분석하였다. 또한, 서울 및 신도시 72개의 공동주택 단지에 대하여 방문 및 설문 조사를 통하여 건물외피의 열성능을 조사하였다.

##### (1) 외벽체 및 축벽체의 열관류율

###### 1) 공동주택의 열성능 특성

표 1은 시공업체 및 설계사무소의 도면을 통하여 공동주택의 사용된 단열재 종류 및 두께를 조사한 것을 나타낸 것이다. 외벽체 및 축벽체의 경우 각각 건축법규상 규정된 단열재 50mm, 70mm 이상 또는 열관류율 0.5kcal/m<sup>2</sup>h<sup>2</sup> 이하(0.58W/m<sup>2</sup>K이하, 중부지방기준)로 시공하고 있는 것으로

\* 정희원, 경동대학교 건축공학부 전임강사, 공학박사

\*\* 정희원, 한국건설기술연구원 선임연구원, 공학박사

\*\*\* 정희원, 한국건설기술연구원 수석연구원, 공학박사

로 나타났다. PC조는 단열성능이 좋은 세라믹 패널과 단열재를 함께 사용하여 시공하는 것으로 조사되었다.

표 2는 최상층 천장의 단열재 시공현황을 나타낸 것이다. 주거용 건물의 외피를 통한 열손실증 많은 부분을 차지하고 있는 최상층 천장과 최하층 바닥의 경우 법규에 규정된 단열재 두께 이상 또는 열관류율 이하로 시공된 것으로 조사되었으나, 시공방식이 각 업체별로 차이가 많이 나는 것으로 조사되었다.

표 1. 외벽체 및 축벽체의 단열재 시공현황

| 벽체 종류  | 구조 방식 | 빈도 수 | 단열재       |         |    | 비고                                    |
|--------|-------|------|-----------|---------|----|---------------------------------------|
|        |       |      | 종류        | 두께(mm)  | 빈도 |                                       |
| 외벽체    | RC조   | 14   | 폴리스티렌폼    | 50      | 11 | 건축법규<br>중부 50mm<br>남부 40mm<br>제주 30mm |
|        |       |      | 암면        | 50      | 3  |                                       |
|        | 조적조   | 11   | 폴리스티렌폼    | 50      | 7  |                                       |
|        |       |      | 암면        | 50      | 3  |                                       |
|        |       |      | 유리면       | 50      | 1  |                                       |
|        | PC조   | 9    | ALC 블록    | -       | 3  |                                       |
| 세라믹패널  |       |      | -         | 1       |    |                                       |
| 폴리스티렌폼 |       |      | 50 - 100  | 5       |    |                                       |
| 축벽체    | RC조   | 21   | 폴리스티렌폼    | 70 - 80 | 16 | 건축법규<br>중부 70mm<br>남부 50mm<br>제주 40mm |
|        |       |      | 암면        | 50      | 1  |                                       |
|        |       |      | 암면        | 70      | 4  |                                       |
|        | PC조   | 5    | 폴리스티렌폼    | 60 - 70 | 2  |                                       |
|        |       |      | 압출 폴리스티렌폼 | 60      | 3  |                                       |

표 2. 최상층 천장의 단열재 시공현황

| 벽체종류   | 빈도수               | 단열재       |        |    | 비고                                    |
|--------|-------------------|-----------|--------|----|---------------------------------------|
|        |                   | 종류        | 두께(mm) | 빈도 |                                       |
| 최상층 천장 | 26                | 폴리스티렌폼    | 80     | 22 | 건축법규<br>중부 80mm<br>남부 60mm<br>제주 40mm |
|        |                   | 암면        | 100    | 2  |                                       |
|        |                   | 압출 폴리스티렌폼 | 60     | 2  |                                       |
|        |                   | 폴리스티렌폼    | 50     | 3  |                                       |
| 최하층 바닥 | 15<br>(일부도면 조사불가) | 폴리스티렌폼    | 20     | 4  | 건축법규<br>중부 50mm<br>남부 40mm<br>제주 30mm |
|        |                   | 암면        | 50     | 4  |                                       |
|        |                   | 폴리스티렌폼    | 20     | 4  |                                       |
|        |                   | 암면        | 30     | 3  |                                       |
|        |                   | 암면        | 50     | 3  |                                       |
|        |                   | 암면        | 80     | 1  |                                       |

(2) 난방공간과 비난방공간사이 벽체의 열관류율

외피를 통한 열손실이 비교적 많이 발생하는 요소중 하나인 난방공간과 비난방공간 사이 벽체의 경우 현행 법규상에 규정되어 있지는 않아 각 업체별로 다른 단열 처리를 하고 있는 것으로 나타났다.

다음 표 3은 난방공간과 비난방공간 사이 벽체의 대표적인 예로 계단실에 면한 벽체에 대한 단열재 시공현황이다.

표 3. 계단실에 면한 벽체의 시공현황

| 벽체종류       | 빈도수 | 단열재       |        |    |
|------------|-----|-----------|--------|----|
|            |     | 종류        | 두께(mm) | 빈도 |
| 계단실에 면한 벽체 | 26  | 폴리스티렌폼    | 30     | 15 |
|            |     | 폴리스티렌폼    | 40     | 3  |
|            |     | 폴리스티렌폼    | 50     | 2  |
|            |     | 압출 폴리스티렌폼 | 20     | 3  |
|            |     | 압출 폴리스티렌폼 | 25     | 3  |

(3) 기존공동주택의 열성능 특성

표 4는 서울 및 신도시 조사대상 공동주택단지중 72개 단지의 건물부위별 평균 열관류율을 나타낸 것이다. 조사된 공동주택의 부위별 열관류율은 현행 건축법을 대체로 만족하는 수준으로 나타났다. 한편, 건축물의 단열기준이 적용되기 이전의 70년대에 준공된 단지는 거의 모든 단지가 현행법규에 미달되었으며, 80년대 이후의 단지의 경우 단열재 두께 규정은 만족하고 있으나 열관류율기준을 만족시키지 못하는 경우가 있는 것으로 나타났다.

표 4. 조사대상 열관류율

| 지역              | 건물부위   | 건축법규 (중부지역)            | 평균 열관류율                |                    |
|-----------------|--------|------------------------|------------------------|--------------------|
|                 |        | kcal/m <sup>2</sup> h℃ | kcal/m <sup>2</sup> h℃ | W/m <sup>2</sup> K |
| 서울 및 신도시 (72단지) | 최상층 지붕 | 0.35                   | 0.38                   | 0.44               |
|                 | 최하층 바닥 | 0.50                   | 0.43                   | 0.49               |
|                 | 축벽     | 0.40                   | 0.42                   | 0.48               |
|                 | 전후면 벽체 | 0.50                   | 0.49                   | 0.56               |

(4) 조사건물의 결과분석

조사결과, 건축법규에 기준하여 설계되는 경우가 대부분으로 나타나고 있었으며, 사용 단열재는 난연성 발포폴리스티렌, 암면, 압출폴리스티렌폼 등의 순으로 나타났다. 조사결과 나타나는 문제점을 살펴보면 다음과 같다.

첫번째, 외피의 단열강화와 일교차로 인하여 발생하는 결로현상에 대한 대안이 요구된다.

두번째, 각 공법별 특성 및 단열재의 성능 등을 고려하지 않고 단열기준에서 제시하고 있는 단열재의 두께기준만을 맞추고 있어 실질적으로는 각각 다른 열성능을 보이는 것으로 판단된다. 즉 현재 시행되고 있는 단열기준을 각 공법별, 단열재의 특성별로 세분화할 필요가 있다.

세번째, 최상층 천장 및 바닥 등에 대한 단열시공은 각 업체별로 차이가 많이 나는 것으로 조사되었다. 즉 단열기준 설정시 열손실이 큰 최상층 천장과 최하층 바닥의 단열성능을 강화함과 동시에 시공성을 고려한 보다 구체적인 기준을 제시할 필요가 있다.

넷째, 난방공간과 비난방공간사이의 벽체를 통한 열손실을 최소화할 수 있는 단열기준의 설정이 필요하다.

다섯째, 공동주택의 부위별 열관류율은 현행 건축법을 대체로 만족하는 수준으로 나타났다. 한편, 건축물의 단열기준이 적용되기 이전의 70년대에 준공된 단지는 거의 모든 단지가 현행법규에 미달되었으며, 80년대 이후의 단지의 경우 단열재 두께 규정은 만족하고 있으나 열관류율기준을 만족시키지 못하는 경우가 있는 것으로 나타났다.

2.2 비주거용 건물의 실태조사

본 연구에서는 서울시에 소재한 사무소건물에 대하여 열관류율이 규정되기 이전인 80년 이전 건물과 열관류율이 규제된 이후 90년까지 준공된 10층 이상 건물에 대하여 88개소를 대상으로 실태조사를 실시하였으며, 91년 이후 건축물에 대하여는 90개의 건축물에 대한 자료를 분석하였다. 조사내용은 벽체 및 창호의 열관류율등을 조사하였다.

(1) 벽체의 열관류율

단열재 두께는 1979년 건축물의 열손실 방지를 위한 조치로서 단열재 두께를 제한함으로써 50mm이상의 단열재가 사용되게 되어 1980년 이후 벽체의 단열성능이 급속히 향상되기 시작하였다. 또한 90년 이후로는 건축물의 에너지심의 등에 의한 열관류율 강화에 따라 단열재의 두께가 80mm, 100mm로 늘어났다.

즉, 80년 이전 건물은 벽체 평균열관류율이 0.58kcal/m<sup>2</sup>h<sup>2</sup>℃(0.67W/m<sup>2</sup>K)로 조사되었으며, 열관류율이 규제된 이후인 80년 이후부터 90년까지의 조사건물은 평균 열관류율이 0.48kcal/m<sup>2</sup>h<sup>2</sup>℃(0.56W/m<sup>2</sup>K)로 조사되었다. 또한 91년 이후의 경우 벽체의 열관류율이 0.38kcal/m<sup>2</sup>h<sup>2</sup>℃(0.44W/m<sup>2</sup>K)으로 조사되었다.

(2) 창호의 열관류율

70년대의 경우 6~8mm 정도의 단창유리가 사용되었으나 80년 이후에는 건축법규에 의하여 복층유리가 사용되었다. 이와 같은 복층유리의 사용에 의해 창호의 열성능이 향상되었으나, 차폐계수가 낮은 열선반사유리, 흡수 유리 등의 사용으로 일사열 취득이 감소되었다.

80년 이전 창호의 열관류율이 4.69kcal/m<sup>2</sup>h<sup>2</sup>℃(5.45W/m<sup>2</sup>K)에서 복층유리를 사용한 80년 이후에는 중부지방에 대한 건축법규의 규제치인 2.9kcal/m<sup>2</sup>h<sup>2</sup>℃(3.37W/m<sup>2</sup>K) 이하를 나타내고 있다.

(3) 조사건물의 결과분석

건축물의 외피현황의 파악 및 에너지절약 기준의 개선안을 위한 기초자료의 마련을 목적으로 서울시내 소재 사무소 건물을 대상으로 에너지 소비에 영향을 주는 각 외피요소의 사용실태 및 변화 특성을 분석하였다. 다음 표 5는 외피요소별 조사결과이다.

에너지절약 기준이 적용되기 시작한 80년을 기준으로 벽체의 열관류율이 상당히 향상된 것으로 나타났다. 즉 건물의 에너지절약 기준이 건물의 열성능을 향상시키는데 크게 기여한 것이다.

표 5. 외피요소별 조사결과

| 외피요소                               | 건물수   |        |       | 평균             |                |                |
|------------------------------------|-------|--------|-------|----------------|----------------|----------------|
|                                    | 80년이전 | 80~90년 | 91년이후 | 80년이전          | 80~90년         | 91년이후          |
| 벽체 열관류율<br>( )은 W/m <sup>2</sup> K | 23    | 55     | 89    | 0.58<br>(0.67) | 0.48<br>(0.56) | 0.38<br>(0.44) |
| 창 열관류율<br>( )은 W/m <sup>2</sup> K  | 23    | 61     | 84    | 4.4<br>(5.11)  | 2.8<br>(3.26)  | 2.8<br>(3.26)  |

3. 국내의 건물 외피 열성능 관련법규의 현황

3.1 국내의 건축물 에너지절약 설계기준

현재 건축법규에 규정되어 있는 열손실방지 규정은 크게 단순 부위별 단열기준과 에너지 다소비건물의 열성능기준으로 나눌 수 있다. 열손실방지를 위한 부위별 단열기준은 열관류율 또는 단열재의 두께에 의해 지역별로 기준이 마련되어 있으며, 주로 주거용 건물의 난방 에너지절약에 목적을 두고 있다.

1985년에는 용도별로 일정규모 이상의 건축물에 대하여 에너지절약 계획서의 제출하게 하였다. 그후 총량규제 기준의 방안으로 에너지성능지표(EPI: Energy Performance Index)가 제정되었다. 이와같이 건물의 에너지절약 기준은 건물부위별 단열기준과 건물의 에너지성능을 평가 받도록 되어있는 에너지절약 기준으로 구분된다.

3.2 국외 에너지절약 설계기준의 현황

(1) 미국의 에너지절약 기준

1) 저층 주거용 건물

주거용 건물의 경우 ASHRAE Standard 90.2-1993(Energy Efficient Design of New Low-rise Residential Buildings)에서 단독주택, 공동주택, 공업화주택으로 구분하여 각각에 대한 건물의외피, 설비 및 급탕시스템에 대한 부위별 기준 및 성능기준을 제시하고 있다.

즉 우선 설계한 건물이 외피, 공조설비 시스템 및 급탕설비의 설치에 대한 부위별 기준(Prescriptive Standard)을 만족하고 있는지 여부를 확인하고 각 요소가 제시하고 있는 기준치를 만족시키지 못하는 경우에는 초과된 요소를 다른 설계항목으로 보완하는 방법(Envelope Trade-off)에 의해 설계가 가능하다. 이외의 경우에는 설계안과 기준건물에 대한 연간 에너지비용을 비교하여 평가하는 연간 에너지 비용법(Annual Energy Cost Method)에 의해 융통성있는 설계를 할 수 있다.

2) 저층 주거용의 건물

기준에서는 ACP(alternate component packages)표 및 ENVSTD 프로그램을 제시하여 설계자에게 융통성을 부여하면서 건물 각 부위의 에너지 성능요소를 복합적으로 고려할 수 있어 창의적인 건물설계와 동시에 높은 수준의 에너지 절감이 가능하며, 본 기준의 적용으로 건물에 대한 에너지 절감효과는 약 10~20% 가능한 것으로 평가되고 있다.

(2) 영국의 에너지절약 기준

1995년 개정된 Building Regulation 1991은 전반적으로 부

위별 단열기준이 더욱 강화되었으며, 난방공간과 비난방 공간 사이의 구조체에 대한 단열기준의 설정, 개구부주위의 열교 및 침기현상을 감소시킬수 있는 항목들을 신설하였다. 즉 난방공간과 비난방공간에 대한 단열기준의 설정 뿐 아니라 이러한 공간의 정의를 정확하게 하고 있다.

이의 건물구조체의 열손실을 제한하기 위한 방법들을 다양하게 제시하여 융통성있는 건축법규의 적용을 가능하게 하고 있으며, 에너지비용을 근거로 정부승인의 기준 평가 방법(SAP : Standard Assessment Procedure)에 의해 에너지 등급을 구분하는 항목을 신설하였다. 이 등급은 정부가 권장하는 에너지등급을 나타내는 것으로 건물의 단열성능, 난방시스템의 효율과 운전, 주택의 환기성능, 일사확득, 사용연료 등에 의하여 결정된다. 기준의 적용은 SAP 에너지 등급별로 구분한 후 열관류율과 개구부면적에 대한 허용치를 만족해야 한다.

1) 주거용 건물

신축 또는 사용용도의 변경에 의해 주택으로 사용되는 건물은 SAP에 의해 에너지등급을 계산하여야 한다. 특정 SAP 에너지 등급을 취득할 의무는 없으나 SAP등급이 60 이하의 경우 보다 높은 단열수준이 요구되며, 그렇지 않은 경우 건물규모에 따라 SAP등급이 80~85이 되도록 설계한다. 또한 건물의 열성능향상과 설계의 편의를 고려하여 Element Method, Target U-value Method, Energy Rating Method의 3단계 방법을 제시하고 있다.

2) 주택이외의 건물

주택이외의 건물의 경우 주택과 유사한 단계를 통해 에너지절약을 유도하고 있다. 첫번째 단계로 Element Method를 통해 건축부재의 각 요소에 대한 열관류율값과 개구부의 최대 허용면적을 제시하고 있으며 두번째 단계로 보다 융통성 있는 외피설계를 위해 Element Method에 의한 개념적인 건물의 외피를 통한 열손실을 비교함으로써 대상 건물을 판단하는 Calculation Method가 있다. 마지막 단계로 태양열이나 실내발생열 및 시스템의 효율 등을 고려한 Energy Use Method를 통해 효율적인 에너지절약이 가능하다.

(3) 일본의 에너지절약 기준

일본에서의 건물에너지 절약에 관한 법규정들은 에너지 사용 합리화에 관한 법률로 일원화되어 있다는 것이 가장 두드러진 특징이다. 즉, 성능기준, 부위별기준, 건축재료의 단열성능기준 등 건물부분 에너지절약 관련 규제기준과 규제시행에 관한 모든 근거 조항이 에너지 사용합리화에 관한 법률로 제시되어 있다.

1) 주거용 건물

주택의 부위별 기준은 에너지소비의 동향과 거주수준의 향상을 감안하여 기존의 열손실계수보다 낮은값이 적용되도록 보다 강화된 기준으로 1992년 개정되었다. 주요 개정사항은 지역구분이 5개 지역에서 6개 지역으로 확대되고 열손실계수의 기준치가 강화된 것이다. 이후 1999년 4월 일본은 차세대 에너지절약기준이란 이름으로 단열관련 규정을 제차 강화하였으며, 표 6에 그 내용을 나타내었다.

표 6. 각 지역별 열손실계수 및 기밀성능기준

| 구분                         | 열손실계수 (W/m <sup>2</sup> K) |     |     |     |     |     |
|----------------------------|----------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|
|                            | 지역구분                       |     |     |     |     |     |
|                            | I                          | II  | III | IV  | V   | VI  |
| 1999년 차세대 에너지 절약기준         | 1.6                        | 1.9 | 2.4 | 2.7 | 2.7 | 3.7 |
| 1992년 단독주택, 중층주택 및 連棟주택 기준 | 1.74                       | 2.7 | 3.1 | 3.9 | 4.3 | 6.4 |

| 지역구분   | I  | II | III | IV | V | VI |
|--|----|----|-----|----|---|----|
| 기밀성능기준<br>상당극간면적(cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> ) | 20 |    | 50  |    |   |    |

1992년에 개정된 단열기준은 전국적으로 기존의 열손실계수보다 평균 1.6배이상 강화되었으며 최고 2배이상 강화된 지역도 있다. 또한 종래에는 명시되어 있지 않았던 열교부위(土間床)에 대한 계산방법이 도입되었다. 1999년에 제시된 차세대 에너지절약기준은 1992년에 강화되었던 기준을 지역에 따라 다시 최대 1.7배 강화하였다.

2) 비주거용 건물

비주거용 건물에 대한 기준은 1980년 제정되었는데 여기에서는 건물의 외벽, 창 등을 통한 열손실방지에 관한 연간열부하계수(PAL)와 공조에너지 소비계수(CEC)가 적용되었다. 이 기준은 에너지소비량 환산율의 일부를 수정하여 1991년 개정고시 하였다. 또한 물품판매업에 대한 기준은 1985년 제정된 후 1991년 일부 개정되었으며, 같은 해에 호텔 등의 숙박시설에 대한 기준이 제정되고 1993년에는 병원, 학교건물이 추가되었다. 또한 설비시스템 소비계수에서 공조에너지 소비계수(CEC/AC)이외에 기계환기설비 에너지소비(CEC/V), 급탕설비 에너지소비(CEC/HW), 조명설비 에너지소비(CEC/L), 승강기설비 에너지소비(CEC/EV)에 관한 판단기준이 추가되었다.

현재 일본의 건축물 에너지절약 기준은 에너지절약과 지구 환경 보호차원에서 매우 강하게 꾸준히 개정하고 있다.

(4) 독일의 에너지절약 기준

환경보호에 대하여 일찍부터 관심을 갖고 적극적으로 노력을 기울여온 독일은 2005년까지 CO<sub>2</sub>방출량을 25%까지 줄일 것을 목표로 설정하고 1995년부터 더욱 강화된 단열기준을 마련하였다.

이미 기존의 단열기준상으로도 단위면적당 난방부하를 140~180kW/m<sup>2</sup>로 정하고 있는데 개정된 단열기준에서는 54~100kW/m<sup>2</sup>로 이를 더욱 강화하였다. 다음 그림 1은 연도별 단열기준의 강화에 따른 에너지절감량의 비교표로서 1995년 기준을 100kW/m<sup>2</sup>로 한 것이다. 개정된 단열기준은 건물의 연간 난방부하를 제한함으로써 전체적으로 효율적인 에너지절약을 유도하고 있다.

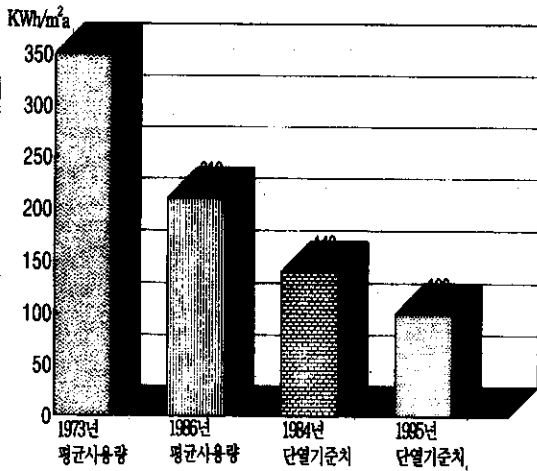


그림 1. 단열기준의 강화에 따른 에너지 절감량

즉 건물의 에너지 손실과 획득을 법규에서 제시하고 있는 표에 의해 초보자도 간단하고 정확하게 계산하고 판단할 수 있다.

또한 창호를 통한 열손실 및 일사열획득을 고려하고 있어 적절한 창호설계를 통해 에너지절약을 유도할 수도 있으며, 소규모 건물과 개보수 대상건물에 대한 규정과 하절기를 고려한 단열 및 태양열이용과 창호설치에 대한 기준을 제시하고 있다

(5) 캐나다의 에너지절약 기준

캐나다의 신축건물의 건립, 기존주택의 수선을 하는데 있어 경제성을 고려한 선택을 하는데 활용되고 있다. 캐나다에서의 건물기준은 지방정부별로 정하여 있으며 이러한 기준은 전국에 걸쳐 많은 전공자들의 자발적인 도움을 통하여 개발되어지고 있다. 이러한 기준은 기후, 연료종류, 건설가격이 고려된 라이프사이클 코스트를 기본으로 한다.

4. 외피의 열성능향상을 위한 제도의 개선방향

1973년의 제 1차 에너지 파동이후 세계각국은 에너지 이용의 효율화 및 합리화를 추구하기 위한 각종 정책을 시행하고 있으며, 특히 전체 에너지소비의 상당부분을 차지하고 있는 건물부문에서의 에너지 소비를 줄이기 위한 활발한 연구와 함께 에너지절약을 위한 건축물 설계기준을 마련하여 시행하고 있다.

건축적 기법 및 설비적 기법의 실행에 대한 세계적인 추세를 살펴보면 에너지 이용 효율에 대한 최소 충족 조건 즉 부위별 기준(Component Standard, Prescriptive Standard)과 건물 전체 에너지 소비의 상한에 대한 기준 즉 성능기준(Performance Standard) 등 두가지 기준을 설정하여 규정준수를 의무화 혹은 권장하는 방향으로 추진되고 있는 것이 일반적이다.

다음 표 7은 주요선진국의 건물외피 단열기준과 국내 기준을 비교한 것이다. 현재 우리나라의 경우 건물 외피

요소에 대한 부위별 기준을 규정하고 있으며, 일정규모 이상의 에너지 다소비형 건물에 대해서는 에너지절약 계획서를 제출하게 하는 등 부분적인 성능기준을 제시하고 있다. 그러나 선진 외국과 비교해보면 각 기준이 효율적인 에너지절약을 기대하기에는 성능수준이 다소 낮은 것을 알 수 있다. (표 7,8 참조)

또한 선진외국의 경우 에너지절약기준을 각 단계별로 제시하고 있어 초보자도 간단하고 정확하게 건물의 열성능을 평가할 수 있다. 일반적으로 적용되고 있는 에너지절약기준의 적용단계를 살펴보면 다음과 같다.

첫번째, 건물외피의 각 부위별 단열기준을 세분화하여 규정하고 있어 건물외피를 통한 열손실을 최소화한다.

두번째, 단열기준치보다 완화된 값을 적용하여 설계하고자 하는 설계의 융통성을 보장하면서 설계적 기법을 통한 에너지절약을 유도하기 위해 간단한 계산과정을 통해 에너지절약적인 건물외피설계가 가능하도록 한다.

세번째, 건물외피 설계 뿐 아니라 설비시스템의 효율과 에너지비용 등을 고려할 수 있는 건물전체의 성능기준치를 제시한다.

우리나라의 경우 이와 같은 기준의 단계적 설정이 되지 않았을 뿐 아니라 각 단계별 수준도 아직 초보단계이다. 이에 본 연구에서는 건물외피의 열성능을 고려한 에너지절약기준의 합리적인 개선안을 제시하기 위하여 현재 시행되고 있는 기준의 문제점 및 개선안을 각 단계별로 고찰하고자 한다.

4.1 적정 단열 기준의 설정을 위한 방안

국내의 외피단열 성능수준은 건축법의 단열제 사용기준이 주도하고 있다고 할 정도로 법규에 의한 단열유도 효과가 현저하나, 본 연구의 실태조사에 나타난바와 같이 대부분의 건물이 단순히 건축법에서 정한 최소 단열성능을 만족시키기 위하여 단열제만을 적용하는 것이 일반적인 현상이다.

그러나 건물에서의 에너지절약은 단순히 단열제만을 적용하는 것만이 아닌 건물사용 용도별 특성에 따른 에너지절약적 종합적인 외피 설계가 중요한 요인으로 작용하기 때문에 이를 위한 외피 설계기준이 새롭게 요구되고 있는 실정이다.

표 8에 의하면 주요 선진국의 최근 개정된 건물에너지절약기준의 단열성능은 국내 단열기준을 비교해 볼 때, 국내의 현행 단열기준의 요구 성능수준보다 높거나 기준을 적용하는 부위가 세분화 되어있다. 이는 최근 선진국의 단열기준의 강화에 따른 상대적인 결과로서 국내의 단열기준도 성능강화의 필요성과 부위별 기준의 적용 범위의 확대에 대한 검토가 필요한 것으로 사료된다.

4.2 건물외피의 총량적 열손실 규제 방안

건물부문의 에너지절약 기준의 2단계 수준이라 할 수 있는 건물외피의 총량적 열손실 규제는 건물외피를 통한 열손실 및 열획득을 효율적으로 제한하는 방법이다.

표 7. 주거용 건물의 국내의 에너지절약기준 비교

|  | 한 국  | 미국(ASHRAE)  | 캐나다   | 영 국   | 일 본  | 독 일  |
|--|--|---|---|---|--|--|
| 1단계 :<br>부위별 기준<br>(Prescriptive Standard) | · 단일시공의 의무화<br>· 건물 외피의 각 부위별 열관류율의 수치를 기준치 이하의 구조로 하거나 해당 부위별 단일 계의 두께가 기준치이상 인 구조로 시공할 것 (건축법) | · 단독주택, 공동주택, 공업과주택 등으로 구분하여 각각에 대한 부위별 기준 제시<br>· 난방도일, 냉방도일 을 기준으로 지역구분 | · 지면에 접한 부위와 지 면위의 부분으로 구분하 여 각 특성을 고려하여 외피부분에 대한 부위별 기준 제시     | · SAP (Standard Assessment Procedure) 에너지 등급으로 구분, Element Method 제시<br>· 건축부재의 각 요소에 대 한 열관류율값 제시<br>· 개구부의 최대 허용면적 제시 | · 주택의 각 부위를 단 열구조로 하는 경우, 열 관류율 기준 또는 단일 계두께 기준중 하나를 만족하는 구조로 할 것<br>· 철근콘크리트조, 기밀주택, 조직조 등으 로 구분하여 각각 부위 별 기준값 제시 | · DIN 4108에서 각 부위별 기준제시<br>· 소규모 주택및 증축 시 계산의 편리및 고려 하여 각 외피요소 에 대한 열관류율값 제시 |
| 2단계 :<br>건물의 열성 능을 고려한 총체적 외피 기준           | -  | · Envelope Trade-off Procedure 에 근거하여 창면적비 결 정                            | · Simple Trade-off, Complex Trade-off법에 근거 하여 건물의 외피부분에 대한 설계가능 | · Target - U Value법에 근거하여 창면적비 및 각 부위별 열관류율값 조정 가능  | -  | -  |
| 3단계 :<br>성능기준<br>(Performance Standard)    | · 50세대이상으로 중앙집 중식 난방방식인 공동주 택의 경우, 에너지절약 계획서제출   | · Annual Energy Cost Method에 근거하여 융통성 있는 설계 가능                            | · Building Energy Performance에 근거하여 융통성 있는 설계가능                 | · Energy Rating Method -> 건물규모에 따 른 적정 SAP 에너지 등급 설정  | · 외벽, 창 등을 통한 열 손실 방지를 위한 조치 -> 주택의 형태 및 지 역구분에 따른 열손실계 수 제시   | · 연간 난방부하를 의 피면적(A)와 용적(V) 의 비에 따라 구분하 여 제시                                  |
| 특 징  | -  | · 각 부위별 기준의 세 분화<br>· 창기방송환기 고려<br>· 냉방을 고려                               | · 난방방식을 고려한 기준 설정<br>· 총체적 부위별기준을 2 단계로 세분화                     | · 외피 평균 열관류율을 고 려한 창면적비 제한  | · 건축구조, 기밀성 등을 고려한 단일기준 제시   | · 동절기, 하절기를 고 려 단일기준제시<br>· 건축구조제의 특성(경 랑, 층량) 고려                            |

| 각국 기준의 비교 분석결과 각 단계별 개선안 | 1 단계 | - 합리적 단일기준 적용을 위한 외피부위의 세분화<br>- 단일계의 특성 및 건축구조, 공법별 특성을 고려한 기준이 요구됨                                    |
|--------------------------|------|---|
|                          | 2 단계 | - 설계의 자율성을 보장하며 간단한 절차를 통한 대한 제시를 위한 방법이 요구<br>- 에너지절약을 고려한 창면적비를 고려할 수 있는 방법이 요구<br>- 기밀성능에 대한 고려가 요구됨 |
|                          | 3 단계 | - 건물 전체의 연간난방부하 및 에너지사용량 등을 통한 총량적 규제가 요구   |

표 8. 주거용 건물에 적용되는 단일기준 비교 (열관류율 : W/m<sup>2</sup>K)

| 부위            | 국명         | 한 국  |      |      | 미 국 <sup>1)</sup>  | 영 국  | 일 본 <sup>2)</sup>    |                      |                      |                      |                      |                      | 독일   |  | 일본호규 정 |
|---------------|------------|------|------|------|--|------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|--|--|--------|
|               |            | 중부   | 남부   | 제주   |  |      | I                    | II                   | III                  | IV                   | V                    | VI                   | 평균치  | 최대치  |        |
| 거실의 반자 또는 지붕  |            | 0.41 | 0.52 | 0.76 | 0.15 <sup>2c)</sup><br>0.19 <sup>3b)</sup>                   | 0.20 | 0.27<br>0.32<br>0.17 | 0.35<br>0.41<br>0.24 | 0.37<br>0.43<br>0.24 | 0.37<br>0.43<br>0.24 | 0.37<br>0.43<br>0.24 | 0.37<br>0.43<br>0.24 | 0.51(0.50) <sup>4a)</sup><br>0.79 <sup>5b)</sup> | 0.66(0.65) <sup>4a)</sup><br>1.05 <sup>5b)</sup> | 0.22   |
|               |            | 0.58 | 0.76 | 1.16 | 0.36(0.26)<br>0.45 <sup>6)</sup><br>0.45(0.32) <sup>6)</sup> | 0.45 | 0.39<br>0.49<br>0.35 | 0.49<br>0.58<br>0.53 | 0.75<br>0.86<br>0.53 | 0.75<br>0.86<br>0.53 | 0.75<br>0.86<br>0.53 | 1.59<br>1.79<br>0.53 | 1.39(1.32)<br>1.56(1.47) <sup>7)</sup>           | 0.5  |        |
| 바닥            | 외기에 접하는 경우 | 0.58 | 0.76 | 1.16 | 0.19   | 0.35 | 0.27<br>0.38<br>0.24 | 0.32<br>0.46<br>0.24 | 0.37<br>0.54<br>0.34 | 0.37<br>0.54<br>0.34 | 0.37<br>0.54<br>0.34 | -                    | 0.81   | -  |        |
|               | 기타         | -    | -    | -    | 0.27   | 0.61 | 0.38<br>0.34         | 0.46<br>0.34         | 0.53<br>0.48         | 0.53<br>0.48         | 0.53<br>0.48         | -                    | 0.93   | 0.25   |        |
| 기초 주변 외주부     | 외기에 접하는 경우 | -    | -    | -    | 0.36 <sup>8)</sup><br>0.32 <sup>9)</sup>                     | -    | 0.47<br>0.47<br>0.37 | 0.51<br>0.51<br>0.37 | 0.58<br>0.58<br>0.53 | 0.58<br>0.58<br>0.53 | 0.58<br>0.58<br>0.53 | -                    | -  | -  |        |
|               | 기타         | -    | -    | -    | -  | -    | 0.67<br>0.67<br>0.53 | 0.73<br>0.73<br>0.53 | 0.83<br>0.83<br>0.76 | 0.83<br>0.83<br>0.76 | 0.83<br>0.83<br>0.76 | -                    | -  | -  |        |
| 개구부           |            | 3.37 | 3.61 | 5.82 | 1.06 <sup>10)</sup><br>2.04 <sup>11)</sup>                   | 3.00 | 2.3                  | 2.3                  | 3.49                 | 4.65                 | 4.65                 | 6.5                  | -  | 0.7 <sup>12)</sup>                               |        |
| 반노출외벽(예:계단실벽) |            | -    | -    | -    | 0.54 <sup>13)</sup><br>0.95 <sup>14)</sup>                   | 0.60 | -                    | -                    | -                    | -                    | -                    | -                    | 1.96   | -  |        |
| 간막이벽          |            | -    | -    | -    | -  | 0.60 | -                    | -                    | -                    | -                    | -                    | -                    | 1.96 <sup>15)</sup><br>3.03                      | -  |        |
| 새대간 천장및 바닥    |            | -    | -    | -    | -  | -    | -                    | -                    | -                    | -                    | -                    | -                    | 1.64 <sup>16)</sup><br>2.33 <sup>17)</sup>       | 1.45 <sup>18)</sup><br>1.96 <sup>19)</sup>       | -      |
| 지하층 천장및 바닥    |            | -    | -    | -    | -  | -    | -                    | -                    | -                    | -                    | -                    | -                    | 0.81   | 1.27   | -      |

1) 미국의 경우, ASHRAE 기준으로 한국의 지역구분에 따른 난방도일과 유사한 지역의 단독주택에 적용된 값을 비교 ( ) 수치는 덕트가 공조공간밖에 설치된 경우의 값.  
 2) 다락이 있는 경우에 해당됨.  
 3) 다락이 없는 경우에 해당됨.  
 4) 외단열, 중단열시 콘크리트구조 또는 조직조 외벽에 해당됨.  
 5) 내단열시 콘크리트구조 또는 조직조 외벽에 해당됨.  
 6) 외단열, 중단열시의 벽체에 해당됨.  
 7) 내단열시 벽체에 해당됨.  
 8) 비공조공간에 해당됨.  
 9) 창문을 포함한 창문의 열관류율.  
 10) 비공조공간에 접한 벽체의 경우에 해당됨.  
 11) 비공조공간에 접한 콘크리트구조 조직조의 경우에 해당됨.  
 12) 일본의 경우, 부위별 열관류율은 주택의 공법에 따라 달라짐. 제시된 수치는 위로부터 각기 다음의 주택에 해당된다.  
 ① 철근콘크리트조의 주택의 외단열공법, ② 철근콘크리트조의 주택의 내단열공법 ③ ①②이외의 주택  
 13) 독일의 경우, 최소한의 단일성능을 고려한 값으로 ( )의 수치는 후면환기 외피구조 (rear-ventilated outer skin)에 적용됨.  
 14) 아래쪽이 외기로 면하는 경우  
 15) 윗쪽이 외기로 면하는 경우  
 16) 소규모 면적을 구성하는 각각의 구조부재  
 17) 중앙난방이 되는 경우  
 18) 열류가 아래에서 위로 흐르는 경우  
 19) 열류가 위에서 아래로 흐르는 경우  
 20) 태양양열회복계수를 고려한 열투과계수값

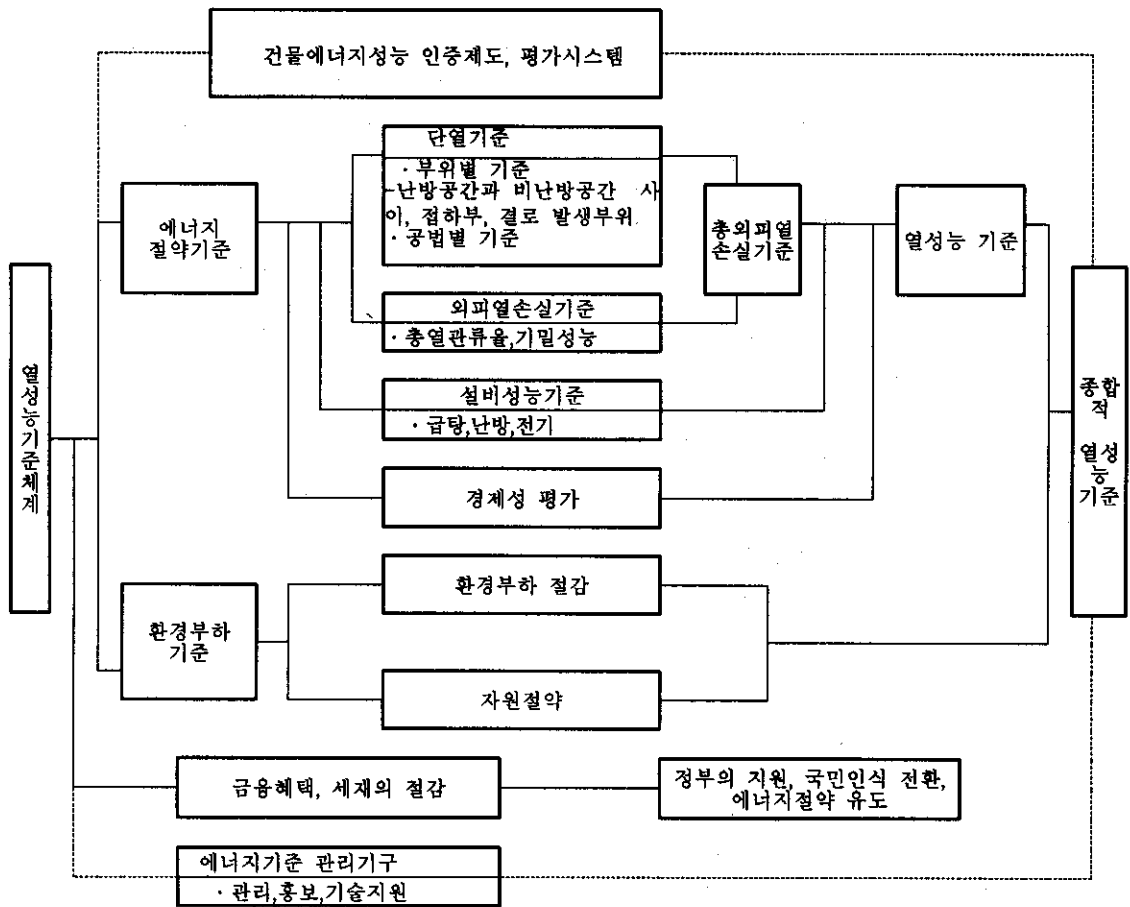


그림 2 건물의 향후 열성능 기준 체계도

우리나라의 경우 이와 같은 기준에 대한 연구가 일부 수행되거나 하였으나 시행이 제대로 이루어지지 않고 있으며 건물외피의 총량적 열손실에 큰 영향을 주는 창면적비 및 기밀성능에 대한 규제도 하고 있지 않은 초보단계이다. 그러나 우리나라도 유리산업의 발달, 시공기술의 발달 및 생활수준의 향상 등으로 인한 거주자의 요구가 다양해지고 있으므로 이러한 요구를 만족하고 설계의 자율성을 보장하면서 에너지 절약적인 건물외피의 설계가 가능한 기준의 설정이 요구되는 시점이다. 즉 창문 등의 개구부와 벽·지붕·바다 등 부위별 열관류율을 정하되, 지역구분 및 주택의 종류 등을 고려하고 면적에 따른 평균값을 제시하여 건물외피의 총량적 열손실을 규제하는 것이 바람직하다. 특히 총량적 개념의 기준 도입을 위한 평가도구(도표, 노모그래프, 프로그램 등)를 개발하는 것이 바람직하다.

#### 4.3 건물의 열성능을 고려한 성능기준 설정 방안

건축물의 에너지절약은 건물의 설계·시공·관리의 전단계에 걸쳐 유기적으로 추진되어야 하며 국가는 이를 효과적으로 추진할 수 있는 방안을 제시하여야 한다. 그러나 현행 관련 법규의 외피 단열기준은 단순히 부위별 요구열성능(열관류율)만을 제시하고 있어 적극적인 에너지절약을 유도하기에는 미흡한 실정이다.

즉 건축설계자의 설계독창성 제고, 우수 건자재의 활용 유도 등 건물자체의 에너지절약을 극대화 할 수 있도록 성능 기준치를 제정하여, 선진외국의 경우처럼 단열재의 두께 및 열관류율 등 부위별 기준치를 세분화하여 성능 기준치 도달을 위한 보조 기준치로 활용할 수 있도록 하는 것이 바람직하다.

선진국의 경우는 향후의 기준을 선행연구하여 새로운 변수의 등장이나 에너지 수급환경의 변화에 효과적으로 대처할 수 있는 방안을 지속적으로 연구해오고 있다. 이러한 이유는 건축물이 에너지 관련 기준은 그 적용에 유효한 한계를 갖고 있다는 것에 있다. 즉 산업의 발달에 따른 기술 향상, 새로운 재료 및 시스템의 등장에 따라 건축물 에너지 관련기준은 이러한 것들을 항상 수용할 수 있게끔 변화해야 한다는 것을 의미한다. 따라서 현재의 국내 건축물 에너지 관련 법규는 이를 합리적으로 개선할 수 있는 방안이 요구된다. 그림 2는 향후 국내의 열성능기준의 체계도를 나타낸 것으로 궁극적으로 에너지절약기준은 단순한 에너지절약 개념이 아니라 환경보호 차원의 환경개념과 병행하여야 하며, 종합적인 기준 체계가 되어야 할 것이다. 즉 국내의 에너지절약기준도 단순한 에너지절약 차원이 아니라 향후에는 건물이 환경에 미치는 영향을 고려한 환경부하개념이 도입되어야 할 것으로 사료된다.

5 결론

본 연구에서는 현재 우리나라에서 시행되고 있는 에너지절약 설계기준의 합리적 개선을 위해, 건물 외피 및 단열설계상태와 최근 선진국에서 강화되고 있는 에너지절약 설계기준을 비교 분석하였으며 현재 시행되고 있는 에너지절약 설계기준의 합리적 개선을 위해 고려해야 할 문제점에 대해 살펴보았다.

주요 선진국의 기준변화 추세 및 국내의 상황 등을 고려하여 국내 에너지절약 기준의 개선·검토사항을 제시하면 다음과 같다.

1) 조사결과, 국내의 건물의 단열성능은 건축법규에 기준하여 설계하는 것으로 나타났으나, 합리적 단열기준의 적용을 위해 공법별·부위별·지역별로 단열성능을 세분화하며, 단열체의 재질 및 성능을 고려한 기준을 설정할 필요가 있다. 또한 비난방공간과 난방공간사이의 벽체에 대한 단열성능 및 결로발생 예상부위에 대한 단열성능을 설정하여 부위별 단열기준을 개선하도록 한다.

3) 기밀 및 환기성능에 대한 구체적 기준 및 일사를 고려할 수 있는 일사차폐기준등을 설정한다. 또한 건물의 피의 총량적 열성능을 고려한 기준을 설정한다.

4) 건물의 외피의 열성능, 시스템의 효율 및 에너지 비용등을 고려한 종합적인 평가기준, 즉 성능기준을 설정한다.

5) 각 기준적용시 단독으로 시행하기 보다는 건물의 규모, 종류 등 각각의 특성을 고려, 상호 보완적으로 기준을 적용하여 합리적인 에너지절약이 가능하도록 한다.

6) 이산화탄소 배출량 감축 협약과 같이 지구환경을 보호하는 것은 국제사회에서는 이제 의무사항이 되어가고 있는 실정이다. 이에 선진외국의 경우 지속적인 단열강화를 하고 있는 것으로 나타났다. 국내도 선진외국에서 이루어지고 있는 단열강화 추세에 따라 지구환경 보호 차원에서 건물의 단열성능이 보다 강화되어야 할 것이다.

또한 외피 단열기준의 강화와 함께 총량적 개념의 기준을 함께 제시함으로써 전체적으로 설계의 융통성 및 자율성을 부여하면서 에너지절약을 효율적으로 달성할 수 있도록 고려하여야 하며, 제도적으로 국제적 환경변화에 적극적으로 대처하기 위한 에너지절약 정책의 마련이 필요하다고 할 수 있다.

참고문헌

1. 한국건설기술연구원, 건물외피의 열성능 향상을 고려한 평가시스템 및 제도연구, 1997.
2. 한국건설기술연구원, 건축물 에너지절약 설계기준 개선 연구, 1993.
3. ASHRAE, ASHRAE/IES Standard 90.1-1989, 1989.
4. ASHRAE, ASHRAE Standard 90.2-1993, 1993.
5. Department of the Environment and The Welsh Office, The Building Regulations 1991, 1994.
6. DIN 4108 Heat Insulation in Buildings, 1981.

7. Herbert Ehm, Wärmeschutz-verordnung '95, BAUVERLAG, 1995.

8. 住宅建築 省エネルギー機構, 住宅の省エネルギー基準と指針, 1993.

9. 住宅建築 省エネルギー機構, 省エネルギーハンドブック '93, 1993.

10. 住宅建築 省エネルギー機構, 次世代省エネルギー基準セミナーテキスト, 1999.

(接受 : 1999. 10. 14)