

고효율 로이유리 창호의 정량적 단열성능 평가

최 경 석[†], 최 현 중, 강 재 식, 양 관 섭, 이 승 언

한국건설기술연구원 건축연구부

An Evaluation for the Quantitative Thermal Performance of High Energy Efficiency Low-e Window

Gyoung-Seok Choi[†], Hyoun-Joung Choi, Jae-Sik Kang, Kwan-Seop Yang, Seung-Eon Lee
Building & Urban Research Department, KICT, Goyng, 411-712, Korea

ABSTRACT: In the high oil prices age, intensification of energy efficiency promotion in the building sector is required. Windows are dominating large percentage whole building loads, and are regarding as the primary target of energy efficiency. The purpose of this study is to draw up a technical counterplan for the intensification of windows energy efficiency and spread promotion by quantitative thermal performance with KS test method for a comparison between the general pair glass windows and the Low-e pair glass windows.

Key words: Thermal Transmittance(열관류율), High Energy Efficiency(고효율) Low-e Window(로이창호)

1. 서 론

고유가 시대에 따른 건물 부문 에너지효율화의 추진 강화 필요성이 대두되고 있으며, 건축물에서 창호는 가장 큰 열손실을 발생시키는 부위로서 에너지효율화의 일차적인 대상으로 간주되고 있다. 1979년 건축물의 열손실 방지규정이 최초로 설정될 당시부터 창호는 주요 단열대상으로 다루어져 이중창의 적용이 의무화(제주도 제외)되고 있었으나, 같은 이중창이라도 창유리 및 창틀의 종류 및 구성 방법에 따라 최대 5배의 성능 차이가 발생하고 있음에 따라 2001년 6월 관련법의 개정 시에는 창틀의 성능을 포함한 전체 열성능을 대상으로 기준이 설정되었으며 이에 추가적인 열성능 개선효과를 확보하였다.

또한, 고유가 시대에 대비한 건축물의 에너지 절약을 추진하기 위해서는 창호 단열 및 기밀성능의 단계적인 고효율화(법적 의무화 수준 강화)가 추진되어야 하며, 추가적인 단열수준의 강화

를 위해서는 기술적이며 제도적인 장애요인에 대한 극복방안이 필요한 실정이다.

이에 본 연구에서는 창호의 고효율화를 위한 대안별 효과 분석을 위하여 기존의 일반 복층유리와 고효율 로이복층유리 적용 창호에 대한 한국산업규격에 의한 정량적 단열성능 평가를 통하여 국내 창호 효율화 강화 및 보급촉진을 위한 기술적 대응방안을 구축하고, 건축물 창호 관련 기준 및 규격의 합리적 개정을 위한 근거 자료의 도출에 기여하고자 한다.

2. 창호 열성능 관련 제도 및 법규

창호의 열성능은 현재 기술적으로는 열관류율 1.0kcal/m²h²℃ 까지 구현이 가능하나 현재 법규에서는 3.3kcal/m²h²℃(중부지역), 3.6kcal/m²h²℃(남부지역), 5.23kcal/m²h²℃(제주도) 수준으로 정해져 있다. 에너지 절약적 측면에서 건축물의 창호 면적은 작은 것이 유리하나 현대 건축물은 창면적이 점차 증가하는 추세에 있어 건축물 에너지 소비 증가의 가장 큰 요인이 되고 있으나, 창호는 에너지절약 이전에 건축 디자인 및 환기, 조망,

[†]Corresponding author

Tel.: +82-31-910-0309; fax: +82-31-910-0361
E-mail address: bear717@kict.re.kr

채광 등의 중요한 역할을 하는 것으로 일방적인 창면적의 제한은 강요하기 어려운 실정이다.

따라서 건물 에너지절약을 위해서는 창면적의 과다한 증가를 가급적 억제할 수 있도록 설계를 유도하는 것이 필요하나 기본적으로는 설치되는 창호 자체의 단열수준을 향상시켜야 하는 것이 필수적이며, 창호 단열 및 기밀 성능의 단계적인 고효율화(법적 의무화 수준강화)가 추진되어야 한다.

2.1 미국 국립창호인증위원회(NFRC) 인증제도

창호의 에너지성능 향상을 목적으로 창호성능 인증을 위한 기구를 정부는 물론 창호 관련 민간 업체 및 단체를 총망라한 국립창호인증위원회(NFRC: National Fenestration Rating Council)을 설립하여 제반 창호관련 성능 설정 및 평가를 실시하고 있다. NFRC의 주된 업무는 여러 형태의 창호 제품에 대한 정보를 사용자에게 신뢰성있게 제공하는 것이다. 미국의 경우 약 22,000개의 이상의 창호제품이 인증 대상이 되고 있으며, 점차적으로 NFRC 라벨을 취득하고 있다.

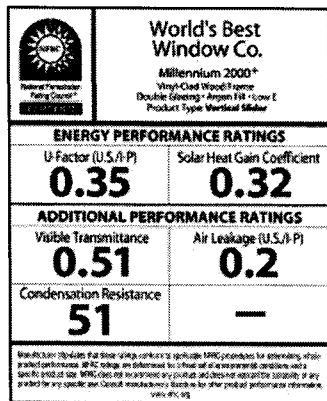


Fig. 1 The NFRC Label

2.2 건축법에 의한 외피열손실방지 및 에너지절약설계 기준

창호의 에너지성능과 관련하여 건축법에서는 “건축물의설비기준등에관한규칙” 제21조에 의하여 지역별, 부위별 요구 열관류율을 제시하고 있으며([별표 4]지역별 건축물 부위의 열관류율표), 동 규칙 제22조에 의하여 에너지절약계획서 제출 대상 건축물의 에너지성능지표(EPI) 검토서에서 창면적비에 따른 외피의 평균 열관류율 및 기밀 성능에 대한 항목을 가지고 있다.

2001년 6월 1일자로 개정된 기준에 따르면, 건축물에 적용되는 모든 창호는 유리와 창틀을 포함한 창호 전체 열관류율 이하의 값을 갖는 창호를 적용하여야 한다. 그러나, 창호의 단열성능은 현재보다 강화되어야 하며, 향후 창호단열 강화를 위한 기본적인 방향 설정은 Table 3과 같이 설정을 목표로 기준 개정방안이 진행되고 있다.(1단계는 기시행중임.)

Table 1 건축법의 창호 에너지성능 관련 규정

관련법	창호관련 내용	대상 건축물	비고
건축물의 열손실 방지 [건축물의설비기준등에 관한규칙 제21조]	지역별 창 및 문의 요구 열관류율 명시	모든 건축물	의무 적용 사항
에너지절약계획서 제출 [규칙 제22조]	- 외피 평균열관류율에 따른 차등 점수 배정 - 1층 출입문 방풍구조 - 기밀성창호 설치	계획서 제출 대상 건축물	선택적 적용 사항

Table 2 창호의 지역별 열관류율표

구 분	창호의 요구 열관류율 (단위: W/m²·K)		
	중부	남부	제주도
외기 직접 면하는 경우	3.84	4.19	5.23
외기 간접 면하는 경우	5.47	6.05	7.56

Table 3 창호 단열성능 강화방안(안)

단 계	요구 열관류율(중부기준) [단위: W/m²·K]	비고
1단계(2001)	3.3 ~ 3.8	- 열교 차단재 적용 - 공기층 12mm유도
2단계(2006)	- 3.0 (주택: 약 20% 강화) - 3.2 (주택외: 약 17%강화)	- 로이유리 적용 - 공기층 12mm 확대 정착화
3단계(2010)	2.3 이하	- 로이유리 정착화 - 가스주입유리 및 삼중창 등 적용

2.3 고효율 에너지기자재 인증제도

산업자원부 고시 “고효율에너지기자재보급촉진에 관한 규정”에 근거하여 고효율 에너지기자재 인증 사업이 에너지관리공단에서 시행되고 있으며, 1998년 7월 “고기밀성단열창호”가 새롭게 고효율에너지기자재로 신규 인증이 시행되고 있다. 성능기준은 건축물중 외기와 접하는 곳에 사용되는 창 및 창틀로서 KS F 2278 규정에 의한 열관류율이 3.42 W/m²·K 이하(열관류저항은 0.292 m²·K/W 또는 0.34 m²·h·°C/kcal이상)이며, KS F 2292 규정에 의한 기밀성 등급의 통기량이 3 m³/h·m²이하인 것으로 정하고 있다. 2006년 5월 현재 약 30개업체에서 약 220개의 창호제품이

인증을 받은 상태이다. Fig. 2는 고기밀성단열창호 인증제품 중 단열성능 분포이다.

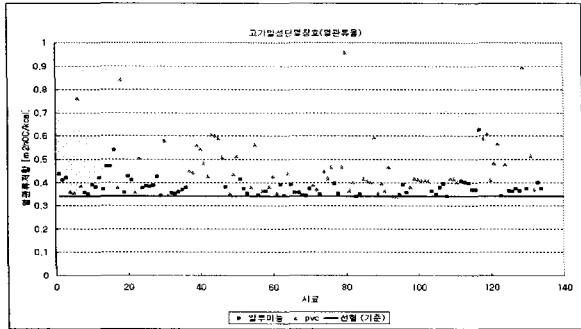


Fig. 2 고기밀성단열창호의 단열성능 분포

2.4 국외 창호 단열성능 규제

주요 선진국의 단열기준에서 창호는 집중 관리되고 있는 부분이며, 고기밀/고단열/기능성 창호의 개발은 물론 국가에서 요구하는 단열성능의 수준도 상당히 강화되고 있다. Table 4는 주요 선진국의 창호 단열수준과 우리나라의 의무 단열성능을 비교한 것이다.

Table 4 창호 단열성능의 국내·외 비교

구분	요구 열관류율 (단위: W/m ² K)		
	중부	남부	제주도
한국 현행 건축법 (2001년 6월 1일 시행)	3.84	4.19	5.23
일본 차세대 에너지절약기준	2.33	3.48	4.65
독일	1.5 ~ 2.0		
영국	2.2(금속제), 2.0(비금속제)		
프랑스	2.4	-	-
미국	2.2 ~ 2.9		

3. 창호의 단열성 시험방법(KS F 2278)

이 규격은 KS F 2297(창호의 성능시험 방법 통칙)에서 규정하는 시험항목 중 창호의 단열성 시험방법에 대한 규정으로 시험장치는 Fig. 3과 같이 구성된다.

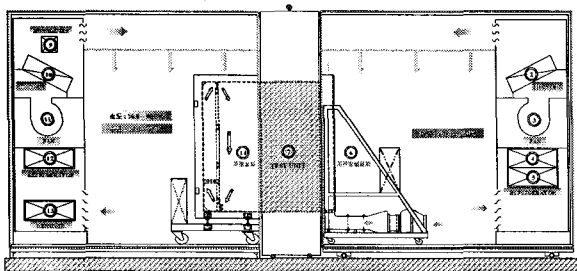


Fig. 3 Constitution of Test Apparatus

1) 표준판에 의한 표면열전달저항 설정

표면 열전달저항 설정은 비드법 발포폴리스티렌 보온재를 사용하여 표준판을 9등분하여 각각의 중앙에 표면온도 및 공기온도를 측정하고 정상상태 후 9지점에 대한 표면열전달저항을 측정하여, 가열상자측 표면에서 $0.11 \pm 0.02 \text{ m}^2\text{K/W}$, 저온실측 표면에서 $0.05 \pm 0.02 \text{ m}^2\text{K/W}$ 가 되도록 기류를 조정한다.

가열상자측 표면열전달저항(R_i)(m²K/W)

$$= R_s \frac{T_{Ha} - T_{Hs}}{T_{Hs} - T_{Cs}} \quad (1)$$

저온실측 표면열전달저항(R_o)(m²K/W)

$$= R_s \frac{T_{Cs} - T_{Ca}}{T_{Hs} - T_{Cs}} \quad (2)$$

T_{Ha} : 가열상자내 공기온도 (K)

T_{Hc} : 표준판 가열상자측 표면온도 (K)

T_{Cs} : 표준판 저온실측 표면온도 (K)

T_{Ca} : 저온실내 공기온도 (K)

2) 교정열량 산출

저온실 공기온도의 평균값을 일정하게 하여 향온실 공기온도의 평균값을 가열상자 공기 온도의 평균값에 대하여 $-2 \sim +2^\circ\text{C}$ 의 범위에서 임의로 3점 이상을 변화시켜 표면열전달저항을 설정한 때와 동일한 기류 조건하에서 각각 정상상태가 된 후, 표면온도, 가열장치 공급열량(Q_H) 및 기류교반장치 공급열량(Q_F)을 측정하고, 교정열량(Q_I)을 구한다.

$$\text{교정열량}(Q_I)(W) = Q_H + Q_F - Q_S \quad (3)$$

$$\text{다만, } Q_S(W) = \frac{T_{Hs} - T_{Cs}}{R_s} \cdot A_s$$

Q_H : 가열장치 공급열량(W)

Q_F : 기류교반장치 공급열량(W)

T_{Hc} : 표준판 가열상자측 평균 표면온도(K)

T_{Cs} : 표준판 저온실 측 평균 표면온도(K)

R_s : 표준판의 열저항(m²K/W)

A_s : 표준판의 전열 면적(m²)

3) 열관류율의 산출

향온실 및 가열상자의 온도는 $20 \pm 1^\circ\text{C}$, 저온실의 온도는 $0 \pm 1^\circ\text{C}$ 로 설정하고, 양쪽 표면열전달저

항의 합이 0.16 (m²·K/W)이 되지 않는 경우는 다음 식 (4)에 의해 보정을 실시하며, 열관류저항은 온도 및 열량공급이 정상상태 다음 식(5)에 의해 구하여 평균하여, 소수점 이하 2자리로 끝맺음하여 표시한다.

$$\text{표면열전달 저항의 보정값}(\Delta R)(m^2 \cdot K/W) = 0.16 - (R_i + R_o) \quad (4)$$

$$\text{열관류저항} (R)(m^2 \cdot K/W) = \frac{1}{K} = \frac{(T_{Ha} - T_{Ca}) \cdot A}{Q_H + Q_F - Q_L} + \Delta R \quad (5)$$

K : 열관류율 (W/m²·K)

A : 시험체 전열개구면적 (m²)

또한, 본 연구에서 사용한 시험장치는 국제공인시험기관 인정 시험장치로서 KOLAS 절차서의 장비교정 절차에 따라 장비교정을 실시하며, 표준판(SRM)의 열저항 산출시 KS L 9016에 의한 국내 KOLAS 인정 시험기관에서 열전도율을 측정하여 소급성을 유지한다.

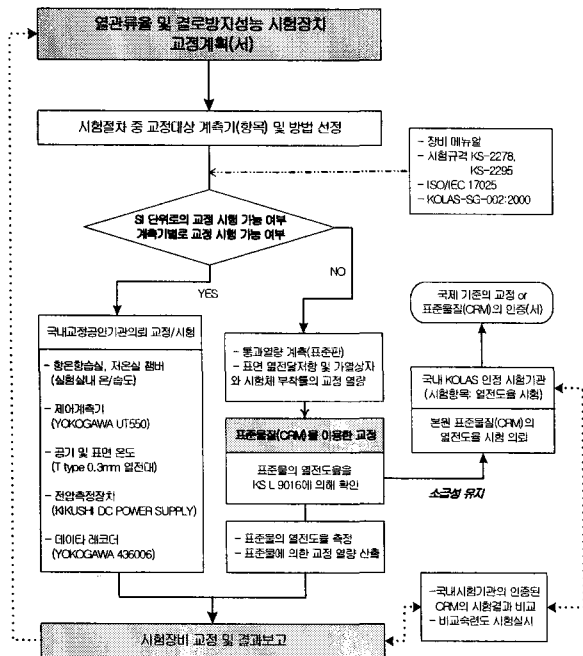


Fig. 4 열관류율 시험장치의 교정절차도

4. 고효율 로이유리 창호의 단열성능 평가

4.1 실험개요

본 연구에서는 고효율 로이유리 창호와 일반

복층유리 창호와의 정량적인 단열성능을 총 21종에 대하여 성능평가를 진행하였다. 시험체크기는 바깥치수를 기준으로 1,990×1,990 mm로 제작하였으며, AL단열바와 PVC 프레임의 형태는 2W로 구성하였다.

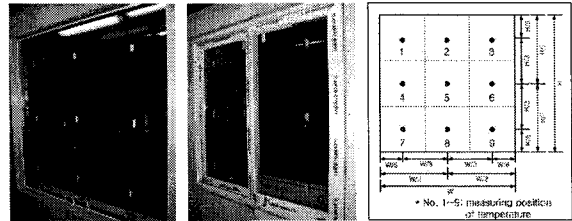


Fig. 5 시험체 설치 및 실내측 표면온도 측정점

복층유리에 대한 단열성능 평가결과, 로이복층유리는 일반복층유리에 비하여 공기층 6mm의 복층유리는 열관류율이 3.13 W/(m²·K)에서 2.64와 2.45 W/(m²·K)로 약 19 ~ 28%의 단열성능이 증가하였음을 알 수 있으며, 공기층 12mm의 복층유리는 2.87 W/(m²·K)에서 1.86 W/(m²·K)으로, 2.96 W/(m²·K)에서 1.84 W/(m²·K)로 증가하였다.

Table 5. 복층유리 성능평가 (단위: W/(m²·K))

시험체	품명	구성	열관류율(열관류저항)
1-1	일반복층유리	5CL+6A+5CL	3.13(0.32)
1-2		5CL+12A+5CL	2.87(0.35)
1-3		6GN+12A+6CL	2.96(0.34)
1-4	로이복층유리	5CL+6A+5LE(A)	2.64(0.38)
1-5		5CL+6A+5LE(B)	2.45(0.41)
1-6		5CL+12A+5LE	1.86(0.54)
1-7		6GN+12A+6LE	1.84(0.54)

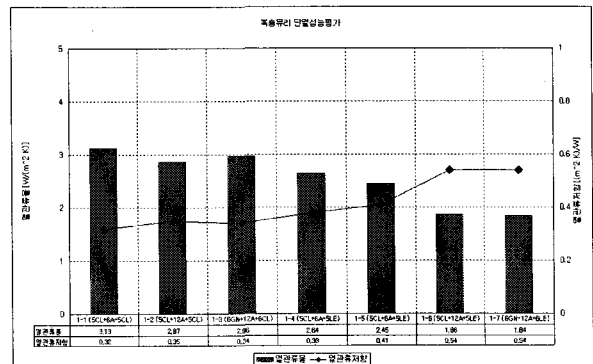


Fig. 6 복층유리 성능평가

복층유리와 AL단열바 프레임을 결합한 창호시스템에 대한 단열성능 평가결과, 일반복층유리와 로이복층유리 창호시스템은 공기층 두께별로 약 20%에서 30%내외의 단열성능 향상이 나타나, 복층유리 공기층 두께가 증가할수록 로이코팅으로 인한 단열성능 향상은 더욱 커진다는 것을 알 수 있다.

동일한 로이복층유리를 장착한 시험체 2-5-1과 2-5-2, 2-7-1과 2-7-2에서 단열성능 차이가 발생한 이유는 복층유리 제조사별로 생산공정에 따른 공기층 두께의 차이로 인한 것으로 나타났으며, Table 7에 각 시험체의 복층유리 공기층 두께 측정값을 나타낸다. 복층유리 창호시스템은 공기층 두께에 따른 단열성능의 변화를 보이고 있음을 알 수 있다.

Table 6. 복층유리+AL단열바 프레임 창호시스템 성능평가 (단위: W/(m²·K))

시험체	품명	구성	열관류율(열관류저항)
2-1	일반복층유리 + AL 단열바	5CL+ 6A+ 5CL	3.15(0.32)
2-2		5CL+ 12A+ 5CL	2.87(0.35)
2-3		6GN+ 12A+ 6CL	2.88(0.35)
2-4	로이복층유리 + AL 단열바	5CL+ 6A+ 5LE(A)	2.51(0.40)
2-5-1		5CL+ 6A+ 5LE(B)	2.60(0.38)
2-5-2		5CL+ 6A+ 5LE(C)	3.02(0.33)
2-6		5CL+ 12A+ 5LE	2.15(0.46)
2-7-1		6GN+ 12A+ 6LE(A)	2.21(0.45)
2-7-2		6GN+ 12A+ 6LE(B)	2.29(0.44)

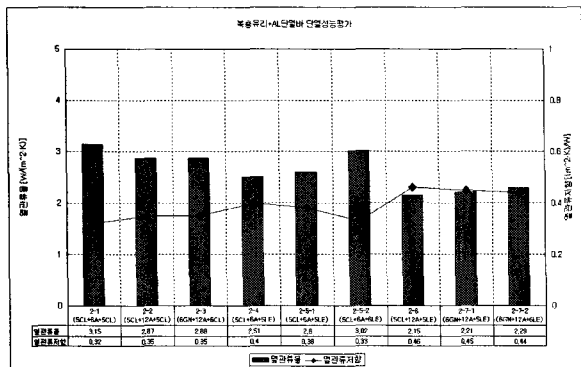


Fig. 7 복층유리+AL단열바 프레임 성능평가

Table 7. 공기층 두께 측정결과 (단위: mm)

구분	유리면 I			유리면 II		
	측정값	측정값	측정값	측정값	측정값	측정값
2-1 5CL+ 6A+ 5CL	6.5	6.4	6.7	6.5	6.3	6.4
	6.2	5.0	6.5	6.2	5.4	6.5
	6.8	6.3	6.8	6.6	6.1	6.6
2-2 5CL+ 12A+ 5CL	12.5	12.3	12.3	12.6	12.2	12.3
	12.6	11.3	12.2	12.5	11.0	12.3
	12.7	12.1	12.3	12.8	12.3	12.7
2-3 6GN+ 12A+ 6CL	13.1	12.5	13.1	12.8	11.8	12.7
	12.0	10.8	12.6	12.9	11.9	12.6
	12.9	12.2	12.7	12.4	12.1	12.8
2-4 5CL+ 6A+ 5LE(A)	6.6	6.6	6.5	6.7	6.7	6.7
	6.6	6.6	6.7	6.4	6.1	6.7
	6.7	6.7	6.8	6.9	6.7	7.0
2-5-1 5CL+ 6A+ 5LE(B)	6.7	6.7	6.3	6.7	6.5	6.4
	6.5	7.0	6.4	6.6	6.9	6.4
	6.6	7.0	6.7	6.7	6.8	6.8
2-5-2 5CL+ 6A+ 5LE(C)	5.9	5.9	6.0	5.9	5.6	6.4
	5.2	4.3	5.8	4.5	4.0	5.6
	5.6	5.9	6.1	5.5	5.6	6.0
2-6 5CL+ 12A+ 5LE	12.6	12.3	12.3	12.6	12.6	12.6
	12.8	12.4	12.6	12.6	12.3	12.6
	12.8	12.9	12.5	12.7	12.9	12.8
2-7-1 6GN+ 12A+ 6LE(A)	12.7	12.6	12.3	12.7	12.5	12.6
	12.7	12.8	12.3	12.6	13.0	12.3
	12.6	12.6	12.6	12.6	12.8	12.3
2-7-2 6GN+ 12A+ 6LE(B)	12.2	12.0	12.3	12.1	11.9	12.3
	11.6	11.0	12.0	11.3	9.5	11.9
	12.1	11.8	12.2	11.7	11.8	12.4

Table 8과 Fig. 8은 복층유리와 PVC 프레임 결합한 창호시스템에 대한 단열성능 평가결과를 나타내고 있다.

Table 8. 복층유리+PVC 프레임 창호시스템 성능평가 (단위: W/(m²·K))

시험체	품명	구성	열관류율(열관류저항)
3-1	일반복층유리 + PVC 프레임	5CL+6A+5CL	3.12(0.32)
3-2		5CL+12A+5CL	2.68(0.37)
3-3	로이복층유리 + PVC 프레임	6GN+12A+6CL	2.73(0.37)
3-4		5CL+6A+5LE(A)	2.47(0.41)
3-5	로이복층유리 + PVC 프레임	5CL+6A+5LE(B)	2.36(0.42)
3-6		5CL+12A+5LE	1.96(0.51)
3-7		6GN+12A+6LE	2.03(0.49)

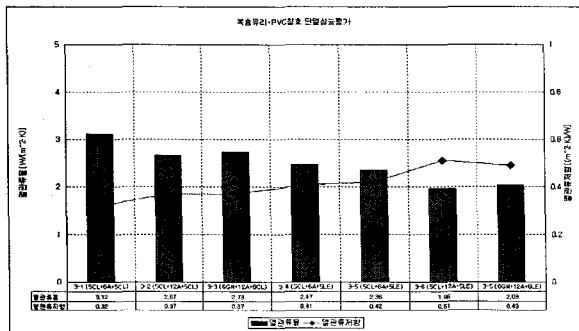


Fig. 8 복층유리+PVC 창호시스템 성능평가

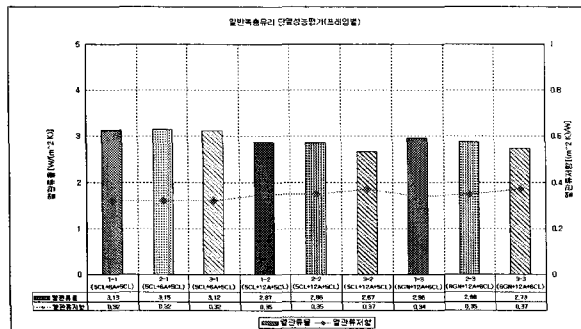


Fig. 9 일반복층유리 단열성능 변화(프레임별)

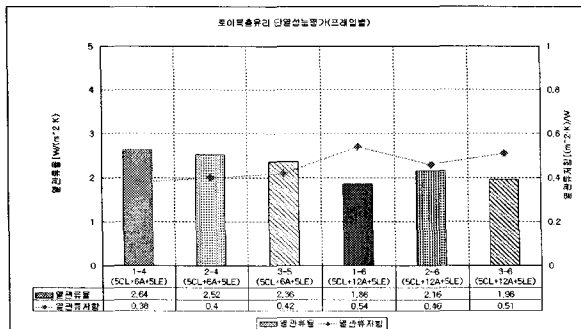


Fig. 10 로이복층유리 단열성능 변화(프레임별)

6. 결론

본 연구는 창호의 고효율화를 위한 대안별 효과 분석과 국내 창호 효율화 강화 및 보급촉진을 위한 기술적 대응방안을 구축하고, 건축물 창호 관련 기준 및 규격의 합리적 개정을 위한 근거 자료의 도출을 목적으로 국내의 창호 열성능 관련 제도 및 법규를 분석하고, 기존의 일반 복층유리와 고효율 로이복층유리 적용 창호에 대한 한국산업규격에 의한 정량적 단열성능을 평가한 본 연구의 결론은 다음과 같다.

(1) 한국 현행 건축법에서 규정하고 있는 창호 단열수준은 3.84 W/(m²·K)로 주요 선진국의 평균 단열수준인 2.27 W/(m²·K)과 비교하면 약 40% 정도의 차이를 보이고 있어, 건물 부문 에너지 효율화를 위하여 국내 창호의 단열성능은 점차적으로 현재보다 강화되어야 한다.

(2) 로이복층유리는 동일 공기층을 갖는 일반 복층유리에 비하여 최대 30%이상 향상된 단열성능을 나타내며, 복층유리 공기층의 두께가 증가할수록 단열성능 향상은 더욱 커지며, 생산공정에 따른 공기층 두께의 차이로 인하여 동일한 로이복층유리를 장착한 시험체에서 단열성능의 차이가 발생한 것으로 나타났다.

참고문헌

1. KS F 2278:2003, 창호의 단열성 시험방법, 2003.
2. ISO 12567-1:2000, Thermal performance of windows and doors-Determination of thermal transmittance by hot box method-Part 1: Complete windows and doors, 2000.
3. 건설교통부, 기후변화협약대응 건축물의 에너지 절약 중장기 대책 연구, 1999.
4. 산업자원부, 건축물 에너지효율화 강화방안 연구, 2004.
5. 산업자원부, 건물 에너지절약을 위한 제도 개선 연구, 2000.
6. 미국 국립창호인증위원회, <http://www.nfrc.org>
7. 건설교통부고시(제2003-314호), 건축물에너지절약 설계기준, 2003.
8. 산업자원부고시(제2006-29호), 고효율에너지기자재 보급촉진에 관한 규정, 2006.