



투자회수기간을 고려한 군 주거시설의 단열수준 산정 연구

Insulation Level Assessment on the Military Residential Facilities Considering the Investment Payback Period

박영준* · 맹준호** · 김태희*** · 김성중** · 이승민** · 손기영****

Park, Young Jun* · Meang, Joon Ho** · Kim, Taehui*** · Kim, Sung Joong** · Lee, Seung-Min** · Son, Kiyong****

* Dept. of Civil Engineering & Environmental Sciences, Korea Military Academy, South Korea (yjpark@kma.ac.kr)

** Coauthor, Korean Institute of Sustainable Design and Educational Environment, South Korea

*** Coauthor, Dept. of Architectural Engineering, Mokpo National University, South Korea

**** Corresponding author, School of Architectural Engineering, University of Ulsan, South Korea (sky9852111@ulsan.ac.kr)

ABSTRACT

Purpose: This study, which is based on the investment payback periods, aims to suggest the proper insulation level which can be adapted to the Defense Military Facility Criteria regarding the military residential condominiums. For the energy performance simulation, it is required to collect the residential data regarding the military condominiums and climatic data concerning the regions they belongs to. The estimates through energy performance simulation are the regional heating loads and the heating transmission coefficients of building components. **Method:** With the heating loads, the annual heating cost saving per square meters is assessed. With the heating transmission coefficients of building components, the additional insulation installment cost per square meters is evaluated. With two outcomes, one as an annual value and the other as a present value, the investment payback period is calculated. **Result:** In result, it could be concluded that 55 ~ 70% insulation ratio can lead a superior residential environments as well as be contributed to the national policy associated with zero-energy buildings because the estimated investment payback period is shorter than the life span of the military residential condominiums. This upshot can be used as a foundation to enactment the Defense Military Facility Criteria associated with military residential condominiums.

© 2015 KIEAE Journal

KEYWORD

군 주거시설
에너지 성능 모의
투자회수기간
열관류율

Military residential facilities
Energy performance simulation
Investment payback period
Heat transmission coefficient

ACCEPTANCE INFO

Received October 2, 2015

Final revision received November 9, 2015

Accepted November 11, 2015

1. 서론

1.1. 연구의 배경 및 목적

국토교통부는 2025년까지 제로에너지를 목표로 신축 건축물의 단열기준 등에 대한 점진적 강화를 추진하고 있다. 아울러 노후 건축물에 대해서도 단열성능 개선비용을 에너지 절감비용으로 상환할 수 있도록 정책적 지원을 추진하고 있다. 한편, 국방부는 2014년 군 주거환경 개선을 위하여 단열수준 제고에 관한 기초연구를 수행한 바 있다. 이는 정부시책과 별도로 철원, 화천 등 북한지역에 거주하는 군인가족의 민원제기로부터 시작되었다.

한편, 녹색건축물 조성 지원법에 따른 에너지절약설계기준에서는 우리나라를 중부·남부·제주도 3개 지역으로 구분하고 있으며, 군 주거시설 역시 이 기준에 의거 지역별 단열기준을 차등하여 적용하고 있다. 하지만, 군부대가 밀집되어 있는 흥천, 화천과 같은 북한의 접적지역 등은 상대적으로 온화한 서울지역 등과 에너지절약설계기준 상의 동일한 중부지역에 속하므로 단열기준 적용에는 차등이 없다. 이로 인하여 접적지역 군 주거시설의 경우 단열 미흡에 따

른 난방비용 과다지출, 결로 및 곰팡이 발생 등의 문제가 심각하다. 이에 국방부에서는 같은 중부지역일지라도 세부권역별로 단열기준을 재설정하여 접적지역 군 주거시설의 단열성능을 향상시키기 위한 연구를 수행한 바 있다.

군 주거시설은 비록 가족생활 공간이나 한편으로는 정부 소유의 공공시설이므로 에너지 성능제고를 위한 성능개선 우선대상이다. 따라서 군 주거환경 개선과 동시에 건축물 에너지 사용량 및 온실가스 배출량 저감을 위한 정부시책의 모범적 이행을 위하여 실질적인 국방·군사시설 설계기준 마련이 필요하다. 이를 위한 명확한 근거 구축을 위하여 군 주거시설의 단열성능 개선에 따른 에너지 절감비용과 단열공사 추가비용 등을 토대로 투자회수기간을 판단하고, 이에 따른 현실성 있는 적정의 단열수준 판단이 필요로 하게 되었다.

이에 본 연구에서는 단열성능 개선에 따른 투자회수기간을 토대로 중부지역 군 주거시설의 권역별 적정 단열수준을 제시하고자 한다. 이를 통해 군은 단열성능 개선에 관한 투자회수기간 분석을 통하여 경제적 관점에서 타당성 있는 군 주거시설의 적정 단열수준을 판단할 수 있을 것이다. 아울러, 단열성능 제고의 한계에 따른 추가적 에너지부하 등은 재생에너지 활용 등으로 충당할 수 있도록 부차적 판단근거를 제시할 수 있다. 이를 통해 향후 쾌적하면서도 적정의 경

제성 있는 군 주거시설 구축을 통한 궁극적으로 제로에너지화 추진을 위한 범정부적 노력이 일조할 수 있을 것으로 사료된다.

1.2. 연구 범위

첫째, 연구대상 지역은 용인, 홍천, 화천의 3개 도시로 한정한다. 이는 에너지절약설계기준 상의 중부지역에 대하여 현 국방·군사시설기준에서 난방도일에 의거 재분류한 3개 세부권역에서의 군 주거시설이 밀집한 대표 도시들이다. 참고로 남부 및 제주도 지역의 군 주거시설은 에너지절약설계기준 상의 단열기준을 변경하지 않고 준수하므로 제외하였다.

둘째, 군 주거시설의 형태는 공동주택으로 제한한다. 이는 군 주거시설의 경우 단독주택, 공동주택, 간부숙소 등 다양한 형태가 있으나, 군 주거시설 개선사업에 의거 현재 및 향후 추진될 군 주거시설의 형태가 거의 대부분 공동주택이기 때문이다.

2. 문헌고찰

2.1. 관련 법령 및 기준

에너지절약설계기준에서는 우리나라를 중부·남부·제주도의 3개 지역으로 구분하고 있으며, 500㎡이상 건축물에 대한 부위별 단열재의 허용두께 및 구성 재료의 열관류율 최소기준을 규정하고 있다. Table 1과 Table 2는 단열재 구성 재료의 열관류율 및 허용두께에 대한 중부지역 최소기준을 나타내고 있다. 특히, Table 2에서는 단열재 허용두께를 주택 에너지 등급에 따라 세분화하여 제시하고 있다.

Table 1. The Standard on the Heat Transmission Coefficient(HTC) for Buildings of the Central Zone

Building Components	Open to the Outdoor Air	HTC (W/m ² .K)	Heating
External Walls of the Living Room	Direct	Lower than 0.270	
	Indirect	Lower than 0.370	
Ceilings or Roofs on the Top Story	Direct	Lower than 0.180	
	Indirect	Lower than 0.260	
Floors on the Lowest Story	Direct	Lower than 0.230	○
		Lower than 0.290	
	Indirect	Lower than 0.350	○
Slabs between Stories		Lower than 0.410	
		Lower than 0.810	○
Windows and Doors	Direct	Lower than 1.500	
	Indirect	Lower than 2.200	

Table 2. The Standard on the Allowable Insulation Thickness for Buildings of the Central Zone

Building Components	Open to the Outdoor Air	Thickness(mm)				Heating
		4	3	2	1	
External Walls of the Living Room	Direct	155	180	210	230	
	Indirect	105	120	140	155	
Ceilings or Roofs on the Top Story	Direct	220	260	295	330	
	Indirect	145	170	195	220	
Floors on the Lowest Story	Direct	175	205	235	260	○
		150	175	200	220	
	Indirect	115	135	155	170	○
		105	125	140	155	
Slabs between Stories		30	35	45	50	○

Table 3의 외국의 단열기준 현황을 살펴보면, 미국은 공기조화·냉동공학회(ASHRAE, American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers) 기준을 참조하고 많은 주에서 채택하고 있으며, 특징적인 것은 건물의 용도에 따라 차별화된 기준을 적용하고 있다는 점이다. 영국은 1994년 개정된 Building Regulation을 1995년 7월 1일부터 법률로 시행하고 있으며, 난방여부에 따른 차별화된 기준 적용이 특징적이다. 우리나라 중부지역의 단열기준을 미국 및 영국의 유사한 기후패턴을 보이는 지역의 단열기준과 비교할 경우, 외벽 및 창문에 대한 기준은 다소 높고, 지붕 및 바닥 등에 대한 기준은 다소 낮았다. 이러한 차이는 주거생활패턴에 기인한 것으로 판단되며, 주목할 점은 3개국 공히 건축물 단열기준을 점진적으로 강화하고 있다는 사실이다. 참고로, Table 3에서의 ZONE4는 Fig. 1에서 표시된 황색 영역(4번)에 해당한다.

Table 3. The Overseas Standard on the Heat Transmission Coefficient and the Allowable Insulation Thickness

Country	Korea (Central Zone)		USA (ZONE4)		UK	
	W/m ² .K	mm	W/m ² .K	mm	W/m ² .K	mm
External Walls	0.27	155	0.44	70	0.30	110
Roofs	0.18	220	0.12	270	0.20	270
Floors	1.23	175	0.29	110	0.25	120
Slabs	0.81	30	0.56	-	-	-
Windows and Doors	1.50	-	2.00	-	2.00	-

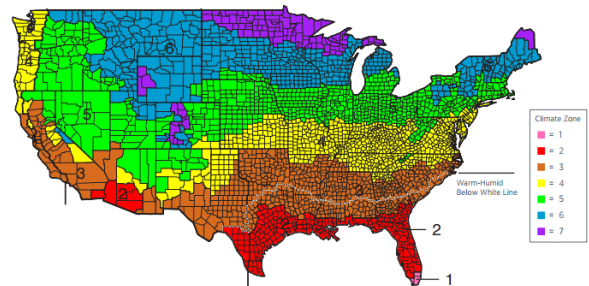


Fig. 1. Climate zones classified by the ASHRAE

2.2. 선행연구

군 주거시설도 건축물 에너지 사용량 및 온실가스 배출량 저감을 위하여 에너지절약설계기준을 적용하고 있다. 다만, 중부지역의 경우 기준지역인 수원 등과 군사시설 밀집지역인 철원, 화천 등의 기후패턴 차이가 상당하나 동일한 단열기준 적용으로 인해 난방부담 가중, 결로 및 곰팡이 발생과 같은 민원이 꾸준히 제기되었다. 이에 국방부는 군 주거환경 개선을 위하여 난방도일 분석을 토대로 중부지역을 3개 세부권역으로 구분하였으며, 각 권역의 대표지역으로 용인, 홍천, 화천을 선정하여 에너지 성능 시뮬레이션 결과를 바탕으로 권역별 차별화된 단열수준에 관한 연구를 수행한 바 있다.

이 연구에서는 홍천 및 화천지역의 군 주거시설이 기준지역인 용인과 동일한 난방부하를 나타낼 열관류율에 기초하여 단열수준을 제시하였다. 이 단열수준에 따라 단열기준 설정을 위한 지침을 국방·군사시설 기준에 반영하려고 하였으나, 단열기준 설정

에 있어 군 주거시설의 수명을 고려한 경제적 타당성 검토가 다소 미흡하여 현재 군 주거시설의 신축 및 개축에 있어 연구내용 활용이 제한적인 실정이다.

3. 연구수행

Fig. 2는 본 연구의 전반적인 수행절차를 나타내고 있다. 우선, 에너지 성능 모의를 위한 기후 및 주거자료 수집, 군 공동주택 표준모델 선정이 필요하다. 선정된 표준모델과 수집된 자료를 바탕으로 에너지플러스 프로그램을 이용한 군 공동주택의 권역별 난방부하 및 부위별 연관류율 판단을 위한 에너지 성능 모의를 수행한다. 산정된 난방부하를 토대로 연간 단위면적당 난방부하 절감비용을 계산하고, 열관류율에 따라 에너지 성능 모의에 적용된 단열재 및 창호를 토대로 단위면적당 단열공사 추가비용을 계산한다.

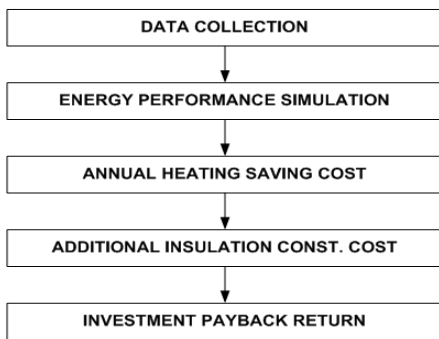


Fig. 2. Research methodology

3.1. 자료수집

첫 번째 단계는 에너지 성능 시뮬레이션을 위한 자료수집이다. 본 단계는 기후자료 수집, 표준모델 선정 및 주거자료 수집의 3방향으로 구분하여 수행한다. 우선 에너지절약설계기준 상의 중부지역을 DMFC(Defense Military Facility Criteria, 국방·군사시설 기준) 4-20-50에서 세분화한 3개 권역의 대표도시인 용인, 홍천, 화천의 기후자료를 수집한다. 참고로, 에너지 성능 모의를 위해 사용된 에너지플러스에서는 해당지역에 대한 표준 기상자료를 제공하지 않으므로, 기상청에서 제공한 기온·습도·풍향·풍속·일사량의 총 5개 자료를 활용하였다. 아울러, DMFC에서는 에너지절약설계기준 상의 중부지역 세분화에 난방도일을 이용하였다. 주거자료는 현장실사(설문조사)를 통해 에너지 성능 모의에 필요한 입력요소인 Activity(인체발열, 기기발열, 실제사용시간, 내부설정온도), 열관류율, 조닝방법 등에 관하여 자료를 수집하였다. 마지막으로 표준모델은 최근 건축되었거나 현재 건축중인 군 주거시설 가운데 공동주택의 물리적 특성(형태, 규모, 층수 등) 및 설비요소(냉난방 등)를 중심으로 요소별 평균, 중위값 등에 가장 가까운 대상을 선정하였다. 이를 위해 국방시설본부에서 보유 중인 최근 3년 이내 설계된 공동주택의 도면을 분석하였다.

3.2. 에너지 성능요약

본 연구에서는 기후자료를 통한 군 주거시설의 에너지 사용량에 대한 정량적 분석이 필요하다. 따라서 에너지 성능 모의를 위한 프로그램 선정에서의 핵심은 중부지역 3개 대표도시(용인, 홍천, 화천)의 기후자료 활용가능성이다. 이러한 기후자료 호환성을 고려하여 본 연구에서는 에너지플러스를 활용하였다. 다만 에너지플러스는 건물 모델링 구현에 제한사항이 많은 바 디자인 빌더를 추가적으로 활용하였다. Fig. 3은 디자인빌더를 활용한 군 공동주택 표준모델에 대한 3D 모델링이다.

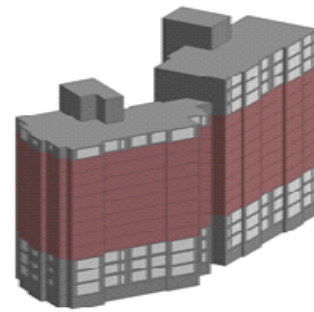


Fig. 3. 3D modeling of the military residential condominium

에너지 성능 모의는 3단계로 진행된다. 1단계 모의에서는 단열비 0%, 즉 에너지절약계획서 상의 중부지역 단열기준을 표준 모델에 적용하여 용인, 홍천, 화천 3개 도시에서의 기후자료에 따른 군 공동주택의 난방부하 값을 도출하였다. 단열비(IR, Insulation Ratio)는 식(1)과 같이 정의된다.

$$IR = \frac{HTC_{used} - HTC_{standard}}{HTC_{target} - HTC_{standard}} \quad (1)$$

여기서, HTC_{used} , $HTC_{standard}$, HTC_{target} 은 목표수준, 기준지역, 대상지역의 열관류율(HTC, Heat Transmission Coefficient)을 나타내고 있다. 예를 들어, 기준지역인 용인지역의 외벽(직접)의 열관류율($HTC_{standard}$)이 0.27일 때, 대상지역인 홍천에서 기준지역인 용인과 동일한 난방부하를 얻기 위한 외벽(직접)의 열관류율(HTC_{target})은 0.21이다. 여러 가지 제약사항으로 인하여 동일한 난방부하를 얻기 위한 단열공사가 제한된다. 따라서 홍천지역에서의 외벽(직접)의 목표수준 열관류율(HTC_{used})을 0.24로 설정하였다면, 단열비(IR)은 식(1)을 이용하여 다음과 같이 계산된다.

$$IR = \frac{HTC_{used} - HTC_{standard}}{HTC_{target} - HTC_{standard}} = \frac{(0.24 - 0.27)}{(0.21 - 0.27)} = 50\%$$

따라서, 단열비 0%는 대상지역(홍천, 화천)의 단열수준을 기준지역(용인)의 난방부하와 관계없이 에너지절약계획서 상의 중부지역 단열기준을 적용하였다는 의미이며, 단열비 100%는

대상지역(홍천, 화천)의 난방부하를 기준지역(용인)의 난방부하와 동일하도록 단열수준을 향상시켰다는 의미이다. 2단계 모의에서는 기준지역(용인)과 동일한 난방부하를 가지도록, 즉 100% 단열비에서의 대상지역(홍천, 화천) 군 공동주택의 각 요소별 열관류율을 시행착오를 통하여 계산한다. 3단계에서는 1, 2단계 모의 결과를 토대로 단열비를 변경하면서 열관류율 및 난방부하를 계산하였다. Table 4, 5는 에너지 성능 모의에 적용된 단열비에 따른 열관류율 및 이에 따른 난방부하량과 연간 단위면적당 난방부하 절감량을 나타내고 있다.

Table 4. Heat Transmission Coefficients (Unit : W/m²K)

Insul. Ratio(%)		100		75		50		25		0			
Region		HO	HW	HO	HW	HO	HW	HO	HW	HO	HW	YO	
External Walls	Direct	0.21	0.13	0.23	0.17	0.24	0.20	0.26	0.24	0.27			
	Indirect	0.28	0.18	0.30	0.23	0.33	0.28	0.35	0.32	0.37			
Roofs	Direct	0.18	0.16	0.18	0.17	0.18	0.17	0.18	0.18	0.18			
	Indirect	0.26	0.23	0.26	0.24	0.26	0.25	0.26	0.25	0.26			
Floors	Direct	Heating(O)	0.12	0.08	0.15	0.12	0.18	0.16	0.20	0.19	0.23		
		Heating(X)	0.27	0.26	0.28	0.27	0.28	0.28	0.29	0.28	0.29		
	Indirect	Heating(O)	0.19	0.12	0.23	0.18	0.27	0.24	0.31	0.29	0.35		
		Heating(X)	0.39	0.37	0.40	0.38	0.40	0.39	0.41	0.40	0.41		
	Slabs	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81		
Windows	Direct	1.17	0.73	1.25	0.92	1.34	1.12	1.42	1.31	1.50			
	Indirect	1.71	1.07	1.83	1.35	1.96	1.64	2.08	1.92	2.20			

※ HO : Hongchun, HW : Hwacheon, YO : Yongin

Table 5. The Saving Assessed Heating Loads

Insul. Ratio(%)		Stand.	100		75		50		25		0	
Region		YO	HO	HW	HO	HW	HO	HW	HO	HW	HO	HW
The Annual Heating Loads (MWh/yr)		266	266	266	270	278	274	290	278	301	283	312
The Annual Heating Loads Saving (kWh/m ² /yr)		70.4	70.5	70.4	71.3	73.5	72.5	76.8	73.75	79.7	74.8	82.5

※ HO : Hongchun, HW : Hwacheon, YO : Yongin

3.3. 단위면적당 연간 난방절감비 계산

연간 단위면적당 난방부하 절감비용 계산을 위해서는 단위면적당 난방에너지 평균단가가 필요하다. 이를 위하여 용인, 홍천, 화천의 5개 군 공동주택 단지에 대한 가스사용요금에 대한 자료를 Table 6와 같이 수집하였다.

Table 6. Gas Use States in the Military Residential Condominium

Community	The Housing Unit Size		Gas Charges	
	Exclusive Use Areas(m ²)	The # of Households	Annual Amount (1,000KW)	Per Square Meter (1,000KW/m ²)
A	83,070	772	791,419	9.527
B	18,376	232	171,292	9.321
C	24,048	252	193,888	8.063
D	30,117	321	314,184	10.432
E	4,398	46	41,061	9.336
Total	160,009	1,623	1,511,844	9.448
	72%		1,088,527	6.803

수집된 자료를 토대로 군 공동주택의 연간 단위면적당 가스사용 평균요금은 9,448KW/m²/yr이었음을 확인할 수 있었다. 한편, 녹색성장위원회에서 조사한 기존 건축물의 용도별 주요 부하요소에서 가스 사용량과 관련된 난방, 급탕, 취사에서 등에서

차지하는 난방비용은 약 72%로 조사되었다. 따라서 급탕 및 취사 등을 제외한 난방만을 위한 군 공동주택에서의 연간 단위면적당 가스사용 평균요금은 6,803KW/m²/yr이다. 한편, 난방용 연간 단위면적당 가스사용 평균요금과 Table 5에서의 에너지 성능 모의를 통해 계산된 각 대표지역에서의 표준모델의 연간 단위면적당 난방부하 절감량(kWh/m²/yr)을 고려할 때, 난방을 위한 가스사용요금 평균단가는 89.63KW/kWh이다. Table 7은 단열비 변경, 즉 열관류율 향상에 따른 연간 단위면적당 난방부하 절감량과 가스사용요금단가를 고려한 연간 단위면적당 난방부하 절감비용을 나타내고 있다.

Table 7. The Annual Heating Loads and Cost Saving Per m²

Insul. Ratio(%)		YO	100		75		50		25		0	
Region			HO	HW	HO	HW	HO	HW	HO	HW	HO	HW
The Annual Heating Loads Saving (kWh/m ² /yr)		0	4	12	4	9	2	6	1	3	0	0
The Annual Heating Cost Saving (KW/m ² /yr)		0	385	1,085	314	807	206	511	103	255	0	0

3.4. 단위면적당 추가 단열공사비 계산

Table 8은 에너지 성능 모의에 적용된 단열비 유지를 위해 창호 및 단열재 적용을 위해 필요한 단위면적당 단열 공사 추가비용을 나타내고 있다. 공동주택 전체의 추가 단열공사비를 산정하고, 이를 표준모델 전용면적(4,398m²)으로 나누어 단위면적당 단열공사 추가비용을 계산하였다.

Table 8. Additional Insulation Cost

Insul. Ratio(%)		YO	100		75		50		25		0	
Region			HO	HW	HO	HW	HO	HW	HO	HW	HO	HW
Windows (1,000,000KW)		0	21.60	75.56	13.34	49.31	8.06	14.66	1.61	2.93	0	0
Insulator (1,000,000KW)		0	10.11	27.14	6.25	16.67	4.90	9.95	0.98	1.99	0	0
Total Additional Cost (1,000,000KW/4,398m ²)		0	31.72	102.7	19.59	65.98	12.96	24.61	2.59	4.92	0	0
Additional Cost Per Square Meters (1,000KW/m ²)		0	7.21	23.35	4.46	15.00	2.95	5.60	0.59	1.12	0	0

3.5. 투자회수기간(0.5)

단위면적당 단열공사 추가비용(P)을 연간 단위면적당 난방부하 절감비용(A)으로 회수하기 위해 소요되는 시간, 즉 투자회수기간(n)은 식(2)를 통해 산출된다. 여기서, i는 이자율을 나타낸다.

$$n = \frac{\ln\left(\frac{A}{A-i \times P}\right)}{\ln(1+i)} \quad (2)$$

Fig. 4, 5는 단열비에 따른 연간 단위면적당 난방부하 절감비용(A)과 단위면적당 단열공사 추가비용(P)의 변화추이를 각각 보여주고 있다. Fig. 6는 이를 토대로 계산된 각 대표지역에서의 투자회수기간을 나타내고 있다. 투자회수기간 판단을 위한 이자

율은 국방부 재정사업의 평균 이자율 2.7%를 적용하였다.

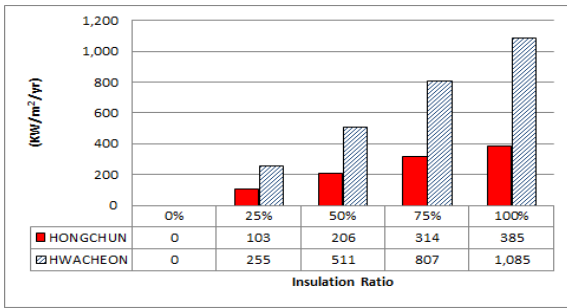


Fig. 4. The annual heating cost saving per m²

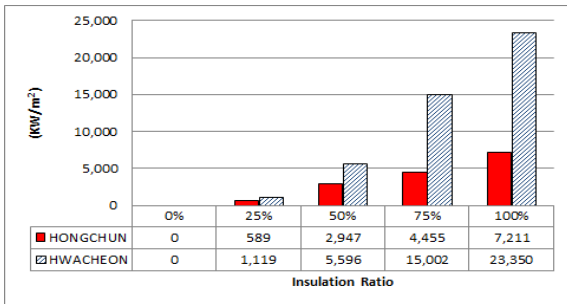


Fig. 5. The additional insulation installment cost per m²

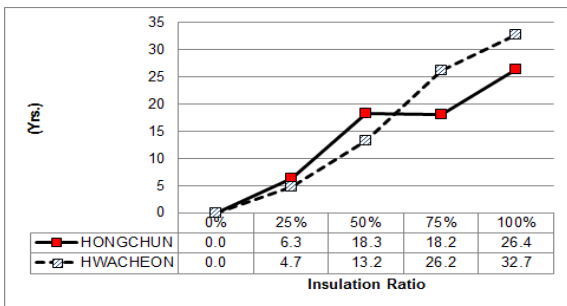


Fig. 6. The investment payback return

3.6. 분석

군 주거시설은 사용자와 소유주가 다르며, 거주자의 잦은 이사에 따른 관리부실로 인하여 민간주택에 비해 수명이 짧다. 실제로 군 주거시설은 신축 후 평균 17.6년이 경과되면 유지보수의 한계점에 도달하는 것으로 조사되었다. 한편, 군 주거시설은 노후화 정도보다는 국방시설 예산이 확보될 때까지 운용되는 특징으로 인하여 사용성에 따른 실질 수명과 실제 철거시점까지 명목 수명(22.1년)이 다르다. 군 주거시설의 수명을 판단하는 두 기준 가운데 군 주거시설의 수준 제고를 위해서는 명목 수명보다는 실질 수명에 따른 투자회수기간 판단이 바람직할 것이다. 이는 투자회수기간을 명목 수명까지 고려하여 단열수준을 향상시키더라도 노후화된 건축물의 구조적, 기능적 측면에서의 하자로 인하여 단열효과를 비롯한 군 주거시설의 수준저하를 피할 수 없기 때문이다.

Fig. 6에서 50%의 단열비를 적용하였을 경우 화천지역은 난방부하 절감비용으로 단열공사 추가비용을 군 주거시설의 실질

수명 내에서 충분히 회수할 수 있을 것으로 판단된다. 홍천의 투자회수기간 18.3년도 이자율, 난방비 단가산정 등 다양한 변동요소를 고려할 때 실질 수명과 큰 차이가 없는 것으로 받아들일 수 있다. 특히, 홍천의 경우 단열비를 75%로 증가시키더라도 투자회수기간의 변동이 거의 없으므로 50%의 단열비는 경제적으로 크게 무리한 수준은 아닐 것으로 사료된다. 참고로, Fig. 6에서 홍천의 경우 단열비가 50%에서 75%로 상승하였음에도 불구하고 투자회수기간에 변동이 없는 것은 이 구간에서 연간 단위면적당 난방부하 절감비용과 단위면적당 단열공사 추가비용의 증가속도가 유사하였기 때문인 것으로 분석되었다. 군 주거시설의 명목 수명을 고려하였을 경우, 단열비 75% 수준은 홍천의 경우 기간 내 투자회수가 가능한 반면, 화천의 경우 기간 내 투자회수가 불투명하다. 이는 화천의 경우 단열비 75% 수준 유지를 위한 난방부하 절감비용 증가폭이 단열공사 추가비용 증가폭에 크게 미치지 못하기 때문인 것으로 사료된다. 실제 이 수준에서 흑한의 화천지역의 경우 시공성을 고려한 단열재 및 창호의 가격 상승폭이 상당히 높아 다소 비현실적인 단열수준으로 판단되었다.

4. 결론

이 연구에서는 단열성능 개선에 따른 투자회수기간을 토대로 중부지역 군 주거시설의 권역별 적정 단열수준을 판단하였다. 이자율, 열관류율, 난방단가 등의 변량 등을 보다 면밀히 반영하여야겠으나, 본 연구에서의 에너지 성능 모의의 결과를 고려할 때 기준지역(용인) 대비 홍천 및 화천지역에서의 55~70% 정도 단열비 향상은 이에 따른 추가 공사비용을 군 주거시설의 실질 수명 내에서 난방부하 절감을 통해 충분히 회수가 가능한 바, 군 주거시설의 질적 수준 제고 및 범정부적 건축물의 제로에너지화 시책 공조를 위하여 군 주거시설 설치 기준에 적절히 반영되어야 할 것으로 사료된다. 또한 연구결과를 토대로 경제성 및 시공성을 고려하여 단열성능 제고의 한계에 따른 추가적 에너지부하는 재생에너지 활용 등으로 충당할 수 있는 부차적 근거를 판단할 수 있다. 연구 방법 및 결과를 참조하여 국방·군사시설 기준 정립에 활용한다면 향후 쾌적하면서도 경제성 있는 군 주거시설 구축을 통한 국방·군사시설의 제로에너지화 추진에 기여할 수 있을 것이다.

Reference

- [1] 김종민, “건축물의 단열설계에 관한 연구”, 석사학위논문, 삼척대학교, 2006 // (Kim, Jong-Min, “A Study on Thermal Insulation Design of Buildings”, Master thesis, Samchok National University, Korea, 2006)
- [2] 이태원 (1996), “건축물의 에너지절약 설계기준”, 대한설비공학회 학술 회의록. 1996 // (Lee, Tae-Won, “Standards for energy conservation in building”, Proceeding of The Society Of Air-Conditioning And Refrigerating Engineers Of Korea, Korea, 1996)
- [3] Hanzawa, H, Melikov, Arsen Krikor, Fanger, Povl Ole, “Airflow characteristics in the occupied zone of ventilated spaces”, ASHRAE Transactions : V.93, 1987
- [4] 서성모, 박진철, 이연구, “국내 건물 단열기준에 따른 냉난방부하 분석 및 최적 단열기준에 관한 고찰”, 한국태양에너지학회논문집, 제 31권 제 5호, 2011 // (Seo, Sung-mo, Park, Jin-chul, Rhee, Eun-ku, “An

- Analysis of Thermal Loads Depending on Korea Building Insulation Standard and the Optimum Insulation Standard”, Journal of the Korean Solar Energy Society, Korea, Vol.31, No.5, 2011)
- [5] 문진우, “강화된 건물 외피 단열기준의 지역별 냉난방에너지 감소 효과”, 설비공학논문집 제 23권 제 10호, 2011 // (Moon Jin-Woo, “Impact of Reinforced Standard for Envelope Insulation on the Regional Heating and Cooling Energy Consumption”, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Korea, Vol.23, No. 10, 2011)
- [6] 이성우, “건축물 에너지절약 설계 기준의 강화가 지역난방 공동주택 단위난방열부하에 미치는 영향에 관한 연구”, 석사학위논문, 서울과학기술대학교, 2011 // (Lee, Sung-Woo, “Study on Effect of the Unit Heating Load Depend on Change of Energy Saving Design Criteria Standard in Apartment Housings with District Heating”, Master thesis, Seoul National University Of Science and Technology, Korea, 2011)
- [7] 권경우, 이현정, 박선호, “단열설계 기준의 지역구분에 관한 연구”, 한국생태환경건축학회 논문집, 제 13권 제 1호, 2013 // (Kwon, Kyoung-Woo, Lee Hyeon-Jung, Park Sun-Hyo, “A Study on Regional Classification of Insulation Design Code”, Journal of the Korea institute of ecological architecture and environment, Korea, Vol.13, No. 1, 2013)
- [8] 김호영, “주택 단열성능에 따른 냉난방에너지소비량 시뮬레이션 연구”, 석사학위논문, 호서대학교, 2009 // (Kim, Ho-Young, “A Simulation of Cooling and Heating Energy Consumption in a Single House according to Thermal Performance”, Master thesis, Hoseo University, Korea, 2009)
- [9] 조경민, 이태구, “저에너지 주택설계를 위한 단열구조 및 디자인 요소에 관한 연구”, 대한건축학회 논문집, 제 24권 제 2호, 2004 // (Cho, Kyung-Min, Lee, Tea-Goo, “Design Criteria and Construction of thermal Insulation for the Low Energy Housing Plan” Journal of The Architectural Institute of Korea, Korea, Vol.23, No. 2, 2004)
- [10] 김정국, 안병립, 장철용, 정학근, 한찬훈, “권역별 난방에너지 요구량 분석을 통한 단열기준 개선방안”, 한국생태환경건축학회논문집, 제 13권 제 4호, 2013 // (Kim, Jeong-Gook, Ahn, Byung-Lip, Jang, Cheol-Yong, Jeong, Hak-Geun, Haan, Chan-Hoon, “Improvement Method of Regional Insulation Standard through the Regional Heating Energy Demand Analysis”, Journal of the Korea institute of ecological architecture and environment, Korea, Vol.13, No. 4, 2013)
- [11] 송수빈, “창호의 단열특성에 따른 공동주택의 에너지절감효과 및 경제성 분석”, 석사학위논문, 부산대학교, 2009 // (Song, Su-Bin, “Analysis of Energy Saving Effects of Apartment Housing and Economy Efficiency of Window according to the Thermal Insulation Performance of Windows”, Master thesis, Pusan National University, Korea, 2009)
- [12] 김덕우, 박철수, “에너지 플러스를 이용한 이중외피 시뮬레이션 결과와 실제 비교”, 한국건축환경설비학회 학술발표대회논문집 : v.2010 n.03, 2010.03 // (Kim, Deuk-Woo, Park Cheol-Soo, “Comparison of an EnergyPlus double-skin simulation results with measurement”, Journal of Korean Institute of Architectural Sustainable Environment and Building Systems, 2010.03)
- [13] 문진우, “강화된 건물 외피 단열기준의 지역별 냉난방에너지 감소 효과”, 설비공학논문집, 제 23권 제 10호, 2011 // (Moon, Jin-Woo, “Impact of Reinforced Standard for Envelope Insulation on the Regional Heating and Cooling Energy Consumption”, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Korea Vol.23, No. 10, 2011)
- [14] ASHRAE Handbook Fundamentals, “Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating and Ar-Conditioning Engineers, Inc, 2009
- [15] ASHRAE Handbook Fundamentals, “Chapter 8; Thermal comfort”, Refrigerating and Ar-Conditioning Engineers, Inc, 2009
- [16] US DOE, “Determining Climate Regions by County”, Building America Best Practices Series, Vol.7.1, 2010