

内外断熱工法の隅角部断熱性能と熱負荷の比較 — 人工気象室における実大実験と熱負荷の試算 —

富田 健司* 中村 聡*

要約： 建物の高断熱化と高气密化が進むにつれ、構造熱橋部の性能低下がより顕著になり、熱橋部の結露発生や熱損失が問題になる。そこで、隅角部の断熱範囲の違いが外壁の断熱性能に及ぼす影響を調べるため、バルコニー部分を想定した試験体を人工気象室に設置し、冬期における室内側表面温度分布と構造熱橋部からの熱損失量を実験的に把握した。その結果、熱橋の影響による入隅部表面温度の低下は、外断熱工法より内断熱工法において大きく、断熱補強のない内断熱工法に比べてバルコニー断熱のない外断熱工法の熱損失は外壁全体で8%程度低減されることが確認された。また、実験より得られた熱損失量をもとに、構造熱橋部の断熱性能低下を考慮した標準的な集合住宅一住戸あたりの熱負荷を計算により比較した結果、外断熱工法におけるバルコニー断熱について「断熱なし」に対する「全面断熱」の年間熱負荷は5%前後低減される。さらに、次世代基準外断熱住戸の熱負荷は同基準内断熱住戸の約12~15%減、新省エネ基準内断熱住戸の約15~35%減と推定される。

キーワード： 外断熱工法、内断熱工法、熱橋、熱損失、熱負荷

- 目次：**
- 1. はじめに
 - 2. 実験の概要
 - 3. 実験結果
 - 4. 1住戸の年間熱負荷の比較
 - 5. まとめ

1. はじめに

RC造集合住宅では、外壁と床スラブ等水平部材の交差部分に構造熱橋が生じ、熱損失の増大や結露発生の原因となっている。構造熱橋部の断熱性能は断熱工法や断熱範囲（内断熱工法では断熱補強であるが、ここでは断熱範囲と記す）によって異なってくる。

そこで、隅角部の断熱範囲によって外壁の断熱性能がどのように変化するかを調べるため、バルコニー部分を想定した試験体を人工気象室に設置し、外断熱工法と内断熱工法の冬期条件における室内側表面温度分布と構造熱橋部からの熱損失量を測定した。本報では断熱工法の違いと、バルコニー部の断熱範囲の違いによる隅角部の断熱性能、熱損失量について報告する。さらに、この実験より得られた隅角部の熱損失量をもとに、構造熱橋部の断熱範囲の影響による断熱性能の低下を考慮した標準的な集合住宅一住戸あたりの熱負荷の比較を報告する。

2. 実験の概要

2.1 試験体

外壁、床スラブ、バルコニーを想定した試験体を人工気象室内に設置し、定常状態の各部温度、および室内側の表面熱流を測定した。断熱材は内外断熱工法とも熱貫流率をほぼ等しくし、外断熱工法をグラスウール24K50mm ($K=0.630\text{W/m}^2\text{K}$)、内断熱工法をフェノールフォーム25mm ($K=0.657\text{W/m}^2\text{K}$)とした(図1)。なお、内

外断熱工法とも試験体の室内側の壁、床の表面に仕上げはなく、内断熱工法の試験体については屋外側の仕上げもないものとした。さらに試験体の壁、床の小口部分は屋外、室内側とも押出発泡ポリスチレンフォーム100mmの断熱を施しこの部分からの影響をないものとした。

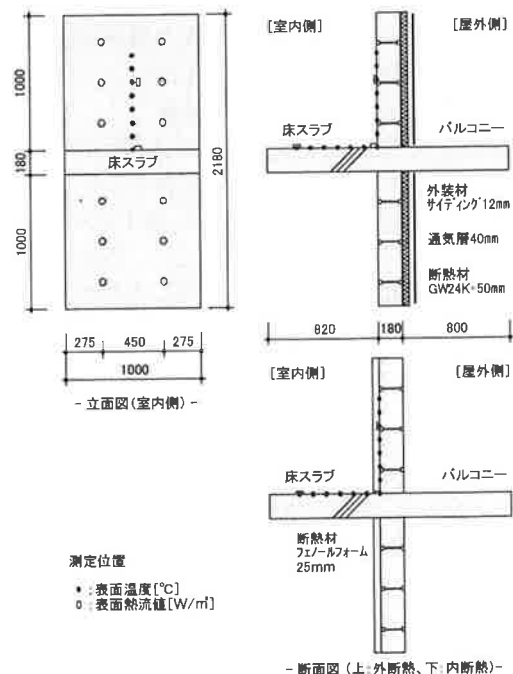


図1 試験体の詳細

*環境技術グループ

2.2 実験ケース

試験体は、①外断熱工法と内断熱工法の違い、および②バルコニー部等の断熱範囲・断熱補強の違いを断熱材配置のパラメーターとし、実験ケースは外断熱工法の場合は屋外側に突き出たバルコニー部スラブの断熱範囲の違いを4ケース、内断熱工法の場合は室内側スラブに施す巾450mmの断熱補強の違いを3ケースとし、図2に示す全7ケースである。内断熱と外断熱の試験体で異なる断熱材を用いているが、両試験体とも壁面の熱貫流率をほぼ同一とした。屋外、室内の気温設定は、次世代省エネ基準のIV地域の冬季を想定し、屋外側を-5℃、室内側を20℃とし、定常状態における試験体の表面温度[℃]と室内側表面の熱流値[W/m²]を測定した。なお、床スラブの上下(上下階)の気温・湿度は同一と仮定した。

3. 実験結果

3.1 断熱・補強範囲の違いによる表面温度

図3に室内側床スラブ上面のセンターラインの躯体表面温度分布を示す。外断熱工法ではバルコニー部の全面断熱、上下断熱した場合に比べて、下面断熱と断熱なしの場合の入り隅温度は1.5~2.0℃程度低く、バルコニー部の下面断熱だけでは室内側の壁床入り隅部の温度低下を防ぐことができないことがわかる。

一方、内断熱工法ではスラブ下面の断熱補強をすると断熱補強がない場合に比べてスラブ上面の表面温度分布は全体的に1℃程度低くなり、下面のみの断熱はかえってスラブ表面の温度低下が大きくなることわかる。さらに、上下補強した場合は補強端部近傍(入り隅から50cm)の躯体露出部分の表面温度が下面補強よりもさらに1℃ほど低下している。したがって内断熱工法においては、室内側スラブの下面のみに断熱補強を施すとかえって結露防止の観点からは好ましくないことがわかった。

3.2 断熱範囲の違いによる熱損失量

室内側壁の中央および室内床スラブ上面の中央、入り隅部の3点における表面熱流の測定値から算出した壁一般部、入り隅より50cmの範囲の壁、および60cmの範囲の床から外部へ損失する熱量をもとに、外壁の見付巾1mあたりの熱損失量を実験ケースごとに比較したものを図4に示す。実験においては室内床スラブの下面熱流を測定していないが、各ケースの相対的比較をする上では支障がないので、床面と天井面における熱流方向の違いによる表面熱伝達率の差は考慮せず、天井から外部への熱損失量には床からの熱損失量を代用した。外断熱工法はバルコニー部の放熱の影響が壁に及ぶため、内断熱工法よりも壁隅部の熱損失が大きい。一方、内断熱工法は断熱材が室内側にあるため壁隅部の熱損失は小さいが、床隅部に熱流が集中し、この部分の熱損失が外断熱工法に比べて大きくなる。床および天井隅部のからの熱損失を含めた外壁全体の熱損失は、内断熱工法の「補強な

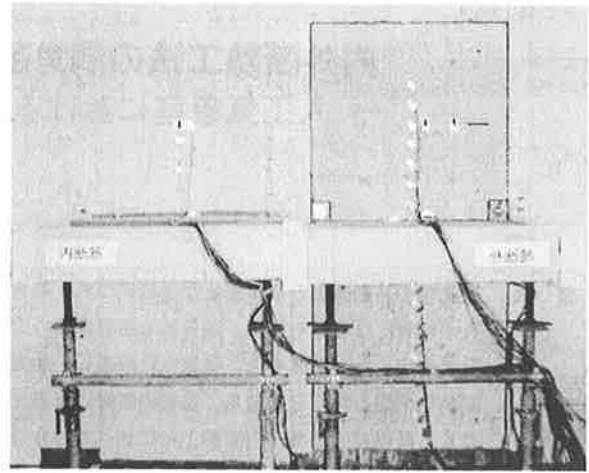


写真1 試験体を室内側から見た状況

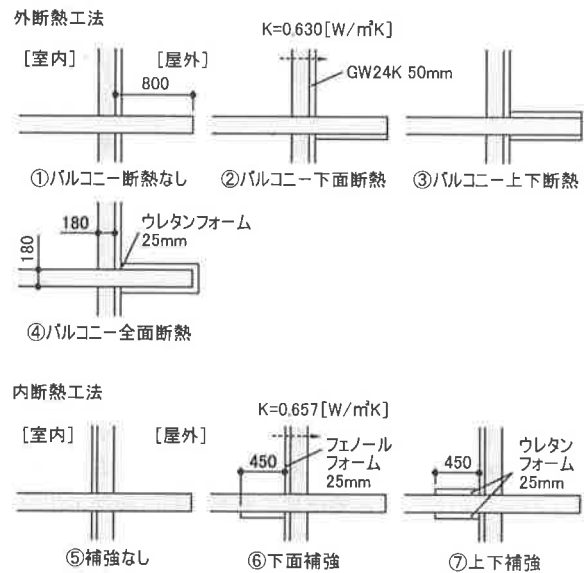


図2 実験ケース

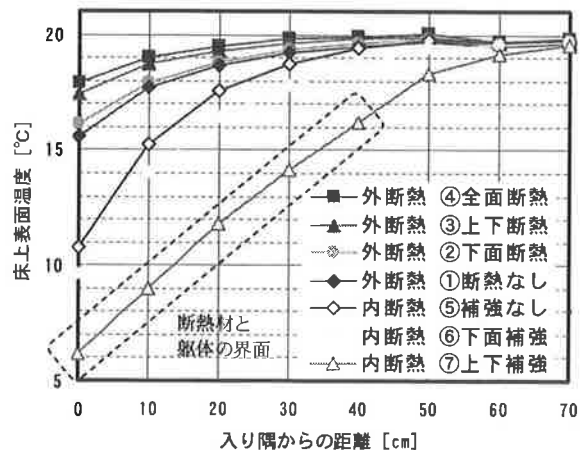


図3 床スラブ上面の表面温度分布

し」に対して外断熱工法の「断熱なし」のケースが約8%低減されると考えられる。

4. 1 住戸の年間熱負荷の比較

4.1 外断熱のバルコニー断熱の有無による比較

外断熱工法におけるバルコニー部分の断熱の有無による1住戸あたりの年間熱負荷の違いを比較するため、図5に示す床面積約70㎡の住戸を対象に、熱負荷計算プログラム「SMASH」を用いて年間熱負荷を計算した。バルコニー部の断熱仕様は図2の「断熱なし」、「全面断熱」の2種類とし、熱橋部の熱貫流率は実験データから得られた熱流値から算出した。対象地域は東京とし、連続暖冷房を仮定した。計算結果を図6に示す。冷房負荷に関してはバルコニー部の断熱の有無による違いはほとんど見られないが、暖房負荷に違いが見られる。「断熱なし」に対する「全面断熱」の年間熱負荷は最上階・中間階住戸ともに5%前後低減されると考えられる。

4.2 断熱工法と断熱グレードによる比較

図5に示す検討モデルを対象にSMASHによる年間熱負荷を算出した。断熱仕様として表1に示す次世代基準相当の外断熱、内断熱、新省エネ基準相当の内断熱工法の3種類とし、対象地域は東京とした。暖冷房運転は連続運転と間欠運転とし、間欠運転の場合は暖房期間を10/20～4/30、冷房期間を5/1～10/19、冷暖房運転時間帯を8:00～22:00とした。

各断熱仕様の年間熱負荷を図7に示す。次世代基準相当の外断熱最上階妻側住戸の年間熱負荷は連続運転の場合、同基準相当の内断熱住戸に比べて約15%、新省エネ基準相当の内断熱住戸に比べて約35%小さくなり、この傾向は間欠運転の場合もほぼ同様である。

中間階中央住戸については、次世代基準相当外断熱住戸の年間熱負荷は、連続運転時、間欠運転時ともに同基準相当内断熱住戸に比べて13%小さく、最上階妻側住戸の低減率と同程度である。新省エネ基準相当内断熱住戸に対する外断熱住戸の年間熱負荷低減率は、最上階妻側住戸ほどの低減効果はないが、連続運転で約20%、間欠運転で約15%小さくなる。

5. まとめ

- ① 熱橋による入り隅部表面温度の低下は、外断熱工法におけるバルコニー断熱範囲の違いよりも、内断熱工法における断熱補強の有無の影響が大きい。
- ② バルコニー部の構造熱橋からの熱損失は内断熱工法の床隅部からの熱損失量が大きく、「内断熱：補強なし」に比べて「外断熱：バルコニー断熱なし」の熱損失は外壁全体で8%程度低減される。
- ③ 外断熱工法におけるバルコニー断熱について、「断熱なし」に対して「全面断熱」の年間熱負荷は5%前後低減される。
- ④ 標準的なモデル住戸では次世代基準外断熱住戸の熱付加は同基準内断熱住戸の約12～15%減、新省エネ基準内断熱住戸の約15～35%減と推定される。

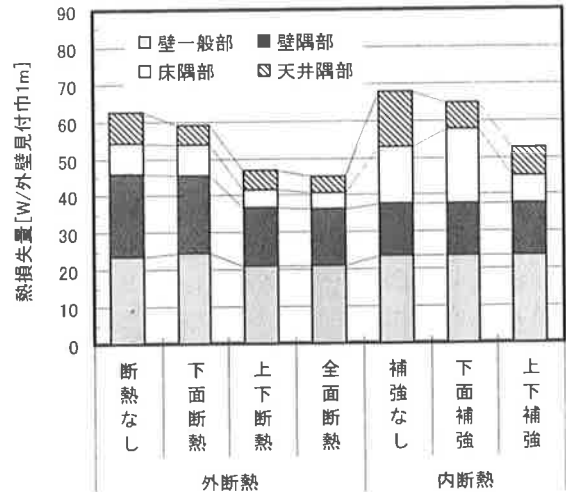


図4 外部への熱損失量の比較

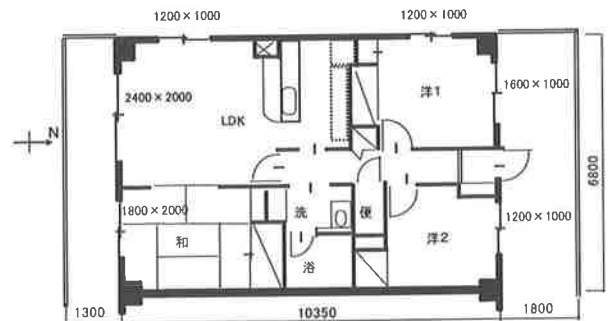


図5 検討モデル住戸（妻側住戸）

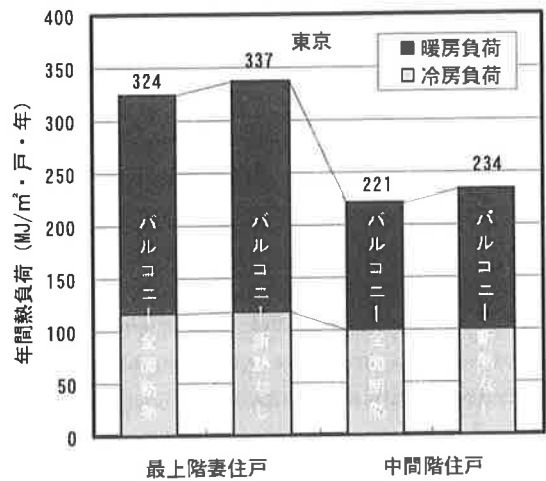


図6 バルコニー部断熱仕様別熱負荷

表1 検討モデル住戸の仕様

	外断熱（次世代）	内断熱（次世代）	内断熱（新省エネ）
外壁	ポリスチレン35mm	ポリスチレン35mm	ポリスチレン25mm
屋根	ポリスチレン70mm	ポリスチレン70mm	ポリスチレン35mm
窓	アルミサッシ ペアガラス	アルミサッシ ペアガラス	アルミサッシ 単板ガラス

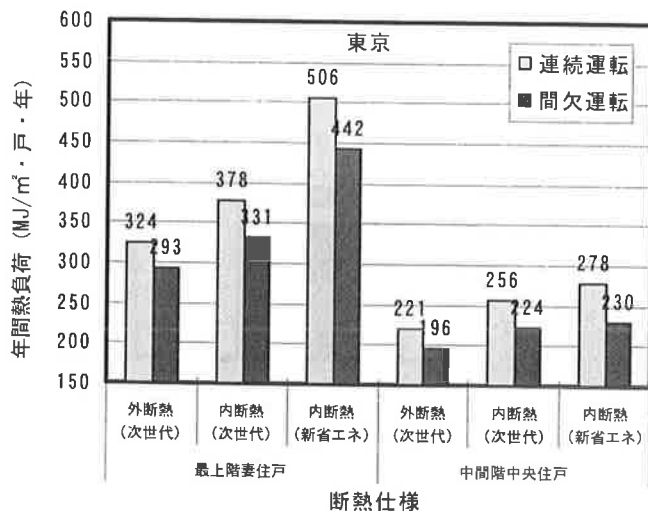


図7 断熱仕様別熱負荷

表2 断熱仕様別熱負荷

	最上階妻住戸		
	外断熱 (次世代)	内断熱 (次世代)	内断熱 (新省エネ)
連続運転	323.64	378.25	505.72
	64%	75%	100%
	86%	100%	—
間欠運転	292.61	330.94	441.69
	66%	75%	100%
	88%	100%	—
	中間階中央住戸		
	外断熱 (次世代)	内断熱 (次世代)	内断熱 (新省エネ)
連続運転	220.62	255.92	278.48
	79%	92%	100%
	86%	100%	—
間欠運転	195.65	223.56	230.4
	85%	97%	100%
	88%	100%	—

単位: MJ/m²・年

謝 辞

本研究は独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構との共同研究「エネルギー使用合理化技術戦略的開発/エネルギー使用合理化技術実証研究/R C造外断熱工法のコスト低減に関する実証研究」の一環として行った。関係者に謝意を表します。

参考文献

- 1) 富田健司・中村聡・他4名：R C造外断熱工法の実証研究（その3）断熱性能実験-1,日本建築学会大会,2004.9
- 2) 富田健司・中村聡・他3名：R C造外断熱工法の実証研究（その8）外断熱と内断熱の隅角部の断熱性能と熱負荷の比較,日本建築学会大会,2005.9

COMPARISON BETWEEN INSULATED CHARACTERISTIC AND HEAT LOAD IN CORNER BY DIFFERENCE OF INSIDE AND OUTSIDE, INSULATED INDUSTRIAL METHOD -LARGE REAL EXPERIMENT IN CLIMATE CHAMBER AND TRIAL CALCULATION OF HEAT LOAD-

K.Tomita and S.Nakamura

To examine the influence that the range of insulation in the corner part exerted on the heat insulation property of the exterior wall, we set up with examination body that assumed the balcony part in the climate chamber. And, wall surface temperature distribution on the indoor side and the amount of the heat loss from the structural heat bridge were measured under the temperature condition of winter. As a result of the measurement, the decrease in the corner part surface temperature with the heat bridge, the influence of the presence of insulated reinforcement of the inside insulated method is larger than that of the outside insulation method. The heat loss of the outside insulation method that there is no insulation in balcony is about 8% smaller than that of the inside method when insulated reinforcement is not done.

And, based on the amount of the heat loss obtained from the experiment, from result of calculating annual load an unit in housing complex that considers the heat loss from the heat bridge, as for the outside insulation industrial method, the annual load decrease rate of "Insulation of all of the balcony" to "No insulation of the balcony" was about 5%. In addition, it is presumed that the heat load of the outside insulation unit of the energy-conservation standard (1999) is about 15% smaller than an inside insulated unit in the same standard, and about 35% smaller than that of an insulated unit in the energy-conservation standard(1992).