

外断熱工法における熱橋からの熱損失と 住戸熱負荷に及ぼす影響

中村 聡* 富田 健司*
植野 修一** 内田健一朗**

要約： 本研究は RC 造集合住宅の外断熱工法として、外装材を支持する取付金物を型枠工事に用いる躯体内に残存するセパレーターに取り付けることによって、施工の合理化を図り施工コストを低減する工法を開発し、その熱的性能を把握することを目的としている。本報では、躯体を貫通するセパレーター部や、バルコニー等外部に突出した部分の断熱仕様の違いによる室内側の壁や床の表面温度や熱流の差異を実験室実験により把握し、その実験結果を基にして熱橋部分の熱損失が集合住宅の1住戸全体の熱負荷に与える影響について検討した結果を報告する。その結果、外装材を支持するためのセパレーター部の表面温度の低下は殆どないことがわかった。また、バルコニー等の外部に突出した部分の熱橋による影響は、壁では壁と床との取合い部分から 50cm の範囲、床では 60cm の範囲に認められた。外部に突出した部分を全く断熱しない場合の熱橋部分からの熱損失は、突出部分を全て断熱した場合に比べて約 30% の増加となったが、関東地方の外気条件での1住戸の年間熱負荷は約 4% の増加で、わずかであることがわかった。

キーワード： 外断熱工法, 熱橋, 熱損失, 熱負荷, 集合住宅

目次：	1. はじめに	4. 実験結果
	2. 外断熱工法の概要	5. 年間熱負荷の比較
	3. 実験の概要	6. まとめ

1. はじめに

高断熱・高气密化による省エネルギーと快適性の向上、結露やカビ等の発生しない健康的な居住空間、さらには建物の長寿命化の観点から、近年特に住宅の断熱工法として外断熱工法が注目されている。特に集合住宅等 RC 造の場合は熱容量の大きいコンクリートが蓄熱体として働き、高断熱化による省エネルギーと室温変動の小さい快適な熱環境が期待できる。

このような外断熱の長所は従来から認識されているものの^{1)~5)}、建設コストの増加や使用材料および構造的な制限等の問題から普及が遅れているのが現状である。そこで、施工の合理化による施工コストの低減を図った外断熱工法（以下、本工法）の開発に取り組んでいる。

本報では、本工法の熱的性能把握の第一段階として行った、外装材の支持金物が断熱性能に及ぼす影響、およびバルコニー部分の断熱範囲の違いによる熱橋部からの熱損失量を比較した実験結果、およびそれらの結果を基にした1住戸の年間熱負荷に対する熱橋部からの熱損失の割合について報告する。

2. 外断熱工法の概要

従来の外断熱工法は、後施工アンカーに外装材を支持する取付金物（ボルト等）を取り付けるのが一般的である。本工法では、型枠工事に用いる躯体内に残存するセパレーターを利用し外装材の支持部材を取り付けることによってアンカー工事を削減し、施工の合理化を図るものである。

本工法は通気層工法に分類され、躯体外側にグラスウール等の無機繊維系や不燃系の発泡プラスチック系の断熱材等を取り付け、通気層を設けた上で、金属系下地材に外装材を取り付ける。図1に本工法の概念図を示す。また、本工法の概要について下記に示す。

- ・ 従来の工法は、後施工アンカーに外装材を支持する取付金物（ボルト等）を取り付けるのが一般的であるが、

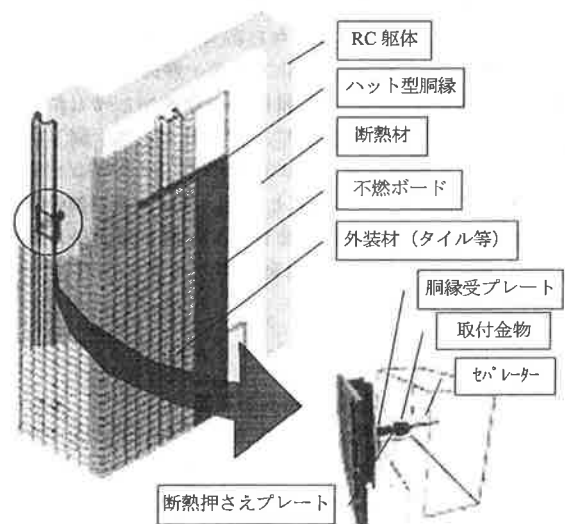


図1 本工法の概念図

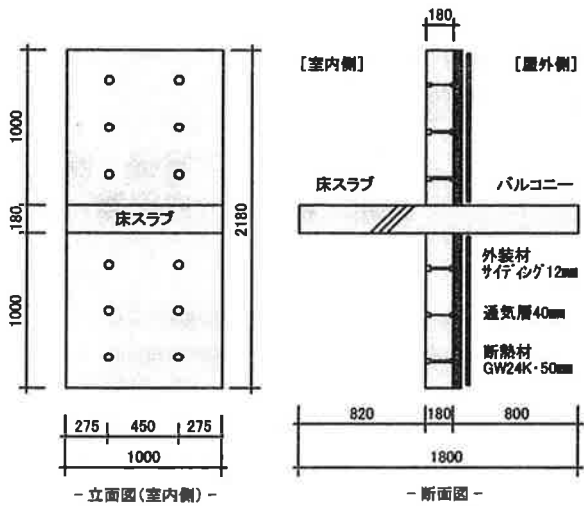


図2 試験体概略図

本工法では、型枠工事に用いる躯体内に残存するセパレーターを利用し取り付けることができる取付金物を使用する。これによりアンカー工事を削減できる。

- 外装材の不陸調整は、従来工法ではボルトナットと胴縁で行っているが、本工法では専用の胴縁受プレートで不陸調整し、これにハット型胴縁をビスで固定する。これにより、施工性を向上することができる。
- 胴縁に不燃ボードを張り、接着工法にてタイル、石などの外装仕上げ材を施工することができる（直接、胴縁にサイディング等を取り付けることも可能）。

3. 実験の概要

図2に示す外壁、床スラブ、バルコニーの一部分を想定した試験体を人工気象室内に設置し(写真1参照)、定常状態での各部温度および室内側の表面熱流を測定した。試験体Aはグラスウール 50mm、試験体Bはフェノールフォーム 25mm にて外壁部を断熱した。試験体A、Bの一般部(セパレーター、外装材取付胴縁のない部分)熱貫流率は各々、 $0.630\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ 、 $0.657\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ である。屋外側の気温は首都圏を対象地域としたが、防露検討の観点から -5°C に設定し、室内側の温湿度設定は 20°C 、 $40\% \text{RH}$ とした。図3にバルコニー部分の断熱範囲のケースを示す。バルコニー部の断熱はウレタンフォーム 25mmとした。なお、室内側の壁、床の表面はコンクリート面のままとし、壁、床の小口部分は断熱条件とするため、押出発泡ポリスチレンフォーム 100mmの断熱を施した。

4. 実験結果

4.1 支持金物部分の断熱性能への影響

図4に室内側壁表面温度の赤外線画像を示す。図中○印の部分は外部に外装材支持金物を取り付けたセパレーター部である。熱容量の大きいコンクリートが室内側にあるこ

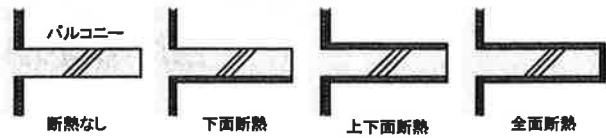


図3 バルコニー部の断熱範囲ケース

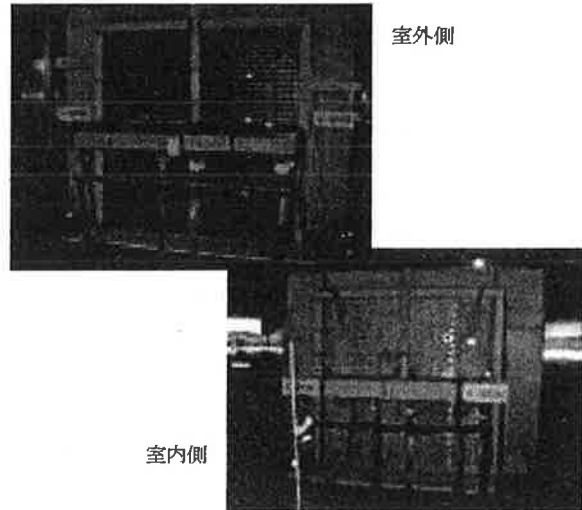


写真1 人工気象室内の試験体設置状況

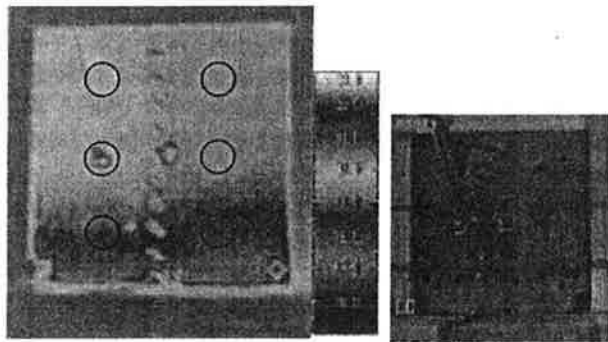


図4 室内側壁表面温度分布

とによって、一般部に比べてセパレーター部の室内側表面温度の低下は 0.3°C 程度であり、顕著な温度低下はほとんど見られない。さらに、外気温を -20°C に設定した場合でもセパレーター部の表面温度低下は 0.5°C 程度であり、当初懸念された結露発生の危険性は非常に小さいものと考えられる。

熱量的には一般部の熱流量は $13.98\text{W}/\text{m}^2$ 、セパレーター部は $19.23\text{W}/\text{m}^2$ であり、局部的には約38%の熱流増加になっている。この結果から面積比率を考慮した単位壁面積あたりの熱流量は、単位面積あたりのセパレーター数を3本

とすると、セパレーター部分がまったくない場合に比べて約0.07%の増加となり、外部の支持金物と連続したセパレーター部分が熱橋になることによる外壁全体の断熱性能の低下はほとんどないものと考えられる。

4.2 バルコニー部の断熱範囲の違いによる表面温度と損失熱量

実験は断熱材の異なる二つの試験体について行ったが、両試験体とも熱貫流率はほぼ同一であるので、本報では試験体A(ガラスウール断熱)の結果を示す。

4.2.1 表面温度分布

図5は壁部中央の高さ方向の室内側表面温度分布を断熱範囲別に示したものである。熱橋となるバルコニー部の影響範囲は断熱範囲の違いによらず、床から約50cm高さの範囲で認められる。断熱なしの場合では、壁床の入り隅部は約15.5℃まで低下しているが、この温度が露点となる室内湿度は室温が20℃の場合は約75%（22℃の場合は約67%）になることや、非正常状態では温度変化巾が小さくなることを考慮すると、一般的な居住状況では結露発生の危険性は非常に小さいと考えられる。

バルコニー下面のみの断熱は、断熱なしの場合とほぼ同様の温度分布であり、断熱の効果がないことがわかる。バルコニー上面と下面を断熱した場合の室内側壁床の入り隅部表面温度は18℃で、断熱なしの場合と比べて約2℃上昇している。バルコニー全面を断熱した場合の入り隅部表面温度は18.5℃程度であり、上下面を断熱した場合に比べて0.5℃程度の上昇である。

図6は室内側床スラブ上面の表面温度分布を示したものである。バルコニー部の熱橋の影響範囲は断熱範囲の違いにより若干の違いが見られるものの概ね50~60cmと考えられる。室内側の壁、床の入り隅部床表面温度は、断熱なしおよび下面断熱の場合は各々15.5℃、16℃、上下面断熱および全面断熱では各々17.5℃、18℃であり、壁部と同様の傾向を示している。

4.2.2 熱損失量

図7は壁、床の入り隅より50cmの範囲の壁、および60cmの範囲の床から外部への熱損失量を比較したものである。断熱なしと下面断熱の熱損失量はほぼ同程度であり、下面断熱による断熱効果は見られない。また、上下面断熱と全面断熱の熱損失量は同程度で、上下面断熱に比べてバルコニー鼻先の断熱による断熱効果は小さい。バルコニーの上下面および全面の断熱による熱損失量は断熱なしの場合の約70%で、熱損失低減効果は約30%と考えられる。

5. 年間負荷の比較

前節のバルコニーや開放廊下部分による外壁や床の表面温度低下範囲やその部分の熱流値から、熱橋部の平均熱抵抗を算出し、熱橋部の断熱範囲の違いが住戸の年間熱負荷に及ぼす影響を住宅用熱負荷計算プログラム「SMASH」を用いて検討した。バルコニーおよび開放廊下の断熱仕様は、図3に示す断熱

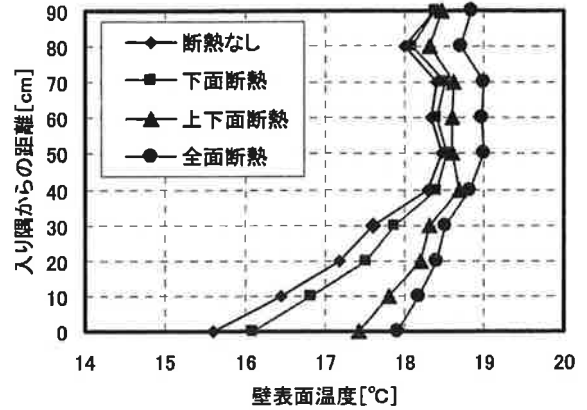


図5 室内側壁中央部の高さ方向表面温度分布

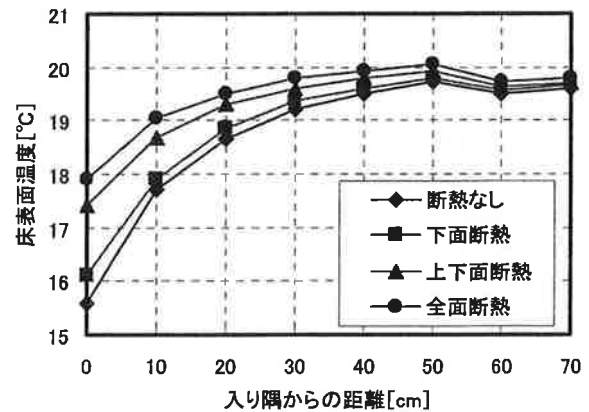


図6 室内側床中央部の奥行き方向表面温度分布

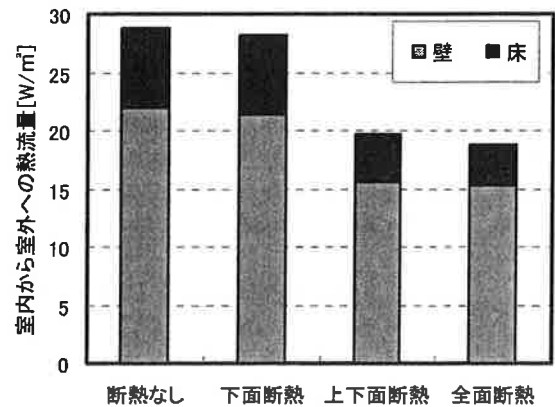


図7 室内側入隅付近からの熱損失

なしと全面断熱の2種とした。

検討対象住戸は、最上階西側の妻側に位置する床面積約80㎡の3LDKの住戸で、対象地域はI地域(札幌)、IV地域(東京)とした。住戸平面を図8に示す。また、外壁、屋根等の外

皮や開口部の断熱性能は次世代省エネ基準相当（ただし、熱橋部の断熱補強はなし）とし、その仕様等を表1に示す。

バルコニー等の断熱範囲の違いによる年間熱負荷の計算結果を図9に示す。東京、札幌ともに熱橋部の断熱仕様の違いが冷房負荷に及ぼす影響は殆どなく、暖房負荷に差異が見られる。バルコニー等を全面断熱した場合に対する断熱なしの場合の年間熱負荷増分は東京では約4%、札幌では約7%と推定される。

6. まとめ

実験の結果を以下にまとめる。

- ・外装材の支持金物と連続しているセパレータ部分の温度低下はほとんど認めらず、外壁全体の断熱性能に及ぼす影響は非常に小さい。
- ・-5℃以上の外気温設定が可能な地域では、バルコニー部の断熱がない場合でも一般的な居住状態の場合は結露発生の危険性は小さい。
- ・バルコニー部の外部断熱は、壁からの突出長さが900mm程度の場合、上下面の断熱効果が大きい。
- ・バルコニー部の熱損失は上下面、あるいは全面を断熱した場合、断熱なしに比べて約30%低減する。
- ・1住戸の年間熱負荷に対するバルコニー部からの損失熱量の割合は、全面断熱の場合に比べて断熱なしの場合は、東京で約4%、札幌で約7%増加すると推定される。

以上の結果から、本工法による外装材支持方法は断熱性能を損なわないことが確認できた。また、比較的温暖な外気条件ではバルコニーや開放廊下等、外部に突出した部分を断熱しない場合でも防露、省エネルギーの性能低下は小さいと考えられる。

謝辞

本実験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/RC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ものであり、ご協力頂きました関係各位に感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 中村他, 「実建物における内断熱と外断熱の熱性能に関する研究 (その1)」, 日本建築学会大会, 1986.8
- 2) 中村他, 「実建物における内断熱と外断熱の熱性能に関する研究 (その2)」, 日本建築学会大会, 1987.10
- 3) 富田他, 「次世代型省エネ住宅における温熱・空気環境の研究(その1~5)」, 日本建築学会大会, 2002.8
- 4) 富田他, 「次世代型省エネ住宅における温熱・空気環境の研究 (その6,7)」, 日本建築学会大会, 2003.9
- 5) 中村他, 「高断熱・高气密住宅におけるセントラル空調システムに関する研究 (その2)」, 日本建築学会大会, 2003.9

RESEARCH ON THE HEAT LOSS FROM THE HEAT BRIDGE IN THE OUTSIDE HEAT INSULATION METHOD

S.Nakamura, K.Tomita, S.Ueno, and K.Uchida

The temperature decline and the heat loss of the heat bridge part which appears on a metal part to go through the concrete wall, and a balcony to project in the outside were grasped experimentally. As for the heat loss from a metal part to go through the concrete wall, it was found out that it was small. It is estimated on the air condition of Tokyo that the heat losses when insulation isn't installed in the balcony part against the heat loss when the whole of the balcony was wrapped in the insulation increase about 4%. Furthermore, it is increase in about 7% on the air condition of Sapporo.

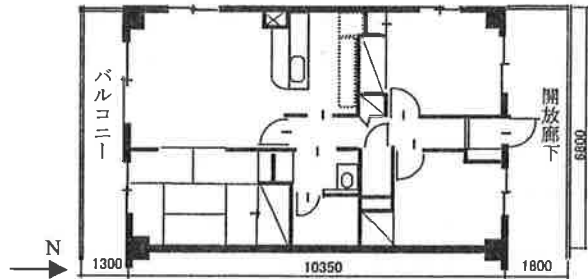


図8 検討対象住戸平面

表1 各部位の断熱仕様と冷暖房条件

	I地域(札幌)	IV地域(東京)
屋根	フォームホ [*] スチレン100mm	フォームホ [*] スチレン70mm
外壁	フォームホ [*] スチレン65mm	フォームホ [*] スチレン40mm
開口部	断熱サッシ ヘ [*] ガラス	アルミサッシ ヘ [*] ガラス
冷暖房条件	暖房: 20℃, 冷房: 26℃50%, 24h連続運転	

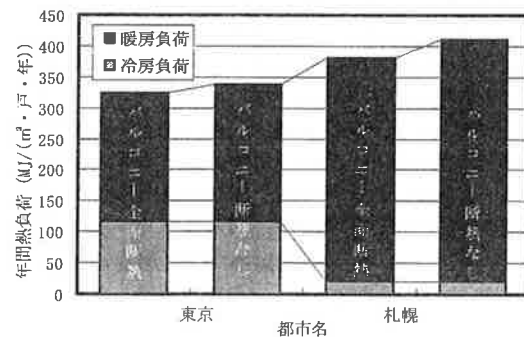


図9 年間熱負荷の比較