

二次元非定常解析ソフトの検討 ～熱橋部位における断熱補強の有効性～
 Investigation of a 2-D Non-Steady State Software ～the Validity of Insulating Reinforcement for Heat Bridge～
 0230113 高部公美子 Kumiko TAKABE 指導教官 田中辰明 Tatsuaki TANAKA

1 目的

建物の断熱工法には、断熱材を躯体の内側に設ける内断熱工法、外側に設ける外断熱工法などがある。

これまで外断熱工法は結露が生じにくいことが明らかになっているが¹⁾²⁾、鉄筋コンクリート(RC)造の隅角やベランダ・陸屋根に接している壁体部分では、外気に接したコンクリート躯体を通じて室内と室外で熱移動が起こり、相対湿度が上昇することがある(熱橋)。その結果、カビの発育、ひいては結露の発生する危険性もある。

1999年次世代省エネルギー基準において、RC造の熱橋となりうる躯体の室内表面に、地域ごとに決められた長さ・厚さの断熱材を張る熱橋対策が規定された³⁾。しかし、この断熱補強法は熱の移動のみを考慮したものであり、壁体内部の湿度性状を考慮したものではない。これには壁体交差部の二次元温湿度性状計算は複雑で困難であるため、理論的根拠が挙げられないという背景もあった。

現在、本研究室と交流の深いドイツの Fraunhofer 建築物理研究所では二次元非定常解析ソフト「WUFI」のバージョンアップがおこなわれている。まだ商品化されたものではないが、壁体内や室内表面の計算結果の信頼性が高いことは幾度もの実測との照合で確認されている。

そこで本研究では、この解析ソフトを用い、外断熱工法における断熱補強の有効性を湿度性状の面から検討した。また、新たな熱橋対策も提案し、検討した。

本稿には、寒冷時の熱橋対策が最も必要とされる札幌地域の報告をする。

2 方法

WUFI2D-3.2RC1(建物における熱湿度輸送解析プログラム)を用いて温湿度性状の二次元非定常解析をおこなった。

解析都市：札幌(次世代省エネ基準・地域区分I)
 期間：1年間(1/1～12/31)
 室外気候：拡張アメダス気象データ(日本建築学会)
 室内気候：欧州規格原案 15026(Table.1 参照)

解析ケースは次の3パターンである(建物モデル・壁体内構造は Fig.1 参照)。

a) 断熱補強なし

b) 断熱補強あり-内部

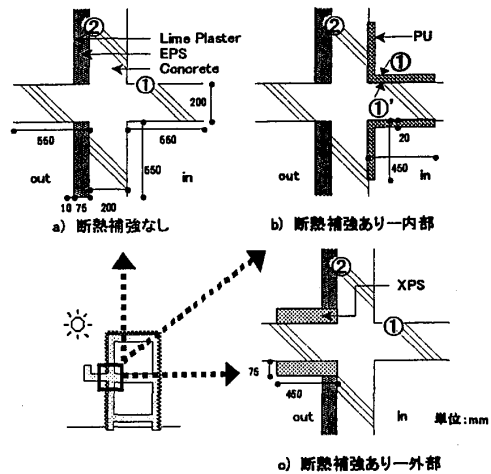
次世代省エネルギー基準で規定されている断熱材を室内側に張るケース。

c) 断熱補強あり-外部

新たに提案する、断熱材を室外のベランダ側に張るケース。

温湿度観測点：室内表面側(Fig.1-①、①')と壁体内部(Fig.1-②)に設置

物性値：WUFI データベースより設定(Table.2 参照)



① ...ベランダと側面壁が交差する躯体の室内側床表面
 ～熱橋の影響が最も大きいと考えられる～
 ①' ...b)における断熱補強材とコンクリート躯体の境界面
 ② ...断熱材とコンクリート躯体の境界面
 ～壁体内で相対湿度が最も高いことが明らかになっている～

Fig.1 建物モデル・壁体内構造と温湿度観測点

Table.1 外気温 T ($^{\circ}\text{C}$)における室内温湿度

T : 外気温($^{\circ}\text{C}$)	t : 室温($^{\circ}\text{C}$)	h : 室内相対湿度(%)
$T \leq -10$	$t=20$	$h=30$
$-10 < T < 10$	$t=20$	$h=T+40$
$10 \leq T \leq 20$	$t=0.5T+15$	$h=T+40$
$20 < T$	$t=25$	$h=80$

Table.2 各物性値

用途	材料	密度 (kg/m^3)	空隙率 (%)	熱容量 ($\text{J}/\text{kg}\cdot\text{K}$)	熱伝導率 ($\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$)	μ (-)
外装材	Lime Plaster	1785.00	0.28	850	0.70	15.00
	EPS	15.00	0.95	1500	0.04	30.00
断熱材	XPS	40.00	0.95	1500	0.03	100.00
	PU	40.00	0.95	1500	0.03	50.00
	Concrete	2300.00	0.18	850	1.60	180.00

※ μ = 空気透過率/建材の透過率

3 結果

Fig.2-5 に年間の温湿度変化グラフを、また Fig.6 に冬期における壁体内モデル全体の相対湿度分布を示す。

3-1 室内表面①における温湿度変化 (Fig.2, 3)

室内表面①の温度は、どのケースもほぼ室内温度に連動していた。相対湿度も室内相対湿度に連動していた。しかし、同じ点であっても「b 内部補強」における境界面①'の温度はほかのケースに比べて低く、相対湿度が高かった。年間を通して 70 % 付近であった。

相対湿度は「境界面 b①'」>「室内表面 a①, b①, c①」の順で高かった。

3-2 壁体内②における温湿度変化 (Fig.4, 5)

壁体内②の温度は「a 断熱補強なし」と「b 内部補強」では、年間を通して大きな変化はなく常に 5 度以下であった。同点の相対湿度はほぼ 80 % 以上であり「b 内部補強」の夏期においては 100 % に達していた。

一方、「c 外部補強」の温度は冬期においても 5 度を下回ることなく年間で温度変化がみられた。相対湿度も 80 % を超えることはなかった。

相対湿度は「b 内部補強」>「a 補強なし」>「c 外部補強」の順に高かった。

4 考察

内部補強の場合, 断熱補強をしているにもかかわらず相対湿度が最も高い結果となった。

これは Fig.7-b で示すように, 室内側に断熱材を設けているので, 冬期において室内の熱損失は防ぐことができたが, 熱橋が引き起こすコンクリート躯体の冷却への対策がないため, 躯体全体の温度低下が起こったからだと考えられる。Fig.6-b から躯体の湿度が最も高いことがわかる。さらに, カビ予防の判断基準は 80 %RH 時間累積率(=相対湿度 80 %以上となった時間/総解析時間)が 25 %以下であり, 結露防止の基準は 90 %RH 時間累積率が 25 %以下といわれるが⁵⁾, 壁体内部②においてはそれぞれ 100 %, 69 %であり, カビは発育していたものとみなされ, 結露をしていた可能性も非常に高いといえる。また境界面①'においては 80 %RH 時間累積率こそ 0 %だが, 相対湿度は年間を通じて 70 %前後であり, 不十分な換気や加湿など住まい方のわずかな変化によって高湿度になり, カビが発育する危険性も十分に考えられる。さらに, この境界面は室内側であるため居住者への健康被害も懸念される。

断熱補強をしない場合, 相対湿度は「b 内部補強」と比べて低かったものの, 壁体内部②における 80 %RH・90 %RH の時間累積率はそれぞれ 64 %・34 %でありカビ発育, 結露発生の危険性が高いといえる。

これは Fig.7-a で示すように, 室内から躯体へ熱の移動があったが, 同時にベランダ部位の熱橋により躯体の温度低下も起こったためと考えられる。

外部補強の場合, どの点においてもほかのケースに比べて相対湿度は低い結果となった。

これは Fig.7-c で示すように, ベランダ部位の断熱材が冷氣による躯体の温度低下や, 室内からの熱損失を防ぐため躯体内の急激な温度低下がなかったからだと考えられる。よってカビ発育や結露発生の可能性は極めて低いといえる。

6 総括

本研究では, 熱橋対策をカビや結露の危険性も判断できる湿度性状の面から検討した。その結果, 「c 外部補強」>「a 補強なし」>「b 内部補強」の順に有効なことがわかった。現在, 次世代省エネルギー基準は「b 内部補強」を規定しているが, 本研究を, 湿度性状も考慮した新たな基準へと改変する問題提起のひとつとしたい。

【謝辞】本研究にあたりご指導・ご協力頂きました Fraunhofer 建築物理研究所の Zirkelbach 氏, 田中啓輔氏, 田中絵梨氏, 特定非営利活動法人, 外断熱推進会議の堀内正純理事・事務局長, 太田昌宏氏に感謝いたします。

【参考文献】

- 1) 田中絵梨: 集合住宅における省エネルギー手法および断熱工法に関する検討, お茶の水女子大学修士論文, 2002
- 2) 野中有夏: 断熱壁体内湿度性状の非定常解析〜カビの発生しにくい断熱工法の研究〜, お茶の水女子大学卒業論文, 2003
- 3) (財)住宅・建築省エネルギー機構: 住宅の次世代省エネルギー基準と指針, 1999
- 4) 小野由美子: 断熱構造と内部結露に関する総合的調査, お茶の水

女子大学卒業論文, 2002

- 5) 小峯裕己ら: 住宅室内のカビ汚染と防止に関する研究, 日本建築学会計画系論文集, 第 484 号, 33-38, 1996

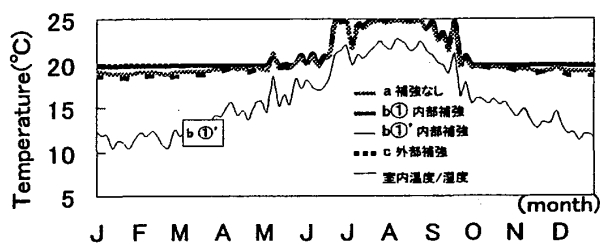


Fig.2 室内表面(①)および内部補強-躯体境界面(①')年間温度変化

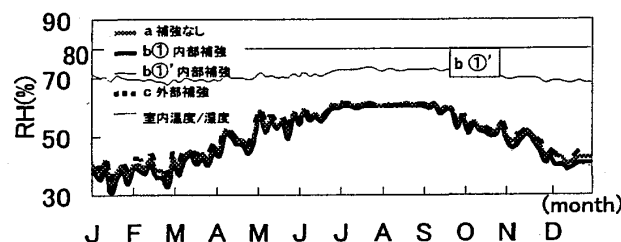


Fig.3 室内表面(①)および内部補強-躯体境界面(①')年間相対湿度変化

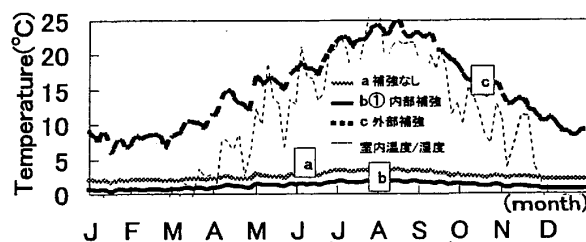


Fig.4 壁体内部(②)年間温度変化

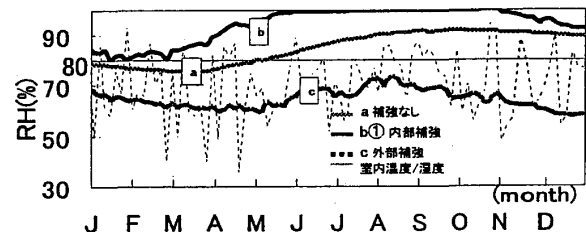


Fig.5 壁体内部(②)年間相対湿度変化

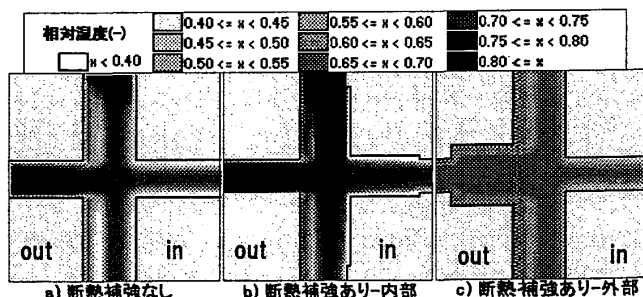


Fig.6 冬期における壁体内の湿度性状 ~WUFI2Dモニターより~

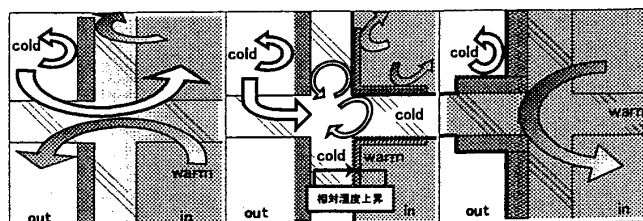


Fig.7 冬期における壁体内の湿度性状 ~仮説モデル~