

断熱されたコンクリート壁体の含水量変化に関する研究

旭化成建材(株) 一坊寺 英夫

日大生産工 湯浅 昇

1. はじめに

京都議定書が発行され、日本は世界に対して地球温暖化防止のためCO₂削減を公約した。その中でもわが国全体の資源・消費エネルギーの3~4割占める建設分野における省資源化、省エネルギー化は喫緊の課題となっている。

このような時代背景の中、鉄筋コンクリート(以降RC)建築物の省エネルギー化、高耐久化に貢献できる断熱工法として、主に北海道等の寒冷地で用いられてきた外断熱工法があらためて注目され、温暖地においても徐々にその工法が認知されはじめている。

しかしながら、従来の断熱方法と異なり断熱材で躯体全体を覆う工法に関して、特に透湿抵抗の高いプラスチック系断熱材を用いた場合、建物の竣工当初において存在する躯体コンクリート中の余剰水分放出の妨げとなり、室内環境の悪化につながるのではないかと懸念する声もあり、RC外断熱工法の普及の妨げとなっているが、断熱化されたコンクリート内部の水分の挙動に関して、

で打設直後から長期にわたり測定した明確な資料は無い。

そこで本研究は、高性能フェノールフォーム断熱材を用いた新たな外断熱工法の開発を行うため、断熱工法ならびに断熱材種類を変化させたコンクリート躯体の含水量の変化を日本大学が開発したセラミックセンサーを用いて測定し、コンクリート中の水分移動の観点から、外断熱工法に最適な断熱材施工方法ならびに断熱材種類等について有用な情報を得るとともに、サステナブル建築を実現するにふさわしい、外断熱工法の更なる普及を目指すものである。

2. 実験概要

2.1 使用材料

本研究において使用するコンクリートの配合を表1に示す。また、本研究に用いる断熱材を表2に示す。各断熱材の厚さは住宅の断熱地域区分における地域における次世代省エネルギー基準を満たす厚さとした。なお、従来工法のモデル

表1 コンクリートの調合と空気量、スランプ

W/C (%)	単位水量 (kg/m ³)	絶対容積(l/m ³)			質量(kg/m ³)			混和剤(cc/m ³)		スランプ (cm)	空気量 (%)	温度 ()
		セメント	細骨材	粗骨材	セメント	細骨材	粗骨材	No.70	No.303A			
60	185	98	326	346	308	854	921	771	811	21.5	4.0	18.0

表2 断熱材種類と性能

	略称	熱伝導率 (W/m·K)	厚さ (mm)	熱抵抗値 (m ² ·K/W)	吸水量 (g/100cm ²)	透湿比抵抗 (msPa/ng)	透湿抵抗 (m ² sPa/ng)
高性能フェノールフォーム	PF	0.020	25	1.25	1.7	0.960	0.024
押し出し法ポリスチレンフォーム3種	XPS	0.028	35	1.25	0.01	0.192	0.00672
高性能グラスウール24K	GW	0.036	50	1.39	-	0.004	0.000215
現場発泡ウレタンフォーム	PU	0.020	25	1.25	2.0	0.192	0.0048

The Study on Change of Moisture Content of Thermal Insulated Concrete

Hideo ICHIBOJI and Noboru YUASA

としてコンクリート躯体にタイルを施工する試験体と、さらにその内側に現場発泡ウレタン(PU)を吹付けた試験体も作製した。

コンクリート内部の含水率の測定には、日本大学が研究し、表層コンクリートの品質評価等多くの研究に用いられている埋め込み型セラミックセンサ(写真1)を用いた¹⁾²⁾。

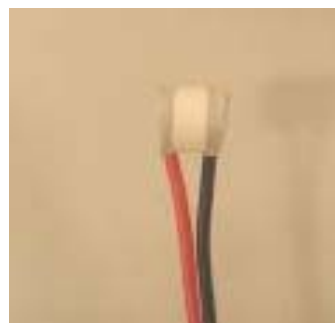


写真1 含水率センサー

2.2 試験体概要および作製

本研究における試験体概要図を図1に示す。コンクリート打設後材齢3日で脱型し、その後20、60%の恒温恒湿室にて養生を行なった。断熱材の施工時期は、コンクリートと同時に取付ける試験体(打込み工法)と材齢14日に施工する(後張り工法)試験体の2パターンとした。タイルの施工も材齢14日とし、その場合の断熱材施工も同日とした。なお、比較として断熱材を施工しない試験体(ブランク)も作製する。含水率測定センサーの設置位置を図2に示す。含水率測定センサーは表面から5、25、50、75、100、130、145mmの位置に2列設置した。試験体1体当たりのセンサー数は14個となる。なお、壁面以外の部位からの水分放散を防ぐため、断熱材施工後側面をエポキシ樹脂およびアクリル樹脂板によって封緘した。

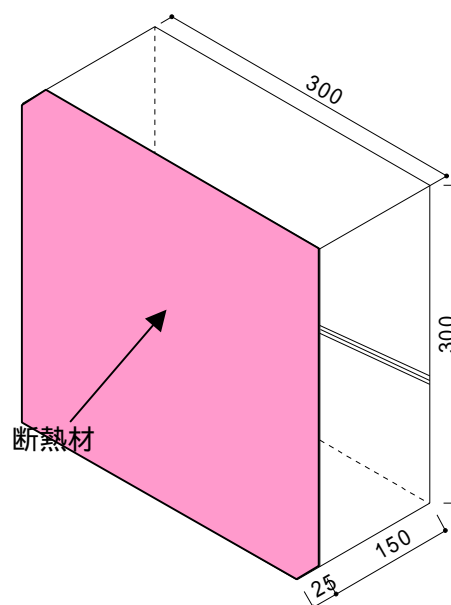


図1 試験体概要図

材齢180日でブランクの約55%であった。これ

2.3 測定間隔

材齢1日~180日までの間、適宜で含水率の測定及び試験体質量の測定を行なった。(継続中)

3. 実験結果

3.1 試験体の質量変化

図3に材例3日(脱型)を基準とした試験体の質量変化(単位面積当りの質量変化)、表3に材齢180日における単位面積当りの質量変化を示す。

これより打込み工法で断熱材を施工した試験体の質量変化は小さく、特に押出法ポリスチレンフォーム(XPS)を使用した試験体の質量変化は

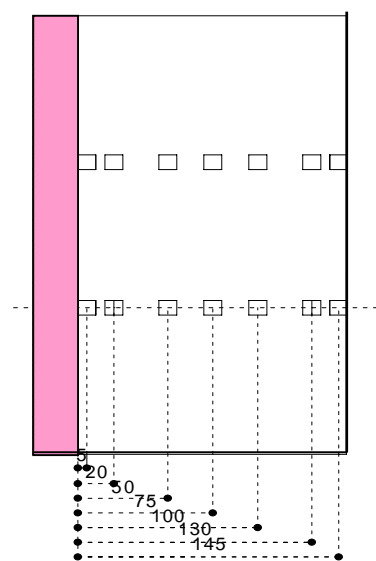


図2 センサー設置位置

に対し、高性能フェノールフォーム（PF）を使用した試験体の質量変化はブランクの約 80% 程度となった。つまり、打込み工法においては、特に XPS を用いた場合、断熱材打込み面からの水分放散が妨げられ、コンクリート壁体内部の水分が放散されるまでに時間を要することが考えられる。

次に、後張り工法断熱材を施工した試験体の質量変化は、GW > PF > XPS の順となった。とくに GW の場合ブランクとほぼ同等な質量変化を示し、断熱材の中はほぼ自由に水分の移動が行なわれていると考えられる。

また、後張り工法でプラスチック系断熱材を施工した試験体も、断熱材施工前の躯体からの水分放散によって、打込み工法に比べ質量の減少が速い結果となった。実際の壁施工においては、断熱材の外側に外装材の漏水や躯体からの水蒸気を排出する層を有すいわゆる通気工法を採用していれば、断熱材施工後も水分は徐々に放散されていくと考えられる。特に PF を使用した試験体の場合質量変化が大きく、材齢 180 日での質量変化は、ブランクの約 90% となった。

一方、タイルを施工し PU を吹付けた試験体は、質量変化が XPS 打込みに次いで小さい結果となった。PU 吹付け断熱工法は、現在最も普及している工法であることから、内装仕上げを同等と考え、後張り外断熱工法は在来断熱工法よりも躯体コンクリート中の水分放散が早いといえる。

3.2 試験体の含水率変化

図 4 に各試験体の質量含水率分布を示す。なお含水率センサーの埋め込み深さは、断熱材取り付け面（タイル張りの場合はタイル取付面）を基点としたものである。

これより、埋め込み深さ 5mm における含水率変化をみると、XPS を打込んだ試験体は、材齢 180 日を経過しても高い含水率で保たれている。質量変化との関係からみても、XPS 断熱材側からの水分の放散はほとんどないと考えられる。また、ブ

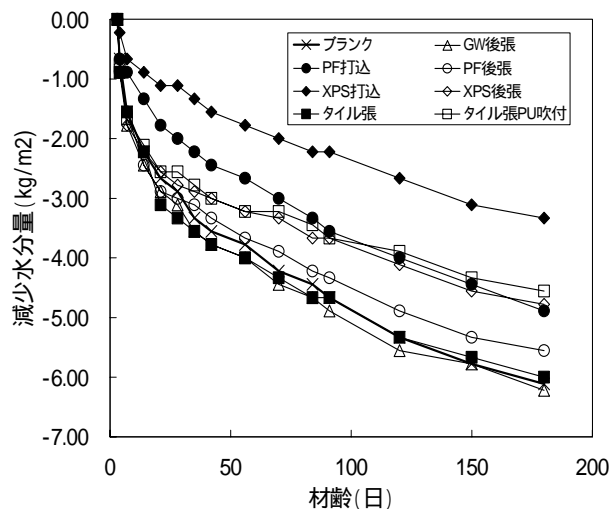


図 3 試験体の質量変化

表 3 試験体の質量変化（材齢 180 日）

試験体名	質量変化 (kg/m ²)	ブランクに対する比率
ブランク	6.11	1.00
GW後張	6.22	1.02
PF打込	4.89	0.80
PF後張	5.56	0.91
XPS打込	3.33	0.55
XPS後張	4.78	0.78

プラスチック系断熱材を後張り施工したものは、断熱材施工直後含水率が上昇するが、その後徐々に含水率が低下していく。一方 GW を後張り施工したものは、断熱材施工後、含水率の低下速度はやや落ちるが、材齢 120 日以降は断熱材を施工しないブランクと同程度の含水率となった。ブランクの試験体は、材齢 91 日以降ほぼ変わらず一定となっており、今回の養生条件下における定常状態になったものと考えられる。

一方、埋込深さ 145mm における含水率変化をみると、PU を施工した試験体が最も高い含水率を示し、その他の試験体に関しては、含水率の差が少ない結果となった。この結果より、外断熱で内装仕上げをしない場合、室内側への躯体の水分の放散状況は、断熱材種類、工法の影響をあまり受けないと考えられる。

また、室内側にウレタン PU 吹付けを行なった試験体に関しては、断熱材施工後含水量が上昇し、材齢 180 日においてどの測定点においても含水率が高い傾向が見られる。この結果より従来建築

されている、多くのタイル張り PU 吹付け物件の躯体内の水分は、外断熱した建物ものよりもコンクリート躯体内の水分の放散速度が遅くなる傾向にあることが考えられ、躯体内の水分による室内の多湿期間が長くなっていると考えられる。

4.まとめ

断熱されたコンクリート壁体の含水率変化を測定し、その結果を断熱工法および種類から検証した。その結果は下記の通りである。

- (1) 打込み断熱工法において XPS を使った場合、コンクリート壁体中の水分の放散が少ない。
- (2) 後張り断熱工法では、特に GW、PF を用いると、水分放散に与える断熱材の影響が少ない。
- (3) 在来の断熱工法 (PU 吹付) の壁体は、長期に

わたり壁体内の含水率が高く、外断熱工法に比べ壁体内の水分放散速度が遅い。

「参考文献」

- 1) 湯浅昇, 笠井芳夫, 松井勇, 埋め込みセラミックセンサの電気的特性によるコンクリートの含水率測定の提案, 日本建築学会構造系論文集, No498(1997), pp13~20
- 2) 湯浅昇, 笠井芳夫, 松井勇, 乾燥を受けたコンクリート表層から内部にわたる含水率, 細孔構造の不均質性, 日本建築学会構造系論文集, No509, (1998), pp9~16

本研究は平成 17 年度日本大学と旭化成建材㈱との共同研究「断熱されたコンクリート壁体の含水量変化に関する研究」として行なっているものです。関係者の皆様に記して謝意を表する次第です。

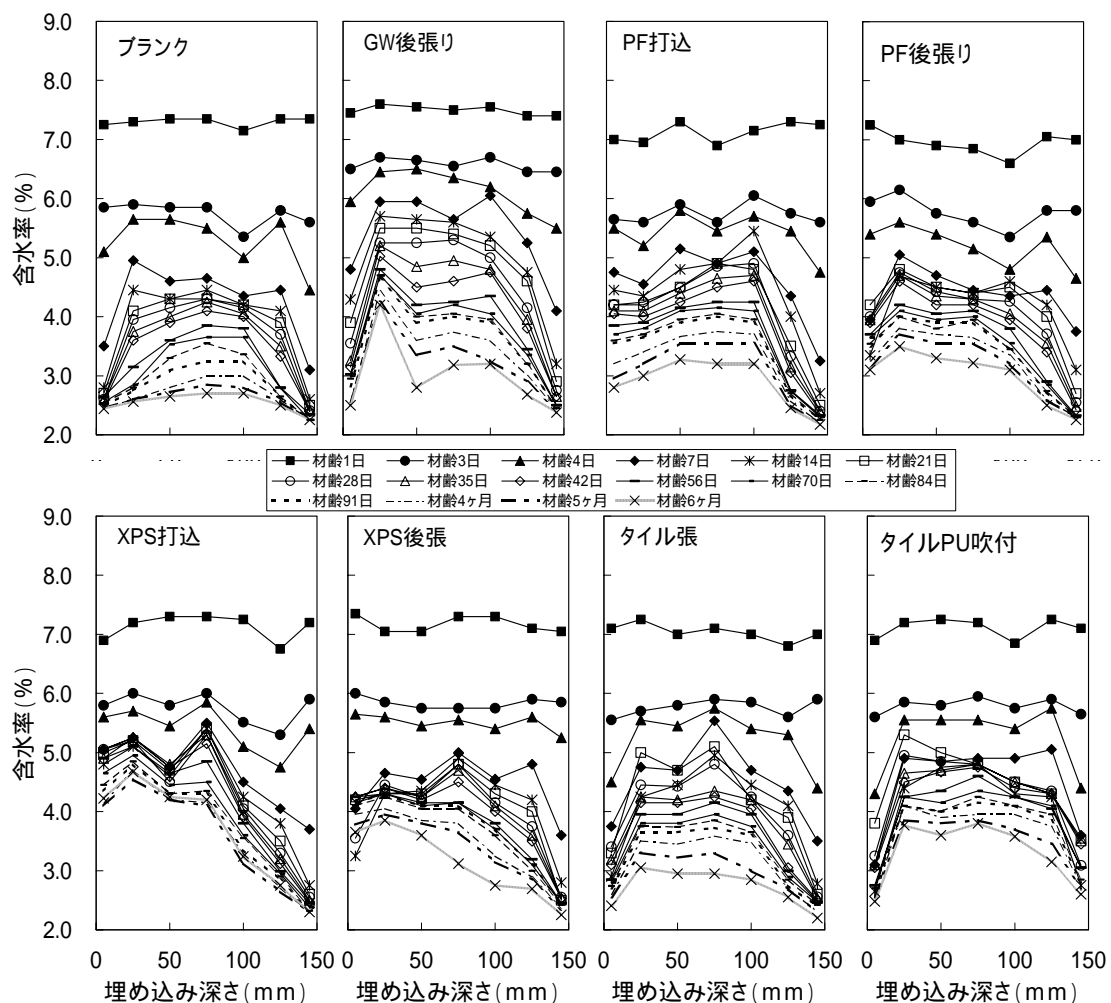


図4 各試験体の質量含水率変化