

湿式外断熱工法 “External Thermal Insulation Composite System (ETICS)” について

田 中 辰 明 （一社）日本断熱住宅技術協会理事長

（一社）日本断熱住宅技術協会は住宅・建築の健全な断熱技術普及をめざし、施工会社、材料メーカー、設計事務所、学識経験者が集合している我が国唯一の団体である。将来は、立法府、行政府、自治体、一般消費者に住宅・建築の断熱技術に関し具申できる団体にしたい。この目的を達成するために全国5ヶ所で行われる住まいの耐震博にブースを出展し、健全な断熱材料や断熱工法の普及に努めてきた。欧州外断熱協会と提携し、情報交換を行ってきた。断熱のガイドブックを電子出版する計画を立てている。これらを成就するために会員諸氏のさらなるご協力を賜りたい。

はじめに

2018年の夏は日本全国酷暑に見舞われた。テレビでは「熱中症を防ぐため、適当に冷房を使用するように」との注意が流された。しかし日本の伝統的な住宅は高温で高湿な夏向きに作られてきており、通風によって涼しさを得ていた。従って、断熱の配慮がなく、冷房運転を行っても、冷房の効きが悪く、電力の消費量が増大した。冬は同様に暖房の効きが悪く、外国人記者から「日本の冬は寒い」¹⁾ という記事がメディアに報告されている。（一社）日本断熱住宅技術協会はこのような事態を改善すべく様々な努力を行ってきた。

1. （一社）日本断熱住宅技術協会の活動

住宅の断熱は欧州が進んでいることからドイツのバーデン・バーデンに事務所を構える欧州外断熱協会（EAE）と業務提携を行い、人の交流、情報の交換を行う事とした。2017年10月5日にワルシャワで開催された第4回欧州外断熱フォーラムに代表を派遣し筆者が（一社）日本断熱住宅技術協会の紹介と日本の湿式外断熱に関し講演を行った。2018年5月16日（一社）日本断熱住宅技術協会の総会に欧州外断熱協会の Ralf Pasker 専務理事をお招きし欧州の外断熱に関し講演をして頂いた。このような実績から2018年6月7日に（一社）日本断熱住宅技術協会はドイツ国土交通省建築研究所の Dr. Böttcher 研究員、NRW 州のエコセンタールauschen 所長他の来訪を受け、貴重な情報交換を行った。その後も先方より、断熱に関する貴重な情報が寄せられている。今後ともこの交流を続けていく所存である。



写真-1 ワルシャワの第4回欧州外断熱フォーラム



写真-2 ドイツ建築研究所 Böttcher 研究員ら来訪、情報交換

2. EAE, Pasker 専務理事より湿式外断熱の書籍寄贈

2018 年 6 月初旬に欧州外断熱協会の Pasker 専務理事からドイツで出版された湿式外断熱の書籍の寄贈があった。本日の講演の主なる目的はこの書籍の内容説明である。

書籍：“Wärmedämmverbundsystem“

・湿式外断熱に関する討論

1. 建築のチャンスとして Andreas Hild, Arno Lederer, Jörunn Rognarsdóttir

2. 建築物理学の見地から、 Gerd Hauser, Andreas Holm
・実施例

1.Welfenstraße の事務所建築と商業建築

2.Viktualien 市場の Louis ホテル

3.Viktualien 市場のアーケード

4.ミュンヘン工科大学研究所建物 0505 の階段塔

5.Theresienhöhe における住宅

6.Tuchen 公園の事務所と住宅

7.Lohengrinnstraße の住宅

8.Helsikistraße の住宅

9. BFTSーバイエルン州スポーツ科学研究技術センター

10.Ismaningstraße の事務所建築

11.ビキニベルリンの改修

・形態の発見

1.Schwabinger 塔、M10

2.商業施設”Augustenkarree”,Karlstraße 47a“

3,Schwabinger 塔 S30-40

・討論 3 理論と現実

Andreas Hild と Thomas Will の往復書簡

・4 湿式外断熱の研究プロジェクト：建物外皮が受熱を感知しモジュール化を可能とする方法

湿式外断熱相談員の紹介

文献

写真と図の説明

本書では現在ドイツ大統領官邸として使用されているかつてのプロシヤの城 “Bellevue”が外断熱改修された例も示している。これに対し、ドイツ国土交通省建築研究所の Dr. Olaf Böttcher は「これはやりすぎで、自分は賛成しかねる」という見解を述べた。

湿式外断熱は当初は白い塗装と平板の仕上げが一般的であった。これは着色した外壁は日射熱を吸収しやすく、特に西に面した外壁では急に日没になると、高温になっていた外壁表面の温度が急に低下し、表面が収縮し、その時にひび割れが入る恐れがあったためである。しかしいつも白色で、平面の建築は意欲的な建築家から受け入れられず、建築材料企業の努力、Fraunhofer 研究所の開発などが実を結び、現在では模様のある仕上げ、局面のある仕上げ、着色された仕上げの湿式外断熱も現れるようになってきた。写真-4 には表面を石張り仕上げとした



写真-3 湿式外断熱改修されたドイツ大統領官邸



写真-4 表面を石貼り仕上げとした湿式外断熱

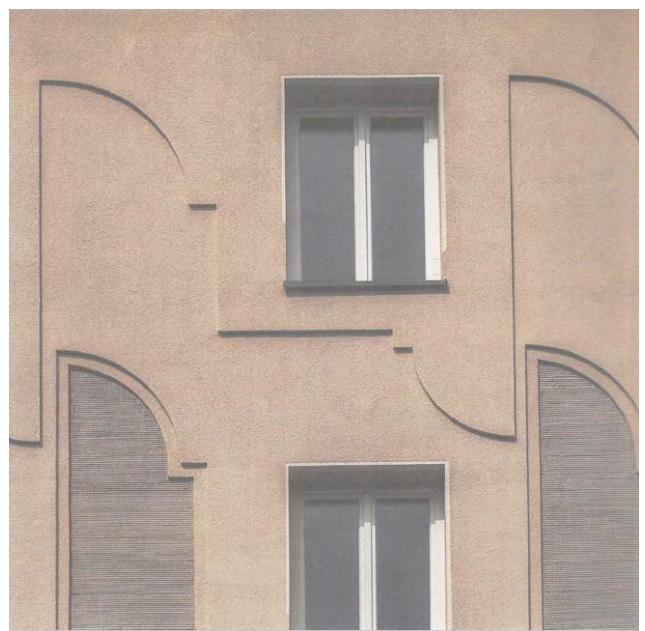


写真-5 バイエルン州議員会館、模様のある湿式外断熱 (Ismaningstr. 9, München)

湿式外断熱の例、写真-5にはバイエルン州議員会館の模様のある湿式外断熱の例を示す。このような模様のある断熱材（EPS）はCAMにより製造される。製造の模様を写真-6に示す。

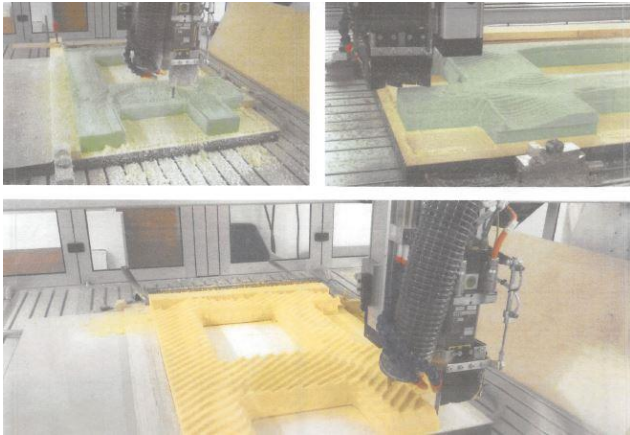


写真-6 断熱材（EPS）の模様はCAMで製造される。本書の特徴は外断熱材取り付け部の断面図などが添えられていることである。その例を図-1に示す。

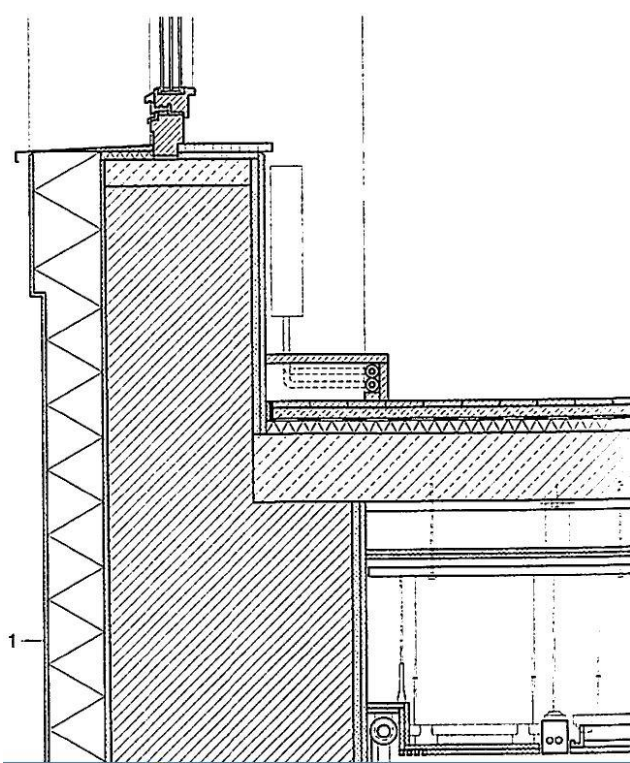


図-1 本書に添えられた外断熱材取り付け部分の断面図

その他外断熱工事施工中の写真も添えられている。これはバイエルン州議員会館の例である。この建物はビーズ法ポリスチレン保温版が断熱材として使用され、厚さは120mm部分と240mmの部分がある。硬質シリコンの仕上げ材が用いられている。窓は3重ガラスで木製サッシが用いられている。熱貫流率は $0.50\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ である。工事中の写真を写真-7に示す。

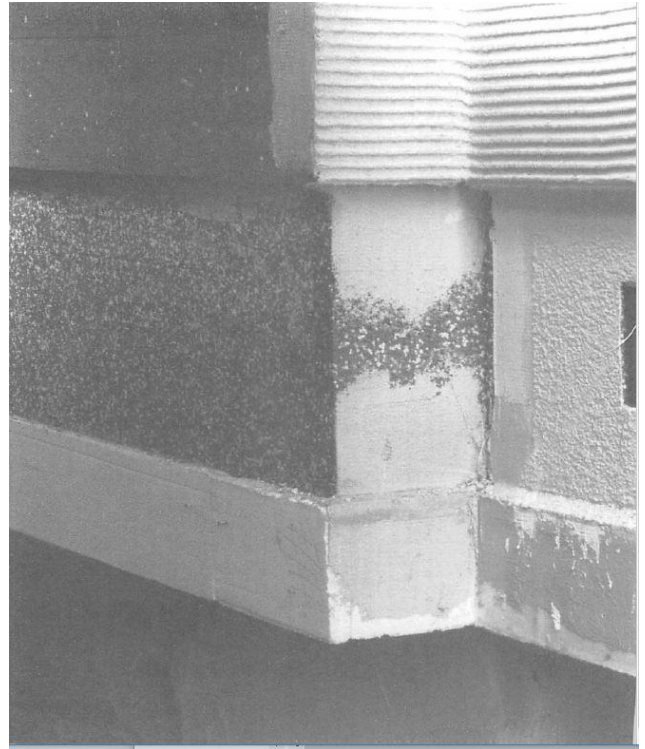


写真-7 外断熱施工中の写真

3. 湿式外断熱工法

3-1. 歴史

- ・湿式外断熱工法はドイツで発達した。
- ・1920年代にモルタルのスプレー工法が始まった。
- ・1922年に木毛繊維断熱材が製造され、外断熱に利用されるようになった。当時の木毛繊維断熱材の熱伝導率は $0.065\sim 0.090\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ で、密度は $360\sim 600\text{kg}/\text{m}^3$ であった。
- ・1938年にDIN1101「木毛繊維断熱板」が制定された。
- ・1943年にDIN1102「木毛繊維断熱板の利用」が制定された。
- ・1950年代にモルタル層のひび割れ防止に繊維が使用されるようになった。
- ・1950年代にサイロの品質管理の為、結露防止として外断熱が行われるようになった。
- ・1957年に初めて外断熱が住宅に使用された。
- ・1960年代には多くの産業が外断熱、並びに関連事業に参画した。特に断熱材原料となったポリスチレンの原料メーカーBASF社の活動が活発であった。当時の断熱材の厚さは25～50mmであった。
- ・1969年にDIN4108「建築物の断熱」が制定された。
- ・1973年の秋に第一次石油危機が発生し、省エネルギーの気運が高まった。
- ・1980年代は政府の奨励があったにも拘わらず、湿式外断熱の進展は覚束なかった。
- ・1990年代に入り湿式外断熱の長所が見直され、発展を遂げるようになった。

4. 湿式外断熱工法.



図-2 湿式外断熱の構成

・湿式外断熱工法の施工については現在当協会がガイドラインを取りまとめ中である。それが発行されるまでは欧州外断熱協会 (EAE) が発行した「欧州外断熱施工ガイドライン」を参考にするのが良い。これは NPO 法人外断熱推進会議が翻訳権を得て和訳が発行されている。湿式外断熱工法の設計と施工にあたってはこのガイドラインに従って行えば事故は起こらない。図-2 に湿式外断熱の構成を示すが、建物躯体の外側に接着モルタルで断熱材を張る。断熱材の上にさらに接着モルタルを薄く塗り、その表面近くにひび割れ防止の耐アルカリ性グラスファイバーメッシュを入れる。さらにその上を仕上げ材で仕上げる。

窓や扉などの開口部回りはひび割れが入りやすいので、図-3 に示すようにグラスファイバーメッシュで補強する。一般に 200mm×300mm である。建物隅角部も応力が集中するため損傷を受けやすい場所である。その応力による損傷を防止する為に補強材を挿入する。外壁への断熱材の接着は図-3 に示すようにいも目地にならないように接着を行う。

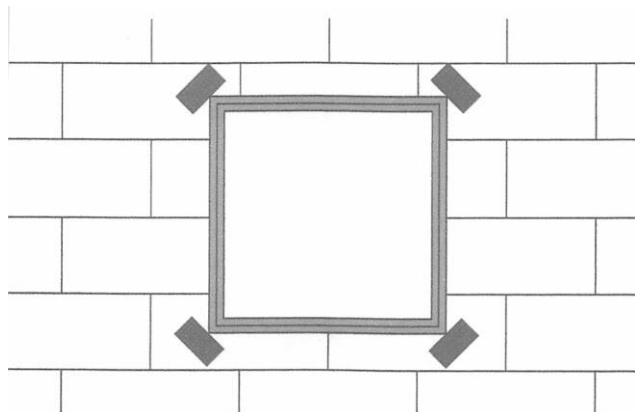
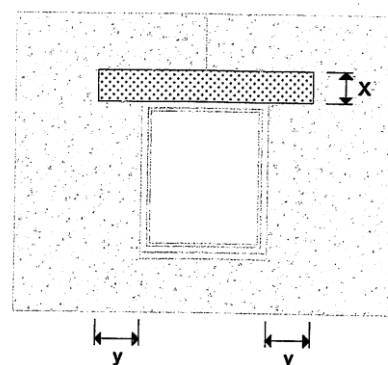


図-3 窓や扉などの開口部隅角部の補強、外壁への断

熱材取り付け方法



x should be at least 200mm

y should be at least 300mm

Fig.3 Fire Protection Transom¹⁾

湿式外断熱工法の防火対策は建物の高さにより、細かな規定がある。低層建物では開口部の上に耐火材としてのロックウール板を挿入する。これは室内で火災が発生し、フラッシュオーバーが生じた場合に室内の火炎が上層階に拡大するのを防止する為である。

4. 我が国の湿式外断熱工法の歴史

筆者は 1971～1973 年の間ベルリン工科大学ヘルマン・リーチェル研究所に客員研究員として在籍していた。そこで湿式外断熱工法を学び、実際に市内の工事現場で、その工事を見学した。1973 年秋に第一次石油危機が発生し、石油価格の急騰に伴い世界的に省エネルギーの気運が高まった。筆者は 1973 年冬に帰国した。当時の日本政府は動きも早く、日本の国が石油に依存しなくても良いように”サンシャイン計画”というプロジェクトを立ち上げた。太陽熱で冷暖房給湯、ができる住宅を建設しようというプロジェクトがあり、筆者はそれに参加した。太陽エネルギーは無限にかつ豊富に存在するが、単位面積当たりでは希薄である。住宅は熱損失を少なくするために高気密、高断熱にする必要があった。そこでベルリンで学んだ湿式外断熱工法をこの住宅に応用した。断熱材にはビーズ発泡法ポリスチレン保温版が使用され、厚さは 10cm であった。(写真-8) この工事に先立ち、筆者の勤務先であった(株)大林組技術研究所で予め試験工事が行われた。サンシャイン計画の湿式外断熱工事においては「ドイツでは一般的な工法でも我が国とは気象条件が異なるから耐候性に疑問がある」などいろいろご意見を頂いた。かつこのプロジェクトはあくまでも太陽熱利用の研究であったので、3 年ほどのデータ採取の後には取り壊されてしまい、湿式外断熱工法の耐久性については疑問が残ったままプロジェクトは終了した。

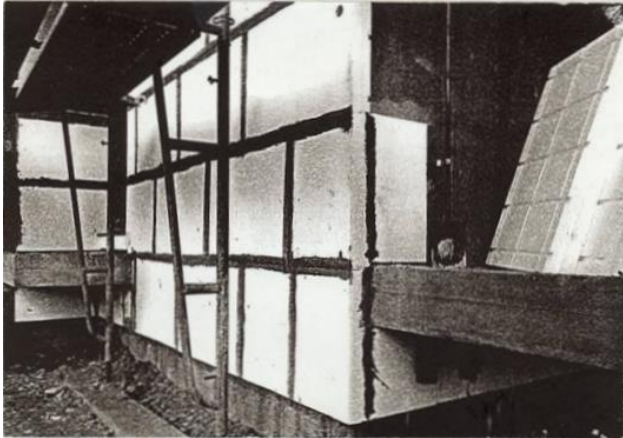


写真-8 サンシャイン計画における湿式外断熱 (EPS10cm) 1976

・T ソーラーハウス

湿式外断熱が日本の気候に対しても十分に耐久性があり、日本でも適用できることを証明するため、筆者が自宅を建設した際に RC 住宅に湿式外断熱を適用した。1980 年に完成したが、今日に至るまで外断熱の損傷はない。但し断熱材として使用された EPS の厚さは 3cm に過ぎなかった。外壁の塗装も 2018 年に 2 回目を行っただけで、非常に長持ちすること認められた。窓廻りのコーキング材料も断熱材と共にフレキシブルに動いているのか、この間に交換はしていない。外断熱を施すことで外壁のメンテナンスが楽になった事が認められた。



写真-9 T ソーラーハウス (EPS 3cm) 1980

・木毛繊維断熱板による外断熱

東京都内に 2x4 構造による延べ床面積 100m² の小規模な住宅を 2015 年に建設した。多くの建築材料、合成樹脂、ガラス、鉄、アルミニウム、セメントは製造時に多くの二酸化炭素を排出している。樹木は製造時、すなわち森林で成長している時には二酸化炭素を吸収して窒素として固定化している。材木は使用済になれ

ば燃料にもなり、肥料として土に戻ることも可能である。材木以外の建築材料は使用が終われば、産業廃棄物になる。従って建築分野における木材の利用は環境に優しい行為と言える。このような考えから、断熱材として木毛繊維断熱材が使用されるようになった。この小住宅においても木毛繊維断熱材が使用された。外壁には硬質の木毛繊維断熱板を使用して外断熱が行われた。断熱材の厚さは 10cm であった。現在では外断熱用の断熱材としては EPS, XPS もしくはロックウールの使用が多い。木毛繊維断熱板を使用する場合も EPS で外断熱を行う場合と同様な仕上がりで行う事が出来る。すなわち木毛繊維断熱板の上を薄い接着モルタルで仕上げる。この接着モルタル層のひび割れ防止にモルタル層の表面近くに耐アルカリ性のグラスファイバーメッシュを入れる。この表面に仕上げ材を塗布、または吹き付けて仕上げる。多くはこの仕上げ材に樹脂入りのものが使用されている。建物の隅角部は、例えば自転車のハンドルなどにより、損傷を受けやすい。そこで、隅角部には外断熱工事の専門業者により用意されている保護材を挿入するという事も行われる。

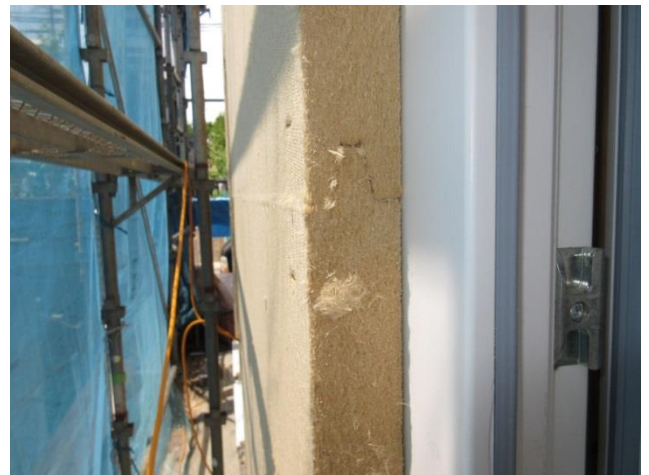


写真-10 木毛繊維断熱板による外断熱

外断熱を施すと夏季に室内が過熱状態になるとの意見がある。窓ガラスを透過して室内に入った日射熱が、建物が高气密、高断熱であるので逃げ場がないのご意見である。事実サンシャイン計画のソーラーハウスや、T ソーラーハウスでは夏季に過熱が認められた。これに対しては外付けブラインドを施すことで解決できる。我が国では外付けブラインドの使用はあまり例がない。しかし日射熱の室内侵入を防ぐには極めて優れた方法である。この住宅では開口部は 3 重ガラス、アルゴンガス入りを使用している。窓枠も木製を使用している。このような手法を採る事により、夏季の室内の日射熱による過熱は生じていない。写真-11 に外付けブラインドを設置した状態を示す。



写真-11 外ブラインドを設置した外断熱住宅

・大きな建築への外断熱の適用

これまで住宅規模の小建築への外断熱適用を紹介してきた。最近では（一社）日本断熱住宅技術協会会員会社のご努力により、やや大規模の建築にも湿式外断熱が適用される例が増えてきた。写真-12 は東京都千代田区立九段小学校の省エネルギー改修の例である。1926 年に建設された小学校が 2018 年に改修された。RC 造で地下 2 階、地上 4 階建て、延べ床面積 9150m² である。設計は久米設計である。断熱材は EPS が使用され、厚さは 50mm であった。写真-12, 13 に工事の様子を示す。

写真-14 に富山県黒部のパッシブタウン 3 ブロック J 棟の外断熱の例を示す。2016 年 7 月に竣工で、設計はキーアーキテクトである。延べ床面積 1700m²、地上 4 階建てである。

・問題点

2017 年 6 月にロンドンの外断熱を施したグレンフェルタワーで火災が発生し、多数の犠牲者が出た。³⁾ これにより、外断熱は危険であるとの報道もなされた。グレンフェルタワーは通気層を設けた外断熱であり、通気層を設けた外断熱の火災事故は多数報じられている。湿式外断熱は通気層がなく安全な工法である。湿式外断熱は比較的簡単にできる工事である。協会に所属していない会社により工事が行われ、事故が起きた例もある。多くは仕上げのモルタルを厚く塗りすぎたり、グラスファイバーメッシュが深く入りすぎたことによるひび割れである。このような事を防止す



写真-12 千代田区立九段小学校外断熱改修



写真-13 EPS (50mm) の貼り付け、九段小学校



写真-14 富山県黒部のパッシブタウン 3 ブロック J 棟の外断熱改修（写真 YKK 不動産）¹⁾

る為に協会では現在断熱のガイドラインを製作中である。健全な断熱の普及のため会員各位のご協力を切に願う次第である。

参考文献

1. Marcin Pietraszkiewicz 「日本の冬は寒い」 空気調和衛生工学会誌 2018. 8 月号
2. Wärmedämmverbundsystem, Ein Diskussionsbeitrag von Hild und K, Edition DETAIL
3. 田中辰明、「ロンドン高層集合住宅の火災」、月刊建築仕上技術」2017 年 7 月号
4. Tatsuaki Tanaka, External Thermal Insulation Composite System (ETICS) in Japan, 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集 (20108. 9. 12)