

★特集★
自由にデザインできる湿式外断熱工法

外断熱工法の現状と展望

お茶の水女子大学
生活科学部教授 工博

田中 辰明

時代の要請および背景

省エネルギーの観点から建物の断熱化が進んでいる。一口に断熱といっても断熱材の種類にも繊維系のものから、合成樹脂系のものまで、さらにその内容を分類していくと非常に沢山のものになる。また建物の外壁や屋根といった躯体のどこに断熱材を入れるかといった事についても断熱材を建物躯体（構造体）の内側に入れる「内断熱」、外側に入れる「外断熱」、中央に入れる「内断熱」など様々なものがある。高温多湿な我が国においては従来建物は夏に過ごしやすき事に配慮されて建設されてきた。したがって断熱に対する配慮も無いのと同然であった。戦後鉄筋コンクリートの住宅が建設されるようになり、これも当初はスチールサッシュが用いられた。当時のスチールサッシュは隙間も多く自然に室内換気が行われたので、壁体での結露事故も少なかった。昭和30年代後半からアルミ製サッシュが出回り徐々に建物の気密性が良くなってきた。と

同時に結露事故が増大し、結露が発生した壁にはカビが発生するという事から結露防止を目的に断熱が行われるようになった。しかしこれは建物躯体の内側に断熱を行う「内断熱」が主流であった。筆者が1971年にベルリン工科大学に留学した際、現地で読んだ建築の教科書の図面は建物の躯体の外側に断熱をする「外断熱」が殆どであった。そして建築工事現場を見学すると、事実、断熱は「外断熱」として施工されていた。当時多くの識者にその理由を質問したが「断熱は躯体の外側に施工するのが常識」「内側にするのは建築物理学的に間違えている」という事で、明確な回答は得られなかった。敢えて得られた回答というのは、

1. ドイツでは暖房は地域暖房によっている。したがって何らかの事故で地域暖房による熱供給が停止した場合建物に外断熱を施しておけば建物の躯体は熱容量が大きく急激に室温が低下することがない。そのうちに熱供給も再開されよう。
2. 外断熱は建物を断熱材で包んでしまうので建物躯体を日射や冬季の長波

長熱損失から保護する役割を果たし、建物の寿命を延ばす。

3. 内断熱を施せば建物躯体の中で結露を起こすが、外断熱では結露事故は起きない。

4. 今まで断熱を施していなかった建物を断熱改修しようとするれば、外断熱の方が施工しやすい。といった内容が主流であった。

1973年秋に石油危機が発生し、原油価格が急騰した。この事により省エネルギーの為の断熱が必要になり、ドイツにおいても、また我が国においても「省エネルギー法」ができた。そのころから断熱材の厚さは厚くなっていった。筆者は石油危機の直後に帰国し、いろいろな省エネルギーのプロジェクトに従事し、ドイツ流の外断熱を紹介することを行った。しかし従来断熱の経験が少ない我が国で「外断熱」を理解して頂くのは非常な困難が伴い、省エネルギーを第一優先とするいくつかの建物（国家プロジェクトであったサンシャイン計画で建設した太陽熱で冷暖房給湯を行う個人住宅など）で施工したにすぎなかった。このような実験住宅は実



写真1 外断熱が行われ、築後23年経過し全く損傷のないソーラーハウス(東京)

験が終了すると建物を取り壊すことになっているので現在は存在しない。そこで、昭和55年に筆者が自宅を建設した際に住宅全体を外断熱で施工した(写真1)。この建物も太陽熱を利用し暖房、給湯するものであるが、外断熱を施したおかげで現在も夏涼しく、冬暖かく過ごすことができている。また「外断熱は日本の気候風土にあわないから数年でひび割れが入ったり壊れてしまう」と多くの専門家のご注意を受けたが、すでに築後23年になろうとしているが何の事故もなく経過してきている。

現在は単にエネルギーを節約するだけでなく「地球環境保護」を優先してその為に省エネルギーを計るという時代になっている。我が国では憲法改正には大きなアレルギーがあるようである。同じ敗戦国であるドイツでは日本の憲法に相当する法律を「基本法」(Grundgesetz)と呼んでいる。基本法は何回かの改正が行われ、1944年以来環境保護が基本法に盛り込まれている。第20a条では「国は、未来の世代に対する責任のためにも、合憲的秩序の枠内において

立法によって、また、法全体に準拠しつつ執行権および裁判によって、また生活基盤としての自然を保護するものとする」としている。これを基に「省エネルギー法」、さらに「断熱条例」は何回かにわたり改正強化されてきている。と同時に外断熱工法自体も「熱橋」を避ける工法が開発されたり、厚さもさらに厚くゼロエネルギー住宅があちこちで出現してきている。我が国においても「地球環境保護」という視点から外断熱工法が普及していく事が望ましいと考えるものである。

なぜわが国では 外断熱が普及しないか？

外断熱工法の長所を筆者は昭和48年ドイツ留学を終え帰国して以来、各方面に訴えてきたが、正直言って反応は冷ややかなものが多かった。外断熱に反対する意見として「内断熱の方が暖冷房を必要とする部屋だけ暖冷房すればよいので省エネルギー的である」とするものがある。しかしこうすれば住宅内に冬季の場合であれ

ば寒い場所が出来、例えば便所が寒くて老人が倒れるなどの事故も生じてしまう。「外断熱にすると夏季に住宅が暑くなり冷房負荷が増す」という意見もある。確かに日射を受けるガラス面が大きく窓を開けずに生活すれば、日射による負荷は外に逃げず冷房負荷は増すのも事実である。しかし実際はそこで生活が行われているのであり、ガラス窓透過の日射熱負荷が増す場合は窓開け換気が行われ、室温が上昇することもない。「外断熱にすると夏型結露が生じる」という意見もある。「夏は冬と逆で外気温度の方が高いから水蒸気が外から室内側に入る」という意見であるが、夏季の外気の最高温度は東京の場合せいぜい32℃、室温もせいぜい27℃でその差は5℃程度である。しかも32℃の外気温度が一日中続くわけではない。それに対し冬季は外気温度が0℃、室温は20℃が標準でその差は20℃もある。夏型結露発生を理由に外断熱に反対する意見も根拠の無いものであり、これを根拠にすれば、冬季はさらに結露事故が多くなることを証明しているようなものである。事実筆者は外断熱住宅に23年間住んでいるが夏型結露の発生は全く無かった。「外側に断熱材を入れることは消防法規上好ましくない」とする意見もある。当然のことながら火災事故は避けなければならないが、外断熱工法を施さなかった為にカビが発生し、アトピー性疾患に悩む家庭が増えてきているのは事実である。「それが為に子供が学校に登校しなくなった」と訴える主婦もいる。隣家からの火災による外断熱の損傷の可能性と現在増しているアトピー患者の多発を比較した

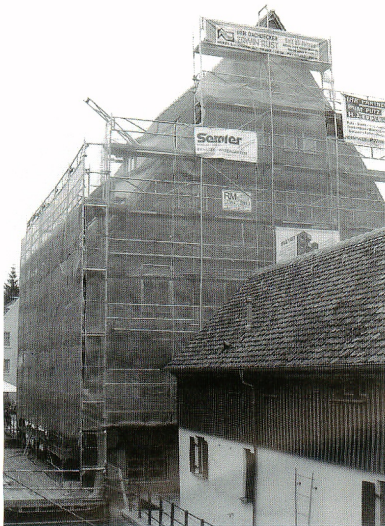


写真2 ドイツのウルムの町で歴史的建築物に対し行われる外断熱による改修工事

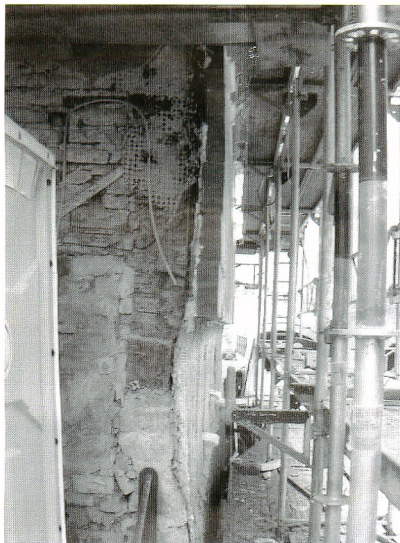


写真3 ドイツのウルムの町で歴史的建築物に対し行われる外断熱による改修工事(建物の損傷は激しいが改修により新築同様に蘇る)

場合、アトピー患者発生を少しでも少なくする方が大切である。

断熱は熱を遮断する為に行われるのは当然である。住宅では熱の移動もあるが水蒸気の移動もある。特にわが国では入浴が好きで毎日入浴する習慣がある。また調理から発生する水蒸気量も多い。その上暖房が完全でなく、現在も灯油やガスを室内で直燃焼させる暖房方法が多く採用されている。これは室内に水蒸気をばら撒くようなものである。その上冬季は室内で洗濯物を乾燥させる習慣がある。これも水蒸気をばら撒くのと同じ。特に結露が問題になる寒地では冬季に外に洗濯物を干せない事から室内で乾燥させる習慣があるようである。最近の高気密の住宅では水蒸気の逃げ場が無く問題が大きい。わが国の住宅は西洋の住宅に比べ水蒸気発生が極端に多い。水蒸気は水蒸気圧の高い室内から外気に向かって流れる。すなわち外壁を通して外へ出る。これが外断熱であれば外壁を通してスムーズに外へ出るの

であるが、内断熱であると壁内で結露してしまうのである。この点の理解が頂けない方がわが国には多い。誠に残念である。

外断熱工法の種類

外断熱工法の種類は大きく分けると2つある。一つは通気層のない外断熱である。これは建物躯体のコンクリートの上に接着モルタルで発泡スチレンの断熱材を貼り、その上をモルタル層で仕上げる。モルタル層はできるだけ薄く仕上げる。多くの場合このモルタル層は接着モルタルが使用される。モルタル層のひび割れ防止にはグラスファイバーメッシュが使用される。これはアルカリ性であるモルタルの中に入るので耐アルカリ性のものでなければならない。最後にモルタル層の上を吹き付け材か仕上げ材をこて仕上げして工事を終了する。

もう一つは通気層のある外断熱工法である。これは建物躯体の外側に

ロックウール等繊維系断熱材を貼る。その外側には通気層を設け、その外側を金属や石貼りで仕上げる。通気層は室内から水蒸気圧差で出てきた水蒸気を逃がす役割を果たす。

外断熱の実際

ドイツの町などを歩くとよく外断熱工事を実施している建築工事現場を見ることがある。これらについては「月刊建築仕上技術」誌上でしばしば紹介してきた。ここでは平成16年9月にUlm(ウルム)の町を訪れた際に見た古いホテル兼レストランの例を示す。Ulmの街中をドナウ河が流れている。このドナウ河の川中島に古い情緒のある建物が沢山建っている。ここでホテル兼レストランの古い歴史的建物が200mm厚さの鉱物系繊維で外断熱の改修工事を行っていた(写真2,3)。歴史的建築物を断熱改修して新築同様にし、長期に使用しようという考えである。ドイツにもわが国同様に住宅の展示場がある。各種のプレハブ住宅が展示されているが、必ず外壁断面の模型が室内に展示されている。外壁の厚さも非常に厚いが、外壁の殆どが断熱材であると言って過言でない程断熱材の厚

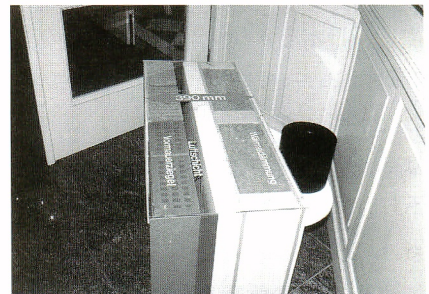


写真4 ドイツの住宅展示場におかれる外壁断熱模型も断熱厚さが極めて厚い



◀写真5 ドイツのフラウンフォーファー研究所 (Holzkirchen) には最新研究のためにエアバスまで置かれている。

▶写真8 ドイツのフラウンフォーファー研究所 (Holzkirchen) では外断熱を施した実験住宅内でサーマルマネキンを使用し温熱環境の研究も行われている



写真6 ドイツのフラウンフォーファー研究所 (Holzkirchen) で行われる各種建材に対する曝露試験

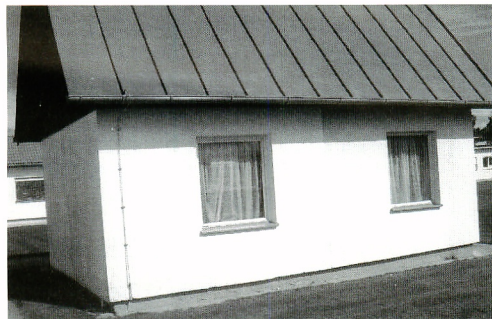


写真7 ドイツのフラウンフォーファー研究所 (Holzkirchen) で行われる外断熱を施した実験住宅を利用した研究



写真9 ドイツのフラウンフォーファー研究所 (Holzkirchen) では外断熱の仕上げ材、断熱材を変えて長期にわたり耐を施した実験住宅内でサーマルマネキンを使用し温熱環境の研究も行われている

さが厚い (写真4)。

フラウンフォーファー研究所の役割

フラウンフォーファー研究所とはドイツの物理学者で、発明家、起業家でもあったヨゼフ・フォン・フラウンフォーファー (1787-1826) に因んでいる。年間の研究予算は約10億ユーロでドイツ国家が約50%を出資している。残りは民間からの寄付や委託研究によるもので、日本を含む外国企業も多くの委託研究を行っている。1949年に設立され、本部はミュンヘンにある。研究所はドイツ国内に58ヶ所、米国に8ヶ所あり、スタッフは主に研究者と技術者だけで12,000人いる。

建築物理の研究を行っているホルツキルヘンにある研究所は広い敷地

を所有しているので、屋外で耐候性試験を長期にわたり行っている。ここは海拔700mという高地にあり、冬の降雪、夏季の高温と強い日射は有名で、ここの耐候性試験で耐えられた建材や建築構造物はドイツのどこで使用しても大丈夫であると言われている。もちろん、建築材料の熱伝導率初め構成部材の熱貫流率、透湿率の測定など基礎的な研究も根気よく行われている。外断熱に関しても長期にわたり断熱材、表面の仕上げ材、施工される方位を変えて、暴露実験などを行っている。そういう背景があってドイツでは外断熱が普及して行ったのである。

平成16年9月に訪問した際には航空機の空調や室内空気環境、室内の温熱環境を研究するとして敷地にエアバスがおかれていた (写真5)。ここ

では長期にわたる耐候性試験が行われていた (写真6)。実際の住宅に様々な仕様で外断熱を施し、室内の温熱環境をサーマルマネキンを使用して調査することも行われていた (写真7、8、9)。

おわりに

外断熱を施した建築は建物の躯体が外気温度や日射により痛められないので、長期の使用に耐える。建物の寿命が短いわが国では建て替ばかり行われ、ストックが行われない。これではいけないと、外断熱を推進する国会議員連盟も発足した。外断熱の普及にブレーキをかけること事が無く、健全な外断熱工法が普及することを期待するものである。