

第3回欧州外断熱フォーラム報告 (その2)

お茶の水女子大学名誉教授 田中 辰明

はじめに

本稿は、火災に関する技術士事務所¹⁾を主宰するコットホッフ (Kotthoff) 氏が2015年10月12日にミラノで開催された第3回の欧州湿式外断熱フォーラムで行った講演内容である。他の講演者の発表内容については本誌の2016年2月号で報告した。湿式外断熱と火災の問題は非常に重要な事であるので、詳しく報告した方が良くと考え、この稿を起した。

コットホッフ氏の報告 (写真1)

火災が建物の外壁を襲うのに3つの例がある。図1において左の図は火災が近隣から襲うものである。中央は建物のすぐ直近に火元がある例である。右は室内に火元がある例で、統計的にこの例が1番多い。火元が建物の直近にある例を写真2に示す。ゴミ回収のコンテナが建物外壁に接して置かれ、そのコンテナに火の残った煙草が混入しており、発火した事がある。コンテナは小型のものではあったが、容量一杯の1,100Lの廃棄物が詰まっていた。その時の状況は火が燃え上がるまで3~7分かかった。最も火勢が強くなる(火災荷重消失)のに約15分かかった。平均の火の高さは4~5mであった。最大の火の高さは6~7mであった。また建物外壁に与えた熱量は1.5~3.5MWと推定される。このような火災は人間の過失や放火によって生じる。

室内で火災が発生し外壁の窓から火勢が外部に及んだ例を写真3に示す。外壁に面する火元の部屋は面積20㎡で、外壁の窓面積は2.5㎡であった。窓面積は床面積の1/8という事になる。部屋はごく一般的な事務室で、火災荷重は約600MJ/㎡と推定される。全放熱量は5MWと推定される。この場合フラッシュオーバーに至るまで10~12分かかった。最も火勢が強くなるのには10~15分かかった。火の高さは外部で窓の上端から3mに及んだ。外部への放熱量は1.5~2.0MWと推定された。建物外部へ火勢が及ぶには時間を要した。建物外部へ火が及



写真1 発表を行うコットホッフ (Dipl.-Ing. Ingolf Kotthoff) 氏 (自らを放火魔と称す)

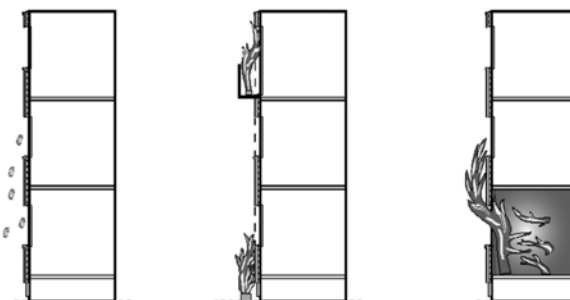


図1 火災の発生場所



写真2 建物外壁に近接したゴミ収集コンテナから火災が発生した例



写真3 室内で発生した火災が窓ガラスを破り屋外へ及んだ例

ぶと室内よりも外部で火勢が増した。これは室内に供給される酸素量が不足しているのに対し、外部の酸素の方が豊富であるからである。

高層住宅の風除室近くの外壁に近接して駐車された2台のモーターバイクから火災が発生した例を写真4に示す。これは2012年4月27日にハンブルグのビルシュテッド地区(Hamburg-Billstedt)で起きたものである。火勢は1階から2階へ上がり、3階までのガラス窓が破壊された。その結果煙が室内へ入り、1名が重傷を負い、12名が軽傷を負った(写真5)。湿式外断熱を施すときには不燃性の鉱物性断熱材を使用すべきである。窓の上には不燃性の断熱材を入れて火炎の上昇を妨げるべきであった。

写真6に火炎が上階へ昇る状態の実物火災実験の様子を示す。旧東独に沢山建設された壁式プレキャストコンクリート工法の建物で行われた実験である。外壁は不燃性のもので、湿式外断熱は施されていない。左の写真は着火後12分のもので、2階でフラッシュオーバーが起きている。中央の写真は着火後20分の状態で、3階で



写真4 ハンブルグの高層住宅で外壁に近接して駐車されたバイクから火災発生



写真5 3階までのガラス窓が破壊され室内へ煙が入り、重傷者を出した。

フラッシュオーバーが起きている。右の写真は着火後25分の写真である。このように建築物が不燃材料で作られていても上階へ火炎が移っていくことが分かる。このようなことは消防隊による消火がなければ防げないものである。上階へ火炎が移っていくことを防止するには、広範囲な消火システム、例えばスプリンクラーの設置により火炎が増すことを防ぐが必要である。建築物の内装制限、室内塗装は無機塗料を使用する、窓の上



写真6 火炎が上階へ昇る状態の実物火災実験の様子



写真7 欧州規格 EN13501-1 で規定されている建材の難燃性を試験する炉

に火炎の上昇を妨げる庇を設置する事も有効である。さらに外壁面が平板でなく上階に行くに従いセットバックしている建物では火炎が上階に伝わることはない。また窓の上に庇を設けると火炎の上階への上昇を防ぐことができる。各階に防火シャッターを設けることもよし、開口部の無い建築も火炎が上階へ昇りようがなく安全である。タイミングよく消防隊に消火してもらうのも一方法であるし、警報を出すのもよい。上階へ火炎が上昇することを防ぐための欧州各国の法律は微妙に異なっている。建物外壁の防火に関する法令は上階へ火炎が上昇、もしくは下階へ火炎が下がることを防止することを目的にしている。この中で最も重要なのは消火活動に携わる消防隊が建築物の落下などで、危険な目に遭わないようにすることである。建築の規制では「安全性」、「個人の自由の尊重」、「消防士の安全確保」、「財産保全」ということが考慮される。現在では高層建築が多数建設されている。たとえばデュッセルドルフARAGタワーは高さ125m、32階建てで950名の人がビル内で働いている。火災が生じた場合、一般の消防車の梯子は3階までしか届かない。特殊な長い梯子を持つ消防車を使用しても外部からの救出は8階までがやっと可能である。国により法規が異なり、ドイツでは高層建築で可燃材料の使用は認められない。英国では特別な試験で認められた材料は使用が可能になっている。結論的には1) 欧州の諸国を含めて火災は物理現象であり、世界共通のものである。2) したがって火災に関する法規は共通であってほしい。3) しかし、欧州外断熱協会参加の各国で微妙な相違があるのは、a) その国特有の建物設計、b) 建物外皮の構造、c) 各国の防火に対する要求と安全レベル、d) 防火に対する試験方法によるものである。



写真8 欧州規格 EN13501-1 で規定されている建材の難燃性を試験するカロリメーター

外壁の防火規定も国によって異なる。耐火性能について要求している国でも英国は間仕切り壁まで要求している。イタリアは室温上昇の規定がある。ルーマニアは火災が発生した場合の安定性を求めている、などである。構造壁と非構造壁については欧州規格EN-13501-2²⁾で規定されている。カーテンウォールについては欧州規格EN13830³⁾で規定されている。一般延焼と上階への延焼についてはEN1364-4⁴⁾で規定されている。湿式外断熱(ETICS)建築材料に対する要求として、可燃性、延焼性、不燃性、などが求められている。防火に対する規定はない。防火性能の等級は欧州規格EN13501-1⁵⁾により規定されている。

欧州における建築材料の耐火試験は欧州規格EN13501



写真9 欧州規格 EN13501-1 で規定されている火室 (Fire Box) 法による試験装置

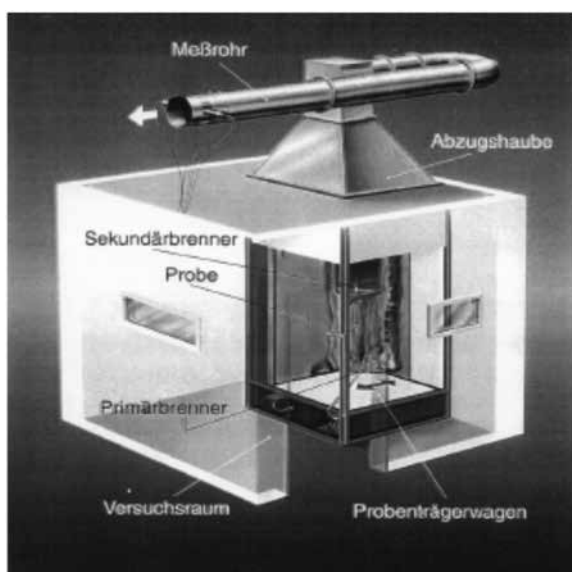


写真10 欧州規格 EN13823-SBI により規定されている試験装置



写真11 通気層のある外断熱を施した建築物での火災実験

-1に規定された方法で試験される。これは炉やカロリーメーターを使用して行う方法でこの装置を写真7と写真8に示す。

写真7は750℃において試験体のエネルギー放出量を試験する装置である。写真8はSBI法により試験体の熱量を計測する装置である。

欧州規格EN13501-1による欧州の建材の難燃性を試験する方法には火室 (Fire Box) 法 (写真9) とSBI (写真10) の方法がある。火室 (Fire Box) 法はマッチやライターでガスバーナーに着火し、熱量はおよそ0.1kWである。燃焼時間は15分で、試験体の大きさは0.19mと0.09mの大きさの平板である。火炎の高さは2cmで試験時間以内での不(難)燃性、もしくは火炎の増大を観察するもので

ある。SBI法はSingle Burning Itemの省略で、EU加盟国では欧州で売買される建材はこの試験の結果を表示して販売しなければならないとしている。欧州規格EN13823でこの試験方法は規定されている。この試験の結果、欧州で使用されている建材の難燃性を示すA1, A2, B, CもしくはDといった等級が与えられる。この試験では、実際の建物の隅角部を想定して試験装置が作られる。隅角部に試験体となるペンキが塗布されたり、壁紙が貼られたり、吸音ボードが貼られる。試験体は大きいもので1.00m×1.50m、小さいもので0.49m×1.50mで、それぞれ5回の試験を行う。簡易法の場合は3回の試験でもよい。垂直方向や横方向で接合部がある場合には実際に使用される接合材料で接合して試験を行う。大きな



写真12 湿式外断熱を施した集合住宅の火災実験



写真13 木造集合住宅での火災実験

試験体では30kWの放熱量を持つガスバーナーで21分間の試験を行う。火炎の高さは0.8~1.2mである。試験体の放熱量(kW)と合計の放熱量(MJ)、煙の量(m³/s)を記録する。煙の量は上方のダクトに吸引される煙で測定する。しかしこのような試験も大切であるが、実際の火災テストが一番適切な情報を与えてくれる。不用になった建築物で何度も火災テストを行った。それゆえ自分を放火魔と呼んでいる。写真11は通気層のある外断熱建物で火災実験を行った例である。この建物では4ヶ所で実験を行った。上の写真は実験前、下の写真は実験後のものである。写真12は湿式外断熱を施した建物で火災実験を行った例である。この建物ではやはり4ヶ所で実験を行った。上の写真は実験前、下の写真は実験後のものである。写真13は木造集合住宅で火災実験を行った例である。この建物では5ヶ所で実験を行った。上の写真は実験前、下の写真は実験後のものである。

欧州の各国では建材の不(難)燃性に関する試験方法も様々で現在のところ、統一が取れていない。外断熱をカー

テンウォールとして扱うのか、外壁への貼り付け物として考えるかによって適用される防火規定も異なる。図2に試験室における建材の不(難)燃性試験方法をまとめて示す。左は小さな試験体について行うSBI法である。装置の高さは1.5m、幅は1.0mで加熱量は30kWである。中央と右の図は開口部から火災が拡大することを想定している。中央の図は平均的な高さのビルを想定しており、装置の高さは5.5m、幅が2.3mである。加熱量は320~380kWである。右は超高層ビルを想定しており、装置の高さは9.0m、2.8mで加熱量は3000~3500kWである。中央の場合火炎の高さは1.5~2.0mであるのに対し、右の例では火炎の高さは3.0~4.0mとなっている。図3は超高層ビルを想定した場合の試験装置の拡大図である。図4に最も一般的な湿式外断熱工法の構成を示している。ここで欧州規格EN13501-2の方法で耐火試験を行った例を示す。60分間火炎を与え、表面温度と仕上げ層(4mm厚さ)とグラスファイバーメッシュが入る接着モルタル層の間の温度を計測した結果を図5に示す。

火炎は開口部から広がる

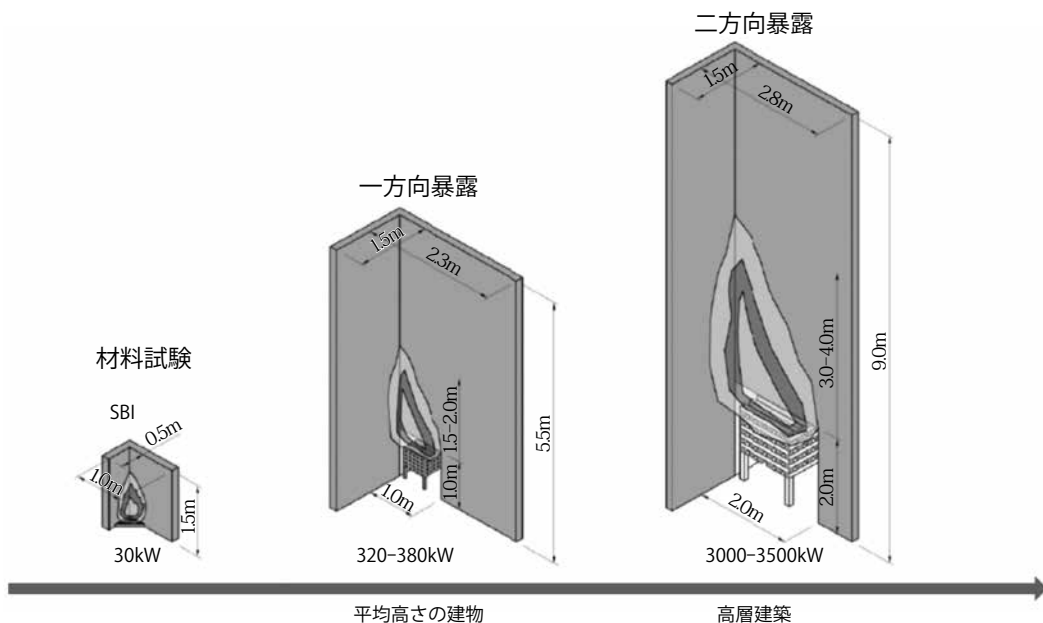


図2 外壁に仕上げを施した場合の大型火災特性試験装置

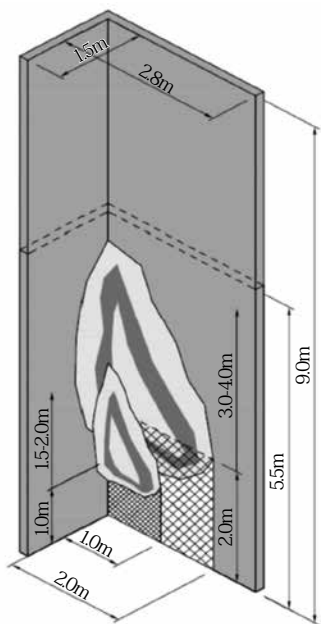


図3 超高層建築を想定した大型火災特性試験装置

1. 構造躯体(外壁)
2. 接着モルタル層
3. 断熱材料
4. 耐アルカリ性ガラスファイバー入り接着モルタル層
5. 表面仕上げ材(プッツ)

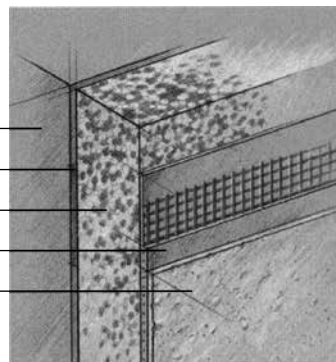


図4 湿式外断熱の構成

ここで壁表面温度の変化は上の曲線で、仕上げ層(4mm厚さ)とガラスファイバーメッシュが入る接着モルタル層の間の温度は下の曲線である。試験開始後15分で400℃、60分後に500℃に達している。現行の規定では、

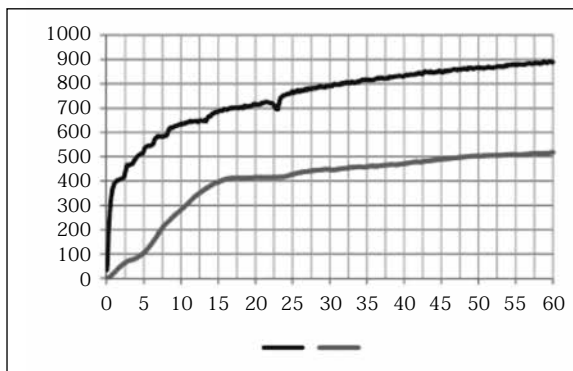


図5 湿式外断熱火災実験結果(縦軸は温度(℃)、横軸は時間(h))

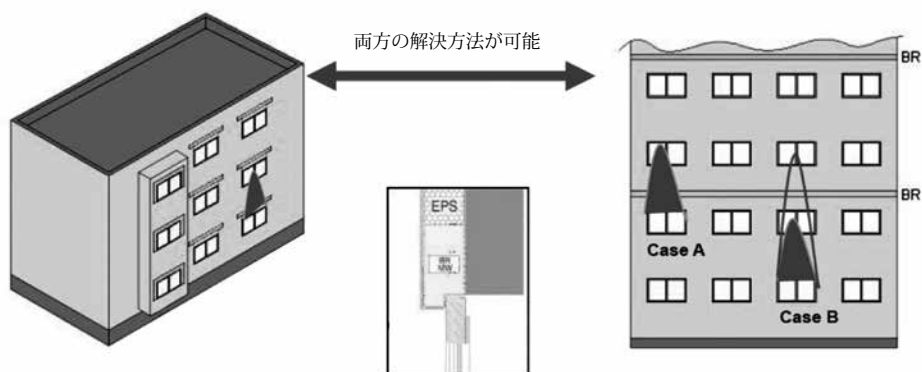


図6 内装制限と外部からの延焼防止のための防火仕上げ

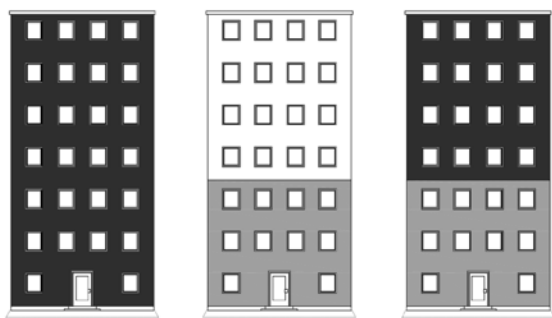


図7 湿式外断熱を施した建物における延焼止めの鉱物性断熱材帯の挿入

湿式外断熱の場合、発泡スチレンなど有機性断熱材を用いた場合の窓の上に不燃材である鉱物繊維断熱材を帯状に入れることになっている。窓が外部に出ている場合は窓の縦方向にも不燃材である鉱物性の断熱材を挿入するようになっている(図6の左)。または2階ごとに建物全体に横方向の帯状に不燃材である鉱物性の断熱材を挿入するようになっている(図6の右)。不燃材である鉱物性の断熱材が火災の際に落下するのを防ぐように落下防止装置も必要になる(図6中央)。しかし写真6に示したように火災実験では湿式外断熱が施されていない外壁でも下階で発生した火災が窓を破り、上階の窓を再び破り延焼を拡大した例もある。これも火災荷重との関係もあり、また窓の上に庇があれば、火災煙が上方へ昇るのを防止でたはずである。このように火災と湿式外断熱の関係はさらに火災実験を繰り返し、経済的かつ安全な防火方法を確立していくべきと考えている。この研究をもとに欧州外断熱施工ガイドラインも改定が必要になろう。現在のところ基本となる防火方法を図7に示す。建物全体は内装制限などにより室内から火災が発生しても延焼しないようにすべきである(図7の左)。下階の3階分は近

隣からの火災により延燃しないように耐火構造とすべきである(図7の中央)。その結果をまとめたものが図7の右の図である。今後とも火災実験を繰り返し、湿式外断熱の防火問題と取り組んでいく所存である。質問事項があれば放火魔の私に問い合わせしてほしい。

おわりに

このフォーラムには筆者の他、NPO法人外断熱推進会議より大橋周二、金子勲、芝池英樹、堀内正純の各氏が出席した。われわれを第3回欧州外断熱フォーラムに招待して下さった欧州外断熱協会に謝意を表する。

〈参考文献〉

1. バンフレット3rd European ETICS Forum 12 October 2015, Milan
2. NPO法人外断熱推進会議：欧州外断熱施工ガイドライン
3. 田中辰明、柚本玲：これからの外断熱住宅、工文社
4. 田中辰明、柚本玲：事例に学ぶ断熱計画・施工の考え方と進め方、オーム社
5. Michael Hladik, Gebäudehülle im Fokus, Fraunhofer IRB Verlag
6. Robert Kussauer - Max Ruprecht, Die häufigsten Mängel bei Beschichtungen und WDVS, Rudolf Müller
7. Werner Riedel, Heribert Oberhaus, Frank Frössel, Wolfgang Haegele, Wärmedämm - Verbundsysteme Fraunhofer IRB Verlag
8. 田中辰明 第3回欧州外断熱フォーラム報告 月刊建築仕上技術2016年2月号
9. 田中辰明HP：http://tatsut.org

〈註〉

1. Torstraße 17, D-36457 Stadtlengsfeld, Germany
2. Classification using data, from fire resistance tests, excluding ventilation services
3. Curtain walling Product Standard
4. Aluminium Curtain Wall Fire Test
5. Fire classification of construction products and building elements Part Classification using data from reaction to fire tests