

高層建築物外装材の垂直火災伝播の防止に関する研究

The Study of Vertical Fire Spread Prevention for High Rise Building Exterior
IN JOINT SEMINAR ON CONSTRUCTION TECHNOLOGY、JICE/KICT

韓国建設技術研究院 火災安全研究室 首席研究員 劉 鏞 浩

韓国の建築法には、外壁の仕上材、耐火構造、カーテンウォール構造の耐火充填材については定められているが、高層建築物などの各建築物の外装材の垂直火災伝播と関連して火災安全性能を確保するための具体的な基準や試験方法などは設けられていない。建築物外装材の垂直火災伝播を定量化するための試験方法や基準がないからである。30 階以上の建築物での火災の広がり防止するためには、準不燃材料や不燃材料の外装材の使用を義務付けなければならないが、高層建築物の施工特性を考慮して、カーテンウォール内部に火災が垂直伝播するのを防止する火災伝播防止構造(Fire Blocking System)を設けた場合は難燃材料も採用できるようにするなど、基準の制度化を検討しなければならない。この研究を通じて導入を目指す垂直火災伝播の性能評価基準・試験法は、これまでの小型試験を対象とする評価方法ではなく、火災伝播防止性能を実規模で評価することができるより有効な性能評価方法である。

Key Words: 高層建築物、火災、垂直伝播、火災伝播防止構造、実規模の火災試験、

1. 序論

近年、韓国では建築技術が発達により都市のイメージを高めるためのランドマークなど垂直空間の活用が拡大しており、社会・経済側面のメリットもあるため、超高層建築物も増加している。しかし、高層建築物で発生する火災事故は、我々の安全を脅かし、莫大な財産損失を招くため、高層建築物には潜在的な危険性が潜んでいるともいえる。1991 年にイギリスリヴァプール Knowsley Heights アパートで起きた火災や、2010 年海雲台ウシンゴールデンスイート火災事件等から、建物内部で発生した火災がフラッシュオーバーに達し、窓を通じて噴出、外装材に伝って火が一気に垂直に上がり、多大な被害を発生させることが分かった。消防防災庁の火災統計資料によると、2009 年に国内で発生した建築物外壁火災は 1,681 件であり、全体火災発生件数の約 3.6%を占める。この研究では、社会的な関心が高まりつつある建築物の垂直火災伝播による被害を防止するために、国内の事故事例を用いて法的基準について分析すると共に、関連の研究動向を紹介し、外装材の垂直火災伝播防止技術の開発について提案する。

〈表 1〉 建物用途別の外壁火災に関する統計資料 1)

区分	用途別	火災件数		
		2007	2008	2009
住居	一戸建て	262	320	423

地域	集合住宅	73	92	313
	その他の住宅	13	28	85
非住居 地域	教育施設	31	37	27
	販売/業務施設	224	226	221
	集合施設	39	35	31
	医療福祉	28	40	29
	産業施設	302	322	290
	運輸自動車施設	17	24	18
	文化財施設	1	1	0
	生活サービス	467	584	499
	その他 サービス施設	171	183	141
	その他、消防対象物から除かれる 対象	1	5	2
合計		1,629	1,897	1,681

2. 火災事故事例の分析

昨年、火災事故が発生した釜山の海雲台ウシンゴールデンスイートオフィスビルは、アルミ複合板カーテンウォール構造の地上 38 階立て高層建築物である。火災事故の概要を次に示す。

2.1 火災事件の概要

- a. 建築物名：ウシンゴールドンスイート(超高層商用・住宅両用アパート)、釜山市 海雲台区 マリーンシティ所在
- b. 建築物の構造：地下4階、地上38階(地下2～4階駐車場、地下1階機械室、地上1～3階近隣生活施設、地上4階ピット階、地上5～38階業務施設(オフィス텔))
- ※建築物外壁：一般アルミパネル(4mm) + グラスウール(50mm)で構成された構造をアングル(チャンネル)に一体化させ、一体化した構造をコンクリートスラブ、又は、壁に固定するシステムのアルミ複合板カーテンウォール構造
- c. 火災発生日：2010年10月1日(金) 11:33～18:50(7時間にわたって延焼)
- d. 被害状況：4名負傷(住民3名、消防士1名)、財産被害は約50億ウォン
- e. 火災の原因
- 4階の清掃員作業室から始まり、外壁アルミ複合板内部の充填剤のポリエチレンフォーム(可燃性材料)、グラスウールと複合板接着剤(可燃性材料)が燃え、火災が37階にまで広がったと推定(消防署及び関連インタビューから)

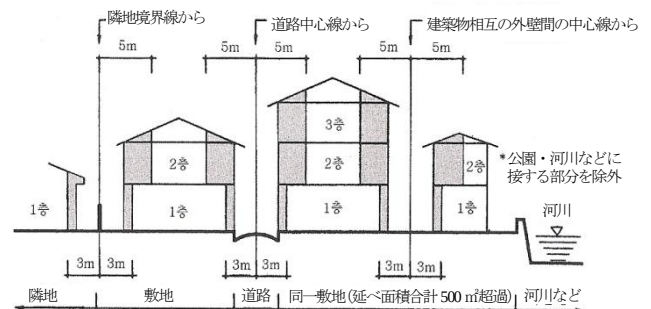
年に竣工されているが、外壁に対する当時の耐火構造性能は30分耐火性能だった。

＜表2＞2000年以前の耐火構造に関する規定(建設部 告示 第248号、単位:時間)

階別 部別		最上階から5階まで	最上階から数えた階数が6以上で14以内の階	最上階から15階以上
外壁中の非耐力壁	延焼の恐れがある部分	1	1	1
	延焼の恐れのない部分	1/2	1/2	1/2
外壁中の耐力壁、間仕切壁、床		1	2	2
柱、梁		1	2	3
屋根		1/2	1/2	1/2

備考：延焼可能性のある部分(1999年以前は令第57条④項、2000年からは避難規則第22条②項で規定)

「延焼の恐れのある部分」とは、隣地境界線・道路中心線、同じ敷地内の2つ以上の建築物(延べ面積の合計が500平方メートル以内の建築物は、1つの建築物とみなす)相互の外壁間の中心線のそれぞれから、1階にあつては3メートル以内、2階以上にあつては5メートル以内の部分という。



＜図2＞建築法上の延焼の恐れのある部分

火災が発生した海雲台の超高層商用・住宅両用アパートは、外壁コンクリート(当然耐火構造、避難規則 第3条)にアルミ複合板カーテンウォール構造を当てた構造であり、法律上の耐火構造に該当する。

② 難燃性能

外壁材料の難燃性能については、2010年現在、難燃性材料の使用に関する建築法施行令が立法予告されている



＜図1＞海雲台ウシンゴールドンスイート火災事故

2.2 関連の法的要件に関する分析

火災事故が発生した当時の関連法規に基づいて、問題点を把握するために、法律違反があったかどうかについて検討した。

a. 防火地区内の外壁規定に関する検討

① 耐火構造：建築法 第51条 ①項

- 建築法第51条①項-防火地区内の建築物の主要構造部及び外壁は耐火構造にしなければならない。
- 海雲台の超高層商用・住宅両用アパートは1992

が、これに該当する規定はない。

b. 防火地区以外の外壁に関する規定

① 耐火構造

- 防火地区以外の外壁の耐火構造に関する規定は今のところはない。

② 難燃性能

- 外壁材料の難燃性能については、2010 年現在、難燃性材料の使用に関する建築施行令が立法予告されているが、これに該当する規定はない。

c. 法律的要件に対する分析結果

海雲台の高層商用・住宅両用アパートは、1992 年に防火地区内に竣工された建築物であり、外壁コンクリートが耐火構造なので、アルミ複合板カーテンウォール構造に当てた部分の有無を問わず、法律違反はなかった。また、外壁仕上材に関する規定についても、火災発生当時の規定を違反していなかった。

即ち、国内建築法には、外壁仕上材、耐火構造、カーテンウォール構造の耐火充填材に関する規定はあるが、建築物など全ての建築物外装材の垂直火災伝播に対して火災安全性を確保するための具体的な基準や試験方法などは定められていない。

□外壁仕上材

- 建築法第 52 条 - 建築物の仕上材

□外壁耐火構造

- 建築法第 51 条 - 防火地区内の建築物
- 建築物の避難・防火構造などの基準に関する規則第 3 条 - 耐火構造

□外壁カーテンウォール構造耐火充填材

- 建築法第 51 条 - 防火地区内の建築物
- 建築物の避難・防火構造などの基準に関する規則第 3 条 - 耐火構造

規定がない理由は、建築物外装材の垂直火災伝播を定量評価するための試験方法と基準がないからである。現在、建築法第 52 条を通じて法律的な根拠を提示するのに止まっているが、仕上材の火災安全性能対象地域(商業地域など)、材料使用(不燃、準不燃、難燃材料など)及び試験方法に関する施行令など、具体的に規定を定める必要がある。

3.建築物外装材の垂直火災伝播防止技術の開発

現在、国内には、高層建築物など全ての建築物の外壁仕上材に対する火災安全性能を確保するための具体的な基準や試験方法などについて定められた規定はない。従って、対象地域(商業地域など)や避難防火規則に関する具

体的な内容を、建築法施行令に早急に盛り込む必要がある。また、外壁垂直火災伝播を定量的に評価するための試験方法や基準に関する研究も必要である。そこで、韓国建設技術研究院は「建築物外装材の垂直拡大伝播防止技術の開発」に関する研究に取り組んでいる(キョンウオン大学、韓国建設生活環境試験研究院と共同実施)。小型試験を対象として行われてきた現在の評価方法(試験体サイズ 10cm 以内)ではなく、より有効な実規模性能試験方法(試験体サイズ 4m ほど)を適用して、垂直火災伝播評価及び防止技術の開発に関する研究を進めている²⁾。

3.1 垂直火災伝播の実物火災実験

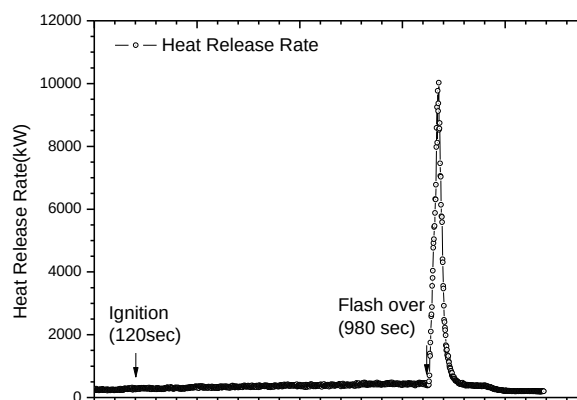
近年、高層建築物の外壁体の火災やサンドイッチパネルの火災事故が発生して、社会的な関心が高まっているが、関連研究は部分的にしか行われていない。とりわけ、外装材に関する法的基準を策定する研究や、実物大の性能評価実験が実施されておらず、関連基準の作成のネックとなっていた。そこで、実大型火災評価設備を利用して、ウレタンフォームの火災伝播実験と、外壁体の火災伝播特性に関する模擬実物火災実験を行うことで、建築物外装材の火災伝播を防ぐための実験データを確保すると共に、標準試験規格や試験装置の開発で利用される基本資料を確保した。

a. ウレタンフォーム実規模火災実験

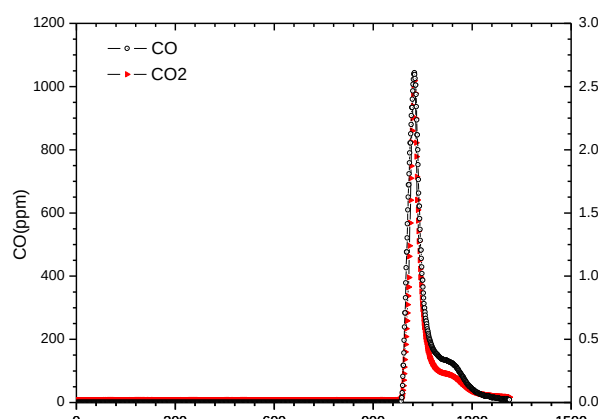
実験は 10MW 級実大型カロリーメーターを用いて行われた。〈図 3〉の直径 10m の煙捕集フードを使って、酸素消耗率法³⁾を用いて、発熱量と有毒ガスを測定した。火災に弱いウレタンフォームを現場発泡と同じ条件で施工し、右下のコーナー部に 100 ml のヘプタンをつけた脱脂綿を最初の点火源として利用した。実験結果を〈図 4〉に示す。最初の点火後、約 12 分が過ぎると、ウレタンフォームに炎が広がり、14 分後には、フラッシュオーバーに達して急速に成長した。最大発熱量は、点火後約 15 分で 10 MW となり、有毒ガスの一酸化炭素も、最大で 1044ppm が測定された。このことから、建築物内部の心材によく使われているウレタンフォームは、いったん発火がはじまると、一気にフラッシュオーバーに達する、急激な伝播特性を持つことが分かる。



〈図 3〉 ウレタンフォーム実物火災実験



〈図 4-a〉 ウレタンフォーム実物火災実験の結果(HRR)



〈図 4-b〉 ウレタンフォーム実物火災実験の結果(CO,CO₂)

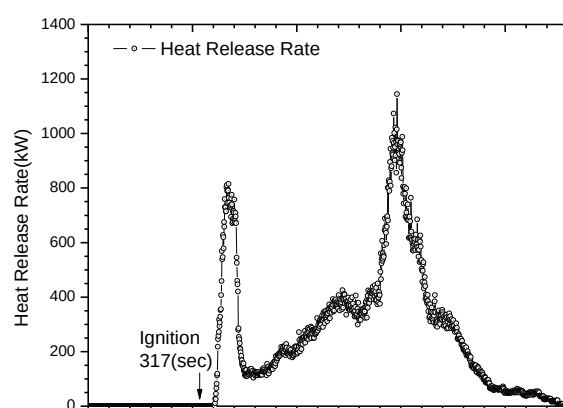
b.外装材の垂直伝播に関する模擬実験

建築物外装材の垂直火災伝播を評価する標準試験法と評価装置を開発するために、2008年に発生した火災事故と同じ材質の外装材を使って実験を行った。前述の実験設備に外装材を取り付け、下部には建築物外部の火元(事故

当時は室外機にたばこの吸殻が飛んで発火したと推定)を利用して火災を再現した。〈図 5〉に試験写真を、〈図 6〉に熱放出率の測定結果を示した。発火と同時に、外装材下部の隙間から着火し、火災が急速に成長した。その後、内部の心材が溶融し、近くの外装材内部へ燃え移る3～4分間は火災の成長が弱まったが、隣の心材に燃え移り、2次成長がはじまり、延焼した。〈図 6〉のとおり、最大発熱量は、2次フラッシュオーバーが発生した後で約11MWが測定された。この実験を通じて、外装材の断熱性能を上げるために採用される一般発泡スチロール心材は、いったん発火がはじまると、一気に垂直火災につながる事が確認された。



〈図 5〉 外装材の垂直伝播に関する模擬実験



〈図 6〉 外装材の垂直伝播に関する模擬実験の結果(HRR)

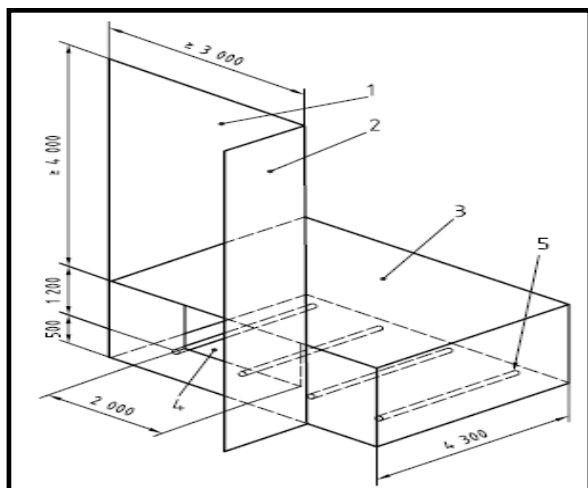
3.2 標準性能試験法及び装置の開発

上記の二つの実験を通じて確認されたとおり、建築物外装材の実大型の垂直火災伝播性能を評価するために、国内外の基準(BS 476 Part 33、NFPA 101 Life Safety Code など)と試験方法に対する分析を行った。その結果、建築物内部で火災が発生し、フラッシュオーバーに達した後、外部へ炎が出火した。上部の外壁へ火炎が伝播し、垂直に火災が広がる現象を再現して評価するのに最も適した

試験方法は、ISO 13785-2「Reaction-to-Fire tests for facades-Part 2 Large-scale test」であると思われた⁴⁾。ISO 13785-2には<図 7-a>のとおり、高さ5.7の試験体フレームと20～100 m³の模擬延焼室がある。また、延焼室内部に設置されたガスバーナーシステムを利用して火災を再現しており、16のウッドクリップを積載して実火災を再現するなど、建築物で発生する実際の火災と同じ状態で窓からの出火を再現できるという利点がある。これは、現在、立法予告されている単一材料(試験体 サイズ:10 cm(W)×10 cm(L)×5 cm(H))の難燃性能のみを評価するのではなく、アルミ複合板 + グラスウールなど(実際の厚み、試験体の高さ3m以上)実際の外壁構造システム(窓を含む)の垂直火災伝播を評価することができるものであり、垂直火災伝播の防止性能を評価するための有効な手法になることが期待される。



<図 7-a> 実大型の垂直火災伝播評価装置の写真



<図 7-b> 実大型の垂直火災伝播評価装置の図面

3.3 垂直火災伝播防止対策

前述のように、高層建築物の外壁で火災が発生すると、煙突効果のため、上階へ一気に火災が広がる。外壁仕上材として可燃性コーティング材(塗装など)が施工されている場合、火災伝播はさらに加速化する。これに対する対策を設けて、被害を予防しなければならない。ここで、次の二つを提案したい。

- 外壁仕上材の外見を良くするためにコーティングを施す場合、火災伝播を防ぐために、不燃性コーティング材を使用することを義務付ける
- 30階以上の建築物については、火災伝播を防ぐため、準不燃材料、又は、不燃材料を使うことになっているが、高層建築物の施工特性(カーテンウォール)を考慮して、カーテンウォール内部に火災の垂直伝播を防止する火災伝播防止構造(Fire Blocking System)を採用した場合は、難燃材料の使用を認める

ここで、火災伝播防止構造とは、下記の<表 3>のとおり、上階への急速な火災の広がりを防止するために階間に設ける火災遮断板などをいう。

<表 3> 火災伝播防止構造の例

火災伝播防止構造	備考
○ 次の性能を持つ材料を階間に幅1.2m以上で設置(図「S」部分) - 厚さ12.5mmの石膏ボード - 高密度(100K以上)ミネラルウール板(厚さ50mm以上) - 15分以上耐火性能の資材など	

最近、建築物外壁に使われる仕上材のほとんどが大理石、石材、ガラス(カーテンウォール)、赤煉瓦、コンクリート化粧などの不燃材料であり、都心の建築物を中心に、多様なデザイン要素が施されたアルミ複合板(カーテンウォール)が使われている。近年、「準不燃」性能の材料の使用が増加している。外壁仕上材の準不燃材料の使用規制により追加費用が発生することもあると思われるが、<表 4>からも分かるとおり、費用上昇は大した規模ではない。制度規制を通じて垂直火災伝播を防ぐことで被害を最小限に止めることができるため、費用上昇より防止効果ははるかに大きいと思われる。

<表 4> 単位面積当たりパネル工事費(壁体用 50T 基準)

区分	ウレタン サンドイッチパネル	難燃発泡スチロール サンドイッチパネル	グラスウール サンドイッチパネル (密度 48K)
単価	19,500～ 21,000～	11,500～ 12,500～	16,700～

(ウォン/㎡)	20,500	24,000	14,000	14,600	17,500
難燃 クラス	難燃材料	準不燃材料	難燃材料	準不燃材料	準不燃材料

4. 結論及びディスカッション

この研究では、建築物外装材による垂直火災伝播を防ぐために、火災事故について分析すると共に、法律的な規制方策について検討することで、実規模垂直火災伝播性能を評価するための基準と装置の開発について研究した。

- 建築物外部の仕上材の難燃化、火災伝播防止構造の設置など、垂直火災伝播を防止するための積極的で法律的な措置を講じる必要がある。
- 鋼材が使われるスチールカーテンウォール工法など、火災伝播を防止する耐火外壁構造システムの開

発、人命避難技術、煙制御技術などについて積極的に活発に研究を進め、実用化をすることを通じて、超高層建築物に対する火災安全総合対策を確立しなければならない。

参考文献

- 1) 消防防災庁：火災統計年鑑(2007、2008、2009)、消防防災庁統計資料(<http://www.nema.go.kr>)
- 2) ユ・ヨンホ、キム・フンヨル、ミン・セホン外：建築物外装材の垂直火災伝播防止技術の開発、次世代核心消防安全技術開発事業の中間報告書、2010.
- 3) V. Babrauskas, S. J. Grayson：Heat Release in Fires、Elsevier、1992
- 4) ISO 13785-2：Reaction-to-Fire tests for facades-Part 2 Large-scale test、2002