

既存家屋の耐震・防火同時補強による木造密集地区の地震災害対策

早稲田大学 建築学科 教授

長谷見 雄二 Yuji Hasemi

1. はじめに

東日本大震災から3年が経過したが、今後もそう遠くない将来に東南海・南海地震、首都直下地震などの大地震の発生が予想されている。しかも、全国の大都市には膨大な木造密集地区が拡がり、地震大火など、深刻な被害が懸念されている^{1)、2)}。

筆者らは、従来、都市防災では工学的な検討がほとんどされなかった木造家屋の改修に光をあて、地震による倒壊と地震後の市街地火災の発生を防止し得る補強改修技術の研究開発を行った^{3)~5)}。この技術は、自治体の防災政策にも取り入れられ始めたので、本稿では、現在、密集地区に求められる防災対策の論点を整理したうえで、この技術の開発経過と適用事例について紹介したい。

2. 背景と目標

日本では歴史的に市街地火災が多く、1960年代まではほぼ毎年、大火と報道されるような火災が起こっていた。日本の大火は、季節風などの強風を背景とするものと地震大火とに大別されるが、強風大火は酒田大火（1976）以来、起こっていないのに対し、地震大火は、その後も北海道南西沖地震（1993）、兵庫県南部地震（1995）、東北地方太平洋沖地震（2011）と、密集地区を襲った全ての地震で発生している。地震大火のおそれが大きい

とされる木造密集地区は全国で約8,000haに及び、その対策は、大都市圏を中心に喫緊の課題となっている^{1)、2)}。

密集地区の防災対策は、長い間、街区全体を耐火建築物で更新する面開発を基本としていた。しかし、地域の人口増を前提に不動産開発に係る外部資金を主な財源とするこの手法は限界に達しているうえ、居住環境・地域社会の激変が問題視されている開発事例もある。

面開発によらずに密集地区の防災性能を高めるには、小規模な再開発や個々の建物の防災性能の向上を積み上げるしかない。この考えで、老朽建物を鉄筋コンクリートや鉄骨造の耐火建築物に建て替える不燃化事業も進められてきたが、密集地区では、狭い道路・建物敷地、軟弱な地盤のため、工事に必要な建設機械を利用できなかったり、地盤改良などに多大な費用を必要とするなどのため、不燃化事業も停滞している。また、この手法では老朽建物を一掃できず、効果に限界があるとの見方もあるが、目標を地震大火の防止に絞れば、全部の建物を不燃化できなくても達成可能である。耐火・準耐火構造のように防火性能の高い建物があれば、市街地を拡がってくる火災も、その建物で燃え止まってしまう場合が多く、その割合が60~70%になれば、大火は起こらなくなるからである。

それでも建物の倒壊や出火は起こるだろうが、個々の建物への地震の影響が及ぶ範囲が限られるのなら、地域的な防災対策から切り離

図1 銀座に竣工した木造耐火建築



して考えることができる。大火対策は、ハード面では、まず、地震・火事に強い建物の割合を地域防災上、必要なレベルにすることを目標にすれば良い。実際に全国の密集地区を個別に見ると、耐火・準耐火構造への転換がある程度進んで、大火発生のおそれが無くなるまで、あと一步の地区もある。こうした地区では、災害に強い建物の割合をさらに上げるべく、地区の事情にあった地震・火事に強い建物を増やすメニューを拡げることが課題の核心となろう。

こうした観点から期待されているメニューに耐火木造がある(図1)。耐火木造は、2000年の建築基準法の性能規定化で法的に道が開かれ、最近、実用化が進んでいるが、コンクリートなどに比べて軽量で現場加工が容易なため、工事に重機も必要とせず、防火地域の狭小敷地の建て替えに実績を上げている。

一方で、密集地区では、土地、建物の権利が錯綜していたり、経済的な理由で建て替えが進まない場合も多く、建物レベルの建て替

えの技術的障壁が克服されても、短期間に防災改善を促進するのは難しい。既存家屋の補強は、用途・形状が大きく変わらなければ建築確認が必要でなく、床面積の縮小が生じる可能性も少ないため、遂行上の課題は、建て替えより安価な改修費用の調達などにほぼ限定でき、その解決は、政策・技術の範囲で見通しが立てられる。

既存家屋の防災対策として、従来から耐震改修や防火改修が行われてきたが、耐震改修では地震後の防火性能が、また、防火改修では耐震性能が考慮されていない。このため、いずれも、地震後の防火性能を期待できず、地震火災を助長する懸念を払拭できないが、木造家屋の改修は、耐震も防火も、壁を面材で覆って補強するのが基本である。そこで、無機面材で耐震と防火を兼ねた補強を行い既存木造家屋を、地震に強く地震大火を防止できる建物に改修しようというのが筆者らのもくろみである。

3. 地震後の木造家屋の防火性能改善の考え方

法令上、準防火地域などの市街地の小規模建築に必要な防火性能は、日常時の近隣火災から屋内への類焼の防止性能で、規制対象は外壁・軒裏・窓などの外周部材にほぼ限られている。木造家屋の防火補強もこの趣旨で進められてきたが、地震時には外装材の剥落や開口部が脱落して、その性能を喪失することが多いし、消防力も確実には期待できない。地震大火の防止には、こうして火災に無防備になってしまう建物が周囲にあっても、それらに延焼させない建物を整備する必要がある。

木造が市街地火災を引き起こし易いのは、火災の進行に伴って建物が炎上崩壊して強い放射熱と火の粉を発生するからである。この炎上崩壊を抑制できれば、周囲には延焼させ難くなるが、それには、荷重を支える主な部材、即ち、戸建て住宅では壁が、火災の間、崩壊しないようにする必要がある。壁、柱など、建物内部の構造部材の防火補強は準耐火構造に導入されているが、準耐火構造ならば、近隣建物への延焼要因は、ほぼ窓と屋根からの噴出火災のみとなり、耐火建築物と本質的な差はなくなる。密集地区の木造家屋も、そのレベルで地震・火災時の崩壊を免れるよう改修できれば、地震大火抑制に大いに有効であろう。

ところで、準耐火構造は、主要構造部全体（壁、柱、床、梁、屋根、階段）に及ぶが、既存家屋でこれを全部、補強改修するのはまず不可能である。そこで、補強の目標を、地震や地震火災による建物の崩壊と外周部材の防火性能の維持に絞ると、木造家屋では壁が最も重要である。床や階段は、支えているのが直上の荷重だけで、火災で崩落しても建物全体に直接、影響するわけではないのに対し、壁は、建物の長期荷重※1を支え、耐震性や防火

性も壁で担保されている。従って、壁を、せん断耐力と防火性能をもつ面材で被覆補強すれば、地震による建物の倒壊を防止し、その後に火災になっても、崩壊を防止できよう。外壁を補強すれば、外部火災による建物内部への類焼危険も抑制できることになる。

4. 壁の耐震・防火同時補強技術の開発

上記の補強方法の開発の見通しをつけるために、外壁・間仕切り壁を対象に、既存木造家屋の地震後の防火性能の確保を意図した面材補強仕様をいくつか考案し、その効果を実験的に検証した³⁾。

間仕切り壁については、狭い屋内での工事の容易さと補強後の生活への影響の軽減を考慮し、補強面材は片側総厚12.5mmを目安とした。外壁は、耐震性を、もともと剛性の高い屋外側面材に負担させ、屋内側は、施工が容易な石膏ボード被覆とした。そのうえで、①工事中の引っ越しが不要な「居ながら改修」を実現するには間仕切り壁工事を減らす必要があること、②全国での整備促進には、地域工務店による施工・材料調達の容易性が重要であることを考慮し、①については少ない補強でも効果を上げる新技術を活用し、②については在来材料によるオープン工法※2の可能性を追求した。性能の検証のために、古い家屋に多い軸組木造壁に補強面材を張った1階分の高さの壁試験体を製作し、耐震性確認のための水平加力試験を行った後、その試験体で耐火加熱試験を行った（図2）。この結果、間仕切り壁では繊維補強石膏板、ガラス繊維不織布石膏板などで①を期待できる成果が得られたほか、在来材料である構造用石膏ボードも十分活用できることがわかった。さらに、実験データに基づいて補強試設計を行ったところ、平家では補強はほぼ外壁だけで済み、コスト

※1
長期荷重
長期荷重とは、家具などの積載荷重と柱、梁、床などの建物自体の重量による固定荷重が含まれ、建物が存在する限り、作用し続ける荷重をいう。

※2
オープン工法
建築物を建てる際、建築基準法に定められた公開された技術を使う工法で、工務店や職人など、だれでも採用できるような構造・工法のこと。

図2 補強壁の耐震性と地震後の防火性能の検証

(a) 水平加力試験



(b) 耐火炉と壁試験体



は耐震補強だけの場合と大差ないこと、2階建てでは間仕切り壁の補強も必要となり、コストは耐震補強より20%~50%増加することなどがわかった。

5. 耐震・防火同時補強による地震大火抑制効果

補強を地震大火対策に活用するには、市街地の建物の何%を補強しなければならないか（この割合を以後、整備率という）を把握す

ることが重要である。そこで、実在の市街地（図3、約58ha）のデータにより、市街地火災シミュレーションで、都市防災政策上、目標とすべき整備率を検討した⁴⁾。地区の建ぺい率は約42%、建物総数2,146棟の約88%が古い木造・防火造である。

大地震発生後、最初の2時間は行政対応が困難と考えられている。そこで、出火後2時間までの有風下の延焼性状を、日常時と地震時の両方、年間最多風向を含む直交4風向について計算して、その平均焼失棟数が100棟

図3 市街地延焼シミュレーションの対象地区



図4 出火場所と市街地火災規模の関係

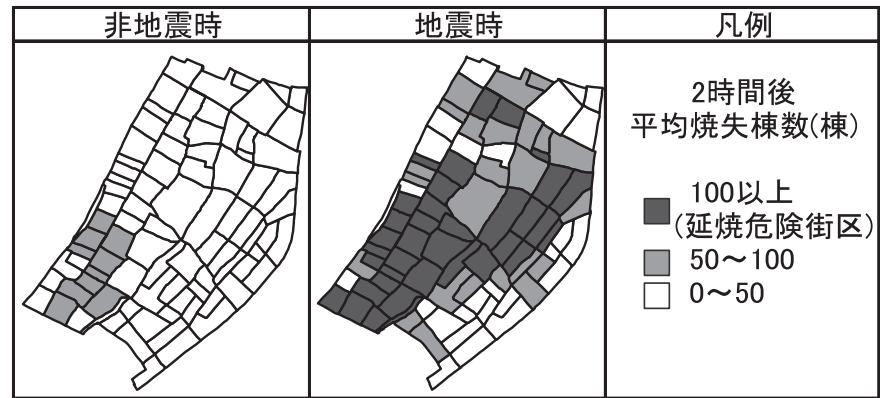
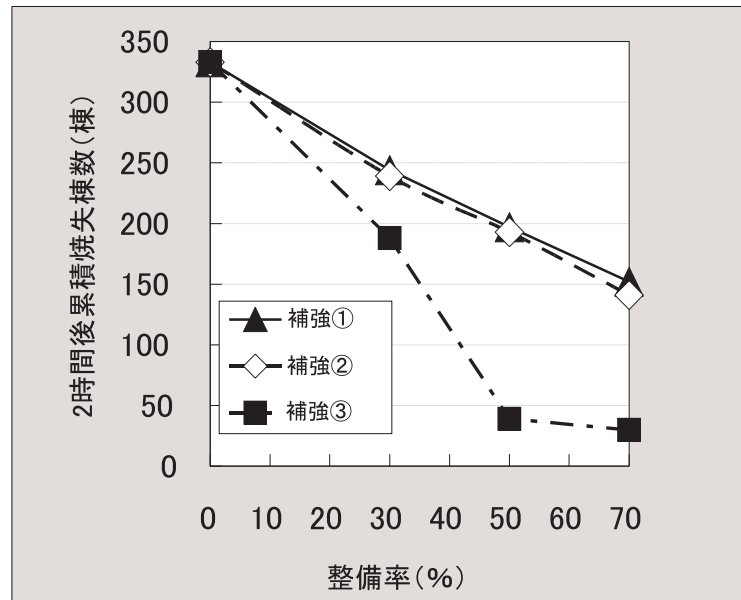


図5 木造補強の整備率と延焼規模の関係



以上の場合、大火の可能性が高い「延焼危険街区」と定義し、その数などを地域の危険度の指標とした。現況市街地に適用した結果を図4に示す。延焼危険街区は、地震が起これば一カ所も発生しないが、地震時には36街区に及び、本地区は、地震時に大火の危険が顕在化することがわかる。

次に、本地区で木造・防火造家屋を補強した場合の効果を検証した。補強は、①耐震補強のみ、②耐震補強＋外部からの類焼防止補強、③耐震・防火補強の三段階である。2時間後の累積焼失棟数を整備率との関係で比較すると図5のようになるが、補強③では、整備率が50%以上になると大火は起こらない結果となった。つまり、都市防災計画に、この

地区では、達成すべき整備率を50%とすれば良いと結論できる。

6. 耐震・防火同時補強の実践

木造家屋の耐震・防火補強は、密集地区の不燃化事業が行き詰まっている自治体の関心を引くこととなり、例えば、2011年以来、東京都墨田区の補助事業となっている。図6、図7に示すのは、飲食店・作業場に使用されてきた築38年、2階建て、延面積約86㎡の木造建物を補強して地域住民が利用する寄り合い処に改修した事例である⁶⁾。店舗によく見られることだが、道路側がほぼ全面開口で耐震上

図6 墨田区の耐震・防火補強事例

(a) 耐震・防火補強前



(b) 耐震・防火補強後



図7 墨田区の耐震・防火補強事例

(a) 屋根の葺き替え・軽量化



(b) 補強後の室内（道路を見る）



利用できる壁が少ないうえに、柱の腐朽や過去の改造による柱・梁の欠損もあった。耐震性を表すIS値※3を1.0以上にするため、屋根のセメント瓦を金属屋根に葺き替えるなど、建物全体の軽量化のうえ、老朽化が目立つ建物正面は門型フレームで補強し、老朽化したシャッターを防火シャッターに交換した。屋根の葺き替え費用約120万円とシャッターの交換を含め、耐震・防火補強に関連する費用は約460万円となったが、住宅ならば道路側正面を耐震壁にすればシャッターや門型フレームは不要で、この費用は約320万円に軽減され、一般的な耐震補強とさほどの違いはなくなる。こうした事例を通じ、補強設計・施工マニュアルの整備も進めたい。

参考文献

- 1) 内閣都市再生本部，都市再生プロジェクト（第三次決定），2001年12月4日。
- 2) 第19期日本学術会議勧告，「大都市における地震災害時の安全の確保について」，2005。
- 3) 長谷見雄二他，「防火・耐震補強した在来軸組木造壁のせん断耐力特性と水平加力後の防耐火性能—地震後の防火性能確保のための既存家屋の耐震・防火同時補強技術の開発—」，日本建築学会技術報告集，第27号，pp163-168，2008。
- 4) 川越裕子，長谷見雄二他，「既存家屋の耐震・防火補強による密集市街地の地震後延焼火災の抑制効果の検討」，日本建築学会技術報告集，第28号，p483-486，2008。
- 5) 長谷見雄二，「密集地区を災害から守るスマート建材活用」，無機材料学会誌，第19，巻，pp57-66，2012。
- 6) 新住宅ジャーナル，「木密地域の防火・耐震化改修」5月号，エルエルアイ出版，2013。

はせみ ゆうじ

1975年早稲田大学大学院修士課程修了・建設省建築研究所研究員、1987年建設省建築研究所防火研究室長、1997年早稲田大学教授、現在に至る。
専門は火災を中心とする防災。
東京都火災予防審議会人命安全対策部会長、国土交通省社会資本整備審議会臨時委員、文化庁文化審議会専門委員など。
日本建築学会賞(論文)、日本火災学会賞、国際火災安全科学学会 Emmons 賞・Thomas Medal、消防行政協力章等受賞。

※3
IS (Seismic Index of Structure) 値
構造耐震指標といい、建物が保有している耐震性能を表す指標で、建物の強度と粘り強さ、形状やバランス、経年劣化といった耐震性能に関わる要素を総合的に判断する指標。