



兵庫県南部地震後の火災における耐火造・準耐火造 建物からの類焼要因

村田, 明子
横田, 英邦
北後, 明彦
室崎, 益輝

(Citation)

日本建築学会計画系論文集, 553:9-16

(Issue Date)

2002-03-30

(Resource Type)

journal article

(Version)

Version of Record

(Rights)

本文データは学協会の許諾に基づきCiNiiから複製したものである

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/90001093>



兵庫県南部地震後の火災における耐火造・準耐火造建物の類焼要因

THE CAUSE OF FIRE DAMAGE TO FIRE-RESISTANT BUILDINGS AND
QUASI-FIRE-RESISTANT BUILDINGS IN URBAN FIRE FOLLOWING
THE HYOGO-KEN NAMBU EARTHQUAKE

村田 明子*1, 横田 英邦*2, 北後 明彦*3, 室崎 益輝*4
Akiko MURATA, Hidekuni YOKOTA, Akihiko HOKUGO
and Yoshiteru MUROSAKI

The cause of fire damage to fire-resistant buildings and quasi-fire-resistant buildings in urban fire were analyzed from the following perspectives.

1. Relationships between the damage and the type of windows, including a size, a kind of glass, an existence of balcony, the distance to burning buildings, plus those between the extent of fire damage and the damage of exterior walls of the building.
2. Relationships between the extent of fire damage of the building and the characteristics of buildings, including building use, structure and scale.
3. Relationships between the extent of fire damage of the building and the number of the face of the wall closes to a fire, the structure of burning building.

Keywords: *Earthquake fire, Fire-resistant building, Extent of fire damage, Fire spreading, Burning by catching fire*

地震火災, 耐火造建物, 焼損程度, 延焼, 類焼

1. はじめに

1.1 背景・目的

耐火造・準耐火造建物は、市街地における類焼防止の観点から、一定の加害防止性と受害防止性を要求される。火元建物であった場合は、被害を防火区画内の最小限にとどめることや、たとえ延焼拡大しても隣接建物へ燃え移らないこと（加害防止性）が求められる。一方で、火元建物ではない場合には、火元建物から燃え移らないこと（受害防止性）、たとえ燃え移ったとしても他の建物への延焼を阻止すること（加害防止性）が求められる。しかしながら、兵庫県南部地震のような地震後の火災では、耐火造建物であっても、燃焼建物から火が燃え移った事例、即ち、類焼した事例が平常時に比べて多く見られ、どのような場合に耐火造・準耐火造建物の受害防止性能が保持できなかったのかという条件を明らかにすることは重要である。

本稿では、耐火造・準耐火造建物が類焼に及ぶ要因はどこにあるのか、類焼を抑止できた耐火造・準耐火造建物はどのような性質を備えていた建物であったのかという点を明らかにし、市街地の延焼危険性の評価に役立てるとともに、類焼しにくい耐火造・準耐火造建物の設計指針のための知見を得ることを目的として、兵庫県南部地震において大規模火災地域に立地していた耐火造・準耐火造建物を対象に、耐

火造・準耐火造建物の受害防止性能を外壁・開口部条件、建物用途や規模等の建物特性、隣接建物の観点から統計的に分析・考察を行う。なお、本研究は、文献1)の内容をもとにして、市街地における類焼防止の観点から分析項目を追加し、データの見直し・再集計を行ったものである。

1.2 関連する既往研究・統計

耐火造・準耐火造建物の類焼要因に関連する既往研究に示された知見や統計を示す。

平常時火災の類焼条件について、「平成11年版火災の実態²⁾」では、耐火造・準耐火造建物で類焼した建物のうち、隣棟間隔2m未満のものが85%を占める。延焼経路に関して、類焼建物の延焼箇所は構造の違いにかかわらず開口部と外壁が多い。また、耐火造建物で開口部から延焼した火災のうち、閉めてあった防火戸に延焼した事例が7割を占める。平常時の隣接建物への類焼条件について、日本損害保険協会・東京理科大学³⁾は、火元建物の構造別に、外壁仕様や開口条件(数、大きさ、開口部の仕様、配置)を変えて、隣接建物が着火、またはガラスのひび割れが発生する限界距離を実験に基づいて検証している。

地震時の類焼条件に関して、西原・加藤⁴⁾は、阪神・淡路大震災

*1 神戸大学大学院自然科学研究科 大学院生

*2 阪急電鉄(株) 工修

*3 神戸大学都市安全研究センター 助教授・学博

*4 神戸大学都市安全研究センター 教授・工博

Graduate School of Science and Technology, Kobe University

Hankyu Corporation, M. Eng.

Assoc. Prof., Research Center for Urban Safety and Security, Kobe University, Ph. D.

Prof., Research Center for Urban Safety and Security, Kobe University, Dr. Eng.

における兵庫区・長田区・須磨区の耐火・準耐火建築物の焼損状況や焼け止まりへの寄与について調査・分析を行っており、耐火・準耐火建築物が焼け止まりに寄与した例は寄与しなかった例より少なく、焼け止まりに寄与しなかった耐火・準耐火建築物は、寄与したものより、隣接建物4面のうち木造建物が占める平均面数が多い傾向にある、即ち木造に2面以下囲まれた場合と3面以上囲まれた場合で焼け止まりへの寄与の傾向が異なると述べている。横田・北後ら⁵⁾は、耐火造建築物が隣接建物から火災を受けた場合の類焼条件のうち、隣棟距離と開口部面積の関連について、開口部が火災により突破されないための限界面積を示している^{注1)}。

地震時の開口部の被害に関して、菅原⁶⁾⁷⁾は、戸建住宅等の小規模低層建物の構造や外壁材料の被災状況、および火災域周囲に焼け残った住宅の外壁と開口部との焼損状況の関連を調査しており、焼け止まりとなった住宅では網入ガラス窓の使用率が高いことを示している。

以上のように、平常時火災の類焼条件については過去の統計による傾向や火災実験による結果等が示されている一方で、地震時の火災については幾つかの調査・分析が行われているものの、耐火造・準耐火造建物の類焼要因を総合的にとらえようとした研究は少ない。

2 研究の方法

2.1 分析の方法

耐火造・準耐火造建物が隣接する燃焼建物から類焼に及ぶ要因を明らかにするという目的に対して、本稿では、兵庫県南部地震の大規模火災地域に立地していた耐火造・準耐火造建物を対象に、耐火造・準耐火造建物の受害防止性能を、外壁・開口部条件、建物用途や規模等の建物特性、および隣接建物特性や距離の面から考察を行う。

外壁・開口部の受害防止性能については、開口部のガラスの種類・面積、火災面までの距離、バルコニーの付設状況と開口部のガラス脱落の有無の関連や、外壁の種類・剥落状況と焼損被害程度の関連を分析することにより考察する。建物特性に関わる受害防止性能については、建築面積、階数、建物用途と焼損被害程度の関連を分析することにより考察する。隣接建物との関係については、四方の隣棟距離や隣接燃焼建物の構造種別と焼損被害程度の関連の分析により考察する。

分析資料として、建築研究所撮影による市街地火災発生地域の焼け跡の写真を元に必要なデータを採取した。一部の建物については、消防研究所が撮影した焼け跡の記録ビデオ⁸⁾、日本火災学会兵庫県南部地震災害調査委員会を主体とする調査団による収集データ⁹⁾を参照した。耐火造・準耐火造建物であるか否かについて、建築研究所¹⁰⁾の構造判定を基準とし、構造が不明な建物については写真データにもとづいて判断した。

2.2 分析の対象

本研究では、神戸市長田区・須磨区の大規模火災地域「水笠西公園周辺火災」「西代市場周辺火災」「御蔵通5・6丁目火災」「菅原変電所周辺火災」「高橋病院周辺火災」「新長田駅南地区周辺火災」「神戸デパート南地区周辺火災」の焼損地域内および焼け止まり線付近に位置する耐火造・準耐火造建物を対象とした。焼け止まり線付近とは、焼け止まり線上の建物に加えて、焼け止まり線に直接面する焼損地域外

の建物を一部含む。延焼前の構造的被害が少なかった建物（延焼後の建物を撮影したビデオ・写真等で、外観上、著しい構造被害がないことが確認できたもの、および他の被害調査¹¹⁾で構造被害が軽微または無であるもの）を対象とした。耐火造・準耐火造建物の被害レベルは、写真データをもとに、全焼、部分焼（本論文においては、建物内部の防火区画等により全焼に至らなかったもので、建物内部の一部焼損～半焼までを指す）、外部焼、無焼の4つに分類した。

本論文で述べている耐火造建物とは、主要構造部がRC造・SRC造の建物を指している。準耐火造建物とは上記以外の建築物で、主要構造部がS造（鉄骨造・軽量鉄骨造）の建物を指しており、主要構造部に木造を用いた建物は含まれない。なお、分析対象とした耐火造建物の大部分はRC造であるため、以後の分析では構造種別をRC造とS造に分けて示す。

分析対象建物の総数は、表1に示すように、S造246棟、RC造153棟で合計399棟である。構造別の焼損被害程度は、S造では全焼した建物が201棟でそれ以外の軽微な被害の建物が45棟であり、全焼に至った建物の割合が圧倒的に高い一方で、RC造では全焼とそれ以外の軽微な被害の建物が同程度の割合を占めている。地域別では、水笠西公園周辺129件、西代市場周辺53件、御蔵通5・6丁目35件、菅原変電所周辺45件、高橋病院周辺42件、新長田駅南地区周辺50件、神戸デパート南地区周辺45件で、特に水笠西公園周辺の件数が多い。

焼損区域の範囲は各調査機関によって異なっている¹²⁾ため、ここでは東京消防庁の延焼動態図¹³⁾に基づいて、対象建物が焼損区域内のどの辺りに位置していたかを検討し、明らかに焼損区域に入っている焼損区域内建物と、焼け止まり付近（焼け止まり線上の建物に加えて、焼け止まり線に直接面する焼損地域外の建物を一部含む）に分類した。焼損区域内の位置と焼損被害の関連を表2に示す。対象建物の半数弱が焼損区域内に位置する。焼損区域内の約95%が全焼に対し、焼け止まり付近では半数弱が全焼で、外部焼と無焼^{注2)}が4割を占める。また、焼損区域内の7割弱がS造である一方、焼け止まり付近の4割強がRC造で、焼損区域内にS造が多かったことがわかる。

表1 構造別・焼損被害別にみた対象建物数

	全焼	部分焼	外部焼	無焼	総計
S造	201	6	27	12	246
RC造	79	25	39	10	153
総計	280	31	66	22	399

表2 焼損区域内外での位置と構造別にみた焼損被害

	構造	全焼	部分焼	外部焼	無焼	総計
焼損区域内	S造	127	2	1	0	130
	RC造	54	4	3	0	61
	総計	181	6	4	0	191
焼け止まり付近	S造	74	4	26	12	116
	RC造	25	21	36	10	92
	総計	99	25	62	22	208

2.3 分析に用いたデータ

対象建物毎のデータと開口部毎のデータを分析に用いた。まず、対象建物毎のデータとして、構造（S造・RC造）、焼損被害程度（全焼・

部分焼・外部焼・無焼), 建物階数, 建物用途, 建築面積, 外壁の種類, 外壁剥落状況, 主な開口部のガラスの種類, 火災係面(本論文においては, 建物内部への火災の侵入に関わったと推定される開口部のあった側の壁面, もしくは, 延焼動態から判断して, 延焼してくる火災が初めに近接した位置に迫り, 火災の侵入に関係があったと推定される側の壁面を指す)の数, 火災係面側の隣接建物^(注3)の構造, 火災近接面数(本論文においては, 対象建物の四方の壁面のうち, 焼損した隣接建物との距離^(注4)が1 m以下の位置にあった数を指す)を用いた。外壁の種類はS造の場合はALC, サイディング, 金属板等を写真から読み取って判別し, RC造は全てRCとした。火災係面については, 水笠西公園周辺地区と高橋病院周辺地区の延焼動態を詳細に調べた高井らの文献⁽⁴⁾や東京消防庁の延焼動態図⁽³⁾, 写真等に基づいて建物毎に1~2面(火災に周囲を囲まれた一部の建物は3面)に絞り込んだ。現在得られる情報では各建物間の延焼動態が必ずしも明らかではなく, 全体の延焼動態から個別建物への火災の接近状況を推定した。

なお, 各耐火造・準耐火造建物に対する住民や公設消防による消火活動については, データがほとんどないため本稿では考慮していない。

次に, 開口部毎のデータとして, ガラスの種類, 推定面積, 脱落の有無, 隣棟距離^(注4), バルコニーの有無を集計した。開口部のガラスの種類は, 網入ガラスであることが確認できたものと種類不明のガラスに分類した。隣棟距離は, 建物間にアーケード等の延焼経路になりやすいものがある一部のケースについては0とみなした。

開口部の脱落や外壁剥落の原因には, 火災前の地震動による影響と火災による影響が考えられ, 火災による影響には外部の火災による影響と開口部等からの火災侵入による内部火災の影響が考えられる。そこで, 構造的被害が大きい建物は地震動による開口部・外壁の脱落や損傷が発生した可能性が高いと考えられるため, それらを除外し, 構造的被害が軽微な建物を対象とした。また, 火災係面以外の開口部からの火災侵入による内部火災の影響を除くため, 開口部・外壁に関する分析では対象建物の火災係面側のデータを対象とした。但し, 外壁剥落(脱落)の原因には外部の火災による影響と, 火災係面側の開口部からの火災侵入による内部火災の影響があり, 判別できなかった。

なお, 各建物について上記の全データが得られたわけではなく, 例えば4面中, 2面の開口部の情報が得られなかった場合にはその2面の情報のみを用いた。

3. 耐火造・準耐火造建物の類焼要因

3. 1 受害側建物の開口部・外壁条件

(1) 開口部

最も延焼経路となりやすい開口部について, ガラス種類・面積・燃焼建物との距離と開口部脱落, および焼損被害との関連を分析する。

対象建物毎のデータを用いて, 主要開口部のガラス種類と建物の焼損被害程度の関連を示したのが図1である。図1より, 主要開口部のガラス種類が網入ガラスの建物は, ガラス種類不明の建物に比べ, 建物の焼損被害程度が軽微である傾向が見られる。

次に, 開口部毎のデータを用いて, 開口部条件と脱落率の関連について述べる。開口部面積, および燃焼隣接建物との距離毎に示した網入ガラスの脱落率を図2に, 種類不明のガラスの脱落率を図3に示

す。一部のデータ数は少ないが以下のような傾向が読み取れる。網入ガラスの場合には面積1㎡未満であれば燃焼建物と非常に近接した状態である場合を除いて, 全般的に脱落しにくい。面積1~2㎡未満の場合には距離2.5 m以下で4割程度が脱落しているものの, 距離が大きくなると脱落率が低下している。面積2㎡以上の場合には明らかな傾向は読み取れないものの, 距離3.5 mを超えていても一部脱落している傾向がある。種類不明のガラスの場合は, 網入ガラスに比べて,

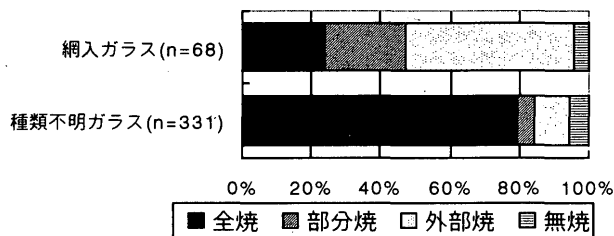
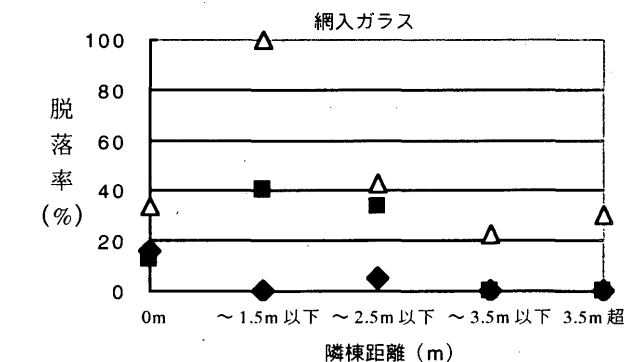


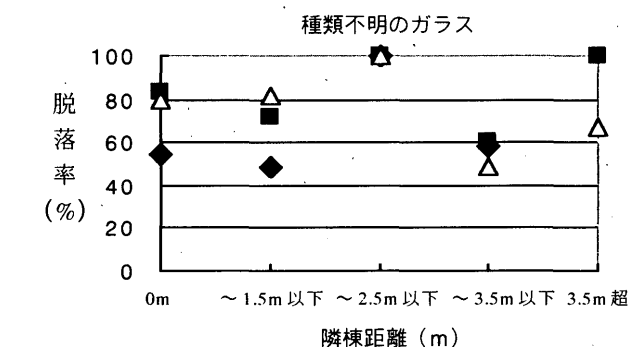
図1 ガラス種類別焼損被害程度



凡例	総数	0m	~1.5m以下	~2.5m以下	~3.5m以下	3.5m超
◆	1㎡未満	31	13	37	2	4
■	1~2㎡未満	24	15	15	20	4
△	2㎡以上	21	7	7	35	49

* 距離0は厳密な値ではなく非常に近接した状態を表す。

図2 隣棟距離・開口部面積毎の脱落率と総数(網入ガラス)



凡例	総数	0m	~1.5m以下	~2.5m以下	~3.5m以下	3.5m超
◆	1㎡未満	55	58	1	19	—
■	1~2㎡未満	36	46	13	25	22
△	2㎡以上	24	44	9	29	9

* 距離0は厳密な値ではなく非常に近接した状態を表す。

図3 隣棟距離・開口部面積毎の脱落率と総数(種類不明のガラス)

開口部面積や隣棟距離にかかわらず全般に脱落率が高い。

以上より、面積2㎡未満の網入ガラスの場合、燃焼建物との距離が2.5mを超えていれば脱落しにくい、2.5m以下の位置では、たとえ面積1㎡未満の網入ガラスであっても脱落する可能性があると考えられる。

(2) バルコニー

次に、バルコニー等の遮蔽物の有無による開口部の脱落率の違いを検討するため、ガラス種類不明の開口部について、開口面積2㎡以上と2㎡未満について、燃焼建物との距離、およびバルコニーの有無ごとに脱落率を比較した(表3)。その結果、隣棟距離2m以上で面積2㎡未満の開口部の場合には、バルコニーがある場合は、バルコニーがない場合より開口部の脱落率が低い傾向が見られる。一方、隣棟距離2m未満の場合には、バルコニーがある場合の方がいない場合より脱落率が高くなっており、バルコニー等の遮蔽物の設置が開口部の防御に有効であるとは言えない。隣棟距離が小さい場合にバルコニーを設けるとバルコニー内に火災が侵入した際にバルコニーにおいて建物内部の火災と同様の燃焼状態となり、開口部が脱落しやすくなると考えられる。以上より、バルコニー等の遮蔽物の設置は、隣棟距離が2m以上の場合には類焼防止に寄与する一方で、隣棟距離2m未満の場合には逆効果になることもあり得る。

(3) 外壁の種類・剥落状況

地震時には外壁の損傷箇所が延焼経路になると考えられるため、外壁の種類および剥落状況と焼損被害の関連の分析を行う。

菅原ら⁷⁾の住宅の外壁の被害調査結果では、ALCは調査建物の約3割^{注5)}、金属系外壁材は調査建物の約6割^{注5)}に一部破損、亀裂等の被害が見られたと報告されている。ALC協会¹⁵⁾の調査では、ALCパネルの破壊・脱落や割れ・欠けが生じたのは15~20%^{注6)}と報告されている。また、建築基準法改正前後で比較した結果、1982年以降に建設された建物は、1981年以前の建物に比べて一部脱落以上の被害発生率が低い¹⁵⁾と指摘している。大規模焼損区域は老朽化建物が多かったという調査結果¹⁶⁾をふまえて、長田地区の1981年以前に建てられた建物の被害率をみると、パネルの破壊・脱落や割れ・欠けが生じた割合は22.3%である^{注7)}。一部でもパネルが割れていた場合には火災の侵入を防御しきれないと考えられるため、1981年以前に建てられた長田地区のALC建物の約4分の1は受害防止性能が不足していたと推定される。

本稿の対象建物では、S造の外壁の半数がALCであり、モルタル(ラスモルタル・ラスシートモルタル)7%、金属板(金属系サイディング1件を含む)4%、石綿スレート板等のセメント板が3%にとどまっている。残りの約35%は壁全面脱落により判読不能(5件)や、写真が不鮮明、写真がない等のため外壁の種類が不明(82件)である。なお、外壁の種類はRC造の場合は仕上材の有無や種類にかかわらずRCとした。ALCは、タイル等の仕上材の有無にかかわらずALCとした。外壁4面のうち、ある面はスレート板で他の面は金属板のように2種類以上の材料を用いた建物は、面積が大きい方の外壁の種類とし、面積が同程度の場合には火災係面側の外壁の種類とした。

全焼から無焼までの焼損被害毎に外壁の種類の内訳を示したのが図4である。全焼建物の外壁の種類はALCとRCがそれぞれ約3分の1

表3 バルコニーの有無による脱落率(ガラス種類不明の場合)

燃焼建物 との距離	開口部面積2㎡以上の脱落率 %		開口部面積2㎡未満の脱落率 %	
	バルコニーあり	バルコニーなし	バルコニーあり	バルコニーなし
2m未満	100.0(n=6)	79.4(n=63)	100.0(n=10)	62.8(n=188)
2m以上	55.0(n=20)	66.7(n=27)	22.2(n=9)	84.1(n=69)

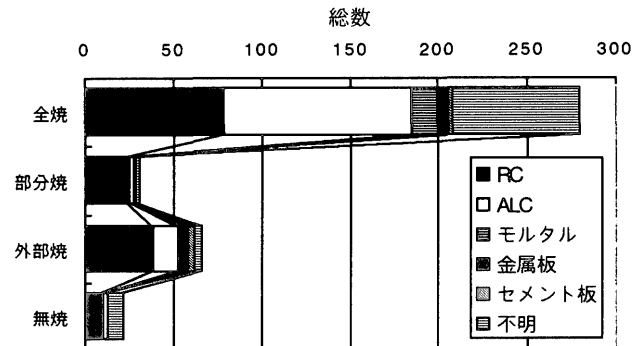


図4 焼損被害程度毎にみた外壁の種類の内訳

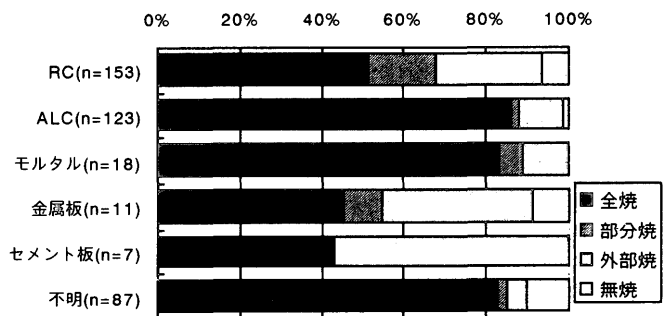


図5 外壁の種類毎にみた焼損被害

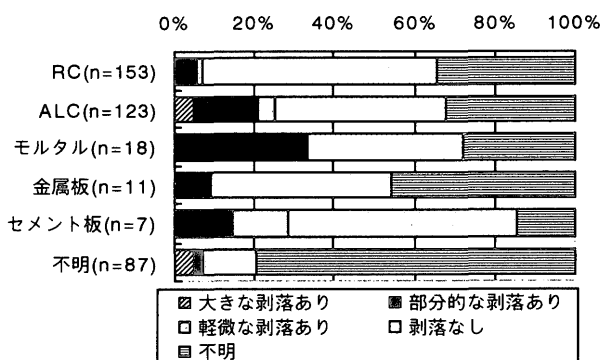


図6 外壁の種類毎にみた火災係面側の剥落状況

を占めており、外部焼の建物の外壁はRCが多く、次にALCが多くなっている。ALC建物は全焼した建物が多い一方で、一部には外部焼にとどまった建物があることがわかる。図5に外壁の種類毎に焼損被害の状況を示した。種類によってはデータ数が少ないため一概に言えないものの、ALCやモルタルの建物は他に比べて、全焼した割合が結果として高くなっている傾向がある。但し、これは外壁の剥落だけでなく開口部の脱落の影響が含まれていると考えられる。

次に、外壁種類と外壁の剥落状況を図6に示した。剥落があった割

合（「大きな剥落（脱落）あり」、「部分的な剥落あり」、「軽微な剥落あり」の合計）はモルタルが最も多く、次にALCが多い。ALCは、他の種類の外壁に比べ、大きな剥落があった割合がやや高い。

外壁剥落状況のデータが得られた226件について、焼損被害別にみた外壁の剥落状況を図7に示す。図7より、S造の全焼建物で外壁の剥落率が高い傾向が見られる一方、RC造の全焼建物の外壁剥落率は1割程度にとどまっている。外壁剥落の原因は、外部の火災による影響と開口部から火災が侵入した影響が区別できないため一概には言えないものの、S造では、RC造に比べて全焼率が高い原因の一つとして、RC造に比べて外壁剥落の割合が大きいことが考えられる。

さらに、全焼建物および外部焼建物を対象として、外壁の種類別剥落状況を図8に示す。剥落状況不明が多く、データ数が限られているため一概には言えないものの、全焼建物ではモルタル、石綿スレート板等のセメント板を初めとして剥落率がやや高いのに比べ、外部焼建物は剥落率が0であったことがわかる。

以上より、外壁に関しては、RC造は剥落しにくく外壁自体の受害防止性は高かったのに対し、S造は、その外壁の種類により火災による剥落・脱落等の損傷を受けやすく、その結果として外壁部分の受害防止性が低下していたことが推定できる。

3. 2 受害側建物の建物特性

(1) 建物規模・階数と焼損被害

まず、構造別にみた建築面積と焼損被害程度を関連を図9に示す。RC造は建築面積が大きくなるほど全焼率が低く、外部焼の割合が高くなっている。S造の場合には、面積が大きい場合でも全焼率が高く、建築面積との関連は一概には言えない。S造で建築面積の大きな用途は、工場・店舗等が多く、これらの建物用途では内部の防火区画が少ないと考えられるため延焼拡大しやすく全焼率が高くなっていると考えられる。S造の建築面積200～300㎡で全焼率が低くなっている理由は明らかでないが、部分焼以下の建物8件のうち4件は2階建であり、また、焼け止まり付近に位置していた建物が比較的多い傾向がある。

次に、建物の階数と焼損被害の関連を構造種別毎にみると、図10より、S造の場合は4・5階建でも3階建同様に全焼率が高い。S造の4・5階建は建築面積が小さい建物が大部分であったことや、一般に階毎の区画がRC造に比べて十分でない等の理由が考えられる。RC造の場合は、3階建の建物は1,2階建や5階建以上に比べて全焼率が高くなっている。5階建以上で全焼率が低いのは建物規模が大きいことも一因と考えられる。文献17によれば、兵庫県南部地震の市街地火災時の火災高さは平均値10.8m、最頻値12～13mであり、建物階数にすれば3～4階建程度と考えられる。3階建の建物は高さ12～13mの火災に全体が包まれやすかったため、開口部やS造の外壁損傷部分等から火災が侵入し、内部と外部から火災に包まれた結果、全焼しやすかったと考えられる。

(2) 建物用途・規模と焼損被害

建物用途と焼損被害の関連について図11に示す。建物用途は、可燃物や危険物の量、内部の防火区画の有無等を考慮して、工場（併用を含む）、店舗・商会（注8）・倉庫（以後、店舗と称す。併用を含む）、飲食店（併用を含む）、事務所・診療所（以後、事務所と称す。併用を

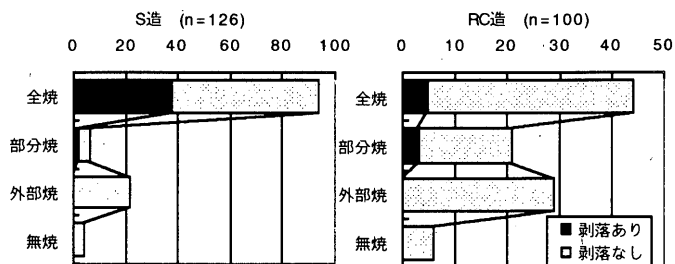


図7 構造別・焼損被害別にみた火災係面側の剥落状況(不明を除く)

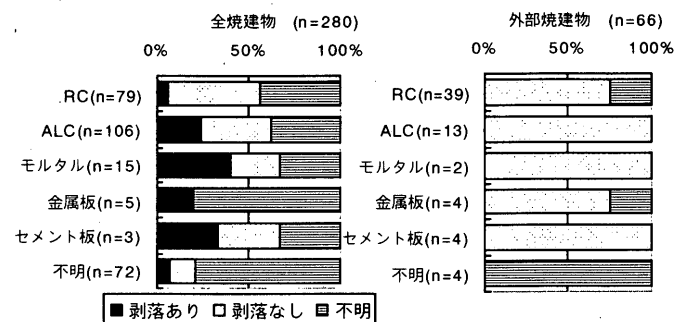


図8 外壁の種類毎にみた火災係面側の剥落状況
(全焼建物と外部焼建物の場合)

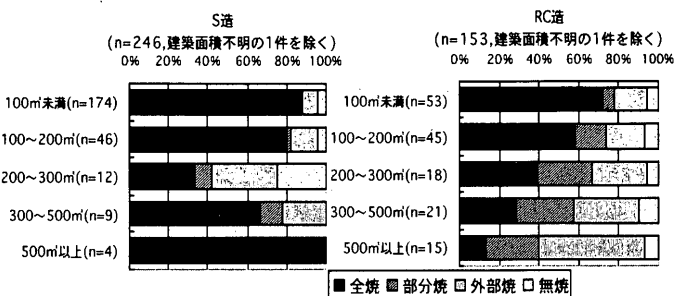


図9 建物構造別・建築面積別にみた焼損被害程度

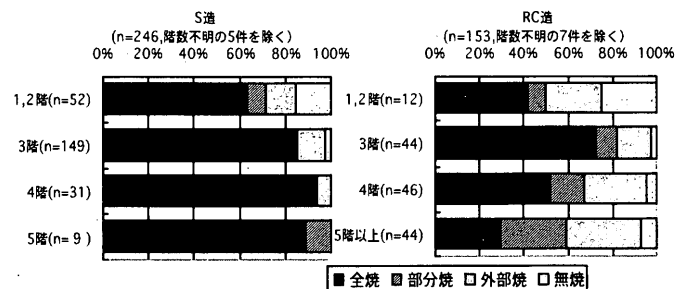


図10 建物構造別・階数別にみた焼損被害程度

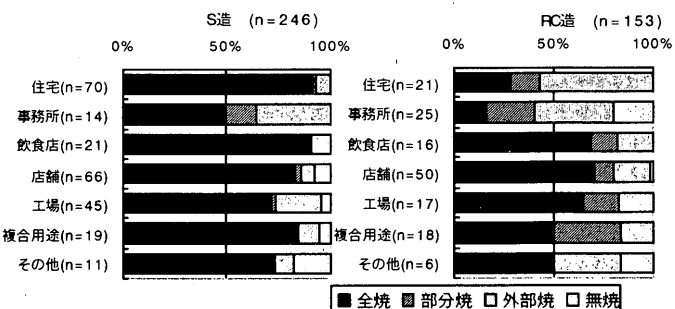


図11 建物用途タイプ・構造別焼損被害程度

含む)、住宅(専用住宅)、複合用途、その他(駐車場、用途不明等)の7つのタイプに分類した。図11より、S造・RC造のいずれも事務所は他の用途に比べて全焼率が低い傾向が見られる。特に、RC造の事務所はS造の事務所に比べて全焼率が2分の1程度と低い。住宅はS造とRC造で全焼率が大きく異なっており、RC造の住宅は中高層マンションの割合が高いと考えられ、全焼率が低いのに対し、S造の住宅は戸建住宅やアパート等と考えられ、全焼率が非常に高い。工場は構造の違いによる全焼率の違いはほとんど見られない。飲食店・店舗もS造・RC造ともに全焼率が高い傾向がある。但し、RC造の飲食店・店舗は、S造の飲食店・店舗より1～2割程度全焼率が小さい。工場、店舗、飲食店のように内部の防火区画が少ないと思われる用途では全焼率が高い傾向が見られる。

さらに規模の影響を考慮するため、建物用途タイプ・構造・規模別にみた焼損被害を図12に示す(建築面積不明の2件を除く)。建築面積200㎡以上のRC造の場合、複合用途を除く全用途で、200㎡未満に比べて全焼率が低い。RC造の住宅と事務所は建築面積の大小による全焼率の違いが見られ、建築面積200㎡未満の場合に全焼率が約半数であるのに対し、建築面積200㎡以上では全焼していない。一方、S造の住宅は、全て建築面積200㎡未満の小規模建物であり、全焼率が高い。住宅の場合、規模の違いには内部の防火区画の有無が反映されている上に、構造の違いには外壁や間仕切り壁、床の区画性能の違いが反映されたものと考えられる。RC造の飲食店や店舗では、建築面積200㎡未満の方が建築面積200㎡以上に比べて全焼率が高いのに対し、S造の店舗は建築面積が大きいものであっても全焼率が高い。工場については、建築面積200㎡以上のRC造では全焼していないものの、小規模RC造とS造では全焼率が同程度に高くなっている。

上記より、主な用途・構造・規模を全焼率が高い順に示すと、最も全焼率が高いのは小規模のS造住宅、飲食店・店舗・工場(小規模もしくはS造)、S造複合用途で、次に、小規模事務所や小規模RC造住宅、中・大規模のRC造飲食店・店舗およびRC造複合用途で、最も全焼率が低いのはRC造の中・大規模の住宅・事務所等と推定される。

3.3 火災近接面数と隣接建物構造

(1) 火災近接面数と焼損被害

建物毎のデータを用いて、各建物の火災近接面数と焼損被害程度の関連を示したのが図13である。火災近接面数の4面がない理由は、全ての面で隣棟との距離が1m以下である建物は存在しないためである。火災近接面数が多い建物ほど、建物が密集した環境に立地しており非常に近い位置で火災に接したと言える。図13より、火災近接面数が増えるほど全焼率は高くなり、全焼以外の軽微な被害の割合が低くなる傾向が見られる。火災近接面数が2、3面になると全焼率は90%以上になっており、2面以上が火災に1m以内で接した場合、耐火建築物であっても全焼しやすくなると言える。また、3面以上が火災に1m以内で接した場合には被害が部分焼にとどまった建物は存在せず、大部分が全焼に至っている。これは、3方向の壁面が火災に接すると、3方向のいずれかにある各開口部から火災が侵入することになるため、全焼を免れることは困難であったと考えられる。

図14と図15に対象建物構造別の火災近接面数と焼損被害程度を示

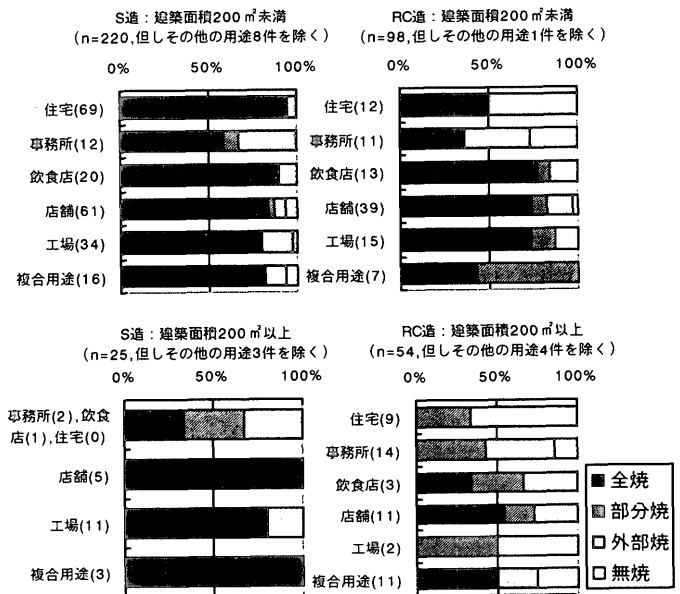


図12 建物用途タイプ・構造・建築面積規模別にみた焼損被害

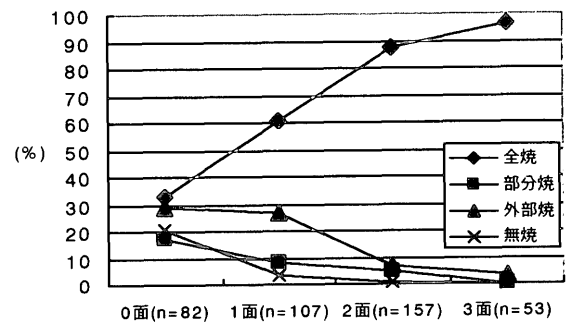


図13 火災近接面数と焼損被害

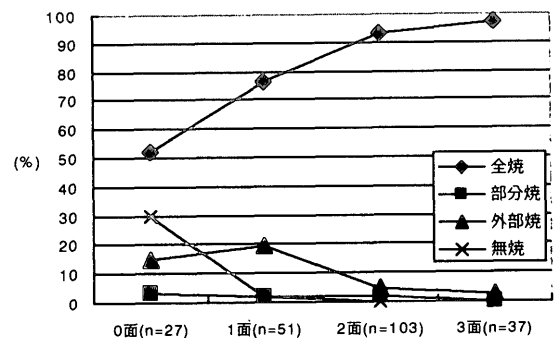


図14 S造の火災近接面数と焼損被害(建築面積200㎡未満の218件)

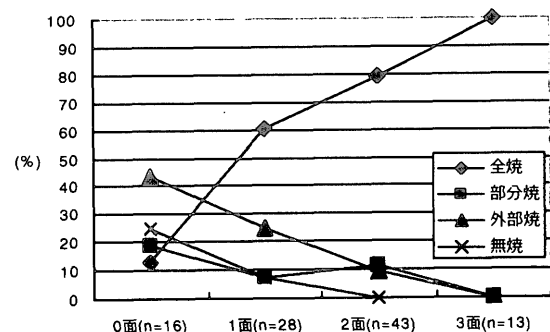


図15 RC造の火災近接面数と焼損被害(建築面積200㎡未満の100件)

した。規模の違いによる影響を除くため、いずれも建築面積200㎡未満の建物を対象とした。S造もRC造も火災近接面数が多くなるほど全焼率が高くなり、部分焼以下の割合が低くなっていくことがわかる。但し、S造では、火災近接面数が0であっても全焼率が50%以上であるのに対し、RC造では全焼率が10%強にすぎないなど、構造によって被害に顕著な違いが見られる。同程度の小規模建物であっても、RC造では隣接する燃焼建物までの距離が1mを超えていればほとんど全焼に至らなかったのに対し、S造では燃焼建物までの距離が1m以上であっても全焼した割合が相対的に高かったと言える。

(2) 隣接建物の構造種別と焼損被害

受害側の建物の壁面が受ける火災面積を考えた場合、加害側の建物が木造であれば燃焼する際に建物全体が火災に包まれるため、火災面積が非常に大きくなるのに対し、加害側の建物がRC造等の場合には開口部からの噴出火災となるため、木造建物に比べて火災面積が小さいと考えられる。そこで、隣接する加害側の燃焼建物の構造種別と被害の関連について、建物データ399件のうち、火災係面が1面である193件、および火災係面が2面である191件を対象に分析を行った。

隣接する燃焼建物の構造と受害側建物の焼損被害程度の関連について、火災係面が1面の場合（左：燃焼建物が木造のケース、右：燃焼建物がS造、またはRC造のケース）を図16に、火災係面が2面の場合（左：2棟の燃焼建物がいずれも木造のケース、右：2棟の燃焼建物が木造とS造、または木造とRC造のケース）を図17に示す。火災係面が1面で隣接する燃焼建物が木造の場合（図16左）には、受害側建物がRC造の場合は全焼率が50%程度で、受害側建物がS造の場合に比べて全焼率が低くなっている。火災係面が1面で隣接する燃焼建物がS造かRC造の場合（図16右）には、受害側建物の構造の違いによる全焼率の違いは燃焼建物が木造の場合に比べて小さい。火災係面1面で隣接燃焼建物がS造もしくはRC造の場合に全焼した耐火造建物のケース（10件）は、菅原変電所周辺（菅原通4丁目）、新長田駅南地区周辺（若松町3丁目、大橋町4丁目）、水笠西公園周辺（松野通3丁目）、御蔵通5・6丁目（御蔵通5丁目）等で見られ、小規模の耐火造・準耐火造建物が非常に近接して建てられていたパターンや、中規模の工場・店舗等が近接して建てられていたパターンが多かったことから、全焼率が高くなっていると考えられる。

火災係面が2面で隣接する燃焼建物が木造のみの場合（図17左）、受害側建物がRC造であってもS造同様に全焼率が高くなっている。火災係面が2面で隣接する燃焼建物が木造とS・RC造の場合（図17右）、受害側建物がRC造の場合には、S造の場合に比べて全焼率が低くなっている。つまり、RC造の場合、隣接する木造建物1棟が燃焼していても全焼しにくい、隣接する2棟の木造建物（例えば、右隣と裏側）が燃焼していた場合には全焼しやすくなると言える。これは、通常、建物の2面のうち1面には開口部を設けることが多いと考えられるため、開口部が延焼経路となって全焼したケースが多いものと推察される。S造は、RC造に比べて隣接する燃焼建物の構造の違いにかかわらず全焼率が高かったと言える。

4. おわりに

本稿では、兵庫県南部地震後の市街地火災を対象として、耐火造・

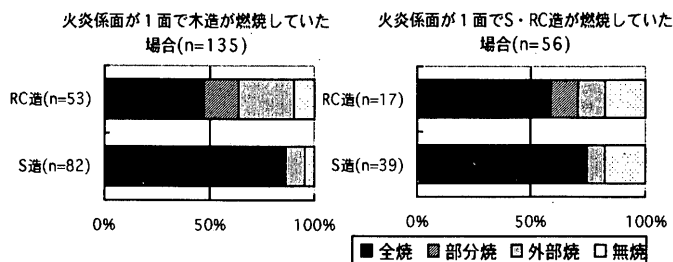


図16 隣接する燃焼建物の構造毎にみた焼損被害（火災係面1面）
（母数193件：そのうち、燃焼建物の構造不明の2件を除く）

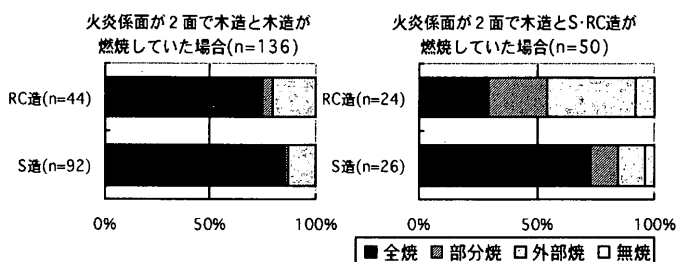


図17 隣接する燃焼建物の構造毎にみた焼損被害（火災係面2面）
（母数191件：そのうち、燃焼建物の構造不明の事例3件、およびRC造とRC造が燃焼していた事例2件を除く）

準耐火造建物の受害防止性能の観点から類焼要因に関する分析を行った結果、以下のような知見が得られた。

- (1) 開口部に関して、面積2㎡未満の網入ガラスの場合、燃焼建物との距離が2.5mを超えていれば脱落しにくい傾向を定量的に示した。また、バルコニーの有無とガラス脱落率に関連が見られ、開口部面積2㎡未満で燃焼建物との距離2m以上の場合にはバルコニーが類焼防止に寄与する一方で、距離2m未満の場合には逆効果になる場合があることを指摘した。外壁に関して、モルタルやALCは、RCに比べて剥落率が高く、また、S造の全焼建物はRC造より外壁の剥落率が高かった傾向が見られることを示した。
- (2) 建物特性に関して、3階建の建物で全焼率が高い傾向や、RC造では建築面積が大きいほど全焼率が低く、外部焼の割合が高かった傾向を示した。S造では建築面積や階数と被害との関連は一概に言えないことを示した。用途別では事務所全焼率が低い傾向が見られ、工場・店舗・飲食店のように内部の防火区画が少ないと思われる用途では全焼率が高い傾向が見られた。用途・構造・規模毎に分析した結果、小規模のS造住宅、飲食店・店舗・工場（小規模またはS造）、S造複合用途では全焼しやすい傾向が見られ、RC造の中・大規模の住宅や事務所は全焼しにくい傾向が見られた。
- (3) 隣接建物との関係について、燃焼建物までの距離が1m以内に位置する壁面の数が多い建物ほど全焼しやすく、また、建物の2面以上で燃焼建物との距離が1m以内であるという条件ではRC造であっても全焼しやすいことを示した。さらに、RC造は四方の隣接建物のうち2面以上が木造建物であり、それらが燃焼していた場合には全焼しやすい傾向がある一方、S造の場合は隣接する燃焼建物の構造との関連は一概に言えないことを示した。

なお、本稿で得られた知見の幾つかは従来から言われているものであるが、実際の市街地火災の被害実態データの分析結果に基づいて、そうした知見を定量的に確認することができたと考えている。

本稿の分析結果に基づく耐火造・準耐火造建物の受害防止性能保持に関わる要点を以下に示す。S造の場合には、開口部の防御に加えて外壁の剥落を防ぐことが重要である。RC造の場合には2面以上を燃焼する木造建物に囲まれた場合に全焼しやすいため、木造建物に面して開口部を設けない、木造建物との距離をできるだけ離す、等が重要である。S造・RC造によらない共通条件として、開口部部分の隣棟距離2.5 m以上の確保、敷地境界線からの距離に応じて類焼しにくい面積やガラスの種類とすること、隣接建物との距離が2 m未満の開口部にはバルコニーを設けないこと、等に留意することが重要である。

建物の類焼の有無や焼損被害程度は、受害側建物の開口部・外壁条件や建物特性、隣棟距離、隣接建物の構造等の各要因の影響を受けた総合的な結果として決まると考えられるため、本稿で示した類焼に関わる各要因がそれぞれどの程度寄与したかという要因の寄与率の解明が残された課題として考えられる。また、加害側の火災のエネルギーの大きさや、建物倒壊による道路を超えた延焼の影響、消防活動との関連等についても検討することが重要である。

謝辞

情報提供にご協力いただいた消防研究所 関沢 愛 博士、および名古屋市立大学 志田弘二 助教授に謝意を表します。

参考文献

- 1) 北後明彦, 横田英邦, 村田明子, 越山健治, 室崎益輝: 市街地火災における耐火・準耐火建築物の延焼抑止性能—阪神・淡路大震災時市街地火災の事例解析—, 平成13年度日本火災学会研究発表会概要集, pp.116 ~ 119, 2001年5月
- 2) 東京消防庁: 平成11年版火災の実態, pp.88 ~ 92, 平成11年6月
- 3) 日本損害保険協会・東京理科大学火災科学研究所: 建物の火災被害想定に関する調査・研究報告書 —隣接建物への延焼危険予測に関する研究—, pp.1 ~ 51, 1999年3月
- 4) 西原良徳, 加藤孝明, 小出 治, 南部世紀夫, 斉藤裕美: 阪神淡路大震災における耐火及び準耐火建築物の火災被害状況, 日本建築学会大会学術講演梗概集<都市計画>, pp.1 ~ 2, 1997年9月
- 5) 横田英邦, 越山健治, 北後明彦, 室崎益輝: 阪神淡路大震災における耐火造建築物の延焼要因, 平成11年度日本火災学会研究発表会概要集, pp.114 ~ pp.117, 1999年5月
- 6) 菅原進一: 兵庫県南部地震による防火外周材等の被災調査, 災害の研究 第27巻, pp.145 ~ 158, 平成8年3月
- 7) 阪神・淡路大震災調査報告編集委員会: 阪神・淡路大震災調査報告建築編-6 火災・情報システム, 第6章 住宅防火内外装材等の被災状況(菅原進一執筆担当部分), pp.211 ~ 229, 1998年10月
- 8) 自治省消防庁消防研究所: 兵庫県南部地震における神戸市内の市街地火災調査報告(速報), pp.121 ~ 141, 1995年3月
- 9) 阪神・淡路大震災調査報告編集委員会: 阪神・淡路大震災調査報告建築編-6 火災・情報システム, 第4章 耐火建築物等の火害事例(志田弘二執筆担当部分), pp.155 ~ 181, 1998年10月
- 10) 建設省建築研究所: 平成7年兵庫県南部地震被害調査中間報告書, pp.515 ~ 525, 平成7年8月
- 11) 日本都市計画学会関西支部・日本建築学会近畿支部都市計画部会震災復興都市づくり特別委員会: 阪神・淡路大震災被害実態緊急調査被災度別建物分布状況図集, 1995年3月
- 12) 日本火災学会: 1995年兵庫県南部地震における火災に関する調査報告書, pp.75 ~ 103, 1996年11月
- 13) 東京消防庁: 兵庫県南部地震に伴う市街地大火の延焼動態調査報告書, 1995年12月
- 14) 高井広行, 矢野公一, 松井武史, 坊池道昭, 上村雄二: 神戸市における地震火災の発生と延焼動態に関する研究, 日本建築学会計画系論文集, 第508号, pp.137 ~ 144, 1998年6月
- 15) ALC協会兵庫県南部地震調査委員会編: 平成7年兵庫県南部地震ALC被害調査報告, pp.12 ~ 34, 1995年4月
- 16) 日本火災学会: 1995年兵庫県南部地震における火災に関する調査報告書, pp.58 ~ 61, 1996年11月
- 17) 北後明彦, 関藤幹人, 越山健治, 室崎益輝: 阪神・淡路大震災の市街地火災における火災形状と延焼動態に関する研究, 平成11年度日本火災学会研究発表会概要集, pp.106 ~ 113, 1999年5月

注

- 注1) 開口部が火災により突破されないための限界面積を、隣棟間隔1 m未満の位置で1 m²以下、隣棟間隔1 m以上2 m未満の位置で1.5 m²以下、隣棟間隔2 m以上3 m未満の位置で2 m²以下、隣棟間隔3 m以上4 m未満の位置で2.5 m²以下と示している。
- 注2) 焼け止まり付近の無焼建物22件は焼損区域外に位置する建物であり、半数は、焼損地域とは幅員約8 m 道路を隔てた道路沿いの建物である。残りの半数は、焼損区域と同一街区内に位置する建物ではあるが、小学校、工場等で敷地に余裕がある建物が多くなっている。
- 注3) 同一面に複数の隣接建物がある場合には、当該建物の壁面に向かい合っている壁面の長さと同該建物までの隣棟距離を考慮して、類焼危険性がより高いと考えられる建物に絞った。
- 注4) 東京消防庁延焼動態図¹³⁾に記載されている各建物の外形線に基づいて、二つの建物外形線間の距離とした。原則として最小距離を用いたが、壁面に凹凸がある形態の場合は壁面の長さと位置を考慮して決定した。
- 注5) 菅原⁷⁾の調査結果では、ALCは東灘区の9棟中0棟、芦屋市の25棟中10棟に一部破損、亀裂等の被害が見られ、金属系外壁材は東灘区の20棟中15棟、芦屋市の8棟中3棟に一部破損、亀裂等の被害が見られたと報告されている。
- 注6) ALC協会¹⁵⁾の調査では、三宮地区171件・青木地区162件を対象とした結果、パネルの破壊や脱落が生じたものが約4%、補修可能な一部の割れ・欠けが生じたものが約10 ~ 17%、無傷・わずかな割れ・欠けのものが約80 ~ 85%と報告されている。
- 注7) ALC協会¹⁵⁾の調査では、1981年以前の被害率をみると、長田地区18件のうち、パネルの破壊や脱落が生じたものが5.6%、補修可能な一部の割れ・欠けが生じたものが16.7%、無傷・わずかな割れ・欠けのものが77.8%と報告されている。
- 注8) 「商会」は住宅地図上で各建物に記載されている建物名称の一つで、その業態は卸売業や小売業で、主な建物用途は店舗・事務所・商品倉庫と推定される。

(2001年9月6日原稿受理, 2001年11月16日採用決定)