

令和6年度建築基準整備促進事業

F29

既存建築物の防火性能評価及び
改修手法の合理化に関する検討

一般財団法人 日本建築防災協会

共同研究：国立研究開発法人建築研究所

検討の背景・目的

検討の背景

令和4年度建築基準法改正において、一定範囲の増築等をする場合には、防火・避難規定の遡及適用を緩和することとした。ただし、本改正による緩和の適用は、小規模な増改築や各規定の適用上別の建築物とみなすことができる部分を増改築する場合等、限定的な改修に限られている。



今後、建築物全体で防火性能を評価する手法を確立し、仮に現行基準に満たない部分が残されていたとしても他の措置で補うことを評価することができるようになれば、遡及適用の緩和範囲を拡大するとともに、より合理的な改修手法を提示できるようになると考えられる。

下記の2点を検討し、技術的資料をまとめる。

検討の目的

- ①防火・避難規定の既存不適格建築物において、改修による現行基準適合が困難であり、合理化ニーズの高い規定等の調査
- ②既存建築物の防火性能を評価する手法や改修手法に係る知見の整理

検討体制

- ・（国研）建築研究所との共同研究
- ・委員会（年3回程度開催）検討方針及び課題を検討。
- ・国土交通省・国総研とも連携し、WGで調査・知見収集等は行う。

検討の実施方針

（イ）ニーズ等の調査

防火・避難規定の既存不適格建築物において、改修による現行基準適合が困難であり、合理化ニーズの高い規定等の調査を行う。

（ロ）既存建築物の防火性能を評価する手法や改修手法に係る知見の整理

既存建築物の実態に応じて防火性能を評価する手法や、防火性能を高めるための改修手法に係る既存の知見の収集・整理を行う。

（イ）の結果を踏まえて整理した合理化ニーズの高い規定について、「既存建築物の実態に応じて防火性能を評価する手法」「防火性能を高めるための改修手法」に関する既存の知見を、文献調査等により収集する。必要に応じ、海外における対応事例についても調査する。

（ハ）既存建築物の防火性能を評価する手法や改修手法に係る検討

（イ）及び（ロ）の内容を踏まえ、合理化ニーズの高い規定等を中心に既存建築物の実態に応じて防火性能を評価する手法や、防火性能を高めるための改修手法に関する技術的資料をまとめる。なお、必要に応じてシミュレーション等を実施し、改修手法の妥当性等の確認を行う。

◆令和6年度に検討した内容

Category 1. 住宅生産団体等へのアンケート・ヒアリング調査

・防火地域及び準防火地域内の既存不適格建築物の増築及び改築において、現行基準適合が困難かつ合理化ニーズの高い規定を把握するため、アンケート及びヒアリングにより、増築及び改築の障壁となっている規定、規定緩和への期待度、現行基準を満たすことが困難である理由、具体的な緩和措置の提案等を調査した。

Category 2. 防火性能を評価する手法の検討

・既存建築物の評価方法があるか検討。「延焼防止性能検証法」を応用した手法で、現行法令への遡及適用が困難な物件において、現行法令の要求と同等以上の延焼防止性能を確保するための評価手法を検討した。

Category 3. 防火性能を高めるための改修手法の検討

・延焼防止性能を高める可能性がある改修手法を、住宅生産者へのヒアリングや文献調査、既往の公開資料を参考に改修手法を収集・整理した。

Category 4. 外壁モルタルの損傷による防火性能への影響に関する検討

・既存建築物の防火性能の知見の整理に関連して、令和6年能登半島地震を受けて、外壁のモルタル落下による市街地火災の延焼性状への影響を検証するため、外壁モルタル壁に対して加力試験、小型炉試験及びWallstatの解析を行い、地震後の耐火性能に及ぼす影響を調査にした。

1. 住宅生産団体等への アンケート・ヒアリング調査

- ①法第61条関連の既存不適格建築物
- ②旧法第38条認定関連の既存不適格建築物

①法第61条に関連の既存不適格建築物について

－ 課題

法第61条関連の既存不適格建築物の増築又は改築時の防火関連の遡及緩和は、法適合を目的とした既存部分への工事が必要となる等、十分な緩和措置になっていない状況にある。



－ 検討方法

住宅生産者団体等へのヒアリング調査

現行基準適合が困難かつ合理化ニーズの高い規定を把握するため、以下の項目について、住宅生産団体の3団体にヒアリングした。

- (1) 増築及び改築の障壁となっている規定
- (2) 現行基準を満たすことが困難である理由
- (3) 規定緩和への期待度
- (4) 具体的な緩和措置の提案等

1-2. 住宅生産団体等へのアンケート・ヒアリング調査 ①法第61条関連 検討結果

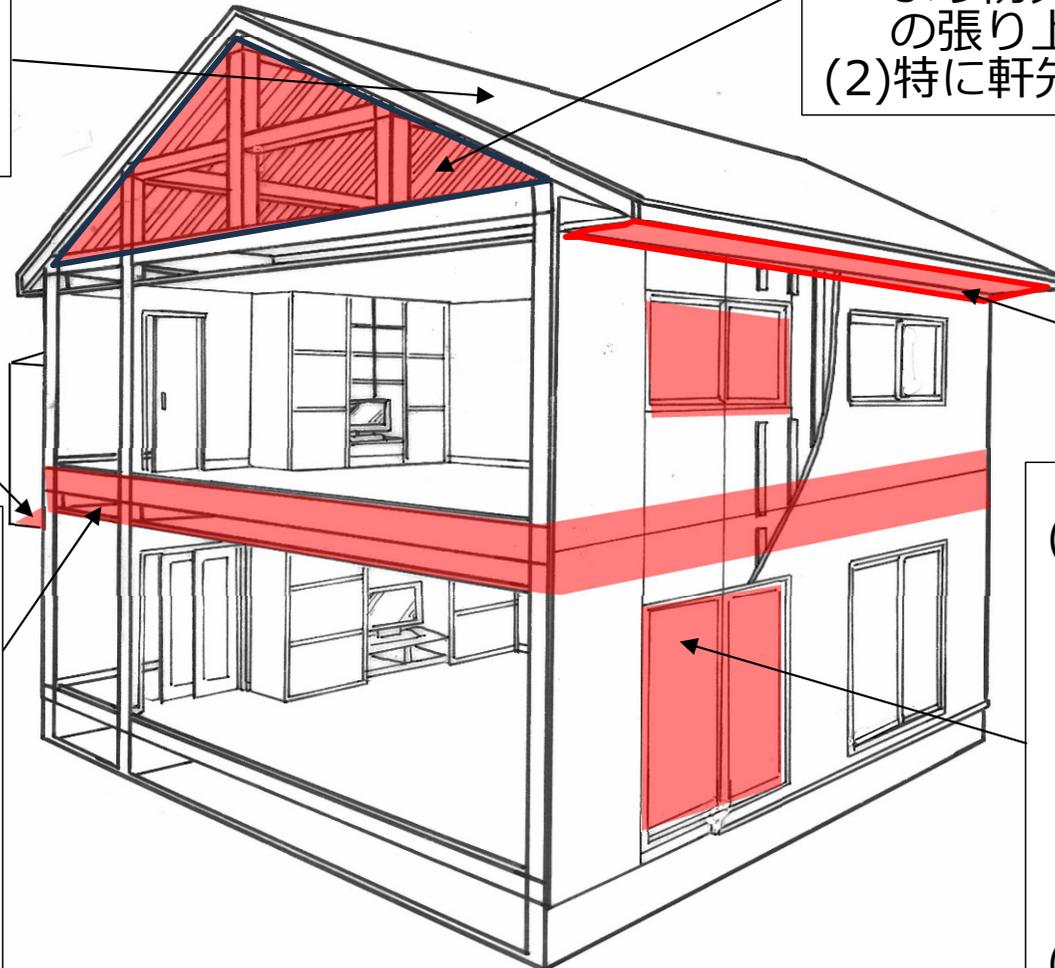
- (1) 増築及び改築の障壁となっている規定
- (2) 現行基準を満たすことが困難である理由

※建築物の延焼のおそれのある部分全体に遡及されることが障壁となっている

参考<屋根>
(1)不燃材で葺く
→ヒアリングでは現状問題なし

<バルコニー等のFRP防水>
(2)飛び火の大臣認定は下地を含めたものが多く確認が不可能

<階間の屋内側>
(1)2000年以降防火構造の告示により防火被覆（せっこうボードの張り上げ）が必要（木造枠組工法以外）
(2)施工が困難（屋根の軒先の桁方向も同様の問題）



<妻壁の屋内側>
(1)2000年以降防火構造の告示により防火被覆（せっこうボードの張り上げ）が必要
(2)特に軒先付近の施工が困難

<軒天>
(1)準防火地域の延焼ライン内は防火構造以上
(2)既存の仕様の確認が困難

<防火設備>
(1)・2000年以前の防火サッシは現在の大臣認定制度と異なる運用のため、増改築時に交換が必要
・後から準防火地域に指定され、増改築時に交換が必要
(2)枠ごと交換が必要で障壁が大きい

(2) 現行基準を満たすことが困難である主な理由 (補足)

– 防火構造の屋内側 (妻壁、階間部分) の防火被覆

- 200㎡以下の住宅が多く、妻壁の屋内側への被覆は、屋根勾配に抛らず軒先付近が狭く、被覆が困難との意見多数。
- ユニットバス上部の階間部分に被覆する場合、ユニットバスを解体する必要がある場合もある。

(木造軸組工法は天井先行、木造枠組工法は壁先行が多く、鉄骨プレハブ工法は両方ともある。壁先行は、妻壁や階間部分の屋内側被覆があることが多い。)

– 延焼のおそれのある部分の開口部の交換

- 開口部周辺の外壁を解体することが最も障壁となっている。
- 当時のサイディング材等は入手できないため、一面や全面の外壁を交換することもある。
- 防火認定を取得した製品の種類が少ない。

(3) 規定緩和への期待度

– 防火構造の屋内側（妻壁、階間部分）の防火被覆

- 木造軸組工法や鉄骨プレハブ工法における期待度が高かった。
- 木造枠組工法は、階間部分の防火構造の既存不適格はなく、妻壁部分は問題として顕在化していないが、課題自体は木造軸組工法と同様との認識であった。

– 延焼のおそれのある部分の開口部の交換

- 木造軸組工法や鉄骨プレハブ工法においては、建築物の規模に関わらず期待度が高かった。
- 木造枠組工法における期待度は、階数2以下、500㎡以下の建築物に対する期待度はやや低く、それ以外の建築物に対する期待度は普通であった。

– 屋根の不燃性能の確保

- 法第22条区域に対する期待度は低く、防火地域/準防火地域に対する期待度は木造軸組工法のみ高かった。
- 一般的な仕様として不燃材で葺いているものが多いため、問題となっていない。

(4) 具体的な緩和措置の提案等

- ヒアリングシートに例示した緩和措置に関する課題やその他の提案を把握した。
⇒具体的な措置は「3. 防火性能を高めるための改修手法の検討」を参照。

②旧法第38条認定関連の既存不適格建築物について

– 課題

旧法第38条認定を取得した既存不適格建築物の増築や改築において、現行基準を満たしていない可能性のある項目のうち、多くの項目では、検証法等で確認を行う方法が整備されているが、現行基準適合扱いとした場合に、安全上障壁となる項目があると考えられる。



– 検討方法

- 既往の検討の調査、同検討の関係者へのヒアリング調査
- 既往の検討（F11「法適合に向けた既存建築物の防火改修の手法の検討」（平成28年及び29年））の検討概要を把握し、事業関係者にヒアリング調査を実施した。

(1) 旧法第38条認定全般について

– 旧法第38条認定で多かった事例

- 大規模でコストのかかる建物
- 大きな吹き抜け空間の面積区画・竪穴区画
- 特別避難階段の付室や非常用エレベーターの乗降ロビーの加圧防排煙システム

– 旧法第38条認定の既存不適格建築物の課題

- 耐火性能検証法や大臣認定では、当時の仕様規定の部分において、現行法で求められる性能が不足することがある。
- 確認申請を伴う用途変更が生じた場合に問題が生じることが多い。

– 旧法第38条認定の既存不適格建築物の救済方法の提案

次のような意見があった。

- 仕樣的な部分改修による適合化が一番喜ばれるのではではないか。
- 旧法第38条の検証方法における共通部分をチェックリスト化して確認する方法が考えられる。

(2) 旧法第38条認定の既存不適格建築物で 増改築ニーズの高い事例と課題

– 加圧防排煙システム

- 既往の検討（F11）においては、階段加圧の規定がないため、特別避難階段付室の排煙の構造の一つに追加をする形でまとめたが、技術的検討に留まった。
- 付室に煙を入れるか入れないかで基準も変わる。消防側との調整も必要である。
- 中小規模の建物の階段を対象とした告示も作るとしたら内容が異なる。
- F11では、付室の無い階段も検討した。特別避難階段でない階段については、告示化ではなく、竪穴区画や排煙設備の代替としての階段加圧が考えられる。
- 対応条文が無く、旧法第38条認定対応のための付室無し階段加圧の告示化は困難と思われる。

– アトリウム空間

- 告示化されたが、低層の商業施設において、確認申請を伴う用途変更等において、コストや認定の期間等の要因により適合が困難な例が見られる。

– その他

- その他、旧法第38条認定を受けたシートシャッターの交換（当時の材料の再現が困難）、中間免振層の耐火被覆（当時は被覆なしだが被覆が必要となる）、木造ドームの対処（当時の火源想定と現状と差がある）に関する課題を把握した。

2. 防火性能を評価する 手法の検討

2-1. 防火性能を評価する手法の検討 検討方針

- 法第61条に係る延焼防止上の代替措置
 - 施工上の理由により現行法令への遡及適用が困難な物件において、現行法令による要求と同等以上の延焼防止性能を確保するための代替措置の内容について検討

遡及適用を阻害する要因の把握

- 住宅メーカーへの聞き取り調査



延焼防止性能検証法によるケーススタディ

- 現行法令で要求される延焼防止性能との同等性の観点から、いくつかの代替措置の有効性を検証



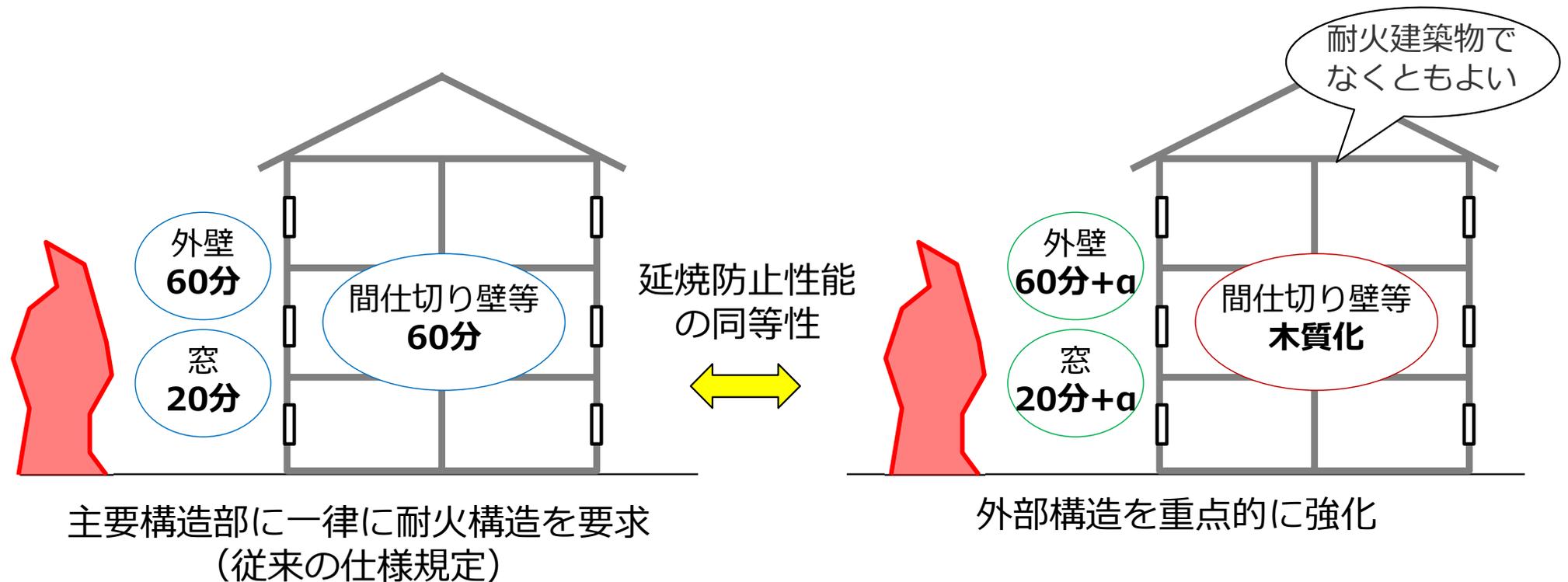
必要な延焼防止性能を確保可能な代替措置の選定

- ケーススタディの結果に基づき仕樣的な要件を確認

※延焼防止性能検証法は、H30年改正により導入された延焼防止建築物等の要求水準の算定に使用され、その後の指定機関による認定（大臣認定ルート）における性能検証手段の一つとして位置付け

2-2. 防火性能を評価する手法の検討 延焼防止性能検証法

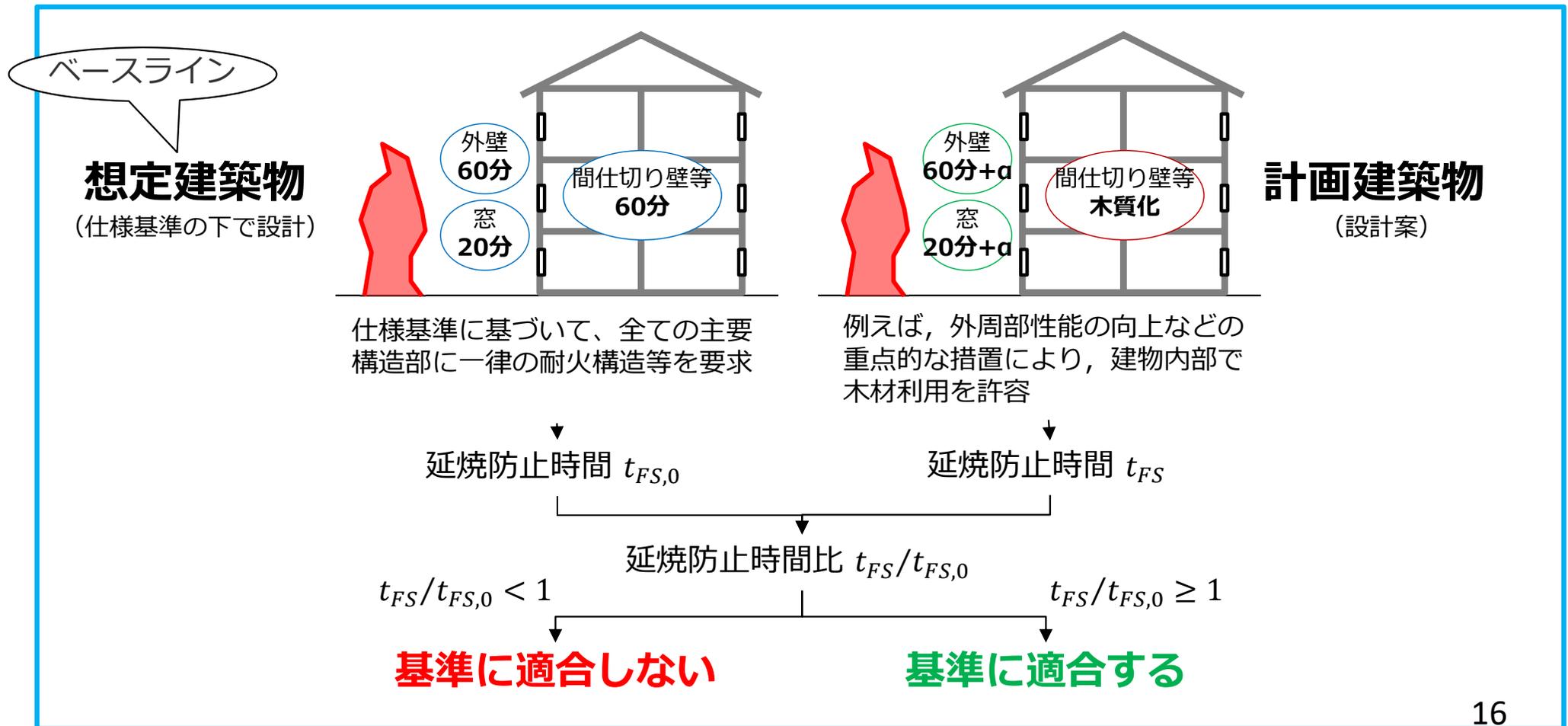
- 防火地域等における要求
 - 一定の延焼防止性能（延焼火災の発生を防ぐ性能）の確保が目的
 - 目的に違わなければ，多様な性能実現の手段を認めてもよいはず
- 延焼防止性能検証法の開発
 - 従来規定の要求性能と同等以上の性能を有する設計条件の把握



2-3. 防火性能を評価する手法の検討 延焼防止性能検証法

- 「延焼防止時間 t_{FS} 」に基づく延焼防止性能の評価
 - 絶対的な要求水準の抽出は困難→仕様規定に基づく時間 $t_{FS,0}$ との相対比較

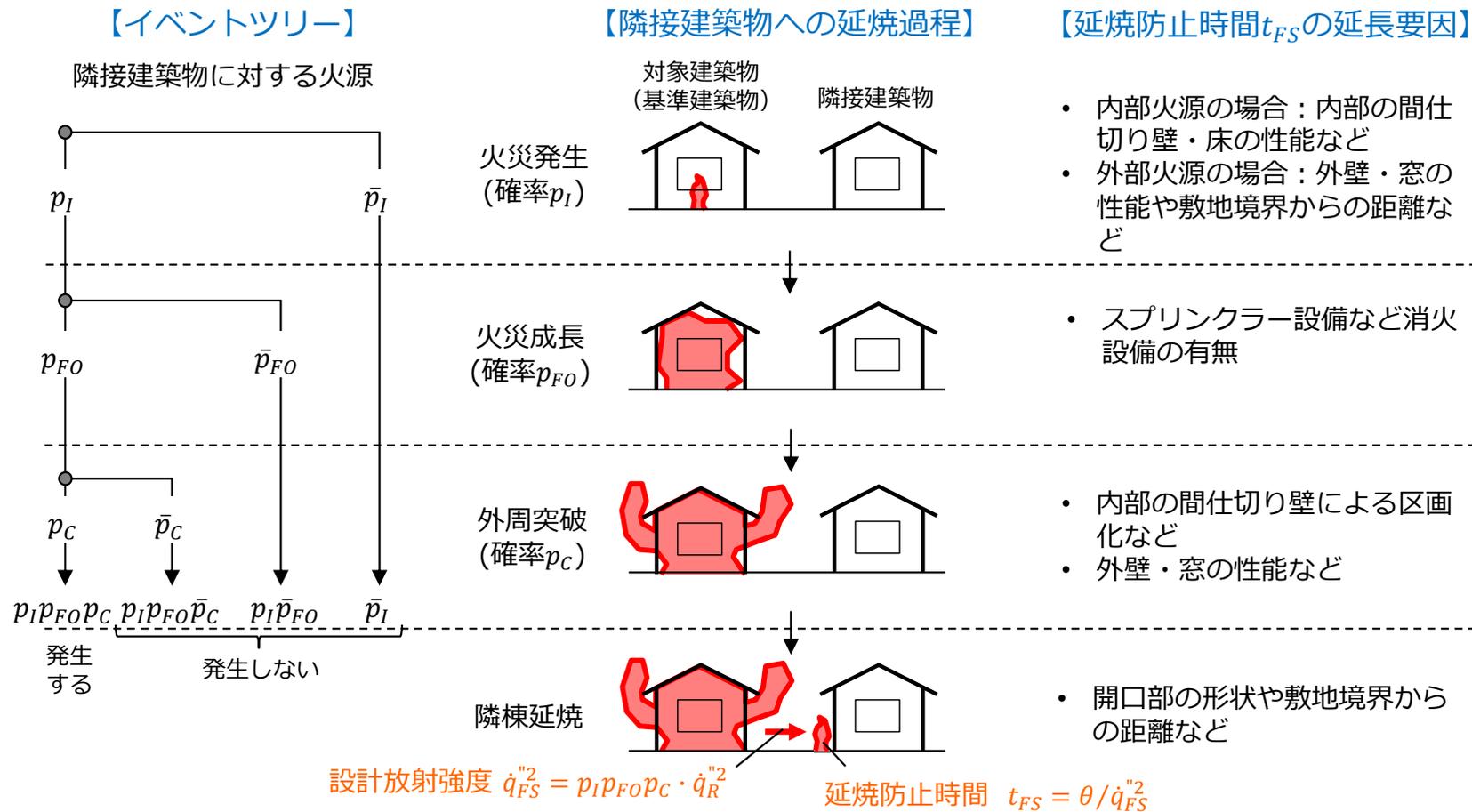
延焼防止性能検証法



2-4. 防火性能を評価する手法の検討 延焼防止性能検証法

延焼防止時間による性能評価

- 出火から隣棟延焼までのイベントツリーの各過程に対策効果を反映
- 放射強度 \dot{q}_R に火源発生確率 $p_I p_{FO} p_C$ を加味した設計放射強度 \dot{q}_{FS} の下での隣接建築物の着火時間を延焼防止時間 t_{FS} とみなす



2-5. 防火性能を評価する手法の検討 延焼防止性能検証法の改良

住宅生産者から挙げた改修工事における問題点

※建築物の延焼のおそれのある部分全体に遡及されることが障壁となっている

凡例

<問題となっている箇所>

改修の障壁と問題となる根拠（法令）及び障壁となる理由

参考<屋根>

不燃材で葺く
→ヒアリングでは現状問題なし

検証は難しい

~~<バルコニー等の FRP 防水>
飛び火の大臣認定は下地を含めたものが多く確認が不可能~~

<階間の屋内側>

2000 年以降防火構造の告示改正により防火被覆（せっこうボードの張り上げ）が必要（木造枠組工法以外）
屋根の軒先の桁方向も同様の問題

階高の効果を追加する改修により検証可能

<妻壁の屋内側>

2000 年以降防火構造の告示改正により防火被覆（せっこうボードの張り上げ）が必要（特に軒先付近の施工が困難）
※建築物の防火避難規定の解説 2023 p20 参照

<軒天>

準防火地域の延焼ライン内は防火構造以上
既存の仕様の確認が困難

本来、外壁と軒裏は異なる部分だが、まとめてしまう

<防火設備>

- ・2000 年以前の防火サッシは現在の大臣認定制度と異なる運用のため、増改築の際に交換が必要
- ・後から準防火地域に指定され、増改築の際に交換が必要（いずれも、枠ごと交換が必要で障壁が大きい）

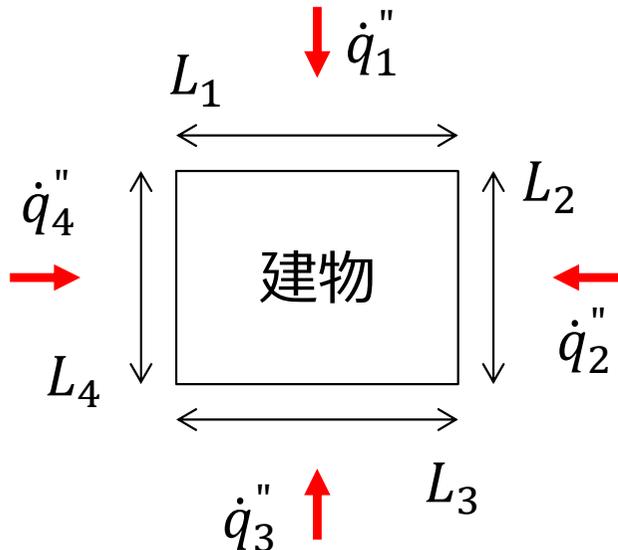
特段の改修なく検証可能

階高の効果を追加する改修により検証可能

2-6. 防火性能を評価する手法の検討 延焼防止性能検証法の改良

- 外壁ごとに計算する延焼防止時間の建物代表値への換算

建物外周に入射する熱流束の総量に着目



□ 従前

- 階間・小屋裏空間は無視
- 階高は全ての室で一致→入射面の大きさは室の外周に依存

$$\underbrace{\dot{q}_{FS}''^2 L}_{\text{建物全体}} = \sum_{i=1}^N \underbrace{\dot{q}_{FS,i}''^2 L_i}_{\text{外壁}} \rightarrow \frac{\theta L}{t_{FS}} = \sum_{i=1}^N \frac{\theta L_i}{t_{FS,i}} \rightarrow t_{FS} = \frac{L}{\sum_{i=1}^N \frac{L_i}{t_{FS,i}}}$$

□ 改良案

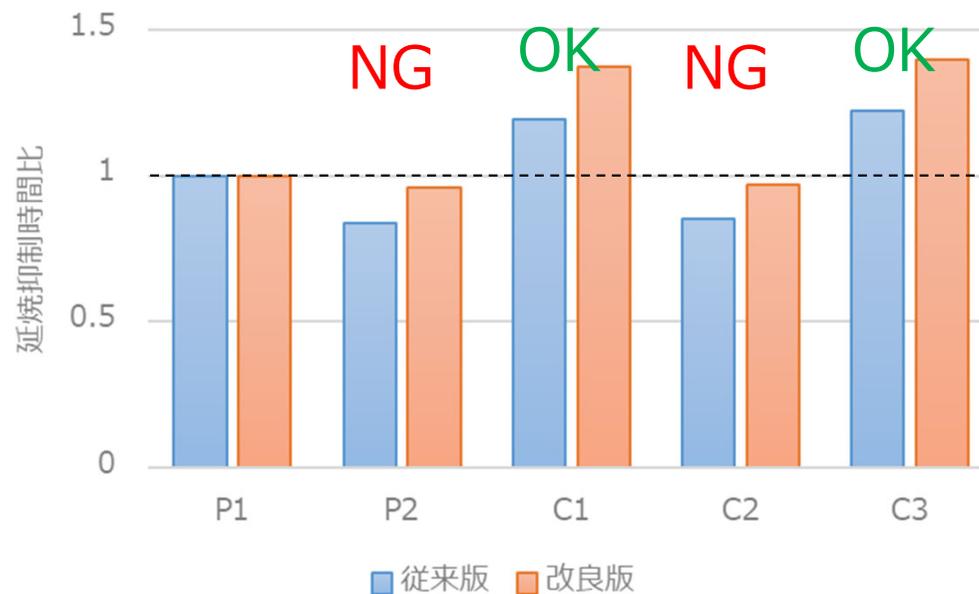
- 階間・小屋裏空間を考慮
- 入射面の大きさの計算に空間の高さを反映

$$\underbrace{\dot{q}_{FS}''^2 HL}_{\text{建物全体}} = \sum_{i=1}^N \underbrace{\dot{q}_{FS,i}''^2 H_i L_i}_{\text{外壁}} \rightarrow \frac{\theta HL}{t_{FS}} = \sum_{i=1}^N \frac{\theta H_i L_i}{t_{FS,i}} \rightarrow t_{FS} = \frac{HL}{\sum_{i=1}^N \frac{H_i L_i}{t_{FS,i}}}$$

2-8. 防火性能を評価する手法の検討 試算結果

・ 階間・小屋裏を区画化した場合

| | 検討条件 | 延焼抵抗時間 t_R ※1 | | | | 延焼防止時間比 $t_{FS}/t_{FS,0}$ (外部火源シナリオ) | |
|----|------------|-----------------|------------|-----------|---------|---|------|
| | | 外壁(階間・小屋裏) | 天井・床(階間部分) | 天井(小屋裏部分) | 外壁(その他) | 従来版 | 改良版 |
| P1 | 現状(基準適合) | 30 | 30 | 30 | 30 | 1 | 1 |
| P2 | 現状(基準不適合) | 20 | 30 | 30 | 30 | 0.84 | 0.96 |
| C1 | 階間を区画化 | 20 | 区画化 ※2 | 30 | 30 | 1.19 | 1.37 |
| C2 | 小屋裏を区画化 | 20 | 30 | 区画化 ※2 | 30 | 0.85 | 0.97 |
| C3 | 階間・小屋裏を区画化 | 20 | 区画化 ※2 | 区画化 ※2 | 30 | 1.22 | 1.39 |



※1 戸建住宅のような小規模建築物の場合、外壁以外の部分の要求性能は基準によって定められていないため、今回は暫定的な値で計算している。部材の組み合わせに応じて延焼抵抗時間を推定できるようになることが望ましい。

※2 現在の延焼防止性能検証法では、個々の外壁の延焼抵抗時間を設定することはできないが、屋内の壁・床の延焼抵抗時間は区画単位でしか設定できないため、延焼経路が遮断されているものとして計算した。

3. 防火性能を高めるための 改修手法の検討

3-1. 防火性能を高めるための改修手法の検討 検討方法

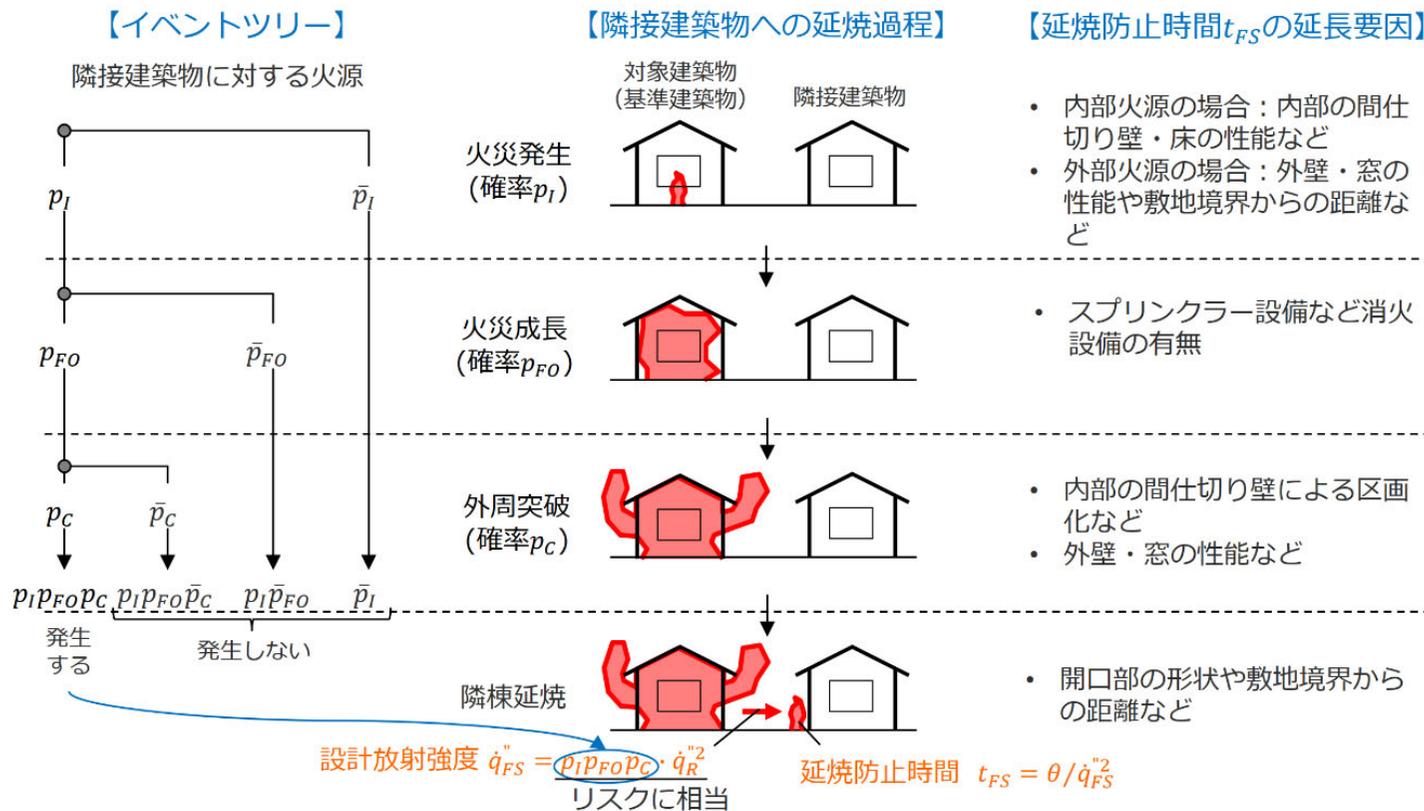
– 延焼過程の想定及び改修手法の収集

- 想定した既存建築物の延焼過程への延焼防止性能を高める可能性がある改修手法を、住宅生産者へのヒアリング等によって収集した。

※**次のものも含めて収集**した。

- ①延焼防止に寄与する可能性があるが、**現行基準に満たないもの**
- ②部材の防耐火性能が明確でないこと等により、**現時点では実現できないもの**
⇒性能の検証等は今後の課題

※避難訓練等のソフト対策は、既存の延焼防止性能検証法（以下、検証法）による評価ができないため除いた。



※本検討では
外部火源を想定

屋根に関する
延焼過程は別
途想定

3-1. 防火性能を高めるための改修手法の検討 検討方法

– 改修手法の実現性の評価及び検討課題等の整理

- 各改修手法の実現性を検討するために、次の2つの評価を行った。

①施工性及びコストに関する評価

既存遡及のための工事（防火構造、防火設備に改修する工事等）を基準として行った。

⇒「1.住宅生産団体等へのアンケート・ヒアリング調査」の意見を踏まえて、改修部位毎に評価内容を設定

※工事は特殊な技術を要しない一般的なものを想定

※評価内容の他に発生する工事等はこの評価には含まない

②既存の検証法による検証の可否に関する評価

○：既存の検証法を用いて検証できるもの

△：検証法の改良により検証できるもの

×：検証法を改良しても検証できないもの

（○※：当該改修部位の延焼抵抗時間が明確になれば検証できるもの）

- 各改修手法を実現するための検討課題（施工、要求性能、検証方法等）、参考となる技術等を整理した。

3-2. 防火性能を高めるための改修手法の検討 検討結果 (1)外壁(小屋裏、階間部分)

(1) 外壁 (小屋裏、階間部分)

– 施工性及びコストに関する評価方法

| 記号 | 評価内容 | 各改修手法に必要な工事の評価 | | |
|----|------------|---------------------|------------------------------|-------------------------|
| | | ○ | △ | × |
| A | 足場 | 屋内外の足場が不要 | 基準と同様に室内に簡易足場が必要 | 屋外側に足場が必要 |
| B | 付帯工事 | 付帯工事なし | 基準と同程度の付帯工事が必要 | 基準よりも付帯工事が発生する |
| C | 天井の解体・復旧範囲 | 解体を要しない | 基準と同程度の解体・復旧範囲(天井クロス張替えは室全体) | 基準以上の解体・復旧範囲(下地の補強が必要等) |
| D | 屋内側の被覆 | 屋内側の被覆を要しない又は基準より容易 | 基準と同程度の狭所に手を伸ばして行う作業内容 | 基準以上に被覆が困難 |

– 基準とした既存遡及のための工事の手順 (A~Dは表の記号と関連)

- 1.室内に簡易足場を設ける。(A)
- 2.ユニットバス、キッチン吊戸棚等を撤去する。(B)
- 3.対象となる外壁付近の天井(ボード、クロス等)を切断する。(C)
- 4.小屋裏、階間部分の外壁の屋内側に必要な被覆を行う。(D)
- 5.天井を復旧する(室全体の天井クロスを張替え)。(C)

3-2. 防火性能を高めるための改修手法の検討 検討結果 (1)外壁(小屋裏、階間部分)

延焼防止性能を高める可能性のある改修手法

| 考え方 →期待する 効果 | 改修手法 (※:ヒアリングにて提案された意見) 現行基準に満たないものや 現時点では実現できないものも含む | 評価 | | | | 検証法 の可否 | 検討課題 | 備考及び参考技術 |
|--|--|--------------|---|---|---|------------|--|--|
| | | 施工性及び コスト | | | | | | |
| | | A | B | C | D | | | |
| 法令に準拠し ていない箇所に 防火被覆を 施す、又は被 覆を強化する →被害の抑制 | ① 屋内側から不燃材料等の吹付け断熱材を施工 | △ | △ | △ | ○ | ○※ | <ul style="list-style-type: none"> 必要な被覆厚さや性能 | <ul style="list-style-type: none"> 天井に開口必要 配線の熱影響等を注意 調べた限り内装材なしの防火構造の認定は無く、準防火構造の認定はある |
| | ②妻壁と屋根の取り合い部を防火措置 | × | ○ | ○ | ○ | ○※ | <ul style="list-style-type: none"> 既に防火構造である場合はさらに強化するか、どの程度強化するかを検討 防火被覆の強化範囲 | <ul style="list-style-type: none"> 屋外足場が必要 |
| | ③階間部分の外壁側をさらに防火被覆 | × | ○ | ○ | ○ | ○※ | <ul style="list-style-type: none"> 必要な被覆厚さや性能 防火被覆の強化範囲 | <ul style="list-style-type: none"> 屋外足場が必要 |
| | ④屋外側被覆と断熱材のみで防火性能を確保※ | × | ○ | ○ | ○ | ○※ | — | <ul style="list-style-type: none"> 屋外足場が必要 屋外側被覆と断熱材のみで防火構造の認定を取得している製品あり |

◀図の凡例▶

■:代替措置、■:既存の防火被覆(想定)、

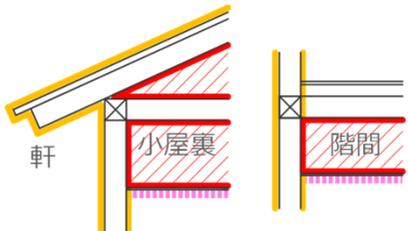
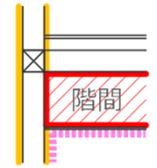
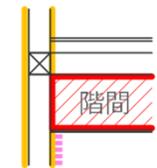
■:準拠していない箇所

◀施工性及びコストの評価内容▶

A:足場、B:付帯工事、C:天井の解体・復旧範囲、D:屋内側の被覆

3-2. 防火性能を高めるための改修手法の検討 検討結果 (1)外壁(小屋裏、階間部分)

延焼防止性能を高める可能性のある改修手法

| 考え方 →期待する 効果 | 改修手法 (※：ヒアリングにて提案された意見) 現行基準に満たないものや 現時点では実現できないものも含む | 評価 | | | | 検討課題 | 備考及び参考技術 | | | |
|--|--|----------------------------------|---|---|---|------|----------|--|--|--------------|
| | | 施工性及び コスト | | | | | | 検証法 の可否 | | |
| | | A | B | C | D | | | | | |
| 居室側から防火被覆を強化し区画化する →火災成長、 外周突破の 遅延 | ⑤小屋裏や階間を区画化 (天井の防火被覆を強化 するし、屋外側と天井の 被覆で評価)  | 張替え | △ | △ | ☆ | ○ | ○* | <ul style="list-style-type: none"> 区画化に必要な被覆厚さや性能 区画化の範囲（階の天井全体への被覆、対象の室の天井のみ等） 対象の室のみの場合、室の間仕切壁に求める性能 床面の防火被覆 間仕切壁上部や、照明器具、配線貫通部の区画方法 小屋裏に火が入り、吊り木等が燃えて天井が落下しないかの確認 | <ul style="list-style-type: none"> 増張りと比較して手間・コストがかかる 天井下地の強度を要考慮、場合によっては下地の強化 天井下地の防火性能（不燃、準不燃、難燃）を要確認 | |
| | | 増張り | △ | △ | ○ | ○ | ○* | | | 下地補強が必要な場合は× |
| | | 防火壁装材料の天井クロスへの張替え | △ | △ | ☆ | ○ | ○* | | | |
| 居室側から防火被覆を強化し区画化する →火災成長、 外周突破の 遅延 | ⑥屋内側被覆の強化（壁及び天井） (⑤+⑦)  | | △ | △ | ☆ | ○ | ○* | ☆：範囲による | — | |
| | | ⑦屋内側被覆（壁）の強化（張替えGB-R→GB-Fや、増張り）※ | | △ | △ | ○ | ○ | | | ○* |
| 法令に準拠していない箇所の周辺の防火被覆を強化 →火災成長、 外周突破の 遅延(推測) |  | | △ | △ | ○ | ○ | ○* | ※ | — | |

《図の凡例》

■：代替措置、■：既存の防火被覆(想定)、
■：準拠していない箇所

《施工性及びコストの評価内容》

A:足場、B:付帯工事、C:天井の解体・復旧範囲、D:屋内側の被覆 27

3-3. 防火性能を高めるための改修手法の検討 検討結果 (2)外壁開口部

(2) 外壁開口部

– 施工性及びコストに関する評価方法

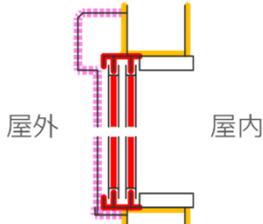
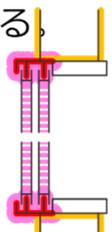
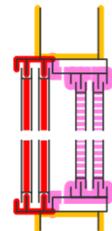
| 記号 | 評価内容 | 各改修手法に必要な工事の評価 | | |
|----|------------|----------------|---------------------|--------------|
| | | ○ | △ | × |
| A | 製品 | 入手不要もしくは入手容易 | 基準と同様の入手が必要 | 基準より入手困難 |
| B | 足場 | 足場が不要もしくは屋内のみ | 基準と同様に屋外に足場が必要 | 屋内外に足場が必要 |
| C | 外壁の解体・復旧範囲 | 解体を要しない | 基準と同程度に開口部の周辺を解体・復旧 | 基準以上の解体・復旧範囲 |

– 基準とした既存遡及のための工事の手順 (A~Cは表の記号と関連)

- 1.既存の開口部の大きさに応じた防火設備を入手する（認定品の種類の制限有り。）。(A)
- 2.屋外に足場を設ける。(B)
- 3.開口部と周辺の外壁を解体する（雨漏り事故に繋がらないよう、既存の防水紙を残すよう丁寧に解体する。）。(C)
- 4.防火設備を設置する（既存の防水紙を傷つけないよう丁寧に作業する。）。
- 5.周辺の外壁を復旧する。(C)

3-3. 防火性能を高めるための改修手法の検討 検討結果 (2)外壁開口部

延焼防止性能を高める可能性のある改修手法

| 考え方 →期待する 効果 | 改修手法 (※：ヒアリングにて提案された意見) 現行基準に満たないものや 現時点では実現できないものも含む | 評価 | | | 検証法 の可否 | 検討課題 | 備考及び参考技術 |
|---|--|--------------|---|---|------------|-------------------------------|---|
| | | 施工性及び コスト | A | B | | | |
| 法律に準拠し ていない開口 部を防火設備 化する →被害の抑制 | ① 防火設備である後付シャッターの 設置  | ○ | △ | ○ | ○ | — (製品により措置 可能) | ・ 場所により足場必要 ・ 製品あり |
| | ② 木製サッシ枠に防火塗料を塗布 し、防火ガラス（網入りガラス 等）に交換する。  | 不明 | △ | ○ | ○* | 防火塗料不明。また、既存枠 に合う防火ガラスが必要。 | ・ 防火性能の確認 ・ 鹿島市伝統的建築物群保 存地区（以下、伝建地 区） ・ 現行法令でも0.5㎡以内 の開口部には適用可能 （平12年建告第1365号 （防火設備の構造方法）） |
| | ③内側への新規サッシ取付けによる 防火設備化  | 製品 なし | ○ | ○ | ○* | 内側の防火設備不明 | ・ 既存の外側のサ ッシとの組み合 わせの影響を確 認 ・ 防火性能の確認 ・ 木造戸建て用の防火対応 の製品なし（新築RC用の 製品有り） ・ 旧富山県立農学校本館 ・ 論文「伝統家屋の改修に おける断熱性能及び防火 性能の検証」 |

《図の凡例》

■:代替措置、■:既存の防火被覆(想定)、

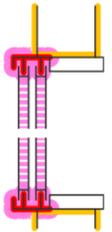
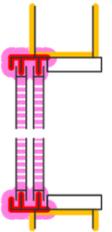
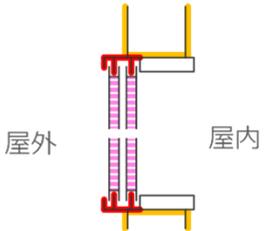
■:準拠していない箇所

《施工性及びコストの評価内容》

A:製品、B:足場、C:外壁の解体・復旧範囲

3-3. 防火性能を高めるための改修手法の検討 検討結果 (2)外壁開口部

延焼防止性能を高める可能性のある改修手法

| 考え方 →期待する 効果 | 改修手法 (※：ヒアリングにて提案された意見) 現行基準に満たないものや 現時点では実現できないものも含む | 評価 | | | 検証法 の可否 | 検討課題 | 備考及び参考技術 |
|---|---|-----------------------------------|---|---|------------|---|--|
| | | 施工性及び コスト A | B | C | | | |
| 法律に準拠し ていない開口 部を防火設備 化する →被害の抑制 | ④ サッシ枠カバー工法により防火 設備化  | RC造： ○ 木造： △ 製品 なし | | ○ | ○* | ・ サッシ枠のカバ ーと防火構造の 壁との取り合い 部の施工方法 | ・ 木造戸建て用の防火対応 の製品なし（RC造用は製 品有り） ・ 場所により足場必要 |
| | ⑤ サッシ枠に耐火シートを張り、防 火ガラスに交換する  | 不明 | △ | ○ | ○* | ・ 耐火シートの張 り方 ・ 耐火シートの耐 候性 | ・ 既存枠に合う防火ガラス がある場合に採用可 ・ 耐火シートの被覆はF26 による検討あり ・ 場所により足場必要 |
| 法律に準拠し ていない開口 部を強化する →被害の抑制 | ⑥ ガラスのみを防火ガラス（網入り ガラス等）に交換する  屋外 屋内 | | | ○ | ○* | ・ 防火性能の確認 | ・ 小浜市小浜西組伝建地区 ・ 倉吉市打吹玉川伝建地区 |

耐火シート不明。また、既存
枠に合う防火ガラスが必要。

既存枠に合う防火ガラスが必要。

《図の凡例》

- :代替措置、■:既存の防火被覆(想定)、
- :準拠していない箇所

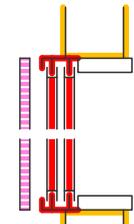
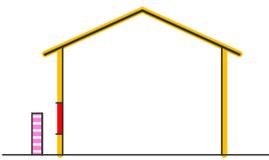
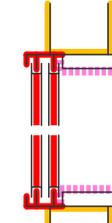
《施工性及びコストの評価内容》

- A:製品、B:足場、C:外壁の解体・復旧範囲

3-3. 防火性能を高めるための改修手法の検討

検討結果 (2)外壁開口部

延焼防止性能を高める可能性のある改修手法

| 考え方 →期待する 効果 | 改修手法 (※：ヒアリングにて提案された意見) 現行基準に満たないものや 現時点では実現できないものも含む | 評価 | | | 検討課題 | 備考及び参考技術 | |
|--|---|--------------|---|---|------|--|--|
| | | 施工性及び コスト | | | | | 検証法 の可否 |
| | | A | B | C | | | |
| 法律に準拠していない開口部の外側で火災を遮る →被害の抑制 | ⑦開口部外部に格子を設置（既存開口部への輻射熱の低減）  | ○ | △ | ○ | △ | <ul style="list-style-type: none"> 開口に対する格子で覆う範囲 輻射熱による低減効果の延焼抵抗時間への反映 | <ul style="list-style-type: none"> JBN「地域工務店のための防耐火性能の高い木造住宅の設計・施工指針」 日本建築学会防火委員会 2012年4月「住宅部材の防耐火性能に関するQ&A」 |
| | ⑧令第109条2項の基準には満たない袖壁や防火塀の設置  | ○ | ○ | ○ | × | <ul style="list-style-type: none"> 令第109条2項の袖壁や防火塀との違い | — |
| 法律に準拠していない開口部の屋内側の被覆を強化 →火災成長、外周突破の遅延 | ⑨開口部廻りの屋内側被覆を強化する ※  | ○ | ○ | ○ | △ | <ul style="list-style-type: none"> 必要な被覆厚さや性能 防火被覆を強化する範囲 まとめりとしての開口部の延焼抵抗時間の把握 | — |

《図の凡例》

■:代替措置、■:既存の防火被覆(想定)、

■:準拠していない箇所

《施工性及びコストの評価内容》

A:製品、B:足場、C:外壁の解体・復旧範囲

3-3. 防火性能を高めるための改修手法の検討 検討結果 (2)外壁開口部

延焼防止性能を高める可能性のある改修手法

| 考え方 →期待する 効果 | 改修手法 (※: ヒアリングにて提案された意見) 現行基準に満たないものや 現時点では実現できないものも含む | 評価 | | | 検証法の可否 | 検討課題 | 備考及び参考技術 |
|--------------------|--|----------|---|---|--------|---|---|
| | | 施工性及びコスト | | | | | |
| | | A | B | C | | | |
| その他 | ⑩小さい開口はガラスのみ防火ガラスに交換する緩和措置 | ○ | ○ | ○ | ○* | <ul style="list-style-type: none"> ガラスのみの交換で良いとする開口率 | <ul style="list-style-type: none"> 既存枠に合う防火ガラスがある場合に採用可 延焼ラインにかかる大きい開口が同一面にある場合は、結局外壁一面のやり直しになる |
| | ⑪敷地境界線や同一敷地内等の隣接建築物との離隔距離に応じた開口率（外壁面の面積に対する開口部の見付面積）又は開口面積による不遡及 対象建築物（基準建築物） 隣接建築物 | ○ | ○ | ○ | △ | <ul style="list-style-type: none"> 離隔距離と開口率の関係 不遡及とする離隔距離 隣棟との永続性（同一敷地内における確保の可能性） 仕様規定との相対比較ではなく、絶対評価の採用 | <ul style="list-style-type: none"> 採光との関係を要考慮 特定区画の開口面積の制限（令6年国交告第231号） トロント州建築基準 |

既存枠に合う防火ガラスが必要。

◀図の凡例▶

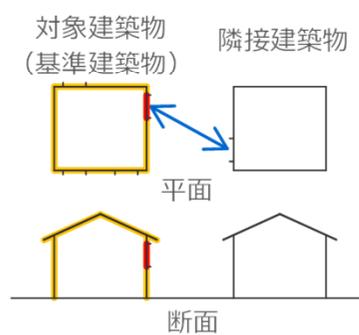
- : 代替措置、■: 既存の防火被覆(想定)、
- : 準拠していない箇所

◀施工性及びコストの評価内容▶

A: 製品、B: 足場、C: 外壁の解体・復旧範囲

3-3. 防火性能を高めるための改修手法の検討 検討結果 (2)外壁開口部

延焼防止性能を高める可能性のある改修手法

| 考え方 →期待する 効果 | 改修手法 (※：ヒアリングにて提案された意見) 現行基準に満たないものや 現時点では実現できないものも含む | 評価 | | | | 検討課題 | 備考及び参考技術 |
|--------------------|---|--------------|---|---|------------|---|----------|
| | | 施工性及び コスト | | | 検証法 の可否 | | |
| | | A | B | C | | | |
| その他 | ⑫同一敷地内等の隣接建築物の開口 との関係による不遡及  | ○ | ○ | ○ | △ | <ul style="list-style-type: none"> ・隣棟の開口との関係 ・隣棟との永続性 (同一敷地内における確保の可能性) ・開口部位置の食い違いの関係の評価方法 | ・シカゴ建築基準 |

≪図の凡例≫

■:代替措置、■:既存の防火被覆(想定)、
■:準拠していない箇所

≪施工性及びコストの評価内容≫

A:製品、B:足場、C:外壁の解体・復旧範囲

3-4. 防火性能を高めるための改修手法の検討 検討結果 (3)屋根

(3) 屋根

– 施工性及びコストに関する評価方法

| 記号 | 評価内容 | 各改修手法に必要な工事の評価 | | |
|----|-------------------|-----------------------|--------------------|---------------------------------|
| | | ○ | △ | × |
| A | 足場 | 足場が不要もしくは 屋内のみ | 基準と同様に屋 外に足場が必要 | 屋内外に足場が必要 |
| B | 屋根葺き材の撤 去・交換範囲 | 撤去を要しない又は 基準より狭い範囲 | 基準と同程度の 撤去・交換範囲 | 基準以上の撤去・交換 範囲 (下地の撤去・交換等) |

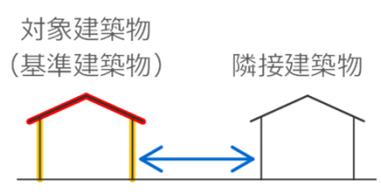
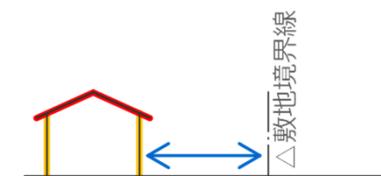
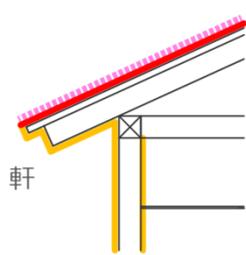
– 基準とした既存遡及のための工事の手順 (A及びBは表の記号と関連)

- 1.屋外に足場を設ける。(A)
- 2.既存の屋根葺き材を撤去する。(B)
- 3.屋根葺き材を施工する。(B)

3-4. 防火性能を高めるための改修手法の検討

検討結果 (3)屋根

延焼防止性能を高める可能性のある改修手法

| 考え方 →期待する 効果 | 改修手法 (※:ヒアリングにて提案された意見) 現行基準に満たないものや 現時点では実現できないものも含む | 評価 | | | 検討課題 | 備考及び参考技術 |
|------------------------------|--|--------------|----|------------|--|---|
| | | 施工性及び コスト | | 検証法 の可否 | | |
| | | A | B | | | |
| 離隔距離を確保する →被害の抑制 加害の抑制 | ①隣接建築物との離隔距離を確保することによる不遡及  | ○ | ○ | △ | <ul style="list-style-type: none"> 離隔距離 隣棟との永続性 (同一敷地内における確保の可能性) 屋根の要求仕様に関する性能的な議論 | — |
| | ②敷地境界線からの離隔距離を確保することによる不遡及  | ○ | ○ | △ | <ul style="list-style-type: none"> 離隔距離 屋根の要求仕様に関する性能的な議論 | <ul style="list-style-type: none"> イギリス、デンマーク、オランダの茅葺屋根の防火規制 |
| 屋根葺き材の不燃化 →被害の抑制 | ③屋根に不燃塗料を施す※  | △ | 不明 | △ | <ul style="list-style-type: none"> 不燃性薬剤の吹付けのみによる性能向上効果の確認 屋根の要求仕様に関する性能的な議論 | <ul style="list-style-type: none"> 調べた限り一般的な屋根への製品なし 下地の防火性能 (不燃、準不燃、難燃) を要確認 デンマーク、オランダにおける茅葺屋根の防火規定(経年で薬剤が溶脱するため、デンマークでは、5年毎の吹付けを推奨) |

既存の屋根材による。

《図の凡例》

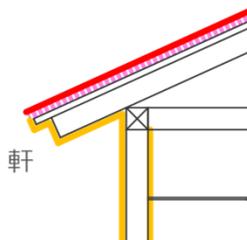
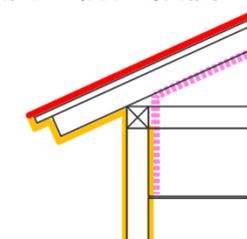
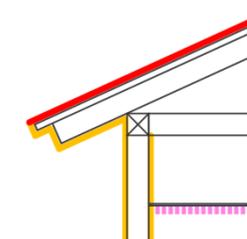
■:代替措置、■:既存の防火被覆(想定)、
■:準拠していない箇所

《施工性及びコストの評価内容》

A:足場、B:屋根葺き材の撤去・交換範囲

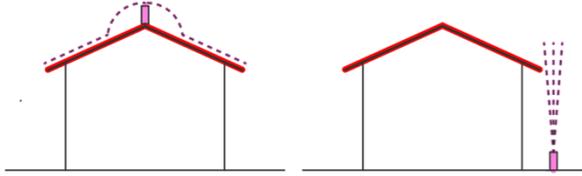
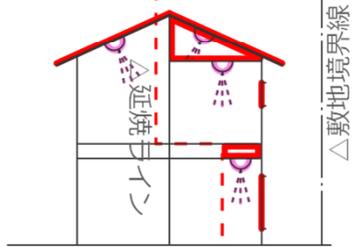
3-4. 防火性能を高めるための改修手法の検討 検討結果 (3)屋根

延焼防止性能を高める可能性のある改修手法

| 考え方 →期待する 効果 | 改修手法 (※:ヒアリングにて提案された意見) 現行基準に満たないものや 現時点では実現できないものも含む | 評価 | | 検証法 の可否 | 検討課題 | 備考及び参考技術 | |
|--|---|---|---|------------|--|---|--|
| | | 施工性及び コスト | | | | | |
| | | A | B | | | | |
| 屋根葺材より 屋内側の被覆 を強化する →燃え抜けの 抑制 | ④下地の不燃化により一定の防火性能を担保  | △ | × | △ | <ul style="list-style-type: none"> 要求性能 防火被覆を強化する範囲 屋根の要求仕様に関する性能的な議論 | <ul style="list-style-type: none"> 不燃材でない葺材（茅、ペロブスカイト太陽光パネル等）の選択が可能となるか イギリス、デンマーク、オランダの茅葺屋根の防火規制 | |
| | ⑤小屋裏内の防火被覆の強化  | ○ | ○ | △ | | | — |
| | ⑥最上階天井の防火被覆の強化  | ○ | ○ | △ | | | <ul style="list-style-type: none"> 鹿島市伝健地区の事例：天井の区画化（屋根全面）+ 設備対策等 |
| <p>天井が張ってある場合は剥がして作業する必要がある。</p> | | | | | | | |
| <p>天井を増し張りする場合は、下地の強度を確認、必要に応じて下地強化をする必要がある。</p> | | | | | | | |
| <p>△: 準拠していない箇所</p> | | <p>「施工性及びコストの評価内容」 A: 足場、B: 屋根葺き材の撤去・交換範囲</p> | | | | | |

3-5. 防火性能を高めるための改修手法の検討 検討結果 (4) その他(設備による手法)

延焼防止性能を高める可能性のある改修手法

| 考え方 →期待する 効果 | 改修手法 (※：ヒアリングにて提案された意見) 現行基準に満たないものや 現時点では実現できないものも含む | 評価 | | |
|--|--|--------|--|--|
| | | 検証法の可否 | 検討課題 | 備考及び参考技術 |
| 屋外消火設備 の設置 →被害の抑制 加害の抑制 | ①ドレンチャー等の設置  | △ | <ul style="list-style-type: none"> 地震後の作動信頼性 外部からの加熱がある間の継続的な作動 | <ul style="list-style-type: none"> 鹿島市伝健地区の天井の区画化(屋根全面) + 設備対策等 |
| 屋内消火設備 の設置 →火災成長、 外周突破の 遅延 | ②常設/自動作動型消火設備の設置  | △ | <ul style="list-style-type: none"> 設置個所 求める防護範囲 地震後の作動信頼性 外部からの加熱がある間の継続的な作動 | <ul style="list-style-type: none"> 住宅用スプリンクラーは水道配管との接続が必要となるが、薬剤で消火する住宅用自動消火装置であれば、改修時にも採用可能か |

◀図の凡例▶

■:代替措置、■:準拠していない箇所

※ドレンチャー、自動作動型消火設備の施工性及びコストは、スライド25の評価方法と異なるためここでは検証法の可否のみ記載している。

4. 外壁モルタルの損傷による 防火性能への影響に関する検討

4-1. 外壁モルタルの損傷による防火性能への影響に関する検討 検討内容

- 能登半島地震により損傷を受けたモルタル外壁の防耐火性能への影響
令和6年能登半島地震では、輪島市で市街地火災が発生した。本来、建物を火災から守るべき外壁が大規模に落下し、内部の可燃物が露出してしまふことで、延焼が急速に進んだと考えられる。そこでモルタル外壁を対象に、施工法の改良が、地震後の耐火性能に及ぼす影響を明らかにする。

モルタル外壁の施工方法の調査

- 日本左官業組合連合会への聞き取り調査



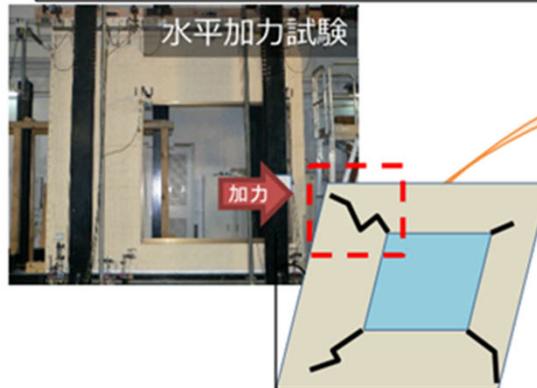
面内せん断試験

- 現地で一般的に見られた直張り構法と、耐震・耐久性を向上させた二層通気構法に対し、層間変形角とひび割れの関係を整理

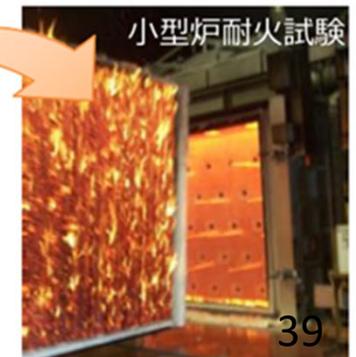
耐火試験

- 層間変形角（ひび割れ幅）と耐火性能低減の関係を整理

水平加力試験で、層間変形角と外壁モルタル被害の関係を整理



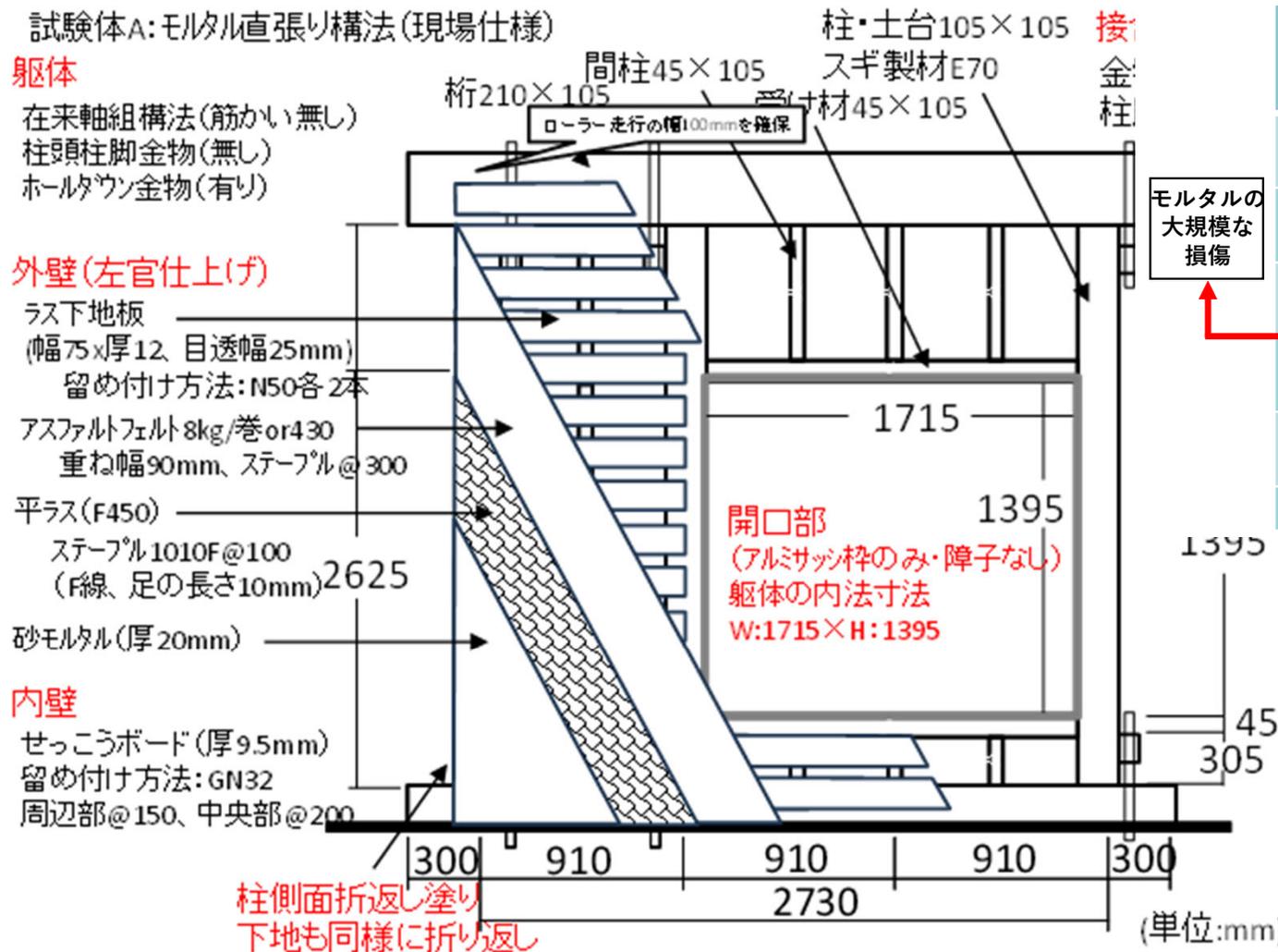
小型炉耐火試験で、モルタル被害と防耐火性能の関係を整理



4-2. 外壁モルタルの損傷による防火性能への影響に関する検討 試験体選定

新耐震前後で、躯体の残留変形・モルタル脱落に差が生じていた¹⁾

能登を含む北陸・甲信越では、約54%のモルタル外壁で、木ずりの上に平ラスを留め付けたモルタル直張り工法が採用²⁾

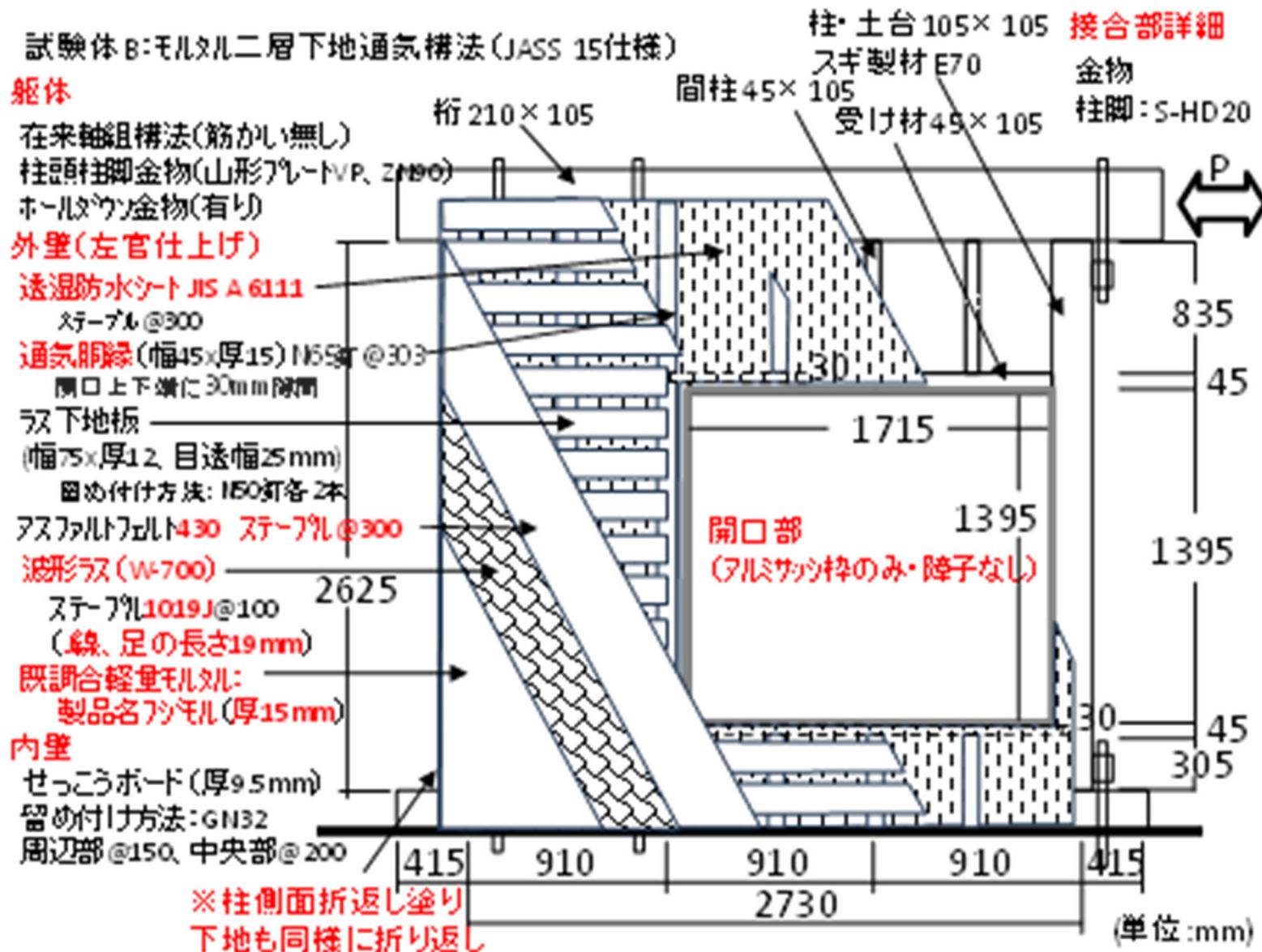


| 被害状況 | ラスモルタル木造 | | ラスモルタル以外の木造 | | | |
|--------|----------|-----------|-------------|---|----|-----|
| | 構造体 | 外壁 | | | | |
| 倒壊 | 層崩壊 | — | 2 | 0 | 2 | 14 |
| 大破 | 傾斜大、一部崩壊 | 下地から落下 | 0 | 0 | 0 | 6 |
| 中破 | 傾斜中～小 | 仕上げ材過半落下 | 3 | 0 | 3 | 6 |
| 小破 | 傾斜わずか | ひび割れ・一部落下 | 7 | 2 | 9 | 15 |
| 軽微・無被害 | 傾斜なし | 軽微なひび割れ | 30 | 2 | 32 | 131 |
| 合計 | | | 42 | 4 | 46 | 172 |

1) 高橋, 2024年能登半島地震におけるラスモルタル外壁の耐震性への寄与, 2024年度日本建築学会大会
 2) 宮村, ラス下地モルタル塗り工法に関する調査研究, 2016年日本建築学会大会

4-2. 外壁モルタルの損傷による防火性能への影響に関する検討 試験体選定

JASS 15仕様では、耐久性向上の為に珉が裏込めしやすい波形珉・通気層・利き足の長いステープルを採用。耐震性についても、珉の軽量化・珉繊維メッシュ伏せこみで、ひび割れの発生を抑制する措置が取られている。

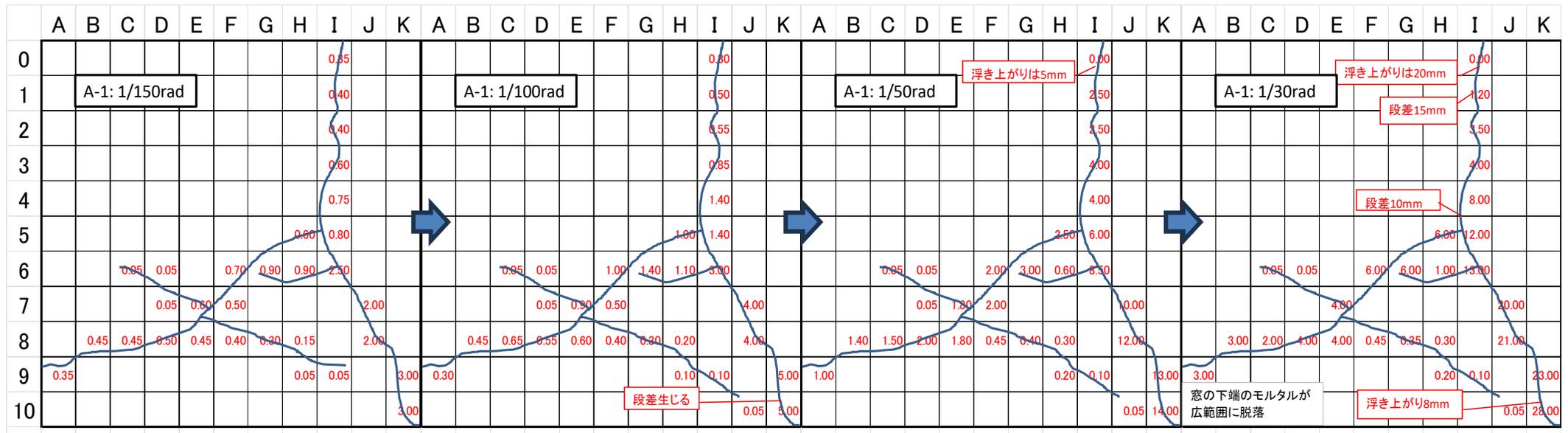


4-3. 外壁モルタルの損傷による防火性能への影響に関する検討 面内せん断試験

地震による被害をパラメータとして、面内せん断試験で4段階の所定の変形角に至るまで、加力を行った。

開口部の隅角部でひび割れが最も多く見られたため、同部より縦横100mm間隔で描いたマス目毎の最大ひび割れ幅を記載

| 試験体 | | クラック計測した変形角 (赤字は最終変形角) |
|------|-------------|--|
| 能登仕様 | A-1 (参考) | 1/450, 1/300, 1/200, 1/150, 1/100, 1/75, 1/50, 1/30 |
| | A-2 | 1/150, 1/100, 1/50 |
| | A-3 | 1/150, 1/100 |
| | A-4 | 1/450, 1/300, 1/200, 1/150 |



変形角が大きくなるほどひび割れの幅が大きくなった。

1/200rad時すでに、試験体上端・左端にまで達するひび割れが生じている。細かいひび割れが少なく、大きなひび割れが局所的に集中。

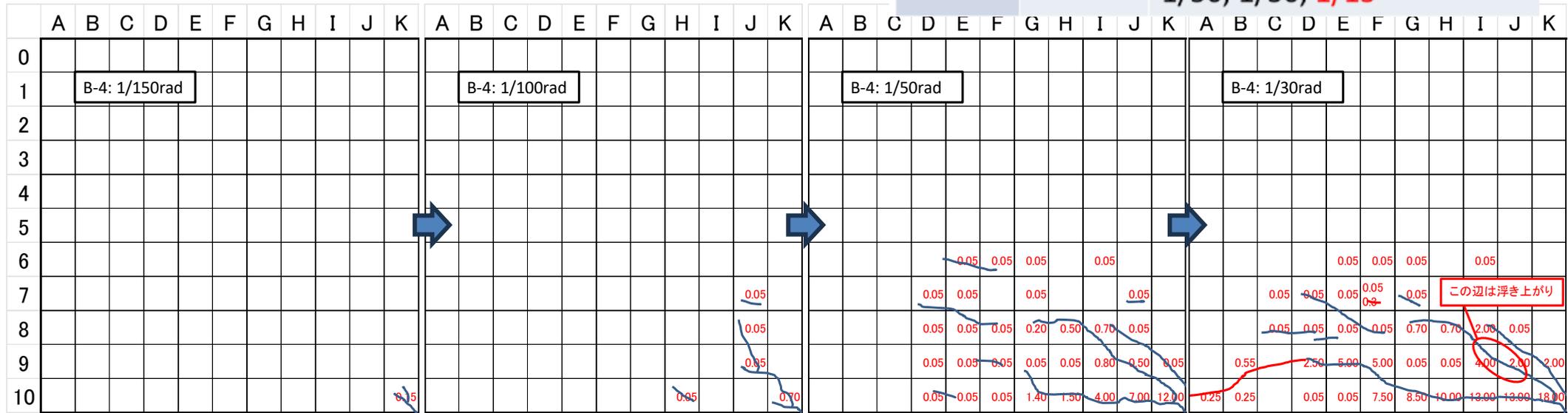
1/30radでは、開口部下端においてモルタルが大規模に脱落。

4-3. 外壁モルタルの損傷による防火性能への影響に関する検討 面内せん断試験

1/150radで、開口部隅角部にわずかに亀裂が入り始めた後、変形角が増すにつれ、同亀裂が成長していくというよりは、周囲に無数に細かい亀裂が入り、次第にそれらがつながっていくような現象が見られた。

1/30radまで変形を大きくすることで、ようやく試験体左端まで亀裂到達。

| 試験体 | | クラック計測した変形角 (赤字は最終変形角) |
|-------------------|-----|---|
| B JASS15 仕様 | B-1 | 1/200, 1/150, 1/100, 1/75, 1/50, 1/30 |
| | B-2 | 1/300, 1/200, 1/150, 1/100, 1/75, 1/50 |
| | B-3 | 1/300, 1/200, 1/150, 1/100 |
| | B-4 | 1/200, 1/150, 1/100, 1/75, 1/50, 1/30, 1/15 |

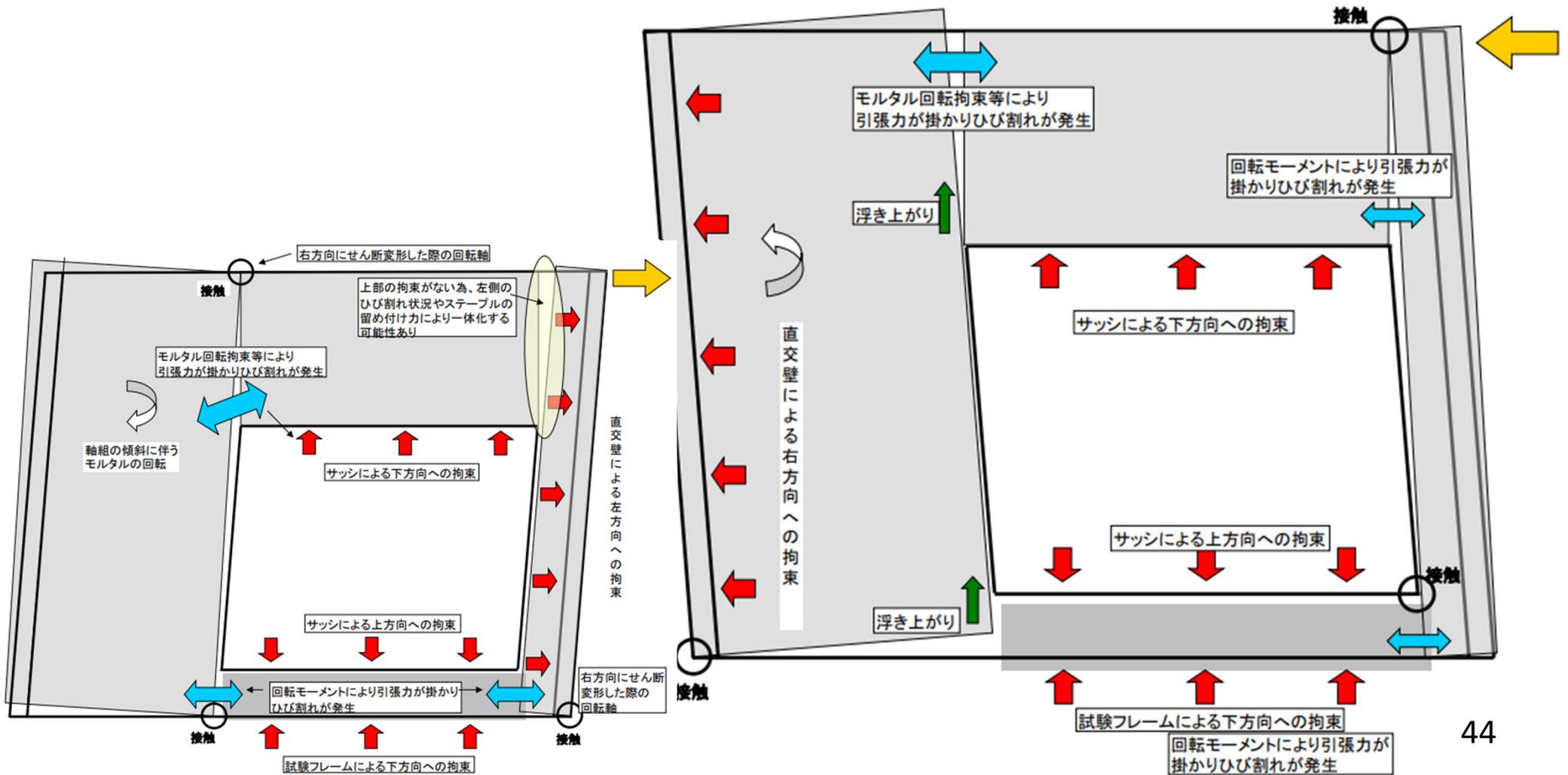


試験体A（能登仕様）：1/150radの変形角時に最大4.5mmの亀裂幅1/100rad時に最大7mm、1/50rad時に最大30mmの亀裂幅が確認された。

試験体B（JASS15仕様）：1/50radの変形角を与えたときであっても、開口部近傍を除いて、最大2mmの亀裂幅。そのため、1/30radまで変形を進めたところ、最大16mmの亀裂幅が確認された。

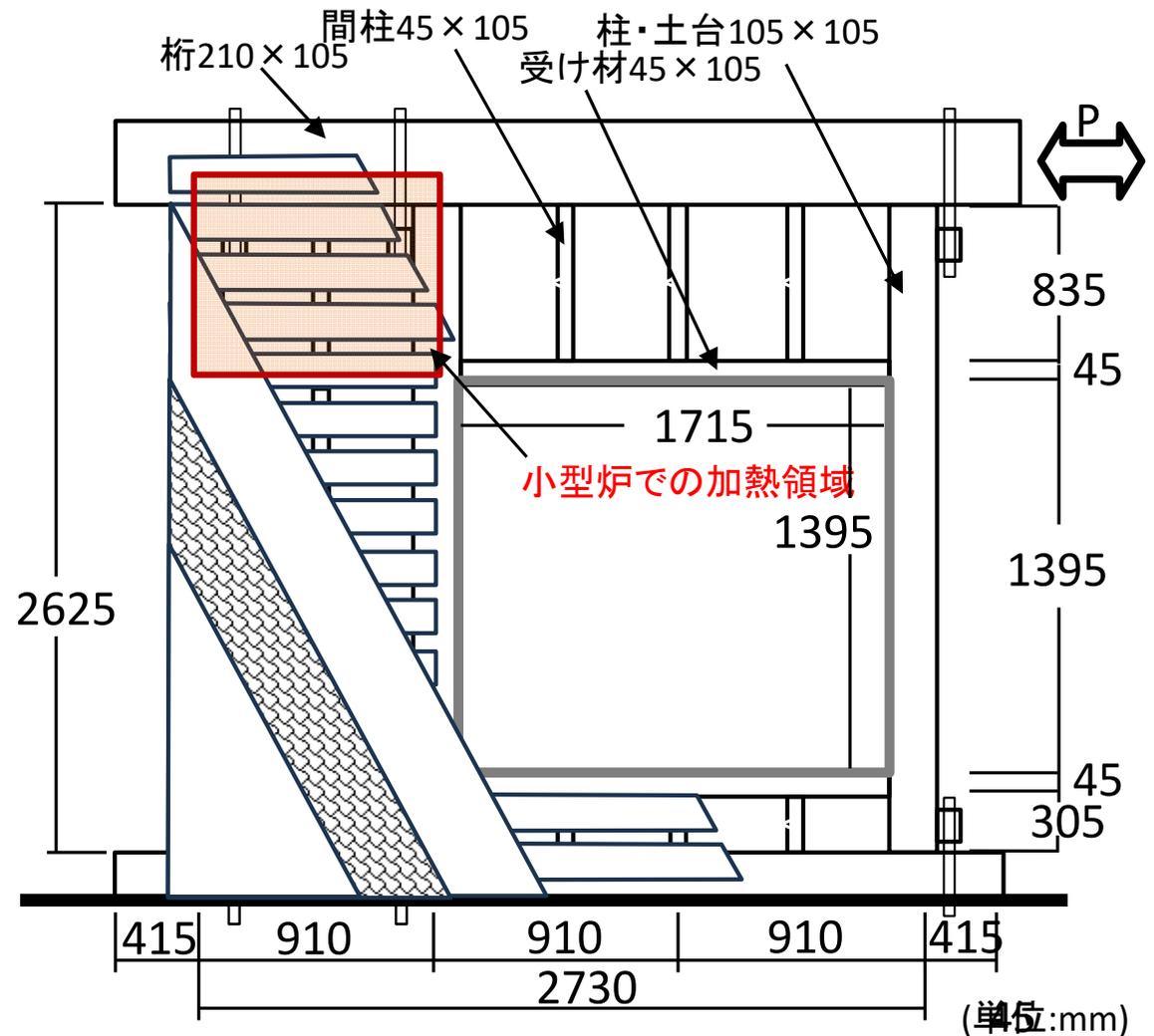
4-3. 外壁モルタルの損傷による防火性能への影響に関する検討 面内せん断試験

モルタルの回転拘束により、右側に傾いた際に、開口部上端の隅角部において、引っ張り力がかかりひび割れが発生する。そして反対の左側に傾いた際には、その上部において引っ張り力がかかるため、ひび割れが鉛直方向に進むと考えられる。



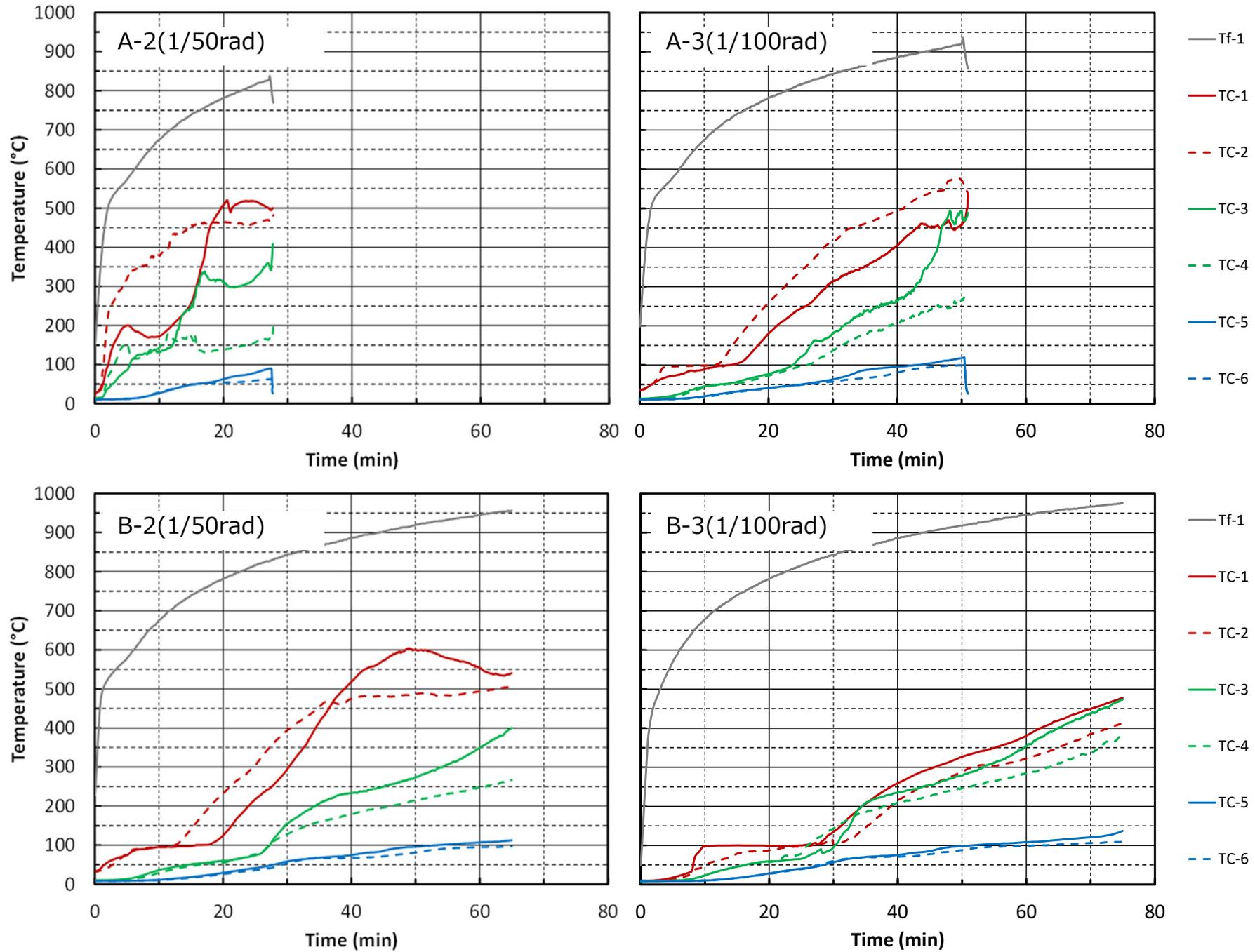
4-4. 外壁モルタルの損傷による防火性能への影響に関する検討 耐火試験

モルタル外壁面を加熱側、せっこうボード面を非加熱側として、ISO834標準加熱曲線に沿った加熱を行った。熱電対は、モルタル外壁面で最も亀裂幅が大きい箇所に合わせて設置。※ただし試験実施上、加熱表面の四周を15cm幅でセラミックウールで覆うため、開口部近傍は加熱できなかった。



| 熱電対番号 | 設置位置 |
|-------|-------------|
| Tf-1 | 加熱温度 |
| TC-1 | モルタル外壁の裏面温度 |
| TC-2 | モルタル外壁の裏面温度 |
| TC-3 | 中空部温度 |
| TC-4 | 中空部温度 |
| TC-5 | 非加熱側表面温度 |
| TC-6 | 非加熱側表面温度 |

4-4. 外壁モルタルの損傷による防火性能への影響に関する検討 耐火試験



4-4. 外壁モルタルの損傷による防火性能への影響に関する検討 耐火試験

| | | A1 | | A2 | | A3 | | A4 | | B1 | | B2 | | B3 | | B4 | |
|----------------------|--------------|------|------|------|------|-------------------------|------|-------|------|----------------|------|-------------------------|------|-------|------|-------------------|------|
| 変形角(rad) | | 1/30 | | 1/50 | | 1/100 | | 1/150 | | 1/30 | | 1/50 | | 1/100 | | 1/15 | |
| 加熱領域の最大亀裂幅(mm) | | 21.0 | 4.0 | 25.0 | 14.0 | 7.0 | 3.0 | 3.5 | 0.25 | 2.5 | 2.0 | 2.0 | 0.05 | 0.2 | 0.0 | 37.0 | 22.0 |
| 260°C 到達時間 (分) | T-1 (モルタル裏面) | 2.8 | | 2.9 | | 20.2 | | 32.9 | | 16.3 | | 17.5 | | 33.8 | | 42.4 | |
| | T-2 (モルタル裏面) | | 20.0 | | 15.1 | | 26.8 | | 35.7 | | 15.3 | | 23.4 | | 38.2 | | 31.3 |
| | T-3 (中空部) | 11.7 | | 15.4 | | 39.8 | | 47.0 | | 37.6 | | 33.2 | | 33.8 | | 35.0 | |
| | T-4 (中空部) | | - | | - | | 48.8 | | 59.7 | | 37.6 | | 42.3 | | 35.5 | | 31.8 |
| 180K到達 時間(分) | 非加熱側表面温度 | 17.5 | - | 19.5 | - | 未達 (126 .5°C) | - | 61.5 | - | 31.0 | - | 未達 (123 .8°C) | - | 74.0 | - | 34.0 | - |
| 備考 | | | | | | | | | | 石膏ボード の浮きあり | | | | | | 37mm亀裂側 は加熱できず | |

変形角に伴い、加熱領域の最大亀裂幅が大きくなるほど、モルタル外壁の裏面温度、中空部温度、非加熱側表面温度のいずれも規定値到達時間が短くなる傾向にある。亀裂幅とモルタル裏面温度の260°C到達時間の関係を見ると、試験体Aでは3mm程度のひび割れまでは、約27~36分とそれほど大きな影響はないと言えるが、それ以上となると4~7mmで約20分と7割程度に、14mmで約15分で約半分、20mmを超えると3分未満と著しい減少がみられる。試験体Bでは、ガラスネットを伏せこむことで、大きな亀裂は発生しないが、細かい亀裂が数多く入ることが影響するのか、1mm程度のひび割れまでが約23~38分と影響のない範囲となり、2~3mmに広がるだけで約15~18分と約半減することが分かった。

4-5. 外壁モルタルの損傷による防火性能への影響に関する検討 Wallstat 検討について

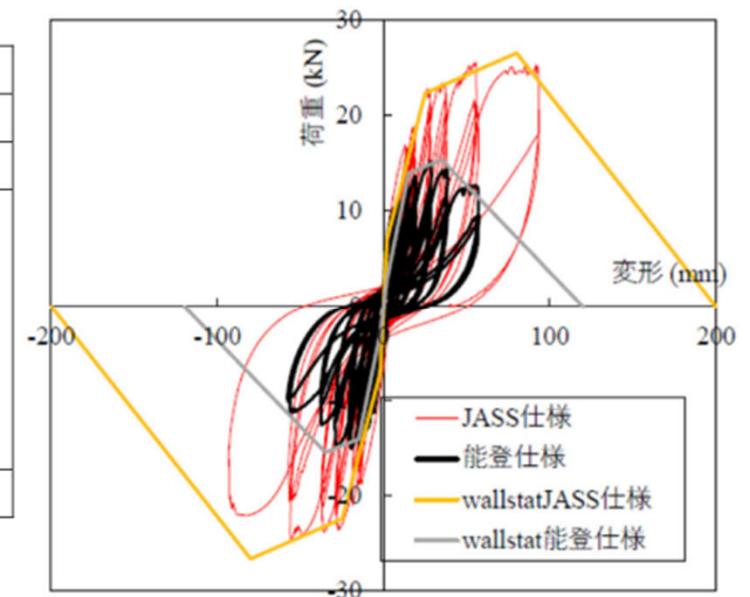
1) 検討方法

令和6年能登半島地震でモルタル外壁の被害を受けた木造家屋の防耐火性能に関する検証の一環として、2種のモルタル外壁仕様の木造家屋の解析モデルを作成し、地震時の変形に関する時刻歴応答解析を行うものである。

2) 解析モデルのケース

表1に示す外壁仕様が異なる2ケースを想定したモデルを作成した。ケースAが「能登仕様」を再現したモデル、ケースBが「JASS15仕様」を想定したもの。解析に利用したパラメーターは加力試験で得た右図。

| | ケースA (能登仕様) | ケースB (JASS15仕様) |
|-----|---|--|
| 構法 | モルタル直張り構法 | モルタル二層下地通気構法 |
| 躯体 | 在来軸組構法 | 在来軸組構法 |
| 屋外側 | ラス下地板 厚さ 12mm アスファルトフェルト 8kg 平ラス 砂モルタル 厚さ 20mm | 透湿防水シート JIS A 6111 通気胴縁 厚さ 15mm ラス下地板 厚さ 12mm アスファルトフェルト 430 波形ラス W-700 既調合軽量モルタル 厚さ 15mm |
| 屋内側 | せっこうボード 厚さ 9.5mm | せっこうボード 厚さ 9.5mm |



4-5. 外壁モルタルの損傷による防火性能への影響に関する検討 Wallstat 検討結果

3) 入力地震動

1. 令和6年能登半島地震（本震）の際に輪島市周辺で観測された地震動
2. 平成12年建設省告示第1461号に定める極めて稀に発生する地震動
3. 1995年兵庫県南部地震の際に神戸海洋気象台で観測された地震動（JMA Kobe 波）

4) 検討パターン

モデル2パターン×仕様2パターン×地震波4パターンで解析を実施

※極稀地震波はX軸・Y軸にて検証

次ページに倒壊状況一覧を示す。

5) 検討結果

Wallstat を活用して 16 パターンの木造建築物の倒壊被害に関する検証を実施した結果、ケース A よりもケース B の方が、耐震性能が高い事が読み取れる。また、仕様の影響もあるが建物形状によって倒壊のしやすさが顕著に表れており、部材性能も大切だが改めて建物形状の重要性を確認する事が出来た。

4-5. 外壁モルタルの損傷による防火性能への影響に関する検討

Wallstat 検討結果

検証ケース別 倒壊状況一覧表

検証地震波①：JMA輪島

※倒壊の定義は1階の梁が地上に最初に接触したタイミング

| モデル | 0.50倍 | 0.65倍 | 0.80倍 | 0.85倍 | 0.90倍 | 1.00倍 | 1.10倍 | 1.20倍 | 1.30倍 | 1.40倍 | 1.60倍 | 1.80倍 |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| A棟_ケースA | 倒壊しない | 倒壊 | - | - |
| A棟_ケースB | - | 倒壊しない | - | 倒壊 | - | 倒壊 | - | 倒壊 | - | 倒壊 | - | - |
| B棟_ケースA | - | 倒壊しない | - | 倒壊しない | - | 倒壊しない | - | 倒壊しない | - | 倒壊 | - | - |
| B棟_ケースB | - | 倒壊しない | - | 倒壊しない | - | 倒壊しない | - | 倒壊しない | - | 倒壊 | - | - |

検証地震波②X：極稀地震 X方向

| モデル | 0.50倍 | 0.65倍 | 0.80倍 | 0.85倍 | 0.90倍 | 1.00倍 | 1.10倍 | 1.20倍 | 1.30倍 | 1.40倍 | 1.60倍 | 1.80倍 | 2.00倍 |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| A棟_ケースA | - | 倒壊しない | - | 倒壊 | - | 倒壊 | - | 倒壊 | - | 倒壊 | - | - | - |
| A棟_ケースB | - | 倒壊しない | - | 倒壊しない | - | 倒壊しない | - | 倒壊 | - | 倒壊 | - | - | - |
| B棟_ケースA | - | 倒壊しない | ほぼ倒壊 | 倒壊 | 倒壊 |
| B棟_ケースB | - | 倒壊しない | 倒壊しない | 倒壊しない | 倒壊 |

検証地震波②Y：極稀地震 Y方向

| モデル | 0.50倍 | 0.65倍 | 0.80倍 | 0.85倍 | 0.90倍 | 1.00倍 | 1.10倍 | 1.20倍 | 1.30倍 | 1.40倍 | 1.60倍 | 1.80倍 | 2.00倍 | 2.20倍 | 2.40倍 | 2.50倍 |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| A棟_ケースA | - | 倒壊しない | 倒壊 | 倒壊 | 倒壊 | - | - | - |
| A棟_ケースB | - | 倒壊しない | 倒壊しない | ほぼ倒壊 | 倒壊 | - | - | - |
| B棟_ケースA | - | 倒壊しない | 倒壊しない | 倒壊しない | 倒壊しない | 倒壊 | 倒壊 | 倒壊 |
| B棟_ケースB | - | 倒壊しない | 倒壊しない | 倒壊しない | 倒壊しない | 倒壊しない | 倒壊 | 倒壊 |

検証地震波③：JMA神戸

| モデル | 0.50倍 | 0.65倍 | 0.80倍 | 0.85倍 | 0.90倍 | 1.00倍 | 1.10倍 | 1.20倍 | 1.30倍 | 1.40倍 | 1.60倍 | 1.80倍 |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| A棟_ケースA | - | 倒壊しない | - | 倒壊しない | - | 倒壊しない | - | 倒壊 | - | 倒壊 | - | - |
| A棟_ケースB | - | 倒壊しない | - | 倒壊しない | - | 倒壊 | - | 倒壊 | - | 倒壊 | - | - |
| B棟_ケースA | - | 倒壊しない | - | 倒壊しない | - | 倒壊しない | - | 倒壊しない | - | 倒壊 | - | - |
| B棟_ケースB | - | 倒壊しない | - | 倒壊しない | - | 倒壊しない | - | 倒壊しない | - | 倒壊 | - | - |

◀検証結果▶

モデルA棟・B棟共にY方向の壁が多い為、極稀地震X方向Y方向の結果からY方向への耐震性が強い結果が得られた。

極稀Y方向の倒壊に関しては、壁が壊れるよりも先に柱が引き抜かれ壊れる結果となった。

概ねの傾向として、ケースAよりケースBの方が耐震性能が高い結果となった。

極稀地震×0.85倍での倒壊はA棟_ケースAのみとなり、建築基準法で想定している地震波での倒壊は規模としては小さい可能性が見受けられた。