

第3章 経年劣化による防火性能低下に関する検討

3.1 目的

建築物の防火対策として、防火材料、耐火材料などの火災に強い材料の使用や、避難や排煙など火災安全性に必要な様々な設備が用いられている。

既存建築物では、これらの材料や設備の長期使用により、材質・形状の変化を起こしたり、機能不全を起こし、初期に期待された防火性能が維持できなくなっていることが危惧される。

本章では、長年使用されてきた既存建築物で防火性能の低下が予想される材料や設備について、その経年劣化の可能性を事前に予測し、その対策について考察するものである。

3.2 材料の経年劣化とは

建築物に利用される材料は、長年にわたる使用と厳しい環境変化にさらされることで徐々に変化し、当初持っていた性質・性能も低下することが経験的に知られている。

このような材料の経年劣化の問題は、材料の耐久性の問題として多くの研究が積み重ねられてきているが、定量的な結果を得るために長年月を要すること、材料がおかれた環境状況によって結果が大きく異ってくること、モデル的に促進試験によってデータが得られても、その結果がどのような実態環境の何年分に相当しているかといった判定がむずかしいことから、明確な解答が得にくい状況にある。

しかしながら、建物の安全性評価に直接係わるコンクリートの中酸化問題や木材の腐朽問題あるいは鉄骨の防錆問題などでは、材料の耐久性評価を組み込んだ設計指針のもとで、構工法規準や設計規準が定められている。

また、このような構造安全性の問題とは別に、仕上材一般についても美観の維持、はくり・はく落の防止、建築条件や環境条件をふまえた材料の選定といった視点から、材料の耐久性を配慮した設計や維持保全の問題が注目され、特に厳しい環境外力にさらされる外壁材料では、材料の選定や取付構法及び施工法にいたるまで、耐久性の確保に注意深い配慮が払われている。

仕上げ材料の劣化現象を観察すると、材料と劣化を促す外力との関係には、物理的劣化と化学的劣化に大きく2分され、それぞれ次のような劣化現象を見ることができる。

1) 物理的劣化

ひびわれ、割れ欠け、はくり、はく落、凍害、変形・へこみ、損耗、反り・曲り、ふくれ・ゆるみ

2) 化学的变化

よごれ、しみ、変退色、白華、表面劣化、腐食、腐朽・虫害

このような仕上げ材料の劣化現象について、その発生形態や原因、関連する材料・工法、発生時期などを対応させて、表 3-1 にまとめて示す。

また表 3-2 には、1980 年代に使用されていた主な仕上材を部位別に示し、それらの材料がそれぞれどのような劣化性状を示す可能性があるか、その発生頻度、劣化の程度、メンテナンスや補修の方法、メンテナンス上の留意点などをまとめて示した。

なお、仕上材料の経年劣化には、構造材料や下地材料の劣化やムーブメントに追従して発生する場合が多いことや、接着剤や接合金物及び、目地材やシーリング材の劣化に影響されて発生する場合も多いことに留意したい。

表 3-1 仕上げ材料の劣化現象と発生形態およびその対策

劣化現象	説明	発生形態	原因	関連のある材料・工法	発生時期	
物理的な形態の劣化現象	ひび割れ	無機系仕上げ材料に発生する。特に乾燥収縮性がある場合に著しい。発生形態・機構・原因とも非常に多様である。	・ 温冷・乾湿ムーブメントの拘束 ・ 地盤または構造の変形・ひび割れ ・ 衝撃力の作用	・ 急激な乾湿・加熱などの環境条件の変化 ・ 材料(下地材・構造材)・工法・取付け方の不良 ・ 地震や重量物の衝突・落下	セメントモルタル塗り・人造石塗り・しっくい塗り・石張り・陶磁器質タイル・石綿セメント板・ALC・複層吹付け材・セメントスタッコ	① 竣工後半年以内 ② 突発的
	割れけ	無機系仕上げ材料の製造時の欠陥の一種である。使用時に発生するものもある。木材の収縮割れもある。	・ 製造時の材料内部の不均一 ・ 乾燥収縮応力の不均一性 ・ 衝撃力の作用	・ 製造不良 ・ 使用時の重量物の衝突 ・ 一般的な乾燥	セメントモルタル塗り・テラゾーブロック・陶磁器質タイル・れんが・石材・ALC・木材	① 竣工時またはそれ以前 ② 竣工後半年以内 ③ 突発的
	剥離	接着によって支持される仕上げ材料の仕上げ破壊で、人命の安全上最も重大な現象である。	・ 温冷・乾湿ムーブメントの拘束 ・ 下地または構造の変形・ひび割れ ・ 凍結融解の作用 ・ 急激な化学的劣化外力の作用	・ 急激な乾湿・温冷などの環境条件の変化 ・ 材料(下地材・構造材)・工法の不良 ・ 地震および衝突・落下 ・ 化学物質の侵食作用 ・ 雨仕舞の不良	セメントモルタル塗り・塗装・人造石塗り・陶磁器質タイル・壁装材・繊維壁・リシン・複層吹付け材・セメントスタッコ・合成樹脂タイル	① 竣工後半年以内 ② 使用時初期 ③ 経年後 ④ 突発的
	落下	比較的重量のある仕上げ材料は、地震時よりもより日常の安全性にも留意する。	同上	・ 急激な乾湿・温冷などの環境条件の変化 ・ 材料(下地材・構造材)・取付け方の不良 ・ 地震および衝突・落下 ・ 化学物質の侵食作用	セメントモルタル塗り・人造石塗り・れんが・陶磁器質タイル・石材・セメントスタッコ・コンクリートブロック・ALC・PCカーテンウォール	① 竣工後半年以内 ② 使用時初期 ③ 経年後 ④ 突発的
	変形	面外曲げ応力・軸方向応力による座屈によって、仕上げ材料が変形・破壊すること。	・ 温冷・乾湿ムーブメントの拘束 ・ 曲げ剛性・強度の不足 ・ 衝撃力の作用	・ 材料・取付け方の不良 ・ 超過荷重 ・ 重量物の衝突・落下 ・ 急激な湿潤・加熱	木質系サイディング・木質系板材・金属板・石綿セメント板	① 竣工後半年以内 ② 突発的
汚損に関する劣化現象	よごれ	空気中または水中の塵埃が仕上げ材に付着して汚損する。材料内部への吸収が少ないので、清掃できる場合が多い。	・ 材料表面への大気中のごみ・油煙の付着 ・ 材料表面への雨水中のごみの付着 ・ 人為的な汚損物質の付着	・ 雨仕舞・外壁設計の不備 ・ 材料表面の状態の不良 ・ 汚損しやすい部位(空調吹き出し口付近・腰壁・床など)の材料の選定不良 ・ 人為的な汚損	セメントモルタル塗り・セメントスタッコ・リシン・繊維壁・壁装材・軽量鉄骨材吹付け	① 使用後初期 ② 経年後
	しみ	吸水性のある仕上げ材料が汚損物質を吸収すると、表面層の改修または全面的改修が必要となる。	・ 大気中のごみ・油煙、その他人為的な汚損物質の材料への吸収	・ 材料の選定不良 ・ 人為的な汚損	木質系板材・繊維板・繊維壁・壁装材・畳	① 竣工後半年以内 ② 突発的
	変退色	有機系仕上げ材料の紫外線による劣化、およびセメントなどアルカリ性材料中の顔料の化学的変化による色調の変化をいう。	・ 有機系仕上げ材料への紫外線の作用 ・ アルカリ物質と顔料との化学反応	・ 仕様環境条件の評価不足 ・ 材料の選定不良	塗装・リシン・複層吹付け材・繊維壁・壁装材・木質系板材・畳・合成樹脂成型板	① 使用後初期 ② 経年後
	白華(エフロレッセンス)	仕上げ材料表面へ仕上げ材料または下地材料に含まれる水溶性塩物が析出されること。可溶性のものと水溶性のものがあり、清掃方法が異なる。	・ 仕上げ材料からの白華(1次白華) ・ 仕上げ材料からの白華(2次白華)	・ 材料・工法の不良 ・ 雨仕舞の不良 ・ 使用環境の急変	セメントモルタル塗り・セメントスタッコ・リシン・複層吹付け材・塗装・陶磁器質タイル・れんが・石材・コンクリートブロック	① 竣工後半年以内 ② 突発的
表面の劣化現象	表面劣化	仕上げ材料の表面が、なんらかの原因により脆弱化すること。	・ 長年の弱い科学的物質の侵食作用 ・ 有機系仕上げ材料への紫外線の作用 ・ 凍結融解の作用	・ 材料の選定不良 ・ 雨仕舞の不良 ・ 使用環境の変化	セメントモルタル塗り・セメントスタッコ・石材・れんが・コンクリートブロック・ALC	① 使用後初期 ② 経年後
	損耗	仕上げ材料の表面が磨耗または溶出し、断面が減少すること。	・ 交通による磨耗作用(床) ・ 流水による磨耗作用(外壁) ・ 水による溶解作用(外壁) ・ 風による磨耗作用(外壁) ・ 触手による磨耗作用(内壁)	・ 材料の選定不良 ・ 雨仕舞の不良 ・ 使用環境の変化	セメントモルタル塗り・テラゾーブロック・リシン・れんが・石材・コンクリートブロック・ALC・陶磁器質タイル・繊維壁・木質系板材・畳・合成樹脂タイル・合成樹脂シート	① 使用後初期 ② 経年後
腐食現象	腐食	主として金属の酸化による材質の脆弱化をいう。	・ 一般的な湿潤環境における腐食 ・ 急激な化学的劣化外力の作用 ・ 電気腐食	・ 材料の選定不良 ・ 加工方法の不良 ・ 雨仕舞細部の不良 ・ 使用環境の変化 ・ 通電や異種金属との接触	鋼製サイディング アルミサイディング	① 使用後初期 ② 経年後
	腐虫	主として有機系材料の経年的な、または虫食いによる材質の脆弱化をいう。	・ 一般的な湿潤環境下の腐朽 ・ 湿潤な環境下の腐朽 ・ アルカリ物質との接触による腐朽 ・ 虫食いによる組織破壊	・ 材料の選定不良 ・ 雨仕舞細部の不良 ・ 使用環境の変化	木質系板材 畳・じゅうたん	① 使用後初期 ② 経年後

出典「内外装材のメンテナンスの仕方」(特集 防・耐火性能カルテ)
1980年「建築文化」臨時増刊号 彰国社

表 3-2 部位別仕上げ材料の劣化性状とその対策 (一部抜粋)

部 位	劣化性状	よごれ	しみ	変退	白華	虫害	腐食	表面劣化	浮き	反り	ふくれ	さず	破れ	割れ	へこみ	ひび	メンテナンス上の留意点
仕上げ材																	
外壁	セメントモルタル塗り セメントモルタル吹付け 人造石塗り	○ B11	△	△	○ B12			△	◎ A43 B53			△	○ A43	○ A43		◎ A43 B53	外装仕上げ中最もひび割れを生じやすい。 施工に熟練を要し、良い施工がメンテナンスの 手間を小さくする。
屋根	ルーフィング 押えモルタル	○	△	△				△	◎ A43 B53		○ A43		○ B43	△		○ A43 B53	ルーフィング立上がり部・笠石下部に、漏水の 原因となる欠陥が生じやすい。 目地部分の劣化に注意する。
床	セメントモルタル塗り 人造石塗り	◎ A12 B13	△	△				△	○ A43 B53			○ A21 B43	○ A31 B43	○ B43		△	下地の乾燥収縮によってひび割れを生じる。出 隅部にも欠けを生じやすい。 防水上、衛生上、美観上から判断する。
内装	化粧石膏ボード 化粧石綿セメント版	△		△		△		○ A42 B41									反り・割れの事例も多い。 湿分に弱いので注意する。止付け金物が腐食 している場合は、板も吸湿していることが多い。

発生頻度

◎:頻繁に発生 ○:ときどき発生 △:まれに発生

劣化の程度

A:軽い B:重い

メンテナンスの方法

- 1.清掃
- 11:掃除機などによるほこり・ごみの除去
- 12:雑きん・水洗いなどによる付着物の除去
- 13:潜任・薬剤などによる付着物の除去

- 2.表面保護材の塗布
- 21:フックスがけ
- 22:防かび剤の塗布
- 23:塗装

- 3.表面仕上げ層の補修
- 31:欠陥部の部分削除・補修
- 32:上塗り・吹付け
- 33:表面剤の交換補修

- 4.材料の補修
- 41:ユニットの交換・補修
- 42:ジョイント部の部分補強・補修
- 43:材料の削除・補修

- 5.材料の全面改修
- 51:ユニットの全面改修
- 52:ジョイント部の全面改修
- 53:材料の全面削除・改修

出典「内外装材のメンテナンスの仕方」(特集 防・耐火性能カルテ)

3.3 材料の防火性能の意味

内装制限における防火材料の役割としては、出火防止や初期の火炎拡大を押さえること、フラッシュオーバーまでの時間を長くし、避難時間をかせぐことがあげられる。

一方、防火構造や耐火構造は、延焼防止と構造部材の温度上昇を防ぐ遮熱性が大きな目的となる。

防火材料には防火性能の高いものから、不燃材料、準不燃材料、難燃材料の区分があり、それぞれ次のような性能が期待されている。

A：不燃材料

セメント系や金属系など無機質系材料で、燃焼を起こさず、防火上有害な変形、溶融、ひびわれ、その他の損傷を生じないもので、かつ防火上有害な煙またはガスを発生しない材料。

B：準不燃材料

木毛セメント板、石膏ボードなど有機質材料を融合した無機質系材料で、通常の火災時の火熱に対してほとんど燃焼せず、かつ発煙量がきわめてわずかであり、防火上有害な損傷が生じない材料。

C：難燃材料

難燃合板、難燃プラスチック板など、難燃処理した有機質系材料で、火災初期の燃焼現象が少なく、避難行動を妨げる大量の発煙や防火上有害な損傷を生じない材料。

それぞれの性能ごとに材料が告示により定められているほか、さらに個別または通則で防火材料等を国土交通大臣が認定している。

3.4 防火材料の経年劣化

一般にどのような建築材料であれ、長年月の使用により何らかの経年劣化を生じることは避けられない。

防火材料も、何らかの物理的劣化、化学的劣化を生じるが、特に問題となるのは、経年劣化により防火材料として期待されていた次のような性能の低下があるかないかである。

- | | | |
|-----------|---|---------|
| 1) 発火しない | → | 発火する |
| 2) 発煙しない | → | 発煙する |
| 3) 延焼しない | → | 延焼する |
| 4) 火炎の遮断 | → | 火炎の透過 |
| 5) 煙の遮断 | → | 煙の透過 |
| 6) 発ガスしない | → | 発ガスする |
| 7) 発泡断熱する | → | 発泡断熱しない |

防火材料の経年劣化には、主材の変質・劣化の他、含浸している薬剤・発泡材の変質劣化、及び関連して用いられる接着剤の変質強度低下、接合金物の腐食強度低下などに見られる化学的劣化を原因とする場合もあるが、上記性能低下をもたらす要因として注目すべき原因としては、予想外の物理的外力たとえば、地盤の不同沈下、地震による変形・ひび割れ、温冷熱ムーブメントによるはくり落下、乾湿ムーブメントによるはくり落下、部材のクリープ、座屈、下地パネルの変形、目地割れ、荷物移動時などの人為的な衝撃力によるわれ、施工ミスによるひびわれなどがある。

このように構造躯体の変形やムーブメント力、施工不良の影響などによる防火材料の性能劣化は、建物の個別性による所が大きく防火材料の一般的傾向とは言いがたい。

しかしながら防火性能の低下に及ぼす影響は大きいため、普段からの日常点検により、ひびわれや欠け、はくりなどの異常を早期に発見し、修復しておくことが求められる。

3.5 経年劣化と防火性への影響

(1) 間仕切壁

防火設計上、間仕切り壁で問題となるのは、防火材料が使用され、正しく機能しているか否か、及び避難に当って遮煙、遮熱機能が働いているか否かである。

A：防火材料の使用

防火材料が使用されていても、経年劣化により防火性能が発揮されない恐れがあると問題となる。有機系材料に難燃薬剤を含浸させたものでは、薬剤効力が維持されているか否かの判定ができない。長年の使用で機能低下が危惧されるのであれば確認のためのサンプル試験を行うことも1つの方法である。

また、防火材料が使用されていても1部が破損していたり、目地切れを起こしている場合は、下地材・構造材に対する防火性が担保されないことになる。構造材の変形やムーブメントによる変形には注意が必要となる。

B：遮煙、遮熱機能の維持

防火材料のひびわれ、目地切れ、接着層のはくり、間仕切パネルのジョイントの開きなど、地震による層間変形、使用上の瑕疵などによる破損ですき間が生じると、十分な遮煙、遮熱機能が維持されないことになる。

(2) 外壁・屋根

外壁材や屋根材は様々な劣化外力を受け、長年の使用で大きな材質・形状の変化が生じることがある。火災安全性からは外からの延焼防止性が問われるが、ひび割れ・はく落、目地割れによる下地材、構造材への影響が問題となるため、定期的点検、補修に留意する。

(3) 扉

防火設計上、扉の経年劣化が問題となるのは、間仕切壁と同様の防火・遮熱性の維持と、開閉作動性の2点があげられる。特に扉枠のゆがみ、丁番のゆるみ、錆による開閉不良がここでは問題となる。

A：扉枠のゆがみ

構造躯体のムーブメントにより扉枠に何らかのゆがみが生じると扉と枠の間にすきまが生じたり、扉の開閉がスムーズに行かなくなる恐れがある。すべての扉を普段から使用しているとは限らず、火災避難時になって始めて開閉の不具合がわかるといったことのないよう事前のチェックが必要である。また、すきまが生じていると遮煙・遮熱機能にも大きな影響を及ぼすことになる。

B：丁番のゆるみ、錆

丁番には金属が用いられており、何万回も頻繁に開閉に供されている扉では、丁番の摩耗やビスのゆるみが生じ、開閉不全を起こすことがある。また海ぞいの建物や工場地帯の建物では錆が発生しやすく、普段あまり使わない扉では錆による開閉不全が生じる恐れがある。

(4) 耐火被覆材のはく落

耐火被覆材は、吹付けアスベストが禁止されたあと、吹付けロックウールが主に使われてきた。また成型板も多く使われ、近年では形状追随性の良いマット状のものも使われるようになってきた。

A：吹付けロックウール

吹付けロックウールのはく落は主に施工不良によることが多く、竣工後1～2年で発生するとみられる。原因としては鉄骨の微振動等により、耐火被覆材との間に肌わかれが生じ、竣工後の乾燥収縮によりひび割れ・はく落することになる。

B：耐火被覆板

ロックウール成型板を鉄骨に取付ける場合、耐火接着剤として水ガラス系の無機系接着剤を用いる。成型板のはく落事故も竣工後短期間で発生することが多いが、複雑な鉄骨形状のため付着面が十分確保できない場合のほか、水ガラス系接着剤の収縮ひびわれも大きな要因とみられている。

C：吹付けアスベストの封じ込め工法

吹付けアスベストは1971年に全面禁止になってからすでに35年が経過している。建物利用者へのアスベスト禍を避けるため、吹付けアスベスト及び、初期のアスベストを含む吹付けロックウール耐火被覆は、除去又は封じ込めなどの適切な対策を施すことが求められている。

我国の吹付けアスベスト工法は米国の2倍以上となる30%のセメントを含んでいるため、アスベスト繊維の飛散の危険は少ないが、封じ込め工法ではさらに浸透性のある固化剤を吹付けることで徹底した飛散の防止をはかっている。

(5) 防火関連設備機材の経年劣化

防火関連の設備機材には、消防上から要求される設備機材もあり大小各種様々のものがある。これらの設備機材の耐久性については、無数の部品から構成されているため、普段の点検を行っていたとしても、故障しやすいことが懸念される。

特に可動部を持つ設備機材では、錆による機能不全が生じやすく、火災時に十分な機能を発揮できない恐れがある。また、スプリンクラーなど事前に機能確認点検ができないものもあり問題といえよう。

設備機材の今1つの問題は、数10年後に機能不全が確認できたとしても、修理に要する交換部品が生産中止で手当てできない場合もあり、全面交換を求められるケースが多いことである。このことが逆に設備機材の機能維持に向けての努力を避ける風潮を生み出し、防火対策の低下をまねくことが危惧される。

火災があって始めて作動する防火関連設備機材は、できるだけ単純な機構を持ったものとし、作動点検が容易で、部品の共通化、交換の容易性を担保したものが望まれる。

3.6 経年劣化に対する対策

建築の内外装材の経年劣化は、変退色、よごれなど主に美観上の視点から注目されることが多い。通常、目視観察による点検が行なわれていれば、防火安全性が問われる程の経年劣化が発生する以前に、多くの場合は美観上の理由から早めに補修・改修されることになる。逆に改修により美観が回復されたあとでは、防火安全性上有害なひび割れ、目地割れを見逃しやすくなるので注意したい。

扉や設備機材では、経年劣化として金属の腐食による機能不全が生じる恐れがある。機械的な作動チェックや電気系統の絶縁不良のチェックも定期的に行っておく必要がある。防火関係、消防関係の設備機材は火災があつて始めて機能するものが多いので、特に定期的チェックは欠かせない。

なお、補修・改修時には、防火基準を下まわる材料や設備機材が使われないよう注意しなければならない。