

既存鉄筋コンクリート造建築物の 調査・診断・余命予測・補修の現状

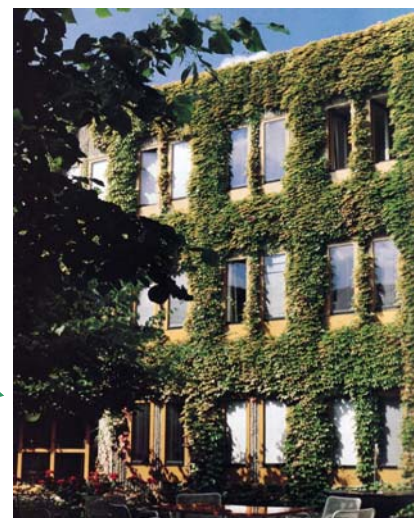
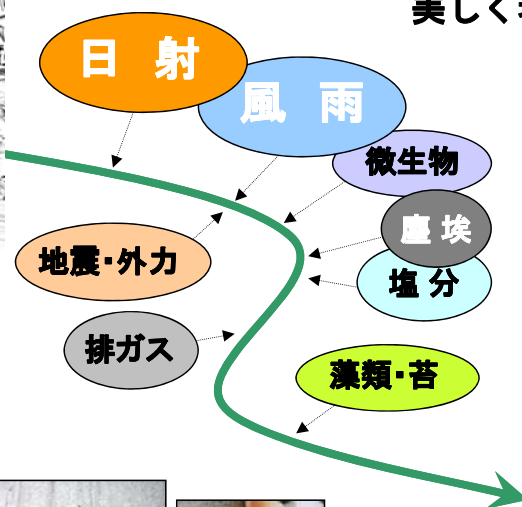
野口貴文(東京大学)

建築の一生と建築設計



長期間に渡り様々な劣化因子に曝されることで
建築物は加齢してゆく

設計・材料選定・維持保全を適切に行うことで
美しく老化させることができるか



建築物の長寿命化の背景

- 建設行為
 - 大量の資源・エネルギー消費による地球温暖化物質・環境汚染物質の排出
 - 景観・生態系の破壊
- 構造物の解体
 - 大量の廃棄物の発生
- 平均寿命
 - 鉄筋コンクリート造事務所 38年
 - 鉄骨造事務所 29年
 - 木造住宅 40年
- 1997年 日本建築学会「会長声明」
 - 建築物の寿命を3倍に延伸
- 環境対策としての建築物の長寿命化



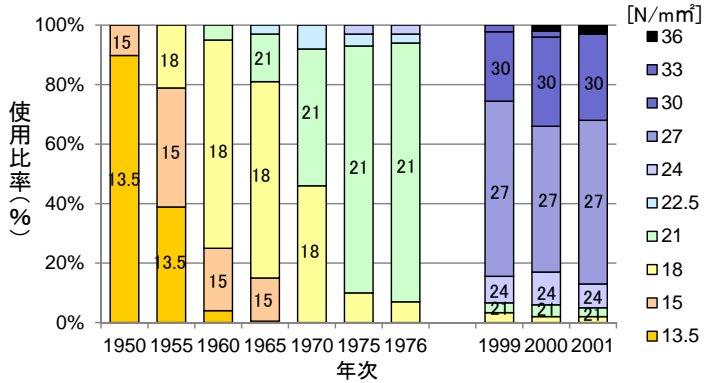
長寿命化のための施策

- 2000年 「住宅の品質確保の促進等に関する法律」
 - 住宅性能表示制度
 - 劣化対策等級(3世代以上、2世代以上、2世代未満)
- 2009年 「長期優良住宅の普及の促進に関する法律」
 - 更なる長寿命化(寿命200年想定)
- 構造安全性・火災安全性などに匹敵する重要性能としての耐久性の概念化・指標化

既存鉄筋コンクリート造建築物の初期性能に関する課題

- ・鉄筋コンクリート造建築物は、建築時期によってコンクリート強度の設定が違い、古いものでは、間取りの変更や設備の更新を見据えていないものが多い。
- ・建設時の初期性能が違うことに留意して、建築物を活用することが課題。

コンクリートの設計基準強度の年次別使用比率



※東京都に建築された建築物に使用された設計基準強度の推移

(出典: 構造体コンクリートの品質に関する研究の動向と問題点、日本建築学会、2008年 元を元作成)

同潤会アパートにおけるコンクリートの状況



建物出隅部でのコンクリート剥落・鉄筋露出

外壁劣化状況 (1934年竣工)

	コンクリートの圧縮強度 [N/mm ²]			
	最小値	最大値	平均値	標準偏差
大塚	15.3	45.7	28.9	9.2
青山	18.7	41.7	31.9	6.3
江戸川	20.2	39.7	29.1	6.1

- ・上表のとおり、コア調査の結果、コンクリートの圧縮強度の低下は見られない。
- ・建物出隅部等では、コンクリートが剥落し、鉄筋の露出がみられる。
- ・コンクリートの密実な部分の中性化は、現在のコンクリートと同程度の進行状況。

写真: 江戸川アパート

(出典: 古賀一八ほか、同潤会アパートの施工技術に関する調査研究、2004年)

経年によりコンクリートが剥離し、外壁面の鉄筋が露出している事例



外壁面の鉄筋露出

窓下の鉄筋露出

(1956年竣工、設計基準強度18N/mm²、計画修繕が行われていない物件)

排水立管を住宅専用部内のコンクリートダクト内に設置した事例



排水立管

排気ダクト

通気管

更新時にはブロック壁を撤去し、配管を更新する必要

(1975年竣工、築36年の設備更新)

イメージ

本ページは、国土交通省「持続可能社会における既存ストックの再生に向けた勉強会」の資料「共同住宅ストック再生のための技術の概要(耐久性・耐用性)」を元作成

既存鉄筋コンクリート造建築物の経年劣化による課題

- ・鉄筋コンクリート造の建築物は、経年により外壁にひび割れなどが生じ、その影響が鉄筋コンクリート躯体内部に至り、構造耐力が低下する。
- ・建築物を維持するために、経年劣化を適切に補修することが課題。

経年によるコンクリート中性化※の進行と改修方法

※コンクリートの劣化現象のひとつ

中性化が鉄筋位置に至らない状態で、外壁の一部にひび割れが見られる段階



注入工法による補修

中性化が少数の鉄筋位置に至り、外壁の一部にさび汁を伴うひび割れが見られる段階



表面被覆工法による補修

中性化が多数の鉄筋位置に至り、外壁の各所でコンクリートが剥落し、鉄筋が露出している段階



断面修復工法による補修

経年によるコンクリート中性化の進行にともない、ひび割れ・鉄筋腐食・コンクリート剥落等の補修範囲は広くなり、改修費用も高額になる。

適切な診断・改修の実施の有無による補修後の劣化状況の差異

<悪い事例>



劣化原因に対する配慮が十分でなく、短期間のうちに再劣化した例

差異



定期点検による外壁のひび割れ確認と原因の特定

15年経過

<良い事例>



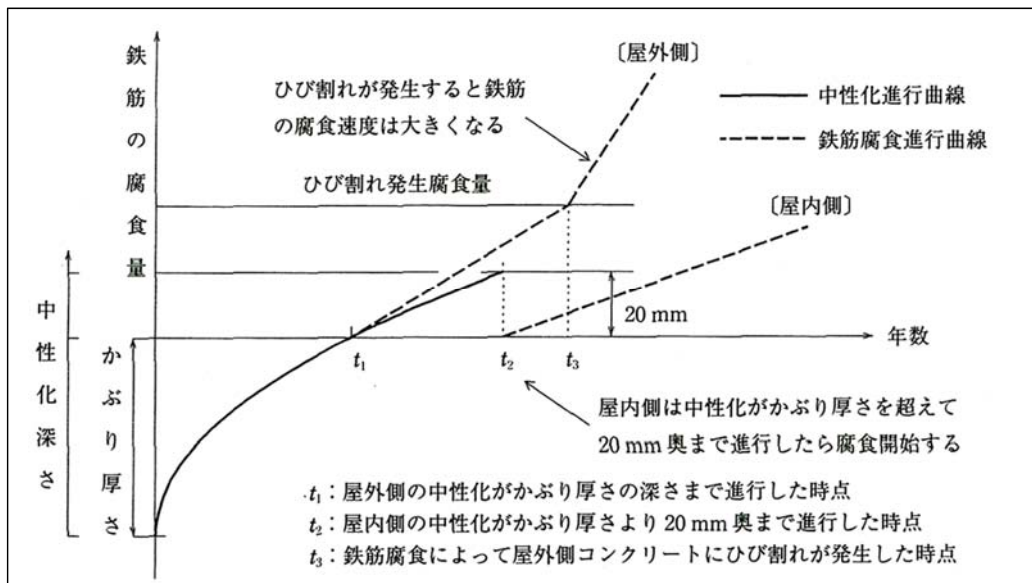
ひび割れ補修と弾性エポキシ塗装による改修により、15年経過後もひび割れの発生なし

本ページは、国土交通省「持続可能社会における既存ストックの再生に向けた勉強会」の資料「共同住宅ストック再生のための技術の概要(耐久性・耐用性)」を元作成

鉄筋コンクリート造建築物の経年劣化の進行

建物躯体の経年劣化を放置すれば、いずれコンクリート中性化や鉄筋腐食が進行し、構造耐力の低下につながる。このため、建築物の構造躯体が適切に保護されるよう、外壁や構造躯体を修繕することが求められる。

コンクリートの中性化と鉄筋腐食の関係

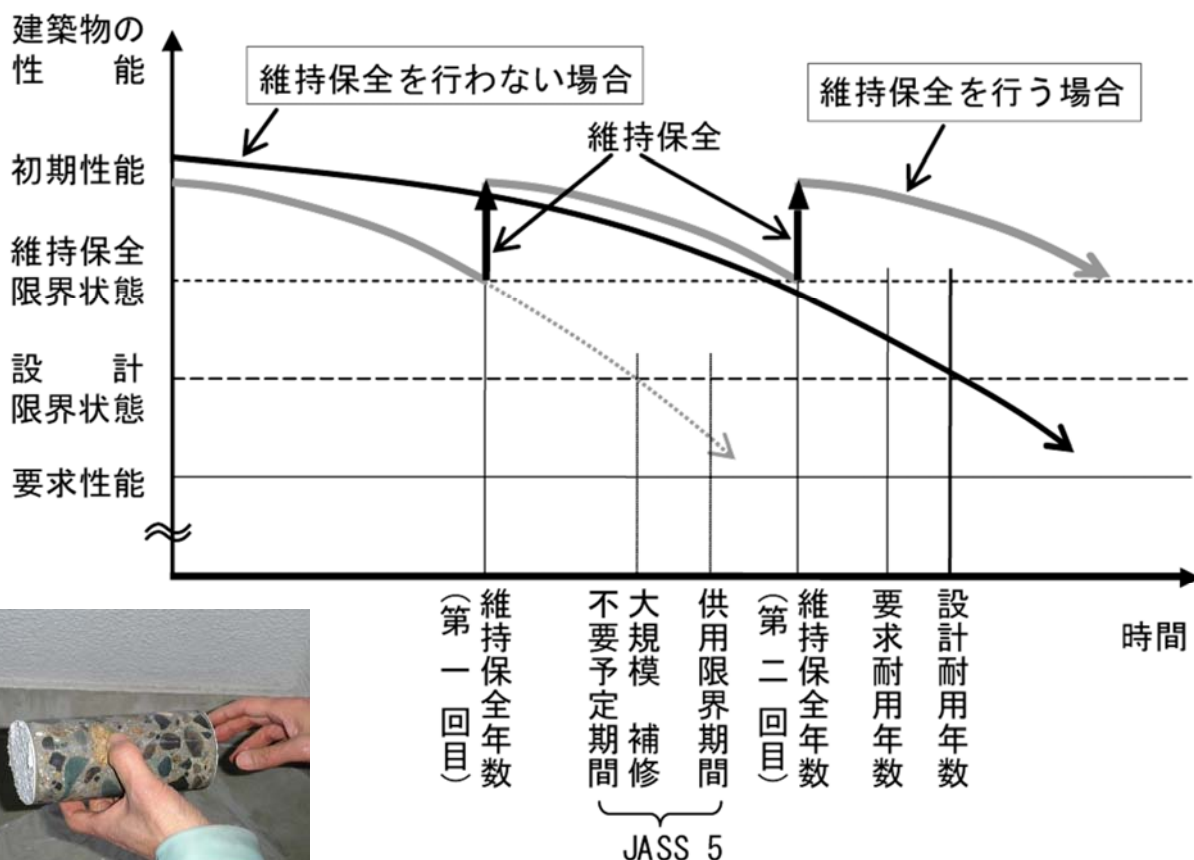


- ・経年により、鉄筋の位置までコンクリートの中性化が進行すると鉄筋が腐食を始め、やがてかぶりコンクリートに鉄筋の位置に沿ったひび割れが発生する。
- ・ひび割れが発生すると、屋外側の鉄筋の腐食速度は大きくなり劣化が急速に進行する。

【出典】建築工事標準仕様書・同解説 JASS5 鉄筋コンクリート工事(2009), 日本建築学会

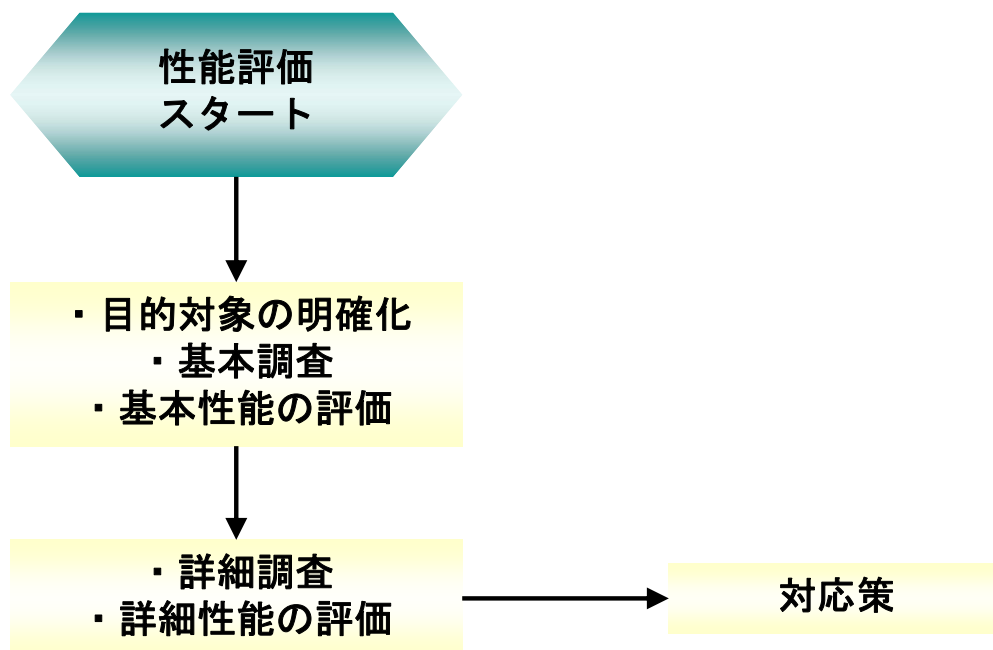
本ページは、国土交通省「持続可能社会における既存ストックの再生に向けた勉強会」の資料「共同住宅ストック再生のための技術の概要(耐久性・耐用性)」を元に作成

耐久設計と保守・点検・補修・改修



- 法的に適正な長寿命建築物の確保
 - 建築物の現状・保有性能の評価
 - 建築物の状態(劣化の程度)を調査
 - 調査結果に基づく保有性能の推定
 - 保有性能が要求性能を満足しているかどうかを診断
 - 評価結果に基づく措置
 - 継続使用
 - 補修
 - 補強
 - 改修
 - 解体
- 調査・診断業務の標準化の必要性
 - JASSと同等の仕様書
 - 調査・診断検討小委員会

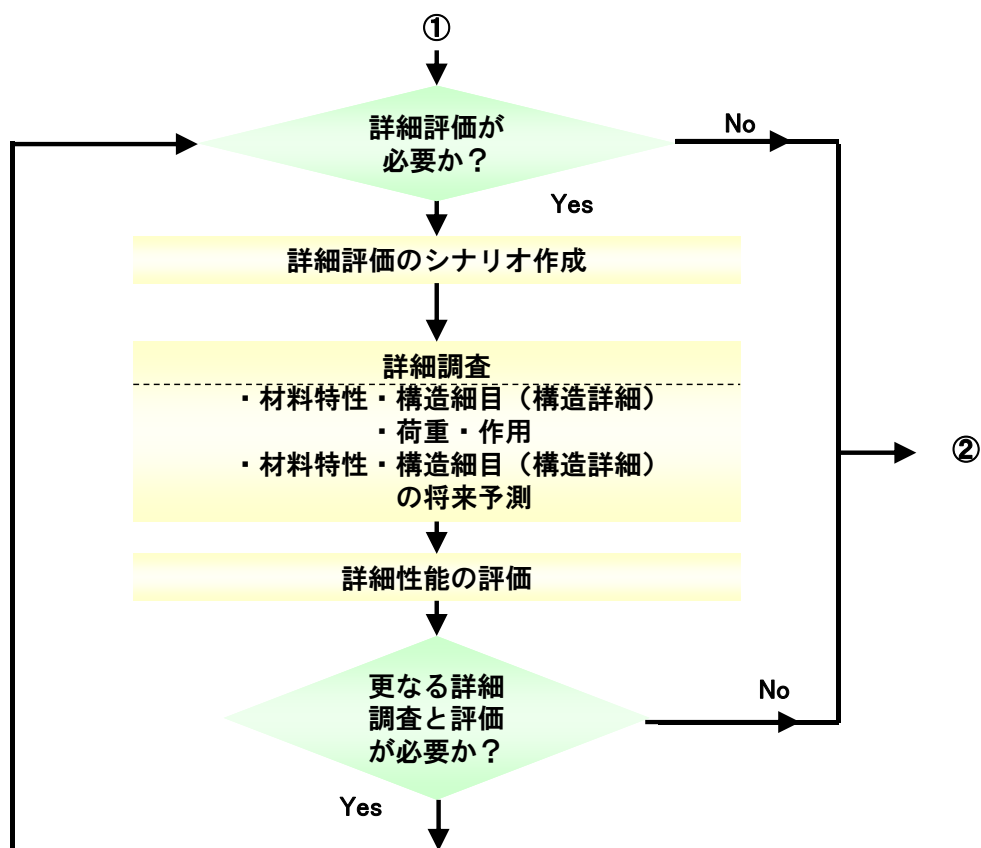
- 日本建築学会
 - 建築物の改修の考え方・同解説
 - 建築物の調査・診断指針(案)・同解説(旧:建築物の調査・劣化診断・修繕の考え方(案)・同解説)
 - 鉄筋コンクリート造建築物の耐久性調査・診断および補修指針(案)・同解説
 - 鉄筋コンクリート造建築物の品質管理および維持管理のための試験方法
 - 原子力施設における建築物の維持管理指針
- 日本コンクリート工学会
 - ひび割れ調査、補修・補強指針
 - 既存コンクリート構造物の性能評価指針(案)



基本調査段階

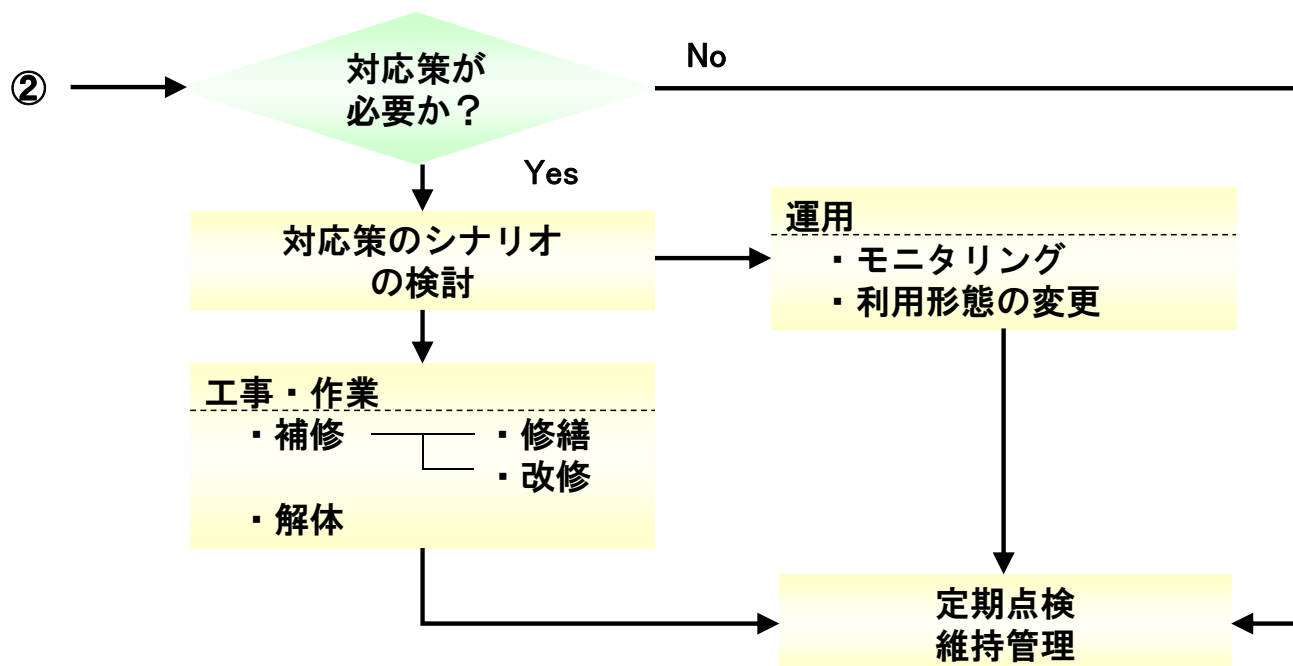


詳細調査段階



12

対応策段階



13

(1) 現状での構造物の性能(現状性能)

1) 構造安全性

2) 使用性

3) 日常安全性・第三者影響度

(2) 構造物の将来における性能(将来性能)

「耐久性能」

調査項目の例

書類調査

- － 設計図書(仕様書、図面)
- － 施工記録
- － 維持管理記録
- － 補修・補強記録

外観調査

- － 目視(デジタルカメラ)
- － たたき・打音(はく離、浮きなど)
- － 寸法測定(ひび割れ、はく落など)

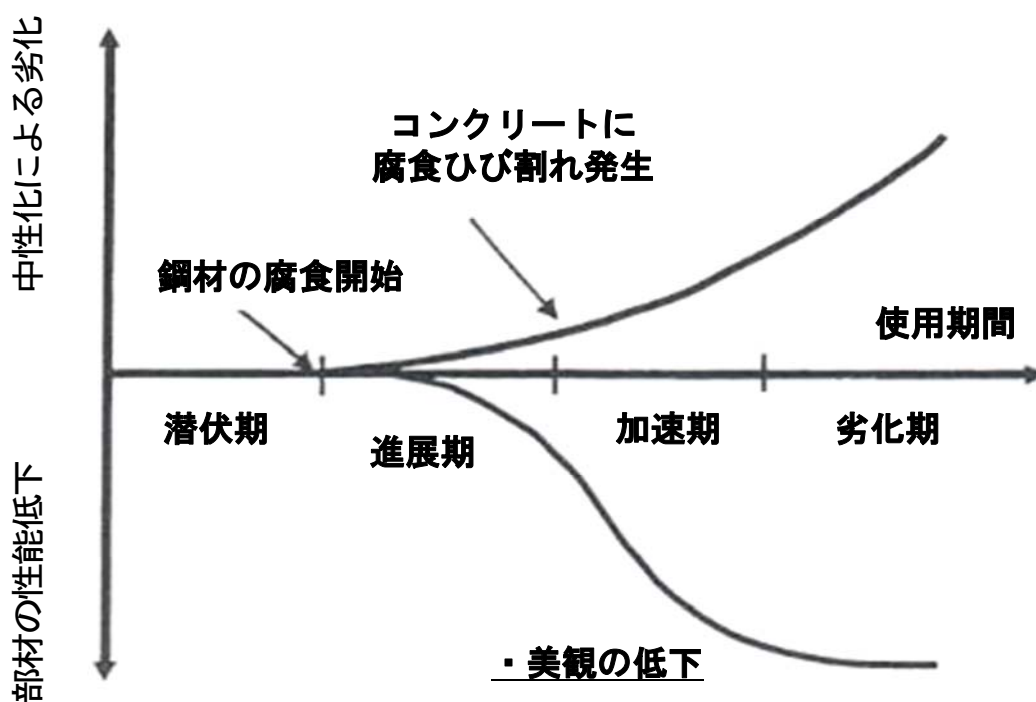
調査より得られる情報と建築物の性能との関係

性能	書類調査
安全性 使用性	<ul style="list-style-type: none"> ・竣工時の性能・メンテナンス記録 寸法、形状、配筋、材料強度 (コンクリート、鉄筋) ・荷重・作用 設計荷重、作用荷重
耐久性	<ul style="list-style-type: none"> ・竣工時の性能・メンテナンス記録 かぶり厚さ、コンクリートの強度、 コンクリートの材料・配(調)合、 竣工後の年数 ・荷重・作用 温度、湿度、海岸線からの距離 降雨・湿分条件

性能	外観調査
安全性 使用性	<ul style="list-style-type: none"> ・劣化・損傷 ひび割れ、たわみ、沈下、 傾斜、はく離・はく落
耐久性	<ul style="list-style-type: none"> ・劣化・損傷 ひび割れ、はく離・はく落、 錆び汚れ、スケーリング、 ゲル析出、変色

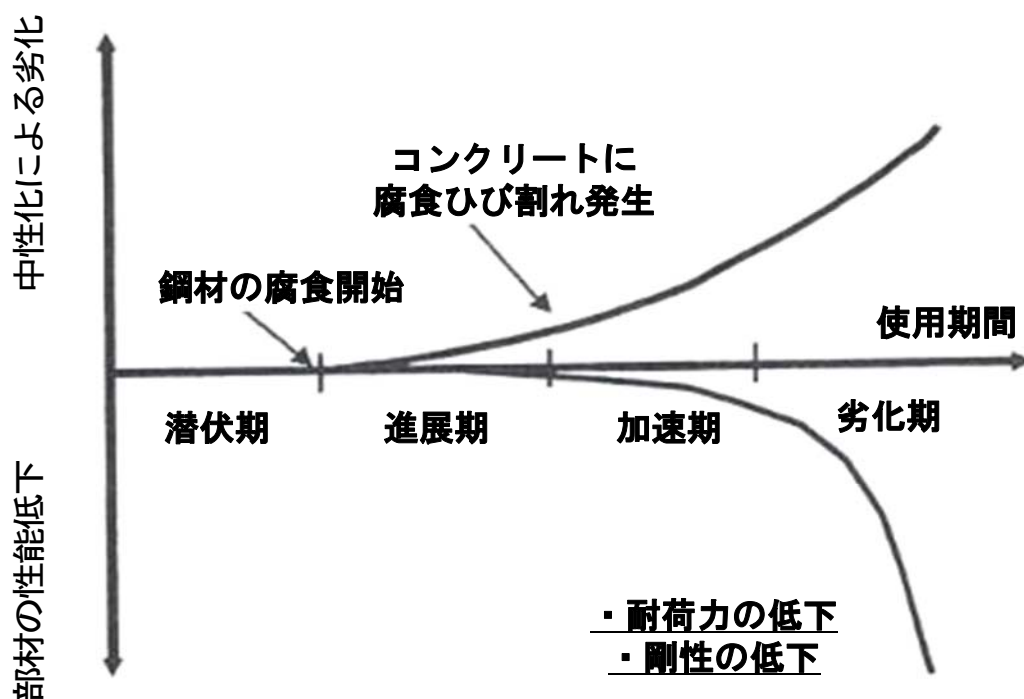
16

劣化と性能低下との関係(美観・景観に着目した場合)

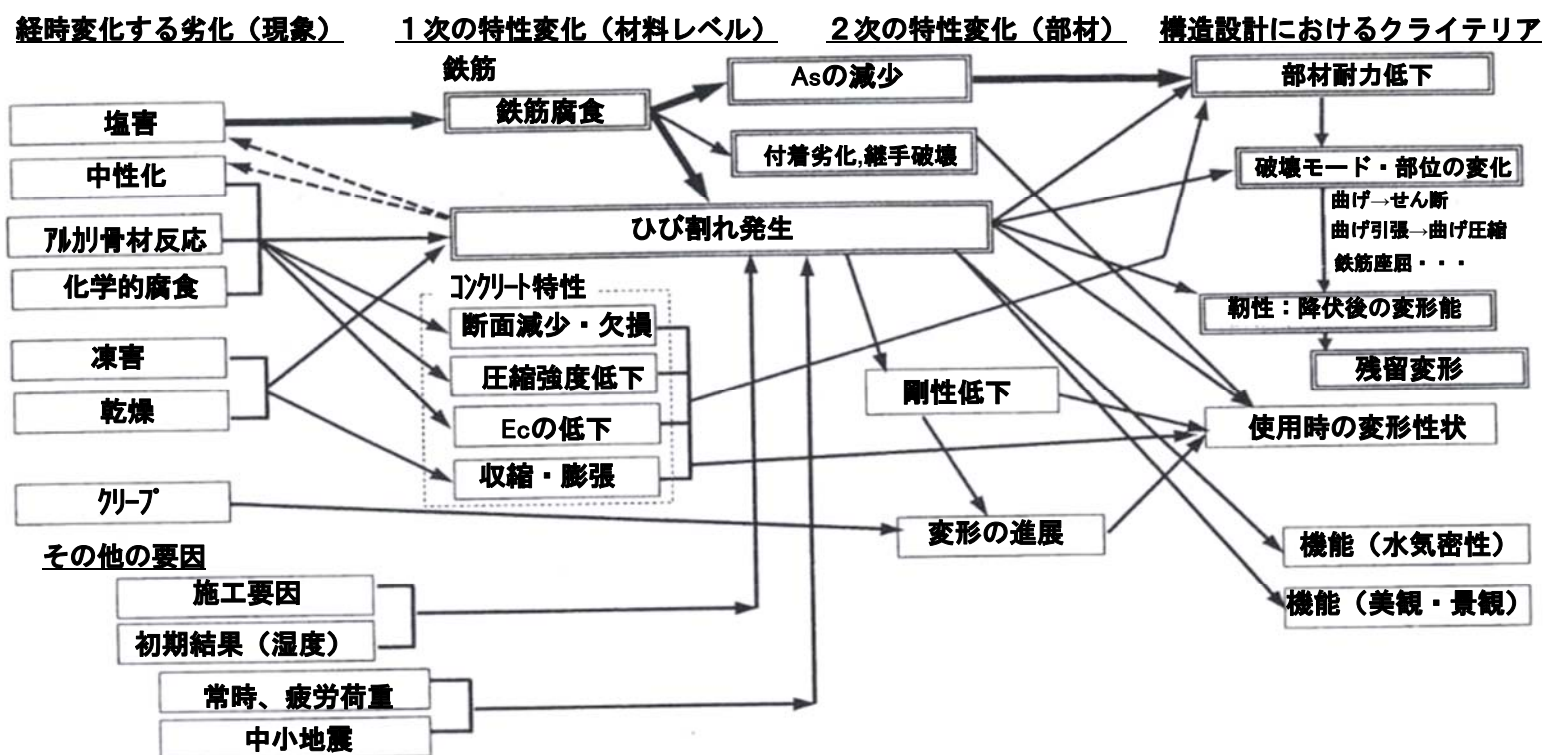


17

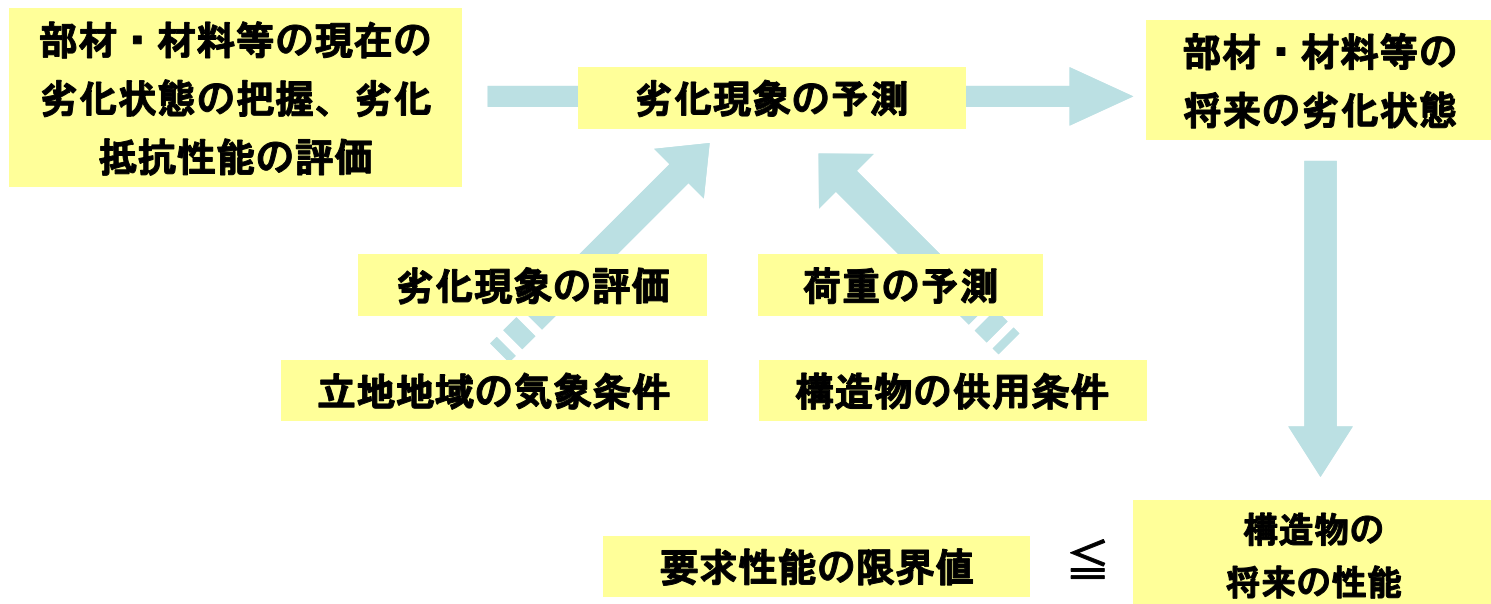
劣化と性能低下との関係(安全性に着目した場合)



劣化現象と構造特性との相関



建築物の将来性能の評価の基本的な流れ



20

劣化作用・劣化現象・性能低下の流れ(ミクロレベル→マクロレベル)

化学的作用、生物的作用、電磁気的作用

化学的劣化現象

建築材料の化学成分の変化・溶出

機械的作用

歩行・車両通行に伴う摩擦力や内部水分の凍結膨張の繰返し

物理的劣化現象

建築材料の表面の摩耗や内部の微細な損傷

幾何学的劣化現象

建築材料の変形や欠損

物性変化

強度・弾性係数の低下や透気性・透水性の増大

建築部材の性能の低下

建築物の性能の低下→限界状態

21

鉄筋コンクリート造建築物の調査・診断

・建物の調査診断は、劣化状況を把握するものであり、劣化原因の推定、補修の要否の判定、適切な工法の選定等につながるよう行う。

①調査診断の基本フロー

標準調査(資料調査、外観目視を中心とした現況調査)の実施

ひび割れパターン等による劣化原因の推定、詳細調査の要否の判定

劣化原因の推定が困難な場合や劣化状況の定量的な把握が必要な場合
詳細調査(非破壊・微破壊調査、破壊調査)の実施

劣化原因の推定、劣化状況の定量的な評価、補修要否の判断

補修が必要と判定された場合

②劣化タイプと劣化状況に基づく補修工法の選定

<劣化タイプ>

<原因別の補修工法>

ひび割れ先行型

乾燥収縮等によるひび割れから劣化因子が侵入し、鉄筋が腐食し、劣化が進展するタイプ

ひび割れ補修工法(被覆or注入or充てん)

ひび割れ幅とひび割れの挙動を考慮して、被覆・注入・充てん工法の中から選定する

鉄筋腐食先行型

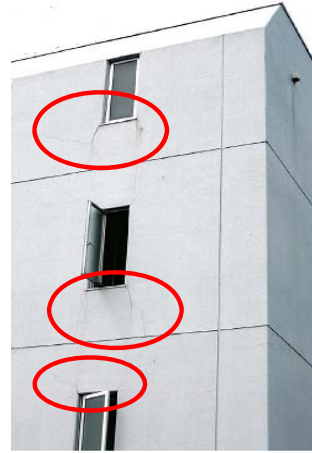
中性化や塩害などの原因で鉄筋が腐食し、鉄筋腐食の進行に伴って、ひび割れが発生・拡大し、劣化がさらに進展するタイプ

鉄筋腐食補修工法(断面修復)

はつり→鉄筋露出→防せい処理→断面修復

中性化抑制工法(表面被覆、アルカリ含浸)

塩害抑制工法(表面被覆、防せい材含浸)



乾燥収縮によるひび割れの例
(窓の隅角部のひび割れ)



中性化によるひび割れの例
(鉄筋に沿ったひび割れ)

本ページは、国土交通省「持続可能社会における既存ストックの再生に向けた勉強会」の資料「共同住宅ストック再生のための技術の概要(耐久性・耐用性)」を元に作成

鉄筋コンクリート造建築物の調査・診断技術 ①非破壊調査と破壊調査

建物を調査・診断する技術には、建物をそのままにして行う非破壊調査と建物の一部をサンプルにして行う破壊検査がある。測定した結果は、修繕が必要かどうか、必要なのはどのような修繕か等の判断材料として使用される。

耐久性耐用性に係る調査・診断技術			規・基準類	
標準調査	現況調査	資料調査 現況調査	—	
躯体・外壁 詳細調査	非破壊・微破壊 調査	ひび割れ	クラックスケールによる測定 NDIS 3418 超音波法 NDIS 2426-1 デジタリカメラ NDIS3419	
		脆弱部、内部空洞	打音法、赤外線サーモグラフィ法 NDIS 2426-3 衝撃弾性波法 NDIS 2426-2 超音波法 NDIS 2426-1 反発度法 JIS A 1155	
		圧縮強度	衝撃弾性波法 NDIS 2426-2 超音波法 NDIS 2426-1 小径コア法 CTM-14	
		鉄筋の調査(位置、かぶり厚さなど)	電磁波レーダ法 CTM-12 電磁誘導法 JASS5T-608 放射線透過法 NDIS 1401	
		中性化深さの調査	ドリル削孔法 NDIS3419	
		打診法	—	
		タイル等の浮きの調査	打音法 NDIS 2426-3 赤外線サーモグラフィ法 NDIS 3428	
	破壊調査	塗装・吹付け材の調査	塗膜厚測定(付着強さ) JIS A 6909 接着試験 JIS A 6916	
		仕上げ材の試験	中性化深さ(フェノールフタレイン法) JIS A 1152 鉄筋(かぶり厚さ、径、腐食度など) JIS A 1152	
		はつり試験	コア強度試験 JIS A 1107	
		コア等を用いた室内試験	化学・組成分析 セメント協会F-18 NDIS 3422 残存膨張試験 JCI-DD2	
		屋上防水 詳細調査	屋上防水の調査	アスファルト露出防水の調査 JIS K 2207 アスファルト保護防水の調査 JIS K 2207 シート防水の調査 JIS A 6008 塗膜防水の調査 JIS A 6021
		建具他 詳細調査	建具他	建具他劣化・腐食調査 — サッシ・ドアの調査 — バラベットの調査 — シーリングの調査 JIS K 5600
		設備配管 詳細調査	非破壊調査	設備配管の腐食調査
サンプリング調査	設備配管のサンプリング調査		腐食状況の観察と残存肉厚の測定 —	

・非破壊・微破壊調査は、大面積を概要調査・診断する場合に、破壊調査は特定部位の劣化状況を詳細に確認する場合に用いられている。但し、目的とする性能・物性・状態を直接測定しないものは、推定精度が高くないものも多い。



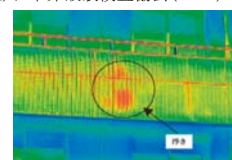
打診法による外壁
タイルの浮きの検査
(非破壊検査)



コア強度試験による
コンクリート強度の確認
(破壊調査)

・試験機械・試薬等を用いる試験法には、学協会等で定めた規・基準類があり、これに準じて調査診断が実施されている。

- ・日本工業規格(JIS)
- ・(社)日本建築学会(JASS、CTM)
- ・(社)日本非破壊検査協会(NDIS)
- ・(社)日本コンクリート工学会(JCI)等



赤外線サーモグラフィ法による表層部の欠陥検出
(NDIS 3428)



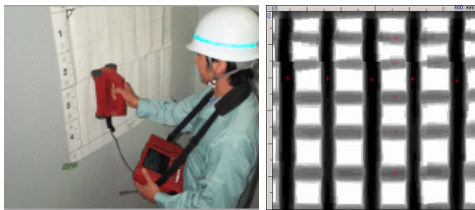
屋根防止アスファルト
軟化点の測定装置
(JIS K 2207)

本ページは、国土交通省「持続可能社会における既存ストックの再生に向けた勉強会」の資料「共同住宅ストック再生のための技術の概要(耐久性・耐用性)」を元に作成

建物を調査・診断する技術には、躯体・外壁・設備配管等の表面からは見ない鉄筋の位置・径、外壁タイルの浮き・剥離、及び配管内部の腐食などを、非破壊で調査診断できる技術がある。

鉄筋の調査技術 (電磁誘導法)

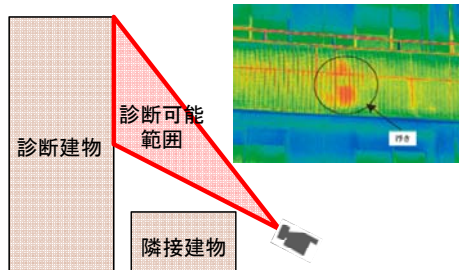
概要: コイルに交流電流を流し、インピーダンスの変化により、かぶり厚さを測定する。また、起電力の強弱を感知することで鉄筋位置が測定でき、さらに磁束の振幅の変化によって鉄筋径を推定する。



電磁誘導法による鉄筋探査の例

外壁タイル浮き・剥離診断技術 (赤外線サーモグラフィ法)

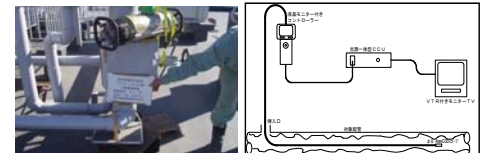
概要: 赤外線サーモグラフィカメラを使用して、外壁面の赤外線画像(熱画像)から、タイルやモルタルの浮き表層部の欠陥を検出する。



赤外線サーモグラフィ法による診断例と隣接建物による調査・診断範囲の制約

設備配管の腐食調査技術

概要: 設備配管改修工法を決定するために、非破壊により配管の劣化を調査することができる調査方法として超音波肉厚測定、内視鏡調査、X線調査等が使用される。



超音波肉厚調査

内視鏡調査

非破壊検査技術の適用性

	隠蔽部	管種類	肉厚	錆こぶ
超音波肉厚調査	×	△	○	×
内視鏡調査	○	○	×	○
X線検査	×	△	○	○

※各技術には、適用方法・適用範囲等に留意すべき事項があるので、実施にあたり注意すること

本ページは、国土交通省「持続可能社会における既存ストックの再生に向けた勉強会」の資料「共同住宅ストック再生のための技術の概要(耐久性・耐用性)」を元に作成

・躯体・外壁のひび割れ調査は、ひび割れの規模・形状を測定するだけでなく、収縮・中性化の進行など、ひび割れの発生要因についても把握する。

(1)躯体コンクリートのひび割れの評価

①原因推定

- (a)ひび割れ先行型 乾燥収縮、温度差など
- (b)腐食ひび割れ 中性化、塩害など
- (c)その他 アル骨、不同沈下など

(a)のひび割れはひび割れ幅から劣化状況を評価するが、(b)(c)のひび割れについては、さらに詳細調査(例えば、はつり調査)を行って、劣化の現状(かぶり厚さ、中性化深さ及び鉄筋の腐食状況)について把握する必要がある。

②劣化状況の評価

まだ顕在化していない劣化についても、調査・診断によって早期に発見し、適切な補修を行う必要がある。例えば、外観のひび割れ調査において、鉄筋腐食が疑われる場合には、はつり調査を行って、鉄筋の腐食状況を直接確認するとともに、中性化深さの測定を実施する。

鉄筋コンクリート躯体の劣化度の評価基準

劣化度 評価	評価基準(鉄筋腐食を対象とした場合)	
	外観の劣化症状	鉄筋の腐食状況
健全	めだった劣化症状はない	鉄筋の腐食グレードはⅡ以下
軽度	乾燥収縮等による幅0.3mm未満のひび割れが認められる(腐食ひび割れはない)	腐食グレードⅢの鉄筋がある
中度	鉄筋腐食による幅0.5mm未満のひび割れがみられる	腐食グレードⅣの鉄筋がある
重度	鉄筋腐食による幅0.5mm以上のひび割れ、浮き、鉄筋の露出などがみられる	腐食グレードⅣの鉄筋があるあるいは大多数の鉄筋がⅣ

参考)日本建築学会「鉄筋コンクリート造建築物の耐久性調査・診断および補修指針(案)・同解説, 1997年

はつり調査による鉄筋コンクリート躯体の劣化度確認



②試薬噴霧前

④中性化深さの測定

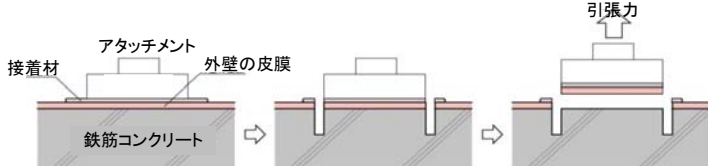
鉄筋腐食度の評価(建設省総合技術開発プロジェクト, 1988年)

腐食度	腐食状態	
I		腐食がなく、黒皮の状態
II		表面にわずかな点錆が生じている
III		表面に薄い錆が広がっており、コンクリートに錆が付着している
IV		やや厚みのある膨脹性の錆が生じているが、断面欠損は比較的少ない
V		鉄筋全体にわたって著しい膨脹性の錆が生じており、断面欠損がある

仕上げ材の付着強度の測定は、継続的に利用できるか、塗り替えが必要か等を判断するために活用。
設備配管のサンプリング法による残存肉厚の測定は、計算式により残存寿命を推定するために活用。

(2)仕上げ材の付着強度の評価

建研式引張試験器を用いて、試験個所に接着したアタッチメントに引張力を与え、仕上げ材の付着強度を測定



JIS A 6909(建築用仕上塗材)の付着強さの品質規定
(複層仕上げ塗装材の場合)

試験項目	種類	複層塗材 (吹付タイプ)	可とう形 複層塗材	防水型 複層塗材 (複層弾性)	試験対象仕上塗材の種類													
					複層塗材					可とう形 複層塗材			防水型 複層塗材					
					CE	Si	E	RE	RS	CE	E	RE	RS	CE	E	RE	RS	
付着強さ N/mm ²	標準状態	1.0以上	—	1.0以上				○	○								○	○
		0.7以上	—	0.7以上														
	浸水後	0.5以上	0.5以上	0.5以上	○													
		0.7以上	—	0.7以上				○	○									○
		0.5以上	—	0.5以上				○	○									
		0.5以上	0.5以上	0.5以上	○													

CE:ポリマーセメント系, Si: けい酸質系, E: 合成樹脂エマルジョン系, RE: 反応硬化型合成樹脂エマルジョン系, RS: 合成樹脂溶液系

本ページは、国土交通省「持続可能な社会における既存ストックの再生に向けた勉強会」の資料「共同住宅ストック再生のための技術の概要(耐久性・耐用性)」を元に作成

(3)設備配管の残存寿命の評価

サンプリング法による腐食状況の観察と残存肉厚の測定をもとに残存寿命を推定



サンプリング資料



残存最終肉厚の計測

配管残存寿命の計算式

最大浸食度 $Mcr = (A - B) / Y$

A: サンプルと同径の JIS 規格による公称近似厚さ [mm]

B: サンプルの残存最小肉厚 [mm]

Y: サンプルの使用年数 [年]

推定残存寿命 $N = \{t1 - (A - B)\} / Mcr$

A, B: 前式と同じ

t1: ねじ部基準径谷部の肉厚 [mm]

Mcr: 最大浸食度 [mm/年]

出典)「建築設備の耐久性向上技術」建設大臣官房技術調査室監修、財団法人建物保全センター編

推定残存寿命と錆つまり率を利用した対応決定

推定残存寿命	錆つまり率	対応
10年以上	薄く付着	継続使用
5年以上10年未満	20%未満	更新または部分補修
5年未満	20%以上	更新

出典)「設備配管の腐食と劣化診断」須賀技術報告NO.30394

鉄筋コンクリート造建築物の改修工事

・調査診断の結果を踏まえて、必要な工事を仕様書に取りまとめ、工事を実施する。

③改修工事仕様書の作成(管理組合)

工事内容・仕様、工事期間、保証期間、施工基準(大臣官房官庁営繕部監修「建築改修工事共通仕様書」を準用する場合が多い)等



④改修工事計画書の作成(工事業業者)

工事内容(仮設計画、改修工事で使用する工法・材料等)、工事監理体制、工事工程表、保証期間等、場合によっては代替工法等を提案



改修工事の実施(工事業業者)

改修工事計画書に従って工事を進め、目標工期内に、合理的でかつ信頼性の高い施工が安全に進められるように管理する。さらに、工事期間中、品質管理計画および検査標準に従って、所定の頻度および所定の方法で工程検査を実施し、検査記録を作成して整備していく。



改修後の定期検査(工事業業者)

改修後の保証とともに定期検査を工事業業者が行う契約としていることが多く、この場合、工事業業者が改修後の定期点検を実施する。

ひび割れ補修工法による改修の例
(コンクリートひび割れ補修(注入工法(エポキシ樹脂注入)))



鉄筋腐食補修工法による改修の例
(断面修復工法)



中性化抑制工法による改修の例
(表面被覆工法)



鉄筋コンクリート造建築物の改修技術の概要 ① 躯体・外壁

躯体・外壁の改修技術は、多様な工法が開発されており、調査・診断結果に基づき、ひび割れを補修する技術(被覆工法、注入工法、充てん工法等)や、既設塗膜を補修する技術(塗装・吹付け直し工法)だけでなく、劣化事象を回復する技術(劣化部分の除去工法、吹付け工法、表面含浸工法等)等を組み合わせて活用する。

大分類	補修・改修の方針	耐久性・耐用性に係る補修・改修技術			
劣化部分の補修、外力の緩和	躯体・外壁等	劣化部分の除去	劣化部分の除去工法	サンダー工法 超音波ケレン工法 高圧水洗浄工法 ウォータージェット工法	
		ひび割れ補修	コンクリートのひび割れ補修(被覆工法(シル工法))	コンクリートのひび割れ補修(注入工法)	ポリマーセメントモルタルによる被覆工法 塗膜弾性防水材による被覆工法 エポキシ樹脂注入工法 セメントスラリー注入工法
			コンクリートのひび割れ補修(充てん工法(UCカットシル材充てん工法))		ポリウレタン充てん工法 ポリマーセメントモルタル充てん工法 可とう性エポキシ樹脂
			表面処理改修	表面含浸工法	浸透性吸水防止材含浸工法 浸透性固化材含浸工法 アルカリ性付与材含浸工法
		塗装の補修	表面被覆工法	既存被覆(塗装)層の改修工法 被覆層の新規施工法	塗装・吹付け直し工法 ひび割れ補修・塗布防水併用工法
			浮き、欠損及び剥落部の補修	タイル外壁等の補修(アンカーピンニング・注入併用工法)	エポキシ樹脂注入工法 セメントスラリー注入工法
		断面修復改修	タイル外壁等の補修(張替(塗替)工法)	部分張替(塗替)工法、全面張替(塗替)工法	樹脂系外壁複合改修構工法 セメント系外壁複合改修構工法
			タイル外壁等の補修(外壁複合改修構工法(ピンネット工法))	コンクリート断面修復の左官工法	ポリマーセメントモルタル塗り工法 樹脂系モルタル塗り工法
			コンクリート断面修復の吹付け工法	コンクリート断面修復の打込み工法	ポリマーセメントモルタル吹付け工法 無収縮モルタル・グラウト打込み工法 コンクリート打込み工法
		電気化学的方法	コンクリートの電気化学的防食工法	電気防食工法 再アルカリ化工法	樹脂系パネル工法 繊維補強セメントパネル 複合金属サイディング 窯業系サイディング
性能の向上	外壁	外壁仕様のグレードアップ	外壁のパネル被覆改修構法		

・ひび割れ補修においては、ひび割れ幅や挙動に応じて、**被覆工法**や**注入工法**および**充てん工法**が用いられている。



充てん工法によるひび割れ補修

・浮き、欠損部の補修については**アンカーピンニング工法**、**エポキシ樹脂注入**、**断面修復改修**については、**ポリマーセメントモルタル**による修復等が用いられている。



アンカーピンニング・注入併用工法によるタイルの浮きの補修

本ページは、国土交通省「持続可能社会における既存ストックの再生に向けた勉強会」の資料「共同住宅ストック再生のための技術の概要(耐久性・耐用性)」を元に作成

鉄筋コンクリート造建築物の改修技術の概要 ② 躯体・外壁 (代表例)

・コンクリート躯体の改修技術には、劣化状況や劣化原因に対応して、コンクリートひび割れの改修技術、鉄筋腐食部の補修技術、中性化・欠損した躯体の修復技術等がある。

コンクリートひび割れの改修 (注入工法)

ひび割れ部の条件(ひび割れ幅、挙動の有無、乾燥・湿潤)により、エポキシ樹脂やセメントスラリーなどの注入材を、注入器具を用いてひび割れ深部まで充填



ひび割れの補修事例

鉄筋腐食部の補修 (表面含浸工法・断面修復工法)

既存躯体の劣化部分を除去後、防せい処理し、ポリマーセメントモルタル等による断面修復を行った上で、表面被覆することで、その後の劣化進行を抑制



鉄筋腐食によるひび割れの補修事例

中性化・欠損した躯体の修復 (再アルカリ化工法・断面修復工法)

既存躯体の劣部分を除去し、鉄筋の取り替えやひび割れを補修した後に、アルカリ含浸材の付与、ポリマーセメントモルタルの吹き付けなど、複数の材料を段階的に使用して耐久性を確保



求道学舎(築後約80年)の躯体改修

※各技術には、施工方法・適用範囲・ライフサイクルコスト等に留意すべき事項があるので、実施にあたり注意すること

本ページは、国土交通省「持続可能社会における既存ストックの再生に向けた勉強会」の資料「共同住宅ストック再生のための技術の概要(耐久性・耐用性)」を元に作成

鉄筋コンクリート造建築物の改修技術の概要 ③防水・仕上げ・設備

防水・仕上げを改修する技術には、劣化した部位を部分補修する工法、防水層等を撤去し再施工する工法、従前の防水層を撤去せずに行う補修(かぶせ工法)等がある。共用設備配管を改修する技術には、給水管を高圧洗浄する工法、配管内部を補修する更生工法、配管を取り替える更新工法がある。いずれの場合も、調査診断結果に基づき、適切な工法を選択し活用する。

大分類	補修・改修の方針	耐久性・耐用性に係る補修・改修技術				
劣化部分の補修、外力の緩和	屋上防水	屋上防水改修	部分補修・撤去工法	アスファルト露出防水の改修工法 アスファルト保護防水の改修工法 シート防水の改修工法 塗膜防水の改修工法		
			かぶせ工法	屋上防水のかぶせ工法		
	建具他	サッシ・ドア改修	サッシ・ドア改修工法	玄関ドア改修工法 アルミサッシの取替え工法 サッシ・ドアのカバー工法		
			バラベット部補修	かぶせ工法	笠木等の材質のグレードアップ工法 手摺の取換え工法	
			手摺改修	手摺改修工法	目地シーリング打ち替え工法	
	設備・配管等	給水・排水配管の更生	給水・排水配管の更生工法	給水管洗浄工法 排水管高圧洗浄工法 給水・排水管更生(ライニング工法) 排水管更生工法(反転挿入による雑排水管更生工法)		
				給水・排水配管の更新	給水・排水配管の更新工法	給水管一般更新工法 排水管一般更新工法 給水・排水配管の特殊継手による更新工法
				設備機器の改修・更新	設備機器の改修・更新工法	消火管等の更新工法
	機械設備	機械設備の改修・更新	機械設備の改修・更新工法	エレベーター改修工法 機械式駐車場改修工法		
				断熱防水へのグレードアップ工法 防水仕様へのグレードアップ工法 金属屋根等によるカバリング工法		
性能の向上	屋上防水	防水仕様へのグレードアップ	防水仕様へのグレードアップ工法	給水管の高耐久仕様への変更工法 排水管の高耐久使用への変更工法 給水管、排水管等の防露被覆工法		
	設備機器・配管等	設備機器・配管仕様へのグレードアップ	設備機器・配管仕様へのグレードアップ工法	給水管更新工法 排水立て管更新工法		
維持管理容易性の向上	設備機器・配管等	設備機器・配管の更新・点検の容易性確保のための改修工法	給水システムの更新・増圧改修工法	直結給水方式、直結増圧給水方式への変更工法		
		給水システムの更新・増圧改修	給水システムの更新・増圧改修工法	無勾配排水方式による排水システム工法(サイホン排水システム工法)		
耐用性の向上	設備配管配線スペースの縮小工法	無勾配排水方式への変更	薄型配線等の利用	薄型配線システム工法		

・屋上防水の改修では従来の防水層の上に新たな防水層を設けるかぶせ工法が多用されている。



かぶせ工法による屋上防水改修

・共用設備配管の改修については、洗浄工法、更生工法とともに更新工法が組合せて採用されている。



オゾン洗浄水方式による給水管洗浄

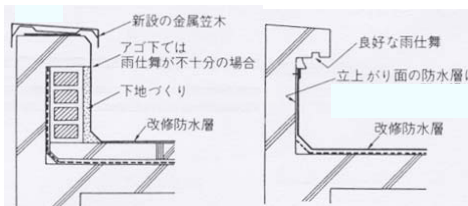
・性能向上改修では、配管の高耐久仕様への変更が見られる。

鉄筋コンクリート造建築物の改修技術の概要 ④屋上防水・仕上げ(代表例)

屋上防水の改修技術には、既存防水を部分補修・全面撤去し再施工する工法とともに、既存防水層を撤去せずに、防水補修を上乘せしていくかぶせ工法がある。外壁タイルの補修技術には、張替工法とともに、繊維ネットを使用して剥落を防止する複合改修構工法がある。塗装の補修技術には、躯体等を保護する塗装・吹付け直し工法がある。

かぶせ工法による屋上防水改修 (アスファルト防水改修工法)

概要: 屋上防水の改修では、既存防水層を全面撤去せずに、防水補修・改修を上乘せしていく「かぶせ工法」が用いられることが多い。



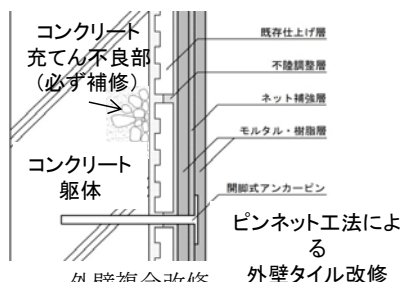
保護防水の改修例

露出防水の改修例

出典) 外装仕上げおよび防水の補修・改修技術; 9: 屋根防水の補修・改修技術, 1993年
日本建築センター 編 建築保全センター 編 建設大臣官房技術調査室 監修

外壁タイル等の複合改修構工法 (ピンネット工法)

概要: タイル、モルタル塗り外壁において、繊維ネットをモルタルや樹脂で張付け、仕上げ材の剥落防止層を形成し、この層をアンカーピンで固定することで施工範囲全体の剥落を防止する。



外壁複合改修 (躯体が健全であることが前提)

塗装の補修 (塗装・吹付け直し工法)

概要: 建築物の内外部に施され仕上げとしての美観を回復するとともに、各種の劣化外力(雨水、飛散・浮遊物質、二酸化炭素ガス、紫外線など)や経年劣化などから被塗物を保護することによって、建築物の耐久性を向上させる。



塗装・吹付け直しの例 (出典: マンションリフォーム推進協議会)

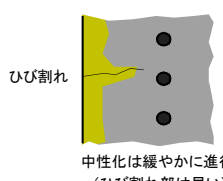
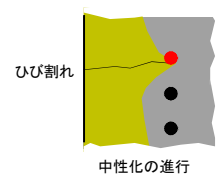
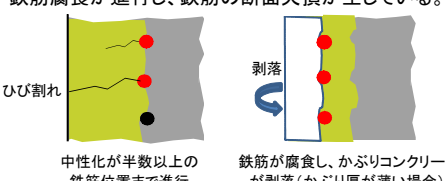
※各技術には、施工方法・適用範囲・ライフサイクルコスト等に留意すべき事項があるので、実施にあたり注意すること

劣化状況に応じた修繕・改修技術の適用 ①外壁・躯体

外壁・躯体の劣化は、コンクリート表面からコンクリートの内部、鉄筋へと進行する。劣化が軽度のときには、ひび割れたコンクリートの補修で対応するが、劣化が内部に進行した場合、コンクリートの中性化抑制、腐食した鉄筋の補修が必要になる。なお、特に中性化が重度に至った場合でも、技術的には、電気化学的防食工法※により相当程度の補修が可能であるが、コストは相当高い。

※再アルカリ化工法、電気防食工法の総称。歴史的価値のある建物では利用されることがある

外壁・躯体の劣化状況と適用技術

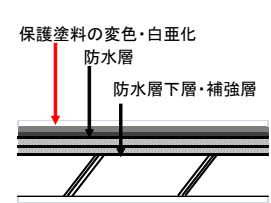
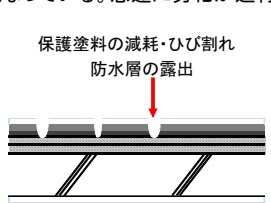
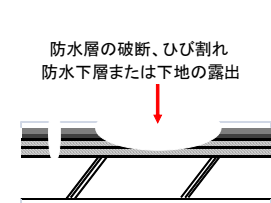
	軽度	中度	重度
劣化状況	<p>【コンクリート】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・中性化は鉄筋位置まで到達していない。 ・軽微なひび割れが見られる。  <p>ひび割れ</p> <p>中性化は緩やかに進行 (ひび割れ部は早い)</p>	<p>【コンクリート】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・中性化が少数の鉄筋位置まで進行している。 ・一部ひび割れが見られる。 <p>【鉄筋】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ひび割れから鉄筋腐食による錆汁が見られる。  <p>ひび割れ</p> <p>中性化の進行</p>	<p>【コンクリート】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・中性化が半数以上の鉄筋位置まで進行している。 ・(鉄筋腐食による)ひび割れやかぶりコンクリートの剥落が見られる。 <p>【鉄筋】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・鉄筋腐食が進行し、鉄筋の断面欠損が生じている。  <p>ひび割れ</p> <p>剥落</p> <p>中性化が半数以上の鉄筋位置まで進行 鉄筋が腐食し、かぶりコンクリートが剥落(かぶり厚が薄い場合)</p>
主な適用技術	<p>【コンクリート】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ひび割れ補修工法(被覆工法、充てん工法) 	<p>【コンクリート】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ひび割れ補修工法(注入工法、充てん工法) ・表面処理工法(表面被覆工法、表面含浸工法)による中性化抑制 <p>【鉄筋腐食箇所】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・断面修復工法(左官工法)による鉄筋腐食補修※ ※周辺コンクリートのはつり、欠損したコンクリートの断面修復を含む 	<p>【コンクリート】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ひび割れ補修工法(注入工法、充てん工法) ・表面処理工法(表面被覆工法、表面含浸工法)による中性化抑制 ・断面修復工法によるコンクリート欠損部の打ち直し ・電気化学的防食工法(再アルカリ化工法) <p>【鉄筋腐食箇所】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・断面修復工法(左官工法、吹き付け工法)による鉄筋腐食補修※ ※周辺コンクリートのはつり、欠損したコンクリートの断面修復を含む
補修範囲等(広さ・深さ)の目安	・部分的	・部分的	・基本的に全面 (部分的な場合もある)

本ページは、国土交通省「持続可能社会における既存ストックの再生に向けた勉強会」の資料「共同住宅ストック再生のための技術の概要(耐久性・耐用性)」を元に作成

劣化状況に応じた修繕・改修技術の適用 ②屋上防水

屋上防水の劣化は表面保護層から防水層へと進行し、防水層が損傷すると漏水が発生する。軽度の場合には部分的な補修で対応できるものの、劣化が進んだときは補修が全面的に行われる。既存の防水層の劣化が著しい場合には、既存の保護防水等を全面撤去してから、全面的に再施工され、補修の単価が上昇する。

屋上アスファルト露出防水の劣化状況と適用技術

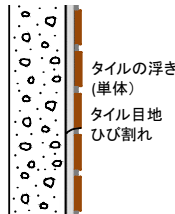
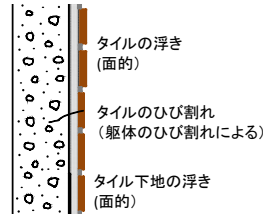
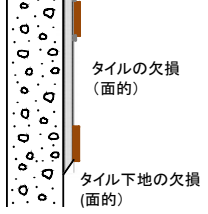
	軽度	中度	重度
劣化状況	<p>・保護塗料(トップコート)が変色・白亜化し始めている。立上り部の一部に防水層の露出箇所が見られる。</p>  <p>保護塗料の変色・白亜化 防水層 防水層下層・補強層</p>	<p>・保護塗料(トップコート)に減耗・ひび割れを生じ、防水層が露出してほとんど防水層の保護としての役割を果たせなくなっている。急速に劣化が進行する可能性がある。</p>  <p>保護塗料の減耗・ひび割れ 防水層の露出</p>	<p>・保護塗料(トップコート)の劣化から防水層の劣化損傷に至っている。既に漏水している可能性が高い。</p>  <p>防水層の破断、ひび割れ 防水層下層または下地の露出</p>
主な適用技術	<ul style="list-style-type: none"> ・アスファルト露出防水の改修工法(保護塗料の塗替え) ・かぶせ工法(露出防水)による立上り部等の部分補修 	<ul style="list-style-type: none"> ・アスファルト露出防水の改修工法(防水層の部分的補修) ・かぶせ工法(露出防水)による新たな防水層の敷設 	<ul style="list-style-type: none"> ・アスファルト露出防水の改修工法(既存防水層全面撤去後に新規防水層の再施工)
補修範囲等(広さ・深さ)の目安	<ul style="list-style-type: none"> ・保護塗料の塗替えは基本的に全面 ・かぶせ工法は部分的 	<ul style="list-style-type: none"> ・部分的が主流 ・一部全面的(かぶせ工法の場合) 	<ul style="list-style-type: none"> ・基本的に全面

本ページは、国土交通省「持続可能社会における既存ストックの再生に向けた勉強会」の資料「共同住宅ストック再生のための技術の概要(耐久性・耐用性)」を元に作成

劣化状況に応じた修繕・改修技術の適用 ③外壁タイル

タイル仕上げの外壁は、劣化が進行することにより補修を要するタイルが増加する。補修は、張替工法及びアンカーピンニング・注入併用工法により行われ、劣化の進行は必要工量の増加、補修費の増加につながる。なお、劣化が重度の場合、外壁複合改修構工法(ピンネット工法)を採用して全面的に改修するケースもある。

外壁タイルの劣化状況と適用技術

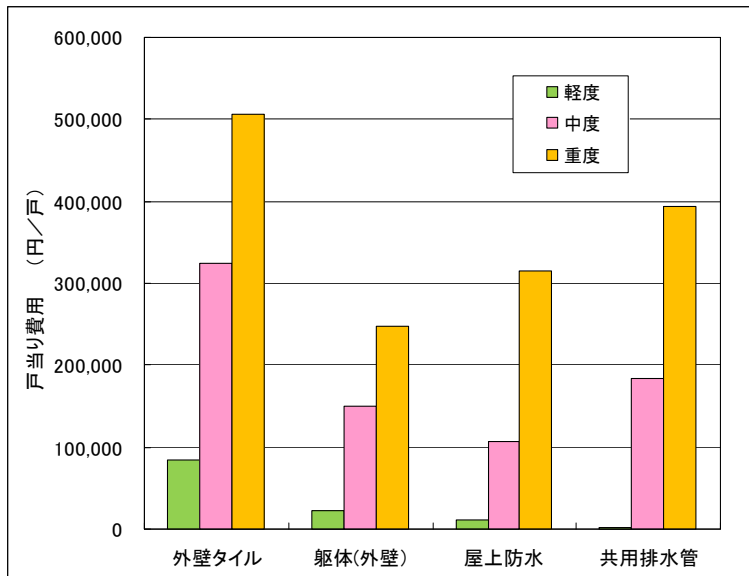
	軽度	中度	重度
劣化状況	<p>・タイル単体浮きやタイル目地のひび割れが見られる。著しい機能低下はないと判断される。</p>  <p>タイルの浮き(単体) タイル目地ひび割れ</p>	<p>・打診等により、タイルあるいはタイル下地の面的な浮きを確認できる。 ・躯体のひび割れによる、タイルのひび割れが見られる。</p>  <p>タイルの浮き(面的) タイルのひび割れ(躯体のひび割れによる) タイル下地の浮き(面的)</p>	<p>・タイルあるいはタイル下地の欠損・落下が発生している。</p>  <p>タイルの欠損(面的) タイル下地の欠損(面的)</p>
主な適用技術	<ul style="list-style-type: none"> ・張替工法(部分) ・アンカーピンニング・注入併用工法 	<ul style="list-style-type: none"> ・張替工法(部分) ・アンカーピンニング・注入併用工法 	<ul style="list-style-type: none"> ・張替工法(部分/全面) ・アンカーピンニング・注入併用工法 ・外壁複合改修構工法(ピンネット工法)(全面)
補修範囲等(広さ・深さ)の目安	・タイル単体での補修	・面的なタイルの補修	・外壁タイル面積の30%~全面の補修

本ページは、国土交通省「持続可能社会における既存ストックの再生に向けた勉強会」の資料「共同住宅ストック再生のための技術の概要(耐久性・耐用性)」を元に作成

劣化状況に応じた修繕・改修技術の適用 ④劣化状況による改修工事費の比較

2-4の①~④までで示したとおり、劣化状況が軽度⇒中度⇒重度へ進行することによって、
 ・単価の高い技術が必要となること
 ・補修すべき対象面積(幅・深さ)が増加すること
 になり改修費用は増大する。
 このため、劣化が重度になる前に、計画的に修繕を実施することが重要である。

劣化度に対して適用される工法による概算改修工事費の試算 ※



左のグラフに対応する適用技術と補修範囲

部位	劣化度	適用技術	補修範囲
外壁タイル	軽度	張替工法(部分)	壁全体の5%
	中度	張替工法(部分)	壁全体の20%
	重度	張替工法(部分)	壁全体の30%
躯体(外壁)	軽度	ひび割れ補修工法(被覆工法、充てん工法)	ごく一部
	中度	表面処理工法(中性化抑制) +断面修復工法(鉄筋腐食補修)	狭範囲
	重度	表面処理工法(中性化抑制) +断面修復工法(鉄筋腐食補修)	広範囲
屋上防水	軽度	かぶせ工法(露出防水)	部分
	中度	かぶせ工法(露出防水)	全面
	重度	アスファルト露出防水の改修工法 (既存防水層全面撤去後に新規防水層の再施工)	全面
共用排水管	軽度	排水管高圧洗浄工法	一式
	中度	排水管更生工法 (反転挿入による雑排水管更生)	一式
	重度	排水管一般更新工法	一式

※「マンション改修見積」((財)建設物価調査会、2011年1月)に示されるモデル建築物の大規模改修工事の試算をベースに、劣化状況及び改修部分の数量を推定し、改修技術の適用性をもとに劣化度による改修工事費の傾向把握の目安となる概算改修費用を算出

モデル建築物の概要: 構造:RC造7階 竣工年度:1985年 総戸数:46戸 敷地面積:2,385㎡ 建築面積:644㎡ 延床面積:3,974㎡

本ページは、国土交通省「持続可能社会における既存ストックの再生に向けた勉強会」の資料「共同住宅ストック再生のための技術の概要(耐久性・耐用性)」を元に作成

高経年化した建物でも現在の技術によって再生は可能
(築後80年超の建築物を再生した事例)



求道学舎(改修・再生)

- ・1926年に建設された武田五一設計による鉄筋コンクリート造3階の学生寮
- ・2009年に歴史的建物として後世まで残していくため再生
- ・コーポラティブ方式により建築物に用途変更

外壁



- ・外壁仕上下地にはポリマーセメントモルタルを吹付け。
- ・最上層は防水性能を有する化粧吹付仕上げ。

内装



- ・構造体の耐震性能・耐久性能を確保したうえで、学生寮を定期借地権付コーポラティブハウスとして再生。

改修・再生後の建物概要

建築面積: 339.96㎡
延床面積: 768.01㎡
構造・規模: 鉄筋コンクリート造・地上3階
総戸数: 10戸+地主取得分(事務所)

概算改修・再生工事費

約 2.3億円
共用部改修: 1.6億円
専用部改修: 0.7億円

本ページは、国土交通省「持続可能社会における既存ストックの再生に向けた勉強会」の資料「共同住宅ストック再生のための技術の概要(耐久性・耐用性)」を元に作成

日本建築学会「RC造建築物調査・診断標準仕様書」出版スケジュール

- 2012年9月～2013年3月
 - － 調査・診断に関わる既存の指針類の文献調査
 - － 非破壊・微破壊検査方法の文献調査
- 2013年4月～2014年3月
 - － 調査・診断の本文案の作成・意見照会
- 2014年4月～2015年3月
 - － 調査・診断の本文の確定および解説案の作成
- 2015年4月～2016年3月
 - － 調査・診断の解説の確定
 - － 出版および講習会