

「コンクリートサステナビリティ宣言」の関連部分

(6) 社会基盤施設の長寿命化に今後必要な技術及びシステムの開発を行い、その利用に向けた提案を積極的に行う。

日本社会は、世界でも例を見ない少子・高齢化が進んでいる。また、世界的には地球温暖化や資源枯渇が大きな問題となりつつある。これらは、社会経済システムの大きな転換を余儀なくさせ、コンクリート関連セクターにも大きな影響を与える。つまり、新設構造物のエネルギー・資源効率の高度化や既存構造物の長期的な有効活用が社会的に求められる。とりわけ、膨大なストックの維持管理・機能向上が喫緊の課題となっている。これを適切に行うためには、高度な技術及びシステムが必要となる。加えて、これらを実施する人的及び経済的資源も確保する必要がある。

コンクリート関連セクターは、社会基盤施設の長寿命化に向けて必要な技術及びシステムの開発を行い、開発した技術・システムを官民の意思決定者に積極的に提案し、協働により高質な社会基盤施設の建設・維持管理・機能向上を着実にやっていく。

### 1. 新設構造物の長寿命化とその問題点

新設構造物では、それぞれ構造物の耐用年数は設計時に構造物の供用年数と維持管理の方法、環境条件、経済性等を考慮して定められ、施工中および耐用期間内において耐久性、安全性などの要求性能を設定することによってその性能を保証するシステムになっている。施工時には設計で設定した性能が確保できるような施工が求められ、さらに適切なメンテナンスが求められている。

このように新設構造物では、所定の性能を適切な設計・施工により確保するシステムになっている。しかし、設計時の要求性能の設定が適切になされない場合や施工上の問題から求められる性能の構造物が構築されない場合には、初期の劣化や耐久性の面で時間の経過と共に種々の劣化が生じ、補修や補強が必要になっているのが現状である。このような設計や施工に起因するコンクリート構造物の品質に関するトラブルの主な種類を図-1に示す。図からもコンクリート構造物の長寿命化を確保するには、コンクリートの劣化が初期欠陥に起因し、初期欠陥が如何にできにくい設計や施工を行うことが重要であるか分かる。

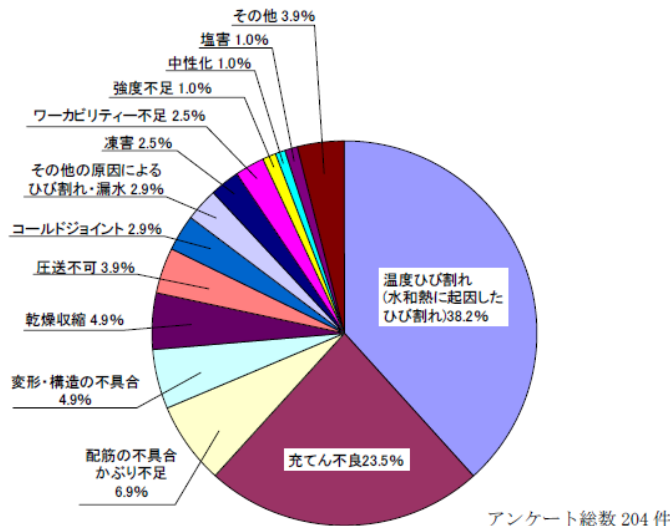


図-1 コンクリート工事における品質トラブルの種類<sup>1)</sup>

## 2. 社会資本の維持管理状況

社会資本の維持管理状況について、①経過年数と劣化程度の関係、②維持管理工事費、③橋梁の点検・修繕状況、④住宅の修繕・建替え状況から考察する。

### (1) 経過年数と劣化程度の関係

建設後約 30 年を超えると半数の橋梁が何らかの補修等が必要で、30 年程度で多くの橋梁で劣化が始まり、早めの対策が必要になる（図-2）。しかし、約半数の橋梁は概ね健全であることも見逃せず、これらはよい設計・施工をした構造物と考えられ今後の社会資本整備の参考にすべきである。

トンネルでは 2012 年 12 月に中央高速道路笹子トンネルでトンネルのコンクリート製天井板が崩落する事故があった（図-3）。このトンネルは竣工後 38 年経過しており、コンクリート製天井板を支える吊り金具を固定していたボルトに原因があるようである。このようにトンネルでも橋梁と同様に経過年による劣化が確実に進行している。

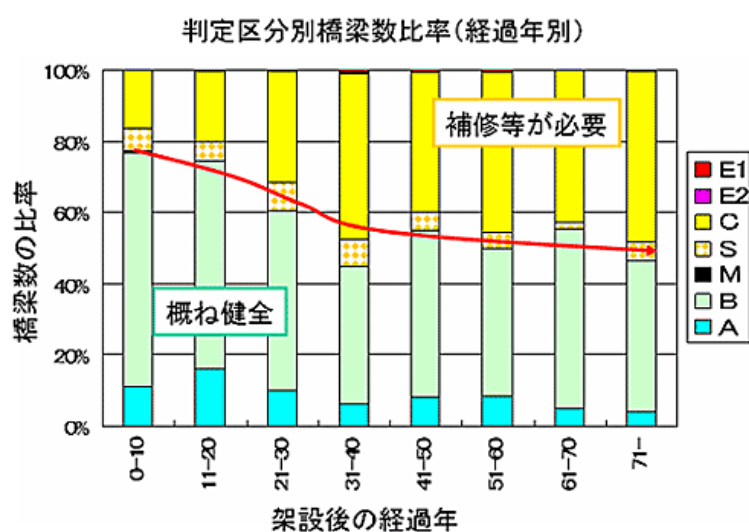


図-2 橋梁の経過年数と劣化程度の関係 <sup>2)</sup>



図-3 崩落事故があった中央道・笹子トンネルの内部（大月市側から撮影）＝山梨県警提供  
 (<http://mainichi.jp/graph/2012/12/02/20121202org00m040002000c/034.html> から)

### (2) 維持管理工事の推移

維持管理工事の投資では、維持補修工事費率は増加しているが、その投資額は事業費の縮小に伴いほとんど横ばいである（図-4）。構造物の建設後の経過年数を考えると、今後どのように社会資本を維持・整備するのかその方針を策定して早めの対応が重要になる。

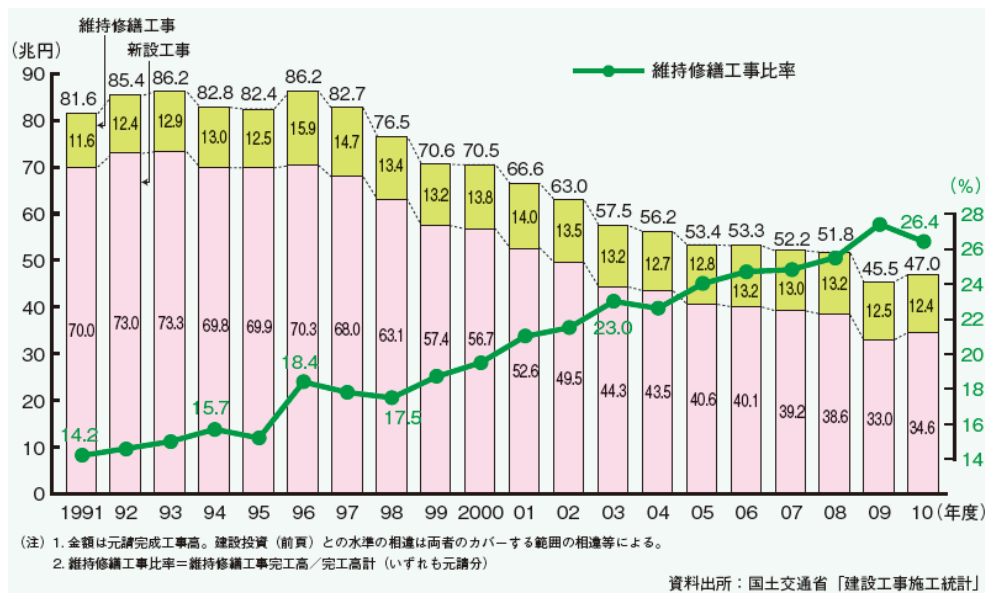


図-4 維持管理工事の推移<sup>3)</sup>

### (3) 橋梁の点検・修繕状況

橋長15m以上の橋梁点検状況は、24年4月時点で市区町村では約90%、都道府県・政令都市ではほぼ100%である。橋梁の修繕計画の策定状況は、都道府県・政令都市では99%であるが、市区町村では51%と低い。橋梁の修繕実施状況は、都道府県・政令都市で17%、市区町村で3%と実施率は低い状態にある。修繕計画の策定や実施は、自治体の技術者数や予算と大きく関係していると推定できる。（図-5～図-7）

### (4) 住宅（マンション）の修繕・建替え状況

マンション建築は、築後40年以上のものが多くなり建替えや大規模改修等の時期にある。長期修繕計画は2008年時点で「作成している」が多く、維持管理に対する認識が向上している（図-8）。修繕の実施は事後的修繕の割合が多く、当面の補修により対応する傾向があり、建替えなどを全く検討していない割合は大きい（図-9）。このようにマンションの管理の現状は、改修による建物の延命化の傾向がある。これらのマンション建築は、築年数が古く耐震性の不足や設備交換が難しいものが多く、いずれは補強や建替えが必要になるため建替えや費用などについて検討しておく必要がある。

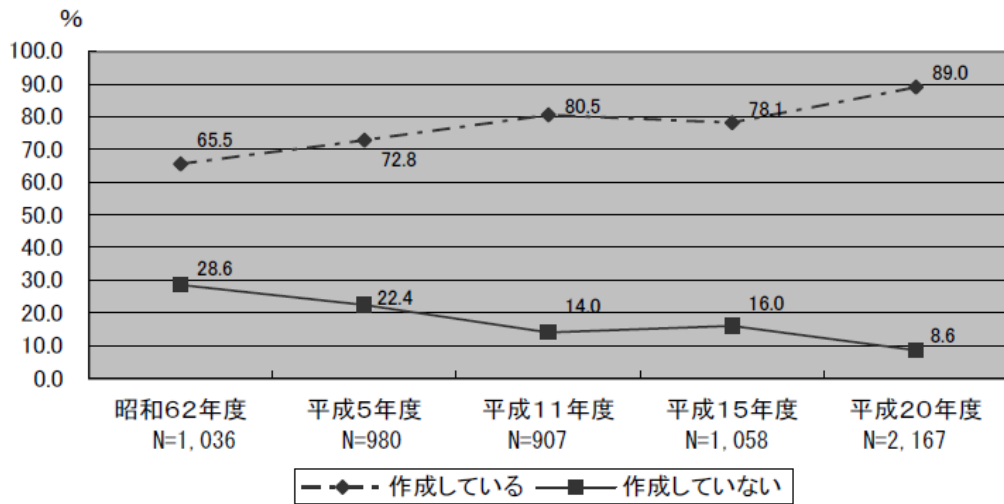


図-8 マンションの長期修繕計画の有無<sup>4)</sup>

## 2. 維持管理の現状

### (1) 現状の問題点

構造物の維持管理における問題点を図-10 に示した。これらの問題点の背景には、人口の急速な高齢化や構造物の高齢化に伴う劣化、厳しい財政事情による事業費の抑制、維持管理に対する国民の無理解などがあり、維持管理に対する問題点には、その体制やそれに関わる人材・技術者の不足などが挙げられる。さらに、維持管理方法がまだ十分に確立しておらず、各管理者間で点検データなどの取り方などが異なり、それぞれのデータを有効利用しにくい環境などがある。

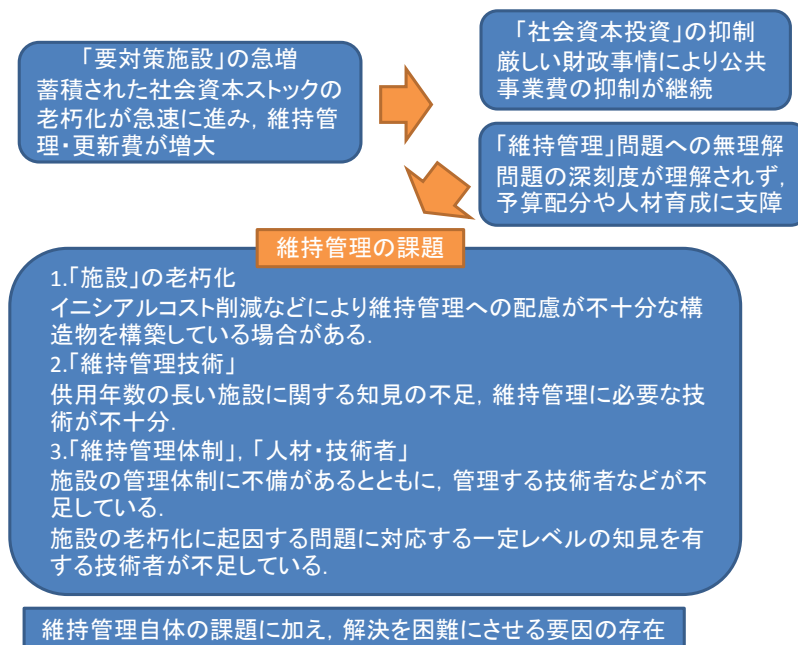


図-10 土木構造物の維持管理における問題点

### (2) 適切な維持管理を行うための考え方

構造物を適切に維持管理するには、①～③のような考え方で取り組む必要がある。また、国や各自治体の管理者間で管理データを有効利用できるように調査データや管理手法の統一が望まれる。

①適切な維持管理・更新を行わなければ、構造物の安全性が大きく損なわれる

②これまでの「事後的管理」ではなく、早期に損傷を発見し、事故や大規模な修繕に至る前に対策

を行う「予防保全的管理」(図-11)へと戦略的な維持管理の推進が必要である。

- ③事業プロセスの見直し：新設中心の事業プロセス(調査・計画⇄設計⇄施工⇄維持管理)と異なり現状のインフラが既に存在し、維持・運営を計画する場合には、最初にくるのは現状把握で、事業計画で補修・補強、更新、廃棄も含めて検討し、その結果を実施し、その結果を評価すると共に常に現状把握に戻るサイクルをとることが重要である。

### (3) 共同住宅における問題点

共同住宅では、それぞれの建物が建設時期により適用基準が異なるために初期性能に差があり、初期性能によって経年劣化も影響を受ける。そのためそれぞれの建物が供給された年代によって問題点異なる(表-1)。たとえば、コンクリートに関するアイテムとしては使用材料の品質低下や設計基準強度、耐震性能などがあり、これらの問題をどのように解決するかという問題点がある。さらに、古い建物の場合には、設備寿命や新しいニーズに対する対応性についても問題点がある。

## 3. コンクリート構造物の長寿命化の現状と方向性

### 3.1 技術面

#### ① 調査・診断技術の現状と方向性

コンクリートの劣化に関する調査方法には、おもに①外観調査と②詳細調査がある(表-2, 表-3)。

外観調査では目視調査が重要である。この目視調査は、調査者の技量により大きく左右されるが、一定以上の技量を持った技術者による調査ではかなりの精度で劣化要因やその程度を把握でき、必要に応じてそれを確認するための調査を行う。

詳細調査技術は、従来から用いられている技術と新しく開発・改良された技術(図-12)があり、新しい適用対象について開発中のものも多い。また、構造物のモニタリングする新しい技術の開発(図-13)も進んできており、モニタリングのコストや耐久性の問題を解決し、構造物の重要度に応じて適用されるようになればこれから主流となるであろう「予防保全」に寄与すると考えられる。



橋脚可視画像

熱赤外線画像

図-12 サーモグラフィー法による橋梁劣化度調査  
(KRC ウェブレポート No.030 2005.9.20 より)



図-13 橋梁における床板、橋桁の変位モニタリング



今後は、開発・実用化された技術を調査・診断の実施者がそれぞれの目的に合わせて合理的に選択できるようにする必要がある。これらの調査結果が、調査コストを含めて補修・補強の品質やコストにどのような反映されるかについての構造物の保有・管理者に対して十分な説明責任が求められる。しかし、コンクリート構造物の寿命に関する調査と補修・補強の関係について十分な知識や社会のコンセンサスが得られておらず、最新の技術が十分に活用されていないのが現状である。

## ② 補修・補強技術の現状と方向性

各種のコンクリートの補修・補強技術の多くは、官学と協力し、ゼネコンや専門工事業者、または材料メーカーが開発・実用化している。補修・補強技術では、性能、適用範囲、施工性などをさらに明確にし、設計者、施工者がそれぞれの目的に合わせて合理的に選択できるようにするとともに構造物の所有・管理者にも品質、コストを含めた十分な説明を行い、理解を得る努力をする必要がある。

## ③ 維持管理の現状と方向性

社会インフラのように多くの建造物を管理する場合には、個々の建造物の管理に加えて、生活の質の低下を最小限とし安心・安全、コストの他に代替手段の有無なども考慮し、ストックである構造物をどのように管理していくのが最も合理的であるかという戦略的な判断を求められ、ストックマネジメントやアセットマネジメントの導入などが必要である（図-14 および図-15）。このような維持管理技術は、研究開発・実施されているが、まだ開発中の技術が多く、実際に適用しながら改善しているのが現状である。いずれにしても、重要な情報は調査データなどの維持管理データである。

ストックマネジメントでは、施設が一定期供用されると機能診断が行われ、施設管理者、受益者及び関係機関が情報を共有し、補修等の対策にかかる合意形成がなされる。このとき非破壊調査、劣化挙動の計測・解析、劣化予測などに関する技術が核となり、調査コストを含めて実施する補修・補強の品質やコストなど、コンクリート構造物に関する調査と補修・補強の関係について十分な知識や社会のコンセンサスを確立しておくことが必要である。

アセットマネジメントを効果のあるものとするには、周辺の資金のマネジメント、各種分析、データベースなども重要になり、過去の知見と最新の技術が蓄積、共有化されていくという仕組みの構築が必要である。

## 3.2 人的面

### ① 資格制度

維持管理に関する資格には、コンクリート診断士（公益社団法人コンクリート工学会）、コンクリート構造診断士（公益社団法人プレストレストコンクリート工学会）などがある。これらの資格では、資格者はそれぞれが定めた水準の技術を有することを試験等で確認しているが、同じ資格を有していてもその技量には大きな差がある。このことを踏まえて構造物の維持管理にこれらの技術者をどのように活用してすべきかなど、この問題の早期の解決が求められる。

### ② システムを動かす人の問題

マネジメントシステムを運用する上で必要なことは「どのようなデータを取り、どのように記録していくか」などで、マネジメントシステムなどの計画、コンクリート構造物の設計・施工や調査・診断や補修・補強技術の専門家など多くの技術者の協力が必要となる。このようにコンクリート構造物を維持管理していくには多くの技術とそれぞれの専門技術者が必要になってくる。

コンクリート構造物の維持管理では、コンクリート構造物の点検、診断が必要で、これらを実施する人材が必要になる。この実施者には経験を含めた高度な専門知識と共に、公平さ、高いモラルなど

が求められ、この様な技術者の育成は非常に重要で、その育成には時間を要し、必要な人数も多く、計画的に育成することが重要であると考えられる。しかし、構造物を管理する自治体の技術者は、特に市区町村では不足しており、予算の不足と共に問題となっているのが現状である。一方では、定年退職した多くの専門家がおり、これらの専門家をどのようにコンクリート構造物の点検・調査、診断に活用していくか大きな課題である。

### ③ コンクリート診断士の活用

構造物調査・診断業務は公平・中立的な立場で行うことが必要で、日本コンクリート工学会はコンクリート診断士に、安全、安心かつ持続可能な社会の構築を担う技術者としての役割を課し、常に技術力の研鑽を行うことも求めている。コンクリート診断士の登録者数は25年4月時点で約9940人で、コンクリート診断士の増加は、社会資本の延命化などの面から持続可能な社会の構築に大いに役立ち、概ね登録者は各県に適当に分布しているようである。

日本コンクリート診断士会は、コンクリート診断士の活動をより円滑に、また効率的に行うことなどを目的に設立され、維持管理に関する専門家集団であることから、コンクリート構造物の維持管理に対して人的面での役割が大きい。さらに、この分野に関係する各種団体と連携してより効率的な運営に寄与できる。

### 引用文献

- 1) 土木学会 コンクリート技術シリーズ No.94「コンクリートの施工性能の照査・検査システム研究小委員会（341委員会）委員会報告、平成23年5月
- 2) 国交省国土技術政策総合研究所資料、第488号、2008 平成19年度道路構造物に関する基本データ集
- 3) 建設業ハンドブック2012、（社）日本建設業連合会 HPより
- 4) 国交省：平成20年度マンション総合調査結果について 平成21年4月10日

[ HP でポップアウト形式により表示する図]

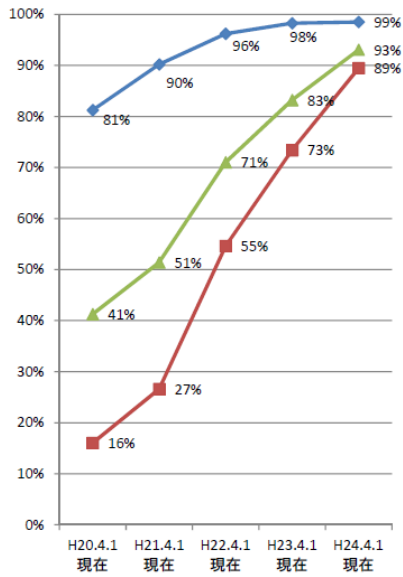


図-5 橋梁の点検状況

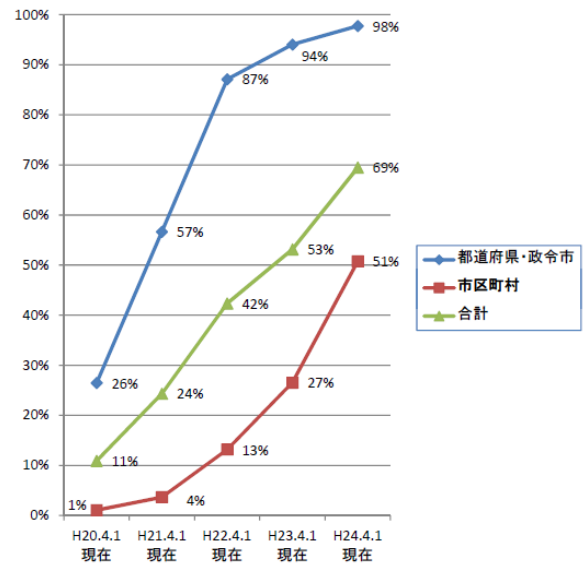


図-6 橋梁の修繕計画策定状況

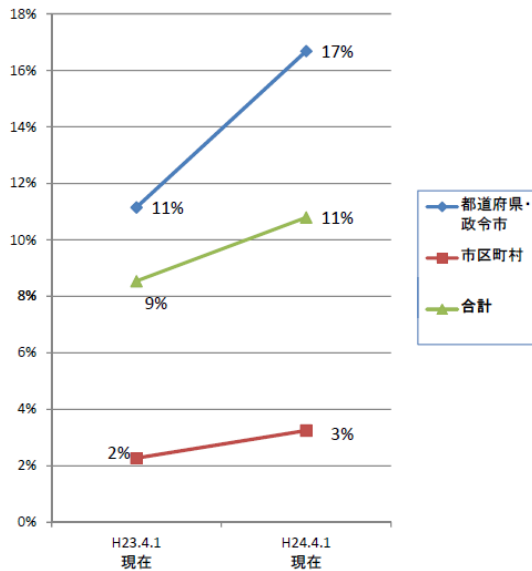


図-7 橋梁の修繕実施状況

(橋梁点検実施状況、長寿命化修繕計画策定状況及び修繕進捗状況について、国交省 HP「道路の予防保全の推進」より)



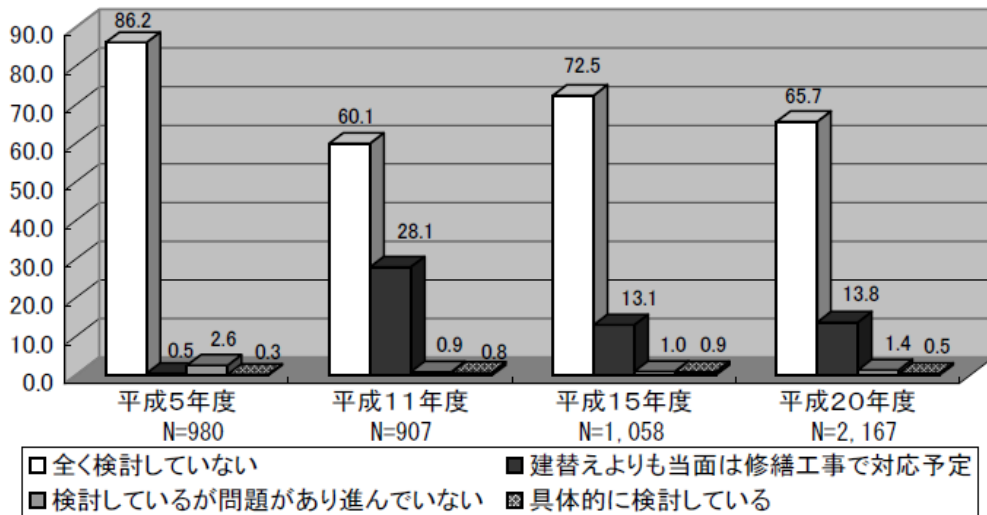


図-9 立て替えの検討状況

(国交省：平成20年度マンション総合調査結果について 平成21年4月10日より)

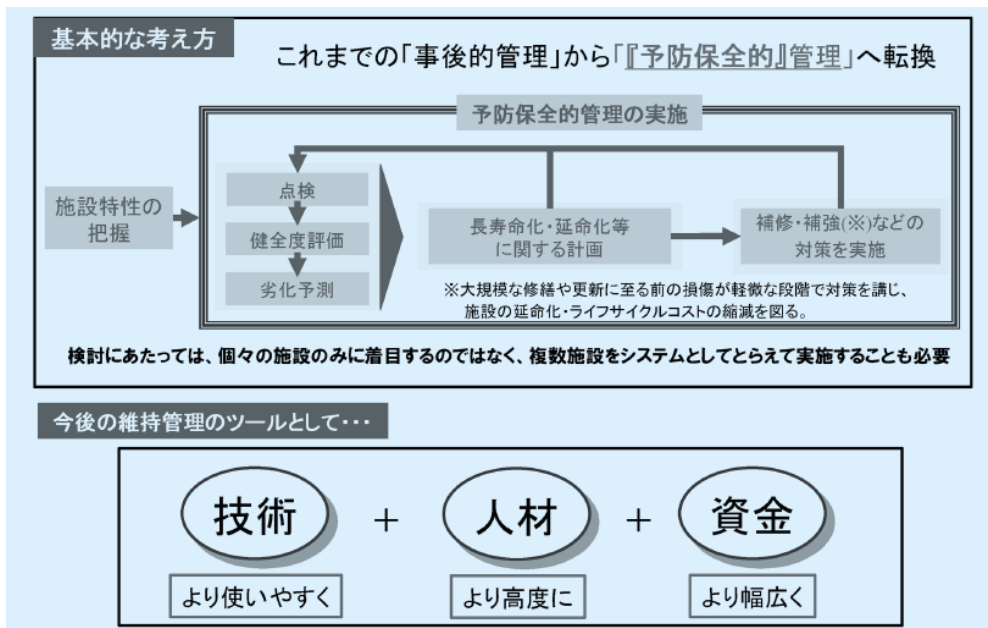


図-11 予防保全的管理方法<sup>13)</sup>

(塩井直彦：戦略的な維持管理の取り組みについて、建設マネジメント技術 2009年3月号より)

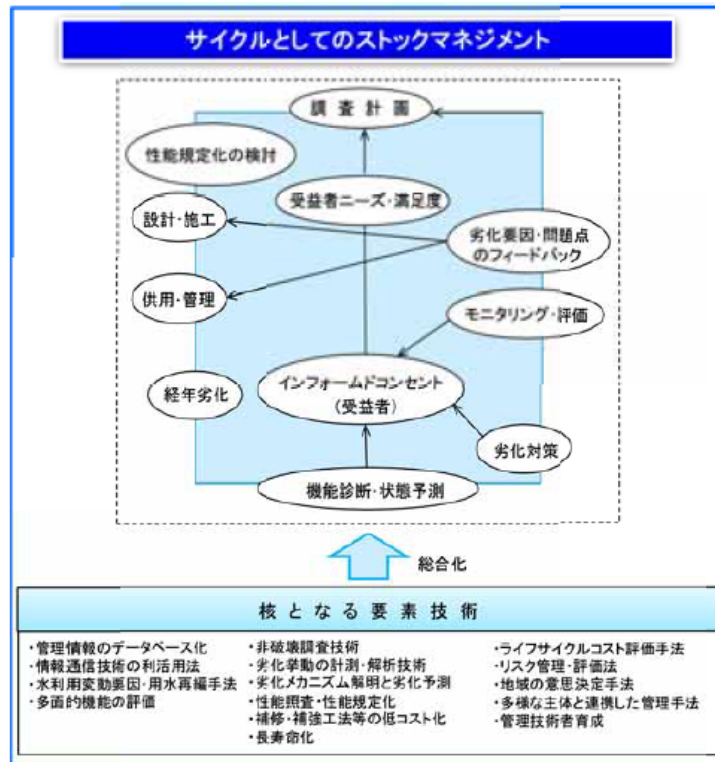


図-14 スtockマネジメントの工程

(今後の社会資本のStockマネジメント技術の将来展開, 社会資本のStockマネジメント技術に関する勉強会-2011.3 国交省資料より)

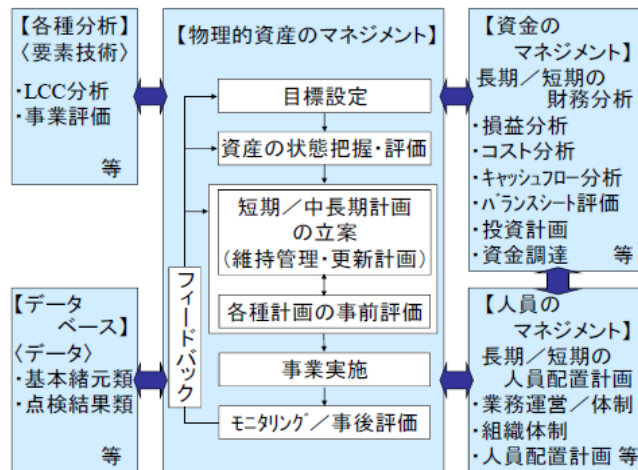


図-15 アセットマネジメント実施の枠組み

(今後の社会資本のStockマネジメント技術の将来展開, 社会資本のStockマネジメント技術に関する勉強会-2011.3 国交省資料より)

表-1 建築時期等による共同住宅の5つのタイプにおける躯体・設備改修上の課題と対応

想定する仕様モデル		S55年以前(～1980年)供給		S56～H2年 (1981～1990年)供給 (モデルB)	H3～H12年 (1991～2000年)供給 (モデルC)	H13年以降 (2001年～)供給 (モデルD)
		中層階段室・壁式 (モデルA1)	高層・ラーメン (モデルA2)			
躯体	劣化対策(コンクリートの品質等)	JASS5準拠	同左	同左	同左	同左
	耐震性(耐震基準)	旧耐震基準	旧耐震基準	新耐震基準	新耐震基準	新耐震基準
	コンクリート設計基準強度	13.5N/mm <sup>2</sup> ～24N/mm <sup>2</sup>		21N/mm <sup>2</sup> ～36N/mm <sup>2</sup>	21N/mm <sup>2</sup> ～36N/mm <sup>2</sup>	24N/mm <sup>2</sup> ～36N/mm <sup>2</sup>
	コンクリートをめぐる課題	・経年による中性化進行の可能性 ・低強度コンクリートの存在		・経年による中性化進行の可能性 ・アルカリ骨材反応、未洗浄の海砂による塩害等による早期劣化	・経年による中性化進行の可能性	
改修における対応方法	・コンクリート強度の確認 ・中性化・鉄筋腐食の調査・診断 ・ひび割れ補修、断面修復、再アルカリ化等の工法を組み合わせて適用		・ひび割れ等を目視調査で確認し、必要に応じ詳細調査・診断 ・適切な補修工法の選択と適用	・日常点検・定期点検による劣化状況の確認と予防保全 ・大規模修繕計画にもとづく適切な修繕・改修の実施		
設備	維持管理 容易性	水廻り位置(共用排水縦管位置)	外壁面	住戸内	住戸内	住戸内
	設備配管をめぐる課題と対応	・配管・継手の腐食・錆つまり ・更新に当たって内装解体を伴う排水縦管が多い				
	改修における対応方法	・配管更新	・配管更新	・配管更新更生・の組合わせで対応	・配管更生・洗浄	・配管洗浄
備考		・1980～84年.総プロ「建築物の耐久性向上技術の開発」 ・1985～87年.総プロ「コンクリート耐久性向上技術の開発」 ・1997年のJASS5改定で、耐久設計基準強度を導入 ・2009年のJASS5改定時の耐久設計基準強度標準(計画供用期間65年) 24N/mm <sup>2</sup> 長期(計画供用期間100年) 30N/mm <sup>2</sup> 超長期(計画供用期間200年) 36N/mm <sup>2</sup> ・持続可能な社会の構築に向けて、長寿命化・延命化の技術開発が進む				

建築時期等による共同住宅の5つのタイプは、多世代総プロ「多世代利用型超長期住宅及び宅地の形成・管理技術の開発(多世代利用総プロ)」(H20～22 国土技術政策総合研究所)で類型化された既存共同住宅のモデル(詳細は総合分野資料4-1「(参考) 建築時期等による共同住宅の5つのタイプの分類」)を参照

3

(国交省：持続可能社会における既存共同住宅ストックの再生に向けた勉強会，別紙2より)

表-2 劣化要因ごとの調査方法

劣化原因	主な調査項目	主な調査方法
中性化	中性化深さ，鉄筋の腐食程度	フェノールフタレイン法，はつり法，自然電位法ほか
塩害	中性化深さ，塩化物イオン含有量 鉄筋の腐食程度	フェノールフタレイン法，コアによる分析 はつり法，自然電位法ほか
凍害	コンクリートの表面状況，表面硬度	リバウンドハンマー，コア
ASR	圧縮強度，弾性係数，残存膨張量	リバウンドハンマー，超音波法，コア，促進試験
化学的侵食	コンクリートの表面状況 表面硬度，中性化深さ	リバウンドハンマー，コア フェノールフタレイン法
火災	コンクリートの表面状況 中性化深さ，圧縮強度，弾性係数	フェノールフタレイン法 リバウンドハンマー，コア

表-3 主な調査・試験項目と方法

調査・試験方法の項目			方法
圧縮強度			圧縮強度試験, 反発度法, 局部破壊試験
変状	ひび割れ	パターン	目視
		深さ	超音波法, 衝撃弾性波法
		発生位置	AE法
浮き, はく離, 空洞			超音波法, 衝撃弾性波法, 打音法, 電磁波レーダ法, X線透過撮影法, 赤外線サーモグラフィ法
形状・寸法	部材厚		超音波法, 衝撃弾性波法, 打音法, 電磁波レーダ法
	鋼材位置		電磁波レーダ法, 電磁誘導法, X線透過撮影法
配合・化学成分・組織構造	配合		セメント協会法, グルコン酸トリウムを用いる方法, ICPを用いる方法, フッ化水素酸を用いる方法
	化学成分	結晶性物質の同定, 定量	X線回折法
		元素の同定, 定量, 分布	SEM-EDXA, 電子線マイクロアナライザー-EPMA
		イオンの定量	イオンクロマトグラフィ法
	組織構造	組織構造の観察	走査電子顕微鏡 SEM, 電子線マイクロアナライザー-EPMA
		細孔径分布	水銀圧入法, ガス吸着法
気泡間隔係数		リニアトラバース法	
劣化	鋼材腐食	腐食の可能性	自然電位法
		腐食速度	分極抵抗法
		腐食のしやすさ	電気抵抗法
	中性化 (中性化深さ)		フェノールフタレイン法, 示差熱重量分析 DTA/TG, X線回折法 偏光顕微鏡観察
	塩害 (塩化物イオン量)	電気化学的方法	電位差滴定法
		吸光度法	チオアセチル酸第二水銀法
		容積法	硝酸銀滴定法
		重量法	塩化銀沈殿法
	ASR	反応性珪物の有無	偏光顕微鏡観察, SEM-EDXA, X線回折法
		骨材のアルカリシリカ反応性	化学法, モルタルバー法
		アルカリシリカゲルの確認	酢酸フェル蛍光法
		力学的性質	圧縮強度試験, 静弾性係数試験
		残存膨張量	促進膨張試験
	火災	圧縮強度	反発度法
		受熱温度	X線回折法, 示差熱重量分析 DTA/TG, UVスペクトル法