

「高経年施設の維持保全最適化を目的とする 耐久性(健全性)診断・点検・維持保全技術の開発」

野口 貴文 (東京大学)

千坂 尊則 (日本放送協会)

兼松 学 (東京理科大学)

今本 啓一 (東京理科大学)

濱崎 仁 (芝浦工業大学)

寺西 浩司 (名城大学)

福山 智子 (北海道大学)

背景と目的

【背景】

- **鉄筋コンクリート造建築物の耐久性・供用限界は、中性化の進行が目安とされるが、今後、建築物の高経年化に伴い実際に中性化が限界状態を超えた建築物が増加することが想定される。**
- **高度成長期に建設された建築物の高経年化が進むなかで、耐震性能の評価・対策が済んだ高経年化した建築物の耐久性(健全性)をいかに評価するか？**が、優良な資産形成を促すための喫緊の課題となっている。
- 建物全体を対象とした耐久性(健全性)診断手法の確立と、中性化も含めて劣化現象の進行が潜在化している構造物においては、**限られた調査機会、アクセス、人的、予算的制約の中で健全性を確保してゆく(リスクを低減する)**ことが求められる。

【目的】

- **建築物全体の耐久性・健全性を評価する「耐久性(健全性)診断技術」の構築と、その後の経年劣化を把握しながら維持保全を行う「点検・維持保全最適化技術」の開発を行い、実証研究を通じて「耐久性(健全性)診断・点検・調査診断」最適化支援ツールの開発・提供を行うことを目標とする。**

技術開発の目的と概要

目的①:「耐久性(健全性)診断」技術の開発

具体の技術開発事項:

1. 「耐久性(健全性)診断」基準 (建物により異なるので既往の研究の総括し例示する)
2. 「測定手法、測定部位・回数」といった調査・診断仕様を選択・決定するための工学的手法の開発【平成28-29年度】
品質・仕様調査と適用技術仕様の開発【平成28-29年度】
劣化状態に関する統計調査および適用技術仕様の開発【平成28-29年度】
3. 調査診断技術自体の向上
環境条件調査と適用技術の検討【平成28-29年度】
表層品質・腐食評価・かぶり調査など個別の技術向上

目的②:「点検・調査診断」最適化技術の開発

1. 実構造物調査に基づくアクセサビリティの定量的評価手法の開発
2. (調査診断や点検結果に基づく)予測診断技術の向上
3. 点検・調査診断最適化技術の開発

最終的な開発事項:「耐久性(健全性)診断」・「点検・調査診断」最適化支援ツール(←具体の開発成果)

1. 対象物件の個別事情を条件とし、「耐久性(健全性)診断」に必要な「調査・診断仕様」を提示する機能
建物仕様・改修履歴等／気象環境条件／アクセサビリティ／予算など
2. (1)の結果を前提として)供用期間中の耐久性(健全性)維持するための最適な「点検・調査診断仕様」を提示する機能
対象物件の個別事情を考慮しつつ、いつ、どのような手法で、どこを点検すればよいか？

技術の普及方法

1. ツールはExcelなど汎用性が高く開発コストの少ない形式を想定
2. ダウンロード形式等でWebへの一般公開を行う
3. 対象はRC造マンション、文教施設を主とし、マンション管理団体などの協力を検討し成果の普及を図る。

技術開発の先導性

【現状、及び、既往の研究】

- 鉄筋コンクリート造建築物の耐久性(健全性)は、**実務では「耐震診断」や「大規模修繕」の一環として実施されているが、具体的な技術仕様(測定手法・測定箇所・測定回数など)は不明確である。**
- ①品質・仕様(強度、かぶり厚さ、表層品質(透気性))、②劣化度、③劣化外力について、**構造物全体の統計量(平均値・変動)の把握が不十分(特に③)**
- アクセシビリティや見逃された劣化現象の潜在的リスクの評価はなされていない。

【本技術開発の特徴・優位性】

- 「耐久性(健全性)診断技術」に必要かつ適用可能な**調査の技術仕様(測定手法・測定箇所・測定回数など)を特定し、実用可能な耐久性(健全性)診断技術仕様が開発**されれば、「耐震診断」に対応して高経年化した構造物の長期供用に向けた判断基準となる。
- 表層品質や劣化外力に明示的に着目した手法はこれまでなく、極めて先導的。
- **「点検・維持保全最適化技術」**は、点検時における**部位ごとのアクセシビリティに着目し、見逃される劣化現象を潜在的リスクとして捉え**、供用期間中の劣化によるリスクを最小限とする維持保全技術を示そうとする点に特徴がある。

実用化・市場化の状況

【技術開発の実現可能性】

- 構成員らは、これまで多くの既存建造物の耐久性調査を実施しており、技術力が高く品質・仕様調査、劣化調査、環境調査に関して十分な技術的知見を有する。
- 当該分野を代表する研究員で構成され個別の調査技術の開発の負担は小さい。
例 野口：耐久設計・非破壊腐食探査、強度推定、兼松：劣化外力評価、最適化、
今本：表層品質評価、濱崎：かぶり厚さ・ばらつき、寺西：ひび割れ、表層品質、
福山：電気化学的手法
- 平成27年度には予備調査を全国数か所で実施。調査に必要な資金・体制などにかかる具
体を反映し、十分具体的かつ実効的な実施体制の構築を行っている。本助成により技術
開発に必要な資金面が解決されれば、目標達成の技術的可能性は極めて高い。

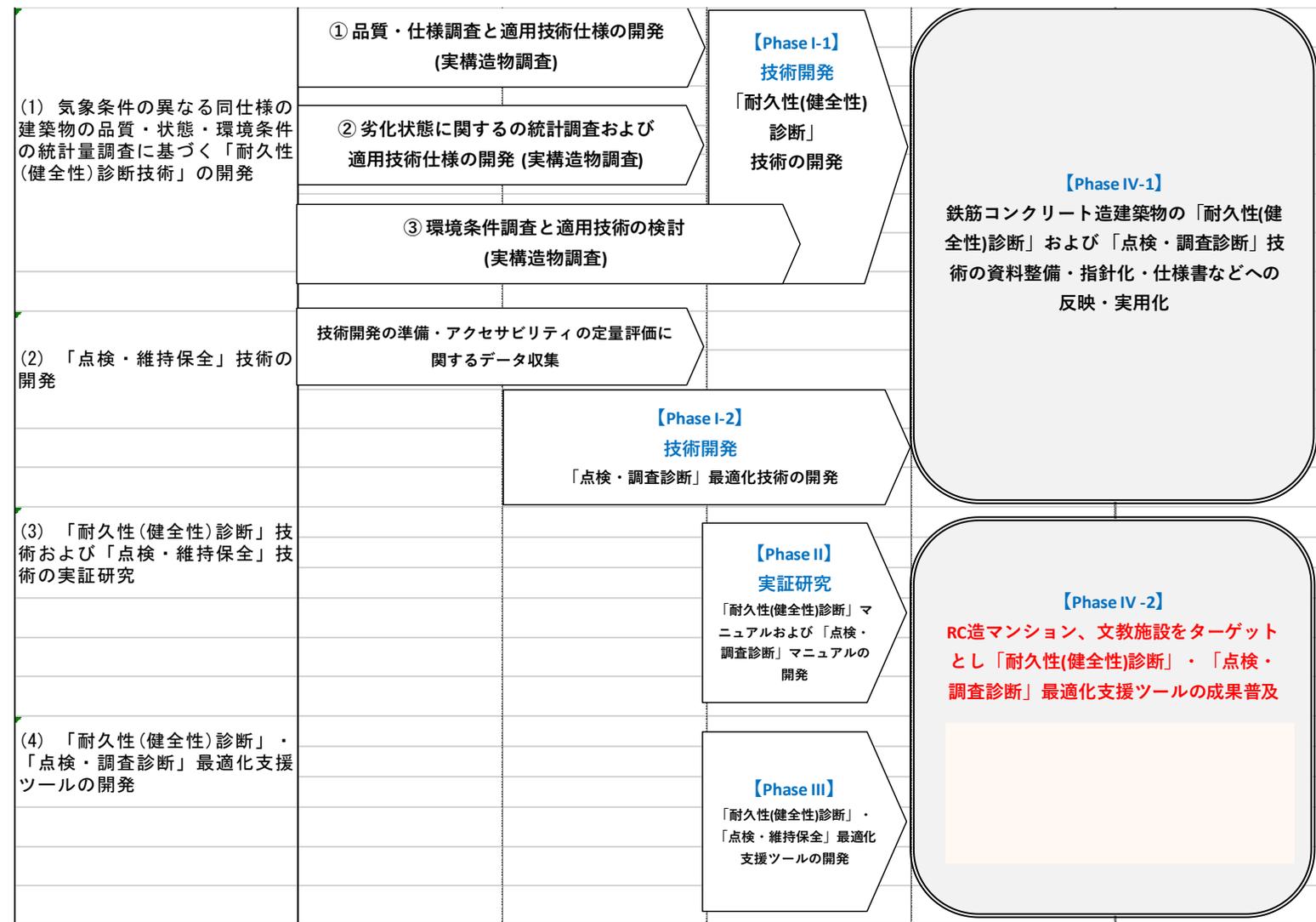
【実用化・製品化の見通し】

- 平成29年度までに、「耐久性(健全性)診断」および「点検・維持保全最適化技術」の技術仕
様案を定める。
- 本提案で得られた耐久性(健全性)診断技術および維持保全最適化技術の成果は、マニユ
アル化されて全国の実建築物の管理への適用を想定している。
- 以上の成果に拠れば、RC造マンション、文教施設をターゲットとした「耐久性(健全性)診
断」・「点検・調査診断」最適化支援ツールを開発・提供を行うことが十分可能と考える。

技術開発の必要性・緊急性

- 鉄筋コンクリート造建築部の**耐久性・供用限界は中性化の進行が目安**。
例：日本建築学会 JASS5 耐久設計基準強度、耐震診断：経年指標
- 高経年化に伴い実際に**中性化が限界状態を超えた建築物が大量に増加**することが想定される。
⇒ **耐久性(健全性)の適切な評価、最適な点検・維持保全計画の立案・実施が必要で、緊急性が高い**
- 実建築物の耐久性(健全性)の実態に関する情報は開示されることは少ない。
⇒ **国庫補助事業として実施する意義・必要性が極めて高い**
- これまで躯体の耐久性は、耐震診断や大規模修繕などに際して**限定的かつ限定的に評価**されている場合が多く、躯体全体の耐久性(健全性)を正しく把握する検討はなされているとは言い難い。
⇒ **潜在化した劣化を見過ごされた場合の影響は看過できない**
- 本提案で想定する「**耐久性(健全性)診断技術**」は「**耐震診断技術**」に対応。
⇒ **高度経済成長期以降に建設された住宅ストックの性能向上やそれらの**戦略的な維持管理**、**中古住宅の流通促進**には不可欠**

技術開発・実用化の完成度・目標達成度



技術開発の結果(成功点)

(技術開発1)

気象条件の異なる同仕様の建築物の品質・状態・環境条件の統計量調査に基づく「耐久性(健全性)診断技術

(1) 品質・仕様調査と適用技術仕様の開発(実構造物調査)

強度、かぶり厚さなどについて同等の仕様を持つと思われる気象条件の異なる実構造物の調査を実施し(表1)、建築物群の品質・仕様に関する基礎情報を得るとともに、品質・仕様調査と適用技術仕様について検討を行った。

(2) 劣化状態に関する統計調査および適用技術仕様の開発(実構造物調査)

実構造物調査に基づき腐食グレードと内部相対湿度の関係を得た。主に、屋内外の区別に基づく中性化速度係数および含水状態を得るとともに、現行の耐久設計で限界状態としている、腐食グレードと中性化残りの関係などの分析により、雨がかりのある部位においては腐食の進行が早く、雨がかりのない部位においては腐食の進行が遅い実態を追認した。

(3) 環境条件調査と適用技術の検討(実構造物調査)

温度・湿度、雨がかり条件などに関して、構造物全体の統計量(平均値・変動)を把握し、

実構造物の耐久性診断に必要な適用可能な環境測定技術(測定手法・測定箇所・測定回数など)を開発し、異なる気象条件での部材内と外環境での温度・湿度変動が劣化進行に及ぼす影響を分析した。

表1 調査建物の概要

	所在地	竣工年	規模	品質・仕様調査		劣化状態調査			
				強度	ぶり厚さ	中性化	鉄筋腐食	含水率	
平成27年度	詳細調査実施分(8棟)	1963~1996年	地上1~2階	40	58	40	40	36	
	その他委託分(8棟)	1952~1985年	—	40	—	40	—	—	
	総計			80	58	80	40	36	
平成28年度	詳細調査	北海道・帯広	1963年	地上1階	5	5	5	5	5
		長野県・富竹	1983年	地上1階	5	5	5	5	5
		長崎県・唐八景	1963年	地上2階	5	5	5	5	5
		長崎県・稲佐山	1958年	地上2階	5	5	5	5	5
		福井県・下馬	1961年	地上1階	5	5	5	5	5
		他13棟(委託分)	1656~1971年	地上1~2階	195	195	195	195	—
		総計	—	—	220	220	220	220	25
総計34棟	—	—	300	278	300	260	61		

※上記に加え大学施設2棟、研究・研修施設3棟、文化財1棟ほかで同様の調査を実施
 ※平成27年度詳細調査実施箇所は、滋賀県・湖南、北海道・深川、岐阜県・岐阜(2カ所)、茨城県・日立、和歌山県・和歌山、山口県・岩国、鳥根県・浜田の計8棟

(技術開発2)

「点検・調査診断」最適化技術の開発

(1) アクセシビリティの定量評価に関するデータ収集

実構造物における図面調査、実地調査を行った。対象は、最終的な技術開発目標に合致させるため鉄筋コンクリート造集合住宅とし、外装変状を把握するための包括的アクセシビリティ調査を実施した。

(2) 「点検・維持保全」最適化技術の開発

対象とする劣化事象や変状に対してどの程度アクセスできるかを評価することを目的として、「アクセシビリティ」という指標を下記のように定義した。

$$\text{アクセシビリティ} = \beta / \alpha \quad (1)$$

ここに、 α : 対象領域の全面積[m²]、 β : 測定可能面積[m²]

実際に得られた劣化調査(前頁)の結果を用いて、アクセシビリティに基づく各調査手法の評価を行い、「点検・維持保全」最適化技術の開発のための基礎調査を実施した。

表2 建物概要

名称	低層		中層	高層	
	建物A	建物B	建物C	建物D	建物E
所在	埼玉	愛知	東京	東京	東京
階数	4階	6階	11階	20階	24階
戸数	24戸	49戸	105戸	156戸	237戸
構造	壁式				
方式	インフレーム				
仕上	モルタル		タイル		
竣工	1963年	1991年	1995年	2001年	2006年
備考	東面は対象外		西面は対象外		

技術開発の成果の実用化・市場化の状況

あと1年程度の継続した調査検討の実施により(1)「耐久性診断マニュアル」・「点検・維持保全マニュアル」(2)耐久性診断指針(案)、点検・維持保全(案)の実証実験を終える見通しである。

日本放送協会の所有する鉄筋コンクリート造建築物を対象としたため、比較的同等の仕様・品質の鉄筋コンクリート造建築物調査を行うことが出来、実調査に基づき、環境条件や仕上げなどの条件と中性化および腐食の関係について情報収集を行うことができ、効率かつ有意義なデータを取ることが出来た。

技術開発の結果(残された課題)

調査対象には中性化が限界状態を超えた物件自体が多くな、腐食グレードが3(限界状態)を超える箇所も多くは無かった。そのため、既往の研究で報告されているような腐食状態の鉄筋の置かれる環境に明確な条件を見出すには至らなかった。

現在、引き続き調査を継続している。得られた成果に基づき、鉄筋コンクリート造建築物の「耐久性(健全性)診断技術」の開発と「点検・維持保全」技術の開発を継続して検討しており、日本放送協会の建築物の運用の中で実証的な検討を進めている。