

「建築物の長期使用に対応した材料・部材の品質確保・維持保全手法の開発」

（平成21年度～平成22年度）評価書（事後）

平成23年7月11日（月）

建築研究所研究評価委員会

委員長 深尾 精一

1. 研究課題の概要

（1）背景及び目的・必要性

持続可能な社会の実現のための地球規模的課題の一つは、「低炭素社会の実現」である。そのための建築物を実現するための方策としては、「省資源」、「省エネルギー」、ならびに「長寿命」があげられる。これらは、それぞれが独立して実現されるものではなく、同時に実現されるものもあれば、同時には実現できない場合もある。例えば、いくら耐久性が向上しても環境負荷が増大するような材料の選定・使用は避けなければならないことはいうまでもない。建築物はその建設過程において膨大な量の二酸化炭素を排出し、資源を消費する。また、廃棄過程において膨大な量の廃棄物を排出する。したがって、持続可能な社会を構築するためには、建築物の新設による環境負荷を可能な限り低減する必要がある、一度建てた建物は3世代、4世代と長きにわたり使うことが肝要である。

すなわち、「建築物を長期にわたり良好な状態で使用する（建築物の長期使用）」ことを実現するための具体的な方策を提案することは、建設分野に与えられた大きな命題かつ、最も現実的な方法であり、「省資源」、「省エネルギー」を目標とする多くの場合にも、貢献できる方法であると考えられる。

その具体的な方法については、例えば建物の使い方を工夫するといったソフト的な対応や、SI（スケルトン・インフィル）住宅といった構法的かつ制度的な仕組みによる対応等、様々なアプローチが考えられる。しかし、このような“さまざまなアプローチ”による「建築物の長期使用」を実現するためにおいても、ベースとなる材料や構造物自体の耐久性の確保・向上が特に重要であり、必要不可欠であると考えられる。

また、同時に、使用される材料・部材の耐久計画に基づき、適切な維持保全が実施され、耐久性の維持が図られるとともに、建物の生産や維持保全に関する情報を必要なときに活用できる環境を整備する必要がある。

本研究課題の目的は、

- （1）劣化しにくい建物を生産する上で必要となる耐久性評価や耐久設計の考え方を「建築物の耐久性向上技術の開発」（建設省総合技術開発プロジェクト1980～1984、以下耐久性総プロ）以降に新たに蓄積された多くの技術的な知見（新しい材料や関連する耐久性データ、評価方法等）の分析に基づいて再検討し、新しい視点から耐久設計手法を再構築すること
- （2）建物の維持保全を的確に行うために必要となる維持保全に関する技術的な知見（新しい検査・診断手法やモニタリング手法、情報管理技術等）を整理し、維持保全手法を構築すること
- （3）建物の生産や維持保全などに関する情報を長期間、効率的に管理するために必要な情報管理手法（情報化技術の活用）を提案し、維持保全計画へ活用すること

の3つであり、建築物の長期使用を実現するために必要な技術を開発することにある。

上記目的を達成するために、平成21～22年度の研究実施期間中においては、基本的な枠組を構築し、関連する資料やデータを整備する。

（2）研究開発の概要

建築物の長期使用を目的とした構造躯体ならびに仕上げ等に対する耐久設計手法を構築する際に基盤となる建築材料・部材、建物の設計仕様に対する耐久性評価の考え方について整理するとともに、耐久設計の枠組・考え方および維持保全手法について提案する。また、建物の耐久性能と維持管理に関する情報を適切

に管理し、建物の維持保全計画等に活用するための手法について提案する。具体的には、下記のサブテーマ1～3を実施する。また、外部との連携・情報交換等を図るための分野別の検討委員会等や共同研究等を実施する。

サブテーマ1 建築材料・部材等の耐久設計手法の開発

- 1) 建築材料・部材の耐久性に関する実態把握
- 2) 耐久性に関する客観的データの収集・蓄積と活用
- 3) 耐久性評価手法の開発と耐久設計の基本的枠組みの提示

サブテーマ2 建築材料・部材等の維持保全手法の開発

- 1) 建築材料・部材の維持保全に関する技術資料の収集・整理
- 2) 検査・診断手法の精度向上と人的資源育成・確保のための方策
- 3) 維持管理情報に基づく維持保全手法の基本的枠組みの検討

サブテーマ3 耐久性・維持管理に関する建築生産情報の維持保全計画への活用手法の検討

- 1) 情報化技術を用いた建築生産情報の活用手法の検討
- 2) 情報化技術を用いた維持保全計画の基本的な枠組の検討

(3) 達成すべき目標

- 1) 建築物の長期使用に対応した耐久性評価ならびに耐久設計手法・考え方（案）
- 2) 建築物の長期使用に対応した点検・診断・補修方法ならびに維持管理手法（案）
- 3) 建築物の長期使用に対応した耐久性・維持管理情報の活用手法（案）

(4) 達成状況

1) および2) 耐久性総プロ以降に新たに蓄積された多くの技術的な知見（耐久性データ、評価方法等）の分析に基づいて再検討し、各種建築材料の耐久性評価や建築物の長期使用を考慮した耐久設計手法・考え方等を提案するとともに関連する技術資料をとりまとめた。また、建築物の維持保全を的確に行うために必要な維持保全に関する技術的な知見を整理し、建築物の長期使用を実現するために必要な点検・診断・補修方法と維持管理手法等を提案するとともに、関連する技術資料をとりまとめた。以下に、RC造、S造、木造、外装仕上ごとに主たる研究成果を概説する。

（RC造）①既往の技術資料の見直しのために、コンクリート材料、鉄筋コンクリート造、ならびに補修材料・工法に関して、法令等における技術基準の現状、各種仕様、技術の変遷ならびに技術の現状について、整理するとともに、技術資料としてとりまとめた。②かぶり厚さの確保について、文献調査、アンケート調査を実施するとともに、共同研究を通じて、かぶり厚さの設計および施工に関する仕様（設計かぶり厚さの設定、避けるべき配筋事例、かぶり厚さ確保のための対策、鉄筋加工、スパーサ配置等）について、技術資料をとりまとめた。③仕上材の躯体保護効果（外装仕上と共同）について、各種仕上材を施したコンクリートの中性化抑制効果、塩化物イオン浸透抑制効果について、実験を行い、仕上材の躯体保護効果を考慮した耐久設計および維持保全のあり方について検討し、①の成果も活用して、「耐久設計・維持保全計画の基本的枠組み（案）」を提案した。④既存住宅の建物調査を実施し、既往の点検・診断方法ならびに微破壊試験等の適用性と具体の調査方法に関する技術資料をとりまとめた。⑤①～③の成果を活用し、耐久性総プロでの成果（第3章：鉄筋コンクリート造建築物の耐久設計・施工指針（案））の見直し（案）を提案した。

（S造）①既存鉄骨系住宅について、構造体の劣化に関する現地調査（触診、目視、工業用ファイバースコープ）を行い、部位別設計用劣化係数（部位係数、露出度係数）を検討するための技術資料を収集するとともに、鉄骨系戸建て住宅における接合部の耐久性について、イ）接合部に対する設計仕様、ロ）ボルト接合の条件、ハ）接合部の耐久性、について技術資料としてとりまとめた。②鉄骨系戸建て住宅

について、特別評価方法認定（品確法）における判断内容（部位別設計用劣化係数、露出度係数、劣化環境の扱い、材の限界状態、防錆性能、耐用年数、等）について、技術資料としてとりまとめた。③長期優良住宅法における「長期使用構造等とするための措置及び維持保全の方法の基準」の「第3 長期使用とするための措置」の「1. 構造躯体等の劣化対策」の「(2)基準」の「③鉄骨造」の「表2（塗料・塗装の仕様）」について、関連するJISの改廃、新材料の開発等について調査し、改正（案）提案のための技術資料を作成した。

（木造）①木造住宅の耐久設計法（耐久性総プロ成果：第5章木造建築物の耐久設計指針・同解説）について、耐久設計法の枠組み、耐久設計法を構成する各要素（劣化外力、部位別劣化外力区分、木材・木質材料の耐腐朽性・耐蟻性、仕上げ施工・防水施工の躯体保護効果、施工管理、維持保全）に関する既往の資料・知見の収集と分析を行い、チェック項目の抽出（設計・施工上の留意事項）と残された課題について整理を行った。②既存木造住宅の劣化状態に関する調査、軸組工法住宅・枠組み壁工法住宅における材料・部材ならびに屋根下葺き材の劣化状態等を確認するための実験を行い、木材・木質材料の耐久性に関する技術資料を作成した。③木造住宅の点検・診断・維持保全・補修改修に関する技術について、共同研究を通じて、既往の資料・知見の収集と分析を行い、チェック項目の抽出（日常点検・保守における留意事項）と残された課題について整理を行った。④木造住宅における建物の診断方法について、共同研究を通じて、実建物において試行等を行い、診断方法の適用性について検証するとともに、住宅基礎を対象とした各種補強方法の効果を確認するための実験を行い、木材・木質材料の診断・補修技術に関する技術資料を作成した。⑤①～④の成果を、「木造住宅の耐久設計支援ツール（チェックリストを含む）」、「木造住宅の耐久設計支援ツールの解説書」としてとりまとめた。⑥①～④の成果を、木造住宅の調査方法・補修方法に関する技術資料として、とりまとめた。

（外装仕上）①建築用仕上塗材および塗料の耐久性について、文献調査等により、耐久性総プロで提示された「標準耐用年数（レファレンスサービスマイフ、RSL）」の見直しと提案を行うとともに、RC部材に対する中性化抑制効果の評価（透湿カップ法）（RCと共同）について実験を行い、技術資料をとりまとめた。②建築用仕上塗材および塗料の維持保全について、劣化診断（2次診断）における実用的な標準パターン写真の整備と、改修層の既存層への適合性に関する一覧表（既存塗膜改修適合表）を作成した。③タイル張り仕上げおよびモルタル塗り仕上げについて、外壁複合改修構工法による改修外壁の劣化調査等を行い、経年劣化の体系化（劣化の生じやすい箇所、劣化現象ならびにその原因の整理）を行った。④タイル直張り仕上げの改修工法選定フローの作成と施工上の注意事項等を解説としてとりまとめた。また、注入口付きアンカーピンの種類および品質評価試験を調査・分析し、簡易な評価方法を提案するための技術資料を作成した。⑤カーテンウォール、パネル、サッシおよび外壁接合部について、使用されている材料・構工法について調査・分析し、設計性能や改修性能に関する整理表を作成し、これを用いた耐久設計・維持保全の考え方を提案した。また、写真等事例による劣化判定（緊急補修の必要性の判断、対処法のポイント）に活用できる見本帳を作成した。⑥防水について、文献調査等により、耐久性総プロで提示された「標準耐用年数（RSL）」の見直しと提案を行った。また、劣化診断における劣化度の分類・判定基準についても見直しを行い、劣化見本写真の整備を行った。⑦防水材料および既存防水層に適用可能な防水工法について、アンケート調査および文献調査を行い、既存防水層に適用可能な改修工法とその特徴を技術資料としてとりまとめた。

3) 建物の長期使用に適應した維持保全を実施するための耐久性や維持保全に関するデータの活用方法やその考え方・手法について提案を行った。以下に、活用手法に関する研究成果を概説する。

（活用手法）①情報化技術を用いた建築生産情報の活用手法の検討を行い、BIMによる設計情報のうち、躯体については、IFCIにより各部位の維持管理に関する属性情報を収蔵した。しかし、管理対象となりうる防水、仕上げに対応するオブジェクトが無く、躯体のオブジェクトを代用してBIM上に記述したとしても、属性情報の収蔵は困難であることがわかった。そのため、管理対象にマーク形のオブジェクトを付置することで、維持保全の情報を集積する方法を提示した。②情報化技術を用いた維持保全計画の

基本的な枠組の検討を行い、建築の維持保全計画の枠組みとして、分譲マンション管理をケースとして、BIMデータを核とする維持保全計画の枠組みを提示した。また、維持保全計画に利用できるBIMデータは、①での検討の通り、管理対象をオブジェクト化する必要がある、オブジェクト化できる主体など、未整備の部分について明らかにした。③情報活用の枠組みの中で、仕上げ等の劣化判断基準などを、維持保全計画立案で活用できるようなWebベースの情報検索のデモンストレーションを作成した。

全体を通して、得られた成果の発表状況として、論文・学会発表（25件（査読付き6件、海外発表3件）、講演会・シンポジウム等での発表（5件）、雑誌・機関誌等への投稿・寄稿（7件）である。

最後に、目標の達成状況として、1) 目標とする成果が得られた。2) 建築物の長期使用に資する具体的な技術あるいは技術基準として、活用されると内容であり、資料等として提示できた。3) 論文等において成果を広く公表し、その内容は参考文献・資料として活用される内容と考える。

2. 研究評価委員会（分科会）の所見と建築研究所の対応（担当分科会名：材料分科会、建築生産分科会）

（1）所見

材料分科会（主務分科会）

- ①国土交通省が実施する長期優良住宅の普及啓発への対応が期待されたものであり、この分野の近年の技術進展を受けて従来の指針等の見直し等もなされ、その成果は時期を得たものと思われる。
- ②建築物に対してこれまでに提案された耐久性等に関する技術的基準について、詳細かつ広範な調査・分析と新たな知見によって再検討し、基礎的な技術の補完や体系的な整理を実施するとともに、長期優良住宅を実現するための技術基準へと進展あるいは活用できる有用な技術資料となり得る耐久設計、維持保全、情報管理等に関する具体的手法を提案されたことは、大きな成果であり十分評価でき、当初の目標は達成されたと思われる。
- ③研究内容および達成すべき目標に対して、RC造、S造、木造、外装仕上、活用手法に関する検討委員会等を設置し、外部機関との連携を図るとともに、共同研究による関連業界等との情報交換等も適切に実施されていると判断する。また、研究成果の発表についても、分野ごとに数多くの論文発表が行われていると判断する。
- ④長期耐用は材料や工法の具体的な技術基準の進展ばかりでなく社会的な仕組みに支配されるものであるためその方面を含めた適切な方向への運用を期待したい。また、省資源・省エネルギーが重視される中での長寿命化は基本的な課題と考えられるが、既存の価値観と反することも少なくない。限られた資源などの制約の中で資源に立脚した本課題の視点が駆動力となる仕組みへの展開を期待したい。
- ⑤2年間の限られた研究期間の中で広範な目標に対して研究成果をあげていると考えられるが、研究期間や予算の制約もあり、得られた研究成果が分散していることは否めない。今後の研究継続によって研究成果の充実化を図り、長期優良住宅の具体的実現をさらに推進されたい。
- ⑥成果が耐久設計・施工指針等の仕様書、指針に反映されることを期待する。また、木造住宅の耐久設計支援ツールは現場に普及すれば面白い試みであると考ええる。

建築生産分科会（関係分科会）

- ①四半世紀前の耐久性総プロの見直しのテーマであり、成果としての技術資料も豊富である。また、研究成果の発表、外部機関との連携等、本研究で目指した目標は達成できたと評価する。今後、得られた成果が現実の社会の中で生かされるよう、更なる努力を期待する。
- ②研究成果としては理解できるが、どこまでが建研独自の研究かは判然としない。膨大な研究成果があると思われるが、以前の総プロと同様な陣容、研究の進め方をしており、多くの委員会・共同研究等、研究マネジメントに多くのエネルギーを要したことも想像できる。広範囲からの要請を受け組織をあげて取り組む研究と、民間に先駆けてあるいは穴を埋める形での萌芽的な研究とを同一の尺度で評価することは難しいもの

があり、どの範囲が建研自身の成果といえるか、また、それらが外部評価になじむかは別途検討されるべきことであろう。この種の研究の評価に関しては、建研が研究全体をどのようにマネジメントし、日本国内の研究者群をどのように研究に取り込み、成果を上げたかが重要なことで、建研の各研究員がそれぞれのテーマでどのような研究成果を上げたか、どのような役割を果たしたかはさほど重要ではなく、他の研究課題と本研究課題とでは評価すべき視点が異なるべきだと考える。

③軽量鉄骨系住宅の維持保全に関して、新築時は型式認定による確認申請、リフォーム時に軽量鉄骨部分がいれば、通常の鉄骨造となり、確認申請の内容が大幅に変わる。このような制度的な側面での検討は建研が率先してやるべき課題ではないか。また、現在、空き家が800万戸、30年先には1700万戸に達すると予想される中で、建築物の長期使用を目指す本研究とはどのような関係にあるのか、さらに、リフォームにおける建築基準法、建築士法、建設業法（これらはすべて新築を前提とした法律になっている）は、どのように整合的させるか等とも深くかかわる課題であり、これらは建研が率先して進めるべき研究領域であると考ええる。

（２）対応内容

材料分科会（主務分科会）

所見④に対する回答

ご指摘のとおり、建築物の長期使用に係わる様々な技術や基準が、実際に活用・運用されるかは、社会情勢や制度の影響を受けると考える。一方で、建築物の長期使用に係わる基本的な技術情報やこれらを活用する基本的な設計・評価の枠組み等は、検討・準備しておくべきであり、本研究では、長期優良住宅を具体的に実現する手法について、現状の社会情勢や制度を踏まえた上で、これらに関する検討を実施した。得られた研究成果は、今後の社会情勢を踏まえ必要とされる制度の策定等にも積極的に活用できるような取り組み、情報発信を行う。

また、建築物の長期使用のための材料・部材の耐久性の確保・向上のための一つの方法としては、品質のよりよい材料等を用いることが考えられる。一方で、省資源・省エネルギーが重視される社会情勢においては、ご指摘のとおり、相反する価値観を両立させることが課題として考えられる。そのために、本研究では、適切な維持保全を実施することによる建築物の長期使用の実現のための技術等について、重点的に検討した。

限られた資源などの制約の中で資源に立脚した本課題の視点が駆動力となる仕組みへの展開としては、平成23年度から実施している個別重点研究課題「建築材料・部材の物理的耐用年数と資源循環性に関する評価技術の開発」において、ご指摘の点を踏まえた研究開発を実施する予定としている。

所見⑤に対する回答

本研究では、3つのサブテーマの設定するとともに、事前評価でご指示のあった構造種別ごとの検討を、サブテーマ1および2において実施した。そのため、設定した大きな成果目標に対して、各分野においては、さらに具体的な成果目標を詳細かつ多岐にわたり設定したため、研究成果が分散している印象を与えたところがあるが、当初の目標は達成したと判断している。また、本研究で得られた研究成果を、今後、長期優良住宅の具体的実現のために活用・運用していく場合において、見直し・検証等も必要であり、前述のとおり、関連研究課題において継続検討したいと考えている。

所見⑥に対する回答

得られた成果を、関連する指針・仕様書等に反映されることは、成果の活用の一つとして当初より考えており、成果の一部は、すでに関連する耐久設計・施工指針の見直し（案）の提案において活用している。ただし、多くの成果は、関連する技術資料として取りまとめた段階であり、今後、成果の活用を図るための、取り組み・情報発信を行う。また、「木造住宅の耐久設計支援ツール」の建研HP上での公開等についても、現在、検討中である。

建築生産分科会（関係分科会）

所見①に対する回答

得られた成果の一部は、すでに関連する耐久設計・施工指針の見直し（案）の提案において活用している。今後、得られた成果のより具体的な活用を図るための積極的な取り組み・情報発信を行う。

所見②に対する回答

本研究は、進め方等については総プロと同様な手法であるが、ほぼ建研オリジナルの成果（一部は、共同研究により実施）と考える。外部委員会等の役割は、目標設定、実施内容、目標とする成果等について、以前の総プロの関係者や多方面の専門分野の方にご参画いただき、有用な見識・ご意見を参考にさせていただくことを主旨として実施した。

また、研究の内容については、第2期中期計画の重点的研究開発課題（住宅等の超長期使用に向けた生産・維持管理・流通にわたる技術の開発）との関連、建研が実施する妥当性等については、事前評価において、適切に設定されているとの評価を受けたものと理解している。ただし、ご指摘の点については、社会における建研やそこに属する研究者の役割等を踏まえた上で、今後、検証してまいりたいと考える。

所見③に対する回答

ご指摘のとおり、いくつかの課題が存在すると考える。社会における建研やそこに属する研究者の役割等を踏まえた上で、研究領域やその内容等の設定にあたって、検討すべき事項と考える。なお、平成23年度から実施している個別重点研究課題「既存建築ストックの再生・活用を促進するための制度的課題の解明と技術基準に関する研究」においては、ご指摘の制度上の側面に関する課題について、検討を行っている。

3. 全体委員会における所見

新たに蓄積された技術的知見をもとに、耐久性総プロ（昭和55～59年度）の成果を見直し、長期優良住宅に関する技術資料ともなり得る耐久設計、維持保全、情報管理等に関する具体的手法を提案しており、本研究で目指した目標を達成できたという分科会の評価を支持し、全体委員会の評価としたい。

4. 評価結果

- A 本研究で目指した目標を達成できた。
- B 本研究で目指した目標を概ね達成できた。
- C 本研究で目指した目標を達成できなかった。