

第1章 研究開発の概要

1. はじめに

国土交通省では、中古住宅流通により循環利用されるストック型の住宅市場の環境整備等、今後講ずべき施策について「中古住宅・リフォームトータルプラン」をとりまとめ、住宅性能評価・表示の充実・普及促進、住宅履歴情報の蓄積・活用等の施策を推進している。中古住宅・リフォーム市場等の整備にあたっては、既存住宅の取引の安全確保や長期使用のため、住宅の性能(耐震性・耐久性や省エネルギー性などの長期使用にふさわしい性能を有しているか否か)が明らかになっていることが不可欠である。そのため、質の高い多様な住宅ストックの形成を図るため、既存住宅のインスペクション(検査)や長期優良住宅化のための基準等の整備、既存住宅の建物評価に係る指針策定等に取り組んでいる。

基準に合致する優良な住宅については、関連施策による支援により流通・リフォームの推進が展開されている。しかしながら、多くの場合、設計時の図面等が散逸していること、現時点での劣化状況が不明であることなどにより、良質な住宅に求められる各種の性能を確認することが容易でなく、市場での流通や適切なリフォーム・改修を通じて有効に利用していくことが困難な状況となっている。より広い範囲の住宅ストックを良好な住宅ストックとして活用していくためには、図面等が無い住宅、現況把握が難しい状態の住宅についても、基本的な性能を把握し、市場で円滑に取引できるようにすることが必要である。

このため、国土技術政策総合研究所では、性能が不確かな既存住宅等について、図面等が無い場合においても、現況から初期性能や劣化状況を把握し適切なリフォーム・改修の実施や性能の評価・表示及び住宅履歴情報の整備を可能とするため、総合技術開発プロジェクト「中古住宅流通促進・ストック再生に向けた既存住宅等の性能評価技術の開発(既存住宅総プロ)」(平成23~26年度)を実施し、既存住宅等の設計情報の整備・管理手法、既存住宅の劣化実態に即した現況検査法、住宅の性能評価等の新たな性能評価法に関する調査研究開発を行った。

2. 既存住宅総プロの概要

2.1 研究の目的と課題

既存住宅の流通や適切なリフォーム等を推進していくための施策展開の一環として、性能が明らかでない既存住宅等について、図面等が無い場合においても構造・材料等を容易に把握し、その性能を効率的に評価する手法を開発することを目的として研究を実施した。

本研究では、既存住宅の現況把握等における重要な技術的課題として、既存住宅の材料構法の把握手法(部門ⅠA)、設計情報等の蓄積・管理手法(部門ⅠB)、劣化実態に基づく現況検査手法(部門Ⅱ)、及び住宅の性能評価等の新たな評価法に係る、既存住宅において確保できる日照・採光水準の評価手法(部門ⅢA)、コンクリート躯体の劣化状態等の評価に基づいた耐久性評価法(部門ⅢB)を対象とし、住宅るフォーム等における関係実務で活用可能な手法、技術の確立を目指した(図1.1)。

研究の成果は、「住宅の品質確保の促進等に関する法律（住宅品質法）」等に基づく評価方法基準や現況検査基準等への反映を通じ、既存住宅の設計図面等の住宅情報の整備・蓄積や、性能等が明らかな既存住宅ストックの拡大を促し、適切な情報を備えた中古住宅流通の市場環境整備に資する。

既存住宅総プロ 各研究課題(部門)の関連

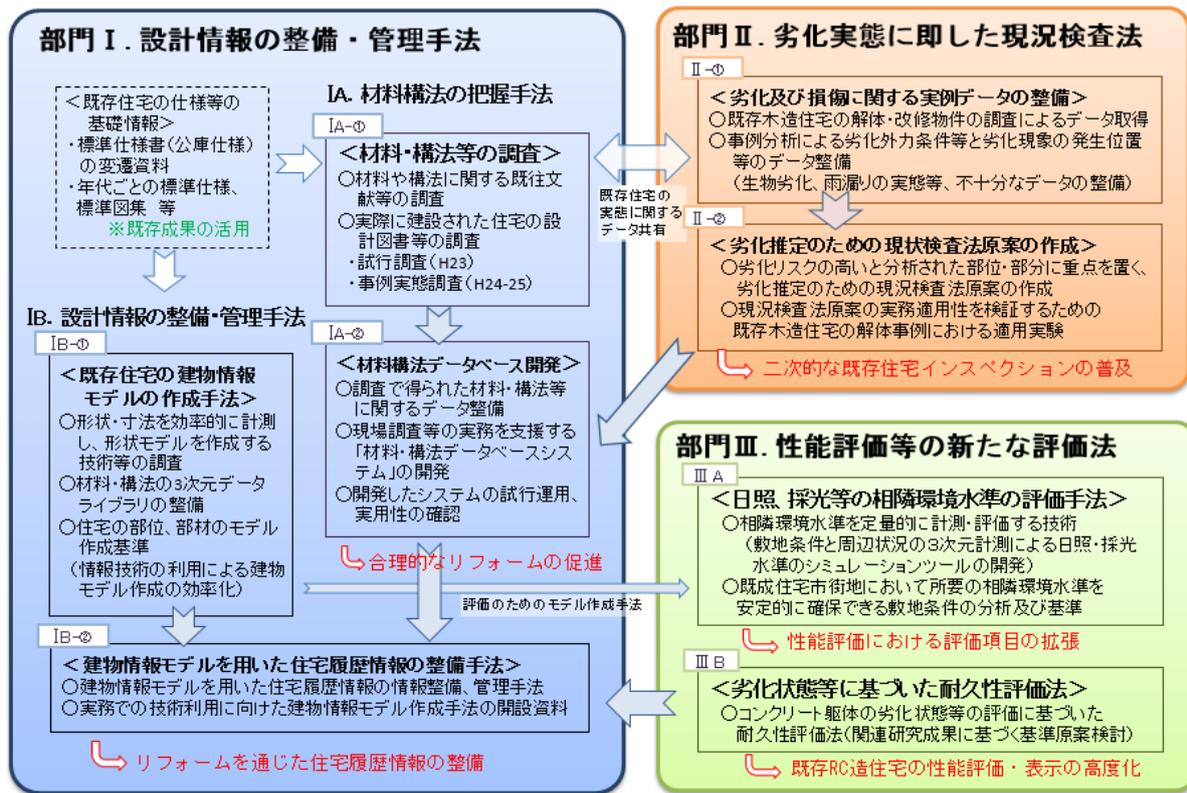


図 1.1 既存住宅総プロの研究課題の構成と研究内容の概要

2. 2 技術開発テーマと研究体制

既存住宅総プロの研究テーマは、大きく、既存住宅の多くで図面等が散逸し構造や材料等の把握が困難であることへの対応（部門Ⅰ）、非破壊で行う現況検査において木造住宅の壁内部の部材等の劣化把握が困難であることへの対応（部門Ⅱ）、既存住宅の性能評価等で評価法が確立されていない項目への対応（部門Ⅲ）で構成した。

研究実施に当たっては、学識経験者から構成される「技術開発検討会」（座長：小松幸夫 早稲田大学 教授）を設置し、既存住宅の流通促進・ストック再生の全体的な観点から研究内容等に助言いただいた。また、個別課題については、専門分野の有識者、実務者から構成される「材料構法の把握手法検討WG（部門ⅠA）」（座長：松村秀一 東京大学 教授）、「情報整備・管理技術検討WG（部門ⅠB）」（座長：嘉納成男 早稲田大学 教授）、「劣化調査・検査法検討WG（部門Ⅱ）」（座長：中島正夫 関東学院大学 教授）の3つのWGを設け、専門的な観点から助言いただくとともに、相互の連携を保ちつつ検討を進めた。部門Ⅲの2課題はWGは設けず、技術開発検討会において内容等に助言いただいた。

2. 3 研究内容と成果の概要

(1) 既存住宅の材料構法の把握手法

既存住宅流通およびリフォーム市場については、住宅の性能等に関する情報不足など、消費者の不安を解消するには不十分な状況にあり、市場の環境整備が喫緊の課題となっている。あわせて、住宅を長く大切に使う社会の実現に向けて、住宅性能表示制度の活用の促進や長期優良住宅の促進等により、将来の有効活用を見据えた良質なストックの形成を図ることが課題となっている。

既存住宅には長期優良住宅や性能評価住宅等のように仕様及び性能が高い水準で担保された住宅もあるが、これら制度が始まる前の住宅については、一般に仕様や性能が不確かな状況にある。また、多くの住宅において図面等の設計資料が散逸する等により、使用されている材料や構法の把握をより困難にしている。このため、部門 I A では、戸建て造住宅を対象として、既存住宅の材料・構法を技術的な裏付けを元に類推・確定する技術を開発することを目的として、既存住宅における材料・構法等に関する調査、及び材料・構法データベースシステムの開発を行った。

既存住宅における材料・構法等に関する調査では、既存住宅に使用されている材料・構法等に関する情報を収集することを目的として、木造戸建て住宅の材料や構法に関する既往文献等の調査、及び実際に建設された住宅の設計図書等の調査を実施した。既往文献等の調査は、建材・製品の変遷に関わる統計類、独立行政法人住宅金融支援機構（旧住宅金融公庫）の「木造住宅工事仕様書」や各種の調査データ（住宅・建築主要データ調査報告、個人住宅規模規格調査等）等を対象に情報を収集、整理し、概ね、昭和 50 年代以降の住宅各部の材料や仕様の変遷に関するデータが取得された。実際に建設された住宅の設計図書等の調査は、地域の中小工務店等が建築した既存戸建て木造住宅の設計仕様等の実態を把握することを目的に、概ね過去 30 年間に建築された住宅の保管されている図面等から使用されている材料や構法を示す記述を抽出する方法で行い、住宅の構造や年代別の材料、構法等の採用実態に関するデータが得られた。図面調査を実施した事業者は、北海道、東北、関東、中部、中国、九州の計 55 事業者、対象住宅の件数の合計は 1,247 件である。

上記の調査で得られた材料・構法等に関するデータに基づいて、工務店や設計事務所等の技術者が担う現場調査等の実務を支援する「材料・構法データベースシステム」の開発を行った。このシステムは、現況検査等の業務フローに即して、調査対象住宅の基本情報、仕様データを仮定し、現場調査を通じて情報を確定する機能を備え、ノートパソコンやタブレット端末等から効率的にデータの取得及び蓄積が出来るものである。開発したシステムは、試行運用し、実用性の確認を行った。将来的には、現場調査で得られた各部の材料・構法の実績データがフィードバックされることで、共有の知識ベースとして活用されることを目指している（図 1.2）。

部門 I A の研究内容の詳細は、本報告書の第 2 章に記述している。

また、現況検査等の実務において、材料・構法データベースシステムを利用する際のマニュアルである「操作説明書」を巻末の付録-1 に収録している。

材料・構法データベースシステムの構成

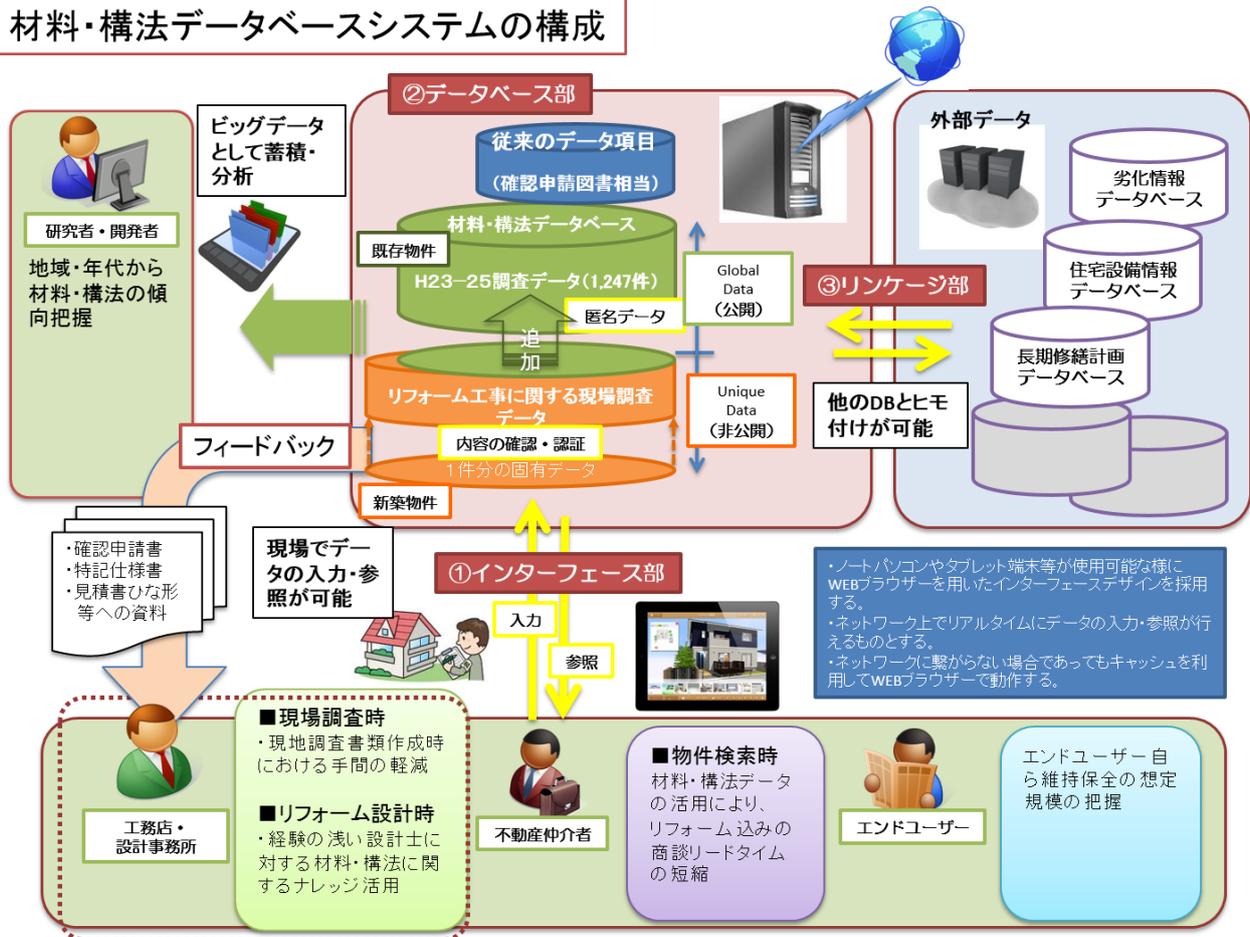


図 1.2 材料・構法データベースシステムの構成と活用イメージ

(2) 既存住宅等の設計情報の整備・管理手法

設計図面等が散逸した既存住宅について、流通のための性能評価に必要となる情報の整備や、リフォーム時の設計・施工条件の明示のために、設計情報（住宅各部の形状、部材構成、使用材料等の情報）を簡易に把握し、合理的に整備する手法を確立する必要がある。一方、建築設計、生産を合理化する情報技術として、建物情報モデル（BIM：Building Information Modeling）の取り組みが設計者、施工者、さらには建物所有者に広がってきており、建物の様々な情報を 3次元 CAD で作成するモデルを中心に統合してデータ利用の高度化を図る環境が進みつつある。

そこで、新築設計における 3次元オブジェクト CAD の利用や情報技術を基礎とする新たな計測技術等に着目し、設計図面等が散逸した既存住宅の設計情報の復元と材料等のデータや写真等の記録の管理等における情報技術の利用の観点から、部門 I B では、既存住宅の現状を表す建物情報モデルの作成手法の開発、及び建物情報モデルを用いた住宅履歴情報の整備手法の開発を行った。

既存住宅の現状を表す建物情報モデルの作成手法の開発では、住宅の外観や部分の形状・寸法を効率的に計測し形状モデルを作成する技術等の調査、既存住宅を表す建物情報

モデルの詳細度の検討、建物情報モデルにおける材料・構法データの扱い、住宅・建築におけるオブジェクトの考え方、オブジェクトと構法情報の関連付け手法を検討した。その上で、オブジェクトと材料・構法等のデータの関連付け手法について考察し、既存戸建て木造住宅に適した、既存住宅の現状を表す建物情報モデルの作成に必要な、建物情報モデルのデータ構造や情報の処理方法を取りまとめた（図 1.3）。

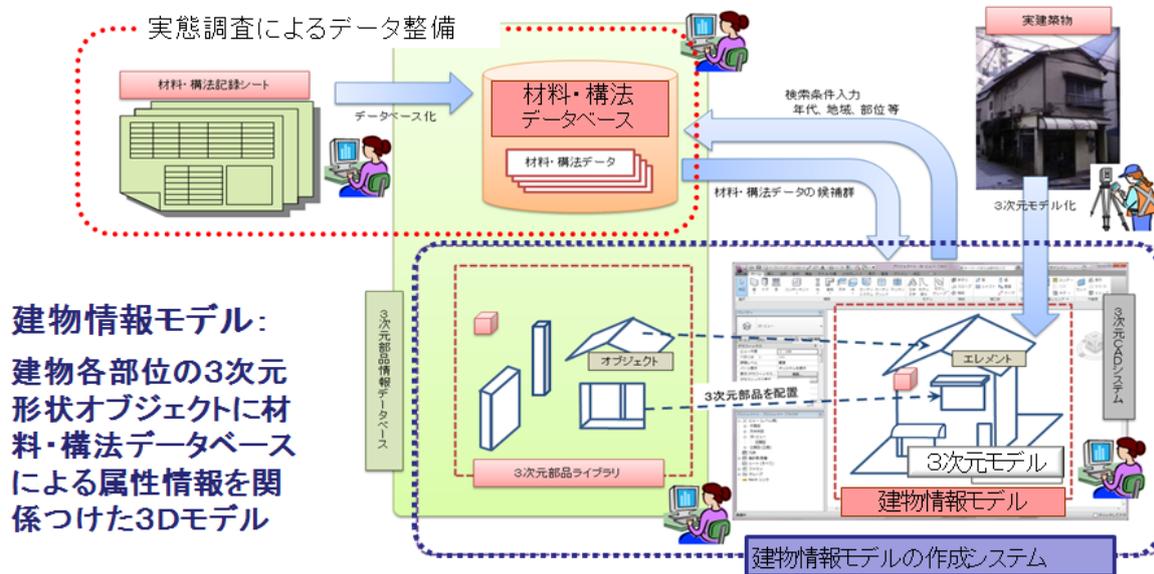


図 1.3 建物情報モデルの概要

建物情報モデルを用いた住宅履歴情報の整備手法の開発では、形状モデルと構造・材料等に関する属性情報を関係付けて情報を合理的に蓄積・管理する建物情報モデルの利用について、住宅履歴情報を扱うための建物情報モデルの考え方、住宅履歴情報の整備、活用の動向把握等を行い、ソフトウェア等の利用環境を考慮して、既存住宅の現況検査や住宅リフォームを担う実務者に向けた「既存住宅の現状を表す建物情報モデルの作成ガイドライン（案）」の作成を行った。

住宅履歴情報が含まれる図書、資料は、形状・寸法が表現される図面や、材料、構法・工法が示される仕様書、機器や建材のカタログ、工事内容を示す内訳書、点検・修理の結果を記録する帳票や写真など、多岐多様な形態、メディアからなっており、データの保管、情報としての活用の観点から、電子的な記録が望まれている。住宅履歴情報の整備、活用に向けた取り組みは、「必要な図書、資料を作成し保管する」慣習の普及を図る第1段階、「保管、再利用が容易な電子データで残す」効率的な管理を図る第2段階、「検索可能なデータ構造により管理、活用する」利活用を図る第3段階、と情報の高度利用に向けた進展が予想される。こうした技術の特性に着目し、「建物の部位や位置に関係付けて情報を統合管理し、高度利用する」住宅履歴情報のより効果的な利活用を図る第4段階の想定をおき、現場調査による間取りや形状のスケッチや材料や仕様等の記述メモ、写真等を基にCADを用いた簡便な入力により既存住宅の設計情報等を復元し住宅履歴情報を整備する、建物情報モデルを用いた情報整備、管理手法の検討を行った。

「既存住宅の現状を表す建物情報モデルの作成ガイドライン(案)」の作成にあたっては、日々進歩する情報技術の開発状況やソフトウェア等の利用環境の調査・分析を継続しつつ、既存住宅の現況検査や住宅リフォームにおける実務での技術利用を想定し、これら実務者等に対して分かりやすく技術内容を解説する技術資料として記述、編集した。また、実務での利用、普及をはかるため、3次元オブジェクトCAD等で用いる情報ひな形(テンプレートやライブラリ等)、及び住宅事例における建物情報モデルの作成例を「資料編」として収録した。

部門IBの研究内容の詳細は、本報告書の第3章に記述している。

また、開発した手法の技術内容を解説する技術資料である「既存住宅の現況を表す建物情報モデル作成ガイドライン(案)」を巻末の付録-2に収録している。

(3) 既存住宅の劣化実態に即した現況検査法

既存住宅のインスペクション(現況検査)は、基本的には非破壊で行われ、検査時点で認められた事実(例えば、ひび割れがあるという状態)を報告する範囲で実施するものであり、表層に現れていない構造躯体等の状態は表面材を剥がしてみなければ分からないといった不確的要素があるために、リフォーム計画時などに正確な見積もりを出せない、といった点などが課題とされている。戸建て木造住宅について、この課題を解決するには、解体物件等を対象とした実態調査により劣化・損傷の状況や不具合等を把握し、建物の属性(建築年代、立地環境、各部構法等)と劣化・損傷等の発現傾向と位置等との関係性を整理するデータの蓄積と分析が必要とされている。

これまでも戸建て木造住宅で発生した劣化・損傷等の把握を目的にした解体調査の実績は見られる。しかし、解体前に建物の仕様・材料及び外観の変状等を把握する現況調査

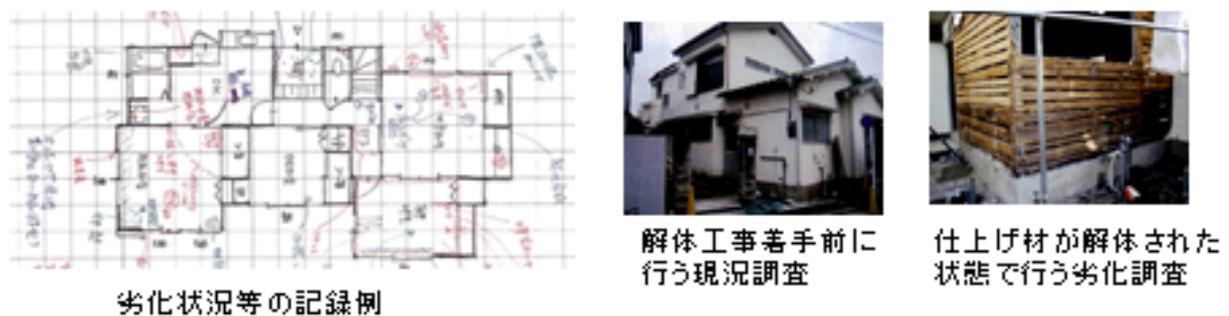


表2 調査で取得しているデータ(主な内容)

基本属性	劣化要因を誘引する事項			建物の現況状態 (変状等の発生状況)	構造材等の劣化状況
	立地環境	構造・使用材料等	住まい方・維持管理		
<ul style="list-style-type: none"> ・構造 ・築年数 ・建設地域 ・気象要素 ・平面、立面計画 	<ul style="list-style-type: none"> ・日照条件 ・風環境 ・地盤・地形 	<ul style="list-style-type: none"> ・各部の構造、材料、寸法 (基礎・床下、外壁、開口部、屋根、バルコニー、内部各室) 	<ul style="list-style-type: none"> ・居住歴 ・日常の維持管理 ・修繕・改修歴 ・被災歴 	<ul style="list-style-type: none"> ・変状等の発生位置 ・変状等の種類、形状等 (外装材、内装材、床下、小壁裏) 	<ul style="list-style-type: none"> ・腐朽の発生部位・位置、程度 ・被害の発生部位・位置、程度

① 現況調査で取得

② 劣化調査で取得

図 1.4 解体・改修物件の調査による変状及び損傷に関する事例データの概要

と、解体中に構造体内部の腐朽・蟻害等劣化の発生状況等を把握する劣化調査を行い、建物属性と発現する劣化・損傷等の発現傾向と位置等の関係性を分析した結果を実例データとして蓄積し、目視による確認が通常困難な部位・部分での劣化・損傷の発現リスク算出とこれを考慮した現況検査手法の開発を試みる研究・技術開発は見られない。このため、部門Ⅱでは、既存住宅の合理的な現況把握に資する簡便な現況検査法について、既存木造住宅の解体・改修物件の調査に基づく既存戸建て木造住宅の劣化及び損傷に関する実例データの整備、劣化推定のための現状検査法原案の作成及び適用実験を行った。

既存戸建て木造住宅の劣化及び損傷に関する実例データの整備では、既存木造住宅の解体・改修物件の調査を合計116棟実施し、95棟分の調査結果を取得した。調査は、解体作業開始前に行う現況調査と仕上げ材等の撤去後に壁や屋根、床組内部の劣化調査からなり、既存戸建て木造住宅の劣化及び損傷に関する実例データを整備した。この実例データから、躯体に生じた劣化・損等の発現傾向を分析し、現況把握において重点的に点検すべき部位・部分等を整理した。

劣化推定のための現状検査法原案の作成においては、上記で整理した重点的に点検すべき部位・部分等に着目し、目視、計測を中心とした非破壊検査を基本とする現行の現況検査法について、劣化リスクの高いと分析された部位・部分に重点を置く、劣化推定のための現況検査法原案をまとめた。その上で、作成した現況検査法原案の実務適用性を検証するため、既存木造住宅の解体事例において適用実験を行い、既存住宅インスペクションの体系の中での現況検査法原案の運用に関する課題を整理した。

部門Ⅱの研究内容の詳細は、本報告書の第4章に記述している。

また、現況検査法原案による現況検査の「実施手順書」を巻末の付録-3に収録している。

(4) 既存住宅において確保できる日照・採光水準の評価手法

住宅まわりの日照・採光等の相隣環境は、消費者の住宅購入判断時の重要項目の一つになる。また、日照・通風等の相隣環境性能の水準は、住宅（木造住宅）の物理的耐久性（腐食等の老朽化）に影響を及ぼすとともに、日照の水準は住宅の省エネ性能や太陽光発電装置の設置効果等の水準にも影響を及ぼす。しかし、日照等の相隣環境水準の定量的評価を反映した住宅の性能評価技術は確立しておらず、また、住宅流通市場において相隣環境水準が客観的に評価される仕組みも確立していない。

このため、部門ⅢAでは、既成住宅市街地における日照、採光等の相隣環境水準の評価手法の開発を行い、住宅流通時の性能評価手法の見直しなど、良好な相隣環境水準が確保されている住宅の価値が市場で適正に評価される仕組みの構築につなげていく。具体的には、複合日影を考慮した、各住宅・敷地において確保できる日照水準の計測・評価ツールの開発、外壁面照度の観点から見た、各住宅・敷地において確保できる採光水準の計測・評価ツールの開発、所要の相隣環境水準を安定的に確保できる敷地条件の分析及び基準の提案を行った。

良好な相隣環境水準を安定的に確保できる敷地条件の評価手法の開発においては、既成住宅市街地における既存住宅の流通・活用に向けて、既成住宅市街地における日照及び採

光の要求水準を設定し、街区の条件（方位、接道、法規制等）ごとに日照及び採光の要求水準を確保できる敷地条件（規模・形状、方位、接道条件等）についてシミュレーション分析した。これに基づき、日照・採光の要求水準の確保に係る敷地条件の基準を提示した。

相隣環境水準の計測・評価技術の開発においては、目視等の現況検査では性能水準を定量的に把握することが難しい「空間のゆとり・開放性」に係る相隣環境水準（日照、採光）に着目し、既成住宅市街地における評価対象の住宅について、当該敷地の条件（敷地の規模・形状、方位、接道条件等）と、周辺敷地において現行規制下において建築可能な形態制限等の相対関係の中で、相隣環境水準を定量的に計測・評価できる手法を開発した。また、対象住宅の周辺状況の変化に応じた相隣環境水準の評価を容易にするため、3次元計測によるシミュレーション技術の開発を行った。開発したツールは公開を予定している。

研究成果は住宅品確法に基づく評価基準や長期優良住宅（新築及び既存）の認定基準に係る技術的評価手法として反映させることなどにより、住宅流通時において相隣環境水準が評価される仕組みを確立する。

部門ⅢAの研究内容の詳細は、本報告書の第5章に記述している。

また、相隣環境水準の評価を行う際のツール利用方法のマニュアルである「日照・採光水準のシミュレーション測定・評価ツールの利用マニュアル」を巻末の付録-4に収録している。

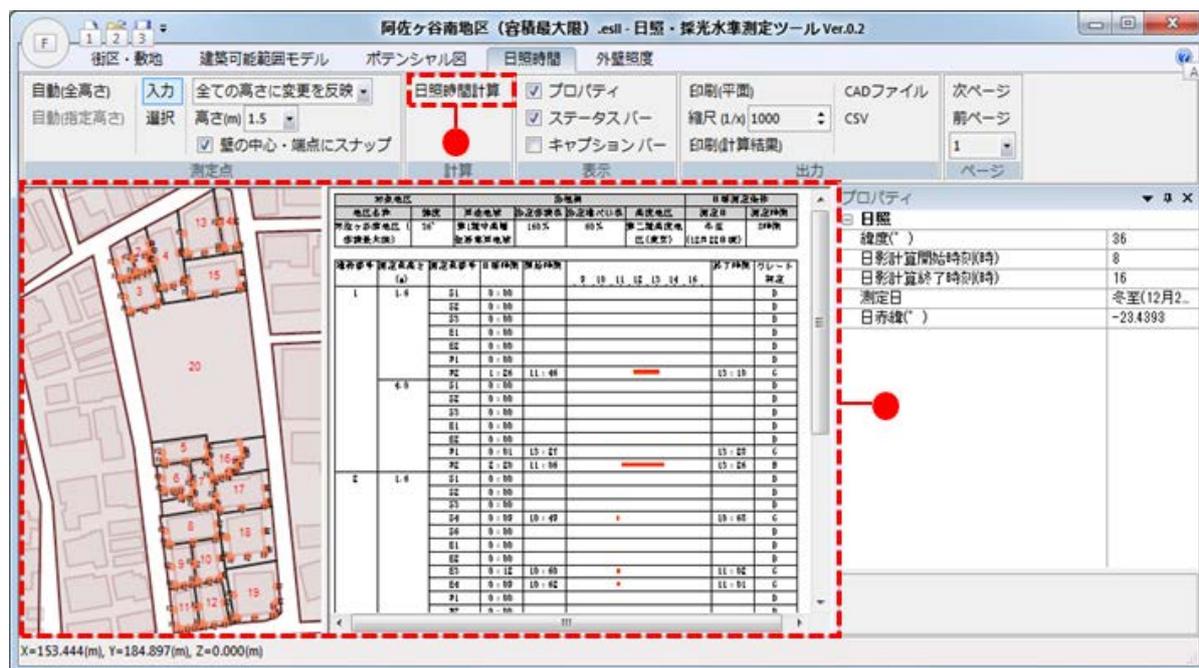


図 1.5 開発したシミュレーション測定ツールによる日照時間の計測・評価の例

(5) コンクリート躯体の劣化状態等の評価に基づいた耐久性評価法

既存住宅の長寿命化の推進施策において、鉄筋コンクリート造共同住宅のストック活用に関して、コンクリート躯体の残余耐用年数の評価が大きな関心事項になっている。鉄筋コンクリートの耐久性評価では、中性化の進行速度が重要な指標になるが、既存住宅のコンクリート躯体の評価に適用可能な基準値等の検討には、実建物のデータ蓄積が十分に

されていない。このため、部門ⅢBでは、コンクリート躯体の劣化進行予測に用いる指標の整備を目的として、マンション等の耐震診断や大規模修繕等における調査診断報告書等から得られた実建物の中性化深さ等のデータを収集し、中性化に関する実態を整理するとともに、中性化進行速度に関して、鉄筋コンクリート造建築物の劣化対策・中性化（性能向上・長期リフォーム基準案）の調査方法、評価方法の適切性を検討するための技術資料の整備を行った。

コンクリート躯体の劣化予測に関する研究は、従前より検討が重ねられているが、実建物のデータを用いて劣化状態等を分析したものは少ない。既存建築物の劣化予測や劣化対策の効果を適切に評価していくためには、立地環境等の異なる条件下で建設された実建物でのデータを用いて検討することが不可欠である。また、現在、長期優良住宅化リフォーム推進事業が進められ、RC造の劣化対策・中性化については、現実的に可能な範囲から得られたサンプル調査の結果で評価する方法となっているが、これらのデータのサンプル数や採取位置が劣化評価にあたって適切であるのか、さらに劣化予測に用いる鉄筋腐食確率の算定式中の係数についてもコンクリート躯体の劣化の実態にあった数値となっているかを検証できるバックデータを整備しておく必要がある。

そこで、耐震診断報告書や大規模修繕時の劣化調査報告書等の既存の資料から実建物の中性化深さと圧縮強度などのデータを収集し、新たにコア抜き等を行わずに収集したデータによって推定される劣化予測の適切性について、実建物での中性化の進行状況に関するデータを整備するとともに、劣化予測で使用する中性化データの調査方法（サンプリング数や建物規模とサンプリング位置との関係など）、評価方法の適切性について検討した。

現状の基準案ではサンプル調査においてコア3本（ドリル削孔の場合3カ所で、1カ所ごとに3孔）ずつ、となっているが、建設年や仕上げの種類によっては、その建築物の劣化状態を正しく評価できていない恐れがあることなどが確認されるなど、調査方法に関する技術資料が得られた。また、認定基準の指標の一つである鉄筋腐食確率の算定に用いる数値について実建物データからの検証を行ったところ、安全側の評価を行うためには現行の数値を再検討する必要性が示唆された。

3. まとめ

既存住宅ストックの活用は、広範な課題があり様々な取り組みが展開されている。既存住宅を適正に評価し、流通・リフォームを展開していく上で、より広範な住宅が対象となることが重要である。本研究では、図面等の基礎資料が散逸した住宅についても、既存住宅の性能水準を推定し、またより確度よく劣化予測する現況検査法を提案した。また、これまで評価できていない性能項目として、既存住宅において確保できる日照・採光水準の評価手法、及びコンクリート躯体の劣化状態等の評価に基づいた耐久性評価法を提案した。さらに、ストック活用として整備が求められる住宅履歴情報について、情報化技術を用いた効率的な整備・管理手法を提示した。これらの成果が、現況検査やリフォーム等の実務において活用される環境整備に取り組んでいく。