

各部署の現状と今後の展望

試験研究センター 構造部

1. はじめに

構造部は、1967年に吹田市に完成した本所（現本部）で業務を開始した大型構造物試験部門（1978年より構造物試験室に名称変更）が始まりである。その後、耐震診断や構造関係の建物調査および土質基礎関係の試験業務を受託するようになり、2012年に材料試験室が行っていた耐久性調査部門を統合して、現在の構造試験室、耐震耐久性調査室、土質基礎試験室の3室に組織再編した。

構造試験室では、安全で高性能な建築物を構築するためのより高度な構造技術の発展に寄与することを目指し、コンクリート系、鉄骨系、木質系構造などの各種構工法の開発や性能を確認するため、建築部材から建築部品、建築材料に関する力学的性能について試験を行っている。

耐震耐久性調査室では、既存建築物の構造安全上の評価検討や経年等による劣化・損傷が顕在化した既設構造物の維持管理などの構造や耐久性に関する調査・診断、火災にあった既設・建設中構造物の損傷状況などの調査を行う火害調査・診断を行っている。また、既設・建設中構造物で発覚した不具合の是正計画や構造・材料上特殊な検討を行った資料など、お客様が作成された技術資料の妥当性検証や検証後に行う工事内容の確認なども行っている。

土質基礎試験室では、地盤や基礎の安全性を確認するうえで必要な地盤改良体の品質管理のための改良土の圧縮試験や再生路盤材の性能を確認するための試験を始めとした土質に関する各種規格試験を行っている。また、基礎工法の開発のための試験や擁壁などの土質基礎に関する調査を構造部の各室と連携して行っている。

2章以降では、各室の業務内容と過去10年を中心とした業務の推移、および今後の取組みについて紹介する。

（構造部長 井上寿也）

2. 業務内容と推移

2.1 構造試験室

2.1.1 受託業務の内容

構造試験室（以下、当試験室と記す）は、各種構工法の開発実験や木質系構造の性能確認試験などの構造試験を中心とした業務を行っている。

構造実験としては、建築物の柱、梁、耐震壁などの部材実験あるいはそれらの部材を組み合わせた部分架構実験などを実施しているほか、住宅部品、仮設機材を対象とした性能確認試験あるいは日本産業規格や各種団体の規格試験等を行っている。特に、規格試験方法を有しない実験については、お客様のご要望に応じて、当試験室が目的に応じた実験計画の立案を行っている。これらの実験は主に静的実験を対象としており、一部動的实验にも対応している。また、数値解析と構造実験を組み合わせた業務提案や、当法人が行っている建築技術性能認証事業（性能証明）取得のための実験業務などを実施している。

さらに、木質構造については、木造軸組耐力壁、枠組壁工法耐力壁、準耐力壁の壁倍率の大臣認定取得に関する性能評価試験を実施している。これらの性能評価については、事前相談から大臣認定取得までの技術的サポートも当試験室で担当している。

2.1.2 実験設備・機器の導入

当試験室が使用する実験施設については、1967年に載荷床、曲げ試験台、ストロングフレームを有する大型構造実験棟が完成するとともに、1972年に大型構造実験棟内に10MN構造物圧縮曲げ試験機を設置して、現在の大型構造実験棟の原型が完成している。その後、曲げ試験台上への建研式逆対称加力装置の設置やストロングフレーム内への木造耐力壁面内せん断試験装置の設置

を行うとともに、1985年頃より加力制御装置や自動計測機器を導入し、その後も適宜、維持管理および装置の改造・増設を行っている（図-1参照）。以降、この10年間の実験設備・機器に関する変遷を記す。

当試験室の主要設備である載荷床では、床面のひび割れおよび不陸が顕著となり、実験業務に支障が生じるようになったため、2018年に載荷床面を全面に斫り取った上で耐摩耗性に優れた床材を塗布する補修工事を行った（写真-1参照）。

1988年に設置して以降30年来稼働してきた簡易振動台は、機器の不調、稼働率の低下、機能の旧式化により、2016年に休止、2019年に廃棄を行った。以降の振動実験は、他機関が保有する振動台を借用する形で業務を継続している。

簡易振動台を設置していた旧増築棟は2020年より解体を行い、その敷地に大型構造実験棟増築部（写真-2、図-1参照）を建設した。新設した増築部は、これまで構造実験業務を行っていた大型構造実験棟を約14m拡張する形で建設し、増築部内部には、幅6m、高さ7.1m、厚さ1.5mの反力壁および幅6m、全長11.5m、厚さ1.5mの反力床から成る反力装置（写真-3参照）を新規に設置した。この反力装置の新設に合わせて押し5MN・引き2.5MNの油圧ジャッキ1台、押し3MN・引き1.5MNの油圧ジャッキ2台を導入し、従来よりも大型の試験体に対する高荷重の加力実験や、加力構面を2構面とする実験など、対応できる実験の種類が大幅に広がった。

また、大型構造実験棟内に新たに2.8tクレーンを追加設置し、増築部及び既存の実験設備を用いた大型構造実験を二併行でスムーズに実施できる環境を整備した。これにより、実験待機時間の短縮を図るとともに構造実験業務の受託収益向上を目指している。

2021年6月には、増築部および反力装置の披露を兼ねた実大鉄筋コンクリート造（以下、RC造と記す）梁に対して逆対称加力を行う公開実験を開催した（写真-4



写真-1 補修工事後の載荷床



写真-2 大型構造実験棟増築部外観（中央部分）

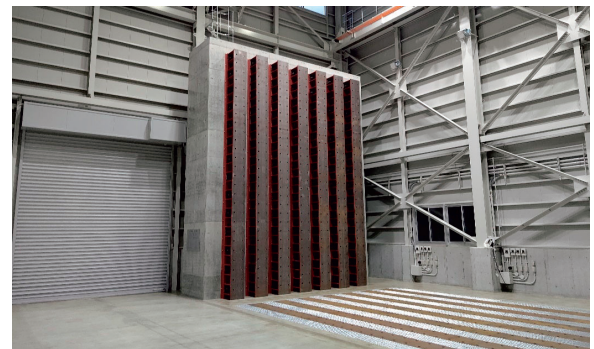


写真-3 反力装置



写真-4 反力装置を用いた公開実験の様子
（画像処理による変位計測の実演）

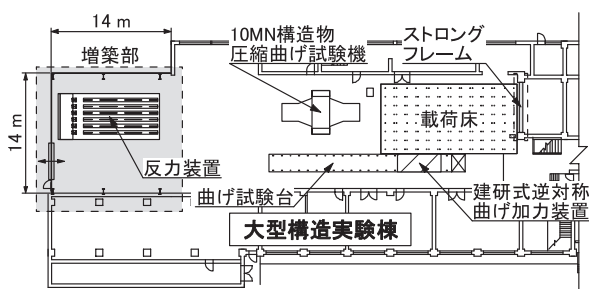


図-1 大型構造実験棟の配置図

参照)。公開実験では、新型コロナウイルス感染拡大の影響を考慮して、現地での見学と併せてウェビナー配信を同時実施し、多くの皆様にご参加いただいた。

近年の技術革新に伴う最新の実験関連技術も積極的に取り入れている。2018年には静的サーボによる加力システムの導入、2019年には画像処理による計測システム(写真-5参照)の導入を行い、日常の実験業務で活用している。

静的サーボによる加力システムの導入により、油圧ジャッキの制御精度および制御速度が向上し、特に複数の油圧ジャッキを連動させる加力実験において実験時間の短縮に寄与している。

画像処理による計測システムは、試験体に設置した反射マーカーに対して、複数台のカメラにより撮影した画像データから、反射マーカーのX,Y,Zの3方向の変位をリアルタイムに計測するものである。測定点数を増やすことが容易であること、カメラの画角内であれば大変形時の測定も可能であることなどが特徴であり、ひずみゲージや変位計による従来の測定方法と組み合わせることで、より多彩な計測が可能となっている。なお、公開実験の際も画像処理による変位計測を実演している。

2.1.3 受託業務量の推移

図-2に2023年度を基準とした当試験室の受託収益の相対比の推移を示す。収益は2019年度より増加傾向であり、2014年度と比較すると近年では1.2倍程度の収益となっている。

収益の内訳に着目すると、年度によって大きく変動するものの、コンクリート系構造、木質構造は10年間同程度の比率で推移しているのに対し、鋼構造およびその他構造(天井関連実験や折板の実験など)の比率が2019年度頃より増加傾向にある。これは、数値解析室による解析業務と併せて鋼構造あるいは天井工法の開発に関す

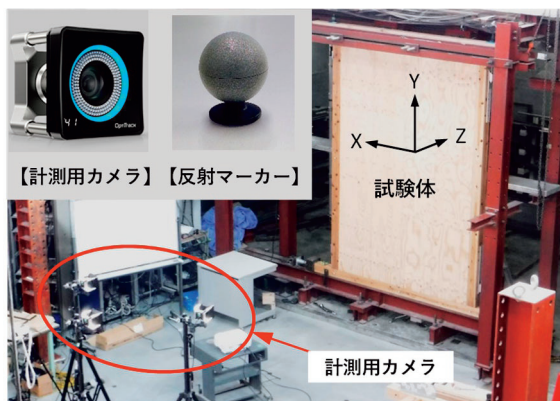


写真-5 画像処理計測システム

る実験を受託するケースが数年間継続していることが理由として挙げられる。

また、柱をRC造、梁を鉄骨造(以下、S造と記す)とした構造形式や、CLT(直交集成板)とRC造、CLTとS造を組み合わせた構造形式など、異なる構法を組み合わせた混合構造に関連する実験も、近年増加傾向が見られる。

木質構造試験業務については、一般試験に加え、木造耐力壁の壁倍率性能評価業務を2001年より継続して行っており、平均すると年間7件程度の評価試験を受託している。

収益総額に対し、およそ4割程度が建築技術性能認証事業(性能証明)に関連した実験業務である。これらの業務においては、実験報告書の提出のみでなく、性能証明に関連した相談、資料作成、依頼者側の立場としての評価専門委員会出席などの対応を依頼者から要望されることがある。その対応を技術支援業務として、実験業務と分けて2018年より受託しており、その件数は年間4件程度である。

これらの技術支援を含めた性能証明に関連する実験への技術的対応、数値解析室との協力による実験計画時の数値解析による事前検討および実験結果の追加検討、木造耐力壁の壁倍率性能評価における技術的対応等について、今後も継続して実施していく予定である。

2.1.4 自主研究、自主共同研究および委員会活動

実験業務に関連した自主研究として、2015年よりRC造梁の部材縮尺比およびせん断補強筋配置形式がひび割れ幅に及ぼす影響に関する研究を行っており、これらを因子とした部材実験を行うとともに、ひび割れ発生本数およびひび割れ幅の推定式の検証を行っている。

また、木造軸組工法耐力壁の弾塑性挙動解析に関する研究を2018年より京都大学との自主共同研究として行

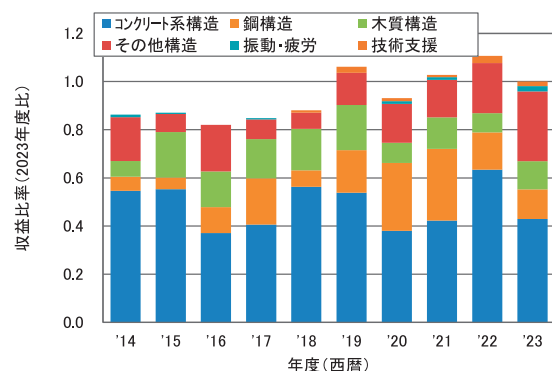


図-2 構造試験室の収益の推移

い、くぎ接合具の特性を考慮した木造軸組耐力壁のFEM解析モデルを構築するとともに、大壁および真壁の木造耐力壁の面内せん断試験を実施し、試験時の破壊状況を精度よく再現できることを確認している。

委員会活動としては、(一社)建築性能基準推進協会における木質構造部会に部会発足当初より参加し、国土交通省、国土技術政策総合研究所、建築研究所および各評価機関の担当者との意見交換を行うとともに、得られた情報を木質構造性能評価関連業務に反映させている。

(構造試験室長 足立将人)

2.2 耐震耐久性調査室

2.2.1 受託業務の内容

耐震耐久性調査室(以下、当調査室と記す)は、高度経済成長期に建設された建造物の維持保全・活用の促進、および地震や火災などに被災した建造物の評価・再生プロセスなどの社会的な課題に迅速・最適に対応するため、2012年4月に建造物の調査・診断を専門的に行う部署として業務を開始した。当調査室は業務開始から12年間が経過し、現在の業務内容は以下のとおり多岐にわたる。

(1) 調査・診断(構造調査、耐久性調査、火害調査)

構造調査では、構造的に特殊な技術的検討・判断が必要な建築物を対象として、構造設計に関わる調査や継続使用を判断するための調査を実施している。近年は、歴史的建造物、震災を受けた建築物、ガス爆発や重機衝突により損傷した建築物などの継続使用判断の構造検討を目的とした調査の実績がある。

耐久性調査では、経年などによって劣化・損傷が顕在化している建築物の維持保全や補修計画立案の資料を得るための調査を実施している。

火害調査では、火災にあった各種建造物の構造躯体の再利用の可否および補修・補強範囲の判断資料を得るための調査を実施している。

調査の実施状況の一例を写真-6に示す。

(2) 技術監修・技術支援

技術監修では、特殊な技術的検討・判断が必要な案件、既設・建設中建築物に不具合が発生し、その是正が必要な案件などに対して、設計・施工者によって作成された技術資料の妥当性の検証や工事内容の確認を行っている。近年は、建設中に発生したRC造建築物におけるコンクリートの打込み不良、鉄筋のかぶり厚さや定着長さ不足、杭頭破損などの不具合や、S造建築物における溶接部の不具合、柱の傾斜、温度変化に伴う部材破損などの各事象に関する案件の実績がある。



(a) 構造調査におけるあと施工アンカーの引張試験



(b) 火害調査における外観目視調査

写真-6 調査実施状況の一例

技術支援では、設計・施工者にとって調査・診断や補修・補強などの計画に高度な知識や技術を必要とする場合に、信頼性の高い計画立案に繋げるための技術的なサポートを行っている。

(3) 既存建築物耐震診断等判定

当法人では、2006年度より学識経験者等により組織する「既存建築物耐震診断等判定委員会」を組織し、建築士等が実施したさまざまな構造形式の既存建築物の耐震診断および耐震補強計画の内容について、その妥当性を判定している。

(4) 耐用年数評価

耐用年数評価は、持続可能な社会を目指して、既存建築物の状態を評価し、修繕を加えながら長期供用することの重要性の高まりを背景として、2022年7月より開始した。この業務では、既存RC造建築物の構造体があるとどれくらい利用できるのかを検討するための指標となる『構造体の物理的な耐用年数』を、学識経験者等により組織する「構造体の耐用年数評価委員会」において審議し、評価結果を報告している。本業務のワークフローを図-3に示す。

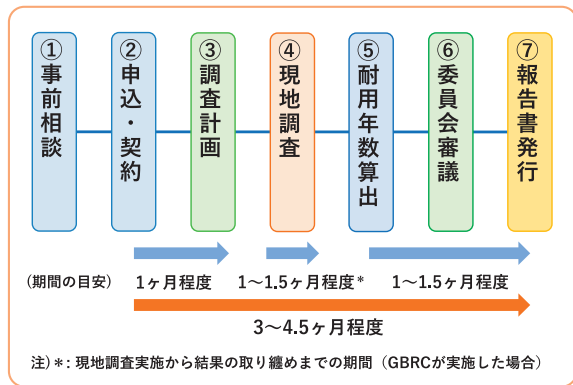


図-3 耐用年数評価のワークフロー

2.2.2 調査機器の導入

当調査室では、過去10年間において調査業務に使用する試験・計測機器として、分光測色計(2014年)、機械インピーダンス法コンクリートハンマー(2015年)、ダブルチャンバー法透気試験装置(2016年)、デジタルリバウンドハンマー(2018年)、および非接触3Dひずみ計測システム(2023年)を導入している。このうち、近年導入した非接触3Dひずみ計測システムについて紹介する。

同システムは、RC造建築物の火害調査において依頼者からのニーズが高い「コンクリート部材の火害劣化深さの特定」を簡易・迅速、かつ高精度に行なうことを主目的として導入したものである。火災に被災したRC造建築物のコンクリート部材から採取したコンクリートコア(以下、コア)の圧縮強度試験において、コア表面のひずみを画像解析した一例を写真-7に示す。同システムは、試験中のコア表面を2台の高解像度デジタルカメラによって連続撮影し、記録データから画像相関法によって3次元変形情報を求め、この変形情報(コンター)にもとづき、被災面からの火害劣化深さを推定することができる。なお、同システムは他の材料、部材試験にも利用可能であるため、今後、当法人の試験等の業務に幅広く展開していきたい。

2.2.3 受託業務量の推移

過去10年間の当調査室の収益の推移(2023年度比)を図-4に示す。2014年度~2016年度は、兵庫県南部地震発生以降続いた公立学校施設の耐震化の推進に伴う耐震診断等判定が収益の4~6割程度を占めた。2014年度には公共施設や学校施設の構造調査も受託しており、建築物の耐震化に大きく貢献した。2015年度以降の収益は、年度毎に増減を繰り返して推移している。特に2022年度の減収は、2020年1月からパンデミックとなった新型コロナウイルス感染症による社会活動の停滞

が大きく影響したものと考えられる。

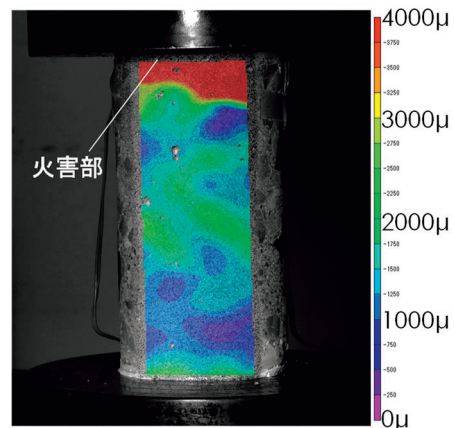
2.2.4 自主研究、自主共同研究および委員会活動

当調査室では、調査業務における今後のニーズとして求められる新たな調査・診断手法の確立と業務への展開を図ることを目的として自主研究に取り組んでいる。過去10年間には、耐久性調査や火害調査におけるコンクリートの物性や劣化状態の評価に適用するための測定手法の研究を進めた。

また、(一社)日本建築学会、(公社)日本コンクリート工学会および(一社)日本非破壊検査協会などの学協



(a) 非接触3Dひずみ計測システム(VIC)



(b) VICによる縦ひずみ分布の例

写真-7 非接触3Dひずみ計測システムを用いたコンクリートの火害劣化深さの推定

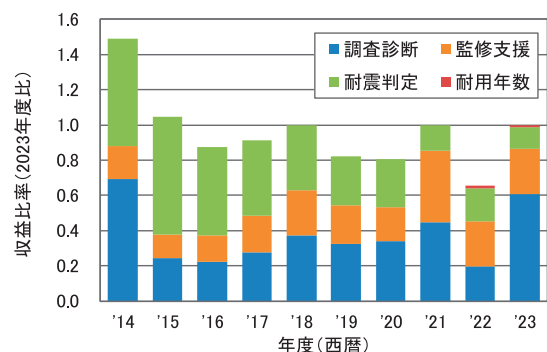


図-4 耐震耐久性調査室の収益の推移

会における材料・耐久性分野や防耐火分野が運営する委員会のメンバーとして、その活動に積極的に参加している。参加委員会では、調査・診断手法の検討、試験規格の制定・改正、基準・指針類の制定・改定などを目的とした活動に取り組んでいる。

このうち、(一社)日本建築学会が主催する「火害診断・補修小委員会」では、当調査室が自主研究として取り組んできた「被災したコンクリート部材の劣化範囲、深さを非破壊試験や採取したコアの多点ひずみ測定によって評価する方法」が有効な調査方法として取り上げられ、「建物の火害診断および補修・補強方法指針・同解説」(2023年1月改定発行)の火害調査における新たな調査方法として反映されている。加えて、(一社)日本非破壊検査協会が主催する複数の委員会に参画し、コンクリートの透気性、反発速度比、外観目視試験および小径コア試験などのNDIS(日本非破壊検査協会規格)制定・改正に尽力した。

(耐震耐久性調査室長 下澤和幸)

2.3 土質基礎試験室

高度経済成長期以降、建設用地の確保が厳しくなり、基礎の設計や施工上の難易度が高まり、地盤(土質)および基礎構造に関する問題や問合せが増加した。これに応えるため、1987年より土質および基礎に関連する試験装置を導入して試験業務の受託準備を進め、1989年より構造物試験室内で業務を開始した。その後、試験業務の増加に伴い、1997年に土質基礎試験室(以下、当試験室と記す)として構造物試験室から独立し、業務を遂行している。

2.3.1 受託業務の内容

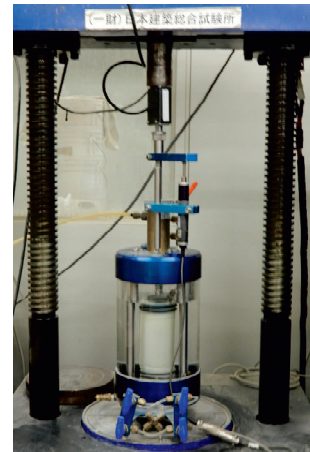
当試験室では、セメント系固化材を用いて施工された地盤改良工法による改良土(以下、改良土と記す)の施工品質確認のための材齢試験を主体とする一軸圧縮試験を「改良土試験」、土の粒度試験などの物理試験や三軸圧縮試験などの力学試験、碎石やスラグ材などの道路用工事用材料の粒度試験やCBR試験などの品質確認試験、改良土の室内配合試験、地盤基礎に関連した調査や特殊試験などを「土質一般試験」として受託試験業務を区分している。主な試験装置を写真-8に示す。以下に近年の各試験業務の概要や特徴を記す。

(1) 改良土試験

改良土は新築工事に限らず、増改築工事や耐震補強、改修工事など建築、土木両分野で広く採用されている。改良土は1990年代後半より2000年初頭にかけて、品



(a) デジタル制御型一軸圧縮試験装置



(b) 三軸圧縮試験装置

写真-8 主な試験装置

質および強度管理方法が確立され、建築、土木両分野で急速に普及し、当試験室開設以来の主要受託試験業務となっている。更に1995年の兵庫県南部地震や2011年の東北太平洋沖地震では液状化防止効果が確認され、病院、公共施設などの重要建築物や高架橋、護岸などの社会インフラの液状化対策工事で広く採用されている。

当試験室では強度や含水状態に幅がある改良土の供試体寸法測定効率化と精度向上のため、供試体寸法・質量自動測定装置(写真-9参照)を製作し、作業の自動化と高精度化を図り業務に供している。

(2) 土質一般試験

土質一般試験は、主に建築、土木両工事の設計、施工や、既存施設の維持、保全のための土の物理、力学試験および改良土の室内配合試験を実施している。2021年に発生した熱海の土石流災害などの激甚な災害を契機として、2022年に宅地造成等規制法が宅地造成及び特定盛土等規制法として改正され、2023年5月より施行されたことを受け、近年は力学試験の依頼が増加している。



写真-9 供試体寸法質量
自動測定装置



写真-10 大型多段振とう機
(パワーアシストスーツ
を用いた道路用工事材
料の試料調整作業状況)

土質一般試験のうち、主な試験の概要を以下に記す。

<再生路盤材関係試験>

道路用工事材料の品質管理試験として、リサイクル工場の品質管理のための定期試験を実施している。試験に際し、100kg以上の試料の事前調整作業が必要であり、重量作業の軽減効率化のため、大型多段振とう機およびパワーアシストスーツを導入し、作業の効率化と肉体負荷軽減と粉塵の大幅な低減を図り、作業および衛生環境の改善を実現している(写真-10参照)。

<特殊土質試験>

特殊土質試験として歴史的建築物や文化財の復元工事などに使用する土壁材等の性能確認試験や、地下工事用遮水壁の改良土の透水試験を実施している。近年は大深度地下工事や都市インフラ施設の再整備が進むなかで遮水壁の透水試験の依頼が増加している。

<工法開発技術支援>

当法人の独自事業として建築確認評定部で行っている建築技術性能証明事業の技術支援業務の一環で、地盤改良工法の室内配合試験、実大施工試験体より採取したコア供試体の品質確認試験や材齢試験、地盤改良体や杭状地盤補強体の先端翼の性能確認試験などを行っている(写真-11参照)。

<調査・技術監修>

既存建築物や擁壁の沈下、傾斜および基礎施工時のトラブルなど、地盤基礎に関する調査や技術監修を耐震耐久性調査室と連携して実施している(写真-12参照)。

以上が実施業務の概要である。改良土、土質一般の両試験業務とも、試験対象とする試料や供試体は、建築お

よび土木両分野の工事で使用する材料の物理・力学特性や実施時の強度・品質を確認するためのものである。受託試験に対する建築分野と土木分野の比率は、境界領域の工事もあり明確に区分できないものもあるが、改良土試験のうち約60～70%が建築分野、約30～40%が土木分野からの依頼と推定される。また、依頼は近畿圏や関西圏に留まらず、北海道から九州沖縄まで全国にわたり、当試験室開設以来のお客様からのご用命をはじめ、リピーター様よりご紹介頂いた新たなお客様からのご用命も多数頂戴しており、深謝する次第である。

当試験室では、2000年初頭より試験業務において、受付より報告書発行までの全工程をコンピュータで一元管理するシステムを導入して業務の効率化を実現しており、今から見れば、いち早く業務のIT化に取り組んだ成果とも言える。

2.3.2 受託業務量の推移

当試験室の2023年度を基準とする最近10年間の受託収益の推移を図-5に示す。

収益については、2018年度までは若干変動はあるものの微増傾向にあったが、2018年度から2021年度にかけてやや減少傾向となり、2021年度以降はほぼ横ば



写真-11 地盤改良体の実大性能確認試験



写真-12 既存建築物支持地盤のボーリング調査

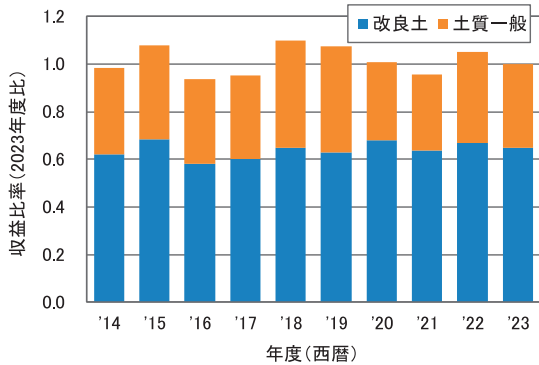


図-5 土質基礎試験室の収益の推移

いとなっている。これは、2020年度のコロナ禍や、国際紛争に端を発する建設資材物価の高騰による建設投資の停滞などの影響を受けたものと推察される。受託試験比率については、若干の変動は見られるが、改良土試験は全収益の約2/3、全件数の約4/5で、件数、収益ともに2013年度以前とほぼ同比率で推移しており、当試験室の主力業務となっている。以上のように、年度により多少の変動があるものの、過去10年間に渡り、比較的安定した収益を維持できているのは、お客様から多くの試験をご依頼いただいた賜物であり、深謝に尽きない。

(土質基礎試験室長 山田毅)

3. 今後の取組み

国が進める国土強靱化をはじめ、持続可能で安全安心な社会の構築は、官民あげて我が国が一体となって今後取り組むべき重要なテーマとなっている。建築や土木分野で構造部が貢献すべきものとして、ストックの維持・保全や、近年増加し被害が激甚化している自然災害への対策、高度経済成長期に整備され老朽化が顕在化する社会インフラの再整備などが挙げられる。これらについては、これまでに実施している試験や調査業務で貢献できているものが多くあるものの、対応できていない課題も多く、今後、業務範囲を拡大してお客様の要望に的確に対応できる体制を構築していくことが重要である。構造部では、必要な能力を有する人材を育成して、新しい技術や研究成果等をベースとした技術開発を行うとともに、必要となる設備機器を導入することで、お客様や社会の要望に対応していきたいと考えている。

これらの課題に対応していくためには、DXを推進していく必要がある。技術情報のIT化を進めるとともに、画像処理による計測システムなど最新計測技術やドローン、VRなど最新調査技術の導入、この10年で飛躍的

に発展した通信・解析技術を利用したモニタリングシステムや現場管理システムを用いた業務など、これまでに実現できていない業務を開発していかなければならない。実現に向けては、当法人の他部門との連携や必要に応じて産官学との連携体制の構築などにより、進めたいと考えている。

施設設備面では、構造実験施設の増築や必要となる設備導入が一段落したことから、次は、狭小な土質基礎試験室を拡張し、試験実施環境や試験時の立会いなどのお客様をお迎えする環境の改善、および近年液状化対策工の要求性能確保のため高強度化が進んでいる改良土にも対応可能な大容量試験装置の整備などについて検討を始めている。

構造試験室では、使用材料の高強度化や部材の大型化に対応できる設備を整備・拡張してきた。また、数値解析室と連携して、実験結果の事前予測や実験計画の妥当性検証を行うとともに、実験結果の要因分析、改善策の提案、実験できない大規模な構造物の性能把握などの技術サービスを展開している。さらに、画像処理による計測システムなど新しいシステムの導入を進めている。これらの新しく整備・導入した施設や設備を有効に活用し、お客様の要望に対応できる業務提案を行っていきたいと考えている。

4. おわりに

構造部は、吹田本部開設当時に構造実験の受託を開始して以来、社会的なニーズを捉えて、業務範囲を拡大し、構造部全体としては順調に収益を増やしてきた。これは、多くのお客様から貴重な意見を拝聴することで組織として継続的に発展することができたことと、何よりも多くのお客様から業務を依頼いただいた結果である。構造部にご依頼いただいたお客様、日頃の業務の実施にあたりお世話になっている協力会社や技術開発に協力いただいた産官学の関係者の皆様に感謝の意を表す。

3章にも示したように、これからの10年は、DXの実現に向けた取組みを進めつつ、お客様が必要な情報を素早くかつ的確に捉え、業務へと繋げていくことが重要と考えている。お客様のニーズに対応したシーズ志向を持ち続け、これまで以上にお客様の要望を聴き、実現に向けて邁進していきたいと考えている。何か試験や調査などに関してお悩みがあれば、是非、気軽にご相談いただきたい。

(構造部長 井上寿也)