私たちの研究室

宮津 裕次 研究室

創域理工学部　建築学科　准教授
宮津（みやづ）　裕次（ゆうじ）　先生

研究室で毎年恒例の筑波登山

地震に強い構造への研究を深め、高層化・大規模化が進む木造の可能性を広げていく

繰り返しの変形に強い ダンパによる制振構造を研究

1995 年の阪神・淡路大震災（兵庫県南部地震）をはじめ、新潟県中越地震や東日本大震災（東北地方太平洋沖地震）、熊本地震、北海道胆振東部地震、能登半島地震など、震度 7 を観測した大地震が度々発生している日本では、地震に対して安全な建築物を建てることが日常生活を安心して送る上で極めて重要となっている。宮津裕次先生は大学の卒業論文で木造住宅の耐震性に関する研究に取り組んで以来、木造建築物を対象とした制振構造等の研究を続けてきた。

「耐震性能を高める方法はいくつかあり、大きく 3 つに分けられます。一つ目は、柱を太くしたり壁を増やしたりして建物を構造的に堅くする方法。二つ目は、地震のエネルギーを吸収してくれるダンパなどの制振装置を入れる方法。三つ目は、地面と基礎の間に柔らかい部材を入れて地震の揺れが建物に伝わりにくくする方法です。このうち、私はダンパを中心とした制振構造をずっと研究してきて、現在も研究の柱の一つとなっています」

地震が起きた時、2 階建ての木造住宅では、より重い重量を支える 1 階が 2 階よりも大きく変形しやすい。木材同士を釘やねじで接合している場合は、地震で何回か力が加わると、釘やねじの部分が徐々に緩んで性能が下がってしまい、1 回目の地震では持ちこたえたものの、2 回目の地震で壊れてしまう木造住宅が出てくる。前震と本震で震度 7 の揺れが 2 回発生した熊本地震では、まさにこうして倒壊した木造住宅が多く見られた。それに対し、ダンパは地震によって繰り返し変形しても損傷しにくく、性能が落ちづらい。この特長を生かし、ダンパで古い木造住宅を耐震補強するケースもある。宮津研究室では、制振ダンパに加え、1 階と 2 階に CLT（Cross Laminated Timber）の通し壁を入れた制振構造の実験やダンパの配置最適化の研究なども行ってきた。

「木造用の制振装置の技術開発はこの 20 年でかなり進みましたが、普及しているとはまだまだ言えない状況です。現行の建築基準法では、制振構造の壁の繰り返しに対する性能の高さを評価することができず、本当の制振構造の良さを設計に反映できないというのが現状かと思います。この問題に対しては、同じ意識を持った他の研究者とともに学会の委員会等でも議論しているところです」

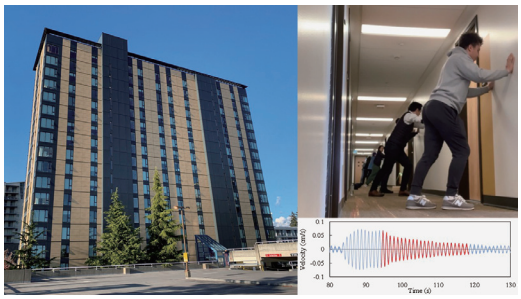
世界で進む木造の高層化・大規模化

二酸化炭素の排出抑制が国際的な課題となっている今、木造で中高層建築や大規模建築を建てるプロジェクトが世界中の国々で動き出している。日本でも、主要構造部に木材を使用した 11 階建ての高層純木造耐火建築物が 2022 年に竣工し、海外では 18 階建てや 25 階建ての木造建築も誕生している。宮津研究室では、地震の多い日本でこうした中高層木造建築や大規模木造建築を実現するために必要な技術的課題についての研究も行っている。

2022 年から在外研究で 1 年間滞在したカナダでは

18階建ての木造建築が既に建てられており、この建物の振動を計測してさまざまな特性を評価する実験を行った。人が感じることができないほどの微小な振動を計測できる高精度なセンサーを建物内に置き、建物の揺れの周期や揺れの収まりやすさを把握する実験だ。

CLTを用いた通し面材工法の実験


カナダで実施した高層木造建築の振動実験

「建物は、微妙な地面の揺れや風などによって常時揺れています。その固有の揺れの周期にあわせて人が動くと、揺れが10倍、20倍に大きくなるので、大きく揺れた時の特性を評価できるようになります。ブランコでタイミングよく押してやると大きく揺れるのと同じ原理ですね。この揺れの周期は地震の時でも基本的に変わりません。また、揺れがどう収まるかを示す減衰の特性もこの実験で評価することができます。減衰性能は、地震や風に対する建物の揺れを設計段階で評価する時に重要な指標になるもので、こうした実験で得られる高層木造の基礎的なデータは、実際に高層木造を設計しようとする時に参考になります」

実建物の常時微動を計測し、その揺れが建物を設計した時の想定と一致しているかなどの検証も行う。コンピュータ上で建物のモデルを作ってシミュレーションした揺れの形や周期と実際の建物の挙動が一致しているかを調べ、もし違いがあったらコンピュータ上で修正を反映する。これを積み重ねることで、より精度の高いシミュレーションができるようになる。

「最近よく聞くデジタルツインの発想と同じです。実際の建物と同じ構造特性を持つものをコンピュータ上に作っておき、想定される地震を数値として入れて計算し、どういう風に揺れるかを予想する。こうしたシミュレーションができると、補修計画などにも役立ちます。建物が高層化・大型化すると防災の重要性も増してくるため、こういう検討も大切になってきます」

東京理科大学では、2023年度からゼネコンの（株）フジタと社会連携講座（「実践建築構造工学講座」運営責任者：大宮喜文教授（創域理工学部建築学科））を開始しており、防災や構造を専門とする先生とともに宮津先生も研究代表者として参画している。この講座は、中・大規模木造建築等のための防災・減災技術に関する教育・研究を目的としたもので、海外での振動計測に加え、海外の設計基準の調査や日本の設計基準との比較、実建物の地震モニタリングシステムの導入なども進められているという。

「1年間カナダで研究を行って、海外との連携の重要性を実感しました。もちろん研究の進め方などは国によって異なりますが、世界が同じ方向を向いていることが今の木造の面白い点。他の国でも高層木造、大規模木造に挑戦しているので、そういう人と協力しながら研究を進められたらと考えています」

学生の目線で一緒に考える

博士課程3年の穂積佑亮さんは、不定形な自然素材を部材化する嵌合接合システムに関する研究を行っている。曲がりの大きい材や小径木など規格から外れた自然素材を建築物の部材として利用するには、その力学性能を考慮した接合部が必要となる。穂積さんは、3Dスキャンでセンシングした情報に基づき、計算機や3Dプリントを用いてその接合部を形作る方法の構築を試みている。

「宮津研究室は先生の専門でもある制振構造に関する研究をしている学生が多いですが、私は学部の頃から木材や伝統的な仕口・継手に興味があり、それを研究テーマにしたいと考えていました。宮津先生は、構造や木材の専門知識を持ちながら、学生が関心を持つことに対しても同じ目線に立って考えてくれます」と穂積さんは話す。

令和6年能登半島地震の発生後、宮津先生は穂積さんを含めた数人の学生たちと一緒に木造建築物の構造被害を把握する調査を行った。能登では同年9月に発生した豪雨により住宅被害が拡大しており、近年は複合災害（マルチハザード）への対策が重要になっている。

「現在、別の研究会と一緒に、耐水性能を持つ住宅の被災後の性能保持に関する実験を行っています。地震だけでなく、豪雨や火災など、複合災害にどう対応するかも今後大きなテーマになると思います」と宮津先生は語ってくれた。

城市　奈那（株式会社ジェイクリエイト）