

社会の安心・安全を護る テクノロジー

～自然災害の脅威を科学で解明する～

津波シミュレーション

3次元免震システム

地震シミュレーション

避難シミュレーション

近年の日本において、2011年ほど安心・安全に対する意識が高まった年はないだろう。2011年3月11日―強い揺れが東日本一帯を襲い、各地に大きな爪痕を残したのは記憶に新しい。地震大国に暮らす私たち日本人にとっても、今回の地震や津波の被害はまさに、想定外であり、多くの人がその脅威を再認識したはずだ。

科学技術の発展により、私たちの生活はさまざまな面で利便性が向上し、豊かになった。しかし、そんな現代においても、自然災害は前触れもなく私たちの生活や経済活動に大きなダメージを与える。果たして、人類が自然災害の猛威を回避、軽減することは不可能なのだろうか。否、私たちの社会生活を守るための次世代テクノロジーはすでに生まれているのだ。

「大きな地震があっても安全に過ごせる建築物はないのか」「地震が発生した場合、この地域で想定される最大震度は」「津波はどの地域まで被害を及ぼすのか」「万が一の際の、最適な避難ルートは」

このような誰もが抱く不安や疑問の解を導き出すため、社会の安心・安全を守る

るテクノロジーを生み出しているのが構造計画研究所だ。もともと設計事務所から始まった構造計画研究所は、1960年代から他社に先駆けてコンピュータを導入。構造設計にコンピュータを活用することで、シミュレーションの技術・ノウハウを蓄積してきた。いまやシミュレーションの対象は耐震設計に始まり、地震動、津波そして人の意思決定にまで及ぶ。構造計画研究所は蓄積してきた「知」で社会の安全に貢献するテクノロジーを次々と生み出しているのだ。

次のページからは、構造計画研究所が手掛けた「社会の安心・安全を護るテクノロジー」を紹介していこう。一つ目は世界で初めて建築物に実装した免震技術「3次元免震システム」、二つ目は地震発生時の震度をエリアや建築物別にシミュレーションする「地震シミュレーション」、三つ目は津波の被害リスクや建築物への影響を検証する「津波シミュレーション」、そして、四つ目は火事や津波の際に最適な避難経路を検討する「避難シミュレーション」だ。

「生命を守る」という人間の根源的な欲求に応え、より安全で安心して生活できる社会の実現を目指す、構造計画研究所のテクノロジーとは――

2

011年3月3日、東京の阿佐ヶ谷に、3次元免震システム[®]を採用した世界初の建築物「知幹館」が竣工した。「知幹館」はその名の通り、構造計画研究所の「知[®]」を結集し、技術の「幹」を集めた集合住宅。奇しくも、東北地方太平洋沖地震の8日前に竣工された知幹館は、その揺れをシミュレーション通り軽減した。昨今、多くのメディアに取り上げられ、海外からも注目を集めている3次元免震システム。その特徴を構造設計部の富澤氏から聞いた。

見過ごされていた「縦揺れ」対策

「直下型地震」や「縦揺れ」といった言葉を聞いた事があるかと思えます。地震の揺れ方は「縦揺れ」と「横揺れ」の2種類あり、大まかに説明すると、震源が海洋プレートにあって人の居住地から遠く離れている場合は「横揺れ（海溝型地震）」、陸上で居住地の真下に活断層がある場合は「縦揺れ（直下型地震）」が大きくなります。（注：東北地方太平洋沖地震など、地震エネルギーがあまりに巨大な場合は震源から離れた地域でも大きな縦揺れを観測することがあります。）
現在、日本ではさまざまな耐震・免震技術が建築物に採用されているのです

が、これら技術は主に「横揺れ」を想定したものです。実は「縦揺れ」に対して十分な配慮はされていないのです。耐震性において世界的に高い基準を有するといわれている建築基準法についても、前身である市街地建築物法が制定されて100年程度。建築基準法は地震とともに整備されてきたという側面もあり、縦揺れについての対策は完璧ではありません。

しかしながら、日本には直下型地震を引き起こす可能性がある主要な活断層が数多くあるといわれており、首都圏など人口密度の高いエリアにも複数存在することが明らかとなっています。そのようなエリアで直下型地震が起こった場合、強い縦揺れが居住エリアを襲い、大きな被害が出る可能性があるのです。

縦揺れを大幅に軽減する

『3次元免震装置』

3次元免震装置は、構造計画研究所が清水建設、カヤバシステムマシナリーと共同で新たに設計開発した。空気ばね[®]による上下方向（縦揺れ）免震に加え、上下方向のロッキング動（物体の各支点が不規則に上下変位することで、コマのように傾斜回転して倒れ込もうと

する動き）を、ロッキング抑制付オイルダンパーシステム[®]で制御することにより、縦揺れを最大で1/3に軽減します。また、横揺れについても「積層ゴム」による水平方向免震で1/8にまで軽減することを実現しました。3次元免震システムの理論自体は以前からあり、原子力の分野で研究が盛んに行われていたものの、構造計画研究所が世界で初めて実際の建築物に実装することに成功したの

直下型地震の縦揺れを 6割強軽減する世界初の建築物 『3次元免震システム』

世界初となる3次元免震装置を実用化した集合住宅「知幹館」(東京都杉並区阿佐ヶ谷)



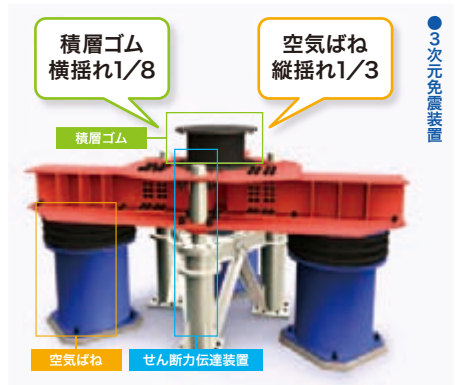
です。このプロジェクト立ち上げのきっかけとなったのは、「新潟県中越地震」です。2004年に発生した新潟県中越地震は、建築業界や地震研究に携わる者に大きな衝撃を与えました。マグニチュード6.8の直下型地震は1万7000棟もの家屋を全半壊させ、新潟県の十日町市博物館で免震テーブルに置かれていた国宝の縄文土器が落下・破損したのです。

免震テーブルは横揺れを1/10程度にまで軽減するといわれており、重要文化財などを守るために用いられているもの。国宝の縄文土器は、そのテーブル上に設置されていたにもかかわらず転落したのです。このような事例により、直下型地震や縦揺れに対する警戒感が高まり、人命に加え、建築物や財産の保護に対する意識も高まりました。

そんな折、当社が社内公募で採用したのが、3次元免震装置を実装した集合住宅の建築プロジェクト。3次元免震システムはもとと東京大学の藤田名誉教授が研究されていたテーマで、技術的には確立されていたのですが、実用化にはこれからというタイミングでした。実用化に向けて乗り越えるべき壁は多く、困難なプロジェクトと見る向きもありましたが、実績を作ることで実用化につなげようと考えた構造計画研究所が手を挙げたのです。

プロジェクトチーム一丸となって実現

3次元免震システムの実用化への大きな壁の一つに、検証の難しさがあります。研究用のサイズの装置を、実用化サイズまで単純に大きくすれば検証結果も妥当といえるのか、という問題がありました。



まず、検証するためには3次元免震装置に載せる住宅の重量を正確に把握しなければなりません。その技術も当時は確立されていませんでした。そのほかにも、従来にない建築構造のシステムを建築基準法と対応させること、装置のメンテナンス手法の確立などの乗り越えるべき問題がありました。一つずつ着実にクリアしていき、最終的に油圧ジャッキで約1000トンの建物ごと持ち上げて一気に落とし、縦揺れと同じ状況を作り出すことで検証を成功させました。

このプロジェクトは2005年から始まり、私は入社した2007年から参加して5年間まさにがむしゃらにやってきました。世界初と言っるのは簡単ですが、

課題も多く本音では「本当にできるのか」という想いもありました。しかし、会社も全面的にバックアップしてくれ、パートナーの建設会社やメーカーも困難な仕事に最後まで付き合ってくれました。決して一人では成し遂げられなかった仕事で、社内の上司や先輩方はもちろん、社外パートナーも含めた関係者全員の実用化に向けた熱い想いと温かいご支援があったからこそ実現できたと思っています。

目指すのは装置の普及と、免震技術の周知

知粹館の竣工以来、テレビや雑誌から多くの取材依頼が寄せられ、先日は海外からの視察団も来社するなど、このプロジェクトの注目度の高さを実感しています。また、3次元免震装置の実用化へのハードルの高さを知る学会からは、喜びの声とともに労いの言葉をいただきました。

3次元免震装置の今後の導入先としては、発電所を始め、博物館やデータセンターといった「屋内の財産を守りたい」という企業からの引き合いが来ています。そのほか、一般の方からの引き合いもあり、すでに設計提案が進んでいるプロジェクトもあります。

この装置を普及させるための今後の課題としては、コスト低減が挙げられます。現在は一機約1000万円ですが、できる限りコストを抑えることで普及につなげていきたいですね。現在普及している免震装置も当初は約800万円でしたが、いまは200〜300万円程度。量産化に弾みが付けば、より手ごろな価格で多くの建築物に導入することができます。

このプロジェクトの最終的なゴールは、3次元免震装置が社会に広く普及することですが、同時に「この技術を幅広く知ってもらい、耐震・免震への理解を深めてほしい」という想いもあります。どんな地震が来ても揺れを軽減できるテクノロジーがすでに実用化しつつあるという事実を多くの方に知ってもらい、本当に必要なところから浸透させていきたいですね。



構造設計部
東京工業大学大学院 理工学研究科
建築学専攻 修了(※)
富澤 徹弥 (とみざわ・てつや)

※神戸大学大学院 工学研究科 建築学専攻
博士課程に社会人学生として在籍中