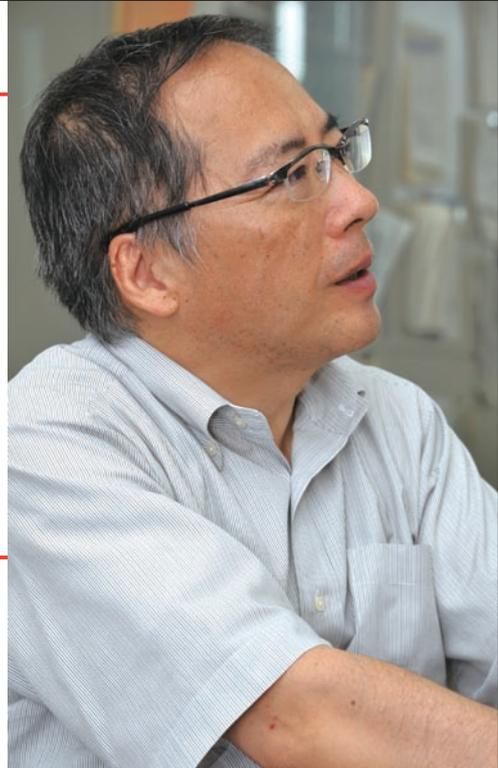


理工学部都市環境学科／設計工学研究室  
土木構造工学、設計工学、安全論、防災・リスクコミュニケーション

# 佐藤 尚次 教授

【プロフィール】 佐藤 尚次(さとう なおつぐ)▷1957年1月13日、北海道生まれ。東京大学工学部土木工学科卒業。東京大学大学院工学系研究科土木工学専門課程博士課程修了。東京大学工学部講師、関東学院大学工学部助教授、筑波大学構造工学系助教授等を経て、1999年より中央大学理工学部教授。著書に「土木構造物共通示方書Ⅱ(作用・荷重)」(公益社団法人 土木学会、共著)、『図説土木工学基礎講座「構造力学」』(彰国社、共著)、『土木工学概論』(彰国社、共著)など。土木学会 ISO 対応特別委員会委員等を務める。



## 「これから」の構造設計ルールをカタチにし、人口減少化時代のインフラづくりを見つめる。

道路や橋梁、ボックスカルバート(電線や通信線などを収めて地中に埋設される箱型構造物)など、暮らしを支えるインフラである土木構造物。ひとたび破損すると社会に及ぼす影響は大きく、それ故に「パーフェクトな安全性」が期待されてきた存在でもあります。「長い間、行政が定めた仕様に則って設計すれば大丈夫、という風潮がインフラ整備にはありました。しかし、阪神・淡路大震災、そして東日本大震災の経験からその風潮が変わりつつあります。現実問題、人口減少化に向かう今後の日本では、すべてのインフラに最高レベルの安全性能を持たせることは難しい側面がある。考え方を変える時が来ていると思います」新時代の構造設計のルールづくりに取り組む佐藤先生は語ります。

### 土木構造物設計の際に荷重をどう扱い安全性を確保するか、指針を提示

土木構造物の構造力学や設計工学の専門家である佐藤先生が取り組んでいるのは、「構造設計のルールづくり」。地震や風、降雨や積雪などの「荷重」を、土木構造物の設計にあたりどのようにとらえて扱い安全性を確保するか、考え方の整理を行っています。

「従来、道路なら道路、橋梁なら橋梁など各構造物の専門家がそれぞれ荷重のモデルをつくって設計要件を設定してきました。しかし、橋梁とボックスカルバートなど、地上と地中に同時に整備する場合等では、それぞれにおける荷重を組み合わせると安全性のバランスが取れません。また、構造物によっては考慮する必要がない荷重もある。設計において荷重を考える際、共通して考えるべきものと構造物ごとに考えるべきものは何か、体系化を図っています」

佐藤先生は所属する土木学会の構造工学委員会の活動としてこのルールづくりに取り組んでおり、その成果は国土交通省など土木構造物の規格を定める行政機関に「提言」という形で提供されます。そしてそれが、これからのインフラ整備に役立てられていくのです。

◀佐藤先生が中心となって取りまとめた構造設計のルールブック『土木構造物共通示方書Ⅱ(作用・荷重)』(写真上)。2008年に前身の指針が発行され、2010年には本編が登場した。

### 阪神・淡路大震災を機に変革期を迎えた土木構造物設計

さまざまな荷重が土木構造物に与える影響に関心を持ち、佐藤先生が研究に着手したのは1980年代なかばのこと。その頃、土木構造物の整備には「行政が定めた仕様に則って設計をすれば問題ない」という風潮があり、「荷重にはさまざまなばらつきがあり、その状況によって構造物の安全性は揺らぐ」という説はなかなか受け入れられなかったと、佐藤先生は振り返ります。

「しかし、1995年の阪神・淡路大震災の発生によって状況は一変しました。高速道路の橋梁が倒壊した様子が、当時の日本社会に大きなショックを与えたのです」設計にミスがあったのではないかと、施工時に不備があったのではないかと、といった議論も巻き起こりました。けれど、倒壊したのは科学的に当たり前のこと、と佐藤先生は指摘します。「設計の際、過去の事例などを基準に『このくらいの荷重に耐えられるように』と要件設定がなされますが、想定を超える荷重があった場合、壊れる可能性は当然高くなります。橋梁が倒壊したこと、その設計要件を設定する際の基準が妥当であったかどうかは分けて議論すべきです。阪神・淡路大震災クラス的地震は極めてまれな荷重ではありますが、そのなかなか起こらない事態をどう予測し、設計の際にどこまでそのリスクに対応するかといったテーマを、インフラ整備に携わる人間は真面目に考えなければならない。阪神・淡路大震災でその機運が高まりました」

またその時期、政府の規制緩和策や情報公開を求める社会ニーズなどにより、土木構造物に「性能設計」が取り入れられていきました。これは、「設計された構造物が、要求性能を満足していれば、



どのような構造形式、材料、設計手法、工法などを用いても良い」とする考え方。それまで行政機関の定めた規格を守って行うこととされてきたインフラ整備が、大きな変革期を迎えたのです。

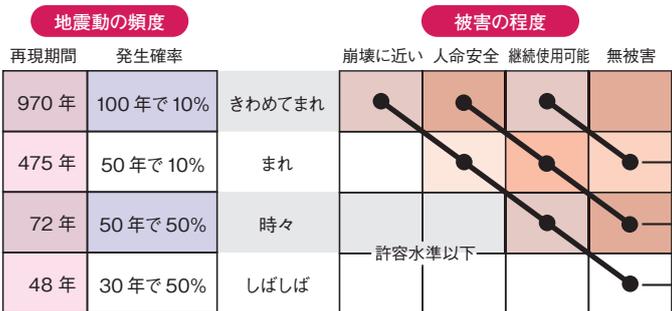
こうした変化の中で、佐藤先生は新しい時代の構造設計ルールづくりに取り組んできました。「土木構造物は種類が多く、荷重の内容も多彩です。それらを取りまとめ体系化するのには手間と時間がかかり大変でしたが、『土木構造物共通示方書Ⅱ（作用・荷重）』として一旦カタチにすることができました。性能設計の考え方に基づいて土木構造物設計を行う際の、1つの指針を世に送り出すことができたと思います」

## 各土木構造物の役割や重要性に応じた安全性能の整備へ

インフラである土木構造物にはこれまで、すべてに対して「パーフェクトな安全」を期待する風潮がありました。しかし、「想定を超える荷重」である阪神・淡路大震災、そして東日本大震災を経験し、これから人口減少化に向かおうとしている日本は、改めて考え方を転換する時を迎えたのではないかと佐藤先生は語ります。「土木構造物が担う役割の重要性に合わせて、それぞれの整備やメンテナンスにどれくらいのコストをかけてどの程度の安全性能を持たせるか、合理的に考える必要があると思うのです」

佐藤先生は『耐震性能マトリクス』という資料を取り出しました（下記【図】参照）。「これは建築分野の資料なのですが、建築物にどのくらいの耐震性能を持たせるかを考察するものです。もちろん、どれほど大きな地震が来ても被害がないほど強固にすることが理想ですが、そのためには費用がかかります。すべての建物にそこまでの強固さを持たせようとするのは現実的ではありません。例えば、非常に重要な建物であれば、1000年に1度の確率で起こる大地震に遭遇しても軽微な被害でとどまるよう設計する。このように、重要度が高いものほどコストをかけて高い安全性能を持たせる。土木構造物の整備でも、それぞれの構造物が担う役割に応じて安全性能のレベルを決める、という議論をできるようにしていきたいのです」

パソコンや自動車であれば、購入する際に性能に応じた費用を支払うのは当然のこと。しかし、土木構造物の整備においては、その当たり前の考えが浸透していなかった、と佐藤先生は語ります。「インフラは税金で整備されるものですから、情報公開ニーズが高まるまでは、自分のお金が使われているという納税者の意識もそれほど高くありませんでした。従って、あまり利用者が多くないインフラが最高規格でつくられる例もありました。しかしその一方で、普段は利用者がいないような橋梁でも、それがなければ災害時に救援活動ができないようなケースもある。そういうものは最高規格でなくてもいいので、



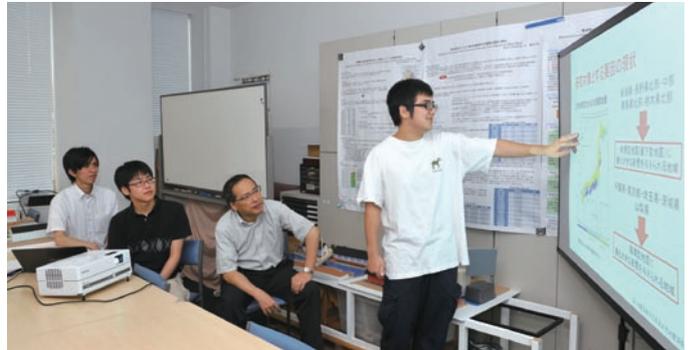
▲【図】耐震性能マトリクス（SEAOC“Vision2000”1995）（日本建築学会：事例に学ぶ建築リスク入門、技報堂出版、2007年8月のp.47や98をもとに作成）

ある程度の荷重に耐えられる性能を持たせる必要があるわけです。これからのインフラ整備には、そういった『役割や重要性』に対する視点が不可欠だと思います」

構造設計のルールづくりをこれからも推進し、インフラ整備における議論の素材を提供していきたい、と佐藤先生は研究の展望を話してくれました。

## 広い視野と柔軟な発想力、「想定外」への意識をもつ人材を育成

土木構造物と安全性を追究する佐藤研究室では、「How safe is safe enough?（その“安全”は十分に安全か?）」を共通の意識として、学生たちがそれぞれ関心を抱いたテーマの研究に向き合っています。そして、議論が重視されていることも特長。取材当日、研究室では学生たちが卒業論文作成に向けた研究のプレゼンテーションを行っており、院生も交え活発なディスカッションが繰り広げられていました。「橋梁の耐震補強が震災時の道路啓開にもたらした効果や、違法過積載車両が混在する交通が橋梁に及ぼす影響など、学生の研究テーマはさまざまです。その環境を活かし、他の学生の研究についても自分のテーマと関連付けて考え、視野を広げ発想力を豊かにする意識を持つよう学生に指導しています」特定のテーマを深く掘り下げ自分の「強み」をつくり上げることはもちろん大切ですが、広く「全体」を見る俯瞰的な視点も同時に養ってほしいと佐藤先生は考えています。「なぜなら、インフラ整備には『想定外』の事態が常に付きまとうことを念頭に置く必要があるから。これからの土木構造物に携わる人材には、視野の広さや柔軟な発想力が不可欠なのです」



▲学生のプレゼンテーションの様子。取材時には、「大量の積雪がある中で橋梁が地震に遭遇した場合、どのような影響が生じるか」などをテーマに発表が行われていた。

## Message ~受験生に向けて~

工学では、才能の有無は問題になりません。大学入学後に皆がゼロからスタートして、努力した者は着実に能力を伸ばすことができます。しかし一方で、高校生の皆さんに工学についての情報が十分に届いていない気がします。皆さんには、数学や物理、芸術など高校で習う教科の延長線上にある分野ばかりでなく、工学など、高校まででは習わない実学系の分野にも視野を広げて、積極的に情報を集めていただきたい。理解を深めれば「あの分野は面白い」となることがたくさんあるのです。日本が明治維新以後に近代化したことも、太平洋戦争後に産業競争力を高め世界の注目を集めるようになったことも、工学に携わる人々の存在があってこそ。大きなやりがいのある工学の世界にも、ぜひ目を向けてみてください。