

## Focus 02

# ネパールの建物を地震に強く

自然災害の中でも、地震はとりわけ広範囲に被害をもたらす。2015年のネパール地震も、首都カトマンズを中心に多くの建物が倒壊し、多数の犠牲者を出した。東京大学地震研究所の楠浩一准教授をリーダーとする国際

共同チームは、現地の建物被害を調査した。そのデータと、日本が培ってきた耐震知識やノウハウをベースに、ネパールの建築物の耐震性向上をめざすロードマップを作成した。



楠浩一  
(くすのき こういち)

東京大学地震研究所災害科学系  
研究部門 准教授

1997年東京大学大学院工学系研究科博士課程修了、博士(工学)。東京大学生産技術研究所助手、国土交通省建築研究所研究員を経て、2000年独立行政法人建築研究所主任研究員。米国カリフォルニア大学サンディエゴ校へ1年間派遣された後、06年横浜国立大学大学院工学研究院准教授。14年から現職。

### 日本での留学経験者が貢献

昨年4月25日、ネパールの首都カトマンズから北西に約80kmのガンダキ県ゴルカ郡サウラバニを震源とした大地震が発生した。地震の規模はマグニチュード7.8と推定され、カトマンズを中心に数十万棟の住宅や公共施設が被災、9000人近くが犠牲になるという甚大な被害がもたらされた。

建物被害を調査するため、日本建築学会の災害委員会は、救援活動が落ち着いた頃に調査団を派遣した。その団長の東京大学地震研究所の楠浩一准教授は、当時をこう振り返る。「海外で起きた地震は、渡航費用などがかさむため現地調査に向かう研究者は少ないのですが、今回のネパール地震では十数人という、1999年のトルコ・コジャエリ地震以来の大調査団となりました。やはり、それだけ被害が大きく、被災状況への懸念も高かったということでしょう」。

現地調査を終えようとしていた頃、J-RAPIDの課題募集が開始されたことを知

り、「調査結果をネパールの復興に生かせるなら」と、すぐに応募を決めた。楠さんが研究代表者となり、国際共同研究・調査チームのメンバーには、日本建築学会災害委員会の委員長、東京大学地震研究所の壁谷澤寿海教授をはじめ、現地調査団に参加した研究者数名が加わった。ネパール側の代表者は、豊橋技術科学大学で博士号を取り、日本と縁のあるトリバン大学工学部のクリシュナ・クマル・ベトワフル助教だ。

ネパールの都市開発省都市開発建設局のキーパーソンもチームに加わった。こちらも、JICAを通して国立研究開発法人建築研究所で研修を受け、修士号を取得した経験を持つなど、日本の建築学界と関わりが深い。「人のつながりがあったことから、『J-RAPIDを利用して一緒に研究し、ネパールの将来に役立てよう』という思いが繋がったのです。両者の連携も緊密で、実際の共同研究・調査は実り多いものとなりました。災害関連の研究調査では特に、常日頃からの人のつながりを築いておくことが大切だと、改めて感じました」と楠さんは語る。

### 鉄筋とレンガの組み合わせ工法で大きな被害

楠さんのチームが取り組んだ課題は、ネパールにおける耐震設計法や、耐震診断技術の向上に道筋をつけることだ。「支援期間は最長1年間だから、その範囲内では多くのことはできません。そこで、ネパールの建築物の耐震性能向上に必要な検討事項、例えば、こういう実験を行い、こういう数値を決めようという目標を整理し、ロードマップを作成しました」。

まずはカトマンズ市内の建物の被災状況を調べ、耐震性能の現状を把握することから開始した。

被害が集中したカトマンズでは、都市化と人口集中が進む一方で、住宅用の建材には従前から変わらずレンガが多用されてきた。その結果、耐震性の低いレンガ造りの住宅が密集することになり、地震でそれらが次々と倒壊し、多くの人々が犠牲となった。

「カトマンズには、30階ぐらいの高層ビルも、鉄筋コンクリート造の建物も多くありま



被災したカトマンズ市内の建物。

す。ただ、それらの壁はレンガを積んだだけの状態で、柱や梁を残して壁だけ崩れるという被害が多発しました。こうした鉄筋コンクリートとレンガを組み合わせた工法は途上国で多用されていて、ネパールに限らず、トルコ、ルーマニア、中南米の国々など、地震被害の大きな国で問題となっています」と指摘する。

レンガ壁は、窓ガラスや天井材など同様に、設計上は無視して非構造材として扱われている。しかし、そうした非構造材が地震の際に思わぬ被害をもたらすことは、例えば天井材の落下など、かねてから日本でも問題視され、改善が図られてきた。その意味では、日本とネパールでレベルは違っても、問

題の構造は同じであり、日本の問題解決の経験や考え方を生かすことができる。楠さんたちは、レンガを現地の人に現地の工法で積んでもらい、強度などを調べる実験を行った。それを参考に、今後、ネパールの研究者が、ロードマップに示した必要な実験を積み重ねてレンガの強度を決め、ネパールの現行の耐震設計基準の中に取り込むことにしている。

### 文化を尊重しながら、最適な解決方法を見つける

作成したロードマップは、ネパールの抱え

る問題に対して直接の答えではなく、その道筋を示したものだ。日本がこれまでに取り組んできた、耐震設計基準の改善に必要な要素や、日本が得意とする耐震診断や補強の枠組みを参考にして、その考え方をネパールに適用するために必要な実験、決めるべき数値などを示している。きちんとステップを踏んでそれらを実行し、耐震設計基準の中に取り込んでいけば、ネパールの実情に即した、かつ今よりレベルアップした耐震設計基準が作れるはずだ。

日本の耐震設計基準は、世界でも最高水準にある。耐震性能を高めるのであれば、日本の基準をそのまま使えばいいように思われる。しかし、「建築は生活に根づいた文化ですから、耐震性だけでレンガを否定しては文化の否定につながってしまいます。文化は文化として尊重しながら、ネパールの人々にとって最適な解決方法を、ネパール人自身で決めてもらうことが大切です。われわれはあくまでもそのサポートをしているにすぎません。J-RAPIDで『国際共同研究・調査』というように、日本による指導ではなく、やはり共同研究なのです」と楠さんは強調する。

日本では耐震設計が進んだ結果、地震による建物の倒壊はかなり防げるようになってきた。一方で、近年では、倒壊を防ぐだけでなく、事業継続性 (BCP) の向上も重視される。

それは、単純に対策コストをかけるよりも、知恵や工夫で乗り越えなければならない課題であり、途上国の求める耐震性能向上策と、考えの枠組みは共通している。そうした点から見ても、共同で研究すべきことが多いという。「日本でも地震はたくさん起きていますが、大きな地震のたびに新たな事象が見つかり、



カトマンズ市内で現地調査を行うJ-RAPIDチーム。左胸に日の丸、背中にJ-RAPIDのシンボルマークが入ったベストを着用した。



現地のトリブバン大学で行われている材料試験。



解決すべき問題点が明らかになっています。自然から学ぶこと、また、他国から学ぶことが、まだまだたくさんあるのです」。

## 他の地震国のモデルケースに

今回示したロードマップと、それを活用したネパール独自の建築物の耐震性能向上に向けた取り組みは、他の地震国にもモデルケースになると、楠さんは考えている。

「これはJ-RAPIDの成果ですが、実はそれ以前から、ペルーやトルコなどでの地震による建物被害の調査で蓄積してきた、『こうすれば日本の方法論がうまく使えるのではないか』というアイデアも反映されています。逆に考

えると、このプロセスがきちんと機能すれば、最初に挙げた、ネパールと同じような工法で建物を建てている国々でも、同様に検討できるはず」。

楠さんが作ったのは、あくまでも地図であり、重要なのは、その地図に沿ってだれかが歩き始めることだ。歩き始めれば、ルートの再検討や地図の修正が必要になるかもしれない。また、対象が建築物であるため、取り組みの結果が目に見えるようになるまでには、5年、10年の長い期間が必要になる。

「J-RAPIDは6月で終了しましたが、われわれの本当の取り組みは、ここからがスタートなのです」と楠さんは力を込める。

「せっかく描いた地図ですから、うまく活用して前に進んでもらえるように、何らかの

形で継続的に関わっていきたいと考えています。ネパールの防災に関しては、SATREPSの研究課題として採択された、災害軽減を総合的に研究する5年間の共同研究プロジェクトがスタートしており、私も研究メンバーに加わっています。そのようなスキームも利用しながら、地震被害から一人でも多くの命を救うという目標に向かって、ネパールの人々と共に歩んでいきます」。

自然災害は起きてほしくないが、起きてしまったのなら、防災・減災の取り組みを後押ししなければならない。ネパールの建物を、より地震に強くする取り組みは長い道のりであり、期待を込めて見守りたい。

## 非構造材（レンガ壁）のロードマップ

項目	年目	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
建築工法やレンガの大きさ、材料強度などの現地調査		→									
石積みの壁の強度に関する文献調査		→	→								
面内変形における亀裂や極限強度などの構造試験				→	→	→	→				
面外変形における極限強度などの構造試験					→	→					
多層レンガ壁の強度試験								→	→		
レンガ壁の極限強度における設計方式の開発						→	→	→	→	→	→
改良技術の提案					→	→	→	→	→	→	→