

地盤はなぜ崩れるのか 地震と風化の防災研究最前線

菊本統准教授のグループでは、地盤をモデル化し、その変形や破壊のメカニズムを解明する研究をしています。石垣や盛土は、地震や豪雨でなぜ、いつ、どのように崩れるのか。実験室で、現場で、コンピュータのシミュレーションの中で、あらゆるところで奮闘しています。

地盤工学の研究対象

家や道路などあらゆる建造物は地盤に支えられています。地盤をなす土や岩石は天然の材料ですから、コンクリートや鉄鋼のように人為的に強度や性質を決めて建物の設計を行うことはできません。地盤は土の粒子と水と空気できていますが、建物の重さや地震等による外力、岩石の成分や水や空気、土粒の大きさなどで性質が変わります。地震による崩落の問題を考えるためには、このような地盤の性質を解明する必要があります。地盤を科学し、研究する学問は地盤工学と呼ばれ、物理の力や化学の力が絡み合った複雑な現象を扱います。

地面の下は謎でいっぱい

地盤は地震や豪雨で崩れたり、液状化が起こったりして、一瞬にして様々な災害を引き起こします。一方で、地盤は長い年月をかけて風化して弱くなります。土の中ではいったい何が起きているのでしょうか。地面の下は謎でいっぱいです。菊本統准教授のグループは、そのような地盤の謎にチャレンジしています。今回は、菊本准教授が取り組む研究の中から熊本地震による熊本城石垣の崩壊の研究と高速道路の盛土の崩落の2件を紹介しましょう。

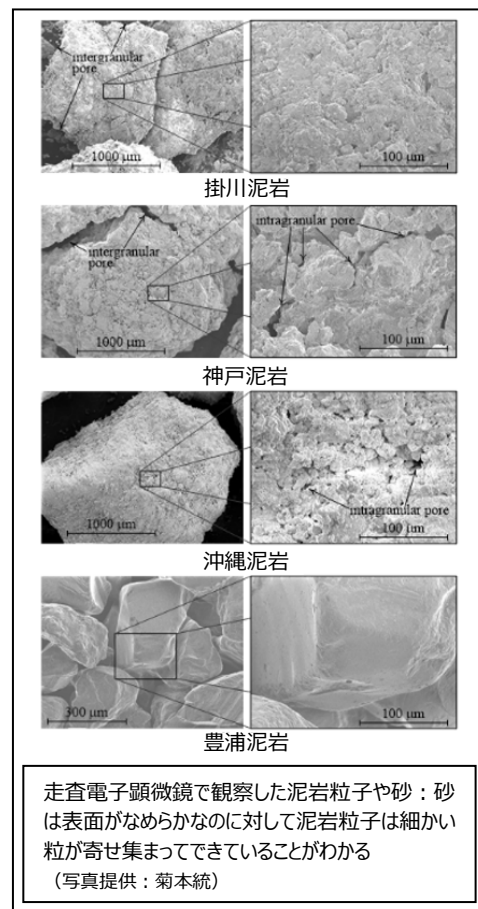
一瞬の衝撃で崩壊した熊本城の石垣

2016年4月の熊本地震では熊本城の石垣の大きな被害が目撃されました。菊本統准教授のグループは地震直後から現地調査を行っています。調査では、まず石垣の被災状況の観察と3次元の形状測定が行われました。それらを地震加速度の計測データと突き合わせることで様々なことがわかってきました。石垣の内部には土を固めた地盤があり、石積みと地盤が互いに影響を及ぼしあって複合的な形態の崩壊をしていること、その崩壊には地震の水平方向の力だけでなく、鉛直方向の力が大きく影響していることがわかりました。ただし、これですべてが解決したわけではなく、地震を耐え抜いた石垣が補修を必要とするか、将来の地震に耐えうる強い石垣の構造はなにか、今も精力的に調査研究が進められています。



ゆっくりと風化した高速道路の盛土の崩壊

2009年の駿河湾地震では、牧之原 S.A.の近くで東名高速道路の盛土が崩れ、5日間にわたって通行止めになりました。この崩壊の直接の原因は地震ですが、盛土に使われていた砕石が風化して弱っていたことがわかりました。高速道路の盛土には、トンネルなどの工事で出た残土が使われることが多く、いろいろな性質の岩石が使われています。なかでも、泥岩は、粘土のような細かい粒が固まった軟らかい岩です。泥岩の砕石が雨や地下水によって乾湿を繰り返して受けると、砕けて細かい粒になり、石の隙間に落ち込んで水はけが悪くなります。菊本准教授のグループは高速道路総合技術研究所から国内12か所の高速道路から盛土の試料の提供を受けて、その性質や風化の進みやすさを比較しました。X線を用いた分析で試料の成分を分析し、繰り返し水に浸しては乾燥させ、その都度、走査電子顕微鏡で粒の大きさの分布を観察するというものです。その結果、各地の泥岩は、それぞれ異なる風化のしかたをすることがわかりました。このような岩石の風化についての研究はいまも続けられており、高速道路の防災対策に活かされること



が期待されます。

人知を尽くした自然へのチャレンジ

さて、この記事では菊本准教授の研究のうち、地震と風化という対照的なケースを二つ紹介しました。どちらも地震による崩壊ですが、熊本城の石垣はごく短時間の強い衝撃による崩壊、高速道路の盛土は長い年月による泥岩の風化による崩壊です。おなじような地盤の崩壊でも、そのメカニズムは異なっています。今回の研究の成果を一般化すれば、盛土の風化について防災に役立てることが期待できます。

地盤には、上からの荷重のほかに様々な力があらゆる方向からかかっているため、内部に複雑な歪みの力を蓄えています。ここで紹介したものの他にも力と歪みの測定や、水や空気、水に溶けない油の流れの解析、世界遺産の保全などに関係した興味深い研究もたくさんありますが、また別の機会に譲りましょう。

いかがでしたか。興味を持っていただけましたでしょうか。それでは、最後に、菊本准教授の言葉を紹介して、かっこよく閉めましょう。

「私たちの研究は土や岩石の新しいモデルを作って地盤の変形や破壊のメカニズムを解明することです。これは、誰にも再現できなかつた現象をモデル化して再現するということで、人知が自然に通用するかどうかの大きなチャレンジなのです。」

参考資料

1. [菊本研究室ホームページ](#)
(英語ですが、日本語の資料もあります。「講義資料」は日本語で図が多く、おすすめです)
2. [講義資料「土の力学 第1回」](#)
(専門知識がなくてもわかりやすいので、おすすめです。もちろん日本語)
3. 菊本統、西村聡、早野公敏 図説 わかる土質力学 (2015) 学芸出版社 (大学生向けの教科書です)
4. [菊本統, 小山倫史, 橋本涼太, 平成 28 年 \(2016 年\) 熊本地震 石積構造物を中心とした調査・分析結果 その1 : 熊本城の石垣の被害](#)
(図が多くて比較的わかりやすい資料です)
5. 小山倫史, 菊本統, 橋本涼太, 桑島流音, 平成 28 年 (2016 年) 熊本地震における熊本城の城郭石垣の被害調査およびその分析, 社会安全学研究 7, 87-95 (2017) (専門的だが読みやすい資料です)
6. [中央高速道路株式会社東京支社 \(2009 年\) 東名高速道牧之原地区地震災害の対応について 道路行政セミナー 2009.11, 1-9 \(2009\)](#)
(駿河湾地震の高速道路被害と復旧についてのわかりやすい資料です)
7. M. Kikumoto, A.D. Purtra, T. Fukuda Slaking and deformation behavior Geotechnique 66 (9), 771-786 (2016)
(泥岩の風化についての英語の学術論文ですが写真で岩石の様子をみることができます)

関連 URL

1. [先端科学高等研究院 社会インフラストラクチャの研究ユニット](#)

文：中川正広 (YNU-IAS)、レイアウト：佐藤英梨 (YNU)