

# TIRI NEWS EYE

最近注目されているトピックスを  
取り上げ、ご紹介します

第20回

## 石垣修復 支援システム

匠の技と最新のテクノロジーを融合した技術開発の意義とメリットについて、お話を伺いました。

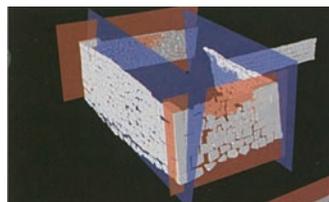
### 文化財保護と安全性確保

日本の城の多くは、織田信長や豊臣秀吉が活躍した戦国時代後半以降に築城され、貴重な文化財として保護される一方で、一般に公開されています。長年の風雨・地震等により、損傷や変形、崩落が進んだ石垣の修復工事においては、文化財保護と安全性確保の両面に配慮する必要があります。

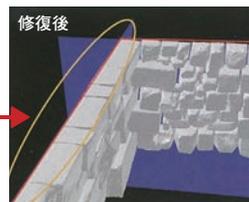
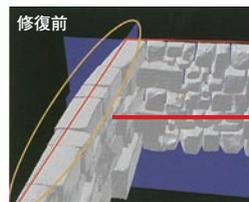
国・県等の史跡に指定されている石垣の修復工事では、コンクリートや鉄筋などを用いる現代工法を使わずに、崩れた石垣の勾配や石の配置を創建当時の状態に戻します。工事に際しては石垣の構造や状態、<sup>ちくし</sup>築石1個1個を丹念に調査・記録した上で、学識者の指導の下、石工が石垣を解体し、再度築石を正しい位置に積み上げ直すことで修復を行います。一方、これまでは、石工の技量に左右されることが課題となっていました。

そこで、清水建設(株)が(株)計測リサーチコンサルタントと共同で開発したのがコンピュータシミュレーションを活用した「石垣修復支援システム」です。

### 石垣修復のシミュレーション

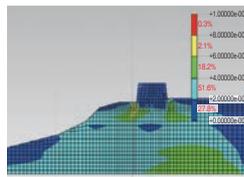


三次元計測で得られた築石の三次元データを  
基に、石垣全体の配置をシミュレーション

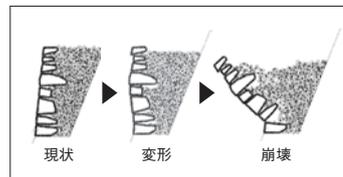


石垣修復作業による形状変化のシミュレーション

### 耐震安定性評価



石垣基礎地盤解析例  
(2次元動的FEM)



石垣解析断面例  
(崩壊状況—DEM解析モデル)



遠心模型実験装置  
石垣モデル解析手法の妥当性確認のために実証実験を実施

### 生産性向上と伝統技術の継承

石垣修復支援システムは、石垣の全体および個々の築石の三次元データを用いて、修復形状をシミュレーションすることで、石工の技量を支援しつつ、石垣修復工事全体の品質と生産性の向上を図ることができます。

修復工事を行う前に、パソコン上で築石の三次元画像を積み上げ、築石同士がどこで干渉しているのかを確認しながら最適な勾配や反りの角度を形成するのに必要な築石の配置や角度をシミュレーションします。

三次元画像を用いれば、修復前と修復後の石垣の形状を容易に比較することもできるので、工事にあたる石工にとっては、作業前のイメージトレーニングになります。

「築石の配置を検討する際には、学識者や石工の意見も取り入れ、計画を行います。学術的な知識や匠の技と最新のテクノロジーを融合することで、従来よりも作業精度を上げることができるようになりました。さらに、後継者不足が深刻化する中、石積みという伝統技術を記録し、維持継承することにもつながると考えています」(山内氏)

コンピュータシミュレーションにより、最適形状の算出が容易かつ高精度になったことで、積み直しなどの工事の手

戻りが大幅に減り、工期・工費の低減につながるため、生産性の向上に大きく寄与しています。

### 耐震安全性の確認も重要

石垣損傷の原因の一つである地震に対する安全性の確認も極めて重要です。清水建設(株)では、石垣の特性を考慮した解析手法を駆使して石垣の耐震安全性を確認しています。

「伝統技術や匠の技にコンピュータシミュレーションを組み合わせることには、多くのメリットがあります。平成27年に国土交通省が建設現場へのICTを全面的に導入する『i-Construction(アイ・コンストラクション)』を打ち出しました。今後、建設分野では設計から施工、検査に至るまで、ICT技術を活用した生産性向上がこれまで以上に進むと予想されます。文化財の修復、保護においても例外ではありません。当社も、石垣修復支援システムを通じて、文化財の保全や伝統技術の継承に貢献していきたいと考えています」(小島氏)

#### 取材協力

清水建設株式会社  
土木東京支店 土木第三部 工事長  
**山内 裕之氏**  
土木技術本部 開発機械部  
技術開発グループ グループ長  
**小島 英郷氏**