

プレア・ヴィヘア寺院第三ゴープラにおける地盤調査と石積構造物の変状分析

関西大学 社会安全研究科 学生会員 桑島 流音

1. はじめに

プレア・ヴィヘア寺院はカンボジア、シエムリアップから約 120km 北西のカンボジアとタイの国境に近いプレア・ヴィヘア州に位置するダンレク山地の海拔 625 m の断崖の頂上に、9 世紀にクメール王朝によって建立されたヒンドゥー教の寺院である。2008 年 7 月にカンボジアの世界文化遺産として正式に登録された。5 つのゴープラとよばれる塔門がほぼ南北軸に沿って配列されている(標高の高い順に第一ゴープラから第五ゴープラと呼ぶ)。なお、寺院名のプレア・ヴィヘアはクメール語で「神聖な寺院」という意味がある。

2. 第三ゴープラにおける石積み構造物の変状調査

第三ゴープラには、東西両側に宮殿が配置されている。しかし、本来左右対称に建立された東西の宮殿における石積構造物の変状が大きく異なる。西宮殿においては、基壇の西側部分は直接岩盤に支持されており、変状は小さいが、岩盤から離れる境界付近南面側で大きく基壇は湾曲し沈下しており、上部の石積構造物の倒壊が見られる(写真-1a)。一方、東宮殿では、東西両端部コーナーに小さな落ち込みがみられるもの、基壇は全体的にはレベルが保持されている(写真-1b)。今後の遺跡修復事業においては、第一に、東西宮殿における変状発生メカニズムを解明する必要があり、本研究では、東西宮殿の直下の地盤の違い(特に、基礎となる岩盤までの深さ)に着目した。そこで、本調査では東西宮殿の周辺で水準測量および簡易貫入試験を実施し、N 値(正確には、換算 N 値)の分布を調べた。

3. 3D レーザースキャナを用いた石積みの計測

図-1a, b にそれぞれ西宮殿、東宮殿の 3D レーザースキャナ計測より得た 3 次元座標のレーザー点群データおよび形状比較のために抽出した計測ラインをそれぞれ示す。まず、点群データを基壇下端ラインが x 軸、奥行き方向が y 軸、鉛直方向が z 軸となるよう座標変換し、ある x 軸の値における鉛直断面を抽出した。図-2

に西宮殿における断面(図-1a)の計測ライン A-F および東宮殿における断面(図-1b)の計測ライン A-E)の石積の形状をグラフで示す。本図より、東宮殿の壁面の傾斜はほぼ垂直を維持しているのに対し、西宮殿では(特に、計測ライン B~E において)石積の倒壊や大きな変位に伴う目地開きが発生している。今後、長期的に継続的な計測を行うことで、東西宮殿の変状の進行(経時変化)が観察でき、補修・補強に関わる意思決定に利用することができる。

4. 簡易貫入試験

第三ゴープラ東西宮殿において、図-3 に示すとおり、計 37 箇所簡易貫入試験を実施した。図-4a, b に西宮殿南側および東宮殿南側の典型的な N 値の分布をそれぞれ示す。これらの図より、西宮殿においては、基盤となる岩盤は比較的浅い(0.5~1.0m)に位置し、その上は N 値 5 程度の柔らかい表層土(風化土と推測される)で覆われている。また、東宮殿においては、岩盤の位置は 2.0m で深であり、N 値が 5 程度の柔らかい層と 10 以上の固い層の互層構造(人造の盛土と推測される)が見られる。また、西宮殿の大きな変状が見られる付近では、局所的に極端に N 値が小さい箇所が見られ、水みちや空洞が形成されているものと思われる。

5. 推測される変状要因

簡易貫入試験の結果が示すとおり、西宮殿においては基盤となる岩盤までの深さが浅く、浸透した雨水が不透水性の基盤に到達する速度が速く、容易に地下水水位が上昇することが考えられ、このことがすべり面付近の有効応力の低下による表層土のすべりや水みちや空洞の形成に大きく関わっているものと思われる。表層土の不同沈下およびすべりが上部の石積構造物の崩壊を引き起こしたと考えられる。

6. まとめと今後の課題

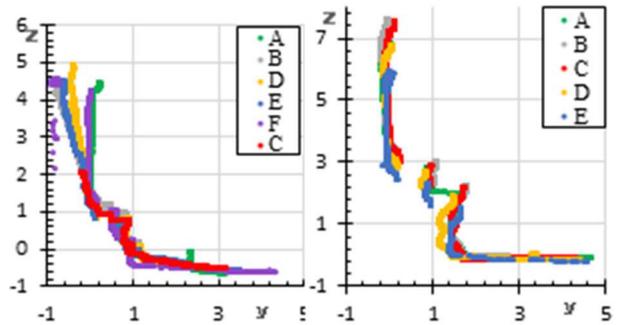
プレア・ヴィヘア寺院第三ゴープラの東西宮殿にお

ける変状の違いは基礎となる地盤の違いに起因する。今後、以下に示す項目について調査を継続していく予定である。

- ✓ 簡易貫入試験および電気探査
高密度かつ広範囲な岩盤深度分布の取得を目的として実施する。
- ✓ ボーリングおよびトレンチ調査
- ✓ 西宮殿の基壇変状箇所や、東宮殿の互層構造(整地のための盛土なのか?)を含めて地質構造を詳細に調べる。
- ✓ 地盤物性の把握
各地点より土試料を採取し、あらゆる力学試験や水理学特性の把握のための透水試験を実施する。
- ✓ 地盤内の各種計測・モニタリング
基壇変状箇所の土壌水分、水圧、地下水位などのモニタリングを実施し変状要因の特定する。



写真1 第三ゴープラ a) 西宮殿 b) 東宮殿



引用 参考文献

- 1) 菊本統, 下野勘智, 伊藤和也, 大里重人, 稲垣秀輝, 日下部治: 自然災害に対するリスク指標 GNS の開発, 第 11 回地盤工学会関東支部研究発表会 (Geokanto2014), 東京都, 講演概要集(CD-ROM), 2014.
- 2) 橋本雄一: QGIS の基本と防災活用, 古今書院, 2015.
- 3) 後藤真太郎・谷謙二・酒井聡一・加藤一郎: 新版 MANDARA と EXCEL による市民のための GIS 講座, 古今書院, 2013.

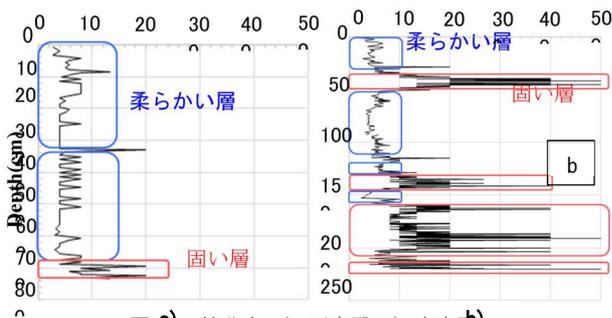


図-2 東西宮殿の断面形状の比較

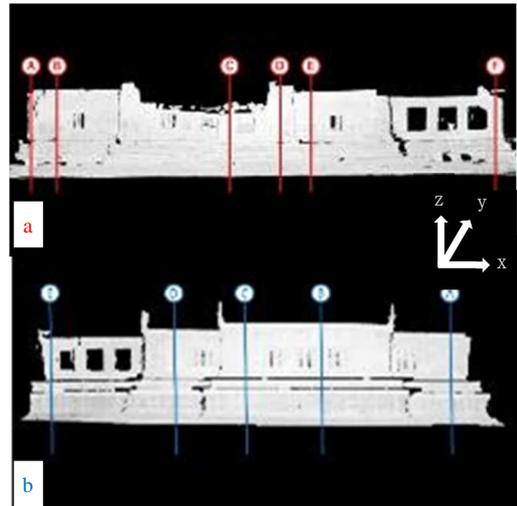


図-1 点群データおよび計測ライン, a) 西宮殿 b) 東宮殿

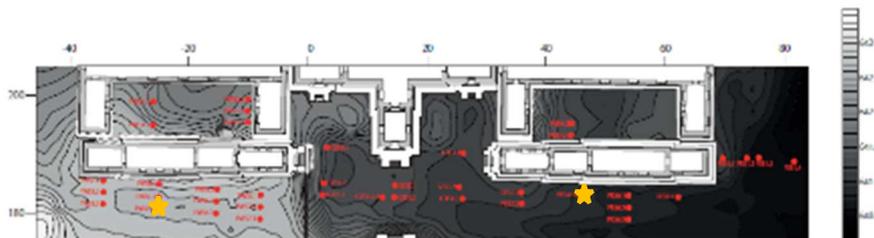


図-3 第三ゴープラ付近の標高分布および簡易貫入試験実施箇所