

電磁波反射法による城郭石垣の非破壊健全度調査技術

ハザマ本店* 正員 前田信行、正員 笠博義、正員 平井光之、正員 則松勇
ハザマ名古屋支店** 大澤克比古

1. はじめに

我が国に現存する城郭はおよそ 400 年前の関が原の合戦前後に構築されたものが多いが、その後、今日までの間に自然災害や戦災などで消失したものや明治維新時の混乱で解体されたものが少なくない。また、こうした城郭の中で近代都市の中心部に位置しているものは、公共施設や学校などとして城跡が利用されることも多く、今日まで建造当時の姿を留めているものは決して多くはない。

このような歴史的な経緯を踏まえて、近年、貴重な文化遺産を見直し、後世に伝えるために、伝統的な技法によって城郭や石垣など補修・復元していこうとする動きが各地で見られる。こうした城郭の補修・復元の計画を進めていく際には、石垣の現状を把握することが重要であるが、貴重な文化遺産を保護するという観点から、試掘等の破壊を伴う調査は最小限に留めることが望ましく、極力非破壊で実施できる手法が必要とされている。

筆者らは、上述の背景を受けて、城郭石垣の非破壊健全度評価技術の研究開発を進めてきた。特に、石垣の背面構造を把握する方法として電磁波反射法の適用を検討してきたが¹⁾、本研究もこうした研究の一環として、名古屋城内の石垣で実施した現場実験と変状発生区間の調査事例について報告するものである。

2. 本検討の目的

本研究では、電磁波反射法によって石垣の背面構造を推定すると同時に実際の調査を通じてその適用方法を確認する目的で、次の2つの項目について検討を行った。

老朽化が進む石垣と健全な石垣で同様な探査を行い、その結果を比較することで探査結果を評価するための指標を得る（背面情報比較実験）。

実際に変状が出ている石垣について調査を行い、石垣背面の構造を推定するとともに、変状が発生した要因について検討する（変状要因の推定）。

3. 背面情報比較実験

1) 実験方法：この実験は、名古屋城内堀に面した連続した同規模の石垣（高さ5m）において行ったもので、解体補修後間もない石垣（健全部）と、老朽化し表面上も不安定化が進行していると判断される石垣（劣化部）について、電磁波反射法で背面構造を調査したものである。なお、ここで調査を実施した石垣の上部は歩道となっているが、劣化部としたと推測される部分は地表面沈下が発生しており、内部での不安定化が進行しているものと考えられる。

実験は、図-1に示すように、地中探査用レーダー（中心周波数400MHz）をガイドレールに沿って石垣表面を上下させながらデータを取得した。また、健全部、劣化部とも2測線ずつ探査を行った。本実験を行った地点はその表面に凹凸があるものの、全体としては平面に近く、測定区間内において石垣表面

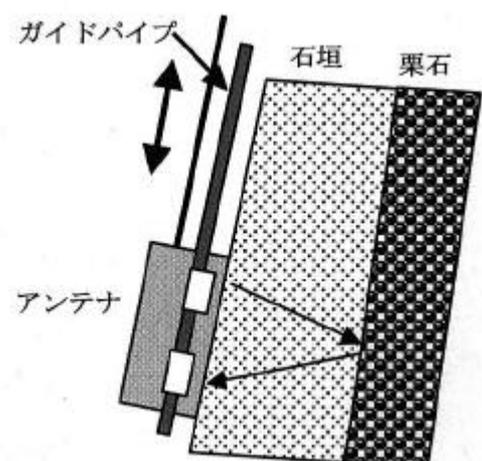
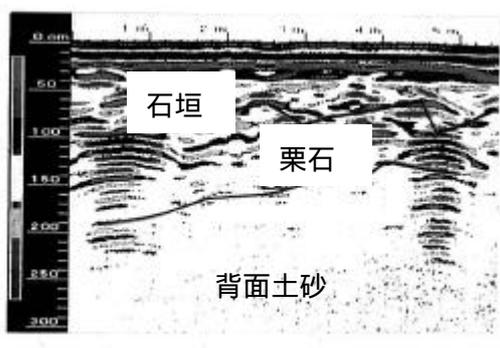


図-1 測定方法

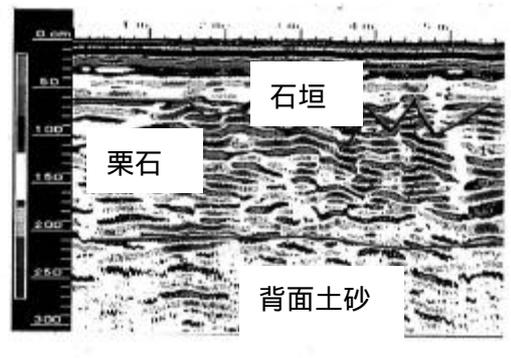
キーワード：城郭石垣、電磁波反射法、健全度診断、地盤構造

* 〒107-8658 東京都港区北青山 2-5-8 TEL03-3405-4052、FAX03-3405-1854

** 〒460-0003 愛知県名古屋市中区錦 2-4-16 TEL052-204-2071、FAX052-204-0447



健全部



劣化部

図 - 2 背面情報比較実験結果

とアンテナ面との距離が変化する部分はなかったことから、安定したデータが取得できたものと判断される。
 2) 実験結果：今回の実験で得られた電磁波の反射画像を図 - 2 に示す。この図から明らかなように、健全部は劣化部に比較して構造が単純であり、特に栗石層の背面土砂層においてほとんど反射が見られない。これに対して劣化部では栗石層背面と背面土砂層との境界が明瞭ではなく、多数の反射面が見られる。これは、健全部では栗石層とその背面の土砂層の境界が明瞭で、背面土砂も均一な地盤から構成されているのに対し、劣化部では栗石層背面の地盤が不均一となり、石垣が本来持っている石材 - 栗石 - 背面土砂という3層構造が保たれていないことを示唆するものと考えられる。

4. 変状要因の推定

上述の比較実験において劣化部とした部分は沈下が認められ、かつて試掘が実施された部分である。この地表面沈下の要因を推定するために、地表面からも電磁波反射法による探査を実施した。地表面からの探査結果を図 - 3 に示した。この図からわかるように、石垣の上端から1m程度の深さに周辺には見られない反射が見られ、さらにその下位の外堀に面した部分にもいくつかの反射が見られる。このうち、上部の反射はかつての掘削跡に相当し、その下部については地盤のゆるみ層であると考えられる。石垣表面および地表面からの探査結果をもとに断面を推定したものが図 - 4 である。この図から、この地点の沈下は、石垣背面の栗石および土砂層の一部が長期間の間に局所的なゆるみを生じ、この部分が圧密沈下することによって発生したたものと考えられる。

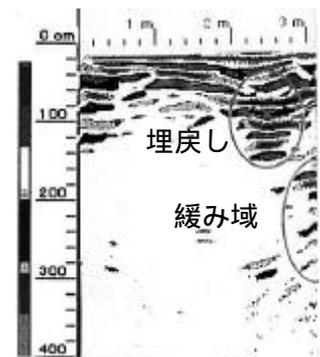


図 - 3 沈下部探査データ

5. まとめと今後の課題

今回の検討から、電磁波反射法によって健全部と劣化部における石垣の背面構造の違いが把握できることが確認された。また、地表面沈下については、石垣表面からの探査に加えて、石垣上部からの探査によってその要因を推定することができた。一方、電磁波反射法の反射画像の判読はいくつかの解釈が可能であることが多く、構造の推定に際しては多数の実測データに基づいた総合的な判断が必要であることから、さらに多数のデータ蓄積とその照合が必要であると考えられる。

【参考文献】1)平井ほか：城郭石垣の健全性診断 - 電磁波探査による石垣内部構造の推定、第54回土木学会年次講演会、1999

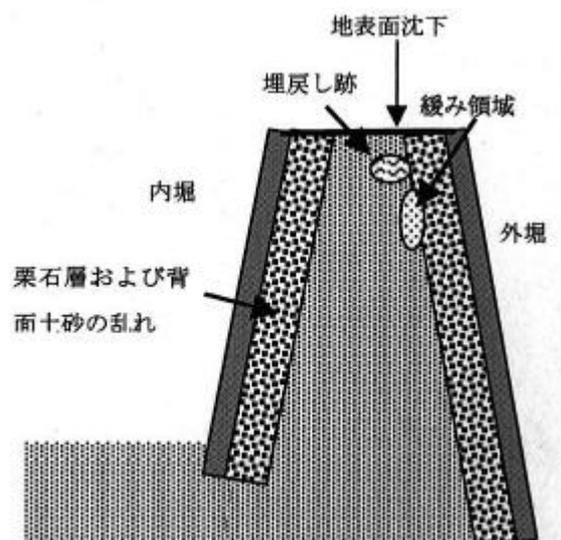


図 - 4 沈下要因の推定