

崩落が進んだ特殊地下壕の分布形状調査と埋戻し検討事例

復建調査設計株式会社	正会員	菅野 雄一
復建調査設計株式会社	正会員	山田 和弘
復建調査設計株式会社		上熊 秀保
復建調査設計株式会社	正会員	○片山 頌嵩

1. はじめに

戦前に築造された特殊地下壕（防空壕）は現在でも全国に多数存在している。その大半の入口は塞がれ、特殊地下壕が残存していることや形状の記憶も年月の経過とともに風化してきている。私達はその存在を知るのには、道路や宅地の地表が変状陥没した時である。また築造後 76 年以上が経過しているため、一部の特殊地下壕では、天井が徐々に崩落し地表陥没の危険性が高まっている。

本文では、特殊地下壕の三次元分布状況をチェーンアレー探査、ボーリング、三次元レーザー計測によって調査し、三次元形状を踏まえ検討した埋戻し方法について報告する。

2. 特殊地下壕の分布調査

調査は、特殊地下壕の周辺住民の方からの聞き取り情報や既往情報を踏まえた上でチェーンアレー探査を行い概略の分布位置を推定、推定位置でボーリングを行い特殊地下壕の空洞を確認、ボーリング孔内から特殊地下壕の内部状況を撮影するとともに三次元レーザー計測を行い特殊地下壕の三次元形状を捉えた。

(1) チェーンアレー探査

特殊地下壕の概略の分布位置を推定するためにチェーンアレー探査を実施した。チェーンアレー探査は、微動アレー探査を繋げて実施し自然微動から地下の S 波速度構造の分布を推定する物理探査の一手法である。チェーンアレー探査結果から、特殊地下壕の空洞部と土層部の S 波速度の相違（S 波速度の低速度帯）に着目し特殊地下壕の概略位置を推定した。

(2) ボーリング及び内部状況撮影

チェーンアレー探査で捉えた低速度帯でボーリングを行い特殊地下壕の空洞の有無を確認した。空洞を確認したボーリング孔には、小型動画カメラと LED ライトを入れ空洞内部状況を撮影した。写真-1 に内部状況の一例を示す。この箇所では特殊地下壕天井部の崩落が確認できた。

(3) 三次元レーザー計測

特殊地下壕の詳細な分布を把握するために、ボーリング孔に三次元レーザースキャナーを挿入し、空洞内壁の点群データ（三次元座標）を計測した。また、地表では簡易な三次元レーザー計測機（SLAM 計測）を用いて地表の点群データを計測した。図-1 及び図-2 は、これらの点群データから作成した特殊地下壕の平面・三次元分布図である。地下の特殊地下壕の分布と地表の状況を合わせることで現在の状況が正確に分かり易く表現できる。

この事例では、段丘地形の法面に築造された特殊地下壕が道路及び住宅地の直下に分布していること、特殊地下壕の天井が崩落し空洞が地表に迫っていること、一部箇所では陥没発生が迫っていることが分かった。



写真-1 特殊地下壕内部状況撮影 (A 地区)



図-1 特殊地下壕分布平面図 (A 地区)

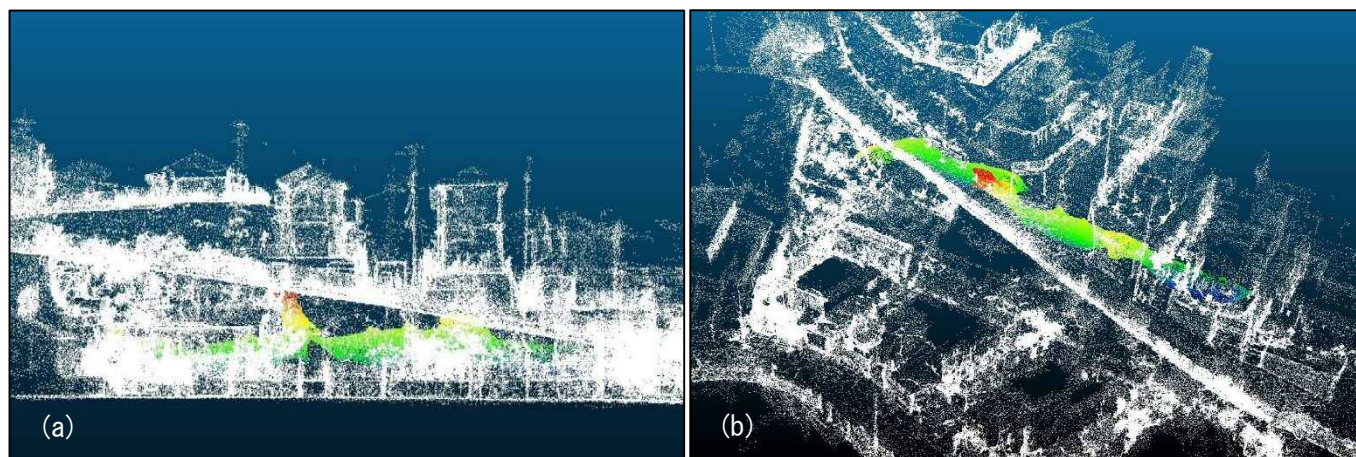


図-2 特殊地下壕の三次元分布状況（A地区）

3. 埋戻し方法

現存する特殊地下壕は、A地区のように入口は閉塞され、天井は崩落し、三次元的に複雑な形状を持った地下空洞として存在するものが多い。これまでの特殊地下壕の埋戻し工事では、特殊地下壕の正確な分布が分からないため、1箇所あるいは数か所から高流動性埋戻し材を注入する方法が取られることが多く、実際の注入量が設計注入量に対して大幅に異なる事例も多い。A地区のように三次元的に複雑な形状を持った箇所では、このような埋戻し方法では適切に隙間なく充填できるか疑問であった。

そこでA地区の埋戻しは、数か所に隔壁を造成し、隔壁間を高流動性埋戻し材で区間ごとに注入状況を確認しながら充填する方法を採用した。図-3に埋戻し方法のイメージを示す。隔壁は新材料の低流動性モルタルを用いて約45°の傾斜を持った壁を造成するものとした。

この埋戻しの実施例（B地区）を写真-2に示す。B地区では、隔壁造成及び隔壁間の充填時にはLEDライト及び検査用カメラを用いて隔壁造成及び充填注入の状況を確認しながら施工され、設計とほぼ同量の充填、隙間を残さない埋戻しができた。

このような隙間を残さない確実な埋戻しを行うためには、隔壁造成孔や注入孔を正確に施工する必要がある、特殊地下壕の三次元分布位置の把握が不可欠である。

4. まとめ

現存する特殊地下壕は、地下壕壁面の風化や天井の崩落等が進み、地表の陥没が発生する危険性が増してきている。市街地に残る特殊地下壕で道路や建物に被害が発生する可能性が高い箇所では、地表の陥没後に対処するのではなく、事前に特殊地下壕の三次元分布や内部状況を調査し、状況に応じて埋戻しを計画的に進めていくことが望まれる。また今後の特殊地下壕調査では、地下空洞や地表の三次元形状把握ができる三次元レーザー計測技術を利用した調査が主流になるとと思われる。



図-3 空洞埋戻しイメージ図



写真-2 埋戻し状況(B地区)

キーワード 特殊地下壕、チェーンアレー探査、三次元レーザー計測、空洞埋戻し検討

連絡先 〒732-0052 広島県広島市東区光町 2-10-11 復建調査設計（株） TEL 050-9002-1729