

非抵抗法による電気探査を用いた空洞調査

(株) ニア・エンジニアリング 正会員 ○今野 路行、 (株) ニア・エンジニアリング 中嶋 健治
(株) 横浜環境地質 伊藤 健、 (株) ニア・エンジニアリング 岡野 マリタ

1. はじめに

一般に直接基礎による構造物およびその周辺施設を建設する場合、地盤の支持力や圧密沈下が問題となることが多い。本業務はこれらの問題のほか、予定地の地下に戦前の防空壕と思われる空洞が存在していることが判った。万が一、空洞の上部に建物が施工されると、最悪の場合、地盤の陥没による建物などへの影響が懸念された。そこで、本業務では地盤の強度などを把握するためのボーリング調査などを行うとともに、空洞調査を検証するために電気探査を行ったものである。本論文は、電気探査並びに地盤特性とその複合による空洞調査結果について報告するものである。

予定地は、神奈川県相模原市内の比較的平坦な相模原台地上に位置する。相模原台地の地質は、上総層群を基盤とし、その上位に更新世の相模層群および新期段丘堆積層が堆積している。新期段丘堆積層は、新期ローム層（立川・武蔵野ローム層）および相模野礫層などで、相模野礫層は相模野面を構成する礫層で上位の新期ローム層に覆われる。加えて、既往文献によれば、これらの空洞はこの新期ローム層内に存在しているものと想定された。

2. 電気探査について

比抵抗法は、地層に含まれる鉱物の種類、鉱物粒子間の間隙率および間隙中の水の量、イオン濃度および温度などによって地層が異なった比抵抗を示す性質を利用して、地盤の比抵抗構造を求めるものである。

比抵抗法電気探査は、地盤に直流電流を通じた際に地表に生じる電位応答から地下の比抵抗分布を求める手法である。その理論的基礎はオームの法則に基づいている。地盤内部の微小領域を考えると、領域内の電流密度 i (A/m^2) は、電界強度 E (V/m) に比例し、比抵抗 ρ ($\Omega \cdot m$) に反比例する。この関係を一般化されたオームの法則と呼び次式で示される。

$$i = E / \rho \quad \text{—— 式-1}$$

地盤の比抵抗は各電極間の距離、受信電極間の電位差および送信電流から求めることができる。今回は地下の空洞調査を目的としているのでダイポール・ダイポール法（四極法）で実施した。図-1に電気探査の概念図示す。

低	←	比抵抗	→	高
大	←	間隙率（飽和狀態）	→	小
大	←	水飽和度	→	小
低	←	間隙水比抵抗	→	高
大	←	粘土狀物含有量	→	小
大	←	導電性狀物含有量	→	小
高	←	溫度	→	低

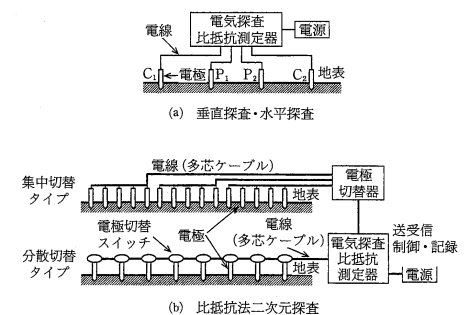


図-1 電気探査概念図

3. 調査結果

電気探査の特徴としては、低比抵抗異常部や高比抵抗異常部に着目することにより、前者では断層破碎帯、変質帯、岩盤中の高透水路など、後者では空洞などの地盤中の異常部を評価することが挙げられる。

本調査地において実施した、ボーリング調査では地下水位が深いことが確認されていることから、空洞内は水で満たされていない可能性が高いと判断した。これらの条件を鑑みるならば、空洞はその周辺地盤と比較して相対的に高比抵抗を示すものと予測される。なお、地表から 1~2m 程度の高比抵抗部は、埋土等の人工地盤の影響と考えられ異常地点の抽出から除外した。

電気探査は、防空壕の事前調査から推察された付近に 8 測線を設定した。ただし、調査地の一部の上空に高圧電線が通っており、その付近では電磁波の影響が考えられたので設定しえなかった。

表-1 および図-2 に各測線の概要および想定された防空壕位置を示す。

表-1 各測線の概要

測線番号	測線長(m)	測線方向	電極間隔(m)	電極数	測定深度(m)
測線 1～5	127.5×5 測線=627.5	東西	2.5	62	20
測線 A	50.0×1 測線=50.0	南北	2.0	26	16
測線 B～C	100.0×2 測線=200.0	南北	2.5	41	20
合 計	877.5	—	—	418	—

キーワード：基礎地盤沈下、構造物の長期安定性、空洞調査、比抵抗による電気探査

連絡先：東京都台東区元浅草 1-14-3 第2 藤田ビル 3 階 TEL 03-3843-0616 FAX 03-3843-0617

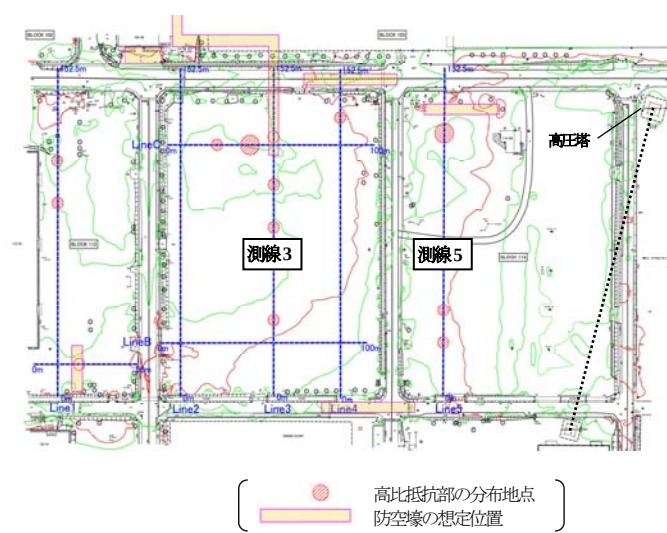


図-2 想定防空壕位置図と高比抵抗分布平面図

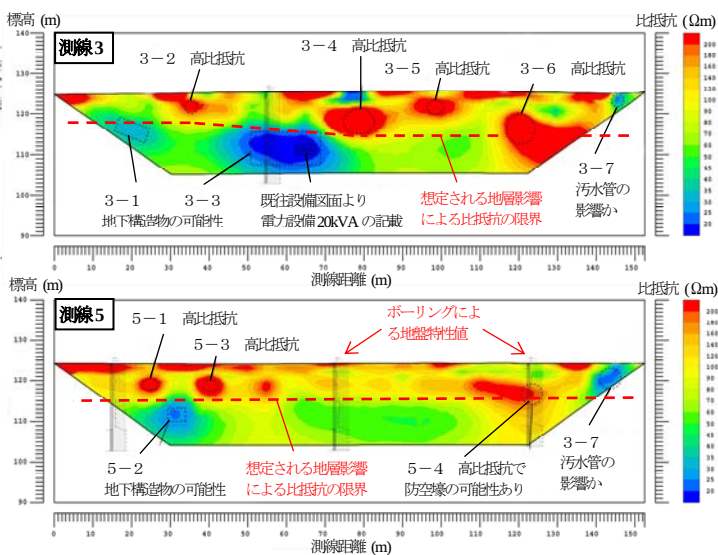


図-3 ボーリング柱状図と高比抵抗分布断面図

東西方向の測線 3 の異常点番号 3-4、3-5 は、地表から斜めに連続性があり空洞の入口部の可能性は否定できないと判断した。通常、入口は崩壊しやすく、埋土等で充填されている可能性もあり、比抵抗の高い材料（ガラ、砂礫など）で充填されている場合には、連続的に高比抵抗部が観測され得る。現状の既存資料と比抵抗分布のみでは、空洞等の可能性については判断しがたい。

また、同じ東西方向の測線 5 の異常点番号 5-4 は、既存資料では 10m 程度終点側に想定されている防空壕に相当する可能性が高いと判断した。

4. まとめ

電気探査による空洞調査結果は、表-2 に示すように測線 3 で防空壕の可能性も考えられたが、解析上発生する「偽像」の可能性もあり、防空壕と判断する明確な結果は得られなかった。しかし、測線 5 については防空壕に相当する可能性が高いと判断した。このように電気探査のみで、防空壕の位置を正確に把握するのは難しい。しかしながら、既存資料などがあればより確率が高い割合で位置を想定することは可能と考える。さらに、詳細な電気探査（測線 A～C）を追加することや、機械式ソイルボーリングやスウェーデン式サウンディングなどを組み合わせることで、より精度の高い結果が得られるものと思われる。

表-2 電気探査による空洞調査の可能性および組み合わせによる空洞調査結果

測線名	異常点番号	空洞等の可能性	継続の調査計画
測線 3	3-4	高比抵抗部分。既存資料などから、防空壕の可能性も考えられる。解析上発生する「偽像」の可能性も考えられ、判断し難い。	高比抵抗部分と既存資料による防空壕位置を含めた区域を精査することが望まれる。 精査に当たって、比抵抗二次元探査をメッシュ状に配置し実施する。また、チェックボーリングやスウェーデン式サウンディングにより空洞の状態を確認することが望ましい。 さらに、精査範囲については予定構造物の基礎部の位置などを考慮して、上記の範囲よりも広げることも考慮しておいた方がよい。
	3-5		
	3-6		
測線 5	5-4	防空壕に相当する可能性が高い。	

最後に、工事中に防空壕などの空洞が発見された場合、工事が一時中断し、工期や工費などに影響を与え、さらに建設後の地盤陥没によって生じる建物、および周辺施設の不等沈下を考えるならば、施工前に空洞の位置などを正確に把握し対策を講じておくことは、重要な事と考える。今後はより精度の高い電気探査と、サウンディングなどを組み合わせた空洞調査手法について技術検討^{参考文献1～5}を行ってゆく所存である。

参考文献：「地中構造物の損傷劣化および位置・形状寸法に関する技術開発（その1～その5）」中嶋 健治、粕谷 剛、今野 路行ほか4名
土木学会第57回年次学術講演会 2002 年9 月