

直流比抵抗法を用いた鉄筋腐食度推定手法の実用化

(株)関西興産 耐震設計室 正会員 ○露口 雄次
 埼玉大学 地圏科学研究センター 正会員 町田 篤彦

1. はじめに

高度成長期の1960～1970年代に建設されたコンクリート構造物は建設後30～40年以上を経過しており非破壊検査の需要が拡大すると予想されている。一方、電気探査法の一つである直流比抵抗法は、地盤に直流電流を流してその電位応答を測定し、得られた比抵抗分布等から地盤物性を推定する物理探査法である。筆者らは、この直流比抵抗法を用いて、コンクリート内部の鉄筋位置や鉄筋腐食状況、空洞などの欠陥カ所を推定するための実用化研究を行っている。本報告では、「見掛け比抵抗分布^{1)～4)}と見掛け充電率分布^{2)～4)}」,「3次元FEM逆解析手法³⁾から算出した比抵抗」を用いた鉄筋位置と鉄筋腐食状況の推定結果を示す。

2. 既存RC構造物の概要

個人住宅敷地内に位置する埋設型浄化槽(築44年, RC造, 横幅*奥行き*深さ=5.4m*2.0m*2.1m, 大阪市の下水道整備により約30年前から未使用)の頂版コンクリート(設計図書より厚さ8.0cm)を対象構造物とした。表面保護を目的にして約6年前に設置された被覆コンクリート(厚さ6.5cm、無筋コンクリート造)を、横幅*奥行き=50cm*55cmの長方形に除去した後、直流比抵抗法による測定を実施した。なお、この50cm*55cmの測定平面内には、ひび割れや錆汁は全く認められなかった。現地測定風景を、写真-1に示す。



写真-1 埋設型浄化槽頂版の測定風景

3. 見掛け比抵抗分布と見掛け充電率分布

測定平面内の横幅方向にa1～a7の7測線、奥行き方向にb1～b7の7測線を各々6.25cm間隔で設置し、既報告の携帯型鉄筋腐食度判定装置^{2), 4)}を用いて直流比抵抗法(電極間隔6.25cmのウェンナー法^{1)～4)})により、見掛け比抵抗と見掛け充電率を測定した。測線配置と鉄筋腐食度推定結果を、図-1に示す。

1) 横幅方向：a1～a7 測線下6.25cm位置の推定結果

図-2にはa1～a7測線下6.25cm位置(以下、測線位置と記す)の見掛け比抵抗分布、図-3にはa1～a7測線位置の見掛け充電率分布を各々示す。両図ともa1～a7表記の右側()内の数字は測線毎の測定平均値を示している。

a3測線位置とa7測線位置の見掛け比抵抗が各々558Ωm、530Ωmと他の測線位置より小さな平均値(図-2参照)となり、同じくa3測線位置とa7測線位置の見掛け充電率が各々295mV/V、226mV/Vと他の測線位置より大きな平均値(図-3参照)となったので、鉄筋が存在すると推定した。特に、

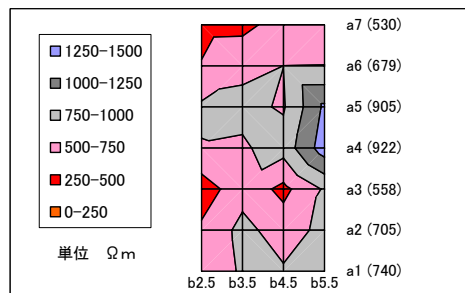


図-2 a1～a7の見掛け比抵抗分布

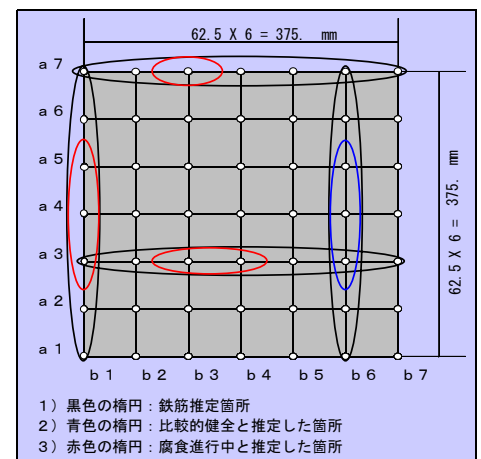


図-1 測線配置と鉄筋腐食度推定結果

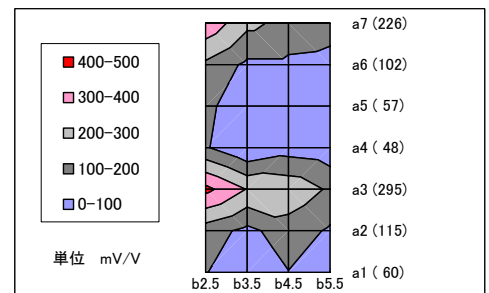


図-3 a1～a7の見掛け充電率分布

キーワード 非破壊検査, 電気探査法, 直流比抵抗法, ウェンナー法, 拡張カルマンフィルタ法

連絡先

〒543-0021 大阪府大阪市天王寺区東高津町7-18 (株) 関西興産 耐震設計室 TEL 06-6764-8865

a3 測線の b2.5 (b2 測点と b3 測点の中間位置, 以下同様) 位置から b4.5 位置, a7 測線の b2.5 位置から b3.5 位置で, 見掛け比抵抗が小さく見掛け充電率が高いので, これらの箇所では鉄筋腐食が進行中と推定した. 鉄筋腐食によるひび割れや錆汁は認められないのは, 鉄筋径が小さい(設計図書より $\phi 9\text{mm}$) ことと, その鉄筋径に比べてかぶり大きめ(設計図書より 4cm) なためと考えている.

2) 奥行き方向 : b1~b7 測線下 6.25cm 位置の推定結果

図-4 には b1~b7 測線位置の見掛け比抵抗分布, 図-5 には b1~b7 測線位置の見掛け充電率分布, を各々示す. a1~a7 と同様, b1~b7 表記の下側 () 内の数字は測線毎の測定平均値を示している.

b1 測線位置
の見掛け比抵抗が $378\Omega\text{m}$ と他の測線位置より小さな平均値(図-4 参照) となり, 同じく b1 測線位置の見掛け充電率が 440mV/V と他の測線位置より大きな平均値(図-5 参照) となった.

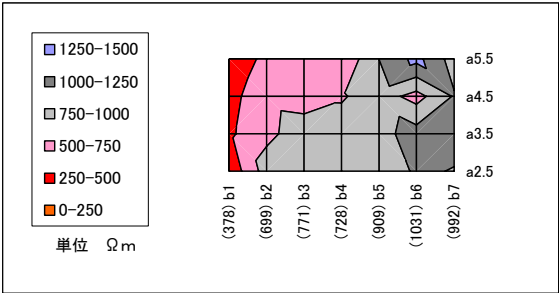


図-4 b1~b7 の見掛け比抵抗分布

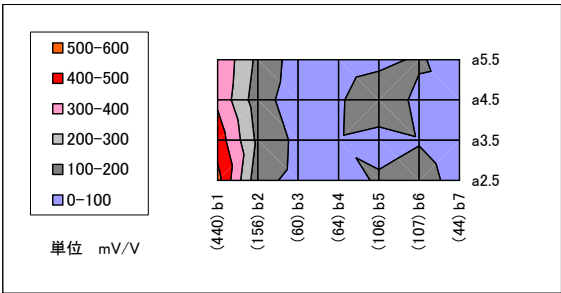


図-5 b1~b7 の見掛け充電率分布

また, 同じく b6 測線位置の見掛け比抵抗が $1031\Omega\text{m}$ と他の測線位置より大きな平均値(図-4 参照) となり, 同じく b6 測線位置の見掛け充電率が 107mV/V と b3~b7 の測線位置で最も大きな平均値(図-5 参照) となったので, b6 測線の a2.5 位置から a5.5 位置までの箇所は比較的健全な鉄筋が存在すると推定した.

4. 3次元 FEM 逆解析による比抵抗の算出

前章と同じ 112 個の測定電位 (= (7+7) 測線*4 電場*2 測点, ただしアース点を基準とした値) を入力値とし, 図-6 に示す 3 次元 FEM モデルを用いて, 既報告の逆解析手法(拡張カルマンフィルタ法³⁾)により比抵抗を算出した. 解析当初は, コンクリート部を 2 区分, 鉄筋部を 4 区分の計 6 区分として逆解析を行ったが, b6 測線下の鉄筋部比抵抗が収束せず安定した解が得られなかった. そのため, b6 測線下の鉄筋部を区分せず, コンクリート部を 2 区分, 鉄筋部を 3 区分の計 5 区分として逆解析を再実施した. その結果, 得られた比抵抗を表-1 に示す.

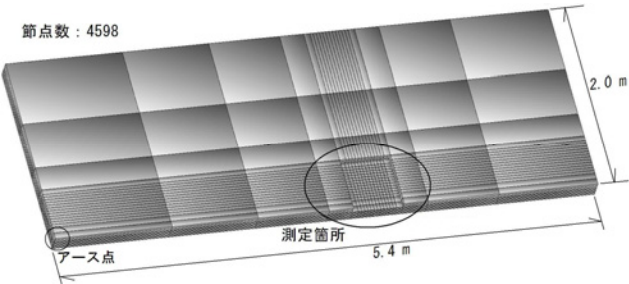


図-6 3次元 FEM モデル

逆解析では, 1) b6 測線下には他の 3 区分と同様の鉄筋は存在しないことと, 2) a7 測線下の比抵抗が $5.5\Omega\text{m}$ と最も小さいので, a3 測線下と b1 測線下の鉄筋に比べて腐食が激しいと予想される結果が得られた.

5. まとめ

直流比抵抗法に関する室内供試体を対象とした既報告の知見と解析手法が, 既設 RC 構造物にも適用可能であることを明らかにした. 今後は, 浄化槽を含む複数個の既設 RC 構造物の測定箇所を局部破壊して推定精度を確認する予定である.

参考文献

1) 露口雄次, 町田篤彦: 直流比抵抗法を用いたコンクリート構造物の内部推定に関する基礎的研究, 土木学会第 60 回年次学術講演会, 5-590, pp.1179 - 1180, 2005.
2) 露口雄次, 町田篤彦: 携帯型鉄筋腐食度判定装置の開発と試用, 土木学会第 61 回年次学術講演会, 5-547, pp.1089 - 1090, 2006.
3) 露口雄次, 町田篤彦: 直流比抵抗法を用いた RC 構造物の内部推定に関する基礎的研究, 土木学会論文集 E, Vol. 62, No.4, pp.641 - 656, 2006.10.
4) 露口雄次, 町田篤彦: 直流比抵抗法を用いた RC 構造物の内部推定の高精度化と現場適用性, 土木学会論文集, 2007.02.22 受付, 投稿中

表-1 比抵抗一覧 [単位: Ωm]

被覆コンクリート [実測 6.5cm厚]		432
頂版コンクリート (8.0cm厚)		570
鉄筋部 (かぶり4cm)	a3 測線下 (0.64cm2 * 5.4m)	7.4
	a7 測線下 (0.64cm2 * 5.4m)	5.5
	b1 測線下 (0.64cm2 * 2.0m)	13.2
	b6 測線下	区分せず

()内は, 設計図書による値.