

## 比抵抗によるCSG現場密度の面的評価（その2）

### ーキャパシタ型電極機構の改良ー

鹿島建設(株) 正会員 ○田中恵祐 福島 陽 岡本道孝 小原隆志 松本聡碩 岡本遥河 小林弘明

#### 1. はじめに

台形CSG（Cemented Sand and Gravel）ダム施工時におけるCSGの品質管理項目の一つに現場密度試験（突き砂法またはRI法）があるが、CSGが時間とともに固化する影響で、試験孔やRI線源孔の削孔などに多くの手間と時間を要する。筆者らが提案している比抵抗による現場密度計測法（以下、比抵抗法）<sup>1)</sup>は、試験孔の削孔作業を必要とせず迅速に現場密度が計測可能であり、施工範囲全面を対象とした全量検査を可能とする技術である。また、試験機をロボット化するなど将来的に無人計測も可能な本技術は、多くの重機が稼働するダム工事の安全性向上や、試験作業の省人化などに貢献できる。

既報（その1）<sup>2)</sup>にて、CSG打設面での比抵抗法の試行結果を報告した。本報では、計測装置の改良による更なる精度向上について報告する。

#### 2. CSG現場密度の計測方法

比抵抗法にはキャパシタ型電極（導電体と誘電体を組み合わせた電極）<sup>3)</sup>を使用した。1組（2枚）のキャパシタ型電極を電流電極とし、もう1組を電位電極としてCSG打設面に設置して、電流電極に交流電圧をかけることで、四極法<sup>4)</sup>に基づいた比抵抗計測を連続的に実施できる。今回、図-1に示すような電極機構の改良を行った。旧型の機構は1組の電極を長さ1mの樹脂製のそりに搭載していたが、施工面の不陸によって電極が転圧面から離れてしまうことがあった。キャパシタ（コンデンサ）の交流電圧に対するリアクタンス（電流の通しにくさ）は静電容量に反比例し、静電容量はさらに電極と地面の離隔に反比例するため、電極と転圧面の離隔が大きくなると、地盤内に電流が印加されにくくなり、比抵抗を過大評価する。新型機構では、不陸に追従しやすくするために4枚の電極を全て独立とし、バネで地面に押し付けるようにした。同じ地盤の比抵抗を旧型・新型の機構で計測した結果を図-2に示す。新型機構は計測値の変動係数が大幅に低下し、安定して比抵抗を計測できていることが分かる。

#### 3. 計測条件

本報では、CSGの転圧完了から4時間後に計測を行った。比抵抗計測値はGNSSで測位した位置情報と関連付けて保存した。図-3に比抵抗の計測軌跡を示す。ダム軸直交方向の振動ローラの転圧レーンに沿って、約2～2.5m

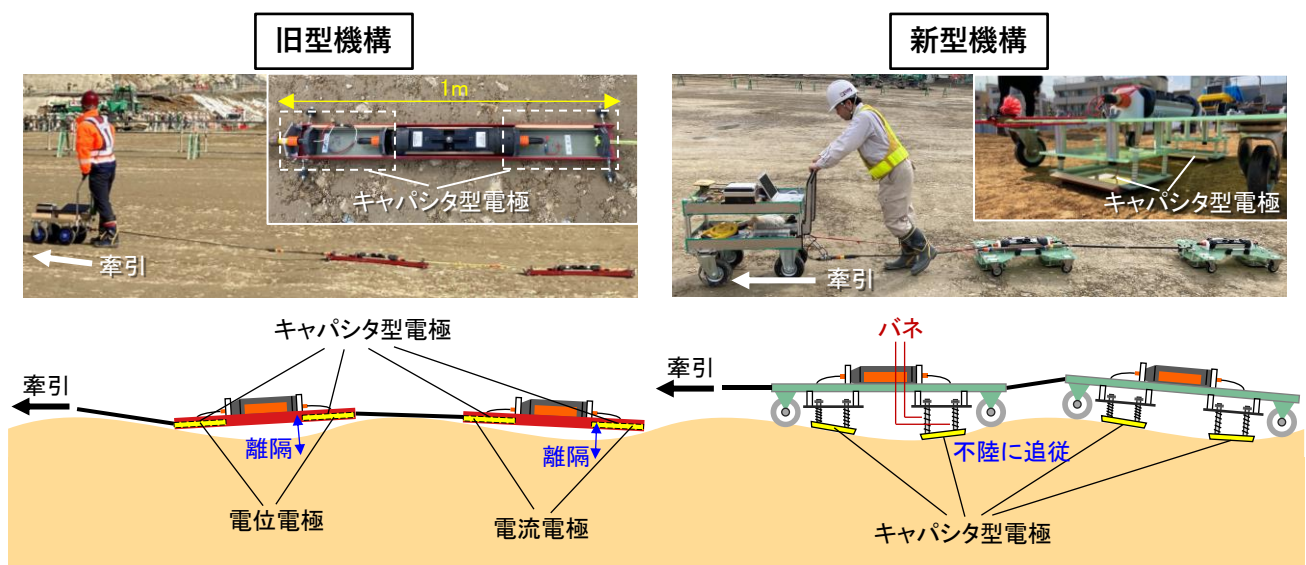


図-1 新旧キャパシタ型電極の機構比較

キーワード：台形CSGダム，現場密度，比抵抗，品質管理

連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設(株)技術研究所 TEL 042-485-1111

間隔で 35 レーンの計測を行った。比抵抗のサンプルリング周波数は 1Hz とし、計測レーン 1m あたりのデータ数が 5 点以上得られるよう約 0.5km/h の移動速度で計測した。この計測例では 12,133 点の計測データを得た。

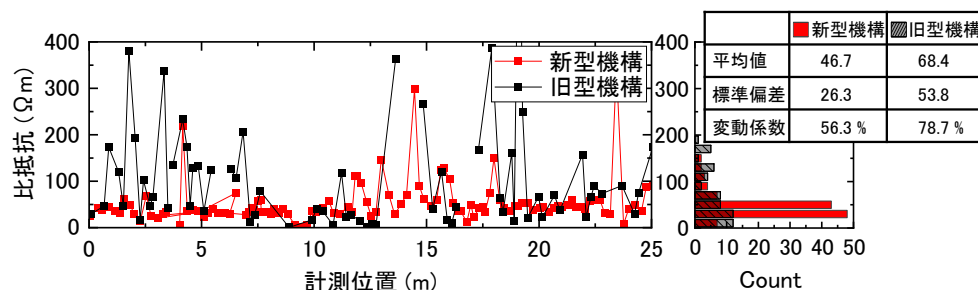


図-2 新旧キャパシタ型電極の計測結果比較

#### 4. 計測結果

図-3 の計測結果に対してメッシュを生成し、統計処理によってメッシュ内の比抵抗の代表値を算出した。メッシュサイズは、振動ローラの転輪幅と同等の 2m 四方とした。その上で、事前を取得した比抵抗-湿潤密度関係(検量線)を用いて、比抵抗の代表値から湿潤密度に換算した。その結果を図-4 に示す。広域での湿潤密度ヒートマップが得られたことを確認できる。また、湿潤密度のヒストグラムを図-5 に示す。計測値は概ね正規分布を示した。既報(その 1) で報告した旧型機構で計測した湿潤密度の変動係数が 3.2~4.5%であったのに対し、新型機構では 2.2%となり、計測値のばらつきを低減できた。

一方、計測値には  $\mu - 2\sigma$  (下側確率 2.3%) を下回るような結果も含まれており、このような結果は従来の抜き取り検査を前提とした品質規格に適合しない可能性がある。密集した低密度領域は構造物の弱部になり得るものの、図-4 のように離散的に発生する不適合データがどの程度構造物の性能に有意な問題となるのか、検討の余地がある。これには、統計的な空間トレンドと力学評価を組み合わせた議論が必要と考えている。

#### 5. おわりに

C S Gを対象としたキャパシタ型電極による比抵抗計測および密度評価について、電極機構の改良によって計測精度が向上することを確認した。一方で、密度の面的な分布に対応した品質管理規格の策定が今後の課題である。

#### 参考文献

- 1) 米丸ら：土工の工場化に向けた電気特性による盛土の全量品質管理 IV：C S Gへの適用事例，土木学会第 76 回年次学術講演集，III-153，2021.
- 2) 小原ら：比抵抗による C S G現場密度の面的評価，土木学会第 77 回年次学術講演集，VI-189，2022.
- 3) 島ら：わかりやすい物理探査 電気探査（その 4：電気探査の最新動向），物理探査学会，物理探査ニュース，No.48，2020.
- 4) 地盤工学会：地盤調査の方法と解説，pp.120-131，2013.



図-3 CSG打設面における比抵抗計測軌跡

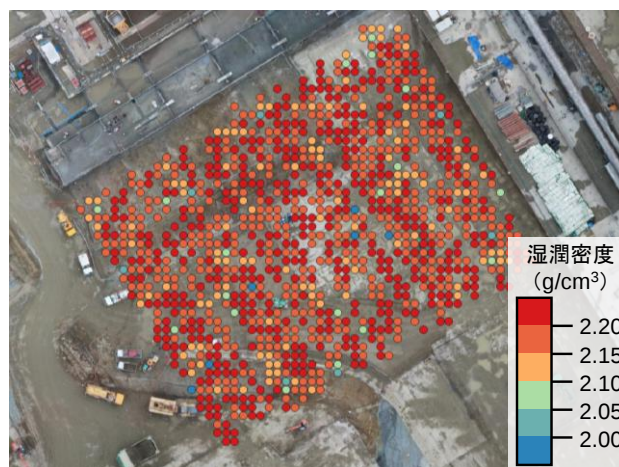


図-4 2m メッシュで評価した湿潤密度の面分布

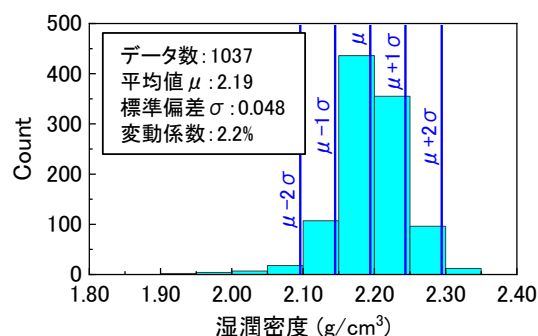


図-5 湿潤密度ヒストグラム