

## 電気特性による盛土品質評価とARによる可視化

鹿島建設(株) 正会員 ○福島 陽 小林一三 岡本道孝 小原隆志 坂本 諭  
米丸佳克 松本聡碩 上田純広 井筒竜宇 中島悠介

### 1. はじめに

盛土施工時の品質管理においては、GNSSによる転圧回数管理が標準化され<sup>1)</sup>、RIなどの品質管理試験の省略など、省力化・迅速化が進められている。しかしながら、ダムなどの重要構造物では品質管理試験を省略できないことも多い。これを効率化するため、筆者らは電気特性による盛土の品質評価手法を提案している<sup>2)</sup>。当手法は、転圧後にタイムラグなく品質評価を行えるという利点がある。本手法を有効に活用すれば、施工中の盛土品質が瞬時に判定できるので、例えば締固めが不十分な箇所が生じた場合には、その箇所を対象に即座に再転圧を行うといった施工方法が実現できる。このような施工方法の実現に向けて、AR (Augmented Reality : 拡張現実) による盛土品質の可視化手法を導入した。本報告では当手法の実施工での運用方法およびARによる盛土品質可視化の試行事例を示す。

### 2. 電気特性による盛土の品質評価手法

既報<sup>2)</sup>の通り、盛土品質である乾燥密度・含水比を評価する代替指標として、電気特性(比抵抗・比誘電率)を選定した。電気特性による盛土品質の評価フローを図-1に示す。比抵抗と比誘電率は、図-2に示すキャパシタ型電極計測装置および地中レーダによってそれぞれ計測する。事前に同定した電気特性と乾燥密度・含水比の相関関係(検量線)を介して、計測値から盛土面の乾燥密度・含水比を評価する。計測機で盛土面全面を走査することで、盛土品質を全量管理できる。

### 3. ARによる盛土品質可視化と実施工での運用方法

ARとは、カメラなどに映る現実空間に、CG (Computer Graphics) を重ねて表示することで、仮想的に現実空間を拡張する可視化技術である。土木現場においても、様々な適用方法が近年研究されている<sup>3)</sup>。可視化には、

専用眼鏡や、自動車などのフロントガラスに映す技術、カメラ付きのタブレット端末を使う技術などが用いられる。図-3は、上記手法で取得した盛土品質をタブレット端末上で面的に表示した例である。図のよう

に、例えば物性の大小などによって色分けすることが可能である。地盤物性には緯度・経度などの位置情報を付与されており、タブレット端末本体の位置情報と組み合わせることで、観測者が移動しても正しい位置に盛土品質を表示することができる。

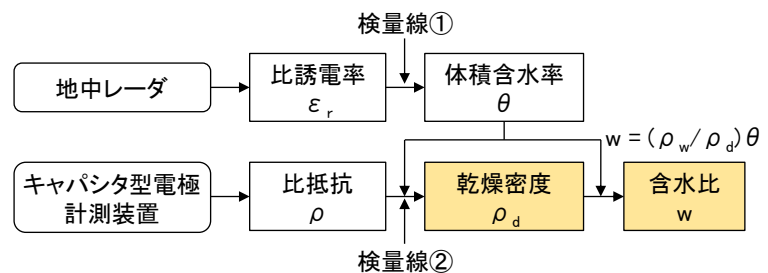


図-1 電気特性による盛土品質評価フロー



図-2 電気特性計測装置



図-3 地盤物性のAR可視化

キーワード: AR, 盛土, 品質管理, 電気特性

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

盛土工事に、電気特性による品質評価手法および AR 技術を適用する場合の施工・品質管理フローを図-4 に示す。電気特性による盛土の品質評価は、転圧と同時並行で実施する。転圧完了後、AR によって当該箇所を現場で視認し、締固め不十分な箇所のみを再転圧することができる。これは効率的であると同時に、既に十分に締め固められた箇所を再転圧して過転圧を生じさせてしまうことを防ぐ効果もある。以上の流れによって、施工完了時には盛立面全体の品質を確保できる。

#### 4. AR による盛土品質可視化の試行事例

東京都内で施工中の堤体強化工事（東京都東大和市）の強化盛土の盛立面において、電気特性による品質評価と AR による可視化を試行した。対象材料は関東ロームと砕石、砕砂の混合土である。ここでは比抵抗計測のみ実施し、炉乾燥法で測定した材料含水比を盛土全体の代表値とすることで、乾燥密度を面的に計測した。

図-5 に可視化フローおよび可視化例を示す。計測範囲は約 20m×10m のエリアで、全 5 レーンで比抵抗計測を行った。図中(a)の約 650 点の計測データから、1m 幅メッシュ内での乾燥密度の平均値を算出し、メッシュ座標（緯度・経度）と計測値を紐づけたデータを作成した（図中(b)）。これを専用アプリケーションで読み込むことで、図中(c)のようにタブレット端末上で AR 表示できる。タブレット端末画面では乾燥密度の大小をカラーコンターで表示している。図-5 の施工範囲は全て締固め管理基準を満足していたが、乾燥密度の差を強調してカラー表示している。なお、より現場での施工管理向けの方法として、例えば締固め管理基準値を閾値とし、締固めが十分なら暖色、不十分なら寒色で表示することが考えられる。これにより、施工管理者は寒色箇所を再転圧の必要な箇所と直感的に判断することができる。このように品質が可視化されることで、施工と品質管理が直結し、これまででない効率的な施工・品質管理形態が期待される。

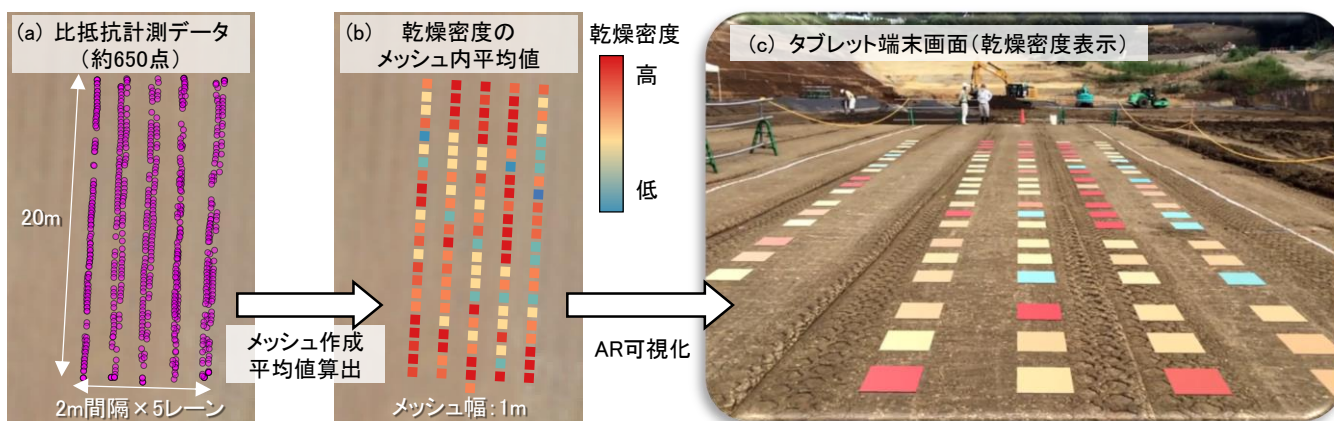


図-5 現場での盛土品質の AR 可視化試行

#### 5. おわりに

本報告では、電気特性による盛土の品質評価と AR による可視化を組み合わせた施工・品質管理フローを示すとともに、実現場での試行事例を示した。AR によって盛土品質の現地でのリアルタイムな可視化が実現されれば、品質管理試験の効率化・迅速化と、盛土品質のさらなる向上に繋がるものと期待される。

#### 参考文献

- 1) 国土交通省：TS・GNSS を用いた盛土の締固め管理要領，2020。
- 2) 小林ら：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 I～IV，土木学会第 76 回年次学術講演集，III-150～153，2021。
- 3) 井筒ら：屋外空間を対象とした位置情報を含んだ大容量データの AR 可視化，土木学会第 77 回年次学術講演集，2022。（投稿中）