

大規模補強土壁背面埋戻し工事における次世代 α システムの適用事例

前田建設工業 南房総 PDC 作業所 正会員 ○小嶋一聡 齊藤 郁真
 前田建設工業 ICI 総合センター フェロー会員 石黒 健 正会員 平田昌史
 大林組 技術研究所 正会員 古屋弘 正会員 稲川雄宣 正会員 松崎 晃
 フジミコンサルタント 佐藤 寛

1. はじめに

著者らは、現場土工品質管理の高度化・精緻化と Iot 機器による現場管理業務の生産性向上、及びクラウド型データ処理システム導入による本格的な DX 化（業務改革とデータ利活用）の実現を目指す最先端の ICT 土工品質管理システム「次世代 α システム」を開発、現場実証を進めている。次世代 α システムは、振動ローラ振動輪の加速度応答により転圧地盤の剛性 E_{roller} を自動取得する α システム、転圧面の含水比と湿潤密度を面的に自動取得する自走式散乱型 RI ロボット、転圧面標高の点群情報を取得する 3D レーザスキャナの 3 種類の Iot 機器により構成される。今回、大規模補強土壁（テールアルメ工法）背面の埋戻し地盤の転圧施工に次世代 α システムを適用する機会を得た。結果として、振動ローラ振動輪の加速度応答を用いて補強材敷設による地盤補強効果を施工中に現地確認可能である事、埋戻し地盤の要求性能である強度（内部摩擦角 ϕ ）の面的・統計的分布を推定し、現場転圧面の設計余裕度を評価する等、有用な現場品質情報を提供可能である事が明らかとなった。以下では、本現場実証の結果を報告する。

2. 大規模補強土壁背面埋戻し工事における振動ローラ加速度応答の計測結果

実証実験は、千葉県南房総市で施工中の南房総 PDC 作業所内の補強土壁（テールアルメ工法）本施工エリアにて実施された。図-1 に、補強土壁の断面、補強材（鋼製ストリップ）敷設状況及び振動ローラによる施工状況（施工中加速度応答を同時計測）を示す。埋戻しに用いた材料は再生砕石（RC40）であり、撒き出し厚 23 cm、振動ローラ（SV512）を用いて 8 回の転圧が行われた。図-2 (a) に裏込め転圧時に計測された地盤剛性 E_{roller} のヒートマップ例を、図-2 (b) にヒストグラムを示す。地盤剛性 E_{roller} は、ストリップ敷設エリアとそれ以外のエリアで明瞭なコントラストを示しており、補強材敷設による地盤補強効果を施工しながら現地確認可能である事が分かる。ヒストグラムはこれを反映した二山型となっており、補強材のないエリアでは $E_{\text{roller}}=20\sim30\text{MN/m}^2$ と一般的な砕石転圧地盤の値を示すのに対し、補強材敷設エリアでは $E_{\text{roller}}=50\sim60\text{MN/m}^2$ と、2 倍程度の剛性を記録している。現地では SRID（走査式 RI）とキャスポールを用いて転圧面表層部での乾燥密度と地盤強度の測定を実施したが、これらの値には補強材敷設の有無による有意な違いは見られなかった。振動ローラ加速度応答法は、SV512 クラスの振動ローラの場合、転圧面から深度 60 cm 程度までの範囲内の平均的な地盤剛性を取得する。補強材敷設エリアの盛土内には剛性の高い鋼製補強材が何層か敷設されており、補強材による埋戻し材の拘束効果²⁾により、これらが複合して極めて高い剛性が計測されたものと推察される。本結果は、補強盛土の効果を实现場かつ施工中に確認、可視化可能である事を示唆している。

3. 埋戻し地盤の内部摩擦角 ϕ 分布の推定

テールアルメ工法背面埋戻し地盤に要求される品質（性能）は内部摩擦角 ϕ である。振動ローラ加速度応答値は



キーワード：次世代 α システム、テールアルメ工法、補強効果、内部摩擦角、設計余裕度
 〒299-2411 千葉県南房総市富浦町居倉 89-1 TEL 0470-33-3827 FAX 0470-20-4066

は地盤の剛性に対応するため、強度物性である内部摩擦角 ϕ とは良好な相関性を有する事が想定される。今回の現場実証では、この点を確認するために現地にキャスボルを持ち込み、転圧に伴う加速度応答の変化と共に内部摩擦角 ϕ の変化を取得した。図-3(a)(b)には、転圧回数の増加に伴う加速度応答値（乱れ率）と内部摩擦角 ϕ （キャスボル）の変化を示す。図より、両者は転圧回数の増加と共に単調増加する傾向を示し、結果、図-4に示すような相関式を得る事が出来る ($R=0.98$)。図-5(a)は、この相関式と現場で取得された乱れ率の面的分布情報を用いて、「内部摩擦角 ϕ の現場転圧面分布」を求めた結果である。これより、現場転圧面の内部摩擦角 ϕ は正規分布に従う事、その平均値 μ は 34.2 度と、設計値 (30 度) に対して 4 度以上の余裕度を有している事が分かる。図-5(b)には、現場転圧面で実測したキャスボルによる ϕ の分布を示しているが、その平均値は 34.6 度と、図-5(a)の平均値とほぼ一致する。図中にはデータ数 n を併記したが、キャスボルの計測点数 60 個に対して、振動ローラ加速度応答法 (α システム) では 693 個と 1 桁多い数の品質情報が、かつ無人で得られる（転圧施工が開始されれば自動測定→クラウドに自動送信→データ格納）点が次世代 α システムの大きな利点である。すべり計算で算定される強度は $\tan \phi$ に比例するため、設計時 (30 度) と実盛土 (34.2 度) では安全率にして $\tan (34.2 \text{ 度}) / \tan (30 \text{ 度})$ 、すなわち 18% 程度の余裕度を有している事になる。次世代 α システムで取得した品質情報は、このように現場転圧面の物性分布の評価、設計余裕度の検証、施工エリア内の相対的弱部の可視化と維持管理への継承といった様々な用途に利活用する事が可能となる。本工事では自走式散乱型 RI ロボットと 3D レザースキャンの現場適用も試みた。紙面の関係から、その報告は別報に譲る。

【参考文献】 1) 石黒ら: ICT 現場締固め品質管理手法「次世代 α システム」の開発, 2022 年度土木建設技術発表会 2) 平田ら: ジオテキスタイル補強土工法の地盤補強効果と力学的メカニズムに関する検討, 2022 年度土木建設技術発表会

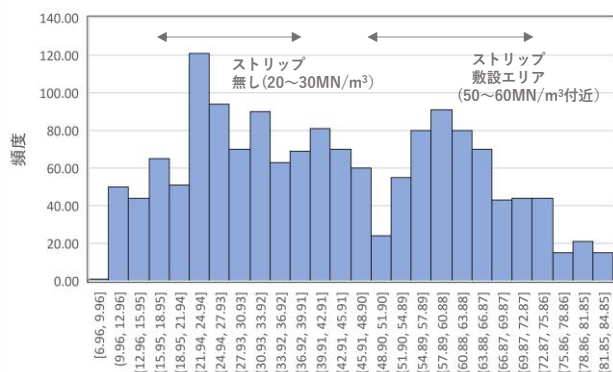


図-2(b) 地盤剛性 E_{roller} のヒストグラム

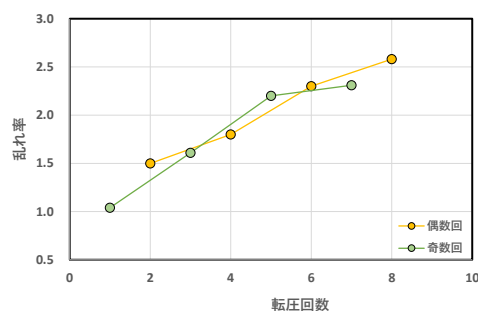


図-3(a) 乱れ率の転圧回数毎変化

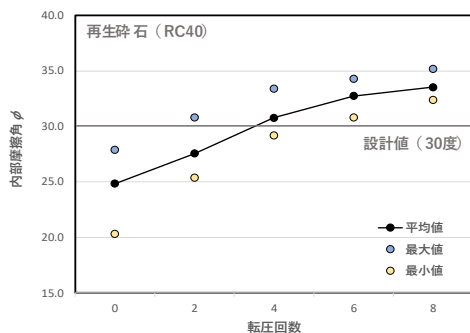


図-3(b) 内部摩擦角 ϕ の転圧回数毎変化

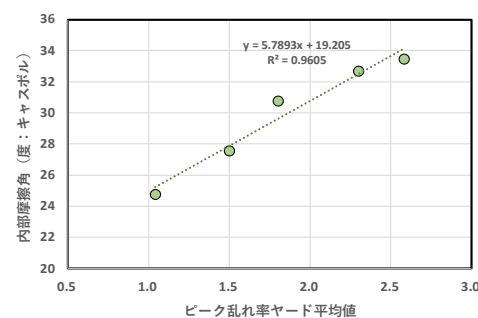


図-4 乱れ率と内部摩擦角 ϕ の関係

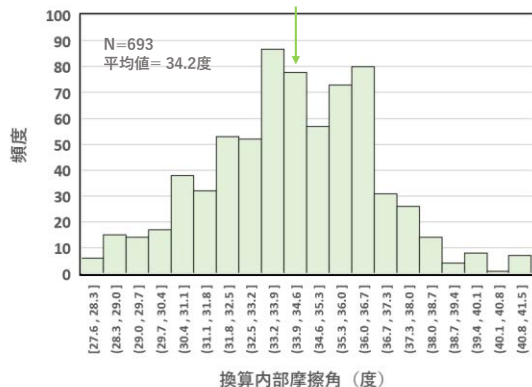


図-5 換算内部摩擦角 ϕ のヒストグラム

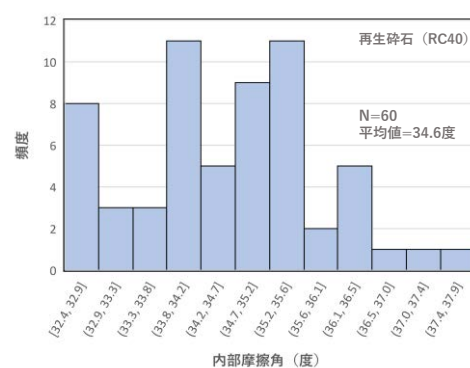


図-6 キャスボルによる実測内部摩擦角 ϕ のヒストグラム