

振動ローラ加速度応答による 締固め管理技術「 α システム」

(NETIS登録番号 KT-050054-V)

平成21年10月28日 建設技術フェア2009in中部 建設ICT展

建設ICT導入研究会 プロジェクト会員 技術研究チーム
株式会社大林組・前田建設工業株式会社
(α システム研究会 特別会員)

OBAYASHI



前田建設

前田建設

振動ローラ加速度応答による 締固め管理技術「 α システム」

- 「 α システム」の概要
- 「 α システム」の測定原理と特徴
- 「 α システム」の適用事例
- 今後の研究展開

OBAYASHI



前田建設

前田建設

2

「 α システム」の概要

「 α システム」とは

- 盛土工において、振動ローラに加速度センサーを取り付けて、転圧時の**加速度応答**によって**密度**や**変形係数**をリアルタイムに判定し、**面的かつ定量的に盛土の品質管理**を行う技術



加速度応答をめぐる国の動向

■ 情報化施工推進会議の「情報化施工戦略」

一 情報化施工技術の概要 一

A. グローブや面コンベヤ等によるコンクリート打設 コンクリートポンプ車から直接打設する従来の方法に比べ、打設距離が長くなり、打設位置の指定が容易で、打設作業の効率化が期待される。	B. グレーダやローダー等のダンプトラックによる材料搬送 ダンプトラックによる材料搬送は、従来の方法に比べ、搬送距離が長くなり、搬送量の増加が期待される。	C. TBMやGCR等を用いたトンネル掘削 TBMやGCRを用いたトンネル掘削は、従来の方法に比べ、掘削速度が速くなり、掘削精度の向上が期待される。
D. ロータの振動制御による地盤改良 ロータの振動制御による地盤改良は、従来の方法に比べ、地盤改良の効果が向上し、作業効率の向上が期待される。	E. フォーマー等による地盤改良 フォーマー等による地盤改良は、従来の方法に比べ、地盤改良の効果が向上し、作業効率の向上が期待される。	F. 振動ローラの加速度応答による面的な品質管理技術(強度) 振動ローラの加速度応答による面的な品質管理技術(強度)は、従来の方法に比べ、強度の向上が期待される。

F. 振動ローラの加速度応答による面的な品質管理技術(強度)

αシステムが該当

GNSSで建機の位置を、加速度計で入力振動に対する加速度応答を取得し、加速度応答の特性変化を算出・オペへの提供。特性変化は地盤係数との相関性が高いとされる。

「αシステム」の技術的評価

- NETIS登録技術;
 - NETIS登録番号;KT-050054-V
 - -V: 試行結果が評価された技術
- NEXCO試験法;123-2009
 - 「ローラ加速度応答法による剛性測定試験方法」
 - 旧JH試験研究所・共同研究の成果
- 土工(道路、河川堤防、フィルダム)に適用可能

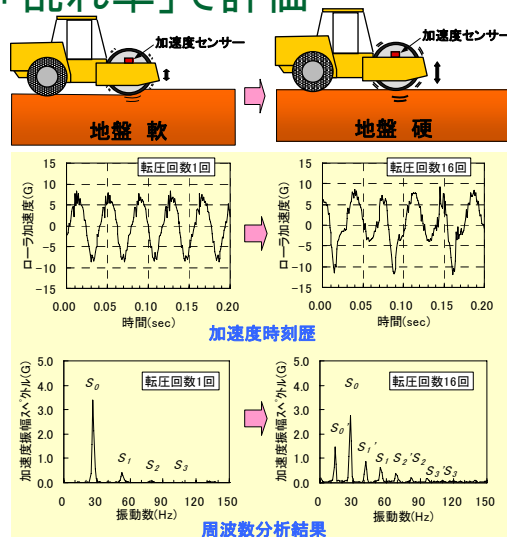
「αシステム」の測定原理と特徴

地盤剛性の増加を「乱れ率」で評価

転圧の進行による地盤剛性の増加にともない、一般に右図のように振動ローラの加速度波形が乱れ、その周波数解析においては振動ローラの振動数以外の成分（高調波スペクトル $S_1, S_2, \dots$ 、1/2分数調波スペクトル $S_1', S_2', \dots$ ）が卓越してくることが認められる。この性質を利用し、下式に示す「乱れ率」を定義する。

$$\text{乱れ率} = \frac{\sum_{i=1}^3 S_i + \sum_{i=1}^3 S_i'}{S_0 + S_0'} \cdot \frac{F}{(m_1 + m_2)g}$$

ここで、F: 起振力
 m_1 : フレーム重量
 m_2 : 振動輪重量
 g : 重力加速度



振動ローラ加速度計測の波形イメージ

「乱れ率」から地盤変形係数の導出

地盤変形係数の算出方法

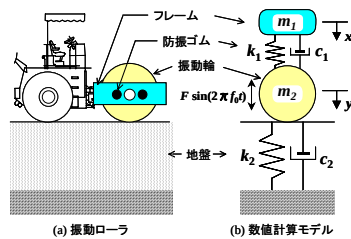


図 振動ローラ～地盤数値計算モデル

振動ローラの機械諸元を入力パラメータとすることで、任意の機種に適用して、地盤変形係数を定量的に評価可能

表 振動ローラSV160DVの機械諸元

機械諸元		酒井重工業SV160DV
フレーム質量	m_1	4,310 (kg)
ローラ質量	m_2	6,000 (kg)
公称振動数	f_0 (High)	28.3 (Hz)
偏心モーメント	$m_e r$	10.823 (kg·m)
締固め幅	B	2.15 (m)
起振力	F (High)	343 (kN)

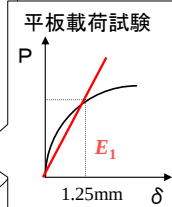
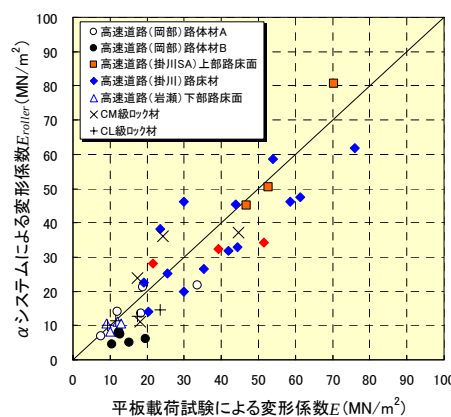
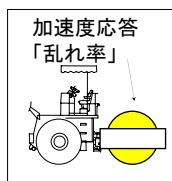
$$E_{roller} = \frac{2 \cdot (1 - \nu^2)}{B \cdot \pi} \cdot \frac{\left(\frac{4}{3} \text{乱れ率} + 1\right)^2 \cdot (2\pi f_0)^2 \cdot m_2}{1 - 0.32\alpha + \sqrt{0.1024\alpha^2 - 1.64\alpha + 1}}$$

$$\alpha = 1 - \left(\frac{F}{(m_1 + m_2)g} \right)^2 \quad \dots \text{式(1)}$$

数値計算をもとに地盤変形係数Eの計算式を導出

※乱れ率が大きいほど地盤剛性大。
乱れ率以外のパラメータは定数

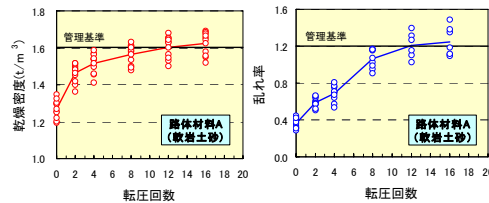
「乱れ率」による地盤剛性の評価精度



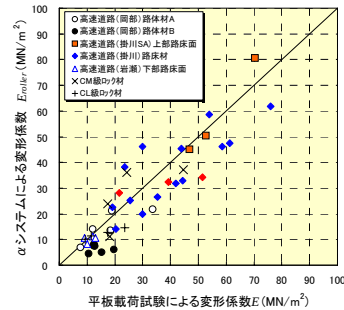
➡ 「乱れ率」により、機種・土質材料によらず
平板載荷試験相当の変形係数を評価可能

転圧試験による「 α システム」の検証

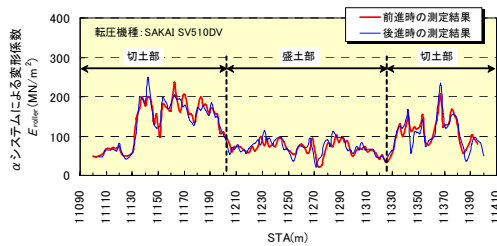
● 転圧回数に対するRI密度と乱れ率の傾向



● 複数材料に対する平板荷試験による検証



● 高速道路実路床における地盤変形係数分布



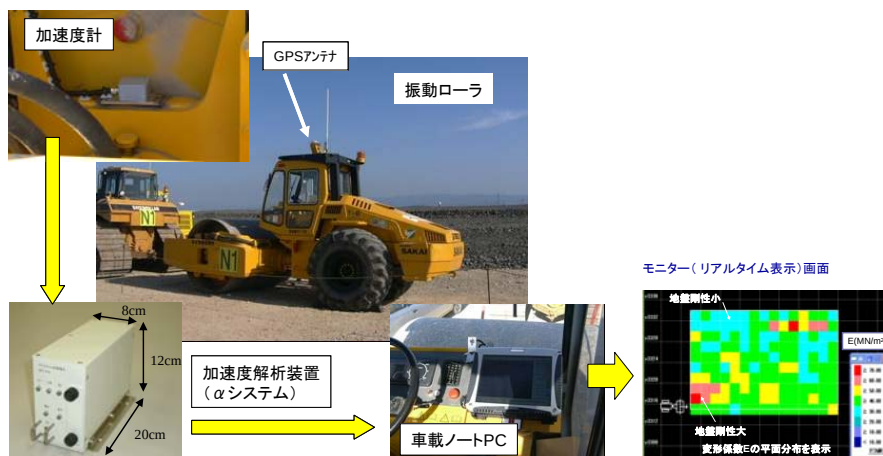
「 α システム」の特徴

- 加速度応答「乱れ率」を「地盤変形係数」に換算
 - 地盤変形係数 $E=f(\text{乱れ率}, \text{振動ローラ機械諸元})$
 - 粘性土～礫質土を含む任意の土質条件に適用可能
 - 撒き出し層のほぼ1層分(60～80cm)を評価可能
- 転圧試験でキャリブレーションすることにより、「乱れ率」から「地盤密度」も評価可能
 - 較正式をシステム登録することで自動換算
 - ただし粗粒材に良好(粘性土は密度換算不向き)

「 α システム」の導入メリット

- 現場計測試験の省力化
- 面的なデータ取得が可能
 - 品質管理精度の向上
 - 不良部への迅速な対処
- 「TS・GPSを用いた盛土の締固め情報化施工管理要領」に併用することで、リアルタイムな品質管理が可能
 - 締固め回数と地盤品質が同時に、面的に確認可能

「 α システム」の基本となるシステム構成

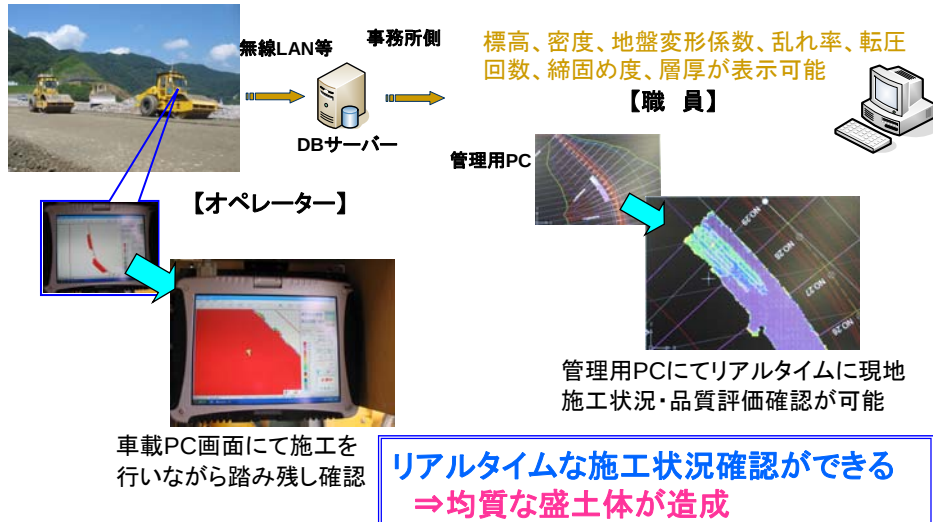


「αシステム」の適用事例

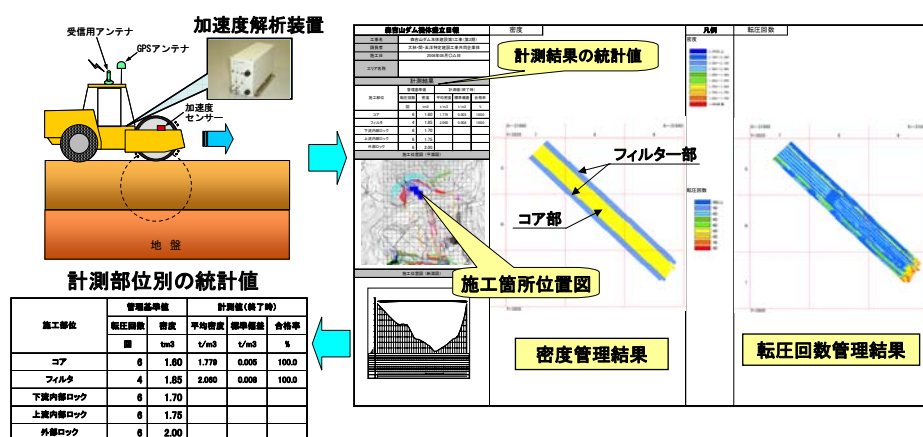
「αシステム」の主な施工実績（平成8年開発着手）

旧JH試験研究所共同研究	平成14年度 ～平成16年度	現場試験施工
土木研究所共同研究	平成16年度	現場試験施工
神戸市みなと総局	平成15.4 ～平成17.3	ポートアイランド沖造成工事
関西国際空港用地造成株式会社	平成15.10 ～平成20.8	関西国際空港第2期空港島埋立工事（造成その1～その10）
国土交通省東北地方整備局 森吉山ダム工事事務所	平成14.3 ～平成18.3	森吉山ダム本体建設第1工事（第1期）
独立行政法人 沖縄科学技術研究基盤整備機構	平成19.3 ～平成20.3	沖縄科学技術大学院大学（仮称）造成工事（一工区）
国土交通省近畿地方整備局 福井河川国道事務所	平成20.4 ～平成20.12	永平寺大野道路大月地区改良工事
国土交通省近畿地方整備局 豊岡河川国道事務所	平成20.9 ～平成21.3	和田山八鹿道路上谷トンネル工事

発展システムによる施工管理例



発展システムによる日報の出力例



土木構造物・盛土材のトレーサビリティに適用可能

今後の研究展開

振動ローラ加速度応答による 締固め管理技術「 α システム」

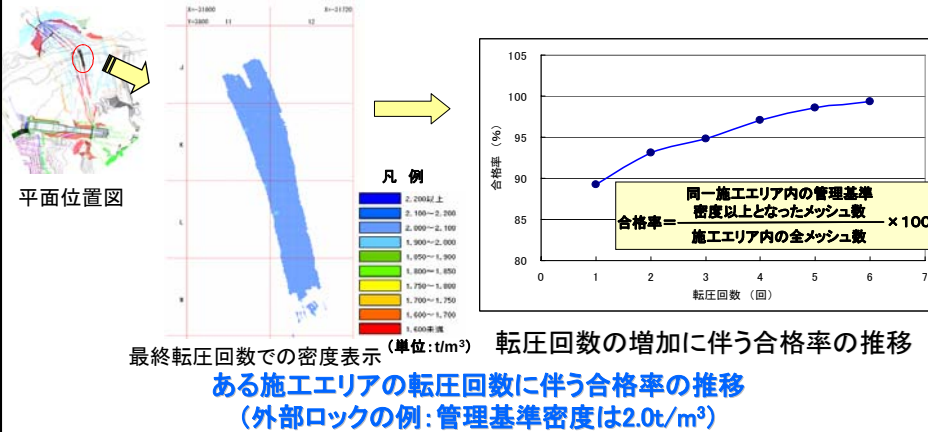
■ 今後の研究展開

- 『振動ローラの加速度応答による面的な品質管理技術（ α システム）』の品質管理基準（案）の策定
- 特徴：TS・GPSを用いた締固め管理技術との併用で、面的に締固め回数と地盤品質を同時に確認でき、より高精度かつ合理的な品質管理が期待できる

■ 検証すべき事項

- (1) 密度管理手法としての適用性
- (2) 地盤剛性評価手法としての適用性
- (3) 振動ローラ加速度応答を用いた品質管理体系の基礎検討

「αシステム」の新たな利用方法の可能性



■ 「αシステム」を用いることで、転圧1回ごとにリアルタイムで確実な状況把握ができることから、施工効率の向上に繋がる可能性がある。

振動ローラ加速度応答による 締固め管理技術「αシステム」

■ お問い合わせ先

- αシステム研究会
- <http://www.alfa-system.jp/>
- 事務局 102-0072 東京都千代田区飯田橋3-11-18
- TEL(03)3230-4333 FAX(03)3230-4333