振動ローラ加速度応答と密度測定及び小型 FWD 試験との相関

高速道路総合技術研究所 正会員〇中村 洋丈 正会員 中澤 正典 前田建設工業 フェロー 石黒 健 正会員 平田 昌史 大林組 正会員 古屋 弘 酒井重工業 正会員 内山 恵一

1. はじめに

振動ローラ加速度応答法は,盛土締固めを地盤硬さの品質指標として面的にリアルタイムに管理できる手法であり,更なる活用が望まれている ICT 技術の一つである.一方,加速度応答法は盛土材料の土質や同じ土質でも含水状態が異なると,評価する値が変化することが課題である.これらの影響を明らかにするため,筆者らは,土質や含水状態を変えて加速度応答への影響を検証する転圧試験を実施した^{1),2)}.ここでは加速度応答と含水比や乾燥密度の物理特性及び小型 FWD で得られる強度特性との相関を分析した.

2. 試験概要

転圧試験の盛土材料は、砕石 C-40、スクリーニングスと粘土の3種類を用いた.図-1に示すように、土質 ごとに2種の含水状態として、AからFの合計6条件のヤードを作成した.盛土は舗装面の上に1層30cmの 層厚ごとに転圧し、総層厚は3層分の合計90cmとした.各ヤードの延長は5m、計測はRI計器による密度測 定と含水比測定、小型FWD 試験、加速度応答法はCCVとαシステムの2種を用いた.転圧は10tと4tの振 動ローラを用いて試験ヤードを往復し、初期状態 から16回転圧まで実施した¹⁾.

3. 試験結果

(a) 転圧回数と変形係数 図-2 に各ヤードの転圧
回数と小型 FWD で測定した変形係数 E_{FWD} との関係を示す.変形係数の絶対値は砕石ヤードが大きい.砕石では 10t_wn 及び 4t_wn, 4t_wh は転圧とともに E_{FWD} は 16 回まで収束することなく増加し

盛 含オ ヤ	二材料 く状態 一ド名	(a) 砕 ^つ 自然含水比 A	石C-40 高含水比 B	待機 ゾーン	(b) スクリー 自然含水比 C	ーニングス 高含水比 D	待機 ゾーン	(c) 粘土(100kg ^{**} E	安定処理) 50kg F
10t口	ーラ	前進 ≪ 後進	→		前進 ≪ 後進	→		前進 ≪ 後進	
4t□-	-ラ	前進 ≪ 後進	→		前進 ≪ 後進	→		前進 ≪ 後進	
	延長	5m	5m	3m	5m	5m	3m	5m	5m



た. 一方, 10t ローラの含水比が高い 10t_wh は転圧で増加することなく, むしろ減少している. これは文献 2)では, 加速度応答は 10t_wn のみが増加する傾向とは異なる. スクリーニングスは砕石に比べるとどのヤー ドも EFWD が小さく, 転圧に応じてほぼ変化せずにやや減少している. 加速度応答は 10t_wn のみが増加してお り, 砕石と同じ傾向である. 粘土は EFWD の絶対値が小さいが, 転圧に応じてどのヤードも微増している. こ れは文献 2)の加速度応答と同様の傾向である. ヤードによっては小型 FWD と加速度応答の傾向が異なるのは, 両手法が評価する深さの差異が考えられる. 転圧後に掘削し層ごとの含水比を測定したが, 砕石とスクリーニ ングスは転圧層下部の含水比が高かった. 小型 FWD は転圧表面の含水比が低く剛性が高い所を測定するのに 対して, 加速度応答法は層全体に渡り高めの含水比状態の剛性を評価していると考えられる.



連絡先 〒194-8508 東京都町田市忠生 1-4-1 (株)高速道路総合技術研究所 土工研究室 TEL 042-791-1694

10

0

0

20





0

0

20

40

60

E_{FWD} (MN/m²)

80

100

120

△E: 粘土 10t 100kg

100

120

△F: 粘土 10t 50kg

図-5 各層の CCV の違い(10t ローラ)

飽和度 Sr (%)

60

80

100

40

(b) CCV の大きさと締固め曲線 図-3 は CCV の大きさと計測位置の含水比及び乾燥密度が締固め曲線のどこ に位置するかを示している.なお、CCV と α システムの乱れ率は同等の手法とみなせる ³ので、ここでは CCV で整理する.砕石のA ヤードは含水比や飽和度が低く、乾燥密度の増加に応じて CCV も大きく増加している. B ヤードは A よりも最適含水比付近で乾燥密度は高いが CCV は小さい.スクリーニングスの C ヤードは含水 比が 4%と 7%付近に大別され、乾燥密度の増加はそれほど大きくないが、CCV も若干増加している.D ヤー ドは C よりも最適含水比付近よりやや湿潤側で飽和度はかなり高い.乾燥密度は C とほぼ同様であるが CCV は小さい.粘土は含水比が 50%前後、飽和度は 80%前後で高く、CCV は E,F ヤードともに小さい.加速度応 答は飽和度変化を敏感に捉え、飽和度 70%程度を超えると乾燥密度の増加に関わらず小さい値を示す.

(c) α システムと小型 FWD の変形係数 図-4 は α システムで求めた変形係数 E_{α} と小型 FWD で求めた E_{FWD} の相関を示す. 10t ローラではややバラつきがあるものの, $E_{\alpha} = 0.2 \times E_{FWD}$ の関係がある. 一方 4t ローラでは E_{α} と E_{FWD} が直線的な関係があるものの, 10t ローラの傾向とは異なる.

(d) 加速度応答法が評価する深さ 図-5 は 10t ローラの各層の CCV と飽和度の関係を示す.1 層目総層厚 30cm 時の CCV は、2,3 層目と比較すると飽和度が 50~60%程度でも大きく、また 20%程度では転圧初期から大きい.また、2 層目総層厚 60cm 時でも CCV は飽和度 70%程度でやや大きい.これは盛土下部に盛土よりも硬い舗装面があるため、転圧力が大きい 10t ローラの場合は総層厚が薄いと舗装含めて評価している.1 層目、2 層目の CCV は 3 層目の傾向と異なることから、評価深さは概ね 60~90cm 程度と考えられる.

4. まとめ

0

0

20

60

 E_{FWD} (MN/m²)

40

80

加速度応答法は土を選ぶという側面がある一方で、土の性状別に適用条件を明確にすることによって、アウ トプットされる加速度応答値を正しく評価できる.また、加速度応答に加えて、転圧時の表面沈下量や含水比 測定など土の状態が何らかの手法で補完できれば、さらに信頼性の高い手法が構築できると考える.

参考文献 1) 中村洋丈ら:振動ローラ加速度応答の土質及び含水状態による変化(その1),第54回地盤工学研究発表会(投稿中),2019. 2) 平田昌史ら:振動ローラ加速度応答の土質及び含水状態による変化(その2),第54回地盤工学研究発表会(投稿中),2019.