路床と路盤の締固め状態を評価できる簡易な測定方法の検討

国立研究開発法人土木研究所　正会員　○寺田　剛，岩永 真和，藪雅行

１．はじめに

現在，一般的に実施されている路床と路盤の施工管理は，締固め度の管理で行われており，詳細な締固め状態を確認する場合はCBR試験を実施することになっている．しかし，現位置でのCBR測定はトラックなど反力装置の用意など測定が煩雑であることから，転圧回数による管理を行い現場密度試験により確認している．このような背景から現位置にて簡易に支持力や締固め度を評価できる方法が望まれる．そこで本検討は，路床や路盤の締固め状態を適切に確認できる方法として締固め度に替わる簡易な方法を検討することを目的に試験を実施したので，その結果を報告する．

２．試験方法

コンクリート型枠を用いて路床と路盤の締固め度を変えて転圧した後，各種の締固め程度を確認できる試験機器を用いて締固め程度を測定した．

- 試験材料：路床２試料（粘性土，砂質土），路盤１試料（C-40）の計３試料．路床材の土質性状を**表-1** に示す．
- 供試体：**写真-1** に示すコンクリート型枠（二次製品，無筋，内寸：W600×D600×H630 ㎜）
- 測定した試験機器：**表-2** 及び**写真-2** 示す機器．なお，小型 FWD は重錘の重りと落下高さを固定してたわみ量を求めた．
- 締固め度：最大乾燥密度に対して 85，90，95%の３水準
- 転圧：角材を用いて締固め度になるまで転圧（**写真-1** 参照）
- 測定箇所：各試験機の測定箇所を**図-1** に示す．載荷版 30cm の小型 FWD と RI 密度測定は中央の１点で，他は９か所で行った．

写真-1　型枠と締固め状

表-1　路床材の土質性状

試験項目		単位	土質種類	
			粘性土	砂質土
最大粒径	－	mm	9.5	9.5
土粒子の密度	ρ_s	g/cm^3	2.687	2.731
粒度	礫分2mm以上	%	0.9	1.7
	砂分75μm～2mm	%	50.2	92
	細粒分75μm未満	%	48.9	6.3
	シルト分5～75μm	%	23.6	5.1
	粘土分5μm未満	%	25.3	1.2
最大乾燥密度	ρ_{dmax}	g/cm^3	1.597	1.602
最適含水比	w_{opt}	%	21.5	16.7

表-2　測定した試験機器

項目	機器名 試験名	試験方法
締固め度	RI密度計	舗装調査・試験法便覧G022
衝撃加速度	衝撃加速度計	国土交通省北海道開発局 道路・河川工事仕様書付表(2016)
インパクト値Ia	キャスポル	舗装調査・試験法便覧S043-2T
D_0たわみ量	小型FWD	載荷板直径300mm， 重錘25kg，落下高さ0.5m
		載荷板直径100mm， 重錘5kg，落下高さ0.5m
打撃回数Nd値	簡易貫入試験	舗装調査・試験法便覧S043-1
指数硬度	土壌硬度計	JGS3431(2012)

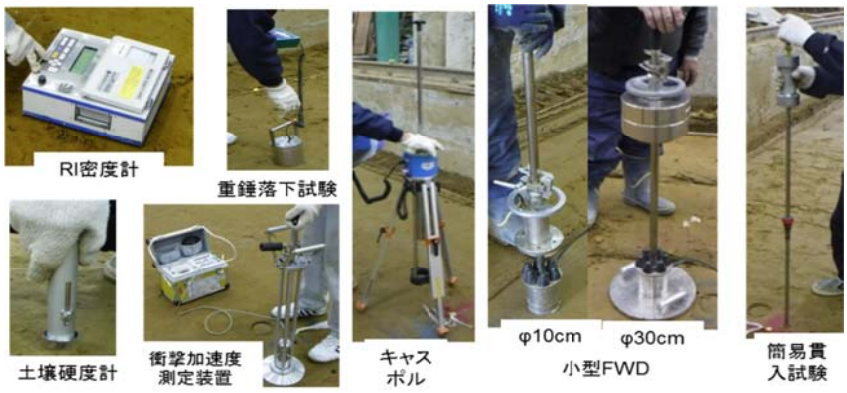

写真-2　測定した試験機器

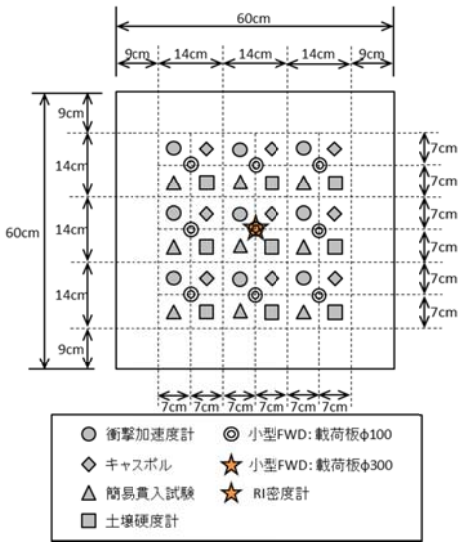

図-1　測定箇所

キーワード　路床，路盤，舗装，締固め度，支持力測定装置
連絡先　　〒305-8516　茨城県つくば市南原 1-6　ＴＥＬ029-879-6789

3．試験結果

3.1 粘性土の試験結果

粘性土を用いた場合の RI 計測の乾燥密度から求めた締固め度と各試験機器の測定結果の関係を**図-2** に，変動係数の結果を**表-3** に示す．

この結果，衝撃加速度計，キャスポル及び土壌硬度計がばらつきが 10%以下と少なく相関性も 0.9 以上と高い結果であった．小型 FWD は載荷版が 10cm と 30cm ともばらつきは小さいが相関性は低かった．

3.2 砂質土の試験結果

砂質土を用いた場合の RI 計測の乾燥密度から求めた締固め度と各試験機器の測定結果の関係を**図-3** に，変動係数の結果を**表-3** に示す．

この結果，決定係数はどの試験機も 0.9 以上と高いが，変動係数は締固め度 85%は衝撃加速度とキャスポルが大きいが，それ以外はどの試験機とも 10%程度以下とばらつきも少ない結果であった．

3.3 路盤 C-40 の試験結果

路盤 C-40 を用いた場合の RI 計測の乾燥密度から求めた締固め度と各試験機器の測定結果の関係を**図-4** に変動係数の結果を**表-3** に示す．

決定係数が 0.9 以上と高いのは，キャスポルと小型 FWD であり，変動係数が 10%程度以下と小さいのは，キャスポルであった．なお，土壌硬度計と簡易貫入試験は C-40 の骨材に試験ヘッドが当たり適切な試験ができず，路盤には使用が不適切であることが分かった．

表-3 変動係数

	粘性土			砂質土			路盤C-40		
締固め度	85%	90%	95%	85%	90%	95%	85%	90%	95%
衝撃加速度	6.7	6.1	2.6	17.5	9.7	10.9	16.9	26.7	19.8
キャスポル	10.3	4.4	5.4	18.6	10.2	1.2	5.6	11.1	7.0
土壌硬度計	8.6	3.3	2.8	11.7	8.9	11.5	－	－	－
簡易貫入試験	4.7	6.1	5.9	5.0	6.8	3.6	－	－	－
小型FWDφ100	4.3	7.7	9.1	10.4	3.8	3.4	9.1	28.6	28.6

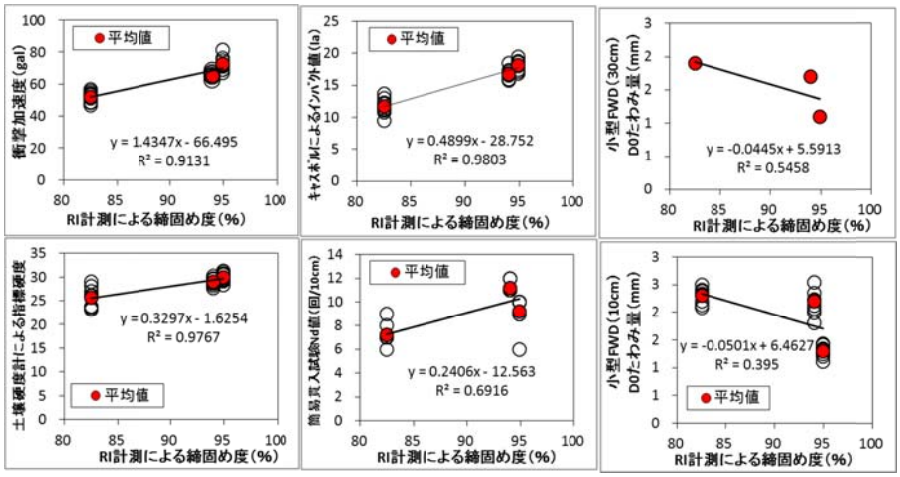

図-2 締固め度と各試験機器の測定結果の関係（粘性土）

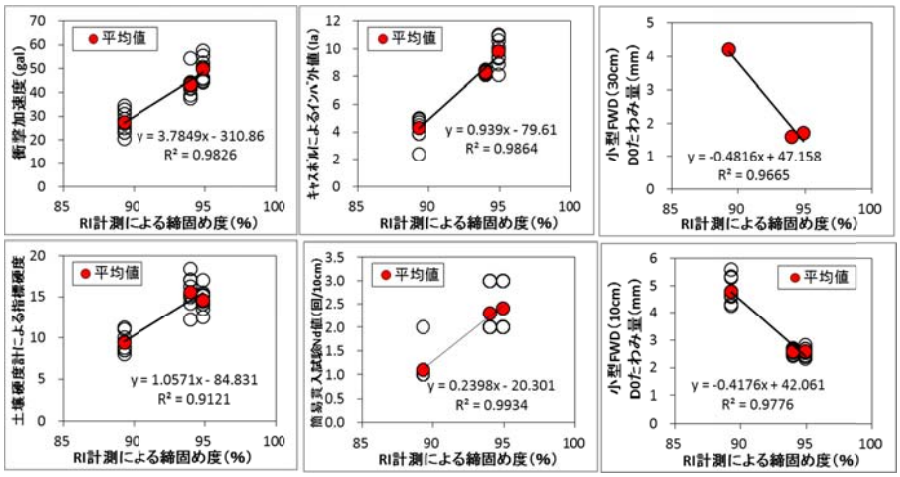

図-3 締固め度と各試験機器の測定結果の関係（砂質土）

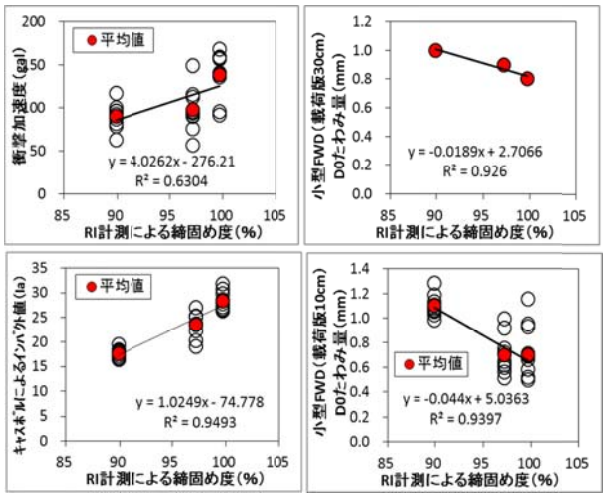

図-4 締固め度と各試験機器の測定結果の関係（C-40）

4. まとめ

以上の結果，RI 計測による締固め度と相関があり，ばらつきが少なかった試験機は，粘性土では衝撃加速度，キャスポル，土壌硬度計，砂質土では土壌硬度計，簡易貫入試験，小型 FWD，路盤 C-40 はキャスポルと小型 FWD であった．今回の結果では，これらの試験機が路床や路盤の締固め状態を適切に確認できる方法として締固め度の代替試験となる可能性があることが示唆された．なお，今回はコンクリート型枠を用いて路床 2 種類，路盤 1 種類を試験した結果であるため，今後は施工機械を用いた実施工レベルで試験を実施し路床と路盤の締固め状態を適切に確認できる方法を提案していく必要がある．