

2. おむすびローラ（クローラ式振動締固め機）の開発

コマツ：*菊池 幸雄、珍田 彰、
鹿島道路㈱：渡辺 渉

1. はじめに

近年、造成工事などでは「工期の短縮、施工コストの低減」が要求され、施工の効率化を図る必要があり、盛土転圧工程における層厚規模の増大が一つの課題となっている。

一方、これまで従来型振動ローラを用いた厚層転圧に関して多くの技術開発が試みられ、車両の重量や起振力を増大させることにより締固め性能を向上させてきたが、これらの方策は車両の大型化を伴うため、輸送性や経済性といった面で問題も多く、現在も未だ普及するに至っていない。

したがって、厚層転圧を達成するためには締固め方式の発想転換が必要であった。

愛媛大学の室教授らの研究¹⁾によると、深層部の締固めにはクローラ式車両による転圧が有効であることが確認されていたが、これは締固め部が面状であり接地面積が広いため、深層部への影響が大きいことに起因すると考えられる。

コマツでは、この理論をもとに写真-1に示すようなクローラ式振動締固め機（以下「おむすびローラ」という）を開発し、社内試験や実工事における試験施工を行ない、概ね当初の狙い通りの転圧性能が得られることを確認した。

本稿では、おむすびローラの開発概要、性能および実証工事の結果について報告するものである。

2. 試作車による先行研究

2-1. 試作車の概要

おむすびローラの締固め性能を確認するため、試作車を製作し実工事へ投入して性能試験を行なった。試作車の主な仕様を後述の表-5に示す。

2-2. 実工事における締固め試験（その1）

（1）概要

島根県の国道バイパス道路新設工事における、路床材の転圧作業を実施し、締固め性能を確認・評価した。

本工事区間はほぼ全線にわたり、大山・火山灰地帯特有の軟弱土で形成され、路床材の改良が必要であった。このため、路床90cm深さを対象にスタビライザで安定処理材（セメント）を混合し改良した後、おむすびローラで転圧することとした。試作車の稼働状況を写真-1に、



写真-1 試作車の稼働状況

表-1 工事概要

工事名	松江道路 出雲郷西舗装工事
工事場所	島根県八束郡東出雲町出雲郷～松江市竹矢可
工事期間	平成12年10月～平成13年3月
発注者	国土交通省 松江国道工事事務所
施工面積	路床安定処置工 15,000 m ²

工事概要を表-1に示す。

なお、この試験は「従来型振動ローラ（最大転圧力 320kN 級）とタイヤローラ」の組合せと比較しながら実施した。

(2) 試験結果

深さ方向における締固め度の比較を図-1に、現場密度試験結果を図-2に示す。これより、表層部における締固め効果に大差は見られないが、深さ 50cm 以下の下層部ではおむすびローラの方が締固め効果の高いことがわかる。

また、従来の振動ローラでは下層部の締固めを充分に行うのが困難であったため、下層部の強度を得るために安定処理剤の添加量が多く必要であった。本工事では、このおむすびローラの締固め効果により、必要な安定処理材の添加量を低減することが可能になった。

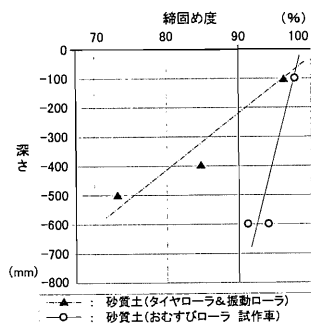


図-1 締固め度の比較

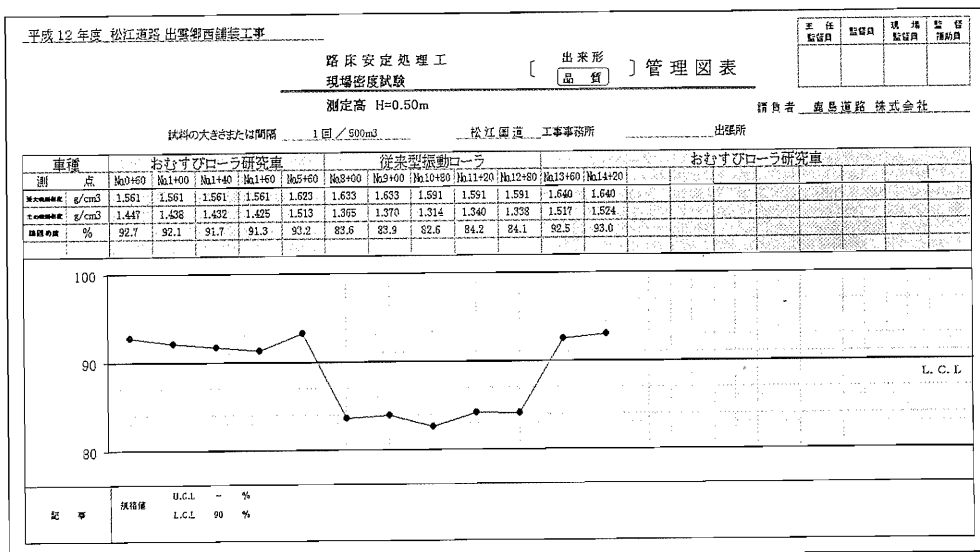


図-2 現場密度試験結果

2-3. 実工事での締固め試験 (その2)

(1) 概要

石川県内の表-2に示す造成工事へ投入し、締固め試験を実施した。

(2) 試験方法

転圧回数、深さに対する締固め性能の関係を把握するため、転圧回数 3、5 回、深さ方向 60、

表-2 工事概要

工事名	七尾LPガス国家備蓄基地造成工事
発注者	石川県土地開発公社
施工期間	平成13年5月~7月
施工面積	135 m ² (試験施工区間)
試験材料	シルト質粘性土
最大乾燥密度	1.149 g/cm ³

90cmにおける密度測定（透過型RIによる密度の測定）を実施した。密度測定手順としては、地表面から所定の深さ（60、90cm）まで掘削した面にRI計器を設置し、湿潤密度および含水比を測定した。

また、起振力の大きさは「強」と「中」の2水準（振動数もこれに合わせて変更）を設け、転圧回数の2水準とあわせ、試験ヤードを4ブロックに分割して行なった。

試験ヤードの区割りを図-3に、密度測定方法を図-4に、起振力の設定水準を表-3に示す。

(3) 試験結果

表-4および図-5の試験結果より、いずれの水準においても所定の締固め度を満足しており、転圧回数3回で十分な締固め効果が得られたことがわかる。起振力：強および中の締固め度を比べると、深さ60cmにおいては起振力：中の方が高く、深さ90cmでは途中で逆転する傾向にある。この原因として、起振力：強の工区の方が若干含水比が高いことと、対象土が粘性土であるため“オーバーコンパクション”（振動が強すぎると水分が分離し材料が流動化する。その結果、密度が低くなる現象）を起したことが考えられる。

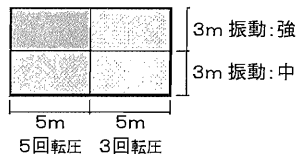


図-3 試験ヤード平面図

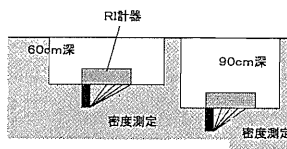


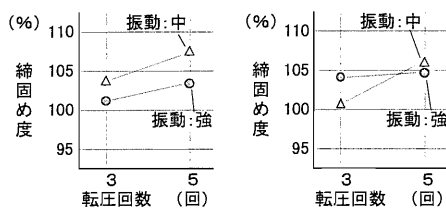
図-4 密度測定方法（断面）

表-3 起振力の設定水準

水準	強	中
起振力 kN	371	250
振動数 min ⁻¹	1230	830

表-4 締固め試験結果

転圧回数	起振力の水準	深さ (cm)	乾燥密度 ρ_d (g/cm ³)	含水比 ω (%)	締固め度 (%)
3回	中	60	1.192	38.6	103.7
		90	1.153	39.9	100.4
	強	60	1.166	38.4	101.5
		90	1.198	36.6	104.2
5回	中	60	1.236	35.4	107.6
		90	1.218	35.4	106.0
	強	60	1.184	37.4	103.1
		90	1.206	37.7	104.9



(a) 深さ 60cm

(b) 深さ 90cm

図-5 転圧回数と締固め度の関係

3. 量産車の開発

3-1. 量産車（改良型）の概要

試作車での品質確認結果を受け、大巾な改良をおり込んだ量産型の「おむすびローラ JT150WA-1」を開発した。おむすびローラの量産車 JT150WA-1 の外観を写真-2に、主な仕様（試作車との比較）を表-5に示す。

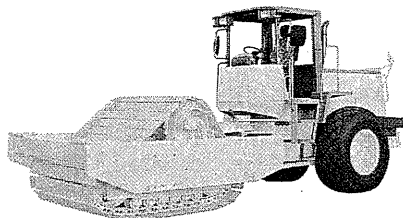


写真-2 おむすびローラ JT150WA-1

3-2. 量産車による転圧試験

地盤内に伝達される転圧力は、振動ローラの仕様のみで定まるものではなく、振動ローラと地盤との相互作用にも大きく影響される。そこで、転圧方式の異なるおむすびローラと従来型振動ローラによる、転圧力の伝播特性を調査するため、以下に示す転圧試験を行った。

(1) 試験条件

試験には図-6に示す土槽式の試験ヤードを使用し、土槽底部に設置した土圧計により、地表面からの深さGL-60cmにおける転圧力を計測することとした。締固めの対象となる試験材料には、表-6に示す単粒径の砂質土を選定した。締固め機はおむすびローラと、従来型振動ローラ（最大転圧力320kN級）を用い、転圧条件は表-7とした。

転圧試験は、始めに両槽ともおむすびローラにより無振動で2回仮転圧し、従来型振動ローラが土槽へ走行可能な状態とした。本転圧の転圧回数は、実証施工結果を勘案して4回に設定し、走行転圧中の土中に伝播する転圧力を経時的に計測した。

(2) 試験結果

最大転圧力と転圧回数を図-7に、4回転圧時の転圧力経時変化を図-8に、試験状況を写真-3に示す。

図-8より、4回転圧時のGL-60cmにおける最大転圧力は、おむすびローラが249kN/m²、従来型振動ローラが102kN/m²であり、前者の方が2.5倍の伝播特性があること



写真-3 試験状況

表-5 おむすびローラの主要仕様

項目	機種	量産車	試作車
		JT150WA-1	
運転質量	kg	16,200	14,500
振動部荷重	kN	83.4	94
最大転圧力	kN	273.4	465
起振力	kN	190	371
振動数	min ⁻¹	850	1230
締固め幅	mm	1,800	1,600
走行速度 ^{*1}	km/h	2.0/4.0	2.0/4.0
登坂能力 ^{*2}	度	18	—

*1 1速/2速、*2 転圧走行時

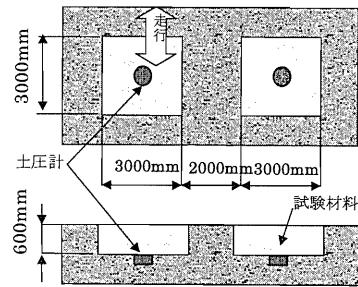


図-6 試験ヤード(土槽式)

表-6 試験材料の性状

最適含水比	%	17.0
最大乾燥密度	t/m ³	1.501
最大粒径	mm	0.84
均等係数		3.78
60%粒径	mm	0.45
粒径分布%	礫分(2000μ以上)	0
	砂分(75μ~2000μ)	98.2
	シルト分(5~75μ)	1.8
	粘土分(5μ以下)	

表-7 転圧条件

	おむすびローラ	従来型振動ローラ
走行速度	km/h	2
振動数	min ⁻¹	850
起振力	kN	190
最大転圧力	kN	273.4

が確認された。これは、本機と同タイプで面状の転圧面を有するMVT（マンモスパイプロタンパー）³⁾と照合すると、同様の傾向にあることが窺える。また、おむすびローラでは少回数の転圧で転圧力が収束しているが、これは単粒径の土質特有の傾向が現れていると考えられる。

以上より、おむすびローラの転圧力が地盤に及ぼす影響を確認できたが、今後は転圧力と土の締固めの相関関係についても、検証する予定である。

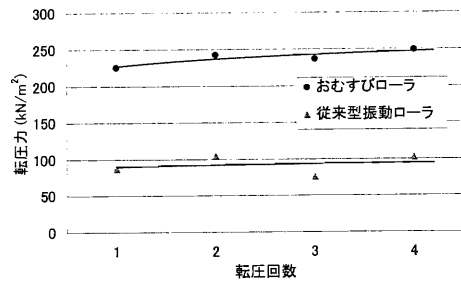
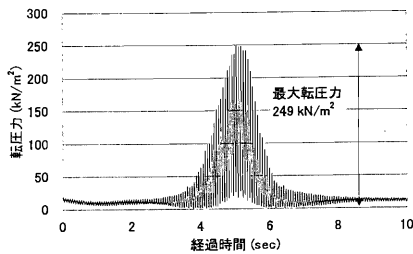
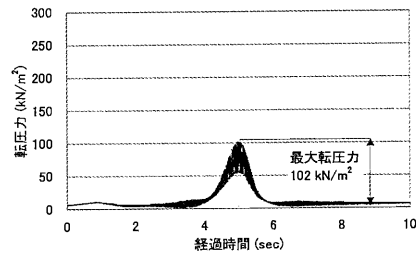


図-7 最大転圧力と転圧回数の関係 (GL-60cm)



(a) おむすびローラ





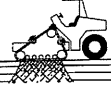
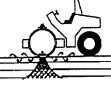
(b) 従来型振動ローラ



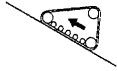

図-8 4回転圧時の転圧力経時変化 (GL-60cm)

4. おむすびローラの特長

従来型振動ローラに対するおむすびローラの特長、原理および効果を表-8に示す。

表-8 おむすびローラの特長と効果

特長	原理		効果
	おむすびローラ	従来型振動ローラ	
①厚層の締固が可能	 転圧部が面状のため土を広範囲に拘束し、深層部まで転圧力が浸透する	 転圧部が線状のため、上層部が圧密されやすく、転圧力が深層部まで伝達しにくい	1層あたりの厚層化と転圧回数の低減により、作業量が大幅に向上
②転圧面を傷めない	 接地面積が広く、集中的に荷重がかかからず、転圧面を乱しにくい	 接地面積が小さく転圧力が集中するため、上層部に反射層を形成し表面材料を破砕しやすい	修繕作業の負担が軽減できる

特 長	原 理		効 果
	おむすびローラ	従来型振動ローラ	
③転圧面が平滑	 <p>面状転圧のため転圧面の平滑度が高い</p>	 <p>大きな凸凹の修正が困難になる</p>	整形作業などの後工程が軽減できる。また、不整地へも直接進入できる
④法面転圧が可能	 <p>走行部がクローラ式のため、登坂性と走行安定性に優れる</p>	 <p>走行部がタイヤ式のため、登坂性と走行安定性に乏しい</p>	自走による法面転圧が可能のため、ウィンチポータなどの付帯機械が不要

5. おわりに

本機は平成14年度初頭に1号機が完成後、商品化への第一歩を踏み出したところである。今後は、多様な土質に対する締固性能、作業性、安全性などのデータを集積し、工場内の締固め試験結果と比較解析を行うことにより、新しい振動ローラとしての位置付けを確立していく所存である。

参考文献

- 1) Tatsuro Muro, Tingji He, Munehito Miyoshi : Effects of a roller and a tracked vehicle on the compaction of a high lifted decomposed granite sandy soil : Journal of Terramechanics Volume 35, 1998
- 2) 井上、賀川、大橋 : 厚層転圧用のクローラ式振動締固機 : KOMATSU TECHNICAL REPORT 1998 VOL. 44
- 3) 石原他 : 牽引式マンモスバイプロタンパー工法の開発 : 建設の機械化 1988, 5