

生産性と安全性の向上を目指した 締固め機械の特徴紹介

後 藤 春 樹

現在、建設業界はインフラの整備・維持や災害復旧等、国民生活や社会経済を支える大きな役割を担っているにも関わらず、熟練労働者の減少による人手不足が深刻化している。このような状況下、建設現場の更なる生産性と安全性の向上を実現する為、ICT導入による現場の見える化や、建設現場のIoT化による新たな顧客サービスの提供が必要になってきている。本稿では、特に締固め機械に特化して、締固め品質と安全性および生産性の向上を目指した転圧管理システム、緊急ブレーキシステムおよび自律走行式ローラを紹介する。

キーワード：転圧管理システム、CCV、加速度応答法、緊急ブレーキシステム、自律走行式ローラ

1. はじめに

現在、建設業界はインフラの整備・維持や災害復旧等、国民生活や社会経済を支える大きな役割を担っているにも関わらず、熟練労働者の減少による人手不足が深刻化している。このような状況下、建設現場の更なる生産性と安全性の向上を実現する為、ICT導入による現場の見える化や、建設現場のIoT化による新たな顧客サービスの提供が必要になってきている。

そこで、本記事では、特に締固め機械に特化して、締固め品質と安全性および生産性の向上への取り組みと各々のICT機器の特徴を紹介する。その取り組みの代表的な製品として、転圧管理システム、緊急ブレーキシステムおよび自律走行式ローラを取り上げた。転圧管理システムは、締固め度の指標となるCCV（ローラ加速度応答法）を標準搭載することでより高い品質管理を実現し、締固め品質向上を目指したICT機器である。また、緊急ブレーキシステムは、転圧路面上に生じる水蒸気や土埃をできる限り対象物とみなさない独自技術により、緊急ブレーキが必要以上に作動することなく転圧作業をすることができると共に、ロールをロックさせずに停止することで舗装面への品質にも配慮する等、安全性と施工性の両立を実現させている。更に、自律走行式ローラに関しては、無人走行が可能となる未来のローラ思想を取り入れた締固め機械である。これらのICT機器は、締固めにこだわった、より専門的で、より使い勝手の良い製品であり、将来はAIの活用を視野に入れ、新たな付加価値の創造を

お客様へ提案する事を目指している。

2. 転圧管理システム

(1) 概要

図-1に本転圧管理システムの概要図を示す。本転圧管理システムは、GNSS（全球測位衛星システム）およびクラウドネットワークサービスを使用した締固め管理装置である。国土交通省の管理要領に基づく転圧回数管理や走行軌跡管理、層別転圧管理を行うだけでなく、締固め度の指標である加速度応答法を用いたCCV（Compaction Control Value）による締固め管理機能を標準装備し、より高い品質管理と生産性向上を実現している。CCVは、室内試験や試験施工で得られる密度とのデータ相関結果に基づき、CCVという



図-1 転圧管理システムの概要図

管理基準を設ける事が可能となっている。この他、別途アスファルト舗装用温度センサを接続することで、表面温度の管理も可能であり、土工工事から舗装工事までの締固め施工管理が可能となっている。

また、初期設定項目の簡素化と分かり易い画面構成となっているため、締固め作業従事者であれば、簡単に理解して操作が可能である。各種設定項目も、例えば使用締固め機械の機種名を選択することで、GNSSアンテナ位置が自動設定される等の仕組みを採用している。これらはクラウドネットサービスの利点を生かして、施工現場の各種データを離れた現場事務所、管理事務所でも確認することが出来、効率の良い施工および進捗管理を可能としている。

(2) 転圧管理システムの使用実績

ここでは、締固め度の代替指標となり得るCCVの適用性を、過去の報告例をまとめながら改めて紹介する。

(a) 道路路床試験でのCCVの有効性判定

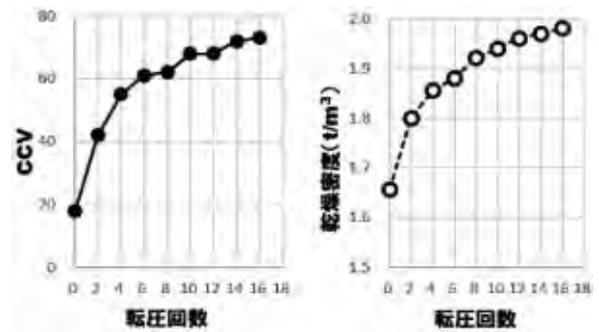
道路路床の品質管理手法として、CCV管理手法を確立する為に実施した試験¹⁾について紹介する。表一1に道路路床試験の土質条件と締固め機械の概略仕様を、図一2に転圧回数、CCVおよび乾燥密度の関係を示す。この試験では、CCVは転圧回数の増加に伴い地盤の締固め効果を良好に評価できた事が証明された。

(b) 粗粒材料試験でのCCVの有効性判定

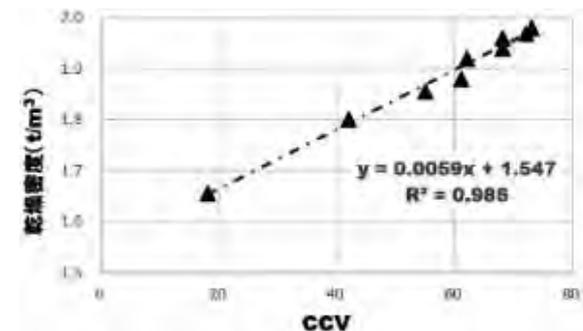
大規模土工現場での施工合理化の効果をj得る為に、盛土締固め施工において粗粒材料でのCCVの有効性を確認した試験²⁾について紹介する。表一2に粗粒材料試験の土質条件と締固め機械の概略仕様を、図一3に転圧回数、CCVおよび乾燥密度の関係を示す。この試験では、CCVは乾燥密度やRI密度の代替指標として盛土の品質を評価する一つの指標となり得る事が証明された。

表一1 道路路床試験の土質条件等

地盤材料の 工学的分類	分類	—	G-S
	土粒子密度	t/m ³	2.644
	最大粒径	mm	75.0
	均等係数	—	16.7
	最大乾燥密度	t/m ³	1.902(E-b法)
	最適含水比	%	12.0
振動ローラの 概略仕様	施工時平均含水比	%	8.3
	型式	—	SV510DV
	総質量	kg	11,400
	起振力	kN	226
	振動数	Hz	30.0



(a) 転圧回数との関係



(b) CCVの有効性判定

図一2 道路路床でのCCVの有効性判定

表一2 粗粒材料試験の土質条件等

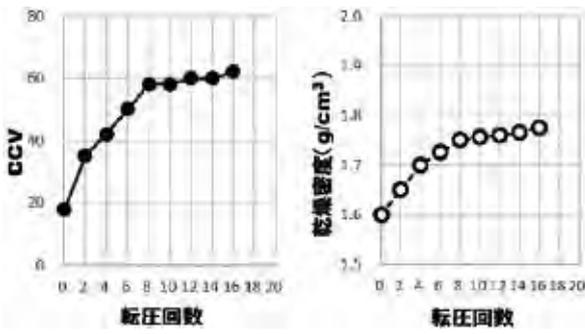
地盤材料の 工学的分類	分類	—	細粒分砂混じり礫
	土粒子密度	g/cm ³	2.616
	最大粒径	mm	75.0
	細分37.5mm残留率	%	32.5
	細分2.0mm残留率	%	84.2
	粘土分75μmフルイ通過分	%	6.6
	最適含水比	%	13.7
振動ローラの 概略仕様	最大乾燥密度	g/cm ³	1.839(B-a法)
	型式	—	SV160DV
	総質量	kg	17,800
	起振力	kN	343
	振動数	Hz	28.5

(c) 路盤材料試験でのCCVの有効性判定

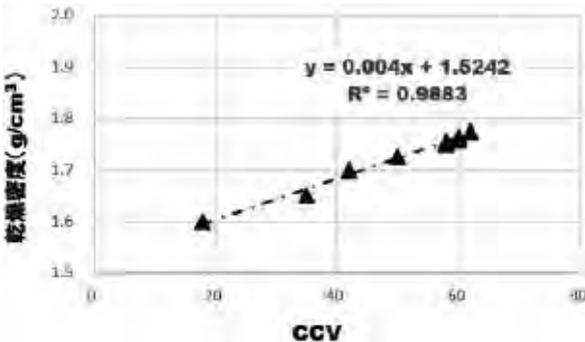
舗装工事の施工の効率化、コスト低減および品質向上を目指して、路盤工事におけるCCVの有効性とブルーフローリングの代替ツールとしての適用性を確認した試験³⁾について紹介する。表一3に路盤材料試験の土質条件と締固め機械の概略仕様を、図一4にCCVと地盤反力係数の関係を示す。この試験では、CCVはハンディーFWDを用いた地盤反力係数と高い相関が得られただけでなく、締固め不足等による不良個所の特定を行う事ができ、ブルーフローリングの代替ツールとしての適用性が証明された。

(d) 盛りこぼし橋台における路床材料でのCCVの有効性判定

高速道路での橋梁構造物の縮小化の為に、高盛土部の縁部に盛りこぼし橋台が採用されている。この盛りこ



(a) 転圧回数との関係



(b) CCV の有効性判定

図-3 道路路床での CCV の有効性判定

表-3 路盤材料試験の土質条件等

地盤材料の 工学的分類	分類	-	路盤材料
	下層路盤材料名称	-	再生クラッシャーラン
	下層路盤分類	-	RC40
	下層路盤置出厚	cm	20
	上層路盤材料名称	-	再生粒状珪石
	上層路盤分類	-	RM40
振動ローラの 概略仕様	上層路盤置出厚	cm	20
	型式	-	TW502
	総質量	kg	3,540
	起振力	kN	34.3
	振動数	Hz	55.0

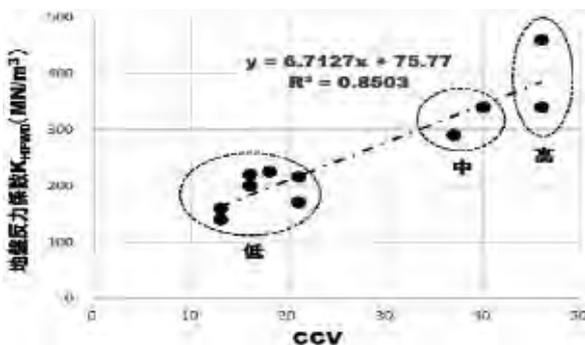


図-4 路盤材料での CCV の有効性判定

ほし橋台では、良質な路床材料を用いる事が一般的であり、品質向上の一環としてCCVによる現場管理手法への適用性を確認した試験⁴⁾について紹介する。表-4に路床材料試験の土質条件と締固め機械の概略仕様を、図-5にCCVと地盤反力係数の関係を示す。この

表-4 路床材料試験の土質条件等

地盤材料の 工学的分類	名称	-	C-40	砂質土
	分類	-	細粒分測じり砂質層	改良しU級粒分質砂
	土約子特性	g/cm³	2.720	2.680
	含水率	%	2.4	2.0
	最大粒径	mm	37.5	5.0
	細分	%	59.5	7.5
振動ローラの 概略仕様	80分	%	30.0	55.9
	細分	%	10.2	30.0
	最大乾留密度	g/cm³	2.298(E-法)	2.080(E-法)
	置出厚	cm	5.0	8.7
	名称	-	10t振動ローラ	1t振動ローラ
	型式	-	SV512D-1	TW502S-1
振動ローラの 概略仕様	総質量	kg	11,950	3,540
	起振力	kN	2,130	1,300
	起振力/高	kN	191.260	26.634.3
	振動数/高	Hz	33.628.0	65.055.0

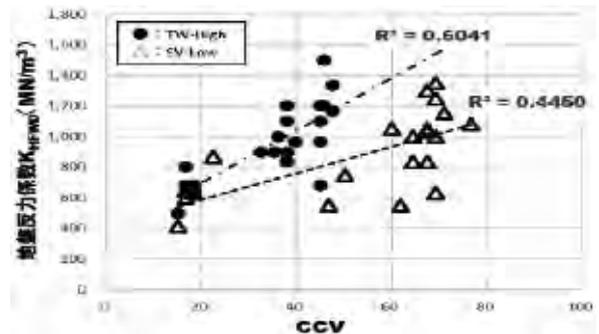


図-5 路床材料での CCV の有効性判定

試験では、CCVがハンディーFWDを用いた地盤反力係数と高い相関が得られた事でその適用性が証明された。

(e) CCVの適用性試験結果のまとめ

上記の結果より、CCVは路床、盛土、路盤等の各種材料への転圧指標として、十分に適用性があることが証明された。また、CCV管理が従来のプルーフローリングの代替として適用可能な事、下層の剛性と振動エネルギーの影響により、CCVの評価深さが約70cmに達することもある事なども同時に明らかにした。但し、加速度応答法特有の注意点として、高含水比の粘性土等、十分な地盤反力が得られない土質では適応が難しい点に留意されたい。

なお、直近の動向として、国土交通省はICT導入協議会にてICT路盤工に関し、本年(2020年度)にICT施工基準を整備し、令和3年(2021年度)から適用していくという指針を示している。ICT路盤工は、振動ローラに加速度計を取付け、加速度応答によって品質管理を行う手法で、砂置換法による密度管理の計測作業と分析時間を大幅に短縮と点管理から面管理に移行する事による施工品質の向上と併せて、路盤工の生産性向上に寄与する狙いである。この他、アスファルト舗装工事に赤外線式温度計を利用した品質管理手法も提案されている事を付記する⁵⁾。

3. 緊急ブレーキ装置の概要

後進用緊急ブレーキ装置付きのタイヤローラ、マカ



図-6 緊急ブレーキ装置の概念図

ダムローラおよびコンバインドローラは、トリプルセーフティー（対象物を検知した際に、運転席ディスプレイへのカメラ映像による可視化と警報、音声と警告音で運転者と周囲作業員への注意喚起および緊急ブレーキの作動）の設計思想で運転者の“うっかり・まさか”等のヒューマンエラー防止を補助している。図-6にマカダムローラに設置された緊急ブレーキシステムの概念図を示す（コンバインドローラは広い視野で目視確認が可能な為、バックカメラは搭載していない）。

物体を検知した際には、車両の速度が速い場合には遠くの位置から、車両の速度が遅い場合には近い位置から緊急ブレーキを作動させることで、緊急ブレーキが必要以上に作動せず、また、ロールをロックさせずに停止させることで、舗装面への品質、すなわち、施工性と安全性の両立を図っている。その他に、検知幅を転圧幅に合わせることで、壁際転圧作業等においても、必要以上に緊急ブレーキが作動することを防ぎ、安全を確保しながら連続した施工作业を可能にしている。また、ストックヤードでの駐車やトレーラ積込時には、手動で緊急ブレーキを解除でき、使い勝手の良い設計となっている。

4. 自律走行式ローラの概要

図-7に自律走行式ローラの運転状況を示す。自



効率的な締固め作業による生産性の向上。

図-7 自律走行式ローラの運転状況

律走行式ローラに関しては、未だ開発段階ではあるが、運転精度の高い直進性と滑らかなステアリング制御を追求し、運転者の技量に依らない均一な転圧を実現すると共に、転圧管理システムや緊急ブレーキ装置も含めて締固め品質、安全性および生産性の向上を目指した自動走行が可能な締固め機械である。

5. おわりに

本稿では、締固め機械に特化したICT機能（製品）を、転圧管理システム、緊急ブレーキシステム、自律走行式ローラの順に紹介してきた。特に施工品質の向上を目指した転圧管理システムやCCVを用いた管理手法を重点的に解説し、十分な適用性が得られていることを改めて証明した。

国土交通省の動向は前述したが、路盤工に関し、令和3年から適用していくという指針が出ており、加速度応答（CCV等）を用いて品質管理する手法で、砂置換法による密度管理の計測作業と分析時間を大幅に短縮と点管理から面管理に移行する事による施工品質の向上と併せて、路盤工の生産性向上を目指す事になる。

今後益々、舗装工事での品質基準にCCVを適用する事案が増加するので、舗装工事現場での適用性に関して、報文化を実施する予定である。また、同時に、更なる施工品質や安全性、生産性の向上を目指した新たな締固め機械も開発していく所存である。

JICMA

《参考文献》

- 1) 藤岡・内山他：ローラ加速度応答法を用いた道路路床の品質管理に関する研究（その1,その2）：第39回地盤工学研究発表会（2004年7月）
- 2) 横田・内山他：振動ローラの加速度を利用した締固め管理の検討—大規模土工における情報化施工に関する研究—：第37回地盤工学研究発表会（2002年7月）
- 3) 上野・小栗他：情報化施工における転圧管理システムCISの適用事例について：建設機械シンポジウム（2009年11月）
- 4) 中村・内山他：粗粒材料を対象としたローラ加速度応答法の大型土槽試験（その1,その2）：土木学会第68回年次学術講演会（2013年9月）
- 5) ICT施工の対象工種の拡大に向けた取組（資料-2）：国土交通省ホームページ資料

【筆者紹介】

後藤 春樹（ごとう はるき）
酒井重工業(株)
次世代事業開発部
部長代理

