

17. 舗装工事の品質管理高度化に資する転圧管理システムについて

酒井重工業株式会社

〃

○ 内山 恵一

眞壁 淳

1. はじめに

現行の道路舗装における路盤工とアスファルト舗装（以下、As 舗装）において、ローラ締固め後の品質管理には、密度、プルーフローリング、平板載荷試験、温度測定が適用されている¹⁾。これらの試験方法は、施工現場の一部分を抽出して計測することから、測定結果は現場の代表値として管理される。しかし、この代表値管理は、現場全面の品質を担保することはできないため、全面管理が可能で、かつ現行の品質管理と相関性のある管理方法が望まれている。

国土交通省では、ICT 導入による舗装の生産性と信頼性向上を目的に「舗装工事の品質管理を高度化する技術」について公募している。この公募に対し、筆者らはローラ転圧作業中リアルタイムでデータを取得し、転圧面全面の管理が可能な転圧管理システムが有効と考え応募した。この転圧管理システムは、①GNSS 転圧回数、②加速度応答法による地盤剛性値、③アスファルトの表面温度を管理することができる。なお、加速度応答法は、振動ローラに取り付けた加速度計を用いて転圧時の地盤の剛性を評価する計測方法である²⁾。

筆者らが考える上記 3 つの管理項目と現行管理方法との関係について述べる。現行の路盤・As 舗装での密度管理に対しては、GNSS 転圧回数管理が有効と考えている。GNSS 転圧回数管理は間接的に密度管理を行う方法で、試験施工によって転圧回数と密度の関係を明確化し、実施工では試験施工で定めた転圧回数を確保することで、目標とする密度を達成する方法である³⁾。次に、路盤でのプルーフローリングと平板載荷試験管理に対しては、加速度応答法による地盤剛性値管理が有効と考えている。過去の試験結果から、加速度応答法で計測された結果は、プルーフローリング時に計測するベンケルマンビームでのたわみ量や、平板載荷試験結果との間に相関関係があり⁴⁾⁵⁾、これを利用するものである。最後に As 舗装での温度管理に対しては、アスファルトの表面を赤外線式放射温度計で計測する方法である。本来の温度管理は、As 舗装の内部を計測すべきだが、ローラ転圧中に計測可能な表面温度とした。

ここでは、上記の筆者らが提案する管理方法の

舗装現場への適用性を検討するために、実証試験を行ったのでその結果について述べる。

2. 転圧管理システム

転圧管理システムは、計測データの記録・表示用のディスプレイを中心に、GNSSアンテナ、加速度応答法の機器（以下、CCV）、温度計から構成される（図-1）。CCVセンサは振動ローラの振動輪に固定され、ロールの加速度を計測し、CCVコントロールで周波数解析処理されCCV値を出力する。As舗装時に使用する温度計は、ローラ前部のフレームに固定し、転圧開始前のアスファルト表面温度を計測する。オペレータへの結果表示と帳票化のために、転圧回数、CCV値、温度データは、GNSSで取得した位置情報と組み合わせて管理される。また、位置情報とセットになった転圧管理データは、通信機器を通じてクラウドサーバへアップロードされ、現場管理者のパソコンで品質確認や帳票作成（図-2）ができる。



図-1 転圧管理システムの構成

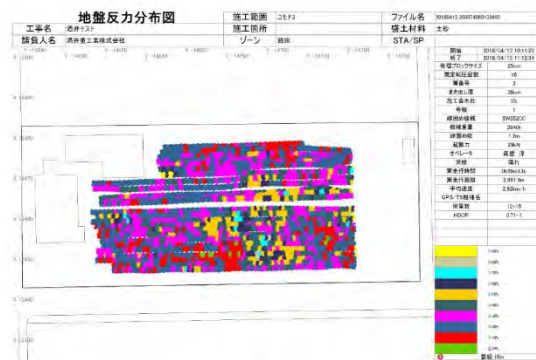


図-2 転圧管理システムから出力された帳票例

3. 実証試験

3.1 試験概要

(1) 路盤工

試験ヤードの概観を図-3 に示す。十分に締め固められた基盤の上に、下層路盤として切り込み砕石 40 (C-40) を築造し、この上に上層路盤として粒調砕石 30 (C-30) を築造した。試験エリアは、転圧回数と各計測値との関係を捉えるため、転圧回数が $2 \cdot 4 \cdot 8$ (P2, P4, P8) の3つのエリアを設けた。また、人工的に不良箇所を設けるために、試験エリア中央に位置する基盤部に、弱部として15cm の深さで粘土を設置した (写真-1)。なお、この基盤を小型 FWD で計測したところ、健全部で 1027MN/m^3 (12 箇所平均)、弱部で 17MN/m^3 (6 箇所平均) であった。

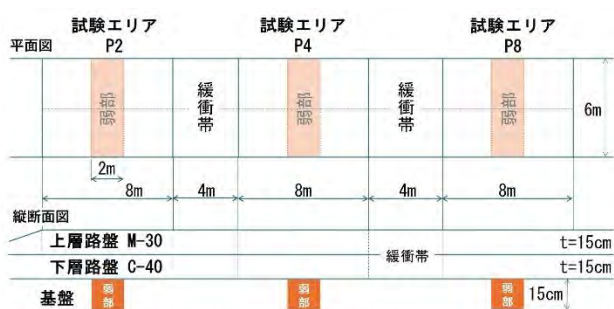


図-3 試験ヤード (路盤工)



写真-1 基盤への弱部設置状況



写真-2 7t 振動タンデムローラ

転圧には、運転質量 7t の振動タンデムローラを使用し、約 4km/h の速度で振動転圧した (写真-2)。

計測は、転圧中に転圧管理システムでの転圧回数と CCV、転圧後に砂置換法密度 (文献 6, [4]-265)、ベンケルマンビームたわみ量 (文献 6, [1]-284)、平板載荷試験 (文献 6, [1]-266) を実施した。砂置換法での密度測定、ベンケルマンビームによるたわみ量の測定、平板載荷試験の状況をそれぞれ写真-3, 4, 5 に示す。



写真-3 砂置換法での密度測定



写真-4 ベンケルマンビームたわみ量測定



写真-5 平板載荷試験

(2) As 舗装工

As 舗装工では、転圧回数と密度の関係と、転圧開始前 As 表面温度と密度の関係を捉える必要がある。そこで、図-4 に示すように、転圧回数 P3・P5・P7 の試験エリア (以下、転圧回数レーン) と、As 温度が高温・中温・低温のレーン (以下、温度レーン) を設けた。転圧回数レーンでは、運転質量 10t マカダムローラと、7t 振動タンデムローラの2機種を使用し、約 4km/h の速度で

転圧した。なお、振動タンデムローラでは、全ての転圧回数において振動転圧した。温度レーンの転圧は、振動タンデムで転圧され、As の内部温度を棒温度計で計測後、目標温度（140、110、80℃）まで下がったことを確認し転圧を開始した。この温度レーンでの転圧回数は5回とした。アスファルト混合物の敷き均し状況を写真-6 に示す。

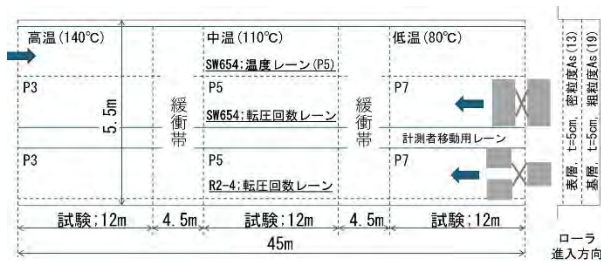


図-4 試験ヤード (As 舗装工)



写真-6 アスファルト混合物の敷きならし

使用したローラは、運転質量 7t の振動タンデムローラと、10t のマカダムローラを使用した。

計測は、転圧中に転圧管理システムでの転圧回数と As 表面温度、転圧後にコア密度を計測した。

3.2 試験結果と考察

(1) 路盤工

転圧回数と乾燥密度の関係を図-5に示す。下層・上層路盤ともに、転圧回数の増加とともに乾燥密度も増加している。このように、密度が増加傾向であれば、転圧回数を管理しておけば、密度を間接的に管理することが可能と考える。

CCVとたわみ量（ベンケルマンビーム計測）の関係を図-6に示す。両者は、バラツキがあるものの右下がりの相関関係にある。また、この図から、下層・上層ともに2つのプロット領域に分かれており、基盤に設けた健全部と弱部の影響を受けている。このことから、CCVとたわみ量は、基盤の健全部と弱部を検知していると言える。一方、図-6の健全部領域に目を向けると、近似線から逸脱しており、両者の傾向に違いがある。

CCVと K_{30} （平板載荷試験）との関係を図-7に示

す。両者は、下層において相関係数が0.9以上と非常に高く、上層においても近似線から離れている1点を除けば、良好な相関関係にある。また、図-6のたわみ量の結果と比較すると、両者の値は近似線上に分布しており、相関性の高いことが分かる。

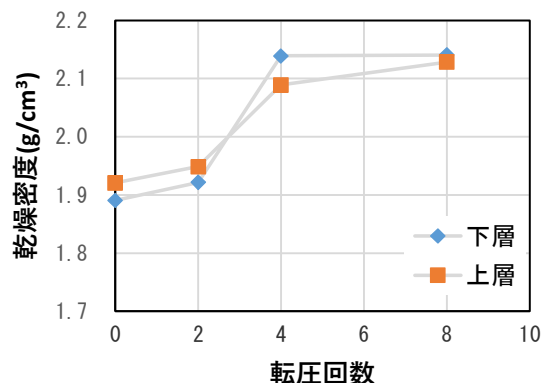


図-5 転圧回数と乾燥密度の関係

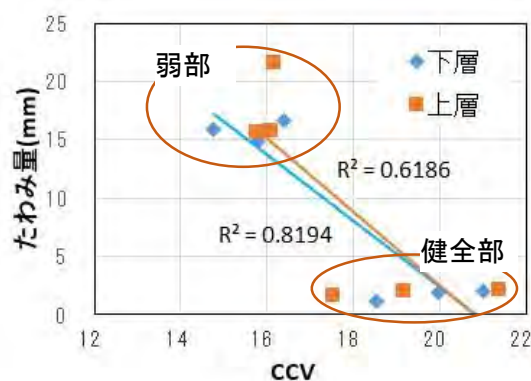


図-6 CCVとたわみ量の関係

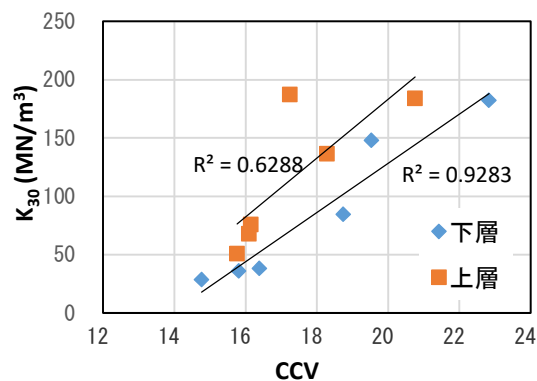


図-7 CCVと K_{30} の関係

(2) As 舗装工

転圧回数レーンにおける、転圧開始前のAs表面温度を表-1に示す。全てのエリアにおいて、規定りの110℃以上で転圧が行われた。

転圧回数とコア密度の関係を図-8に示す。上図が基層、下図が表層の結果である。路盤工の結果と同様に転圧回数の増加に伴い、コア密度も増加していることから、転圧回数管理は、密度を間接的に管理することが可能と考える。

温度レーンにおける、転圧開始直前の初期As表面温度（以下、初期温度）とコア密度の関係を図-9に示す。この図から、初期温度とコア密度には良好な相関関係にあり、初期温度管理は密度の間接的管理に有効であることが分かる。また、初期温度が高い状態で転圧を開始すれば高い密度が得られ、As舗装での初期温度を管理する重要性が認められる。

表-1 転圧開始前のAs表面温度

基層 (°C)			
	P3エリア	P5エリア	P7エリア
振動タンDEM	123.9	122.0	126.3
マカダム	124.7	127.0	132.5

表層 (°C)			
	P3エリア	P5エリア	P7エリア
振動タンDEM	128.1	119.4	133.8
マカダム	124.7	128.1	135.6

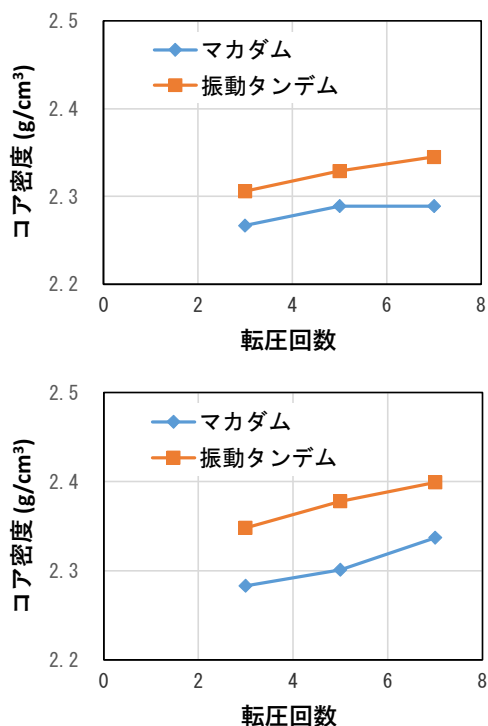


図-8 転圧回数とコア密度の関係
(上：基層，下：表層)

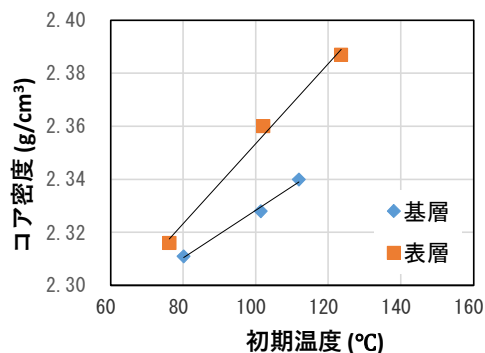


図-9 As 表面初期温度とコア密度の関係

4. まとめ

(1) 転圧回数管理（路盤工，As舗装工）

路盤工，As舗装工ともに、転圧回数を管理すれば、密度を間接的に管理することが可能であることが分かった。

(2) 加速度応答法 CCV管理（路盤工）

CCVとベンケルマンビーム測定でのたわみ量との間には、バラツキがあるものの相関関係にある。また、平板載荷試験で得られるK₃₀との間には良好な相関関係にある。これらのことから、CCV管理は路盤の剛性管理に有効と考える。

(3) As表面温度管理（As舗装）

転圧開始直前のAs表面温度と密度の間には、良好な相関関係にあり、密度の間接的管理に有効と考える。

参考文献

- 1) 国土交通省：土木工事施工管理基準及び規格値，2023
- 2) 小葉，眞壁，上野：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，建設施工と建設機械シンポジウム，2009
- 3) TS・GNSSを用いた盛土の締固め管理要領，2020
- 4) 北村，藤岡，内山ら：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2），第39回地盤工学研究発表会，2004
- 5) 中村：ローラ加速度応答法による盛土品質管理，建設機械施工，Vol.65 No.9，2013.9
- 6) 日本道路協会：舗装調査・試験法便覧（平成31年版），2019