

21. 締固め作業におけるロール振動転圧機構と 平面振動締固め機構の機能特性比較

ークローラ式振動コンパクタ深層締固め機能の有効性ー

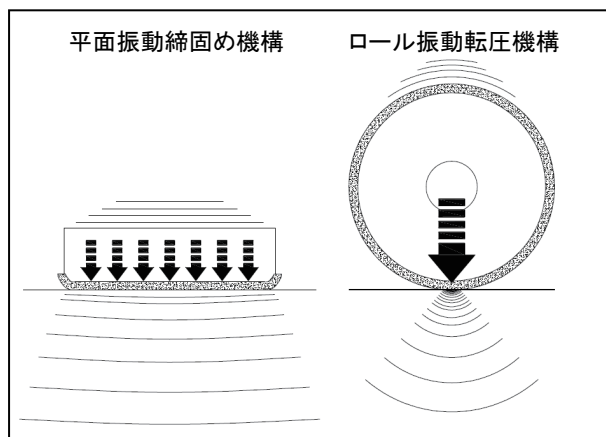
鹿島道路株式会社 ○福川光男

1. はじめに

厚層締固め作業において効率の高い平面振動締固め理論に基づいて開発された「クローラ式コンパクタ」において、従来のロール振動転圧機構との特性比較を述べ、さらにこの機能を活かした主な使用実績を紹介する。

2. ロール転圧機構との特性比較

ロール振動転圧機構と平面振動締固め機構（図－１）との特性比較は過去においていくつもの論文が発表され、平面振動締固め機構が深層締固めにおいてその有効性が立証されている（図－２）。以下に接触面形状を含めた締固めエネルギー伝達特性を比較した。

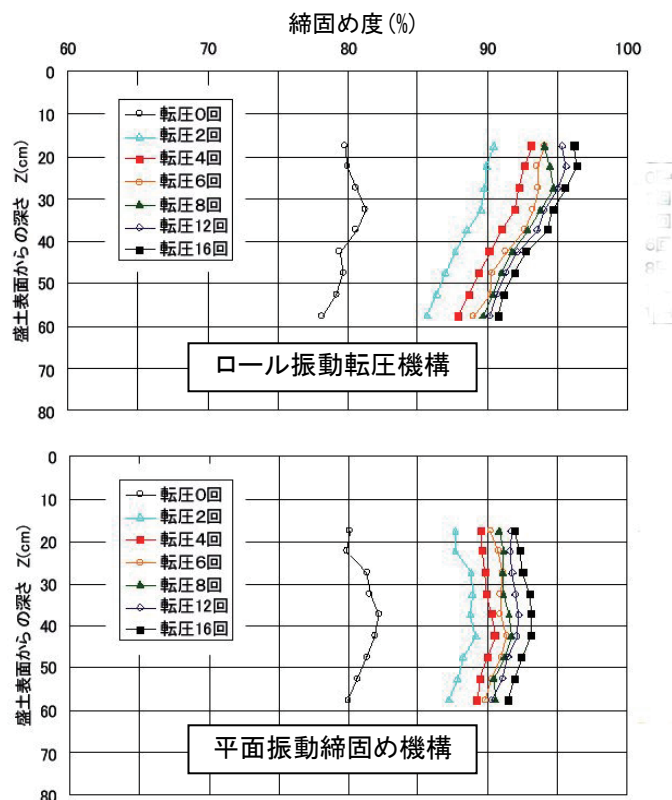


図－１ 平面振動締固め機構とロール振動転圧機構との締固めエネルギー伝達イメージ

（１）ロール振動転圧機構の特性

① 優れた移動性機能

土木工事における締固め作業において、一般的には質量のある筒状のロールを締固め対象面上で回転移動させることにより圧密面を形成させていく。文字通りロールを転がし、圧力を加える「転圧」行為となる。この機構はロールの回転方向及び回転軸の方向（方位角）を変えることによって任意に移動軌跡を描くことが可能である。従って優れた移動性機能により作業エリア間の移動も容易にできる。



図－２ 締固め機構の違いによる深さと締固め度の関係

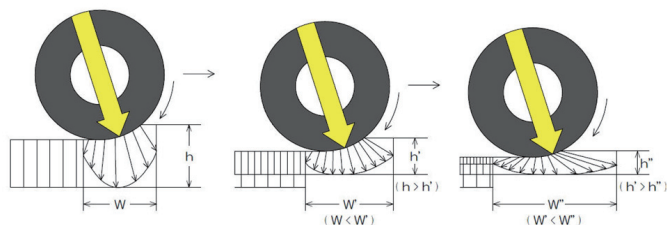
② 高い圧密特性

ロール転圧機構では締固め対象面に対してロール（バネ下）と装置本体（バネ上）重量、すなわち転圧荷重が線圧として集中する。その集中応力と回転移動する際に発生する変形応力によって圧密面を形成させていく。ロール形状（質量、直径、幅、硬度）及びエネルギー発生機構（静圧、動圧）を選択することにより、幅の広い適応性を有している。更に、円筒形状のため剛性が高く、衝撃荷重にも耐える耐変形応力性に優れている。

③ 下層方向への締固めエネルギー減衰要因と現象

通過回数を増すごとにロール接触下面には圧密層が形成され、ロールからの締固めエネルギーは分散され下方への伝達力は減少する（図－３）。故に、締固めエネルギーを高めても、圧密層の密度を高めることになり、益々強固なエネルギー遮断層

を形成させることになる。また、過度なオーバーコンパクションは盛り土材の破碎、泥状化の発生要因となる。過去の実証実験で形成された遮断層による反射振動波によって転圧表面がルーズになる現象が報告されている（写真－１）。



図－３ 転圧回数における締固め応力伝達深さと分布イメージ



写真－１ 反射振動波の実例

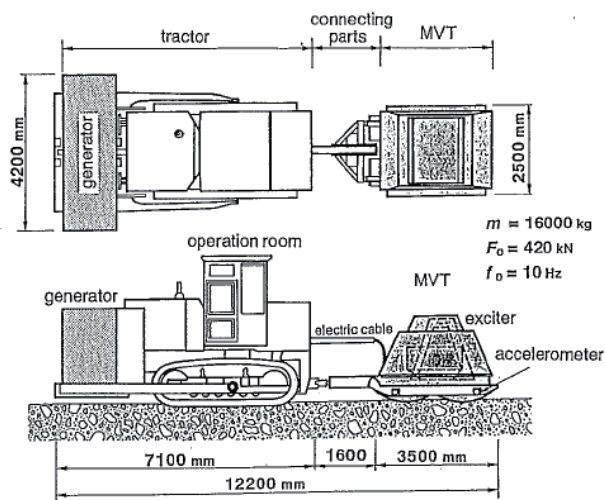
（２）平面振動締固め機構の特性

① 高い鉛直方向への締固めエネルギー伝達特性

鉛直方向への締固めエネルギーの伝達特性がロール振動転圧機構に比べ優れている要因は、締固め対象面に面接触しているため、締固めエネルギーのベクトルは鉛直方向に作用し、分散することなく下面に伝達されるのである。また締固めエネルギーは面圧として作用するため単位面積当たりの圧力は小さく、接触面材料（盛り土材）を破碎するような高い局所的な圧力が掛かることはない。反面、上層面の高い締固め度を求めることは出来ない。

② 移動時の操向機能は備わっていない

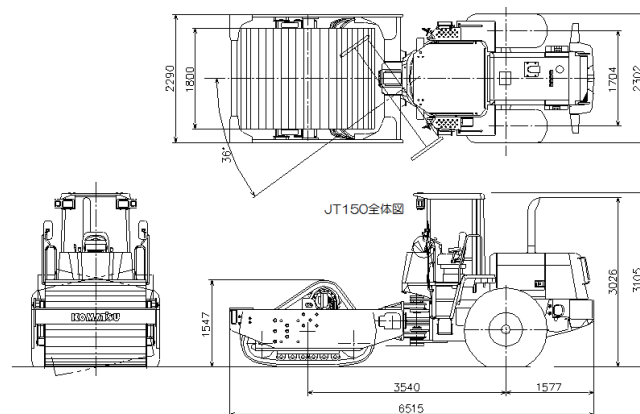
平面転圧機構は構造上移動機能が備わっていない。しかし、小型の振動コンパクタについては回転式振動機構により推進力も発生するので回転方向を変えることにより前後進ができ、人的操作が可能である。しかし、土工用の大型コンパクタにおいては質量の大きいトラクタなどで牽引することにより移動させる（図－４）。しかし、このシステムでは微妙な操向制御は困難である。



図－４ 土工用牽引式平面転圧機

３．クローラ式振動コンパクタの構造

一般的な平面締固め機構には自走機能が備わっていないため、クローラ式振動コンパクタは幅広のクローラ形状とし、内蔵された複数のトラックローラを介してトラックフレーム上に搭載した振動機構からの締め固めエネルギーを対象面に伝える構造となっている。トラックフレーム上部にはトラックリンクを駆動する油圧モータが装備され、自走が可能となっている。操向機構は動力装置を搭載した駆動ホイール式トラクタ部とのアートキュレート機構によって行う（図－５）、仕様は（表－１）を、外観は（写真－２）を参照願いたい。



図－５ クローラ式振動コンパクタ外観

表－１ クローラ式振動コンパクタの仕様

起振性能	振動タイプ		垂直振動
	最大起振力	Kgf	
	最大転圧力	Kgf	
質 量	振 動 数	Hz	14
	運転質量	Kg	16,000
寸 法	全 長	Mm	6,520
	全 幅	Mm	2,290
	全 高	Mm	2,940
	締固め幅	Mm	1,800



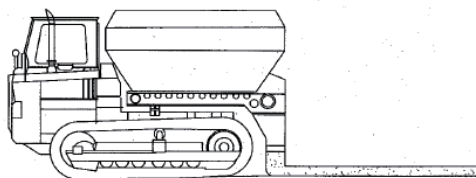
写真-2 クローラ式振動転圧機

4. 施工実績と効果

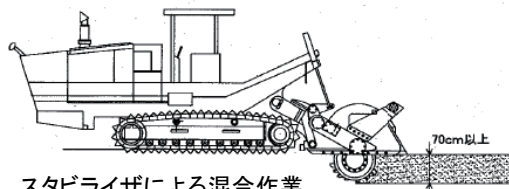
用途に応じた主な施工事例

① 深層混合（スタビライザ）後の締固め作業

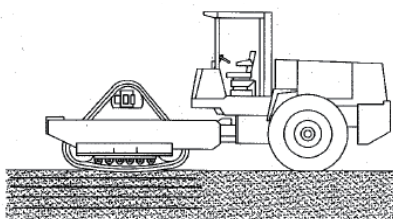
地盤土質改良工事では作業効率を高めるため攪拌装置として自走式深層スタビライザが用いられるが、混合後の締固め作業において従来の転圧機構では深層部までの締固め効果を十分に発揮することが出来ず、混合深さに限界があった。また混合直後のローラによる転圧作業のためのトラフィカビリティが確保できない場合もある。しかし、面状の締固め機構を有するクローラ式振動コンパクタは低い接地圧であるため、混合直後の締固め作業が可能である。この特性により、深層スタビライザと合わせて、大規模な地盤改良工事を実施している（図-6）。施工例として2005年7月に完成した石川県七尾市のLPガス備蓄基地の基盤整備工事が挙げられる（写真-3、4）。



ライムスプレッダによる添加剤散布作業



スタビライザによる混合作業



クローラ式振動コンパクタによる締固め

図-6 地盤改良工事での施工の流れ



写真-3 深層スタビライザによる混合作業



写真-4 クローラ式振動コンパクタによる締固め

② 路床部の凍上抑制効果

寒冷地での道路舗装構造は路床と下層路盤との間に凍結抑制層が設けられている。しかし、下層路盤の状態越冬する場合には降雨雪水が路盤へ浸透し、その水分の凍結融解作用によって、凍結や不同沈下を起こす要因となる。対策として、下層路盤施工時の締固め密度を高めることによって浸透水分を減じることが必要であり、クローラ式振動コンパクタによる追加締固めによって締固め密度を高めることが出来る。2008年旭川紋別自動車道白滝村外白滝舗装工事構造物背面転圧工事において25トンタイヤローラのみと、クローラ式振動コンパクタとの越年後の凍結融解による沈下状況比較を沈下板を事前に埋設して比較を実施した。その結果、沈下量を大幅に減ずることができ、凍上や不同沈下の抑制効果が確認された（図-7）。

表-2 凍上抑制層の締固め機械と転圧回数

使用機械	25tタイヤローラ	クローラ式振動転圧機
試験施工層	凍上抑制層(t=55cm) 火山灰	
	下層路盤工(t=50cm) RC-40	
1層の厚さ	20cm	
転圧回数	10往復	4往復
沈下板埋設場所	凍上抑制層(t=55cm) 火山灰	
沈下板埋設ピッチ	転圧境より15m, 25m, 35mの3箇所	

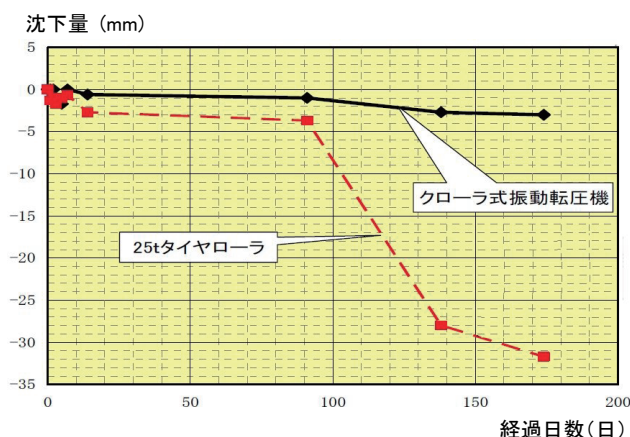


図-7 凍上抑制層沈下量の比較

③ 下層の不同沈下抑制作業

長期にわたり舗装の平坦性を確保するためには、路床面から均一な締固め度を確保することが必要である。特にボックスカルバートや橋梁部の構造物と土工部との結合箇所での不同沈下を低減させることが重要となる。最近の施工例として、北海道縦貫自動車道大沼舗装工事では従来の処理方法に加えてクローラ式振動コンパクタを使用して追加締固めを行う施工を実施し、その効果の確認作業もおこなっている(図-8)、(図-9)。この工法は深層部まで締固められることから、地震などの災害に対して補強効果も期待できることが推測される。

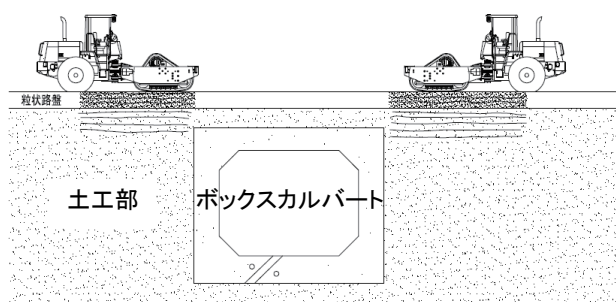


図-8 追加締固め箇所

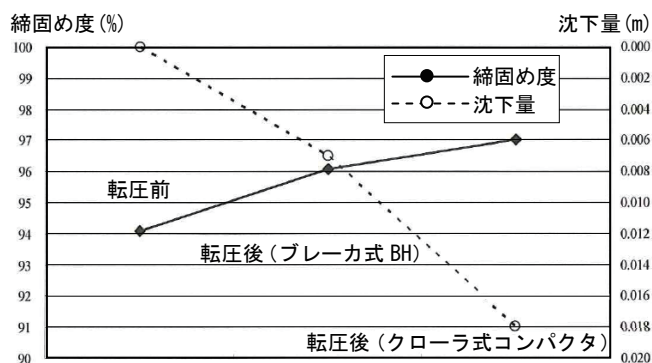


図-9 沈下量と締固め度の相関

5. 実用化の経緯と構造上の問題点、運用時の配慮

愛媛大学の室教授らの研究理論をもとに小松製作所が試作機を開発した。その後、鹿島道路は耐久性、操作部の制振機能を備えた実用機の製作を依頼し、適応現場での稼働を実現している。実用機の開発に当たっては強力な発生振動から伝達された締固め対象面からの振動を如何にキャビンへの伝達を減衰させるかが課題であった。これに対しては優れた制振機構の採用により搭乗性は改善された。また平面振動伝達機構であるため、締固め対象面に頑強な凸状部がある場合、クローラは集中応力を受けることになる。これに対抗出来る剛性を持たせる構造的検討がなされ、トラックローラの配置数、クローラ形状の改善がなされた。更に、運用にあたっては路面からの過度な集中応力が掛からないような適応現場の選択が必要である。また施工にあたっては、強力な振動伝搬が発生するため適用箇所への配慮も要する。

6. まとめ

土木構造物構築作業は一般製造業のような高品質工場生産方式と異なり、現位置製造が原則となるため、プロセス毎の施工品質管理が必要になる。締固め方法においても効率的な機能特性を生かした機種選択を行う必要がある。2002年に導入して以来、自然災害にも対応出来る強固な土木構造物の構築効果を確認しつつ、今後もクローラ振動コンパクタの活用を目指していく所存である。

参考文献

- 1) 玉川ダム RCCP 試験施工計画書
鹿島道路 1987年7月
- 2) 振動ローラ締固め作業における反射波の影響と対策
鹿島道路 1991年5月
- 3) 高リフト厚のまき土に対する遠心加振機を
搭載したローラと履带式車両の振動転圧効果
室達朗、他 土木学会論文集No.588 1998年3月
- 4) おむすびローラ JT150WA 締固め性能試験報告書
コマツ 2002年9月
- 5) クローラ式振動締固め機の開発と締固め特性
コマツ 土木学会第58回年次学術講演会 2003年9月
- 6) 旭川紋別自動車道白滝村外下白滝舗装工事
転圧効果確認試験結果報告書
鹿島道路 2006年7月
- 7) 北海道縦貫自動車道大沼舗装工事
クローラ式振動転圧機を用いた追加転圧確認施工結果報告書
鹿島道路 2011年10月