

# 情報化施工に資するリアルタイム締め固め測定法とデータの評価に関する研究

(株)砂子組 ○正員 廣上 伸二  
(株)砂子組 正員 好川 敏  
(株)砂子組 正員 田尻 太郎  
(株)砂子組 正員 成田 憲昭  
一二三北路(株) 正員 石原 敬規

## 1. はじめに

土工盛土の品質管理においては、a) 試験施工に基づいた転圧回数を GPS を利用して確認する方法、b) 砂置換法、c) 球体落下法、d) 衝撃加速度法、などを用いるのが一般的であるが、これらの方法には、1) 管理方法、2) 試験方法としてメリット/デメリットが混在する。a) は面的視覚的なリアルタイム表示が可能で 1) として優れているが、直接締め固め度を測定しないので 2) としては疑問が残る。b) は 2) として問題ないが、点的な試験であり結果が出るのに数日を要し 1) に関して優れているとは言い難い。c)、d) は、2) は問題ないが、やはり点的な試験である一方、ほぼリアルタイムに結果を得る事が可能である。著者らは情報化施工とは建設プロセスのうち施工段階の ICT 電子情報を即時的に利用し、プロセス全体の効率化や品質確保を図るシステムと考える。また測定方法として、衝撃加速度法<sup>1)</sup>が非常に合理的だと考えた。同方法と GPS を併用すれば、情報化施工のコンセプトに沿う形で、面的リアルタイムに結果を出せる締め固め測定機の開発は可能と思われる。

## 2. 試験概要

締め固め測定機は、径 30 cm の車輪を配した SUS 製の架台をローラー等に曳かせるもので (図-1)、車輪には高さ 2 cm の突起を持たせている。転圧走行中に発生する突起による架台の上下動を加速度として測定し、次式に基づき衝撃加速度法を適用した。速度は GPS 測定である。

$$P_{\max} = 0.257 \cdot \lambda^{2/5} (mg)^{2/3} v^{6/5} \quad (\text{式.1})$$

$P_{\max}$  (kN) : 車輪と地盤との最大衝突衝撃力、 $\lambda$  (kN/m<sup>2</sup>) : 地盤のラーメ定数、 $m$  : 架台の質量 0.010 (t)、 $v$  (m/s) : 地盤衝突時の車輪鉛直速度。上式はヘルツの衝撃力式<sup>2)</sup>を落体便覧と同じ方針で簡略化したものである。転圧走行試験



図-1 締め固め測定機

は、締め固め済盛土と未転圧の道路盛土に対して行った。締め固め済盛土では未転圧盛土での $\lambda$ の目標値を設定する目的で、2~6 km/h の範囲で試験走行を行い、未転圧盛土については試験施工による転圧回数 4 回以上を考慮し 5 回の転圧を行った。試験終了後に両者に対して砂置換法を実施。既往試験との整合性を確認した。

## 3. 試験結果

図-2, 3 に、各盛土での試験結果を示す。グラフの横軸、縦軸については、(式. 1)をデータ処理用に変形した次式の右辺 2 項目と左辺を用いている。右辺 1 項目はグラフの傾きであり、地盤のラーメ定数に対応する。

$$\frac{|a_{\min}|}{g} mA = \left(0.257 \beta^{6/5} \lambda^{2/5}\right) \frac{|a_{\min}|^{2/3} m^{2/3} V^{6/5}}{a_{\max} - a_{\min}} A \quad (\text{式.2})$$

$a_{\min}$  : 衝突時の最小加速度、 $V$  : ローラーの走行速度.

$a_{\max}$  : 衝突時の最大加速度、 $\beta = v/V = 0.533$ .

$A$  : 衝突過程で得た反発速度.

キーワード ヘルツの衝撃力式、転圧、締め固め測定機、面的リアルタイム連続測定

連絡先 〒060-0033 札幌市中央区北 3 条東 8 丁目-8-4 (株)砂子組 技術管理室, TEL 011-232-8231

締固め済盛土に関する図-2で、全データの線形相関の $R^2$ 値は0.881 ( $R=0.94$ )となり、非常に高い相関を示す。この回帰直線に未転圧盛土の結果を重ねると、図-3である。未転圧盛土の結果は、明らかに締固め済盛土よりばらつきが大きい。原因としては、通常転圧はブル等で敷き均した後に行われるが、今回は未整地状態で試験を行った事、さらに実施日は雨上がり直後であったため、地表の不陸整性と土中の含水比の増大によるラーメ定数の低下が大きく影響したと思われる。しかしながら図-3の各転圧時の回帰直線は、締固め不足と締固まった状態とを明確に区別していると考えられる。

以上の結果から、締め固まったと考えられる転圧回数は3回以上で当現場の目標値4回以上と整合する。また4, 5回目の傾きが3回目より僅かに小さい事に注目すれば、当方法は過転圧防止にも役立つと期待できる。試験後に実施した砂置換法による結果は、締固め済盛土93.5%、5回転圧で92.5%であり(規格値90%)既往試験とも整合した。

締固め済盛土と転圧時の回帰直線の傾き比を表-1に示す。これはラーメ定数比の0.4乗に対応し、当現場においては転圧回数3回以上、ラーメ定数に対応する傾き比で約65%以上あれば、十分であるという結果になった。

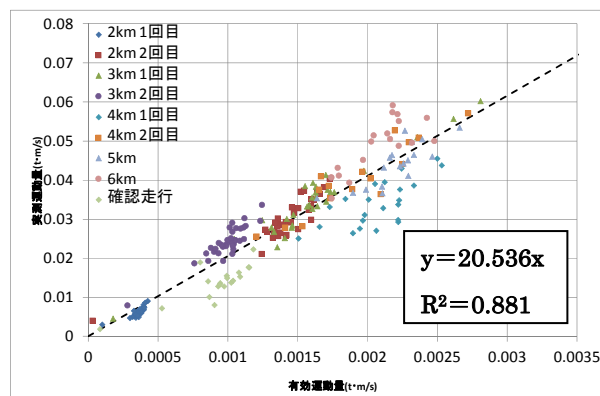


図-2 締固め済盛土

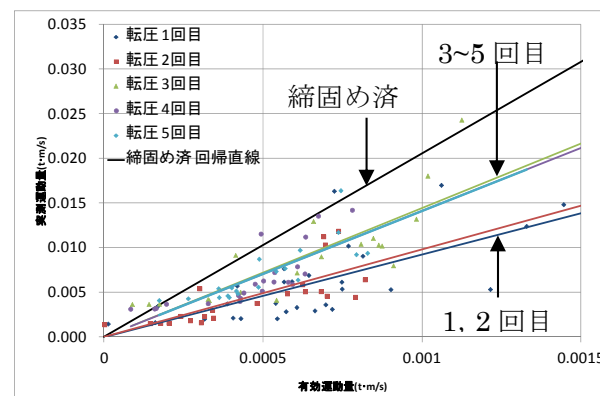


図-3 未転圧盛土

表-1 締固め済盛土と転圧時の傾き比較

	傾き	転圧／締め固め済
締め固め済	20.536	1.000
転圧1回目	9.253	0.451
転圧2回目	9.796	0.477
転圧3回目	14.455	0.704
転圧4回目	14.116	0.687
転圧5回目	14.131	0.688

#### 4. まとめ

- (1) 質量10 kg, 高2 cm落下による小さな加速度に対しても落体便覧式と本質的に同等なヘルツの衝撃力式<sup>2)</sup>は、適用可能と考えられる。
- (2) 従って図-1のような簡便な装置を用いた、締め固め度の連続測定は可能と考えられる。測定結果を情報化施工のコンセプトに沿う形で、視覚的面的リアルタイムに表示するApplicationの開発は可能である。
- (4) ブル等で敷き均した未転圧盛土では、より高い精度の結果を得る可能性がある。
- (5) 種々の含水比、土質、粒度分布による結果への影響の調査は今後の課題であるが、試験施工時のキャリブレーションとの比較により結果を出せる点は、一貫できると思われる。
- (6) 当方法は、過転圧防止にもなると期待できる。

なお図-2の傾きから推測される、締め固め済盛土のヤング率は $0.4\lambda = 5000 \text{ kN/m}^2$ 程度であり、道示下部工編の想定でN値換算を行うと約2に相当する。当現場の粘性土質盛土では不合理な値ではない<sup>3)</sup>。

#### [参考文献]

- 1) 衝撃加速度による盛土の品質管理方法, 建設マネジメント技術, 2014年4月.
- 2) 落石の衝撃力評価式, 池田憲二他, 開発土木研究所月報 No. 558, 1999年11月.
- 3) 元位置試験から推定される高速道路盛土の力学性能～ N値と $V_s$ ～, 加藤喜則他, 第39回地盤工学研究発表会, 2004年7月.