

## 転圧作業の情報化施工のための締固め測定器の開発

砂子組 ○正会員 好川 敏  
 砂子組 非会員 男澤 真樹  
 一二三北路 正会員 坂下 淳一  
 砂子組 非会員 千葉 大樹  
 砂子組 正会員 佐藤 昌志

### 1. はじめに

情報化施工は、建設事業の各種生産プロセスから ICT で取得した電子情報を「施工プロセス」に活用し高効率・高精度な施工を実現すると同時に、施工過程の電子情報を他のプロセスへ再利用する事によって、生産プロセス全体の生産性向上や品質確保を図ることを目的としている。現状では、TS（トータルステーション）をベースにマシンコントロール、マシンガイダンスの機器を用い、指定した3次元座標に即して出来型を構築するタイプが多い。この中で特に、土工の盛土に関する出来型の品質管理は、試験施工をもとにした踏んだ回数で行っているのが現状である。しかし一方で締固め管理は、球体落下、RI 法、衝撃加速度法および砂置換法で行うのが通例で、現状では様々なメリットデメリットが発生している。

衝撃加速度法（寒地土研開発）は、錘を落下させて盛土にめり込むときの加速度から締め固め管理を行う、極めて簡便で合理的な方法である。著者らはこの原理を幅広くとらえ、多様な土質にも適用出来るように改良したほか GPS との連動も可能にした

### 2. 今回開発した締固め測定器の概要

今回開発した締固め測定器は寒地土木研究所の衝撃加速度法を連続的に計れるように改良したものである。本機はリアルタイムで締固め密度を求める事、情報化施工の品質管理を主目的として GPS 連動でタイヤローラー等に取り付けるのが特徴である。すなわち砂置換法で測定した場合、結果が出るまで盛土が出来ないという事態を解消する目的もある。具体的な試験機の模式図は図-1 で、タイヤに突起を設ける事により加速度の増幅を図っている。加速度算定式にはヘルツの衝撃力公式を用いる。

$$q = k \cdot \Delta t \cdot \frac{2 \cdot 108}{2^{3/5}} m^{2/3} g^{1/15} \lambda^{2/5} v^{6/5} \quad (2.1)$$

衝撃力を(2.1)で表される力積 $q$ で考え、図-2の $q$ を測定する。 $q$ は通常キャリブレーションデータから算出することになるが、落石対策便覧と同様に地盤の固さ $\lambda$ を常数として最終的に求めるので、衝撃加速度法と本質的には同じ理論的背景を持つ。

### 3. 実験結果と考察

試験走行で得られたデータを具体的に例示すると図-3 となる。赤い波形は車輪突起の落下高さ 15cm、緑は落下高さ 2cm である。図示したように力積  $q$  に影響するものが  $\lambda$  と速さ  $v$  である。サンプリング間隔は 200Hz、92 秒間のデータである。14 秒までがタイヤローラーの加速時、その後平均時速 3.5km/h で走り、70 秒後から減速している。地面の平坦性も計測しているがここでは割愛する。

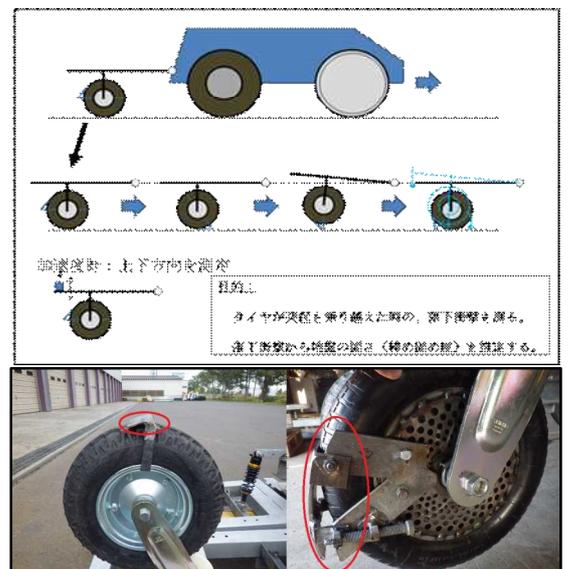


図-1 試験機概要

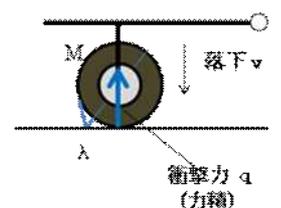


図-2 衝撃力

キーワード 情報化施工, 転圧, 締固め密度, 衝撃加速度法, ヘルツの公式, リアルタイム連続測定

連絡先 〒060-0033 札幌市東区北3条東8丁目8-4 (株)砂子組 札幌本店 TEL011-232-8231

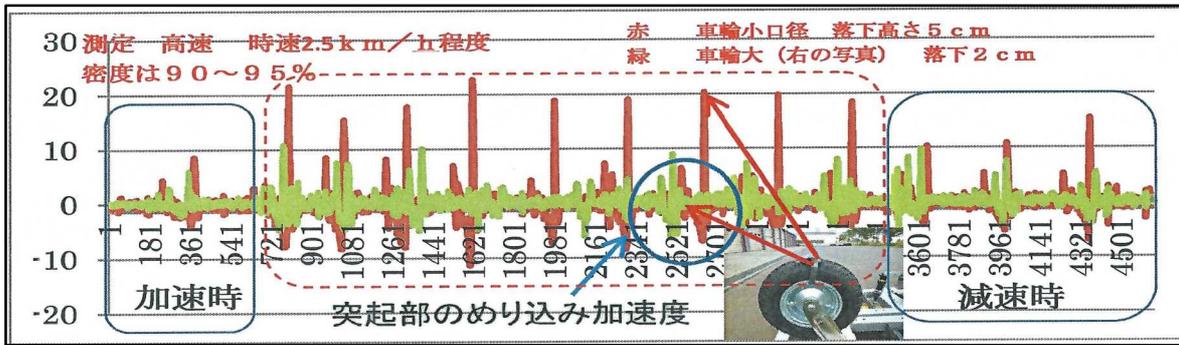


図-3 試験走行時の加速度波形

加速度はタイヤローラー速度≒落下速度に依存するが、落下高さが大きい方が加速度は出ており(15~20gal)、定速走行中はかなり均一性のあるデータが取れる。図-4 は時速 2km/h の波形を拡大し、車輪の突起部が地面に接触してから落下するまでの挙動を示したものである。落下 5cm 程度でも図中 3 波形はほぼ均一である。衝撃加速度をさらに大きくするには突起と速度を増加させれば良いが、タイヤのリバウンドも大きくなり測定波形が逆に不明確になる事態も考えられる。将来的にリアルタイムモニターでの情報取得も考慮すると、落下高さは 5cm で十分と考えられる。

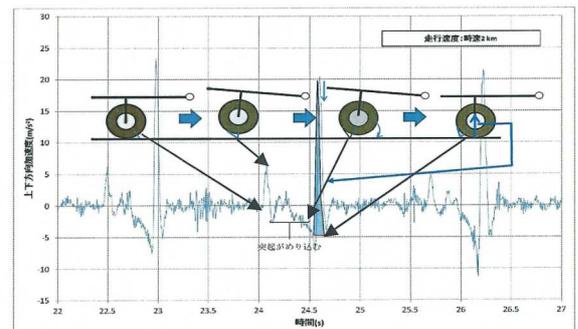


図-4 衝撃波形の特性

図-5 の赤線は図-4 のデータの全波形の単純平均を求めたもので、締め固め密度計測においては十分な精度と思われる。

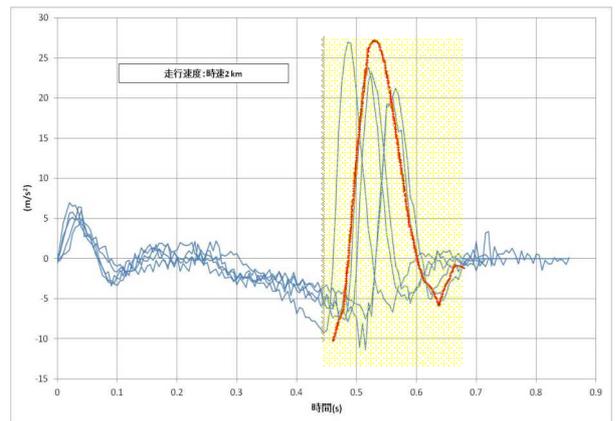


図-5 波形の重ね合わせ

同様な平均化処理を締め固め密度が 90%以上の箇所での走行速度を変化させた 18 回の走行データに適用し、式(2.1)に基づく相関を示したものが図-6 である。端的に述べると衝撃加速度=衝撃力=締め固め密度は、タイヤの質量×走行速度にほぼ比例し、相関係数 0.96 は衝撃加速度法(寒地土研)と同程度の精度を有している。

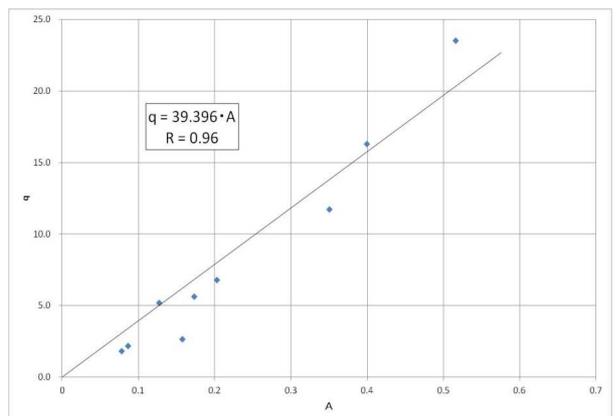


図-6 衝撃力と力積の相関

#### 4. まとめ

情報化施工における実証的成果の蓄積はいまだ不十分であり、施工機械のみに着目する改良だけでは省力化とはいえない。特に盛土に関しては締め固め密度測定に時間を要すると、施工作业が結果待ちの状態となり不合理である。情報化施工は品質管理をリアルタイムで行わないと施工効率は上がりにくいと考えられる。よって 10 分程度で締め固め密度測定可能な寒地土木研究所の衝撃加速度法や重錘落下痕を測る方法の方が、時間を要し正確であるものの 1000 m<sup>3</sup>に一回の砂置換法より品質確保の観点からはより良いという考え方も成り立つ。以上から、締め固め時にリアルタイムで密度の傾向を測定できる方式を考えその実験を行った。

#### 参考文献

建設マネジメント技術 2014.4  
 衝撃加速度による盛土の品質管理方法