

簡易たわみ量測定機（タワミール） の実用化

No. 127

建設省近畿地方建設局近畿技術事務所長

あおき はるお
青木 治男

副所長

もり てつじ
森 哲士

調査試験課長

いそいわ とおる
磯岩 徹

1. 調査の目的

現在、道路の路床・路盤の支持力を評価するためには、目視によるブルーフローリングを実施し、不良箇所はベンケルマンビームによるたわみ量測定試験（以下「ベンケルマンビーム法」という。写真 1）を行って最終品質の良否を判定している。しかし、この試験には、①荷重車通過時の輪荷重の影響により、ベンケルマンビームの支持脚が沈下する、②荷重車（8tシングル車）の減少により調達が困難である、③複輪の荷重調整が

難しい、④荷重車の走行速度にバラツキがある、⑤試験作業の安全上の問題、⑥試験条件を満たすために荷重車を過積載にする必要がある、などの問題点が指摘されている。

このような現状を踏まえ、現場で簡単にかつ精度良く、ベンケルマンビーム法から求められる最大たわみ量に相当する評価が可能で、簡易たわみ量測定機（以下「測定機」という）を開発することにした。

平成11年度は、測定機の基本性能を確認するための室内試験、ベンケルマンビーム法との相関を求めるとともに、実用化のために使用マニュアル、手引き書を作成した。

写真 1 ベンケルマンビーム法



2. 過去の経緯

平成7年度に予備的な調査を行い、平成8年度より、室内模型実験¹⁾²⁾や試作機による屋外実験⁴⁾を実施し、これらの結果を基に試作機と同等の計測機構をもつ測定機（第1号機）を製作⁵⁾し屋外実験⁶⁾を実施している。

3.

調査概要

(1) 測定機の概要

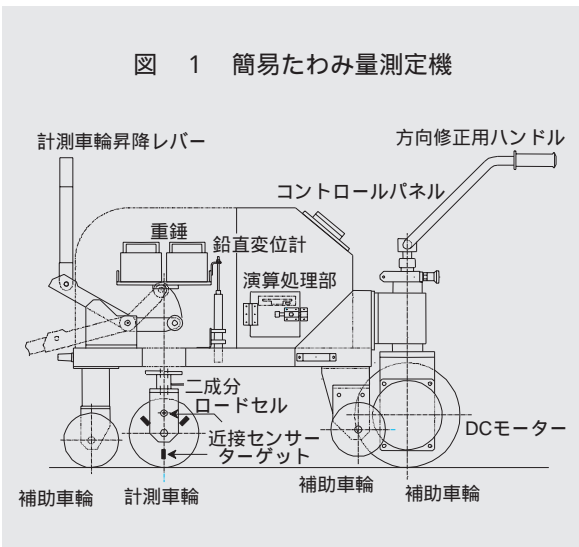
測定機を写真 2, 図 1 に示す。本測定機は、補助車輪と方向修正用ハンドルによる駆動部、計測車輪部、演算処理部、不良箇所スプレーマーキングユニット部、計測車輪昇降レバーおよびコントロールパネルにより構成されている。

測定は、連続走行によって、計測車輪に作用する走行抵抗を、200mm 間隔で収録する方法（以下「A 法」という）と、測定機を地盤上で停止させた状態で、計測車輪の静的な沈下量を求める方法（以下「B 法」という）で行う。なお、A 法での測定中に、不良箇所と判断された地盤面には、0.5 秒以内に目印となるマーキング液を噴射塗布することができる。

写真 2 簡易たわみ量測定機



図 1 簡易たわみ量測定機



(2) 測定方法

室内実験や屋外試験などから得られた地盤のたわみに関連する結果より、A 法と B 法の 2 種類の方法で測定を行うこととした。A 法から得られる走行抵抗とは、計測車輪の鉛直方向に 980N の荷重を載荷して、時速 1 km の一定速度で走行

図 2 A法とB法の区分

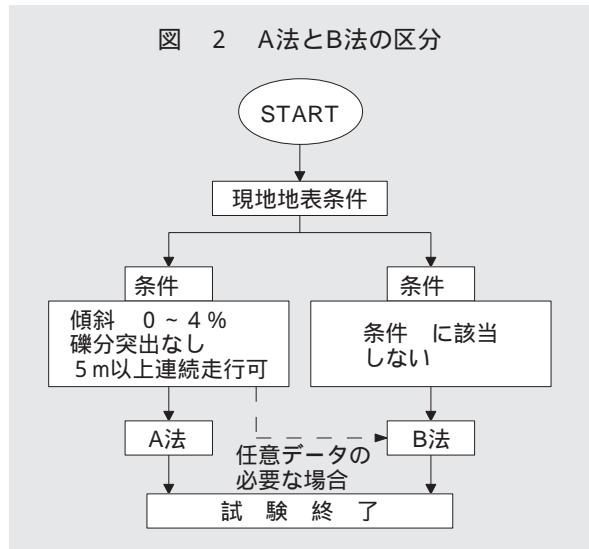


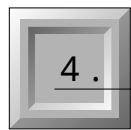
写真 3 A 法による計測



写真 4 B 法による計測



させたときに、地盤表層のたわみにより計測車輪が受ける走行方向の抵抗である。また、B法から得られる計測車輪沈下量とは、初期地盤高さを測定後、980Nの鉛直荷重を計測車輪に載荷した状態で地盤に接地させて、初期地盤高さからの計測車輪の沈下量を求めたものである。今回提案したA、Bの各測定手法は、この走行抵抗、計測車輪沈下量と地盤の最大たわみ量の関係を利用するというものである。A法とB法の使用区分を、図2、写真3、4に示す。



4. 調査結果

(1) 屋外での試験結果

本測定機で得られた走行抵抗、計測車輪沈下量とベンケルマンビーム法の最大たわみ量の関係を明確にするために、数多くの現場で試験を行った。各現場の粒度分布を図3に示す。

図4は走行抵抗と最大たわみ量との関係で、これまで行ったすべての実験結果をプロットしており、高い相関が認められ下記のような相関式(1)が得られた。

また、図5は計測車輪沈下量と最大たわみ量の関係で、データ数は少ないものの、その相関係数は走行抵抗より大きな値になっており、下記のような相関式(2)が得られた。

$$d = 0.054 \times WR - 3.66 \dots (1)$$

$$d = 2.5 \times WS \dots (2)$$

(2) 性能確認試験結果

今後、本測定機が広く現場で使用されるためには、測定機の適用範囲について明らかにすることが必要である。そのため、下記項目を把握する目的で性能確認試験を実施した。

- ① 礫の多い地盤上を走行する場合の走行抵抗への影響
- ② 粘性土の地盤上を走行する場合の走行抵抗への影響
- ③ 傾斜区間における上り走行と下り走行の走行抵抗の違い

図6は現場で実施したまさ土で締固められた

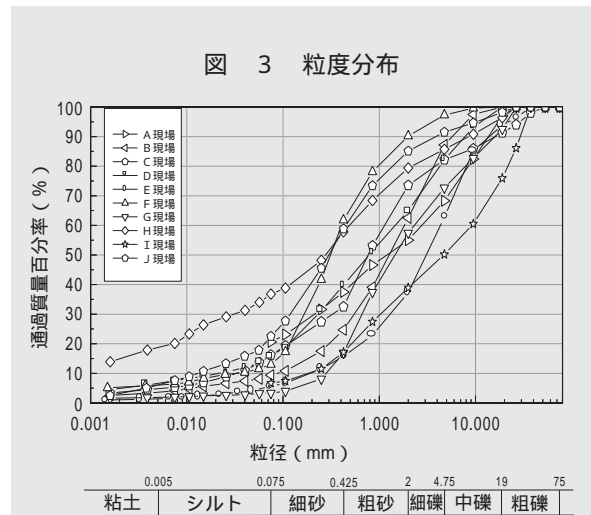


図3 粒度分布

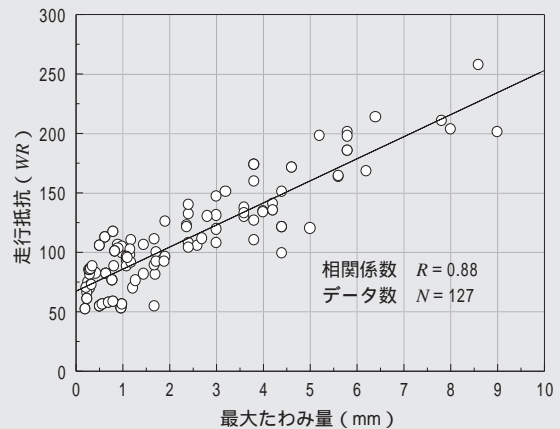


図4 走行抵抗と最大たわみ量の関係

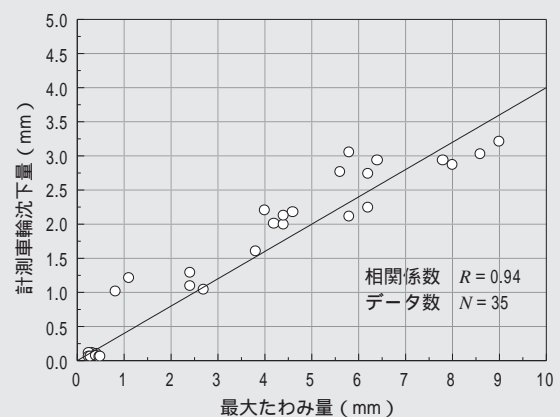


図5 計測車輪沈下量と最大たわみ量の関係

盛土地盤上と極端に礫の多い盛土地盤上をそれぞれ走行させたときの測定結果を同時に示しており、礫の多い地盤では走行抵抗が大きくばらついているのがわかる。このため、計測車輪走行後の

軌跡に礫があるかどうかの確認を目視で行うか、極端に礫が多い場合は、B法を任意の間隔で実施する等の配慮が必要になる。

図7は室内土槽で作製した粘性土地盤上を走行させたときの測定結果で、表層が軟らかいため通常の砂質地盤よりも走行抵抗は高い値を示している。また、表層の粘性土が計測車輪に付着すると、車輪径が変化し粘性土部分通過後の測定に影響を与える可能性がある。このため現場で事前に

図6 砂質土と礫の多い地盤の測定結果

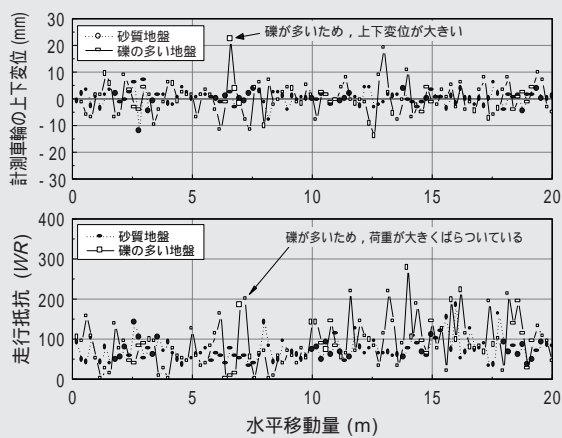


図7 粘性土地盤の測定結果

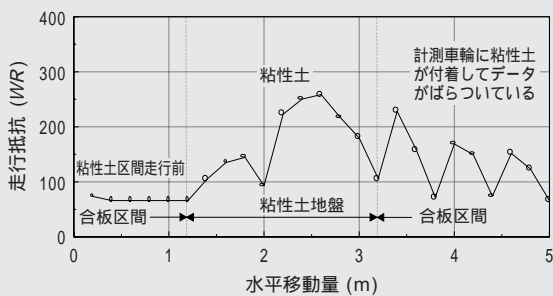
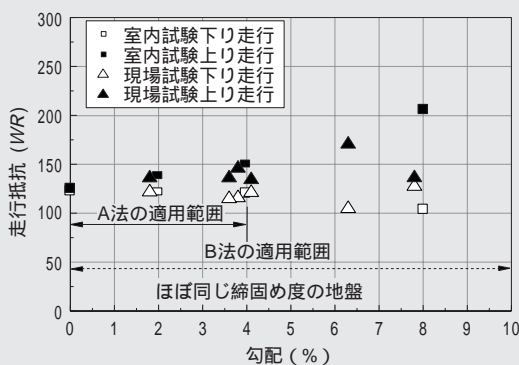


図8 走行抵抗と勾配の関係



粒度分布などを調査し、必要に応じてB法との併用を考慮する。

図8はほぼ同程度の締固め度で、異なった勾配(0~8%)の斜路を走行させた室内試験と現場試験の結果である。この結果より、勾配が4%以下であれば、上りと下りの走行抵抗がほぼ同じ値であり、さらに下り方向の走行抵抗が安定していることがわかる。このため、勾配が4%以下であれば、連続的な測定データを求めるためにA法を採用することができると思われる。しかし、勾配が4%以上になると、上りと下りの値がばらつくことや、時速1kmの一定速度を保持することが、測定機の構造上難しくなる。よって、勾配が4%以上の場合は、勾配による誤差が少ないB法を主として採用することが望ましいと考えている。

(3) 管理基準(案)の作成

屋外試験、性能確認試験の結果に基づき、簡易たわみ量測定機マニュアル作成委員会(委員長 谷本喜一神戸大学名誉教授)において使用マニュアル(「簡易たわみ量測定機による試験方法」平成12年3月)を作成した。次表の管理基準(案)は、このマニュアルを参考にしている。

5. 今後の計画

今後は、使用マニュアルおよび利用の手引きを活用して、

- ① 現場への普及
- ② 管理基準(表)のオーソライズ化
- ③ 特許が認定されれば、特許権実施契約を締結し、測定機の量産化

等を行い、将来的には、測定機を土工事施工管理の中心として活躍させる計画である。

謝辞

本測定機は、愛称の応募にご協力いただいた一般および有識者の方々から、共同開発者として、(財)地域地盤環境研究所を筆頭に、(株)浅沼組、(株)新井組、奥村組土木興業(株)、(株)松村組の

表

管理基準（案）

建設省における道路土工・下層路盤工の管理基準であるブルーフローリングは、測定によってたわみ量を推定する。このため、数値で評価するたわみ量測定は実施していない。よって、簡易たわみ量測定機の管理基準値算定に用いるたわみ量規定値は、一連の現場実験のデータに基づき、道路土工 5 mm、下層路盤工 3 mm とした。

表 1 の、換算たわみ量算定式(1)、(2)より算定した走行抵抗 (WR)、計測車輪沈下量 (WS) を、簡易たわみ量測定機の管理基準とする。

表 1

	道路土工	下層路盤工	備考
走行抵抗 WR(N)	160	120	
計測車輪沈下量 WS(mm)	2.0	1.2	

換算たわみ量算定式（マニュアル p.6 参照）

$$d = 0.054WR - 3.66 \quad (1)$$

$$d = 2.5WS \quad (2)$$

ここに、

d：ベンケルマンビームによるたわみ量試験の最

大たわみ量 (mm)

WR：走行抵抗 (N)。Wheel Resistance の略称で、計測車輪に 980N の鉛直荷重を載荷して、時速 1 km の一定速度で走行させたときに、地盤表面のたわみによって生じるくぼみを計測車輪が乗り越える際に受ける走行方向の抵抗に伴う値。

WS：計測車輪沈下量 (mm)。Wheel Settlement の略称で、計測車輪に 980N の鉛直荷重を載荷した状態で、地盤表面に静的に接地させた時の沈下量。

基準値の算定

道路土工の場合

WR は(1)式に $d = 5$ mm を代入して求める。

$$5.0 = 0.054WR - 3.66$$

$$WR = (5.0 + 3.66) \div 0.054$$

$$160.37$$

$$160$$

WS は(2)式に $d = 5$ mm を代入して求める。

$$5.0 = 2.5WS$$

$$WS = 5.0 \div 2.5$$

$$= 2.0$$

研究者の方々、そして、マニュアル作成に際し、委員長の神戸大学名誉教授の谷本喜一先生や委員の大阪市立大学工学部の大島昭彦先生をはじめとするマニュアル作成委員会のメンバーの方々にとり、多くの皆様のご協力とご指導により完成したものであり、関係各位に深く感謝の意を表する次第であります。

愛称の命名

平成10年度の土木の日展において、チラシを配布して広く一般に愛称を募集し、応募総数89点の中から、簡易たわみ量測定機愛称選考委員会（委員長：近畿技術事務所長）において、創造性・ユーモアのセンス等を選考基準に協議を重ね、特選1点（タワミール：愛称に採用）、入選2点（タワミル・ロードマスター）を選定した。

【参考文献】

- 1) 車輪荷重走行時の地盤挙動 その1, 土木学会第52回年次学術講演会概要集
- 2) 車輪荷重走行時の地盤挙動 その2, 土木学会第52回年次学術講演会概要集
- 3) 車輪荷重走行時の地盤挙動に関する実験的研究, 第33回地盤工学研究会発表会
- 4) 車輪荷重走行時の地盤挙動 その3, 土木学会第53回年次学術講演会概要集
- 5) 簡易たわみ量測定機の開発 その1, 土木学会第54回年次学術講演会概要集
- 6) 簡易たわみ量測定機の開発 その2, 土木学会第54回年次学術講演会概要集
- 7) 簡易たわみ量測定機の実用化, 第35回地盤工学研究会発表会