

計測頻度が特性曲線法に及ぼす影響に関する研究

施工技術総合研究所 正会員 ○鈴木 健之
 東京都立大学大学院 正会員 土門 剛
 東京都立大学大学院 正会員 西村 和夫

1. 目的

近年、都市部でも山岳工法で施工されるトンネルが増えてきている。その場合、周辺構造物への影響を把握することが重要である。そのため、地表面沈下を予測することにより、事前設計の妥当性などを確認することが必要となる。本研究では特性曲線法を用いて地表面沈下を求める場合を対象に、地表面沈下の計測頻度が特性曲線法から求められる解析結果に及ぼす影響を調べることににより、現在行われている計測頻度の妥当性や地表面沈下データ数の少ない現場における本解析手法の適用性の確認を目的としている。

2. 解析手法

解析は図1に示す特性曲線法で行った。特性曲線法は切羽進行曲線、応力解放曲線、地山特性曲線の3曲線から沈下曲線を求め、これと実測の沈下曲線で残差の二乗和を計算し、残差の二乗和が最小になるまで応力解放曲線と地山特性曲線のパラメータを変化させ、パラメータ値を決定する方法である。

応力解放曲線には次式で表される非対称成長曲線のゴンベルツ曲線を用いる。

$$\lambda = ka^{bt} \quad (1)$$

ここで、 λ ：応力解放率、 k ：飽和解放率、 a ：切羽到達時の応力解放率、 b ：沈下勾配に関するパラメータ、 t ：切羽からの距離（m）

とする。また、本解析では a, b をパラメータとしている。

後述の3.で述べるが、本解析で対象としたトンネルは既往文献で弾性挙動が支配的であるとされていることから、地山特性曲線には式(2)で示される Jeffery の弾性理論解を用いた。

$$u = (1 - \nu^2) \frac{p}{E} \frac{4r_0^2(h + r_0)}{(h + r_0)^2 - r_0^2} \quad (2)$$

ここで、 u ：地表面沈下量（m）、 ν ：ポアソン比、 p ：トンネル内空に見かけ上作用する内圧（MPa）、 E ：見かけの弾性係数、 r_0 ：トンネル半径（m）、 h ：土被り厚（m）+トンネル半径（m）

とする。なお、本解析では E をパラメータとして用いる。

3. 解析条件

解析対象トンネルのAトンネルは、土被り高さおよび施工方法がほぼ一定であり、地質もほぼ均一である砂質地山で、挙動は弾性的であったと報告されている。解析に用いた諸物性値とパラメータの初期値は表1に示す通りである。解析モデルとして馬蹄形の掘削断面を等価な断面積に換算した円形トンネルを等方等質な地山にベンチを考慮せずに全断面掘削するものと仮定した。また、地表面沈下量データは測点780～870までの計11測点のデータ

表1 緒物性値とパラメータ初期値

単位体積重量（kN/m ³ ）	17	パラメータ a（初期値）	0.3
ポアソン比	0.3	パラメータ b（初期値）	0.8
トンネル半径（m）	5	パラメータ E（初期値）（MPa）	30
土被り厚（m）	8.3～10		

キーワード：地表面沈下、弾性解析、地山特性曲線、応力解放曲線

連絡先：〒417-0801 静岡県富士市大淵 3154 TEL (0545)35-0212

を用い、解析に用いた地表面沈下量のデータは図 2 に示すように切羽進行に伴う沈下曲線であり、- 2D ~ 5D の範囲で 1D 毎（- 2D、- 1D、0、1D、2D、3D、4D、5D）にデータを抽出し、それを解析に用いて全データを用いた時と比較検討した。なお、計測がされていない場合はその近傍のデータを用いるものとした。

4. 解析結果

図 3 にパラメータ a の比較を、図 4 にパラメータ b の比較、図 5 にパラメータ E の比較をそれぞれ示す。図 3 よりパラメータ a では 860 以外の測点ではすべてのデータで解析した結果とほぼ一致していることを示している。測点 860 が一致していないのは、切羽が到達したときのデータ（ $t=0$ ）が計測されていないかったため、切羽通過 1m 後のデータ（ $t=1$ ）を用いたことによる誤差であると考えられる。図 4 よりパラメータ b は地表面沈下曲線の接線勾配を表すパラメータであるので、パラメータ値はデータ数に関わらずほぼ一定の値をとることが確認できた。また、図 5 よりパラメータ E は解析から求められる地表面沈下曲線の最終変位を表すパラメータであるので、パラメータ E の値はデータ数に関わらずほぼ一致した値をとることが分かる。

以上のことから次の 2 点がわかった。

- ・ 代表的な値を抽出しても沈下曲線の接線勾配や収束後の沈下量に大きな差が出ない。つまり、データにばらつきがない沈下曲線となることから、精度の向上を目的として計測頻度を高める必要はない。
- ・ 切羽到達時の沈下量は一つの重要な指標となっているため、その値が計測されているか否かで結果が異なってくる。このことからまた、施工管理上からも切羽通過時の沈下量を早期に計測することが重要である。

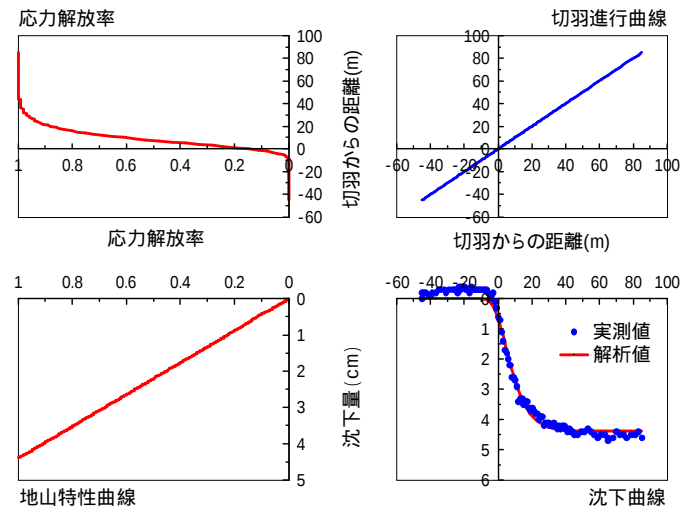


図 1 特性曲線法の概略

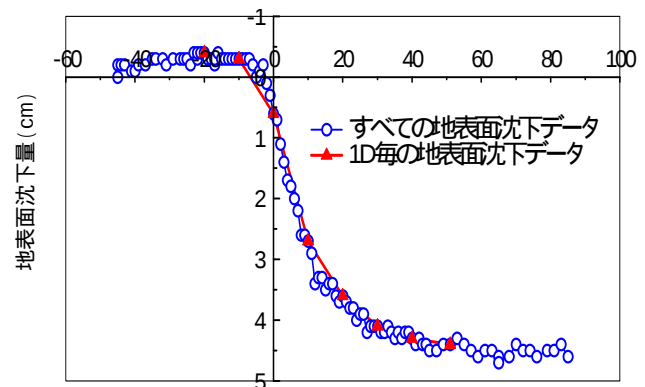


図 2 地表面沈下量データ

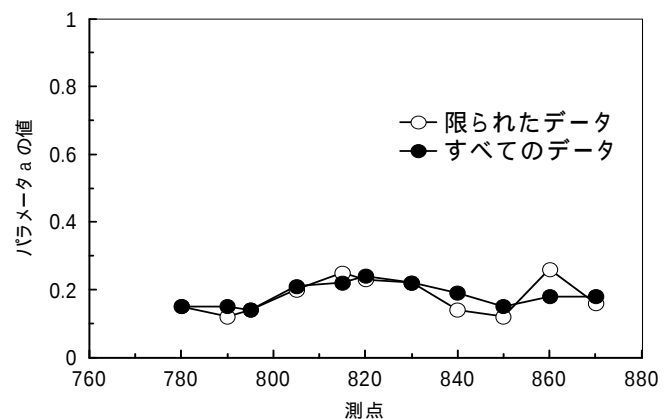


図 3 パラメータ a の変化

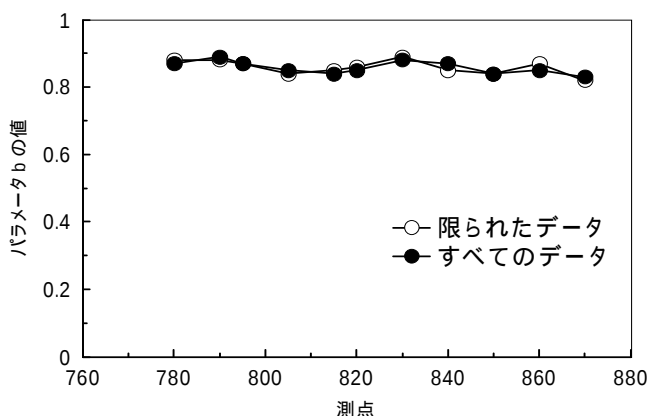


図 4 パラメータ b の変化

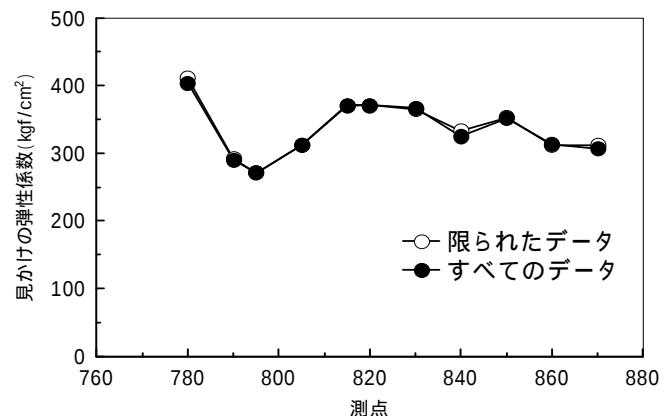


図 5 パラメータ E の変化