

特性曲線法によるトンネル掘削時の地山挙動の予測

東京都立大学大学院 学生員 鈴木 健之
 東京都立大学大学院 正会員 西村 和夫
 東京都立大学大学院 正会員 土門 剛

1. 背景と目的

現在、山岳トンネルの掘削工法は NATM が標準工法となっている。特に都市 NATM では観察、計測の結果を利用し、事前解析および事後解析により次の地山の掘削に伴う挙動を予測する必要がある。そのため、数値解析手法が用いられることが多い。しかし、数値解析手法は複雑な解析モデルにすると入力パラメータは増加し、現場の物性値は限られていて、物性値を仮定せざるを得ないことから入力物性値の精度が落ちるという欠点がある。

そこで特性曲線法の基本的で簡明な解析モデルを用いることにより入力パラメータを減らすことができ、また、モデルや結果に対して工学的判断が加えやすくなるという利点がある。本研究ではこの利点を活かすために特性曲線法を用いて、その適用性と妥当性を確認し各パラメータの特性を調べることを目的としている。

2. 解析概要

1) 解析方法

解析方法を図1に示す。まず、切羽進行曲線の切羽からの距離を応力解放曲線に代入すると応力解放率が求まる。その応力解放率から内圧を求め、地山特性曲線に代入し、理論上の変位量を求める。理論上の変位量と測定日時が交差する点を結ぶと理論上の変位曲線が求まる。この理論上の変位曲線と現場のデータから描かれる実測の変位曲線の残差の二乗和が最小になるようなパラメータを求める。各計測地点で同様の解析を行う。

2) 解析対象トンネル

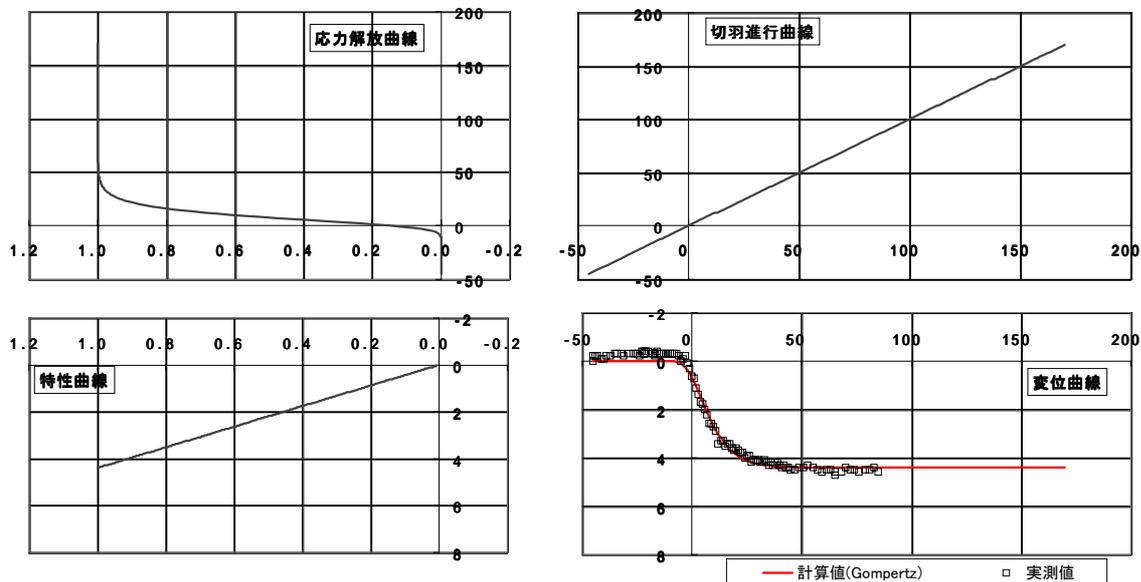


図1 4曲線の相関図

この手法の妥当性を確認するために地形地質条件が均一であること、計測が先行変位を含めて行われていることが望ましい。そこで土被り、地質がほぼ一定で計測結果が比較的整っている成田新幹線取香トンネルのデータを用いて解析を行った。各計測地点の土被りは約 9m で、また解析に用いた物性値はトンネル径 10m、単位体積重量

キーワード 応力解放曲線 地山特性曲線 弾性解析

連絡先 〒192-0397 東京都八王子市南大沢 1-1 Tel:0426-77-1111(ext4567) Fax:0426-77-1223

1.7(gf/cm³)、ポアソン比 0.3、内部摩擦角 30°、一軸圧縮強度 0.94(kgf/cm²)となっている。なお、物性値の一軸圧縮強度、内部摩擦角は土質試験報告書に記載されている値を平均したものである。実際のトンネルは幅 10.7m、高さ 9.55m、ベンチ長 15m で施工されているが、各計測変位に下半掘削時の挙動が明確に現れていないこと、取巻トンネルの関連論文、報告書では地山はほぼ弾性的な挙動を示していることが報告されていること、土被りが 1D と浅いことから、解析モデルは半径 5m のベンチを考慮しない円形とし、土被りの影響を表現できる Jeffery の弾性解を用いた。また、応力解放曲線として非対称の成長曲線であるゴンペルツ曲線を用いた。ゴンペルツ曲線は以下の式(1)で表される。

$$\lambda = k a b^l \quad (1)$$

なお、本研究ではこの式の変数 a,b,k と地山特性曲線の弾性係数 E をパラメータとして用いる。また、この解析では通常内空変位を用いて解析を行うが、本研究では計測の容易さ、先行変位が計測可能であるという点から地表面沈下を用いて解析を行った。

3. 解析結果

解析は表 1 に示すような3ケースのパラメータの組み合わせについて行った。それぞれの解析のパラメータ変化のグラフを図 2~4 に示す。

4. 結論、考察

これらのグラフから a および b はどのケースでもほぼ一定の値をとっていることが分かる。また、パラメータ k, E が実測の地表面沈下量に応じて変化している。k は地表面沈下が大きくなると大きくなる。そのため地表面沈下が大きくなると k が 1 を越える。地質変化による挙動をすべて k で吸収せざるを得ない結果、k が 1 を越え、初期地山応力より内圧の方が大きくなり、理論的に矛盾する。k をパラメータにすることは地層評価が実際よりも良い場合、例えば、地盤としては無く、供試体レベルでの評価となった場合などは k が過大に評価される危険性を示している。よって Case1,3 はパラメータの組み合わせとして不適である。パラメータ E は支保や加背割りの効果を含んだ見かけの弾性係数なので地質変化にあわせて変化し、いわゆる、見かけの弾性係数としての値を示す。この例では加背割りや支保の効果を含んでいる可能性があるが、a,b との関係を通直に明確にする必要がある。これらのことから Case2 のパラメータの組み合わせが最も適していると考えられる。

表2 凡例

菱形	a	正方形	b	丸	h/h(max)
×	k	横棒	E/E(max)	三角	u/u(max)

表1 パラメータの組み合わせ

	a	b	k	E
Case1	○	○	○	×
Case2	○	○	×	○
Case3	○	○	○	○

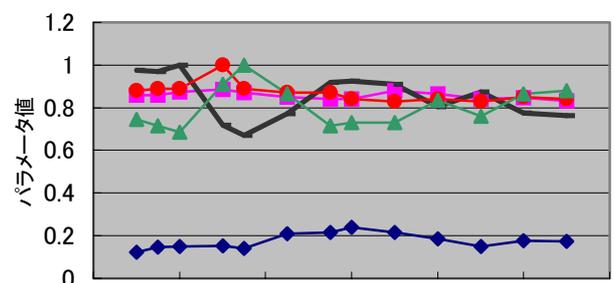


図 2 Case1 パラメータ変化

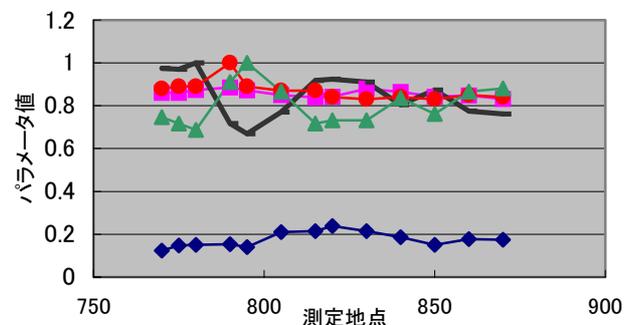


図 3 Case2 パラメータ変化

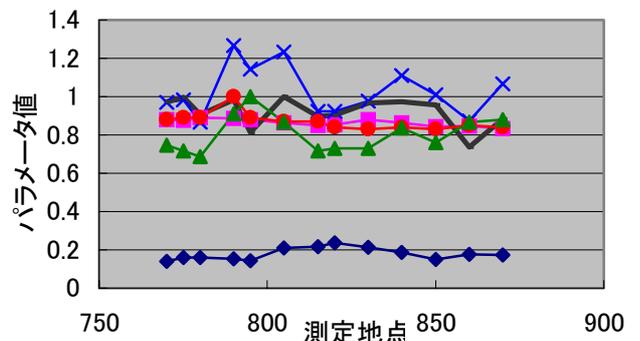


図 4 Case3 パラメータ変化