

III-367

地山特性曲線に関する実験的研究（2）

東京都立大学 学生員 志水 伸二

東京都立大学 正会員 今 田 徹

横浜市交通局 正会員 佐藤 誠

1. 目的

今日、NATMは山岳トンネルのみならず、都市部のトンネルにおいても採用されるようになってきている。この工法ではできるだけ地山の一体化を図り、地山自身の持つ強度を有効に利用することが設計の主要な考え方である。このためには、地山と支保工の相互作用を適確に把握し、地山の挙動と支保工とが均整のとれたものとする必要がある。地山の挙動と支保工の作用の関係を示す考え方の1つとして地山特性曲線法がある。しかし、特性曲線は一般に概念的、定性的にとらえられている面が強く、実証的な把握が遅れている。そこで、地山特性曲線法が実際の地山挙動を表現しうるか、また、計算法との対応をみるため小型の模型実験を行った。

2. 実験概要

単純な条件下で実験し、かつ計算の仮定に合わせるため、形状は円形、材料は等質等方、平面歪状態、荷重は側圧係数1、という条件下で実験した。

実験装置の概要を図-1に示す。鉛直方向の荷重はアムスラー、水平方向の荷重は10tの油圧ジャッキを二本用いて手動ポンプにより载荷した。また、内圧は図-2に示すゴムチューブにより载荷した。

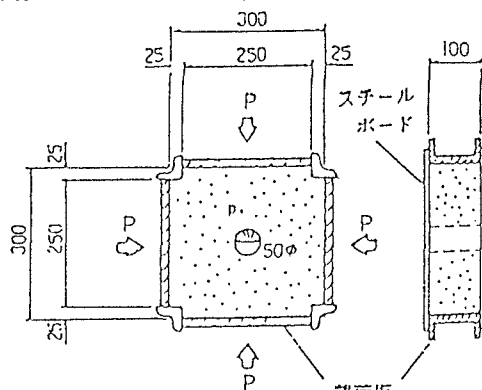


図-1 実験装置概要と载荷方向

円孔の変位及び内圧の測定は、ゴムチューブの中に油を満たしたものを円孔に挿入して行った。円孔の変形によって押し出された油をビューレットスタンドパイプに導き、その油量によって円孔の変位を知ることができる。内圧は油圧を圧力センサーで測定した。

供試体は、砂又はベントナイトに水とセメントを少々加えたものを練り混ぜて養生して使用した。材料の物性値は、一軸及び三軸圧縮試験により決定した。実験には表-1に示す、内部摩擦角、粘着力が異なる3種類の供試体を用いた。

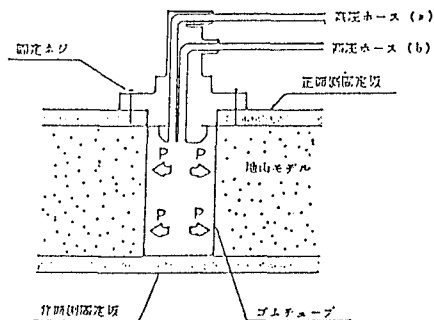


図-2 孔内载荷変位測定装置

表-1 実験材料の物性値

	材料 A	材料 B	材料 C
ポアソン比 ν	0.40	0.33	0.43
弾性係数 E (kgf/cm^2)	115	199	243
一軸圧縮強度 q_u (kgf/cm^2)	0.98	2.47	0.68
内部摩擦角 ϕ (deg)	10.8	30.2	45.1
粘着力 c (kgf/cm^2)	0.4	0.7	0.1
単位体積質量 w (g/cm^3)	1.158	1.743	—

実験は、図-1の载荷枠に供試体を打設し、6日間養生した後、アムスラーに枠ごとセットし、外圧と内圧が等しくなるようにしながら、所定の初期地山応力に達するまで载荷し、次にトンネルの掘削を模擬するため、外圧を一定に保ったまま、ゴムチューブの圧力を徐々に下げ内空変位を測定した。

3. 実験結果

図-3は、材料の異なる場合の地山特性曲線の相違である。内圧の低下に伴い変位は増大するが、材料A（内部摩擦角 ϕ の小さい材料）では、内圧の低下に伴う変位の増加量が大きくなる。また、材料C（ ϕ の大きい材料）は、変位が少なく内圧が0でも変位は収束している。材料Bは内部摩擦角がA、Cの中間であり、地山特性曲線も両曲線の間にある。

図-4は、材料Bの実験の結果と材料の物性試験から得られた定数をそのまま用いて解析値（Eggerの理論式）と比較したものである。最終変位量については大略合っているもののトンネル掘削初期の変位に差が見られる。この原因は物性試験における弾性係数と実験時の弾性係数が相違しているためと考えられるが、弾性係数を大きくとれば変位は小さくなり最終変位量が合わなくなる。

一方、物性試験の結果では歪軟化現象が見られた。図-5はこれ等の点を考慮した有限要素法による計算の結果を示している。計算に用いた応力-歪関係は、歪軟化状態の負の変形係数を0.4E、残留強度を0.4 q_u 、残留状態の変形係数を0と仮定した。ほぼ実験の結果を説明できる結果となっている。

4. まとめ

本研究では、模型実験によって地山特性曲線を求め、実験結果と解析値を比較しながら地山特性曲線の一般的傾向を明らかにした。

地山強度比、弾性係数、内部摩擦角等、物性値の影響が顕著に現れた。特に地山強度比が小さい場合、内部摩擦角の大きい砂質の地山では、内空変位量の増加によって半径方向応力は急激に減少するが、内部摩擦角の小さい粘土質の地山では、内空変位量の増加による半径方向応力の遞減効果は小さい。

地山特性曲線はトンネルの掘削に伴う地山の挙動を的確に表現する有効な手段であることが確認された。今後は、地山の物性値をよりの確に把握するための計測手法の確立や、より実際の地山に即した状態での解析が必要である。

参考文献 地山特性曲線の実験的研究” 今田, 野々上, 佐藤

1987.10 J.S.C.E 年講Ⅲ

トンネル設計における地山特性曲線に関する実験的研究” 佐藤

1987.2 修士論文

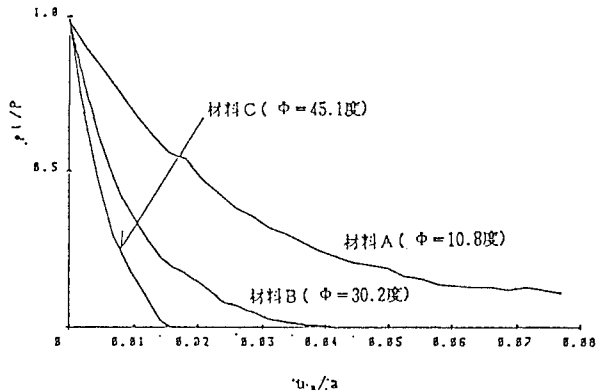


図-3 内部摩擦角の影響

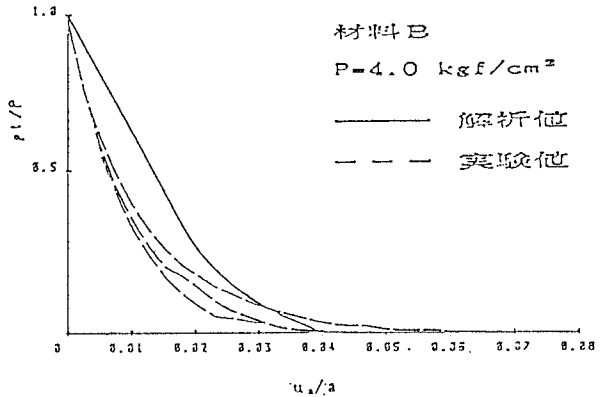


図-4 解析値との比較(材料B)

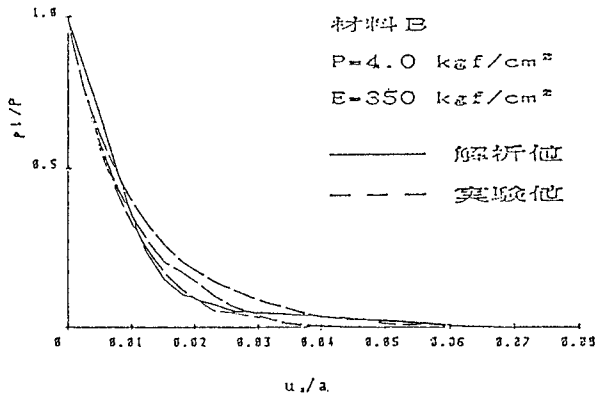


図-5 歪軟化現象を考慮したFEM解析との比較(材料B)