

東京都立大学 学生員 〇佐 藤 誠
 東京都立大学 正会員 野々上 良男
 東京都立大学 正会員 今 田 徹

<目的>

支保工の合理的な設計のためには、トンネルの掘削に伴う周辺地山の挙動と支保工の力学的な特性を把握し、地山の挙動と支保工の特性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。地山特性曲線法は支保工と地山のそれぞれについて半径方向の応力と変形を示す曲線を描き、交点を求めてトンネルの安定する状態を予測し、最も合理的な支保の設計をしようとするものである。しかし、特性曲線は一般に概念的、定性的にとらえられており、定量的に把握されていない。これは、複雑な条件下の現場計測では、直接的に地山特性曲線を求めるのは困難であり、また、計算では条件を単純化せざるを得ないためである。そこで、地山特性曲線の実在を確認、計算法との対応をみるため、小型の模型実験を行なった。

<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、荷重は等圧、という条件下で実験した。そのため、鉛直方向と水平方向の荷重を等しく載荷したり、供試体をスチールボードで挟み、トンネル軸方向の変形を抑制する、などの処置を施した。

供試体は、砂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。理論値の計算に必要な材料の物性値は、一軸及び三軸圧縮試験により決定した。形状と寸法は図-2に示す通りである。

実験装置は、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2本用いて手動ポンプにより載荷できるような構造とした。また、荷重は等分布荷重として載荷されるよう、載荷板を介して行うようにした。

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

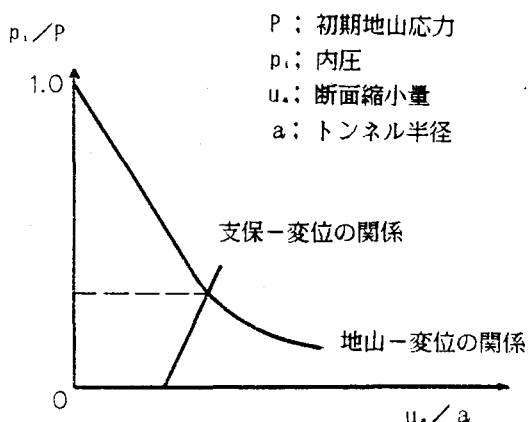


図-1 支保及び地山と壁面変位の関係

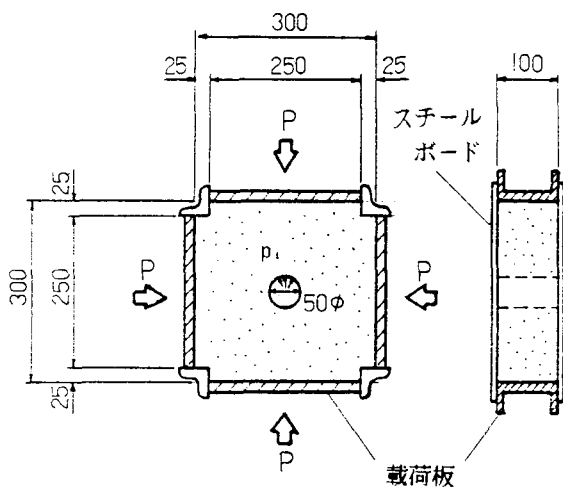


図-2 供試体寸法と載荷方向

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。

<実験結果>

実験結果の一例を図-3に示す。実験結果にはEggerの理論による計算値を同時に示す。

全体的傾向をみると内圧の低下に伴って変位は増大するが、特に $p_i/P = 0.3 \sim 0.2$ 以下、すなわち円孔周辺に塑性領域が形成されたと考えられる部分では、内圧の低下に伴う変位の増加量が大きくなる。値そのものは異なっているものの、特性曲線の形状は実験結果と理論値とで良く一致している。

理論値において直線の部分に相当するところが、実験値では緩やかな曲線状になっているが、これは材料の圧密など、理論では考慮されていない現象による影響であると考えられる。

さらに、実験値と理論値が異なる理由としては、理論の仮定が供試体の力学的性質を必ずしも適切に表わしていないことや、理論の計算に用いた物性値の選択が適切でなかったなどが考えられる。

<まとめ>

塑性領域が生じるような場合、内圧が変位に与える効果は内圧が大きい部分よりも小さい部分の方が大きく、特性曲線の形状は、変位が小さい部分では比較的直線に近く、変位が大きくなると次第に傾きが小さくなる右下がりの曲線となる。すなわち、一般的に考えられている地山特性曲線と実験の結果は傾向が同じであり、また、特性曲線法によるトンネルの設計は有効な手法であることが示唆されている。また、Eggerの式によって、概略の特性曲線は求めることができるものと考えられる。

今後は、吹付コンクリートやロックボルト等の支保が地山特性曲線に与える影響を検討し、三次元的な解析や時間依存性を考慮するなど、より実際の状況に即した方向へ研究を進めていきたいと考えている。

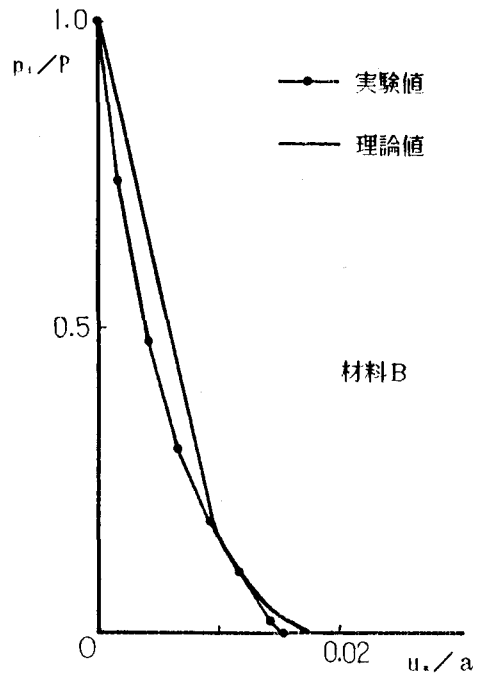
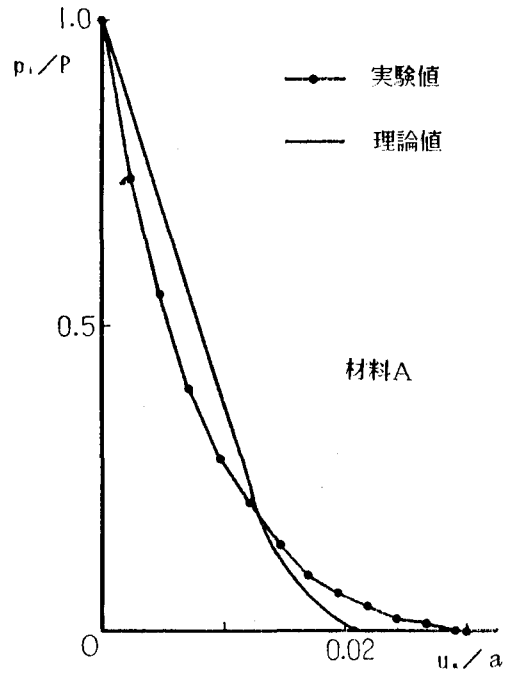


図-3 実験結果（一例）