

III-142

土砂地山に掘削された双設トンネルに関する模型実験

京都大学工学部 正員 足立紀尚, 木村 亮, 同大学院 学員 山口直宏, ○長田文博

1. はじめに 近年, 地下鉄をはじめとする土かぶり浅い都市トンネルの建設が盛んである。筆者らは現在までに, アルミ棒積層体を用いて地山をモデル化したトンネル掘削の2次元シミュレーション実験によって, 土砂地山に双設トンネルを掘削する場合の地山の挙動を実験的に検討した¹⁾²⁾。本報告では, 既設トンネルに隣接して, 新たに土かぶりの異なるトンネルを掘削するシミュレーション実験を実施し, トンネル横断方向の地山の変位挙動およびトンネル覆工に作用する土圧に関する考察を行った。

2. 実験概要 本模型実験の地盤材料には, 従来の研究¹⁾²⁾と同様に, 長さ5cmのアルミ棒積層体($\gamma = 2.1 \text{ gf/cm}^3$, $\phi = 30^\circ$, $c = 0 \text{ kgf/cm}^2$)を用いた。このアルミ棒を実験装置(幅100cm)に積み上げて地山を形成する。トンネル掘削のシミュレーション装置を図-1に示すが, トンネル断面は円形で直径 D は13cmである。本装置は図-1(a)に示すように, ハンドルを回転させることで径を半径方向に一樣に縮めることができ, トンネル掘削をシミュレートする。また, トンネル掘削装置の外周(以下覆工と呼ぶ)は均等に16等分され, それ自身が図-1(b)に示すように簡易土圧計として機能する。すなわち, 各面に垂直な土圧が, 板ばね(厚さ1mm)の両端に貼った曲げゲージのひずみより求まる。この実験装置を2個用いることによって, 双設トンネル掘削をシミュレートした。本報告で行った実験は, 図-2に示すように双設トンネル間距離 B と双設トンネル間の段差 H をパラメータとした。実験の種類は, どちらのトンネルを先に掘削するかによって以下のように2種類に分けられる。

- 1) 実験A: 土かぶりの浅いトンネル(図中右側のトンネル: トンネルRと略称)を既設トンネルとし, 新たに土かぶりの深いトンネル(トンネルL)を掘削する実験。
- 2) 実験B: 土かぶりの深いトンネルを既設トンネルとする実験。

本実験では既設トンネルの掘削を表現するために, あらかじめ既設トンネルをトンネル半径に対し2mm縮め周辺地盤を緩めたのち, 新設トンネルを5mm縮めトンネル掘削をシミュレートした。土圧計測位置は図-2に示すように, 合計16点であり, 所定の収缩量で土圧および周辺地山の変位を測定した。なお, 本実験では通常のトンネル掘削と違い, 地山内に予め剛なトンネル覆工が作成されている。よって初期土圧の応力集中が生じ, 定量的に実際のトンネルと一致するものではない。

3. 実験結果および考察 図-3は $B = 1D$, $H = 1D$ の場合の, 覆工に作用する土圧を扇状にプロットしたもので, トンネルLは上半部, トンネルRは左半分の土圧を図示している。図中実線は初期状態の土圧で, 点線は既設トンネルの掘削を表現するために2mm既設トンネルを収縮したのちの土圧である。さらに一点鎖線は新設トンネルを2mm収縮させたときの土圧である。初期状態において覆工に作用する土圧は, ト

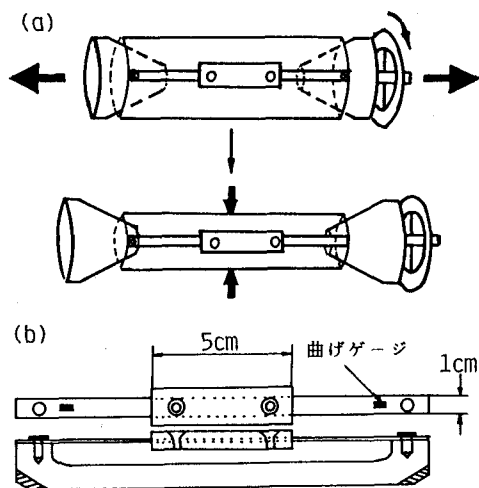


図-1 トンネル掘削シミュレーション装置と簡易土圧計

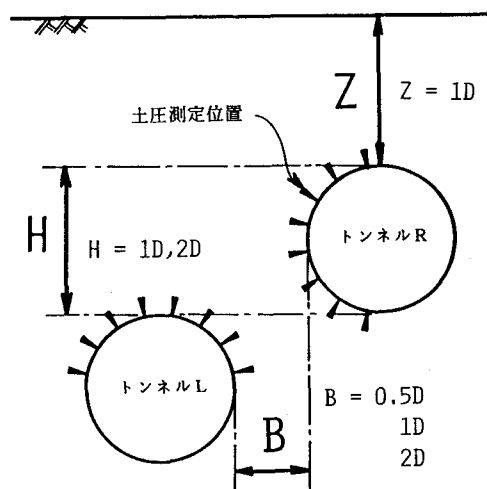


図-2 実験のパラメータと土圧計の位置

ンネル径を収縮させることにより急激に低下する。図には実験Aと実験Bの結果を合わせて示しているが、両者を比較すると、既設トンネルに対して新設トンネルの土かぶりが増え、新設トンネルを掘削することによって、既設トンネルの天端付近の土圧が増加し作用土圧が不均一になる。トンネル間の段差Hが2Dの場合も定性的には同じ傾向を示していた。また、トンネル間距離Bが2Dと広くなると、トンネル間の相互作用は狭い場合と比較して低下する結果となった。さらに段差のない双設トンネルの場合、新設トンネル掘削による影響は、スプリングラインから45度の位置で土圧の増加が顕著であったが、実験Bの結果から段差があると土圧の増加は天端付近に移動する様子がうかがえる。

図-4はトンネルを掘削したときの、地山の等変位線の一例を示している。各図中の90、50、25%とは、各標点の全変位量をトンネル収縮量で割った割合で、各標点の全変位量は既設トンネルの収縮終了時から新設トンネル収縮終了時までの地盤の変位量を取っている。実験Aと実験Bのように双設トンネルに段差のある場合、トンネル掘削の順序によって地山内の変位モードは大きく変化し、既設トンネルよりも深い位置に新たにトンネルを掘削する場合は、地山の変位に対しても注意を要することがわかる。

4. おわりに 本報告では、地山の変位挙動およびトンネル覆工に作用する土圧の挙動を検討し、土かぶりの浅い土砂地山における段差のある双設トンネル掘削時の力学挙動を解明することを目的とした。今後は各土圧計の変化等さらに詳細にデータを検討する予定である。

*参考文献 1)足立ほか：土木学会年次学術講演会概要集，1988，PP.768-769 2)足立ほか：土質工学研究発表会，1989（投稿中）

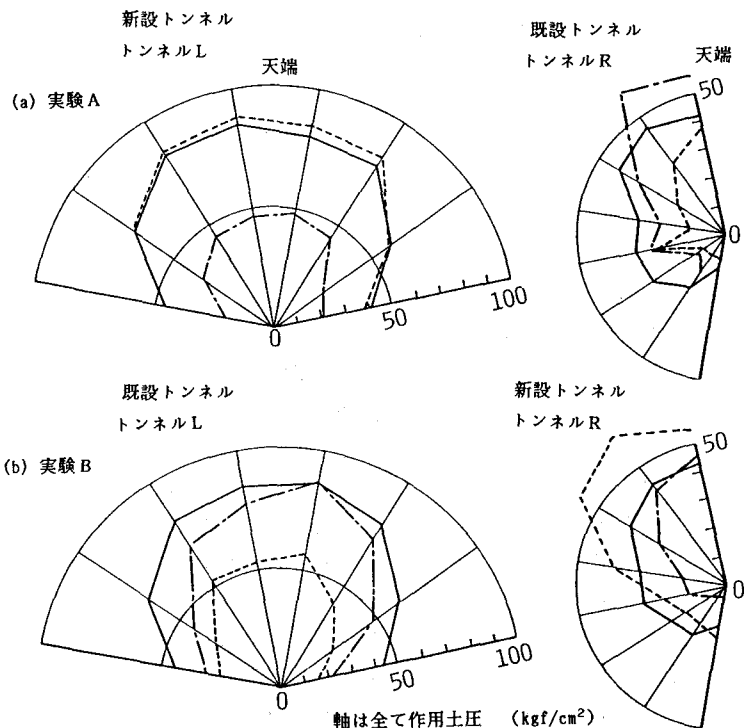


図-3 双設トンネルの土圧分布
($Z=1D$, $B=1D$, $H=1D$)
(a)実験A, (b)実験B

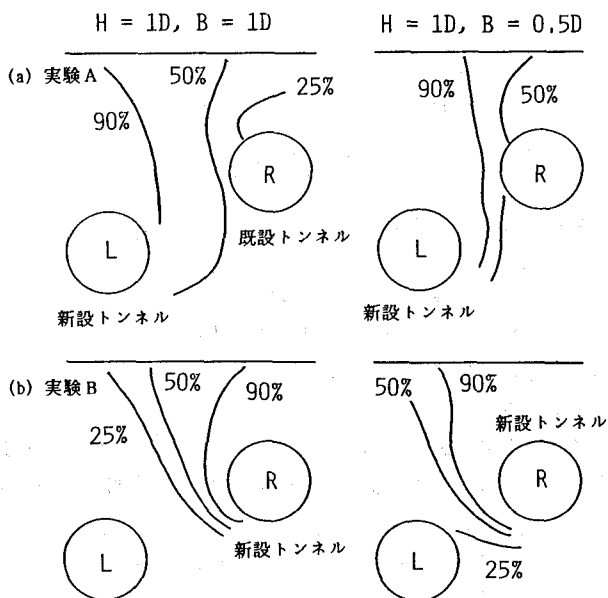


図-4 新設トンネル掘削時における周辺地山の等変位線