

京都大学大学院
同

正会員 足立 紀尚, 木村 亮, 岸田 潔
学生員 ○伊藤 浩志

1. はじめに

本研究では、土かぶりの小さい砂質地山中にトンネル交差部を建設する際の力学挙動を把握するため、アルミ棒積層体を用いた2次元降下床モデル実験を実施し、トンネル交差部およびその周辺に作用する土圧の検討を行った。

2. 実験概要

トンネル交差部をモデル化した研究として、別途、3次元降下床実験が進められている¹⁾。3次元降下床実験とは、トンネル本坑および分岐トンネルをモデル化した降下床を設置し、様々な分岐角度について、トンネル交差部と、その周辺に作用する土圧を計測するものである(図1参照)。ここで注目すべきは、トンネル交差部近傍の挙動であり、本研究では図1に示すようにトンネル本坑に垂直な断面A, B, C, Dを考えることにより、3次元問題を2次元にモデル化して実験を行った。

3次元問題を2次元問題にモデル化する際の具体的な対応は、図2に示すように、想定した断面に沿ったトンネル本坑幅、分岐トンネル幅、トンネル間の長さをそれぞれ、先行降下床幅、後続降下床幅、降下床間隔として2次元降下床実験を行った。実験は、まず、先行降下床を $\delta f=2\text{ mm}$ まで下降させ、続いて後続降下床を $\delta n=5\text{ mm}$ まで下降させることにより、トンネル交差部の掘削をシミュレートするものである。また、土かぶりH、先行降下床幅 B_1 、後続降下床幅 B_2 、降下床間隔Iを変化させて実験を行った(図2参照)。なお本研究では、(トンネル本坑幅):(分岐トンネル幅)により定義されるトンネル比を2パターン(3:1および1.5:1)、土かぶりHを3パターン($H=7.5, 15, 30\text{ cm}$)、分岐角度 θ を3パターン($\theta=30^\circ, 45^\circ, 60^\circ$)、想定断面を4パターン(図1に示す)の実験を行った。

地山材料には、長さ5 cm、直径1.6 mmと3 mmのアルミ棒を重量比3:2で混合したアルミ棒積層体(単位体積重量 $\gamma=2.1\text{ gf/cm}^3$ 、内部摩擦角 $\phi=30^\circ$ 、粘着力 $c=0\text{ kgf/cm}^2$)を用いた。このアルミ棒を実験装置の左右の仕切られた壁面間に並べて積み上げ、地山を作成する。

本研究で用いた実験装置を図3に示す²⁾。この装置は、装置底面が40個のアルミブロックで構成されており、それぞれのブロックに取り付けた荷重計により、アルミ棒積層体の荷重を分布として捉えることができる。また、ジャッキに複数個のブロックを接続し、先行降下床、後続降下床を設置する。その降下床を下降させることにより降下床実験を行う。

3. 実験結果および考察

本坑では(トンネル本坑幅):(分岐トンネル幅)=3:1を想定した場合の、先行降下床に作用する土圧、降下床間に作用する土圧について実験結果を示し、考察を述べる。

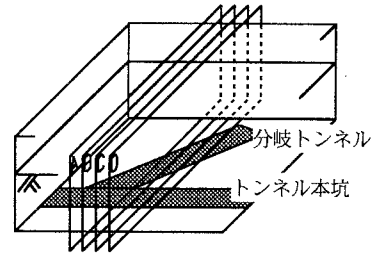


図1 3次元降下床実験の模式図と断面

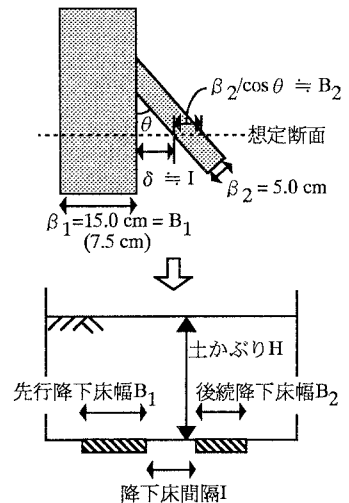


図2 3次元と2次元の対応

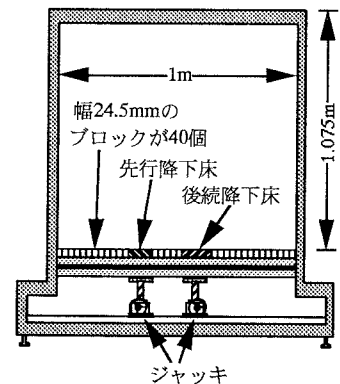


図3 土圧分布計測降下床実験装置

(1) 先行降下床に作用する土圧について

降下床の下降に伴う、先行降下床に作用する土圧の変化を図4に示す。縦軸に初期土圧で規準化した先行降下床作用土圧、横軸に先行降下床下降量 δf (0 mm ~ 2 mm) および後続降下床下降量 δn (0 mm ~ 5 mm) をプロットした。これらの図より、以下のことが確認できる。

先行降下床に作用する土圧はそれ自身の下降により、初期土圧から急激に減少する。図5は、縦軸に、 $\delta f=2$ mm, $\delta n=0$ mmにおいて先行降下床に作用する規準化土圧、横軸に土かぶり H/B_1 を示したものである。これより土かぶり比 (H/B_1) が大きくなるほど、降下床の下降に伴い、降下床土圧が減少するアーチ効果が、十分に発揮されることがわかる。

続いて、後続降下床を下降させると、先行降下床に作用する土圧が増加する。図6は分岐角度 45° の場合の、後続降下床の下降による先行降下床の規準化土圧の増加量を土かぶり、断面をパラメータとして示したものである。縦軸は先行降下床規準化土圧の、後続降下床下降前 ($\delta f=2$ mm, $\delta n=0$ mm) の値と、後続降下床下降後 ($\delta f=2$ mm, $\delta n=5$ mm) の値の差である。この図より、土かぶりが大きいほど、断面が交差部に近いほど、後続降下床の下降による先行降下床の土圧の増加が大きい。逆に土かぶりが小さいほど、断面が交差部から遠いほど、後続降下床の下降の影響は少ない。

(2) 降下床間に作用する土圧について

降下床の下降に伴う、降下床間に作用する土圧の変化を図7に示す。縦軸に降下床間の土圧として、初期土圧で規準化した先行降下床に隣接するブロックの土圧を、横軸に降下床下降量をプロットした。この図より降下床間に作用する土圧は、まず先行降下床の下降により増加し、その後後続降下床の下降によりさらに増加するという傾向が見受けられた。断面が交差部に近く (断面B, C, Dの順)、土かぶりが大きいほど後続降下床の下降による増加量が多い。

5. 結論

先行降下床に作用する土圧の結果より、実際のトンネル掘削の場合は、トンネル本坑掘削の際には、土かぶり圧からは大幅に減少した土圧が作用し、続いて分岐トンネルの掘削により、土かぶりが大きいほど、交差部に近いほど、トンネル本坑に作用する土圧は大きく増加し、逆に土かぶりが小さく、交差部から遠い場合では分岐トンネルがトンネル本坑に及ぼす影響は少ないと予想される。

降下床の間に作用する土圧の結果より、実際のトンネル掘削の場合のトンネル間に作用する土圧は、交差部に近い場所ほど、土かぶりが大きいほど分岐トンネルの掘削により大きく増加すると考えられる。

<参考文献>

1) 足立ら: トンネル交差部の力学挙動に関する3次元降下床実験, 第33回地盤工学研究発表会, 1998, (投稿中)。2) 足立ら: 双設降下床の力学挙動, 第30回土質工学研究発表会講演集, pp.1977-1980, 1995。

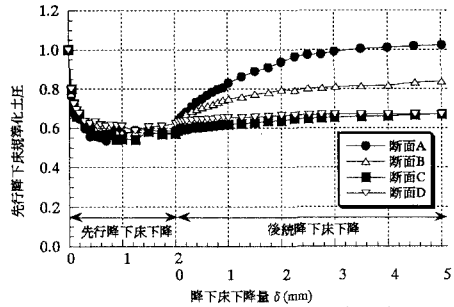


図4 先行降下床規準化土圧と降下床下降量の関係 (分岐角度 45° , 土かぶり15cm)

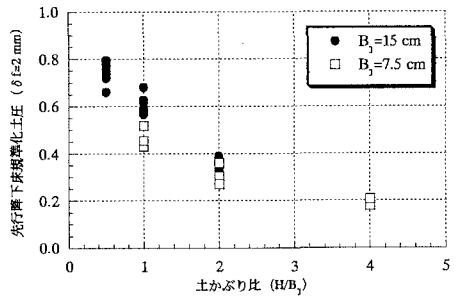


図5 降下床規準化土圧と土かぶり比の関係

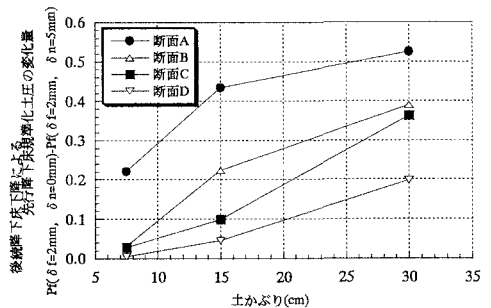


図6 後続降下床下降による先行降下床規準化土圧の変化量と土かぶりの関係 (分岐角度 45°)

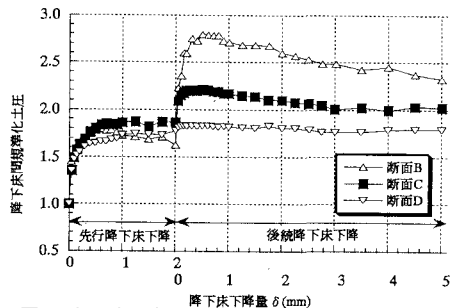


図7 先行降下床規準化土圧と降下床下降量の関係 (分岐角度 45° , 土かぶり15cm)