

模型実験によるトンネル交差部の土圧分布特性に関する実験的研究

京都大学 正会員 足立 紀尚, 木村 亮, 岸田 潔
五洋建設(株) 正会員 伊藤 浩志

1.はじめに 近年, トンネルの長大化, 大断面化が進む中, トンネル内の汚濁空気の換気用, 緊急事態に備えた避難用として, 本坑トンネルから枝分かれした分岐トンネルの建設が増加している. 筆者らは, トンネル交差部を建設する際の力学挙動を把握すべく, トンネル交差部をモデル化した3次元降下床実験装置により実験を行った¹⁾. それを受けて, 本研究では従来の実験装置を改良し, 掘削の進行を模擬し, また, 分岐トンネル掘削が, 既設の本坑トンネルに与える影響を詳細に把握することを試みた.

2.模型実験概要 本研究で用いた実験装置²⁾の側面図を図1に示す. 図1に示すような1090×1090 mmの土槽の底部に, 本坑トンネルおよび分岐トンネルをモデル化した本坑降下床1~6および分岐降下床7~9を図2に示すように設置する. 基本となる降下床の寸法は150×150 mmであり, このように連続した降下床を順次に下降させることは, 幅D=150 mmのトンネルを, トンネル縦断方向に1Dずつ掘削することを模擬している. また, 分岐降下床7は本坑トンネルに対する分岐トンネルの鋭角側の角度(以下, 分岐角度)により形状が異なる. また, 図2に示すように交差部近傍の本坑降下床3, 4に土圧計(受圧面直径25 mm)を設置することで, 本坑降下床上の詳細な土圧分布も把握できる. 土槽底部の降下床以外部分には, 分岐角度に対応した底板パネルを設置する. 底板パネルには, 図2に示すように大(受圧面直径34 mm), 小(受圧面直径25 mm)2種類の土圧計を配置し, 降下床周辺部の土圧を計測する. 計測する項目は, 降下床に作用する荷重(9ヶ所), 本坑降下床に設置した土圧計により計測した土圧(10ヶ所), 降下床周辺部に作用する土圧(30ヶ所), 降下床下降量(9ヶ所)である. 本実験では, 降下床1~9の順にそれぞれ降下床下降量 $\delta=5.0$ mmまで下降させる. 土被りHを150 mm(1 D), 300 mm(2 D), 600 mm(4 D)の3通りに変化させて実験を行った. 地盤材料にはケイ砂6号を用い, 気中落下法により模型地盤を作成した. 諸元を表1に示す.

3.実験結果および考察 図3に, 分岐角度30°, 土被りH=1 Dにおける, 降下床下降に伴う, 本坑降下床3, 分岐降下床7および周辺部の規準化土圧の変化を示す. ここで, 規準化土圧とは各計測時の土圧を初期土圧で除した値のことである. 本坑降下床3に作用する規準化土圧は, 自身の下降により大幅に減少した後, 分岐降下床の下降により増加する. 分岐降下床に作用する土圧は本坑降下床の順次下降に伴い増加した後, 自身の下降により大幅に減少する. また, 降下床周辺部に作用する規準化土圧は本坑降下床および分岐降下床を順次下降させるに伴い徐々に増加する.

分岐角度30°の場合の, 交差部近傍において, 分岐降下床下降による本坑降下床に作用する土圧の増加量を図4に示す. 本坑降下床3, 4上に設

キーワード: トンネル交差部, 降下床実験, 分岐角度, 規準化土圧

連絡先: 〒606-8561 京都市左京区吉田本町 TEL 075-753-5106 FAX 075-753-5104

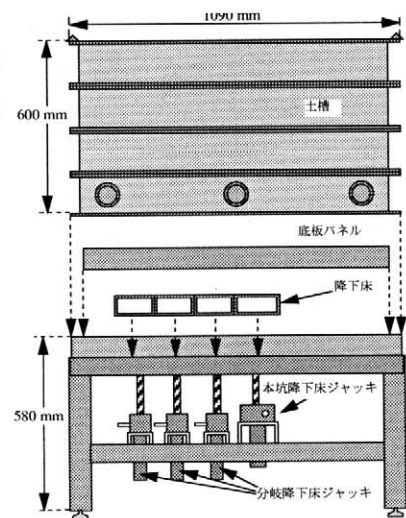


図1 3次元降下床実験装置(側面図)

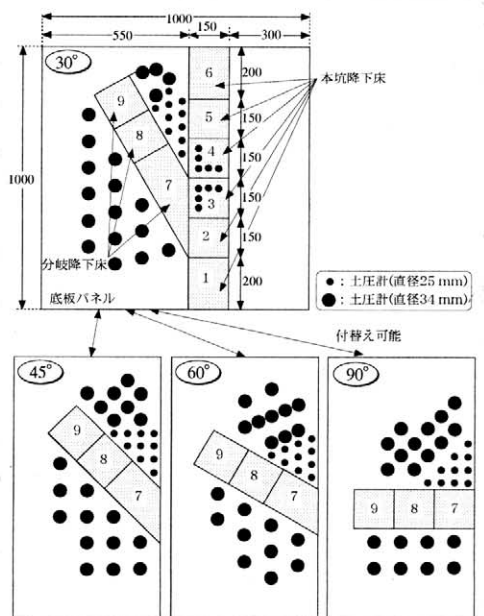


図2 降下床, 底板パネル土圧計配置図

表1 ケイ砂6号の物理特性

比重	2.63
相対密度(%)	70.94
乾燥密度(kN/m ³)	14.72
内部摩擦角	36°
間隙比	0.753

置した土圧計において、分岐降下床下降による規準化土圧増加量を縦軸に、トンネル縦断方向の、本坑降下床と分岐降下床が鋭角に接する点(以下、交差点)からの水平距離を横軸にプロットした。いずれの土被りにおいても、交差点より後方の分岐降下床と接する本坑降下床3上の土圧計において増加量が多い。これは、既に下降済みの本坑降下床上にはゆるみ領域が形成されているために、分岐降下床7の下降により土圧が大きく増加すると考える²⁾。つぎに、分岐降下床の下降が本坑降下床の土圧変化にあたる影響を分岐角度により比較する。分岐降下床下降の影響を大きく受ける、本坑降下床3上の分岐降下床からの距離が0.25 Dの3個の土圧計において、分岐角度90°の場合のその値で除したものを図5に示す。いずれの土被りHにおいても、増加量は分岐角度が小さいほど大きく、特に分岐角度30°の場合の増加量は分岐角度90°の場合の2.0~2.5倍である。

降下床周辺部の土圧に関して、土被りH=2D、分岐角度45°の場合の、すべての降下床下降後における降下床周辺部分の規準化土圧分布を3次元的に図6に示す。これより、鋭角側のトンネル交差部近傍において規準化土圧が大きいことがわかる。ここで、特に増加量の大きい鋭角側の交差部近傍における、分岐降下床下降による土圧増加量を分岐角度により比較する。鋭角側の交差点からの水平距離が1.5 Dの範囲内に位置する周辺土圧計に着目し、分岐降下床下降による規準化土圧増加量の平均値を分岐角度90°の場合のその値で除したものを図7に示す。これより、比較的土被りが小さい土被りH=1D、2Dにおいては、分岐角度が小さいほど、分岐降下床の下降が降下床周辺部の土圧増加におよぼす影響が大きい。

4.まとめ 本研究より、いずれの土被りにおいても本坑降下床に作用する土圧は、分岐降下床と接する部分において、分岐降下床の下降により大きく増加し、その量は分岐角度が小さいほど大きくなる結果を得た。また、降下床周辺部の土圧に関しては、鋭角側の交差部近傍において、分岐降下床下降により大きく増加することが確認できた。

参考文献 1)足立ら：3次元降下床実験によるトンネル交差部の力学挙動，土木学会論文集，No.638/III-49，pp.285-299，1999。

2)足立ら：掘削過程を考慮した3次元降下床実験による土圧分布特性の検討，第35回地盤工学研究発表会，投稿中，2000。

追記：本研究の一部は、文部省科学研究費補助金基盤研究(b)(2)No.10555167(研究代表者：足立紀尚)の補助を受けて行ったものである。

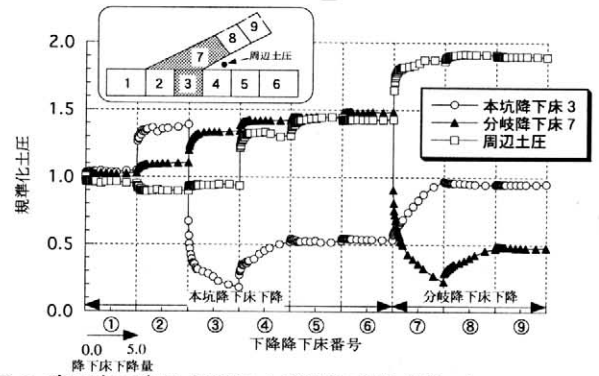


図3 降下床下降量-規準化土圧関係(分岐角度30°，H=1D)

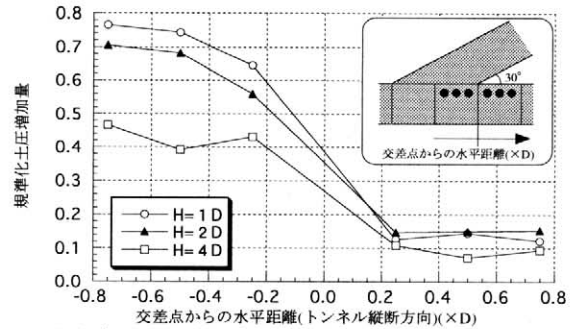


図4 分岐降下床下降による本坑降下床規準化土圧増加量(分岐角度30°)

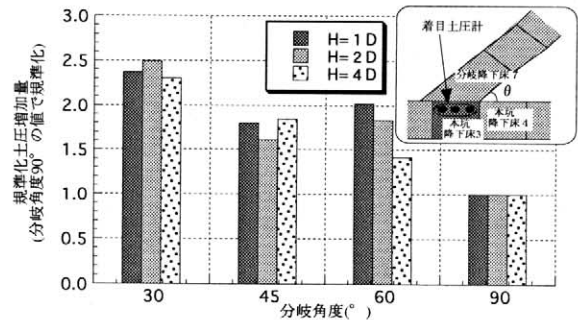


図5 分岐降下床下降による本坑降下床規準化土圧増加量-分岐角度関係

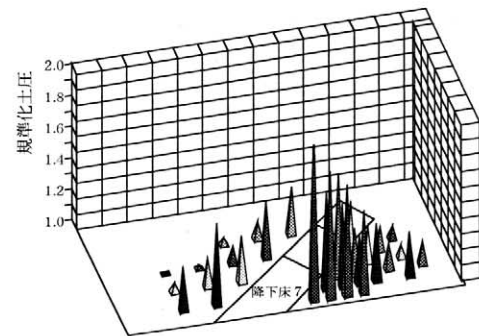


図6 周辺部規準化土圧分布(分岐角度45°，土被りH=2D)

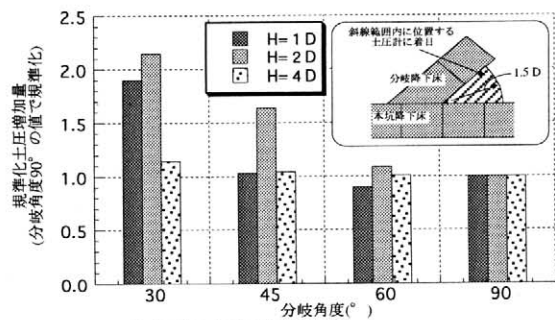


図7 分岐降下床下降による周辺部規準化土圧増加量-分岐角度関係