

京都大学 学生員 ○菊本統, 朴時玄
 京都大学 フェロー 足立紀尚
 京都大学 正会員 木村亮, 岸田潔

1. 研究の目的 傾斜を有する不連続性地盤に双設トンネルを掘削する際には、地層の傾斜角度や新設トンネルの掘削位置によって地山の变形挙動が異なると予想される。そこで本研究では、アルミブロック積層体を用いて成層傾斜地盤を模擬し、双設トンネル掘削を想定した2次元降下床実験を行った。本稿では、新設トンネル掘削時の地表面沈下特性について実験結果を示し考察を行う。

2. 実験概要 **2.1 実験装置** 本実験で用いた2次元降下床実験装置および地表面計測システムを図-1に示す¹⁾。この装置の下部に位置する降下床はジャッキに接続されており、ハンドルを回転すると下降する。本実験では降下床を2箇所にて、先行・後続降下床を順次下降させることにより双設トンネル掘削時の応力解放を表現する。また、地表面変位は、レーザー変位計を水平方向に移動させながら地表面までの距離を測定し、同時に、水平移動量検出センサーによって水平方向の変位を測定することによって計測する。

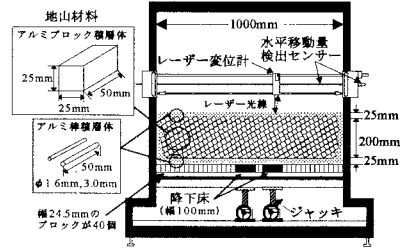


図-1 降下床実験装置および地山材料

表-1 実験の諸元

降下床	先行・後続降下床幅B	100 mm
	降下床間隔D	0 mm, 25 mm, 50 mm
	後続降下床設置位置	先行降下床の左側, 右側
地山	土被りH	200 mm (2B)
	傾斜角度θ	0°, 30°, 45°, 60°, 90°
	傾斜方向	右上がり

2.2 地山材料 地山材料にはアルミブロック積層体とアルミ棒積層体を用いた(図-1)。成層傾斜地盤は正四角柱のアルミブロック(単位体積重量 $\gamma = 27 \text{ kN/m}^3$, すべり摩擦角 $\phi = 20^\circ$, 粘着力 $c = 0 \text{ kN/m}^2$)によって模擬する²⁾。アルミブロック積層体の最下部層には3種類の三角柱と四角柱を用い、様々な傾斜角度の成層傾斜地盤を模擬した。また、地表面計測および実験初期の荷重分布のばらつきを低減のために、アルミブロック積層体の上方および下方にアルミ棒積層体 ($\gamma = 21 \text{ kN/m}^3$, 内部摩擦角 $\phi = 30^\circ$, $c = 0 \text{ kN/m}^2$) を用いた。

2.3 実験条件 実験の諸元を表-1に示す。本研究では、図-2に示すように傾斜角度 θ 、降下床間隔 D および先行降下床に対する後続降下床の設置位置を変化させ、計 24 パターンの実験を行った。実験では、先行降下床(既設トンネルを模擬)を 2 mm まで下降させ、続いて、後続降下床(新設トンネルを模擬)を 10 mm まで下降させた。

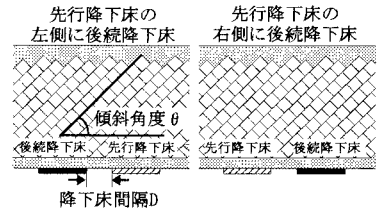


図-2 実験パラメータ

3. 実験結果 図-3に先行降下床 2 mm 下降後および後続降下床 2 mm 下降後の地表面沈下形状の一例を示す。図-3より、先行降下床下降後に比べて、後続降下床下降後の地表面沈下形状は非常に大きくなる事が分かる。また、図-4に、傾斜角度 45° の各後続降下床設置位置における後続降下床 2 mm 下降後の地表面沈下形状を示す。図-4より、降下床間隔を 25 mm 以上設けると地表面沈下形状は明瞭に小さくなる事が分かる。

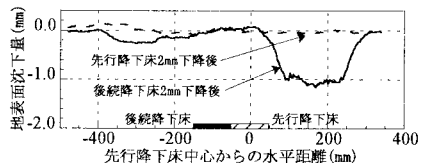


図-3 各降下床下降後の地表面沈下形状 ($\theta = 45^\circ$, $D = 0\text{mm}$, 左側に後続降下床)

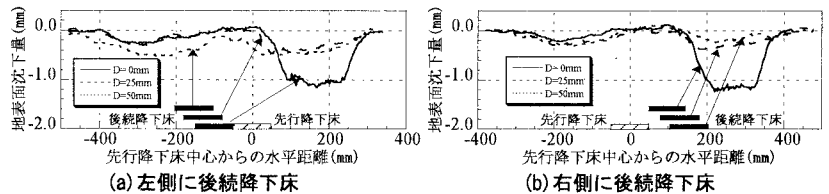


図-4 後続降下床 2 mm 下降後の地表面沈下形状 ($\theta = 45^\circ$)

Mamoru KIKUMOTO, Si-Hyun PARK, Toshihisa ADACHI, Makoto KIMURA, and Kiyoshi KISHIDA

次に、新設トンネル掘削時の地表面沈下について、後続降下床 2 mm 下降後の最大沈下量および地表面影響量により評価する。なお、最大沈下量は、図-5 に示すように、地表面沈下量の最大値である。また、地表面影響量は、図-6 に示すように、まず、地表面沈下量が 0.2 mm (各降下床下降量の 10%) 以上である範囲内の沈下した面積 ΔS_0 を求め、 ΔS_0 を降下床の下降による降下床直上部の面積変化量 ΔS_1 で基準化することにより求める。こうして求めた地表面影響量は、地表面沈下の生じる範囲と沈下量を考慮し、地表面沈下を総合的に評価する指標であると言える。

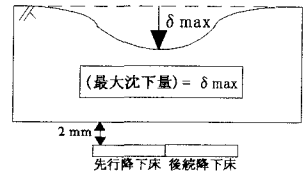


図-5 最大沈下量

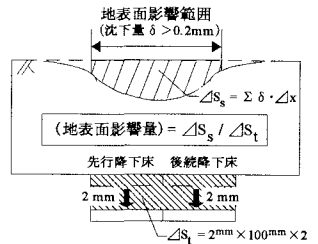


図-6 地表面影響量

後続降下床 2 mm 下降後の最大沈下量および地表面影響量と降下床間隔の関係を傾斜角度ごとに図-7 に示す。なお、参考のため、同図中には先行降下床 2 mm 下降後の最大沈下量を破線で示す。これより以下の知見を得る。

最大沈下量に関して 1) 先行降下床下降後に比べて、後続降下床下降後の最大沈下量は非常に大きい。

2) 傾斜角度が 60° および 90° の場合には、他の傾斜角度に比べて最大沈下量は非常に大きい。

3) 傾斜角度が 30° かつ後続降下床を左側に設置した場合を除くすべての場合において、降下床間隔が広いほど後続降下床下降後の最大沈下量は小さくなる。

4) 傾斜角度が 30° の場合、先行降下床に対する後続降下床の設置位置によって明瞭な差異が現れる。特に、左側に後続降下床を設置した場合には、降下床間隔を 50 mm に広げた場合に最大沈下量が大きくなる。

地表面影響量に関して 1) 傾斜角度が 30° および 45° の場合、後続降下床の設置位置によって明確な差異が確認される。特に、降下床間隔が 50 mm かつ後続降下床を左側に設置した場合、地表面影響量が大きくなる。

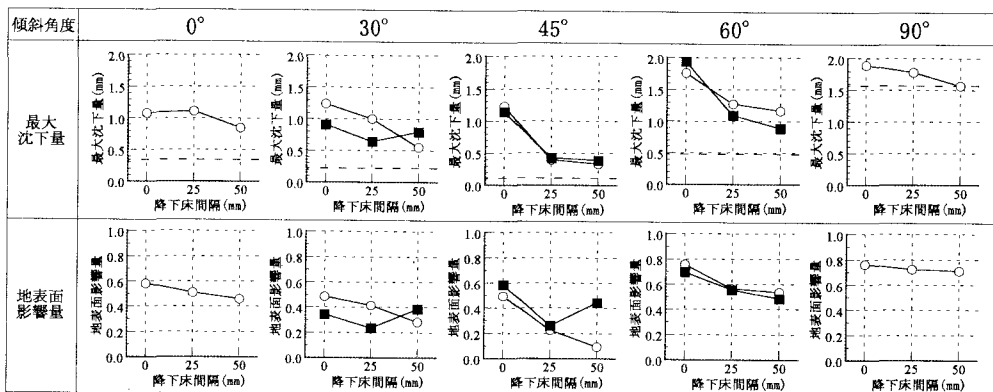
2) 傾斜角度が 30° および 45° かつ左側に後続降下床を設置した場合を除くすべての場合において、降下床間隔が広いほど地表面影響量は小さくなる。

4. まとめ 1) 先行降下床下降後に比べて、後続降下床下降後の地表面沈下形状は非常に大きくなる。

2) 傾斜角度が 60° および 90° の場合には、最大沈下量が非常に大きくなる。また、傾斜角度が 30° かつ後続降下床を左側に設置した場合を除いて、降下床間隔が広いほど最大沈下量は小さくなる。

3) 傾斜角度が 30° または 45° かつ後続降下床を左側に設けた場合、地表面沈下量や沈下する範囲を小さくするためには降下床間隔を 50 mm よりも広く設ける必要があると考えられる。

参考文献 1) 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, pp.1977-1992, 1995. 2) 足立ら: 成層傾斜地盤における単設トンネル掘削に関する降下床実験, 第 5 回地下空間シンポジウム, pp.169-176, 1999.



○ 右側に後続降下床
 ■ 左側に後続降下床
 - - - 先行降下床下降後の
 最大沈下量

図-7 後続降下床 2 mm 下降後の最大沈下量および地表面影響量