

Ⅲ－B194

多連接小断面トンネル掘削を模擬した3連降下床実験

都立大学大学院 正 ○土門 剛 西村和夫 今田 徹

(株) 竹中土木 正 藤井義文

首都高速道路公団 正 小笠原政文

1. はじめに

本研究は、多連接小断面トンネル掘削にともなう先行トンネル覆工の荷重履歴に与える要因を把握することを目的として、掘削順序、土被り、小トンネル間の離隔をパラメータとした3連降下床による二次元模型実験を行った。これにより、降下床の降下順序の違いによる第一降下床の荷重履歴や降下床荷重と土被りとの関係などについて興味深い結果が得られたのでここに報告する。

2. 実験概要

実験装置を図-1に示す。実験槽（1200×900×300）は鋼材で枠組みされており、その底版部はその全幅にわたる鉛直土圧を計測するために、10～50mm幅のアルミ板を敷き詰め、各アルミ板の下にロードセルを設置した。また、幅50mmのアルミ板3枚を一組としてその下に鋼板を取り付けて1つの降下床とし、同図に示されているように実験槽中心軸上とその左右1組ずつの合計3つの降下床（図中斜線部のA、B、C）を設けた。それ以外のアルミ板はすべて固定床とした。地山材料には長さ10mm、直径については1.6mmと3.0mmの2種類のアルミ棒を使用し、これらを重量比3：2で混合した積層体の地山モデルを作成した。

計測は降下床を含む実験槽底部鉛直土圧の他に、実験槽上部のレーザー変位計によりアルミ棒積層体の地表面沈下量を、降下床下部のダイヤルゲージにより降下床降下量を計測した。降下床は、まずはじめに第一降下床（初めに降下させる降下床）を手動により約0.5mm/minの速度で2mm降下させた直後に地表面沈下量を計測した。地表面沈下量計測終了後、同様に第二、第三降下床の降下および地表面沈下量計測を順次行った。

実験ケースは表-1の通り、降下床降下順序、土被り、および離隔をパラメータとして10ケース実施した。

3. 実験結果および考察

3.1 鉛直荷重分布

代表例としてCase1-1における鉛直荷重分布を図-2に示す。横軸は底版左端からの距離を、縦軸は実験で計測される鉛直荷重 p を降下床降下前の初期鉛直荷重 p_0 で除した値を示している。また、各降下床のキーワード：多連接トンネル、降下床実験、掘削順序、荷重履歴

〒192-0397 東京都八王子市南大沢1-1 都立大学大学院工学研究科 TEL0426-77-1111(代)

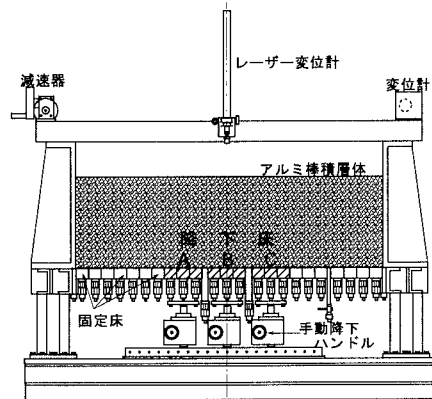


図-1 実験装置模式図（正面）

表-1 実験ケース

実験ケース	土被り (mm)	離隔 (mm)	降下床 降下順序	
Case 1-1	300 (2D*)	20	A→B→C	
Case 1-2			A→C→B	
Case 1-3			B→A→C	
Case 1-4			ABC同時	
Case 2-1	150 (1D)	20	A→B→C	
Case 2-2			B→A→C	
Case 3-1	450 (3D)		A→B→C	
Case 3-2			B→A→C	
Case 4-1	300 (2D)	0	A→B→C	
Case 4-2			B→A→C	

*降下床幅(150mm)

ラフはそれぞれ 2mm 降下させた後の、降下床および固定床全ての p/p_0 を示している。

第一降下床 A を降下させると A 上の荷重が平均して初期荷重 p_0 の約 0.4 倍に減少し、A の左右の固定床の荷重が p_0 のそれぞれ 1.5 倍、1.8 倍に増加している。続いて第二降下床 B 降下により、B 降下床上の荷重は同じく p_0 の約 0.4 倍に減少するが、AB 間の固定床上の荷重が 3.4 倍にまで増加している。最後に第三降下床 C 降下によって、BC 間の固定床上の荷重が 3.0 倍に増加している。このとき、降下床 A および B 上の荷重はそれぞれ p_0 の 0.5 倍、0.8 倍まで回復している。なお、各降下床降下によって鉛直荷重が変化した範囲は実験槽中心軸の左右 400mm 程度までである。

3.2 降下順序の違いによる第一降下床荷重履歴

図-3 は、土被り 300mm および降下床間離隔 20mm 一定のケースで、降下順序の違いによる第一降下床荷重履歴を表している。降下順序 BAC の場合、第一降下床が第二、第三降下床のどちらとも隣接するため、最終時に最も大きな p/p_0 となっている。他の 2 つの降下順序では隣接降下床が降下した場合の $\Delta p/p_0$ が約 0.35、一つ挟んだ降下床が降下した場合の $\Delta p/p_0$ はその約半分の 0.17 となっている。このことは、さらに多連の降下床を降下させる実験でも、先行降下床の後続降下床が降下したことによる影響が、それらの位置関係からある程度推定できることを意味する。

3.3 土被りの違いによる第一降下床荷重履歴

図-4 は、降下順序 BAC および離隔 20mm 一定のケースで、土被りの違いによる第一降下床荷重履歴を表している。この図から明らかなように、土被り 300mm および 450mm（降下床幅を D とするとそれぞれ 2D、3D に相当）はほぼ同一の履歴を示す一方、土被り 150mm（1D）では第一降下床降下時の減少率が小さく、またその後の増加率も小さい。この原因は、1D のケースでは降下床降下による地山内アーチ効果が、2D、3D のケースのそれに比べて十分発揮されなかったことに起因するものと考えられる。

4. まとめ

多連の降下床実験では、先行降下させた降下床（先行降下床）とその後に降下させる降下床（後続降下床）の位置関係から、先行降下床上に作用する荷重の後続降下床降下による影響が把握できること、また、本実験条件では土被りが 1D とそれ以外の 2D、3D では荷重履歴に顕著な差が見られることが明らかとなった。なお、本研究における実験は森 真人君（現 五洋建設㈱）の手を煩わした。ここに謝意を表する。

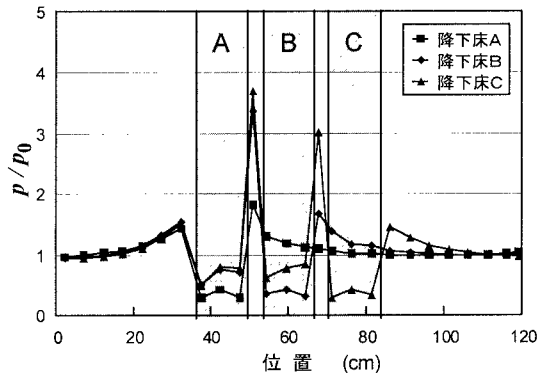


図-2 鉛直荷重分布
—各降下床 2mm 降下時—

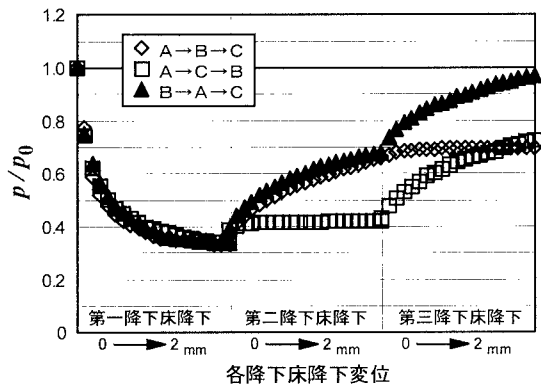


図-3 降下順序と第一降下床荷重履歴の関係
—土被り 300mm—

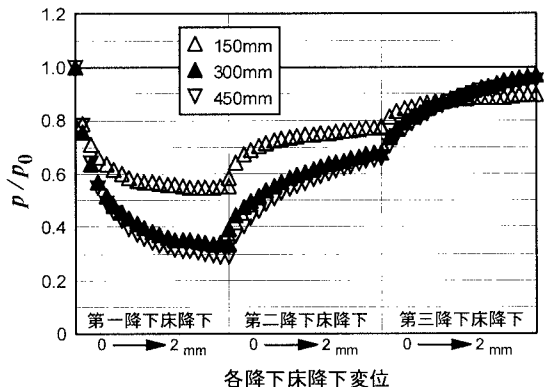


図-4 土被りと第一降下床荷重履歴の関係
—降下順序 BAC—