

軸対称降下床によるゆるみ土圧に関する遠心模型実験

京都大学工学部	正会員	足立 紀尚
京都大学工学部	正会員	田村 武
京都大学工学部	正会員	木村 亮
京都大学工学部	学生会員	西村 拓也

1. はじめに

筆者らは、トンネルを掘削する際のトンネル土圧や周辺地山の力学挙動の把握を目的として、アルミ棒積層体を地盤材料に用いた降下床模型実験とその数値解析¹⁾²⁾³⁾を実施してきた。本研究では、軸対称の円形降下床を試作し、遠心模型実験を行ったので、実験結果を報告する。地盤材料には乾燥した豊浦標準砂を用い、降下床上面の土かぶりを変化させることによって、降下床土圧を測定した。

2. 実験概要

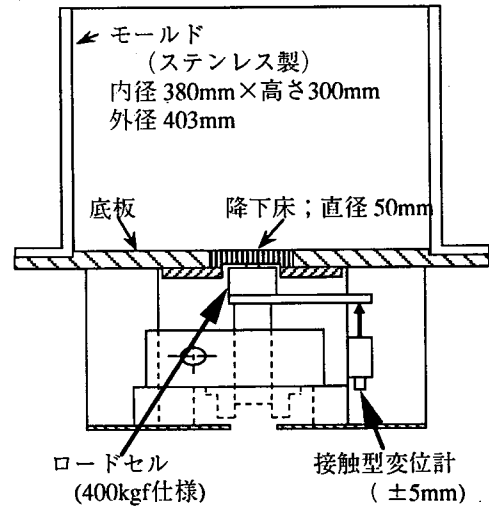
本実験に用いた土槽をFig.1に示す。この装置は、土槽底面中心部にある円形の降下床を降下させて実験を行う。降下床は直径50mmで、遠心加速度を40gとしたので、プロトタイプ換算で直径2mのトンネルを想定している。

また降下床の最大変位量を5mmとし、モーターを用い3mm/minで降下させる。土かぶりHを5cm, 10cm, 15cm, 20cm, 30cmの5通りに変化させ実験を実施した。

地盤材料には、乾燥した豊浦標準砂を用い、高さ75cmのホッパーより気中落下法で地盤を作成した。この模型地盤の諸元は、 $e=0.638$, $D_r=90.8\%$, $\gamma=1.61\text{gf/cm}^3$ である。測定項目は、降下床の下部に組み込んだロードセルの値と土槽底面下部に設置した変位計の値である。

ここで、円形降下床と土槽底面の間には、0.1mm程度の間隙を開けて摩擦が生じない様にしており、さらにこの隙間には、グリースを埋めることによって土粒子の落下を防いでいる。

1) 平面図



2) 断面図

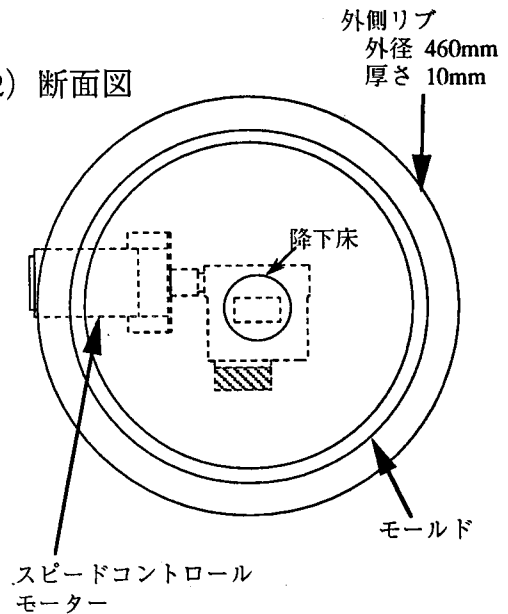


Fig.1 軸対称降下床実験装置

地盤を作成しない状態で、遠心力場において降下床を降下させても、大きな摩擦が発生しないことを、予備実験で確認した。この結果の一例を、縦軸に鉛直上向きにかかる摩擦力、横軸に

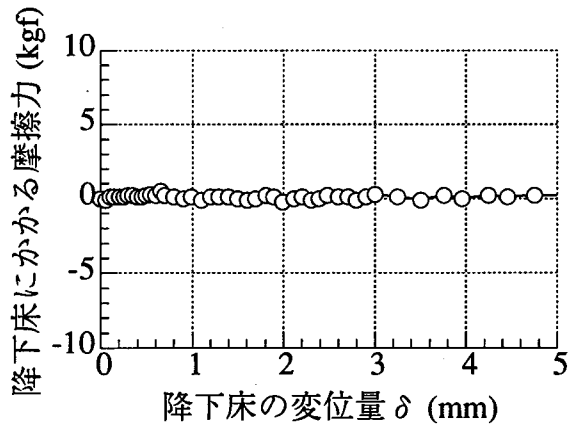


Fig. 2 降下床に作用する摩擦力と δ の関係

降下床の変位量をとり，Fig. 2に示す．この図に見られるノイズは，降下床と壁面の摩擦と遠心载荷に伴うものである．

3. 実験結果

3-1 降下床に作用する荷重の推移

縦軸に降下床に作用する荷重，横軸に降下床の変位量 δ をとり，実験結果をFig. 3(a)-(e)に示す．降下床に作用する初期の理論かぶり荷重 ($\gamma H \pi(B/2)^2$) の傾向は，かぶりが10cm以下では理論荷重より小さく，15cm以上では理論荷重より大きかった．実験は少なくとも2回実施したが，実験結果の再現性は良好であるといえる．降下床の変位開始直後の，0.1mmの時点で既に大きな荷重の減少が見られ，グラウンドアーチが発生している．

次に，縦軸に初期荷重で規準化した降下床荷重，横軸に降下床幅Bで規準化した降下床の変位量 δ を用いた，H=15cmの実験結果をFig. 4に示す．Fig. 3とFig. 4から，「降下床の変位初期は，アーチ効果によって降下床土圧は大きく減少するが，さらに変位が増大すると，降下床土圧は増加傾向を示す．」という知見が得られる．

3-2 降下床に作用する荷重と土かぶり比

$\delta/B=0.01(1\%)$ 時の規準化した降下床土圧と，土かぶり比H/Bの関係をFig. 5に示す．さらに，

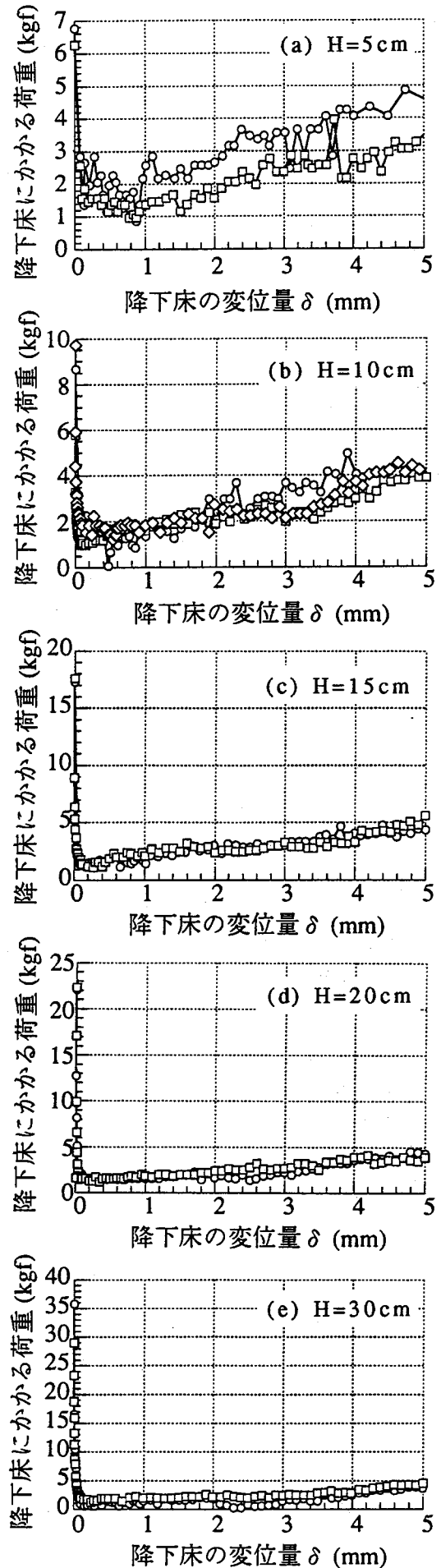


Fig. 3 降下床に作用する荷重と δ の関係

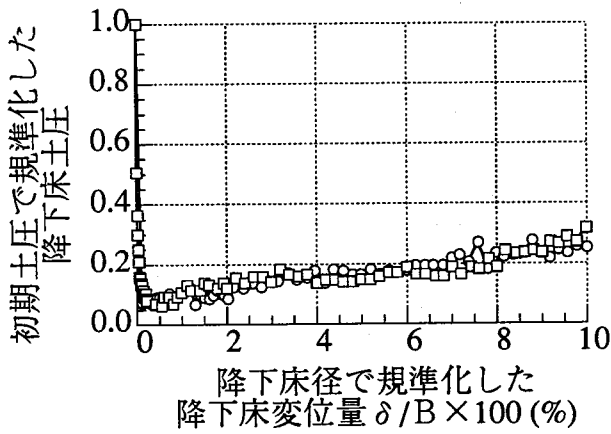


Fig. 4 規準化した降下床土圧と δ/B の関係
($H=15\text{cm}$)

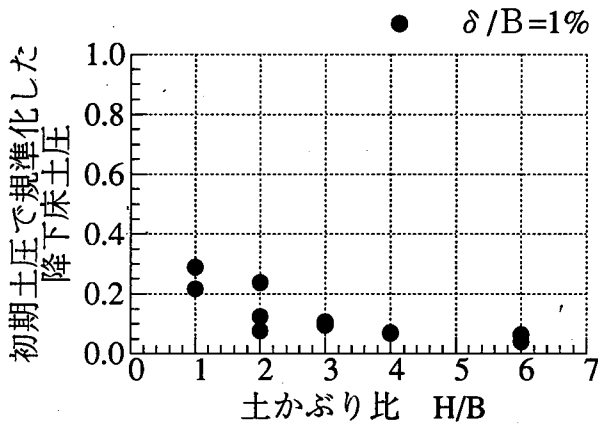


Fig. 5 規準化した降下床土圧と土かぶり比
 H/B の関係
($\delta/B=0.01(1\%)$)

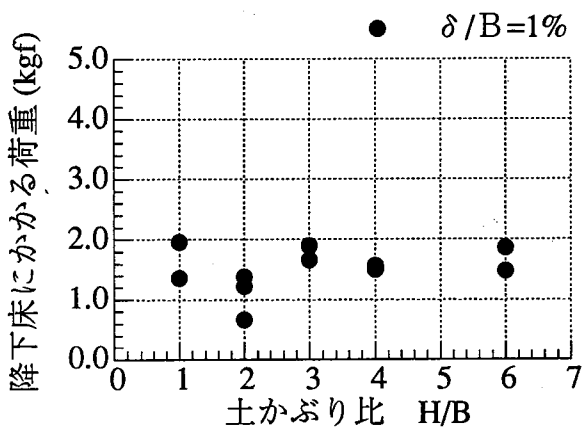


Fig. 6 降下床荷重と土かぶり比 H/B の関係
($\delta/B=0.01(1\%)$)

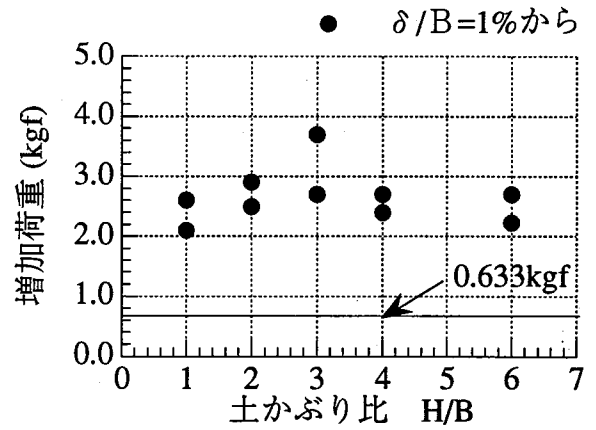


Fig. 7 降下床荷重の増加量と土かぶり比
 H/B の関係

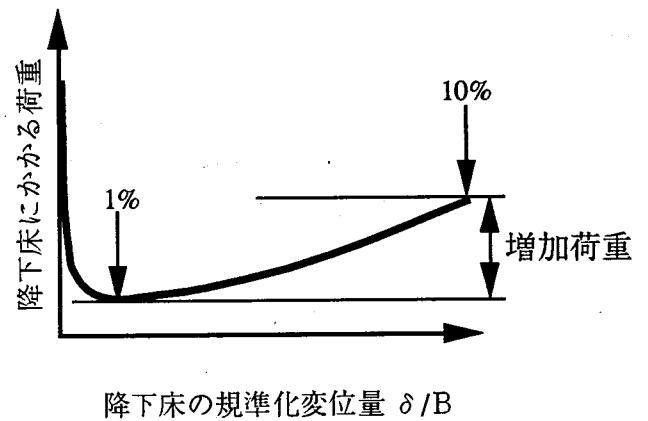


Fig. 8 増加荷重 (降下床荷重の増加量) の定義

$\delta/B=0.01(1\%)$ 時の降下床にかかる荷重と土かぶり比 H/B の関係をFig.6に示す。これらの結果は、 $\delta/B=1\%$ とアーチ効果が卓越する変位領域での結果であるが、図から以下の知見が得られる。

- 1) 土かぶり比 H/B が大きくなると、アーチ効果により、初期土圧で規準化した土圧の低減は顕著となる。
- 2) 降下床にかかる荷重は、土かぶり比 H/B によらず一定であり、アーチ効果によるゆるみ土圧は土かぶりによらない。

最後に、 $\delta/B=1\%$ から $\delta/B=10\%$ までの降下床荷重の増加量と、土かぶり比 H/B の関係をFig.7に示す。Fig.3をみると、 $\delta/B=1\%$ から $\delta/B=10\%$ まで降下床に作用する荷重は増加するという実験結果が得られている (Fig.8参照)。図中0.663 kgfとあるのは、降下床が5mm降下することによって、降下床と元あった降下床の間に入り込んで

いると考えられる砂の重さである。この砂の重さと、増加荷重を比較すると増加荷重はすべての土かぶり比H/Bで4倍程度以上となる。

4. おわりに

本実験は、軸対称の円形降下床を試作し、遠心模型実験を行ったものである。実験を行った結果以下のような問題点が生じた。

- 1) 地盤の作成に当たっては細心の注意をはらって、同一の方法で行っているが、完全に一定の地盤を作成することは困難で、初期降下床土圧にばらつきが生じる。
- 2) 試験機の剛性には注意をはらったが、遠心载荷によって降下床の降下装置にひずみが生じていないとは言いがたく、実験実施以前に降下床に微妙な変位が生じている可能性がある。
- 3) 降下床と側面間の摩擦の影響は若干であるが除去できない。

- 4) 降下床と側面に貼付しているグリースの影響を評価できない。

今後は、上記問題点の解決を図るとともに、種々の遠心加速度において同様の実験を行う必要がある。さらに、現在までに実施された降下床実験結果と比較検討し、粘性土地盤、砂質土と粘性土の互層地盤で実験を行い、解析手法の検討とも併せて考察する予定である。

*参考文献

- 1) 足立紀尚, 田村 武, 木村 亮, 荒巻 智: 落し戸の実験と数値解析, 第28回土質工学会発表講演集, pp.2993-2994, 1993.
- 2) 足立紀尚, 田村 武, 木村 亮, 荒巻 智: 落し戸周辺の受働土圧分布, 第29回土質工学会発表講演集, pp.1987-1988, 1994.
- 2) 足立紀尚, 田村 武, 木村 亮, 荒巻 智: 落し戸実験における土圧分布, 第29回土質工学会発表講演集, pp.1989-1992, 1994.