

III-22 落とし戸実験による応力解放の影響評価

鉄道総合技術研究所 正員 垂水 尚志・ 新井 泰
熊 谷 組 正員○野口 利雄・正員 山本 征彦

1. はじめに

都市トンネルにおけるシールドトンネル工法は、かつての開放型から密閉型へとその主流が移行してから久しい。これに伴い、工法による応力解放の影響程度への関心も高まってきており、シールドトンネル施工時の応力解放率、既設トンネル等の既設構造物への影響程度等の具体的な課題を議論する事例も多くなっている。ここでは、このような状況の中で、砂中のトンネル掘削による応力解放が荷重の再配分に及ぼす影響を検討するため、複数の落とし戸機構を有する小型土槽により基礎的な実験を行い、その解析を行ったのでその概要を報告するものである。

2. 実験方法

(1) 実験土層の概要

図1に実験土槽の概略を示す。土槽の底板は8個の落とし戸からなる。各落とし戸は幅12.5cm、奥行き30cmであり、落とし戸には1個あたり6個の矩形セグメントを2方向ロードセルを介してとりつけてある。両側の壁面に接する合計4個のセグメントはダミーであり、荷重の測定は中央の2枚のセグメントとロードセルによって行う。なお、当装置の側壁も移動可能なセグメントを備えているが、今回の実験では使用していない。

(2) 実験方法

気乾状態の豊浦標準砂を所定の高さから自動撒きだし装置を用いて地盤を構築する。構築しながら1.5cmごとに色砂を壁面にそって散布し、これに2cmごとに歯形を付ける。この歯形部は落とし戸の移動に伴う地盤の変形を写真撮影する際の標点となるものである。砂の撒きだしから実験終了までの間に底板に作用する荷重を、パソコンに接続したロードセルにより測定する。なお、落とし戸の間隔は、約0.5mmあけてあり、この空隙にはシリコングリースを塗布してある。戸の変位速度は、毎分1mmとした。

3. 実験結果

・落とし戸の変位と荷重の変化状態

落とし戸幅の3倍の土被り厚さの場合の測定結果を図2に示す。落とし戸を初めて移動させる場合には、戸の微小変位でほぼ当該落とし戸は最小荷重に達し、隣接する両側の落とし戸の増加荷重は最大荷重に達しその変化量は落とし戸幅の0.5%程度である。引き続き隣接する戸を落下させはじめると荷重の再配分が始まり、移動中の落とし戸の2個の測定セグメントのうち、すでに移動した落とし戸から離れたセグメントの荷重は急激に減少し、その後徐々に最小値に近づき、戸の幅の2%程度で最小値に達している。一方、すでに変位した落とし戸では、比較的緩やかな速度で3~4%の変位でピークに達している。

・落とし戸1個を落下させた場合

図3に、戸の幅の1、3、5倍の土被り厚さの場合における、④の戸を5mm落下させた場合の荷重の変化を示す。土被り荷重に対する荷重の比は、それぞれ50、16、17%程度となっている。

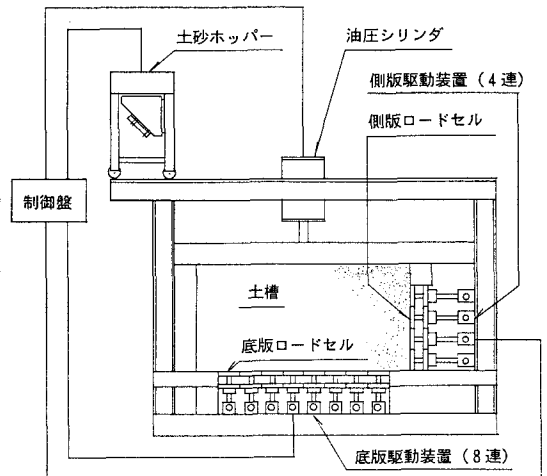


図-1 実験装置概要

・せん断ひずみ分布

図4に土被り厚さが戸の幅の3倍のケースにおいて、戸を5mm落下させた時点の最大せん断ひずみ分布を示す。等高線の間隔は1%である。ひずみが2%以上の領域は、ほぼ戸の幅に等しい高さまでであり、1%の領域は、戸の2倍の高さ程度までとなっている。落下した戸の両端では3～5%のせん断ひずみが生じている。

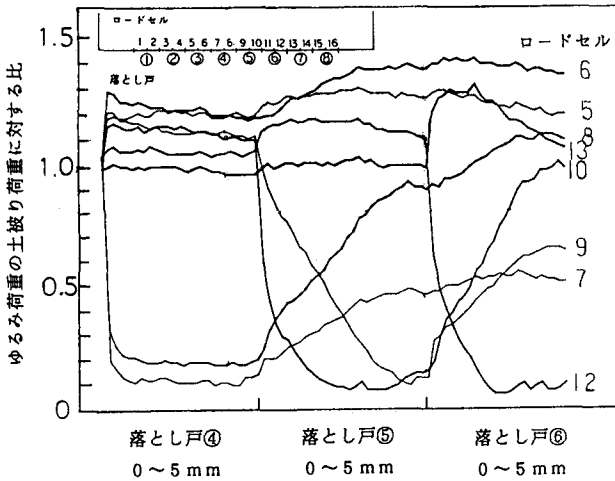


図2 落とし戸の変位と荷重

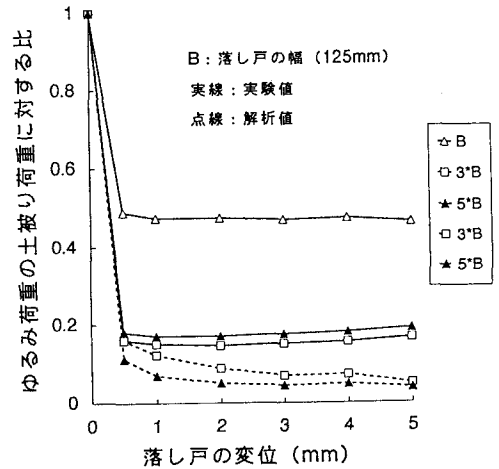


図-3 ゆりみ荷重と落とし戸の変位

4. 数値解析と実験結果の比較

数値解析にはひずみ軟化を考慮できる非関連流れ則を採用した弾塑性解析プログラムを使用する。
○弾性係数 $E=50\text{kgf/cm}^2$, 粘着力 $c=0\text{kgf/cm}^2$, 内部摩擦角 $\phi=40^\circ$
ポアソン比 $\nu=0.3$, 単位体積重量 $\gamma=0.0016\text{kgf/cm}^3$
○降伏関数: Mohr-Coulomb・塑性ポテンシャル関数: Drucker-Prager

落とし戸の荷重～変位の関係は実験値の傾向と類似しているが、最終変位の状態では解析値は実験値より15%程度小さな値を示す。

最大せん断ひずみについては戸の端部付近が大きく、内側に向かって発達してゆく様子が実験・解析値共に読み取れる。解析値は大きめの値が示されているが、1%の等高線の範囲は比較的近似している。

5. まとめ

実験により、落とし戸落下量と荷重との関係、ゆりみ荷重値の割合、せん断ひずみ分布などの概要を知ることができた。また、数値解析により比較的精度よく実験結果を追跡できる可能性が示された。今後もゆりみ土圧発生機構の解明を目標に、より掘り下げた検討を行っていく予定である。最後に、多忙な中数値解析の指導をして頂いた明治大学農学部・田中忠次教授に感謝の意を表します。

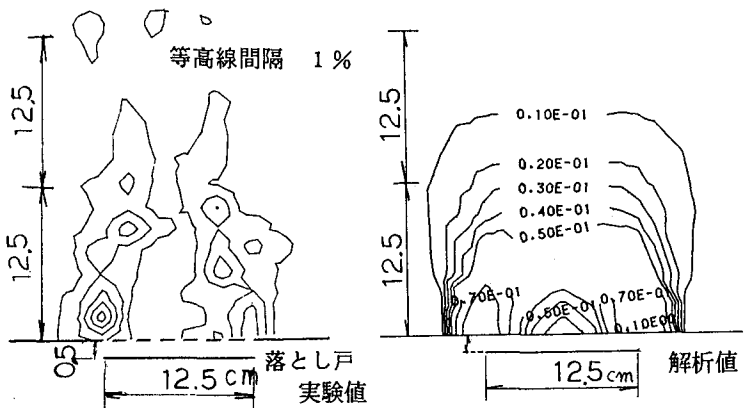


図-4 最大せん断ひずみ分布