

## Ⅲ-64 落とし戸実験による応力解放の影響評価（その2）

## － 拘束圧の影響の検討 －

鉄道総合技術研究所 正員 垂水 尚志

熊 谷 組 正員○野口 利雄・正員 山本 征彦

## 1. はじめに

シールド工法は、現在都市土木において交通・河川も含めたライフライン建設の主流となりつつあり、施工箇所の地盤条件も多種多様になっている。特に都心部では、輻輳する既設構造物との関係から大深度施工の要求度が高まることが予想される。筆者らはシールドトンネル施工時の応力解放率、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、複数の落とし戸機構を有する小型土槽による模型実験と数値解析により検討を行ってきたが<sup>1) 2)</sup>、今回、大深度でのシールド掘削を想定して、拘束圧を変化した条件下での実験・解析を実施したのでその概要を報告する。

## 2. 実験方法

図1に実験土槽の概略を示す。土槽の底版は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、今回の実験では鉛直圧のみに着目している。

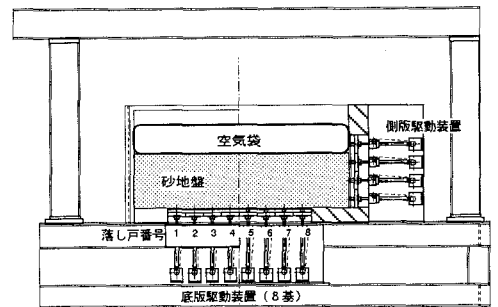


図-1 実験装置

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。砂の撒きだしから実験終了までの間に底版に作用する荷重を、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0.5mmである。拘束圧は土槽上部の空気袋により載荷する。

## 3. 実験結果と数値解析

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。<sup>3)</sup> 弾性係数は間隙比と平均主応力に依存するものとする。図2にモデル構造を示す。○初期せん断弾性係数 $G_0=200\text{kgf/cm}^2$ 、粘着力  $c=0\text{kgf/cm}^2$ 、内部摩擦角 $\phi=33^\circ$ 、ポアソン比 $\nu=0.3$ 、単位体積重量 $\gamma=0.0016\text{kgf/cm}^3$ 、間隙比 $e=0.65$ 、相対密度 $D_r=0.70$  ④降伏関数：Mohr-Coulomb・塑性ポテンシャル関数：Drucker-Prager

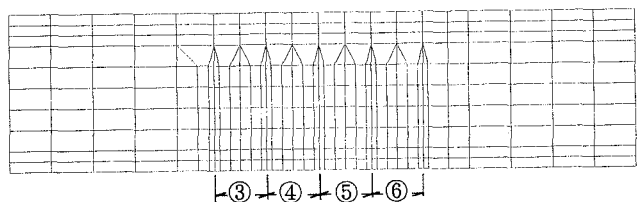


図-2 モデル構造

④ 降伏関数：Mohr-Coulomb・塑性ポテンシャル関数：Drucker-Prager

落とし戸幅の3倍の土被り厚さの場合で拘束圧を0.0, 0.2, 0.5kgf/cm<sup>2</sup>に変化させた場合の結果をそれぞれ図3、4、5に示す。すべてのケースで④の戸降下時における④の荷重の解析値は実験値に対しよい一致をみている。⑤の戸降下時の④の荷重の挙動は、拘束圧 0.0, 0.2kgf/cm<sup>2</sup> のケースでは傾向はある程度類似しているものの、荷重比の値は大きく異なっていて、⑥の戸降下時も同様である。0.5kgf/cm<sup>2</sup>のケースでは解析値は比較的实验値に近い。

戸④の挙動に着目し、各ケースの値を一枚に表した結果を図6に示す。最も荷重比の変化が大きいの拘束圧 $0.0\text{kgf/cm}^2$ のケースの左側であるが、次に大きいのは拘束圧 $0.2\text{kgf/cm}^2$ のケースの右側となっている。⑤の戸降下時に④の戸の左側の荷重比が右側より大きいのは各ケース、実験値・解析値とも共通である。解析値からは拘束圧の増加に伴い、④の戸の左右の荷重比の差が拡大していくことが読み取れる。

#### 4. まとめ

拘束圧の上昇に伴い、④の戸の荷重比は、④の戸降下時には拘束圧 $0.0\text{kgf/cm}^2$ のケースで約0.2、 $0.2\text{kgf/cm}^2$ のケースで約0.1、 $0.5\text{kgf/cm}^2$ のケースで0.05以下と少なくなっている。このとき、戸の左右における差はほとんどない。解析値は実験値をよく追跡している。また、⑥の戸降下時には左右部分の荷重比の差が少なくなり、拘束圧 $0.0\text{kgf/cm}^2$ のケースで約1.0、 $0.2\text{kgf/cm}^2$ のケースで約0.8、 $0.5\text{kgf/cm}^2$ のケースで約0.4である。この時点では解析値は実験値と0.5以上の差がある。

今回、主働側の降下させる戸の挙動は、拘束圧を変化させた場合でも精度よく数値解析により追跡できることが確認された。しかし応力再配分が発生していると考えられる、降下した戸の隣の戸の挙動については検討の余地があると思われる。今後も模型実験と数値解析を並行して実施し、ゆるみ土圧発生機構に関する研究を続けていく予定である。

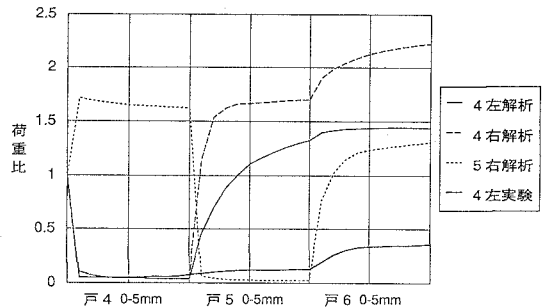
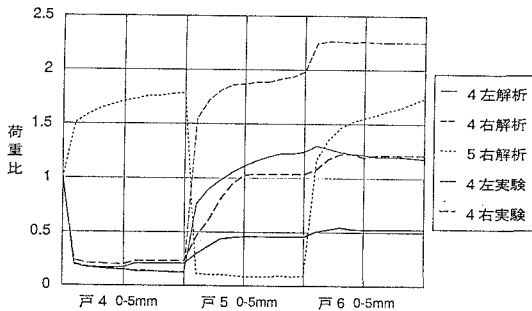


図-3 落し戸の変位と荷重比（上載圧 $0.0\text{kgf/cm}^2$ ） 図-4 落し戸の変位と荷重比（上載圧 $0.2\text{kgf/cm}^2$ ）

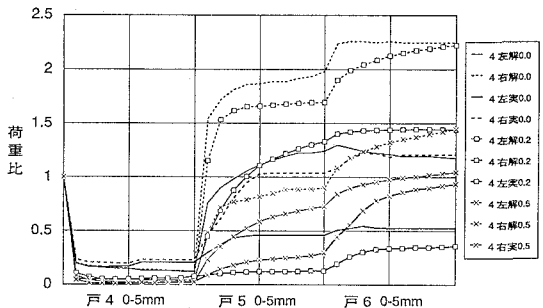
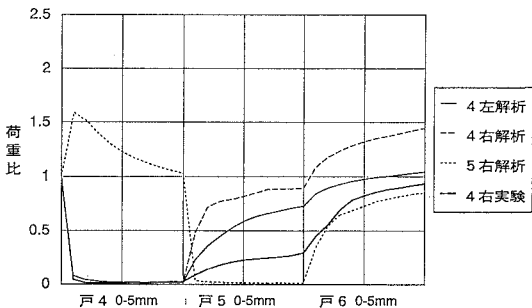


図-5 落し戸の変位と荷重比（上載圧 $0.5\text{kgf/cm}^2$ ） 図-6 落し戸の変位と荷重比（戸④に着目）

#### 参考文献

- 1) 垂水・新井・野口・山本：落し戸実験による応力解放の影響評価、第47回年次学術講演会、pp86～87、1992。
- 2) 垂水・山本・大田・野口：砂地盤中のトンネル掘削に伴う荷重の再配分—落とし戸実験に基づく基礎的検討—、第2回トンネル工学研究発表会、pp27～34、1992。
- 3) 田中：剪断帯を伴うひずみ軟化構成モデルと有限要素法による地盤の支持力解析、農業土木学会論文集 第154号、pp83～88、1991。