

Ⅲ - B86

個別要素法による落とし戸実験結果の分析例

奥村組 正会員 浅野 剛 奥村組 正会員 西村正夫
奥村組 正会員 増井 仁 奥村組 正会員 佐藤彰彦
奥村組 亀田 茂

1. はじめに

近年の施工技術の発展に伴いシールド断面は多様化しており、セグメントへの作用土圧は単一円形シールドの場合の土圧と異なったものとなることが予想される。本報告は、このような状況をふまえて筆者らが実施してきた落とし戸実験結果および個別要素法による解析結果について述べたものである。

2. 実験概要^{1),2)}

実験は図-1に示すような下部中央に矩形断面トンネルを想定した空洞を設置した土槽を用い実施した。豊浦標準砂を用いて相対密度を77%に管理した模型地盤を作成した後、天板および側壁を移動させロードセルによりそれらへの作用荷重の推移を測定した。パラメータは土被り/天板幅 (D/B)、側壁高さH、天板と側壁の移動順序とした。実験ケースを表-1に示す。側壁高さが0cmの場合 (CASE0) は一般的な落とし戸実験となる。

3. 実験結果

図-2に実験結果を示す。横軸はD/B、縦軸は天板に作用する平均土圧を初期土圧で正規化した値である。各実験データは天板もしくは側壁の移動量が2mmの時点の値であり、側壁がある場合 (CASE1、2) には各ケースごとに天板降下終了時と側壁移動終了時の2点をプロットした。図-2より、天板を降下させた時点での天板に作用する荷重は、側壁の有無、天板および側壁の移動順序にかかわらずTerzaghiのゆるみ土圧に比較的良く一致していることがわかる。これに対し、側壁の移動にともなう天板作用土圧の増加量は、天板および側壁の移動順序に大きく依存し、天板作用土圧がすでにゆるみ土圧となっている場合 (天板がすでに降下している場合) には側壁の移動にともなう天板作用土圧の増加量が大きくなる。また、その増加量は側壁高さが高いほど大きくなる。側壁がある実験では、天板降下先行、側壁移動先行いずれの場合も天板降下量、側壁移動量ともに2mmであるが、その移動順序により最終的な天板作用土圧は大きく異なっている。

4. DEMによる解析結果

実施した実験のうちCASE0-2D、CASE2-2Duの解析例を示す。要素間の法線方向ばね定数 k_n は円筒の接触理論より算定し、接線方向ばね定数 k_s は $0.25 k_n$ とした。要素間の摩擦角は 47° 、時間ステップ Δt は 1.0×10^{-6} 秒である。要素半径は0.4cm、0.5cm、0.6cmの3種類であり、粒度分布は標準砂の粒度分布を参考にして

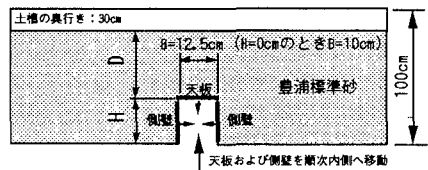
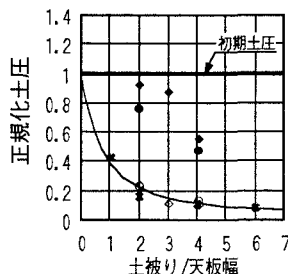


図-1 実験で用いた土槽

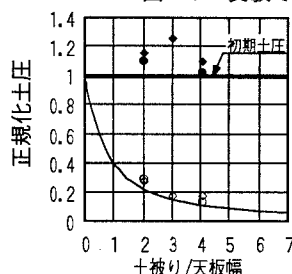
表-1 実験ケース

CASE0 (H=0cm)	-D -2D -4D -6D
CASE1 (H=15cm)	-2Du -2Ds -4Du -4Ds
CASE2 (H=25cm)	-2Du -2Ds -3Du -3Ds -4Du -4Ds

(ex.) CASE2-2DuはD/B=2, 天板を先に降下
CASE2-4DsはD/B=4, 側壁を先に移動



(a) 側壁なしおよび天板降下先行



(b) 側壁移動先行

図-2 実験により得られた天板作用土圧

キーワード：ゆるみ土圧、落とし戸実験、個別要素法

連絡先：〒300-26 つくば市大字大砂387 TEL 0298-65-1521 FAX 0298-65-1522

面積比で各々22%、49%、29%と設定した。図-3～5にCASE0-2D、CASE2-2Duの要素変位および要素間接触力の分布を、図-6、7には天板および側壁の移動にともなう作用土圧の推移を示す。要素間接触力の大きさは要素中心間の線分の太さで表しており、接触力が小さくなっている領域が明確になるように、最大接触力の10%以下の接触力しか発生していない箇所については図示していない。図-6、7の横軸は天板および側壁の移動量、縦軸は各々に作用する平均土圧を初期土圧により正規化した値である。図-6よりCASE0-2Dの場合には天板に作用する土圧の推移が精度良く表現されていることがわかる。また、図-3の変位分布から、天板作用土圧が一定値となるまでは天板に接する要素から地表面の要素に向かって徐々に要素変位が小さくなっているのに対し、天板作用土圧が一定値で推移している時には天板近傍の一部の要素の変位がその他の領域の変位と比較して相対的に大きくなっていることがわかる。これらの要素は、周囲の要素と比較して要素間接触力が小さくなっているが、周囲の要素からは完全には分離しておらず相互に力を及ぼし合いながら、結果的に天板作用土圧が一定値で推移していることになる。図-4の変位分布からCASE2-2Duの場合にも、天板作用土圧が一定値で推移している時には天板近傍の一部の要素の変位が相対的に大きくなっていることがわかる。側壁移動時には、天板降下時に形成されると考えられるアーチアクションの脚部(図-4において要素変位が相対的に大きい領域の左右下部に近接する部分)の要素の変位がそれほど生じておらず、これが、側壁移動時の天板作用土圧の増加量が実験結果よりかなり小さくなっている要因であろうと推測される。要素間接触力については、側壁の移動にともない側壁近傍の減少量が大きくなっているのに対し、その領域の外周部の減少量は小さい。側壁最上部と下床間の力の伝達により天板降下時にできたアーチアクションを保持しており、天板作用荷重の増加量が小さくなっている。この原因として、天板および側壁の大きさに対して要素が大きいこと、要素間のばね定数が小さいこと等が考えられ、これらについては今後の検討課題と考えている。

参考文献

- 1) 佐藤彰彦他：落とし戸実験によるシールドトンネルへの作用土圧の検討、第31回地盤工学研究発表会、1996。
- 2) 亀田茂他：側壁を有する落とし戸実験によるシールドトンネルへの作用土圧の検討、第32回地盤工学研究発表会、1997。

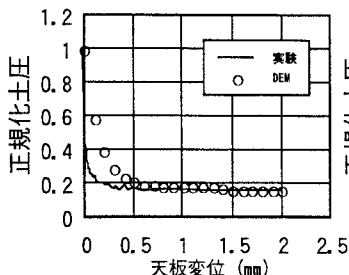


図-6 天板作用土圧の推移 (CASE0-2D)

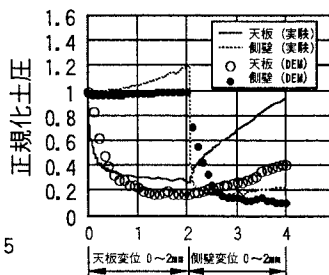


図-7 天板、側壁作用土圧の推移 (CASE0-2Du)

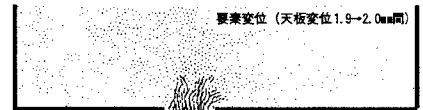
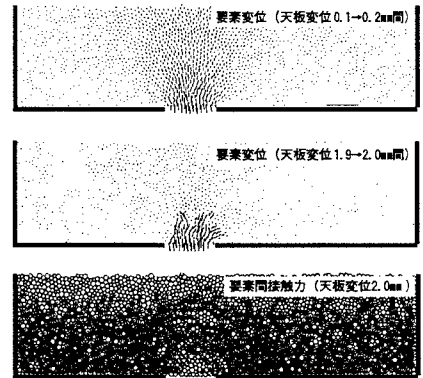


図-3 要素変位および要素間接触力 (CASE0-2D)

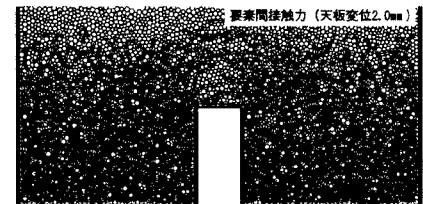
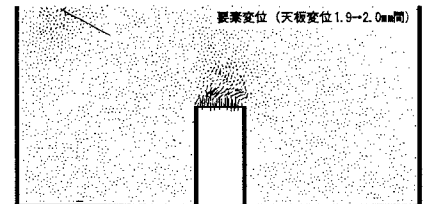


図-4 要素変位および要素間接触力 (CASE2-2Du 天板降下終了時)

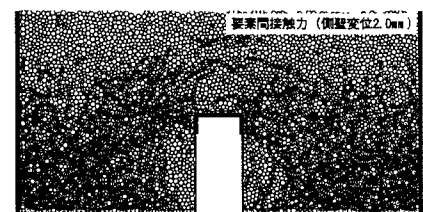
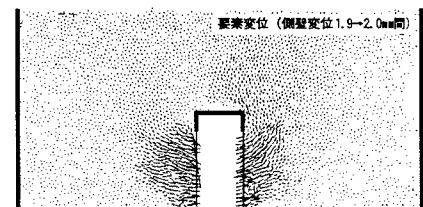


図-5 要素変位および要素間接触力 (CASE0-2Du 側壁移動終了時)