

# 連続半円筒形落し戸実験における周辺地盤の力学的挙動について

フジタ 正会員 ○吉川 和行  
鉄道総合技術研究所 正会員 仲山 貴司

## 1. はじめに

トンネル工事の坑口部や線路下横断構造物の施工において、事前の防護工としてパイプルーフ工法が行われることがある。パイプルーフ工法の効果は、地山掘削時の切羽面の崩壊に伴う地表陥没の防止、変状範囲の拡大防止のために行われる。しかしながら、パイプルーフ工法は、工法自体が鋼管を複数本施工する必要があるため周辺地山を乱し、応力の再配分に悪影響を与えることも考えられる。本報では、このパイプルーフ工法の施工時の影響を解明することを目的に、連続半円筒形落し戸実験を行い、周辺地盤の力学的挙動について基礎的な検討を行ったので報告する。

## 2. 実験概要

模型実験は、図1に示すような幅1200mm×高さ870mm×奥行き300mmの土槽を用いて行った。落し戸は、パイプルーフ工法の鋼管の掘削が模擬できるように図1に示すようなアルミ製の半円筒形（R=48mm）落し戸を横に3つ並べた構造である。半円筒形の落し戸の天端より地表面までの土被りは452mmである。主な計測項目は、地表面の変位（8点）、落し戸に作用する荷重（3点）、地中の鉛直土圧（14点）であり、土槽境界面にはゴムメンブレンを使用するほか、前面は目視観察するためアクリルにガラスコーティングを施して摩擦を低減し、また2次元平面ひずみ状態が再現できるように格子状の桁で補強を行っている。

また、模型実験では、パイプルーフ工法の施工順序の影響を確認するために、落し戸を図1に示すようにA1落し戸→A2落し戸→A3落し戸の他、A2落し戸→A1落し戸→A3落し戸の順で降下した実験も行った。さらに、落し戸の部分を図2に示すように中央のみを半円筒形とした落し戸実験も併せて行った。

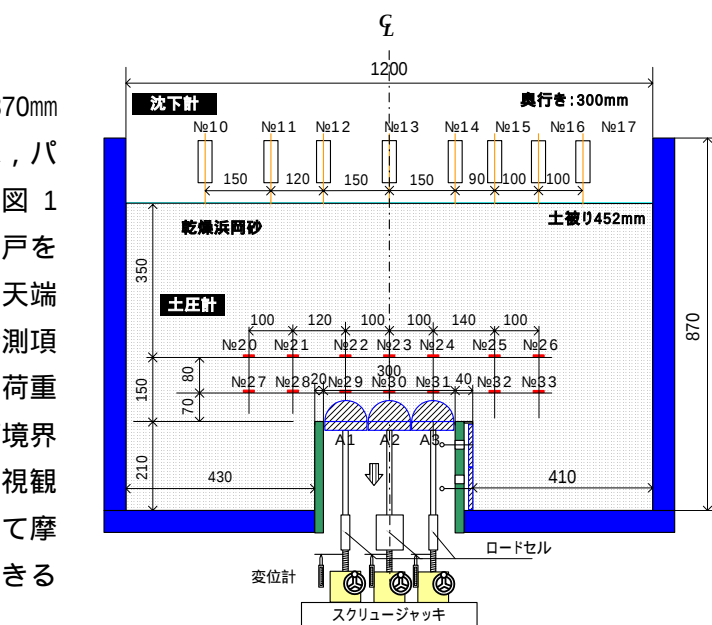


図1 実験土槽

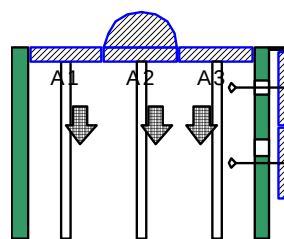


図2 落し戸装置（case0）

表2 模擬地盤の物性

| 使用砂             | 乾燥浜岡砂  |
|-----------------|--------|
| 地盤密度(g/cm³)     | 1.51   |
| 土粒子の密度(g/cm³)   | 2.672  |
| 最大間隙比 $e_{max}$ | 0.898  |
| 最小間隙比 $e_{min}$ | 0.582  |
| 相対密度 $D_r$ (%)  | 40.5   |
| 平均粒径(mm)        | 0.2394 |
| 内部摩擦角(°)        | 34.5   |
| 粘着力(kN/m²)      | 0.0    |

## 3. 実験ケース

実験ケースを表1に示す。各落し戸の降下量は、6mm程度である。模擬地盤は、乾燥浜岡砂を所定の高さから空中落下法で作製した。表2に模擬地盤の物性を示す。

表1 実験ケース

| ケース名  | 落し戸装置            | 落し戸の降下順序 |
|-------|------------------|----------|
| case0 | A1, A3:板, A2:半円形 | A2→A1→A3 |
| case1 | A1, A2, A3:半円形   | A2→A1→A3 |
| case2 | A1, A2, A3:半円形   | A1→A2→A3 |

キーワード 落し戸, 模型実験, パイプルーフ工法

連絡先 〒243-0125 神奈川県厚木市小野 2025-1 (社)フジタ 技術センター TEL 046-250-7095

#### 4. 実験結果

図3に case 毎の各落し戸降下に伴う各落し戸に作用する荷重を示す。case0 と case1 の A2 落し戸降下に伴う A2 落し戸に作用する荷重はほとんど等しいものの、A1, A3 の各落し戸降下に伴う A1, A3 の落し戸に作用する荷重は、半円筒形である落し戸である case1 の方が case0 の板より降下量が 2.0mm 以降で作用する荷重が小さくなることが確認できた。また、落し戸の降下順でみると case2 の A3 落し戸に作用する荷重と case1 の A3 落し戸に作用する荷重を比較すると降下量に関係なく case2 の方が若干小さいことが確認できた。

よって、半円筒形の方が板よりも落し戸に作用する荷重が小さいため周辺地山側に荷重が分配されていると考えられる。また、施工順序については、左から右へと順序どおりに行った方が、地山を乱さず応力の再分配が滑らかに行われていると考えられる。

図4に、落し戸降下前の鉛直土圧を 0 としたときの最終落し戸（A3）5.60mm 降下時の地中土圧の増分の分布を示す。これより、case2 の落し戸上方の鉛直土圧の減少量は、他の case0 と case1 と比べ若干小さいことを確認した。

図5に case 毎の各落し戸降下に伴う地表面沈下の分布を示す。これより、最終落し戸（A3）5.60mm 降下後の地表面沈下量は、case2 が case0, case1 と比べ若干小さいことが分かった。

#### 5. まとめ

連続半円筒形落し戸実験より、以下のことが分かった。

半円筒形落し戸の方が、板の落し戸よりも落し戸に作用する荷重が小さいため、周辺地山への応力再分配がより滑らかに行われていると考えられる。

半円筒形落し戸の降下順序において左→中→右の方が中→左→右のより、落し戸に作用する荷重が小さいため、施工は一方向に行った方が地山を乱さず応力の再分配が滑らかに行われると考えられる。

#### 参考文献

- 1) 垂水尚志，山本征彦，大田弘，野口利雄：砂地盤中のトンネル掘削に伴う荷重の再分配，トンネル工学研究発表会論文・報告集，第2巻，pp.27～34，1992
- 2) 足立紀尚，木村亮，岸田潔，伊藤浩志：降下床実験によるトンネル掘削過程を考慮したトンネルおよび周辺地盤の力学挙動の解明，土木学会論文集№694 / -57，277-296，2001.12

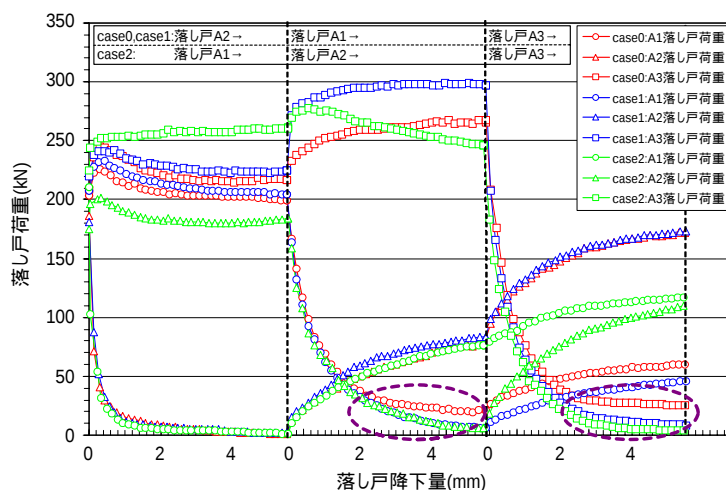


図3 落し戸降下に伴う落し戸に作用する荷重

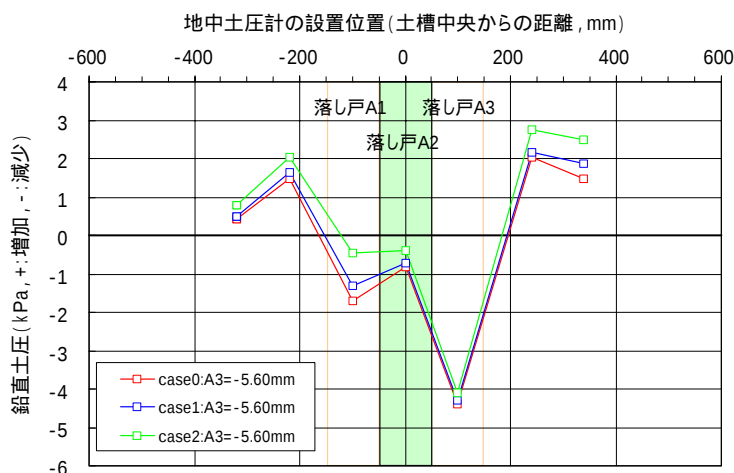


図4 地中土圧の増分（地表面より 350mm の位置）

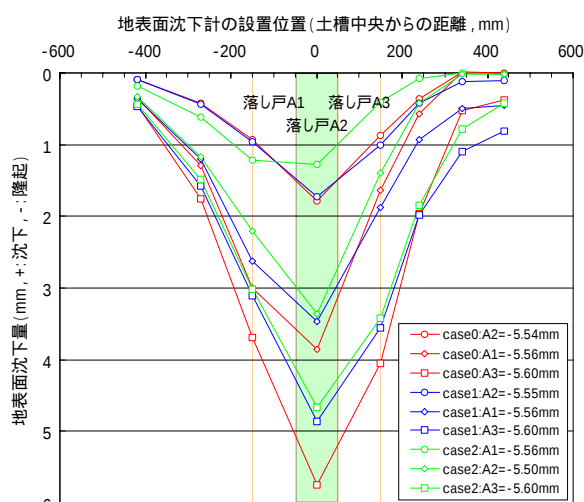


図5 落し戸降下に伴う地表面沈下の分布