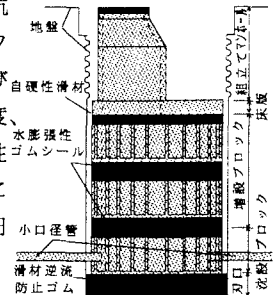


剛性マトリックス法による発進立坑の構造解析

秋田大学 学生員 ○遠藤和佳子
秋田大学大学院 学生員 松塚 忠政
秋田大学 フェロー 川上 洵

1. まえがき

下水道管渠の非開削整備事業において、小口径管推進時の反力壁となる発進立坑とマンホールを兼用した掘削、沈設式の円筒形プレキャストコンクリートブロックを沈設立坑という（図-1）。また、小口径管とは人が入ることを許されない呼び径70cm以下の管である。沈設立坑の構築工法には沈設の際に地盤と立坑の間に強度、弾性係数が経時変化する自硬性滑材を注入するという特徴がある。本研究は自硬性滑材の力学的特性を明らかにするとともに、推進時の力学的挙動を検討するために、載荷実験を行い、また剛性マトリックス法により立坑の変位及び断面力を求め、円筒形ブロックをそのまま反力壁として用いた時の構造解析を行ったものである。



2. 自硬性滑材の物理的性質

自硬性滑材は立坑沈設中においてゲルの状態で滑材として機能し、数時間から数日後にはそのまま硬化することから裏込材の役割も果たす。

図-1 沈設立坑

図-2、図-3に数時間で硬化する、特殊速硬タイプの自硬性滑材の強度と弾性係数の経時変化を示す。

実際の施工では、沈設立坑1基あたりの沈設に2～5日程を要するため数日後に硬化するような滑材を使用している。

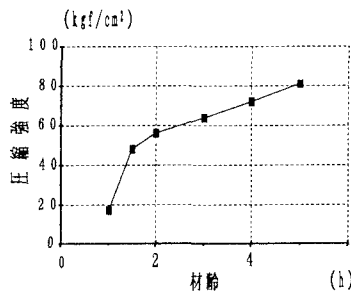


図-2 圧縮強度

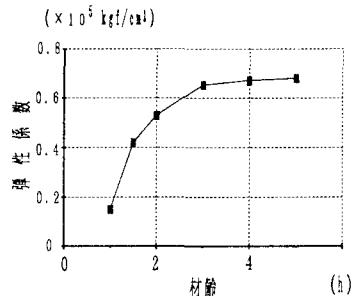


図-3 弾性係数

3. 載荷実験の概要

図-4のように坑口(φ600)付きの沈設立坑(ブロック)を地上から掘削した穴の中にセットし、ブロックの中にジャッキをセットする。ジャッキは一方においてブロックを反力壁とし、他方を坑口から直接地盤に当てた。ブロック外周部に注入した自硬性滑材の硬化前、硬化中及び硬化後のそれぞれの時点でジャッキ圧を加えブロックに生じる変位及びひずみを測定した。

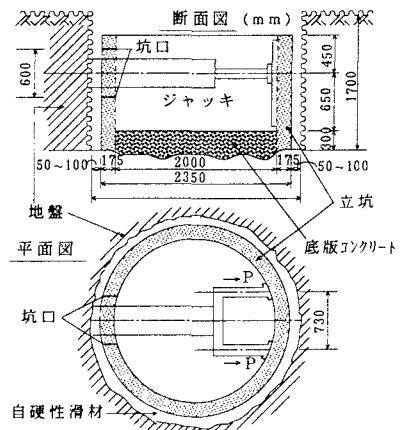


図-4 実験供試体モデル図

4. 剛性マトリックス法による構造解析

立坑に相当する円形構造物は、20以上の部材に分割すると直線の部材で近似できる。この各部材の節点には図-5のように放射方向に支承を設け、自硬性滑材をバネ支承でモデル化する。このとき部材長 l あたりの各支承におけるバネ定数 k は、図-3で示した実測による自硬性滑材の弾性係数 E を用いて、次式で求められる。

$$\kappa = \int_{-1/2}^{1/2} E(s) ds \quad \cdots (1)$$

なお、推進力を外力とし、また周囲の地盤は剛体とした上で立坑の変位及び断面力を算出する。

5. 結果及び考察

図-6 に自硬性滑材投入後2時間における沈設ブロック部の点④及び点⑤の荷重-変位の関係を、図-7 に点③における荷重-ひずみの関係を示す。解析は、部材を50分割し、材齢2時間における滑材の弾性係数 $0.53 \times 10^5 \text{ kgf/cm}^2$ を式(1)に代入しバネ定数を $0.783 \times 10^6 \text{ kgf/cm}$ と決定した。

両図の実験値と解析値を比較すると、ほぼ一致している。ここで、載荷重30tfに近づくにつれて前者が後者より少し大きくなる傾向がある。なお、本実験の滑材投入後5時間においても載荷試験を行った。最大荷重50tfのとき点③における最大ひずみは約 110×10^{-6} であり、未だ弾性状態にあった。

また、本解析では地盤を剛体としたが、実際には現場の地盤係数を求め、自硬性滑材とともにバネ定数に考慮することにより、より実験値に近い結果が導けるものと考えられる。

図-6、図-7の結果を踏まえて、図-8にバネ定数をパラメータとした点④における解析上の荷重-変位の関係を、図-9に同様にバネ定数をパラメータとした点③における解析上の荷重-ひずみの関係を示す。

両図から、バネ定数が増大するに従って変位及びひずみが減少する傾向が認められ、自硬性滑材の裏込材としての効果が評価できる。

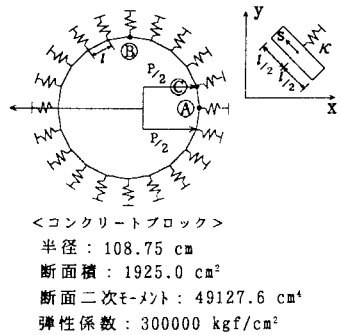


図-5 解析モデル図

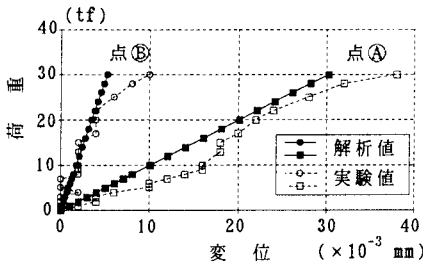


図-6 荷重-変位の関係

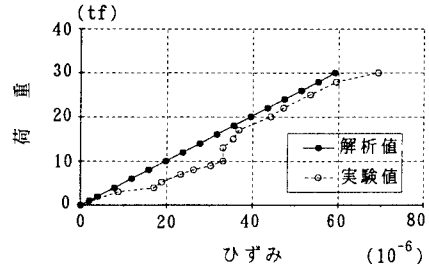


図-7 荷重-ひずみの関係 (点③)

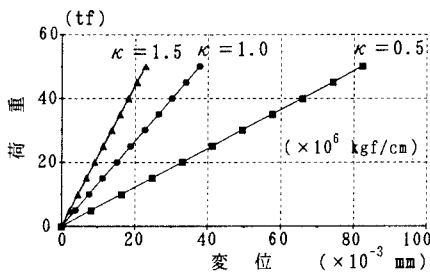


図-8 荷重-変位の関係 (点④)

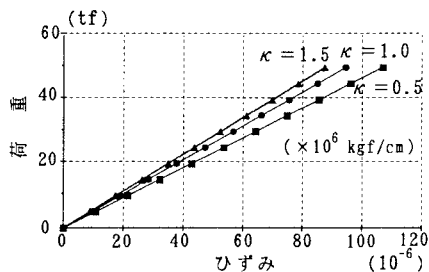


図-9 荷重-ひずみの関係 (点③)

6. まとめ

以上の載荷実験及び解析結果から自硬性滑材を裏込材とした立坑が推進力を受ける時の挙動を明らかにすることができた。沈設立坑を推進工事における発達立坑として用いる工法は、近年数多く採用されてきているが、本研究の成果等の基礎的資料に基づき、更なる技術の改良あるいは開発が期待できると考えられる。