

## 上総層群泥岩を対象とした空洞施工事例の地盤挙動の再現 F E M 解析

(株) 大林組      フェロー会員      ○杉江 茂彦  
 同上              正会員          中道 洋平  
 同上              正会員          鈴木 和明

## 1. はじめに

大深度地下にインフラを整備するプロジェクトが多数生じており、大きな土水圧下で施工される地下工事の安全確保や施工の合理化を図るためには、施工時の地盤挙動の予測評価が重要である。著者らは、関東圏の大深度に広く分布する上総層群泥岩の施工時挙動の予測精度の向上に資するため、越智ら<sup>1)</sup>による相模原市での試験空洞の施工・計測事例の再現解析<sup>2)</sup>(解析コード: GRASP3D<sup>3)</sup>)を行った。続編として、本研究では同泥岩の材料定数(変形係数・静止土圧係数)の入力が計算結果に与える影響を検証したので報告する。

## 2. 空洞掘削事例の力学モデル

相模原市の試験空洞<sup>1)</sup>(1989年11月掘削開始～1992年9月完了)の施工時挙動の再現に用いた地盤と空洞部の有限要素メッシュを図-1に示す。地表部のローム層とこれに続く礫層については線形弾性体で模擬した。与えた地盤定数値を同図に示す。

## (1) 上総層群泥岩の変形係数のひずみ依存性とモデル化

上総層群泥岩については、図-2に示す変形係数のひずみ依存性を考慮して非線形モデルで模擬した。割線変形係数  $E_{sec}$  の低減曲線(図中の赤線)は、試験空洞の地下50mの泥岩試料で実施された早野ら<sup>4)</sup>の三軸CD試験の結果にもとづき、Hardin-Drnevichモデルで定式化した。FEMの非線形計算で必要となる接線変形係数  $E_{tan}$  の低減曲線(図中の青線)については、割線変形係数の低減曲線より設定した。FEM計算では施工前のPS検層で得られた変形係数  $E_f=3150 \text{ Mpa}^1$  を初期接線係数  $E_i$  として用いた。関東の他地域で採取した上総層群泥岩の割線変形係数のひずみ依存性(図中の□)を加えているが、早野ら<sup>4)</sup>と同様の傾向であった。

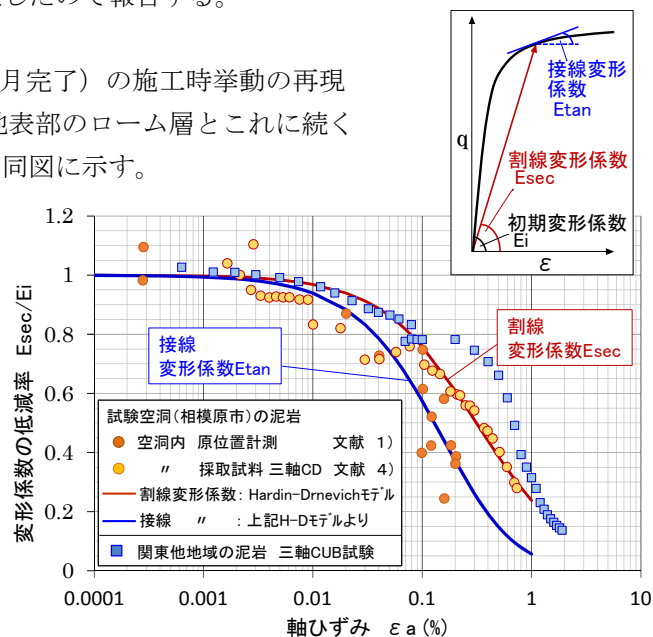
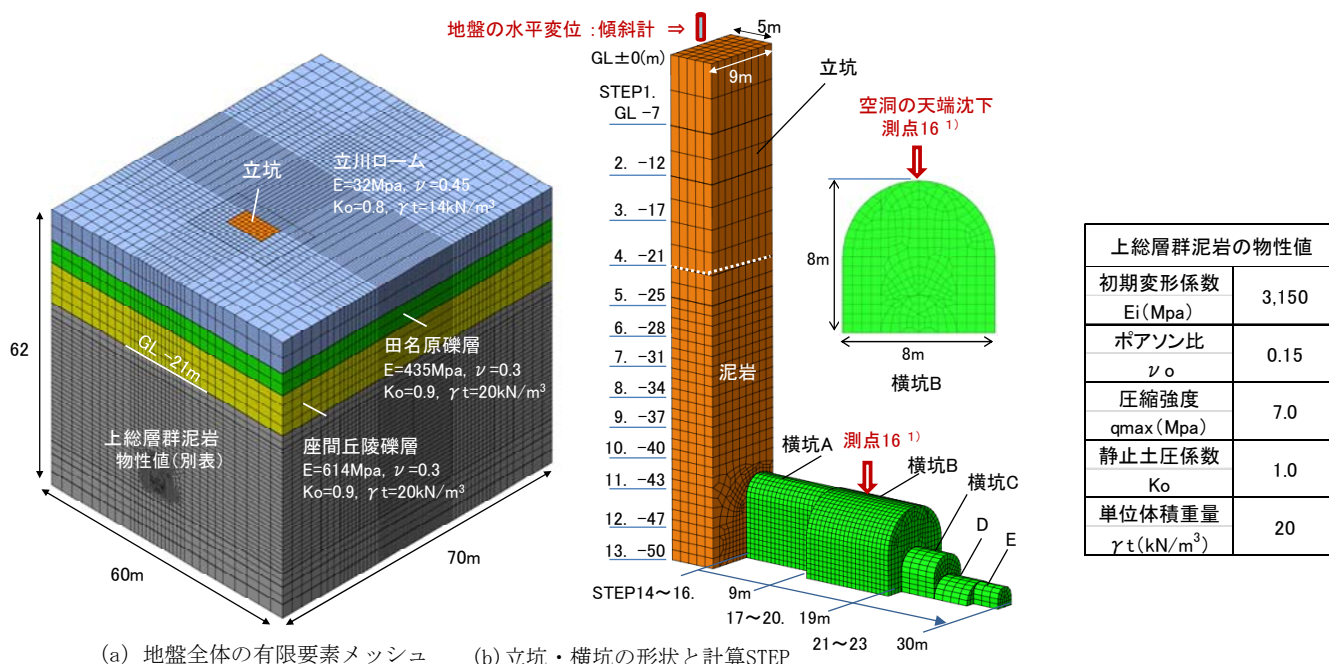


図-2 上総層群泥岩の変形係数のひずみ依存性

図-1 越智ら<sup>1)</sup>の試験空洞の解析モデル化

キーワード: 上総層群泥岩、地盤挙動、有限要素法解析、逆解析、Hardin-Drnevich モデル

連絡先: 〒204-8558 東京都清瀬市下清戸 4-640 (株) 大林組技術研究所 地盤技術研究部 042-495-1097

## (2) 施工過程のモデル化

試験空洞の立坑・横坑の掘削過程は図-1 に示す様に 23STEP に分けて模擬した。各 STEP 毎に 10 回の繰返し計算を実行させて、上総層群泥岩の非線形性のトレースを図った。

### 3. 上総層群泥岩の材料入力値と地盤変位の計算結果

坑口からの掘進に伴う横坑 B の天端沈下 (測点 16) <sup>1)</sup> の進展を図-3 に示す。(a) は泥岩を非線形モデル (H-D モデル) で模擬しての静止土圧係数  $K_0$  (0.75~1.5) による計算値の比較である。泥岩は過圧密のレベルが高く、 $K_0$  は 1 以上の値を十分とりえらると思えるが、不明確で設定しづらい。ここでの  $K_0$  値による沈下計算値の差は思いのほか小さい。計測では横坑 B の手前付近に切羽が到達すると、沈下の発生が急激に増している。計算値も同様の傾向を示している。

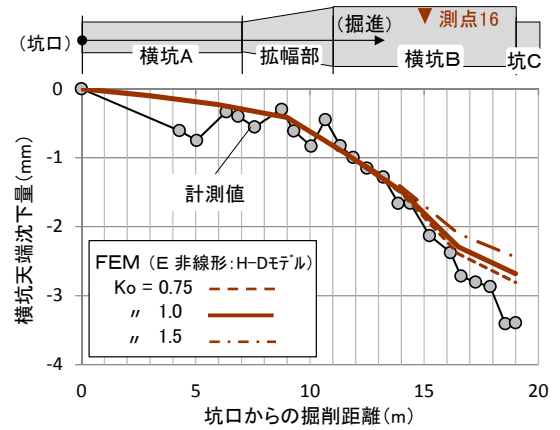
(b) では泥岩を H-D モデルで模擬した非線形計算と弾性モデルによる線形計算の結果 (ともに  $K_0=1$ ) を示している。ここで線形計算の変形係数  $E$  は、施工前の PS 検層による  $E_f=3150\text{Mpa}$  をもとに、 $E=E_f \times 1/4 \sim 1$  の範囲で与えた。 $E=E_f \times 3/4$  以上の値を与えないと計測値との差が大となり沈下が過大に得られている。非線形計算の結果は線形計算の  $E=E_i \times 3/4 \sim 1$  の間にあり、計測された天端沈下は地盤のひずみが 0.1% 未満の微小レベルの中で生じたものと推測される。

立坑近傍の地盤の水平変位についても同様の検証を行った。立坑の掘削完了時の結果を図-4 (a), (b) に示す。横坑の場合と異なり、非線形モデルでの  $K_0$  入力値による変位計算値の差は大きい。線形計算では  $E=E_i \times 3/4, 1$  のケースで計測値との整合が良く、非線形計算の結果は  $E=E_i \times 3/4 \sim 1$  の間に入った。これは横坑の場合と同様の結果である。

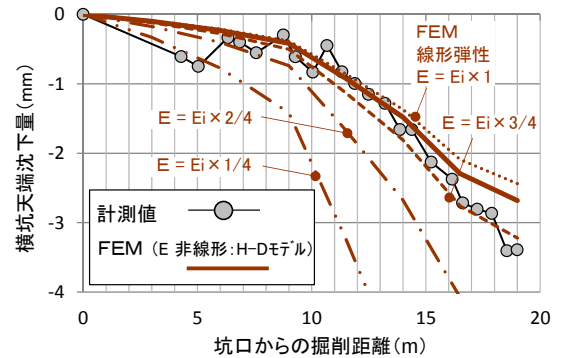
最大せん断ひずみのコンターを図-5 に示す。変位の再現は線形計算でも可能であるが、立坑と横坑の連結部等のひずみが集中し易い幾何条件の場所の安定性の評価では泥岩の非線形性を考慮した解析が必要と考える。

#### 「参考文献」

- 1) 越智・壺内・龍岡: 空洞掘削と実験調査および線形逆解析による堆積軟岩の変形特性, 土木学会論文集 No. 487/III26, pp. 177-186, 1994
- 2) 中道・杉江・鈴木: 上総層固結シルトを対象とした大深度地盤の力学モデルと有限要素解析への適用, 土木学会第 70 回年次学術講演会, 第 III 部門, 2015
- 3) 杉江茂彦: 3 次元地盤/地下水連成解析プログラム GRASP 3D の解析理論と粘土の力学挙動解析への応用, 大林組技術研究所報, No. 51, pp. 15-22, 1995
- 4) 早野・佐藤・古関・龍岡: 三主応力試験装置を用いた堆積軟岩の変形特性に関する基礎的研究, 東京大学生産研究所, 生産研究, 第 50 巻, 第 8 号, pp. 14-17, 1998

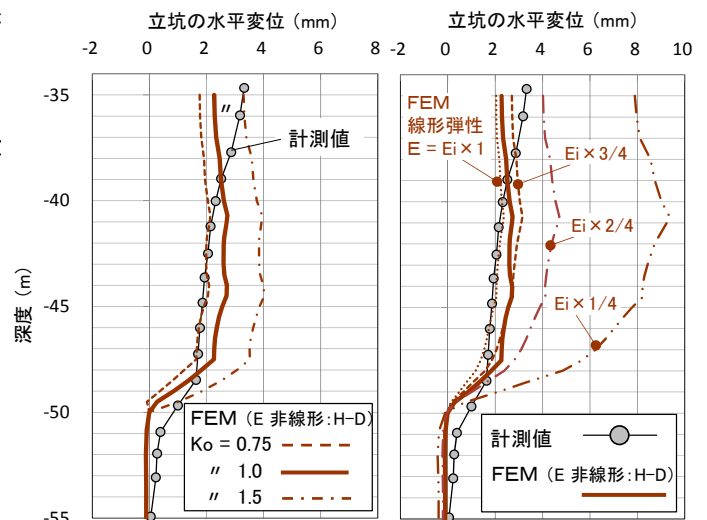


(a) 静止土圧係数  $K_0$  による比較



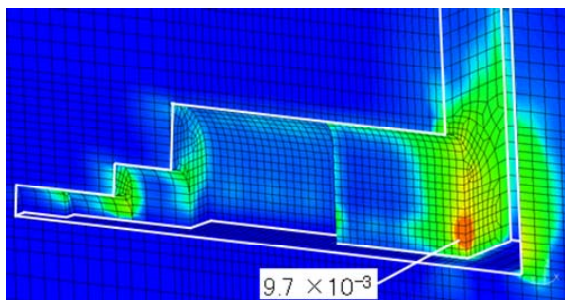
(b) 非線形計算と線形計算 ( $K_0=1$ )

図-3 横坑 B の天端沈下

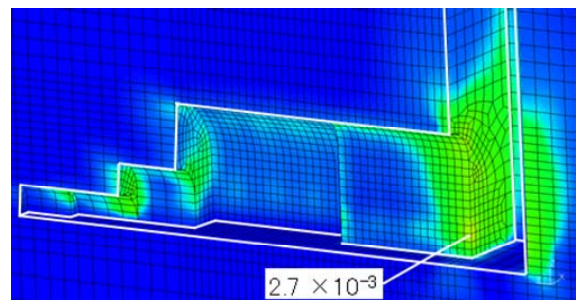


(a) 静止土圧係数による比較 (b) 非線形計算と線形計算 ( $K_0=1$ )

図-4 立坑近傍の地盤の水平変位



(a) 非線形計算: Hardin-Drnevich モデル



(b) 線形弾性計算:  $E=E_i \times 3/4$

図-5 最大せん断ひずみの分布