

## 頭部固定式二重土留め工法の変形抑制効果に関する検討 –弾塑性 FEM 解析–

鹿島建設株式会社 正会員 ○小林孝彰, 大野進太郎  
中本詩瑤, 那須郁香, 永谷英基, 井上直史

### 1. 背景・目的

頭部固定式二重土留め工法は、鋼矢板を二重に設置して頭部を固定することで、構造全体をラーメン化・高剛性化して自立壁をなすものである(図-1)<sup>1)</sup>。同工法を模擬した遠心模型実験<sup>2)</sup>において、二重の矢板による曲げモーメントの分散などによって変形を抑制する効果が観察された。本検討では、同工法の変形抑制メカニズムを数値解析で詳細に検証・分析した。

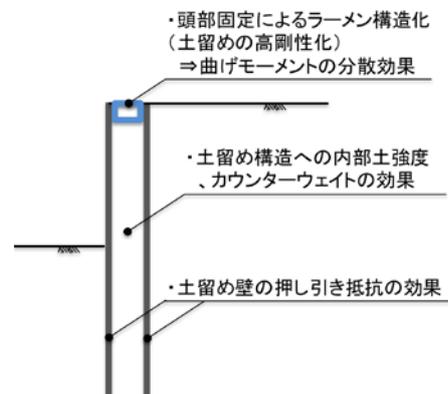


図-1 頭部固定式二重土留のコンセプト

### 2. 解析概要

乾燥した豊浦砂地盤の遠心模型実験<sup>2)</sup>を対象として、二次元弾塑性 FEM 解析を実施した(図-2)。地盤の構成則は Drucker-Prager モデルとし、パラメータは同試料の物理試験及び力学試験から求めた(表-1)。二重の矢板(曲げ剛性  $7.0 \times 10^3 \text{ kN} \cdot \text{m}^2/\text{m}$ , IV型鋼矢板の 1/8 相当)をそれぞれビーム要素でモデル化し、頭部を剛なビーム要素で水平に繋いで固定した。また矢板と地盤の間にはインターフェース要素を設け、剥離と滑りを表現した(せん断強度は地盤の内部摩擦角の 1/2)。境界条件は側面を鉛直ローラー、底面を固定とした。遠心模型実験の地盤の掘削(実際には地盤と同密度の液体の排出)を模擬するため、掘削範囲の要素を上から一層ずつ(深さ 0.2m)消去した。その際、隣接する節点に掘削解放力(等方的に作用する液圧に相当する外力)を載荷した。

### 3. 解析結果

解析結果のうち、5m の掘削終了時の偏差ひずみの分布を図-3 に示す。ここで比較するのは、遠心模型実験<sup>2)</sup>の以下のケースに相当するものである。

- ・ Case 2 (二重土留め, 頭部自由, 矢板離隔 1m)
- ・ Case 3 (二重土留め, 頭部固定, 矢板離隔 1m)
- ・ Case 5 (二重土留め, 頭部固定, 矢板離隔 3m) ※スケールは実物換算値

また同図には、遠心実験と FEM 解析で得られた掘削終了時の矢板頭部の水平変位を記す。二重矢板の頭部を

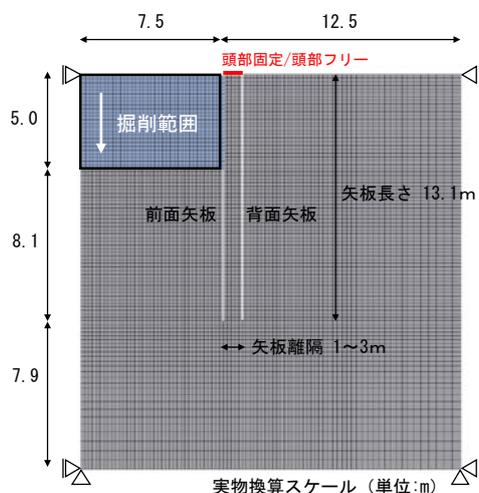


図-2 解析モデル

表-1 地盤の解析パラメータ (Drucker-Prager モデル)

パラメータ	値	備考
弾性係数 E (kPa)	16,500	掘削底面(深さ5.0m)での基準値拘束圧の0.5乗で深さ方向に分布
ポアソン比 $\nu$	0.32	$\nu = K_0 / (1 + K_0)$
静止土圧係数 $K_0$	0.47	$K_0 = 1 - \sin \phi$
単位体積重量 $\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	14.7	物理試験結果より
内部摩擦角 $\phi$ (°)	32.0	三軸圧縮試験結果より
粘着力 c (kPa)	0.0	三軸圧縮試験結果より

キーワード: 土留め工法 仮設構造物 弾塑性 FEM 解析

連絡先 〒107-8348 東京都港区赤坂 6-5-11 鹿島建設(株)土木管理本部土木技術部 TEL03-5544-0629

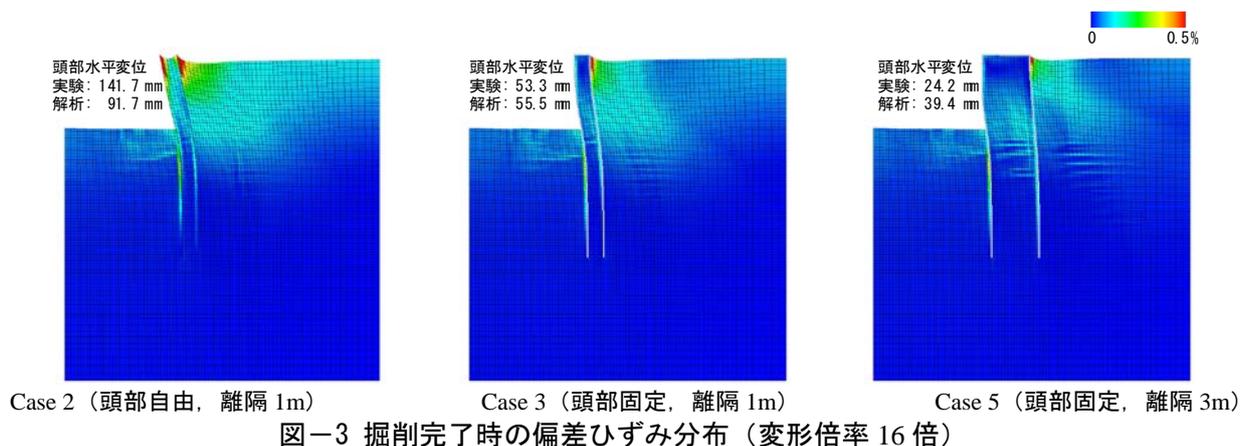
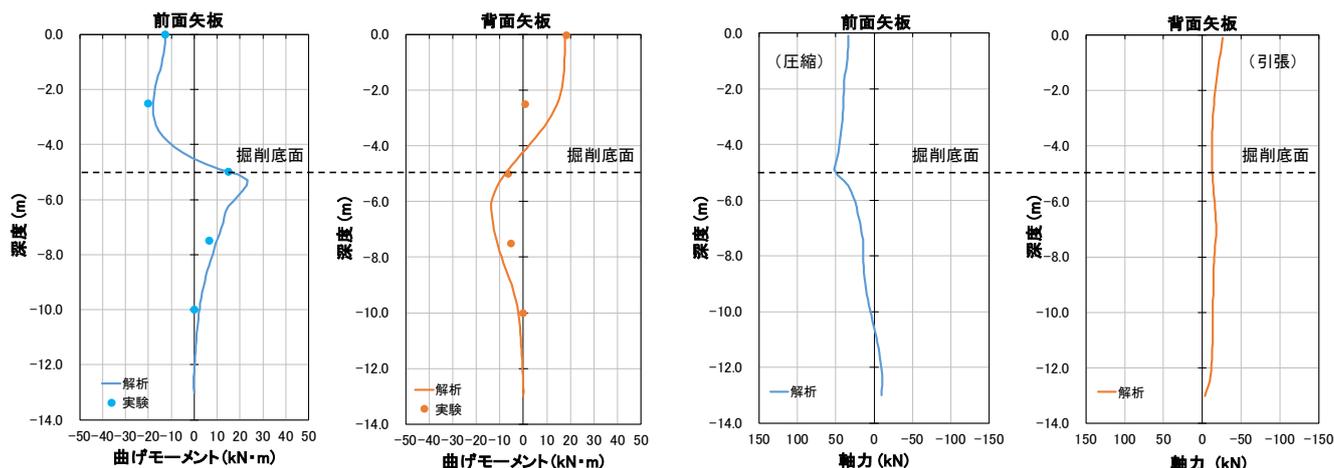


図-3 掘削完了時の偏差ひずみ分布 (変形倍率 16 倍)

図-4 掘削終了時の矢板の曲げモーメント分布  
Case 3 (頭部固定, 離隔 1m)図-5 掘削終了時の矢板の軸力分布  
Case 3 (頭部固定, 離隔 1m)

固定していない Case 2 では、前後の矢板が片持ち梁に近いモードで大きく変形し、背後地盤の変形も広範囲にわたっている。一方、頭部を固定した Case 3 (離隔 1m) と case 5 (離隔 3m) では、前後の矢板が一体となって働き、変形を効果的に抑制している。矢板間の内部土に着目すると、固定した頭部付近ではほとんど変形を生じていない。また遠心模型実験と解析では、矢板の離隔拡大に伴って変形が小さくなる結果が得られている。ただし実際の施工では、離隔拡大に伴い頭部を剛に固定することが困難になるため、上記の効果が十分に得られないことが予想される。

次に、Case 3 (頭部固定, 離隔 1m) における掘削終了時の矢板の曲げモーメントの分布を図-4 に示す。前後の矢板において遠心模型実験での計測値を概ね再現しており、頭部固定による曲げモーメントの前面矢板への分散効果を裏付ける解析結果が得られている。

最後に、同ケースにおける掘削終了時の前後矢板の軸力分布を図-5 に示す (解析結果のみ)。前面矢板には圧縮が、背面矢板には引張が作用しており、掘削面以下では軸力が徐々に減じる様子が見られる。矢板と周辺地盤が一体となって押し引き抵抗を発揮し、変形抑制に寄与しているものと考えられる。

#### 4. まとめ

頭部固定式二重土留め工法の遠心模型実験を対象とした FEM 弾塑性解析により、同工法の変形抑制効果に関する以下の結果を得た。

- ・ 遠心模型実験で観察された頭部固定による前後矢板の曲げモーメントの分散効果を、数値解析で確認した。
- ・ 掘削面以下における矢板と周辺地盤の押し引き抵抗の機構を確認した。

#### 参考文献

- 1) 坂梨ら:開削施工合理化を目指した無支保土留め工法の開発 (その 1), 土木学会第 75 回年次学術講演会講演集, 2020
- 2) 中本ら:頭部固定式二重土留め工法の変形抑制効果に関する検討-遠心模型実験-, 土木学会第 75 回年次学術講演会講演集, 2020