

FEM 解析による大径棒状補強材に用いる支圧プレートの検討

大径棒状補強材, 支圧プレート, FEM 解析

(株) 複合技術研究所 正 浦川 智行
 // 正 堀井 克己
 日本鉄道建設公団 正 米澤 豊司
 (財) 鉄道総合技術研究所 正 舘山 勝

1. はじめに

掘削深度が比較的浅い土留工事において、吹付けコンクリートと棒状補強材を用いて掘削面を安定させる土留め工法が多く用いられている。棒状補強材の頭部は支圧プレートにより吹付けコンクリートと一体化させるが、補強材の径が大きな大径棒状補強材の場合、支圧プレートに作用する荷重やその必要な大きさ等については十分に検討されていない。

本報告は、大径棒状補強材に用いる支圧プレートの形状を決定するための基礎資料を得るために FEM 解析を用いて検討した結果を述べたものである。

2. 解析概要

解析モデルは、掘削高 H=10m, 補強材長 L=5.0m, 間隔を縦横 2.0 m ピッチとして水平方向 1 列を取り出した三次元モデルとした。

解析は段階掘削-補強材打設を繰り返す工程を模擬したステップ解析とした。なお、実際には掘削面も補強材配置角度も傾斜を持っているが、本解析では掘削面は鉛直、補強材は水平とした。

図-1 に解析モデル形状, 表-1 に解析に用いた物性値を示す。解析ケースは、支圧プレートの大きさを変えた 4 ケースとした。表-2 に解析ケース一覧を示す。

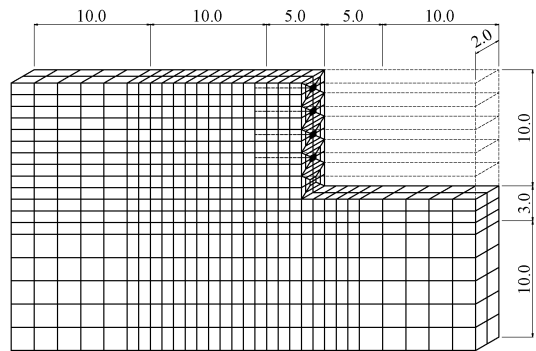


図-1 解析モデル形状

3. 解析結果

(1) 補強材軸力分布

図-3 に各ケースの補強材軸力分布およびのり面工低減係数 (μ) の値を示す。ここに、 $\mu = T_0/T_{max}$, T_0 : 補強材頭部の軸力, T_{max} : 補強材最大軸力である。

補強材最大軸力 (T_{max}) はおよそ 30~50kN, 補強材頭部軸力 (T_0) では 0~30kN となった。また、のり面工低減係数は支圧プレートが大きくなるにつれて大きくなり、のり面工の負担が大きくなるが、拘束圧を高めるので地山の安定性の増大効果が期待できると考えられる。図-2 は図-3 の結果を参考文献 2) におけるのり面工係数 (f_a) とのり面工低減係数 (μ) の関係図にプロットしたものである。本解析の補強材長および配置ピッチは、大径補強材での一般的な配置であるため、文献 2) で対象としている鉄筋補強材のデータと比較すると、傾向は合っているがのり面工低減係数は小さめになった。これは大径補強材の一般的な配置を用いて解析を行ったことや、地山を弾性体と仮定したこと等によると考えられる。

(2) 変位

図-4 にケース 1 での最終掘削時の水平方向変位を示す。掘削底面付近がはらみ出す変形モードとなっており、補強材位置では変位が若干小さくなっている。

他のケースでも同様の変形モードとなったが、支圧プレートの大きさによる変位量の違いはほとんど無かった。

表-1 解析に用いた物性値

	部材モデル	ヤング率 E (kN/m ²)	ポアソン比 ν	密度 ρ
地盤	弾性体	1.0×10^4	0.35	1.6
支圧プレート (t=10mm)	シェル	2.1×10^8	0.289	-
補強材 (ϕ 36mm, L=5.0m)	ボルト	2.1×10^8	-	-

表-2 解析ケース

Case	支圧プレート形状	補強材長 L (m)	補強材配置ピッチ S (m)	段階掘削高 (m/段)
1	無し	5.0	2.0	2.0
2	0.5m×0.5m	5.0	2.0	2.0
3	1.0m×1.0m	5.0	2.0	2.0
4	2.0m×2.0m	5.0	2.0	2.0

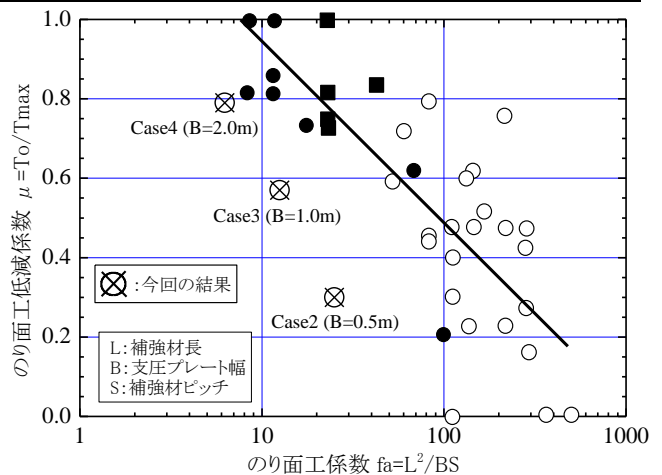


図-2 のり面工係数と低減係数の関係 (文献 2 に加筆)

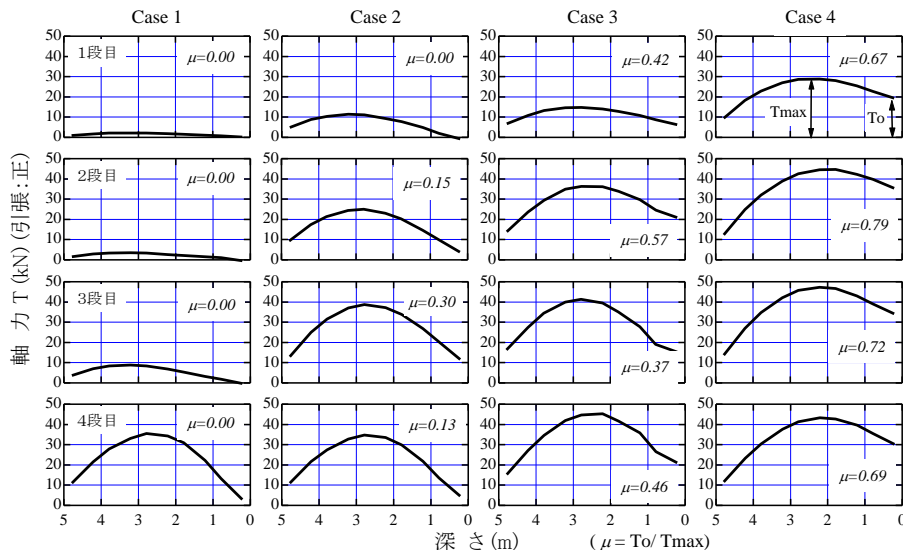


図-3 補強材軸力分布 (最終掘削時)

実際の変形モードや変位量については、クリープや補強材と地盤の付着性状を考慮した弾塑性解析による検討が必要であると思われる。

4. 部材検討

図-5 に実工事で用いられる大径棒状補強材頭部定着部の標準的な仕様を示す。実工事においては補強材打設のために吹付けコンクリート部を 50cm の径で穿孔するため、支圧プレートはそれを覆う大きさとして 60cm 角としている。

本解析の補強材は棒要素としてモデル化しているため、補強材径の影響が考慮されていないが、試算として図-3 の結果を元に支圧プレートと吹付けコンクリートの部材検討を行った。

検討に用いる T_0 の荷重は、図-5 の支圧プレートとほぼ同じ大きさのケース-2 での最大値である $T_0=12\text{kN/本}$ (3 段目) を用いた。図-6 に部材検討の計算モデルを示す。

(1) 支圧プレートの必要厚さ

支圧プレートは鉄板を用い、座金 (150×150mm) の面積を円に換算した部分分布荷重を受ける円板として、中心部に T_0 に相当する分布荷重を作用させると、支圧プレートの必要厚さは約 $t=6.7\text{mm}$ となる。標準的な仕様は $t=9\text{mm}$ である。

(2) 吹付けコンクリートの応力照査

支圧プレートに作用する荷重 T_0 を 60cm 角の支圧プレート面積から $\phi 50\text{cm}$ の削孔径の面積を差し引いた吹付けコンクリート面積 (図-6 斜線部) に作用させた時の支圧応力度は $\sigma_c'=0.08\text{N/mm}^2 \leq \sigma_{ca}'=6\text{N/mm}^2$ 、また、支圧プレート外周での押抜きせん断応力度は $\tau_p=0.05\text{N/mm}^2 \leq \tau_{ap}=0.48\text{N/mm}^2$ となる。

5. まとめ

FEM 解析によって得られた補強材軸力分布は、支圧プレートが大きくなるにしたがい T_0 の値が大きくなり、のり面工の負担が大きくなる結果となり、既存の文献 2) での傾向と整合する。しかし、本解析での補強材長および配置ピッチは大径補強材での標準的な仕様としたために、のり面工低減係数 (μ) は小さくなる結果となった。また、支圧プレートおよび吹付けコンクリートの仕様を、本解析での補強材軸力分布から得られた T_0 の値を用いて試算した。

今後さらに解析手法、地盤物性および補強材仕様等について詳細な検討が必要であり、また、実現場での計測結果との比較等を行い合理的な仕様を決定する必要がある。

<参考文献>

- 1) 補強土留め壁設計・施工の手引き, 平成 13 年 8 月, 日本鉄道建設公団
- 2) 村松他, 鉄筋補強土工法におけるのり面保護工の設計法について (その 2), 土木学会第 49 回年次学術講演会, 1994

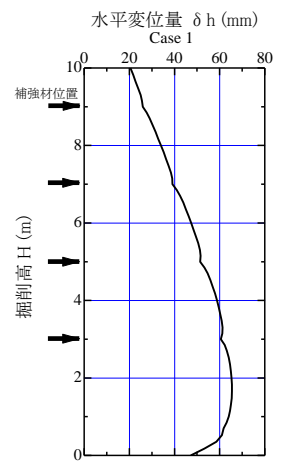


図-4 水平方向変位 (Case1 最終掘削時)

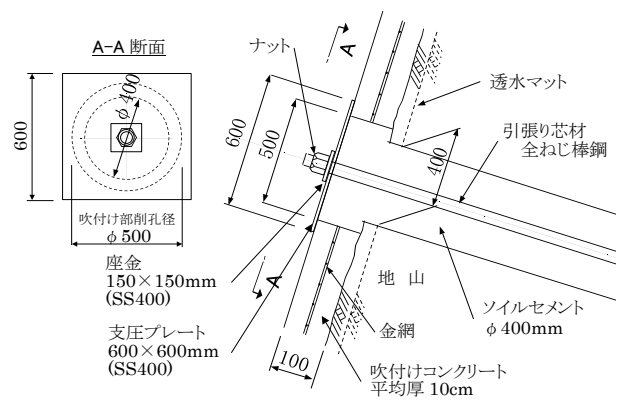


図-5 大径補強材頭部定着部の標準的な仕様

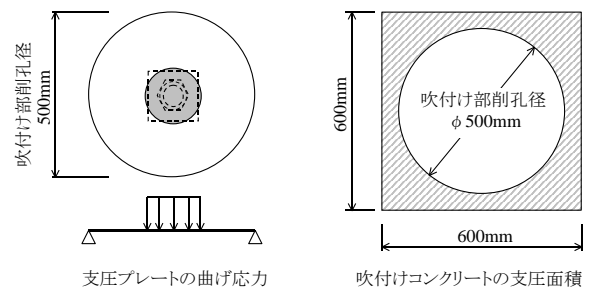


図-6 部材検討モデル