

大阪湾臨海部の大規模土留め壁に生じた引張挙動に関する検討

長岡工業高等専門学校 学生会員 ○石山 正太郎

長岡工業高等専門学校 正会員 岩波 基

1. はじめに

大阪南港の夢洲と咲洲を結ぶ夢咲トンネルは、全長 2.1km の道路・鉄道併用の沈埋トンネルであり、そのうち夢咲トンネル咲洲側アプローチ部築造工事(その 6)は、咲洲側の陸上アプローチ部約 650m の一部を構築するための根切り工事であった。本工事では、土留め壁を打設後に 2 年間残置したことと、当工区の地盤が海成粘性土主体の軟弱なものであることから、現場計測が綿密に実施された。その結果、掘削工事中の現場計測において、土留め壁に通常生じないはずの引張軸力が、安全上無視できないほど大きな値で計測された¹⁾。そこで、本検討は、当工区では土留め壁打設後の残置期間が長いことと、土留め壁打設後も圧密沈下が観測されていたことに注目し、FEM 解析により夢咲トンネル咲洲アプローチ築造時に計測された軸力の発生メカニズムの再現を試みた。それによって、同様な条件下における根切り工事の安全性の向上を図ることを目的とした。以前の報告²⁾では Ma13 層のみ弾粘塑性を考慮したが、土留め壁の深部で軸力の解析結果が計測結果と異なったため、本報告では Ma12 層についても弾粘塑性体を考慮して解析を行った。

2. 解析条件

2. 1. 解析条件

解析対象とした咲洲側アプローチ部の標準断面図を図-1 に示す。本工事は道路部の掘削幅が 40m で、鉄道部を含んだ最大掘削深度が 22m であった。また、土留め壁は、φ1500mm の鋼管矢板が採用され、長さが 50m で、根入れ長が 33.7m と掘削深度に比べて通常よりも長いものだった。引張軸力の増加が計測されたのは道路部最終掘削深度 17.3m の掘削終了後だったため、本検討は道路部の最終掘削終了時までの施工ステップを再現した。

2. 2. 解析モデル

本解析に用いた解析モデルを図-2 に示す。本解析には、施工段階を考慮した有効応力解析が可能である FEM 解析ソフト D'sNAP を使用した。また、解析モデルは対称性から軸対称の 1 / 2 モデルを採用し、解析領域は横 102.3m、縦 76.2m とした。そして、境界条件はモデルの両端を水平方向のみ固定し非排水とし、モデルの下面は水平と鉛直の両方向を固定し排水とした。さら

に、本工事中に観測されていた圧密沈下を表現するために、Ma12 層と Ma13 層には、粘土の時間依存性挙動が表現可能な関口・太田弾粘塑性モデルを採用した³⁾。Ma13 層と Ma12 層以外の各層は弾性体として解析を行った。土留め壁は長さ 50m のはり要素としてモデル化した。

2. 3. 地盤条件

本解析に用いた地盤の主な物性値を表-1、表-2 に示す。地層は

キーワード 土留め壁 圧密沈下 根切り
連絡先 〒940-8532 新潟県長岡市西片貝町 888 番地

長岡工業高等専門学校環境都市工学科 TEL&FAX 0258-34-9273

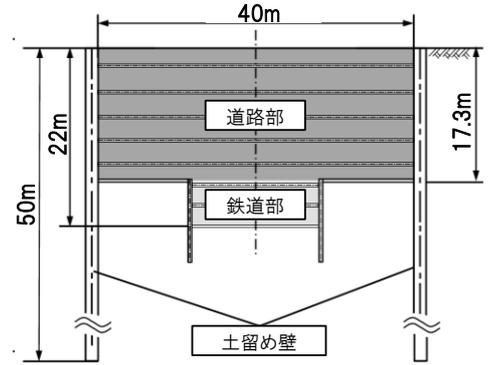


図-1 咲洲側アプローチ部標準断面図

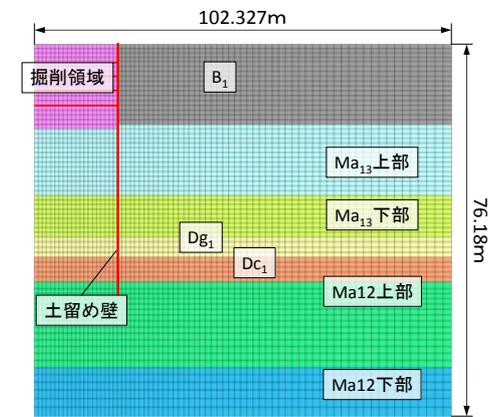


図-2 解析モデル

表-1 地盤物性値

	B ₁	Ma ₁₃ 上部	Ma ₁₃ 下部	DG ₁	DC ₁	Ma ₁₂ 上部	Ma ₁₂ 下部
単位体積重量(kN/m ³)	20.0	15.0	17.0	18.0	20.0	17.5	17.5
ヤング率(kN/m ²)	28000	71400	205800	112000	112000	304500	304500
ポアソン比	0.40	0.45	0.40	0.30	0.30	0.33	0.33
内部摩擦角(°)	33.3	0.0	0.0	35.0	35.0	0.0	0.0
粘着力(kN/m ²)	0.0	34.0	98.0	0.0	0.0	145.0	145.0
透水係数(cm/sec)	5.50 × 10 ⁻⁷	2.10 × 10 ⁻⁷	1.07 × 10 ⁻⁷	5.50 × 10 ⁻⁴	5.50 × 10 ⁻³	1.70 × 10 ⁻⁸	1.70 × 11 ⁻⁸

表-2 弾塑性パラメータ

	Ma ₁₃ 上部	Ma ₁₃ 下部	Ma ₁₂ 上部	Ma ₁₂ 下部
ダイラテンシー係数	0.3	0.042	0.1876	0.1036
不可逆比	0.9	0.9	0.9	0.9
限界状態指数	0.924	0.923	0.94	0.94
静止土圧係数	0.6	0.6	0.607	0.557
間隙比	2.2	2	2.1	1.4
圧縮指数	0.23	0.295	0.608	0.26

地表面より、B1, Ma13, Dg1, Dc1, Ma12 の順に構成されている。海成粘性土の Ma13 と Ma12 は、上部は軟弱な粘土が主体で下部はシルトおよび砂が多い地層であったが、上部の方が下部より透水係数が大きいため2層に分け解析を行った。

2.4. 解析ステップ

本解析は、実際の施工にしたがって2年間の土留め壁残置期間後に、掘削のステップを5段階に分けて道路部最終掘削深度の17.3mまでを掘削するものとした。

3. 解析結果

現場計測で掘削開始時を初期値としたため、解析結果は、各掘削段階ごとの解析結果の軸力から、土留め壁残置期間に発生した圧縮軸力を引いた値を図に示した。各掘削段階の土留め壁に発生した軸力分布の計測値の推移を図-3に示す。図-4は、Ma13とMa12の弾粘塑性性を考慮した解析結果である。2年間の土留め壁残置期間で土留め壁全体に圧縮軸力が発生し、掘削によりその軸力が解放される結果となった。解析の最大圧縮軸力は深度21.4mで6841kNであった。比較するために、図-5はMa13のみを弾粘塑性とし、Ma12を弾性体として解析した結果である。

4. 考察

解析の結果、図-3と図-4から5次掘削終了時の最大引張軸力を比較すると、計測値は1932kNが深度23.0mで発生し、解析値では6841kNが深度21.4mで生じており、値に大きな差異がある。また、図-3では、25m付近で計測値は引張から圧縮に移行しているが、図-4に示した解析値では急激に大きな圧縮と引張の軸力が生じている。これは土留め壁と地盤とが節点を共有していたため、局所的な地盤中の応力が実際のように土留めと地盤にずれが生じず、地盤内の応力が分散しなかったことによると考えられる。

図-4の解析結果では、図-5の解析結果で再現できなかった30mから40mに圧縮力が生じて、計測値に近づいた。

5. まとめ

今回の解析の結果から、Ma12層を弾性体から弾粘塑性のモデルに変えて解析を行なったところ、30mから40mに計測値と同様の圧縮軸力が生じる解析結果となり、傾向が実挙動に近づいたが、軸力の値には大きな差がある結果となった。今後は、新たに土留め壁と地盤の間のジョイント要素を考慮する解析を行い、土留め壁と背面地山との付着を切ることにより、解析値を計測値に近づけ、解析によって、現実の挙動を再現していく予定である。

[参考文献]

- 1) 鬢谷ら：夢洲トンネル工事における土留め壁挙動について，土木学会第61回年次学術講演会，p459, 4602006. 9
- 2) 石山ら：臨海部の大規模土留め壁に生じた引張挙動に関する検討
- 3) 社団法人地盤工学会：地盤の変形解析－基礎理論から応用まで－，p60-64，2002. 7

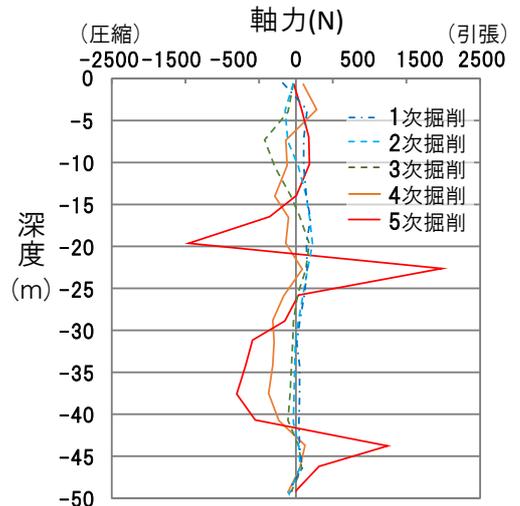


図-3 掘削段階ごとの軸力の計測値

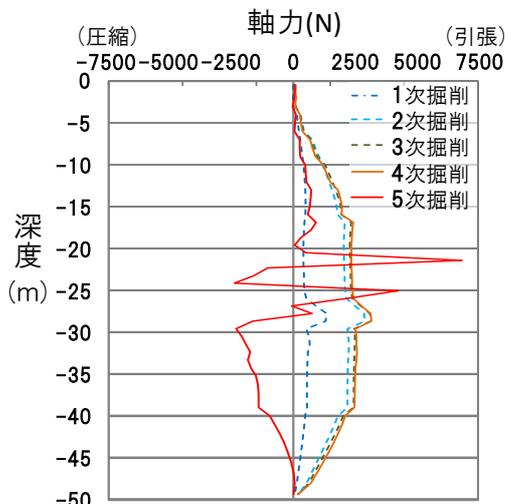


図-4 掘削段階ごとの解析値
(Ma12を弾粘塑性)

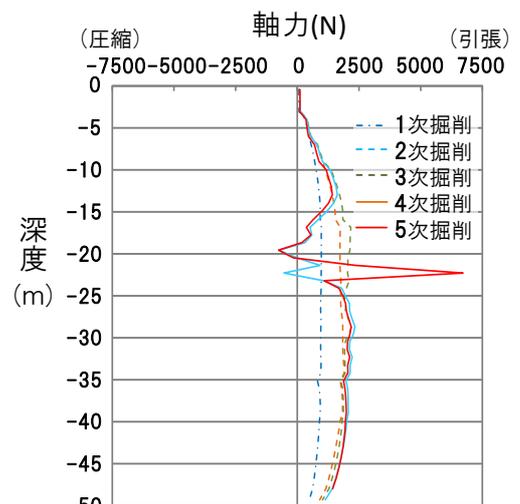


図-5 掘削段階ごとの軸力の計測値
(Ma12を弾性)