

ライナープレート立坑の合理的な設計手法について

株式会社大林組 正会員 山下 徹 正会員 ○水越 一
正会員 伊藤健吉

1. はじめに

都市部のシールドおよび推進工事では、周辺環境への配慮や作業ヤードの制約条件から大型重機を必要としないライナープレートを用いた土留め壁が発進・到達立坑に採用されることが多い。仮設計手法としては、コルゲート・ライナー技術協会ライナープレート設計・施工マニュアルに準拠するのが一般的であり、静止土圧係数を地盤の性状によらず一律 0.5 とした抗土圧構造物として設計することとなる。

某下水切り廻しシールドの到達立坑 (W6.0×L8.2×H12.2 m) において、上記設計手法では補強リング H-300 が 50cm 間隔で必要となる (図-1)。そこで対象地盤が自立性の高い堅固な泥岩層が主体 (写真-1) であるため、山岳トンネルの設計手法である地山の応力解放による安定性に着目した 3次元 FEM 解析により設計を行った。本報文はその設計手法および現場計測結果についての報告である。

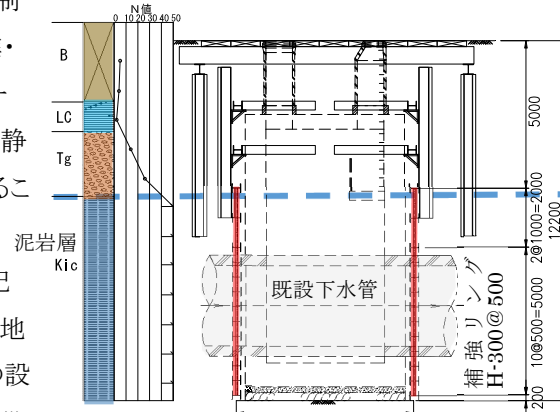


図-1. ライナープレート立坑断面図

2. FEM解析概要

- ・有限要素法による地盤を含めた立坑構造物を3次元でモデル化
- ・ライナー土留めはシェル要素とし、応力伝達は横方向のピース間のみで縦方向のリング間の応力伝達はなし
- ・補強リングは H-200 が 1.0m間隔
- ・既設下水管 (外径 3.4m) による土留め壁欠損を考慮

3. FEM解析結果

泥岩層の最大せん断ひずみは 0.04% (図-3)、ライナープレートの最大変位は 0.3mm (図-4) と微小であった。

次章で述べる補強リング応力度計測深度における断面力図を図 5, 6 に示す。最大応力度は補強リングフランジ引張縁で 3.2 N/mm^2 、圧縮縁で 18.1 N/mm^2 と許容値に対して 10% 以下であった。

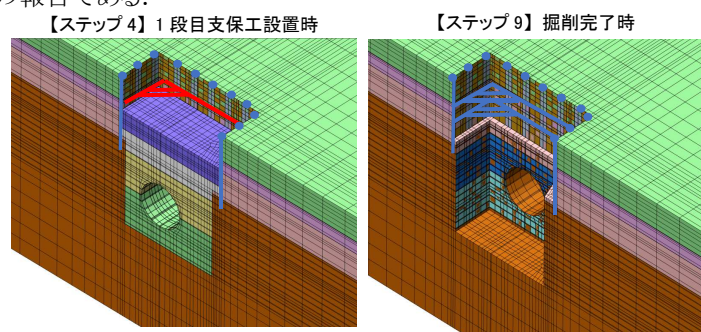


図-2. ステップ 4, 9 モデル図

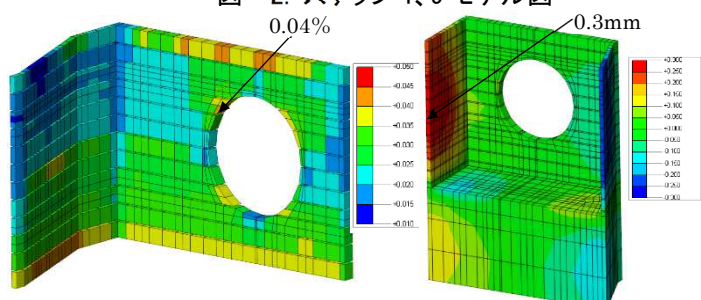


図-3. 泥岩層せん断ひずみ分布図 図-4. 土留め変位分布図

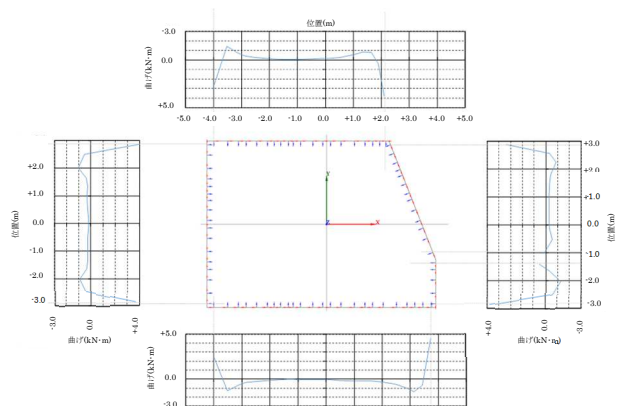


図-5. 曲げモーメント分布図 (GL-6.5m)

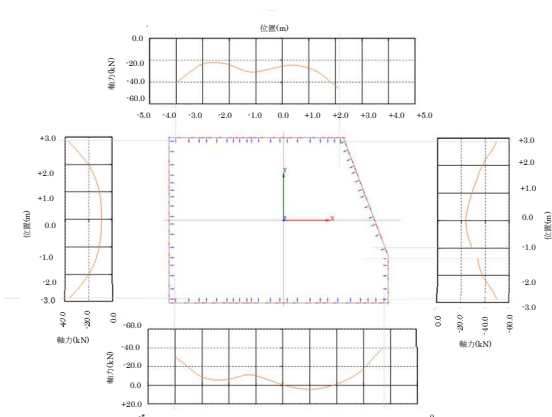


図-6. 軸力分布図 (GL-6.5m)

4. 現場計測概要

既設下水管によるライナー土留め欠損部を避けた GL-6.5mの補強リングに 13 か所ひずみ計を設置(表-1)した.また、曲げと軸方向応力度を把握できるように、H 型鋼フランジ対角に設置した(図-7)。

なお、地山側は裏込め注入の影響で計器が破損しないようゴム製のコーティング枠で養生し、エポキシ樹脂を充填した(図-7)。

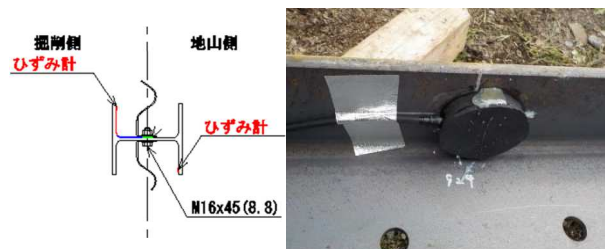


図-7. ひずみ計取り付け図

5. 現場計測結果

図-8 に FEM 解析で最大圧縮応力度 18.1N/mm^2 が生じた位置(表-1 No.13)における計測値を示す.計測位置は隅角部であり地山側フランジが引張応力、掘削側フランジが圧縮応力を示しており、概ね解析値と一致した。

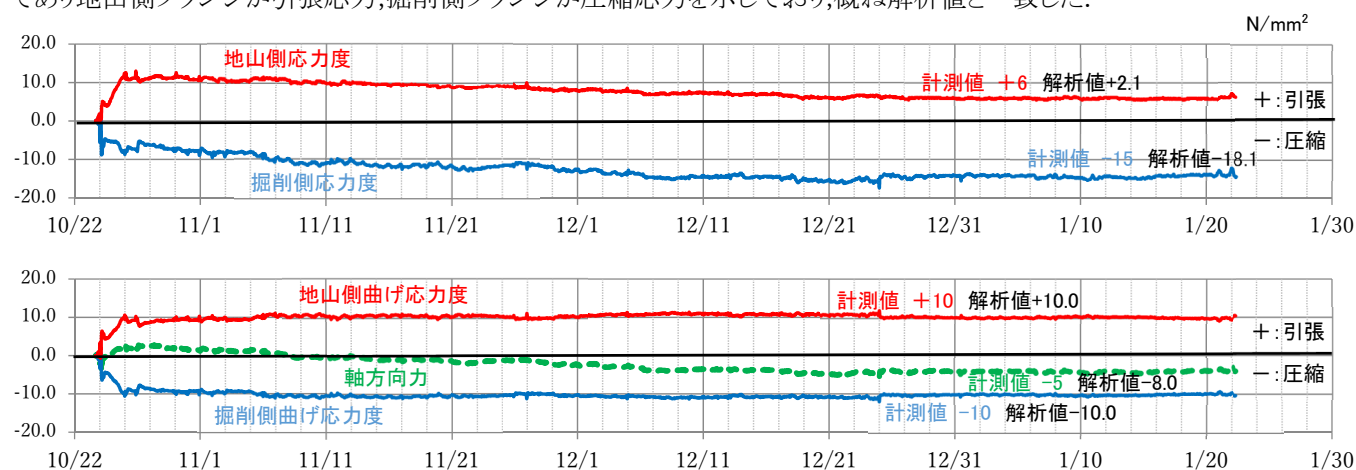


図-8. 応力度計測結果(No.13)

表-1 に応力度一覧表を示す.FEM 解析値では軸方向力は $0\sim 40\text{N/mm}^2$ の圧縮応力を示していたが、約半数の計測点において値は小さいものの引張応力を示した.土圧はほぼ作用していないと考えられるが、裏込めが十分に充填された箇所の水みちが塞がれて局所的に水圧が作用したものと考えられる.例えば長辺方向支間中央部に局所的に水圧が作用し、短辺方向に作用しない場合は、長辺方向に引張力が作用することがあり、このような現象が生じているものと考えられる。

計測 No.		全応力度		曲げ応力度		軸方向応力度
		掘削側	地山側	掘削側	地山側	
1	支点	7.3	0.6	3.4	-3.4	引張 4.0
2	支間	24.1	4.5	9.8	-9.8	引張 14.3
3	支点	-16.6	7.3	-12.0	12.0	圧縮 -4.7
4	支点	-17.6	23.5	-20.6	20.6	引張 3.0
5	支間	28.8	-2.8	15.8	-15.8	引張 13.0
6	支点	-24.3	15.6	-20.0	20.0	圧縮 -4.4
7	支点	-14.2	33.9	-24.1	24.1	引張 9.9
8	支間	25.1	-0.6	12.9	-12.9	引張 12.3
9	支点	-11.4	1.0	-6.2	6.2	圧縮 -5.2
10	支間	-21.1	11.2	-16.2	16.2	圧縮 -5.0
11	支間	3.6	22.5	-9.5	9.5	引張 13.1
12	支点	1.8	-	-	-	-
13	支点	-15.0	5.7	-10.4	10.4	圧縮 -4.7

表-1. 計測応力度一覧表

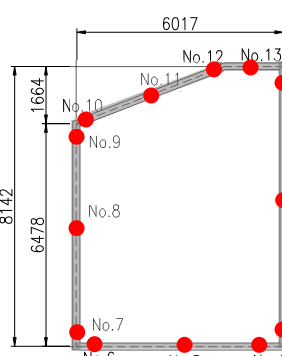


写真-1. 泥岩層自立状況

6. まとめ

応力解放による地山の安定性に着目した解析手法を用い、現場計測と実施工によりその妥当性を確認した.その結果、従来の設計法に比べ鋼材量を 52%削減でき、これにより狭隘部施工の課題が克服され、作業効率を大幅に改善することができた.立坑周辺地盤である泥岩層のアーチ効果も合理的な設計の要因であるが、 γ , C , ϕ で算出する土圧理論よりも γ , E , ν で算出する応力解放による地山の安定性に着目した設計手法の方がより合理的である。

ライナー立坑は集水井や杭基礎など用途は多様である.今後は当該設計手法が都市部のみに留まらず、山間部における硬質地盤への適用にあたっての一助となれば幸いである。

キーワード ライナープレート立坑, 3次元FEM解析, 設計手法, ひずみ計, 施工性向上

連絡先 〒108-8502 東京都港区港南 2-15-2 品川インターシティ B 棟 (株)大林組 TEL 03-5769-1308