

日本鉄道建設公団・青函建設局・吉岡鉄道建設所 正会員 下河内 稔
 正会員 石川 文夫
 花崎 春男

1. はじめに

青函トンネル海底部工事では、掘さく予定箇所の周辺地盤に、前もって切羽から注入して止水帯を形成した後に掘進している。軟弱岩盤内では、掘さくによる周辺地盤の大きな変形が生じるならば、止水帯の地盤を乱す事により生じる浸透水によって、周辺地盤が著しく劣化するおそれがある。24km～26km間は、津軽海峡の中央に位置しており、水深が約140m、土被が約100mの厳しい条件下にある。ここは、新第三紀鮮新世の地層で、表1に示すように、固結度の低い凝灰岩類の薄層を挟在する砂質泥岩から成る軟弱岩盤となっており、本坑（新幹線複線型）の掘さくにおけるトンネルの解析と、それらの値による管理とが非常に重要なものである。

表1. 青函トンネル25K900M付近岩盤の構成岩石の測定諸値と解析に用いた物理定数

| 構成岩石名 | 坑内採取岩石から作成した試験片により測定して得た諸値 | | | | | | 解析に用いた物理定数 | | | | | |
|---------|----------------------------|-----------|------------------------|---------|------------|--------|------------------------------|---------|---------------------------|-------|------|------|
| | 比 重 | | 強度 kgf/cm ² | | P流速 km/sec | 粒度構成 % | 湿潤粘着力 比重 kgf/cm ² | 内部摩擦角 ° | ヤング係数 kgf/cm ² | ポアソン比 | | |
| | 乾燥 | 湿潤 | -軸圧縮 | 圧裂引張 | | | | | | | | |
| 砂質泥岩 | 1.40-1.30 | 1.85-1.78 | 47.1-32.0 | 3.9-2.7 | 1.55 | 25-37 | 75-63 | 1.82 | 5.2 | 35 | 4300 | 0.35 |
| 凝灰質砂質泥岩 | 1.44-1.39 | 1.88-1.85 | 16.7-3.4 | 2.1-1.5 | 0.84 | 18-34 | 79-66 | 〃 | 4.2 | 32 | 3300 | 0.35 |
| 砂質凝灰岩 | 1.49 | 1.89 | 4.0 | | 1.85 | 18-22 | 84-78 | 〃 | 2.2 | 28 | 1200 | 0.40 |

2. 解 析

本坑は、表2及び図1に示される掘さく方法と設計断面とを採用したが、解析及び管理の容易のために、それらは、解析上の施工段階と設計断面とを用い、大きな変形を許容し得ないと言う前提条件から弾性範囲内の解析のために、表1に示す物理定数を用いて解析した。解析の手法としては、平面歪み状態を仮定した有限要素法により、各掘さく段階ごとに、前段階で算出された掘さく境界縁の節点力を除去する手法、いわゆる応力解放法を採用した。切羽の三次元的な影響については、掘さくと支保との段階における地圧解放率を変化させることによって考慮されるものとした。この解析により、各段階における周辺地盤と支保との応力と変形量とが求められた。それらの結果から、支保の応力は安全内にあることと、掘さく境界縁からせいぜい2m程度の所までの掘さく周辺地盤が破壊されていることが計算された。また、掘さく周辺地盤の変形は、掘さく境界縁から本坑の半径分の所程度までで急激に減少している事も計算されたので、採用した掘さく工法と設計断面とで施工することが可能であると推定された。

表2. 青函トンネル・吉岡カ13本坑の掘削作業と解析に用いた作業段階および各段階で仮定した残存地圧の解放率

| 実際の掘削作業の工程 | | 記 事 | | 解析の工程 | |
|------------|---------|------|------------------|-------|-----|
| 順番 | 施工の箇所 | 作業名称 | 掘削と支保のピッチ:90cm | 段階 | 解放率 |
| 1 | ①②③④⑤⑥⑦ | 導坑掘削 | 解析では素掘と仮定 | 2 | 66% |
| 2 | ①②③④ | 支保 | 150H型鋼柱, 吹付, ボルト | 3 | 100 |
| 3 | ④ | 増ボルト | 解析では上半掘削直前設置 | 4 | 55 |
| 4 | ④ | 側壁打設 | 一次巻立 | | |
| 5 | ②④⑩⑫ | 上半掘削 | 解析では素掘と仮定 | 5 | 100 |
| 6 | ⑩⑬ | 支保 | 200H型鋼柱, 吹付, ボルト | | |
| 7 | ①⑭ | 大背掘削 | 合 側壁二次巻立 | 6 | 100 |
| 8 | ②⑤⑩ | 上半打設 | | | |
| 9 | ⑬⑭ | 下盤掘削 | 計算は除外 | 7 | 100 |
| 10 | ⑬⑭ | 打設 | | | |

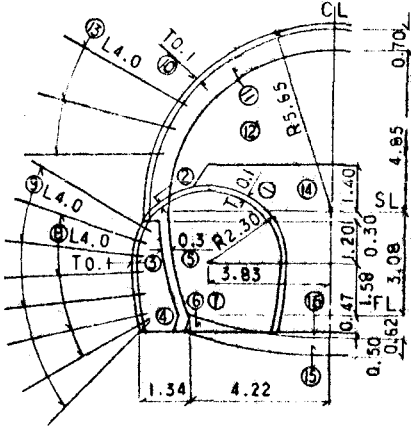


図1. 表2の設計横断面 単位: m

3. 計測

解析により算出された応力および実際の施工により生じるそれらの値とを比較検討することにより、施工管理と適用の妥当性を得ることが出来る。このために、表3および図2に示す計測を実施している。計測Aは、トンネル方向に1間ずつ測点を設けて各施工段階ごとに測定されるもので、測定結果と解析結果とを常に対比することにより、それぞれの測定点における施工段階ごとの安全性の検討を行うことを目的として実施されている。計測Bは、代表的な数断面についてのみ測定断面を設けたもので、Aの目的他に、設計施工の妥当性と解析結果の適応性とを検討する目的で実施されている。これら二つの計測の結果が解析結果に比べて大きな隔たりをもつ場合には、掘さくの一時停止、支保の補強を行うことにより施工の安全性を確保し計測Bの測定結果から、掘さく方法と設計断面との妥当性および解析結果の適応性について再検討することになる。

表3. 計測器の設置および計測開始の作業と段階

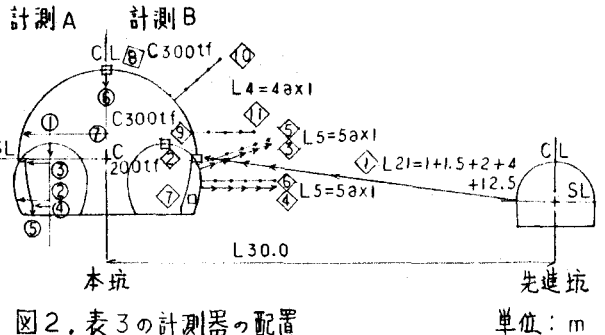


図2. 表3の計測器の配置

単位: m

4. おわりに

解析値と計測値とは、各施工段階ごとの増分と、それまでの累計との二つによって比較検討を行ってきた。その結果、多少、数値の異なるの大きなものも見られたが、各施工段階に応じた変化曲線の形は殆ど同じとなっている。ここに、提示した設計断面と掘さく方法を考慮した施工段階ごとの解析方法の適用と、その結果にもとづく計測による管理手法とが、この掘さくにおいては妥当なものであったと考えられる。