

本計測は、青函T ($L = 53.85 \text{ km}$) の海底部において保守用車両の横取りのため新幹線断面 ($A = 90 \text{ m}^2$) を拡幅 ($A = 200 \text{ m}^2$, $L = 41.4 \text{ m}$, 2箇所) する工事において実施されたものである。

海底下における大断面掘さくの安全を確保するため、種々の解析及び計測により地山の挙動を監視しながら施工を行った。ここに施工に伴う現場計測管理について報告する。

1. 拡幅部施工概要

拡幅部の地質は、新第三紀中新世に属する火山礫凝灰岩 ($V_p = 2.2 \sim 2.6 \text{ km/sec}$, 一軸圧縮強度 $108 \sim 202 \text{ kgf/cm}^2$) と凝灰岩が主で青函Tでは比較的安定した岩盤であるが一部に玄武岩岩脈の貫入が見られ、境界部の凝灰岩は変質を受けている。

なお、掘さくに先立って地盤注入を約2Rのカバーリングで行い止水及び岩盤補強を行った。

施工方法は、ロックボルト、吹付けコンクリートを採用した側壁導坑併用多段バンチ方式とし、設計断面及び施工パターンの検討はFEM解析によった。

FEM解析は、地質調査結果より地山物性値を3ケースに分け、施工順序に従って解析ステップを設定し、変位、主応力、ロックボルト軸力及び吹付け応力を求め設計パターンを決定した。

図-1に施工順序を示す。

①先行ロックボルト打設、②側壁導坑掘さく、導坑支保工建込み、吹付けコンクリート、ロックボルト打設、③側壁コンクリート打設、④側壁取り壊し、掘さく、ロックボルト打設、⑤側壁コンクリート打設、⑥頂設部掘さく、⑦一次吹付けコンクリート、鋼アーチ支保工建込み、二次吹付けコンクリート、ロックボルト打設、⑧中段部掘さく、⑨⑩と同じ、⑪既設アーチコンクリート取り壊し、⑫⑬と同じ、⑭アーチコンクリート打設、⑮下半掘さく、⑯インバート掘さく、⑰インバートコンクリート打設。

2. 計測概要

計測は、地山の挙動を密に把握するため16断面について行った。

計測項目別測定数量及び測定間隔を表-1に示す。また、主計測断面における計器の配置を図-2に示す。

測定データの処理は、マイクロコンピューターを使用し速やかに施工に反映することとした。

図-3に計測システムを示す。

図-1 施工順序図

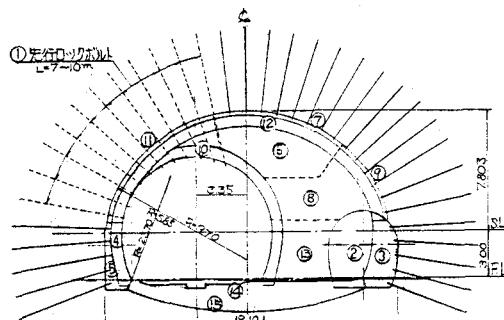


表-1 計測項目及び測定数量

計測項目	測定数量	機器	使用計器	測定間隔
坑内観察調査	-式	目視		1回/日
内空変位測定 (自重)	10測線×8断面	90記録 ジエンス	上用透過程1cm ～切下透過程7日	1回/日
天端の下測定	1点×8断面	II測点 レベル	切下透過程後 8日～20日	1回/2日
	3点×1断面		"	3日～以降 1回/週
計測A (自重)	8本×6点×1断面 7本×6点×1断面 5本×6点×1断面 1本×6点×2断面 2本×6点×4断面 1本×3点×6断面 3点×6点×1断面	計測孔7 ボルト 軸力判定 216点 (中等式) (重式)	巻破前 巻破～60分間 60分～120分 120分～240分 240分～360分	1回 10分間隔7回 30分 2回 60分 2回 120分 1回
計測B (自重)	8本×6点×1断面 5本×6点×1断面 78点	変位計	以後次回巻破まで 240分間隔	
地中変位測定	3点×2断面	巻工筋計 直角工作計		
巻工筋測定	3点×1断面	3点 ロードセル		
内空変位測定	1点×5断面	5点 热電対		

図-2. 主計測断面における計測位置図

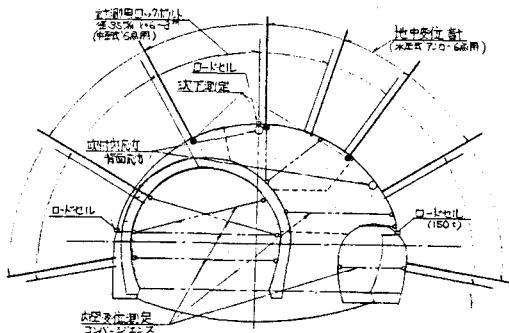


図-3. 計測システム

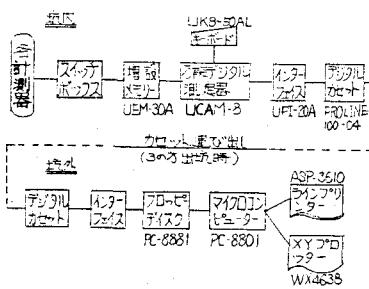


表-2. 計測結果

3. 計測結果

主計測断面における計測結果を FEM 解析値と対比して表-2 に示す。

計測結果より天端付近において深度 2m 前後にあるみ域の境があると思われるが、全体として地山の変位は、弾性的な挙動範囲と判断される。

また、FEM 解析値に比べかなり小さな値となっている。この予測と実測の差の原因を検討した。

(1) 計測上の要因

FEM 解析では、掘さくと同時に支保されるという現実に有り得ない形である。つまり計測器設置前に発破による弾性変位が進んでしまい、計器でその変位分をキャッチできないためと思われる。従って解析時に計測開始時までの変位分を考慮すべきであると考える。

(2) 入力値の要因

解析結果に最も影響を与えるものは、入力する物性値である。表-2 に示すとおり弾性係数値は、CASE 3 に用いられている $400,000 \text{ t f/m}^2$ が原位置の孔内載荷試験結果に最も近く妥当なものと思われるが、主計測断面付近に玄武岩の貫入が見られたこと等均一な地山でなかったため、実測値との間に差違が生じたものと考える。

(3) その他の要因

掘さくに先立って施工した補強地盤注入による岩盤の改良効果もあったものと推察される。

4. おわりに

FEM 解析は、本来地山物性値により解析され設計に反映されるものであり、施工に伴う計測結果から地山物性値を逆解析により求め再度 FEM 解析を行い、より安全でより経済的な設計をすべきである。しかしながら本工事は、施工延長が短く、海底下での大断面拡幅ということを踏まえて安全側であるので設計パターンの変更を行わず、施工を完了した。今後、この種の施工においては、これらの経験を踏まえて対処したいと考えている。

(参考文献)

- (1) 青函トンネル海底部における大断面 NATM の設計施工について 斎木 功 鉄道公団第 19 回技術研究会
- (2) 青函 T (竜飛) 横取基地拡幅部計測報告書 鹿島、熊谷、鉄建青函ずい道工事共同企業体