

(19) 強風化花崗岩(マサ土)におけるNATM施工時の計測について

— 東北新幹線第二平石トンネル —

国鉄新幹線建設局	吉村	恒
前田建設工業㈱	笹木	胖
〃	〇関	順一
〃	中村	敏夫

1. まえがき

東北新幹線第二平石トンネル ($\ell = 245m$) は、東北本線二本松駅の南東約 $3.5Km$ の地点にある。この附近の地山は、なだらかな丘陵地帯であり、表土の下は阿武隈古期花崗閃緑岩が完全に風化したマサ土である。当トンネルの掘削工法は、当初サイロット工法で計画されていたが、軟弱地山へのNATMの適用を検討した。その結果、地質が粘土化した岩目の発達しているマサ土であり、土破りも $4 \sim 14m$ と非常に薄く東京方坑口近くは全くの偏荷重地形であることを考慮して、東京方 $75m$ 、盛岡方 $35m$ はサイロット工法とし、中間の $135m$ を三段ショートベンチ方式によるNATMで施工した(図-1, 4)。

NATMの施工に際し、地表および坑内で各種の計測を実施し、地山挙動、各支保部材の作用についての資料を得たので、ここに報告する。

2. 地質・トンネル概要

当地点のマサ土は、もとの節理面が粘土化して油目状となり滑落しやすく、また、粘着力が小さいため剝落しやすい地山である。土質試験の結果、土の力学特性は内部摩擦角 $\varphi = 30^\circ$ 、粘着力 $C = 0.2 \sim 0.8 Kg/cm^2$ ($qu = 1 \sim 3 Kg/cm^2$)、変形係数 $E = 60 \sim 160 Kg/cm^2$ であった。

土質試験の結果にもとづく弾塑性FEM解析などの結果をもとに、図-1に示す標準断面を決定した。

掘削工法は、天盤をトンネル巾の半分程度を最初に支保し、作業の安全性を高める方式として、一段ベンチの掘削巾を小さくした三段ショートベンチ方式を考案した。一段、二段ベンチの掘削はフリスローダーによる機械掘削で行ない、三段ベンチ、インパートはバックホーショベルにより掘削した。一段ベンチの掘削よりインパートクローズまでの期間は $25 \sim 30$ 日であった。

ロックボルトはSNアンカーを採用し、H支保工にそわして千鳥になるよう配置して、約 $5t$ の締付けを行なってプレートの支圧効果を高めた。

吹付けコンクリートは、セミ湿式工法(Aliver 260)を用い、各切羽において掘削後すみやかに第1層吹付け ($d = 5cm$) を行ない、地山のゆるみを極力防止した。

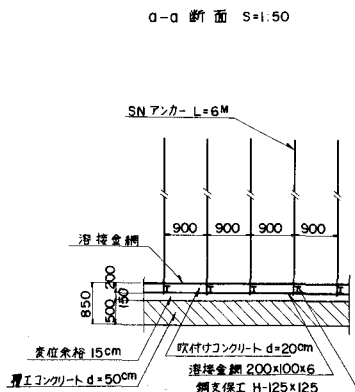
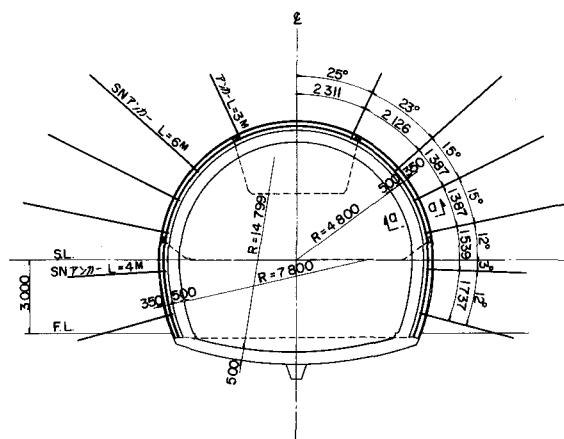


図-1 標準断面図

3. 計測概要

N A T M施工の日常管理に役立てるとともに将来の設計・施工管理の資料を得るため、20m毎に計測断面を設け、このうち1ヶ所を主計測断面とした。主計測断面ではN A T Mの支保効果の検討のため図-2に示す各種計測を、他の断面では、一般計測として天盤沈下、内空変位などの計測を行なった。

4. 計測結果

(1) 一般計測

地表沈下は、1段ベンチ掘削時の先行沈下が約1cmで、以後、インバート施工まで漸増して、インバート施工後急速に収束する。地表沈下の平均値は12cmであった。

天端沈下、内空変位の増加は、各ベンチ掘削段階毎に一旦低下し、次のベンチ掘削により再び増大し、インバート施工後約1週間で急速に収束する。

図-3は計測を有効に利用した例で天端沈下の日々の増加が大きいいため、ロックボルトの増し打を行ない、インバートの施工を早めたときの経時変化である。

(2) 主計測

主計測断面の測定結果を以下に示す。

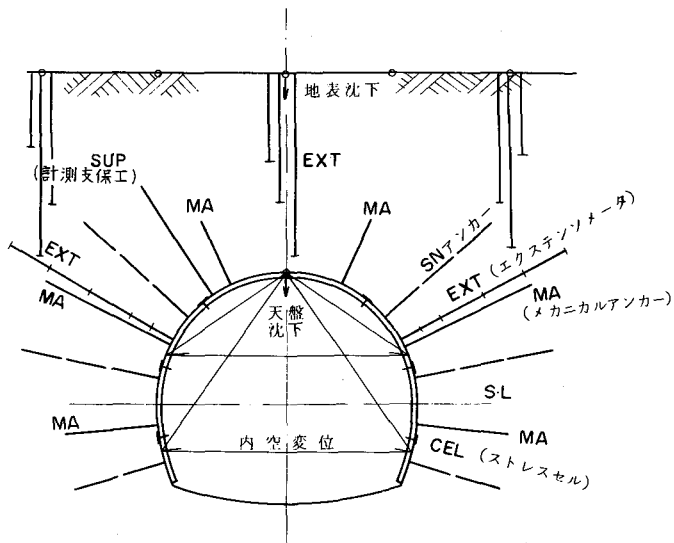


図-2 主計測断面図 (STA. 231^k770^m)

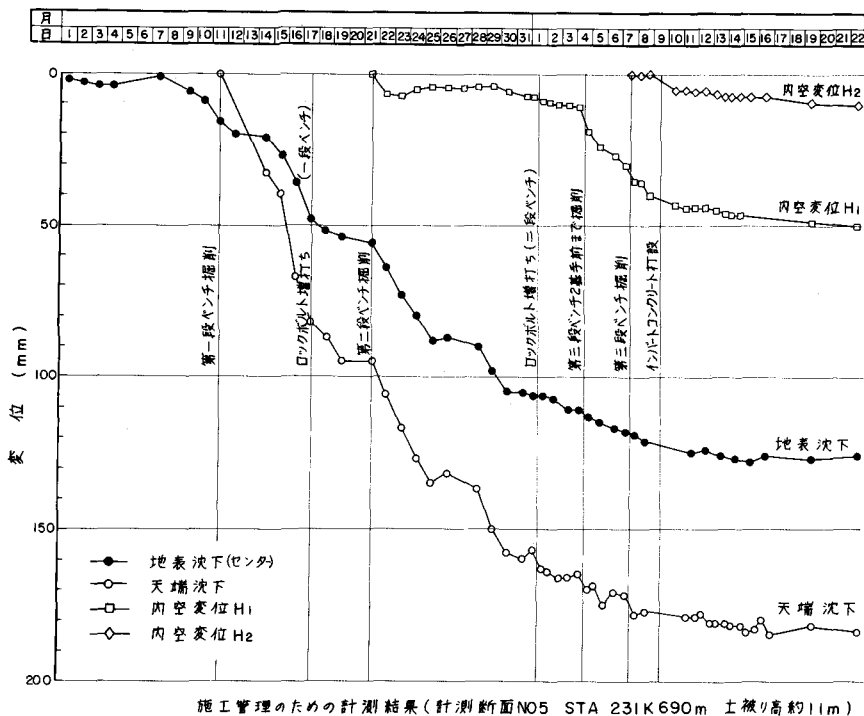


図-3 一般計測結果(計測断面NO.5,土被り高約11m)

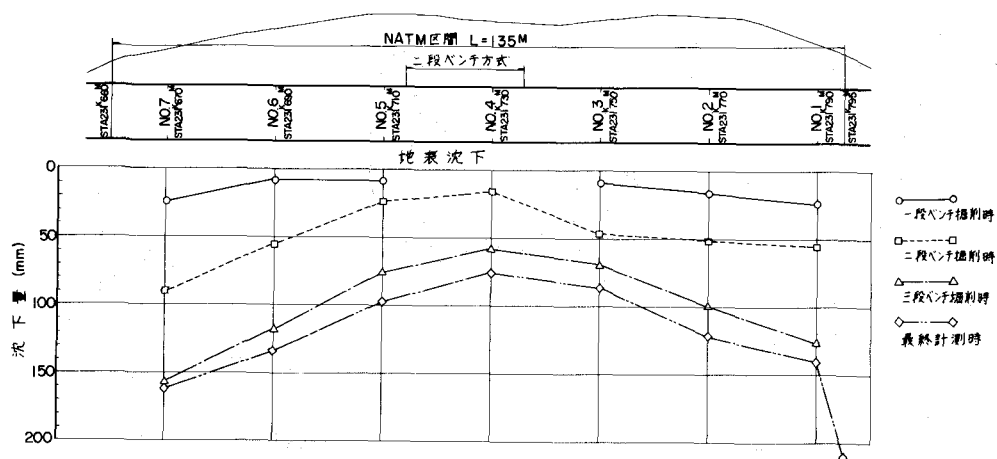


図-4 地表沈下の縦断分布図

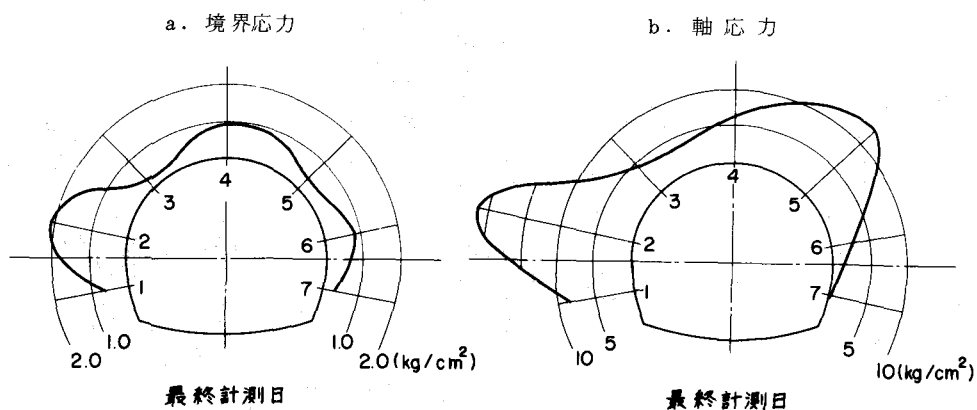


図-5 吹付けコンクリートの境界応力と軸応力の分布

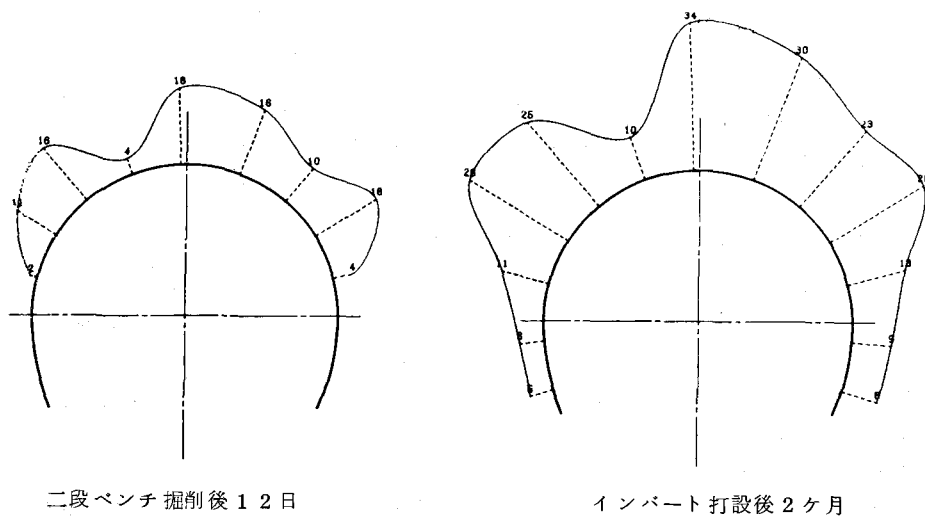


図-6 H支保工の軸力分布 (SUP-A)

5. 考 察

・ 地表沈下は土被り高4～14mでは、土被りの大きい方が小さい傾向にあり、天端沈下は逆に大きくなる。地表沈下の平均は約12cm、天端沈下は約14cmであり、FEMによる事前の予測値とほぼ一致した。また、サイロット工法による地表沈下は、NATM工法より1.5～2倍大きいと推定できる。

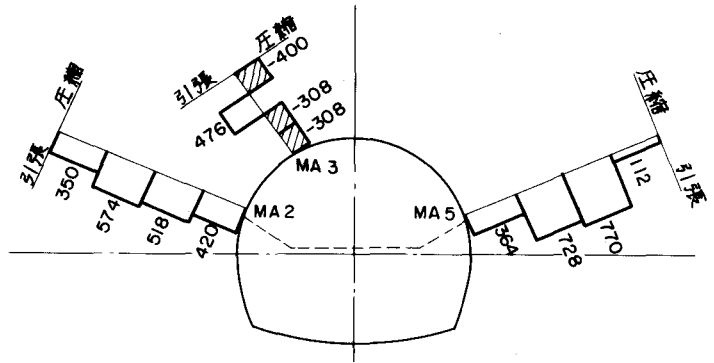
・ 吹付けコンクリートの境界応力・軸応力とも、側圧が大きいと、三段ベンチ掘削により急増し、S.L.上方の値が大きい分布となっている。

・ H支保工の断面力は曲げモーメントが小さく、軸力が大きく比較的均等に分布している。H支保工に作用している平均土圧は、鉛直 $P_v = 4.5 \text{ t/m}^2$ 、水平 $P_h = 5.8 \text{ t/m}^2$ 、 $P_h/P_v = 1.29$ と側圧の方が大きい。

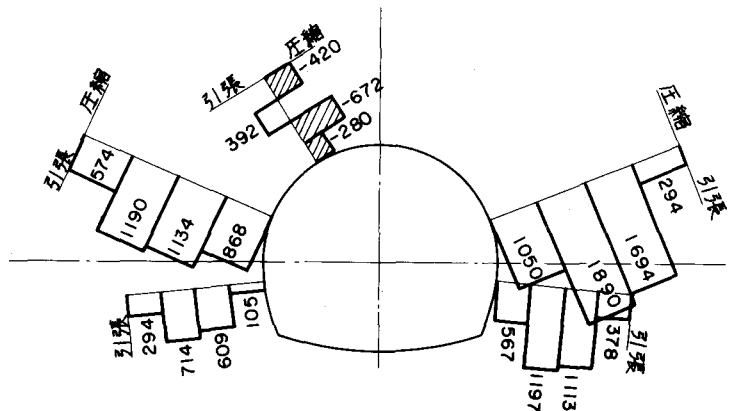
・ H支保工と吹付けコンクリートの軸力における荷重分担は、平均1.5：1程度であり、H支保工の方が大きい。

・ ロックボルトは、次のベンチ掘削により引張応力が急増し、壁面の押し出しを拘束している。そして、インバート施工後、引張応力は緩和して平衡状態に到っている。

・ FEM解析は、変位、応力などの現象すべてを正確に再現するには到っていないがNATM施工の重要な鍵を明示するものであり、この利用は非常に有効である。



二段ベンチ通過後8日



インバート打設後2ヶ月
(最終計測日)

図-7 ロックボルトの応力分布

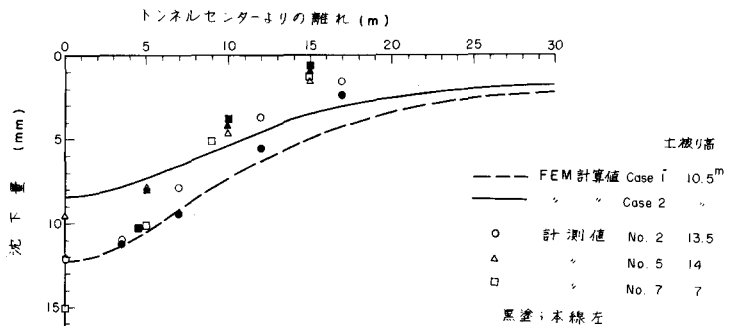


図-8 地表沈下のFEM計算値と計測値との比較(横断分布)

参考文献；第4回施工体験発表会、昭和54年6月、日本トンネル技術協会

Measurement at No.2 Hiraishi tunnel, excavated by the NATM in a completely decomposed granite

by Hisashi Yoshimura, JNR

Yutaka Sasaki, MAEDA CONSTRUCTION Co., LTD

Junichi Seki, do.

Toshio Nakamura, do.

We have applied the NATM to No.2 Hiraishi tunnel ($\ell=245m$).
This tunnel has a slight overburden ($0\sim14^m$ height) and the
soil condition is as follows.

geology ; completely decomposed granite

physical properties ;

internal friction, $\varphi=30^\circ$

cohesion, $C=0.2\sim0.8Kg/cm^2$

deformation modulus, $E=60\sim160Kg/cm^2$

The area of the cross section is about $90m^2$

We have excavated this tunnel by singular 3 bench cut method for
the safety against soilfall from the arch.

Measured items are as follows.

- | | |
|--|-------------------------------------|
| • settlement at ground surface | } at every
measuring
sections |
| • settlement at tunnel crown | |
| • convergence H_1, H_2 | |
| • contact and concrete stress of shotcrete | } at the section |
| • normal and bending stress of H-steel support | |
| • normal stress of rock bolt | |
| • deformation in ground | |