

ま え が き

トンネルに作用する岩石荷重は、地質条件と施工法によつて異なり、また、時間的に変化する。そこで、トンネルの合理的な設計を行なうためには、各種の地質条件と施工方式のもとにおいて、トンネルに加わる荷重を求めておくとともに、覆工および支保工の荷重支持機構を知る必要がある。ここでは、これらの点を明らかにすべく実施中の、二つの道路トンネル現場における支保工と覆工のひずみ測定結果について報告する。測定方法は、一断面あたり約50本のカールソン型ひずみ計（長さ10cm）を埋設するもので、H型鋼支保工には切端と反対側のフランジの内面に取付金具にて固定し、コンクリートで填充されないよう保護鋼板で被覆する。ひずみ計の取付けは、支保工建込前に行ない、測定の基準点が無応力状態となるようにした。覆工に埋設するひずみ計もコンクリート打設直前が基準点となるようにした。両側壁にスイッチボックスを設け、ひずみ計のコード端末を処理し、長期測定に便ならしめている。

1. 和南津（わなつ）トンネルの例

このトンネルは、建設省北陸地方建設局の施工になるもので、ひずみ計102本を2断面に埋設し、38年9月より39年3月まで毎日、それ以降毎月2回の測定を実施中である。トンネル工事の概要および測定地点の地質は次のようである。計器の配置は図-1に示すとおりである。

所在地 新潟県南魚沼郡川口町
路線名 一般国道17号線
工事期間 昭和37年12月～40年3月
設計諸元

延長 275 m
車道巾員 8.0 m
覆工厚 0.55 m
支保工 H-150×150×7×10
支保工間隔 0.9 m
掘削断面積 56.5 m²

施工法 底設導坑先進上部半断面掘削、掛板、逆巻

地質 第3紀上部鮮新世の魚沼層
郡に属す固結度の低い灰色
砂岩の厚層からなり、施工
中の湧水はごく小量であつた。

測定地点 ほぼトンネルの中央部、東京方坑口より174.2mおよび175.1mの2断面

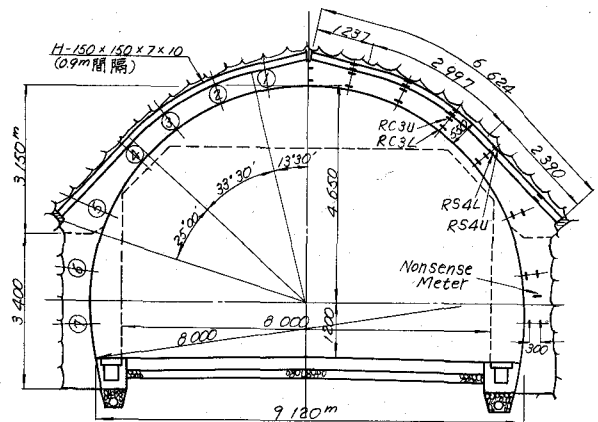


図-1 和南津トンネルひずみ計配置図

被り約 40 m

測定および解析の結果を図-2, 3, 4に示す。図-2はひずみの時間的変化を例示したもので、図-3は支保工の曲げモーメントおよび脚部の軸力の時間的変化を示す。ひずみの値は、温度補正を行なったもので、鋼支保工については荷重によるひずみと考えられる。コンクリートについては硬化熱によって上昇した温度の降下が減衰する打設約2～3週間後を零点にとり、側壁に埋設した無応力計の読みを参考にして補正する必要がある。このようにして鋼支持工とアーチコンクリートの支持荷重を推

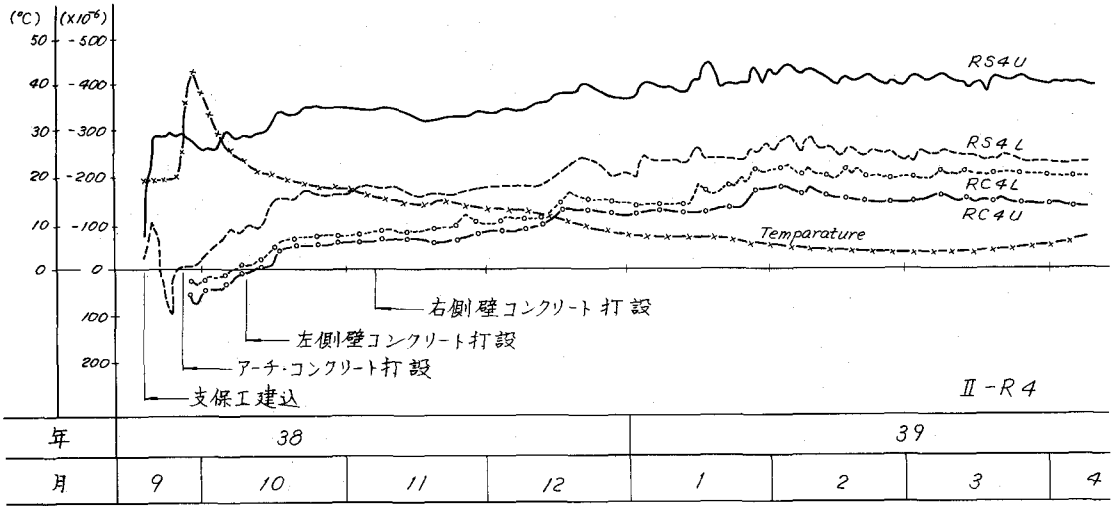


図-2 和南津トンネルにおけるひずみの時間的変化の例

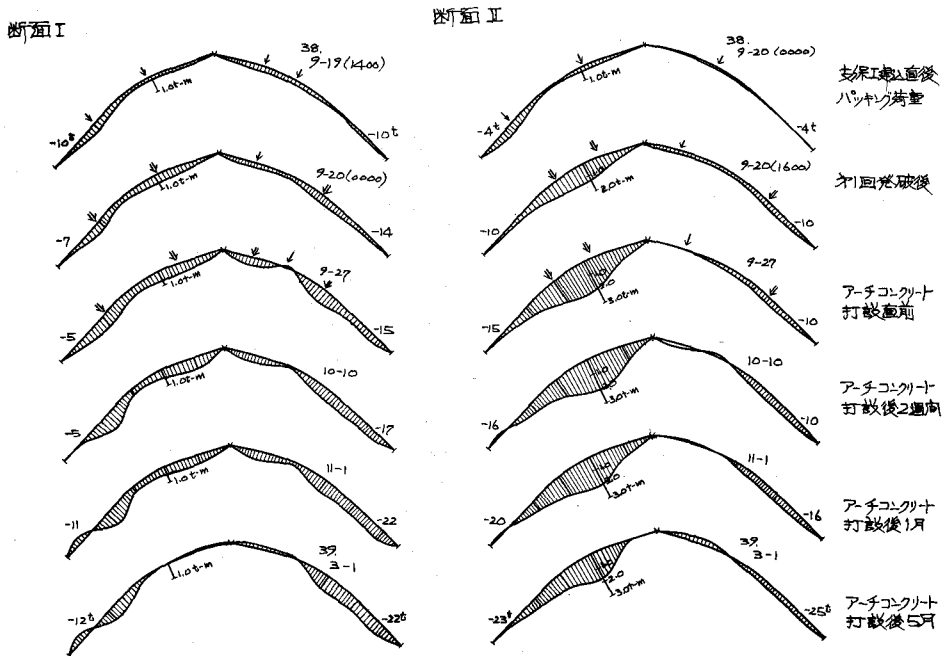


図-3 和南津トンネルにおける支保工のモーメントと軸力

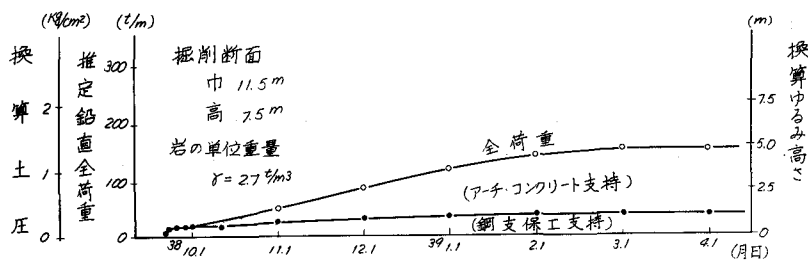


図-4. 和南津トンネルにおける推定荷重

定した結果が図-4

である。全荷重のうち、自重は鋼支保が0.4 t/m、アーチコンクリートが1.5 t/m程度で、パッキング荷重は1.2 t/mと推定された。荷重変化

のほぼ落ち着いた39年3月における全荷重約1.50 t/mのうち、左側起拱部の鉛直反応は約6.0 t/m、右側起拱部では約9.0 t/mであり、左側壁にはほとんど荷重が作用していなく、右側壁には約3.0 t/mの荷が加わっている。このことから、和南津トンネルではアーチのふんばりが相当きいていることが分つた。このトンネルでは右側が川手となつている。

2. 水越(みずこし)トンネルの例

このトンネルは、近畿地方建設局の施工になるもので、ひずみ計53本を一断面に埋設し、39年4月より12月まで原則として毎日測定を実施した。このトンネル工事は、当初の地質判断に大きな狂いを生じ、全線にわたり微しう曲をうけた破砕岩に遭遇して困難をきわめた。すなわち、上部半断面の巻立てをようやく終えて下部の掘削にかかつたところ、アーチの沈下がり起り拱頂部にキレツおよび剝離が数多く生じたのであるが、トンネル1 m当り平均5.7 m³に達する裏込め注入によりなんとか完成することができた。測定地点付近は比較的地質の良好なところであつたが、その諸元は次のようである。計器の配置は図-5に示すとおりである。

所在地 和歌山県有田郡広川町

〃 日高郡由良町

路線名 一級国道42号線

工事期間 昭和38年3月～39年11月

設計諸元

延長 551.2 m

車道巾員 7.5 m

覆工厚 0.8 m

支保工 H-200×200×8×12

支保工間隔 0.9 m

掘削断面積 78.2 m²

施工法 底設導坑先進上部半断面掘削、縫地、上げ越し 30 cm、逆巻

地質 中生代ジュラ紀の烏ノ巣層部に属する砂岩交り頁岩に

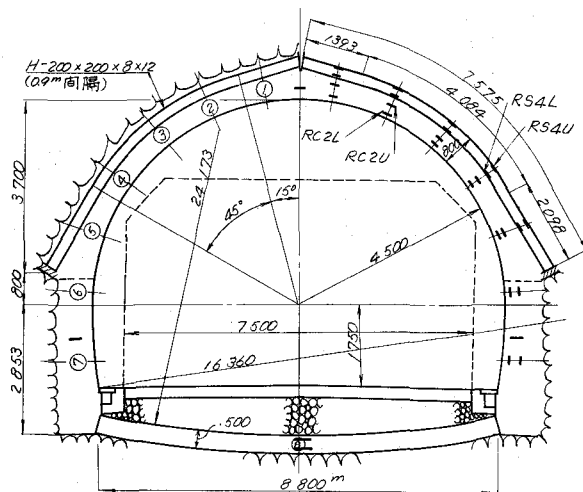


図-5. 水越トンネルひずみ計配置図

て破碎され押し出し性を有す，施工中の湧水は全面に少量

測定地点 ほぼトンネルの中央部，和歌山方坑口より282.5mの1断面，
 被り 約100m

測定および解析の結果の結果を図-6,7に示す。図-6はひずみ変化を例示したもので，これによると9月末に右側の土平を払つたところアーチの沈下を起し荷重が解放されたが，側壁およびインバ

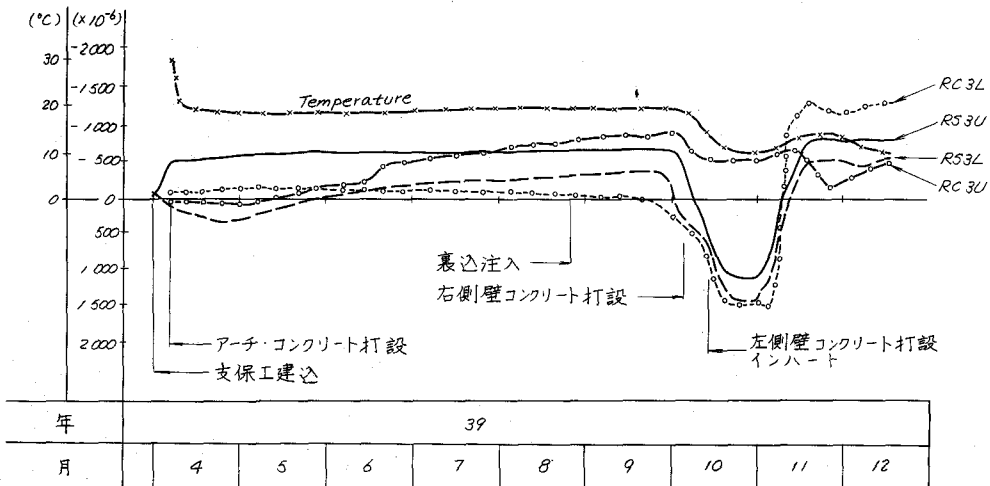


図-6. 水越トンネルにおける ひずみの時間的変化の例

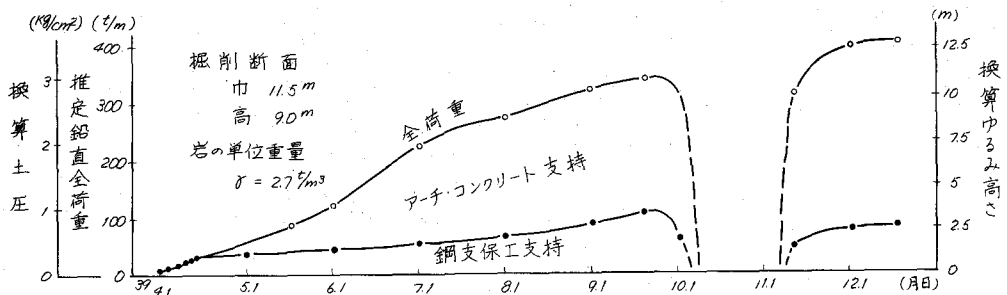


図-7. 水越トンネルにおける推定荷重

ートの硬化による掘削面の閉塞によつて11月中旬から荷重が復元することが認められる。鋼支保工とアーチコンクリートの支持荷重を推定した結果が図-7である。全荷重のうち，自重は鋼支保工が0.8 t/m，アーチコンクリートが1.5 t/m，バックリング荷重は6 t/m程度である。アーチコンクリートの有効厚さは0.6 mとした。両側壁には12月中旬においてそれぞれ約200 tの軸力が生じており，インバートには約150 tの軸力と20 t-mの内向きの曲げモーメントがあると推定される。水越トンネルでは，土平の支持力が不足したため沈下を生じたのであり，工法が不適当であつたといえよう。

一般に，トンネル内のひずみ測定値の誤差は±50 μにも及ぶことが多いので，測定の精度を上げるためには，無応力ひずみ計を多数配置するとともに，盤圧計を併用することが必要であると考えられる。

by Shigeki Nagatomo

Tōru Konda

Public Works Research Institute

Ministry of Construction

Summary

The rock load on tunnels are different from the geological conditions and from its driving method. And it also changes in the course of time. Then, in order to make a rational tunnel design, we have to know the rock load upon tunnels and the load supporting mechanism of lining and steel supports at various geological conditions and driving methods. In order to study these problems, we measured the strain of the lining and steel supports at two road tunnels. In this paper the results of these strain measurements are reported.

Considering long term measurement, Carlson type gauge was adopted to measure the strain. In the case of steel supports the gauges was attached to the inside flange of H-shaped section steel support using the attaching fittings. The fittings was welded to the supports. The gauge on steel support was protected from concrete intrusion with steel plate. The gauge attaching works was done before the installation of steel support into the tunnel, so the zero point of the measurement is the nonstress condition of the support.

WANATSU TUNNEL In this tunnel, we used 102 Carlson gauge at two sections, 40 gauges for steel supports, 60 gauges for concrete lining and 2 gauges for dummy. Fig-1 shows the arrangement of these gauges. The geological condition of this tunnel is the unconsolidated latest tertiary sandstone. The depth of this tunnel at measuring site is about 40 m. The results are shown in Fig-2,3,4. Fig-2 shows the strain change according to the time progress. Fig-3 shows the bending moment and axial force of foot part of the steel supports. And Fig-4 shows the rock load calculated from the Fig-2,3. From these figures, it is indicated that rock load upon this tunnel is small at first stage, but from a month after the excavation it gradually increases and reached about 150 ton/m after 5 months. From this point the rock load is nearly constant.

MIZUKOSHI TUNNEL In this tunnel 53 Carlson gauges was used. Arrangement of the gauges are shown in Fig-5. The geological condition of this tunnel was so poor that the arch lining was frequently crushed. This tunnel go through the crushed squeezing shale. The results of this measurement are shown in Fig-6,7. Fig-6 shows a example of strain change according to the time progress and Fig-7 shows rock load calculated from the strain. The rock load of this tunnel increased gradually except when the bottom side drift was excavated and reached 400 ton/m after 9 months. Invert lining axial force is about 150 ton/m and its bending moment is about 20t-m/m.