

旧地すべり地におけるトンネルの掘削と岩盤挙動

鹿島建設 ○ 渋谷長美 田村計 岡林信行

I はしがき

某トンネルにおいて坑口より100M付近までは破碎帯であり、地質が軟弱なため、支保工に変状をきたすような状態となった。坑口付近の斜面は昭和9年および昭和19年に地すべりを発生した旧地すべり地であり、そのさいの崩壊土砂が堆積しており、トンネル掘削の影響による岩盤のゆるみにより、また連続降雨や集中豪雨などにより、地すべりの発生する危険性があり、これを未然に防ぐため、地表斜面および坑内における地質調査、弾性波探査を実施するとともに、水管式傾斜計、伸縮計、パイプひずみ計を設置して斜面の変動を測定し、この測定値を検討してトンネル上半切広げと、これを追いかけてコンクリート打設を行なって、施工管理を十分おこなうことができ、また幸いにも集中豪雨や連続降雨がなかったことと相まって、地すべりを発生させずに工事を無事終了させることができた。なお、サイズミトロンをボーリング孔中にそう入して岩石の破壊音をとらえ、また、地表における電気探査を実施して、斜面のすべりについて検討した。

II 地すべりの調査と測定

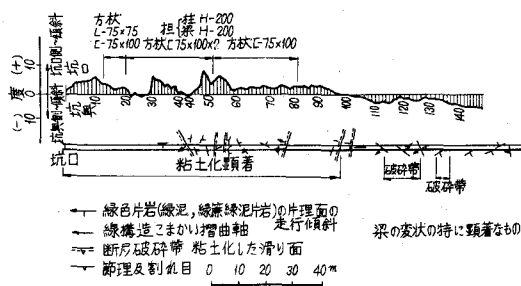
1 地質調査

中央構造線と御荷鉾構造線とははさまれた地帯は古生層の長瀬変成岩類が主体をなして分布し、また第三紀の地層や火成岩類が長瀬変成岩類をおおいまたは貫いている。また中央構造線より北側は領家花崗岩類および領家変成岩類よりなり、これを不整合におおって白堊紀の和泉層群が分布し、中央構造線に切られている。これらを買いて新第三紀の安山岩類が小岩体をなして分布している。トンネル路線は中央構造線に近接しており、断層や破碎帯に遭遇することが多い。

(1) 坑口より100M区間はいちじるしく破碎をうけ粘土化している。とくに坑口より65M付近はほとんど風化した粘土からなっている。40M～70M付近はとくに湧水があり、粘土が軟弱となり、流動状態を示している。65M～100M付近は粘土を含み破碎をうけている。100M以奥では115M～125M付近、130M～135M付近に破碎帯があり、粘土を含んでいる。この他の部分は割合によい岩からなっており、よい岩と悪い岩とが交互にでている。支保工の傾きをみると、100Mを境として支保工が坑口側に押されて傾いている。40M～70M付近の湧水による軟弱部および坑口付近は支保工の傾きがいちじるしい。

(2) 坑口斜面は旧地すべり地に相当し、ボーリングの結果、表層は崖錐や地すべりによる破砕片が堆積し、岩片は緑色片岩よりなり、風化によって粘土化し、表土と岩片とが混じている。その下部は、破碎帯に相当し、破碎帯と粘土からなっており、最下部は緑色片岩の基礎となっている。表層および破碎帯は表土、緑色片岩の破碎岩と粘土からなり、

図-1 トンネル坑内地質平面図



地すべりに対して、不安定な状態にある。

2 弾性波探査※

トンネルが旧地すべり地の下を通過するので風化層の厚さと岩盤の深さを知ることが必要であり、弾性波探査を行なった。

その結果坑口より100M区間は、風化層と岩盤との境界が、トンネルのインバート付近にきており、坑口～200M間は V_p (P波速度) = 0.9 KM/Sの軟弱な地質である。200M～1000M

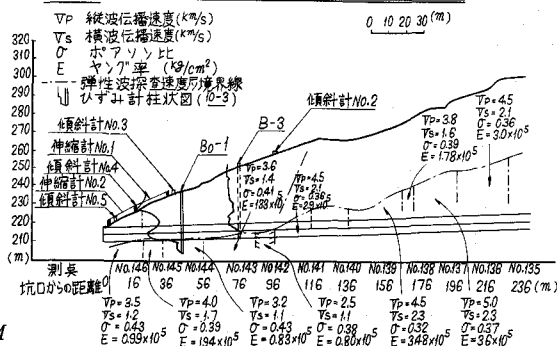
区間は $V_p = 1.0$ KM/Sであり、この区間も軟弱な地質である。岩盤部分は、坑口より1000M区間は大部分が $V_p = 3.2 \sim 3.6$ KM/Sを示し、部分的に、 $V_p = 4.0$ KM/Sを示すところもあるが、900M～1000M区間は $V_p = 2.5$ KM/Sであり、破碎帯を示しており岩盤部分の、P波速度も小さいが、S波速度も相当落ちていたため、ポアソン比が大きくなり、0.41～0.43となっており、地質が悪いことを示している。

なお、トンネル路線が地形の傾斜方向と斜交しており、地形の傾斜方向に測線B-B'をとり、弾性波探査を行なった。

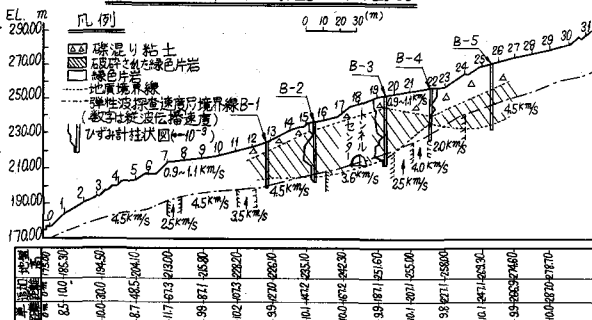
その結果、風化層は $V_p = 0.9 \sim 1.1$ KM/Sであり、岩盤部分には2.5 KM/S、3.5 KM/Sなどの低速度帯があり、破碎帯を示し、4.5 KM/Sの部分は、良好な岩盤を示すものである。

(図-3 参照)

凡例 図-2 某トンネル坑口付近 A-A'断面図



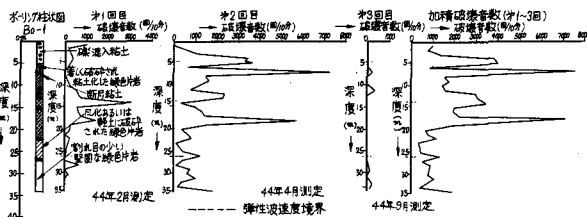
凡例 図-3 某トンネル坑口付近 B-B'断面図



岩石破壊音測定表
(ボリング孔深度34m)

測定日	44.2.15	44.4.16	44.9.18
天候	晴	晴	晴
風速	10分	10分	10分
風向	10分	10分	10分
湿度	10分	10分	10分
雨量	10分	10分	10分
破砕数	回/10分	回/10分	回/10分
測定	1 0.2	1.0	1.0
2	0.2	1.0	1.0
3	0.2	1.0	1.0
4	0.2	1.0	1.0
5	0.2	1.0	1.0
6	0.2	1.0	1.0
7	0.2	1.0	1.0
8	0.2	1.0	1.0
9	0.2	1.0	1.0
10	0.2	1.0	1.0
11	0.2	1.0	1.0
12	0.2	1.0	1.0
13	0.2	1.0	1.0
14	0.2	1.0	1.0
15	0.2	1.0	1.0
16	0.2	1.0	1.0
17	0.2	1.0	1.0
18	0.2	1.0	1.0
19	0.2	1.0	1.0
20	0.2	1.0	1.0
21	0.2	1.0	1.0
22	0.2	1.0	1.0
23	0.2	1.0	1.0
24	0.2	1.0	1.0
25	0.2	1.0	1.0
26	0.2	1.0	1.0
27	0.2	1.0	1.0
28	0.2	1.0	1.0
29	0.2	1.0	1.0
30	0.2	1.0	1.0
31	0.2	1.0	1.0
32	0.2	1.0	1.0
33	0.2	1.0	1.0
34	0.2	1.0	1.0

図-4 破壊音数分布図



パイプひずみ計を設置したボーリング孔中にサイズミトロンをそう入し、地中内部の岩石破壊音をらえた。深度1 Mごとに、1分間の破壊音の測定を行ない、これを10分間の破壊音に換算したものが表-1である。これによると、降雨の場合(44年4月16日)の測定では破壊音が特に増加し、晴天の場合(44年9月18日)の測定では破壊音数が激減している。

4 地すべり地の変動測定

凡例

- B-1~B-5-B0-1} ボーリング (147アイズ計建設)
- K-1~K-4 } 傾斜計
No.1~No.4
- S-1~S-4 } 伸縮計
No.1~No.4

圖-6 某小利坑口附近小利工事工程及計器(時計、針針伸縮計)測定結果

水管式傾斜計については、図-6に示すようにNO.1は不動点であり傾斜変動はみられないが、NO.2, NO.3, NO.4, NO.5は、トンネル路線を含む斜面に設置しており、旧地すべり地に相当し、掘削によって、地表の傾斜変動が大きく影響することがわかる。

すなわち、上半掘削が水管式傾斜計の設置箇所付近に近づくにつれて傾斜変動が大きくなり、これを追いかけてコンクリートを打設すると傾斜変動が小さくなることを示している。（頂設を掘り左右に切り下がり木製支保工を200H鋼支保工に盛かえながら3～4間掘削し、引き続き後を追ってコンクリート打設する）。伸縮計NQ.2は坑口付近に設置してあるが、坑門のコンクリート打設のため掘削のさい、伸縮計の移動端付近をゆるめたため、クラックが入り、被りの崖錐部が0.5M～1.0M程度の薄いものであるため、クラックが斜面の上方へ発展せず、坑門付近だけにとどまり、281.6mmも移動したが、計器により、クラックの状態を見守りながら、土ノウおよびズリを埋戻して押さえ盛土をおこない、法面の安定をはかった。

パイプひずみ計は深度27Mにおける変動は設置当初より、ひずみが大きく、1日のひずみ量が、 100×10^{-6} をこえることが多く、深度11Mにおける変動は、ひずみ計近くを11

月末に掘削したため、変動が大きくなり、コンクリート打設後は変動は小さくなった。8月25日より、12月30日までのパイプひずみ計の累積ひずみ量は深度27Mにおいて、 -4.285×10^{-6} であり、深度11Mにおいて、 -2.545×10^{-6} であり、深度23Mにおいて $+1.525 \times 10^{-6}$ を示しており、これらの測定地点付近にひずみが発生しており、不安定な面と考えられる。

以上の各測定において連続降雨のある場合は、大きい変動を生ずるので、降雨によって旧地すべり地の軟弱地質が影響をうけるものと考えられる。

5 電気探査

第6回岩盤力学シンポジウム(1)地すべりの電気探査を参照されたい。

■ むすび

トンネル路線を含む斜面は旧地すべり地であり、またこの地域は中央構造線に沿った地すべり地帯であり、トンネルを掘削することにより、斜面をゆるめ、不安定にするために地すべりの発生をうながすおそれがある。このため、斜面に水管式傾斜計、伸縮計、パイプひずみ計を設置し、掘削による岩盤挙動を検討し、掘削後長時間放置することによってトンネル周囲をゆるめ、これによってすべりを助長することのないよう、掘削後これを追いかけてコンクリートを巻きたてて、ゆるみを増大させないで、岩盤変動を減少するように極めて慎重な施工法を実施したことと、降雨のさいは、設置した計器類の変動が大きく、晴天のさいは、変動が小さい点からみて、工事期間中豪雨や連続降雨がなかったことなどが地すべりの発生を防止できた原因と考えられる。

この調査および測定については、多大の指導と助言をいただいた京大吉住教授、吉川教授、港助教、鹿島建設佐藤(忠)博士および関係各位に感謝する。

参考文献

※ 雑喉 謙 国道56号線犬寄改良工事(隧道部)地質調査報告書

1968

TUNNEL EXCAVATION AND ROCK BEHAVIORS

IN A FORMER LANDSLIDE AREA

Takemi Shibuya

Hakaru Tamura

Nobuyuki Okabayashi

Kajima Construction Co., Ltd.

SUMMARY

In excavating a tunnel in the former landslide area, deformation of supports for sidewall headings was experienced, which affected the ground surface, and there arose the danger of another landslide.

Therefore, geological surveying and seismic prospecting were practised in the tunnel and on the surface. Clinometers, tensometers, and strain-gauge pipes were installed, for measuring displacement of slope. Moreover, microseis counters were inserted into boreholes to count frequency of rock crushing sound.

On the basis of analysis of the data recorded, the upper half-section was excavated, immediately followed by concrete lining. Rock behaviors during the process of the excavation and lining were measured, and consideration given on landslides.