

岩石切取斜面の崩壊について

日本道路公団

山根 巖

京都大学防災研究所

八木 則 男

1 ま え が き

日本道路公団が米原峠で施工した岩石切取斜面は古生層粘板岩よりなる場所で、岩盤は弾性波探査で予め調査したところ伝播速度は 図一 / に示すような結果であつた。しかし、こゝを道路構築のため切取を行なつたところ、掘さく時安定したかにみえた斜面が時とともにゆるみ、かなり大規模に崩壊したもので、崩壊には降水が大きく影響しているようであつた。地圧は法尻下部に掘つた坑道示保工の変形でも何はれ、坑道掘さく時非常に硬く不動にみえた岩面が時とともに変形してH型鋼支保工を変形させるほどの地圧を与えた。この地圧の原因は主として切り取りによる岩荷重除荷のため粘板岩の吸水膨脹とそれによる岩盤の破碎により生ずるものと考えられる。このように、粘板岩の吸水膨脹による地圧とその破碎作用は土木工地上問題となることが多いので以下現地で観測した崩壊状況、地圧性状とともに、その崩壊原因の究明のため行なつた 2. 3 の室内実験およびその考察について述べる。

2 現地の地質状況

名神高速道路は滋賀県彦根市と米原町の間に東海道線の東南

を山地よりに通つてをり、長大斜面が多い。現地は彦根市と米原町の境界にあたる部を切り開いて高速道路が通る地点で、地質調査の結果南東方に断層地形をなし、図一 2 に示すように上部は非常に節理の発達したチャートが 2~5 m あり、その下に鱈ヶ井層または大滝層と呼ばれる黒色粘板岩が砂岩および少量のチャートと互層をなしている。粘板岩部は 10 m 以上の深層部では硬質の部分もあるが、表層近くでは軟らかくなつており、東側では黒色粘性工化している。

3 岩石斜面の崩壊状況および現地観測

3-1 崩壊状況、斜面変位量の観測

この切取斜面の設計勾配は8分度/10 m ごとに1.0 mの水平小段を設けるものであつた。この設計にそつて掘さく中37年9

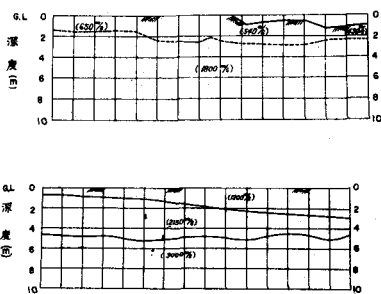


Fig. 1 Elastic wave velocity.

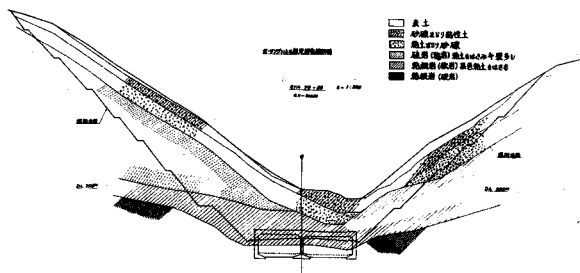


Fig. 2 Profile.

月ごろ西側の岩石斜面に大規模な亀裂が入り崩壊が予想された。 38年春はこの地方に豪雪があり、 2月3日の積雪につく2〜3の晴天のため融雪を始めたところ最初の大規模な崩壊が生じた。

このような崩壊状態がその後も持続したので5月より 図一 3 に示すような観測点の移動量と雨量の観測を行なった。

その結果図一

4-1 図一

4-2 に示

すように、

sta 79

～ sta 80

附近までは南

西下方に、

sta 80

より東側では

南南東。下方

に移動してい

る。 また各

観測点の移動

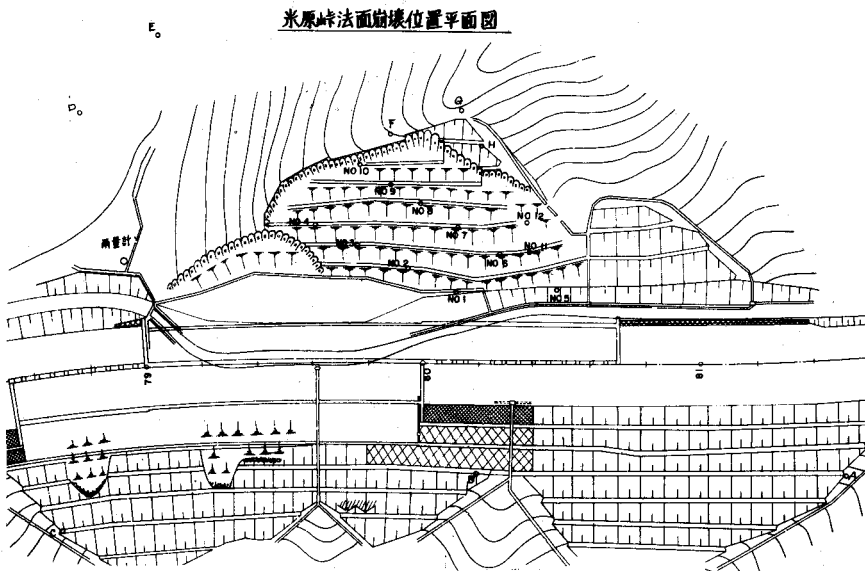
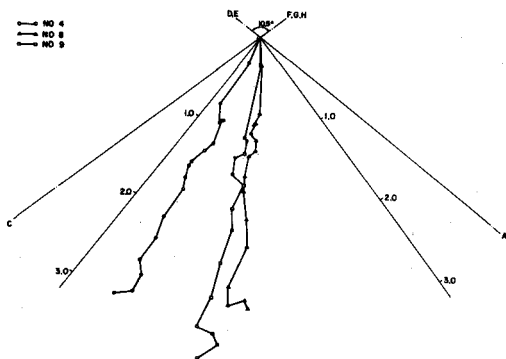


Fig. 3 Plane.

量、 るい加雨量と経過日数の関係は 図一 5 に示すように、 西側の部分が東側の部分より大きくなっている。 るい加雨量と移動量の相関性は 5〜7月ごろまではあるようであるが、 その後は見あたらない。

これらの測定は1週間間隔で行なつたものであるが、 降雨直後はやはり移動量が急激なようであつた。 また 水は自然に 出する程度であつた。 なお切取工事は斜面崩壊の危険と将来の保安も考えて長大斜面の設計をかえ、 オープンカット式ラーメン構造のトンネルを築造することにした。

米原峠法面移動観測結果



米原峠法面移動観測結果

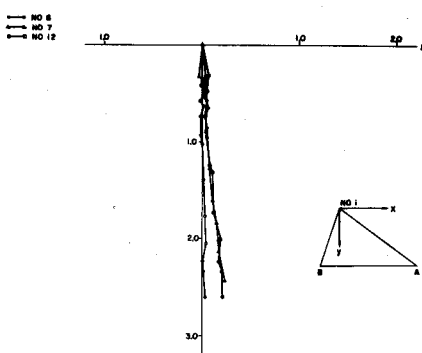


Fig. 4-1, 4-2. Directions of sliding Movement.

3-2 地圧の測定

ラーメン構造の側壁の築造のために掘さくした導坑において、地圧の測定を行なつた。その実験工には図一 6 に示すような $300 \times I 5 \times 305$ の H 型鋼を短形に組んだものを $I. 4 m$ 間隔に配置したが H 型鋼のフランジおよびウェブにカーソンひずみ計を設置して応力測定を行なつた。測定は 8 月 5 日より 4 週間にわたつて行ない、その結果は表一/に示すごとくである。なお 8 月 26 日にベースコンクリートを打設したので、それ以後のデータはこの影響が入っている。初期 2 週間で鋼に許容応力に近い応力が発生している。A B、O D に設置されたひずみ計からの応力は軸圧力によるものと考えてよいから、横方向の土圧は 2 週間で約 $1.5 t/m^2$ でその後も増加の傾向を示す。また、土圧の大きさは支保正と地山との間に入れた腹板の変形より部分的に異つており、一樣に作用していないようである。

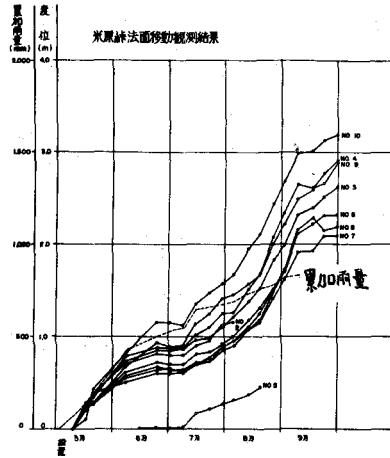


Fig. 5 Relation between movement and day.

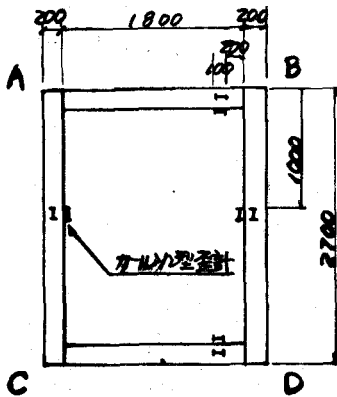


Fig. 6 H-shape support.

	A B		軸力 (t/本)	圧力 (t/m ²)
	応力度 (kg/cm ²) フランジ	ウェブ		
8月5日	0	0	0	0
8月13日	-420 (-210)	-630 (-210)	26 (13)	6.8 (3.4)
8月19日	-1150 —	— (-950)	71 (59)	18.7 (15.6)
8月27日	-4500 —	— (-2200)	279 (136)	73.8 (35.9)
9月2日	-4620 —	— (-2500)	287 (137)	75.9 (41.5)

Table 1.

4 室内試験

4-1 吸水膨脹試験

前にも述べたように、地圧、岩石の破碎は吸水に関係するので、現地より採集した試料を一边が約 5 cm の立方体に整形し、それを水中に浸して層に垂直および平行方向の膨脹量をダイヤルゲージで測定した。その結果図一 7 に示すような、膨脹量時間曲線 ($\epsilon \sim \log t$ 曲線) が得られ層に垂直方向の膨脹は水平方向の膨脹の約 2 倍の大きさを示しており、層に垂直方向の膨脹が非常に大きいことが分つた。 $\epsilon \sim \log t$ 曲線は粘土の膨潤曲線と相以てあり、粘板岩も粘土の吸水膨脹と同じ機構を有するようと思われる。

以上の測定は試料に圧力が作用していない場合の吸水膨脹試験であつて、圧力が作用すると当然膨脹量は減

少する。そこで種々の圧力を層に垂直方向に作用させて水に浸し膨脹試験を行なった。その結果膨脹量（層に垂直方向）～時間曲線は図-7に示すように圧力によつて異なっている。そこで膨脹量と圧力の関係を示すために24時間後の膨脹量を圧力に対し

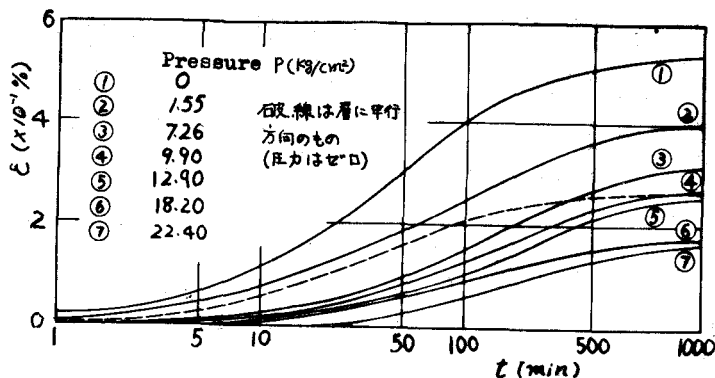


Fig. 7 -logt curve.

図示したのが図-8である。この図より約5.4%の膨脹を許せば圧力（地圧）は0となり、完全に膨脹を許さないようにするには相当大きな圧力が必要となる。しかしこの場合は側方に拘束がないため実際の場合とは条件が異なってくるが一応の目安となる。試験の試料の初期条件は炉乾燥後約1時間

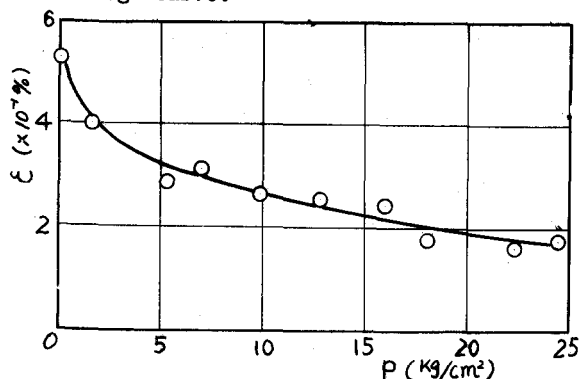


Fig. 8 Relation between pressure and expansion.

を入れたデシケーター中に放置したものである。

4-2 suctionの測定

吸水膨脹試験では試料を完全に浸したが、水中に入れなくとも、下方に水が存在すると毛管作用により吸水水するであろう。このsuctionの存在性を確かめるためガラスフィルターを用いた装置で水頭20cmのsuctionを与えたところ試料の吸水が停止した。このsuctionの表示はShofieldが提案したPF表示法が便利である。PFはsuctionを与えるのに必要な水柱（cm）の高さの常用対数である。1100の炉乾燥状態でPF 7で、含水比は0%である。京都の10月の気乾燥状態ではPF 5.5であり、このときの含水比は約0.55%であった。上述の測定ではPF 1.3であり、平衡した試料の含水比は1.17%であった。PFと含水比の関係を図示すると便利であるが、データが不足のためこれを省略する。

なお、実験項目は上記のほかにも予定しているものがあつたが、十分な成果が出きうえいづれあらためて発表することにした。

本発表のうち現地試験については道路公団において行なわれたものであり、岩石の力学的性質の試験については八木が行なつたが後者については終始御指導を賜つた京都大学教授村山朔郎博士に厚く謝意を表す。

Slope Failure of Rock Cutting

by Iwao Yamane, C.E.Member and Norio Yagi, C.E.Member

The pressure and the failure of shale caused by swelling often give difficult problems in construction works. In this paper, such an example and some laboratory tests on a shale are described.

The rock slope at Maibara pass cut by Japan Road Public Corporation consists of shart at the upper part and shale at the lower part which belong to paleozoic strata (see Fig. 2). The result of elastic wave investigation showed that the wave velocity in the shallow layer of shale was about 400-700 m/sec (see Fig. 1). This slope seemed to be hard and stable just after cutting, but was loosened and moved with time, and a large failure took place at last. It was considered that rainfall had much influence on failure of the slope. Observed movement of several points on the slope is shown in Fig. 5 . The figure showed that the influence of rainfall on the movement of each point is not expressed clearly, but this missed the fact that each point moved largely just after a rainfall, because of the long-interval observation of one week. Directions of the sliding movements on west side of the slope were south-west downward and those on east side were east-south downward (see Figs.4-1and 4-2).

On the other hand, the deformations of H-shape steel supports in the drift excavated under the toe of the slope showed the existence of rock pressure. Though the shale around the drift was very hard and did not move just after the excavation, the deformation of the shale and H-shape support progressed with time, just like the case as slope. The magnitude of earth pressure calculated by strain measurement of steel supports is reached to 15 t/m² during two weeks (table 1). The rock pressure may be considered to be caused by two procedures . one is by swelling of shale which appeared by cutting out of overburden rock, and another is by weight of loosely mounded rock fractured by the swelling of shale.

In order to investigate the causes of failure and rock pressure, several laboratory tests were performed as follows. A sample of the shale used in swelling test was cut a cube of 3 cm edges and was soaked in water. Amount of expansion along the nomal and the parallel direction to its bedding was measured and it was given that the former expantion was twice larger than the later one as shown in Fig. 7 . As the second test amount of expansion was measured by applying several pressure to nomal direction to bedding. The relation between the expansion after 24 hours and the applied pressure was shown in Fig. 8 and this shows that considerably large pressure should be necessary to stop the movement of the rock.

The suction in the shale was measured as the 3rd test. It is convenient to use PF-expression suggested by Shofield, which is defined as the common logarithms of height of water in cm which balance the suction force of rock. The relation between PF and water content (w.c.) of the sample was showed as follows.

w.c. = 0 % at PF = 7 , w.c. = 1.17 % at PF = 1.30 ,
w.c. = 0.55 % at PF = 5.5 (air dry condition in Kyoto and Oct).

The field tests were performed by Japan Road Public Corporetion and laboratory tests by Yagi.

Acknowledgment

The writers wish to express their gratitude to Dr. S. Murayama, Prof. at Kyoto University for his instruction in laboratory tests.