

1 まえがき

道路建設において岩盤を切取する場合、設計時に問題になる主な点はつぎのようなものである。

- 掘削機械の選定、掘削方法などを検討するための岩質とその量の把握
- 岩盤の状態と岩質によるり面こう配、り面保護工などの決定

以下、これらの問題点をいくらかでも解明しようとして高速道路の建設中に実施した岩盤の弾性波速度測定調査^{(1), (2), (3), (4)}および切土のり面の崩壊調査の結果をもとに報告する。^{(5), (6), (7)}

2 岩盤の掘削

(1) 土質および岩質の区分

日本道路公団では土質および岩質を掘削の方法と関連させて次のように区分している。

- 土砂 掘削に際してブルドーザが有効に使用できる程度の土、砂、砂利および転石まじりの土
- 軟岩 掘削に際してブルドーザに装着したハイドロリックリッパが有効に使用できる程度の岩
- 硬岩 掘削に際して発破を使用することがもっとも有効な岩

— 高速自動車国道土木工事共通仕様書 昭和39年 4月 —

実際には、施工中に掘削に使用された機械で掘削試験を行ない時間当りの作業量を出し、定められた土質および岩質に対する掘削機械の標準作業能力と比較し、土砂、軟岩および硬岩を判別している。

(2) 調査

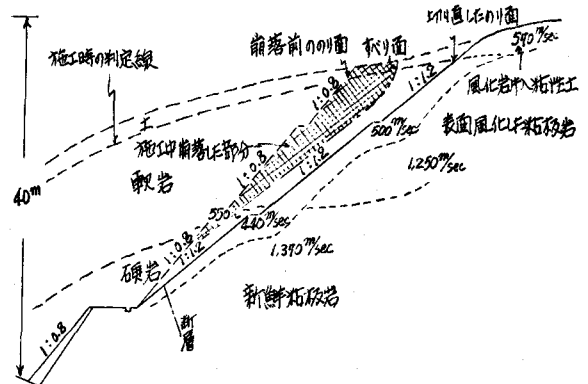
設計時に岩質区分を行なうための調査方法として、現在のところ地表地質踏査、ボーリング調査、弾性波探査などが併用されている。

地盤を構成する岩質や成層状態などを地表地質踏査とボーリング調査によって調べる場合、主に肉眼的観察によることが多く、風化およびキレツの程度などの判別にはかなり個人差が含まれる。またボーリング調査では点としてしか地盤を把握できない。それに対し弾性波探査では地盤の弾性波速度を知ることができると同時に地盤の状態を線あるいは面として把握できる利点がある。それで弾性波速度と岩盤の硬軟、キレツの度合、あるいは

掘削方法と関連する土砂、軟岩および硬岩の区分などの関係を明らかにできれば利用範囲の広い調査方法といえる。

(3) 岩盤の弾性波速度と掘削性

土砂、軟岩および硬岩がどの程度の弾性波速度を有するものであるかを知るため、名神高速道路において、すでに掘削されのり面保護として播種工を施工している岩石からなるのり面で弾性波速度測定調査を実施した。測



この図からわかるように、チャートのみがほかの岩石に較べてわずかに軟岩および硬岩の速度が小さく変わっている。これを除けば土砂、軟岩および硬岩の速度は岩石によって多少の違いはみられるが、大体次に示す範囲である。

また、これらの調査時に軟岩あるいは硬岩の掘削に使用された火薬量についても資料を収集したので、資料をもとに岩盤の弾性波速度と火薬使用量の関係を示すと図-13のようになる。ただし火薬使用量は掘削対象区間の平均的な値であって、厳密には 今回の岩盤の弾性波速度と比較することはできないが、概略の関係を知らることができよう。

実際には、山腹崩壊の履歴のあるような特殊な地盤を除き、一般に2-(2)で述べた掘削のための岩質区分によって土砂では1:1.2, 軟岩では1:0.8, 硬岩では1:0.5 のこの配を採用している場合が多い。

(2) 切土のり面の崩壊

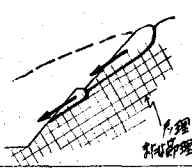
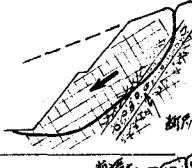
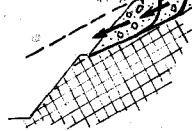
3-(1)で述べたように、地盤の構成が複雑な場合が多く、設計時に詳細に地盤の状態を調べることは困難である。事実、地盤が設計時の予想とかなり違って、施工中にのり面こう配を修正したこともあり、またのり面が崩壊したところもある。

切土のり面の崩壊はのり面を構成す地塊の土質や地質条件それに地形条件と崩壊を起させようとする気象条件とが組合って起るものである。このように崩壊に関係する要素が多いため一見崩壊の状況もきわめて多岐に見えるが、名神、東名および中央高速道路で施工中に起った岩石からなるのり面の崩壊事例を調べてみると崩壊は次に示す3つの形態のいずれかに属するか、これらの崩壊が組合さっている場合が多い。

- (i) のり面の表層あるいはその一部が崩落するもの
- (ii) のり面を構成する地塊が一体となって滑落するもの
- (iii) のり面に続く自然斜面の表層部が崩落するもの

通常、われわれは、(i)を剝離性崩壊、(ii)を地すべりの崩壊、(iii)を山崩れの崩壊と呼んでいる。表-2はそれぞれの崩壊の主な原因および機構、崩壊個所の地質的特徴および復旧対策工について概略示したものである。

表-2 切土のり面の崩壊に関する一覧表

のり面崩壊の形態分類		崩壊の主な原因と機構	崩壊個所の地質	復旧対策工
剝離性崩壊		この崩壊は切取りによる除荷、掘削作業などによつてのり面表層部がゆるみ、そこに地下水、雨水などが加わつて、のり面表層部が管理、節理などのいわゆる「目」に沿つて剝離脱落するものである。崩壊は「目」の最もゆるい部分の局部的剝離から始まり、漸次開方および上方へ波及していく場合が多い。のり面の崩壊のうちこの型の崩壊が最も多い。	粘板岩、チャート、角閃岩、緑色片岩、花崗岩、石英斑岩などでよく①管理面、節理面の傾斜がのり面の傾斜と同方向の箇所②断層などで破壊されている箇所で崩壊している例が多い。	・切直し ・モルタル吹付工 ・のり砕工 ・コンクリート張工 ・コンクリートブロック張工 (落石防止フェンス) (ネット)
地すべりの崩壊		この崩壊は断層、風化土や岩盤の境界面あるいは極度に弱い「目」などをすべり面として、のり面のかなり深い部分から、のり面を構成する地塊が一体となって滑落するものである。滑落した地塊は管理、節理などによってある程度ブロック化されるが比較的原形を保持しており、崩壊斜面の上部にはほとんど垂直な滑落崖が形成されている。岩盤の場合滑落した地塊は大きく移動することが少ない。	①のり面の背後に断層のある粘板岩 ②風化の進んだ石英斑岩③管理面傾斜がのり面の傾斜と同方向の風化の進んだ緑色片岩などの箇所で崩壊した例がある。	・擁土工 ・排水工 ・押入盛工(普通土の場合) ・ヨウハ工
山崩れの崩壊		この崩壊は基盤を覆っている風化土や崩壊土が主として地下水や雨水などの浸透化が原因して、ほぼ基盤面に沿つて滑落するものである。滑落する際には基盤の一部をまきこむ場合がある。この崩壊は切土深さやヨウ配にあまり関係がない。	風化土やあるいは崩壊土のある沢やアン部を切取った箇所で崩壊している。 なお、土質および地形条件によって地すべりの崩壊を起す場合がある。	・擁土工(主に崩落面の整形) ・排水工 ・石積工 ・ヨウハ工

(3) 岩盤の弾性波速度とのり面こう配の関係

2-(3)で述べた岩盤の弾性波速度測定調査の際、名神高速道路において岩盤の弾性波速度と切土のり面こう配の関係についても調べたので、その結果について述べてみる。

のり面の弾性波速度の分布状態は、図-1でも明かなように、ほとんどの軟岩あるいは硬岩に相当するところののり面表層部の速度は基岩の速度より著しく低下しており、その範囲は走時曲線より解析すると2"前後のものが多。(のり面は掘削後1~2年経過している)

紙面の関係上、調査の対象となつたすべてののり面について述べることはできないが、そのうちで施工および供用開始後に剝離性の崩壊を起したのり面が2ヶ所(図-1がその一つである)含まれ

ているので、それらの同種の岩石について基岩の速度およびのり面表層部の速度と仕上りのり面の関係を示すと、図-4のようになる。崩壊個所の岩盤の弾性波速度は図中の○印で示したとおりで基岩の速度に対して十分なこう配にみえるが、のり面表層部の速度に対してはかなり危険側のこう配を採用したことになる。たとえば、粘板岩の崩壊個所（図-1に示す個所）では、それぞれの速度はこう配1:1.2に対しては十分のようであるが、1:0.8の場合にはのり面表層部の速度に対して、きついこう配であったといえよう。なお、図中に引いた破線は各速度に対して最も急なこう配を採用できると思われる線を引いたものである。

岩石からなる切土のり面の崩壊のうちで最も数の多いものは以上に述べた弱化したのり面表層部が崩落するいわゆる剝離性の崩壊である。のり面表層部の弱化の原因として切取りによる除荷、発破などによる掘削作業の影響、それに地下水や雨水の浸透などが考えられるが、いずれにしても切土のり面のこう配やのり面保護工の決定の際には掘削前の状態だけでなく掘削後のり面表層部の弱化の程度をも考慮しておく必要がある。

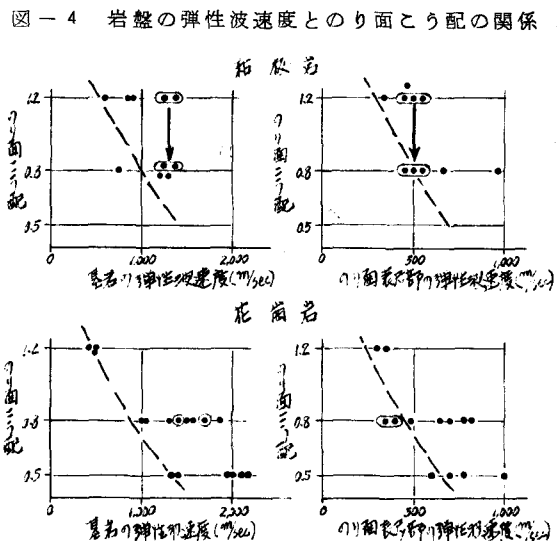
4 あとがき

以上、岩盤を切取る場合に問題となる掘削およびのり面の安定性について主に弾性波速度と関連させて説明してきた。資料も少なく満足できるような結果は得られなかったが、本報告が岩盤掘削の設計の際、少しでもお役に立てれば望外の喜びである。

なお、弾性波速度調査、のり面崩壊調査の実施およびその結果の整理の際、いろいろ御指導いただきました大場土木稲田倍穂氏、当公団技術第一課長今西誠也氏ならびに福岡支社技術第二課長持永龍一郎氏に厚くお礼申し上げます。

参考資料

- (1) 日本道路公団高速道路試験所（株） サンコーコンサルタント 名神高速道路切取法面岩質調報告書 1964
- (2) 日本道路公団試験所（株） サンコーコンサルタント 中央高速道路切取面岩質調査報告書 1967
- (3) 日本道路公団（株） 明治およびサンコーコンサルタント 東名高速道路岡崎～豊橋間弾性波土質判定試験 1968
- (4) 日本道路公団（株） 応用地質調査事務所 東名高速道路山北地区岩質調査工事報告書 1969
- (5) 中出尙夫 切取法面崩壊調査 第5回日本道路公団業務研究発表論文集 1963
- (6) 日本道路公団試験所（株） 明治コンサルタント 東名高速道路切取のり面崩壊形態調査報告書 1968
- (7) 日本道路公団八王子建設局・試験所 中央高速道路切取のり面崩壊形態調査報告書 1968



Bedrock excavation and stability of cut slope under roadway construction

Takao Kakade
Nihon Doro Kodan

Summary

On the occasion of bedrock excavation under roadway construction, main two problems have arisen as follows:

- (1) To grasp the quantity and nature of rock for selecting of suitable excavating methods and equipments.
- (2) To decide on the gradient of cut slope and slope protection according to the condition and nature of rock.

This paper results of seismic prospecting and failure investigation of cut slope in rock, undertaken with a view to preliminary studying above problems during express-way construction.

Followings are main results of investigation.

- (a) The range of longitudinal-wave transmission velocity in common soil, unsound and sound rock in situ, although to be observed a little difference due to kind of rock, are generally as follows:
 - (1) Common soil consists of all soils, sand, gravel and boulders which can be effectively excavated by bulldozers, the range of its velocity is 300-700m/sec.
 - (2) Unsound rock consists of rock which can be effectively removed by ripping with a bulldozer equipped with a hydraulic ripper the range of its velocity is 700-1,300m/sec.
 - (3) Sound rock consists of rock which can only be effectively excavating by blasting, the velocity of the rock is 1,000m/sec and over.
- (b) Most of failures in cut slope which encountered during the express-way construction are classified in one of the following three types.
 - (1) The failure to crumble surface layer or a part of it of cut slope.
 - (2) The failure to slide down in a block ground mass composite of cut slope.
 - (3) The failure to collapse surface layer of natural slope consist of waste rock and weathered rock, continued cut slope.

On our investigation, the most of failures were type(1).