

林道機械施工の地質区分に関する研究

1. 試験担当者 林道研究室 福田 光 正

2. 試験目的

林道作説技術の高度化にともない、従来より用いてきた人力施工中心の林道工事用地質分類を地質構造や施工区分等の見方も加え、複雑な要素を数多く含んでいる岩を含む土質対象を品質規格化に近づけ、機械施工に適合した合理的なものとするよう改め、これら定性かつ定量、数値化による客観的判定方法を見出し、林業土木の実用範囲で設計施工の功程尺度を知ろうとするものである。なお、あわせて、地質区分の判定に安定して必要精度のえられる測定機械器具類および付属部品の改良、特に小型軽量化、振動や衝撃に対する堅牢さ、機構性能上からの測定現象数、電圧の安定を含めた電源確保等諸問題を解決しつつ安心して林道現場へ持ち込めるような野外測定用実用携帯計器類の発見、改造にあたる。

3. 試験の経過と得られた成果

物理探査法（弾性波、重力、電気、磁気、放射能、地温等による探査法）といわれる地球物理学の地下非破壊調査の方法は、大正の中期、わが国に導入され、鉱山で試験的に使われていた。そのうち弾性波探査法がダム基礎や橋梁の川床調査のような土木に応用され始めたのは昭和6～7年のこととされている。その後、昭和25年頃より弾性波速度その他の物理量を手段として物質の土木工学的性質を明らかにすることの必要性が深く認識され、さらに、昭和37年ころより外国製に3～4年おくれで軽便な携帯用コンパクト型弾性波測定器の国産品二、三、が出現してきた。

この調査には、弾性波探査法（地震探査法ともいう）を採用し、林道施工基面付近主として切土部の地質的解明を目標に、主として名古屋営林局管内国有林林道（資料照合の便宜上、測定点はできる限り、名古屋営林局土木課独自で行なっているスイス製シュミットテストハンマーN型を主体とした岩質区分調査箇所を採択した）を場としてえらび、その岩の程度を知るため携帯用弾性波測定器（測機舎製弾性波速度時間計サイズモカウンター）を使つて、試験地設定、写真撮影等一切の作業を総勢7名内外の作業員で行なつた。これは、原則として2成分（起震源に対して受信計の数が2個）であるが、従来からの12成分、24成分といった規模の大きい弾性波による物理探査と超音波探傷の中間を狙つた規模の小さい打撃波法といえよう。起震は、5kgを標準として手打ちハンマーと建設用鋸打機を利用した起震装置の2種により、計値を比較しながら適宜、PH（ハンマー取り付けのマイクロスイッチ対受信側ビックアップ）、PP（起震側ビックアップ対受信側ビックアップ）の配置をとり実施した。内業とりまとめは、外業測定値よりえられた数値を、求める縦波第1波（P波、疎密波）と縦波第2波以下、横波、騒音と区別する

ため、はかつた岩の弾性波速度時間値を数群に分け、群ごとの平均値を縦軸に時間として全部おとし、横軸には距離をとって走時曲線を描き、簡易化されたモデルすなわち、標準地質構造模式例に照らしつつ判読解析し、それに地質的な解釈をつける一連の手順により処理した。

なお、必要な数式は近似式や数表を用いて簡略計算を行なった。対象材料としての岩は鉱物の集合体で、火成岩、堆積岩、変成岩に大別され、構成鉱物の種類と量、さらに粒度（等粒と不等粒、粗粒と細粒）とその組織によつて検索されるが、中間帯が連続して存在し、ときに捕獲岩を挟みこみ、一般に「石の目」と呼ばれる層理、節理、片理その他ヘアークラックにいたるまで大小の亀裂等割れ目多く、林内では木の根や転石の基岩に入りこんだもの、水を含むと極端に強度を減ずるもの等がみられ、風化作用や熱、動力作用により軟化する二次的変質を加えて、これら第1、第2風化帯には概して新鮮露頭はみられない。岩石はまた、弾性的みならず塑性変型を含み、弾性的に等方ともいいきれないので、荷重の加え方により複雑な反応を示す。そこで岩の種類や岩本来の圧縮強さ、硬さ等のほかに、岩盤全体の表わす断層、割れ目、成層等の地山の地質構造、それに伴う透水性その他を知る必要がある。なお、天然あるがままの地盤における岩体全部とそれよりとり出した原石からの岩石試料、供試体とでは、同じ岩でも以上のいろいろな原因で測定値にかなりの相違が認められる。しかし、それはそれなりに意義を持つており、最近では、「現場より持帰つたボーリング・コアより数多くとつた直径2cm、長さ5cmぐらいの円柱テストピース」等の室内基礎試験値の重要性が再認識されはじめている。同一産地、同一時代生成同種名称の岩石でも、厳密な意味では、おのおの土木工学的性質は異なり、諸性質相互の関係も単純でなく、その上、林道では1つの岩種で代表できる岩石量はすくない。それから、切取り面に關する弾性波速度値は当該岩盤すべての特性要素が含まれているものでそれによる区分は個々の直接的要素である力学的特性（強度、等方と異方、均質と不均質など）や亀裂による区分に分離することの困難なことを常に心にとどめ、ボーリング・コアよりとつた供試体による直接的な力学性よりくる値とこれら弾性波値を相互関連させ適正な判断を下すよう努めなければならない。

3-1 試験の経過

（昭和41年度）

初年度は、切取り表面での測定が主で、それに、場所の状態と調査の日程を考え可能と思われる個所のみ、のり肩上付近林地の測定を加えて試験を行なった。当初比較的測定しやすい風化のあまり進んでいない代表的な地質構造をえらぶことにしていたが、実行の段階で、短時間のうちに広範囲に多くの岩種に接するよう計画したので、移動に多くの時間を費し、そのため調査時間が制約され、思うように典型的な場所がとれず、現実にはかなり複雑な構造を対象

にせざるをえなかつた。

林道工事現場における岩の程度は弾性波伝播速度という一つの物理量からみるとどのくらいになつていのか知るため、5月中旬予備調査（出の小路、栃洞）と本調査を第1回（下佐谷、北の俣、鳳餅、蒲田、小黑川、兵衛谷、棋谷、七宗、栃洞、澄川）6月中旬、第2回（出の小路、黒井沢）10月中旬、岐阜、愛知県下の国有林関係林道12路線、25箇所（該当営林署管内神岡8、小坂8、下呂3、付知3、中津川1、新城2）で実施した。新設後1年以内の路線を原則として選んだ。

弾性波測定器本体の重量は9.6kg、外形寸法縦220mm×横360mm×高250mmそれに起震装置、ピックアップ、蓄電池、各種コード、工具類を加えると一式25kg以上となり、携帯用として重かつた。調査対象とした林道の切取り長は4～5mもあり、測定に適した調査箇所でも、特にのり肩上にそれら計器類を持つて登ること自体に困難なところが多かつた。なお、測定器購入時は、カタログその他説明書により機器の性能を過信して第一に地山測定を考えたが、林地内の測定基線設定は、起伏の著しい地形、また、転石、浮石、木の根、落葉や苔の層等悪条件が重なり、起震点下の状態、ピックアップの固定を考えると、予想以上にむずかしい面があり、さらに測定装置の野外設定に加えて横波（S波、振れ波）、騒音（ノイズ）読みに対する感度調節（ゲインコントロール）すなわち、「ゲインが低いと求める第1波が捕えられず高くすると騒音が入ってくる」といつた特に雑音指数限界でゲイン数をととのえる感度調節器の操作により媒質に応じて求める波を正確に捕える計器の読みに対する技術の習熟に若干の期を必要としたので、1年目は切取り面を中心に試験を行なった次第である。

また、同じハンマーによる起震でもPH法とPP法では調査工期に大差があり、移動時間を含めないで1箇所当り前者は作業員4～5名で0.5～1.5時間、後者は7～9名で1.5～2.5時間と、人員、時間ともに後者は前者のおおむね倍かつている。このようにPH法は調査工期があがり、測定したい位置を任意に測点とすることが出来るので、経済的にも、調査の上からも有利であるが、反面、特に岩面をたたくような場合に、ハンマーにとりつけられたマイクロスウィッチが故障しやすく、その故障を知らずに打ちつづける可能性があり、測定精度上、調査してえられる数値に不安があるので、捨てさり難い利点を感じてはいるがPP法による傾向が強まつている。

ハンマー起震による測定値の検定にはヒルティ安全鉄打機DX-500型（リヒテンシュタイン製ハンマー型、空包、鉄、鉄板）を利用した。

起震装置、受信計、固定金具、コード連結金具その他付属部品を含めた一連の測定装置は、

一応、電子技術の進歩により幾多不利、難関を克服して開発され市販された計器ではあるが悪条件下に用いる林地用弾性波測定器のコンパクト型携帯機械器具としてみると、本体のさらに小型軽便化はもとより未だ完全に信頼しうる機械ではなく現時点で十分固まっていないう感を深くしたので、今後、試験をすすめるにさいし、現地の林地設計、施工に使用可能な、簡易ながら必要精度のえられる簡易岩石探知機のような計器の改良、開発にも心掛ける。

(昭和42年度)

試験計画2年目は、ひきつづき工事現場における岩質の程度を主として弾性波伝播速度により知るため、9月下旬第1回(大名倉)、10月中旬第2回(大名倉)、12月上旬第3回(佐口谷)を愛知、岐阜県下の国有林関係林道2路線のべ14箇所(該当管林署管内新城10、下呂4)で調査実施した。2年目より調査場所の移動に要する時間を極力ふき、往復測定、重複測定を加えまとめた個所の測定にその時間を集中するため路線数をしばつて2路線とした。

また、初年度は火成岩が主な対象となつたので、充分究明できなかつた堆積岩、変成岩の地帯を選び補足して現地試験を進めた。大名倉林道において、こころみに大地比抵抗測定器を使って、ごく局部的な電気探査を併用してみたが資料をとるまでに至らなかつた。1箇所当りの調査範囲を路線延長沿いに20~40mまでひろげ、林道施工前の測量杭による地山調査と同じ場所の施工後における切取り岩面や付近露岩上、路面、切取りり肩上付近林地の各調査を行なつた。計器本体は、初年度使用と同じ測機舎製の携帯用弾性波測定器サイズモカウターであるが、その後集積回路、カドニカ電池等導入され小型、軽便化された改良型である。重量は7.0Kg、外形寸法は縦180mm×横330mm×高190mmとなつた。測定はPP法によつたが、空包を使う鋤設用鋤打機を利用した起震装置では当初の外国製ハンマー型ヒルティ鋤打機DX-500を国産のピストル型鋤打銃ドライブット440(口径12.7mm)にかえ、引金をひくことにより、叩く個人差をすくなくした。弾丸に相当するドライブピンは試作品を使い、ぶち当てるたたき鉄板は焼きの入れ方を改め(板の焼きが堅すぎると割れ、軟かすぎると板にピンがめりこむ)、さらに初年度用いた鉄板の大きさ(直径120mm、厚さ15mm)を直径200mm、厚さ19mmとした。また、従来、現地の地質状態を客観的におさえるためカラー写真を撮ってきたが、本年度からカラーをやめ白黒写真とした。その理由は、岩石が動植物のように大きさや形が一定しておらず、色も光沢、条痕色を含めて風化その他により分解変色したり、含水状態により濃淡があり、精密分類の参考にはなるが決定的要素とならず、ことさら経済的に高いカラーを使う必要がないからである。

(昭和43年度)

最終年の3年目は初年度、次年度に行なつた岩質の程度による分類で調査できなかつた点を継続して補足するため、7月下旬第1回(第2榎谷、竜ガヒゲ)、9月下旬第2回(竜ガヒゲ、第2榎谷)、11月上旬第3回(第2榎谷、竜ガヒゲ)を岐阜県下の国有林関係林道2路線のべ9箇所(該当管林署管内小坂5、付知4)で調査実施した。昨年同様、路線を2本にしばつて調査箇所における測定時間の集中をはかつた。また、同一箇所における施工前の測量中心杭による地山、施工中の表層土を除きひと皮むいた第1風化帯の岩表面、施工後の切取りり面ときつたまの路面における弾性波伝播速度時間をはかり、測定時点をかえた比較を竜ガヒゲ林道で行なつた。第2榎谷林道既設1と既設2の切取りり面上で左右方向に弾性波往復測定(全体と部分)を行ない、その値と左右0.5m間隔に細かく同一測線上にとられたシュミットテストハンマー値とを対比した。計器本体は2年目と同じ改良型のサイズモカウターを用いランプの表示により、測定はPP法によつた。起震装置もドライブット440を利用した。

調査箇所選定にあたり、導入施工機械の現場作業の難易度と岩質程度の関係について弾性波伝播速度を媒介にして知る地質調査一施工例とするため、名古屋管林局実行路線で請負工事ではあるが作業工程の把握できそうな区間を狙つたが、結局、その工程が判然とつかめなかつたのでこのこころみは果せなかつた。

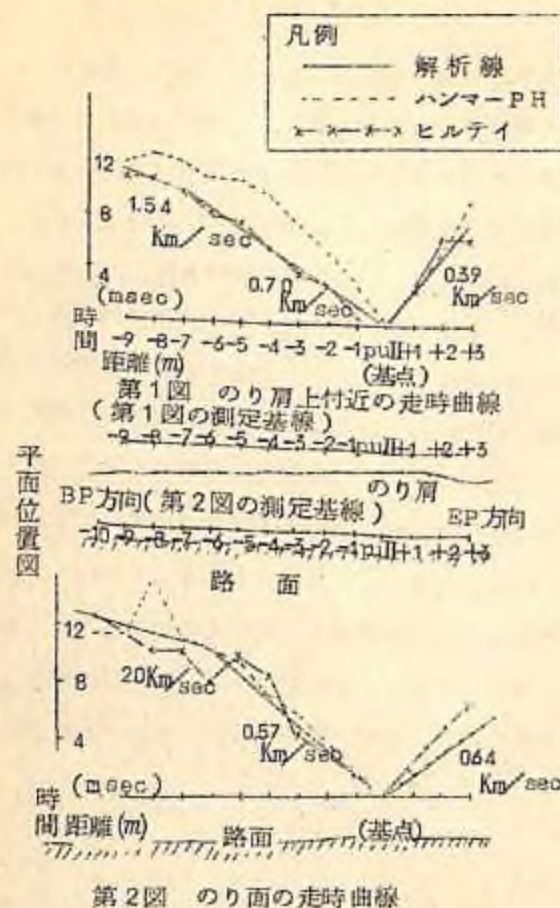
3-2 試験の成果

(昭和41年度)

今回えられた測定値は初年度のこころみによるもので、切取りり面を主に一とおり現地における岩質の程度を打診しただけの値である。調査場所全25箇所のうち72名の18箇所は火成岩で花崗岩表面弾性波速度0.4~3.7Km/sec(シュミットテストハンマー反撥硬度48)、花崗閃緑岩0.5~1.1Km/sec(48~63)、石英斑岩0.2~4.3Km/sec(33~65)、角閃石英斑岩0.7~3.2Km/sec(54~58)、流紋岩0.4~2.7Km/sec(65~67)、石英安山岩1.4~4.6Km/sec(49~60)、安山岩1.0~5.0Km/sec(56~67)である。その他、堆積岩は6箇所(凝灰岩1.2~3.8Km/sec(50~63)、砂岩3.8Km/sec(64~67)、粘板岩3.5Km/sec、チャート2.3~4.8Km/sec(56~61)、変成岩は1箇所(ホルンフェルス3.0~3.3Km/sec(65~72))となつている。なお、概略の測定範囲はのり面左右方向3~20m、上下方向3~7mである。

○ ハンマー値とヒルティ値の比較

出の小路No3(岐阜県恵那郡出の小路、付知管林署管内)石英斑岩



多摩田園都市建設地

多摩川付近の関東ローム層洪積台地で、均一地層、平坦地表上より比較試験を参考までに行なつた。解析線からえられる信頼限界はハンマー値10m、ヒルティ値80mであつた。ハンマー値におけるPHとPPの差はほとんど認められなかつた。

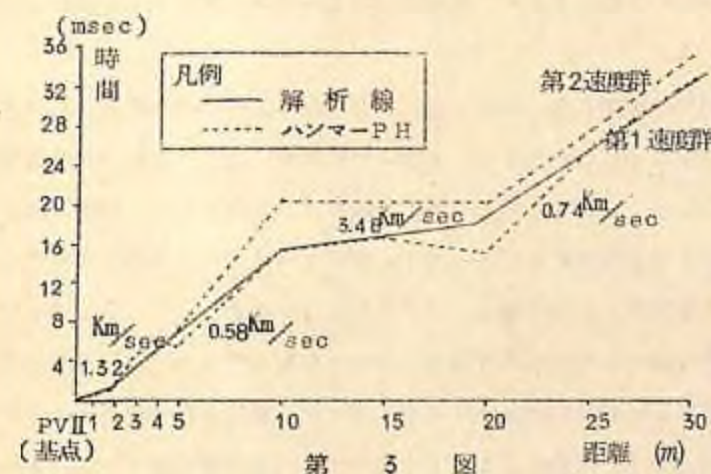
○ ハンマー起震によるPH配置長距離測定

出の小路予I (岐阜県恵那郡出の小路, 付知営林署管内) 石英斑岩

柱状節理は前例の出の小路No3と同様である。不規則な割れ目は見られるが風化は進んでいない。第3図は切取のり面において、路面からの高さ1.5mを横方向に測定した例である。距離2~10mの区間で解析線に対し測定値にチラバリがあるのは、のり表面の凹凸等が表面波速度に現われたものと思われる。10~15m間は、安定した屈折波による内部速度を示している。18~20m付近に、ほぼのり面に垂直な傾斜の不連

柱状節理は30cm角程度の角礫あるいはそれ以上の岩塊となり、破砕形は塊状である。不規則な割れ目が発達している。なお測定箇所の、のり肩付近はヘヤビンに近い路線の上部路面と、ほぼ、同一面である。第1図と第2図を比較してもわかるように、起震点、ピックアップ取付け対象が岩に直接で安定している第2図の場合は、ハンマーPH値とヒルティ値にほとんど差が認められぬ。しかし第1図のように林内で土をかぶつた岩の土上よりする不安定なときは両者の値に大差が出て、しかも数値がバラついている。すなわち、対象が不安定な場所では、たとえ測定距離が近くても起震エネルギーの大小が測定値に大きな影響を与えるので、この場合、ヒルティ値の信頼度が高らかに高くなっている。

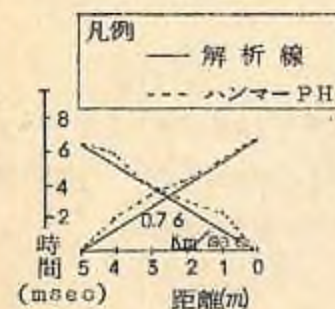
続面があり、20~30mにかけて、ふたたび、表面波速度が予想される。



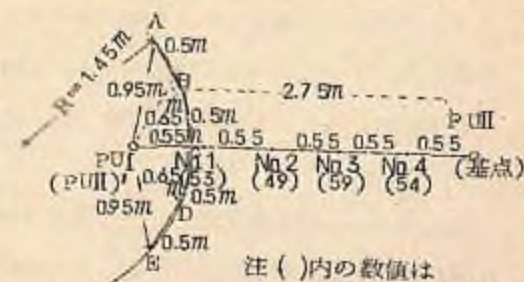
○ ハンマー起震によるPH配置往復測定

枋洞予II (愛知県北設楽郡枋洞, 新城営林署管内) ホルンフェルス

路側切取がわ、のり尻沿い路面で中心線に平行に測定した例である。第4図に示した平均値は、路面に敷き詰められた角礫(のり切りにより生じ、流用された礫で、変成度の高い緻密な砂質ホルンフェルスである)の表面を伝わる弾性波速度である。なお、一測線の往復測定とは、基点ピックアップIIをその側線の両側線端部で置き換えて測定したものをいう。



第4図



第5図

○ 感度調節器のゲイン数、起震ハンマーの重量と測定値

鼠峠No 2 (岐阜県吉城郡立平、神岡営林署管内) 石英安山岩

岩盤全面にわたり、縦幅20~25cm奥行き厚6~8cmの横に長く、規則正しい柱状節理が発達している。

切取り面内で、路面より、ほぼ、目の高さの左右方向に走る節理に基点PUIIを固定し、平行な節理の割れ目をたどり、2.75mの距離にPUIをとり、感度調節器のゲイン数を1, 3, 5, 7, 8と低より漸次高にあげ、5Kgハンマー起震PP法で弾性波速度時間値の変化をしらべたところ、ゲイン数が7~8で求める適正值をえた。

次に、PUIIをPUI位置に移し、PUII'とし、A, B, C, D, E, の各点をPUI'とし、5Kgハンマーに約2Kg小ハンマーを加えて、ゲイン数を8(高)とし(低)に変化させ、起震手打ハンマー重量とゲイン(感度)数の差異による測定値を比較した(第5図参照)。次表によるとPUII'周囲の表面速度は1.0Km/sec前後である。

測 点	A			B			C			D			E		
基点よりの距離(m)	0.95			0.65			0.50			0.65			0.95		
ハンマー重量(Kg)	5	5	2	5	5	2	5	5	2	5	5	2	5	5	2
ゲイン(感度)数	1	8	8	1	8	8	1	8	8	1	8	8	1	8	8
平均測定値(msec)	1.6	0.7	1.2	1.7	0.7	1.4	1.7	0.5	0.5	1.7	0.6	0.7	1.6	0.9	0.9
速度(Km/sec)	0.59	1.36	0.79	0.38	0.93	0.46	0.29	1.0	1.0	0.38	1.08	0.93	0.59	1.06	1.06

ゲイン数が1の場合は明らかに求める波よりおくれた波をつかんでおり、小ハンマーの場合はゲイン数を8まで上げて求める波をつかんだり、つかめなかつたりで信頼できぬ不安定な値を示し、この場所で予想した傾向を数値的に実証できた。

○ そ の 他

現地調査における測定結果(弾性波速度時間値と現地の地質状態連続写真)と応用地質調査事務所室内岩石試験報告書(現地原石よりとった岩石試料の圧縮強度、超音波伝播速度その他)を国鉄の分類(部内用トンネル設計施工資料、昭41-11)と比較対照し前者の後者に属する分類段階を検討すると、「岩石試料」は1~4分類と上半分

階、「切取り内部の表層」は4~7分類、「切取りの表面」は5~7分類と下半分段階に判然と分かれた。

(昭和42年度)

のべ14個所のうち堆積岩は佐口谷の4個所、チャートである。その弾性波速度は施工後切取り表面で測点2551~測点2572間において0.40~0.77Km/sec, 0.82~1.05Km/sec, 測点2501~測点2513間において0.67~0.76Km/sec, 0.81~1.07Km/sec, 1.11~1.27Km/sec, 1.67Km/sec また、施工後のり肩上付近林地で測点2551~測点2572間において0.37~0.74Km/sec, 0.80~1.29Km/sec, 2.50Km/sec, 測点2501~測点2513間において0.53~0.88Km/sec, 1.11Km/sec, 1.29~1.75Km/sec, 2.33Km/sec である。変成岩は大名倉の10個所、石英片岩である。その弾性波速度は施工前の測量杭でIP46付近では0.51~0.71Km/sec, IP50~IP52間において0.42~0.89Km/sec, 0.91~1.38Km/sec, 1.39~1.59Km/sec, 3.18Km/sec, IP56~IP59間において0.26~0.43Km/sec, 0.45~0.78Km/sec, 0.84~1.33Km/sec, 1.57~2.0Km/sec, また、施工後切取りの表面で測点1240付近では1.35Km/sec(シュミットテストハンマー反撥硬度22~25), 同じく測点1382付近では1.38Km/sec, 2.37Km/sec(26~36), その他ある測点では1.20Km/sec(15, 44, 63), 施工後路面で、上敷砂利等敷込まぬ前の状態でIP50~IP52間において0.76~0.79Km/sec, 0.82~1.30Km/sec, IP56~IP59間において0.48~0.91Km/sec, 1.03~1.04Km/sec, 1.51~1.82Km/sec また、施工後のり肩上付近林地でIP50~IP52間において0.21~0.38Km/sec, 0.61~0.79Km/sec, 1.03~1.22Km/sec, 2.50Km/sec, IP56~IP59間において0.40~0.77Km/sec, 1.07~1.09Km/sec, 1.75~1.94Km/sec, 2.73Km/sec であつた。測定範囲はチャートでのり面、のり肩上ともに左右方向15mまで、のり面、のり肩上ともに左右11~12m, 切取つたままの路面では10~16mまで一度に測定することが出来た。

調査個所のうち数例をあげ次のとおり説明する。

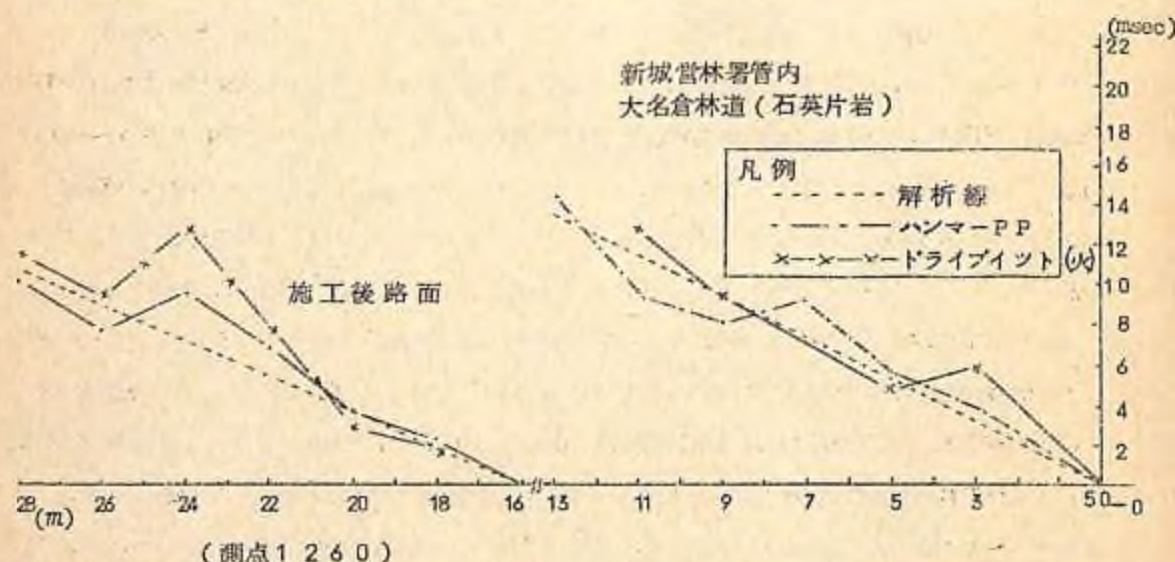
大名倉林道(愛知県北設楽郡田口町大名倉新城営林署管内) 石英片岩

砂質系の結晶片岩で白色、淡緑色の絹雲母が片理面で輝き片状組織が著しい。中粒以下の等粒片状で成分鉱物に並行構造のあるものがありうすく割れる小さな褶曲多く小断層や割目が多い。なお、岩質そのものの含水率は比較的少ないが、褶曲のため空隙多く、湧水もみ

れた。基岩の風化した岩塊、礫も多くみられた。当該路線はブルドーザーのみの作業か、ブルドーザーにコンプレッサを加えた作業とするか一見して決めかねるような軟岩、硬岩の接点現場である。

○ IP50～IP52：路面測線の片側測定（施工後）第2回調査

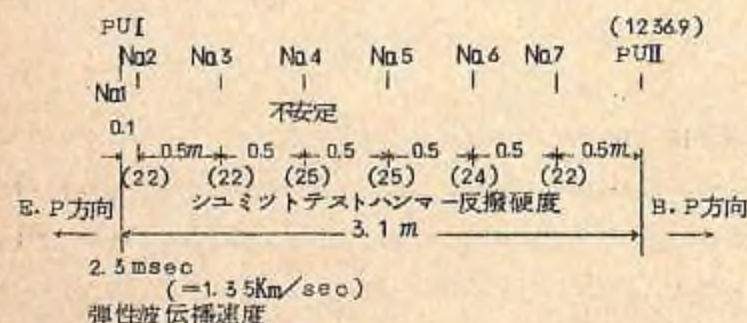
天候くもりのちあめ。上敷砂利等ひいてない切つたままの路面でドライブイットとハンマーのPP法により調査した14と15の間にIP51があり、0を原点（PUⅡ）に13まではかつた解析線は0.96Km/secであつた。次に原点（PUⅡ）を16に移し、その先を28まではかつた解析線は1.11Km/secであつた。



○ 測点1240付近：切取りり面測線の片側測定（施工後）とシュミットテスト

ハンマー反撥硬度測定との併用第2回調査

天候小雨。名古屋営林局土木課のシュミットテストハンマーによる岩石調査地内で、測点1240付近 石英片岩



シュミットテストハンマーで打つと薄く割れ22～25と反撥硬度が30未満の軟岩値を示した。切取りり面左右方向に3.10mの距離をとり、サイズモカウンターのハンマーPP法により弾性波速度を測定したところ波回

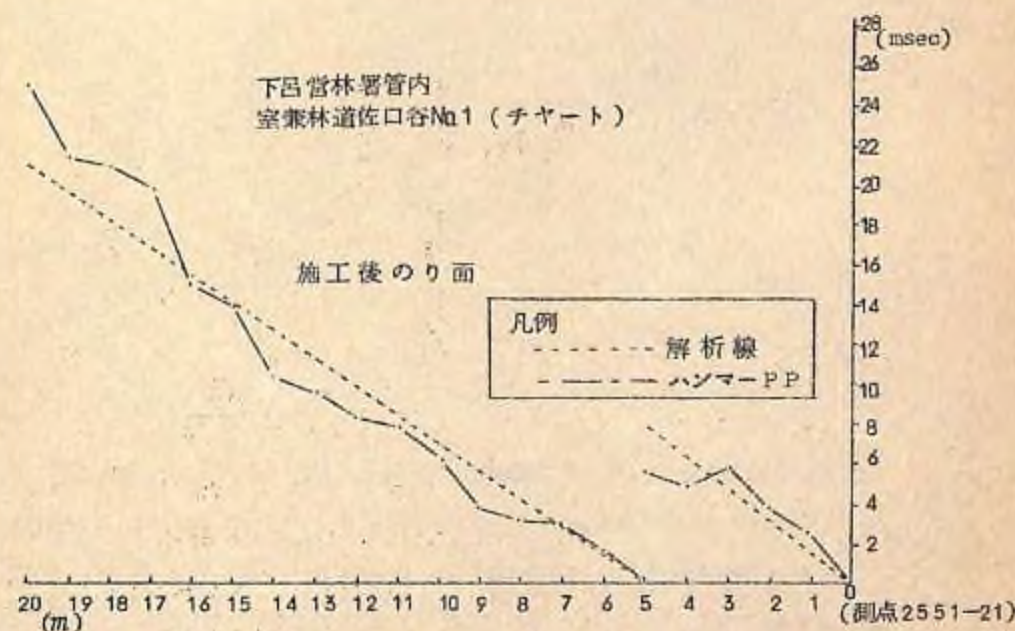
起震しても2.3 msec (= $\frac{2.3}{10000}$ 秒)の定値を示した。すなわち、速度は1.35 Km/secである。

室兼林道佐口谷支線（岐阜県加茂郡七宗下呂営林署管内）

チャート 古生代の砂岩、粘板岩等の互層で岩質そのものは堅く緻密であるが脆く、割目が著しく発達し、風化による岩塊、礫もみられた。測点2551～測点2572間では特に岩盤全体がゆるんでみえる部分があつた。測点2501～測点2513間では褶曲作用等により細かい多数の亀裂を生じていた。

○ 測点2551～測点2572（21m）：切取りり面測線の片側測定（施工後）第3回調査

全体は褐色で原点0付近のみ緑色チャートである。天候はれ。昭和42年度実行区間内終点付近西向斜面。ドライブイットの使用が困難であつたためハンマーPP法によつた。0を原点（PUⅡ）に5まではかつた解析線は0.63Km/secであつた。5の前後に縦横の亀裂が多くみられたためか6までは弾性波が減衰して達しなかつた。従つて、原点（PUⅡ）を5に移した。その先20まではかつた解析線は0.71Km/secであつた。

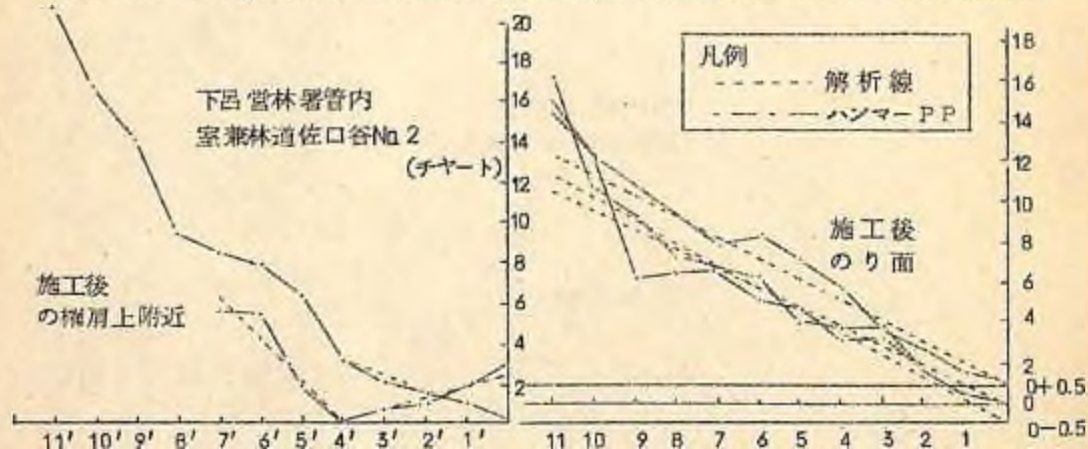


9より11までの区間は粘度を挟み褶曲が多い。14より16までは、ハンマー起震をするさい、10打ぐらいでり表面が崩壊した。15より17の間において、切取りの面左右測線に対し、これに上下直角方向に数本の測線を取り、5よりの平均速度をはかつたところ、路面より高さ1.6mの左右水平測線より下は1.01~1.17Km/sec、(バラツキ気味)上は0.44~0.67Km/sec という値が出た。

○ 測点2501~測点2513(12m): 切取りの面測線の片側測定と切取りの面上測線の往復測定(施工後)第3回調査

天候はれ。昭和42年度実行区間南向斜面で、測点2551~測点2572より全体的に岩の目が細かい。その細かい亀裂のため、PP法でも、定められた測点の岩面に正しくピックアップ(PUI)を固定することが出来た。切取りの面内に路面より1.6m高の水平な左右基測線を設け、さらに、基準線の上、下共に0.5m幅をとって基測線に平行な測線をころろみに設け、左右方向のり表面のハンマーPP法による弾性波伝播速度を測定した。

外見して、岩盤全体がゆるんでグザグザの感があつた9、10、11付近は測定値にもバラツキがあつた。解析線よりみた基準線は1.00Km/sec、その上の測線におけ



る速度は0.96Km/sec、下の速度は0.86Km/secであつた。なお、調査測定中、同軸コード端に取付けているコネクター部において、コードの素線が切れ変値が出たが、修理して一部再測を行なつた。施工後のり面上付近林地は土かぶり基岩上の土層すくなく、設定した測線上でも1'、3'、4'、6'は風化した露岩の上であつた。7'、8'はスギの太い根があり、9'、10'、11'はザタザクで破碎帯状を呈し、測定値にバラツキがみられた。解析線からみた原点(PUI)0'より4'までの速度は1.49Km/sec、4'に原点を

移し測定したその先の速度は0.47Km/secであつた。

(昭和43年度)

調査測定したのべ9箇所はいずれも火成岩に属する石英斑岩である。弾性波伝播速度は付知営林署管内竜ガヒゲ林道(岐阜県恵那郡東段)において、施工前測量杭測線の往復測定(7月下旬)結果0.28~0.71Km/sec、同じところの施工中表土を除きひと皮むいた風化岩上の往復測定(9月下旬、走時曲線1参照)で0.53~1.05Km/sec、



走時曲線 2

亀ガヒゲ林道
切取りのり面(施工後)

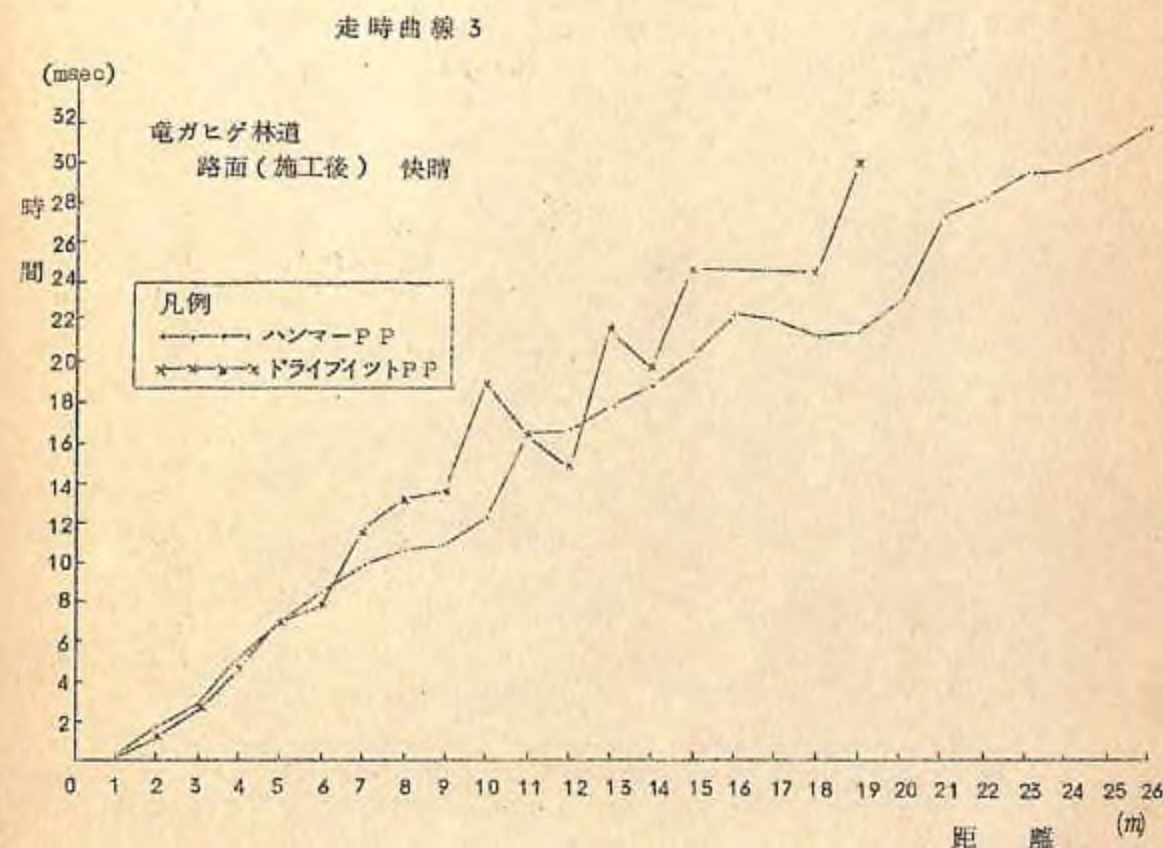
快晴

凡例

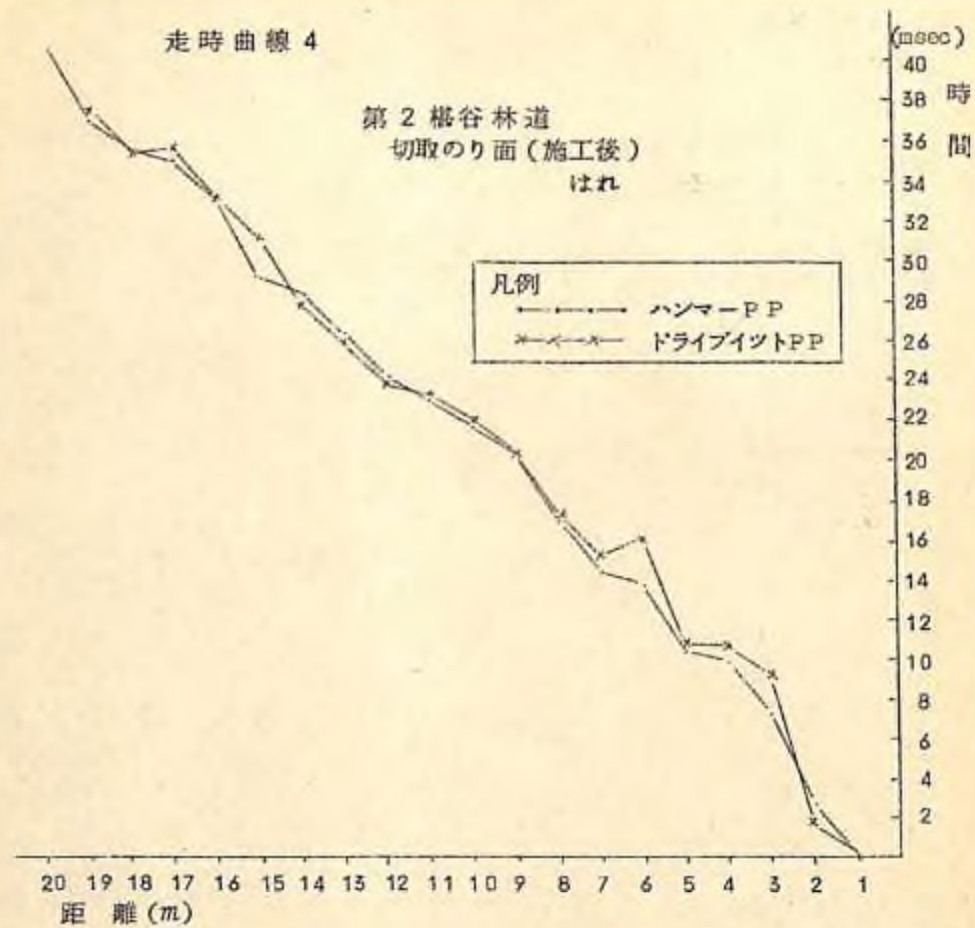
- 解析線
- ハンマーPP
- ドライブビットPP

距離 (m)	解析線 (msec)	ハンマーPP (msec)	ドライブビットPP (msec)
1	0	0	0
2	1	1	1
3	2	2	4
4	3	3	3
5	4	4	4
6	5	5	5
7	8	8	6
8	9	9	8
9	14	14	14
10	18	16	16
11	19	17	17
12	18	17	17
13	18	17	17
14	20	17	17
15	32	20	20
16	30	22	22
17	50	34	34

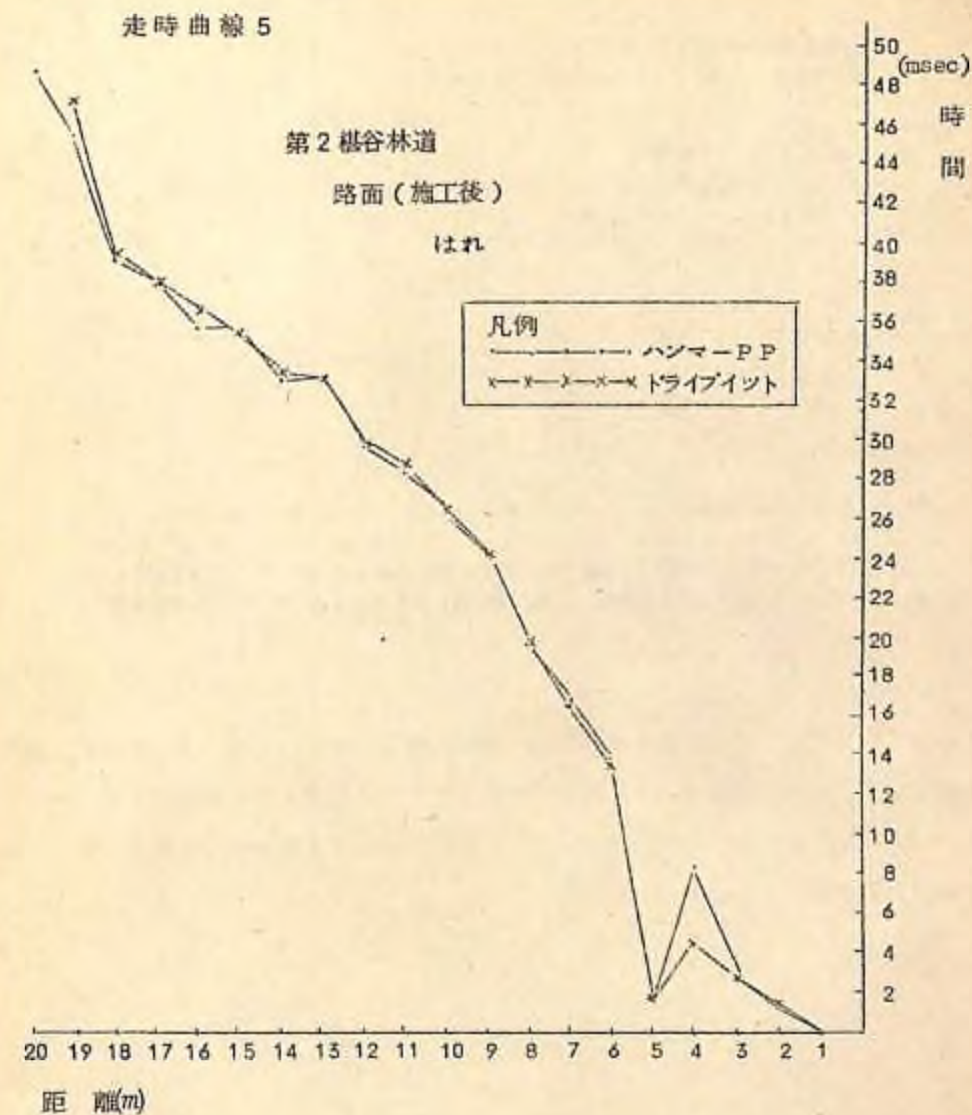
路面の片側測定(11月上旬,走時曲線3参照)で $0.57 \sim 1.02 \text{ km/sec}$ であつた。測定距離は26mである。



また、小坂営林署管内第2楡谷林道(岐阜県益田郡)において、施工前測量杭測線の片側測定(7月下旬)結果0.31~0.53Km/sec、同じところの施工後切取り面の片側測定(11月上旬、走時曲線4参照)で0.30~0.48Km/sec、



路面の片側測定（11月上旬，走時曲線5参照）で0.33～0.71 Km/sec であつた。一様の土石で測定距離は20 mである。



さらに，第2 樺谷林道他所既設1と既設2の2箇所においてのり面左右方向の弾性波伝播速度の全体および部分往復測定を追加したが，既設1（7月下旬，走時曲線6参照）では測定距離20 m，多様の風化岩で弾性波速度値は0.64～0.93 Km/sec（低），0.94～1.34 Km/sec（中），1.39～1.89 Km/sec（高），シュミットテストハンマー反撥硬度値は33（低），44～57（中），59～68（高）であつた。

4. 考 察

PH法、PP法に拘らずコンパクトな携帯計器を用いて信頼度の高い弾性波速度時間値を得るためには、打撃起震点下の媒質の内部状態を安定させ、受信計を媒質に確実に固定することが大切である。このことは至極あたりまえのことではあるが林地の場合等では現実になかなか実行され難いことである。従つて、受信計を直接、岩に取付けてするような切取り岩面、岩切取部分の路面での測定は比較的安定した値がえられ、林業土木の実用範囲で岩質の程度を弾性波速度により関連づけタイプ分けする方向が判然としてきた。しかし、地震探索器本来の機能であらねばならぬ施工前の地山や施工後の切取り肩上付近林地のような基岩にかぶつた土上からする内部探索は悪条件が重なり、起震点をよくつきかため鉄製打板を置き、地表層をはぎ、掘りとり地ならしして受信計を地盤にしつかり取りつけ、またそのかわりに固定用金具を長くして打込んでみる等工夫を凝らし、さらに測定基線の選定、測定計器類の配置に充分注意したが、概してバラツキ多く不安定な値をえて走時解析、地質的解釈などとりまとめを困難にする傾向がみられた。この種の非破壊計器で行なう測定は、医者の打診と聴診のようなもので、そのはかろうとする目的にそつたあて方技術の巧拙如何が直接測定結果にかなりの影響を与えている。今後の調査はバラツキ多く、不安定な値を示す個所にしほり、サイズモカウンターのランプによる一義的な時間表示のみでなく、起震源に生じ、媒質をとおり受信計に達する弾性波の状態をシンクロスコープで観測したり、その個所を直接試掘する等今迄の測定値を裏付ける資料を早急にとりバラツキ、不安定の根本的な解決をはかる必要がある。このことは、ひいては実用的な林道用測定装置の改良、開発にも通じ、また、それら機械器具による測定値の検定、走時解析の精度向上にもなると思われる。また、野外試験に平行して、現地より持帰つた岩石試料や簡易化した標準地質構造模型、さらに5Kg、2Kg各ハンマー、建設用鉄打銃の空包等各起震機器により生ずる波の差異観測、ピックアップ固定度合その他に関し、超音波を用いて、蓄積管を有する特殊シンクロスコープで詳細観測する等による多角的な室内基礎実験も必要に応じて行なわねばならぬ。継続試験当初の計画では、最終年にあたる昭和43年度に導入作設機械による岩に対する林道施工の難易度と工法選択の判定法を確立するため、岩の状態よりくる作業の難易を弾性波伝播速度を主に表わすこと、換言すれば、岩石掘削施工法と火薬の有無、適正火薬量とリツパビリテイ等を対象岩体の弾性波速度時間値との相関から究明することになつていたが、請負事業その他諸事情により調査箇所を含む区間毎の工期が正しく確信をもつて把握されなかつたため弾性波速度で表わされた岩質の程度と機械工期がむすびつけられぬまま初年度、次年度値と共に機械施工の難易による岩石仕分け要素を含まぬ値にとどまつた。なお、岩をその特性の類似したいくつかの群に大別するときには、

火成岩、変成岩は主として成因により、堆積岩については成因のほかは構成物質の粒度、粒子間の膠結物質を考慮して決める。機械施工の工期には、林道作設のさい破砕し、剝落する対象岩石の断層、層理、節理、亀裂の方向、切取量の大小に対する火薬の使用量、リツパビリテイや導入機種、重量および性能など複雑なとりあわせが伴うが、とにかく、岩の弾性波速度値を現場の工事に活用し役立て、実用化するためには、さらに、ブルドーザ、リツバー、掘削系ショベル、コンプレッサー車等導入施工機械およびそれら機械の組合せ効果による作設作業の難易工期とむすびつけることが必要である。また、この試験研究を巾広く軌道にのせるためには、林試内はもとより関係各方面の研究グループとサブテーマを分担しての共同研究が望まれるが、ダム、トンネルなど岩盤力学を中心に調査研究を進展させている土木学会の「岩盤力学委員会」の岩石分類に関する諸資料とともに、土質力学と岩盤力学をむすびつける動きが最近活発となつてきた土質工学会の「岩の力学委員会」による岩の統一分類資料は参考文献として役に立つものと思われる。

A 測定機械・器具および付属品



新機舎製携帯用弾性加速度計（改良型）



地震装置に利用した国産ビートル型鉄釘ドリ
ライプイットとたたき鉄板。ピョタアップお
よびその固定棒



フンタン加速度ピョタアップ受信計
（仁丹テルモ製AP-500）



表層土を除き、ひと皮むいた風化岩表面における測定
（竜ガヒゲ林道）



同上ピョタアップ取付用岩固定ハーネン



たたき鉄板（直径120mm、厚さ15mm）

B 代表的な調査地

B-1 昭和41年度



本調査第1回七宗(チヤート)
下島宮林署管内



本調査第1回兵衛谷(安山岩)
小坂宮林署管内



本調査第1回鹿角(ホルンフェルス) 新城宮林署管内



本調査第1回蔵川(花崗岩)
新城宮林署管内



本調査第2回黒井沢(花崗岩) 中津川宮林署管内



本調査第2回出の小路(石英斑岩)
付知営林署管内



本調査第1回蒲田右保(石英斑岩)
神岡営林署管内



本調査第1回蒲田左保(流紋岩質凝灰岩)
神岡営林署管内



多摩田園都市建設地(関東ローム層洪積台地)
横浜市



第2回調査大名倉IP50～IP52(石英片岩)
新城営林署管内



第2回調査大名倉IP56～IP59(石英片岩)
新城営林署管内



第3回調査佐口谷観点2551～観点2572(チヤート)
下呂営林署管内



第3回調査佐口谷観点2501～観点2515(チヤート)
下呂営林署管内



第1回調査第2横谷(石英斑岩)
小坂岩林署管内



第3回調査電ガヒダ(石英斑岩)
付知岩林署管内



第1回調査第2横谷既設1(石英斑岩)
小坂岩林署管内



第2回調査第2横谷既設2(石英斑岩)
小坂岩林署管内