

20 急傾斜地調査における各種表層土厚推定手法の比較検討

建設省 土木研究所

○西川 純一

吉松 弘行

工藤 賢二

1. はじめに

急傾斜地崩壊対策事業など斜面・のり面の工事においては、どのような対策工をいかなる崩壊規模を想定して行なうかを定めるために、事前に対象斜面の詳しい情報が必要である。とりわけ崩壊の可能性のあるものとして表層土壌、崩積土、強風化岩層などの斜面における分布と厚さをある程度の精度で知る必要がある。従来、地表踏査を基本に、ボーリング、各種サウンディングさらには弾性波探査などが実施されてきている。とくに急傾斜地におけるサウンディングとしては携帯に便利な簡易貫入試験、弾性波探査もカケヤなどの打撃による震源を用いた簡易なもの（簡易弾性波探査）が重用されている。今回は、これらの調査手法のほかに電気探査を加え、調査手法の違いと調査結果の関係について試験地の調査結果をもとに整理、検討する。

2. 調査地の概要

調査地は群馬県安中市郊外に位置し、関東平野北西部に南東－北西に延びた丘陵地帯の一部で南北に枝を出した小尾根の急傾斜地である。この丘陵地帯の基岩は中部および中上部の中新統から構成されている。調査地周辺では、中部中新統の吉井層（泥岩、砂岩、凝灰岩）および中上部中新統の板鼻層（礫岩、砂岩、泥岩、凝灰岩）が丘陵の伸びに沿った走向で北に傾斜して分布する。調査斜面は比高約40mの西向き長大斜面で、平均30°の傾斜を持っている。

この斜面は過去に崩壊を起した履歴があり、斜面の基岩である中部中新統・吉井層の泥岩の上位に、第四紀の砂礫層、粘土層、火山噴出物のほか、崩壊による崩積土、有機土壌、人工的な改変に伴う盛土などが分布する。表題に掲げる表層土厚とは、将来的に斜面崩壊を起こす可能性のある深さまでの土質ないし地質という意味で用い、本調査地では強く風化した泥岩より上位の層準が対象となる。

3. 各種調査

3.1 ボーリング調査

各調査の測線、測点を図1に示すように設けている。B測線の3m南側にこれと平行に、5箇所にもボーリングを実施し、表1に示す柱状図を得ている。泥岩の上位の各層準はボーリング位置により欠如しているものもある。B測線上の断面図に示した柱状は、やや簡略化し、泥岩を風化により3区分（強風化部、風化部、新鮮部）し、その上位は火山噴出物と古期崩積土を主体とする層準、新期の崩積土を含む表層土壌に分けている。泥岩の上位の層準の厚さは、山側の3本では2m弱、それより下の傾斜の変曲点では0.5m、最下端では4.5mとかなり大きく、その多くは古期崩積土である。

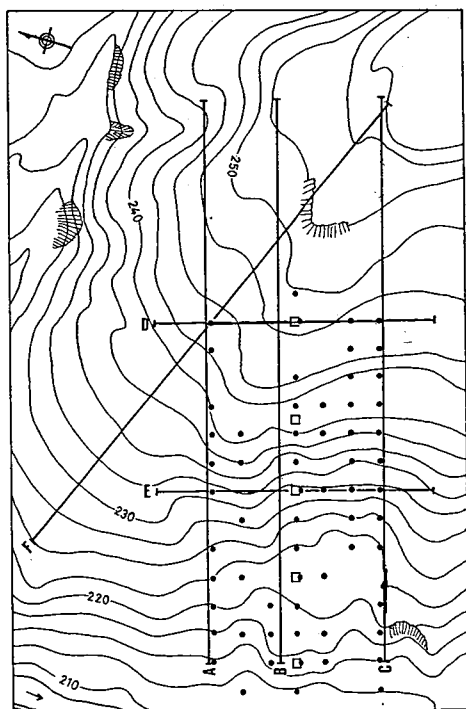


図1 調査地の測線、測点配置

□: ボーリング地点 •: 簡易貫入試験地点

3.2 簡易貫入試験

斜面に5m間隔の格子を設定し、簡易貫入試験を実施した。このNc値が50前後以上に急に増える深さを簡易貫入試験による表土厚さとして扱う。平面的にみると、斜面南側の僅かに谷地形を示す辺りの上方で特に深く(5~9m)、また下端部でも深い(3~4m)。

3.3 簡易弾性波探査

A~F測線において簡易弾性波探査を実施した。起振源としてカケヤによる打撃と重錘の落下による打撃の両方を用い、受振点間隔は2.5mとしている。解析の結果、この斜面においては、地表から0.3Km/s、0.8Km/s、2.0Km/sの3つの速度層が検出された(図2~7)。斜面方向のA~Cの3測線の中ほど、斜面を横切るE測線の間には低速度帯が検

表1 ボーリングによる総合柱状図

時代	地層区分	柱状図	特徴
第四紀沖積世	新規崩積土		凝灰質粘土、軽石(あさま砂)及び泥岩片等の混合土砂、最も新規の崩積土。
	盛土		礫、その他火山灰の混合土砂。
	表土		ローム等の粘性土が土壌化した有機質土
	ローム		均質なローム 所々スコリア混入
	火山礫 火山灰		径2~5mmの軽石及び細粒の火山灰。所により細粒土主体(あさま砂)
	火山灰		凝灰質の粘土、火山噴出物が風化劣化した高塑性粘土
第四紀洪積世	古期崩積土		凝灰質粘土、ローム、軽石(あさま砂)、軽石などが不均質に混り合った土砂
	粘土		均質なシルト、粘土。所々泥岩片を混入。含水比低く圧密の進んだ状態で安定。
	礫岩		径10~40mmの硬質な礫岩主体 最大径は100mm程度。
第三紀中新世	泥	強風化部	岩の組織は認められるが、風化・劣化した粘土化。軟質で脆く指でつぶれ、細粒化。
		風化部	キレツ多く、キレツ面に沿って風化が進んでいる。岩質は脆く指で崩れ細かい岩片状になる。
	岩	新鮮部	未風化新鮮な泥岩。無層理塊状で全般的にキレツ少ない。岩質そのものはやや軟かい軟岩
		凝灰岩	凝灰岩が密しく風化、劣化した高塑性粘土。泥岩中に薄く挟まれている。

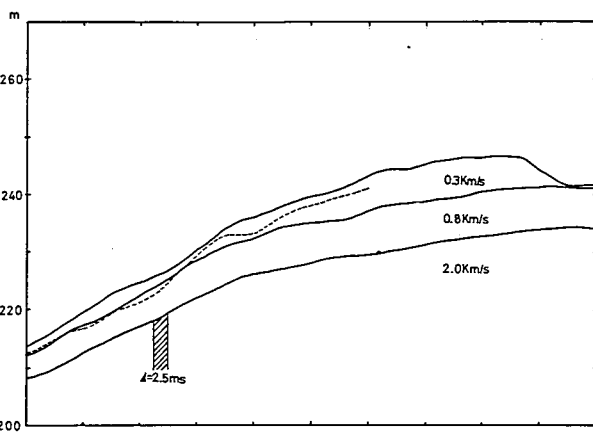


図2 A測線における断面

実線は簡易弾性波探査の速度境界を示す。

破線は簡易貫入試験による表土層境界を示す。

図3~7においても同様。

出されているが、泥岩部での断層、あるいは変質帯を意味しているかはいまのところ不明である。

3.4 電気探査

ここで用いた電気探査は、比抵抗分布を2次元断面で表示するべく開発された比抵抗映像法¹⁾である。測点間隔は1.25m、最大探査深度は20mである。

4. 各種手法の比較

B測線の断面(図3)をみると、簡易貫入試験による表土層はボーリング調査による泥岩より上位の層準と一致している。簡易貫入試験の結果(表土層の境界線)と簡易弾性波探査の結果(0.3km/s層と0.8km/s層の境界線)を比較するとC測線(図4)ではほぼ一致するのに対し、A、B測線では一致の度合が悪くなる。斜面を横切るD、E測線(図5~6)でも同様の傾向がみられ、F測線(図7)でも同じである。

簡易貫入試験の結果はボーリングの結果と対照すると泥岩とその上位層の境界を示しているとみられる。したがって、C測線で簡易貫入試験と簡易弾性波探査の結果が一致し、それが深いのは古い崩壊なども含めて谷地形が埋積されている可能性を示している。

一方、C測線からはずれたところで簡易貫入試験と簡易弾性波探査の結果が一致しないのは、泥岩の強く風化している部分で、簡易弾性波探査では低い速度層に区分されることが考えられる。簡易貫入試験では貫入コーンの先端にあたる土質・地質の硬軟によりそのNc値が決ってくる。それに対し、弾性波探査では、同じ岩質でも亀裂の頻度などにより弾性波速度が異なるものとして捉えられる。そこで、泥岩が風化により亀裂が発達し、弾性波速度が低くなっても、簡易貫入試験では礫状に残った風化の比較的弱い部分が高いNc値をもたらすということが十

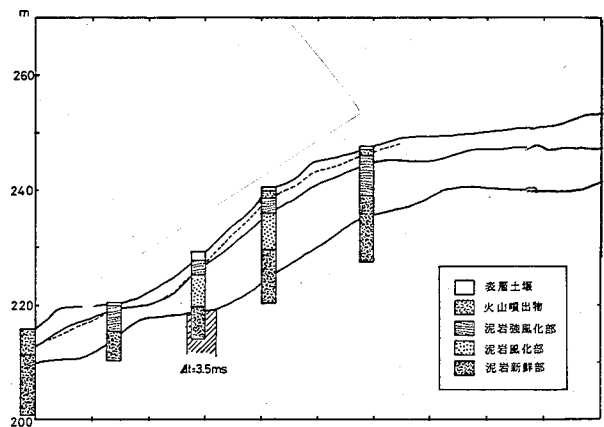


図3 B測線における断面

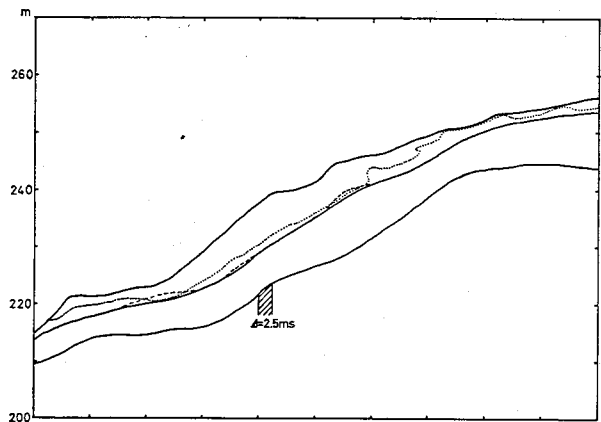


図4 C測線における断面

点線は電気探査による比抵抗値80Ωmの境界

図5においても同様

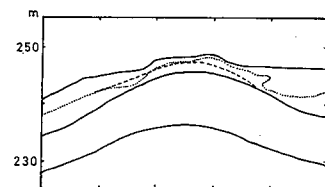


図5 D測線における断面

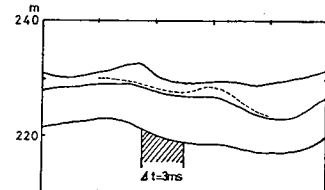


図6 E測線における断面

分考えられ、今回の結果もそれを示唆している。

この斜面に分布する泥岩を始めとする各層準の比抵抗値は測定されていないが、一般的に各種の岩石は図8に示すような値を持っている。湿った泥岩は砂、礫に対して低い比抵抗値を示す。この境を明確に決めることはできないが、電気探査の断面における比抵抗分布を仮に $80\Omega\text{m}$ で区切ると、その境界は簡易貫入試験の境界におおよそ近い(図4~5)。

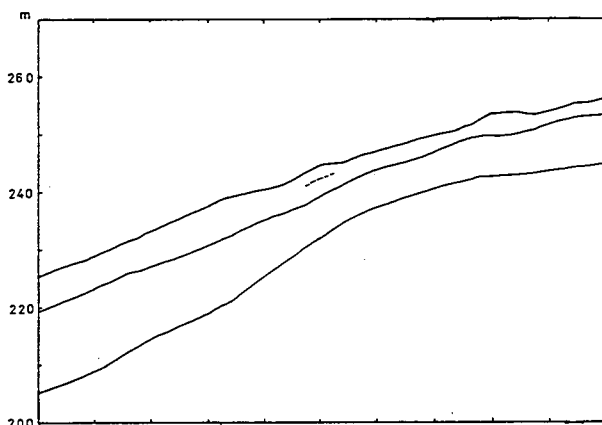


図7 F測線における断面

5. まとめ

今回取り上げた調査手法では、簡易貫入試験の結果と電気探査の傾向は良く一致し、それは地質の違いを反映したものと考えられる。簡易弾性波探査の示す速度層の違いは、対象の強度の違いを反映しているものであり、地質的には同じものでも風化等の違いにより異なる速度層に区分されることもあり、逆に地質的には異なる場合でも同じ速度層に区分されることがある。この調査地では、斜面崩壊の点からいうと、表層土厚としては、泥岩の強風化部を含めて考えるのが妥当であり、この点に限っていうと、簡易弾性波探査の結果がそれを指示している。また、表層土厚として捉えるべき対象とその下位のものが比抵抗値的にはっきりした違いを示すものであれば、電気探査は実用的である。

地 質	比 抵 抗, ($\Omega\cdot\text{m}$)							
	0.1	0.5	1	5	10	50	100	500
河 川								
地 下 水								
ボーリング泥水								
粘土・シルト								
砂まじり粘土								
砂・砂礫(乾)								
砂・砂礫(湿)								
一 般 土								
火 山 灰 砂								
泥岩・粘板岩(乾)								
泥岩・粘板岩(湿)								
砂 岩								
硬 砂 岩								
凝 灰 岩								
凝 灰 角 礫 岩								
安 山 岩								
花 崗 岩								
石 灰 岩								
変 成 岩								

図8 各種地質の比抵抗値²⁾

急傾斜地調査においては、簡易弾性波探査、電気探査とも現場の条件に応じて適用すれば有用であるが、その際に得られる境界の意味をボーリング調査などで明確にしておく必要がある。

文 献

- 1) 島 裕雅・坂山利彦：電気探査・二次元自動解析による地盤構造の把握，第21回土質工学研究発表会講演集，1986，PP.95-96
- 2) 土質工学会編：岩の工学的性質と設計施工への応用，土質工学会，1974，P.838