

地球物理

第 8 卷 第 1 號

昭和19年 8 月

野滿隆治博士遺稿集

論 說

山崩れに就いて, 第 2 報 河内堅上地之面の電氣的探查 (風化土中の地之第一例)

理學博士 野 滿 隆 治
田 坂 浩
理 學 士 齋 藤 泰 一

緒 言

著者の一人は前論文に於て風化土内の山崩れに關する一理論を提出し、之を河内龜ノ瀬及び長野縣茶臼山の地之深度に適用して大體満足なる結果を見た。但し龜ノ瀬の地之深度は、鐵道省土質委員會が暗探的判定法によつて推定せられた値を借用したので、充分確定せられたものでは無かつた。仍つて著者等は電氣的地下探查法により其の地之深度の判定が可能なりや否やを驗すると共に、若し可能ならば其の方法によつて得た自分のデータを以て著者の理論に對比せんことを企て、昭和18年5~6月に互り殆んど毎土日曜を龜ノ瀬の地抵抗測定に費やした。即ち該地の多數點に於て電氣抵抗の垂直分布を求め、地抵抗の異常に小さくなる深度があれば其處を迂り面と見てはどうかといふ目算である。蓋し風化土内の之面は粘土類が充分に水分を含み且つ其の水分は微細土粒子間に永く滯在する關係上

(1) 野滿隆治：山崩れに就いて。本誌第6卷（昭和17年），135頁。

溶解成分を多く含んで電氣抵抗が著しく小さくなつて居るだらうと想像せられるからである。

若し吾々の考へが的中して地之面となるべき層が電氣的に判定可能であり且つ其の深度が筆者の理論式に一致するならば、將來は或地域が地之の危險ありや否やを比較的容易に判定すべき一方法が確立せられることになる。即ち先づ問題の地域で電氣抵抗の甚小なる深度を測定して滑動し易き層を判斷し、それが理論の要求深度を超えるや否やを検すればよいと思はれる。

河内堅上村龜ノ瀬附近峠區の昭和6年末より7年春にかけての地之りは、既に多くの入々⁽⁹⁾によつて報告されて居る様に、全く風化土内に起つたものである。其の地質學的又は現象學的方面のことは諸家の報文に譲るが、只一つ内務省大坂土木出張所の半年に亙る長期觀測から高田昭氏が決定された事項の一つ即ち「此處の地之地塊は第1圖の點線で區切る市ヶ平と南平の東西二部分に分れて滑動した」といふこと及びボーリングが8本も行はれたことを、後の議論に資するため特に指摘して置きたい。更に其の東西二地塊の境界線附近には地之當時多數の龜裂群が発生し、川瀬二郎氏が中央龜裂群帶と呼んで居ることも併せ注意して置く。

本 論

1. 堅上村に於ける地抵抗測定 昭和18年5~6月にかけ毎土曜日より日曜にかけ學生數名と共に現地に出張して、四極等間隔法により9點の電氣地抵抗を多數の深度に對し測定した。測點の選定は、當初地之中軸と報告されて居る方向並びに夫れに直角に各々數線を取り各線上に數點づゝにする積りで出懸けたのであつたが、現地に行つて見ると同地區全面に亙り果樹園の柵や柱があり、而も葡萄の花盛りであつた爲に測線を張る作業がそれを

(2) 中央氣象臺：大阪府下峠區地之概報。パンフレット(昭和7年)。

今村明恒：大和川縁の地之りに關する記事輯録。地震第4卷(昭和7年)，140頁。

川瀬二郎：大和川沿岸に於ける龜裂に就て。同上，220頁。

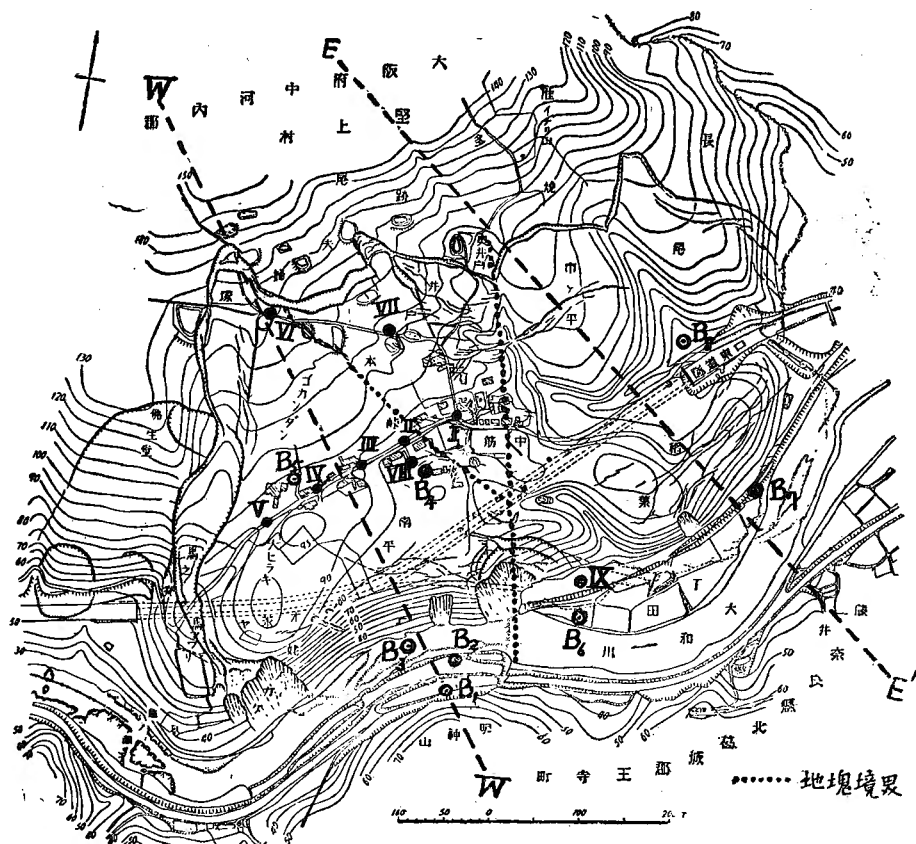
松山基範：河内堅上地之運動觀測結果に就いて。地球第17卷(昭和7年)，323頁。

棚橋嘉市：大阪府下堅上村峠の地變。海と空第12卷(昭和7年)，43頁；

大阪府中河内郡堅上村峠の地之り地粘土の摩擦係數に就て。同上，221頁。

高田昭：大和川筋龜ノ瀬地之りに關する調査。土木試驗所報告第23號(昭和7年)，143頁。

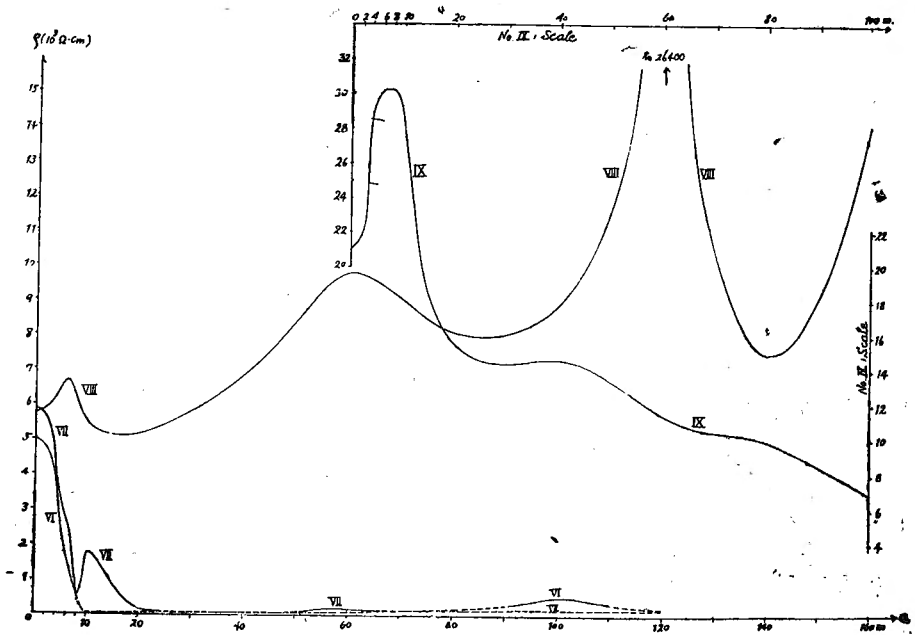
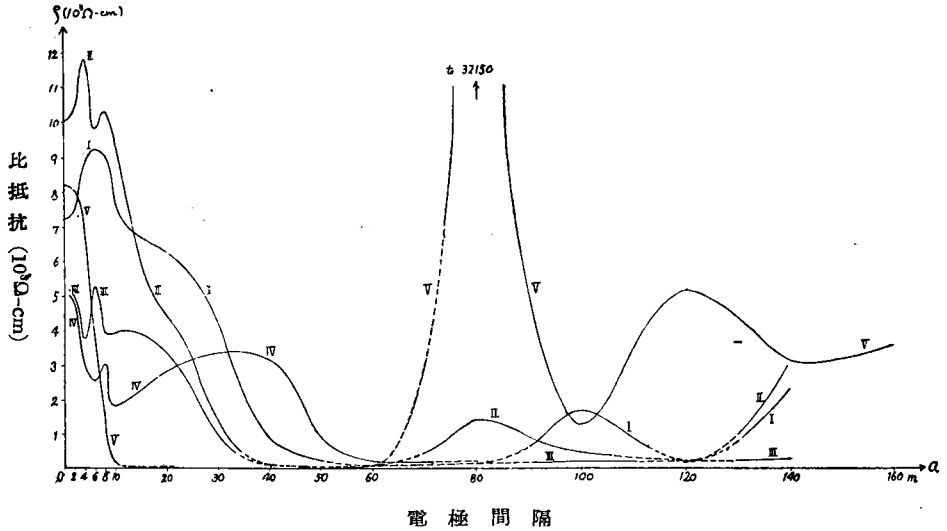
鐵道省土質調査委員會：龜ノ瀬地之り地の調査報告。同委員會報告第3輯(昭和9年)，96頁。



第1圖 堅上村特區の地形と電氣抵抗測定地點 (I~IX) 並に内務省のボーリング地點 ($B_1 \sim B_8$)

傷める恐れあつて、止むを得ず道路又は畦畔が長く比較的眞直に續ける處を選ぶ外無く、結局第1圖内に I, II, ……IX と記入せる9點になつた。No. I 測點は同村神社前の道路三叉點にあり、他諸點の距離測定基準にした。即ち No. II 乃至 V は村道に沿つて西へ60 m. 間隔に取り、No. VI は夫婦塚道に沿ひ 270 m, No. VII は 150 m の處にした。No. VIII は No. II の南で桃畑中の畦路上にあり、No. IX は大和河畔の最舊トンネル東口低地で他の諸點より 50~60 m ほど低い處にある。大體、高田技師の所謂西地塊⁽³⁾(南平)内及び東西兩地塊の界附近に限られて居る。東地塊の市ヶ平方面は地形の凹凸甚だしく抵抗測線を眞直ぐに張れる場所が殆んど得られぬので測定を斷念した。然し其の方面は前論⁽⁴⁾文で鐵道省判定の地之深度と筆者の理論式とを對照し大體調和することが判つて居るので、

(3) 高田昭 前出 (2). (4) 前出 (1).



第2圖 峠地より地の比抵抗分布圖

今回の測定が不可能に終つてもあきらめが付き易いのであつた。

さて以上の諸測點に於ける實測結果は第1表及び第2圖の様になつた。圖では No. IX の分だけを 60 m 右にずらし (大體 60 m ほど低い地點なる故), 比抵抗を半分に縮少し

て描いた。又各點同一深度まで測定してないのは、地形其の他の事情により測線の展張が制限されたからである。尚表中に？符を附したのは測器（横川電機會社製 L-10 型）の感度以下に抵抗が下つて測れないことを意味し、其の限界値は測定深度によつて異なるが大體に於て深度 50 m で 90 Ω -cm, 100 m で 180 Ω -cm, 150 m で 270 Ω -cm 程度以下の微抵抗に相當する。圖の點線部はその様な抵抗附近で不明なるを示す。

第1表 堅上村峠の地抵抗 (ohm-cm)

測點 深度	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
2 m	7586	10300	5030	4770	8040	4770	5650	5900	21730
4	8792	11800	3765	3065	7080	3770	3920	6200	28900
6	9282	9800	5275	2525	3580	1730	2640	6710	30150
8	9048	10300	3910	3015	1400	553	553	6030	30150
10	7662	9420	3960	1885	188	?	1760	5400	28250
20	6280	4400	3390	2815	?	?	126	5150	15450
40	879	76	?	3140	376	?	?	6880	14600
60	?	?	?	188	?	?	113	9800	11300
80	?	1360	?	?	32150	?	?	8040	10050
100	1633	440	188	?	1260	500	?	8790	6910
120	?	?	?	?	5120	?		26400	
140	2298	3080	?		3080			9470	
160					3520			14070	

此の第2圖の比抵抗垂直分布を見ただけで注意を惹くことが5つある。

i) 最表層は測點 IX を除き何れも皆 5000~10000 Ω -cm の比抵抗を示し、大體に於て同程度である。之は夫等の表土が皆同じ所謂峠安山岩の風化したものであるから正に當然である。No. IX 地點の表層のみ獨り異例の抵抗を示すのも、同地點は既述の如く河畔低地で他の諸點より 50~60 m も低く、且つ最舊時のトンネル出口に當る線路敷地に切り均らされた處で、大岩片の多い安山岩半風化土になつて居ることから首肯出来る。

ii) 次に最も大切な特徴は、測點 No. VIII, IX を除き他は皆表層數千 Ω -cm の比抵抗から間もなく測器にかゝらぬ程の微小抵抗に低下することである。之が著者の狙ふ甚小抵抗深度であつて、地之りの龜裂線に近い測點 V, VI, VII では深さ 10~20 m, 之り地區中央部の No. I, II, III, IV 諸點では深さ 40~60 m あたりからさうなつて居る。之り面は其の微小抵抗層の上面、從つて上記深度より稍々浅い所にあると推定したい。但し其の精しい數値は地抵抗曲線の解析によつて定めねばならぬこと勿論である。

iii) 測點 VIII と IX には此の様な微小抵抗が現はれず各深度に互り非常な高抵抗である。之は、其の地下が風化の餘り進んで居ない岩盤が荒い砂利程度のものにしかなくて居ず粘土層は發達して居ないことを示すものではあるまいか。それにしても No. VIII は測點 II と僅か 40 m ほどしか離れて居ぬのに斯かる差を生ずるのは頗る解し難い感があるので、第1圖を注視したところ II—VIII—IX 線は高田氏の所謂東西地塊の境界線附近であり川瀬氏の中央龜裂群帶に當ることに氣が附いた。⁽⁵⁾東西兩部分に分れて滑るといふのは、其の界が比較的滑り難い物質になつて居るからで風化の進行が他の部分ほどにないといふ想定を肯定する。従つてそこは地下水にとつて一の分水線になり易いから、北方高地から流下する地下水がこの地下分水線の上縁には堰き止められ、それまでの上流域は風化を助長する。この様な考へで No. IX より VIII までは地下に高抵抗の未風化岩帶があり、II 點以北は風化の進んだものになつて居ると解して吾々は満足出来る様に思ふ。それでも II 附近は元來高抵抗のものであつたから、兩隣りの No. I 及び III よりは抵抗が大きいと云ふことも調和する。又此の線に近接して深い狹谷が存在するのも、東地塊が分裂して滑つた舊時の龜裂跡が浸蝕されたものではあるまいか。

又 VIII—IX 線が二つの迂り地塊の界であるとすれば、其の線上の表土層は、粘土の様に滑り易いものでなくて單獨には迂り得ないものであつても、隣りの牽引力に引摺られて滑落するであらう。その強制迂り面とても勿論其の土層中の最も弱い部分には違ひなく、従つて水分が比較的多く風化も比較的には進んで比抵抗も小さくなつて居る處にあるであらう。此の様な考へから VIII と IX の比抵抗垂直分布が急減して居る層を見るに共に地表下 20 m の處にある。其の上面が強制迂り面であると想定しても無理ではあるまい。勿論其の精しい數値は比抵抗曲線の適當な解析に俟つてきめねばならない。

iv) 測點 No. I, II の地下 5 m 内外と測點 VIII の 60 m とは共に約 10000 Ω -cm の高抵抗を示して居る。土質が略ほ同様のもので、或は餘り風化の進まぬ峠熔岩ではあるまいか。現に I 點の神社横から北に上る通路に切られた畑の側面には表面下 2~3 m に巨大な岩塊がいくつも見られる。

v) 更に異常の高抵抗 26000~32000 Ω -cm といふのが測點 No. V, VIII, IX に一度づゝ現はれて居るのも目を惹く。特に V, VIII 點のそれは共に約 3×10^4 Ω -cm で同値に近

(5) 前出 (2)

く、而も V 點では 80 m になつて VIII 點の 120 m より稍々淺くに出て居るのは粘土のない砂礫か或は所謂明神山熔岩の伏在を示すものかも知れない。

2. 断面深度の判定 本地域の如き地之り常習地などは地層が度々の地之りによつて掻き亂され複雑になつて居る關係上、地抵抗の垂直分布も亦複雑であつて頻繁に上下凹凸を繰返すが故に、ウェンナー法やターグの方法によつて解析を行ふことは第1界面以外到底困難であることが分つた。仍つて止むを得ず稍々精度を缺ぐとはいへ吾々は横川電機會社の方法⁽⁶⁾を以て主として解析検討を行ひ第2表の結果を得た。抵抗の極めて著しく減少する界面を断面と考へそれまでの各界面のみを掲げる。

第2表 地抵抗による地層界面深度, m, (太字は断面)

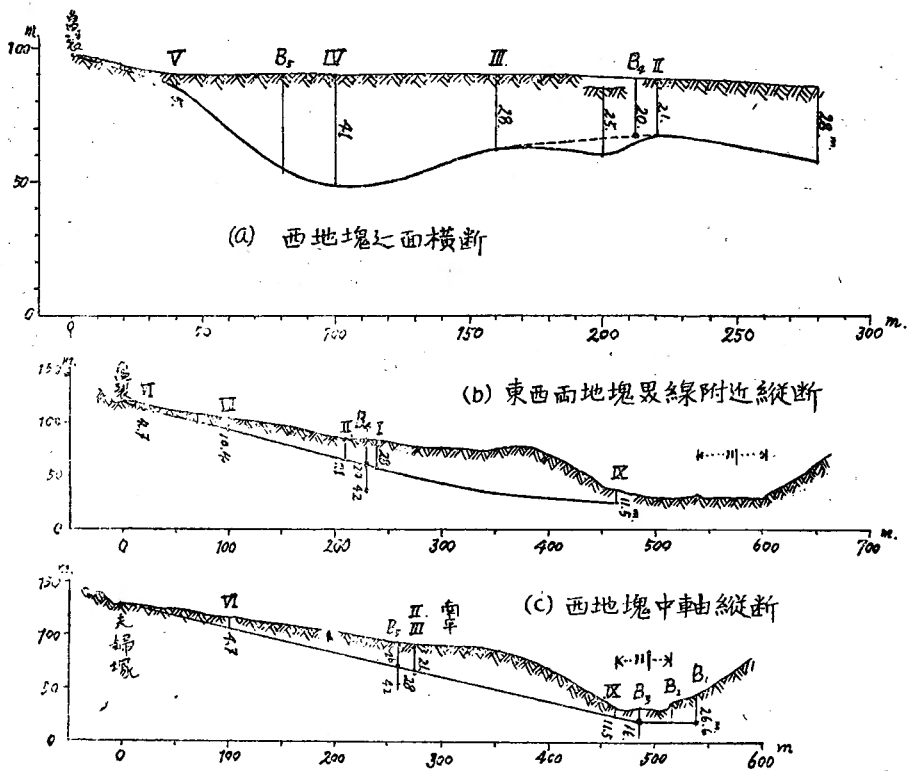
測點番號	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
第一界面	2.2	2.7	2.7	2.1	5	4.7	3.7	3.8	1.2
第二界面	8.5	4.7	4.7	6.3	30		6.3	6.3	11.5
第三界面	28.0	7.0	6.3	8.7	50		8.5	25.0	
第四界面		11.4	9.0	13.0	70		10.5	72	
第五界面		21.0	28.0	41.0				104	

但し測點 VIII と V だけは異常高抵抗層の上面まで掲げ其の間の深度關係を見るに便した。單一下線を施したのは 10000 Ω -cm 程度の高抵抗層上面、複下線を施したのは 30000 Ω -cm 程度の異常高抵抗層上面である。又括弧をかけたのは其の間の差異が僅なるを示す。

此の表によつて西峠地塊の断面横斷圖(村道に沿ふ。但し西端龜裂は V 點に最も近き處をとる)を描けば第3圖(a)の様になり、深度は約 30~40 m である。而して測點 No. II のあたりは其の兩側何れよりも淺くなつて、東西兩地塊の分界線といふ内務省大阪土木出張所の見解に調和する。従つて又此線上で僅か 40 m を離れた No. VIII と II との比抵抗垂直分布が著しく違つて居ても差支ないのは既述の通りである。

次に VI-IX 線上に VII, I をも投影して断面縦斷圖を作れば同圖(b)を得、又夫婦塚龜裂より明神山に向ひ No. III と IV の中間を通つて内務省ボーリング B₁, B₂, B₃ に至る西地塊の中央縦斷面を作れば(c)の様になる。(c)圖には No. VI, III, II を投影した外に川縁に於ける値として No. IX を入れて見た。但し此の縦斷面は、(a)圖から判る通り

(6) 横川電機會社: L-10型大地抵抗測定器(説明書)。



第3圖 峠區の地之面判定 (a) 横斷面 (b) 縦斷圖(東地塊西端) (c) 縦斷面(西地塊中軸上)

西地塊北面の最深部を通らず多少東偏して居るが爲に、一體に浅くなつて現はれ全長に互る平均深度は 20 m 弱である。若し測點 IV 附近を通る縦斷線を作るならば全長平均 20 m を超えるであらうが、地塊全體としての平均はやはり 20 m 弱と思はれる。

(b), (c) によつて上面の縦斷形狀を察するに、西地塊の中軸部(c)では全長に亘り殆んど直線であるのに、東西兩地塊界線附近の(b)では上部半分が殆んど直線狀をなし下半分は幾分弧狀になつて居る。それで思ふに自己の重量だけで自由滑落するときの風化土内上面は縦方向には直線となるのが通則ではあるまいか。(b)圖の場合の様に隣接地塊の影響によつて誘發される強制滑落では下部に至つて強制力の減退するにつれ上面が淺くなると解される。

最後に $3 \times 10^4 \Omega\text{-cm}$ 程度の異常高抵抗物質の上面は第 2 表によると測點 V では深度 70 m, VIII では 104 m になつて居るから、之を一続きのものと見れば西から東へ距離約 180 m で落差 34 m, 従つて傾角 10.5° の勾配をもつて居ることになる。其他の測點には之ほ

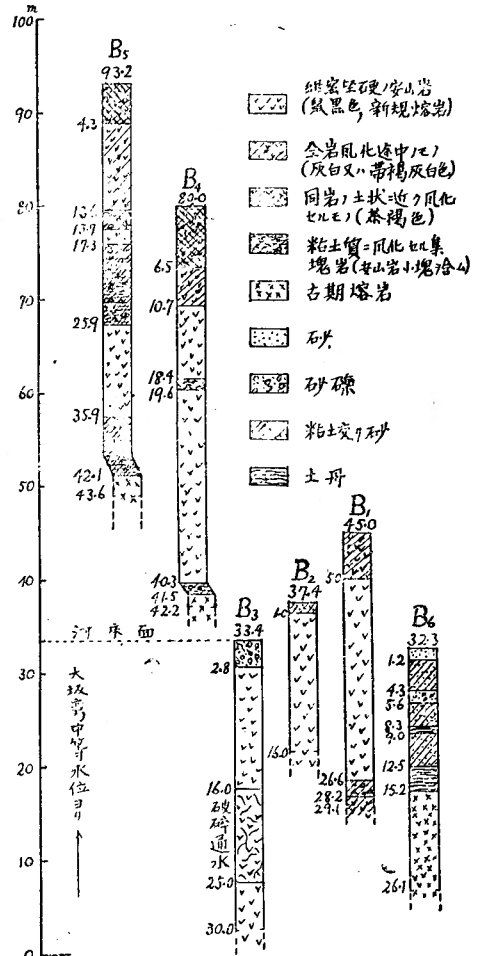
どの高抵抗は現はれて居ないから、もしそれを明神山熔岩とすれば、該熔岩の端が V—VIII 線以南で止まつて居ると想像される。

3 内務省ボーリング結果との対照 吾々は内務省大阪土木出張所の手でボーリングが行はれたことを最近まで知らなかつたので、電気抵抗測定地點は作業上の便宜を主として選定した爲め、多くはボーリング地點と懸け

離れて居るのが残念である。それでもボーリング B_1, B_2, B_3, B_5 は吾々の第3圖(c)の参考に供することが出来る。その意味で第4圖にボーリング結果を轉寫する。但しボーリングは深さ 40 m 以内に終つて居るから、其以上は對比出来ぬ。又第一層は總て表土であつて目に見えて居るから別に論議しないことにする。

1) 先づ B_5 のボーリングと No. IX の地抵抗とを對照するに、地下 10 m 以内の $3 \times 10^4 \Omega\text{-cm}$ 内外なる異常高抵抗は砂礫の所作なることが知られる。して見ると V 及 VIII 點の異常高抵抗部も同類の砂礫かとの疑も起るが、夫れは矢張り明神山熔岩であらうと著者は考へる。何故なら、鐵道省土質委員會の報告によればトンネル東口から今井方面と明神山南斜面に廣く分布して居る洪積紀礫層はあるが、それは峠熔岩類を被覆して其の上に

在つたもので峠地區では河畔の一部に其の跡を残すのみであつて今は殆んど浸蝕され盡したものでありとのことであるからである。尙ほボーリング B_5 の砂礫には多少異なつた數



第4圖 内務省ボーリング結果

(7) 内務省大阪土木出張所保管青寫眞、及び棚橋嘉市並に高田昭前出 (2)。

層あるのであるが、地抵抗としては大差なきものらしく、吾々の測定には單一層の如くに働いて居る。

此の砂礫層の下で IX 點の比抵抗が急減する地層の上面即ち吾々が上面と推定した第二界面は地下 11.5 m であるのに對し、ボーリング B₆ では 12.5 m から厚さ 2.7 m の土丹層があり其の下は半ば風化した安山岩になつて居る。而も地表は兩點とも殆んど同高で IX 點が B₆ より僅かに 1.7 m 高いだけであるから、吾々の推定上面は土丹上面と略々一致する（第3圖（b）参照）。而して土丹なるものは粘土の固まつた粘板岩の一種であつて、濕潤なる間は岩狀をなせども乾けばグスグスに崩れる性質のものであるから、よく地之の原因になることは周知のことである。又粘土質であるから砂礫よりは著しく比抵抗が小なることも當然である。従つてこの土丹上面と一致する吾々の推定上面は極めて蓋然性の大きなものと信ずる。

尤も此の土丹層の上にも砂礫層の間に厚さ僅かに 0.7 m の極めて薄い土丹が地表下 8.3 m の處に挟まつて居るので、棚橋氏はそれを上面かと想定して居る。然しそれを第3圖（b）に入れて見るに折合ひが悪いから吾々は賛成出来ぬ。

2) ボーリング B₄ と測點 VIII 及び II も極めて接近し地表高度も大體同じであるから、その比較對照を試みよう。

其の検討に當つては、本地區の地質に關する概念をもつて居るを便とす。峠區臺地の上部土質は總括して峠熔岩と呼ばれる熔岩若くはその風化物であるが、鐵道省土質委員會報告によると、其の内に二種あつて峠安山岩と凝灰質集塊岩とされる。前者の安山岩は黑色密質ではあるが容易に水を通し、風化すれば灰色若くは白色になり粘土を交へるが其の割合は比較的少く透水性は良好であり、後者の凝灰質集塊岩は鼠黑色紅紫色乃至黃綠色の岩質緻密硬度高いものであるが全く風化して粘土化して居るのが多いといふ。之だけの豫備智識を以て第4圖のボーリング結果を眺めると、内務省で「鼠黑色安山岩」とされて居るものが凝灰質集塊岩であつて、粘土は大抵鼠黑色安山岩の間か其の上下に接近して存在することから考へ主として凝灰質集塊岩の風化によつて出來たものなることが想像される。

又内務省で「最も風化せる茶褐色安山岩」とか「風化途中の灰白色又は帶褐灰白色安山岩」とか記したのが鐵道省の峠安山岩である。又水分を含み濕潤である限り水の流動困難で長く保留される凝灰質集塊岩の方が水の通り易い峠安山岩よりも水に溶解成分が多くな

つて比抵抗は當然小さいであらう。其等が風化した粘土と風化安山岩とでは比抵抗の差は愈々甚だしくなるのは言ふまでもない。但し風化しない集塊岩と風化した安山岩土壌では、同じ様な湿分なら前者が高抵抗に違ひない。

そこで愈々目的の B_4 と VIII の成果を對照するに、 B_6 の土質は深さ 10.7 m までが風化又は半風化の峠安山岩であつて、其の下はボーリングの終り 42.2 m まで未風化集塊岩になつて居る。但し集塊岩の間には厚さ僅かに 1.2 m の薄い粘土層が二枚挟まつて 19 m と 41 m 附近にある。之に對し VIII の比抵抗は吾々が辻面と推定した深さ 25 m までは安山岩風化土である表土 (6000 Ω -cm) と大差ない比抵抗を示して居るから風化度に差はあつても安山岩には違ひない。其の下の高抵抗 (約 10000 Ω -cm) なる層はボーリング結果から見て未風化集塊岩なることが知られる。

斯様にボーリング B_4 と No. VIII の比抵抗分布とは其の大勢に於て調和する。No. II の比抵抗も、深度 21 m から 60 m に亙る極小抵抗を粘土層としそれが集塊岩の風化産物と見れば安山岩集塊岩の成層は前二者と折合がよい。たゞ其等界面の深度が前項 IX と B_6 の場合の様によくは一致しない。又二枚の介在粘土層の影響も VIII の比抵抗測定には現はれて居ないのは如何といふ疑問が起る。厚さ 1 m ほどにすぎない薄層の介在が、吾々の實施した様な電極間隔 10 m 乃至 20 m 置き of 粗い比抵抗測定に現はれぬのは當然であるが、安山岩と集塊岩との界面深度が 10 m も違ふのは吾々の測定が悪い爲であるか但しは又事實 B_4 と VIII とに夫れ程の相違があるのか考へて見たい。

既に述べた様に測點 VIII と II とは甚だ近いに拘らず其の比抵抗分布に著しい相違があつて、之は事實に違ひなく、恐らく此の邊が地中の東西兩地塊境界線に當り而も麓から VIII 點附近まで高抵抗の未風化岩盤が比較的淺く突出して地下分水線をなすによるものと解し得ることを知つて居る。果して然らば、 B_4 と VIII に於ける未風化集塊岩深度の相違は測定の不良によるのではなくて、寧ろ上記の見解に強い支持を與へる實在のものなることを私は確信する。

尚ほ内務省では B_4 の下の粘土層下面 41.5 m を辻面かと推定して居るが、私はその外更に上の粘土層 (深度約 19 m) も辻面であらうと考へ、第 3 圖 (b) にはそれを記入した。なぜなら、No. II の推定辻面が 21 m であつて、上部粘土層が殆んど同深度にあるからである。No. VIII の推定辻面深度 25 m は未風化集塊岩上面をとつたのであるが、

その前後兩地點之面が 20 m 内外であれば、No. VIII でも 20 m で辻つたのかも知れない。それでもそこは半風化安山岩屑中であるから無理ではない。

3) ボーリング B₅ と比抵抗測點 IV も接近し對比出来る。先づ IV の地抵抗に於て、第4界面 13 m までは多少の増減あるも大體 5000~3000 Ω -cm といふ似よつた値を示し類似の地層なることを暗示するが、ボーリング B₅ でも 13.6 m までが風化乃至半風化安山岩であつて、よく一致する。次に IV の第4界面即ち粘土層上面と推定した 41 m はボーリングの下端に近い粘土層の底面 42.1 m に近い。内務省では B₅ の之面を其處の少し上だと想定して居るが、掘進ロッドが曲がつたりなどした事實もあるから、恐らく確かであらう。B₅ 點は地抵抗測定道路上に投影すると IV 點より 20m ほど西になる。それを第3圖 (a) に記入しても折合ひがよい。但し (c) に投影して折合はないのは、B₅ が軸線上よりは、遙かに之面の深い IV 點よりも更に西に在るから當然である。

尙ほ深度 13 m より 40 m の間にはボーリングによれば粘土と未風化岩盤の互層が4層もあるのに、比抵抗では 2000 Ω -cm といふ割合低い一層の様に現はれて居る。之は吾々の抵抗測定が 10~20 m 間隔といふ粗いものなる爲で致方ない。それにしても未風化岩盤よりは粘土層が少々厚いので其等の平均比抵抗が上部の風化安山岩比抵抗よりも低く出て居るのはせめてもの一致だと吾々は満足する次第である。

4) 最後にボーリング B₁, B₂, B₃ の成果を第3圖 (c) に對比して見る。此等3箇のボーリングは、其の附近に地抵抗測點はないが、第3圖 (c) の西地塊中軸線先端に當つて居る。而して B₂ は深さ僅かに 16 m しか掘穿してなく且つそれまでには砂利と岩盤しか現はれて居ないが、B₁ には粘土層があり、B₃ には岩盤ながら著しく破碎して通水ある部分があつて移動し易いと思はれる層がある。それで其等の粘土或は破碎部の上面深度 26.6 m 及び 16 m を第3圖 (c) 中に記入して見るに、B₃ のそれは西峠地塊の中軸なり線の延長直線上にのり、B₁ のは B₃ と略ほ同一水準になり、洵とに調和がよい。即ち之で見ると、西地塊の地之りは地表最低部たる大和川の眞中 B₃ までは直線なりをなし、其の先きは明神山麓の抵抗に阻止されて、なり地塊と同じ深度以淺の地層だけを壓迫し上に押上げ、對岸の隆起を現出したものの様である。

4. 理論との照合 筆者は其の山崩れ論第一報に於て、風化土内の地之面を圓筒面と假定した場合と然らざる場合とを理論的に研究報告したが、素より初めから勝手に之面形状

を假定することは好ましくない。実際には何等の豫見を挟まないで立論した後の場合の結果を利用して堅上峠區の地之りに照合して見たいと思ふ。

先づ之面の縦斷形狀であるが，山崩れ論第一報によると，粉狀の均一風化土内に於ける地之にあつては少し長いものになれば安藏氏の意見と同様，上下兩端に弧狀部もあるが大部分は直線狀になるべきことを理論は要求する。而して其の弧狀部は實際によくある様な土質の摩擦係數及び粘着力を使つて計算して見ると長さ數米乃至十數米程度に限るのであるから，長さ 500 m 内外にも及ぶ峠區地之の如き場合には弧狀部は龜裂部の極小部分を除き殆んど全部直線と見做し得べきことが豫期せられる。

之を實際に徴するに，峠區西地塊の中央縦線に於ける之面形狀は第3圖(c)の如く殆んど直線になつて，正に吾々の理論を裏書するが如くである。同圖(b)即ち東西兩地塊の境界線附近の形狀が始め半分は直線狀でありながら後半分は然らざる所以は，既に再三説述した様に其の下半部の地下には他と異なる大抵抗の岩層が伏在し其兩側地塊の分別行動と相互作用とを誘發する爲の當然の歸結であると思はれる。

然し茲に問題となるのは，實地の之面形狀は含水豊富な粘土質を目標とし電氣抵抗やボーリングで定めたものではないか。即ち滑り易き粘土層上面が直線狀縦斷形狀をなして居つて，言はゞその様な形の滑り臺が始めから存在して居たから，之面縦斷が直線狀になつたまでのことで，均一風化土内の地之理論を立證したものとするには足りないではないかといふことである。成るほどそれは道理である。滑り臺自身の形狀が之面の形狀を規定するのは言ふまでもない。中國筋の如き花崗岩地の風化土崩落が大抵岩盤まで露出し終ることは昭和13年の阪神地方山崩れにも無數に其の例を見たことを私は前論文にも記載して置いた。然し峠地區の様な厚い風化土内で此の様な滑臺の出來たこと自體が私は理論の檢證になると思ふのである。一體，粘土層が出来る所は勿論元の岩質によるし又雨水の滲透深度にも關係あるが，本地區の様な地之常習地の風化土内にあつては，元來は均一土質であつても地之りによつて其の之面附近の土は愈々微細に粉碎され又捏ね合はされて粘りを増し粘土化するであらう。即ち地之の發生が粘土質滑り臺の形成を助け，滑り臺の形成が次の地之りを促がし互に因となり果となる。換言すれば最初の之面形狀が粘土之り臺面の形延いては後の之面形狀を左右すると思はれるから，問題の峠區之面縦斷形狀が直線なることが其のまゝ著者の理論に支持を與へると考へる次第である。

次は迂り面深度であるが、筆者の理論によると粉狀土質内の迂り面直線部深度 H は

$$H \geq \frac{c \sec \alpha}{w(\tan \alpha - \mu)} \quad (1)$$

になる筈である。そして之は各部分々々が獨りでに滑落し得る深度に相當し、頂上弧狀の能動部 (Active part) の餘力と下麓弧狀の被動部 (Passive part) の滑力不足による抗力とは直線部の兩端より反方向に作用して互に打消し合ふ状態にあることを示す。

ところで此の式の誘導に當つては地表を一定勾配 α の傾斜平面と假定してあるから言はゞ平均的のことである。實際の地表は必ず多少の凹凸があるので、迂り面が平面の處でも實際の H は處によつて違ひ、地表凸部は當然滑落力過剰であり、凹部は餘力少く甚だしきは滑落力不足で獨りでは滑り得ないが餘力ある上部の援助を受けて滑るのである。従つて實際の地迂り速度は全地塊必ずしも同一ではなく、遅速があつて然るべきである。其の結果速度の遅い處には後部の速い部分が押ししかゝつて壓迫し地面の局部的隆起帯を生じ且つ其の上縁には衝上状態を現出することもあらう。松山博士其他の觀測した當時の地迂り速度や隆起地帯觀察などは此の事實を如實に示して居る。

之と同理により、山麓附近に強固なる支持物 (例へば峠區地迂りに對する對岸明神山地塊の如き) があつて其より先きは迂れない事情であつても、迂り地が長大なる場合には上の H が臨界値より極僅か大きいだけでも全長に互る滑落餘力の合計は甚大となり、先端の支持物及び附近土砂には大壓力が懸かり壓迫隆起を生ずるが迂り地塊の滑落は發現し得る。即ち地迂り地の先端下麓に大抵抗物があつても、迂り面深度は理論式の臨界値 H と大差なきものと考へてもよいと思はれる。それで下に吾々は (1) 式の H と前記判定の峠區迂り面深度とを對比檢討して見たい。

鐵道省土質委員會では本地區の土質標本數種につき粘着力 c 及び摩擦係數 μ を測定し、⁽⁸⁾ 他方迂り深度を種々に假定して土質常數との關係圖を多數に描き實例値に調和するものを暗探的に判定された。著者も前論文で、鐵道省の c, μ 平均値を使へば煩雜なる暗探法によらずとも (1) 式により直ちに略ほ同程度の H を得ることを示した。然しあれは鐵道省の AA 斷面即ち市ヶ平の東地塊 (第1圖 EE) に就てであつて地表勾配 $\alpha=7.5$ を採用して $H=50$ m 内外と推定したのであつた。今回の我々の調査は主として南平の西地塊 (第1圖

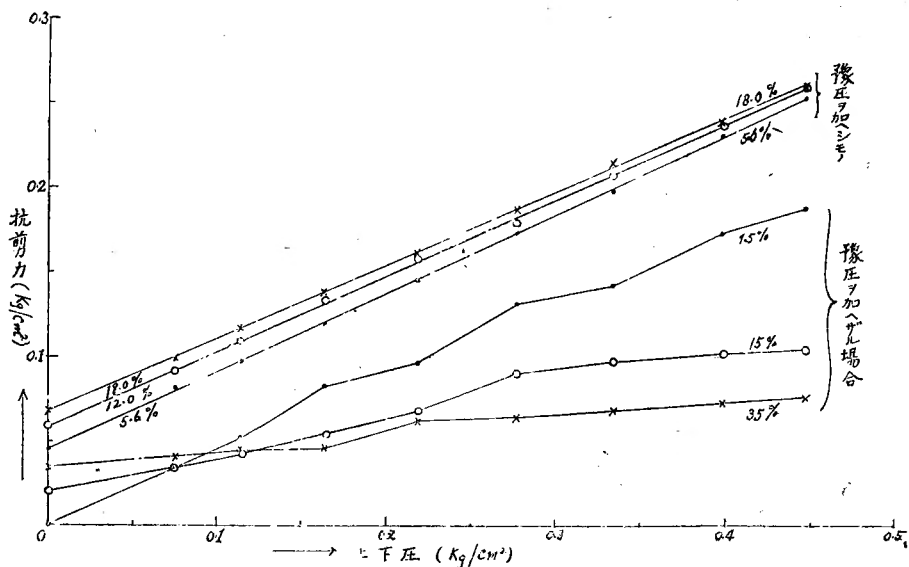
(8) 前出 (2)。

WW, 鐵道省の BB 断面附近) であるから, 其の地表勾配 $\alpha \approx 16^\circ$ で, 之面深度は遙かに浅い筈である。それを精密に理論上から判定するには, 土質の c, μ を精しく知る要があるが, 鐵道省の採取試料は龜裂部の底土なる由であるから深さ數十米の之面主要部の粘土とは違ふかも知れない。又試験の際の水分も指示してない (恐らく現場水分で實驗されたものだらうと想像はするが)。

それで峠區之面深度を一層精確に算定する爲に内務省ボーリングで得られた之面附近の粘土を貰つて剪斷試験を行ひたいと思つたが, 同省大阪土木出張所に問合はせたくとも保存されて居ない由で止むを得ない。處が柵橋嘉市⁽⁹⁾氏の報文を見ると, 當時其の粘土を讓受けて之を一應磨り潰し乾燥した後種々の水分を加へて試験してある。之幸ひと思つて其のデータを借用せんとしたが, よく見ると何等豫壓を加へず試験してある。地下現状のまゝの採取土ならば豫壓を加へる必要はないが, 一旦磨り潰してバラバラにしたものに水を加へて豫壓を加へず試験したのでは, 土の組織が現地に於ける地下數十米の土壓を受けて居る状態よりは粘着力も摩擦係數も著しく過小値を得られる筈だから, 柵橋氏のデータも到底使用し得ぬことがわかつた。例へば吾々の別論文⁽¹⁰⁾の鉢崎山崩れ土質標本に其の深さ相當の豫壓を加へて試験した結果は第5圖上部のようになるのに, 同じ土を潰したものに水分を加へ剪斷器に適當に詰めただけで豫壓を加へず試験すると第5圖下部の様になつて之より算出する c, μ は數割方小さく出る。のみならず上下壓の小さい間は剪斷抗力が壓力に比例して兩者は直線關係を示すが, 少しく上下壓が大きくなれば關係が甚だ不規則になるので粘着力と摩擦力との分別が困難である。柵橋氏の實驗にも此の缺陷が顯著に出て居る。之は壓力の或範圍内では土粒の配列に變化なく同じ様な組織を維持しながら抵抗するので, 壓力の増加に比例して剪斷抗力も増加するが, 壓力が或定限を超えると土粒は現配列を維持し得ず或粒子は他の粒子間に落込みなどして新配列に入る。すると剪斷抗力は急變し又暫くは其の配列を維持する。更に壓力が或定限を超えると又土粒配列が變る。斯様な現象を繰返す爲に壓力對剪斷抗力關係曲線が不規則になると思はれる。之に反して豫壓を加へた土だと, 其の豫壓以下の壓力では土粒配列に變化がないから, 第5圖上部の様

(9) 柵橋嘉市, 前出 (2)。

(10) 野滿, 小谷: 山崩れに就いて (第4報), 新潟縣鉢崎驛附近の成層岩盤内地之研究, 本誌本號39頁。



第5圖 練直し土の抗剪力測定には豫壓を加ふるの要を示す例（鉢崎地之地の赤軟砂岩崩土）

に壓力對剪斷抗力が規則正しい直線關係を示すのである。

尙ほ序ながら棚橋氏は剪斷抗力全部を摩擦力のみと見做し、剪斷力を壓力で割つた商を其のまゝ摩擦係數として居るが、之は矢張り土壤力學で普通取扱ふ様に粘着力と摩擦とに分けるが至當である。でない、壓力を加へなくとも剪斷には相當の力があるので摩擦係數が無限大となり、壓力が少し増すと摩擦係數が急激して、壓力對摩擦係數關係曲線が直角拋物線狀に變化するといふ變なことになるのである。

斯様なわけで精密な西峠地區滑り面附近粘土の c と μ とを知ることが出来ないのは残念である。従つて又も止を得ず鐵道省の採取土5箇平均の c , μ を使つて算定を試みる外はない。即ち

$$c = 6.32 \text{ ton/m}^2, \theta = \tan^{-1} \mu = 4^\circ 20'$$

又見懸け比重 w は前回は $2 \sim 2.5$ としたが、前記鉢崎の土質や萩原氏の茶臼山地之土などのそれから判斷して 2 とするが妥當の様であるから

$$w = 2 \text{ ton/m}^3$$

尙ほ地表勾配は今回の測定區なる西地塊（南平）に就ては

$$\alpha = 15.5^\circ$$

是等を(1)式に入れると、上面深度は平均

$$H = \frac{6.32 \times \sec 15.5}{2(\tan 15.5 - \tan 4'20')} = \frac{6.32 \times 1.038}{2(0.2773 - 0.0757)} = 16.3 \text{ m} \quad (2)$$

となる。之を第3圖(c)の夫婦塚から明神山麓大和川中央までの平均氈面深度と比較するに、略ほ一致する。

此の20 m 弱といふ深度は全長全域に互る平均であつて、村道附近では第3圖(a)に見る如く30~40 m、更に川寄りの崖頂あたりでは40~45 m に達する處もあらう。

市ヶ平方面の東地塊は前論文に推算した所では平面氈面とすれば50 m 内外となり、今回算定の西地塊に比し2~3 倍も深いことになる。果して然りや否やは地抵抗測定を行はなかつたから斷言は出來ぬが、内務省ボーリング B₇, B₈ の結果は之を肯定するものの様である。即ちボーリングで氈面と推定される粘土上面が B₇ では地表下20 m に、B₈ では17.9 m にある。而して此兩點とも第1圖より分る通り市ヶ平臺地よりは40~45 m も低い處であるから、臺地水準からは60~65 m ほどの處になる。其の上此の二點の距離は東地塊縦長の半分ほどにも當るから、氈面全長の平均深度が50 m 内外といふのは恐らく眞實であらう。

かくて筆者の理論は東西兩地塊ともに實際とよく調和する様である。

總 括

以上所論の要點を次に摘記する。

1) 風化土内の地氈りは粘土層などの不透性なる部分の上面に水が溜り滑劑となつて生起するのが普通であるから、又其の附近の電氣抵抗が他よりも著しく小さいであらうとの考べから、氈面深度判定の一法として地抵抗の垂直分布測定を河内堅上村龜ノ瀬附近の地氈地に試みた。

2) 先づ同地區の縦斷線と横斷線上とに各々數點づゝ種々の深度に對する地抵抗を四極法によつて測定し、其の極微抵抗となる處を濕潤なる粘土層と見做し、其の上面を氈面と想定した。かくして氈面の深度及び形狀を定めた。

3) それを内務省大阪土木出張所の實施に係るボーリング結果と對照したるに、頗る満足な調和を示し、極微抵抗の處は大抵ボーリングでも集塊岩が全く風化して粘土質になつて居るし、又現にボーリング中に喰違ひが出來たり穿掘ロツドが曲がつたりして確實に氈面なることが分明した處ともよく諧調する。仍つて地抵抗極微層上面を氈面と想定した

ことの無理でないことを知つた。

4) 斯くして得た峠區の地氈り深度は中央横斷線上では 30~40 m であるが、縦斷線上の頂部に於ては僅かに數米であり、河崖丘陵の處では 50~60 m の處もある。

5) 氈面の中央横斷形狀は大體矩形狀ではあるが、西寄りに最も深くなり更に西端龜裂に近い處は當然淺く、幾分矩形とは變つて居る。

又中部縦斷形狀は、上下兩端の僅少部分を除けば、殆んど直線であつて理論の要求を満足する。其の平均深度は鐵道省土質委員會の採取土中で特に高調されて居る試料の粘着力及び摩擦係数を借用し筆者の理論式で算出した値と大體似よつたものである。

6) かくて電氣地抵抗の測定による地氈面判定は可能であるといふ自信と、筆者の地氈り理論式は充分實用の價值ありといふ認識を得た。

果して然らば將來某地が地氈り又は山崩れに對し危險ありや否やの診斷法としては、一方では電氣抵抗測定によつて抵抗極微層の深度を決定し、他方若干の土質標本を採用して其の比重、粘着力、摩擦係數等を測つて筆者の理論式により地氈深度を算定し、後者が前者よりも大ならば安全、小ならば不安としてよいと思ふ。而して不安なる結論を得たならば相當の對策例へば山頂の土を削つて山麓に埋め立て傾斜の緩和を計るとか、排水工事を施こして粘土上面の蓄水を防止するとかすべきであらう。

7) 尙ほ本研究中に土質の抗剪力試験を行ふ際注意すべき一事實を見出した。それは、試料を出來れば現場に在るがまゝの狀態で採取するを最良とするが、不幸にして壞はしてしまつたならば、抗剪力試験を行ふ前に豫め現場に於ける土壓に等しい壓力で相當長時間壓し固めて置かねばならぬといふことである。豫壓を加へず採土を練り直したまゝ漫然と試験すれば、一般に粘着力も摩擦係數も著しく過小の値を得るのみならず、壓力對抗剪力關係曲線が不規則になつて粘着力と摩擦力との分別さへ困難になるのである。

終りに本研究の費用は文部省科學研究費によつた。