

物 部 川 永 瀬 ダ ム 地 点 の 地 質*

(土木地質に関する資料——其の1)

甲 藤 次 郎

目 次

- | | |
|-----------------------------|------------------|
| I 緒 言 | VI 施工設備地帯とその地へり |
| II 永瀬ダム概要 | VII ダム前面の八幡下の地へり |
| III 地質調査沿革 | VIII 結 語 |
| IV 地質概説 | |
| V ダムサイトの地質
(附)基礎岩盤処理について | |

1 緒 言

永瀬ダムは昭和25年9月着工、昭和31年5月完工した堤高87m(標高202m)のダムである。

筆者が、建設省永瀬ダム工事々務所の依頼によって、永瀬ダムの地質調査に従事したのは昭和29年12月以降である。ダム建設には幾多の困難を伴うものであるが、昭和29年9月の12号台風に際しては施工設備地帯全域がクリーブを始め、非常な危機にさらされ、また当時のダムのコンクリート打設は、同年12月には大体標高165m迄達していたが、両袖部の地質は極めて不安定な状態にあって難工事を続けていた。

筆者の調査目的は、このような地質状態、特に両袖部の岩盤不安定の原因並びにクリーブの原因と性質を検討することにあつた。もとより数多くの調査資料がある。然し乍ら筆者は、本地点の岩盤が極めて不安定な状態を示す事と、また一見物部川式貝化石と思はれない化石が本工事によって発見され、しかもこれが地質構造を究める上に重要な意義をもつであろうと考え、ダム地点を中心とする周辺地域の精査に着手した。その結果、従来下部白堊系の物部川層群に属すると考へられていた本地域から、上部白堊系を識別し、ダムサイト

は両地層群の接する構造線に位置することを明らかにした(甲藤・須鎗, 1955)**。周辺地域の地質については既に公表⁽²⁴⁾してあるので本文では省略し、こゝにはこの様な構造帯に於て岩層がどのような状態を呈するか、或は本工事施工設備地帯のクリーブが如何なる地質現象に基づくものかということを臨床的にまとめた。

思うに、土木事業において、地質調査の目的はなるべく早くなるべく正確に地質状態を予測することにあるのは云うまでもない。然し乍ら他面、工事後正しい地質状態の記録を残すことも重要なことである。殊に前者の精度を高める為には、各地での後者の累積による比較研究が必要である。従来の土木事業については、この種記録は数少なく、公表されないうらみがあつた。然し最近、土木技術面からもより精密なダム岩盤の地質工学的研究***が盛んになる傾向にある。その基礎資料としても、又将来の不測の災害に備へる為にもより正しい地質図は不可欠と思はれる。土木工事に関係する機会の少い筆者にとって、普通の学術論文の発表方法と幾分趣を異にする本文を取上げて公表しようとするのは、そのメモと地質図がこの

* 昭和32. 11. 9, 日本地質学会関西支部四国部会高松大会にて講演。

** 昭和30. 10. 16, 日本地質学会関西支部・西日本支部合同松山大会にて講演。

*** このダムに於いても建設省によって、基礎岩盤の定性定量的な研究と基礎岩盤の物性がダム構造体に及ぼす影響についての精密な研究が行はれている。(昭和32. 11. 10, 土木学会関西支部学術講演会発表; 山崎博・丹羽義次, 貯水による重力ダムの変形について。)

方面の発展に多少でも寄与することが出来れば幸と思うからである。

最後に本調査の機会を与へられた永瀬ダム工事々務所長山崎博氏* に厚く謝意を表す。同所長は調査中終始懇切な助言を与えられ、又調査並びに測量、写真撮影及び助手提供等に充分な便宜を提供された。また本事務所職員各位からも種々御助言頂いたが、特に試験室長（後に管理事務所兼務）深谷新技官** からは多大の御協力を頂き、

又池上雅夫・名倉豊・石井文夫・野尻芳光・沖中照雄の各技官からは色々便宜を計って頂いた。又施工設備地帯の地丈調査に当っては、現地において高知女子大学学長中村慶三郎氏から種々御教示を頂いた。又山崎博氏・深谷新氏・尾崎博氏には本文を校閲して頂いた。これらの方々に、ここに改めて謝意を表す。又調査資料の閲覧並びに引用を許された当局に厚く感謝する。

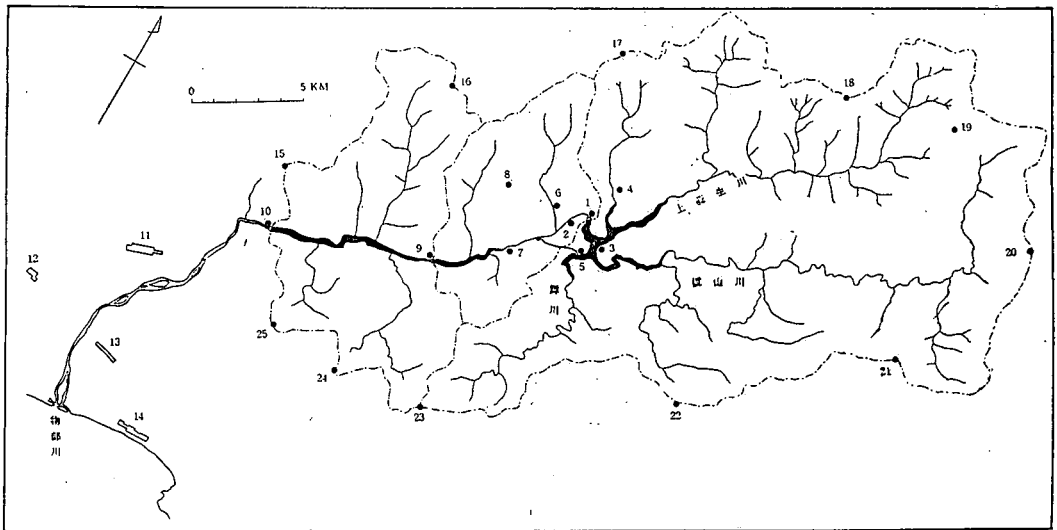
Ⅰ 永 瀬 ダ ム の 概 要

物部川は、源を高峻な四国山脈に発し、北は徳島県吉野川の上流祖谷川、東は徳島県那賀川の流域と境を接し、高知県の香美郡北部地域の流域を集め、県下第1の穀倉地帯の香長平野をうるほしながら、大平洋に注ぐ流路延長約53 km、流域面積490.5 km²の河川である。

永瀬ダム貯水池の流域は、物部川の上流をなす槇山川と上葦生川及び舞川の三つの支流の流域を集めたもので、貯水池は大きなポケットを形づくって容量を大きくとることが出来る地点であり、物部川の全流域を通じてダム建設のもつとも有利な地点として古くから着目されていた所である。

第 1 図 位 置 図

鎖線は流域面積を示す
 永瀬ダム流域面積 295.20 km²
 吉野ダム流域面積 343.40 km²
 杉田ダム流域面積 440.00 km²



1. 永瀬ダム 2. 永瀬 3. 大柘 4. 椿佐古 5. 大比 6. 日比原 7. 白石 8. 御在所山 9. 吉野ダム 10. 杉田ダム 11. 山田町 12. 後免 13. 野市 14. 赤岡 15. 726.5m 16. 1087m 17. 1443.3m 18. 1643.3m 19. 1769.9m 20. 1708m 21. 1404m 22. 1185.3m 23. 723.4m 24. 413.5m 25. 490.2m

* 現、建設省中国・四国地方建設局工務部長。

** 現、中国・四国地方建設局高知工事々務所工務課。

この永瀬ダムは物部川総合開発事業の主体をなすもので、洪水調節を主目的とし、農業灌漑及び水力発電の治水と利水とを兼ねた多目的ダムとし

て、建設省直轄のもとに着工されたもので、その事業効果は次表の通りである。

治 水	ダム地点に於て計画洪水流量 3,300m ³ /sec を 1,000m ³ /sec を調節することによって下流香長平野に於て 3,200 町歩の水害を防止し、併せて下流改修工事費の節減を計る。(尚洪水による災害額は年平均 3 億 3 千万円であった)					
灌 漑	既耕地 3,200 町歩の灌漑用水を確保することにより 7,000 石、新規に 300 町歩を開田することにより 6,000 石、計 13,000 石の増収を計る。					
発 電	発 電 所 名	単 位	永 瀬	吉 野	杉 田	計
	発 電 方 式		ダム水路式	ダ ム 式	ダ ム 式	
	最大有効落差	m	89.63	16.15	35.02	
	最大使用水量	m ³ /sec	30	37	40	
	最大発電力	KW	22,100	4,900	11,500	38,500
	年間発生電力量	KWH	106,400,000	23,700,000	60,500,000	190,600,000

尚表中の吉野ダム(県営)は昭和26年10月着工、同28年4月完工したもので、同杉田ダムは昭和32年4月着工、同34年10月完工予定である。

永瀬ダムの貯水池及びダムの諸元は次の通りである。

河 川 名	物 部 川 本 流	ダ ム の 型 式	溢流型直線重力式コンクリート造
位 置	高知県香美郡在所村字永瀬	堤 高	87.0m
集 水 面 積	295.2 km ²	堤 頂 長	208.0m
湛 水 面 積	208.4 ha.	最 大 堤 敷 幅	73.1m
洪水時最高水位	E.L. 200.00 m	上 流 面 勾 配	1 : 0.08
常時満水位	E.L. 196.00 m	下 流 面 勾 配	1 : 0.78
最低取水水位	E.L. 167.00 m	頂 部 路 面 幅 員	4.5m
利 用 水 深	33.00 m	門 扉	センターゲート 9.3m×12m 3門 オリフイスゲート 9.3m×9 m 2門
総 貯 水 量	58,800,000 m ³	"	
有効貯水量	45,300,000 m ³	高圧排水門扉	径 1.0m 2条
堆 泥 容 量	13,500,000 m ³	堤 体 積	380,000m ³
洪水調節容量	23,000,000 m ³	クレスト標高	E.L. 187.00m
灌漑用容量	22,300,000 m ³	計画洪水流量	3,300m ³ /sec
発電利用容量	37,000,000 m ³	放水流量	2,300m ³ /sec

工事概要

期 間 昭和25年 9月26日～昭和32年 5月31日

事業費 3,939,000,000円

Ⅱ 地 質 調 査 の 沿 革

四国は地質構造上、北より内帯・三波川帯・秩父累帯及び四万十累帯に区分されている。秩父累

帯に於ては、その中央部に、中生界盆地と呼ばれる地域が幾つかあるが、物部川盆地もその1つで

あり、日本の下部白堊系研究の古典的地域の1つにあげられる。従って古来幾多の研究者によつて調査されてきた。⁽²¹⁾⁽²²⁾ 最近の研究としては既述の筆者等の論文がある。⁽²⁴⁾

次に永瀬ダムの地質調査については、昭和23年以来昭和26年迄に弾性波式地質調査報告書4、地質調査報告書8等がある(参考資料参照)。然し乍ら、この種調査報告書の常として謄写ずり(図面は隈画)のものが殆んどであり、部数も工事関係者のみに限られ広く研究者の参考に供することができないのは残念に思われる。これらの報告書が、夫々未知の地質状態を予察し、土木技術者に適切な貢献をなした事は疑ない。これについては永瀬ダム工事々務所長山崎博氏の研究報告「永瀬ダムの基礎岩盤処理について」⁽¹⁸⁾の一項目中に地質

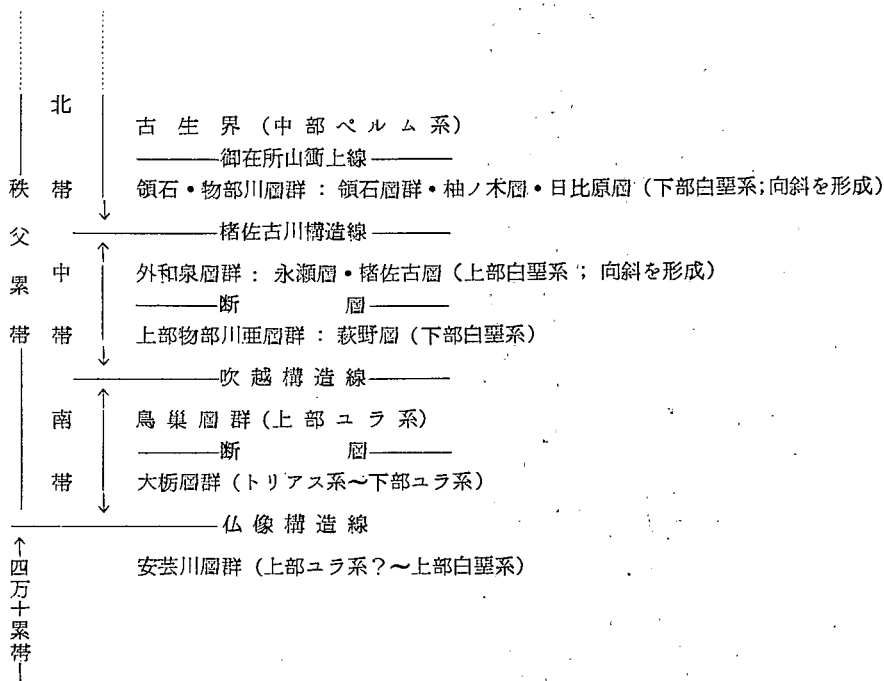
調査の沿革について精しく述べられている。尚印刷物として筆者の知るものには、畑中氏等の弾性波式地質調査(地質図は京都大学地質学教室中沢圭二氏によるものであり、特に本人の希望により附記)及び永瀬ダム工事々務所発行の報告書添付の地質図を含む図面一葉(地質図は建設省土木研究所柳治一技官による)があるにすぎない。又田中治雄氏は著書「ダムの地質」に永瀬ダムについての意見を述べられている(引用の地質図は前記中沢氏による)。

次に永瀬ダム工事々務所の行った地質調査用試験は計21本、延581m、試験坑は右岸側2坑、延95mがあり、又掘鑿と同時に河床部の地質図(第4図)が作成された。これらの資料はこの地域の地質調査上重要な基礎資料となっている。

IV 地 質 概 説

永瀬ダムを中心とする周辺地域に分布する地層群は、既述の論文⁽²⁴⁾に従って北から順に示すと次

の通りである。



これらの地層群は、東西乃至東北東-西南西の一般走向を有し、他の秩父累帯に一般的に見られる東西に延長する帯状分布をなしている。

V ダムサイトの地質

永瀬ダム地点は、日比原層(従来の上部物部川層—宮古世)と永瀬層(ギリヤーク世)の接する楯佐古川構造線に位置している。その概要をのべると次の通りである。

A. 概説

右岸側は川の彎曲部の外側にあたり、地形は極めて急峻な絶壁をなしており、岩盤の露出は良好である(PL. III, Fig. 1)。之に対し左岸側の地形は緩く、突出した狭いリッジを境として下流側には厚い崩土の堆積があり、その分布は狭いが明らかに地盤地形を呈している(PL. II, Fig. 4, 2)。ダムサイトに露出する地層群は、日比原層(下部白堊系)及び永瀬層(上部白堊系)で、両地層群は堤軸線の方向と緩く斜交する構造線をもって相接し、前者は下流側(北側)に、後者は上流側(南側)に分布する(第2図、地質図参照)。これらの地層群は多数の断層によってブロック状になっているので、正確な層序・層厚は明らかでないが日比原層は地質図に示す様に、下位(南端)より礫岩層、砂岩・泥岩互層、同砂岩勝ち互層、砂岩層、砂岩・泥岩互層及び砂岩層を経て厚い塊状泥岩より成る。礫岩層は屢々砂岩に漸移し、砂岩・泥岩互層は各単層の厚さを屢々変化して砂岩勝ち互層或いは泥岩勝ち互層に漸移する。

永瀬層は、ダム前面では構造線と接して、主として暗灰色泥質砂岩層より成り、左岸側には見掛上更にその上位に砂質泥岩層が露出する。右岸側には道路ぞいの上流側に日比原層の礫岩層と断層で接して砂岩・泥岩互層及び泥岩層が露出し、泥岩層には砂岩および2~3層の礫岩薄層を挟んでいる。

左岸下流側(施工設備地帯)の崩土については後述するのでこゝには省略する。又本地点の河床部の砂礫層の厚さは大体10m内外である。

B. 岩質・岩相

1. 日比原層 礫岩の礫にはチャート・砂岩・黒色泥岩が多く、又火成岩礫(石英斑岩・花崗斑岩等)および石灰岩礫を含み、粗粒砂によって膠結され極めて堅硬である。礫岩は屢々砂岩に漸移し、その間に明瞭な境はない。砂岩は堅硬で淡緑

灰色を呈し、比較的長石に富む。砂岩勝ち互層は、砂岩の厚さ5~20cm、泥岩の厚さ3~10cm内外の互層が多く、泥岩勝ち互層は、厚さ10cm以下の砂岩をひんばんに挟むが全体としては泥岩に富む。塊状泥岩は、いわゆる上部物部川層群の主体をなす特徴ある黒色頁岩層(M₃)であって、右岸側の下流方向の道路ぞいに連続的に好露出をなす。風化(乾燥)すると、層面から不規則な長円状をなして割れる。又本層の下位には直径20cm内外の石灰質ノジュールを含む。

2. 永瀬層 礫岩・砂岩は外見上日比原層のものと大差はない。泥質砂岩層は、黒っぽい泥質な砂岩で、往々炭質物破片或いは稀に貝化石を含んでいる。砂岩・泥岩互層は砂岩の厚さ5~20cm、泥岩の厚さ5~15cmの互層をなす場合が多い。泥岩は屢々レンズ状砂岩を夾有する。

C. 地質構造

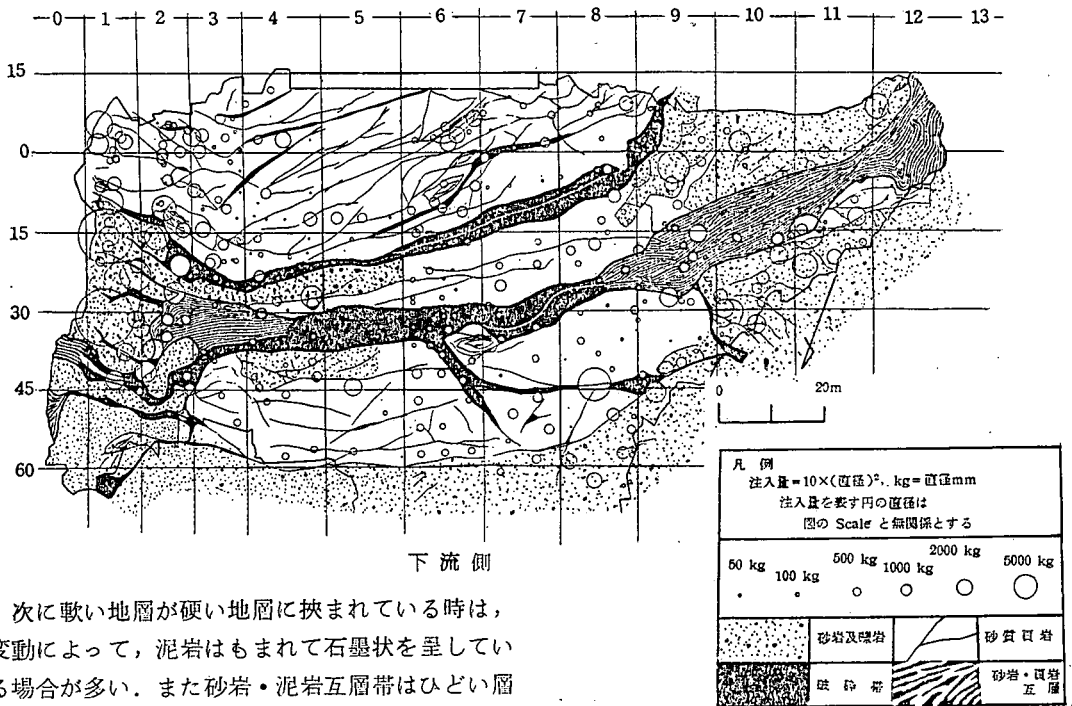
本地点の地層群は、既述の如く、堤軸線とゆるく斜交する楯佐古川構造線によって大きく2分されている。即ち、下流側(北側)には日比原層が、上流側(南側)には永瀬層が露出する。一般走向は何れもN40°~70°Eで、北又は南へ50°乃至70°傾斜する。全体としては、日比原層は向斜の南翼(北帯)に当り、永瀬層も向斜構造の南翼(中帯)に当る。これらの地層群は無数の断層によって切断されている。これらの断層の中、比較的顕著なものを図示すると地質図に示す通りである。即ち一般に走向断層が多いが、そうでない断層も少なくない。

以下これらの断層及び断層による岩層の変化等についてやゝ詳しく述べる。構造線は副次的な断層によって切られているが、一般走向はN50~60°Eで北(下流側)へ40°内外で傾斜すると推定される。この断層は川床部では1~5mの破碎帯を伴う。更にこの断層の落しは左岸側の仮排水トンネルの出口より上流へ約155mの所に露出する巾約5mの破碎帯(仮排水トンネル掘削の記録による)に続くと思はれる。又この断層を切って右岸側上方に露出する断層は、N45°~77°E・37°~43°S傾斜で1m内外の破碎

帯を伴っている。次にこの様な地質構造に位置する本地点の岩層類は一般に著しい擾乱をうけてブロック状になっているが、いわゆる硬い岩層(砂岩・礫岩等の Competent rocks)と軟い岩層(泥岩或いは互層等の Incompetent rocks)は必ず辻面(断層)で接していると云っても過言ではない。又この様な硬い岩層は不規則にひきちぎられ、或ひは突然切断されている事も稀ではなく、又同岩中には不規則な方向に無数の辻面・割目が

発達する。例へば右岸標高185m(PL. I, Fig.1)の観察によると、日比原層の礫岩の露出する約13m間には顕著な辻面5、永瀬層の泥質砂岩約22m間には同様辻面9が数へられ、辻面の走向・傾斜・辻りの方向はまちまちであり、辻面を境として甚しい場合には4~20cmの隙間が認められた。又同写真で明らかな様にこれらの岩石には無数の亀裂を生じており、多量のグラウトによるセメント注入が必要であった(第4図参照)。

第4図 河床部地質図及びグラウト注入量
上流側 (永瀬ダム工事事務所作成)



次に軟い地層が硬い地層に挟まれている時は、変動によって、泥岩はもまれて石墨状を呈している場合が多い。また砂岩・泥岩互層帯はひどい層間褶曲を呈し、軟弱帯となっている場合も少ない。例へば左岸標高182.5m(PL. II, Fig. 2)には日比原層に属する礫岩に挟まれた砂岩・泥岩互層が露出し、激しい褶曲構造を呈し、この互層帯の露出する約15m間には断層6が認められた。又この互層帯の下流側の礫岩には多数の不規則な割目や節理(N74°W・80°N, N15°W, 34°N)及び断層が発達している。

この左岸側の地質構造を堀削前の弾波性による地下推定と比較検討してみると、基礎堀削線は第2図地質断面図A-Bに示す様に殆んど縦波の伝播速度3000m/sec以深にあると云ってよい。こゝに引用した弾性波による地下構造線は畑中氏等

によった。(なお日本物探K.K.によるものはこの測線の中・上部しかない一第6図AB参照)。このことは弾性波の方からは、この深度においては一応風化も及んでおらず強度も十分な基盤と予想されていたのであるが、実際は既述の如くコンクリート打設前の岩盤は決して良好と云えない状態を呈していた。物探結果の当否は別として、常識的に岩石の亀裂状態は、地表からの風化作用(外因的)に基くもので深くなるに従って、減小するものと解釈され勝ちな様に思はれるが、このダムサイトのように地質構造(内因的作用)に基いて、岩盤が脆弱となっている例もある。この場合には

地表からの深さには直接的な関係がないので注意を要するのは云うまでもない。

(附) 基礎岩盤処理について

本工事は、当初の計画を変更して、基礎掘削量

	基礎掘削 m ³	コンクリート m ³	ボーリンググラウト m	総事業費
昭和28年	100,000	285,000	4,000	2,760,000
昭和28年7月	190,000	331,000	8,700	3,315,000
昭和30年	202,000	375,000	17,000	3,939,000

この事は本工事が、予測されない岩盤不良に起因する難工事であったことを物語るものである。幸にして本工事は、理解ある予算の追加と技術陣の献身的な研究施工によって、悪条件に打ち勝つことができた。構造帯にありがちな鱗片状構造、迂り面に磨かれて大小のブロックになった岩盤、しかもそれらが下流に向かって傾斜したダムサイトを、永瀬ダム工事々務所が如何に処理したか、次にその要点を附記する。⁽¹⁷⁾⁽⁴³⁾

耐荷力の増強には、(1)河床部及び左右兩岸の破碎帯のコンクリートによる置換。(2)コンソリデーショングラウト(基礎全面にわたり20m²に1本の割合で深さ5~6mのグラウト実施)。

漏水防止には、(1)カーテングラウト(3列千鳥の垂直20mホール) (2)グラウトトンネル(左岸4本、右岸2本、計178.8m) (3)グラウトポイント (4)シャフト式カットオフ (5)上流側リムグラウト等が行はれた。

Ⅵ 施工設備*地帯とその地じり

A. 概説

施工設備は左岸側、ダムサイトのすぐ下流側に位置する(PL. III, Fig. 4)。急傾斜の裾部を除くと概してゆるい地形をなし、一見施工設備地帯として適している様に思はれるが、施工設備地帯周辺部には馬蹄形の段落があり、この間には角ばった大小の転石が散在し、明かに Mass movement による崩土堆積地である。この事は当局によって充分に注意され、日本物理探鉱(K.K.)に弾性波式地質調査を行はしめるとともに、この結果に基いて、地質工学的検討が加えられ、初期の計画を変更し篩分工場並びに第1次骨材置場を白石に移すなど、慎重な対策が講じられていた。

の増加、コンクリート打設量の増大、ボーリンググラウト等の追加を余儀なくされた。本ダムの実施計画変更経過を辿ってみると、次の如く総事業費の膨大な追加となって表われている。

河床部地質図(第4図)にグラウトによるセメント注入量が示されているが、礫岩・砂岩には亀裂が多く極めて多量のセメント注入を必要としたことが知られる。之に反し破碎帯や擾乱した五層帯にはグラウトが余り効かないので、その処理には主としてコンクリートによる置換が行われた。例へば左岸の五層帯(PL. II, Fig. 3)は出来るだけ深くきりこんで、コンクリートで置きかへられ(PL. III, Fig. 4)、又その堤体前面の露出には Protect wall が設けられた。次に堤軸線を横切る断面はグラウトトンネルによってグラウトされた。

このような処置により、ダム下流兩岸の岩盤からの漏水の皆無、ダム底部からの漏水量(基礎岩盤から排水孔によって監査廊に湧水するもの)の予期以上に少いことなど結果的にみて永瀬ダムは地質の困難を土木技術的に克服し得たものと云える。

施工機械設備建造ののち、本地帯に地じりの徴候を示す事件があったが(試験室予定地の崩壊と仮排水トンネル出口上方の斜面の崩壊)、幸い地域全般のクリーブは認められなかった。

然し昭和29年9月13日の12号台風による記録的出水によって、この施工設備地帯裾部の洗堀流出(12,000 m³)と崩壊によって、9月から10月にかけて同地帯にクリーブの現象が生じた。其後一応安定したように思はれたが、再び12月下旬頃から活動を始めた。この地じりは永瀬ダム建設にとって恐るべき出来事であって、最悪の場合は本事業の停滞、機械類の損失のみならず、地じりによる左岸アバット部の肉薄によるダム基盤の不安定を

* はじめは仮設(物)とよばれていた。

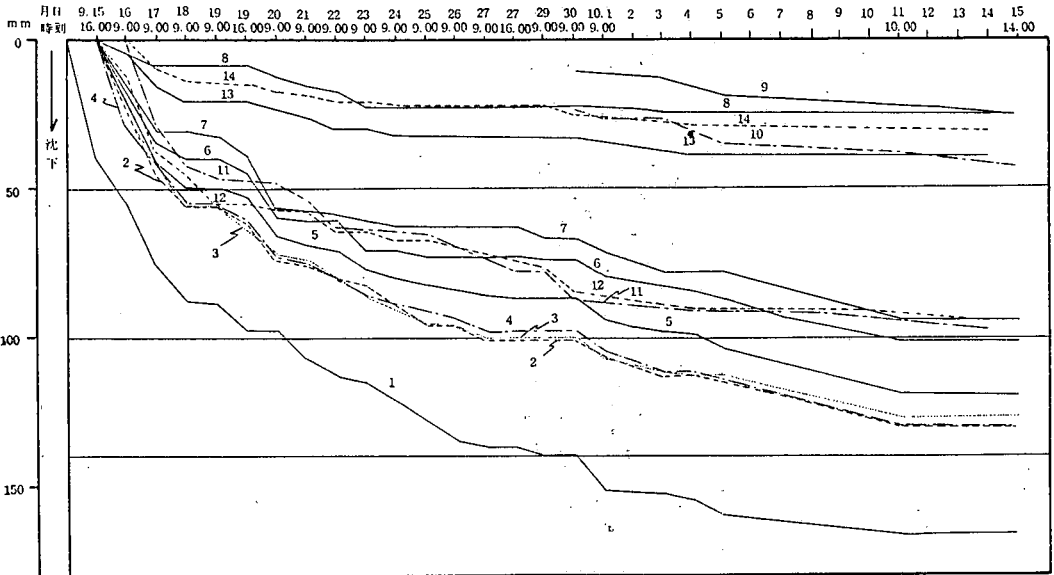
生じる事になる。幸にして翌年3月初旬漸く安定するに到る迄の様子を、ここに記録しておきたい。

B. 地沈現象

12号台風直後から始まる地沈現象は、当時の移動測定*が9月15日~10月15日迄しかなく、且つ測点が少ないのでその実状は明かでないが、第5

図によると沈下の激しかったのは崩壊地から混合工場—工事課室にかけての近接地域に限られ、且つ測定開始後15日乃至20日目頃から自然に安定した様であり、その最大沈下量は165mmであった。(当時の1~14各測定位置及び主なる機械設備名称は PL. IV, Fig. 3 参照)。

第 5 図 地盤沈下グラフ (29年9月~10月)
測点(1~14)の位置は PL. IV, Fig. 3 参照



その後一応安定していた本地帯は、同年12月下旬頃から再び顕著な地沈現象を生じた。沈下の測定は同年12月23日以降計画的に行はれたが、その最大沈下量は70mmであった。この間の沈下量を測定日毎に等沈下線図で表はする PL. V, Fig. 1~Fig. 5 の如くなる。尚この間の総沈下量を示すと PL. V, Fig. 6 の通りである。測点の少い事、測量誤差等を考へれば多小人為的になるが、これらの図から各測定値の最大は大体混合工場から骨材置場迄とんでいたと思はれる。又この間地表面及び構造物には多数の亀裂を生じた(PL. IV, Fig. 4, PL. III, Fig. 5, 6)

C. 考察

まづ施工設備地帯の地下の状態を検討する必要がある。日本物理探鉱K.K.の報告書によれば、弾性波(縦波)の伝播速度によって、下位の地層を

次の如く分けている。

- (1) 第1層 0.3 km/sec 崩土(表土)
 - (2) 第2層 0.6 km/sec 風化土
 - (3) 第3層 1.3 km/sec 風化帯
 - (4) 第4層 3.5 km/sec 基盤
- (4)は新鮮な基盤で、(3)は同基盤が機械的風化作用を受け相当割目が発達したもので、(2)は更に風化帯の風化作用が進み化学的作用により腐朽作用が行はれたものであろうとしており、又(1)は崩土(表土)と判定している。

同調査の結論としては、測線 a b と i j との間は厚い崩土でおほはれて(測線位置は PL. IV, Fig. 1), 過去に地沈が起つたもので、将来もその可能性があり、又地質工学的には本地帯の崩土及び風化土がかなり厚く、これに加へ gh・st 測線附近では崩土が典型的な地沈地形をしめしてい

* 本文の移動量は沈下(隆起)量を意味する。測定には色々な方法が考へられるが、人員・時間の限られた現場技術陣としては之以上の精度(測定方法・測点箇數)を求める事は不可能であった。

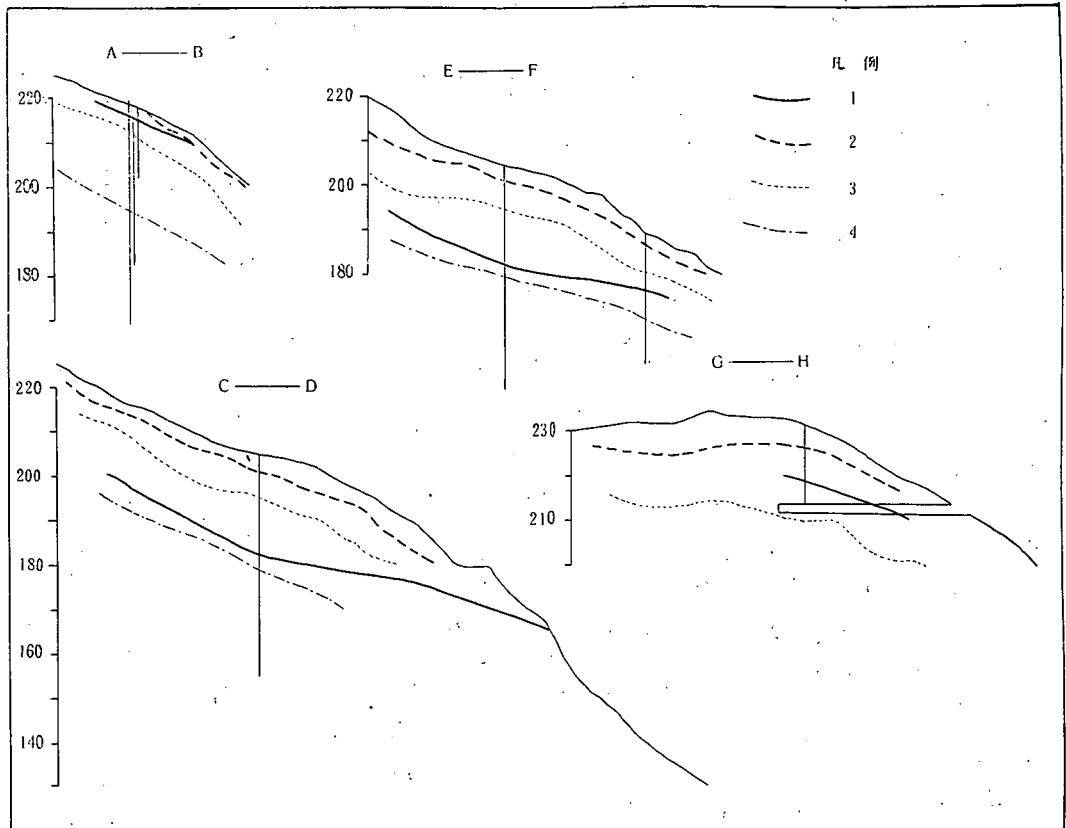
るが、この層は現在辛うじて斜面の安定を保っているにすぎず、載荷重や含水量の増加等によって滑動を起す危険性が多分にあると述べ、又地辻り断面の円錐形滑り面の仮定による土質力学的計算によって、地辻りの危険地帯には地上構造物又は地上載荷によって少しでも、滑動モーメントが増加する状態に導くことを絶対に避くべきであり、又抵抗モーメントを最大になる条件に保たせる為には、最適な含水量を常に保持せしめる如き対策を講ずべきであると述べている。

筆者は、試錐および(水抜)トンネル位置を通

るA-B、B-C、C-D、E-Fの断面を作り(第6図、断面位置はPL. IV, Fig. 1); これら資料に基いて下位の地層を上より崩土(表土)及び基盤に分けた。基盤の風化帯の厚さは図示出来ないが、試錐データによれば2~5m内外である。尚比較対照する為に、この断面図に前記物探による各岩層(1~4層)の境界線を入れた。之は前記物探報告書添付の各測線の地質断面図を基礎にして、本地帯の(1)~(3)層の各基底の等高線図を作成し、前記断面線との交線からその数値を求めて作成したものである。

第6図 地質断面比較図

(断面の位置はPL. IV, Fig. 1, 参照、本図の縦線は試錐位置を示す)



- 凡例
1. 試錐及びトンネル等の資料にもとづく崩土(表土)の基底等高線
 2. 物探資料にもとづく崩土(表土)の基底等高線
 3. 物探資料にもとづく風化土の基底等高線
 4. 物探資料にもとづく風化帯の基底等高線(新鮮な基盤の上限)

然る時は、基盤の深さについての両者の推定に相当の相違が認められる。何分筆者の資料(断面位置)が限られているので、全体的にみた崩土の

深さについて推定は決め難いが、場所によっては物探による風化帯(3層)迄を崩土に属せしめる可能性がありそうである。地辻り範囲は大体クラッ

クの示す範囲 (PL. IV, Fig. 4, 約 20,514 m²) で、その最も厚い所は混合工場付近で 22 m 内外と推定され (PL. IV, Fig. 2 の物探等深線図でも、この附近がかなり厚くなっている。但し 10 m 以内)、崩土の基盤の形は、一つの曲面をなした谷状を呈すると思はれるが、混合工場付近で幾分緩くなっていると推定される (第 6 図 C-D, E-F 断面)。崩土は、主として大小無数の角ばった礫岩及び砂岩が雑然と堆積したものでその間を砂、シルト、粘土で填充された状態である (PL. III, Fig. 3)。

さてこの施工設備地帯が地氾を起した直接の原因は、29年9月の裾部の崩壊であり、又12月下旬頃から再現した地氾は、同年10月20日頃から12月21日にかけて行はれた崩壊面の Wall 築造の為の基礎掘削によるものと思はれる。もちろん素質の原因が共に作用したからであり、このほか施設ができた後の条件の変化も加はっているに相違ない。これらの 2~3 の点をあげると、

1. 施工設備地帯は既に指摘している様に旧山崩れによる崩土堆積物である。
2. 崩壊地に露出した基盤の地層は、大体物部川に向って傾斜した部分が多く、崩土はその層面にそって動き易い状態にある。
3. 施工設備地帯の平均傾斜は約 30° を示し、

中生層崩土の安息角を上廻っており、不安定な状態にある。

4. 骨材置場その他から、かなりの水量が滲透する。

5. 施工諸施設の重量が斜面に荷重を加へた。主なる施設物の重量は、骨材置場 11,200 トン、混合工場 1,000 トン、セメントサイロ 800 トン、ケーブルクレーン (最大垂直反力 100 トン、同水平反力 100 トン)、等。

従って裾部の崩壊を直接の原因として、全体として崩土の基底を氾面とした地氾運動 (クラックの状態より考察すれば、崩土が一様に動いたのではなく、ブロック状に動いたと推定される。) が考へられ、PL. V, Fig. 1-6 の等沈下線図によるとこれは混合工場から製氷工場にかけて大きく波及したと思はれるが、その後圧密作用によるシーソー運動を繰返して乍ら次第に安定したものと思はれる。然し一方この地氾が比較的短期間に又小規模に止まった理由としては次の点が考へられる。

1. 既述の様に崩土の構成材料が角礫質であったため内部摩擦が大きい。
2. 崩土地帯の規模が比較的小さい。
3. 地氾防止工作の効果
地氾防止壁の築造* 及び表面排水工法が迅速に施工された。

Ⅶ ダム前面の八幡下の地氾り

永瀬ダムは昭和30年5月8日第一次湛水 (水位標高 141 M) を行い、同6月24日には第二次湛水 (水位標高 170 M) を行った。其の後堰堤のうちあがるにつれ水位は次第に上昇し、31年3月中旬にはクレスト (標高 187 M) に達しダムは同年度末には殆んど完成した。八幡下とは、ダム前方約 200 m の左岸側にある貯水池に面した地名であり、ダム着工前には民家はなかったが、ダム着工に伴い、この地域に労働者住宅 (60世帯 280名) が建て

られた。この地域については昭和21年12月21日の南海地震の際に約 1.0 m の陥没を生じたといわれるが、その後地氾の現象は起らなかった。然し乍ら31年1月末頃から大比の発電所取水口修理の為水位を下げたのに関連して、この地域に急激な地氾現象が起った、即ちこの地氾は約 8,350 m² にすぎないが、この地域は明かに崩土堆積地である。

取水口修理の為、当時の水位約 172 m から 164 m に下げる為、32年1月24日頃から放水をはじめた

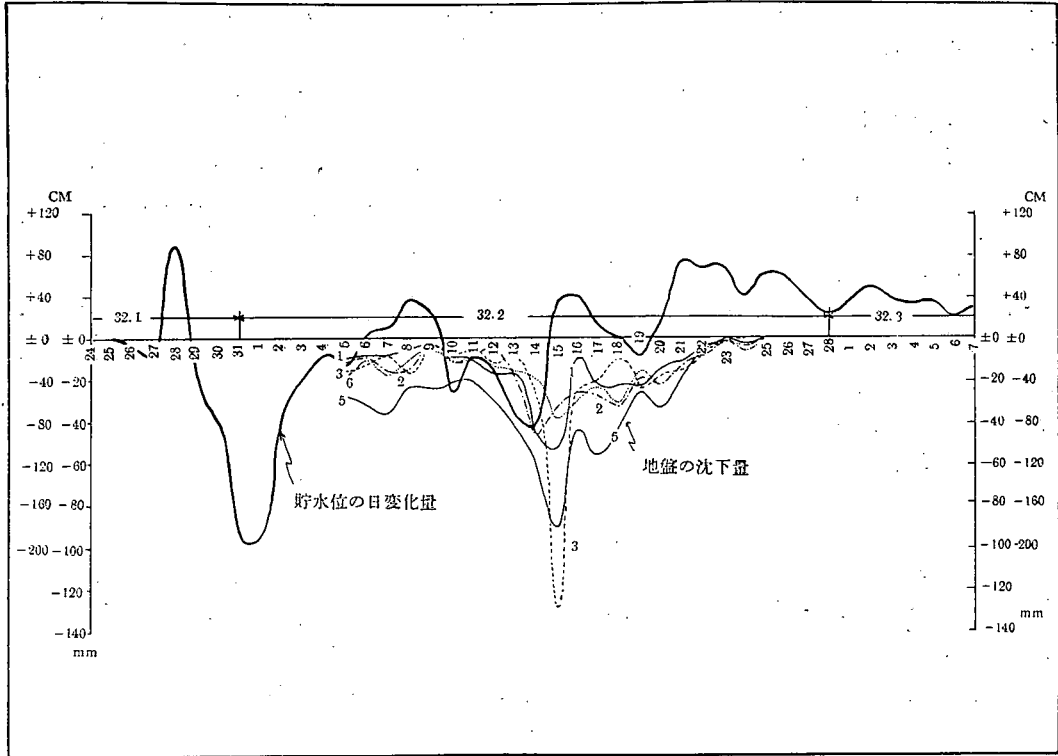
* この地氾地帯は元々安定していたものが、裾部の崩壊と云う急激な現象によって起きたものであるからこれを元の安定の状態にバランスを復活させることが可能であるとの見透しにより押え支える工法がとられた。

即ち壁厚は直厚で 2 m を標準とし、全体の形をアーチ状とし上流側は礫岩に、下流側は堅硬な砂岩にアバットさせるとともに基礎部は必ず岩盤に接着させ、更に締切ダムの断面を大きくしてエプロンの副堰堤とするとともにこれに前記の土留壁の中央部から対岸に達する水平支柱の役目を兼ねしめた。(wall のコンクリート体積; 7,384 m³)。

のであるが、2月1日からこの地域に急激な地盤沈下、亀裂等が起り、当時の最大沈下量は1.0m内外に達した模様である。この対策として、水位

を調節する一方、数箇所 (PL. I, Fig. 4)* の沈下測定が行はれた。この水位と沈下量の関係を示したのが第7図である。

第7図 永瀬ダム貯水池周辺八幡下地域の地況状況
(測点1~6はPL. II, Fig. 4参照) (昭和32年1月~2月)



即ち両者のカーブには極めて密接な関係のある事が知られる (多小カーブのずれるのは測定時差によるからであろう)。然し取水水位が元に回復するに従って、地況は休止するに到ったのである。

これらの現象は、急激な地下水位低下に起因する崩土帯の地況を意味している。第7図は貯水位

の日変化量を縦線に40 cm単位にとり、沈下量は同縦線に20 mm毎に示したものである。尚この沈下量の測定は間組によって行はれ、グラフは当時深谷技官によって作成されたものをそのまま引用させて頂いた。

Ⅷ 結 語

永瀬ダムは、岩盤不良に基因する難工事の1例として土木界に知られている。施工前に必要な地質調査・物理探鉱及びボーリング・試掘坑掘削も行はれたのであるから、ダム建設に当って大幅な予算の追加を必要とした点について、地質調査のあり方についても、改めて反省する点がありそう

である。これを一言にして云へば、構造線に接して Competent and Incompetent rock が存在する場合に、通りいつべんの解釈をしてはならないということである。

即ちこのダムの難工事であった根本原因は、下部白堊系と上部白堊系とが接する構造線に位置す

* 測定箇所は11ヶ所であるが、こゝには代表的なものをあげた。

るからである。この事実については、既に別紙に公表してあるので、⁽²⁴⁾本文では特にその局部に於ける岩層がどのような状態を呈しているかということについて述べた。

即ちこの様な構造線に位置するダム地点の各岩層は、多数の走向断層並びにそれを切る断層によって、ブロック状を呈して居り、変動のしわよせは必ず砂岩・礫岩等の硬い岩層と泥岩或いは互層との接触面に辻面又は破碎帯となって表はされているといつてよく、又硬い岩層に挟まれた互層帯は顕著な層間褶曲を伴って断層帯類似の軟弱帯となっている。また破碎された岩片は滑り面に囲まれ鱗状となって剝離する。又硬い岩層には無数の辻面・割目等が発達し亀裂が著しい。これらの岩層の産状は云うまでもなく、主として内因的作用に基くものである。常識的に、岩盤の亀裂状態は地表からの風化作用(外因的作用)に基くもので深くなるに従って減少するものと解釈され勝ちな様

に思はれるが、この様に地質構造(内因的作用)に基いて、岩盤が脆弱となっている例も少なくないであろう。この場合には、地表からの深さには直接的な関係はないので注意を要する。

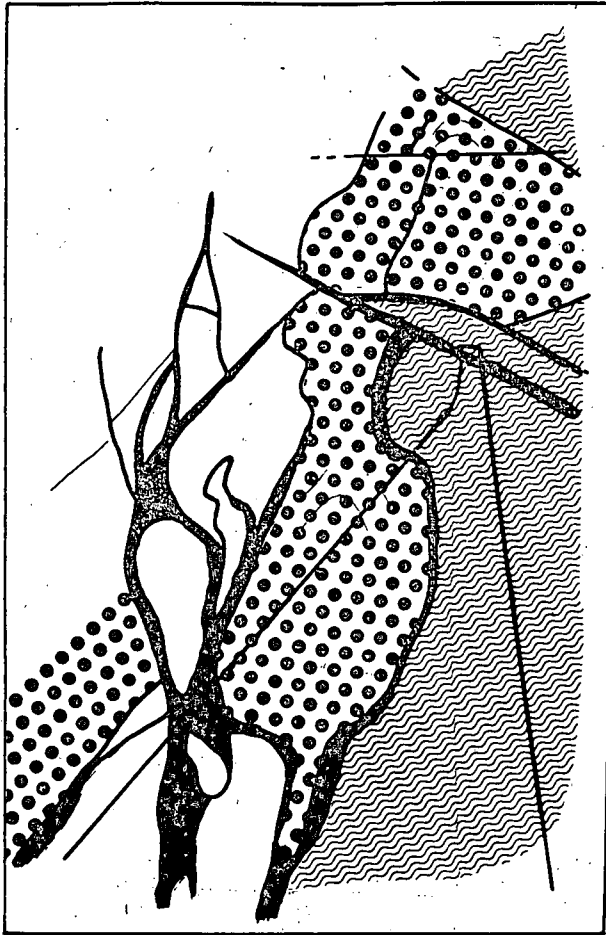
以上の事実は、従来ダムの地質調査がとかくダムサイトに限られ、その周辺調査を忽せにし勝ちな傾向に対し1つの反省を与へるものであり、又物探報告書を過大に評価する事は、危険な場合も少なくない様に思はれる。何故なら物探は岩盤の物理的性質の差を出しているのであつて、地質と結んでつけて断定せねばならぬ所に、問題が起りそうに思はれるからである。

施工設備地帯及でダム前面の八幡下の地辻地帯は、何れも規模の小さい崩土堆積地であるが、前者は構造物設置(一時的にせよ)にあたって、かゝる微地形と云へども決して忽せに出来ない事、又後者は湛水後のダム貯水位の変化と、地辻の関係を明らかに示した1つの好例となつた。

参考資料並びに文献

- (1) 河川総合開発協議会(1949); 物部川総合開発調査報告書
- (2) 畑中元弘・後藤尚男・石川渉(1949); 弾性波法による堰堤の基礎調査(防災研究所研究報告No. 2)
- (3) 小野寺透(1950); 物部川筋の山地崩壊について(建設省土木研究所報告 LXXIX 73-77)
- (4) 高田昭(1950); 永瀬ダム地点地質図
- (5) 日本物理探鉱株式会社(1951); 物部川永瀬ダム基礎弾性波式地質調査報告書
- (6) ———, (1951); 物部川永瀬ダム仮設物建造予定地弾性波式地質調査報告書
- (7) ———, (1951); 永瀬ダム基礎第二次弾性波式地質調査報告書
- (8) 境田正宣(1951); 永瀬ダム地質調査報告書
- (9) ———, (1952); 物部川永瀬ダム基礎岩盤に対する意見
- (10) 田中治雄(1952); 物部川永瀬ダムサイト地質視察報告
- (11) 柳 治一(1952); 物部川筋永瀬堰堤附近地質調査報告書
- (12) 高田 昭(1954); 永瀬ダムの地点に対する地質調査報告
- (13) 甲藤次郎・須鎗和巳(1955); 物部川永瀬ダム周辺の地質調査報告書
- (14) 甲藤次郎(1955); 永瀬ダム, ダムサイトの地質調査報告書
- (15) ———, (1955); 永瀬ダム仮設地帯の地辻調査報告書
- (16) 中村慶三郎(1955); 高知県上生村西熊崩壊地調査(高知営林局出版物)
- (17) 永瀬ダム工事々務所(1957); 永瀬ダム基礎岩盤処理について
- (18) 山崎 博(1955); 永瀬ダムの基礎岩盤処理について(発電水力 No. 18.)
- (19) 永瀬ダム工事々務所(1957); 永瀬ダムに於ける基礎岩盤の物性について(附, 基礎岩盤の変形と堤体, 変形との関連)
- (20) 田中治雄(1951); ダムの地質 P45~47
- (21) 藤田 旭(1943); 四国大橋附近の地質(地質学雑誌 50巻 207号)
- (22) Kobayashi T., A. Fujita & T. Kimura(1945); On the Geology of the Central part of Southern Shikoku. (Jap. Jour. Geol. Geogr. Vol. 20, No. 1)
- (23) 新井重三(1954); 溪谷における古期岩層の風化状態について(埼玉県荒川上流二瀬ダム基礎岩石の場合)(東京教育大学理学部地質学鉱物学教室研究報告 第3号)
- (24) 甲藤次郎・須鎗和巳(1956); 物部川盆地の再検討(高知大学学術研究報告 Vol. 5. No. 23)

右岸袖部（丸印は日比原層の礫岩，波線は永瀬層，黒線は断層及び破碎帯）



左岸袖部（凡例は左図に同じ）

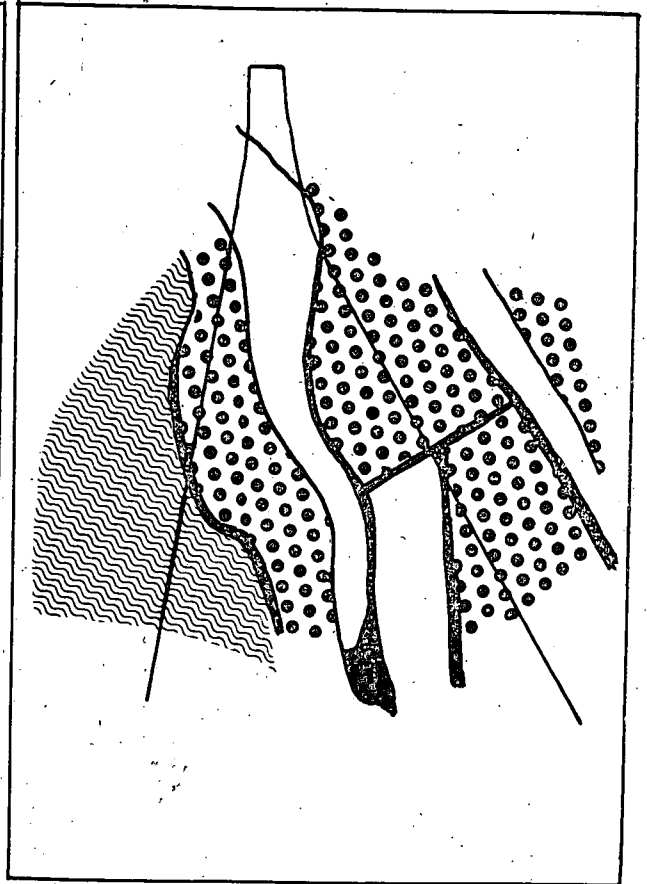


Fig. 1. 右岸袖部



Fig. 2. 左岸袖部



Fig. 1. 右岸ダム アバット部 (標高185M) Cは日比原層の礫岩, その右側は50cm内外の破砕帯を経て永瀬層の泥質砂岩.



Fig. 2. 左岸ダム アバット部 (標高182.5M) Cは礫岩, その左側は互層帯 (日比原層)

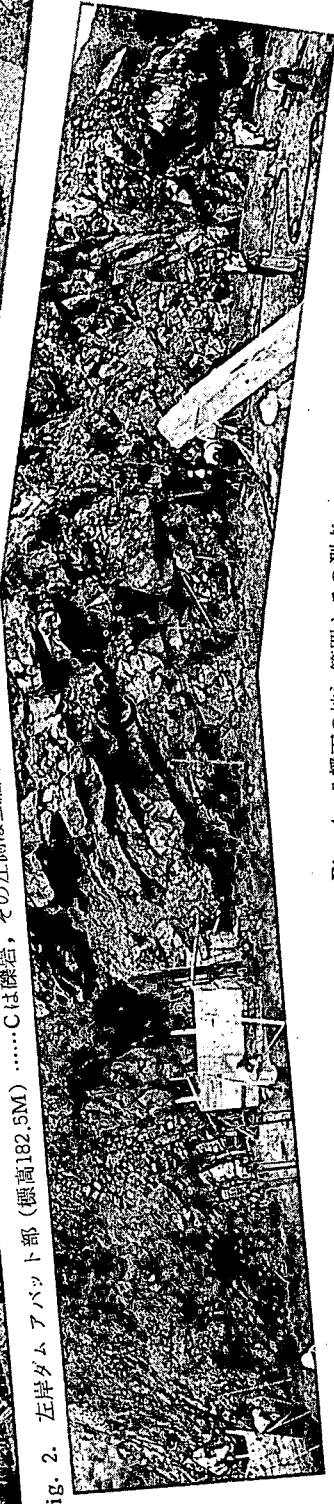


Fig. 3. Fig. 2. の擾乱した互層帯



Fig. 4. 入層下の地へ範囲とその測点

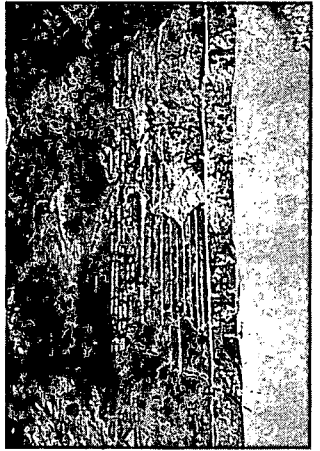


Fig. 5. 測点1のクラック (32年2月21日)



Fig. 1. 上流側から見た原地形



Fig. 2. 施工設備地帯の原地形

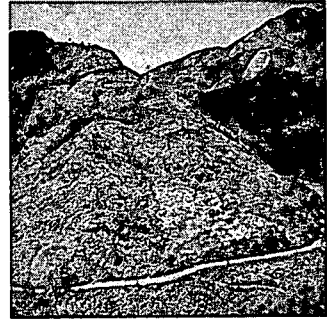


Fig. 4. 左岸アバット部と施工設備地帯

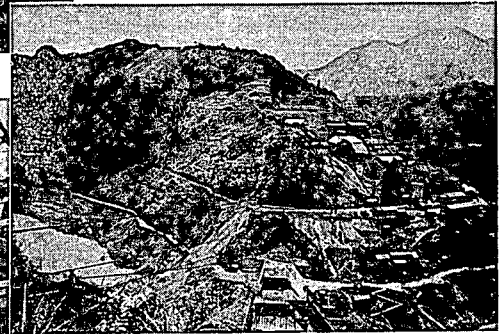


Fig. 3. 施工設備地帯裾部の崩壊

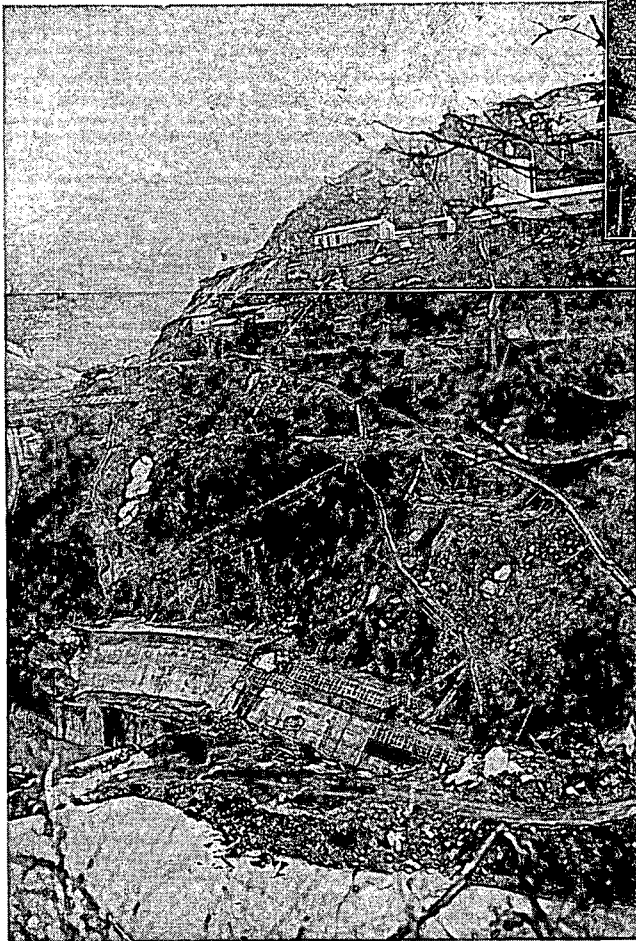


Fig. 5. 骨材置場の区割壁の主鉄筋の切断と wall のクラック

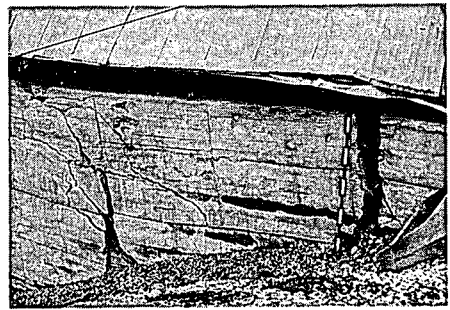


Fig. 6. 地割れと段落ち (PL.Ⅳ, Fig.3 の測点12附近)

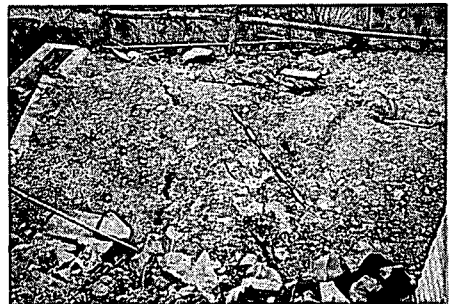


Fig. 1. 地質断面線（凡例1）と物探測線
 （凡例2,特に本文中必要なものには a~b の記号）

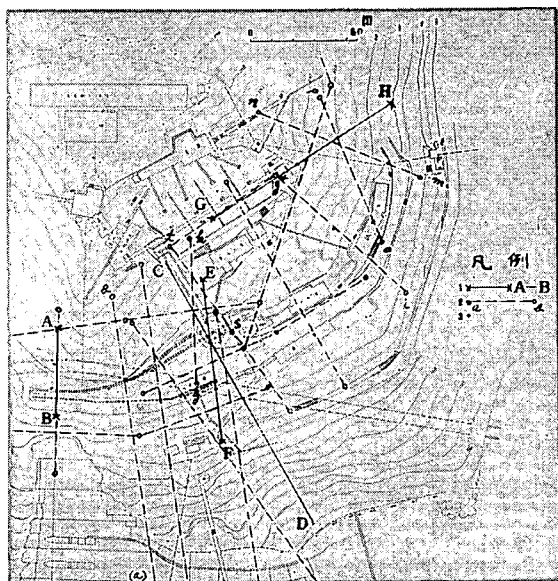


Fig. 3. 凡例1は主要施工設備名称（A：左岸側ケーブルクレーン, B：骨材置場, C：製氷工場, D：混合工場, E：セメントサイロ, F：工事課, G：試験室）と測点（凡例3は29年9月～29年10月, 凡例2は30年1月～30年3月の測点）

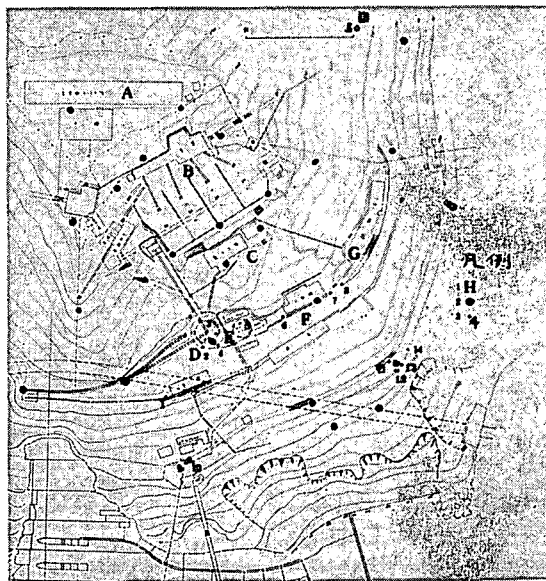


Fig. 2. 物探による崩土の等深線図（文献6より引用）

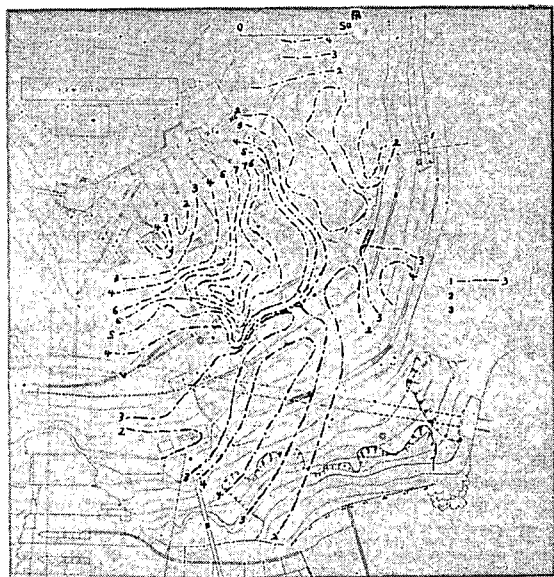
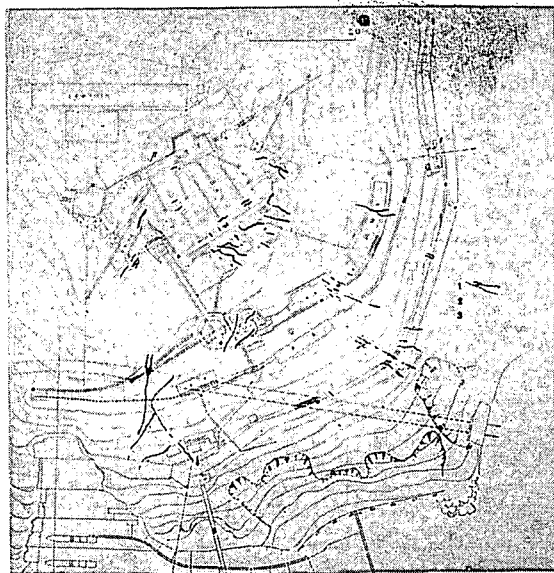


Fig. 4. クラック（30年1月6日現在）



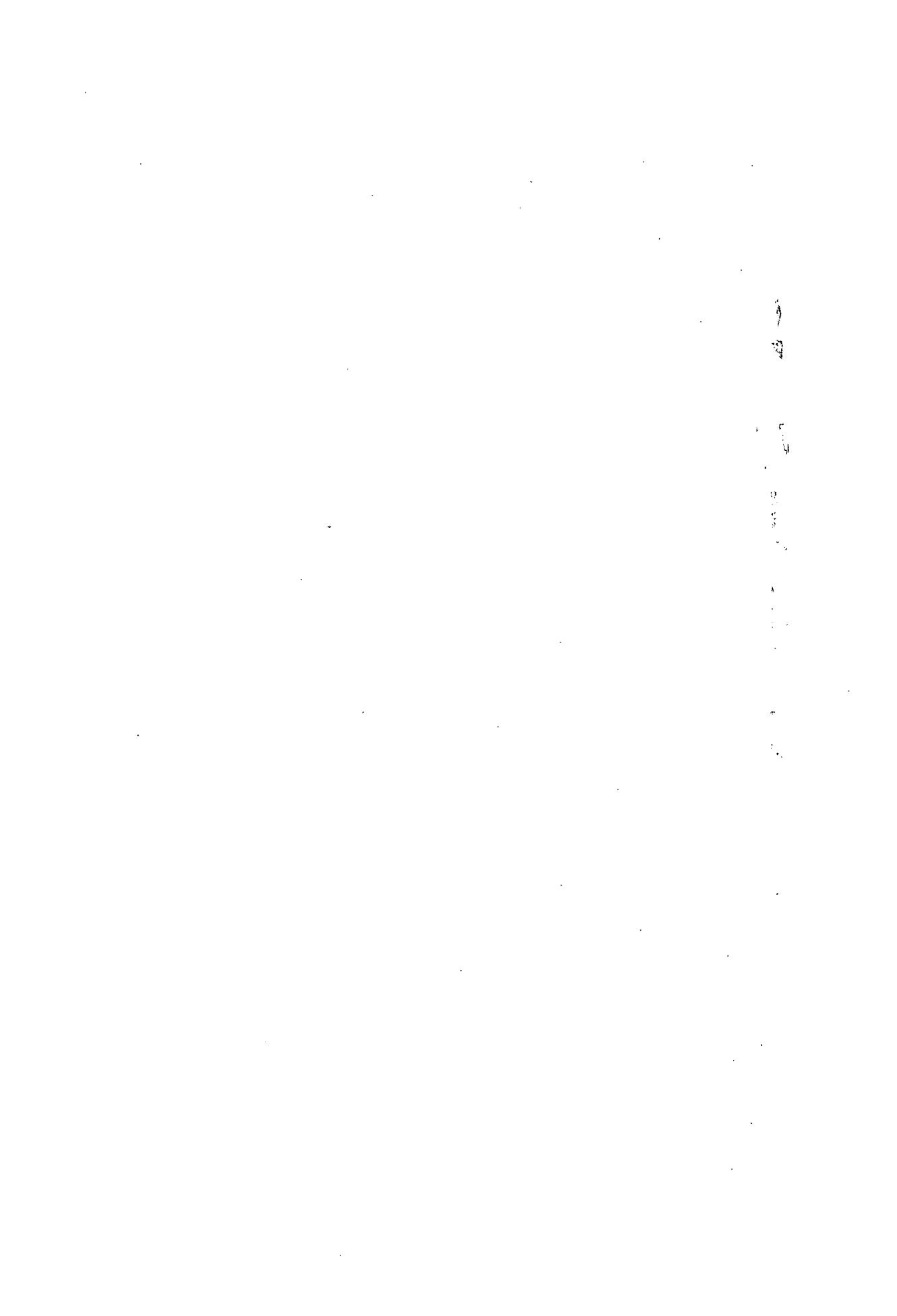


Fig. 1. 等沈下線図 (30年1月4日)



Fig. 2. 等沈下線図 (30年1月12日)

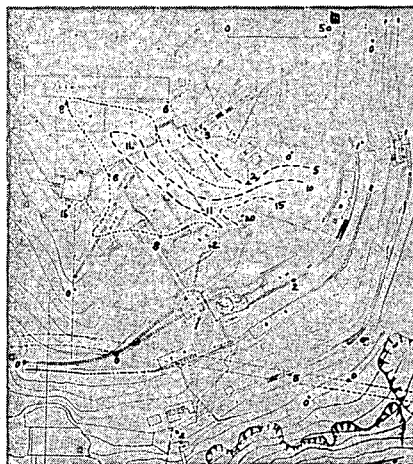


Fig. 3. 同 上 (30年1月18日)

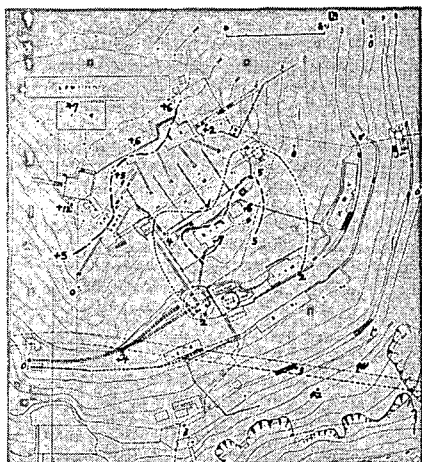


Fig. 4. 同 上 (30年2月2日)

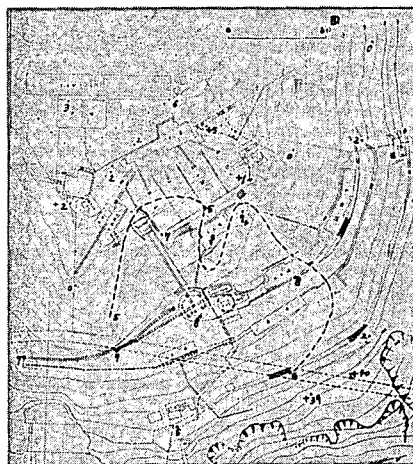


Fig. 5. 同 上 (30年2月13日)

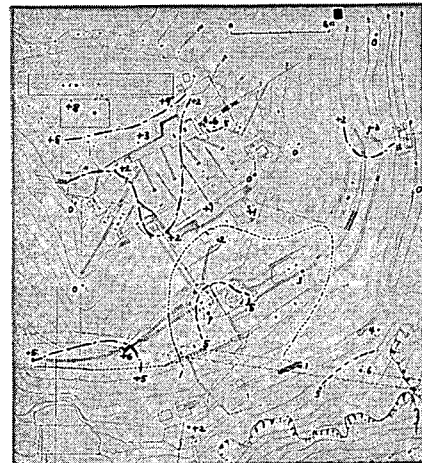
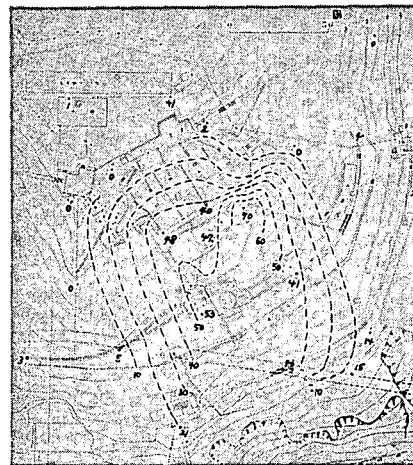


Fig. 6. 総移動量 (30年3月12日)



(注) 破線及び点線 (補助) は等沈下線, 同数字は沈下量 (ミリ); 鎖線は等隆起線, 同数字 (但し+印) は隆起量 (ミリ), 尚各測点には夫々の沈下及び隆起量 (±ミリ) を記入した。