

土と岩

1990

No. 38

中部地質調査業協会

目 次

巻 頭 言

土木技術と土 荒 川 正 一 1

ご 挨拶 伊 藤 武 夫 2

中央構造線の大規模地すべり

から伊那谷を守る一天竜川上流

直轄地すべり対策事業 花 岡 正 明 3

三重県の地質概略 小倉義雄・本田 裕15

新川橋りょうの下部工の選定 石田勝人・富田能民22

地すべり雑感 芳 賀 幸 雄30

土岐市駄知町旭ヶ丘斜面

崩壊調査 百瀬泰明・内園立男34

軟弱地盤における山留とひび割れ 中 登代司38

地下水の流速と流向を計る 大久保 忠 繁41

経験的土木地質の随想 佐 藤 久 松52

石のこえ 安 川 孝 一63

平成元年度技術研修会報告

長野県地附山地すべり現場見学 北 川 甫66



「土木技術と土」

日本道路公団名古屋建設局長

荒川 正 一

土木技術は、近代社会の基盤整備の中核を担う技術である。ところが、‘土木’という熟語には、前時代的なにおいがあり、一般の人々がこの語から受けるイメージも良いとは限らない。このことがわざわざ、この技術に対する社会の認識・理解にも適切さに欠ける面が少なからずある。イメージの悪さが有能な人材があまたこの分野をめざすのを妨げる、ことにもなりかねない。

このような考えから、土木という語を何か別の適当な表現に換えた方がいいのではないか、という意見は以前からある。土木学会でも、これに係わる議論が数年来活発に行なわれた。また、‘土木’自体のイメージアップ運動もさかんに行なわれており、それはそれで大いに結構なことである。

しかし、イメージ論はさておき、地球の表面を全体的に構成する土（岩）と水との形質を人為的に変え、または材料として利用し、各種の社会基盤を作り上げるのが土木技術である、ことには違いはない。この2つの自然物は、土木技術にとって切っても切れない対象物である。とすれば、‘土木’の一部である‘土’は、この技術の本質を表すにふさわしい文字であると言えよう。他方、‘木’は、過去はともあれ現代では、材料としてもほとんど利用されていない有機物であり、代表文字として適当かという否定的になってしまう。

いっそのこと、木を水に置き換えて、‘土木’を‘土水’、すなわち、土水技術、土水工学、etc. としたら、名は体を表わすことになると思うが、如何なものであろうか。閑話休題。

ともあれ、土木技術と土・岩とのつき合いは、他の何にも増して深い。基礎として、堀削物として、斜面として、盛土材として、……。ところが、この最も関連深い自然物の物理的性質にはなほ未解の部分が多い、というのが現実であり、これが土木技術の泣きどころともなっている。言うまでもなく、土は、等方等質の連続体とはおよそ力学的性状を異にし、また、生成の過程・場所により著しく性質が変わる大小粒子の集合体である。だから、理論化およびその汎用化がきわめてむずかしい。

ために、土木構築物の設計・施工においては、理論をはなれ、過去の現場経験や実験の結果をたよりに決めざるを得ない事柄が多分にある、のが実態である。

各種の調査や実験を通して、土・岩の物理的性状、力学的挙動をさらに解明し、また理論的に体系づけることは、土木技術に課せられた大きな課題の一つである。土・岩に係わる設計・施工がより合理的に行なえるようになれば、構築物の総合的な安全性は一段と高まり、全体としてバランスのとれた経済的なものを建造することがより可能となる。

土と岩とを征することこそ、土木技術の一大使命であろう。



ご挨拶 伊藤 武夫

理事長 伊藤 武夫

本年度5月の総会で再び理事長を仰せつかりました。微力ではございますが、協会の維持発展のため、私なりに努力する所存でございますので、何卒宜しくお願い申し上げます。

さて、「土と岩」38号が関係各位のご努力により、本年も予定通り発刊される運びとなり、たいへん喜んでおります。本誌は昭和36年、当協会が設立されたその年の12月、会報として第1号が発刊されたことに始まります。爾来28年間、今日では当協会の技術機関誌として会員に親しまれ、外部の方々からもご好評をいただいております。一人コツコツと、ガリ版を切っていた初代事務局長加藤氏の姿が目に映ります。

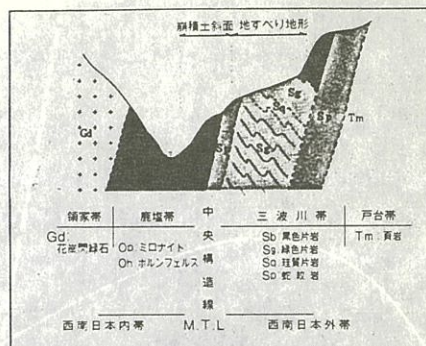
ご承知の通り、最近では内需振興策のお陰か？仕事量が少々多過ぎて、「人手が足りない」「機械がない」という声をよく耳にいたします。このような時こそ、ふだん真面目に努力している業者の方が力を発揮する時だと思えます。またこんな時には、ふだん気がつかなかった事に気がつくものです。そして気がついた「仕事を進めるうえでの問題点」について熟考するチャンスでもあらうと思えます。

殆どの業種における最近の最大の問題点は「人手不足」といわれております。御承知の様に、地質調査業は地質を調査し計測するための戸外での調査作業と、その結果を解析し判定するデスクワークの二つの仕事の分野をもっております。この二つの分野の技術者を育成し、管理していくことは非常に難しい問題でもあります。しかしそれをバランスよく行っていくことが、これからの地質調査業を経営していく最大のコツのように思えてなりません。

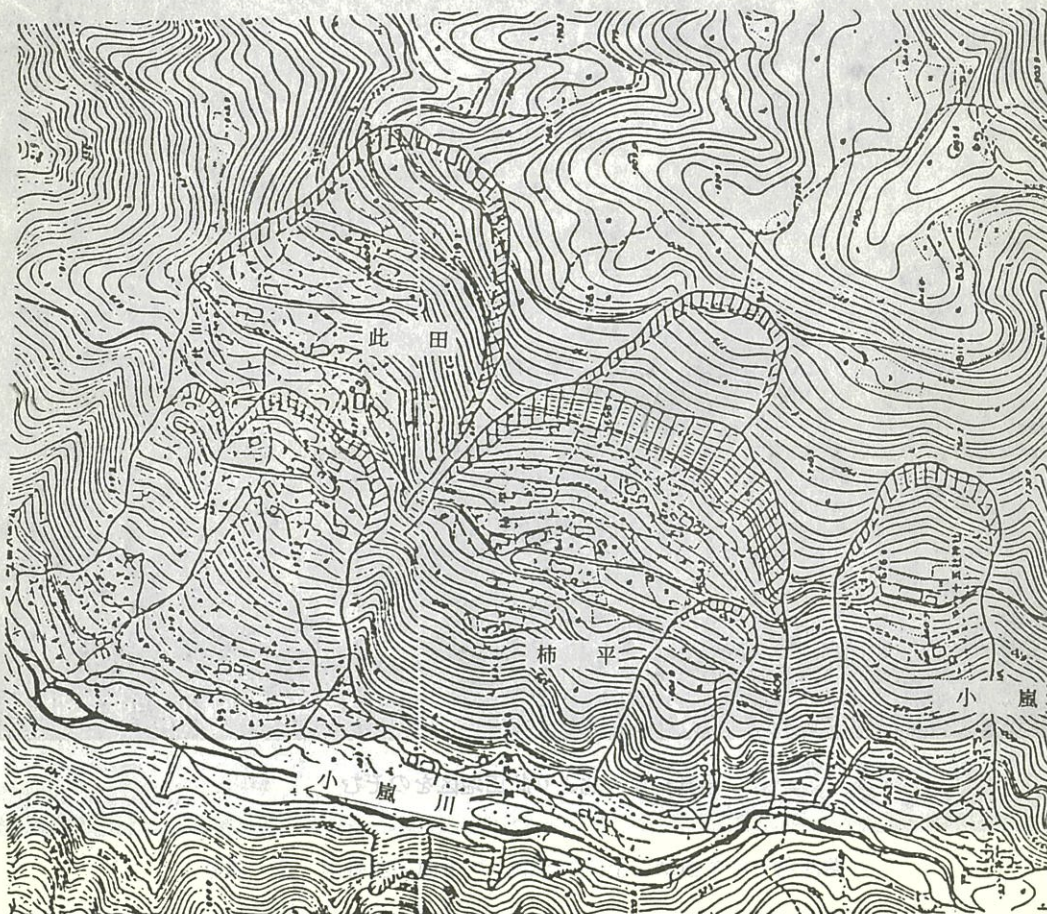
最近の技術の発展、またそのスピードの速さには目を見張るものがあります。そういう観点からいたしますと、私どもの仕事につきましても、もっともっと幅広い分野で、多くの機会をとらえて勉強する必要があるように思えます。そんな中で、この「土と岩」は協会外の多くの皆様にもご協力を戴いて、長く続いてきた技術機関誌ですので、なお一層の充実を計りながら、ずっと発刊し続けていくべきだと思っております。会員は勿論でございますが、官・学の皆様方におかれましても、今後一層のご指導とご鞭撻を賜りますようお願いを申し上げご挨拶といたします。

地すべり地の末端を流れる小嵐川は、静岡県境の青崩峠より発し、中央構造線によって形成された構造谷をほぼ直線的に南流する。この地域の中央構造線は幅約40m程度の鹿塩ミロナイトの帯を両側に伴って此田地すべりの真下を通過している。地質的には東側は入谷と同じ三波川帯及び戸台帯に属し、西側は、領家帯・鹿塩帯が帯状に分布する。このため、中央構造線を境界にして地区内の地質が大きく異なっている（図－8）。この地すべり地は此田・柿平・小嵐の大きく3つの地すべりブロックに分けることができる。スプーンでえぐられたような典型的な地すべり地形の傾斜変換点の上部すなわち構造線東側では、結晶片岩を基岩としその上に強風化を受けた結晶片岩及び崩積

土層が約40mの厚さで存在している。一方地すべりの地下部では鹿塩ミロナイトを基岩としその上に同様に地すべり移動土塊が存在している（図－7）。いずれも強く破碎・変成作用を受けており、典型的な破碎帯地すべりとなっている。



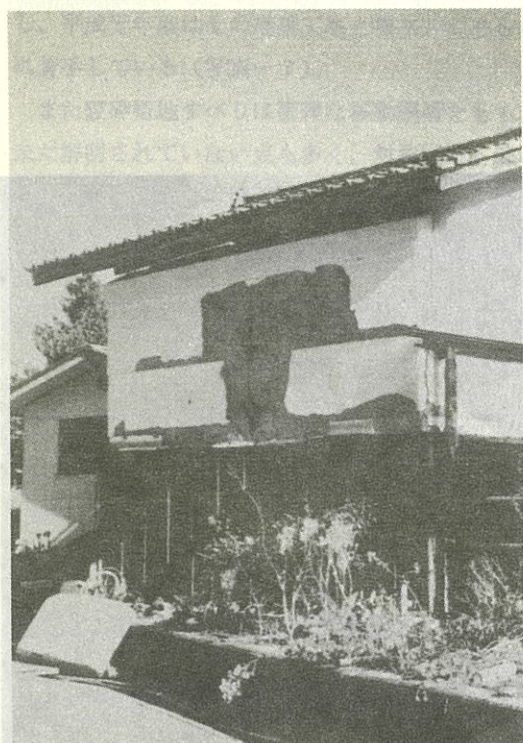
図－8 小嵐川模式断面図



図－7 此田地区地すべり地形図

現在、地すべり性の変状が著しいのは3ブロックとも共通して変換点より下方の崩積土斜面であり、国道の山側にはいたるところに変状がみられる。

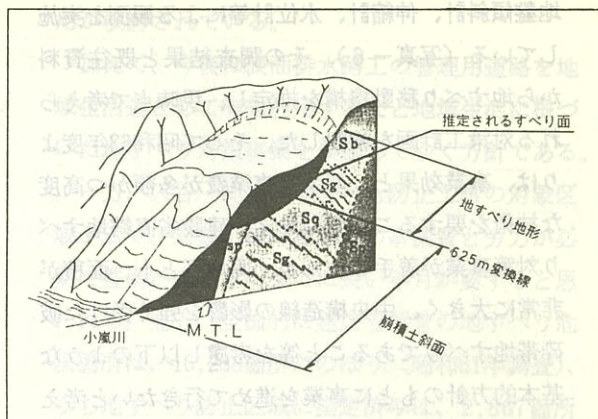
地すべり活動の記録としては、昭和初期に地すべり活動が活発化しブロック源頭部に滑落崖が生じ、数件の人家が居住不能となり移転した記録が残っている。その後も豪雨後断続的な活動を続けており、地盤の沈下に伴う人家・道路面・擁壁等の傾動、クラックの発生など地すべり特有の変状が随所で認められ（写真－5参照）、降雨時もしくは後に湧水があるのが特徴である。



写真－5 沈下により倉の中央にはいったキレツ

既存の調査資料および地形形状から、これらの地すべり地の模式断面図を図－9のように推定できる。ここで巨大な深層すべりを伴う岩すべりの可能性であるが、もし現在の小嵐川の河床部に至るようなすべりがあるとすれば、末端は著しく破碎されて、現状の様な急斜面にはなにくいと考

えられる。



図－9 此田地すべり模式断面図

上部から30m程度の風化部や破碎部がみられるので、すべり層厚30m前後の「風化岩すべり」が存在する可能性もある。

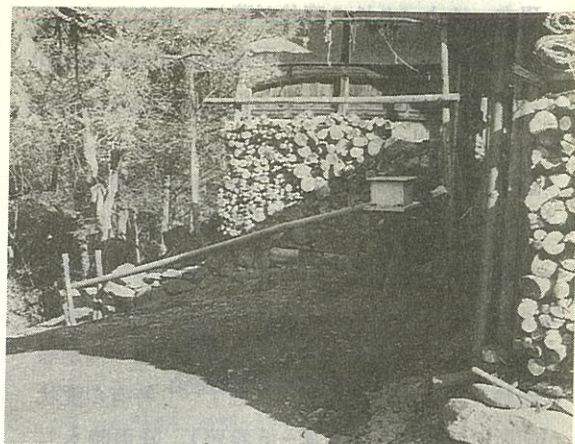
つまり、傾斜変換線より上方には過去の地すべり活動の結果残った残留土塊が、また下方にはその後の動きで2次的に堆積した崩壊土砂が厚く分布しているものと思われる。発生機構については移動形態が複雑なため、明確ではないが、現在の動きを助長しているのは、かなり被圧された豊富な地下水であることは確かである。

5. 地すべり対策事業の概要

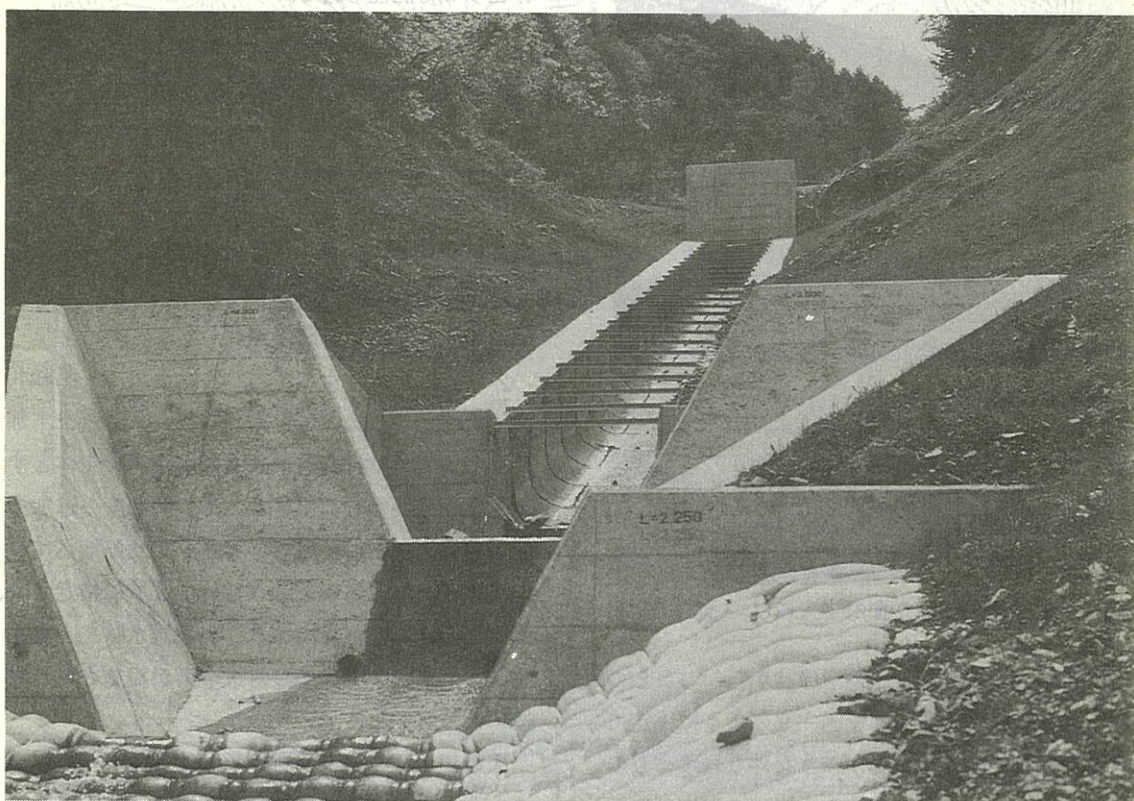
入谷地区における地すべり対策事業は、昭和40年に地すべり防止区域に指定され、長野県土木部により地すべり調査及び表面排水路工を主体とする対策事業が行われてきた。その間2度の追加指定が行われ現在に至っている。一方此田地区については、昭和51年に地すべり防止区域に指定され、同じく長野県土木部により、表面排水路工・集水井・排水ボーリング等の対策事業が実施され現在にいたっている。

天竜川上流工事事務所は昭和56・57年調査により、たとえば入谷地区の想定被害全額が175億に達するなど重要地すべり地であると判定されたため、昭和58年度より現地観測を開始し、調査ボー

リング、移動杭観測、弾性波探査、パイプ歪計、地盤傾斜計、伸縮計、水位計等による観測を実施している（写真－6）。その調査結果と既往資料から地すべり移動機構を推定し、現時点で考えられる対策工計画を検討した。そして昭和63年度よりは、事業効果と、要する事業費が多額かつ高度な技術を要することをふまえ、建設省直轄地すべり対策事業が着手されたが、両地区とも、面積が非常に大きく、中央構造線の影響を強く受けた破砕帯地すべりであること等を考慮し以下のような基本的方針のもとに事業を進めて行きたいと考えている。



写真－6 入谷地区に設置した伸縮計



写真－7 入谷地区に施工された表面排水路工

① 降雨の地下浸透防止を目的として表面排水
路工の整備

② 地すべり地外からの地下水流入防止及び深
層地下水の排除を目的とした排水トンネル工
の整備

③ 浅層地下水の排除を目的とした集水井・排
水ボーリングの施工

④ 鋼管杭工・法枠工・アンカー工等の抑止工
法による地すべり地の安定化

⑤ 地すべり末端部については河川の側方侵食
を防止することを目的とした護岸工の整備

昭和63年度事業としては、表面排水路工を増設
し、平成元年度はその継続工事と集水井にあらた
に着手している（写真－7）。

また破碎帯地すべりは複雑な移動機構をもち、
未だ解明されていない点も多く、対象区域も広い
ため、より有効な対策工計画を策定するため現地
観測・調査及びそれらの解析を積極的に実施して
いるところである。

また地域社会のニーズに対応する新規施策とし
て「特定地下水関連地すべり対策事業」が平成元
年度よりスタートしている。従来、地すべり対策
事業によって排水されていた大量の水を、貴重な
水資源として、飲料水、生活用水等への有効利用
による「ふるさと創生」に積極的に寄与しようとい
うものである。これは地すべり災害の防止を第
一義として、排出水の有効利用を考慮した排水ト
ンネル工、集水井工、横ボーリング工、水路工等
を重点的に整備するとともに、民間事業者等が、
排出水の有効利用を考慮した地すべり防止施設
（横ボーリング、井戸、ポンプ、導水管、水路及
びこれらの附帯設備）に対して低利の融資を行う
制度である。

入谷地区においては化石塩水に由来するといわ
れる塩分濃度の高い地下水が得られる地点があり、
海水魚の養殖や食品への利用が検討される。また
此田地区においては豊富な水量の地下水が得られ

るため、近隣の村営宿舎への導水等様々な有効利
用が検討されている。

加えて、今後は表面排水路工の管理用道路を地
域生活道として有効利用するなど地域生活に根づ
いた地すべり対策事業を展開してゆく方針である。

一方、入谷・此田両地区とも防止工事の対象区
域が広く、対象工事には多額の事業費と労力が必要
で整備が完了するまでに長い年月が要すると思わ
れる。他方、全国的に建設省所管の地すべり危
険箇所は、10,288箇所へのぼり（昭和61年調査）、
うち地すべり防止区域に指定済みは、2,867箇所
（昭和62年度末）、整備率は約17%と、未だ不十分
な現状にある。これらは、大雨や地震などをきっ
かけにして、急激な地すべり現象に移行する可能
性があり、少なくとも貴い人命を守る必要がある。

このためには、地すべり活動の活発化を示す
様々な兆候を事前に把握し、応急対策工事等の
ハード対策とあわせて、迅速な警戒避難等ソフト
対策の実施が要望されている。特に、昭和63年3
月に河川審議会より「総合的な治水対策の実施方
策についての提言」が答申され、従来の総合土石
流対策に加え、地すべり、がけ崩れを含めた警戒
避難体制の整備が求められている。

他方、建設省では昭和61年度より地すべりをリ
アルタイムで監視する「地すべり自動観測システ
ム」を開発しており、このような背景を踏まえて、
昭和63年度から警戒避難態勢の整備を重点的に実
施する「地すべり監視モデル事業」が補助事業に
おいて実施され、平成元年度より直轄事業へも拡
充された。

実施内容としては、以下のとおりである。

① 計画的な地すべり防止工事の実施

② 地すべり監視体制の整備

③ 警戒避難計画の策定

④ 応急対策工事の策定

入谷・此田地区において最も動きの激しいブ
ロックにおいて昭和63年度から自動観測システム

の導入に着手し、平成元年度に観測施設が設置完

了の予定である（図-10）。

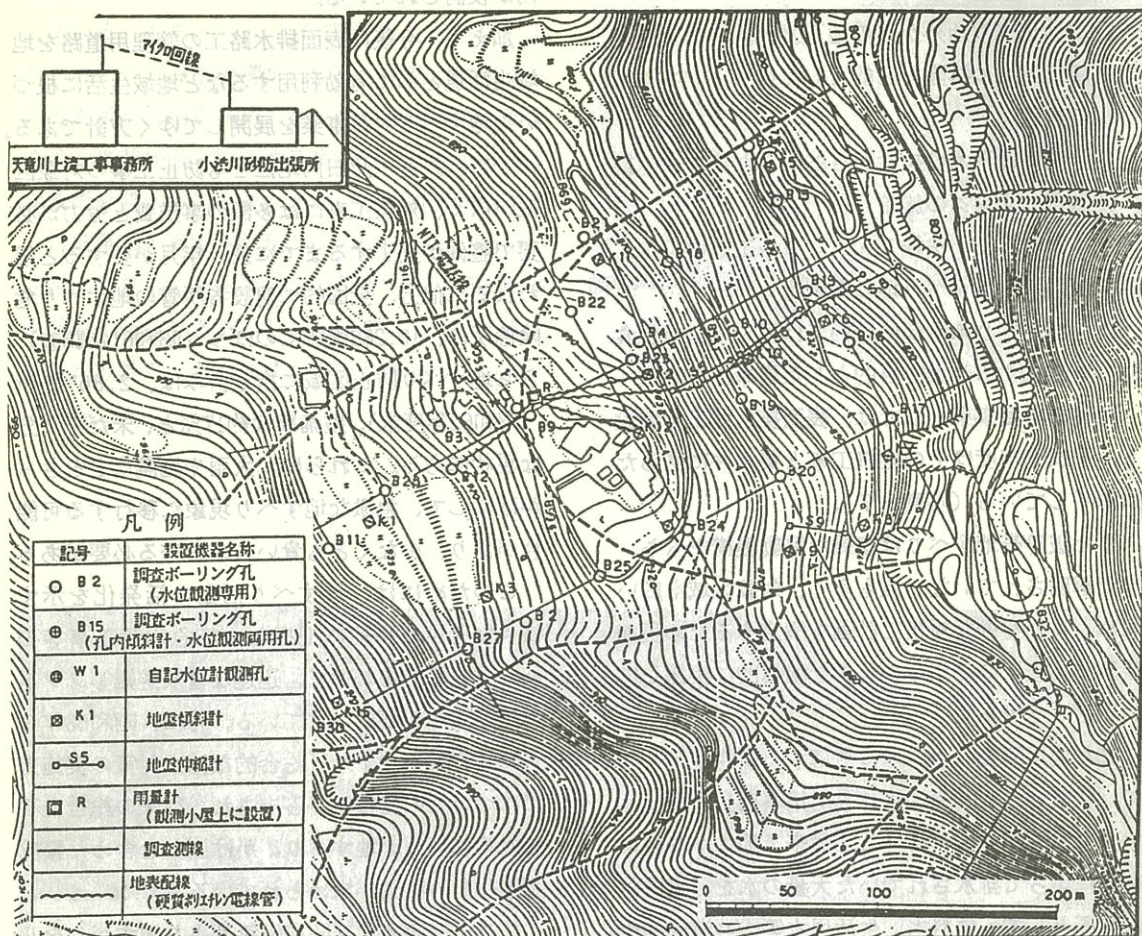


図-10 地すべり自動観測システム配置計画図（入谷地区）

今後は、さらに地元防災担当部局とともに、避難体制の整備をはかるため検討してゆく方針ある。

6. 直轄地すべり対策事業の今後の展開

伊那谷は近世以来、長野県下を通過する中仙道・中央線・国道19号線等の交通の大動脈から離れ地域の発展、開発に遅れをとってきた。しかし、中央自動車道の開通をはじめ、「第四次全国総合開発計画」における「三遠南信高規格幹線道路構想」、長野県テクノハイランド建設協議会における「伊那テクノバレー圏域」の設定と、新たな時代へ向けての準備を着々と進めている。

このような状況の中、これまでに増して土砂災

害に対し安全で住みよい地域基盤の創出に大きな期待がかかっている。天竜川上流域においては、昭和12年より直轄砂防事業に着手し、半世紀の歩みを続けてきた。そして新たな半世紀の一步を歩み出すにあたり、これまでの砂防事業に直轄地すべり対策事業を新たに加え、総合的な土砂災害対策事業をハードな対策、さらにソフトな対策まで踏み込み積極的に進めてゆく方針である。

また、これらの事業を通じ、地域の活性化を支援し、地域住民の生活に融け込んだ事業を展開してゆきたいと考えている。

中央構造線の大規模地すべりから伊那谷を守る 天竜川上流直轄地すべり対策事業

建設省中部地方建設局天竜川上流工事事務所

砂防調査課長 花 岡 正 明

1. はじめに

南アルプス・中央アルプスの高峰にはさまれて、伊那谷を形成した天竜川は、“母なる川”として自然の恵みをもたらし、流域住民の豊かな暮らしを育んでいる。しかし、ひとたび豪雨が見舞えば“あばれ天竜”に豹変し猛々しい牙をむき人々の暮らしを脅かしてきた。天竜川流域の急峻な地形と風化作用や侵食作用をうけやすい脆弱な地質条件により、大崩壊・地すべりが頻発し、大量の土砂流出に起因した大災害をしばしばもたらしている。

天竜川上流工事事務所は豊かな天竜川をめざして半世紀にわたり河川改修や砂防事業に取り組んできた。そして中央構造線沿いに多数分布する地すべり地から一時に流出する膨大な土砂対策が長い間の課題であったが、昭和63年度より2地区において直轄地すべり対策事業がスタートした。

本文では伊那谷における地すべり災害の実態と対策事業の概要を説明するものである。

2. 伊那谷の自然災害

本州のほぼ中央部を、諏訪湖に端を発し太平洋にそそぐ天竜川は、流域面積5,090km²、幹川流域延長213kmに及ぶ、我国屈指の急流河川である。長野県における天竜川本川は、中部山岳地帯を形成する南アルプス（赤石山脈）と中央アルプス（木曾山脈）に東西を囲まれ、北から南へ向かってほぼ一直線に流れながら南北80km、東西幅6～10kmの典型的な河岸段丘の発達した伊那盆地を形成している。天竜川は「伊那七谷」といわれる支

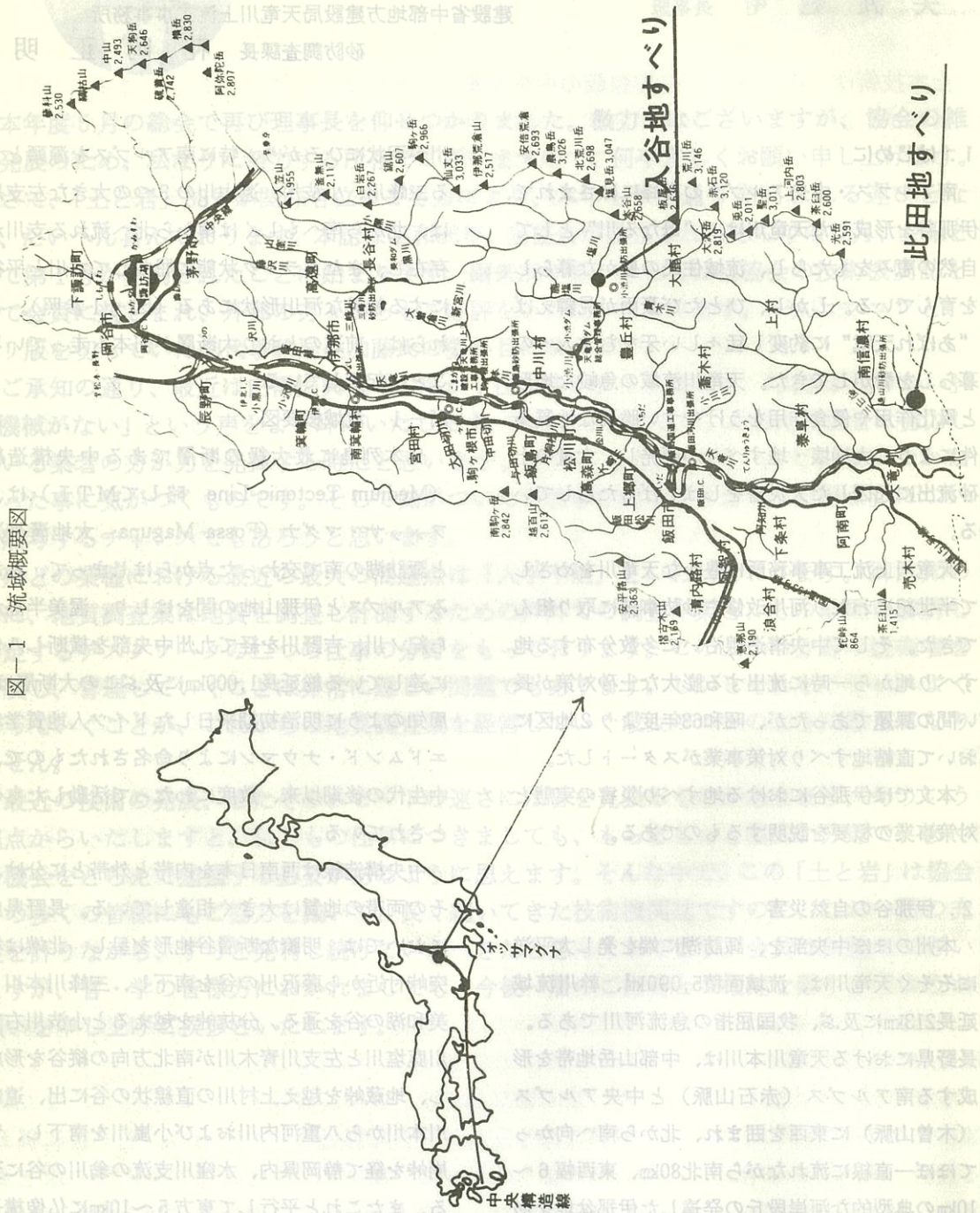
川が羽状にひろがり、特に南アルプスを源頭とする三峰川、小渋川、遠山川の3つの大きな左支川は、北から南へもしくは南から北へ流れる支川が存在し、またクランク状態に屈曲して本川と平行にする特異な河川形状にある（図－1参照）。これらは、前述のとおり大断層が何本も走っていることに起因している。

図－1 流域概要図

日本列島に最大級の断層である中央構造線（Medium Tectonic Line 略してMTL）は、フォッサ・マグナ（Fossa Maguna 大地溝帯）と諏訪湖の南で交わった点からはじまって、みなみアルプスと伊那山地の間をはしり、渥美半島から紀ノ川、吉野川を経て九州中央部を横断し八代に達している総延長1,000kmに及ぶこの大断層は、周知のように明治初期来日したドイツ人地質学者エドムンド・ナウマンにより命名されたもので、中生代の後期以来、数度にわたって活動したものとされている。

中央構造線は西南日本を内帯と外帯とに分け、その両帯の地質は大きく相違している。長野県内においては、明瞭な断層谷地形を呈し、北端は杖突峠付近から藤沢川の谷を南下し、三峰川本川・美和湖の谷を通る。分杭峠を越えると小渋川右支川鹿塩川と左支川青木川が南北方向の縦谷を形成し、地藏峠を越え上村川の直線状の谷に出、遠山川本川から八重河内川および小嵐川を南下し、青崩峠を経て静岡県内、水窪川支流の翁川の谷に至る。またこれと平行して東方5～10kmに仏像構造線が存在し、遠山川と上村川の合流点付近で中央

図-1 流域概要図



構造線と接している。

この構造線の西側、一西南日本内帯は鹿塩片麻岩がみられ、東側、一西南日本外帯に美和ダム以北は三波川変成岩が存在する。(図-2)。

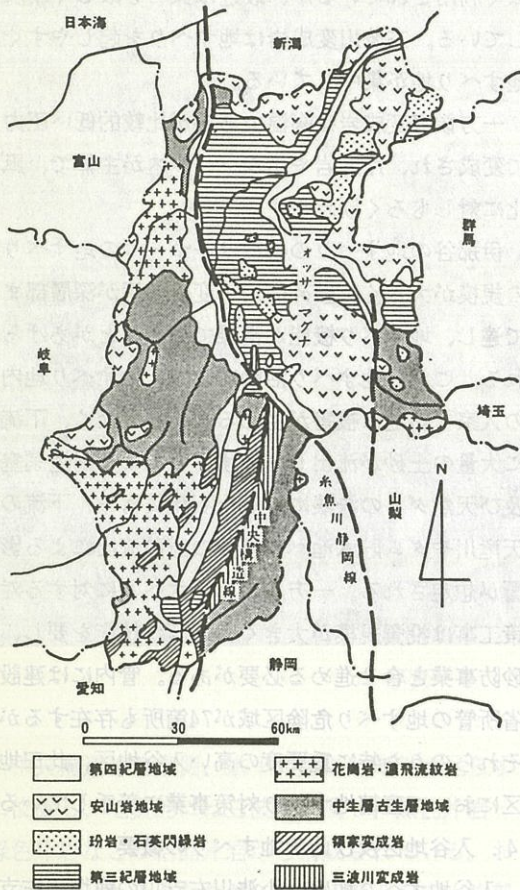


図-2 長野県地質略図

これら広域変成岩の分布する地域は過去に激しい褶曲作用などを被った特定の地域に限られ、長野県下では伊那地方と白馬岳地方に集中している。破碎作用を強くうけているため岩質的に元来脆弱であり、大規模な斜面崩壊・地すべり現象を生じやすく、そのため中央構造線周辺には多数の大崩壊地や地すべり地が集中している。また谷に流れ出した土砂は河床に厚く堆積して、出水時には下

流に流下し本川の河床を押し上げ氾濫させるため、“あばれ天竜”と変貌させる要因となっている。また山くずれ、土石流・地すべりによる直接的な土砂災害が人々を脅かしてきた。

特に昭和36年6月末の梅雨前線性の集中豪雨(連続雨量 大鹿雨量観測所 535mm)では小渋川支川の四徳川・滝沢川で流域の11%が崩壊し、谷へ流れ出した土砂は土石流と化し村を全滅させるなど、死者・行方不明者130名、被害総額約340億円にのぼる、未曾有の大災害であった。特に降雨がピークをこした29日に、小渋川と青木川の合流点直下流に位置する大西山が、突然18haにわたり大崩壊し、320万 m^3 の土砂が村落を襲い42名の人命を瞬時に奪った(写真-1)。

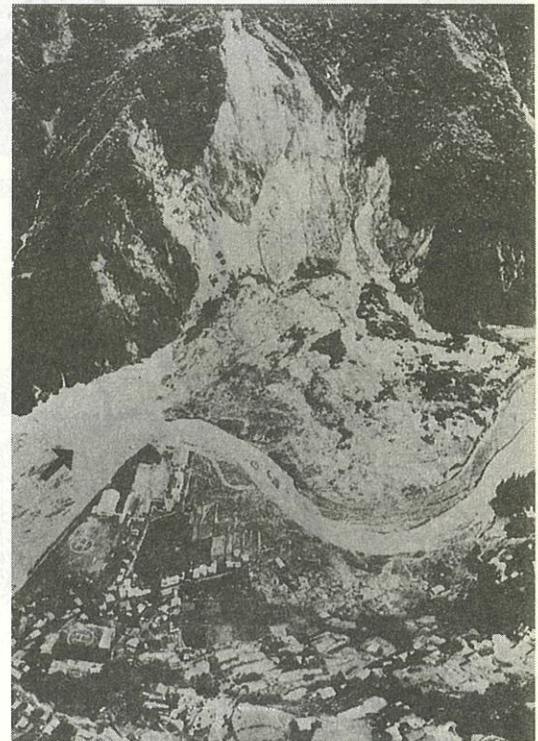


写真-1 大西山大崩壊による大河原地区の被害状況

天竜川上流域には317箇所の地すべり地が存在し（昭和56年度天竜川上流工事事務所調査）、それらは三峰川、小渋川、遠山川流域の中央構造線と仏像構造線の間に集中している（図－3参照）。中央構造線は現在に至るまで上下・左右への移動を繰り返し、花崗岩が貫入するなど、しばしば高温や高压を被ったため広域にわたり変成作用が生じ、外帯側に三波川変成岩を、内帯側に領家変成岩をつくった。

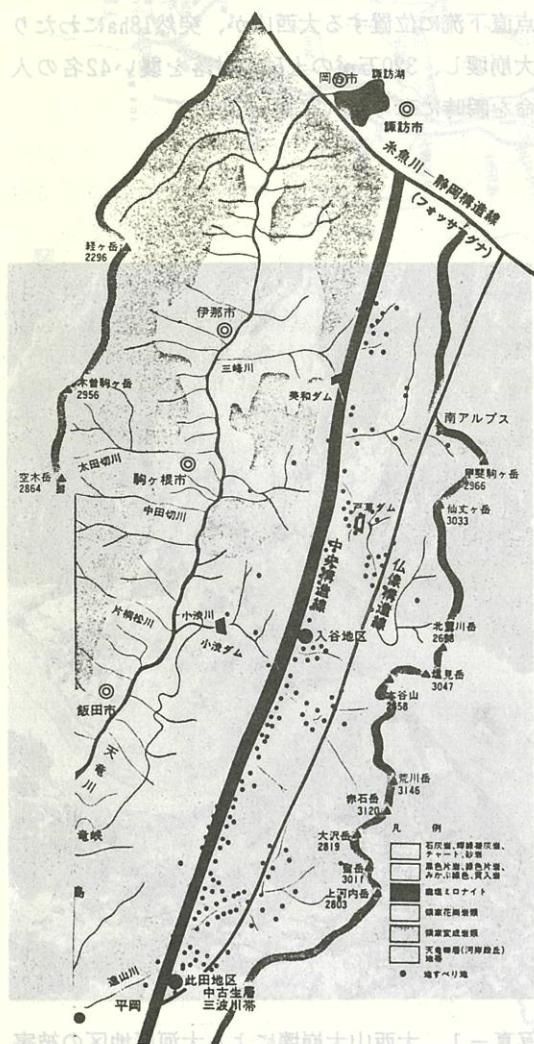


図-3 伊那谷の構造線と地すべり地の分布

一方領家変成岩は高温であるが比較的低い圧力で変成され、片麻岩やホルンヘルスが主体で、風化に対してもろく崩れやすい。

伊那谷の地すべりの特徴は一つ一つの地すべりの規模が大きく、破碎作用・変成作用が深層部まで達し、地すべり機能が複雑であることがあげられる。これら地すべり活動により、地すべり地内の人家・耕地に被害が生じるばかりでなく、下流に大量の土砂が流出し、地すべりによる河道閉塞及び天然ダムの決壊による土石流災害や、下流の天竜川やダム貯水池への多量の土砂流出による影響が想定される。一方、この地すべりに対する対策工事は投資規模が大きく、高度な技術を要し、砂防事業と合せ進める必要がある。管内には建設省所管の地すべり危険区域が74箇所も存在するが、それらのうち特に重要度の高い入谷地区、此田地区において直轄地すべり対策事業に着手している。

入谷地すべり地は、小渋川右支川の鹿塩川左支川、塩川左岸大鹿村入谷地先に位置する。

写真-2は、当地区の空中写真である。地すべり地形を呈している区域は、東西方向最大幅約1,200m、水平距離約1,000m、標高差約500m、面積は138haにも及ぶ広大なものである。地すべり地末端を流れる塩川沿いには、大鹿村の観光拠点の一つ「鹿塩温泉」が位置するほか、大鹿村の中心地である鹿塩地区・落合地区の両集落が存在する。

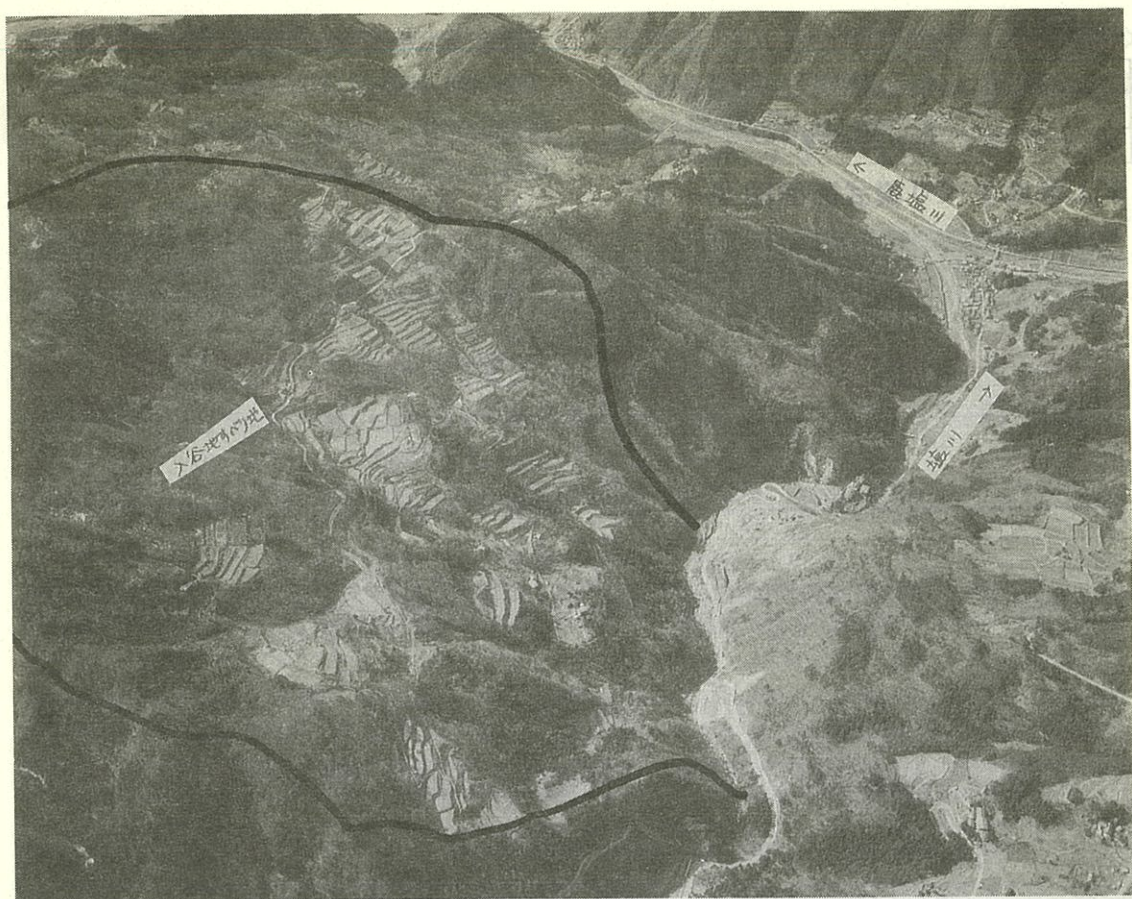


写真-2 入谷地区地すべり地区

中央構造線の東側、水平距離にして1km足らずに位置し、地質的には三波帯に属し、黒色片岩・緑色片岩などの結晶片岩から構成されている。おわんを伏せたようななだらかな山地とその山腹部に広がる緩斜面（この地形が地すべり地であることが多い）という独特の景観を呈している。地すべり内部構造は、表層の地すべり移動層として主に緑色岩類が厚さ約30mにわたって堆積し、下層は黒色片岩・緑色片岩の互層が続いている。その中間部分に、すべり面を形成する蛇紋岩もしくは滑石片岩が狭在するという、典型的な破碎帯地すべりとなっている（図-4～6）。

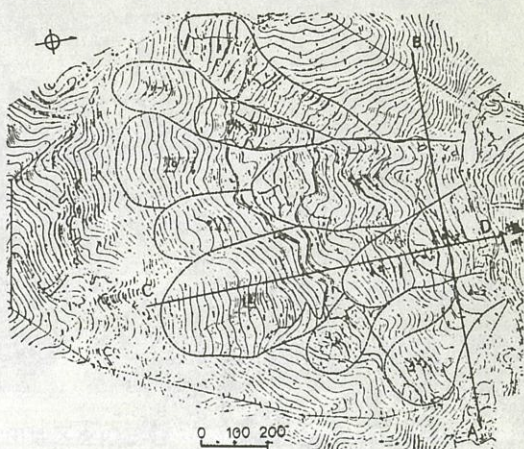


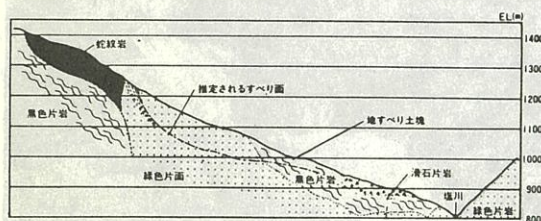
図-4 入谷地区地すべり地形図

入谷地区地すべり地形図 写真-2



■ 入谷地すべり模式断面図 A～B

図-5 入谷地すべり模式断面図 (A～B)



■ 入谷地すべり模式断面図 C～D

図-6 入谷地すべり模式断面図 (C～D)

地すべり活動の記録としては、古くは1698年

(元禄11年)までさかのぼり、当地区に大規模な「蛇ぬけ」があったと古文書に記されており、地すべり地内で大規模な土砂移動(土石流か?)が起こったとがうかがえる。

また、嘉永6年より水田耕作が行われていたが、地すべりにより水田の水が均一に張れないことがしばしば生じ、一部耕作不能になったところもあった。

近年では、昭和36年の伊那谷災害において各所で地すべり活動が活発となり、地盤の沈下、地すべり性崩壊が発生し居住不能に陥り、移転を余儀なくされた人家も出ている。昭和57・58年連年の台風豪雨においても、人家・道路面・擁壁等の傾動、クラックの発生、地すべり末端部での崩壊などが確認されており、活発な地すべり活動を裏付けている(写真-3)。



写真-3 入谷地区地すべり端部に発生した地すべり性崩壊

図-3 伊那谷の地すべり-地すべり活動の記録

一方、此田地すべり地は遠山川流域小嵐川右岸、下伊那郡南信濃村此田地先に位置する。地すべり区域は、南北方向最大幅約1,200m、水平距離約800m、標高差約300m、面積は88haにも及んでい

る(写真-4)。地すべり地の末端には、当地区の交通動脈国道152号線が走るほか、下流部には南信濃村の中心地・和田地区の集落がある。

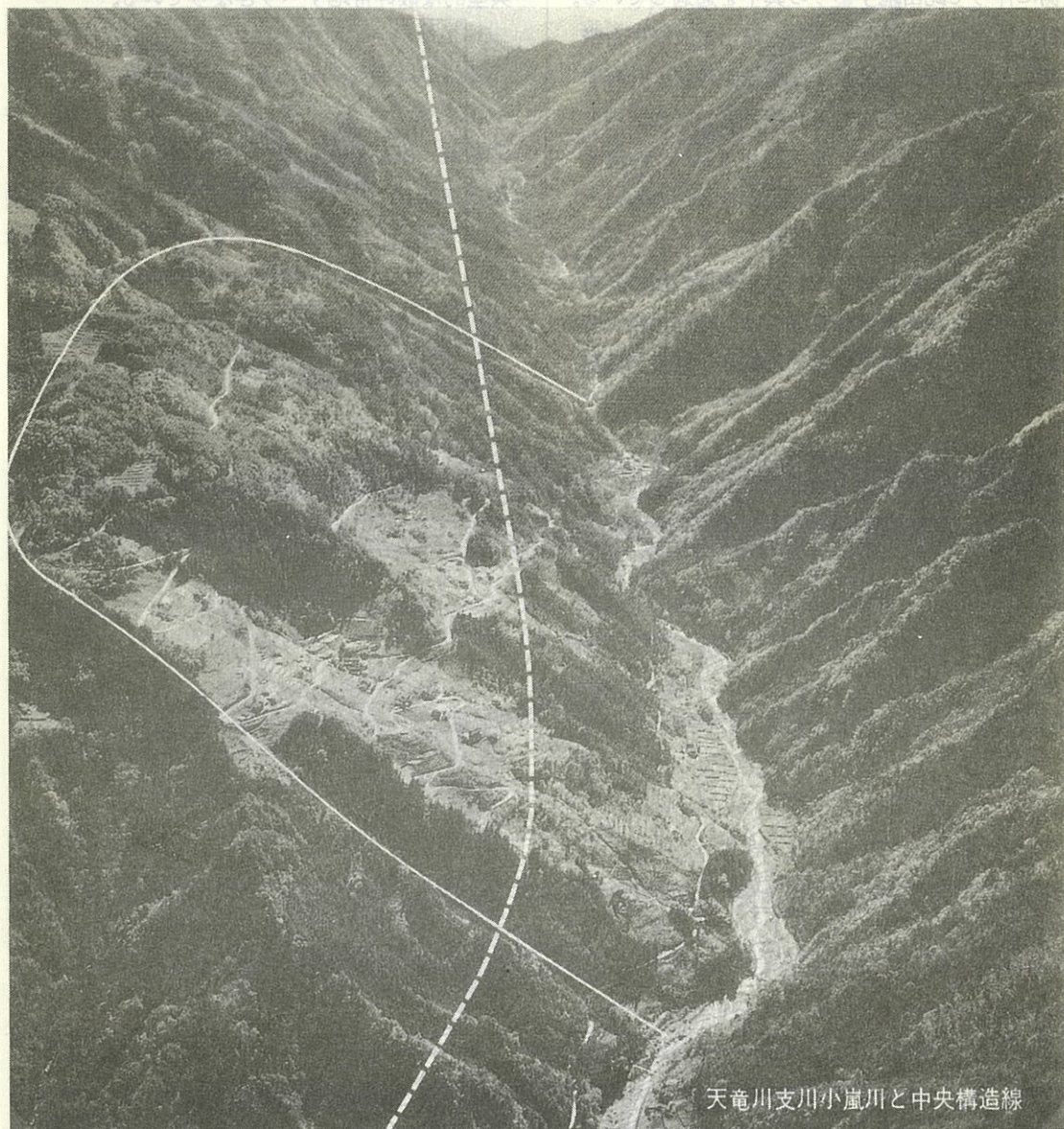


写真-4 北より此田地区をのぞむ

図紙地りへて図紙田此 1-1図

三重県の地質概略

三重大学教育学部

地学教室教授 小倉 義雄
同 助 教 授 本 田 裕

I はじめに

本州のほぼ中央部に位置する三重県の地質は日本列島西部を横断する大断層、中央構造線を境として大きく異なり、古生代から新生代までの多様な岩石から構成される。また地質は地形と密接な関連をもつ。したがって本論では最初に地形について、次の地質の概略を述べる。また最後に地下資源についても触れる。

II 地 形

三重県の地形は伊勢市付近をほぼ東西に走る中央構造線を境にその南北で大きく異なる。北部では山地は南北に走り、伊勢湾西岸の平野部や上野盆地などの低地がその周辺に広がっている。河川は木曾川、長良川、揖斐川などの他県に源を有するものを除いて、県内をその主流域とする河川はその流路も短く、上流谷も短い。海岸線は一般に出入りが少なく砂浜海岸が卓越している。

一方南部の山地は県境の山脈を除いて東西に走る。従って河谷もこれに近い流路を示す。また南部は平坦地が少なく、海岸部まで山地がせまり海崖が形成されている。海岸線は屈曲して変化に富み、島嶼が存在する。

III 地 質

三重県の地質は地形と同様に中央構造線を境としてその南北で大きく異なる。すなわち中央構造線の北側の西南日本内帯には丹波帯（美濃帯）の一部、領家帯、瀬戸内中新統、湖成層、火山岩類などが分布する。南側の西南日本外帯には三波川

帯、秩父帯、四万十帯および熊野酸性岩が分布する。以下、内帯と外帯に分けて三重県の地質について述べる。第1図に三重県の地質構造の概略を、第2図に近畿地方の先新第三紀の地質構造区分を示す。また第1表に本論で述べる地層の地質年代を示す。

1. 西南日本内帯

A. 丹波帯（美濃帯）

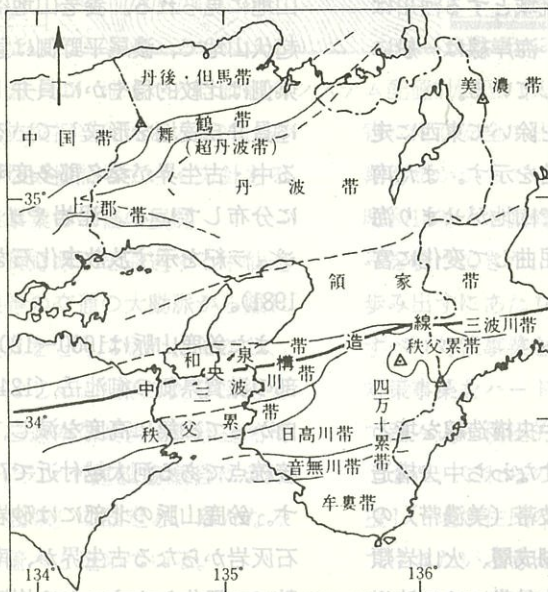
領家帯の北側の美濃帯はおもに三疊紀からジュラ紀の砂岩・チャートからなる。1970年代頃までの美濃—丹波帯は古生代石炭紀からペルム紀を示すと考えられて来たが、近年のコノドントや放散虫微化石の研究の結果、ほとんどが中生代三疊紀からジュラ紀を示し、ジュラ紀の付加体と考えられている。丹波帯の一部は三重・岐阜県境の養老山地に見られる。養老山地は標高600—800mの小起伏山地で、濃尾平野側は急斜面であるが、三重県側は比較的穏やかに員弁川の河谷に下り、山稜に員弁丘陵地を形成している。養老層群とよばれる中・古生界が桑名郡多度町や員弁郡北勢町などに分布している。泥岩やチャートからなり中期ジュラ紀を示す放散虫化石を産する（川口・柴田、1981）。

また鈴鹿山脈は1000—1200mの標高を有し、北部の滋賀県側の御池岳（1241m）を最高に、南に向かって次第に高度を減じ、南側の布引山脈との接続点である河太越付近で700m程度の標高を示す。鈴鹿山脈の北部には砂岩、頁岩、チャート、石灰岩からなる古生界が、南部には花崗岩類が優勢で、風化しやすいため崩壊地が各所で見られる。

第1図. 三重県地質構造図 (寒川ほか, 1983にもとづき作成).



第2図. 近畿地方の先新第三紀地質構造区分 (中沢・清水, 1987).



第1表 三重県の地史

年 代 (百万年前)	地 質 時 代	西南日本内帯	西南日本外帯
2	第四紀	※ 鮮	
10	新 世	菟芸層群	
20	中 新 世	室生火山岩 一志層群	瀬野酸性岩 熊野層群
30	漸 新 世		
40	第 三 紀		
50	白 垩 紀		
60	白 垩 紀		※0.01 完新世 更新世
70	中 生 代	和泉層群 領家変成岩 新期領家花崗岩 古期領家花崗岩	四 三 結 万 波 晶 十 川 片 果 岩 層 群
90	白 垩 紀		
110	白 垩 紀		
130	白 垩 紀	秩 父 中 古 生 層 (美濃・丹波帯)	秩 父 中 古 生 層 (秩父帯)
150	白 垩 紀		
170	白 垩 紀		
190	白 垩 紀		
210	古 生 代	～三疊紀	

南部の主丘陵の東側には福王山、入道ヶ岳などの古生界からなる山体が残っている。これら美濃・丹波帯の各地に分布する石灰岩、ドロマイトは石灰石鉱山として稼行され、員弁郡藤原町藤原鉱山、鈴鹿市の鈴峯鉱山などがある。一方、員弁郡大安町の三重ドロマイトでは花崗岩の貫入によって接触変成を受けた珪灰石を採掘している。

B. 領家帯

領家帯は三重県中部に広がり、南は中央構造線をはさんで三波川帯と接する。おもに花崗岩、変成岩類、塩基性岩類からなり、伊勢市から、西に飯南郡飯南町にかけての中央構造線から北側に、上野市東方の西教山付近までの南北約40kmにわたる地域に見られる。

(1) 領家変成岩類

領家変成岩類はおもに青山高原地域に約15×15kmの範囲に分布する。源岩は砂岩と泥岩の互層であり、東西性の一般構造方向を有する。変成岩は角閃岩相に相当し、きん青石、ざくろ石、珪閃石などの変成鉱物が見られる。泥・砂質変成岩は斜長石、石英、カリ長石、黒雲母の鉱物組合せが多く白雲母をとともなうこともある。この領家変成岩類には片麻岩および変輝緑岩・変はんれい岩類の変塩基性岩類が含まれるが、領家変成作用は高温・低圧型とされる。

(2) 領家花崗岩類

三重県に分布する領家花崗岩類は領家変成作用にともなう古期花崗岩類、および変成作用後に貫入した新期花崗岩とに分けられる。絶対年代測定の結果によれば、古期花崗岩は約1億年前、新期花崗岩は8000—9000万年前に活動したとされている。

(3) 塩期性岩類

三重県内の領家帯には斑れい岩からなる塩期性岩類が北と南に2列の帯状配列をしている。北列は阿保一高峰などの岩体と南列の奥津岩体で、大きなもので2.5km、小さいもので100m位の幅で花崗岩中に取り込まれており、領家変成岩類とは直接接しない。かんらん石ノーライトや角閃石ノーライトからなる。一方、変輝緑岩も変成岩・花崗岩中の幅数mから数十mの岩脈、岩床としてみられ、飯南郡に分布する古期領家花崗岩の横野花崗閃緑岩にともなう。

(4) ミロナイト

中央構造線の内帯側では古期領家花崗岩が圧砕されミロナイト化している。飯南郡飯南町粥見地域では中央構造線の北側、4 kmから800 mの範囲で、石英粒が構造線に近づくにつれ細粒化し、800–100 mの範囲で急激に小さくなるとともに伸長する（伊藤、1978；端山ほか、1982）。

(5) 室生火山岩

内帯には新生代後期の火成岩類として中期中新世に活動した室生火山岩が奈良県から三重県一志郡美杉村にかけて分布する。斜長流紋岩質の熔結凝灰岩からなり、石英、斜長石の斑晶が多く、他に黒雲母、しそ輝石、まれにざくろ石、ジルコンなどが少し含まれる。垂直の柱状節理が発達し、しばしば高さ数十 m の切り立った崖を作る。

(6) 和泉層群

奈良県鷺家から伊勢市までの約60 kmにわたり中央構造線の内帯側に点在する（荒木・北村、1968）。三重県では粥見、朝柄、五桂池などに分布する。岩相は礫岩を主とし砂岩、頁岩からなる。最近、それらの一部は泉南相群相当の熔結凝灰岩であるとされ（大原、1989）、現在筆者らにより研究が進行中である。

(7) 瀬戸内中新統（一志層群）

新生代新第三期中新世初期から中期にかけて日本海がアジア大陸から分離し形成され始めた。そのころの三重県中部には現在の伊勢湾側に開口した最大水深200 m内外の、「古津湾」（Araki, 1960）が形成され、瀬戸内中新統（一志層群）の砂岩、頁岩が堆積した。その海は第一瀬戸内海ともよばれ、東は愛知県東部まで続き、西は岡山、広島県へと東西にのびて続いていた。一方東北地方も同様に多くの地域が海となり、現在の日本列島の大部分が海となる“大洪水時代”（天野、1985）もしくは多島海の時代が到来した。

清少納言ゆかりの名湯、榊原温泉、「紫峰閣」の3階大広間から望まれる貝石山は三重県の天然記念物である。その付近一体からは日本有数の大量

の貝化石を産し、当時の北海道南部以南の海が熱帯ないし亜熱帯であったとされる「熱帯海中気候事件」（土、1986）を指示する熱帯ないし亜熱帯性の貝化石をとまなう。外帯にはほぼ同時期の海成層として熊野層群が知られる。

(8) 奄芸層群

「古津湾」が消滅してから数百万年後、鮮新世から前期更新世にかけて、現在の伊勢湾をめぐる地域に東海湖とよばれる湖が生じた。湖底には砂、泥、礫、火山灰が堆積し、全体として東海層群（三重県では奄芸層群）とよばれている。タニシ、ドブガイなどの淡水貝やステゴドンゾウ、淡水一海生珪藻化石を産する。ゾウ化石は津市の三重県立博物館に常設展示されている。

2. 西南日本外帯

A. 三波川帯

三波川帯は愛知・岐阜県境から渥美半島を経て、伊勢湾、鳥羽、宮川流域から紀伊半島中央部に分布している。鳥羽湾口の島々、鳥羽地域、宮川流域にかけては三波川結晶片岩とよばれる碎屑性堆積岩、塩基性火成岩類、チャートなどを源岩とし、おもに泥質・砂質片岩、塩基性片岩、石英片岩などが広く露出する。三波川帯南縁部には御荷鉾緑色岩類が断続的に分布する。御荷鉾緑色岩類は塩基性・超塩基性の深成岩類、凝灰岩、塩基性の塊状熔岩あるいは枕状熔岩などからなる。

伊勢湾・鳥羽地域では南側に最大約2 kmの幅で御荷鉾緑色岩類が、北側には三波川結晶片岩がそれぞれ東西方向に分布する。三波川帯はジュラ紀の付加帯が白亜期後期に低温・高压型の変成作用を受けて形成されたものである。

伊勢志摩国立公園の最高峰の朝熊山（555 m）には蛇紋岩、ズンかんらん岩、単斜輝石かんらん岩、かんらん石斑れい岩がみられる。この超塩基性岩類は鳥羽市菅島周辺にみられ、角閃石岩、角閃石斑れい岩からなる。

B. 秩父帯

秩父帯は丹波一美濃帯と同じくジュラ紀の付加体で、西南日本外帯の三波川帯と秩父帯は、年代、岩相、地質構造上の類似性からみて、内帯の美濃一丹波帯と領家帯にそれぞれ対応するものである。すなわち本来、同一で連続していた付加体でありジュラ紀末に起こった横ずれ運動によって、南北に重複したものと考えられている。

秩父帯は志摩半島中央部から三重県西武、奈良県大台ヶ原山にかけて分布する。おもにチャート、砂、岩、泥岩からなり石灰岩をとまなう。美濃一丹波帯と同様にかつては古生層と考えられていたが、放散虫化石の検討結果、おもにジュラ紀であると考えられている。またジュラ紀以前の地層をオリストリスとして取り込んだオリストロームが存在することから、ジュラ紀以降の構造運動も考えられている。

C. 四万十帯

(1) 四万十累層群

三重県南部の志摩半島から尾鷲市にかけての海岸沿いの地域に四万十累層群（白亜系）が分布する。砂岩や泥岩からなり南勢町では三角貝やウニの化石（小島ほか、1979）を産する。

(2) 熊野酸性岩

尾鷲市から和歌山県東部の紀伊半島南東部の太平洋岸に北東一南西方向にのびた形で約20×60kmの範囲に分布し、南北2つの岩体からなる酸性の火成岩類で、熊野酸性岩とよばれる。この岩体は酸性マグマの巨大な熔岩湖が冷却、固結したもの（荒牧、1965）とされる。1420万年前の放射年代を示す（Shiba and Nozawa, 1967）。

IV 地下資源

1. 金属鉱床

三重県下の金属鉱床は現在全て閉・廃山している。

A. 紀州鉱山

かつて南牟婁郡紀宝町にあり約六百数十年前から昭和53年の閉山まで有名な銅鉱山であった。鉱床は熊野酸性岩の周辺に分布する厚い砂岩、泥岩の互層（熊野層群）および四万十累層群中に胚胎する。鉱石としては黄銅鉱、黄鉄鉱がおもで、閃亜鉛鉱、方鉛鉱、自然金などをともなう。脈石鉱物としては石英、緑泥石、絹雲母、方解石などがある。

B. 三谷鉱山

多気郡宮川村にある銅および硫化鉄鉱山であるが、現在は廃山となっている。三波川変成岩中の層状含銅硫化鉄鉱床（キースラーガー）ないし熱水性の鉱床で小規模である。鉱物組合せはキースラーガーが特有のもので黄鉄鉱が微細な粒塊をなし、少量の黄銅鉱粒を含む。脈石として石英を多少混じえる。

C. 丹生鉱山

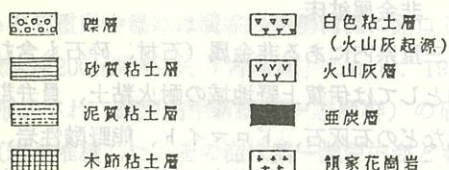
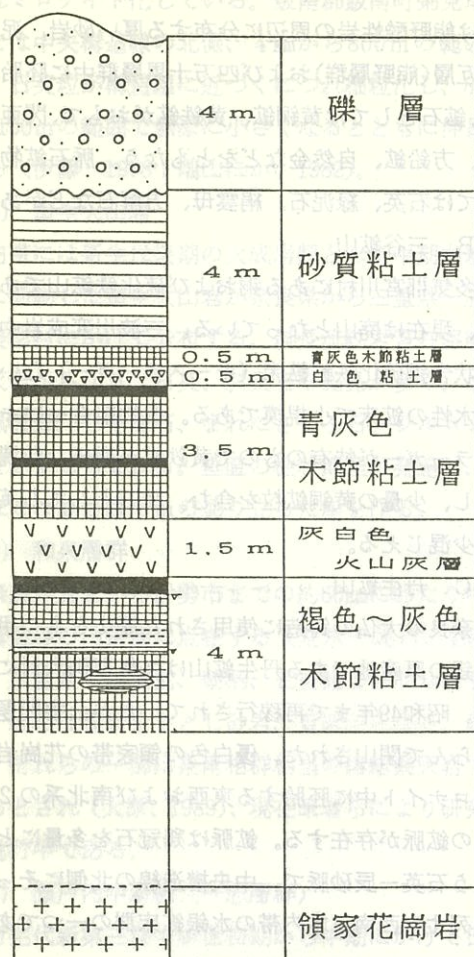
奈良の大仏の鑄造に使用された歴史をもつ伊勢水銀の原産地である丹生鉱山は多気郡勢和村にある。昭和49年まで再稼行されていたが公害問題もからんで閉山された。優白色の領家帯の花崗岩質ミロナイト中に胚胎する東西および南北系の2方向の鉱脈が存在する。鉱脈は鶏冠石を多量にとまなう石英一辰砂脈で、中央構造線の北側にそって配列する西南日本内帯の水銀鉱床群の一つである。

2. 非金属鉱床

三重県内にある非金属（石材、碎石も含む）鉱山としては伊賀上野地域の耐火粘土、員弁郡、鈴鹿などの石灰石、ドロマイト、熊野酸性岩、那智黒とよばれる黒色粘板岩の石材がある。また鳥羽市菅島、松坂などで三波川帯のかんらん岩の採石が行われている。

伊賀上野地域の耐火粘土鉱床として、峰陶土がある。第3図に示すように、新期領家花崗岩の基盤の凹所に堆積した粘土鉱床である。粘土鉱物としておもにカオリナイトからなり、ときに絹雲母やモンモリロナイトをとまなう。

第3図. 峰陶土の鉱床プロフィール (中原, 1989).



おわりに

限られた紙面のためにすべてを網羅して述べることは出来なかったが、三重県の地形、地質、地下資源について概観してきた。本論が西南日本内・外帯が凝縮した、三重県の地質について知るために少しでも、お役にたてば幸いである。また引用文献についてはいちいち明示しなかった部分も

多い。何卒、御容赦頂きたい。

文 献

天野一男 (1985) : 大洪水時代—西黒沢海進と海水準変動. 科学, 55(1), 42-46.

Araki, Y. (1960) : Geology, paleontology and sedimentary structures (including problematica) of the Tertiary formations developed in the environs of Tsu City, Mie Prefecture,

Japan. Bull. Lib. Arts Dept., Mie Univ., Special Vol., 1, 1-118.

荒木慶雄・北村治郎 (1968) : 紀伊半島中東部の中央構造帯. 三重大学教育学部研究紀要, (38), 63-72.

荒牧重雄 (1965) : 熊野酸性火成岩類の噴出様式. 地質雑, 71(842), 525-540.

端山好和・山田哲雄・伊藤誠・沓掛俊夫・政岡邦夫・宮川邦彦・望月康年・仲井豊・田結庄良昭・河原林育郎・津村善博 (1982) : 近畿地方東部の領家帯の地質—特に花鉱岩の岩体区分と相互関係. 地質雑, 88(6), 451-466.

Ichikawa, K. (1980) : (Geohistory of the Median Tectonic Line of Southwest Japan. Mem. Geol. Soc. Japan, (18), 187-212.

石坂恭一 (1969) : 近畿地方領家帯ジルコンのU-Pb年代について. 岩鉱, 63, 191-197.

川口一郎・柴田賢 (1981) : 養老山地のジュラ紀珪質泥岩—その年代について—日本地質学会第88年学術大会講演要旨, 153.

中原美保 (1989) : 伊賀上野・島ヶ原地域における粘土鉱物について. 三重大学教育学部地学教室卒論 (手記).

中沢圭二・清水大吉郎 (1987) : 地質構造区分.

日本の地質『近畿地方』編集委員会編, 日本の地質 6, 近畿地方, 3-5, 共立出版株式会社.

小島郁生・坂幸恭・松川正 樹・加瀬友喜・

田中啓策(1979):志摩半島白亜系の時代論.

国立科博専報,(12, 73-82.

大原聡(1989):三重県多気郡勢和村付近の
地質.三重大学教育学部地学教室卒論(手記).

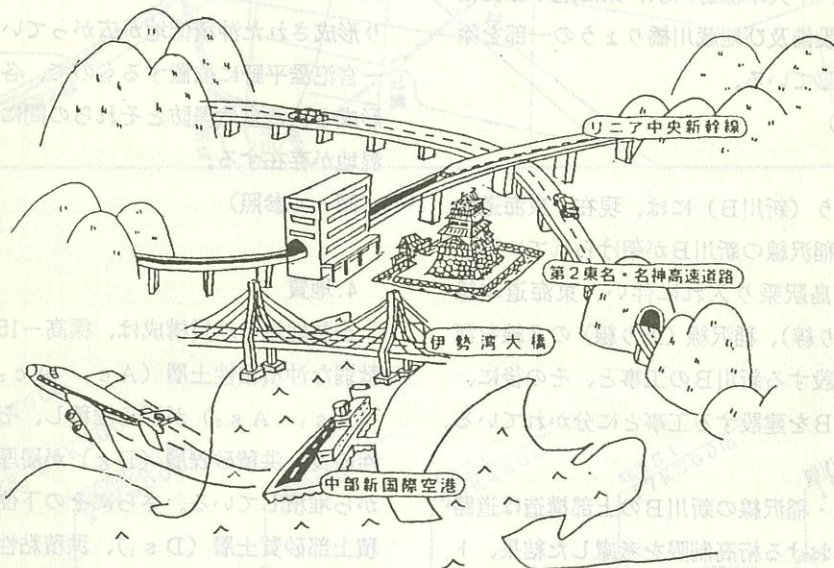
寒川旭・杉山隆一・衣笠善博(調査及び編
集)(1983):1:500,000活構造図.図幅第11

号 京都.地質調査所.

Shibata, K. and Nozawa, T., (1967): K-Ar
ages of granitic rocks from the Outer Zone of
Southwest Japan. Geochemical J., 1, 131-137.

土隆一,(1986):新第三紀のイベントとそ
の時間空間的ひろがり.海洋科学, 18(3),
132-135.

中部圏の 近未来プロジェクトを想う



新川橋りょうの下部工の選定

第3図 新川橋りょうの選定
Shibata, K. and Nozawa, T. (1987), "K-Ar ages of granitic rocks from the Outlet Zone of Southwest Japan," *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 51, 131-137.
三浦三美 (1986), "新川橋りょうの選定", 土木学会, 180(3), 132-135.

1. まえがき

瀬戸線は、中央線勝川駅を起点として、春日井市、名古屋市北部、清州町、新川町、さらに西枇杷島町を経て、東海道本線枇杷島駅に至る延長11.7kmの鉄道である。本路線は、名古屋都市圏の放射線状の鉄道網を短絡させ、愛知環状鉄道線、中央本線及び、東海道本線と共に環状鉄道網を形成し、名古屋周辺部の地方中核都市を結び、沿線の地域開発を促進すると共に通勤通学の足として、期待されている路線である。

工事は現在、中央本線勝川駅、東海道本線枇杷島駅への連絡設備及び地蔵川橋りょうの一部を除き、ほぼ完成している。

(図-1 参照)

2. 計画概要

新川橋りょう(新川B)には、現在、東海道本線の新川Bと稲沢線の新川Bが架けられている。瀬戸線の枇杷島駅乗り入れに伴い、東海道本線(上り線、下り線)、稲沢線(上り線)の3線を河川上流部に移設する新川Bの工事と、その後、瀬戸線の新川Bを建設する工事とに分かれている。

(図-2 参照)

東海道本線・稲沢線の新川Bの上部構造は道路部・河川部における桁高制限を考慮した結果、トラフガーター桁と上路式三径間連続H形鋼埋込桁を採用したものである。下部構造は、地質及び現東海道線(上り線)との近接施工を考慮した結果、橋脚及び橋台の基礎をスレンダーなものとし、基礎杭は、オールケーシング工法による場所打ち杭(ベント杭)を採用した。また、上部工の架設計

日本鉄道建設公団名古屋支社、土木部、橋梁課

石田 勝人

富田 能民

画は、トラフガーター桁にはトラッククレーン架設とし、上路式三径間連続H形鋼埋込桁には手延桁による押し出し工法を採用する計画である。

(図-3 参照)

瀬戸線の新川Bの上部構造は、PC桁を採用する計画である。下部構造も東海道本線・稲沢線の新川Bと同様な構造で計画している。

3. 地形

当該地域の地形は濃尾平野南東部に位置する広大な平坦地であり、木曽川、庄内川等の河川により形成された沖積低地が広がっている。本地域は一宮氾濫平野に位置するもので、各河川によって形成された自然堤防とそれらの間に発達する後背湿地が存在する。

(図-4 参照)

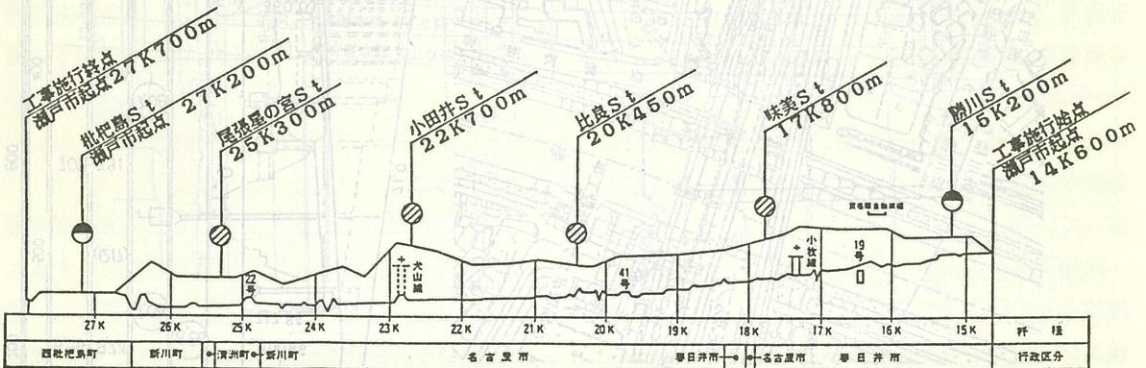
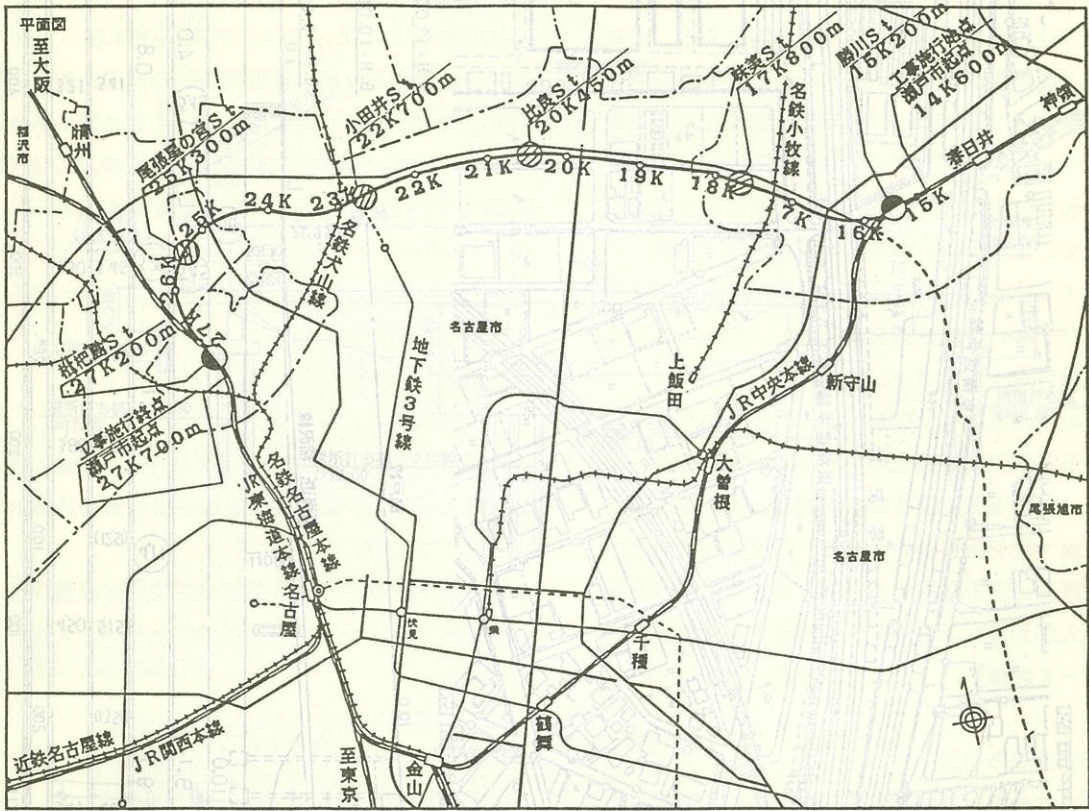
4. 地質

当該地域の地質構成は、標高-15m付近までは軟弱な沖積粘性土層(Ac₁、Ac₂)と砂質土層(As₁、As₂)が厚く堆積し、その下位に連続性の良い洪積砂礫層(Dg)が層厚を変化させながら堆積している。さらにその下位に部分的に洪積上部砂質土層(Ds₁)、洪積粘性土層(Dc)を挟み、洪積下部砂質土層(Ds₂)の熱田層が厚く堆積している。

地下水位は、標高0.43m~0.47mにあり、ほぼ新川の水位と一致している。

支持層は、洪積砂礫層(Dg)の鳥居松礫層と洪積下部砂質土層(Ds₂)の熱田層が考えられ、

図1 瀬戸戦概要図



新川橋りょうの下部工の選定

図2 新川橋りょうの下部工の選定

図2 新川橋りょう工事概要図

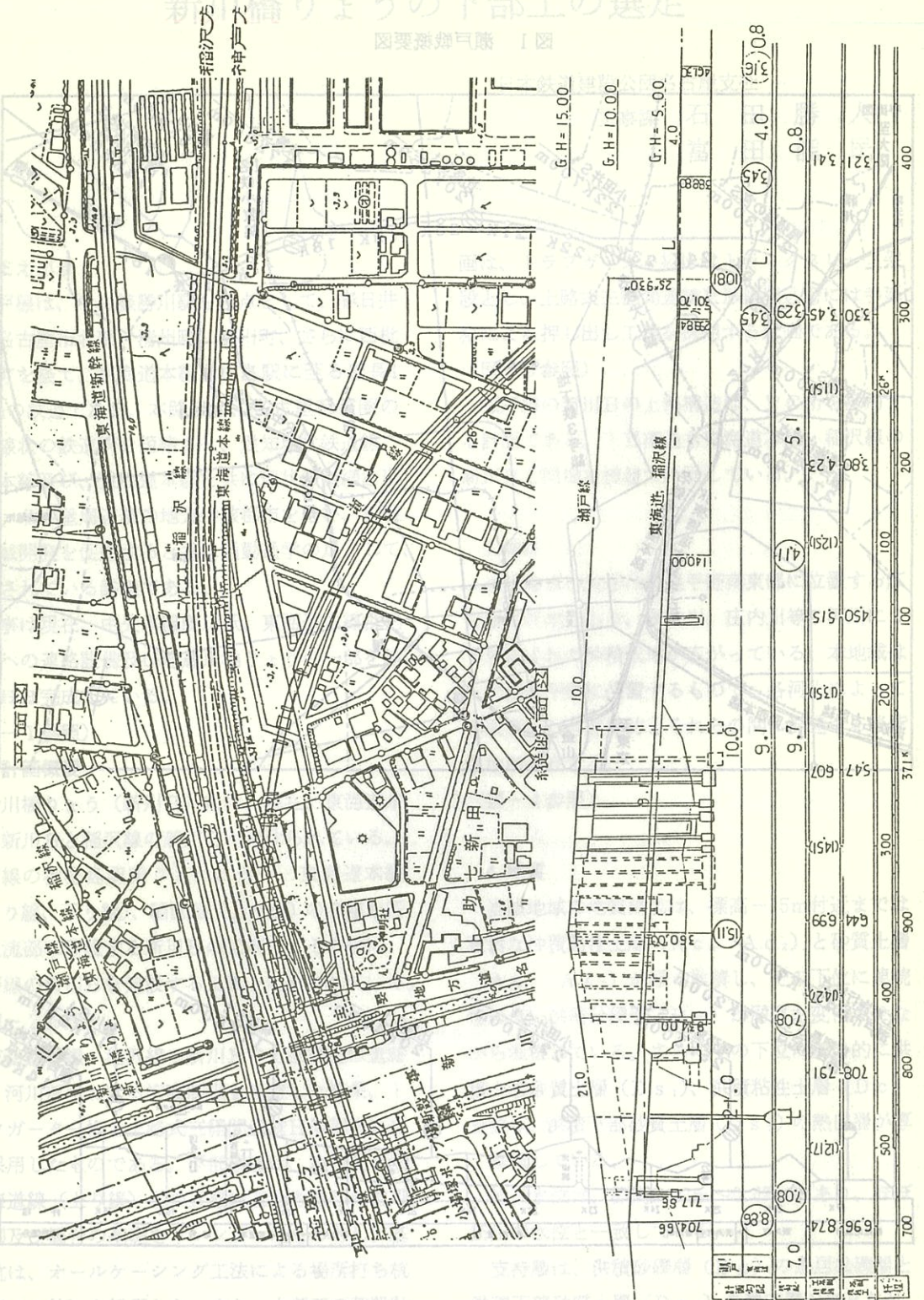
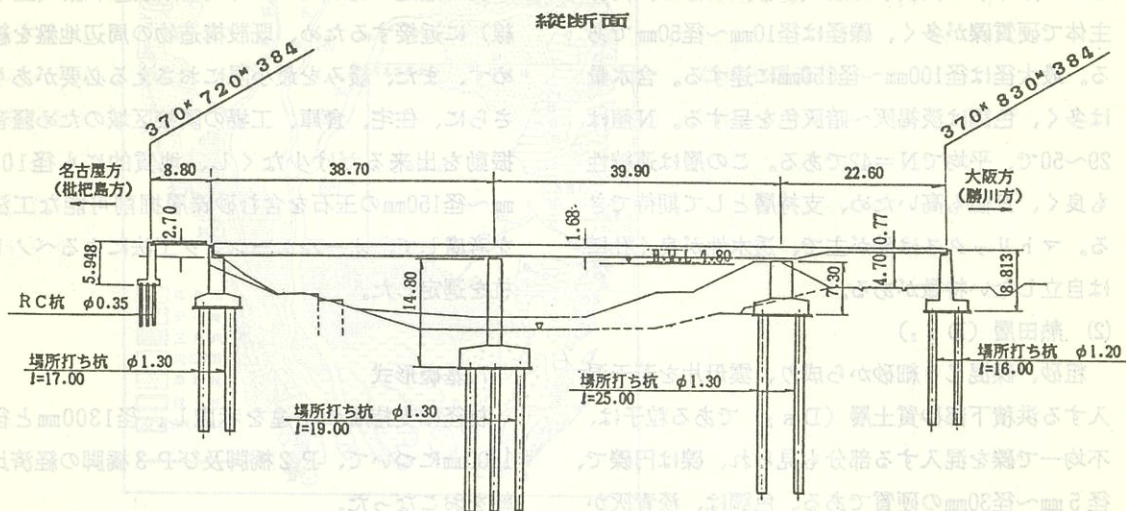
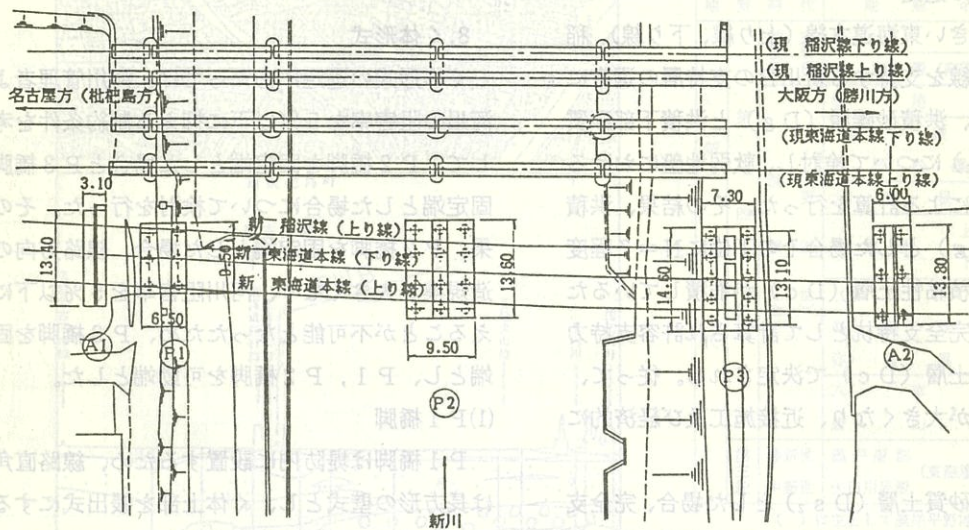


図4 地形概観図

図3 橋りょう全体一般図



平面図



特徴は次のとおりである。

(1) 鳥居松礫層 (D_g)

標高-15m以深に、3.8m～7.7mの層厚変化をもって分布する洪積砂礫層 (D_g) である。円礫主体で硬質礫が多く、礫径は径10mm～径50mmである。最大径は径100mm～径150mmに達する。含水量は多く、色調は淡褐灰～暗灰色を呈する。N値は29～50で、平均でN=42である。この層は連続性も良く、N値も高いため、支持層として期待できる。マトリックスは砂が主で、透水性が良く孔壁は自立しない特徴がある。

(2) 熱田層 (D_{s2})

粗砂、礫混じり細砂から成り、雲母片を若干混入する洪積下部砂質土層 (D_{s2}) である粒子は、不均一で礫を混入する部分も見られ、礫は円礫で、径5mm～径30mmの硬質である。色調は、淡青灰から緑灰又は灰色を呈する。最上部には、粘性土分の混入が見られ、N値がやや小さく成っている。

(図-5 参照)

5. 支持層の選定

荷重の大きい東海道本線 (上り線、下り線)、稲沢線上の3線を支持する新川Bの支持層の選定にあたっては、洪積砂礫層 (D_g) と洪積下部砂質土層 (D_{s2}) について検討し、軟弱地盤における応答変位法による計算を行った。その結果、洪積砂礫層 (D_g) とした場合その下位にN=7程度の軟弱な洪積粘性土層 (D_c) が堆積しているため、杭は不完全支持杭として計算され許容支持力は洪積粘性土層 (D_c) で決定される。従って、基礎の構造が大きくなり、近接施工及び経済的に劣っている。

洪積下部砂質土層 (D_{s2}) とした場合、完全支持杭として計算されることにより、基礎の構造規模及び杭応力とも小さく、満足する値となる。このため、近接施工及び経済的に優れていることから、洪積下部砂質土層 (D_{s2}) を支持層として選

定した。

6. 杭の選定

杭の選定にあたっては、現東海道本線 (上り線) に近接するため、既設構造物の周辺地盤を緩めず、また、緩みを最小限におさえる必要があり、さらに、住宅、倉庫、工場の隣接区域のため騒音振動を出来るだけ少なくし、地質的にも径100mm～径150mmの玉石を含む砂礫層掘削可能な工法を考慮して、オールケーシング工法によるベント杭を選定した。

7. 基礎形式

杭径は支持層の相違を考慮し、径1300mmと径1500mmについて、P2橋脚及びP3橋脚の経済比較をおこなった。

その結果、P2, P3橋脚の支持層は洪積下部砂質土層 (D_{s2}) とし、杭径は1300mmのベント杭を採用した。

(表-1 参照)

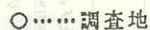
8. く体形式

く体形式の選定にあたっては、河川管理者より、河川の阻害率を5%以下に抑える制約条件を考慮して、P2橋脚を固定端とした場合とP3橋脚を固定端とした場合について検討を行った。その結果、P2橋脚を固定端とした場合、線路方向の構造規模が大きくなり、河川阻害率を5%以下に抑えることが不可能となったため、P3橋脚を固定端とし、P1, P2橋脚を可動端とした。

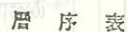
(1) P1橋脚

P1橋脚は堤防内に設置するため、線路直角幅は長方形の壁式とし、く体上部を張出式にすることにより、フーチング幅を抑えた構造とした。線路方向のく体幅は掛け違い橋脚のため、沓座縁端距離より必要寸法で決定した。

P 2 輕便式折鏡筒



WOMEN'S



() は主として濃尾平野地下に分布する。

表 1 下部構造比較表

橋脚	支承	支持層	φ 1 3 0 0	φ 1 5 0 0	φ 2 0 0 0	検討内容	評価
P 1	MOV	D g				支持層をDg(鳥居松礫層)とした場合、基礎工に対する作用力、小さいので、必要最小本数で決定される。	○
P 2	FIX	D s 2				現実の構造規模(φ1500mm及びφ2000mm)で、支持層をDs(熱田層)とした場合、安定計算、杭応力許容値をオーバーする。近接施工上、河川阻害率に問題ある。	×
	MOV	D g				現実の構造規模(φ1300mm及びφ1500mm)で、支持層をDg(鳥居松礫層)とした場合、安定計算、杭応力許容値を満足するが、線路直交方向のフーチングが大きくなるので、近接施工上問題である。	×
		D s 2				現実の構造規模(φ1300mm及びφ1500mm)で、支持層をDs(熱田層)とした場合、安定計算、杭応力許容値を満足し、近接施工上、経済性に優れている。	○
		D g				現実の構造規模で支持層をDg(鳥居松礫層)とした場合、杭本数は増加し、経済性に問題ある。	×
P 3	FIX	D s 2				現実の構造規模(φ1300mm及びφ1500mm)で、支持層をDs(熱田層)とした場合、杭本数は少なく、近接施工上、経済性に優れている。	○

(2) P 2 橋脚

P 2 橋脚は近接施工上、フーチング幅を出来るだけ小さくし、く体荷重の軽減を図るため、張出式とし、形状は、河川内に設置するため、線路直角方向は丸みを付けた小判型とし、梁部もHWL時、水に浸されるため、丸みを設けた形状とした。

(3) P 3 橋脚

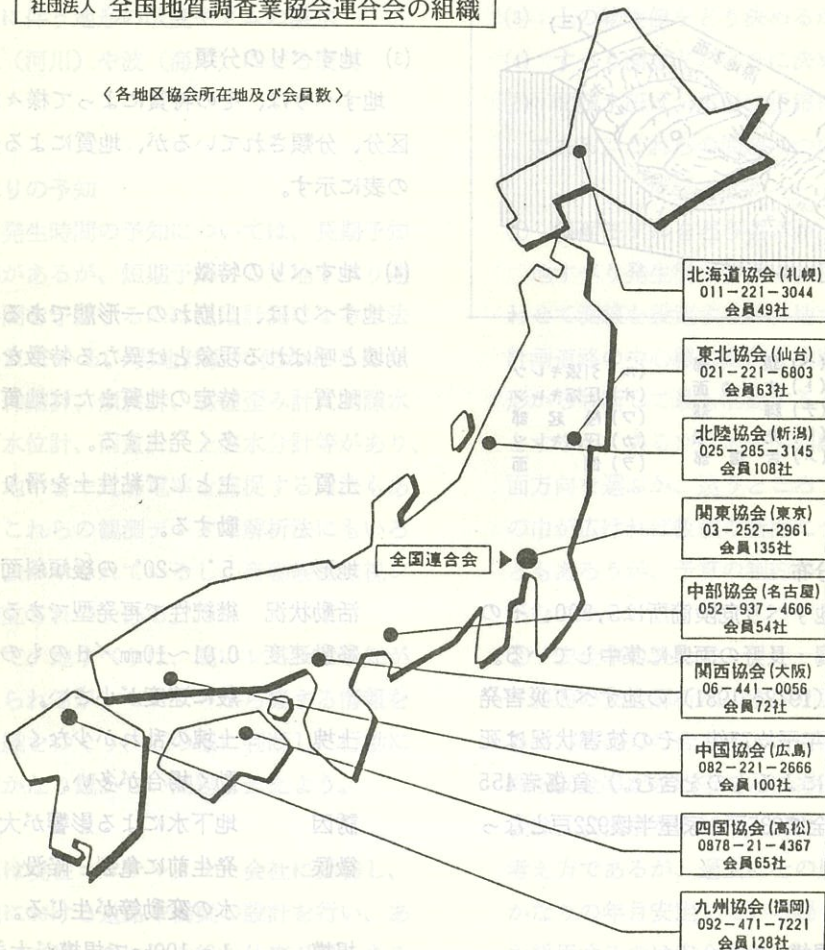
P 3 橋脚は固定端となるため、く体に生ずる応力度が大きいので、基礎規模を大きくしないよう中空壁として、く体の慣性力の軽減に努めた。

9. あとがき

今回、報告した新川Bの下部工の基礎選定にあたっては、支持層として考えられる洪積砂礫層(Dg)の鳥居松礫層と洪積下部砂質土層(Ds)の熱田層に対し、施工上、東海道上り線との近接施工及び隣接する住宅等にたいする環境対策を考慮した結果、経済性、施工性、環境対策上及び地質特性に適した基礎構造の選択を行ったものである。

社団法人 全国地質調査業協会連合会の組織

〈各地区協会所在地及び会員数〉



地すべり雑感

昭和59年

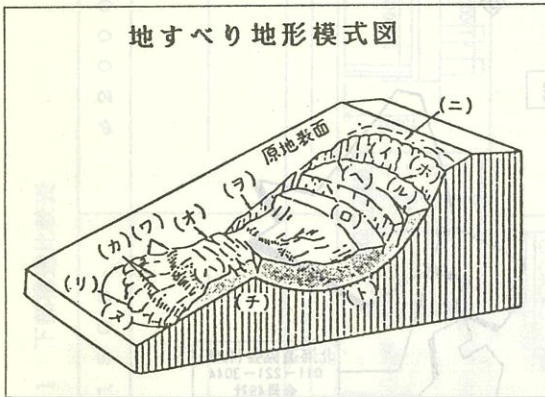
芳賀 幸雄

平成元年10月6, 7日、長野市地附山の地すべり災害地(昭和60年7月26日発生)に於て技術研修会が開催された。地附山の地すべりの復旧はほとんど完成し、現在動態観測を続けており、また地すべりに関する情報も数多く報告されているので、こゝでは一般論として私の所感を述べさせて頂く。

建設省が地すべり対策工事で実施した100箇所の調査に基づくところによると、その規模の平均値は次の通りである。

面積	7.3ha (危険区域35.5ha)
巾	180m
形状	馬蹄型50%、沢型18%
地表面勾配	16.3° (範囲10° ~ 25°)
滑り面の深さ	18.5m (35m以上13%)
滑り面の勾配	15.8°

地すべり地形模式図



(イ) 滑 落 崖	(ヘ) 頭 部	(ル) 引張キレツ
(ロ) 2次滑落崖	(ト) すべり 面	(オ) 圧縮キレツ
(ハ) 舌 部	(チ) 脚 部	(ワ) 隆 起 部
(ニ) 冠 頭	(リ) 先 端	(カ) 圧縮キレツ
(ホ) 頂 天	(ヌ) 舌 端 部	(ラ) 側 面

(3) 地すべりの分類

地すべりは、その特質によって様々な観点から区分、分類されているが、地質による分類を次頁の表に示す。

(4) 地すべりの特徴

地すべりは、山崩れの一形態であるが、一般に崩壊と呼ばれる現象とは異なる特徴をもっている。

地質 特定の地質または地質構造の所に多く発生する。

土質 主として粘性土を滑り面として活動する。

地形 5° ~ 20° の緩傾斜面に起る。

活動状況 継続性で再発型である。

移動速度 0.01~10mm/d のものが多く、一般に速度が小さい。

土塊 土塊の乱れが少なく、原形のまゝ動く場合が多い。

誘因 地下水による影響が大きい。

徴候 発生前に亀裂、陥没、隆起、地下水の変動等が生じる。

規模 1~100haで規模が大きい。

(1) 地すべりの分布

日本に於ける地すべり危険箇所は5,800、そのうちの半数が新潟・長野の両県に集中している。また最近10年間(1972~1981)の地すべり災害発生件数は767件で年平均77件、その被害状況は死者999人(土石流によるものを含む。)負傷者455人(全上)、家屋全壊235戸、家屋半壊922戸となっている。

(2) 地すべりの規模

地 質	移動物質構成	運動形態	運動様式	発達史
第三紀層地すべり	岩盤地すべり	土塊型地すべり	円弧型地すべり(slip)	幼年期地すべり
破碎帯地すべり	風化岩地すべり	崩壊型地すべり	平面型地すべり(side)	青年期地 //
温泉地すべり	崩積土地すべり	粘稠型地すべり	匍行型地すべり(creep)	壮年期地 //
	粘質土地すべり	流動型地すべり		老年期地 //

(5) 地すべりの要因

地すべりは特殊な地質構造の地域や、過去に発生した履歴のある地域の再活動として多発するケースが多いが、一般的な要因を列举すると、

1. 長期間の降雨及び融雪水
2. 地震や火山活動による振動
3. 地質の劣化
4. 土工に伴う地形の改変やダムの湛水
5. 流水(河川)や波(海岸)による侵食等である。

(6) 地すべりの予知

地すべり発生時間の予知については、長期予知と短期予知があるが、短期予知として地すべり運動の発生時間を予測するには現地計測による方法が広く行われている。現地計測に使われるセンサーには、伸縮計、傾斜計、各種歪み計、間隙水圧計、地下水位計、雨量計、土壌水分計等があり、最近には、地中音や比誘電率を捕捉する方法もある。また、これらの観測データの解析法にもいろいろの方法が示されているし、自動観測監視システムも確立されつつある。

したがって、地すべりは、高いレベルで予知が可能と考えられるが、センサーから集まる情報をどの様な組織をつくり、どの様に判断して行動に移すかは、かなり難しい問題と云えよう。

さて、私は現在コンサルタント会社に勤務し、地すべり地における道路や橋梁の設計を行い、あるひは地すべり防止工に取り組む仕事が屢々ある。

このような場合に設計に必要な情報や資料が十分得られないことが多い。

以下に述べる事項は、設計業務に入るまでに決めなければならない問題点である。

- (1) 採用する斜面モデルをどう選ぶか。
- (2) 地すべり前と地すべり後の安全率をどう決めるか。
- (3) 土の物性値をどう決めるか。
- (4) すべり面をどのように決めるか。
- (5) 間隙水圧は、本当に正確に測定可能か。等である。これらの問題について私見を述べる。

① 斜面モデルをどう選ぶか。

地すべり発生後の斜面は、移動方向に極力合わせて測線を設定するが、地すべり発生前は、計画道路の中心線に直角な横断面とするか、地形から判断して最も活動すると予測される方向とするか、あるひは地表面勾配の最も急な横断面方向を選ぶか、迷うところである。危険箇所の中が広ければ数個の断面について検討することもあろうが、予算の制約があるときその選択がむづかしい。

② 安全率の決め方

斜面の安定解析は、すべり面に沿って発生するせん断応力の合力と、その面の抵抗力との比、即ち安全率を求めることにある。地すべり発生後は、安全率を0.95～1.00にとるのが一般的な考え方であるが、過去にその履歴があっても、かなりの年月安定している場合には、前期の値を採用するのは安全過ぎる。要するに安全率は

経過時間の関数となる。同様に、目標安全率をいくつにするかの問題も1.10～1.20に設定することが多い。目的とする構造物の重要度によって決めることであろうが、対策工費に大きく影響を与えるので慎重に決める必要がある。

③ 土の物性値をどう決めるか

前項の安定解析に於て問題になるのは、土質定数の値である。既に地すべりが発生したところでは、すべり層厚から粘着力Cを決めて後、すべり面の摩擦角 ϕ を計算する。しかし、私共設計を担当する者が、例えば地すべり危険地帯で切土を行う場合に、すべり面の位置や形状を仮定しなければならない。通常解析手法が簡単な円弧すべりを用い、いくつかの断面で $C=0$ と仮定したときの ϕ と、 $\phi=0$ と仮定したときのCを求め、 $C-\phi$ 関係図を描いて、与えられた安全率に対する最も適合したCと ϕ を決める方法を用いている。この方法によると、土のせん断強さが

$$\tau = C + (\sigma - \mu) \tan \phi$$

で示される様に、間隙水圧 μ の影響が入ったり入らなかったりして実情に合わない問題がある。

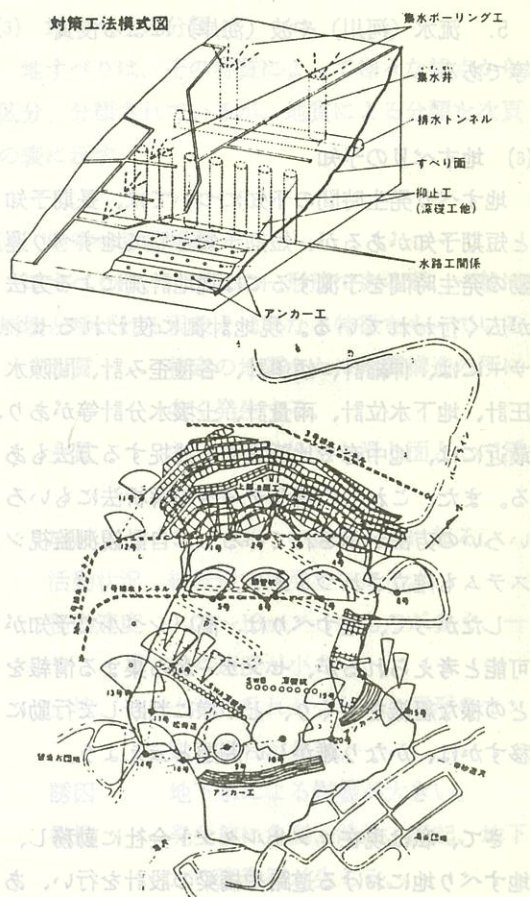
④ すべり面をどう決めるか

ボーリング調査や土質試験により地層の状態や土質データが把握されているときは、すべり面の位置や形状をある程度しぼり込むことができる。そうでない場合には、現地形や切土又は盛土の計画線をもて経験的にきめるのであるが、想定するすべり面の形状にも円弧、直線、折線等が考えられ、円弧すべり一つとっても円弧の中心をいくつか替えて計算しなければならないので、その計算ケースはかなりの量となる。幸い、地すべり安定解析の電算プログラムが数多く開発されたので、計算時間はかなり短縮できるようになったが、インプットする地質情報が十分与えられていないのが現状である。

⑤ 間隙水圧は正確に測定できるか

斜面の安定解析には全応力法と有効応力法の二つの方法があって、ケースによって使い分けられているが、何れにしても地下水と間隙水圧の挙動は、安定解析上重要な因子である。地下水位は一般にボーリング孔を利用して観測されるが、この孔内水位と間隙水圧計を取りつけた観測井（地すべり前には設置されないことが多い。）の水圧計の読みから知る水位とは屢々一致しないことが多いと聞いている。抑止工を計画し設計するとき、地下水位即ち間隙水圧の影響が大きいと、正確な情報を得たいと思う。

以上、設計にたずさわる側からみた地すべりについて所感を述べたが、大方の御批判を頂ければ有難い。



地附山地すべり対策工法平面図

参考文献（順不同）

- 1) 建設省、農水省、林野庁資料 昭和55年
- 2) 藤田、板：地すべり実態統計（そのⅢ）土木研究所資料第1204号 昭和57年
- 3) 小出：日本の地すべり 東洋経済新報社 1956年
- 4) 安藤：地すべりの分類と地域特性について、地すべりVol.11 No.1 1974年
- 5) 渡、酒井：地すべり地の概査と調査の考え方、土木研究所資料第1003号 1975年
- 6) 建設省河川局砂防部：地すべり危険箇所調査集計表 1981年
- 7) 建設産業調査会：防災ハンドブック 昭和58年

賛助会員名簿

会 社 名	代 表 者	住 所	電 話 番 号	郵便番号
旭ダイヤモンド工業(株) 名古屋支店	高 瀬 満 雄	名古屋市中区錦1-19-32 広小路ビル8階	(052) 代)211-5476	460
(株) カノボーリング 名古屋支店	斉 藤 義 彰	名古屋市緑区大高町字丸の内73-1	(052) 621-7059	459
(株) 神 谷 製 作 所	神 谷 清 平	埼玉県新座市馬場2-6-5	(0484) 81-3337	352
澤村地下工機(株)	澤 村 忠 宏	名古屋市東区新出来1-9-22	(052) 代)935-5516	461
田 辺 産 業 (株)	田 辺 誠	名古屋市守山区小幡小六30-3	(052) 代)793-5161	463
名古屋ケース(株)	伊 藤 正 夫	名古屋市熱田区桜田町5-5	(052) 代)881-4020	456
(株) マ ス ダ 商 店	増 田 幸 衛	広島市西区東観音町4-21	(0822) 31-4842	733
松 下 鋳 産 (株)	松 下 通	名古屋市昭和区車田町1-38	(052) 代)741-1321	466

土岐市駄知町旭ヶ丘斜面崩壊調査

富士開発株式会社

調査部長 百瀬 泰明

主任技師 内園 立男

1. まえがき

平成元年9月19日深夜～20日早朝にかけて熊野灘から遠州灘を東北東への太平洋岸を北上した台風22号は、内陸山間部の美濃三河高原に大量の降雨をもたらした。この降雨により土岐市では、家屋の全壊が1、半壊が2、床上浸水が257世帯の災害が生じ災害救助法が適用された。この報告ではこれらの災害の中で斜面崩壊により、家屋全壊が1で死者1人を出すなどの大きな災害となった駄知町旭ヶ丘の斜面崩壊の調査を9月24日に実施したので、崩壊機構について若干の考察を加え報告するものである。

2. 降雨概要

崩壊発生前の降雨概要は、図-2.1に示す通りである。それによる崩壊発生前の5日前にも124mm/dと多量の降雨があり、崩壊当日は148mm/dの異常降雨が記録されている。

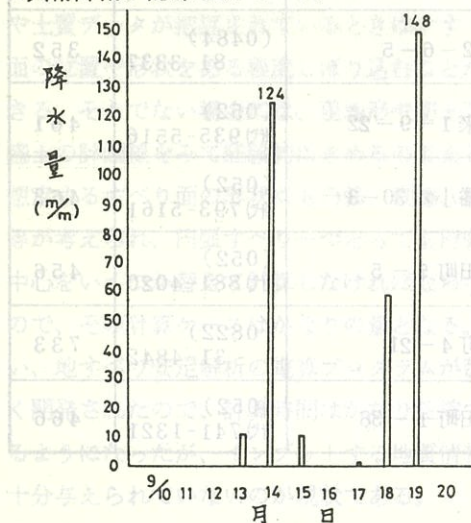


図-2.1 土岐市降水量図(土岐市消防署調べ)

3. 地形、地質概要

3-2) 地形概要

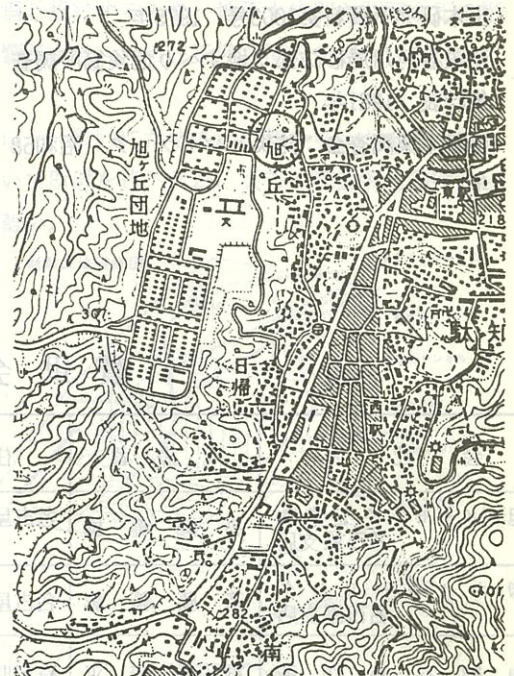


図-3.1 災害地附近の地形図 (1/25,000)

崩壊地は、図-3.1に示すように、駄知市街地より西方へ約0.4km付近に位置する。付近の地形は、標高300m程度の“東濃丘陵”と呼称される。定高性の丘陵地が発達し、その丘陵地に小盆地が点在し低地を形成している。災害地はその駄知盆地の東側に面した斜面で次のような地形的な特徴を持つ。

- ・ 駄知盆地は、概ね南北の軸を持つ長方形の盆地で、東、西側に斜面を形成する。
- ・ 西側斜面は、頂部に人工造成により形成さ

れた旭ヶ丘団地が在り、東側の緩く傾く斜面である。

- ・ 崩壊斜面は、旧斜面の開析谷に相当し、斜面頂部は旭ヶ丘団地の造成時に盛土された形跡を残している。比高は概ね20m程度である。
- ・ 開析谷であり集水斜面にも成っている。

3-2) 地質概要

域内の地質は、基盤に第三紀中新世の瑞浪層群が分布し、それを不整合で覆いながら第三紀鮮新世～第四紀更新世初期にかけて堆積したとする土岐口陶土層、土岐砂レキ層が、斜面の裾部には第四紀更新世の段丘堆積物も分布する。旭ヶ丘付近の開析谷には造成時の盛土層も点在する。災害地の斜面を構成する地質は、土岐砂レキ層、盛土層より成る。

◎ 土岐砂レキ層 (Tg) ……全体に粘土を混る砂レキで、粘土をノジュール若しくは、薄層のレンズ状で挟在する所も見られる。レキはφ5～50mm程度の円レキを主体とし、φ100～200mm程度の大レキも点在する。基質は細粒分を多量に含む花崗岩質砂が主体を成す。レキ質はチャートが主で、砂岩、ホルンフェルスなども伴う。固結度は低くハンマーにて容易に碎ける程で、上位の盛土層との区別も

明瞭でない。この地層若しくは盛土層が移動層になっているが、崩壊末端部では含水した泥流状を呈する。これは、この地層が、吸水すると軟泥化し流動し易い基質より成ることを示す。

◎ 盛土層(B)……旭ヶ丘団地から斜面下部への開析谷を埋めるように分布し、土岐砂レキ層を供給源とする粘土混り砂レキより成る盛土である。これは旭ヶ丘団地造成時の産物と考える。

4. 崩壊規模

崩壊地の崩壊規模は次のようである。

- ① 滑落崖の高さ：5.0～7.0m程度
- ② 土砂流送距離：70～100m程度
- ③ 幅：10～15m程度

5. 崩壊機構について

崩壊地の概査結果から崩壊機構について検討を加えて見る。崩壊概念図を下図に示す。

5-1) 素因・誘因について

崩壊地は地形的に

- ・ 斜面は、地表水の集まり易い集水斜面で、頂部は造成地から成る平坦面である。

旭ヶ丘団地

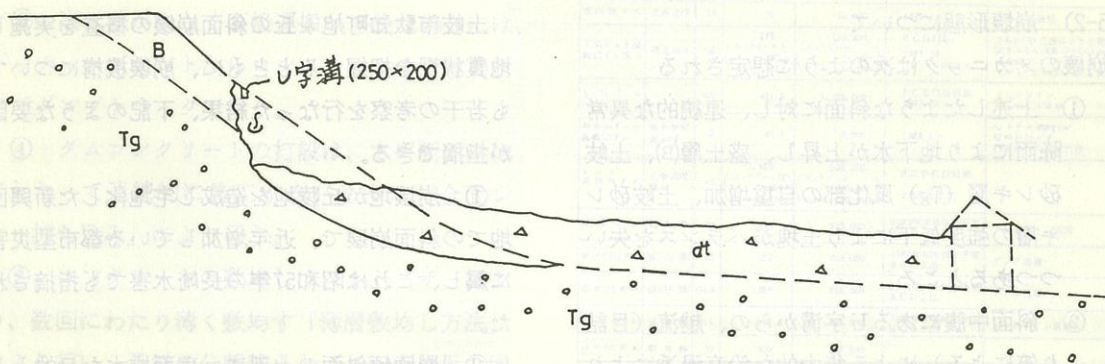


図-5.1 崩壊概念模式図

- ・ 斜面高は15～20m程度でその傾斜は25°～30°程度の急傾斜を成す。

地質構成は

- ・ 斜面全体を土岐レキ層(Tg)が構成し、谷底部では、現地性の盛土層(B)が埋める。
- ・ 土岐砂レキ層の表面は風化域も存在するものと思われる。
- ・ 上記の土岐砂レキ層と盛土層、土岐砂レキ層の新鮮部と風化部の境界が地質的な不連続面を成す。

環境条件として

- ・ 斜面上部に、切盛の境界に相当するものと考えられる位置に表面排水用のU字溝が、斜面を横断する格好で布設されている。

上記のような素因を持つ斜面に、異常降雨の誘因が加わり崩壊が発生したものと基本的には考えるが、次に、何故同じような地形を呈し、地質構成を持つ駄知盆地の斜面で、崩壊地だけが生じたのだらうという疑問に対しては、次の点が強調されよう。

- ① 斜面上部に、造成時の盛土層(B)が分布すること。
- ② 盛土層と地山との境界付近を、斜面を横断するようにU字溝が布設されており、これが線若しくは点的な集中浸透を励起させる要因を成していたこと。

5-2) 崩壊形態について

崩壊のメカニクは次のように想定される

- ① 上述したような斜面に対し、連続的な異常降雨により地下水が上昇し、盛土層(B)、土岐砂レキ層(Tg)風化部の自重増加、土岐砂レキ層の強度低下により土塊がバランスを失いつつあるところ。
- ② 斜面中腹にあるU字溝からの、越流(目詰り等による)による集中的な鉛直浸透により潜在的な崩壊面が形成され、崩壊面へと発達

し崩壊が生じたものと推察される。

- ③ 崩壊形態としては、崩壊機構、崩壊土砂の移動形態から推察するには土砂の表層滑落型崩壊に相当するものと考える。

6. 今後の対策について

上記のような崩壊機構は、概査による推測の域を出ないが今後、対策工を含めた詳細な調査が望まれ、それに基づく対策工の検討が必要となるがここでは参考までに挙げる。

○ 対策工について

- ① 滑落崖の保護
詳細な安定検討の上決定するべきであるが、雨水作用を受けないようにする構造物によるのり面保護工が考えられ、吹付工、張工、枠工等が挙げられる。

② 排水路の整備

表面排水路の整備

○ 調査について

- ① 崩壊状況の実測
測量による崩壊状況の実測
- ② 地質調査
崩壊機構の詳細解明、対策工の検討資料としての機械ボーリング、土質試験等が挙げられる。

7. あとがき

土岐市駄知町旭ヶ丘の斜面崩壊の概査を実施し、地質状況を把握するとともに、崩壊機構についても若干の考察を行なった結果、下記のような要因が指摘できる。

- ① 崩壊地が丘陵地を造成し宅地化した新興団地での斜面崩壊で、近年増加している都市型災害に属し、これは昭和57年の長崎水害でも指摘された。

- ② 崩壊傾斜面の上部に、表面排水を目的としたU字溝が、盛土層と地山の境界を横断する格好

で、分布することも見逃せない。

⑦ 毎年、この時期になると至る所で、このような大小の斜面崩壊が発生し、物的、人的に大きな被害を与えており、その度、被災地の調査が行なわれ数々の要因が指摘され、崩壊の予知、予測の基礎資料とされている。その意味でも、この報告が一助になれば幸いであると思っている。

最後に、被災地の皆様の日も早い復旧を願って止まない。

RCD (Roller Compacted Dam)

工法について

ダム工におけるRCD工法の概要

RCD工法が従来の工法と特に異なる点は、コンクリートの運搬と打設をダンプトラック、ブルドーザー及び振動ローラー等の汎用機械によって合理化したことであり、この合理的な施工方法のためコンクリートを超硬練り低セメント量とし、打設を全面レーヤとしたことである。基本期なRCD工法による施工方法は次のとおりである。

① バッチャープラントからコンクリート打ち込みまでの、上下方向のコンクリート運搬は、一般に固定ケーブルクレーン、インクライン等を用いる。

② コンクリートの打設場所までの水平コンクリート運搬は、一般にダンプトラック、ベルトコンベア等を用いる。

③ 高低差が少なく直接運搬が可能な場合には、バッチャープラントからコンクリートの打設場所までダンプトラックで行う。

④ ダムコンクリートの打設は、水平断面全体にわたって連続的に施工するいわゆる「全面レーヤ打ち込み」により行う。

⑤ コンクリートの敷均しはブルドーザーにより、数回にわたり薄く敷均す「薄層敷均し方法」により行い、骨材の分離防止とブル転圧効果の増大をはかる。

⑥ 堤体の収縮継目のうち横継目は、コンクリート打設作業の効率を高めるため、コンクリートを敷均した後、または、ローラによる転圧直後まだ締固めない状態で振動目地切機によって切断するという方法により施工される。

⑦ 堤体の縦継目は、一般に儲けない。

⑧ コンクリートの締固めは、フィルダム材料の締固めに使用されるものと同様な自走式の振動ローラにより行われる。

⑨ リフトの高さは、コンクリートの水和熱の放散及び振動ローラの締固め効果等を考慮して70cm程度を標準としている。

⑩ パイプクーリングによる温度規制を行わない。温度規制が必要であればプレクーリングを行うか、打設間隔、打設リフト高、養生等を併せて行うか検討する。

⑪ グリーンカットは、モーターシーパー等の自走式機械を用いて行う。これにより施工性を高める。

ダムサイトの地形、地質、ダム規模等により多少の差があるが、上述の方法によって行う。

日本におけるRCD工法による施工の現況は下表のとおりである。

表 日本におけるRCD工法による施工ダム

ダム名	所 属	堤高 (m)	堤頂長 (m)	堤体積 (m ³)	打 設 工 期 or 本 体 工 期	備 考
島地川ダム	中国地鎮	90	240	300,000	1978.9 ～1980.8	固定ケーブルクレーン Gmax 80 m
大川ダム	北陸地鎮	20	370 (マツト部 75 m)	350,000	1979.7 ～1980.7	ダンプ運搬 マツト部
新中野ダム	北海道庁	16	50	13,000	1979	延勢工基礎部
五田ダムと長 崎川ダム等	東北地鎮	20	273 (コンクリート部 82 フィル 191)	120,300 (コンクリート部 21,300 フィル 99,000)	RCD打設 1981.10 ～1982.4	うちRCD工法による上流部 切替(6,000 m ³)のほか 上流部プラント基礎コン クリート(2,300 m ³)でも実施
生川ダム	〃	100	431.5	1,305,000	RCD打設開始 1983.10～	インクライン Gmax 150 m
阿木川ダムと 長崎川ダム	水資源開発 公社	12	40.4	3,000	1983.4～	C+F=80kg/m ³ 粉砕使用せず 打設日なし連続打設
大井川ダム	北海道庁 開発局	40	1,480 (コンクリート部 910 フィル 570)	560,000 (コンクリート部 360,000 フィル 200,000)	RCD打設開始 1984.6予定	
品野ダム	福島県	69	239	212,000	1983年本体免状予定 RCD工法	インクライン運搬
朝日小川ダム	富山県	89	252	350,000	1983年本体免状予定 RCD工法	ダンプ運搬
白木川ダム	山形県	54.5	367	311,000	1984年本体免状予定 RCD工法	ダンプ運搬
鳴川ダム	富山県	115	297.5	626,000	1984年本体免状予定 RCD工法	インクライン運搬
越中川ダム	群馬県	70	300	380,000		

中 登代司

司代登

1. まえがき (1)

1. 地質概要と施工断面

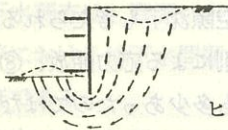
本地域は標高 0 m～2 mで、河川により涵養さ

☒-1

2. 沈下、ひび割れ発生原因の推定

① 掘削底面のヒービング

軟弱粘土層を掘削した際に、両面の土の重さが円弧すべり破壊を生じたための圧力または、被圧された地下水圧により掘削底面がふくれ上がり、背面地盤が沈下する現象が生じる。



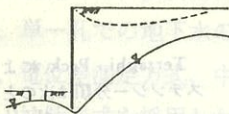
ヒービング現象

② 掘削時の応力開放、ゆるみなどに伴う側方地盤の変形



③ 掘削時の排水による地下水位低下に伴う周辺地盤の沈下

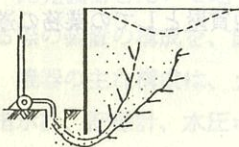
排水に伴い周辺地下水位が低下し、低下地下水面以上の地層内の間隙水圧が減少し、圧密による沈下が生じる。



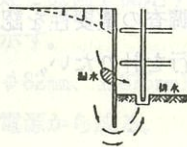
地下水位低下による圧密沈下

④ 施工時の排水に伴う「水みち」による空隙、沈下

飽和砂質土における排水作業にあたって、水だけでなく砂粒子も同時に排出し始めると、生じた空隙が掘削側からしだいに矢板背面側に広がり「水みち」を生じることになる。この水みちを通じて砂粒子がさらに運ばれるので、矢板背面に陥没が生じる。



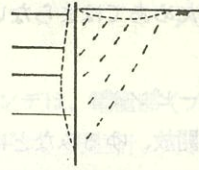
(a) 水みち



(b) 土砂の流出

⑤ 土留壁の変形による周辺地盤の沈下

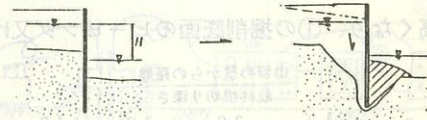
膨張その他による土圧変化に伴う土留壁の変形により、背面地盤の沈下が生じる。



土留め壁の変形による周辺地盤の変位

⑥ ボイリング現象による周辺地盤の沈下

地下水位の高い砂質土地盤において、遮水性の土留壁を用いて掘削工事を行う場合、土留壁内外の水頭差により地盤内に浸透圧が作用し、掘削背面側の地盤から掘削底面に向かって浸透流が発生する。この浸透流により掘削底面の砂粒子が躍動し、地盤の破壊が起こり背後地盤の沈下が発生する。



⑦ 土留め壁の引抜きによる地盤の変位

埋戻し後に矢板などの土留め壁を引抜くことにより生じた地盤内の空隙に、土が周り込むために、周辺地盤が沈下する。

⑧ 施工機械の振動による沈下

矢板や杭の打込み機械の振動により、ゆるい砂質土、特に地下水位が高く飽和しているような場合には容易に締め固められ、それが原因で沈下を起こすことがある。

3. 発生原因

①～⑧に述べた要因について土質条件、現場施工状況を考慮すれば、⑤の土留壁の変形による周辺地盤の沈下は、土留工計算上考えられず、⑥の

ボーリング現象による周辺地盤の沈下、土留方法は親杭横矢板工法で遮水性がよくなる条件が不足する。⑦の土留壁引き抜きによる地盤の変位について親杭は、埋殺しのためあてはまらない。残る原因を上げれば

- ① 掘削底面のヒービング
 - ② 掘削時の応力開放、ゆるみなどに伴う側方地盤の変形
 - ③ 掘削等の排水による地下水位低下に伴う周辺地盤の沈下
 - ④ 施工時の排水に伴う水みちによる空隙
 - ⑧ 施工機械の振動による沈下
- となる。

また、現場は水位が高く、GL-1.52mに地下水位が存在するため、施工時において釜場排水により地下水位を掘削底面まで下げている。このため自然水位との水位差は3.5m程度となり地下水压が高くなり、①の掘削底面のヒービング又は③

の地下水位低下による圧密沈下が起こったと考えられる。

親杭横矢板方式の土留めは止水性が充分でないため、横矢板の隙間からの漏水、掘削底面が粒子均一な細砂であることから、釜場排水による砂の排出があったと推測でき、④の施工時の排水に伴う「水みち」による空隙沈下も考えられる。また、②横矢板設置前の掘削による応力開放、⑧施工機械の振動による沈下も多少あったのではないかと推測できる。

当初設計においては、地質調査資料に基づき掘削底面までは、粘性土（砂質シルト、シルト質粘土）であり、透水係数が小さく排水、または漏水が起こらないと判断され親杭横矢板工法の選定となったのであろうが、施工ににおいては、以外に透水性がよく、地下水の漏水、排水があり、①、②、③、④、⑧の原因が複合し、周辺地盤のひび割れ、沈下に至ったと考えられよう。

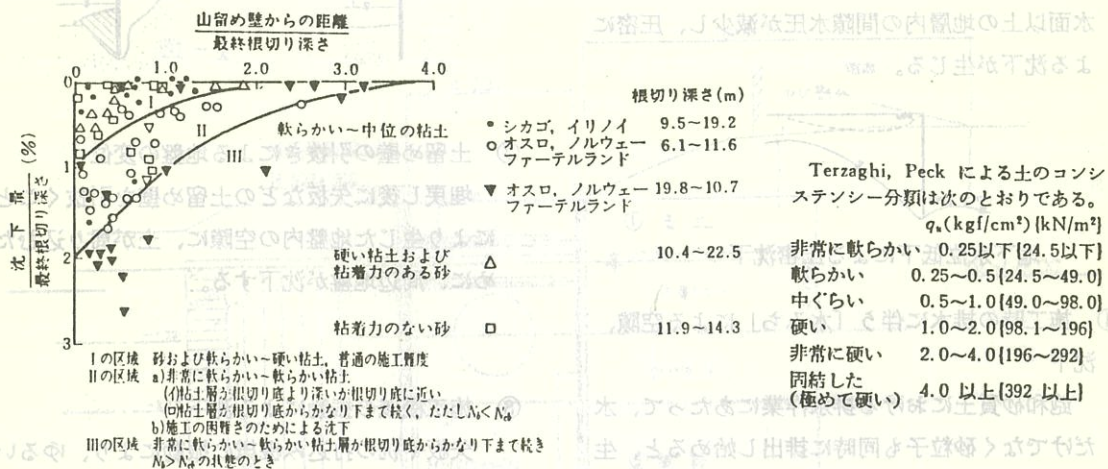


図-2 Peckによる地表面沈下量の整理結果¹⁰⁾

あとがき

このような背後地盤のひび割れ及び沈下は、軟弱地盤の施工においてよく発生する事例であり、Peckによっても、図-2、地表面沈下量の整理結果として報告されているが、今回は背後地が住宅という事で問題となり補償問題へと進展してしま

う事となる。調査を行ってあるにもかかわらず、地盤状態を把握できず施工方法の選定を誤り、このような結果となっている事は悔まれるが、地質調査の重要性を認識し、地質屋としての業務の遂行を計りたい。

地下水の流速と流向を計る

大成基礎設計株式会社

大久保 忠 繁

1. はじめに

地下水調査は、資源、水収支、環境保全、建設工事等における地下水問題を解明するために重要な調査である。

この内でも、地下水の流速と流向の測定は、地すべりの問題、温泉源探査、水文・水収支問題、河川や貯水池の漏水問題を解明するための、重要な調査項目の一つとして上げられる。

従来、地下水の流速と流向測定方法には、地表から探査する方法、孔内で測定する方法に区分されて、精度、経済性、手軽さなどから見て、決定的に良い方法はなかったと思われる。一般的な方法としては、トレーサー法が上げられるが、この方法でも費用と労力が多大で実施にあたって、多くの制約があった。

このため、最近では、経済的かつ合理的な測定方法として、単一孔での地下水の流速・流向測定方法として、電位差測定方式、中性子計数方式、および放熱・拡散方式を採用したものが相次いで開発されてきている。

本報告は、当社が開発した電位差測定方式について、計器の原理、特徴、実施例を紹介し、今後の地下水調査に活用する際の参考に供するものである。

2. 電位差測定方式（流速流向計L型）の装置と測定手順

1) 装置と構造

開発機器を用いて地下水の流速と流向を測定する際の装置の構成を、図-1に示す。

機器の主な構成は、ゾンデ（φ82mm、L675mm）、指示計、記録計、水圧ポンプ、電源から成る。

測定ゾンデは、電極部（プローブ）、水圧ピストン型スリーブ、方位計、それを地上の計測器類に結ぶキャプタイヤコード（φ14.7mm、16芯）と水圧ホース（φ6mm）で構成される。また、ゾンデの直上部にゴムパッカーをとりつけてある。

電極部の上断面には、中心と周囲12方向にステンレス製の電極針が配置され、中心との間隔距離は、 $\Delta X=1.5\text{cm}$ である。この部分には、試験溶液（地下水と蒸留水の混合液）を封入するためのスペースがあり、周囲（直径5.8cm）は、メッシュで保護される。さらに試験溶液を封入する時、φ2mmのガラスビーズ球を充填する。

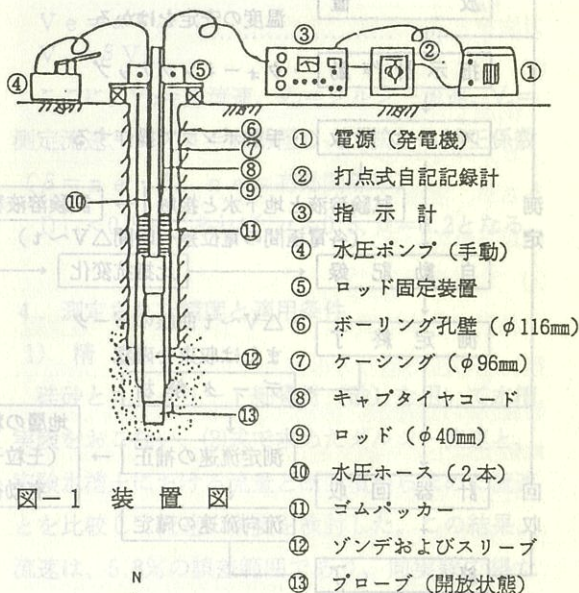


図-1 装置図

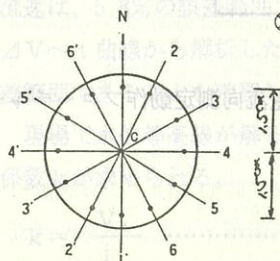


図-2 プローブ内電極の配置

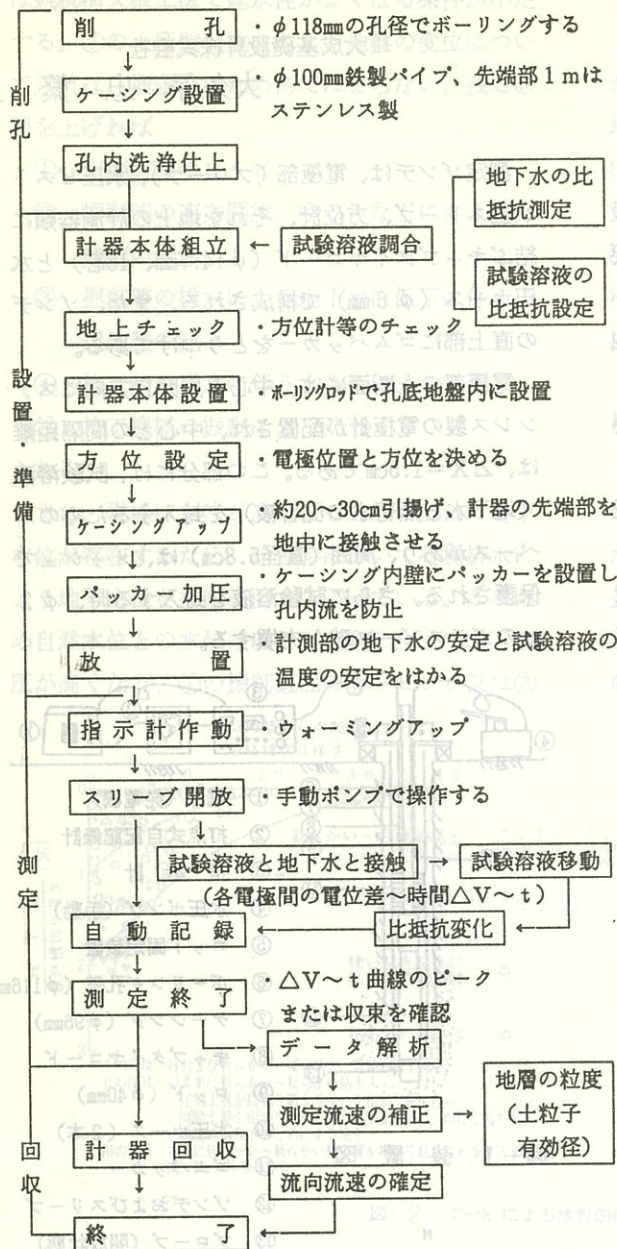


図-3 地下水の流速流向測定動作フローチャート

2) 測定手順

- 事前調査により、地下水の存在を確認する。
- 測定箇所に通常の土質調査用ボーリングで、試験孔 ($\phi 116\text{mm}$) を削孔する。
- ボーリング孔底より $\phi 100\text{mm}$ のケーシングパイプを挿入し、パイプ内および孔底地盤を清水で洗浄する。
- 電極部内に試験溶液と $\phi 5\text{mm}$ のガラスビーズ球を封入し、コードの接続、計器類の点検などの準備をおこなう。
- ゾンデを孔底に設置し、地下水の乱れや水頭の変動がなくなり、試験溶液が近水温となるまで放置する。
- 孔内水位が地下水と一致しない場合は、ゴムパッカーをケーシング内に設置し、測定箇所の水頭を一定にする。
- 水圧ポンプより、スリーブを押上げ、電極部を開放し、計測を開始する。

図-3は、測定動作フローチャートを示したものである。

3. 測定原理

1) 原理

開発計器の測定原理は、トレーサー法を応用したものである。地下水流をもつ地盤中に比抵抗の異なる溶液を限定された領域内に設置すると、時間とともに地下水によって置換し、その領域内の水抵抗が変化する。その過程を固定された電極で測定し、その抵抗差を電圧に変換させて、自記録計により電位差～時間 ($\Delta V \sim t$) 曲線と、ゾンデ内に内蔵されている方位計により、流速と流向を解析する。

図-4は、流向に平行に配置された電極の $\Delta V \sim t$ 曲線と、電極部内の地下水の置換過程を説明した図である。

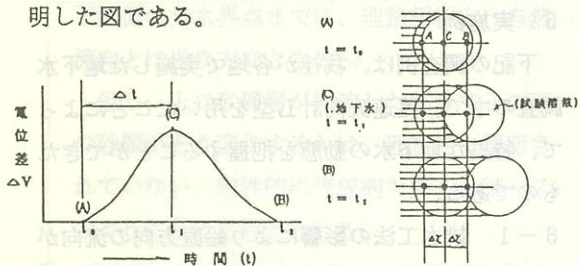


図-4 電極部内の地下水流と $\Delta V \sim t$ 曲線

$\Delta V \sim t$ 曲線における(A)点と曲線ピーク(C)点までの時間は、地下水流が電極Aから電極Cまで流れるに要した時間であって、電極部内の流速は、次式で求められる。

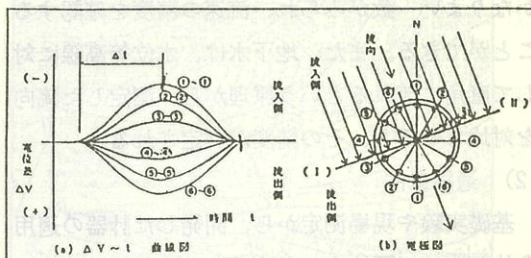
$$V_0 = \frac{\Delta X}{\Delta t (\Delta X = 1.5 \text{ cm})} \quad (1)$$

実際に記録計に打点される $\Delta V \sim t$ 曲線は、6列の電極についてであって、流向に対して直角の方向にある電極の $\Delta V \sim t$ 曲線は、時間軸に沿って記録され、流向に平行に並ぶ電極の $\Delta V \sim t$ 曲線は、ピーク幅が最大となる。この原理により流向を決める。

2) 真流速とダルシー流速

計器で測定した流速 V_0 は、地盤内を流れる地下水の流速と値を異にする。この違いは、電極部内

に充填した $\phi 2 \text{ mm}$ のガラスビーズ球の透水係数と、地盤の透水係数の違いによるもので、測定流速 V_0 を透水係数で補正しなければ、地盤を流れる地下水の正しい流速は求められない。



図、理想的な実施 $\Delta r \sim t$ 曲線

地盤の透水係数を測定することには、困難な問題があるので、水槽実験によって、粒度加積曲線から得られる有効径 D_{10} と関係づけて補正係数 α 、 β を求めた。間隙中の流速を真流速 V_e 、ダルシー流速 (土中の平均断面流速) V_d と区別した。

$$\begin{aligned} V_e &= \alpha V_0 \\ V_d &= \beta V_0 \end{aligned} \quad (2)$$

ここに、 V_e = 真流速、 V_d = ダルシー流速、 V_0 = 測定流速、 α 、 β = 有効径 D_{10} で決まる補正係数 ($\beta = n e \cdot \alpha$ 、 $n e$ = 有効間隙率)

$D_{10} < 0.5 \text{ mm}$ であれば、 $\alpha \approx 0.5$ 、 $\beta = 0.2$ となる。

4. 測定された精度と適用条件

1) 精度

硅砂とコンクリート細骨材 (砂) を用いて水槽実験をおこない、(2)式で求めたダルシー流速と、実験水槽土における流量と断面積から求めた流速とを比較して流速の精度を検討した。この結果、流速は、5.8%の誤差範囲であり、同実験で得た $\Delta V \sim t$ 曲線から解析した流向は、 $\pm 4.8^\circ$ の誤差範囲であることを確認した。

現場で水位等高線が解ると、次式で地層の透水係数 k が求められる。

$$k = \frac{V_d}{i} \quad (3)$$

k = 地層の透水係数 (cm/s)、 V_d = 測定された流速 (cm/s)、 i = 水位等高線から求まる動水勾配。

これと別の方法で求めた透水係数と対比すると、かなりよい一致がみられ、流速の精度を確認することができる。また、地下水は、水位等高線に対して直角に流れるという原理から、測定した流向を対比させると、その精度が判定される。

2) 適用条件

基礎実験や現場測定から、開発した計器の適用条件について要約すると次のようになる。

(a) 井戸内での測定はできない。

井戸内の水の流れが、地層を流れる地下水の動態と全く異なることを、実験で確認した。これを理論的に検討した例もある²⁾。したがって、この計器は電極部内にあえて $\phi 2\text{mm}$ のガラスビーズ球を充填し、孔底の自然地盤内に設置して測定する方法をとったのは、このためである。

(b) 流速の範囲

測定できる流速の範囲は、 $1 \times 10^{-4} / \text{s}$ (8cm/d) $\sim 1 \times 10^{-2} \text{cm/s}$ (8m/d) が理想的であるが、実績としては、 $3\text{cm/d} \sim 20\text{m/d}$ まで測定されている。

(c) 地層条件

測定できる地質は、シルト質細砂から、最大粒径 10cm の玉石混りの砂礫まで可能である。ただし、岩盤内の亀裂流については、測定できない。また、地磁気以上の強磁気性の地層では、方位計が不能となり、この場合は定位ロッドを使用する。

(d) 地下水の水質条件

試験溶液は、地下水と蒸留水を混合したものであり、どんな水質地下水の場合でも適用できる。

5. 問題点と課題

電位差方式の流速・流向計 L 型は、土質調査における地下水の原位置試験器として、一定の完成度を持った計器として考えることができるが、こ

の計器が抱える問題点は、次のようなことがある。

- 1) 定位置で繰り返し測定ができないこと。
- 2) 任意の深さで連続的に適時測定ができないこと。
- 3) 地下水流の長期間の経時変化を測定することが難しいこと。
- 4) 岩盤の亀裂や割れ目を流れる地下水の流速・流向を、高い精度で測定できないこと。

これらの問題は、それぞれ次元の異なる問題であるが、単一孔で地下水の流速、流向を測定する計器として、将来、解決すべき問題であり、現在、研究の途中である。

6. 実施例

下記の調査例は、我が社が各地で実施した地下水調査の中で、流速流向計 L 型を用いたことによって、特異な地下水の動態を把握することができたものである。

6-1 排水工法の影響により鉛直方向の流向が異方性を示した例

- 1) 調査期間 — 昭和58年11月
- 2) 調査場所 — 東京都立川市
- 3) 調査目的 — 既設建物の地下水排水暗渠があり常時 $200\text{l/分} \sim 500\text{l/分}$ の流出量が排水されているので、地下水流の現状を把握し、地層の水理定数を求める調査。
- 4) 地質・地下水条件 — 調査地の地形は、武蔵野台地の青柳面に位置し、地層構成は図-4に示すとおりである。地下水位は $\text{GL} - 1.6\text{m}$ 付近であり、不圧地下水として存在している。
- 5) 測定結果 — 流速流向の測定結果は図-4に示す。砂礫層の流速 V_d は 160cm/d a y、流向は $\text{N}60^\circ \text{W}$ 、砂層の流速は、微流速で殆んど流れていない状態であったが流向は $\text{S}15^\circ \text{E}$ で砂礫層と 165° のずれを生じた。
- 6) 地下水動態上の特色

図-5は1970年に多摩川流域の地下水調査で作成された地下水位等高線図である。この図から得られる流向はS15°Eであり、実測した砂層の流向と一致している。本来、調査地の地下水流向は、台地から多摩川方向に流れているものと考えるのが妥当である。ところが礫層において実測した流向はN60°Wとほぼ反対方向に流れている。

これは図-6に示すように既設建物建築物の地下に設置された暗渠から地下水が常時200ℓ/分～500ℓ/分流出しており、その影響によりNo.3地点の流向が排水暗渠方向に向かってしていると判断された。排水箇所地点より下流側の分水界点までは、理論解析上、自然流向とは逆の方向となる。

但し、上の砂礫層が逆流した部分でその下の砂層がどう変化するかは、理論的に解明されていない。定性的に流線網を描くと図-7のようになると考えられる。

- 7) まとめ — 以上のように、流速流向計を用いることにより鉛直方向の流向異方性を確認することができた。

深 度 (m)	柱 状 図	地 質	測定 深度 (m)	流速 Vd cm/s	流 向
0.50		表土			
1.35		粘土質ローム			
2		玉石混り砂礫	-2.50	160	N60°W
3					
4					
5					
6		細砂			
7					
8			-7.80	36	S15°E
9					
10					

図-4 調査地の地質と流速流向測定結果

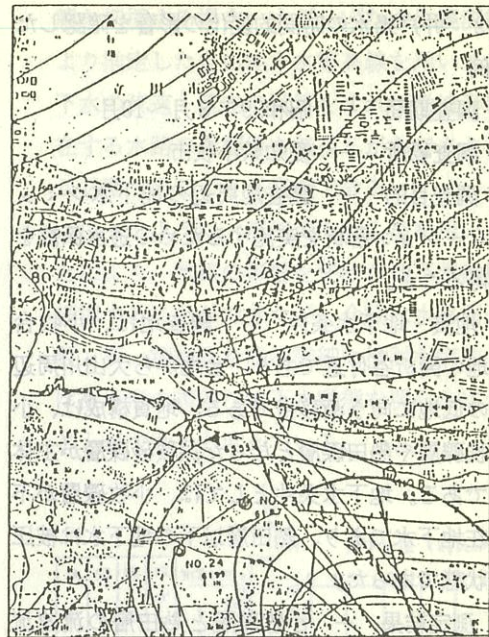


図-5 1970年の調査結果による流向（小松田資料）

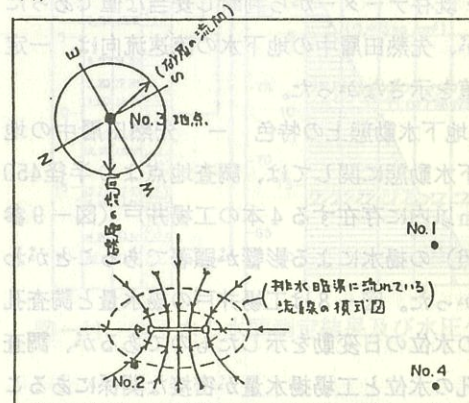


図-6 暗渠による流線と測定した流向の関係

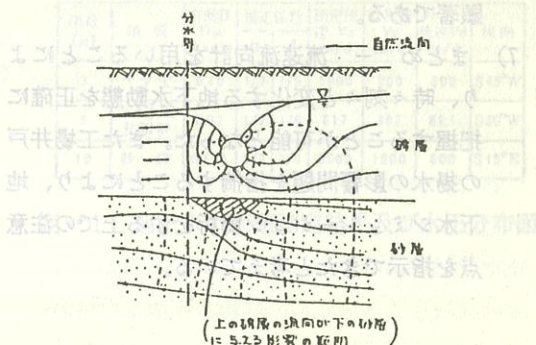


図-7 礫層と砂層の流線網概念図

6-2 井戸揚水の時間的変化の影響を確認した例

- 1) 調査期間 — 昭和59年8月～10月
- 2) 調査場所 — 愛知県小牧市
- 3) 調査目的 — 調査地周辺の地下水シミュレーション解析を実施するための透水係数を得ること。
- 4) 地質・地下水条件 — 調査地は、小牧台地の開析谷付近であり、台地から大山川周辺の低地に向う漸移帯である。地質構成は、小牧礫層や熱田礫層となった洪積砂礫層が主体である。地下水条件としては、小牧礫層が不在地下水であり、熱田層以下の地下水は被圧状態であった。
- 5) 測定結果 — 小牧礫層と熱田層の流速流向測定結果は図-10に示すように地形・地質・既存データから判断し妥当な値であったが、先熱田層中の地下水の流速流向は、一定値を示さなかった。
- 6) 地下水動態上の特色 — 先熱田層中の地下水動態に関しては、調査地点より半径450m以内に存在する4本の工場井戸（図-9参照）の揚水による影響が顕著であることがわかった。図-8は工場井戸の揚水量と調査孔の水位の日変動を示したものであるが、調査孔の水位と工場揚水量が密接な関係にあることがわかる。そして、特にNo.2井戸の影響が顕著である。
- 7) まとめ — 流速流向計を用いることにより、時々刻々と変化する地下水動態を正確に把握することが可能となった。また工場井戸の揚水の影響問題を指摘することにより、地下水シミュレーション解析をする上での注意点を指示できたと考えている。

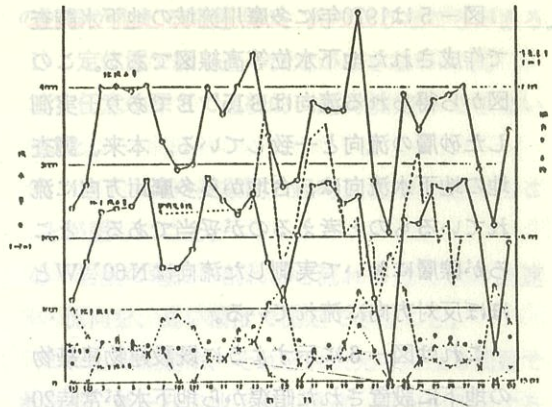


図-8 工場井戸の揚水量と調査孔の水位の日変動

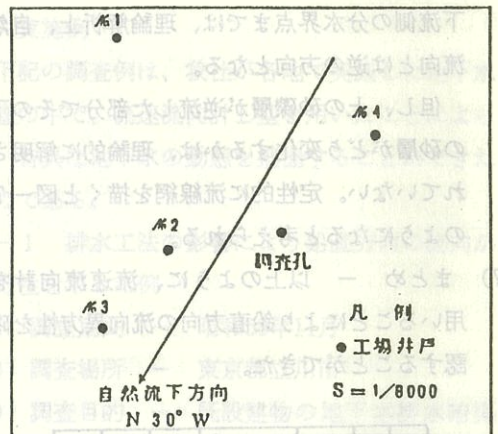


図-9 自然流下方向と工場井戸配電図

深さ (m)	地質 (m)	圧力水頭 (m)	測定深さ (GL-m)	測定日	本孔水位 (T.P.m)	Dia (mm)	A	測定流速 V ₀ (cm/day)	7d-流速 V _d (cm/day)	流向 (度)
5	小牧礫層	20	5.50	9月1日	23.363	0.205	0.18	9.1	16.38	⊕
5	小牧礫層	40	6.25	9月2日	23.369	0.053	0.15	4.9	0.79	⊕
10	熱田礫層	30	12.00	9月5日	23.429	0.031	0.15	2.3	0.35	⊕
10	熱田礫層	40	16.00	9月7日	16.171	0.043	0.15	12.8	19.20	⊕
15	先熱田層	30	17.50	9月10日	19.040	0.120	0.16	630	100.60	⊕
15	先熱田層	40	19.30	9月13日	15.201	0.080	0.16	2160	345.60	⊕
20	先熱田層	30	20.00	9月14日	16.856	0.105	0.16	2700	432.00	⊕
20	先熱田層	40	21.15	9月15日	15.849	0.200	0.19	5.5	1.05	⊕
25	先熱田層	30	23.00	9月17日	16.655	0.0082	0.14	15.0	2.10	⊕
25	先熱田層	40	23.00	9月19日	16.184	0.0085	0.14	4.0	5.60	⊕

図-10 調査地の地質・地下水条件と、流速流向測定結果

6-3 水路よりの浸透の影響を受けた地下水の 流向を測定した例

- 1) 調査期間 — 昭和58年12月
- 2) 調査場所 — 琵琶湖西岸
- 3) 調査目的 — 琵琶湖に流れている地下水量を求めるための流速と流向調査。
- 4) 地質・地下水条件 — 浅い部分の地層マサ土であり、全体として花崗岩質である砂・礫質土を主体とする。図-11にはボーリング孔底で測定した水圧を示した。これによると、①深さ方向に水圧は自由水面を基準とした静水圧よりも大きくなる傾向を示している。②不透水層と考えられる薄い層が2層分布しているが、この層は、その上下の帯水層を分けており、それぞれの帯水層の水圧分布を異にしている。
- 5) 測定結果 — 測定結果は表-1に示した。これによるとダルシー流速は、マサ土で300 cm/d、シルト混り粗砂で88 cm/d、砂礫層で600 cm/dとなっており、かなり速い流速であるといえる。また流向は、図-12に示すように、GL-10mでは湖岸に直角に流入する形となっているが浅いところほど西側に向きをかえている。
- 6) 地下水動態上の特色 — 測定結果が示すように、浅い部分の流向は西側に流れており水位等高線からみても不自然である。これは測定箇所近傍に水路があり、この影響を受けているものと考えられる。水路が近傍の地下水の流向に与えている影響を推定した模式図を図-13に示したが、微地形における自由水位等高線はかなり複雑なものであろうと推測される。そして、図-12に示すような水位等高線では、大ざっぱで大局的な水位分布を示しているにすぎず、水路などの局所的な影響までは把握できない。
- 7) まとめ — 微地形をも考慮した地下水動

態を把握する場合、大ざっぱな水位観測箇所より推定した自由地下水等高線を用いて、地下水の流速・流向の試算をすれば微地形に存在する水路の影響等を無視しがちであり注意が必要であることが指摘できる。

以上のように、流速流向計I型を用いることにより、水路の影響を受けた地下水動態を把握することができたが、今後は水路周辺に数ヶ所、調査孔を設け詳細な検討を実施すれば微地形の複雑な地下水動態を明らかにすることができると考えている。

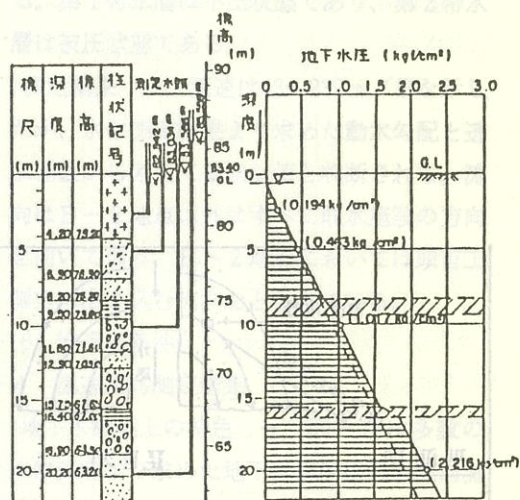


図-11 地下水の水頭測定結果及び水圧分布図

深度 (m)	地質	有効係 D_{10} (mm)	補正係数 α β	測定流速 V_0 cm/d	真流速 V_e cm/d	ダルシー 流速 V_d cm/d	流向
3	マサ土	0.10	1/2 1/6	1800	900	300	S45°W
5	シルト混り粗砂	0.02	1/2 1/6	617	307	88.1	S30°W
10	砂礫	0.145	1/2 1/6	3600	1800	600	S15°E

表-1 地下水の水頭測定結果及び水圧分布図

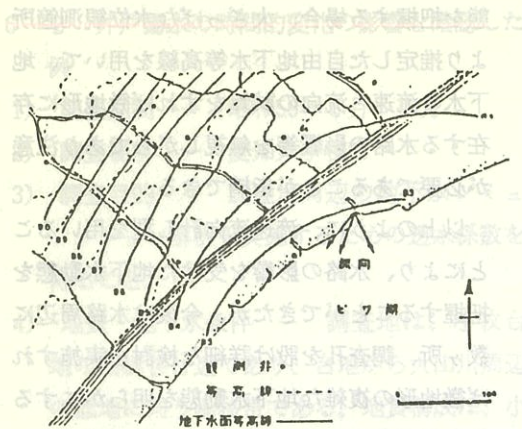


図-12 測定した流向図

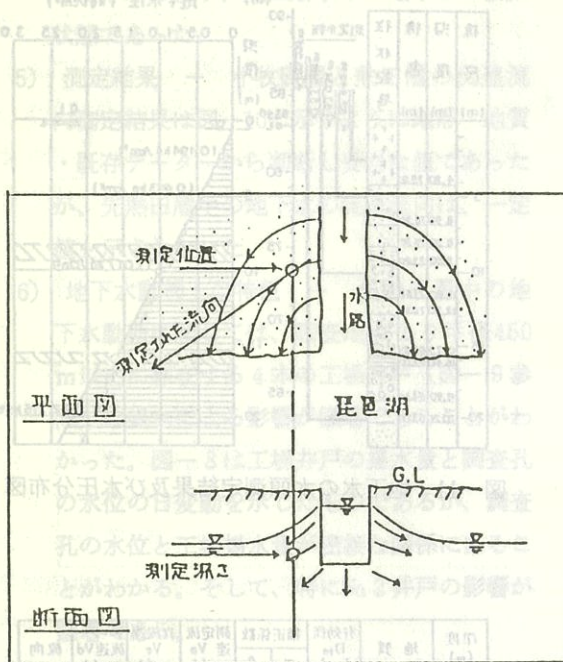


図-13 水路が近傍の地下水の流向に与えている影響を推定した模式図

6-4 帯水層の基底面変化と地下水動態変化の関係を明らかにした例

- 1) 調査期間 — 58年7月～11月
- 2) 調査場所 — 福島県会津若松市
- 3) 調査目的 — シールド工事の計画時に、シールド通過位置付近に既設井戸への影響を検討する地下水動態の基礎資料を得ることを目的とした。
- 4) 地質・地下水条件 — 調査地周辺の地質構成は、表-2に示したように、地表より第1砂礫層が、層厚1m～10m程度存在し、以下第1粘土層～第2砂礫層～第2粘性土層と続いている。地下水条件としては第1砂礫層においては不圧状態であり、第2砂礫層においては被圧状態であった。また透水係数は両砂礫層とも 10^{-2} cm/secオーダーである。
- 5) 測定結果 — 流速流向測定結果は表-3に示した。流速は、同一の砂礫層内においても粘土分の含有量が異なり、若干ばらつきが見られた。流向は大局的に東から西へ流れており、既存データの流向と一致しているが、局所的に流向が異なる部分がある。
- 6) 地下水動態上の特色 — 図-14は G_1 層下位水等深線図を重ねて示したものである。図中に示した流向測定結果によれば、NaA-1付近を頂点とする地下水位の張り出しを境にしてNaD-1とNaA-2の流向がほぼ対角に反転していることが明らかとなった。
- 7) まとめ — 流速流向計を用いることによ

り、微視的な地下水動態の変化を事前に指摘
 できることがわかった。

表一 2 調査地の地層構成と水理条件

土質名	記号	厚	水理条件
第1砂礫層	G ₁	1m~10m	不圧地下水 $k=10^{-2}$ cm/sec程度
第1粘土層	C ₁	1m~3m	不透水層
第2砂礫層	G ₂	5m~10m	被圧地下水 $k=10^{-2}$ cm/sec程度
第2粘性土層	C ₂	1m~3m	不透水層

表一 3 測定結果一覧表

N ₁	A-2	A-2	A-5	A-5	B-1	B-3	D-1	D-1
測定深度 GL-m	5	10.3	5	9	5	5	4.6	14
地層名称	G-1	G-2	G-1	G-2	G-1	G-1	G-1	G-2
流 向	N60°E	N	N30°W	N45°E	N15°E	N60°E	S75°W	N60°W
ダルシー流速 cm/day	51.4	1.8	16.0	64.0	2.7	3.4	9.3	3.2

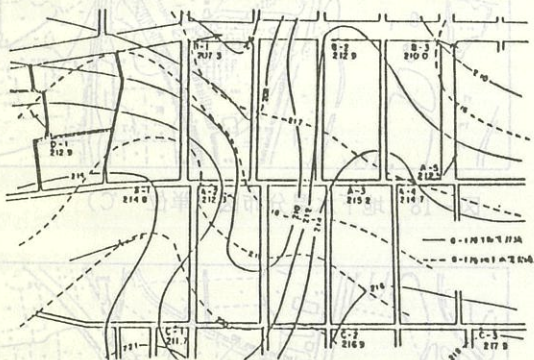


図-14 G₁層下面等深線図及び地下水等深線図

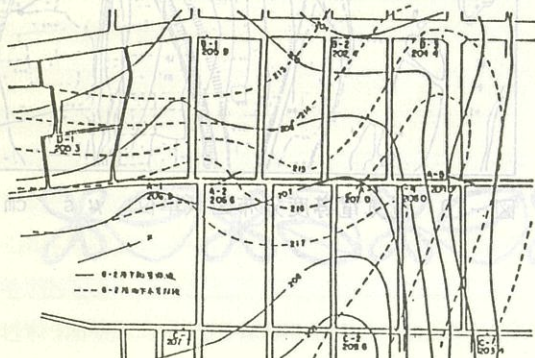


図-15 G₂層下面等深線図及び地下水等深線図

6-5 2水系よりの集水影響調査例

- 1) 調査期間 — 昭和59年4月~7月
- 2) 調査場所 — 秋田県潟沢市
- 3) 調査目的 — 水源池付近の地下水調査を実施し、今後の取水計画の基礎資料を得ることを目的とした。
- 4) 地質・地下水条件 — 調査地付近は雄物川によって運搬体積した礫を主体とする河床堆積物で覆われている。地下水条件は、GL-6~7m付近に堆積する粘性土により上下に、第1帯水層と第2帯水層に分けられている。第1帯水層は不圧状態であり、第2帯水層は被圧状態である。
- 5) 測定結果 — 流速は43~232cm/日を示したが、水位測定結果より求めた動水勾配と透水係数から考えて妥当な値と判断される。流向はB-2地点以外はすべて取水施設の方向を向いており、B-2地点においては頭首工側方に回り込む流向をとらえている。

図-16 地下水条件

表一 4 流速流向測定結果

- 6) 地下水動態上の特色 — 図-17は多数の水位測定より求めた地下水等深線図と流向測定結果を基にして作成した流線網を併記したものである。これによると、下流側に水位標高約89cmの分水嶺が存在することと、集水される水系は、接合井については雄物川の伏流水を主に採水し、取水位については主に丘陵地から供給される地下水を取水していることがわかった。

また調査孔・既設観測孔の地下水、河川水より水温と電気電導を測定した結果を、図-18、図-19に示した。これらの図より、図-17同様に河川伏流水と丘陵地からの地下水位が接する地下水境界が存在することがわかった。

(水温 25℃)

7) まとめ — この現場で実施したように、流速流向計を用いる地下水調査においては、他の調査項目・原位置試験と組み合わせることにより、より精度の高い多角的調査を実施することができる。特に、B-2地点のような頭首工側方を回り込む地下水の流れが、取水施設の揚水力よりも大きいことなどの解明は単一孔法であればこそ測定可能であったといえる。

流速流向測定を、今後の地下水調査の項目に組み込めば飛躍的に地下水に対する情報量が増して来ると考えている。

図-16 地下水条件

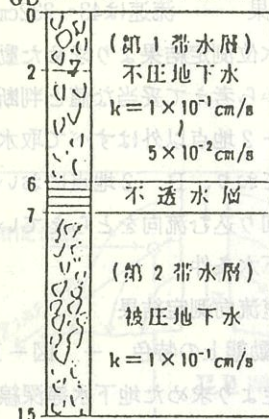


表-4 流速流向測定結果

孔No	深度 (GL- $\bar{m}$ 付近)	土質 (地層区分)	流速 (Vd) cm/日	流向
B-1	7.2	礫混り細砂 (Ag ₁)	232	S 30°E
B-2	5.5	玉石混り砂礫 (Ag ₁)	160	N
B-3	3.5	玉石混り砂礫 (Ag ₁)	69	S 60°W
B-4	4.5	玉石混り砂礫 (Ag ₂)	85	N 45°E
B-5	5.5	玉石混り砂礫 (Ag ₂)	43	N 15°E

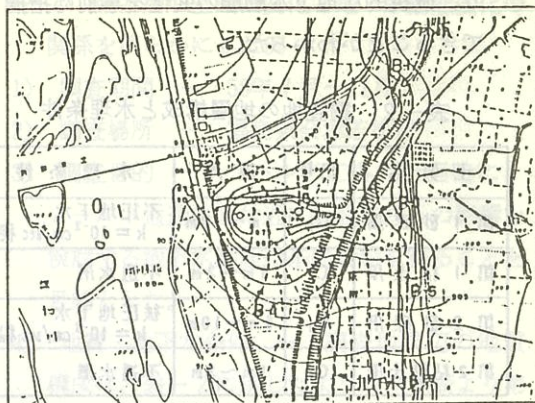


図-17 水位等高線及び流線網図

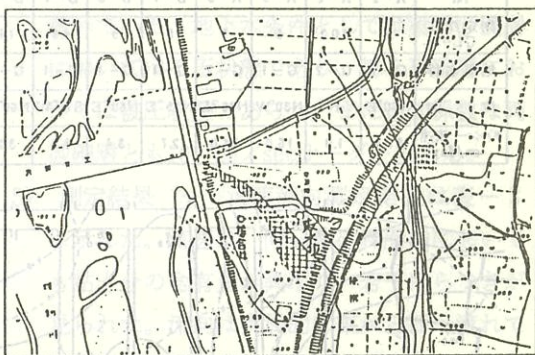


図-18 地下水温分布図 (単位 °C)

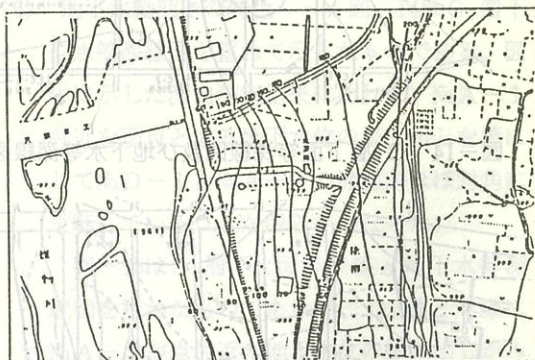


図-19 電気電導度分布図 (単位 $\mu s/cm$)

参考文献

- 1) 建設省・建技評 83403号(1984):「地下水流向流速計の開発評価書」
- 2) 渋谷・日野・平山(1981):「単孔法による地下水の流孔・流速測定器の開発」、第16回土質工学会研究発表会
- 3) 小松田・広部(1982):「単孔式による地下水の流孔・流速の測定、解析及び調査について」、土質工学会東北支部研究討論会
- 4) 小松田・西村・平田・日野(1983):「流向流速計を用いた微地形の地下水の状態について」、第18回土質工学会研究発表会
- 5) 小松田・平田(1984):「単孔による地下水の流速流向計」、日本地下水学会25周年記念出版「ちかすい」
- 6) 小松田・菊池・津田(1985):「単一孔で測定できる地下水の流速流向計の開発意義と問題点」、原位置透水試験法および地下水調査に関するシンポジウム(土質工学会)
- 7) 平田・鹿野・日野(1985):「流速流向計L型の原理と特徴について」、原位置透水試験法および地下水調査に関するシンポジウム(土質工学会)
- 8) 平山・大島・井上(1987):「流速流向計測定器を用いたロー層の地下水動態調査例」、第22回土質工学会研究発表会
- 9) 平山・津田・荒井(1987):「地下水流速流向計L型と砂礫地盤の取り扱い」、第22回土質工学会研究発表会



経験的土木地質の随想

中部ウエルボーリング社 佐藤久松

はじめに

今回、協会誌「土と岩」になにか記事を書くようにとの要望がありましたので、禿筆を呵してその責めを塞ぐことにいたしました。

本誌には毎号、立派な研究や経験談が数多く発表されていますが、私は、歩きつづけた65年の土木の世界で見聞、体験した事柄を回想して、駄文を草し、その責めを塞がせて頂きます。

ご一読を賜りますれば、幸甚これにすぎるものはありません。

On account of the fact that there is no glory in the foundation and that the sources of success or failure are hidden deep in the ground, building foundation have always been treated as stepchildren, and their act of revenge for lack of attention can be very embarrassing.

基礎工は、いわゆる縁の下の力持ちで栄光はないし、その成否の原因は地中深く埋もれているので、建築の基礎工は従来、継子扱いにされてきたが、その関心の欠如に対する報復は甚だ面倒な事態を引き起こすことがしばしばである。

これは土質工学の父、Karl Terzaghi博士がロンドンの建築学会の講演において、開口一番語られた言葉である。

始めてこの言葉を読んだ私は、“継子扱い”の語に博士の人となり垣間見た思いがしたので、なんとなく博士に引かれるものを抱いて、今日に至っている。

1920年代、私の駆け出し時代の土木は、この言葉にあるように、基礎工や、地質の科学研究は

進んでいなかったし、施工技術も多くは人力に頼っていたから、基礎工の設計施工は、専ら経験に頼っていたからでもある。

愛知県土木部の頃

1924年以来、私が愛知県内務部土木課で測量設計に従事していたころ、同僚の加藤技手が橋台の図面を書いていたとき、上司の寺本技師がきて、この地盤は何かと聞いたら、彼は即座に掘ってみなければ判らないと答えたので、一同大笑いしたことが忘れられない。

当時は、まことにのんびりしたもので、橋梁下部工の設計は、必ずといっていいほど、松丸太の杭基礎を用いたのである。

設計図には地盤を推定して杭の長さを定め、工費を積算して入札に付し、工事開始の劈頭、試験杭を打ち込んで、打ち止めの深さを確認した上で、改めて杭の設計変更を行ってから、本格的に工事を始めるのが例であった。

また杭の施工は人力による打ち込みで、当時は周囲に打撃の騒音が響きわたっても、公害というより寧ろ地域開発の反響音として景気づけた。

従って杭の支持力は、Sunderの実験式や、Engineeringnews formulaにより算定した。

また土木では稀であったが、直接基礎の場合は、径1尺の円盤又は1尺角の方形鉄板に1.5t~2t/尺²の載荷による沈下量を測定して、設計用地盤支持力を決定することが多かった。

この載荷試験は、テントを張って、雨露を防ぎ、段階的に土砂や鉄材の荷重を掛けて、途中で休むことなく、従って夜間も継続して観測しなければならなかったもので、寒中、降雨期にはかなり困難

な作業であった。

1928年頃に内務部土木課は土木部になり、組織が大きく人員も若干増加されたので、地質ボーリングを始めることになったが、当時の県当局の考え方は、測量やボーリング調査のような、土木工事の基本となる作業は、民間に請け負いさせないで、直営でやることに方針が決まり、ローピングのパーカッション（上総掘りに毛の生えたようなもの）をどこからか買入れてきたのである。

さて、機材は出来たが、ボーリングの泥掘り作業は、だれも経験はないし、どろんこになる仕事であるから、志願者もなく、候補者も見当らず、やり手がなかった。

せっかく機材は出来たが、とりやめになるかと思っていたら、50年配の若山という測量の工夫長が「おれがやります」と名乗りでたので、みんな大歓迎、即刻ボーリング主任と決まって、まず手始めに三河の境川だったか矢作川だったかで、地元の人夫を使ってボーリングを始めたのである。

そこで、当時の川越土木部長がボーリング作業を見に行くと行って、随員をつれて車で現場へ行ってみると、付近堤防上にテントを張って夜営をするようになっており、法被を着た人夫が数人いるのみで、県の職員らしい人はみえない。「これでは人夫ばかりで作業の責任者なしではないか」と言って、随員を咎めていると、人夫の中から県と書いた法被を着た老人？が「私が道路課の若山であります」と名乗りでたので、その服装を見て土木部長はびっくりしながら作業の進捗具合をだずねたら、若山工夫長曰く、「ボーリングは昼間作業のみですが、夜間に孔が崩れるので、現場にテントを張って夜でも孔内に泥水を満たして穴崩れを防がねばなりませんから、このようにテント生活をして、夜も孔口を見回るために、エネルギー補給にアルコールも用意して、体力を補給しながらテント生活をしております。」とのことで、部長初め一同その熱心さに感じ入ったし、

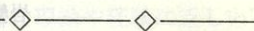
このことが部内に伝わって、若山さんは男をあげた。これ以後、ボーリングの若山の名は土木部に知れわたって、彼は一躍有名人？になったのである。

またそれ以後、橋梁下部工の設計には当然ボーリングの成果が大いに参考になったのである。

直接基礎の場合、地盤の支持力を判定するのに、依然としてハンドブックを参照して、土質により単位面積当りの支持力を安全側に判定した。杭の場合、打ち止め深さはボーリングの結果から大体決めることはできたが、支持力の判定は従来通り試験打ちによって判定したのである。

このようにボーリングが始まって成層や地下水の状態は判るようになったが、地盤の強度を判定し得るような前進はなかった。

当時、私たちが読んで大いに参考にしたのは American civil engineering pocket handbook で、便利だったのは次の項である。



平成2年度（第25回）地質調査技士

検定試験について

平成2年度の地質調査技士検定試験を下記の要領で実施する予定です。

詳細は本年4月に決定され、ポスター等でお知らせ致します。

受験希望の方は、中部地質調査業協会までお問い合わせください。

記

1.日 時 平成2年7月7日

2.場 所 愛知県中小企業センター

3.試験内容 筆記試験及び口頭試験

受験申込について

受験関係書類の販売 中部地質調査業協会

受験申込期間 平成2年5月1日～

平成2年5月31日

Safe Bearing Capacity of Soils in Short Tons per Square Foot

Kind of Material	Min.	Max.
Rock, the hardest, in thick layers in native bed	200	...
Rock, equal to best ashlar masonry	25	30
Rock, equal to best brick masonry	15	20
Rock, equal to poor brick masonry	5	10
Clay in thick beds, always dry	6	8
Clay in thick beds, moderately dry	4	6
Clay, soft	1	2
Gravel and coarse sand, well cemented	8	10
Sand, dry, compact and well cemented	4	6
Sand, clean, dry	2	4
Quicksand, alluvial soils, etc	0.5	1

In foundations for buildings, it may be necessary to provide a safeguard against the soil's escaping by being prest out laterally into excavations in the vicinity. For example in Chicago some of the largest and finest buildings have settled owing to the flow of the plastic clay into foundations opened across the street. In New York City one of the largest buildings settled because of the pumping of fine sand from an artesian well at the site in getting water for the boilers of the building.

岩盤ボーリングにおけるダイヤモンドビットの選定

岩盤においては、コア採取率向上のため、スイベル型のダブルコアチューブ等を使用し、岩質にあったダイヤモンドビットの選定が不可欠な要素である。各コアリングビットにおけるマトリックスと適合地質は下表を参考に決定することが望ましい。

ダイヤモンドビット (マトリックス記号および硬さ)

サ イ フ エ イ ス	旭ダイヤモンド			利根ボーリング			クリステンセンマイカイ		
	記号	硬さ [Rc]	適 合 地 質		硬さ [Rc]	適 合 地 質		硬さ [Rc]	適 合 地 質
	Z Z	35±5	軟 岩	T	40~50	軟 岩	D	40~50	軟 岩
	Z	30±5	"	T	30~40	軟岩、破碎帯	E	30~40	中 硬 岩
	Y	20±5	中 硬 岩	T	20~30	中 硬 岩	C	20~30	硬 岩
	X	10±5	硬 岩	T	10~20	硬 岩	A	10~20	極 硬 岩
				T	10以下	極 硬 岩			
	(35~45)			F 54	30~40	軟 岩	H 3	50~60	極 軟 岩
	K 2		クラックの	F 55	"	破 碎 岩	H 4	45~50	} 軟 岩
	K 3		多い軟岩	F 56	"	↑ ↓	H 5	35~45	
	K 4		↓	F 33	20	↓	H 6	30~35	
	(25~35)		中 硬 岩	F 34	"	硬 岩	H 7	25~30	} 中 硬 岩
	L 41		↓	F 35	"		H 8	20~25	
	L 51 (10~20)		↓	F 36	"		H 9	15~20	
	L 61 A55		極 硬 岩						極 硬 岩
	A 65								
	A 75								

当時の度量衡は、日本は尺貫法、米英は吋封度、ドイツは米斤グラムであったから、外国の参考書を読むには常に度量衡の換算が必要であった。

1932年頃、常盤書房から高等土木工学第1巻がでた。内容は、

応用地質学	平林 武
応用地震学	物部 長穂
土性力学	山口 昇

の3人で、平林先生の応用地質学では地殻の構造とこれを構成する物質の岩石学的記述が主であった。

応用地震学の物部先生は、内務技師で、東大教授を兼任していた人で、私の知るかぎりでは土木地震学の矯矢とも言うべき方と思っている。

最後の土性力学の山口先生も、東大教授で、これまた私の知るかぎりでは土質力学の矯矢とも言える著述であった。

その内容は、土の物理的性質を土質科学として捉え、継いで土壌破壊の力学（いわゆる土圧論）ランキン、クーロン、クレー及びレザルの土圧論を詳述し、進んで擁壁、基礎及び法面の安定について大いに教えられたものである。

そして最後に基礎圧力による弾性沈下（土壌弾性論）について、始めて私たちに沈下の理論解明の糸口を与えられたのである。

この著書の末尾の弾性沈下の見解において山口先生は、次のように述べている。

基礎沈下の問題については如上の如く弾性力学の範囲に属する限り、相當多くの理論的研究が既に發表されてゐるが、これが實際的の價値に就いては未だ充分なる實驗によつて檢證せらるゝに至らない。これは土壌自身が完全弾性體に非ざることに歸因しやうが、それよりも一般に地盤をなす土壌が極めて不均質であ

り従つて各地に於て行はるゝ實驗の結果が多様になり、單純に一般化し難いことに歸因するであらう。何れにしてもこの沈下の問題は未だ今後の土性力学上の一大研究題目たるに違ひない。

私達現場で働く土木技術者としては、将来弾性論に展開していくような土質力学の将来を予測することは不可能であった。

1922年、私は豊川に架設する牛洩橋の工事監督を命ぜられて、八名郡舟着村に滞在することになった。私がここに着任するまでには、若干の思ひ出や曲折がある。

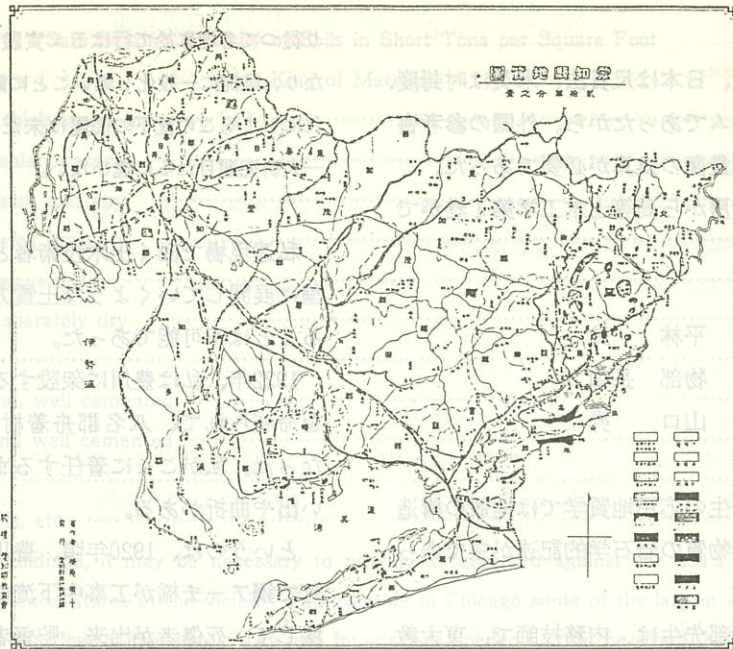
というのは、1920年頃、豊川上流黄柳川の大野町で鋼アーチ橋が工事中下流側に足場もろとも倒壊して、死傷者が出来、監督者は過失傷害の責任により体刑に処せられたのであった。

その時、内務省土木局から事件の鑑定調査にきた物部先生の報告書によると、“斯る斯様な恒久構造物の施工監督を理論や経験に乏しい下級技術者にゆだねたことが遠因であり、また斯様なライズの高い鋼アーチ橋のリベッティング作業を上下流並びに左右兩岸を対称的に進めなかったことが直接の原因である。”と指摘されたので、これと同じ型式の鋼アーチ橋の工事監督を引き受け手がなかったのである。

これにこまて、当時の道路課長青木さんが特に私を呼び出して、事情を説明し、私も責任を持つから君に行ってもらいたいとのことで、それほど課長が言われるならいきましょう と言って出かけたのである。

ところが、行ってみると地元の橋梁架設促進委員の一人が、歓迎会の席上、牛洩橋が滑石片岩で剝離し易いから、橋台が滑る危険があると指摘されたので、岩盤に無知な私は驚いて、改めてその人に指摘と教を請うたのである。

これが縁で親切に指導してくださった人こそ當時新城農蚕学校の講師で愛知県教育会にも関係の



あった柿原明十先生で、先生の著作“地質学と愛知県”を頂くことになり、地質学と土木との関係を勉強することが出来たし、幸い牛渕橋も無事完成したのである。

この柿原先生の著作は、
地質学と愛知県、
付愛知県地質図、愛知県教育会刊
で、地質図を参考に掲げる。

1929年頃、豊川の河口に渡津橋を架設するとき、下部工はすべて独逸のラルゼンシートパイルを輸入して請負人に貸与、施工した。

シートパイルの長さは12mで、掘削孔の断面は6m×4m、周長20m程であったが、矢板を打設する櫓の高さは15m位であったので、コーナーから打ち始めて1本ずつ所定の深度まで打ち込んで順次時計回りに櫓を移動する方法で始めた。そこへラルゼン本社からピーターラムヒエという年輩の技師が指導に来て、シートパイルの打設はそのような片打ちでなく、矢板を全部建てこんで廻り打ちにせよ、そうでないと矢板がよく裂けるからとくどく言い張ったのであるが、大きな櫓をたえずクルクルと移動して廻り打ちするようなことは

作業員が“ラムネの言うことをきいていたら仕事にならない。”とやってやらなかった。

コンクリート打設後矢板を引き抜いてみると、矢板の所々に裂け目が出来ていて、再使用は不可能なものも可成あった。

この経験から、現在の矢板工はどのようにして打設しているのか、又その損傷の程度はどんなであろうかと思っているが、未だに之を確かめることはしないでいる。

たしかに、ラムヒエ氏の言は理想論であるが、実際の現場ではなかなか実行が難しいと思っている。

それからこの現場で最終深度まで掘削した際、満潮時に始めてクイックサンド現象に遭遇して、モーターは水浸しになり、矢板壁はのめりだして、作業員は命からがら外に飛び出して、復旧には長時間を要した事がある。

これらの経験から自省すると、基礎工について無知に近い私がよくも無事で工事を完成することが出来たのが不思議に思われる。

1931年頃は、全国的不況で、対米為替は1ドル

が2円であり、失業者が続出したので、失業救済事業として私に段嶺トンネルを直営でやれと命令が出たが、私はトンネル工の経験も知識も皆無であるが之亦辞退するわけにもゆかず、花崗岩の岩山であったから、松材を使ってヒントルを組み、ダイナマイトで爆破しながら慎重に掘進して、辛くも工期限内に完成した。

その経験を買われて、名倉村の堤石隧道の設計をやることになり、何等ボーリングや地質の資料もなく、土岩の区分予想をするのみで、設計書を作成して請け負いに付したのである。今から思うと誠に汗顔の極みであるが、工事の監督は隧道の経験はないが優秀な人が担当したので、事なく完成した。

こんなことがあって、もう隧道とは無縁になれると思っていると、1932年の中頃、鳳来寺村愛郷でトンネルの直営工事をやっているが、工事開始以来数ヶ月たっても坑口の山崩れでちっとも進まないから、君行ってやってくれと言われたので、またトンネル工事に縁が出来たのである。

現場へ行ってみると、山腹斜面長50m位もある崖錐の法先に坑口が該当して、掘れば掘るほど斜面が崩れるので、この土留工を施して取敢えず坑口を完成してから掘進を開始して、無事工事を完成した。この時は先の経験もあるので、別段の苦勞もなく工事を進めることが出来たのである。

このトンネルは出入り口付近だけを巻立てをしたが、巻立背後に空隙ができるので、グラウトの必要があることを上司に申し出たところ、土木部にはグラウトの経験がない人ばかりで、だれも相談に乗る人がなかった。先輩の河村技師に何とかならんかと相談したところ、矢作水力が稲橋村の黒田ダムを施工するときグラウトをやったから矢作水力に頼んで器機を借用しようということになり、矢作水力の技師長さんの快諾を得て無料で借出して始めてグラウト経験をしたのである。

当時はこのように関係市町村や民間企業が、県

の土木事業には非常に好意的で、協力を頂いたもので、私達現場技術者は大変恵まれた環境に思ったと思っている。

物理探鉱の始まり

そんな頃であったか、国鉄では物理探鉱を独逸の技師を招へいして始めて、渡辺 貫 氏が之を担当されたのである。

名高工では同氏を招いて、物探の話をしてもらったことがある。

そのとき、渡辺さんの話では、独逸の技師について、あちこち現場を歩いてもその理論や方法を一向に教えてくれないので、旅館で彼らがねている夜中に起きて、参考資料や計算書をぬすみ見て苦心惨憺のすえ漸く物探が何とか出来るようになったと話されたが、当時の私には、物探がそれほど地質調査に重要な役割を果たすことになるなどとは想像も出来なかったが、渡辺さんの講演で、始めて物理探鉱調査が将来土木分野に大きく浸透するであろうことを臆けながら感じたのである。渡辺さんはその後国鉄を辞して日本物探KKを創始されたことはご存じのとおりである。

著書に“土木地質”がある。この書が土木地質なる言葉の嚆矢をなしたように思う。

河水統制調査

1938年、私は、愛知県から内務省に転任して、河水統制調査を担当した。

当時は大東亜共栄圏の構想のもとに、統制ばやりであり、河川の治水は内務省、利水特に灌漑は農林省、また発電は通信省の所管で、各省バラバラであったのを、次官会議で夫々の分担事項や範囲を決めて総合的調査を始めたのである。

私が担当したのは、大井、天竜、豊、矢作、庄内、九頭竜の7河川の主として多目的ダム地点の選定であった。

これ又私には未経験の仕事であるから、まづ何

よりも水理学や地質学等の知識が必要と考えて、物部先生の水理学を勉強した。

この仕事に携わって、水と地質が重大な関係にあることを痛感するに至ったのであるが、地質調査をする機会はなく、地表踏査に止まった。

当時私が関係して現在実現しているのは、庄内川の阿木川、九頭竜川の秋生位のものである。

東南アジアの体験

1941年12月、太平洋戦争が勃発して、国内は戦時色に塗りつぶされ、至る所で愛国行進曲がきかれたし、誰もが戦争にかり立てられる時代に入り、私達も亦軍事関係の仕事に携わり、あるいは転任する者が多くなり、1942年、私は海軍施設本部に転任した。

1943年12月8日、私は軍艦津軽に便乗してマニラに行き、マニラから日航のダグラス機でダバオ、メナド、マカッサル、スラバヤの艦隊司令部に出頭して約1週間の後、更にマカッサル、アンボン経由ニューギニア行きの飛行機を待つことになった。

いつ出るか判らない飛行機を毎日士官クラブで待っているのは退屈であったから、スラバヤの海軍施設部へ出頭すると、施設部長の梅林少将が、君今度ジョクジャカルタから清水技手が着ているので、その車に同乗してジョクジャカルタへ行って施設隊の仕事を見てきたらいいよと言われて、渡に舟と早速清水技手の車で約250km離れたジョクジャカルタに行った。当時ジョクジャカルタは陸軍地区で、海軍部隊は僅かに施設隊程度のもので、清水技手もカーキ色の中で肩身が狭い思いをしている折柄であり、大いに海軍の意気を高めようと言うので、Togoe HotelのNo.1の室におさまって、暇を利用して郊外のボロブドールやブランバナンの仏教遺跡を見学して廻った。

その時の清水技手のボロブドールについての説

明によると、この巨大な仏教遺跡は、18世紀の中ごろまで土に埋まっていたのが、英国人トーマス・スタンフォードラッフルズにより発見されてから、土を取り除き、現在の状態に復元したのである。このような強大な仏蹟をどうして土で埋め尽くしてしまったのかについては、他宗教の遺跡は徹底的に破壊するイスラム教がジャバへ進出してきたので、仏教徒（ヒンズー教徒）がイスラムの破壊を免れるために土で掩い埋めてしまったとのことであった。

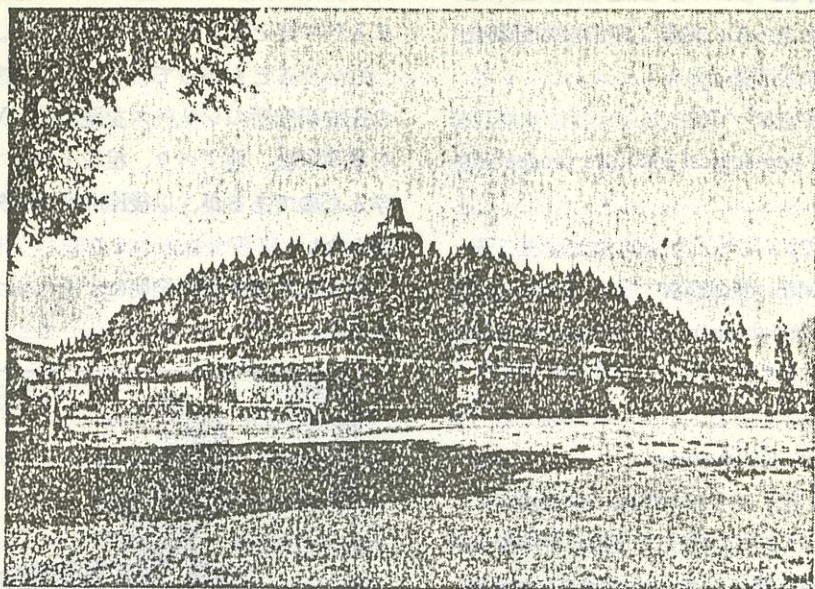
このことを聞いて、私は宗教闘争における宗徒の団結力の偉大なることに感じ入った次第である。

処が最近、金子史郎氏と同民雄氏兄弟の著書、1984年、胡桃書房刊の「ボロブドールの滅んだ日」をよむと、この遺跡が埋没したのは、近くにある有名な活火山メラピ山の噴火により一朝にして埋没したであろうとの説を読んで、火山の噴出物に埋没したというのが真相に違いないとの感慨に浸っているのである。いくら仏教徒でもこんな大規模な遺跡を人力で埋め立てることは不可能としか考えられない。

そんなこともあって、待ちあぐんだ飛行機も1944年1月にはニューギニアのバボからカイマナまで飛ぶことになり、之に搭乗してアンボン経由バボに向い、コカスからブラウ湾の南岸サガの原野へ辿り着いたのは1月の末で、早速飛行場建設敷地選定の踏査を始めたのである。

広漠たる草原とユーカリの原生林や昼なお暗い密林に掩われた沖積地域を航空写真を頼りに歩き廻って、飛行場建設計画測量に汗だくの毎日であった。

当時、この地域には住民は皆無で、どこへ行っても背丈も没する草原と密林の間に野豚の見事な直線の野豚路があるのみで、河川は濁流が渦巻き、ワニは水辺に口をあいて居眠りしていて、近づくと慌てて河の中へ飛び込んでお互いにびっくりしたり、火食鳥やカンガルーには時々遠目で目に



ボロブドール全景（北西方向より）

かかることも出来た。

このような広漠とした無人の自然界を歩いている私達の頭には、自分等こそが人類最初の足跡を印しているとの自負心？と言うか、誇り？というようなものを感じていたのであるが、ある日突然草原の中に火を炊いた跡があり、ドラム缶の腐ったのが転がっているし、よくみると、付近に径6インチの鉄管の井戸があるではないか。之を見て私達の自負も誇りも忽ち吹き飛んで、一体誰がいつここでどのようにしてボーリングをしたのであろうかという好奇の心情におそわれたのである。

処がそれからバボ飛行場（これは米国のニューギニア石油開発の根拠地として米蘭両国合併のAmerican Dutch Oil.Co.の私設飛行場）に駐留することになったとき、海軍の警備隊長が大きな金庫があるが、誰の手でも之を開けることは出来ない。一体中に何が入っているのであろうか、という話をきいていたので、偶々来島された大本営の航空参謀峰松大佐にその話をしたら、マニラには世界で著名な鍵師がいるからその人を連れて来て開けてみようと言われたので、ひそかに期待して

いたが、時恰もビヤク島で陸海軍が玉砕して、米軍はレイテに向かっている時期であったので、遂に実現することなくそのまま開かずの金庫で終わったのである。

あとで考えると、その金庫には恐らくニューギニアの石油資源探査資料が一杯つまっていたであろうと思うのである。

というわけで、私には当時の欧米人が如何にダイナミックにグローバルな活動をしていたかということに想いいたり、我等島国人のスケールの小ささを身に滲みて感じた次第である。

土質工学の勃興

1946年、復員退官した頃の庶民生活は、薪と亜炭が唯一のエネルギー源で、その採掘は脚光をあげていたので、通産省名古屋通産局へ日参して岐阜県下に亜炭鉱区権を登録することが出来たのを機縁に工業技術院名古屋地質調査所の大塚所長さん始め所員の方々に面識を得て、ボーリングや地質に関する御指導を頂くことになった。

当時ボーリングと言えば当然のように資源探査

であったが、土木屋の私には、渡辺さんの土木地質を読んだこともあって、地質工学的な地質調査に関心が深かったのである。

そのころ、スウェーデンの

Royal swedish geotechnical institute proceedings

のパンフレットで、

Soil sampler with metalfoils

Device for taking undisturbed sample of very greatlength

by

W. Kjellman, T. Kallstenius

and

O. Wager

この本を丸善から購入して、サンプリングに困難を感じていた私は、大いに惹かれるものがあった。

偶々京都大学であったか土質工学会であったかがKallstenius先生を招聘して大阪府下でfoil samplingの実演をされた際、之を見学することが出来た。

初めてみるfoil sampling deviceは図のように極めて単純素朴なものであったが、サンプラーに入った粘性土は全く理想的に不攪乱且つ任意の長さで短時間に採取できるので、私には驚異であった。

そのとき、Kallstenius先生は、聴衆に向かって英語で話しながら、左手で背後の黒板に要点を英語ですらすらと書かれるので、その器用さに驚かされた。その時、紅顔の美青年が通訳をかねて、丁寧に説明されたが、私にはその人の人柄にひかれるものがあり、Kallsteniusの立派な姿と共にその通訳者の印象に深く感銘を受けた。

それからまもなく、その紅顔の美青年は名古屋大学工学部の助教授として京大から赴任された植下協先生であり、之を機縁に先生からいろいろと御指導を頂くことが出来たのである。今にして思

えば、人の出会いとはまことに不思議であり、之こそ神の賜とも言うべきであろうか。

ということもあって、そのころよりスウェーデンの王立研究所のシリーズを読んで、Vanetest、杭の載荷試験、地すべり、粗粒土のサンプリングを学んだのであるが、以後Kallstenius先生のことを聞かない。

現在も元気で研究発明にいそしんでみえるであろうか。



KARL TERZAGHI, 1958

Karl Terzaghi先生

1954年頃、New YorkのJohnwiley & sons. Inc. 刊、

Soil Mechanics in Engineering Practice

by

Karl Terzaghi and Ralph B. Peck

を知って、早速購入、字引を頼りに読み進むに連れて、先生の麗筆から成る名文で親しくTerzaghi先生に直接会っているような感覚を抱くようになり、この書が懐かしく、私には聖書とも言うべきものとなって、今でも汚れて座右にある。

そのころからまさに45年、この書が日本の土質力学の決定版となり、爾来地質調査業発展の基本

的原動力となって、今日に至ったことは、衆知のとおりである。

このような深い感銘を受けたKarl Terzaghi先生の人生哲学の一端を記して先生への思慕を改めて懐起したい。

これは先生の満75歳を祝って集まった親しい人々の小宴に於いて語られた先生の言葉である。

Our achievements are —or akould be— the result of a natural process of sprouting, growing, and maturing in accordance with a predestined pattern. The meaning of the pattern, and the function of our existence in the resplendent and awesome world into which we were born are far beyond the microscopic range of our comprehension. The best we can do is to live and act in tune with our pattern and without wasting our time trying to answer unanswerable question. The answer would not even serve any practical purpose because as Dr. Faust has discovered at the end of his turbulent career.

“Man, though his purpose be obscure of the right way ever will be sure.”

If you discern your pattern before it is too late and remain faithful to it you shall approach the end of your journey with a deep sense of fulfillment, regardless of whether you were born to be a master or servant, mother or mistress, Otherwise you may depart before you have even found out what the word “living” means.

我々の業績は、予め運命づけられたパターンに従って発芽し、成長し、熟成する自然の結果であるべきであります。そのパターンの意義、きらめき、畏敬すべき世界に生まれた生存の役割は、我々の微視的理解をはるかに越えるものであります。

我々の可能でベストなものは、パターンに合せて生き、活動し、答えられない問題に答えるよ

うに時間を無駄にしないことです。答えは実用的な目標に役立たないかもしれないが。

Dr. ファウストが彼の波乱に富んだ人生の最後に発見していることは、“人は自分の目標が不確かであっても、正しい道を知っているだろう”と。

若しあなたが自分のパターンを遅くなる前に識別し、それに忠実であるなら、深い満足のもとにあなたの人生の終わりに近づけるものであります。

それはあなたがマスターであるか、召使であるか、母であるか、女主人に生まれたかに関係はありません。

さもなくば、生存するという言葉が意味するものを発見する前にこの世を去ることになります。

(人替)はたがら終に大受をせや神として人気
大学者の人となり

1956年、Terzaghi先生の“Theoretical soil Mechanics”が刊行された。

その扉に曰く

To Harvard University in appreciation of its likeful encouragement of the pursuit of knowledge, this book is gratefully dedicated,

この書をハーバード大学に捧げる。

学問研究に対する寛大な奨励に感謝をこめてと。寡聞にして私は日本で発行された科学技術書の扉にこのような文章を見たことがない。

念のために他書を見ても、

Tschebotarioff Soilmechanics, Foundation and Earth structure
には、

To Princeton University in grateful acknowledgement of the sabbatical leave during which a large part of this book was written.

この書をプリンズ大学に捧げる。

7年目に与えられる1年間の休暇の間にこの書の大部分を書くことが出来たことに感謝をこめて又、DunhamのFoundation of structureには、

According to the grace of God which is given into me, as a wise masterbuilder, have laid the foundation, and another buildeth thereon—

賢明な建築家としての私に与えられた神のお恵みにより、

私は多くの建築基礎を施工し、そして今後も同じように他の建築をも完成するであろう。

そして又、Legget Geology and Engineeringには、

Nature to be commanded,
must be obeyed……Francis Bacon

とある。即ち、

自然を支配しても、自然に従わなければならない。

この本を九巻にフランシス ベーコン (哲人)

結 び

駄文を草して遂に茲に至る。65年の歳月は如何にも長かったようであるが、その大部分は忘却のかなたに消え去ろうとしている。

静かに今改めて土木地質界を見回すと、理論にも技術にも携みなき進歩が見られる。

それは幾多の春秋にとむ学者や技術者の携まざる研究、工夫の累積であり、進歩はなおどこまで続くか予想しがたい。

この進歩こそはすべての人類の幸福をもたらすものと考えられるが、その進取的努力のあまり、自然を破壊することなきよう、賢明な自省を望んでやまない。

拙筆にあたり、謹みて御一読を感謝し、各位の御健闘を祈り上げます。

(完)

全地連発行・編集の図書案内

新編 ポーリング用語集

編集 (社) 全地連・深掘委員会
地熱ポーリング協議会
発行 (社) 全国地質調査業協会連合会
A 5 判 230ページ 頒価 3,600円(本体3,495円、税105円)

建設技術者のための 新編 ポーリングポケットブック

編集 (社) 全国地質調査業協会連合会
発行 (株) オーム社
A 5 判 570ページ 定価 5,150円(本体5,000円、税150円)

地質調査業者要覧 (平成元年版)

監修 建設省建設経済局建設振興課
編集 (社) 全国地質調査業協会連合会
発行 (株) 建設総合資料社
A 5 判 759ページ 定価 5,665円(本体5,500円、税165円)

地下水調査及び観測指針(案)

付 地下水観測井及び観測方法(案) <品切>

監修 建設省河川局
編集 (社) 全国地質調査業協会連合会
(社) 全国鑿井協会
(社) 地下水技術協会
発行 (社) 全国地質調査業協会連合会
A 5 判 277ページ 頒価 2,880円(本体2,800円、税80円)

全国標準積算資料 (平成2年度改訂掛版) <土質調査・地質調査>

編集・発行 (社) 全国地質調査業協会連合会
A 5 判 334ページ 頒価 2,580円(本体2,500円、税80円)

全国標準積算資料 (平成元年度改訂掛版) <グラウト、大孔径、アンカー、集水井各工事>

編集・発行 (社) 全国地質調査業協会連合会
A 5 判 438ページ 頒価 3,090円(本体3,000円、税90円)

全国標準積算資料 (改訂掛版) <海上調査編>

編集・発行 (社) 全国地質調査業協会連合会
A 5 判 126ページ 頒価 1,550円(本体1,500円、税50円)

お申込みは連合会、各地区協会にご連絡下さい。

石のこえ

杉山コンサルティング株式会社 取締役 安川 孝一

1. はじめに

職業柄あちこちと飛び歩いていると、いろいろと面白い地名や遺跡等に巡り合います。そして由来を聞き、成程と感心したり、突然歴史上の人物が登場したりして、仲々興味深いものです。そうした中から石にまつわるものを集めて三年程になります。既に三重県内分が40数ヶ所となりました。何れ写真や地図なども合せ整理をしたいものと思っておりますが、先づはその一部を紹介し、仕事で固くなった石頭（これは私のこと）をほぐす一助にでもなればと思い筆をとりました。

時代はモノからココロへと移行しています。そして報告書作成に一味違ったユニークな視点から迫る効果があるかも？と勝手な理屈を捏ねている昨今です。

2. 三重の石

(イ) しるべ石（桑名市本町の春日神社）

神社の縁日ではぐれたり、他の土地から蒸発して来た人を探す案内板として、「迷子探し」に役立てられた石柱で、大鳥居の近くに建立されている。石面の表と裏にそれぞれ「たづねるかた」「おしゆるかた」とある。

伝言板のようなこの種の石は、東京・名古屋・京都など社寺境内や往還のはげしい街道脇に今も数ヶ所残っているようです。

ここから約8軒北方の多度神社（桑名郡多度町）にも同一の寄進者によるしるべ石が建てられている。

(ロ) 刻限日影石（員弁郡員弁町上笠田）

農業用水をめぐる紛争がたびたび発生したこの

地区では、解決策として弘化4年（1847）に日時計をつくり、正確な刻限を計り新田への給水を公平に配分した。西面した日影石の後方に通称三ヶ月というものがあり、夕刻七時半（午後5時）に石柱の日影が三ヶ月に当たるように作られて居り、この時間を境に両地区に水を供給したという。尚現在も使用可能で県の文化財に指定されている。

(ハ) 要石（名賀郡青山町阿保）

初瀬街道の阿保宿に地震除けの神様として人気を集めている氏神大村神社に要石がある。

高さ30cm直径60cm余りの丸石で、この神石は地下深く根を下し、地上と地下の接点を扇のカナメのように結び、大ナマズの頭をしっかりと押え付けているという。お参りには先ず社の横にあるナマズに見立てた石に水を掛け「ゆるぐとも、よもやぬけまじ要石、大村神のあらんかぎりは、南無アブラウンケン、ソワカ、ソワカ」と呪文を唱えとか。

常陸の鹿島神宮境内にも要石があり関東をしっかりと押えています。

(ニ) はかり石（多気郡多気町津留）

櫛田川、中流域にあり大和と伊勢を結ぶ最短ルートである伊勢本街道の渡しのあるところ。

この“津留の渡し”の河中に「はかり石」と呼ぶ岩があり、その上に切石が乗せられていて、出水時この石が水没すると危険であるとして、川止めになった。水位の目安として、現代版量水標の役目を果していたが、伊勢湾台風のとき残念乍ら切石は流失し今は無い。

(ホ) つぶて石（飯南郡飯高町赤桶）

国道166号線と和歌山街道とが交又する珍布峠

を下った櫛田川にこの石がある。

天照大神が天兒屋根命に大和と伊勢の境をお尋ねになったとき。命が「この下の“境ヶ瀬”です」と答えられたところ、大神は「この境は疑わしい」と仰せられ、大石を川に投げ入れたという。この時、生じた波は10軒下流の飯南町波留まで及んだということです。

さて、むかし旅人たちは、この磔石めがけて小石を投げ、当ると男の子、外ずれると女の子が生まれると占ったということです。

(イ) 興玉石と夫婦岩（渡会郡二見町江立石崎）
二見浦の沖に沈む興玉石は東西約200m南北約100mの平たい石で、伊勢の地主神猿田彦大神を祀る二見興玉神社のご神体である。

この神石を遥拝するための自然の鳥居（石の門）が夫婦岩（立石さん）で三波川変成岩類の輝石緑泥片岩・石墨千枚岩・角閃岩からなっている。大小二個の岩は太い注連縄で結ばれ、毎年1・5・9の月に張替え神事が行はれる。

夫婦岩の間に初日を拝む風景は全国に知られているが、実は日の出が両岩の間に拝めるのは元旦ではなく、夏至の前後だけである。

(ロ) 頭之石（度会郡大内山村駒）
頭の神様として知られる頭之宮四方神社本殿右側に湧き出る“頭之水”（知恵の水）を飲むと頭が良くなる。又境内を流れる唐子川より拾上げた“頭之石”（御頭さん）をなで自分の頭を撫でると願い事が叶うといわれ、親子づれの参詣人が丸石に志望校（会社名）を書いて神前に供えている。

(ハ) 方位石（鳥羽市鳥羽1丁目）
JR鳥羽駅のすぐ西にある日和山（標高69m）にあり、高さ65cmの八角柱で上部は丸くなり直径50cm位の石。全国にこの種の方位石は80余り発見されているが、円筒形のものが多く、八角になっているのは珍しく、日本最初のものといわれている。船頭たちはこの山の頂上で観天望

気をし、風や雲の方角をこの石で求めた。

(ニ) ズンペラ石（北牟婁郡海山町便ノ山）

尾鷲と海山の境、馬越峠で通行人を苦しめる大蛇を退治するよう命じられた種蒔権兵衛（俚謡「権兵衛が種蒔きや、鳥がほじくる……」で有名な篤農家、元浪人、上村権兵衛）は、大蛇の口中に鉄砲を打込み、さらに肌身離さず持っていたズンペラ石（表面がスベスベした石のこと）を頭に投げつけ見事に止しめた。

しかし権兵衛は大蛇の毒気がもとで元文元年（1736）12月26日に亡くなった。屋敷跡近くの宝泉寺に今もこの石が保存されている。

(ヌ) 鬼ヶ城と獅子岩（熊野市木本町）

熊野観光の目玉、鬼ヶ城は多娥丸という鬼の棲家といわれ、石英粗面岩の断崖絶壁が約1軒と続き数回の急激な地盤隆起と海蝕作用がつくりだした奇勝を呈している。特に蜂の巣状の風蝕面が面白い。

此处より南方1軒には日本のスフィンクスと呼ばれる巨大な獅子が海に向かって咆哮している岩がある。こゝも海蝕作用によって出来た自然の造形美で上部は石英粗面岩、下部は凝灰岩からなっている。

3. 愛知・岐阜の石

(イ) 力石（名古屋市中区橋1-3-21）

日置神社境内に文化・文政頃の若者が力較べをした石が大小二個ある。当時のスポーツ用品ともいべきもので、長さ1m程ありとても持ち上がりそうもありません。

奈良県は香芝町の杵築神社にも同じような「かたげ石」と呼ばれるものがあります。

(ロ) 剣研石（一宮市共和町）

日本武尊がこの石で剣を磨いたという伝説のある石で、近くの碑にはセツ石とあります。

(ハ) 故状石（愛知郡長久手町岩作字色金）

天正12年（1584）4月、秀吉軍と信雄・家康軍

の小牧長久手の戦いがあり、家康が指揮した所が色金山。この山上に家康が腰をかけ軍議を開いたという床几石が今も残っている。

こうした歴史上の有名人ゆかりの腰掛け石は全国各地に沢山あります。

三重県では倭姫命の腰掛け石が数ヶ所あります。近畿の府県を見渡すと、聖徳太子・弘法大師・菅原道真・弁慶を始め、大盗賊石川五右衛門が腰掛けたという「五右衛門石」まであります。

(=) つんぼ石(尾張旭市砂川)

瀬戸街道と定光寺道の追分にある石で、名古屋城築城の時、運搬中此处に落して仕舞った。後日石を探しに来た役人が村人に石の存所を尋ねても関わりをおそれて皆聞えぬ振りをしたので、この名が付いた。築城にまつわるものとして、篠島(知多郡南知多町)には“清正の枕石”というものがあるそうだ。

(*) 女夫岩(中津川市大岩桃山公園)

そのものズバリ……説明不要。その大きさとリアルな自然の造形妙にはビックリします。

ぜひ見学を!! 大きい方がイイ向きは奈良生駒谷の石床神社へどうぞ。高さ10mと6mの男岩・女岩があります。

(-) ヘそ山(瑞浪市明世町)

小さい山ですが、ここから出土する瑞浪化石は天然記念物で地層見学許可地区となっています。又近くの化石博物館と洞窟でじっくり化石と対面して下さい。いろいろの事を石が語りかけて呉れます。

つい調子に乗って県外まで手が伸びました。縄張りを荒らし申し訳ありません。しかし余り自信がありません。間違い等あればご教示下さい。

4. あとがき

石は黙して語らず。どっしりとして動かぬもの

と思って居りましたが、石にもいろいろの表情があり何かを訴えていることに気がきました。これからも心にユトリを持ち、そして「土と岩」に一層の親しみを持って接して行きたいものと思って居ります。

仕事とは「事に仕える」と書きます。私共の仕事である「土と岩」に仕える気持ちをいつまでも大切にしたいものです。

体裁・定価

「最新名古屋地盤図」

A4版・布クロス丸背・上製化粧箱入
解説編140頁/資料編500頁/総640頁

定価 55,000円

『最新名古屋地盤図』と

同時発売

名古屋地域 地質断面図集

内容：12色カラー図版20葉、モノクロ図版20葉。 各断面の解説書 B4版 77頁

定価 25,000円

申し込み方法

1. 別添同封の申し込みハガキをご利用下さい。
2. FAXで申し込みができます。

名古屋地盤図出版会

〒461 名古屋市東区葵三丁目25番20号 ニューコーポ千種橋403
電話/052-937-4606 FAX/052-937-4607

振込口座/東海銀行車道支店 普通594-532

平成元年度技術研修会報告

長野県地附山地すべり現場見学

研究委員長 北 川 甫

10月6日、7日の両日、中部地質調査業協会の年間行事である技術研修会が行なわれましたので、「土と岩」の紙面をおかりして、御報告申し上げます。

参加者は、総勢18名で、長野県地附山地すべり現場にて、各種地すべり対策工および、地すべり自動観測・監視システムを見学致しました。

見学コースおよび見学内容は、次のとおりであります。

◎ 見学コース

1日目(10月6日)

テレビ塔下 — 中央道 — 駒ヶ根 — 豊科IC — 19号線 — 善光寺 — 戸隠(戸隠高原ホテル)

2日目(10月7日)

戸隠 — 地附山地すべり現場 — 19号線 — 豊科IC — 中央道 — 名古屋(栄)

◎ 見学内容

(1) 地附山地すべり現場

- ① 案内版・資料(パンフレット等)による地すべり地の概要説明
- ② 各種地すべり対策工の見学

(2) 地すべり観測センター

- ① 地すべり活動開始〜対策工事の記録ビデオ
- ② パネル・資料による地すべり地の説明
- ③ 自動観測・監視システムの見学

初日は、中央道をひたすら走り、善光寺へ参詣後、宿泊地である戸隠高原へ向かいました。車中、

明治コンサルタント榎古田所長にお願いし、地附山地すべりについて整えていただいた資料をもとに詳しい説明をうかがい、地すべりの規模の大きさに圧倒されるとともに、各種の地すべり対策工について勉強をさせていただきました。特に、地すべり地内の倒木の分布と地すべりブロック区分については、興味ある結果が示されており、大変参考になりました。

また、初日は、道中も長いので、特別にお願いをして、カツマコンサルタント榎芳賀幸雄副社長に、恵那山トンネルおよびダムの実施現場の苦勞話を含めた経験談をうかがい、参加者一同勉強をさせていただきました。

翌7日は、霧雨ふる戸隠高原ホテルをあとにして、今回の見学地である地附山地すべり地に向かい、前述の見学内容を勉強しました。現地では、明治コンサルタント榎長野事務所長に種々お世話になり、これらの御配慮に対して紙面をお借りし、厚く御礼申し上げます。

なお、今回の研修会が、皆様の御協力のおかげで、無事終えることができましたことに対し、世話役として感謝申し上げます。以上



地附山地すべり地記念写真(10月7日)

編集後記

回を重ねて38号誌を遅まきながらお届けすることができ、編集員一同、漸やく肩の荷をおろした気持ちであります。

今年はとくに、協会設立30周年の記念すべき年となる前の発行でもあるため、是が非でも年度内にお届けすべきものと頑張ってきた心算が予定外行事の処理もあって大変遅くなったことをお詫びします。

それだけに内容は豊富に、然かも時代相に即した高度なものになったことによりお許し頂けるものと自賛しておる次第です。

どうか、今後共本誌を愛読頂くとともに、御支援をよろしくお願い申しあげて擲筆致します。

広報宣伝委員会

〔土と岩 39号〕

原稿募集

- 1 論 旨 技術論文、現場経験談、土・岩・水に関する随筆、その他当協会に関する御意見等何でも結構です。
- 2 締 切 日 平成2年9月末日厳守
- 3 発 表 次号本誌上、応募作品多数の場合は順次発表致します。
- 4 そ の 他 (イ) 作品には社名、役職名、氏名を明記下さい。特に紙上匿名を御希望の方は御指定下さい。
(ロ) 応募作品には薄謝を呈します。
(ハ) 送り先：当協会広報宣伝委員会宛。

名古屋支店 〒465 名古屋市中区栄1-1-1 TEL 052-474-1033 FAX 052-474-1036

FAX 052-474-1036

事務所 ●東京 ●大阪 ●名古屋 ●福岡

営業所 ●神戸 ●大分 ●熊本 ●鹿児島

会 員 名 簿

会 社 名	代 表 者	住 所	電 話 番 号	郵 便 番 号
ア オ イ 地 質 (株)	鈴木 孝治	名古屋市北区清水 1-22-17	(052)951-6371	462
青葉工業(株)名古屋支店	三井 司	名古屋市北区黒川本通 4-32-1	(052)915-5331	462
朝 日 土 質 (株)	大橋 英二	岐阜市須賀 4-77-1	(0582)75-1061	500
(株)飯沼コンサルタント	飯沼 忠道	名古屋市中村区長戸井町 4-38	(052)451-3371	453
(株)応用地学研究所 名古屋事務所	川上 正昭	名古屋市中村区名駅南 3-6-6 名駅豊ビル	(052)561-7801	450
応用地質(株)中部支社	北川 甫	名古屋市守山区大字瀬古字中島 102	(052)793-8321	463
カッマコンサルタント(株)	勝真 宏	熊野市井戸町 4935	(05978)9-1433	519-43
梶谷エンジニア(株) 中部支店	今井 修	名古屋市東区樋木町 1-2 山吹ビル	(052)962-6678	461
川崎地質(株)名古屋支店	湯上 英雄	名古屋市名東区藤ヶ丘 140-1 日本生命藤ヶ丘ビル	(052)775-6411	465
(株)キンキ地質センター 名古屋支店	崎川 隆	名古屋市昭和区雪見町 1-14	(052)741-3393	466
木村建設(株)名古屋営業所	川合 一夫	名古屋市中区栄 4-2-8 小浅ビル	(052)264-4754	460
基礎地盤コンサルタンツ(株) 名古屋支社	菅野 安男	名古屋市西区上名古屋 1-11-5	(052)522-3171	451
協 和 地 研 (株)	駒田 貞夫	松阪市郷津町 166-8	(0598)51-5061	515
熊金ボーリング(株)	小林 正四	飯田市大王路 1-5	(0265)24-3194	395
計 測 地 質 (株)	北川 満	津市美川町 3-6	(0592)27-9005	514
京浜調査工事(株) 名古屋営業所	重松 正勝	名古屋市中区正木 2-8-4	(052)321-5139 331-4051	460
興亜開発(株)中部支店	堀部 信行	名古屋市天白区原 2-2010	(052)802-3121	468
国際航業(株)名古屋支店	新田 健一	名古屋市中区栄 2-11-7 伏見大島ビル	(052)201-1391	460
国土防災技術(株) 名古屋支店	中村 俊彦	名古屋市千種区内山 3-12-14 豊島不動産ビル	(052)732-3375	464
サンコーコンサルタント(株) 名古屋支店	新関 敦生	名古屋市中村区椿町 21-2 第2太閤ビル	(052)452-1651	453
(株)栄基礎調査	鈴木 恣	名古屋市東区新出来 2-1-13 ロータリーマンション 201	(052)935-0702	461
三 祐 (株) 名古屋支店	城田 正判	名古屋市中村区名駅南 1-1-12	(052)581-7441	450
(株)シマダ技術コンサルタント 名古屋営業所	妹尾 俊美	名古屋市名東区八前 2-713	(052)773-9281	465
(株)白石名古屋支店	牛田 正治	名古屋市中区錦 1-19-24 名古屋第一ビル	(052)211-5371	460
(株)新東海コンサルタント	二ヶ月清文	津市江戸橋 1-92	(0592)32-2503	514
杉山コンサルタンツ(株)	杉山 信行	久居市新町 680-4	(05925)5-6564	514-11
住鋳コンサルタント(株) 名古屋営業所	浅井 潔	名古屋市東区東桜 1-1-6 住友商事名古屋ビル	(052)951-0559	461
西濃建設(株)名古屋支店	安田 龍生	名古屋市中村区名駅南 3-2-11	(052)561-3541	450

会 社 名	代 表 者	住 所	電 話 番 号	郵便 番 号
㈱ダイヤコンサルタント 名古屋支店	平島 新也	名古屋市熱田区金山町 1-6-12	(052)681-6711	456
大成基礎設計 ㈱ 名古屋事務所	荒河 登	名古屋市西区那古野 1-15-18 那古野ビル南館	(052)551-0338	451
㈱大星測量設計	朝倉 邦明	名古屋市緑区大高町字東正地 69-1	(052)623-1287	459
玉野総合コンサルタント ㈱	小川 義夫	名古屋市中村区竹橋町 4-5	(052)452-1301	453
中央開発 ㈱ 中部支店	辻 光	名古屋市中村区牛田通 2-16	(052)481-6261	453
㈱中部ウエルボーリング社	佐藤 久松	名古屋市千種区東山通 5-3	(052)781-4131	464
㈱帝国建設コンサルタント	篠田 徹	岐阜市青柳町 2-10	(0582)51-2176	500
東海サルベージ ㈱ 鳥羽支店	小田 克典	鳥羽市鳥羽 3-33-5	(0599)25-3181	517
㈱東海地質コンサルタント	鈴木 誠	名古屋市中区栄 4-21-17 はやしビル	(052)251-8521	460
東海地質工学 ㈱ 名古屋事務所	鈴木 実	名古屋市中村区椿町 16-7	(052)451-7311	453
㈱トーエネック	塚田欽一郎	名古屋市中区栄 1-20-31	(052)221-1111	460
㈱東京ソイルリサーチ 名古屋事務所	開出 尚文	名古屋市中村区名駅 2-40-2 名和ビル	(052)571-6431	450
東建地質調査 ㈱ 名古屋支店	篠田 正雄	名古屋市南区笠寺町字迫間 9-2	(052)824-1531	457
東邦地水 ㈱	伊藤 武夫	四日市市東新町 2-23	(0593)31-7311	510
豊橋調査ボーリング ㈱	杉浦 市男	豊橋市牟呂町字東里 9-1	(0532)46-8325	441
㈱日さく名古屋支店	横尾 鋭一	名古屋市中川区富田町大字千音寺 東尼ヶ塚 117-2	(052)432-0211	454
日特建設 ㈱ 名古屋支店	原 欣二	名古屋市中村区名駅 3-21-4 名銀駅前ビル	(052)571-2316	450
日本基礎技術 ㈱ 名古屋支店	杉浦 有	名古屋市千種区内山 3-17-15 堀田ビル	(052)731-5431	464
㈱日本パブリックエンジニアリング中部支社	竹内 増躬	名古屋市中村区名駅南 3-7-2 洲崎ビル	(052)581-2815	450
日本物理探査 ㈱ 名古屋事務所	下川 裕之	名古屋市東区葵 1-25-1 ニッシンビル	(052)937-5606	461
富士開発 ㈱	加藤 力三	名古屋市千種区唐山町 3-30	(052)781-5871	464
復建調査設計 ㈱ 名古屋事務所	田中 正男	名古屋市東区葵 3-24-2	(052)931-5222	461
松阪整泉 ㈱	岩本 壽	松阪市五反田町 1-1221-5	(0598)21-4837	515
㈱松原工事事務所	松原 英男	名古屋市中区丸の内 1-3-1 ライオンズビル丸の内	(052)211-3571	460
松村工業 ㈱	松村 国夫	岐阜市藪田 2-56-1	(0582)71-3912	500
丸栄調査設計 ㈱	川口 勝男	松阪市船江町 1528-2	(0598)51-3786	515
宮本管工 ㈱	宮本 陽司	四日市市川原町 21-12	(0593)31-1291	510
村木整泉探査 ㈱	村木 正義	名古屋市熱田区西野町 1-2	(052)671-4126	456
名峰コンサルタント ㈱	谷村 光哉	名古屋市西区花原町 59	(052)503-1538	452
明治コンサルタント ㈱ 名古屋事務所	古田 博夫	名古屋市中区千代田 5-20-10 文岡ビル	(052)262-8115	460
ライト工業 ㈱ 名古屋支店	古田 忠義	名古屋市中村区畑江通 4-22	(052)482-6100	453