

水と土

No.103
1995

Japanese Association for
the Study of Irrigation,
Drainage and Reclamation
Engineering



佐古ダム完成予想図（本文70頁）



完成した八十土排水路（本文2頁）

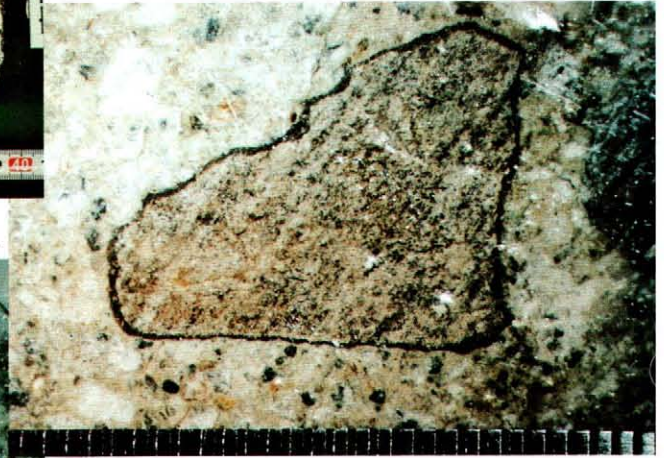


完成した鉄道横断暗渠（本文37頁）

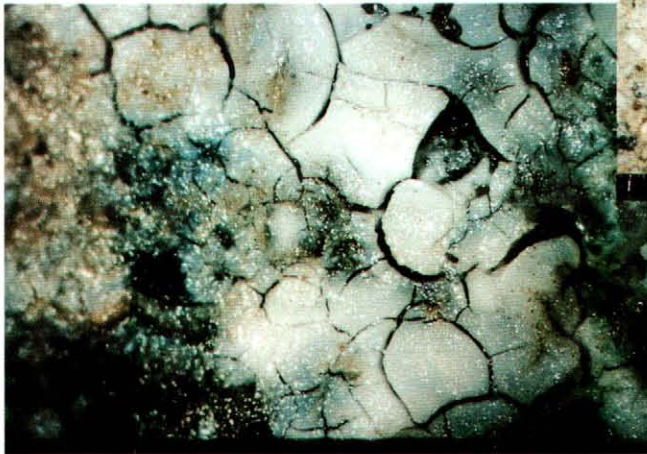




粗骨材・モルタルのわれ
(大野第1開水路 壁面水面下) (本文58頁)



粗骨材周囲の反応環 (上井開水路) (本文58頁)



白色のゲル (上井開水路) (本文58頁)



堀削・ズリ出し (本文47頁)

榎谷ダム第5号橋
大口径深礎基礎



2次吹付コンクリート (本文47頁)

水 と 土

目 次

報文内容紹介

巻頭文

「これから」の時代と農業・農村

山村宗仁……(1)

報 文

自然景観保護地区における排水路の護岸工法

古野 勉・横川 宏志……(2)

堅密土壌に対する有材心土改良耕の確立

横井 義雄・田丸 浩幸……(9)
後藤 英次・稲津 脩

大区画ほ場整備における客土事例について

及川 武美……(19)

相馬ダム基礎処理工について—リムグラウチング施工例—

石澤 雅史……(25)

工事桁工法による鉄道横断暗渠の施工事例

石川 裕之……(37)

榊谷ダム第5号橋梁基礎工建設工事における大口径深礎基礎の設計と施工について

新田 智敏・堀畑 正純……(47)
藤島 洋志・廣川 一郎

アルカリ骨材反応による農業用水路の劣化と補修

—香川用水地区を事例として—

長束 勇・松岡 肇……(58)
廣戸 俊夫・木村 良

佐古ダム洪水吐の水理模型実験について

西山 佐喜雄・福島 忠雄……(70)

県営畑総事業田平地区における平成6年干ばつ時の畑かん利用と事業の対応について

三浦 靖……(78)

調整池灌漑システムの調整池容量の算定

広瀬 慎一・大森 裕一……(86)

投稿規定……(94)

農業土木技術研究会入会手引……(95)

会告・編集後記……(96)

No. 103

1995

表紙写真

……美山町の民家
(京都)

水と土 第103号 報文内容紹介

自然景観保護地区における排水路の護岸工法

古野 勉 横川宏志

直轄明渠排水事業「八十土地区」の自然景観保護地区における排水路の護岸工法について、自然景観及び、動植物保護の観点から工法決定に至る経緯について報告するものである。
(水と土 第103号 1995 P. 2)

堅密土壌に対する有材心土改良耕の確立

横井義雄 田丸浩幸 後藤英次 稲津 脩

北海道美瑛周辺に分布する堅密固結性土壌(細粒褐色森林土及び灰色低地土)の作土の改良は砂質火砕流堆積物の客土によって改善できた。さらに堅密な心土を改良するために、疎水材を活用した有材心土改良耕を施工した。その結果、心土の物理性が改善され秋播小麦、馬鈴薯の収量、品質が大きく向上した。また、有材心土改良耕の施工基準の目安(疎水材の種類、施工間隔)を示した。
(水と土 第103号 1995 P. 9)

大区画ほ場整備における客土事例について

及川武美

泥炭土壌という超軟弱地帯での大区画ほ場整備の施工方法として、客土工を実施しほ場の地耐力と施工性を確保した。特に客土工前に長年農家が培った表土を、剥取り確保するため、試験施工を実施し当地区に適合した工法を決定し実施したものを、事例とし紹介するものである。
(水と土 第103号 1995 P. 19)

相馬ダム基礎処理工について(リムグラウチング施工例)

石澤雅史

県営かんがい排水事業と防災ダム事業の共同事業で施工中の相馬ダムは平成2年度から基礎処理工事に着手し平成6年度のリムグラウト施工でグラウチングを完了した。本報では、この内左岸リムグラウト施工にあたっての改良範囲の決定経緯、グラウチング仕様、施工経過について、事例を紹介するものである。(水と土 第103号 1995 P. 25)

工事桁工法による鉄道横断暗渠の施工事例

石川裕之

平成6年度に県営かんがい排水事業(排水対策特別型)で実施した鉄道横断暗渠の施工事例を紹介する。農業用排水路として当地域の幹線的機能を果たしている準用河川猪川の鉄道横断工事は工事桁を利用し活線状態で行った。鉄道直下は施工スペースが狭小であるためボックスカルバートを鉄道下流側で製作してフロンテジャッキング工法により据付けた。
(水と土 第103号 1995 P. 37)

榎谷ダム第5号橋梁基礎工建設工事における大口径深礎基礎の設計と施工について

新田智敏 堀畑正純 藤島洋志 廣川一郎

榎谷ダム第5号橋梁の橋脚基礎の施工に当たっては、地形条件及び地質条件より大口径深礎基礎($P_1 \phi 12.0\text{m} \times L = 32.0\text{m}$, $P_2 \phi 10.0\text{m} \times L = 14.5\text{m}$)を採用し、深礎掘削に当たっては、吹付+ロックボルト工法を採用した。本稿はその設計と施工について報告を行うものである。
(水と土 103号 1995 P. 47)

アルカリ骨材反応による農業用水路の劣化と補修

長束 勇 松岡 肇 廣戸俊夫 木村 良

香川用水は事業完了以来、吉野川の貴重な水を香川県下の農地へ供給し続けている。しかし、通水後20年を経て、一部開水路コンクリートにひびわれを伴う劣化が顕在化してきた。このため、国営造成土地改良施設整備事業で改修整備することとし、劣化原因を調査したところ、反応性骨材を使用したことによるアルカリ骨材反応に起因する劣化であることが判明したので報告する。
(水と土 第103号 1995 P. 58)

佐古ダム洪水吐の水理模型実験について

西山佐喜雄 福島忠雄

佐古ダムは、洪水吐導流部、静水池部及び取水路部においては、他のダムと違い曲線構造(豊かさ、丸み、やわらかさ)及び段落流等を多用したいわゆる景観設計が盛り込まれているのが特徴である。本実験では特色ある一連水理構造物の原設計に対する1/28模型を製作し、ダム設計洪水量(140 m^3/S)、減勢工対象流量(120 m^3/S)、中間流量(90 m^3/S)、河川設計対象流量(65 m^3/S)及び景観設計流量(5~10 m^3/S)等各段階の実験流量を与えた水理学的データについて報告する。
(水と土 第103号 1995 P. 70)

県営畑総事業田平地区における平成6年干ばつ時の畑かん利用と事業の対応について

三浦 靖

田平地区では、平成6年の大干ばつの中、畑かんが供用開始されたことで、かんがい効果が実証され事業の直接的な評価が高まると同時に、近隣市町の水道水源の枯渇の中で、事業実施と併せ様々な対応を求められた。ここでは、田平地区における干ばつ時の畑かん水の利用状況と地元の動向に対する事業としての対応について報告する。
(水と土 第103号 1995 P. 78)

調整池灌漑システムの調整池容量の算定

広瀬慎一 大森裕一

調整池とパイプラインによる水田灌漑システムは、灌漑の自由度の向上を目指した、新しい水田灌漑の方法である。その計画作業の中で、調整池の容量 V (m^3)を求める作業は最も重要な事項である。本報では、 $V = 3,600 \times T_{p0} \cdot \text{avr}Q_{ri}$ により、調整池の容量を算定することとし、調整池の利用実績から、貯留時間 T_{p0} としては3~6時間、日平均取水量 $\text{avr}Q_{ri}$ としては普通期最大用水量 q (m^3/S)を用いることを提案している。
(水と土 第103号 1995 P. 86)

「これから」の時代と農業・農村

山村宗仁*

現在の社会経済の情勢を一言で表現すると、「大変な時代」が最も合っているのだそうである。これは最近ベストセラーになっている堺屋太一氏の著書名である。その理由を上げると、第1にこれまでの常識では考えられないことが発生しているということである。銀行の倒産、終身雇用制度の崩壊、デフレ傾向の懸念などがこれに該当するのであろう。第2は、「これまで」に代わる時代の姿が明確に見えてこないという。若者の確実な減少と超高齢化社会の到来により、年金や医療費の負担の増加は間違いなく来る中で、夢と面白さを人々が描けない現状を指摘している。これらの指摘は、大筋において合っていると考えられるが、問題は「これから」の時代をどのように描くか、更に言えば農業農村整備事業の方向をどのように持っていくかという重要な課題に直結してくることと言える。

このような状況にあつて、最近の農業・農村に対する認識や状況が大きく変わりつつあると言える。第1は、都市から地方へと向う人口移動が始まっていることである。三大都市圏では平成6年初めて転出超過が生じている。しかも、地方中核都市も人口転入超過数は縮小傾向にあり、農村へと流れている。第2は、ライフスタイルの変化、価値観の多様化などを背景として農業・農村への認識が少しずつ変化してきていることである。特にいわゆる「農村休暇法」にみられるように、農業は農産物の生産によって所得を得るだけでなく、農業を経験してもらうことや農家に滞在することにより所得を得ようとする時代になってきている。第3は、国土・環境保全等公益的機能に対する国民的認識の高まりである。地域資源を保全・管理する役割は地域だけの問題ではなく、国民的な課題であるということが徐々に浸透してきていると思われる。

しかしながら、これらの状況の変化が直ちに「これから」の方向を明示しているかと言えば、まだまだ課題は多い。先般も「棚田サミット」が高知県の梶原町で開催され、挨拶を行う機会を得たが、参加者の中から「梶原町は自然がたくさんあって良いところですね」という話を聞き、それではあなたはここに住んでみますかと聞くと答えない。きれいな水と新鮮で安全な農産物は誰がもたらしているのか。中山間地域に農道を通そうとすると都会人は「貴重な自然がなくなる」と言うが、地域では「生活の利便性」を訴える。それぞれに総論と各論での対立や相互の理解不足が依然として存在している。それぞれの立場に立った理解（これを1/2の民主主義とでも呼んでおきたい）が必要があるが、現状は以前より高まっているといえども、依然として1/2には至っていないのではないだろうか。評論家の草柳大蔵氏が日本の崩壊点（シンギュラーポイント）というコメントをある雑誌に載せておられたが、崩壊点は円為替の相場と耕作放棄地であるという。特に後者については、過疎化・高齢化にも起因して国土・環境保全の限界に到達しつつあるという指摘であった。

このような現状を踏まえると、農業農村整備事業においても「これから」の時代の姿をより明確に描ける技術として充実していく必要がある。それは、とりもなおさず量と質のバランスのとれたものにしていくことであると考えるが、一つの方向になると思われるのが「ふるさと水と土基金」の活動であろう。ふるさと水と土基金の活動は平成5年に創設されたソフト事業であるが、①農村から都市への情報発信、②多様な地域資源を活用した地域活動、③農家・非農家・都市住民・行政等が一体となった地域住民活動、④国土・環境保全機能を保全、⑤子供達へ、そして未来へかけがえのない地域資源を伝える、⑥各地の地域住民活動が国民的運動論を展開、⑦棚田は貴重な国民の地域資源、棚田サミットも支援、⑧農村交流・農村滞在・農村移住・多様な価値観に対応、⑨日本型デカップリング？、⑩東京も大阪も田んぼや畑がなくなった！など、とにかく、一言では言い表せない、多様な取り組みを全国的に展開しており、農業・農村を広く国民全体に理解してもらうための運動である。この活動の最大の特徴は従来の農家、土地改良区、市町村等の農業関係者だけではなく、一般の方々にも理解と参加を訴えていく点であり、新たな出会いが多く生まれていることである。「これから」の時代における新しい価値観の形成と新たな技術の在り方に大きな示唆を与えてくれるものと考えている。「明るく夢のある農業・農村（中山間）」が農業農村整備事業によって描けるよう、思いは尽きない。

*構造改善局開発課課長

自然景観保護地区における排水路の護岸工法

古 野 勉* 横 川 宏 志**
(Tsutomu FURUNO) (Hiroshi YOKOKAWA)

目 次

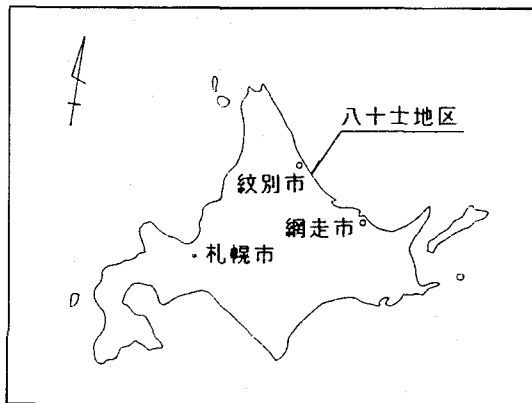
1. はじめに	2	4. 対策工の検討	4
2. ヤッシュウシナイ川周辺の環境	3	5. 護岸工法	5
3. 環境調査の結果	3	6. おわりに	7

1. はじめに

「直轄明渠排水事業八十士地区」は北海道東北部オホーツク海に面した紋別市に位置している(図一参照)。この地区を貫流するヤッシュウシナイ川は、河川流量が非常に少ないために河口閉塞が頻繁に発生し、流域の内水湛水・過湿被害を起こし、上流部の草地に多大な被害を及ぼしている。そこで、これらの被害を解消するため、河口閉塞を防止する河口導流堤の建設と排水路整備が計画された。

〔路線概要〕

路 線 名：八十士排水路 (L=7,500m)
 河 川 名：ヤッシュウシナイ川
 河川区分：普通河川
 流域面積：A=27.6km²



図一 八十士地区の位置図

ヤッシュウシナイ川の支流であるヤソシ沼周辺は湿原地帯となっており、北海道自然環境等保全条例によって自然景観保護地区の指定(昭和49年3月30日 告示第1020号)を受けている自然豊かな地区である。オホーツク沿岸におけるヤソシ沼のような潟湖の多くは、砂州の発達した後浜の背後に存在し、干潟を形成したり水深の浅い水域が広がっていることから渡り鳥の採餌、休息の場となっている。

しかし、河口閉塞を防止し、ヤッシュウシナイ川の水位を低下させることによって、ヤソシ沼の水面は下がり、潮汐の影響を受けるようになる。そこで、ヤソシ沼に飛来するシギ類やカモ類を対象としてヤソシ沼の生態を現状により近い形で保護する方法等を検討した。

また、ヤソシ沼周辺は北海道自然環境等保全条例によって自然景観保護地区の指定を受けていることから、現況の景観を大きく改変することはできない。すなわち、本地区の国道238号より下流の1,200mの区間では、ヤソシ沼の水位を下げてその形状を変化させたり、水位低下による乾燥化によってヤソシ沼周辺の植生を変えてしまうことは現況の景観を変化させることとなる。それと同時に排水路整備においてコンクリートブロックなどで護岸を装工することも景観の改変に該当する。

このように、自然景観保護地区における排水路整備は、今ある自然と景観を保存することが大きな課題となり、排水路の護岸工法はそのうちの一項目にすぎないものであるが、ここでは自然景観保護地区における護岸工法の事例について報告するものである。

*北海道開発局網走開発建設部副長
 **湧別農業開発事業所係長

2. ヤッシュウシナイ川周辺の環境

ヤッシュウシナイ川に隣接するヤソシ沼は、オホーツク海側の紋別市から網走市に至る沿岸潟湖の1つであるコムケ湖の隣りに位置する、周囲14 km、水面積0.034km²の小さな沼である。ヤソシ沼からコムケ湖一帯の湿原および沼地帯には、湿生植物や鳥類が数多く分布している。また、沼の東側には小向原生花園があり、ヒオウギアヤメやサワギキョウなど観賞価値の高い植物の群生地となっている。沼の水位は、ヤッシュウシナイ川の流量と潮汐による海水交流とによって変化し、その水質も河川流量が多い時には淡水に近く、少ない時には底層に高塩分水が存在している。ヤソシ沼の地形は図-2に示すとおりであり、ヤソシ沼周辺には標高-0.1mから標高+0.5m程度の湿地が広がっている。湖内の最低標高は-0.7mであり、河川流量が少なく外海潮位がL. W. L（標高-0.6m）の時に沼はその大部分が干出する。水辺には、ヨシ、ゴウソウ、エゾウキヤガラ等の単一に近い植物群落が存在し、沼の形状を保っている。

3. 環境調査の結果

本地区においては、昭和58年から平成2年にかけて表-1に示す環境調査を実施しており、その調査結果をもとにヤソシ沼の保全と排水路の護岸工法について検討を行ってきた。

(1) 排水路の建設によって影響が予想される事項

① 植物

常にいくらかの塩分を含んだ水が冠水している泥炭地を好んで生息する植物と水分の多い湿地を好んで生息する植物がともに確認されていることから、湿性地の乾燥化によって生息域の減少が懸念される。

② 鳥類

池沼、湿性地进行を主な生息地とするマガモ、カワセミ、シマセンニュウが確認されており、湿性地の水位低下に伴って乾燥化が進めば生息域の減少が懸念される。

特に、狭い範囲で確認されたツメナガセキレイ（写真-1参照）は貴重種であるとともに、観察された地点を排水路が通過するため、

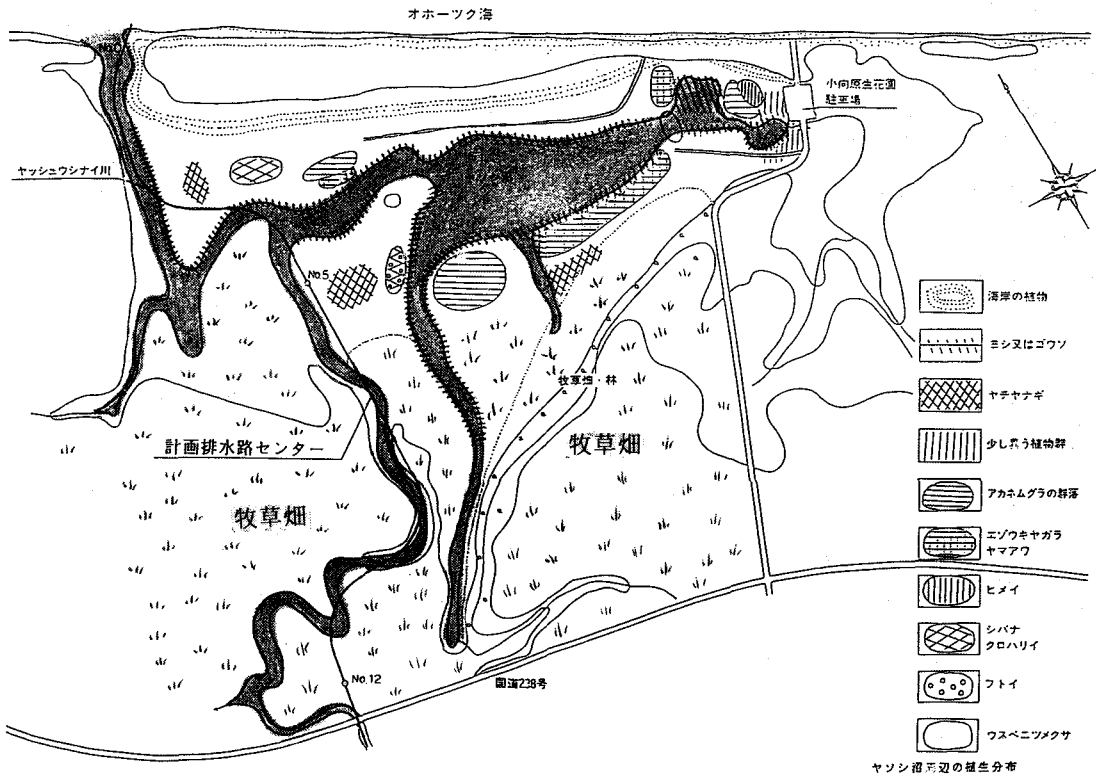


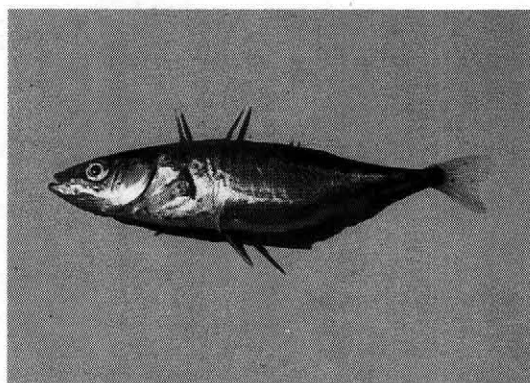
図-2 ヤソシ沼の地形図

表一 八十土地区における環境調査の概要と出現種

	植性調査	鳥類調査	魚類調査	哺乳類調査	昆虫調査
昭和58年	○				
昭和59年	○				
平成2年		○	○		
平成3年		○	○	○	○
確認種	39科132種	19科 32種	8科 12種	1科 1種	79科311種



写真一 ツメナガセキレイ



写真二 イトヨ

生息域の消滅が懸念される。

③ 魚類

ヤッシュウシナイ川およびヤソシ沼で確認された魚類は、環境庁による指定種であるイトヨ(写真二参照)を含む8科12種であった。

このうち、トミヨとフクドジョウを除く魚類は、海と川を行き来する遡河性および汽水性魚類であった。

排水路計画においては、調査時の生息環境

を十分に考慮した工法の検討が必要であり、河道に変化を与えたり、植栽を行うなどの配慮が必要である。

④ 哺乳類

特に湿性を好む種の生息は確認されていない。

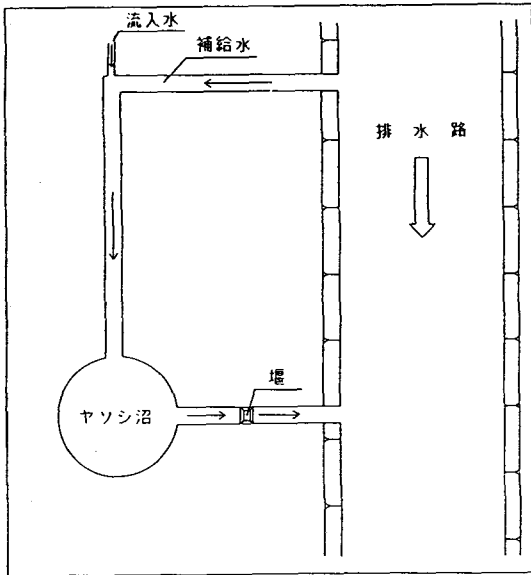
⑤ 昆虫

池沼、湿性を主な生息場所とするキタイトトンボ、マンシュウアオモンイトトンボ、エゾルイトトンボなどのトンボ類やセスジアカガネオサムシ、クロギシギシヤガ、ガマキンウワバなどが確認されており、湿性地の乾燥化によって生息域の減少が懸念される。

4. 対策工の検討

本地区には湿性に生息する生物のうち、鳥類ではツメナガセキレイ、昆虫類ではキタイトトンボ、マンシュウアオモンイトトンボなどの特定昆虫類など貴重な種の生息が確認されており、湿性地の減少は本地区の生態系にも影響を及ぼすと同時に景観をも変化させるものである。

前項の図一2で示したように湿原地帯はヤソシ沼周辺に形成されており、ヤソシ沼の沼水に起因するものと考えられる。その沼水はヤッシュウシナイ川に流出しており、川の水位に連動している。このため、排水路の建設による河川水位の低下にともなってヤソシ沼の水位も低下し、周辺の湿原地帯の乾燥化が進むものと考えられる。そこで、排水路の設計にあたっては、湿原地帯の乾燥化を極力さけるためヤソシ沼とヤッシュウシナイ川とを潜り堰によって遮断し、水位が連動しない構造とした(図一3参照)。また、排水路法線の決定にあたっては当初はツメナガセキレイが生息する地域内を貫通するルートとしたが、この地域を可能な限り避けて設定した。



図一三 堰による水位低下防止策

さらに排水路断面においては、H. W. L以下の部分は河床砂利で被覆し、H. W. L以上の部分には植栽をすることとした。植栽にあたっては可能な限り現地産のものを使用し、外来種は避けることとした。

5. 護岸工法

(1) 護岸工法の検討

国道238号より下流側の1,200mについては、自然景観保護地区に指定されていること、環境調査の結果から鳥類、魚類の生息地として豊かな自然環境を有していることから、多自然型河川工法を採用することとした。

多自然型河川工法とは、親水性や景観、河川に生息する底生動物や魚類、また河川をとりまく植生などに配慮した工法であるとともに、自然の素材を使用する工法でもあるといえる。

多自然型河川工法の護岸工には以下のような工法がある。

- ・巨石張工 ・雑割石張工 ・玉石階段工
- ・粗朶法覆工 ・籠マット工 ・植栽工
- ・巨石積工 ・柳枝工 ・杭棚工
- ・玉石柳枝工 ・連柴作工

これらのなかから、本地区では巨石積工（環境ブロック工法）、籠マット工（フトン籠マット工法）、杭棚工（木枠棚工法）の3つの工法につい

て、それぞれの特徴や本地区における適用性、経済性について比較検討を行った（表一2参照）。

本地区の特徴としては、国道238号より下流の区域はそのほとんどが湿地帯あり、オランダ式貫入試験を行ったところ、泥炭層が表層を覆っているため非常に軟弱で、法面勾配も1：2.0よりも緩くする必要があるとの結果が得られている。したがって、比較検討の際にも軟弱地盤に対する適応性には特に配慮した。

(2) 護岸工法の決定

前述のように、国道238号より下流の区間は非常に軟弱な粘性土であるため計画断面を選定するにあたっては、地盤（地質）条件が工法を決定する重要な要素であった。本区間の地質はオランダ貫入試験結果から、表層下5m～6mの深さまでは粘土質、砂質シルト系の土で非常に軟弱（N値＝0～3）であった。したがって、環境ブロック工法では自重が重たいために地耐力が期待できないとの結論を得た。また、フトン籠マット工法と木枠棚工法は法面の安定性から本地区に適応していると判断されるが、本地区が自然景観保護地区であることを考慮し極力天然の素材を使用することとし、木枠棚工法を採用することとした（図一4参照）。

また、護岸の形状は安定法勾配（1：2.0）に対して計画水位までを砂利で保護することとした。砂利の敷設の方法としては、法面の砂利は常時流水内にあることから、砂利の滑落を防止するため図一5に示す構造を採用した。

(3) 植栽計画

排水路工事によって掘削された部分は、植栽によって景観を保全することとした。この場合、植栽する植物は本地区の現存植物、またはそれと同じ種類のものを使用することとし、外来種は使用しないこととした。本地区に適合するものとしては表一3に示すとおりであり、現存植生を考慮して周辺の植生とバランスのとれた植栽を行っていくこととした。

以上の検討を行い、自然景観保護地区における明渠排水路を写真一3に示すように施工した。植栽については、上記表をもとに今年度中に施工する予定である。

表-2 多自然型河川工法の比較検討表

項目	環境ブロック工法	フトン篋マット工法	木柵柵工法
略図			
概要	<p>本工法は、一般的な護岸ブロックの表面に天然石を埋め込んだもの（環境ブロック）であり、景観上は天然石で護岸したように見える。</p>	<p>本工法は、排水路法面を連結ブロックの代わりにフトン篋で被覆したものであり、番線を除いては天然の素材を使用している。</p>	<p>本工法は、法面に木杭で柵を作り、その中に砂利を投入するものであり、すべて天然の素材を使用している。</p>
長所	<p>3工法のうちで最も安定しており、景観的にも優れている。</p>	<p>3工法のうちで最も施工が容易であり、工種も少ない。</p>	<p>木材と石の組み合わせであるため、他の2工法より周辺環境に馴染みやすい。</p>
短所	<p>環境ブロックの高さを高くすると工費が高むため、排水路を複断面にする必要がある。 疑似的な環境工法であり、自然素材ではなく、コンクリートを使用している。</p>	<p>フトン篋同志が連結されていないため、護岸表面に凹凸ができ、景観的に好ましくない。 腐食によって番線が切れた場合に、切れた番線や中詰め砂利が飛散する。</p>	<p>木材を使用するため、防腐処理を行う必要があり、防腐処理を行っても耐用年数が短い。 木杭の打ち込み本数が多いため、施工に時間がかかり、工種も多い。</p>
本地区への適用性	<p>本地区の河川周辺は湿地帯であり、地盤も泥炭層で非常に軟弱なため、環境ブロックに対する地耐力は期待できない。 この工法を採用する場合には、地盤の置き換え等の対策が必要となり、工事費としては高価なものとなる。</p>	<p>本工法も環境ブロック工法と同様に、軟弱地盤に対する不等沈下が懸念され、排水路断面の形状を維持できなくなる恐れがある。 土木安定シートと番線を使用するため、天然の素材のみを使用していない。</p>	<p>本工法は法面勾配を安定勾配としているため、木杭には土圧がかからないようになっており、砂利の投入厚も25cmであるから、軟弱地盤にも対応できる。 砂利の下に粗朶を敷くことで、H. W. L以下の部分にも植栽が可能である。</p>
概算工事費	1,891 千円 (10m当り)	1,294 千円 (10m当り)	1,125 千円 (10m当り)
評価	△	△	○

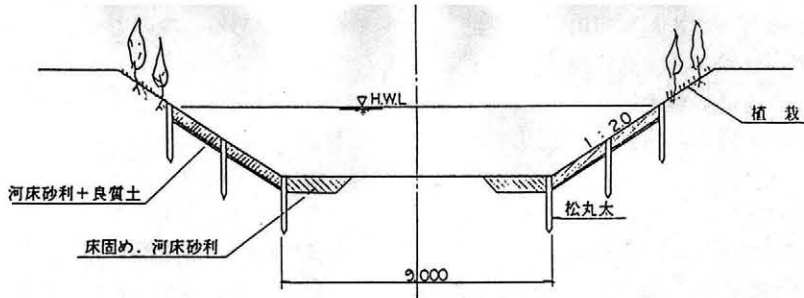


図-4 木枠棚工法断面図

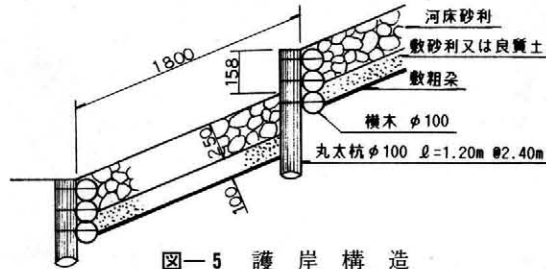


図-5 護岸構造

表-3 本地区に適応した植栽種

	クサヨシ	ススキ	エゾミソハギ	ヤナギ類
成育条件	<ul style="list-style-type: none"> ・湿地帯。 ・旺盛な繁殖力のため、広範囲に自然繁殖する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・比較的乾燥した土地。 ・小群落で成育する植物。 	<ul style="list-style-type: none"> ・湿地帯。 ・長期の冠水にも耐える。 	<ul style="list-style-type: none"> ・湿地性のものが多いが、乾燥地に強い種もある。 ・湿地地に生育 タチヤナギ ヤチヤナギ オノエヤナギ エゾノカワヤナギ ・乾燥地に強い イノコリヤナギ
栽培方法	<ul style="list-style-type: none"> ・株植え（または播種植え） 10㎡に1箇所程度 1株(φ20cm~30cm) 	<ul style="list-style-type: none"> ・株植え 10㎡に1箇所程度 1株(φ20cm~30cm) 	<ul style="list-style-type: none"> ・株植え（または播種植え） 1㎡に10株を100㎡に 5箇所程度 1株(φ10cm~20cm) 	<ul style="list-style-type: none"> ・埋枝 2m~3m間隔に筋状に埋枝する。 1本(φ1.5cm~3cm, ℓ1.0mのもの)



写真-3 八十士排水路

6. おわりに

このように、八十士地区の場合は湿地帯にある牧草地の湛水被害を解消することを目的とした明渠排水事業であり、河川の改修および河口処理施設（河口導流堤）の建設を行ってきた。しかし、その湿原地帯特有の自然環境とそこに生息する生物を保護するという課題を解決しなければならなかった。

工事にあたっては、北海道環境部局との協議を

はじめ、ヤソシ沼に飛来する鳥や河川周辺に生息する鳥を観察している地元の自然保護団体との協議調整を行い、同意を得て着手した。

今後、明渠排水路の計画にあたっては現況の川にある植物、特に樹木はできる限り保存し、法面や周辺の緑化も積極的に行っていく必要がある。

このように水と緑をネットワーク化していくことの意義は、地域の景観と生態系の孤立化を回避

することである。森のような点状、また川のような線状の生態系拠点がそれぞれ孤立してしまうと生態系は貧弱化していく。しかし、こうした拠点を水と緑によってつなげていくことにより、種は豊かになり安定性をさらに増していくと考えられる。このため、地域の中に水と緑のネットワークが形成され得る排水路の計画と排水路護岸の自然化を今後とも進めることが望ましいと考える。

農業開発・地域開発の総合建設コンサルタント



土と水 をデザインする……豊富な経験と優れた技術

株式会社 三祐コンサルタント

取締役会長 久野彦一

取締役社長 渡辺滋勝

本社	〒460 名古屋市中区錦2丁目15番22号(あさひ銀名古屋ビル)	TEL(052)201-8761(代)
東京支社	〒104 東京都中央区八重洲2丁目2番1号(大和銀行新八重洲口ビル)	TEL(03)3274-5655(代)
仙台支店	TEL(022)263-1857	北陸事務所 TEL(0762)23-5411
九州支店	TEL(096)354-5226	鹿児島事務所 TEL(0992)81-1657
札幌支店	TEL(011)222-3121	佐賀事務所 TEL(09546)5-3564
四国事務所	TEL(0888)24-4425	埼玉事務所 TEL(0485)43-1261
中国事務所	TEL(0862)73-3296	静岡事務所 TEL(054)250-0038
長野事務所	TEL(0265)53-4026	技術研究所 TEL(0562)32-1351
青森事務所	TEL(0177)43-8535	海外事務所 マニラ・バンコク
山形事務所	TEL(0238)43-6990	

堅密土壌に対する有材心土改良耕の確立

横 井 義 雄*
(Yosio YOKOI)

田 丸 浩 幸**
(Hiroyuki TAMARU)

後 藤 英 次**
(Eiji GOTO)

稲 津 脩**
(Osamu INATSU)

目 次

1. はじめに	9	4. 有材心土改良耕による心土の 物理的性質変化	11
2. 有材心土改良耕法	10	5. 作物の生育・収量・品質に及ぼす影響	14
3. 有材心土改良耕が有効となる 下層土の理化学的性質	11	6. 植物根分布と活性	15
		7. まとめ	16

1. はじめに

ガット農業合意による農産物の自由化は北海道における中山間地帯に分布する畑作農業を大きく変化させようとしている。馬鈴薯、トウモロコシ、小麦、豆類、ビートなど一般的な畑作物目は競争力を欠いて徐々に生産を縮小しなければならなくなり、これに替わるものとして高品質な畑野菜を作付けする傾向にある。しかし、畑作物から畑野菜への転換は肥沃な土壌を持つ地帯で取りくみが比較的容易であるのに対し、中山間のような有効土壌が浅く、特に粘土質で堅密な地帯では困難をきわめている。このような状況のもとで、ガット農業合意にもとづく北海道農業の質的な転換には大規模な土壌の肥沃度改良が必要である。作土層の肥沃度改良もさることながらこれまで手のつけられていなかった下層土改良の取りくみが特に重要と思われる。平成3年から3ヶ年間、堅密で瘦せた下層土を持つ土壌に対し、下層土改良手法として新しい改良耕法の試験を行い、大きな効果が認められたので報告する。なお、本法は「有材心土改良耕」と呼ぶことにした。

上川中・南部の主要畑作地帯に広く分布する細粒褐色森林土及び灰色台地土は容積重が大きく砂を30～60%含む、堅密で固結し易い難耕起性土壌である。本土壌地帯は難耕起性で、浅耕な畑地が多く、加えて保水性が小さいため、雨にあたると過飽和状態となり易く、すぐに土壌表面に滞水し

泥状化する。逆に乾燥すると堅密に固結し耕起、碎土作業が困難となる。従って、耕起、は種、収穫などの農作業は降雨などの気象に著しく左右され、特に適期に収穫することはなかなか出来ない状況にある。

このようなことで、本地帯では適期に作業がなされたかどうか、収量や品質に大きな影響を与える場合が多い。

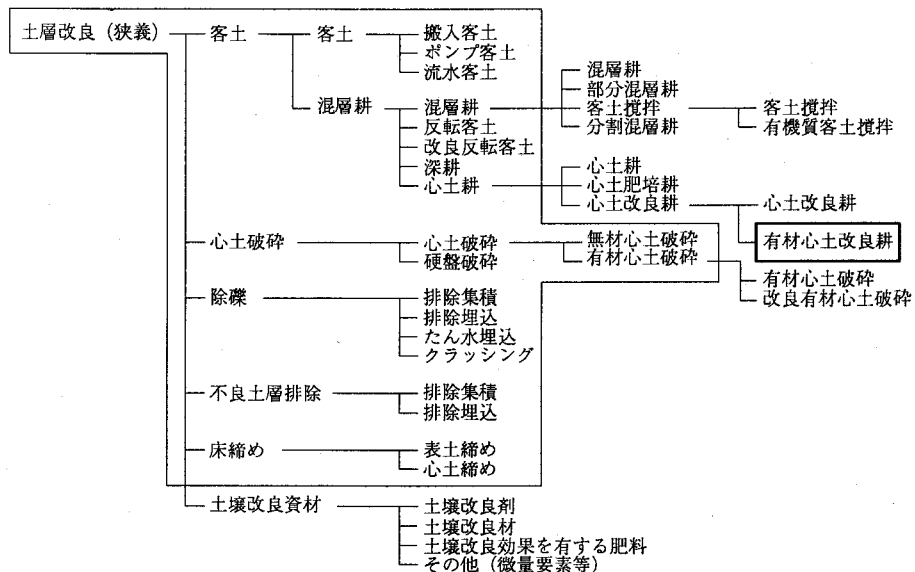
また、耕起まもない畑では降雨によって土壌構造の破壊が顕著となり、強固なクラスト（土膜）が形成され、作物の出芽に大きな障害となる。これに対しては砂質火砕流堆積物の客土（昭和63年度、北海道農業試験会議、道立上川農試、指導奨励事項）によって解決された。これによって作土層の物理的性質は改良され出芽障害が見られなくなった。しかし、下層土は依然として堅密で透水性が著しく不良なため、作物根は下層に全くと言って良いほど見あたらない。上川中・南部の堅密固結性土壌における畑地帯は下層土の堅密性とそれに伴う透水不良が主要因で収量、品質の向上を図れないでいる。加えて、これは畑園芸作物の導入にも影響を与えており、本地帯における下層土改良はきわめて重要な課題になりはじめている。また、下層土が堅密な土壌は他の畑作地帯にも多く認められ、これに対する有効な改良耕法の確立は現場農家の強い要望となっている。すでに十勝支庁管内の豊頃町、本別町などで試験実施されており、その効果が認められている。

*北海道立中央農業試験場
**北海道立上川農業試験場

2. 有材心土改良耕法

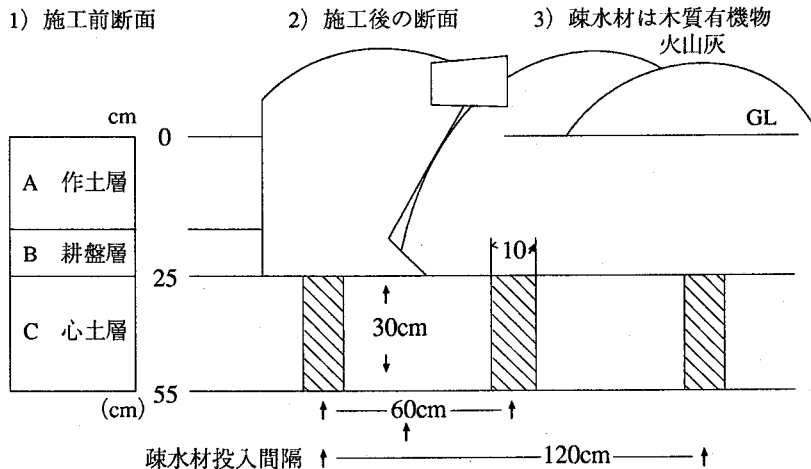
有材心土改良耕法をこれまで行われてきた多くの土層改良工法の中での流れに位置づけて考えてみた。北海道農政部設計課土層改良指針策定に向けた基礎諸元調査（1993年10月）においては、図1に示したように有材心土改良耕法を客土—混層耕—心土耕—心土改良耕—有材心土改良耕として位置づけることができる。有材心土改良耕法は下層土改良を目的とするが、その方法は下層の有材がミズミチとなって圃場における透水性が改善されることよりも、むしろ下層に入れた有材と下層

土が接する壁面の通気性と乾湿、植物根、微生物性などの影響による土壌構造が発達することにある。いずれにしても、この土層改良耕はかなり長期間で巾広い効果が期待されることから、この工法の効果が経済的に有効となる下層土を特定する必要がある。次に、施工は心土改良耕プラウにより実施する。まず作土をプラウを用いて25cmの深さで反転し、作土層が除かれて下層土（以下心土と呼ぶ）が現れたところにオープナーによって心土を切断破碎し、これにより出来た心土表面から30cm、巾10cmの溝にバーク堆肥や火山灰などの疎水材を投入する。図2は施工後の土壌断面の模式図



(道農政部設計課土層改良指針策定のための基礎諸元調査1993年10月による)

図一 土層改良の定義



図二 有材心土改良耕の施工断面

を示した。一般的な有材心土改良耕の施工は暗渠や明渠に対し直角に実施される。これによって排水が著しく向上する。

この試験を実施した圃場は北海道上川郡美瑛町字大久保、佐藤俊一氏圃場の細粒灰色台地土、下層土の山中式硬度25以上、気相率1.9~8.4%、容積重143~166 g/100ml、透水係数 $9.2 \times 10^{-4} \sim 1.8 \times 10^{-6}$ cm/s、交換性CaO99~102mg/100 g できわめて堅密で痩せた土壌であった。処理の内容は①無施工、②バーク堆肥60cm間隔、③バーク堆肥120間隔、④バーク堆肥180cm間隔、⑤火山灰60cm間隔、⑥火山灰120cm間隔、⑦火山灰180cm間隔の7区である。バーク堆肥は容積重49 g/100ml、N% 1.17%、C/N24.7のものを用い、火山灰は容積重95 g/100mlであり粗粒で透水係数 1.88×10^{-3} のものを使用した。平成3年度は9月11~14日に施工を行い、平成4年度秋播小麦(チホクコムギ)、平成5年馬鈴薯(農林1号)を慣行法で作付し試験を実施した。

3. 有材心土改良耕が有効となる下層土の理化学的性質

本試験地に代表されるような有材心土改良耕法が有効となる下層土を持つ土壌の理学的性質とその分布について検討した。本試験地の土壌は保水性が比較的小さいため、雨にあたると、たちまち土壌表面に水が滞まる過飽和状態となり、泥状を呈する。逆に乾燥すると堅密に固結する。従って、耕起・砕土作業における適正水分域が極めて狭い。このような土壌型では2・3層目が堅密な不透水層を形成している事が多い。堅密固結性を示す細粒灰色台地土と中粗粒褐色森林土の畑地におけるコーン指数を見ると、堅密固結性を示す細粒灰色台地土は30cmでコーン指数 25 kg/cm^2 を示し測定不良になったのに対し中粗粒褐色森林土は30cm以下の心土までコーン指数 $10 \sim 20 \text{ kg/cm}^2$ に分布していた。細粒質灰色台地土に代表される下層土の堅密生が有材心土改良耕法の有効性の一つの指標として有効と思われた。そこで、堅密固結性土壌地帯における畑地12地点心土の硬度と透水係数を調査した。このような堅密な下層土は山中式硬度と透水係数にかなり密接な関係があることから、土壌の硬度が透水性に対し強く影響を与えていることを示している。これによると、2層目の山中式硬度は18~29分布しており平均値22.0であった。3

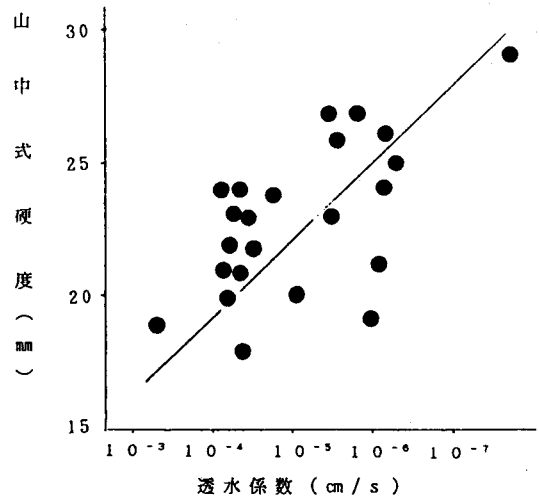


図-3 下層土の硬度と透水係数の関係

層目はこれより硬く21~27に分布しており平均値が24であった。硬度は土壌中の水分で大きく変化した。湿の状態では23~25、半乾では23前後、乾では35~38となり、きわめて堅密であった。また堅密固結性土壌地帯畑地の土層の深さと硬度の関係は深くなるにしたがって硬くなっていた。これらのことから、2、3層どちらかの心土が湿の状態では硬度19~24以上が有材心土改良耕法を実施する場合の一つの目安となると思われる。

つぎに2、3層目の心土の透水性の調査を実施した。これによると2層目の心土は $9.27 \times 10^{-7} \sim 2.49 \times 10^{-3}$ に分布しており平均値は 7.89×10^{-5} であった。3層目の心土は $1.03 \times 10^{-6} \sim 6.48 \times 10^{-4}$ に分布しており、平均値は2層目より透水性の悪い 3.05×10^{-5} となっていた。この地帯における畑地で降雨時に透水性が問題となるのは、2層目、3層目に 10^{-4} 以下の不透水層が存在するケースが多い。これらのことから2・3層どちらかで心土の透水係数が $10^{-5} \sim 10^{-4}$ オーダーが有材心土改良耕実施の一つの目安と考えて良いと思われた。

4. 有材心土改良耕による心土の物理的性質変化

有材心土改良耕を実施した後における心土の物理的性質の変化はこの効果を判断するうえで作物の収量、品質と同様に重要な点となる。有材心土改良耕の効果を判定する土壌の理化学的性質変化は①カベ近ぼうの構造変化、②土壌硬度、③三相分布、④透水性、⑤土壌水分によってしめされるものと

思われる。

図4は施工後におけるパーク60区、火山灰60区の柱状図を示した。パーク堆肥で地表から35cm～72cmの37cm、火山灰で35cm～65cmの30cmに充填されていた。上部から半分位までが5cm、その下が10cmの中となっていた。パーク、火山灰は作溝の深さ30cm×巾10cmに近状態で存在していることから、有材心土改良耕がほぼ良好に施工されたと思われる。

施工後2ヶ年後の施工面の調査によると、心土におけるカベの近ほうにキレツが認められ、根もこれを中心に発達していることが窺われた。これは有材がカベを形成する土壤よりも透水性や通気性などが良いためにカベの水分を変動させ、収縮が起こってキレツの形成がなされたものと考えられた。さらに、このキレツにそって根が伸長し、さらに水分を取って土壤を収縮させ心土に対して弱い構造を形成させたものと思われる。

このようなことで、心土の硬さはカベの近ほうを中心に小さくなっているものと思われた。図5は平成4年6月、9月、平成5年9月の3回、山中式硬度計で心土を調査し平均値で示したものである。山中式硬度計による土層硬度の調査によると、試験区内の調査場所による多少のバラツキが認められるが、有材心土改良耕の各区は無施工区

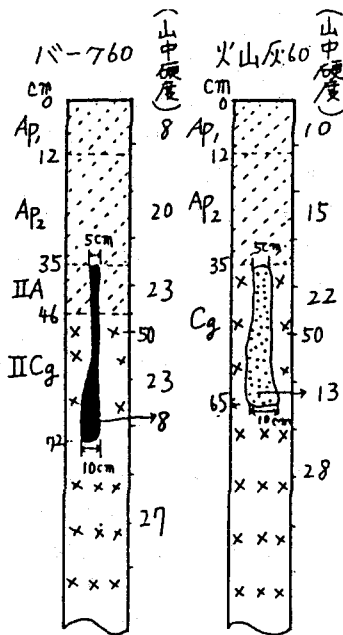


図-4 施工面の柱状図

よりも25～55cm（2～3層目）の心土が膨軟となっていることが認められた。図6は平成5年8月16日に測定用に広めに取った枕地でコーン指数(kg/cm²)による心土の硬度を測定したものである。土層における硬度は特にバラツキが大きいため、慎重な測定が必要であった。コーン指数(kg/cm²)による心土の硬度は無施工区が25cmで25kg/cm²以上の測定不能であったが、パーク60区の25～55cm心土が10～15kg/cm²、火山灰で10～22kg/cm²と明らかに膨軟であった。これは前出した土壤断面と有材心土改良耕のカベ近辺で起きているキレツの発生等の影響によるものと理解され、心土の改良が進んでいることを示すものである。降雨後まもない湿潤な時期の三相分布はパーク60区、火山灰60区で液相が少なく気相が多くなっていた。この傾向は両資材ともに180<120<60の順で大きかった。有材心土改良耕によって降雨時の水が早く流出し、その分だけ気相が増加したものと考えられる。

図7は土壤水分の推移を大雨の時と一般的な雨の時の2回、データログを使用して調査したものである。平成4年7月31日～8月1日にかけての大雨における無施工区は作土層における土壤水分含量が200%近くになることを認めたが、パーク60区ではこの程度の大雨でも土壤水分50%とほとんど下層に吸収、流出させ、滞水することがなかった。さらに平成5年8月14～15日にかけての雨に

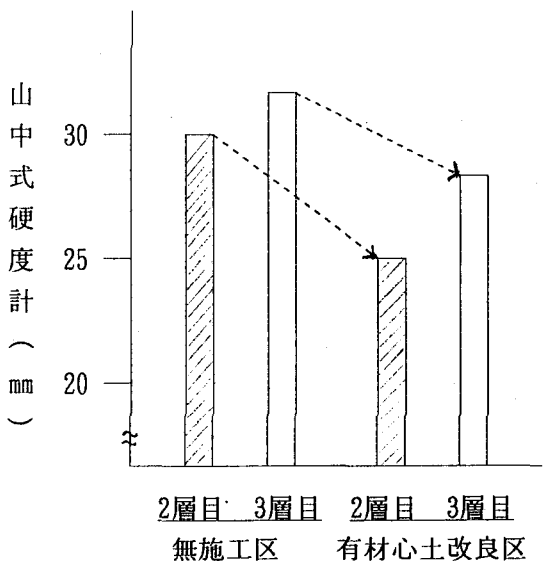


図-5 土壤硬度（山中式硬度計）の変化

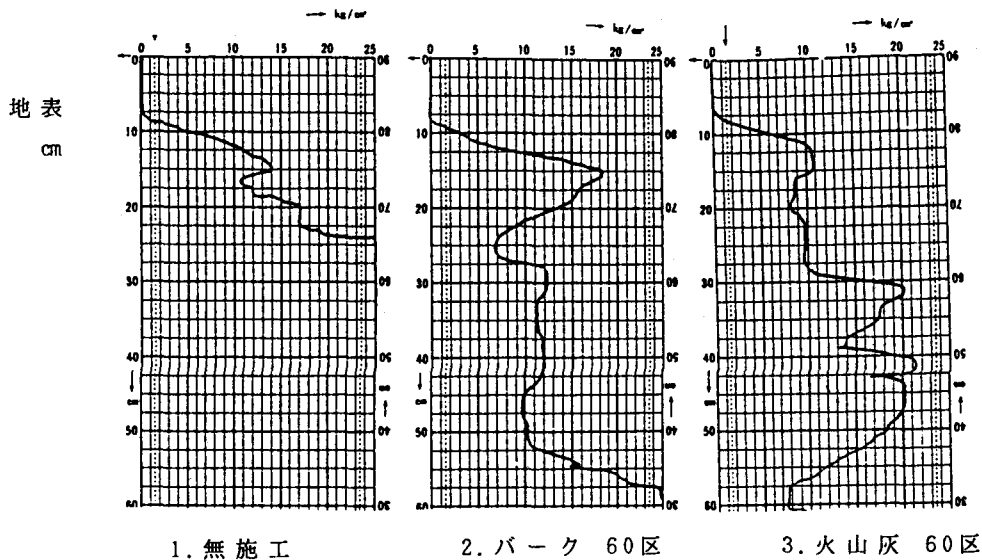


図-6 コーン指数 (kg/cm²) による心土の硬度
注) 平成5年8月16日測定, 耕起状態 (測定用枕地)

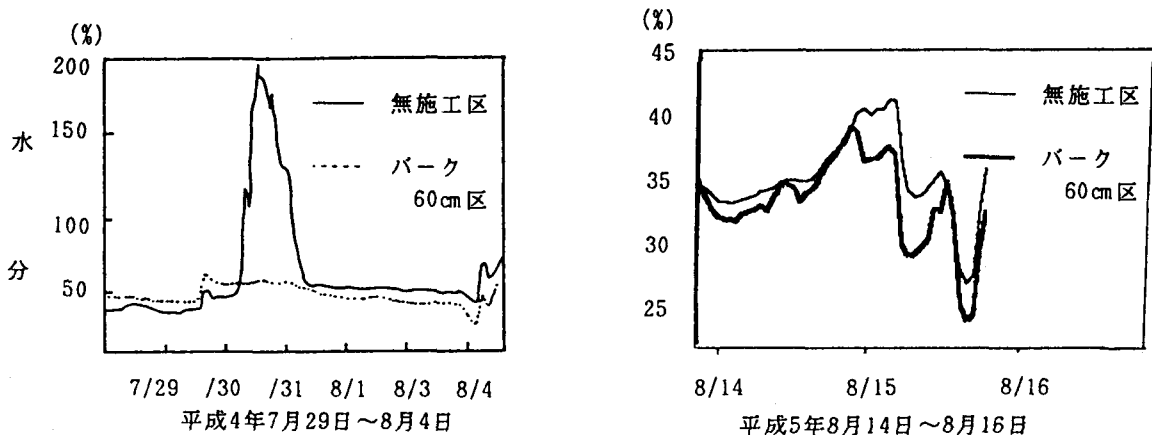


図-7 作土層における土壌水分の推移 (データロガー使用)

対してもこれと類似の傾向を認め、有材心土改良耕が畑地の排水に対しきわめて効果的であることが判明した。また有材心土改良耕の溝の先端にエンピ管を取りつけて平成5年8月10日～16日にかけて降雨時における排水量を調査した。いずれからも流水が認められ、たしかに水が下層土に移行し、溝に集まり雨水量が多くなると暗渠に近い働きをするものと思われる。この事は降雨後における大型トラクターなどの農機具の稼動性に大きく影響を与えるものと思われる。あながいと現場の農業場面ではこうした農作業の難易が大きな問題となる。そこで、平成3年9月9日降雨後(9月

5～7日で53mm) フォード6600, 4駆ロータリー付きで耕起のため走行し、タイヤ沈下量 (cm) を測定し表1に示した。この時の走行・牽引の難易の判定基準は生研機構(農業機械化研究所報告, 1966, P35)による。このような多雨時における

表-1 降雨後のトラクター走行・牽引の難易

試験区名	走行部沈下量	走行牽引の難易
1. 無施工	30～40cm	不能
2. バーク 60	2～5 cm	容易～やや難
3. バーク120	3～6 cm	容易～やや難
4. バーク180	5～8 cm	難

排水能の良化はトラクターなど農業機械の走行・牽引に対しても効果的に働くことが判明した。

5. 作物の生育・収量・品質に及ぼす影響

平成4年度に実施した小麦試験から、表2に秋播小麦の生育・収量・品質の調査結果を示した。5月19日、秋播小麦の草丈、莖数などの生育は差が認められなかったが、窒素含有率がパーク、火山灰いずれの試験区も無施工区より明らかに高くなっており吸収量も多かった。成熟期の稈長、穂長には差が認められないが、穂数はパーク、火山灰の各区とも無施工区より優っていた。子実収量は多い方から、パーク60区>パーク120区>火山灰120区>火山灰60区>パーク180区>火山灰180区の順となっており、パーク60区は無施工区より32%の増収となっていた。また原粒粗蛋白含有率は無施工区よりパーク60、120、180区が明らかに高くなっていった。このようなことから、1作目における有材心土改良耕は小麦の生育、収量、品質に対し、きわめて有効なことが示されていた。特に

パーク60、120区でこの傾向が顕著であった。

平成5年度に実施した馬鈴薯試験から、生育・収量・品質調査を表3に示した。有材心土改良耕を実施し2作目に当たる馬鈴薯の生育は初期から草丈、莖数で有材心土改良耕のパーク、火山灰区で著しく良くなっていた。7月15日になってもその傾向が続き、特に60cm区で明確であった。9月13日の窒素吸収量は多い方からパーク60区>火山灰60区>パーク120区>火山灰120区>パーク180区>火山灰180区>無施工区となっていた。

いも収量は無施工区よりも明らかにパーク区および火山灰区で高まっていた。パークの各区はわずかながら火山灰各区より高まっており、間隔は60cmが最も良かった。中いも(60g以上)割合は無施工区よりパーク60区、火山灰60区で5%ほど高まっていた。いも比重も無施工1.097に対し有材心土改良耕各区は1.100以上であった。ポテトチップスカラー値は無施工区で2.4であったのに対しパーク60区、火山灰60区がそれぞれ1.5、1.0であり、明らかに低くなっていた。なお、ポテトチップス

表-2 秋播小麦の生育・収量・品質 (平成4年度)

試験区名	5月19日			成熟期		
	乾物重	N吸収量	子実重	穂数	千粒重	原粒粗蛋白含量
	kg/10a	kg/10a	kg/10a	本/m ²	g	%
1. 無施工	160	5.1	565(100)	440	36.1	8.2
2. パーク 60	195	6.7	748(132)	647	38.1	9.9
3. パーク120	137	6.3	698(124)	570	37.2	9.2
4. パーク180	139	5.9	617(109)	467	36.1	9.2
5. 火山灰 60	157	5.8	622(110)	547	36.5	8.6
6. 火山灰120	167	6.1	625(111)	547	36.4	8.5
7. 火山灰180	157	6.1	574(102)	460	35.4	8.1

表-3 馬鈴薯の生育・収量・品質 (平成5年度)

試験区名	7月15日			いも収量			品質		ポテトチップスカラー値
	茎長 cm	莖数 本/株	N吸収量 kg/10a	(kg/10a)			比重	ライマン価	
				全いも重	60g以上 中いも重	同左 比			
1. 無施工	45.5	2.4	12.2	4045	3467	100	1.097	17.6	2.4
2. パーク 60	52.9	3.1	19.7	5086	4547	131	1.101	18.3	1.5
3. パーク120	50.0	2.8	14.2	4891	4397	127	1.102	18.7	2.0
4. パーク180	44.8	2.9	10.6	4697	4143	119	1.103	18.9	1.4
5. 火山灰 60	55.7	2.9	15.6	4904	4453	128	1.107	19.8	1.0
6. 火山灰120	52.3	3.1	11.7	4827	4349	125	1.103	18.9	2.0
7. 火山灰180	47.9	2.7	12.0	4159	3439	101	1.100	18.3	1.3

カラー値は収穫10日後常温のものを北農試ばれいしょ育研標準法でポテトチップスを作り、ポテトチップスカラー標準スケールにより判定した。このようなことから、心土の不良な堅密固結性土壌地帯における、有材心土改良耕はいも収量およびポテトチップスなどの品質も向上し、きわめて有効な土地改良工法であると判断された。

6. 植物根分布と活性

有材心土改良耕は心土の透水性を良好し、これによってこの近くにキレツが生成され膨軟となる。この事は、作物根の伸長に好都合であり、実際に

作物根が心土に多く見られた。そこで表4に層位ごとの根重、表5にルビジウム吸収量による根活

表-4 層位ごとの根量調査

層位 cm	無施工区 mg/200ml	パーク60区 mg/200ml	火山灰区 mg/200ml
1層(0~15)	242	167	30
2層(15~30)	223	429	38
3層(30~45)	181	269	21
4層(45~55)	12	18	2
合計	658	883	92

注) 平成5年7月25日、馬鈴薯の茎中央より横に15cmの所に採土管を各層に2本垂直に打ち込み200ml中の根重を調査し乾物重で示した。

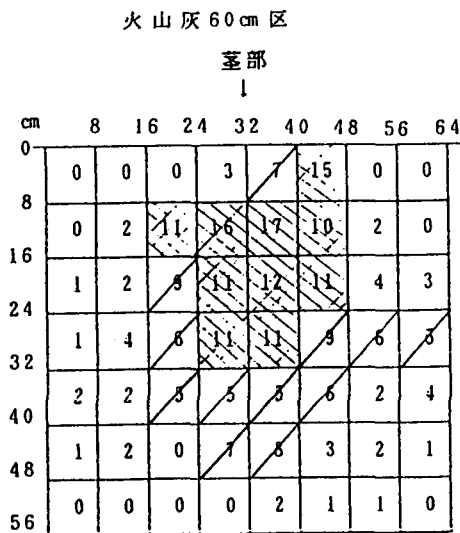
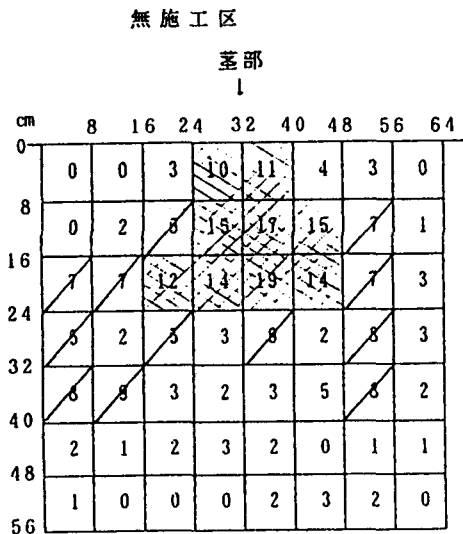
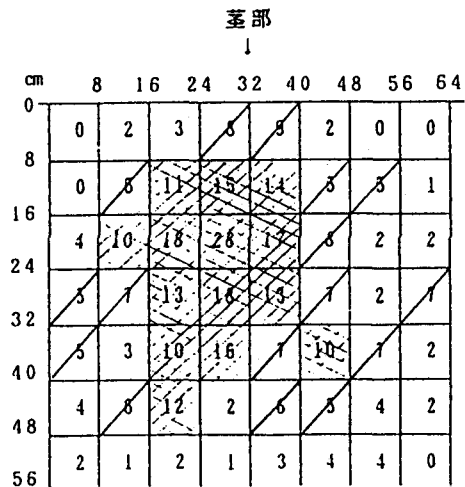


表-5 R b 吸収量(mg/m²)による根活性の調査

試験区名	平成4年度 秋播小麦	平成5年度 馬鈴薯
1. 無施工	1.1	294.5
2. パーク60	20.4	369.5

注) 深さ50cmの位置に2ヶ所8000ppmのR b 30ml、を注入し数日放置後採取し吸収量を分析した。

パーク60cm区



注) 平成5年7月25日、土壌断面に8cm×8cmの網をかけ、ひとます毎の根の本数を数えた。ます内は本/64cm²で表示した。

図-8 根の分布調査

性の調査を実施し示した。2, 3, 4層目に示される心土中における根重は無施工区に比較して明らかにパーク60区, 火山灰60区が明らかに多くなっていた。特に15~30cmの2層目でその差は顕著であった。これは100ml採土管2本中の根重で示したものであり, 根の広がり示したものではない。そこで, 土壌断面に8cm×8cmの網をかけ, このひとまず毎の根数を数えて示した。これによると, パーク60区, 火山灰60区は無施工区に比較して明らかに下層における根の広がりが見られた。これはパーク60区で顕著であり, 1まず10本以上が無施工区よりも24cm下で認められた。またルビジウム吸収量で判断する根活性調査でも, 50cmの下層土根の吸収力が無施工区よりも2ヶ年ともに著しく大きいことが示されていた。このようなことから, 有材心土改良耕はたしかに根を心土まで発達させ, かつ根量及びその広がりを大きくしていた。これが作物の窒素吸収量などを旺盛にして, 乾物生産能力を向上したものと思われた。

7. まとめ

上川中・南部の主要畑作地帯は堅密で固結し易い難耕起性土壌が広く分布する。このため, 浅耕の畑地が多く, 加えてこの土壌は保水力が小さいため, 集中して降る雨に対してはそう多くなくともすぐに過飽和状態となり土壌表面に滞水し, 泥状化する。傾斜地ではこれが畑から流出し, 肥沃な作土を侵食する。逆に乾燥すると堅密に固結し耕起碎土作業が困難となる。作土については砂質火砕流堆積物の客土, 有機質資材の施用などによって改良されているが, 依然として堅密な性質を持つ心土が農作業や作物生育に対し強い影響を与え, 当該地に対する畑作物の収量, 品質向上が計れない主要因ともなっている。また心土が硬く透水性が不良な畑地帯は他にも多く認められており, そこで, このような地帯に有機物や火山灰を利用した新しい心土改良耕法を導入し, 心土の硬度と透水性を改善し, もって高品質な畑作物の安定生産を図ろうとした。

心土改良の必要な堅密固結土壌の生成は火砕流台地が開析を受け, 再堆積, 粒径淘汰によって出来たものと考えられ, 上川中, 南部の平坦~緩傾斜地に広く分布している。この地帯における心土の山中式硬度は2層目18~29, 3層目21~27に分

布しており, 心土層の硬度が19をこえる地帯が多く, 試験実施圃場もこの代表的なところである。山中式硬度は土壌の含水比により異なるものであるから, 有材心土改良耕が効果を示す限界の硬度を考える場合に考慮しなければいけない。この地帯の土壌調査結果から, 2, 3層どちらかの心土が湿の状態硬度19~24以上であれば有材心土改良耕法が有効と思われ, 一つの目安となる。つぎに心土の透水係数は2層目 $9.27 \times 10^{-7} \sim 2.49 \times 10^{-3}$, 3層目 $1.03 \times 10^{-6} \sim 6.48 \times 10^{-4}$ に分布しており, これも2, 3層どちらかで $10^{-5} \sim 10^{-4}$ オーダー以上が有材心土改良耕を施工する一つの目安となると思われた。このような目安を用いて, 一例として美瑛町における畑地の実施可能地図を作成し, 面積を計算すると, 該当地域の総面積は4176haと推定され, 有材心土改良耕の有効な畑地はかなりの面積になると判断された。

本試験の有材心土改良耕は予定された位置にほぼこれに近い形で入っていることが確認され, 効果を論ずるのに十分と判断できる施工であった。2年後の心土におけるカベ近ほうにはキレツが認められた。これは入れた有材がカベ近ほうの水分の変動を行ったため, 土壌が収縮しキレツを発生したと思われる。さらに, キレツにそって根が伸長し, 水分を取って土壌を収縮させ心土に弱い構造を形成させたものと判断した。これによって土壌の硬度はこの近ほうから小さくなると思われ, 断面調査による山中式硬度, コーン指数 (kg/cm^2) の両方とも心土が顕著に柔らかくなっていることを示す結果であった。降雨後まもない湿潤な時期の作土三相分布は無施工区に比較して有材心土改良耕各区で液相率が少なく気相率が多くなっており, この傾向はパークと火山灰で差が認められないが, 施工間隔が小さい60が大きく120, 180の順となっていた。したがって透水性を良化するには60cm間隔の施工が最も効果的と判断された。データログを利用して, 大雨の時とこれより雨量の少ない時の2度, 作土層中の水分含有率の推移を検討した。大雨の時は無施工区で過飽和状態の200%に近い水分となったが, 有材心土改良耕パーク60区はほとんど滞水しなかった。雨量の少ない時の実験でもこれに類似していたが, 前者の効果よりやや少なくなっていた。これは雨量とその降雨時間, 測定場所などに影響されるものと思われる。

いずれにしても有材心土改良耕の排水効果はかなり大きなものであると判断された。これに伴って、一つの例であるが降雨後のトラクター走行、牽引性は明らかに良くなっていることを認めた。

1作目の平成4年度に秋播小麦を作付けした。生育初期から秋播小麦の窒素吸収は無施工区よりパーク60, 120, 180区及び火山灰各区が著しく多くなっていた。これが穂数の増加に結びつき、千粒重に対しても効果的であった。これにより、子実重は著しく向上した。特にパーク60, 120区は無施工区を100とした収量指数で132, 124と2~3割増収した。火山灰60, 120区はこれよりやや低かったが110, 111であり顕著な効果であった。原粒粗蛋白含有率もほとんどの試験区で高まっており、品質的にも良好化していた。2作目の平成5年度に馬鈴薯を作付した。馬鈴薯の生育は初期から草丈、茎数で有材心土改良耕のパーク、火山灰の各区が無施工区より著しく良かった。これらの効果は60, 120区で大きかった。9月13日の窒素吸収量は多い方からパーク60区>火山灰60区>パーク120区≧火山灰120区≧パーク180区>火山灰180区の順となっていた。無施工区を100としたいも収量はパーク60, 120区で131, 127であり3割近く増収していた。火山灰60, 120区も128, 125と顕著な効果を確認した。いもの比重は有材心土改良耕の各区すべてで1.098以上あり、ポテトチップス取引の評価が最高である「特」であった。ポテトチップスカラー値も無施工区より明らかに良くなっていた。

この効果は心土の膨軟化が促進されたためと理解される。この評価には作物根が心土に広がったかどうかを見ることも重要と思われる。2作目の馬鈴薯で検討したが、有材心土改良耕の各区は他の作物よりも浅根な馬鈴薯であっても無施工区に

比較し24cm以下の根の分布が多くなっていることを認めた。またルビジウム吸収力も大きく、根活性も高いと推測された。以上のことから、心土が堅密で透水性の悪い畑地に対する有材心土改良耕は1作目秋播小麦、2作目馬鈴薯ともに収量、品質で明らかな効果が認められた。特にパーク60区で増収率が顕著であった。また、この効果は心土の膨軟化による根域の拡大とその活性によるものであると思われた。また、この効果は無材心土耕の従来法により明らかに大きかった。

本試験は心土が堅密で透水性の悪い畑地に対し、心土の膨軟化と透水性の改善のために施工されるものである。ここで必要となるのは、心土がどの程度硬く、透水性が不良であると、その効果が期待できるのか、またその時の施工はどのようなものが良いのかの基準である。本試験の施工は大きかりであり費用の面から、一土壤で試験したもので、これらの関係について定量的に示すことが出来ない。しかし、現実の施工に当たってはこれらについてなんらかの大まかな目安が必要である。そこで上川中・南部で心土が堅密で透水性の不良な代表的な畑を調査し、その結果からおおまかな目安となる施工基準を考えた。これまでの試験結果を総合的に判断し、表6に示した有材心土改良耕の施工基準の目安を作成した。

この地帯は作土の浅い所で一般的に心土の肥沃性が乏しく、心土からの養分を期待することから、これを目安としてパーク、火山灰どちらの疎水材を選ぶかを定めることにした。作土の深さはこの地区における調査から20cmとした。次に施工間隔は心土の硬さと透水性によって異なるものと思われた。効果が60cm, 120cmより小さかった180cmを除いて、心土の2層目、3層目のいずれかが硬度

表—6 無材心土耕との比較

項 目	1. 無材心土耕	有材心土改良耕	
		2. パーク60	3. 火山灰60
山中式硬度	2層目 31	24	15
mm	3層目 30	27	29
秋播小麦収量 (kg/10a)	580	748	622
原粒粗蛋白含有率 (%)	9.6	9.9	8.6
馬鈴薯60kg以上収量 (kg/10a)	2823	4547	4453
いも比重	1.102	1.101	1.107
ポテトチップスカラー値	1.5	1.5	1.0

表一 7 施工対象土壌ならびに有材心土改良耕施工基準の目安

疎水材の種類		バーク堆肥		火山灰	
施工間隔		60cm	120cm	60cm	120cm
化学性	作土深 心土の 腐植含有率	浅い (20cm以内)		深い (20cm以上)	
		小 (5%未満)		大 (5%以上)	
心土物の 理性	山中式硬度 mm	24 以上	19 ~24	24 以上	19 ~24
	透水係数	10^{-5} 以下	10^{-5} ~ 10^{-4}	10^{-5} 以下	10^{-5} ~ 10^{-4}

- 注) 1. 火山灰は砂含量85%以上、バーク堆肥は中熟で粒径5cm以内が望ましい。
 2. 山中式硬度 (mm) は土壌断面が湿での表示とする。
 3. 山中式硬度、透水係数は心土のいずれかの層での基準以上であれば良いものとする。
 4. 有材心土改良耕の深さは30~55cmとする。

19~24または透水係数が 10^{-5} ~ 10^{-4} のどちらか一方を満たせば120cm間隔とし、硬度25以上、透水性 10^{-5} 以下のどちらか一方で60cm間隔とした。このような心土の不良地帯では作物生産に与える影響が極めて大きく収量、品質の向上効果が著しく、所得指数は、秋播小麦で100.1~141.8%、馬鈴薯で145.4~152.3%となっており、経営的評価の高い心土改良法であった。

参考文献

1) 農林水産省構造改善局：土地改良事業計画設

計基準、計画、土層改良、1984、

- 2) 横井義雄, 長谷川 進, 坂本宣崇：堅密固結性土壌に対する砂質火砕流堆積物の客土効果
北農, 第56巻第7号 P16~23, 1989,
 3) 日本土壤肥料学会北海道支部編：北海道農業と土壤肥料1987, P163~170 1987,
 4) 金須正幸, 国府田佳弘, 八木 茂, 瀬山健次：乗用トラクタの走行・牽引および耕耘性能に関する研究, 農業機械化研究所報告4号, 1966,

大区画ほ場整備における客土事例について

及 川 武 美*
(Takemi OIKAWA)

目 次

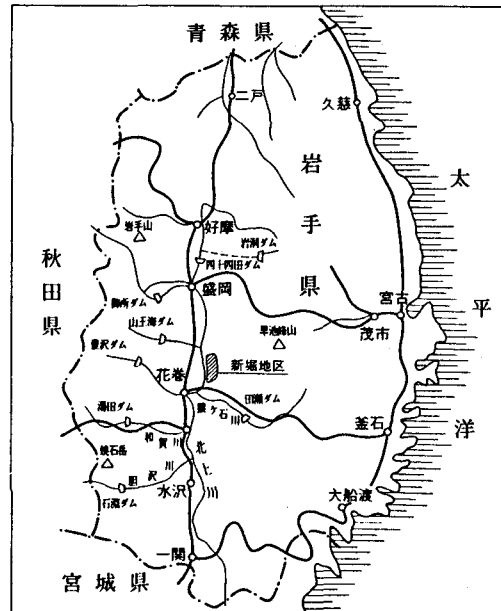
1. 地区概要	19	3. 客土施工の実施方法について	19
2. 客土の目的と必要性	19	4. 施工結果と今後の課題	23

1. 地区概要

- 1) 事業名 県営低コスト化水田農業大区画
ほ場整備事業新堀地区
- 2) 位 置 岩手県稗貫郡石鳥谷町
岩手県のほぼ中央部に位置し、北
上川左岸に沿う平坦な水田地帯
- 3) 現 況 現況水田は小区画(10a)で、水路
は用排兼用が多い。
地形勾配は東から西に向かって1/
1000~1/100の傾斜をしており、小
区画、並びに地耐力不足のため、
大型農業機械の導入、農作業の省
力化にも支障をきたしている。
- 4) 地質及び土壌
 - 模式地層断面図 —— 図-1
 - 地形及び土壌 —— 表-1
- 5) 工事計画 区画整理 面積 A=381ha
標準区画 1ha(125m×80m)
暗渠排水 A=321ha
客土工 A=95ha

2. 客土の目的と必要性

本事業により、ほ場の大区画化を計画した大部分が、土壌タイプC20(黒泥土壤強粘土型)A₂(泥炭土壤強粘土型)の軟弱地で占められ、特に泥炭層では以下のような問題点があり、現地盤を壊さず工事することが重要であるため当地区では、客土工を実施し、ほ場の地耐力と施工性の向上を計った。



位置図

- (1) 土の含水量が高く、100%~200%を示す事も普通である。
従って、乾田化が難しい。
- (2) 堆積が不均質で土質変化が難しく、その挙動把握が困難である。
- (3) 軟弱でトラフィカビリティーの確保が難しい。

3. 客土施工の実施方法について

軟弱地帯の施工方法については、地域毎に地盤条件が異なり一般的な工法がないと考えられることから設計の適合性を確認するため、試験田区で施工試験を実施した。

*岩手県花巻地方振興局花巻土地改良事業所

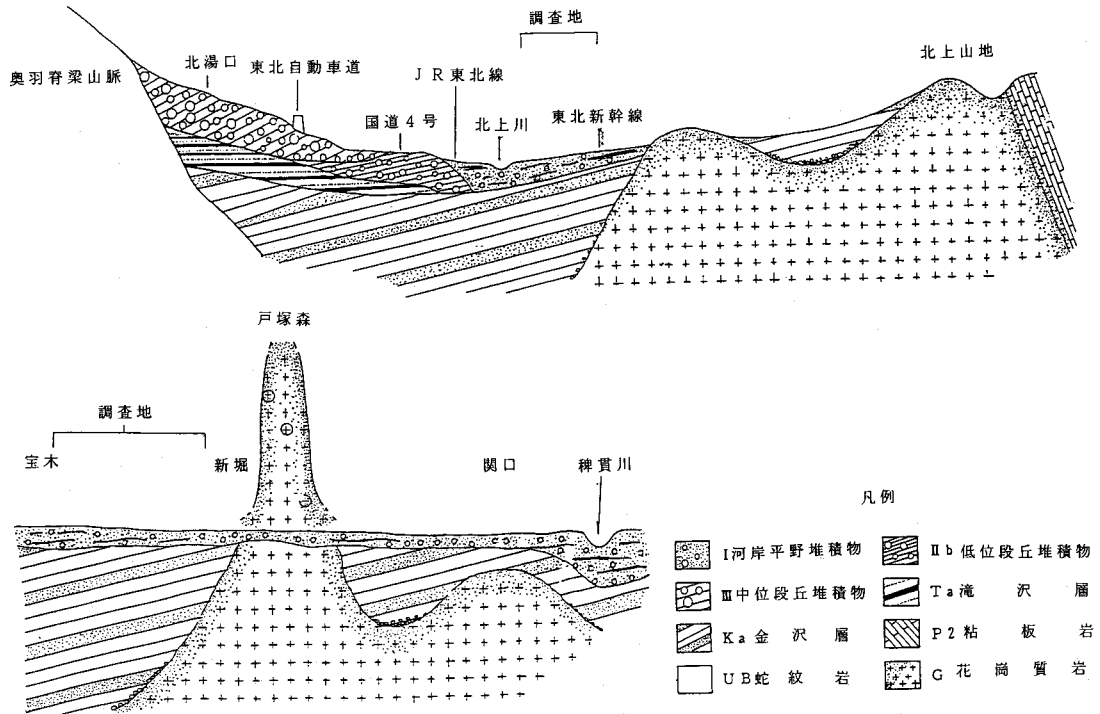


図-1 調査地の模式地層断面図

表-1 地形及び土壌

地目	田						畑その他				受益地標高		
	1/1000 以上	1/1000 1/100	1/100 1/20	1/20 1/115	1/115 以上	計	3° 以下	3° 8°	3° 15°	計	最 高	最 低	備 考
面積	ha 100	(3)ha 243	ha 39	—	—	(3)ha 392	3	—	—	3	m 100	m 79	
比率 %	28	62	10	—	—	100	100	—	—	100	—	—	

項目		土 壤 統 区 区 分 一 覧 表										面積
		土 壤 断 面										
		色	腐植	酸化 沈澱物	土 性			泥炭層, 黒泥層, および グライ層	堆積 様式	母材		
表土 (1層)	下層土 2層				3層							
泥炭土壤 強粘土型	A	黒褐	富む	—	SCL	SCL	LiC	10cm~	水積	非固結 堆積岩	96 ^{ha}	
	2	黒										
黒泥土壤 強粘土型	C	黒褐	富む	—	CL	HL	HC	16cm~	水積	非固結 堆積岩	127	
	20	黒										
強グライ土壤 砂土還元型	D	黒褐	含む	含む	SiCL	SiCL	SCL	22cm~	水積	非固結 堆積岩	22	
	36	オリーブ黒										
灰褐色土壤 壤土型	G	暗褐	含む	富む	SL	SL	SL	—	水積	非固結 堆積岩	42	
	62	褐										
黒色土壤 粘土火山腐植型	H	黒	すこぶる 富む	含む	CL	CL	HL	40cm~	水積	非固結 堆積岩	(3) 46	
	70	黒										

他に、D30, G61, H72, I81が分布している。

3-1 施工試験

3-1-1 試験地の選定

試験工種 整地工, 道路工, 用水路工(幹線パイプライン)
 試験地選定 上記工種試験を同一場所
 で実施可能で, かつ下層

試験地面積

に泥炭土壌が堆積している場所を選定した結果, 地区東側で新幹線の日影にならない標準的な泥炭層地域を試験地とした。

A = 1.0ha

3-1-2 試験田における地盤定数

○土質試験結果

湿潤密度 g/cm ³	1.142	液性限界 %	229.9
乾燥密度 g/cm ³	0.356	塑性限界 %	66.6
土粒子の密度	2.041	塑性指数	163.3
自然含水比 %	221.0	分類名	高有機質土
礫分 %	2.8	分類記号	P t
砂分 %	1.1	一軸圧縮 kg/cm ²	0.085
シルト分 %	30.6	圧縮指数	1.77
粘土分 %	65.8	圧密降伏応力	0.165kg/cm

○コンペネトロメータ貫入試験

純盛土工法施工前コンペネ結果											
深さ (cm)	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55
qc (kg f/cm ²)	0.17	0.28	0.63	1.33	1.54	1.47	1.26	0.84	0.77	0.77	0.77
基礎切盛土工法施工前コンペネ結果											
深さ (cm)	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55
qc (kg f/cm ²)	0.21	0.35	0.63	1.40	1.61	1.05	0.84	0.91	0.98	0.70	0.77

コンン指数は, 9点/50aの平均値である。

3-1-3 試験施工方法

事業計画時点において, 他地区の事例を参考に現地盤を動かさないで表土上に客土(図-2参照)計画を立てたが, 長年農家が培った表土を確保したい要望が強い事, 営農に適した客土材を安価に安定して供給

する計画がなかった事, 現地にどのような機種が合い作業可能なの適合性を確認するため, 客土(盛土)にて耕盤を構築させる2工法で試験を実施した。

(1) 基礎切盛工法

この工法は表土剥取りの後, 基礎(この場合は耕盤下の地山)の切盛を行い, 客土を均等に敷均し, 耕盤を構築させた後, 表土を戻す工法である。

基礎切盛でのブルドーザの施工困難(耕盤破壊による)が予想されるが, 客土の均一化が図れる。

(2) 純盛土工法

この工法は計画工区内での現況最高田面高に併せて客土を行い表土を戻す工法である。

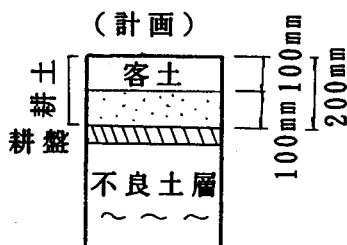
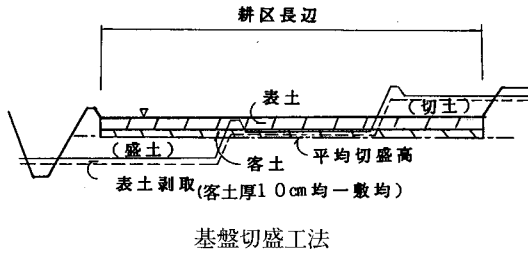
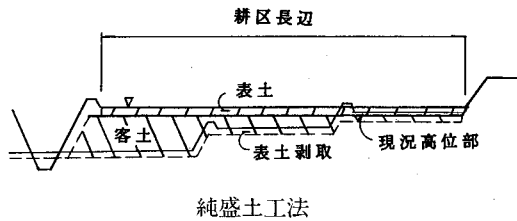


図-2



基礎切盛を行わないので耕盤を壊さずにすむが、客土厚が均一でない。
客土厚は、最小10cmとして計画した。



(3) 施工機械のトラフィカビリティー実証試験

施工に使用するブルドーザは以下の3種類である。

- 湿地ブルドーザ 17.0 t
170ps 接地厚 0.3 kg/cm²
- 超湿地ブルドーザ 11.6 t
95ps 接地厚 0.17kg/cm²
- 超々湿地ブルドーザ 4.0 t
40ps 接地厚 0.12kg/cm²

なお、試験田位置は仮排水路を掘削し、事前に十分な表面排水を図った。

(4) 客土材の選定について

客土は隣接採取地より事前に採取可能深

度をボーリング調査し、洪積世段丘堆積物相当の粘性土を使用した。

粘土含有比率は30%以上とし、不等沈下に対しある程度対応できる構造と考えている。又、地下浸透に不安は残るものの、暗渠排水工事を実施すること、近隣採取地の土壌条件などから客土材を決定した。

なお、ボーリングサンプルにて、農業試験場で土壌試験を行い、ほ場への適性を確認している。

3-1-4 試験施工結果

① 表土剥取り …湿地ブルドーザ、超湿地ブルドーザ

湿地ブルドーザで表土(約15cm)掘削はできるが、同一部分の走行は5回が限度で、それ以上は走行不可能となる。

超湿地ブルドーザでは、表土掘削は可能である。

② 基盤切盛整地 …超湿地ブルドーザ、超々湿地ブルドーザ

超湿地ブルドーザでは耕盤掘削は可能ではあるが、耕盤下の泥炭・有機質土を含む淡青灰色粘性土ではキャタピラの沈み込みが激しく、走行不可能となる。

超々湿地ブルドーザで、耕土に植生がある部分の掘削は実際上不可能である。

従って、施工性の低下が著しい。

③ 客土 …運搬(一次ダンプトラック)整地(湿地ブルドーザ)

◇基盤切盛工法 客土部分は極力湿地ブルドーザを使用した。

施工機械に必要なコーン指数

建設機械の種類	コーン指数 qc (kg f/cm ²)	建設機械の接地厚 (kg f/cm ²)
超湿地ブルドーザ	2以上	0.15~0.23
湿地ブルドーザ	3 "	0.22~0.43
普通ブルドーザ(15t級程度)	5 "	0.50~0.60
普通ブルドーザ(21t級程度)	7 "	0.60~1.00
スクレープドーザ	6 " (超湿地型は4以上)	0.41~0.56(0.27)
被けん引式スクレーバ(小形)	7 "	1.3 ~1.4
自走式スクレーバ(小形)	10 "	4.0 ~4.5
ダンプトラック	12 "	3.5 ~5.5

実際的には湿地，超湿地，超々湿地ブルドーザーの二重，三重装備を必要とし，施工業者やオペレータの負担は非常に大きい。

◇純盛土工法 客土（盛土）部分は湿地ブルドーザーを使用した，基盤切盛工法ほどではないが，超湿地，超々湿地ブルドーザーを必要とした。

④ 表土戻し整地 …湿地ブルドーザー

湿地ブルドーザーでの作業は可能であるが，実際は③客土と同様である。

3-2 客土施工法

3-2-1 試験施工結果による工法決定

◇ 結果に対する検討

ほ場の施工は施工機械のトラフィカビリティ確保に左右される。

一般的な施工機械である湿地ブルドーザーの走行は限定され，表土剥取りは実証試験において湿地ブルドーザーで掘削（約15cm）は可能であるが，同一部分の走行回数が限定されることから超湿地ブルドーザーの使用が前提となり，施工性の低下は免れない。

基盤切盛作業は，今回試した機種では非常に困難であり，耕盤は残す施工方法を選定すべきである。

客土による耕盤構築後はトラフィカビリティの改善が認められ，目標値の平均コンペ値（乾燥状態 4 kgf/cm²，湿潤状態 2 kgf/cm²）の最小値を満足できるものと考えられる。従って，耕土（表土）剥取り純盛土工法が有利である。

ただし，地域差や気象状態により施工条件が変化する事は十分予想でき，施工条件が悪化した場合は，

○盛土厚さの増厚によるトラフィカビリティの向上。

○剥取りを行わない純盛土工法

などの対策が必要となる可能性を残している。

◇ 工法決定

当初計画では，表土上に直接客土を盛土

する計画であったが，

○試験の結果表土剥取りは何とか可能である。

○受益者が長年培った表土を大事にする。

○客入土の物理性及び化学性に限定される度合いが少ない。

以上の結果，表土扱いして，純盛土（客土）する施工方法とした。

3-2-2 実施段階での施工状況

◇ 施工方法（純盛土工法）

一律15cmの表土剥取後，旧田最高田面に客土最小厚10cmを施工して，計画工区内客土面を合わせた後表土15cmを埋戻すか旧田最高田区の耕盤が厚く支持力が有る場合は，掘削し標高を下げ客土量の減少を計り，客土の代わりとなる土層が有れば利用するなど，事前調査に基づき施工計画を立てている。

◇ 施工手順

稲刈後仮排水路を掘削し，施工機械のトラフィカビリティの向上を計り，表土剥取りは超湿地ブルドーザーを主体とし，超々湿地ブルドーザーを補助として施工した。

客土搬入路は，計画道路路線に土木シート敷設後，岩ズリを敷均して走路とし大型ダンプで客土運搬し，搬入路からほ場中央まで客土で1m程度盛土しその上に鉄板を敷き搬入している。

その後，湿地ブルドーザーで巻出し，超々湿地ブルドーザーにて基盤均平を行っており特に農業機械の旋回場所は入念に転圧をしている。

表土は，1ヶ所に盛り上げず広く薄く集積し，表土戻しは，春になってから再度基盤整地後実施している。

畦畔は，基盤土で造ると乾燥時目減りし，火をつけると燃えるような土であるため，客土材を混ぜ築立している。

4. 施工結果と今後の課題

4-1 施工結果

○客土施工地の着工前から，暗渠施工後までのコーンペネトロメーター値の変化を見ると年々地耐力が増進している事が判断で

地耐力測定表

調査状況	時期\深さ	15cm	20cm	25cm	30cm	平均
工事着手前	平成4年11月	0.89	0.87	1.14	1.07	0.99
客土盛土後	平成4年12月	1.80	1.90	1.74	1.79	1.81
湛水後(代掻)	平成5年5月	0.93	2.05	2.71	2.51	2.05
刈取前	平成6年9月	3.18	4.23	4.14	3.53	4.02

※ 数値は、15測点の平均値を記載している。

※ 暗渠排水工事は、H5秋～H6春にかけて実施している。

きる。

「客土盛土後」は、下層が軟弱で十分な転圧ができないため、地耐力が上がらなかったが、暗渠排水工事後に所要のコーン指数が出ており、客土地耐力を維持するためには、暗渠排水が必要と思われる。

- 平成4年度客土施工区域において、受益者から客土施工田のアンケート調査を実施した結果、次のとおりである。

- ① 耕起と田植の従前と比べた農作業の状態について

“概ね良”が多く

- ② 農作業機種については、大型機械がまだ汎用されていないことから従前と同機種が大多数であった。

尚、トラクターの機種は：20～30Ps
田植機械は、歩行型4条植が多く一部乗用型作業もあった。

- 長年培った表土を確保でき、支持力のある耕盤も得られることから、本工法は、この地区に合った最適の工法であると判断している。

4-2 今後の課題

客土施工地において、田面に不陸を生じ

ている。

原因は、排水路が深くなり、地下水が抜けた事、又、客土の重さで泥炭層が圧密を起こしたことと考えられる。

特に、1耕区内での客土厚さの差が大きい場合は沈下の差も大きく、給水しても全面に湛水しないうちに畦畔から越流してしまう場所もあった。

この傾向は、泥炭層の深い場所に特に強く表れている。

年々沈下量は小さくなっており、極端に沈下が激しい場所も限定されて少なく、現在は春に整地均平を再度実施し対処している。工法は、地元の話などを聞き、次の2つの工法を今年度実施した。

1. 沈下の小さい場所は、表面に砂を入れ整地均平する。
2. 沈下の大きい場所は、再度表土はぎし、客土を入れ、表土を戻し、整地均平する。土が落ち着くまで、数年かかると考えられ、施工機械を入れるたびに土が元に戻ってしまうため、沈下が小さくなってきたら営農で対応するよう農家をお願いしていく方針である。

相馬ダム基礎処理工について

—リムグラウチング施工例—

石 澤 雅 史*
(Masashi ISHIZAWA)

目	次
1. はじめに	25
2. 左岸リムグラウチング範囲の検討	25
3. グラウチングの施工	30
4. おわりに	36

はじめに

相馬ダムは、一級河川岩木川水系相馬川の支流、作沢川に建設中で、かんがい用水の確保と下流河川沿いに広がる農地の洪水防御を目的とし、農林水産省所管補助事業である県営かんがい排水事業及び県営防災ダム事業の共同事業により実施している。

ダム建設地点は、津軽の中心都市「弘前市」と世界遺産登録「白神山地」、秀峰「岩木山」に囲まれた“中津軽郡相馬村”の上流に位置し、弘前市及び相馬村のりんご園・水田地帯を対象受益とする。

現在、相馬ダムは本提盛立、洪水吐、基礎処理工事等の主要工事はほぼ完了し、今後、管理設備・池敷地山の安定処理工事、周辺整備事業等を経て、湛水試験実施後、平成10年度にダム工事の完成を目指している。

本稿では相馬ダムの基礎処理工事の内、特に左岸リム部の基礎処理計画の経緯ならびにその施工事例について紹介する。

1. ダムサイトの地形・地質概要

1-1 地形

ダムサイトは岩木川水系相馬川の支流作沢川の上流域にあり、弘前市の南西14km、標高約170mの地点である。ダムサイト周辺で、作沢川は、ほぼ北方向に流路をとり、V字谷を形成する。左岸部は35°~40°程度の斜面をなし、右岸部では段丘堆積物、崖錐堆積物の分布する緩斜面を経て40°程度

の急斜面を形成している。

1-2 地質

ダムサイトの基礎地質は新第三紀中新世の棚内川層及び相馬集塊岩層である。棚内川層は酸性凝灰岩、泥岩を主体として安山岩・流紋岩の貫入岩を伴う。

ダム敷は大部分CM~CH級の堅硬な岩盤を基礎としており、その両岸側に棚内川層の堆積岩類が分布する形状となっている。棚内川層は軟岩であるが新鮮なCM級岩盤を主体とし、安山岩との境界に沿ってやや風化したCL級岩盤を伴っている。

1-3 ダムサイトの透水性

ダムサイトの透水性は全般的に小さく、5ルジオン以下の区間が広く分布している。10~20ルジオンの区間は河床部で一部レンズ状に、また、左右岸の安山岩帯の境界に沿って認められるほか、左岸リム部に広く分布する傾向がある。

左岸リム部は、ダム地点と左岸上流側に分布する2つの大きな安山岩帯に挟まれた区間に相当する。図-3に見られる様なやや不自然な地層の屈曲は安山岩貫入の影響で堆積構造が乱されたものと推測される。岩区間の高透水性はその堆積構造の乱れに伴って割れ目が発達したことが原因と考えられる。

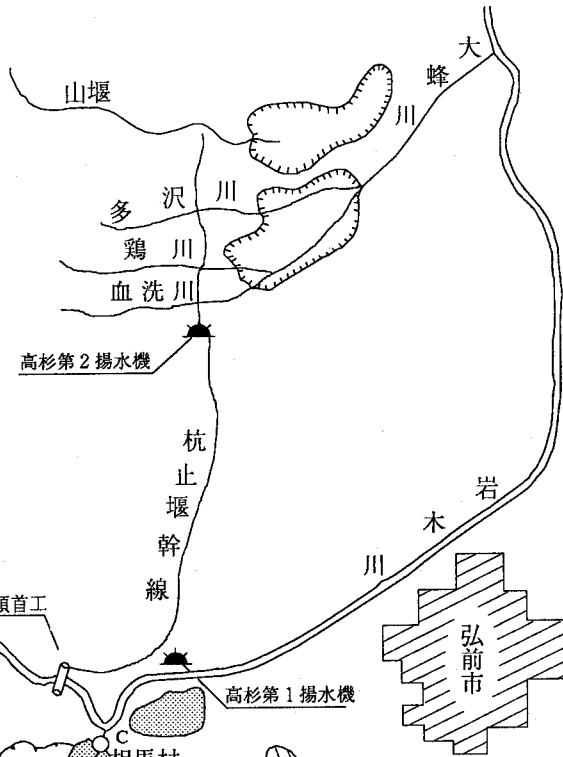
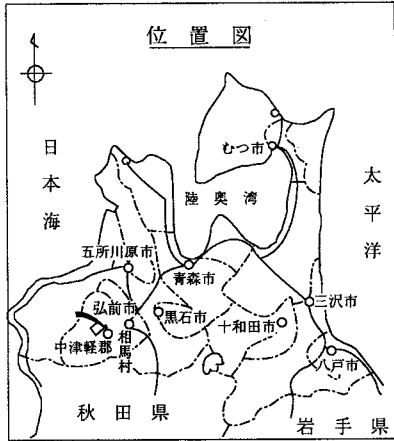
2. 左岸リムグラウチング範囲の検討

2-1 リムグラウチング範囲に関する一般的傾向や事例調査

一般的なリムグラウチングの施工範囲は以下のような点を目安として決定される。

- ① 基礎岩盤のルジオン値が改良目標値に到達

*青森県中南土地改良事務所



流域面積	84.0km ²
河床勾配	1:160
安全洪水量	450m ³ /s
1/50計画洪水量	660m ³ /s
調整後洪水量	450m ³ /s



流域面積	72.4km ²
河床勾配	1:160
安全洪水量	400m ³ /s
1/50計画洪水量	628m ³ /s
調整後洪水量	400m ³ /s

流域面積	39.0km ²
河床勾配	1:100
安全洪水量	210m ³ /s
1/50計画洪水量	422m ³ /s
調整後洪水量	139m ³ /s

流域面積	25.9km ²
計画洪水量	366m ³ /s
調整最大放流量	155m ³ /s
調整最小放流量	0
堤高	52.4m
堤長	222.0m
有効貯水量	5,783千m ³
満水面積	54ha
余水吐溢流堤長	37m
余水吐計画洪水量	655m ³ /s

記号	名称
	流域
	ダム地点及び貯水池
	防災受益地
	計画地点
	かんばい受益地(水田)
	かんばい受益地(畑)
	県営頭首工
	県営頭首工(既設)
	県営用水路
	県営用水路(既設)
	県営揚水機
	県営揚水機(既設)
	排水槽及び排水管
	付替道路、管理道路

図一 計画概要図

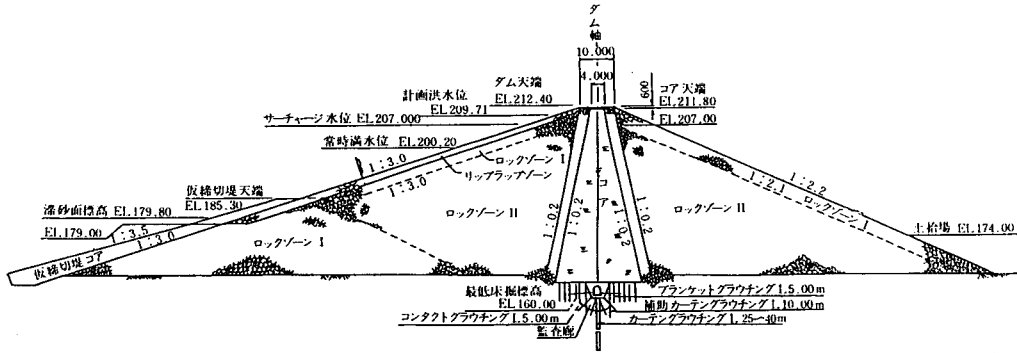


図-2 標準断面図

表-1 相馬ダム諸元

ダム名	相馬ダム		河川名	岩木川水系相馬川支流作沢川	
位名	青森県中津軽郡相馬村沢田		目的	かんがい用水、洪水調節	
ダム	基礎地質	安山岩	洪水吐	型式	側溝、シュート複合型(右岸)
	型式	中心コア型ロックフィルダム		設計洪水量	655m ³ /S
	堤高	52.40m		越流水深	側溝2.71m, シュート9.51m
	堤長	222.0m		越流セキ長	側溝37.60m, シュート5.00m
	堤頂幅	10.0m	仮排水路	型式	標準馬蹄型2R型、2R=4.50m(左岸)
	天端標高	EL212.40m		設計流量	299m ³ /S
	堤体積	844.000m ³		トンネル延長	402.15m
貯水池	上流面勾配	1:3.0	取水設備	型式	斜樋
	下流面勾配	1:2.2		最大取水量	5.405m ³ /S
	流域面積	25.90km ²	付帯工	取水位	EL2000.20~EL179.80m
	満水面積	0.54km ²		付替道路	
	総貯水量	6.560.000m ³		管理道路	
	有効貯水量	5.783.000m ³			
	堆砂量	777.000m ³			
	常時満水位	EL200.20m			
	サーチャージ水位	EL207.00m			
	設計洪水位	EL209.71m			
かんがい用水深	20.40m				
洪水調節水深	6.80m				

する範囲。

- ② サーチャージ水位と地下水位が交わる点まで。
- ③ ダム高と等しい範囲まで。
- ④ その他(限界流速・クリープ比・浸透流解析などによる)。

既設ダムの事例調査によると、①による理想的

な決定は希で、②の基準がリムグラウチングの施工範囲決定に多用されている。また、深部まで高ルジオン値が続く場合や地下水位が低い場合は④として浸透路長の検討や浸透流解析によって決定している例がある。希に、③を適用する場合もある。また、リムグラウチング施工延長が長くなる場合には、改良目標値を順次緩和させ、地山のル

表-2 地質層序表

時代	地層名	柱状図	岩相および構成物	貫入岩類
第四期	完新世	沖積層	はんらん原堆積物	
			崖錐堆積物 地すべり崩積土	
新第三期	中新世	相馬	安山岩質集塊岩	
		羽集塊層	安山岩質凝灰角レキ岩	
		羽内川層	泥岩 酸性凝灰岩、砂岩を挟在	
		湯口山層	安山岩質火山レキ凝灰岩 泥岩	
		黒石沢層	安山岩質火山レキ凝灰岩 泥岩、頁岩、流紋岩熔岩を挟在	
		藤倉川層	安山岩質火山レキ凝灰岩 安山岩熔岩 安山岩質火山角レキ岩	
		先第三紀	先第三系	

EL (m)
300
250
200
150
100

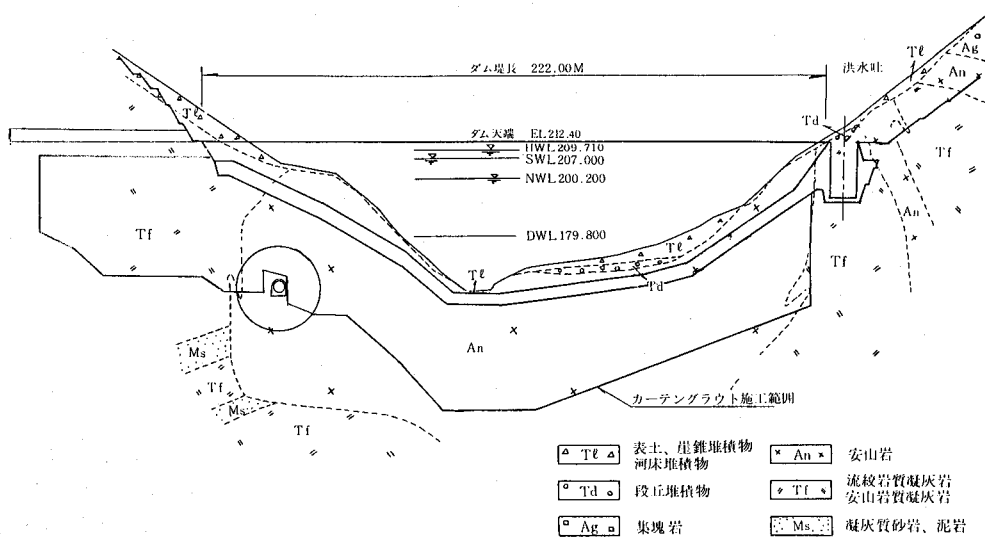


図-3 縦断面図

ジオン値へ摺り付ける例もある。

2-2 相馬ダムリムグラウチング範囲の決定

左岸リム部での地下水位把握のため、調査ボーリングの内、5孔の調査孔を水位観測孔として利用し、冬季間を除く約3年間、水位の継続観測を行った。図-4には3年間における各観測孔の結果を基に最高水位、最低水位ラインを図示した。

サーチャージ水位と最低水位ラインの関係をみると、リム部では10m程度の奥行きで両者が交

ると推定される（このことは後日リムトンネル施工時にも確認された）。左岸リム部での透水性の分布をみると、リムのかなり深部まで20ルジオン以上の高透水帯となっている。サーチャージ水位と改良目標値（2ルジオン以下）のラインとの交点という①の基準でみると、奥行きは100m以上（ダム高の2倍以上）と長大となる。ただし、この高透水帯については地下水面下20m以上の深い位置にあり地下水検層結果からこの部分での地

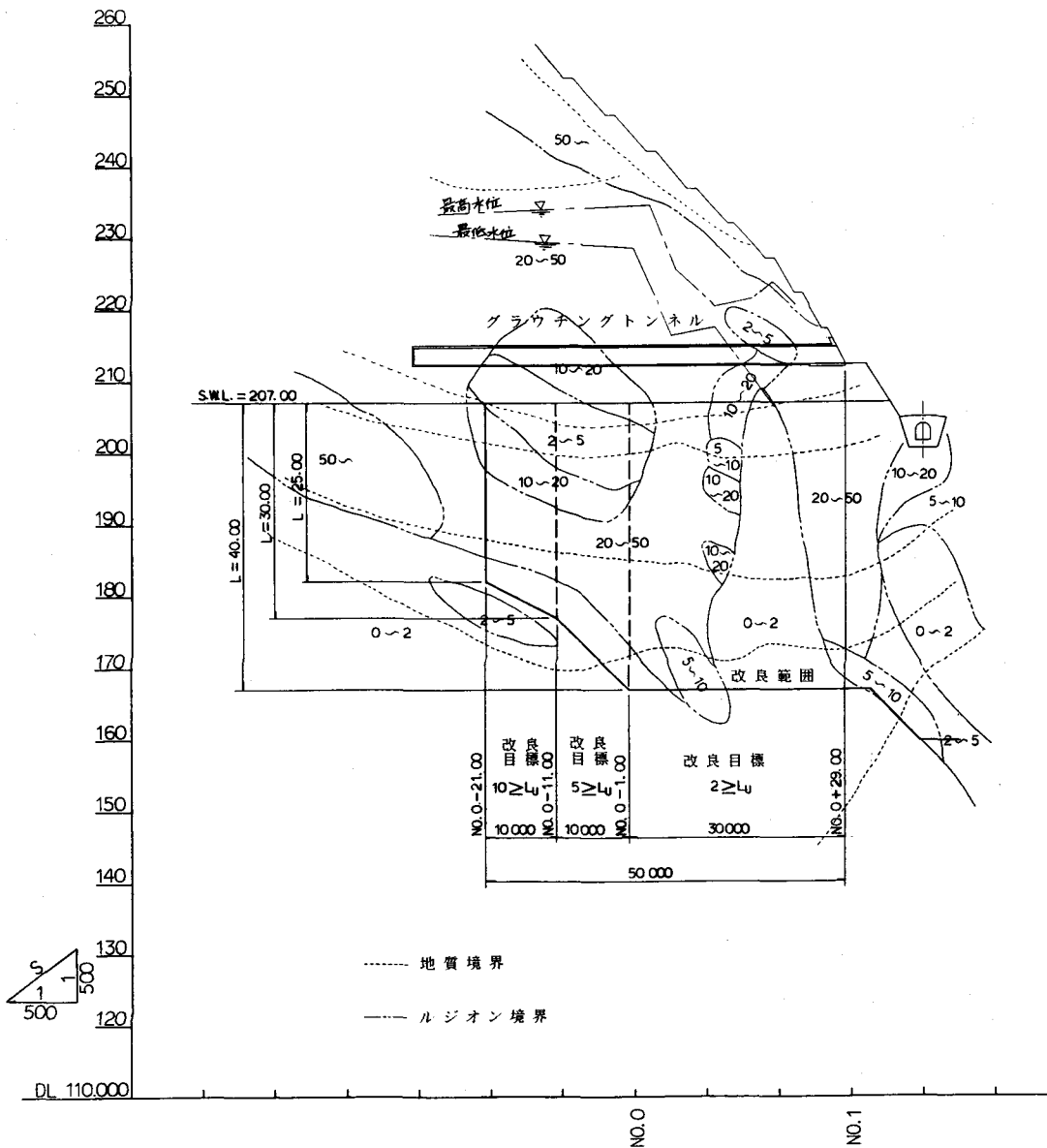


図-4 左岸リムトンネル部縦断面図

下水の流動面も特に認められないことから、その浸透は極めて緩慢で貯水後の浸透の影響も少ないと考えられる。よって、当ダムのリムグラウチング範囲は地下水位を基準として施工範囲を決定することとした。地下水位の評価にあたっては、各測線孔の水位が割れ目等の影響により、多少の凹凸があり滑らかなラインとなっていないこと、水位変動の大きな観測孔も認められ経年変化も考慮する必要があると考えられることなどから安全側を見込み、(GL-30)mを安定地下水位として設定した。この結果、施工範囲は法尻から約30mまでとなった。しかし、この範囲の端部では高ルジオン部(30Lu以下)が深く、改良深度が50mと深いまま不連続的に未処理部と接することにもなり好ましくない。したがって、高ルジオン部がここから徐々に浅くなることを利用し、奥行きをほぼ提高に等しい50m範囲まで広げ、奥の20m区間の改良目標値を段階的に緩和すれば、未処理ゾーンにスムーズに摺り付けることができると考えた。

以上により、相馬ダムでは左岸リムグラウチングの施工範囲を法尻から50mまで延長し、提体側の30m区間は規定の改良目標値、奥の20m区間では改良目標値を緩和させて未処理部へ摺り付ける計画とした。改良深度は改良目標値に達するまでとした。

3. グ라우チングの施工

3-1 工法の検討

リムグラウチングの施工にあたっては、「明かり施工」とするか「トンネル(グラウチングトンネル)工法」とするかを検討をおこなった。

リムグラウト施工地点は、現地盤が地形的に非常に急峻なため、明かり施工では無駄なボーリング延長が増大すると共に、仮設足場が必要となり、

安全性にも問題がある。一方、トンネル工法ではこれらの問題が解消されるものの、トンネル工事費が計上される。

これらを比較検討した結果、トンネル工法の方が経済性の面からは若干有利で、ボーリング及びグラウチング工事の安全性・施工性の点では明らかに優れている。また、将来的な維持管理を考えた場合、監査廊と同等の機能を有するトンネル工法が有利と判断し採用した(表-3参照)。

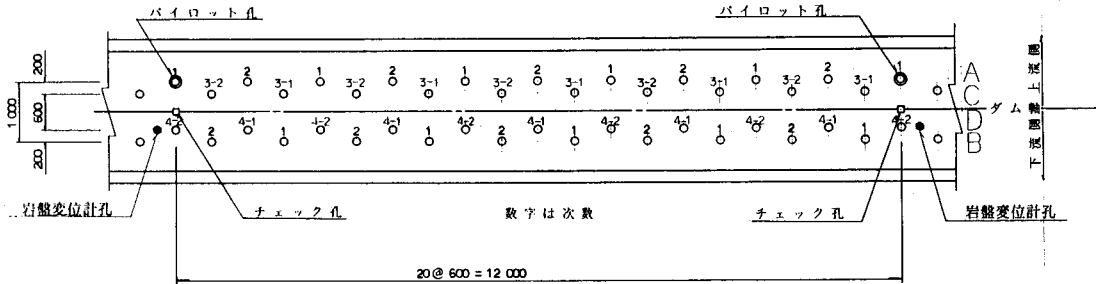
3-2 グ라우チング仕様の要点

第1章で述べたように相馬ダムの基礎岩盤は、安山岩(硬岩)及び凝灰岩(軟岩)と、岩質が異なる2岩種に大別される。そこで、注入孔の配置、孔間隔や注入仕様については、テストグラウチングの結果により、各々の岩種毎に岩盤変位を生じない注入圧力・注入速度の基でのルジオン値・注入量の低減を最大限満足する様な孔配置とした。この結果、安山岩部は総じて安定しており、限界圧力も高く、透水性についてもルジオン値の低減が良好な基盤であり、孔配置は孔間隔2.0m、上下流2列千鳥の配置とした。凝灰岩部については、表層部20mまでは限界圧が低く、岩盤変位による中断が多かったものの、深部は安定している。透水性については孔間隔60cmまで詰めた段階で改良目標を満足できることから、孔間隔1.2mの千鳥で上下流計4列配置とした(図-5参照)。地質断面図から、本提カーテンは「安山岩仕様」、洪水吐・左右岸リムカーテンは「凝灰岩仕様」に相当するため、左岸リムカーテンの孔位置は凝灰岩仕様に基づいて孔間隔1.2mの4列千鳥配置を当初の基本とした。ただし、洪水吐カーテンの実績から改良目標までの改良を達成するのに4列まで必要としない可能性が強かったことから、A列(上流側)、D列(下流側)を先行し、そのルジオン値や

表-3 工法比較検討表

	明かり工法	トンネル工法
経済性	ボーリング機械の移動、給水等仮設備、プラントの分散化により、割高となる。	トンネル工事費が計上されるがトータルでは若干有利となる。
安全性	高所作業(最大51m)を余儀なくされ危険である。	安全性に問題はない。
施工性	ボーリング機械の移動、プラントの分散化によって作業効率は悪化する。	仮設備等は現有設備(本体グラウト設備)を利用できる。
維持管理	ほとんどできない。	監査廊と同等の機能を有する。

凝灰岩部



安山岩部

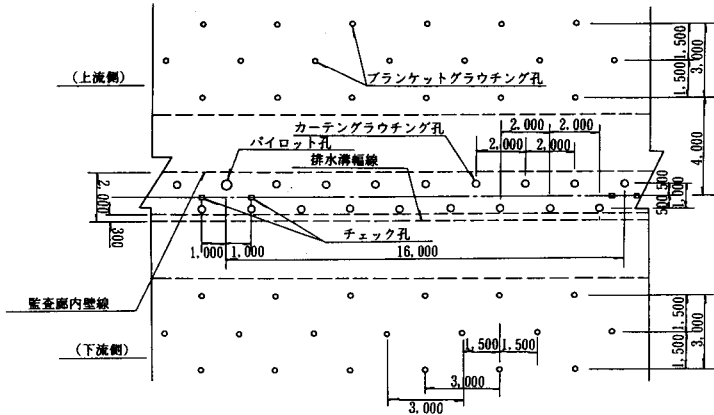


図-5 グラウトパターン図

注入量の低減状況と各区間での改良目標値を比較しながら内側のB・C列施工の必要性を検討することとした。また、緩和区間については上流列のみの施工を基本とし、5 Luゾーンについては先行する上流列の施工結果が、Lu>5.0または、大量注入(100kg/m以上)時のみ当該深度まで下流列を施工するものとし、同様に、10Luゾーンについては先行する上流列の施工結果が、Lu>10.0また

は、大量注入時のみ当該深度まで下流列を施工するものとした。

注入仕様は、提体及び洪水吐と同様に以下の通りとした。

- ①注入圧力・注入ステージ
- ②注入材料……普通ポルトランドセメント
- ③配合及び配合切替基準
- ④注入開始配合

表-4

ステージ名	1st	2st	3st	4st	5st	6st~
ステージ長	5m	5m	5m	5m	5m	5m
注入圧	2	3	5	7	10	10

表-5

配合C/W	注入量	横ばい注入時間	配合切換
1/10	400ℓ	30分	1/6
1/6	400	30	1/4
1/4	400	30	1/2
1/2	400	30	1/1.5
1/1.5	400	30	1/1
1/1	中斷または完了まで		

表-6

ルジオン値	Lu≤10	10≤Lu<30	30≤Lu
開始配合(C/W)	1/10	1/6	1/4

⑤注入速度…………… 2 ℓ /min/m以下

グラウチング結果、改良目標値あるいは規定注入量を上回るステージが、一定の条件下で単独または連続に存在する場合は、規定を設けて、追深、あるいは追加孔を施工し、高透水帯の連続性が無いことを確認しながら施工した。最終的な判定基準としては、最終次数孔において改良目標値を越える値が確率上で15%以下とした。

3-3 施工実績

リムグラウチング施工実績を改良目標値の異なる3区間毎に、ルジオン値、単位セメント量について次数別にまとめた(表-7参照)。

①改良目標値 2 Lu区間

D列(下流列)2次孔の段階で全て2 Lu以下となったが、一部大量注入箇所(注入量100kg/m以上と規定)のステージがあったため、該当箇所周辺でB列(中央列上流側)の施工を行った。その結果、1.8Lu以下、注入量10kg/m以下となり、所定の改良が得られたと判断した。チェック孔の結果は、0.5Lu以下で、限界圧も注入規定以上と良好な結果が得られた。

②改良目標値 5 Lu区間

A列(上流)施工の段階で、2.1Lu以下・注入量38.2kg/m以下となったため、単列施工のみで既に改良目標値が達成できたと判断し、D列(下流)は不施工とした。結果的にチェック孔では0.8Lu以下、限界圧も注入規定以上と良好な値が得られた。

③改良目標値10Lu区間

表-7 グラウチング結果一覧表

*改良目標値 2 Lu区間

ルジオン値				
	データ数	最大値	最小値	平均値
P孔	23	6.5	0.2	2.0
A列 1次	93	11.0	0.1	1.5
A列 2次	108	5.0	0.2	1.1
D列 1次	105	3.9	0.1	0.9
D列 2次	112	2.0	0.2	0.8
B列 追加	20	1.8	0.4	0.9
CH孔	32	0.8	0.0	0.2

単位セメント量				
	データ数	最大値	最小値	平均値
P列	23	344.2	2.4	88.7
A列 1次	93	380.1	7.1	49.8
A列 2次	108	182.0	5.8	35.7
D列 1次	105	189.6	7.0	20.8
D列 2次	112	143.7	5.3	14.6
B列 追加	20	10.6	4.9	7.8

*改良目標値 5 Lu区間

ルジオン値				
	データ数	最大値	最小値	平均値
P孔	9	5.5	0.4	2.0
A列 1次	22	5.5	0.2	1.7
A列 2次	30	2.1	0.3	0.9
CH孔	5	0.8	0.2	0.5

単位セメント量				
	データ数	最大値	最小値	平均値
P孔	9	254.6	7.7	87.6
A列 1次	22	282.3	7.3	67.5
A列 2次	30	38.2	5.6	12.7

*改良目標値 10 Lu区間

ルジオン値				
	データ数	最大値	最小値	平均値
P孔	8	5.4	0.5	2.2
A列 1次	24	8.3	0.3	1.7
A列 2次	29	2.8	0.3	1.1
D列 1次	16	2.6	0.4	1.3

単位セメント量				
	データ数	最大値	最小値	平均値
P孔	8	66.4	2.1	26.1
A列 1次	24	180.6	5.3	47.5
A列 2次	29	123.6	6.7	24.9
D列 1次	16	113.2	6.2	20.6

*チェック孔は斜孔のため5 Lu区間のデータに含めた。

A列（上流列）施工の段階で大量注入箇所が存在したため、D列（下流列）の施工を行ったものの、 $Lu \leq 2.6$ であり、改良結果は良好であった。チ

ェック孔でも $0.8Lu$ 以下、限界圧力は規定注入圧力以上で、結果的に、改良目標値2 Lu区間と同等の改良度が得られた。

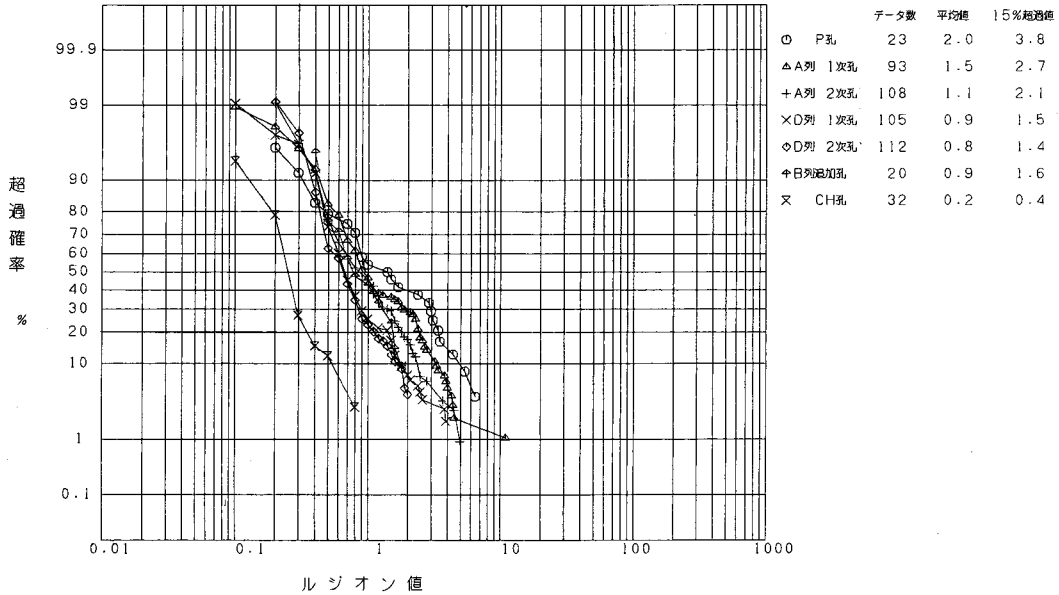


図-6-1(a) グラウチング結果超過確率図
改良目標値2 Lu 区間・ルジオン値

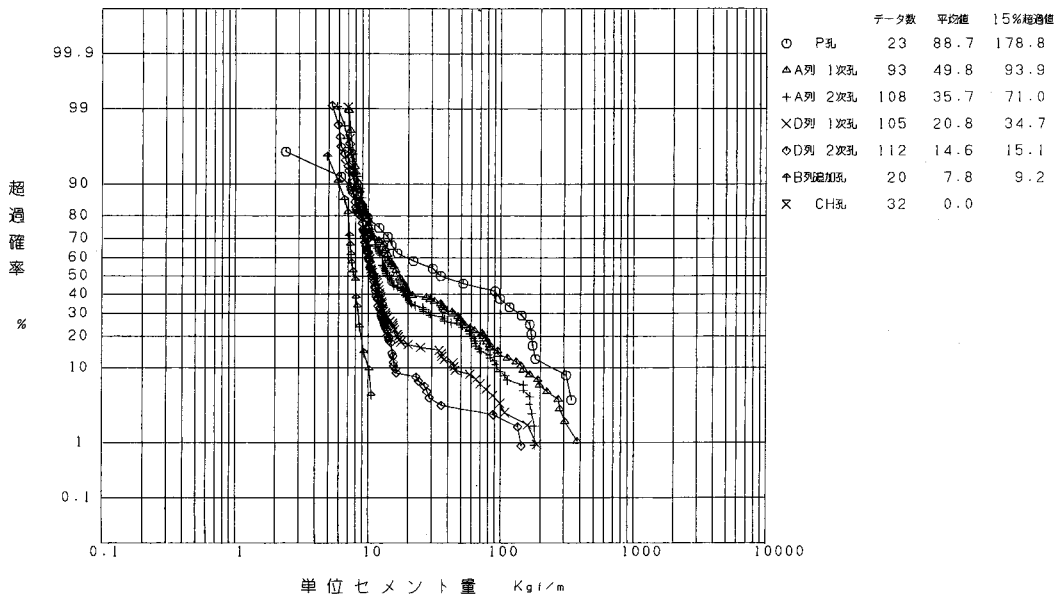


図-6-1(b) グラウチング結果超過確率図
改良目標値2 Lu 区間・単位セメント量

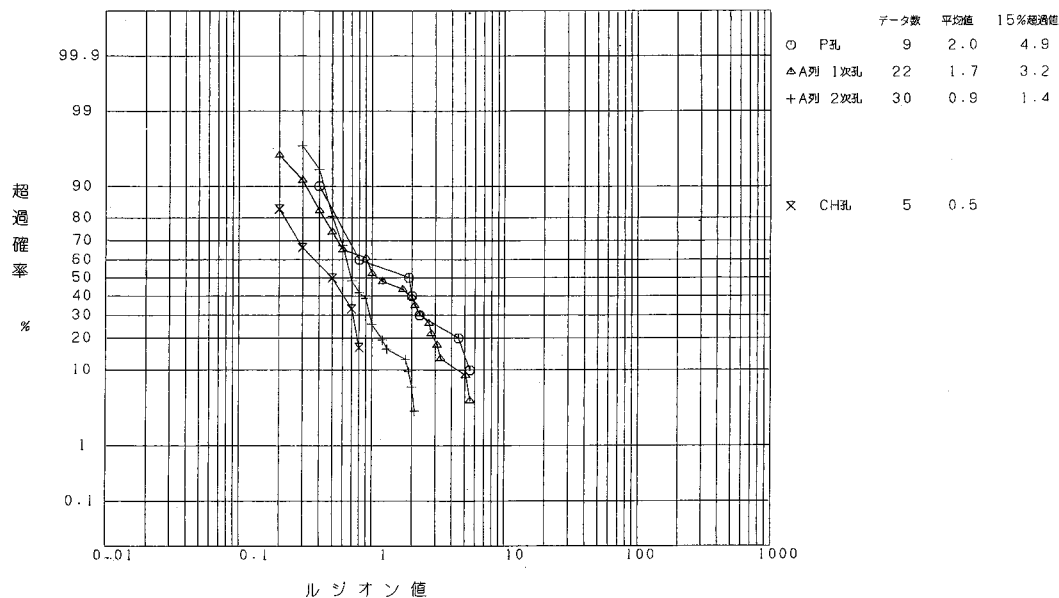


図-6-(c) グラウチング結果超過確率図
改良目標値5 Lu 区間・ルジオン値

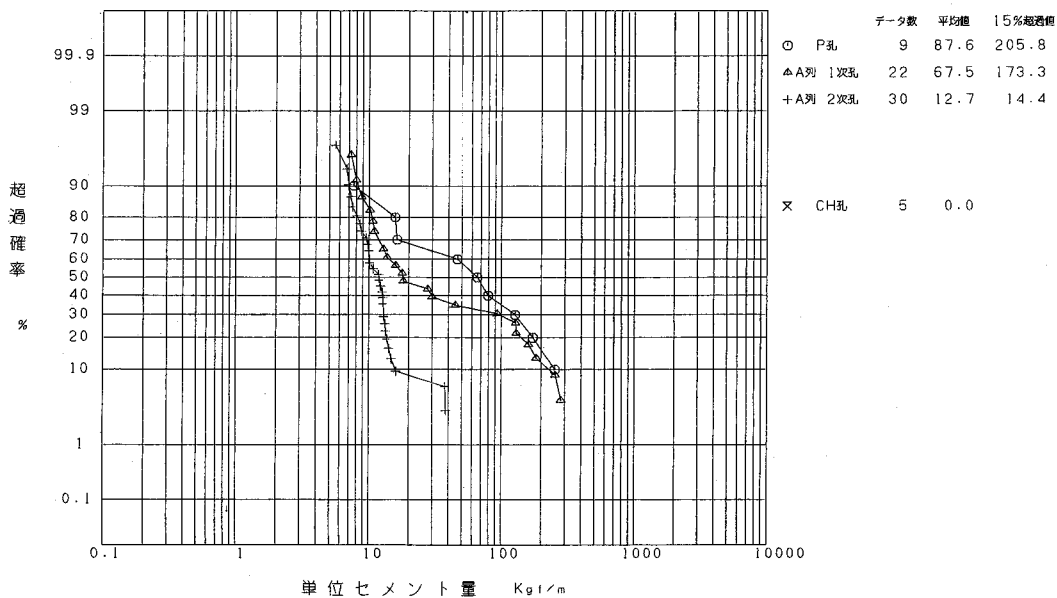


図-6-(d) グラウチング結果超過確率図
改良目標値5 Lu 区間・単位セメント量

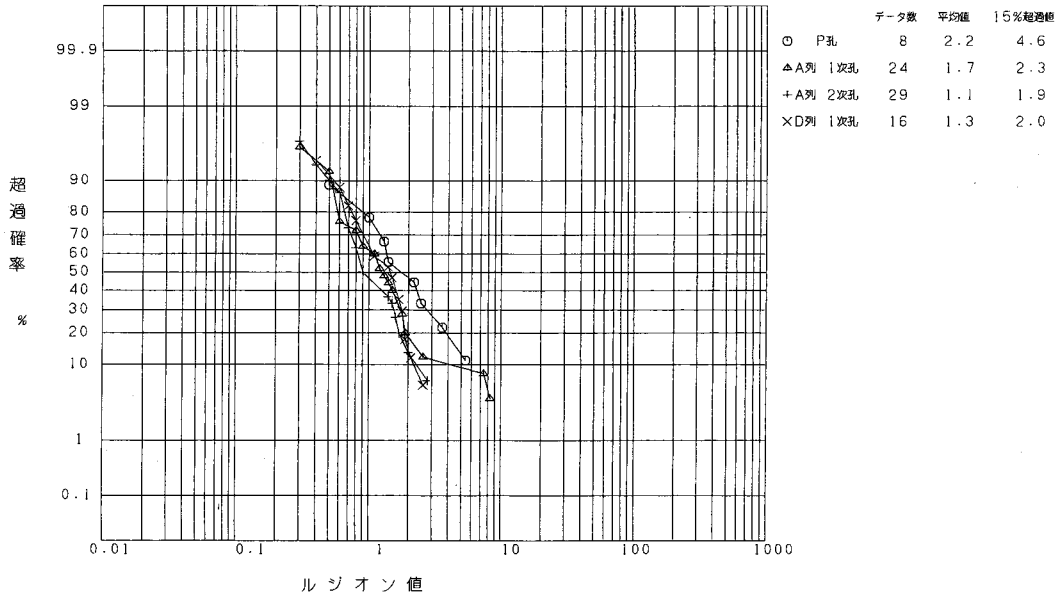


図-6-1(e) グラウチング結果超過確率図
改良目標値10Lu 区間・ルジオン値

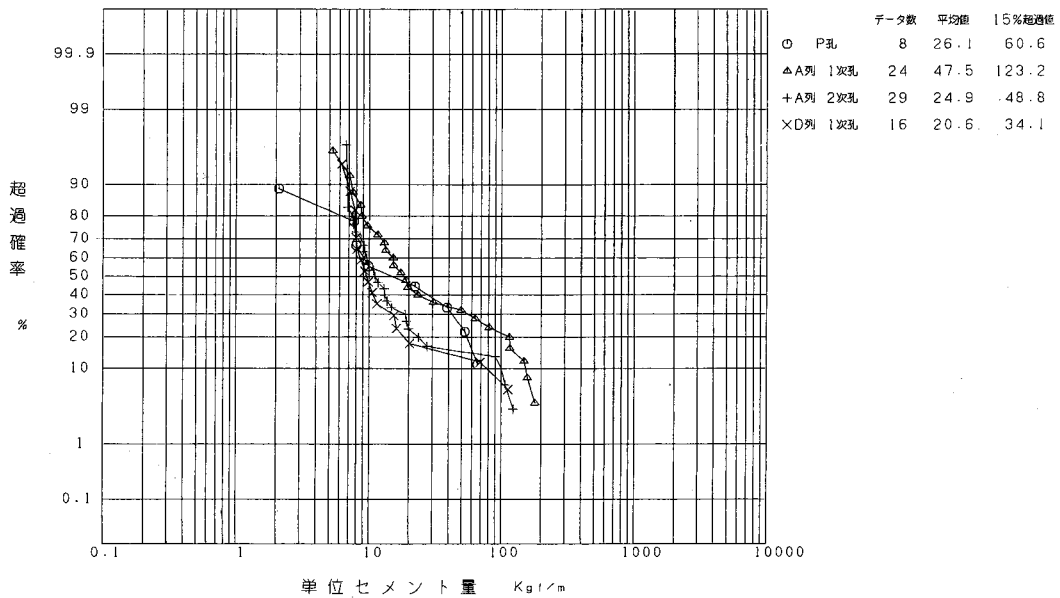


図-6-1(f) グラウチング結果超過確率図
改良目標値10Lu 区間・単位セメント量

3-4 考察およびまとめ

以上のように当初予想よりも若干下回るグラウト施工量で所定の改良成果が得られた。施工過程を追ってルジオン値や注入量の低減傾向も概ね良好であり、施工経過に特に問題はない（図-6参照）。当初、20Lu以上の高透水帯の処理を前提に計画していたが、結果的には各ブロックのパイロット孔で、最大でも10ルジオン前後であった。これは、リムグラウチングに先行して行った5孔の地下水観測孔のセメント閉塞が少なからず影響したものと考えられる。閉塞は、水頭差相当圧力でセメントミルクを注入したものであるが、この時点で、かなり広範囲の開口割目がセメントミルクにより閉塞されたものと想定される。

一方、改良度が良好だったため、「改良目標値の緩和ゾーンを設けて未処理部へ摺り付ける」という当初の見込みと異なった成果となったが、これについては先に述べた閉塞作業の状況などから、グラウチングの影響範囲がある程度の広がりを持っているため、グラウチング効果は設定した改良範囲よりもさらに奥側へ及んでいるものと予想される。したがって、改良範囲（50m区間）より奥側の改良効果については、今年度、チェックボーリングにて検証する予定である。



写真-1 リムトンネル掘削状況



写真-2 ボーリング作業状況



写真-3 リムトンネル入口

4. おわりに

津軽のおいしい「米」と「りんご」を潤す源として、また、地元の地域構想の中での水辺空間の核として「ふるさとのダム」への期待は大きい。現在、相馬ダムでは試験湛水に向けて各工事及び、関連する各種データの整理・検証を行っているところであり、左岸リム部に関しては、リムトンネルを挟んで上下流に設置した観測孔において、地下水位変化及び水質を継続観測している。また、今後、浸透流観測孔を設置し、湛水時の挙動の把握、リムグラウト効果の判定に備える予定である。

最後に、ご協力いただいた内外エンジニアリング㈱、日本基礎技術㈱及び各関係者の方に厚くお礼申し上げます。

工事桁工法による鉄道横断暗渠の施工事例

石川 裕之*
(Hiroyuki ISHIKAWA)

目	次
1. はじめに	37
2. 設計の概要	37
3. ボックスカルバートの設計	38
4. 施工計画	42
5. 施工方法	42
6. おわりに	46

1. はじめに

県営かんがい排水事業（排水対策特別型）^{むじな} 狛川上流地区は浜松市東北部に位置し、静岡県では地域の幹線排水路である準用河川狛川の河川改修を平成2年度から実施している。

混住化の進む当地区は浜松市中心部から10kmにあるベッドタウンで、浜松市～浜北市を結ぶ遠州鉄道は1日あたり5万人の通勤通学に利用される主要な交通機関である。

狛川はこの鉄道を2箇所を横断しており、ここでは平成6年度に工事桁を利用し活線状態で行った鉄道横断暗渠の施工事例について報告する。

2. 設計の概要

2-1 設計の基本方針

鉄道と交差する河川改修を行う場合、軌道（レール）をどのような状態で確保するかが重要な問題となる。

軌道確保の方法としては、活線施工、別線施工、仮線施工等が考えられるが一般的に別線や仮線施工では施工に伴う用地確保が困難であり、軌道電気工事が伴うため工事費が高価となる。

また、今回の施工現場は駅に隣接しており、別線や仮線施工では駅施設の改修工事まで必要となるため活線施工を設計の基本方針とした。

施工方法については、軌道面から構造物天端までの土被りが少ないこと、施工スペースが狭小であること、軌道の線形がほぼ直線でJR所

有の工事桁が利用可能なこと等を考慮して工事桁工法とした。

なお、本設計は「軌道整備心得」（遠州鉄道株式会社）を基準とし、それに記載されていない事項についてはJRの基準及び示方書を準用した。

2-2 設計条件

本設計を行うにあたっての制約条件を下記に示す。

①河川条件

- ・河川等級……準用河川
- ・計画流量…… $Q=20.0\text{m}^3/\text{s}$
- ・河川形式……コンクリートブロック護岸
(河床幅6.00m)
- ・計画河床高…… $EL=8.50\text{m}$
- ・計画縦断勾配…… $1/1,900$
- ・計画水深…… 2.00m
- ・余裕高…… 0.30m 以上

②鉄道条件

- ・路線等級……4級線相当
- ・単複別……単線
- ・列車荷重……KS-12
- ・列車速度……完成時 75km/hr
施工時 45km/hr
- ・軌道構造……橋梁部 RL～FL寸法 531mm

③施工条件

- ・路線閉鎖……夜間閉鎖のみ（0：30～5：00
4.5時間）
- ・河川の仮排水量…… $1.20\text{m}^3/\text{s}$ 以上
- ・施工スペース……近隣に住宅地あり
- ・公害対策……民家に隣接しているため振動

*静岡県西部農林事務所

騒音の少ない工法

④土地条件

- ・土質……沖積砂礫層
- ・N値……40以上 (EL=8.50m 付近)

2-3 構造形式の検討

2-2 設計条件に示した条件のもと、図-1の3案について比較検討を行った。

① RCスラブ桁案

3案のなかで最も経済的な構造である。しかしながら、工事桁の撤去と新桁の架設を同時に行うため、夜間工事の4.5時間内での作業としては確実性に欠ける。河川の余裕高は設計条件の30cmを若干下回る。

② 1径間ボックスカルバート案

2径間ボックスカルバートに比べ部材が厚くなるため、河川の余裕高が確保できない。

③ 2径間ボックスカルバート案

工事費は1径間ボックスカルバートとほぼ同じである。3案の中で唯一河川の余裕高30cmを確保できる。

河川管理者と協議の結果、河川の余裕高を確保できる③2径間ボックスカルバート案を採用することに決定した。

3. ボックスカルバートの設計

基本荷重を下記の①～⑨とし、それらを組合わせ表-1に示す9つのケースについて応力計算を行った。

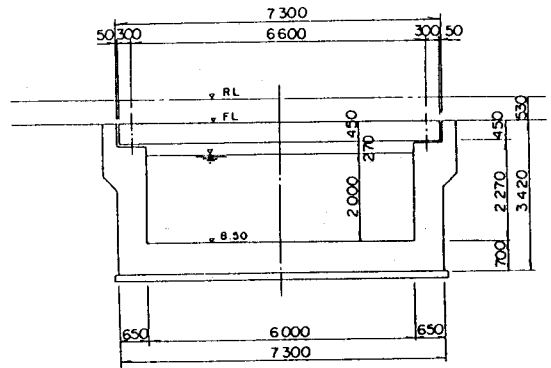
各部位に生じる最大曲げモーメントと最大せん断応力を検討した結果が表-2、3である。

基本荷重

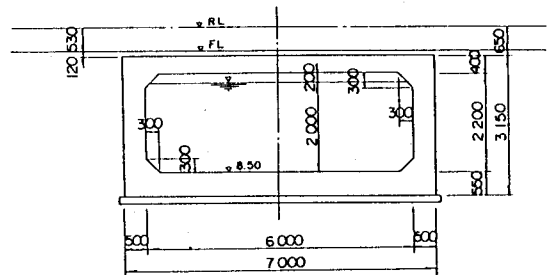
①鉛直土圧 (図-2)

上載荷重 (軌きょう, 道床) 1.0t/m²

① RCスラブ桁案 (橋梁型式)



② 1径間ボックスカルバート案



③ 2径間ボックスカルバート案

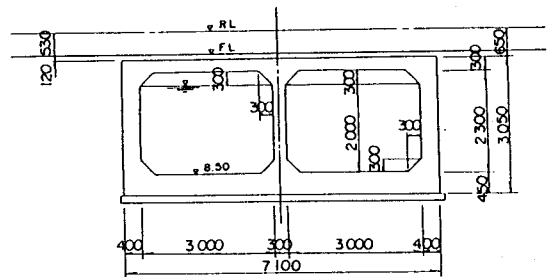


図-1

表-1 荷重の組合せ

CASE	組合せ荷重	許容応力度の割増	備考
1	鉛直土圧+死+水平土圧(100%)+水圧+列(M用全載)+列車側圧	1.00	曲げ応力用
2	鉛直土圧+死+水平土圧(100%)+水圧+列(M用半載)+列車側圧	1.00	"
3	鉛直土圧+死+水平土圧(70%)+水圧+列(M用全載)	1.00	"
4	鉛直土圧+死+水平土圧(70%)+水圧+列(M用半載)	1.00	"
5	鉛直土圧+死+水平土圧(100%)+水圧+列車側圧	1.00	曲げとせん断用
6	鉛直土圧+死+水平土圧(100%)+水圧+列(S用全載)+列車側圧	1.00	せん断応力用
7	鉛直土圧+死+水平土圧(100%)+水圧+列(S用半載)+列車側圧	1.00	"
8	鉛直土圧+死+水平土圧(70%)+水圧+列(S用全載)	1.00	"
9	鉛直土圧+死+水平土圧(70%)+水圧+列(S用半載)	1.00	"

表-2 応力度表 (曲げ応力)

		①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	⑬	⑭	⑮	⑯	⑰		
断面	b	cm	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
	h	"	40	30	30	30	40	55	45	45	55	50	40	40	40	40	50	30	30	
	d	"	32	22	24	22	32	45	35	37	35	45	42	32	32	32	42	22	22	
	d'	"	8	8	6	8	8	10	10	8	10	10	8	8	8	8	8	8	8	
	As	cm ²	4-D16	4-D16	8-D16	8-D19	8-D19	8-D13	8-D13	8-D16	8-D13	8-D13	4-D16	4-D16	4-D13	8-D13	8-D13	4-D13	4-D13	
			4-D19	4-D19									4-D19	4-D19						
	p		0.00606	0.00882	0.00662	0.01042	0.00716	0.00225	0.00290	0.00429	0.00290	0.00225	0.00462	0.00606	0.00158	0.00317	0.00241	0.00230	0.00230	0.00230
	As'	cm	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
p'		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
断面力	M	t m	5.23	1.58	5.36	6.11	10.57	6.38	2.48	7.34	3.97	8.82	5.23	4.77	0.53	4.91	6.38	2.85	0	
	N	t	1.61	1.61	1.61	2.89	2.89	5.87	6.26	2.54	6.48	6.48	13.44	13.74	4.02	15.75	15.01	19.88	33.93	
応力度	Dc	kg/cm ²	34	20	59	70	64	30	17	40	27	42	22	32	4	38	33	42	11	
	Ds	"	930	360	1,543	1,340	1,578	1,206	430	1,305	870	1,751	400	520	30	865	897	639	0	
荷重の組合せケース			4	4	4	1	1	1	5	4	1	1	4	4	5	2	1	2	3	
応許 力度容	Dca	kg/cm ²	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	
	Dsa	"	1,450	1,450	1,559	1,613	1,658	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	

表-3 応力度表 (せん断応力)

		①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	
断面	b	cm	100	100	100	100	100	100	100	
	h	"	30	30	45	45	40	40	30	
	d	"	22	22	35	35	32	32	22	
	d'	"	8	8	10	10	8	8	8	
	As	cm ²	8-D19	4-D16 4-D19	8-D13	8-D13	4-D16 4-D19	8-D13	4-D13	4-D13
				22.92	19.40	10.14	10.14	19.40	10.14	5.07
p			0.01042	0.00882	0.00290	0.00290	0.00606	0.00317	0.00230	
せん断力 S	t		14.16	10.67	14.31	11.37	2.36	3.64	1.98	
応力度 τ	kg/cm ²		6.44	4.85	4.09	3.25	0.74	1.14	0.90	
荷重の組合せケース			6	9	6	7	7	5	7	
許容応力度 τ_a	kg/cm ²		7.80	7.02	5.46	5.46	6.24	5.46	5.46	

土被り荷重

0.23t/m^2
 $Wd_1 = 1.23\text{t/m}^2$

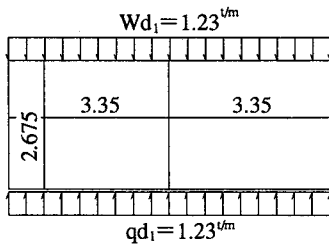


図-2 鉛直土圧

②死荷重 (図-3)

- 上床版荷重 $Wd_2 = 0.75\text{t/m}^2$
- 側壁荷重 $Wd_3 = 1.00\text{t/m}^2$
- 中壁荷重 $Wd_4 = 0.75\text{t/m}^2$
- 下床版反力 $qd_2 = 1.85\text{t/m}^2$

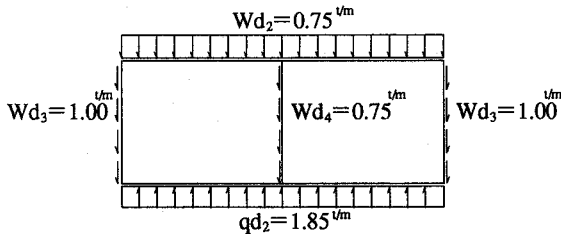


図-3 死荷重

③水平土圧 (100%) + 水圧 (図-4)

設計土圧は静止土圧, 地下水位はFL-1.90m

- 水平土圧 (100%) $Pd_1 = 0.76\text{t/m}^2$
- " $Pd_2 = 2.31\text{t/m}^2$
- " $Pd_3 = 2.78\text{t/m}^2$
- 水 圧 $Pw_1 = 1.05\text{t/m}^2$

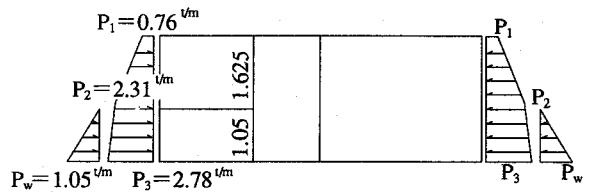


図-4 水平土圧 (100%) + 水圧

④水平土圧 (70%) + 水圧 (図-5)

- 水平土圧 (70%) $Pd_1 = 0.53\text{t/m}^2$
- " $Pd_2 = 1.61\text{t/m}^2$
- " $Pd_3 = 1.94\text{t/m}^2$
- 水 圧 $Pw_1 = 1.05\text{t/m}^2$

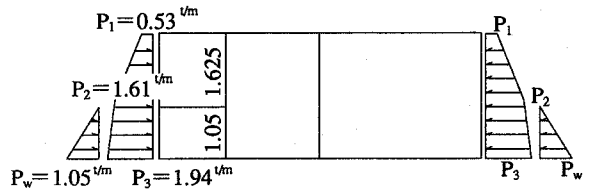


図-5 水平土圧 (70%) + 水圧

⑤列車荷重 (全載曲げモーメント用) (図-6)

列車荷重は図-1 に示すとおり 2 両の列車を重連している場合を考慮した K 荷重と, 小スパン橋梁及び部材に対して軸重の大きい車両の影響を考

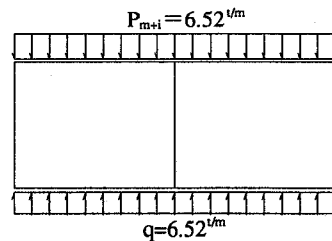
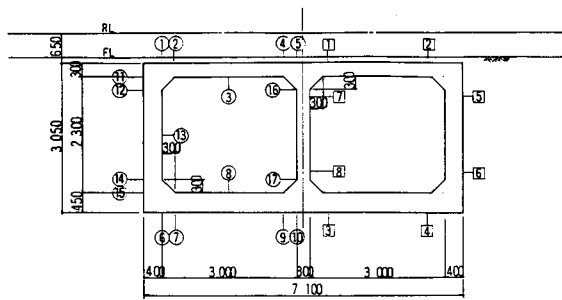


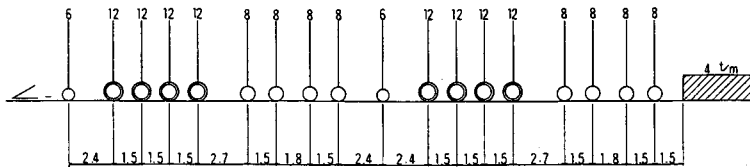
図-6 列車荷重 (全載曲げモーメント用)

構造図

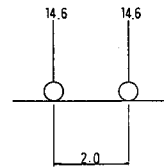


所定動荷重

K-12 荷重



S 荷重



注) 寸法単位 m
荷重単位 t

図-11 ボックスカルバート応力度表

慮するためのS荷重からなっている。

全載での鉛直土圧 $P_m = 5.72t/m^2$

上記に衝撃荷重を考慮した土圧

$P_{m+i} = 6.52t/m^2$

⑥列車荷重 (全載せん断力用) (図-7)

全載での鉛直土圧 $P_s = 6.86t/m^2$

上記の衝撃荷重を考慮した土圧

$P_{s+i} = 7.82t/m^2$

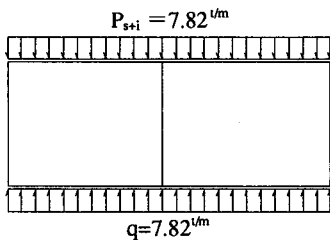


図-7 列車荷重 (全載せん断力用)

⑦列車荷重 (片載曲げモーメント用) (図-8)

片載時の反力を算出する。

$q = 8.15t/m - 1.63t/m$

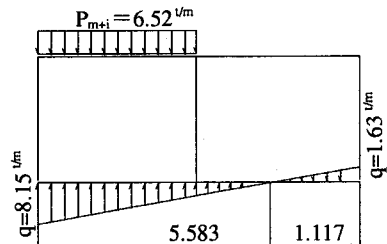


図-8 列車荷重 (片載曲げモーメント用)

⑧列車荷重 (片載せん断力用) (図-9)

片載時の反力を算出する。

$q = 9.78t/m - 1.96t/m$

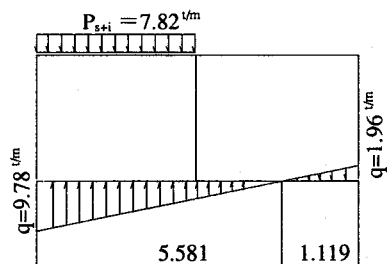


図-9 列車荷重 (片載せん断力用)

⑨列車側圧 (図-10)

カルバート側面に作用する水圧、土圧はカルバートの高さの $\frac{1}{2}$ の位置の深さにおける活荷重による鉛直土圧に静止土圧係数を乗じた値がカルバートの全高さに等分布するものとして算出する。

水平土圧 $Ph=1.14t/m^2$

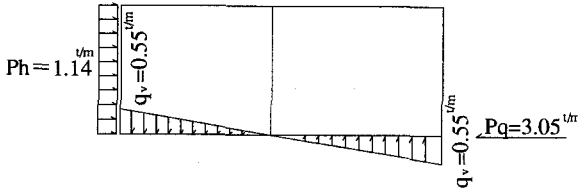


図-10 列車側圧

4. 施工計画 (図-12参照)

本工事は、鉄道横断暗渠工を工事桁(スルーゲーター-22.5m)の架設により活線状態で施工する。

工事桁は、JR東海より有料にて借用した。(JRでは数種類の工事桁を所有し、要望に応じて貸し出しを行っている。ただし、1年前に予約が必要となる。)

これにより、軌道直下はオープン掘削が可能となる。

また、軌道高と計画河床高の制約から工事桁最下端より、ボックスカルバート天端までは約60mmと狭小になるので、軌道直下でのボックスカルバートの施工は不可能である。

よって、ボックスカルバートを鉄道下流部で製作した後、フロンテジャッキング工法(150ton×2台)により軌道直下まで、けん引する。

なお、近隣に住宅地があるため、土留用の鋼矢板の打設にはアースオーガ併用圧入杭打機、また、夜間工事のH鋼打設にはモンケン打ちを採用し振動、騒音の防止に努めた。

5. 施工方法 (図-13 写真参照)

図-13の施工順序図を追って、各工程の施工方法を解説する。

① 仮橋台の施工～工事桁の地組

- 工事桁の仮橋台を施工すべく仮土留杭(H鋼 150×150 L=2.90m 14本/1基)をモンケン

(0.5t) 打ちで打設する。〈夜間工事〉

- 軌道桁を架設し、仮橋台の施工中に軌道がたわまないように補強する。軌条桁とは鉄道のレールを3本組み合わせたもので仮橋台1基当たり4組の軌条桁が施工される。〈夜間工事〉(写真-2)

- 仮橋台の施工は昼間の作業。この仮橋台は埋め殺しとなる。
- 2基の橋台が完成すると工事桁の地組みを行い横取りの準備を行う。

② 工事桁の設置

- 軌道 マクラ木、バラスト、在来桁の順で撤去し工事桁の横取りを行う。〈夜間工事〉この工事桁の設置により活線状態での施工が可能となる。(写真-3)

③ 仮排水路工の施工

- 工事桁下をオープン掘削し仮排水路(FRPMφ1000mm)を施工する。(写真-4)

④ けん引台の施工

- 鉄道下流部で製作したボックスカルバートを軌道直下まで、けん引するためにけん引台を施工する。(図-12)

⑤ ボックスカルバート製作～据付け

- ボックスカルバートをけん引台の上で製作する。けん引時に生じる摩擦力を低減するために、けん引台とボックスカルバートの間に3.2mmの敷鋼板を敷いておく。

- 自重168tonのボックスカルバートを150tonのフロンテジャッキ2台でけん引する計画であったが、現場ではけん引時の左右のバランスをとるため中央部に1台設置し全部で3台のフロンテジャッキでけん引した。(図-12 写真-5, 6)

⑥ 工事桁撤去の準備

- 仮排水路を撤去して鉄道下流部を埋め戻し、工事桁撤去の準備をする。

⑦ 工事桁撤去～軌道の復旧

- 工事桁の設置と同様、横取り工法により工事桁を撤去し軌道の復旧を行う。〈夜間工事〉(写真-7)
- 取合いのコンクリートブロック護岸を施工して完成。(写真-8)

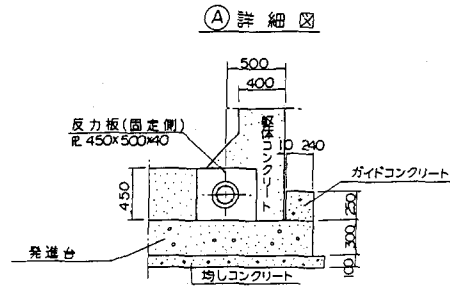
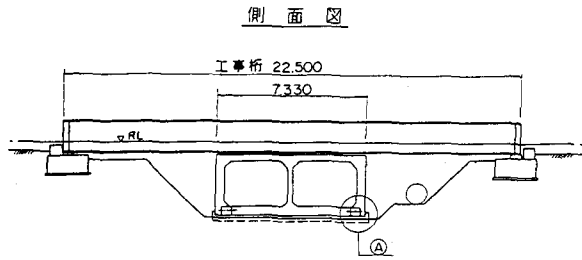
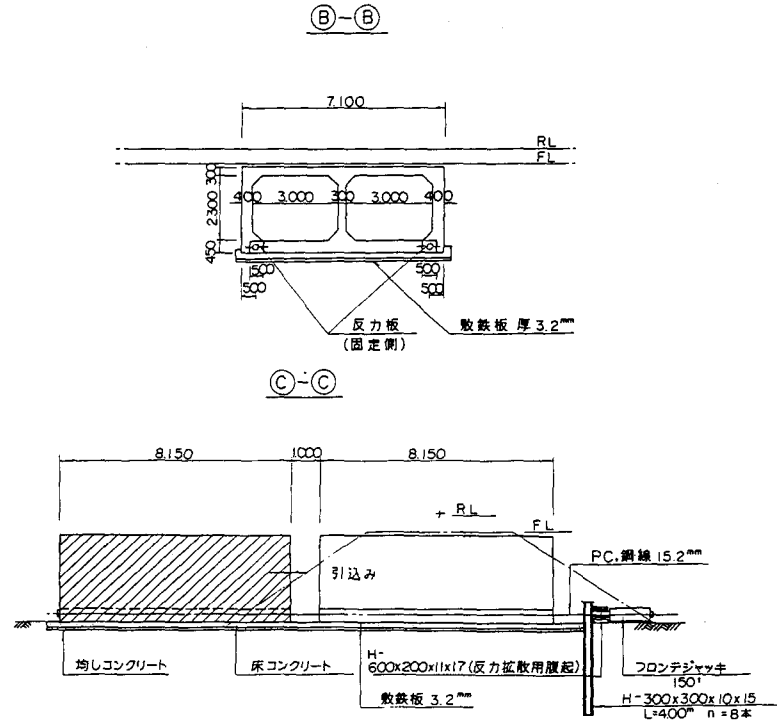
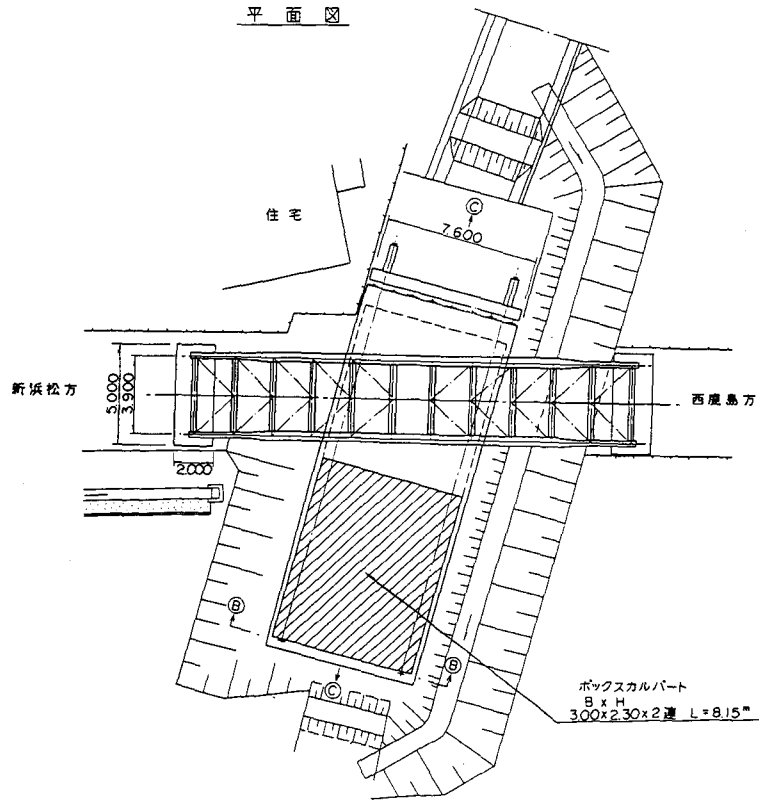


図-12 ボックスカルバート引込計画

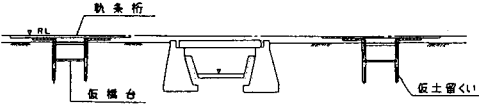
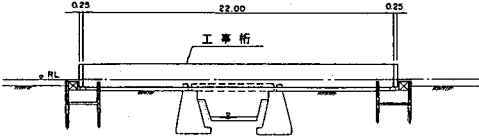
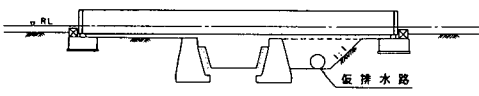
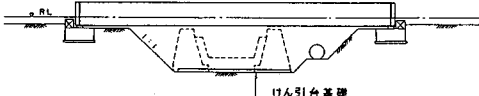
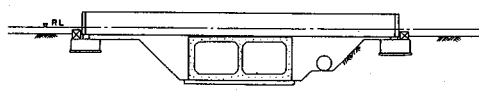
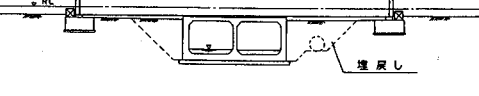
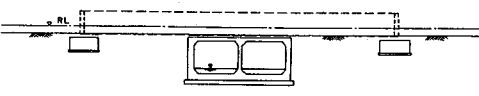
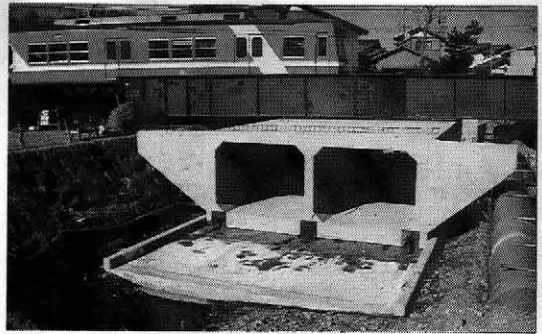
<p>①仮橋台の施工～工事桁の地組</p> 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 準備工 2. 仮土留くいの施工 3. 軌条桁の架設(吊軌条桁) 4. 仮橋台の施工 5. 工事桁の地組, 横取り設備の施工
<p>②工事桁の設置</p> 	<ol style="list-style-type: none"> 6. 在来桁, 橋台バラベット及び軌道の撤去 7. 工事桁の横取り架設 8. 軌道整備
<p>③仮排水路工の施工</p> 	<ol style="list-style-type: none"> 9. 仮排水路の施工 10. 河川の仮締切工
<p>④けん引台の施工</p> 	<ol style="list-style-type: none"> 11. 掘削及び在来下部工取り壊し 12. けん引台基礎の施工
<p>⑤ボックスカルバート製作～据付け</p> 	<ol style="list-style-type: none"> 13. 函体の製作 14. 函体のけん引及び据え付け
<p>⑥工事桁撤去の準備</p> 	<ol style="list-style-type: none"> 15. 仮締切及び仮排水路の撤去 16. 埋め戻し
<p>⑦工事桁撤去～軌道の復旧</p> 	<ol style="list-style-type: none"> 17. 工事桁の撤去(横取り工法) 18. 軌道の復旧 19. 地覆, ガードパイプの施工 20. 完成

図-13 施工順序図



写真一 1 施工前



写真一 5 ボックスカルバートのけん引



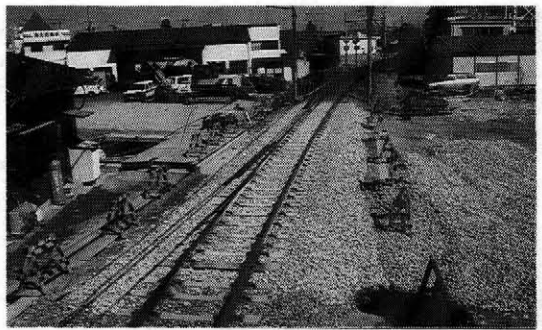
写真一 2 軌条桁の架設完了



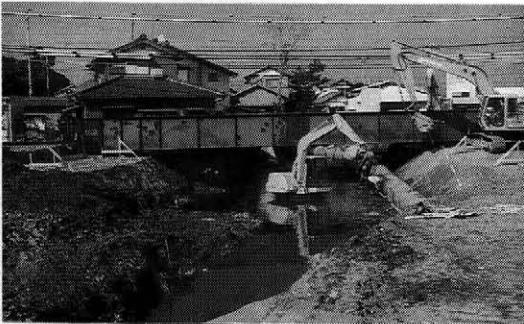
写真一 6 フロンテジャッキによるけん引



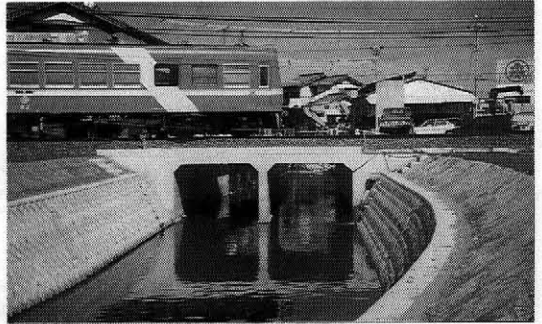
写真一 3 工事桁の設置



写真一 7 軌道の復旧



写真一 4 仮排水路の施工



写真一 8 完成

6. おわりに

都市と農村の混住化が進む中、農業農村整備事業は今まで以上に多様な工法が求められている。今回の施工事例はその一例として今後の類似工事の参考になれば幸いである。

最後に、商店、民家をはじめ図書館等の公共施設が介在する地域の地元調整に奔走していただいた積志土地改良区、また工事術の借用及び技術指導でご協力いただいたJR東海、遠州鉄道の各位には付記して謝意を表す。

榊谷ダム第5号橋梁基礎工建設工事における 大口径深礎基礎の設計と施工について

新田 智 敏*
(Tomotoshi NITTA)

堀 畑 正 純*
(Masazumi HORIHATA)

藤 島 洋 志*
(Youji FUJISHIMA)

廣 川 一 郎*
(Ichiro HIROKAWA)

目 次

1. はじめに	47	5. 基礎形式の選定	50
2. 事業概要	47	6. 大口径深礎基礎の設計	50
3. 対象工事の概要	47	7. 大口径深礎基礎の施工	50
4. 地形・地質の概要	49	8. おわりに	57

1. はじめに

榊谷ダム第5号橋梁は、榊谷ダム建設予定地の約600m上流に位置し、ダム建設により水没する町道宇津尾～榊谷線及び田倉保線の付替道路の一環として建設するもので、ダム湖を横断することから、将来は「ダム湖面橋」としても位置づけられることとなる。

榊谷ダム第5号橋梁基礎工建設工事は、同橋梁の橋脚（2橋脚：橋脚高P1=46m、P2=56m）基礎の施工を行うもので、実施に当たっては、大口径深礎基礎（P1φ12m×L=32m、P2φ10m×L=14.5m）を採用している。

本文は、この大口径深礎基礎を中心に同工事の設計・施工の概要を報告するものである。

2. 事業概要

本地区は、福井県のほぼ中央部を流れる九頭竜川水系日野川の両岸に広がる武生市外2市3町におよぶ水田面積5,880haの穀倉地帯である。

この地区の農業用水は、日野川とその支川を主水源としているが、用水不足を生じるため、地下水や溜池、反復利用等によって補給している。しかし、これらの施設は小規模のものが多く、また老朽化と機能低下が著しいため、用水不足が一層厳しいものになっているのが現状である。

本事業は、この現状を改善するため、基幹かんがい排水事業である日野川用水（二期）事業により、日野川の支流・榊谷川に榊谷ダムを築造し、

水源の確保を行うとともに、日野川用水（一期）事業により、既設の取水施設を統合して八乙女頭首工を築造するほか、幹線用水路等の基幹施設を整備することにより、農業用水を安定供給するものである。また本事業は、武生市外1市4町の生活用水及び武生市外1市1町の工業用水を開発・供給する都市用水事業と日野川沿川地域の被害を防止する治水事業との共同事業であって、これらの生活基盤及び生産基盤の整備によって本地域の振興を図ることとしている。

3. 対象工事の概要

工 事 名：榊谷ダム第5号橋梁基礎工建設工事
工事場所：福井県南条郡今庄町榊谷地内
工事概要

項目 \ 基礎名	P1橋脚基礎	P2橋脚基礎
基礎形式	大口径深礎基礎	大口径深礎基礎
形 状	杭径12.0m 杭長32.0m	杭径10.0m 杭長14.5m
深礎掘削土量	4,040m ³	1,420m ³
生コンクリート打設	3,080m ³	850m ³
鉄筋加工組立	93 t	40 t

*日野川用水農業水利事業所

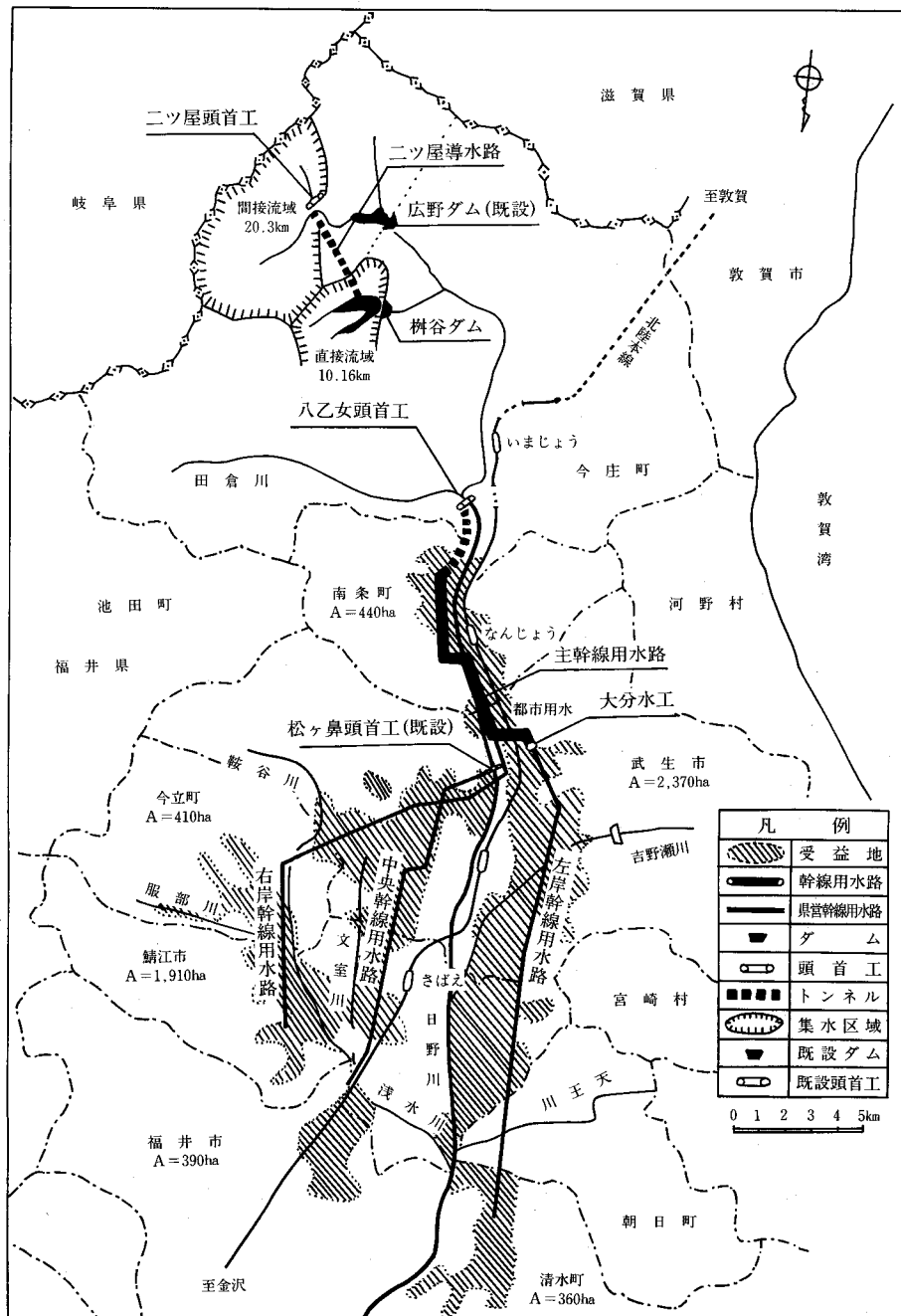


図-1 事業概要図

4. 地形・地質の概要

第5号橋梁建設予定地の兩岸の斜面は、左岸で35°前後、右岸で40°前後を示しており、全般的に急斜面をなしている。左岸斜面は、右岸斜面に比べやや緩傾斜であり尾根部（中尾根：河床より比高約140m）が北東—南西方向に延びる瘦せ尾根となっている。斜面は多少起伏のある地形を示し、表

層部の崩落にともなう崖錐地形も認められる。

基盤岩類は、美濃帯と称される中・古生層が広く分布し、断層や褶曲の発達にともないやや複雑な地質構造を示す。新鮮部では岩質が堅硬で良好な岩盤状態を示すが、左岸側の一部には、D級の強風化帯が存在するため、岩質が著しく劣化した部分も存在する。

橋軸付近の基盤岩盤は砂岩・粘板岩及び同互層

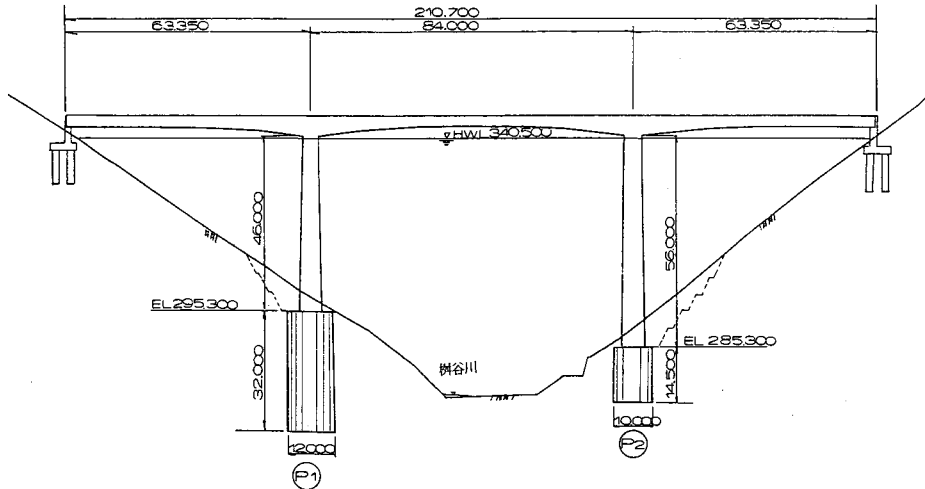


図-2 樹谷ダム第5号橋梁計画一般図

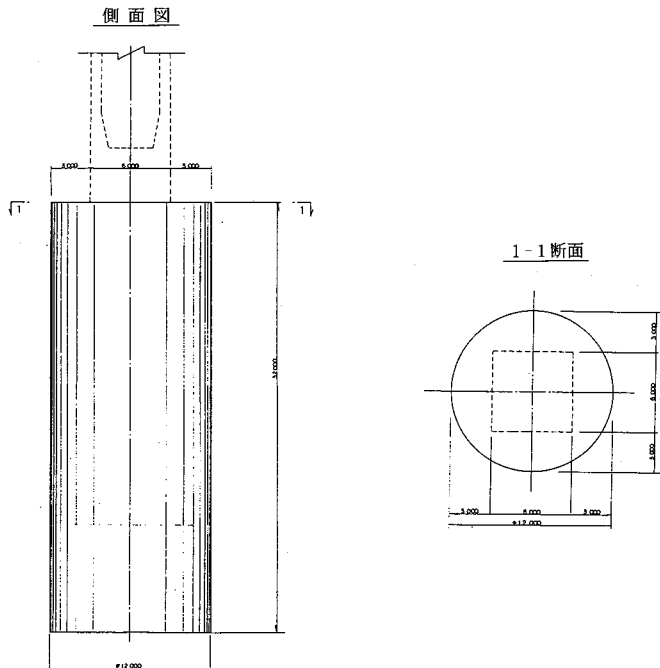


図-3 P1橋脚基礎構造一般図

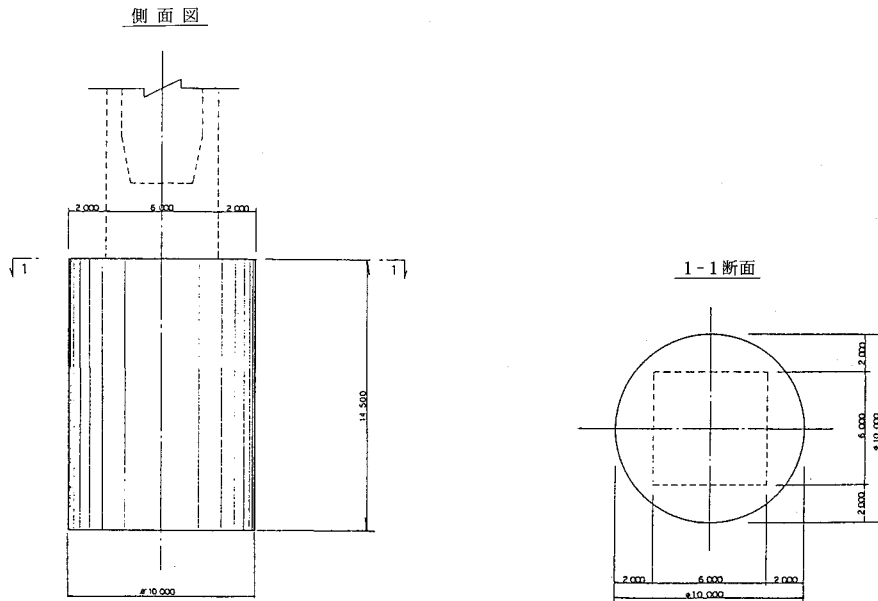


図-4 P2橋脚基礎構造一般図

が分布しており、概ね、左岸側は粘板岩、右岸側は砂岩を主体としている。

砂岩は細～粗粒グレーワック質で、時に径2～10mmの粘板岩（スレートパッチ）を多く含むところがあり塊状で層理面が不明瞭である。

粘板岩は、岩片自体は硬質であるが、全体的に板状で割れやすい性状を示す。

5. 基礎形式の選定

P1・P2橋脚は、前述のとおり深いV字谷状の急傾斜地に位置し、地質状態も一部にD級の強風化帯が存在すること等の条件から、基礎形式はフーチング付き深礎形式と大口径深礎形式を比較検討した。

その結果、①経済性に優れている②基礎工施工時に生じる切土法面の規模が小さいことなどから大口径深礎形式を採用した。

6. 大口径深礎基礎の設計

大口径深礎基礎は、設計上の区分としてはケーソン基礎となるが、現在、斜面上のケーソン基礎の確立した設計手法がないのが現状である。

このため、本基礎の設計に当たっては、剛体としてのケーソン基礎と弾性体としての深礎基礎の

両方の設計法により照査を行い適正な杭径及び杭長を決定した。

具体的には、表-1のような設計フローを定め、杭径及び杭長については、繰り返し計算により、最終的な形状を決定した。

7. 大口径深礎基礎の施工

(1) 掘削工法の選定

本基礎は、掘削直径が10mを越えしかも急傾斜地（35°～40°）に位置することから、斜面の影響による偏土圧に十分耐え得る工法の検討を行うとともに、作業ヤードが限られていることから施工性・経済性からも検討を行った。

その結果、近年トンネル掘削工法として数多く採用されている吹付+ロックボルト工法（NATM工法）を本基礎の掘削工法として採用することとした。

(2) 坑口部の補強

坑口部は、掘削後、外気に接する期間が最も長くなるとともに、作業ヤードとの関係から重機による繰り返し荷重や雨水等の影響を受け、弱体部となることが予想されるため、偏土圧に対し十分な対策が必要となる。

このことから、坑口部の補強措置として、施工

表一 大口径深礎基礎設計フロー



基盤面より5m間において，鉄筋コンクリート(ガイドウォール)及びPCアンカーの施工を実施することとした。

(3) 施工

掘削及び支保工の作業サイクルは表一2に示すとおりである。

① 発破・掘削及びズリ出し

地山掘削は，穿孔機械による発破掘削とジャイアントブレイカーによる併用法とした。発破掘削に当たっては，地山の緩みを最小限にと

どめ，平滑な掘削断面が得られるよう，適切な穿孔長，配置，装薬量を定め実施した。

破碎されたズリは，坑内に搬入したバックホウにより集土し，クローラクレーンで吊り降ろした土砂バケツに積み込み，坑外へ搬出した。

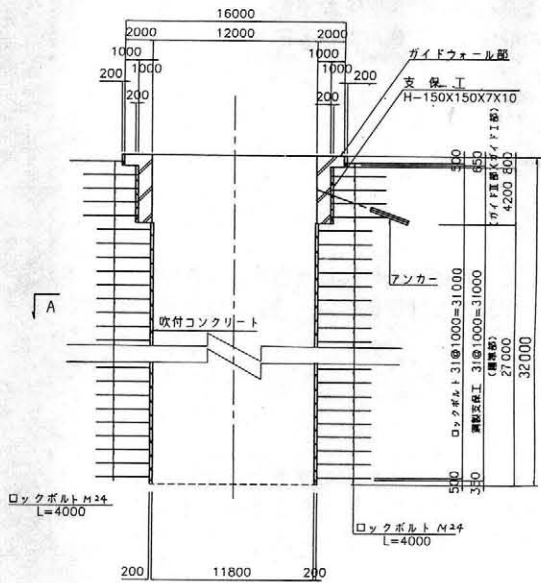
(図一6 施工概念図参照)

② 1次吹付コンクリート

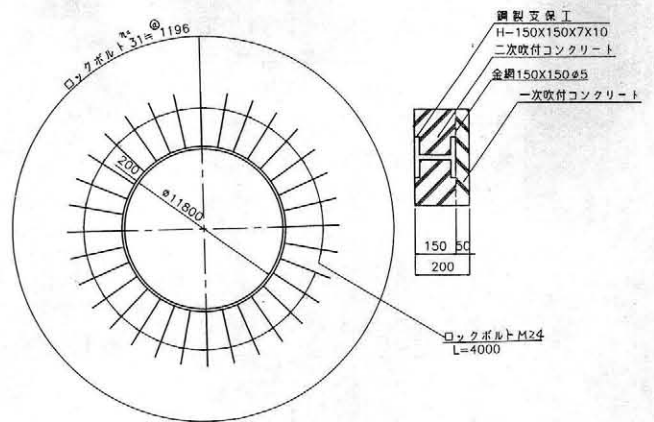
吹付コンクリートは，生コンクリートを使用し，側壁の浮き石除去後，速やかに吹付(5cm)を行った。側壁面に湧水が出現した場合は，水抜き管を設置し湧水処理を行った。

③ 金網及び鋼製支保工設置

P 1基礎断面図



A-A断面図



ロックボルト詳細図

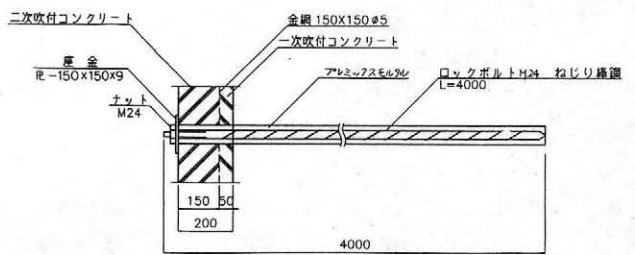


表-2 掘削作業サイクル

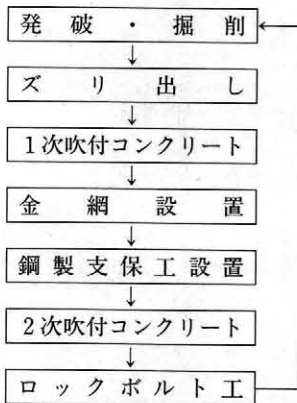


図-5 P 1基礎文保工一般図



写真-2 掘削・ズリ出し



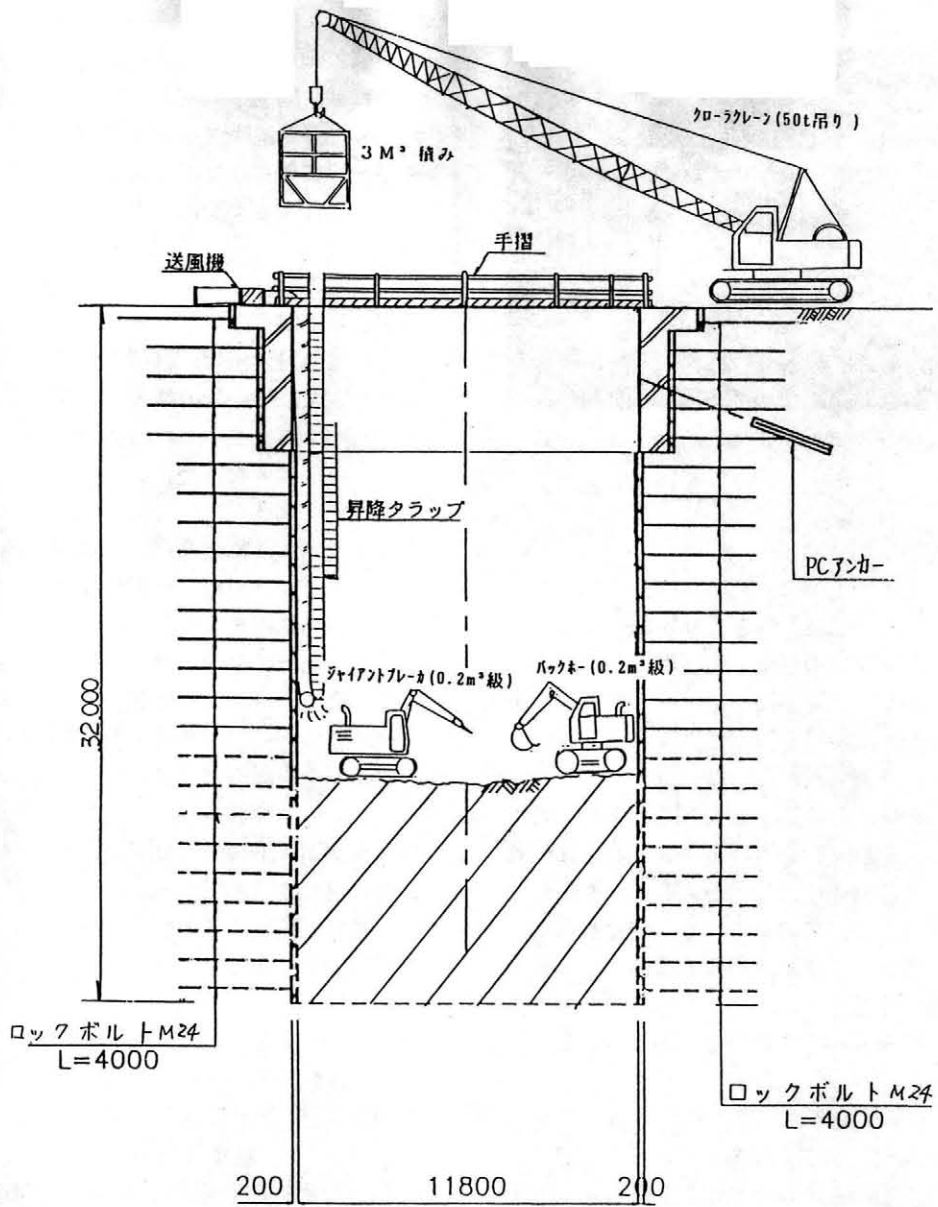
写真-1 発破掘削 (クローラドリルによる穿孔)

金網及び鋼製支保工 (H型鋼150×150×7×10) は、1次吹付コンクリート後、吹付面に密着するよう速やかに設置した。

また、鋼製支保工は、分割して坑内に搬入することから、リング構造として確実に作用するよう継手箇所について、入念に締付を行った。

④ 2次吹付コンクリート

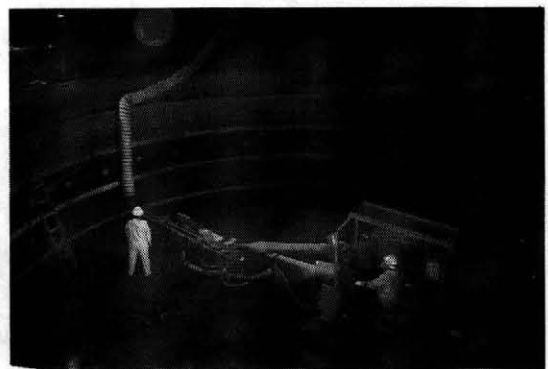
鋼製支保工設置後、2次吹付コンクリート(15



図一六 掘削・ズリ出し施工概念図



写真一三 2次吹付コンクリート



写真一四 ロックボルト工(クローラドリルによる穿孔)



写真一五 ロックボルト工（ロックボルトの挿入）

cm) を実施した。

⑤ ロックボルト工

ロックボルト工は、長さ4.0m（一部3.0m）のねじり棒鋼を使用した全面接着式とし、2次吹付コンクリート完了後、クローラドリルで穿孔し、速やかに設置を行った。

(4) 計測工の実施

本基礎の掘削直径はP1=12m・P2=10mと大規模であることに加え、急斜面上(35°~40°)に位置することから、施工中に地山から偏土圧を受けることが懸念される。このため、施工時において次の計測工を実施し、周辺地山及び掘削面の挙動を的確に把握するとともに、内空変位については表一4に示す管理レベルを設定し、施工時の安全管理を図った。

またP1基礎の基盤は、ボーリング調査等により、D級の風化岩が広く分布していることが確認されていることから、ロックボルト軸力及び地中変位(NATMの計測B相当)についても計測を行うこととした。

(5) 計測結果

①内空変位測定

内空変位の最大値は、P1側で3.8mm、P2側で2.1mmであり、先に示した管理レベルにおいてレベ

ルI(20mm)を下回る値となった。

これは、掘削中に地山からの湧水がほとんど無かったこと、吹付ロックボルトによる支保効果が十分に得られたことなど種々要因の相乗効果によって大きな変位が生じなかったものと考えられる。

②偏心量測定

偏心量の最大値は、P1側で4.0mm、P2側で2.0mmと小さく、偏心量の推移は、測点からの掘削深度が約5mに到達したところで、ほぼ収束し安定した状態となった。

③ロックボルト軸力測定(P1基礎のみ)

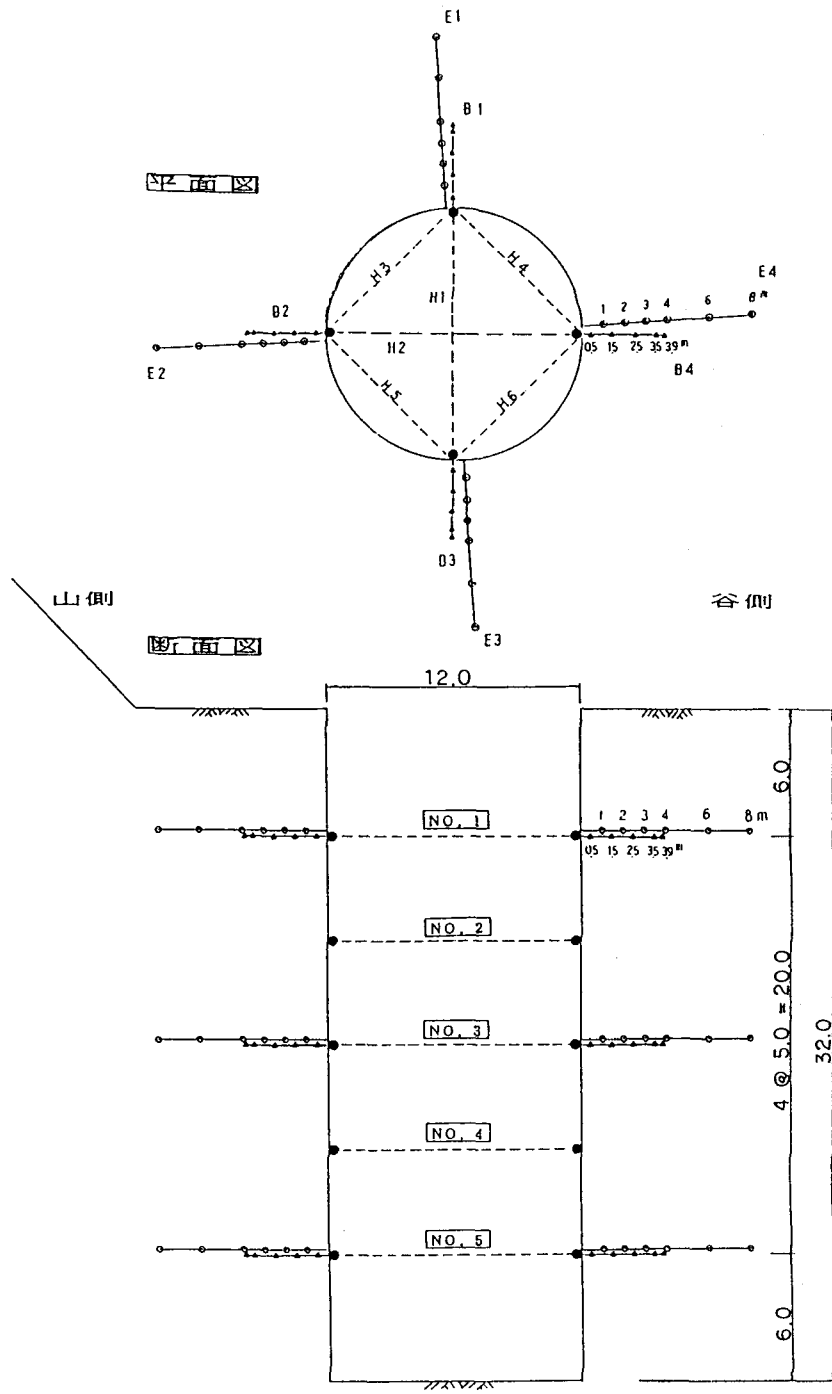
ロックボルトの軸力測定に基づく応力解放領域と坑内の切羽スケッチを照合した結果、岩質的に弱い部分(D~CL級)の応力解放はロックボルト長(4.0m)より外側に拡大され、岩質的にやや強い部分(CL~CM級)の応力解放はロックボルト長以内に収まっていることがわかった。

ロックボルトの支保効果は、地山の不連続部の縫い付けを含んだアーチゾーンを形成し、地山の持つ耐荷能力を更に高めるものとして非常に有効であったと推定される。

④地中変位測定(P1基礎のみ)

地中変位の測定を行った結果、ゆるみ形態は地質及び施工条件の影響により変位差のバラツキが生じたものの、変位の最大値は、1.5mmとごく微少な変位量であった。また、応力の再配分も早期に完了し、長期の安定状態に至ったものと評価できる。

これは、ロックボルトの施工によるアーチゾーンの形成効果やゆるみ変位抑止効果が現れたものと推定される。



凡例

計測項目	記号	備考	
坑内観察調査			掘削毎
内空変位測定	●---●	H1~H6	6測線 5断面
m ₂ 針軸力測定	---●	B1~B4	2=4m、4測線 3断面
地中変位測定	---○	E1~E4	2=8m、4測線 3断面

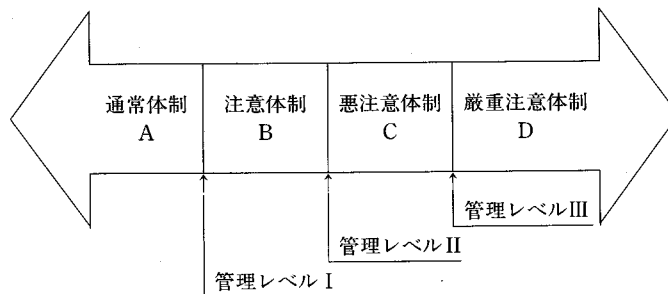
図一7 P1基礎計測計器配置図

表-3 計測項目および目的

計測項目	目的	測定箇所等	P1基礎 (左岸)	P2基礎 (右岸)
観察調査 ①掘削面の観察 ②吹付面の観察 ③地表の観察	<ul style="list-style-type: none"> 地質状況の把握 掘削切羽の安定性の把握 湧水状況の把握 吹付コンクリート、ロックボルト等の変状把握 掘削による地表への影響 	掘削日毎	○	○
内空変位測定	変位量、変位速度、変位収束状況および断面の変形状況から <ul style="list-style-type: none"> 掘削面および周辺地山の安定性の把握 支保工（吹付コンクリート等）の安定把握 	掘進長5m毎に1断面測線は地盤傾斜方向、地盤傾斜直角方向および隣接測点を結ぶ斜距離	○	○
偏心量測定	坑壁面の偏心量、偏心速度から <ul style="list-style-type: none"> 掘削面および周辺地山の安定性の把握 支保工（吹付コンクリート等）の安定把握 	掘進長5m毎に測定測点は内空変位測定と同位置(1断面4測点)	○	○
ロックボルト軸力測定	ロックボルトに作用する軸力の大きさと発生応力分布の把握	3断面、1断面につき4本	○	
地中変位測定	地中の深度別区間の変位より、坑内周辺地山のひずみ状態を把握し掘削によるゆるみ領域及び設計ボルト長の適正を判断する。	3断面、1断面につき4測線	○	

表-4 内空変位管理レベル

管理レベル	変位量
I	20mm
II	32mm
III	40mm



※1 管理レベルIIIは、過去の道路トンネルの実績値等を勘案し40mmと定めた
 ※2 管理レベルIIはレベルIIIの80%、レベルIはレベルIIIの50%相当とした

8. おわりに

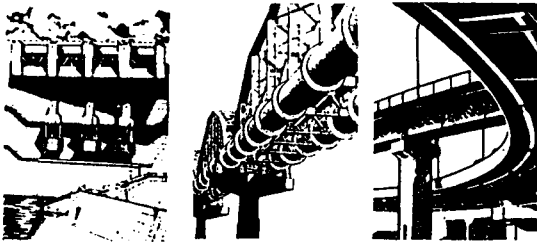
大口径深礎基礎の施工については、土地改良事業での施工実績が極めて少ないことから、設計に当たっては、実績のある日本道路公団等の資料を参考としたとともに、北陸農政局土地改良技術事務所から多くの資料提供を得て実施した。

なお、本工事は、平成7年3月に完成し、現在

第5号橋梁の本体工事が平成9年12月完成をめざして施工されている。

参考文献

- 日本道路公団 設計要領第二集
平成2年7月
(社)日本道路協会 道路橋示方書IV下部構造編
平成2年2月

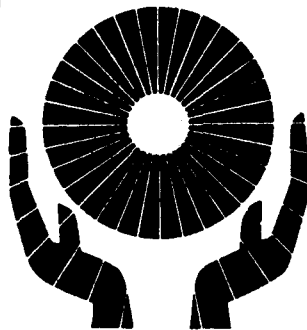


カキモト

K 株式会社 栗本鐵工所

〈鉄橋事業部〉

本社 大阪市西区北堀江1丁目12番19号 ☎(06)538-7691
東京支社 東京都港区新橋4丁目1番9号 ☎(03)3436-8150
北海道支店 ☎(011)281-3307 中国支店 ☎(082)222-8205
東北支店 ☎(022)227-1890 九州支店 ☎(082)451-6627
名古屋支店 ☎(052)201-4501



われらの英知
みんなの国土
その最高のハーモニーをめざして

アルカリ骨材反応による農業用水路の劣化と補修

—香川用水地区を事例として—

長 東 勇*
(Isamu NATSUKA)

松 岡 肇**
(Hajime MATSUOKA)

廣 戸 俊 夫***
(Toshio HIRODO)

木 村 良****
(Ryou KIMURA)

目 次

1. はじめに	58	4. 調査結果	60
2. 調査・改修整備の実施体制と対象	58	5. 補修工法の検討	67
3. 劣化状況調査の方法	59	6. おわりに	68

1. はじめに

事例地区として取り上げた香川用水農業水利事業は、吉野川総合開発の一環として、昭和43年度に事業に着手し、10年後の昭和53年度に主要工事である幹線水路が完成している。その後、水管理制御設備等の付帯施設の整備が進められ、昭和56年3月に全事業を完了している。幹線水路は、工事の進捗と相まって、昭和50年に一部通水が開始され、昭和53年には全面通水に至っている。従って、香川用水事業の初期段階で建設されたものは、既に20年以上供用されており、新しいものでも15年以上経過している。

本報文は、通水開始後10年を経た頃より、一部特定の幹線水路開水路区間で、コンクリート壁面に顕在化したひびわれ等の劣化現象の原因が、アルカリ骨材反応に起因するものである疑いがもたれたため、その劣化原因を究明するために実施した諸調査の結果を報告するとともに、調査結果に基づく補修方法の検討結果を報告するものである。

2. 調査・改修整備の実施体制と対象

コンクリート壁面に顕在化したひびわれ(写真—1)等に対して、施設管理を担当している香川用水土地改良区においては、管理業務の中で応急的処置を実施してきたが、劣化が拡大傾向にある



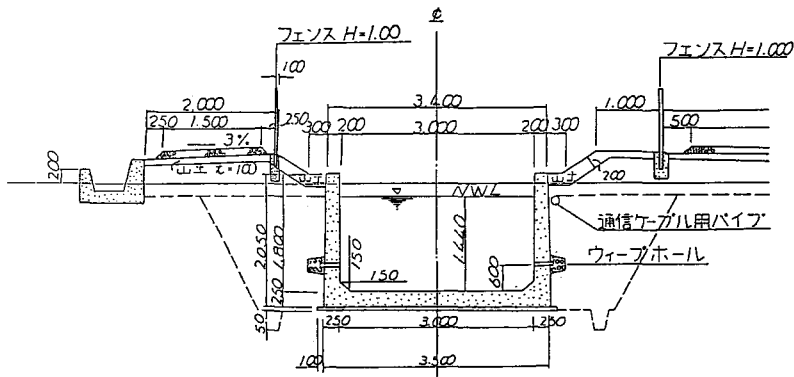
写真—1 顕在化したひびわれ
(上井分水工 側壁水面下)

ため、本格的な対策が必要となってきた。これを受けて、耐用年数の超過により故障発生が多発化している水管理制御設備の整備と合わせて、水路の補修を国営造成土地改良施設整備事業により対応することとなり、香川農地防災事業所が、改修整備工事の実施を担当することとなった。工事の実施に当たって、事業所では、白滝東京農業大学教授を委員長とする「香川用水劣化補修基準検討委員会」を設置し、劣化原因の究明と改修整備工法の検討を進めた。

国営香川用水事業で実施した水路は、東・西幹線、支線を合わせて、58.6kmにおよび、開渠5.6km、カルバート4.5km、トンネル11.2km、パイプライン・サイフォン37.3kmとなっている。このうち、ひびわれ等の劣化現象が顕著であるのは、開渠区間である。開渠の標準断面を図—1に示す。開渠は、現場打ちの鉄筋コンクリート水路となっている。

当時の開渠工事内訳は、東部幹線21水路(総延

*農業工学研究所土木材料研究室長
** (株)新光技術開発技術部長
(前香川農地防災事業所長)
***中国四国農政局建設部開発課長補佐
(前香川農地防災事業所工事課長)
****香川農地防災事業所工事第2係長



図一 開渠の標準断面

長4.6km), 西部幹線16水路(総延長1.0km)であり, 昭和44年度から50年度にかけて施工されている。このうち, 特に, 昭和45年度から49年度にかけて施工された水路が多い。

3. 劣化状況調査の方法

今日までの現地の劣化の進行状況と特徴を整理してみると, アルカリ骨材反応に起因するひびわれ劣化である可能性が高い。すなわち, コンクリートの温度応力や乾燥収縮の材料特性によるひびわれは, 壁構造物では, 通常拘束面のベースから鉛直に発生することが多く, また比較的初期材令で発生することに特徴があるが, これに対してアルカリ骨材反応によるひびわれは, 主に水平方向に発生し, これが亀甲状に進展したり, また天端には軸方向に発生していることも多く, 材令とともにひびわれが進行することに特徴がある, とい

う過去の自己報告事例に酷似している。

アルカリ骨材反応とは, 骨材中のある種の鉱物とコンクリート中のアルカリ性の細孔溶液(コンクリート中の毛細管孔に存在する溶液)との間の化学反応のことである。この反応によって, コンクリート内部で局部的な容積膨張が生じ, それでコンクリート中にひびわれを発生させることにより, コンクリートの強度低下をもたらす, 極端な場合には, コンクリートは完全に崩壊に至ることさえある。アルカリ・シリカ反応は, 反応メカニズムおよび反応性岩石の種類に基づいて分類されるアルカリ骨材反応の1つの典型的なタイプである。

そこで, 劣化原因の究明調査は, アルカリ骨材反応の発生確認関係の諸調査に重点をおいて実施した。表一に, 実施した調査・試験項目, 試験目的, 試験方法を示す。

表一 劣化状況調査

調査・試験項目	試験目的	試験方法
(1)外観観察 コンクリート壁表面 コンクリートコア	ひびわれの発生状況(延長, 幅) ひびわれの深さ・方向, 反応環・侵出ゲルの有無	目視, スケッチ, 写真撮影 同上
(2)中性化試験	コンクリート品質の簡易判定(密実性)	フェノールフタレイン1%溶液噴霧
(3)塩化物量測定	コンクリート中の塩化物量の推定	JCI-SC4
(4)アルカリ量測定	セメント中のアルカリ量の推定	原子吸光法
(5)粗骨材分析 肉眼観察 偏光顕微鏡観察 粉末X線回析	粗骨材の割れ, 反応環・侵出ゲルの有無 岩石と鉱物の同定 鉱物の同定	目視, 写真撮影 JCI-DD3 同上
(6)アルカリ骨材反応試験	骨材の有害度の判定	化学法 JIS A5308
(7)生成ゲル分析 走査電子顕微鏡観察 エネルギー分散分析	生成ゲルの形態 反応環部分と骨材内部のCaO量の比較	走査電子顕微鏡 エネルギー分散型分析装置

調査・試験に用いた供試体は、東・西幹線水路の開渠の中から、目視により劣化が顕著と思われる箇所3カ所（大野第1開水路：昭和45年度施工，上井開水路：昭和47年度施工，上井分水路：昭和47年度施工）を選定して採取したコンクリートコアである。また，比較試料として，健全と思われる箇所1カ所（実相寺開水路：昭和49年度施工）から採取したコアも用いた。各試験の供試体採取位置を表-2に示す。

さらに，これらの調査・試験と合わせて，劣化原因がアルカリ骨材反応に起因するものであった場合，反応が終息しているか否かが，補修工法を選定する際の重要なポイントとなるため，大野第1開水路，上井開水路については，膨張試験用コンクリートコアを採取し，JIS A 1129に規定されたコンタクトゲージ方法による膨張試験を実施した。

4. 調査結果

(1)外観観察

図-2にコンクリート壁表面のひびわれ発生状況の観察スケッチを示す。大野第1開水路，上井開水路，上井分水路では，水平，垂直方向に不規則なひびわれが発生しており，ひびわれ幅は1~2mmのものが多く。これに対して，実相寺開水路では，天端付近に水平に1本ひびわれが発生しているのみで，ひびわれ幅も0.1mmと小さい。

コンクリートコア観察では，大野第1開水路，上井開水路，上井分水路には，粗骨材やモルタル部分にひびわれ（写真-2）が見られ，骨材周辺

に反応生成物である，黒色あるいは暗灰色を呈する反応環（写真-3），白色のゲル（写真-4）も観察される。実相寺開水路では，これらが見られない。前者では，アルカリ骨材反応が生じていることを示している。

(2)中性化試験

一般に，同一環境下にあるコンクリートから採取した供試体について中性化試験を行えば，中性化深さが大きいほど，コンクリートが密実ではないことを示すことから，コンクリートの品質の簡易判定法として利用できる。密実でないコンクリートは，アルカリ・シリカ反応により生じたゲルに，より吸水膨張を起こしやすい条件を提供するものと考えられる。今回，各開水路から採取したコンクリートコアの中性化深さを測定（写真-2を参照，コアの表面側が赤く着色している。）した結果を，表-3に示す。目視により劣化が激しいと判別された箇所については，中性化もより大きく進行している。ただし，水面下コンクリートの表面側については，流水による磨耗を受けているため，施工後の中性化深さを正確に測定しているものではない。一方，各開水路共に，水面上裏面側土中部については，2.0mm以下の中性化深さであり，中性化の進行はほとんど見られない。

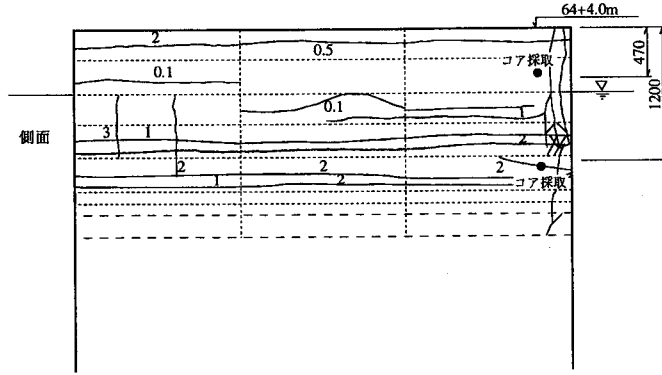
(3)塩化物量測定

塩化物のアルカリ・シリカ反応に及ぼす影響については，NaClやCaCl₂がアルカリ・シリカ反応による膨張を助長することが指摘されている。これは，それらの混入によって細孔溶液のOH⁻イオン濃度が上昇するためであると考えられている。

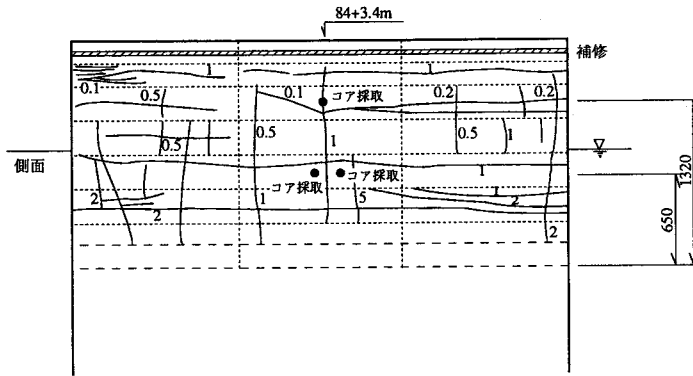
表-2 供試体採取位置

調査試験項目	大野第1開水路 No64+4.0m		上井開水路 No84+3.4m		上井分水路	実相寺開水路 No14+0.0m	
	水面上 天端から 0.47m	水面下 天端から 1.20m	水面上 天端から 0.28m	水面下 天端から 0.95m	水面下 天端から 1.38m	水面上 天端から 0.25m	水面下 天端から 1.26m
(1)外観観察	○	○	○	○	○	○	○
(2)中性化試験	○	○	○	○	○	○	○
(3)塩化物量測定	-	○	-	○	○	-	○
(4)アルカリ量測定	-	○	-	○	○	-	○
(5)粗骨材分析	-	○	-	○	○	-	○
(6)アルカリ骨材反応試験	-	○	-	○	○	-	○
(7)生成ゲル分析	-	○	-	○	○	-	○

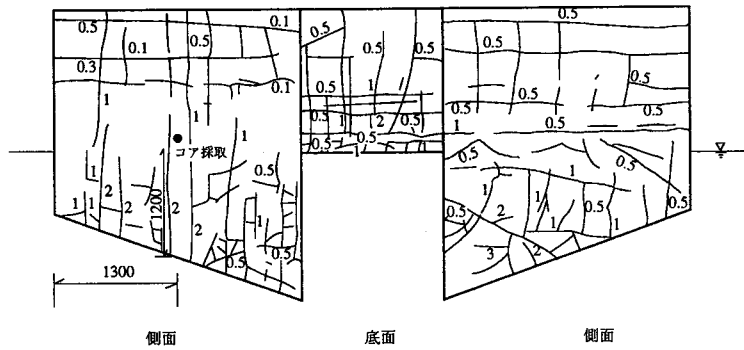
(大野第1開水路)



(上井開水路)



(上井分水工)



(実相寺開水路)

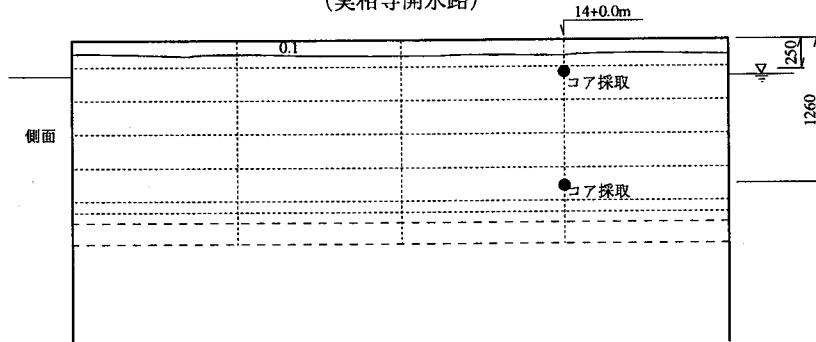
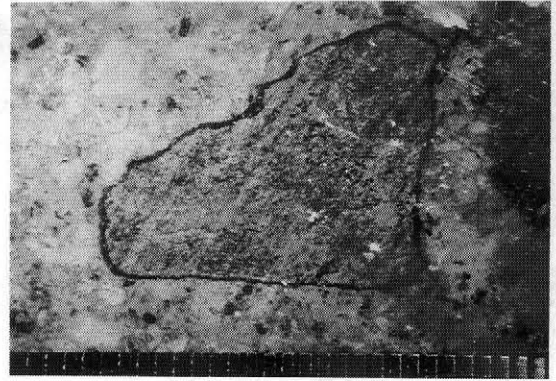


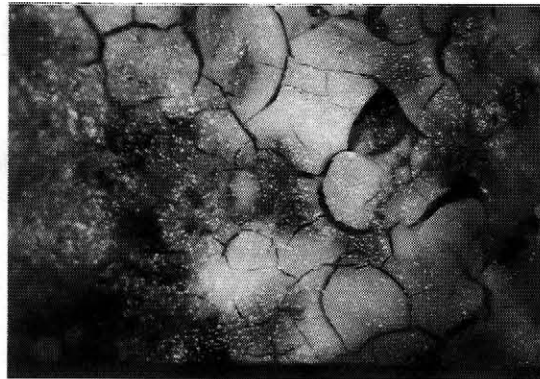
図-2 ひびわれ発生状況



写真—2 粗骨材・モルタルのわれ
(大野第1開水路 壁面水面下)



写真—3 粗骨材周囲の反応環 (上井開水路)



写真—4 白色のゲル (上井開水路)

表—3 中性化深さ測定結果

測定位置		水路名		中性化深さ (mm)			
				大野第1開水路	上井開水路	上井分水路	実相寺開水路
水面上	表面	27	24	—	4		
	裏面	0	2	—	0.7		
水面下	表面	22	9	11	1		
	裏面	—	—	—	—		

そこで、コンクリート中の塩化物量の測定を試みた。結果を図—3に示す。大野第1開水路、上井分水路では、開水路表面側の10mm部分の全塩化物量が、30mmより深い部分の全塩化物量より小さい傾向が明瞭に見られる。これは、コンクリート中に含まれていた塩化物が流水に溶出した結果と考えられる。従って、コンクリート中心部の塩化物量が、初期のコンクリートの塩化物量であると推定される。コンクリートコア中心部の全塩化物量は、大野第1開水路、上井分水路で大きく、0.07~0.08重量%である。コンクリートの単位容積

重量を2,300kg/m³とすると、全塩化物量は1.6~1.8kg/m³となる。現在のコンクリート中の塩化物総量規制値である0.6kg/m³に比較すると、3倍程度大きな値である。このような大きな値が測定された理由としては、当時、細骨材に海砂が使用されていたことが要因として考えられる。

(4)アルカリ量測定

上述したように、アルカリ骨材反応は、コンクリートの細孔溶液中の水酸化アルカリと反応性骨材粒子との化学反応であるので、アルカリ骨材反応に直接関係するコンクリート中のアルカリは、

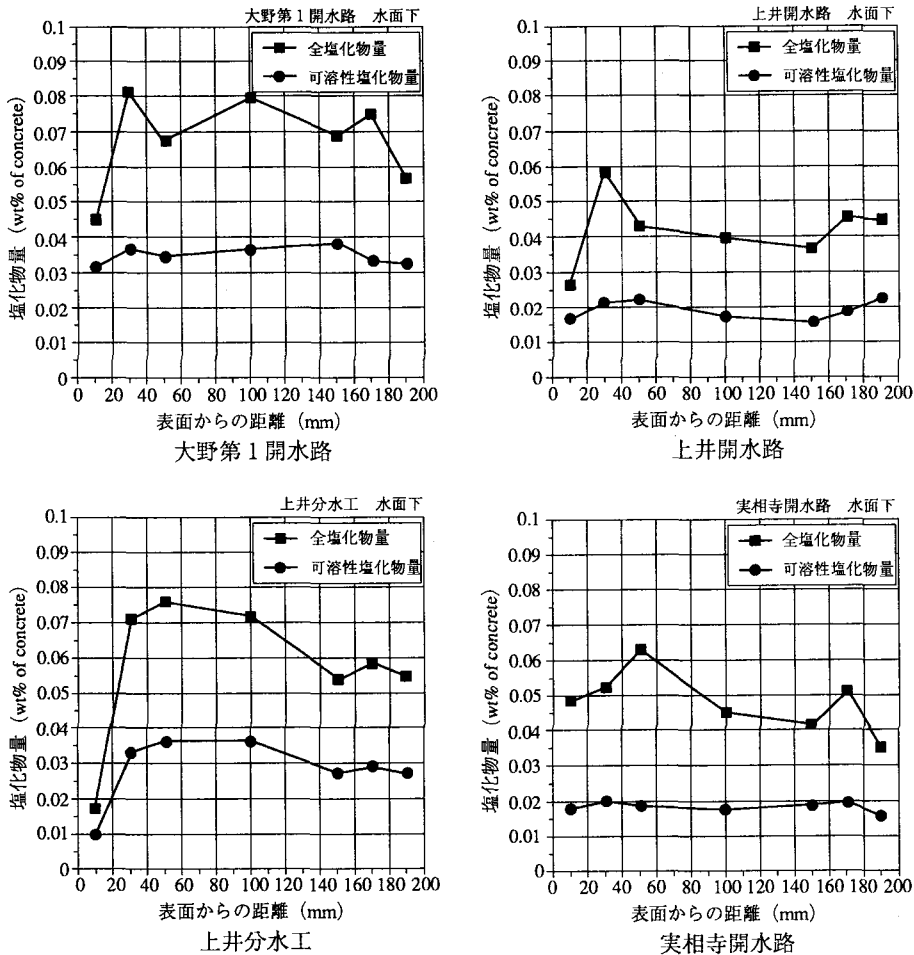


図-3 塩化物量測定結果

細孔溶液中のアルカリと考えてよい。一般に、コンクリートの細孔溶液中のアルカリとしては、セメント、骨材（海より採取した骨材に付随して混入するアルカリ、骨材中の長石等より解離されるアルカリ）、混和剤などのコンクリート用材から供給されるものと、完成後に海水等により外部から侵入してくるものが考えられる。図-4に、コンクリート中、セメント中のそれぞれの水溶性アルカリ量を示す。ここで、実測値はコンクリート中のアルカリ量であり、セメント中のアルカリ量は、全塩化物量の実測値、粗骨材の実測容量、単位セメント量仮定値（280kg/m³と仮定）から算出している。コンクリート壁の表面側と裏面側の水溶性アルカリ量は、壁中心部より小さく、かつ、各開水路間の差がほぼ消失している（ただし、上井開水路の裏面側は、依然として大きい。）コンクリー

ト中の水溶性アルカリが、流水あるいは地下水に溶出した結果と考えられる。そこで、壁中心部のコンクリート中の水溶性アルカリ量を比較すると、大野第1開水路、上井開水路、上井分水工の順となっており、実相寺開水路でやや小さい。一方、仮定を設けて算出したセメント中の水溶性アルカリ量は、大野第1開水路、実相寺開水路で約1.6重量% of cement、上井開水路、上井分水工で2.9~3.4重量% of cementとなっており、開水路別を問わず、現在、骨材の化学的安定性が疑わしい場合のセメント中のアルカリ量の制限値とされる0.6重量% of cementよりかなり大きな値となっている。アルカリ骨材反応を発生させるに十分な、限度以上のアルカリ量がコンクリート中に存在していたと推定される。

(5)粗骨材分析

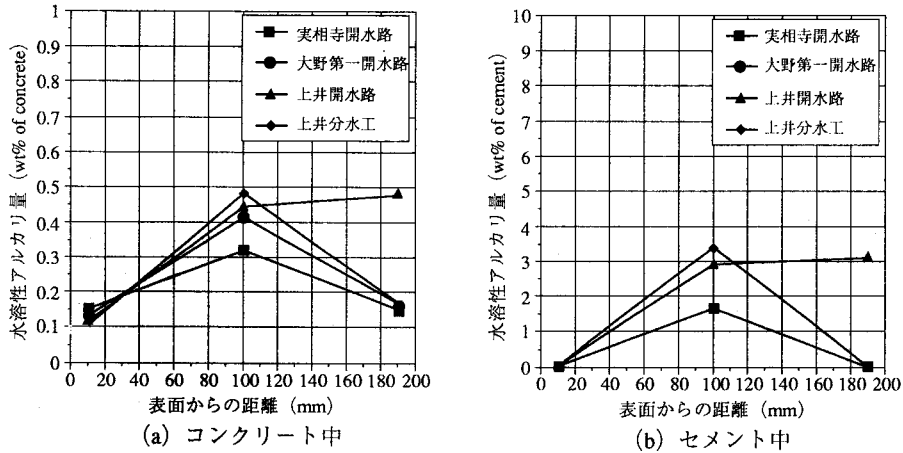


図-4 アルカリ量測定結果

偏光顕微鏡観察結果によると、大野第1開水路、上井開水路、上井分水工のコンクリートの劣化の激しい部分の粗骨材は、斜方輝石安山岩（サヌカイトであると推定される。）であり、劣化が見られない実相寺開水路の粗骨材は、砂質シルト岩である。日本国内で見られるアルカリ反応性骨材は、安山岩系岩石と砂岩・粘板岩系岩石に多いと報告されており、輝石安山岩については、岩石に含ま

れるシリカ鉱物のうち、火山ガラス、クリストバライト、トリジマイトは、常温において熱力学的に不（準）安定であるため、アルカリによる浸食を受けやすいことが原因とされている。

粉末X線回析結果（図-5）によると、大野第1開水路、上井開水路、上井分水工については、粗骨材中の結晶質鉱物はほとんどが石英と長石類あるいはクリストバライトに分類でき、長石類あ

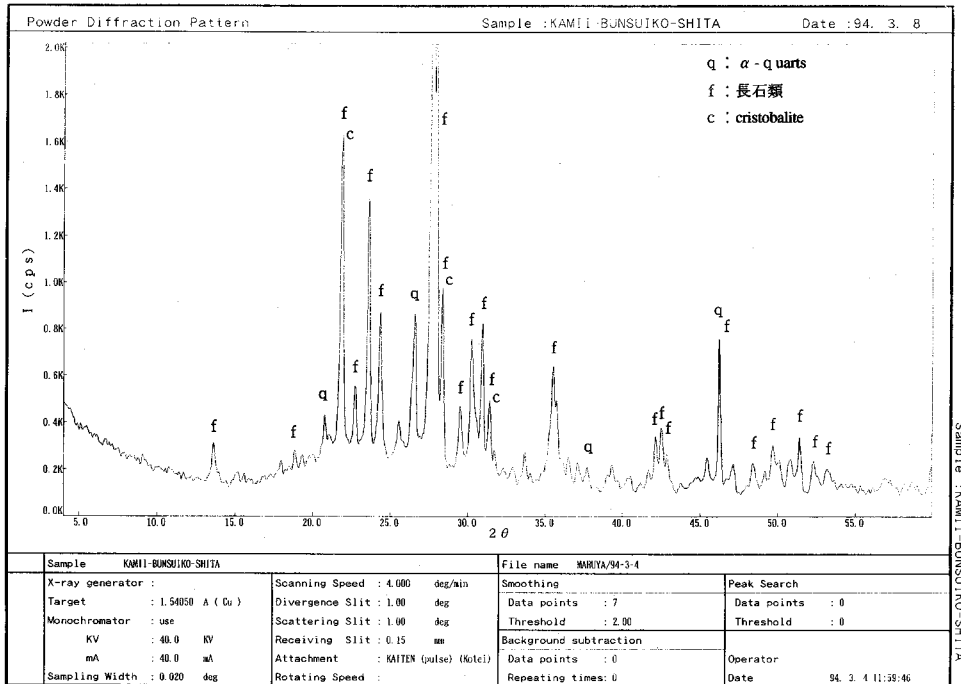


図-5 粉末X線回析結果（上井分水工）

るいはクリストバライトが多く含まれている。また、非晶質のガラス質も多く含まれている。一方、実相寺開水路については、石英と長石類に分類できるが、石英の方が多く含まれているとの同定結果となっている。粗骨材を構成する鉱物が、前者と後者では全く異なっていることが確認でき、前者は、反応性骨材である。

(6)粗骨材のアルカリ・シリカ反応性試験

この試験法は、骨材をアルカリ溶液中で反応させ、骨材から溶出したシリカ量とアルカリの消費量を測定し、アルカリ反応性を短期間で判定する方法である。溶解シリカ量が多いほど、アルカリ濃度減少量が少ないほど、アルカリ反応性が高い傾向がある。粗骨材のアルカリ・シリカ反応性試験結果を、骨材の有害度判定図上に示す(図一6)。大野第1開水路、上井開水路、上井分水工の3箇所と実相寺開水路では、アルカリ濃度減少量はほぼ同等の値であるのに比べて、溶解シリカ量は実相寺開水路が他に比べてかなり小さな値である。また、実線で示した無害領域と有害領域の判定線からは、すべての箇所が無害と判定されるものの、大野第1開水路、上井開水路、上井分水工の3箇所は、有害領域に近い部分に分布している。

建設省総合技術開発プロジェクトによるコンクリートの耐久性向上技術の開発報告書第一編には、サヌカイト質安山岩(瀬戸内産)の化学法の試験結果が載せられている。これと大野第1開水路、上井開水路、上井分水工の値と比較すると、アル

カリ濃度減少量はほぼ同等の値であるが、溶解シリカ量はサヌカイト質安山岩の値よりも小さくなっている。大野第1開水路、上井開水路、上井分水工の施工時における粗骨材の溶解シリカ量が、同報告書にあるサヌカイト質安山岩の溶解シリカ量であったとすれば、その後のアルカリ骨材反応の進行により、溶解シリカ量が減少したと考えられる。すなわち、施工から約20年経過したことにより、アルカリ骨材反応性が低下していることになる。

(7)生成ゲル分析

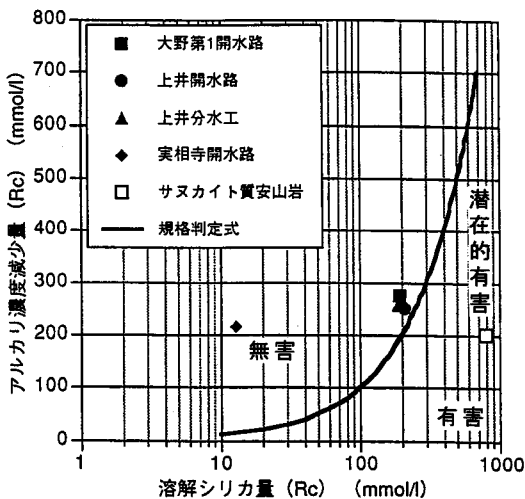
常温で不(準)安定なシリカと、主としてセメントより供給される水酸化アルカリとの間に生ずる化学反応によって生成されるアルカリ・シリカゲルは、吸水によって膨張するという性質をもっている。硬化コンクリート内部において生成されたアルカリ・シリカゲルは、その膨張圧力によって、コンクリート構造物にひびわれを発生させる。

現在、アルカリ骨材反応により生成したゲルの典型的形態には3種類あるとされている。今回の供試体から採取されたゲルの走行電子顕微鏡観察結果では、そのうちの2種類が観察された。表面が平滑である第1の形態の組成タイプは、アルカリ-シリカ型であり、表面が平滑でない第2の形態の組成タイプは、アルカリ-カルシウム-シリカ型である(写真一5)。いずれも火山岩系の反応性骨材に見られる特徴である。

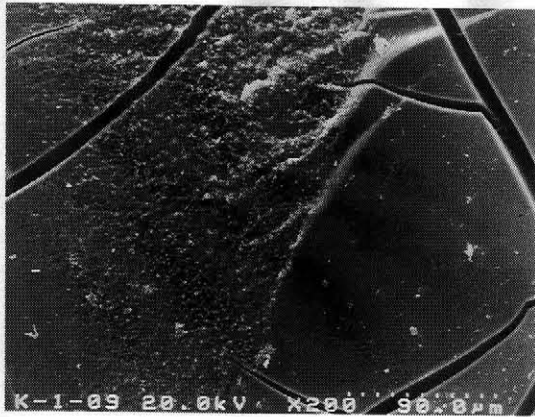
一方、エネルギー分散型分析装置による、反応環部分と骨材内部におけるCaO量の比較試験結果では、反応環部分では骨材内部の約2~4倍となっている。その他の元素については、両者に差がないことから、カルシウムの析出が顕著であることが確認できる。

(8)膨張量試験

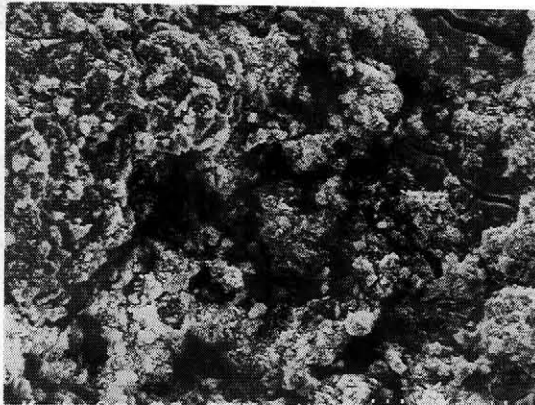
(1)~(7)に述べた調査・試験結果から、劣化原因は、コンクリート骨材中の粗骨材に起因するアルカリ骨材反応によるものと考えられる。しかし、粗骨材のアルカリ・シリカ反応性試験結果によると、現在では、ほぼ無害領域にあるとの判定ができており、また、施工後約20年を経過していることも考え合わせると、アルカリ骨材反応は終息している可能性が高いと考えられる。しかし、終息しているか否かが、補修工法を選定する上でのキポイントになるので、その確認が是非とも必要で



図一6 骨材の有害度判定図



(a) アルカリ-シリカ型



(b) アルカリ-カルシウム-シリカ型

写真-5 生成ゲル

ある。終息していることが確認できれば、補修工法は、通常のコンクリートのひびわれ補修工法を基本とすればよいが、終息していなければ、アルカリ骨材反応の進行を抑止する補修工法を基本と

しなければならない。そこで、その確認のため、膨張量試験を実施した。結果を図-7、図-8に示す。ほぼ同様な劣化状態であった大野第1開水路、上井開水路の供試体の膨張特性が両者で異なっている。大野第1開水路については、標準養生(20±2°C, 相対湿度95%以上)による解放膨張終了時(6週)の膨張量は、No.1:12μm/100mm, No.2:24μm/100mmであり、その後、促進養生(40±2°C, 相対湿度95%以上)を6ヵ月実施して求めた残存膨張量は、No.1:114μm/100mm, No.2:96μm/100mmである。一方、上井開水路については、標準養生による解放膨張が7ヵ月で、No.1:150μm/100mm, No.2:292μm/100mmと大きく、No.2については未だに解放膨張を続けている。従って、施工後約20年経過しているにも拘わらず、アルカリ骨材反応が必ずしも終息しているとは判定できず、環境条件によっては、アルカリ骨材反応の進行が今後もあり得ると判断せざるを得ない結果となっている。

(9)調査・試験結果のまとめ

アルカリ・シリカ反応の機構より、その発生の条件を整理してみると、①十分な水、②限度以上の水酸化アルカリの濃度、および③骨材中における反応性シリカの存在、という3つの条件が整ったときに、アルカリ・シリカ反応によるコンクリートの劣化が生ずることが理解できる。

こうした3条件を今回の各供試体採取箇所について当てはめてみると、以下のように整理できる。①については、構造物が開水路のコンクリート壁であることから、その表面近くほどの供試体も十分である。特に、コンクリートが密実でなければ、

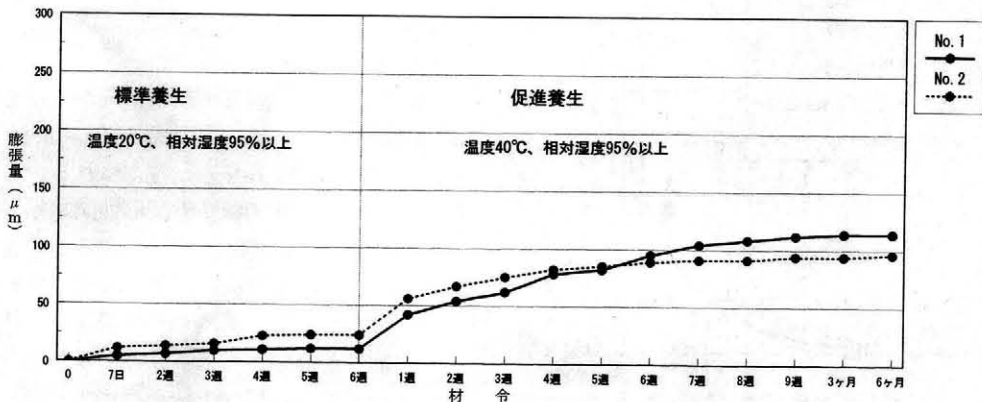
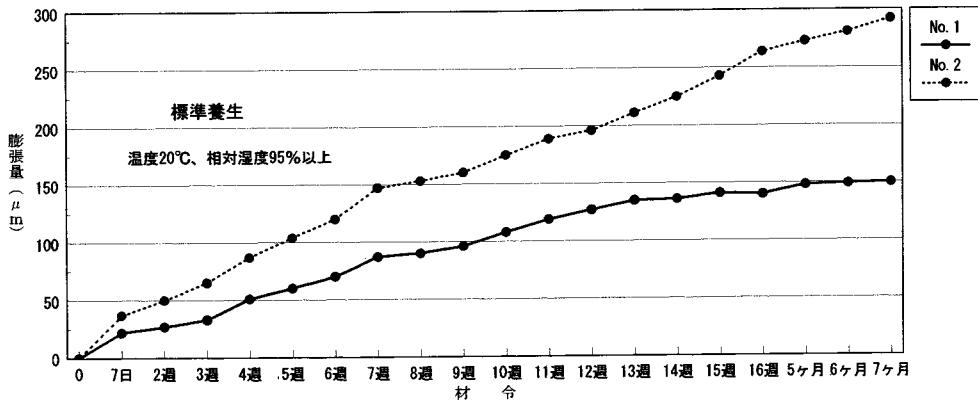


図-7 大野第1開水路コンクリート・コアの膨張量変化



図一 8 上井開水路コンクリート・コアの膨張量変化

かなり内部まで十分な水が供給されていたことになる。②についても、細骨材に海砂が使用されていた形跡もあるほか、試算したセメント中のアルカリ量が現行の制限値を上回るなど、どの供試体も十分なアルカリ濃度を有している。③が、今回のコンクリートの劣化を決定付けた条件である。目視により劣化が激しいと判断された部分から採取された供試体の粗骨材は、すべて反応性シリカを内包する斜方輝石安山岩であり、健全と判断された部分から採取された供試体の粗骨材は、反応性シリカを有しない砂質シルト岩である。実相寺開水路のコンクリートに劣化がみられないのは、上記3条件が整っていないためであり、大野第1開水路、上井開水路、上井分水路は、その3条件が整ったが故に劣化を起こしたと結論できるであろう。

また、骨材のアルカリ・シリカ反応性試験結果からは、アルカリ・シリカ反応は低下していると判断されるが、膨張量試験結果によれば、依然として膨張を続けている供試体もあり、アルカリ骨材反応は部分的に残存している。補修工法の選定にあたっては、アルカリ骨材反応の進行を抑止する補修工法を基本とすべきと判断される。

5. 補修工法の検討

(1)補修工法の選定

補修工法の工法選定に当っては、調査・試験結果を踏まえ、アルカリ骨材反応の残留があることを基本的な前提とした。

アルカリ・シリカ反応によるコンクリートの劣

化過程は、①化学反応によって、アルカリ・(カルシウム)・シリカゲルが形成される過程と、②ゲルが細孔溶液を吸収することによって膨張する物理化学的な過程、に分離することができるという考え方が実験結果より提案されている。このことは、実際の劣化構造物の維持管理上、重要な意味を持っている。一般に、アルカリ・シリカ反応によって劣化したコンクリート構造物の劣化の進行を緩和するためには、外部からの水の侵入を遮断するのが最良の方策といわれている。これは、上述の反応過程における第2段階の物理化学的過程の進行を阻止することを意味すると解釈される。従って、第2段階の吸水膨張過程が進行しないように、コンクリート内部への水の侵入を防止することが、アルカリ・シリカ反応の残留があるコンクリートの劣化防止対策上のポイントとなる。こうした考え方を踏まえたアルカリ骨材反応により劣化したコンクリート構造物の補修事例は、阪神高速道路公団、JR西日本鉄道、建設省等の所管現場から数多く報告されている。また、それぞれの機関毎に補修に関する指針案等が作成され提案されている。しかし、いずれも橋梁、高架橋柱等の構造物を対象としており、農業用水路のように流水中に没する条件下の構造物を対象としたものではないので、指針案等をそのまま採用することは不可である。農業土木分野においても、集落排水処理施設の浄化槽コンクリートの保護を目的とした工法があるが、流速・水質条件や施工規模などが異なることから、これも農業用水路の補修に適用することは必ずしも適切ではない。

香川用水施設を管理している香川用水土地改良区では、劣化対策工事の必要性が顕在化した段階で、国に対策事業を要請する一方、独自に最適な補修工法を探るべく、塗布含浸工法、塗膜防水工法、塗膜防水・クロス併用工法等の各種工法による補修工事を試験的に実施している。この試験工事は、施工会社数社のコンペ協力により実施されたもので、施工後数年の経過観察記録のある実証例となっている。

工法は、これらの指針案や実証例を参考にしながら、①アルカリ骨材反応の進行を抑止するため防水性能に優れていること、②アルカリ骨材反応の進行による膨張が進行しても追従できる柔軟性を有すること、③水路壁面という大面積の補修を行うことを前提とした施工性、経済性に優れていること、④香川用水の設計流速を考慮した流水による磨耗に対する抵抗性があること、を選定の基本として検討した結果、開水路表面は、防水系の柔軟形エポキシ樹脂塗料による厚膜形被覆を行うこととした。標準的な施工仕様は、表-4のとおりである。また、ひびわれの補修は、建設省総合技術開発プロジェクト成果による「アルカリ骨材反応被害構造物の補修・補強指針(案)」に示された補修基準を参考として、ひびわれ幅が5mm以上の部分について、事前にシーラント系充填材による線状充填を行うこととした。ひびわれ幅が大きいひびわれについては、内部まで充填する注入工法が採用される場合もあるが、今回の補修目的は防水であり、工期や経済性を重視する必要があることから、より簡易な充填工法を採用することとした。

(2)補修個所の選定

要補修個所の決定に当たっては、開水路全線の5バレル毎(45mに1ヵ所)に壁面のひびわれ延

長を測定し、防水性からみた場合の補修を必要とされるひびわれ幅0.2mm以上のひびわれが、 m^2 当たり1.0m以上ある個所について補修を実施することとした。なお、今回、改修の段階で、流水のない清掃した状態になった各開水路の現地を踏査し、劣化状況を調査した中で、開水路底版部については、ひびわれが確認できなかった。使用されている骨材、セメント等は壁面部と同一材料であると思われるが、何故劣化状況に差が生じるのかについては、今後、さらに調査検討していくこととしたい。

6. おわりに

香川用水は、完成以来、讃岐平野のため池とともに、香川県下30,000ha余の農地を潤す水の動脈として今日に至っている。その改修整備という重要な工事の当面の施工上の課題は、補修工事期間を非かんがい期の冬期間としているため、塗装系工事の際に求められる施工時の温度、湿度条件が工事の制約条件となることが多いことである。これは、工法上の工夫で何とか乗り越えて行けると思われる。今後とも議論していかねばならない重要課題は、改修整備における妥当投資のあり方である。香川用水路の場合、通水後今日まで約20年間供用され、土地改良事業計画の効果算定に用いられる標準耐用年数から見れば、すでに半分以上経過していることとなる。追加投資としてどの程度の補修を行うのが妥当なのか、検討が必要である。この問題は、劣化現象の進行性の予測・評価にも、個々人の意識、無意識のうちに大きな影響を及ぼし、本文中で触れたアルカリ骨材反応の終息の可能性評価については、検討委員会でも大いに議論されたところである。

折りしも工事実施初年度の平成6年度は、生活

表-4 壁面補修施工仕様

工 程	使 用 材 料	目標膜厚 (μm)	
前 処 理	プライマー	エポキシ樹脂プライマー	-
	パ テ	エポキシ樹脂パテ	-
中 塗 り	第 1 層	柔軟形エポキシ樹脂塗料中塗り	160
	第 2 層	柔軟形エポキシ樹脂塗料中塗り	160
	第 3 層	柔軟形エポキシ樹脂塗料中塗り	160
上 塗 り	柔軟形ポリウレタン樹脂塗料上塗り	30	

用水の5時間給水、農業用水の一時取水停止(21時間)という大渇水年で、非かんがい期においても限られた貴重な水を次年度に向けて、ため池に貯水するための通水が必要であったが、土地改良区、農家の協力を得て、初年度の工事を無事終えた。本地域における香川用水の偉大さを念頭において、平成7年度については、初年度の経験を生かし、より良い整備を行い、基調な水を送りつづける水の動脈の機能維持に努めたいと思っている。

引用・参考文献

- 1) (財)日本農業土木総合研究所：平成6年度香川用水農業水利事業開水路劣化補修基準検討業務報告書，1994
- 2) 小野絃一・川村満紀・田村博・中野錦一：アルカリ骨材反応，技報堂出版，1987
- 3) 成井信・上阪康雄・坂手道明：コンクリート構造物の維持と補修，鹿島出版会，1986
- 4) (財)土木研究センター：アルカリ骨材反応被害構造物の補修・補強指針(案)，建設省総合技術開発プロジェクト「コンクリートの耐久性向上技術の開発」，1989
- 5) 香川用水土地改良区：香川用水開水路施設の劣化状況調査，1991
- 6) 小林一輔：コンクリート構造物の早期劣化と耐久性診断，森北出版，1991
- 7) 小林一輔・丸章夫・立松英信：アルカリ骨材反応の診断，森北出版，1991

潤いのある大地

魅力あるアース・デザインを提案する

株式会社 **日本農業土木コンサルタンツ**

JIRCO Japan Irrigation and Reclamation Consultants CO.,LTD

代表取締役社長 池田 實
常務取締役 藤根 与兵衛

本社／東京都港区新橋5丁目34番4号 農業土木会館4階 Tel.03(3434)3831(代表)
分室／東京都港区新橋6丁目5番3号 山田屋ビル4階 Tel.03(5404)0745(代表)
事務所／仙台・札幌・青森・福島・茨城・千葉・長野・熊本・インドネシア

佐古ダム洪水吐の水理模型実験について

西山 佐喜雄* 福島 忠雄**
 (Sakio NISHIYAMA) (Tadao FUKUSHIMA)

目 次

1. はじめに	70	4. 試験結果	74
2. 水理模型実験の目的	70	5. まとめ	74
3. 実験模型と実験方法	71	6. おわりに	75

1. はじめに

佐古ダムは、中国四国農政局道後平野農業水利事業所が平成元年度から開始した農業農村整備事業の一環として、愛媛県温泉郡重信町下林地地区において旧佐古池を改修して、道後平野地区全域の水田裏作用水を確保するため、新規水源を開発しようとするもので堤高31m、堤長210m、総貯水量111万m³の重力式コンクリートダムである。近年ダム等の大型構造物においては、自然との調和および美しい水辺景観等自然の安らぎと美的感覚が重視されるようになり本ダムの設計においても

上記のことを考慮して洪水吐導流部、静水池部および取付水路部において曲線構造および段落流等を多用していることが特色である。

佐古ダムの主な諸元は表-1のとおりである。

2. 水理模型実験の目的

本ダムは、洪水吐導流部、静水池部及び取付水路部においては、他のダムと違い曲線構造（豊かさ、丸み、やわらかさ）及び段落流等を多用していることが特徴である。原設計に対して、水理学的見地から洪水放流時の安全性を確認するために、下記の項目について検討を行った。

表-1 佐古ダム諸元表

一 般	位 置	愛媛県温泉郡重信町大字下林地内		型 式	自由越流型 漸縮導流水路型		
	基 礎	和泉層群 砂岩・頁岩互層・凝灰岩			設計洪水流量	C=140m ³ /s 根拠 33.6×4.05=140m ³ /s (q=33.6)	
堤 体	型 式	重力式コンクリートダム		洪 水 吐	減 勢 工	対象流量 120m ³ /s	
	堤 高	31.0m			中 間 流 量	90.00m ³ /s	
	堤 長	210.0m			河川設計流量	65.00m ³ /s	
	堤 頂 幅	5.0m			景観設計流量	5~10m ³ /s	
	天 端 標 高	EL. 147.0m			越流部全幅	82.4m	
	堤 体 積	約 63,000m ³			模 型 縮 尺	λ=1/28	
	貯 水 池	流 域 面 積	直 4.05km ²		設計洪水位	EL. 145.10m	
満 水 面 積		0.11km ²		サーチャージ	145.00m		
総 貯 水 量		1,110,000m ³		越 流 水 深	0~1.0m		
有 効 貯 水 量		1,020,000m ³		越 流 堰 長	72.8m		
堆 砂 量		90,000m ³	比堆砂量 200m ³ /km ² /年		仮排水路	型 式	仮排水開渠方式
常時満水位		EL. 144.10m		設 計 流 量		13.0m ³ /s (1年に2回発生する洪水量)	
計画堆砂位	EL. 128.20m		延 長	305m (堤体左岸部)			
余 裕 高	1.9m		内 径	B=2.0m H=2.5m (ホロ形断面)			
利 用 水 深	15.9m		そ の 他	堤内仮排水路 23.512m			

*中国四国農政局道後平野農業水利事業所
 **愛媛大学農学部教授

- (1)設計洪水流量 ($Q=140\text{m}^3/\text{s}$) に於ける越流部, 特に越流水深等の確認
- (2)堤体斜面急流区間の流況, 導流壁沿いの水面上昇程度の確認と壁高の良否
- (3)減勢工対象流量 ($Q=120\text{m}^3/\text{s}$) に於ける静水池の流況, 特に減勢効果及び側壁高の良否確認
- (4)下流河川対象流量 (30年確率雨量: $Q=65\text{m}^3/\text{s}$) に於ける下流取付水路の流況確認
- (5)中間流量 ($Q=90\text{m}^3/\text{s}$) に於ける洪水吐工の流況確認
- (6)景観設計資料として小流量 ($Q=5\sim 10\text{m}^3/\text{s}$) 時の

流況確認

3. 実験模型と実験方法

a) 実験模型

佐古ダムの洪水吐の原設計には景観設計が考慮され導流壁および側壁部に多様な曲線形状が採用されており, これ等の模型材料の選択および加工製作に当っては特別な技法を必要とした。

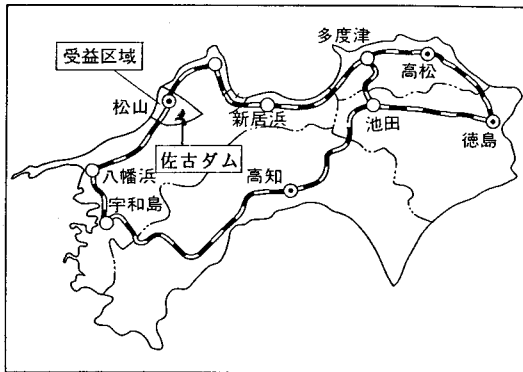
佐古ダムの洪水吐, 静水池及び河川取付水路等一連の水理構造物の原設計の概要は図一1に示す如くである。

(1)貯水池部

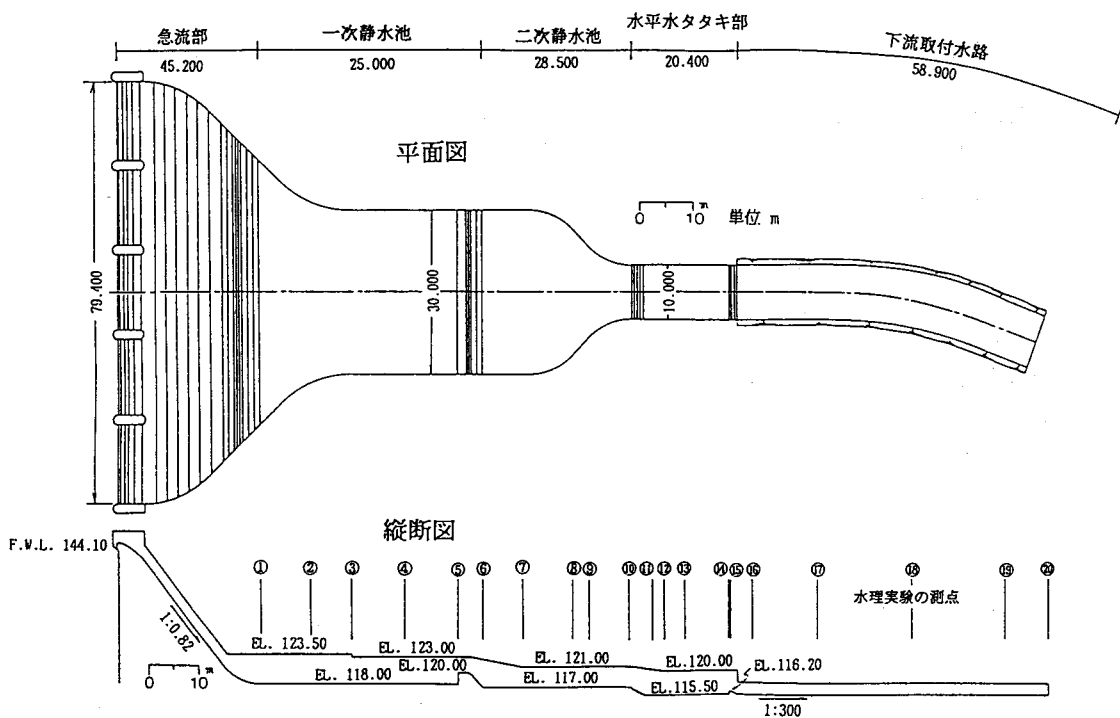
洪水吐に流入する部分では, 模型貯水槽の構造が流線に悪影響を与えることが無いように, 貯水槽の横断長は堤頂越流部の兩岸にピア一スパン以上の余裕幅をとり, 貯水槽の奥行きは越流部全幅の長さとし, 貯水池の深さは原型寸法で20m以上とした。模型貯水槽の構造はコンクリートブロック積, 防水モルタルの仕上げである。

(2)堤頂越流部

越流部の縦断曲線 (ハロルド曲線および



佐古ダム位置



図一1 佐古ダム 洪水吐, 静水池, 水平水タタキ, 下流取付水路の設計概要図

二次放物線) 形状は、木製の形状骨組みによる組立を行い、間隙には硬質パテを充填して整形した。又、曲線部に続く堤体急流斜面部は厚さ18mm木製合板により作製した。

(3)堤体斜面導流壁

この部分は直線斜面上に三次元の曲面が乗る形となるので、予め厚さ5mmのプラスチック板を必要な展開平面形状に切り取り、曲面形状は加熱整形し、流況観測の作業を考慮して右岸壁を透明板とし左岸壁を不透明板とした。

(4)堤体下流端のバケットカーブ

木製骨組みを施し、モルタルおよび硬質パテによる充填整形とした。

(5)静水池部

この部分は架台組立方式とし、鉄製アングルによる高さ20cmの架台上に、床面は厚さ18mm木製合板とし、側壁部は流況観測の必要上、片面(右岸)透明アクリル板の組立枠を使用した。

(6)二次静水池

床面については静水池部と同様であるが、側壁部は複合円曲線を使用しているため、厚さ5mmのプラスチック板の曲線加工したものを使用した。

(7)河川取付水路

二次静水池下流の階段落差工、水叩き部および台形水路の直線部については木製とし、台形水路の曲線部側壁には厚さ5mmプラスチック板を使用した。

本模型では上記のように各部の形状に合わせて加工の容易な材料を使用して加工製作の誤差を1mm以内とし、更に水流の接する表面部については入念なサンドペーパー掛けを施した後滑らかな塗装仕上げとした。

因みに表-2の縮率換算表より模型粗度係数を求めてみると、原型のコンクリートの粗度係数を $N_p=0.014$ とすると、これに対応する模型の粗度係数は $N_m=0.008$ となり、この値は理論的にはガラス面以上の滑らかさを要するので、本実験においては水流に接する部分は極力滑らかな状態に仕上げることに対応するものとした。

以上、実験用の貯水池、堤体越流型洪水吐、静水池および河川取付水路等の一連水理構造物模型と実験室の諸設備の配列を示すと図-2の通りである。

b)水理模型の縮尺と実験流量

水理現象を忠実に再現するためには模型の縮尺は可能な限り大きくとることが望ましいが、本実験では、模型の製作費および実験室の設備容量等を考慮して模型の縮率を $\lambda=1/28$ と決定した。この縮率の値はこれまで実施されているダム洪水吐の多数の実験例に比較して中位以上のレベルに位置し、本水理模型実験の成果の信頼性は可成り高いものと考えられる。

前頁の実験目的で記述した各種実験流量に対する原型流量と模型流量の対比を示すと表-3のとおりである。

c)実験方法

本実験では洪水吐に関連する一連の水理構造物模型に対して、前項の表-3に示した各種実験流量を与え、各部の流況と水理現象および放流の安全性について検討することとし、水理学的諸要素の測定方法は以下に述べる通りである。

(1)流量の測定

一連の実験模型の下流に帰還水路を経て、直角三角セキを用いた量水槽により、越流

表-2 模型水理諸量の縮率換算表

	原型量	模型量	縮率	備考
長さ L	L _p	L _m = λ L _p	1/28	Froude
面積 A	A _p	A _m = λ^2 A _p	1/748	"
体積 V	V _p	V _m = λ^3 V _p	1/21952	"
時間 T	T _p	T _m = $\lambda^{1/2}$ T _p	1/5.292	"
流速 v	v _p	v _m = $\lambda^{1/2}$ v _p	1/5.292	"
流量 Q	Q _p	Q _m = $\lambda^{5/2}$ Q _p	1/4184.4	"
粗度係数 N*	N _p	N _m = $\lambda^{1/6}$ N _p	1/1.742	Manning

*但し、表中の粗度係数NについてはManningの相似則による。

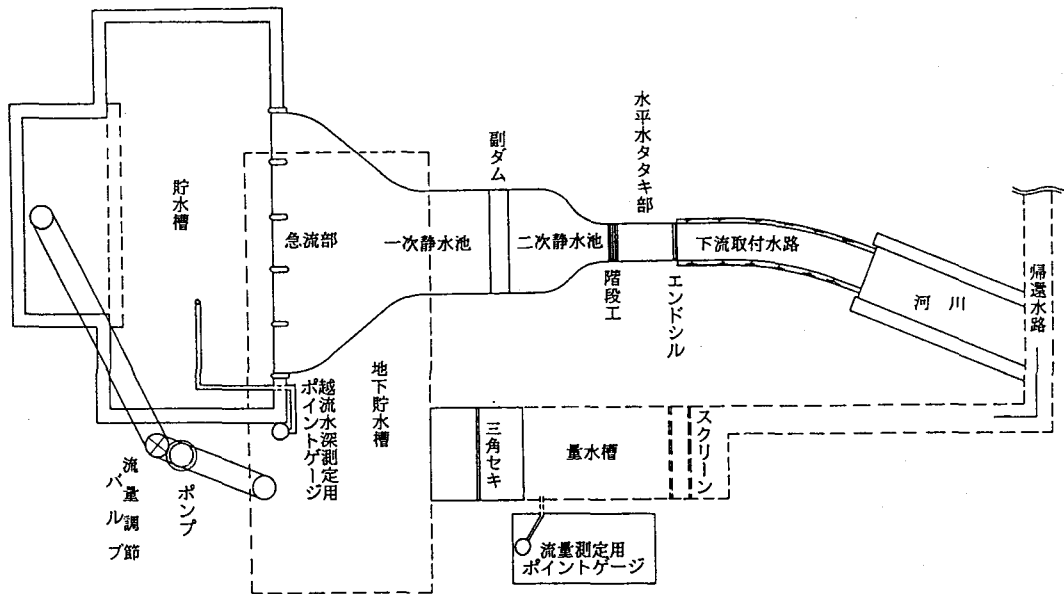


図-2 佐古ダム洪水吐水理模型と実験設備の配置図

表-3 原型流量と模型流量の対比

実験流量項目	原型流量	模型流量
ダム設計流量	140.00m ³ /s	33.747 l/s
減勢工対象流量	120.00m ³ /s	28.925 l/s
中間流量	90.00m ³ /s	21.694 l/s
河川対象流量	65.00m ³ /s	15.668 l/s
景観設計流量	5~10m ³ /s	1.20~2.41 l/s

水位をφ10cmのザートルビンに導き、ポイントゲージにより越流水深(H)を0.1mmの精度で測定した。

三角セキの流量公式には次式(JIS公式)を用いたが、本実験室で流量検定を実施した結果、流量が増加するに従い実測流量が計算流量よりやや大となる傾向があるので多少の修正を加えて水位流量曲線を作成した。

$$Q = KH^{5/2}$$

$$K = 1.354 + 0.004/H + (0.14 + 0.2/\sqrt{D})(H/B - 0.09)^2$$

各種実験流量はポンプの吐出口に設置された流量調節バルブにより流量調節して定常流を与えることとした。

(2)越流水深

ダム越流水深の測定は、模型貯水池内の堤体前方約55cmの静水池をφ9mmのパイプ

でザートルビン(φ10cm)に導きポイントゲージで測定する方法(間接測定法)と、レベルとポイントゲージを用いて貯水池水面高を直接測定する方法の二法を試みた。

(3)水路断面の水面形、平均水深および平均流速

一連の実験模型に定常流を与えたとき、特定の水路断面の平均的な水面形状を測定するために、5cm間隔のポイントゲージ列を使用して水面の高さを測定した。変動を伴う水面では、ポイントゲージの先端が水面に没する時間と水面から離れる時間が等しくなるような高さを平均高さとした。

平均水深は各ポイントゲージの水面高の読み取り値から床高のそれを差し引いた値を算術平均して求めた。

断面の平均流速は、所定の流量(Q)を上記により求めた平均通水断面積(A)で除して求めた。

(4)水面変動及び最高最低水面高

静水池および二次静水池における水面変動の状況は容量式波高計を用いて、水面の時間的変位を自記記録計に収録して解析した。

(5)極所流速の測定

水路の断面内で異なる極所の流速につい

てはKENEK製の電磁流量計を用いて測定した。

- (6)その他特異な水深，水脈の測定には竹製の物指を適宜加工して使用し，各部の流況を把握するために多くの実験写真とビデオ撮影を行った。

4. 試験結果

- (1)間接測定法による流量と越流水深および越流係数との関係

間接測定法による越流水深の値は1cm程度大きくなる(Cの値は小さくなる 図-3)

- (2)堤体斜面導流部

左右兩岸の導流壁に沿う部分では，斜面を直進落下する水脈が45度の角度で衝突して跳ね返り，導流壁沿いに盛り上がり，この跳ね返り水脈は下流に行くに従ってその量が積分される。

- (3)二次静水池

二次静水池では水路幅を1/3にした独特の絞り形状により発生する背水により充分な水深が与えられ二次静水池の先端部で極わずかな跳水現象を生じる。

- (4)水叩き部

水叩き部で跳水を生じさせるためのエンドシルの高さについては原設計の $H=0.7$ mは，最低限の高さであり，これより少しでも不足すると跳水渦は次第に後退し，ついに水叩き部の全域が射流状態となって下流水路の流れは，加速される。

- (5)景観流量

階段工の部分で段落流が生ずる程度の流量を見出すため実験流量を徐々に減少して実験を行った結果，段落流が生ずる流量は $Q \approx 10\text{m}^3/\text{s}$ 以下で，それ以上は射流状態となる。

- (6)下流河川取付水路

取付水路の下流に行くに従い流速を増して $V=5 \sim 6\text{m/s}$ 程度の射流となっている。

5. まとめ

- (1)導流部においては，堤体導流壁と静水池側壁との接合部に壁高の不足分を補うため必要壁高を確保する。(余裕高として1.0m程度加えたものがよい。図-4)

- (2)二次静水池において4曲線を使用した平面絞り形状より生ずるセキ上げ背水位が高くなり側壁高が不足するので，約0.5m程度嵩上げを必要とする。

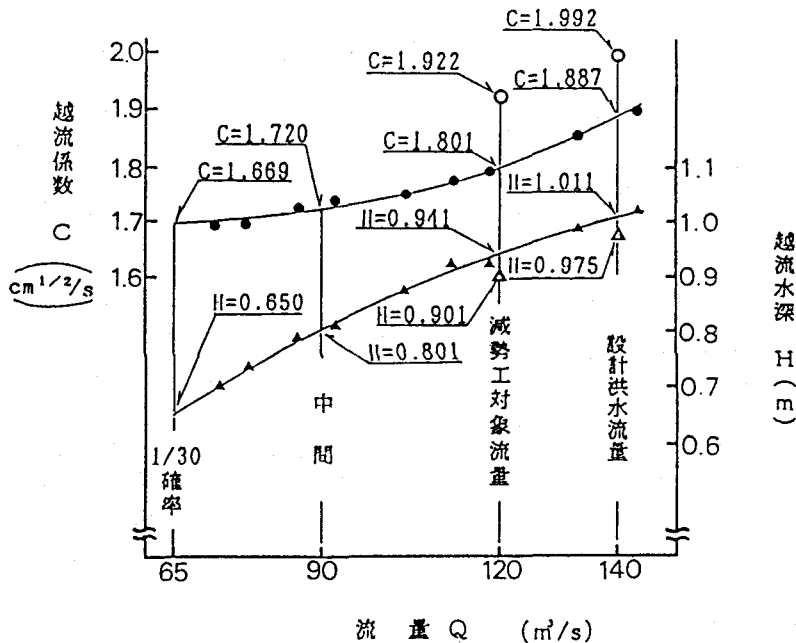


図-3 流量 Q と越流水深 H および越流係数 C との関係

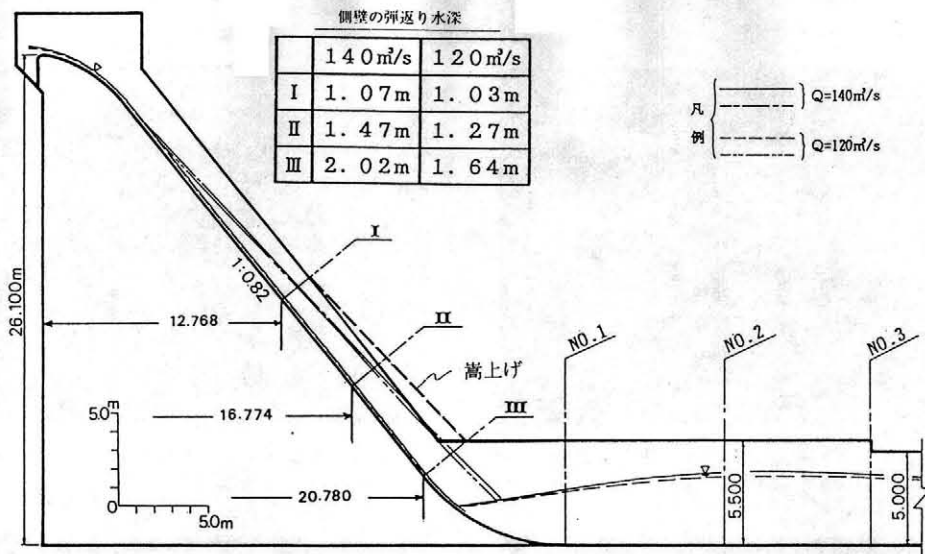


図-4 堤体斜面の落下水脈と導流壁に沿う盛り上り水脈

- (3)階段工および水叩部においてはエンドシルの高さは、最低限度 $H=0.7\text{m}$ とし、その前方(約3m)に、高さ0.3m程度の角柱ブロックを設ける。
- (4)下流取付水路部においては、外側壁(左岸側)の壁高を0.5m程度嵩上げする。
- (5)本実験では、ダム設計洪水量(140m³/s)、減勢工対象流量(120m³/s)、中間流量(90m³/s)、河川設計対象流量(65m³/s)、及び景観設計流量(5~10m³/s)、等各段階の実験流量を与えて、各部の水理学データと洪水放流の安全性を検討し、合わせて景観設計に関する若干のデータを得ることが出来た。

6. おわりに

佐古ダムの洪水吐に関する一連の水理構造物の

実験写真(1)



1. 設計流量 ($Q=140\text{m}^3/\text{s}$), 越流部の流況

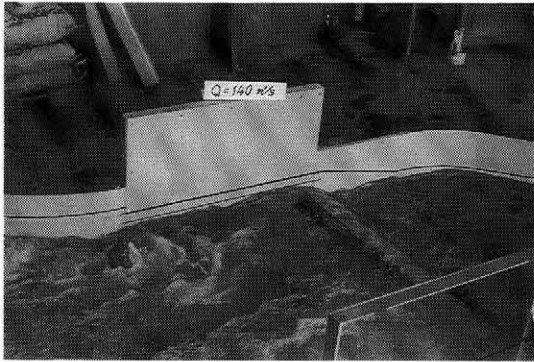


2. $Q=140\text{m}^3/\text{s}$, 導流壁沿いに生ずる盛り上がり水脈

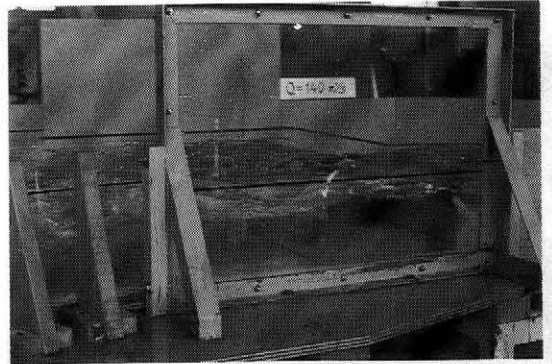
設計に際しては、水理学的合理性のみならず自然と調和を重視して、曲線形状を多用したいわゆる景観設計が盛り込まれているのが特徴である。例えば①堤頂部の大部分を越流幅とする広薄型の越流部、②曲線を多用した絞り形状の導流壁、③突入水脈が薄く、幅広い静水池、④曲線絞り形状を有する二次静水池、及び⑤せせらぎ景観となる段階工、等に多くの景観的配慮が成されている。

実験の実施に当たり、多くの関係者各位には多大な御協力を賜り、深く感謝の意を表します。又、本模型実験の遂行に当たっては愛媛大学農学部水資源工学研究室の平成4年度卒業生及び大学院生には多大の御協力を頂いた。ここに記して感謝の意を表する次第である。

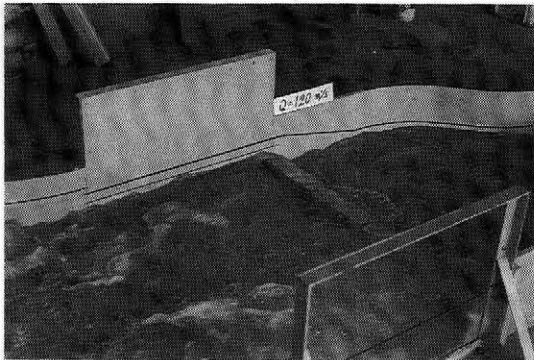
実験写真(2)



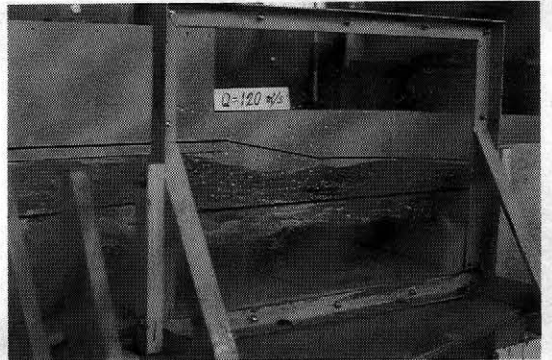
3. $Q=140\text{m}^3/\text{s}$, 一次及び二次静水池の流況



4. $Q=140\text{m}^3/\text{s}$, 一次静水池における減勢状況

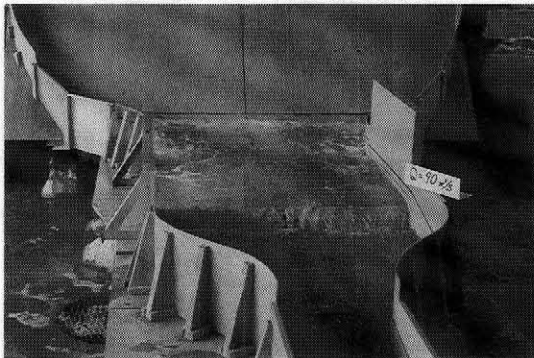


5. $Q=120\text{m}^3/\text{s}$, 一次, 二次静水池の流況

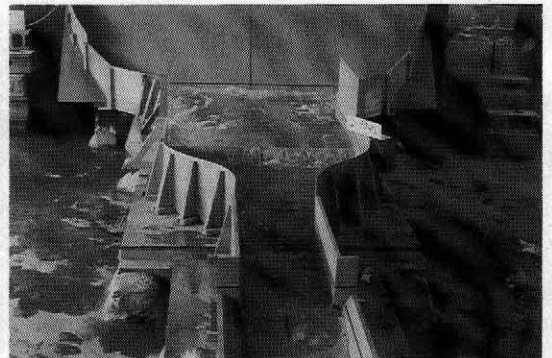


6. $Q=120\text{m}^3/\text{s}$, 一次静水池の減勢状況

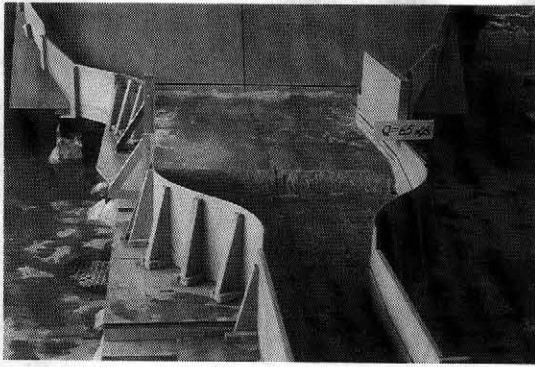
実験写真(3)



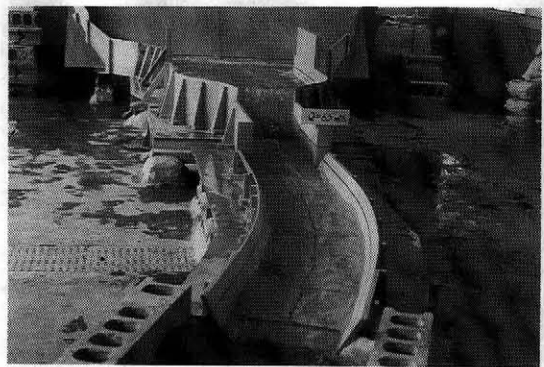
7. $Q=90\text{m}^3/\text{s}$, 二次静水池の流況



8. $Q=90\text{m}^3/\text{s}$, 段階工, 水叩き部の流況

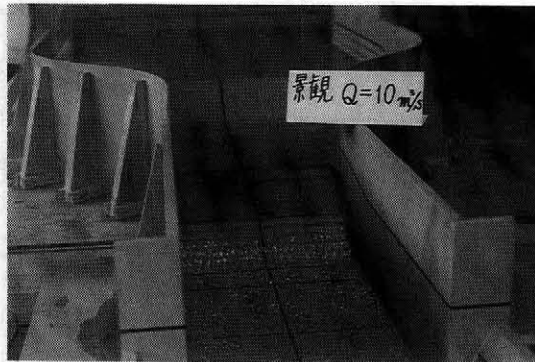


9. $Q = 65 \text{ m}^3/\text{s}$, 二次静水池から段階工, 水叩きの流況

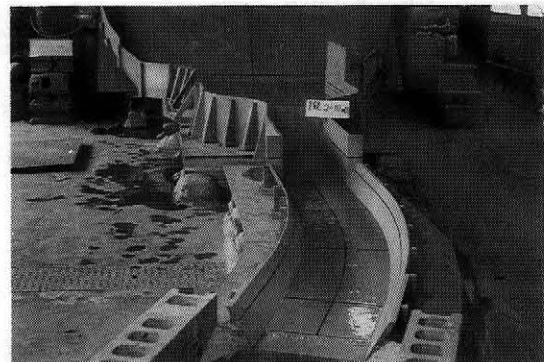


10. $Q = 65 \text{ m}^3/\text{s}$, 取付水路湾曲部の流況

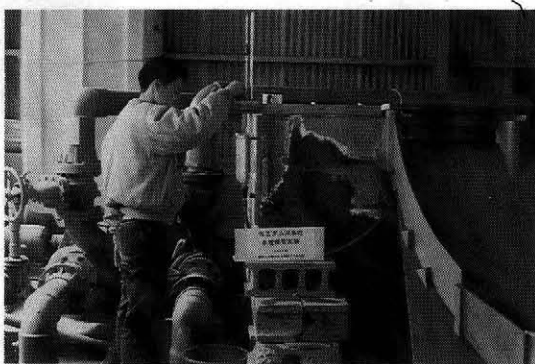
実験写真(4)



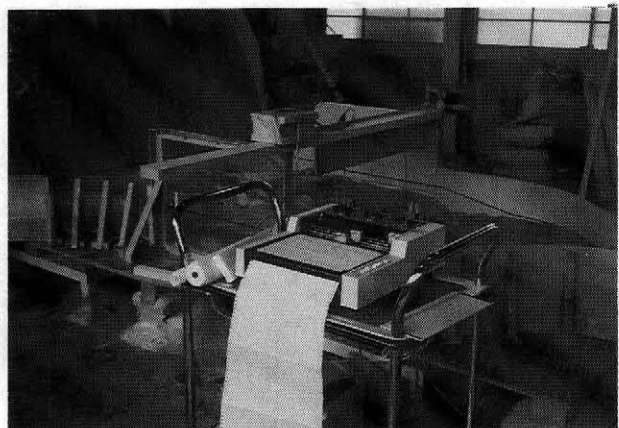
11. $Q = 10 \text{ m}^3/\text{s}$, 以下の場合に段階工に段落流が見られる



12. $Q = 10 \text{ m}^3/\text{s}$, 河川取付水路の流況



13. 越流水深測定の様況



14. 容量式波高計による静水池内の水面変動測定状況

県営畑総事業 田平地区における 平成6年干ばつ時の畑かん利用と事業の対応について

三 浦 靖*
(Yasushi MIURA)

目	次
1. はじめに	78
2. 田平地区の概況(干ばつ前)	78
3. 畑かんによる水の利用状況	79
4. 干ばつ時の事業としての対応	83
5. おわりに	84

1. はじめに

県営畑地帯総合土地改良事業田平地区では、着工から14年目の平成6年度から受益地の約7割で畑かん施設が供用され始めた。

一方、この年の7月に始まった大干ばつは、長崎県北部では翌年まで連続し、農作物に甚大な被害を与えただけでなく、生活水源の枯渇により地域社会に大きな不安をもたらした。

このようななか、受益地ではかんがい効果が実証され事業の評価が高まると同時に、近隣市町の水道水源の枯渇に伴い、事業としても対応を求められた。結果的には、水環境整備事業にて実施中のダム湖での橋梁下部工事のための放流水が県の湧水対策本部からの要請により周辺2市1町の水道の緊急救援水として活用されたことで、地元土地改良区は受益者以外からの評価も受けている。

又、地元ではこうした水の大切さを実感するなか、用水源である久吹ダムに対し“自分たちのダム”として、施設の維持管理だけでなく様々な環境美化の取り組みがなされている。

ここでは、田平地区における干ばつ時の畑かん用水の利用状況と事業を取り巻く地元の動向、事業としての対応について報告する。

2. 田平地区の概況(干ばつ前)

田平地区は、長崎県の北部北松半島の先端に位置する田平町のほぼ全域を受益範囲とし、地形的に褶曲に富んだ玄武岩台地上の畑地と谷地田の一

部の水田を受益地としている。

本地区は、関連の県営かん排事業による用水源の久吹ダム(二級河川久吹川に設置)および送配水施設の整備にあわせて、畑かんを主目的に農道、区画整理を併せ行う事業として昭和56年度に着工し、本年度でほぼ完了の予定となっていた。

当初計画では、露地野菜(白菜、キャベツ、里芋)、温州ミカンを主要作物として畑かん受益面積280haで着工した本地区も、農業を取り巻く環境が厳しさを増すなかで、受益者の高齢化、後継者難による事業参加意欲の減少等で受益地が減少(10%以上)し、又、関連事業での事業費が増加(10%以上)したため、平成5年度に計画変更(受益面積245ha)を行っている。

この計画変更では、作付作物の見直しと併せて将来的な高度利用(畑転)を見込んで、水田10haの補給水受益地を取り込んでいる。

作付作物は、白菜価格の低迷による野菜指定産地(白菜)の解除、園地再編対策でのミカンの廃



久吹ダムの全景

*長崎県北振興局農政部田平畑総事業所

園により白菜、ミカンが減少し、一方、加工用たかなの作付け増や畑かんの部分供用によりアスパラガス、花き（スマイルラックス）等の施設作物が新規に導入されている。

平成5年度からは、用水源の久吹ダム湖の管理と併せて、水辺空間を周辺住民の憩いの場として整備する水環境整備事業に着手している。

この事業のなかで、南北に細長いダム湖の中央部に左右岸を連絡する管理橋（橋長75m）を設置する。管理橋のタイプについては種々検討の結果、工事費、維持管理費の面では有利な2径間のPC橋（ポストテンションT桁橋）を採用することとなった。この場合、橋脚位置はダム湖内となり貯水状態では基礎が岩盤で仮締切に要する仮設費が高額となるため、下部工事にあたっては貯水を下げることが必要となっていた。

これら、田平畑総事業所で担当する三事業の計画概要を表-1に、又、事業計画一般図を図-1に示す。

3. 畑かんによる水の利用状況

本地区における畑かんの供用は、別事業の用水源を利用した福崎団地（約49ha）で昭和63年度に開始した以外は、かん排事業でダム及び送配水施設が整備され、又、畑総事業での末端施設がある程度整備された平成6年度からである。

水源である久吹ダムの河川管理者による完成検査も平成6年6月に受検合格し、7月から取水が

開始されたが、これは幸運にも、干ばつの始まった時期と一致していた。

平成6年から平成7年6月迄の月降雨量と計画基準年の昭和53年、観測全期間の平均の月降雨量との比較を表-2に示す。平成6年の年降雨量は全期間平均に対して50%、又、基準年に対しても64%と少なく、この年は異常渇水年（年降雨量で1/340年確率）となっている。

一方、取水開始時点での畑かん供用可能面積は、用水源を久吹ダムに切り替えた福崎団地を含めて170haで全体受益の69%である。

取水開始後1年間のダムの水収支記録について表-3に示す。

この表では、畑かん取水量は合計で702千 m^3 となっており、8月から9月の取水量が際立っている。これは、受益地に限らず、受益地に隣接した水田部でも既存の用水源であるため池や湧水が干ばつにより枯渴したため畑かん用水を補給水としてある程度利用したためと考えられる。

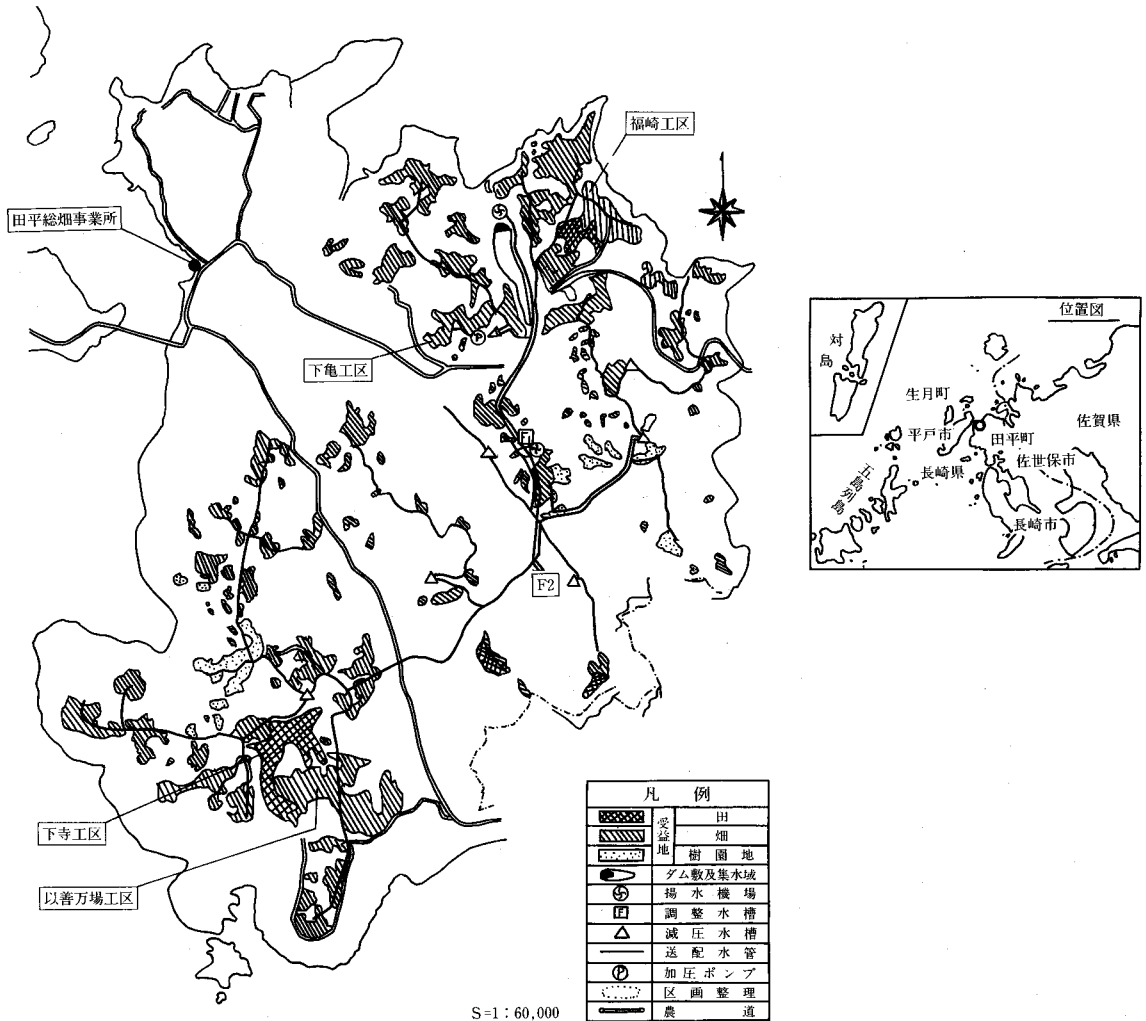
この2ヵ月間を含めて計画（年取水量1,943千 m^3 ）に比べ、畑かん取水量はかなり少ない。この主な原因としては、

- ①この段階での畑かんの供用可能面積は全体の7割程度であるが、大部分が畑かんを初めて使用するなかで、従来からの干ばつに強い甘藷等の作付けが多く、このため利用度が低かったこと、
- ②近年、キャベツ等の夏期野菜については高速

表-1 田平地区事業概要表

地区	田平	所在地	長崎県北松浦郡田平町				
地区全体受益面積	水田 70ha	普通畑 221ha	樹園地 16ha	計 307ha	主要作物	たかな、白菜、キャベツ、パイレシヨイチゴ、アスパラガス、温州みかん	
事業名	事業の概要						
県営畑かんがい排水事業	総事業費	4,359,900千円	H7年迄の進捗	100.0%	工期	昭和56年度～平成6年度	受益戸数 508戸
	工種	水源工 中心遮水ゾーン型ロックフィルダム 1ヶ所、堤長 155m、堤高 33.7m、有効貯水量 870千 m^3 施設工 揚水機場 2ヶ所・ポンプ4基、調整池 2ヶ所、送配水管 15,244m、ダム管理道路 2,608m					
県営畑地帯総合土地改良事業	総事業費	4,037,200千円	H7年迄の進捗	99.0%	工期	昭和56年度～平成7年度	受益戸数 567戸
	工種	畑地かんがい 受益面積245ha（普通畑219ha、樹園地16ha、水田10ha）給配水施設137km 区画整理・農道 4工区 70ha（田22.5ha、畑47.5ha）・7路線 12,202m					
県営水環境整備事業	総事業費	323,100千円	H7年迄の進捗	98.5%	工期	平成5年度～平成7年度	
	工種	親水施設 親水護岸 325m、棧橋 1ヶ所 利用保全施設 管理橋 1ヶ所、駐車場 2ヶ所、広場 2ヶ所、植栽 1式					
補助率		国 50%		県 25%		地元 25%	

（受益面積は、平成5年度の第1回計画変更時、事業費等は、平成7年9月現在）



図一 事業計画一般図

表一 2 月別降雨量記録 (平戸測候所)

区 分	年/月	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	計
計画基準年	S53	91	45	114	66	52	659	5	220	114	61	159	101	1,687
観測全期間の平均値 (S.15年~H.6年)		87	96	140	207	196	334	326	223	256	105	107	81	2,158
畑かん供用後 (下段は平均に 対する比率) (%)	H 6	59	90	61	252	146	236	103	13	44	22	30	31	1,087
	(比率)	(68)	(94)	(44)	(122)	(74)	(71)	(31)	(6)	(17)	(21)	(28)	(38)	(50)
	H 7	53	39	85	118	295	163							
	(比率)	(61)	(41)	(61)	(57)	(151)	(49)							

交通体系の整備のなかで、高冷地産に押されて減少傾向にあったこと、

③本地区では、全ほ場に量水計が取り付けられており、使用量として30円/m³を徴収していることから、初めての畑かん使用のなかで枯

死寸前まではいかないにしても、最小限でのかんがいがなされた予想されること、

等が考えられる。

受益者への畑かんに関するアンケート調査 (畑かん供用可能受益者の2割を対象に、平成7年9

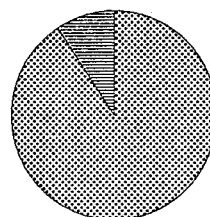
表-3 久吹ダム水収支記録 (H 6 年 7 月～H 7 年 6 月)

年・月	畑かん取水量 ①	(責任)放流量 ②	緊急救援水量 (②の内数)	流入量	ダム貯水位 (月平均)	有効貯水量 (月平均)
H 6. 7	83,378	79,309	0	126,754	29.05	809,100
H 6. 8	164,752	55,323	0	56,985	27.86	699,400
H 6. 9	113,965	50,440	0	50,715	26.41	571,000
H 6. 10	40,176	76,673	0	48,249	25.19	473,800
H 6. 11	46,484	39,775	0	36,812	24.27	407,800
H 6. 12	18,660	135,471	100,562	47,639	23.23	336,300
H 7. 1	18,574	101,764	66,518	47,097	21.71	246,800
H 7. 2	36,200	98,710	57,156	40,887	20.01	158,500
H 7. 3	28,165	46,317	5,019	50,019	18.63	95,900
H 7. 4	30,669	41,900	0	65,084	18.25	79,645
H 7. 5	57,972	43,891	0	320,625	20.71	200,200
H 7. 6	63,071	38,877	0	188,744	23.61	361,300
合計	702,066	808,450	229,255	1,079,610		

月実施。回答率70%)でも、これら予想した原因と類似した結果が得られている。

畑かんの利用状況(図-2)では、91%が使用したと回答しており、これは土地改良区の平成6年度の水代の徴収実績での使用率9割(供用可能受益者385人、使用受益者340人)にほぼ等しい。

かん水間隔と時間帯(図-3)によると、1～2日間隔が畑・樹園地及びハウスで約4割と多く、計画の5日間断よりかなり短い。又、かん水時間帯は、水田を含め朝、夕に集中しており、昨夏の



	人数
利用した	90.7% 49人
利用しなかった	9.3% 5人
回答なし	0.0% 0人
合計	100.0% 54人

図-2 畑かん利用状況

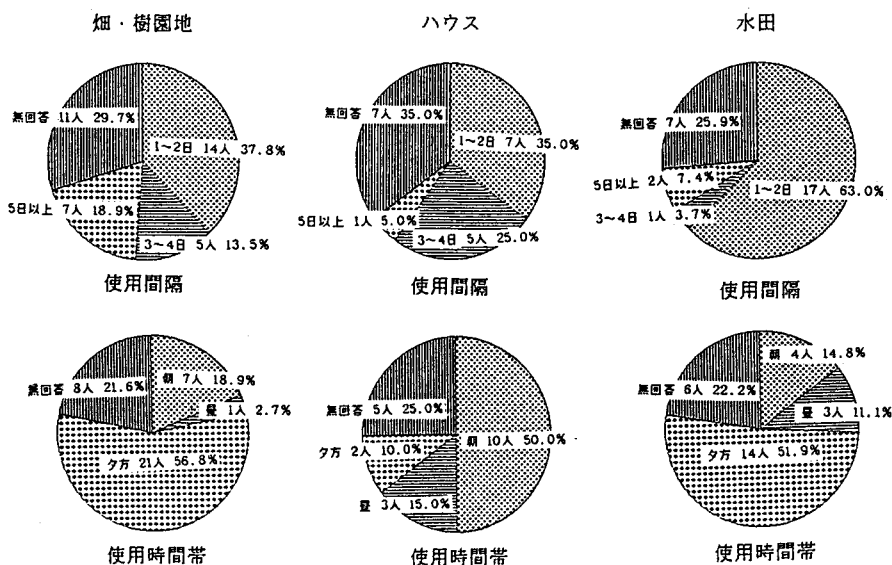


図-3 かん水間隔と時間帯

猛暑のなかで蒸発散の激しい昼間を避けたものと考えられる。

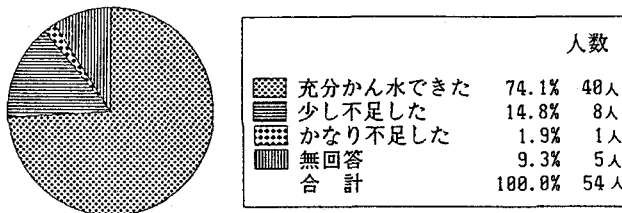
したがって、計画のローテーションかんがいはなされていない。

又、一部に圧力不足を指摘する意見もあったが、畑かん使用の集中が特に大きな問題となっていないのは、全体的に利用率が低いことと、施設野菜等常に水を必要とする作物が比較的受益地全体に分散しているためと考えられる。

次に、作物に対し充分なかん水がなされたかを尋ねた畑かん用水の充足度(図-4)では、殆どの受益者が充分足りたとしているが、17%程度は不足したと回答している。

この理由としては辛抱したとの回答からも、初めての畑かん利用のなかで水代の支払いがあることからかん水が不十分になったためと考えられる。

昨年度の干ばつ年における全般的な農作物の収穫量と収益の年平均比較(図-5)によると、殆どの受益者が年平均並みか年平均以上と回答しており、畑かん施設がなかった場合の干ばつ被害を考慮す



不足の理由・・・辛抱したため等

図-4 畑かん用水の充足度

れば、畑かんの効果は充分発揮されたものと考えられる。

畑かん利用の長所と問題点(表-4)でも、利点としては天気左右されず計画通りの作付けができる点を上げた受益者が特に多く、水道施設が整備されていない団地の中では畜産用水や生活用水の代用としたとの意見もあった。又、問題点としては、ハウスでのフィルターが目詰まり、バルブの締め具合、圧力不足といった技術的問題の他、水代が高いという意見が上げられていた。

このようにアンケート調査の結果からは、干ばつのなかで畑かん施設はその重要性を十分に認識されながらも、現段階ではまだまだその価値は十分に生かされていないのが現状と思われる。

受益地では、アスパラガスの作付面積の増加や花き栽培での新規作物(ワレモコウ)の導入、生産組織作り等、営農面での前向きな取り組みも見られるが、畑かんの初めての全体的供用のなかで

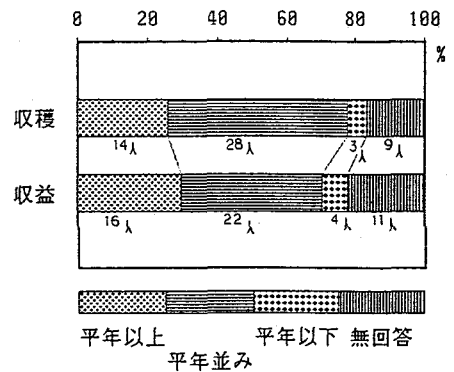


図-5 農作物収穫量と収益の年平均比較

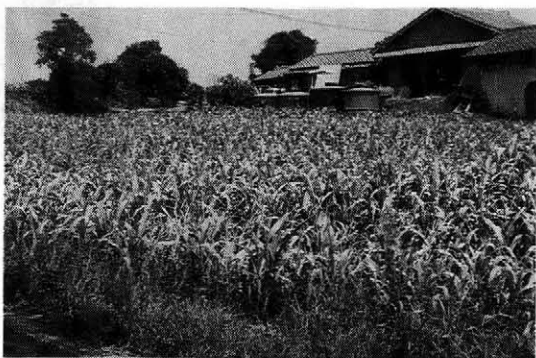
表-4 畑かん利用の長所と問題点

区分	意見	人数
長所	・天気に左右されず、計画通りの作付けができる。	16人
	・施設園芸には必要不可欠。	5
	・生活用水(風呂、洗濯)の不足、畜産用水の不足を代用。	4
	・本当に良かった。助かった。	4
	・干ばつで出荷量が少ない中、有利な販売ができた。	1
	・塩害防止。	1
問題点	・バルブのしまりが悪い、開閉がきつい。	3人
	・水代が高く豊富に使えない。	3
	・フィルターのゴミ詰まりがひどい。	2
	・水圧不足。	2
	・スプリンクラーの立上りが高すぎる。	1
	・30円/tの水代を続けてほしい。	1
	・水圧が強い。	1

今後の営農指導が事業効果の発現に与える影響は大きく、どのように後継者の育成や営農の組織作りを進めていくかが課題となっている。



写真一 福崎工区（畑かん供用済み）における露地野菜の収穫時の状況



写真二 東萩田工区（畑かん未供用）における飼料作物の干ばつ被害状況

4. 干ばつ時の事業としての対応

ここでは、畑かんでの直接的な事業効果とは違った、別の面からの副次的な干ばつ時の事業効果

について述べてみたい。

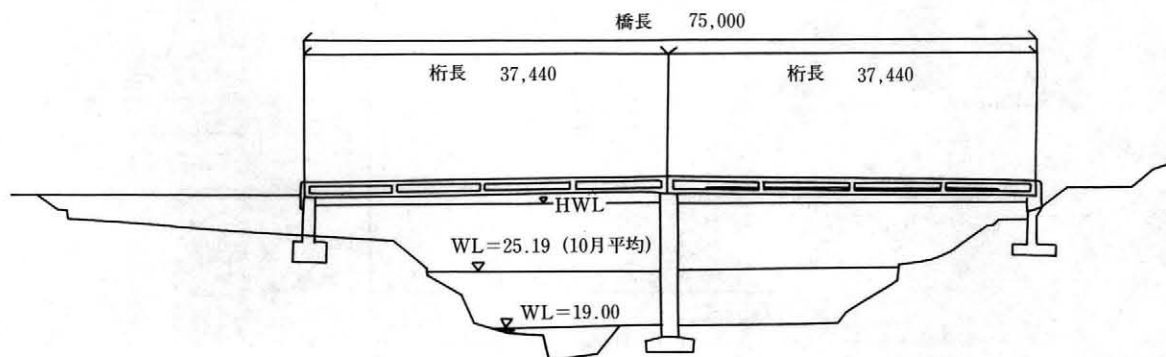
6年度は、ダムからの畑かんの供用を開始した年であると同時に、水環境整備事業においてダム湖に架ける管理橋の下部工事が予定されていた。この工事にあたっては、ダム水位を橋脚予定地の地盤高（GL=WL=19m、有効貯水量=112千 m^3 ）まで下げることが必要であり、この施工方法で土地改良区の詳細を得ていた。

貯水位は畑かん取水により下がることを期待していたが、なかなか下がらず（下部工着工予定の10月の平均貯水位はWL=25.19m、有効貯水量約474千 m^3 ）、工事の執行のためにはダムから放流せざるを得ない状況にあった。（表一三）

一方、長崎県では県下一円での大干ばつのなか、農業用水の不足だけでなく生活用水である水道の水源が枯渇し、制限給水に入った市町村もピーク時で3市14町1村（11月28日時点）にも及ぶ状況であった。7月下旬には知事を本部長とする県の渇水対策本部が設置されている。田平町周辺部でも、特に佐世保市、平戸市、生月町の水源の枯渇は緊急の事態となっていた。

このようななか、11月上旬緊急渇水対策支援水輸送が県単事業として実施されることとなり、田平地区の久吹ダムについても渇水対策本部から、「管理橋の下部工事のための放流水を2市1町の水道用水として使用させて貰いたい」との要請が田平土地改良区を初めとする地元機関に寄せられた。

生活用水の枯渇は、生活用水を湧水や浅井戸に依存し、水道施設が整備されていない町内の東部区域で水源の枯渇が顕著となり、田平町内でも緊急の問題となっていた。



図一六 橋梁一般図

平成6年10月から7年6月まで、この区域内15個所で給水タンクが設置され町の給水車による運搬がなされている。なお、簡易水道が整備された西部区域での水源は枯渇するまでには至っていない。

こうした状況のなか、土地改良区の理事会で他市町への救援水についての是非が検討された。最終的には、この救援水がダム管理橋の下部工事のための放流水を利用して行われるものであること、又工事のために必要な水位 (WL=19m) までの制限された範囲で畑かん取水と並行して行うという条件で理事会での承認が得られ、救援水に応じることとなった。

貯水位 (WL) 19mでの有効貯水量112千 m^3 は、冬季の畑かん使用見込量約1千 m^3 /日に対し約4ヵ月分の容量であることから、当面の畑かん取水量は確保されていた。

しかしながら、工事期間 (約4ヵ月) 中は仮に降雨があっても貯水位は上げられないことから、翌年度の畑かん取水を考えると、遅くとも工事を5月までに完成し6月以降の梅雨期に貯水位を回復させる必要があった。

そこで、救援水 (貯水位降下) 期間を12月5日から翌年の1月16日までの43日間とし、1月末から下部工を着工する計画とした。

久吹ダム下流から他市町への海上輸送船が接岸する釜田漁港の埠頭までの仮設導水管 (L=1.8km) の工事も約2週間で完了し、初輸送の12月5日は県下4個所で進められていた緊急救援水工事での最初の取水となったため、報道関係者が多数見守る中での取水開始式となった。

救援水は、2市1町へ日量4,800 m^3 を6隻のバー

ジ船で輸送する計画であった。

しかし、救援水期間は冬季の気象条件等により予定通りの運搬ができず、又、水不足が一向に解消しなかったため、最終的には3月6日まで延長された。

この間、救援水を期待する3市町からの地元町、改良区に対する切実な期間延長の要請は相当なものであったが、本来の畑かん取水用112千 m^3 (制限水位WL=19m以下) は応ずることはなかった。(2市1町の制限給水は、最も長かった平戸市で5月16日まで延長された。制限解除後、これら市町村からは地元に対し感謝の声が寄せられている。)

下部工事も、貯水位の降下に伴い右岸側橋台を2月に着工し、問題の橋脚も3月着工し4月末には終了して、5月からは貯水と並行して左岸側橋台工事を行った。

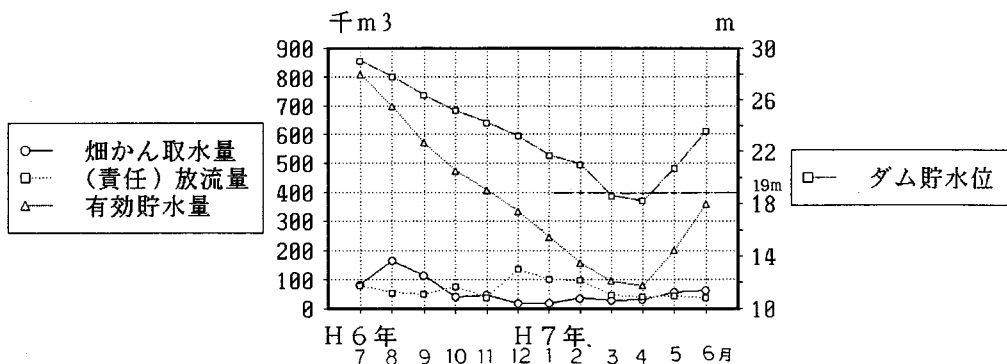
橋脚工事期間中の降雨は比較的少なく、工事のための緊急放流をすることもなかった。

橋脚工事後の貯水位は、5月以降の降雨により順調に回復し、7月には満水に近い状態となっている。

5. おわりに

平成6年度の干ばつは、畑かん供用開始直後に起きたことで事業としての効果を発現でき評価を得たが、一方では事業完了直前の段階で畑かんの受益追加や受益地内での営農飲雑用水施設の整備といった新たな要望も出され、事業としてその対応を求められている。

厳しい農業情勢のなかで畑地帯の総合土地改良事業として、最大限の効果を発現すべく関係機関の御指導を仰ぎながら前向きに検討を進めている



図一 久吹ダム水収支記録

ところである。

平成5年度からの県営水環境整備事業の着工に併せて、久吹ダム周辺ではダム湖の管理と環境美化を兼ねて、夏に雑草の除草と花（コスモス）の植栽を行っているが、昨年度からは干ばつのなか“自分たちのダム”として土地改良区が主体となり各地区の畑かん受益者や地域住民が多数参加している。

そして、コスモスの花が満開となる10月中旬には毎年郡部の中学校による中体連駅伝大会が開催されている。駅伝大会の前には、他町村からの選手を迎える地元田平中学校の先生や生徒たちによって花壇の除草やコースの清掃が行われている。

又、昨年度、町の広報での呼び掛けに応じて地

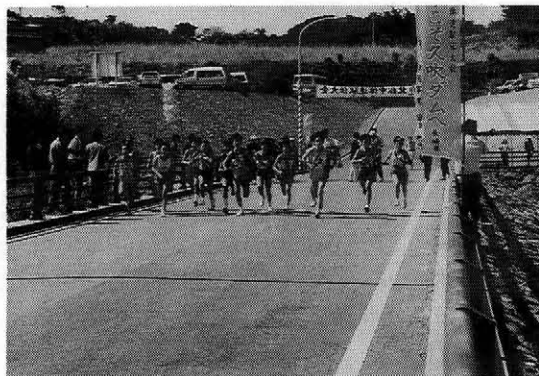
元住民から寄せられた水仙の球根が、干ばつのなか1年間地元の農業高校で肥培管理され、この9月高校生たちによりダム湖の一部に植栽されることとなっている。

このように、昨年度の干ばつではダムの水が畑かん利用されたことで農業面での直接的な効果が生じただけでなく、水の大切さ、有難味から地元にとって“自分たちのダム”として認識をより確実にしたことでの意義は大きい。

今後、久吹ダムが、畑かん用水源としての水の利用に留まらず、様々な形で地域との触れ合いのなか、自分たちのダム、身近な憩いの場所としてますます利用されることを願っている。



写真一三 久吹ダムにおける除草作業



写真一四 久吹ダムにおける中体連駅伝大会（女子スタート）

調整池灌漑システムの調整池容量の算定

広瀬 慎一* 大森 裕一**
(Shinichi HIROSE) (Yuichi OMORI)

目 次

1. 調整池灌漑システムの計画	86	3. 調整池の利用実験	89
2. 調整池用量の考え方	86	4. 調整池用量の算定	91

1. 調整池灌漑システムの計画

「調整池灌漑システム」は「調整池とパイプラインによる灌漑システム」の略称で、灌漑需要の時間集中による水不足を解消し、灌漑の自由度の向上を目指した、地形勾配を利用した新しい水田灌漑の方法である。その仕組みを図-1に示す。1995年の灌漑期で、富山県で12地区、新潟県で1地区が稼働中であり、その分布を図-2に示す。調整池灌漑システムの主な目的は、次の3項目である。

- ①調整池により、幹・支線用水路の24時間通水と、末端圃場の短時間灌漑に基づく集中的水需要の間の調整を行う。
- ②調整池とパイプラインと圃場給水栓の3者の組み合わせにより、必要なときに容易に灌漑のできる、いわゆる自由度の高い灌漑を目指す。
- ③地形勾配による調整池と受益圃場との間の落差により、ポンプを用いない自然圧パイプライン灌漑を行う。

調整池灌漑システムの計画の作業段取りを図-3に示す。第1段階として、受益面積を確定すること。第2段階として用水計画を策定し、施設計画の基礎となる地形調査を実施すること。第3段

階としてパイプラインと圃場給水栓の施設計画を行い、総合的かつ最終的に調整池の容量を決定すること。第4段階として、日常、定期および非常時の維持管理規定を根幹とした、維持管理計画を策定することである。このうち、第3段階で施設計画を行う際、調整池の容量を算定することは、調整池灌漑システムの計画全体の中で最も重要な事項である。筆者は、調整池灌漑システムについて、農業土木学会誌および同論文集に、継続的に調査結果を発表してきたが¹⁻¹⁰⁾、本報文では、それらをも踏まえ、実用的な調整池容量の算定法を以下に紹介する。

2. 調整池容量の考え方

(1)水収支パターン

富山県の調整池灌漑システムの利用実績から、1日24時間について、幹・支線用水路の分水工から調整池への流入量 Q_{in} 、調整池から灌漑地への取水量 Q_{ri} および調整池の有効利用量 Q_{po} の関係をみると、図-4に示すような、上から順に朝山型、2山型および夕山型の3つのパターンのいずれかに分類される。図-4は、安川調整池の利用実績で、安川調整池灌漑システムの受益面積は123.3

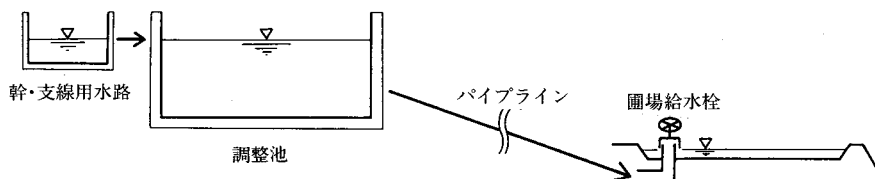
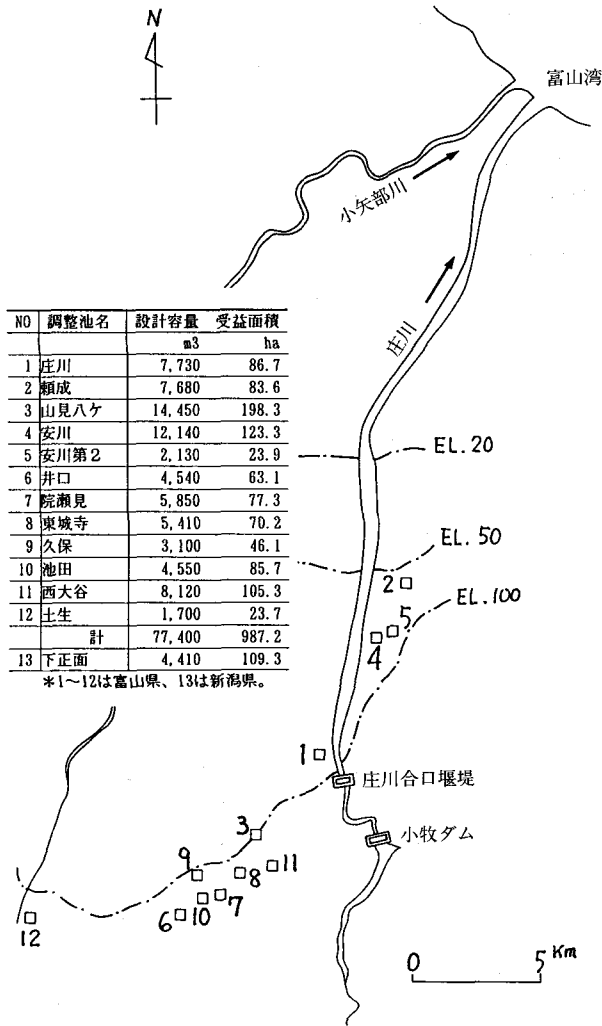
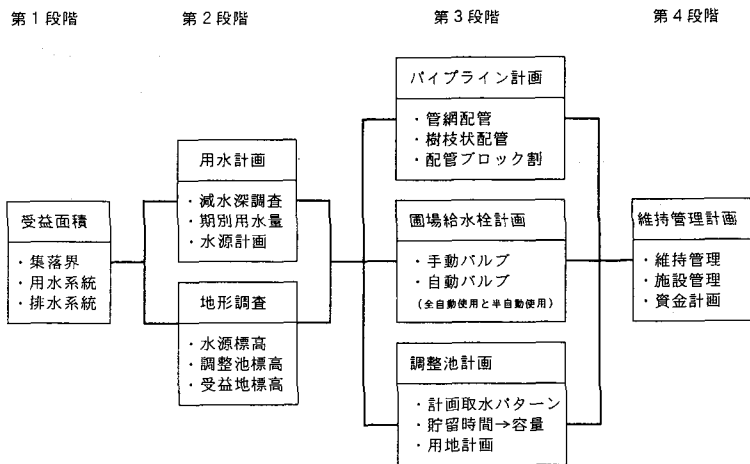


図-1 調整池灌漑システムの仕組み

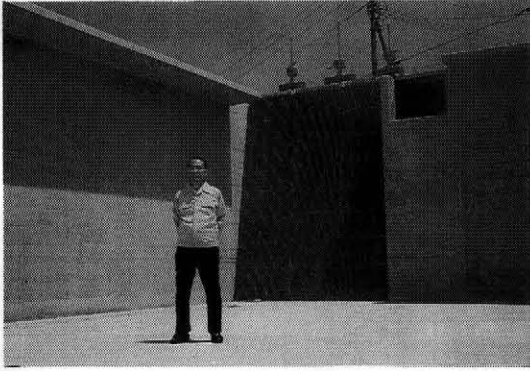
*富山県立大学短期大学部、教授
**富山県耕地課、副主幹農地整備係長



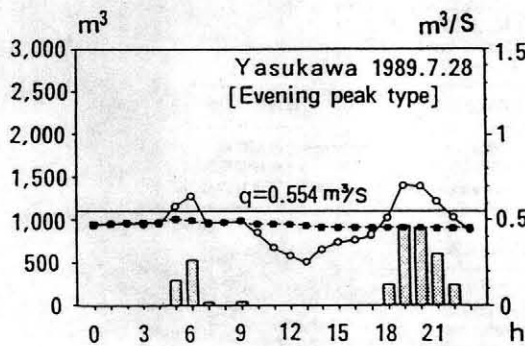
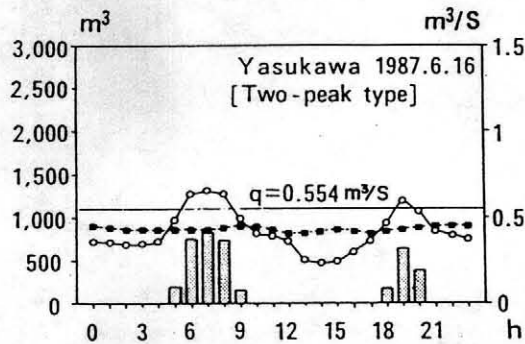
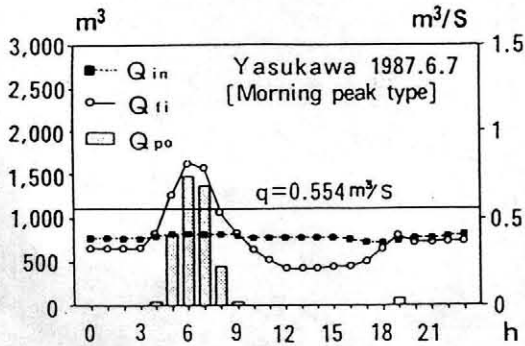
図一 2 調整池灌漑システムの分布



図一 3 調整池灌漑システムの計画フローチャート



写真一 西大谷調整池 (設計容量8,120m³)



図一 調整池の水収支の3つのタイプ

ha, 普通期最大用水量 q は $0.554 \text{ m}^3/\text{s}$ である。朝山型の例で見ると、当日の日平均流入量 $\text{avr}Q_{\text{in}}$ は $0.390 \text{ m}^3/\text{s}$ で、普通期最大用水量 q を若干下回り、日変動はあまりない。それに対し Q_{fi} は、朝方の5時台 $0.633 \text{ m}^3/\text{s}$ 、6時台 $0.818 \text{ m}^3/\text{s}$ 、7時台 $0.790 \text{ m}^3/\text{s}$ 、8時台 $0.535 \text{ m}^3/\text{s}$ と、この間 Q_{in} を大きく上回っているだけでなく、 q をも上回って取水している。その間、調整池からは Q_{in} を上回る Q_{fi} を補償すべき Q_{po} として、4時台 37 m^3 、5時台 812 m^3 、6時台 $1,478 \text{ m}^3$ 、7時台 $1,378 \text{ m}^3$ 、8時台 459 m^3 、9時台 38 m^3 および19時台 89 m^3 と、合計日量 $4,289 \text{ m}^3$ が利用されている。一方、夜間および10時台から18時台までの昼間は、逆に Q_{in} が Q_{fi} を上回るの、調整池の水位が回復する時間帯である。調整池灌漑システムでは、このように調整池の存在によって、灌漑の自由度 f が確保されているのである。

(2)調整池容量の考え方

調整池の容量 V としては、(1)の水収支パターンでみたように、調整池の有効利用量 Q_{po} の日量を貯留しうる容量を準備すればよいこととなる。ただし、図一4の朝山型の場合、19時台の Q_{po} の 89 m^3 は、調整池の水位が回復した後の値であり、準備すべき調整池の容量からは除くべきであるが、余裕をみて他の Q_{po} と同様に扱うものとする。

この Q_{po} の日量、すなわち準備すべき調整池の容量を、 Q_{fi} 時間分として求めることができれば、水利施設的设计基準としては、簡便でなじみやすい。そこで、まず Q_{fi} の日平均値 $\text{avr}Q_{\text{fi}}$ を求めると、図一4の朝山型の場合 $0.377 \text{ m}^3/\text{s}$ である。この $\text{avr}Q_{\text{fi}}$ に対する毎時の平均値 $Q_{\text{fi}}(t) \text{ m}^3/\text{s}$ の比率を求めてグラフ化したのが図一5である。

この図でタテ軸の1を越える部分と1に満たない部分の面積は等しく、1を越える部分の面積は、直ちに日平均取水量 $\text{avr}Q_{\text{fi}}$ に対応する貯留時間を表すことになる。すなわち、朝山型の場合は $\text{avr}Q_{\text{fi}}$ の3.6時間分、2山型の場合は2.9時間分、夕山型の場合は2.2時間分である (図一5に矢印で表示)。

(3)調整池容量の算定式

以上みたように、調整池容量 V としては、日平均取水量 $\text{avr}Q_{\text{fi}}$ の何時間分を貯留すべきかと考え、この時間を貯留時間 T_{po} とすれば、 V は次式で表される。

$$V = 3600 \times T_{\text{po}} \cdot \text{avr}Q_{\text{fi}} \dots\dots\dots(1)$$

V : 調整池の容量 (m³)

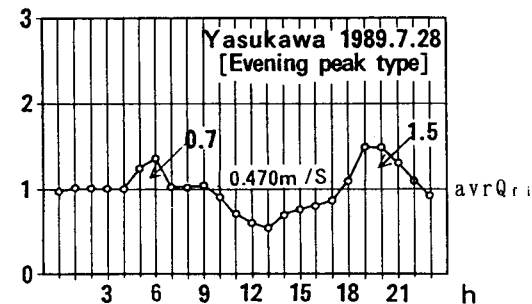
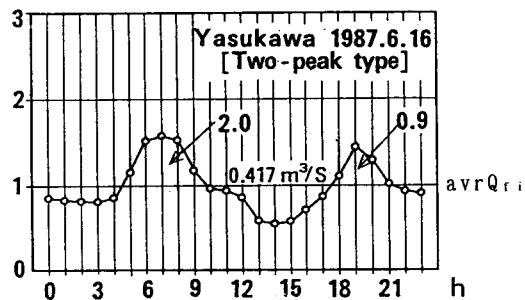
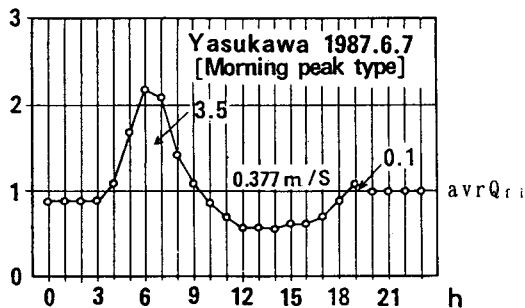


図-5 日平均取水量に対する毎時取水量の比率 ($Q_{fi}(t) / \text{avr}Q_{fi}$)

T_{po} : 貯留時間 (h)
 $\text{avr}Q_{fi}$: 日平均取水量 (m^3/s)

$$\therefore T_{po} = \frac{1}{3600} \cdot \frac{V}{\text{avr}Q_{fi}} \dots\dots\dots(2)$$

図-6において、1日24時間の $Q_{fi}(t)$ 、 $\text{avr}Q_{fi}$ 、 V の関係を求めると、

$$\int Q_{fi}(t)dt = \text{avr}Q_{fi} \cdot \int dt \dots\dots\dots(3)$$

$$\therefore 2V = \int |Q_{fi}(t) - \text{avr}Q_{fi}| dt \dots\dots\dots(4)$$

両辺を $2 \text{avr}Q_{fi}$ で除すと、

$$\frac{V}{\text{avr}Q_{fi}} = \frac{1}{2} \int \left| \frac{Q_{fi}(t)}{\text{avr}Q_{fi}} - 1 \right| dt \dots\dots(5)$$

(2)、(5)式より

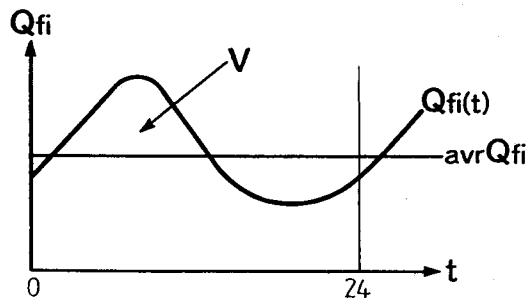


図-6 調整池容量の計算モデル

$$T_{po} = \frac{1}{2} \int \left| \frac{Q_{fi}(t)}{\text{avr}Q_{fi}} - 1 \right| dt \dots\dots\dots(6)$$

(6)式から貯留時間 T_{po} をあらためて定義すれば、調整池から灌漑地への取水量 Q_{fi} が、その平均 $\text{avr}Q_{fi}$ を上回る総水量を、 $\text{avr}Q_{fi}$ で除して時間で表したものと見える。

3. 調整池の利用実績⁶⁾

(1)貯留時間 T_{po} (h)

調整池の時間毎の水位低下の観測値から、調整池の有効利用量 Q_{po} を求め、その日量の大きい順に年間10位までを選び、それぞれの日の貯留時間 T_{po} を求めたものを表-1に示す。頼成の場合、年平均2.9~6.2h、観測期間5年の全平均が4.1hである。安川の場合、年平均が2.5~3.2h、観測期間4年の全平均が2.9hである。井口の場合、年平均が4.6~7.1h、観測期間2年の全平均が5.9hである。観測期間の全平均を受益面積 A との関係でみると、 A が小さいほど T_{po} は大きくなっている。調整池灌漑システムは、維持管理上1~数集落を受益の対象としており、これより大規模なシステムでは、受益者や集落間の意志疎通を欠き、円滑な維持管理が困難と考えられる。井口は受益面積が $A=63.1\text{ha}$ で、1集落を受益の対象としており、その貯留時間 $T_{po}=5.9\text{h}$ は、ほぼ T_{po} の上限値と考えてもよい。安川は受益面積が 123.3ha で、3集落を受益の対象としており、その貯留時間 $T_{po}=2.9\text{h}$ は、ほぼ T_{po} の下限值と考えてもよい。したがって、 T_{po} は3時間から6時間の間に分布し、井口の $T_{po} \approx 6\text{h}$ を貯留時間の基本とすれば、安全な調整池容量が求まると見える。

(2)日平均取水量 $\text{avr}Q_{fi}$ (m^3/s) と日最大取水量 $\text{max}Q_{fi}$ (m^3/s)

調整池から灌漑地への時間取水量 $Q_{fi}(t)$ (m^3/h)

表一 貯留時間 T_{po} の実績

単位: h

順位		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均	全平均	受益面積
頼成	1983	—	6.3	4.5	4.3	3.1	—	2.8	2.4	2.5	2.2	3.5		
	1984	6.2	2.5	3.4	3.5	2.9	5.6	5.2	6.8	2.8	6.3	4.5		
	1985	3.9	4.8	—	2.0	3.7	3.2	—	3.6	4.0	5.2	3.8		
	1986	—	—	3.8	3.2	9.6	8.0	7.3	4.5	7.2	—	6.2		
	1987	2.9	3.2	2.1	4.2	3.9	2.4	2.1	3.4	2.7	2.1	2.9	4.1	83.6ha
安川	1987	2.7	3.9	3.6	3.5	3.3	3.9	2.9	3.3	3.0	2.3	3.2		
	1988	4.5	5.7	2.8	1.5	2.7	4.6	2.2	3.4	1.8	2.7	3.2		
	1989	2.6	2.5	2.4	2.4	—	2.2	3.8	2.2	3.3	1.8	2.6		
	1990	2.4	3.4	3.9	3.9	3.4	1.5	0.8	2.0	1.5	2.1	2.5	2.9	123.3ha
井口	1986	8.5	5.0	6.2	—	6.9	6.9	9.8	8.3	7.3	4.8	7.1		
	1987	4.4	5.4	—	3.2	4.0	3.6	3.7	5.7	6.0	5.6	4.6	5.9	63.1ha

貯留時間 T_{po} とは、調整池から灌漑地への取水量 Q_{fi} が日平均 $avrQ_{fi}$ を上回る部分を、日平均 $avrQ_{fi}$ の時間数で表したものである。順位は、その年の調整池の有効利用量 Q_{po} (日量) の多い順を表す。ただし調整池への流入量、気象の異常等に起因する極端なデータ日は“—”で表し除いた。

の日平均値を日平均取水量 $avrQ_{fi}$ (m³/s) とする。また $Q_{fi}(t)$ (m³/h) の日最大値を日最大取水量 $maxQ_{fi}$ (m³/s) とする。さらに、それぞれの半旬最大値を半旬最大日平均取水量 $maxavrQ_{fi}$ (m³/s)、半旬最大日最大取水量 $maxmaxQ_{fi}$ (m³/s) とし、それぞれの灌漑期間における変動をみたのが図-7 (頼成1984年) である。そのうち $maxavrQ_{fi}$ は、7月後半から8月にかけての幼穂形成期および出穂開花期では、計画通り普通期最大用水量 q とほぼ等しい。また、他の作期では q を下まわり、降雨の量にも敏感に反応している。これに対し、 $maxmaxQ_{fi}$ は、灌漑期間を通じて $maxavrQ_{fi}$ を大きく上回っているだけでなく、6月後半から7月前半の中干しや間断灌漑期を除けば、 q をもはるかに越えており、特に降雨の少ない5月から6月前半、7月後半から8月は著しい。これらを観測期間 (1983~1987)

を通してみたのが図-8である。灌漑期間を通じて、図-7と同じ傾向がうかがえる。すなわち、調整池灌漑システムでは $maxmaxQ_{fi}$ についてみれば、灌漑需要に応じて普通期最大用水量 q をはるかに上回って取水されている。このことは、降雨の多い6月後半から7月の間を除き一般的である。特に、幼穂形成期および出穂開花期の7月後半から8月にかけて著しい。このように $maxmaxQ_{fi}$ が、灌漑需要に応じて q をはるかに上回っている事実は、調整池灌漑システムの目指す自由度の向上が、灌漑期間を通じて実現されていることを意味している。

(3) 調整池有効利用量 Q_{po} (m³/d)

頼成調整池の容量 V は、普通期最大用水量 q の6時間分の貯留容量を見込んでいる。 $q = 0.353$ m³/sなので、その6時間貯留分は、

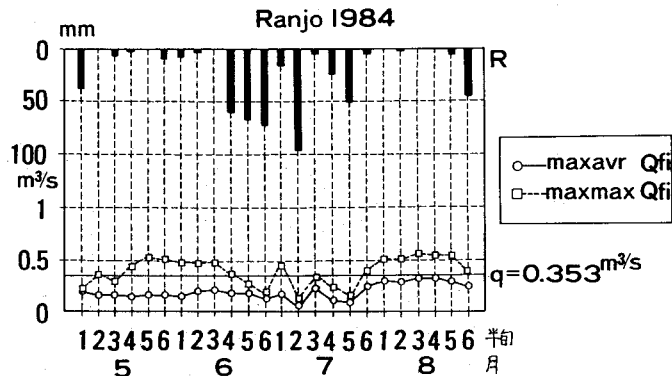
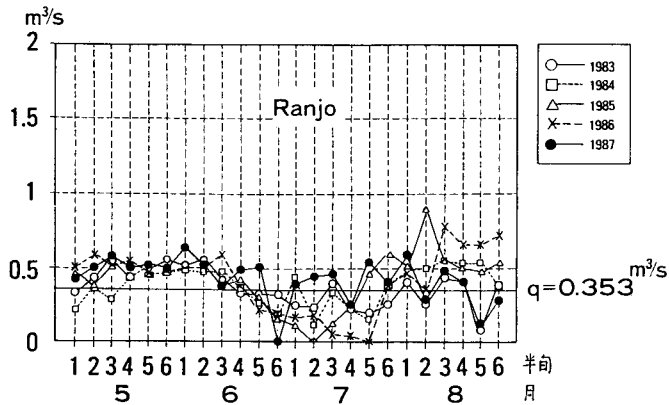


図-7 半旬最大日平均取水量 ($maxavrQ_{fi}$ m³/s) と半旬最大日最大取水量 ($maxmaxQ_{fi}$ m³/s)



図一 8 半旬最大日最大取水量 ($\max\max Q_{fi}$ m³/s)

$3,600 \times 6 \times 0.353 = 7,625$ (m³) となり、設計容量を7,680m³としている。このようにして設計された調整池の、有効利用量 Q_{po} の実績を、調整池の貯水深の観測値から、貯水量の減少量として計算で求め、日有効利用量の半旬最大値 $\max Q_{po}$ の灌漑期間における変動を、観測期間(1983~1990年)を通して見たのが図一9である。7月後半から8月にかけての利用量が大きく、ほぼ設計容量を使い切っている日もある。

4. 調整池容量の算定⁷⁾

2. 調整池容量の考え方でみたように、調整池の容量 V (m³) は(1)式で表すことができる。

$$V = 3,600 \times T_{po} \cdot \text{avr}Q_{fi} \dots \dots \dots (1)$$

3. 調整池の利用実績によれば、貯留時間 T_{po} (h) は3~6時間の間に分布し、受益面積が小さい場合は大きい値をとる。また、調整池から灌漑地への取水量 Q_{fi} や調整池有効利用量 Q_{po} の実績によれば、調整池灌漑システムが最も有効に利用され、灌漑の自由度の向上に役立っているのは、7月から8月にかけてである。

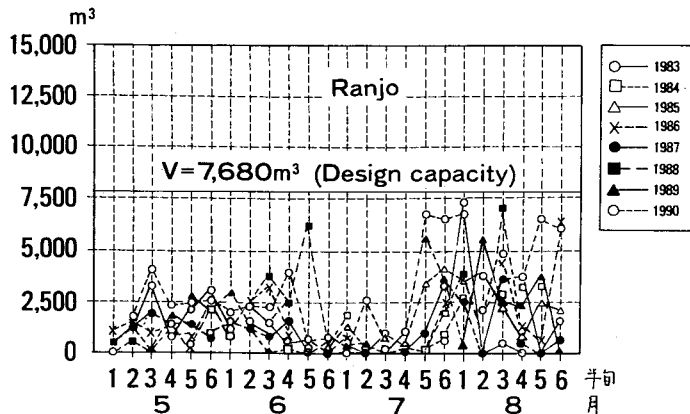
したがって、日平均取水量 $\text{avr}Q_{fi}$ (m³/s)としては、幼穂形成期から出穂開花期にかけての普通期最大用水量 q (m³/s)を採用する。したがって、実際の計算にあたっては、(1)式を次のように運用して算定する。

$$V = 3,600 \times T_{po} \cdot q \dots \dots \dots (2)$$

- V : 調整池容量 (m³)
- T_{po} : 貯留時間 (3~6 h)
- q : 普通期最大用水量 (m³/s)

貯留時間 T_{po} (h) については、受益面積が小さければ大きく、受益面積が大きければ小さい値をとることがわかっている。また圃場給水栓の自動使用が普及すれば、貯留の容量は少なくてもよい。最も新しい下正面調整池において、 T_{po} を求めるにあたり、受益農家に対しアンケート調査を実施して、システム施工前後の取水変動を想定することにより、 $T_{po} = 4.5$ hとした例がある。⁹⁾現在稼働中の13の調整池灌漑システムの調整池の容量設計の諸元を表一2に示す。

用水管理の合理化を目指す地区で、集落レベル



図一 9 半旬最大日有効利用量 ($\max Q_{po}$ m³/d)

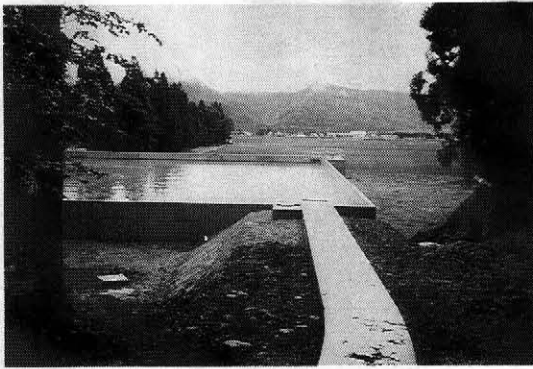
表-2 水田用調整池の容量設計

No.		①	②	③	④	⑤	⑥
調整池名	庄川調整池(当初)	庄川(容量増)	頼成	山見八ヶ	安川	安川第2	井口
場所	庄川町	庄川町	砺波市	井波町	砺波市	砺波市	井口村
事業所	県営圃場整備事業	県圃場整備	県圃場整備	県かんばい	県圃場整備	県圃場整備	県圃場整備
地区名	庄川地区	庄川	般若	庄川	般若	般若	井口西部
一部(全)供用開始年	1975(76)	1989	1980(81)	1981	1983(84)	1984	1985(87)
頭首工からの距離	1.7km	1.7	7.5	4.5	5.7	5.7	9.5
受益面積	86.7ha	86.7	83.6	198.3	123.3	23.9	63.1
水路損失	15%	10	15	15	15	15	10
代かき減水深 代かき用水量	170~180mm Q=0.532m ³ /s	170~180 0.532	140~185 0.525	120~240 1.079	140~185 0.820	140~155 0.139	140~150 0.324
普通期最大減水深(平均) 普通期最大用水量	32mm q=0.395m ³ /s	32 0.357	25~41(31) 0.353	22~43(27.5) 0.742	25~41(33) 0.554	22~29(28) 0.091	24~28(25) 0.203
必要調整池容量の計算	V=q×3時間×3,600 =4,266m ³	q×6×3,600 =7,711	q×6×3,600 =7,625	q×86,400× 22.5%=14,424	q×6×3,600 =11,966	q×6×3,600 =1,965	q×6×3,600 =4,385
設計調整池容量	V=4,310m ³	7,730	7,680	14,450	12,140	2,130	4,540

No.		⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	⑬
調整池名	院瀬見調整池	東城寺	久保	池田	西大谷	土生	下正面	
場所	井波町	井波町	井口村	井口村	井波町	福光町	津南町	
事業名	県営圃場整備事業	県圃場整備	県圃場整備	県圃場整備	県圃場整備	県低コスト化	国農地再編	
地区名	南山町	南山町	井口東部	井口東部	南山見	土生	苗場	
一部(全)供用開始年	1987(91)	1989(92)	1990(92)	1991(93)	1993(94)	1995(96)	1995(96)	
頭首工からの距離	7.5km	5.9	8.4	7.7	4.9	0.8	6.5	
受益面積	77.3ha	70.2	46.1	85.7	105.3	23.7	109.3	
水路損失	10%	10	10	10	10	10	10	
代かき減水深 代かき用水量	150mm Q=0.380m ³ /s	152 0.353	140 0.194	140 0.236	150~155 0.436	179 0.143	150 0.530	
普通期最大減水深(平均) 普通期最大用水量	27mm q=0.268m ³ /s	27~28(27.6) 0.250	15~26(22.4) 0.133	13~24(18.5) 0.204	27~28(27.3) 0.370	25 0.076	29 0.406	
必要調整池容量の計算	V=q×6時間×3,600 =5,789m ³	q×6×3,600 =5,400	q×6×3,600 =2,873	q×6×3,600 =4,406	q×6×3,600 =7,992	q×6×3,600 =1,641	q×3×3,600 =4,385	
設計調整池容量	V=5,850m ³	5,410	3,100	4,550	8,120	1,700	4,400	

*①庄川は1975(76)に設計容量4,310m³で供用開始し、その後7,730m³に増量した。

*①~⑫は富山県, ⑬は新潟県。



写真一 2 下正面調整池 (設計容量4,400m³)

の用水施設として調整池灌溉システムが採用され、その際、本報で述べた考え方および紹介した資料が参考になれば幸いである。

参考文献

- 1) 森田清三・長谷川正助・広瀬慎一：水田用調整池について—富山県砺波平野における事例—, 農土誌, 46(4), pp. 8~12 (1978)
- 2) 広瀬慎一・勝又隆治：砺波平野における水田用調整池について—調整池の構造と利用—, 農土誌, 55(11), pp. 29~34 (1987)
- 3) 広瀬慎一：農家意向調査による水田灌溉方式に関する評価—調整池とパイプラインによる水田灌溉システムの研究 (I)—, 農土論集, 146, pp. 109~119 (1990)
- 4) 広瀬慎一：圃場における水口取水方式の検討—調整池とパイプラインによる水田灌溉システムの研究 (II)—, 農土論集, 155, pp. 19~25 (1991)
- 5) 広瀬慎一：砺波平野における調整池灌溉システムの実験と評価, 農土誌, 62(6), pp. 7~12 (1994)
- 6) 広瀬慎一：調整池の水収支の特性—調整池とパイプラインによる水田灌溉システムの研究 (III)—, 農土論集, 175, pp. 29~36 (1995)
- 7) 広瀬慎一：貯留時間による調整池容量の検討—調整池とパイプラインによる水田灌溉システムの研究 (IV)—, 農土論集, 175, pp. 37~46 (1995)
- 8) 広瀬慎一：水田用調整池容量の算定法, 農土論集, 175, pp. 109~118 (1995)
- 9) 広瀬慎一・山下弘一：農家意向調査による水田用調整池容量の算定, 農土誌, 投稿中
- 10) Shin-ichi HIROSE: Planning procedure for a paddy irrigation system consisting of a regulating pond and pipelines, 農土英文誌 JIERP, 投稿中

投 稿 規 定

1 原稿には次の事項を記した「投稿票」を添えて下記に送付すること

東京都港区新橋5-34-3 農業土木会館内、農業土木技術研究会

2 「投稿票」

- ① 表 題
- ② 本文枚数，図枚数，表枚数，写真枚数
- ③ 氏名，勤務先，職名
- ④ 連絡先（TEL）
- ⑤ 別刷希望数
- ⑥ 内容紹介（200字以内）

3 1回の原稿の長さは原則として図，写真，表を含め研究会原稿用紙(242字)60枚までとする。

4 原稿はなるべく当会規定の原稿規定用紙を用い(請求次第送付)，漢字は当用漢字，仮名づかいは現代仮名づかいを使用，術語は学会編，農業土木標準用語事典に準じられたい。数字はアラビア数字(3単位ごとに，を入れる)を使用のこと

5 写真，図表はヨコ7cm×タテ5cm大を242字分として計算し，それぞれ本文中のそう入個所を欄外に指定し，写真，図，表は別に添付する。(原稿中に入れない)

6 原図の大きさは特に制限はないが，B4判ぐらいまでが好ましい。原図はトレーサーが判断に迷わないよう，はっきりしていて，まぎらわしいところは注記をされたい。

7 文字は明確に書き，特に数式や記号などのうち，大文字と小文字，ローマ字とギリシャ文字，下ツキ，上ツキ，などで区別のまぎらわしいものは鉛筆で注記しておくこと，

たとえば

C, K, O, P, S, U, V, W, X, Zの大文字と小文字

O(オー)と0(ゼロ) a(エー)と α (アルファ)

r(アール)と γ (ガンマー) k(ケイ)と κ (カッパ)

w(ダブルユー)と ω (オメガ) x(エックス)と χ (カイ)

l(イチ)とl(エル) g(ジー)とq(キュー)

E(イー)と ϵ (イプシロン) v(バイ)と υ (ウプシロン)

など

8 分数式は2行ないし3行にとり余裕をもたせて書くこと

数字は一マスに二つまでとすること

9 数表とそれをグラフにしたものとの併載はさけ，どちらかにすること

10 本文中に引用した文献は原典をそのまま掲げる場合は引用文に『 』を付し引用文献を本文中に記載する。孫引きの場合は，番号を付し，末尾に原著者名：原著論文表題，雑誌名，巻：頁～頁，年号，又は“引用者氏名，年・号より引用”と明示すること。

11 投稿の採否，掲載順は編集委員会に一任すること

12 掲載の分は稿料を呈す。

13 別刷は，実費を著者が負担する。

農業土木技術研究会入会の手引

1. 入会手続

- ① 入会申込みは研究会事務局へ直接又は職場連絡員へ申し込んで下さい。申込書は任意ですが、氏名、所属を明示下さい。
- ② 入会申込みはいつでも結構ですが、年度途中の場合の会費は会誌の在庫状況により決定されます。
- ③ 入会申込みと同時に会費を納入していただきます。

2. 会費の納入方法

- ① 年会費は2,300円です。入会以後は毎年6月末までに一括して納入していただきます。

3. 農業土木技術研究会の活動内容

- ① 機関誌「水と土」の発行……年4回（季刊）
- ② 研修会の開催……年1回（通常は毎年2～3月頃）

4. 機関誌「水と土」の位置づけと歴史

- ① 「水と土」は会員相互の技術交流の場です。益々広域化複雑化していく土地改良事業の中で各々の事業所等が実施している多方面にわたっての調査、研究、施工内容は貴重な組織的財産です。これらの情報を交換し合って技術の発展を図りたいものです。

② 「水と土」の歴史

（農業土木技術研究会は以下の歴史をもっており組織の技術が継続されています。）

- ・ S28年……コンクリートダム研究会の発足

『コンクリートダム』の発刊

- ・ S31年……フェイルダムを含めてダム研究会に拡大

『土とコンクリート』に変更

- ・ S36年……水路研究会の発足

『水路』の発刊

- ・ S45年……両研究会の合併

農業土木技術研究会の発足 ←

『水と土』

入 会 申 込 書

平成 年 月 日

私は農業土木技術研究会に入会します。

氏 名：

所 属：

農業土木技術研究会役員名簿（平成7年度）

会 長	谷山 重孝	水資源開発公団理事
副 会 長	岡本 芳郎	構造改善局建設部長
	志村 博康	日本大学農獣医学部教授
理 事	森田 昌史	構造改善局設計課長
	中島 治郎	水利課長
	松浦 良和	首席農業土木専門官
	田村 亮	関東農政局建設部長
	川尻裕一郎	農業工学研究所長
	段本 幸男	北海道開発庁農林水産課長
	高橋 繁雄	茨城県農地局長
	風間 彰	水資源開発公団第二工務部長
	坂根 勇	(株)土地改良建設協会専務理事
	中島 哲生	(株)農業土木事業協会専務理事
	北村 純一	(株)三祐コンサルタンツ専務取締役
	中島 均	(株)竹中土木取締役
	塚原 真市	大豊建設(株)顧問
監 事	中島 克己	関東農政局設計課長
	藤根與兵衛	(株)日本農業土木コンサルタンツ 常務取締役
常任顧問	佐藤 昭郎	構造改善局次長
	内藤 克美	全国農業土木技術連盟委員長
顧 問	岡部 三郎	参議院議員
	須藤良太郎	
	梶木 又三	全国土地改良事業団体連合会会長
	福田 仁志	東京大学名誉教授
編集委員長	松浦 良和	構造改善局設計課
常任幹事 編集委員	大澤 賢修	事業計画課
	楠 晴王	設計課
	土岐 昭義	整備課
	蘭 嘉宜	設計課
総務部長 幹事 編集委員	久郷 徳壽	全国農業土木技術連盟総務部長
	服部 孝郎	構造改善局地域計画課
	大林 由明	資源課
	村山 浩稔	事業計画課
	松田 貢一	施工企画調整室
	樋口 康平	水利課
	清野 哲生	
	小嶋 義次	総合整備推進室
	豊 輝久	開発課
	降籬 英樹	

幹 事
編 集 委 員

馬籠 剛一	防災課
佐藤 新一	関東農政局設計課
小林 宏康	農業工学研究所水工部
横井 績	国土庁調整課
坂野 一平	水資源開発公団第2工務部設計課
津谷 康宜	農用地整備公団計画部実施計画課
渡辺 博之	(株)日本農業土木総合研究所

賛 助 会 員

(株) 荏原製作所	3口
(株) 大林 組	
(株) 熊谷 組	
佐藤工業(株)	
(株)三祐コンサルタンツ	
大成建設(株)	
玉野総合コンサルタント(株)	
太陽コンサルタンツ(株)	
(株)電業社機械製作所	
(株) 西島製作所	
西松建設(株)	
日本技研(株)	
(株)日本水工コンサルタント	
(株)日本農業土木コンサルタンツ	
(株)日本農業土木総合研究所	
(株) 間 組	
(株) 日立製作所	
(株) 青木建設	2口
(株) 奥村組	
勝村建設(株)	
株木建設(株)	
(株) 栗本鉄工所	
三幸建設工業(株)	
住友建設(株)	
住友金属工業(株)	
大豊建設(株)	
(株) 竹中土木	
田中建設(株)	
前田建設工業(株)	
三井建設(株)	
	(13社)

(株)アイ・エヌ・エー	1口	(株)婦中興業	1口
アイサワ工業(株)	〃	古郡建設(株)	〃
青葉工業(株)	〃	(株)豊蔵組	〃
旭コンクリート工業(株)	〃	北海道土地改良事業団体連合会	〃
旭測量設計(株)	〃	(株)北海道農業近代化コンサルタント	〃
アジアプランニング(株)	〃	前田製管(株)	〃
茨城県農業土木研究会	〃	前沢工業(株)	〃
上田建設(株)	〃	真柄建設(株)	〃
(株)ウォーター・エンジニアリング	〃	(株)舩ノ内組	〃
梅林建設(株)	〃	丸伊工業(株)	〃
エスケー産業(株)	〃	丸か建設(株)	〃
(株)大本組	〃	(株)丸島アクアシステム	〃
大野建設コンサルタント(株)	〃	丸誠重工業(株)東京支社	〃
神奈川県農業土木建設協会	〃	水資源開発公団	〃
技研興業(株)	〃	水資源開発公団沼田総合管理所	〃
岐阜県土木用ブロック工業組合	〃	〃 三重用水管理所	〃
(株)クボタ建設	〃	宮本建設(株)	〃
(株)クボタ(大阪)	〃	ミサワ・ホーバス(株)	〃
(株)クボタ(東京)	〃	(株)水建設コンサルタント	〃
(株)古賀組	〃	(有)峰測量設計事務所	〃
(株)後藤組	〃	山崎ヒューム管(株)	〃
五洋建設(株)	〃	菱和建設(株)	〃
佐藤企業(株)	〃	若鈴コンサルタンツ(株)	〃
(株)佐藤組	〃		(70社)
(株)塩谷組	〃	(アイウエオ順)	計 100社 147口
昭栄建設(株)	〃		
新光コンサルタンツ(株)	〃		
ジオスター(株)	〃		
須崎工業(株)	〃		
世紀東急工業(株)	〃		
大成建設(株)四国支店	〃		
大和設備工事(株)	〃		
高橋建設(株)	〃		
高弥建設(株)	〃		
(株)田原製作所	〃		
中国四国農政局土地改良技術事務所	〃		
(株)チェリーコンサルタンツ	〃		
中央開発(株)	〃		
東急建設(株)	〃		
東邦技術(株)	〃		
東洋測量設計(株)	〃		
(株)土木測器センター	〃		
日本国土開発(株)	〃		
日本ヒューム管(株)	〃		
日本舗道(株)	〃		
西日本調査設計(株)	〃		
福井県土地改良事業団体連合会	〃		

農業土木技術研究会会員数

地方名	通 常 会 員								地方名	通 常 会 員							
	県	農水省 関係	省 係	公団 等	学校	個人	法人	外国		県	農水省 関係	省 係	公団 等	学校	個人	法人	外国
北海道	61	329	15		6	33			近	滋賀	27	3	1	1	4		
東	青森 岩手 宮城 秋田 山形 福島	森手	46	30		3			畿	京都	28	49		5	2		
		城田	57	32	9	1	5			大阪	15		2	4	6		
		形島	49	77		4	18			兵庫	35	1		3	4	4	
			108	5		1	6			奈良	42	20			1	5	
			26	7		1	1			和歌山	27	3					
	53	20	5		2			小計	174	76	3	14	21				
北	小計	339	171	14	10	32		中	鳥取	21	5		2	5			
関	茨城 群馬 埼玉 千葉 東京都 神奈川県 山梨 長野 静岡	城木	70	46	3	2	13		国	島根	57	1		4	1		
		馬場	75	8	1	1	1			岡山	81	37	4	4	3		
		玉川	15	14	6	1	1			広島	45	8			2		
		葉山	51	16	10	1	21			山口	29	4	1		1		
		東京	27	19	4		20			徳島	15	8			1		
		神奈川	3	130	109	9	32			香川	36	5	2	6	2		
		山梨	18			4	20			愛媛	76	11		5	5		
		長野	35							高知	48	4		1			
		静岡	51	6		2	1			小計	408	83	7	22	20		
			86	13			5			九	福井	39	15	21	6	14	
東	小計	431	252	133	18	114		州	佐賀	44	6		3				
北	新潟 富山 石川 福井	湯山	69	56		3	3			熊本	40	7		1			
		山川	43	3		1	2			分崎	16	14	5		3		
		石川	39	43		1	8			島根	36	4	1				
		福井	35	12		1	1			鹿嶋	18	12		4	1		
陸	小計	186	114		5	14		沖繩	78	3							
東	岐阜 愛知 三重	阜知	19	14		2	6		小計	291	83	29	10	22			
		重	130	84	40	1	14		合計	2,048	1,206	245	89	281	684	9	
	9		4	1	5			総合計							4,562名		
海	小計	158	98	44	4	25											

編集後記

水と土の編集に携わるようになってはや一年半余をすぎ、その間たいしたことも出来なかったのですが、自分自身の変化としては、本紙を始めとして農業土木学会誌などをよく読むようになった点にあると思います。読むとはいっても、少しばかりの時間の空きを利用してひろい読みする程度ではあります。

そして本紙「水と土」について最近考えるのは、かなり役に立つ図書であるということです。本紙は、現場からの直接の報告が多いのが特色といえます。各報文の内容は、どうしても事業（工事）の紹介的な内容になりがちな面もありますが、研究者の発表でなく実

際に施工にあたっている技術者からの報告であり、現場での苦労、創意・工夫が読み取れる報文が多いと思っています。

目下の仕事に追われるなかで学術的な論文を常に興味をもって読むことはかなり疲れるものですが、現場に立つ者として同じような視点に立つ報告は、今、現に抱えている問題の答えがそこにあることはないとしても、参考になるものと考えています。

編集後記として今漠然と考えていることを述べさせて頂きました。今後とも現場からの積極的な報告をお待ちしております。

水資源開発公団 第二工務部設計課 坂野 一平

水と土 第103号

発行所 〒105 東京都港区新橋5-34-4
農業土木会館内

印刷所 〒161 東京都新宿区下落合2-6-22

農業土木技術研究会
TEL03 (3436) 1960 振替口座 00180-5-2891

一世印刷株式会社
TEL03 (3952) 5651