

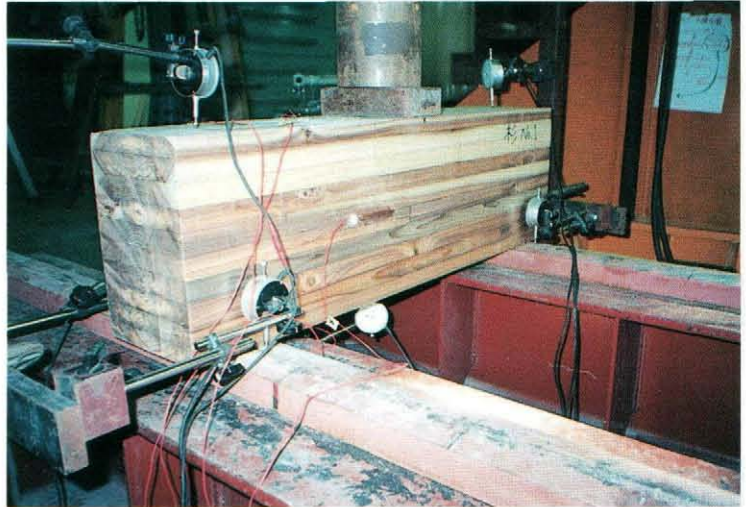
水と土

No.122
2000

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



地元の杉の集成材を用いた
世界初のSW橋の架設について(本文11頁)



集成材強度試験状況
(於 北大開発科学実験所)



主桁への下鋼板の装着

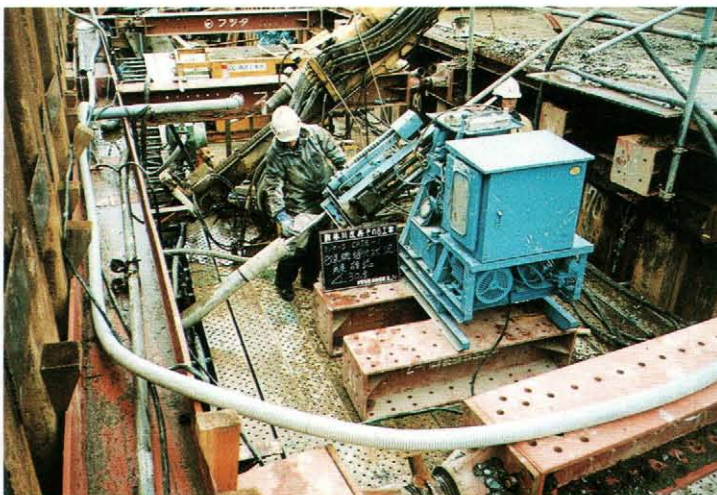


杉の木一号橋の完成写真

住宅近接地における
河川改修工事の事例と新たな試み(本文21頁)



新井郷との合流点から改修
された駒林川上流部(沿線
に集落が発達している)



削孔作業(ボーリングマシーン)

大地を潤す虹の橋(本文60頁)



夏の通潤橋

水 と 土

— 目 次 —

報文内容紹介……………(7)

巻 頭 文

九州・沖縄サミットを終えた沖縄から

—世界の目を沖縄へ 沖縄の心を世界へ—

荒井 博之……(9)

報 文

地元の杉の集成材を用いた世界初のSW橋の架設について

吉田 良治……(11)

住宅近接地における河川改修工事の事例と新たな試み

川口 透 高島 攻治 稲田 浩一……(21)

中央幹線排水路下条川サイホン工事における

建設汚泥リサイクルプラントによる再資源利用について

中村 大祐……(31)

小田^{こだ}ダムフィルタ材料の効果判定試験方法について

信野 安重 島山 公男

山口 雅弘 中山 睦人……(37)

農業用ダム湖における水質の概略予測について

高橋 順二 白谷 栄作 吉永 育生

高橋 正男 宗像 義之……(49)

タイ国水管理システム近代化計画について

宮崎 健……(56)

歴史的土壌改良施設

台地を潤す虹の橋

—通潤橋の建設—

坂口 広範……(61)

技術情報紹介

国際標準化機構(ISO)に対応した国内の技術基準の整備について

—土地改良事業設計基準の国際化対応—

構造改善局建設部設計課施工企画調整室設計基準班……(66)

農業土木技術研究会の運営に関するアンケート調査について(68)

会告……………(71)

投稿規定……………(72)

入会案内……………(73)

No. 122

2 0 0 0

表紙写真

「熊本県 泉村」

写真提供・農林水産省むらづくり対策室(才7回美しい日本のむら景観コンテストより)

水と土 第122号 報文内容紹介

地元の杉の集成材を用いた 世界初のSW橋の架設について

吉田 良治

徳島県上勝町において、県営中山間地域総合整備事業により、SW橋という集成材を鋼材で挟んだ構造の主桁を用いた橋梁を世界で初めて架設している。このSW橋採用の経過、地元の杉の集成材を用いて製作した桁の試験結果、及びそれを踏えた橋の設計の概要を説明すると共に施工状況についても報告するものである。

(水と土 第122号 2000 P.11 設・施)

住宅近接地における 河川改修工事の事例と新たな試み

川口 透・高島 政治・稲田 浩一

国営阿賀野川右岸地区で実施している一級河川駒林川の改修工事の事例である。工事場所は居住区であることに加え地盤は極めて軟弱である。

本報文では、厳しい現場条件を克服した対策工法の紹介とともに、事業推進にあたり取組んだ新たな試みについて紹介する。

(水と土 第122号 2000 P.21 設・施)

中央幹線排水路下条川サイホン工事における建設 汚泥リサイクルプラントによる再資源利用について

中村 大祐

本文は、平成11年度北陸農政局射水郷農地防災事業中央幹線排水路下条川サイホン工事で実施した建設汚泥の再資源利用について述べたものである。

再資源利用方法については、工事ヤード内にリサイクルプラントを設置しての現場内処理方法を用い、通常なら産業廃棄物処理場に運搬して処理を行うであろう建設汚泥を現場内にて再利用を行った事例である。

この再資源利用を行うことによるコスト縮減効果及び建設汚泥の再資源利方法についての報告である。

(水と土 第122号 2000 P.31 設・施)

小田ダムフィルタ材料の 効果判定試験方法について

信野 安重・畠山 公男
山口 雅弘・中山 睦人

小田ダムのフィルターゾーンは、すみやかな排水性、粒子流亡防止効果、変形の緩和効果が要求されている。

本報文は、これらの3つの条件を満足するフィルタ材を選定するために透水試験(清水及び濁水透過)、侵食試験、三軸圧縮試験、盛立試験等を実施し、フィルタ効果の判定試験を行ったので、その内容について報告するものである。

(水と土 第122号 2000 P.37 設・施)

農業用ダム湖における水質の概略予測について

高橋 順二・白谷 栄作・吉永 育生
高橋 正男・宗像 義之

全国の農業用ダムの水質・水理データに基づき、比較的容易に得られるデータからダム完成後の水質を概略予測する手法について検討した。その結果、水温成層及び栄養塩濃度の予測に用いられる水理指標やフォーレーバイダー式は、農業用ダム湖においても概ね有効であることを明らかにした。これを踏まえ、農業用ダム湖の統一的な水質現象の把握などを目的とした、今後の水質環境管理のあり方について提案を行った。

(水と土 第122号 2000 P.49 企・計)

タイ国水管理システム近代化計画について

宮崎 健

アジア地域では近年、限られた水資源の効率的利用、及び水配分を受けるべき農民による水利組織活動の強化が重要視されています。また、農産物の多様化、品質向上を図るため、乾期において水稻から畑作物への転換が重要視されています。本報では、タイ国チャオプラヤ河流域、特に下流デルタ地域において、「効率的かんがい用水の利用による作物多様化の推進並びに作付け率向上」を目標とした国際協力事業団(JICA)のプロジェクト方式技術協力「タイ国水管理システム近代化計画」の活動について報告します。

(水と土 122号 2000 P.56 企・計)

<歴史的土壌改良施設>

台地を潤す虹の橋 一通潤橋の建設—

坂口 広範

矢部町に架かる通潤橋は、溪谷に囲まれた白糸台地へ水を送るために作られた石造りの水遣橋です。溪谷に囲まれた水利条件の悪いこの地域も、架橋後は100町歩もの水田が拓かれました。

昭和35年には国の重要文化財の指定を受け、橋の中央から飛び出す放水で年間40万にも及ぶ見物客を魅了していますが、今なお現役の土壌改良施設として重要な役割を果たしています。

(水と土 第122号 2000 P.61 企・計)

<技術情報紹介>

国際標準化機構(ISO)に対応した 国内の技術基準の整備について —土壌改良事業設計基準の国際化対応—

構造改善局建設部設計課、
施工企画調整室設計基準班

国際標準化機構(ISO)において制定される国際規格(ISO規格)の整備が急速に進められており、土木分野で使用する資材に関わる製品規格や試験方法規格、構造物の設計・施工に関わる規格の制定もその整備が本格化している。本報では、これらの状況の下での土壌改良設計基準における対応状況等について紹介している。

(水と土 122号 2000 P.66 企・計)

【巻頭言】

九州・沖縄サミットを終えた沖縄から

—世界の目を沖縄へ 沖縄の心を世界へ—

荒井博之*
(Hiroyuki ARAI)

はじめに

20世紀最後のサミットであり日本初の地方開催となった「九州・沖縄サミット」の首脳会合が、7月21～23日の間、名護市の「万国津梁館」を主舞台として開催されました。サミットの一般的な成果は別に置くとして、我々沖縄在住の人間にとって最大の成果は、各国首脳に青い空・青い海、そして沖縄の歴史・文化や現状を見ていただいたことだと思えます。

昨年春の開催決定以来、総合事務局、沖縄県、市町村、住民等関係者が一丸となって準備を進めてきました。万国津梁館・プレスセンターの建設、主要国道・バイパスの整備など行政主体のものだけでなく、通訳ボランティアやクリーンアップ活動など県民参加型の活動も数多くみられました。また、市町村においては、会合の合間を縫って各国首脳を招へいし、アイスホッケー、柔道等を通じて住民との交流を深めるなど、沖縄らしさをアピールし、沖縄の心を世界に発信できたことと思えます。

沖縄農業と環境保全

毎年400万人を超える観光客が訪れる沖縄県にとって、今回のサミットは好天にも恵まれ沖縄の素晴らしい自然を世界各国にPRするという大きな成果をあげた訳ですが、今後その成果をさらに大きなものとするため計画的・継続的に取り組んでいく必要があります。

そのため、「沖縄経済振興21世紀プラン」中間報告（平成11年6月沖縄政策協議会）において提案された「ゼロエミッションアイランド沖縄」構想が平成12年3月に取りまとめられました。本構想は、21世紀の沖縄が環境の保全と産業の振興とのバランスの上に、美しい自然と豊かな暮らしを両立させていくための未来への構想となっています。

具体的には、自然環境に配慮した県土の保全・整備を図るため、①沿岸域の環境保全と利用促進、②沖縄の風土環境に適したまちづくり・村づくりの推進、③環境保全型農林水産業への転換推進等を図ることとしています。

沖縄においては、開発行為や既存農地からの赤土流出が社会問題化しており、特に農地からの赤土流出については農業サイドが排水対策等に主体的に取り組む必要があります。また、水資源開発の進展に伴い、花き、野菜、熱帯果樹等高収益作物の導入が図られている地域では、土づくり、マルチング、ハウス栽培等環境保全型農業が進みつつあり、これら営農は赤土流出防止に大きな効果があるとみられています。

沖縄の農業農村整備

沖縄の農業農村整備は、昭和47年の本土復帰以降、ダム開発等による水資源の確保、畑地のほ場整備を

*沖縄総合事務局農林水産部土地改良課長

中心として進めてきた結果、平成10年度末現在、水源整備率が42%、ほ場整備率が47%と復帰時に比べて大きく進展しています。

昨年制定された「食料・農業・農村基本法」においては、多面的機能の発揮、農業の持続的な発展等が掲げられ、事業実施段階及び営農段階において、地域特性に応じた環境との調和、自然循環機能の維持増進等に配慮していくことが求められています。

沖縄においては、海に囲まれた島嶼部という地理的条件を踏まえ、環境との調和を図りながら農業生産性の向上を図ることを旨として、環境保全型農業推進の前提条件である農業用水の確保・供給を加速するとともに、赤土流出防止のための排水対策を推進することとしています。

また、これまでに開発された水源、整備された農地を有効に活用していくことが重要であり、営農部局・畜産部局とも連携して、農家への啓発普及・営農指導を推進することとしています。

おわりに

サミット開催で沖縄に向けられた世界の目を裏切らないよう、沖縄在住の人間として、また農林水産行政に携わるものとして努力していきたいと思えます。

また、サミットが終わった現在、沖縄では普天間飛行場の移設に伴う北部地域振興策が当面の課題となっています。振興策の推進には、各方面からの取り組みが必要ではありますが、北部地域は農林水産業を主体とする地域であり、農林水産部局としても積極的に取り組んでいく必要があると考えています。

今しばらく沖縄の動向にご注目下さい。

地元の杉の集成材を用いた世界初のSW橋の架設について

吉田 良治*
(Yoshiharu YOSHIDA)

目 次

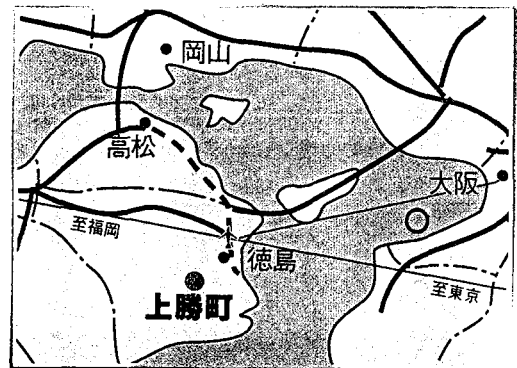
1. はじめに	11	6. 杉集成材の製作	12
2. 地区及び事業の概要	11	7. 鋼材の取り付け	12
3. SW橋採用の経過	11	8. 端横桁, 高欄, 地覆その他	13
4. 杉の木一号橋 (神明葛又橋) の概要	12	9. まとめ	17
5. 主桁の強度試験及び応力検討	12		

1. はじめに

徳島県は橋のメッカである。最も原始的な、橋の原点とも言える“祖谷のかずら橋”をはじめ、四国三郎と言われる吉野川には、多くの歴史的な橋が架けられてきた。昭和初期、世界的な橋梁技術者である増田淳氏の活躍によって、当時東洋一と言われた橋梁がいくつも架けられたのである。その後、徳島県民はあげて本四架橋の夢の実現に努力し、今日に至っている。その様な橋の県徳島に、今回また、本当に小さな橋に過ぎないが、世界に先駆けて、SW橋 (Steel Stiffened Wooden Bridge) という、地元の杉の集成材を利用した橋梁が架設されている。ここでは、このSW橋の特徴、採用の経過、設計内容及び施工状況等について概要を述べたいと思う。

2. 地区及び事業の概要

このSW橋が架設されているのは、徳島県上勝町である。同町は、徳島県の中央やや南東寄り・勝浦川の上流に位置し、面積は108.72km²、北部、西部は剣山と中津峯を結ぶ分水界の一部を形する雲早山、高丸山、旭ヶ丸等1,000m級の連山がそびえ、南部は1,100m～400m級の連山によって形成されている。気象は温暖多雨で林木の育成に適している。昭和30年、高鉦村と福原村が合併、上勝町が誕生し、現在に至っている。人口は2,206人、



図一 位置図

森林面積は9,378ha、耕地面積は178haで、典型的な中山間地の村である。(図一) 参照

なお、この橋梁 (杉の木一号橋、通称神明葛又橋) は、県営中山間地域総合整備事業いっきゅう地区の字葛又において、2級河川竜ヶ谷川に新設するもので、既存の町道と町道の間を連結する、延長350mの農道計画の中で架設される。本事業は平成10年度に採択され、総事業費14億7千万円で、農道整備、農業用用水路、ほ場整備等の農業生産基盤整備の外、営農飲雑用水、農村公園、活性化施設等の農村生活環境基盤整備、さらには施設間連絡道整備等の交流基盤整備を実施している。

3. SW橋採用の経過

SW橋は、平成9年に、北海道大学の渡辺昇名誉教授と秋田大学の薄木征三教授によって開発された。本格車道木橋が、そのメンテナンスの負担問

*徳島県農林水産部耕地課 (Tel.0884-22-3111)
(兼 阿南農林事業所)

題で行き詰まる中で、この解決の決め手として工夫されたものである。平成11年度、徳島県徳島農林事務所では、杉の木一号橋（神明葛又橋）の設計に当たり、上勝町という中山間地域の自然環境に似つかわしい、景観に配慮した橋梁をと検討する中で、SW橋案が浮上した。折から徳島県では、県産材の活用、とりわけ公共工事での活用のキャンペーンを行っていたところであり、SW橋で地元の杉が利用でき、外観は木橋とほぼ同様で、美しい景観が確保できることから、大きく前進した訳である。

また、SW橋の利点として、主桁が杉の集成材を鋼材で挟んだ構造になっていることから、自重が軽く、しかも十分な強度を得ることができ、Uリブ鋼床版、集成材を用いた地覆、高欄がプレハブ式に組み立てること出来るため、コンクリート橋等に比べ、現場仮設が不要で、施工性が良く、品質管理も容易である点が挙げられる。さらに、上部が軽量であるため耐震的にも有利であるばかりでなく、下部工が小さくて済み、橋全体の建設費も他の橋梁に比べて基本的に安いのである。

このような利点に鑑み、地元上勝町産の杉材を用いた桁用のテストピースを作成し、平成11年10月に北海道大学開発科学実験所において、圧縮、引張、曲げ、せん断、ヤング係数等の設計諸元のデータ確認を行い、実施設計に踏み切ったのである。

4. 杉の木一号橋（神明葛又橋）の概要

この橋の基本構造は、車道幅員4.0m、橋長19.0m、主桁高1.2mの直橋で、上部工については、床版がUリブによる鋼床版、地覆は杉集成材に御影石を貼付（新方式）、高欄は角形鋼材に杉集成材を貼付（新方式）、支承はゴム支承、舗装はアスファルト舗装で、下部工については一般的な鉄筋コンクリートによる逆Tタイプのアバットメントである。また施工については、上部工・下部工とも、平成11年12月21日に工事発注し、平成12年5月に工事完了している。

5. 主桁の強度試験及び応力検討

主桁の材料となる、地元の上勝町産の杉集成材の強度特性を把握するため、テストピースを作成して、北海道大学開発科学実験所において、300t

まで加圧可能な試験機を用いて、桁用杉集成材の強度試験を行った。テストピースは3体で、その寸法は、200mm×300mm×1,000mmであった。（図-2）（写真-1）参照

試験の結果、次表に示す繊維方向の許容応力度がそれぞれ確認された。（表-1）参照

なお、主桁の応力検討については、自重による検討から、鋼床版重量によるもの、地覆・高欄・舗装重量によるもの、活荷重によるものと各段階で計算し、それらの合計と許容応力度との比較によって検討し、合格と判断された。ここでは参考までに、主桁の鋼床版を取り付けた場合の曲げ剛性の計算、及び主桁の各荷重段階での応力度の集計・検算について紹介しておきたい。（図-3）

（表-2）参照

6. 杉集成材の製作

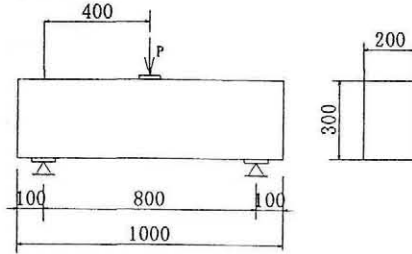
主桁、横桁、地覆等に使用する杉集成材に関しては、「構造用大断面集成材の日本農林規格」に準拠し、主桁の場合、ラミナー（挽き板）は、製材寸法で、225mm×38mm×4000mmであり、一次乾燥（含水率20%程度）後加圧注入による防腐処理（タナリスCuAzを使用）を行い、集成材工場に搬入後、2次乾燥（含水率15%程度）して、プレーナーにかけて、200mm×30mm×400mmに仕上げたうえ、フィンガージョイントにより縦継ぎを行い、接着剤（レゾルシノール）によって積層接着して、桁材（200mm×838mm×9449mm、合計8体）を完成させる。この際、チャンバー（製作反り量120mm）を付けると共に圧縮・硬化を図るため、クランプ作業を行う。次に、桁材の上下部にそれぞれ止め兼用縦リブを挿入するための溝加工（幅12mm、深さ210mm）等を行い、それぞれ2組づつ、はばはぎ接着をして集成材工場での作業を終えることになる。なお、主桁は現場において2体を連結することによって完成させるが、その方法は、添接鋼板を当てて、左右それぞれ10個づつのラグスクリューを打ち込み、固定する。（図-4）参照

7. 鋼材の取り付け

集成材の桁材は、鋼材メーカーの工場に搬入され、先ず主桁に逆T型の下鋼板を装着させるが、接着剤は、2液反応常温硬化型のエポキシ樹脂（オーシカダインTE-179W）を使用する事とした。

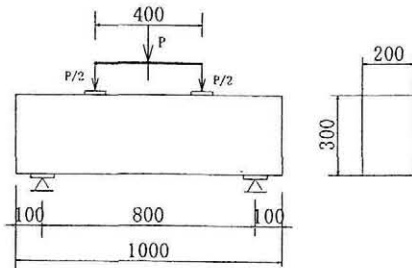
試験体 NO. 1

試験目的：ヤング係数、曲げ強度



試験体 NO. 2

試験目的：せん断強度



試験体 NO. 3

試験目的：圧縮強度

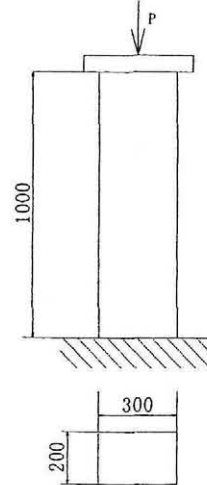


図-2 集成材テストピースの寸法

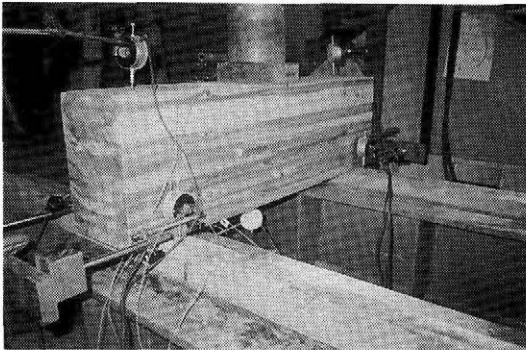


写真-1 集成材強度試験状況
(於：北大開発科学実験所)

(写真-2), (写真-3) 参照

なお、横桁については上下にT型及び逆T型の鋼板を装着させる。一方、鋼床版の製作については、デッキプレートの下にU型鋼(Uリブ)を320mmピッチで溶接すると共に、それに直角方向に2本のずれ止め兼用縦リブ(高さ440mm)を溶接す

表-1 杉材の許容応力度

繊維方向の許容応力度	
純圧縮	70 kg/cm ²
純引張	65 kg/cm ²
曲げ	95 kg/cm ²
せん断	9 kg/cm ²
ヤング係数	70000 kg/cm ²

る。なお、鋼床版は全体を6分割し、両端部は2650mm*5096mm(Bパネル)、中央部4部は3200*5096mm(Aパネル)とし架設現場にて溶接完成させる。(図-5), (写真-4) 参照

8. 端横桁、高欄、地覆その他

主桁の架設後に端横桁をその上から設置した。その際、主桁の直径25mm、長さ100mmの孔に、端横

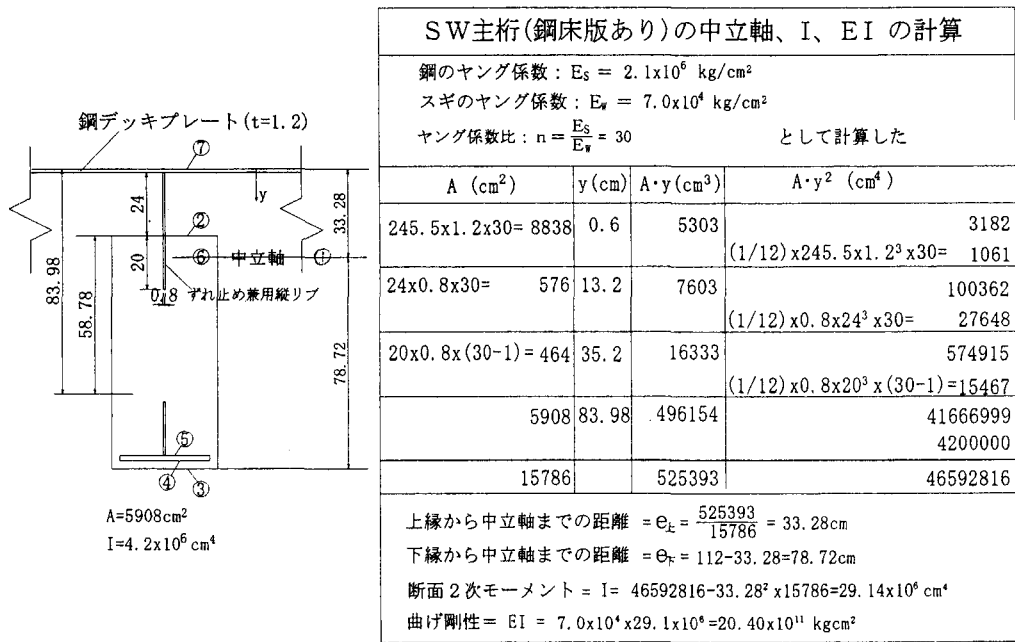


図-3 主桁(鋼床版あり)の曲げ剛性

表-2 各荷重段階での支間中央部の曲げ応力及び支点のせん断応力

集 計:	木応力度 (kg/cm ²)							鋼応力度 (kg/cm ²)	
	σ_{2w}	σ_{3w}	σ_{4w}	σ_{5w}	σ_{7w}	τ_1	τ_5	σ_{4s}	σ_{5s}
主桁自重によるSW主桁(鋼床版なし):	4	2	2	2		0.3	0.0	53	48
鋼床版重量によるSW主桁(鋼床版なし):	23	11	10	9		1.5	0.1	294	271
地覆・高欄・舗装によるSW主桁(鋼床版あり):	1	6	5	5	2	1.1	0.0	160	155
活荷重によるSW主桁(鋼床版あり):	3	27	26	25	11	6.2	0.1	771	750
合計	31	46	43	41	13	9.0	0.1	1278	1224
許容応力度 (kg/cm ²)	70	65	65	65	65	9	9	1400	1400

注) σ の添字番号は図-3の部位番号を示す。 τ は支点のせん断応力を示す。

桁の直径22mm, 長さ80mmの丸鋼を落とし込み方式で挿入し, 主桁と端横桁との接着面をエポキシ樹脂で接着した。(図-6) 参照

次に, 高欄についてであるが, 支柱及び横木の骨組みは, STKR400の鋼材による角パイプを用い, 被覆板として地元産の杉のラミナーを使用した。接着については, 従来ビス止めで行っていたものを, 初めての試みとしてエポキシ樹脂を用いることとした。なおこの高欄は, プレハブ式に工場で作成し, 現場において, 鋼床版にボルトによ

り連結する方法をとった。(図-7) 参照

地覆については, 当初ステンレスを考えていたが, 木製高欄や木製桁とのデザインバランスの観点から, 御影石(中国産)を使用することとした。しかしながら, 地覆全体を御影石にすると上部工の荷重を増嵩させることから, 最終的には地元杉の集成材の上に薄い(厚さ16mm)御影石をエポキシ樹脂で貼り付ける方法をとった。取り付けについては, 高欄の設置後に横からはめ込み, デッキプレートの上に貼り付けることとした。

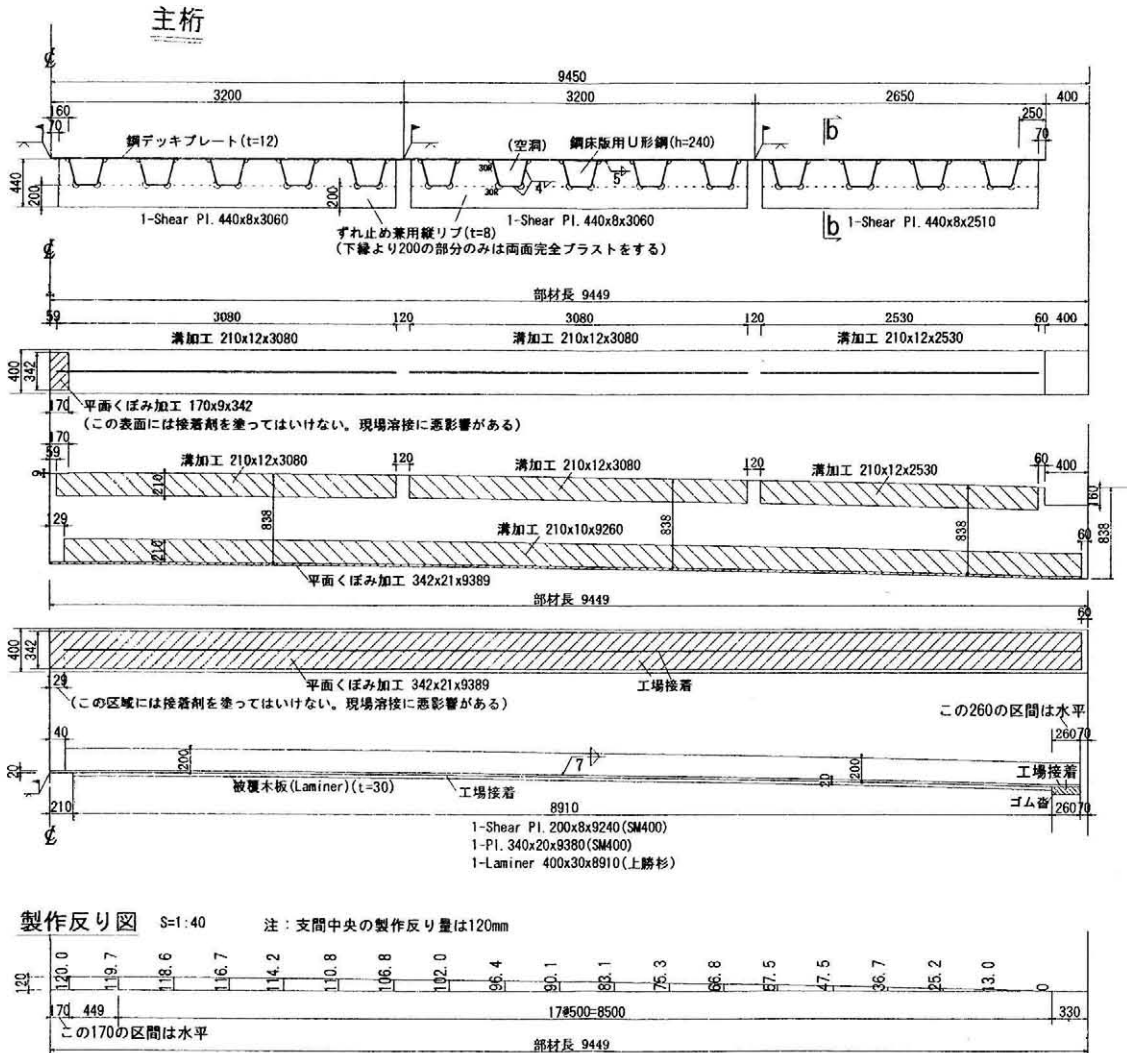


図-4 主桁の加工図

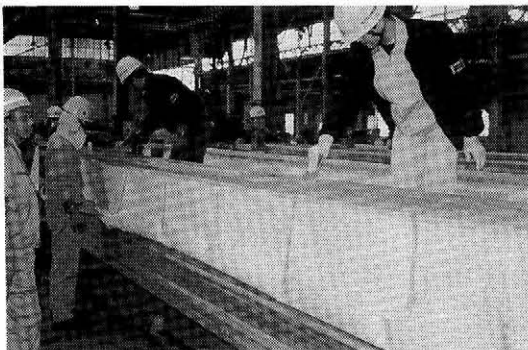


写真-2 主桁への下鋼板の装着 (エポキシ樹脂の糊付け)

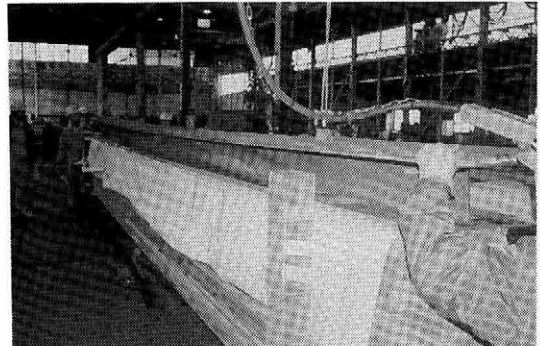


写真-3 主桁への下鋼板の装着

鋼床版 (Aパネル)

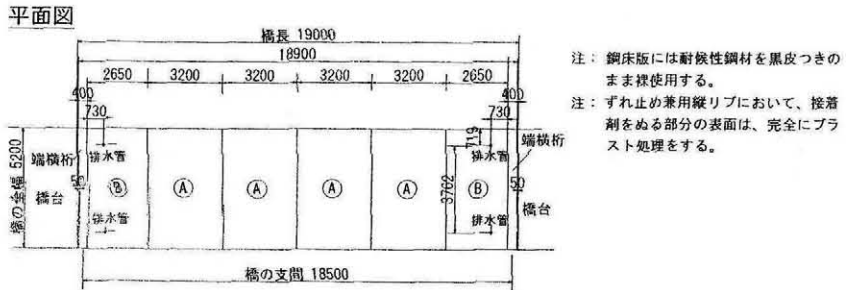
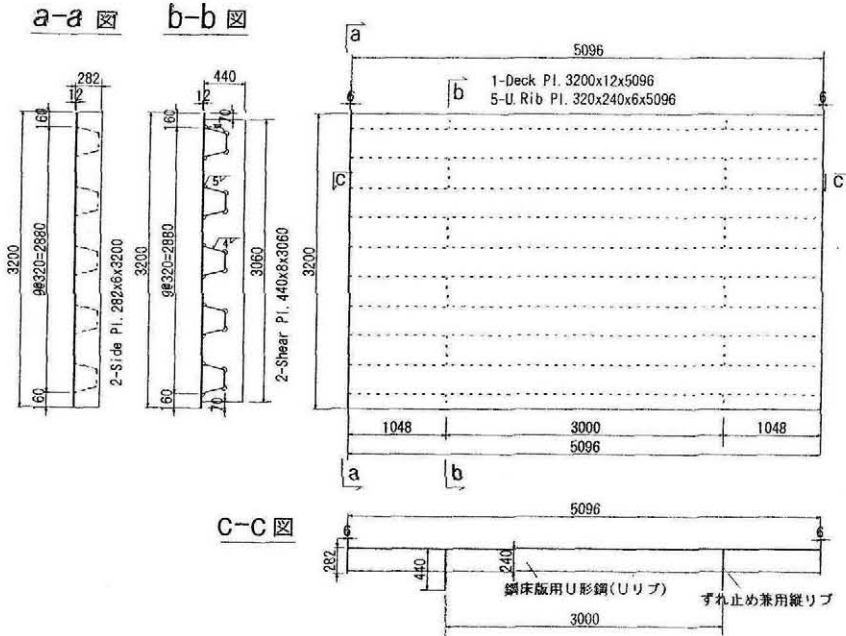


図-5 鋼床版構造図

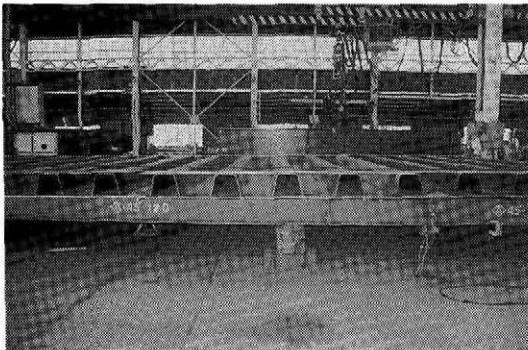


写真-4 鋼床版の製作状況

端横桁横断面

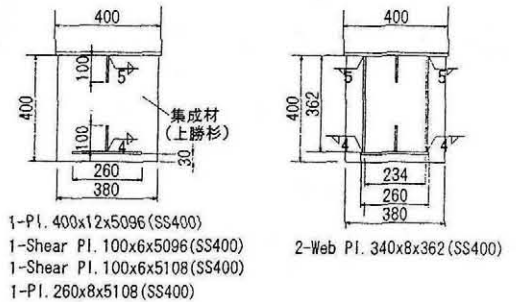
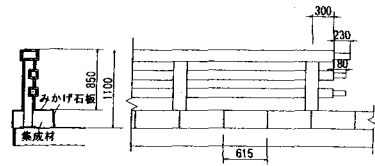
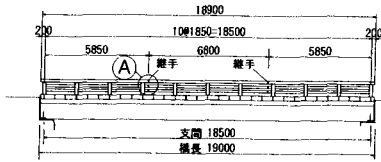


図-6 端横桁横断面

側面図



(A) 部詳細図

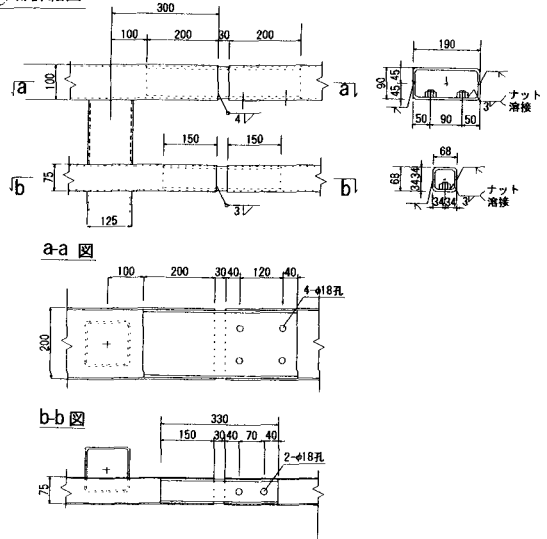
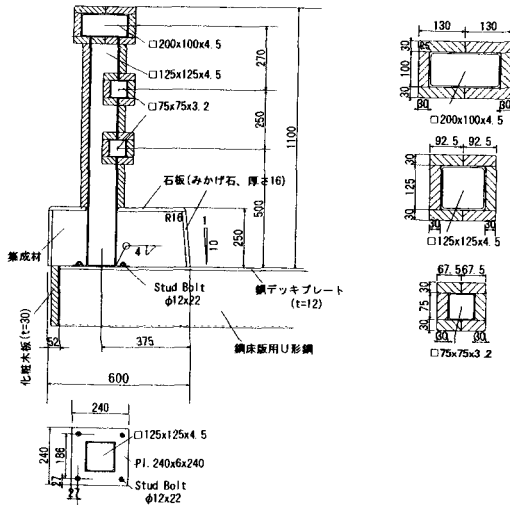


図-7 車両用木製高欄構造図

この外、路面の排水処理のため、次図のような排水柵及び排水蓋からなる排水装置を4ヶ所に設置している。(図-8) 参照

また、伸縮装置については、プロフジョイント N II型-20用(改)を採用し、次図のような構造になっている。(図-9) 参照

なお、橋面の縦断勾配は、1.0%で、横断勾配は1.5%である。舗装についてはアスファルト舗装で、舗装厚は80mmである。(写真-5) 参照

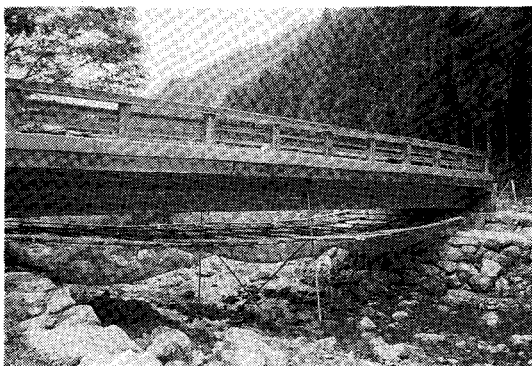


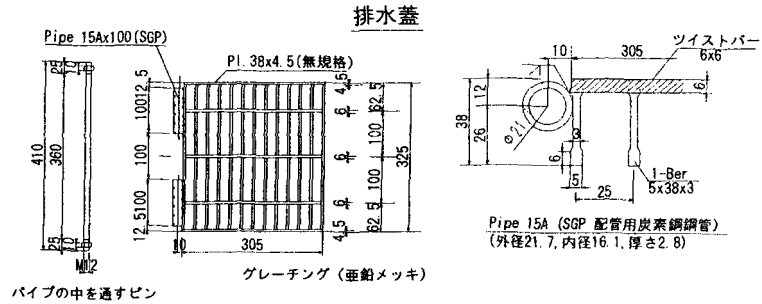
写真-5 杉の木一号橋の完成写真

9. まとめ

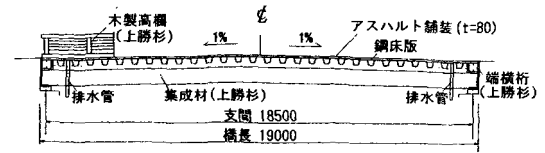
本SW橋の設計から施工の全般にわたり、開発者である北海道大学名誉教授の渡辺昇氏に、ご指導いただいた訳であるが、本橋梁には、永年にわたり渡辺氏が続けてこられた橋梁技術研究の成果が、正に集大成されていると言っても過言ではない。中でも特徴的なのは接着技術である。エポキシ樹脂により、木と木はもとより、木と鉄、鉄と鉄、鉄とゴムとの間を強力に接着させて、土木構造物としての機能を果たすという点は、正に先駆的だと考えている。また、上部工における鋼床版の取り付け工法、あるいは高欄や地覆の取り付け工法が、仮設等を必要としない完全なプレハブ式に成っている点も実に合理的な架設設計に成っている。さらに、地元産の杉材を集成材にして、本格的な土木構造物として活用する道付けを行ったという点は、間伐材利用による地元の林業活性化に寄与するものであり、中山間地域総合整備事業の趣旨そのものに合致すると思っている。

本SW橋は橋長僅か19mの小さな農道橋に過ぎないが、この架設の意味するところは、橋梁技術

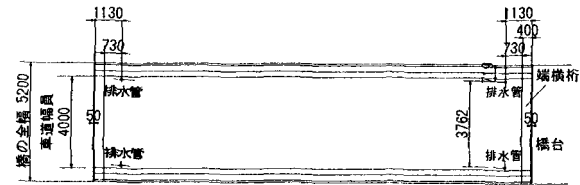
排水装置



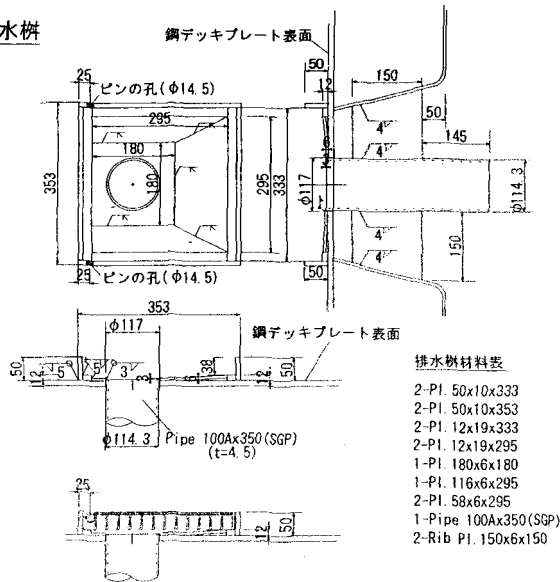
縦断面図



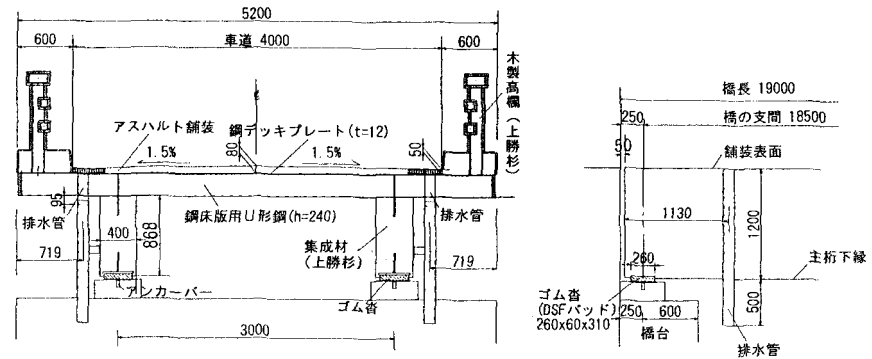
平面図



排水柵

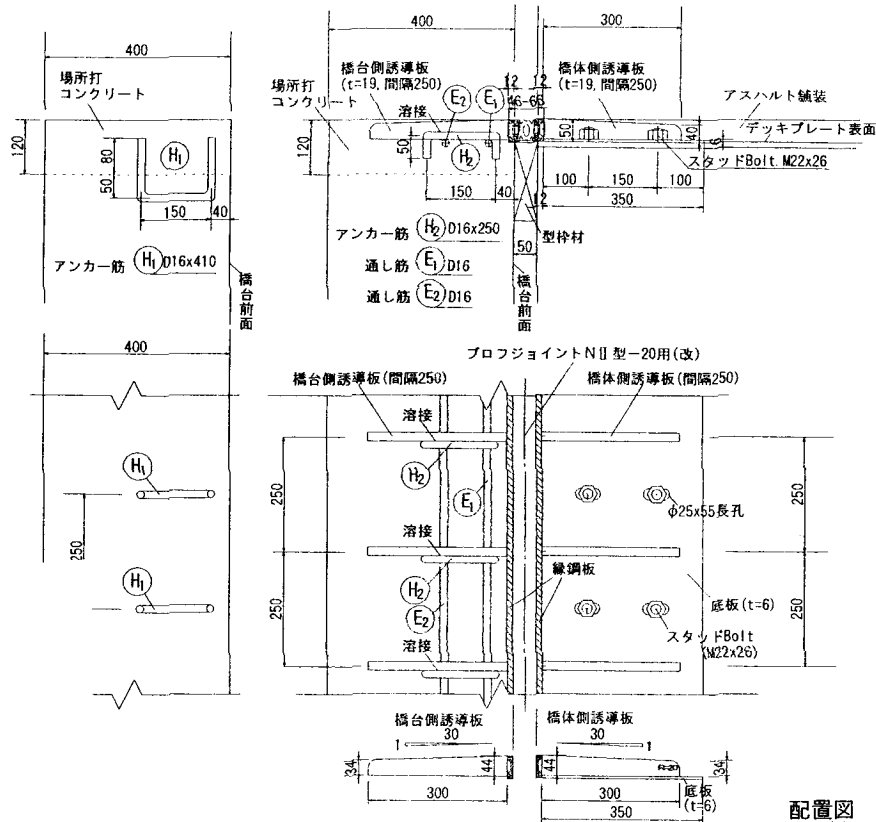


横断面図

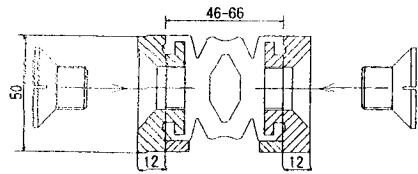


図一 8 排水装置の構造

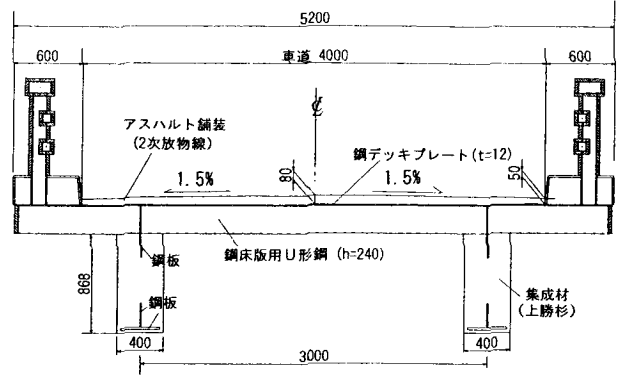
伸縮装置



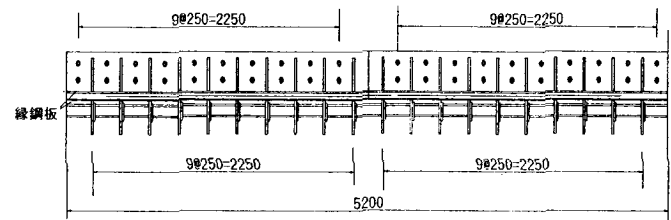
プロフジョイントNII型-20用(改)



横断面図

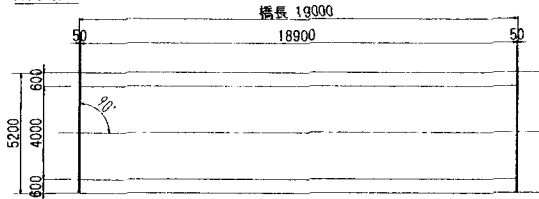


平面図



注：縁鋼板は、1.5%の横断勾配に高さを合わせて2次放物線で工場製作する

配置図



図一 伸縮装置の構造

史上画期的なものであると言えよう。ただ単に、従来の車道木橋の改善であるに留まらず、現代橋梁の主流である鉄橋やコンクリート橋に優るとも劣らない技術特性、とりわけ環境技術特性を有しており、将来の橋梁架設の主流に成りうる可能性さえ秘めていると言っても過言ではない。

このような、先駆的な橋梁の実橋架設を世界に

先駆けて決断させていただく機会を得て、本当に光栄に思っている。本橋の設計・施工の全般にわたりご指導いただき、また本稿の資料提供をいただいた渡辺昇先生はもとより、工事の積算や施工管理に当たった徳島農林事務所耕地第2課の担当諸君、また、事業推進に御協力いただいた地元の上勝町や関係者の皆様に対し深く謝意を表したい。

住宅近接地における河川改修工事の事例と新たな試み

川 口 透*
(Tohru KAWAGUCHI)

高 島 攻 治*
(Kohji TAKASHIMA)

稲 田 浩 一**
(Kohichi INADA)

目 次

1. はじめに	21
2. 住宅近接地の施工について	22
3. 宅地等が沈下した要因と講じた対策	24

4. 採用した対策工法	26
5. 考察及び平成11年度改善策	26
6. おわりに	29

1. はじめに

本工事は、国営かんがい排水事業阿賀野川右岸地区の一環として行われた一級河川駒林川の改修工事の事例である（写真-1）。

阿賀野川右岸地区の受益は、新潟県を流下する2大河川の一つ阿賀野川が日本海へ注ぐ最下流部に位置し、翼を拡げると1.8mにもなるガンの仲間で天然記念物の大ヒシクイが冬を越し、北限のオニバスなどの水生植物の宝庫で国際的に名高く、学術面でも貴重な県内最大の「潟湖」である福島潟を中心に広がる1万1千ヘクタール余りの低平

な田園地帯である。

この豊かな自然に恵まれた福島潟は地区の最低位部に位置し、東方の五頭山系から大小13本の河川が流入しており、豪雨時は洪水調整池の役割も果たしている。

今回改修工事を行った一級河川駒林川は、福島潟から流れる唯一の排水河川新井郷川の支流であり、かつて低湿で水郷地帯を呈したこの地域の排水河川として、また周辺ほ場への用水供給に、更に収穫した米を川船に載せて新井郷川を下り、新潟市まで運搬するなど物資の搬路として重要な役割を果たしていた。



写真-1 新井郷川との合流点から改修された駒林川上流部（沿線に集落が発達している）

*北陸農政局阿賀野川右岸農業水利事業所（Tel. 025-388-2761）

**北陸農政局信濃川水系土地改良調査管理事務所

このことにより、古くから駒林川は最下流の新井郷川との合流点から上流の北蒲原郡水原町まで河川に沿って集落が発達しており、平成9年度から着手した改修工事では住宅近接工事を余儀なくされ、厳しい制約条件への対処が求められた。

本報告では、平成10年度に実施した住宅近接区域での対策工法について紹介し、問題点を整理するとともに、後半では、駒林川改修工事に関して私達が新たな視点で取り組んだ施策のあらましについて述べることにする。

瀉湖……太古は海で沖積平野の形成過程で内陸部にとり残された湖

工事の概要

工事名 北陸農政局阿賀野川右岸農業水利事業
駒林川改修その8工事(図-1)

護岸型式 鋼矢板+大型積みブロック護岸

延長 220.4m

市道橋 1.0橋

計画排水量 40.7m³/s

主な仮設工事

河川内仮設構台(資材の搬入、重機足場、流水の仮廻し水路)

土留鋼矢板(背後地の宅地と住宅の保全)

2. 住宅近接地の施工について

(1) 昭和41年、42年と連続してこの地方を襲った大水害(羽越水害)を契機に、駒林川は一級河

川に指定された。

河川法第20条に基づき改修工事を実施するにあたり、鋼矢板護岸の壁高(低水護岸高)を1回/1年水位である2.3mと主張したが、景観や耐久性、人が落下したときの安全性を主張する河川管理者と調整した結果、鋼矢板護岸の高さは根止め程度の1mに低く押さえざるを得なくなった。

(2) 工事区域は極めて地盤が軟弱であることに加え住宅に近接している。

(3) 現況で管理堤防脇を市道が兼ねている所もあるが、地域の生活道路として利用されており工事用道路に利用できない。

以上の制約から本工事の特徴を述べると、

1) 住宅近接地では工事用地の制約で堤内地に仮設道路が築造出来ないため、河川内に作業構台が必要となる。

また、低水護岸高が河川協議で常時排水位以下に押さえられたため、護岸鋼矢板打設や笠コンクリートの施工に仮締切工が必要である。このことから、仮締切矢板が基礎杭を兼ね河川中央部に水を流す仮設構台方式(図-2)の施工とする。

2) 仮締切内で行う大型積ブロック工の基礎地盤を強化すると共にブロック荷重分散のための砕石置換工を実施している。

この置換工も含め掘削高が計画河床までとなり、そのための掘削で背面地盤が緩み、宅地や

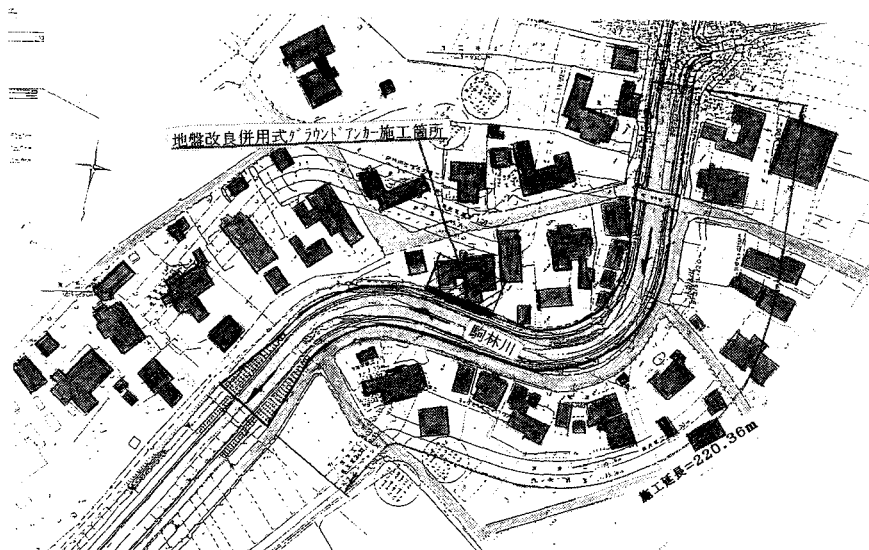


図-1 駒林川改修その8工事平面図

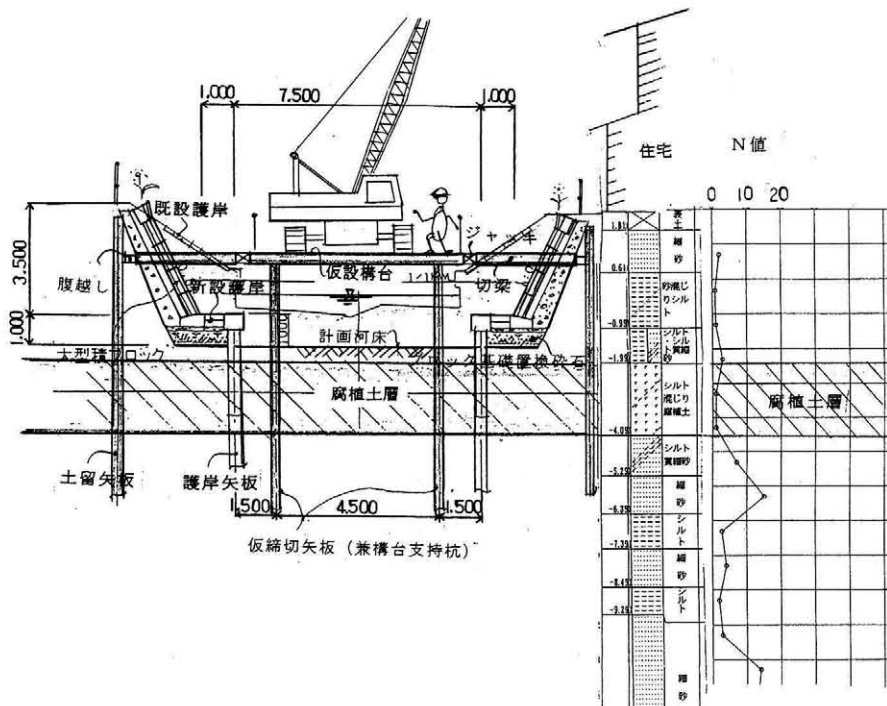


図-2 河川内仮設構台

住居に被害（沈下，側方移動）が生ずる恐れがある。

このことから，大型積ブロック背面に土留鋼矢板を打設し腹越し切梁工法で仮設構台と緊結する工法とした。

本工事における一連の作業を以下に示す。

始



- ①仮設足場（仮設道路，仮締切兼重機足場，仮廻し水路の為の）鋼矢板打設
- ②胴梁・横桁の設置，覆工板設置（流水切替）
- ③宅地境界に土留鋼矢板打設（旧護岸鋼矢板の転用）
- ④護岸工に支障となる既設矢板の引抜（場合によっては存置）
- ⑤腹越し取付けのため一次掘削，腹越し・切梁取付け
- ⑥笠コン，ブロック施工のため河川断面（側面）掘削
- ⑦護岸鋼矢板の打設
- ⑧笠コンクリート打設，ブロック基礎梯子胴木施工，ブロック基礎コンクリート打設
- ⑨小段コンクリート打設，積みブロック施工2段，

腹越し・切梁取外し，積みブロック3～5段施工（仕上がり高さ）

- ⑩河床掘削，覆工板撤去，横桁・胴梁撤去，締切矢板撤去

- ⑪管理堤防整備（路面敷砂利，手すり，天端整形）



完成

工事区域は，計画河床下にN値0～2程度の分厚い腐植土層（層厚2.1m）が見られる極めて軟弱な地盤であることから，綿密な工事計画により慎重な施工を行った（写真-2）。



写真-2 住宅近接地の作業状況（仮設構台上から旧護岸の取り壊し）

①②と順調に作業を進めたものの③④⑤の段階で矢板背面宅地の地盤沈下や、亀裂、段差の発生と周辺家屋の基礎やブロック塀にクラックが生じた。このため早急な原因究明と緊急な対策が必要となった。

3. 宅地が沈下した要因と講じた対策

3-1 想定される要因

以上述べた被害については次のことが考えられる。

(1) 土留矢板の打込

近接する宅地や住宅を保全するため打込んだ土留鋼矢板が土砂を引込んだため空隙が生じ、矢板背面宅地の地盤沈下が生じた。

(2) 腹越し・切梁設置のための一次掘削など

仮設構台の安定と土留鋼矢板の補強のため構台と土留鋼矢板を切梁で緊結している。この腹越しを取付けるため土留鋼矢板前面を掘削することで受動土圧が減少し、初期移動や沈下が生じ、更に切梁取付後も締切内掘削で土留鋼矢板が孕んで背面の宅地が沈下した。

(3) 粘性土の圧密

周辺住民の話により、地盤が弱く今でも駒林川に向かって土地が引っ張られ沈下が継続していることが判明した。今回の改修工事で河床を掘下げて断面拡幅していることから、周辺宅地の地下水が低下し、粘性土の圧密を助長したと想定された。

(4) 重機の振動・腐植土層の影響

構台上の重機の振動が切梁を通過して土留鋼矢板に直接伝わる。この震動により軟弱で収縮性が強い腐植土層が揺すられ圧密沈下した。また、受動側の腐植土層が緩み地盤強度を低下させ主動、受動のバランスが保てなくなり、背面宅地に亀裂や段差が生じた要因となった。

(5) 切梁段取替の影響

本設護岸矢板の打設時に切梁が支障となって取外すことから、一時的に切梁間隔が倍となる。この時土留鋼矢板が自立状態となって撓みが大きくなり、背面の地盤が沈下した。

以上述べた要因で宅地の沈下、亀裂、段差の発生と周辺家屋の基礎やブロック塀にクラックが生じたものと想定された。

3-2 講じた対策

(1) 地下水低下による粘性土の圧密に伴う背後地盤の沈下について

住宅近接地域は地下水位が高く、土留鋼矢板の継手から漏水が見られた。このため地下水位低下による圧密沈下を防ぐため、鋼矢板用膨潤止水材を塗布した後に打込んだ。

(2) 構台上の重機の振動対策について

構台と土留鋼矢板は切梁で連結されており、重機の振動は土留鋼矢板に直接伝わる。このため、覆鋼板上に緩衝材(ゴム板 $t=10\text{mm}$ 程度)を敷き重機作業に伴う振動の軽減を図った。

直接的な効果は希薄であったが、覆鋼板と重機履帯の接触による騒音の軽減に十分効果が認められた。

(3) 切梁段取替による影響等について

本設護岸矢板圧入時には切梁を取外すため、一時的に切梁間隔が倍となって土留鋼矢板の撓みが大きくなる。このことから、護岸矢板圧入後速やかに切梁を復旧した。

また、大型積みブロックを2段積んだ状態で腹越し・切梁を取り外すこととなるが、土留鋼矢板の受動土圧がとれるようブロック背面の碎石の転圧を十分行う等施工管理に留意した。

(4) 大型積ブロックの沈下について

平成9年度工事では、大型積みブロックの荷重は、調査ボーリング資料から基礎を置換(砂)し荷重分散させることで対応出来る計画としていた。

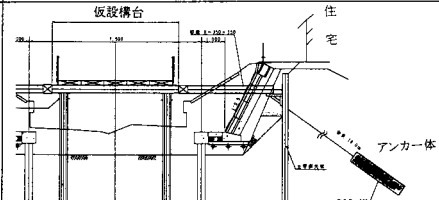
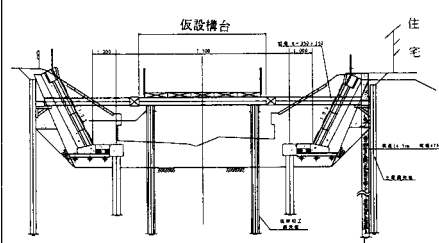
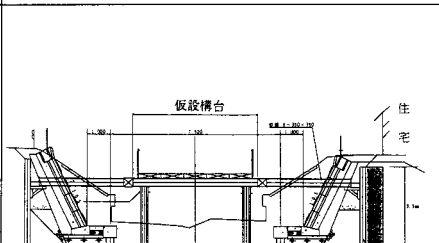
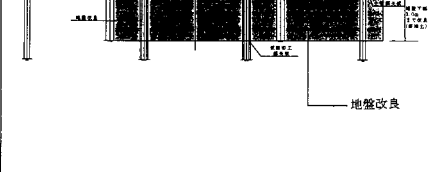
しかし、河床下の軟弱層の圧密によりブロックが沈下した反省から、本工事では、ブロックの支持力強化として基礎杭(末口 180mm $\ell=4.5\text{m}$)を打込んだ。

(5) 護岸の動態観測

工事実施に際し、工事区域内の8カ所に $\phi 47\text{mm}$ のアルミ管($\ell=20\text{m}$)を埋込み、工事の各段階で孔内傾斜計による地盤の動態観測を行い、当該工事や今後も続く住宅近接工事の参考とした。

以上の諸対策を講じて慎重に工事を進めたものの、特に図-1に示す区間では、腹越し取付けのための一次掘削で既に地盤沈下や亀裂等急激な宅地の変状が生じた。特に軒先での工事で隣接家屋に甚大な被害を与える恐れがあることから、緊急な対策が必要となった。

表一 住宅近接地緊急対策工法比較検討表

対策工法	略 図	長 所	短 所	概算工事費	周辺への影響	施工性	経済性	判定
地盤改良 ケラウト アンカー工法		<ul style="list-style-type: none"> ・軟弱地盤でも十分なアンカー力が期待できる。 ・機械が小型で仮設工が容易である。 	<ul style="list-style-type: none"> ・従来のアンカー工法に比べ工事費が割高となる。 ・縮付力が大きいと背面宅地に悪影響を及ぼす場合がある。 	材料費 1式 200千円 削孔費 18m × 25千円 = 450千円 組立て加工・挿入費 200千円 地盤改良 800千円 緊張定着工 100千円 計 1,750千円 20m 当り 16本 × 1,750千円 = 28,000千円	◎	◎	○	採用
鋼管杭柱 列壁工法		<ul style="list-style-type: none"> ・鋼矢板に比べ剛性に優れている。 	<ul style="list-style-type: none"> ・民家が近接し杭掘削が困難である。 ・機械が大型となり搬入が困難。 ・地盤が軟弱で杭が自沈する懸念がある。 ・工事費が高価となる。 ・スペースが狭く施工困難。 	掘削費 14.5m × 16千円 = 232千円 材料・搬入費 1式 ≈ 942千円 計 1,174千円 20m 当り 40本 × 1,174千円 = 46,960千円	△	×	×	-
地盤改良 工法 (二重管式)		<ul style="list-style-type: none"> ・排土しながら改良するので周辺地盤に与える影響が少ない。 ・機械が小さく狭い場所でも施工が可能。 	<ul style="list-style-type: none"> ・単管式より施工費が高い。 ・排土が産廃となり処理費が高くなる。 ・施工中地盤強度が低下し近接構造物に悪影響を与えることがある。 	改良面積 11.5 × 3.0m + 0.5 × 3.5m = 36.3 m ² 改良延長 36.3 m ² × 20m = 726m ³ 改良費 726 × 70千円 = 50,820千円 (削孔費, 材料費, 泥水処理費等含) 仮設費 = 1,000千円 20m 当り 1式 51,820千円	△	○	×	-
地盤改良 工法 (単管式)		<ul style="list-style-type: none"> ・二重管工法より工事費が安い。 ・機械が小さく狭い場所でも施工が可能。 ・仮設が簡易である。 	<ul style="list-style-type: none"> ・排土をしないので周辺に影響を及ぼす。 ・民家に近接している場所では施工が困難。 ・護岸矢板へ影響が出る恐れがある。 	改良面積 11.5 × 3.0m + 0.5 × 3.5m = 36.3 m ² 改良延長 36.3 m ² × 20m = 726m ³ 改良費 726 × 35千円 = 25,410千円 (削孔費, 材料費等含) 仮設費 = 1,000千円 20m 当り 1式 26,410千円	×	○	○	-

4. 採用した対策工法

表一1は、住宅近接地における緊急対策工法を比較検討したものであるが、背面の宅地と住宅に被害が及ばないように緊急性を加味し、①現場制約条件、②工期、③経済性等から検討した上で、地盤改良併用式グラウンドアンカー工法により土留鋼矢板を締付け固定する工法で宅地を保全することとした。

通常のアースアンカー工法は、PC鋼棒または鋼線によるアンカー体を地山に挿入定着し、地山とアンカー体の摩擦力と剪断力により腹越しなどにかかる側圧に抵抗するものである。採用した工法は、アンカーを定着することが難しい軟弱地盤においてグラウトにより地盤改良体を造成し、アンカー幹体と一体化することにより大きな耐力が得られ、また従来のアンカーの4～5倍程度のアンカー体径となることからアンカー長を短くすることができ、用地の制約の面からも優れ、軟弱地盤では経済的な工法となる。

アンカーの1本当たりの耐力や設置間隔は切梁に取り付けた土圧計を参考とし、設置後に適性試験(引張試験)を行い、アンカーが設計荷重(20.0t/本, 22.70t/本)に対して十分安全であることを確認している。

表一2及び図一3は、アンカー使用及び数量、アンカー工平面図及び断面図をそれぞれ示したものである。

また、図一4及び写真一3に本工法の作業フロー図、工事の着工前と竣工時の比較写真をそれぞれ示す。

5. 考察及び平成11年度改善策

(1) 考察

本工法の決定にあたり、①N値10以下の軟弱地盤にはたしてアンカーが定着するだろうか、②グ

ラウトにより地盤が膨れて住宅に悪影響が及ばないか、③アンカー緊張時に改良体が抜ける恐れはないか等の一抔の不安を抱きながら採用に踏み切ったところである。

実施に際しては、地盤改良体とアンカー幹体を一体化することで高耐力を得るとともに、アンカー長も短くなりスムーズに工事を進めることが出来た。用地の制約がある場合では、アンカー長が短いことから特に有効な工法となる。また施工後の護岸等の変位を測定するため、各地層毎に孔内傾斜計で逐次挙動観測を実施している。その後の継続観測でも、本工法を採用した箇所では宅地等に何一つ変状を来していないことを報告する。

今後の課題として、このような現場条件では、緊急性から住居下にアンカーを挿入することはやむを得なかったと判断するものの、地権者の工事実施に対する理解と事業主体に対する全幅の信頼と協力がなければ不可能である。従って今回採用した工法は、宅地や住宅にこれ以上の被害を与えないための窮余の方策と筆者らは位置づけている。

(2) 平成11年度工事での改善策

①土留鋼矢板の受動土圧が大きくとれるよう切梁設置高さをブロック一段分(約1m)上げた。

このことで腹越し・切梁を取付けるための一次掘削が浅く済み、受動土圧の減少を押しさえ、土留鋼矢板の撓みも軽減された。

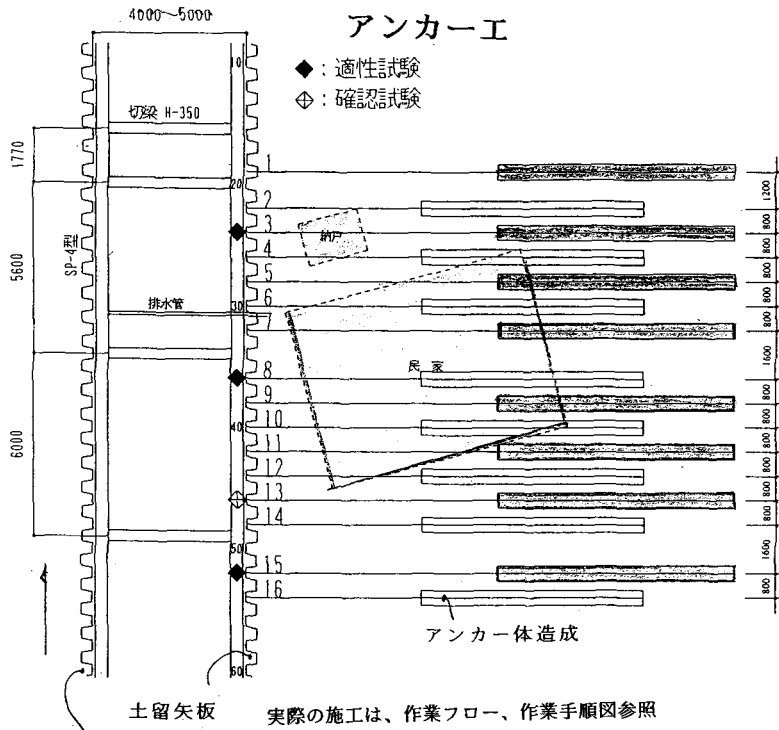
また、切梁取外し時も従来よりブロックが一段高く積み上がっていることから、受動土圧が確保され、土留鋼矢板の変位を抑制できた。

②また、護岸鋼矢板圧入時に一時的に切梁を取り外すことで切梁間隔が倍になることに対しては、切梁と切梁の中間に更に切梁を入れ、段取替えでも設計切梁間隔を保って連続的に工事が出来るよう工夫をし、安全性の確保と工程の進捗を図っている。

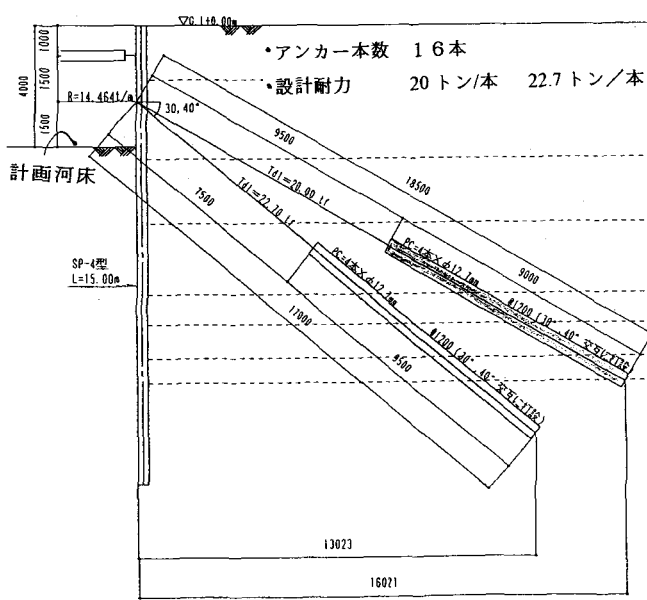
表一2 アンカー仕様及び数量

	削孔径 mm	自由長 m	定着長 m	全長 m	設計荷重 t	PC鋼より線 本	角度 度	アソカ間隔 m	本数
上段	135	9.5	9.0	18.5	20.0	4	30	1.6	8
下段	135	7.5	9.5	17.0	22.7	4	40	1.6	8

※適性試験荷重は設計荷重の150%



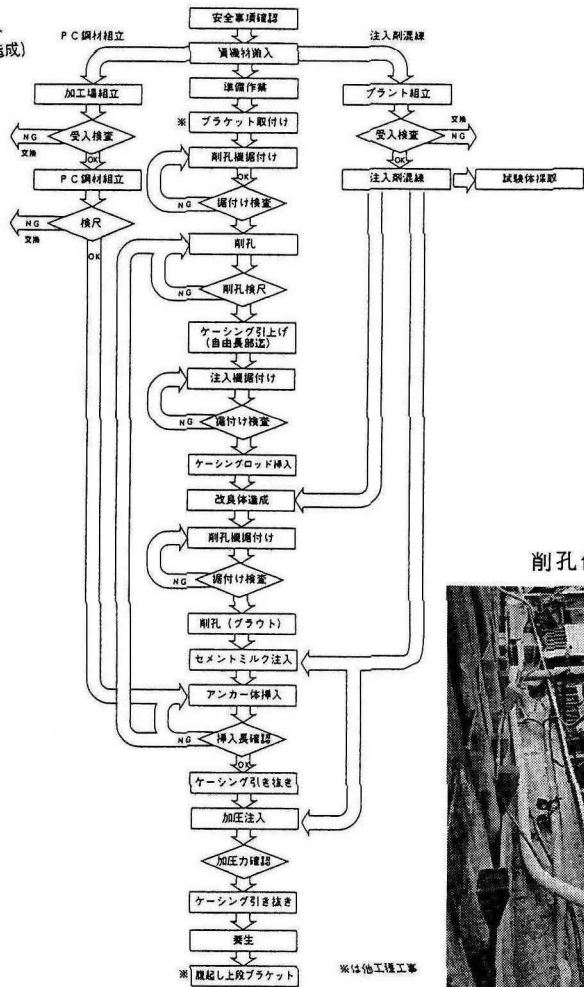
仮締切矢板（構台支持杭）



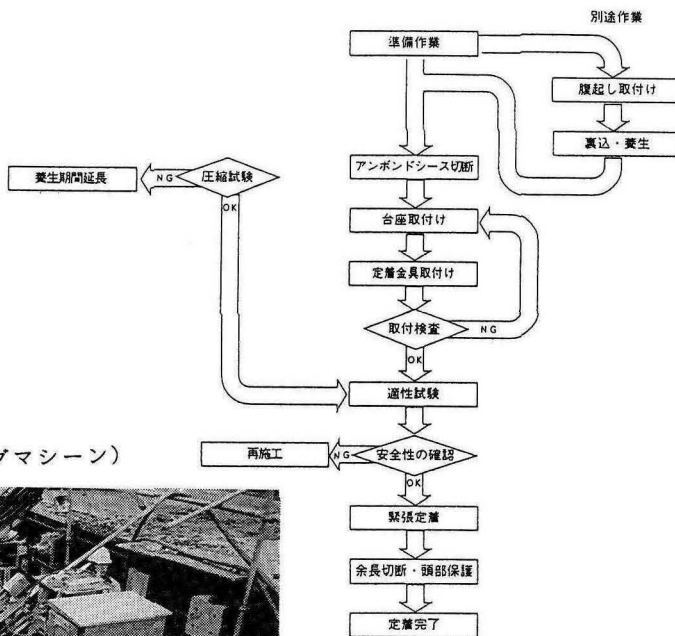
土質	N	C (t/m^2)	ϕ (deg)	γ (t/m^3)
砂質土 (-1800)	2	0.00	20.0	1.70
粘性土 (-4400)	1	1.35	0.0	1.60
粘性土 (-5500)	1	2.00	0.0	1.10
砂質土 (-8800)	1	0.00	25.0	1.70
粘性土 (-9800)	3	2.75	0.0	1.60
砂質土 (-10900)	4	0.00	25.0	1.70
粘性土 (-11700)	2	2.75	0.0	1.60
砂質土 (-15700)	10	0.00	25.0	1.70

図-3 アンカー工平面・断面図

1) フローチャート (アンカー一体造成)



2) フローチャート (緊張定着工)



削孔作業 (ボーリングマシン)

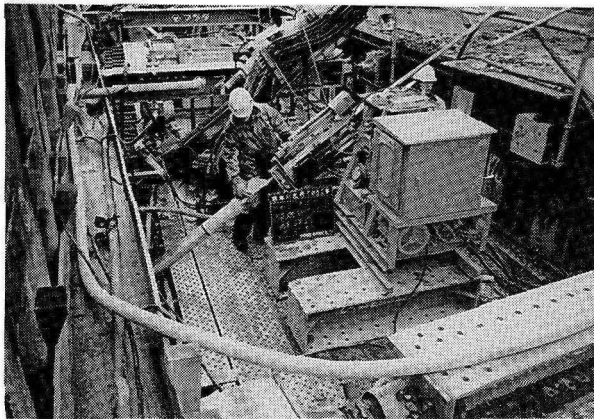
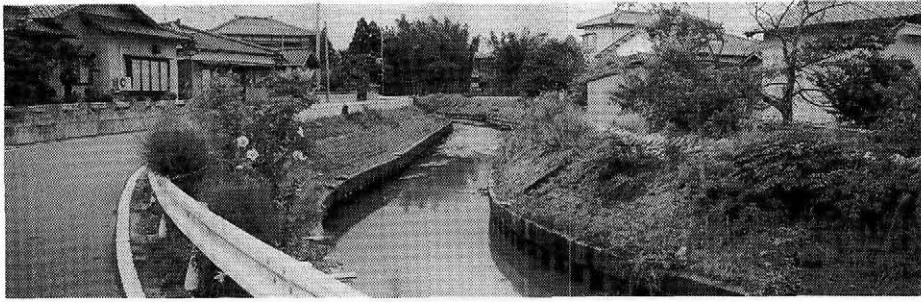
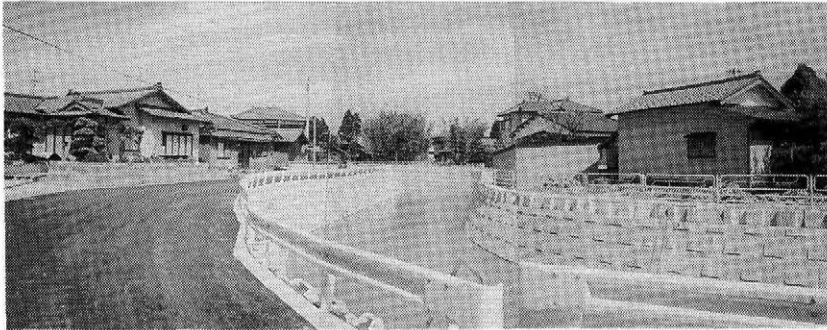


図-4 作業フロー



工事着手前 (N017+50付近から始点方向を望む)



竣工 (N017+50付近から始点方向を望む)

写真-3 工事着手前と竣工

6. おわりに

これまで、駒林川の改修工事の内、住宅近接地での取組みについて述べた。

ここでは視点を変え、当地区で今進めている一層の事業推進に向けた新たな取組みを要約して報告する。

(1) ゼロエミッションに向けた建設廃材の再利用について

駒林川の改修は再整備工事であり、施工に伴い大量の護岸鋼矢板や護岸ブロックそれに旧樋管等の撤去材が建設廃材として発生する。

私達はこれを資源としてとらえ、発生鋼矢板は河川管理者との協議で積極的に再利用を図ることとしており、極めて軟弱地盤のこの地域で宅地の保全のための土留矢板や堤防斜面安定のための抑止杭として活用している。

また、既設の張ブロックについては丁寧に取り外し、改修護岸の法面ブロックや小段部の浸食防止に再利用している。(写真-1で張ブロックの色の濃い箇所は既設張りブロックを再利用した箇所)

平成11年度には、駒林川改修工事から発生する

大量の建設廃材、すなわち護岸笠コンクリートや旧樋管等の撤去材を現場内で再生処理した。

これは、唯一住宅近接地から外れた駒林川改修その11工事区域内にリサイクルヤードを設けて自走式破砕機で処理したもので、当該工区及び隣接工区から発生するコンクリートガラから約800の再生砕石(RC-40)を生産し、大型連節ブロックの裏込材に活用した。

この試みは農林水産省では初の「建設リサイクル推進モデル工事」に認定され、注目を集めた。(写真-4 参照)



写真-4 自走式破砕機にガラを投入しRC-40を生産している作業状況

(2) 親しまれる駒林川へ、地域住民の環境保全意識高揚を図るとりくみ

駒林川は新井郷川に注いでいる。この地域で全ての排水を受ける新井郷川は、豊栄市内を流下し、新潟市名目所の新井郷川排水機場で24時間休むことなく日本海に汲み上げられている。近年河川にゴミが捨てられ、排水機場では年間3,000万円もかかるゴミ処理に苦慮し、特に洪水時にはポンプ運転の支障となる恐れが出てきた。

このことから、私達は地元豊栄市、土地改良区、沿線自治会等の協力の下、毎年度駒林川の工事竣工の都度、大型積ブロック上段を花ポットに見立て、芝桜、バーベナ、松葉菊などを植え込むイベントを企画してきている。このような活動で地域住民が駒林川に親しみを持ち、河川環境を考える中から農村環境保全の意識が深まることを願っている。

(3) 地域住民に対するアカウントビリティの取組み

また、当地区の要である新井郷川排水機場がこの地域の発展に果たしてきた役割を通して農業・農村整備のあり方や農村環境保全の大切さを訴えるパンフレット「私達と新井郷川排水機場」を作成して駒林川沿線の各自治会に配布説明し、本地区の事業概要や排水施設への理解を求めている。

平成11年9月に発刊したこのパンフレットは、豊栄市他受益7市町村の小学校児童が地域の生い立ちを学ぶ副読本として用いられ、教育の分野でも注目されている。また、本年1月に日本農業新聞にも取り上げられた。簡潔な問答形式が評判を呼び県内外から問い合わせが寄せられている。

冒頭述べた豊栄市の東に位置する福島潟は、年間を通じ230種の鳥類が生息し、我が国初の環境庁一級鳥類観測ステーションが設置されたところである。最近では遙かカムチャッカから飛来するガンの仲間でも冬一番の人気者大ヒシクイの越冬地として内外共に知られ、また、「21世紀に残したい日本の自然百選」に認定される程の豊かな環境は豊栄市民の誇りであり、心を和ませる憩いの場となっている。

この福島潟の自然を守るため、毎年4月に行わ



写真—5 福島潟クリーン作戦に参加する事業所職員（承水路堤での作業）

れる環境保全推進協議会主催のクリーン作戦（写真—5）には事業所も参加し、環境保全の大切さや当地区の概要、とりわけ地域の排水を全て受持つ新井郷川排水機場の大切な役割を多くのボランティアの前で説明するなどの主体的な取り組みを行っている。

また、地域の農業祭等にも積極的に参加し、専用ブースで当地区事業の説明と広報活動を展開している。

以上、事業推進に際し新世紀に向けて持続可能な社会建設への取組や、農業者以外の地域住民へ理解を求めの方策等を探りつつ、駒林川の改修工事では厳しい現場条件に対処してきた。

駒林川は既に計画改修路線（施工延長約9km）の内、平成11年度までに約5割の進捗を見ている。これからも住宅近接地という制約の中で用水取水堰や補給揚水機場の改修等難工事を抱えている。また、非出水期に工事の完成が求められる工期の制約等と、特にコスト縮減や地球環境の保全にも配慮しながら、最も基本となる計画河川断面のあり方や経済的、効率的な仮設工事の実施と施工計画をも含めた総合的な検討に取組まなければならない。

該当の駒林川は一級河川のため、工事の実施に際し逐一河川協議をクリアーすることが必要であり、所内で英知を集め今までの問題点を整理分析し、検討作業を進めているところである。

中央幹線排水路下条川サイホン工事における 建設汚泥リサイクルプラントによる再資源利用について

中 村 大 祐*
(Daisuke NAKAMURA)

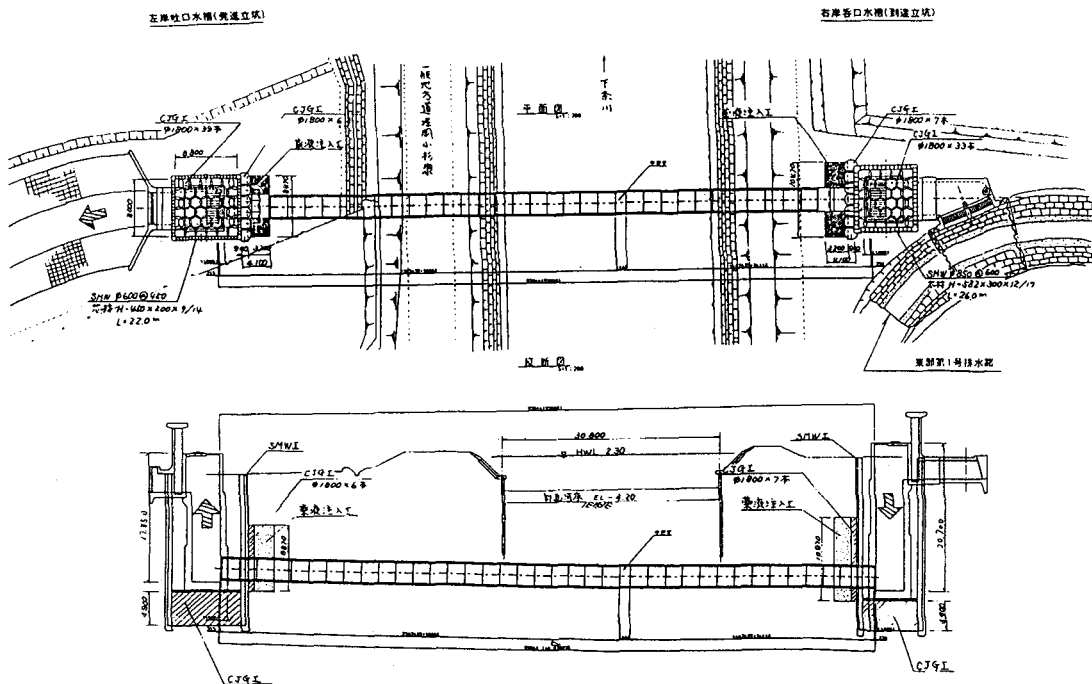
目 次

1. はじめに	31	5. VE提案（建設汚泥のリサイクルプラント による再資源利用）の概要等	32
2. 工事概要	32	6. 建設汚泥の再資源利用の実施方法	33
3. 下条川サイホン工事内容	32	7. 下条川サイホン工事での施工状況	35
4. 契約後VE提案モデル工事について	32	8. おわりに	35

1. はじめに

公共事業については、近年の厳しい国の財政事情等を背景として、そのコスト縮減対策が図られてきている。農林水産省においても「農業農村整備事業のコスト縮減計画」を策定し具体的な取組を行っている。

射水郷農地防災事業の中央幹線排水路下条川サイホン工事は、この施策の一環で「契約後VE提案モデル工事」として取組み、この中で建設汚泥リサイクルプラントによる再資源利用が図られたので、この内容を紹介するものである。



*富山農地防災事業所 (Tel. 0766-55-1910)

図-1 中央幹線排水路下条川サイホン工事縦平面図

2. 工事概要

本工事は、国営射水郷農地防災事業による計画排水量増に伴い新設の中央排水機場に接続する中央幹線排水路の上流に位置し、二級河川下条川の下を横断して県営東部第1号排水路と接続するサイホン(Q=9.05m³/s)を施工するものである(図-1)。

3. 下条川サイホン工事内容

- ・工事内容：施工延長 L=132.0m
 (内訳) 管水路工 92.00m
 (うち推進管延長87.70m)
 * φ2,800mm下水道推進工法用継手鉄筋コンクリート管
 吐口水路工他 20.70m
 (制水門部含む)
 吐口水槽 4.00m
 呑口水槽 4.00m
 呑口水路工他 12.00m
 (制水門部含む)
- ・工事期間：平成11年6月4日
 ～平成12年3月15日
- ・請負者：(株)竹中土木 北陸営業所

4. 契約後VE提案モデル工事について

「契約後VE提案」とは、工事請負契約締結後、設計図書に定める工事目的物の機能、性能等を低下させることなく請負代金額を低減することを可

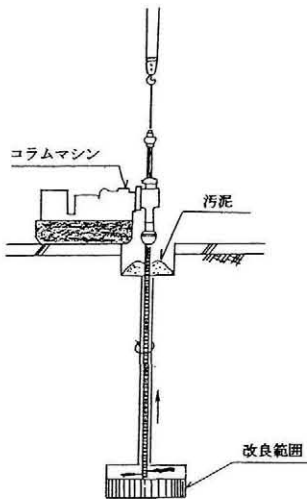


図-2 C J G工法の模式図

能とする施工方法等の設計図書の変更について、請負者が発注者に行う提案をいうものである。

5. VE提案(建設汚泥のリサイクルプラントによる再資源利用)の概要等

下条川サイホン工事では、河川横断部(推進管)施工のための発進立孔と到達立孔を築造し、その底版部の地盤改良を行うためC J G工法(コラムジェット工法)を採用している(図-2、写真-1)。この工法はグラウトの噴射により底版部の土をモルタルに置き換えるものであり、それにより大量の汚泥(モルタル混入)が発生するため、当初設計では、その汚泥をバキューム車にて収集運搬し産業廃棄物処理施設にて処理する予定であったが、今回請負者から下記のVE提案があった。

(1) VE提案概要

当初設計
C J G工法で発生する大量の汚泥をバキューム車にて収集運搬し産廃処理施設にて処理する。 また、立孔の水槽施工後の埋戻材については、現場からは良質土が得られないため購入材(山砂)を使用する。

VE提案
C J G工法で発生する汚泥を現場内において建設汚泥リサイクルプラントにより再生処理し、これを立孔内の埋戻材に流用すること等により、産廃処理費の削減を図り、再生資源の利用促進に寄与する。また、昼夜施工を行う場合、夜間の汚泥の処理も現場内において行うことができる。

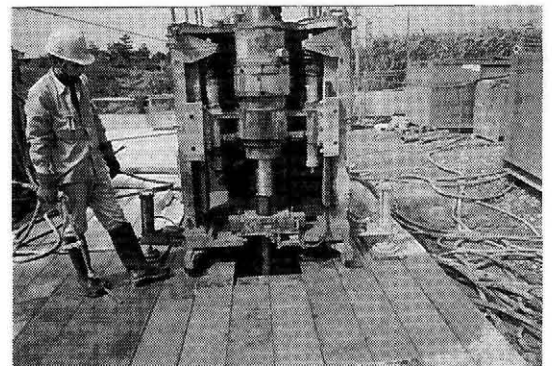


写真-1 コラムマシンによる作業状況

表一 1 C J G工法による発生汚泥の処理計画

	<発進立抗> 施工時期 8/10~9/6 排泥量 2000m ³	<到達立抗> 施工時期 9/13~9/30 排泥量 1640m ³	汚泥処理先		
			建設汚泥リサイクルプラント処理		産業廃棄物処理 (産廃処理許可業者)
			場内処理	場外処理 [試験施工] (中間処理施設)	最終処理施設
昼間	CJG 施工 80~100m ³ /日 排泥液 約 1000m ³	CJG 施工 80~100m ³ /日 排泥液 約 820m ³	258m ³	1562m ³	
夜間	CJG 施工 80~100m ³ /日 排泥液 約 1000m ³	CJG 施工 80~100m ³ /日 排泥液 約 820m ³	820m ³		1000m ³
処理土合計			1078m ³	1562m ³	1000m ³
再生材利用方法			立抗埋戻材	処分場覆土材	

(2) V E提案の具体的内容

発生汚泥の現場内再生処理にあたり、全体発生汚泥量に対する埋戻材の量が少ないことから、より施工費の低減を図るため、現場外の処理場での再生処理土を処分場の覆土として利用することとしたが、覆土利用する処理場の受け入れ可能量も検討した結果、処理計画を（表一 1）のとおりとした。

(3) V E提案による概算低減額（参考）

①当初設計の方法

- ・産業廃棄物処理 3,640m³
(最終処理場へバキューム運搬, 処理)
- ・立孔埋戻 1,290m³
(購入材：山砂)

②V E提案：汚泥の再資源利用による方法

- ・産業廃棄物処理 1,000m³
(最終処理場へダンプ運搬, 処理)
(夜間仮置き用の貯泥ピット造成及び復旧, 固化処理及び積込が必要)
- ・現場外処理 1,562m³
(中間処理場へバキューム運搬, リサイクルプラント処理：覆土利用)
- ・現場内処理 1,072m³
(リサイクルプラント処理)
(プラント～仮置場～立孔への積込, 運搬,

盛土が必要)

①と②の方法の差により、直接工事費で約4,500千円程度の工事費が低減された。

また、今回のV E提案書は、平成12年6月20日付で請負者〔株〕竹中土木北陸営業所〕より北陸農政局長あてに提出され、7月9日の農政局技術審査会を経て、7月13日付で採用通知がなされ、V E提案内容による変更契約を12月22日に締結したものである。

6. 建設汚泥の再資源利用の実施方法

(1) 建設汚泥リサイクルプラントについて

建設汚泥リサイクルプラントは、建設工事や掘削工事に伴って発生する無機汚泥（セメントミルクや含水比の高い微細な粒子等で、従来ではそのまま流用できない汚泥）を工事現場内で短時間に建設土木資材として再生する汚泥再資源化処理施設である。

しかし、この処理施設は産業廃棄物処理における「中間処理施設」扱いとなり、富山県での許可を取得していないことから、今回は試験施工として富山県環境政策課に「試験施工計画書」を届出し、了解を得て実施することとした。

建設汚泥リサイクルプラントの主だった特徴を上げると、

①固化材を汚泥に添加しながら攪拌することにより短時間に再生材（造粒物）へ改質するので、従来の脱水、乾燥等の中間処理が不要である。

②改質された汚泥（造粒物）の性状は、建設省の土質選定基準による第2種土質材料以上の品質となり、埋め戻し、路床、路体、裏込め材料等の土木資材として活用することができる。

また、改質された処理土は仮置きしても、雨、風等の影響を受けても品質低下せず、改質土からの表流水及び浸出水はアルカリ性を呈するが、土中を10～30cm通過する過程において細流土のイオン交換に基づく吸着作用等により中和される。

③汚泥の適用範囲は、比重で1.3以上であり、主にコンクリート汚泥に適している。また、1バッチ最大500kgの汚泥を約2分で造粒固化できる。

④システム自体は、10tトラック（セルフロー

ダ）で運ぶことができ現場への乗り入れが容易。

等があるが、最も大きな特徴は特殊固化材であり、従来の無機系固化材（石灰、生石灰等）は水分を化学反応（発熱処理）で強制排出するので、環境上の問題や雨天時の使用不可等の弊害があったが、この特殊固化材は、セメント系固化材と食品添加物にも使用されている天然植物性高分子系の特殊添加材の組み合わせによるもので、環境保全上の問題がなく、汚泥の造粒固化速度を飛躍的に高めたことにある。

(2) 建設汚泥リサイクルプラントによる処理工程（図-3、写真2～5参照）

①ピットにためておいた汚泥をバックホウですくう、投入ホッパーへ投入する。

②投入ホッパーから造粒機へと搬送され、その際に造粒機に付いているロードセルで汚泥の量を瞬時に計測。

③計測された汚泥の量に対してあらかじめ設定

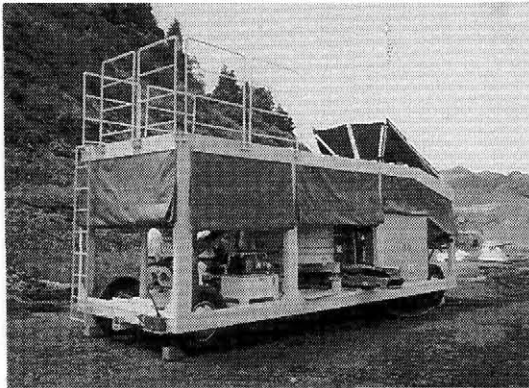


写真-2 移動式リサイクルプラント

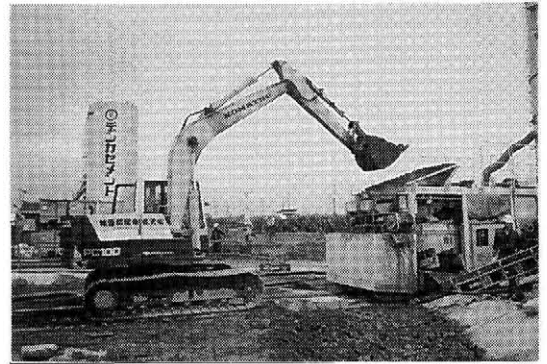


写真-4 貯留ピットからすくい上げた汚泥を投入

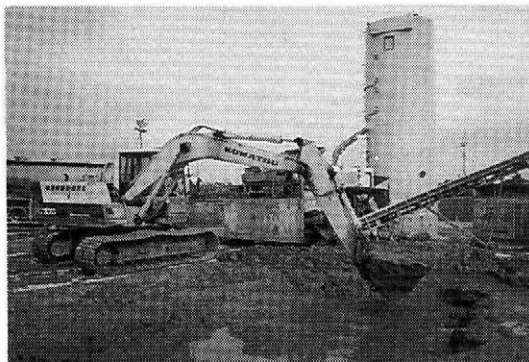


写真-3 リサイクルプラントの全景と貯留ピット

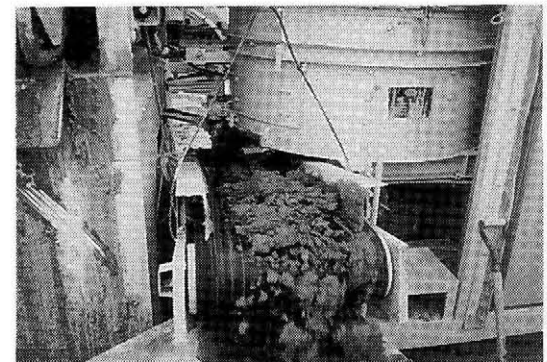


写真-5 プラントで造粒後、排出される状況

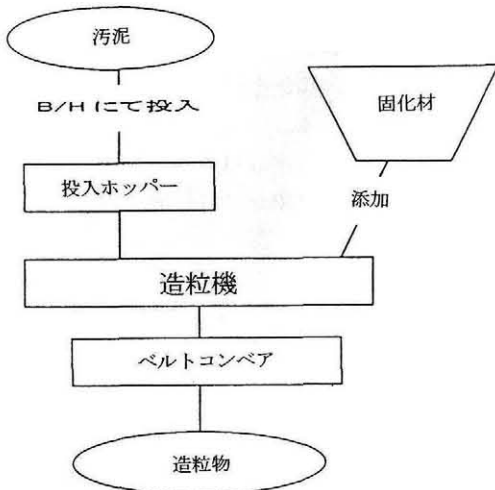


図-3 リサイクルプラントの処理フロー図

した量の固定材を造粒機に投入。

- ④造粒機の中で造粒固化処理を行う。
- ⑤造粒されたものをベルトコンベアで搬出。
- ⑥トラクタショベルで仮置場へ盛る。

7. 下条川サイホン工事での施工状況

本工事では、まず発進立坑内の排泥量のうち、場外処理（処分場の覆土利用）分を中間処理場に

において処理し、その後、到達立坑の排泥量のうち埋戻材として利用する分を現場内において処理を行った。

現場内の処理にあたっては、工事用地が限られていることから、予備ピットや埋戻材の仮置用地の確保に苦労したが、実際に現地において、液状の排泥が瞬時に造粒土として排出されるのを見ると、この装置が画期的なものであると実感するとともに、造粒された再生土の各種溶出試験結果は環境庁制定の「土壌における環境基準」をクリアし、粒度分布についても下記のとおり大幅に改良された結果となった。（表-2）

これらの結果等からも、この処理工法により、今後汚泥の再資源利用が拡大されるものと期待される（写真-6、7）。

8. おわりに

今回行った、排出汚泥の再資源利用（リサイクルプラント）は、VE提案に対する請負者の熱意ある取組みにより実現したが、現場内での埋戻利用量が少なく、場外処分場での覆土利用を含めたことにより施工費の低減が図られることとなった。

今回、リサイクルプラントが現場発生汚泥の処

表-2 改良前後の粒度分布の比較

試験項目（抜粋）		未改良土（構成比）	改良土（構成比）
粒 度	礫分 2~75mm	0.4%	54.8%
	砂分 75 μ m~2mm	32.8%	43.4%
	シルト分 5~75 μ m	33.0%	1.8%
	粘土分 5 μ m未満	33.8%	0%
分 類	分類名	細粒土	礫
	分類記号	F	G

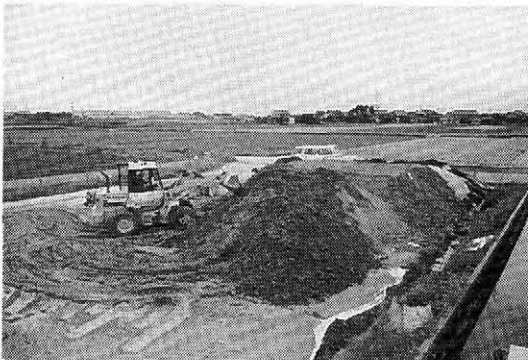


写真-6 再生処理土の仮置場への搬出状況

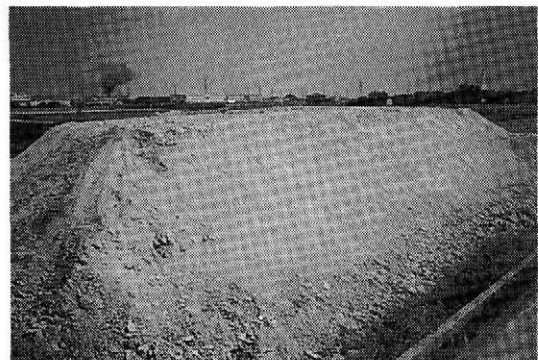


写真-7 仮置された再生土、この後埋戻材として利用

理にあたっては大変有効であると認識したが、今後の取組みに向けて、処理土量とその利用量を単一工事現場だけでなく、地区内あるいは他事業も含めて事前に調整を図り有効利用することがより一層のコスト縮減効果を得られることになると考えられる。

また、最近ではセメント系固化材の使用にあたっては、六価クロム溶出試験の実施を要する場合もあることから、現地条件等を勘案のうえ、配慮が必要と考えられる。

なお、当該工事は平成11年3月に完了し、通水が開始され、その効果を十分に発現している。

電業社ポンプ



茨城県農地部管井揚水機場
1,000ガロン PF-GM斜流ポンプ



株式
会社

電業社機械製作所

〒143-8558 東京都大田区大森北1丁目5-1
電話 03(3298)5111 FAX 03(3298)5146
<http://www.dmw.co.jp>

小田ダムフィルタ材料の効果判定試験方法について

信野 安重*
(Yasushige SINANO)

畠山 公男**
(Kunio HATAKEYAMA)

山口 雅弘***
(Masahiro YAMAGUCHI)

中山 睦人***
(Mutsuhito NAKAYAMA)

目 次

1. はじめに37
 2. 小田ダムの概要37
 3. フィルタ材料の設計方針39

4. 効果判定試験のフロー及び方法40
 5. 効果判定試験結果42
 6. おわりに47

1. はじめに

小田ダムは、宮城県北部の栗原郡一迫町・花山村に位置し、農業用水の安定供給と河川の洪水調節を目的として一級河川北上川水系迫川支流の長崎川に建設中のロックフィルダムである。

本ダムの基盤岩は、第三紀鮮新世の泥岩（竜ノ口層）と凝灰質岩（北川層）であり、圧縮強度・変形係数は小さいが止水性に関しては良好な軟岩に属している。基礎処理工法は、堤内水平ブラケットを中心遮水ゾーンに接続させた構造としており、標準断面における遮水性ゾーンの形状は複雑な形状を呈している（図-1）。フィルタゾーンは、遮水性ゾーンと透水性ゾーン（Zone II, III）の中間に配置し、浸透水のすみやかな排水、土粒子の流亡防止、変形の緩和、遮水性ゾーンにクラ

ックが発生した場合のクラックへのフィルタ粒子の間詰効果を期待しているため、遮水性ゾーンと同様に複雑な形状をしている。さらに、フィルタゾーンは堤体上流側で水平部の範囲が広いため、この部分では十分なせん断強度も要求されている。

本報文は、フィルタゾーンに要求されるこれらの特性を満足する材料を選定するために実施した非侵食試験（NEF試験：No Erosion Filter Test）をはじめとする各種効果の判定・試験の内容と結果について報告するものである。

2. 小田ダムの概要

(1) ダムの構造及び諸元

小田ダムは、堤高43.5m、堤頂長520mの中心遮水ゾーン型ロックフィルダムである。その概要を図-1、表-1に示す。

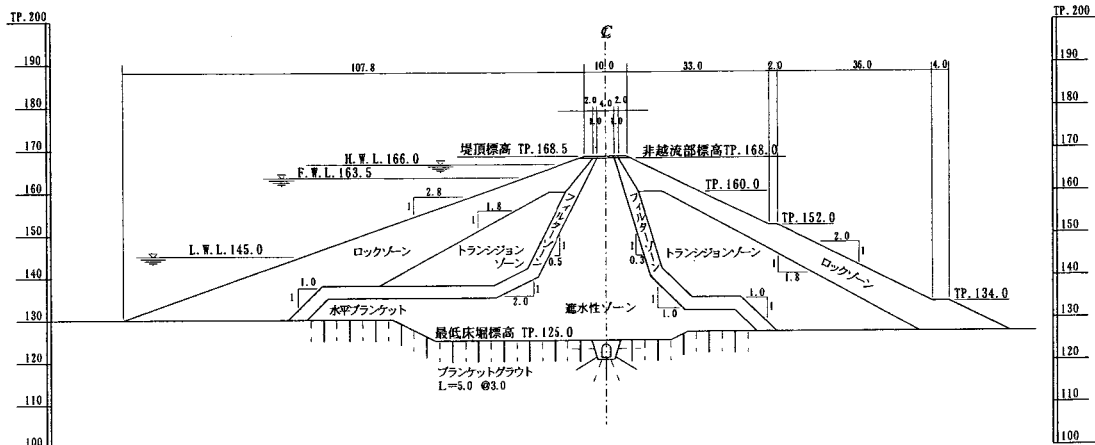


図-1 堤体標準断面図

*東北農政局土地改良技術事務所
 **東北農政局会津農業水利事務所会津宮川支所 (Tel. 0242-54-6803)
 ***日本技研株式会社技術研究所調査部

表一 小田ダム諸元表

一般基礎	位置	宮城県栗原郡花山村字草木沢	堤平均	上流側	1:2.80		
	河川名	北上川水系迫川支流長崎川		法勾配	下流側	1:2.00	
	基礎岩盤	新第三紀鮮新世竜ノ口層泥岩	洪水調節方式	自然調節方式			
	流域面積	23.4 km ²		構造型式	流入部：側水路式，減勢工：副ダム式		
	貯満水位面積	0.81 km ²		設計洪水量	610 m ³ /s		
	総貯水量	9,720,000 m ³		減勢工対象洪水量	210 m ³ /s		
	有効貯水量	9,010,000 m ³		吐	第1常用洪水吐	オリフィス型自然調節ゲート 6.05m×3.20m 2門	
	常時満水位	TP.163.50 m			第2常用洪水吐	自由越流型 堰長 41.0 m	
	計画洪水位	TP.166.00 m			非常用洪水吐	自由越流型 堰長 10.8 m	
	水位	サーチャージ水位		TP.164.60 m	仮設	設計洪水量	20年確率 180 m ³ /s
夏期制限水位		TP.158.50 m		内径		2r標準馬蹄型 2R = 5.70 m	
計画堆砂標高		TP.145.00 m		水路	流下方式	開水路方式	
利用水深		18.50 m	トンネル延長		550.0 m		
堤型式		型式	中心遮水ゾーン型ロックフィルダム	取水設備	型式	タワー式シリンダーゲート	
		堤高	43.50 m		最大取水量	9.767 m ³ /s	
		総築堤量	1,251,000 m ³		最小取水量	0.260 m ³ /s	
		堤頂長	520.0 m		取水呑口径	D=2.70 m	
		堤頂幅	10.0 m		導水管	ステンレスクラッド鋼管 φ1,650 mm	
		堤天端	仮締切堤		TP.140.20 m	放流バルブ	円形管路用高圧スライドゲート φ1,350 1門
標高本堤	TP.168.50 m		円形管路用高圧スライドゲート φ 300 1門				

表一 小田ダム堤体設計数値一覧表

項目	材 料		Zone I	Zone II	Zone III	フィルタゾーン
			遮水性材料	透水性材料 (インナーロック)	透水性材料 (アウターロック)	半透水性材料
比 重 Gs			2.71	2.21	2.55	
間 隙 比 e			0.84	0.34	0.44	
乾 燥 密 度 ρd (t/m ³)			1.47	1.64	1.80	
湿 潤 密 度 ρt (t/m ³)			1.89	1.71	1.82	2.00
飽 和 密 度 ρsat (t/m ³)			1.92	1.90	2.11	2.10
水 中 密 度 ρsub (t/m ³)			0.92	0.90	1.11	1.10
せ強ん 断度	粘着力 c' (MPa)		0.05	0.0	0.0	0.0
	内部摩擦角 φ' (°)		32-00	40-00	42-00	38-00
備 考			混合材料	ダムサイト下流 原石山材料	地区外碎石場	購入材

(2) 築堤材料

堤体各ゾーンの設計数値を表一に示す。各築堤材料の特徴は以下に示すとおりである。

- ① 遮水性材料 土取場に分布するローム，段

丘堆積物と洪水吐掘削で発生する低～中溶結凝灰岩 (K-Wt-2) との3種混合材料を計画している。

混合比は、遮水性材料としての特性 (パイピン

グに対する抵抗性、止水性等)、賦存量、施工性を考慮し、体積比でローム：段丘堆積物：溶結凝灰岩 = 1 : 1 : 2としている。

混合材料は、自然含水比が施工管理基準値より高くなる傾向があるため、ストックパイルを造成する前に単独材料の含水比を低下させる工夫を行っている。

② 透水性材料 (Zone II) ダム下流の原石山に分布する溶結凝灰岩 (K-Wt-1) を対象としている。岩石特性は、表乾比重 $G_a = 2.0$ 、吸水率 $Q = 12\%$ 程度である。

③ 透水性材料 (Zone III) 地区外の採石場から搬入する耐久性、透水性に優れた硬質の安山岩を計画している。安山岩の岩石特性は、 $G_a = 2.55$ 以上、吸水率 3% 以下であり、圧縮強度は $q_u = 40\text{MPa}$ 以上 (平均値で 70MPa) である。

④ フィルタ材料 各材料との間でフィルタ則を満足する購入碎石 (C-40相当) と山砂を混合した材料を考えているが、一部他事業で発生する河床砂礫の利用も検討している。

3. フィルタ材料設計方針

本ダムにおける基準値を以下に示す。

$$\textcircled{1} \frac{\text{フィルタ材料の15\%粒径 (F15)}}{\text{フィルタで保護される材料の15\%粒径 (B15)}} > 5 (\text{透水則})$$

$$\textcircled{2} \frac{\text{フィルタ材料の15\%粒径 (F15)}}{\text{フィルタで保護される材料の85\%粒径 (B85)}} < 5 (\text{パイピング則})$$

③ フィルタ材料の粒度曲線は、保護される材料の粒度曲線とほぼ平行であることが望ましい (平行則)。

④ フィルタで保護される材料が粗粒材料を含む場合は、その材料の粒径 25mm 以下の部分について①及び②を適用する。

⑤ フィルタ材料は粘着性のないもので、 $75\mu\text{m}$ 以下の細粒分を 5% 以上含んではならない。

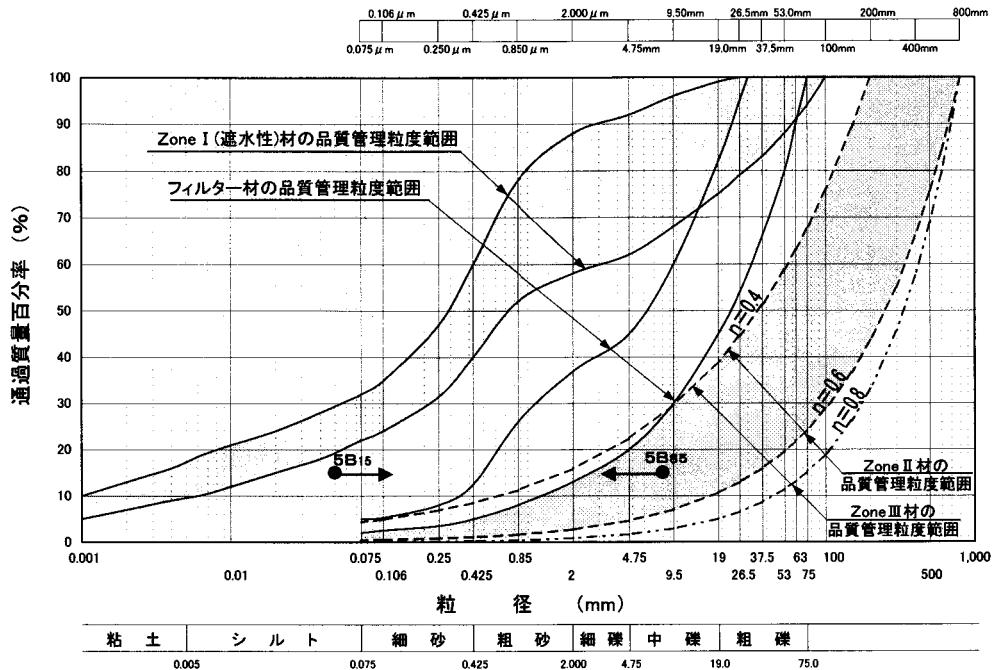
⑥ フィルタ材料の最大寸法は、保護される材料が土や砂の場合、 75mm とすることが望ましい。

⑦ フィルタ材料は保護される材料より 10~100 倍の透水性を持つことが望ましい。

⑧ 締固めたフィルタ材料は、内部摩擦角 $\phi = 38^\circ$ 以上必要である。

⑨ 締固めたフィルタ材料の初期変形係数は、 $E_i = 40 \sim 100\text{MPa}$ 程度とすることが望ましい。

上記の基準値①~⑦は、『土地改良事業計画設計基準 設計ダム』¹⁾に示されている内容であり、基準値⑧は、堤体の安定性の検討において、所用



図一 2 築堤材料の粒度範囲

の安全率 $F_s \geq 1.2$ を確保する制約から決定したものである。また、基準値⑨は、FEMによる築堤解析において、堤体内の応力・変形状態が安定する制約から決まった内容である。

基準値の①～⑥は、保護される材料（ここでは遮水性材料が対象）の粒度特性が確定すれば一義的に決定されるが、⑦～⑨の基準値は、決定された粒度を持つ材料に対して原位置試験（平板載荷試験）、室内土質試験を実施して確認することが必要となる。

4. 効果判定試験のフロー及び方法

(1) 効果判定試験のフロー

遮水性材料の粒度を考慮してフィルタ材料の粒度を求めると図-2に示す範囲となる。この粒度範囲に入るフィルタ材料に対して小田ダムフィルタ材料の基準値を満足する材料を選出するための効果判定試験フローを図-3に示す。

(2) 効果判定試験方法

表-3において、透水試験（濁水透過）、短期段階圧の圧力透水試験、非侵食試験は、フィルタ材

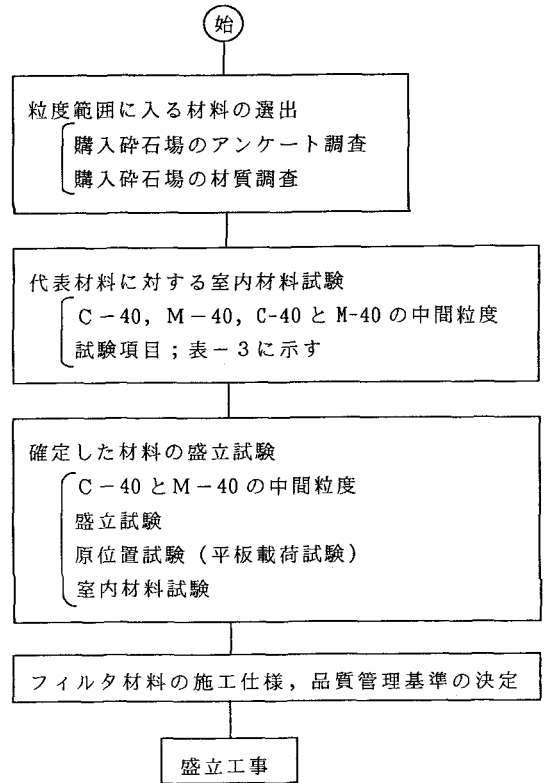


図-3 フィルタ材料の効果判定試験フロー

表-3 フィルタ材料の室内材料試験項目

試験項目		試験目的	備考	
物理試験	含水比試験	(JIS A 1203)	物理特性の把握	
	粒度試験	(JIS A 1204)	"	
	礫の比重・吸水率試験	(JIS A 1110)	物理特性の把握 耐久性の把握	
	岩の安定性試験	(JIS A 1122)	耐久性の把握	
	岩のスレーキング試験	(湿乾燥返し・60サイクル)	"	
力学試験	締固め試験	(ϕ 200mm, E_c 変化)	締固め特性の把握 力学試験点の検討	
	三軸圧縮試験	(ϕ 200mm, CD Test JGS 0524)	せん断特性及び変形特性の把握	
	透水試験	(ϕ 300mm, 定水位法 JIS A 1218)	透水性の把握 土粒子流亡の防止 効果の把握	清水による通常の試験と濁水による試験を行う。
	短期段階圧の圧力透水試験	(ϕ 300mm)	フィルタ効果の把握 パイピングに対する抵抗性の把握	
	非侵食試験 (NEF 試験, ピンホール試験)	(ϕ 300mm)	フィルタ効果の把握	

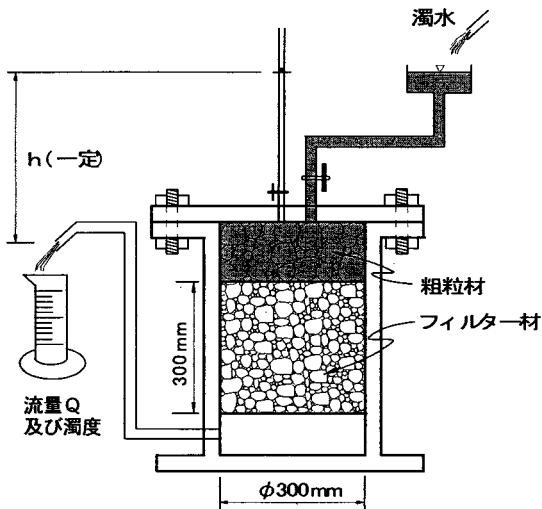


図-4 透水試験（濁水透過）装置の概要

料の土粒子流亡効果、パイピングに対する抵抗性等のフィルタ効果を確認するための試験であり、築堤材料の一般的な特性（締固め、透水、圧密、せん断）を確認する内容と異なるため、これらの試験方法を以下に紹介する。

① 透水試験（濁水透過）^{2),3)} この試験は、Townsendら（1987）が考案した方法や建設省土木研究所で研究されている方法（ダーティー・ウォーター試験）がある。本ダムでは、図-4に示す内径 $\phi 300\text{mm}$ の透水試験装置を用い、通常の清水による定水位法による透水試験の後で、遮水性材料の土粒子分（ -4.75mm 材料）と水を混合攪拌して作成したスラリー（濁水）を投入し、フィルタ材を通過し、排出される水の濁り、流量を測定する方法で行った。

フィルタの有効性は、排出される水の濁度と流量の減少量で判定した。

② 短期段階圧の圧力透水試験 この試験は、図-5に示す装置を用い、締固めた遮水性材料に水圧を段階的に増加させた場合の浸透量と濁度を測定し、浸透量の変化点からパイピングに対する抵抗性を判定しようとするものである。試験の内容は遮水性ゾーンのパイピング判定が主体となる。具体的には、水圧を増加させるにつれ締固めた遮水性材料にクラックが発生し、一旦浸透量と濁度が増大するが、その後、徐々に浸透量、濁度が減

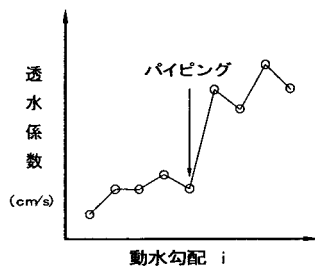
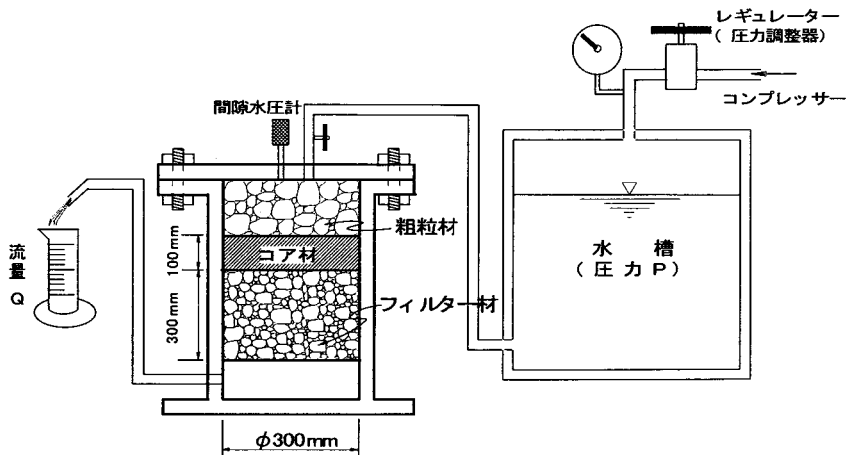


図-5 短期段階圧の圧力透水試験概要

少する効果からフィルタの有効性を判定する試験である。

③ 非侵食試験^{3),4),5)} この試験は、当初、均一なフィルタ材を用いてSherardらが実施したものであり、コア材の中央にあらかじめ亀裂（ピンホール）を開けておき、上部から高圧水を作用させ、コア材下部のフィルタを通過した排水の透過量、濁度、ピンホール周辺の侵食状況を観察する方法である。

この試験は、フィルダムのコアから下流のフィルタに向って浸透が集中した場合を想定した最も厳しい条件下の試験である。既往の試験では、小規模な試験装置が主体であるが、本ダムでは、フィルタ材の最大粒径が40mm以下となることから、モールド径をφ300mmとし、実際に施工する実粒度での試験とした。

試験装置を図-6に示す。試験方法については、既往の研究事例を参考とし、ピンホールに作用する圧力 $P=392\text{kPa}$ 、通水時間10分、ピンホールの径はφ5mm、φ10mmの2ケース、フィルタ材の厚さは300mm、100mmの2ケースとした。

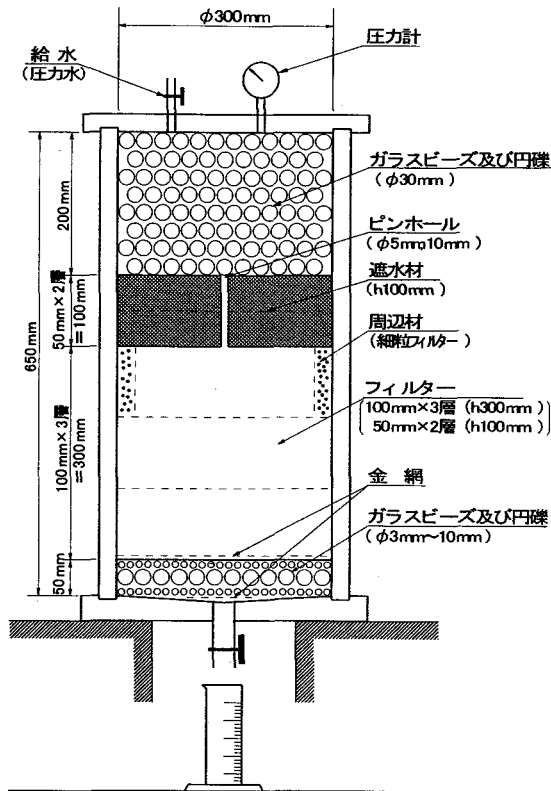


図-6 非侵食試験の試験装置の構成

5. 試験結果

フィルタ材の効果判定試験は、図-3に示すフローに従って実施した。試験結果を表-4、図-7にとりまとめた。これらの試験結果からフィルタ材はダムサイト近傍での一般的な購入砕石（C-40、M-40）が有望視されたが、透水性（ $k=10^{-3}\text{cm/s}$ オーダ）と変形性（ $E_i=40\sim 100\text{MPa}$ ）の面でC-40とM-40の中間的な粒度調整材（山砂の混入量を調整した材料）が優れていると判断された。この中間的な材料に対して、非侵食試験、盛立試験等を行い、フィルタ材の特性を最終的に確認した。

(1) 透水試験（濁水透過）

C-40とM-40に対して、遮水性材料の懸濁液を透過させた透水試験の結果を図-8に整理した。この図より、M-40は動水勾配 $i=5$ 程度まで遮水性材料の土粒子流亡を抑え、濁度0の清水を透過させている。C-40の場合は、動水勾配 $i=0.3\sim 0.7$ 以下であれば遮水性材料の土粒子流亡を抑え、濁度0の清水を透過させることが可能であった。

これは、M-40の方がC-40より①粒度組成が良い、②締固め効果が得られやすい、③間隙比が小さい、④透水係数が小さい、ことが影響しているものと考えられる。

(2) 短期段階圧の圧力透水試験

C-40とM-40に対する試験結果を図-9に示した。遮水性材料は同一条件で締固めているが、C-40の場合には動水勾配 $i=50$ 付近、M-40の場合には $i=70$ 付近で透水係数が増大しており、フィルタ材の粒度等の相違により透水性が異なることがわかった。C-40の方がM-40に比べると多少粗粒となるため小さい動水勾配で透水係数が増大するが、その後、動水勾配を大きくしても透水係数は $k=10^{-6}\text{cm/s}$ オーダの範囲で変動を生じていることから、遮水性材料の土粒子がフィルタ材の空隙に目詰りを起こしながら移動していることが推察される。すなわち、この試験からもC-40の土粒子流亡効果が確認される。

(3) 非侵食試験

C-40とM-40の中間粒度となる材料に対して試験を実施した。試験結果を表-5、図-10~12に示した。これらの試験結果から、C-40とM-40

表-4 試験結果一覧表

試料名	礫の比重・吸水率試験			粒度特性			締固め E _c (%)	試験条件					透水試験		三軸圧縮試験 (φ200mm, C/D)			生産能力及び賦存量	判定
	表乾比重 G _a	絶対比重 G _b	吸水率 Q (%)	礫率 P _{4.75} (%)	細粒分含有率 F _c (%)	均等係数 U _c		乾燥密度 ρ _d (t/m ³)	含水比 W (%)	湿潤密度 ρ ₁ (t/m ³)	間隙比 e _b	相対密度 D _r (%)	透水係数 k (cm/s)	粘着力 c _d (MPa)	内部摩擦角 φ _d (°)	変形係数 E (MPa)			
①-1 混合材 (3種混合) 砕石:ダスト=80-40:C-40:細砂	2.76	2.75	0.4	17.2	10.3	—	100	1.98 ~2.02	3.0 ~6.0	2.04 ~2.14	0.39 ~0.36	89~88	6.0×10 ⁻³ ~6.8×10 ⁻³	—	—	—	ダスト分の生産能力不安	×	
				31.3	8.1	32.0	100	2.01 ~2.08	3.0 ~6.0	2.07 ~2.21	0.37 ~0.32	85~89	1.0×10 ⁻² ~1.2×10 ⁻²	—	—	—			
①-2 混合材 (2種混合) 砕石:ダスト=C-40:細砂	2.76	2.75	0.4	14.3	10.5	—	100	1.96 ~2.02	3.0 ~6.0	2.02 ~2.14	0.41 ~0.37	88~90	5.0×10 ⁻³ ~3.0×10 ⁻³	—	—	—	"	×	
				28.4	8.3	38.0	100	2.02 ~2.08	3.0 ~6.0	2.08 ~2.20	0.37 ~0.32	89	1.0×10 ⁻² ~7.9×10 ⁻³	—	—	—			
② 混合材 砕石:川砂=80-40:C-40:川砂				54.0	1.9	41.0	100	2.08	4.6	2.17	0.33	87	5.7×10 ⁻³	—	—	—	川砂の生産能力不安	×	
③-1 現地発生材 段丘砂礫	2.50	2.40	4.2	71.4	2.2	2.2	100	1.99 ~2.01	9.0 ~11.0	2.17 ~2.23	0.21 ~0.20	88	2.0×10 ⁻¹ ~1.2×10 ⁻¹	—	—	—	段丘砂礫の賦存量不安	×	
				59.3	3.1	28.0	100~200	1.95 ~2.02	10.0	2.14 ~2.22	0.23 ~0.19	—	1.6×10 ⁻² ~3.2×10 ⁻⁴	—	—	—			
③-2 混合材 段丘砂礫:砕石=TL:80-40:C-40	2.66	2.60	2.1	72.3	1.9	26.0	100	1.98	3.5	2.05	0.32	83	6.4×10 ⁻²	0.08	41.0	48	"	×	
③-3 混合材 段丘砂礫:砕石=TL:80-40:C-40:細砂	2.66 ~2.70	2.60 ~2.64	2.0 ~2.1	55.8	4.2	39.0	100~200	2.05 ~2.10	5.8	2.17 ~2.23	0.29 ~0.26	86~92	1.2×10 ⁻² ~2.6×10 ⁻³	0.08 ~0.12	43.5 ~44.0	65 ~122	"	×	
				55.3	4.3	41.0	100~200	2.06 ~2.13	5.0	2.16 ~2.24	0.27 ~0.22	86~94	1.6×10 ⁻² ~3.3×10 ⁻³	0.07 ~0.12	43.5 ~158				
④-1 混合材 砕石:川砂=C-40:川砂				50.0	2.9	22.0	100~200	1.98 ~2.05	4.3	2.07 ~2.14	0.38 ~0.33	87~95	2.5×10 ⁻² ~1.1×10 ⁻²	—	—	—	生産能力十分	×	
④-2 混合材 砕石:山砂=C-40:山砂				50.0	2.6	25.0	100~200	2.04 ~2.11	4.7	2.14 ~2.21	0.34 ~0.30	89~95	3.4×10 ⁻³ ~8.9×10 ⁻⁴	0.05 ~0.08	41.5 ~42.0	123 ~216	"	△	
⑤-1 一般的な購入砕石 (C-40)	2.75	2.73	0.5	71.0	2.9	16.0	100~200	1.96 ~2.05	2.7	2.01 ~2.11	0.39 ~0.33	83~94	1.6×10 ⁻¹ ~4.7×10 ⁻²	0.08 ~0.06	42.5 ~44.5	41 ~83	"	△	
⑤-2 一般的な購入砕石 (M-40)				43.0	4.8	21.0	100~200	2.04 ~2.10	5.0	2.14 ~2.21	0.34 ~0.30	90~95	5.6×10 ⁻³ ~2.5×10 ⁻³	0.07 ~0.12	38.0 ~39.0	118 ~167	"	△	
⑤-3 混合材 (C-40とM-40の中間粒度) 山砂:C-40=1.5:8.5				60.3	4.1	34.0	100~200	2.03 ~2.10	2.6	2.08 ~2.15	0.35 ~0.30	81~91	1.1×10 ⁻² ~7.3×10 ⁻³	0.03 ~0.04	43.5 ~44.0	64 ~98	"	○	

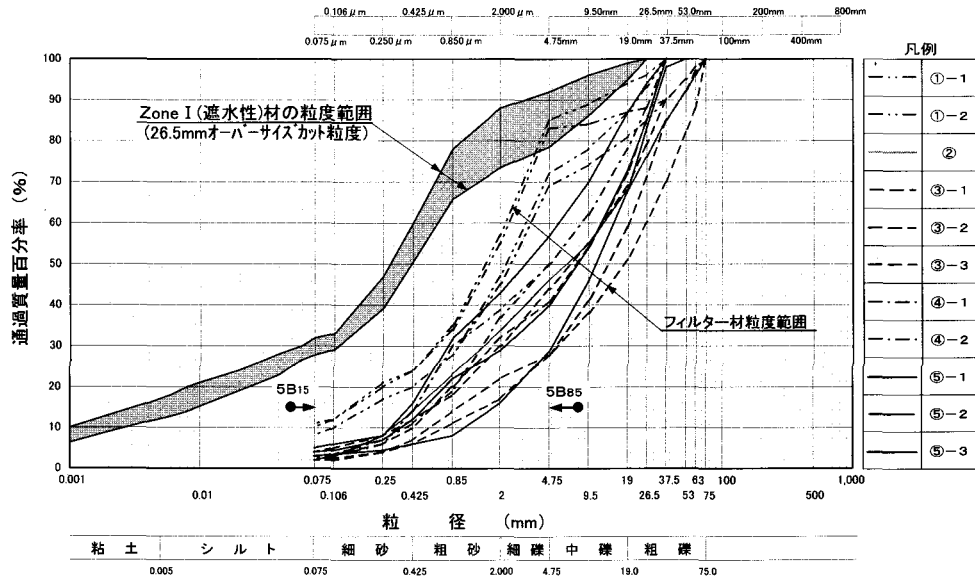


図-7 フィルタ材の試験粒度

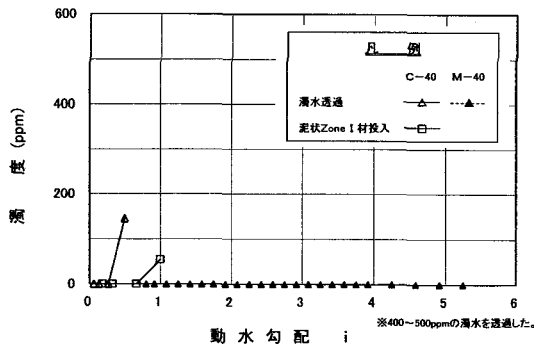
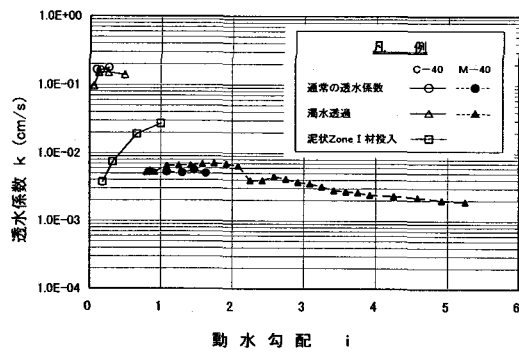


図-8 透水試験結果

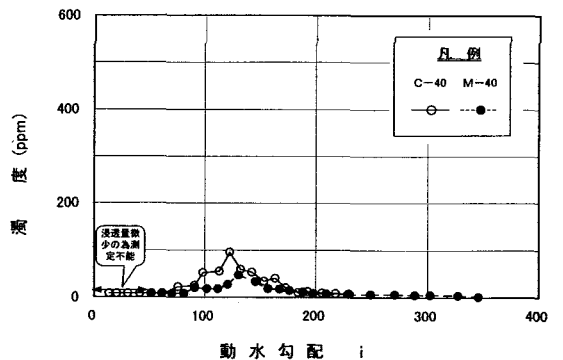
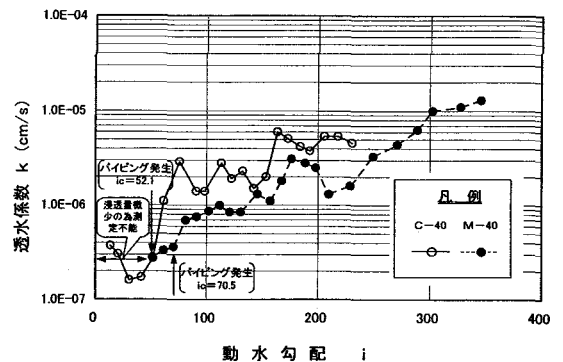


図-9 短期段階圧の圧力透水試験結果

の中間粒度材料は、濁度の低下量が大きく、ピンホール周辺の侵食状況が見られないことから、フィルタ材の効果が十分と判断した。

φ300mm試験装置による非侵食試験の事例は少

ない。今回の試験で注意した項目及びわかった内容を以下に示す。

① ピンホールの径を大きくすると通水量は増大するが、ピンホールを通過する換算流速は同一

表-5 非侵食試験結果の一覧表

試験ケース	試験条件			試験結果							フィルタ材の有効性の判定
	ベース材の密度 〔厚さ〕	フィルタ材の厚さ (cm)	ピンホールの径 (mm)	通水圧力 P (kPa)	通水量 Q (cm ³ /s)	濁度 (ppm)	通水開始から流出開始までの時間 (s)	フィルタを通る流速 V _f ※1 (cm/s)	コア(ピンホール)を通る流速 V _p ※2 (cm/s)	ピンホールの侵食状況 (観察記録)	
①	D95Wopt 〔10cm〕	30	5	393	15.1	0	114	2.1×10^{-2}	7.7×10^1	侵食なし	有効
②			10	394	67.0	4	41	9.5×10^{-2}	8.5×10^1	侵食なし	有効
③		10	5	396	60.6	20	14	8.6×10^{-2}	3.1×10^2	侵食なし	有効
④			10	391	137.4	30	11	1.9×10^{-1}	1.7×10^2	侵食なし	有効
⑤	D95Wopt + 3% 〔10cm〕	30	5	390	3.4	0	402	4.8×10^{-3}	1.7×10^1	侵食なし	有効
⑥			10	390	4.9	1	320	6.9×10^{-3}	6.2×10^0	侵食なし	有効
⑦		10	5	392	15.9	20	25	2.2×10^{-2}	8.1×10^1	侵食なし	有効
⑧			10	394	36.3	12	18	5.1×10^{-2}	4.6×10^1	侵食なし	有効

※1) フィルタを通る流速は、通水面積A (φ30cm) を考え、次式で計算した。V_f=Q/(30×30×π/4)

※2) コア(ピンホール)を通る流速は、通水面積A (φ0.5cm, 1cm) を考え、次式で計算した。V_p=Q/(0.5×0.5×π/4) or (1×1×π/4)

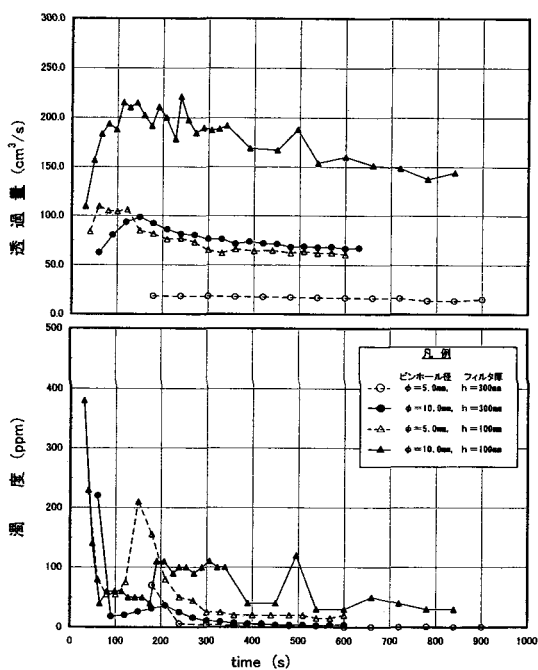


図-10 NEF試験結果 (D95Woptの場合)

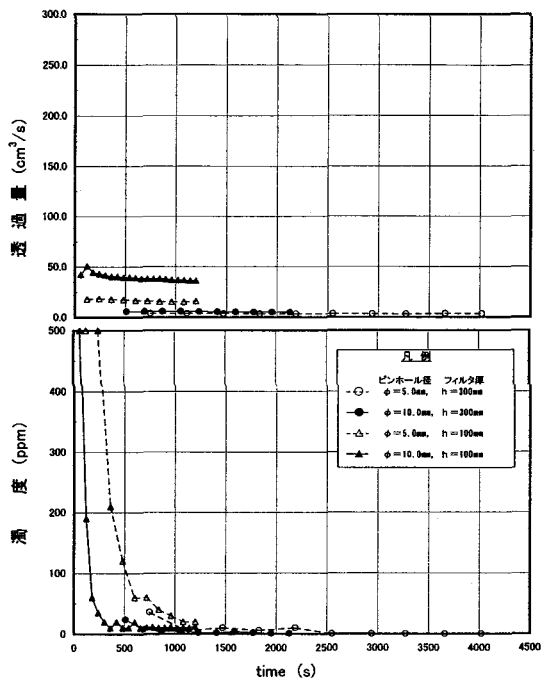


図-11 NEF試験結果 (D95Wopt+ 3%の場合)

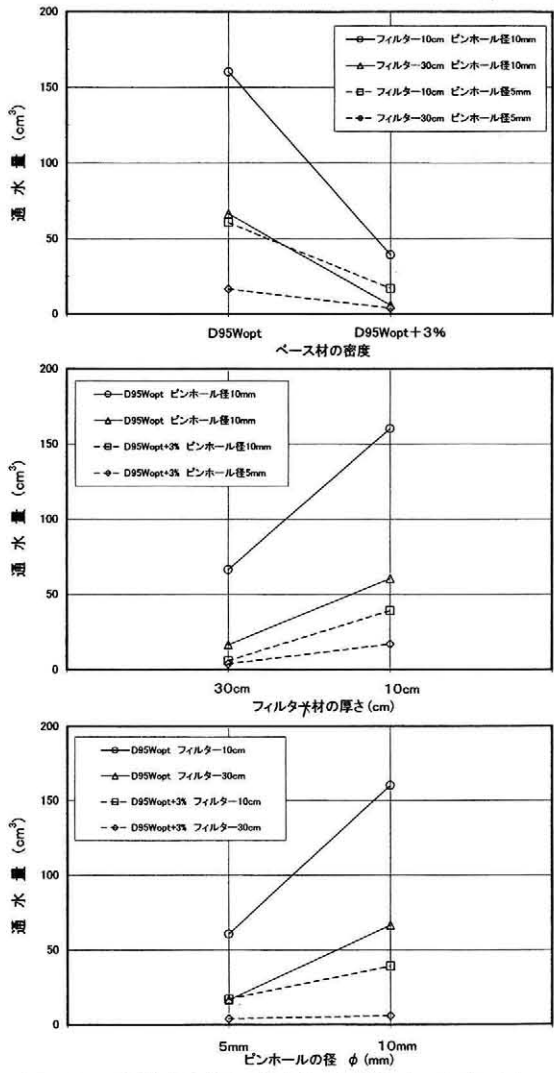


図-12 各試験条件と通水量の関係（※試験開始10分程度後の値をプロットした）

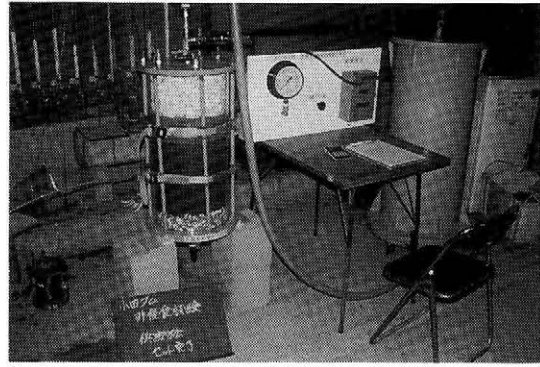


写真-1 非侵食試験の状況

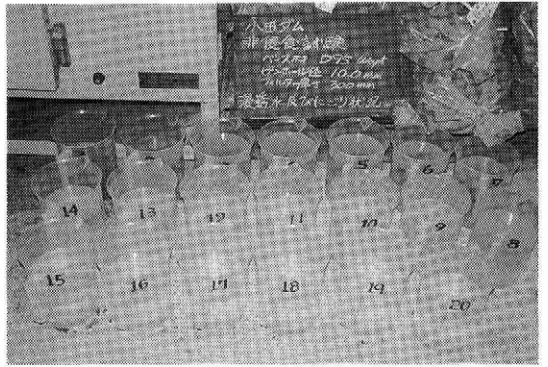


写真-2 透過水の濁り状況

とならなかった。

今回の試験では、遮水性材料の最大粒径をフィルタ材と同様に37.5mmとし、厚さ10cmとしているため、ピンホール径1～2mm程度の条件での試験は困難であった。

② フィルタ材の厚さを薄くすると通水量は増大し濁度も大きくなる。フィルタ厚はモールド径と同程度の $t=30\text{cm}$ 程度が妥当と推察される。

③ 遮水性材料の最大粒径が大きいため、モールド接触面との密着性を高めるための処理が必要である。

④ 遮水性材料の締りめ条件により、ピンホールからの通水量が異なるため、密度条件を変えた試験が必要である。

⑤ 濁度から判定すると非侵食試験の通水時間は10分程度で十分と考えられる。今回の試験ではピンホールの侵食が生じない材料であったため、侵食から見た通水時間についての判定はできなかった。

(4) 盛立試験

C-40とM-40の中間粒度材料を用いて盛立試験を実施した。試験結果は図-13に示すとおりであり、①密度の基準値、②透水係数の目標値($k=10^{-3}\text{cm/s}$ オーダ程度の値)、③変形係数の目標値($E_i=40\sim 100\text{MPa}$)ともに10ton級振動ローラの転圧で満足することがわかった。

フィルタ材は、遮水性材料と同一標高(遮水性材料の撒出し厚さ30cm)で施工する方針であるため、盛立試験結果からフィルタ材の転圧仕様は、30cm撒出し4回転圧を選定している。

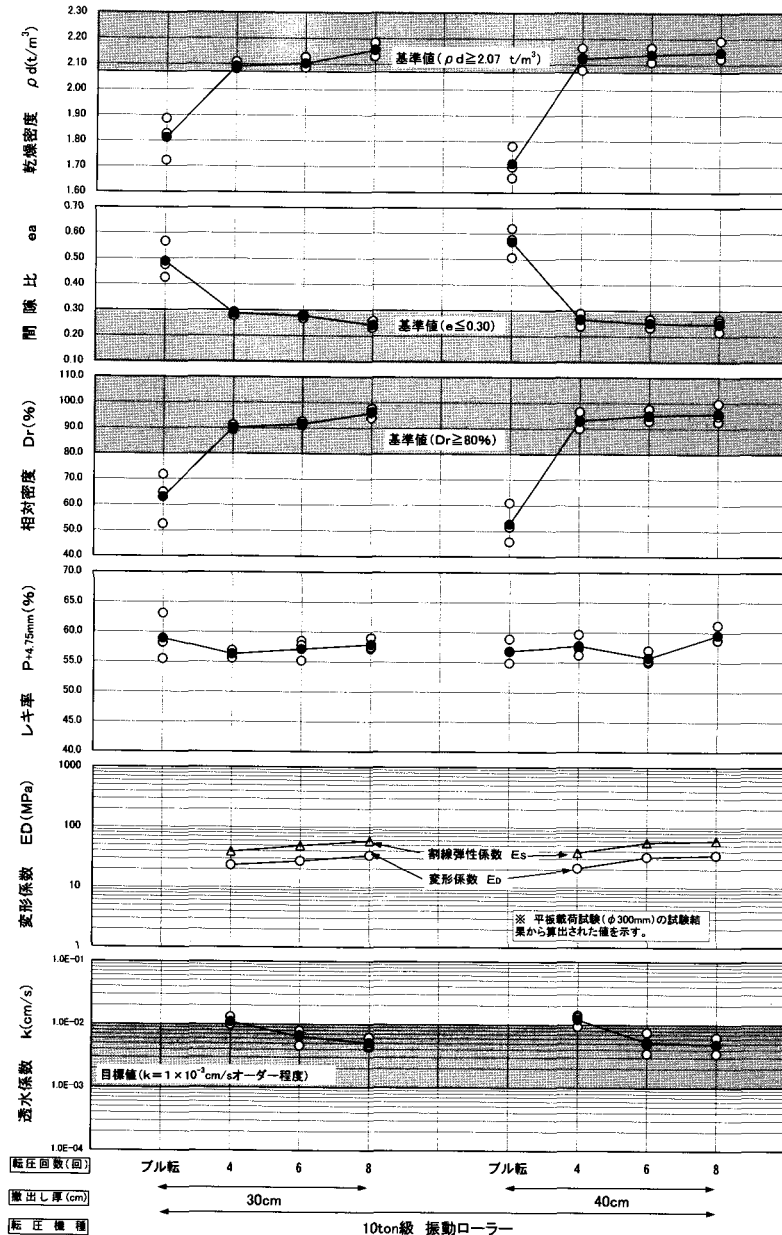


図-13 フィルター材 盛立試験結果総括図

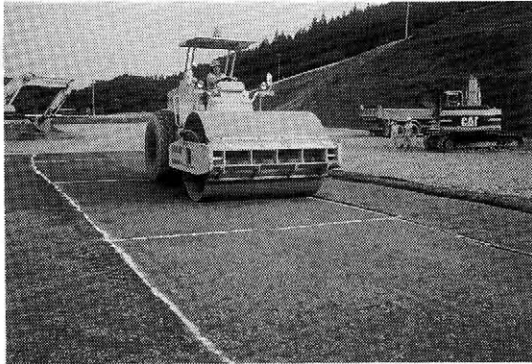
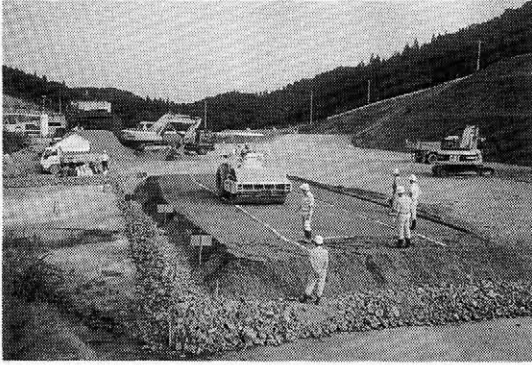
6. おわりに

各種のフィルタ基準を満足するために、種々のフィルタ材料に対して効果判定・試験を実施した。特に、本ダムはフィルタで保護される材料の透水係数の10~100倍となる材料の選出とフィルタ材の変形係数 $E_i=40\sim100\text{MPa}$ を確保するために非侵食試験や盛立試験における平板載荷試験等を実施してきた。最終的には購入碎石のC-40とM-

40の中間粒度となる材料を使用し、10ton級振動ローラーを用いて30cm撒出し4回転圧で施工すれば、すべての基準を満足することが判明した。この施工仕様に準じて、本ダムでは平成12年7月から本堤盛立て工事を開始する予定である。

フィルタ材料の選定に際して苦労されているダムにおいて、本ダムで実施したフィルタ効果の判定・試験方法が参考となれば幸いである。

なお、本ダムのフィルタ材料の選定に関して



写真—3 フィルター材の転圧試験状況

種々の技術的指導と助言を賜ったダム技術検討委員会の各委員をはじめ、ダムの計画・設計・施工に携われた関係各位にこの場を借りて深謝する次第であります。

引用文献

- 1) 土地改良事業計画設計基準 設計ダム P. 154 農林水産省構造改善局 昭和56年4月
- 2) Townsendほか “An Experimental Evaluation of Sand Filter for Dispersive Clays” Department of Civil Engineering, University of Florida, 1987
- 3) 土木研究所資料 “非侵食試験によるフィルタ機能の評価” 平成6年1月 建設省土木研究所 ダム部フィルダム研究室
- 4) Sherardほか “Filters and Leakage Control in Embankment Dams” Proc. Symp. Seepage and Leakage from Dams and Impoundments, ASCE, pp.1~30, 1985
- 5) 山口ほか “フィルダム築堤材料のフィルター効果判定試験方法の提案”, 第56回農業土木学会京都支部研究発表会講演要旨集 P.88 平成11年11月

農業用ダム湖における水質の概略予測について

高橋 順 二*
(Junji TAKAHASHI)

白谷 栄 作**
(Eisaku SHIRATANI)

吉 永 育 生**
(Ikuro YOSHINAGA)

高橋 正 男***
(Masao TAKAHASHI)

宗 像 義 之****
(Yoshiyuki MUNAKATA)

目 次

1. はじめに49
 2. 調査方法49
 3. ダム湖水質の概略予測の意義49

4. 水理指標と水温成層50
 5. フォーレンバイダー式による水質予測53
 6. おわりに55

1. はじめに

ダム管理の問題は従来、下流の水需要に対する量的な最適化が中心であったが、地域社会の発展に寄与する施設として、管理に対する質的な面での要請も大きくなっている。すなわち、我が国の農業用ダム湖の水質は、概ね良好とみられるが¹⁾、潜在的に富栄養化の状況にあるダムもみられ、水利用の用途に応じた一定の水質の確保や施設の有する国土・環境保全など公益的機能にも対応した管理の強化が課題となっている。また、1997年6月制定された環境影響評価法では、湛水面積が一定要件に達したダムについて、「土砂による水の濁り」、「水温」、「富栄養化」など水環境を構成する要素に関して、十分な予測や評価を行うこととされ、現在、その技術マニュアルが検討されている状況にある。

ダム湖の水質環境管理では、①水質の概略予測、②概略予測によって水質問題が発生する可能性がある場合には、詳細な水質把握と対策のためのシミュレーション解析、③解析結果に基づく水質保全対策の検討、④完成後の水質モニタリング、といった手順が考えられる。本報告は、今後の農業用ダムの水質環境管理に関する検討素材を提供するとの観点に立って、全国的に収集された水質・水理データに基づき水質（濁水・冷水・富栄養化）

の概略予測と環境管理のあり方について述べる。

2. 調査方法

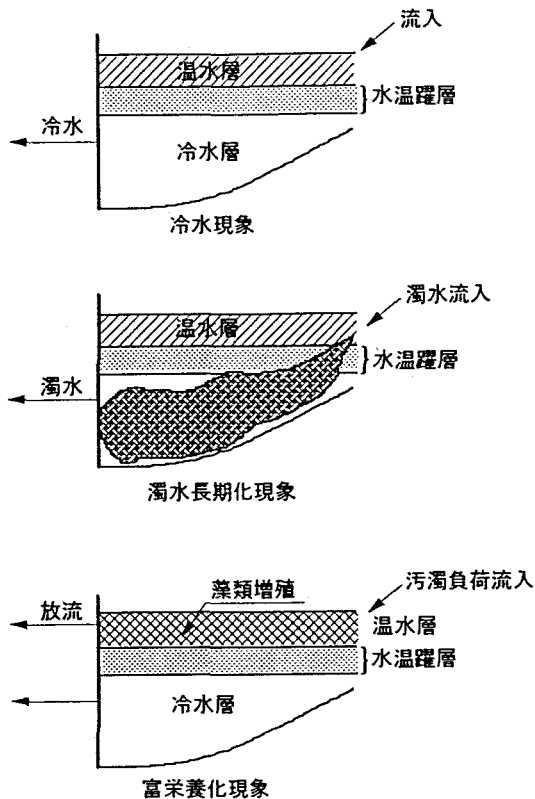
本検討で使用した水質データは、農業用水源池等水質調査結果²⁾に基づくものである。本調査は、国営土地改良事業等で造成された堤高15m以上の大規模な農業用ダムを対象に、水質の実態について調査を行ったものであり、対象ダムは72箇所(北海道14、内地58)となっている。水質調査は、1983年度から1997年度にかけて、灌漑期を中心に年6回程度実施されている。水質項目は、pH、EC、COD、BOD、SS、T-N、T-P、DOである。採水は、原則として晴天時に湖心、流入河川、取水施設付近及び下流河川への放流口付近で行われている。

また、水理的条件の検討に用いたダムへの流入量、ダムからの流出量は、ダム管理年報³⁾の月別データに基づいている。

3. ダム湖水質の概略予測の意義

ダム湖内の水温・水質変化に関しては、数値シミュレーションモデルにより水質変化を詳細に予測し、評価することが可能となっている。しかし、数値シミュレーションによる予測はデータ収集やモデルの構築が必要であり、かつ、結論を得るまでにかなり時間を要するため、さまざまな検討をこの手法のみを用いて行うことは合理的ではない。そこで、まず水質問題の発生可能性について概略予測し、問題発生の可能性ありと判断された場合、必要に応じてシミュレーションモデルによる詳細

*信濃川水系土地改良調査管理事務所
 (前農業工学研究所水工部水環境保全研究室)
 **農業工学研究所水工部水環境保全研究室
 ***構造改善局計画部資源課課長補佐
 ****国際航業(株)環境計画部



図一 1 ダム湖の水質問題

検討を行い、結果を総合評価するという予測手順が考えられる。

ダム湖の水質問題として知られている冷水現象、濁水現象、富栄養化現象と水温成層の関わりに係る模式図を図一1に示す。冷水現象は水温成層した湖内の底層冷水が放流されることにより生じるもので、水温成層の形成そのものが冷水現象の要因である。濁水現象は出水時に湖内に流入した濁質粒子の微細粒径分が湖底に沈降しないまま放流されることによって生じるもので、濁質粒子の沈降状況は湖内の水温・密度分布、すなわち水温成層の状況によって影響される。また、水温成層は富栄養化に関わる水質についても影響を及ぼす。成層した湖内の表層では植物プランクトンの増殖に適した温水層が形成される。下層の冷水層では

有機物分解等により酸素消費が生じるが、成層形成に伴う鉛直混合の減少によって表層からの酸素供給が少なく、貧酸素状態となり、この結果湖底の底泥からの栄養塩や鉄、マンガン等の溶出が促進される。このように、ダム湖の水質変化現象は水温成層と密接な関係を有している。このため、水質の概略予測の検討は、まず水温成層形成について行い、次いでフォーレンバイダー (Vol-lenweider) 式により富栄養化の検討を行う。

4. 水理指標と水温成層

水温成層のタイプは、多目的ダムの事例をもとに、平均的密度フルード数 FD 、年平均交換率 α の水理指標の大きさから、表一のように分類⁴⁾されている。農業用ダムについても、これらの指標を求めれば、水温成層のタイプと成層の特性を把握できることになるが、ここでは、多目的ダムに比べ末端の水需要に応じ貯水位変動が大きいなど、農業用ダム湖の特性を踏まえ、ダム湖の水温成層の実態を具体的に把握した後に、これと水理指標との関係について考察する。

$\alpha = W_0 / V_0$ (1/年) : 年平均交換率, W_0 : 年間総流入量 (m^3 /年), V_0 : 貯水容量 (m^3)

$\alpha_7 = W_7 / V_0$ (1/年) : 7月の交換率, W_7 : 7月の総流入量 (m^3 /月)

$FD = (L/H_0) \cdot (Q/V_0) / \sqrt{(g/pr)/(-dp/dz)}$: 平均的密度フルード数 (FD_{07} は7月平均諸量を用いた FD の値)

Q : 平均流入量 (m^3/s), L : 貯水池の延長 (m), H_0 : 貯水池の平均水深 (m), pr : 基準密度 ($1.0g/cm^3$), g : 重力加速度, $-dp/dz$: 貯水池の平均密度勾配 ($g/cm^3 \cdot m$)

(1) 水温成層の実態

水温成層の実態把握は、灌漑期に鉛直方向に3層以上でかつ2回以上の水温観測を行っているダムについて、成層形成の有無や成層タイプの判定

表一 1 水理指標による水温成層形態の分類⁴⁾

水温成層の形態	FD_7	α	α_7
成層I型	0.01以下	10以下	1以下
成層II型または中間型	0.01~0.03	10~20 (例外あり)	1~5 (例外あり)
混合型	0.03以上	20以上 (例外あり)	5以上 (例外あり)

を行った。ここでは、成層のタイプをダム湖ごとの水温鉛直分布と等水温線図から、表-2のように定義し、定性的に分類している。図-2(1)~図-2(4)は、このように分類した成層タイプについて等水温線図の例を示したものである。

成層タイプを考える上で重要な要素として、利水時の取水量と取水口の高さ及び出水の規模と洪水吐の高さの関係があげられる。すなわち、農業用ダムの場合、利水時は表層取水が多く、出水がない限りは下層の冷水が維持されることになり、水温成層は1次躍層（日射・気温の影響により表

層付近に形成され、水温が大きく変化する層）を主体として形成される成層I型となる。利水時に底層取水が行われている場合は、底層の冷水は維持されず、取水の状況に応じて成層II型~中間・混合型が形成されることになる。一方、洪水吐が底層にあるダムでは、出水に伴い冷水が放流されるため、図-3に示すように水温成層は出水規模と洪水吐の高さによって変化し、成層II型が形成されることになる。さらに、貯水池容量を越えるような大出水の直後は、水温が一様な混合型となり、その後日射により表層に弱い成層が形成され

表-2 成層のタイプと成層の特性

成層のタイプ	成層の特性
成層I型	受熱期に太陽エネルギーに関係する気象要素が主要因となって、時間軸に対して右下がりの等水温線をもつ水温成層が形成される。
成層II型	等水温線はほぼ平行で、流出流量に伴う移動熱量が成層形成の一つの要因となるもの
中間型	盛夏期において弱い成層が発生するが、循環期になれば直ちに消滅する。水温分布は盛夏期を除くと一様に近い。
混合型	年間を通じて水温成層は形成されることなく、水温分布はほぼ一様である。

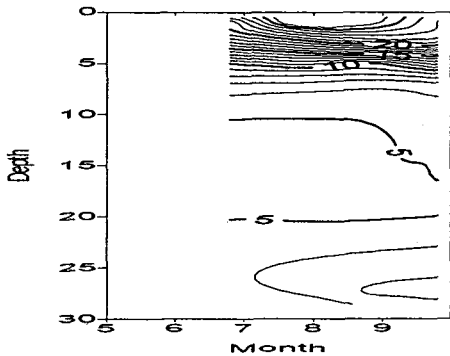


図-2(1) 成層I型の例

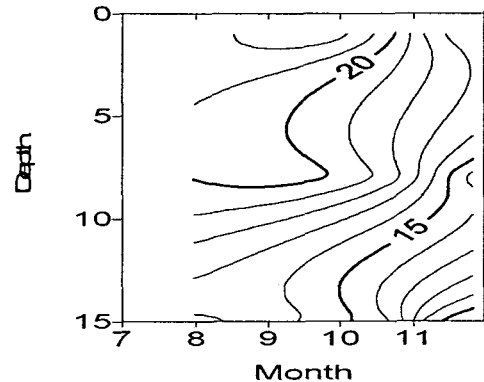


図-2(3) 中間型の例

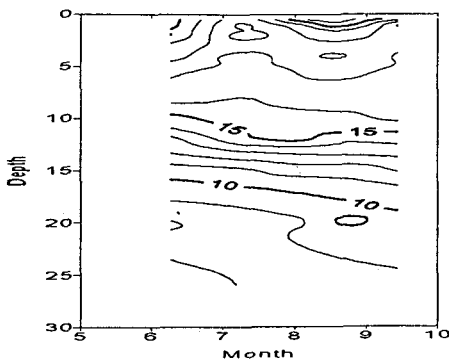


図-2(2) 成層II型の例

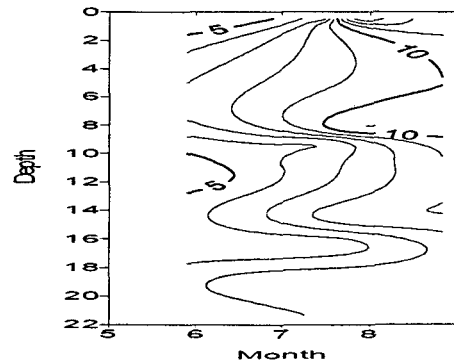
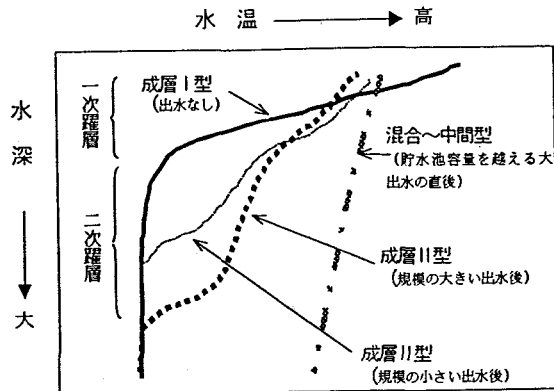


図-2(4) 混合型の例



図一 水温鉛直分布からみた出水放流の影響

て中間型を呈することになる。

したがって、同一のダムでも、時系列的に変化する水理・水文条件によって、成層タイプが種々変化する場合があることに留意する必要がある。

(2) 水理指標と水温成層実態との関係

F_{D7} 、 α_7 といった水理指標は成層型の判定に対し、有効な指標である⁵⁾ことが知られている。このような水理指標を用いて、今後建設が行われるダムの成層状況を概略予測することができるならば、水温成層問題に対してより詳細な検討を進めることができる。

ただし、ほとんどの農業用ダムでは年間を通じて水温の連続観測が行われていないので、ここで求める諸元は、水温成層形成に最も支配的な影響を与えるとき、太陽エネルギーが活発な7月の値である F_{D7} 、 α_7 とした。

表一の内部フルード数を算出するのに必要な

密度勾配の算定は、7月後半（7月に観測が行われていない場合、あるいは観測が7月の初旬の場合は8月）の鉛直温度勾配より、変水温層下端の水深と、その温度よりも 10°C 高い水温層の水深との距離から算出した。

これによって求めた密度勾配等に基づき、ダムごとに F_{D7} と α_7 を求め、その結果と前述の実際的水温鉛直分布形態からみた水温成層のタイプとの関係を示したものが、表一3である。

我が国の農業用ダム湖では、 F_{D7} はすべてのダムで0.01未満、 α_7 はほとんどのダムで1未満となっている。これは、総貯水量に対する7月の流入量の比がほとんどのダムで1以下と小さいこと、ダムの湛水延長に対する水深の比が小さいことが影響している。すなわち、農業用ダムでは貯水容量に比して7月の流入量が少ないため、成層形成が流入量に影響されることが少なく、成層が太陽エネルギーの活動によって決定され、比較的安定した状態になる傾向がみられる。また、農業用ダムの利水設備は、表層取水が多いことから底層の冷水が維持されやすいことも成層形成の要因になっているものと考えられる。

表一3から水理指標は、農業用ダムにおいても成層型の判定に概ね有効であることを裏付けるものとなっているが、前述のように水温成層は利水や出水時の放流状況に大きく影響されるため、同じ夏季でも梅雨期の雨の多少や、台風の時期によっても成層の型が変化する時期が異なることが考えられる。特に、成層I型からII型への変化は、月流入量や年流入量に影響を及ぼさない程度の中小規模の出水でも、洪水吐の敷高によって影響さ

表一3 水理指標と成層タイプの関係

		指標の数値	水温の鉛直分布形態による成層タイプ			
			成層I型	成層II型	中間型	混合型
F_{D7}	成層が形成される可能性大	<0.01	14(18)	4(8)	2(2)	1(1)
	成層が形成される可能性がある程度ある	0.01~0.03				
	成層が形成される可能性はほとんどない	0.03<				
α_7	成層が形成される可能性大	<1	14(18)	4(7)	1(1)	1(1)
	成層が形成される可能性がある程度ある	1~5		1(1)	1(1)	
	成層が形成される可能性はほとんどない	5<				

注1)：数字はダム数、()内は観測年度数である。

れる可能性がある。また、灌漑期末期に貯水量がほぼ空となるような運用がなされるダムでは、水温成層が生じる可能性が小さいことになる。したがって、農業用ダムの成層特性を把握する場合は、 F_{D7} や α_7 の水利指標のみによって判断することなく、これらの点も勘案する必要がある。

(3) 水温成層とダムの水利・水文的特徴の関係

図-4(1)~図-4(3)は、成層したダム湖の水利状態を表す F_{D7} と湛水延長/平均水深(L/H)、7月の総流入量/ダム貯水容量(α_7)、及びダム総貯水容量(V_0)との関係を示したものである。凡例に示す成層型は、表-3の水温鉛直分布形態からみた分類によるものである。全体的にみて F_{D7} と最も一次的な関係がみられるのは α_7 であり、 α_7 によって貯水池の成層状態を推定することが可能であることを示唆している。

また、 F_{D7} の計算には湖内の密度勾配が必要である。このため、前述のデータにおける密度勾配とダム特性(総貯水量、貯水池長、平均水深、堤長標高等)との関係を検討したが、相関関係は認められず、ダム特性から密度勾配を予測することは困難である。したがって、今後建設予定のダムにおける水温成層の予測は、図-4(2)のように F_{D7} との相関もみられる α_7 を用いて行うか、近接の既設ダムの水温値を用いることが考えられる。

5. フォーレンバイダー式による水質予測

(1) 栄養塩の水質予測

富栄養化現象は、流入水のN、Pを栄養としてダム湖内の植物プランクトンが増殖し、クロロフィルaやCODに代表される有機物が増加する現象としてとらえられる。貯水池の水質を簡易に予測する方法としては、流入水質を既知としてダム湖での滞留時間や沈降を考慮することによるフォーレンバイダー式⁶⁾や物質収支式による方法があるが、ここでは運用面を考慮し、より簡便なフォーレンバイダー式を用いる。

$$C = Lp / (W_0 + \frac{H}{\tau})$$

ここに C: 貯水池の水質濃度 (mg/l = g/m³)
 Lp: 栄養塩の面積負荷 (年流入負荷/貯水池面積) (g/m²・年)
 H: 貯水池の平均水深 (m)

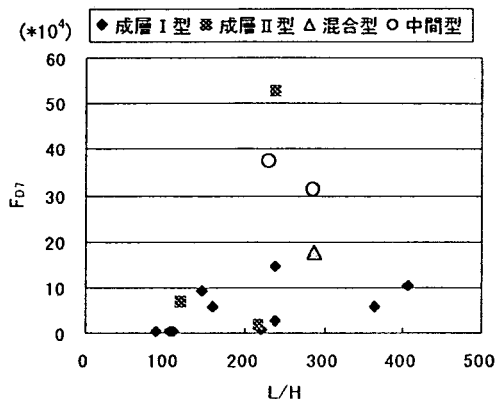


図-4(1) L/Hと F_{D7} の関係

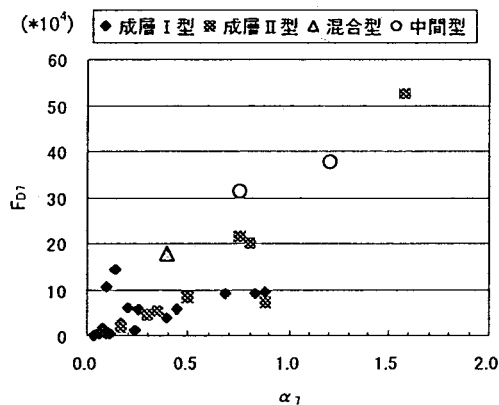


図-4(2) α_7 と F_{D7} の関係

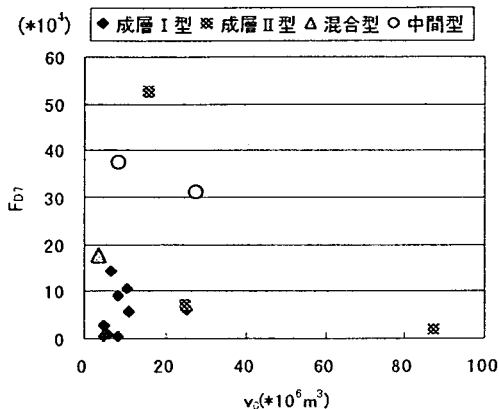


図-4(3) V_0 と F_{D7} の関係

τ : 平均滞留時間(有効貯水容量/年間総流入量) (年)

W_0 : 栄養塩の沈降係数 (m/年)

この式は、ダム湖の富栄養化は栄養塩の流入負荷によるものが支配的と考え、リンがプランクト

ン増殖の制限因子となる場合が多いため、リンの流入負荷量により湖内表層水質を予測しようとするものである。また、ここでは窒素の流入負荷と湖内表層水質との関係についても検討を行った。

今回使用している農業用ダムの水質データは灌漑期のみデータであり、また、ダムによって測定回数も異なっている。そのため、ダムごとの相対的な比較及びフォーレンバイダー式の基本である年間値を考慮して、平均滞留時間は12ヶ月を標準として求めている。すなわち、年平均滞留時間とリンの面積負荷に対して、貯水池の水質濃度が求められることになる。なお、流入負荷は実測値を用い、沈降係数は文献値(7)から、リンを20m/年、窒素を10m/年とした。

図-5(1)及び図-5(2)は、以上により求めた全国の農業用ダム貯水池のリン、窒素濃度と面積負荷の関係を求めたものである。両者の相関関係はかなり明瞭であり、概略予測に使用することは可能と判断される。また、データ数は少ないが、リンについて北海道のダムのみを抽出した図-5(3)では、リン濃度と面積負荷の間に強い相関関係が認められ、今後データの蓄積を待って水質濃度と面積負荷の関係を地域別にも検討していく必要があることを示唆している。

さらに、湖内COD濃度とリン、窒素の面積負荷の関係を求めたが、両者の相関はほとんどみられず、現在のデータからはCOD濃度の予測は困難と考えられる。

(2) 富栄養化の影響判定

富栄養化の程度は、前述(1)の予測値によって推定し、シミュレーションモデルによる詳細検討の必要性を判断することになる。その際、T-Pから貯水池の富栄養化を判定する目安として、フォーレンバイダー及び坂本による富栄養化の限界と階級を表-4⁸⁾に示す。フォーレンバイダー式による予測値が、表-4の貧栄養である場合、詳細検討を行う必要性は乏しいが、全国のダムのT-PとT-N及びCODの関係をみると、T-Pが0.01~0.02 mg/l程度でもT-N、CODがかなり高い水質濃度を示している場合がある。そのため、フォーレンバイダー式による予測のみならず、周辺の既設ダムの水質状況等を踏まえ、総合的に判定する必要があるであろう。

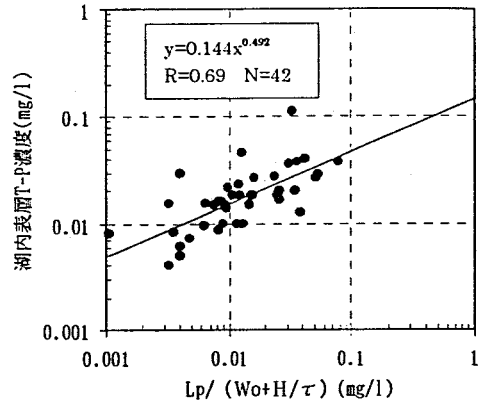


図-5(1) フォーレンバイダー式による湖内リン濃度と実測値の関係

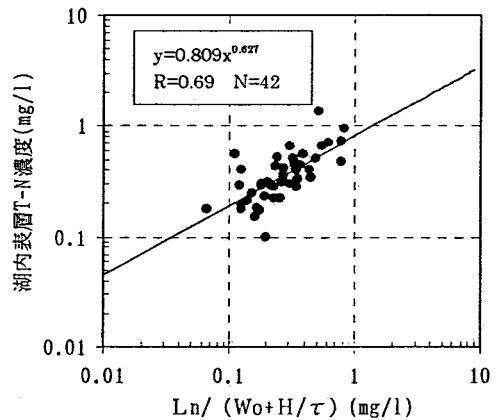


図-5(2) フォーレンバイダー式による湖内窒素濃度と実測値の関係

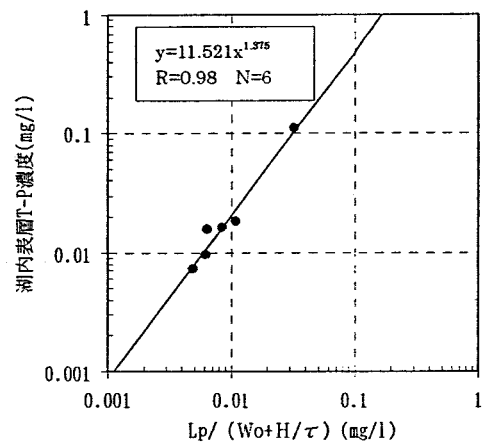


図-5(3) フォーレンバイダー式による湖内リン濃度と実測値の関係(北海道)

表-4 栄養化の限界及び階級⁸⁾

T-P (mg/l)	貧栄養	中栄養	富栄養	
	0.005~0.01	0.01~0.03	0.03~0.10	フォールンバイダー (1967)
0.002~0.02	0.01~0.03	0.01~0.09	坂本 (1966)	

6. おわりに

これまでの検討により、水理指標やフォーレンバイダー式は、農業用ダム湖においても概ね有効であることが明らかになった。ダム湖における水質環境管理は、立地条件に応じた水質予測と必要に応じた予防措置、貯留水の水質管理（栄養塩・濁水等）、集水域管理（土地利用変化やダム湖への負荷流入実態等の把握）が基本になるが、水質の概略予測はその基礎的情報を提供するものと言える。

しかし、本検討で用いたダム湖の水質・水理に係る既往データは、水質予測を目的として測定されたものではなく、概略予測のためのデータとして必ずしも十分なものはなっていない。既存ダムの水質や水理・水文特性に関するデータは、類似ダムの水質予測にとって貴重な情報を提供するものであり、今後より詳細なデータ収集・分析を行うことによって、概略予測の信頼性を高めていくとともに、水理・水文特性をパラメータとして、類似ダムの水質予測に反映させていく手法の開発も重要になろう。そのため、既存ダムの水質調査データの有効活用を図る観点からも、測定項目、位置、頻度等は、水質予測の入力・出力も考慮したものとなるよう検討する必要がある。

農業用ダムでは、公的機関が管理を行っている一部のダムを除き、ダム湖の水質調査、流入河川の汚濁負荷量調査等を定期的に行っている事例は少ないとみられる。また、水質現象の結果として、濁水問題等が顕在化し対策を講じている事例も報告されているが、当然のことながら発生した問題に対する個別対応が中心となっている。しかし、ダム湖の良好な水環境保全のためには、今後日常的な水質環境管理に対する取り組みをより強化していく必要がある。すなわち、当初は水質問題の生じる可能性がないと判断しても、予想外のと

ころで富栄養化問題が生じ、問題が生じた後に緊急に調査を実施しても、原因の詳細な把握や対策の立案のために不十分なことが考えられる。さらに、対象とするダム湖の水質特性は多種多様であり、現れる現象のほんの一部しか把握できていない可能性もあり、今後体系的にデータを蓄積していけば、ダム湖の統一的な水質現象の解明の基礎データとすることも考えられる。

環境ストックとして農業水利は流域環境の基盤を構成しており、その機能の十分な発揮が求められている。ダム湖の水質環境に対する社会的要請、ダム管理の実情等に応じて、水質調査の要領作成など長期的な見地に立って、ダム湖の水質環境管理のあり方について検討していく時期になっているものと考えられる。

引用文献

- 1) 田淵俊雄ら：清らかな水のためのサイエンス，農業土木学会，p.42 (1998)
- 2) 農林水産省構造改善局資源課：農業用水源池等水質調査結果報告書
- 3) 農林水産省構造改善局施設管理室：ダム管理年報 (1993~1997)
- 4) 小林正典・岩佐義朗・松尾直規：我が国多目的貯水池の水理・水文的特徴とその評価，第24回水理講演会論文集，pp.245~250 (1980)
- 5) 建設省四国地方建設局大渡ダム工事事務所・(財)国土開発技術研究センター：ダム放流設備設計資料調査報告書，pp.108~114 (1979)
- 6) Vollenweider, R. A. : Advance in defining critical loading levels for phosphorus in lake eutrophication, Memorie dell'Istituto Italiano di Idrobiologia, vol.33, pp.53~83 (1976)
- 7) 國松孝男・村岡浩爾編著：河川汚濁のモデル解析，技報堂出版，p.203 (1989)
- 8) 岩佐義朗編著：湖沼工学，山海堂，p.224 (1990)

タイ国水管理システム近代化計画について

宮 崎 健*
(Takeshi MIYAZAKI)

目 次

1. はじめに56

2. プロジェクトの概要56

3. 1999年度における主な活動58

4. おわりに60

1. はじめに

当プロジェクトは1999年4月に発足し、そろそろ1年半が経過しようとしています。これを機に、本プロジェクトがどのようなものなのか紹介するとともに、この1年半を振り返ってみたいと思います。

プロジェクト名は、国際協力事業団 (JICA) のプロジェクト方式技術協力「水管理システム近代化」です。英文名では「The Modernization of Water Management System (略称MWMS)」となっています。

実に素晴らしいネーミングです。「名は体を現す」といいますが、このプロジェクト名から、即座に「過去のある時期に既に水管理システムなるものが構築されていて、それが時代の進歩と共に陳腐化し、効率的でなくなったので、現代の新技术であらためて構築し直すプロジェクトだな。」と解かるのです。

しかし、また「水管理システム近代化とは一体何をやるプロジェクトですか」と聞かれるのも事実です。そうすると、これでは一般の人にプロジェクトの外貌を十分には伝えたとは言えないということにもなりそうです。話してみると「水道関係の人かと思った。」「河川関係の人かと思った。」という人がかなりいます。「水管理」なる言葉が土地改良関係者以外にはあまり馴染みのない言葉であるためかも知れません。そこで、私共は農業・協同組合省の一機関、王室かんがい局 (Royal Irrigation Department (略称RID) に派遣されていて

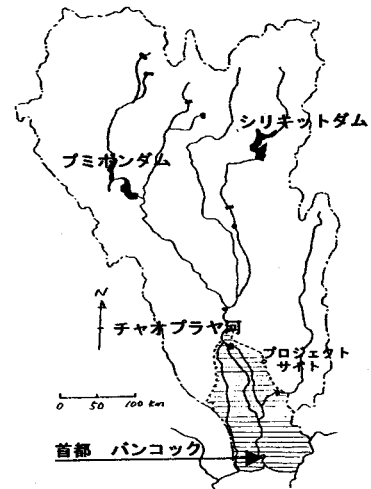
農業用水の確保、かんがい・排水システム等の検討をしている旨を伝えるわけです。

2. プロジェクトの概要

1) 要請の背景

チャオプラヤ河流域、特に下流デルタ地域はタイ国の穀倉地帯として古くから水稲栽培が盛んですが、近年の住民意識の高揚、権利意識の拡大など、環境問題、用地取得といった問題から、大規模水資源開発、とりわけ大規模ダムの建設は、長期間を要するようになってきています。

そのため、タイ政府としては、新たな水需要への対策として、既存のかんがい排水施設の改良や水管理技術の改善等、高精度な水管理を行うことによる、既開発水資源の有効利用の方向を模索しはじめました。



チャオプラヤ河流域

* (財)日本農業土木総合研究所タイ国水管理システム近代化計画チーフアドバイザー

タイ国は第8次農業開発計画（1997～2001）において、高品質かつ多様な農産物生産による国際競争力の強化、天然資源の効率的利用と持続的農業開発の2点を政策の主要課題として掲げておりますが、これは米の世界的な余剰の中で米価のこれ以上の下落を抑えると共に、農家収入を確保するため、特に乾季作においては水稻からその他の畑作物に切り替えたいというもので、当国でも転作が喫緊の課題として浮上してきています。

そこで農業・協同組合省では既にRIDにかんがい技術センター協力として10年間の協力実績を持つ我が国に、過去10年間の成果を踏まえ、その現場への適用とさらには営農部門も加え、新たなプロジェクト協力を要請してきました。

2) プロジェクトの概要

討議議事録（Record of Discussion 略称R/D）に書かれているプロジェクトデザインマトリックス（略称PDM）ではOverall Goalは「持続可能な農業を通じての農家所得の増大」、そしてProject Purposeは「効率的かんがい用水の利用による作物多様化の推進並びに作付け率の向上（乾季作付け面積の増大）」となっています。

そしてこの目標達成のため、5年間という期間に亘りオンファームレベル、流域・デルタレベルという二つの側面から以下のようなプロジェクト活動が展開されます。

ア) 水管理の効率化：

①チャオプラヤデルタは広域（120万ha）で、その中に二つのリージョンオフィス（地方事務所）及び25事業地区が存在します。RIDは各事業地区毎にO&Mオフィス（維持管理事務所）を設け水管理を行っておりますが、建設から長年月を経ていることもあり水利施設の老朽化が進んでいます。また各維持管理事務所から地方事務所を経由して届けられるデータにはかなりのバラツキとタイムラグがあります。老朽施設の改修と、各種データを一体的、総合的に監視できる管理システムを構築することにより水資源の効率的利用が図られます。そのために必要な各種検討、活動を実施します。

②従来の水管理データの収集、伝達方法をUHF、VHF、TOT（タイ電話公社）ライン、サテライト等を主体とするテレメタリングによるデータ

の直接収集に改善することにより正確性、迅速性を高め、水資源の効率的利用を図ります。（このことは雨季における洪水対策にも重要な役割を果たします。）この分野については構想の樹立、仕様の詰め、事業費の算出等について、いわゆるフィージビリティスタディの精度をもって計画書の作成を行うことにしています。

なお、建設に関しては本プロジェクトとは切り離し、別途タイ側予算をもって独自で実施することにしています。

③水配分を受けるべき農民による水利組織は弱体で、末端水利施設の管理が十分に行われているとはいえません。水利組織活動を強化することにより、末端水利施設の適切な維持管理を行わせ、圃場サイドからも水資源の効率的利用を図ります。そのために必要な各種検討、活動を実施します。

④当国の末端配水施設は水稻作に主眼を置いた設計となっており、乾季における畑作利用に関してはかならずしも適切であるとは言えません。雨季、乾季双方に利用できる配水施設について設計、施工両面から検討し、現行事業の改良点を明らかにすることで、水資源の効率的利用を図る上で必要な各種検討、活動を実施します。

③、④、については何よりも実態把握が重要であることから、ココティアム事業地区内にモデル地区を設定し、そこでの実態解明と、それをもとにした改善計画案を策定し、試験的に適用することにしています。試験結果に満足するものが得られたなら、類似の手法によりチャオプラヤデルタ内の他の事業地区への普及をめざ



Chainat-Pasak幹線水路

します。

また、①については検討対象があまりにも広範多岐であることから、当面はモデル地区の存在するチャイナート・パサック幹線用水路を重点的に検討することにしています。

イ) 作物多様化と乾季における作付け率の増大：

タイ国は世界第一位の米の輸出国であります、近年の世界市場での米価格の低迷は供給過剰に由来しています。したがって、タイ国では乾季における作付け率の増大を目指しながらも、これを米以外の作目で実現したいとしています。これについても、前記③、④で述べたと同様に、まずどのような作目が現地に適合するか栽培試験を行って、この地区に合う作目を見つけ出し、その栽培法を確立します。試験結果に満足するものが得られたら類似の手法により、順次、チャオプラヤデルタ内の他の事業地区への普及をめざします。

ウ) 投入計画

上記活動を確保するため、プロジェクト期間内（5年間：1999.4～2004.3）の日、タイ双方の投入計画は以下のとおりです。

①日本側投入計画

専門家派遣

（長期） チーフアドバイザー／システム開発

業務調整／研修

水管理

水利組織

ほ場施設

（短期） 営農

システム開発

その他

機材供与 約30百万パーツ（オンファームレベルの活動に用いる車両2台を含む。）

研修員受入 日本国内で実施する研修に受入れる

②タイ側投入計画

カウンターパート 日本側専門家に対応するカウンターパートの用意

ローカルコスト 日本側から供与される以外のプロジェクト実施に必要な資機材並びにプロジェクト運営費

3. 1999年度における主な活動

ア) 第一四半期

専門家派遣

4月1日 プロジェクトの発足と同時に3名の長期専門家着任

水管理 柚山義人

水利組織 鬼丸竜冶

ほ場施設 中沢 昇

5月11日 業務調整／研修 鈴木 晃 着任

営農（短期） 難波輝久（5/11～

8/10）着任

5月25日 チーフアドバイザー／システム開発

宮崎 健 着任

今期はプロジェクトの立ち上げ、プロジェクトの置かれた環境を理解するのが、主な業務。流域全体を把握するため、北部タイを踏査。

イ) 第二四半期

短期専門家派遣

データコミュニケーション

富永 豊（7/7～11/3）

データコミュニケーション

笹原武志（7/7～11/3）

流域水管理情報システム

稗圃 寛（8/3～8/31）

上記三名の短期専門家と共に水管理システムフィージビリティスタディを開始

オンファームレベルにおけるプロジェクト効果を測定するためのベンチマークとするため及びモデル地区におけるプロジェクトの活動への参加について、農家の意向を調査することを目的として社会経済調査を開始（現地コンサルタントの活用による）

なお、今期において、プロジェクトサイトオフィスが完成した。

（RID独自予算による新築）

ウ) 第三四半期

短期専門家派遣 営農 難波輝久（12/1～5/31）

前期に引き続く水管理フィージビリティスタディ、社会経済調査の継続実施および完了。運営指導調査団派遣（11/21～11/27）PDM,



新築されたプロジェクトサイト事務所

PO等の検討, 見直し。

農林水産分野調整員会議 (10/18~10/22, クアラルンプール)

鈴木調整員出席

エ) 第四四半期

短期専門家派遣

圃場水管理 佐藤政良 (2/18~3/4)

施設改善 古殿晴悟 (2/20~3/11)

機材供与 現地調達分については3月末までに納入されました。

(ピックアップカーは1月末納入済み)

本邦調達分については7月中に契約が完了しました。

研修員受入 Mr.Sombat Sontlsiri

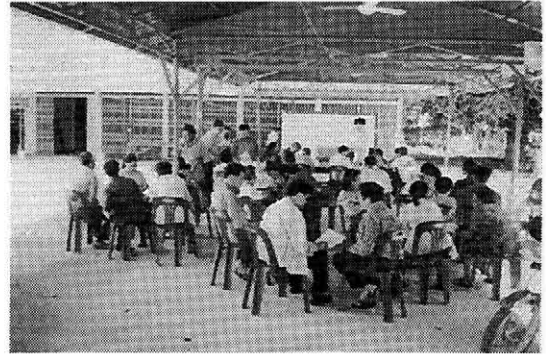
(水管理 2/13~3/17)

Mr. Poolsawat Daudaum

(圃場水管理組織 2/13~3/17)

Mr. Somunuk Jirasiriso

(データコミュニケーション)



農家意向調査の状況

2/13~3/17)

Mr. Yaung Ketkaew

(営農 2/06~2/23)

技術交換事業によるプロジェクト訪問

カンボジア (2/22~2/23)

パキスタン (2/23~2/24)

中国四湖 (3/20~3/27予定)

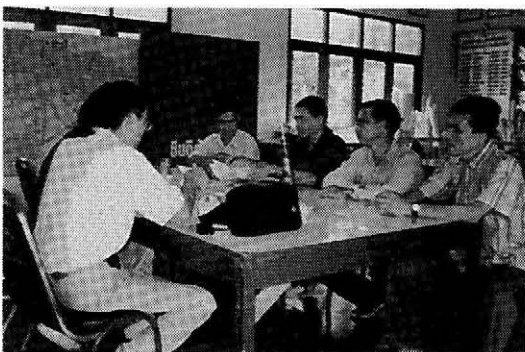
リーダー会議 (1/25~2/5 東京) 宮崎チーフア

ドヴァイザー出席

プロジェクト開始後初めての乾季到来。モデル圃場を選定すると共に、試験栽培を開始しました。作目としては、マングビーン、スイートコーン、ひまわり、落花生を選定しています。(保存性を考慮)

圃場施設の設計として、従来のDitch and Dike事業にコンクリートフリームを使用すること並びに農道(耕作道)及び圃場内排水路を設置することを提案、本案にて事業開始。

以上が大雑把に捉えた1年目の活動です。R/Dには、年に1度及び必要に応じ、Joint Coordinating Committeeを開催することになっており、5



水利組織専門家による現地スタッフからの聞き取り



作物へのかん水



PFメーターの設置



施工中のDitch and Dike事業

月2日に第1回の会合が持たれました。

4. おわりに

プロジェクト発足後迎えた最初の乾期には、とにかくにもトライしてみることに主眼をおき、保存が効くということから豆類等で試してみることにしました。

この地に適する作物は何か？何度かのトライアンドエラーを繰り返すことになると思います。

また、例えこの地に適合する作物が見つかったとして、水が来るだけで普及するとは限りません。

大きな問題としては、マーケティングの問題があります。作れても安ければ誰も作ろうとはしないからです。でも、この問題は頭の片隅には置きますが、当プロジェクトでは扱いません。乾季でも水が来たらどの様な作物なら作れるのか。その場合の単位用水量はどのくらいになるか。どんな圃場設計が適切か。でき上がった水利組織を維持管理するためにはどのような水利組織が適切か。そういった技術的な検討に限られます。

一口に「作物多様化」といいますが、その背景は世界的な規模での米余り現象とそれに起因する米価の下落です。日本においてもここ十数年来の農政の主眼は水田の減反と米以外への転作奨励でした。その意味では大変大きな問題が、背景としてはあるわけで、とてもプロジェクトが取り扱えるような問題ではなく、上記のようなこと（技術的検討に限定）になるわけです。

水の有効利用についても、もう少し触れてみましょう。乾季における水の絶対量の不足については、これはなんととっても新規の水資源を開発す

る以外にありません。

その意味ではRIDはたとえ環境問題、用地問題等であろうとも、それらに対する対策を立てながら、今後とも粘り強く利害関係者等との対話を続け、新規水資源の確保の努力をしていかざるを得ないわけです。これについてはRIDの計画部を中心にそのための努力はなされるわけですが、それだけ水需要が逼迫してきているにも関わらず、水管理が旧態然としていて良いはずはありません。

この既に開発された水資源の有効利用について、かんがいの面から改善案が見つからないか検討しようというのが本プロジェクトです。

しかし、これもまた大変な難しさを秘めているような気がします。タイの人たちは何かにつけてマイペンライ（大丈夫。気にしない。）という言葉を発します。些細なことにはこだわらない。

鷹揚であるといえればそれはそれで一つの長所でもあるわけですが、自分の田に水を引くために水路を壊してもマイペンライ。ゲートが壊れてもマイペンライとなるわけです。自己中心的といえますか、公共のものをそれほど大切にしないという傾向があるようです。

本プロジェクトの活動の一つには水利用者組織の育成、強化がありますが、「水資源は大切です。無駄使いはしないようにしましょう」と自覚してもらうことになるわけで、ある意味では農民の意識改革を伴います。

とても一朝一夕に片付けられる問題ではありません。現場に溶け込みながら、じっくり努力を続けるつもりです。

台地を潤す虹の橋

—通潤橋の建設—

坂口 広範*
(Hiromori SAKAGUCHI)

目 次

はじめに	61
架橋の背景	61
工事の概要	61

施設の概要	62
結 び	64

はじめに

熊本県矢部町は九州のほぼ中央に位置し、北は阿蘇の外輪山、南は九州山脈に囲まれた標高200～800mの農林業を中心とした典型的な中山間地域です。全般に地形は複雑で、平地に乏しく296.42km²と県内随一の面積を有していますが、その約80%を山林原野が占めています。

通潤橋は溪谷に囲まれた台地へ水を送るため嘉永5年(1852年)当時、矢部郷を治める惣庄屋であった布田保之助が積年の英知を結集し、種山石工協力の下、1年8ヶ月の歳月を費やして安政元年(1854年)に完成させた石造アーチ橋です。橋の中を3本の石管が通り、その中を勢いよく流れた水は溪谷を跨いで対岸の白糸台地へ渡り、約100ヘクタールの水田を潤しています。昭和35年には国の重要文化財の指定を受け、今では橋の中央両側から水が勢いよく飛び出す放水がその豪快な景観で見る人を楽しませていますが、あらゆる面から見て江戸時代後期の土木技術の最高傑作とされ、今なお現役の土壌改良施設として活躍しています。

架橋の背景

阿蘇台地に広がる矢部地方は地質が軟らかい凝灰岩からなっているため浸食谷が多く、雨は多いものの谷が深いため不毛の地が数多くありました。

特に白糸台地は四方を溪谷に囲まれた孤立する台地のため、水の便が悪く灌漑用水はもとより飲

み水にまで事欠くような有様で、人々は貧困に喘いでいました。当時、湧水、あるいはたまり水(雨水)によってわずかな水田が養われていたに過ぎず、その他はすべて畑地でした。ひえや粟等の雑穀しか収穫できないため農民達の生活は貧しく、毎年飢餓に苦しんでいました。

この地方を治める惣庄屋であった布田保之助はこの恵まれない村々を救済しようと一大決心をし、轟川の谷を越えて、6キロメートルも離れた笹原川から水を引き新田を造成しようと考えました。

一方、当時この地方には眼鏡橋を架ける特殊技術を持つすぐれた石工がいたことや、加工に適した石材(熔結凝灰岩)の入手が容易であったことなどから、石づくりの眼鏡橋の架橋が盛んに行われていました。このようなことから保之助は、この谷に石づくりの眼鏡橋を架け、その上に水路を布設する以外に水を送る方法はないと考えたのでした(図-1)。

工事の概要

保之助は永久に破損しない強固な水路を造るため、工事を始めるに当たり周到な準備と調査研究を行いました。当時眼鏡橋は各地に造られていましたが、その規模から嘉永元年(1848年)に築造された砥用町の霊台橋を手本にし、実地に出かけてつぶさにその構造、形態などの研究を行いました。

しかし、現場の谷の深さは30メートルにも達し、当時の技術では霊台橋の20メートルほどの高さの築造が限度でした。そこで、できるだけ橋を低く

*熊本県矢部町役場経理課 (Tel. 0967-72-1136)

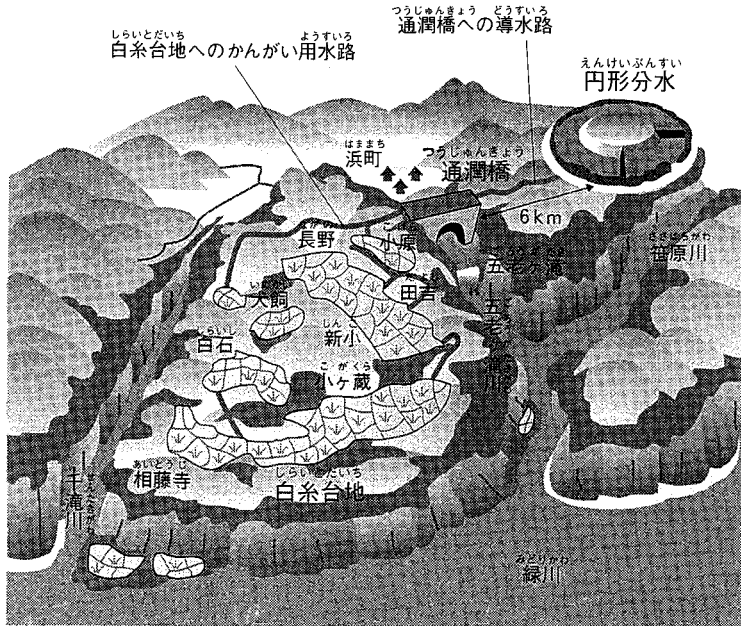


図-1

して、しかも水を送った先の受益面積を多くするために、吹上式（サイフォン管の原理）を応用することとしました。保之助は、壊れた軒の樋の水が吹き上がるのを見てこれを思いついたと言われています。

すべての準備が整い嘉永5年（1852年）に着工の運びとなりました。保之助は工事期間中、陣頭に立ち連日指図して廻りました。中には、午前7時の集合に遅れる者もあり最も苦しい作業につかせ督励しました。現在「朝寝開」と称する田が残っていますが、これはこの時の名残です。

こうして長い歳月、さらには膨大な工費に加えて危険の多い工事が、一人の犠牲者もなく無事竣工しました。保之助はいよいよ工事が完了し、橋樑をはずして通水するとき白装束に身を固め、万一成就しないときは橋と共に命を捨てる覚悟であったといいます。

工事の主な概要については以下のとおりです（図-2）。

◎開田

橋から笹原川まで（橋までの導水路）

12町2反25歩（12.28ヘクタール）

橋から末尾まで（白糸台地へのかんがい排水路）

78町8反21歩（78.87ヘクタール）

◎水路支流延長

10里19町42間（41.421キロメートル）

◎工事費

通潤橋 銀319貫406匁（約17億5千万円）

水路 銀375貫402匁（約20億6千万円）

◎財源

藩庁 銀327貫703匁（約18億円）

矢部郷の庄屋区積立金・寄付金

銀367貫106匁（約20億1千万円）

◎人夫

通潤橋 延 5,865人

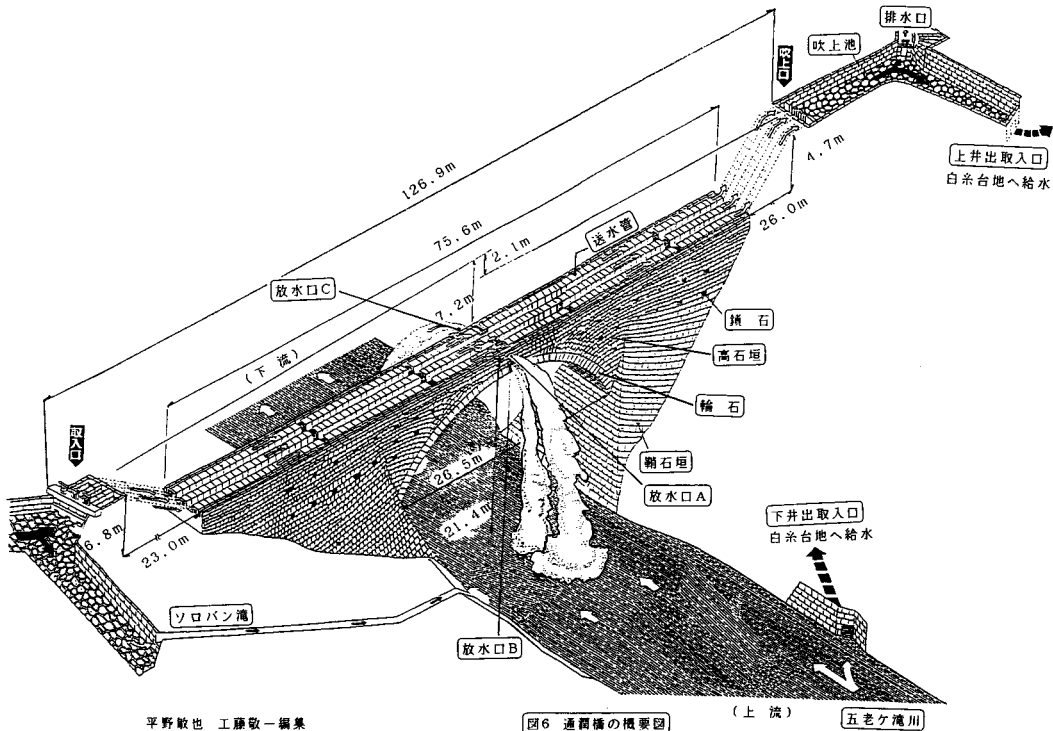
水路 延21,213人

※銀の換算は、東陽村石匠館の換算表（平成6年現在）を使用

施設の概要

通潤橋の規模は、長さ75.6メートル、幅6.3メートル、高さ20.2メートル、アーチの径間28.18メートルで、中に埋設している126.9メートルの3本の石管は、1日1万5千立方メートルの送水能力を有しています。また、農業用水の送水だけでなく、橋の上面は人馬の通行が可能となっています。

当時の土木技術の粋を集めた通潤橋の綿密な設計は、現代土木工学の理論に照らしても極めて優



平野敏也 工藤敬一編纂
「図説熊本県の歴史」より引用

図6 通潤橋の概要図

図-2

れたものであると言われています。通潤橋の様な工夫の一部を次に紹介します。

(1) 鞍石垣

20メートルに達する高石垣を築くため、垂直に積んでは崩れてしまうので、熊本城矢倉台の「鞍石垣」の手法を取り入れることとしました。

刀の鞘のように勾配が反る鞍石垣は、法勾配の決め方と積み方が難しく、一定勾配ならまだしも徐々に勾配を変えなければならぬので、勘に頼るところが大きい作業でした。棟梁・丈八の周到な研究と技で鞍石垣は見事な曲線を描いて、壁石と鞍石垣の境目はどこなのか全く区別が出来ないほど見事に高石垣と融合しています。

(2) 高石垣 (裏築石積み)

高石垣の強度を増すために、鞍石垣だけではなく壁石積みでも他では見られない様々な工夫を凝らしました。

まず、石の積み方を石の腹と腹を合わせる胴付合端としました。胴付面が広い隣石との接着が強く、大きい土圧にも耐えられる石積みを採用したのです。使用する石についても保之助は自ら一つ一つ金槌でたたいてみて、硬度、割れ目など

をチェックして選択するという厳重さでした。

表の石積みだけではなく、裏込石も入念な石積み徹底しました。丸石は振動で動きやすいため使用せず、角突き合わせの積み方では角が欠けると石の締まりがなくなってしまうため、表石積み同様に石の合わせ目を揃えて積むなど念には念を入れました。

次に鞍石垣が届かない上方の壁石垣についても、鎖石という新たな工法を編み出しました。鎖石工法とは、上下に重ねた互い違いの石に孔を開けて太柄鉄(孔に差し込むつなぎ鉄)でつなぐ工法で、壁石が膨らむのを防ぐ効果がありました。

(3) 漆喰

石管は三尺(90センチ)の石を削り抜いて連結をさせ、継ぎ目の漏水を防ぐため二条の孔を彫りそこに漆喰を詰めました。その漆喰も豊後府内(大分)で数十年たっても変化しない漆喰があることを聞き、現地に出かけて調査をし、その方法にならない配合を貝灰の中に石灰粘土、塩を適量混ぜ、これに若松葉を白で挽いたものや松脂、卵白、苦汁、ごま油、酒を少量ずつ混ぜてよく練り合わせ、入念に詰めて漸く成功したといえます。

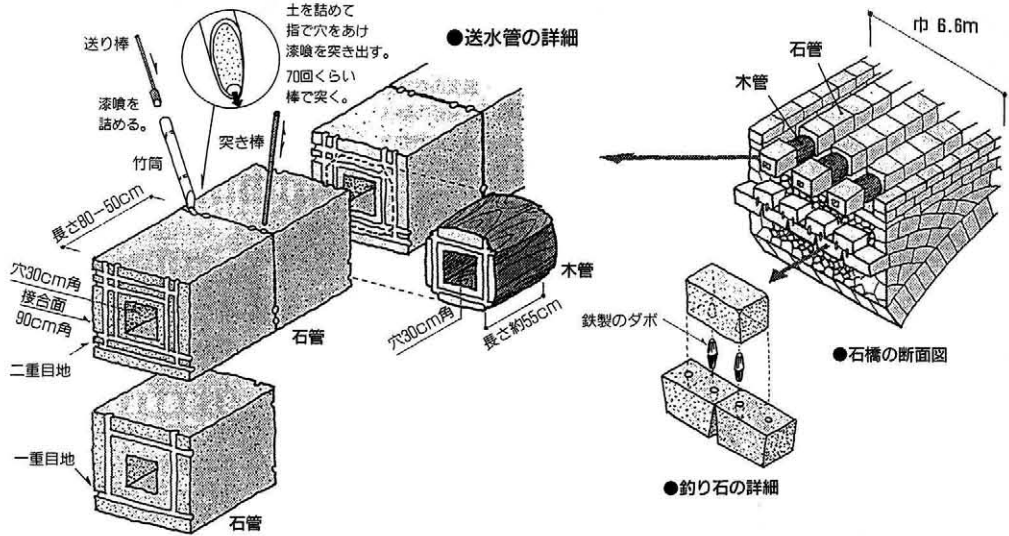


図-3

(4) 送水管

送水管は3列に並び合計約600本の石管と木管(松丸太)が1列に4本ずつ計12本使用されています。これは、石管の凍結による割れや風化に対する補修の際、容易に修理が出来ることと、地震時の緩衝材にもなっています(図-3)。

結 び

安政元年(1854年)7月 橋の完成後も水路の開削、水田の開拓が進められ、安政4年(1857年)10月にはすべての工事が完成しました。実に起工以来4年11ヶ月にも及ぶ大事業でした。ここに石造り水路橋としては江戸時代後期の最高傑作とされる連通管方式の「吹上台眼鏡橋」が架設され、布田保之助の名はこの通潤橋とともに永く語り継がれることとなりました。

特筆すべきことは、この大事業が压制や権力によってなされたものではなく、時の藩庁を動かした保之助の熱意と、大衆の献身的な協力によって成し遂げられたものであるということです。財源をみても寄付金が多額にのぼっており、矢部郷の住民が用水路完成に向けて一丸となったことがうかがえます。

優雅で強固なたたずまいを見せてくれる通潤橋。この先人が遺した貴重な遺跡を今後、文化財としてはもちろんのこと、現役の農業用施設として後世に継承していくことが私達矢部郷住民に課せられた使命であり、責務と言えるのではないのでしょうか(写真-1~4)。

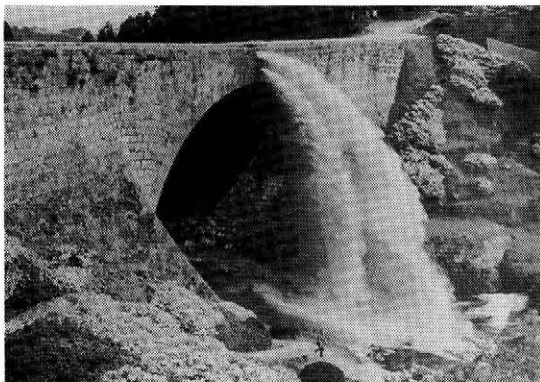


写真-1 春の通潤橋

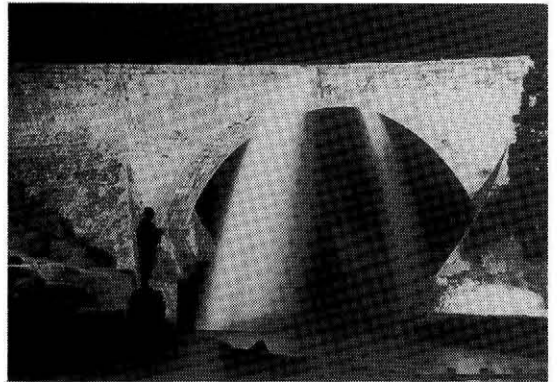


写真-2 夏の通潤橋



写真-3 秋の通潤橋

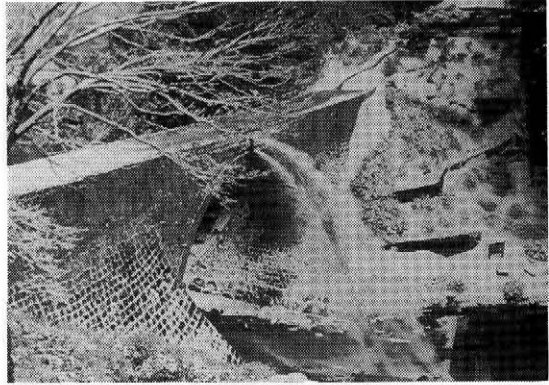


写真-4 冬の通潤橋



うるおいのある豊かな農村づくりに

トリシマは、農業農村整備における各種ポンプ設備をはじめ、汚水の流送システム／農業集落排水処理施設に、トータルエンジニアリングでお応えています。



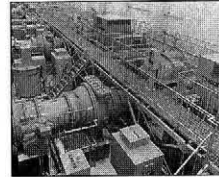
風力発電システム



親水施設



農業集落排水処理施設



かんがい用ポンプ設備

株式会社 ^{トリ} ^{シマ} 西島製作所

東京支社／東京都品川区大崎1丁目6番1号(TOC大崎ビル) 電(03)5437-0820(代) FAX(03)5437-0827
 〈支店〉大阪・福岡・名古屋・札幌・仙台・広島・高松 〈営業所〉那覇・佐賀・横浜・長野・青森・和歌山

本 社／大阪府高槻市宮田町一丁目1番8号

電(0726)95-0551(大代) FAX(0726)93-1288
<http://www.dairinkai.gr.jp/~torisima/>

【技術情報紹介】

国際標準化機構(ISO)に対応した国内の技術基準の整備について

—土地改良事業設計基準の国際化対応—

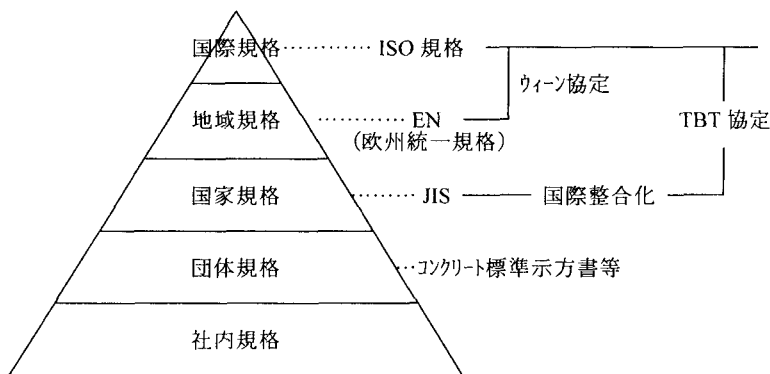
構造改善局建設部設計課
施工企画調整室設計基準班

1. はじめに

近年、国際標準化機構（ISO）において制定される国際規格（ISO規格）の整備が急速に進められており、土木分野で使用する資機材に関わる製品規格や試験方法規格、構造物の設計・施工に関わる規格の制定もその整備が本格化しています。

平成7年1月世界貿易機関（WTO）の発足に伴い、我が国も調印した「政府調達協定」及び「貿易の技術的障害に関する協定（TBT協定）」により、ISO規格の遵守が国際的に求められるようになってきました。

構造物の設計・施工に関わるISO規格については、欧州標準化委員会（CEN）が先行し、ISOの場において積極的に展開しており、その活動が注目されています。CENはISOと技術協力に関する協定（いわゆる「ウィーン協定」）を結んでおり、欧州規格としての土木・建築の構造物全般を網羅する体系的な技術標準（Eurocode）が、そのままISOに持ち込まれる可能性が高いものと考えられています。



図一 規格のヒエラルキー（参考）

2. 農林水産省の取組

我が国の優れた土木関連分野の建設技術やシステムをISO規格に反映させていくことは、今後の国内の社会資本整備を効率的に行ううえからも肝要なことと考えられます。

このような背景に対して、平成9年度より、農林水産省は建設省、運輸省とともに（社）土木学会に「ISO対応特別委員会」の設置を付託しており、委員会ではISOおよびCENに係る情報の収集や国内審議団体としてISOの場での活動を行ってきています。

また、構造改善局では、かねてから各種情報収集等に努めてきたところでありますが、平成12年度より「技術基準国際化対応緊急調査費」が認められ、本格的な調査、検討に着手しています。

3. 性能規定による設計手法

従来より技術革新の進展による製品の多様化、高機能化および市場の国際化に呼応して、必要とされる

*連絡先：施工企画調整室設計基準班
佐藤定由（Tel. 03-3502-8111内3799）

性能のみを決定してその実現方策は原則的に自由とした「性能規定化」の要請が高まってきており、現行の国内技術基準について、構造物の材料や寸法等を規定する「仕様規定型」から「性能規定型」への移行が求められるものと考えられます。

これにより、設計手法において、許容応力度法から限界状態設計法へ移行することによって生ずる適用に関する問題点、設計諸数値の選定方法等の検討、整理が急務であります。

コンクリート標準示方書では、昭和61年から限界状態設計法が取り入れられ、平成8年の改訂ではより実用性が高められたものになっています。特に、設計編および耐震設計編では性能照査型示方書体系への全面移行に向けて、移行が容易な形式で取りまとめられています。さらに平成12年に改訂された施工編でも耐久性照査型として、耐久性の向上を図るべく各種の規定について整理されたものとなっています。

このような情勢の中、土地改良事業計画設計基準においては、性能規定型の基準適用による既設構造物への影響等を検討のうえ、ISO規格への対応方針を定めるとともに、設計手法の選定等を十分に検討することが肝要と考えられます。

4. 今後の対応

構造改善局では、前述のとおり、技術基準の国際化対応として、今後さらに情報収集に努め、合わせて性能規定型設計手法に関する調査、検討を進めていきたいと考えています。

また、コンクリート二次製品を扱うある協会では、既に独自に情報収集を行い、先行して協会規格とISO規格との整合化を図ろうとするものもあり、これらの団体の動向にも注目しています。

前述のEurocodeは2003年を目標にISO規格への移行を進めており、土地改良事業計画設計基準についても、ISO規格の制定に向けて緊急かつ積極的な対応が必要と考えられます。

参考文献

- (1)コンクリート標準示方書 [設計編：平成8年]，[施工編：平成12年]（社）土木学会
- (2)ISO対応速報（土木学会ISO対応特別委員会会誌1～3号）
- (3)限界状態設計法（構造改善局建設部設計課施工企画調整室：平成4年：設計技術資料）

農業土木技術研究会の運営に関するアンケート調査結果について

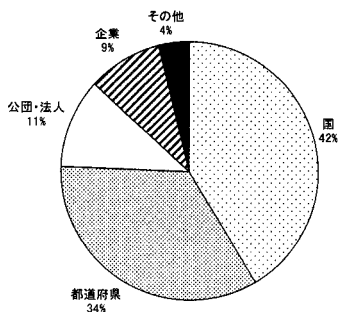
会誌「水と土」121号で会員の皆様からお願いしました本件の調査については、短期間での調査にも関わらず、1,434名もの会員の方から回答をいただきました。ご多忙中のところ、調査にご協力頂き、誠にありがとうございました。

今般、事務局で、調査結果を整理しましてので、以下に報告させていただきます。

1. 調査回答者

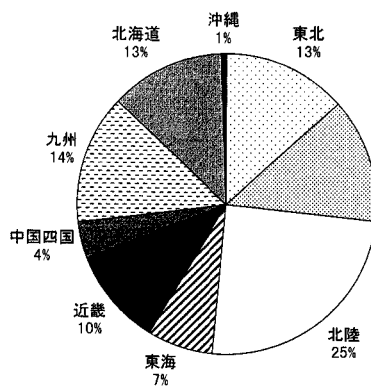
1,434人の会員の皆様から回答がありました。この結果は、次のとおりとなっています。

- ①回答者の所属は、国が最も多く（42%）続いて都道府県（34%）となっています（図-1）。
- ②回答者の勤務地は、北海道から沖縄まで広がっています（図-2）。
- ③回答者の年齢は、50歳代の会員からの回答が最も多く（41%）、40歳代（30%）、30歳代（19%）と続いています（図-3）。



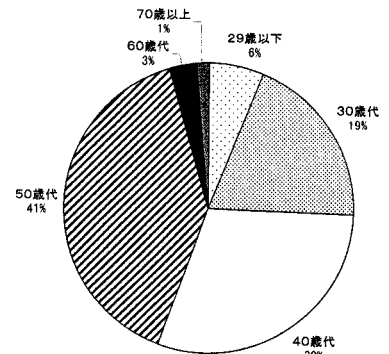
注) その他の内訳は、試験研究機関(27)、大学・学校(5)、個人(1)、その他(10)、無回答(2)

図-1 所属区分



注) 勤務地無回答者(14名)を除く集計

図-2 勤務地区分



注) 年齢区分無回答者(12名)を除く集計

図-3 年齢区分

2. 農業土木技術研究会の活動に関する回答

(1) 事業内容等について

当研究会の現在の活動に関し、①事業内容（会誌「水と土」の発行：4回／年、技術研修会の開催）、②会誌「水と土」の内容、③研修会の内容の3項目を評価頂いた結果について（図-4）にまとめています。

この結果は、どの項目も「まあまあ」との回答が過半を占めているものの、「良い」の積極的な評価が30～40%の割合で回答されており、「良くない」の評価割合を大きく上回っています。

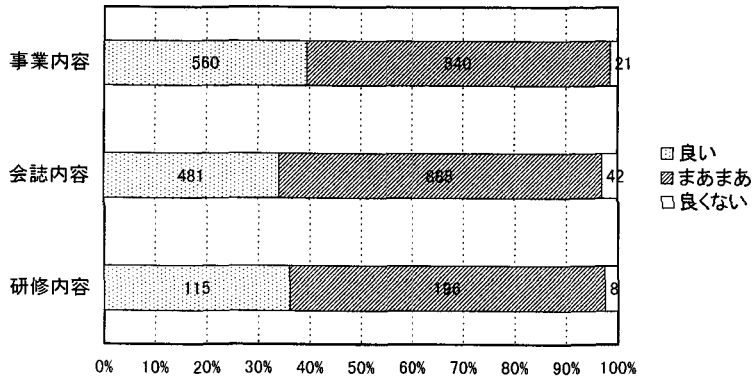
(2) 研修会の参加者

「技術研修へ参加したことがある」の回答は、本項目の回答者1,413名の1/4に留まっております（図-5）。

(3) 会費に対する意識

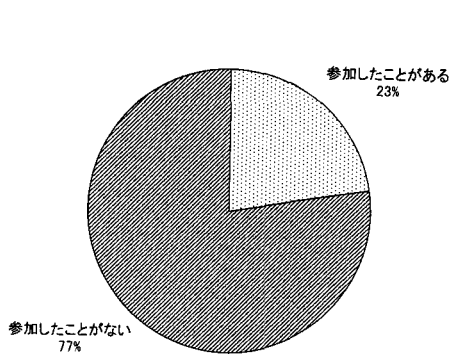
研究会の会費（2,300円／年）に対する意識は、本項目の回答者1,398名の3/4が適当と回答しています。

また、「安い」の回答（17%）は、「高い」の回答（8%）の2倍程度となっております（図-6）。

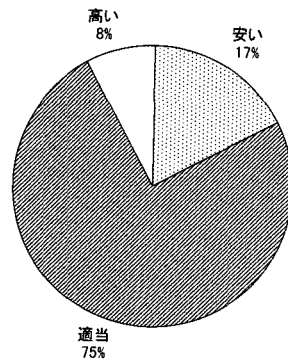


注) 無回答を除き集計しているため、各項目の回答者数の合計は異なる。
 研修内容に対する回答は、研修参加者の集計。

図一四 農業土木技術研究会活動について



図一五 研修会への参加状況

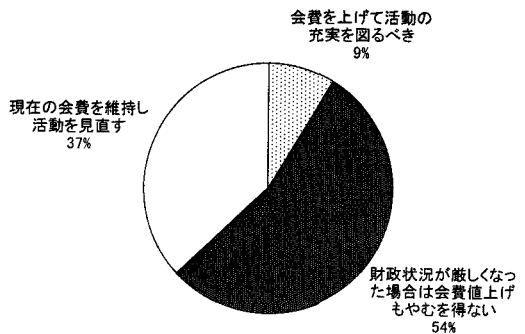


図一六 会費に対する意識

3. 今後の運営方針に関する回答

(1) 運営方針について

今後の運営方針について「A.会費を上げて活動の充実を図るべき」、「B.現在と同程度の活動を継続し、財政状況が厳しくなった場合は、会費値上げもやむを得ない」、「C.現在の会費を維持し、活動を見直していくべき」の3項目について、回答をお願いしたところ、「B.」の回答が過半を占め(54%：759名)、続いて「C.」(37%：512名)、「A.」(9%：120名)の順となっています(図一七)。



図一七 会の運営方針に対する意見

(2) 具体的方針

上記(1)の「A.」及び「C.」のうち、具体的な対応について回答して頂いた結果を(表一)にまとめました。「会費を上げて活動を充実を図る」の具体的内容で一番多かったのは、会誌の規格変更(A4版化)でした。また、「会費を維持して活動を見直し」では、「会誌発行回数の減」との意見が最も多い結果となりました。

表一 農業土木技術研究会活動の具体的方針回答数

活動の方向性	性 具 体 的 な 方 針					合 計
	会誌ページ増	発行回数増	会誌A4版化	研修充実	その他	
会費を上げて活動の充実を図る	20	19	45	18	10	112
会費を維持して活動内容を見直す	会誌ページ減		会誌発行回数減		その他	355
	110		215		30	

4. 活動・運営に関する意見

研究会の活動や運営についての意見を記述して頂いた254名（回答率17.7%）の回答を項目別に区分し、（表一2）に整理しました。

表一2 農業土木技術研究会の活動・運営等に関する意見集約表

区 分	意 見 等 の 内 容	件数
会運営・活動に対する意見・要望 213件	会活動・会誌内容に満足している（現場技術情報として有益、技術力向上のため有効等）	38
	会活動の発展・一層の活性化を望む	24
	学会、技術連盟等との統合を検討すべき	32
	学会（学会誌）等との区分が明確でない	30
	会の活動内容に対する批判（活動が分かりにくい等）	11
	会員増加の取組を希望（若手技術者会員増を含む）	19
	会費に関する意見（会費を維持すべき等）	20
	研修会の充実を望む（地方開催等）	17
	情報提供システムの改善を望む（ホームページ開設等）	13
	その他（コンサルタントの積極的な参画、会誌発行回数等）	9
会誌に対する意見・要望 60件	掲載報文の工種に対する意見（環境関連、維持管理関連等の報文の掲載を希望）	17
	平易な報文・読みやすい報文希望	17
	現場技術に着目した報文掲載を希望	9
	工種区分の編集を希望	5
	編集の多様化等その他の編集に関する希望	4
	会誌規格の変更（A4版化）	6
	その他（会誌名称の変更、内容に対する意見等）	8

事務局としましても、上記の調査結果を踏まえ、当研究会の運営に反映して参りたいと考えております。今後とも会員の皆様の更なるご協力と、一層のご指導・ご鞭撻を賜れば幸いです。

1. 会員の募集

水と土の発行は皆様の年会費によってまかなわれています。今後とも事業地区の技術情報の交流を図るためには会員の確保が重要となっています。会員の皆様には職場の同僚の方々に農業土木技術研究会の成り立ちや「水と土」をPRしていただき、会員の勧誘をお願いいたします。平成12年度の年会費は2,300円です。なお、別紙のPR版を作成しましたので会員の勧誘に活用いただければ幸いです。

2. 報文投稿の募集

「水と土」は会員の皆様からの報文投稿によって支えられています。報文は以下のように様々なテーマが考えられますので、これを参考に皆様が担当されている事業地区の状況を報文にまとめて投稿いただくようお願いいたします。併せて巻末の投稿規定も参照して下さい。

- ① 事業地区の段階は、企画、調査、計画、設計、施工、管理に分けられるので、構造物の施工の有無に関わらず、コスト削減、創意工夫、新技術導入、環境配慮などの視点から取りまとめた報文
- ② ダム、トンネル、橋梁、揚排水機場等の大規模工事や長期にわたる債務負担行為工事等について、調査、計画、設計、施工の各段階での検討や実績を取りまとめた報文
- ③ 農業工学研究所や県試験場などへの依頼研究の成果について取りまとめた報文（研究依頼先との連名による）
- ④ 土地改良技術事務所、調査管理事務所が対応している技術検討や現場支援業務について取りまとめた報文（当該機関との連名による）
- ⑤ 海外派遣から帰任した職員の派遣先でのプロジェクト等について技術的見地から取りまとめた報文
- ⑥ 建設会社、コルサルタント等の会員において、普及性のある事例や技術検討について取りまとめた報文

3. 「水と土」表紙写真の募集

農業土木技術研究会では、会誌「水と土」の表紙を飾る写真を募集しています。

あなたが撮った「美しい農村や農業生産の風景」、「地域にとけこんだ農地、農業施設」、「水・土のふれあい」などを表紙に使わせていただきたいと思います。以下を参考に多数の写真を応募願います。

- ① 写真の種類：カラープリントでサービス版より大きいサイズで提出して下さい。
- ② 枚数：応募点数には制限がありませんが、未発表のものに限ります。
- ③ 応募先：研修会テキスト申し込み先に同じ
- ④ その他
 - (1) 応募写真の裏面にタイトル、コメント、住所、氏名、年齢、職業、性別、写真テーマ、撮影場所、撮影年月日を記入して下さい。
 - (2) 原則として応募写真は返却しません。
 - (3) 採用された写真の著作権は、農業土木研究会に属します。
 - (4) 採否は、編集委員会で決定します。
 - (5) 採用された場合は薄謝を進呈いたします。

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
〒105-0004 東京都港区新橋3-34-4 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14,500字程度 (ワープロで作成の場合, A4版10枚程度) までとする。
- 4 原稿はなるべくワープロで作成し, 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, 農業土木標準用語辞典に準じられたい。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 ワープロで作成した原稿については, プリントアウトした原稿とともに文字データについてはフロッピーディスクでも提出すること。
- 6 手書きの原稿については, 当会規定の原稿用紙を用い作成すること (原稿用紙は, 請求次第送付)
- 7 写真, 図表はヨコ7cm×タテ5cm大を242字分として計算し, それぞれ本文中の挿入個所を指定し, 写真, 図, 表は別に添付する。(原稿中に入れない)
- 8 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。また, 原図をそのまま印刷に使用するので極力鮮明なものを提出すること。
- 9 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) 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 1 (エル) g (ジー) と q (キュー)
E (イー) と ϵ (イプシロン) v (バイ) と ν (ウプロシン)
など
- 10 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。
- 11 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。
- 12 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。
- 13 投稿の採否, 掲載順は編集委員会に一任すること。
- 14 掲載の分は稿料を呈す。
- 15 別刷は, 実費を著者が負担する。

農業土木技術研究会会員の募集

1. 創立30周年を迎えた「農業土木技術研究会」

本研究会は、全国の農業土木技術者の自主的な研究会です。その歴史は、昭和28年の「コンクリートダム研究会」にまでさかのぼり、事業の展開方向に即して変遷してきました。現在の「農業土木技術研究会」としても創立30周年を迎えた歴史ある研究会です。

〈農業土木技術研究会の変遷〉

昭和28年 「コンクリートダム研究会」の発足：会誌「コンクリートダム」の発刊

昭和31年 フィルダムを含めて「ダム研究会」に拡大：会誌「土とコンクリート」に変更

昭和36年 「水路研究会」の発足：会誌「水路」の発刊

昭和45年 両研究会の合併

「農業土木技術研究会」の発足：会誌「水と土」の発刊 「創立30周年」

2. 技術力向上に資する「農業土木技術研究会」

本研究会は、農業農村整備事業の計画・設計・施工事例や技術的検討内容などについての会員間の情報交換を図り、時代のニーズを反映した事業の円滑な推進に必要な技術力の向上を目的に一貫した活動を展開しています。

研究会では、現場の技術報文を中心に編集している会誌「水と土」を年間4回発行し会員の皆様にお届けしています。また、時代に即した技術的な情報を提供する研修会も開催しています。

3. 会員が支える「農業土木技術研究会」

本研究会の活動は、皆様の年会費によってまかなわれています。今後とも事業地区の技術情報の交流を図るためには会員の確保が重要となっています。

21世紀を迎えるにあたり農業・農村の位置付けがますます重要になっている今日、本研究会に入会いただき、その振興の基礎となる「農業土木技術」に根ざした研究会の活動を支援して頂ければ幸いです。平成12年度の年会費は2,300円です。

入会の手続きは、研究会へ直接又は各職場の連絡員に会費を添えて申し込んで下さい。申し込み様式は次の通りです。

入会申し込み

平成 年 月 日

私は農業土木技術研究会に入会します。

氏名： _____

職場・所属： _____

職場住所（会誌送付先）： _____

問い合わせ先：農業土木技術研究会 永井

〒105-004 東京都港区新橋5-34-4

農業土木会館内 TEL 03(3436)1960

「水と土」通信

FAX宛先：農業土木技術研究会 永井
03-3578-7176

「水と土」をより充実したものとするため、下記様式であなたのご意見をお寄せ頂ければ幸いです。

1. 本号(122号)で興味をもたれた報文について記載下さい。

(1) 報文タイトル：_____

(2) 興味を持たれた具体的内容 _____

2. 本号の編集についてご意見をお聞かせ下さい。

3. とりあげてほしいテーマなど本誌に対するご意見やご要望をお書き下さい。

所属：_____ 氏名：_____

編集後記

今年の夏は、例年に比べ記録的な猛暑となっており、稲作農家にとっては「干ばつに不作なし」と古来からいわれているように喜ばしい天候ではないかと思う。この秋の収穫はどうなのか気になるところだ。

さて、ご承知の通り、来年1月の中央省庁再編成を機会に、新たに政策評価システムも導入され、政策そのもののアクセスが行われようとしている。

年内にそのガイドラインが決定される予定とのこと。素案によれば政策の評価方式は、「事業評価」「実績評価」「総合評価」の三つに分かれている。①個別の事業や規制の妥当性、費用対効果を事前に検証する「事業評価」、②主要政策の具体的目標に対する達成度を測る「実績評価」、③一定期間経過した時点で効果や問題点

を分析する「総合評価」の3方式。

政策評価システム導入の意義は、申すまでもなく、誰が、何のために、どういう観点から、どうするのかを一般国民に明らかにすることによって、行政遂行にあたっての透明性・効率性を確保し、成果重視の行政の転換に集約される。

農業農村整備事業については、「事前評価・再評価・事後評価」の3段階評価が実施されているが、今後、評価結果は、ホームページへの掲載、窓口機関での配布、報道機関への発表等、一般国民が容易に公表内容を手に入れるようになっている。

情報公開、行政の説明責任の徹底等、不慣れな分野が待った無しで迫っており、これに対応する感覚を養っておくことが大事と思う昨今です。

(緑資源公団計画評価部古川)

水と土 第122号

発行所 〒105-0004 東京都港区新橋5-34-4
農業土木会館内

印刷所 〒161-8558 東京都新宿区下落合2-6-22

農業土木技術研究会
TEL 03(3436)1960 振替口座 00180-5-2891

一世印刷株式会社
TEL 03(3952)5651