

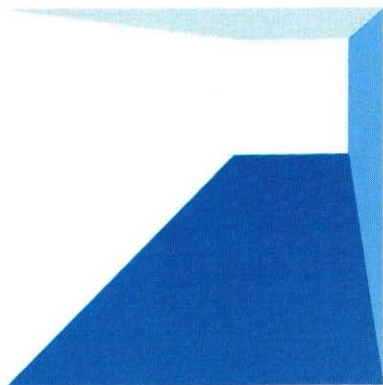
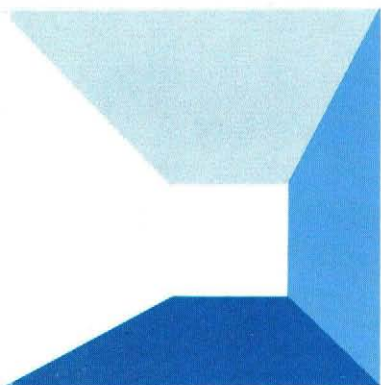
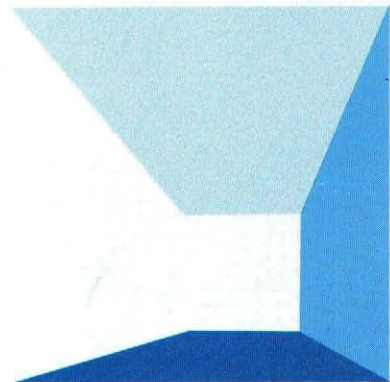
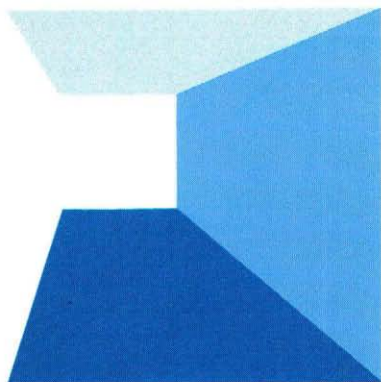
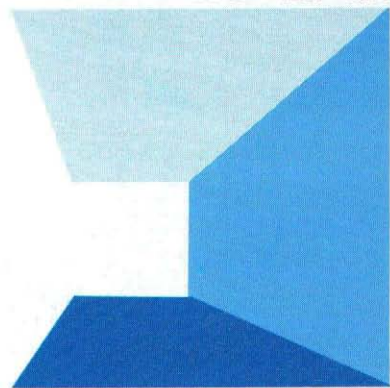
水と土

第 81 号

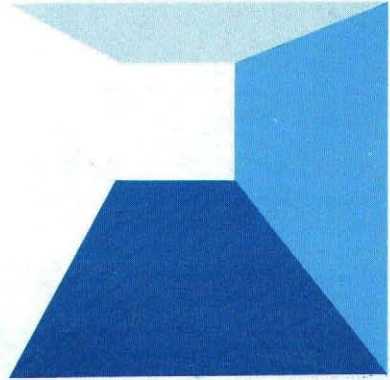
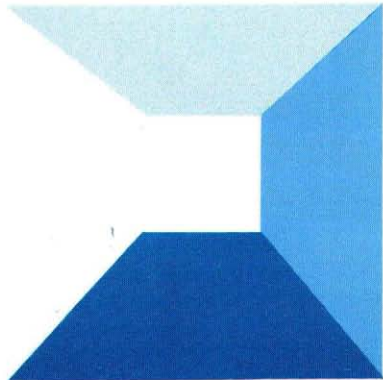
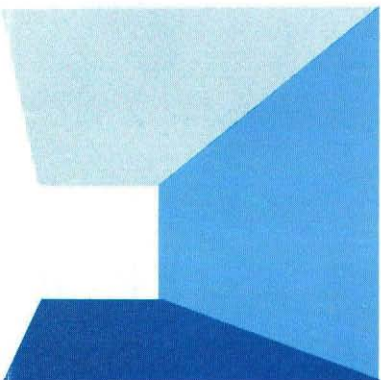
ISSN 0287-8593

平成 2 年 6 月号

農業土木技術研究会



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



堤体コンクリート打設中の知内ダム

(本文14頁参照)



完成間近の臼中ダム

(本文61頁参照)



江尻排水機場施工状況

(本文20頁参照)



遠心力強化積層管の現場施工試験

(土圧計設置状況)

(本文29頁参照)

水 と 土

目 次

グラビア

堤体コンクリート打設中の知内ダム
完成間近の臼中ダム
江尻排水機場施工状況
遠心力強化積層管の現場施工試験

巻頭文

北国の風土に根ざした農村づくりをめざして
白崎 練 一……(1)

報 文

新鶴子ダム築堤中の挙動について
(主として埋設計器実測値と計算の比較)
工藤 和彦・江上 博司……(2)

知内ダムの設計・施工(基礎処理計画について)
瀬田 文治・矢野 勝英……(14)
岡 下 敏明・松田 俊之

江尻排水機場の計画設計と施工について
渡部 均・菅原 登……(20)
岩間 正市

遠心力強化積層管の現場施工試験報告
託 芳彦・岩田 誠男……(29)
本間 鈴男・大塚 秀夫

農業集落排水施設の高度処理について
練 信男・中川 五平……(38)

老朽溜池改修支援・判定エキスパートシステムについて
桑原 孝雄・小山 修平……(46)
富士 弘幸

地域開発における「藪」の必要性について
静岡県職員共同研究ドイツ研究グループ……(58)

臼中ダムの設計と施工
柳 瀬 春男・湯 浅 三郎……(61)
松 岡 樹

資 料

ゲート下流護床工の設計について 川合 亨……(71)

投稿規定 ……(76)

農業土木技術研究会入会の手引き ……(77)

会 告・編集後記 ……(78)

No. 81

1990

June

新鶴子ダム築堤防の挙動について

工藤 和彦 江上 博司

新鶴子ダムの概要を紹介するとともに、ダム築堤中の挙動に対して実測値の整理と合わせて計算値との対比を行った。この結果、施工中のダム挙動はほぼ予想された範囲内であると評価された。またこの成果として、適切な物性値を選定することにより、これらの挙動は工学的に十分な範囲で解析的に追跡可能なことを指摘した。(水と土 81号 1990 P. 2)

知内ダムの設計施工

瀬田 文治 矢野 勝英
岡下 敏明 松田 俊之

北海道南部に位置する知内地区で、地域農業の振興を目的とした、国営かんがい排水事業が、現在、北海道開発局によって進められている。知内ダムは、本事業の基幹施設で平成元年度から堤体コンクリートの打設を開始した。本文では、堤体打設に先立って施工される基礎処理計画の決定経緯について報告する。(水と土 81号 1990 P. 14)

江尻排水機場の計画設計と施行について

渡部 均 菅原 登 岩間 正市

角田農業水利事業の中核である江尻排水機場の施行途上において基礎支持岩盤線が当初想定と大きく相違し、仮設矢板工及び本体基礎工の変更が必要となった。本報では江尻排水機場の計画設計の基礎諸元について概略紹介した上で、工期等厳しい制約の中で行った設計変更の検討経緯についてその要点を紹介する。(水と土 81号 1990 P. 20)

遠心力強化積層管の現場施工試験報告

詫 芳彦 岩田 誠男
本間 鈴男 大塚 秀夫

本管は、FRPと鉄筋コンクリートの複合管で、外層を形成するFRPにより内圧に対抗し、内層を形成する鉄筋コンクリートにより外圧に対抗するという新しい設計理論に基づいて製造された管である。

本試験施工は、設計の考え方の確認と工事施工において生ずる各段階での問題点を把握するため、現地においてφ500mm及びφ600mmを各20mづつ埋設施工し、各種試験を行った結果を取りまとめ報告するものである。

(水と土 81号 1990 P. 29)

農業集落排水施設の高度処理について

糠 信男 中川 五平

農業集落排水事業は、農村の環境整備の切り札として全国で数多く実施されているが、滋賀県では、琵琶湖を抱えている。小規模な処理施設における高度処理の実績が少ないため本県では各種の調査に取り組んでいる。今回長時間曝気方式における回分運転の窒素除去方法の調査を実施したので報告する。(水と土 81号 1990 P. 38)

老朽溜池改修支援エキスパートシステムについて

桑原 孝雄 小山 修平 富士 弘幸

現在、溜池の老朽化のメカニズムは必ずしも十分解明されていないので、溜池が老朽化したどうかを適切に判定することは難しい。

そこで、本報文は、Prologによるルールベース(診断型システム)および現在までの等者らの経験に基づく基本的知識ベースの構築法、さらに独自のアンケート調査及び農水省の溜池に関する調査報告書に基づく判定の基準となる確信値の考え方と基本知識ベースの改良について述べる。

(水と土 81号 1990 P. 46)

地域開発における「藪」の心性について

静岡県職員共同研究ドイツ研究グループ

我が国では、土地の高度利用を図る為、雑木林や藪等を切り開き農地や宅地等の開発を進めて来たが、西ドイツでは過去のこうした傾向を見直し、「開発した住区間附近には、動植物が安心して住める区域が必要であり、それが人間の住環境を新鮮なものに保ってくれる」と定義し、新しい生活空間を計画する時の指針を州の目標に合致する様に定めている。今回この冊子の内より「藪」の心性について紹介するものである。(水と土 81号 1990 P. 58)

白中ダムの設計と施工

柳瀬 春男 湯浅 三郎 松岡 樹

白中ダムは、県営かんがい排水事業・防災ダム事業打尾川地区の基幹施設として昭和58年度より本体工事に着手した。建設工事は、平成元年度まで本堤盛立等主要工事はほぼ完了しており、平成2年度には試験湛水に入る予定である。

今回、農林補助ダムとしては全国一の規模を誇る白中ダムの堤体を中心にして、その設計と施工の概要について報告する。(水と土 81号 1990 P. 61)

北国の風土に根ざした農村づくりをめざして

白 崎 練 一

時代は刻々と変化しており、「モノの豊かさ」から「心の豊かさ」にシフトしています。高度成長期に都市へと集中した文化が、今、時代の流れとともに地方へとUターン・Jターンし始めています。

これまでは、農村といえば農業生産の場として扱われ国民に安定的に食料を提供するために合理的な農業を営むことに力が注がれてきました。

しかし、生活が比較的安定し、環境問題や心のゆとりへの関心が高まっている今日、農村の持つ広がりや自然条件が再認識され、都市にも開かれたリクリエイト空間としての活用が求められています。これまで、農村づくりに当たっては、どちらかという整備の中心は、道路の改修や上下水道の整備などハード面にこだわり続け、整備水準も都市と同じレベルまで追いつこうとしてやってきましたが、都市からの農村への熱い視線と農村に住む人々の反省から、農村の生活環境が都市ナイズされてはつまらないとの認識が高まっています。これからの農村づくりは、農村の持つ緑などの自然、風土や文化性を最大限生かすことが大切です。そのため、それぞれの地域に見合った独自の整備手法の確立が求められています。

幸い北海道には都府県にない広々とした大地と北国特有の爽やかな気象条件を有しており、また、物事にとらわれない開放的な開拓精神が今も息づいています。これらの先天的な条件を農村整備にフルに活用することが大切と考えています。

本道では、農村の活性化を図る観点から、基盤サイドからのアプローチを進めることが課題と考え、農村地域を空間として整備するため、63年度から「農村快適環境整備調査」を実施しています。

農村整備というハード面からの取組みも、ソフト感覚が大切であり、その視点は、快適性(アメニティ)・人のつながり(コミュニティ)・地域性(アイデンティティ)の3要素が重要であることから、アメニティの整備事例の収集や地域住民の意向調査などを進めています。特に、新たな取組みとして都市に住む学識経験者の方々による「都市からみた農村を考える懇話会」を数回にわたり開催し、その報告・提言を「農村へのメッセージ」として取まとめました。メッセージでは、「もてなしの心」や「手づくりのリゾート」など、これからの農村のあるべき姿や進むべき方向について示唆に富む提言が盛り込まれており、今後の農村整備を考える際に参考となる内容となっています。

また、昨年の9月には、農村整備の先進地である西ヨーロッパへ農政部の職員を派遣し、西ドイツなどの農村整備への取組みや景観をつぶさに研修させました。現在、先進的な面と課題などについて広く道民に知っていただくため、報告会を逐次行っています。気候や風土が類似している北海道にとって西ドイツの各州の農村整備政策は、土地政策や民意に違いがあるとしても大変参考になると考えています。さらに今後も検討を進め北海道らしい農村づくりに生かしていきたいものです。本道では、昨年3月、「北海道新長期総合計画」に沿った農業・農村の施策展開を図るため、21世紀に向かって国際化時代に生きる力強い農業をめざし、「地域農業のガイド・ポスト」を策定しました。徹底した低コスト生産のため地域農業のシステム化、高付加価値農業・農村の展開、うるおいのある農村づくりにポイントを置いています。農業基盤整備に携わる私ども農業土木技術者としては、「水と土」の有効活用を基本として、地域ニーズに的確に応えられるように新たな分野に挑戦していかなければならないと考えています。農業土木技術者は農業・農村という大きなキャンバスに基盤の総合整備という魅力ある絵を描く芸術家と自負する位の気力が今や一番必要です。

「農村へのメッセージ」の副題は『時代の風は農村に向かっている』とつけました。21世紀まであと10年、来るべき世紀に明るい希望をもって活力ある農業・農村の建設に努めていきたいと考えています。

新鶴子ダム築堤中の挙動について

(主として埋設計器実測値と計算値の比較)

工藤和彦* 江上博司**

| | |
|-------------------|----|
| 目 | 次 |
| 1. はじめに | 2 |
| 2. ダムの概要 | 2 |
| 3. ダム施工中の挙動 | 4 |
| 4. あとがき | 13 |

1. はじめに

村山北部農業水利事業は、山形県村山盆地北部の尾花沢市、大石田町にまたがる3,410haの地区面積に対し、地域内の用水不足の解消と水利用の安定化を図ることを目的として計画されている。

本事業の主要施設である新鶴子ダムは、最上川支流丹生川鶴子地点に築造された堤高96m、総築堤量2,900千 m^3 におよぶ中心遮水ゾーン型ロックフィルダムである。

本ダムの工事経過としては昭和52年9月仮排水路に着手して以来、昭和55年4月に基礎掘削、昭和56年に基礎処理および仮締切堤の盛立を開始した。本堤遮水ゾーンの盛立は昭和57年7月より開

始し、昭和60年10月にはすべての盛立工事を完了した。その後、閉塞工、管理設備、周辺整備等を経て昭和63年9月には、ダム施設の安全性および管理施設の機能確認等を目的とする試験湛水を開始するに至っている。

本稿は表題に示したように、主として築堤中における埋設計器の測定結果に基づき、計算値との比較を交えながらダム挙動について報告するものである。

2. ダムの概要

新鶴子ダムのダム諸元を表-1、ダム標準断面を図-1に示した。

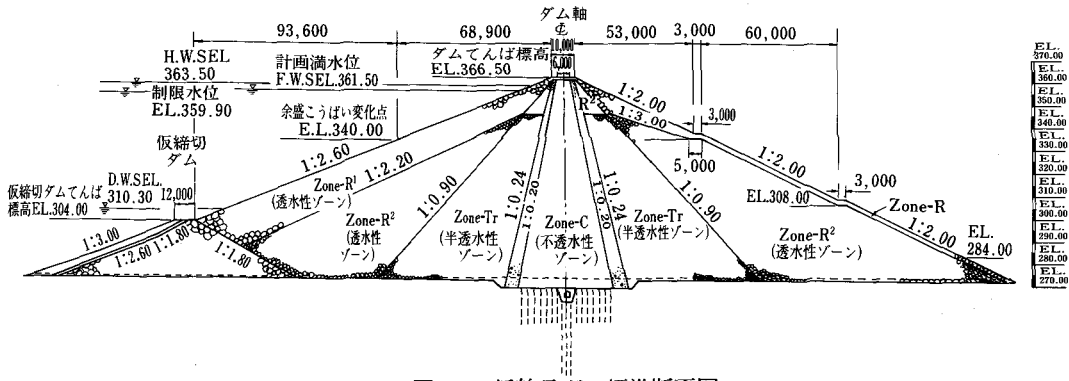
ダムサイト周辺は脊梁グリーンタフ地域に属し、

表-1 新鶴子ダム諸元

| | | | | | |
|-------|-----------|-------------------------|--------|------------|---------------------------|
| 一般 | 位置 河川名 | 山形県尾花沢市大字鶴子 最上川水系丹生川 | 堤 | 型式 堤高 | 中心遮水ゾーン型ロックフィルダム 96.0m |
| 貯水池 | 流域面積 | 56.0 km^2 | 堤体 | 総築堤量 | 2,904,100 m^3 |
| | 総貯水量 | 31,500,000 m^3 | | 遮水ゾーン | 382,900 m^3 |
| | 有効貯水量 | 29,800,000 m^3 | | フィルターゾーン | 132,280 m^3 |
| | 常時満水位 | EL 361.50m | | トランジションゾーン | 675,970 m^3 |
| 堤体 | 計画洪水位 | EL 363.50m | 洪水吐 | ロック1ゾーン | 683,670 m^3 |
| | 堤長 | 283.7m | | ロック2ゾーン | 987,440 m^3 |
| | 堤長幅 | 10.0m | | リップラップゾーン | 41,840 m^3 |
| | 天端標高 | EL 366.50m | | 型式 | 側溝越流式 |
| | 最低床掘標高 | EL 270.50m | | 設計洪水量 | 1,100 m^3/s |
| 上流法勾配 | 1:2.60 | 下流法勾配 | 1:2.00 | 越流水深 | 2.0m |
| | | | | 延長 | 507.8m |

*東北農政局村山北部農業水利事業所

**北陸農政局建設部設計課



図一 新鶴子ダム標準断面図

ダムの基礎地盤は第三紀中新世の金山層群，桶岡累層と呼ばれる安山岩熔岩，自破碎安山岩および凝灰角礫岩等により構成されている。

築堤材料には，遮水性材料として粘質土ならびに凝灰岩強風化土(統一分類SC~CH，自然含水比40%程度)と，段丘砂礫，洪水吐掘削ブリをスト

ックヤードにて混合して使用した。

また半透水性~透水性ゾーンには，ダム地点より上流約2kmに位置する原石山から輝石安山岩類を採取するとともに，洪水吐等の掘削材(安山岩類および凝灰角レキ岩)を積極的に利用した。

堤体各ゾーンの設計数値は表-2，盛立材料の

表-2 設計数値一覧表

| Zone | | Zone-C | Zone-Tr | Zone-R ₂ | Zone-R ₁ | Zone-F | |
|-----------------|-------------------------------------|--------------------|----------------------------|----------------------|----------------------|--------------------|--------|
| 築堤材料の摘要 | | 遮水ゾーン 第1土取場 | トランジション 洪水吐掘削 角レキ凝灰岩 | ロックゾーン 原石山 安山岩 | ロックゾーン 原石山 安山岩 | フィルターゾ ーン | |
| 設計 密度 | 礫比重 GS | 2.69 | 2.45 | 2.45 | 2.50 | — | |
| | 乾燥密度 γ_d (t/m ³) | 1.522 | 1.750 | 1.774 | 1.727 | 1.90 | |
| | 湿潤 " γ_t (") | 1.92 | 1.87 | 1.83 | 1.77 | 2.00 | |
| | 飽和重量 γ_{sat} (") | 1.96 | 2.04 | 2.05 | 2.03 | 2.10 | |
| | 水中 " γ_{sab} (") | 0.962 | 1.04 | 1.05 | 1.03 | 1.10 | |
| | 間隙比 e | 0.76 | 0.40 | 0.38 | 0.45 | — | |
| 設計 剪断 強度 | 内部摩擦角 ϕ° | 完成直後 | 20°00' | 37°00' | 43°00' | 43°00' | 37°00' |
| | | 経年後 | 25°00' | 37°00' | 43°00' | 43°00' | 37°00' |
| | 粘着力 C(t/m ²) | 完成直後 | 5.5 | — | — | — | — |
| | | 経年後 | 6.0 | — | — | — | — |
| 透水係数 k (cm/sec) | | 5×10^{-6} | — | — | — | 1×10^{-3} | |
| 粒度 組成 | 最大粒径 (mm) | 100 | 300 | 500 | 500 | — | |
| | 0.074mm通加率 R _p (%) | 15 \geq | — | — | — | — | |
| | 礫率 P _{4.75} (%) | 60 | 80以上 | 90以上 | 90以上 | — | |
| 施工 方法 | まき出し厚さ (cm) | 30 | 120 | 120 | 120 | — | |
| | 転圧機種 | タンピングロー ラー13t以上 | 振動ローラー 20t以上 | 振動ローラー 20t以上 | 振動ローラー 20t以上 | — | |
| | 転圧回数 (回) | 8 | 6 | 6 | 6 | — | |

粘度分布は図-2に示すとおりである。盛立工には約5ケ年を要したが、この間の盛立実績は図-3にとりまとめた。

3. ダム施工中の挙動

新鶴子ダムにおいては、施工中および湛水後のダム挙動を把握・監視するために表-3に示す埋設計器を図-4、5に示す位置に設置している。

本稿ではこのなかで、間隙水圧、土圧、および変形に着目し、施工中の測定結果を整理するとともに計算値と比較した結果についてとりまとめた。

3-1. 間隙水圧

盛立当初からの間隙水圧計測定値の経時変化を、遮水ゾーン内の代表計器（P-6-10, P-6-11, P-6-12）について整理し図-6に示した。同図にみられるように遮水ゾーン内の間隙水圧は、盛土の進行に伴う上昇と、盛土休止期間中の消散

表-3 埋設計器一覧表

| 計器名 | 数量 |
|-----------|----|
| 間隙水圧計 | 45 |
| 土圧計(1成分) | 14 |
| 層別沈下計 | 5 |
| 堤体表面変位計 | 14 |
| 岩盤変位計 | 8 |
| 境界面すべり計 | 6 |
| 加速度計(3成分) | 3 |
| 漏水量測定装置 | 1 |
| 継目変位計 | 83 |
| 鉄筋応力計 | 81 |
| 温度計 | 30 |

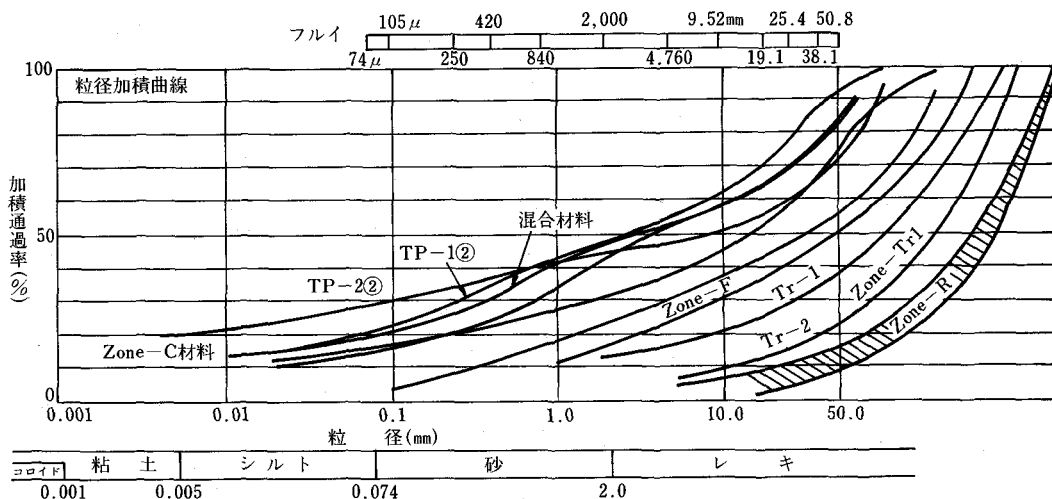


図-2 各材料の粒度分布

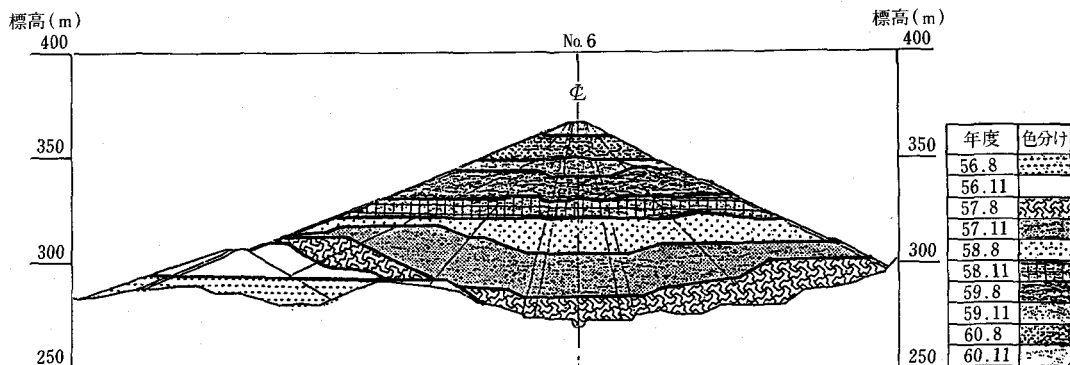


図-3 新鶴子ダム盛立実績図

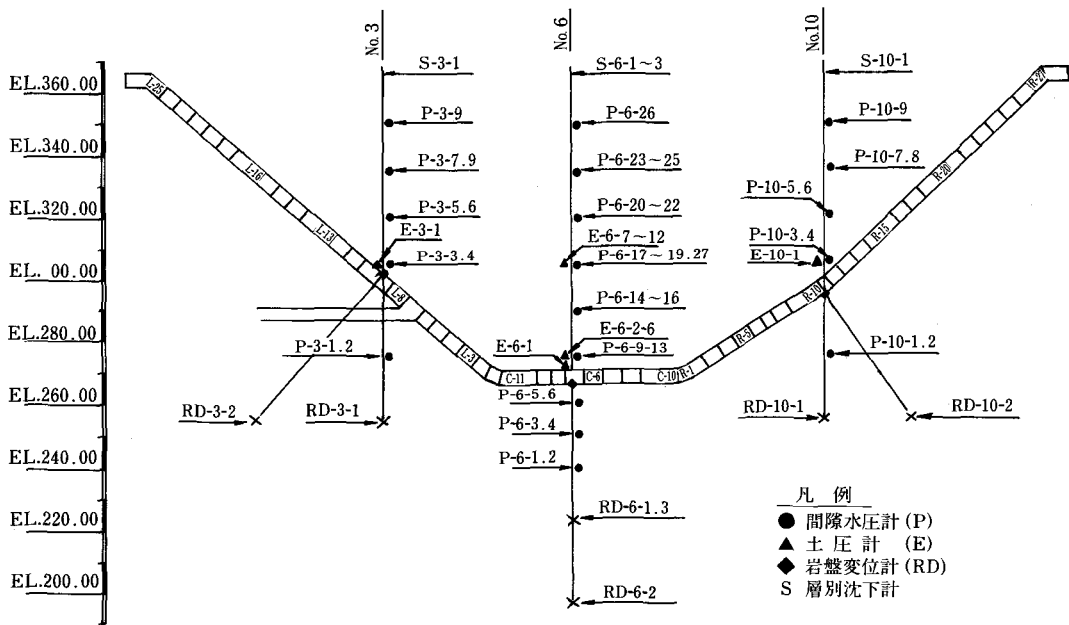


図-4 縦断面計器設置位置図

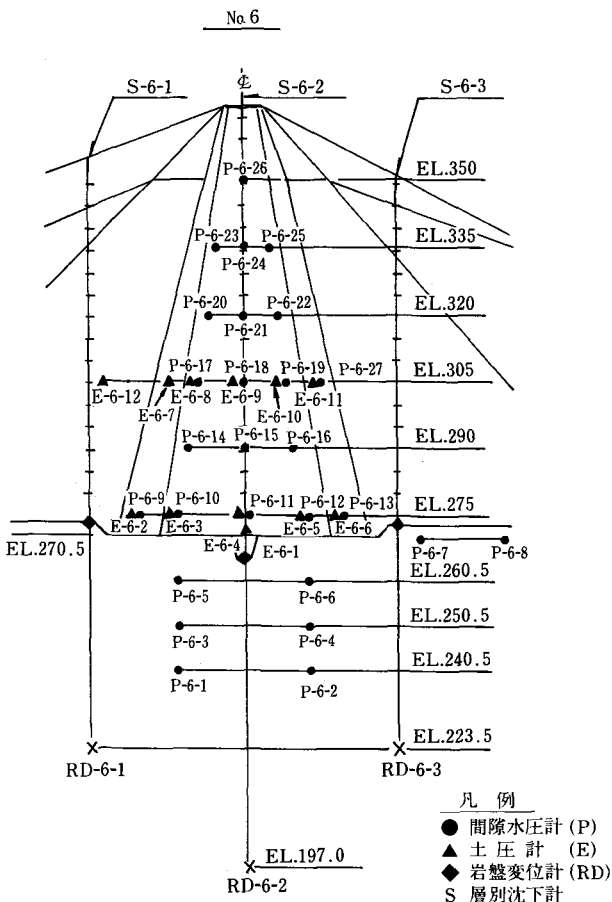


図-5 横断面計器設置位置図

が明瞭に認められる。この関係を、全応力(=土柱高×単位体積重量)に対する間隙水圧の発生率で表すと図-7が得られる。

一般に不飽和土に外力が加えられた場合、発生する間隙圧の推定は圧密試験結果に基づくHilfの提案式によって行われている。

$$\Delta U = \frac{P_o \delta}{(V_a + H_e \cdot V_w) - \delta} \dots\dots\dots(1)$$

ここで

ΔU : 間隙圧

P_o : ダム地点における大気圧

δ : 原容積に対する圧縮率(%)

V_a : 当初締固め後の間隙内の自由空気量(%)

H_e : ヘンリーの溶解係数

V_w : 当初締固め後の間隙内の自由水分量(%)

一方、施工中の間隙圧消散量を推定する一方法としては、Terzaghiの圧密理論と類似の考え方によるGibsonの方法がある。

$$\frac{\partial u(z,t)}{\partial t} = \gamma_t \bar{B} \frac{\partial h(t)}{\partial t} + C_v \frac{\partial^2 u(z,t)}{\partial z^2} \dots\dots\dots(2)$$

ここで u : 場所 z , 時刻 t における間隙圧

h : 時刻 t における盛土高さ

\bar{B} : 間隙圧係数(= $u/\gamma_t h$)

C_v : 圧密係数

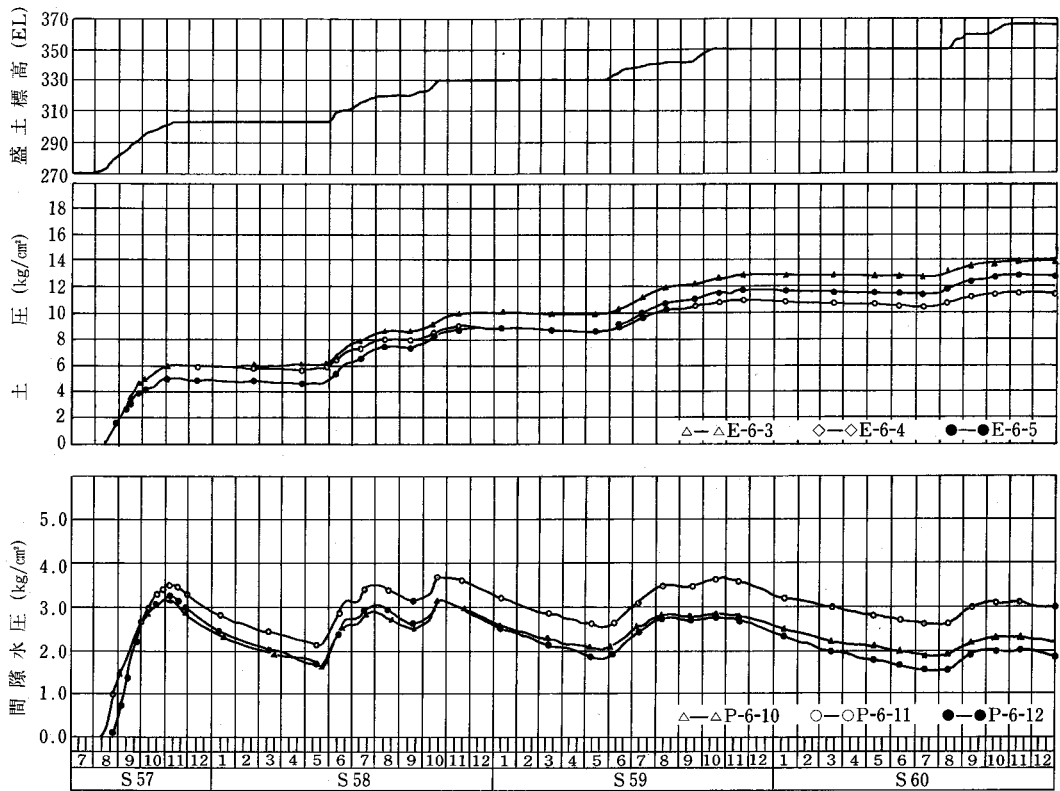


図-6 間隙水圧及び土圧測定値経時変化

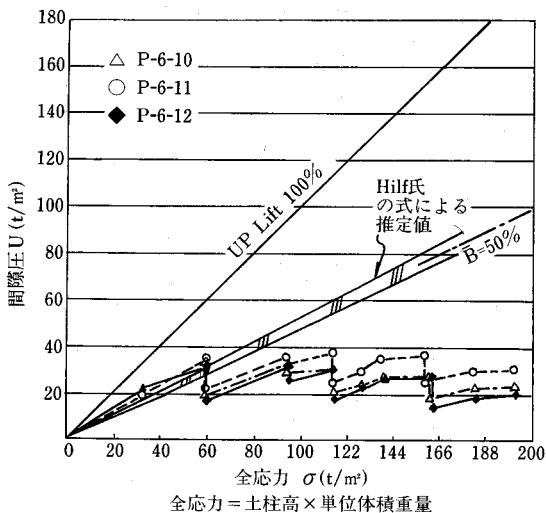


図-7 遮水ゾーン、全応力と間隙圧の関係 (No.6 断面)

本稿では盛立工程実績を考慮し、築堤中の間隙水圧挙動を推定した結果と実測値との比較を試みた。

施工管理結果によるコアの盛立実績は、図-8, 9に示すとおりである。施工含水比は、最適含水

比からそれより3%程度湿潤側までの範囲ですべて施工された。またこの時の密度管理結果では、大半がD値96~98%であった。さらに現場透水試験結果も、ほぼ $k = 1 \times 10^{-6} \sim 5 \times 10^{-6} \text{ cm/sec}$ の範囲にあり、比較的均質な施工状況となっている。これはストックヤードでの品質管理が、良好に反映された結果と考えられる。

間隙水圧の数値計算では、(2)式の解法に差分法を適用した。この場合の施工速度は図-10とし、全応力に対する間隙圧の発生率を図-7より $B = 0.5$ 、圧密係数を圧密試験結果より $C_v = 2.25 \times 10^{-2} \text{ cm}^2/\text{sec}$ とした。

数値計算の結果による経時的な間隙水圧分布を、実測値とともに図-11に示した。遮水ゾーンの upstream 側では仮締切堤との間に降雨等による湛水があり、実測値にはこの影響が反映されているが、このことを除けば両者には良好な整合が認められる。

したがって適切な物性値を選定することにより、工学的に十分な範囲で施工中の間隙水圧の挙動予測が可能と思われる。

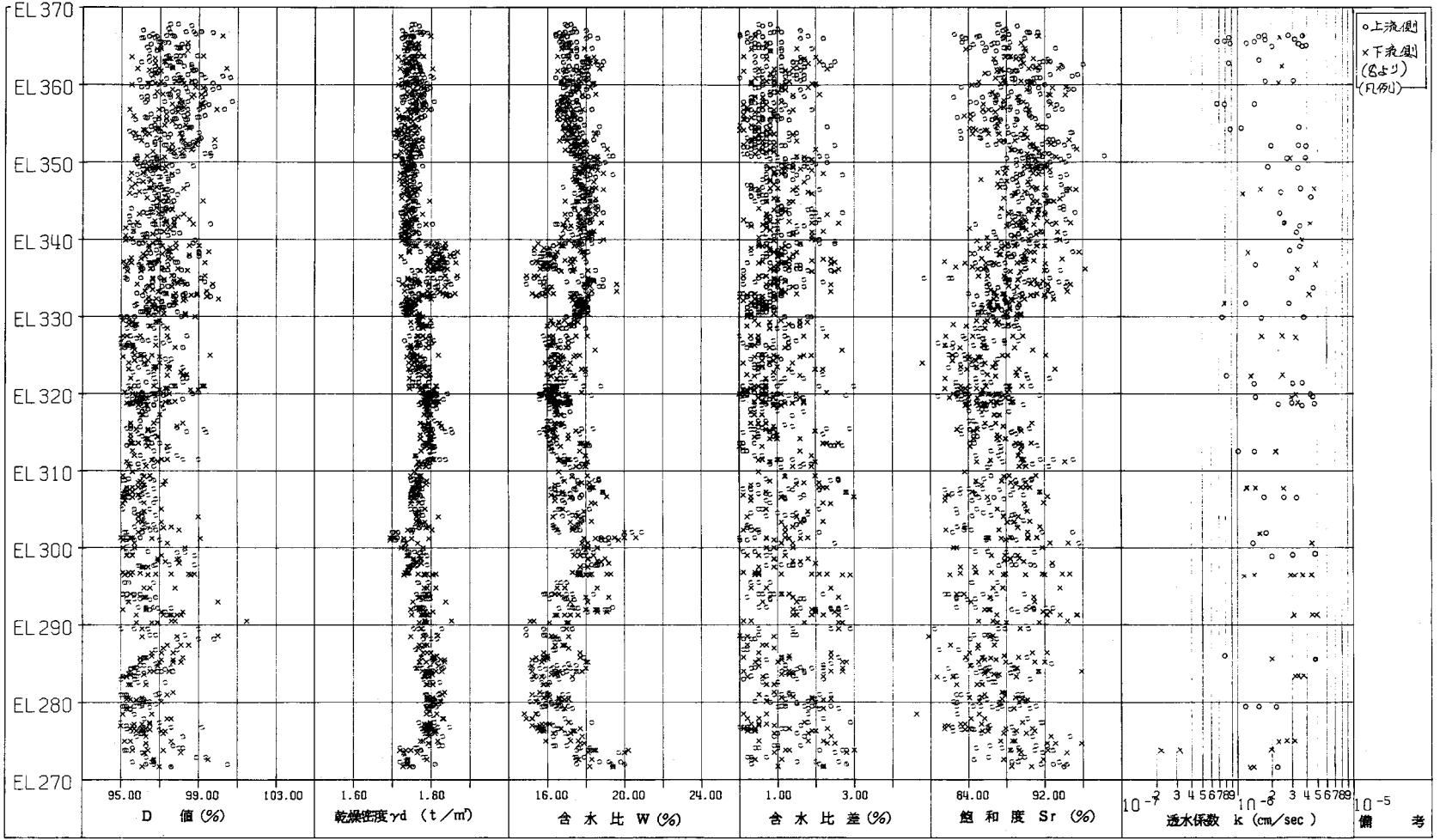


図-8 新鶴子ダム盛立実績整理図

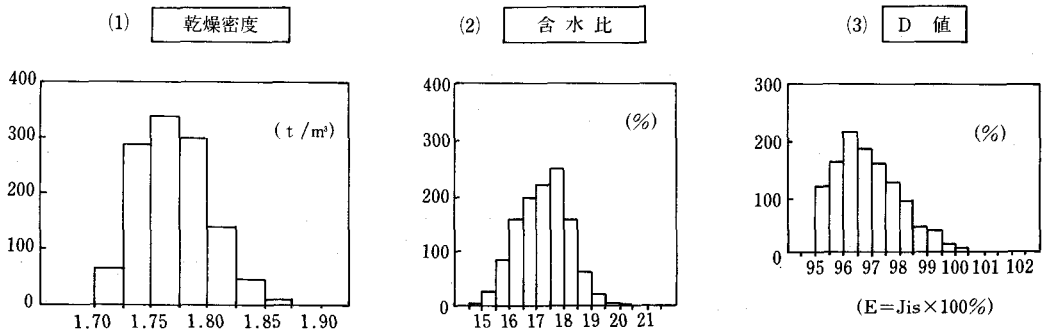


図-9 乾燥密度・施工含水比・D値のヒストグラム

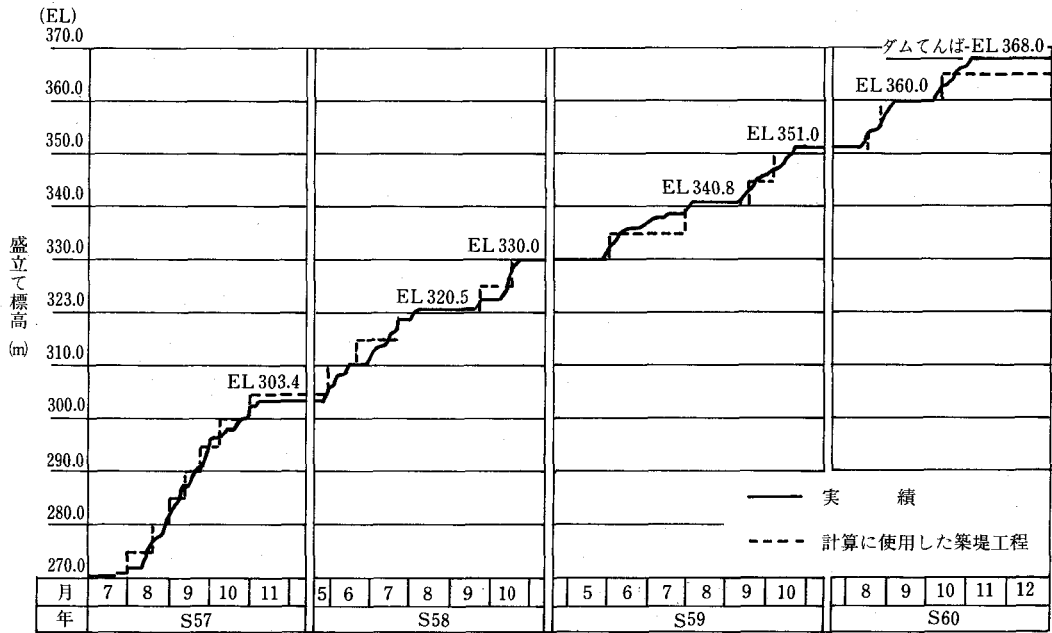


図-10 遮水ゾーンの盛立て実績

3-2. 土圧

新鶴子ダムにおける土圧計は、すべて鉛直方向の土圧を測定している。

土圧計測定値のうち遮水ゾーン内の代表計器のものについて、図-6に経時変化を示した。鉛直土圧の発達状況は図-12に示すように、盛土終了時点で盛土荷重 ($\gamma \times h$) に対して65%~80%が観測された。

新鶴子ダムでは、築堤中における変形や応力状態を把握するために、有限要素法 (FEM) による応力変形解析を実施している。解析モデルの概要ならびに解析で用いたパラメーターは、それぞれ図-13、表-4に示すとおりである。

解析結果による築堤完了時の鉛直応力 (σ_y) の分布状況を、図-14に示した。同図の等応力線から、遮水ゾーンとそれを取囲むフィルター、トランジションゾーンとの間には、両者の剛性の相違に起因すると思われるアーチ作用が認められている。

Duncanらは、遮水ゾーン内の鉛直応力 σ_y が貯水圧 $\gamma_w H$ (H : 水深) より小さくなる範囲においては、ハイドロリックフラクチャリングが生ずる可能性のあることを指摘している。

図-15はこの主旨に従い、解析結果より遮水ゾーン内の鉛直応力と貯水圧の関係を調べたものである。計算によって得られた鉛直応力は、貯水圧

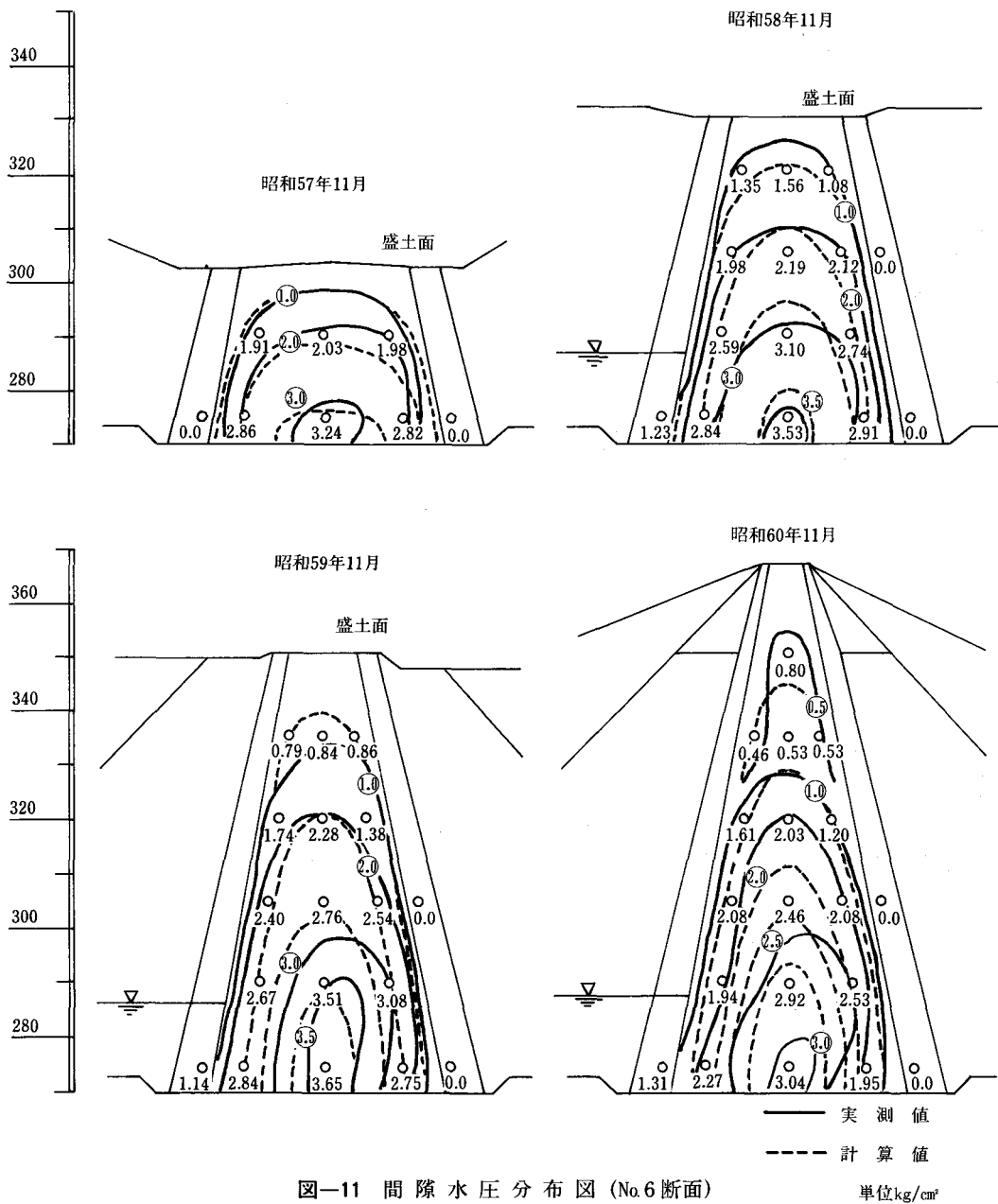


図-11 間隙水圧分布図 (No.6断面)

を下回ることなく、また図中に示したように土圧計による実測値も計算値を若干上回っている。

上記の検討より本ダムの場合、このような現象の生ずる危険性はないものと考えられる。

埋設計器は計測項目、設置数ともに限界があり、入手し得る情報量も限られたものとなる。これに対し有限要素法では、上記の例で示したように解析領域内の任意地点で定量的な把握が可能となり、

情報量の補充や設計・施工上の有力な検討手段となっている。

図-16は解析により得られる応力状態に基づき、点安全率の分布を示したものである。同図からセン断破壊に対する安全率は、堤体内各ゾーンにわたり $F_s > 1.2$ が確保されていることがわかる。

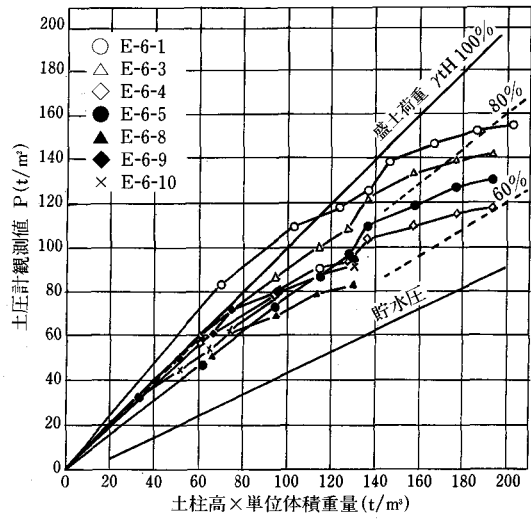


図-12 土圧計観測結果 (No.6断面)

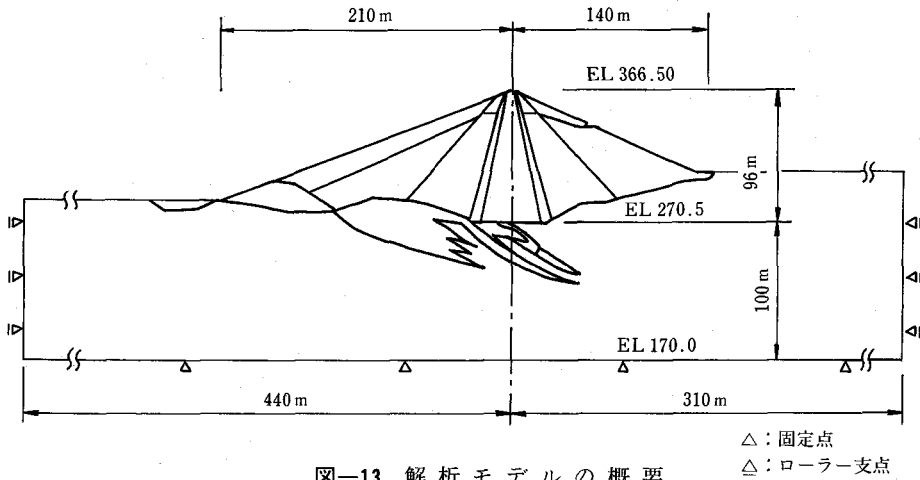


図-13 解析モデルの概要

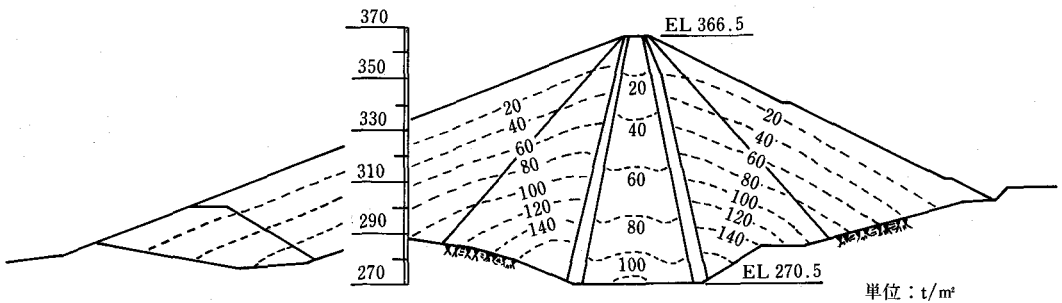


図-14 FEM解析による鉛直応力 (σ_y) 分布図

表-4 解析パラメーター一覧表

| ゾーン | パラメータ 単位重量 γ (t/m) | k | n | Rf | ϕ (度) | c(kg/cm ²) | G | F | D |
|----------|---------------------------------|----------|------|------|------------|------------------------|------|------|----|
| 遮水ゾーン | 2.08 | 250 | 0.5 | 0.8 | 25.0 | 0.7 | 0.4 | 0.15 | 4 |
| フィルターゾーン | 2.22 | * 700 | 0.4 | 0.9 | 40.0 | 1.0 | 0.35 | 0.15 | 11 |
| トランジション | 2.00 | * 900 | 0.45 | 0.85 | 40.0 | 1.0 | 0.35 | 0.15 | 14 |
| ロック 1 | 1.95 | 1300 | 0.4 | 0.85 | 43.0 | 1.0 | 0.35 | 0.15 | 15 |
| ロック 2 | 1.97 | 1300 | 0.4 | 0.85 | 43.0 | 1.0 | 0.35 | 0.15 | 15 |

注) 単位重量は施工管理データの平均値である。

* 載荷試験 ($\phi 750$) の結果。

その他は、三軸試験結果に基づく値。

| 岩級区分 | 変形係数 | ポアソン比* | せん断強度** | |
|--------|--------|--------|---------|----------------------|
| | | | ϕ | τ_0 |
| CL~D級 | 3,000 | 0.3 | 45°-00 | 5 kg/cm ² |
| CM~CL級 | 10,000 | 0.25 | 45°-00 | 15kg/cm ² |
| CM~CH級 | 40,000 | 0.25 | 45°-00 | 30kg/cm ² |

変形係数は孔内載荷及び平板載荷両試験に基づく。

* 仮定 ** ブロックせん断試験に基づき決定

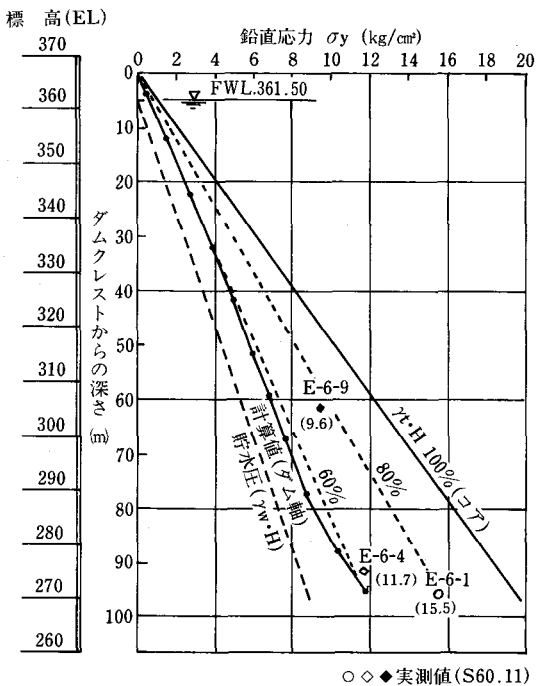


図-15 鉛直応力分布図(盛立完了時)

3-3. 変形

築堤中の変形として、岩盤変位計による基礎の沈下、層別沈下計による堤体の沈下について整理した。

基礎部の沈下量については、図-17に実測値とFEM解析における計算値の対比を行った。上流側の岩盤変位計RD-6-1では、両者はよく近似している。しかし遮水ゾーン中央部ならびに下流側のRD-6-2, RD-6-3では、実測値に比較し計算値の方が約1.5cm多く沈下する結果となった。これらは当初想定したモデルにおける岩質が予想より良好であったこと、また地質構造の複雑性から正確なモデル化ができなかったことなどに起因しているものと思われる。

一方堤体内の沈下量については、同様に図-18にまとめた。盛土部の変形自体は、実測値および計算値ともにコア中上部で沈下量が大きくなり、いわゆる樽型の形状を呈している。

また定量的には、実測値は計算値を20%程度上回る結果となっている。この結果に対する考察としては、

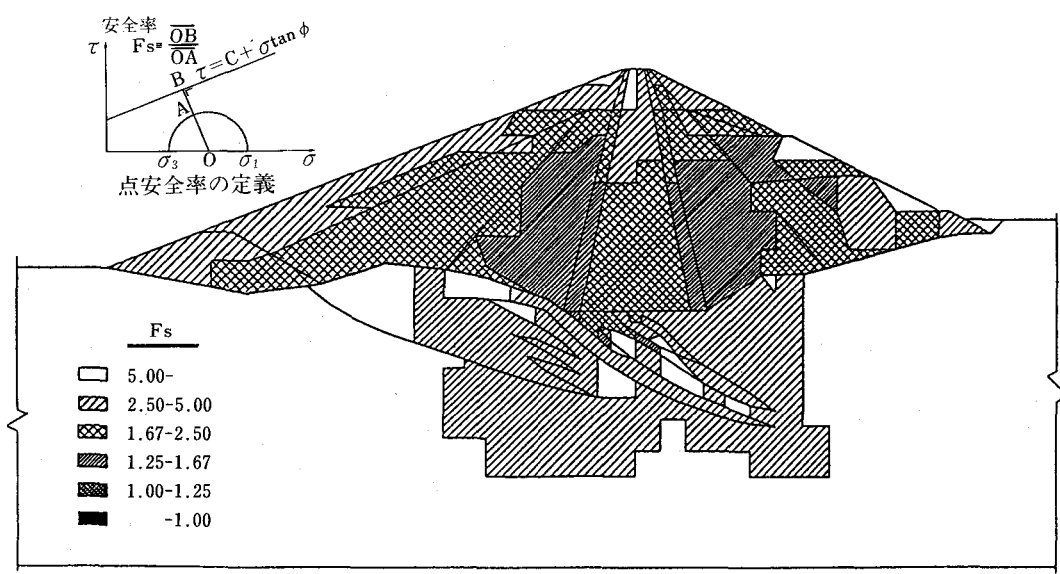


図-16 局所安全率分布図

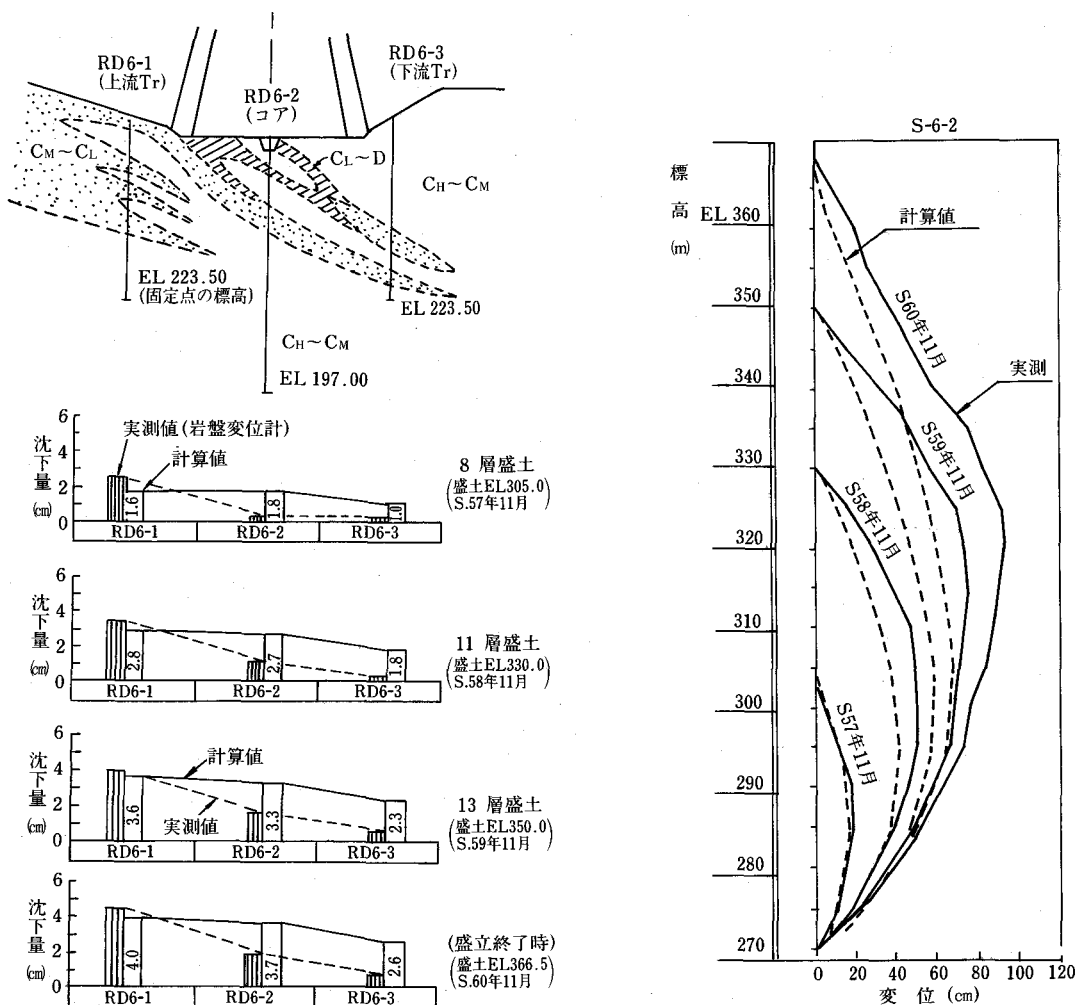


図-17 岩盤変位計の実測値と計算値の対比

図-18 クロスアーム実測値と計算値の対比

①築堤中に、層別沈下計自身に生じた穴曲りの影響

②遮水材のパラメーター決定に際しては図-19に示すように、D値95%線上の $W_{opt} + 3\%$ および W_{wet} なる密度条件で行われた三軸圧縮試験に基づいている。これに対し遮水ゾーン施工管理結果では、前述したように施工含水比は $W_{opt} \sim W_{opt} + 3\%$ 、D値は96~98% (図中斜線で示した範囲) であり、解析に用いたパラメーターを小さく評価した。

などが考えられる。

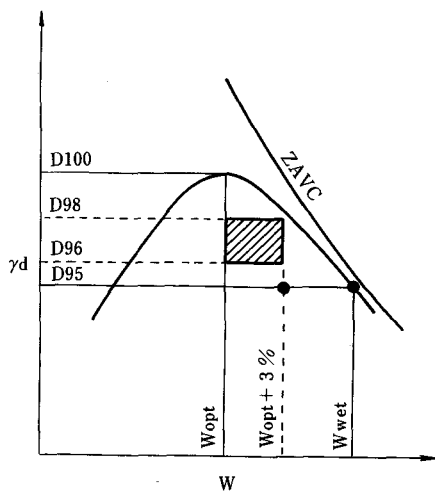


図-19 コア材三軸試験点と施工実績範囲

4. あとがき

以上、新鶴子ダム施工中のダム挙動として、間隙水圧、土圧、および変形に着目し、計算値との対比を交えながら実測値の整理を行った。

実測値による築堤中のダム挙動の評価としては、計算値で示されるようにほぼ予想された範囲内と判断される。

そしてこれらの諸量は、適切な物性値を選定することにより、工学的に十分な範囲で解析的な追跡が可能なことを述べた。

現在新鶴子ダムは試験湛水を実施中であるが、今後機会があれば貯水に伴うダム挙動についても報告したいと考えている。

最後に、新鶴子ダムの設計・施工にあたって御指導をいただいた東北農政局管内ダム技術検討委員会（沢田敏男委員長）に御礼申し上げるとともに、ダム建設に日夜尽力された関係各位に厚く感謝いたします。

〔1990. 4. 9 受稿〕

知内ダムの設計施工

(基礎処理計画について)

瀬田文治* 矢野勝英**

岡下敏明** 松田俊之**

目 次

| | | | |
|-------------------|----|---------------|----|
| 1. はじめに | 14 | 4. 考察 | 19 |
| 2. ダムサイトの地質 | 15 | 5. おわりに | 19 |
| 3. 試験グラウト | 17 | | |

1. はじめに

国営かんがい排水事業知内地区は、北海道南部の渡島半島西部に位置する水田、畑作を中心とした農業地帯である。現況のかんがい用水は、知内川及び地区内を貫流している小河川を水源としているが、用水系の錯綜、施設の老朽化、流域内開発に伴う流出量の減少等による用水の不足がみられ、しばしば干害を受けるなど農業経営の近代化が困難な状況にある。また、個々の農家の経営面積が狭小なため、農業所得は低水準に留まっており、大部分の農家が兼業収入に依存している状況である。このため、本事業では、450haの農地造成を行うとともに知内川支流のミナゴヤ川上流に知内ダムを建設し関連する用水路を整備する。これにより水田800haに用水の安定供給を行うとともに、既畑290haをあわせた740haの畑に畑地かんがいを行うことにより、農業生産の拡大、農業経営の安定等を通じた地域農業の振興を図ることを目的としている。

本地区は昭和58年度から事業に着手した。基幹施設である知内ダムは、堤高40.5m、堤頂長321m、堤体積168千m³、総貯水量6,500千m³の重力式コンクリートダムで、その詳細は表-1のとおりである。

本稿では、本ダムの建設に先立って実施した地質調査の成果に基づいて基礎処理計画を検討したのでその結果について報告する。

表-1 知内ダム諸元

| | | |
|-------------|---------------|-------------------------|
| 一 般 | 位 置 | 北海道上磯郡知内町 字湯の里国有林内 |
| | 流 域 面 積 | 15.1km ² |
| | 総 貯 水 量 | 6,500,000m ³ |
| | 有効貯水量 | 6,000,000m ³ |
| | ダム天端標高 | E L = 80.5 m |
| | 基礎地質 | 頁 岩 |
| 堤 体 | 形 式 | 重力式コンクリートダム |
| | 堤 高 | 40.5 m |
| | 堤 長 | 321.0 m |
| | 堤 体 積 | 168,000m ³ |
| そ の 他 | <洪水吐> 形 式 | 堤 体 流 下 式 |
| | 計画洪水量 | 220.0m ³ /s |
| | <取水設備> 形 式 | 堤体併設型シリンドーゲート |
| | 取 水 量 | 2.293m ³ /s |



図-1 位置図

*近畿農政局設計課

**北海道開発局函館農業事務所

2. ダムサイトの地質

2-1 地形及び地質の概要

本ダムは、図-1に示すように上磯郡知内町字湯の里地内の、JR津軽海峡線、青函トンネル北海道側入口より北西約3kmのミナゴヤ川流域に位置する。ダムサイト周辺には、標高600m前後の山々があり、ミナゴヤ川は蛇行しつつこれらの山々を開析し、川沿いに比較的広い氾濫原を形成している。ダムサイトの地形は、ミナゴヤ川中流の氾濫原や段丘の分布する逆台形の谷地形となっている。また、地質は、表-2に示すように新第三紀中新世の堆積岩類からなる厚沢部層が基盤をなし、この上に段丘、崖錘、氾濫原及び河床堆積物が分布している。

表-2 地質層序表

| 地質時代 | 地層名 | 記号 | 層相 | 記事 |
|-------------|------|----|----------------|---|
| 新第三紀 中新世 | 厚沢部層 | Tf | 凝灰岩 | 薄層(一般に厚さ10cm程度)として分布。黒~青灰色。細粒。やや軟らかい。 |
| | | St | シルト岩 | シルト岩を主とし、泥岩、砂質シルト岩を伴う。暗灰色。塊状。固結している。 |
| | | Ss | 砂質シルト岩 細粒砂岩 | シルト岩に挟在。St層分布域のうち、特に連続し、層の厚いものを表示したものである。暗灰~灰色。塊状。固結。 |
| | | Sh | 頁岩 | 板状構造が発達。暗灰色。硬質。泥岩およびシルト岩をも一部に含む。 |

2-2 構成地質

本ダムサイトの基盤をなす厚沢部層は、頁岩、砂質シルト岩、細粒砂岩、シルト岩、凝灰岩から成っており、西南北海道の標準的層序である八雲~黒松内層とは表-3のように対比される。

各地質の特徴は以下の通りである。

①頁岩

頁岩層はダム基礎地盤の主体を成している。ダム軸中央部付近では、その堅岩線の深度は0~5mと比較的浅く、氾濫原堆積物とじかに接すると

表-3 新第三系対比表

| 時代 | | 西南北海道 | 松前半島 | |
|-------|----|-------|------|------------|
| 更新世前期 | | 瀬棚層 | 富川層 | 知内 火山岩類 |
| | | | | 鮮新世 |
| 中新世 | 後期 | 八雲層 | 江差層 | 厚沢部層 |
| | 中期 | | | 木古内層 |

ころも見られる。アバット斜面部では、左岸側で深度10~15mに、右岸側で深度20~25mに堅岩が認められる。ダム天端付近より上方は、堅岩線がやや深い。

②凝灰岩

凝灰岩は頁岩層に挟在しており、連続性のある厚さ10~100cm程度の層が4層認められる。また、極めて細粒かつ滑らかで青灰色の光沢を有しており、岩質は概して軟質である。

③被覆層

崖錘堆積物は、左岸中腹部以下の斜面に、層厚5m程度で分布している。氾濫原堆積物は、ミナゴヤ川沿いに分布しており、層厚4m程度で粘土混じりの砂礫からなっている。段丘堆積物は、堤敷付近に小規模に分布している。

2-3 基礎地盤の評価

①基礎地盤の透水性

基礎地盤の透水性を、図-2のルジオンマップに示す。ダム軸河床部の中央部付近ではEL15m付近までルジオン値 $Lu \geq 10$ を示しているが、左右岸へ向かうに従い、その深度は浅くなる。EL15m以下ではほとんど $Lu < 1$ で極めて透水性は小さい。またアバット部では、右岸側はダム天端標高から約20mの深さまで、左岸側では5~10mの深さまで $Lu \geq 10 \sim 20$ を示している。

本ダムサイトの透水性に大きく影響している要因は、頁岩中に認められる割れ目にあると考えら

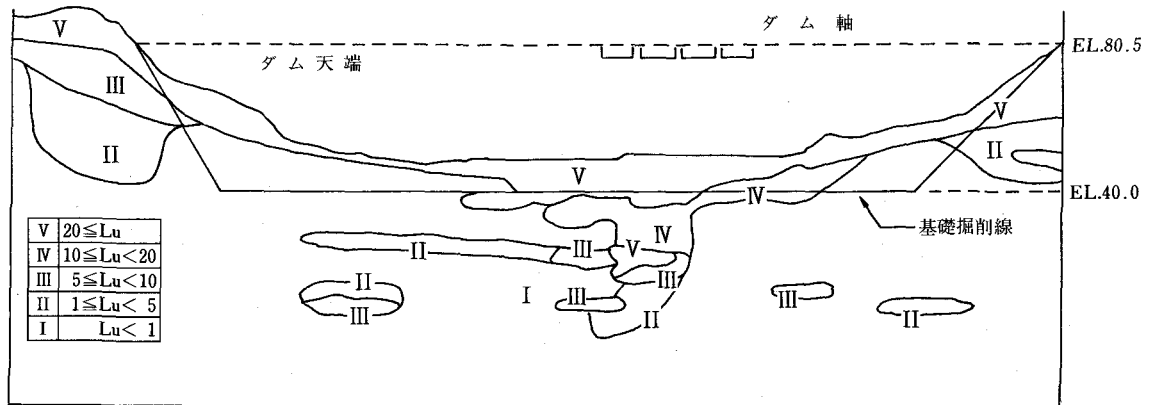


図-2 ルジオンマップ

れるので、割裂注入を主とした高炉B種セメントを使用したグラウト工法による改良で対処できると判断された。また、河床中央部の比較的深部に及ぶ透水帯は、CH級岩盤を主体とし、RQDも90~100%と非常に良好であり、透水性に関与している割れ目は少数であると思われ、深部においてもグラウト工法による改良は効果があると判断された。

②基礎地盤の力学的特性

地質調査の結果に基づいて基礎地盤の岩級区分を行い、本ダムの基礎は、CH、CM級の岩盤に求める事として計画した。(図-3、表-4)

堤体基礎岩盤の剪断強度は、頁岩のCH級で、変形係数 $D=14,000\sim 42,000$ (kgf/cm²)を示し、剪断強さも $\tau=10+\sigma\tan 45^\circ$ (kgf/cm²)が確保されているので、堤高40m級の重力式コンクリートダムの基礎岩盤としては問題がないと判断される。

また、頁岩のCH級岩盤は、CH級岩盤に比べ、

耐荷性はやや劣るが、堤高が低くなるアバット部ではダム基礎として満足できる強度を有している。

凝灰岩は、圧縮強度及び変形係数が小さいため、剪断強さは期待できないが、本層は、薄層であり、境界面付近の頁岩に劣化が見られないので、堤体の安定には支障がないものと判断された。

表-4 岩盤分類表

| 区分 | ボーリングコアの形状 | RQD(%) |
|----|-------------------------|--------|
| CH | コア長10~20cmの棒状コアが主体。 | 60~100 |
| CM | コア長10cm以下の比較的短い棒状コアが主体。 | 20~60 |
| CL | コア長10cm以下及び角礫状のコアが主体。 | 0~20 |
| D | 岩塊状~土砂状 | 0~10 |

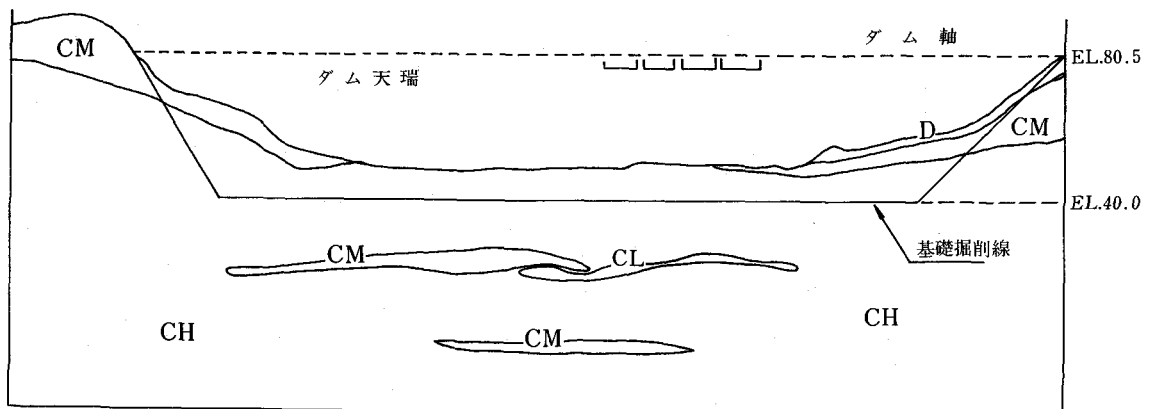


図-3 岩級区分図

3. 試験グラウト

3-1 概要

試験グラウトは、地質調査の結果を踏まえ、グラウトによるダム基礎岩盤の透水性改良の効果・工法を確認するために行うものである。施工位置は、河床中央部の、やや高めのルジオン値が集中している箇所で行った。また、先に述べたように注入材料は高炉B種セメントを使用した。

3-2 施工方法

①テストパターン

本工事は、最初孔間隔によるグラウト効果の比較検討を目的としたので、注入パターンは間隔が $\frac{1}{2}$ になる正三角形パターンを採用した。その結果、列間1.3m、孔間1.5mのパターンで良好な結果が得られたので、先の試験施工の三角形パターンに連続する形で右岸側に同間隔の2列パターンを組んで16孔の一般孔を追加し、斜めにチェック孔を入れた。(図-4)

②テスト深度

地表面近くの河床砂礫層における注入孔の孔壁維持のために一般孔とチェック孔にガイドパイプ(6.00m)を設置した。そのため、その部分を除き、10ステージ(5.00m/st), L=50.0mの深度で施工した。

③注入方法

注入は、エアーパッカーを使用したステージ工法を採用した。注入方法は孔口循環方式により施工した。

また、注入管理の一貫として図-5に示すような岩盤変位計を設置し、施工中に変位が認められた場合に注入速度・注入圧力を減ずる等の処置を行うこととした。なお、前記の処置を実施してもさらに変位が継続する場合、0.2mm/stを上限として注入を中断した。そして、6時間(グラウト硬化時間)以上経過後、再注入を行うこととした。

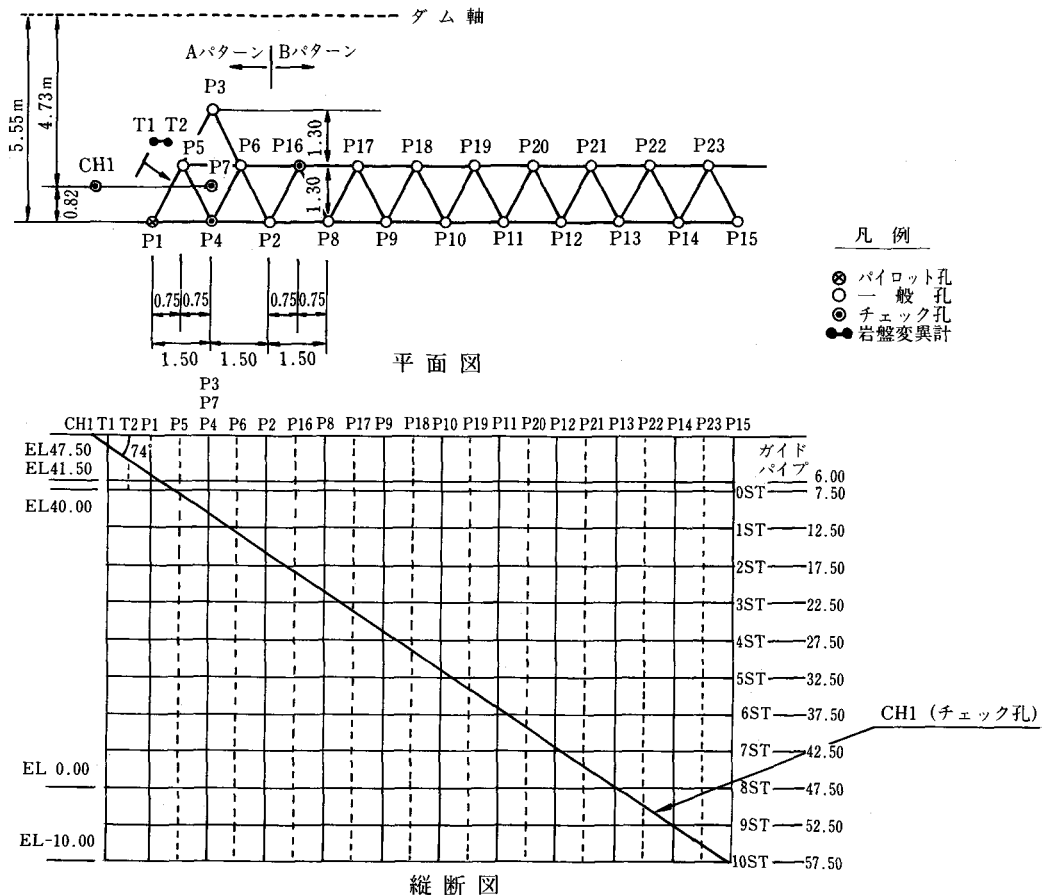


図-4 テストパターン図

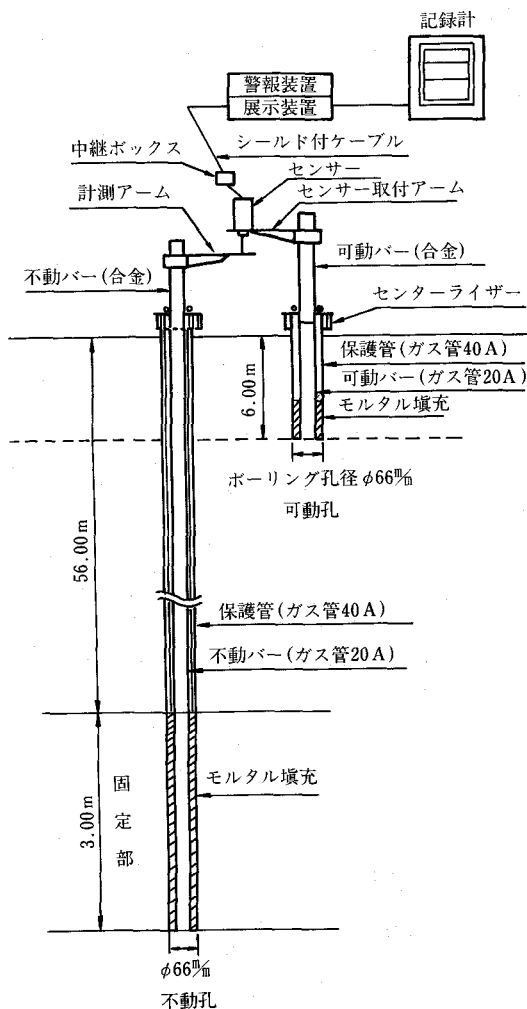


図-5 岩盤変位計概念図

3-3 施工計画

①施工順序

試験グラウトの施工は、平面的には次数ごとに、断面的にはステージごとにそれぞれ行う方法としてパイロット孔、一般孔、チェック孔の順序で行った。なお、ステージ当りの作業サイクルは図-6の通りである。

②ボーリング

ボーリングはロータリー式ボーリングマシンを使用して、ロット先端に回転と推力を与えて送水掘りを実施した。一般孔は $\phi 46\text{mm}$ のメタルクラウンを使用し、パイロット孔・チェック孔は、コアを採用するために $\phi 66\text{mm}$ のダイヤモンドビットを使用して慎重に施工した。

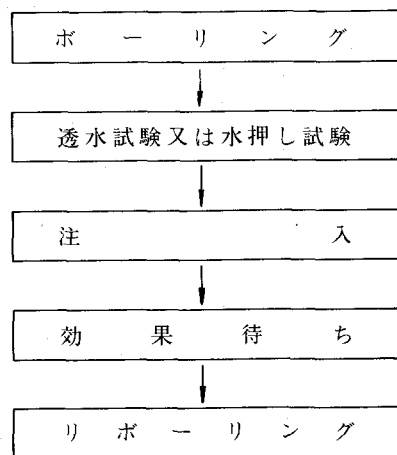


図-6 グラウチング作業サイクル

③透水テスト

基礎岩盤の透水性を把握し、さらに限界圧力を求めるために表-5のように段階的に水圧を変化させて施工した。ただし、最高圧力に達する前に限界圧力になった場合、速やかに降圧段階に移ることとした。

表-5 透水試験昇降圧段階 (kg/cm²)

| ステージ | | 圧力 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|---|---|---|---|---|---|
| | | 0 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 2.5 | 3.0 | 4.0 | 5.0 | 6.0 | 7.0 | 8.0 | 9.0 | 10.0 | | | | | | |
| 1-10 | 昇圧 | | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| | 降圧 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |

④水押しテスト

一般孔において、グラウト注入に先立ち孔内洗浄及び透水性・耐水圧性・遮水性の改良度を把握する目的で水押しテストを実施した。昇圧パターンは3~5 (kg/cm²)とし、限界圧力が5 (kg/cm²)のときは2~3 (kg/cm²)とした。また、規定圧力に達しない場合は限界圧力までとした。なお、注入時間は、各段階10分、昇降圧・流量調整を5分とし、測定時間の最後の2分間でルジオン値を求めた。

⑤注入

注入仕様を、表-6に示す。

⑥試験結果

三角形のAパターンにおいてP-1~7に施工し、2列のBパターンにおいてP-8~15, 17~23の順序で施工した。そしてP-4, 7, 16及びCH-1で

表-6 試験グラウト注入仕様

| | | | | | | | | | | | |
|--|--|-------|------|--------------------|---|---|---|---|---|---|----|
| 工 方 法 時 期 順 序 材 料 圧 力 (kg/cm ²) | ステージ工法 孔口循環方式 水押し後速やかに パイロット 一般 チェック 高炉B種セメント 限界圧力の80%を最大注入圧とする。 | | | | | | | | | | |
| | ステージ | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 速 度 開 始 速 度 | 規定圧力 | 5 | 6 | 7 | 8 | 8 | 8 | 8 | 9 | 9 | 9 |
| | 最大10ℓ/min/stとする。 | | | | | | | | | | |
| 配 合 と 切 替 基 準 | 10>Luのとき, W/C=10:1 10≤Lu≤20のとき, W/C=8:1 20≤Lu≤50のとき, W/C=6:1 50<Luのとき, W/C=4:1 | | | | | | | | | | |
| | (練上げ100ℓの場合) | | | | | | | | | | |
| 完 了 基 準 | 配合比 | セメント量 | 水ℓ | 配合切換え(一般注入孔) | | | | | | | |
| | 1:10 | 9.7kg | 96.8 | 400ℓを注入した場合→1:8 | | | | | | | |
| 中 断 基 準 | 1:8 | 12.0 | 96.1 | 400ℓを注入した場合→1:6 | | | | | | | |
| | 1:6 | 15.8 | 94.8 | 600ℓを注入した場合→1:4 | | | | | | | |
| | 1:4 | 23.1 | 92.4 | 800ℓを注入した場合→1:2 | | | | | | | |
| | 1:2 | 43.0 | 85.9 | 1000ℓを注入した場合→1:1 | | | | | | | |
| | 1:1 | 75.3 | 75.3 | 1000ℓを注入した場合→1:0.6 | | | | | | | |
| | 1:0.6 | 107.8 | 64.7 | 400ℓを注入した場合→中断する | | | | | | | |
| | 規定注入圧力下で注入量が、0.2ℓ/min/mになってから20分経過してなお注入量の上昇がみられないとき。 最高濃度にしても規定圧力に達する見込みのない場合、あるいはリークの激しい場合。また、岩盤変位が20/100mmに達した場合。 中断後6時間(グラウト硬化時間)でリホーリングを行い再注入を実施。 | | | | | | | | | | |

チェックした。その結果、改良目標値を1ルジオンとすると、これらの孔で1ルジオンを越えた箇所は3ステージ分しかなく、特に最終チェック孔であるCH-1は全ステージ共に良好な結果を示した。そして、注入量も全ステージ10kg/m以下であり、改良目標値の達成率は90%となった。

4. 考 察

本ダムの基礎岩盤の性状から判断して、試験グラウトでは高炉B種セメントを使用したが、その結果は良好なものだった。

また、孔配置を決定するために一辺3.0mの正三角パターンを基本として追加孔を内挿する方法によって改良効果を判定した。その結果、一辺1.5mの三角パターン(列間1.3m, 孔間1.5m)で良好な結果が得られると判断された。このことを確認するために列間1.3m, 孔間1.5mのBパターンで試験を実施したところ結果の度合いは良好であり、ダム本工事のグラウトは、今回の試験グラウトで使用した列間1.3m, 孔間1.5mの2列パターンで施工することに決定した。

5. おわりに

知内ダムでは、平成元年度から本格的な工事が開始され、それにあわせて基礎処理工事も始められた。もともと本ダムの基礎地盤は、比較的良好的な条件を有していたので、グラウト工事の仕様も一般的なものとなった。現在、コンソリデーショングラウト及びカーテングラウトの一部の施工が終わっているが、現時点では、良好な結果が得られている。最後に、本報告に際しご協力いただいた関係各位に深く感謝いたします。

(1990. 4. 4 受稿)

江尻排水機場の計画設計と施工について

渡部 均* 菅原 登* 岩間正市**

| | |
|-----------------------------|----|
| 目 | 次 |
| 1 まえがき | 20 |
| 1) 事業の概要 | 20 |
| 2) 江尻排水機場の概要 | 21 |
| 2 江尻排水機場の計画、設計 | 22 |
| 1) 排水計画 | 22 |
| 2) 施設規模の決定 | 23 |
| 3 施工上における問題点とその処理について | 24 |
| 1) 仮設土留工の検討 | 24 |
| 2) 機場本体基礎工の検討 | 24 |
| 4 あとがき | 28 |

1. まえがき

1) 事業の概要

国営かんがい排水事業角田地区は、宮城県南部の阿武隈川左岸に位置し、角田市と丸森町にまたがる3,460haの低平地農業地帯で、水田を中心に畑・桑園・果樹園を主産業として発展してきたところである。(図-1)

本地区の流域は、約85km²を有し地区内雨水は4河川により阿武隈川に排水されている。このうち小田川は地区南部を東へ流れて直接阿武隈川に合流し、尾袋川・雑魚橋川・高倉川の3河川は、江尻地先に集まり尾袋川に合流し、阿武隈川に流出している。(図-2)

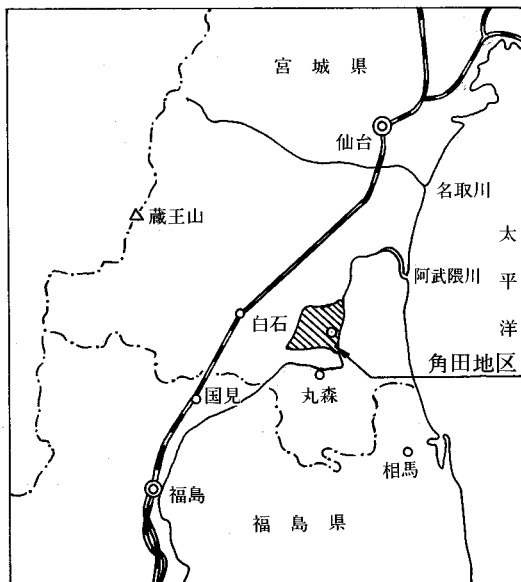


図-1 位置図

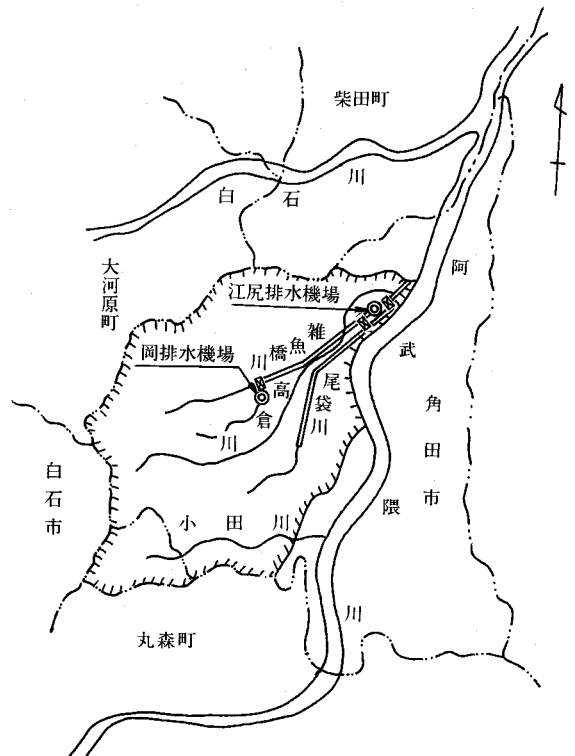


図-2 計画概要図

*東北農政局角田農業水利事業所
**東北農政局迫川上流農業水利事業所

本地域では洪水時に阿武隈川の水位上昇に伴って自然排水が不可能となることから昭和初期に江尻地先に3ヶ所のポンプ場を設置してポンプ排水により対処して来た。しかし、江尻第1機場(昭和4年建設)及び江尻第2機場(昭和8年建設)の著しい老朽化により排水能力が低下し、加えて排水路の通水不足により50~80^m/m程度の日雨量で多大の湛水被害が生じている。

これに対し、湛水被害の解消と水田の汎用耕地化を促進すべく、排水機場2ヶ所、制水門5ヶ所、排水路9.3km、(尾袋川及び雑魚橋川)の改修を計画し、昭和59年度に本地区が着工された。

2) 江尻排水機場の概要

江尻排水機場の構造、ポンプ施設、江尻制水門、内外水位とポンプ運転等の概要は図-3、4、5及び表-1、2に示すとおりである。

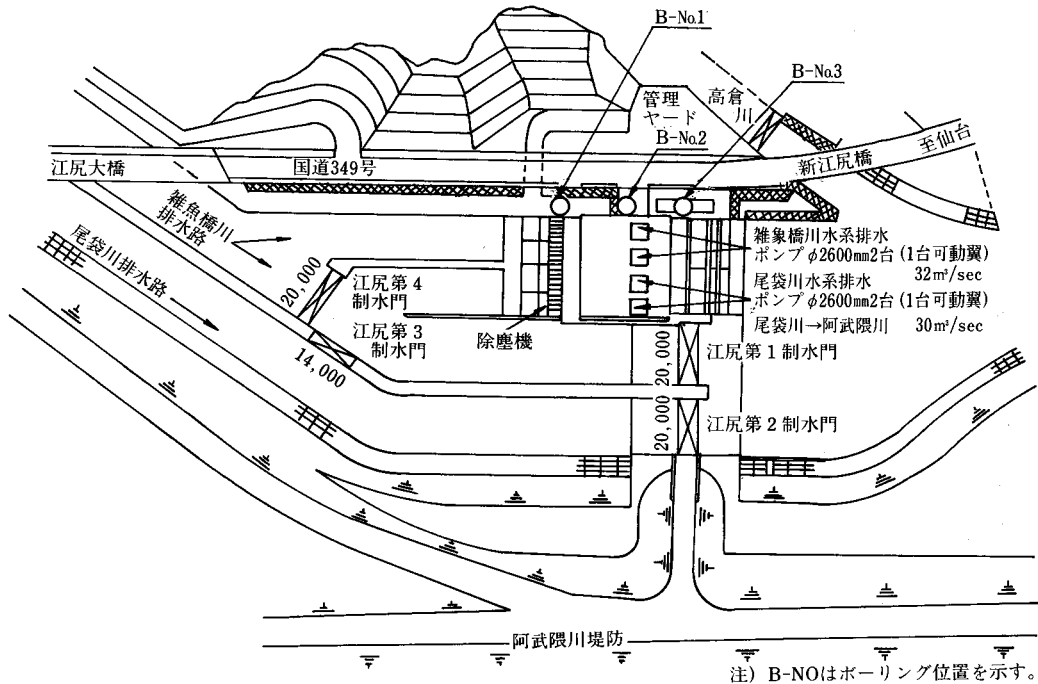


図-3 江尻排水機場一般計画平面図

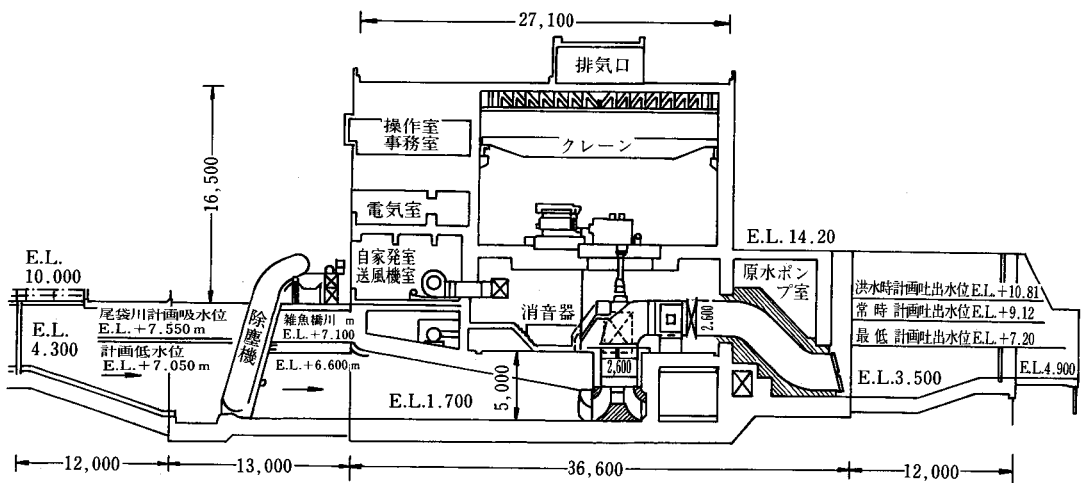


図-4 江尻排水機場縦断面図

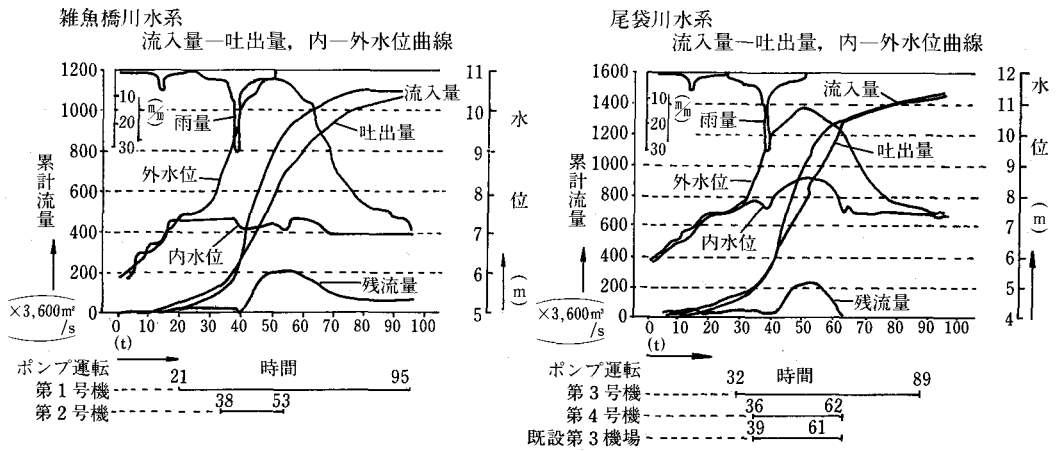


図-5 内外水位とポンプ運転

表-1 ポンプ施設の概要

| 項目 名称 | 受益 面積 (ha) | 流域 面積 (km ²) | 排水量 (m ³ /s) | 揚程 | | 排水機 | | | 原動数 | | | 備考 |
|----------|------------------|--------------------------------|----------------------------|------------|------------|----------|------------|-----------|---------------|-------------|-----------|---------|
| | | | | 実揚程 (m) | 全揚程 (m) | 形式 | 口径 (mm) | 台数 (台) | 形式 | 動力 | 台数 (台) | |
| 尾袋川水系 | 2,230 | 35.4 | 30.0 | 2.6 | 3.3 | 立軸 軸流 | 2,600 | 2 | ディーゼル エンジン | PS 1,000 | 2 | 可動翼(1台) |
| 雑魚橋川水系 | 1,230 | 26.4 | 32.0 | 3.4 | 4.0 | 立軸 軸流 | 2,600 | 2 | ディーゼル エンジン | PS 1,300 | 2 | 可動翼(1台) |
| 計 | 3,460 | 61.8 | 62.0 | — | — | — | — | 4 | — | — | 4 | |

表-2 江尻制水門計画

| 項目 名称 | 形式 | 構造 | 水位 | | 排水量 | 備考 |
|-----------------|----------|-------------------------------|-------------------|--------------------|---------------------------------|---------------|
| | | | 内水位 | 外水位 | | |
| 雑魚橋川水系 第1制水門 | 鋼製ローラゲート | (B)×(H) m m 20.0×4.1×1門 | 7.29 ^m | 10.81 ^m | 33.7 ^{m³/s} | 阿武隈川 逆流防止 |
| 尾袋川水系 第2制水門 | 鋼製ローラゲート | m m 20.0×4.1×1門 | 8.65 | 10.81 | 43.6 | 阿武隈川 逆流防止 |
| 尾袋川水系 第3制水門 | 鋼製ローラゲート | m m 14.0×2.45×1門 | 8.65 | 8.65 | 34.5 | ポンプ運転 の時閉門 |
| 雑魚橋川水系 第4制水門 | 鋼製ローラゲート | 20.0×3.9×1門 | 7.29 | 8.65 | 33.7 | ポンプ運転 の時閉門 |

2. 江尻排水機場の計画, 設計

1) 排水計画

(1) 計画基準雨量

計画基準雨量は, 雨量データ (S1~S51年:

角田観測雨量) を岩井法により確率処理し, 1/10年確率R=187.6^{mm}/2日に決定した。

(2) 流域面積

表-3に示す通りである。

表-3 土地利用別流域面積

単位：ha

| 水系 | 水田 | 畑 | 山林原野 | 宅地その他 | 計 |
|------|-------|-----|-------|-------|-------|
| 尾袋川 | 1,169 | 450 | 1,054 | 667 | 3,340 |
| 雑魚橋川 | 973 | 253 | 927 | 488 | 2,641 |

(3)流出解析

降雨による流出ハイドログラフを推定する方法によることとし、流域特性を考慮して水田及び畑は非線形流出、山地その他は線形流出と考え、表-4に示す手法によった。

表-4 流出解析手法一覧表

| 区分 | 地目 | 手法 |
|-----|-----|-------|
| 平地部 | 水田 | 特性曲線法 |
| | 転換畑 | 同上 |
| | その他 | 流出関数法 |
| 山地部 | | 単位図法 |

(4)計画基準外水位

阿武隈川のS30~S57年の年最大水位と地区内雨量との相関より求めた阿武隈川江尻地点の1/10

年確率ピーク外水位TP11.49mを基に江尻機場地点の計画基準外水位はTP10.81mに決定した。

(5)計画基準内水位

最低ほ場面標高に許容湛水深0.30mを加え、24時間以内の水位として尾袋川水系ではWL8.6m、雑魚橋川水系ではWL7.6mを計画基準内水位とした。

なお、残被害面積率の目標は25%以下とした。

2) 施設規模の決定

(1)位置及び機場形式の選定

位置について図-6に示すように4つの案が考えられたが、経済性、施工性を重視し既設機場の下流100mの位置(第3案)に決定した。また、機場形式について左岸機場案と中央機場案(尾袋川河川敷内)の2案が考えられるが経済性、施工性においては殆んど差がなくいずれの案でも良いが、後者は實際上、河川の中央にこのような大きな機

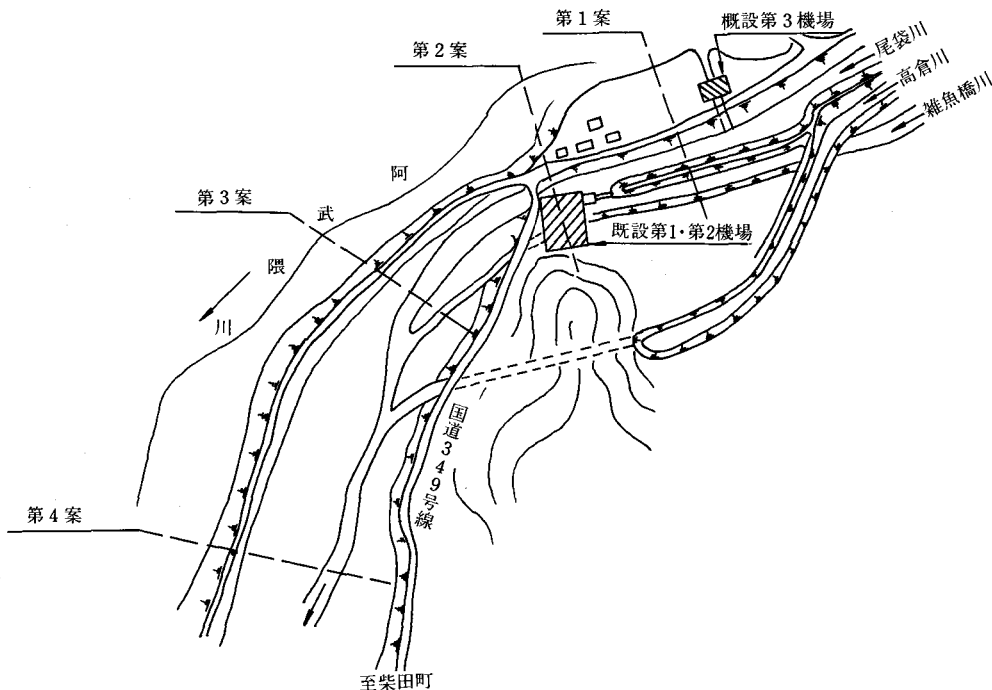


図-6 機場位置の比較選定

場を設けた例はなく、洪水災害時の信頼性及び保守・管理等を考え、左岸機場（図-3参照）と決定した。

(2)ポンプ型式、口径及び台数の決定

①台数の検討

台数の決定は、危険分散や流出パターンへの対応性、経済性、立地条件等により決められる。本機場の場合、これらの検討を踏まえ同口径4台（各水系2台）とした。

②口径の検討

ポンプ口径は、流量（流速）と揚程により決められる。併せて部品の互換性や管理面を考慮して、本機場では同一形状同一寸法の口径2,600^m/_mとした。

③ポンプ型式と流量制御の検討

型式については、キャピテーションの検討結果、立軸軸流ポンプとした。また流量制御については、「台数制御」、「回転数制御」、「翼角制御」が考えられるが、比較検討の結果、各水系2台のうち1台のポンプを翼角制御とした。

3. 施工上における問題点とその処理について

1) 仮設土留工の検討

機場位置は、左岸側は国道349号線が隣接し、右岸側は阿武隈川左岸本堤があり、図-7に示すように、その間の距離が約100mと非常に狭まぐ、また地質構造においても本体構造物の支持基盤となる軟岩は、左岸から右岸に向け急激に深くなっている。このため必要最少限の作業ヤードの確保等から鋼矢板工法を主体とする仮設計画とした。

(1)土留工法の選定（当初）

切梁工法、アースアンカー工法及び片側法切オープン工法について施工性、経済性の面から比較

検討した結果、アースアンカー工法とし、矢板打設にはジェットパイプ工法を選定した。（表-5参照）

(2)試験打込の結果による検討

矢板施工の機種の組合せは、当初3台集合並列方式（表-6）の2パーティで実施することとし、先行1パーティで左岸側より試験打込みを開始したが、計画打込み長より4～5mを残し打込み不能となり、次のような検討を行った。

①矢板打込可能範囲の検討

試験打込みとボーリングコアによる一軸圧縮試験強度との関係（図-8参照）から判断し、打込み可能範囲を $gu=100\sim 150\text{kgf/cm}^2$ とした。

②機種組合せの検討

矢板打込みの仕事量の評価（ $E=\frac{P \times Q}{6}$ ）から判断して、2台集合方式に変更した。（表-6参照）

③矢板根入れ長の検討

以上の検討結果より、左岸側については当初より4～5m短くして、アイランド工法併用の土留工法に変更した。（図-9参照）

なお、工期的には計画30日に対して、10日程の遅れで無事打込みを終ることが出来た。

2) 機場本体基礎工の検討

(1)基礎工の当初計画

支持岩盤線は左岸から右岸に向かって下がっており、当初計画では、右岸端部の一部をコンクリートで置換える（ $v=900\text{m}^3$ ）直接基礎で計画された。（図-10参照）

(2)支持岩盤線の変更に併う検討

土工掘削の結果、支持岩盤線が当初計画に対して全般的に2～4m程深いことが判明した。このため置換コンクリートの増が必要となり、経済性の面から杭基礎との組合せ等について検討を行った。

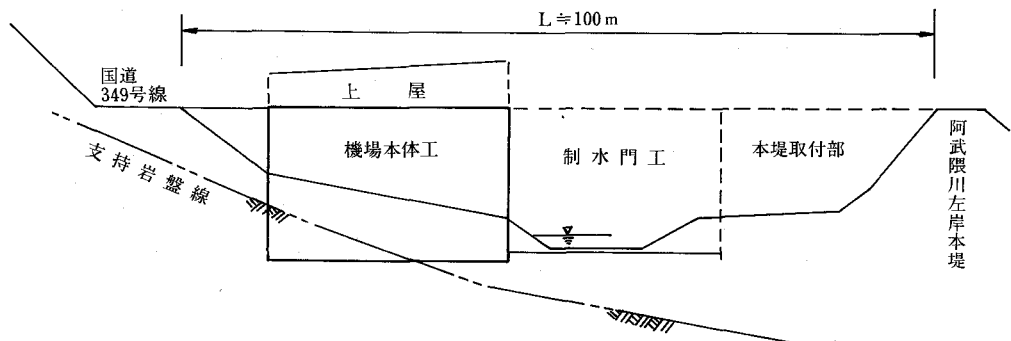


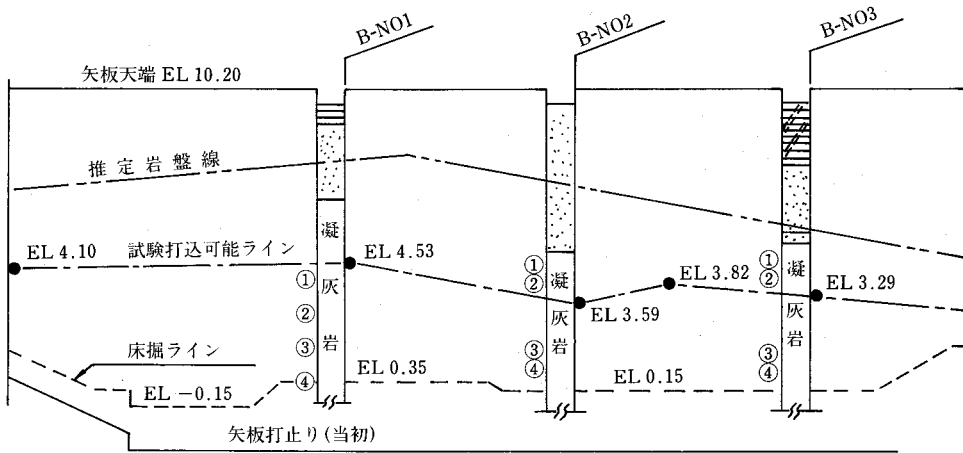
図-7 機場部縦断略図

表-5 土留工法比較表

| 項目 | ①案 切梁工法 | ②案 アースアンカー工法 | ③案 片側法切オープン工法 |
|------|--|--|---|
| 標準断面 | | | |
| 施工方法 | <p>①鋼矢板施工はパイプロ又は高圧ジェット併用。</p> <p>②土砂掘削機種組合せはブル(+) クラム(+) ダンプ。</p> <p>③軟岩掘削機種組合せは人力ピック(+) ブル(+) クラム(+) ダンプ。</p> <p>④吐出部基礎杭はヤットコ打となる。</p> <p>⑤資材等の搬入はクレーンで吊下ろす。</p> <p>⑥親杭・切梁はコンクリート打設後切断する。</p> | <p>①同 左</p> <p>②土砂掘削機種組合せはバックホウ(+) ダンプ。</p> <p>③軟岩掘削機種組合せはリッパードーザ(+) バックホウ(+) ダンプ</p> <p>④吐出部基礎杭は杭打機の進入が可。</p> <p>⑤同 左</p> <p>⑥アースアンカー等施工は締切内で掘削と並行施工する。</p> | <p>①鋼矢板施工は道路側のみ。</p> <p>②同 左</p> <p>③同 左</p> <p>④同 左</p> <p>⑤(+) 10.00の盤からでは構造物迄距離があるため棧橋を設置する。</p> |
| 特質 | <p>①切梁があり作業性は悪い。</p> <p>②構造上切梁の撤去が不可能となる箇所がある。</p> <p>③親杭・切梁部で、型枠・鉄筋が切断となる。</p> <p>④切梁が長い弾性収縮による天板の変形が考えられる。</p> <p>⑤軟岩層まで土留天板を打込むため止水性は良い。</p> | <p>①作業性は良好。</p> <p>②水平打継目は、如何なる位置でも可能。</p> <p>③仮設材による障害はない。</p> <p>④アースアンカーが隣接制水門の基礎杭に影響する。</p> <p>⑤同 左</p> | <p>①同 左</p> <p>②同 左</p> <p>③同 左</p> <p>④該当するものなし。</p> <p>⑤置換コンクリート打設部の法尻に土留矢板が必要。</p> |
| 工期 | 約26ヶ月 | 約17ヶ月 | 約19ヶ月 |
| 経済性 | 1.27 | 1.00 | 1.23 |
| 総合評価 | △ | ◎ | ○ |

表-6 機種組合せ表

| | 組合せ方式 | 標準関係図 | パイプロハンマ | 地層の物性値 | 摘要 |
|----|--------------|--|---------|---|--|
| 当初 | 3台集合 並列方式 | P=90kg/cm ² , Q=235l/min | 60kW級 | シルト系 N=2.1 風化岩系 N=15.5 kg/cm ² 軟岩層 qu=42 (平均値) | JET ウォータージェット カッター 高圧ホース |
| 変更 | 2台集合方式 | P=150kg/cm ² , Q=325l/min | 60kW級 | シルト系 N=2.1 風化岩系 N=15.5 kg/cm ² 軟岩層 qu<100~150 | ○ 集合管 ● パイプ取付位置 |



| | | | |
|---------------|-----------------------------|----------------------------|------------------------------|
| ●は試験打込みの深度を示す | ①qu=87.1kgf/cm ² | ①qu= — kgf/cm ² | ①qu=104.3kgf/cm ² |
| | ②"= — " | ②"=270.9 " | ②"=165.9 " |
| | ③"=195.1 " | ③"=148.6 " | ③"=105.8 " |
| | ④"=204.4 " | ④"=128.9 " | ④"= — " |

注) ボーリングの位置は図-3参照

図-8 試験打込み結果

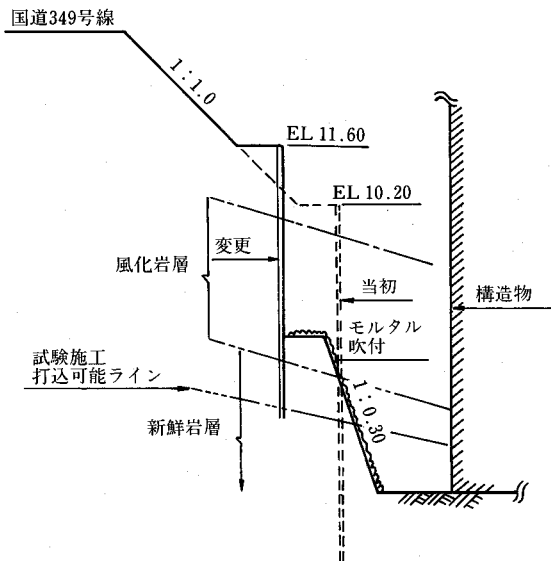


図-9 矢板施工断面図

①検討の概要

一体構造物の基礎として異種基礎を用いる場合、荷重～変位の関係が異なるため構造物のネジレ、ズレ等が生ずる恐れがある。これに対する検討方法は種々考えられるが、工期的な制約もあったため比較的簡便な応答変位法により、本体底版に水平力が作用した時にどの程度のネジレ、底版応力が発生するかについて検討した。

②解析結果

ア) 地盤反力

許容支持力は、軟岩の一般的な許容支持力度(常時=30t/m², 地震時=45t/m²)に対して解析結果は

最大鉛直力(常時) 46.9t/m² > 30t/m²
 " (地震時) 66.4t/m² > 45t/m²
 となり、許容値を満足しないヶ所が生じた。

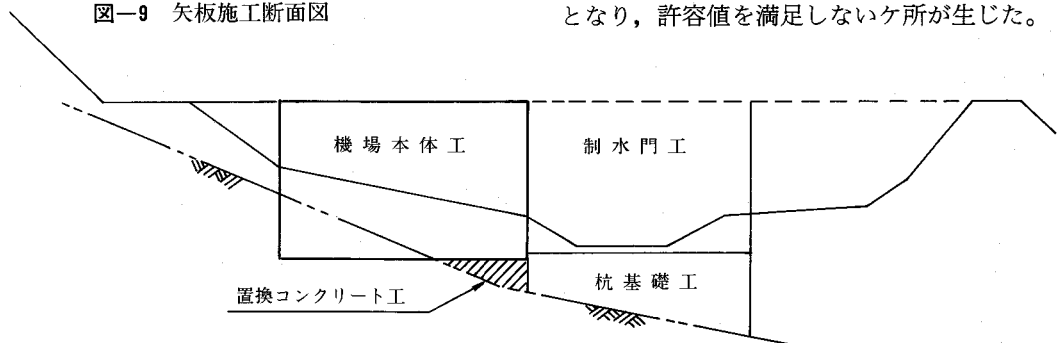


図-10 基礎工図

また、水平方向力についても、 $P_{max}=14.1t/m^2 > 11.2t/m^2$ (許容支持力)となり、滑動する可能性が生じた。

イ) 杭反力

水平反力 (地震時) $P_{max}=2.1t/本 < 18, 8t/本$ (許容支持力)となり、水平抵抗は計算上十分であるが、杭長が短く表層地盤も軟弱粘土層であることを考慮すれば十分な検討が必要であった。

鉛直反力については、岩盤層への根入れが十分あるものとした場合の杭体の耐力と考え、

常時 $V=141.5t/本 < 150.5t/本$

地震時 $V=180.3t/本 < 225.8t/本$

となり、杭の許容支持力より小さく、十分である。

ウ) 杭体の応力

常時の場合の最大応力は $\sigma=1, 400kg/cm^2$ となった。一方地震時の場合、最大曲げモーメントは $M=2.9tm$ となり、杭体の応力は $\sigma=1, 902kg/cm^2$ となった。

上記の値に地震時の地盤の相対変位により発生する応力を付加すると、 $\sigma=1, 902+179=2, 100kg/cm^2$ (許容応力)となり、杭体の応力は常時、地震時共に限界付近にある。

エ) 構造体の変位量

解析の結果、沈下量と変位は

常時 沈下量 $\delta_{max}=7.1mm$

変位角 $\theta_{max}=0.6 \times 10^{-3} r ad$

地震時 沈下量 $\delta_{max}=9.1mm$

水平変位 $\delta_{max}=1.8mm$

変位角 $\theta_{max}=0.77 \times 10^{-3} r ad$

となり、沈下量、水平変位は許容できる値であるが、杭基礎部と直接基礎部の境界付近の変位角が、構造物に有害なひび割れの発生する範囲内にある。

(注)

即時沈下に対する許容変位角については実証資料が少ないが、建築基礎設計規準・同解説によると鉄筋コンクリート造の場合、

下限変位角 $\theta_{cr}=0.4 \times 10^{-3} rad$

上限変位角 $\theta_{cr}=1.0 \times 10^{-3} rad$

となっている。

オ) 底版の応力状態

結果として、杭基礎部と直接基礎部との境界付近に大きな応力が集中していることが明らかである。

この断面力に対して鉄筋D32ctc150mm、コンクリートの設計強度 $\sigma_{ck}=210kg/cm^2$ として部材設計を行なうと、発生する応力 σ とせん断力 τ は

常時 $\sigma=31.2kg/cm^2 < \sigma_a=70.0kg/cm^2$
(許容値)

$\tau=4.0 \quad \parallel < \tau_a=4.25 \quad (\parallel)$

地震時 $\sigma=32.2 \quad \parallel < \sigma_a=105 \parallel (\parallel)$

$\tau=7.8 \quad \parallel > \tau_a=6.38 \parallel (\parallel)$

となり、せん断応力に対する補強が必要となる。なお、当初設計では、鉄筋はD19ctc300mmとなっていた。

カ) 流水方向の検討

流水方向については、本体底版に水平力が作用した時に底版の変形、底版内の応力がどのように発生するかについて検討した結果、次の通りである。

①地震時の水平力に対して滑動する点が出る可能性がある。

②杭体の応力は杭耐力の限界付近にある。

③岩着部分と杭との抵抗力の相違のため構造物は大きくネジレ、最大 $2.5m/m$ の変位が生じる。また、滑動する部分もあるため、より大きな変位を生じることが考えられる。

ここでは、底版部の変位、ネジレを求めたが、上部構造物ではこれ以上大きなものとなり、地盤特性を考慮すれば、さらに大きなネジレが作用し、上部構造体へ与える悪影響は大きなものと推定される。また、実際の地震時には流水直角方向との合成力等が作用し、構造物の変位、ネジレはより複雑な挙動を示し、悪影響を避けることが不可能と判断される。

(3)考察

構造解析手法は簡便なものによるものであり、構造モデルも極端に単純化したものであるため、本文では異種基礎の特性を述べただけに過ぎず、実際の挙動についてより詳しく把握するためには、精密な調査を行ない、FEM解析、動的解析、立体解析等を行う必要がある。

しかし、このような解析を行ったとしても異種基礎であるために生じる構造物への影響は正確に捉えることは不可能である。

従って、簡便な方法による検討ではあるが、以

上に述べたような影響が発生することが十分に考えられるため、異種基礎は避けるべきであるとの結論を得た。

よって本機場の基礎は、置換コンクリート工により直接基礎とすることとした。

4. あとがき

以上、角田農業水利事業の概要と当事業の中核である江尻排水機場に係る計画、設計の基礎諸元と施工途上において直面した問題について、その概略を報告したが、最近における事業の低

コスト化、効果の早期発現等が強く叫ばれている状況を考えるとき、新工法等の採用も大切ではあるが、目視判別できない地質構造等の調査にウエートをおくことが如何に重要であるか痛感させられた次第である。

当初計画である平成6年度の江尻排水機場の供用開始に向けて本事業は順調に進捗しており、現場の方々に本報告書が参考となれば幸いです。

〔1990.2.26受稿〕



成功させましょう。

花の万博

大輪会として出展しています。



大輪会



人と水との
かかわりを大切にします

トリ シマ

株式会社 西島製作所

東京支社 / 東京都千代田区丸ノ内1-5-1 新丸ビル

☎ (03) 211-8661 (代表)

本社・工場 / 大阪府高槻市宮田町1丁目1番8号

☎ (0726) 95-0551 (大代表)

遠心力強化積層管の現場施工試験報告

託 芳彦* 岩田誠男**

本間鈴男*** 大塚秀夫***

目 次

| | | | |
|------------------|----|---------------|----|
| 1. はじめに | 29 | 3. 考察 | 36 |
| 2. 試験結果の詳細 | 29 | 4. あとがき | 37 |

1 はじめに

農業用水路のパイプライン化が急速に進む中で管材料の改良、開発が盛んに行われている。遠心力強化積層管は、高引張耐力のFRPを外層とし、その内面両端に透水性の薄膜を設けたのち高剛性の強化コンクリート層を形成し、更にプラスチック材料による内面平滑な内層等からなる積層構造である。管体に内水圧が作用すると管端部の透水膜を通してFRP層とコンクリート層との間に0.5mm～3mm厚の圧力水層が形成され、その圧力は内水圧とほぼ等しい値でFRP層に引張力、コンクリート層には圧縮力として作用する。

従って、コンクリート層には管内面からの水圧による引張力と圧力水層内の水圧による圧縮力とが作用し応力は相殺されるため、内水圧の影響を無視することができる。外圧は剛性の高いコンクリート層で対応する。このため、内外圧力が同時に作用したときでも、それぞれの層は単一荷重によって設計できるという全く新しい理論に基づいて製造された管である。

このように、本管はとう性管と不とう性管の両者の特性を有効に組合せた管であり、一概に在来管種との優劣は判断しにくい、使用する現場条件等によっては大幅な事業費節減に連なる新資材と思われるので、使用にあたっての条件、仕様等の結論が待たれるところである。

このような観点から、構造上の考え方の確認と工事施工に伴って生ずる各段階での問題点を把握することを目的とし、現場において埋設試験施工を行ったものである。

2 試験結果の詳細

2-1 試験区間

関東農政局牧之原農業水利事業の幹線水路の図-1に示す区間で試験を行った。この区間の土質は通称、牧之原礫層と呼ばれている。

2-2 試験に使用した管

呼び径500の6K-2種及び呼び径600の6K-2種を使用し、その形状寸法は図-2及び図-3に示す。

2-3 掘削断面及び埋戻し作業

図-4に示すように、溝型埋設の120°砂基礎とし、埋戻し材料は現地掘削土を用いた。但し、土圧を測定するために、管体中央の頂部と側部に配置した土圧計の周辺部は0.3mm以下の細砂で転圧し掘削土が土圧計の受圧面にじかに接しないようにした。

埋戻しは一層の仕上がり厚さを30cm程度とし、図-4に示すb線まではパイプロプレートで転圧し、更にb線より上の部分は振動ローラによる締固めを行った。(表-1)

2-4 調査項目

調査項目は次のとおりである。

- ①布設時の施工性
- ②調整管の布設現場における製作
- ③落とし込み接合による継手部の水密性

*関東農政局建設部設計課

**関東農政局牧之原農業水利事業所

***関東農政局土地改良技術事務所

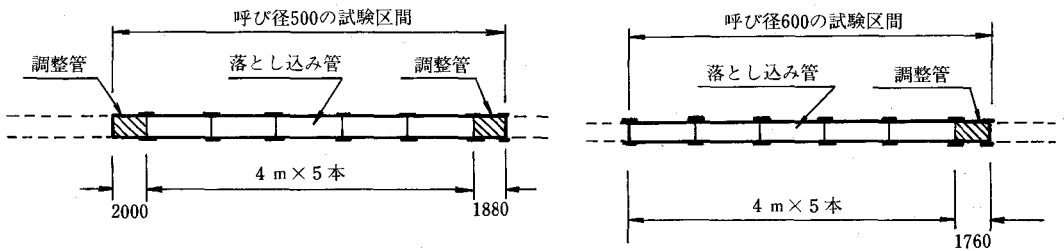
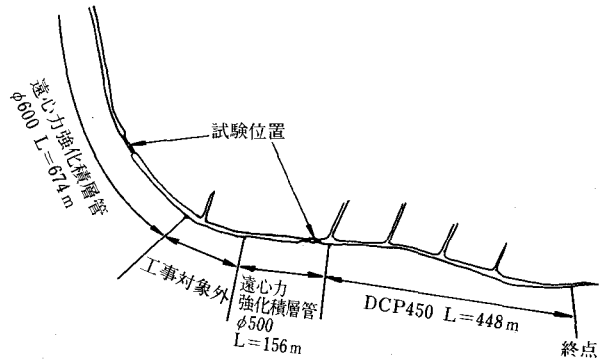


図-1 試験区間

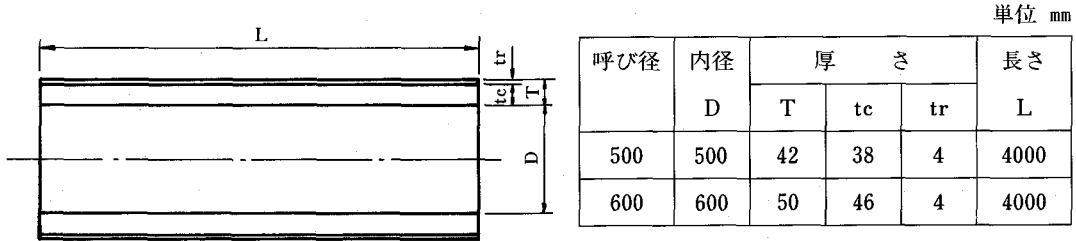


図-2 本体の形状, 寸法

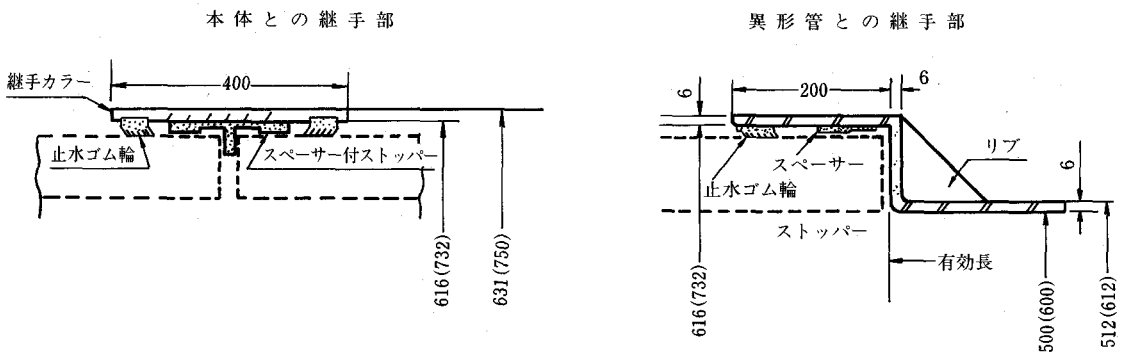


図-3 継手部の形状, 寸法

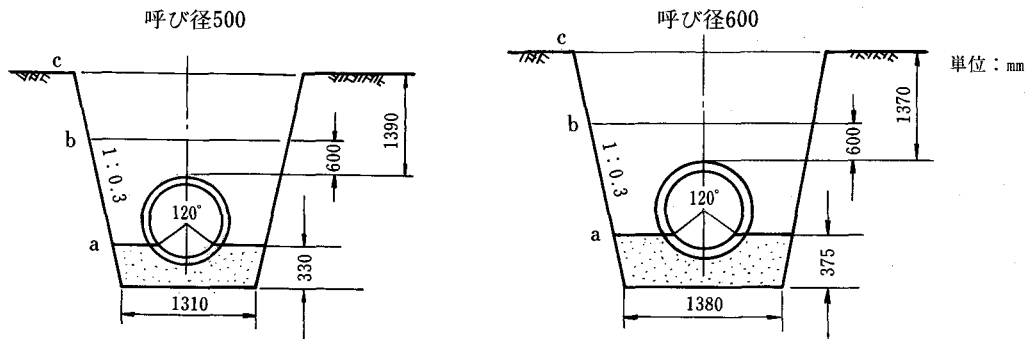


図-4 掘削断面

表-1 バイブロプレート及び振動ローラの主な仕様

| バイブロプレート | | 振動ローラ | |
|----------|-------------|--------------|-----------|
| 総重量 | 60kg | 総重量 | 2800kg |
| 起振力 | 1000kg | 起振力 | 2500kg |
| 振動数 | 5500cpm | 前輪荷重 | 1850kg |
| 走行速度 | 1.3-1.6km/h | 後輪荷重 | 950kg |
| | | 振動数 | 2800cpm |
| | | 起振力 | 2500kg |
| | | 締固め幅 | 1000mm |
| | | 締固め線圧(最大振動時) | 43.5kg/cm |
| | | 走行速度 | 0-5.2km/h |

- ④埋戻し土の締固め時における土圧の変化
- ⑤内水圧作用時における土圧の変化と管体及び継手部の挙動

2-5 試験方法

1) 内水圧試験

図-5のように管体5本と接合した延長20mの区間内に、土圧計、歪ゲージ付き供試管2本 (No.2, No.3) を布設し、次の手順で試験を行った。

- ①管径の7割程度まで埋戻し、内水圧を3 kgf/cm² (設計水圧) まで加圧して15分間保持した時の落とし込み接合による継手部の水密性を確認する。
- ②所定の埋戻しが完了した後、内水圧を4 kgf/cm²まで加圧して10分間保持し、加圧時・減圧時及び圧力を保持したときの土圧の変化並びに管体と継手カラーの挙動を調べる。
- ③同時に内水圧の作用によってFRP層とコンクリート層との間に浸透する水量、及び減圧によって浸透した水の排出量を300kgのバネ秤で内水圧1 kgf/cm²の増減毎に秤量する。

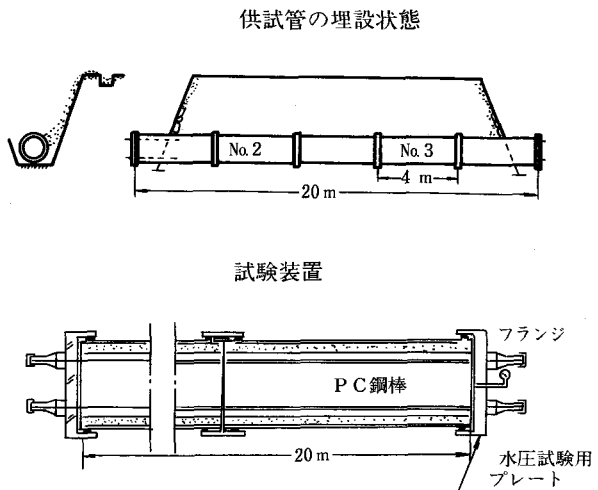


図-5 内水圧試験

2) 土圧

図-6に示したように、供試管No.2及びNo.3に容量2 kgf/cm²の土圧計を設置して、埋設時、締固め時、内水圧作用時等における鉛直土圧と水平土圧の変化を測定し、更にこれらの経時的変化を調べた。

3) 管体及び継手カラーの挙動

図-7のように供試管No.2及びNo.3に歪ゲージを取り付けて、埋設後、内水圧作用時における管体と継手カラーの挙動を調べた。

4) 埋戻し土の締固め時における土圧の変化

呼び径600において、管頂60cmまで埋戻した時のパイロプレートによる締固め時、及び所定の土被りまで埋戻して振動ローラで締固め時の鉛直土圧を高速デジタル測定器を用いて2秒間隔に

自記記録し、締固め時に負荷された鉛直土圧の最大値を調べた。

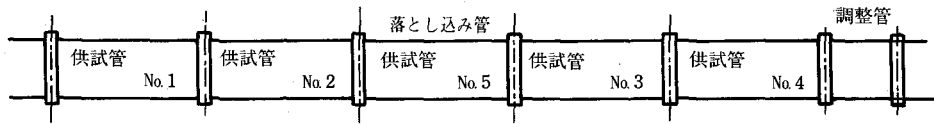
2-6 試験結果

1) 布設時の施工性

布設作業は次の通りであった。

①止水ゴム輪と接する管体外周がほぼ真円で滑らかなため容易に接合することが出来た。

②調整管の落とし込み接合は図-8のように行った。その作業は簡単であり呼び径600の落とし込み



鉄製板の形状、寸法

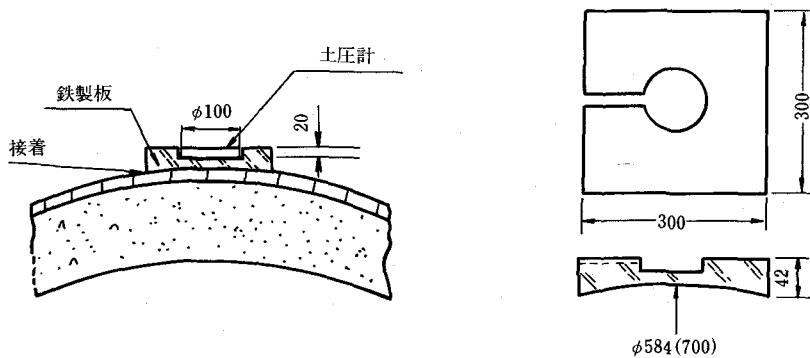
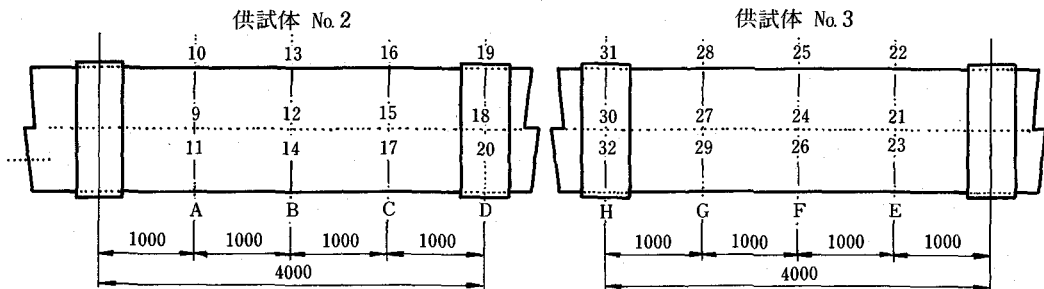


図-6 土圧計の配置図



管体FRP層外面の上部と両側部
 供試体No.2 …… 9~17
 ” No.3 …… 21~29 計 18ヶ所

カラー外面の上部と両側部
 供試体No.2 …… 18~20
 ” No.3 …… 30~32 計 6ヶ所

図-7 歪ゲージの貼り付け位置

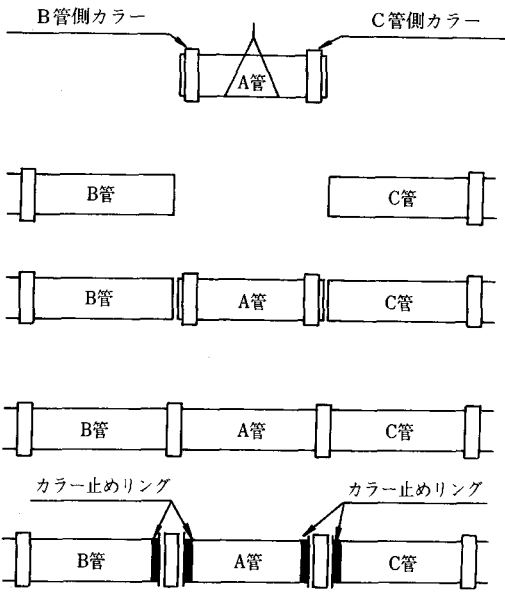


図-8 パイプ調整管の落とし込み標準接合作業

接合作業に要した時間は次のとおりであった。

- ・吊込みBC管の芯出し及び落とし込み据付作業46分
- ・カラー引込作業..... 5分
- ・カラー止め作業..... 5分

落とし込み接合作業方法

- イ. B管とC管を据え付ける。
- ロ. 両管端部に継手カラーを取付けた調整管又は落とし込み管A管を吊上げ、B管とC管の間に移動する。
- ハ. A管と接するB、C管体の端面にストッパーを取り付けて規定のジョイント間隔になるようにA管を据え付ける。
- ニ. A管の両管端部に取り付けられた継手カラーを

B管端部とC管端部の定位置に引込み接合し、カラー止めリングを取付ける。
 注) 現場条件によっては、継手カラーをB管及びC管に取り付けておきA管の落とし込み完了後A管に引込み接合してもよい。

(参考)

落とし込み作業における継手カラーの引込み作業は、図-9のようにカラーの円周方向3ヶ所に引込み器具を引掛けてレバーブロックで引込んだ。

カラーの両端に取り付けたカラー止めリングは図-10に示すものでステンレス鋼製(SUS316)である。

2) 調整管の布設現場での製作

図-11に示す方法で、長さ2m呼び径500及び600のパイプを所定長の調整管にするために、あらかじめ管体外周面に切断位置を野書きし手持ち式コンクリートカッターで切断した。この時の切断精度(直角度)は表-2の値であった。

又、図-12のように、管端面のテーパ仕上げ作が及び切断面に露出した鉄筋の防蝕塗装を行い、これらに要する時間を測定した。作業時間の測定結果は表-3の通りである。作業時間は鉄筋の防蝕塗装剤の最短硬化時間を30分として70分程度となるが、現場施工の場合気温の関係もあり塗装剤の硬化時間に十分配慮する必要がある。

3) 落とし込み接合による継手部の水密性

管径の70%まで埋戻しを行い、加圧ポンプで内水圧3kgf/cm²負荷し15分間保持したが、漏水その他の異常は見られなかった。この時径600のNo.2の供試管で管体及び継手カラーの歪を測定したが、これにも異常は見られなかった。

4) 埋戻し土の締固め時における土圧

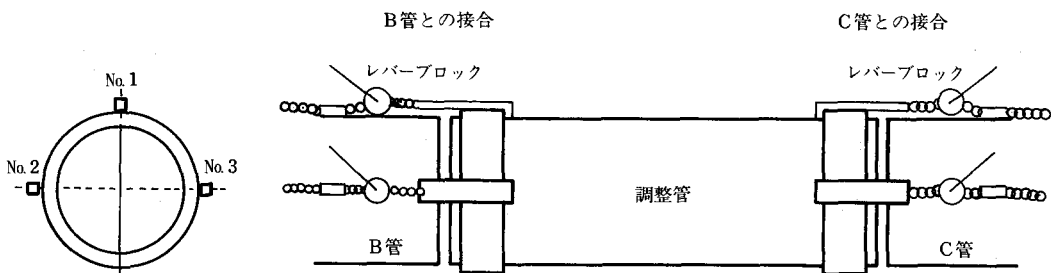


図-9 継ぎ手カラーの引き込み作業方法

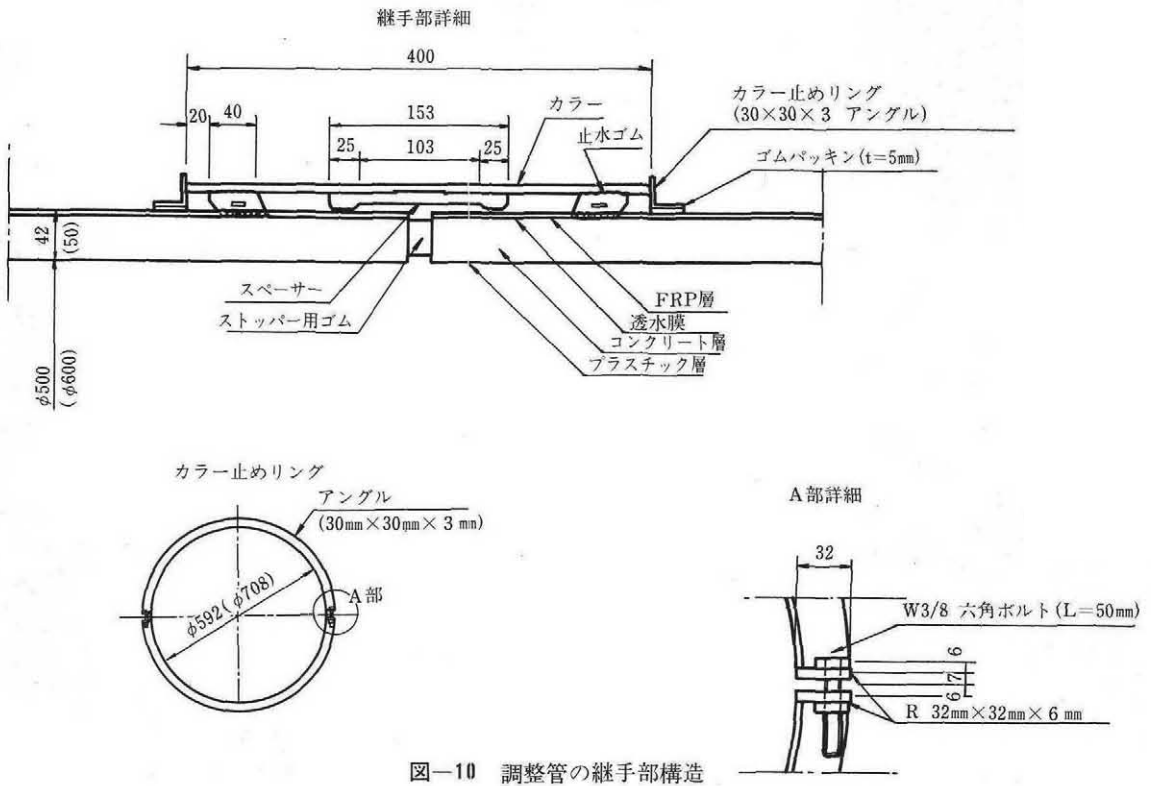


図-10 調整管の継手部構造

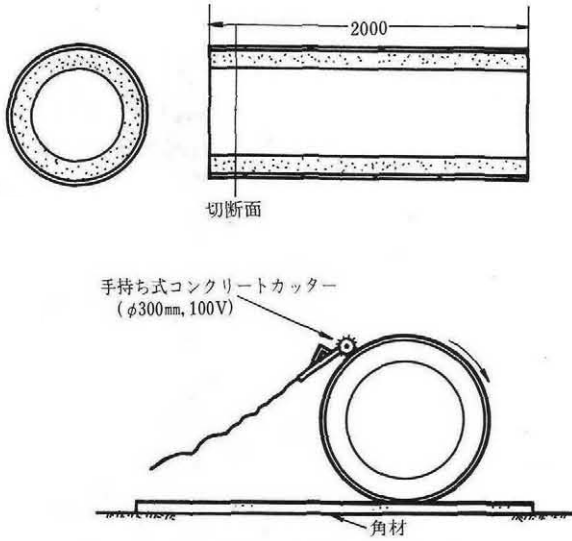


図-11 管体の切断作業



写真-1 調整管の現場製作…切断面の防蝕塗装

表-2 パイプの切断精度(直角度)

| 管の呼び径 | 現場切断時の実測値 |
|-------|-----------|
| 500 | +1.8mm |
| 600 | +1.5mm |

径600で埋戻し土の締め直後における鉛直土圧と水平土圧の変化と、締め中の土圧の増加値を調べた。

管上60cmまで埋戻した後パイプロプレートで締めつけた土圧は、締めめの前後で殆んど変わら

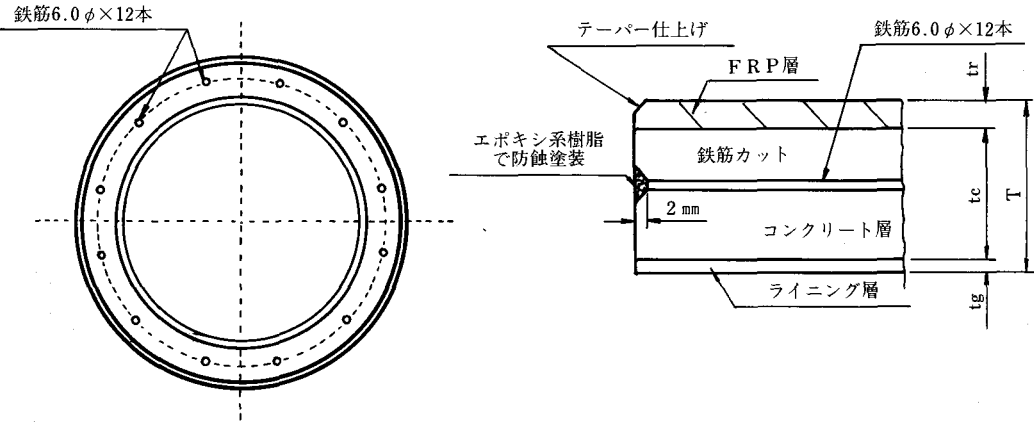


図-12 管端面のテーパ仕上げ作業及び露出鉄筋の防蝕塗装

表-3 調整管の現場製作に要した時間

| 作業項目 | 実測値(分) | | 備考 |
|-----------------|--------|------|---|
| | 500φ | 600φ | |
| 管体の切断作業 | 25 | 30 | 1. 用いた塗装剤は、エポキシ系樹脂である。 2. 施工時の気温は28℃ (500φ) 17℃ (600φ) であった。 |
| テーパ仕上げ及び鉄筋カット作業 | 10 | 10 | |
| 鉄筋の防蝕塗装 | 塗装 | 5 | |
| | 塗装剤の硬化 | 55 | |
| 合計 | 95 | 115 | |

注：塗装剤の指触硬化時間は、表記の材質の場合、30分（気温20℃の場合）である。

ないが、土被り1.37mまで埋戻した後、振動ローラーで締固めた時の鉛直土圧は締固め直後に増加傾向にある。又、締固め中の振動による土圧の増加値は頂部に発生したが側部には殆んど発生しない。なお、土被り1.37mまで埋戻した時の鉛直土圧の値は、計算値と実測値が近似している。(測定結果表、計算結果表は割愛した)

5) 内水圧作用時における土圧の変化と管体及び継手部の挙動

①FRP層の半径方向変位の変化率と土圧との関係

埋設した後に、管体に内水圧が作用するとFRP層とコンクリート層の間に圧力水が浸透する。その確認のため、内水圧1kgf/cm²増減する毎に浸透する水量を測定した。一方、理論上の水量として内水圧によるFRP層、継手カラー部の膨らみ等から水量を計算し、実測水量と比較したのが図-13であり、その数値はほぼ一致している。

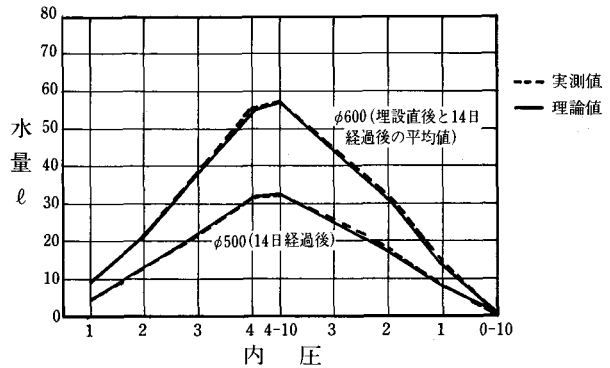


図-13 内水圧作用時に形成する間隙水槽内の理論水量と実測水量との関係

②内水圧作用時の継手部の特性

埋設状態で水圧作用時における継手部の挙動を調べた。継手は本体の外層と同じ材質のカラーを用いる構造であり、その厚みは本体外層に比べ厚く設計されている。そのため、継手部に内水圧が作用するとFRP層と継手

カラーは厚さの違いにより、同一の水圧でも変位量が異なる。即ち、FRP層はカラーに比べ変位が大きいため、必然的に止水ゴム輪の挿入部分のスペースが狭まり、止水ゴム輪の圧縮率を増加させる方向にある。この止水ゴム輪の圧縮率を示したのが図-14である。通

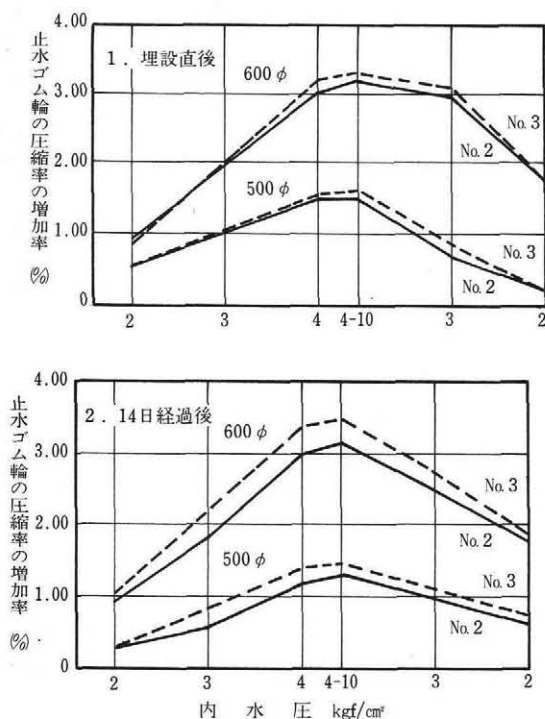


図-14 内水圧と継手部止水ゴム輪の圧縮率との関係

常止水ゴム輪は圧縮率が増加すれば止水性は増加するので、この性質は継手部の水密性を高めるものと考えられる。



写真-2 内水圧試験時の侵入水秤量

3 考察

3-1 内水圧支持機構

パイプの内水圧支持機構として、FRP層とコンクリート層との間に水圧が浸透することにある。

本試験では、土中に埋設されたパイプに内水圧を加え、この時FRP層とコンクリート層との間に浸透する水量を実測することによって確認した。

図-13に示す通り、理論計算量と実測水量が一致し、土中に埋設されたパイプでも圧力水層が形成されている。

3-2 調整管の製作及び落とし込み工法

従来コンクリート系のパイプでは、埋設後に管体又は継手に損傷が生じた場合、管の布設替作業は異型鋼管を用いて補修作業を行うため、異型鋼管の製作、継手の溶接作業等かなりの施工時間と経費を要している。

今回、パイプの特徴の一つでもある本管での調整管の製作及び落とし込み工法を、現場施工において実際に施工可能か、施工時間はどうか確認すべく実施した。

試験は管体の切断、仕上げ作業、落とし込み布設及び布設後の内水圧試験によって、その機能と作業性を確認した。管体の切断、仕上げ等の作業時間は径500で95分、径600で115分であった。調整管を落とし込んだ後、落とし込み継手の施工は、独特な器具を使用するものの、ほぼ、規格管と同じであり特別な技術は必要としない。又、落とし込み作業完了後、管径の約70%まで埋戻しを行い、両管共に内水圧を3 kgf/cm²まで加圧し、継手部の止水性を観察したが異常は見られなかった。なお、落とし込み作業のカラー引込み及びカラー止めリングの取付けに要した時間は10分間であった。

従って、パイプによる調整管としての落とし込み工法の機能は十分と判断される。又施工時間(製作準備時間も含む)においても、現場加工が容易であり工場製作も要さないことから他工法に比し短縮が図られる。

3-3 埋設中の外圧

埋設中に管体に加わる土圧を知るために、埋戻し作業中の土圧を測定した。パイプロプレート及び振動ローラによって締固めを行った後の管頂部の鉛直土圧は、マーストン公式によって計算された値と近似した値を示している。

3-4 使用状態による応力

埋戻し完了後、内水圧を加えた時管体のFRP層に発生した歪は、水圧 3 kgf/cm^2 の加圧時に径500で最大 $2,005 \times 10^{-6}$ 、径600で $2,348 \times 10^{-6}$ であった。弾性係数 $E = 11.5 \times 10^4 \text{ kgf/cm}^2$ とすると、FRP層に発生している応力は径500で 231 kgf/cm^2 、径600で 273 kgf/cm^2 であり、許容応力 600 kgf/cm^2 以内である。又埋設完了後内水圧を加えた時カラーに発生した歪は、本体より小さく、いずれも許容応力以内である。

3-5 施工に伴う問題点と対策

管表層のFRP層に深いキズが発生した場合には致命傷となる。従って、キズを付けないよう十分に注意する必要がある。今回、試験のため現場に搬入された数本の管の外面に「スリキズ」があった。このキズは試験の結果、管の耐圧強度に影響は認められなかったが、念のため補修を行って使用した。

今後、キズを付けないための対策として次のような方法を取る必要がある。

- 1) 管の輸送中に生ずる「スリキズ」を防止するためにトラック上に専用の支持台（図-15）を固定して運搬する。
- 2) 「スリキズ」が生じた場合、発見が容易に出来るように管の色彩を濃くする。

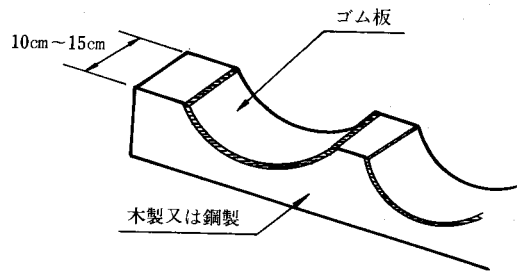


図-15 支持台図

4 あとがき

パイプの現場での各種試験の結果、管特性上及び施工上も問題点は見あたらず、農業用水路としての使用に十分耐え得るものも判断出来る。ただこの管は開発されて間もないため使用実績が少なく長期間の耐久性、挙動が実証されていない。これらは今後の使用実績を踏まえて確認されるものと思われる。

なお、誌面の都合により相当数の測定関係資料及び施工写真は割愛させて載いた。興味のある方は関東農政局土地改良技術事務所施工技術課に連絡して載ければ資料を送付することとしたい。

最後にこの試験施工に協力載いた関係各位に深く敬意を表するものである。

[1990. 1. 19 受稿]

農業集落排水処理施設の高度処理について

糠 信男* 中川五平*

目 次

| | | | |
|----------------------|----|--|----|
| 1. はじめに | 38 | 4. 回分式間欠曝気法（小規模施設）における 高度処理技術開発調査 | 39 |
| 2. 滋賀県における実施状況 | 38 | 5. おわりに | 45 |
| 3. 高度処理について | 38 | | |

1. はじめに

農村地域における生活環境整備は、生産基盤整備の推進と共に、昭和48年度より農村総合整備モデル事業が制度化され、以来各種の事業により全国でも数多く実施されている。農業集落排水処理施設もこの事業の中で実施されてきたが、昭和58年度に「農業集落排水事業」が制度化され単独で事業実施が可能となった。この農業集落排水処理施設は、小規模分散型の施設として農村地域に定着しつつあり、環境整備の切り札として地域住民から大きな期待が寄せられている。一方、農村地域の水環境は、生活系の排水により水質汚濁が進行しているため、農作物や施設の維持管理に影響を及ぼしている。このため、有機汚濁物質のみの処理では十分でなく窒素やりんを除去する高度処理が必要となってきた。とくに琵琶湖という閉鎖性水域を抱える本県にとっては、水質保全の見地から高度処理が必要で、農業集落排水施設の実施にあたっては窒素、りんを処理する高度処理を実施しているところである。

このようなことから、農業集落排水処理施設の実施状況や高度処理調査の概要を紹介する。

2. 滋賀県における実施状況

本県では、琵琶湖の自然環境の保全と汚濁した水質の回復を図りつつ、その水資源の利用と関係住民の福祉をあわせて増進するため、昭和47年より特別措置法による琵琶湖総合開発事業を実施しているが、琵琶湖に赤潮やアオコが発生するとい

う現状をふまえ昭和57年の改定時に水質保全のため、「農業集落排水処理施設事業」が追加された。また、この改定作業と並行して「滋賀県農業集落排水処理施設整備基本計画」を策定し、事業の推進を図ることとした。

琵琶湖総合開発事業では、10年間の農業集落排水処理施設計画事業量を約160集落、約40,000人と定め、農村総合整備モデル事業と農村基盤総合整備事業（特例地区）で整備することとしたが、幸いにも58年度から単独で実施可能な農業集落排水事業が創設されたため事業の進捗が図れるようになった。このため、平成元年度末までに表-1に示すように173集落の採択を受け実施しているところである。また、供用状況は、表-2のとおりで、平成元年度末（予定）で48処理区、87集落となりその進捗は約50%で、約28,000人の水洗化が可能となっている。

各処理区の処理方式については、小規模施設に適合する各種の方式が採用されているが、主体は、接触曝気法方式であり、JARUS（The Japanese Association of Rural Sewerageの略）型が63%を占めており、次いで回分式活性汚泥法が17%、その他長時間曝気法、オキシデーションディッチ法を採用している。

3. 高度処理について

本県では「琵琶湖の富栄養化の防止に関する条例」が昭和54年に定められ、窒素、りんの排出が規制された。（後に水質汚濁防止法第3条第3項の規程に基づく排水基準を定める条例に窒素、りんの規制が追加された。）このため、農業集落排水処

*滋賀県農村整備課

表一 農業集落排水事業の実施状況(採択ベース)

| | 項目 | 56まで | 57 | 58 | 59 | 60 | 61 | 62 | 63 | 元 | 計 |
|----------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|
| モ事 テ ル業 | 処理区数 | 3 | 5 | 7 | 5 | 7 | 4 | 1 | 2 | — | 34 |
| | 集落数 | 3 | 7 | 8 | 6 | 9 | 5 | 1 | 2 | — | 41 |
| | 計画人口 | 996 | 1,880 | 1,980 | 2,300 | 3,050 | 1,370 | 320 | 480 | — | 12,376 |
| 集水 落事 排業 | 処理区数 | 2 | 4 | 4 | 6 | 7 | 6 | 7 | 12 | 15 | 63 |
| | 集落数 | 5 | 6 | 9 | 13 | 16 | 15 | 11 | 22 | 35 | 132 |
| | 計画人口 | 1,570 | 2,537 | 2,795 | 3,790 | 4,810 | 5,650 | 5,190 | 10,020 | 13,000 | 49,362 |
| 合 計 | 処理区数 | 5 | 9 | 11 | 11 | 14 | 10 | 8 | 14 | 15 | 97 |
| | 集落数 | 8 | 13 | 17 | 19 | 25 | 20 | 12 | 24 | 35 | 173 |
| | 計画人口 | 2,566 | 4,417 | 4,775 | 6,090 | 7,860 | 7,020 | 5,510 | 10,500 | 13,000 | 61,738 |

表二 農業集落排水事業の供用開始状況

| | 項目 | 58まで | 59 | 60 | 61 | 62 | 63 | 元(予定) | 計 |
|----------------|------|------|-----|-------|-------|-------|-------|--------|--------|
| モ事 テ ル業 | 処理区数 | 1 | 1 | — | 2 | — | 8 | 4 | 16 |
| | 集落数 | 1 | 1 | — | 2 | — | 10 | 4 | 18 |
| | 供用人口 | 350 | 226 | — | 440 | — | 3,190 | 600 | 4,806 |
| 集水 落事 排業 | 処理区数 | — | — | 4 | 4 | 3 | 7 | 14 | 32 |
| | 集落数 | — | — | 7 | 6 | 6 | 17 | 33 | 69 |
| | 供用人口 | — | — | 2,000 | 2,102 | 2,575 | 4,675 | 11,720 | 23,072 |
| 合 計 | 処理区数 | 1 | 1 | 4 | 6 | 3 | 15 | 18 | 48 |
| | 集落数 | 1 | 1 | 7 | 8 | 6 | 27 | 37 | 87 |
| | 供用人口 | 350 | 226 | 2,000 | 2,542 | 2,575 | 7,865 | 12,320 | 27,878 |

表三 放流水質

| 項目 | 放流水質 | 備考 |
|-----|----------|---------|
| BOD | 20mg/l以下 | |
| COD | 20 " | |
| SS | 50 " | |
| T-N | 20 " | |
| T-P | 5 " | (琵琶湖周辺) |
| | 1 " | |

理施設においても、窒素、りんの高度処理をすることとしている。放流水質は、表一三のとおりである。このため本県では、回分式間欠曝気法における高度処理技術開発調査を昭和61年度より実施しているが、今回は、窒素除去を主体に調査結果

を紹介する。

4. 回分式間欠曝気法(小規模施設)における高度処理技術開発調査

(1) 調査目的

回分式間欠曝気法は活性汚泥法の一変法で、同一の処理槽で、汚水の流入→曝気、非曝気の繰り返し→汚泥の沈降→処理水排出の各工程をタイマーを用いて時間を区切って順次行うというもので、曝気、非曝気を交互に繰り返すことにより、曝気時には好気性菌の働きにより有機物の酸化分解とアンモニア態窒素の硝化を行い、非曝気時には通性嫌気性菌である脱窒菌の働きによって硝酸態窒素、亜硝酸態窒素を窒素ガスとして大気中に揮散させるというもので、曝気、非曝気のサイクルタ

イムの調整や曝気強度の調節など適切な運転管理を行えば80%程度以上の良好な窒素除去率が得られるといわれている。

本処理法は、同一の処理槽で硝化、脱窒を行うので硝化水の循環や汚泥の返送が不要であり、しかも脱窒槽、沈澱槽が不要なので敷地面積が少なくすむこと、また、曝気を間断的に行うのでブローの電気代が少なくすむ、維持管理費が安くなるなどの利点もあり、有用な窒素除去法の一つとして、集落排水処理施設にも採用されつつある方法である。

一方、小規模排水処理施設では、その維持管理に選任の技術者を確保することはむずかしく、維持管理の容易な施設が望まれているが、回分式間欠曝気法を小規模排水処理施設に適用する場合、その装置構成が単純であるものの、運転管理方法が確立されているとはいえ、運転管理の簡易化が必要である。このため、

- ① この処理方法を負荷変動の著しい実際の小規模排水処理施設に適用して安定した処理が可能であるかどうかを確かめると共に、高率の窒素除去を行うため目安となる運転管理指標を見いだすこと。
 - ② 雨水等の流入による汚水量の増加に対応する運転管理方法を探ること。
- を目的として、県下の処理施設において現地試験を行ったものである。

(2) 処理施設の概要

調査を行った施設の概要は以下のとおりである。

処理方式 長時間曝気方式（回分式運転）

| | |
|--------|------------------|
| 計画人口 | 210人 (供用人口 164人) |
| 計画流入水質 | BOD 182 mg/l |
| | COD 91 mg/l |
| | SS 182 mg/l |
| | T-N 39.4 mg/l |
| | T-P 5.5 mg/l |
| 計画放流水質 | BOD 20 mg/l |
| | COD 20 mg/l |
| | SS 70 mg/l |
| | T-N 20 mg/l |
| | T-P 1 mg/l |

計画汚水量 69.3 m³/日

処理フロー 図-1のとおり

施設は、昭和61年6月から供用開始されており9月から回分式間欠曝気法による処理が行われている。長時間曝気法（連続運転）を回分運転とするフローは図-2のとおりである。曝気槽の実容量は、36 m³で2槽設置され、1槽当たり1サイクル8時間の処理が1日4回行われている。1サイクル中には、汚水の流入、曝気・非曝気の繰り返し、沈澱、放流の処理が行われており、2槽あるため4時間ずらし交互に運転されている。これを図示すれば図-3のとおりである。

1サイクル8時間の内訳は

| | |
|------|-------------------|
| 流入時間 | 60分 |
| 曝気 | 300分 (曝気, 非曝気の繰返) |
| 沈澱 | 90分 |
| 排出 | 30分 |

計 8時間

である。

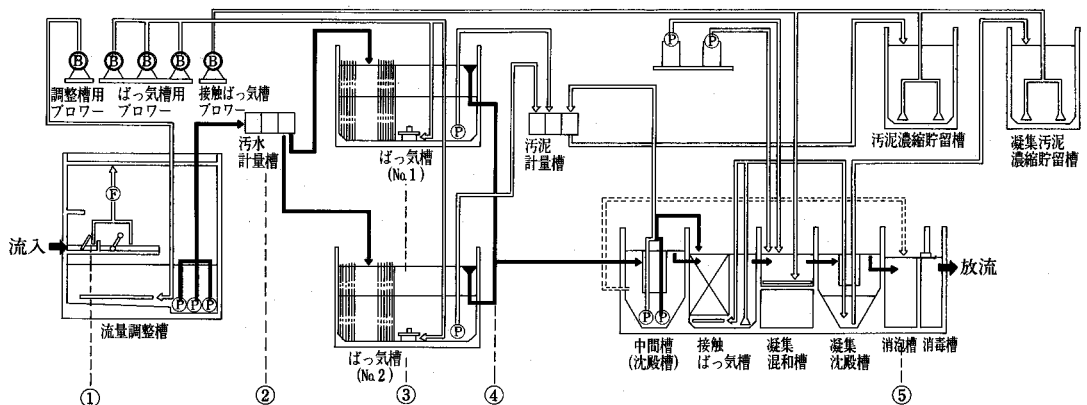


図-1 処理フロー (採水位置)

基本フローの長時間曝気法（連続運転）を回分式の運転とするためには、次のようなフローシートとなる

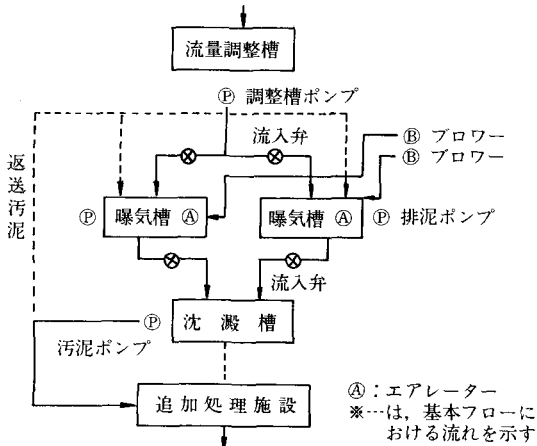


図-2 回分運転フロー

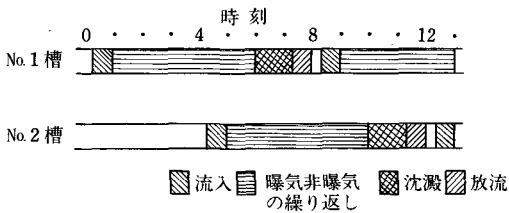


図-3 回分処理のタイムチャート

(3) 調査方法

① 調査期間（昭和61年11月～平成元年2月）

この期間の間に定期調査と通日調査を実施した。定期調査は、月1回各槽1サイクルを、通日調査は、24時間に運転される全てのサイクルについて各種調査を実施した。

② 調査内容

この調査は、安定した処理の確認と高率の窒素除去を行う指標を見いだすため行うもので、1サイクル中の各工程の処理時間や、送風量を変化させるとともに、曝気槽には、DO、ORP、pHの自動計測装置を設置し窒素除去との関係調べるものである。また、汚水量の増加に対応する手法を見いだすため、1日のサイクル数を3回から4回に増やし1サイクルの処理時間を6時間として処理の性能を確認する。なお、水質調査は、各工程ごとに行った。

③ 採水位置

- 1) 流入原水 通日採水時のみ10分間隔で採水し、一時間分を混合した。
- 2) 曝気槽流入水 流入開始10分後に採水
- 3) 曝気槽 (NO1槽, NO2槽) 間欠曝気時の経時変化を明らかにするため、間欠曝気処理の各々の曝気開始直後及び曝気停止直前の混合水について採水
- 4) 曝気槽流出水 排出開始後五分に採水
- 5) 放流水 排出開始後10分に採水

(4) 調査結果

調査期間中における、曝気槽内の曝気、非曝気時間の変化及び曝気強度の変化を図示すれば、図-4のとおりである。

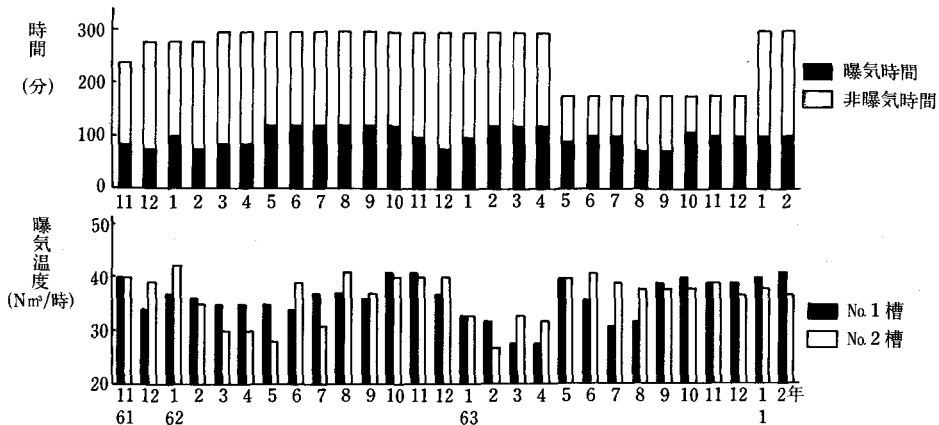


図-4 運転条件の変化

調査期間中、昭和63年四月までは、1サイクル8時間、それ以降昭和63年12月までは、污水の増加に対応可能かどうかを探るため、1サイクル6時間で運転を行い調査した。曝気、非曝気時間の設定は、1サイクル内において曝気を15～35分、非曝気を45～25の間でタイマーを使用し毎月設定すると共に、1サイクル5回の繰り返し運転や4回の繰り返し運転も行った。また、曝気強度も曝気、非曝気時間の設定を考慮し、27～42 Nm³/hの範囲で変更した。その結果は、

① 1日(通日採水時)の曝気槽における処理の事例としてBOD, T-Nを示すと図-5, 図-6

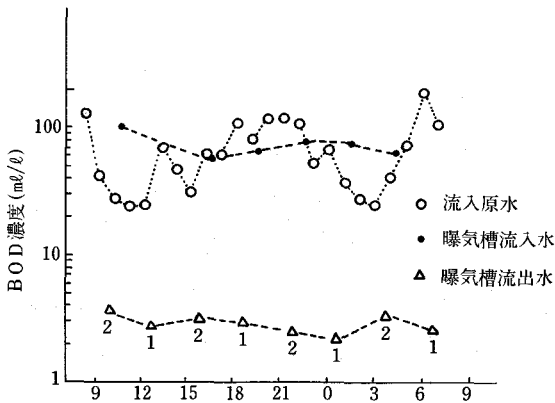
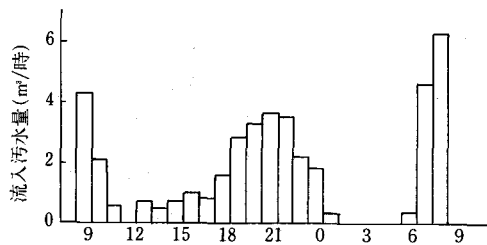


図-5 BOD濃度の時間変化

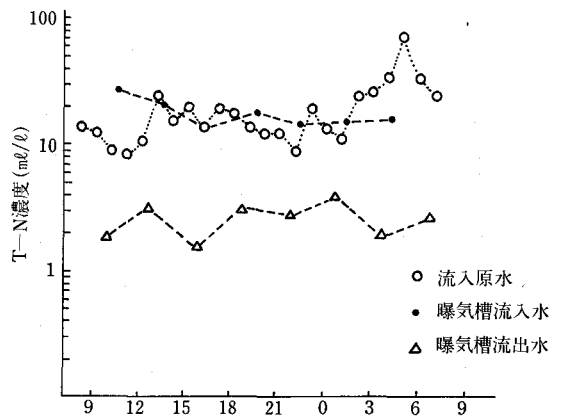


図-6 T-N濃度の時間変化

のとおりである。

② 調査期間全体のBOD, T-Nの処理状況を示すと図-7, 図-8のとおりである。

③ 間欠曝気における1サイクル中の処理状況を自動計測したpH, DO, ORPの結果, および窒素の形態別濃度の測定結果の事例を示すと図-9のとおりである。

(5) 考察

① 処理の安定性

窒素除去にあたっては、当然有機汚濁物質も良好に除去されなければならないため、その処理状況をBODを例にとって示すと図-5(通日採水時の事例)に示したとおりで、図中に示した数字は、曝気槽の番号である。これを見ると、流入原水のBOD濃度の時間変化は、最大190 mg/lから最小24 mg/lまで約八倍のひらきがあるのに対して、曝気槽流入水のBOD濃度は、最大102 mg/l, 最小59 mg/lで1.7倍の変化にとどまり、流量調整槽で流入污水濃度の時間変化がかなり緩和されている。

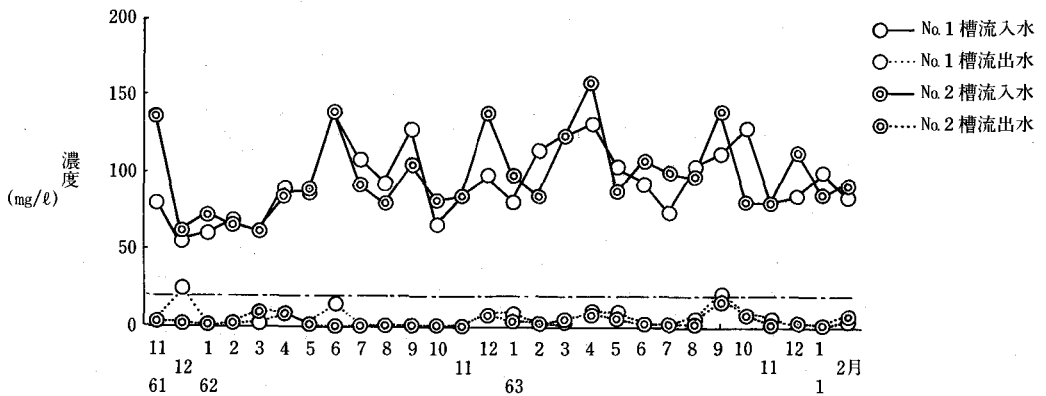


図-7 BOD処理状況の月別変化

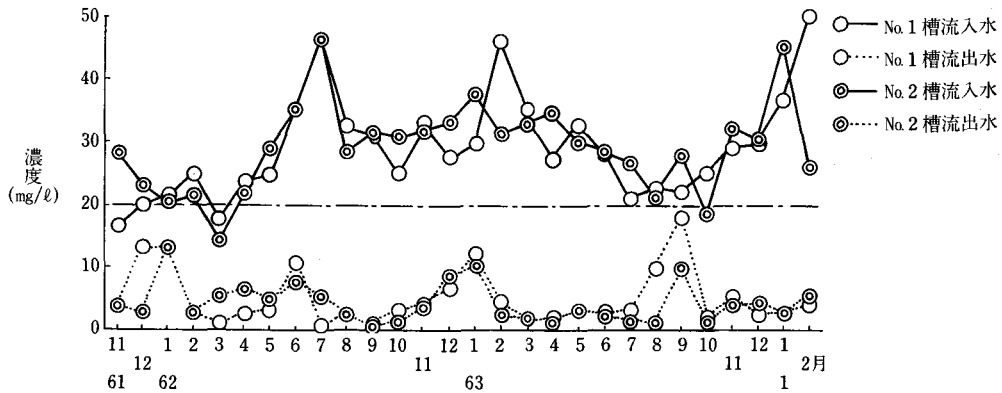


図-8 T-N処理状況の月別変化

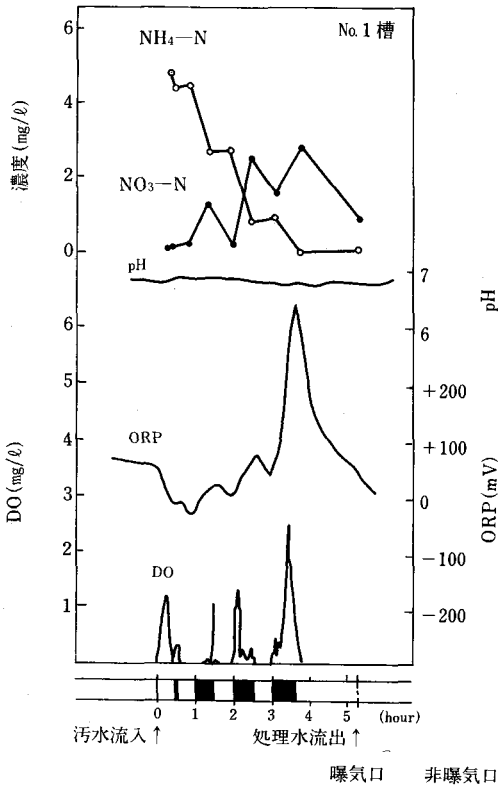


図-9 間欠曝気に伴う水質の変化

曝気槽流出水のBOD濃度は、5 mg/l以下と十分な処理がなされている。

窒素除去における処理状況の事例を示すと図-6に示したとおりでBODと同様、1日8回の回分処理で曝気槽の流出水のT-N濃度は3.8~1.6 mg/lの範囲であり、流入負荷の変動にかかわらず良好に処理がなされている。

また、調査期間全体の月別変化は、図-7、図-8に示したとおりであり、雨水等の流入による

汚水量の増加に対応した運転管理方法を探るために1日4サイクル、1サイクル六時間の処理(63年5月~12月)も含め期間中を通じて良好な処理状況であった。BODについて、特に良好な場合の放流水質は、2~3 mg/lであった。一方、T-Nについては、T-N濃度が10 mg/l以上となったのは、期間中に6回あったが、これは、曝気量を過度に増減させたときや、汚水流入量の増大時であった。そのほかは、処理水のT-N濃度はほとんどが5 mg/l以下と良好な結果であった。

② 高率の窒素除去のための運転管理

ア) 処理水のNO₃-N/NH₄-N比

高率の窒素除去を行うためには、曝気時の硝化と非曝気時の脱窒が効率よく行われていなければならない。そこで、硝化、脱窒の度合を示す指標として処理水のNO₃-N/NH₄-N比を用いて窒素除去率との関係を図-10に示す。

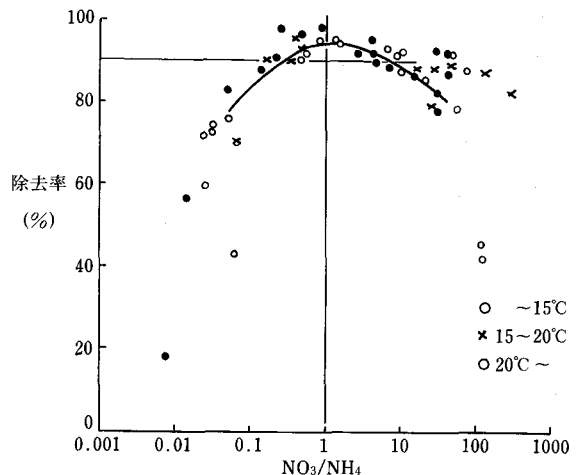


図-10 NO₃-N/NH₄-NとT-N除去率の関係

NO₃-N/NH₄-N比が1程度の範囲であれば高率の窒素除去が水温に関係なく90%以上得られることが確かめられた。

イ) 硝化脱窒の進行とDO, ORPの経時変化

NO₃-N/NH₄-N比が1程度の運転管理で高率の窒素除去率が期待できるが、その指標を見いだすため、現地においてDO, ORPなどの変化を調査した。適切な処理が行われた場合、1サイクル内での曝気、非曝気の繰り返しにともなうNO₃-NとNH₄-N濃度の変化と曝気槽内のDO, pH, ORPの変化の状況の一例は図-9に示したとおりである。曝気時には硝化反応が進行し、NH₄-Nの減少、NO₃-Nの増加がみられ、非曝気時には、NO₃-Nの減少に対して、NH₄-Nの増加は少なく、脱窒反応が進行している。ORPは、曝気時に上昇し、非曝気時に低下を繰り返しつつ処理の進行にともない逐次上昇している。一方DO濃度は、曝気時に上昇し、非曝気時には0 mg/lになった。また、曝気時のDO濃度は、処理の進行とともに次第に増加している。これは、硝化・脱窒のバランスが最終曝気時の最大DOやORPの増加量と密接に関連していると言える。

DOについて、処理水中のNO₃-N/NH₄-Nとの関係を示すと図-11のとおりで、DOが高くなれば硝化が進みNH₄-N濃度が減少し、NO₃-N濃度が高くなり、NO₃-N/NH₄-Nが大きくなる。反対にDOが低くなればNO₃-N/NH₄-Nも小さくなるという傾向があった。従って、最終曝気時のDO濃度が2~4 mg/lの場合に、NO₃-N/NH₄-N比が1程度となり、T-N除去率が90%以上得られると考

えられる。

ORPについて、1サイクル中での増加量とNO₃-N/NH₄-Nの関係は図-12のとおりでORPの増加量が多いほど処理水中の硝化が進んでNO₃-N/NH₄-Nは大きくなる傾向にあった。図によれば、ORPの増加量が50~100 mvのとき、NO₃-N/NH₄-N比が1程度となり、窒素除去率は90%以上得られると考えられる。

なお、これらの関係は、図に示したように水温による明確な差異は認められなかった。

ウ) 曝気量及び曝気時間

以上のことから、槽内の最大DOは2~4 mg/l程度に、ORPの増加量は50~100 mv程度になるよう調整すれば、窒素除去率は90%以上得られると考えられ、DO, ORPの値は曝気量や曝気時間を調節するための指標として有効であることがわかった。

一方、このような指標測定装置がない場合、直接窒素除去率との関係から曝気量を決定しなければならぬ。このため、汚水1 m³当たりの曝気量と窒素除去率の関係について調査した結果を図-13に示した。(負荷量が多くなった昭和62年5月以降のデータ) 図によると窒素除去率90%以上を得るには、8~11 Nm³・m⁻³程度の曝気量が必要である。

なお、これらの値は、現在の流入負荷に対するものであり、今後水洗化率の向上にともなって流入汚水が増加すればそれに応じて曝気量を若干増加させる必要がある。

③ 汚水量増加に対応する運転管理方法

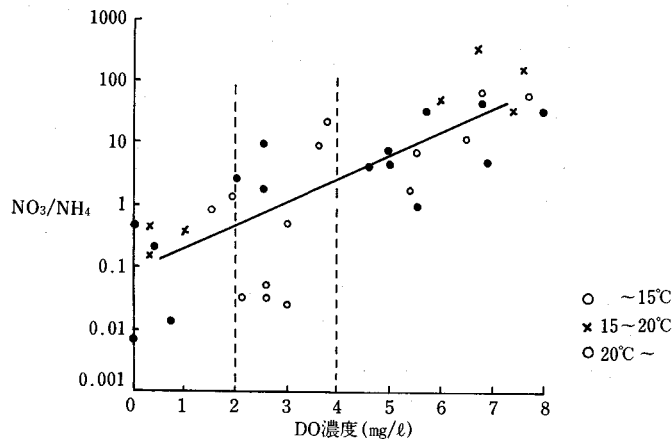


図-11 最大DO濃度とNO₃-N/NH₄-Nの関係

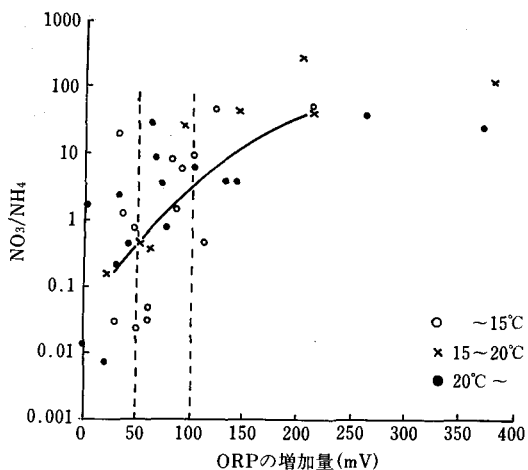


図-12 ORPの増加量とNO₃-N/NH₄-Nの関係

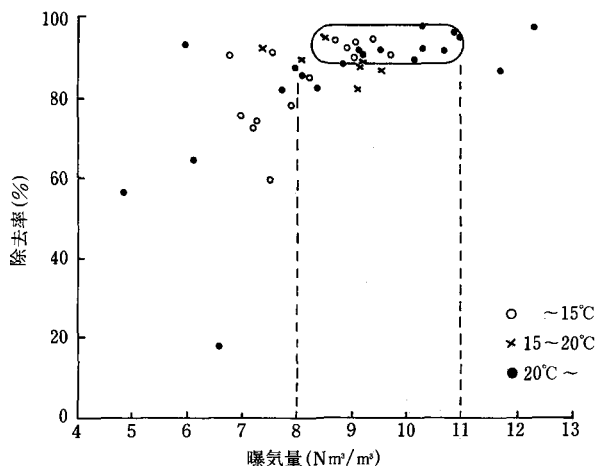


図-13 曝気量とT-N除去率の関係

調査期間中8ヶ月にわたり1日4サイクル、1サイクル6時間(通常1日3サイクル、1サイクル8時間)の運転を行い処理状況を調査したが、特に問題はなく良好な結果が得られたため、雨水の流入が予想される地区や、地下水位の上昇により流入量が多くなると予想される地区は、年間の流入パターンを十分把握し、流入量が多くなる時期には前もって1日のサイクル数を変えておくなどの措置をとっておけば処理は可能である。

5. おわりに

小規模処理施設における高度処理の運転管理は、農業集落排水施設の歴史が浅いため、技術の積み重ねが少なく、県では、各種調査を実施しているところである。今回は、回分運転の窒素除去に関して調査した結果を報告したが、これらの指標は、

今後建設される回分式活性汚泥法の運転管理の目安となり、適正な維持管理を行うことができるものと考えられる。

最近、農村の環境問題もいろいろな角度から議論されており、やすらぎといこいのある豊かで住みよい村づくりのため、景観、水質、ゴミ等々の諸問題についても農業土木技術者として取り組んでいかななくてはならない時代でもある。

滋賀県では、琵琶湖を守り育てるため、全県的に水質保全に取り組むと共に景観対策にも力を入れているところである。

最後に、本調査を実施するにあたり、御協力いただいた(社)滋賀県農村下水道協会、京都大学農学部の関係各位に心より感謝致します。

[1990. 3. 29受稿]

老朽溜池改修支援・判定エキスパートシステムについて

—推論システムの構築とアンケート調査による判定項目の選定—

桑原孝雄* 小山修平* 富士弘幸*

| 目 | 次 |
|--------------------------------|----|
| 1. 諸言 | 46 |
| 2. エキスパートシステム構築のための基本的方針 | 46 |
| 3. 知識ベースの構築について | 50 |
| 4. 老朽溜池改修に関するアンケート調査について | 52 |
| 5. 本エキスパートシステムの試用例 | 55 |
| 6. 本エキスパートシステムの問題点と課題 | 56 |
| 7. 結言 | 56 |
| 8. 参考文献 | 56 |

1. 諸 言

近年、大都市圏に散在する溜池は、単なる農業用水の確保のためだけでなく、溜池下流域に対し潜在的洪水調節の役目を担うと共に、近隣住民のためのオープンスペースおよびグリーンアメニティの中心として大いに利活用が望まれている。他方、大都市圏の異常な地価高騰は、溜池の存置を困難にし安易な埋立および統廃合を助長する傾向にあることも否めない。溜池を有効に利活用するための整備・改修・統廃合は、すでに農家だけに負担を強いるような問題ではなく、地方自治体を中心とし周辺住民の協力も必要とされている。いずれにしても、溜池は、池水の水質も含め総合的な観点から整備ならびに改修されなければならない。

特に、溜池が老朽化し放置されたままでは、防災上、非常に危険であり、水および環境資源としての有効利用面からもゆゆしき問題である。

さて、総合的な観点から溜池を適正かつ迅速な方法で改修・整備する場合又は他目的利用の可能性を探るには、非常に多くの知識情報を必要とし、客観的・理論的な評価や判断が要求される。これを合理的かつ迅速に実現するには、何よりもコンピュータを利用した手法の導入が必要であり、そのための一手法として情報化時代に即した人口知能 (AI) によるエキスパートシステムの開発・活用が考えられる。

一般に、工学的な課題における評価・判定を支援するためのエキスパートシステムとは、熟練したエキスパート (専門家) でなければ適切に判断することができないような問題を、非エキスパート (ここでは、対象とする問題に対し経験の浅い技術者の意味) が行う際の問題解決、あるいは、意思決定を支援するシステムの総称である。本報では、総合的な溜池の利活用を支援するエキスパートシステム開発の第一歩として、老朽溜池の改修判定・支援用エキスパートシステムのプロトタイプを開発するための推論システム「ルールベース (診断型ルール)」の構築手法の概略、現在までの筆者らの経験、および溜池関係の文献 (3)~(13) に基づく基本的知識ベースおよびその構築方法、さらに、独自のアンケート調査の分析および農水省の溜池に関する調査報告書 (18) に基づく判定の基準となる確信値の考え方と基本知識ベースの改良を中心に述べる。

2. エキスパートシステムを構築するための基本的方針^{1),2),14)~17),20),21)}

2.1 推論機構の考え方^{1),2),14)~17),21)}

まず、ここで開発したエキスパートシステムの基本構成を図2-1に示す。

この図より、推論機構が、知識ベースと並んでエキスパートシステムの重要な構成要素の一つであることが理解できよう。この推論方法には、いくつか考えられるが、基本的には、古典的な演繹推論に基づいている。もちろん、他の推論方法として帰納法的推論や類推による推論もあるが、今

*大阪府立大学農学部

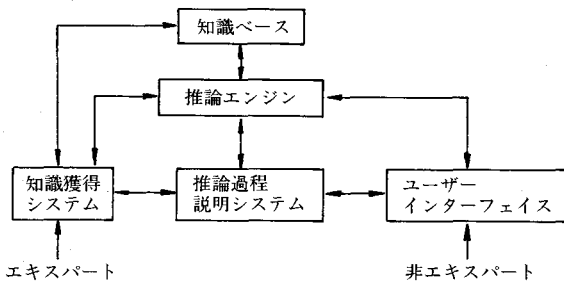


図2-1 システムの基本構成図¹⁾

のところシステム化されていない。演繹推論にしてもいくつかの問題点（いわゆる大量の知識の探索に要する時間効率の悪化）があり、完成の域に達しつつあるが、不十分な面も持っている。

さて、一般にエキスパートシステムが必要とされる理由は、工学の諸分野において対象となる問題を適切に解決するための多種多様な知識が要求されていることによるものである。一人のエキスパートが、あらゆる分野に渡って広く、深い専門知識を持つことは、多くの時間と経験を必要とする。したがって、複雑な問題を解決するためには、その問題に関連したいろいろな分野のエキスパートの専門知識を「知識ベース」^{2),14)~17),20),21)}として集積することが必要になってくる。

まず、エキスパートシステムを構築するためには、このようなエキスパートの知的思考や専門知識について具体的に知っておく必要がある。

さて、エキスパートシステムの構築には、一般に数値データよりも非数値データ（記号データ）を扱う場合が多く、推論の際に結果から別の知識を探索するために通常のプログラミングよりも相当大容量のメモリを必要とする。これは、最近のパーソナルコンピュータの著しい発達（演算速度の向上ならびに大容量化など）もこのようなシステムの構築に拍車を駆ける結果になっている。すなわち、コンピュータは、巨大な情報量の集積を可能にし、データベースの構築および高速検索も可能にしている。

Prolog言語を用いて開発した推論部は、1970年代にスタンフォード大学で開発されたMYCIN型（診断型あるいはIF～THEN…ルール）^{2),14)~17),20),21)}に準拠している。

まず、本システムでは、発生した現象に対して考えられる原因の検索を行う。そして、その原因

により現象が発生する可能性を表す確信値の表示、それに対応した処置方法、現象と原因の因果関係の表示を行う。そして最終的には、溜池の老朽化の程度の基準値（判定指標値）とそれに伴う判定を行う。Prologによる本エキスパートシステムのフローチャートを図2-2に示す。

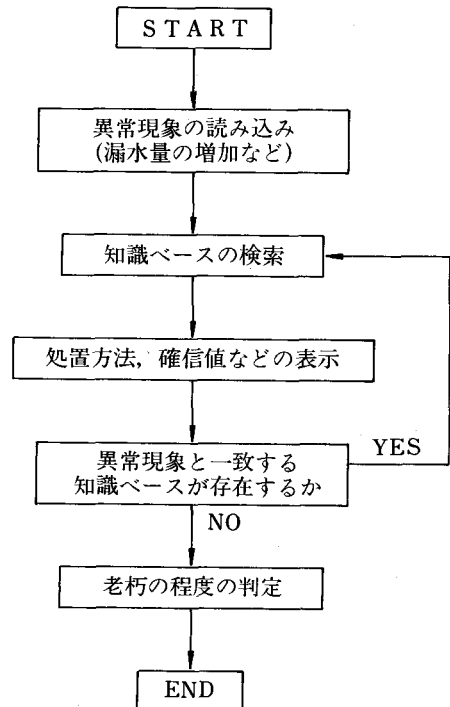


図2-2 本エキスパートシステムの流れ図¹⁾

2.2 知識ベースと確信値（確信度） について^{1),2),3)~14),16)~18),20),21)}

ここで導入した「確信値」¹⁾とは、一般的にエキスパートシステムで用いられている「確信度」^{2),14),15)}とは異なり、現象が指定された場合にその現象と関係のある各々の原因の影響の程度を示している。したがって、ある現象が選ばれた場合に、原因に対する「確信値」の値が大きいほど、現象との関係が深いと考えられる。また、この確信値は、より多くのエキスパートの意見を採用入れることすなわち知識ベースの充実をはかることにより、確信度になり得るものである。

エキスパートシステムにおける知識及び知識ベースとは、高度な専門的な知識と経験の集約であるので、一般的な常識ではない。したがって、本

報告では知識データベース構築にあたり、筆者らの現地調査における経験(参考文献3)~13), 18)及び農業土木関係機関の溜池担当技術者の方へのアンケート調査の分析結果などを参考にしている。

まず、これらの専門的知識情報を基本にして、12の現象とそれに対応した18の原因を採り上げ、その関係を「確信値」で表そうと試みた。これについては、第3章および第4章で詳しく述べるが、本報告で導入した「現象」と「原因」は、過去の経験、文献及びアンケート調査に基づいており、十分有効性の高い知識ベースとなっていると考えられる。

2.3 Prologによるプログラミング^{1),14),15)}

本エキスパートシステムのプログラミングの場合、現象に対する原因・処置方法・確信値・現象と原因の因果関係・老朽化への影響度をPrologで表現するために、述語roukyu(U, V, W, X, Y, Z)を定義する。述語roukyuの引数と知識の関係を表2-1に示す。

表2-1 述語roukyuの引数についての説明¹⁾
roukyu(U, V, W, X, Y, Z)

| | |
|---|---------------|
| U | 現象のキーコード |
| V | 原因の確信値 |
| W | 原因 |
| X | 処置方法 |
| Y | 原因が老朽化に及ぼす影響度 |
| Z | 原因と現象の因果関係 |

一例として、現象と原因・処置方法・確信値・現象と原因の因果関係・老朽化への影響度を述語roukyuで表現すると図2-3のようになる。さらに、第3章(表3-1)に示すように現象と原因の関係を項目として掲げ、述語roukyuによって表現する。

ここに示す現象と原因の関係は、一義的に定義できるものでなく、また、必ずしも十分なデータ数とは言えない。しかし、今回は、基本のシステムの開発を容易にするため50項目に限定している。

さて、X(現象)は、「堤体土の膨潤」「堤体基礎の沈下」などのように日本語で表示するが、各々の現象をf1~f12の記号で対応させ、表2-2に示す内容を入力前に画面に表示することによって、入力のおずらわしさを少なくしている。

本プログラムは、述語startで実行を開始する。そして、12ある現象の中から3つ以内の現象を入力することによって、現象と原因・処置方法・確信値・現象と原因の因果関係・老朽化への影響度を表示させ、最終的に溜池の老朽化の程度の判定、出力を行う。なお、入力すべき現象を3つ以内限定したことも、プログラム開発を容易にするためのものである。

本プログラムを実行したときの推論結果の出力および判定結果の画面を図2-4および図2-5に各々示す。オープニング画面出力後、現象コード(f1~f12)とそれに対応した12の現象を画面に表示する。

次に、発生した現象の数を入力させるメッセージを出力し、現象の数の入力を受け付ける。その

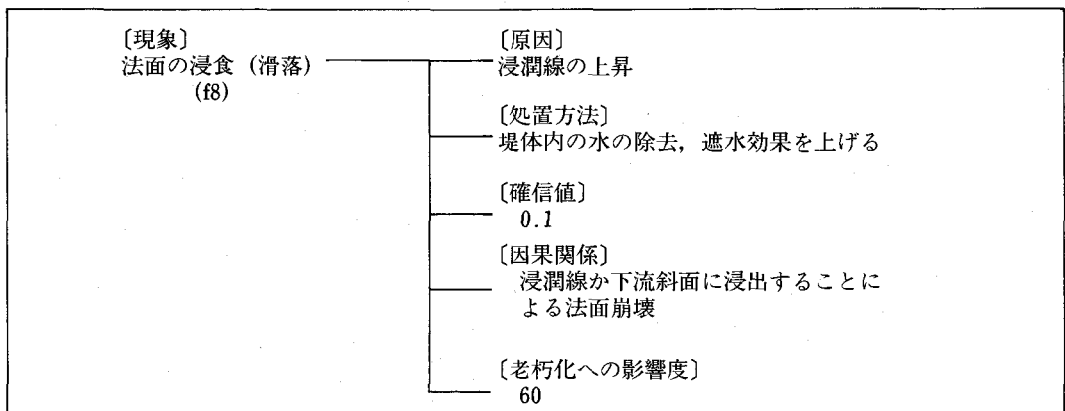


図2-3 現象に対する原因, 処置方法, 確信値, 因果関係, 老朽化への影響度の関係とPrologによる表現¹⁾

表2-2 現象コードと現象の対応図¹⁾

| | | |
|-----|---|---------------------------------|
| f1 | A | 貯水容量の減少 |
| f2 | A | 漏水量の増加〔その1〕 |
| f3 | B | 漏水量の増加〔その2〕 |
| f4 | A | 堤体自身の浸食（断面不足） |
| f5 | C | 堤体土の膨潤 |
| f6 | B | 堤体自身の沈下 |
| f7 | B | 堤体基礎の沈下 |
| f8 | A | 法面の浸食（滑落） |
| f9 | B | 法面のはらみ出し（防水シートの膨張・法面のブロック張りの崩壊） |
| f10 | B | 取水施設の取水・止水の困難 |
| f11 | B | 取水施設の破損 |
| f12 | A | 溜池の必要性の低下 |

後、入力された数だけ現象をコードで入力する。

入力されたコードに応じて知識ベースの検索を行い、パターンマッチ（関連項目の検索）が行われると、現象と原因・処置方法・確信値・現象と原因の因果関係・老朽化への影響度の表示がなされる。また、推論中の確信値Wは、各現象の確信値の論理和を計算したものであり、2現象の場合は(2.1)式で、3現象の場合は(2.2)式で表現される。

$$W = (W1 + W2) - W1 * W2 \dots\dots\dots (2.1)$$

$$W = W1 + W2 + W3 - W1 * W2 - W2 * W3 - W3 * W1 + W1 * W2 * W3 \dots\dots\dots (2.2)$$

ここで、W1：現象Jの確信値、W2：現象Kの確信値、W3：現象Lの確信値である。

つぎに、原因、処置方法、確信値、現象と原因の因果関係を出力させる。そして、確信値Wを用いて原因が老朽化に及ぼす影響度Hの積により得

老朽溜池改修支援判定エキスパートシステム Ver1.0

第一・第二の同時現象に対する判定を行います。

考えられる原因は、取水施設の老朽化です。

確信値は、「0.44」です。

適当な処置は、取水施設の改修を行うことです。

*現象と原因の因果関係は、
 取水施設の老朽化により、底樋などの周囲から濁水が生じることと、
 底樋管の老朽化などによる堤体の部分的沈下です。*

何かキーを押して下さい。

図2-4 出力例（2現象の場合）¹⁾

老朽溜池改修支援判定エキスパートシステム Ver1.0

老朽度の判定によると、「至急改修が必要です」。

これで老朽判定を終了します。

溜池の老朽度

| | | |
|-----|-----|------|
| 0% | 50% | 100% |
| 比較的 | やや | かなり |
| 安全 | 老朽 | 老朽 |

図2-5 判定結果の出力¹⁾

られる値Sを合計していく。こうして得られた数値は、溜池の老朽化の程度を判断する際に試用する。その結果、溜池の老朽化の程度の判定を行う。本エキスパートシステムのバージョンでは、最後に溜池の老朽化の程度を判定し、その結果を出力する。

ここでは、結果を棒グラフで百分率表示する。なお、ここでは、老朽度判定に以下のような基準を設定したが、これは今の所便宜上のものである。

- (1) Sが50未満の場合 → 安全です
- (2) Sが50以上60未満の場合 → 注意が必要で
す
- (3) Sが60以上70未満の場合 → やや老朽化し
ています
- (4) Sが70以上80未満の場合 → かなり老朽化
しています
- (5) Sが80以上の場合 → 至急改修が必要
です

3. 知識ベース構築について^{3)-13),18)}

3.1 既存の溜池関連の報告書(農水省)、文献に基づく判定項目の選定^{3)-13),18)}

本エキスパートシステム開発の知識データベース構築にあたり、筆者らの現地調査における経験と、参考文献3)~13),18)を基準にした。

この中でも特に「農業用フィルダムの安全性向上技術の開発」¹⁸⁾は、既設フィルダムの老朽化と災害実態の調査によって、溜池の老朽化に関する記述が体系的になされていたので紹介する。

溜池が老朽化する場所の主なものとしては、堤体、洪水吐および取水施設などがあげられる。

堤体が老朽化していることを表す内容の主なものとしては、取水施設・洪水吐周辺部での漏水、上流斜面の滑動に対する安全率不足、堤頂の余裕高不足および上流斜面の浸食などがあげられる。

次に、洪水吐の老朽内容の主なものとしては、洪水放流能力の不足、亀裂・破損などによる施設の劣化があげられる。

最後に、取水施設の老朽内容としては、亀裂・破損などによる施設の劣化が考えられるが、これが原因となって周辺部の漏水や取水機能の障害が起こっているものが多い。

これらの経験と文献をもとにして、12の現象とそれに対応した18の原因を拾い上げてその関係を

「確信値」で表したものが表3-1である。

ここで示す確信値表は、本エキスパートシステムでの基本知識ベースとなるものである。

確かに、現在、必ずしも明確でない項目もあるが、概ね妥当な現象と原因の対応ではないかと考えられる。

3.2 判定項目と確信値表について

一般に、知識ベースはこれで十分といったようなものではなく、充実すればするほどその有効性が増す。特に、他の研究者や技術者の広く、深い知識・経験は、より良い「知識ベース」を構築する上でたいへん重要である。また、溜池の老朽化という現象は、原因と1対1に対応した関係ではなく、むしろ複数の原因と関わっていると考えられる。ここでは、原因が現象に与える影響の大きさを確信値として与えている。また、原因の中でも老朽化に多大な影響をおよぼす原因もあれば、余り影響をおよぼさないものもある。これらを一義的に扱うことは、問題があると思われるので、特定の現象に対してそれと関わりのある原因の確信値を合計した値を次のように仮に定義する。これらの数字は、現象間の相対比較であって数字そのものに必ずしも重要性があるわけではない。

現象が溜池の老朽化と非常に関係がある場合：

$$A=1.0$$

現象が溜池の老朽化とかなり関係がある場合：

$$B=0.7$$

現象が溜池の老朽化とやや関係がある場合：

$$C=0.3$$

また、2.3節で述べたように原因が溜池の老朽化に及ぼす影響度も同様に考えて30から80の数字を割り当てる。これらの数字は、溜池の老朽化の程度を判定する際に試用するがここではあくまで仮の数字であり、知識ベースの充実と推論過程の確率により、より確かな基準値を得ることが可能である。

このように、確信値または確信度を用いる方法は、その数字自体の意味が不明瞭で、よく論議の対象となっているが、現状の診断方式のエキスパートシステムでは、極めて一般的なもので一応認められた形式である。この方法は、ファジィ推論とは異なるが、一種の判断根拠のあいまいさを導入することを可能としている。

表3-1 現象と原因の対応図¹⁾

| 現象 原因 | f1 貯水容量の減少 | f2 漏水量の増加(その1) | f3 漏水量の増加(その2) | f4 堤体自身の浸食 | f5 堤体土の膨潤 | f6 堤体自身の沈下 | f7 堤体基礎の沈下 | f8 法面の浸食 | f9 法面のはらみ出し | f10 取水・止水の困難 | f11 取水施設の破損 | f12 溜池の必要性の低下 |
|-------------------|---------------|-------------------|-------------------|---------------|--------------|---------------|---------------|-------------|----------------|-----------------|----------------|------------------|
| | A | A | B | A | C | B | B | A | B | B | B | A |
| (1)貯水池 | | | | | | | | | | | | |
| ・ヘドロ・土砂・汚泥等の堆積 | 0.3 | | | | | | | | | | 0.1 | |
| (2)堤体(内部) | | | | | | | | | | | | |
| ・遮水効果の低下(パイピング現象) | 0.2 | 0.3 | 0.2 | 0.3 | | | | 0.2 | | | | |
| ・土の締固め不足 | | | | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.2 | 0.1 | | | | |
| ・間隙水圧の上昇 | | | | | | | | | 0.3 | | | |
| ・浸潤線の上昇 | | | | 0.2 | | | | 0.1 | 0.2 | | | |
| ・堤体の余裕高不足 | | | | 0.1 | | | | | | | | |
| (3)基礎・地山 | | | | | | | | | | | | |
| ・クラック(亀裂)の存在 | | 0.2 | 0.1 | | | | | | | | | |
| ・堤体基礎の沈下 | | | | | | 0.2 | | | | | 0.2 | |
| ・遮水効果の低下(岩石などの風化) | 0.1 | 0.1 | 0.1 | | | | | | | | | |
| ・地山の滑り及び破壊 | 0.1 | | | | | | | | | | | |
| ・堤体基礎に軟弱層が存在する | | | | | | | 0.4 | | | | | |
| (4)法面 | | | | | | | | | | | | |
| ・法尻保護の捨石の減少 | | | | 0.2 | | | | 0.2 | | | | |
| (5)付属施設 | | | | | | | | | | | | |
| ・余水吐の断面不足 | 0.1 | | | | | | | 0.1 | | | | |
| ・取水施設の老朽化 | 0.1 | 0.3 | 0.2 | | | 0.3 | | 0.2 | | 0.7 | 0.2 | |
| (6)その他 | | | | | | | | | | | | |
| ・維持管理の不備 | | | | | 0.2 | | | | | | 0.1 | 0.3 |
| ・受益面積の減少 | | | | | | | | | | | | 0.7 |
| ・流域面積の減少 | 0.1 | | | | | | | | | | | |
| ・堤体が地震を受けたことがある | | 0.1 | 0.1 | 0.1 | | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.2 | | 0.1 | |

注意) ・漏水量が溜池への流入水量の1%を越える場合

→漏水量の増加(その1)

・漏水量が溜池への流入水量の0.7~1%を越える場合

→漏水量の増加(その2)

4. 老朽溜池改修に関するアンケート調査 について¹⁹⁾

4.1 調査対象

アンケート調査地の対象としては、近畿地方を中心に比較的溜池の数が多い大阪府、京都府、兵庫県、和歌山県、滋賀県、奈良県、三重県、愛知県の二府六県において、70の事業所の溜池を担当している方々にご協力をお願いした。

4.2 調査項目

アンケート調査用紙を図4-1に示す。

アンケートの調査項目は、大きく分けて次の3つの内容である。

まず最初に、老朽判定項目・老朽化現象・老朽化原因・溜池改修対策の間で関係があると思われるものを「——」で、特に関係が深いと思われる場合には「——○——」で結ぶようになっている。

次に、知識ベースを提供して下さった技術者の方々の溜池改修経験回数の記入によって知識ベースの信頼性も考慮した。

最後に、記入者の方の経験から考えて、一般的に溜池が築造されてからの経年変化によって改修が必要となる年数も記入することになっている。

4.3 調査結果及び分析¹⁹⁾

アンケートに記入して頂いた方の溜池改修経験回数を表4-1に、溜池築造から改修までの必要年数を表4-2に示す。表4-1より溜池改修経験回数が10回以下の人が全回答者の75%であり、溜池改修に熟練した技術者が少ないことがわかる。また、表4-2より21~50年で改修が必要であると答えた技術者が全回答者の60%弱であった。

次に、老朽判定項目・老朽化現象・老朽化原因・溜池改修対策などについて以下の3種類の方法でまとめた。なお、ここで与えた得点は表4-3に示す。

まず、集計した値が150以上になったものを以下に示す。(カッコ内は得点を表している)

表4-1 溜池改修経験回数

| 回 数 | 人 数 |
|--------|-----|
| 1~10回 | 48人 |
| 11~20回 | 6人 |
| 21~30回 | 3人 |
| 31回以上 | 4人 |
| 無 記 入 | 3人 |
| 合 計 | 64人 |

表4-2 溜池築造から改修までの必要年数

| | 1~10回 | 11~20回 | 21~30回 | 31回以上 | 無 記 入 | 合 計 |
|-----------|-------|--------|--------|-------|-------|-----|
| 0 ~ 10年 | 1人 | 0人 | 0人 | 0人 | 0人 | 1人 |
| 11 ~ 20年 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 |
| 21 ~ 30年 | 8 | 1 | 1 | 1 | 0 | 11 |
| 31 ~ 40年 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 |
| 41 ~ 50年 | 16 | 4 | 1 | 1 | 0 | 22 |
| 51 ~ 60年 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 |
| 61 ~ 70年 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 71 ~ 80年 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 |
| 81 ~ 90年 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 91 ~ 100年 | 5 | 1 | 0 | 1 | 0 | 7 |
| 100年以上 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 |
| 無 記 入 | 0 | 0 | 1 | 1 | 3 | 5 |
| 合 計 | 48 | 6 | 3 | 4 | 3 | 64 |

老朽溜池に関するアンケート

1. まず、老朽判定項目として以下に挙げたもの以外にどのような項目を中心にお考えになられますか。御面倒ですが、以下の空欄の部分に記入して下さい。

判定項目

- (水質の悪化)) .
- (貯水池内での水草の繁茂)) .
- (堤体自身への雑草の繁茂)) .
- (堤体からの漏水)) .
- (堤体の浸食)) .
- (下流法面での浸潤線の位置)) .
- (余水吐の老朽化・断面不足)) .
- (クラックの発生)) .
- (取水施設からの漏水)) .
- (安全管理施設の老朽化または不備)) .
- () .
- () .
- () .
- () .
- () .
- () .

2. 以下に挙げました現象以外で、溜池の老朽化に関係があると思われるものがありましたら、御面倒ですが以下の空欄の部分に御記入して下さい。また、1.で挙げました判定項目が、どのような現象につながるとお考えですか。判定項目と現象に関係があると思われるものを「——」で考えられるだけ結んで下さい。その際、特に関係が深いと思われるものは「——○——」で結んで下さい。

現象

- (貯水容量の減少)) .
- (漏水量の増加)) .
- (堤体自身の浸食)) .
- (堤体土の膨潤)) .
- (堤体自身の沈下)) .
- (堤体基礎の沈下)) .
- (法面の浸食)) .
- (法面のはらみ出し)) .
- (取水・止水の困難)) .
- (取水施設の破損)) .
- (溜池の必要性の低下)) .
- (法面の滑落)) .
- (小段の浸食)) .
- () .

3. 以下に挙げました原因以外で、先の現象に関係があると思われるものがありましたら、御面倒ですが以下の空欄の部分に御記入して下さい。また、2.で挙げました現象の原因としてどのようなものが考えられますか。現象と原因で関係があると思われるものを「——」で考えられるだけ結んで下さい。その際、特に関係が深いと思われるものは「——○——」で結んで下さい。

原因

- (ヘドロ・土砂・汚泥等の堆積)) .
- (遮水効果の低下)) .
- (土の締固め不足)) .
- (間隙水圧の上昇)) .
- (浸潤面の上昇)) .
- (堤体の余裕高不足)) .
- (クラック(亀裂)の存在)) .
- (堤体基礎の沈下)) .
- (地山の滑り及び破壊)) .
- (堤体基礎に軟弱層が存在する)) .
- (法尻保護の捨石の減少)) .
- (余水吐の断面不足)) .
- (取水施設の老朽化)) .
- (維持管理の不備)) .
- (受益面積の減少)) .
- (流域面積の減少)) .
- (過去に堤体が地震を受けたこと)) .
- (農用地の減少)) .
- (地下水位の低下)) .
- () .

対策

- (浚渫工事)) .
- (土砂溜堤体の設置)) .
- (前刃金工法)) .
- (盛土工法)) .
- (嵩上げ工事)) .
- (土の締固め)) .
- (グラウト工法)) .
- (ドレーンの設置)) .
- (基礎の改善)) .
- (地山の改修)) .
- (斜面保護工法)) .
- (表面遮水工法)) .
- (張ブロック工法)) .
- (法尻保護の捨石の増加)) .
- (余水吐断面拡大・補強工事)) .
- (取水施設の改修・付替工事)) .
- (安全管理施設などの再点検)) .
- (流域の緑化)) .
- () .

5. 溜池改修にどの程度関与された経験がございますか。以下の中で適するものに○を御記入下さい。

1. 1～10回 2. 11～20回 3. 21～30回 4. 31回以上

6. 溜池築造後、どの程度年月がたてば改修が必要になるとお考えですか。

だいたい結構ですので、年数で御記入下さい。

() 年程度

ご協力ありがとうございました

平成元年8月10日

大阪府立大学農学部土地造成学研究室

図4-1 アンケート用紙

表4-3 得点基準

| 回数 | 関係あり | 特に関係あり |
|--------|------|--------|
| 1~10回 | 1点 | 2点 |
| 11~20回 | 2点 | 4点 |
| 21~30回 | 3点 | 6点 |
| 31回以上 | 4点 | 8点 |
| 無記入 | 1点 | 2点 |

「老朽判定項目」

| | |
|-----------|-------|
| 堤体からの漏水 | (294) |
| 堤体の浸食 | (288) |
| 取水施設からの漏水 | (266) |
| クラックの発生 | (177) |

「老朽化現象」

| | |
|-----------|-------|
| 漏水量の増加 | (292) |
| 貯水容量の減少 | (199) |
| 溜池の必要性の低下 | (188) |
| 取水施設の破損 | (181) |
| 取水・止水の困難 | (166) |
| 堤体自身の沈下 | (160) |

「老朽化原因」

| | |
|---------|-------|
| 遮水効果の低下 | (259) |
| 浸潤線の上昇 | (171) |

ヘドロ・土砂・汚泥等の堆積 (167)

「溜池改修対策」

| | |
|--------|-------|
| 前刃金工法 | (251) |
| グラウト工法 | (190) |

次に、老朽判定項目・老朽化現象間で得点が高かったものを表4-4に、老朽化現象・老朽化原因の場合を表4-5に示す。

最後に、数量化理論Ⅲ類を利用して分析を行った。数量化理論Ⅲ類とは、予測すべき外的基準がない場合に、サンプル・カテゴリー間の内的関連の分析を行う手法である。そのためには、まず、サンプル・カテゴリー各々において、反応パターンが最も類似性があるように並べ替えを行う。すなわち、サンプル・カテゴリー間で反応があったものをなるべく対角線上に集中するように並べ替えを行うことである。具体的には、サンプルについては上から下へ、カテゴリーについては右から左に、大きさが大から小（または小から大）となるように、数値を与えることにより相関係数を求める。そして、この求められた相関係数の値が大きければ大きいほどサンプル・カテゴリー間の相関が大きくなる。こうすることによって、サンプル・カテゴリー間の分類を行った原因を探ることができる。

そこで本報文では、64人すべてのデータについて

表4-4

| 老朽判定項目 | 老朽化現象 | 得点 |
|-----------|----------|-----|
| 堤体からの漏水 | 漏水量の増加 | 106 |
| 堤体の浸食 | 法面の浸食 | 86 |
| 取水施設からの漏水 | 取水施設の破損 | 83 |
| 堤体の浸食 | 堤体自身の浸食 | 74 |
| 取水施設からの漏水 | 取水・止水の困難 | 70 |

表4-5

| 老朽化現象 | 老朽化原因 | 得点 |
|-----------|---------------|-----|
| 取水施設の破損 | 取水施設の老朽化 | 102 |
| 貯水容量の減少 | ヘドロ・土砂・汚泥等の堆積 | 94 |
| 取水・止水の困難 | 取水施設の老朽化 | 92 |
| 漏水量の増加 | 遮水効果の低下 | 91 |
| 溜池の必要性の低下 | 受益面積の減少 | 78 |

て各々数量化理論Ⅲ類を適用し、相関係数が0.9以上の場合に、サンプル数量間での差が0.1以下である場合の得点をカウントする。このようにすれば、サンプル間で、類似性のある項目を調べることができる。また、カテゴリーについても同様に検討することができる。こうして得られた結果の一部を表4-6、表4-7に示す。

4.4 判定項目の選定と評価

アンケートによって得られた結果から、溜池の老朽化に大きく影響を与えるものとしては、漏水・浸食の占める割合が大きいことがわかる。これらは、どちらも溜池の決壊へと進展する可能性が高いものであり、どちらもアンケート結果では上位を占めている。また、溜池改修対策では、前刃金工法が最も大きなウエイトを占めており、それ以外に堤体の付帯施設の改修も大きなウエイトを占めている。

これらのアンケート結果から考えて、表3.1は妥当なものであると考えられるが、前にも述べたようにさらに知識ベースの充実を図ることによって、よりよいエキスパートシステムが開発できると考えられる。

5. 本エキスパートシステムの試用例^{1),3)}

5.1 判定項目を想定した試用例

試用例として、溜池の老朽化に影響を及ぼす割合が大きいと思われる異常現象

「漏水量の増加 → f2」

「堤体自身の浸食 → f4」

「取水施設の破損 → f11」

を指定する。

原因のうち、主なものとしては、表3.1より

「堤体が地震を受けたことがある」

「遮水効果の低下(パイピング現象)」

「取水施設の老朽化」

が考えられる。

その結果、「至急改修が必要である」という判定になった。

以上の例は、あくまで異常現象を仮定した場合であるが、筆者らの経験上老朽溜池によくみられる現象であり、判定結果や原因も妥当性のあるものと考えられる。

5.2 光明池改修への試用例^{1),3)}

本エキスパートシステムを実際の大阪府下大規模溜池である光明池の改修判定について試用する。

異常現象としては、

「貯水容量の現象(ヘドロの堆積) → f1」

「漏水量の増加 → f2」

表4-6

| 老 朽 判 定 項 目 | 得 点 |
|---------------|-----|
| 堤 体 か ら の 漏 水 | 43 |
| 堤 体 か ら の 漏 水 | 41 |
| 下流法面での浸潤線の位置 | 35 |
| 堤 体 か ら の 漏 水 | 32 |
| ク ラ ッ ク の 発 生 | 29 |

表4-7

| 老 朽 化 現 象 | 得 点 |
|-----------------|-----|
| 取 水 ・ 止 水 の 困 難 | 92 |
| 堤 体 自 身 の 沈 下 | 45 |
| 堤 体 自 身 の 浸 食 | 40 |
| 法 面 の 浸 食 | 30 |
| 漏 水 量 の 増 加 | 29 |

「法面の浸食 → f8」
を指定する。

- 原因のうち主なものとしては、
- 「遮水効果の低下（パイピング現象）」
 - 「取水施設の老朽化」
 - 「遮水効果の低下（岩石などの風化）」
 - 「堤体が過去に地震を受けたことがある」

が考えられた。

この結果、「至急改修が必要である」という判定がえられた。

実際の光明池の堤体改修は、表5-1のような効果を図るために前刃金工法が採用された。さらに、本システムの解析結果と実際の光明池の堤体改修を比較し、その対策処置が一致していたものに「○」をつけると表5-1のようになった。実際への適用としては唯一例ではあるが、本エキスパートシステムによる改修判定は、概ね妥当であるといえよう。

表5-1 光明池の改修対策処置との比較

| 現象コード | f1, f2, f8 |
|-----------------|------------|
| 光明池の改修対策処置 | |
| 堤体積の増加を図る | ○ |
| 旧堤体のカット（埋戻し）を図る | |
| 透水抑制を図る | ○ |
| 漏水量の減少を図る | ○ |
| 景観の改善を図る | |
| 地山の改修を図る | ○ |
| 周辺整備を図る | ○ |

6. 本エキスパートシステムの問題点と課題

本エキスパートシステムの問題点としては、溜池の老朽化現象と原因の関係を比較的単純に決定していることと、取扱いを容易にするため人力現象項目を限定していることである。一般に、溜池の老朽化というのは単純な原因によって起こることは少なく、さまざまな原因が複雑に関係し合っ

て起こることが多い。たとえば、取水施設の老朽化により漏水量が増加するとパイピング現象が生じる。したがって、

取水施設の老朽化もパイピング現象が誘因と考えることができる。

7. 結 言

本システムの開発で用いた確信値や原因の老朽化への影響度は、製作者が現地調査の経験、文献及び農業土木関係機関の溜池担当技術者の方へのアンケート調査の分析結果などを参考にして決定した値であるので、概ね大きな誤りのない知識ベースを構築できたと考えられる。

しかし、エキスパートシステムにおける知識ベースには、厳戒がなく（パソコンの記憶容量が物理的厳戒となるが。）より広く深い知識ベースの充実が要求される。

また、本エキスパートシステムでは、事実のあいまいさを確信値としてルールベース中に含めている。他方、利用者がエキスパートシステムにおいて入力する事実やルールが不確かな場合に、それらの確からしさを数値化し確信度として与えることもできる。

また、アンケート調査の分析に数量化理論Ⅲ類だけでなく他の構造分析法による分析を試み、さらに厳密にあいまいさを考慮したファジィ集合論及び人間の脳の働きをシミュレートしたニューロファジィの導入を検討している。

今後の方向として本エキスパートシステムと堤体内浸透流及び安定性などの各種解析法との連結を行い、現象の細部にわたる相違点について考慮することも可能であり重要であると考えている。

RUN/Prologによる本エキスパートシステムの全プログラムリストの大きさは、約15KBで、ルール数は100程度であるが、現段階では、様々な点で改良の余地が残されており、今後、さらにより良いものに改良して行きたい。

最後になりましたが、本エキスパートシステム中の知識ベース構築に当たり、大阪府立大学農学部名誉教授（現、東京農業大学教授）中谷三男博士に有益な御助言を戴いた。ならびに、アンケートにご協力下さいました溜池関連担当技術者の方々に記して、深謝申し上げる次第です。

8. 参考文献

- 1) 桑原孝雄, 小山修平, 富士弘幸: 老朽溜池改修支援・判定エキスパートシステムの開発(1)

- PROLOGによる基本ルールベースの構築を中心にして—, 農土誌
- 2) 上野晴樹: エキスパートシステム (知識工学とその応用), オーム社, P10~P24, pp. 71~77 (1986)
 - 3) 中谷三男編: 昭和61年度~昭和62年度文部省科学研究報告: 老朽溜池改修法に関する研究 (1988)
 - 4) 中谷三男, 桑原孝雄ら他2名: 光明池の改修に伴う諸問題 (I) —改修前の堤体の状況—, 農土誌, 53 (4), pp. 27~32 (1985)
 - 5) 中谷三男, 桑原孝雄ら他3名: 光明池の改修に伴う諸問題 (II) —刃金用土の基本的特性—, 農土誌, 53 (6), pp. 17~22 (1985)
 - 6) 中谷三男, 桑原孝雄ら他三名: 光明池の改修に伴う諸問題 (III) —盛土試験—, 農土誌, 53 (12), pp. 33~38 (1985)
 - 7) 中谷三男, 桑原孝雄ら他三名: 光明池の改修に伴う諸問題 (IV) —本堤体改修工事—, 農土誌, 54 (8), pp. 25~30 (1986)
 - 8) 桑原孝雄, 中谷三男ら他二名: 光明池の改修の伴う諸問題 (V) —改修効果—, 農土誌, 55 (12), pp. 11~16 (1987)
 - 9) 大阪府農林部耕地課編: ため池改修指針 (1987)
 - 10) 塚本健二, 渡辺正雄: 老朽タメ池事業, 農土誌, 36 (9), pp. 46~51 (1968)
 - 11) 塚本健二, 渡辺正雄: 老朽タメ池事業, 農土誌, 36 (10), pp. 42~48 (1969)
 - 12) 塚本健二, 渡辺正雄: 老朽タメ池事業, 農土誌, 36 (11), pp. 45~50 (1969)
 - 13) 和田温之: 農業用溜池の維持管理, 地質と調査, No. 35, pp. 7~12 (1988)
 - 14) 杉原敏夫: RUN/Prologとその応用, 工学図書株式会社, pp. 127~143 (1988)
 - 15) 堀繁樹: しつけ診断システムの開発, archive No. 10, pp. 6~pp. 22 (1989)
 - 16) P. ハーモン, D. キング: エキスパートシステム (諏訪基監訳), サイエンス社 (1986)
 - 17) F. ヘイズ・ロス, D.A. ウォーターマン, D.B. レナート: エキスパート・システム (AIUEO訳), 産業図書 (1986)
 - 18) 農水省農林水産技術会議事務局編: 農業用フィルムダムの安全性向上技術の開発, 研究成果 207 (1988)
 - 19) 木下栄蔵: 多変量解析入門, pp. 189~200, 啓学出版 (1989)
 - 20) 杉原敏夫他: AI基礎用語辞典・人口知能入門, 工学図書 (1989)
 - 21) 石塚 満他: 特集=エキスパートシステムズ, Computer Today, No.11, サイエンス社 (1986)

[1990. 4. 9 受稿]

地域開発における『藪』の必要性について

静岡県職員共同研究ドイツ研究グループ*

| 目 次 | |
|---------------|----|
| 1. はじめに | 58 |
| 2. 概要 | 58 |
| 3. 本旨 | 58 |
| 4. おわりに | 60 |

1. はじめに

グループは、ドイツ語を学び何時の日かドイツを自由に旅して、美味しいワインやビールを飲んで美しい景色を見つつ、多くの人と会話を楽しもうとの目的を持ち活動している。

研究テーマは、毎年、グループ員が興味を持っている事柄を取り上げ、ドイツ連邦政府の北部、中部、南部の各一州を選び、質問状を送付して回答を得ている。

昨年から『植生護岸による水質浄化の研究』をテーマとして研究しているが、ドイツにおける地域開発には、動物や植物の生活空間を守り残すことによって人間の快適空間を維持していけるのだという思想が根底にあり、日本におけるそれとは大いに異なることから大変興味を持ったので、ここにその一部を紹介し、諸兄の考察に加えて戴きたい。

2. 概 要

資料は、西ドイツバイエルン州内務省より頂いた、『道路と水路での動植物の安定生息空間、植物と動物のための新しい生命空間』を翻訳したものである。内容は、新しい生活空間の設計を州、市町村レベルで、また、組合、個人で実施するときの指針とするもので、1984年バイエルン州憲法に採択された環境保全活動の州目標に合致するものである。今回紹介するものは、この中の『藪』に関する部分である。

3. 本 旨

生命空間 『藪』

藪や雑木林は、その構造や起源において森の外側を形成する樹木として、森と密接な関係にある。藪や雑木林は日照性・日陰性を混在した樹木、牧草、野草からなり耕地の境界では狭く細長い雑木林や島状の雑木材、石垣、小川の土手の護岸、小水路や段丘のある植林を形成してくれる。その土地状況の空間的配置及び関連にたいして、藪はことごとく生態学的、経済的作用を伴って安定的回路網として機能する。

かつて藪は、農民にとって土地の境界として役立つだけでなく、様々な方法で利用されていた。例えば、さくらんぼ、苺、くるみなどは土地にとって有益な栄養素であったし、広葉樹やどんぐり及び野リンゴは家畜に対する飼料として用いられていた。トネリコのような種類の樹種は、押しなべて言えば薪としての用途が中心であったが、大八車用の材料ともなった。しかし、土地利用の合理化が進むほどこれらの用途は不要になっていった。

藪は大区画耕作を行うための高性能農業機械の邪魔になり、又耕地整備においては農地の統合を難しくする原因だった為、とりわけ優れた地力を有する地域では、ここ数十年間多量に取り払われてきた。当時はまだ藪の効用がかえりみられなかったからであるが、藪の効用には以下のようなものがある。

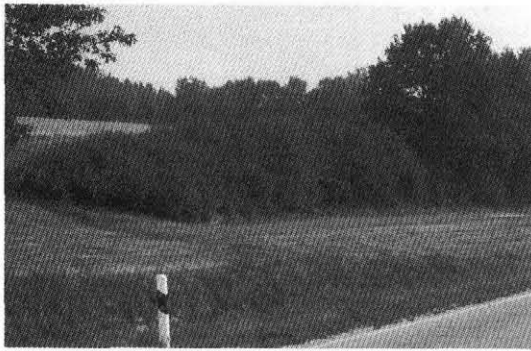
1) 傾斜面の降水の流出を抑制し、土地の侵食や栄養素の流亡を減少させる。

*グループメンバーは報文末参照。

- 2) 水を涵養し、また、浸出する。
- 3) 風をやわらげ、風下における結露を増幅させることから、蒸発量が減少し、土地の湿度を増大させる。
- 4) このことは、温度調整に役立ち農業に供される土地の成長と諸条件の改善に寄与する。
- 5) 特に軽質土壌では風食を減少させる。
- 6) 空気中の埃や排気ガスを汜過し、道路脇の農作物をその被害から守る。

研究によれば、藪は300m離れた周囲にまで影響を与え、その範囲の生産高は30%も高くすることが可能である。

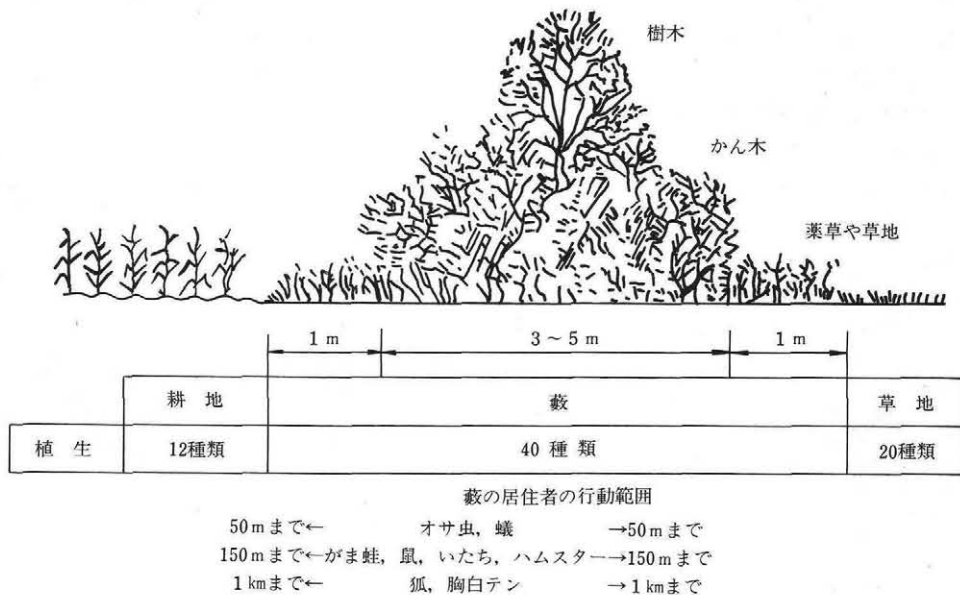
藪に直接接した区域の広葉樹の落葉、日照の減少、根の競合に起因する収穫損失はそれによって十分にカバーされる。



写真一 雑木林の存在する耕地境界は農地の侵食を最小限に食い止める

藪の農業上の利用に関して、その抜きんでた生態学上の重要性を見落とすことは出来ない。藪は明るい箇所、陰の箇所、乾・湿区域と多種多様な小空間が必要である。このため、異なる高さの樹木とかん木及び野草や牧草で縁を形成するのが理想である。藪は、その成熟期にまだ達していない場合でさえも、その多様な構成のおかげで多くの種類の植物にとって良好な生活空間である。

西ドイツの開墾地に分布している全植物のおおよそ半分が藪で見出される。同様に、極めて多種の動物にとっても、その生活圏としての藪の役割は大きい。特にワシ類や繁みでひなをかえす鳴きん類、ハリネズミイタチ、いく種かの鼠などの哺乳動物、多くの昆虫、蜘蛛、その他無脊椎動物がここに属する。藪は彼等に隠れ家、安眠所、避難地、見張り台、巣、子供部屋、餌場、狩り場、日光浴の場、冬眠の宿を提供する。生活圏としての藪の機能はその中の枯れ木や集積された石の山のような補助的な構造物によっても促進され、他の安定した生息空間、即ち流水、水溜まり、乾燥地の様なものとの近隣関係においても促進される。また、藪はそれ自体のみで生活空間としてみなされうるのではない。図から判るように、多くの種類の動物は一定の限られた行動範囲を有するので、到達可能な距離に更に似た生活空間が存在することが、種の交流のために必要である。この様な、安定した生活環境空間構造の結合のみが多くの種類の動



図一

物の永続的な存続を保障する。だから、藪が取り払われてしまっている状況の農地における目標は、可能な限り密度の高い藪と雑木林のネットワークでなくてはならない。現存する藪が保全されることはとりわけ重要である。

建設計画上どうしてもその除去が避けられない場合は、移植措置が（事情によっては一部のみであっても）可能かどうか常に検討されなくてはならない。何故なら、移植措置によって樹木のみならずその土壌を伴って多種類の植物、動物が移住出来るからである。かようにして比較的短期間でほとんど完全な生活共同体が作り出される。しかし、道水路建設の際にはたいいてい新たな植栽のみが可能であろう。そのための立地上の候補地と考えられるのは、斜面、岸辺地帯、残地平面及び藪が除去された土地においては特に干渉調整のため確保されたベルト地帯である。新しい藪は長期間に亘り生態学的に十分実行性がなくてはならず、以下の諸点が配慮されなくてはならない。

- 1) 植栽には十分な広さを確保しなくてはならない。（最低3m）
- 2) 両側の野草ゾーンの成長の為の場所が残されていなくてはならない。（それぞれ最低1m）
- 3) 土地柄に合った樹木が植えられるべきである。
- 4) 新たな藪は出来る限り現存する藪、森縁帯、またはその他の自然生活空間に結びつけるべきである。
- 5) 階段差のある構造に保たれるべきである。

放置された藪は年月と共に老朽化する。それでは藪の構成の多様性が貧弱になり、ひいては多くの種類の動植物の消滅を招くに違いない。

藪を同一樹種（約10～20年生）により階段状に構成し保全するための保護伐採作業は、植物の安息期にだけ実施することが許される。そして、鳥類保護の理由から遅くとも3月には終わらなければならない。

4. おわりに

日本では地域開発をするとき、農業基盤造成でも都市計画でも効率の高い土地利用を計画し、昔からあった竹藪や湿地帯を取り払ったり埋立てたりして、生産性の高い土地を生み出して来た。この代償として多くの自然を無くし水質汚濁や大気汚染、地下水低下をまねいた。

たしかに、ドイツとは国土面積はほぼ同じながら緯度においても違いがあり、国土も日本とは違いフラットであり国土利用率も80%以上と高く、ドイツと同じような手法は取りえないと思うが、国土保全を図り快適な居住地域を考えると、地域の近くに人間以外の生物や植物が住める空間を設けるだけの余裕のある計画を立てたいものだ。

今までドイツ研究をしてきて、日本とドイツとの違いで大きく感じた事は、地域開発計画を立てるとき、ドイツに於いては多方面から専門的に検討し住民の意見もしっかり聴き合意の上で実施する点である。また、これら計画の基本となる法律、条例等が確立されている点である。

今回紹介したものは、『植物と動物のための新しい生活空間』の中の一部であるが、この中には、湿地帯や湿地森、荒地や草原等々日本では埋立てたりそのまま放置してしまう所について、その必要性や重要性について解説してある。

農業基盤整備や都市計画を考える時、地下水低下や大気汚染防止、生物棲息空間の確保も考えた、少し無駄と思われる様な空間を取入れた計画を樹立することは、地域住民の生活をより豊かにするものではないだろうか。

この翻訳にあたり、東京農工大学の千賀裕太郎先生に御指導を頂きました。この誌上をお借りして御礼申し上げます。

[1989. 11. 27受稿]

*静岡県職員共同研究ドイツ研究グループメンバー

千葉 聡（静岡県中遠農林事務所）

上村丈太（〃〃）

渡水久雄（〃 静岡財務事務所）

藤田正裕（〃 袋井土木事務所）

市川 篤（〃 中小企業指導センター）

市川克次（〃 土木部管理課）

塩沢法明（〃 県民生活局生活文化室）

山口重則（〃 民生部障害福祉課）

白中ダムの設計と施工

藤井伝次郎* 湯浅三郎* 松岡 樹*

| | |
|--------------------------|----|
| 1. はじめに | 61 |
| 2. 白中ダムの概要 | 61 |
| 2-1. 諸元及び構造 | 61 |
| 2-2. ダムサイトの地形と地質 | 61 |
| 3. 堤体の設計と施工 | 63 |
| 3-1. ゾーニング及び築堤材料 | 63 |
| 3-2. 盛立材料の設計値と施工仕様 | 63 |
| 3-3. 盛立実績 | 63 |
| 3-4. 盛立品質管理 | 63 |
| 4. 基礎処理の設計と施工 | 66 |

| | |
|-------------------------|----|
| 4-1. 基礎処理計画 | 66 |
| 4-2. 施工仕様 | 67 |
| 4-3. プランケットグラウト | 67 |
| 4-4. 主カーテングラウト | 67 |
| 4-5. 施工実績 | 68 |
| 5. 観測設備計画と計測結果 | 68 |
| 5-1. 観測設備計画 | 68 |
| 5-2. 施工中における堤体の挙動 | 69 |
| 6. おわりに | 70 |

1. はじめに

白中ダムは富山県の西部砺波平野を流れる一級河川小矢部川の支川打尾川の中流部に位置し、南砺地方の農地4,353haの用水不足の解消と、洪水による農業災害の防止1,144haを目的とした県営かんがい排水事業及び防災ダム事業打尾川地区の基幹施設である（図-1）。

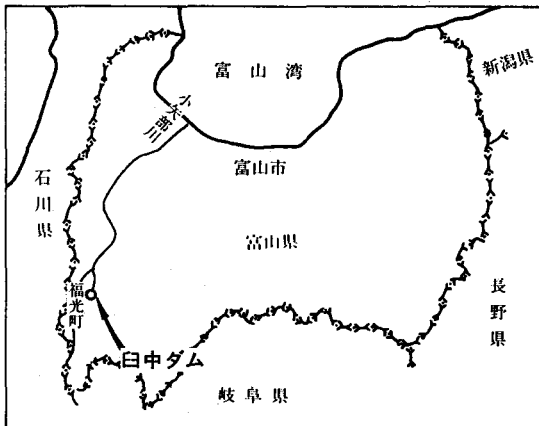


図-1 白中ダム位置図

*富山県白中ダム建設事務所

ダム工事は、昭和58年度までにダムの工事用道路、仮排水トンネル工事を終え、昭和58年10月からダム本体工事に着工した。本堤の盛立は、昭和61年6月より開始し平成元年10月までの4ヶ月間で完了した。平成2年度は堤体天端等の整備工事及び閉塞工事を実施し、秋には試験湛水を開始する予定である。

2. 白中ダムの概要

2-1 諸元及び構造

白中ダムの主要諸元を表-1に、堤体標準断面を図-2に示す。

2-2 ダムサイトの地形と地質

本地区の地形は大局的に山脈、河川等が南北方向に延びており、ダムサイトは兩岸山腹が張り出し、左岸側で30°~50°、右岸側で30°~45°の急峻な山腹傾斜をなし、河川幅は約20mと比較的小さい。

地質は主として新生代古第3系の太美山層群の流紋岩類及び凝灰岩類で、左岸から河床にかけて球顆状流紋岩~ガラス質流紋岩、右岸部に凝灰岩及び凝灰角レキ岩が分布し、右岸取付部付近にのみ楡原層の砂岩泥岩互層が分布している。これらの諸岩は数条の断層により分断され、岩級は流紋岩類でCM~CH級、凝灰岩類でCM級である（図-3）。

表-1 白中ダム諸元

| | | | | | | | | | | | |
|-----|--------|--|--------|--------|-------|------|--------|----------|-----|-------------------|-------------------|
| 一般 | 河川基礎地質 | 位置 富山県西砺波郡福光町白中 小矢部川一右支打尾川 (一級河川指定区間) 古第3紀太美山層群 流紋岩および凝灰角礫岩 | 洪水吐 | 型設計越え | 計画越え | 洪水吐 | 水量長深 | 側溝越流式 | EL | 515 | m ² /s |
| | | | | | | | | | | | 339.0 |
| 貯水池 | 流域貯水容量 | 面積容積 13.5 km ² 0.295 # 6,950 千m ³ | 洪水調節設備 | 計画最大調節 | 日最大調節 | 雨流調節 | 流量調節 | 50年確率 | | 287 | mm |
| | | | | | | | | | | | 249 |
| 堤体 | 型式 | 中心遮水ゾーン型フィルダム | 取水設備 | 型設計 | 取水 | 式量 | 斜樋 | 多段ゲート | 2.0 | m ² /s | |
| | | | | | | | | | | | 4,354 |
| 堤体 | 型式 | 中心遮水ゾーン型フィルダム | 放水設備 | 最大減勢 | 放水時 | 流量間 | | | 9.8 | m ² /s | |
| | | | | | | | | | | | 7 |
| 堤体 | 型式 | 中心遮水ゾーン型フィルダム | 仮排水路 | 型設計 | 水流 | 式量 | 円型トンネル | (R=5.4m) | 225 | m ² /s | |
| | | | | | | | | | | | 447 |

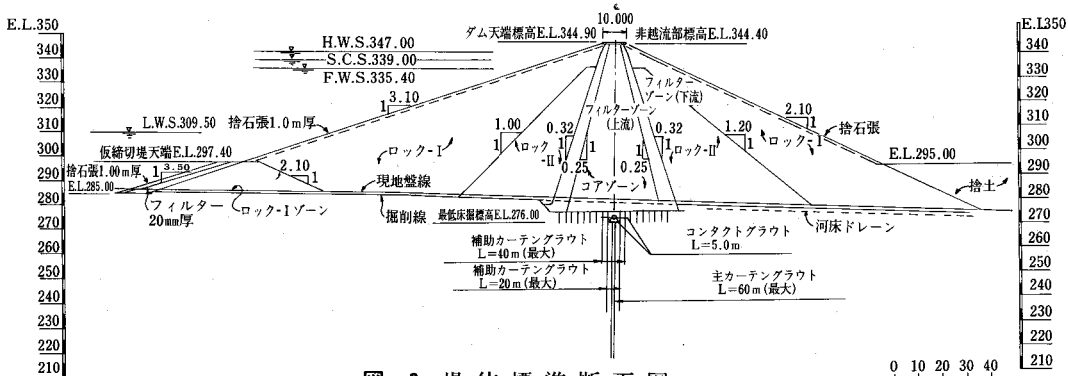


図-2 堤体標準断面図

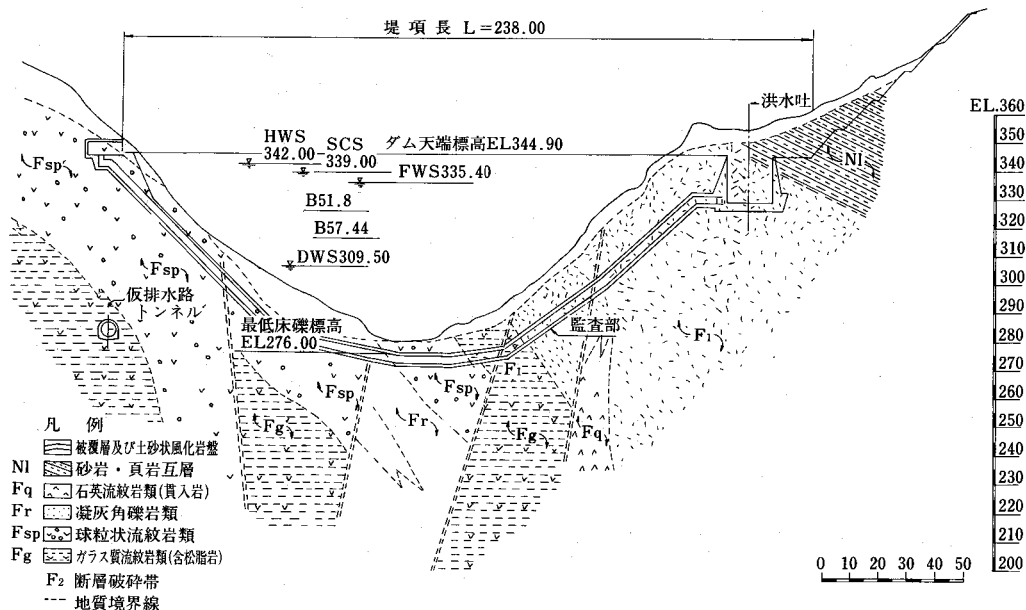


図-3 地質縦断面図

3. 堤体の設計と施工

3-1 ゾーニング及び築堤材料

ダムタイプは、基礎地盤の状況、ダム周辺における築堤材料の調査結果から中心遮水ゾーン型ロックフィルダムとした。各ゾーン材料の内、不透水性材料は、品質の安定性及び賦存量の確保を目的としてダムサイト内に散在する崖錐とダム下流約7km地点の段丘推積物を1:1で混合して使用することとした。また、フィルター材は、現地に適当な河床砂レキ等が無いことから、ダム下流20km~26kmの庄川扇状地の下層砂レキ(陸砂利)を自然状態のまま使用するものとした。

ロック材は、ダム周辺の地山5ヶ所の候補地の中から、高品質で賦存量が最も期待できるダムサイト上流2kmの原石山を採取地とし、圧縮強度及び安定性の比較的高い熔結凝灰岩をロック1ゾ

ーン、凝灰岩をロック2ゾーンに配置し、各ロック材の賦存量及び堤体の安定性を試算検証して、堤体断面を決定した。

3-2 盛立材料の設計値と盛立仕様

各ゾーンの設計値及び盛立仕様を、表-2に示す。

3-3 盛立実績

本堤の盛立は、昭和61年6月より開始し、平成元年10月までの4ケ年で完了した。表-3に白中ダム建設工事実績工程表を示す。

本ダムは北陸にあって有数の豪雪地帯にあることから、盛立作業は4月から11月までの8ヶ月間に限られるが、特にコアの盛立は含水比等の調整を要することから、気象の安定した5月、8月に盛立量を大きくし、この2ヶ月で全盛立量168千m³の内約半数の9万m³余りの盛立を行った。(図-4)。

表-2 白中ダム盛立仕様一覧表

| 種別 | 項目 | 細目 | 盛立材料区分 | | | | | |
|--------|--------|-----------|--|--|--|---|-----------------------------------|--------------------------------|
| | | | コンタクトクレイ エアタンパー等 | コンタクトコア (埋設計器周辺含む) タンパー 1t振動ローラ等 | コ ア | フ ィ ル タ ー | ロ ッ ク I (捨 石 積) | ロ ッ ク II |
| 施工仕様 | 転 圧 | 機 種 | | | 振動ローラ8t | 振動ローラ11t | 振動ローラ11t | 振動ローラ11t |
| | | 回 数 | | 5回 | 8回 | 5回 | 5回 | 5回 |
| | | まき出し厚 | 7cm | 12cm | 30cm以下 | (40cm) | (80cm) | (80cm) |
| | | 仕上り厚 | 5cm | 10cm | 25cm | 30cm | 70cm | 70cm |
| 品質管理基準 | 粒 度 | 0.074mm以下 | 60%以上 | 20~45% | 基準値 25~35% 規格値 20~40% | 5%以下 | 基準値 2%以下 規格値 5%以下 | 基準値 5%以下 規格値 10%以下 |
| | | 4.76mm以上 | | | 35~50% 30~60% | 20~40% | 85%以上 80%以上 | 75%以上 70%以上 |
| | | 9.52mm以上 | | | 30~45% 25~55% | | | |
| | | 50.8mm以上 | | | 5~25% 0~35% | | | |
| | | 最大粒径 | 40mm | 70mm | 150mm | 150mm | 600mm | 600mm |
| | | タルボット指数 | - | - | - | - | n<1.5 | n<1.2 |
| 設計値 | 強 度 | 含水比 | 最適含水比+5~8% | 最適含水比+0~3% (+2~5%) | 締固め度の規定範囲の含水比 但しmax30% | | | |
| | | 表乾比重 | | | | 2.50以上 | 2.30以上 | 2.20以上 |
| | | 吸水率 | | | | 3%以下 | 8%以下 | 10%以下 |
| | | 圧縮強度 | | | | | 300kg/cm ² 以上 | 200kg/cm ² 以上 |
| | | 安定性 | | | | | 25%以下 | - |
| | | 塑性指数 | 20以上 | 15以上 | 15以上 | - | - | - |
| 設計値 | 強 度 | 締 固 度 | | | D=98%以上 Sr80%以上 | Ec100% ρ d以上 | Ec200% ρ d以上 | Ec200% ρ d以上 |
| | | | | | D=96%以上 Sr90%以上 | | | |
| | | | | | ρ d<1.44 t/m ² | ρ d<2.08 t/m ² | ρ d<1.63 t/m ² | ρ d>1.62 t/m ² |
| | | 透水系数 | 室内 <2×10 ⁻⁶ cm/s 現地 <10 ⁻⁵ cm/s | <2×10 ⁻⁶ cm/s <10 ⁻⁵ cm/s | <2×10 ⁻⁶ cm/s <10 ⁻³ cm/s | 5×10 ⁻⁴ ~1×10 ⁻² cm/s | >n×10 ⁻¹ cm/s | >n×10 ⁻³ cm/s |
| 設計値 | 強 度 | 乾燥密度 | | | 1.49 t/m ² | 2.08 t/m ² | 1.63 t/m ² | 1.62 t/m ² |
| | | 粘着力 | - | - | 2.0 t/m ² | - | - | - |
| | | 内部摩擦角 | - | - | 28° | 35° | 40° | 35° |

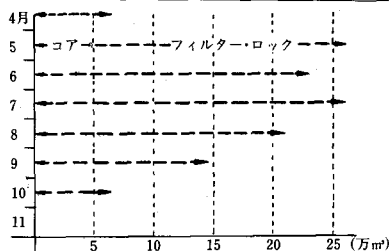


図-4 月別盛立量

3-4 盛立品質管理

表-4に現場試験結果一覧表を示す。各材料とも管理基準値をほぼ満足しており、良好な状態にある。

(1) コア材

コア材は、前記の通りダム周辺に散在する崖錐と段丘推積物をストックヤードにて1:1(30

cm : 30cm)に混合して使用した。崖錐及び段丘堆積物は、それぞれ固有の材料特性を有し、単体で用いるにはコア材の品質に相当のバラツキがあると予想された。図-5は昭和63年8月の各採取場

と堤体におけるコア材の含水比及び粒度 (+4.76 mm)の推移であるが、各採取材とも含水比及び粒度にバラツキを示すものの、堤体盛立時においてその幅は大きく是正されている。これは採取条件

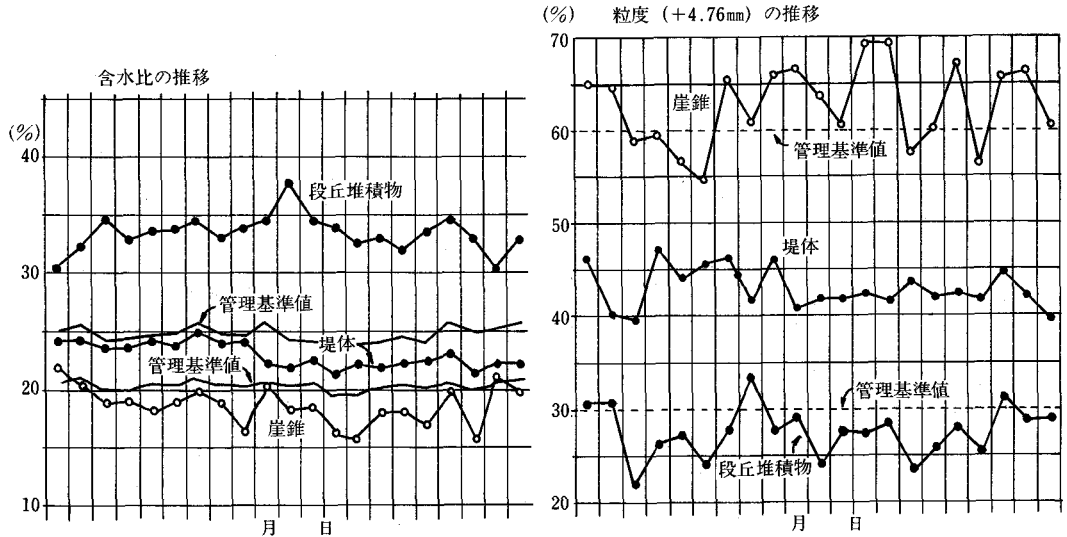


図-5 含水比と粒度の推移

表-3 白中ダム建設工事施工工程表

| 工 程 | 数量:年度 | S 57 | S 58 | S 59 | S 60 | S 61 | S 62 | S 63 | H 1 | H 2 | |
|----------|--------------|--------------------------------|-------------------------|---------------|-------|-------|---------------|-------------|---------|---------|--|
| 仮縮切 | 掘 削 | 1.0式 | 46810122 | | | | | | | | |
| | 築 堤 | V=46,800m ³ | | | | | | | | | |
| 基礎処 | ブランケット | L=6,300m | | | 3,870 | 1,855 | 300 | 275 | | | |
| | 補助カーテン・パイロット | L=7,160m | | | 4,560 | 1,900 | 360 | 340 | | | |
| | 主カーテン・コンタクト | L=14,600m | | | | | | 9,100 | 5,500 | | |
| | 洪水吐・仮排水路カーテン | L=5,120m | | 2,020 (仮挿) | | | 2,340 (洪水) | 260 (洪水) | | | |
| 本 堤 | 掘 削 | V=327,000m ³ | | | | | | | | | |
| | 築 堤 | コア | V=186,100m ³ | | | | 42,000 | 49,000 | 55,100 | 40,000 | |
| | | フィルター | V=82,700m ³ | | | | 18,000 | 19,000 | 24,700 | 21,000 | |
| | | ロック 2 | V=262,000m ³ | | | | 54,000 | 93,000 | 88,000 | 27,000 | |
| | | ロック 1・捨石張 | V=634,400m ³ | | | | 81,000 | 202,000 | 205,000 | 146,400 | |
| 監査廊 | 掘 削 | 1.0式 | | | | | | | | | |
| | 本体コンクリート | L=379m, V=7,580m ³ | | | | 167.3 | 105.6 | 51.0 | 51.1 | | |
| 洪水吐 | 掘 削 | V=356,000m ³ | | | | | | | | | |
| | 本体コンクリート | L=339m, V=27,000m ³ | | | | | 175.5 | 145.5 | 18.0 | | |
| | 法面保護 | A=8,740m ² | | | | | | | | | |
| 取水・放流設備工 | 取水工 | 掘 削 | V=34,900m ³ | | | | | | | | |
| | | 本体コンクリート | V=14,500m ³ | | | | | | 5,500 | 9,000 | |
| | | ゲート製作・据付 | 多段ゲート1式 | | | | | | | | |
| | 放流工 | 放流管製作・据付 | 放流管・バルブ1式 | | | | | | | | |
| 巻立コンクリート | | V=3,000m ³ | | | | | | | | | |
| 閉 塞 工 | 1.0式 | | | | | | | | | | |
| 仮排水路工 | L=447m | | | | | | | | | | |
| 湖岸道路工 | L=6,000m | | | | | | | | | | |
| 運搬道路工 | L=6,780m | | | | | | | | | | |
| 管理設備工 | 1.0式 | | | | | | | | | | |

表-4 現場試験結果一覧表

| 材料区分 | 項目 | 単位 | 管理基準 | 平均値 | 最小値 | 最大値 | 資料数 | 標準偏差 | 変動係数 |
|----------|----------|-------------------|-----------|---------|---------|---------|------|---------|-------|
| コア材 | 礫率 | % | 30~60% | 41.35 | 25.0 | 56.2 | 1803 | 4.62 | 0.111 |
| | 含水比 | % | Max 30% | 24.08 | 20.2 | 29.9 | 1803 | 1.56 | 0.064 |
| | 乾燥密度 | g/cm ³ | 1.44以上 | 1.56 | 1.43 | 1.68 | 1803 | 0.042 | 0.026 |
| | 湿潤密度 | g/cm ³ | | 1.93 | | 2.04 | 1803 | 0.054 | 0.028 |
| | D値 | % | | 98.4 | 95.1 | 105 | 1803 | 1.016 | 0.010 |
| | 飽和度 | % | | 90.8 | 80.3 | 105 | 1803 | 3.44 | 0.037 |
| | 透水係数 | cm/s | 1.0E-5以下 | 2.37E-6 | 1.06E-7 | 8.67E-6 | 545 | 1.88E-6 | 0.796 |
| | フィルター材 | 礫率 | % | 60~80% | 73.1 | 61.3 | 81.0 | 347 | 3.99 |
| 粒度-0.074 | | % | 5%以下 | 2.13 | 0.56 | 4.65 | 347 | 0.73 | 0.344 |
| 乾燥密度 | | g/cm ³ | 2.08以上 | 2.25 | 2.11 | 2.60 | 347 | 0.08 | 0.036 |
| 湿潤密度 | | g/cm ³ | | 2.34 | 2.14 | 2.80 | 347 | 0.08 | 0.035 |
| C値 | | % | 100%以上 | 106.5 | 100.4 | 124.9 | 347 | 4.22 | 0.040 |
| 透水係数 | | cm/s | 5E-4~1E-2 | 4.82E-3 | 6.20E-4 | 5.25E-2 | 343 | 4.42E-3 | 0.917 |
| ロック1材 | | 表乾比重 | | 2.30以上 | 2.46 | 2.24 | 2.70 | 69 | 0.05 |
| | 吸水量 | % | 8%以下 | 4.05 | 2.43 | 6.26 | 69 | 0.83 | 0.205 |
| | 礫率 | % | 80%以上 | 85.4 | 77.9 | 91.9 | 76 | 2.94 | 0.034 |
| | 粒度-0.074 | % | 5%以下 | 2.61 | 0.77 | 4.42 | 76 | 0.91 | 0.348 |
| | 乾燥密度 | g/cm ³ | 1.63以上 | 2.63 | 1.71 | 2.42 | 76 | 0.12 | 0.060 |
| | 湿潤密度 | g/cm ³ | | 2.16 | 1.90 | 2.48 | 76 | 0.11 | 0.052 |
| | C値 | % | 97%以上 | 108.2 | 93.7 | 128.9 | 76 | 5.44 | 0.050 |
| | 透水係数 | cm/s | nE-1以上 | 1.49E-0 | 1.29E-1 | 1.58E+1 | 66 | 2.81 | 1.880 |
| ロック2材 | 表乾比重 | | 2.20以上 | 2.45 | 2.27 | 2.62 | 57 | 0.08 | 0.031 |
| | 吸水量 | % | 10%以下 | 4.75 | 1.33 | 8.19 | 57 | 1.58 | 0.332 |
| | 礫率 | % | 70%以上 | 80.0 | 69.9 | 94.3 | 61 | 6.08 | 0.076 |
| | 粒度-0.074 | % | 10%以下 | 4.79 | 0.96 | 10.1 | 61 | 2.38 | 0.498 |
| | 乾燥密度 | g/cm ³ | 1.62以上 | 1.99 | 1.67 | 2.43 | 61 | 0.19 | 0.096 |
| | 湿潤密度 | g/cm ³ | | 2.14 | 1.86 | 2.63 | 61 | 0.20 | 0.095 |
| | C値 | % | 100%以上 | 107.5 | 100 | 122 | 61 | 8.46 | 0.079 |
| | 透水係数 | cm/s | nE-3以上 | 3.41E-1 | 7.26E-3 | 1.49E-0 | 67 | 0.33 | 0.952 |

により左右された品質のバラツキがストックヤードにて大幅に改善されることを意味するもので、コア材のストックは、作業工程の調整効果と併せてその品質管理においても有効な手段であった。

図-6に各試験の品質管理実績図を示す。レキ率は34%~48%間で変動し、平均値41%程度となっている。ただし昭和63年度(EL. 307.25m)を境に試験値の分布に明確な変化が見受けられる。これは崖錐採取地の変更によるもので、レキ率の変化は含水比及び密度にも影響しているが、現場透水係数も含めて管理基準値内にあり、バラツキも小さいことから、良好な状態にあると判断した。

(2) フィルター材

各試験項目とも試験値にバラツキが少なく良好な状態であった。ただし、材料が円レキのためダンピング(まき出し)時に大粒径がゾーン境界へ流れ易く、特にコアゾーンとの境界部にある大粒径の除去に苦心した。

(3) ロック材

基準値をほぼ満足している。特に乾燥密度において設計値1.62~1.63t/m³に対して、2.0t/m³前後と大きい。これは原石山が当初予想と相違し深部までクラックの発達が著しく、結果として粒度分布のよい採取材が得られたため、反面、大粒

径(粒径30cm以上)の採取率は極めて低く、堤体表面のリップラップ材は、極力、原石山発生材及び洪水吐掘削流用材を使用したものの、上流法面の一部には購入材(花コウ岩:利賀産)を使用し堤体法面の安定を図ることとした。

4. 基礎処理の設計と施工

4-1 基礎処理計画

基礎グラウトは、基礎岩盤を通る浸透水を規制し、漏水量を減ずるとともに揚圧力の軽減をはかるため、遮水ゾーン着岩部、洪水吐越流堰基礎及び仮排水路閉塞部に表-5及び図-2に示すグラウトを計画した。

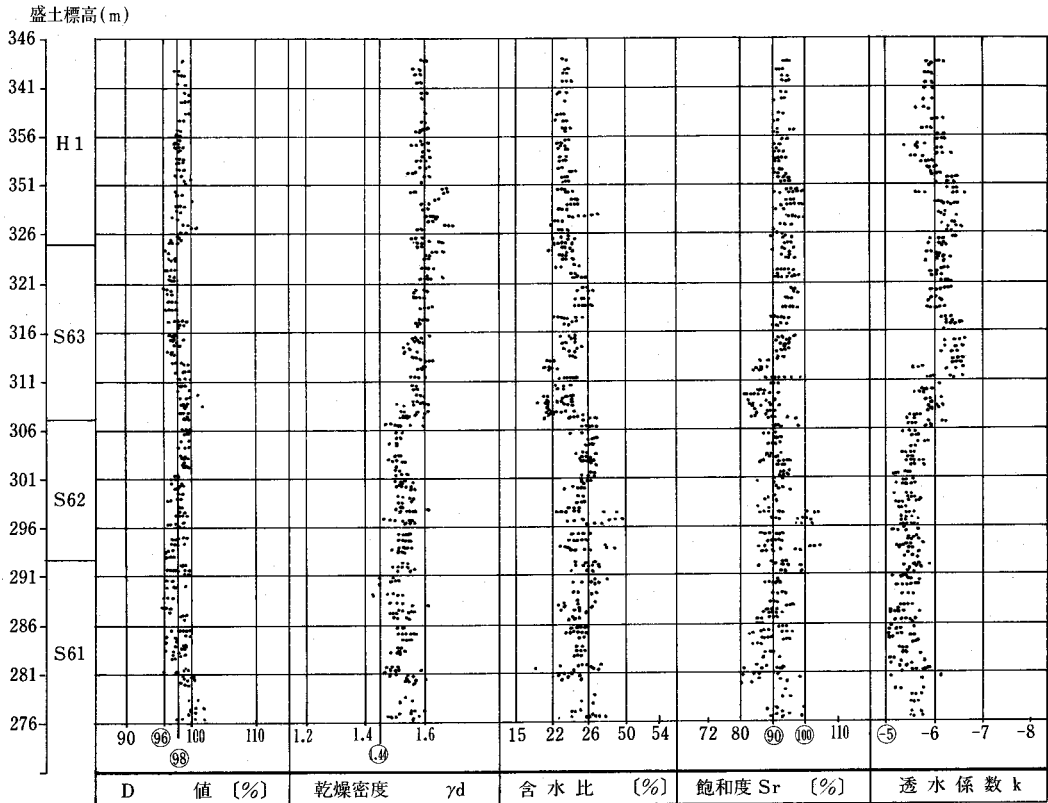


図-6 コア材の盛立品質管理実績図

表-5 グラウト計画の内容

| 項目 | 列数 | 列間隔 | 孔間隔 | 深度 | 改良目標 | 目標超過確率 |
|-----------|-----------|--------------|--------------|--------------|-------|--------------------------------|
| 堤体主カーテン | 2列 | 1.0m | 1.5m | Max 60.0m | 5.0Lu | 2.0Lu以下 70%以上 3.0Lu以下 90%以上 |
| 補助カーテン I | 2列 | 2.0m | 2.5m | Max 40.0m | 5.0Lu | 5.0Lu以下 80%以上 |
| 補助カーテン II | 2列 | 2.0m | 2.5m | Max 20.0m | 5.0Lu | 5.0Lu以下 80%以上 |
| ブランケット | コア数 全面 | 2.5 ~2.0m | 3.0 ~2.0m | 5.0m | 5.0Lu | 5.0Lu以下 75%以上 |
| コンタクト | 4本 | 放射状 | — | 5.0m | 5.0Lu | |
| 洪水吐主カーテン | 2列 | 1.0m | 1.5m | — | 2.0Lu | 2.0Lu以下 70%以上 3.0Lu以下 90%以上 |
| 仮排水路主カーテン | 3列 | 放射状 | — | Max 20.0m | 2.0Lu | 2.0Lu以下 70%以上 3.0Lu以下 90%以上 |

4-2 施工仕様

グラウトは、中央挿法によるステージグラウトとし改良深度に応じて表-6に示す注入圧力及び注入速度とした。また、グラウト材料は普通ポルトランドセメントを使用し注入開始濃度は、水押しテストの結果ルジオン値が $20L_u$ を超える場合は1:6(C/W)とし、以下の場合には1:10(C/W)に設定し、注入量(400l/st)に応じて配合を徐々に切換えた。なお、注入は最終グラウト注入量が0.1l/min/mとなってから30分間ダメ押しを行って完了した。

4-3 ブランケットグラウト

ブランケットグラウトは堤体の盛立に逐次先行して昭和60年度河床部より実施した。基礎岩盤面は厚さ50cm程度の仕上掘削を残して施工したが、土かぶり厚が薄いこと等からリークが懸念され、リークの早期発見、グラウト水の排除等を兼ねてコアゾーン全域にわたって $t=10\text{cm}$ 程度のキャップコンクリートを施工するとともに、仕上掘削分にも事前にグラウチング(最大注入力 1.0kg/cm^2 、配合1:1)を行い、ブランケットグラウトの改良効果が高めることとした。

孔配置は図-7に示す通り当初2.5m間隔で施工したが、改良効果及び追加孔の位置選定が難し

表-6 水押し圧力・注入圧力・注入速度

| ステージ | 深度 (m) | 区間長 (m) | 最大注入圧力 (kgf/cm^2) | 透水試験圧力 (kgf/cm^2) | 摘要 |
|------|--------|---------|------------------------------|------------------------------|-----------|
| 1st | 0-2 | 2.0 | 2.0 | 1.6 | 注入速度は |
| 2 | 2-5 | 3.0 | 3.0 | 2.5 | 30(l/min/ |
| 3 | 5-10 | 5.0 | 5.0 | 4.0 | st)以下 |
| 4 | 10-15 | 5.0 | 7.0 | 6.0 | |
| 5 | 15-22 | 7.0 | 10.0 | 8.0 | |
| 6 | 22-30 | 8.0 | 15.0 | 10.0 | |
| 7 | 30-40 | 10.0 | 20.0 | 10.0 | |
| 8 | 40-50 | 10.0 | 20.0 | 10.0 | |
| 9 | 50-60 | 10.0 | 20.0 | 10.0 | |

く、孔間隔を2.0mピッチに変更し、追加孔基準は最終次孔間のルジオン値の平均値が $10.1L_u$ を超える場合にその孔間隔内に追加孔を設置することとした。

4-4 主カーテングラウト

堤体基礎の主カーテングラウトは、堤体の盛立がある程度進行($H=21\text{m}$)した昭和63年度より監査廊内から実施した。施工に当たって、注入圧に

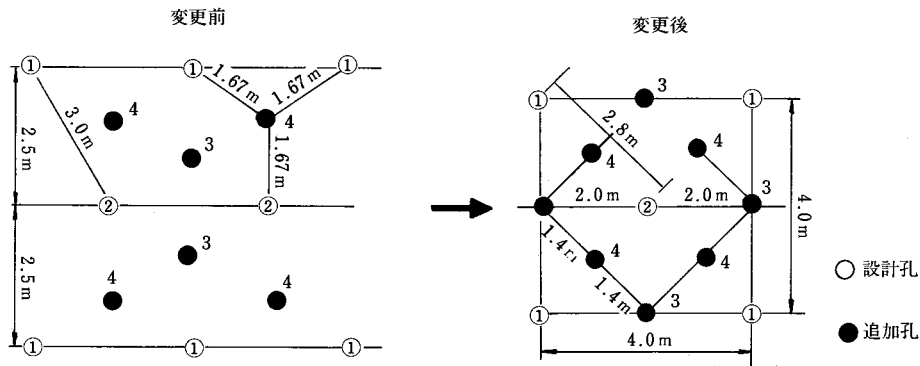


図-7 グランケット・グラウト工孔配置パターン

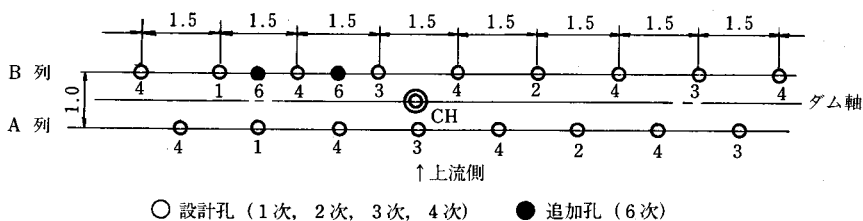


図-8 主カーテングラウト工孔配置パターン

よる岩盤リークに伴う監査廊の浮き上がりが懸念されたため、既設の岩盤変位計の他に20m間隔に新たに岩盤変位計を設置し、監査廊の挙動監視に努めた。

改良簡囲は、シモンズの公式又は、 $5L_u$ 到達深のいずれか深い深度までとし、施工は、図-8に示す通り上流側A列を先行させ下流側B列の最終次孔のルジオン値が $5L_u$ を超える場合にその両サイドに追加孔を設置することとした。

4-5 施工実績

基礎グラウト工事の施工実績を表-7に示す。

ブラケット・グラウトは、改良目標値に達するために当初設計孔に対してほぼ同数の追加孔を要し、1孔当たりの改良面積は設計 $8.0\text{m}^2/\text{孔}$ に対して $4.0\text{m}^2/\text{孔}$ の実績であった。

また、主カーテン・グラウトでは、設計孔に対し1.20倍の施工実績で完了した。

5. 観測設備計画と計測結果

5-1 観測設備計画

白中ダムの観測設備は、ダム基礎の状況、築堤材料の特性から、①築堤時の施工管理、②完成後の安全管理に資するため、主に図-9に示すような観測設備を計画し、堤体及び監査廊の挙動を把握することとした。

表-7 基礎グラウト実績表

| 種 別 | ステー ジ 数 | 単 位 セ メント量 (km/m) | ルジオン超過確率% | | |
|--------------------------|------------|--|----------------------|---------------------|------|
| | | | <10(5)L _u | <5(2)L _u | |
| ブラケット・グラウト | 設計孔 | 1,058 | 134 | 21.3 | 10.5 |
| | 追加孔 | 1,014 | 14 | 91.0 | 46.7 |
| | チェック孔 | 121 | 4.8 | 100 | 99.1 |
| | 計 | 2,193 | 71.5 | — | — |
| 補助カーテン・グラウト (1~2ステージ) | 設計孔 | 230 | 94 | 33.9 | 7.8 |
| | 追加孔 | 125 | 6.4 | 93.6 | 59.2 |
| | チェック孔 | 43 | 4.6 | 100 | 100 |
| | 計 | 398 | 56.7 | — | — |
| 主カーテン・グラウト | 設計孔 | 2,173 | 22 | 76.0 | 38.3 |
| | 追加孔 | 447 | 15 | 96.6 | 54.6 |
| | チェック孔 | 194 | 8.3 | 100 | 97.9 |
| | 計 | 2,814 | 19.9 | — | — |
| 洪水吐カーテン・グラウト | 設計孔 | 589 | 43 | 64.5 | 22.9 |
| | 追加孔 | 63 | 5.3 | 96.8 | 74.9 |
| | チェック孔 | 74 | 4.5 | 97.3 | 97.3 |
| | 計 | 726 | 35.3 | — | — |

注) 主カーテン・洪水吐カーテングラウトのルジオン超過確率は、それぞれ()書き $5L_u$ 、 $2L_u$ を表わす。

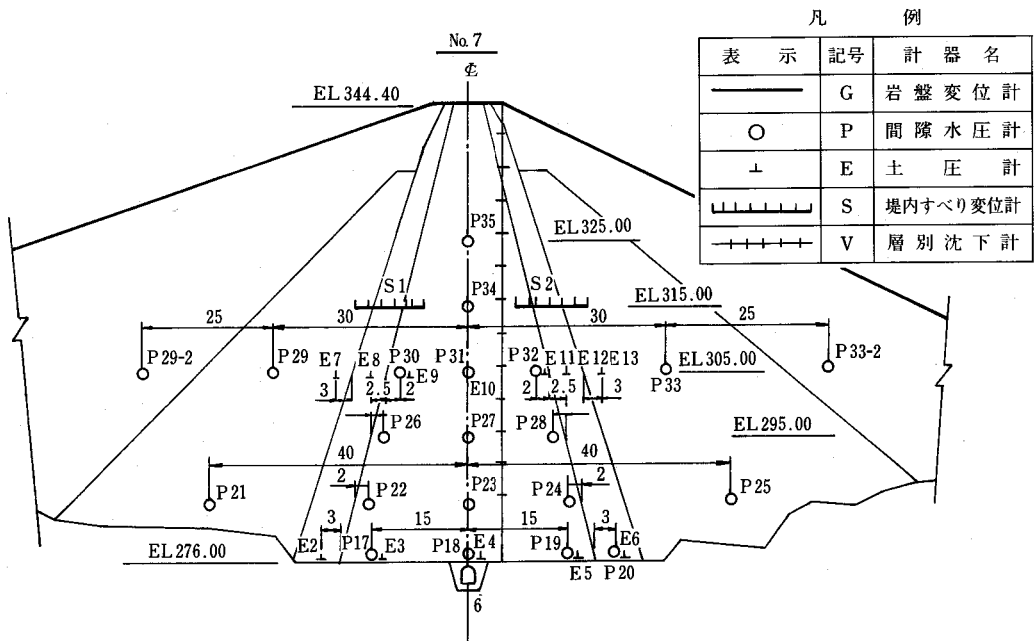


図-9 観測設備設置標準図

5-2 施工中における堤体の挙動

(1) 間ゲキ水圧計の計測結果

図-10に堤体の盛立の進行に伴う間ゲキ圧（コアゾーン）の推移を表す。

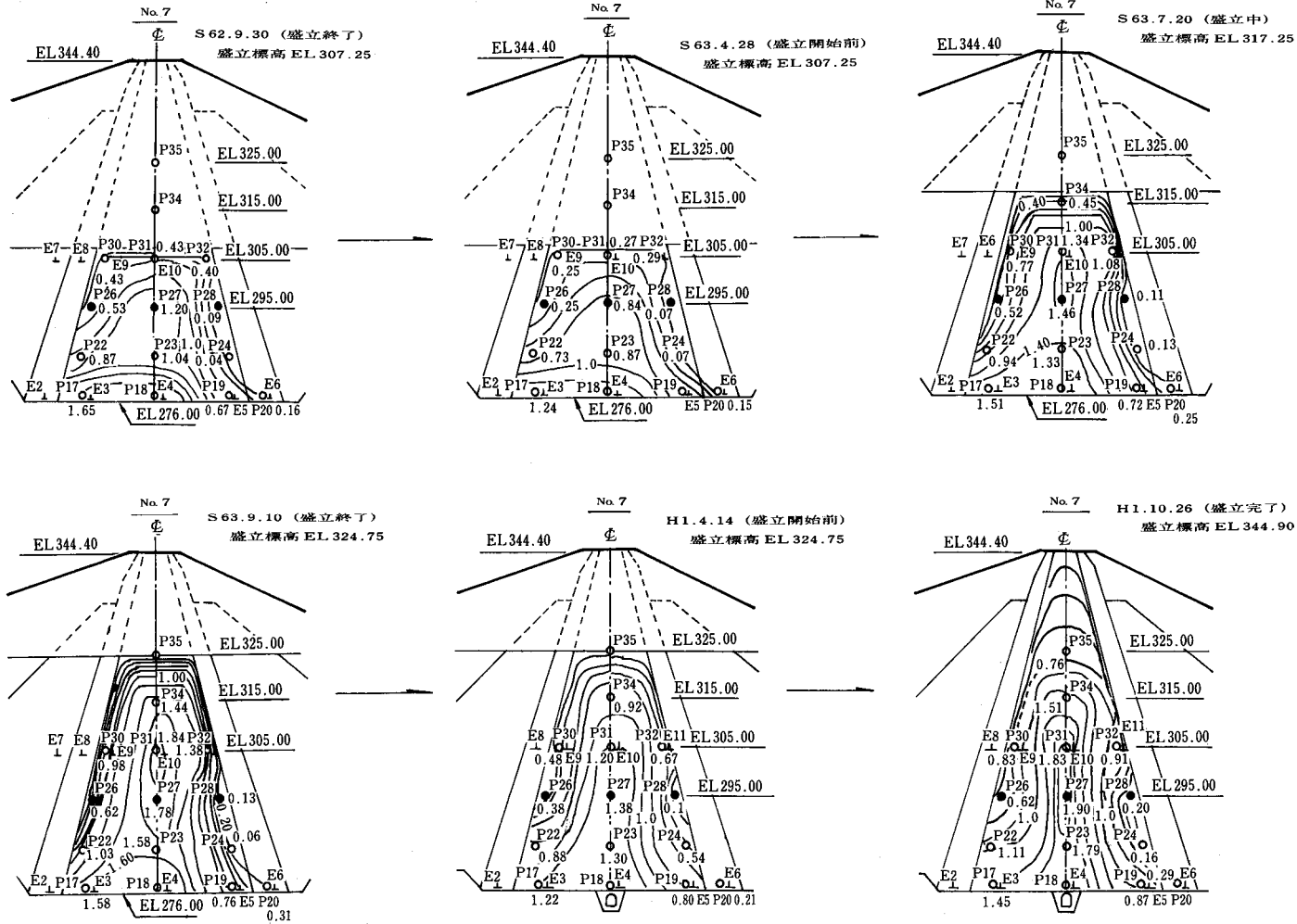


図-10 間隙圧の推移

間ゲキ水圧は盛立施工中は急激に増加し、冬期の休止により徐々に消散した。盛立の進行に伴い間ゲキ圧の増加率は徐々に低下した。増加率及び消散速度は年々減少し、設計当初Hillfの公式よ

り間ゲキ圧の発生率（間ゲキ水圧／全応力）は50%～60%程度と予想されたが、図-11に示すとおり、 P_{31} 及び E_{10} の計測値結果より盛立当初こそ転圧エネルギーの影響により90%の値を示すものの、次年度において50%程度と予想値と良く合っており、その後30%程度と低下している。

また、盛立完了直後で最大間ゲキ水圧はダム軸上の P_{27} ～ P_{31} 間に生じていると想定され、後述の最大沈下量位置とよく合っている。

(2) 土圧計の計測結果

鉛直土圧は、盛立の進行に伴い順調に上昇する

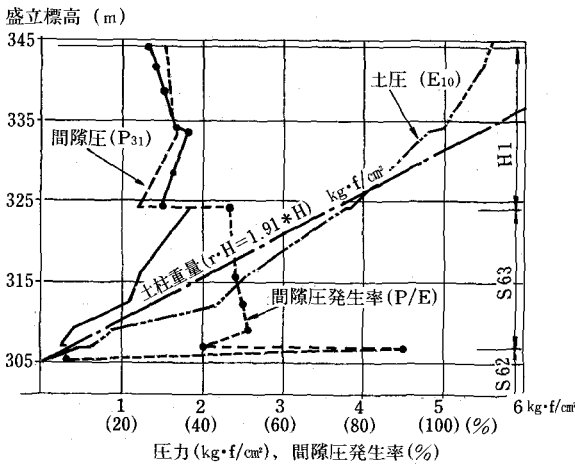


図-11 間隙圧と土圧の関係

表-8 土圧の推移

| 土圧番号 | 観測結果 (当初解析) | | | | |
|------|----------------|------------------|----------------|------------------------|-------------------|
| | 盛土高H m | γ t/m³ | 実測値P kg/cm² | $\gamma * H$ kg/cm² | $P/\gamma H$ % |
| E 2 | 15.75 | 2.26 | 3.0 | 3.60 | 83 |
| | 30.75 | 2.26 | 7.3 | 6.95 | 105 |
| | 48.25 | 2.15 | 12.5 | 10.37 | 121 |
| | 59.50 | 2.14 | 16.5 | 12.73 | 130 |
| | (60.00) | (1.70) | (14.0) | (10.2) | (136) |
| E 4 | 15.75 | 1.91 | 2.8 | 3.01 | 93 |
| | 30.75 | 1.91 | 5.5 | 5.87 | 94 |
| | 48.25 | 1.91 | 8.0 | 9.22 | 87 |
| | 68.40 | 1.93 | 9.7 | 13.20 | 73 |
| | (68.90) | (1.91) | (7.9) | (13.2) | (61) |
| E 5 | 15.75 | 1.91 | 2.8 | 3.01 | 93 |
| | 30.75 | 1.91 | 5.2 | 5.87 | 89 |
| | 48.25 | 1.91 | 7.7 | 9.22 | 84 |
| | 61.00 | 1.93 | 9.5 | 11.77 | 81 |
| | (61.50) | (1.91) | (7.4) | (11.8) | (63) |

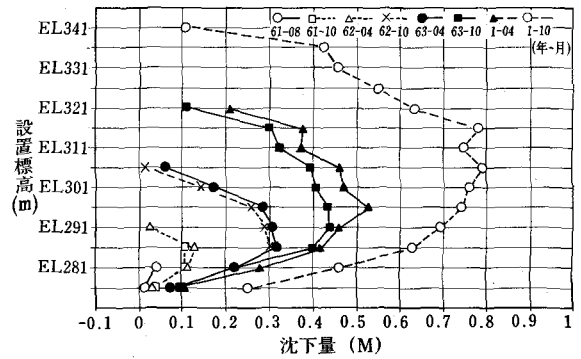


図-12 層別沈下計の計測値

が、盛立材の単位体積重量 γ 、及び剛性の違いによりゾーン間(コア材： $E_{4,5}$ 、フィルター材： E_2)で大きな差異を生じている。当初設計時のFEM横断解析では、完成後の応力分布はアーチング作用によりフィルター下部(E_2)では土柱重量 $\gamma \cdot H$ に対する土圧発生率が高く、逆にコア部では減少することが予想されたが、計測結果においても同様の現象を示しており(表-8)、それぞれの土圧発生率はフィルター部で130%、コア部で73%、81%となっている。

(3) 沈下量の計測結果

図-12に堤体の沈下量の計測結果を示す。

堤体の沈下量及び最大沈下量の位置は、盛立の進行に伴い上昇し、盛立完了時点で最大沈下量は、EL306m付近で $0.80 - 0.25 = 0.55m$ 程度で盛土高に対して0.8%程度の沈下比を示した。

なお、基底部の沈下量は25cmを示すが、岩盤変位計の計測値が2cm程度であることから、その差は測定孔の設置及び堤位による誤差とみるべきであろう。

6. おわりに

白中ダム建設工事は、昭和52年度に本格スタートし平成元年10月に盛立てを終えた。この間、多くの諸先輩の熱意と北陸農政局管内ダム技術検討委員会からの適切な指導と助言により農林補助ダムとしては全国一の規模を誇るダムが完成しつつある。

白中ダムは、平成2年度に試験湛水に入るが今後とも多くの方々からのご教示を得て、安全で効率的なダム管理を目指して努力していきたいと思っている。

ゲート下流護床工の設計について

川合 亨*

目次

1. まえがき71
 2. ゲート下流の流況71
 3. 具体的な水理条件と計算例71
 4. 各領域における護床工の範囲72

5. 護床工に必要なブロックの突起の配列73
 6. ゲート下流域の渦に起因する局所洗掘73
 7. むすび74

1. まえがき

数多くのゲートを持つ頭首工においてはゲート操作の方法によって、その下流に様々な水理現象があらわれる。この水理現象のすべてを網羅した護床工の設計法を示すことはできないが、この基本的な設計方法について述べる。

セキ下流の局所洗掘現象には掃流型におけるエネルギーの不連続性によるものと、もう一つ渦の発生が原因となるものとがある。護床工の設計を行う場合に、これら二つの現象を十分検討して行われるべきであろう。しかし、渦の発生を原因とする局所洗掘についてはまだ十分な研究が行われていないと思われるので、ここでは現在までの成果をふまえて紹介する。

2. ゲート下流の流況

ここではゲート下端からの噴流と下流河川水位との関係について述べる。ゲート下端からの流出は一般的には下流水位の影響を受けない“自由流出”と下流水位が高い場合に生ずる“もどり流出”の二つに大別される。これらの流況に対する実用的な計算式を示せば下記の通りである。

(1) 自由流出時の流況と計算式

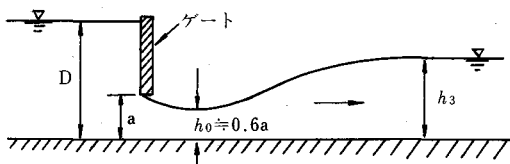


Fig.1 水門からの自由流出

*菱和コンクリート工業株式会社

ゲート下端からの流速 v_0 、単位幅流量 q 、フルード数 F_0 およびゲート下端に生ずるであろう跳水深 h_2 や限思水深 h_c は次のように示される。

$$v_0 = \sqrt{2g\left\{D - \left(\frac{a}{2}\right)\right\}} \dots\dots\dots(1)$$

$$q \approx 0.6av_0 \dots\dots\dots(2)$$

$$F_0 = v_0/\sqrt{gh_0} \dots\dots\dots(3)$$

$$h_2 = \frac{h_0}{2} (-1 + \sqrt{8F_0^2 + 1}) \dots\dots\dots(4)$$

$$h_c = \left(\frac{q^2}{g}\right)^{\frac{1}{3}} \dots\dots\dots(5)$$

(2) もがり流出時の流況と計算式

ゲート下端からの噴出による流速 v_s および単位幅流量 q_s は次の通りである。

$$v_s = \sqrt{2g(\Delta h)} \dots\dots\dots(6)$$

$$q_s \approx 0.6av_s \dots\dots\dots(7)$$

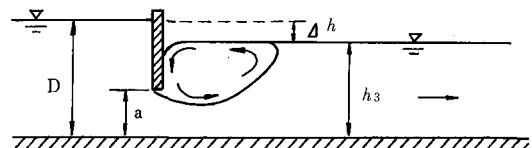


Fig.2 水門からのもがり流出

3. 具体的な水理条件と計算例

ここではゲート上流の水深 $D=3.00\text{m}$ 、下流河川勾配 $I=1/1000$ 、平均粒径 4.3mm という条件を与える。

(1) ゲート下流の流況を求めるための諸量

下流河川におけるフルード数 Fr 、単位幅流量 q 、

水深 h_3 , 粗度係数 n および土砂移動限界時の水深 h_{sc} の値は下記の通りである。

$$Fr = 9.82(\sqrt{I})^{0.933} - 300(\sqrt{I})^{3.5} \dots\dots\dots(8)$$

$$h_3 = \left(\frac{q^2}{gFr^2}\right)^{\frac{1}{3}} \dots\dots\dots(9)$$

$$n = h_3^{\frac{5}{3}} I^{\frac{1}{2}} / q \dots\dots\dots(10)$$

土砂移動限界摩擦速度 u_{*c}^2 は平均粒径 d として

$$u_{*c}^2 = 80.9d \quad (\text{cm 単位}) \dots\dots\dots(11)$$

$$h_{sc} = \frac{u_{*c}^2}{gI} \dots\dots\dots(12)$$

以上の各式にそれぞれの値を代入して求めた結果は下記の通りである。

$$Fr = 0.39, u_{*c}^2 = 34.79(\text{cm/sec})^2, h_{sc} = 36 \text{ cm}$$

q と h_3 の関係はFig.3に示した。

このFig.3には h_0, h_c, h_2 の各値も示した。

(2) ゲート下流における流水領域

ゲートを段階的に開放(例えば0.2m間隔)し, 流れが安定している状態での流況を示したのがFig.3である。

まず, ゲートからの流出が常に自由流出条件と仮定したときはゲートの開度 $a=1.8\text{m}$ ($=0.6D$ に相当)が限界である。これはゲート上流水深に対する限界水深を意味する。すなわち, これよりゲート開度が大きいときはゲートからの噴流は射流とならない。

このFig.3からそれぞれの流れの領域を示せば(勿論, 下流河川勾配は $1/1000$ という条件であり, これが変化すれば当然その領域も変る) 次の通りである。

領域①: 露出射流から跳水へ移行

領域②: 完全跳水条件

領域③: もぐり流出となり, 漸増する流量に対応するときはゲートの開放を急速に増大しなければならない

領域④: 完全にゲートする全開時の流れとなる

4. 各領域における護床工の範囲

(1) 領域①について

Fig.3から次の条件で検討する。

$$q = 3.0 \text{ m}^3/\text{sce}/\text{m}, h_0 = 0.38 \text{ m}, h_3 = 1.82 \text{ m}$$

h_3 に対応する上流側水深 h_1

$$h_1 = \frac{h_3}{2} (-1 + \sqrt{8Fr_3^2 + 1}) \dots\dots\dots(13)$$

$$v_3 = q/h_3 = 3.0/1.82 = 1.65 \text{ m/sec}$$

$$Fr_3 = v_3/\sqrt{gh_3} = 1.65/\sqrt{9.8 \times 1.82} = 0.39$$

$$h_1 = \frac{1.82}{2} (-1 + \sqrt{8 \times 0.39^2 + 1}) = 0.44$$

ゲート下流エプロン上の露出射流長さ l

$$l = \frac{1}{n^2} \left\{ \frac{3}{4} \cdot \frac{\alpha}{g} (h_1^{\frac{4}{3}} - h_0^{\frac{4}{3}}) - \frac{3}{13q^2} (h_1^{\frac{13}{3}} - h_0^{\frac{13}{3}}) \right\} \dots\dots\dots(14)$$

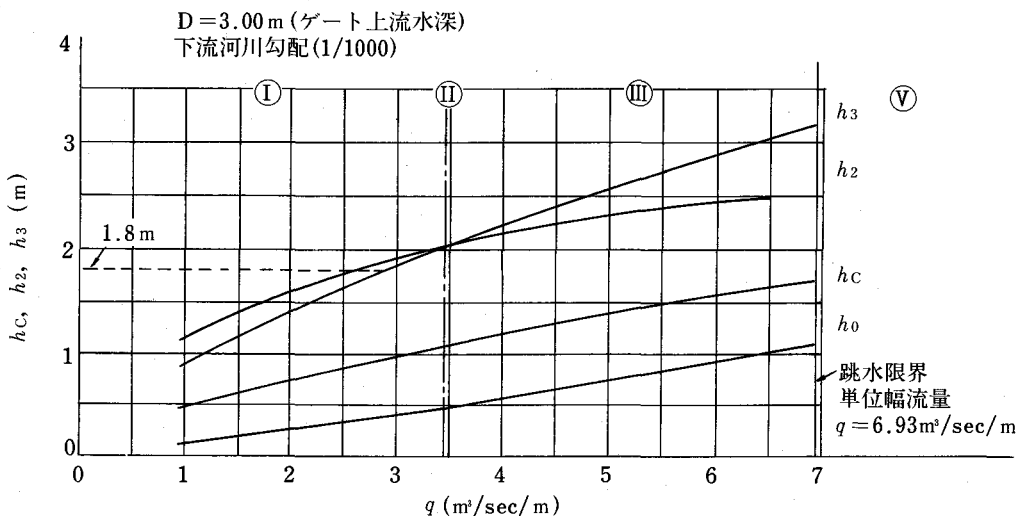


Fig.3 水門下流流況図

ここに $n=0.015$ (ゲート下流のエプロン部を想定)

$\alpha=1.1$, $g=9.8\text{m/sec}^2$, $h_1=0.44\text{m}$, $h_0=0.38\text{m}$, $q=3.0\text{m}^3/\text{sce/m}$ とし, 上式に代入すると $l=20.69\text{m}$ を得る。

これに続く跳水区間の長さ L_1 は安全をみて,

$$L_1=8h_3=8 \times 1.82=14.56\text{m}$$

ゆえに次のように設計する。

コンクリートエプロンの長さ $l=21\text{m}$

護床工の長さ $L_1=15\text{m}$

(2) 領域⑩について

Fig.3から次の条件で検討する。

$q=3.45\text{m}^3/\text{sce/m}$, $h_0=0.45\text{m}$, $h_2=2.00\text{m}$

ゲート下流の跳水区間の長さは安全をみて

$$L_2=8 \times 2.0=16\text{m}$$

(3) 領域⑪について

Fig.3から次の条件で検討する。

$q=4.0\text{m}^3/\text{sce/m}$, $h_3=2.22\text{m}$, $4h=3.0-2.22=0.78\text{m}$

78m

(i) $q=4.0\text{m}^3/\text{sce/m}$ にて自由流出と仮定したとき

その開度はFig.3より

$$a=h_0/0.6=0.55/0.6 \approx 0.92\text{m}$$

(ii) $a=0.92\text{m}$ と $4h=0.78\text{m}$ のときの流量 q_s は

$$q_s=0.6a\sqrt{g(\Delta h)}=2.15\text{m}^3/\text{sec/m}$$

(iii) $4h=0.78$ にて $q=4.0\text{m}^3/\text{sce/m}$ を流出せしめるべき必要開度は

$$a=\frac{q}{0.6\sqrt{2g(\Delta h)}}=\frac{4.0}{0.6 \times \sqrt{19.6 \times 0.78}}=1.7\text{m}$$

すなわち, 流量が漸増するとき下流水位の上昇により, ゲート下流の流況が“自由流出”から“もぐり流出”に変化するような場合, この例では $a=0.92\text{m}$ 付近から $a=1.7\text{m}$ へとゲートを急速に開彼する必要がある。

この計算例における領域⑪のゲート下流保護区間は

$$L_3=3.5h_3=3.5 \times 2.22 \approx 8.0\text{m}$$

である。

(4) 領域⑫について

いまゲート全開時の水深を3.0とすれば, その護床工の長さは, $L_4=(10\sim 15)h_3=30\sim 45\text{m}$ である。これはゲート下流における流水のみだれの影響範囲を示している。

(5) 護床工の範囲のまとめ

この例ではゲート下流エプロンの最小長さは領域⑩の $l=21\text{m}$ (これは露出射流区間), エプロンに続く下流護床工の長さは領域⑫を考慮し $L=L_4-l=45-21=24\text{m}(\geq L_1)$ を採用することが望ましい。

5. 護床工に必要なブロックの突起の配列

土砂移動限界時の水深0.36mのときの単位幅流量は

$$q=F_r\sqrt{gh_3^3}=0.39\sqrt{9.8 \times 0.36^3}=0.26\text{m}^3/\text{sec/m}$$

粗度係数 n_s は

$$n_s=h_3^{5/3}I^{1/2}/q=\frac{0.36^{5/3} \times 0.0316}{0.26}=0.022$$

ブロックの突起の配列は

$$\log_{10} \frac{S}{F}=\frac{1}{5.4} \left(\frac{H_2^{1/6}}{n_s\sqrt{g}}-10.6 \log_{10} \frac{H_2}{k}+5.47 \right) \dots\dots\dots(15)$$

ここにブロックの突起の高さ $k=0.3\text{m}$, 幅 $w=0.3\text{m}$ と仮定すれば

$$H_2=h_3+k=0.36+0.3=0.66\text{m}$$

$$F=k \cdot w=0.3 \times 0.3=0.09\text{m}^2$$

これらを式に代入すれば

$$\log_{10} (S/F)=2.85, S/F=708, S=63.72$$

頭首工の設計基準による様式1を用いれば

$$S_1=S_2=\sqrt{2S}=11.3\text{m}$$

実際にはこの計算値に近い値, $S_1=S_2=10\text{m}$ とする。

6. ゲート下流域の渦に起因する局所洗掘

(1) 渦の発生現象

河川を横断して設けられる頭首工には近年その殆ど部分をゲートによって取水深を維持するタイプが多くなった。

このゲートの開閉はすべて一様に行われることはない。河川の流量と取水量とによって, いくつかのゲートの開閉のみで取水位を調節する。すなわち, 部分開放が行われるわけである。この部分開放における代表的流況はFig.5のように示される。

ゲートを部分開放するとゲート下流領域では流れの拡散が行われ, 次第にその流速を減じてゆく。

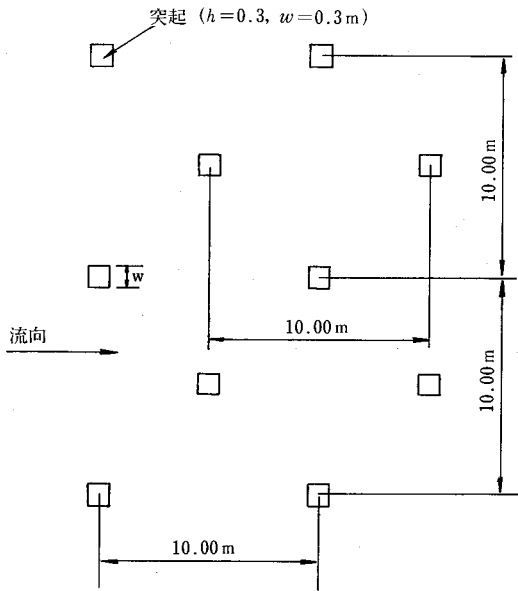


Fig.4 イボ型護床工の突起の配列

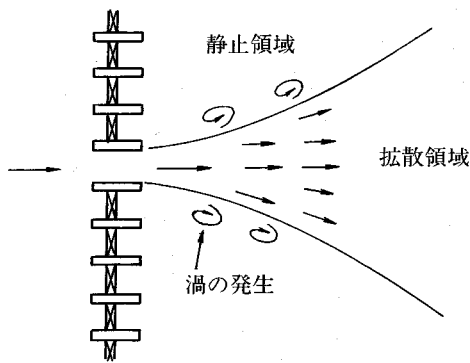


Fig.5 水門の部分開放時の流況

このとき流れの早い部分と静止領域との境界に渦を発生する。この渦は流れの強さに比例し、この渦の中心はその周辺より圧力が低下する。すなわち、地上における竜巻現象に似て河床の砂を巻上げる。この結果、河床に局所洗掘が発生する。この渦の発達と消滅は継続的に行われ、時々強い浮揚力をもたらす。

この例の一つとして八郎瀉放水路防潮水門がある¹⁾。

ここでは水門下流約40m(これは護床工の末端)付近に通常の河床面下約11mの局所洗掘が発見され、これの対策工法が施された。

この論文では上記の問題解決のために行われた

水理横型実験によって得られた知見をもとに、流れの拡散と最大洗掘深について紹介する。

(2) 水門下流の拡散現象

いま水門からの流出速度 u_0 、水深 h 、これより下流の任意の地点の流速を u_x とし、 v_0/\sqrt{gh} をパラメーターとして流速の減衰率 u_x/u_0 を示せばFig.6の通りである。

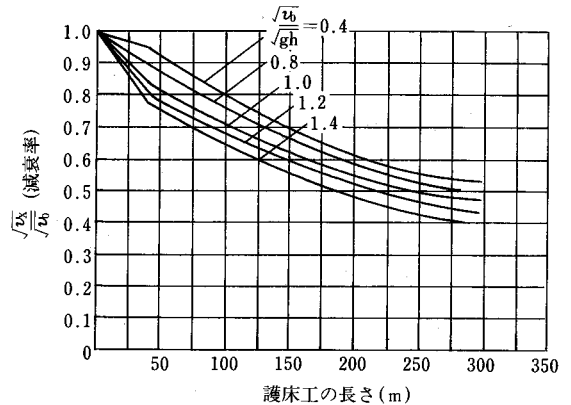


Fig.6 水門流出の減衰率

水理実験の報告では $v_0/\sqrt{gh}=0.4$ のケースについてのみ示されているが、筆者は他への類推のために、この報告書のデータにもとづき $v_0/\sqrt{gh}=0.4\sim 1.4$ までを記入した。

このFig.6は一つの目安を与えるであろう。

(3) 渦による最大洗掘深の予測

技術者や最も必要とするのは最大洗掘深の予測である。この関係はFig.7のように示されよう。

原文においては流速と最大洗掘深の関係として示しているが、筆者は河床材料の限界摩擦速度 U_{xc} の関係を導入して示した。原文の主旨によれば洗掘深は粒径の大小に関係なく、それに到達するのは時間の長さという考え方で整理されている。しかし、筆者は渦による局所洗掘は浮揚力の強さによるものと考え、粒径の大きさを無視することができなかった。

したがって、正しくは今後の研究にまたねばならないが、このような可能性があるとして理解して頂ければ良いと思う。

7. むすび

今後、水門下流の護床工を考える場合には掃流型と渦型の両洗掘現象について考えておく必要がある。しかし、渦型を防止するには掃流型を基

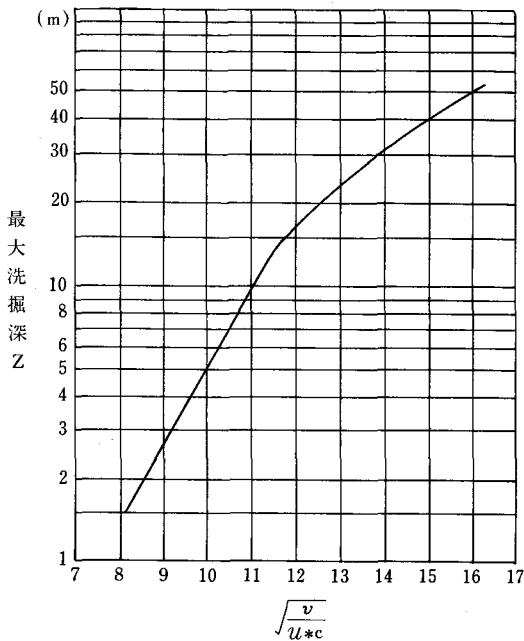


Fig.7 最大洗掘深の推定

本として、その護床工の範囲を拡大することによって解決できるものと思われる。したがって、掃流型で護床工の構造を決定し、その範囲については、さらに渦型でチェックすることが望ましいといえる。

ところで、一たび渦に起因する局所洗掘が形成されると、これを埋戻して護床工用のコンクリートブロックをセットすることが可成り難かしく、局所洗掘のままでは、すでにその水理現象は異なったものとなるので、その対策は困難となろう。

この古くて新しい問題、渦に起因する局所洗掘の予測に関する研究が増々充実されるのを期待したい。

参考文献

- 1) 水門下流の洗掘対策について、農土試技報 B(水理)第13号, 中村充, 白石英彦, 佐々木泰雄, 伊藤三甲雄 (1967. 3)

[1990・4・26受稿]



* 農業土木事業調査設計 *

- ※ 農業開発事業に関する調査・計画・設計並びに施工・管理
- ※ 海外開発事業に対する農業土木技術のコンサルティング業務
- ※ 一般土木事業の調査・計画・設計業務
- ※ 農業集落排水の新規計画・設計・実施

株式会社 日本農業土木コンサルタンツ

代表取締役社長 岡本 勇
副社長 西岡 公

| | | |
|-------|---------------------------|----------------------|
| 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 (434)3831(代表) |
| 分室 | 東京都港区西新橋2丁目8番17号(平家ビル2階) | TEL 03 (593)2031(代表) |
| 仙台事務所 | 仙台市春日町4番10号(曙産業ビル5階) | TEL 022(263)7595(代表) |
| 札幌事務所 | 札幌市西区発寒1143-105 | TEL 011(684)0581(代表) |
| 長野事務所 | 長野県小県郡青木村沓掛310-8 | TEL 0268(49)3727(代表) |
| 青森事務所 | 青森市石江字富田234-22 | TEL 0177(66)2970(代表) |
| 千葉事務所 | 千葉県佐倉市栄町2-7 | TEL 0434(86)7743(代表) |
| 熊本事務所 | 熊本市健軍町2612-388 | TEL 096(367)8535(代表) |

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, などで区別のみ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 (ダブリュー)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(パイ)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………フィ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：

会 告

農業土木技術研究会第21回理事会

1. 日 時 平成2年5月30日 12:00~13:00
2. 場 所 東京都港区新橋5-34-4
農業土木会館会議室
3. 課 題
(1) 第1号議案 平成元年度事業報告並びに収支決算承認の件

- (2) 第2号議案 平成2年度事業計画(案)並びに収支予算(案)承認の件
- (3) 第3号議案 役員改選の件
- (4) その他
以上の議案について審議し出席理事全員の了承を得て原案どおり承認された。平成元年度収支決算,平成2年度収支予算,及び新役員は下記のとおりである。

平成元年度 収 支 決 算 書

収 入 の 部

2. 3.31 現在

| 科 目 | 予 算 額 | 決 算 額 | 増(△)減額 | 摘 要 |
|---------|-------------|-------------|--------------|---------------------------------|
| 会 費 | 12,140,000円 | 11,077,822円 | △ 1,062,178円 | |
| 通常会費 | 10,660,000 | 9,587,822 | △ 1,072,178 | 2,300円×4,086名, 過年度未収金 |
| 賛助会費 | 1,480,000 | 1,490,000 | 10,000 | 10,000円×153口, 過年度未収金 |
| 研修会会費収入 | 2,000,000 | 2,651,300 | 651,300 | 5,000円×272名, 8,000円×148名, テキスト等 |
| 広告収入 | 2,250,000 | 1,755,000 | △ 495,000 | 「水と土」75号・76号・77号・78号 |
| 雑収入 | 109,491 | 329,063 | 219,572 | 預金利子, 「水と土」等 |
| 小 計 | 16,499,491 | 15,813,185 | △ 686,306 | |
| 前年度繰越金 | 8,300,509 | 8,300,509 | 0 | |
| 合 計 | 24,800,000 | 24,113,694 | △ 686,306 | |

支 出 の 部

| 科 目 | 予 算 額 | 決 算 額 | 増(△)減額 | 摘 要 |
|--------|-------------|-------------|--------------|------------------|
| 会誌発行費 | 14,990,000円 | 10,369,795円 | △ 4,620,205円 | |
| 印刷費 | 10,760,000 | 7,611,386 | △ 3,148,614 | 「水と土」77号・78号・79号 |
| 原稿料 | 1,680,000 | 1,051,000 | △ 629,000 | 「水と土」77号・78号・79号 |
| 編集費 | 350,000 | 426,510 | 76,510 | 「水と土」77号・78号・79号 |
| 運賃送料 | 2,200,000 | 1,280,899 | △ 919,101 | 「水と土」77号・78号・79号 |
| 事業費 | 2,350,000 | 1,207,148 | △ 1,142,852 | |
| 研究会賞 | 250,000 | 140,756 | △ 109,244 | 第19回 |
| 研修会諸費 | 2,000,000 | 1,066,392 | △ 933,608 | 会場借料, 講師謝金等 |
| 資料費 | 100,000 | 0 | △ 100,000 | |
| 会議費 | 400,000 | 291,794 | △ 108,206 | |
| 事務費 | 4,100,000 | 2,989,425 | △ 1,110,575 | |
| 賃金及手当 | 2,000,000 | 1,598,960 | △ 401,040 | 賃金等 |
| 通信費 | 500,000 | 279,966 | △ 220,034 | |
| 旅費交通費 | 200,000 | 27,800 | △ 172,200 | |
| 広告手数料 | 670,000 | 512,500 | △ 157,500 | 「水と土」 |
| 事務室費 | 130,000 | 130,000 | 0 | |
| 消耗品費 | 300,000 | 263,241 | △ 36,759 | |
| 雑費 | 300,000 | 176,958 | △ 123,042 | |
| 予備費 | 2,960,000 | 0 | △ 2,960,000 | |
| 小 計 | 24,800,000 | 14,858,162 | △ 9,941,838 | |
| 次年度繰越金 | 0 | 9,255,532 | 9,255,532 | |
| 合 計 | 24,800,000 | 24,113,694 | △ 686,306 | |

平成2年度 収 支 予 算

収 入 の 部

| 科 目 | 平成2年度予算額 | 前年度予算額 | 増(△)減 | 摘 要 |
|---------|-------------|-------------|------------|-----------------------------|
| 会 費 | 13,180,000円 | 12,140,000円 | 1,040,000円 | |
| 通常会費 | 11,730,000 | 10,660,000 | 1,070,000 | 2,300円×4,729名×95% 前年度未収金 |
| 賛助会費 | 1,450,000 | 1,480,000 | △ 30,000 | 10,000円×153口×95% |
| 研修会会費収入 | 2,000,000 | 2,000,000 | 0 | 会費5,000円×250名 非会員8,000×100名 |
| 広告収入 | 2,250,000 | 2,250,000 | 0 | 「水と土」81～84号, 前年度未収(79, 80号) |
| 雑収入 | 164,468 | 109,491 | 54,977 | |
| 小計 | 17,594,468 | 16,499,491 | 1,094,977 | |
| 前年度繰越金 | 9,255,532 | 8,300,509 | 955,023 | |
| 合 計 | 26,850,000 | 24,800,000 | 2,050,000 | |

支 出 の 部

| 科 目 | 平成2年度予算額 | 前年度予算額 | 増(△)減 | 摘 要 |
|-------|-------------|-------------|-------------|---------------------------|
| 会誌発行費 | 17,840,000円 | 14,990,000円 | 2,850,000円 | |
| 印刷費 | 12,500,000 | 10,760,000 | 1,740,000 | 会誌81～84号, 2,500千円×4, 未払金 |
| 原稿料 | 2,100,000 | 1,680,000 | 420,000 | " 420千円×4, " |
| 編集費 | 490,000 | 350,000 | 140,000 | " " " |
| 運賃送料 | 2,750,000 | 2,200,000 | 550,000 | " " " |
| 事業費 | 3,250,000 | 2,350,000 | 900,000 | |
| 研究会賞 | 250,000 | 250,000 | 0 | |
| 研修会諸費 | 2,900,000 | 2,000,000 | 900,000 | 会場借料, 講師謝金, テキスト, 前年度未払金等 |
| 資料費 | 100,000 | 100,000 | 0 | |
| 会議費 | 400,000 | 400,000 | 0 | |
| 事務費 | 4,100,000 | 4,100,000 | 0 | |
| 委託費 | 2,000,000 | 2,000,000 | 0 | 賃金@5,500×20日×6ヶ月, 手当 |
| 通信費 | 500,000 | 500,000 | 0 | |
| 旅費交通費 | 200,000 | 200,000 | 0 | |
| 広告手数料 | 670,000 | 670,000 | 0 | 2,250千円×0.3 |
| 事務室費 | 130,000 | 130,000 | 0 | |
| 消耗品費 | 300,000 | 300,000 | 0 | |
| 雑費 | 300,000 | 300,000 | 0 | |
| 小計 | 25,590,000 | 21,840,000 | 3,750,000 | |
| 予備費 | 1,260,000 | 2,960,000 | △ 1,700,000 | |
| 合 計 | 26,850,000 | 24,800,000 | 2,050,000 | |

農業土木技術研究会役員名簿（平成2年度）

| | | |
|-------|-------|------------------|
| 会 長 | 平井 公雄 | 水資源開発公団理事 |
| 副 会 長 | 平松 雄祐 | 構造改善局建設部長 |
| | 志村 博康 | 東京大学教授 |
| 理 事 | 中道 宏 | 構造改善局設計課長 |
| | 黒澤 正敬 | 水利課長 |
| | 岡本 芳郎 | 主席農業土木専門官 |
| | 古屋 修 | 関東農政局建設部長 |
| | 白石 英彦 | 農業工学研究所長 |
| | 黒川 義孝 | 北海道開発庁農林水産課長 |
| | 川田 弘二 | 茨城県農地部長 |
| | 杉浦 英明 | 水資源開発公団第二工務部長 |
| | 坂根 勇 | 土地改良建設協会専務理事 |
| | 中島 哲生 | 農業土木事業協会専務理事 |
| | 渡辺 滋勝 | 三祐コンサルタンツ副社長 |
| | 伊東 久彌 | 西松建設常務取締役 |
| | 塚原 真市 | 大豊建設常務取締役 |
| 監 事 | 荒井 聡 | 関東農政局設計課長 |
| | 西岡 公 | 日本農業土木コンサルタンツ副社長 |
| 常任顧問 | 谷山 重孝 | 構造改善局次長 |
| | 中川 稔 | 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 | |
| | 小林 国司 | 畑地農業振興会会長 |
| | 梶木 又三 | 全国土地改良事業団体連合会副会長 |
| | 福田 仁志 | 東京大学名誉教授 |
| | 福沢 達一 | 農業土木会館代表取締役社長 |
| 編集委員 | 岡本 芳郎 | 構造改善局設計課 |
| 常任幹事 | 宮本 泰行 | 事業計画課 |
| 編集委員 | 柴田 知広 | 設計課 |
| | 萩原 恒躬 | 整理課 |
| | 高祖 幸晴 | 設計課 |
| 総務部長 | 久郷 徳壽 | 全国農業土木技術連盟総務部長 |
| 幹 事 | 進藤 惣治 | 構造改善局地域計画課 |
| 編集委員 | 合屋 善之 | 資源課 |
| | 印藤 久喜 | 事業計画課 |
| | 島田 敏夫 | 施工企画調整室 |
| | 窪 豊則 | 水利課 |
| | 吉岡 裕次 | |
| | 内藤久仁彦 | 整備課 |
| | 渡辺 巧 | 開発課 |
| | 志野 尚司 | 開発課 |
| | 谷 省治 | 防災課 |
| | 篠原 行雄 | 関東農政局設計課 |

幹 事
編集委員

| | |
|-------|---------------|
| 丹治 肇 | 農業工学研究所水工部 |
| 佐藤 勝彦 | 国土庁調整課 |
| 仰木 文男 | 水資源公団第2工務部設計課 |
| 土岐 昭義 | 農用地整備公団業務部業務課 |
| 松富 恒雄 | 財団法人農業土木総合研究所 |

賛 助 会 員

| | |
|----------------|-------|
| 荏原製作所 | 3口 |
| 大林組 | |
| 熊谷組 | |
| 佐藤工業 | |
| 三祐コンサルタンツ | |
| 大成建設 | |
| 玉野総合コンサルタント | |
| 電業社機械製作所 | |
| 西島製作所 | |
| 西松建設 | |
| 日本技研 | |
| 日本水工コンサルタント | |
| 日本農業土木コンサルタンツ | |
| 日本農業土木総合研究所 | |
| 間組 | |
| 日立製作所 | |
| Fe石炭工業技術研究所 | (17社) |
| 青木建設 | 2口 |
| 奥村組 | |
| 勝村建設 | |
| 株木建設 | |
| 栗本鉄工所 | |
| 三幸建設工業 | |
| 住友建設 | |
| 大豊建設 | |
| 竹中土木 | |
| 田中建設 | |
| 日石合樹製品 | |
| 前田建設工業 | |
| 三井建設 | |
| | (13社) |
| INA新土木研究所 | 1口 |
| アイサワ工業 | |
| 青葉工業 | |
| 旭コンクリート工業 | |
| 旭測量設計 | |
| 伊藤工業 | |
| 茨城県調査測量設計研究所 | |
| 上田建設 | |
| ウォーター・エンジニアリング | |

| | | | |
|------------------|---|--------------------|-------------|
| 梅林建設(株) | 〃 | 福岡県農林建設企業体岩崎建設(株) | 〃 |
| エスケー産業(株) | 〃 | 福本鉄工(株) | 〃 |
| (株)大本組 | 〃 | (株)婦中興業 | 〃 |
| 大野建設コンサルタント(株) | 〃 | (株)豊蔵組 | 〃 |
| 神奈川県農業土木建設協会 | 〃 | 北海道土地改良事業団体連合会 | 〃 |
| 技研興業(株) | 〃 | (株)北海道農業近代化コンサルタント | 〃 |
| (株)木下組 | 〃 | 堀内建設(株) | 〃 |
| 岐阜県土木用ブロック工業組合 | 〃 | 前田製管(株) | 〃 |
| (株)クボタ建設 | 〃 | 前沢工業(株) | 〃 |
| (株)クボタ(大阪) | 〃 | 真柄建設(株) | 〃 |
| (株)クボタ(東京) | 〃 | (株)舛ノ内組 | 〃 |
| 京葉重機開発(株) | 〃 | 丸伊工業(株) | 〃 |
| (株)古賀組 | 〃 | 丸か建設(株) | 〃 |
| (株)古郡工務所 | 〃 | (株)丸島アクアシステム | 〃 |
| (株)後藤組 | 〃 | 丸誠重工業(株)東京支社 | 〃 |
| 小林建設工業(株) | 〃 | 水資源開発公団 | 〃 |
| 五洋建設(株) | 〃 | 水資源開発公団奈良俣ダム建設所 | 〃 |
| 佐藤企業(株) | 〃 | 宮本建設(株) | 〃 |
| (株)佐藤組 | 〃 | ミサワリゾート(株) | 〃 |
| (株)塩谷組 | 〃 | 山崎ヒューム管(株) | 〃 |
| 昭栄建設(株) | 〃 | 菱和建设(株) | 〃 |
| 新光コンサルタンツ(株) | 〃 | 若鈴コンサルタンツ(株) | 〃 |
| 須崎工業(株) | 〃 | | (78社) |
| 世紀東急工業(株) | 〃 | (アイウエオ順) | 計 108社 155口 |
| 大成建設(株)高松支店 | 〃 | | |
| 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 | 〃 | | |
| 中川ヒューム管工業(株) | 〃 | | |
| 日兼特殊工業(株) | 〃 | | |
| 日本技術開発(株) | 〃 | | |
| 日本国土開発(株) | 〃 | | |
| 日本大学生産工学部図書館 | 〃 | | |
| 日本ヒューム管(株) | 〃 | | |
| 日本プレスコンクリート(株) | 〃 | | |
| 日本舗道(株) | 〃 | | |
| 西日本調査設計(株) | 〃 | | |
| 八田工業(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 | 公団 等 | 学校 | 個人 | 法人 | 外国 | 県 | | 農水省 関係 | 公団 等 | 学校 | 個人 | 法人 | 外国 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 北海道 | 98 | 166 | 4 | 8 | 24 | | | 近畿 | 滋賀 | 44 | 11 | 5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 東 | 青森 岩手 宮城 秋田 山形 福島 | 森 | 44 | | 2 | | | 畿内 | 京都 | 42 | 59 | 1 | 6 | 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 手 | 30 | | 3 | 4 | 大阪 | | | 兵庫 | 22 | | 1 | 5 | 5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 城 | 66 | 4 | 5 | 17 | | | | | 奈良 | 和歌山 | 37 | 11 | | 4 | 4 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 田 | 5 | | 1 | 6 | | | | | | | 小計 | 232 | 113 | 8 | 15 | 21 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 形 | 12 | | 2 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 島 | 49 | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 小計 | 331 | 206 | 4 | 13 | 29 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 北 | 小計 | 331 | 206 | 4 | 13 | 29 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 関 | 茨城 群馬 埼玉 千葉 東京 神奈川 山梨 長野 静岡 | 城 | 53 | 7 | 3 | 9 | | 中国 | 鳥取 | 32 | 13 | | 3 | 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 木 | 31 | | 4 | 2 | 岡山 | | | 山形 | 15 | 15 | | 5 | 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 馬 | 12 | | | | | | | | 広島 | 山口 | 119 | 46 | | 4 | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 玉 | 41 | 13 | 1 | 15 | | | | | | | 徳島 | 香川 | 52 | 6 | | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 葉 | 15 | 12 | 11 | 11 | | | | | | | | | 愛媛 | 高知 | 39 | 2 | | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | |
| | | 京 | 187 | 62 | 4 | 20 | | | | | | | | | | | 小計 | 462 | 103 | | 25 | 20 | | | | | | | | | | | |
| | | 奈 | 20 | | | 18 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 川 | 15 | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 梨 | 39 | 2 | 3 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 野 | 38 | | | 6 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 野 | 100 | 10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 小計 | 513 | 364 | 96 | 26 | 82 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 北 | 新 | 76 | 46 | | 2 | 6 | | 九州 | 福岡 | 23 | 18 | 26 | | | | | | | | | | | | | 4 | 10 | | | | | | | |
| 富 | 60 | 22 | | | 4 | | 佐賀 | | | 長崎 | 23 | 11 | | 3 | | | | | | | | | | | 3 | | | | | | | | |
| 石 | 64 | 70 | | 2 | 7 | | | | | | 熊本 | 大分 | 20 | 6 | | 1 | | | | | | | | | 1 | | | | | | | | |
| 福 | 45 | 4 | | | 1 | | | | | | | | 宮崎 | 鹿 | 25 | 43 | 7 | | 2 | | | | | | | | | | | | | | |
| 小計 | 245 | 142 | | 4 | 18 | | | | | | | | | | 児 | 縄 | 42 | 5 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 東 | 岐 | 76 | 21 | | 4 | 6 | | | | | | | | | | | | 小計 | 253 | 119 | 33 | 8 | 17 | | | | | | | | | | |
| 愛 | 179 | 101 | 43 | 1 | 9 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 三 | 16 | 10 | 6 | 2 | 6 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 小計 | 271 | 132 | 49 | 7 | 21 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 海 | 小計 | 271 | 132 | 49 | 7 | 21 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 合計 | 2,405 | 1,345 | 194 | 106 | 232 | 819 | | 22 | 総合計 | | | | | | | | 5,123名 | | | | | | | | | | | | | | | | |

編集後記

日米構造協議の最終報告に向けて、政府は公共投資10ヶ年計画の策定作業を進めている。

89年7月、宇野元総理がアルシュサミットに出席された折、ブッシュ米大統領と経済政策協調へのコミットメントについて会談され、共同してステートメントが発表された。かくして、現在、日本にとって厳しい構造協議が開始されたのである。

この間、米国側は大きく分けて6分野、240項目における膨大な要求を日本政府に対し突きつけ、その1つに「日本のGNPに占める公共投資の比率は80年代に入って低下している。今後3～5年程度で10%まで公共投資を増すといた目標を設定すべきだ」とし、「道路に公園、下水道、高速道路など生活関連の社会資本を増してほしい」と強く主張している。このことについては、米側から指摘されるまでもなく日本が自発的に取り組むべき性質の問題である。

これからの10年間は、国民生活の質の向上に重点を置いた分野に公共投資が展開されると思う。農業基盤

整備事業についても、農村地域特有の緑豊かな自然、風土等を基盤とし、快適でゆとりとうるおいのある居住環境の実現に向けて投資の重点が移行するものと予想される。これについて農政審議会は、「21世紀へ向けての農政の基本方向」の展望の中で、活力ある農村社会の建設について、その方向を示している。

農村は、今、若年層が都市へと流出し、逆に都市から高齢者の還流が重なって、以前にも増して深刻の度合を強めている。また、我が国の農業、農村における整備については、高度成長時代に多額の投資が行われ、それらの施設が21世紀初頭には耐用年数を超えるようになり施設の老朽化という新たな問題を抱えることになると思う。

こうした点を踏まえた農村地域整備の手法を確立することが急務であるが、当面は全国各地で展開されている実施事例の中から、更に研究を深めるのに価する事例を広く紹介し、そのための本誌の積極的な活用を期待したい。(島田 敏夫)

水と土 第81号

平成2年6月30日発行

発行所 〒105 東京都港区新橋5-34-4
農業土木会館内

農業土木技術研究会
TEL (436) 1960 振替口座 東京 8-2891

印刷所 〒161 東京都新宿区下落合2-6-22

一世印刷株式会社
TEL (952) 5651 (代表)