

水と土

No.151
2007

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



印旛沼（千葉県印旛村）

恩沙留川排水路河口施設の機能低下と改修方策 (本文17頁)



導流堤



汀線保護工



漂砂防止工

施設状況

防潮水門堰柱基礎杭の被圧地下水低下対策について (本文43頁)



鋼管杭打設状況 (一次施工：H14.12)



鋼管杭からの湧水状況 (一次施工：H15.1)

神流川頭首工におけるハーフコーン型魚道の設計・施工について (本文50頁)



コンクリート打設直後



完成後の通水状況

“ぬばたま貝” によるため池水質浄化の取り組み (本文87頁)



ぬばたま貝



“ぬばたま貝” の放流

十津川・紀の川分水における歴史的土壌改良施設の継承 (本文116頁)



龍之渡井 (※和歌山県登録有形文化財)



下淵頭首工

水と土

C o n t e n t s

2007 DECEMBER No.151

◆お知らせ

- 平成19年度農業土木技術研究会研修会の開催案内 5
- ◆報文内容紹介 7
- ◆会員の皆様へお知らせ 9
- ◆アンケート調査結果集約レポート 10

□巻頭文

- 農業農村整備の地球環境保全への貢献
御前孝仁 15

□報 文

- 恩沙留川排水路河口施設の機能低下と改修方策
佐々木雅史・星野香織・坂田年隆・中村和正 17
- 岩崎逆サイホンの施工に伴う周辺地下水利用への影響について
木村 充 22
- 鉄筋コンクリートフリーム水路におけるセメントの水和熱に起因するひび割れ照査事例
片山靖志 31
- 親水性に配慮した分水槽の設計
浦場一之 38
- 防潮水門堰柱基礎杭の被圧地下水低下対策について
齋藤 正 43
- 神流川頭首工におけるハーフコーン型魚道の設計・施工について
加藤修一 50
- 小田ダムの試験湛水及びその後の状況について
齊藤 勉・佐藤章悦・佐藤喜久夫・渡辺孝志・小菅達也 58
- コンクリートダムの施工段階における温度応力解析について
平林詩朗 70
- 塩水浸入阻止型地下ダムについて
井手原克澄 80
- “ぬばたま貝”によるため池水質浄化の取り組み
三輪 顕 87
- 砕・転圧盛土工法による老朽ため池堤体の補強と漏水防止のためのゾーニングについて
谷 茂・福島伸二・北島 明・五ノ井 淳・西本浩司 92
- 那賀川地区における土地改良施設の歴史標示の実施について
山田達也 105
- GISを活用した国営造成施設の管理手法
- 管理予定者の意思と管理手法にGIS導入して -
武市健太郎・小島康宏・菊池正巳 111

□歴史的土壌改良施設

- 十津川・紀の川分水における歴史的土壌改良施設の継承
愛宕徳行 116

- ◆会告 120
- ◆入会案内 121
- ◆投稿規定 123

●表紙写真● 『雪化粧』印旛沼(千葉県印旛村)

写真提供: 疏水のある風景 写真コンテスト(2006年)入選作品 千葉県 鈴木 康雄

平成19年度農業土木技術研究会研修会の開催案内

農林水産省では、農業水利施設のストックマネジメントの本格的な導入に向けて、基幹的な農業水利施設の状態を定量的に機能診断し、その診断結果を農業水利ストック情報データベースに構築する作業を今年度より開始した。

機能診断のための調査は、調査施設の種類や重要度等を勘案して調査頻度等を設定し、また、全量的な現地踏査に重点的調査をあわせて行い計画的かつ効率的な実施とすることが重要であり、現地適用性の面からも適切なものを選定する必要がある。一方、既存施設の中には、埋設構造物や高所に位置するもの等、容易に機能診断できない立地条件下にあるものも多い。

このような施設に対しては、各研究機関等において安全かつ効率的に機能診断が可能な技術の開発が進められてきており、今後、機能診断調査において新技術の積極的な導入が期待されることから、農業土木技術研究会では、「機能診断に係る新技術の開発」～農業水利施設の的確なストックマネジメントを目指して～をテーマとして研修会を開催する。

1. 開催日時：平成20年1月23日(水) 10：00～16：30（受付は9：15より行います。）
2. 開催場所：科学技術館（サイエンスホール）TEL 03-3212-8485 FAX 03-3212-8485
東京都千代田区北の丸公園2-1
3. プログラム

時 間	プログラム	講演のポイント	講 師 等
10:00	開会挨拶		農業土木技術研究会 会長 太田信介
10:10	研究会賞表彰		
10:30	ストックマネジメントの概要と課題	ストックマネジメントの基本となる考え方と、予算制度、及び技術的課題と今後の技術者の役割について	農村振興局 水利整備課 施設管理室 課長補佐 杉山一弘
11:10	水力発電所土木設備の維持管理技術	水力発電所土木設備の点検・診断技術及び電力設備総合管理システムについて紹介	東京電力株式会社 電力流通本部 工務部 工務土木グループ グループマネージャー 赤松英樹
11:50	昼食		
13:00	ストックマネジメント実務の推進と今後の課題について	ストックマネジメント実務の進捗状況と、これに伴い浮上してきた今後の課題等について紹介	関東農政局 利根川水系土地改良調査管理事務所 保全対策センター 技術調整課長 栗田 徹
13:40	PC管本体の劣化事例と調査・診断手法の検討状況	水資源機構におけるPC管の劣化事例及び管本体の劣化に関する調査・診断手法の検討内容について紹介	(独)水資源機構 総合技術推進室 水路グループ長 伊藤保裕
14:20	弾性波を用いた非破壊診断技術によるコンクリート構造物の現況調査について	農業水利施設を含むコンクリート構造物の非破壊診断技術の概説、計測理論、応用事例の紹介	アブラトリアナ株式会社 代表取締役 境 友昭
15:00	休憩		
15:10	サーモグラフィ法による構造物診断	コンクリート構造物における表面の剝離、背面空洞等の変状を、コンクリート面の温度分布より診断する遠隔・非接触調査法について紹介	TVS 構造物診断研究会 小出 博
15:50	農業用水路の調査診断技術の研究開発	レーザー、CCDラインカメラによる農業用水路の効率的な調査技術及び水理機能診断のための研究事例の紹介	(独)農研機構 農村工学研究所 施設資源部 水利施設機能研究室 主任研究員 森 充広
16:30	閉会挨拶		農業土木技術研究会理事

注) プログラムは都合により変更することがあります。

4. 参加費：農業土木技術研究会 会員 5,000円 非会員 8,000円
 (昼食代は含みません。参加費は当日会場にて申し受けます。)
 *会員とは年会費を納めて機関誌「水と土」が届いておられる方の事をいいます。
5. 参加人数：定員400名(会場の都合により定員になり次第締め切ります。)
6. 農業土木技術者継続教育プログラム認定
 本研修会は、農業土木技術者継続教育のプログラム認定を受けており、受講された方には5単位(予定)が認定されます。
 継続教育登録会員の方は申込書に会員番号を御記入願います。
7. 申込方法：(1)申込期日 平成20年1月11日(金)まで
 (2)申込先 〒105-0004 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 03-3436-1960
 FAX 03-3578-7176
 (3)手紙又はFAXでお申込ください。



科学技術館への案内図・道順

- 地下鉄
 - ・東西線 竹橋駅下車(1B出口)
 - ・半蔵門線・都営新宿線
九段下駅下車(2出口)
- 各駅徒歩約7分

*申し訳ございませんが、当日は外部からの電話の取り次ぎは出来ませんので、急用の場合は、表面のFAXをお願い致します。

キリトリ線

農業土木技術研究会研修会 参加申込書

所属機関名
所在地 〒
電話番号

連絡者

所属	氏名	会員・非会員別	継続教育会員番号	備考

(備考)参加者多数の場合は、この様式で追加して下さい。

水と土 第151号 報文内容紹介

恩沙留川排水路河口施設の機能低下と改修方策

佐々木雅史・星野香織・坂田年隆・中村和正

直轄明渠排水事業富丘地区は、恩沙留川流域の農地700haの湛水過湿被害を解消するため、昭和55年から平成4年にかけて排水路2条および恩沙留川排水路河口施設（導流堤、汀線保護工、漂砂防止工）を整備し排水改良を実施したものであるが、近年、恩沙留川排水路河口施設に機能低下がみられ、施設管理に支障をきたしている。

本報では、恩沙留川排水路河口施設の機能低下のメカニズム及びその改修方策について報告する。

（水と土 第151号 2007 P.17 企・計）

岩崎逆サイホンの施工に伴う周辺地下水利用への影響について

木村 充

生活用水として多くの井戸が利用されている地域に近接する河川横断サイホンの施工にあたり、工事に伴う地下水利用への影響を事前に予測するとともに、施工中の監視と完了後のモニタリングを実施した。

影響予測にあたっては、地層の条件から井戸関数の適用が不可能と判断し、統計的手法を用いた。

比較的簡便な手法による予測ではあるが、影響の程度および完了後の回復状況は、ほぼ事前の予測どおりとなった。

（水と土 第151号 2007 P.22 設・施）

鉄筋コンクリートフリューム水路におけるセメントの水和熱に起因するひび割れ照査事例

片山靖志

従来、ほとんどの農業水利施設ではひび割れ照査を行うことはなかったが、平成11年の示方書の改訂により、一般構造物にも適用されることとなった。このことを踏まえ、コンクリート構造物における初期欠陥の発生頻度が高い「セメントの水和熱に起因するひび割れ」に着目して、農業水利施設の代表的な構造物である鉄筋コンクリートフリューム水路を対象にコンクリート標準示方書に基づき、3次元温度応力解析によるひび割れ照査を試みた。

（水と土 第151号 2007 P.31 設・施）

親水性に配慮した分水槽の設計

浦場一之

大和紀伊平野農業水利事業は、十津川紀の川土地改良事業で造成された膨大な水路網を、地域社会の変貌に合わせて計画的に改修している。今回桜川支線の改修にあたり、分水槽を土地改良区敷地内に移設することとなり、位置的に多数の訪問者や地域住民の方々が目にするのが予想されるため、景観や親水性に配慮した分水槽の設計を試みることとなった。

本報告では、これを事業の啓発や親水性確保も兼ねた農業水利施設（分水槽）の設計の一例として紹介するものである。

（水と土 第151号 2007 P.38 設・施）

防潮水門堰柱基礎杭の被圧地下水低下対策について

齋藤 正

河川仮締切内に構築する防潮水門の施工に当たり、被圧地下水低下対策として基礎杭周辺からの湧水対策及びそれに伴う水替工法の検討とその施工事例の紹介。

（水と土 第151号 2007 P.43 設・施）

神流川頭首工におけるハーフコーン型魚道の設計・施工について

加藤修一

一級河川利根川水系神流川に位置する神流川頭首工は、建設以来50年以上が経過し、施設の老朽化及び河床低下に伴う機能低下が著しく進行している。このため、国営神流川沿岸農業水利事業によって頭首工の改修工事を実施しているが、特に魚道に関しては、近年採用例が増えているハーフコーン型魚道により施工した。今後、魚類遡上効果のモニタリング調査及び維持管理に係る流下土砂・掃流状況調査を実施していく予定である。

（水と土 第151号 2007 P.50 設・施）

小田ダムの試験湛水及びその後の状況について

齊藤 勉・佐藤章悦・佐藤喜久夫
渡辺孝志・小菅達也

小田ダムの試験湛水及び供用開始後11ヶ月の堤体の挙動状況の紹介。

（水と土 第151号 2007 P.58 設・施）

コンクリートダムの施工段階における温度応力解析について

平林詩朗

コンクリートダムにおいてはひび割れ抑制・防止を目的として温度応力解析を踏まえた温度規制が実施されているところであるが、この度、志河川ダムの施工段階において、設計で用いた諸物性値等の検証を行い、施工実績を踏まえた精度の高い温度応力解析を実施したので、その概要を報告する。

（水と土 第151号 2007 P.70 設・施）

塩水浸入阻止型地下ダムについて

井手原克澄

塩水浸入阻止を目的とする地下ダムにおいて、集水施設として設置した取水トレンチの限界取水量と取水影響圏を検討し、併せて取水に伴う地盤沈下を検証した。また、塩水浸入阻止目的で設置した止水壁の止水効果の確認のため、温度検層方式を用いて、不透水基盤における地下水の流動状況と透水係数を確認し、止水効果を確認した。

(水と土 第151号 2007 P. 80 設・施)

“ぬばたま貝”によるため池水質浄化の取り組み

三輪 顕

兵庫県東播磨地域の在来種である“ドブ貝（愛称：ぬばたま貝）”を使った水質浄化の取り組み。

“ぬばたま貝”は在来種のタナゴやヨシノボリなどと共生して暮らし、ひとつの生態系を構成している。1個体で1日にドラム缶1本分の水を浄化するとも言われていることから、東播磨のため池が抱えている環境に対する課題（生態系の保全、水質浄化）解決の指標として、生態系が守られた水辺環境の象徴として“ぬばたま貝”を位置づけ各地で保全・再生活動を始めている。

(水と土 第151号 2007 P. 87 企・計)

砕・転圧盛土工法による老朽ため池堤体の補強と漏水防止のためのゾーニングについて

谷 茂・福島伸二・北島 明
五ノ井 淳・西本浩司

築造年代が古いため池は、老朽化により堤体の安定性不足や漏水により早急な改修が必要な例が多い。これらのうち、多くは堤体改修に適した築堤土が入手困難な状況にあり、池内には貯水量低下等の原因となる底泥土等が堆積しその除去処分が必要とされている。筆者らはこのような老朽ため池の効率的な改修を目指して池内に堆積した底泥土を固化処理して築堤土に活用できる砕・転圧盛土工法を開発してきた。砕・転圧盛土工法は、堤体改修と底泥土の除去処分を同時に達成でき、所要の強度と透水性を有する築堤土を人工的に製造できることから急勾配での改修ができるなどの利点を有している。本稿では、これまでに砕・転圧盛土工法による老朽ため池の堤体改修事例が蓄積されてきたことから、これらの改修事例を詳細に調査して、砕・転圧盛土工法による堤体改修する場合の堤体ゾーニングを決定するための留意点について述べている。

(水と土 第151号 2007 P. 92 設・施)

那賀川地区における土地改良施設の歴史標示の実施について

山田達也

昨今進められつつある「土地改良施設の歴史等の標示推進」について、地域に適合する標示基準の策定を目標に、手引きの作成と標示実験を実施した。

(水と土 第151号 2007 P. 105 企・計)

GISを活用した国営造成施設の管理手法 —管理予定者の意思と管理手法にGIS導入して—

武市健太郎・小島康宏・菊池正巳

東海農政局では、国営事業で造成した施設を管理予定者に引き継ぐにあたり、日常の管理業務に必要な資料を容易に検索できるようGISを活用したシステムを構築した。

本報文では、システムの構築にあたり、管理予定者の視点から検討した内容を述べるとともに、システムの基本機能、特徴、今後の課題について報告するものである。

(水と土 第151号 2007 P. 111 企・計)

〈歴史的な土地改良施設〉

十津川・紀の川分水における 歴史的な土地改良施設の継承 愛宕徳行

十津川紀の川総合開発事業は、戦後、全国12水系で策定された復興国土計画要綱の一つとして計画された流域変更をともなう大規模開発事業である。県境を越えた流域変更による分水の実現までの苦労や歴史的協定のほか、築造から半世紀近く経過した現在、老朽化した農業水利施設の更新整備を実施中であり、当該二期事業について紹介する。

(水と土 第151号 2007 P. 116)

会員の皆様へお知らせ

会誌「水と土」の報文電子ファイル化・検索システムを整備しました。

「水と土（農業土木技術研究会会誌）」は、農業農村整備に関わる計画・設計・施工事例や技術的検討内容など、現場技術情報として有益な技術情報がたくさん収録されています。

今回、閲覧や報文検索対応の迅速化を図るため、会誌「水と土」創刊号からNo.140号までの報文を電子ファイル化し、簡易な操作で閲覧及びキーワード検索が可能となるよう検索システムを整備しました。

今後、会員の皆様からの報文検索等のお問い合わせにも、この検索システムを活用し、よりの確かつ迅速に情報提供して参ります。

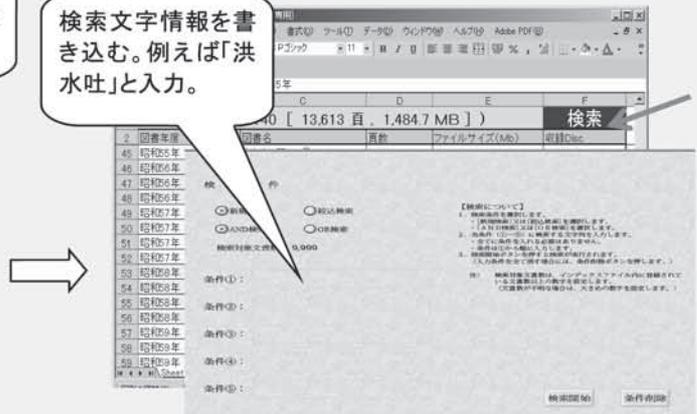
閲覧・検索手順は以下のようなイメージです

水と土DB

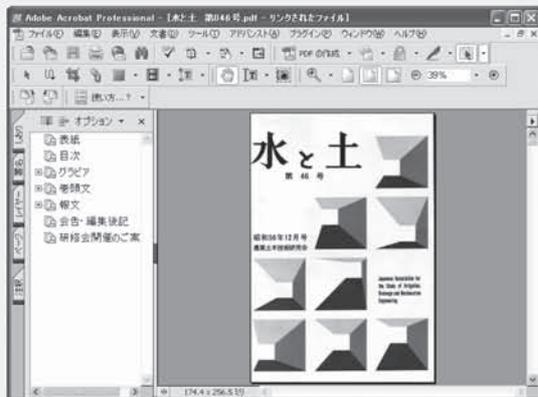
回数	年	題名	頁数	ファイルサイズ(MB)	収録Disc
1	昭和45年				
43	昭和55年	43 水と土 第043号.pdf	100	10.29	Disc 1
44	昭和56年	44 水と土 第044号.pdf	100	11.86	Disc 1
45	昭和57年	45 水と土 第045号.pdf	106	10.43	Disc 1
46	昭和58年	46 水と土 第046号.pdf	98	10.25	Disc 1
47	昭和59年	47 水と土 第047号.pdf	75	8.80	Disc 1
48	昭和60年	48 水と土 第048号.pdf	99	12.12	Disc 1
49	昭和61年	49 水と土 第049号.pdf	108	11.71	Disc 2
50	昭和62年	50 水と土 第050号.pdf	141	20.85	Disc 2
51	昭和63年	51 水と土 第051号.pdf	134	11.79	Disc 2
52	昭和64年	52 水と土 第052号.pdf	86	8.84	Disc 2
53	昭和65年	53 水と土 第053号.pdf	116	10.80	Disc 2
54	昭和66年	54 水と土 第054号.pdf	107	10.42	Disc 2
55	昭和67年	55 水と土 第055号.pdf	104	8.85	Disc 2
56	昭和68年	56 水と土 第056号.pdf	86	9.25	Disc 2
57	昭和69年	57 水と土 第057号.pdf	117	11.81	Disc 2

閲覧したい図書名をクリック。例えば100号をクリック。

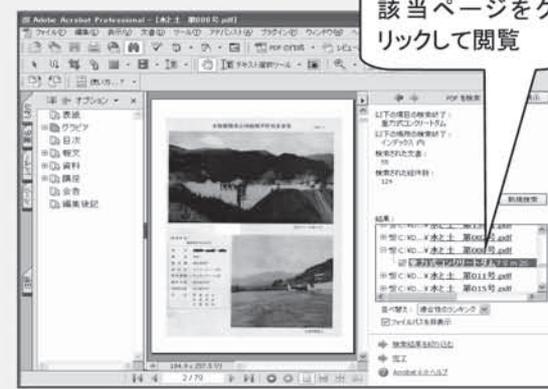
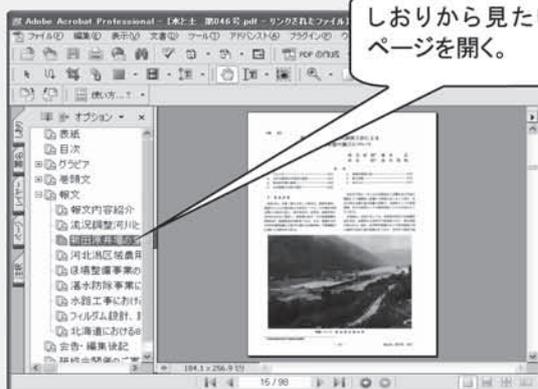
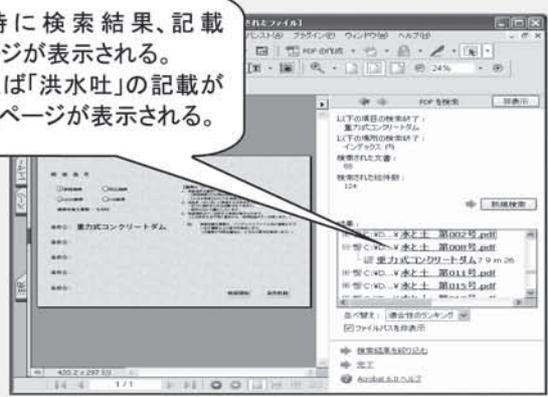
キーワード検索機能を付加



2次、3次検索と絞り込みが可能



瞬時に検索結果、記載ページが表示される。例えば「洪水吐」の記載があるページが表示される。



問い合わせ先：農業土木技術研究会
〒105-0004 東京都港区新橋5-34-4
農業土木会館内 TEL 03(3436)1960 FAX 03(3578)7176
* 検索資料送付にあたっては実費を頂きます。

【アンケート調査結果集約レポート】

*掲載が遅れましたこと、深くお詫び申し上げます。

1. アンケート調査の主旨

農業土木技術研究会の運営にあたっては、魅力ある会誌「水と土」の発行が会の意義の確立、会員数確保において重要であり、農業農村整備事業に従事する技術者を取り巻く社会情勢、求められる技術力も変遷している状況にあることから、会員の意向を把握し、会の運営、会誌の充実を図るため、アンケート調査を実施した。

2. アンケート調査内容

○調査方法

平成19年1月24日研修会（科学技術館）において、会場配布、回収

○調査内容

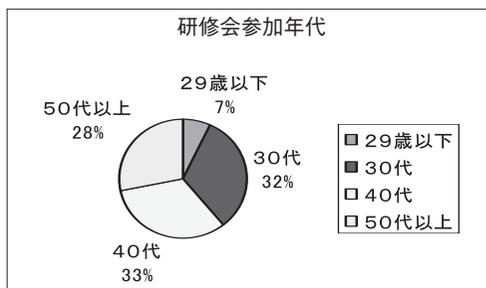
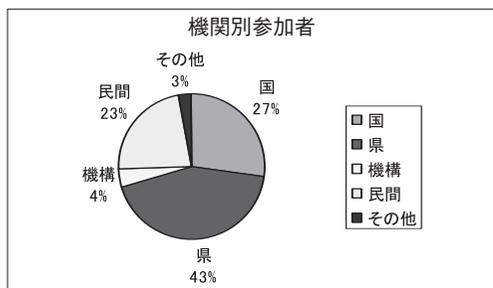
- ①基本事項（記入者の性別、年代、機関、会員）
- ②農業土木技術者の自覚（自覚、一般的な意識）
- ③会誌の活用状況
- ④研修会の感想

3. 調査結果

○回収率

平成19年1月24日研修会は、366名の参加。

アンケートへの回収数は、237名（65%）。（回答者の会員、非会員の比率＝34%：66%）

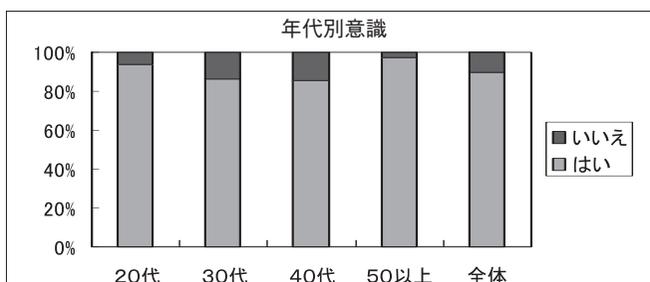


4. 農業土木技術者としての自覚

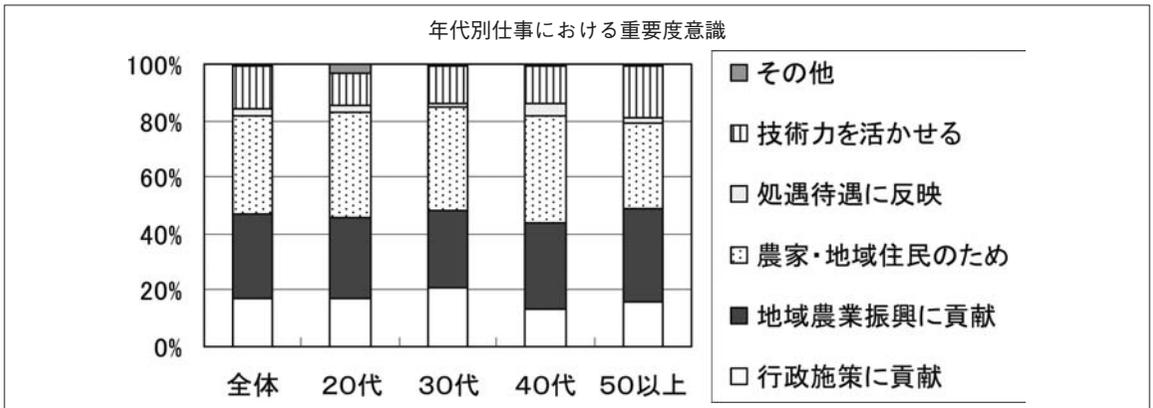
1) あなたは、現在従事している仕事に対して誇りをもっていますか。

全体では、はいが90%で殆どの方が仕事に誇りを持っている。

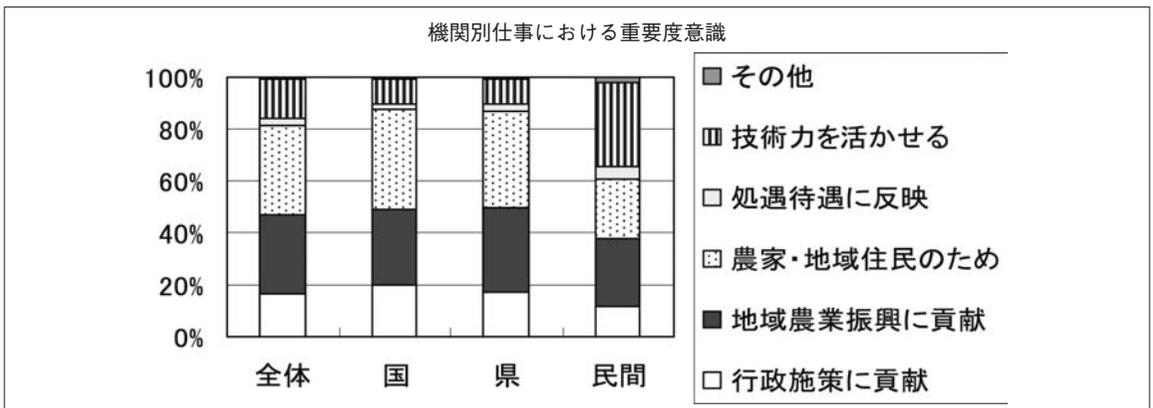
年代別では、20代の方が30代、40代に対して仕事に誇りを持っている人が多い。



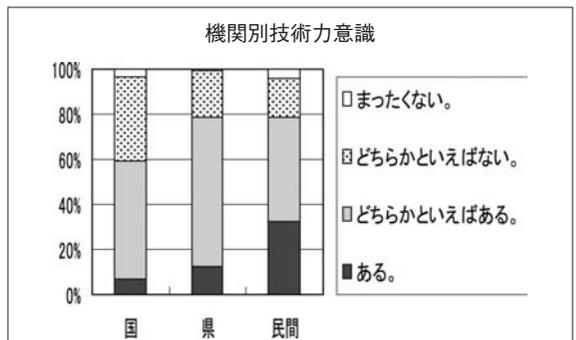
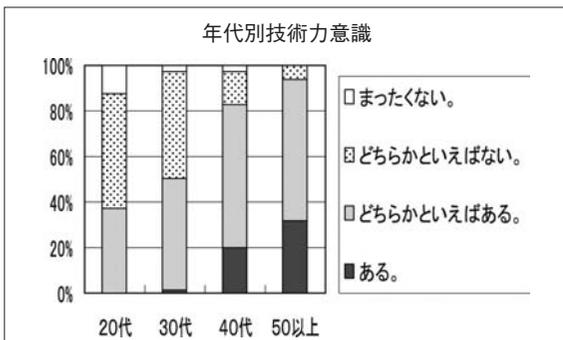
- 2) あなたにとって、仕事に対してやり甲斐を持って働く上で重要なものは何ですか。(3つ以内で答)
 どの年齢層でも1位：農家・地域住民のため、2位：地域農業振興に貢献、3位：行政施策に貢献の順。
 いずれも農家・地域への貢献が仕事への根幹となっている。



機関別では、行政側に対し、民間技術者では自身の技術力を活かせるという意識が高い。

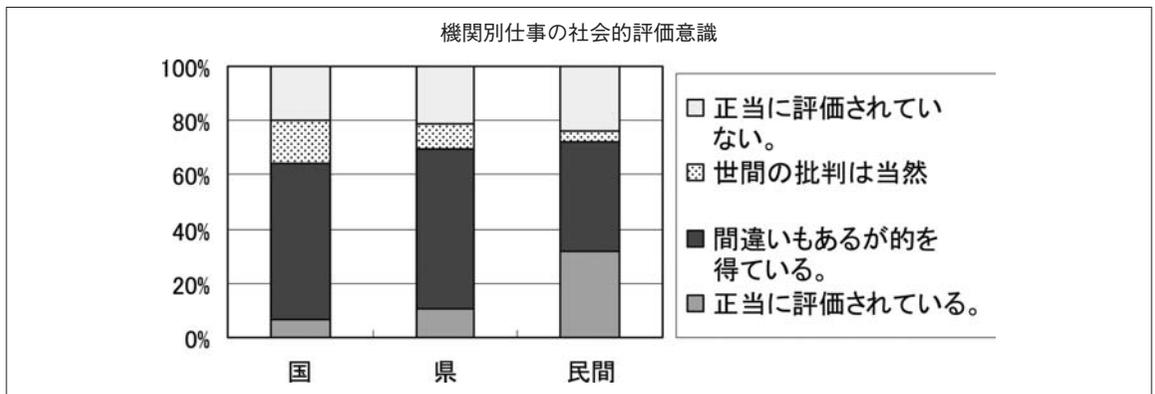
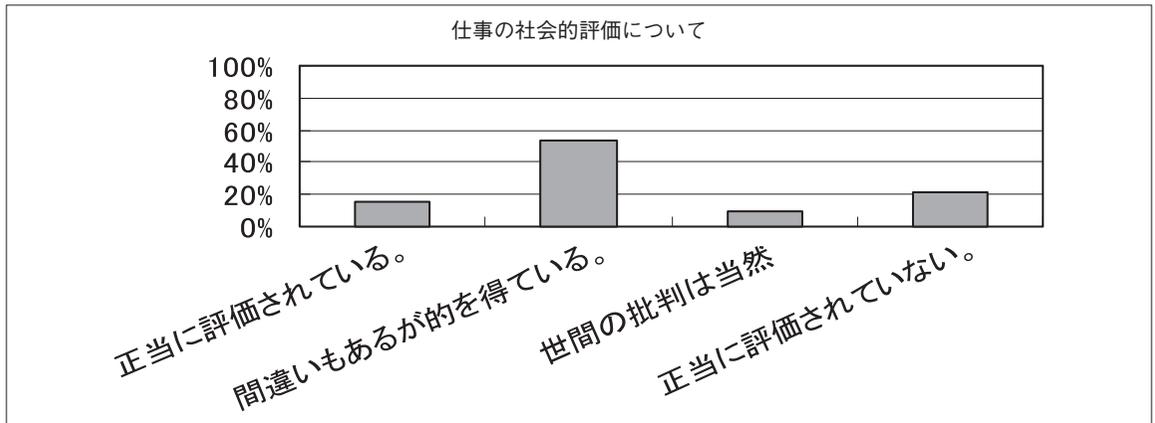


- 3) 農業農村整備に係わる技術力があるかの設問について
 若い世代ほど、自身の技術力が低いと考えている。年代が上がるほど、自身の技術力に自信を持っている。

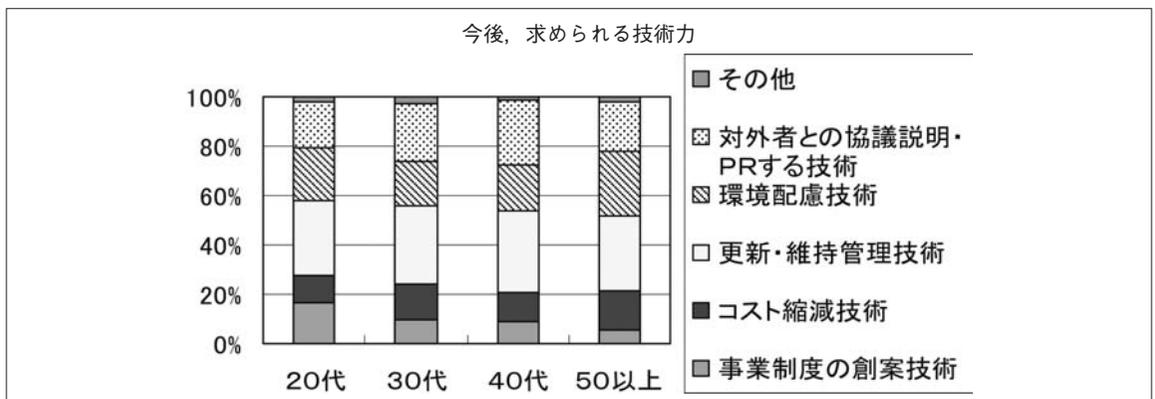


機関別の意識傾向としては、行政より民間の技術者が技術力への自信が高い。一方、行政側では、県職員が国職員より高い傾向がある。

- 4) 現在従事している仕事は、社会（世間）からどのように評価されていると思いますか。
 約7割の方が「正当に評価」、「間違いもあるが的を得ている」と回答。
 機関別では、国より県、県より民間の技術者が現在の仕事が社会的に評価されていると意識。



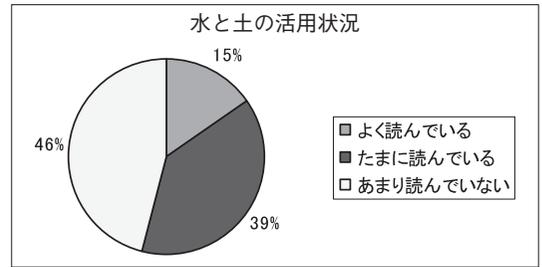
- 5) 今後、農業土木技術者には、更にどのような技術力が求められると考えるか（3つ以内で回答）
 年代別集計結果



各年代層とも、1位：更新・維持管理技術。なお、30～40代の中堅技術者は、「対外者との協議説明・PRする技術」の必要性が高いと意識しており、若い世代は、「事業制度の創案技術」の必要性を意識している。

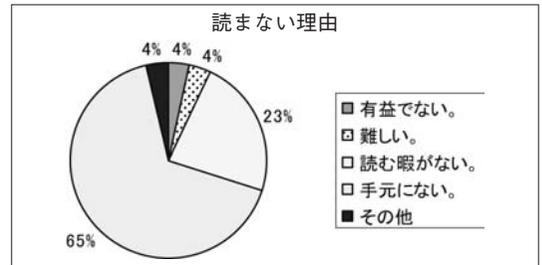
5. 会誌「水と土」の活用状況

1) 会誌「水と土」をよく読まれるか
54%の方が読んでいると回答。



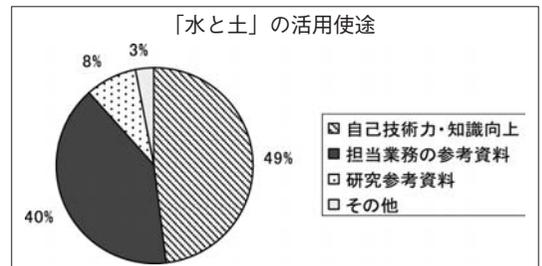
2) 上記設問であまり読んでいない方の理由は、以下のとおり。

「あまり良く読まない」と回答した方は106人。
その内、「手元にない」という理由が65%で一番多い（回答者は全て非会員）。
報文内容に起因する理由は、8%。
一方で読む暇がないは、23%。



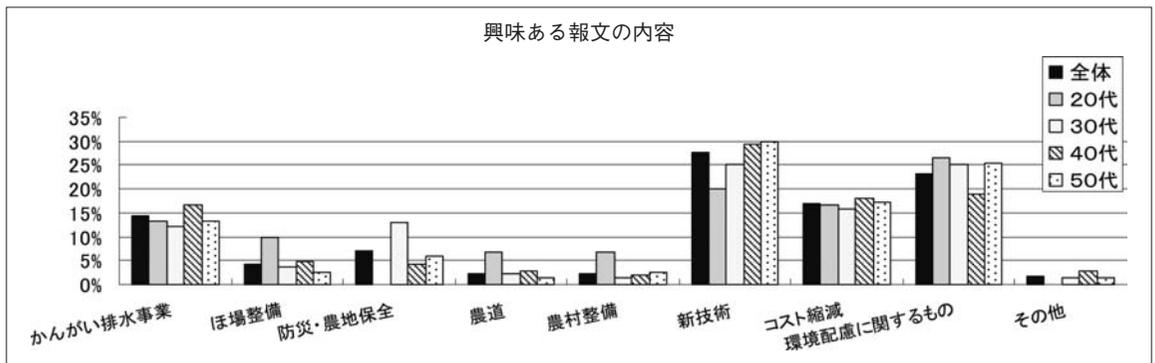
3) 「水と土」をどのように活用しているか

「技術力研鑽」（48%）、「担当業務の参考資料に活用している」（40%）で、約9割を占め、日々の業務に活用していることが伺える。



4) 興味ある技術分野

- ①上位から「新技術」（28%）、「環境配慮に関するもの」（23%）、「コスト削減」（17%）。
- ②年齢別には、30代までの若い世代で環境配慮への関心が高く、30代以降は新技術に対する関心が高い。



5) 会誌「水と土」に関する意見について（自由記入）

①会誌の活用について

- ・関係機関誌の中で最も現場に近い具体的なものであり、とても良い。毎回の会誌のなかで報文概要を一通り見て業務上関係のある報文について詳細に読んで参考としている。
- ・農土学会と違う現場技術者のための実例的等参考となる様な報文がうれしい。
- ・現場と研究が一体化している。ほとんどの報文が現場に即していて、解り易く、大いに参考になる

- ・以前の職場でよく回覧されていた頃は自己啓発の意味で拝読していた。引き続きアカデミックの香り高い報文の掲載を期待する。

②紙面について

- ・会員の簡易な情報交換の誌面を充実してほしい
- ・持ち運びし易いよう小さいサイズにすべき。農業土木関連以外の方にも執筆を依頼すべき
- ・A4版にしてもらいたい、カラー頁にしたり字を大きくして読み易くしてほしい。
- ・報文中の写真、図表はカラー化が望ましい
- ・再生紙の利用はできないのか。

6. 研修会についての意見

昨年度（平成18年度）の研修会のテーマは、「農業水利施設のストックマネジメントの確立へ向けた取組」として施策方向、現場適用に向けた取組状況、現地の施工事例、他分野での実践事例の講演を行った。

- 1) 研修参加者の感想は、参考となったが96%と高い。
- 2) 参加者から最も興味深い講演との評価を受けたのが、首都高速道路の構造物維持管理へのアセットマネジメント導入の講演（52%の支持）。情報が得にくい他分野での先進的な取組への感心が高い。
- 3) 本年度の研修会テーマについての要望としては、コスト縮減、ストックマネジメントに関するもの、環境配慮等であった。

7. 総合考察（まとめ）

以上のアンケート結果を踏まえ、今後の会誌「水と土」の充実に反映させることが必要。

1) 農業土木技術者としての自覚について

農業土木技術者の意識は、大規模施設を造る時代から、施設の維持保全、環境との一層の調和等に軸足を移しつつある。

今回のアンケートでも「農家・住民の負託に応えていきたい」との意識が示されるとともに、更新・維持管理技術、対外者との協議説明・PRする技術、環境配慮技術の必要性が示されたことは、農業土木技術者として適確に社会の要請に応えていきたいとの強い意向が伺えた。

2) 会誌「水と土」の活用状況について

「水と土」の現場実践技術の情報発信という目的が、自己技術力・知識向上、担当業務の参考という形で活用に結びついている点がアンケート結果から読みとれた。

会誌の読まれ方は、会員非会員で会誌が手元にあるか等の課題もあるが、会員確保を通じて、「会誌」情報を広く行き渡らせる更なる取組が必要。

3) 研修会の充実

この研修会は、S52年度から毎年実施されてきており、昨年度（平成18年度）で30回目の開催。

研修会のテーマは、毎年度農業土木を巡る情勢を踏まえ、決定している。会員の意向をより適確に反映したテーマ設定を行っていきたい。

4) 会誌改善要望について

①再生紙の利用については、リサイクルの観点から重要であるが、白黒印刷のため、再生紙を使用すると画質が不鮮明となるため、見やすさを優先し、今後もこれまでどおりとする。

②A4版化について、印刷会社へ確認した結果、文字のポイントを上げる必要から、ページ数は変更ないが、紙代、印刷代で約1.2倍（2割増）となり、予算的に厳しい。今後の検討課題としたい。

③会員の簡易な情報交換の誌面を充実してほしいのとの要望について、現行では「水と土」通信というコーナーで会員からの意見要望を吸い上げるようにしているが、これまで会員からの通信はない。

編集事務局からインフォメーション的に各地からトピックを聞き取り掲載する。または、会員の方に各地の情報を提供して頂くような紙面の構成を検討して行きたい。

農業農村整備の地球環境保全への貢献

御前 孝仁*

(Takahito MISAKI)

環境問題や環境汚染など「環境」という言葉が新聞やテレビで報道され始めたのは昭和40年代の終わり、1970年代ではなかったろうか。それまでは、水俣病、イタイイタイ病、四日市喘息、川崎大気汚染などの社会問題は「公害」というカテゴリーで分類されていたように思う。昭和47年にはストックホルムで国連人間環境会議が開催されて地球規模での環境保全にたいする行動計画が主要国の間で合意されたという点で画期的な年であった。同時期に発刊され、ベストセラーとなったローマクラブの「成長の限界」*1では、スーパーコンピューターを駆使して未来予測を行い、このままのペースで人間の開発活動が継続すれば21世紀には石油を始めとして資源が枯渇し、人類は衰退するといった内容であった。実際にオイルショック等もあって日本国内ではガソリンを始め諸物価が高騰し社会が騒然としたことを記憶している。「成長の限界」が鳴らす警鐘も有り得ない話ではないかも知れないと感じた。とはいえ現実には人類の衰退といってもまだ100年も先の話で自分にとって身近な問題とは考えられなかった。せいぜい間近に迫った就職面接に役に立つかもしれない知識、という程度の認識であったように思う。自分が生涯の生業とする農業土木の灌漑排水や農地整備の技術が地球環境とどう関わって行くのか、想像もつかないというのが正直なところであった。

その後1992年にはリオデジャネイロで世界環境サミット、1997年には京都で地球温暖化防止会議が開催されるなど人間社会は地球環境保全の取組を世界的規模で弛まなく続けてきた。しかし現在世界人口は65億人に達し2050年には90億人に膨れ上がる見込みと言われている。我々に直接関係する食料需要を見ると、世界の穀物需要は、所得向上に伴う食生活の多様化を踏まえ、開発途上国を中心に2000年の19億トンから2050年の30億トンに増加するという。こうした需要の増加に対して、水資源不足や地球温暖化の影響などの不安定要因が存在している。実際2006年では1970年代前半と同様の低水準となっているという*2。2050年地球は90億人の人間を扶養できるのか、嘗て「成長の限界」で示された警告のベルが耳元で鳴っているようだ。食糧供給の一翼を担っている「水と土」技術者のわれわれに課せられた課題は決して小さくない。

それでは、農業農村整備の分野でこうした世界の人口増加や食料需要増加という地球環境に大きな影響を与える動きに対して手を拱いてきたわけではない。緩やかではあるが着実に環境保全や生物多様性への取組を本格化させてきている。その一つが平成13年の土地改良法改正で、土地改良事業が「環境との調和への配慮」しつつ、実施されなければならないという原則が明記されたことである。それまでも土地改良事業では、地域の実情に応じて、環境の保全、調和に努めてきていたわけであるが、この法改正により、

*関東農政局土地改良技術事務所 (Tel. 048-254-0511)

環境保全との両立を図る取組の重要性が最認知された。農業農村整備分野も自ら刻々と変化を遂げているのである。

しかし今後半世紀に生じるであろう地球規模での環境保全のニーズ、食糧需要の増大等の変化はこれまでの半世紀の変化とは速度もスケールも異なったものとなる。そうした中でそれらのグローバルな課題の解決に寄与していくために農業農村整備事業が今後どのような変化を自らに課していく必要があるであろうか。牽強付会の誇りを受けるかもしれないが、食料自給率の向上を通じた資源管理向上とライフサイクルコスト管理による資源の節減による環境保全への貢献という二点を挙げたい。

自給率向上が現在農政の最重要課題のひとつであることは論を待たない。わが国の食料自給率は平成27年度に45%を目標と競ってしているが、ここ数年、40%前後で停滞しており、目標の達成は、決して容易な状況ではない。40%の自給率とは即ち60%の食料を輸入しているということである。また土地水資源の観点から見れば年間に約900億トンの水と600万haの土地を海外に依存していることになる。自給率を5%上げるという事は、75億トンの水資源と50万haを世界的に逼迫する食糧需給の緩和に貢献することとなる。勿論食料自給率の向上に農業農村整備一部寄与するに過ぎない。しかし、わが国が海外に賦存するこれらの資源はこれまで同様、長期的、安定的に依存が可能であるとは言えない。米国でトウモロコシの価格が急騰している原因にバイオエタノール原料への供給転換が進んでいるといわれている。また経済成長著しい中国では年間数百億トンの水不足が起きている。我が国の60%の食料輸入が、水と農地資源の輸入が、今後とも安定的に確保される保証は何処にもない。こうした近未来の危機を見越して国内の潜在的な土地・水資源を最大限に利活用する技術開発や工夫を「水と土」技術者はじっくり腰を据えて考えていく必要がある。

もうひとつは、事業のライフサイクルコスト（LCC）管理による資源節減である。ストックマネジメントの活用、コスト縮減ノウハウの応用・普及等により直接的に資源節減の実現が期待できる。LCC管理の成功には個別の事業毎にその背景を踏まえた管理手法が適用されなくてはならないと言うことに留意しなくてはならない。したがって、LCCに関わる人材の育成・訓練が欠かせないだろう。LCC自体が低く管理することは手段であって目的ではない。初期の事業効果との関連で評価を行うことが不可欠である。またライフサイクルを通じてステークホルダー（広い意味での事業の関係者）との情報共有を確保する必要があるだろう。LCCの管理はわが国での活用も勿論有効であるが、ライフサイクルコスト管理のノウハウを蓄積し、手法を確立することにより、人口増加が著しく近い将来に食糧需要の急増を迎える開発途上国に適用・普及していくことが可能となれば、まさに地球規模の環境保全を進める上で大きな価値を有するツールとなるのではないだろうか。LCCにかかる人材育成・手法開発は決して容易ではないけれども我々技術者にとって喫緊に取り組むべきやりがいのあるテーマだ。

2050年を待つまでもなく地球温暖化等の影響が身近に迫っている。我々「水と土」技術者がやれること、やらなくてはならないことを常に念頭に置いて、日々の業務に臨みたい。

*1：成長の限界 — ローマクラブ 人類の危機レポート — 1972年 ダイアモンド社

*2：平成19年版食料・農業・農村白書 2007年 農林水産省

恩沙留川排水路河口施設の機能低下と改修方策

佐々木 雅 史* 星 野 香 織** 坂 田 年 隆*** 中 村 和 正****
 (Norihito SASAKI) (Kaori HOSHINO) (Toshitaka SAKATA) (Kazumasa NAKAMURA)

目 次

1. まえがき	17	5. 機能低下原因とそのメカニズムについて	20
2. 概要	17	6. 改修方法について	20
3. 調査方法	18	7. あとがき	21
4. 調査結果	19		

1. まえがき

直轄明渠排水事業富丘地区（以下、基本事業と記す）は、北海道網走支庁管内興部町東部の酪農地帯である恩沙留川流域の農地700haの湛水過湿被害を解消するため、昭和55年から平成4年にかけて排水路2条及び河口施設（導流堤、汀線保護工、漂砂防止工）を整備し排水改良を実施したものである。近年、河口施設に機能低下がみられ河口閉塞が頻発するようになり、施設の管理者である興部町は、土砂上げを実施し、施設の維持管理に努めているが、維持管理費が増加している状況にある。

本報では、恩沙留川排水路河口施設の機能低下のメカニズム及び改修の方策について報告する。

2. 概要

(1)地域及び農業の概要

興部町は、北海道網走支庁管内の北西部に位置し（図-1）、農業と漁業を基幹産業としている。北はオホーツク海、南西は北見山地に接し、付近を流れる1級河川渚滑川や普通河川恩沙留川等の河川はいずれも北見山地からオホーツク海へ注いでいる。これら河川の流域は酪農地帯となっており、乳牛約11,000頭、肉牛約2,000頭が飼育されている。生乳生産量は年間45,736tで網走管内4位であり、JAおこっぺでは牛乳付加価値事業として



図-1 富丘地区位置図及び鳥瞰図
 (紋別港から沙留漁港までは約14km)

「おこっぺアイス」の製造販売等を行い、地元で愛される製品づくりを目指している。

(2)基本事業の概要

富丘地区を流下する恩沙留川及び柳川は、ともに原始河川であり、蛇行、断面不足、河口閉塞により湛水過湿被害が深刻で営農に支障を来していた。昭和55年に着工した基本事業により恩沙留川排水路、柳川排水路及び河口施設が整備され、湛水及び過湿被害が解消された。

(3)河口施設の概要

恩沙留川は河口部の河川流量が極端に小さく、河床勾配も緩やかであるため、小さな波でも容易に河口閉塞を起こしてしまう。そのため、恩沙留川の掃流力を確保し、恩沙留川河口の堆砂を防ぐ目的で基本事業により導流堤（図-2）を設置した。導流堤は、恩沙留川の現況流心に合わせて、海岸線に沿って定めた基線から50度の角度で突出しし、模型実験により漂砂の堆砂を最も効率よく防ぐ形状とした。構造は、鋼矢板、上部の天端コンクリート、中詰め土砂、間仕切りの鋼矢板及び海側の消波ブロックから成っている。鋼矢板は海

*北海道開発局農業調査課 (Tel. 011-709-2311 内5536)

**北海道開発局網走開発建設部農業開発第2課

(Tel. 0152-44-6171)

***北海道開発局網走開発建設部農業開発第1課

(Tel. 0152-44-6171)

****(独)土木研究所寒地土木研究所水利基盤チーム

(Tel. 011-841-1764)

側と川側の二重矢板構造となっており（図-3）、内部は18の区画に分割されている（図-4）。波圧には消波ブロック、鋼矢板及び中詰め土砂の背面土圧により対応している。

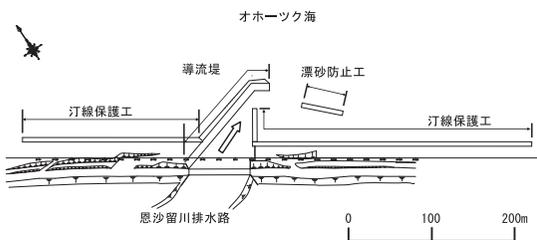


図-2 河口施設平面図

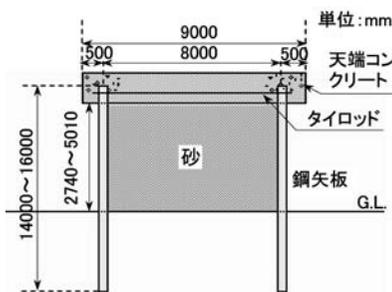


図-3 導流堤現況断面

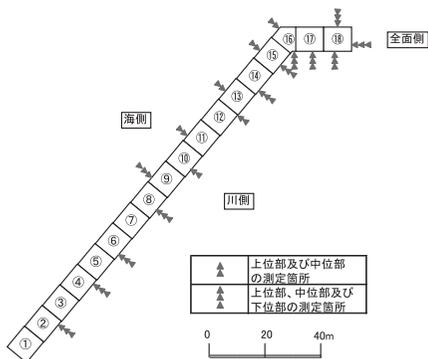


図-4 鋼矢板の板厚測定点位置

汀線保護工は、導流堤に入射した波により汀線が浸食されるため、これを防止する目的で恩沙留川河口の左右岸（左岸側延長220m、右岸側延長391m）に配置している。漂砂防止工は、東方向海域より恩沙留川河口に入射する波により、河口に漂砂が運ばれ堆積することを防止する目的で、汀線保護工から沖合に40m、導流堤先端部から南東方向40mの位置に配置している。汀線保護工及び漂砂防止工は、基礎及び消波ブロックから成っている。

3. 調査方法

(1) 導流堤

平成17年4月に現地を目視調査を行った際、先端部に鋼矢板の破損が見られた（写真-1）。このことから、導流堤の安定性を調査することを目的に、導流堤全体において鋼矢板の板厚を測定し、地形・海象条件の違いによる板厚減少量を調査した。



写真-1 導流堤先端部鋼矢板破損状況

鋼矢板の板厚測定面の海生物等を除去し生成錆をグラインダーにて研磨した後、防水仕様の厚さ観測機（超音波厚さ計）を用いて測定した。調査箇所は、導流堤の海側、川側及び前面側の鋼矢板ウェブ部のそれぞれ上位部、中位部、下位部とした（図-4、図-5）。

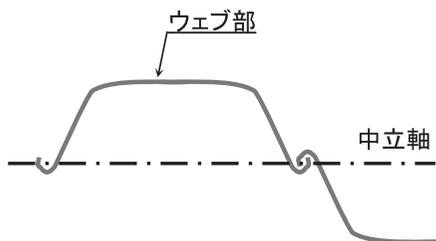


図-5 鋼矢板ウェブ部概略図

(2) 汀線保護工・漂砂防止工

横断測量及び深浅測量を行い、汀線保護工及び漂砂防止工の現況高さと河口施設周辺の地形を調査した。深浅測量は陸上・汀線横断測量、水深測量から成り、水深1.5m以浅の範囲及び陸上は陸上・汀線横断測量、水深1.5m以深の範囲は水深測量を行った。陸上・汀線横断測量はレベル及びスタッフを用いて測定し、水深測量は調査船に音響測深器を搭載して行った。

4. 調査結果

(1) 導流堤

導流堤設置時に想定した腐食速度0.12mm/年で腐食が進んでいたならば、現在の鋼矢板板厚は13.3mm残存していることになる。この鋼矢板想定板厚と測定結果を比較すると、導流堤の18の区画のうち9区画において、13.3mmを下回っていた(図-6)。また、導流堤先端部は腐食に加えて10枚の鋼矢板が破損しており、中詰め土砂が全量失われた状態であった。導流堤は、鋼矢板及び中詰め土砂の背面土圧をもって波浪に耐える構造となっており、中詰め土砂が失われた現状では、波浪により、倒壊の危険があることが判明した。

(2) 汀線保護工・漂砂防止工

基本事業完了時と現在の陸上・汀線横断測量結果を比較すると、右岸汀線保護工は最大で2.2mの高さ不足が確認された(写真-2及び表-1)。漂砂防止工は、水位によっては施設が完全に水面下に沈んでいる状態であった。

また、深浅測量により得られた結果から、河口施設周辺海域の地形を等深線で表した(図-7のc))。左岸汀線保護工については、目視及び測量結果から高さ不足は確認されなかった。

表-1 右岸汀線保護工の不足高さ

単位:m			
恩沙留川流心からの距離	標高	基本事業時設置標高	不足高さ
20	1.3	3.5	2.2
80	2.8	3.5	0.7
140	1.3	3.5	2.2
200	1.7	3.5	1.8
平均	1.8		1.7



写真-2 施設状況

(上：導流堤，中：汀線保護工，下：漂砂防止工)

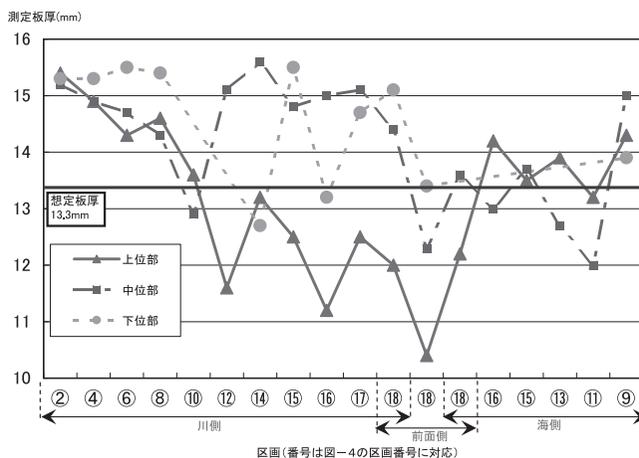


図-6 鋼矢板板厚測定結果

5. 機能低下原因とそのメカニズムについて

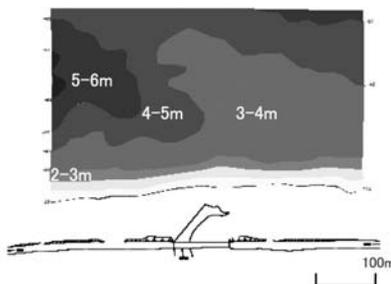
(1) 導流堤

図-6から、鋼矢板厚減少の傾向は、中位部及び下位部に比べ上位部の方が大きい傾向にあることがわかる。これは、上位部では水及び酸素の供給が十分であり、酸化反応の進行が早いことが理由として挙げられる。特に、ブロック⑫～⑬の川側河口付近でその傾向が顕著であるのは、海水と河川水による腐食電池作用が強く働いたものと考えられる。

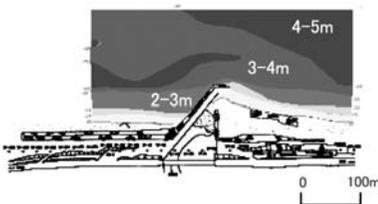
(2) 汀線保護工

過年度¹⁾及び今回の深浅測量結果を用いて、海域の変化を比較したところ、平成17年は過年度に比べ河口施設周辺に水深4m以深の海域が広がっていることが判明した(図-7)。このことより、汀線保護工及び漂砂防止工の機能低下のメカニズムは次のように推定される。

a) 昭和58年(導流堤設置前)



b) 平成元年(導流堤の整備後)



c) 平成17年(現況)

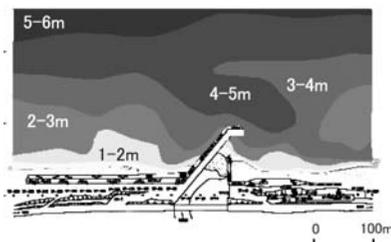


図-7 各年度毎の深浅測量結果
(図中の数字は水深)

基本事業完了の平成4年以降、徐々に河口施設付近の海域が深くなり、それに伴い波高が高くなった。深くなった原因としては、河口施設の北西約16kmに河口のある興部川流域の砂防ダム設置や、河口施設の北西約5kmに位置する沙留漁港の拡張工事により、土砂の供給が減ったことが想定されるが、これらの施設設置と河口施設周辺海域の地形変化の関係を定量的に評価することは困難である。海域が深くなったことで発生した高波浪は、基本事業設計時には想定し得ず、汀線保護工は安定が失われ崩壊した。その後も崩壊は続き、最大で2.2mの高さ不足となり現在に至っている。さらに、崩壊した汀線保護工を漂砂が越え、恩沙留川の河口閉塞を引き起こしている(図-8)。

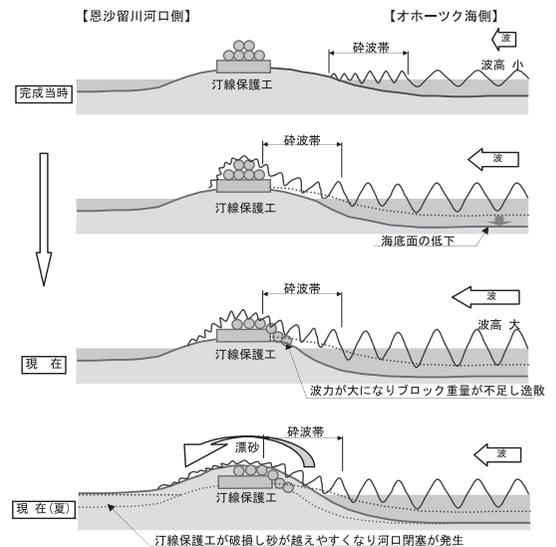


図-8 汀線保護工の機能低下メカニズム

6. 改修方法について

(1) 導流堤

1) 腐食電池対策

鋼矢板の板厚減少の理由として腐食電池作用が考えられることから、防食対策を施す必要がある。防食法には、腐食厚さを見込んで腐食に対応する腐食しろ法、鋼材表面と外界の腐食要因を遮断する被覆防食法、アルミニウム合金陽極を設置して電流を供給し防食する電気防食法がある。腐食しろ法の場合は、現在の基準で算定すると対応できる市販鋼矢板が無い。電気防食法の場合は、流氷

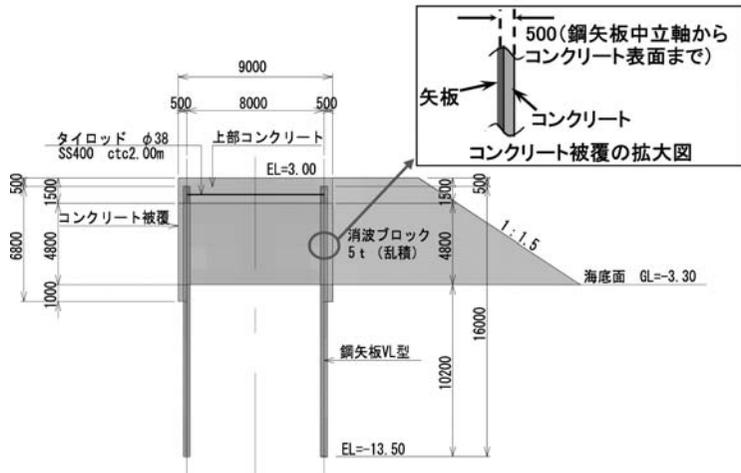


図-9 導流堤改修断面図

等の漂流物が衝突することが考えられるため、電極が破損する可能性がある。さらに、電位測定等の維持管理作業が必要となる。

従って、漂流物から鋼矢板を保護することができ、近隣でも施工実績のあるコンクリート被覆防食法を採用することとする(図-9)。なお、腐食電池作用の影響が少なく、漂流物による影響が少ないG.L.-1m以深では、現在の基準厚さを考慮した腐食しろ法による対応とする。

2) 中詰め土砂の流出対策

現況では先端部の鋼矢板が破損し、中詰め土砂が全て流出した状態である。改修後に予想外の要因により鋼矢板が破損した場合でも、中詰め土砂の流出が防止できれば、安全性の確保に寄与する。そのため先端部は、鋼矢板が破損しても土砂が流出しない構造とする計画である。

(2) 汀線保護工及び漂砂防止工

海域の変化により波浪高さが増加したことが汀線保護工及び漂砂防止工崩壊の原因であるので、現在の諸元²⁾によりハドソン式を用いて施設重量の再計算を行ったところ、現況ブロック重量は3t/個(基本事業)であったが、5t/個のブロック重量が必要であることが判明した。よって、汀線保護工及び漂砂防止工の改修は現況の3tブロックを5tブロックに変更することとする。なお、左岸汀線保護工は平成3年4月の災害により既に5t/個にて改修され、今回の施設調査でも施設機能に問題が確認されなかったため(写真-3)、改修後の右岸汀線保護工も左岸と同様に施設機能を発揮し続けるものと考えられる。



写真-3 左岸汀線保護工状況

7. あとがき

恩沙留川排水路河口施設の改修は、国営造成土地改良施設整備事業富丘地区として平成19年度から平成23年度迄の5年間で実施する。実施にあたっては、関係機関と連携を図りながら、施設の長寿命化やコスト縮減、環境配慮等に留意し、適切な事業執行に努めていきたい。

参考文献

- 1) 社団法人北海道栽培漁業振興公社：
富丘地区恩沙留川河口沖合海底地形調査報告書(1984)
- 2) 紋別港湾事務所：
海象波浪観測台帳(2000～2004)

岩崎逆サイホンの施工に伴う周辺地下水利用への影響について

木 村 充*
(Mitsuru KIMURA)

目 次

1. はじめに	22	8. 工事による地下水への影響	26
2. 岩崎逆サイホンの概要	22	9. 影響予測	26
3. 岩崎逆サイホン周辺における地下水利用	23	10. 工事中の監視	27
4. 工事による地下水利用への影響	23	11. 予測式の現地再現性	28
5. 施工計画	23	12. 工事完了後のモニタリング	29
6. 地下水保全の考え方	24	13. おわりに	30
7. 岩崎地区の地下水の状況	25		

1. はじめに

秋田県南東部に広がる横手盆地は、奥羽山脈から流れ出す大小の河川によって形成された広大な洪積平野とこれを覆う複合的な扇状地で構成されている。

このような地形的特徴から豊富な地下水資源に恵まれ、現在も人々の暮らしにさまざまな形で利用され、また、扇端部に点在する湧泉は希少動植物種に生息地を提供するなど、地域の自然環境を支える重要な要素のひとつにもなっている。

横手盆地南側の約10,000haの水田地帯で農業水利施設の整備を進める国営平鹿平野農業水利事業の実施にあたっては、こうした地下水環境の保全に配慮した設計や施工が求められている。

本稿では、国営平鹿平野農業水利事業岩崎逆サイホン工事の施工から完了までの地下水保全対策について報告する。

2. 岩崎逆サイホンの概要

国営平鹿平野農業水利事業の受益地は、横手盆地の西縁沿いを北流する雄物川の右岸にあり、支流の皆瀬川及び成瀬川を主たる用水源としている。これら河川にはかつて十数カ所の小規模な取水施設が設けられていたが、用水の安定化と合理化を目的とする国営雄物川筋農業水利事業（S21～S55）により、成瀬頭首工及び皆瀬頭首工の2つ

に合口された。岩崎逆サイホンは、このとき廃止された「岩崎堰」掛かり約520haの皆瀬川左岸受益地への送水施設であるが、供用から40年以上経過し、河床低下と老朽化の進行により、本事業により全面改修することとなった【図-1】。



図-1 横手盆地と平鹿平野地区

*東北農政局企画調整室 (Tel. 022-263-1111 (4401))



図-2 井戸の分布と地下水観測孔配置

3. 岩崎逆サイホン周辺における地下水利用

岩崎逆サイホンの工事箇所周辺地域には【図-2】に示すように多くの井戸が存在し、生活用水、消雪用水、醸造用水等として利用されている。

事前の井戸調査により、岩崎地区128戸のうち85戸の世帯で総数106眼の井戸が保有されており、これら全ての井戸について、深さ、径、形式、利用状態、揚水量等の基礎情報を聞き取りにより把握した。設置年代が新しいボーリング井戸については工事記録等が残されていたものの、比較的古い井戸については当時の記憶が曖昧になっていたり、世帯の代替わり等から不明な部分もあったが、多くは深さ5~10m程度の打ち抜き井戸となっている。

4. 工事による地下水利用への影響

本地域の主たる地下水涵養源は、後述する地下水観測等の結果から隣接する皆瀬川であることが明らかとなっており、また、周辺住民は大規模な河川工事を伴う本工事による地下水利用への影響を懸念していた。

このため、施工中および完了後の地下水利用への影響を事前に把握し、必要な対策の検討に資する目的で、工事に伴う地下水位変動量の予測と施工中及び完成後のモニタリングを実施した。

なお、地下水観測孔は【図-2】の「A」~「H」に示す8ヶ所に配置した。

5. 施工計画

工事にあたっては、かんがい用水利用への支障を最小限とし、かつ、工事経費の縮減を図るため、皆瀬川非出水期（10~3月）の施工とした。このため、旧管渠の撤去を含めて、工期は3カ年間とした。

また、経済性及び地質状況を考慮して、河川の仮廻しや管渠本体等の基礎掘削は素掘りのオープン工法を採用した【図-3、4】【写真-1~4】。

岩崎逆サイホン工程表

区分	初年次		2年次		3年次	
	出水期	非出水期	出水期	非出水期	出水期	非出水期
① 右岸樋管工事	■					
② 右岸管渠工事	■					
③ 左岸管渠工事	■					
④ 左岸樋管工事					■	■
⑤ 旧施設撤去						■

図-3 岩崎逆サイホン概略工程表

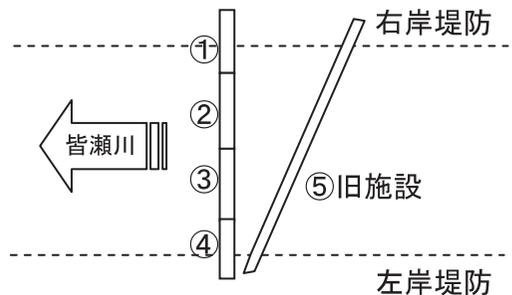


図-4 工区割図



写真-1 工事前現況



写真-2 第1年次施工状況



写真-3 第2年次施工状況



写真-4 本体工事完成

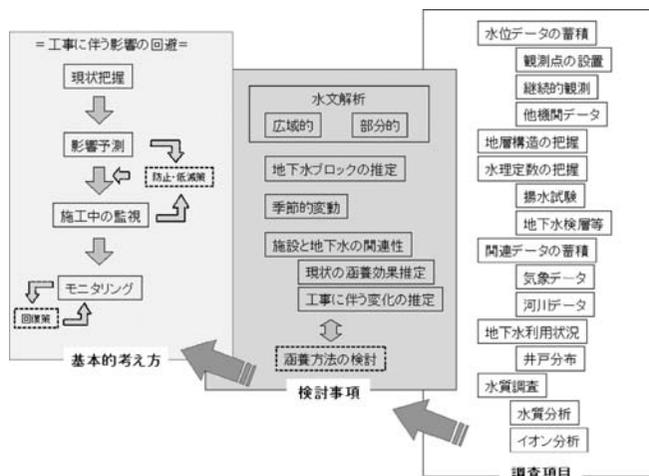


図-5 地下水保全対策の基本方針

6. 地下水保全の考え方

事業実施にあたって、地下水保全に関する基本的考え方は次の通りとした。すなわち、まず「現状を把握」し、これを基に「影響予測」を行い、必要に応じて「防止・低減策」を講じ、工事中は

「施工中の監視」を行いつつ、完了後は「モニタリング」を継続し、万一影響が残った場合には「回復策」を検討することとしている。なお、これらの具体的手段及び調査項目は【図-5】に示すとおりである。

7. 岩崎地区の地下水の状況

岩崎地区の地下水位と皆瀬川水位との関係を【図-6】に示す。グラフ上、最も高位に表示される河川水位と、それより低位に表示される地下水位の変動パターンは極めて近似している。また、【図-7】に示す地下水コンターのとおりに、地下水位標高は堤防付近から内陸側に向かって低下傾向にある。これらのことから、「観測点：A（以下、記号のみ表示する。）」付近が主たる涵養源と推定

された。

なお、別途実施した地下水の主要イオン分析の結果、位置的に背後地丘陵に最も近い「F」付近では河川水とその他起源水との混合比が1：9程度と、河川以外の起源水からの涵養が大きいものの、河川に最も近い「A」付近の水質はほぼ河川水と一致しており、また、「E」及び「G」付近でも、およそ2：1～3：1と河川起源水の混合割合が高くなっている。このことから、本地域の地下水は主として皆瀬川が支配していることが伺える。

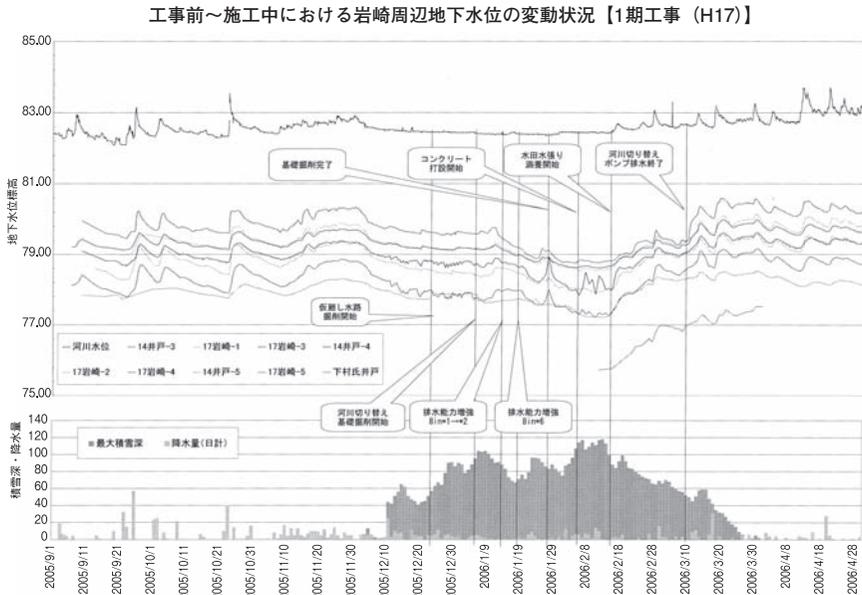


図-6 河川水位・地下水位・積雪深の変化



図-7 地下水コンター（工事前現況）と地質区分

8. 工事による地下水への影響

このような状況から、岩崎逆サイホン工事の施工に伴う河川の仮回しや本体基礎掘削により、主たる地下水流入位置と目される「A」付近においては、河川水と地下水との連続性が遮断されるとともに、掘削深さが現状地下水位よりも低位となることから、皆瀬川からの涵養はほぼ絶たれることになる。【図-8参照】

このため、工事期間中において現状と同様の地下水利用を続けることは困難になると考えられることから、工事に伴う地下水低下量と影響範囲を事前に予測し、必要な対策を検討することとした。

9. 影響予測

1) 手法の検討

地下水の汲み上げに伴う周辺の地下水位低下量と影響範囲の予測には、通常「井戸関数」が用いられる。井戸関数は、井戸から水を汲み上げたとき周辺地下水位は井戸を中心にした同心円のラッパ状に降下すると考え、揚水量、透水係数、帯水

層の厚さ及び揚水継続時間を用いて、低下量及び影響範囲を算出する手法である。

しかしながら、ボーリング調査の結果から工事箇所と影響予測対象地域との境界付近には、【図-8】に示すような基礎岩盤の盛り上がりが確認されたことから、地下水はこの基礎岩盤の尾根を越えて涵養されていると考えられた。このため、帯水層が水平的に広がり、かつその透水係数が均一であることを前提とする井戸関数は適用できないと判断した。

このような複雑な地層構造に対しては、浸透流解析を用いることも考えられたが、生活用水の補償に必要な上水道等の代替措置にかかる作業期間から、短時間かつ一定の精度を有する手法の選択が求められた。このため、各地下水観測孔の水位変動量と基礎岩盤尾根地点（以下「基準点」という。）からの距離を用いた統計的手法を採用することとした。

2) 涵養源からの距離と水位変動量の相関

相関解析に用いた各観測孔の水位及び基準点からの水平距離を【表-1】に示す。

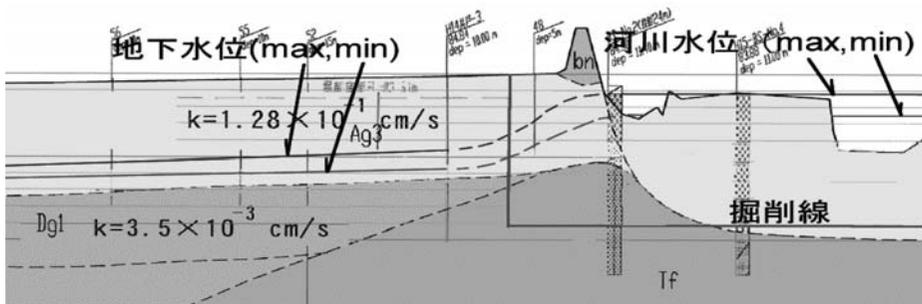


図-8 観測孔「A」付近の地層縦断面

表-1 各観測孔の地下水位と基準点からの距離

地点名	低水位(9/21)		高水位(9/26)		変動幅 m	逆サイフォン 計画地点から の距離 (m)
	孔内水位 GL- m	水位標高 (m)	孔内水位 GL- m	水位標高 (m)		
H17岩崎-1	5.30	78.98	4.79	79.49	0.51	150.0
H17岩崎-2	5.30	78.28	4.34	79.24	0.96	355.0
H17岩崎-3	5.87	79.12	5.38	79.61	0.49	207.5
H17岩崎-4	6.26	77.84	5.53	78.57	0.73	365.0
H14井戸-3	5.31	79.53	4.57	80.27	0.74	70.0
H14井戸-4	5.04	78.71	4.48	79.27	0.56	290.0
H14井戸-5	4.74	77.78	4.45	78.07	0.29	585.0

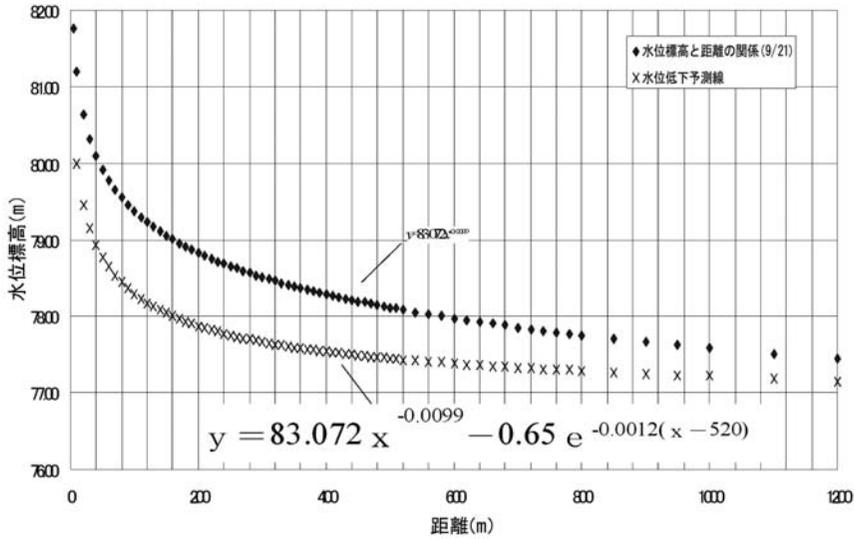


図-9 地下水位と基準点距離の相関式

表中の低水位と高水位はそれぞれ、観測期間中の最低水位と最高水位であり、変動幅は、これらの差である。

この変動幅と基準点からの距離との相関式を【図-9】に示す。図中、上段の線は最低水位の標高と基準点からの距離の相関式、すなわち地下水面の断面図を表している。

この式から、変動幅と距離との相関式を差し引いたものが下段の線で、その相関式は図中に記載したとおりであり、これを影響予測式として採用した。

3) 被影響井戸の特定

岩崎地区の地層は【図-8】に示すとおり、基盤岩上を比較的透水性の低いシルト質砂礫層が覆い、その上部に地表まで厚さ5~6m程度の透水性が高い砂質砂礫層から構成されている。井戸水として利用されている帯水層はこれら2つの砂礫層の境界付近に存在する。

このため、工事による被影響井戸の特定にあたっては、各井戸の深さのほか、帯水層との関係についても以下の通り考慮した。

帯水層との関係	低下後の地下水位		
	井戸先端より1m以上	1m以浅	先端より下
地層境界線より上	利用可能	やや減量	枯渇
地層境界線付近	やや減量	減量	枯渇
地層境界線より下	減量	大幅に減量	枯渇

この結果、「B」-「C」線の間付近に直交するラインから河川側に存在する井戸のほとんどが被影響井戸と判定され、これらの世帯を対象として仮設上水道を敷設した。

10. 工事中の監視

工事期間中において、地下水位の変動状況を監視した。冬期間の地下水位は、積雪深によって大きく影響を受けることが経験的に知られており、こうした自然現象による低下量と工事による影響量とを区分することは極めて困難である。

しかしながら、【図-10】、【図-11】及び【図-12】に示すとおり、工事期間中の地下水位は過年度の同時期のそれより明らかに低位となっており、この低下量の相当部分は工事による影響と推察される。

特に、2005年度1月上旬の基礎掘削開始に伴って、「A」及び「B」では急激な地下水位低下が認められるが、「C」ではこうした変動がない。このことは、工事箇所に近い区域でより大きな影響が生じていることを窺わせるものである。

また、2006年度においては、左岸堤防横断箇所の樋管工事が実施されていたことから、仮締切や基礎掘削によって、主たる涵養源と目される「A」付近からの地下水供給は完全に遮断されていた。このことを受けて、工事が完成する3月末まで各観測孔とも地下水位低下の状態が持続するなど、

過年度の地下水位変動パターンと異なった変動を示している。

なお、「C」において、2005年度の2月上旬に大幅な地下水位の低下が認められるが、これは、最大積雪があった時期と一致しており、消雪用水として地下水が大量に揚水されたことが主な原因と推察される。

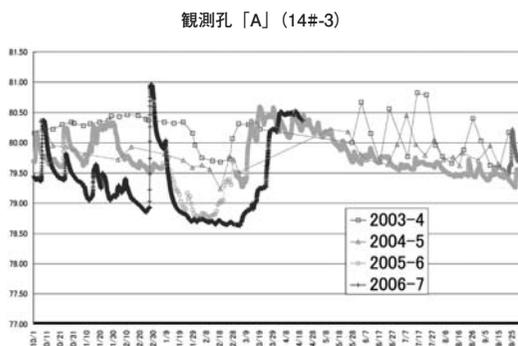


図-10 「A」の水位変動比較

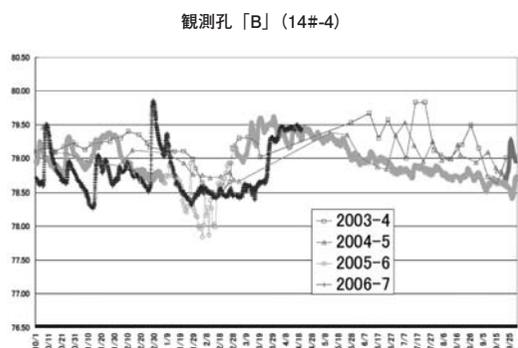


図-11 「B」の水位変動比較

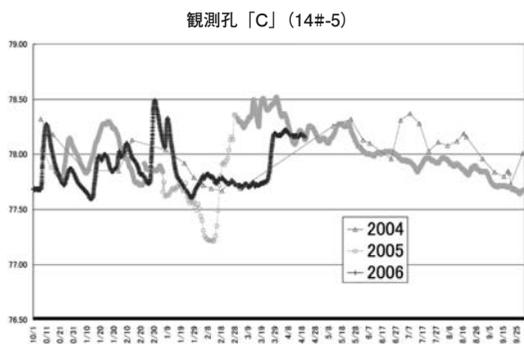


図-12 「C」の水位変動比較

11. 予測式の現地再現性

工事期間中における実測水位を【図-13】に、予測値との比較を【表-2】に示す。実測値と予測値との差は、背後地丘陵地帯や工事箇所下流皆瀬川からの涵養がある「F」、 「D」及び「E」では30～70cm台と比較的大きくなっているが、これ以外の岩崎地区中央部では10～20cm台で、予測式と実測値全体の分散係数は0.76となっている。

このように、総体として高い再現性は確保できなかったが、この原因としては、地域全体を1つの相関式で代表させたことによると考えられる。しかしながら、影響予測範囲境界の直近外側の数眼の井戸で、現に減水等の影響が生じ、追加対策が必要となったことから、影響範囲はほぼ再現されていたと考えられる。

これらの誤差は、地形条件等を加味して2～3のブロックに分割することによって精度が向上し、最小化することが可能であったと考えられる。

表-2 予測値と実測値の比較

観測孔	距離	予測値	実測最低水位 2006.2	差違
A	70.0	78.52	78.76	0.24
B	290.0	77.67	77.83	0.16
C	585.0	77.39	77.21	-0.18
D	150.0	78.03	78.53	0.50
E	355.0	77.58	77.92	0.34
F	207.5	77.84	78.61	0.77
G	365.0	77.57	77.83	0.26

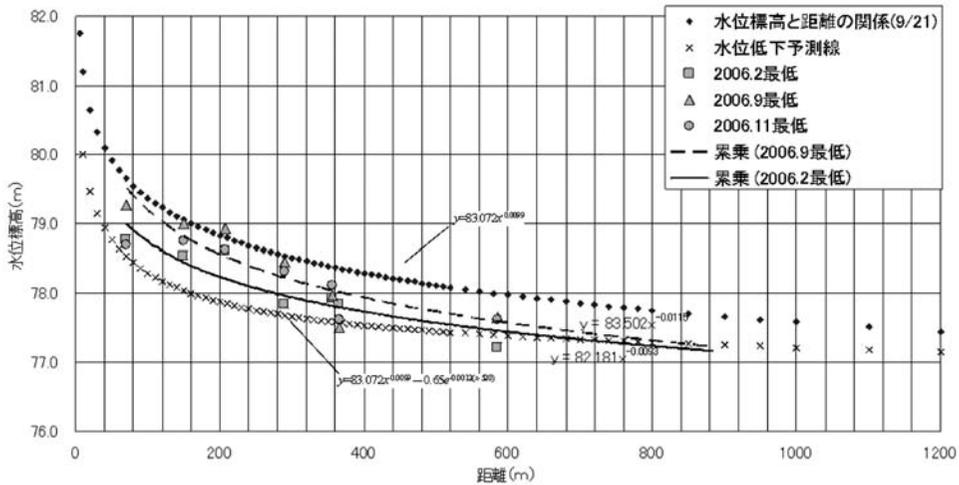


図-13 予測式と工事期間中の実測水位

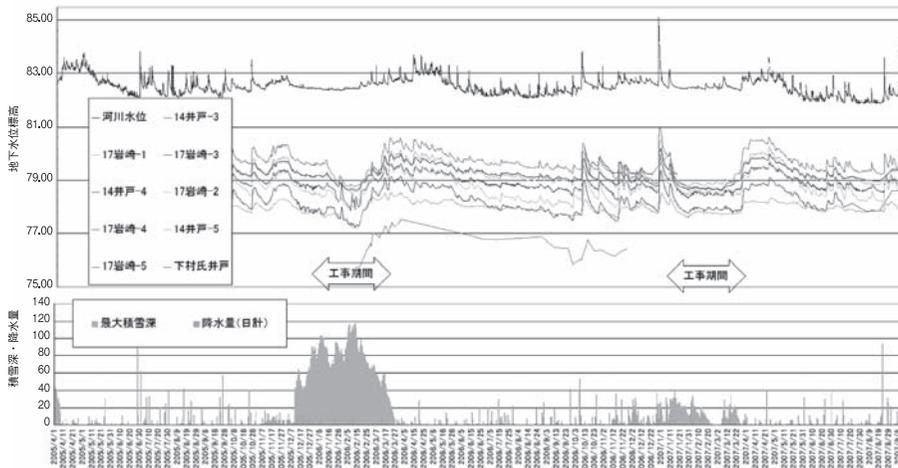


図-14 着手前～工事完了後の地下水水位変動

12. 工事完了後のモニタリング

地下水回復の確認は、単に水位だけにとどまらず、地下水の動きやすさを表す帯水層の透水量係数、涵養源からの供給に対する反応速度を表す河川水位との連動性、水ミチの変更等が発生していないかを表す地下水面形状等から総合的に判定する必要があるものと考えられる。

このため、工事完了後においても、地下水水位及び河川水位の観測等を継続している。

1) 水位の変動

工事着手前～施工中～完了後の地下水水位、河川水位、降水・積雪深の変動を【図-14】に示す。これにより、工事施工中に低下した地下水水位は、

工事の完了及び融雪の影響もあって、4月以降にはほぼ例年の水位に回復している状況が確認された。

2) 河川水位との相関

河川水位との相関を【図-15】に示す。図中の相関式は、工事着手前（2005年6月～10月）、1期施工中（同11月～翌3月）、1期完了後（2006年4月～10月）、2期施工中（同11月～翌3月）、工事完成後（2007年4月～8月）に分けて表している。

工事着手前及び1期完了後の相関式は傾きが急で、河川水位の変動に地下水水位が連動している様子が窺え、相関係数は0.7台半ばとなっている。これに対し、1期および2期工事の施工中は河川水位の上下とは無関係に地下水水位が変動し、相関は認

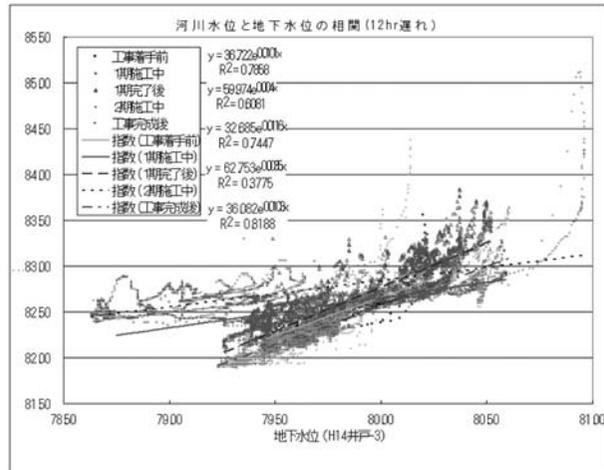


図-15 河川水位と地下水位の段階別相関

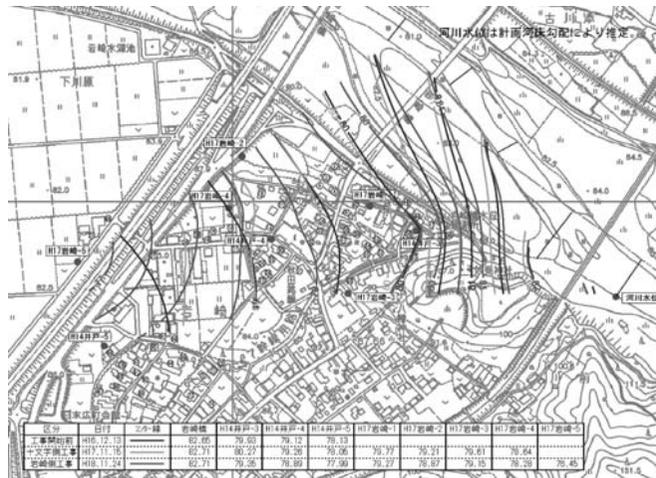


図-16 地下水コンターの比較

められない。

なお、工事完成後の相関式は工事完成前のそれとほぼ相似していると同時に、相関係数は0.8以上となっており、従前の状態に回復したことが確認された。

3) 地下水コンター

地下水面の形状の変化を【図-16】に示す。工事期間中は地下水位低下により、「A」付近を頂点とする谷形状が認められたが、工事完成後は地下水形状が回復したことを確認し、仮設上水道を取り外し従前の井戸に切り替えた。

13. おわりに

ここでは、岩崎逆サイホン工事に伴う地下水へ

の影響を、井戸を中心に述べてきた。今回行った影響予測手法は、工夫を加えるべき反省点が残るものの、おおむね現地で再現され、結果的に周辺住民生活への影響を最小限に抑えることができたものと考えている。

平鹿平野地区において地下水は、既述の通り生活用水としてのみならず自然生態系を支える要素としても重要であり、今後の事業を推進する上で本事例が参考となれば幸いである。

本調査の実施にあたってご協力いただいた株式会社ダイヤコンサルタンツ東北支社、株式会社三祐コンサルタンツ東北支社ならびに名古屋本社および株式会社自然科学調査事務所の関係者各位には記して感謝申し上げます。

鉄筋コンクリートフリーウム水路におけるセメントの水和熱に 起因するひび割れ照査事例

片 山 靖 志*
(Yasushi KATAYAMA)

目	次
1. はじめに.....	31
2. コンクリート標準示方書におけるひび割れ照査の位置付け.....	31
3. 検討の目的と解析手法.....	31
4. 設計条件.....	33
5. 解析結果.....	35
6. 考察.....	37
7. まとめ.....	37

1. はじめに

土木コンクリート構造物の品質確保の社会的な要請を踏まえ、ひび割れに対する関心も高まっているところであるが、ひび割れ発生の有無は、耐久性能に係る品質評価の重要な指標であるにもかかわらず、計画設計段階の検討が必ずしも十分に行われず施工段階の施工技術に依存している現状にあると推察される。

そこで、ひび割れの種類とその発生要因は多様ではあるが、今回は、初期欠陥の発生頻度が高い「セメントの水和熱に起因するひび割れ」に着目して、設計段階におけるひび割れ抑制対策の検討を行うため、農業水利施設の代表的な構造物である鉄筋コンクリートフリーウム水路を対象にコンクリート標準示方書に基づくひび割れ照査を試みた。

2. コンクリート標準示方書におけるひび割れ照査の位置付け

コンクリート標準示方書（以下「示方書」という。）は、従来使用されてきた「仕様書規定型示方書」から「性能照査型示方書」へ移行すべく1995年から準備を進め、全ての示方書を改訂することとし、「施工編」の一部改訂（1999年）と「維持管理編」の制定（2001年）を行い、2002年制定版で「設計編」を「構造照査編」にするなど示方書全体が足並みをそろえて、性能照査型への改訂が行われた。

示方書におけるひび割れ照査の位置付けは、平

成11年「施工編」の改訂において、従来、特殊コンクリートであるマスコンクリートを対象としていたものが一般コンクリートを対象とする位置付けに見直された。ただし、「数多くの施工経験から問題がないことが知られている構造物についてはひび割れ照査を省略してもよい。」としている。

参考までに、2002年制定版では、「マスコンクリートとして取り扱うべき構造物の部材寸法は、構造形式、使用材料、施工条件により、それぞれ異なるため一概には決めにくいだが、おおよその目安として、広がりのあるスラブについては厚さ80～100cm以上、下端が拘束された壁では50cm以上と考えてよい。」と解説されており、マスコンクリートについては、温度ひび割れに対する十分な検討を行うことを規定している。

なお、示方書では「セメントの水和熱に起因するひび割れ照査」の定義を、「温度解析によって算定される温度分布に基づく体積変化と自己収縮による体積変化を求め、これらを取り入れた応力解析によって算定されたコンクリートの応力によって、有害なひび割れが発生しないことを確かめることにより行うことを原則とする。」としている。

3. 検討の目的と解析手法

3.1 照査の目的

従来は、一般構造物では、セメントの水和熱に起因するひび割れ照査の検討は行われていなかったが、平成11年の示方書の改訂により、一般構造物にも適用されることとなった。このことを踏まえ、鉄筋コンクリートフリーウム水路を対象にひび割れ照査を行うことにより、コンクリートの配

*北陸農政局柏崎周辺農業水利事業所（Tel. 0257-24-5731）

合条件，構造規模，施工時期の違いによるひび割れ指数値への影響の度合いを把握し，設計段階におけるひび割れ抑制対策の検討を行うための資料とする。

3. 2 照査手法

水路の横断方向と縦断方向の影響を同時に表現できる三次元温度応力解析を行い，ひび割れ指数により評価を行う。

温度応力解析とは，打設後のコンクリート温度と外気温との差によるコンクリートの体積収縮と構造物の拘束の状態から発生する引張応力がコンクリートの引張強度より大きい場合にひび割れが発生する現象を温度解析及び応力解析によりひび割れ指数を算定する解析手法である。

コンクリート標準示方書〔施工編〕による，ひび割れ指数の算定式，ひび割れ発生確率，安全係数の参考値は，次のとおりである。

【ひび割れ指数の算定式】〔示方書〔施工編〕 p.42〕

$$I_{cr}(t) = f_{tk}(t) / \sigma_t(t) \geq \gamma_{cr}$$

ここに， $I_{cr}(t)$ ：ひび割れ指数

$f_{tk}(t)$ ：材齢t日におけるコンクリートの引張強度

$\sigma_t(t)$ ：材齢t日におけるコンクリート最大主引張応力度

γ_{cr} ：ひび割れ発生確率に関する安全係数で一般に，1.0～1.8としてよい。

【ひび割れ発生確率に関する安全係数とひび割れ発生確率との関係】

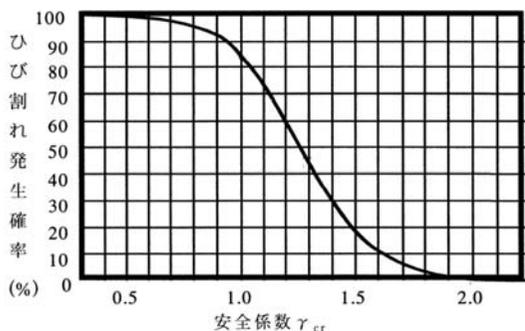


図-1 安全係数 γ_{cr} とひび割れ発生確率

【安全係数の参考値】

ひび割れを防止したい場合：1.75以上

ひび割れの発生をできるだけ制限したい場合：1.45以上

ひび割れの発生を許容するが，ひび割れ幅が過大とならないように制限したい場合：1.0以上

3. 3 温度応力解析における比較条件

表-1 比較内容と比較条件

比較内容	比較条件
水セメント比の上限	・55% (呼び強度 27 N/mm ²) ・60% (呼び強度 24 N/mm ²)
セメントの種類	・普通ポルトランドセメント ・高炉B種
構造規模 (図2～4参照)	・小断面(B:2.5m, H:2.0m) ・大断面(B:5.0m, H:4.0m) 部材厚は，標準・厚いの2ケース
バレル長	・9m ・12m
施工開始時期	・夏期(8/1～) ・秋期(10/1～) ・冬期(1/1～)

【断面図】

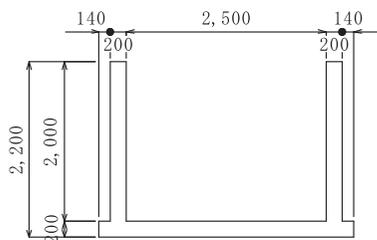


図-2 小断面

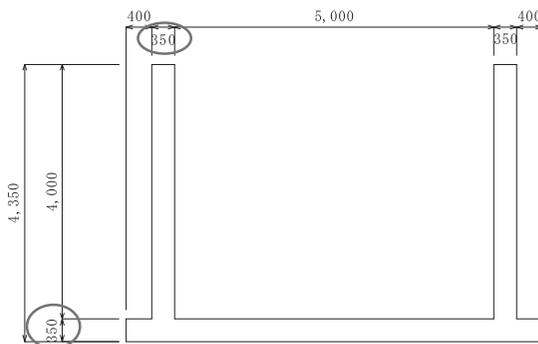


図-3 大断面 (部材厚：標準)

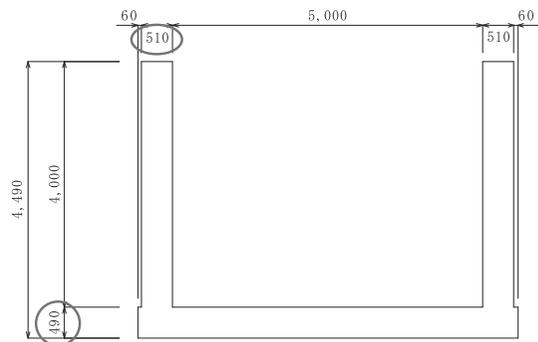
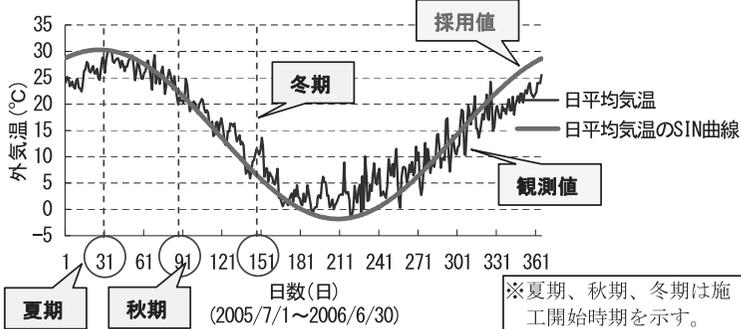
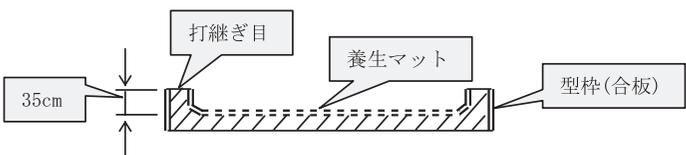


図-4 大断面 (部材厚：厚い)

4. 設計条件

構造物の種類 気温	鉄筋コンクリートフリーム水路 解析に用いる気温は金沢市(2005/7~2006/6)の観測値を基に求めた。  図-5 解析に用いた外気温(°C)																				
打設手順	<p>表-2 解析に用いたコンクリート工事の所要日数</p> <table border="1" data-bbox="514 763 1077 879"> <thead> <tr> <th rowspan="2">施工段階区分</th> <th rowspan="2">型枠鉄筋組立</th> <th rowspan="2">コンクリート</th> <th colspan="2">養生</th> <th rowspan="2">型枠取外</th> </tr> <tr> <th>普通生コン</th> <th>高炉生コン</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>施工段階1</td> <td>-</td> <td>1</td> <td>5(冬期:9)</td> <td>7</td> <td>0.5</td> </tr> <tr> <td>施工段階2</td> <td>2.5</td> <td>1</td> <td>5(冬期:9)</td> <td>7</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table> <p>所要日数 養生:「示方書[施工編]p.123」 その他:「実績値」</p> <p>●施工段階1(底版及び側壁下部打設)</p>  図-6 施工段階1の模式図	施工段階区分	型枠鉄筋組立	コンクリート	養生		型枠取外	普通生コン	高炉生コン	施工段階1	-	1	5(冬期:9)	7	0.5	施工段階2	2.5	1	5(冬期:9)	7	1
施工段階区分	型枠鉄筋組立				コンクリート	養生		型枠取外													
		普通生コン	高炉生コン																		
施工段階1	-	1	5(冬期:9)	7	0.5																
施工段階2	2.5	1	5(冬期:9)	7	1																
コンクリートの打ち込み温度 基礎の拘束条件 コンクリートの圧縮強度	夏期施工開始(30°C)、秋期施工開始(20°C)、冬期施工開始(10°C) 普通地盤 コンクリートの呼び強度を基に、示方書[施工編]のコンクリートの圧縮強度算定式により、圧縮強度の予測値を求めた。 <table border="1" data-bbox="493 1651 1077 1748"> <thead> <tr> <th>呼び強度(N/mm²)</th> <th>圧縮強度の予測値(N/mm²)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>27</td> <td>32.4</td> </tr> <tr> <td>24</td> <td>28.8</td> </tr> </tbody> </table>	呼び強度(N/mm ²)	圧縮強度の予測値(N/mm ²)	27	32.4	24	28.8														
呼び強度(N/mm ²)	圧縮強度の予測値(N/mm ²)																				
27	32.4																				
24	28.8																				

コンクリートの引張強度

コンクリートの圧縮強度の予測値を基に、示方書[施工編]に準拠し、コンクリート引張強度を求めた。

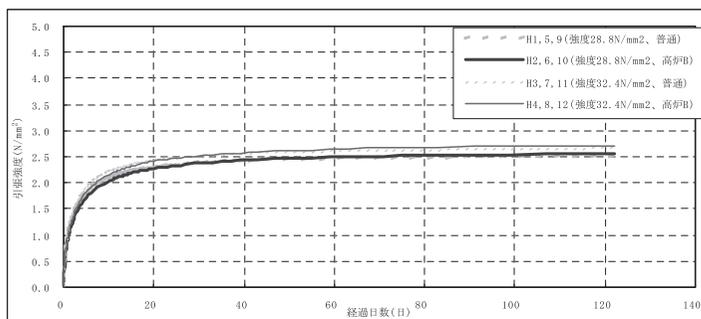


図-8 コンクリートの引張強度

コンクリートの断熱温度上昇式

- 断熱温度上昇式：示方書[施工編]に準拠
- 高炉 B の係数：高炉スラグの混入率が 40% の場合の値
- 単位セメント量：表-3 のとおり。

表-3 解析に用いたコンクリートの配合条件

呼び強度 (N/mm ²)	セメント	水セメント比 ^{注1)}	単位水量 ^{注2)}	単位セメント量
		(%)	(kg/m ³)	(kg/m ³)
		a	b	c=b×1/(a/100)
24	普通	57	157	275
	高炉 B	56	158	282
27	普通	53	158	300
	高炉 B	52	159	306

注1) 石川県生コンクリート工業組合の聞き取り調査及び鉄鋼スラグ協会資料を総合的に勘案して決定した。

注2) 「JASS 5 解説表5. 4」の値をもとに水セメント比に応じて単位水量を算定した。

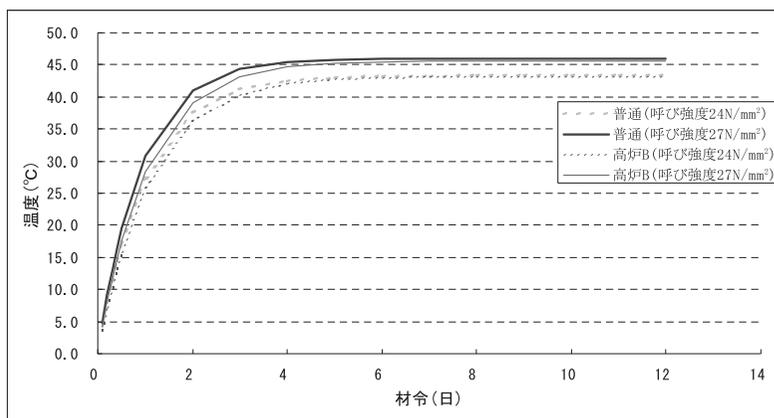


図-9 コンクリートの断熱温度上昇 (打ち込み温度20℃の場合)

5. 解析結果

5.1 水セメント比 m 及びセメントの種類、構造規模の違いによる比較

【3次元温度応力解析条件：バレル長9m, 施工開始時期 秋期】

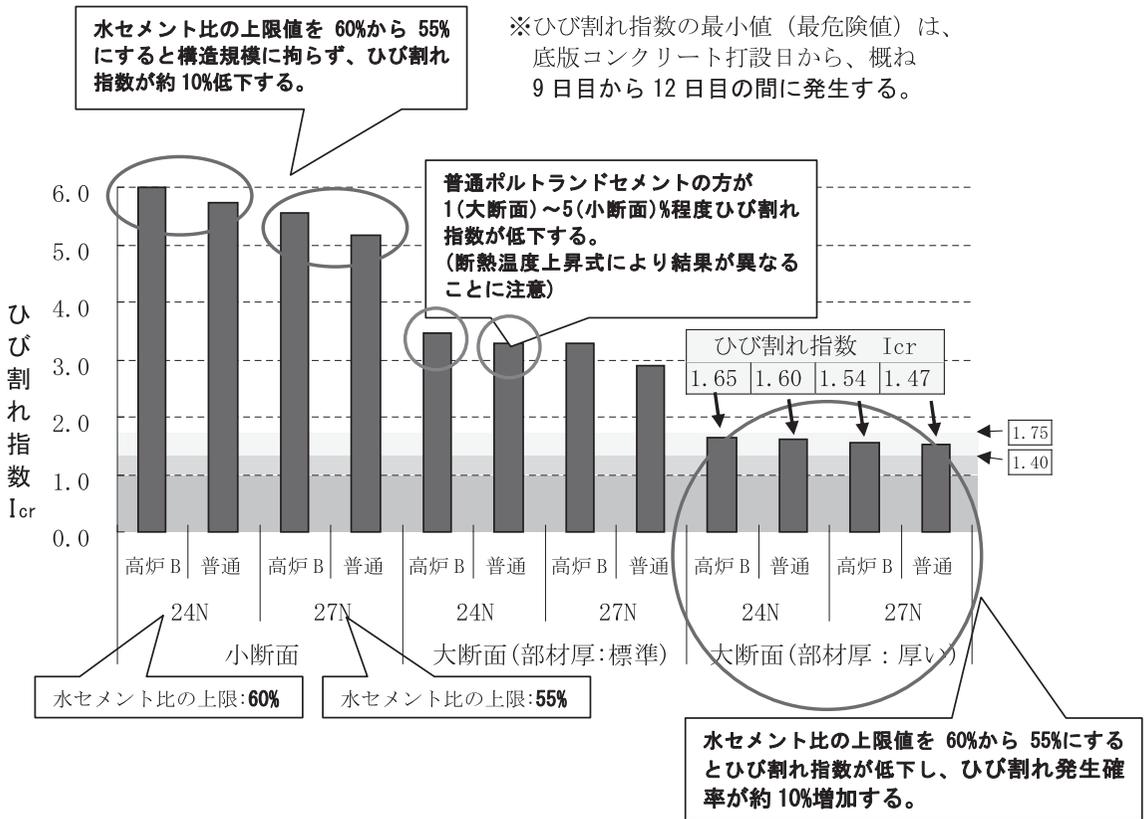


図-10 水セメント比・セメントの種類・構造規模別の最小ひび割れ指数

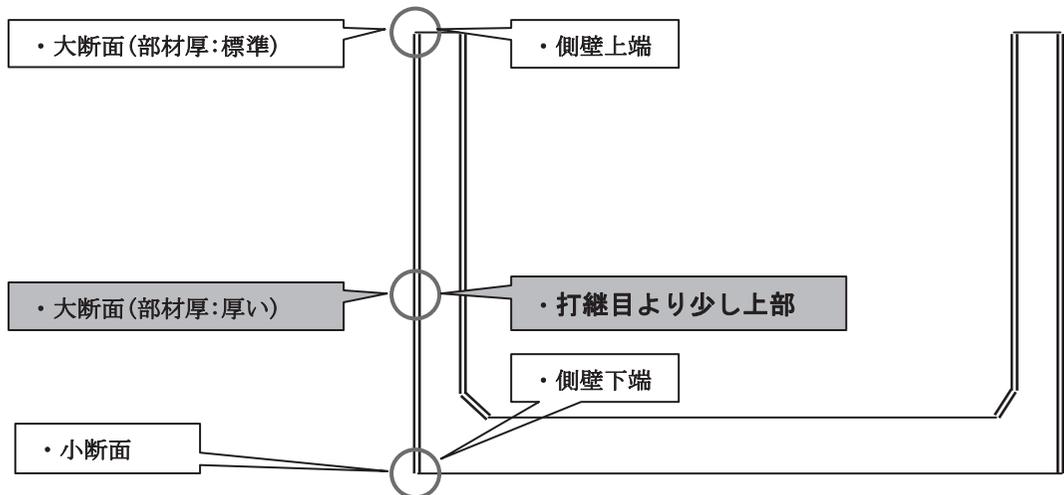


図-11 最小ひび割れ指数発生箇所の模式図

5. 2 バレル長及びコンクリートの打設時期の違いによる比較

【3次元温度応力解析条件：大断面（部材厚：標準）、呼び強度27N/mm²】

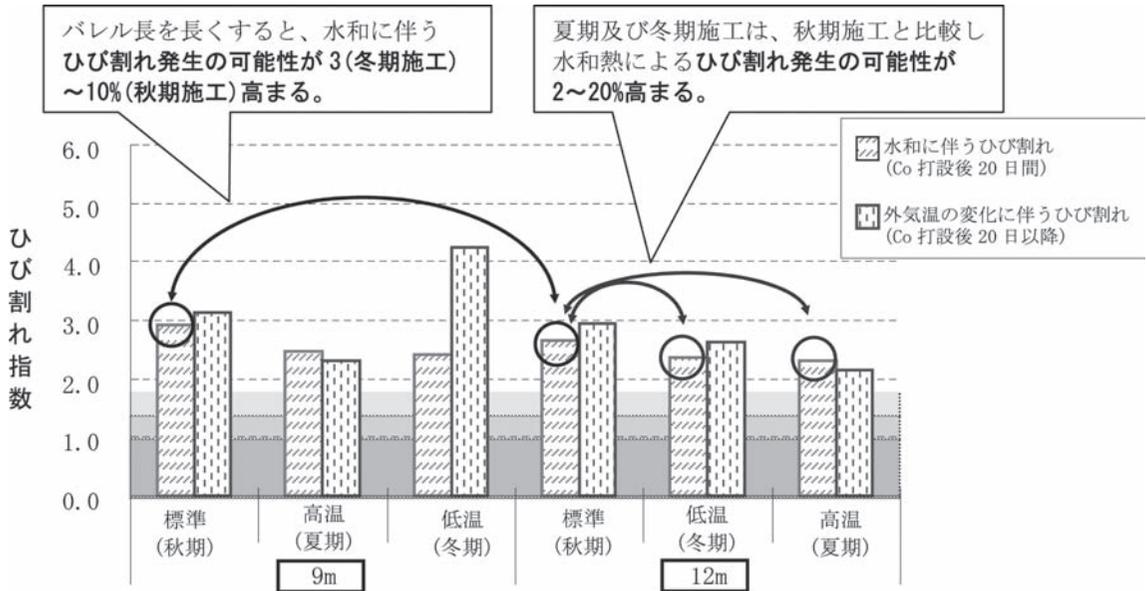


図-12 バレル長・打設時期別の最小ひび割れ指数

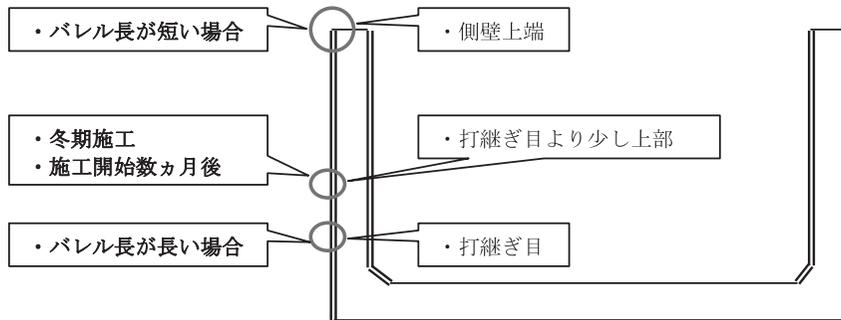


図-13 ひび割れ発生の可能性が高い箇所

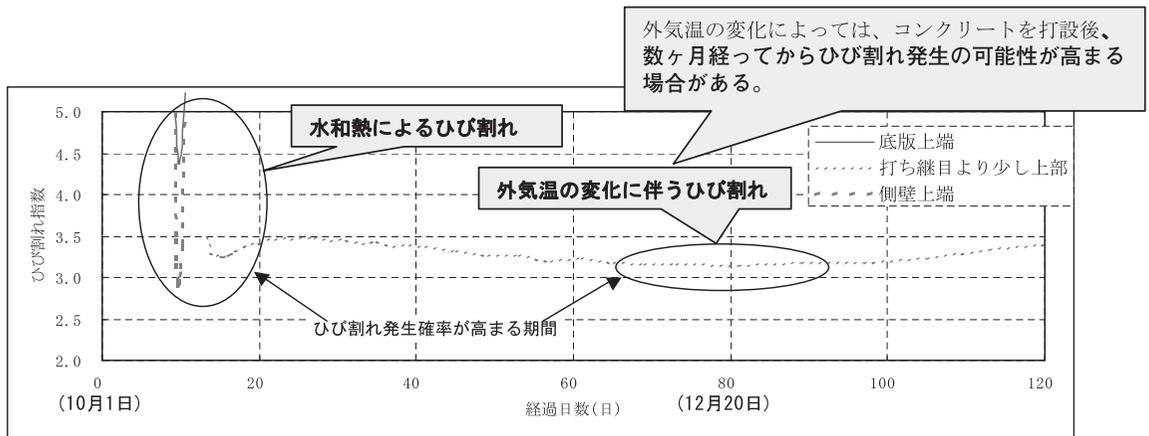


図-14 秋期施工時の経過日数とひび割れ指数

5. 3 解析結果の要約

- ①部材厚350mm程度までは、コンクリートの水セメント比及びセメントの種類にかかわらず、ひび割れ指数が1.75以上であるため、ひび割れに対する余裕が十分にあることが確認された。
- ②部材厚500mm程度では、ひび割れ指数は1.75未満となるため、ひび割れが生じる可能性を考慮しなければならない。
- ③大断面（部材厚500mm程度）におけるひび割れが生じる可能性の高い部位は側壁の打継ぎ目上部付近である。
- ④水セメント比の違いが、ひび割れ指数に与える影響は10%程度である。
- ⑤セメントの種類の違いが、ひび割れ指数に与える影響は1～5%程度である。
- ⑥バレル長が12mの場合は9mに比べ最大10%程度ひび割れが生じやすくなる。
- ⑦ひび割れが生じやすい時期は、コンクリート打設後2週間以内と3ヵ月後の2度訪れる。

6. 考察

- ①下端が拘束される構造物で部材厚が概ね50cmの場合にひび割れ照査が必要であることが確認された。この結果は、示方書におけるマスコンクリートとして取扱う構造物と同様の適用であることが再確認されたとも言える。
- ②温度応力解析は施工前の検討であり、施工条件を推定して解析条件とする場合も想定されるが、コンクリートの配合やセメントの断熱温度上昇式は、解析結果に与える影響が大きく、出来る限り、工事施工現場近隣の生コン工場における配合設計実態及びセメントの断熱温度上昇特性の試験結果を勘案した上で、解析条件を決定することが望ましい。特に、ひび割れ指数に余裕がない場合は、解析に用いた設計基準強度に対して、施工段階において呼び強度を1ランク上げるなどの行為を行うと、ひび割れ発生の確率が高くなるので、注意する必要がある。
- ③水セメント比の上限値を小さくして、設計基準強度を大きくするとひび割れの発生確率は高まるが、部材厚が50cm程度となる構造物の場合、設計基準強度を大きくすることで部材厚が薄くなり、ひび割れ指数の目標値を達成する場合もあるので、構造計算においては、ひび割れ照査への影響を勘案して、バレル長、設計基準強度

及び部材厚の設計を行う必要がある。

- ④構造設計におけるひび割れ照査は、部材の拘束条件、部材厚、セメントの断熱温度上昇特性、セメント量、外気温等の多様な要因により影響を受けるひび割れ発生メカニズムを踏まえ、適切なひび割れ抑制対策の検討を行う必要がある。

7. まとめ

示方書において、ひび割れ照査が一般構造物に適用されたとはいえ、従来、ほとんどの農業水利施設ではひび割れ照査を行うことはなかった。その理由は、経験則で温度ひび割れの発生の可能性が低いことと温度応力解析の設計費用が高いことにあつたと推察される。

一方、土木コンクリート構造物の品質確保の観点からは、発注機関と施工業者が連携し、設計・施工の各段階においてひび割れ発生のメカニズムを踏まえた効率的なひび割れ抑制対策の確立が求められている。今回の検討が抑制対策検討の一助となることを期待する。

参考文献

- ・土地改良事業計画設計基準・設計「水路工」技術書
- ・H18年度設計基準水路工性能規定化他検討業務報告書（請負業者：(株)三祐コンサルタンツ）
- ・コンクリート標準示方書〔施工編〕
（平成8年版、平成11年版、2002年制定版）
- ・緒方英彦・野中資博・石井将幸・服部九二雄：
「逆T擁壁型ファームポンドの施工段階におけるひび割れ照査方法の検討」
農業土木学会論文集No.227（2003.10）
- ・建築工事標準示方書・同解説 JASS 5 鉄筋コンクリート工事 2003

親水性に配慮した分水槽の設計

浦 場 一 之*
(Kazuyuki Uraba)

	目	次
1. はじめに	38	42
2. 桜川線の設計概要	39	42
3. 経済性の検討		42
4. おわりに		42

1. はじめに

大和紀伊平野農業水利事業は、十津川紀の川土地改良事業で造成された奈良盆地に広がる膨大な水路網を、地域社会の変貌に合わせて計画的に改修しているものである。このうち県営飛鳥2号幹線の支線である飛鳥2号工区桜川線用水路は、奈良盆地の南東部、橿原市城殿町内に位置しており、これら施設の管理者である大和平野土地改良区の事務所前の道路敷内を通過する。図-1に本事業の概要図及び今回対象位置を示す。

当初桜川支線中間分水槽は本土地改良区周辺の

水田部に計画されていたが、今回桜川支線の改修にあたり、用地買収が困難であること等から、土地改良区敷地内に移設することとなった。また移設先が土地改良区の表玄関に位置し、多数の訪問者や地域住民の方々が目にする機会が多いことが予想されるため、吉野川分水の啓発普及や親水性等のPRに資するような工夫をして欲しいとの地元の要望を受け、景観や親水性に配慮した分水槽の設計を試みた。

本報告では、これを吉野川分水の啓発や親水性確保も兼ねた農業水利施設（分水槽）の設計の一例として紹介するものである。

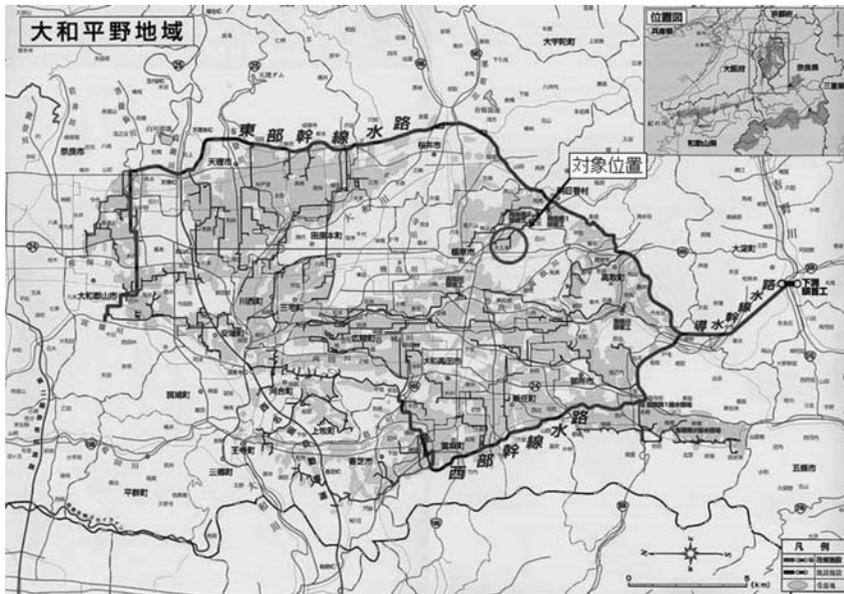


図-1 位置図

*近畿農政局大和紀伊平野農業水利事務所 (Tel. 0774-21-5100)

2. 桜川線の設計概要

飛鳥2号工区桜川線の設計における、各検討事項について以下に示す。

(1) 中間分水槽における一次水槽と二次水槽間の水位検討

各分水槽の当初及び変更後の水位諸元を表-1に示す。

二次水槽側は本線側であり比較的流量が多い(約0.1m³/s)ため、景観配慮の観点(後述)から、ダイナミックな滝の流れをイメージし、ある程度の水位差を設けて二次水槽へ流水を落下させる。表-1から、当初設計の現況流量の水位差は20cm程度であり、滝を表現するには不足であることから、水位差を確保するため以下のような検討を行った。

- ・一次水槽越流高をできる限り高くする。

始点分水槽での堰部が完全越流となるように、中間分水槽一次水槽水位は始点分水槽の越流堰天端以下とする必要がある(図-2)。また本路線系では定比分水のため、各分水槽の越流水深を越流に支障ない範囲で0.15mと定めてい

る。よって始点分水槽の越流堰天端高を制限水位とし、下式より中間分水槽堰天端標高をEL=79.50mとする。

現況流量時の損失水頭

$$H_f = 81.271 - 79.651 = 1.620\text{m}$$

$$\begin{aligned} \text{堰高} &= \text{始点水槽制限水位} - \text{損失水頭} - \text{越流水深} \\ &= 81.335 - 1.620 - 0.151 \\ &= 79.564 \rightarrow 79.500\text{m} \end{aligned}$$

- ・中間分水槽二次水槽水位を下げる

下流側区間の管路口径を拡径し損失水頭を低減する。そのため、開削区間約110mをφ250からφ300とし、下流側水位を78.500に下げた。

以上から次式により水位差1.151mを確保できたことになる。

$$\begin{aligned} \text{水位差} &= \text{上流側水位} - \text{下流側水位} \\ &= 79.651 - 78.500 \\ &= 1.151 \end{aligned}$$

以上の検討により、中間分水槽は上流側に40m程度移動することになった。また施設設計には最大流量である設計流量を用いるが、事業完了までの暫定期間は現況流量を通水することから、現況流量での不具合を検討する必要がある。

表-1 各分水槽の当初及び変更後の水位諸元

地点		当初設計			変更設計		
		制限水位(m)	計算水位(m)		制限水位(m)	計算水位(m)	
			現況	設計(100%流量)		現況	設計(100%流量)
始点分水槽	二次水槽	81.335	81.123	81.051	81.335	81.271	81.203
中間分水槽	一次水槽		79.401 (0.1062)※	79.399 (0.1038)※		79.651 (0.1062)※	79.649 (0.1038)※
	二次水槽	79.250	79.201 (0.0957)※	78.955 (0.0935)※	79.500	78.500 (0.0957)※	78.284 (0.0935)※
流末水槽			73.515	73.512		73.515	73.512
中間分水槽における水位差(m)			0.200	0.444		1.151	1.365

※()内は流量(m³/s)を表す。

注) GL=77.44m

注) GL=78.600m

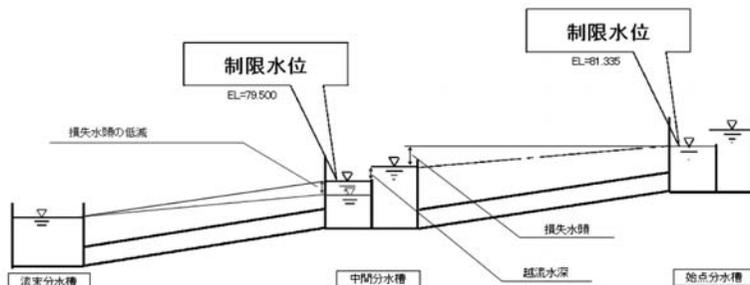


図-2 水位差確保の検討

(2) 景観配慮の検討

一般市民の関心を集めるべく、設計に当たっては県・改良区・国・コンサルにより綿密な協議を重ねた。コンセプトとしては、事業のPR要素を考慮し、吉野川分水の源流である大台ヶ原の岩山の割れ目から水が流れ落ちる様をイメージするものとし以下のような方針に従って設計を進めた。

- ・一次水槽と二次水槽を一体構造とし、間に水位差を設け、滝を演出する。
- ・支線水槽は独立させ、一次水槽との間にせせらぎ水路を設ける。
- ・岩山から水が流出するイメージを強調するために本体の装飾を工夫すること。

支線水槽側は、二次水槽側に比べて水量が少ない(約 $0.01\text{m}^3/\text{s}$)ので、せせらぎの流れをイメージし、一次水槽から一旦滝で落下させ、あとは1/10程度の勾配のせせらぎ部を流し、修景池に流入させる。(図-3)

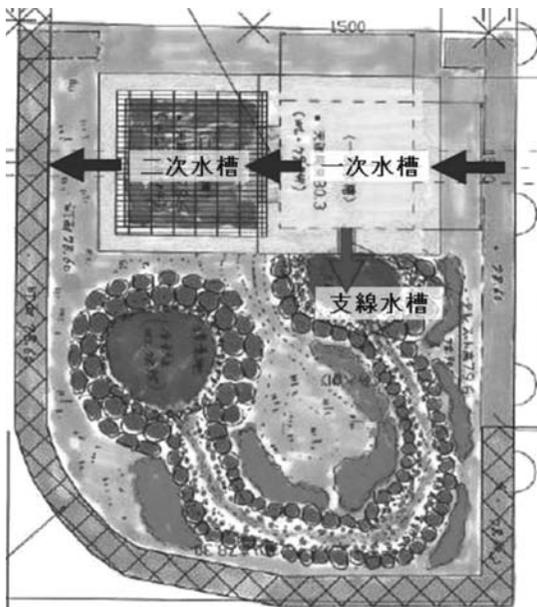


図-3 修景案

また、分水槽の外観を「岩から水が流出するイメージ」に留意した場合、従来の「化粧型枠」や「石貼り工法」では岩の凹凸の再現が難しいと判断し、要件を満たすことが可能な工法を検討した結果、「セメント(繊維強化セメント)」、「ポリウレタン(ポリウレタン樹脂)」、「FRP(繊維強化

プラスチック)」を用いた3種の擬岩工法に着目し、この3種に対して業者の聞き取り等を元に比較検討を行った。写真-1~3に各擬岩工法のサンプルを、表-2に各工法の比較表を示す。



写真-1 セメント



写真-2 ポリウレタン



写真-3 FRP

表-2 各工法の比較表

特 性	セメント	ポリウレタン	FRP
実績	◎ 15年程度 土木構造物装飾の実績多数	△ 10年程度 比較的内部小規模実績多数	○ 20年以上 比較的内部小規模実績多数
耐久性	◎ コンクリートと同様の耐用年数	○ 継ぎ目部に不安材料有り	△ 紫外線による劣化の可能性有り
施工性	△ 現場での施工となり造形・色づけ等、比較的職人の技術が	◎ 軽量（モルタル擬岩の1/10）工場製作、現地組み立て	◎ 軽量（モルタル擬岩の1/3）工場製作、現地組み立て
構造物への影響	○ 重量50-80kg/m ² （30cm凹凸時）本体に多少影響有	◎ 軽量、本体への影響はほぼ無し	◎ 軽量、本体への影響はほぼ無し
内部処理	◎ 内部はモルタルで充填のため、天然岩に近い触感	△ 発泡スチロール（EPS）充填でやや空隙感あり	△ 充填材を用いないため空隙感が生じる
景観性	○ 天然岩に近い景観を再現できるが、複雑な形状になると価格も上昇する。	◎ 表面の加工は自在に変化させることができ、複雑な岩盤の形状も再現できる。	◎ 表面の加工は自在に変化させることができ、複雑な岩盤の形状も再現できる。
生態・植生	◎ 設置された環境によりコケ類生息での緑化可能	△ コケ類は生息しない	○ 多少コケ類が生息する可能性あり
経済性（諸経費別）	△ 10-15万/m ² 程度（30cm凹凸時）規模・現場条件により異なる	△ 15-17万/m ² 程度（30cm凹凸時）規模・現場条件により異なる	△ 15-17万/m ² 程度（30cm凹凸時）規模・現場条件により異なる
総合評価	◎	○	○

比較表-2のとおり、施工性や軽さではポリウレタンやFRPが優れているが、土木構造物への適用実績や外部での耐久性及び質感はセメントが優れていることがわかる。また経済性の面では、石貼りや化粧型枠（1~2万/m²）に比べるとどの工法も高額となる。

管理者である土地改良区の意見を尊重しつつ検討を重ねた結果、質感や外部での耐久性等の面から、繊維強化セメントを用いた擬岩工法が有力となった。なお、分水槽天端には管理用の侵入口を設けるが、この箇所に関しては軽量のFRP擬岩を採用し、セメント擬岩と一体的に施工する等の方法も可能である。

維持管理面に関しては、洪水時等の越水を防ぐため、一次水槽及び支線水槽から前の開水路まで余水吐き管（φ200）を設置する。また通水停止時の管理のため、“水抜き”が出来るように、一次水槽及び支線水槽と二次水槽の間に水抜き用の

バイパス管（φ200）を設置する。更に落ち葉やゴミの侵入防止のため、二次水槽及び修景池にグレーチングを設置する（図-4）。

これらの検討の結果として、総合的な修景イメージを図-5に示す。

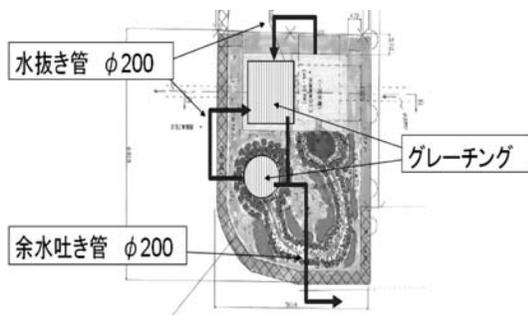


図-4 維持管理の検討



図-5 セメント擬岩による修景イメージ

3. 経済性の検討

今回の分水槽に係る親水性への配慮を目指した設計変更について経済的な面から検討すると、分水槽周りの余水吐き、水抜きのための配管設備等にかかる費用は、コンクリートボリュームの減少等により相殺される。よって主に費用面で影響を与えるのは擬岩による装飾部分であり、今回の装飾規模であれば、セメント擬岩で全面凹凸30cm程度とした場合、300万円程度（諸経費別）の工事費を要する。当初の分水槽本体の工事費が300万程度（諸経費別）であることから、倍程度の工事費がかかることになる。また凹凸の大きさや装飾範囲によって金額は増減する。

4. おわりに

大和平野の農業用水路は、管路によって地中を通っている箇所が多く、一般の人々が水の流れを目にする機会はそれほど多くない。一方で都市化の進展により混住化・兼業化が進んでいる中、円滑な維持管理のためには非農家も含めより多くの人々に吉野川分水の恩恵や土地改良区という組織を知ってもらう必要がある。今回対象とした分水槽はまだ検討段階ではあるが、位置的に多くの人々が目にする可能性があることから、景観に配慮し、水の流れを見せる、あるいは擬岩等により装飾することによって、親水性や吉野川分水のPRの効果が期待出来る。

防潮水門堰柱基礎杭の被圧地下水低下対策について

齋 藤 正*
(Tadashi SAITO)

目 次

1. はじめに……………43
 2. 工事概要……………43
 3. 基礎杭周辺からの湧水対策……………45

4. 二次・三次仮締切内の水替工法の検討……………47
 5. おわりに……………49

1. はじめに

本地区は、「国営八郎潟干拓事業」で干拓された、大潟村他2市3町にまたがる12,810haの農業地帯であり、防潮水門により外海から遮断し、淡水化した調整池を用水源としている。

本地区に係る基幹水利施設のうち防潮水門、南部及び北部排水機場は昭和58年の日本海中部地震の影響を契機とした機能低下が、経年変化と共に著しく、現時点では施設機能の維持が困難となっており、また、大潟村は海拔0m以下にあるためこのままの状態が継続されるならば、今後重大な災害の発生が懸念されるところである。

このため、「国営男鹿東部農地防災事業」では、防潮水門、南部及び北部排水機場を改修し、施設機能を抜本的に回復することにより、農作物の被

害、農地の災害等を未然に防止し、農業生産の維持と農業経営の安定及び国土の保全を図ることを目的としている。

本事業は一期と二期に分かれおり、一期で南部排水場を、二期で防潮水門と北部排水機場を改修する計画となっており、一期事業は平成14年度に完了し、二期事業は平成19年度に完了予定である。(図-1)

2. 工事概要

旧防潮水門は、昭和32年から昭和52年にかけて行われた八郎潟干拓事業の一環として、八郎潟調整池と日本海を遮断し淡水化を図り、干拓された大潟村及び周辺地域の農業用水を確保するため昭和34年から昭和36年の間に構築された。

その後、約40年の歳月による経年変化とともに、昭和58年の日本海中部地震の影響を契機とした機能低下が顕著になり、施設機能の維持が困難な状況になったため、平成13年度から平成19年度にかけて本事業にて改修を行っている。(写真-1、図-2)



図-1 概要図



写真-1 工事施工状況 (平成18年10月現在)

*東北農政局男鹿市東部農地防災事業所 (Tel. 018-847-4401)

本工事の概要は表-1のとおりである。

仮設計画は、洪水位（TP+1.86m）及び工事期間中の洪水量（1,215m³/s）等の水利的条件と、新旧ゲート並びに魚道・船通しの円滑な切り替えを検討した結果、図-3のとおり仮締切回数を3回としている。

本工事の施工にあたり、被圧地下水低下対策として基礎杭周辺からの湧水対策及びそれに伴う水替工法について検討を行った。以下、その概要を述べる。

表-1 工事概要

①形式	フローティングタイプ（岩着していない形式のこと）
②堰長	堰全延長 L=370m 可動部延長 L=350m（径間長25.0m×14門）
③堰高	H=4.2m
④堰柱	N=15基（幅B=2.5m 長さL=15.0m 高さH=13.2m）
⑤基礎	基礎杭（鋼管杭φ800～φ1000mm N=228本、 PHC杭φ450mm N=138本）
⑥本体ゲート	ゲーター構造ローラーゲート 幅B=22.5m 高さH=4.2m 放流ゲート（二段）2門 洪水吐ゲート12門
⑦魚道	階段式魚道 幅B=3.0m 長さL=43.7m 左右岸2ヶ所
⑧舟通し	開門式 幅B=4.6m 長さL=20.0m 右岸1ヶ所
⑨管理橋	ポストテンション方式 PC単空中空床版橋 設計荷重 TL-14 全幅 B=5.0m 有効幅員B=4.0m N=14径間
⑩床版工	上流 L=7.3m t=1.2m 下流 L=20.25m t=0.5m
⑪護床工	十字ブロック 上流 L=6.5m 下流 L=6.5m

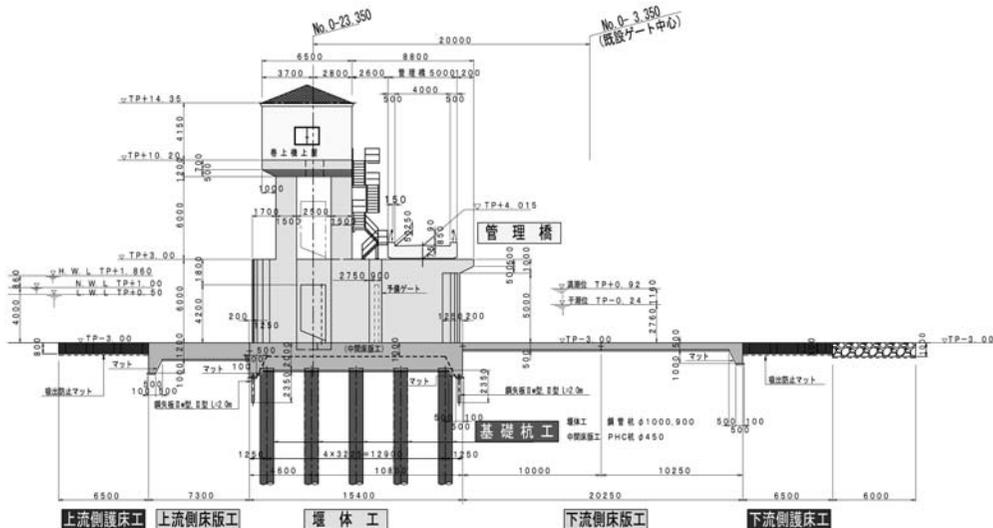


図-2 新堰柱構造断面図

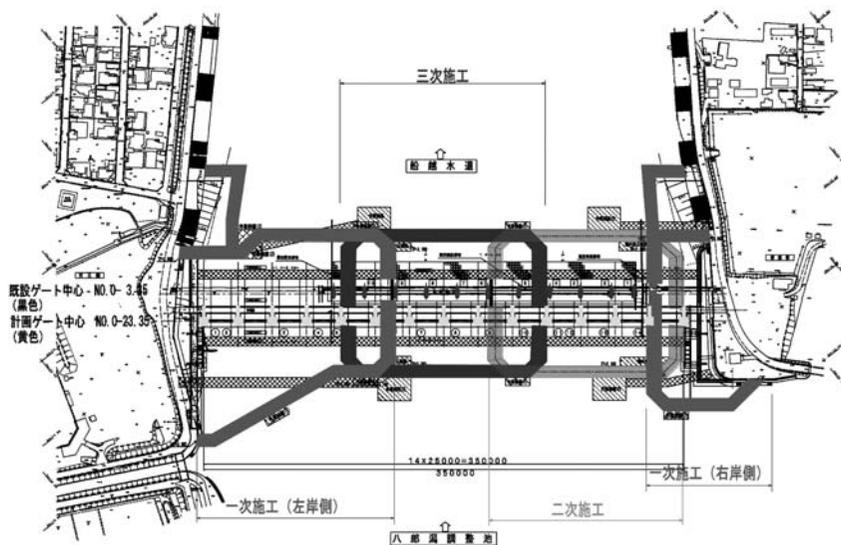


図-3 二重仮締切全体計画図

3. 基礎杭周辺からの湧水対策

①基礎杭周辺からの湧水発生状況

堰柱及び中間床版の基礎杭は、基礎地盤に支持させる鋼管杭及びP H C 杭による中掘先端根固め工法により、実施した。一次仮締切内で杭打設後、堰柱基礎床付面まで掘削した段階で、杭周面から湧水が発生していることがわかり、工事を一時中止して発生本数を調査した結果、打設杭全数141本中約20%の28本が該当していた。(写真-2、3)



写真-2 鋼管杭打設状況 (一次施工：H14.12)

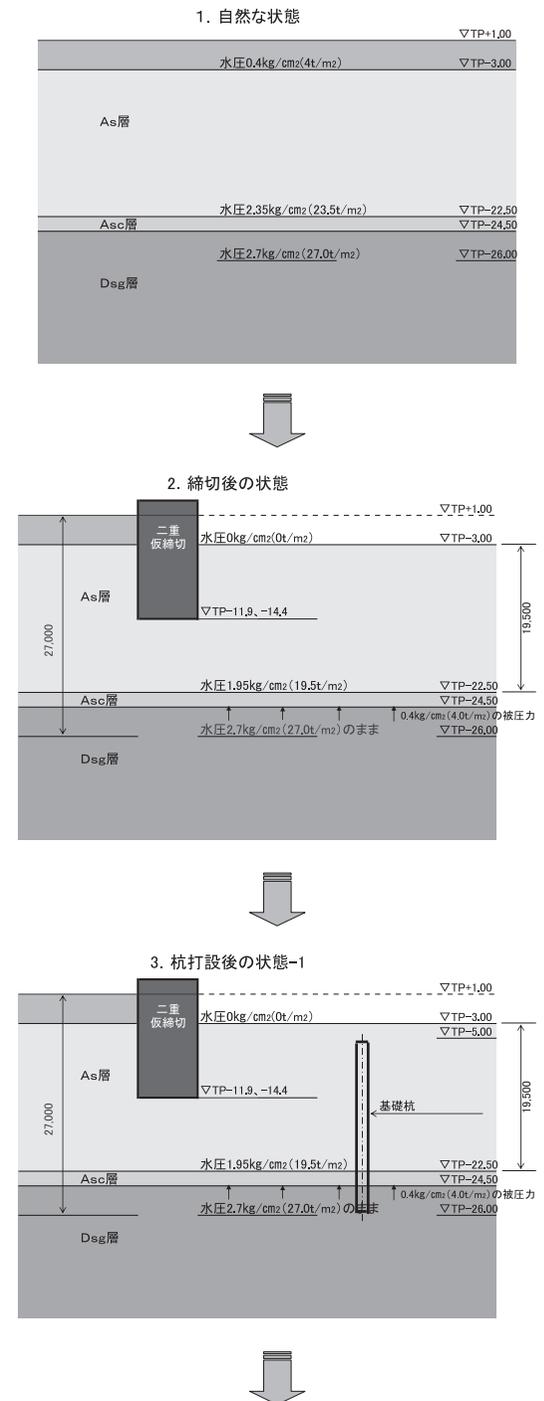


写真-3 鋼管杭からの湧水状況 (一次施工：H15.1)

②基礎杭周辺からの湧水発生原因推定

湧水が発生した原因としては、土層構成上 TP - 22.5 ~ TP - 24.5m 付近にある厚さ 2.0 ~ 3.0m の Asc 層 (沖積第2砂質土層 - シルト質砂) に、

シルト分が多く含まれていて不透水層を形成していたものの、基礎杭打設によりこの層に水みちが出来てしまい、仮締切内掘削地盤高 (TP - 5.5m) と仮締切外水位 (TP + 1.0m) による水頭差 (6.5m) が生じたことで、掘削地盤面に噴出してきたものと推定された。(図 - 4)



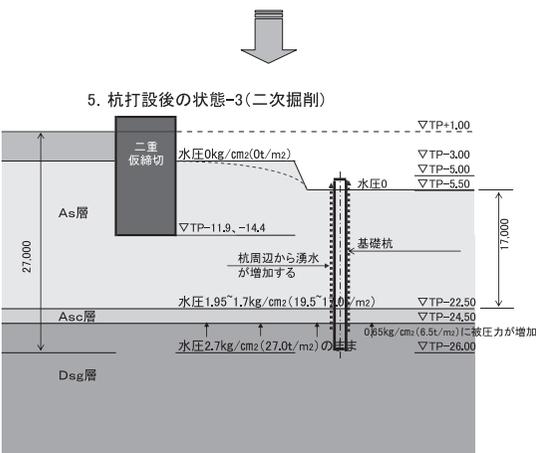
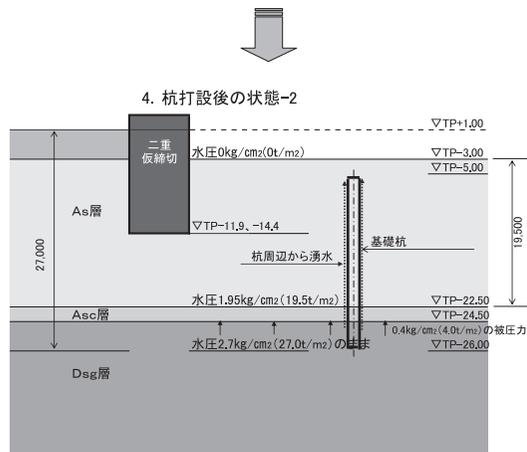


図-4 Dsg層の被圧の概念図

凡 例

- As層：（沖積第1砂質土層－細砂）
- Asc層：（沖積第2砂質土層－シルト質砂）
- Dsg層：（洪積砂礫層－砂礫）

③基礎杭の検証

この湧水現象が、基礎杭の健全性に影響を及ぼす懸念があるため、基礎杭の周面摩擦力及び水平方向の変位量検証として載荷試験を行いそのデータを基に解析した。その結果、湧水が発生した堰柱杭の周面摩擦力には問題がなかったものの、水平方向の変位量は許容変位量1.0cmを超えたため、何らかの対策が必要となった。

④基礎杭の対策工法の検討

基礎杭の水平変位低下対策工法として、表-2に示すように①基礎砕石による置換え工法案、②地盤改良工法案、③中詰めコンクリート工法案の3案について比較検討を行った結果、堰柱基礎外

面への排水効果が高く、また比較的材料も安価で施工性に優れ、杭の水平変位量も許容変位量1.0cmを下回る、①基礎砕石による置換え工法案+排水暗渠併用を対策工法として採用した。

⑤対策工法の実施

実際の施工では、まず湧水処理として、各堰柱・中間床版の基礎杭のうち湧水が発生した杭同士を、□300×300の排水暗渠で繋ぎ1箇所に集約させ、遮水矢板の外側に設置した釜場よりポンプ排水させた。次に各堰柱・中間床版床付面に厚さ30cmの砕石を全面に敷き、コンバインドローラー等で十分に締め固めることで品質を確保し、杭頭部に強固な地盤を構築させた。施工後は乾燥した床付面が出来上がり、その後のコンクリート工事は、湧水による影響を受けず施工性・品質を確保出来た。（写真-4、5）



写真-4 暗渠排水設置状況（堰柱部、一次施工：H15.1）



写真-5 基礎砕石設置状況（堰柱部、一次施工：H15.1）

表-2 対策工法比較表

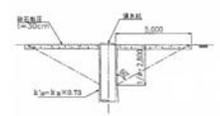
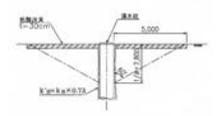
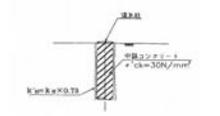
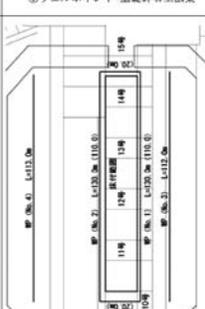
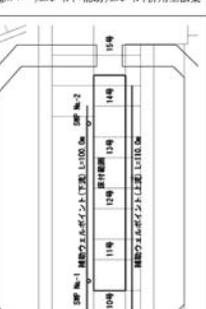
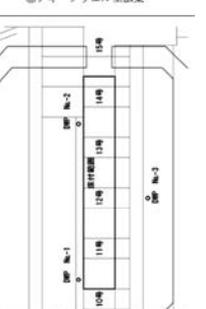
	①基礎砕石による置換え工法案	②地盤改良工法案	③中詰めコンクリート工法案
対策工			
工法仕様	1) 設計条件 内部摩擦角 $\phi = 35^\circ$ 置換え範囲 杭外面より5.0m 2) 変位量解析結果 置換え厚・・・30cm	1) 設計条件 改良材の添加量は100kg/m ² とする。 置換え範囲 杭外面より5.0m 2) 変位量解析結果 地盤改良厚・・・30cm	1) 設計条件 中詰めコンクリート強度は $f_{ck}' = 30N/mm^2$ とする。 2) 変位量解析結果 深さ10m以上まで解析したが原地盤相当時に発生する変位量には抑えられなかった。
長所	・使用する基礎砕石は再生砕石でもよく、工事費の低減化が可能である。	・基礎砕石に比べて施工性がよく、均一な改良体を形成させやすい。	—
短所	・均一な強度の軀圧体を形成させないと許容変位量以内に収まらなくなる。	・セメントを大量に使うため材料費が高くなる。	—
総合評価	◎	○	—

表-3 水替工法比較表

	①ウエルポイント+基礎砕石工法案	②スーパーウエルポイント+補助ウエルポイント併用工法案	③ディーブウエル工法案
計画概要			
計画数量	WP・・・設置延長L=445m 釜場・・・4ヶ所 杭湧水対策・・・基礎砕石工一式	SWP・・・n=2本、L=34.0m、φ500 WP・・・設置延長110m+100m=210m 簡易釜場・・・2ヶ所（必要に応じて） 間隙水圧計・・・TP-31.0m、1ヶ所	DW・・・n=3本、L=34.0m、φ500 簡易釜場・・・2ヶ所（必要に応じて） 間隙水圧計・・・TP-31.0m、1ヶ所
長所	・設置費用が一番安い。 ・設備が簡易なため工事期間が短く、比較的早く湧水できる。	・設置費用がディーブウエルに比べて安い。 ・別途地盤強化等の対策が必要なく、杭の信頼性が確保できる。	・別途地盤強化等の対策が必要なく、杭の信頼性が確保できる。 ・表層部の水も含めて、全ての湧水処理をカバーできる。
短所	・一次施工と同様、基礎地盤からの湧水は止められず、湧水の発生状況によっては、載荷試験による杭耐力再確認と、更なる追加対策の必要性がありリスクが大きい。	・掘削地盤の水位低下が思わしくない場合、WPの追加設置が必要となる。	・設置費用が他2に比べて最も高い。 ・設置工事の工程が他2に比べて長く、全体工程にも影響する。
工事費比較	1.01 (○)	1.00 (◎)	1.04 (△)
工程評価	0.5ヶ月 (◎)	1.0ヶ月 (○)	1.5ヶ月 (△)
杭品質評価	△	◎	◎
総合評価	△	◎	○

4. 二次・三次仮締切内の水替工法の検討

①水替工法の検討

当初、一次仮締切内の水替工は、仮締切鋼矢板の根入れ下部からの浸透水に対し、ウエルポイントと釜場排水の併用で排水する計画であったが、基礎杭周辺から湧水が発生したことで、基礎杭水平変位対策工法の他に、更なるウエルポイントの追加によって、ようやく掘削・床付けを行うこと

ができた。二次・三次仮締切内における工事も、基礎杭打設による杭周辺からの湧水は確実に発生し、その湧水の程度は一次仮締切内と同程度とは限らない。むしろ二次・三次仮締切は河川中央に位置することから湧水が増加する可能性が高い。もし、そのような事態になった場合、一次施工と同じ杭頭部の置換えだけで済むかどうか懸念された。これらを踏まえて、杭周辺からの湧水を防止する対策として表-3に示す水替工法、①ウエル

ポイント+基礎砕石工法案（一次施工と同じ形式）、②スーパーウェルポイント+補助ウェルポイント併用工法案、③ディープウェル工法案の3案を選定し、施工性・コストを含めて比較検討した。その結果、経済性、工法の作業性等から本工事の現場条件にもっとも適していると評価した②スーパーウェルポイント+補助ウェルポイント併用工法案を選定した。

②スーパーウェルポイントの施工計画

「スーパーウェルポイント」(図-6, 7)とは、従来の深井戸工法(ディープウェル)の井戸を密閉し、井戸内を真空状態にすることにより、井戸下部のスクリーンへの集水能力を2倍~5倍に出来る工法で、スクリーンを二重管構造にすることにより、スクリーンの目詰まりを少なくしている。

基礎的な理論は深井戸の理論を応用したもので揚水量は以下の算定式より求めた。算定した揚水量を基に、揚水時の水位低下曲線を求め、堰柱床付け面(TP-5.5m)まで水位が下がる範囲を計算した結果、図-5のように新堰柱構築部分をほぼ網羅できたため、2本配置で計画した。

- $q = \alpha \times (2\pi \times r \times h' \times (\sqrt{k/15}))$
- q: 井戸1本当たりの揚水可能量 (m³/sec)
- α : スーパーウェルポイント係数 (実績より $\alpha = 2.3$)
- r: 井戸掘削半径 (0.325m)
- h': セパレートスクリーン長 (有効スクリーン長)
- k: 4.37×10^{-5} m/sec (As層)
- k: 1.30×10^{-4} /sec (Dsg層)
- q = 1.366m³/min (As層)
- q = 2.142m³/min (Dsg層)

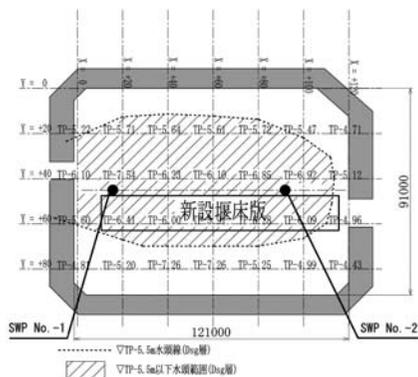


図-5 スーパーウェルポイント計画平面図 (二次施工)

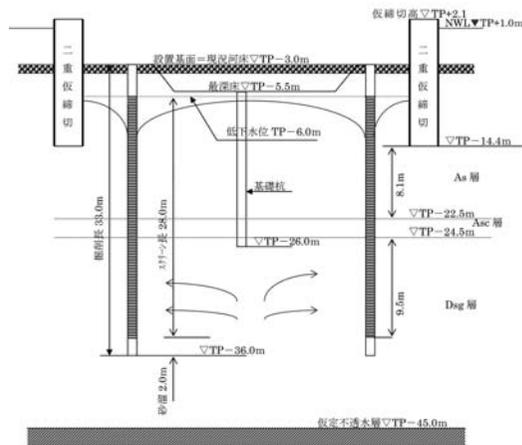


図-6 スーパーウェルポイント計画断面図 (二次施工)

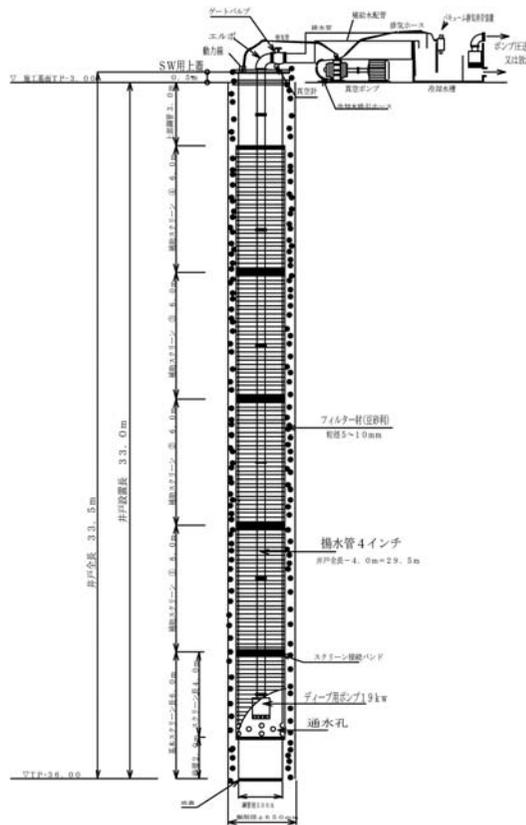


図-7 スーパーウェルポイント構造図

③スーパーウェルポイント揚水開始後の効果

揚水開始からの定期観測結果では、全揚水量は毎分4.20m³であり、理論計算から求めたDsg層の全揚水量毎分4.28m³に対して同等の値となった

が、堰柱床付け掘削前に試掘を行った結果、TP-4.5m付近から湧水が発生してきたため、表層部分の排水工法として、通常のウェルポイントと上下流合せて220本打設し追加揚水を行う事にした。これにより、地下水位はTP-6.0m以下となり、その後の工事はドライワークで施工が進められ、また基礎杭の健全性も確保できた。(写真-6, 7, 8, 9)

5. おわりに

当初想定できなかった諸課題に対する改善策が

行えたことで、新設水門建設が遅れることなく、かつ、安全に施工ができた。第一次・二次仮締切分の堰柱10基が平成18年度末に完成し、残りの堰柱5基も平成19年6月末に完成している。最後に当該現場は、地元小学校及び町内会、漁協関係者、土地改良区関係者、大学生等、多くの方々に見学して頂き、皆それぞれ工事規模の大きさに感嘆し、今後、陸上からは見ることが出来なくなる河底に立ち、喜んでいただいている。今後もこの様な見学会を通じ、農地防災事業への一層の理解を図っていくつもりである。(写真-10, 11)



写真-6 スーパーウェルポイント設置完了 (二次施工)



写真-7 井戸内揚水状況 (二次施工)



写真-8 堰柱・床版床付け全景 (二次施工)



写真-9 堰柱部床付け状況 (二次施工)



写真-10 施工状況 (平成18年10月)



写真-11 現場イベント状況

神流川頭首工におけるハーフコーン型魚道の設計・施工について

加 藤 修 一*
(Shuichi KATOU)

目	次
I. はじめに	50
II. 魚道の現況	50
III. 魚道改修における位置・型式の決定	51
IV. ハーフコーン型魚道の設計と施工	53
V. 今後のモニタリング調査と検証	56
VI. おわりに	56

I. はじめに

神流川頭首工は、一級河川利根川水系神流川中流域に位置し、左岸側は群馬県藤岡市、右岸側は埼玉県児玉郡神川町となっている。

本頭首工は、昭和19年度～29年度に埼玉県営神流川筋合口用水改良事業により造成されたフローティングタイプの複合堰で、土砂吐2門、固定堰L=95.3m、取水工1ヶ所、護床工、護岸工及び魚道が築造された。

その後、昭和42年度～55年度の国営埼玉北部農業水利事業によって取水工が増築されたが、堰本体は造成から50年以上が経過し、亀裂、剥離、劣化等施設の老朽化及び河床低下に伴う機能低下が進行してきており、早急な改修が必要となっている（写真-1）。

このため、平成16年度から国営神流川沿岸農業水利事業により、本頭首工及び用水路の改修工事を実施している。特に頭首工工事に伴う魚道改修については、近年実績が増えてきたハーフコーン

型魚道を採用し、平成18年度から工事に着手したので、以下に設計、施工経過を報告する。

II. 魚道の現況

現況の頭首工の魚道は、隔壁の天端高さが一様で、隔壁全幅を越流する階段式魚道となっている。この型式の魚道は従来から多く採用されてきたが、本頭首工においては次のような問題点が生じていた。

- ①魚道入り口において有効な呼び水効果が少なく、河床低下による落差も生じていることから、所要の遡上効果が得られない。
- ②魚道の側壁高が不足しており、魚道全体で溢水を起こしている。
- ③プール全体が水流による泡で覆われ、魚が休息できる静水域が形成されにくい。

以上のような状況により、本頭首工の魚道は有効な機能を発揮していないため、頭首工工事と一体的に魚道の改修をすることとなった。



写真-1 神流川頭首工改修前の状況

*関東農政局神流川沿岸農業水利事業所 (Tel. 0495-24-3664)

Ⅲ. 魚道改修における位置・型式の決定

1. 基本方針

魚道の有すべき条件としては、頭首工の上下流を移動する魚類等が、容易にかつ安全に移動できることである。そのため、『よりよき設計のために「頭首工の魚道」設計指針』（農林水産省農村振興局整備部設計課監修。以下「設計指針」という。）1.5魚道の条件に従って、次の6項目を基本として魚道の型式、位置等を設計することとした。

- ①遡上する魚類等が、魚道上り口に集まりやすいこと。
- ②魚道の入り口に集まった全ての魚類等が、速やかに魚道に進入できること。
- ③魚道内に進入した全ての魚類等が、魚道内に滞在しないで、速やかに容易に安全にその魚道を移動できること。
- ④魚道通過後の魚類等が、安全かつ速やかに河川を遡上できること。
- ⑤降下する魚類等が魚道下り口を見つけやすく、安全かつ速やかに下ることができること。
- ⑥構造は堅牢で、維持管理が容易であること。

2. 対象魚種

本頭首工の魚道において対象とする魚種は、過去における各種の神流川魚介類調査結果（埼玉県川辺水辺の国勢調査、国交省水生生物調査、群馬県、藤岡市等調査）、平成16年度から実施している本地区の魚類調査による実績及び魚類の生活型（魚道による遡上・降下が不可欠かどうか）の判定により、下記の魚類を決定した。

- ①遊泳魚：ヤマメ、ワカサギ
- ②底生魚：ウキゴリ、トウヨシノボリ、ヌマチチブ

3. 魚道距離（長さ）

堰下流部について、河川管理施設等構造令に基づき設計した結果、現況よりも護床工を30m延長して改修することとなったため、魚道配置の検討においては、①集魚しやすい構造とすること、及び②将来の河床低下に際しても魚道の入り口が確保されるよう、現況の岩盤まで入り口を下げる必要があることから、改修する護床工の下流端付近まで魚道距離を延長し、 $L=110\text{m}$ とした。

4. 魚道位置

本頭首工における魚道位置として、現況の設置位置である右岸側、河川中央付近、左岸側について、上記6項目の基本方針を踏まえて検討した結

果、①魚道上り口がミオ筋に位置しており遡上しやすいこと、②堆砂領域からできる限り離れていること、③取水工への迷入・吸引を軽減できること及び④直線形のため土砂等の堆積の可能性が低いことから、河川中央部付近を魚道の設置位置に選定した。

5. 型式の検討

(1)アイスハーバー型の選定と課題

実施設計の初期段階では、種々の魚道型式について検討した結果、非越流部による静穏域が休息場所となるため多くの遊泳魚・底生魚に対応できること、また頭首工の魚道として多くの採用実績があることからアイスハーバー型（図-1）魚道を選定していた。

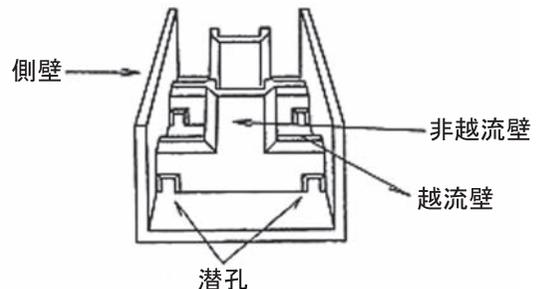


図-1 アイスハーバー型階段式魚道

その後、詳細な設計を進めたところ、本頭首工におけるアイスハーバー型の採用は、以下のような課題が生じることが判明した。

- ①潜孔部の流速分布が $0.8\text{m/s}\sim 2.4\text{m/s}$ となり、ヌマチチブ、トウヨシノボリなどの底生魚の突進速度 0.7m/s を超えていることから、底生魚の遡上障害が懸念されること。
- ②魚道が固定堰の中央部に位置し、更に魚道延長が $L=110\text{m}$ と非常に長いことから、ゴミや土砂等の滞留に対する維持管理等の作業上の安全性について考慮する必要があること。

このため、設計の基本方針、魚道距離、魚道位置は変更せずに、近年採用例が増えてきたハーフコーン型魚道を加えて再度比較検討を実施することとした。

(2)ハーフコーン型魚道の特徴

ハーフコーン型魚道とは、東京都産業労働局農林水産部の魚道会議で考案され、平成9年度に多摩川の大丸用水堰で初めて採用された新しい型式の魚道で、その構造は魚道本体水路にハーフコーン型を形成している。

ン（円錐形を半分に切った形）を1本ずつ交互に並べて設置し、螺旋を描き反転させた流れを形成させるものである（図-2）。

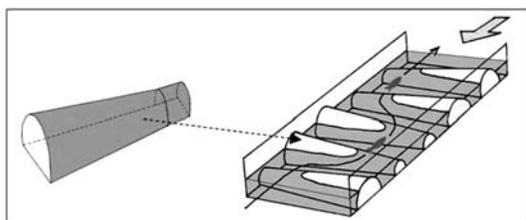


図-2 ハーフコーン型魚道のイメージ

ハーフコーン型魚道は、断面が三角形のため越流水深は連続的に変化し、多様な水深と流速が形成され、魚自身が運動能力に応じた部分を選択し溯上することができるように工夫されている。また魚道内の水流は左右に折れ曲がりながら変化しているので、自然の溪流に近い流況となる。更に、ハーフコーンの間のプールは静穏域となるため、魚類の休息場所も確保される。

また、維持管理面の特徴としては、ハーフコーン型魚道は魚道内水位が浅く、実績などから、出水時には水流によってプール内に堆積した土砂が掃流されることが分かっており、土砂撤去作業を必要としない。また、魚道内水位が浅くハーフコーン断面に角が無いいため、人が魚道内に落下した場合でも、重傷を負う可能性が低いことが特徴としてあげられる。

(3)魚道型式の比較及び検討結果

魚道型式を比較検討した結果を表-1に示す。さらに多摩川の大丸用水堰においては、河川のほぼ中央部に、L=65mのアイスハーバー型、ハーフコーン型の2種類の魚道を並列させて設置し（写真-2）、その効果の検証を行った。その検証結果では、ハーフコーン型の方が本頭首工において対象魚としている小型魚（アユなど）の遡上結果が多いこと、河川での作業の安全性や土砂の堆積が抑制されるなど維持管理面で有利であるという結果が得られている。

表-1 魚道型式の比較検討結果

	ハーフコーン型魚道	アイスハーバー型階段式魚道
標 準 断 面		
特徴	<ul style="list-style-type: none"> ・魚道幅：6m ・ハーフコーンの型枠は工場製作し丘打ち（パテントは無い） ・基礎及び側壁は現場打ち 	<ul style="list-style-type: none"> ・魚道幅：3m ・施工：現場打ち
特 徴	<ul style="list-style-type: none"> ・左右に蛇行した溪流に近い流れとなり、魚にとっては自然河川に近い流れとなる ・ハーフコーン間のプールが休息場所となる 	<ul style="list-style-type: none"> ・非越流部の上流側プールが休息場所となるため多くの遊泳魚・底生魚に対応
対 象 魚 へ の 適 応 性	<ul style="list-style-type: none"> ・ハーフコーンにテーパーを付けることにより越流水深は連続的に変化するので、魚自身が遊泳力に見合った水流を選択し遡上可能 ・底生魚はコーンを斜めにつたい遡上できる 	<ul style="list-style-type: none"> ・左右の越流部で、異なる越流水深を設定することで、大型・小型の遊泳魚に対応可能 ・潜孔により底生魚に対応
水 位 変 動 に 対 する 適 応 性	<ul style="list-style-type: none"> ・水位が変動しても、浅い越流端には遅い流速域が形成されるので遡上は可能 	<ul style="list-style-type: none"> ・水位変動が越流水深に直接影響するため、河川流量が増加した場合、遊泳力の弱い魚は遡上しにくくなる
維 持 管 理 上 の 特 性	<ul style="list-style-type: none"> ・プール内の土砂は洪水時に掃流され堆積しないため、土砂撤去などの維持管理を必要としない ・人が維持管理作業等をする上で危険性は低い 	<ul style="list-style-type: none"> ・設置場所は無効河積が主体であり、河川内に設けた場合、隔壁や潜孔部が流下物等により閉塞され、著しい機能低下の危険がある ・人が魚道内に落下した場合、潜孔部に吸い込まれる危険性がある
施 工 実 績	<ul style="list-style-type: none"> ・多摩川をはじめとして、近年、採用実績がふえてきている（平成9年度～14年度までに6基設置） 	<ul style="list-style-type: none"> ・頭首工の魚道として多くの採用実績がある
そ の 他	<ul style="list-style-type: none"> ・水深の浅い部分は、サギ類の被害を受けやすい 	
概 算 工 事 費	3,000万円	4,500万円



写真-2 大丸用水堰

以上の検討の結果、ハーフコーン型魚道は以下の点において神流川頭首工の魚道に最も適していると評価し、採用を決定した。

- ①本頭首工と比較的条件が類似している多摩川の大丸用水堰では、河川中央部にL=65mの長さのハーフコーン型魚道を設置し、小型魚の遡上について実績（効果）をあげていること。
- ②神流川頭首工においては、魚道の設置条件（位置、延長）等から、維持管理の容易さも特に重要であり、ハーフコーン型魚道においては、土砂の堆積などの機能低下が見られず、また維持管理作業の安全性が確保されていること。

IV. ハーフコーン型魚道の設計と施工

(1)魚道工基本構造の検討

魚道工基本構造の設計諸元は、以下の通りである。

①魚道対象流量

魚道対象流量は、河川管理者との協議により、当該地点の河川維持流量 $0.5\text{m}^3/\text{s}$ とした。

②越流水深

越流水深は、対象魚種のうち大型であるヤマメを対象に決定した。ヤマメの遊泳に必要な最小水深は、「魚道のはなし」（財リバーフロント整備センター編集）P169より、体高の2倍程度を確保する。ヤマメの体高は、「設計指針」P22より全長30cmと体高比（3.0～4.8）から6.3～10cm程度である。よって、最小水深は13～20cmを確保することとした。このことから、河川維持流量 $0.5\text{m}^3/\text{s}$ の流量が流れるときの最大越流水深を、0.2mとした。

③魚道勾配

魚道勾配は、「ハーフコーン型魚道設計手引書」（東京都農業事務所編集。以下「手引書」という）P41に「魚道勾配は1/8程度の実績もあるが、1/11

程度が望ましい」とあること、及び多摩川に設置された既設のハーフコーン型魚道7ヶ所のうち4ヶ所において1/10.5を採用していることから、勾配は1/10.5とした。

④魚道幅員

魚道幅員は、多摩川における7ヶ所の魚道において5.0～7.6mの実績があり、平均値が5.90mであった。また、河川維持流量 $0.5\text{m}^3/\text{s}$ が越流水深0.2mで流下した時、流れが直線的にならないよう越流幅が魚道幅員の1/2程度におさまる幅員を水力計算した結果、幅員6.0mの時に越流幅が全幅の56%となったことから6.0mとした。

⑤隔壁ハーフコーンの配置パターン

多摩川に設置された事例と同様に同タイプのハーフコーンを2列ごとに反転して配置する。

⑥隔壁の形状

ハーフコーンの傾斜は、「手引書」P42によると、1/11～1/14程度の勾配が望ましいとされている。多摩川の既設の7ヶ所の頭首工においてハーフコーン部最小径はすべてにおいて0.6m（半径0.3m）という実績があることから最小径を0.6mとし、勾配と円筒部平場幅の延長を変えながら $0.5\text{m}^3/\text{s}$ の流量が流下できる魚道断面の水力計算を試算し規模を求めた。その結果、ハーフコーン最大径1.4m（半径0.7m）、最小径0.6m、円筒部平場幅0.7mとした。ハーフコーンの横断形状は図-3の通りである。

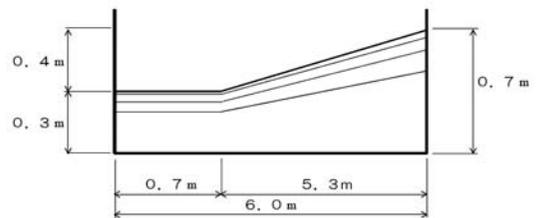


図-3 ハーフコーン断面図

⑦魚道流速

円筒部において、越流水深0.2mの時の流速を求めると $1.4\text{m}/\text{s}$ となった。対象魚種として選定した遊泳魚の中で、一番突進速度の遅いワカサギで $1.4\text{m}/\text{s}$ であり、各遊泳魚の遡上は可能であると判断される。また、底生魚については、ハーフコーン部に $0\sim 1.4\text{m}/\text{s}$ の多様な流速が発生するので、同様に遡上は可能であると判断される。

⑧ハーフコーン設置間隔（コーンピッチ）

ハーフコーン設置間隔は、「手引書」P33によると、2.8～3.3mの範囲内で設置すべきとされている。設置間隔が大きくなると、ハーフコーン越流部直下水深が小さくなるため、流況の安定及び水深を確保する視点から、本頭首工では2.8mとした（図-4）。

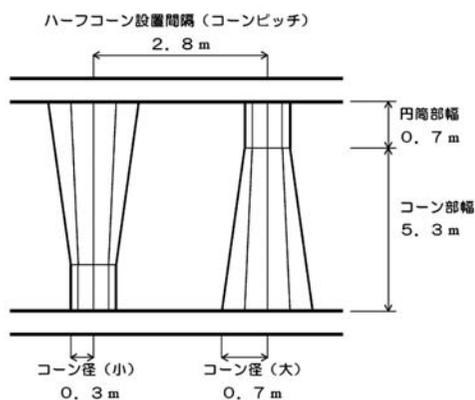


図-4 ハーフコーン平面図

⑨休息プール間隔

休息プールの間隔は、「魚がのぼりやすい川づくりの手引き」（国土交通省河川局）P58から、階段式魚道の場合、20～30m程度で設置することが目安とされている。本頭首工においては、固定堰から護岸工下流端までの延長が110mであるので、上流側から約30mと60mの地点に延長8mの規模の休息プールを2ヶ所設置し、ハーフコーンは1ヶ所につき11個を設置することとした（図-5）。

⑩魚道下流部構造

将来、河床の洗掘を起こしても魚道の機能が維持できるように、魚道工を推定岩盤線まで掘り下げて設置した。また、護床工下流部に隔壁を設置し、魚類の護床工部への迷入を防止することとした。

(2)施工方法

魚道におけるハーフコーンの施工は、下記の工程により行った。

- ①魚道ベースコンクリート打設後、ハーフコーン設置箇所のレイタンス処理を行う。
- ②工場で組立てられたハーフコーン用の鉄筋をラフタークレーンによってつり込みし、所定の場所

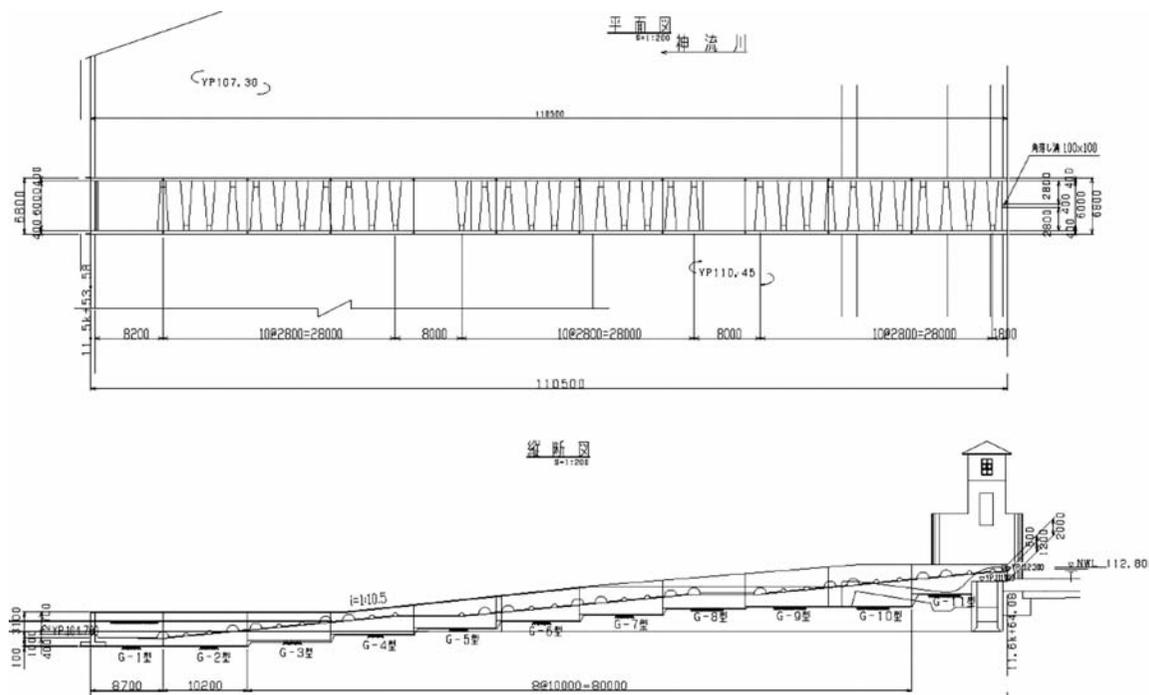


図-5 ハーフコーン型魚道平面図及び縦断面図

に固定アンカーによって確実にセットする（写真-3）。

③鋼製型枠の組立て・設置を行う（写真-4）。

④コンクリートポンプ車によってコンクリート打設（鋼製型枠の6ヶ所の窓から）・締固めを行う（写真-5）。使用するコンクリートは、型枠内への充填性と農林水産省構造改善局土地改良事業計画設計基準・設計「頭首工」P395に示される水セメント比（55%以下）を考慮し、27N-15-25とする。なお、水セメント比55%以下を満たすため、

設計時の21Nを施工承諾で27Nとしている。

⑤コンクリート仕上がり面を向上させるため、打設2時間後を目安にコンクリートの硬化状況を確認し、型枠脱型後、表面の金コテ仕上げを行う（写真-6）。

⑥型枠解体後のコンクリート養生は、養生用マットで全面を覆い行う。

⑦魚道部底版には、ひび割れ防止のための鉄筋を配筋し（写真-7）、二次コンクリートを打設する。

⑧ハーフコーンの完成（写真-8）



写真-3 ハーフコーン用鉄筋のセット



写真-4 鋼製型枠の設置



写真-5 コンクリート打設直後



写真-6 金コテ仕上げ



写真-7 魚道部底版配筋



写真-8 完成後の通水状況

V. 今後のモニタリング調査と検証

神流川頭首工は平成18年度より2カ年国債工事により改修工事に着手しており、魚道については、平成19年5月に完成し、通水を始めている。ハーフコーン型魚道の採用実績は全国的には少なく、国営かんがい排水事業では初めての事例となるため、今年度以降は魚類相のモニタリング調査を通年で実施し、本頭首工における遡上効果について検証を行う予定である。また、ハーフコーン部における越流状況などの水理特性の検証、土砂等の流下物の堆積状況や洪水時における掃流状況についても調査し、維持管理面での有効性についても検証する予定である。

なお、魚道通水開始後初めての魚類相調査を6～7月に実施（写真-9、10）したので、その結果を表-2に示す。今回の結果では、遡上が確認された11種のうち9種が遊泳魚で、アユ（193個体）



写真-9 魚道出口に設置した定置網



写真-10 魚道滞留魚の調査状況

表-2 魚類調査結果の集計

調査位置	調査方法	魚道工内				調査工 上流域
		母集団	遡上魚	滞留魚	採網・タモ網 ・定置網	
魚種名	投網・タモ網	定置網	定置網	タモ網		
1 ワカサギ	1					
2 アユ	63	10	192	109		29
3 オイカワ	90	42	10	14		10
4 ウグイ	40	17	84	36		27
5 アブラハヤ	61	568	10			11
6 タモロコ	1	4	1			9
7 モツゴ	11	16	13	1		49
8 カマツカ	1					
9 ニゴイ	3	2	2			1
10 コイ	3		1			2
11 ゲンゴロウブナ	1					
12 キンブナ	3	22	25			57
13 シマドジョウ	29	11				23
14 キバチ	12	28	22			28
15 アガザ		6				
16 トウヨシノボリ	1	22	1	8		7
17 スマチナブ	12	31		8		20
18 シュズカケハゼ	9	2				
19 ウキゴリ	2	1				1
20 カジカ	5	5		39		37
採捕数	348	787	361	215		311
種数	19	16	11	7		15

が最も多く次いでウグイ（84個体）であった。他の2種は底生魚でこのうち絶滅危惧種に指定されているギバチ（22個体）が確認された。これまで通水開始後、1回の遡上調査しか実施していないが、滞留魚までを含めて「魚道工を遡上可能な評価対象」とすると、対象魚種のうち約半数の魚種にとって本魚道が有効に機能しており、今後、本河川域に生息する魚類の自由な遡上行動が確保されるものと期待している。

VI. おわりに

現在、神流川頭首工は右岸側の土砂吐、固定堰及び魚道が完成し、魚道において通水を始めている（写真-11）。今後は、左岸側の固定堰部及び護岸工を施工し、平成20年3月に頭首工全体が完成する予定である。

今回、使用実績の少ないハーフコーン型魚道を本頭首工に採用したが、このような事例の少ない施設は、施設が完成した時が機能の評価を検証する始まりといえる。このため、使用開始後は、継続的にモニタリング調査を行い、その結果と当初の目標を照らし合わせながら評価・検証を重ね、必要に応じて管理計画や管理手法を柔軟に修正していくことが、本河川域の魚類相を保全していく上で必要であり、今後のモニタリングが重要となると考えている。本頭首工は、改修に伴い魚道工にハーフコーン型を採用した事例であり、今後同型式の魚道改修工事が増えていくことが予想されることから、本頭首工における魚道の施工事例が他地区の参考となれば幸いである。



写真-11 魚道及び右岸側構造物が完成した
神流川頭首工（平成19年8月）

参考資料

- ・ 東京都産業労働局ホームページ
(<http://www.sangyo-rodo.metro.tokyo.jp>)
- ・ 「多摩川に設置したハーフコーン型魚道における溯上効果」(こうえいフォーラム第9号/2001.1)
- ・ 「ハーフコーン型魚道設計手引書」
(東京都農業振興事務所振興課農業基盤整備係)
- ・ 『「よりよき設計のために 頭首工の魚道」設計指針』(農林水産省農村振興局設計課監修)
- ・ 「魚がのほりやすい川づくりの手引き」
(国土交通省河川局)
- ・ 『土地改良事業計画設計基準・設計・「頭首工」』
(農林水産省構造改善局)

小田ダムの試験湛水及びその後の状況について

齊 藤 勉* 佐 藤 章 悦** 佐 藤 喜 久 夫***
 (Tsutomu SAITOU) (Shouetsu SATOU) (Kikuo SATOU)
 渡 辺 孝 志**** 小 菅 達 也*****
 (Takashi WATANABE) (Tatsuya KOSUGE)

目 次

1. はじめに	58	4. 供用開始後の状況	69
2. ダム概要	59	5. おわりに	69
3. 試験湛水結果と考察	62		

1. はじめに

小田ダムは、国営迫川上流農業水利事業と宮城県治水事業との共同事業により、1級河川北上川水系迫川支川長崎川（宮城県栗原市一迫字川台及び同市花山字草木沢向地先）に建設された多目的ダムである。

ダムの形式は、中心遮水ゾーン型ロックフィルダム（堤高43.5m、総貯水量9,720千m³、堤体積1,341千m³）である。

ダム工事は、平成6年3月から仮排水路トンネルに着手し、平成17年2月までに主要工事を完了した。

試験湛水は、平成17年3月25日から平成18年2月26日までの約11ヶ月間実施し、その後、平成18年3月より供用を開始した。なお、試験湛水期間中、ダム地点において、震度4を超える地震（8・16宮城地震）を経験した。同地震の情報等は表-1のとおりである。

本稿は、試験湛水中（8・16宮城地震時含む）及び供用開始後のダム挙動に対する安全性評価についてとりまとめたものである。

表-1 8・16宮城地震の情報等

発生時刻	平成17年8月16日 11時46分	
規 模	M(マグニチュード)=7.2	
震源位置	宮城県沖 (N 38.1° , E 142.4°) 深度42km	
ダム地震計 計 測 値	基 盤 部	水平方向:59gal 鉛直方向:47gal
	ダム中位部	水平方向:57gal 鉛直方向:37gal
	ダム天端部	水平方向:90gal 鉛直方向:73gal



図-1 小田ダム位置図



写真-1 小田ダム湛水状況写真

* 東北農政局土地改良技術事務所 (Tel. 022-295-5544)
 ** 東北農政局最上川下流沿岸農業水利事業所
 (Tel. 0234-42-3612)
 *** 東北農政局男鹿東部農地防災事業所 (Tel. 018-847-4401)
 **** 東北農政局平鹿平野農業水利事業所 (Tel. 0182-35-7781)
 ***** 日技クラウン(株) (Tel. 052-261-1321)

2. ダム概要

(1)ダム諸元

ダム諸元表を表-2に、ダム全体平面図を図-2に、堤体標準断面図を図-3に示す。

(2)基礎地盤

小田ダムの基礎地盤は、河床部では新第三紀鮮新世竜ノ口層、左右岸アバット部ではこの地質年代から第四紀更新世にまたがる北川層から構成される。各々の特徴は次のとおりである（図-4ダム軸地質縦断面図、図-5ダム軸ルジオンマップ参照）。

竜ノ口層は比較的均質な泥岩である。変形係数は100~300MN/m²、透水性は概ね5Lu以下、限界圧力は0.1~0.2Mpa程度を示す。

北川層は主として火砕流に起因した凝灰岩類

（熔結凝灰岩を部分的に含む）からなり、基底部には礫岩・シルト岩などの碎屑性堆積物が挟在する。変形係数は熔結凝灰岩が300MN/m²程度、それ以外が50~150MN/m²程度であり、熔結凝灰岩を除き全体的に固結度は緩い。透水性にはばらつきがあり、一部20Luを越える高透水部が認められ、限界圧力は0.1~0.2Mpa程度であり、竜ノ口層と同程度を示す。

ダム設計では、これら基礎地盤特性を踏まえ、カーテングラウチングによる止水改良が困難と考え、止水処理を次のとおり計画した。

①河床部

堤内水平ブランクット+ブランクットグラウチング

②左右岸地山部

地山ブランクット+ブランクットグラウチング

表-2 ダム諸元表

位	置	宮城県栗原市花山、一迫	型	式	中心進水ゾーン型ロックフィルダム	型	式	側水路型				
	一	新第三紀鮮新世 泥岩(竜ノ口層)	堤	高	43.5 m	洪	設計洪水流量	A=520m ³ /s、B=390m ³ /s、C=610m ³ /s				
般	基	新第三紀鮮新世~新第四紀更新世	堤	頂長	520.0 m(左岸アバット含む)	水	堤	堰	クリーガーによる			
	礎	凝灰岩、熔結凝灰岩、砂岩、礫岩	ダム	天端幅	10.0 m		設計洪水水位	EL.166.0 m				
貯	流域	面積 23.4km ² 間 0km ² 計23.4km ²	堤	天端標高	EL.168.5 m	社	サーチャージ	EL.164.6 m				
	水	透水面積 0.880 km ²	堤	体積	1,341 千m ³		越流水深	1.1 m				
池	総貯水量	9,720 千m ³	体	ゾーン名	分類	堤体積	ρd	φ	Cc	K	越流堰長	49.40 m
	有効貯水量	9,010 千m ³										コア
地	堆砂量	710 千m ³	材料	トリアクシオン	CM	185	1.66	38	0	K ≥ 5 × 10 ⁻³	減勢工	
設計	満水位	EL.163.5 m										ロック
余	裕高	2.0 m	フィルター	GM	155	2.08	38	0	K ≥ 1 × 10 ⁻³			
利用	水深	18.5 m								型	式	タワー式シリンダーゲート
依	設計	流量	180 m ³ /sec	取	水	位	EL.163.5~EL.145.0m					
	延	長	左岸 550 m	調	節	工	ジェットフローゲート					
内	径	2r = 5.7m	そ	の	他	ゲート	φ750 × 2門、φ200 × 1門					
	その他	流下方式：開水路方式										

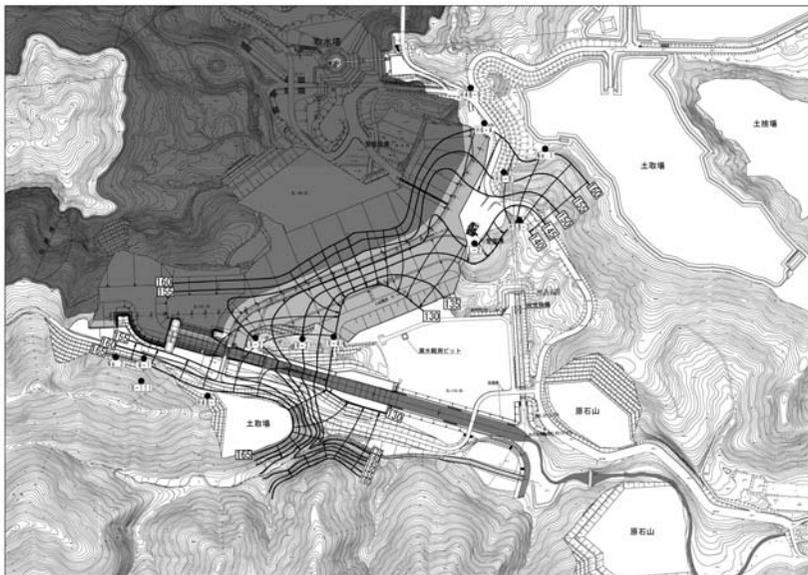
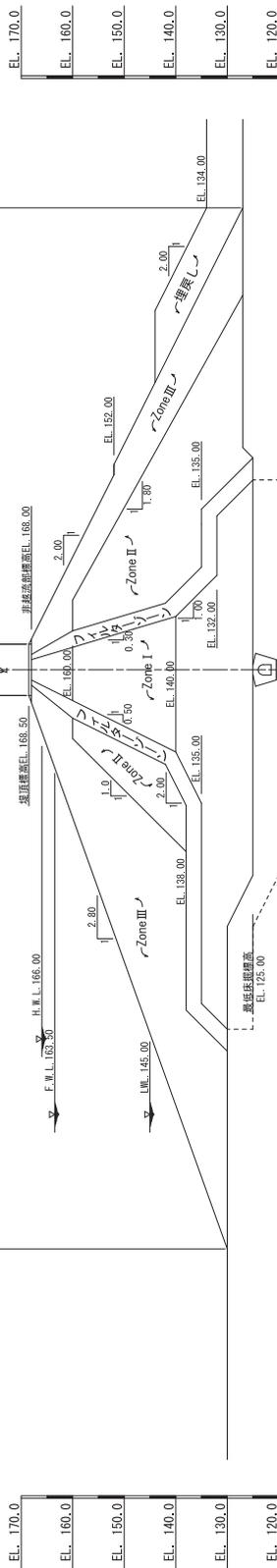
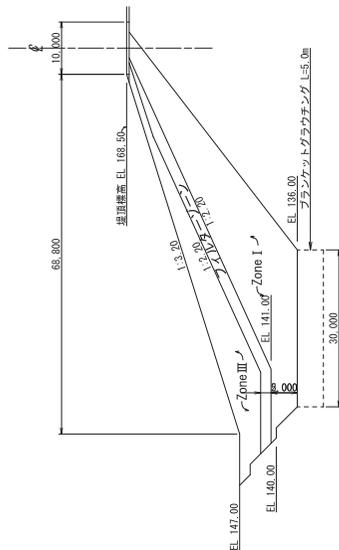


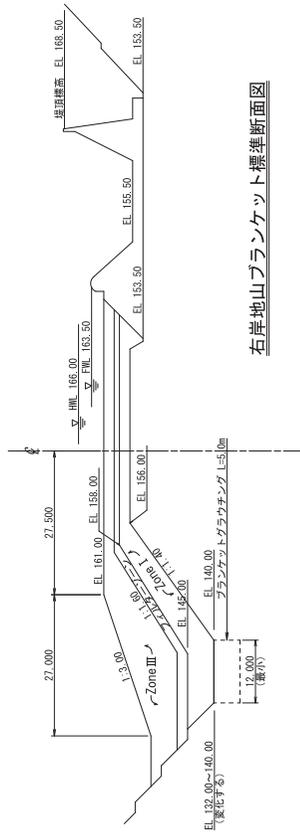
図-2 ダム全体平面図（地山地下水位コンター図（SWL.164.4m時点）兼ねる）



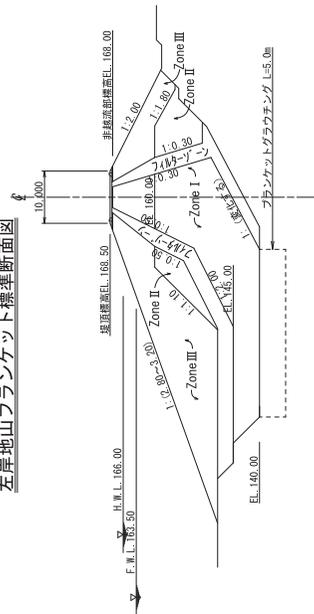
本堤標準断面図



左岸地山プランケット標準断面図



右岸地山プランケット標準断面図



本堤～地山プランケット移行部標準断面図

ゾーン区分	使用材料
Zone I (コア)	小田原地区(ダム左岸側)土取環状性土材料と、洪水吐及び下流原石山崩削時に得られる低一中
Zone II (トランジョン)	焼結凝灰岩材料(水-砂)との混合材、混合比 1:1
Zone III (ロック)	ダムサイト下流1kmの基岩川右岸に位置する原石山から得られる焼結凝灰岩(水-砂)
フィルターゾーン	購入材(安山岩)
	購入材(C-40と山砂)との混合材、混合比 8.5:1.5

図-3 堤体標準断面図

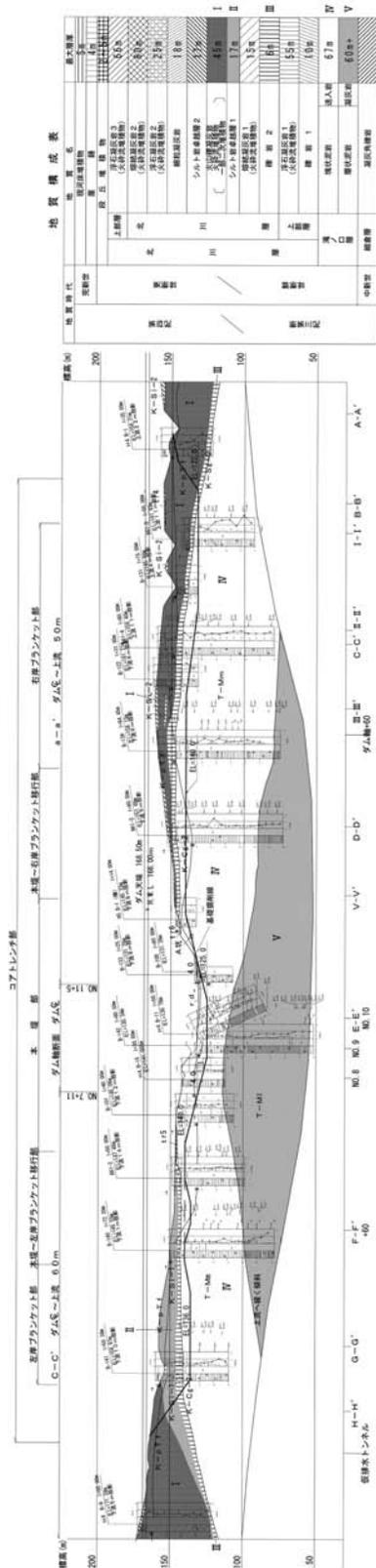


図-4 ダム軸地質縦断面図

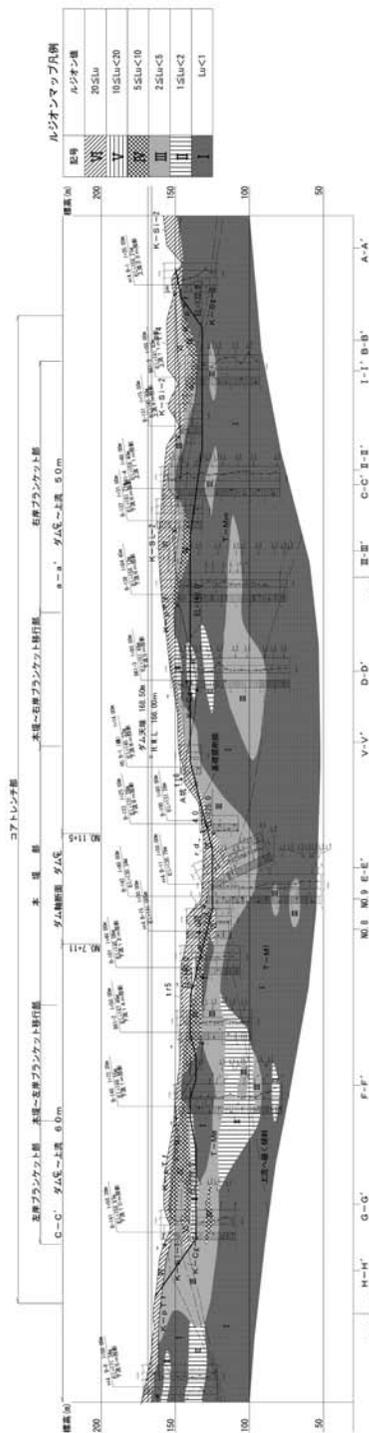


図-5 ダム軸ルジオンマップ

3. 試験湛水結果と考察

(1) 湛水実績

小田ダムの試験湛水は、貯水位変動速度を上昇・降下過程共に1.0m/日以下に規定し実施した。

貯留状況図を図-6に示す。

以下に、貯水位変動状況をまとめる。

- a 非かんがい期 (3月25日～4月20日)
: 平均0.70m/日
- b 主に代かき期 (4月21日～5月20日)
: 平均0.00m/日

- c 普通期 (5月21日～9月4日)
: 平均0.09m/日
 - d 洪水期制限水位^{※1} 保持期間9月5日～9月30日
 - e 非かんがい期 (10月1日～1月26日)
: 平均0.05m/日
 - f 非かんがい期 (1月27日～2月26日)
: 平均0.65m/日
- (a～e: 貯水上昇時 f: 貯水降下時)

※1 洪水期(7月～9月)はWL.158.5mを上限水位とし、洪水調節容量3,500千³mを確保。

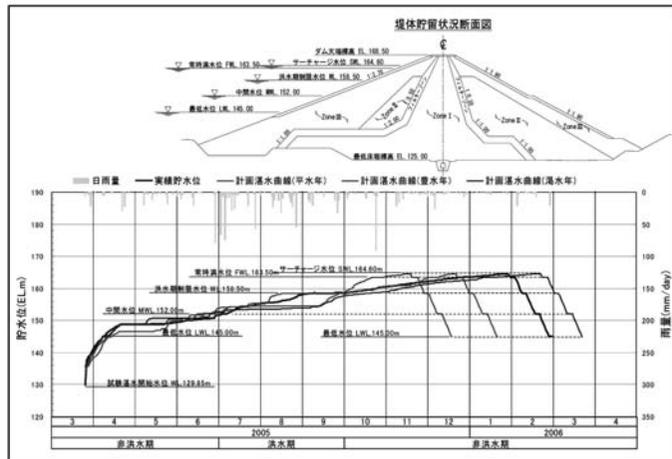


図-6 貯留状況図

(2) 計測項目, 及び頻度

表-3 計測項目, 及び頻度

計測項目	計測機器	設置数量 (系統)	設置箇所	観測頻度			
				通常体制	注意体制	警戒体制	
堤体・基礎地盤	排水ドレーン 浸透流量	三角堰 (水位計)	8	漏水観測ビット	1回/日	1回/時間	1回/時間
	堤体周辺 浸透流量	-	3	アクセストンネル内 洪水吐末端 仮排水路出口	1回/日	2回/日	4回/日
	変形量	層別沈下計	3	No.10.No.5+18.No.14+5	1回/週	1回/日	2回/日
		表面変位計	41	LBN0.2~RBN0.3	1回/週	2回/週	1回/日
		間隙水圧	73	No.10.LBN0.2.RBN0.3	1回/日	2回/日	1回/時間
		土 圧	11	No.10.LBN0.2.RBN0.3	1回/日	2回/日	1回/時間
		岩盤変位	岩盤変位計	11	No.10.No.10+7.No.5+18.No.14+5 LBN0.2.RBN0.3.No.10+14	1回/日	2回/日
	地震力	地震計	3	No.10 (ダム天端, 堤体内, 監査廊内)	発生時	発生時	発生時
監査廊	鉄筋応力	鉄筋応力計	64	監査廊ブロックL-7.C-7, R-7.R-24	1回/日	2回/日	1回/時間
	縦目 開き・ズレ	縦目計	66	河床部, 左岸部, 右岸部	1回/日	2回/日	1回/時間
		簡易縦目計	72	右岸アバットEL.140水平部	1回/週	1回/日	2回/日
	浸透圧	浸透圧 観測孔	12	監査廊ブロックL-13.9.5.1・C-5.10 監査廊ブロックR-1.5.9.13.18.23	1回/日	2回/日	1回/時間
地山	地山地下水位	地下水位 観測孔	6	左岸地山	1回/週	1回/日	2回/日
		7	右岸地山				
巡 視	-	-	-	-	1回/日	2回/日	4回/日

(3)浸透流量

①排水ドレーン浸透流量

浸透流量は、基礎からの浸透水を対象とした主・副ドレーン4系統、堤体からの浸透水を対象としたドレーン管（主・副）4系統の合計8系統にて計測した。

浸透流量挙動は、試験湛水前に想定した浸透流量に比べ少なく、かつ、8・16宮城地震時を含め、急激な変動は認められず（降雨除去後）、安定した状態であり問題ないと判断した。（表-4参照）

表-4 排水ドレーン浸透流量総括表

区 分	①試験湛水開始時	②FWL.163.5m	③SWL.164.6m	④増加量 上段：②-① 下段：③-①
左岸合計 (% ₂ /min)	26.4	50.9 (110)	46.9 (115)	24.5 20.5
右岸合計 (% ₂ /min)	9.8	16.8 (90)	16.4 (90)	7.0 6.6
総合計 (% ₂ /min)	36.2	67.7 (200)	63.3 (205)	31.5 27.1

※ ()内は、試験湛水前の想定浸透流量を示す

一方、浸透水の濁度については、次に示す4系統にて一時的に上昇する傾向が認められた。

- ・左岸主ドレーン ・右岸主ドレーン
- ・右岸副ドレーン ・右岸堤体ドレーン管（副）

この一時的な濁度上昇は、漏水観測ピットに接続する導水管内部に堆積した沈殿物の流出が要因であり、成分分析を行った結果、沈殿物に土粒子は含まれず、酸化鉄、酸化マンガンを主体とする物質であった。

②堤体周辺浸透流量

試験湛水では、前項①排水ドレーン浸透流量とは別に、堤体周辺にて次に示す浸透流量を計測した。

- ・監査廊アクセストンネル排水孔流量（3箇所）
- ・洪水吐サイドドレーン流量（2箇所）
- ・仮排水路トンネル排水孔流量（1箇所）

洪水吐サイドドレーン流量は、右岸側では概ね一定状態であった。これに対し、左岸側では貯水水位の上昇に伴い緩やかに増加したが、定量的にも問題ないと判断した。

その他については、8・16宮城地震時を含め、

概ね一定値を示し安定した挙動であった。（表-5参照）

表-5 堤体周辺浸透流量総括表

区 分	①試験湛水開始時	②FWL. 163. 5m	③SWL. 164. 6m	④増加量 上段：②-① 下段：③-①
監査廊 アクセストンネル 排水孔流量 (% ₂ /min, 3箇所合計)	概ね一定 2.2~4.8			—
洪水吐 サイドドレーン 流 量 (% ₂ /min)	左岸	28.7	39.1	48.4 10.4 19.7
	右岸	12.1	15.8	14.7 3.7 2.6
仮排水路トンネル 排水孔流量 (% ₂ /min)	概ね一定 20.0~25.0			—

(4)地山地下水位

地山地下水位は、左岸地山で6孔、右岸地山で7孔観測した。

①左岸地山部

左岸地山部は、地山ブランケット袖部のH4B-9で20.9m、H6-Aで16.4mの地下水位上昇が認められたが、その他の観測孔（地山奥部、及び地山ブランケット下流側）では3.3m程度以下の上昇量であった。（図-7参照）

②右岸地山部

右岸地山部は、地山奥部、及び堤体下流で観測を行った結果、いずれも地下水位上昇量は3.2m程度以下であった。（図-7参照）

③地山浸透状況

左右岸地山の浸透状況については、SWL.164.6m時点の地山地下水水位コンター図（図-2参照）より、左右岸共に、貯水池から地山を迂回し下流河床部へ流下する浸透流量は少なく、地山奥部から貯水池、もしくは下流河床方向への浸透が主流であった。

このことに加え、8・16宮城地震時に急激な変動が認められなかったこと、及び先に述べた堤体周辺浸透流量の増加量も少なく、安定した挙動であったことから、左右岸地山浸透挙動は問題ないと判断した。

(5)間隙水圧

基盤及び堤体(遮水性ゾーン)内の間隙水圧は、次に示す断面で計測を行った。

- ・河床部最大断面 (No.10, 堤体・基礎部)
- ・左岸ブランケット移行部断面
(No.5 + 18, 堤体部)
- ・右岸ブランケット移行部断面
(No.14 + 5, 堤体部)
- ・左岸ブランケット断面
(LBNo.2, 堤体・基礎部)
- ・右岸ブランケット断面
(RBNo.3, 堤体・基礎部)
- ・ダム軸下流基礎地盤(基礎浅部)

※ダム軸下流基礎地盤は監査廊内に設置したブルドン計、その他は電気式間隙水圧計にて計測。

①基盤内間隙水圧 (図-7参照)

- a 貯水位変動に対して緩やかに変動し、8・16宮城地震時を含め、急激な変動は認められなかった。
- b 貯水位上昇時、間隙水圧増加量は、下流側に比べ上流側が大きく、貯水位が高くなると、上下流方向の水頭差が大きくなる状況であった。
- c これに対し、貯水位降下時の間隙水圧減少量は、増加量に比べ小さかった。これは、貯水位上昇時に比べ、降下時の貯水位変動速度が大きく、間隙水圧の反応に時間的遅れが生じたことが要因と考えられる。
- d 貯水位が概ね一定であった代掻き期(4月下旬～5月下旬, WL≒148.8m)、及び制限水位保持時(9月上旬～9月末, WL.158.5m)において、間隙水圧は上昇した。上昇量は1～2m程度であり、上昇傾向は時間の経過と共に収束した。
- e これら(特にc, d)より、本ダム基礎地盤は土質基礎に類似した間隙水圧挙動を示した。

②堤体内間隙水圧 (図-7参照)

- a 貯水位変動に対して緩やかに変動し、8・16宮城地震時を含め、急激な変動は認められなかった。
- b 施工中に発生した間隙水圧が残存した状態で試験湛水を開始したため、試験湛水開始当初、間隙水圧に変動は認められなかった。
- c 貯水位上昇に伴い、低標高部、かつ上流側から緩やかに間隙水圧が増加する状況が認めら

れた。

- d 貯水位降下時は、基盤部同様、時間的遅れを生じながら緩やかに減少した。

③堤体・基礎部浸透状況

堤体・基礎部間隙水圧は、試験湛水前に想定した値を最大8m程度(SWL.164.6m時点)上回る状況であった(図-7参照)が、全水頭分布にて浸透状況を確認した結果、概ね均等に水頭ロスする状況が伺え(図-9参照)、堤体コアゾーン(ブランケットコア含む)、並びにブランケットグラウチングの遮水効果が発揮されていると判断した。

(6)堤体・基礎変形

堤体・基礎変形は、次に示す項目について計測を行った。

- ①堤体外部変形(表面変位計)
- ②堤体内部変形(層別沈下計)
- ③基礎地盤変形(岩盤変位計、及び監査廊水準測量)

①堤体外部変形(図-7, 図-10参照)

- a 貯水位上昇時、水平方向変位は左岸下流方向へ、鉛直方向変位は、貯水位上昇後鉛直上方へ変位し、その後は鉛直下方に変形する傾向を示した。
- b 貯水位降下時は、上昇時と逆に、水平方向変位は右岸上流方向へ、鉛直方向変位は鉛直上方へ変形する傾向を示した。但し、変形量は塑性変形成分と想定される分量が残留する状況であった。
- c SWL.164.6m時点における各成分の最大変形量は表-6に示すとおりであった。このうち、上下流方向変形量については、表中SF-34を含め、河床部全般において、試験湛水前に想定した値を最大30mm程度上回る状況であったが、8・16宮城地震時も含め、急激な変動が認められないこと、及び堤体表面(天端道路縁石継目、法先部排水溝継目等)の巡視より異常が認められないことより、問題はないと判断した。(表-6参照)

表-6 堤体外部変形総括表
(SWL.164.6m時, 最大変形量)

区分	変形量 (mm)	表面変位計 No.	変形の 方向	発生位置	
				断面	
水平 方向	左右岸 方向	24	SF-38	左岸方向	No. 16 ダム天端
	上下流 方向	59	SF-34	下流方向	No. 14 ダム天端
鉛直方向	24	SF-11 SF-20 SF-23	鉛直下方	No. 6	ダム天端
				No. 10	ダム天端及び 下流斜面

②堤体内部変形

堤体内部変形は、堤体コアゾーン内に設置した層別沈下計にて計測した。設置断面は次のとおりである。

- ・河床部最大断面 (No.10)
 - ・左岸ブラケット移行部断面 (No.5+18)
 - ・右岸ブラケット移行部断面 (No.14+5)
- a 貯水位上昇時、貯水位WL ≒ 150mまでは、鉛直上方へ変位し (最大10mm程度)、その後は緩やかに鉛直下方へ変位し、SWL.164.6m時点では試験湛水開始時に比べ10mm程度鉛直下方へ変位した。
- b 貯水位降下時は、鉛直上方へ変位する傾向を示した。但し、外部変形同様、変形量は塑性変形成分と想定される分量が残留する状況であった。
- c クロスアーム間の歪みは、概ね±0.2%の範囲で推移しており、圧縮、もしくは伸び歪みが進行する傾向は認められなかった。
- ・河床部最大断面： -0.14%～+0.18%
 - ・左岸ブラケット移行部断面： -0.13%～+0.10%
 - ・右岸ブラケット移行部断面： -0.10%～+0.10%
- (符号は、+：圧縮、-：伸びを示す)
- d 上記cより、堤体内に生じた微小な伸び歪みに対して、間隙水圧挙動と併せて検討した結果、浸透経路が形成された状況は認められず、問題ないと判断した。

③基礎地盤変形 (図-7参照)

基礎地盤変形は、次に示す断面にて計測した。

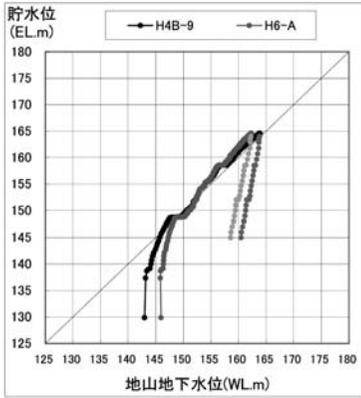
- ・河床部最大断面 (DNo.10)
- ・左岸ブラケット移行部断面 (No.5+18)

- ・右岸ブラケット移行部断面 (No.14+5)
 - ・左岸ブラケット断面 (LBNNo.2)
 - ・右岸ブラケット断面 (RBNNo.3)
- a 貯水位上昇時、河床部下流側に設置したRD-4を除く全ての岩盤変位計で、鉛直上方へ変形する傾向を示した。SWL.164.6m時点の変形量は表-7に示すとおりである。(表-7参照)

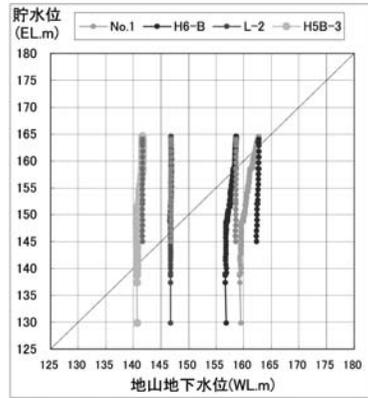
表-7 基礎地盤変形量総括表 (SWL.164.6m時)

設置断面	計器No	上下流位置	基礎地盤変形量(mm)
河床部最大断面 (DNo.10)	RD-1	上流-35.0m	+14.6mm
	RD-2	ダム軸	+9.1mm
	RD-3	ダム軸	+12.3mm
	RD-4	下流-25.0m	-0.7mm
左岸ブラケット 移行部断面(No.5+18)	RD-5	ダム軸	+3.8mm
右岸ブラケット 移行部断面(No.14+5)	RD-6	ダム軸	+16.1mm
左岸ブラケット断面 (LBNNo.2)	RD-7	上流-53.6m	+1.9mm
	RD-8	上流-13.9m	+8.0mm
右岸ブラケット断面 (RBNNo.3)	RD-9	上流-41.0m	+12.0mm
	RD-10	上流-13.8m	+9.2mm

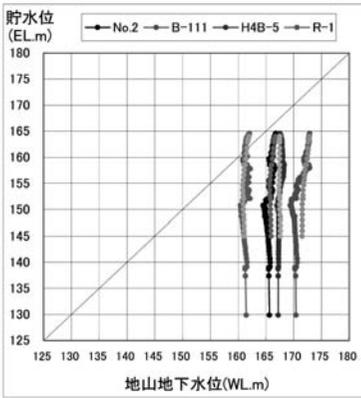
- b 一方、貯水位降下時の変形挙動は、次に示す2パターンに分類された。
- ・貯水位降下開始 (1月28日) から2月中旬までは概ね一定状態を保ち、その後鉛直下方に変形する。(河床部、及び左右岸ブラケット移行部)
 - ・貯水位降下開始より、更に鉛直上方に変形が進行する。(左右岸ブラケット部)
- c 上記a、bについては他地区挙動実績に比べ、特異な挙動であったことから、基礎地盤の変形特性、関連計器の計測値 (監査廊水準測量結果、層別沈下計基礎部変位量、基盤内間隙水圧) との関係、岩盤変位計の構造について検討を行ったが、明確な要因をつきとめるには至らなかった。
- d 基礎地盤変形挙動の原因究明はできなかったが、基盤面が概ね均等に変形していること (図-8参照)、浸透流量・基盤内間隙水圧・監査廊継目挙動に異常が認められないこと、並びに8・16宮城地震時に急激な変動が認められなかったことより、堤体・基礎地盤の安全性は確保されていると判断した。



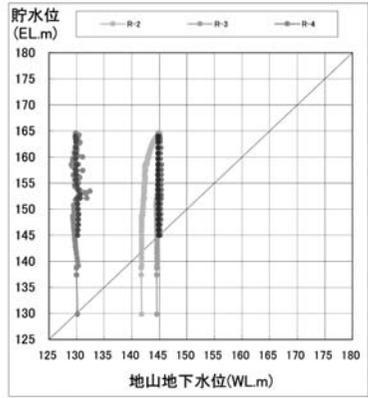
左岸地山地下水位 (1/2)



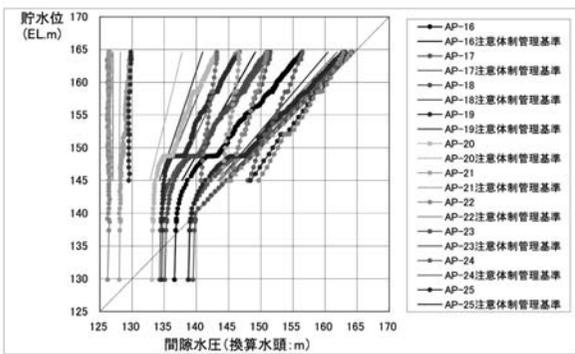
左岸地山地下水位 (2/2)



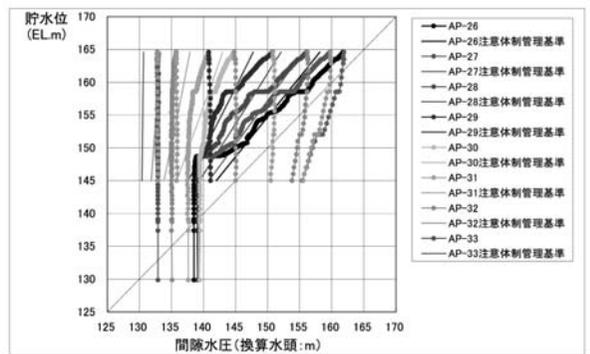
右岸地山地下水位 (1/2)



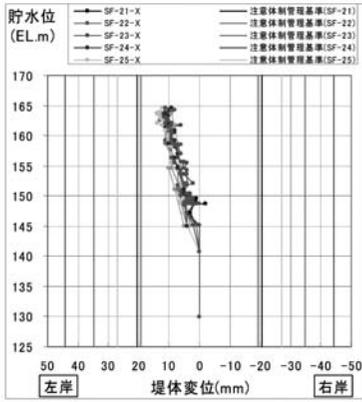
右岸地山地下水位 (2/2)



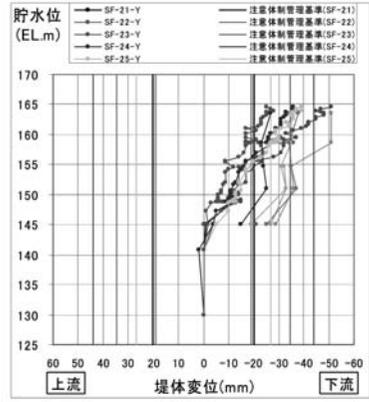
AP-16~AP-22 (Dno. 10 着岩部, EL. 125) , AP-23~25 (Dno. 10 着岩部, EL. 130)



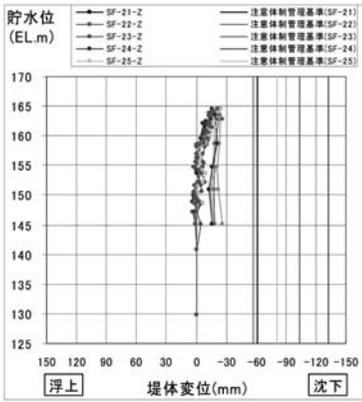
AP-26~AP-33 (Dno. 10 堤体内, EL. 130)



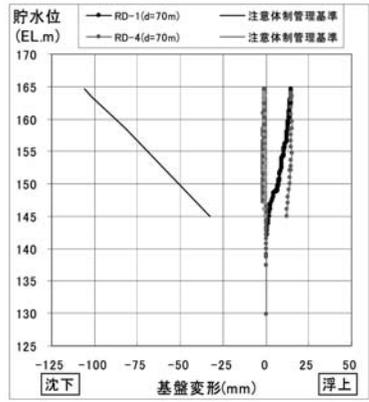
DNo. 10 左右岸方向



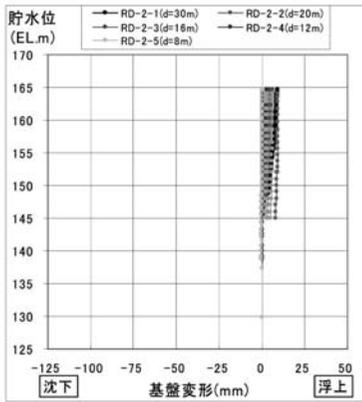
DNo. 10 上下流方向



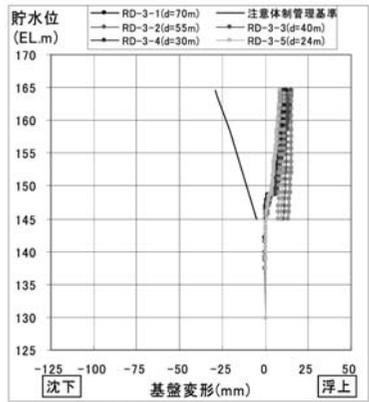
DNo. 10 鉛直方向



RD-1, 4 (Dno. 10, 上流 35m, 下流 25m)



RD-2-1~RD-2-5 (Dno. 10 ダム軸)



RD-3-1~RD-3-5 (Dno. 10 ダム軸)

図-7 貯水位と各種計測値相關図

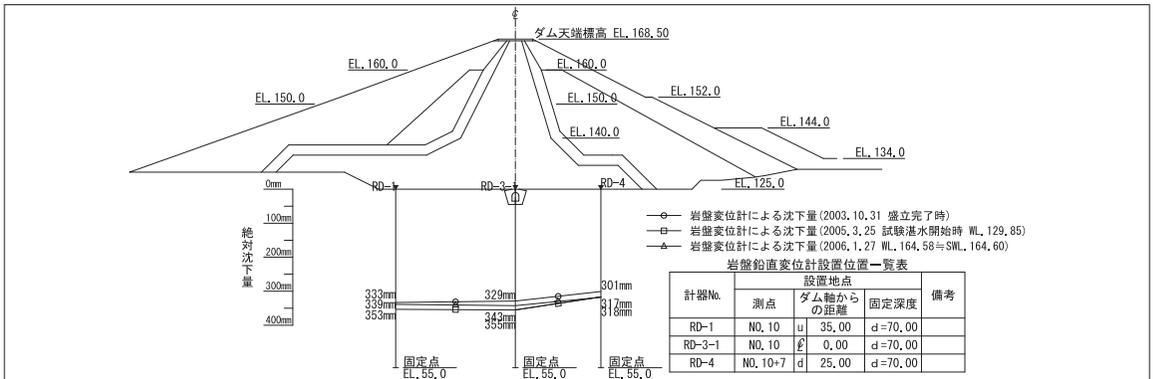


図-8 基礎面の変形状況 (河床部最大断面No.10)

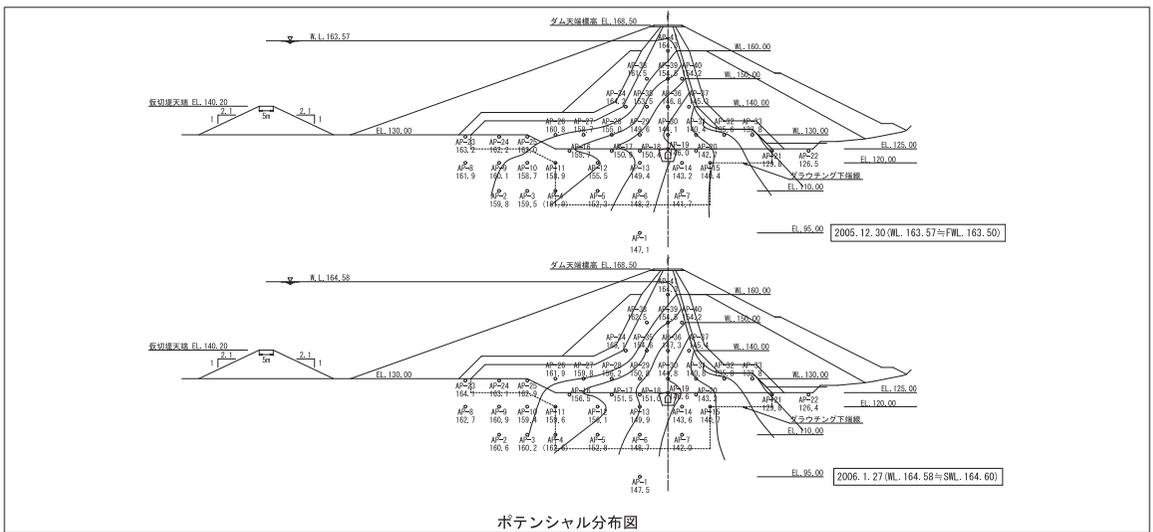


図-9 全水頭コンター図 (河床部No.10断面, SWL.164.6m)

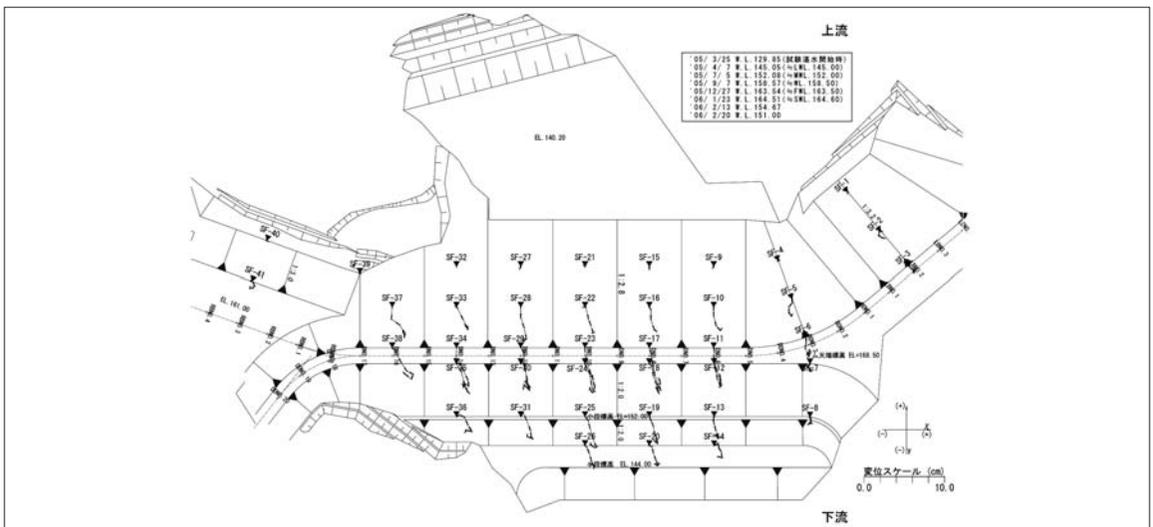


図-10 堤体外部変形状況図 (水平方向変位)

4. 供用開始後の状況

試験湛水終了後（平成18年2月26日）から平成19年1月末までの約11ヶ月間の挙動状況（二次湛水）についてまとめる。

(1)排水ドレーン浸透流量

試験湛水時と同様に急激な変動は認められず、浸透流量自体も試験湛水時とほぼ同等な値となっていることから安全性は確保されていると判断した。

(2)地山地下水位

試験湛水時と同様に、地山地下水位の挙動に急激な変動は認められず、地山ブランケット下流の地下水位上昇量も小さいことから、地山ブランケット及び地山グラウチングの遮水効果が確認できたと判断した。

表-8 排水ドレーン浸透流量の比較

区分	①試験湛水 WL. 163.5 (H18. 1. 1)	②二次湛水 WL. 163.5 (H19. 1. 31)
左岸合計 ($\%/\text{min}$)	50.9	41.0
右岸合計 ($\%/\text{min}$)	16.8	19.4
総合計 ($\%/\text{min}$)	67.7	60.4

(3)間隙水圧

間隙水圧の挙動は、試験湛水の貯水降下の影響が収束する（間隙水圧が低下しきる）前に、二次湛水開始に伴う貯水位上昇の影響を受け、再度緩やかに上昇する傾向が見られた。浸透に対する安全性については次に示す状況より確保されていると判断した。

- ・間隙水圧は、貯水位の変動に対して緩やかに変動し、急激な変動は認められない。
- ・ポテンシャル分布図より、堤体及び基礎とも上流から下流へ水頭ロスが認められる。

また、試験湛水と二次湛水における間隙水圧の挙動を比較すると次のとおりである。

①河床部最大断面（DNo.10）堤体・基礎部

満水時の堤体（水平ブランケット）内間隙水圧は、ダム軸より上流側では試験湛水時と同様であるが、ダム軸より下流側では二次湛水の方が少し高い傾向を示した。この要因としては下記のことが考えられる。

- ・試験湛水時に定常状態に達していなかった。

- ・試験湛水の貯水位降下時に間隙水圧が低下せず、ほぼ残存した状態で二次湛水の貯水位上昇を開始した。

②左右岸ブランケット堤体・基礎部

満水時の基礎内間隙水圧は、左右岸部全ての計器において二次湛水の方が高く（最大1.1m）なっている。満水時の堤体内間隙水圧については二次湛水とほぼ同様の値となっている。

(4)堤体・基礎変形

二次湛水における変形の方向は堤体外部変形、基礎地盤変形とも試験湛水と同様な傾向で、急激な変動が認められず、変動幅も小さくなる（収束する）傾向が伺えることから安定していると判断した。また、試験湛水と二次湛水を比較すると次のとおりである。

①堤体外部変形

左右岸方向：二次湛水の方が小さくなる傾向。
上下流方向：試験湛水と二次湛水はほぼ同等。
鉛直方向：二次湛水の方が大きくなる傾向。

②基礎地盤変形

河床部最大断面（DNo.10）

試験湛水時同様、ダム軸上流では貯水上昇に伴い緩やかに浮き上がり、下流側では概ね一定状態であった。満水時におけるダム軸上流側沈下量は、試験湛水に比べ二次湛水の方が2mm程度大きくなっている。

左右岸ブランケット部

試験湛水時同様、貯水位上昇に伴い緩やかに浮き上がり、満水付近では概ね一定状態または若干沈下する状況であった。満水時では二次湛水の沈下量が2～6mm程度小さくなっている。

5. おわりに

小田ダムの試験湛水については、8・16宮城地震時を含め湛水時の安全性の基本部分について確認できたと判断している。また、その後約11ヶ月間のダム挙動についても、試験湛水時と特に変わった挙動もなく安定した状況が継続している。

但し、試験湛水時も含めていくつかの課題（基礎地盤の変形挙動原因等）が残っており、今後さらに解明を図っていく必要があると考えている。

最後に、小田ダムの試験湛水等に御協力頂いた関係各位に深く感謝するとともに、本報告が今後のダムの管理に何らかの形で役に立てれば幸いである。

コンクリートダムの施工段階における温度応力解析について

平 林 詩 朗*
(Shiro HIRABAYASHI)

目 次

1. はじめに	70	5. 施工中のひび割れ抑制対策	74
2. 道前道後平野農業水利事業の概要	70	6. 施工段階における諸物性値等の検証	74
3. 志河川ダム及び貯水池の概要	71	7. 施工段階における温度応力解析	77
4. 設計段階における温度応力解析	71	8. まとめ	79

1. はじめに

コンクリートダムにおいてはひび割れ抑制・防止を目的として温度応力解析を踏まえた温度規制が実施されているところであるが、この度、志河川ダムの施工段階において、設計で用いた諸物性値等の検証を行い、施工実績を踏まえた精度の高い温度応力解析を実施したので、その概要を報告する。

志河川ダムは、二級河川中山川水系志河川流域の愛媛県西条市丹原町志川で建設されている農業専用コンクリートダムであり、農林水産省が実施する国営道前道後平野農業水利事業における水源施設である。

ダムコンクリートの打設は平成17年12月から19年1月に行われ、19年秋からの試験湛水を目指して関連工事が鋭意進められているところである。



写真-1 ダム全景（平成19年5月28日）

2. 道前道後平野農業水利事業の概要

道前道後平野地区は愛媛県の中東部に位置し、中山川及び大明神川沿岸に発達した道前平野と、重信川沿岸に発達した道後平野からなる受益面積約10,300haの県下最大の農業地帯である。

本地区では、昭和30年代に面河ダム、幹線用水路等の基幹的水利施設が造成されているが、近年において当初事業によって造成された施設の老朽化が進行するとともに、新たに水田における畑作用水及び新規受益地のかんがい用水が必要になってきていた。

このため、本事業では、老朽化した幹線用水路等の施設を改修するとともに、志河川ダム、佐古ダムを新設し、関連する用水路を整備することによって、農業用水の安定供給等を図ることとした。

志河川ダムは、道前地域における新たな農業用水需要に対応するために計画されたダムである。



図-1 ダム位置図

*中国四国農政局道前道後平野農業水利事業所
(Tel. 089-947-8444)

3. 志河川ダム及び貯水池の概要

志河川ダム及び貯水池の概要は表-1のとおりであり、貯水池容量配分図を図-2に示す。また、堤体標準断面図を図-3に示す。

表-1 ダム及び貯水池の諸元

ダム	
位置	愛媛県西条市丹原町志川
河川	2級河川 中山川水系志河川
基礎地盤	三波川変成岩類、緑色変岩
形式	重力式コンクリートダム
堤高	48.2m
堤頂長	117.0m
堤頂幅	4.8m
堤頂標高	EL. 138.2m
基礎地盤標高	EL. 90.0m
法勾配	上流側 1:0.0 (EL. 100.7m以上)
	1:0.3 (EL. 100.7m以下)
	下流側 1:0.8
取水設備	多孔式スライドゲート
放流設備	主ゲート：ジェットフローゲート
	副ゲート：高圧スライドゲート
貯水池	
流域面積	17.23km ²
満水面積	0.086km ²
総貯水容量	1,300千m ³
有効貯水容量	955千m ³
利用貯水量	1,900千m ³
堆砂容量	345千m ³
計画洪水位	136.5m
常時満水位	133.7m
最低水位	117.9m



図-2 貯水池容量配分図

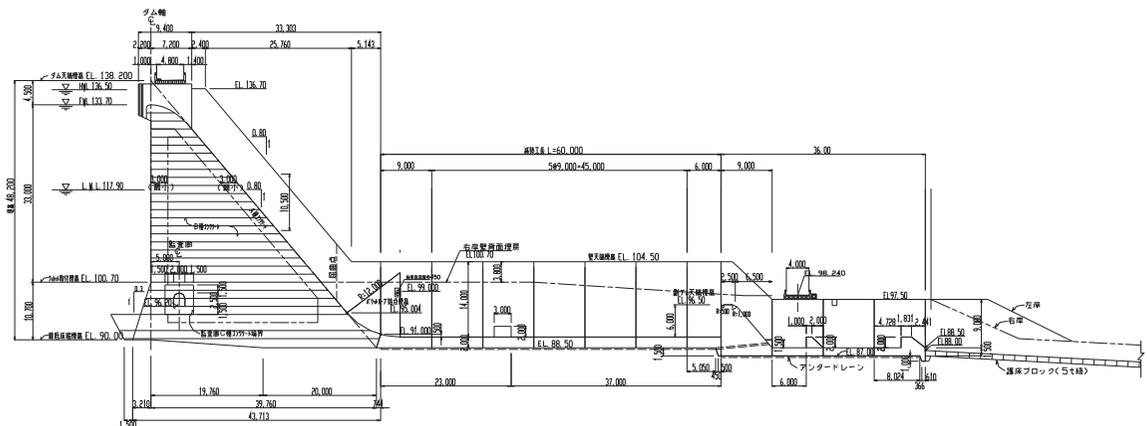


図-3 堤体標準断面図

4. 設計段階における温度応力解析

重力式コンクリートダムでは、ひび割れを抑制・防止するための対策として温度規制を行っている。志河川ダムにおいても、設計段階において温度応力解析を行い、温度ひび割れに対する検討を実施している。

解析条件は表-3のとおりであるが、他のダムにおいて施工中や施工後にひび割れが発生した事例が多く見られており、これまで実施されている解析方法では正確な予測ができないのではないかと懸念があったことから、志河川ダムにおいては、以下の2点について検討し、条件設定を行っている。

- ①従来解析では外気温を日平均気温としているが、春期、秋期では1日単位の外気温の変化が大きいと、日単位の变化を表現できるようにした。
- ②外荷重に関係なく発生する体積変化には温度による体積変化以外にも、湿潤時の膨張及び乾燥時の収縮、コンクリート自体の自己収縮があることから、ダムコンクリートの自己収縮試験を行い、解析に取り入れることにした。なお、志河川ダムでは、配合試験時に40mmアンダーの粗骨材を用いた試験を行っていたが、図-4に示すように、フルサイズの粗骨材を用いた場合はひずみが小さくなるのではないかと指摘があり、フルサイズの粗骨材を用いた自己収縮試験を行った。

表-2 コンクリート示方配合表

配合区分	粗骨材 最大 寸法 (mm)	スラン プの 範囲 (cm)	空気 量の 範囲 (%)	水セメ ント比 (%)	細骨 材率 (s/a) (%)	単位量 (kg/m ³)									
						水 W	セメ ント C	細骨 材 S	粗骨材 G (mm)				AE減 水剤	空気 量調 整剤 (C ×%)	
									150~ 80	80~ 40	40~ 20	20~ 5			
A種	外部コンク リート	150	3±1	3±1	53.3	25	96	180	522	1,605				0.450	0.027
										402	417	401	385		
B種	内部コンク リート	150	3±1	3±1	74.6	27	97	130	576	1,595				0.325	0.021
										398	415	399	383		
C種	構造用コンク リート	80	5±1	3.5±1	48.8	29	117	240	557	1,417				0.600	0.026
										-	481	468	468		
D種	構造用コンク リート	40	8±1	4±1	44.8	39	148	330	683	1,105				0.825	0.010
										-	-	530	575		

表-3 解析条件一覧表

項目	単位	A種コンクリ ート	B種コンクリ ート	備考	
熱伝導率	W/m・℃	2.2	2.2	実測値	
熱伝達率	W/m ² ・℃	堤体表面 8, 打継面 : 14→5		示方書	
密度	kg/m ³	2350	2350	実測値	
比熱	kJ/kg・℃	0.96	1.00	実測値	
断熱温度上昇定数 $T = K(1 - e^{-\alpha t})$	K	10℃	14.9	11.3	実測値
	α		0.555	0.508	
	K	20℃	14.9	11.3	
	α		0.720	0.750	
	K	30℃	15.4	12.1	
α	0.929		0.934		
初期温度	℃	練り上がり温度の推定式による			
ヤング係数 $E(t) = \phi(t) \cdot \alpha \cdot F_c(t)^\beta$	α	5400	5600	圧縮強度からの近似式による	
	β	0.5	0.5		
圧縮強度 $F_c(t) = \frac{t}{a+bt} \cdot F_c(i) \cdot d$	$\phi(t)$	t ≤ 3 : 0.73, t ≥ 5 : 1.0, 3 ≤ t ≤ 5 : 線形補間		クリープは有効弾性係数法で考慮	
	a	29.880	36.335		
	b	0.7395	0.7610		
	$F_c(91)$	N/mm ²	32.7		18.1
引張強度 $F_t(t) = \alpha \cdot F_c(t)^\beta$	d	0.75	0.75	実測値をもとに近似式を作成した。なお、強度は75%に低減。	
	α	0.096	0.099		
	β	1.00	1.00		
ポアソン比		0.20	0.20	仮定値	
線膨張係数	μ /℃	8.200	8.200	実測値	
自己収縮ひずみ	μ	A種実測値(収束値 : 約 35 μ)		40mm アンダーでの実測値	
外気温	℃	近傍観測所による実測値 最高～最低気温		丹原観測所	
解析期間		計算開始は打設前1年前から 計算終了は打設後1年後まで			
その他		クーリングについては 6/1～9/30 ま でとし、解析上は打込み温度の上限 を 25℃とした。			

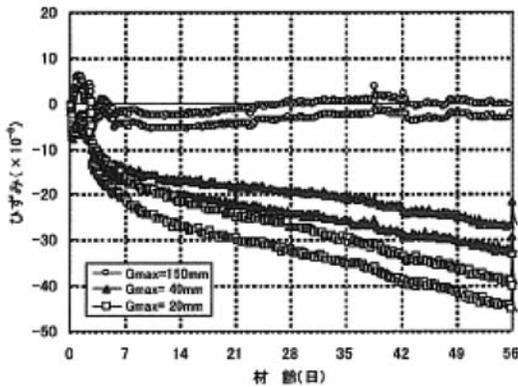


図-4 自己収縮ひずみの経時変化図
(既往文献)

設計段階における解析結果については、ひび割れ指数1.45未満の分布図を、施工段階における解析結果とともに図-14に示している。

なお、志河川ダムのコンクリート示方配合は表-2のとおりである。

(1) 外気温の設定条件の検討

実際の外気温は、日平均気温を近似したサインカーブのような波長をもたず、日ごとに上昇、下降を繰り返すことから、温度変化の比較的少ない夏場(6~9月)を除き、1日周期で最高気温と最低気温が繰り返すような条件を設定した。

(2) フルサイズの粗骨材を用いた自己収縮試験の実施

自己収縮ひずみの測定は、フルサイズの粗骨材を用いた大型のコンクリート供試体(標準寸法: 500×500×1,750mm)を作成して実施した。供試体は、A種(外部)コンクリート及びB種(内部)コンクリートについて3体ずつ作成した。試験は、エアコン及び加湿器を設置し、温度及び湿度が概ね一定になるような措置を施した専用ハウスにおいて実施した。試験に当たっては、供試体の自由な変形が拘束されることを防ぐよう、被覆方法に配慮した。試験期間は、自己収縮ひずみが収束するまでの期間とし、材齢56日以上とした。

試験結果は図-5のとおりであり、自己収縮ひずみは、A種コンクリートで71.2 μ 、B種コンクリートで66.2 μ となった。この結果、志河川ダムにおいては、40mmアンダーの材料を用いた試験結果(35 μ)よりフルサイズ材料を用いた試験結果の方が大きな値となることが確認された。

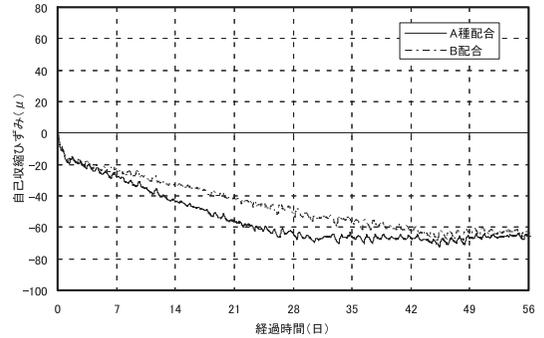


図-5 自己収縮ひずみ
(A種、B種コンクリート)

また、この試験を通じて以下のことも確認された。

- ① 一般のコンクリートと同様に、W/Cが小さく、単位セメント量の多い配合の方が自己収縮ひずみの量は大きくなる。
- ② 一般のコンクリートを対象としたコンクリート標準示方書の自己収縮ひずみの予測式はダムコンクリートにも適用できる。

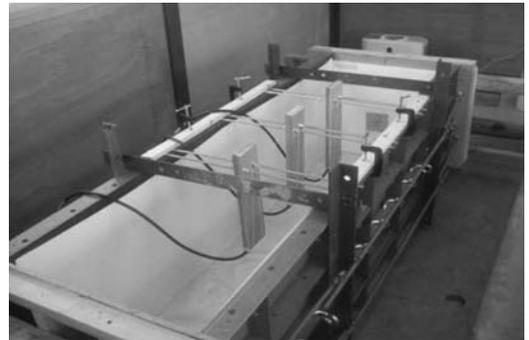


写真-2 自己収縮試験
(埋設型ひずみ計設置状況)



写真-3 自己収縮試験
(ひずみ計及び高感度変位計による計測状況)

5. 施工中のひび割れ抑制対策

志河川ダムの施工段階においては、ひび割れを抑制するため、以下の対策を行った。

1) 遮光ネットの設置

骨材貯蔵ビンの周囲を遮光ネットで被覆し、夏季の骨材温度上昇を抑制した。

2) 骨材への散水及び練混ぜ水の冷却

コンクリート打込み温度が25℃を超えるおそれがある場合は、チラーユニット(100JRT)により練混ぜ水の冷却及び冷却水の粗骨材への散布を行った。

3) 夜間打設の実施

夏季を中心(7月10日～11月3日)に気温の低い夜間に打設を行った。

4) 埋設計器による監視

温度応力解析パラメーターの妥当性検証、ひび割れ監視などを目的として、堤体中央部3箇所に熱伝対、ひずみ計、無応力ひずみ計、有効応力計を設置した。

また、上下流面には、3リフトごとに熱伝対、ひずみ計、有効応力計を設置した。



写真-4 埋設計器設置状況(夜間打設)

5) 打設面の養生

水平打継面の養生は、打設後3日間を散水養生し、それ以降を「湛水」または「湛水とシート」で養生するのを基本とした。

また、上下流面の養生は、散水養生を行うとともに、秋季については、型枠付帯足場外側をシートで覆い、保温養生を行った。

6. 施工段階における諸物性値等の検証

施工中のひび割れ対策について、土地改良事業計画設計基準・設計「ダム」技術書(コンクリートダム編)では、「実際の施工においては、温度ひび割れの有無と性状を調査するとともに、堤体内に埋設している温度計、ひずみ計、無応力計等のひび割れ対策用の観測計器の計測結果を基に、コンクリート内部の温度及び応力状態を確認し、温度規制計画の妥当性を検証する。温度ひび割れの発生状況によっては、温度解析及び応力解析に用いている熱特性値、力学的特性値等の諸物性値の検証、打設計画と実際のリフトスケジュール、打設温度等の施工条件の確認を行うとともに、必要に応じて再度解析を実施し、その後のコンクリート打設に対する温度規制計画を再構築する。」と記述されている。

志河川ダムの設計段階の温度応力解析においては、ひび割れ発生の可能性が高いと想定されていたが、打継面におけるひび割れは確認されなかった。

このため、施工段階において温度規制計画を再構築する必要性は特に認められなかったが、中・長期的なひび割れ対策の検討に資するため、精度を高めた温度応力解析を実施することとし、熱特性値、力学的特性値等の諸物性値の検証を行うとともに、リフトスケジュールや打設温度等の施工条件の変更内容確認を行った。

(1) 外気温の変更について

図-6に示すようにダムサイトにおける実測外気温と設計段階における推定外気温との間には相関性が認められたが、実測値を用いることとした。

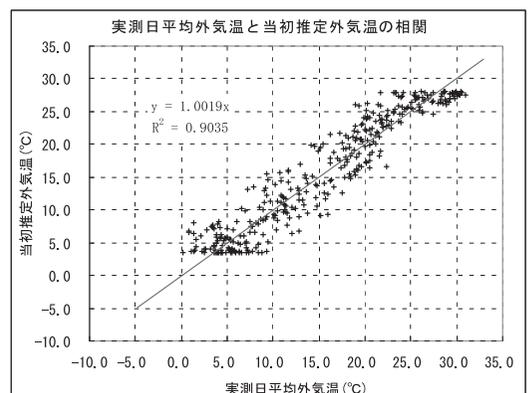


図-6 ダムサイト実測外気温と当初推定外気温の関係

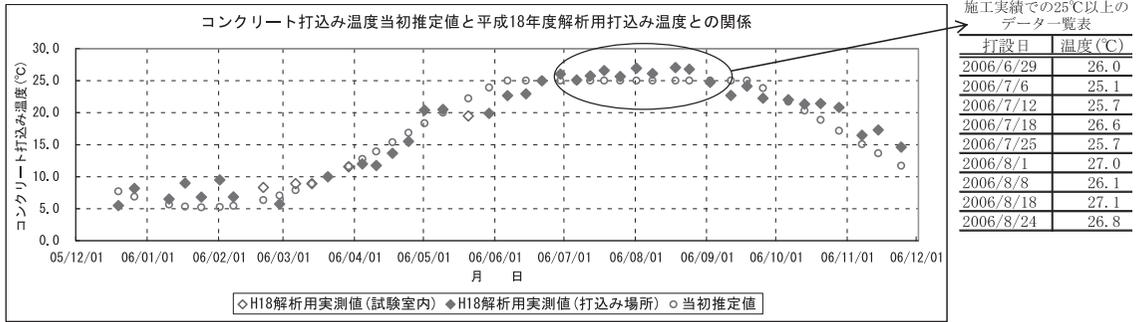


図-7 コンクリート打込み温度当初推定値と実際の打込み温度との関係

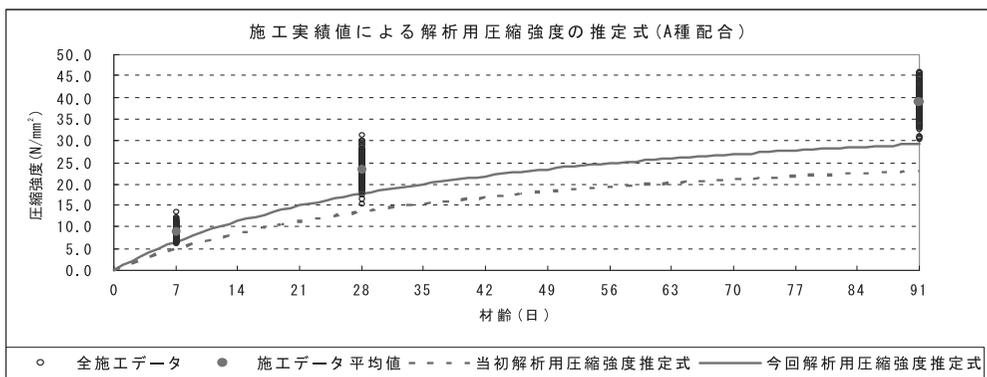


図-8 圧縮強度推定式の見直し

(2)コンクリートの打込み温度について

コンクリート打込み温度の設計段階における推定値と実際の打込み温度を対比すると図-7のとおりである。打込み温度は、温度規制の効果により25℃以下になると想定していたが、6月末から8月末において25℃を超えた日があった。

なお、コンクリートの打込み温度については、試験室内の品質管理としての温度計測値（1回/3時間）と打込み場所における温度計測（各打設ブロックごとに3回/日）がある。後者による計測温度を基本とするが、打設場所での計測結果がない場合は、試験室内の計測温度で補完している。

(3)コンクリートの圧縮強度について

コンクリートの圧縮強度は、配合試験時の概ね3割増の強度であった。

なお、強度が低いものが一定の時期に集中する傾向が見られることもなく、配合目標強度（A・B種5N/mm²、C種24N/mm²）を十分満足し、変動係数も15%を下回った。

試験結果と推定強度の関係を、A種コンクリートについて図-8に示している。

A種コンクリートの圧縮強度は、7日強度で8.96N/mm²、28日強度で23.46N/mm²、91日強度で38.99N/mm²となっており、配合試験時の強度に対し平均して31%増の強度であった。

試験結果に基づき、圧縮強度推定式を以下のとおり修正した。

$$f'c(t) = \frac{t}{29.880 + 0.7395t} \times 32.7 \times 0.75$$



$$f'c(t) = \frac{t}{26.259 + 0.713t} \times 38.9 \times 0.75$$

$f'c(t)$: 材齢 t 日におけるコンクリートの圧縮強度 (N/mm²)

t : 材齢 (日)

(4)コンクリートの引張強度について

圧縮強度と引張強度の試験結果に基づき、引張

強度推定式を修正した。A種コンクリートについて例示的に示す。

$$f_{tk}(t) = 0.096 \times f'_c(t)$$

$$f_{tk}(t) = 0.102 \times f'_c(t)$$

$f_{tk}(t)$: 材齢 t 日におけるコンクリートの引張強度 (N/mm^2)



(5)コンクリートの弾性係数について

弾性係数については現場における品質管理項目でないため、別途試験を実施し、推定式の修正を行った。A種コンクリートについて例示的に示す。

$$E_e(t) = \phi(t) \times 5.4 \times 10^3 \times \sqrt{f'_c(t)}$$



$$E_e(t) = \phi(t) \times 5.048 \times 10^3 \times \sqrt{f'_c(t)}$$

$E_e(t)$: 材齢 t 日における有効弾性係数 (N/mm^2)
 $\phi(t)$: 温度上昇時におけるクリープの影響が大きいことによる弾性係数の補正係数

(6)有効弾性係数算出式の低減係数について

志河川ダムの設計段階における解析において、低減係数はコンクリート標準示方書【施工編】(以下「示方書」という。)に示される値を採用していた(表-4)。

表-4 有効弾性係数における低減係数提案値

文献名	提案値	備考
コンクリート標準示方書【施工編】	材齢3日まで 0.73 材齢5日以降 1.0	材齢3日から5日まで は直線補完
マスコンクリートのひび割れ制御指針	材齢3日まで 0.42 材齢5日以降 0.65	※

←従来採用
←今回対比

低減係数については、示方書の他に「マスコンクリートのひび割れ制御指針」(以下「指針」という。)でも提示されているところであり、打設初期段階において設置した無応力ひずみ計、有効応力計、ひずみ計のデータから、志河川ダムにおける適合性の検証を行った。

志河川ダムでは無応力ひずみ計、有効応力計、

ひずみ計をほぼ同位置に設置しており、この3つの計器の計測データについては基本的に以下の関係が成り立つ。

有効応力 = 有効弾性係数 × 有効ひずみ

有効ひずみ = ひずみ計データ - 無応力ひずみ計データ

示方書と指針の低減係数を用いて計算した有効応力と実測した有効応力は図-9、10のとおり。

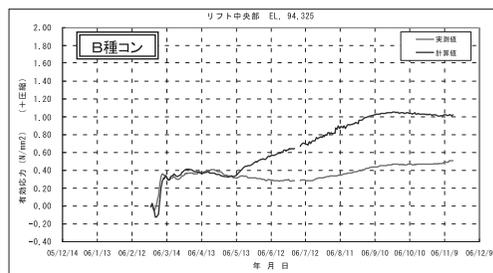
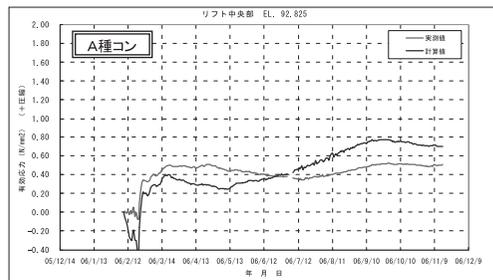


図-9 示方書の低減係数を用いた計算応力と実測応力

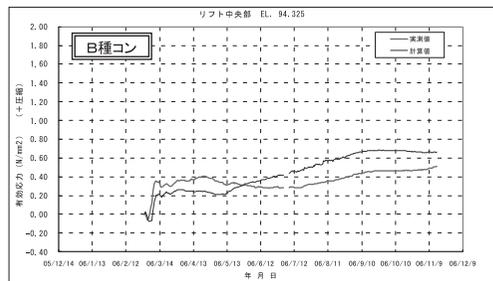
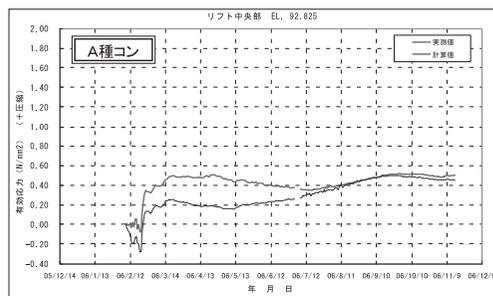


図-10 指針の低減係数を用いた計算応力と実測応力

図-9に示すように、示方書の低減係数を用いた場合は、A種コンクリートでは概ね有効応力計での実測値と整合するが、B種コンクリートでは材齢2.5ヶ月以上になると大きく乖離する傾向が認められる。一方、図-10に示すように、指針の低減係数を用いた場合にはそのような傾向が見られない。

また、各々の実測値と計算値の差（残差）を2乗した値をみると、指針の低減係数を用いた場合の方が相対的に小さいと言える（図-11）。

このため、残差が相対的に小さく、長期材齢後において整合性が高い指針の低減係数を採用することとした。

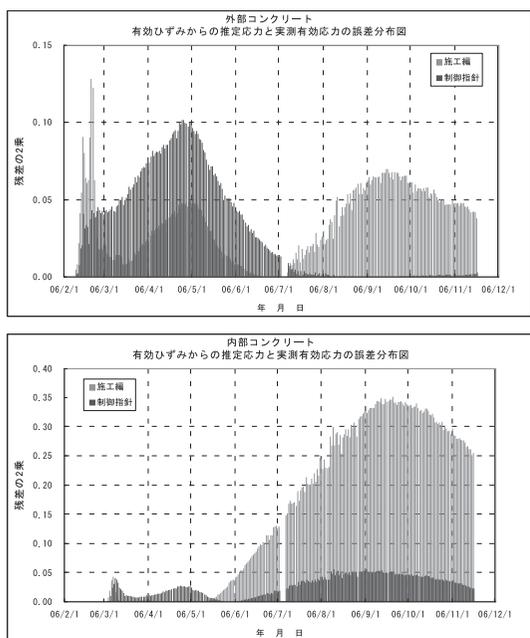


図-11 計算応力と実測応力の残差の2乗分布図

(7)熱膨張係数について

熱膨張係数については、堤体中央に埋設した無応力ひずみ計の自己収縮ひずみが概ね収束したと考えられる材齢56日以降の計測データから推定すると、A種、B種ともに $10.3 \mu/\text{C}$ であった（当初 $8.2 \mu/\text{C}$ ）。温度差と補正ひずみの関係を、A種コンクリートについて例示的に示す（図-12）。

(8)自己収縮ひずみ特性について

熱膨張係数の見直しに伴い、自己収縮ひずみ特性についても修正を行った。ひずみの実測値と予測値をA種コンクリートについて例示的に示す（図-13）。

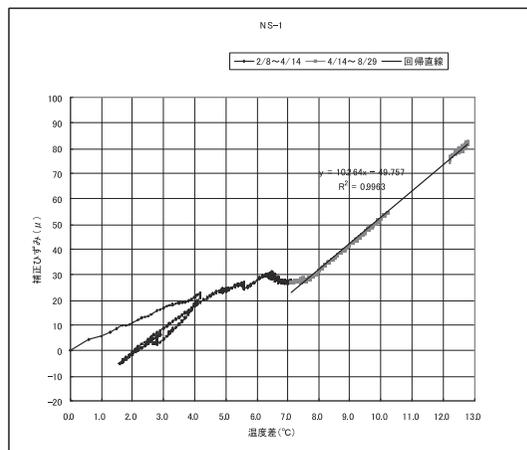


図-12 A種コンクリートの熱膨張係数算定結果

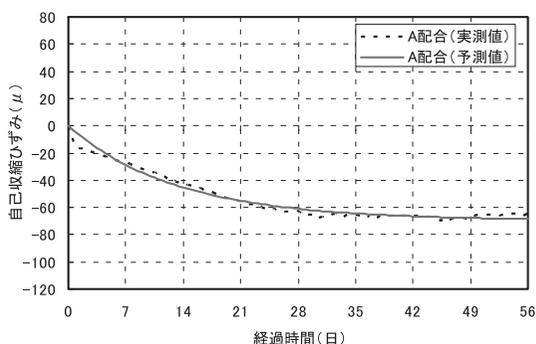


図-13 A種コンクリートの自己収縮ひずみの実測値と予測値

(9)リフトスケジュール

リフトスケジュールについては、施工実績を踏まえて変更を行った。放置日数は、最大21日（当初は16日）、平均8.5日（当初は7.7日）、最頻値7.0日（当初は7.0日）となった。

(10)打継面の養生方法について

打継面の養生方法について、施工実績を踏まえて変更を行った。当初は、3日間散水養生（14W）後、湛水+シート養生（5W）としていたが、4月5日以降はシート養生を行っていないので14→8Wに修正した。

7. 施工段階における温度応力解析

大半の条件が変更されたため、変更項目毎に解析を行う方法（以下「感度解析」という。）で解析を行った。感度解析の解析ケースは表-5のとおり。

表-5 最大断面の解析ケース一覧表

解析ケース	ケース概要	備 考
case1.1	“当初”＋外気温の変更	実測外気温を反映
case1.2	“当初”＋打設スケジュールの変更	打設スケジュールを平成18年12月28日時点のものに変更
case1.3	Case1.2＋打込み温度の変更	実測打込み温度に変更
case1.4	“当初”＋強度特性の変更	実測強度を反映（有効弾性係数の低減係数は「ひび割れ制御指針」提案値に変更）
case1.5	“当初”＋熱膨張係数の変更	実測熱膨張係数を反映
case1.6	“当初”＋自己収縮ひずみの変更	熱膨張係数の変更に伴う自己収縮ひずみの修正を反映
case1.7	“当初”＋打継面の養生方法の変更	熱伝達率は示方書に準拠
case2.1	変更したパラメーターをすべて網羅	

感度解析結果の総括は表-6のとおりであり、次のことが確認された。なお、「発生割合」とは、ひび割れ指数1.45未満の要素数を堤体全要素数で除したものである。

- ⑦養生方法の変更は発生割合の増加にやや影響した。
- ⑧全体としては、当初案に比べて発生割合が減少した（図-14）。

表-6 感度解析結果一覧表

ケース	発生割合	増 減	備 考
case1.1	41.4%	11.0	↑
case1.2	31.1%	0.7	↑
case1.3	31.8%	1.3	↑
case1.4	2.5%	-27.9	↓
case1.5	43.0%	12.5	↑
case1.6	42.0%	11.6	↑
case1.7	34.9%	4.4	↑
当初案	30.4%	—	—
case2.1	19.7%	-10.8	↓

- ①外気温の変更は、発生割合の増加に影響した。
- ②打設スケジュールの変更は発生割合の増加にほとんど影響しなかった。
- ③打込み温度が高くなった影響はほとんど見られなかった。
- ④圧縮強度、引張強度等の増加、有効弾性係数の低減係数の見直しは発生割合の減少に大きく影響した。
- ⑤コンクリートの熱膨張係数の増加は発生割合の増加に影響した。
- ⑥自己収縮ひずみの見直しは発生割合の増加に影響した。



写真-5 コンクリート打設状況

8. まとめ

施工実績を踏まえた温度応力解析を行ったところ、打設スケジュールの変更、打ち込み温度の上昇の影響はほとんど見られなかった。一方、コンクリート強度の増加、低減係数の見直し、熱膨張係数の増加の影響は大きく、全体として、設計段階よりひび割れ指数1.45未満の領域が減少した。

また、実際のひび割れ発生状況を見ると、解析結果では、B種コンクリートで次の打設までの放置期間内、A種コンクリートで長期材齢後においてひび割れ指数が最小となり、ひび割れ発生の可能性が高くなると示唆されたが、B種コンクリートでは打継面でのひび割れは確認されなかった。

一方、A種コンクリートでは、上下流面において平成18年10月以降にひび割れが確認されてきたことから、「コンクリートのひび割れ調査、補修・補強指針-2003」を参考に、「志河川ダムひび割れ調査計画」を策定し、ひび割れ調査、原因推定、補修・補強要否判定、補修を実施した。

本報文では、コンクリートダムの施工段階における温度応力解析について報告したが、今回の施工段階における諸物性値の検証により、今後の温度応力解析における条件設定の際に参考となる、多くの知見が得られたのではないかと考えている。

志河川ダムの試験湛水は今後、19年秋から20年度に渡って実施する予定であるが、適正な試験湛水管理計画を策定し、十分な管理体制を整備することにより、ダムの安全性及び機能の確認に万全を期することとし、できるだけ早期に供用できるよう、最善を尽くしていきたい。

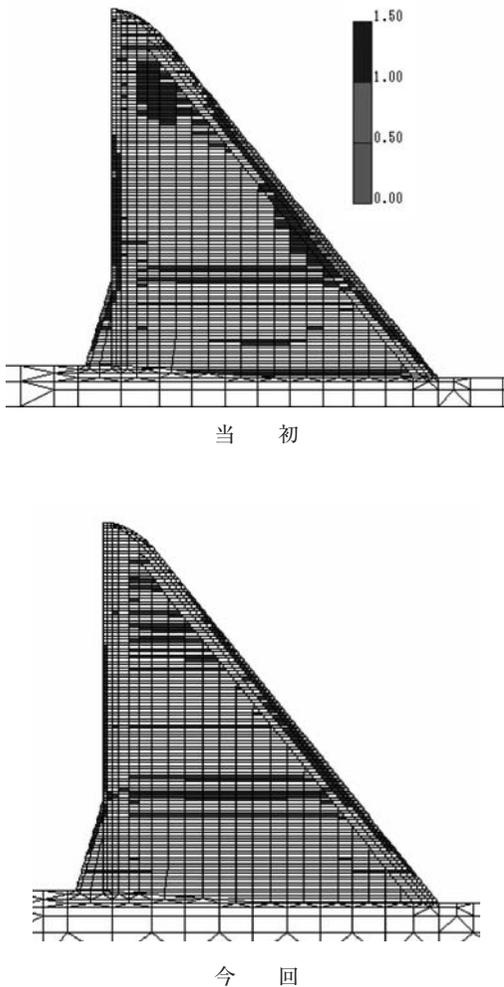


図-14 解析結果対比図（最小ひび割れ指数）

塩水浸入阻止型地下ダムについて

井手原 克 澄*
(Katsuzumi IDEHARA)

目 次

1. はじめに	80	7. 貯水域における貯水量の概略検討	84
2. 伊是名地区の概要	80	8. 取水トレンチ取水量の概略評価	84
3. 千原地下ダムの形式	80	9. 揚水によるほ場への影響	85
4. 千原地下ダム構造	80	10. 止水壁の止水効果の検証	85
5. 地下貯水部の設計	81	11. 水管理の運用方法の検討	85
6. 揚水試験による地下ダム取水能力の検証	82	12. おわりに	86

1. はじめに

伊是名島は、用水を天水とため池に依存し恒常的に水不足に襲われてきた。このため、国営かんがい排水事業伊是名地区において営農計画に基づく必要水量に対し、年間降水量から有効雨量及び必要水量等を考慮し不足水量を求め、新たに水源確保を検討した結果、地下ダムを建設し不足用水を補うこととしている。

地下ダム（千原地下ダム）は、塩水浸入の影響を受けて利用可能となる地下水量が、貯水層の有効間隙率や透水係数と遮水層の透水係数により大きく変動することとなる。このため、地下水の塩分濃度を導入作物の発芽率から500ppm以下とし、ダム建設の進捗に併行して揚水試験を行い取水可能となる地下水量を把握し、取水トレンチ設置の延長を決定した。

2. 伊是名地区の概要

伊是名地区は、沖縄県の本部半島から約30km北に位置する伊是名島本島に拓けたさとうきびを中心とした農業地帯である。

畑作用水は天水やため池に依存しており、恒常的に干ばつ被害を受けている。このため、水源開発と基幹的用水路建設及び関連事業により水不足を解消し、作物の安定生産を進めることで農業経営の向上を図ることとしている。

3. 千原地下ダムの形式

地下ダムは目的によりAタイプ「地下水位の上昇を目的とするもの」Bタイプ「塩水の浸入防止を目的とするもの」に分けられる（図-1）。Aタイプは元々地下水が低い場所に止水壁を設置することで地下水位を上昇させ取水することを目的とし、Bタイプは海岸付近において地下水を取水することで塩水が浸入し水質悪化することを防ぐことを目的とする。伊是名地区においては、千原地下ダムが海岸に近いので、図-1のBタイプの塩水浸入阻止型を採用している。

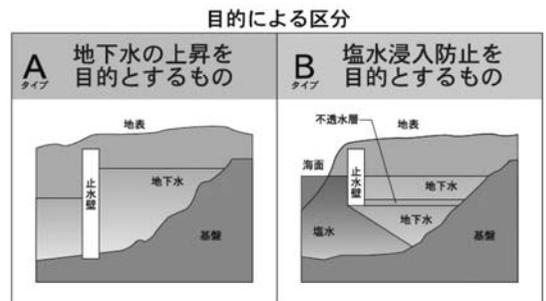


図-1 地下ダム目的別の区分

4. 千原地下ダム構造

千原地下ダムは、地下貯水部、地表貯水部並びに副貯水池の3つの施設より構成され、雨水を海洋に無効流出することなく有効に利用する仕組みとなっている。降雨は表面流出と地下流出で海洋に流出しており、千原地下ダムでは、表面流出は

*沖縄県総合事務局伊是名農業水利事業所 (Tel. 0980-50-7117)



図-2 千原地下ダム模式図

地表貯水池で取水し、地下流出は地下貯水部で取水する構造とし、掘込式貯水池の地表貯水部（有効貯水量513千 m^3 、底盤高EL-11.0m）、ほ場下EL-2.0m~EL+1.0mに貯水部を持つ地下貯水部（同240千 m^3 ）、PCタンク構造の第1副貯水池（同25千 m^3 ）、第2副貯水池（同12千 m^3 ）の4貯水施設全体を千原地下ダム790千 m^3 としている。

地下貯水部には、ほ場下EL-3.5mに高密度有孔ポリエチレン管（ ϕ 450及び ϕ 600、総延長2,308.5m）を櫛歯状に埋設し、標高+1.0mから-2mまでの貯留された間隙水（地下水）を地表貯水部へ導水する計画である。図-2に千原地下ダムの模式図を示す。

5. 地下貯水部の設計

地下ダム候補地の内花の地質構造は、内花層を基岩として洪積層、沖積層が層状に堆積しており、このうち用水に利用できる地下水は以下の理由から沖積層の地下水に限定した。

①沖積層の地下水塩分濃度は500ppm（電気伝導度2000 μ S/cm）以下であり、本計画の農業用水として利用可能であるが、洪積層は500ppm以上と高く農業用水に適さない。

②洪積層まで取水を行うとAc層（粘土）、Am層（シルト）が圧密を起こし、ほ場の地盤沈下を招く恐れがある。

また、難透水層であるAc層、Am層を貯水層底部からの遮水層とした。Ac、Am層の層厚は概ね

表-1 地質・層相区分一覧表

地質時代	地質名	地層記号	層相名	備考
沖積層	埋土等	b	礫質土	
	海浜砂層	Sd	砂	
	新規砂丘砂層	Sdy	砂	貯留層
	沖積層	As	砂~砂礫	貯留層
		Acgs	枝サンゴ混り砂	貯留層
		Acgc	枝サンゴ混り粘土	難透水層
		Am	シルト	難透水層
Ac	粘土	難透水層		
Ac(cg)	礫混り粘土	難透水層		
洪積層	古期砂丘砂層	Sdo	砂	
	低位段丘礫層	Td3	礫混り砂	
	内花上部層	UUc	粘土	
		UUcg(s)	礫混り砂	
		UUcg(m)	礫混りシルト	
		UUcg(c)	礫混り粘土	
		UUs	砂	
		UUm	シルト	
	内花下部層	ULcg(s)	礫混り砂	
		ULcg(m)	礫混りシルト	
		ULcg(c)	礫混り粘土	
		ULm	シルト	
	ULc	粘土		
高位段丘礫層	Td1	礫混り砂		

1~3mであるが、一部では7mの堆積も見られる（表-1）。

以上のように貯留層底部の遮水層をAc、Am層とし、遮水層より上の貯留層（Acg、As、Sdy層）への塩水浸入の阻止を目的として、止水壁を天端高EL+1.0m（平均満潮位）に設置し、貯留層下面であるEL-2.0mまでを貯留層部とし、Acgc層（枝サンゴ混り粘土）は軟弱であることから貯留層から控除した。

止水壁は、遮水層であるAm、Ac層まで建込むこととし、建込み深は根入1mを含めEL-13mまでとする。また、止水壁長が短いこと、並びに沖積層であり大きい礫が無いことなどから、鋼矢板による止水構造とした。

6. 揚水試験による地下ダム取水能力の検証

(1)揚水試験の概要

平成18年度までに設置した地下貯水部の取水トレンチ（総延長2,308.5m）の各地点に揚水ポンプ設置したうえで揚水を行い、地下水の動態を観測した。揚水試験の観測位置は取水トレンチ周辺を対象とし、各トレンチ周辺の地下水位を観測するため観測孔を設置し測定した。

①予備揚水試験

各取水トレンチの集水能力を把握することを目的としている。2時間毎に5段階の揚水量を変化させ段階的に揚水し、限界揚水量を把握。

②段階揚水試験

12時間毎に揚水量を段階毎に変化させ、揚水時点、回復時点など各揚水段階の揚水量と各地点の水位降下量の関係から限界揚水量を確認。

③連続揚水試験

段階試験を基に決定した揚水量で定量取水を行い、各観測点の水位低下から揚水可能量を決定、水理定数（総合透水係数、貯水率）、水位降下影響線を確認。

④回復試験

揚水試験後に、地下水位の回復を測定し水理定数の検証。

(2)揚水試験の解析手法

①水理定数の求め方

暗渠（取水トレンチ）による取水量は、過去に決定した解析方法を用いることとした。

取水量は、上流側水位、下流側水位、暗渠管と不透水層までの距離など各種パラメータにより影響を受ける。過去に暗渠断面を含んだ二次元のFEM解析を実施し、パラメータの変化によって数値解析流量と杉尾式、平行流式、フォルビハイマー補正式などによる計算流量を比較した結果、杉尾式を選定した。更に、帯水層厚の項を上下流の水頭平均に置換えた修正杉尾式により、揚水試験における透水係数、影響圏、帯水層厚、地下水条件、管内のポテンシャル等と暗渠からの揚水量試験結果から各路線の透水係数を求める（図-3）。

適用暗渠の流量式（修正杉尾式）

$$Q = \frac{2\pi K(H_0 - H_A)L}{\ln \frac{\sinh^2 \left\{ \frac{\pi R}{(H_A + H_0)} \right\} + \sin^2 \left\{ \frac{\pi a}{(H_A + H_0)} \right\} - 1}{\sin^2 \left\{ \frac{\pi (y_0 + r)}{(H_A + H_0)} \right\} - \sin^2 \left\{ \frac{\pi a}{(H_A + H_0)} \right\}}}$$

Q：揚水量

K：帯水層透水係数

H₀：地下水位（初期水深）

H_A：暗渠のポテンシャル水頭

L：暗渠の長さ

R：影響圏

r：暗渠管の半径

a：流入点の不透水層までの離隔距離（y₀ = a）

y₀：暗渠中心から不透水層までの標高差

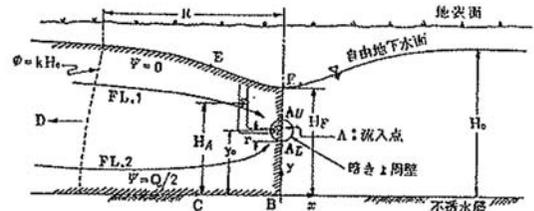


図-3 暗渠内が満水の場合Z平面

②水位低下と影響圏の決定

地下ダムの貯留水は水の流動速度が遅いことから、揚水によって取水トレンチ周辺から水位低下が現れる。

揚水試験による水位低下の影響圏は以下の特徴を示した。

- ・影響圏の大きさは、帯水層の定数によって変化する。任意の揚水時間における影響圏は透水係数に比例し、貯留係数に反比例する。帯水層定数が一定の時には、影響圏の大きさは時間tの平方に比例して拡大する。
- ・透水性が大きい場合には、影響圏が大きく、水位低下量は小さい。逆に、透水性が小さい場合には影響圏が小さく、水位低下量は大きい。
- ・影響圏は、揚水量の変化の影響を大きくは受けない。

これらにより、影響圏は揚水試験により生ずる水位低下の結果を図解法により検討した結果、EL + 1.0mの水位等高線前後から片側30m程度とした（図-4）。

(3)揚水試験の結果

取水トレンチ2,308.5mに対し、予備試験5段階、段階試験、連続揚水試験、回復試験を行った。

①予備試験

過去の調査結果を踏まえ、1,000m³/dayから9,000m³/dayまで順次増量して5段階揚水を行い、揚水量の増加に伴う水位降下量から、揚水地点における各トレンチから一時的に取水できる限界揚

水量を確認した。図-5及び図-6は揚水量と水位降下量であるが、7,000m³/dayから水位降下量が増加しているため、予備試験では明快な限界量は特定化せず変化点のみとした。

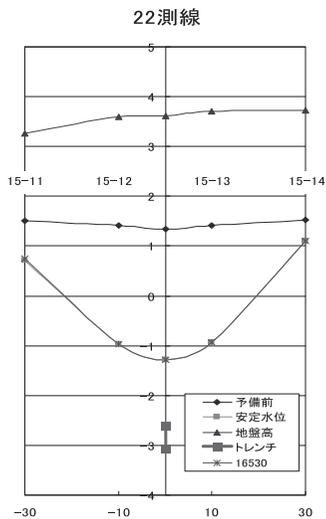


図-4 水位低下と影響圏イメージ

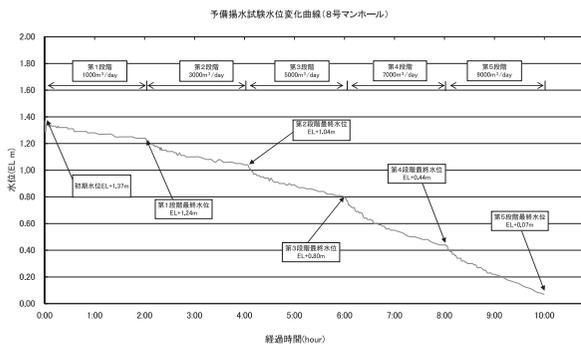


図-5 予備揚水試験水位変化曲線

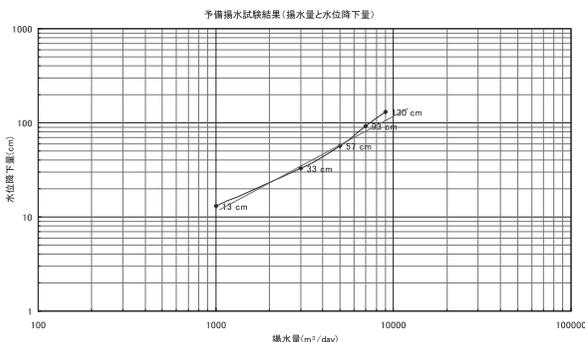


図-6 予備揚水試験 揚水量-水位降下量関係図

②段階揚水試験

予備試験により、3,000m³/dayまでの揚水量では安定水位に近い値を示すこと、及び7,000m³/day越えると水位降下量が大きくなる傾向が明らかになったため、揚水量を3,000m³/day～7,000m³/dayの範囲とし、揚水変化量1,000m³/day毎に往路・復路で段階揚水試験を行うこととした。

往路の揚水量増加段階では水位は低下が見られるが、復路では水位回復が見られ、往路の5段階目で最大水位降下量2.71m (EL-1.37m) となった(図-7, 8)。

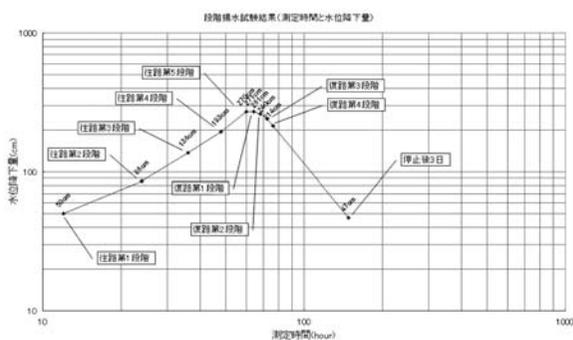


図-7 段階揚水 測定時間-水位降下量関係図

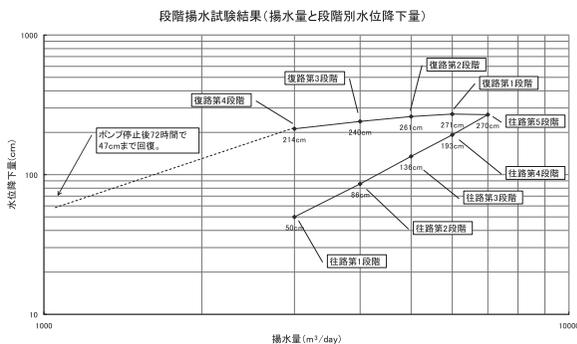


図-8 段階揚水 揚水量-水位降下量関係図

③連続揚水試験及び回復試験

段階試験の結果、5,000m³/dayまで収束曲線を描いており、取水量を減少させながら(安全側にその90%の4,500m³/day)で計画水位EL-2.0mまで降下させたものの、水位が安定しなかった。そこで、EL-2.0mで安定する取水量を探した結果、2,500m³/dayになることを確認し、継続的取水可能量を2,500m³/dayとした。

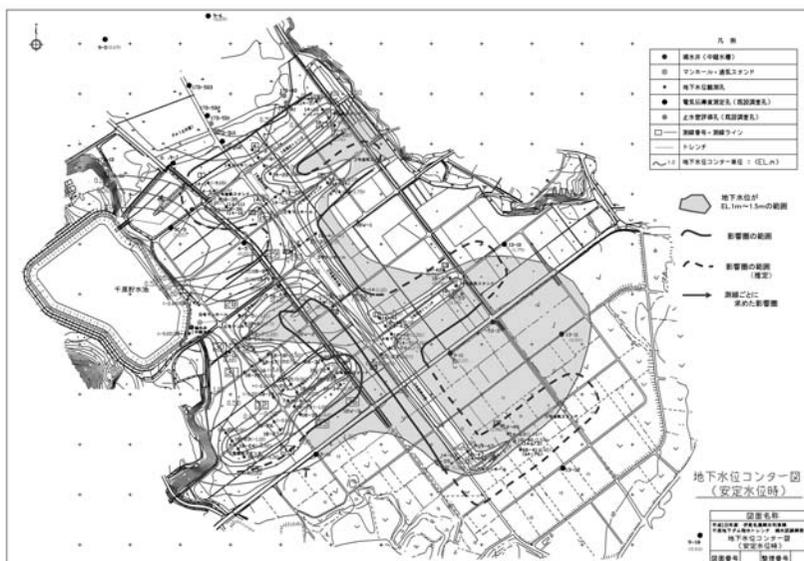


図-9 安定水位時の地下水位コンターと影響圏

また、各試験の結果により安定水位時の地下水位コンターと影響圏は図-9の灰色波線及び実線に囲まれた範囲の区域とした。

7. 貯水域における貯水量の概略検討

千原地下ダムの貯水量は、土質の間隙率を基にEL+1.0mからEL-2.0mの間の貯水量とし、240千 m^3 としている。

今回の揚水試験の結果を基に、揚水量、水位低下率、回復時間から計画貯留量の設定を推定する。貯水率を推定する手法は、具体的には以下の通りとした。

- ①地下水位等高線図から水位-体積の関係を作成し、時点間での貯水量変化を求める。
- ②降水量と地下涵養率より、地下涵養量を推定する。
- ③対象時点間の揚水量を求める。
- ④千原貯水池への流出量を算定する。
- ⑤地下貯水部の貯水量を(地下涵養量)-(揚水量)-(地表貯水部への流出量)から貯水量変化を得る。
- ⑥(岩体積) \times (貯水率)=(貯水量)から貯水率を(貯水量変化) \div (体積減少量)から推定。

計画では地下ダムの貯留率は15~20%程度として図-10のBで貯水量を決定しているが、水位低下は図-10のAの形で起こるため、揚水試験開始時と水位安定時の両時点の水位分布から各々の貯

留層体積を算出した。また、平成14年度の貯留モデルから降水に対する地下涵養率は0.35程度であることが確認されているため、涵養率は0.3~0.4とし、揚水試験における貯留率を推定した結果、涵養率0.3で19.4%、涵養率0.4で17.7%となり、概ね貯留率は17.7~19.4%程度で計画時の貯留量が確保されていることを確認した。

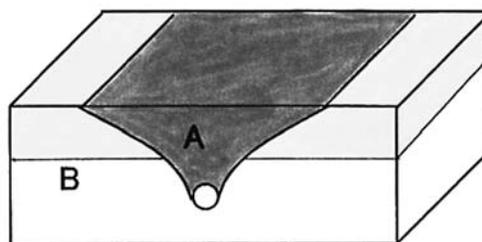


図-10 水位低下と貯留層

8. 取水トレンチ取水量の概略評価

連続揚水試験の安定水位時の水位を用いて、透水性改良材施工区間の帯水層の影響圏及び透水係数を概略検討した。

検討では、杉尾式を用いた水理定数の算定において、透水係数と影響圏が密接に関係しているため、パラメータがともに得られている区間値を基に検討し、影響圏のみの場合は近傍の透水係数を参照した。

これにより、検討モデルにおける帯水層の透水係数の設定を図-11とし、従来の地下ダム先行利用の方式である地表水位連動地下水位から地表貯水池と地下ダム部を分離し流入需給バランスから取水する方式としたことにより、平成16年度の予測値を上回る予測値を得たことから、新たに取水トレンチは延長しないこととした。

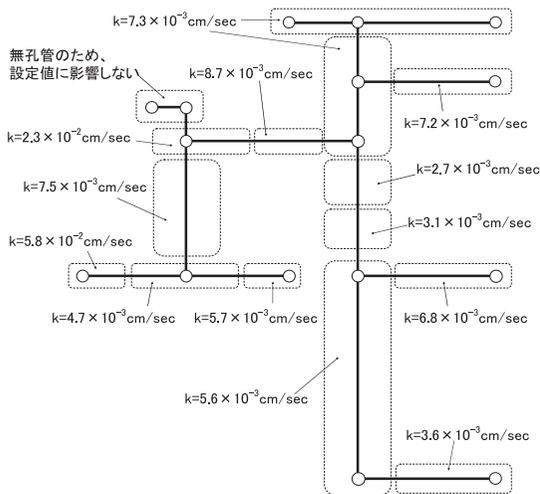


図-11 透水係数設定図

9. 揚水によるほ場への影響

今回の調査期間2ヶ月間の揚水試験によって、ほ場の沈下が発生することが予想された。このため、事前に道路・ほ場に測量点を設置し、期間前後の沈下を観測したところ、1cmを超える沈下は観測されなかった。要因としては、取水トレンチがほ場下6mと浅いこと、土質がSdy等（表-1）を対象としており、厚密沈下しやすい層を貯水層としないことから、大きな変位はなかったと考えられる。

10. 止水壁の止水効果の検証

止水壁構造は鋼矢板による締切方式で、矢板打設時による矢板先端部の弛みが懸念されるため、その対策として、グラウチングにより矢板先端周辺部に周辺透水係数と同程度の改良を行った。改良効果を確認する手法として、矢板周辺の上下流部の観測孔に温水を注入し、温度拡散変移を用いた多点温度検層（図-12, 13）により周辺の透水係数を求め、FEM解析により、海水浸入による塩分濃度が500ppm以下であることを確認した。

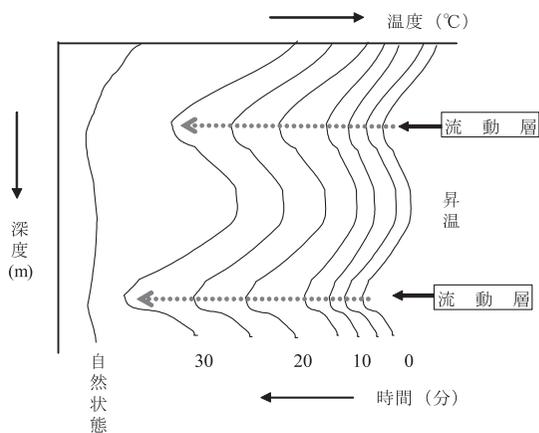


図-12 多点温度検層の原理

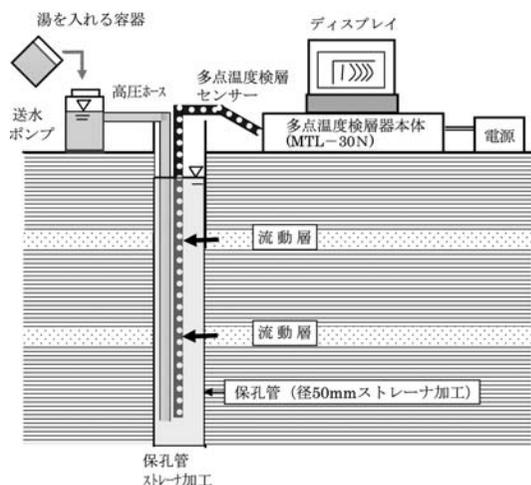


図-13 多点温度検層器の概要

11. 水管理の運用方法の検討

地下貯水部の貯留層は沖積層のみを対象しており、利用範囲が狭く局部的な水位降下は底部洪積層からの塩水浸入を招くおそれがあるため、貯水池全体から広く薄く取水し、均等な水位低下、もしくは小さい水位低下にとどめる必要がある。このため、地下ダム取水量を地表貯水部の水位条件によりコントロールする水管理システムを用い、地下ダム水位低下を制御することとした。地下ダム水位が地表貯水部の満水より低いときには、止水壁上端部EL+1.0mを上限とし地表貯水部へ導水するなど水管理システムを用いて中継水槽の各ゲートをコントロールすることとした（図-14）。

千原地下ダム周辺模式図

地表貯水部(千原貯水池)

地下貯水部

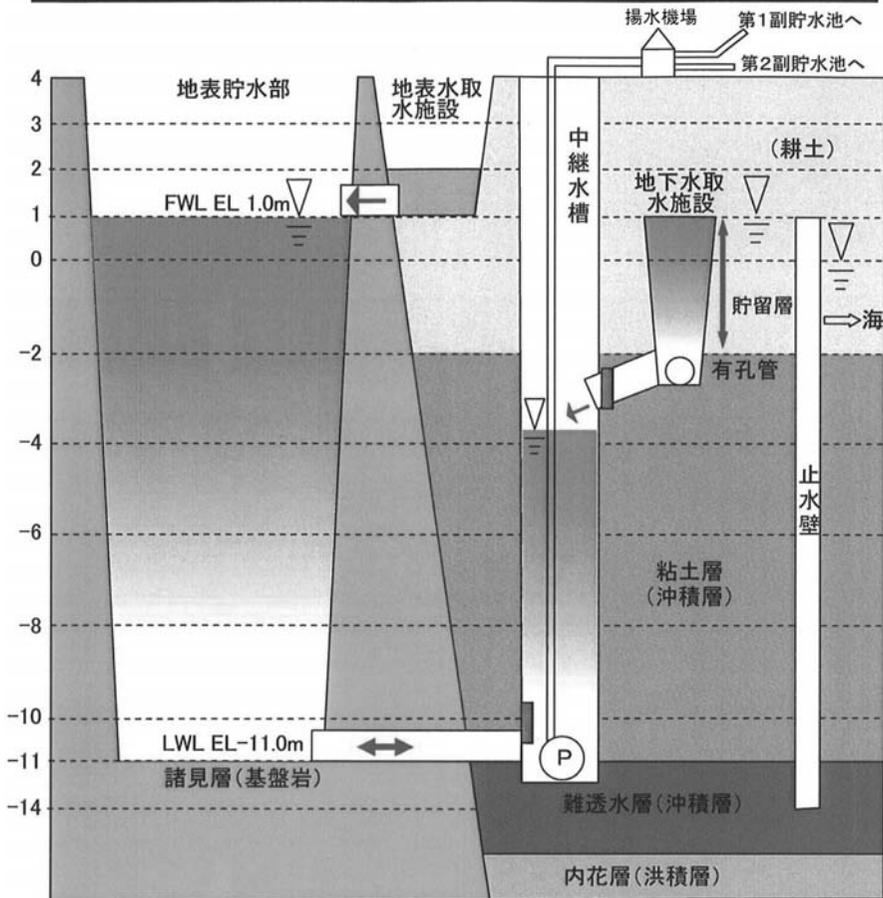


図-14 千原地下ダム周辺模式図

12. おわりに

本事業は、塩水浸入阻止型の地下ダムと併せて貯留域に地下埋設暗渠（取水トレンチ）を設置し、地下ダムの地下貯水部と地表貯水部が連動するという稀な形での水源開発をした事例であるものの、離島などの土地利用に制限がある地域においては、有効な方式と考えている。

計画は、地下を経由して海に流出している水を、地下に涵養しながら、その無効放流分を地下ダムでキャッチし、地表貯水部に貯留するものである。不確定なパラメータが多く検討項目も多いかと思いますが、降雨を有効に貯留できることや、耕地の減歩が少ないなどの利点がある。

なお、計画に当たっては地下構造や貯留層の有効空隙率・圧密変形・透水係数などの条件設定により利用可能水量や対処方法が変わるため、計画から実施に亘って事前に十分な調査・検討を行わなければならない。本事業も、平成20年度を以て完了とするため職員一同頑張っている。

“ぬばたま貝” によるため池水質浄化の取り組み

三 輪 顕*
(Akira MIWA)

目 次

1. はじめに	87	4. “ぬばたま貝” による水質浄化	89
2. いなみ野ため池ミュージアム	87	5. その他の水質浄化の取り組み	90
3. いなみ野パールプロジェクト	88	6. おわりに	90

1. はじめに

兵庫県には、ため池が約4万4千箇所あり、その数は全国一である。ため池は農業用の貯水池として、水田稲作の発達とともに主に降水量の少ない瀬戸内地域に数多く築造されてきた。

とりわけ、東播磨地域（明石市、加古川市、高砂市、稲美町、播磨町）には県下で最も古く（西暦675年）築造された「天満大池」や県下最大（満水面積49ha、甲子園球場の約12倍）の「加古大池」、希少動植物が生息するため池など、個性豊かなため池が約600箇所ある。

東播磨のため池の多くは水路で結ばれ、とりわけ、いなみの印南野台地のため池群（写真-1）は日本有数のため池密度を誇り、文化財としても大変価値がある。



写真-1 いなみ野台地のため池群

そのため池群は特徴ある景観を形成しており、文化庁の「文化的景観180ヵ所」や地域環境関西フォーラムの「関西の風景100選」に選ばれている。また、長年の人々の営みとかかわりの中で、ため池にまつわる伝統行事や伝説、水利慣行など、固有の“ため池文化”を育ててきた。

2. いなみ野ため池ミュージアム

ここ数年、農業従事者の減少や高齢化などの影響もあり、ため池群や水路網の十分な管理が難しくなり、加えて、生活雑排水の流入による水質悪化、不法投棄ゴミの増加、外来種の侵入による生態系の乱れや作物被害など、管理の負担が拡大している。水利関係者によるこれまでの管理体制ではこれらのため池群が嫌悪施設になっていく可能性もある。

このようなことから、この地域の歴史的・文化的財産であるため池群を地域をあげて守り、活かし、次代に継承していくための仕組みづくりを進めようと平成14年度から「いなみ野ため池ミュージアム」の取り組みを始めた。

まず、この取り組みを進める核となる「体制づくり」として、各ため池ごとに管理者や周辺自治会、関係団体、企業、学校などをメンバーとする「ため池協議会」の設立を進めた。現在、58地区で協議会が組織され、活動中である。また、「ため池協議会」のネットワークとして各市町ごとに「市町ため池協議会連絡会」を東播磨全体で「東播磨ため池協議会連絡会」を組織した。

第二は、協議会の活動をサポートするため、大学の研究者、実践活動グループの組織化を進め、併せて農業者以外にもため池群への関心を高めて

*兵庫県北播磨県民局地域振興部三木土地改良事務所
(Tel. 0794-82-9809)

もらうための講座を連続的に開催するなど、人材発掘を進めている。

第三は、ため池や水路そのものの“魅力づくり”である。花壇や散策路、四阿、案内表示板の整備、ため池を活用したイベント（水生動植物観察会、(写真-2) 野鳥観察会、観桜会、観月会、魚のつかみどり、ウォーキング、ウィンドサーフィン教室など）の開催を通じ、多くの人にため池に近づき、親しみ、考えてもらう機会を提供している。

平成17年度には、東播磨地域のため池や水路を舞台に「いなみ野ため池博覧会」(写真-3)を開催した。250件を越す催事や展示に約35万人の参加を得る事ができ、当ミュージアムの目指すところは、徐々に浸透してきている。



写真-2 植物観察会



写真-3 いなみ野ため池博覧会

今後、いなみのため池ミュージアムの持続的展開にあたり、次の2点が課題と考えている。

①ため池協議会や各種実践活動団体が実施している活動をより充実させ、それぞれの組織運営の資金造成が出来るよう、活動の企画・実施を継続的にサポートする体制の整備

②ため池の新しい利活用策を企画・実施し、コミュニティビジネスを展開することにより、収益を還元する仕組みづくり

これら課題の一助として、平成18年度末にミュージアム運営体制組織として「いなみ野ため池ミュージアム運営協議会」を設立し、現在様々な事業を展開中である。

3. いなみ野パールプロジェクト

平成14年度に、「いなみ野ため池ミュージアム創設プロジェクト推進基本計画（案）」について外部の有識者で構成する『推進基本計画検討委員会』（委員長：中瀬勲・県立人と自然の博物館副館長ほか7名）において、委員の玉岡かおる氏から、「道頓堀川の浄化プロジェクトである“イケチョウ貝”放流と淡水真珠づくりが当地で出来ないか」との提案があり、『水辺環境の保全と再生を目指す試み』として本地域の在来種である“ドブ貝（愛称：ぬばたま貝）”（写真-4）による淡水真珠づくりによる水質浄化の実験が開始された。



写真-4 ぬばたま貝

平成15年度には、基礎調査を実施し、同年度後半から、18年度にかけて実証実験を6箇所のため池で行った。同時に、調査趣旨を明らかにする学習会（実験池ごとに年2回開催。内容：“ぬばたま貝”が生息するため池の生態系仕組みや保全するための取組等）をため池協議会を対象に行った。

その結果、養殖方法や適地の条件を明らかにすることが出来、実験に関する地元の関心も高まりつつあり、開催毎に参加者が増加している。



写真-5 環境学習会

当プロジェクトの今後の展開について、上記検討会メンバー及び技術指導を行った関係者の意見を集約し、①「いなみ野ため池ミュージアム」を推進するシンボルとなる夢のある取り組みであり、継続すべき②「真珠をつくる」ことが主たる目的ではなく真珠づくりを通して、“貝が生息する環境、ため池をはじめ水辺の生態系を守る”ことの重要性を訴えていく③地域内外の幅広い取組とするため、淡水真珠づくりによるため池水質浄化を推進する『いなみ野パールプロジェクト』を立ち上げ、広く会員を募る、の3点が提案された。

4. “ぬばたま貝”による水質浄化

東播磨地域のため池にはここ数年の環境悪化等により様々な課題を抱えている。その1つに水質の悪化がある。昔は、ため池で泳いでいた、ジュンサイが採れた、ため池で野菜洗いをした、洗濯をしたといった話を聞く。実際石組みの洗い場(写真-6)が残るため池もいくつかある。そのため池が、都市化・混住化、生活環境の変化により家庭雑排水の流入やゴミの投棄により水質が悪くなってきた。水質の悪化はため池の動植物にも大きな変化をもたらしている。また、外来の動植物による在来種の駆逐等も見られ、生態系の改変をもたらし、生物の多様性が保たれなくなった。

『いなみ野パールプロジェクト』は“淡水真珠(いなみ野パール)”という高価な“宝石”を手



写真-6 石組の洗い場

入れようというのではなく、「水辺環境の保全と再生」がその目的である。これは、その母体である“ぬばたま貝”は在来種のタナゴやヨシノボリなどと共生して暮らし、ひとつの生態系を構成していること、外来種のブルーギルなどが泳ぐ池ではほとんど姿が見られないこと、“ぬばたま貝”1個体で1日にドラム缶1本分の水を浄化するとも言われている(実際、水槽で実験すると、数時間でため池の汚れた水が澄んだ水になった)ことなどから、東播磨のため池が抱えている生態系の保全、水質浄化といった環境に対する指標として、また、生態系が守られた水辺環境の象徴として“ぬばたま貝”を位置づけた。

平成18年度からは、“いなみ野パールプロジェクト倶楽部”メンバー約500人を募集し、地域内外からの参加を得て活動を展開している。

活動内容は、①“ぬばたま貝”の生育実験プログラムの作成(核挿入の“ぬばたま貝”の生息実験、生息環境づくり調査研究)②水辺環境の保全・再生プログラム実施(“ぬばたま貝”を放流するため池の保全・再生に取り組む「ため池協議会」と協力し、水辺環境を守り育てる事業を繰り広げる)などである。

すでに、地域内8箇所のため池において、ため池協議会会員が主となり“ぬばたま貝”育成ヤードを造成し(写真-7)、“いなみ野パールプロジェクト倶楽部メンバー”も参加した中で、真珠核が挿入された500個を含む3,000個の“ぬばたま貝”の放流を行った。(写真-8)

現在は放流した“ぬばたま貝”の生息状況について、気温・水温・ため池の状況(アオコの発生等)を定期的に観察しているところである。特に

これまでの経験から、夏場の酸欠、ため池底へドロによる窒息、ストレス、毒素を持つ藻類の影響により死滅するケースが多かった。8月の定期調査では、今年の猛暑により、ため池の貯水量が少なくアオコの発生した池やヘドロの多かった池で死滅する以外は順調であった。

今後は、各ため池協議会の協力を得ながら“ぬばたま貝”の生息を見守っていききたい。



写真-7 育成ヤード (いけすづくり)



写真-8 “ぬばたま貝”の放流

5. その他の水質浄化の取り組み

東播磨では“ぬばたま貝”以外にもため池の水質浄化への取り組みを開始している。

富栄養化したため池で野菜が作れないか、野菜が育てば栄養分を吸収してくれるのではないかと、竹を浮かべ野菜作りにも取り組んでいる。(写真-9) 現在数箇所のため池でいろんな野菜で試験中でよい結果が得られれば、新たな農業生産方法を提案できると考えている。

また、生活の中にどこにでもある菌の作用を利用し、微生物の力により池の栄養分を分解させるため、土着菌団子投入を実施している。(写真-10)



写真-9 ため池で野菜づくり



写真-10 土着菌団子投入

最後に、従来はどこの農家も行なっていたため池の池干し、泥ざらいである。落水し、乾燥させ、空気に触れさすことで低泥の状態をよくする試みで、“かい掘り体験”等の楽しいイベントと併せて行っている。

これらはすぐに結果が出ることはないが、水質をよくしよう、環境をよくしようとの意識の高揚を図ることもひとつの狙いでもある。

6. おわりに

東播磨 (いなみ野) では水辺環境の悪化により生息地が急速に失われている状況にあることから、「少なくとも“ぬばたま貝”が生息できる良好な水辺環境にしたい」「東播磨産の淡水真珠

(いなみ野パール)も出来たらいいなあ」と言う地域の熱い思いのもと、多くの方々の力を借りながら“ぬばたま貝”をシンボルとして水辺の保全再生を目指している。

この放流に使用する“ぬばたま貝”を確保するため、地域のため池をため池協議会役員と順次回ったが、聞き取りの段階では、生息する池であったが実際には皆無であったり、貝殻すら存在しないため池がほとんどであった。地域住民も知らない間に地域のため池の水質や植生、動物等の生息状況に変化があることに気づいた。

その半面、若い“ぬばたま貝”が育っているため池もいくつか存在していることも事実であった。しかしこのまま環境を理解せずに生活していくとそのような貴重なため池がなくなる可能性もある。

平成19年度には、“ぬばたま貝”を増加させようと場所を提供してくれる「ため池協議会」も現れ、その準備を進めている最中である。“ぬばたま貝”も環境さえ整えばいくらかでも増えることも確認されている。

現状の良好なため池を守り、危機に陥っているため池を元に戻そうとするのがこのプロジェクトであり、順調に進み、東播磨のため池に“ぬばたま貝”が戻り、タナゴやヨシノボリが泳ぐ状況が生まれればいい環境になって行くと思われる。

そのためには、地域住民で組織された「ため池協議会」の会員の日々の努力と、“いなみ野パールプロジェクト倶楽部”メンバーのサポートが必要であるが、今、東播磨には何かを起こそうという熱い風が吹いており、大いに期待される場所である。

砕・転圧盛土工法による老朽ため池堤体の補強と 漏水防止のためのゾーニングについて

谷 茂* 福島 伸二** 北 島 明***
(Shigeru TANI) (Shinji FUKUSHIMA) (Akira KITAJIMA)
五ノ井 淳** 西 本 浩 司****
(Jun GONOI) (Kouji NISHIMOTO)

目 次

1. まえがき	92	4. 砕・転圧盛土工法によるため池改修事例	95
2. 砕・転圧盛土工法の概要	92	5. 改修事例における堤体ゾーニングの検討	100
3. 一般的なため池の堤体改修法との比較	93	6. あとがき	103

1. まえがき

我国には築造年代の古いため池が約20万箇所あるとされており¹⁾、これらの大部分は老朽化して地震や豪雨に対する堤体の安定性不足や漏水等により早急な堤体補強や漏水防止が必要とされている。しかし、最近では池近傍で堤体改修に使用できる堤体補強に必要な強度と貯水機能に必要な遮水性を有する築堤土を必要量入手することが難しくなっており、改修を計画的に進められない状況にある。一方、このようなため池の貯水池内には貯水容量低下や水質悪化の原因となる底泥土が厚く堆積し除去処分が急務となっているが、掘削除去した底泥土の処分地を確保できなくなっている。

筆者らは、このような問題を抱えている老朽ため池の効率的な改修を目指して、池内に堆積した底泥土を固化処理して築堤土に活用できる砕・転圧盛土工法を開発してきた^{2)~6)}。砕・転圧盛土工法は堤体改修と底泥土の除去処分が同時に達成でき、所要の強度と遮水性を有する築堤土を人工的に製造できることから急勾配での改修ができるなどの利点を有している。本稿では、これまでに砕・転圧盛土工法による老朽ため池の堤体改修（補強と漏水防止）の事例が蓄積されてきたことから、これらの改修事例を詳細に調査して、砕・転圧盛土工法による堤体改修する場合の堤体ゾーニングを決定するための留意点について述べるものである。

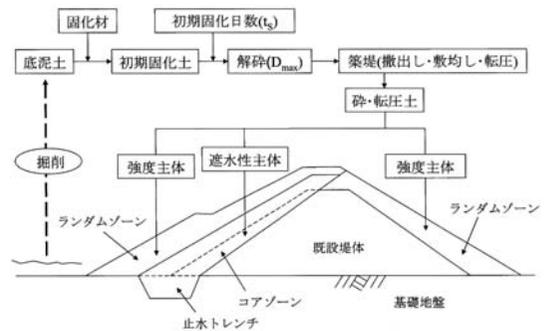


図-1 砕・転圧盛土工法の概念図

2. 砕・転圧盛土工法の概要

砕・転圧盛土工法^{2)~6)}は、図-1に概念的に示すように、池内に堆積した底泥土をセメント系固化材により固化処理して所要の強度と遮水性を有する築堤土を製造して堤体の補強や漏水防止のための築堤を行うものである。築堤は固化材を添加して一定の初期固化日数 t_s だけ固化させた底泥土（これを初期固化土という）を規定の最大粒径 D_{max} で解砕して、これを通常の築堤土と同様に均一に撒出し、一定層厚に敷均してから転圧するものである（これを砕・転圧土という）。なお、堤体表面層部は法面垂直方向に厚さ50cm程度の覆土を設けるのを基本とするが、これは砕・転圧土部の乾・湿繰返しによる劣化と高アルカリ水の溶出防止、そして張芝などの植栽の基盤層にするためである。

砕・転圧土は初期固化させた日数 t_s と解砕・転圧後の経過日数 t_{cc} を合わせた $t = t_s + t_{cc}$ が全養生日数になり、 t_s は解砕・転圧後の再固化強度に影響

* (独)農研機構農村工学研究所 (Tel. 029-838-7569)

** ㈱フジタ土木本部 (Tel. 03-3796-2297)

*** ㈱フジタ技術センター (Tel. 03-3796-2297)

**** ㈱フジタ大阪支店 (Tel. 03-3796-2297)

響し、 t_s が短いほど転圧直後の強度が低いもののその後の強度発現が大きい。また、 D_{max} は遮水性と強度の両方に影響を及ぼし、 D_{max} の大きい砕・転圧土ほど強度が大きく、透水性も高くなる。したがって、砕・転圧土により所要の強度と遮水性を有する堤体を築造するには t_s と D_{max} を適切に管理することが必要であり、このことが一般の土質改良工⁷⁾と異なる点である。

従来、単なる底泥土に固化材を添加しただけの固化処理土（ここでいう初期固化土）は、強度を固化材添加量の加減により容易に制御できるものの、通常の築堤土と比較すると破壊時のひずみが小さく脆性的なひずみ軟化型の応力～ひずみ特性にあり、既設堤体との間の極端な強度や変形性の相違に起因したクラックが生じやすいため貯水用の堤体には使用できなかった。砕・転圧盛土工法は、固化処理土を築堤土に利用する場合の問題点を、一定日数だけ初期固化させた底泥土を固化途中に解砕して通常の築堤土と同様に転圧して築堤すると、再固化時の応力～ひずみ特性が通常の築堤土と似たひずみ硬化型になる性質を利用して既設堤体との密着性（なじみ）を良くしたものである。

3. 一般的なため池の堤体改修法との比較

3.1 老朽ため池の堤体改修法

ため池の堤体改修は既設堤体の補強や漏水防止をすること、あるいは余裕高の確保や貯水容量を増加させるための堤体高上げをすることが目的となる。このうち、堤体補強と漏水防止は、図-2に示すように、遮水を実にできることから既設

堤体の上流側に遮水のためのコアゾーンと補強のためのランダムゾーンからなる傾斜ゾーニングとするのが普通で、前刃金工法と言われているものである^{1), 8)}。新設のコアゾーンは改修前よりも浸潤面を低下させ、かつ浸透量を大幅に減少させることから下流側の安定性向上にも効果がある。また、下流側は浸潤面が法面途中に現れないように浸透水を速やかに排水できるドレーン工を法先に設置し、さらに緩勾配の腹付け盛土により安定化させるのが普通である。

通常の築堤土は強度と遮水性のどちらにも優れたものはなく、強度に優れたものは遮水性に劣り、逆に遮水性に優れたものは強度面で劣るのが普通である。そこで、遮水機能を受け持つコアゾーンは遮水性に優れた粘性土系の築堤土により、堤体補強を受け持つランダムゾーンは遮水性より強度に優れた砂・砂礫質系の築堤土により築造するというように築堤土を使い分ける必要がある。しかしながら、堤体規模が小さいため池では、強度に優れた築堤土と遮水性に優れた築堤土をそれぞれ確保することが難しく、コアゾーンとランダムゾーンとに分けることなく、どちらかという遮水性のある築堤土により一体として築造されることが多い。このため、堤体上流側は水位急降下時の残留間隙水圧による有効応力低下から法先部が不安定化しはらみ出し変形が生じやすい。このため、堤体上流側の補強は築堤土が有する強度に応じて勾配を緩くするか、あるいはすべり抵抗を大きくするために小段やランダムゾーン幅広にするが、これは土工量を大幅に増加させ、結果として貯水容量を大幅に減少させてしまうことになる。

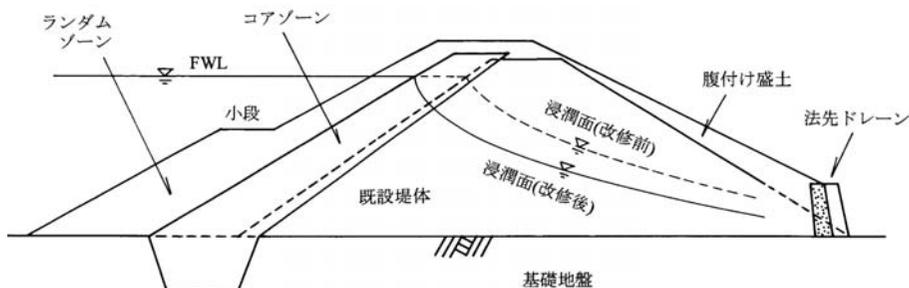


図-2 堤体の補強と漏水防止を目的とした改修断面の典型的なゾーニング（前刃金工法）

3. 2 砕・転圧盛土工法の特徴

砕・転圧盛土工法における砕・転圧土は強度を固化材添加量の加減により簡単に制御できるが、固化材による土粒子の化学的固結構造による粘着力成分 $(c')_{cc}$ が卓越しているものの内部摩擦角 $(\phi')_{cc}$ による強度成分が小さい強度特性を有している。すなわち、 $(c')_{cc}$ は固化材添加量に比例して増加するが、 $(\phi')_{cc}$ は固化材添加量にあまり関係なくほぼ $10 \sim 20^\circ$ の値にある^{2)~4)}。通常の築堤土と砕・転圧土における強度特性の相違のために、通常の築堤土で改修した場合と砕・転圧土により改修した場合では、堤体内のすべり面に沿った強度分布が以下のように異なる。すなわち、通常の築堤土により改修した部分の強度 $\tau_s (\equiv \sigma' \cdot \tan \phi')$ は、図-3に概念的に示すように、すべり面上の土要素の応力 σ' に応じた滑らかな分布を示し、既設堤体との間の強度差は小さい。これに対して、砕・転圧土により改修した部分の強度 $\tau_{cc} (\equiv (c')_{cc})$ は、図-4に概念的に示すように、すべり面上の土要素の応力 σ' に関係なくほぼ一定値を示し、既設堤体との境界で強度差を生じることになる。この強度差は堤体に大変形が生じやすい地震時に砕・転圧土部と既設堤体の境界付近にクラックを生じさせる可能性がある。したがって、砕・転圧土による堤体改修時のゾーニングは、砕・転圧土部と既設堤体との間に極端な強度差が生じないようにすることが重要である。

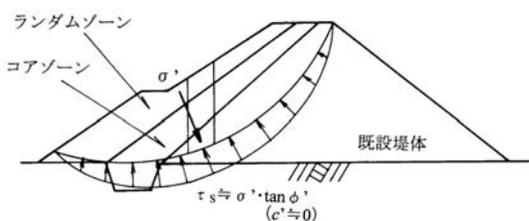


図-3 通常の築堤土により改修した堤体の強度分布

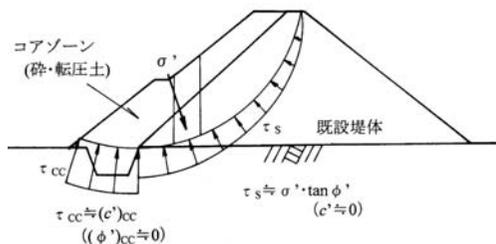


図-4 砕・転圧土により改修した堤体の強度分布

砕・転圧土により築造した傾斜ゾーンは粘着力に優れているので、堤体上流側の法先部が通常の築堤土で改修した場合に見られるように水位急降下時の残留間隙水圧により不安定化することはない。砕・転圧土はもともと細粒分を多く含む底泥土を母材としていることから遮水性にも優れている。したがって、砕・転圧土は強度と遮水性の両方に優れた築堤土であり、かつ所要の強度を有するように人工的に製造できることから、急勾配法面で強度と遮水性のあるコアゾーンを築造することが可能で、改修に必要な土工量を大幅に抑制できる。また、池内に堆積した底泥土を築堤土に利用するため堤体改修による貯水容量は減少することはない。

3. 3 堤体改修断面と目標強度の決定

通常の築堤土による堤体改修では、安定計算により築堤土が有している強度パラメータ (c', ϕ') に応じて所要の安全率 $F_s \geq 1.2$ を満足して安定であるように土地改良事業設計指針「ため池整備」⁸⁾ を参考にして堤体断面が決定される。

これに対して、砕・転圧盛土工法による堤体改修では、築堤土となる砕・転圧土の $(c')_{cc}$ が所要の値となるように固化材添加量の加減により人工的に製造できるので、改修断面は前述の「ため池整備」を参考にしてため池が置かれた条件や改修目的を配慮して決定し、安定計算によりその堤体全体が安定するために必要な砕・転圧土部に必要な強度を逆算することになる。すなわち、安定計算は予め決定した改修断面について砕・転圧土部の $(c')_{cc}$ をパラメトリックに変えて実施して $F_s \sim (c')_{cc}$ 関係を求め $(\phi')_{cc}$ は小さくほぼ一定なので、一定値として与える)、堤体全体が $F_s \geq 1.2$ を満足して安定であるために必要な砕・転圧土部の $(c')_{CCStability}$ を逆算する。

砕・転圧盛土工法における砕・転圧土の強度は、通常の土質改良工の場合⁷⁾と同様に、一軸圧縮強さ $(q_u)_{cc}$ により表示し、強度パラメータ $(c')_{cc}$ との間に $(q_u)_{cc} = 2 \times (c')_{cc}$ (1) の関係があるものとする。そして、目標強度 $(q_u)_{cc*}$ は安定計算により決まる堤体安定に必要な強度 $(q_u)_{CCStability}$ と施工上必要な最低強度である築堤中の転圧機械のトラフィカビリティを確保するために必要な強度 $(q_u)_{CCTrafficability}$ を比較して大きい方とする^{4), 5)}。なお、 $(q_u)_{cc*}$ は既設堤体が有している強度や勾配により異なるが、一般的に言う堤

高H>10mでは前者で決まり、堤体安定に必要な強度が低いH<10mでは後者で決まることが多い。

4. 砕・転圧盛土工法によるため池改修事例

4.1 虎吉沢池（山形県飯豊町）の事例⁹⁾

虎吉沢池は慶応3年（1867）頃に築造された灌漑用ため池であり、昭和39年（1964）に斜樋と洪水吐の一部の災害復旧工事が実施されていたが、既に40年以上の経過により老朽化して堤体が断面損傷や余裕高不足になっており、底樋周囲からの漏水も生じていた。また、洪水吐が著しく損傷を受けていた。そこで、虎吉沢池では、堤体の漏水防止、底樋や洪水吐を現行基準に合致した仕様に全面改修することになった。しかし、所要の強度と遮水性を有する築堤土が入手できなかったこと、止水トレンチや堤体新設部の基礎面にあたる池敷掘削により発生する底泥土の処分地が確保できなかったことから、池内に堆積した底泥土を築堤土に有効活用できる砕・転圧盛土工法を採用することになった。

図-5に虎吉沢池において計画した改修後堤体の標準断面を示すが、堤体上流側は砕・転圧土により漏水防止のための傾斜コアゾーンを築造し、下流側は法先ドレーンの設置により浸潤面を低下させて安定性を確保するものとした。砕・転圧土部の目標強度は堤高が低いことから施工上必要とされる最低の強度レベル $(q_u)_{CCTrafficability}$ としたが、安定計算により十分な安定性が確保できることがわかった。

4.2 皿池（兵庫県神戸市）の事例

皿池は築年代不明の灌漑用ため池で、老朽化して堤体からの漏水や底樋の亀裂や破損により早急な改修が必要とされていた。特に、池が地すべり区域内にあり、堤体からの漏水が近傍の地すべりブロックに悪影響を及ぼしている可能性が指摘されていた。このため、既設堤体の漏水防止を行うことになり、併せて素掘り型洪水吐や底樋等の取水施設を現行基準に合うように改築することになった。しかしながら、皿池では近傍で所要の強度と遮水性を有する築堤土を必要量入手できなかったことや、止水トレンチや堤体新設部基礎面にあたる池敷の掘削により発生する大量の高含水底泥土（約200%）の処分地を確保できなかったことから砕・転圧盛土工法を採用することになった。

堤体改修は、図-6に示す標準断面のように、堤体上流側にコアゾーンとランダムゾーンを一体化した漏水防止のための傾斜コアゾーンを築造し、堤体下流側にドレーン工付きの擁壁を設け、さらにその背面を腹付け盛土により緩勾配化したものである。砕・転圧土の目標強度は施工上必要な最低強度レベル $(q_u)_{CCTrafficability}$ としたが、安定計算により十分な安定性があることが確保できた。

4.3 北谷池（三重県松坂市）の事例¹⁰⁾

北谷池は築年代不明の灌漑用のため池であり、老朽化して以下の理由から早急な改修が必要とされていた。堤体は侵食により急勾配化して断面不足や余裕高不足の状態にあることや下流側法先と底樋周囲からの漏水が生じており、地震時の安定

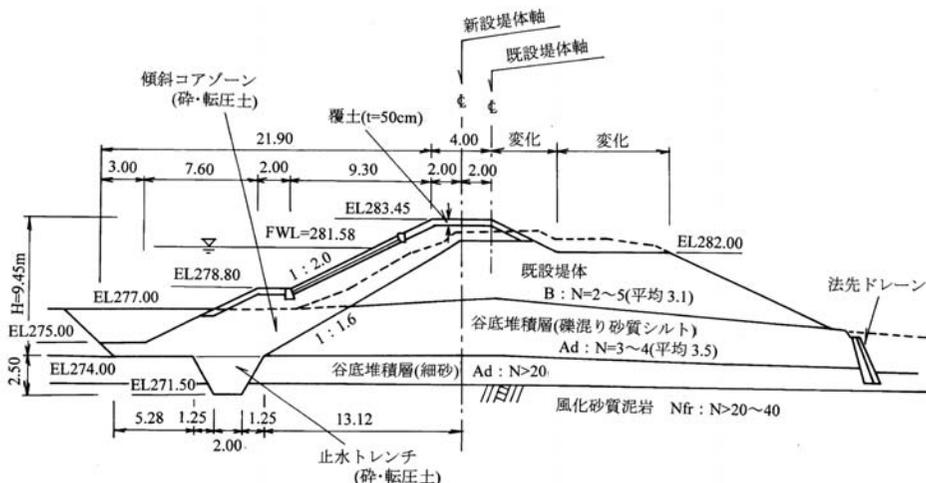


図-5 虎吉沢池の改修後堤体の標準断面

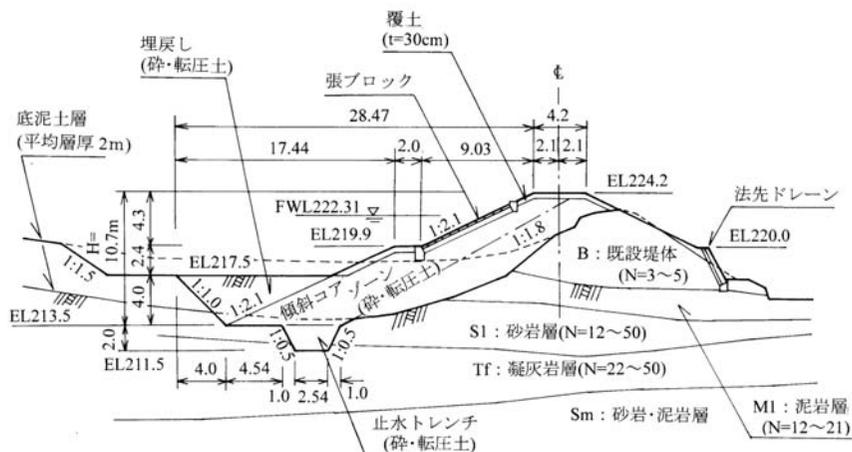


図-6 皿池の改修後堤体の標準断面

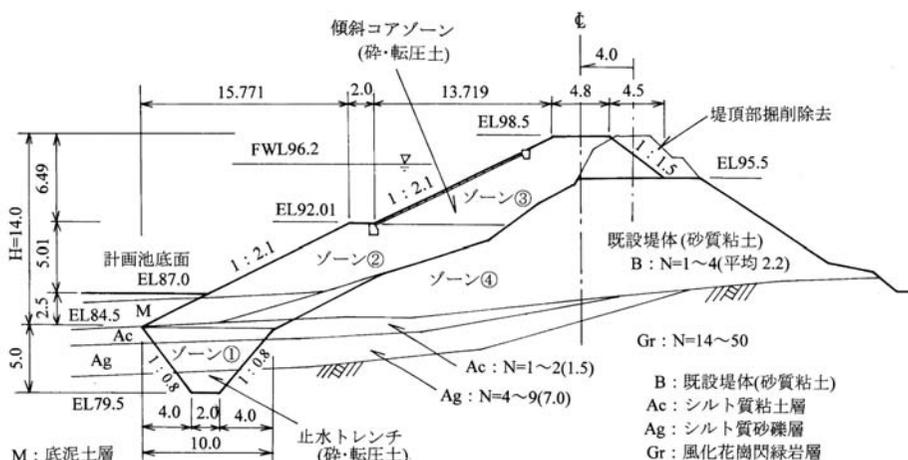


図-7 北谷池の改修後堤体の標準断面

性が不足していた。また、底樋や洪水吐の破損が著しく、その能力も不足していた。一方、池内には底泥土が厚く堆積しており、貯水容量が不足し効率的な灌漑用水の安定供給に支障をきたしていた。

そこで、堤体は補強と漏水防止のために改修を行い、さらに洪水吐や底樋や斜樋等の取水施設は現行基準に合致した仕様に改築することになった。しかしながら、北谷池では既設堤体の補強と漏水防止を入手可能な築堤土（購入土）により行おうとすると、堤体下流側の安定化のために堤体軸を上流側に大きく移動させて、堤体上流側に堤高 $H=14\text{m}$ かつ法面勾配 $1:3.0$ 以上の緩い勾配をもつ傾斜ゾーンを築造する必要があり、大量の築堤土を必要とし貯水容量の大幅な減少を招いてし

まうなど現実的な堤体補強が不可能であった。また、止水トレンチや新設堤体部の基礎面にあたる池敷の掘削により大量の底泥土が発生するがその土捨場所の確保もできなかった。以上のことから、北谷池では場外処分が困難な底泥土を固化処理して急勾配で堤体補強ができる砕・転圧盛土工法を採用することになった。

改修断面は、図-7に示す堤体標準断面のように、上流側に砕・転圧土からなる堤体補強と漏水防止を兼ねた傾斜コアゾーンを計画した。こうすることにより、堤体は、図-8に示すように、急勾配法面による改修が可能となり築堤土量の大幅な削減（法面を $1:3.0$ 以上から $1:2.1$ に急勾配化することで40%以上の土量が削減できた）と、貯水容量の減少を無くすことができた。

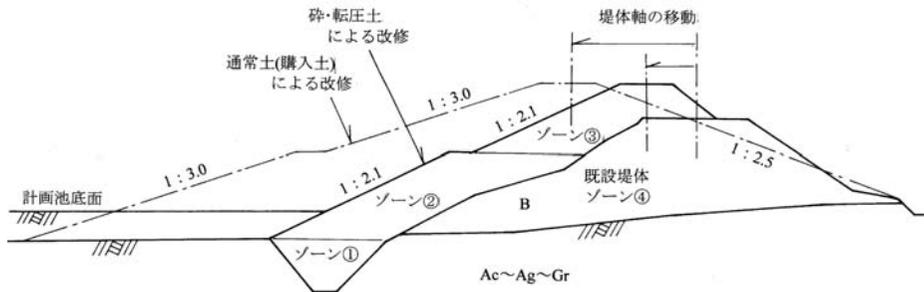


図-8 北谷池における砕・転圧盛土工法の採用による効果

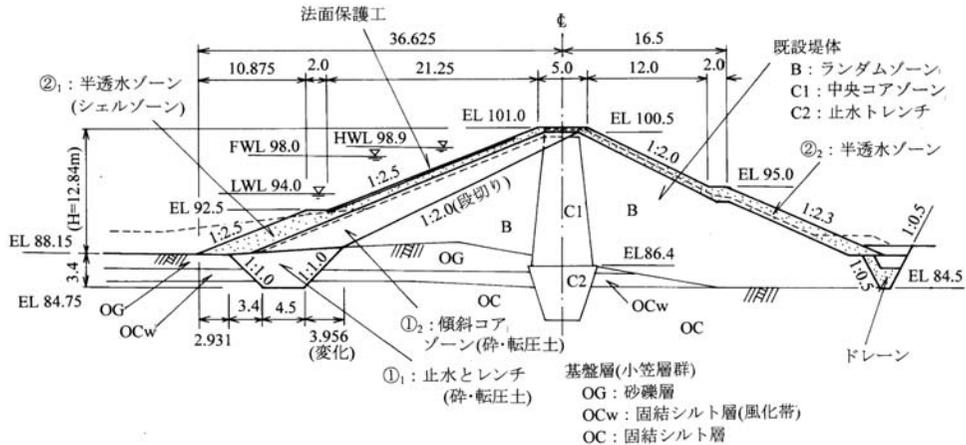


図-9 西大谷ダムの改修後堤体の標準断面

堤体を急勾配で補強するには、既設堤体が強度的に優れていないことから、傾斜ゾーンを高強度の砕・転圧土により築造する必要があった。しかし、傾斜コアゾーンを単に堤体安定性が確保できるためだけの理由から高強度の砕・転圧土で築造すると、新設堤体部と既設堤体部との間に強度の相違が著しくなり、地震時の変形によりクラックが生じやすいなど新設・既設堤体部間の密着性にとって好ましくない。そこで、北谷池では堤体安定性を確保し、かつ隣接の既設堤体部との間に極端な強度差が生じないようにするためにコアゾーンを小段位置の上・下層で分け、すべり面が通過し堤体安定に重要な下層部を堤体安定に必要な強度レベル (q_u)_{CCStability} とし、上層部を施工上必要とされる最低の強度レベル (q_u)_{CCTrafficability} に設定した水平ゾーニングとした。すなわち、上流側は、体軸を貯水池側に2m移動させ、法面勾配を「ため池整備」¹¹⁾に規定された堤高H=10~15mの範囲で許容される最急勾配である1:2.1としてコアゾーンを築造した。下流側は堤頂部を約3m掘削除去して小段を残して砕・転圧土で置き換えたこ

とにより、平均勾配を緩くしたことで砕・転圧土部のせん断抵抗力を期待することにより安定性を確保した。

4. 4 西大谷ダム (静岡県掛川市)^{12)~14)}

西大谷ダムは昭和34年(1959)に築造された防災ダムであるが、堤体が40年以上の経過により老朽化して漏水や断面侵食により地震時安定性が不足していただけでなく、洪水吐や取水トンネルも損傷を受けており、全面的な改修を必要としていた。また、池内には堤体付近から池中流域までにシルト・粘土分の多い底泥土が、河川流入部付近の池上流域に礫質土が合計約41,000m³(底泥土は約25,000m³)が堆積しており、貯水容量の不足により効率的な洪水調節が不可能になっていた。

そこで、堤体は耐震補強と漏水防止のための傾斜コアゾーンを築造し、さらに洪水吐は現行基準に合致した仕様に全面的に改築し、取水トンネルは止水グラウトにより補修することになった。西大谷ダムはダム便覧¹⁵⁾に登録されたダムであるが、図-9に示す改修前後の堤体標準断面からわかるように、詳細に検討すると堤高Hが15mをわずか

に下回っていたこと、堤体構造が中心コア型ではあるもののコアゾーン (C1, C2) とランダムゾーン (B) で同じような築堤土からなりほとんど均一型であった。このことから、堤体改修は、ため池と同じように上流側傾斜ゾーンによる堤体の補強と漏水防止が可能との判断から、「ため池整備」⁸⁾ に準拠して行うことになった。しかしながら、西大谷ダムでは堤体補強に必要な強度と遮水性を満足する築堤土がダムサイト近傍で入手できなかったこと、また池内の底泥土の処分地を確保できなかったことから、砕・転圧盛土工法を採用することになった。

改修時の堤体ゾーニングは池内に堆積した底泥土をコアゾーンに、既設堤体からの掘削土や河川流入部付近の池上流側に堆積した礫質土をランダムゾーンに使用して、池内堆積土を可能な限り堤体工事に流用して場内処分できるように決めた。すなわち、上流側は、既設堤体をコアゾーンにほぼ相当する範囲を掘削し、堤体補強と漏水防止を兼ねたコアゾーンを砕・転圧土により築造し、その外側に既設堤体からの掘削土や池上流域に堆積した礫質土によりランダムゾーン②₁を築造した。コアゾーンは遮水性が期待できる固結シルト層 (OC) に約50cmまで掘り下げた部分から止水トレンチ①₁とその上の傾斜ゾーン①₂からなる。また、下流側は、ガリ侵食などにより断面不足となっていたので、強度劣化した表層部を掘削除去してランダムゾーン②₂を築造し、さらに浸潤面が法面途中に現れないように法先ドレーンを設置した。

西大谷ダムにおいて砕・転圧土だけでなく掘削土などの通常の築堤土を用いたゾーニングを採用した理由は、利用可能な細粒分の多い底泥土をコアゾーン①₁と①₂にほぼ使い切ってしまうこと、掘削発生土と池上流域の礫質土がほぼ同様な粒度と締固め特性にありランダムゾーン②₁と②₂の築造量を確保できたからである。

堤体の安定性は、砕・転圧土ゾーン①₁と①₂の目標強度を、既設堤体が強度的に比較的優れていたことから、施工上必要な最低強度レベル (q_u) CCTrafficability に設定することで確保できた。

4. 5 奈良池 (三重県鈴鹿市) の事例

奈良池は築造年代が不明の灌漑用ため池であり、新たに洪水調節量を付加するために貯水池を拡張し、これに併せて老朽化した堤体も改修することになった。堤体改修は、堤体が地震時の安定性が不足していたことや下流側の右岸法先付近からの局所的な漏水があったことから、既設堤体の補強と漏水防止を目的に行うことになった。また、洪水吐は現行基準に合致した仕様に改築し、既設の底樋は延長することでそのまま活用することになった。しかし、奈良池では堤体改修に使用する所要の強度と遮水性を有する築堤土を池近傍に確保できなかったこと、新設堤体基礎面にあたる池敷や止水トレンチの掘削により発生する底泥土の処分地が確保できないことから砕・転圧盛土工法を採用することになった。

改修後の堤体断面は、図-10に示すように、既設堤体の堤頂面の道路を供用したまま工事を行う必要から、堤体軸を池側に約5.8m移動させて堤体

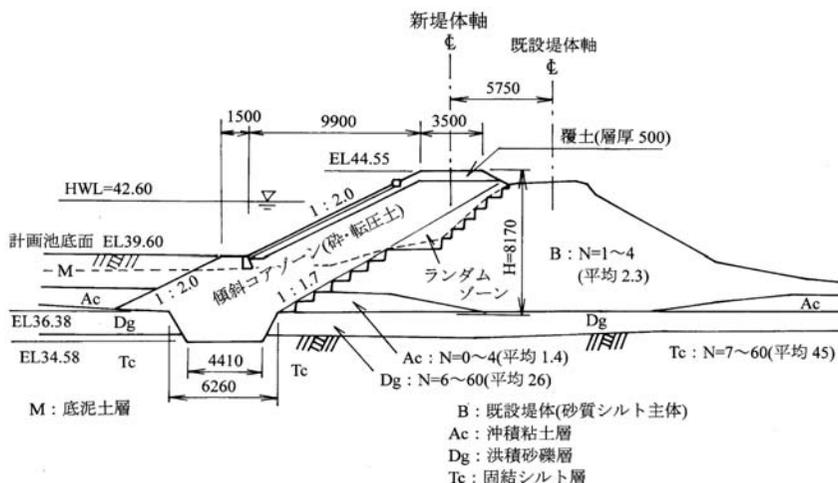


図-10 奈良池の改修後堤体の標準断面

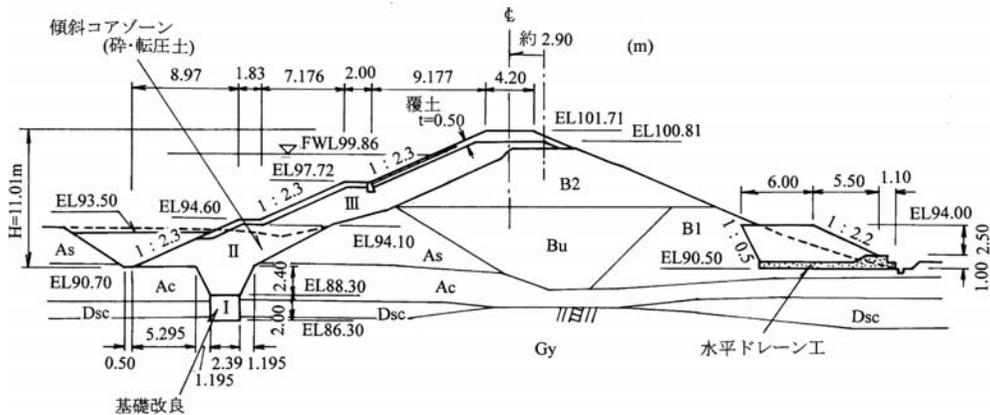


図-11 西光寺池の改修後堤体の標準断面

上流側に堤体補強と漏水防止のための砕・転圧土による幅広のコアゾーンを築造することとした。また、堤体下流側は、新たな用地が確保できないことも理由ではあるが、上流側の幅広のコアゾーンを設置したことにより浸潤面が低下すること、堤体軸の上流側への移動による浸透路長の増加により安定性を確保できることから現況のままとした。なお、既設の底樋はそのまま利用して延長するために、既設の土砂吐部と斜樋を撤去してから水路部を延長して新たな土砂吐と斜樋を設けることから、池底面を現況より約1m高くすることになった。

砕・転圧土部の目標強度は施工上必要な最低強度レベル (q_u)_{CCTrafficability} としたが、堤体の安定性が確保できることは安定計算により確認できた。

4.6 西光寺池 (三重県伊賀市)

西光寺池は築造年代が不明な灌漑用ため池であり、既設堤体が現在までに数回にわたって増改築を受けていたようで、図-11に示すようにモザイク状の複数の築堤土ゾーンから構成されていた。既設堤体は老朽化により損傷して断面不足や余裕高不足になっていたことや、下流側法先部と底樋周辺からの漏水により地震時の安定性が不足していたことから、上流側に漏水防止と補強を兼ねた傾斜ゾーンを築造することになった。

西光寺池において砕・転圧盛土工法されたのは以下の理由による。堤体安定に必要な強度と遮水性を有する築堤土を池近傍で確保できなかっただけでなく、入手可能な築堤土では強度が低く法面勾配を1:3.0程度に緩くする必要があり、貯水容量を大幅に減じてしまうなど現実的な改修が不可

能であった。また、池内には底泥土が厚く堆積し、傾斜ゾーンの築造に伴う新設堤体の基礎面となる池敷や止水トレンチの掘削により発生する大量の底泥土の処分地を池近くに確保できなかった。

改修後の堤体断面は、図-11に示すように、堤体上流側に漏水防止と補強のために二つの小段をもつコアゾーンを砕・転圧土により築造することにし、さらに砕・転圧土の目標強度を一段目の小段面上層と下層で変えて水平ゾーニングした。すなわち、堤体上流側は止水トレンチ基礎部のゾーンIをすべり面がこの部分を通らないようにセメント改良することとし、すべり面が通る小段下層のゾーンIIを堤体安定に必要な強度レベル (q_u)_{CCStability} とし、小段上層のゾーンIIIを堤体安定への寄与度が小さいので施工上必要な最低強度レベル (q_u)_{CCTrafficability} とした。堤体下流側は、すべり面が基礎地盤の深い位置を通ることから押え盛土を築造することにし、さらに押え盛土の法先部に浸透水を速やかに排水して浸潤面を低下させるためのドレーン工を配置した。

4.7 菜切谷池 (宮城県加美町) の事例¹⁶⁾

菜切谷池は昭和13~15年頃 (1938~1940) に築造された灌漑用ため池であり、昭和22年 (1947) のカスリン台風と昭和23年 (1948) のアイオン台風により被災した後の昭和28年頃 (1953) に全面改修を受けていた。その後50年以上が経過して老朽化がすすみ、既設堤体は断面不足や漏水により地震や豪雨に対して十分な安定性が確保されていないだけでなく、洪水吐や取水施設が損傷して機能が著しく低下していた。また、池内には底泥土が厚く堆積し貯水容量が低下していた。

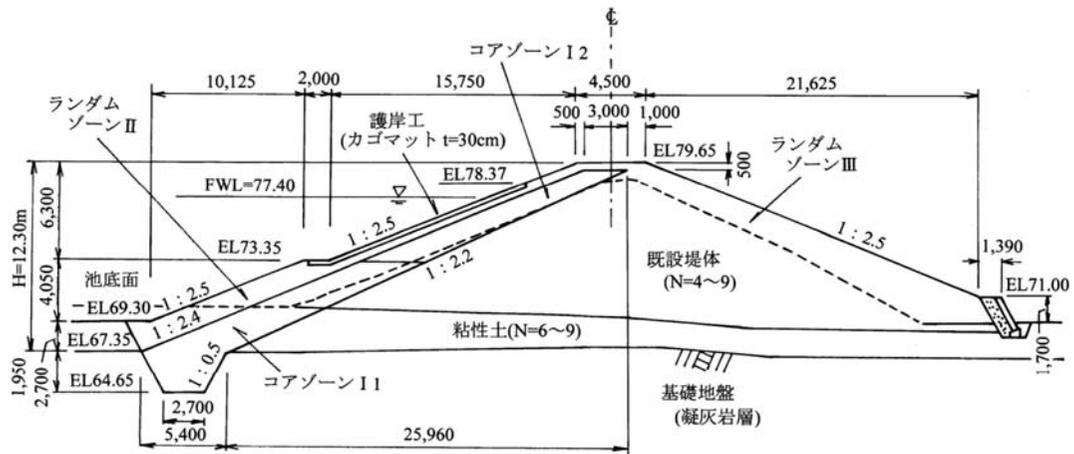


図-12 菜切谷池の改修後堤体の標準断面

そこで、菜切谷池では大規模な宮城県沖地震の発生が予想されている地域に立地していることから、主に防災上の見地から堤体補強と漏水防止を行うことになり、併せて洪水吐と取水施設を現行基準に合致する仕様に全面改築することになった。砕・転圧盛土工法が採用された理由は、堤体補強と漏水防止に必要な強度と遮水性を満足する築堤土が池近傍で入手できなかったことからである。

改修後の堤体断面は池内に堆積した底泥土や、洪水吐や既設堤体の掘削土を可能な限り使用して場内処分できるように図-12に示すようなゾーニングを計画した。すなわち、堤体上流側には堤体補強と漏水防止を兼ねたコアゾーン I とランダムゾーン II からなる傾斜ゾーンを、堤体下流側には法先ドレーン工付きのランダムゾーン III をそれぞれ築造した。ゾーン I は止水性が期待できる砂質凝灰岩層 (Yt) まで掘り下げた止水トレンチとその上部の傾斜部を砕・転圧土により築造し、ゾーン II とゾーン III は洪水吐部や工事用進入路あるいは既設堤体の掘削発生土を流用して築造することにした。

菜切谷池における堤体ゾーニングの特徴は、堤体全体内におけるコアゾーン幅が狭く、すべり面全長中に占める砕・転圧土部の割合が小さく堤体安定性から決まる強度レベルが堤高や法面勾配からすると比較的高くなってしまふことである。既設堤体に期待できる強度が高い場合には、砕・転圧土部の幅が狭くとも堤体安定に必要な強度レベルが高くないので、砕・転圧土部と既設堤体

間に極端な強度差が生じにくい。これに対して、既設堤体に期待できる強度が低い場合には、既設堤体との間に極端な強度差が生じやすいので砕・転圧土部の幅をある程度広くして堤体安定に必要な砕・転圧土部の強度レベルが高くないようにする必要がある。

そこで、菜切谷池ではコアゾーン I の強度レベルを小段面の上・下層の境界にして変えることにし、すべり面が通過し堤体安定にとって重要なコアゾーン下層のゾーン I 1 の強度を堤体安定に必要な強度レベル (q_u)_{CCStability} に、上層のゾーン I 2 を施工上必要な最低の強度レベル (q_u)_{CCTrafficability} に設定することにした。

5. 改修事例における堤体ゾーニングの検討

5.1 堤体上流側の補強と漏水防止

堤体改修は既設堤体を可能な限り活用することが重要であるが、その活用程度は改修規模や既設堤体が有している強度と遮水性により異なる。すなわち、改修規模が小さい堤体補強や漏水防止の場合には、改修により既設堤体や基礎地盤に新たに加わる土圧や浸透水圧が少ないので、既設堤体はそのままあるいは一部除去するだけでコアゾーンやランダムゾーンを築造することが可能であり、既設堤体を積極的に活用することが前提となる。これに対して、改修規模が大きい貯水容量増加のための堤体嵩上げでは、改修により既設堤体や基礎地盤に新たに加わる土圧や浸透水圧が大きいため、既設堤体の強度や遮水性、あるいは基礎地盤に問題がある場合には慎重な検討が必要に

なってくる。

砕・転圧盛土工法により堤体改修をした事例はすべて堤体上流側に堤体の補強と漏水防止を兼ねた傾斜ゾーンを築造したもので、堤体高上げの事例はない。したがって、すべての事例で既設堤体をほとんどそのまま活用している。

砕・転圧盛土工法により堤体改修された事例は図-13に示す幅広コアゾーン型と、図-14に示すコア・ランダムゾーン型の二つのゾーニングパターンに分類できる。

幅広コアゾーン型は堤体規模が小規模な場合に適用されるもので、コアゾーンとランダムゾーンのように機能別にゾーニングせずに、両者を一体化して堤体の補強と遮水を兼ねた傾斜ゾーンとして砕・転圧土により築造したものである。幅広コアゾーン型は、結果としてすべり面全長 l に占める砕・転圧土部の長さ l_{cc} の割合が高く (l_{cc}/l が大きい)、砕・転圧土の強度レベルを低く、かつ浸潤面の低下量も大きくすることができる。虎吉沢池、皿池、北谷池、奈良池、西光寺池がこの堤体構造に属しており、これらは堤体規模が小さく

傾斜ゾーンをコアゾーンとランダムゾーンのように分けて築造しにくかった事例である。なお、北谷池は幅広コアゾーン型に属してはいるが、堤高が比較的高いにもかかわらず、貯水容量の減少がないように急勾配法面で堤体補強を行う必要があったために砕・転圧土の強度レベルを低くできる幅広コアゾーンとした事例である。

コア・ランダムゾーン型は傾斜ゾーンをコアゾーンとランダムゾーンに機能別に築造するもので、堤体規模が比較的大きい場合に適用されたものである。コアゾーンは堤体補強と漏水防止をできるように砕・転圧土により築造し、ランダムゾーンは既設堤体や洪水吐部の掘削発生土等により築造して場内処分することを優先させるものである。コア・ランダムゾーン型は西大谷ダムと菜切谷池に適用されている。特徴はコアゾーン幅が堤体全体からすると狭く、すべり面全長 l に占める砕・転圧土部 l_{cc} の割合が少なく (l_{cc}/l が小さい)、砕・転圧土部の強度レベルが高くなりやすいことである。既設堤体に期待できる強度が高い場合には、砕・転圧土の堤体安定に必要な強度

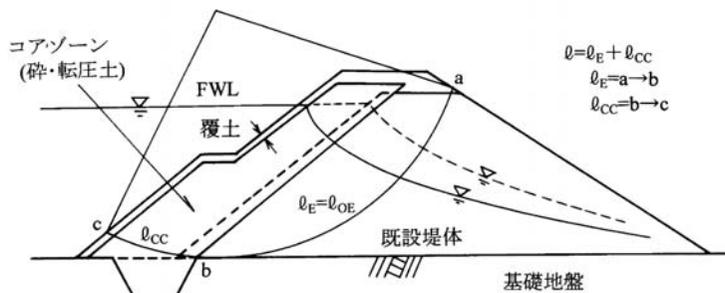


図-13 砕・転圧盛土工法による幅広コアゾーン型ゾーニング

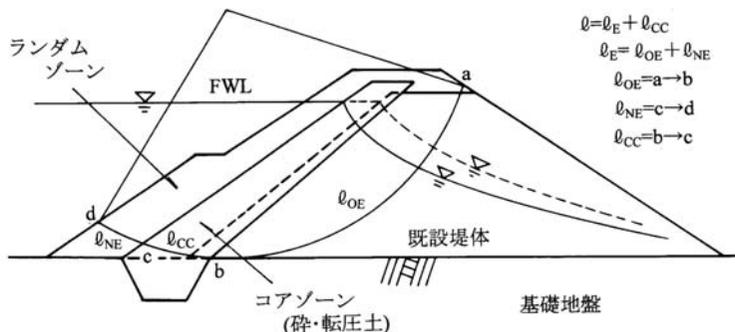


図-14 砕・転圧盛土工法によるコア・ランダムゾーン型ゾーニング

レベルを低くできるので、砕・転圧土部と既設堤体部との間の強度差を少なくできる。これに対して、既設堤体に期待できる強度が低い場合には、幅の狭い砕・転圧土ゾーンでは堤体安定に必要な強度レベルが高くなるので、強度差が極端に大きくなるように、何らかの対策が必要となる。

西大谷ダムでは既設堤体の強度が比較的優れた状態にあったため砕・転圧土と既設堤体との間に極端な強度差が生じることはなかった。菜切谷池は既設堤体に期待できる強度が比較的lowかったことから、コアゾーンⅠを小段面を境に上・下層で強度レベルを変え、すべり面が通過し堤体安定にとって重要な役割をする下層のゾーンⅡを堤体の安定性から決まる強度レベル (q_u)_{CCStability} に、小段より上層のゾーンⅢを施工上必要な最低の強度レベル (q_u)_{CCTrafficability} に設定して砕・転圧土部と既設堤体との間に極端な強度差が生じないようにした事例である。

5. 2 堤体下流側の補強

堤体下流側の補強は、図-1に概念的に示したように、法先部に浸透水を速やかに排水して浸潤面を法面途中に現れないように低下させるドレーン工を設置し、堤体法面を掘削あるいは腹付け盛土により緩勾配化して確保するのが一般的である。このとき、法先ドレーン工の設置位置は下流側に新たな用地を確保できる場合とそうでない場合で異なる。

新たな用地が確保できる場合には法先ドレーン工を既設堤体から離して設置し、その背面から既設堤体より緩勾配で腹付け盛土して安定性を確保するのが普通である。菜切谷池はこのような場合の典型的な事例である。西光寺池では、すべり面が深い位置を通ることから既設堤体法先部を掘削した部分に押え盛土を築造し、その法先にドレーン工を設置して安定性を確保した事例である。

新たな用地が確保できない場合には、皿池の事例のように、法先ドレーン工は既設堤体法先部を掘削したスペースに設置し、その背面部から腹付け盛土を築造して緩勾配化することが多い。また、北谷池や奈良池の事例のように現況のままで法先ドレーン工を設置しない場合もある。奈良池の事例は堤体上流側を幅広コアゾーンとして堤体内の浸潤面を低下させることで安定性が確保できたからである。また、北谷池の事例は堤頂部を掘削除去して砕・転圧土で置き換えて堤頂部のせん断抵

抗により安定性を確保したものである。

北谷池が典型的な事例であるが、既設堤体の堤頂部を砕・転圧土で置き換える補強法は、堤頂部における砕・転圧土のせん断抵抗力を期待して下流側の安定化を図るものである。この堤頂部補強法は安定計算上からすると粘着力に優れた砕・転圧土に適した方法ともいえるが、応力レベルが低い領域での補強となるので堤頂部に過大な抵抗力を期待した安定化は避けた方が良好だろう。

5. 3 堤体軸の移動

堤体軸の上流側への移動は新設堤体を池内に築造する割合が高くなり、貯水容量の減少を招いたり、新設堤体部の基礎部にあたる池敷掘削により底泥土が大量に発生するなどの問題のために、改修時の堤体ゾーニングを決定する上で考慮すべき重要なポイントとなる。堤体軸の移動量は、堤体上流側に幅広コアゾーンを腹付けた場合、あるいは堤体下流側を新たな用地がなく法面掘削により緩勾配化して安定性を確保する場合に大きくなる。

西大谷ダムは既設堤体の上流側をかなり掘り込んでコアゾーンを築造しているので、掘削土量が多くなるものの堤体軸の移動はほとんどなかった事例である。これは、既設堤体の下流側の安定性が確保されており、補強のために新たな用地が必要なかったから可能であった。菜切谷池は下流側に新たな用地を確保でき、上・下流側ともに腹付け盛土をして改修したので、堤体軸の移動はほとんどない。虎吉沢池、皿池、北谷池、奈良池、そして西光寺池は幅広コアゾーン型にしたため堤体軸の移動量が大きくなった事例である。

5. 4 新設・既設堤体間の強度差の影響

砕・転圧盛土工法による堤体改修では、砕・転圧土からなる新設堤体と既設堤体との間に極端な強度差がなく砕・転圧土ゾーンの強度レベルが低いものが、地震時の変形による影響を考えるとバランスの良い堤体ゾーニングといえる。ため池の既設堤体はフィルダムの場合に比較すると期待できる強度が低いことが多く、砕・転圧土部による堤体安定性増加の負担分の割合が高くなるため極端な強度差が生じやすい。強度差を小さく抑えられるゾーニングパターンとして砕・転圧土によるゾーン内部で強度レベルを変える方法がある。すなわち、北谷池、西光寺池、あるいは菜切谷池の事例では、すべり面が通り堤体安定にとって重要

な役割をするゾーン下層部を高強度レベルに、地震時の大変形が生じやすく強度差の影響が大きいゾーン上層部を施工上必要な低強度レベルに設定する方法である。

西大谷ダムの事例では既設堤体が強度的に優れていたことや堤体勾配も緩やかであったことから、砕・転圧土の目標強度レベルが高くする必要がなかったため、既設堤体と砕・転圧土の強度差はほとんどなかった¹⁴⁾。このことは、堤高の大きいフィルダムでは、ため池に比較すると堤体がもともと強度的に優れた築堤土により築造されており、砕・転圧土と既設堤体の間の強度差が少なくでき、ため池の場合よりも砕・転圧土と既設堤体との相性が良いことを示唆していると言えよう。

6. あとがき

砕・転圧盛土工法は老朽ため池の堤体改修法として開発されたもので、池近傍で所要の強度と遮水性を有する築堤土を入手できない場合でも、貯水池内の底泥土を築堤土として有効活用して、堤体改修と底泥土の除去処分を同時に可能にしたものである。

本稿では、砕・転圧盛土工法を適用して老朽ため池の堤体改修時の堤体ゾーニングを決定する際の留意点を改修事例から検討したものである。砕・転圧盛土工法により堤体改修された事例は幅広コアゾーン型とコア・ランダムゾーン型の二つのゾーニングパターンに分かれるが、これらの選択は堤体の規模や施工スペース、改修に必要な築堤土量と利用可能な底泥土や掘削発生土等の土量構成、許容される堤体軸の移動量などを考慮して決定しなければならない。また、砕・転圧盛土工法による堤体改修においてバランス的に優れた堤体ゾーニングは、砕・転圧土からなる新設堤体と既設堤体との間に極端な強度差がなく、大変形が生じやすい地震時にクラックが生じにくい堤体とすることが重要である。

参考文献

- 1) 農林水産省構造改善局建設部防災課編：
老朽ため池整備便覧（昭和57年度版），（株）公共事業通信社，1982.
- 2) 福島伸二，石黒和男，北島 明，池田康博，酒巻克之，谷 茂：
固化処理したため池底泥土の盛土材への適用性の研究，土木学会論文集，No.666/Ⅲ-53，pp.99-116，2000.
- 3) 福島伸二，石黒和男，北島 明，谷 茂，池田康博，酒巻克之：
固化処理したため池底泥土の堤体盛土材への適用性確認のための現場実証試験，土木学会論文集，No.680/Ⅲ-55，pp.269-284，2001.
- 4) 福島伸二，北島 明，谷 茂，石黒和男：
固化処理した底泥土を砕・転圧した築堤土の目標強度設定・配合試験法と施工管理法の提案，土木学会論文集，No.715/Ⅲ-60，pp.165-178，2002.
- 5) 谷 茂，福島伸二，北島 明，酒巻克之：
砕・転圧盛土工法設計・施工法について，農業工学研究所技報，第202号，pp.141-182，2004.
- 6) 谷 茂，福島伸二：
固化処理底泥土による老朽化ため池堤体改修の新設計法の提案，農業土木学会論文集，No.243，pp.25-32，2006.
- 7) (社)セメント協会編：
セメント系固化材による地盤改良マニュアル（第三版），技報堂，2003.
- 8) 農林水産省構造改善局建設部設計課：
土地改良事業設計指針「ため池整備」，農業土木学会，2000.
- 9) 福島伸二，北島 明，谷 茂，石黒和男：
固化処理底泥土により築造した傾斜コアゾーンによる老朽ため池堤体の漏水対策事例，土木学会論文集，No.764/Ⅲ-67，pp.341-357，2004.
- 10) 福島伸二，谷 茂，北島 明：
固化処理底泥土を用いた急勾配・高堤体ため池の補強法の事例研究，土木学会論文集，No.771/Ⅲ-68，pp.289-308，2004.
- 11) 農林水産省構造改善局建設部設計課：
土地改良事業設計指針「ため池整備」，農業

土木学会, p.21, 2000.

- ¹²⁾ 北島 明, 谷 茂, 福島伸二, 西本浩司:
固化処理底泥土を用いた老朽化フィルダム堤
体の耐震補強に関する事例研究, ダム工学,
Vol.15, No.3, pp.227-240, 2005.
- ¹³⁾ 大田和久:
西大谷ダム改修工事について, ダム日本,
No.739, pp.23-28, 2006.
- ¹⁴⁾ 福島伸二, 谷 茂, 北島 明, 西本浩司:
フィルダムにおける固化処理底泥土を用いた
堤体補強法とその設計法に関する事例研究,
土木学会論文集C, Vol.63, No.2, pp.358-
375, 2007.
- ¹⁵⁾ 財団法人ダム協会:
公式ホームページ, ダム便覧,
<http://www.soc.nii.ac.jp/jdf/Dambinran/binran/TopIndex.html>
- ¹⁶⁾ 福島伸二, 谷 茂, 佐々木義浩, 佐藤 健:
菜切谷池堤体改修における砕・転圧盛土工法
の設定・施工法, 水と土, No.149号,
pp.103-116, 2007.

那賀川地区における土地改良施設の歴史標示の実施について

山 田 達 也*
(Tatsuya YAMADA)

目 次

1. はじめに ……………	105	4. 那賀川地区における歴史標示の手引きの作成 ……	106
2. 国営総合農地防災事業 那賀川地区の概要 ……	105	5. 歴史標示の試行(田園ウォークを利用した標示実験) ……	107
3. 歴史標示に係る現状と課題について ……………	105	6. まとめ ……………	110

1. はじめに

昨今、農村部で都市化・混住化が進展し、住民の多様化が進んだことから、地域住民が土地改良施設の歴史や役割にふれたり農業用排水路としての存在やそれらを日常的に管理している農業者の団体である水土里ネット等について認識する機会を得ることが少なくなっており、理解を深めてもらうツールの一つとして土地改良施設の歴史標示が注目されつつある。

本報文は、国営総合農地防災事業那賀川地区において実施した歴史標示にかかる手引きの策定と標示の実施例を参考として紹介するものである。

2. 国営総合農地防災事業 那賀川地区の概要

本地区は、徳島県南東部の那賀川下流域に展開する県下有数の農業地帯で、京阪神への主要な生鮮食料供給基地として位置づけられているが、地域の基幹的な農業水利施設は昭和30年までに国営

及び県営事業により整備されたものであり、用排水分離が不十分で、都市化・混住化の進展による生活雑排水の流入等により農業用水の水質が悪化しており、那賀川の3ヶ所の頭首工についても機能低下により安全性が低下している。

このため、幹支線水路の用排水を分離し、生活雑排水等の地区内用水路への流入を防止するとともに、3ヶ所の頭首工を統合し、施設の機能回復による農業用水の水質保全と災害の未然防止を図ることにより、農業生産性の向上及び農業経営の安定に資するものである。

3. 歴史標示に係る現状と課題について

地区内における水利施設等に係る歴史標示物を調査した結果、那賀川地区内でも26ヶ所の土地改良施設や利水の歴史を記載する記念碑等が確認されたが、下記のような問題点が確認された。(表-1参照)

表-1 地区内に現存する歴史標示物の課題点

課 題 点	想定される改善手法(案)
車が多く歩行者が少ない位置にあり、詳細な情報については見る人が少ない。	設置位置の改善が必要
道から奥まった土地にあり分かりにくい。	位置の改善もしくは誘導のための標示が必要
字が小さく情報が多いため見てもらえない。	情報量の調整
標示物のテーマが分かる絵や大きな字が無いことから、興味を引きにくい。	統一的なロゴ、標示情報(ルール)が必要
老朽化が進んでおり、見た目が良くない。	素材の検討(耐久性が高い物もしくは交換が容易な物)

*農林水産省中国四国農政局那賀川農地防災事業所調査設計課
(Tel. 0884-23-3833)

4. 那賀川地区における歴史標示の手引きの作成

現状調査により歴史標示の実施に関する課題が明らかになったため、歴史標示の実施に先立ちルールづくり（標示の手引き）を行うこととした。

なお、手引きの策定に際しては、農林水産省が作成した「土地改良施設に関する歴史等の標示デザイン事例集」を基本としながら、「観光活性化標示ガイドライン（国土交通省総合政策局）」における表示に係る留意事項の知見を加えた。以下、標示を行うために作成した手引きを要約し記載する。

那賀川地区における土地改良施設歴史標示にかかる手引き

土地改良施設における歴史標示を進めるに当たり、基礎的な検討事項、留意事項等について作業

を3段階に定め、各作業時における留意事項をとりまとめた。

第1段階 現状の標識マップを作成する。

第1段階では現況の標識マップを作成し、有効な設置位置の調査と、情報が混在する可能性のある媒体について調査を実施する。

調査に当たり留意する事項について表-2に示す。

第2段階 標示標識の作成

第2段階では、現地調査結果に基づき、地域的情勢を反映した看板のデザインを決定する。

A. 形式

標識の形式については対象者に対し①誘引（存在の周知）、②誘導、③情報提供の3段階に分かれることから表-3に示す3形式に分類する。

表-2 第1段階で留意する事項

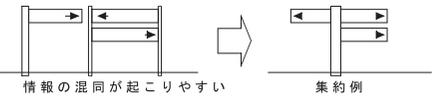
留意する事項	具体的な内容		
① 結節点と分岐点のチェック (有効な標示点の抽出)	<p>対象とする者の動線を想定し、動線の結節点や分岐点を中心に配置を行う。</p> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%;"> <p>(結節点) 駅、バス停、通学路の交差点等、人が集まり流れが交錯する所。</p> </td> <td style="width: 50%;"> <p>(分岐点) 道路の分岐点等 必要情報として必ずイン福特される場所。</p> </td> </tr> </table>	<p>(結節点) 駅、バス停、通学路の交差点等、人が集まり流れが交錯する所。</p>	<p>(分岐点) 道路の分岐点等 必要情報として必ずイン福特される場所。</p>
<p>(結節点) 駅、バス停、通学路の交差点等、人が集まり流れが交錯する所。</p>	<p>(分岐点) 道路の分岐点等 必要情報として必ずイン福特される場所。</p>		
② 重複のチェック	<p>異なる標識が混在し、統一感の欠如や情報の混同が起こる箇所を調査する。 こうした状況が認められた場合、設置を避けるか、標示情報の統一が必要。</p> <div style="text-align: center;">  <p>情報の混同が起こりやすい 集約例</p> </div>		
③ 既に確立された情報のチェック	<p>既にデザイン的に統一がなされ地域住民に共通の認識ができあがっている標識があるかチェックを行う。(混同、誤認、ミスマッチを避ける)</p>		

表-3 標示形式の一覧

形式名	設置場所	記載すべき情報
① 全体ガイド (誘引)	人びとが集まるまたは足を止める結節点（公共施設の出入り口や信号等）や一連の土地改良施設標示が始まる始点に設ける。	地図 キャッチフレーズ ビクトグラム
② 誘導標示	標示対象施設周辺の交通の分岐点に設置する。施設から距離があるものの、地域の主要な交通経路であり、重要な誘導標識となる箇所については、その後の案内の連続性（途中案内がとぎれ、不安を与えないこと）にも配慮することが望ましい。	キャッチフレーズ 矢印 距離 ビクトグラム
③ 情報表示	標示対象施設の直近、対象者の要求に応える情報を記載するように配慮する。通学路等、対象者が特定されるような経路では文章構成を特化すること等も検討すること。	ビクトグラム 説明（施設概要等）

(補足説明) ビクトグラムとは視覚言語で共通の事象を示す記号

(例)  

那賀川地区での試行例
※既存の堰断面をモチーフに作成

B. 標示情報

各標識に記載する情報の作成方法や留意事項については表-4のとおり。

第3段階 標識の設置

第3段階では歴史標示板の設置位置の選定と設置を行う。

設置位置については、第2段階で配慮した事項を考慮し、それぞれの標識の形式に適合する場所に設置する。(動線の結節点, 分岐点)

設置に当たり閲覧者の負担を極力軽減する観点から留意する項目について図-1に記載する。

5. 歴史標示の試行 (田園ウォークを利用した標示実験)

現況調査, 歴史標示施設の設置に係る手引きの

作成が出来たことから, 標示実験を実施し改善点等の調査を行うこととした。

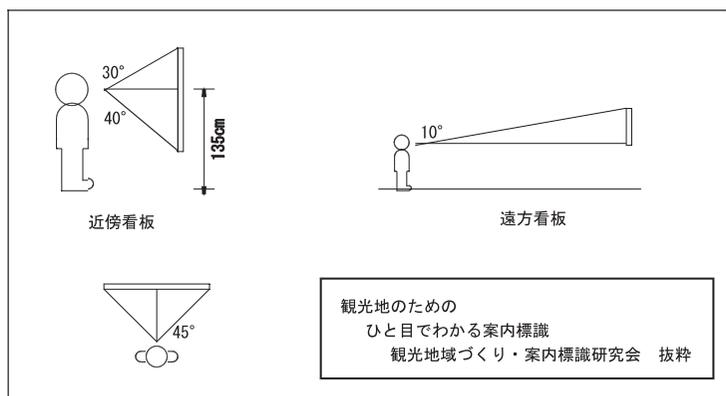
(1)実験の方法

これまでの調査では現況の標識の設置状況等, 施設の面からの調査が主であったことから, ユーザーの視点を調査することを目的とし, 試験的に歴史標示施設を設置するとともに, これを見た一般者に対しアンケートを実施し, 課題点を調査することとした。

標示実験では, ①短期間に調査サンプルを得ることが出来ること (標示施設を見て反応を聞き取れる。), ②幅広いユーザーからの意見を聴取することができる必要があるため, 那賀川土地改良区が実施し, 多様な人々が参加している田園ウォークを利用して実験を行うこととした。

表-4 記載情報作成時の留意事項

① キャッチフレーズ (標語)	標語は見る者の直感に働きかけるものが好ましい。 地域住民等に歴史標示に係るアンケート等を実施し, その中から一般者が共感するキーワードを抽出することも有効な手段と考えられる。 また, キャッチフレーズの定着を図るため, 既にイメージが定着しているロゴ等がある場合はこれと併用することも有効な手段と考えられる。
② 施設名称	標記方式を 漢字+ひらがな (ルビ) で統一する。
③ 解説	漢字ひらがな表記, ただし固有名詞については () 書きでひらがなを併記する。
④ 地図の表記法	可能な限り簡略化する。



近傍を対象とする標示は (表 2 に示した形式①及び③の標識, または視点が低い形式②の標識) 標準的な設置高さを135cmとし, そこから上 35°, 下 40° の範囲内ですべての情報が表示されるようにする。
遠方を対象とする標示は (設置高さや規模から視点が高くなる形式①及び②の標識) 設置計画場所において対象者の視覚から上方10°までの範囲で標示内容が認識できるように配慮する。
なお, いずれの標識においても, 左右の視野は45°以内におさまるよう情報を配置する。

図-1 標示の設置基準

(2)実験の概要

実験の概要については以下のとおり。

実験日 平成18年9月30日(土)
 場所 徳島県 阿南市加茂町、十八女町、深瀬町
 実験対象施設 吉井用水（大西堰、揚水機場、用水、隧道）
 ※明治の時代に築かれた堰、隧道等が点在する地区

実験方法

対象 象：田園ウォーク田園ウォーク参加者（総計215名）

意見聴取方法：選択式によるアンケート回答

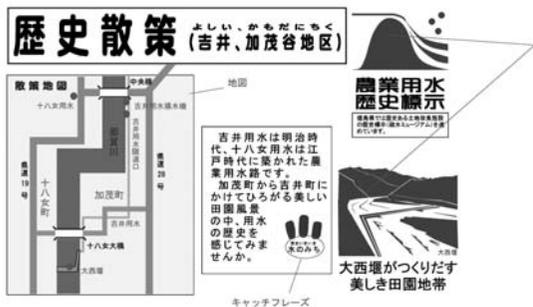
(3)実験の方法

1) 歴史標示板の設置

作成した手引きに基づき6枚の看板を制作した。

- ①全体ガイド 1枚 開会式会場が導線の結節点であるため、会場入口に設置
- ②情報表示 5枚 代表的な土地改良施設を5箇所抽出し設置した。

①全体ガイド



②情報表示



なお、誘導標示については田園ウォークによる誘導標示が行われていることから、混乱を避けるため今回は設置しなかった。

2) 表示板のデザイン

表示板のデザインについては、手引き作成時に作成したピクトグラム等を利用し、手引きに基づく統一的なデザインとした。(図-2参照)

なお、標示板のサイズについては作成の容易さ(レーザープリンター等での出力も可能)、材料調達の容易さ(ベースとするプラスチック板、金属板)を考慮しA3サイズとした。

3) 動線調査とアンケート

設置位置において歴史標示板の閲覧状況(動線)を調査するとともに、田園ウォーク終了後にアンケートを実施し、標示板に対する印象を調査した。

(4)実験結果

標示位置及び標示板に係る課題毎に実験結果と課題を整理した。

1) 標示板閲覧状況(動線)について

標示板は結節点、分岐点に配置した。田園ウォークという状況下では、動線の状況が顕著に現れ各看板の箇所の人だまりが発生した。参加者の閲覧状況も概ね良好であったが、過度に混雑した状況が生じたり、列の間隔が広くなり後続者の歩行速度が速くなった区間では標示板を見る人が減少する傾向にあった。(表-5参照)



(標示板の設置例)

図-2 歴史標示実験に用いた看板

表-5 標示板設置箇所毎の閲覧状況と課題点

結節点	分岐点①	分岐点②
 <p>コース折り返し地点であり、混雑も少なく閲覧状況も良好であった。</p>	 <p>閲覧者が多いが過度に混雑した状況も発生し、閲覧をあきらめる参加者も見られた。</p>	 <p>コース中間地点でウォークの列が長くなり、列後半の者は急ぐ状況となったことから止まって閲覧する者が少なかった。</p>

動線の形態（人の流れの速度、密度）により、相手方が受け取ることの出来る情報等が異なることが分かったことから、違いに応じて標示板の情報量をコントロールすることが必要と考えられる。

2) 標示板の内容について

標示板の内容についてはアンケートの結果から分析した。

i) 歴史標示の内容が理解できたか。

標示板に気がついたか、気がついた場合内容が理解できたか調査したもの。

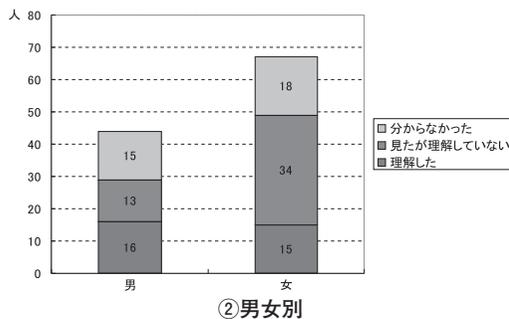
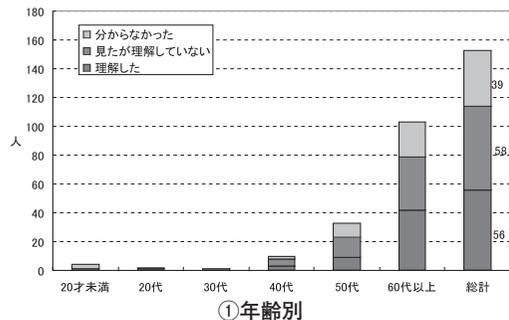


図-3 標示に係る集計結果

世代間では顕著な差は認められなかったが、女性の関心が低く標示内容に改善の余地があるものと考えられる。

ii) 歴史標示板が設置してあれば見るか。

歴史標示に関する関心度を調査したもの。

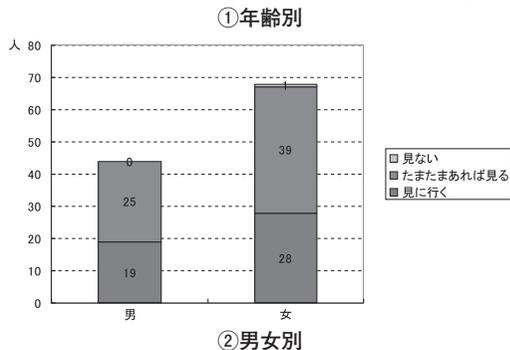
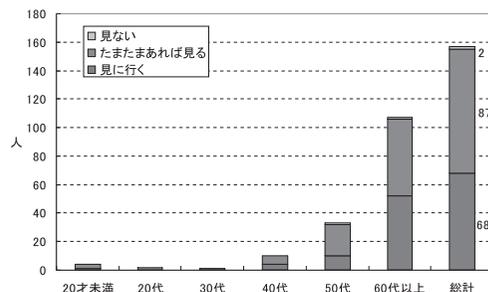


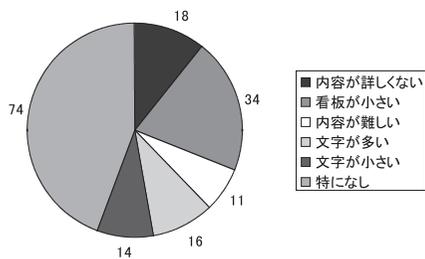
図-4 標示内容に係る集計結果

歴史標示にかかるニーズが各世代、男女ともにあることが確認できた。

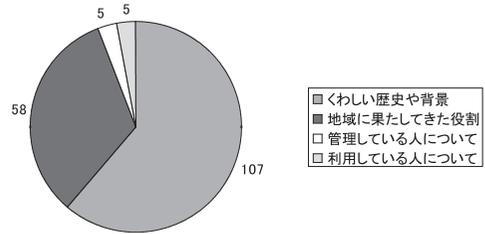
iii) 看板について不足していると感じた点、追加してほしい事項

標示板について想定される改善点及び標示板を見る者が求める情報について調査したもの。

看板に不足していると感じたこと（数字は人数）



看板に付加してほしい情報（数字は人数）



設置の容易さを勘案しA3サイズと比較的小さな大きさにしたが、調査対象者に高齢者が多いこともあって文字の大きさ等に改善が必要との結果が出た。

ただし、標示板前での混雑により看板に接近できなかつた状況もあったことから、動線の違いと組み合わせた調査をあたためて実施し、さらなる検証を行う必要があると考えられる。

より詳細な情報への要求度が高いことから、標示内容の充実が求められていることが分かる。

なお、標示できる情報量には限りがあることから連携して情報を補完するツールとしてパンフレット、ホームページ等の整備が必要と思われる。

図-5 改善事項に係る集計結果

(5) アンケート結果から

アンケート結果からいくつか課題が明らかになり、手引きについても調査等を実施しさらなる情報収集を行い、改善を行うことが必要であると考えられる。

今後、内容の異なる複数タイプの標示板による感想の聴取等を経て手引きを改善していく必要があるものと思われる。

6. まとめ

歴史標示についてはアンケート結果より潜在的な需要があることが明らかになった。また、動線上に配置する等利用者に見せる工夫（さがす必要なく見ることができる）により利用頻度を高くできる可能性があることが分かった。

今後、標示板の大きさや文章について内容の洗練を図り、作成過程で地域住民の意見を聞きながらさらなる工夫を進めていく計画である。

また、情報量に対する要求度も高いことが分かったが、標示板に記載出来る情報には限りがあることから、ホームページや印刷媒体等との連携も視野に入れた歴史標示の検討を進めていきたいと考えている。

参考文献

- 1) 土地改良施設に関する歴史等の標示 デザイン事例集 農林水産省
- 2) 観光地のためのひと目でわかる案内標識 計画・設置・管理マニュアル 観光地域づくり・案内標識研究会
- 3) 観光活性化標識ガイドライン 国土交通省総合政策局 平成17年6月

GISを活用した国営造成施設の管理手法

—管理予定者の意思と管理手法にGIS導入して—

武 市 健太郎* 小 島 康 宏** 菊 池 正 巳***
 (Kentaro TAKEICHI) (Yasuhiro KOJIMA) (Shomi KIKUCHI)

目 次

1. はじめに	111	6. 運用上の課題	113
2. 管理予定者に対する意識調査	111	7. システムの特徴と構築	113
3. 管理情報の検討	112	8. 利用者の意識調査と有効性の評価	114
4. 資料の保管状態の現状	112	9. システムの今後の課題	114
5. 「GIS」活用システムの構成と基本機能	112	10. まとめ	114

1. はじめに

国営造成施設を適切に管理するためには、施設管理者が工事図書、協議図書、点検・補修履歴等、必要な情報を適切に把握することが必要となる。

特に、農業用水を安定して通水するために施設の機能維持を図ることはもちろんのこと、政策課題ともなっている土地改良施設のライフサイクルコストの低減、長寿命化のためにも施設管理情報を関係者が共有し、適切な対応が可能となるような仕組みの構築が求められている。

将来の施設の管理予定者を対象に意識調査を行ったところ、維持管理の省力化につながりかつ、点検・補修履歴等の情報蓄積を容易にすることが必要であることが明らかになった。

このため、東海農政局では、地理情報システム (Geographical Information System以下「GIS」という。) を活用したシステムを構築することとした。

本報文では、GISを活用した国営造成施設の管理システム (以下「完成図書利用システム」という。) について、管理予定者の視点から検討した内容を述べるとともに、具体的な完成図書利用システムの構築に関する検討内容と、実際の完成図書利用システムの利用者が試行した後の意識調査について報告する。

また、この結果に基づき従来の管理方法との比較検討を試みた内容について述べる。

2. 管理予定者に対する意識調査

完成図書利用システムの全体構成を構築するに当たり、管理予定者である5つの土地改良区を対象に日常行われている管理業務に使用する情報を聞き取るとともに、当該システムに期待する効果等についてアンケート調査を実施した。

その結果を要約すると、以下のとおりである。

(1)日常業務に使用する情報

国営造成施設を管理するために使用する完成図書の順位は、①施設平面縦断図、施設構造図、②用地図、協議図書であり (表-1)、これらに関連する情報の整備が重要であることが明らかとなった。

表-1 土地改良区の管理に対する意向

区 分	項 目	A	B	C	D	E
日常的な管理業務	ゲート・バルブ類の操作	○	○	○	○	○
	漏水等事故への応急対応	○	○	○	△	○
	組合員からの問い合わせ		○	○	○	○
	施設の点検・補修	○	○	○	△	○
	河川・道路占有の協議対応		○	○	○	○
	他目的使用の協議対応	△	○	○		○
使用する完成図書	施設平面縦断図	○	○	○	○	○
	施設構造図	○	○	○	○	○
	用地図	○	○			○
	協議図書		○	○	○	
	施設位置図	○	○		○	
	土地改良財産台帳					
システムへの期待	検索の迅速化	○	○	○	○	○
	図書の紛失防止	○	○	○	○	○
	点検・補修履歴の蓄積	○	○	○	○	○
	省スペース化	○	○	○	○	
	机から離れず情報収集		○		○	○
	施設位置の迅速な確認	○	○		○	○

*東海農政局木曾川水系土地改良調査管理事務所犬山頭首工管理所 (Tel. 0568-61-1003)
 **東海農政局新濃尾農地防災事業所 (Tel. 0586-47-7720)
 ***東海農政局新矢作川用水農業水利事業所南部支所 (Tel. 0563-53-0212)

(2)システムに期待する効果

今回構築する完成図書利用システムに期待する効果では、「検索の迅速化」「図書の紛失防止」「点検・補修履歴の蓄積」の3点を上げている。

次に「省スペース化」「机から離れずに情報収集ができる」「施設位置の迅速な確認」との順位となった(表-1)。

3. 管理情報の検討

(1)利用条件の検討

完成図書利用システム構築の検討を進めるため、利用者となる東海農政局関係課、各国営事業所、関係土地改良区等(施設管理者)が参加する完成図書利用システム検討委員会を設立した。また、事務レベルの担当者による完成図書利用システム検討委員会幹事会を開催し、各機関の担当者から完成図書利用システムに対する意見等を踏まえ、次のような利用条件を設定した。

- ①施設管理業務の合理化が図られること。
- ②簡易な操作でシステムが利用できること。
- ③データ作成経費が安価であること。
- ④開発費・維持費が安価であること。

また、完成図書利用システムは、電子納品物保管管理システム、農業水利ストック情報データベース等との連携が図れるよう考慮することとした。

また、国営造成施設を管理するために必要となる情報を、いかに迅速に検索できるかが完成図書利用システムの重要な課題である。

東海地域においては、都市化や混住化の進展により施設周辺の状況等が頻繁に変化する場合があること。また、引継された資料の保管場所が分散しているため資料が有効に利用されていない状況がある。

この様な国営造成施設の状況にはGISの活用が有効なツールとなる。

GISは地形図や位置図等の多様な空間データを地図上で重ね合わせ表示でき、また、データ更新も簡易にできるシステムである。

このほか、完成図書利用システムは、電子納品物保管管理システム、農業水利ストック情報データベース等との連携が図れるよう考慮することとした。

4. 資料の保管状態の現状

国営造成施設の具体的な管理業務は、アンケート結果から表-1に示すように、①ゲート・バルブ類の操作②漏水等事故への応急対応③施設の点検・補修④組員からの問い合わせ対応⑤他目的の使用協議対応⑥河川・道路占有の協議対応であった。

これらの管理業務に必要な資料の保管形態は、紙ベースで個人(担当者)が保管している場合が多いこと、また、使用頻度の少ない図書は書庫等に保管されていることから、情報が共有化されておらず、検索する場合「探しても見つからない」、「探すのに時間が掛かる」等の迅速な対応ができない等、従来の保管形態には問題がある。

5. 「GIS」活用システムの構成と基本機能

完成図書利用システムは、「業務・工事の電子納品物、事業成績書等の情報を一元的に管理し、施設管理者が円滑に施設管理を行うため、工事図書、協議図書、点検・補修履歴等を敏速に検索し、閲覧・印刷を行う。」ことを目的としている。

GISと各種情報を格納しているデータベースは、関連付けで連動させおり、そのフォルダ構成は、電子納品要領のフォルダ構成を参考に、GISとの関連づけ、データ更新の容易さを考慮し、完成図書、施設管理、協議の各関連情報に分け、独自のフォルダ構成による日本語表記名によるものとした¹⁾。

このため、システムの更新時にシステム改良費が増加しないよう、GISは検索窓口としての利用に限定し、情報構築・情報利用は日常使用しているソフトウェアを利用する。

システム構成は、簡単な操作でその都度データ更新が行えるファイリング方式とし、フォルダは、①工事図書、工事成果品等を管理する際に利用する「完成図書関連情報」、②施設管理(施設操作・点検等)を行う際に利用する「施設管理関連情報」、及び、③各種協議に対応する際に利用する「協議関連情報」の3つで構成することとした。

なお、各フォルダにファイル保管する関係書類は、管理業務の合理化が図られる資料を原則として選択した(表-2)。

調査費の低減、改修・補修工事の判断材料となることから土地改良施設のライフサイクルコストの低減、施設の長寿命化を検討するために、最も重要な情報提供をすることとなる。

農業農村整備事業において、電子化情報の有効活用手段としてGISの利用が検討されていることは周知の事象であるが、統一的な仕様が無いことから、個々の機関毎の独自フォーマットでGISの整備が行われ、同様の機能を持つシステム間であっても連携・統合ができない事例を多く見受けられる。

また、利用者が使用する日常利用レベルでの機能や情報以上に、利用頻度が極めて低い機能、情報までも付加され、その結果、運用段階でシステム（データを含む）の維持・更新に多大な手間と経費が掛る課題に直面し、システムの陳腐化の回避が最重要課題となる。

また、高度なシステムで有れば有る程、一部の利用者のみが操作できるという利用者間の格差が生まれ、システムが有効に利用されていないという問題も見られる。

そこで、利用者に継続して有効に利用されるよう、積極的な利用促進を図るため、構築段階より利用者に完成前の「暫定版」システムを操作説明会の開催を通じた体験してもらい、利用者の意見、要望を踏まえたシステム構築を行うものとした。

8. 利用者の意識調査と有効性の評価

構築した完成図書利用システムの有効性について、国営事業所、土地改良区等の担当者17人を対象としたアンケートを実施した。その結果、役立つとの意見が多くをしめ、その中でも図-3に示す施設点検、補修への対応についての評価が高かった。

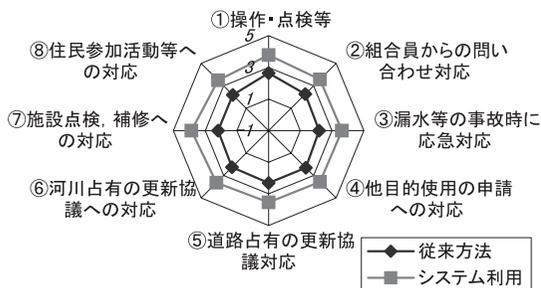


図-3 作業内容における評価

また、図面・完成図書の情報保存形態の回答では、システムにトラブルがあったときの備え等、図-4に示すとおり、各利用者とも紙ベース情報と電子データの両方が必要との認識であり、紙ベース情報の保存についても併せて検討が求められている。

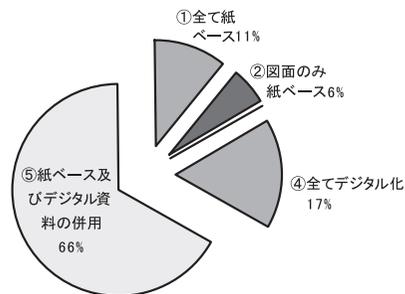


図-4 情報保存形態

9. システムの今後の課題

今回の完成図書利用システムでは、基本的にはパソコン1台上でスタンドアロン形態（端末単独運用）による運用を想定し開発されたシステムである。そのため、ネットワーク環境対応の特別な機能等は備えていない。

スタンドアロン形態では、情報の共有化を図ることができないので、各部署でも利用可能にして情報の共有化を図り、有効活用のため複数のパソコンで利用するネットワーク型LAN形式を採用することが必要となった。今後この点について検討を行う必要がある。

さらに、現時点では、紙ベース情報と電子データの両方が必要との認識であり、紙ベース情報での保存も必要なことが、明らかとなり、引き続き管理方法について検討が求められる。

10. まとめ

国営造成施設に関する情報は多岐に亘りかつ多様であるが、管理段階において使用する情報について実施したアンケートによると、施設平面縦断面図及び施設構造図が、最も優先順位が高い結果となった。

このように国営造成施設の管理には図面のニーズが高いが、図面の取扱等を容易に行うため、システム構築に当たって、土地改良区は、図面等の電子化による省スペース化、検索等の迅速化、図面等の一元管理、補修履歴情報の蓄積の容易さ等

を期待していることが明らかとなった。

国営造成施設の管理に必要な情報をGISの基盤図上で迅速に検索する完成図書利用システムは、管理予定者の管理実態及び改善目標を考慮し構築したシステムであり、管理予定者から一定の評価を得ており、業務の改善、合理化に寄与するものと考えている。

東海農政局管内の事業所では、事業工期限内に完

成図書利用システムを導入し、国営事業により造成した施設にかかる全てのデータを、国営造成施設の管理予定者に引き渡すこととしている。

引用文献

1) 農業農村整備事業の電子納品要領等HP：

<http://www.nncals.jp/you.html>



図-5 完成図書利用システム起動画面

十津川・紀の川分水における歴史的土壌改良施設の継承

愛宕徳行*
(Tokuyuki ATAGO)

目次

1. はじめに116
2. 十津川・紀の川分水の歴史的背景116
3. プルニエ協定117

4. 十津川・紀の川農業水利事業117
5. 農業水利施設の更新整備118
6. おわりに119

1. はじめに

十津川・紀の川分水は、奈良県と和歌山県の主要穀倉地帯を潤すため、戦後の復興国土計画要綱の12水系における水源開発の1つとして、大規模な流域変更を行った一大プロジェクトである。(図-1)

総合国土開発事業の一環として全国に建設されている農業用の用排水路は40万kmに達するといわれているが、これらの水路には、建設から30年以上経過したものも多く、順次更新を進める必要が生じている。本地区の施設についても老朽化が著しく進行していることから、平成11年度より更新整備を実施している。

本報告では十津川紀の川分水の歴史とともに、現在進めている更新事業について紹介する。

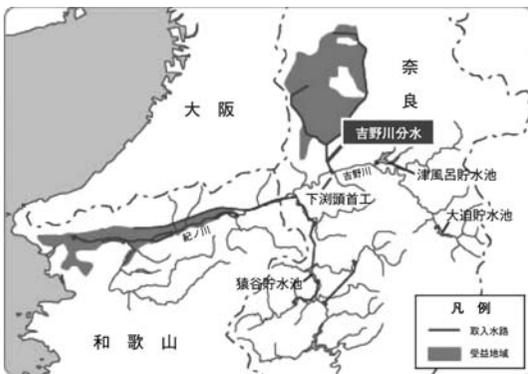


図-1 位置図

2. 十津川・紀の川分水の歴史的背景

奈良県北部に広がる大和平野は、耕地面積2万haを有する県の重要な穀倉地帯であるが、年間平均降雨量が1,300mm程度と少なく、古くから干ばつに悩まされてきた地域である。このような地理条件にあることから大和平野には約4,500個のため池が築かれているほか、干ばつ時には「隠し井戸」(水田の中に掘った非常用の野井戸)を使用して水を補うという厳しい水不足に長年悩まされてきた。このため、大和平野から南に山一つ隔てたところにある日本有数の大河・吉野川(紀の川)から大和平野へ分水することが古くは江戸時代の初期に大和平野にすむ高橋佐助によって提案されるなど、奈良県の長年の悲願となっていた。

吉野川は和歌山県側へと流下していき、和歌山県に入ると紀の川と呼ばれる。日本で最も降雨量を誇る大台ヶ原を水源とする紀の川は、その豊富な水量により紀伊平野の農地を潤す重要な水源となっていた。特に、紀の川から取入れられている井堰は、豊臣秀吉の紀州征圧の太田城攻めで使われたと言われる宮井用水をはじめ、紀伊藩主徳川吉宗(後の8代将軍)の命を受けて当時の利水技術の先覚者である大畑才蔵により開削された小田井、藤崎井など歴史が古いものも多くある。これらの施設の中には、小田井用水路の龍之渡井(写真-1)など登録有形文化財となっている施設もある。

一方で、紀の川は河況係数が3,740と日本一大きく、文献に残るものだけでも500回余りもの大洪水と大干ばつを経験した暴れ川であり沿岸の住民を苦しめていた。

*近畿農政局大和紀伊平野農業水利事務所 (Tel. 0744-21-5100)

このため、吉野川（紀の川）分水は、渇水と洪水の両方に悩まされてきた和歌山側から反対の意見が強かったことや計画途中での挫折などにより、300年の間浮かんでは消える大和平野の歴史的悲願となっていた。



写真-1 龍之渡井（※和歌山県登録有形文化財）

3. プルニエ協定

戦後、深刻な人口問題と経済問題に直面した政府は昭和22年「復興国土計画要綱」を策定し、この一環として大和紀伊平野の農業用水の不足を補うほか、電力開発も行う「十津川・紀の川総合開発」が計画された。

奈良県は、この機会を逃しては長年の宿願である「吉野川分水」の達成は出来ないとし、当時の野村万作知事はじめ、県議会を上げて積極的にこの構想の実現に努めた。

しかし、この計画は下流の利水者である和歌山県からの猛烈な反対が強くなり、この了解なしでは実現が不可能であった。このため、昭和22年に京都府農地事務局で開催された協議会を皮切りに幾多の協議の中で「事業によって紀の川の水を減らすようなことはなく、むしろ利用可能量を増加し、紀伊平野の農業用水の不足解消を図るものである」と言明して和歌山県の理解を図った。たび重なる協議の末、昭和24年2月28日に、十津川、紀の川総合開発調査協議会案が成立した。

さらに、昭和24年10月20日に京都市内プルニエ会館（元の京都祇園演舞場）で開かれた第三回十津川・紀の川総合開発調査協議会において、利水の基本方針と事業の実施順序を取り決めた「十津川、紀の川総合開発事業実施協定書」が合意された。その後、昭和25年6月11日に奈良、和歌山両県知事がこの協定書に正式に調印することにな

り、長年の懸案であった吉野川分水の第1歩が踏み出された。この調印は、プルニエ会館で行われたため、世に「プルニエ協定」といわれていまに至っている。

4. 十津川・紀の川農業水利事業

十津川・紀の川総合開発計画は、吉野川の上流に大迫ダム、津風呂ダムを築造し大和平野への分水と紀伊平野のかんがいを行い、さらに十津川流域に猿谷ダムを築造して吉野川へ流域変更を行い紀伊平野のかんがいにあてるというものである。このうち、猿谷ダムについては建設省（現国土交通省）直轄事業で施工が行われ、大迫・津風呂ダムや下淵頭首工などその他の施設について十津川紀の川農業水利事業で実施された。

十津川紀の川農業水利事業はプルニエ協定が成立した昭和25年から着工し、35年の歳月と382億円の事業費を投じて昭和59年に完工している。

事業で築造された主要な土地改良施設は次の通りである。

(1)山田ダム

紀の川水系貴志川支流山田川に築造される堤高34m、堤長140m、堤体積43,000m³、有効貯水量337万m³の重力式コンクリートダムである。本ダムは昭和24年に和歌山県営事業として発足したが、昭和25年度から国営十津川紀の川土地改良事業計画に含められ直轄事業として施工を行い、昭和32年に竣工している。

(2)津風呂ダム

紀の川水系右支流津風呂川に築造される堤高54.3m、堤長240m、堤体積222,300m³、有効貯水量2,460万m³の重力式コンクリートダムである。昭和32年に着工し、同37年に竣工している。（写真-2）



写真-2 津風呂ダム

(3)大迫ダム

紀の川水系紀の川に築造される堤高70.5m、堤長222.3m、堤体積158,000m³、有効貯水量2,670万m³のアーチダムである。

本ダムは十津川紀の川総合開発計画の検討の中で、水資源の有効利用の観点から農業用水と発電（農業用水従属）との多目的ダムとして施工された。昭和34年の伊勢湾台風の経験から、一時期、治水ダムとしての機能を持たせることが検討されたが、当時の農林省と建設省の協議の結果、農業専用として開発することとなった経緯を持っている。

本ダムは、昭和45年に着工し、同48年に竣工している。（写真-3）

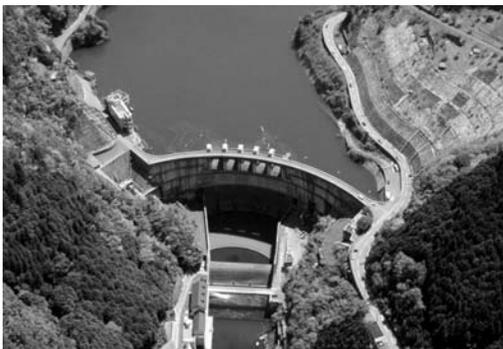


写真-3 大迫ダム

(4)下測頭首工

大和平野300年来の宿願であった吉野川分水の取水口が下測頭首工である。堰長30.5m、フィットスタタイプ、可動堰（土砂吐1門、洪水吐1門）で右岸取水口から農業用水9.91m³/s、上水道1.07m³/sの合計10.98m³/sの取水を行う施設である。

本頭首工は直轄事業として施工する取水施設の中では小規模の分類にはいるが、紀の川の水を他



写真-4 下測頭首工

流域に流域変更するための施設であって、紀の川の水利史上大きな意味を持つものである。流域変更を伴うことから、水源施設が確保されるまで和歌山県側の同意が得られず、大迫ダムの完成の見通しがつくまで着工が見送られた経緯を持つ。昭和46年に着工し、同49年に完成している。（写真-4）

(5)水路

下測頭首工で取水された用水を大和平野内へ補給する幹線は、導水路5,233m、東部幹線水路38,903m、西部幹線水路18,694m計62,831mになる長水路であり、昭和28年から同49年にかけて築造された。なお、昭和33年度以降の幹線水路については、地元要望等により早期完成をはかるため国営大和平野土地改良事業として別途施工された。

(6)関連事業

関連事業としては、十津川紀の川総合開発の一環として計画されていた紀伊平野の井堰統合計画を災害復旧として実施した国営紀の川災害復旧農業水利事業及び十津川からの流域変更である猿谷ダムから丹生川への放流水を西吉野頭首工（写真-5）で取水し、主に紀の川沿岸の高台の耕地へ補給する水利施設を整備した国営紀の川用水農業水利事業がある。



写真-5 西吉野頭首工

また、大和平野、紀伊平野の県営・団体営土地改良事業が国営事業の付帯として実施され、その水路延長は大和平野で273km、紀伊平野で316kmに及ぶ。

5. 農業水利施設の更新整備

十津川紀の川総合開発計画から半世紀以上が経過し、当時最新の農業土木技術をもって築造された施設も老朽化が進んでいる状況にある。このた

め、現在、これらの施設を更新する次の二つの事業を実施している。

(1)国営第二十津川紀の川農業水利事業

一期事業で建設された基幹的農業水利施設である大迫ダム、津風呂ダム、下淵頭首工及び紀伊平野の4頭首工を改修し、農業用水の安定確保と農業生産の維持を図るものである。

平成11年から着工され、総事業費212億円をかけてダムの取水・放流施設や頭首工のゲート、魚道などの改修を行っている。

(2)国営大和紀伊平野農業水利事業

農地面積の減少や営農の変化に見合った農業用水を適切に供給するため、老朽化した水路を改修するとともに、改修によって生まれる余剰水を上水道に転用し、水資源の有効活用に資する農業用水再編対策事業を実施するものである。(写真-6)

平成13年度から着工され、総事業費770億円をかけて大和平野198.8km、紀伊平野67.8kmの水路改修を行っている。さらに、改修によって生じる余剰水0.487m³/sを都市用水として転用することとしている。



写真-6 改修が進む更新事業
(FRPM特殊形状工法)

6. おわりに

奈良県・和歌山県をはじめ多くの関係者の熱意と努力、そして幾多の苦勞により実現した十津川・紀の川総合開発事業により、大和紀伊平野の農業は安定的な農業を営むことができている。

農業水利施設というものは、収穫された農作物とは異なり一般の方の目にはつきづらいが、生産の基盤となるこれら水利ストックが不具合を起せばたちまちに営農活動はできなくなる。

土地改良事業は更新整備の時代に突入するが、先人の築いた農業水利施設を環境や景観に配慮するといった新たな視点を加えつつ、今後とも次世代に確実に継承していくことが農業土木技術者としての大きな使命であると考えている。

参考文献

十津川紀の川事業誌

近畿農政局十津川紀の川農業水利事業所
吉野川分水史 奈良県
紀の川分水物語 的場鹿五郎

会 告

1. 会員の募集

水と土の発行は皆様の年会費によってまかなわれています。今後とも事業地区の技術情報の交流を図るためには会員の確保が重要となっています。会員の皆様には職場の同僚の方々に農業土木技術研究会の成り立ちや「水と土」をPRしていただき、会員の勧誘をお願いいたします。平成19年度の年会費は2,300円です。なお、別紙のPR版を作成しましたので会員の勧誘に活用いただければ幸いです。

2. 報文投稿の募集

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

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

3. 「水と土」表紙写真の募集

農業土木技術研究会では、会誌「水と土」の表紙を飾る写真を募集しています。

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

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

農業土木技術研究会 会員の募集

1. 創立30周年を迎えた「農業土木技術研究会」

本研究会は、全国の農業土木技術者の自主的な研究会です。その歴史は、昭和28年の「コンクリートダム研究会」にまでさかのぼり、事業の展開方向に即して変遷してきました。現在の「農業土木技術研究会」としても、平成11年度には設立30周年を迎えた歴史ある研究会です。

〈農業土木技術研究会の変遷〉

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

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

昭和36年 「水路研究会」の発足：会誌「水路」の発刊

昭和45年 両研究会の合併

「農業土木技術研究会」の発足：会誌「水と土」の発刊

2. 技術力向上に資する「農業土木技術研究会」

本研究会は、時代のニーズを反映した事業の円滑な推進に必要な技術力の向上のため、農業農村整備事業の計画・設計・施工事例や技術的検討内容などの現場技術情報の発信と交流を一貫して展開しています。

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

3. 会員が支える「農業土木技術研究会」

本研究会の活動は、皆様の年会費によってまかなわれています。

21世紀を迎え農業・農村の位置付けがますます重要になっている今日、本研究会に入会いただき、その振興の基礎となる「農業土木技術」に根ざした研究会の活動を支えて頂ければ幸いです。会費は2,300円です（会費は51年度より据置）。

入会の手続きは、研究会へ直接又は各職場の連絡員に会費を添えて申し込んで下さい。

申し込み様式は以下を参考にして下さい。

入会申し込み

平成 年 月 日

私は農業土木技術研究会に入会します。

氏名： _____

職場・所属： _____

職場住所（会誌送付先）：〒 _____

電話番号 _____

問い合わせ先：農業土木技術研究会

〒105-0004 東京都港区新橋5-34-4

農業土木会館内 TEL 03(3436)1960

FAX 03(3578)7176

投稿規定

1. 原稿には次の事項を記した「投稿票」を添えて下記に送付すること。

〒105-0004 東京都港区新橋5-34-4 農業土木会館内, 農業土木技術研究会

2. 「投稿票」

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

3. 1回の原稿の長さは原則として写真・図・表を含め14,500字程度 (ワープロで作成の場合, A4版10枚程度) までとする。なお, 写真・図・表はヨコ7cm×タテ5cm大を242字分として計算すること。

4. 原稿はなるべくワープロで作成し, 漢字は当用漢字, 仮名づかいは現代仮名づかいを使用, 術語は学会編, 農業土木標準用語辞典に準じられたい。数字はアラビア数字 (3単位ごとにカンマ (,) を入れる) を使用のこと。

5. ワープロで作成した原稿データについては, プリントアウトした原稿 (写真・図・表入り) とともにMOディスク等にて提出すること。

写真・図・表の画像データは, 原稿データとは別に添付すること。なお, 図・表については白黒印刷においても判読できるように極力配慮しておくこと。

※データと違いがないかをプリントアウトした原稿で必ず確認すること。

6. 手書きの原稿については, 当会規定の原稿用紙を用い作成すること (原稿用紙は, 請求次第送付)。また, 写真・図・表は本文中の挿入個所を明確に指定しておくこと。

7. 原図の大きさは特に制限はないが, B4版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。

8. 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) 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 1 (エル) g (ジー) と q (キュー)

E (イー) と ε (イプシロン) v (バイ) と ν (ウプロシン)

など

9. 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。

10. 数表とそれをグラフにしたものとの並載せはさけ, どちらかにすること。

11. 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。

12. 投稿の採否, 掲載順は編集委員会に一任すること。

13. 掲載の分は稿料を呈す。

14. 別刷は, 実費を著者が負担する。

「水と土」通信

FAX宛先：農業土木技術研究会 03-3578-7176

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

1. 本号（151号）で興味をもたれた報文について記載下さい

(1) 報文タイトル： _____

(2) 興味を持たれた具体的内容

2. 本号の編集についてご意見をお聞かせ下さい

3. とりあげて欲しいテーマなど本誌に対するご意見やご要望をお書き下さい

所属： _____

氏名： _____

編集後記

フルプランをご存知だろうか。正式な名称は「水資源開発基本計画」、通称フルプランである。

これは、昭和36年施行の「水資源開発促進法」に基づいて定められるもので、国土交通省土地・水資源局水資源部により策定される。

その目的は、産業の開発又は発展及び都市人口の増加に伴い用水を必要とする地域に対する水の供給を確保するため、水源の保全かん養と相まって、河川の水系における水資源の総合的な開発及び利用の合理化の促進を図り、もって国民経済の成長と国民生活の向上に寄与する、とある。

指定水系は、利根川水系、荒川水系、豊川水系、木曾川水系、淀川水系、吉野川水系、筑後川水系の7水系で、水系毎にフルプランは策定される（利根川と荒川は併せて一つ策定）。

フルプランの具体的な内容としては、①水の用途別の需要の見通し及び供給の目標、②そのために必要な施設の建設に関する基本事項、③その他水源の総合的な開発及び利用の合理化に関する重要事項である。原則として、水系内の水源開発をともなう国営事業等は、このフルプランに掲げることとなっている。

近年のフルプラン全部変更においては、各水系ともに需要量及び供給事業が減少傾向を示している。対照的に、上記③の「その他水源の総合的な開発及び利用の合理化に関する重要事項」が重要視されつつある。ここに、水政策が大きな転換期を迎えつつある兆候が見てとれる。

（地域計画官 野口俊行）

水と土 第151号

発行所 〒105-0004 東京都港区新橋5-34-4

農業土木会館内

印刷所 〒161-8558 東京都新宿区下落合2-6-22

農業土木技術研究会

TEL 03(3436)1960 振替口座 00180-5-2891

一世印刷株式会社

TEL 03(3952)5651

ダイプラハウエル管 (高耐圧ポリエチレン管)

φ300~3000

経年劣化が少ない材料により長期寿命を実現!

外圧に強い中空リブ構造で高盛土にも適応!

柔構造物なので軟弱地盤でも適応!

コンクリート基礎不要で工期短縮が可能!

公的機関への認可

- 日本工業規格 耐圧ポリエチレンリブ管 (JIS K 6780)
- 下水道協会規格 下水道用リブ付ポリエチレン管 (JSWAS K-15)
- 国土交通省 新技術登録 (NETIS CB-980025) カルバート工 (NETIS CB-980024) 柔構造樋管
- 農林水産省 土地改良事業計画設計基準 (農道)
- 日本道路公団 設計要領第二集カルバート編

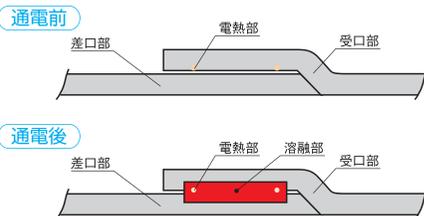
農業用水のパイプラインに!

管路の一体化による継手部の信頼性!

EF継手は電熱線の通電により熔融し、受口、差口を一体化させ、万全の気密性を保持できます。

常用使用圧力 0.50 MPa

EF継手(エレクトロフュージョン)



内圧用ダイプラハウエル管



農道下横断管に!

耐圧強度が大きく、
高盛土下に
埋設可能!

カルバート工
として
実績豊富!



ため池の底樋に!

柔軟性に優れ、
地盤沈下にも
対応!

柔構造樋管
として
実績豊富!



ダイプラハウエル管

大日本プラスチック株式会社

本社: 千541-0053 大阪市中央区本町2-1-6(堺筋本町センタービル)
TEL.06-6267-1338 FAX.06-6271-3003
東京支社: 千103-0023 東京都中央区日本橋本町3-8-4(第2東硝ビル)
TEL.03-3662-9861 FAX.03-3664-3187

<http://www.daipla.co.jp>

札幌(営) 011-221-3053 仙台(営) 022-223-0761
東京(営) 03-3662-9861 名古屋(営) 052-933-7575
大阪(営) 06-6267-1338 広島(営) 082-221-9921
福岡(営) 092-721-5166 鹿児島(営) 099-227-1577