

水と土

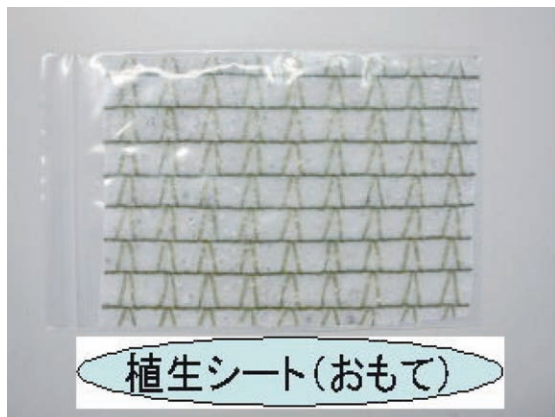
No.146
2006

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



疏水百選に選定された堀川用水（福岡県）の3連水車

ほ場整備後の法面における草刈り管理の省力化工法について(本文13頁)



植生シート2



法面部の張付



農道法面における施工事例

ため池の減災機能を高める底樋改修とネットワーク化(本文21頁)



通常の手順による締固め結果



図6の手順による締固め結果

ジオテキスタイルを用いたコンクリートブロック積水路工法について(本文47頁)



ジオテキスタイル設置状況



基礎コンクリートとの密着状況

小口径管路における推進工法の施工報告 —誘導式水平ボーリング工法の事例—(本文62頁)



ドリルラック据付全景



埋設管の取り付け



埋設管の引き込み開始



埋設管の引き込み完了

法止工事中に発生した地すべりへの対応について(本文80頁)

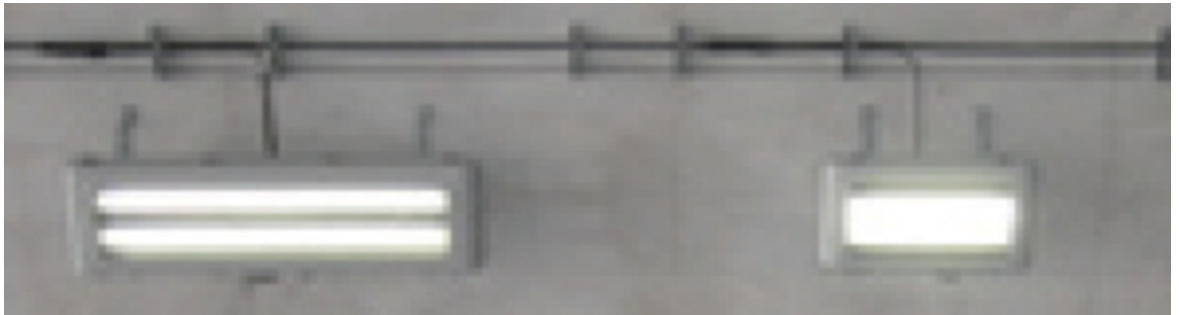


施工前



施工後

トンネル照明施設における省エネルギー化技術の導入報告 ー省エネトンネル照明システムと太陽光発電システムの導入事例ー(本文95頁)



入口照明32W(左)と基本照明45W(右)



12.5%減光時

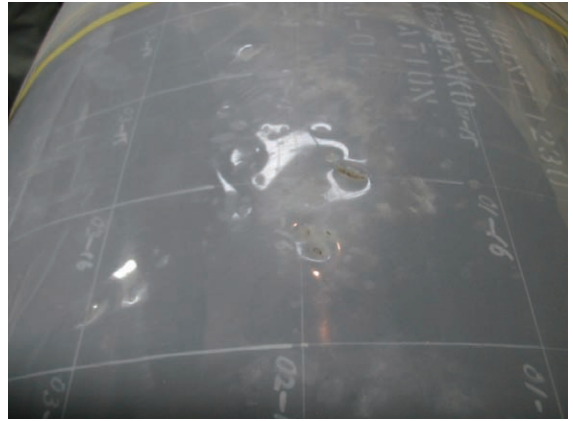


100%点灯時

入口照明の調光状況(Hf32w)



締めめ状況 (条件3)



試験後の耐衝撃シート表面 (条件5)



施工状況 (離隔距離の管理状況)

更新事業における歴史的農業用水利施設の検討について(本文115頁)



建設当時の公平水路橋



現在の公平水路橋

水と土

Contents

2006 SEPTEMBER No.146

◆報文内容紹介	7
◆会員の皆様へお知らせ	9

□巻頭文

「共感」を原動力とした農業農村の整備	尾崎明久…… 11
--------------------	-----------

□報文

ほ場整備後の法面における草刈り管理の省力化工法について	銭本 徹…… 13
ため池の減災機能を高める底樋改修とネットワーク化	藤田信夫・毛利栄征・堀 俊和…… 21
斎宮調整池の盛立試験計画について	加藤裕二…… 29
頭首工の性能規定化に関する考察	北田二生・齋藤雅敏・米山元紹…… 35
ジオテキスタイルを用いたコンクリートブロック積水路工法について	長尾貴司・内田吉紀…… 47
複数微細ひび割れ型繊維補強モルタルを使用した水路ライニング工法について	濱田秀徳…… 55
小口径管路における推進工法の施工報告 -誘導式水平ボーリング工法の事例-	成松雅樹…… 62
ニューマチックケーソン工法による橋脚工について	皆川英俊…… 68
ねじ継手式地すべり抑止杭工法について	山本貢市…… 74
法止工事中に発生した地すべりへの対応について	内山剛志…… 80
ポンプ場建設工事における騒音対策	中西大介…… 89
トンネル照明施設における省エネルギー化技術の導入報告 -省エネトンネル照明システムと太陽光発電システムの導入事例-	鈴木真一・伊東正年…… 95
環境に優しい農業用プラスチック被覆鋼管 -碎石による埋戻し試験-	日本水道鋼管協会…… 104

□歴史的土壌改良施設

更新事業における歴史的農業用水利施設の検討について	志田麻由子・清水穂高…… 115
---------------------------	------------------

◆会告	120
◆入会案内	121
◆投稿規定	123

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。

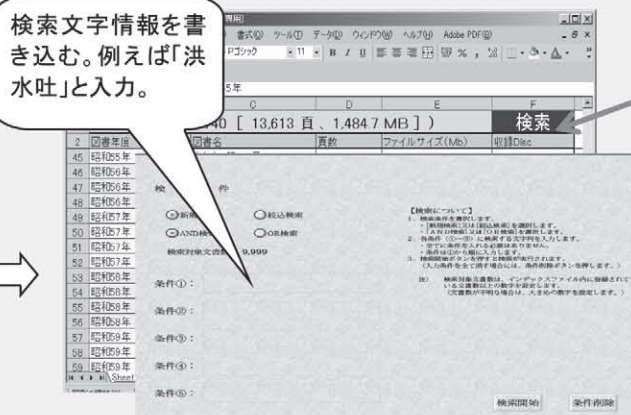
閲覧・検索手順は以下のようなイメージです

水と土DB

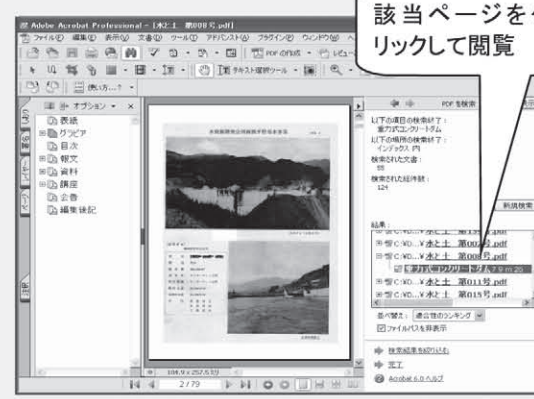
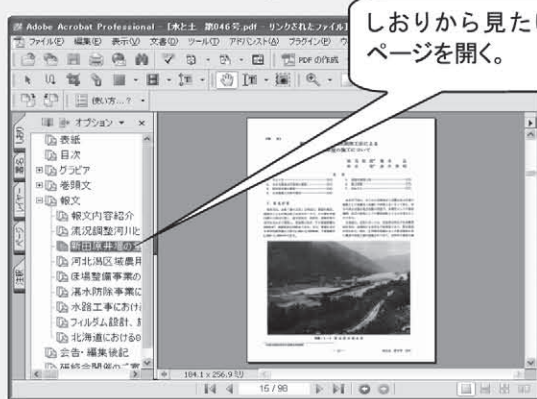
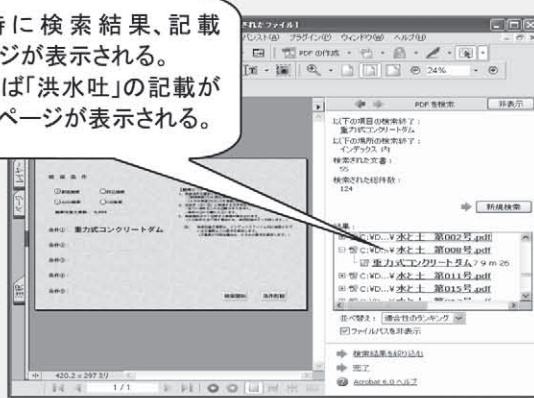
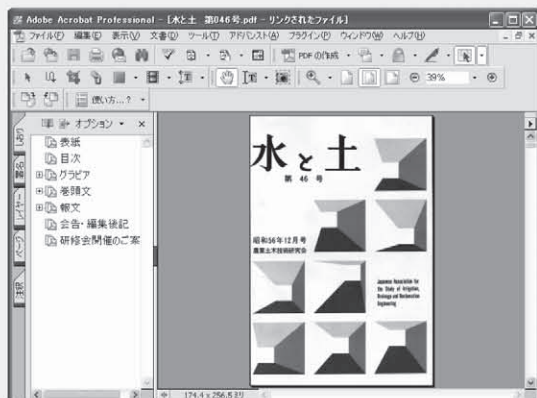
閲覧したい図書名をクリック。例えば100号をクリック。

回数年度	回数	題名	頁数	ファイルサイズ(MB)	収録Disc
43	昭和43年	水と土 第043号.pdf	102	10.29	Disc 1
44	昭和44年	水と土 第044号.pdf	103	11.86	Disc 1
45	昭和45年	水と土 第045号.pdf	108	10.43	Disc 1
46	昭和46年	水と土 第046号.pdf	86	10.25	Disc 1
47	昭和47年	水と土 第047号.pdf	75	8.80	Disc 1
48	昭和48年	水と土 第048号.pdf	99	12.12	Disc 1
49	昭和49年	水と土 第049号.pdf	108	11.71	Disc 2
50	昭和50年	水と土 第050号.pdf	141	20.85	Disc 2
51	昭和51年	水と土 第051号.pdf	134	11.78	Disc 2
52	昭和52年	水と土 第052号.pdf	86	8.84	Disc 2
53	昭和53年	水と土 第053号.pdf	116	10.80	Disc 2
54	昭和54年	水と土 第054号.pdf	107	10.42	Disc 2
55	昭和55年	水と土 第055号.pdf	104	8.85	Disc 2
56	昭和56年	水と土 第056号.pdf	86	8.25	Disc 2
57	昭和57年	水と土 第057号.pdf	117	11.81	Disc 2

キーワード検索機能を付加



2次、3次検索と絞込みが可能



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。

水と土 第146号 報文内容紹介

ほ場整備後の法面における草刈り管理の省力化工法について

銭本 徹

平成14年度から16年度にかけて山口県内、43地区約9万m²の、ほ場整備後の畦畔法面においてセンチピードグラス耐寒性改良品種（和名：ムカデ芝）による植生を行い、この芝による雑草の発生を抑制し、草刈り作業の軽減を実証した。その結果を踏まえ「ほ場整備後の法面における草刈り管理の省力化工法について」として報告する。

（水と土 第146号 2006 P.13 企・計）

ため池の減災機能を高める底樋改修とネットワーク化

藤田信夫・毛利栄征・堀 俊和

改修が必要な老朽ため池は2万箇所に及び、順次整備が進められている。特に築造年の古いため池の底樋は、木樋や石樋を用いているものも多く、腐朽や石樋目地の緩みによって、底樋周辺部分からの漏水が増加している場合が少なくない。本報告では新たな底樋の改修方法の開発を端緒として、その具体的な手法を紹介するとともに柔構造底樋の付加的な機能を用いてため池を取り巻く周辺地域の防災機能を向上する手法について記述する。

（水と土 第146号 2006 P.21 企・計）

斎宮調整池の盛立試験計画について

加藤裕二

斎宮調整池は、有効貯水量200千m³の斎宮池と有効貯水量80千m³の惣田池の池底、両池間の地山及び周辺の水田を含む地山を掘削し、4箇所の堤体（総盛立量209千m³）を築造して造成する有効貯水量2,000千m³の掘込式の調整池（均一型アースダム）である。築堤に用いる材料は、貯水池敷掘削により多量に発生するマサ土（強風化花崗岩）の有効利用を図り、かつ、より合理的で経済的な堤体構造とするため、遮水性が期待でき、賦存量的にも問題のないGr-2A材を使用する計画である。

本稿は、設計段階で実施した予備盛立試験について報告する。
（水と土 第146号 2006 P.29 企・計）

頭首工の性能規定化に関する考察

北田二生・齋藤雅敏・米山元紹

農業水利施設の建設・更新に当たって、構造物の性能に着目して設計を考える方法が一般的になりつつある。このため、農業水利施設を構成する頭首工の性能規定化を目指して、大山頭首工の管理情報を基に頭首工の性能を仮定することとした。この仮定を基に、管理実績、機能診断、技術基準等を用いて検証したところ、機能・性能を合理的に説明することができた。大山頭首工等を対象に検討した内容について述べる。

（水と土 第146号 2006 P.35 企・計）

ジオテキスタイルを用いたコンクリートブロック積水路工法について

長尾貴司・内田吉紀

青森県に位置する岩木川左岸地区において、基幹水利施設である土淵堰水路の更新を行っている。その施工にあたり「ジオテキスタイルを用いたコンクリートブロック積水路工法」により滑動に対して安定を図る取り組みを行っている。

今回その取り組みについて設計の考え方と施工管理、施工状況、施工後のモニタリングの状況等について報告する。

（水と土 第146号 2006 P.47 設・施）

複数微細ひび割れ型繊維補強モルタルを使用した水路ライニング工法について

濱田秀徳

農業用水路改修の一工法である表面被覆工法について、有機系ライニング工法、無機系ライニング工法の概要及び複数微細ひび割れ型繊維補強モルタルを使用した水路ライニング工法の特徴、性能及び試験施工事例等について紹介するものである。

（水と土 第146号 2006 P.55 設・施）

小口径管路における推進工法の施工報告 —誘導式水平ボーリング工法の事例—

成松雅樹

農業用パイプラインの横断施設（河川、道路横断）の施工に際して、現場諸条件により開削工法が困難な場合、推進工法を採用してきた。推進工法は、現在、その適用条件に応じて様々な新技術工法が開発されている。

本報告では、国営かんがい排水事業「篠津中央地区」で採用した誘導式水平ボーリング工法について、その活用効果（工期、品質・出来型、安全性、施工性、環境負荷、経済性）を検証した事例を報告するものである。

（水と土 第146号 2006 P.62 設・施）

ニューマチックケーソン工法による橋脚工について

皆川英俊

本文は、農林漁業用揮発油税財源身替農道整備事業牛ヶ島2期地区において、新潟県北魚沼郡川口町牛ヶ島地内で施工した橋梁の橋脚工事で採用したニューマチックケーソン工法の原理と高圧力下における作業状況、作業安全上の留意点について報告するものである。

（水と土 第146号 2006 P.68 設・施）

ねじ継手式地すべり抑止杭工法について

山本貢市

直轄地すべり対策事業高知三波川帯地区において、施工条件から鋼管杭を分割して現場搬入する必要がある場合、従来行われていた現場溶接による地すべり抑止鋼管杭の継手に替えて採用した新技術「ねじ継手式鋼管杭（工場において溶接加工されたテーバー形状のねじ式の継ぎ手部を現場において3～4回転廻すこと継杭を行う工法）」について報告するものである。

（水と土 第146号 2006 P.74 設・施）

法止工事中に発生した地すべりへの対応について

内山剛志

広域農道において、地すべり指定区域に隣接する区間で、地質ボーリング等の事前調査を行い、崩壊性地すべりの発生を想定し、対策工法として、現場内法枠工とアンカー工を実施していたが、施工中に当初想定していたよりも規模の大きい地すべりの予兆を発見し、工事期間中においてその検討と対策が早急に必要なとなった。

今回の報文は、この地すべりに対する対策工の検討と実施、工事後の状況の報告をする。

（水と土 第146号 2006 P.80 設・施）

ポンプ場建設工事における騒音対策

中西大介

農業農村整備事業においても総合評価方式の適用は、今後、国営事業所や自治体等による発注を対象に拡大していくものと考えられる。本稿では、「基礎杭打設時における騒音対策」という、地域配慮面での総合評価項目を取り入れた総合評価方式一般競争により平成16年度発注された「両総農業水利事業 第3揚水機場建設工事」の杭打設について、実際の施工における総合評価方式への対応と地域配慮に関する経過を工事監督の視点より紹介する。

（水と土 第146号 2006 P.89 設・施）

トンネル照明施設における 省エネルギー化技術の導入報告 —省エネトンネル照明システムと太陽光発電システムの導入事例—

鈴木真一・伊東正年

（独）緑資源機構は、環境配慮に係る施工の一環として、農業用道路トンネルの照明施設に、「省エネトンネル照明システム」や「太陽光発電システム」など省エネルギー化技術を導入し、これら技術の効果を検証することにより「脱温暖化社会」構築の一例として検討した。その結果、使用電力は約50%削減され、年間6.5tのCO₂が削減される試算となり、省エネルギー化が図られた。

（水と土 第146号 2006 P.95 設・施）

環境に優しい農業用プラスチック被覆鋼管 —碎石による埋戻し試験—

日本水道鋼管協会

プラスチック被覆は、硬度が高く耐衝撃性に優れており、現場発生土や再生碎石などリサイクル材料（レキ質材料）による埋戻しへの適用が期待される。一方、農業用水パイプラインの分野では、地盤反力係数の増大などを目的に埋戻し材料として碎石の採用が増えている。本稿は、碎石を埋戻し材料として用いた場合の最適工法、ならびに外面塗覆装の仕様を検討するため実施した一連の試験について報告したものである。

（水と土 第146号 2006 P.104 設・施）

〈歴史的土壌改良施設〉

更新事業における歴史的農業水利施設の 検討について

志田麻由子・清水穂高

本稿では、現在実施中の両総農業水利事業において、旧両総用水事業で建設された歴史的水利施設であり両総用水のシンボルの存在となっている「公平水路橋」を改修するにあたり、その取り扱いについて歴史的価値評価や経済比較などを総合的な見地から行なった検討概要について紹介する。

（水と土 第146号 2006 P.115）

「共感」を原動力とした農業農村の整備

尾崎 明久*
(Akihisa OZAKI)

ここ数年、公共投資や地域づくりに関して「社会的共通資本」という言葉がよく聞かれます。この分野での権威である宇沢弘文氏の著作を読まれている方も多いのではないのでしょうか。

我が国は経済的には豊かになった反面、自殺者が毎年3万人を超え、犯罪が増加するなど社会的な病理問題や環境の悪化問題に直面しており、自然環境を大切に心豊かに人間らしく生きられる社会の仕組みとしての社会的共通資本の考え方に対する関心は今後益々高まってくるものと思われます。

とりわけ、社会的共通資本の理念から導かれる「農業は、農地と水と農業者で営まれていると単純に考えるのではなく、そこに生きる全ての人々や自然環境を含めた総体として営まれている」との考えは、農業農村整備に携わる者に大きな示唆を与えるものです。

インターネットで公開されている宇沢氏の講演によりますと、かの有名な「国富論」を書いたアダム・スミスは、「人間的な感情を素直に、自由に表現することができて、住民が互いに共感し合える社会」を理想とし、「共感」(Sympathy)による共同作業として生活を営むことを基礎的な考えにおき、このような市民社会を形成し維持するためには、その前にまず経済的な面である程度豊かになっていなければならないと考えて、あの「国富論」を書き上げたとのことでした。

豊かな自然環境を維持しながら持続的な発展を続けることができる社会的装置(=社会的共通資本)としての農村を考えると、この「共感」という言葉は今後の農業農村整備を進めていく上で重要なキーワードの一つとなると考えています。

平成19年度からの農政改革三本柱の一つである農地・水・環境保全向上対策が検討されている「農地・農業用水等の資源保全施策検討会」のこれまでの議論の中にも「資源保全の取り組みを進めていくためには、地域住民の共通認識を醸成することから取り組むことが必要」との意見があり、この「共通認識を醸成する」ということは「共感を得る」ということとほぼ同義と考えることができます。

この共感を原動力として、近年大きく活動を広げてきているのがNPOです。昨年、内閣府が実施したNPOに関する世論調査では、今後、NPOが行うどのような分野の活動に参加したいか聞いたところ「自然環境保護、リサイクル推進」が14.8%、「まちづくり、むらづくり」が12.1%との結果が得られており、東京都が団塊の世代を対象にしたアンケートでも、約4割の方が将来はNPOやボランティアの活動に参加したいという意向が示されています。

第二の人生は、NPOなど社会貢献活動に生き甲斐を見いだしていこうという方々が相当数に上ることは間違いなく、市場原理だけでは推し量れない共感を原動力とした社会活動が大きく広がっていくことが予

*東北農政局整備部次長 (Tel. 022-265-6316)

測されます。

斯界においても、本年6月27日に、全国の農業土木技術者の退職者などを主体としたNPO「美しい田園21」が設立され、地域活動を行っている団体や住民組織などと連携して、美しい田園の創造や都市と農村の交流を支援する活動がスタートしたところです。

宇沢氏によると、社会的共通資本の管理・維持は、利潤追求の対象として市場的な基準（儲かるか儲からないか）によって左右されてはならず、職業的専門家によって、専門的知見に基づいてなされなければならないとされており、農業土木技術者の活躍の場は、これから地域のコミュニティーの維持にまで広がっていくこととなるでしょう。

農地・水・環境保全向上対策の活動組織も、最初は自治会や土地改良区、消防団などの身近な既存の組織で構成されることとなるでしょうが、将来的に活動が進んでいけば、NPOも一緒に入った都市と農村の交流型の活動組織が増えてくることが想定され、そうなった時には、農業・農村の果たしている役割やその価値が、広く一般に評価されると共に、農業農村整備の必要性についても共感が得られるものと期待されます。

農業農村整備事業は他の公共事業と比べて一般住民、特に都市住民にはわかりにくい点があることは否めません。しかしながら、共感を得られるという点では逆に他の公共事業より優位な点が多いのではないのでしょうか。それは、農業農村が人の心に訴えることのできる普遍的な価値を有しているからであり、単に説明してわかってもらうことよりも共感を得ることにより、レベルの高い理解と支持につなげることができるのではないかと考えています。そのためにも、現在実施されている農業農村整備事業が、自然環境を維持しながら持続的な発展を続けることができる社会的装置としての農村づくりとなっているか、環境配慮が形ばかりのものになっていないか、よくチェックしていくことが重要です。

およそ700万人と言われる団塊の世代が定年を迎えることにより派生する問題を「2007年問題」と言われていますが、2007年（平成19年）は農地・水・環境保全向上対策が全国で一斉にスタートする年でもあります。農地・水・環境保全向上対策は農家や地域住民だけでなく、多くの団塊の世代やNPOにも共感をもって受け入れられる対策であり、この共感を原動力として、共同活動や農業農村の整備を進められるようになれば、持続的な発展が可能な真に豊かな社会的共通資本としての農村実現への大きな一歩となるものと確信しています。

ほ場整備後の法面における草刈り管理の省力化工法について

銭 本 徹*
(Tohru ZENIMOTO)

目 次

1. 現状の草刈り作業（農作業の現状）……………13	5. 芝の植生による2次的効果……………18
2. 草刈り作業の軽減に向けての取組……………14	6. 施工事例……………19
3. 植生シートによる芝の定植方法……………15	7. 聞き取り調査の結果……………20
4. 芝の維持管理方法……………18	8. おわりに……………20

1. 現状の草刈り作業（農作業の現状）

本県の農業の現状は、過疎化、高齢化の進展や、米をはじめとする農産物の価格低迷などにより農業収入が減少し、求心力のあるリーダーの不在や、集落・農地を守る意識の希薄化とが相まって、農業集落が減少するとともに、遊休農地や鳥獣被害が増大するなど、厳しい状況にある。

このため、水田の生産機能を最大限に発揮させ、高品質な農産物を安定的かつ効率的に生産できるように、担い手への農地の利用集積を促進すると共に、地形条件や栽培品目に応じたほ場整備を推進してきたところである。

こうした中、ほ場整備により造成された水田においては、畦畔法面や道水路法面の草刈り管理が農作業の中で大きな負担となっている。

草刈りは、特に重労働の作業であり、若い後継者には受け入れられにくく、草刈りを義務的感覚

で実施してきた戦前生まれの世代がリタイアを迎える現在、担い手への農地の集積において大きな障害となってきている。(写真-1)

また、草刈り作業を疎かにすると、農村の景観が損なわれるのみならず、病害虫の発生の原因になったり、道水路等においては災害の原因や土地改良施設の維持に支障を与えることとなるとともに、背丈の高い草がこれらの法面を覆うと、草刈り管理がされていた時に地表を覆っていた短い草が枯れてしまい、背の高い草の下では土壌がむき出しになり、逆に土壌浸食が発生し、畦畔がやせ細り、法面の崩壊の危険を生む原因ともなる。(写真-2, 3)

草刈り作業を疎かにすると

- ①農村の景観が損なわれる
- ②病害虫の発生
- ③道水路等においては災害の原因



写真-1 高齢者による草刈り



写真-2 雑草が繁茂した法面

*山口県山口農林事務所 (Tel. 083-922-1993)

除草剤を散布したり火入れをすると

- ①少しの雨で法面の土壌土粒子が流れ出す
- ②畦畔等がやせ細り、崩壊の原因になる



写真-3 除草剤を使用した法面

更に、別の観点から考察すると、農作業時の負傷等の事故原因として草刈りを要因とするものが最も多く挙げられる。草刈り機そのものによる事故の他、特に草刈り機による石等の跳ね上げによる目や顔の負傷が多数あり、このような事故は関係者や家族に多大な医療経費の負担や肉体的精神的な負担を招くものである。(表-1、図-1)

表-1 山口県における農業傷害事故発生状況 (平成14年1月1日～12月31日)

発生要因	件数
草刈り機	28
トラクター	8
耕耘機	7
トップカー	7
コンバイン	6
ハーベスタ	4
チェーンソー	3
籾すり機	3
田植機	2
電動ノコギリ	2
その他	13
計	83

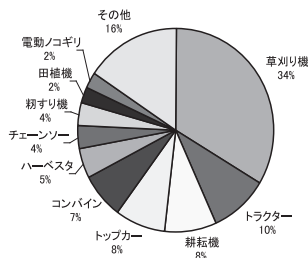


図-1 上記発生状況を円グラフで表示

2. 草刈り作業の軽減に向けての取組

(1)草刈り作業の軽減方法の選定

畦畔等の法面において草刈り作業を軽減するには、①強制的に草が生えないように土壌を改良したり、コンクリートやシート等で覆ったりする方法と、②芝等の植生（いわゆるカバープランツ）により雑草の発生を抑制する方法が考えられる。

①の強制的な方法は重機による施工が必要となったり高価な資材を要する等の関係から、どうしても経費が高くなる上に、農村の美観を損ねる。また、特に農作業時に農機具等が接触することによる破損が懸念され、補修にも経費を要する。農作業を行う上での安全性にも疑問が残り、経年変化による老朽化や劣化、漏水等も考えられる。

②の方法は①に比べると安い経費で、重機の施工を必要とせずに農村の美観を損ねることなく、草刈り作業を軽減することができると考えられる。当然①に比べ環境や生態系にも配慮でき、経年変化に対応する補修等も容易である。

よって、芝等の植生により雑草の発生を抑制する方法の選定を行った。

(2)畦畔法面における工法の選定

表-2 工法選定比較表

	手播き	植生シート	張芝(生芝)
凹凸への対応	○	◎	×
侵食防止機能	×	◎	○
施工性	○	◎	△
種子の定着性	×	◎	-
コストの安さ	◎	○	×
総合判定	×	◎	△

工法の選定にあたっては、上記表-2工法選定比較表から、植生シートによる工法を選定した。

植生シートの利点としては、

- ア 雨水に打たれることによりシートが法面土壌へ落下密着するため、凹凸へ容易になじむ。
- イ シート構造のネットと薄綿が法面土壌全面に密着するため侵食防止機能が高い。
- ウ シートを展開し、竹ぐし等の簡易なもので

固定するだけなので、誰にでも簡単に施工できる。

エ シートには種子が均一に全面添着されているのでむらがない。

オ 特殊な施工機械を必要としない。等が挙げられる。

(3)芝の育成特性から品種の選定

畦畔や用水路等、法面の維持管理作業（特に草刈り）を軽減することがひとつの目標となるため、導入植物の選定においては、暖地型草種であること、草丈が低い品種であること、農作業を行う上で支障をきたさないことを前提に以下の表-3品種選定比較表により品種の比較検討を行い、センチピードグラス（和名：ムカデ芝）の耐寒性改良品種を選定した。

表-3 品種選定比較表

特性\品種	ノシバ	みどり芝(冬芝)	むかデ改良品種	バミュダグラス
耐暑性	◎	◎	◎	◎
耐旱性	○	○	◎	◎
耐寒性	○	○	◎	△
ほふく茎伸長	○	△	◎	◎
緑葉期間	○	○	◎	△
耐病性	○	○	◎	○
発芽率	△	—	◎	◎
肥料要求度	低い	低い	低い	高い
総合判定	○	○	◎	△

3. 植生シートによる芝の定植方法

やまぐち型畦畔法面緑化工法としてセンチピードグラスの耐寒性改良品種（和名：ムカデ芝）を植生シートにより施工する方法を選定したが、本工法による作業フロー図（図-2）の各作業の内容及び注意事項について以下に記述する。

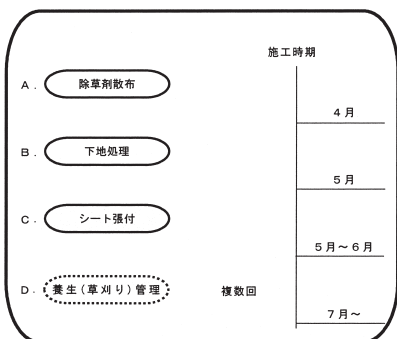


図-2 作業フロー図

A. 除草剤散布

- 1) グリホサート系非選択性除草剤を使用
- 2) 希釈倍率50倍を設定

注意事項

- ① 散布は、雑草を刈り取る前に直接雑草の葉にかかるように専用のノズルにより行い、10a当り100リットルとするが、雑草の種類や繁茂の程度によっては希釈率や散布量を調整すること。（写真-4、5）
- ② 降雨中や降雨前の散布は効き目が薄いことから天気予報等で確認し、散布後2～3日程度雨の降らない日に実施すること。
- ③ 風の弱い日に散布すること。
- ④ 除草剤の飛沫が、周辺の作物等に影響を及ぼす場合があるので、十分に注意して散布すること。
- ⑤ その他除草剤の取扱説明書を十分に熟読の上、使用すること。

除草剤散布状況



写真-4 除草剤散布状況1



写真-5 除草剤散布状況2

B. 下地処理

- 1) 草刈り機を使用
- 2) 枯損雑草除去と同時に表土を削り、法面の地肌（土壌）を露出させる

注意事項

- ①除草剤散布後数週間経過すると除草剤の効果発現が確認される。期間は概ね散布後3週間から4週間が目安となる。その後、草刈り機を使用し、枯損した雑草を除去する。（写真-6）
- ②その際地上部に植物が残存しているとシートが張付け難くなり、又、シートが残存植物の上に浮いたようになることで導入植物の発芽に悪影響がでてしまう。下地処理の目標は、植生シートを張付けやすくするためにできるだけ平滑な土壌部を露出させることである。（写真-7）

下 地 処 理 状 況



写真-6 草刈り機による刈払い



写真-7 レーキによる削り取り

- ③その為、法面の表層土壌部を数cm程度削り取るようにし、枯損した雑草を同時に除去すること。
- ④この作業には、法面の土中に石礫等が含まれている場合もあり、草刈り機で石をはね飛ばすことがあるため十分注意すること。
- ⑤法面の地肌を踏み荒らさないよう、はしごを利用する等の工夫が必要である。
- ⑥下地処理後の法面に凹凸が生じている場合は、土羽たたき等で整形すること。
- ⑦アリによる巣穴への芝の種子持ち込み対策 実証事業の実施時においてアリが芝の種子を巣穴に持ち込む事例があった。よって、下地処理の際にアリの巣が見受けられる場合は、事前に駆除するか芝の種子にアリを寄せ付けない様にコートを施す必要がある。

C. 植生シート張付

- 1) 施行範囲をテープ等で位置決めする（法肩、法尻）
 - 2) 法肩から法尻に向かってシートを展開し、止め具で固定する。
 - 3) シート張りの施行時期を梅雨前に設定する
- ### 注意事項

- ①シートの張付けにあたっては、施工範囲を確定する意味でテープや紐などであらかじめ線を引いておく。1m幅のシートを法肩より法尻に向かって縦に垂らし、必要な位置をハサミ等で切り取る。
- ②シートの重ね代は3cm程度とり、止め具は、Dの養生管理の際に邪魔にならないよう竹串を使用し、縦横50cm間隔で固定すること。要するにシートの裏面を法面の土壌に密着させることが重要である。
- ③シート張りの施工時期を梅雨前に設定する。（写真-8, 9, 10, 11）

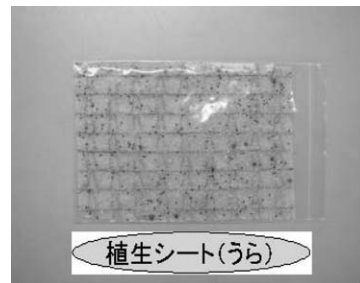


写真-8 植生シート1

4. 芝の維持管理方法

植生レベルを以下のAからEとした場合の維持管理における留意事項を述べる。(図-3, 表-4)

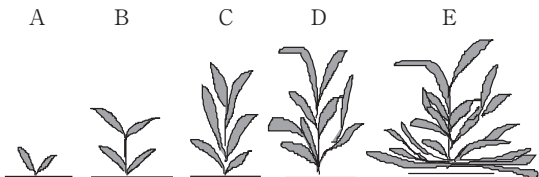


図-3 芝の生長階級別状況図

表-4 芝の生長階級別状況表

階級	生育状況
E	ランナーの確認が出来る
D	分けつが見受けられる
C	3～8 cm程度
B	2～3 cm程度
A	発芽初期

留意事項

①発芽初期段階（植生レベルA～B）

(a)芝に太陽光を当てる。

植物が光合成により、順調に生育できるよう太陽光を当てる必要がある。

➡ 雑草が20cmを越える長さになると、発芽して間もない芝に日が当たりにくくなる。その為、芝を傷めないように草刈り作業を実施しなければならない。雑草の刈り高は5cmから10cm程度残すように刈る。

(b)刈草の除去は丁寧に。

芝が幼苗なことから、熊手（ガンゼキ）で擦るように刈草を集めると芝と一緒に取れてしまう。

➡ 竹製のほうき等で、丁寧に集積するか、又、少量であれば手作業により集積する。

②生育中期段階以降（植生レベルC～）

(a)前記①の(a), (b)と同じ。

(b)直立型の雑草（アレチノギク、セイタカアワダチソウ等）には注意。

種類によっては、草刈り機で刈り残った茎か

ら二又状の分枝が出て別々のシュートを形成し、雑草量が増えてしまうことになる。

➡ 手作業で抜き取る。その際、周辺土壌を起こさないよう注意が必要。

③作業上の留意点

(a)作業は、法肩や法尻から行うのがよい。

法面に極力負荷をかけないようにする。傾斜の付いた法面なので、足が滑るなどした場合に芝の生育箇所が裸地化してしまい、雑草の侵入を生む。

(b)紐付き草刈り機の使用は芝を傷めるため、使用は避けるのがよい。

➡ 芝の分けつ芽を切ってしまうと、芝へのダメージが大きくなり生長には障害となるため、雑草の刈り高を守ることが芝の生長を守ることに繋がる。

5. 芝の植生による2次的効果

草刈り作業の軽減により、次のような2次効果が期待できる。

- ①担い手への農地の集積が促進
- ②従来、草刈りに費やされた労力を畑作等へ新たな農業に転換
- ③雑草の繁茂により発生していた病害虫等の抑制
- ④環境保全・景観維持等の多面的機能の維持
- ⑤アレロパシー作用

アレロパシーはギリシャ語のallelo(お互いの)とpathy(感じる)から合成された用語で、日

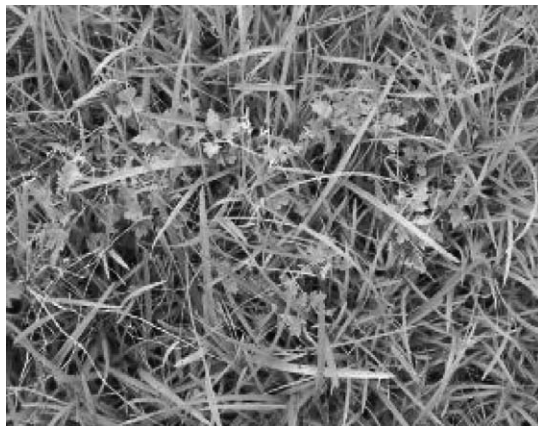


写真-14 アレロパシー作用によりヨモギが衰退している状況

本では他感作用と訳されている。センチピードグラスの改良品種においては、雑草などの生長を抑制する他感作用がある。その役割は「動くことができない植物が、身を守ったり情報をつたえるために、進化の途上で身につけた手段」であることが明らかになっている。除草剤を使わずに雑草を抑制できる芝の品種を利用することは、農薬の使用しないことによる経費の節減と共に環境に優しい雑草抑制効果の発現が期待できる。(写真-14)

6. 施工事例

山口県内において、現在経営体育成基盤整備事業をはじめ元気な地域づくり交付金、ため池等整備事業や農道整備事業等において積極的に本工法を取り入れている。(写真-15, 16, 17, 18, 19)

比較写真



写真-15 実施前の畦畔



写真-16 実施後の畦畔

施工事例写真



写真-17 新規法面における施工事例



写真-18 ため池法面における施工事例



写真-19 農道法面における施工事例

7. 聞き取り調査の結果

関係農家に対して行ったアンケート結果（図4、5、6）からも、草刈り回数や刈り取る草の量が減少し、草刈り作業の軽減につながっていることが判明した。また、アンケートの中に記載された関係農家の声を以下に記載する。

- ★草刈り機を使わずに鎌だけで簡単に除草できるようになった。^{注)}
- ★草刈りが楽になったので是非施工したい。
- ★モグラがいなくなった。
- ★法面が歩きやすくなった。
- ★大変良かった。安ければもっと広げたい。

^{注)} 草刈り機を使用しても、地際から刈り取る必要がない為、刈刃が石をはねたり刃こぼれする等の心配もなく足場もすべりにくくなる（芝の根や茎が頑丈な為、踏みつけにも強い）ので、草刈り時の事故も少なくなる。

一方、批判的意見も若干あったので参考までに記載する。

- ・カメ虫の巣にならないか心配。^{注)}
- ・施工した年が干ばつで発芽しなかった。
- ・丁寧な施工や草刈りを指導してほしい。

^{注)} カメ虫については、芝の穂の出る時期と稲の穂の出る時期にずれがあることから基本的には心配ないが、気になる方は他の雑草と一緒に草刈り機や鎌で芝の穂の部分刈り取ると良い。

◆関係農家からの評価（アンケート調査及び地元聞き取りによる）

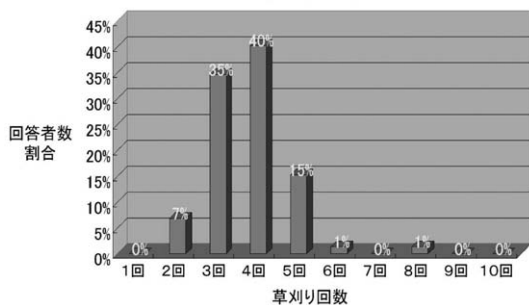


図-4 施工前の草刈り回数

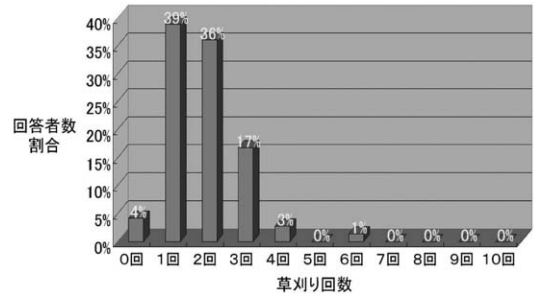


図-5 施工後の草刈り回数

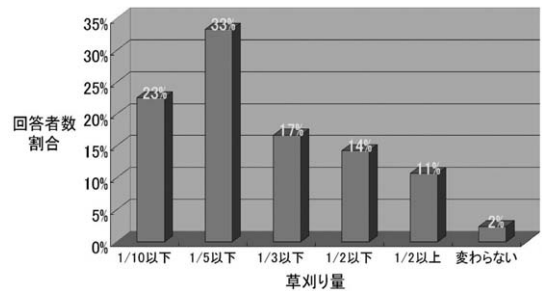


図-6 春から夏にかけての草刈りの刈り取った草の量の施工前との比較

8. おわりに

今後は、国の品目横断的な経営安定対策において、「担い手」のみが対象となる方向で進んでいることから、担い手（認定農業者及び特定農業団体等）を育成し農地を集積する体制整備を加速化させる必要があるが、そうした中において、農地集積の支障原因の一つである草刈り作業の軽減がいかにも実現できるかが、大きなポイントの1つとなることがより確実である。

このため、今回紹介した「やまぐち型畦畔法面緑化工法」による草刈り作業の労力軽減対策は、米政策改革を受けて策定された「地域水田農業ビジョン」の実現に資するとともに、将来の農業生産を担い効率的・安定的な農業を営む担い手等へのより質の高い農用地の利用集積に欠かせない最も必要とされている対策の1つになると考えている。

ため池の減災機能を高める底樋改修とネットワーク化

藤 田 信 夫* 毛 利 栄 征* 堀 俊 和*
(Nobuo FUJITA) (Yoshiyuki MOHRI) (Toshikazu HORI)

目 次

1. はじめに	21	4-1. 堤体の局部沈下への対応	25
2. ため池の被災事例と課題	21	4-2. 親子ため池の連動	26
3. ため池底樋の減災機能向上技術	22	4-3. 柔構造底樋による直結パイプライン化	26
3-1. 柔構造底樋の概要	22	4-4. ため池群のネットワーク管理	27
3-2. 柔構造底樋の設計・施工	23	5. おわりに	28
4. 実施例および今後の展開	25		

1. はじめに

農業用のため池は、農村地域の灌漑用水を効率的に配水するために農地や水源地周辺に設けられてきたが、最近では混住化の進展によって都市と農村の距離が接近し、ため池周辺の都市化が進んできている。このため、ため池の本来の機能である灌漑用水を有効に貯留することに加えて、周辺地域の親水空間の提供や防災的な役割も重要な問題となってきている。

ため池の多くは100年以上前に構築されたものであるが、老朽化と改修を繰り返して今の姿になっている。最近のため池に関わる災害の状況を見ると、毎年少なくとも100カ所以上のため池が何らかの被災を受けている。被災の原因としては、地震と豪雨が挙げられるが兵庫県南部地震と新潟県中越地震をのぞいては、豪雨による被災¹⁾が圧倒的に多い。最近のため池の被災状況の分析では、ため池上流からの土砂の急激な流入による堤体越水を原因とする決壊が多発する一方で、堤体が下流域への流出を食い止めて被害を防いだ例も多く、周辺地域にとってため池は減災機能を有する施設という側面を併せ持つことが明らかとなってきた。

改修が必要な老朽ため池の特徴として、取水施

設である「底樋」周辺部分からの漏水と堤体の浸食に伴う断面不足、堤体からの漏水の発生が挙げられる。特に、底樋に沿った水みちの発生による漏水は堤体土の流失現象（パイピング現象）に発展する危険性を有しており、突発的な決壊を引き起こした事例は少なくない。このような局所的な老朽部分の改修を先行的に進めることは、老朽ため池全体の改修を効率的に進める上で重要である。

本報告では、平成13～18年度の官民連携新技術研究開発事業「柔構造底樋によるため池改修工法」の成果をもとに、新たな底樋の改修方法の開発を端緒として、その具体的な手法を紹介するとともに柔構造底樋の付加的な機能を用いてため池を取り巻く周辺地域の防災機能を向上する手法について記述する。

2. ため池の被災事例と課題

ため池は全国に約21万箇所存在するが、江戸時代以前に築造されたものも多いことから、改修が必要な老朽ため池は2万箇所に及び、順次整備が進められている。特に築造年の古いため池の底樋は、木樋や石樋を用いているものも多く、腐朽や石樋目地の緩みによって、底樋周辺部分からの漏水が増加している場合が少なくない。このような底樋周辺部分の漏水は、堤体の軟弱化を促進するとともに底樋に沿ったパイピング現象によるため池の決壊を招く危険性が高く、早急に改修を要するものである。

*農村工学研究所交流共同研究員（派遣元：櫛クボタ）
(Tel. 029-838-7605)

*農村工学研究所施設資源部土質研究室長
(Tel. 029-838-7605)

*農村工学研究所土質研究室主任研究員（Tel. 029-838-7605）

ここではため池が被害を受けた近年の災害と、被災原因の中から底樋に関連する事例に着目して以下に示す。

(1)山口県豪雨災害（1985）

梅雨前線豪雨により決壊した山口県内のため池22箇所について調査分析では、原因が底樋周辺のパイピングによるものが9箇所であった。パイピングの原因としては底樋の老朽化（木樋の腐食、石樋の継ぎ目からの漏水、土管周囲の漏水）、底樋改修時の旧堤と新堤の境界の施工不良、地山との取付部の表土撤去不足、などが挙げられる。

(2)台風9号（1997）

1997年の台風9号に伴う豪雨によって、山口県内で5箇所、島根県内で2箇所のため池が決壊した。底樋周辺が決壊の原因とされるため池はこのうち5箇所を占める。一例として、図-1に麻生池の被害状況を示す。底樋部分を中心に幅40mにわたって決壊しており、底樋周りの浸透破壊が原因と推定される。



図-1 麻生池の被害状況

(3)新潟県中越地震（2004）

中越地方において最大震度7を記録した地震動により、新潟県下で約560箇所のため池が被災した。具体的な被災状況は、地震による堤体の沈下、堤体上流法面のすべり、堤体亀裂などとともに、底樋の破壊や取入れゲート部での底樋管の離脱も発生している。

(4)台風23号（2004）

日本列島を縦断し大きな被害をもたらした台風23号によるため池の被災は、全国で約2,650箇所に及んだ。最も多いのは兵庫県の1,482箇所であり、そのうち1,299箇所が淡路島に集中し181箇所が決

壊した。具体的な決壊の状況は、土石流・土砂の貯水池への流入、流木が洪水吐を閉塞したことによる貯水位の上昇、越水、洪水の堤体越水、などである。

左記(1)(2)の事例調査より、底樋周辺部に潜在的な構造上の弱点を有するため池が数多く存在することがわかる。(3)(4)においても地震や豪雨が引き金となって底樋周辺の損傷を助長した事例が少なからず含まれていると推測される。

3. ため池底樋の減災機能向上技術

3-1 柔構造底樋の概要

底樋はため池堤体の深い位置を貫通して設置される管路構造物であり、設置後の点検・補修が容易に実施できないため、高い安全性を確保する設計・施工が求められる。

底樋部分の安全性を向上する方法としては、堤体の変形や地盤の沈下に追従するように底樋管路を柔構造化することがあげられる。すなわち、底樋はパイプラインとして実績のある離脱阻止性を有する継手管路を堤体内に直接埋設し、コンクリート巻立て基礎は設けない。また止水壁は底樋周辺部での水みちの発生を抑止するため粘性土によって構築し、管路の地盤追従性を損なわない構造とする。さらに取水部分は取付ボックスを介して斜樋と接続する方法が一般的であるが、斜樋と連続した管路構造としてコンクリート構造物を縮小・軽量化することも可能である。

柔構造底樋の概要を図-2に、その特長を従来工法と比較して下記に示す。

(1)底樋周辺の水みち抑止

堤体（地盤）の変形に追従することで、底樋との接触面での水みちを抑制する。

本工法に用いる底樋管の継手は図-3に示す構造であり、圧力パイプラインでの実績が豊富で高い水密性と伸縮・屈曲性、離脱阻止性を有している。底樋外面からの水の浸入や底樋内面からの漏水を防止できる。

(2)不同沈下への追従

堤体下部に軟弱層が存在する場合や、新たな嵩上げ盛土を行う場合には局所的な圧密沈下が大きく、コンクリート巻立て構造の底樋では広範囲の地盤改良が必要となる。また基礎地盤が均一であっても、堤体盛土荷重が管軸方向に台形分布をなすため、底樋管路中央部は上下流端の土被りの

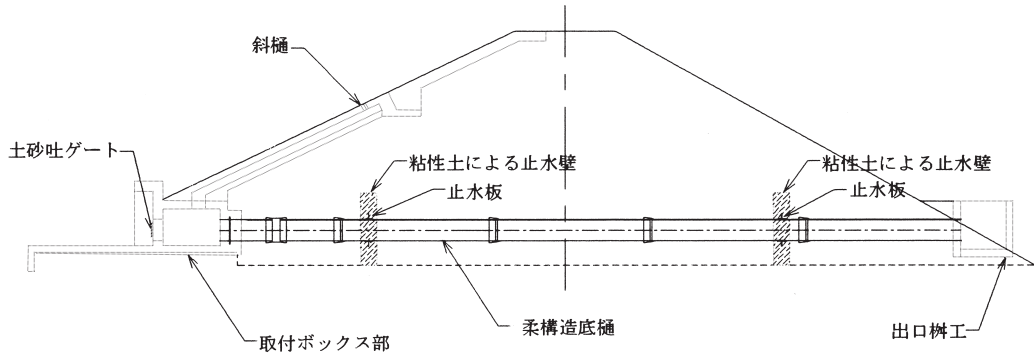


図-2 柔構造底樋の概要図

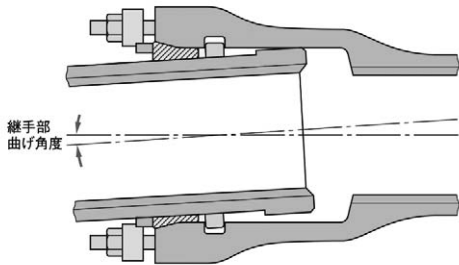


図-3 柔構造底樋の継手形状

浅い部分に比して大きな沈下を示す。

管軸方向の適切な位置に伸縮可とう継手を配した柔構造化により、不同沈下への追従性が付与され、地盤改良範囲を大幅に軽減できる。

(3)工期の短縮と建設コスト縮減

底樋の鉄筋コンクリート巻立てが不要となることから施工期間が短縮され、また地盤改良などの土工費を含めた総工事費の縮減が可能になる。

(4)地震時の安全性の向上

底樋は堤体の最も低い位置に配置されることが多いため、地震によって被害を受けるとため池全体に多大な影響が及ぶ。柔構造底樋は管路が鎖のように挙動し、地震動による地盤変動にも対応する。

3-2 柔構造底樋の設計・施工

(1)管路の断面方向の検討

断面方向の検討は土地改良事業計画設計基準・設計「パイプライン」に準じてとう性管の構造計算を行い、土被り・工法の違いに応じて、適切な管厚を選定する。

(2)管路の縦断方向の検討

管軸方向の検討は図-4に示す手順に従い、地盤の沈下量分布、堤体の断面形状等を考慮して各

継手の屈曲角度が許容値以内になるよう、管長を決定する。

一例として、口径800mmのダクタイル鉄管S形継手の許容曲げ角度は $2^{\circ}10'$ であり、この角度まで屈曲した状態で、さらに管長の1%に相当する伸縮(±60mm)が可能である。地盤変動に対しては、継手の屈曲によって沈下に追従し、管路長の変化(管路が直線から円弧状になることに伴う僅かな増加)も十分吸収することができる。

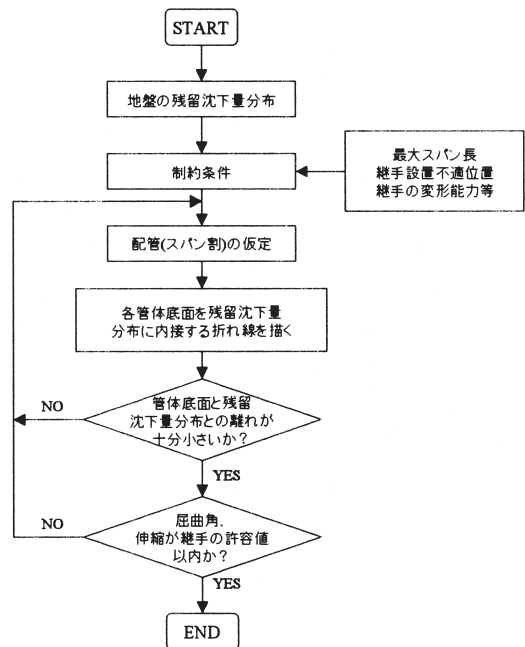


図-4 管軸方向の検討手順

(3)付帯構造の検討

止水壁については、管体から0.5～1.0mの張り出し長を有するコンクリート製が一般的であり、遮水性ゾーンの範囲内に設置することが原則とされている。しかしながらコンクリート構造物は沈下への管路の追従を阻害する恐れがあること、堤体内への亀裂の起点となる恐れがあること等が指摘されている。これらを考慮して柔構造底樋では図-5に示す粘性土を用いた止水壁を標準とし、水みちの形成や土粒子の移動を抑制する。また管体の変位することによって粘性土との間に連続した隙間が生じることを避けるため、粘性土で巻き立てられる管外面には止水板を設ける。

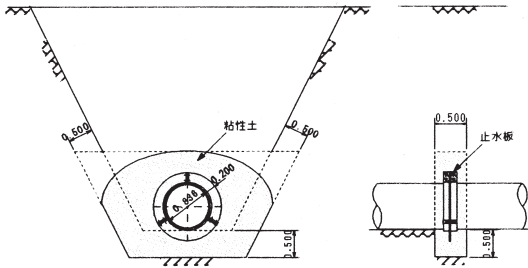


図-5 止水壁の構造

(4)埋戻し方法の検討

円形断面の管を直接地盤内に設置することから、埋戻し過程において管下部の撒出し・転圧を特に入念に行うことが水みち抑止のために重要である。本工法では撒出し厚を200mmとし、施工支持角180°までは突き棒で管の周囲を入念に突き固める。

管底部の埋戻しを良好に行うために実施した試験施工の結果に基づき、施工手順を図-6に示す。すなわち、まず台基礎を成形し、その上に管を設置して台基礎を削るように管底部に投入・突き固め、その後埋め戻し材料を投入する方法が有効である。

試験施工における転圧条件を図-7に、試験結果を図-8に示す。CASE_A、CASE_Bは床付面に管を直接布設し、基礎材を投入する一般的な方法であるが、管底部には基礎材のゆるい範囲が広く残り、基礎材の入らない部分（管底接地幅）も大きい。CASE_Cは台基礎を設けることでこれらの分布範囲が縮小し、CASE_Dでは台基礎を削

りながら突固めることによって、基礎材のゆるみを解消した。

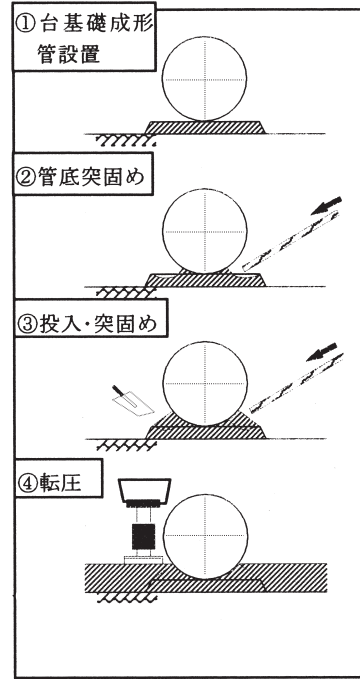


図-6 管底部の埋戻し手順

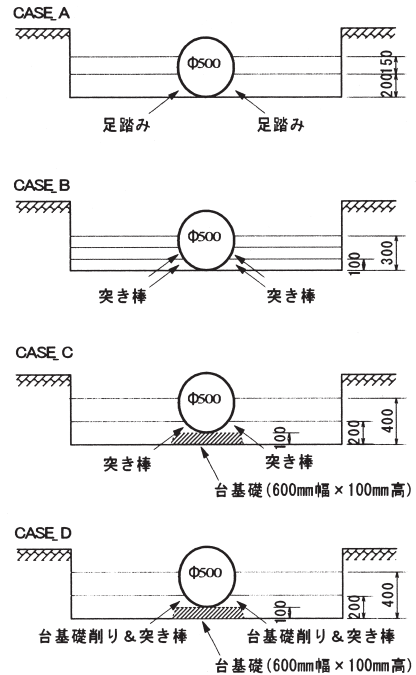


図-7 施工確認実験における転圧条件

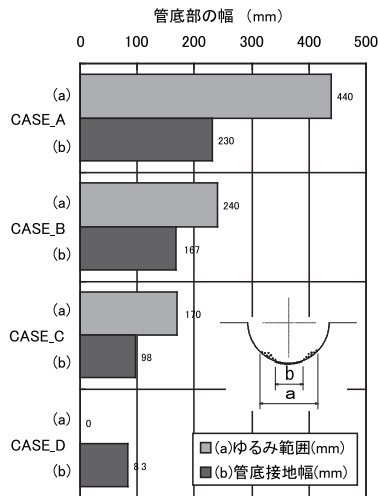


図-8 転圧後の管底部の状況

突固めの状況を図-9に示す。転圧後に管を撤去して「通常の施工方法 (CASE_B)」と「図-6に示す施工方法 (CASE_D)」を比較したものを図-10, 図-11に示す。

管の埋戻しは支持反力の確保, たわみの抑制という観点からも重要であるが, 図-6の手順により, 特に管底付近での土との密着性が向上することがわかった。



図-9 管底部の突固め状況



図-10 通常の手順による締固め結果



図-11 図6の手順による締固め結果

4. 実施例および今後の展開

柔構造底樋を用いたため池改修の実施例を紹介するとともに, 減災機能を高めるための提案を以下に示す。

4-1 堤体の局部沈下への対応

(1)ため池の諸元

名称：於曾野屋池 (山口県下関市豊北町)

貯水量：48,700m³, 堤高：10m, 堤長：100m

底 樋：φ800mmS形ダクタイル管×20m

φ800mmUS形ダクタイル推進管×22m

(2)状況

於曾野屋池の改修は, 旧堤体の余裕高不足を解消するため, 池側に嵩上げ盛土を実施するものである。堤体下流部は国道に供されておりこの部分は推進工法によって底樋が挿入され, これに接続する上流部分は旧堤体をV字に開削してダクタイル铸铁の柔構造底樋を設置した。堤体下部に分布する厚さ10mの軟弱な粘土層は, 旧堤体側は過圧密状態となりほぼ安定した状態となっているが, 新たに開削した部分の粘土層は正規圧密状態にあるため, 嵩上げに伴う増加荷重によって局部的に300mm近い圧密沈下が発生している。

特に大きな沈下が予測された開削区間に5ヶ所の継手を配置し, 各継手の伸縮・屈曲によって沈下に対応した。図-13に示すように最大屈曲角度はJoint2で1°32'であるが, 許容屈曲角度(2°10')以内である。

現在, 施工後1年以上が経過して沈下もほぼ収束し, 底樋管路の変位は安定している。また底樋の周囲に設置した土圧計・間隙水圧計の値から, 水みちや空隙が形成されていないことも確認されている²⁾。

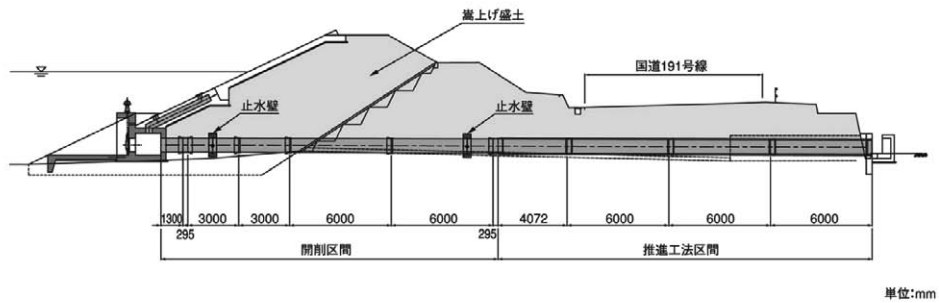


図-12 於曾野屋池の柔構造底樋断面図

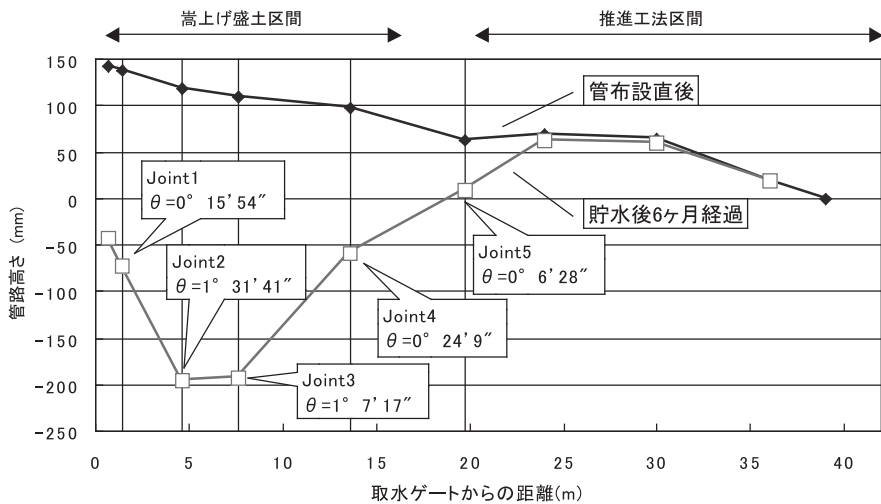


図-13 柔構造底樋の沈下量と継手屈曲角度

4-2 親子ため池の運動

(1)ため池の諸元

名称：名光上池（徳島県阿南市）

貯水量：1,980m³

底樋：φ400mmNS形ダクタイル管×20m

(2)状況

名光上池は、上下流域に連続して位置する重ね池ため池である。上流側に位置する上池は底樋部分をV字に開削して柔構造底樋を用いた改修を行っている。

親子池においては、上流で発生した土砂崩壊により土石流がため池に流入し、上流側から下流側へ決壊が拡大する事例が数多く発生している。また流木が洪水吐を閉塞して堤体を越水して決壊する事例も多い。平成16年の台風23号によって被災したため池の復旧工事であり、工期短縮や底樋の耐震性にも配慮した改修を行った。

4-3 柔構造底樋による直結パイプライン化

(1)ため池の諸元

名称：木屋谷池（三重県度会郡度会町）

貯水量：76,000m³

底樋：φ800mmS形ダクタイル管×53m

(2)状況

木屋谷池の改修では、従来のコンクリートで巻き立てた剛構造底樋をダクタイル管による柔構造底樋に改修し、ため池から受益地までをパイプラインで直結することによってため池の水位を有効に利用した末端高位部水田の水管理の改善を図った。

底樋の出口水槽まで自然流下した後に取り水する方式を改め、底樋の下流側にバルブを設置して取水量を制御した。底樋には常に貯水位相当の内圧が作用している。

4-4 ため池群のネットワーク管理

ため池は、図-14に示すように単独で存在するものと、親子池のように連結しているため池がある。集水域を持たないで用水導入によって水を確保する場合もあるが、多くのため池は上流域に農地や山林などの集水域を持つほか、ダムや上池から水路を通しての用水導入がある。これらのため池上流部の貯水施設にもそれぞれに集水域があり、流入水や貯水管理のために洪水吐や底樋などの水利施設を操作している。このようなため池が群をなしているような状況であっても、防災的な面でのため池の水管理は、基本的に一個のため池の問題として扱われることが多い。

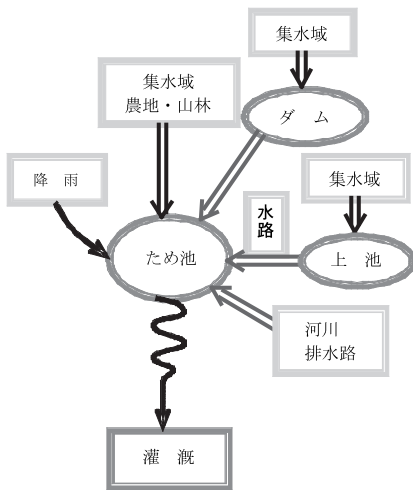


図-14 ため池の集水機能と水管理

2004年の台風23号で被災した兵庫県五色町鮎原三野畑のため池群は特徴的な被災状況を提示している。図-15に示すように一つの沢に沿って連結するため池の瀬戸池とその上流部の新池、夫婦池は、沢上流部の表層崩壊に伴う多量の土石流の流入によってまず最上流部の夫婦池が決壊し、直下流部の新池の堤体上部を越流した土石流は瀬戸池を破堤し、集落へと押し寄せた。この沢に隣接する左岸側の沢には大池と上池の親子池があり、その上流部には砂防堰堤が設けられている。この沢系列のため池群は、上流部の砂防堰堤は土砂で埋まっているものの、下流部の2つの親子池は決壊を免れた。このような2つの沢にまたがるため池では、集水域の流出特性や周辺の池敷斜面の崩壊危険性などがある程度予測できる場合、あるいは砂防堰堤のような減災施設が適切に配置されてい

る場合などは、ため池相互の連携運用によって地域の安全性を向上することも可能である。

すなわち、先に示したように底樋の柔構造化による圧力パイプラインとしての特性を積極的に活用し、周辺のため池とネットワークを構築することができれば、危険ため池の貯水を安全側の池に一時送水するなどの処置によって、ため池の減災機能をいっそう強化できると考える。具体的には柔構造底樋を用いた親子池における流下能力向上、受益地までの管路との直結などは上記事例でも採用されており、これらの機能を拡張したため池群のネットワーク化の模式図を図-16に示す。

(1)通常時

個々のため池から受益地へ送水する。ネットワーク管路に設置したバルブは常時全閉。

(2)緊急時

ネットワーク内のため池で豪雨による貯水量の急増等が予測される場合、ネットワーク管路のバルブを開放し、貯留能力の大きい池に緊急放流する。

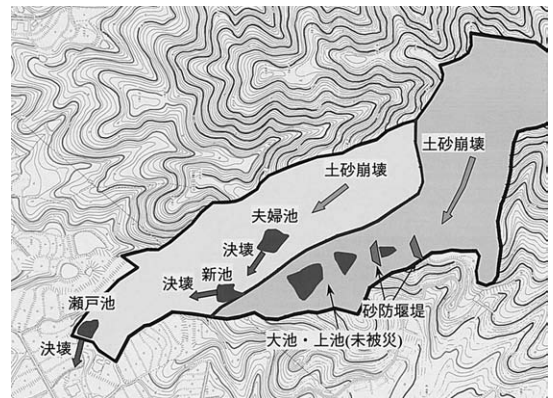


図-15 集水域の異なるため池群の被災状況

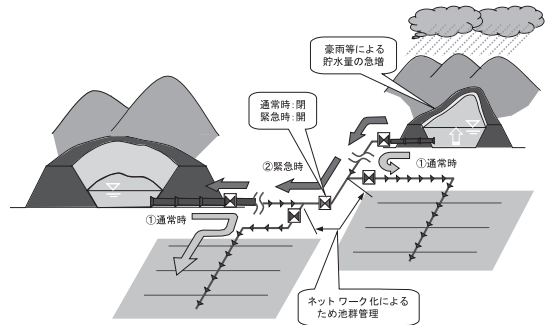


図-16 ため池のネットワーク模式図

5. おわりに

従来のため池に多用されていた剛構造の底樋を柔構造の底樋として改修することで、単純な水の取水施設としてだけではなく、圧力管路としての機能を用いた防災対策が期待できる。すなわち、地域に密着した複数のため池を高規格底樋によって連結し、集中豪雨や緊急時にはため池群として連携した水管理を実施することにより、地域全体の防災機能を向上することが可能である。このようにため池の底樋の改修は堤体そのものの安全性向上に止まらず、地域全体の減災機能を高める視

点での検討が重要である。

引用文献

- 1) 堀俊和, 毛利栄征, 青山咸康:
豪雨による農業用ため池の破壊原因と被災の特徴, 農業土木学会論文集第218号
pp. 253-263 (2002)
- 2) 根馬清志, 佐々田悟, 毛利栄征, 藤田信夫:
柔構造底樋の挙動調査結果, 第60回農業土木学会中国四国支部講演会,
pp. 59-61 (2005)

齋宮調整池の盛立試験計画について

加 藤 裕 二*
(Yuuji KATOU)

目	次
1. はじめに……………	29
2. 齋宮調整池の概要……………	29
3. 築堤材料……………	32
4. 設計密度……………	33
5. 予備盛立試験……………	34
6. 盛立試験仕様……………	34
7. 施工管理基準……………	34
8. おわりに……………	34

1. はじめに

本地区は、三重県南西部の宮川を中心とした伊勢平野位置する。受益市町は「お伊勢さん」として知られる伊勢市外4町であり、受益面積は稲作を主体とした約4,700haにおよぶ優良農業地帯である。

この地域は国営宮川用水事業（S32～S41）によって用水確保、用水施設の整備がなされ農業の振興が図られてきた地域であるが、昭和30年代後半に施工された幹線水路等は老朽化が進み、漏水事故も多く全面的改修が望まれている。

また、現行の水利使用は昭和40年に河川管理者に同意を得た内容であるため、その後の営農形態の変化、及び乾田化・汎用化に伴う単位用水量増加の増大等により用水不足が生じている。

以上より、本事業において地区内調整池として齋宮調整池を築造することで用水の確保を図るとともに、幹線水路の改修整備を行うものである。

齋宮調整池は、現場のマサ土を使用し築堤するが、締固めのみで遮水性を確保する計画であるため、施工管理に細心の注意を払う必要があり、盛立試験は調整池の安全性確保、経済性の双方の視点より極めて重要である。本報文では他地区の参考になる部分があると思われるため、盛立試験計画について紹介する。

2. 齋宮調整池の概要

齋宮調整池は、現況に存在する有効貯水量200千 m^3 の齋宮池（写真-1中央）と有効貯水量80千

m^3 の惣田池（写真-1左側）の池底、両池間の地山及び周辺の水田を含む地山（写真-1上側）を掘削するとともに、堤体4箇所（総盛立量209千 m^3 ：本堤66千 m^3 、第1副堤37千 m^3 、第2副堤：77千 m^3 、第3副堤29千 m^3 ）を築造することにより、有効貯水量2,000千 m^3 を確保（写真-2）計画となっている。



写真-1 現況



写真-2 計画

*東海農政局宮川用水第二期農業水利所（Tel. 0596-31-0555）

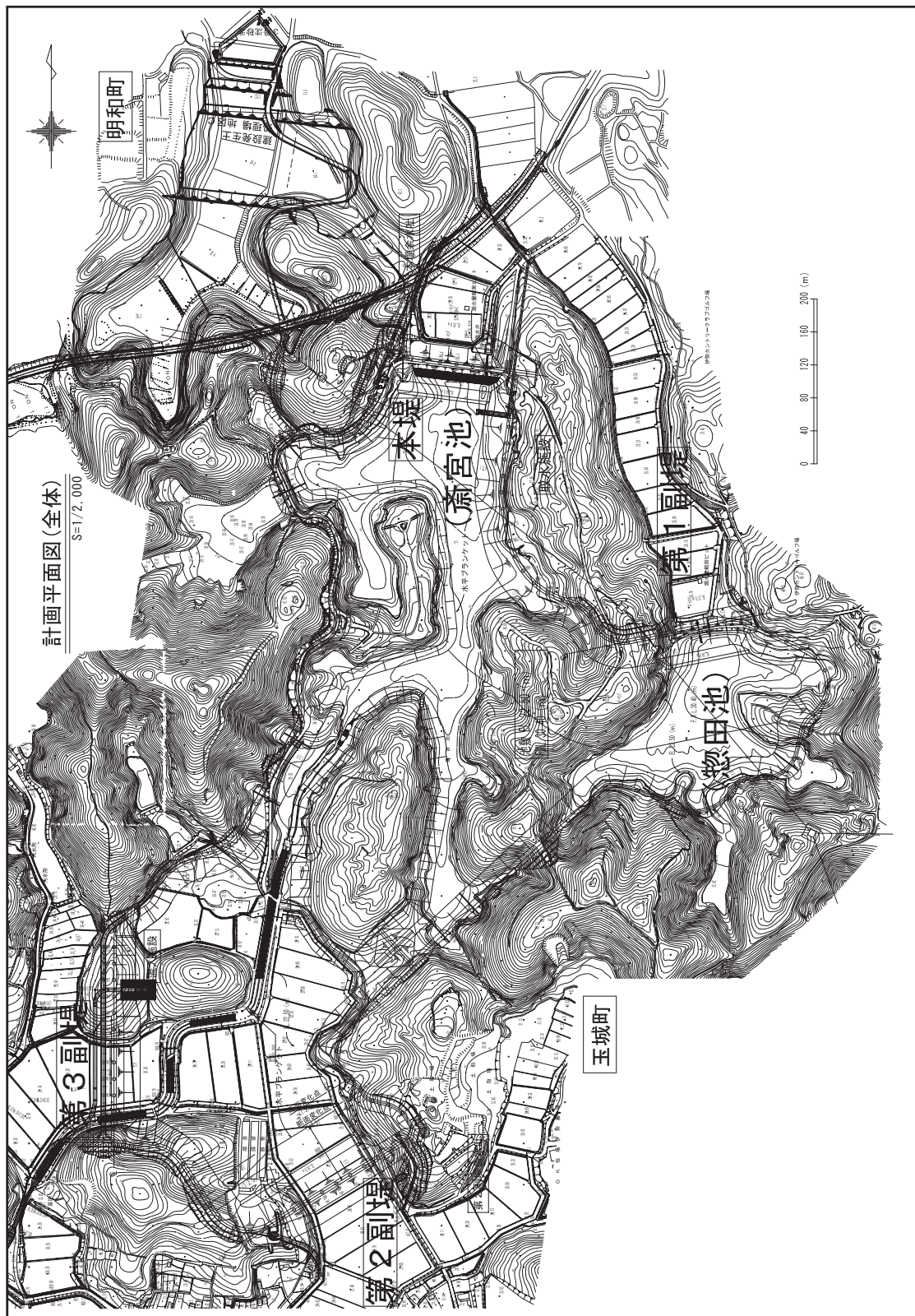


図-1 計画平面図

標準断面図(本堤)
S=1/200

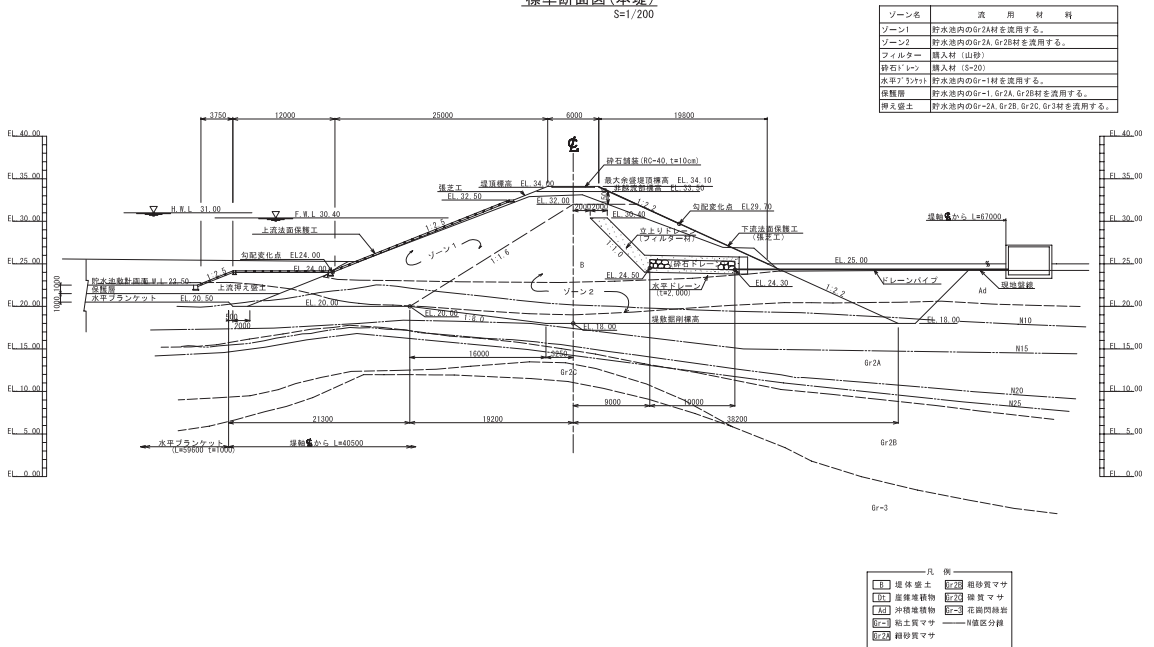


図-2 標準断面図

縦断面図(本堤)
S=1/500

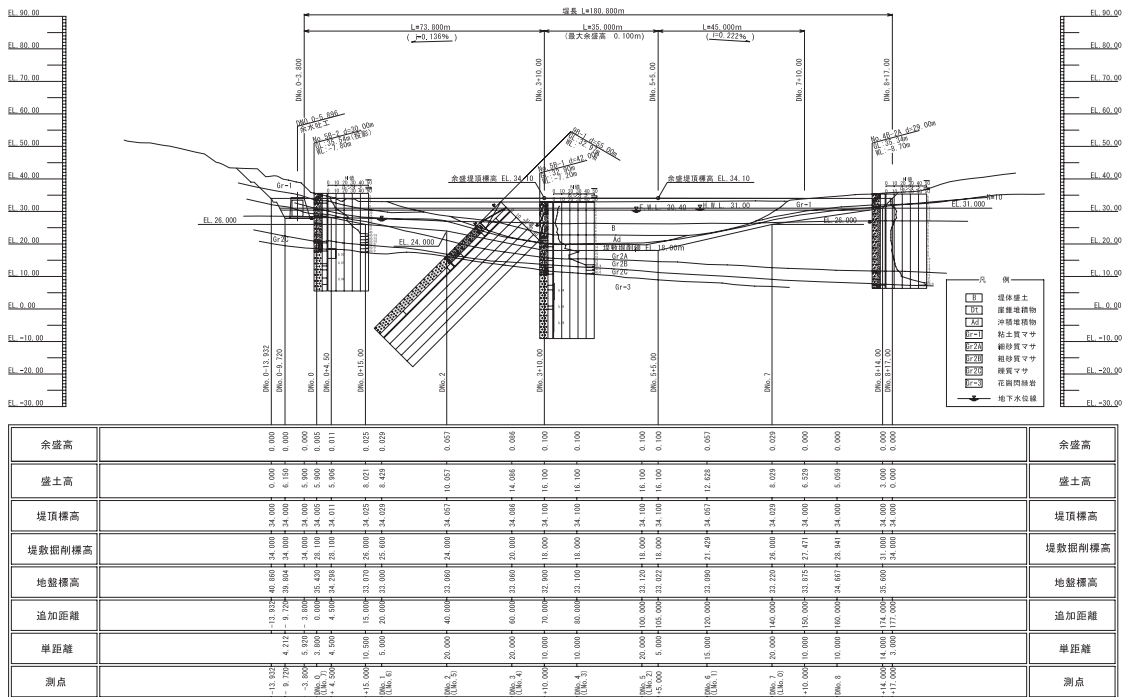


図-3 縦断面図(本堤)

なお、堤体の形式は貯水池敷の掘削により大量に発生するマサ土を有効に活用するため均一型アースダム（図-2参照）としている。（表-1参照）堤体の配置は図-1に示すとおり現況斎宮池及び惣田池の旧堤体を撤去後、新たに本堤及び第1副堤を築造し、現況地形谷部に新たに第2副堤及び第3副堤を築造する。

表-1 調整池諸元表

一般	位置	三重県多気郡明和町及び玉城町地内
	基礎	片麻状花崗閃緑岩
貯水池	流域面積	0.3km
	総貯水量	2,002,000m ³
	有効貯水量	2,000,000m ³
	常時満水位	EL.30.4m
	最低水位	EL.22.5m
	利用水深	7.9m
堤体	型式	均一型アースダム
	堤高	本 堤：16.0m 第1副堤：13.5m 第2副堤：14.5m 第3副堤：11.5m
	堤頂長	本 堤：181m 第1副堤：13.5m 第2副堤：225m 第3副堤：149m
	堤長幅	6.0m
	天端標高	EL.34.0m
	堤体積	本 堤：66千m ³ 第1副堤：37千m ³ 第2副堤：77千m ³ 第3副堤：29千m ³

コンシステンシー特性は、塑性指数 $I_p \approx 19$ を示し、一般的な遮水性材料の目安である $I_p \geq 12$ を満足している。

突固め特性は、表-2に示すとおり、D'値95%密度はD値97~98%に相当し、D'値92~93%はD値94~96%に相当する。また、突固め曲線のwet側における1.0Ecと1.5Ecの曲線は一致し、C値98%はD値91~93%程度となる。

表-2 突固め乾燥密度

採取坑	Ec=100% (1.0Ec)		Ec=150% (1.5Ec)			
	最大乾燥 密度	D'値95% 密度	最大乾燥 密度	D'値95% 密度	D'値93% 密度	D'値92% 密度
	I'dmax (D100)	(D95)	I'dmax (D'100)	(D'95)	(D'93)	(D'92)
9TP-3	1.420 (D'98)	1.349 (D'93)	1.450 (D102)	1.378 (D97)	1.349 (D95)	1.334 (D94)
10TP-1	1.410 (D'97)	1.340 (D'92)	1.461 (D104)	1.388 (D98)	1.359 (D96)	1.344 (D95)
10TP-1'	1.375 (D'97)	1.306 (D'92)	1.420 (D103)	1.349 (D98)	1.321 (D96)	1.306 (D95)

注) 縮固めエネルギー Ec=150%の縮固め特性を基準とする。

3. 築堤材料

築堤に用いる材料は、貯水池敷掘削により多量に発生するマサ土（強風化花崗岩）の有効利用を図り、かつ、より合理的で経済的な堤体構造とするため、遮水性が期待でき、賦存量的にも問題のないGr-2A材を使用する計画としており、その材料特性は以下のとおりである。

粒度特性は、タルボット指数で表すと $n = 0.2 \sim 0.4$ を示している。細粒分の含有率（Fc）は平均37%程度であり、一般的な遮水材料の目安である $F_c \geq 7 \sim 8\%$ を満足している。図-4にGr-2Aの粒度分布を示す。

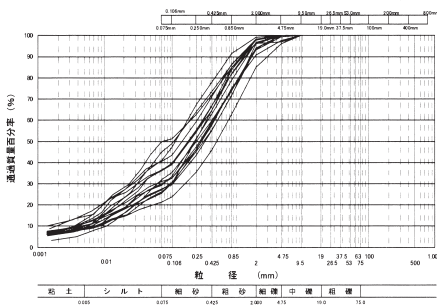


図-4 粒度分布

自然含水比は表-3に示すとおり、最適含水比 W_{opt} 程度~D'値95%wet側より湿潤側の広範囲に分布している。

透水特性は突固め曲線と透水係数の関連図からD'値95%で飽和度 $S_r \approx 70\%$ （含水比は W_{opt} ）の条件で室内透水係数 $k_v = 1 \sim 2 \times 10^{-5} \text{cm/sec}$ を示した。また、C'値98%でD'値90~91%のwet側の条件においては $k_v = 7 \times 10^{-6} \sim 2 \times 10^{-5} \text{cm/sec}$ を示した。

表-3 含水比

採取坑	D'95Wopt	D'95Wn	D'95wet	C98-D'93wet	C100-'93wet
9TP-3	24.0	35.6	30.2	30.4	32.6
10TP-1	25.6	22.8	31.2	31.4	32.8
10TP-1'	26.0	28.3	32.3	32.3	34.0

4. 設計密度

設計密度は材料の採取範囲が広く、上記3で述べたとおり材質（特に含水比）の幅がやや広いことが予想されるため、設計上の安全側の配慮として最小値を採用することとし、表-4のとおりとした。

表-4 設計密度

土粒子密度 ρ_s	2.72tf/m ³
乾燥密度 ρ_d	1.32 tf/m ³
施工含水比 W	24~34%
湿潤密度 ρ_t	1.70 tf/m ³
間隙比 e	1.06
飽和重量 ρ_{sat}	1.83 tf/m ³
水中重量 ρ_{sub}	0.83 tf/m ³

表-5 予備盛立試験結果

転圧回数	土粒子の密度	室内締固め試験					現場密度試験結果											現場透水係数		
		最大乾燥密度	最適含水比	湿潤含水比	自然含水比	粒度組成			現場密度試験結果								透水係数			
		ρ_s	ρ_{dmax}	Wopt	Wwet	Wf	砂分	シルト分	粘土分	含水比	乾燥密度	間隙比	飽和度	D'値	C'値				Wf-Wwet	k
		(g/cm ³)	(tf/m ³)	(%)	(%)	(%)	~+75 μ m	~+6 μ m	~+6 μ m	WF(%)	(tf/m ³)	e	Sr(%)	(%)	(tf/m ³)	(%)			(%)	
撤出厚 20cm	6回	2.746	1.485	24.0	29.9	30.8	48.5	35.9	15.5	30.6	1.356	1.03	82.0	91.3	1.402	96.7	6.6	8.0E-06		
							45.4	33.2	21.4	31.2	1.338	1.05	81.4	90.1	1.391	96.2	7.2	2.6E-05		
							49.0	29.5	21.5	30.2	1.339	1.05	78.9	90.2	1.408	95.1	6.2	1.4E-05		
							平均値					47.6	32.9	19.5	30.7	1.344	1.04	80.8	90.5	1.400
	8回	2.746	1.490	25.0	30.1	31.1	47.4	34.9	17.7	30.9	1.335	1.06	80.3	89.6	1.398	95.5	5.9	1.7E-05		
							42.6	35.2	22.1	31.0	1.339	1.05	81.0	89.9	1.396	95.9	6.0	1.4E-05		
							46.9	29.7	23.4	30.9	1.364	1.01	83.7	91.5	1.398	97.6	5.9	5.3E-06		
							平均値					45.6	33.3	21.1	30.9	1.346	1.04	81.7	90.3	1.397
	10回	2.744	1.490	25.0	29.9	31.2	47.1	30.1	22.8	31.2	1.397	0.96	88.8	93.8	1.388	100.6	6.2	3.4E-06		
							45.9	31.5	22.6	31.5	1.381	0.99	87.6	92.7	1.382	99.9	6.5	5.4E-06		
							47.0	32.9	20.0	31.3	1.359	1.02	84.3	91.2	1.386	98.1	6.3	6.2E-06		
							平均値					46.7	31.5	21.8	31.3	1.379	0.99	86.9	92.6	1.385
12回	2.745	1.485	25.0	30.2	31.3	42.8	35.0	22.1	31.5	1.364	1.01	85.4	91.9	1.384	98.6	6.5	7.1E-06			
						48.0	30.4	21.6	30.8	1.358	1.02	82.8	91.4	1.398	97.1	5.8	4.0E-06			
						44.1	33.4	22.4	31.9	1.359	1.02	85.9	91.5	1.376	98.8	6.9	3.7E-06			
						平均値					45.0	32.9	22.0	31.4	1.360	1.02	84.7	91.6	1.386	98.2

表-6 盛立試験仕様

材 料	Gr-2A														
含水比状態	Wopt~D'95Wwet										D'95Wwet~D'93Wwet				
撒出し機種	21ton級ブルドーザ														
転圧機種	20ton級TR					16ton級VTR					20ton級TR				
撒出し厚さ	20cm			30cm			30cm			20cm			30cm		
転圧回数	6	8	10	6	8	10	6	8	10	6	8	10	6	8	10

5. 予備盛立試験

堤体主材料として計画しているGr-2A材は上記3で述べたとおり、C'値98%でD'値90~91%のwet側の条件においては室内透水係数 $k_v = 7 \times 10^{-6} \sim 2 \times 10^{-5} \text{cm/sec}$ 程度を示した。

一般的に室内透水試験と現場透水試験により与えられる透水係数は両者の透水メカニズムの差及び材料のバラツキ等により室内透水試験に対して現場透水試験の方が1オーダー程度大きな値となる。斎宮調整池の遮水性材料の設計透水係数は $k = 1 \times 10^{-5} \text{cm/sec}$ としており、室内透水試験の結果だけでは、確実ではないため、現場転圧後の透水係数を確認することを目的として、予備的に現場盛立試験を実施した。

(1) 試験概要

1) 使用材料

盛立試験に使用したGr-2A材は、室内試験資料とほぼ同様の材料特性を有した材料を使用した。

2) 盛立試験条件

撒出し厚：t = 20cm

転圧回数：N = 6, 8, 10, 12回

転圧機械：20ton級タンピングローラ

(2) 試験結果

上記条件により実施した予備盛立試験の結果を表-5に示す。

1) 現場透水係数

密度のばらつきが反映されて試験結果も大きく変動するが、現場透水係数 $k = 1 \times 10^{-5} \text{cm/sec}$ 程度は確保可能な材料であった。

また、転圧回数10回及び12回においてはすべての資料において現場透水係数は 10^{-6}cm/sec オーダーの値を示した。

2) 締固め度

転圧時の含水比がwet側であったため、D'値は90~93%となりD'値95%は得られなかったが、C'値については平均96~99%を示し、D'値 $\approx 93\%$ かつC'値=98%となるケースも見られた。

6. 盛立試験仕様

予備盛立試験の結果、20ton級タンピングローラによる締固めで透水係数についてはGr-2A材で透水係数を満足する値が確保可能であると判断できるが、20t級タンピングローラでは安定してD'値95%以上の密度が得られるか疑問がある。

よって、締固めエネルギー $E_c = 150\%$ 以上の管理で施工している場合において実績のある16ton振動タンピングローラを選択した。

以上より、盛立試験仕様は表-6のとおりとした。

試験は、平成18年10月に実施する予定である。

7. 施工管理基準

施工管理基準は、GR-2A材の自然含水比がwet側に偏っていることから、D'値管理に加え、C'値管理を行うこととした。(諸数値を表-7に示す。)

表-7

細粒分含有率	$F_c \geq 20\%$
含水比	$W = W_{opt} \sim D'93W_{wet}$
締固め度	D'値 $\geq 95\%$
	D'値 $\geq 93\%$ かつC'値 $\geq 98\%$
飽和度	$S_r \geq 80\%$
透水係数	$k \leq 1 \times 10^{-5} \text{cm/sec}$

注) 締固めエネルギー $E_c = 150\%$ の締固め特性を基準とする。

8. おわりに

斎宮調整池は平成18年3月に着工し、平成22年4月からの供用を目指し施工中である。斎宮調整池の堤高そのものは16mと高くはないが、4カ所の堤体からなっており、細粒分が多いマサ土を主体とするため、盛立に当たっては十分な試験を行い、盛立仕様を決定する必要がある。

今後、盛立試験を実施するに当たっては、斎宮調整池ダム技術検討委員会での検討を踏まえて、詳細な盛立試験計画を作成し、早急に盛立仕様を決定したいと考えている。

頭首工の性能規定化に関する考察

北 田 二 生* 齋 藤 雅 敏** 米 山 元 紹***
 (Tsugio KITADA) (Masatoshi SAITO) (Motoaki KOMEYAMA)

目 次

1. はじめに	35	6. 機能診断面からの検証	40
2. 性能規定化検討の方法	35	7. 要求性能と対策の関係	42
3. 機能・要求性能の仮定	36	8. 管内頭首工を対象とした考察	44
4. 犬山頭首工における管理実績からの検証	38	9. まとめ	46
5. 設計基準からの検証	39		

1. はじめに

農業水利施設の建設・更新に当たって、当該構造物の性能に着目して設計を考える方法が一般的になりつつある。従来の仕様規定型設計体系においても構造物の性能について各技術者が全く考慮していなかった訳ではないが、日常の設計業務、工事監督業務では依然として、工事仕様の確認に重点が置かれている。性能設計の概念については、「性能設計法とは、仕様（手段、方法）を示すことなく、要求性能と必要な信頼性を示し設計することであり、設計しようとする構造物の機能を明らかにし、要求性能を示す必要がある。」とか、「性能設計とは、設計された構造物が、要求性能を満足していれば、どのような構造形式、材料、設計手法、工法などを用いても良いとする設計の考え方である。」等が示されている^{1) 2)}。

このように、構造物の機能と性能に着目した考え方で、農業水利施設を論じることが重要となっている。

ここでは、農業水利施設を構成する重要な施設である頭首工について、管理実績、機能診断、技術基準等の側面から性能規定化について検討した内容を述べる。

2. 性能規定化検討の方法

我が国は、WTO協定（1995年1月）に基づき締結したTBT協定（貿易の技術的障害に関する協定）及び政府調達に関する協定により、技術基準類を国際標準規格であるISO規格に整合させるべく、土地改良事業計画設計基準をはじめ、技術基準類を従来の「仕様規定」から「性能規定」に移行することが求められている。

設計基準「頭首工」は、平成7年7月に改定されてから10年以上が経過しているが、基準書に記述されている内容は、構造物に求められる機能・性能についてすでに実質的に規定されていると考えられる記述内容、方法となっており、その意味において、当時としては良くできた基準書と考えられる。

しかし、国際標準規格として構造物の設計の基本ルールを定めたISO2394「構造物の信頼性に関する一般原則」との整合を考えると、検討すべき点があるのも事実である。このような考え方に立脚して作成された「包括基礎構造物設計コード」を参考として、性能規定化の検討を行う上で必要となる土地改良事業計画設計基準の階層モデルを考えてみると図-1のとおりとなる^{3) 4)}。

*現：東海農政局整備部水利整備課（Tel. 052-201-7271）

前：東海農政局土地改良技術事務所

**現：東海農政局宮川用水第二期農業水利事業所
 (Tel. 0596-31-0555)

前：東海農政局土地改良技術事務所

***現：北陸農政局佐渡農業水利事業所（Tel. 0259-63-3110）

前：東海農政局土地改良技術事務所

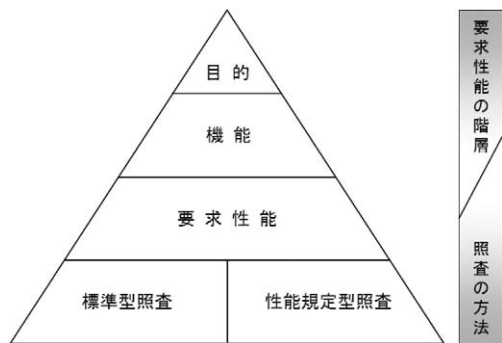


図-1 基準の階層モデル

階層の最上位に目的があり，その下にある機能は，目的を達成するために施設が保有すべき必要な役割や働きである。

要求性能は，機能を満たすために必要となる詳細な規定であり照査可能なレベルのものとする。

照査方法は，性能規定型照査という自由な方法で要求性能が満たされているかを証明するものと，標準型照査という指定された方法で照査する適合みなし規定の2つの照査方法がある。例えば，設計基準の技術書に書かれている方法で照査すれば，要求性能が満たされているものとみなすとする適合みなし規定に該当する。

このような考え方のもと，以下に犬山頭首工を例とした性能規定についての検討と，この結果を基に東海農政局管内の4つの頭首工で検証作業を行った結果について述べる⁹⁾。

3. 機能・要求性能の仮定

頭首工の目的は，「河川から必要な農業用水を用水路に引き入れること。」と定義し，この目的を達成するために頭首工が保有すべき必要な機能（役割）と，機能が満たされるために必要な要求性能を以下のとおり検討した。

頭首工の機能・要求性能を仮定するに当たり，犬山頭首工の管理資料を全てリストアップし，これらの管理項目がどのような機能であるかを推定する作業を試みた。即ち，頭首工の目的を達成するために，管理者は必要な行為を行っているはずであることから，これら資料を用い，機能と要求性能を整理した。また，これらの仮定した機能・要求性能を現行設計基準「頭首工」の基準書（一部技術書を含む）に記載されている内容と比較検討したところ，良く合致する結果が得られた。こ

のような検討作業を基にして，頭首工の機能と性能について仮定し，分類整理したものを図-2に示す。

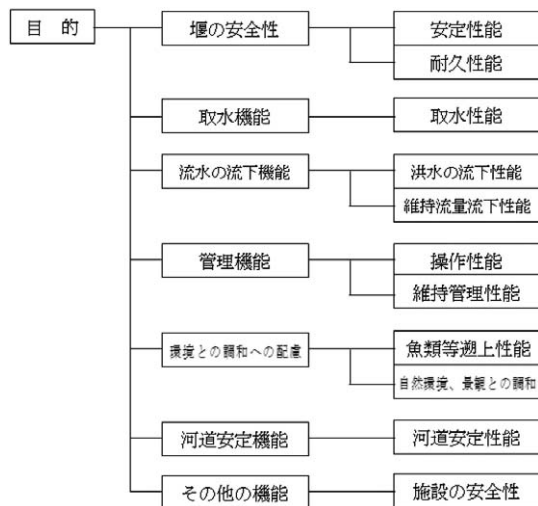


図-2 頭首工の機能・性能の分類

頭首工の機能は，「堰の安全性」から「河道の安定性」まで大きく6つに分類し，それらに対する要求性能は「安定性能」から「河道安定性能」までそれぞれ10に分類することができた。

なお，用語については，現行基準に使用されている用語に原則として準拠している。

また，それぞれ機能を満たすための詳細な性能規定については，次のように整理することができる。



写真-1 犬山頭首工の全景

なお，頭首工を構成する各種施設は，取水口，固定堰，可動堰（堰柱，洪水吐，土砂吐，ゲート，エプロン，止水壁，阻壁，護床工），付帯施設，

管理施設等多岐にわたり、それぞれの施設毎に目的－機能－性能（性能規定）として整理されるものである。

(1)安定性能

堰の機能の一つである安全性について考えると堰の安定性能がある。即ち、堰に作用する荷重（洪水や地震等の外力）に対し、例えば滑動、地盤支持力、転倒に対して安全であることが必要である。

また、河床洗掘、パイピング等に対しても安全であることが求められる。

具体的な性能規定の考え方は次のとおりであるが、頭首工を構成する各種施設毎に同様の内容の規定が求められるものである。

ここでは、一つの事例を以下に示すものとする。

- ①堰に作用する荷重等に対し安全性を有すること
 - ・滑動に対して安全であること
 - ・地盤支持に対して安全であること
 - ・転倒に対して安全であること
- ②河床に局所洗掘が発生しないこと
- ③浸透水によるパイピング防止が可能であること

(2)耐久性能

堰の安全性機能の中の耐久性についてみると、構造物に求められる性能は、次のとおりである。

- ①エプロンを設置する場合は、越流水による堰体上下流部の洗掘に対し、耐久性を有すること
- ②洪水時の土砂の流下に対する耐摩耗性を有すること

なお、②に示す耐久性能については、現行基準では護床工に対する要求性能として記述されており、エプロンについては①のみであるが、エプロンと護床工は一連の構造物として耐久性が求められるものと考えられる。

(3)取水性能

取水性能についての考え方は、次のとおりである。

即ち、堰上流の水位を一定にし、設計取水量が安定的かつ確実に取水可能な性能とすることが求められ、河川流量の変動が生じた場合にも取水量の調節が容易であることと規定できる。また、土砂や浮遊物等が用水路へ流入しないよう取水口の敷高、形状、取水ゲート、スクリーン等が維持管理上、容易な性能を有する必要がある。

よって、取水性能としての規定は次のように整理される。

- ①取水位置は、管理が有利な場所にすること
- ②設計取水量が取水できる性能を有すること
- ③取水量の調整が可能な性能を有すること
- ④設計取水水位が安定して確保できる性能を有すること
- ⑤取入口は、土砂や浮遊物等が用水路へ流入しないこと
- ⑥ゲート、門柱、スクリーン、樋管、取水庭等の施設の維持管理が容易であること

(4)洪水の流下性能

流水の流下機能は、洪水の流下性能と維持流量流下性能に分かれる。

このうち、洪水の流下性能について考えると、可動堰の洪水吐ゲートは洪水時の流水の安全な流下であり、また、土砂吐はゲート操作による取水口付近の土砂の排除と洪水時における洪水を流下させることが可能である。

具体的な洪水の流下性能について整理すると次のとおりである。

- ①洪水時に河川の治水上著しい支障を与えずとなく洪水を流下できること（設計洪水量、設計洪水水位）
- ②ゲートは、開閉動作に対し確実性を有し必要な水密性、耐久性を有すること
- ③堆積する土砂を短時間に掃砂できる性能を有すること

(5)維持流量流下性能

維持流量流下性能は、次のように表現することができる。

- ①流水の安全な流下が可能な性能を有することと表現することができる

(6)操作性性能

頭首工の管理機能として、操作性性能と維持管理性能がある。頭首工に求められるゲートの操作は、取水時に必要な水位を確保（上流水位を一定）することと洪水時に流水の安全な流下性能を有することである。このゲートの円滑な操作性性能を確保するため操作設備等の管理施設を設置する必要がある。

よって、操作性性能は次のとおりである。

- ①ゲートの円滑な操作性性能を有すること

(7)維持管理性能

維持管理性能は、頭首工の維持管理を適切に行うために必要な要求性能として考えることができる。

具体的には、降水量、河川流量等を計測するための各種計測装置、除塵施設、照明設備、防護柵等があげられる。

また、ゲート操作により下流水位が著しく変動し危害が生じるおそれがある場合に備えるため、サイレン等の警報装置が必要である。

以上のことから、維持管理性能に求められる内容として次のようなものがある。

- ①計測性能を有すること（流量、降水量等）
- ②除塵が可能な性能を有すること
- ③夜間においても管理可能であること
- ④安全性を有すること

(8)魚類等遡上性能

頭首工は、自然生態系への配慮が重要視され、『頭首工周辺の自然環境や景観との調和に配慮して行わなければならない』こととして、基準3「設計の基本」において明文化されている。

頭首工に設置する魚道は、河川に生息する魚介類を幅広く対象として、魚類等遡上性能を次のとおりとする。

- ①河川に生息する魚介類の移動が可能な性能を有すること

(9)自然環境・景観との調和

頭首工は、取水、安全性、経済性の追求のみでなく、現況河川やその周辺の自然環境や景観を著しく損なうことがないように配慮すると同時に、自然環境の増進や景観整備に積極的に貢献することも検討する必要がある。

よって、自然環境・景観との調和に関する性能を次のように考えるものとする。

- ①自然環境や景観との調和に配慮すること

(10)河道安定性能

- ①河川堤防及び高水敷の洗掘が生じないこと

(11)その他施設の安全性能

- ①管理上または見学者等に対し安全性を有すること

4. 犬山頭首工における管理実績からの検証

施設の管理者が頭首工を供用開始してから現時点まで、日常の管理の中で実施してきた施設の補修履歴を分析することは、施設の機能・性能を検討するうえで重要な情報源となる。そこで、管理実績（補修履歴）から頭首工の機能・性能について検証を試みることにした。

犬山頭首工は、国営かんがい排水事業「濃尾用

水地区」により昭和38年に完成し、翌39年から農林水産省の直轄管理施設として現在に至っている。

施設の補修履歴は、広域基盤計画調査により把握されており、供用開始から平成14年度までの補修等実績データを使用した。

また、「濃尾用水地区国営造成施設整備事業成績書（昭和49年度～54年度）」に記載されているデータを用い、全ての補修項目について、機能・性能について分類整理し集計した。

補修回数について図-2に示す機能別に整理した結果は、表-1に示すとおりである。

表-1 犬山頭首工の機能・性能（管理実績の分析）

機能	要求性能	管理実績	
		回数	割合
堰の安全性	安定性能	13回	9%
	耐久性性能		
取水機能	取水性能	13回	9%
流水の流下機能	洪水流下性能	2回	2%
	維持流量流下性能		
管理機能	操作性性能	100回	72%
	維持管理性能		
環境との調和への配慮	魚類等遡上性能	6回	4%
	自然環境・景観との調和		
河道安定機能	河道安定性能	2回	2%
その他の機能	施設の安全性能	3回	2%
合計	補修・改修実績	139回	100%

この管理実績を見ると、全体の72%が管理機能に関する性能を維持するための補修に集中していることがわかる。

その内訳をみると、ゲート塗装、電気設備等水管理施設、制水門開閉機交換等施設機械他である。次に多いのは、取水機能と堰の安全性に関する補修が共に9%となっている。

取水機能の維持のための補修内容は、除塵機設置・装置交換、取水口の改良・改修、取水門開閉装置の電動化等が主なものである。

堰の安全性は、弾性板設置、護床工の増設及び補修等である。

また、年度別に見た場合の機能別補修回数は図-3に示すとおりである。

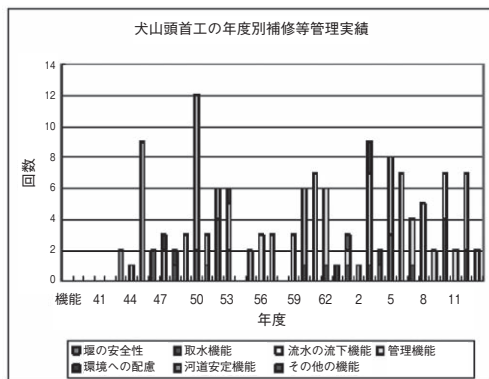


図-3 年度別補修管理実績（回数）

この図から言えることは14～15年毎に補修回数のピークが現れていることである。中でも、堰の安全性に関する機能について、14～15年の補修頻度の傾向が窺える。また、概ね毎年のように管理機能に関する補修頻度が高いことが特徴的である。

一方、補修金額で見た場合、図-4に示すとおり管理機能が補修回数と同様に金額ベースにおいても最も高くなっている。

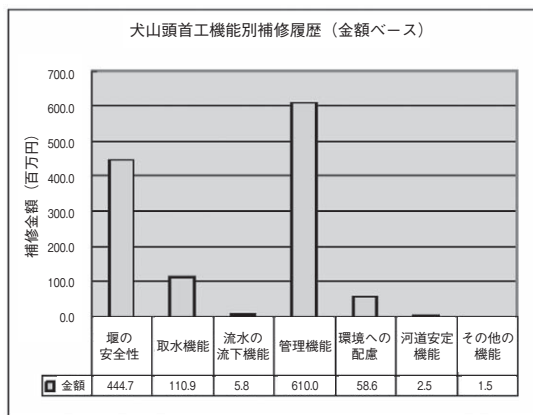


図-4 機能別補修履歴（金額ベース）

内訳を見ると、水管理施設の更新、ゲートの塗装等の費用が目立つ。次に、堰の安全性機能が高く、これは、護床工の増設・補修、弾性板設置による表面補修等に係る費用である。3番目に多いのは取水機能である。これは除塵機設置が主な補修金額となっている。4番目は環境との調和への配慮であるが下流の河床低下に伴い魚道を延長する等の補修を実施している。

これを年度別に見た場合、図-5のとおりである。途中大きな山ができていのは、施設整備による補修によるものである。内訳は、堰の安全性の機能に係る護床工増設・補修、弾性板設置、コンクリート打ち直しといったエプロン表面処理工が主なものである。

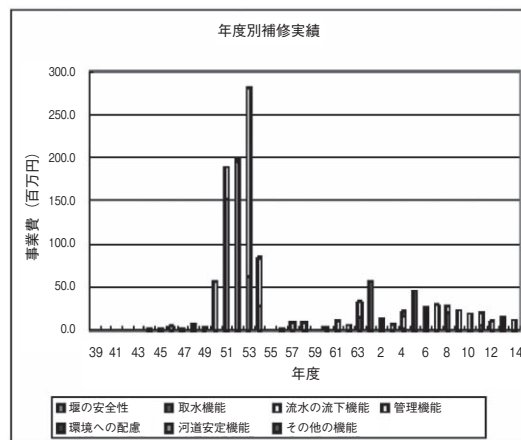


図-5 年度別補修履歴（金額ベース）

以上のことから、犬山頭首工の補修履歴からは、堰下流の河床低下による影響が大きいため、それに起因する護床工の増設・補修、舟通し及び魚道の延長に係る補修費用が大きい。管理機能ではゲート塗装に係る費用が定期的にかかることになる。また、水管理施設に関する電気設備や監視施設に係る費用等に補修経費を要している。

5. 設計基準からの検証

頭首工を管理している現場において、数多くの構成要素からなる頭首工は、取水目的を達成するために、必ずしも必要でない機能に関する施設の補修・改修等を管理者は実質的には行わないと考えられる。頭首工の取水性能の維持を行うために必要最小限の投資をして、どうすることも出来なくなった場合に施設整備事業等を導入するような管理者の行動パターンが窺える。そこで、犬山頭首工の補修履歴から仮定した頭首工の機能・性能と設計基準で示されている内容を比較、検討したところ、ほぼ全部の機能・性能に該当することが明らかとなった。

このことから、管内の他の頭首工についても同様な分析を行うことにより、一般的な頭首工についても同様なことが言えるのかどうかについて検

証することとした。これらの内容については、「8. 管内頭首工を対象とした考察」の中で述べる。

6. 機能診断面からの検証

構造物の機能診断を行う場合、当該構造物に求められる要求性能に対して現況における性能を調査し評価（照査）することになるが、当該構造物の機能を満足するための要求性能を明らかにしないと、何について診断するのかが不明確になる。

ここでは、犬山頭首工の補修工事を事例として、地区調査、全体実施設計、工事着手段階において行われた全ての機能診断調査の内容について整理した。これらの機能診断作業は、それぞれの段階で頭首工の性能評価を行っているものであり、各段階での機能診断資料を分析することにより、犬山頭首工の要求性能を明らかにできるものと考え、機能・性能の評価という観点より分析を行ったものである。

表-2に示すように、犬山頭首工の補修工事を実施するに当たり、これまで実施されてきた機能診断調査の内容を機能・性能の項目に分類し、再編・整理した結果、3. で仮定した要求性能に対し、それぞれの項目すべてに該当していることがわかる。このことから、機能診断調査から見ても、機能、性能を考慮した診断作業であったことが、これらの検討作業を通して明らかとなった。

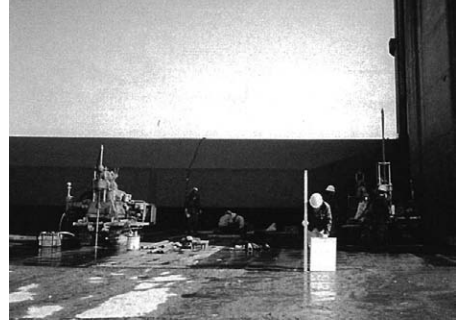


写真-2 機能診断調査状況

表-2 要求性能に対する診断調査内容及び評価

要求性能	診断調査内容	評価結果
1. 安定性能 ①堰体に作用する荷重等に対する安全性（滑動、地盤支持力、転倒）	①-1 地質調査による基礎地盤の支持力確認（ボーリング12孔実施） 岩盤は基盤として問題ない 岩盤の圧縮強度試験 強化凝灰質泥岩 $qu=0.2\sim1.0N/mm^2$ チャート $qu=0.2\sim14.5N/mm^2$ 洪積～新第3期の粘土に相当。N値では10～30に相当 ・堰柱の傾きの調査（基礎地盤洗掘による） ①-2 管理橋設置に伴う堰柱の張出による既設堰柱のコンクリートの健全度調査 コンクリート圧縮強度 最低 $23.0N/mm^2$ 平均 $31.4N/mm^2$ 中性化深さ $6.62mm$ 目視観察結果、張り出しの下に亀裂密度が多い。（モルタル剥離、一部鉄筋露出）	・力学的には基盤として十分な性能を有する ・砂礫層は安定的に構造を支持している ・岩盤は支持力的には十分 基礎の反力 $5.0\sim8.0N/mm^2 <$ 泥岩の最低値 $19.95N/mm^2$ ・堰柱の傾きはなく基礎地盤に問題はない特に問題なし ・堰柱コンクリートは、一部ひび割れが発生しているが、概ね健全であることを確認。 ・堰柱の上流側への張出に対する安定計算の結果、十分な安全性能を保有。
②河床に局所洗掘が発生しないこと ③浸透水によるパイピング防止が可能であること	・下流河床高の低下測定資料収集（上下流水位差が大）及び現地測量 ・ボーリング調査によるエプロン基礎部の空洞確認 ・エプロン基礎部の間隙水圧測定→ゲート開閉操作に伴い、水位変動が間隙水圧に反応することを確認（2～3号可動堰周辺で設計揚圧力以上が発生）	・頭首工下流部河床低下によるエプロン、護床工との落差が約3m生じている。河床洗掘の速度は遅くなっているが、今後も進行する可能性がある。 ・間隙水圧調査により、ゲート開閉による上下流水位差が間隙水圧に影響していることを確認。 ・上下流水位差が大きくなり、動水勾配が大きくなったことからパイピングが発生し、エプロン基礎に空洞が生じた。（動水勾配 $1/6.2$ ） エプロンの安定性の低下が堰体の安定性低下につながる可能性がある

<p>2. 耐久性性能</p> <p>①エプロンを設置する場合は、越流水による堰体上下流部の洗掘に対し、耐久性を有すること</p> <p>②コンクリートは洪水時の土砂の流下に対する耐摩耗性を有すること</p>	<p>頭首工下流部河床の調査資料収集、目視調査及び地形測量等</p> <ul style="list-style-type: none"> ・エプロン摩耗量調査 ・エプロンコンクリート調査 コンクリート圧縮強度：最低 23.7N/mm²、平均 40.0N/mm²、密度：平均 23.49 エプロン表面に亀裂確認 ・エプロンコンクリート調査（劣化部） コンクリート強度 最低 17.7N/mm² 平均 22.7N/mm² 密度 22.43kN/m³ ・施設整備事業による3号、4号制水門下流に設置した弾性板の効果を目視調査により確認 	<ul style="list-style-type: none"> ・支持力的には十分しかし浸透に対してやや軟質な岩盤。下流部露出岩盤は洗掘の問題はなし流水に対する減勢効果あり。 1号～6号制水門摩耗量：0.1m～0.2m（最大0.40m） エプロン表面の摩耗には耐久性の点で性能不足であり、将来的にも摩耗が進む。弾性板については、一部剥がれた板はあるものの、全体的には性能を十分発揮している。
<p>3. 取水性能</p> <p>①取水位置は、管理機能が有利な場所にする</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・既存資料及び現地目視調査による確認 	<p>右岸取水位置は、流水が安定した堰上流約830mの岩盤が露出し流心が安定したヶ所に設置。</p> <p>左岸取水位置は、頭首工から河川内左岸導水路約900mを経て木曾川左岸堤防を横断し導水しており、管理所と頭首工操作室は約900m離れた位置であり、緊急時の指示、対応が遅れる可能性がある。</p>
<p>②設計取水量が取水できる性能を有すること</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・1号～6号制水門機能診断 ・左岸余水吐ゲート機能診断 	<ul style="list-style-type: none"> ・5号、6号制水門は端部が構造的に維持管理できない状態 ・1号～4号制水門は扉体が腐食扉体、戸当り 取り替えを推奨 開閉装置の取り替え 機側操作盤の取り替え ・余水吐ゲートの斜材変形等あり
<p>③取水量の調整が可能な性能を有すること</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・左岸取水樋門調査 扉体の腐食、欠損 ゴムは良好、戸当り；摩耗 電動ブレーキ故障、ギアの歯当り不足 応力不足 ・左岸余水吐ゲート診断 	<p>扉体、戸当り 取替えを推奨 開閉装置の取替え 機側操作盤の取替え</p> <ul style="list-style-type: none"> ・余水吐ゲートの斜材変形等あり
<p>④設計取水水位が確保できること</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・洪水吐ゲート調査 漏水1号ゲート 戸当り損傷5、6号 土砂吐ゲート船通しゲート錆による損傷 ・左岸余水吐ゲート診断 	<ul style="list-style-type: none"> ・交換時期に来ている ・余水吐ゲートの斜材変形等あり
<p>⑤取入口は、土砂や浮遊物等が用水路へ流入しないこと</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・土砂吐制水門機能診断 	<ul style="list-style-type: none"> ・取り替え要する
<p>⑥ゲート、門柱、スクリーン、樋管、取水庭等の施設の維持管理が容易であること</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・資料収集、聞き取り調査、目視調査 	<ul style="list-style-type: none"> ・維持管理に使用するライン大橋は近年交通量が増加し危険性が高まる ・ゲート維持補修困難
<p>4. 洪水流下性能</p> <p>①洪水時に河川の治水上著しい支障を与えることなく洪水を流下できること（設計洪水量、設計洪水水位）</p> <p>②ゲートは、開閉動作に対し確実性を有し必要な水密性、耐久性を有すること</p> <p>③堆積する土砂を短時間に掃砂できる性能を有すること</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・洪水吐ゲート調査 漏水1号ゲート 戸当り損傷5、6号 土砂吐ゲート舟通しゲート錆による損傷 洪水吐1号2号ゲートは損傷が大きい（底盤面損傷15mm） 	<p>扉体、戸当り 取替えを推奨</p> <p>施設更新手引き 板の変形 <4.5mm <15mm 桁の変形 <3.0mm <15mm 1、2号ゲートは取り替えが必要</p>
<p>5. 維持流量流下性能</p> <p>①流水の安全な流下ができる性能を有すること</p>	<p>同上</p>	<p>同上</p>

<p>6. 操作性性能</p> <p>①ゲートの円滑な操作性性能を有すること</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・左岸取水樋門調査 扉体の腐食、欠損 ゴムは良好、戸当り：摩耗 電動ブレーキ故障、ギアの歯当り不足 応力不足 ・資料収集及び聞き取り調査等 上流水位を EL37.0～EL37.1m の範囲で管理する 必要があり、既往ゲート操作頻度の調査・検討 ・魚道ゲートは機側操作となっている 	<ul style="list-style-type: none"> ・開閉装置の取替え 機側操作盤の取替え ・近年頻繁に発生する中小洪水に対して、30m 幅の制水門で上流水位一定は調整困難 ・遠隔操作の必要性がある
<p>7. 維持管理性能</p> <p>①計測性能を有すること（流量、降水量等）</p> <p>②除塵が可能な性能を有すること</p> <p>③夜間においても管理可能であること</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・聞き取り調査等 上流側に水位計があるのみ。流量把握が困難 ・聞き取り調査等 ” 	<p>河川流量の計測がゲート開度からの計算でしかできない</p> <p>問題なし</p> <p>問題なし</p>
<p>④安全性を有すること</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・近年の交通量の増大について、交通量調査、 ・管理安全上聞き取り調査。” 	<p>ライン大橋を徒歩による管理作業に危険あり 水管理施設が旧式であり緊急時の対応に問題が生じる危険性あり</p>
<p>8. 魚類遡上性能</p> <p>①河川に生息する魚介類の移動が可能な性能を有すること</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・魚類に対する配慮検討（近傍頭首工との比較） 	<ul style="list-style-type: none"> ・左岸にある現況魚道1本では環境への配慮不足
<p>9. 自然環境、景観への配慮</p> <p>②自然環境や景観との調和に配慮すること</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・オオサンショウウオの保全対策検討調査 生息環境調査、保全対策調査を実施 	<p>工事中のオオサンショウウオへの配慮要する</p>
<p>10. 河道安定性能</p> <p>①河川堤防及び高水敷の洗掘が生じないこと</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・高水敷左岸護岸について、河床低下部の状況目視調査 ・右岸堤防法尻からの漏水調査（水質、漏水量） 	<ul style="list-style-type: none"> ・下流部河床低下により護岸根入れ不足。そのまま放置すれば倒壊のおそれあり。 ・右岸地下水と河川上流からの廻り込みの水との混合された水質であり、工事によるオオサンショウウオへの影響が懸念されるため今回工事には含めない。
<p>11. 付帯施設の安全性能</p> <p>①管理上または見学者等に対し安全性を有すること</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・近年の交通量の増大について、交通量調査、聞き取り調査。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ライン大橋を徒歩による管理作業に危険あり

7. 要求性能と対策の関係

犬山頭首工で実施された機能診断調査と評価結果から、それぞれの要求性能に対する対策工法について、実際に採用している補修工法の間接関係を整理すると次のとおりである。

(1)安定性能

①堰に作用する荷重等に対する安全性

堰の基礎地盤の支持力は地質調査により十分な性能を有することが確認されている。堰柱の上流側に管理橋を設置する関係上、堰柱を上流側に張出しすることに対する安定計算の結果では十分な安全性能が確保されている。

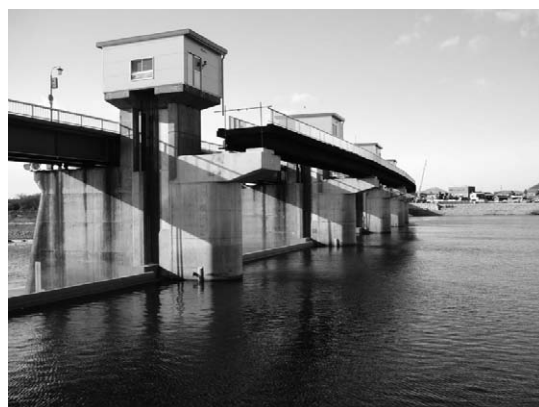


写真-3 堰柱張り出し

②河床に局所洗掘が発生しないこと

頭首工下流部の河床低下によるエプロンと護床工との落差が約3m生じているため、護床枠内に護床ブロックを設置するとともに、護床枠外の洗掘ヶ所の埋戻し及び護床ブロックの範囲を下流側に延長することにより、下流河床とのすりつけと高速流を減勢し洗掘防止を図る。



写真-4 護床ブロックの増設

③浸透水によるパイピング防止が可能であること

エプロン基礎部にパイピングが発生し空洞が生じていることから、エプロンの安定性の低下による堰本体への安定性低下（偏心荷重がかかったり、変位が生じる恐れがある等）に繋がる可能性があるため、止水鋼矢板による浸透路長の確保、エプロン基礎の空洞部の充填を行う。

(2)耐久性性能

①エプロンを設置する場合、越流水による堰体上下流部の洗掘に対する耐久性を有すること
堰下流部の護床枠内へブロックの設置と護床工の延長、増設により洗掘防止を図る。



写真-5 エプロン摩耗状況

②コンクリートは洪水時の土砂の流下に対する耐摩耗性を有すること

施設整備により設置した制水門2門（3、4号）直下流部における弾性板の剥離補修を行う。また、エプロン勾配変化点の摩耗が激しいことから設置範囲の拡大と他の2つ（1、2号）の制水門下流部にも弾性板を新設する（写真-6）。勾配変化点から下流については、圧縮強度が30N/mm²のコンクリートを厚さ30cmに打ち換える。

(3)取水性能

①取水位置は管理が有利な場所とする

現在の管理所は頭首工操作室から約900m離れており、緊急時の指示や対応が遅れる可能性がある。このため、頭首工左岸側にある操作室の横に管理所を増設する。

②設計取水量が取水できる性能を有すること

③取水量の調整が可能な性能を有すること

④設計取水水位が安定して確保できる性能を有すること

②～④については、5号、6号制水門の端部は構造的に点検・補修作業等維持管理ができないため端部を取替える。また、1号～4号制水門は扉体に腐食が生じていることから、全部取替えることとする。さらに、左岸余水吐ゲートは斜材変形等があり取替えるとともに、全門の戸当たり、開閉装置の取替えを行う。

⑤取水口は土砂や浮遊物等が用水路へ流入しないこと

土砂吐ゲートの取替えを行う。

⑥ゲート、門柱、スクリーン、樋管、取水庭等の施設の維持管理が容易であること

ゲートの維持補修等が困難であるため、点検・補修等が容易であること（例えば、予備ゲートが設置できるような設備を設ける等）。

(4)洪水流下性能

①洪水時に河川の治水上著しい支障を与えることなく洪水を流下できること

②ゲートは、開閉動作に対し確実性を有し必要な水密性、耐久性を有すること

③堆積する土砂を短時間に掃砂できる性能を有すること

①～③は、(3)取水性能と同じように、5号、6号制水門の端部は構造的に維持管理できないため端部を取替える。1号～4号制水門は扉体の腐

食により全部取替えるとともに、全門の戸当たり、開閉装置の取替えを行う。

(5)維持流量流下性能

- ①流水の安全な流下ができる性能を有すること
(4)と同じ

(6)操作性能

- ①ゲートの円滑な操作性能を有すること

近年頻繁に発生する中小洪水に対し、30m幅の制水門（ローラーゲート）で上流水位を一定に維持するため調整作業（操作）は極めて困難であり、管理者の熟練を要することから、フラップゲート付の2段ゲート2門とする。また、開閉装置、機側操作盤等の取替えを行う。

(7)維持管理性能

- ①計測性能を有すること

下流部に水位計を設置し、洪水時に上下流水位差による河川流量の計測を可能とする。また、左岸導水路にも水位計を設置し、流量計測が可能とする。

- ②除塵が可能な性能を有すること

- ③夜間においても管理が可能であること

②と③については、現在の管理施設の性能評価を行ったところ十分要求性能を満たしているため、現行通りとした。

- ④安全性を有すること

日常管理する上で、ライン大橋を管理者が歩行しながら行う管理作業は一般交通車輛が多く危険であるため、上流側に管理橋を新設する。また、水管理システムが旧式であり緊急時の対応にも問題が生じる危険性があるため新システムの導入を図る。

(8)魚類等遡上性能

- ①河川に生息する魚介類の移動が可能な性能を有すること

魚道が左岸側に1本あるのみで、上下流への移動障害が生じやすいため、右岸側にも魚道を1本増設する。

(9)自然環境、景観への配慮

- ①自然環境や景観との調和に配慮すること

工事中におけるオオサンショウウオや魚類等への影響が生じないように、工事中の汚濁防止フェンスの設置、工事の実施時期の調整やモニタリングを行う。必要な場合は、一時的な飼養施設の確保等を行う。

(10)河道安定性能

- ①河川堤防及び高水敷の洗掘が生じないこと

左岸護岸の根入れ不足による倒壊の危険性があるため、根固め工を行う。

(11)付帯施設の安全性能

- ①管理上または見学者等に対し安全性を有すること

上流側への管理橋の設置により一般交通から分離し安全性を確保する。

このように、犬山頭首工に求められる要求性能を整理し、これらに対応した性能確認を行うための診断調査について比較検討したところ、各々明確に整理することができた。また、性能確認のための診断調査結果の評価と対策の考え方及び対策工法についても一連の考え方のもと整理することができた。このことから、機能・性能に着目し、各々に求められる要求性能に対し、現在の頭首工が保持している性能を評価する方法が、極めて合理的であることが明らかとなった。

8. 管内頭首工を対象とした考察

施設の長寿命化、管理費用の負担の節減を図り、またライフサイクルコストを下げるため、補修実績（補修内容及び費用）の分析を行うことは、頭首工の構成要素毎の性能評価を行う上で極めて重要である。

管理実績から最も費用を要する補修・修繕内容を分析することは、適切な時期に、適切な材料を使用し、適切な方法で補修を行うことにより施設の長寿命化の検討を行うことが可能となる。また、設計時点で求める性能の再検討の素材となる。

ここでは、東海農政局管内における頭首工を対象とし、供用開始から現時点までの管理実績（補修履歴）データを分析するものとする。データ収集については、頭首工の現地調査も兼ねて平成17年12月中・下旬に、岡島頭首工、明治頭首工、粟生頭首工、中勢第三頭首工を対象に管理者への調査依頼を行った。

次に、その概要を述べるとともに、図-2に示す頭首工の機能・性能の分類について同様のことが言えるのかどうかについて検証作業を行った⁶⁾。管内における頭首工の補修回数とその費用について、表-3、4ならびに図-6、7に示す。

表-3に示すように補修回数では、どの頭首工においても管理機能に関する内容の割合が高い。具体的内容についてみると、維持管理性能が約5

割弱で最も多く、操作性性能2割を併せた計7割が管理機能で占める。

これら5つの頭首工の管理実績データから言えることは、安定した管理機能を維持するために、それぞれの頭首工管理者は補修時期の判断を、頭首工の管理現場毎に行っていることである。このような内容を精度良く分析することにより、要求性能と設計供用年数を明らかにし、ライフサイクルコストの低減につなげる必要があると判断される。

表-3 管内頭首工の機能・性能別分類 (補修等回数ベース)

機能	性能	犬山	岡島	明治	粟生	中勢第三	計
堰の安全性	安定性能	2	2	0	2	0	6
	耐久性能	11	0	1	7	0	19
取水機能	取水性能	13	8	15	11	9	56
	洪水流下性能	2	0	0	1	2	5
流水の流下機能	維持流量流下性能	0	0	2	0	0	2
	操作性性能	21	28	18	9	2	78
管理機能	維持管理性能	79	12	56	17	11	175
	魚類等遡上性能	6	3	0	3	0	12
環境への配慮	河道安定性能	2	1	0	8	0	11
その他の機能	施設の安全性	3	0	1	2	0	6
合計		139	54	93	60	24	370

表-4 管内頭首工の機能・性能の分類 (補修項目の分析)

機能	性能	犬山		岡島		明治		粟生		中勢第三		計	
		金額	率(%)	金額	率(%)	金額	率(%)	金額	率(%)	金額	率(%)	金額	率(%)
堰の安全性	安定性能	4.8	0.4	0.4	0.4	0	0	26.2	3.5	0	0	31.4	1.2
	耐久性能	439.9	40.7	0	0	9.0	1.3	371.1	49.5	0	0	820	30.8
取水機能	取水性能	110.9	10.3	30.1	29.8	81.8	12	72.1	9.6	13.8	28.3	308.7	11.6
	洪水流下性能	5.8	0.5	0	0	0	0	0	0	14.9	30.5	20.7	0.8
流水の流下機能	維持流量流下性能	0	0	0	0	27.2	4	0	0	0	0	27.2	1
	操作性性能	335.3	31.1	33.9	33.5	141.2	20.8	56.5	7.5	0.3	0.6	567.2	21.3
管理機能	維持管理性能	120.5	11.2	36.3	35.9	413.7	60.8	157.6	21.0	19.8	40.6	747.9	28.1
	魚類等遡上性能	58.6	5.4	0.3	0.3	0	0	0	0	0	0	58.9	2.2
環境への配慮	河道安定性能	2.5	0.2	0.1	0.1	0	0	62.3	8.3	0	0	64.9	2.4
その他の機能	施設の安全性	1.5	0.1	0	0	7.4	1.1	4.6	0.6	0	0	13.5	0.5
合計		1080	100	101.1	100	680.3	100	750.4	100	48.8	100	2660	100

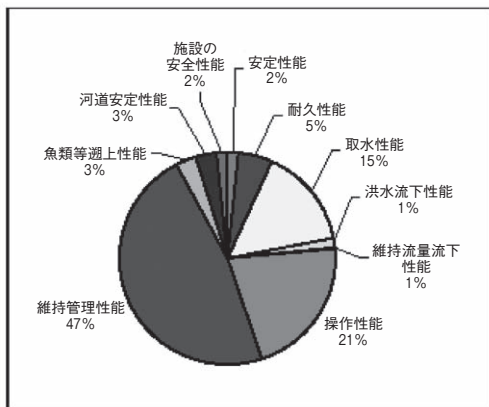


図-6 管内頭首工における機能・性能分類 (補修等回数ベース割合)

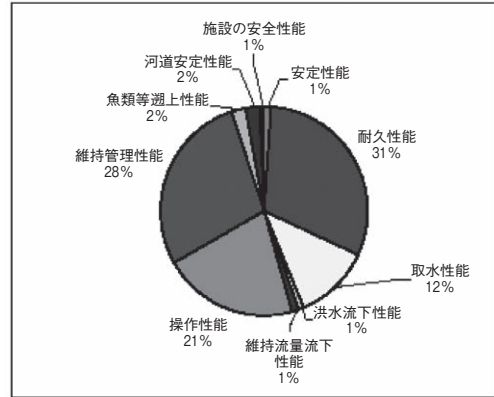


図-7 管内頭首工における機能・性能分類 (補修等金額ベース割合)

補修金額ベースでは、管理機能に係る費用（維持管理性能28%、操作性性能21%）が最も多く、次に堰の安全性（特に耐久性）に要する費用が31%と多い。この3つの性能に関わる補修が全体費用の8割を占めている。耐久性に係る補修内容は、河床低下に伴う護床工増設・補修が2事例、エプロンの摩耗に伴う補修が1事例であった。

また、安定した取水を可能とするため、頭首工上流の水位を一定にすることが必要であるが、このための対策が4事例あり、残りの頭首工もこのための改修要望が出されている。

また、管理機能の内容をみると、水管理施設等操作性性能に係る部品交換、補修等の回数が多いが、費用面ではゲートの塗装とそれに係る仮締切に要する費用の割合が高い。

これらのことから、今後、頭首工の更新に当たっては、必要な性能を維持することは勿論であるが、設計供用年数内における交換、補修費用を少なくする技術開発が望まれる。

以上の検討結果から、図-2に示した頭首工の機能・性能に関する分類は、5つの頭首工の管理実績データの分析及び各頭首工の管理者からの聞き取り調査結果から見ても、概ね妥当であることが明らかとなった。

犬山頭首工における補修履歴、機能診断と対策及び基準とを対比して作成した頭首工の機能・性能は、他の4つの頭首工においても合理的に説明することができた。これらのことから、頭首工の性能規定化に当たっては、図-2を基本として作業を進めることが妥当と判断される。

なお、頭首工管理者からの聞き取り調査は、東海農政局土地改良技術事務所に設けている「管内頭首工技術研究会」における検討内容を参考とした。

9. まとめ

前述したように、管内頭首工における管理実績、犬山頭首工補修工事の機能診断調査及び設計基準「頭首工」等のデータを用いて検討した結果、仮定した頭首工の機能・性能が概ね妥当であることが明らかとなった。

今後は、地域条件の異なる他の頭首工の管理実績等についても調査検証を行うことにより、頭首工の性能規定化ができるものと考えている。

今後、このようなデータを収集し連続的な蓄積を行うことにより、頭首工の性能規定化作業を進める必要があると思われる。

また、これまでの管内頭首工の管理実績から、頭首工に関する様々な分野での幅広い調査研究、技術開発が必要なことが明らかとなった。例えば、耐久性能に係る耐摩耗性の材料についての技術開発、水管理施設の更新、ゲート塗装がしやすい設備の工夫等があげられる。

最後に、本報文をまとめるに当たって、貴重な

ご意見をいただいた各土地改良区等関係者の皆様
に感謝申し上げます次第である。

参考文献

- 1) JIIDBOOKS：水土の知を語る VOL.6,
（財）日本農業土木総合研究所 p6（2003）
- 2) 本城勇介他：「性能設計概念に基づいた構造物
設計コード作成のための原則・指針と用語（通
称「code PLATFORM Ver.1」）」の開発,
第5回 JCOSSAR論文
- 3)（包括基礎構造物設計コード：
「地盤コード21 Ver.1」）最終報告書：
平成11年度科学研究費補助金基盤研究：
pp7-9（2000.3）
- 4) 北田他：犬山頭首工補修工事に係る機能・性能
に関する考察：
平成17年度農業土木学会講演会講演要旨集：
pp598-599（2005）
- 5) 米山元紹：技術体系再構築の時代：
JAGREE No.68：pp98-99（2004）
- 6) 齋藤雅敏他：
「頭首工の機能・性能に関する考察」：
農業土木学会京都支部第63回研究発表会予定
（2006）

かんがい用水は、岩木川とその支流である後長根川、旧大峰川、山田川及びため池等に依存しているが、営農形態の変化及び流域開発に伴う流出形態の変化等により、恒常的な水不足を生じている。

また、本地区の受益の約2/3を占める6,970haの水田は、標高0.3m～10mの低位部に位置し、降雨時にたびたび湛水を生じている。

加えて、農業用排水施設は前歴事業である国営西津軽農業水利事業により昭和30年代から50年代の間に造成されたもので、冬期間の積雪や日本海からの偏西風といった厳しい自然条件もあり、老朽化が進んでいる。

このため、本事業及び関連事業により、津軽ダム（特定多目的ダム）に水源を依存して不足水量を確保し、頭首工、揚水機及び用水路等の改修を行い、用水の安定供給を図るとともに、排水機及び排水路の新設・改修を行い、水田の高度利用等を促進し、地域農業の生産性の向上と農業経営の安定を図ることを目的としている。

(2)地形・地質概況

津軽平野は北に津軽山地、西に岩木山、東に八甲田山、南を白神山地に囲まれた南北に長い地形を有し標高は0～40mである。

津軽平野は、その大半が岩木川の氾濫堆積物によって構成されたもので、上流部の弘前市周辺は扇状地帯で砂礫槽が多く堆積し、五所川原市以北は、シルト、粘土を主とする氾濫原、堤間湿地等による三角州低地である。

(3)土淵堰用水路の概要

土淵堰用水路は、約360年前の正保元年（1644年）に開削された歴史的な水利施設でもある。



写真-1 現況（改修前）の土淵堰用水路

青森県弘前市の「菟中放水門」から北津軽郡鶴田町に位置する「野木定盤」に至る全長14.6kmの水路であり、昭和18年度から昭和44年度にかけて行われた国営西津軽一期農業水利事業により改修され現在に至っている。

同施設は、その水源を岩木川から受けており、青森県を代表する水田地帯である西津軽地域の水田を潤す疏水でもある。その歴史や規模から「疏水百選」にも選定されている。

現況施設は土淵堰用水路の水路幅が8～12mと広いこともあり、コンクリートブロック積水路やコンクリート矢板護岸水路を用い整備されている。

当時事業に携わった方々の話によると、前歴事業を実施した昭和40年頃は、三輪自動車やトロッコで工事用資材を運搬していた時代であり、工法選定の際は、いかに運搬可能な資材を選択するかという点が重要視されたとのことであった。

さらに1枚1mの幅のコンクリート矢板や打ち込み機械も、十分に開発・普及していなかったこともあって、コンクリートブロック積や幅50cmのコンクリート矢板での護岸整備が主流をなしていたという経緯がある。

(4)環境との調和に配慮した事業実施の考え方

土淵堰用水路が所在する弘前市の田園環境整備マスタープランでは、土淵堰用水路は環境創造区域となっている。そこで土淵堰用水路の更新に当たっては、土淵堰用水路全線にわたって通水能力確保と生態系保全に配慮するものの、環境条件等を勘案し

- 1) 生態系配慮区間
- 2) 住宅区間
- 3) 景観配慮区間
- 4) 通水量確保区間

の4つにゾーニングし、メリハリをつけた整備をすることとしている。

2. 土淵堰用水路の更新設計

(1)水路改修計画

水路更新基本計画の策定に際しては、下記の3点に特に留意した。

- 1) 通水量の増量（約2.8m³/s）という水利的要求機能を満足しつつ、水理的・構造的にも安定した施設とすること。
- 2) 土淵堰の歴史や環境に配慮しつつ、新規用地

取得が生じないよう現況を活かした平面計画とすること。

- 3) 水路断面の決定は、横断構造物や地域の排水に支障を来さないよう配慮する必要があること。

現況の水利慣行を大きく変えることなく、かつ環境面にも配慮することから、現況の断面を踏襲する護岸水路方式を基本とすることとした。

また、水路幅が約8～12mと比較的広い水路であるため護岸水路方式が経済的にも有利な傾向となる。

表-1に現況・計画用水諸元対比表を示す。

表-1 現況・計画用水諸元対比表

項目	現況	計画
最大流量 (m³/s)	15.180	18.006
水路勾配 (I)	1/1,500	1/1,500
水路底幅 (m)	7.70	8.00
水路上幅 (m)	9.20	10.40
水路法勾配	1:0.5	1:0.6
壁高 (m)	1.50	2.00
水深 (m)	1.28	1.70
流速 (m)	1.43	1.18

(2)更新設計

前述のような経緯もあってコンクリートブロック積水路を基本として更新設計を行った。

更新にあたっては、土地改良事業計画設計基準設計「水路工」平成13年2月（以下、設計基準「水路工」という）を適用基準とした。

設計基準「水路工」では、水路施設の安定は構造物に作用する荷重に対して下記の安全条件を、それぞれの施設が満足するよう決定しなければならないとしている。

- 1) 転倒に対して安全であること
- 2) 滑動に対して安全であること
- 3) 沈下に対して安全であること
- 4) 浮上に対して安全であること
- 5) その他

(3)更新設計での課題

設計基準「水路工」では、「水路内水位による浮力を考慮して、その安定を検討すること。」と明記されている。

浮力作用時の滑動検討において、コンクリートブロック積水路では、不安定となるケースが多く、

コンクリートブロック積水路を使用できる適用範囲が狭まってしまった。

滑動に対する安定性は、次の式により検討を行う。

図-2に滑動に対する安定の模式図を示す。

$$F_s \leq \Sigma V \cdot f / \Sigma H$$

ここに、 F_s : 安全率1.5

ΣV : 全鉛直力

ΣH : 全水平力

f : 摩擦係数

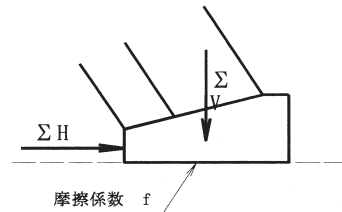


図-2 滑動に対する安定の模式図

この式から解るように、水平力に抵抗する力は、鉛直力と摩擦係数のみである。水路内水位による浮力が作用した場合、鉛直力 V が激減することとなり、水平力に抵抗できなくなってしまう。

コンクリートブロック積水路は転倒、沈下、浮力に対しては安定しており、経済性、環境面等でも有利な傾向にある。

コンクリートブロック積水路に滑動に対する何らかの対策を講じ、従来と同様にブロック積水路が適用できるように検討を行った。

(4)滑動対策の設計案

1) 底張コンクリート案

滑動の問題点を解決する方法として、底張コンクリートの設置が考えられる。底張コンクリートを設置した場合には、滑動に対する検討を省略出来ると設計基準「水路工」に記載されている。

しかし土淵堰用水路は、二面張水路を原則としている。また、3面をコンクリートで装工すると工事費が割高となる。

2) 支梁コンクリート案

水路全面に底張コンクリートを打設せずに3.0mピッチなどで、支梁コンクリートを設置する方法も考えられる。図-3に支梁コンクリート平面図を示す。この工法は水路全面を締め切り仮排水する必要があることから、施工性が悪く工事費が割高となる。

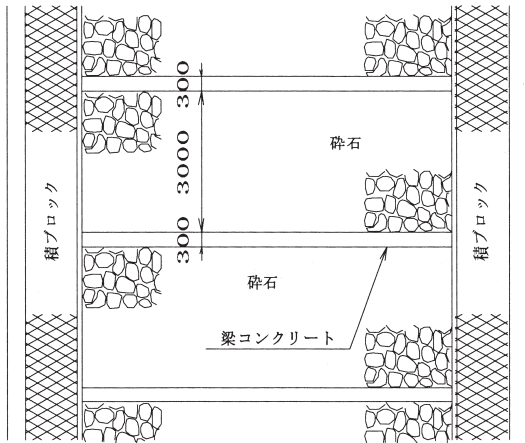


図-3 支梁コンクリート平面図

3) 基礎傾斜案

基礎傾斜案は、基礎コンクリートの底面を10～15°程度傾斜させることによって、水平力に抵抗させる構造である。図-4に基礎傾斜案断面図を示す。

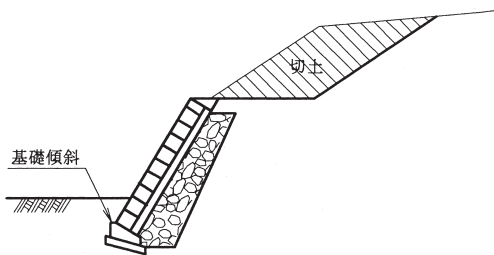


図-4 基礎傾斜案断面図

この案は、基礎を傾斜することによって安全率を向上させることができるが、「基礎地盤が良質（岩、砂礫）であること」と「背面土が低く土圧が小さいこと」が条件である。今回設計した区間は、砂礫層では背面土が高く、それ以外では軟弱な地盤であるため碎石等による置換工法を必要とし、工事費が割高となる。

4) ジオテキスタイル案

この滑動に対する対策としては、「基礎コンクリートの前面で水平力を抑止する」か「基礎コンクリートの背面で滑動しようとする基礎コンクリートを引っ張る」か、の2つの考え方がある。

前述した3案は全て「基礎コンクリート前面で水平力を抑止する」工法であるが、今回の検討では工事費が割高となる傾向となった。

「基礎コンクリートの背面で滑動しようとする基礎コンクリートを引っ張る」方法で注目したのが、補強土壁工法に用いるジオテキスタイルである。

道路擁壁等で実績がある「補強土壁工法」の考え方を「コンクリートブロック積水路工法」へ応用出来ないかと発想し、設計検討を試みることにした。

(5) ジオテキスタイルの設計検討

1) ジオテキスタイルとは

ジオテキスタイルとは高分子系の材料を素材とした土木用繊維材料である。素材、形状、製造方法等により、織布、不織布、ジオネット、ジオグリッドに分けられる。

2) ジオテキスタイルの機能

ジオテキスタイルは、次の6つの機能を有している。

- ①排水機能：降雨や地盤中の余剰水等、構造物の機能上不要な水を集水し、排出する機能
- ②ろ過機能：水の流れによる土粒子の流れを抑制し、水のみを通過させる機能
- ③分離機能：粒径の異なる、又は性状の異なる土層の相互混入を防ぐ機能
- ④補強機能：ジオテキスタイルの持つ引張及び摩擦特性により土等の安定を向上させる機能
- ⑤保護機能：構造物の部材の損傷を防ぐ機能
- ⑥遮水機能：溜池や廃棄物処理施設などにおいて、廃液・水の土構造物への浸透を防ぐ機能

3) ジオテキスタイルを用いた設計

ジオテキスタイルの設計検討に当たり財団法人土木研究センター「ジオテキスタイルを用いた補強土の設計・施工マニュアル改訂版」（以下「ジオテキスタイル設計マニュアル」と称す。）を参考とした。

補強土壁工法のジオテキスタイルには、図-5に示すような「内的安定」と、図-6に示すような「外的安定」に応ずる働きに対する検討が必要である。

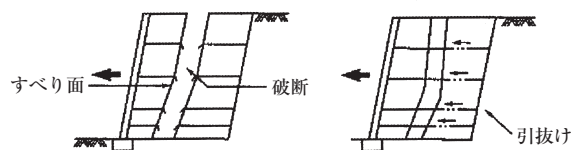


図-5 内的安定

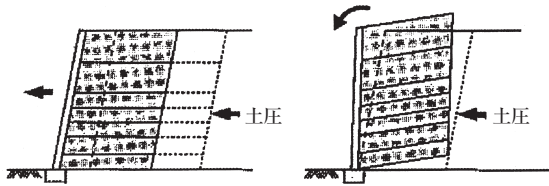


図-6 外的安定

ジオテキスタイルの機能の中で、今回のコンクリートブロック積みの滑動に抵抗するように応用した場合は、壁面体が引抜けようとする力に抵抗する引抜抵抗力（内的安定）であり前述補強機能に該当する。

引抜抵抗力は、ジオテキスタイルと土との摩擦係数によって算定される。図-7に、引抜抵抗力の概念図、以下にジオテキスタイル必要定着長の算定式を示す。

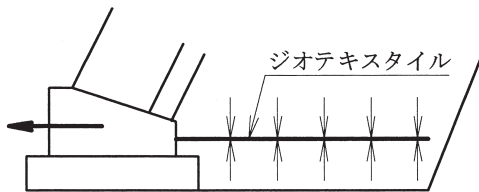


図-7 引抜抵抗力概念図

$$Le = \frac{Fs \cdot T}{2(\alpha_1 c + \alpha_2 \sigma_v \tan \phi)}$$

- ここに、 Le : ジオテキスタイルの定着長
- Fs : 引き抜けに対する安全率2.0
- T : ジオテキスタイルに要求される引張力
- σ_v : 土とジオテキスタイルの接触面での鉛直力
- c : 背面土の粘着力
- ϕ : 背面土のせん断抵抗角
- α_1, α_2 : 補正係数

この計算で必要定着長を求めると、ジオテキスタイルの必要長が長くなり、背面土を大きく掘削しなくてはならなくなった。このことは、安定している地山を掘削することとなり、構造上得策とはいえない。よって図-8に示すようにジオテキスタイルを2段敷く構造とし、その長さの合計で必要定着長を確保することとした。

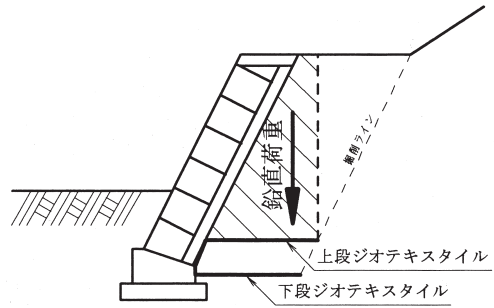


図-8 ジオテキスタイル2段構造

基礎コンクリートとジオテキスタイルの結合は、単管パイプにジオテキスタイルを巻付け、鉄筋棒で連結させたものを基礎コンクリート内に埋込む構造とした。基礎コンクリートの角でジオテキスタイルを傷つけないように、捨型枠を設置する構造とした。図-9に接合部断面図を示す。

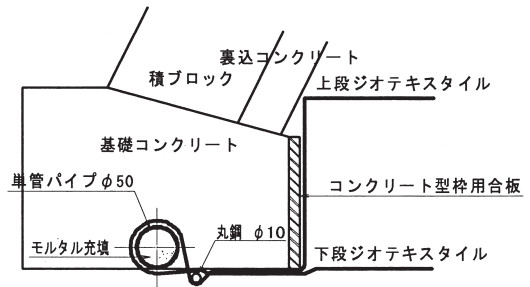


図-9 ジオテキスタイル接合部断面図

土とジオテキスタイルの接触面の鉛直力 σ_v を確保するため、ジオテキスタイルで補強する箇所は碎石で置き換えた。

冬季間の気候（積雪・気温等）の影響に対し、品質が安定している碎石を用いた置き換えにより、構造的安定に加え、冬季間の施工性が確保された。

図-10に標準断面図を示す。

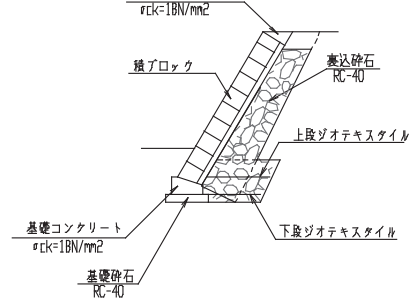


図-10 標準断面図

3. 施工管理方法及び施工状況

(1) 施工管理

施工管理は以下に述べる5段階で行った。

1) 施工時の注意事項を特別仕様書で下記のとおり明記した。

「ジオグリッドの敷設に当たっては、単管パイプと丸鋼を用い、しっかり密着するよう編み込みを行わなければならない。」

「ジオグリッド敷設後、速やかに基礎コンクリートを打設しなければならない。」

2) 施工計画書提出時に請負者の施工方法を確認した。

3) 材料納入前の確認行為

材料納入前にカタログで所定の強度を持つジオテキスタイルか確認することを特別仕様書に記載した。

4) 施工段階での確認行為

掘削終了時点とジオテキスタイル敷設時点で監督職員が現地で確認を行うよう特別仕様書に記載した。

5) 施工管理基準を契約図書に明示

ジオテキスタイルに関する施工管理基準は「土木工事施工管理基準～農林水産省農村振興局整備部設計課～」に記載されていないことから、「ジオテキスタイル設計マニュアル」を参考に策定し契約図書（図面）に明示した。

①土とジオテキスタイルの接触面を確保するため、「土との上段ジオテキスタイルの設置長さは1.10m、下段ジオテキスタイルの設置長さは1.00m以上確保すること。」と記載した。

②上段ジオテキスタイルと下段ジオテキスタイルとの間の基礎碎石の十分な投入と締め固めを確保するため、施工管理基準の盛土工に準拠し「上段ジオテキスタイルと下段ジオテキスタイルの基礎の厚さについては、300mm±30mmとする。」と記載した。

③最終的な出来形を確認するために「出来型図面、数量を監督職員に報告すること。」と記載した。

(2) 施工状況

以下に施工時の写真をもとに施工状況を記す。

1) 当工事の場合、材料はロール状で現場に搬入。
(写真-2)



写真-2 材料納入状況

2) 材料を所定の長さに切断する。カッターで切断できるため現場加工が容易であり施工性に優れている。(写真-3)



写真-3 現場加工状況

3) 折り返したジオテキスタイルに、モルタル詰めした単管パイプを挿入する。(写真-4)



写真-4 単管パイプ設置状況

- 4) 現場加工したジオテキスタイルを所定の位置に設置している。作業は人力による。(写真-5)



写真-5 ジオテキスタイル設置状況

- 5) 先に記載した接合部断面図(図-9)で示した状態でジオテキスタイルが基礎コンクリートに密着しているか確認する。(写真-6)



写真-6 基礎コンクリートとの密着状況

- 6) ジオテキスタイルと基礎コンクリートを施工し、碎石の締め固めを行った後は、従来のコンクリートブロック積水路と同様に人力でコンクリートブロックを積み上げていく。(写真-7)



写真-7 コンクリートブロック敷設状況

- 7) コンクリートブロック積水路の工事完了。(写真-8)



写真-8 工事完了後

4. 施工後のモニタリング調査について

(1) 地滑り計測用の伸縮計の設置

今回のジオテキスタイルを用いたコンクリートブロック積水路工法が滑動に対して有効に作用しているかを検証するために、水路天端の変位を観測する。

観測方法は地滑り計測用伸縮計を設置し挙動変位を計測した。

地滑りによる地表の傾斜変動は、一般に肉眼観察で判定できるようになる前から始まっていると言われている。この初期の傾斜変動を捉えて測定することが必要となる。

地滑り計測用の伸縮計は、伸縮計の一端(固定杭)を動いていないと見られる地点に設置し、もう一端(移動杭)は地滑り地と見られる地点に設置する。



写真-9 観測計器設置状況

伸縮計と移動杭をインバー線で張り、移動杭の移動量を電気出力とする変換器方式で、計測する。測定許容温度範囲は -10°C ～ $+70^{\circ}\text{C}$ までであり、測定誤差は $\pm 10^{\circ}\text{C}$ の温度変化で 0.5mm 以下である。写真-9は地滑り計測用の伸縮計の設置状況である。設置に際し、冬期間の雪対策も考慮し養生囲いを設置した。

(2)計測結果

測定開始日（平成17年6月7日）から5ヶ月（平成17年11月7日）までの計測結果であるが、右岸側に設置した伸縮計の測定結果は測定開始日を基準として最大値 $+0.2\mu\text{mm}$ 、最小値 $-0.5\mu\text{mm}$ であった。

左岸側の測定結果は測定開始日を基準として最大値 $+0.2\mu\text{mm}$ 、最小値 $-1.3\mu\text{mm}$ であった。

いずれも測定誤差の範囲内であり、今後とも監視は必要であるものの、現時点では滑動に対して安定していると考えている。

5. おわりに

最後にジオテキスタイルを用いたコンクリートブロック積水路工法に考察を加える。

環境面に与える影響であるが、従来の水路底内に支梁等のコンクリート構造物を埋設することと比べると環境面への負担が少ないと考えている。

他にも基礎傾斜面の背面土の開削に比べても、残土処理量が殆ど発生しないことから、環境面への負担が少ないと考えており、総じて環境面に対しては負担の少ない工法と考えている。

耐用年数に関しては、ジオテキスタイルの耐用年数は50年以上と考えられている。比較的日光に弱いとの説もあるが、今回の場合は、地中に埋設するという環境下であることから、日光の影響は受けない。さらにメーカーカタログによれば、バクテリアや腐食に対しても抵抗力があるとのこと、耐用年数も十分な機能を有するのではと考えている。

維持管理面に関しては、一般土木構造物と同様に施工段階で構造物と一緒に設置するだけであるのでメンテナンスフリーであり、維持管理面も優れていると考えている。

参考とした「ジオテキスタイルを用いた補強土壁工法」の施工実績は垂直から5分勾配が多く、今回のような農業用水路の水路護岸も同程度の勾配であることから、工法として相性がよいのではと考えている。

本工法の適用に際しては、背面がある程度掘削できる地形条件であることがあげられ、背面に工事用地を用意できない場合は別途の検討が必要となる。

今後この工法を定着させるためには、地質条件等が違った場所での、試験施工、動態観測が必要であると考えている。

参考文献

- 1) 土地改良事業計画設計基準・設計「水路工」基準書・技術書、平成13年2月、農林水産省農村振興局、P283～P285
- 2) よりよき設計のためにここが知りたいQ&A、平成15年4月、農林水産省農村振興局整備部設計課施工企画調整室、P32
- 3) ジオテキスタイルを用いた補強土の設計・施工マニュアル改訂版、平成12年2月、ジオテキスタイル補強土工法普及委員会・財団法人土木研究センター
- 4) 平成14年度、岩木川左岸（二期）農業水利事業 土淵堰用水路基本設計業務、東北農政局津軽農業水利事務所、平成15年3月、内外エンジニアリング株式会社
- 5) 平成15年度、岩木川左岸（二期）農業水利事業 土淵堰用水路実施設計（その1）業務、東北農政局津軽農業水利事務所、平成16年3月、内外エンジニアリング株式会社

複数微細ひび割れ型繊維補強モルタルを使用した 水路ライニング工法について

濱 田 秀 徳*
(Hidenori HAMADA)

目 次	次
1. はじめに	55
2. 表面被覆工法の概要	55
3. HPRFCC 吹付け工法の特徴	56
4. HPRFCC の性能	57
5. HPRFCC 吹付け工法の試験施工	57
6. おわりに	61

1. はじめに

滋賀県の北東部に位置する湖北地域は、1級河川姉川、草野川、高時川及び余呉川沿岸の長浜市他5町にまたがる水田4,720haの農業地域である。(図-1参照) 本地域は頻繁に用水不足を生じる地域であったが、昭和40～61年度にかけて実施された国営かんがい排水事業(国営湖北土地改良事業)により、安定的な用水の確保がなされた。しかし近年の地区内における営農形態の変化に伴う用水量の増加に加え、環境、景観保全の面から水源利用が制限され、また、旧事業で造成された施設の老朽化も進行していることから、水利用に支障を来し始めた。

そこで、国営新湖北土地改良事業では新たな水源の確保として、琵琶湖から余呉湖に補給する余呉湖第二補給揚水機場等を増設するとともに、老朽化した用水路等の改修を実施している。

本地区では、これまで、農業用水路改修の一工法である表面被覆工法について、有機系ライニング工法で実施しているが、近年、新たな工法も数多く提案されてきており、この中で、無機系ライニング工法に含まれる、複数微細ひび割れ型繊維補強モルタルを使用した水路ライニング工法(以下HPRFCC(High Performance Fiber Reinforced Cementitious Composites)吹付け工法という。)は、従来の工法に比べ、紫外線の劣化もなく、背面からの浸透水に影響を受けにくいという長所を持っており、今回、本工法における試験施工も踏まえ紹介するものである。

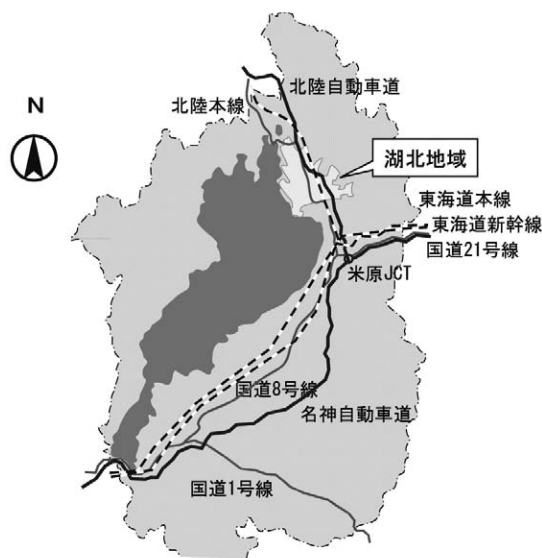


図-1 湖北地域位置図

2. 表面被覆工法の概要

本工法も含まれる表面被覆工法とは、コンクリート水路の劣化因子となる二酸化炭素、塩化物イオン、水分、酸素等の侵入を抑制する効果の高い被覆材の特性を活かし、水路表面を保護する工法であり、ポリウレタン・ポリウレタ樹脂系被覆材に代表される①有機系ライニング工法と、ポリマーセメント系被覆材に代表される②無機系ライニング工法の大きく二つに分類される。(表-1参照)

*近畿農政局新湖北農業水利事業所工事第二課
(Tel. 0749-85-6310)

表-1 表面被覆工法の概要

工 法	①有機系ライニング工法	②無機系ライニング工法
特 徴	<ul style="list-style-type: none"> ・複層で構成される ・紫外線劣化がある ・透湿性, 透気性がない ・背面水圧等の影響を受けやすい (膨れ・剥がれ) ・ひび割れ追従性の付与が可能 ・施工後の早期機能発現が可能 	<ul style="list-style-type: none"> ・単層で構成される ・紫外線劣化がない ・透湿性, 透気性がある ・背面水圧等の影響を受けにくい ・ひび割れ追従性の付与が可能 ・単層による工期短縮が可能

3. HPFRCC吹付け工法の特徴

HPFRCC吹付け工法は、特殊軽量ポリマーセメントモルタルにビニロン短繊維を混入した複数微

細ひび割れ型繊維補強モルタル^{※1} (図-2, 写真-1, 2参照)を使用することにより、高い耐久性・耐摩耗性を発揮する無機系ライニング工法の一つであり、その特徴は表-2のとおりである。

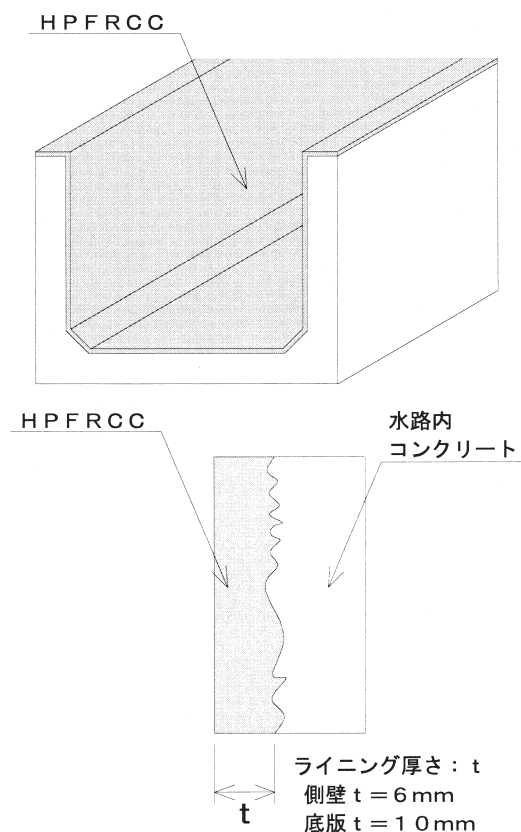


図-2 HPFRCC吹付け工法標準図



写真-1 ビニロン短繊維



写真-2 HPFRCC

表-2 HPFRCC吹付け工法の特徴

特 徴	内 容
防 水 性	・有害なひび割れの発生が大幅に低減された材料のため防水性が高い
耐 久 性	・無機系材料のため紫外線劣化がない ・従来モルタルに比べ優れた耐摩耗性を有する
施 工 性	・施工面が湿潤状態でも施工が可能 ・1層吹付け、左官コテで仕上げるため施工も容易
工期短縮	・モルタル1層のシンプル構造で、施工期間が短く工期短縮が可能

4. HPFRCCの性能

HPFRCCにおける性能については、下記のとおりである。なお、下記試験データはメーカーによる成績結果である。

表-3は、HPFRCCの標準使用量1,500kg/m³、硬化体比重1.75での試験データである。また、コンクリート付着強度の温冷繰返し試験後については、JHS425試験方法の温冷繰返し（30回）試験後のデータである。

表-4の各試験条件については、下記のとおりである。

JIS A 1404 試験条件

水圧：3kgf/cm²

加圧時間：1時間

JIS K 7204 試験条件

回転速度：60回転/min

摩耗輪：記号H22

荷重：500g×2合計1,000g

回転数：1,000回転

表-3、4における試験時の配合量は、ポリマーモルタル：20kg/袋、ビニロン短繊維：0.28kg/袋、水：3.8Lである。

表-3 試験成績表（JHS）

試 験 項 目	試 験 成 績	
硬 化 時 間	5 時間	
硬 化 収 縮	0.035%	
熱 膨 張 係 数	1.1×10 ⁻⁵ /°C	
コンクリートとの 付着強度	湿 潤 時	2.5N/mm ²
	温冷繰返し試験後	2.9N/mm ²
圧 縮 強 度	35.5N/mm ²	

表-4 透水及び摩耗性試験成績（JIS）

試 験 項 目	試 験 成 績	試 験 方 法
透 水 試 験	0.09g	JIS A 1404 「建築用セメント防水剤の試験方法」
摩 耗 試 験	1.159g	JIS K 7204 「摩耗輪による摩耗試験方法」

水路ライニング材料における品質、規格等について、現段階では明確な基準等は整理されていないが、日本道路公団規格*2を準用すれば、付着強度1.5N/mm²以上となっており、上記の結果と比較しても、HPFRCCがプライマーを施さなくても既設コンクリートとの十分な付着力を発揮する材料であるといえる。

また、表-4における摩耗性試験においては、HPFRCCの試験とあわせ、従来ポリマーモルタルについても同時に確認しており（摩耗量4.5g）、従来のポリマーモルタルの3倍以上の耐摩耗性を有しており、上記付着力も含めHPFRCCが無機系ライニング材料として十分な性能を有した材料といえる。

5. HPFRCC吹付け工法の試験施工

(1)施工手順（写真-3、4参照）

HPFRCC吹付け工法における施工手順については、新湖北地区内における支線水路の試験施工地区より下記に示す。

なお、本試験施工時のHPFRCC配合量についても、上記試験時配合量と同様である。

1) 下地処理工

付着性能の向上及びコンクリート表面に付着した異物・劣化部を完全に取り除くため、ウォータージェットによる下地処理を行う。



写真-3 ウォータージェットによる処理状況



写真-4 処理完了

2) HPFRCC吹付け工 (写真-5参照)

モルタルミキサーによりポリマーセメント、ビニロン短繊維及び所定の水量を練り混ぜ、モルタル圧送ポンプにより水路内面にHPFRCCの吹付けを行う。

なお、対象構造物が石積み等の空隙箇所があるものに対しては、その空隙充填処理についても、このHPFRCC吹付け工で間詰め処理が可能である。



写真-5 HPFRCC吹付け状況

3) 仕上げ工 (写真6, 7参照)

吹付け完了より、左官コテにて仕上げを行う。



写真-6 側壁部仕上げ状況



写真-7 底版部仕上げ状況

底版部の仕上げについては、作業員の通路を確保する必要があることから、側壁部に比べ作業能力が低下することとなる。

4) 完成 (写真-8参照)



写真-8 完成

(2)ライニング材料別変状経過

新湖北地区内の幹線水路において、HPFRCCを含む材料特性の異なる3種類の無機系材料について同一条件で用いた試験施工を実施した。

これら材料別変状経過について、下記に示す。

1) 試験施工の概要

試験施工については、上記(1)施工手順と同様に下記3種類の材料を水路内面に吹付けするとともに(表-5参照)、幅40cm×長さ60cm×厚さ6cmのコンクリートに下記3種類の材料を厚さ6mmで吹付けした供試体も作成し、水路内に放置した。

経過変状の確認としては、目視によるひび割れ等の発生状況及び摩耗の変状について、施工後7日、1ヶ月、3ヶ月、6ヶ月、1年、以降は1年毎の追跡調査を行うこととした。

表-5 使用材料

材 料 名	施工面積 (m ²)	ライニング厚さ (mm)	
		側壁	底版
HPFRCC	11.8	6	10
従来ポリマーセメントモルタル	11.8	6	10
超高強度ポリマーセメントモルタル	11.8	6	10

2) 試験結果

今回報告する変状経過については、施工後3ヶ月までの調査結果としており、下記のとおりである。

(施工後7日)

施工完了後における水路内の通水量が少量であったこともあり、各材料及び水路、供試体とも特段の変状は見られなかった。(写真-9, 10参照)



写真-9 水路状況



写真-10 供試体状況

(施工後1ヶ月)

水路内において従来ポリマーセメントモルタル区間に5箇所、超高強度ポリマーセメントモルタル区間に1箇所、微細なひび割れ(0.05mm)が側壁天端に発生していたが(写真-11, 12参照)、HPFRCC区間には特段の変状は見られなかった。



写真-11 従来ポリマーセメントモルタル区間



写真-12 超高強度ポリマーセメントモルタル区間

なお、供試体の変状については、従来ポリマーセメントモルタルでは、摩耗にともなう気泡が見られ、超高強度ポリマーセメントモルタルでは、表面全体に細骨材表面が見られた。

HPFRCCについては、若干の不陸はあるものの特段の変状は見られなかった。(写真-13～15参照)

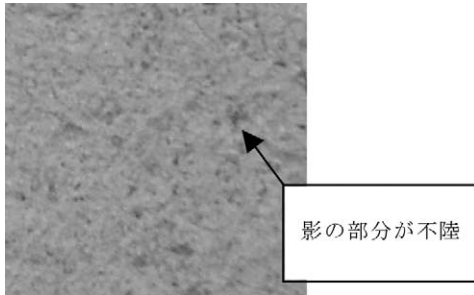


写真-13 HPFRCC

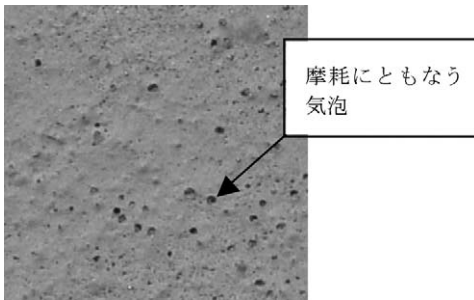


写真-14 従来ポリマーセメントモルタル

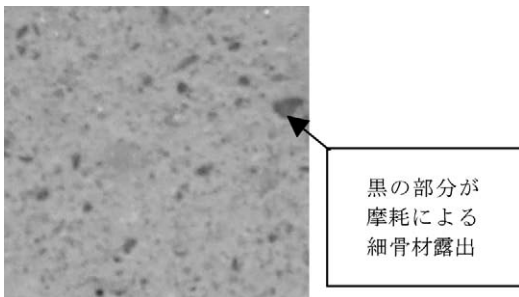


写真-15 超高強度ポリマーセメントモルタル

(施工後3ヶ月)

水路内における従来ポリマーセメントモルタル区間及び超高強度ポリマーセメントモルタル区間に発生していたひび割れ0.05mmが、0.1mmに広がっており(延長は変化なし)、加えて新たなひび割れ(0.05mm～0.1mm)が両区間とも多数発生しており、中には縦断的に発生しているものもあった。(写真-16～18参照)

HPFRCC区間には特段の変状は見られなかった。

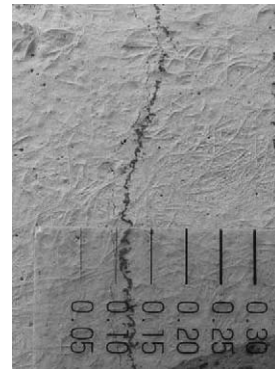


写真-16 従来ポリマーセメントモルタル

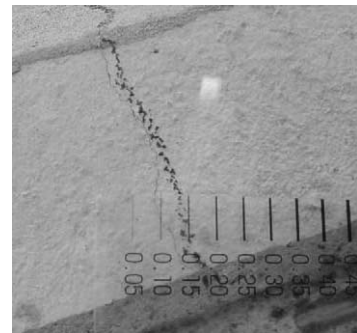


写真-17 超高強度ポリマーセメントモルタル

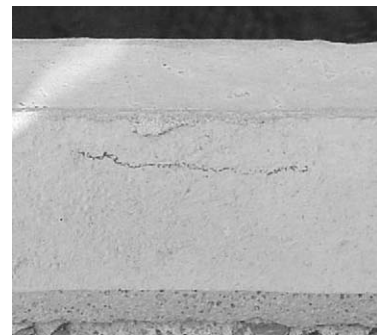


写真-18 縦断方向のひび割れ

なお、供試体の変状については、従来ポリマーセメントモルタルで確認されていた気泡に藻や不純物が付着しており、気泡自体の目視確認が困難な状態となっていた。

超高強度ポリマーセメントモルタルでは、前回表面全体に見られた細骨材の露出が同様に確認され、触指確認で表面の凹凸が前回より多く感じられた。

HPFRCCについては、前回まで発生していなかった藻の付着にともなう変色が従来ポリマーセメントモルタル、超高強度ポリマーセメントモルタルより多く見られた。

上記3種類とも供試体表面にひび割れ等は確認されなかった。

以上、上記3ヶ月間の調査結果では、HPFRCCにおけるひび割れ等特段の変状は確認されていないものの、今後の追跡調査で変状の有無を確認検証する必要がある。

また、従来ポリマーセメントモルタル、超高強度ポリマーセメントモルタルに見られるひび割れについては、乾燥収縮による初期ひび割れであると考えられ、当初幅0.05mmから0.1mmに拡大しており、これらについても、上記HPFRCCと同様に今後追跡調査を行う。

6. おわりに

今回報告したHPFRCC吹付け工法については、あくまで現段階の特徴や性能を記載したものであ

るが、施工性、耐久性等を向上させるため現在も研究・開発が進んでおり、本工法が、今後、施設更新が増大する中で、工期の短縮、コスト縮減、産業廃棄物のリデュース等に配慮した有望な補修工法の一つとなり、今後の事業計画・設計立案に貢献されるものと考ええる。

なお、本報告では無機系ライニング工法を紹介しているが、現場施工にあたっては、個々の現場条件や経済性等を十分に考慮するとともに、有機系ライニング工法等も含め適正な工法採用を行うことが重要であると考ええる。

*1複数微細ひび割れ型繊維補強モルタル：セメント系材料と補強用の短繊維を用いて、微細で高密度の複数ひび割れを形成することにより最大引張ひずみが数%にも達するという極めて高靱性で延性な挙動を示す材料

*2日本道路公団規格（参考文献）：構造物施工管理要領

小口径管路における推進工法の施工報告

—誘導式水平ボーリング工法の事例—

成 松 雅 樹*
(Masaki NARIMATSU)

目 次

1. はじめに	62	5. 活用効果	65
2. 工法の概要	62	6. 本工法の適用	66
3. 施工位置	62	7. おわりに	67
4. 施工状況	63		

1. はじめに

農業用パイプラインの横断施設（河川、道路横断）は、経済的な優位性から開削して施工することが多い。しかし、交通規制や仮排水方式あるいは用地等の制約条件により開削が困難なことがある。この場合、非開削の推進工法を採用するが、現在、その適用条件に応じて種々の新技術工法が開発されている。

本報告では、国営かんがい排水事業「篠津中央地区」で採用した誘導式水平ボーリング工法（以下『本工法』と記す。）について、その活用効果（工期、品質・出来形、安全性、施工性、環境負荷、経済性）を検証したので、その事例を報告する。

2. 工法の概要

本工法は、最大径φ400mmまでのパイプやケーブルなどを非開削で埋設できるシステムである。施工工程は以下の2工程であり、作業のほとんどを地上で行うことが可能なため、施工スピードが速く安全性の高い工法である。

この工法は、国土交通省の新技术活用パイロット事業に登録されている。

(1)1次工程：先導削孔工

図-1に示すように、ドリルヘッドの先端から掘削流体を噴出させ、土壌をほぐしながらドリルラックの推進力にて削孔する。

ドリルヘッドの先端には発信機を内蔵しており、地上のロケーターで現在位置を探知し、その情報をもとに方向修正しながら掘進する。

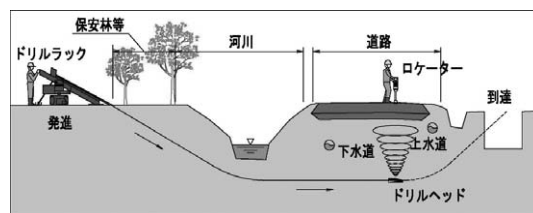


図-1 1次工程：先導削孔工

(2)2次工程：埋設管引込工

先導削孔の開通後、ドリルヘッドを外して管外径に適合したバックリーマーとパイプを接続する。

図-2に示すように、バックリーマーを回転させながら掘削流体をジェット噴射させて管を引戻して完了する。掘削流体は埋設管引込時に潤滑剤の役割を果たすもので、生物分解性の特殊ポリマーを使用している。

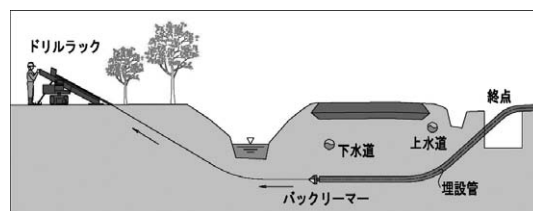


図-2 2次工程：埋設管引込工

3. 施工位置

本工法は、国営かんがい排水事業「篠津中央地区」の月形幹線系統の支線水路において採用した。

この事業では、既に基幹水路となる月形幹線水路（大口径管路）の整備が完了し、平成16年度

*北海道開発局札幌開発建設部札幌北農業事務所第2工事課
(Tel. 011-391-0595)

表-1 本工法の施工概要

支線用水路名	管径 (mm)	推進延長 (m)	横断施設
月形幹線第2支線第1派線	φ300	21.00	道道月形幌向線
月形幹線第3支線第4-1派線	φ300	121.10	村道45線, 45線排水路, 保安林, ハウス
月形幹線第3支線第7派線	φ250	46.73	村道44線, 44線排水路, 保安林

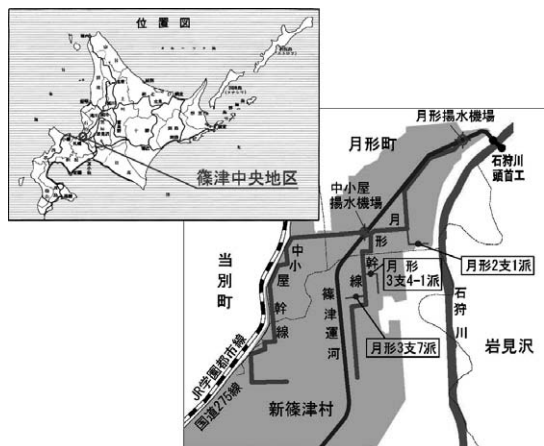


図-3 本工法の施工位置図

からその支線用水路（中小口径管路）の整備を進めている。

本工法は図-3に示す3箇所を実施したが、活用効果の検証はこのうち最も延長の長い月形第3支線第4-1派線において実施した。

表-1に施工概要を示した。

4. 施工状況

(1)1次工程の状況



写真-1 システム機械の据付

発進側の所定の場所にドリルラックを据付け、プラント積載車（4tトラック）を並設する。

プラントは、パワーユニット（ユニット+掘削流体ポンプ）、インジェクターモジュール（流体ミキサー）および消耗品・周辺機器を収納したアクセサリボックスで構成される。

仮設は車輛進入のための敷鉄板の布設と掘削流体を一時貯溜するピットのみである。



写真-2 ドリルラック据付全景

ドリルロッド（φ55mm、3m/本）を継ぎ足しながら、油圧で押し込んでいく。

ロッドの継ぎ足しは全て自動で行い、オペレーターはロケーターからの情報を無線で確認しながら、ドリルラックと一体となっている操作盤により方向操作を行う。

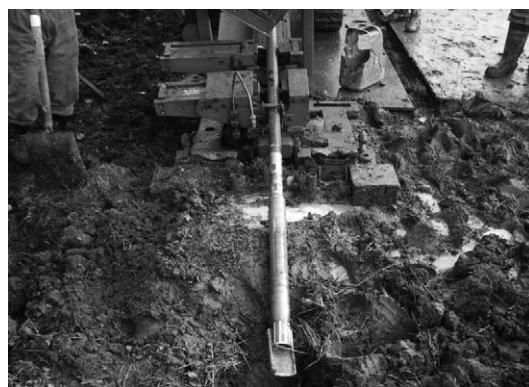


写真-3 先導削孔の開始

ドリルロッドの先端にドリルヘッドを取り付け、先導削孔を開始する。

ドリルヘッドはヘラのような形状をしている。直進する場合は回転させながら押し進め、方向修正が必要な場合は、修正方向にヘラの向きを合わせ回転を止めて押し進める。



写真-4 ロケーターによる計測

ドリルヘッドの先端には発信機が内蔵されており、上下左右角、深さ、ヘッドの温度、バッテリー残量、方向などの情報を地上部に送る。

削孔は、地中内にあるドリルヘッドの位置を地表からロケーターによって50cm間隔で探知しながら進めていく。



写真-5 ドリルヘッドの到達

ロケーターによる計測・誘導作業を順次繰り返すことによって終点へドリルヘッドが到達する。

ここまでの作業が1次工程である。

効果検証路線での1次工程の施工速度は、施工延長L=121mを2時間で作業完了しており、毎分1mであった。

(2)2次工程の状況



写真-6 バックリーマーの取り付け

到達したドリルヘッドを取り外し、バックリーマーを取り付ける。ここからが2次工程である。

引き込みは、 $\phi 150\text{mm}$ 以下であればそのまま1回で埋設管を引き込み、 $\phi 200\text{mm}$ 以上では削孔軌道の拡幅のため段階的にバックリーマーを通す作業が必要である(拡孔工)。本地区では $\phi 250\text{mm}$ 以上のため全て段階的に拡工を行った。

バックリーマーのサイズは、埋設管の外径に適合したものを使用する。



写真-7 埋設管の取り付け準備

本地区では、埋設管は高密度ポリエチレン管(以下「PE管」と記す。)を使用した。

PE管は継手がなく引張強度も大きく、さらに可撓性に富むため、本工法に非常に適した管種である。

あらかじめ溶着接合しておいたPE管を地表に仮置きしておく。



写真-8 埋設管の取り付け



写真-10 埋設管の引き込み完了

バックリーマーの後方にPE管を接続し、引き込み準備をする。

バックリーマーは地中内で回転しながら掘削流体を噴出させるので、バックリーマー噴出口は事前に水を噴出させて目詰まり箇所を確実に除去しなければならない。



写真-9 埋設管の引き込み開始

PE管の埋設は、バックリーマーを回転させながら地中内に引き込み、発進側まで到達する。

掘削流体には生物分解性のある特殊ポリマーを使用し、削孔の空隙を充填する。

余剰となった掘削流体はピット内に流出する。

引き込み作業が順次行われ、発進ピットへPE管が到達する。ピット内に貯蔵した余剰掘削流体をバキューム処理して工事完了となる。

効果検証路線での2次工程の施工速度は、施工延長L=121mを1時間で作業完了しており、毎分2mであった。

5. 活用効果

(1)従来工法との対比

効果の検証は下表の6項目について5段階で評価し、評価基準を従来技術に比べて、優れている(+2)、やや優れている(+1)、同等程度である(0)、やや劣る(-1)、劣る(-2)とした。

工期及び経済性については、従来工法(インパクトモール、40.3m×3スパン)と効果対比を行い、品質・出来型、安全性、施工性、環境については、施工状況から主任監督員及び現場代理人の判断により評価した。この結果、表-2に示したような活用効果が伺えた。

(2)検証結果

次頁の表-2を基に、従来工法を100とした場合の本工法の活用効果を評価点で表-3に示した。

評価点の算出方法は、工期については、本工法を採用することで短縮した施工日数を従来工法で施工した場合の施工日数で除した値から算出した。

品質・出来型、安全性、施工性、環境については、従来工法との対比で得た評価の合計点を調査内容の項目数(いずれも「5」)で除した値から算出した。

経済性については、本工法と従来工法とのコスト差を従来工法のコストで除した値から算出した。この結果から、本工法の採用は、安全性及び施工性の向上とともに施工期間が短縮され、さらに工事コストが縮減し環境に与える負荷を軽減することができるなど、非常に優れた工法であることを確認できた。

図-4に評価点の算定結果をグラフで表した。

表-2 従来工法との対比表

項目	活用効果	調査内容	評価				
			+2	+1	0	-1	-2
工期	仮設に要する時間が大幅に短縮された。さらに推進自体の施工スピードが速い	従来工法 30.0 日 (仮設 3.0 日, 推進 24.0 日, 撤去 3.0 日) 本工法 8.5 日 ⇒ 短縮日数 21.5 日 (仮設 1.0 日, 推進 7.0 日, 撤去 0.5 日)	○				
品質 出来形	探知機を使用した地表からの計測であり、また曲線施工を主体とするため、若干の誤差が生ずる	1) 品質は向上したか? 2) 出来形・精度は向上したか? 3) 耐久性は向上したか? 4) 品質・出来形の管理項目は減少したか? 5) 品質・出来形の管理頻度は減少したか?			○	○	○
安全性	立坑ピットを小さくすることができ、土留め等の仮設が不要。またピット内の作業が飛躍的に少ない	1) 墜落・転落事故の危険性が減少したか? 2) 重機災害の危険性が減少したか? 3) 飛来・落下物災害の危険性が減少したか 4) 作業環境が向上したか? (暗所・狭所の減少) 5) 危険物の取り扱いが減少したか?		○	○	○	○
施工性	クレーンを使用するような重量物の吊り降ろし等の作業が減った。また、仮設備の設置が非常に少ない	1) 現場での施工が減少したか? 2) 仮設工が減少したか? 3) 作業員の負担が減少したか? 4) 熟練度に依存した工程が減少したか? 5) 施工の機械化の程度は向上したか?	○	○		○	○
環境	掘削土量が少ない。仮設や復旧作業等による資源の使用量が減るほか、地上の植生物に対する影響が少ない	1) 周辺の大気・土壌・水質汚染が減少したか? 2) 騒音・振動・粉塵・交通規制が減少したか? 3) 周辺の自然・生態環境への保全は向上したか? 4) 産業廃棄物の発生量は減少したか? 5) 省エネルギー・省資源化が向上したか?		○	○	○	
経済性	施工費、仮設費とも非常に優位である。この傾向は推進延長が長くなるほど大きくなる	従来工法 25,100 千円 (立坑 5,700 千円, 推進 19,400 千円) 本工法 8,900 千円 ⇒ 縮減 16,200 千円 (65%減) (立坑 200 千円, 推進 8,700 千円)	○				

※評価は5段階：従来技術に比べて優れている (+2) やや優れている (+1) 同等程度である (0) やや劣る (-1) 劣る (-2)

表-3 活用効果の評価点算出表

項目	評価点算出根拠	評価点
工期	$100 + 100 \times \text{短縮日数} / \text{従来工法の施工日数} = 100 + 100 \times 21.5 / 30.0$	172
品質・出来型	$100 + 50 \times \text{評価の合計点} / 5 = 100 + 50 \times 0 / 5$	100
安全性	$100 + 50 \times \text{評価の合計点} / 5 = 100 + 50 \times 6 / 5$	160
施工性	$100 + 50 \times \text{評価の合計点} / 5 = 100 + 50 \times 5 / 5$	150
環境	$100 + 50 \times \text{評価の合計点} / 5 = 100 + 50 \times 4 / 5$	140
経済性	$100 + 100 \times \text{コスト差} / \text{従来工法のコスト} = 100 + 100 \times 16,200 / 25,100$	165

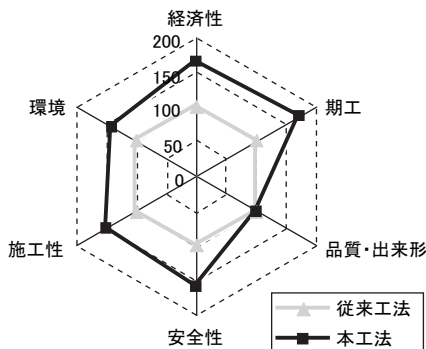


図-4 活用効果の評価点

6. 本工法の適用

(1) 適用条件

本工法を適用する場合の土質条件は、掘削孔壁が掘削流体によって自立可能であることが条件であり、泥炭、シルト、粘性土、砂質土（砂を除く）、礫質土（N値 ≤ 15, 最大礫径 ≤ 50mm, 礫混入率 ≤ 20%）に適用できる。

管径は φ 25mm ~ φ 400mm で PE 管、鋼管を使用する。

推進延長は、1 スパン 当たり 200m まで可能である。

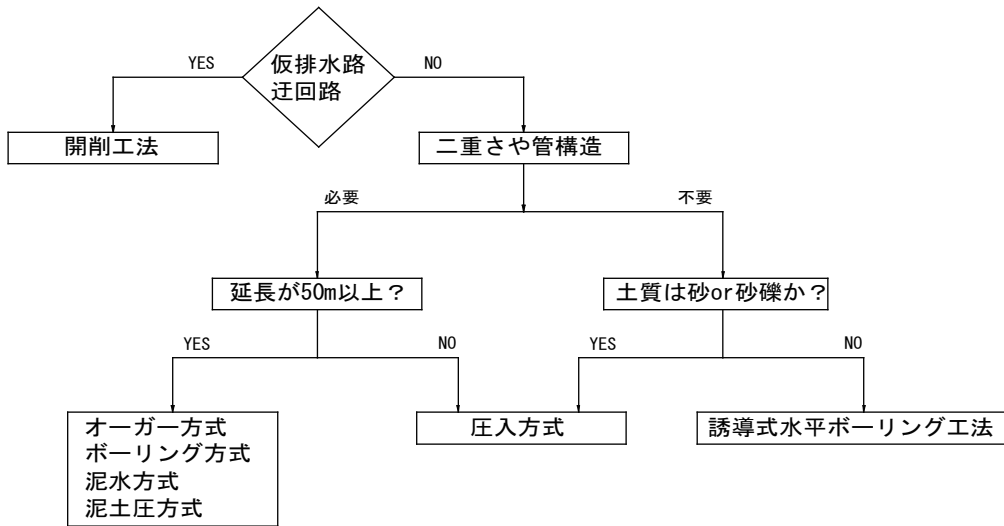


図-5 工法選定フロー図（例）

現場条件としては、発進部の後方にシステム機械の設置スペースが必要であり、車輛走行路を確保する必要がある。

(2)工法の選定フロー

小口径推進工法は、推進延長、適応土質、掘削方法、ズリ出し方法および方向調整方法により分類される。

本工法を含めた工法選定フローの例を図-5に示した。

経済性は、本工法⇒圧入方式⇒オーガー方式…の順で高くなるため、本工法が有利である。関係機関との協議により構造上の制約条件があった場合（例：河川工作物設置基準による圧力管としての二重さや管構造、道路管理者による管種の指定）や土質が適応しない場合以外は、本工法の活用効果が期待できる。

7. おわりに

今回、誘導式水平ボーリング工法の活用効果を検証したが、その結果、非常に有効な工法であることを確認した。

施工諸条件が適合すれば、従来よりも工事コストの縮減が可能であり、環境に与える負荷を軽減することができると考えている。

さらに本工法は、河川や道路横断だけではなく、山間部など環境影響の抑制（樹木の伐採回避、生態系の影響緩和、景観保全等）が要求される場合や土地使用に関する制約がある場合などにも有効であると考えている。

最後に、本報告に係わる各種の調査や取りまとめにあたり、設計・施工関係者の方々には多くの御教示を願った。記して感謝の意を表します。

ニューマチックケーソン工法による橋脚工について

皆 川 英 俊*
(Hidetoshi MINAGAWA)

目	次
1. はじめに……………	68
2. 工事の概要と橋梁の概要……………	69
3. 工法の選定……………	70
4. ニューマチックケーソン工法の原理……………	70
5. 施工……………	71
6. 施工時の空気の加圧と作業安全上の留意点……………	72
7. おわりに……………	73

1. はじめに

本施工地域は新潟県の南西部に位置する北魚沼郡川口町である。

平成16年10月23日に発生した中越地震の震源地といえはわかりやすいかもしれない。

工事箇所は川口町の北西部、越後三山を源とする魚野川と長野県からの信濃川が合流する直下流にあたる。(図-1参照)

当地区は「魚沼産コシヒカリ」を中心とした米作地帯であり、さらに肥沃な土壌を生かしスイカ、

アスパラガスなどの複合経営にも早くから取り組まれている。

しかし、信濃川に交通を分断された地形により、左岸にある関越自動車道川口インターチェンジとの連絡は県道橋梁1本のみで、国道からの交通量の増大と相俟って、地域の農業交通は著しく阻害されている現状である。

また、近年まで「渡し船」が運行されるなど通作や生産物の輸送に不便を強いられていた。このため、農業流通の合理化を図ることを目的に本農免農道事業において架橋するものである。

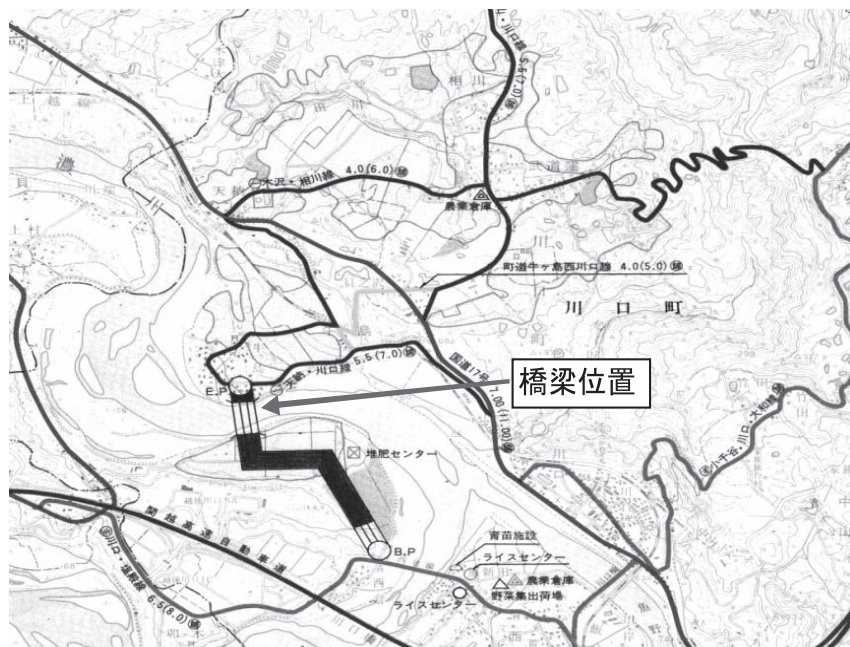


図-1 地区一般図

*新潟県長岡地域振興局農林振興部 (Tel. 0258-38-2607)

2. 工事の概要と橋梁の概要

本工事は、新潟県農地部農地整備課で平成15年度に発注した農林漁業用揮発油税財源身替農道整備事業牛ヶ島2期地区第3次工事である。(図-2参照)

施工方法：ニューマチックケーソン工法

橋脚数：鉄筋コンクリート造ピア5基

ピア高：平均26.04m

ピア根入：平均14.87m

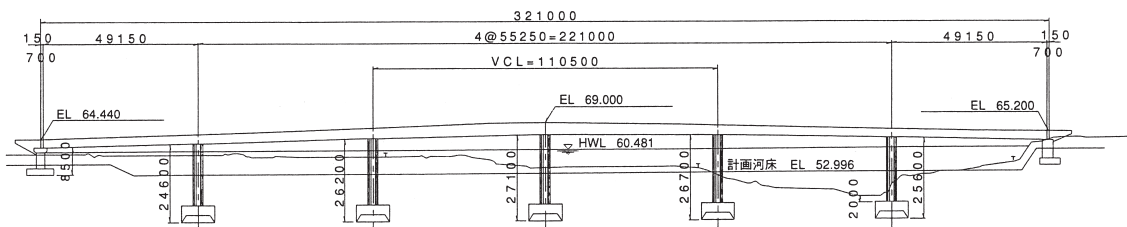
橋梁形式：6径間連続非合成RC床版鉸桁橋

橋長：321.0m

幅員：有効5.50m, 歩道2.00m, 全幅9.75m

牛ヶ島大橋 (仮称)

縦断面図



6径間連続非合成RC床版鉸桁橋

断面図

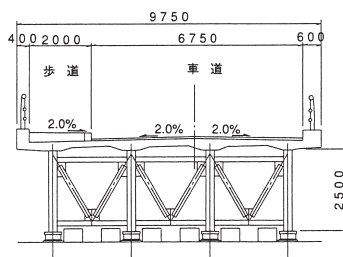


図-2 橋梁一般図 (引き出し線の部分がケーソン工法)



写真-1 着工前全景



写真-2 平成17年度末全景

3. 工法の選定

本工事は河川内の工事であることから「河川管理施設等構造令」に基づき全てのピアの根入は河床最深部より2.0m以上の下げ位置をフーチング天端とするため、掘削開始面が地上となる所（以下、高水部という）については最大20m程度地盤面から掘り下げる必要がある。

また、出水期における工事は栈橋等、仮設物が河積を大きく侵すため非出水期（10月から翌年3月まで）に施工を行う必要がある。

工法の選定においては比較設計によるほか、仮に土留壁工法とした場合、仮設土留工の構築に多くの日数を要し、非出水期内の工事完工が難しいことが問題となる。

オープンケーソン工法とした場合、当地域は河川区域内の深井戸からの簡易水道を利用しており工事に伴う大量の水替により地域の生活に甚大な影響が発生することが懸念される。

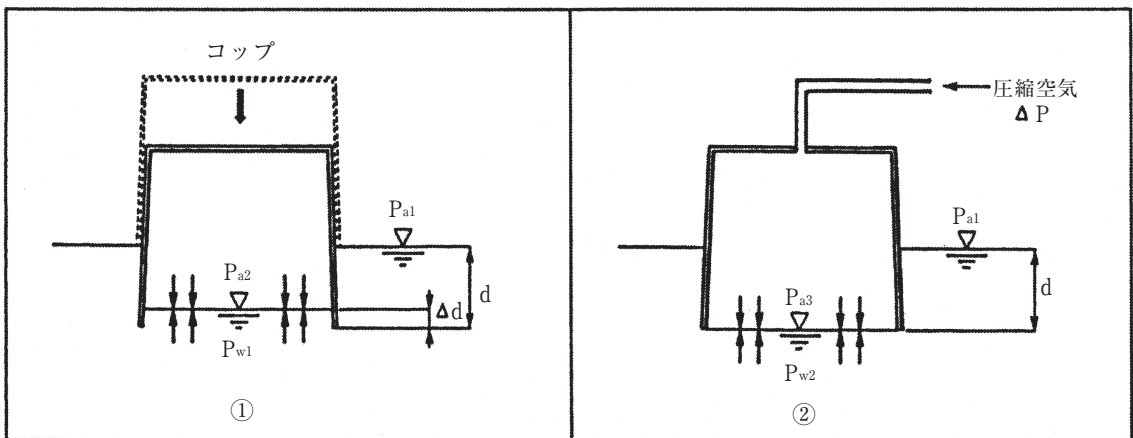
以上の理由によりニューマチックケーソン工法を採用したものである。

4. ニューマチックケーソン工法の原理

ニューマチックケーソン工法は、ちょうどコップを逆さにして、内部の空気が逃げないように水中に押し込んだ状態と同じくし、水の浸入を空気の圧力によって防ぐ原理を応用したものである。（図-3①参照）

オープンケーソンが両端に蓋のない筒であるのに対し、ニューマチックケーソンは、ケーソン下部に気密作業室を設け、そこに圧縮空気を送りこんで地下水の浸入を防ぎ、地上と同じ状態で掘削が出来るようになっている。具体的には、コップの中が作業室、コップの先端がケーソンの刃先に相当しており、この刃先が地下水水面以下の深さまで沈下すると地盤中の地下水が作業室内に湧き出そうとする。この地下水の湧き出しを阻止するために、作業室内には刃口先端の深さの地下水圧に均衡する気圧の圧縮空気を充填させるというものである。（図-3②参照）

なお、刃口先端の深さの地下水圧に等しい気圧を理論気圧といい、作業室内は、これを理論気圧に保つのが原則である。



$$P_{a2} = P_{w1} = 9.8 \text{ kN/m}^3 (1.0 \text{ tf/m}^3) \times (d - \Delta d)$$

$$P_{a3} = P_{w2} = P_{a2} + \Delta P = 9.8 \text{ kN/m}^3 (1.0 \text{ tf/m}^3) \times d$$

①コップを水面に置き、 d まで沈めるとコップ内の空気が圧縮され、 $P_{a2} = P_{w1}$ となるまでコップ内に水が侵入する。

②コップ内に圧縮空気を送るとコップ内の水面は、コップ先端まで押し戻され、 $P_{a3} = P_{w2}$ となる。

図-3 ニューマチックケーソン工法の原理

5. 施工

①作業室構築（図-4(1)参照）

本工事においては施工するピアは河川の高水部に位置するものと掘削開始面が水面下となる所（以下、低水部という）に位置するものがあるが、高水部においては現地盤の均平を行った後、刃口金物を配置し、土砂でセントルを構築してコンクリート打設によりフーチング（第1ロットと呼ぶ）を製作する。

この第1ロットであるフーチングの内部を中空に製作して掘削用の作業室として使用する。

脱型後、上部からセントルを掘削・排土し、作業室を完成する。

低水部については鋼材を用いて刃口金物の上部に鋼製の止水壁を製作し曳航又は吊り下げにより予定位置に据付した後、コンクリート打設によりフーチングを製作する。

第2号ロットを構築後、鋼製止水壁を切断撤去した後、作業室に圧縮空気を送ることにより完成する。（写真-3、図-5参照）

②各ロット構築と掘削（図-4(2)～(10)参照）

高水部においては第2ロット、低水部においては第3ロットを構築した後、作業室底面を掘削していく。（写真-4参照）



写真-3 加圧・減圧（マンロック）



写真-4 地上走行式バックホウ掘削状況

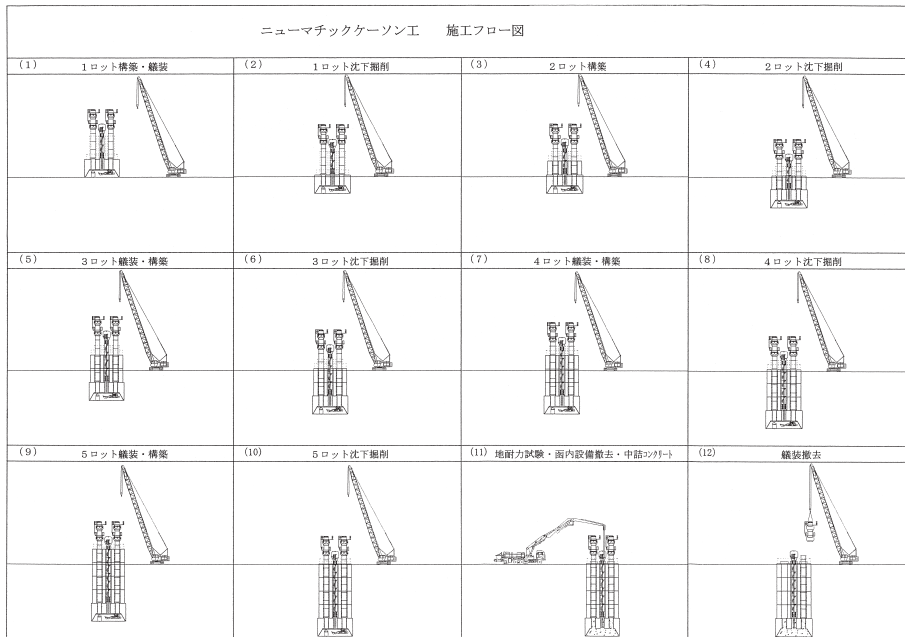


図-4 施行フロー図

マンロック

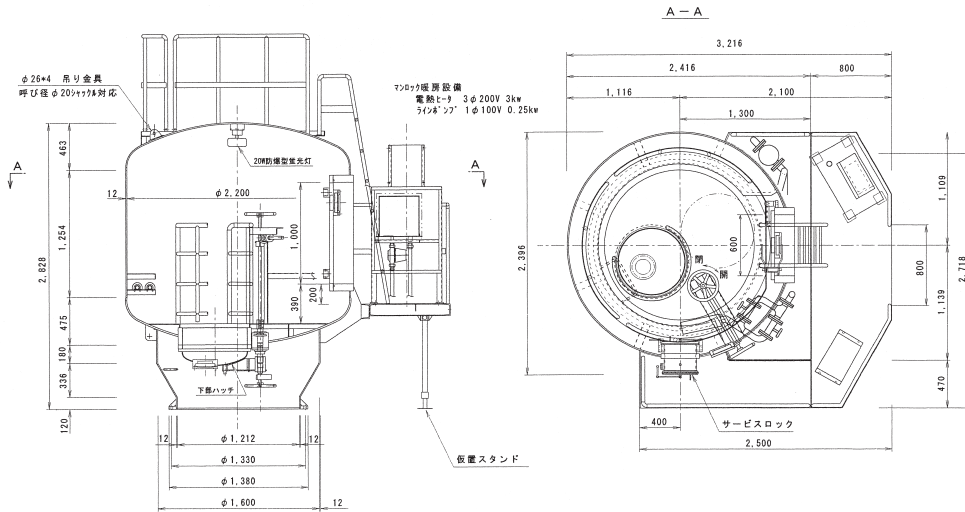


図-5 マンロック内部

掘削方法はボーリング調査結果から当初、天井走行式バックホウで足りるとしていたが、強固な岩が出現したため地上走行式バックホウと発破工を併用せざるを得なくなった。

掘削の進行に応じて順次ピア部を沈下させていくが、構築済みのロットの沈下残り高さが1m程度となった段階で次ロットの構築を行う。このようにして、掘削→沈下→構築→掘削のサイクルを繰り返して予定標高までフーチング底面を着底させる。

③着底後から完成 (図-4(11), (12)参照)

フーチング底面の着底後、載荷重試験を行って反力確認のうえ中詰めコンクリートを作業室内とシャフト孔内に充填する。(写真-5参照) ケソン機装を解体して最終ロットとピア頂部のコンク

リート打設を行って完成となる。

6. 施工時の空気の加圧と作業安全上の留意点

本工事は、ニューマチックケーソン工法を採用しているが、この工法では地下水位上昇防止のため常時圧縮空気を作業室内に送出しておく必要が生じる。

高水部の場合、2mまでは圧力をかける必要はないが2mを超える深度から序々に加圧して最深部では最大192kpa (約2気圧) が必要となる。(写真-6, 7参照)

低水部の場合、掘削開始時から圧縮空気を送気しておくこととなるが最大圧は高水部と同じ圧力となる。



写真-5 載荷試験実施状況



写真-6 約1気圧下 (常態)



写真-7 約2気圧下(変形)

函内作業員の作業時間も高圧になるに従い短時間となっていく。これは本来、人体は大気圧下においても空気中に含まれている窒素を体内に取り込んでおり、体内で飽和した窒素は呼気を通じて体外に排出されているのであるが、高圧下に晒されると取り込まれる量が増大するために呼気による排出スピードより急激な減圧をすると溶けきれなくなった窒素が体内で気泡を形成する。この気泡が血管内で生じれば塞栓となり、組織内で生じれば組織を圧迫して、まれに障害を発生することがあるため、労働安全衛生規則ほか諸法規によって長時間の高圧下作業は制限されている。

98kpa～118kpa程度なら函内作業時間は378kpaであるが196kpaともなると同作業時間は241minに短縮しなければならない。これは、圧力が高まると降下時間と退出のための減圧馴化時間を長く取る必要が生じるからである。

従って、作業員の健康被害防止と工事進捗に配慮した作業サイクルと安全管理に特に留意が必要である。

また作業室内の有毒ガスも注意が必要となる。作業員の呼気などによる炭酸ガス、発破に伴う酸化窒素、硝気など作業に伴って発生が不可避なものに加え、メタンガス、硫化水素など不測の噴出



写真-8 ガス検知機と函内モニター

ガスは常時検知を行い換気、浄化、排出しなければならない。(写真-8参照)

コンクリート造のピア構築そのものは単純な工種ではあるが掘削沈下のために作業手順の徹底と作業員個々に対する安全管理、作業ローテーションの確立などシビアな管理を要求される工事となる。

7. おわりに

橋脚工着手よりこの間、平成16年10月21日には長野県の集中降雨に伴う信濃川の増水により構築中の栈橋が流出、また同月23日には震度7の烈震の中越地震とその後の長期間の余震に遭遇するなど工事の中断を余儀なくされた事象もあったが、下部工の平成18年度竣工を果たすべく川口町並びに地元受益のご理解とご協力を得て鋭意進めているところである。終わりに新潟県の農道橋としては近年にない工法を採用した工事であったので今回、概要を報告する機会を得たことに感謝する。

参考文献

「圧気工事の安全施工マニュアル」
平成12年11月 第3版

ねじ継手式地すべり抑止杭工法について

山 本 貢 市*
(Koichi YAMAMOTO)

目 次

1. はじめに	74	5. 抑止工の検討	77
2. 事業の概要	74	6. ねじ継手式鋼管杭の特徴	77
3. 地質調査結果	74	7. ねじ継手式鋼管杭の施工	78
4. 地すべり発生機構の解析	76	8. まとめ	79

1. はじめに

直轄地すべり対策事業高知三波川帯地区は、高知県の北玄関として嶺北地域の中心、長岡郡大豊町に位置している。三波川帯とは、中央構造線と御荷鉾構造線に挟まれた、東は関東平野から西は九州まで延長約800kmにわたって帯状に分布する広域変成岩帯である。

本地区では、中村大王上、西桃原および桃原地区の3つの地すべり指定区域で事業を行っている。このうち、中村大王上地区は吉野川の支流、穴内川の右岸側に位置し、西向きの緩斜面が形成されている。地区内には、人家、道路、農地等が存在しており、長期にわたる地すべり活動により生じた緩斜面部は、棚田を形成した美しい農村景観を有している。ここでは、中村大王上地区において、新技術であるねじ継手式地すべり抑止杭工法を採用し、コスト縮減と施工の合理化が図られた施工事例を報告する。

地 質 図



*現：中国四国農政局道前道後平野農業水利事業所
(Tel. 089-947-8444)
前：中国四国農政局高知三波川帯農地保全事業所調査課

2. 事業の概要

三波川変成帯にある高知三波川帯地区は、年間降水量が3,000mmに及ぶ多雨地帯であり、基礎地質が片理構造の発達する「御荷鉾緑色岩類」であるとともに、主に御荷鉾構造線の活動の影響を強く受けて地層が脆弱になる破砕帯に位置するため、全国的にも有数の地すべり地帯となっている。本地区内では地すべりに伴う崩壊、農地および各種施設にしばしば変位が発生していることから、これら地すべりの発生を防止するための対策工を平成11年度から実施している。

3. 地質調査結果

1) 地すべりブロックの概要

中村大王上地区では、大小合わせて約40の地すべりブロックが存在すると推定されている。(図-1)ねじ継手式地すべり抑止杭の検討を行った地すべりブロックは、斜面方向約75m、横方向約40mの比較的小規模な地すべりブロックではあるが、大規模地すべりブロックの末端部に位置している。地すべりブロック内には民家、農地、道路が存在し、付近には中学校および病院があり、地すべりが発生した場合、地域に与える損害は重大なものとなる。

2) 地質概要

四国の地質は中央構造線を中心として、北側は内帯、南側は外帯と呼ばれている。中村大王上地区は、『三波川帯と秩父帯の境界にそって、南北幅最大5km、東西延長数10kmに及ぶレンズ状の緑色岩類が継続的に分布』している。(図-2 日本の地質8 四国地方p51より)また、対象地すべ

りブロックにおいてボーリング調査を実施した結果、GL-4m付近まで崩積土が分布しており、それ以深では緑色岩が分布していた。地すべり面としては崩積土との境界部としGL-4m付近と推定した。(図-3 地質断面図 推定地すべり面)し

かし、ボーリングコアにより軟弱部が複数確認されたため、地すべり面を確定するための孔内傾斜計観測孔を設置し、地すべり移動量を観測し、確認を行うこととした。



図-1 平面図

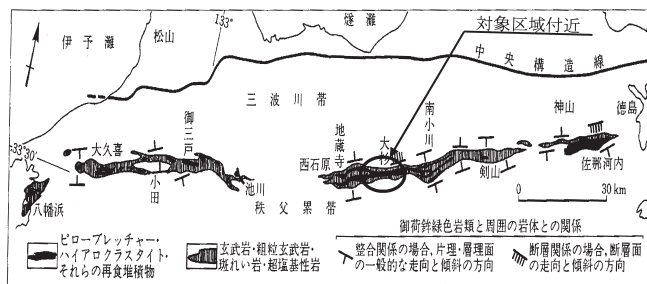


図-2 日本の地質8 四国地方p51より

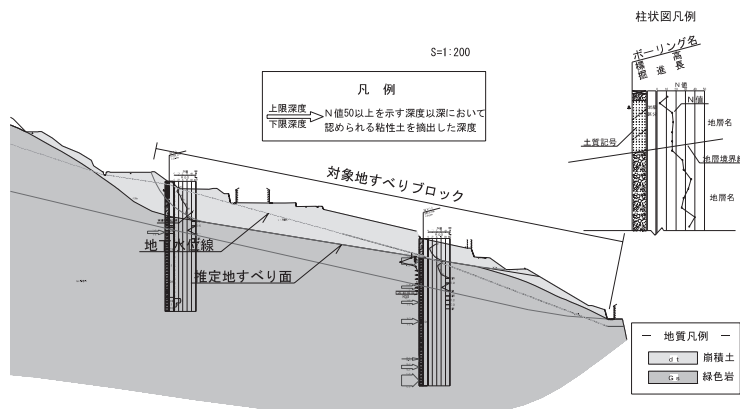
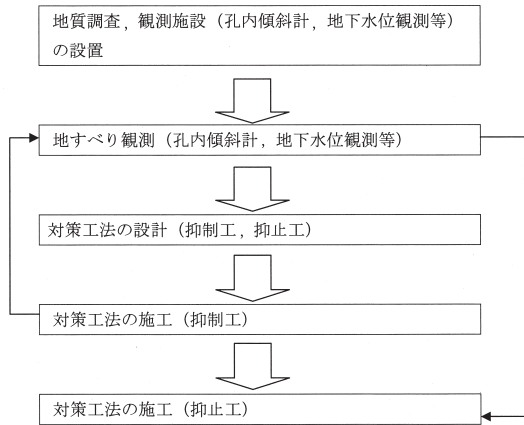


図-3 地質断面図

4. 地すべり発生機構の解析

1) 地すべり移動量

地すべり対策における事業実施の流れはおおまかに以下のとおりとなる。



本対象地すべりブロックにおいて、孔内傾斜計観測および地下水位観測を実施した結果、孔内傾斜計観測によりGL-4、-11m付近に年間5mm程度の変位があり、移動量は年々累積している事が判明した。(図-4 孔内傾斜計観測結果) 推定地すべり面としては、2深度存在していたが、対象地すべりブロックの規模により、GL-4mを地すべり面とした。

2) 安定解析結果

前記の地質調査結果および地すべり移動量観測結果から、地すべり対策工法の選定のため、安定

解析を実施した。なお、安定解析式は標準スライス法（簡便法）により実施した。

標準スライス法

$$F = \frac{\text{すべり面のせん断強さ}}{\text{すべり面に発生しているせん断力}} = \frac{\Sigma S}{\Sigma T}$$

$$= \frac{\Sigma \{cL + (W \cos \theta - U) \tan \phi\}}{\Sigma W \sin \theta}$$

Fs : 安全率

Σ : 各スライスの諸元の総和の意

W : 各スライスの移動土塊重量 (kN/m : 移動層の単位奥行きあたり)

θ : すべり面傾斜角 (°)

U : 各スライスに働く間隙水圧 (kN/m)

L : 各スライスのすべり面長 (m)

φ : すべり面の内部摩擦角 (°)

c : すべり面の粘着力 (kN/m²)

現況安全率	目標安全率	必要抑止力	対策工
0.98	1.20	194.2KN/m	水抜きボーリング + 鋼管杭工 (抑制工) (抑止工)

安定解析の結果、抑制工である水抜きボーリングおよび鋼管杭工を併用して施工する事により、目標安全率を満足する結果となった。

3) 抑制工の施工

安定解析の結果により、まず抑制工として水抜きボーリングを先行して施工したが、その後の移動量観測の結果、地下水位低下の効果はあったものの、孔内傾斜計観測による移動量はあまり軽減されていなかった。そのため、抑止工の施工を行うべく、改めて対策工の検討を行った。

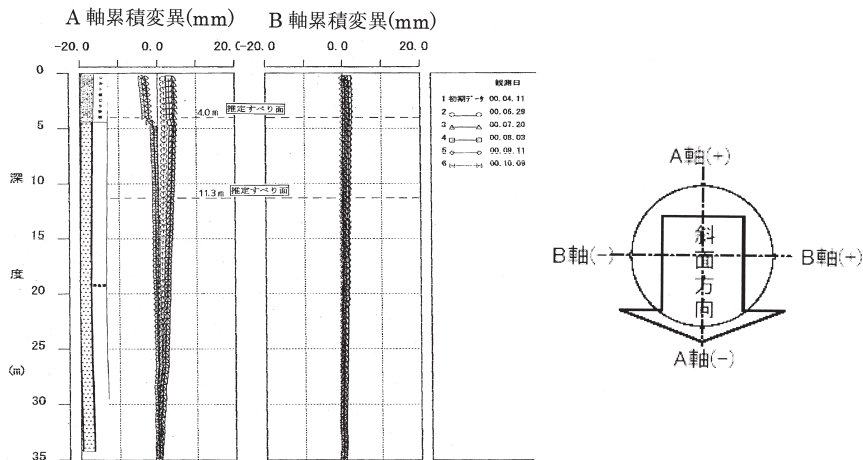


図-4 孔内傾斜計観測結果

5. 抑止工の検討

1) 工法比較

抑止工には、鋼管杭、アンカー工、押さえ盛土等があるが、工法比較を行い、経済性、施工性から鋼管杭が最も適しているとの結果となった。形式はくさび杭を選定した。鋼管杭の検討に当っては、抑制工施工による地下水位低下の効果を考慮し、現況安全率を求め、不足している抑止力から鋼管杭の杭材および配置間隔等の検討を行った。

現況安全率 (地下水位低下後)	目標安全率	必要抑止力	追加対策工
0.995	1.20	378.9KN/m	鋼管杭工

2) ねじ継手式鋼管杭の選定

地すべり抑止杭は、くさび杭形式であれば、地すべり活動に伴い発生する最大曲げモーメントおよび最大せん断力から鋼管杭の必要抵抗力を算定し、最も経済的な断面、材質等を選定する。また、本施工現場は施工条件により鋼管杭を分割して現場搬入する必要があった。そのため、今回は口径、板厚、杭長、杭間隔、杭材、継杭方式として従来の現場溶接方式と新技術であるねじ継手式鋼管杭を採用した場合の63ケースにより検討を行った。その結果、杭材等選定結果(図-5)にある通り、ねじ継手式鋼管杭を採用したケースが最も経済的であったため、ねじ継手式鋼管杭の採用に至ったものである。ねじ継手式鋼管杭については、分割して搬入する必要のある上部鋼管杭φ457.2mmを対象とした。(図-6 地すべり抑止杭配置図)

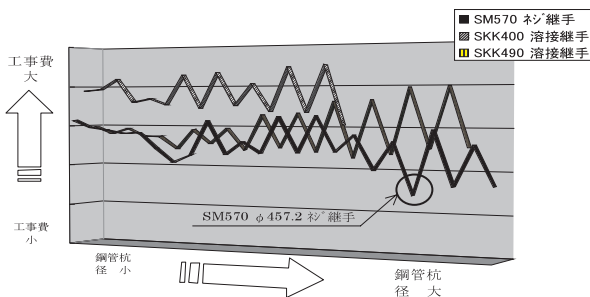


図-5 杭材等選定結果

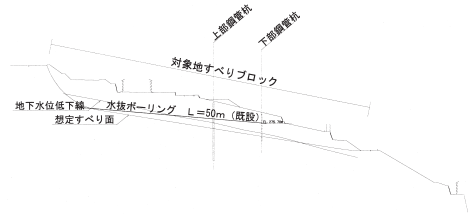


図-6 地すべり抑止杭配置図

施工規模

項目	材質	板厚	口径	長さ	本数
上部鋼管杭	SM570	12.7mm	φ457.2mm	12~15m/本	18本
下部鋼管杭	SKK400	6mm	φ216.3mm	4~7m/本	22本

6. ねじ継手式鋼管杭の特徴

ねじ継手式鋼管杭は、従来現場溶接により行われていた地すべり抑止鋼管杭の継杭作業を、工場において溶接、加工されたテーパ形状のねじ式の継手部を現場において3~4回転まわすのみで継杭を行える工法である。(図-7参照) 従来の現場溶接は、天候により作業を行えない事があり、また、溶接後に継手部の検査としてX線検査等を行う必要があるため、作業が煩雑となり工期の長期化へと繋がる。ねじ継手式鋼管杭を採用する事により、天候に左右される事が少なく、継杭作業の完了も目視により外部から行う事が出来るため、工期の短縮を図れるものである。また、ねじ継手部については、試験室において曲げ耐力試験を行い原管と同等以上の強度を有している事が確認(建設技術審査証明(砂防技術)報告書)されている。これらの特徴により、コスト削減および施工の合理化が図られるものである。

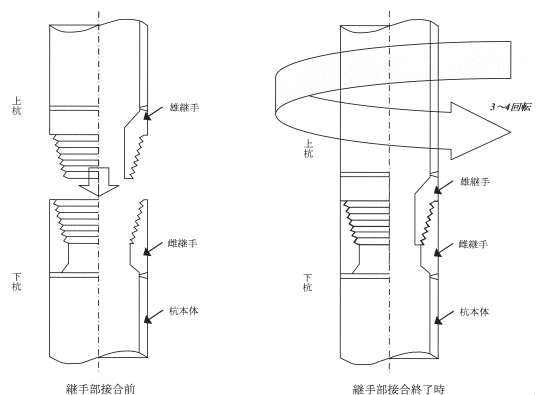


図-7 ねじ継手部詳細図

7. ねじ継手式鋼管杭の施工

1) 施工順序

①削孔工（写真①）

ダウンザホールハンマ等にて設計深度まで削孔を行う。



写真一①

②下杭建込み（写真②）

鋼管杭(下杭)を孔内へ挿入する。



写真一②

③継杭（写真③）

地表面付近に固定した下杭と上杭との芯合せを行い、ねじの噛み合せに注意しながら、ゆっくりとねじ継手部を締め込んでいく。



写真一③

④締め込み終了後、継手間隔を確認し継杭完了（写真④）



写真一④

⑤中詰・外詰工（写真⑤）

鋼管杭挿入完了後、地山との一体化を図るため、外詰めモルタルを打設し、その後、鋼管杭内面の腐食防止のため、中詰めコンクリートを打設



写真一⑤

施工本数分繰返し

2) 施工中に注意した事項

ねじ継手式鋼管杭は、ねじ部を締め込むのみで接合を行える容易な工法ではあるが、作業ミス等によりねじ部を破損すると継手が不可能となり、補修に日数も要するため、材料の保管時、杭の建て込み作業時にはねじ部に損傷を与えないよう注意した。削孔時においては、御荷^{みか}銚^び緑色岩の非常に弱い地盤においての施工となるため、孔壁変形、孔壁崩壊および周辺地盤への影響に注意を払った。また、既存の施設として本施工位置の非常に近傍で施工済みであった水抜きボーリングおよび地下水位観測孔等の地すべり観測施設に、削孔に伴う影響を与えないよう注意を払った。

8. まとめ

本工事では、懸念していた孔壁変形、孔壁崩壊はほとんど発生しなかった。これは、抑制工を先に施工していたため、地下水位が低下し地盤が安定した状態であったためと考えられる。また、作業日数についても2割程度の短縮が可能になった。地すべり抑止杭は、地すべり活動により鋼管杭に生じる弾性変形により抵抗曲げモーメント、抵抗せん断力を発揮し、抑止工としての機能を発揮する。計算上の最大変位量は37mmであるが、今後は本体の変位量観測および周辺地すべり観測施設により動態観測を実施し効果の検証を図っていく事とする。

法止工事中に発生した地すべりへの対応について

内 山 剛 志*
(Takeshi UCHIYAMA)

目	次
1. はじめに	80
2. 広域農道北松南部地区の事業概要	81
3. 法止工事と地すべり対策の経過	81
4. 地すべりの対策工法の検討	84
5. 地すべり対策工施工後の状況	87
6. おわりに	88

1. はじめに

広域農道北松南部地区は、起点の県道との取り付け位置が制約されることから、路線の一部が地すべり指定区域（S35年度 国土交通省管轄）を横断せざるを得ないルートとなっている。（図-1参照）

地すべり指定区域内の設計に当たっては勿論のこと、区域外においても、現地踏査を行い、調査が必要と判断した区間は、調査ボーリング等の事前調査を実施し、地すべりへの対策も含め、広域

農道の設計を行った。

今回報告する工事区間は、地すべり指定区域外であったが、指定区域と隣接した高切土区間であるため、所定の調査・解析を事前に実施し、切土工事と法止工事を並行して施工していた。しかしながら、施工中に、当初想定していたすべりよりも規模の大きいすべりの予兆を発見したため、工事期間中において、その検討と対策工を早急に実施した。

今回は、この地すべり発生の過程と、地すべりへの対応、及び工事後の状況について報告します。

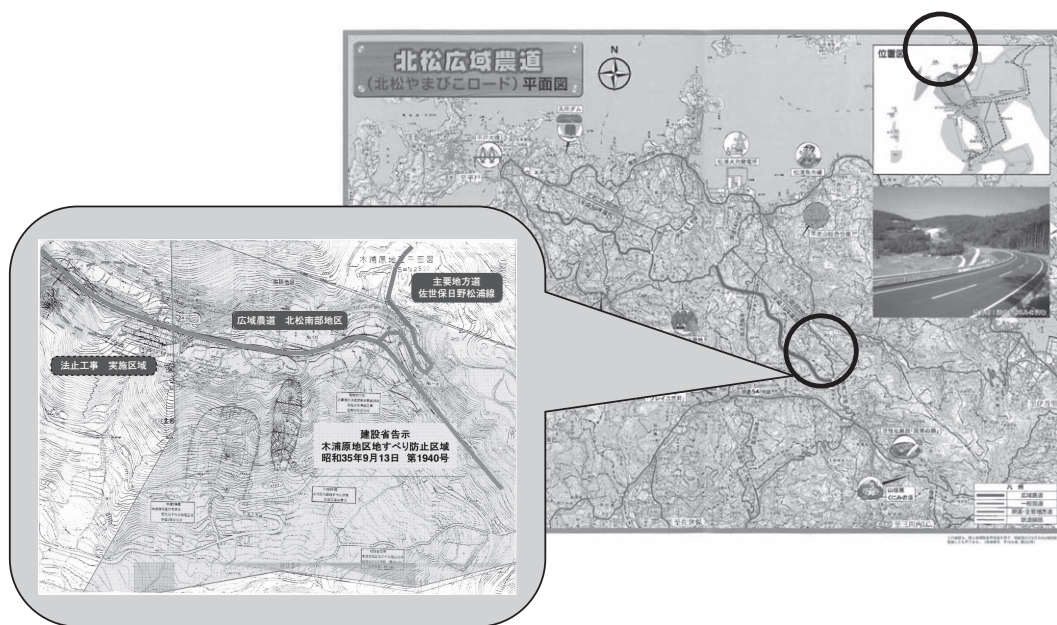


図-1 事業平面図（広域農道北松南部地区・南部2期地区及び北松北部地区）
※図中の北松南部地区には北松南部2期地区を含む

*長崎県北振興局農政部農村整備課 (Tel. 0956-23-7832)

2. 広域農道北松南部地区の事業概要

本事業の概要は以下のとおり。

- ・受益面積 $A = 2,347\text{ha}$
- ・事業量 $L = 4,790\text{m}$
(佐世保市世知原町～吉井町)
- ・道路幅員 $W = 8.0\text{m}$ (6.0m)
- ・事業費 4.811百万円
- ・工期 平成9年度～平成16年度 (8年間)

3. 法止工事と地すべり対策の経過

1) 当初の調査と設計

今回の工事区間は、1:1.2の切土勾配で4段のオープンカット(施行延長約150m)を計画しており、地すべり指定区域から外れているとはいえ、切法面の安定については、当初より注意が必要との判断を行っていた。

また、工事区間の前後の区域においては、擁壁工の掘削時に、掘削直後の斜面で崖錘状に堆積した崩積土中にすべりが発生するなど不安定な地質状況が確認されていた。この地質状況は硬質で多孔質な玄武岩の上位に2～3mの粘土層がありその上端がすべり面で、その上に硬質玄武岩礫を含む崖錘層が分布していた。現地踏査の結果、今回の工事区間も、これらの不安定な地質状況と同様な状況と推定された。

このことから、この工事区間においても、切土により地すべりの発生する可能性が高いと判断し、平成14年度に、地質調査ボーリング2孔を実施し、パイプ歪計を設置した。その他に、アンカー工を設計する時に必要なアンカー長決定の根拠を得るため、先進ボーリング6孔を実施した。(うち2箇所は既設のボーリング資料有り)

この調査の結果、地すべり変動とは確認できないが、歪みの微累積があり、周辺が地すべり地帯で、前後の農道工事で崩壊性地すべりが発生していることから、地すべりが発生する可能性が高いと判断した。ただし、今回の調査結果では、すべり面となりうる層と基盤との境界面は逆勾配(受け盤状)であり、切土により台地状地形部全体に及ぶ大規模な地すべりの発生する可能性はきわめて低いと判断した。

よって、この工事区間においては、掘削時の応

力開放に伴う切法面の緩みによる崩壊性地すべりの可能性が高いと判断し、図-2に示すような地すべり面を想定した。

この対策工法として現場打法枠工とアンカー工を組み合わせた法止工を計画した。(図-2参照)

2) 工事中の状況

この対象区間の工事は、工事中に崩壊性地すべりが発生しないよう施工を安全に行うため、切法面の1段毎に、掘削工事とその法止工事を交互に行う工法で実施した。

すなわち、上段面(4段目)掘削終了後、直ちに、この面の法止工事(現場打法枠工+アンカー工)を実施し、法止め工事完了後に、引き続き、次の断面(3段目)の掘削にかかることとし、歪計などの観測を行いながら、慎重に施工を進めた。

法面2段目の掘削工事の施工中、地質調査ボーリング孔に設置していた観測中のパイプ歪計に、当初想定されたすべり面の位置ではなく、想定より深い深度で、歪みの累積が観測された。

この結果、当初想定崩壊性地すべりよりも規模の大きい地すべりが発生している可能性が考えられると判断し、直ちに切土工事を中断し、観測結果の評価や今後の対応について検討を開始した。

検討の結果、地すべり範囲の再確認のため、範囲を広げた調査が必要との判断のもと、地質調査ボーリング5孔を追加するとともに、地下水位計と、移動方向と変動量の確認のため孔内傾斜計を設置し観測を開始した。

地質調査の結果、農道背面の台地状の部分は厚さ15～20m程の硬質玄武岩礫を多く含む崩積層によりなっており、地下水位は比較的高く、周辺斜面から湧水が認められた。

孔内傾斜計の観測の結果、降雨に連動して、谷側方向に2mm程度の変動が確認され(図-3の深度11m～12m区間)、同様にパイプ歪計の観測結果(図-8参照)も、降雨に連動して歪みが蓄積されていることが確認された。

地すべりブロックの範囲については、地質調査ボーリングとパイプ歪計・孔内傾斜計の観測により、すべり面を再検討し、山地傾斜部に設置した伸縮計と現地踏査の結果により、地すべり範囲を決定し、対策工の検討を行った。

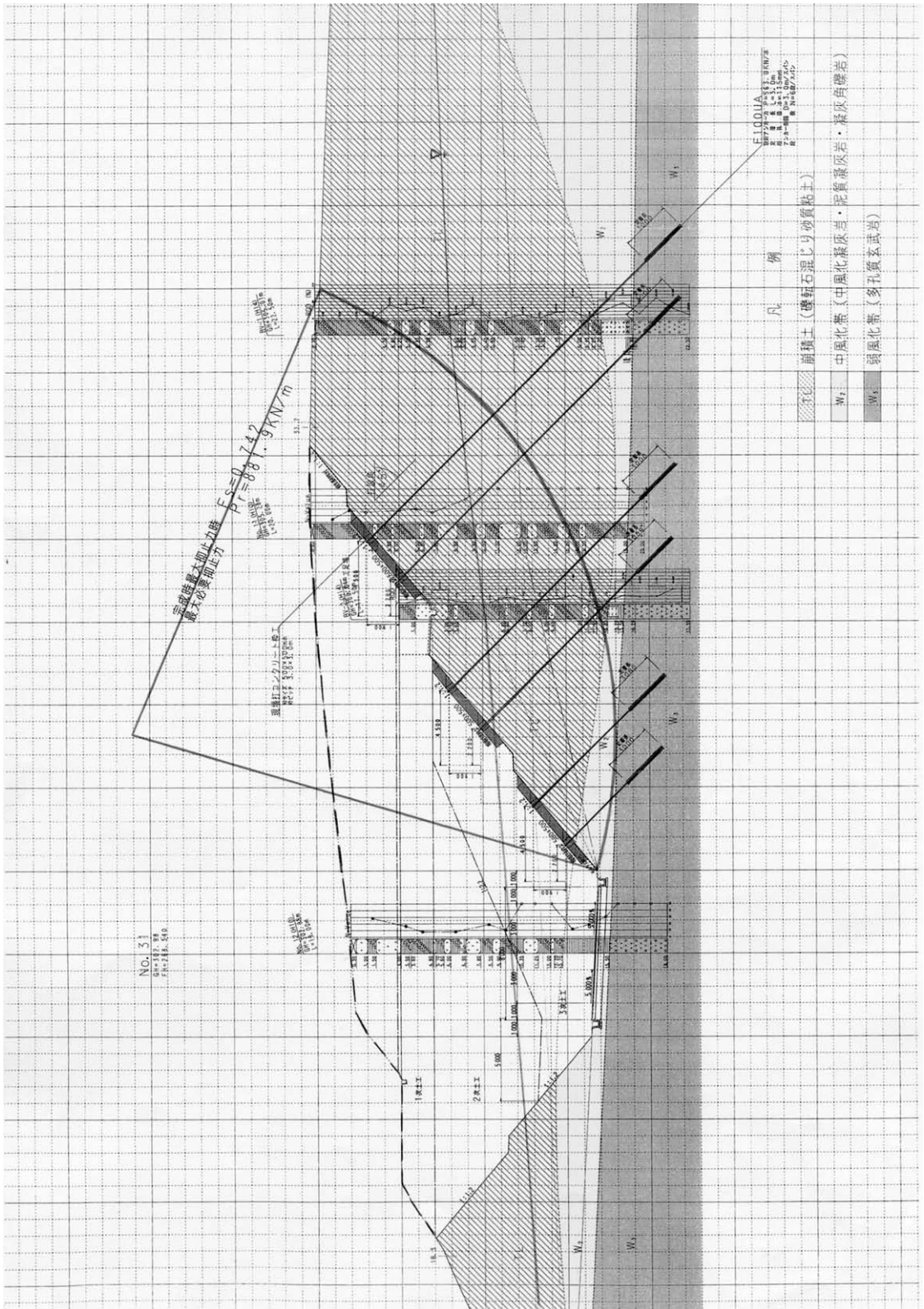


図-2 当初の地すべり想定図

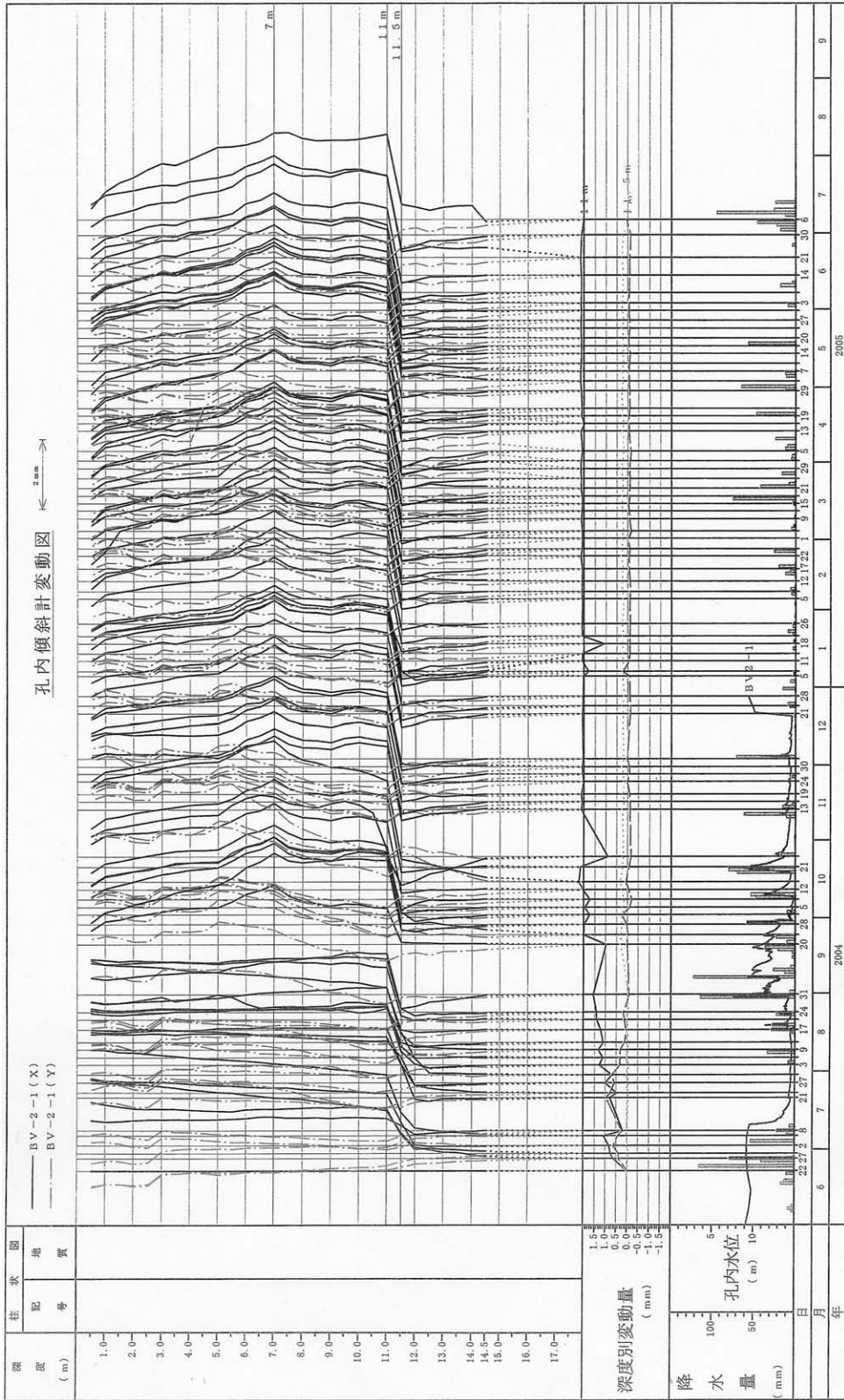


図-3 孔内傾斜計 (BV-2-1)

4. 地すべりの対策工法の検討

1) 安定解析に用いる土質定数の決定

- ・安定解析に用いる現況安全率は、上段の法面の一部完成している（現場打法枠工+アンカー工）状態で、降雨に連動した地すべりであるため、現況安全率を $F_s = 0.98$ とする。（長崎県砂防課傾斜地保全便覧による）
- ・安定計算に用いる C は一般的に地すべり土層の厚さ（最大層厚）に大体比例していると仮定し、10mの土厚の場合 $C = 10\text{kN/m}^2$ となることから、最大層厚より $C = 21.1\text{kN/m}^2$ とする。
- ・計画安全率は、広域農道がこの地域の幹線道路であるため、 $F_s = 1.20$ とする。

2) 当初計画で施工した場合の検討（図-4参照）

- ①当初計画のまま農道を完成させた場合は、計画道路高まで掘削を行うため安全率が急激に低下し、当初計画の現場打法枠工+アンカー工をそのまま施工したのでは、安全率は、右記のとおりとなり地すべりを抑えられない。そのため、他の対策工を加える必要がある。

現計画での完成時の安全率 F_s は、

$$\begin{aligned} \text{アンカーの抑止力} &: Pr = 580.402\text{KN/m} \\ \text{地すべりの抵抗力} &: S = 4,306.810\text{KN/m} \\ \text{地すべりの推力} &: T = 5,105.037\text{KN/m} \\ F_s &= (4,306.810 + 580.402) / 5,105.037 \\ &= 0.957 > 1.20 \text{ (NG)} \end{aligned}$$

となり、計画安全率 $pF_s = 1.20$ を満足できないため、対策工が必要となる。

【安全率 0.98 → 0.957】

- ②当初計画のまま農道を完成させ、安全率の低下を抑えるため、現場打法枠工+アンカー工に集水井（抑制工）を加えて施工した場合は下記のとおりとなる。

【安全率 0.98 → 1.037】

よって、この場合も、抑制工のみの追加では、計画安全率 $F_s = 1.20$ を満足せず、当初採用のアン

カー工及び反力体の工法の再検討が必要となった。

3) 工法再検討（図-6参照）

工法再検討の方針として、施工途中の現場内法枠工とアンカー工を有効に活用し、次の順序で検討することにより経済的な設計とする。

- ①地下水位を下げ、安全率を上げる。
- ②抑え盛土の役割を果たしている状態の道路土工の残切土を出来るだけ残し安全率の低下を抑える。
- ③上記の工法を加味しても不足する安全率をアンカー力の増加により計画安全率まで高める。

①抑制工：

地下水位観測の結果、地下水位が高く湧水も見られることから、横孔ボーリング及び集水井による抑制工を計画し安全率を補う。

それによる安全率上昇は集水井を採用し、地下水位を4m程度低下させることにより8%となる。

【安全率 0.98 → 1.06】

②道路土工：

抑止工の規模をなるべく小さくし、経済性を高めるため、道路縦断勾配を農道の設計速度に応じて6%としていたが、この区間の一部（ $L = 65\text{m}$ ）のみ12%に変更し、地すべり末端部の切土量を最小限にすることにより、道路土工に伴う安全率の低下を最小限に抑える。

【安全率 1.06 → 1.004】

③抑止工：

上記の工法にでも不足する抑止力を補うため、アンカー力を大きくすることにより確保する（設計アンカー力 563.0kN/本 （F100UA）→ 876.3kN/本 （F170UA））。また、受圧板は作業時の安全性確保のため、現場打法枠工から施工性の良い鋼製フレーム工に変更する。

【安全率 1.004 → 1.20】

（図-5参照）

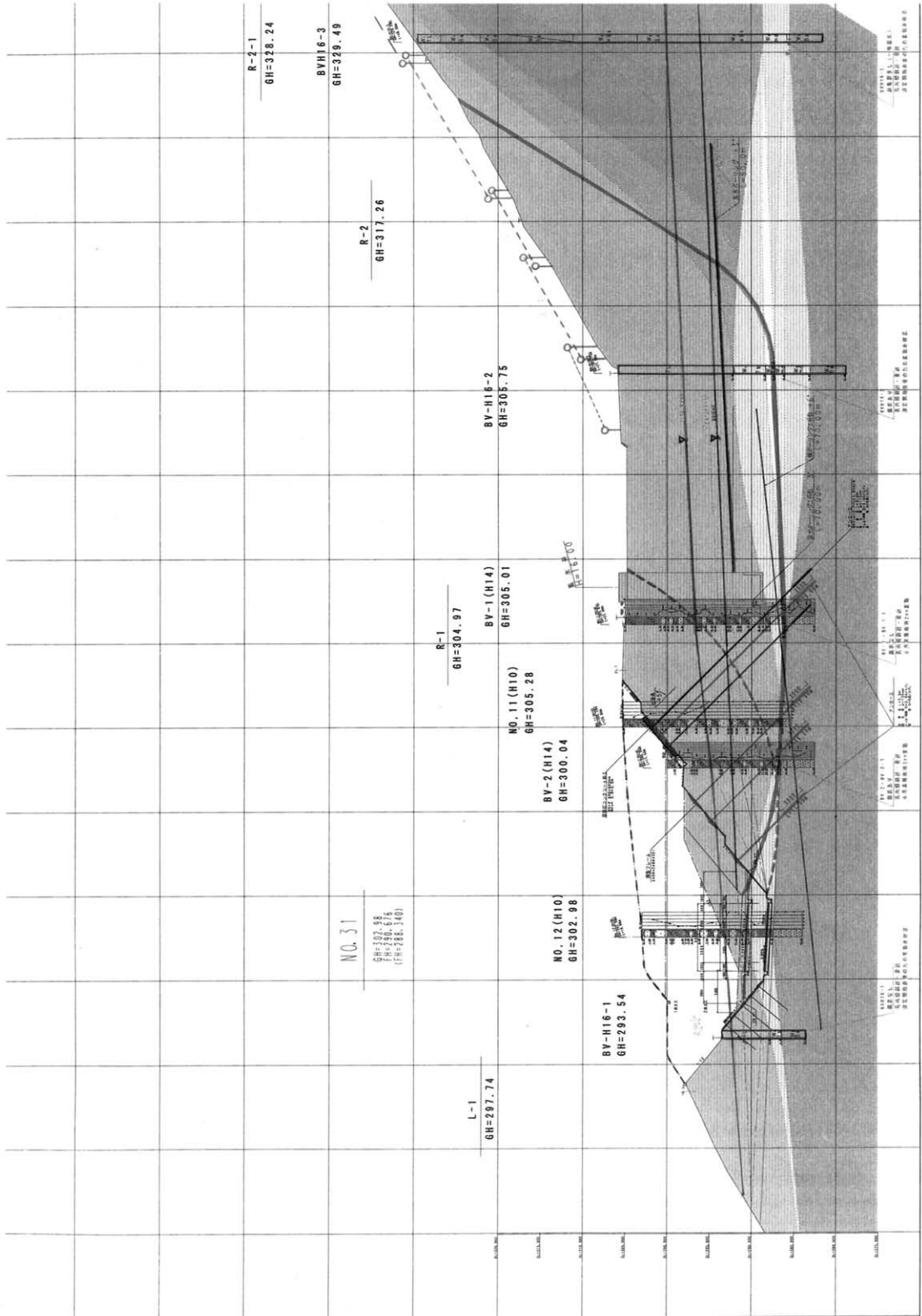


図-4 安定解析断面図

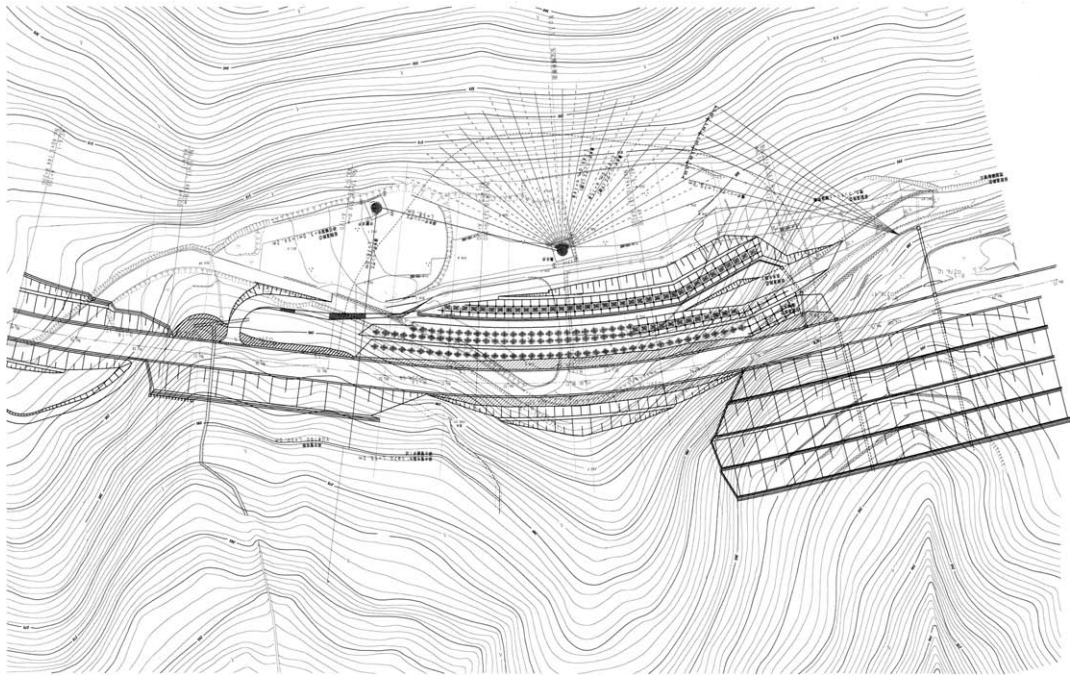


図-5 施工平面図

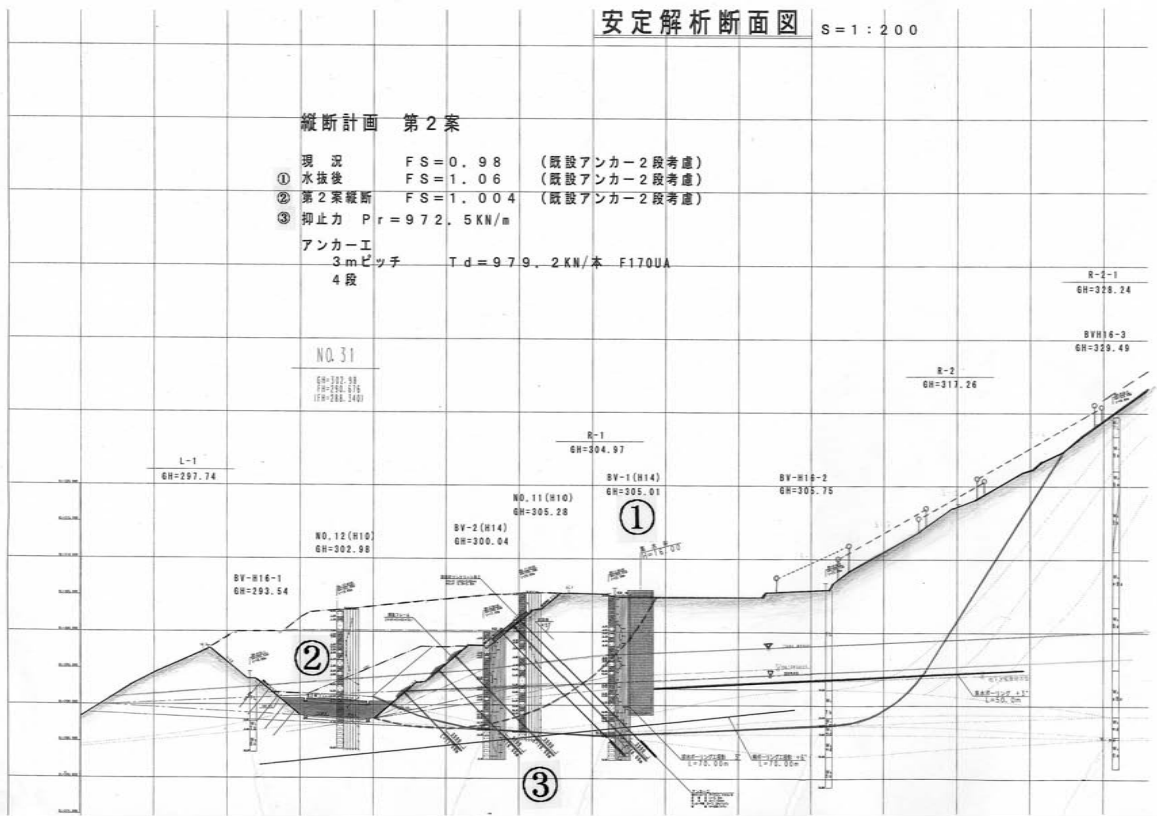


図-6 安定解析断面図(2)

5. 地すべり対策工施工後の状況

地すべりの対策工事の施工後において、歪計・傾斜計に変動はないか、水位観測により、設計上の水位より上昇しないかを確認した。(水位計は水圧式自記水位計を使用)

- ・孔内傾斜計・歪計ともに、アンカー工事による深度20m付近の変動(アンカー体を通る箇所)と集水井工事による地表部の変動による累積を除けば、大きな変動は認められない。
- ・集水井による排水により(写真-1)、降雨(最大)による地下水位の最高水位は、目標低下水位以下に抑えることができた。(図-7参照)

このとき、アンカー工による抑止力を加えた地すべりの安全率Fsは

$$\begin{aligned} \text{アンカーの抑止力} &: Pr = 1,262.701\text{KN/m} \\ \text{地すべりの抵抗力} &: S = 4,745.573\text{KN/m} \\ \text{地すべりの推力} &: T = 4,961.428\text{KN/m} \\ Fs &= (4,745.573 + 1,262.701) / 4,961.428 \\ &= 1.211 > 1.20 \text{ (OK)} \end{aligned}$$

となり、計画安全率pFs = 1.20を満足していた。

また、地すべり対策工の内、アンカー工完了(H16年10月)後、それまで蓄積していた歪みの値が安定した。その後も蓄積は見られない。地表の植物や山の傾面にも異常は見られず、安定していると判断される。(変動している箇所は、アンカー工事と集水井工事の影響、最近の異常値は歪計の劣化による数値の変動と考えられる。)(図-8参照)



写真-1 集水井の集水状況(日雨量240mm)

アンカー区間 広域北松南部地区世知原工区 BV-1

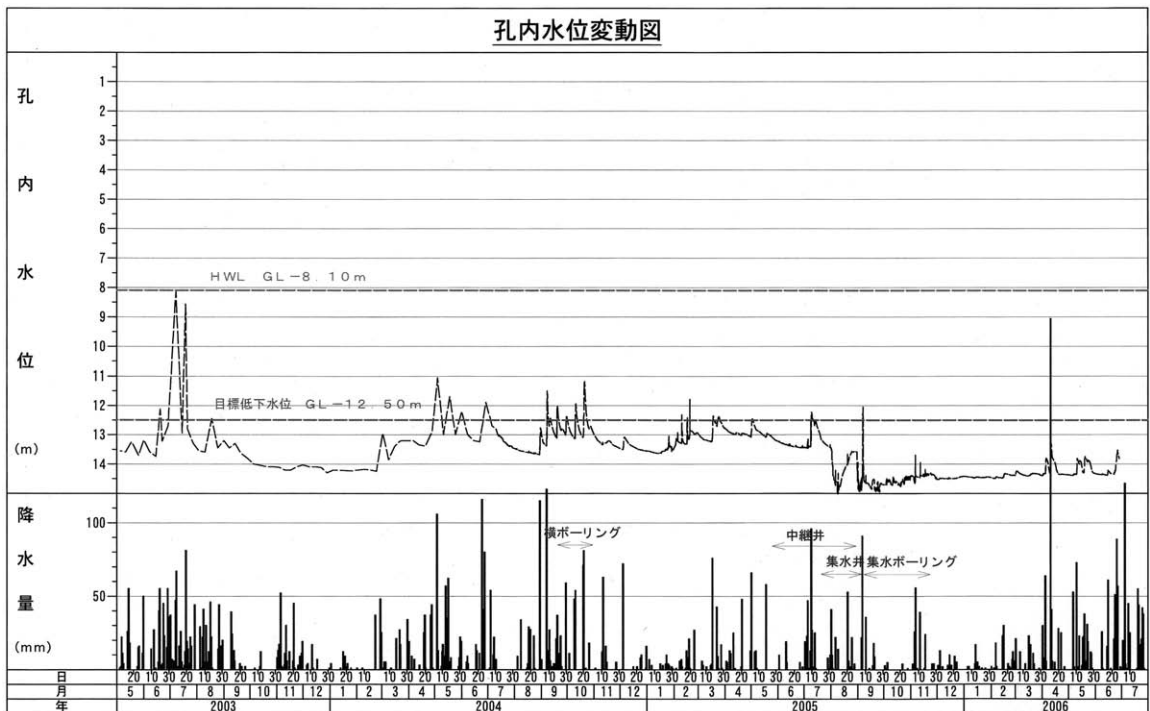


図-7 地下水位変動図

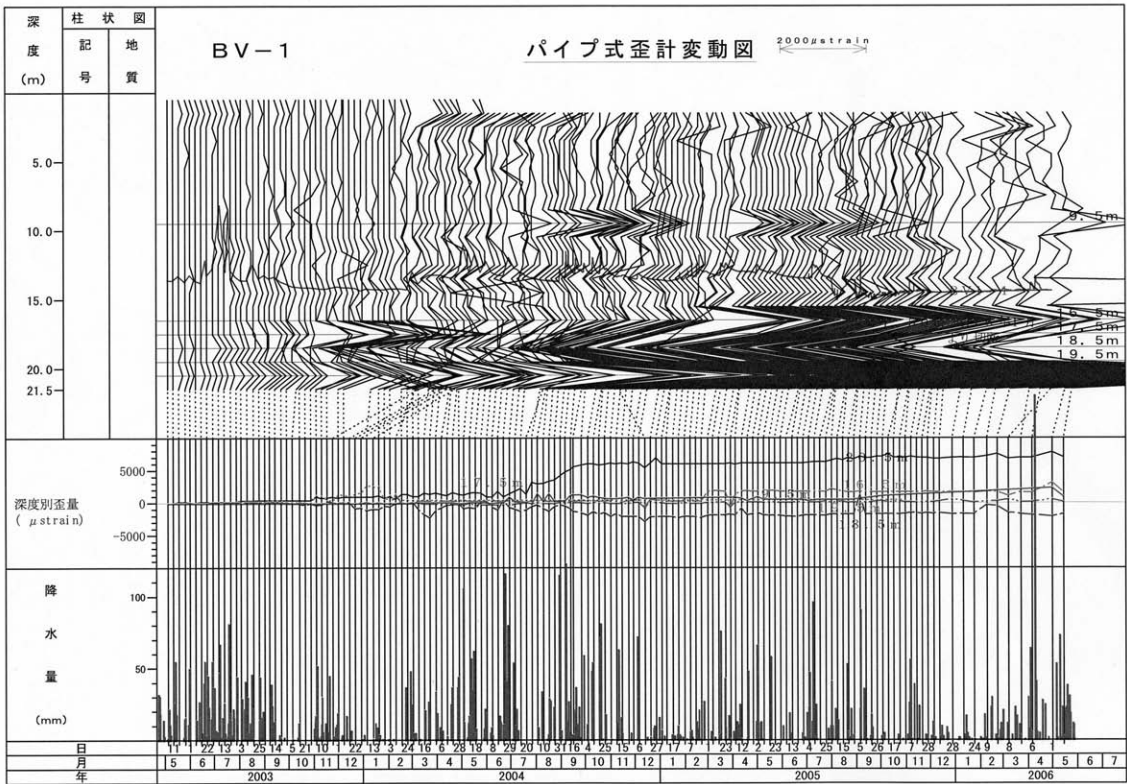


図-8 BV-1 パイプ式歪計変動図（道路土工開始～アンカー工完了以降）

6. おわりに

当初想定していた地すべりは、現地踏査や地質調査ボーリングの結果とあわせ、

- ・ 基盤面が受け盤状と判断されたこと
- ・ 地すべり指定区域から外れていたこと
- ・ 北松南部地区の類似地形箇所では、崩壊性地すべりが主であったこと

などから想定したものであった。

結果的に大きなすべり面を想定しえなかった点については反省点となるが、観測・施工により、地すべりの兆候を早期に把握できた。

また、施工途中であった現場打込枠工とアンカー工を有効に活用した経済的な対策工法を検討する必要があり、事業主体と設計コンサルタント、施工業者の三者で協議を重ね、上記のような工法に決定し、無事故で工事を終え、広域農道の供用開始が果たせた。

地すべり指定区域周辺や、山間部での工事では、このような問題が発生することも予想されるため、当初の調査結果のみに頼ることなく、常に観

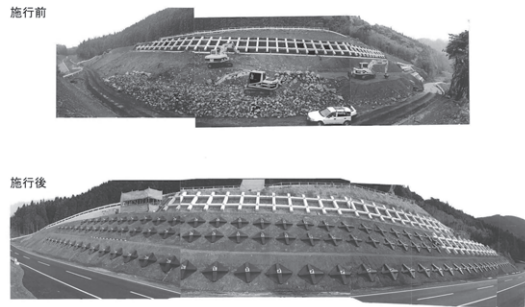


写真-2 地すべり対策工の施工前後写真

測データの挙動に注意を払うとともに、必要と判断された場合は、早い段階での地質調査の追加や、十分な観測体制（パイプ歪計、傾斜計等）が必要である。

対策工法の検討にあたっては、地すべり対策工法だけでなく、道路の縦断計画の見直しなども含め、柔軟に対応していくことが必要である。

ポンプ場建設工事における騒音対策

中西大介*
(Daisuke NAKANISHI)

目 次

1. はじめに	89	6. 「中掘り圧入先端根固め工法」概要	91
2. 総合評価方式競争入札について	89	7. 実際の施工に際して	92
3. 両総農業水利事業の概要	90	8. 調査結果と今後の施工について	93
4. 第3揚水機場建の概要	90	9. まとめ	94
5. 騒音対策を目的とした総合評価入札	90		

1. はじめに

「公共工事の品質確保の促進に関する法律」(以下「品確法」)が平成17年4月に施行された。

農業農村整備事業においては、発注する工事業務について配置技術者の審査や、入札方式の新たな取り組み等がなされているところである。

特に、品確法の基本方針のひとつに「総合評価方式競争入札」の運用促進がある。価格と品質を総合的に考慮した契約を行うため手法のひとつとして入札方式の改善が考えられており、工事の発注において「総合評価方式競争入札」の適用対象を拡大していくよう求められている。

そこで、農業農村整備事業においても同方式の適用は今後、国営事業所や地方自治体等による発注において拡大していくものと考えられる。

品確法とは、社会資本を整備するという公共工事の発注において、経済性に配慮しつつ工事ごとの特性を鑑みて価格以外の多様な要素を加味し、価格と品質において総合的に優れる内容で契約を行う事、そして現場施工においても発注者、受注者共に工事の効率性、安全性、環境配慮等を考慮し、目的物の品質確保が促進される事を狙うものである。現在、農業農村整備事業だけでなく公共事業等全般に対しては「価格だけでなく品質においても優れた目的物が達成されること」、そして「効率性、安全性、環境配慮等の考慮された施工」

が期待されている。

両総農業水利事業所では平成16年度に「両総農業水利事業 第3揚水機場建設工事」を発注した。詳細については別項にて紹介するが、この工事の発注、入札に際しては「基礎杭打設時における騒音対策」という、地域配慮の面での評価を取り入れた総合評価方式をとった。

本稿では、この「第3揚水機場建設工事」の杭打設について、総合評価方式への対応とその地域配慮に関する経過を発注者としての現場の視点より紹介する。

2. 総合評価方式競争入札について

「総合評価方式競争入札」は、価格競争を主眼に置いて行われていた従来の入札方式に加え、価格以外の要素、つまり入札者の技術的能力を審査し、価格も含めた総合的な競争を行わせる入札方式である。

この入札者の技術的能力を量るため、一般的には、発注者が入札前に提示した技術的課題に対し、入札者は価格とともに、技術提案やそれにより得られると考える目標値等を示す。それを発注者が所定の方法により、各入札者の技術提案や目標値等に応じてそれを点数化する。そして各入札者の価格にこの点数を加味し、総合的に評価を行い、もっとも優れた者を落札者と決定する。

本方式による場合、最低価格で応札した業者に必ずしも受注が決まるとは限らなく、入札者の技術力や施工への工夫を評価した競争が行われる利点がある。

*関東農政局両総農業水利事業所 (Tel. 0475-52-6262)

3. 両総農業水利事業の概要

「両総用水」は、千葉県北東部に位置する用水路である。旧両総事業では利根川から取水した農業用水を、慢性的な水不足に悩んでいた九十九里平野までの約18,000ヘクタールの農地へと送水する施設整備を行い、併せて利根川沿岸の湛水被害を解消する排水整備も行うことで、昭和18年、国営事業を開始し、昭和40年に完了した。

その後、40年以上経過している事等から施設の老朽化が顕著となり、また維持管理にも多大な費用と労力を要するようになってきた。

このため、既存用排水路の改修、新規幹線用水路の建設等を実施し、排水機能の維持と向上、水管理の合理化及び維持管理にかかる労力の軽減を図り、併せて行われる基盤整備等の県営事業等により農業経営の安定化を目的とする「国営両総農業水利事業」が平成5年度より進められているところである。(図-1参照、ただし図中の一部市町村名は旧名)

本事業における旧両総用水からの大きな変更点としては、用水路(開水路)のパイプライン化、第3揚水機場の新設、第3揚水機場下流幹線用水路の二路線化及びコンピュータ管理による水管理の合理化等が挙げられる。



図-1 事業概要図

4. 第3揚水機場建の概要

両総用水は利根川から第1揚水機場により取水された後、一旦2級河川である栗山川に放流され、河川下流の第2揚水機場により取水される。

第3揚水機場とは、第2揚水機場から送水された用水を、南部幹線及び東部幹線用水路へ配水するポンプ場である。

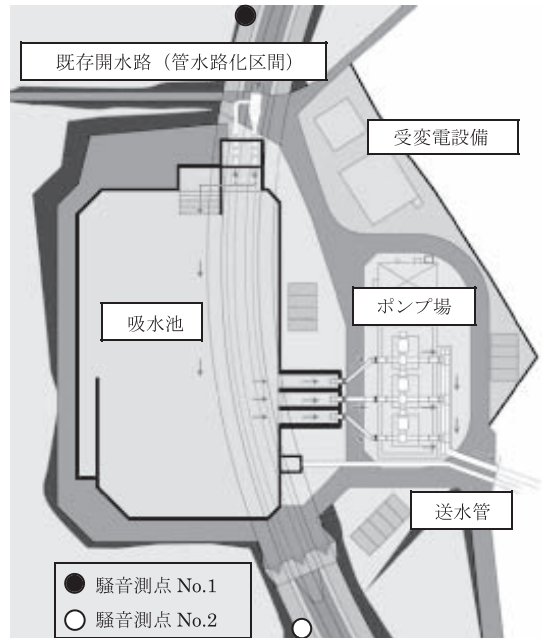


図-2 第3揚水機場平面図

施設の概要は以下の通りである。(図-2参照)

所在地：千葉県山武市成東地内

(ただしH18年3月まで山武郡成東町成東)

揚水量：10.050m³/sec

ポンプ：横軸渦巻型φ1,200mm×3台

発動機：2,000kw×3台

貯水池：14,000m³

「第3揚水機場建設工事」ではこのポンプ機場施設のうち、機場建屋、吸水池及び付帯管路を施工するものである。

また、工期は平成17年1月から平成19年3月までとなっている。

5. 騒音対策を目的とした総合評価入札

(1)騒音対策を総合評価対象とした理由

機場建設地の地盤は地表より10m付近までN値

が10程度と堅固でないため、ポンプ場及び吸水地の擁壁部の基礎については杭基礎とし、支持地盤まで杭を8m～16m程度打ち込む必要がある。

コンクリート杭の打設方法として、本工事においてはN値等より打撃工法が経済性について最も優れている。しかし、この工法は打撃により杭を打ち込む工法であることから、打撃音が騒音となり、周辺への被害が発生する可能性がある。

本機場の建設地は周辺を山林に囲まれてはいるが、近隣には民家や教育施設、民間企業、神社、親水公園等が存在している。このため、近隣住人及び住人らの憩いの場である神社や公園に対しての騒音被害を防止するため、本工事の競争入札においては、基礎杭打設時の騒音の低減措置についてのVE提案を受けて、騒音の低減値を加味する総合評価方式一般競争入札を採用した。

(2)標準案における騒音値の基準設定

今回の総合評価の対象は杭打設時の騒音の低減にかかる措置についてである。

まず、総合評価に用いる標準的な騒音規制の基準値を定める。この根拠としては本工事の建設地である旧・成東町（現・山武市）の条例において、杭打設を伴う建設工事については建設地の境界線より30mの地点で騒音値85dBを下回るように定められていることより、騒音規制の基準値を町の条例に定められた値に準じ85dBと設定した。

入札参加者は事前に杭打設に対するVE提案を行い、その提案工法の妥当性等の採否を受け、入札時には価格と共に杭打設時における各者の騒音規制の目標値を記して入札するものとした。

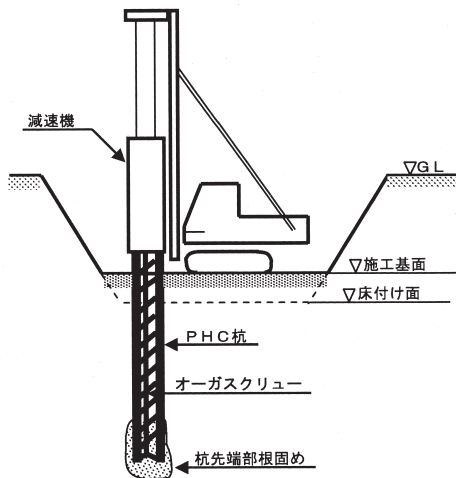


図-3 VE工法概要図

なお、VE提案を行わない場合の標準工法は、低騒音型油圧ハンマによる打撃工法とした。

(3)VE提案と入札の結果

(2)の条件による入札の結果、杭打設時に杭内部を中掘りしながら圧入し、杭先端部にモルタルを注入して支持力を得る「中掘り圧入先端根固め工法」及び打設施工基面高を低下させ、音源の位置を低下させることにより騒音の回折減衰効果を図るVE提案を行い（図-3参照）、騒音規制の目標値については75dB以下に抑える提案をした入札参加者と契約するに至った。

6. 「中掘り圧入先端根固め工法」概要

「中掘り圧入先端根固め工法」を以下「VE工法」と記す。

①工法

杭内部をオーガにより中掘りしながら杭を圧入し、圧入の最終段階でオーガ先端部に取り付けられたビット（写真-1参照）を展開拡大し、基礎球根部となる部分を掘削する。その後、支持層と注入された根固め液（モルタル）を攪拌し硬化させ、基礎球根部に確実な根固め球根を築造する工法（日本コンクリート協会のNAKS工法）である。

②使用機械

中掘り圧入杭打ち機及びモルタルプラント。

③工法の確実性

既成杭打設の工法の中で低騒音かつ低振動の工法として広く採用されている工法のひとつである。建築基準法に基づき旧建設大臣の認可を取得した工法である。



写真-1 ビット部（展開時）

7. 実際の施工に際して

(1)騒音確認方法

建設現場の敷地境界線から30mの地点2箇所において測定する。騒音測定にはJISに規定された騒音計を使用する。

なお杭打設作業の全期間、作業開始時から終了時まで連続して測定する。

昨年度の施工においては24日間測定した。

(2)杭径及び杭長・本数

VE工法においてはNAKS工法を採用している。NAKS工法は杭径φ450以上の杭から適用できることから、標準案でφ400であった一部の杭をφ450に変更し、それに伴い杭の支持力も増大した。また杭の先端処理を根固め球根へと変更しているため、それによっても杭の支持力は増大している。このため、全体の杭支持力の照査を行ったところ、杭長を短くし、杭本数を減少させることができた。

(3)支持力確認

今回のVE工法のような圧入工法において問題点とされるもののひとつに、杭の支持力の確認方法の課題が挙げられる。圧入工法の場合、支持層へ杭が貫入したのか、高止まりしたのか、等を判断するための材料になる定量的「指数」、そして、その指数を判断材料として用いることの「信頼性」について恵まれているとはいえないためである。

本来、杭の支持力の確認には載荷試験を行うことが最も確実な方法と考えられる。しかしながら、その試験に要する日数やその手間、費用を考慮した場合、載荷試験は決して容易に行える試験ではないことも事実であり、工期に制約のある施工においては現実的でない場合が想定される。

そこで、圧入工法では既知のボーリングデータ等から支持力算定式により支持層を算定し推定しておく。そして実際の現場施工の際には打設にかかる電流値を測定し、杭先端の支持層への到達を確認する。この電流値は、オーガの出力計と連動されている電流計で測定されるものである。

杭の圧入時、仮に常に等速で杭が圧入されていくとした場合、オーガが地盤を掘削するに必要となるエネルギーは地層の固さに相関していくと考えられる。つまり軟弱な地盤を掘削している間は低い電流値を示し、支持地盤となりうるような堅固な層を掘削する場合に高い電流値を示すわけである。

実際の圧入の際には必ずしも等速で行われるわけではなく、現場での粒度等の土質条件や地下水の有無等が影響し、電流計の値とN値が定量的な関係にはない。しかし、電流計の振れは地層構成の硬さの変化傾向を確認する定性的な指数として有効性を有する。

今回の事例のように、明らかに地盤支持力に差異のある層が重なっているということを知り得る箇所について掘削する場合、電流計の振れから杭が堅固な層へ到達したことが判断でき、事前のボーリングデータと、そのデータから算定された支持地盤までの杭の圧入深さから、杭が指示地盤へ到達したことの確認と判断ができるものである。(図-4参照)

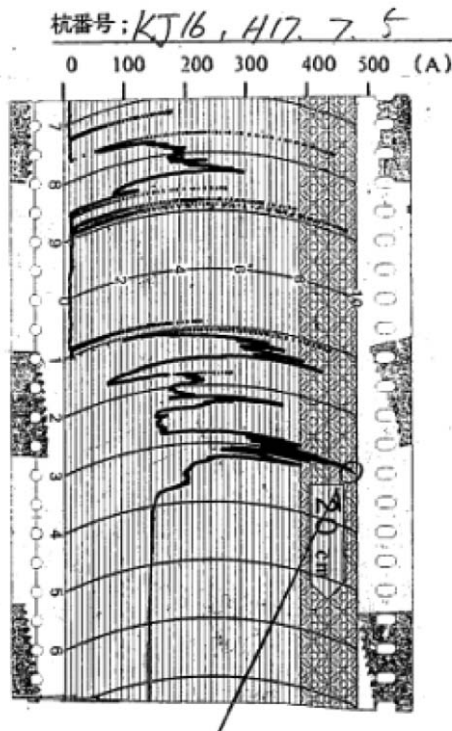


図-4 杭打設時の電流計の振れ

(4)騒音低減結果

(1)の方法により騒音調査を行った。

入札時の提案による騒音規制の目標値は施工現場境界線より30m地点で75dBとなっており、今回の調査において騒音は最大63dBに収まっていた。(図-5参照)

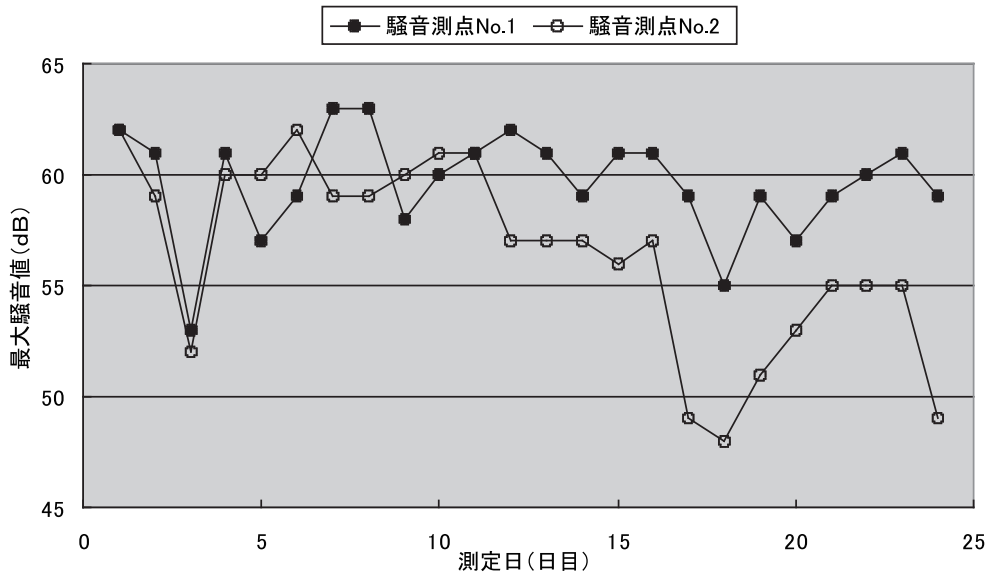


図-5 騒音値の各測定日における最大値

図-5は24日間に亘る騒音測定期間中、2測点において各測定日に測定された騒音値のうちの最大値をグラフ化したものである。

なお、2箇所の測点からの距離は、どの箇所の杭を打設したかにより当然変化するため、各々の点の測定値において若干の差異は存在する。しかし、各測定日の最大値を羅列しているにもかかわらず、入札時に提案された目標値である75dBをはるかに下回る値で推移していたことが判明し、騒音対策の結果は極めて良好であったといえる。

また、今回は騒音調査と併せて振動調査も行った。条例による振動の規制値は85dBであるが、それに対しても最大で51dBに収まっており、極めて良好な結果であったといえる。

その結果、周囲住民からの騒音の苦情が寄せられることもなく、近隣のガスプラント等の施設に対しても何らの影響を与えることは報告されておらず、騒音、振動ともに問題となるレベルではなかったことが確認できた。

8. 調査結果と今後の施工について

今回の施工において用いられたVE工法は非常に低騒音かつ低振動であり、特に騒音について挙げるならば当方による規制基準値の85dB、業者による規制目標値の75dBを大きく下回る63dB以下になる結果となった。このため、近隣住民や周辺

施設等に対し影響を与えることはなく、当方が騒音対策をVE提案で求めた意義は高かったと言える。

なお、本工事の工期は3ヵ年であり、本年度においても基礎杭の打設が残っている。昨年度は貯水池の一部の杭と建屋部分の杭の打設を終えた。本年度には貯水池の残りの杭を打設する必要があるため、このため、本年度においても昨年度のように騒音及び振動に対し注意を払わねばならず、事業所としては施工業者とともによりよい施工に努めていくこととしている。

また、両総農業水利事業所では第3揚水機場建設工事の他、同時期に発注した「第3揚水機場吐水槽建設工事」においてもPHC杭打設時の騒音対策での総合評価方式を採り、騒音の規制基準値85dBに対して目標値75dBを提案され落札された。本工事の基礎杭打設はすべて終了しており、これも目標値を下回る結果となった。

また、昨年度より施工開始となった「松渦堰建設工事」においては鋼管杭の中堀先端根固め工法を標準工法としている。本工事の現場付近にはガス管が埋設されており、そのため杭打設時の振動対策での総合評価方式を行った。そして振動の規制基準値75dBに対し目標値65dBを提案され落札された。本工事での杭打設は本年度以降の施工となるので今後の結果に注目したい。

9. まとめ

今回紹介した事例のように、施工現場周辺に住宅地区や商業施設、工業施設が少なくない地域特性を考えた場合、杭打設や矢板打設及び引き抜きという騒音や振動の発生しやすい工程においては、対策をとることが今後重要となっていくものと考えられる。例えば杭打設について考えれば、騒音や振動対策に優れた中掘工法やプレボーリング工法は、打撃工法に比べて直接的な工事費では高額になってしまう場合が多い。しかし施工現場の近隣住民等の理解と協力を得るためにも、現場施工における騒音や振動への対策は避けて通れない。

このように、価格に加えて優れた施工性を追求する場合、活用されるべきひとつの手段として「総合評価方式競争入札」の導入が挙げられる。

ただし「総合評価方式競争入札」を始め、「品

確法」や「競争入札制度の改善」等の制度的、施策的なものについては、新しい入札制度や施策であることから、これらの施策の浸透が確実に図られるまで現場では取り組み難さを感じられたり、そもそも設計や施工を主たる業務とする現場としては、これらの施策は現場ではなく契約や事務においての取り組みではないか、と感じたりすることがあるかもしれない。だがしかし、今回の第3揚水機場建設工事の事例で示したように、実はこれらの施策と、現場での施工とは密接に関連しているものなのである。

特に今回の事例からは、発注者、施工業者ともに公共事業に携わる技術者として、制度や施策の面からも、現場での施工の面からも、施工現場の周辺環境の向上に臨んでいく心構えが極めて重要であると感じた。今後もそれらの旨を心がけ、ひとつひとつの工事に臨んでいきたい。

トンネル照明施設における省エネルギー化技術の導入報告

—省エネトンネル照明システムと太陽光発電システムの導入事例—

鈴木 真一* 伊東 正年*
(Shinichi SUZUKI) (Masatoshi ITOH)

目 次

1. はじめに	95	4. 太陽光発電システム	102
2. 省エネトンネル照明システム (ESTL工法)	96	5. おわりに	103
3. システム導入効果の検証	98		

1. はじめに

1-1. 事業概要

安房南部区域農用地総合整備事業は、千葉県最南端である館山、安房地域において、農作業効率の改善と高収益作物の導入を可能にする区画整理175haと、農畜産物の流通改善、地域振興のための農業用道路11.5kmを一体的に整備するものである。

事業は、平成13年度に着手し、平成21年度の完成を予定している。実施にあたっては、環境への配慮も事業の大きな柱としている。



て率先した取り組みを実施することを明確にした。この「脱温暖化社会」の構築に向けた取り組みは建設分野にも求められているが、現時点では思うような成果があがっていないと思われる。

本報文では、平成17年4月から供用を開始した千葉県南房総市に位置する安房三芳（あわみよし）トンネルの照明設備に導入した省エネ化技術と、その効果を検証することで、「脱温暖化社会」構築の一例として提案するものである。



写真-1 安房三芳（あわみよし）トンネル

1-2. 安房三芳トンネル

地球温暖化が地球環境問題として叫ばれ始めて久しい。1997年の京都議定書の採択を転機に、我が国でも2005年2月に同議定書を発効、4月には対策方針を掲げる「京都議定書目標達成計画」を策定し、温室効果ガス排出量削減の目標達成に向け

表-1 トンネル設計条件

トンネル延長	L=298m
設計速度	V=40km/h
幅員(車道/全幅員)	W=6.0m / W0=10.25m
計画交通量(平均)	Q=2,300台/日

* (独) 緑資源機構安房南部建設事業所 (Tel. 0470-25-3011)

1-3. 省エネ化技術

トンネルの照明は、昼夜を通じて明るさを保つことで交通の安全を確保することを目的としている。しかし、交通量が少ないトンネル、時間帯によって交通量に大きな変動があるトンネルで、車両等がほとんど通過しない時間帯でも照明が煌々と点灯している。

この状態を改善し、維持管理費を軽減させるため、トンネル照明設備の省エネ化技術を検討し、「省エネトンネル照明システム (ESTL工法) *1」と、「太陽光発電システム」を導入した。

技術①：省エネトンネル照明システム (ESTL工法)
 技術②：太陽光発電システム

技術①は、照明の使用電力を従来技術より削減することで省エネ化を行うものである。交通量が比較的少ないトンネルに対して非常に高い省エネ効果が期待でき、近年、施工実績が徐々に増えつつある。

技術②は、使用電力の一部をクリーンな太陽光による自然エネルギーで発電し、商用電源の使用電力を削減しようとするものである。

以降、省エネ化技術とその導入効果について報告する。

2. 省エネトンネル照明システム (ESTL工法)

2-1. トンネル照明設備概要

トンネル照明は、トンネル内に必要な明るさ(輝度)の基準値を満足するように灯具を配置しなければならない。これは、ESTL工法を導入した本トンネルについても同様である。トンネル照明の配置は「道路照明施設設置基準・同解説*2」に従って行い、基本照明と入口照明を計画した。

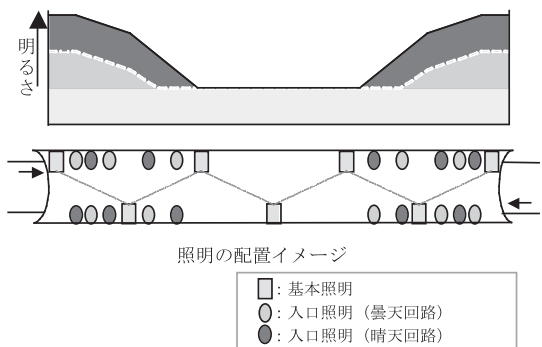


図-1 照明の配置とトンネル内の明るさ

1) 基本照明 (光源：Hf蛍光灯45W)

トンネル全長に均等配置され、運転者が前方の障害物を視認するための最低限度の明るさを確保する照明。24時間点灯する。

2) 入口照明 (光源：Hf蛍光灯32W)

昼間、明るい野外から暗いトンネル内に進入した運転者の目の順応を助けるためにトンネル坑口付近に設置する照明。必要輝度が高く照明台数が多いために消費電力が大きい。昼間のみ点灯し、屋外の明るさ(曇天と晴天)に合わせた回路制御を行う。

2-2. 照明の回路制御と調光制御

前述した回路制御は、屋外に設置した日照計により従来から行われてきた。受光部が屋外の明るさを感知し「晴天・曇天・夜間」を判別し、それぞれの天候に応じた回路を点灯・消灯させる。

本トンネルにおいても、回路制御は同じであるが、これに加えて自動調光回路を導入している(図-2参照)。

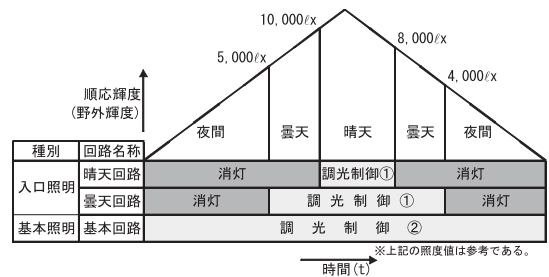


図-2 回路制御と調光制御

2-3. 照明の調光制御とESTL工法

図-2中に示した「調光制御」がESTL工法の特徴である。

従来の回路制御ではこの部分の照明が100%の明るさで点灯しており、それが電力消費に結びついていた。

ESTL工法では、基本照明・入口照明共に、

- ①車両等の通行がない→減光して待機
- ②センサにより車両等の接近を検知
- ③100%の明るさに増光
- ④車両等通過後、一定時間を経て減光→①に戻る

この調光制御では通行車両進入時のみの100%点灯となり、従来の回路制御に比べて大幅な使用電力の削減が可能となる。

2-4. 照明光源と調光制御

本トンネルの照明光源にはHf蛍光ランプを採用している。これは「道路・トンネル照明器材仕様書*3」に定められる標準品の照明器具の安定器を調光形に変更したものである。

ESTL工法では、通行車両をトンネル進入前（およそ100m手前）に検知し、トンネルに到達した時には必要な明るさまで増光しなければならない。Hf蛍光ランプは瞬時の調光（減光／増光）が可能であるため、ESTL工法の光源に適している。また、Hf蛍光ランプ導入によるメリットは以下が挙げられる。

- ・調光制御のためランプ点滅回数による寿命の制限を受けない。
- ・蛍光ランプは点灯開始時の使用電力が大きい問題があるが、減光状態から増光するため、この問題はほとんどない。
- ・白色光なので視環境が良い。
- ・ランプが安価であり広く流通しているものなので入手しやすい。⇒維持管理費の削減

本トンネルでは、入口照明にHf蛍光ランプ32W（Hf32W）、基本照明にHf蛍光ランプ45W（Hf45W）を採用した。それぞれの調光安定器の性能が異なるため、Hf32Wは12.5%の明るさ（図-2調光制御①）、Hf45Wは50%の明るさ（図-2調光制御②）に減光する制御を行う。

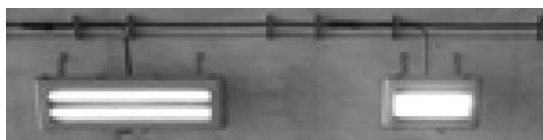
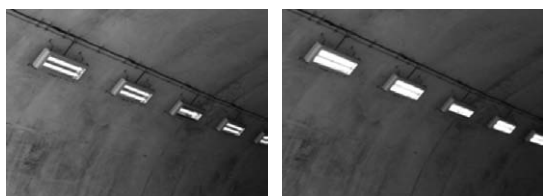


写真-2 入口照明32W（左）と基本照明45W（右）



12.5%減光時 100%点灯時
写真-3 入口照明の調光状況（Hf32W）

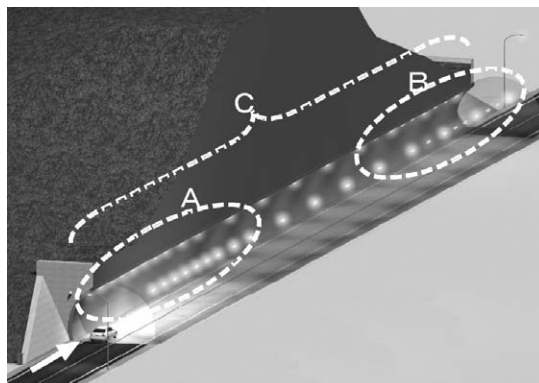
また、車両の走行方向を判別可能なセンサを導入することで、進入側の入口照明だけを増光し、退出側の入口照明は減光したままであり、入口照明の半分が省エネ化できた。（調光制御③）。



図-3 ESTL工法センサ制御イメージ

本トンネルは、歩道付きトンネルであるが、歩行者対策は特に講じていない。その理由として、常時点灯の基本照明は、減光待機中であっても50%の明るさを確保しており、その明るさがあればトンネル内での障害物の確認や人物の顔などを認識できるからである。無論、押しボタン等の設備での対応は可能である。

ESTL工法の調光制御をまとめると、表-2となる。



A：入口照明（進入側）：12.5%点灯 ⇒ 100%点灯
B：入口照明（退出側）：12.5%減光の継続
C：基本照明：50%点灯 ⇒ 100%点灯

図-4 車両進入と点灯パターン

表-2 ESTL工法の調光制御方法

調光制御 ①	入口照明（Hf32W）は車両不在時に12.5%の明るさに減光して待機。
調光制御 ②	基本照明（Hf45W）は車両不在時に50%の明るさに減光して待機。
調光制御 ③	車両進入時は基本照明と進入側の入口照明が100%点灯する。退出側の入口照明は12.5%減光のまま。

2-5. 車両検知用センサ

本トンネルは、車両検知用のセンサにカメラセンサと距離限定形赤外線センサ（補償用）を設置した。

カメラセンサは坑門上部に設置し約100m手前の路面の画像を捉え、検知範囲内をトンネル方向に通過する車両の検知を行う。速度の判定範囲は時速10km～100km程度で、自転車・オートバイも検知可能。人間も時速10km以上で走れば検知できる。

赤外線センサは補償用として、坑口10m手前に設置した。距離限定型で左側車線を検知範囲とするものである。濃霧やカメラセンサ故障時、異常検知時にも赤外線センサが補償用として動作するシステムとなっている。

それぞれのセンサの信頼度は95%程度であるが、センサを二重にすることで信頼度は99.7%以上となり、車両の未検知を防いでいる（現地調査により確認）。

また、センサに異常があった場合には図-2の「調光制御」部が100%点灯となり、従来制御方法に切り替わるフェールセーフ機能を有している。



車両検知カメラセンサ 補償用赤外線センサ
写真-4 車両検知用センサ

2-6. 照明設置台数と負荷

当トンネルに設置した照明の設置台数と負荷は以下のとおりである。

表-3 照明器具台数

基本照明	Hf45W×1 灯用	17
入口照明 (曇天回路)	Hf32W×1 灯用	10
	Hf32W×2 灯用	22
入口照明 (晴天回路)	Hf32W×1 灯用	10
	Hf32W×2 灯用	24
合計		83

Hf32W、Hf45Wは減光時の明るさをそれぞれ12.5%と50%としているが、この減光時の待機電力は明るさと同じではない。計測データより減光時には以下の使用電力が確認された。

表-4 減光時の消費電力

Hf32W(12.5%減光時)⇒約20%の電力を消費
Hf45W(50.0%減光時)⇒約76%の電力を消費

表-5 負荷表 (kVA)

	減光	全点灯
夜間(基本)	0.698	0.918
曇天	1.340	3.834
晴天	2.029	6.966

(機器仕様における公称値)

3. システム導入効果の検証

3-1. 計測データの収集と比較工法

ESTL工法の導入効果を検証するために下記7ヶ月間にわたり、センサの検知回数や電流値等のデータ収集を行った。なお、計測データは制御盤の中のデータログに保存され、3ヶ月に1回程度の頻度で抽出作業を行い、回収したデータの解析を行った。

計測期間	H17.04.01～H17.10.31(7ヶ月)
------	--------------------------

なお、本報告において、ESTL工法の導入効果を示すための比較案には、これまでトンネル照明設備として一般的に用いられてきた低圧ナトリウムランプにおける従来制御方法（以下、従来NX設計）とする。

なお、本報告で示す従来NX設計の使用電力値は同条件で低圧ナトリウムランプによる設計を行った場合における推定値である。

表-6 ESTL工法と従来NX設計

比較案	ESTL工法	従来NX設計
光源	Hf 蛍光ランプ	低圧ナトリウムランプ
制御	自動調光装置・ 車両検知センサ	自動調光装置

3-2. センサ検知回数による交通量調査

記録したセンサの検知回数は交通量に等しいため、そのデータをまとめることにより、交通量調査の資料として活用することが可能である。

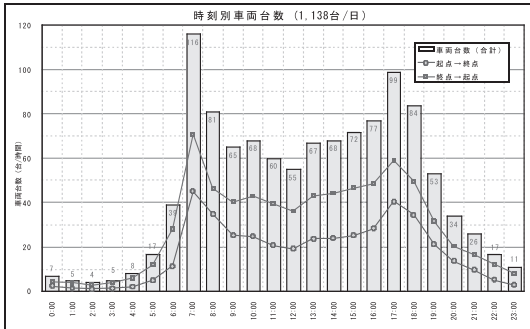


図-5 交通量

12H 交通量	912(台/日)
24H 交通量	1,138(台/日)
昼夜率	1.25

本路線の計測結果をまとめると、交通量は1,138台/日であり、計画(2,300台/日)の50%程度であった。本路線は全線開通に至っていないため、今後完成に向けて交通量は増加していくと予想される。

交通量の分布は朝夕に多く、昼間に比較的少なくなるパターンであり、都市周辺部の通勤に利用される路線によく見られる特徴が確認された。

また、カメラセンサの画像を記録しておけば、データを事務所に持ち帰って車種別などの詳細な交通量調査を行うことができる。ただし、これを行う場合は情報管理を適切に行う必要がある(現行システムでは画像記録装置を設置していない)。

3-3. ESTL工法による使用電力削減効果

図-6は、9月1日のESTL工法と従来NX設計の使用電力を表したものである。

図から読み取れるように、調光制御を用いなくても、光源を低圧ナトリウムランプからHf蛍光ランプにするだけで省電力を実現していることが分かる。

更に、ESTL工法は減光時の待機電力から、車両通行時のみ使用電力が増加しており、省エネが行われていることが確認できる。

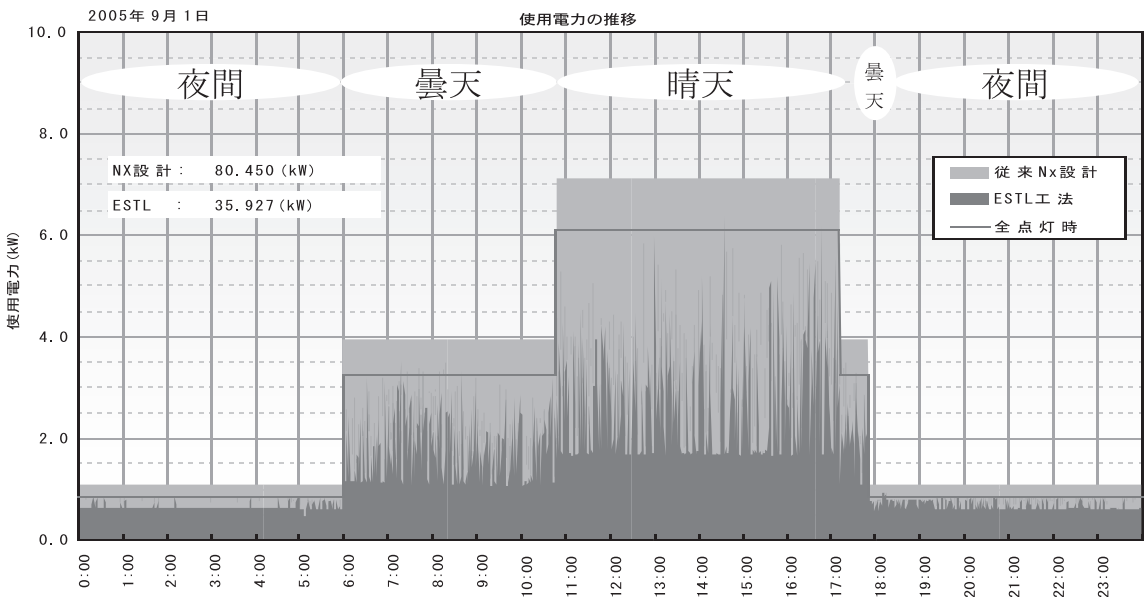


図-6 1日の使用電力の比較 (2005.09.01)

前節で本トンネルは正午付近の交通量が少ないことが確認されたが、従来NX設計や、Hf蛍光ランプ100%点灯では、この交通量が比較的少ない昼間に電力の浪費が行われており、ESTL工法が正午付近の消費電力を大幅に削減できていることがよく分かる。通行車両の有無によって調光するESTL工法の制御方法は本路線の交通特性とマッチし、大幅な省電力化を可能とした。

また、ESTL工法の使用電力が車両通行時に全点灯時の使用電力ラインにまで増加しないのは、前節で述べた「調光制御③」の特徴によるもので、車両通行時も退出側の入口照明が減光したままであるからである。

1日の使用電力を7ヶ月分まとめたものが図-7である。ESTL工法が常に従来NX設計に対して大幅な電力の削減を行っていることが分かる。

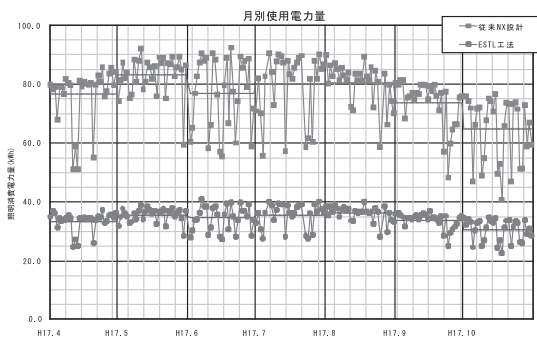


図-7 使用電力の比較

特に従来NX設計は、夜間・曇天・晴天の回路制御をするだけのため、天候の影響を大きく受け、使用電力のばらつきが大きい。一方、ESTL工法は回路制御に加えて車両検知センサによる調光制御も行うため、使用電力のばらつきが小さく、安定した電力使用量で省エネ化を行っていることが分かる。

ESTL工法では、通行車両の有無で調光制御するため、その使用電力量の大小は当然交通量によって左右される。図-8は交通量(台/時間)と使用電力(kWh)の関係を示したものである。

これによると、使用電力が交通量とともに増加しているものの、直線的には増加していないことが確認できる。

また、今後は本路線の交通量が完成に伴って増加していくことと予想されるが、交通量が飽和し、照明が従来制御と同じように100%に常灯してしまうまでにはかなりの余裕があることが確認できる。

これは、調光制御③(図-2)による影響に加え、交通量の分布が等間隔ではなく、重なりを

表-7 天候と回路点灯時間(4~10月の平均)

晴天：5.5 時間	晴天回路：5.5 時間
曇天：6.0 時間	曇天回路：11.5 時間
夜間：12.5 時間	基本回路：24.0 時間

(図-2 参照)

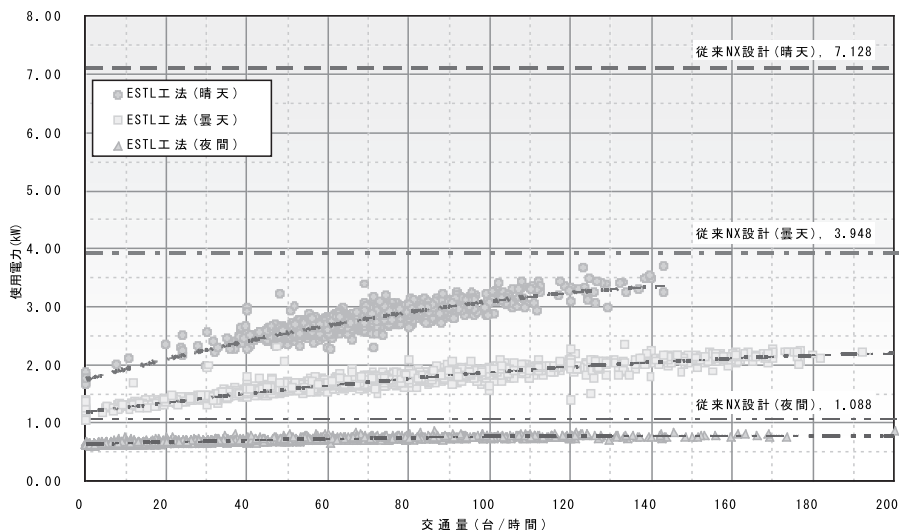


図-8 交通量と使用電力の関係

持っていることが理由にある。仮に、1台通過した時の100%点灯時間を15秒とすれば、時間において2台が通過した場合には、計30秒の点灯となる。しかし、この2台が5秒の間隔で通過した場合、1台目は5秒、2台目は15秒となり、計20秒の点灯で済む。すなわち、10秒分の照明が節約されたことになる。

天候（晴天・曇天・夜間）別に使用電力を比較したものが図-9である。

晴天時の消費電力が最も大きく、従来NX設計では昼間5.5時間のあいだに一日の使用電力の半分を消費していた。ESTL工法では、交通量が少ないため、この晴天時について半分以下の消費電力で運用することが可能であった。一方、夜間は50%待機の基本照明のみの調光制御であるため削減効果は低かった。

全体としては使用電力を50%削減することができた。

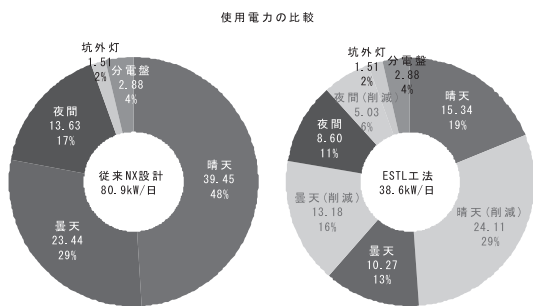


図-9 使用電力の内訳

3-4. 電気料金・CO₂排出量換算

一般的にトンネル照明は電力会社と契約種別「公衆街路灯」による従量制契約を行う。本トンネルに照明設備についても同様であり、契約内容に従って電気料金を試算した場合、年間220千円の削減が行われる結果となった。

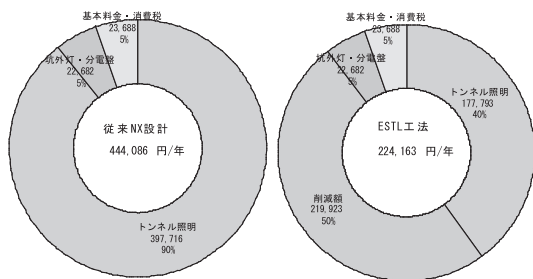


図-10 年間電気料金 (推定)

使用電力量の削減（省エネ化）は、間接的に商用電源の発電時CO₂の削減につながるため、電力を二酸化炭素量に換算することで、ESTL工法の導入が地球温暖化対策にどの程度貢献できているのかを示すことができる。

ESTL工法の導入で使用電力は約50%削減され、年間6.5tのCO₂削減が行われる試算となった。京都議定書では日本のCO₂削減目標が1990年時の6%と定められており、この達成が難しいとされている中で、本システムの導入によりこれだけのCO₂が削減できるメリットは極めて大きいといえる。

ESTL工法の二酸化炭素排出量と削減量 (kg-CO₂)

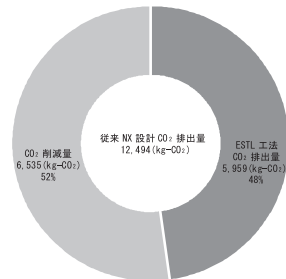


図-11 二酸化炭素 (CO₂) 削減量
CO₂換算係数：0.421kg-CO₂/kWh
(電気事業連合会環境行動計画2005,2004年度実績値)

3-5. 初期投資額と維持管理費

ESTL工法の初期投資額は車両検知センサやセンサ用の配線・配管などが従来の照明設備工事に加わるために高額である。しかし、一方で電気料金・維持管理費（ランプ交換代）が安価である。今回の計測結果をまとめると、初期投資額の増加分はちょうど設備の耐用年数（照明器具の寿命から25年と仮定）で回収できる試算となった。25年間のトータルコストで同額であれば、省エネ化、CO₂削減効果などの付加価値のある当技術の導入意義は大きいといえる。しかし、一方で高額の設備工事費はシステム導入の障害となる恐れがあるため、今後益々の技術改革による設備費削減が望まれる。

現在のところ、システム上の不具合は報告されていない。システム全体が、配線や基盤などで構成されており、機械的に稼働する部分が無いことによる。ただし、システムダウンした事例が1回だけ発生した。これは、旧式のエンジン（草刈り機やチェーンソーなど）から発生したノイズが回

路内に入ったことが考えられ、回路の電源部にマグネット式ノイズ除去機器（パソコンの電源コードにもついている直径1.5cm、長さ3cm程度の円柱状のもの）の設置で克服している。なお、今日のエンジンには、全てノイズ除去機器が備えられている。

表-8 25年間の経済比較（千円）

	ESTL 工法	従来 NX 設計
設備工事費（直工）	26,500	17,000
電気料金	5,600	11,100
維持管理費	4,000	8,000
トータルコスト（合計）	36,100	36,100

4. 太陽光発電システム

4-1. 導入の目的

本トンネルには、先述したESTL工法の他に、太陽光発電システムを導入し、電力の一部を賄う計画とした。

太陽光発電システムは、日射が強い昼間に発電量が多くなる特性を持っているが、これがトンネル照明の昼間に集中する電力需要とがマッチしていることから、使用電力のピークカットに十分な効果を期待できる。また、発電表示パネルを設置し、環境保全活動を啓発する効果や地域イメージの向上にも効果が期待できる。

4-2. システム概要

太陽光発電システムは、商用電源と系統連係を行い、余剰電力の売電は行わない（逆潮流なし）システムである。



システム構成	系統連係形・逆潮流なし 標準型（蓄電池なし）
モジュール	多結晶シリコン 167W×16 枚
発電容量	2.7kW

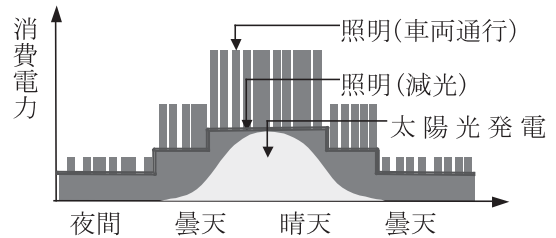
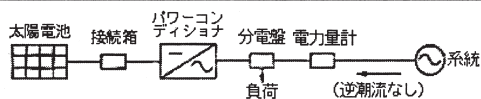


図-12 太陽光発電システム

なお、太陽光発電の発電容量を2.7kW相当としたのは、晴天時における待機電力を賄うことを期待したためである。これ以上の発電を行っても、車両等の通行がなければ、発電した電力が使われない可能性があるためである。

太陽光発電パネルは、真南向きに、地上に対して30度の角度で設置した。太陽光の入射角は季節により異なるが、1年を通して最も発電量が多くなる角度で設置した。

4-3. 導入効果の検証

当システムには計測装置を設置していないため、発電量を正確に知ることができない。そこで、ESTL工法の計測データから電力会社の使用量（通知書）を差し引いた分が太陽光発電によって賄われたと仮定し、太陽光発電量の推定を行った。この仮定においては、推定値のため誤差を含むこと、一日の発電量分布や余剰電力を知ることができないなどの問題があるので、あくまで参考値程度の評価であることに注意が必要である。

検討の結果、発電が晴天時に行われたと仮定すると、晴天の使用電力のうち、約30%が太陽光によるものであると推定され、昼間の使用電力のピークカットに貢献していることが確認できた。ただし、設計段階の想定値に比べると達成率が57%程度であった。

この原因の究明には詳細な計測解析を行う必要があるが、日照の問題の他に機器の問題、すなわち、設計時には考慮されていなかったパワーコンディショナの冷却用エアファンなどの機器が、せっかく生み出したエネルギーを自家消費していることが考えられる。エネルギーを有効に使用するために、機器やシステムの簡素化が課題と言える。

費用対効果を検討すると、太陽光発電の初期投資額が13,000千円であるのに対し、年間約22千円の電気代しか発電できない試算となるため、発

電量で初期投資額を回収することは現時点では難しく、今後の技術の進歩によって発電効率が向上し、設備費が減少することに期待したい。

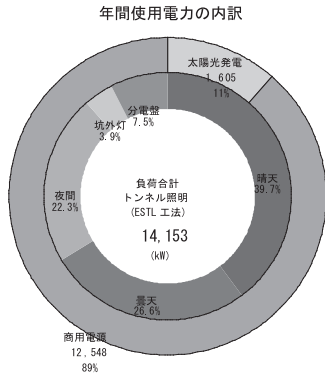


図-13 太陽光による年間発電量

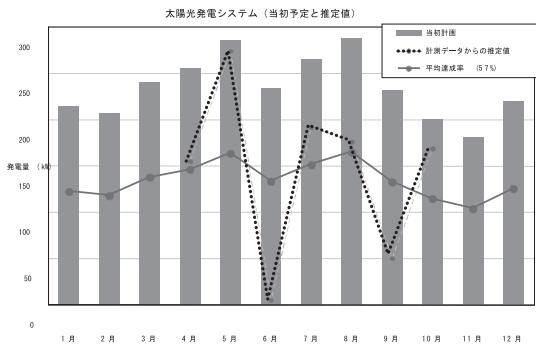


図-14 太陽光による発電量の推定

5. おわりに

今回、安房三芳トンネルに導入した2つの省エネ化技術の導入目的は「脱温暖化社会」に向けた社会基盤整備である。計測結果から、両者ともにトンネル照明の省エネ化を図ることができた。特にESTL工法は従来技術に比べて半分の使用電力での運用が確認されるなど導入効果が極めて高いことが確認された。太陽光発電システムについては、「エネルギーを生み出す」という点で有用であるが、コストの面で未だ問題がある。詳細な調査を行った上で、より効果的な設備導入方法の検討が必要と判断される。

緑資源機構が建設する農業用道路は、事業完了後に地元市町村に譲渡され維持管理が行われる。今回の省エネ化技術は維持管理費の削減技術でもあり、半永久的に支払われる照明電気代の削減は、譲渡される自治体にとって直接的なメリットとなる。また、自治体の省エネ取り組みのPR、環境保全の教育啓発効果なども期待できる。

今後は、引き続きデータ収集に努め、効用が期待通りに発生しているか否かの検証を行っていく予定である。

参考文献

1. 山岳トンネル省エネ照明設備計画事例紹介
土木学会2003.09

*1 NETIS : CG - 030003

*2 日本道路協会. S56.4

*3 建設電気技術協会 (H16)

環境に優しい農業用プラスチック被覆鋼管

— 砕石による埋戻し試験 —

日本水道鋼管協会*

目 次

1. はじめに	104	4. 実証試験	112
2. プラスチック被覆の膜厚と腐食	104	5. まとめ	114
3. φ800mm供試管による砕石埋戻し試験	106		

1. はじめに

日本水道鋼管協会では、平成14年より、水輸送用鋼管の外表面塗覆装として、これまで一般的に採用されてきたアスファルト塗覆装に代わりプラスチック被覆への全面変更を推進している。

プラスチック被覆は、吸水性が極めて小さいため長期にわたり高い防食効果を示し、また硬度が高く耐衝撃性に優れる特性を併せ持っている(表-1参照)。この特性から、プラスチック被覆は施工中における損傷が生じにくくマクロセル腐食対策として有効であり、また梱包材が不要となるため建設廃棄物の減量に役立っている。さらに、現場発生土を埋戻し材料として再生利用できる可能性が高く、建設廃棄物の減量やリサイクルの促進など、昨今の社会的ニーズに応えるものと期待されている。

一方、農業用水パイプラインの分野では、「地震時の液状化対策」、「地盤反力係数の増加による管厚の経済化」、ならびに「山砂の調達問題解消」などを目的に埋戻し材料として砕石の採用が増えており、当協会ではプラスチック被覆鋼管の砕石埋戻し試験を行い傷の発生状況などを調査した。現場発生土と砕石とは粒度分布が異なるため、外表面塗覆装に与える影響は全く同じとはいえないが、現場発生土を埋戻し材料として採用する場合の一つの検討材料として、本試験結果が利用できるものと考えられる。

そこで本稿では、砕石を埋戻し材料として用いた場合の最適な施工法、ならびに外表面塗覆装の仕

様を検討するためにφ800mm供試管による砕石埋戻し試験、ならびに同施工法と外表面被覆仕様を調査するために実際の管路において実施した実証試験について報告する。

表-1 ポリウレタン被覆とアスファルト塗覆装

		ポリウレタン被覆	アスファルト塗覆装
硬さ (HDD ^{※1})		65~68 (23℃)	7~26 (23℃)
電気絶縁抵抗 ^{※2} (Ω·m ²)	初期	2.5×10 ¹⁰	2.5×10 ¹⁰
	5年後	1.5×10 ¹⁰	5.0×10 ⁶
密着力 (N/cm ²)		392~605	167
耐衝撃エネルギー (J)		19.6 (0℃)	12.7 (0℃)
		11.3 (25℃)	12.3 (25℃)
		8.8 (50℃)	4.4 (50℃)
		※被覆厚 1.5mm	※被覆厚 4.2mm

※1 デュロメータ硬さ試験 (JIS K 7215) による

※2 0.58%塩水浸漬試験結果

2. プラスチック被覆の膜厚と腐食

プラスチック被覆は、従来のアスファルト塗覆装と比較して圧倒的に高い硬度を有している。しかしながら、高い硬度のプラスチック被覆であっても砕石で埋戻した場合には傷がつくことが懸念されるため、どの程度の深さの傷であれば鋼管の防食上問題がないのか明らかにする必要がある。

鉄の腐食は水と酸素の存在によって起こるが、プラスチックといえども水と酸素は若干透過し、長い年月では被覆を通して鋼表面が腐食する。なお、酸素と水とを比較すると酸素の透過速度の方

*日本水道鋼管協会 (Tel. 03-3264-1855)

が遅いことから、鋼管（鉄）の腐食は酸素の透過速度に依存すると言われている。

そこで酸素透過係数を測定することで、プラスチック被覆鋼管の腐食と膜厚との関係を検討した結果を2. 1及び2. 2に示す。

2. 1 プラスチックの酸素透過係数

(1)JIS K 7162の差圧法による測定

ポリウレタン及びポリエチレンのフリーフィルムを作成、膜厚を測定し、温度を調整する。低圧側、高圧側を排気し真空にした後、高圧側に酸素ガスを約1気圧導入し低圧側の圧力増加を測定する。式(1)により酸素透過度、式(2)により酸素透過係数を計算した。

$$GTR = \frac{V_C}{R \cdot T \cdot P_u \cdot A} \times \frac{d_p}{d_r} \quad \text{----- (1)}$$

ここに、

GTR : 気体透過度 (mol/m² · s · Pa)

V_C : 低圧側容積 (L)

T : 試験温度 (K)

P_u : 供給気体の差圧 (Pa)

A : 透過面積 (m²)

d_p/d_r : 単位時間(s)における低圧側の
圧力変化 (Pa)

R : 8.31×10³ (L · Pa/K · mol)

$$P = GTR \times d \quad \text{----- (2)}$$

ここに、

P : 酸素透過係数 (mol · m/m² · s · Pa)

GTR : 気体透過度 (mol/m² · s · Pa)

d : 試験片の厚さ (m)

(2)測定結果と最大腐食推定量

フィルム厚1mmとして実施した測定結果と最大腐食推定量を表-2にまとめる。なお、最大腐食推定量の計算は、測定した酸素透過係数を用いて、



の反応により酸素3molに対して、鉄が4mol腐食されるとし、透過した酸素がすべて反応した場合の腐食量を計算した。また、酸素分圧は0.2気圧、鉄比重は7.86を用いた。

表-2 酸素透過係数と最大腐食推定量

被覆材料	ポリウレタン		ポリエチレン	
	15℃	30℃	15℃	30℃
酸素透過係数 mol · m/ m ² · s · Pa	1.73 ×10 ⁻¹⁶	3.83 ×10 ⁻¹⁶	2.16 ×10 ⁻¹⁶	4.42 ×10 ⁻¹⁶
最大腐食 推定量 μm/year	1.046	2.314	1.308	2.671

2. 2 鋼管の腐食の実測値

(1)Mannesmannの文献¹⁾

低密度ポリエチレン1mm厚の被覆を8年間土中暴露した後に腐食量調査を実施したもので、この結果、4.5 μmの腐食(0.6 μm/年)が発生した。このときの酸素透過からの鋼材の腐食計算値は6 μm/年であり、実測値は計算値の1/10程度しか腐食していないことが分かった。

なお、この結果から考えると、透過した酸素の約10%が腐食反応に関与することが推測される。

(2)阿字ヶ浦海水曝露試験(土木研究資料)²⁾

ポリエチレン被覆(厚み:4.6mm)鋼管を外洋に21年間曝露した後に調査を実施した。粘着剤(接着剤)の付着していない部分の腐食量を測定した結果、0.9~1.7 μmであり、被覆厚み1mm、1年に割戻すと0.2~0.3 μm/年の腐食速度であった。

本報告資料はこれ以上の言及はないが、この結果は、計算値(表-2)の約1/10であり、上記同様、透過した酸素の約10%が腐食反応に関与することが推測される。

2. 3 プラスチック被覆の膜厚と腐食

表-2で求めた最大腐食推定量を1/10した値を最大腐食量として膜厚と寿命の関係を表-3にまとめる。なお、腐食量と寿命の関係は明らかではないため、プラスチック被覆を施工する前の下地処理(プラスト)により生じる表面粗度である50 μmまで腐食した時点を寿命と推定した。

一般的には、防食上被覆は0.3mmあれば十分であると言われており、輸送・保管時の傷防止を考慮して被覆厚が決定されている(JIS G 3469ポリエチレン被覆鋼管 解説)。表-3の結果はほぼJISの考えを裏付けており、0.3mmで

約60年の寿命が推定されることから、防食上は0.3mmあれば実用上問題ないと考えられる。

なお、ポリウレタン被覆、ポリエチレン被覆ともにプライマーを使用する場合には、さらに推定寿命が延長される可能性がある。

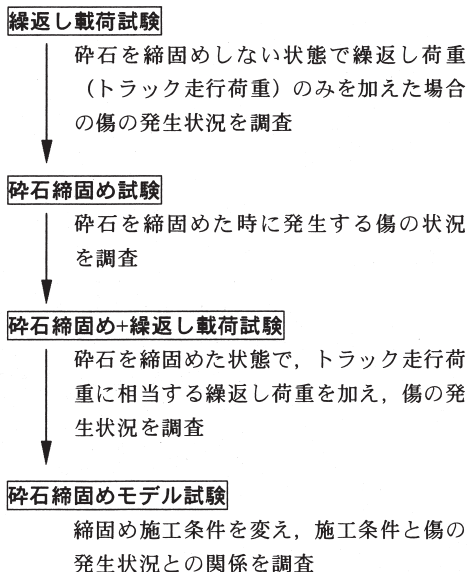
表-3 プラスチック被覆の膜厚と推定寿命

被覆材料		ポリウレタン		中密度 ポリエチレン	
		15℃	30℃	15℃	30℃
温度		15℃	30℃	15℃	30℃
最大 腐食量 ($\mu\text{m}/\text{年}$)	0.3mm 厚	0.350	0.770	0.436	0.801
	1.0mm 厚	0.105	0.231	0.131	0.267
	2.0mm 厚	0.053	0.116	0.066	0.134
推定寿命 (年)	0.3mm 厚	143	65	115	56
	1.0mm 厚	476	216	382	187
	2.0mm 厚	952	431	763	370

3. $\phi 800\text{mm}$ 供試管による碎石埋戻し試験

3.1 試験概要

プラスチック被覆鋼管を碎石にて埋戻し施工する際に生じる被覆表面の傷の状況、ならびに活荷重による傷深さの進展の有無を定量的に把握することを目的に、 $\phi 800\text{mm}$ の供試管を用いた試験を行った。なお、試験のフローは以下の通りである。



3.2 試験内容

(1) 繰返し載荷試験

鋼管の被覆に生じた傷の深さが、トラック走行荷重等の繰返し荷重により進行するか調査する。試験は、締固め時に発生する傷の影響を排除するため碎石を締固めずに実施し、供試管に鋼管の許容たわみ量に見合う荷重を付加し、そこからトラック荷重相当分の荷重変動を繰返し与えることで実際の埋設環境を再現した。なお、荷重は写真-1に示す油圧アクチュエータ（繰返し荷重負荷装置）にて繰返し加えた。

試験手順：

- ① $\phi 800\text{mm}$ ($t = 6\text{mm}$) 供試管を鋼製土槽（幅2m×長さ4m×高さ2m）内に設置し、周囲を碎石にて埋戻す（締固めない）
- ② 土槽上部に設置したアクチュエータ（繰返し荷重負荷装置）にて上載荷重を加え、鋼管に5%のたわみを発生させる（埋設鋼管の許容たわみ率相当）
- ③ 5%たわみ発生荷重を上限とし、トラック走行荷重分の荷重を繰返し加える
- ④ 鋼管を掘り上げ、傷の状況を目視調査する

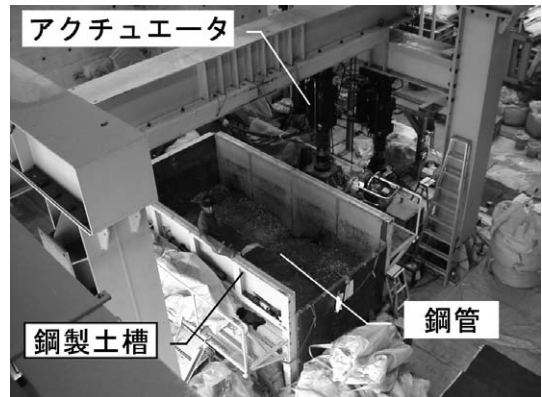


写真-1 試験装置概要

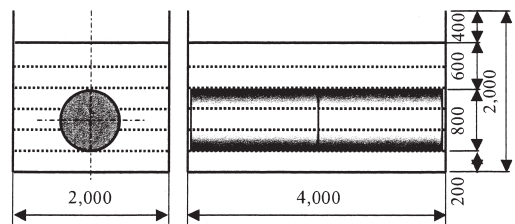


図-1 供試管埋戻し概要図（土被り60cm）

(2) 砕石締固め試験

砕石の締固め施工時に発生する傷の深さを調査した。締固めには、一般に使用される80kg級タンパ、ないし90kg級振動コンパクタを用い、あらかじめ予備試験を行って締固め度85%以上を確保できる締固め回数を求めた（タンパの場合で4回）。

試験手順：

- ① φ800mm (t=6mm) 供試管を鋼製土槽（幅2m×長さ4m×高さ2m）内に設置する
- ② 層厚30cmにて砕石を埋戻し、タンパあるいは振動コンパクタにて規定の回数締固める
- ③ 鋼管を掘り上げ、傷状況を目視調査する
- (3) 砕石締固め+繰返し載荷試験

繰返し載荷試験ならびに締固め試験の結果を踏まえ、締固めた後に走行荷重が加わる実際の状況を想定し、砕石埋戻しによる総合的な傷発生深さを調査した。

試験手順：

- ① φ800mm (t=6mm) 供試管を鋼製土槽（幅2m×長さ4m×高さ2m）内に設置する
- ② 層厚30cmにて砕石を埋戻し、タンパにて規定の回数締固める
- ③ 土槽上部に設置したアクチュエータ（繰返し荷重負荷装置）にて上載荷重を加え、トラック走行荷重分の荷重（170kN-20kN）を繰返し加える
- ④ 鋼管を掘り上げ、傷の状況を目視調査する

3. 3 試験結果

(1) 工場被覆部（ポリウレタン）

① 繰返し載荷試験

試験結果を表-4ならびに図-2に示す。各載荷回数の最大傷深さを比較すると、ばらつきは大きいものの、30,000回の載荷で傷の深さは0.3mm程度増加するものと考えられる。

なお、各載荷回数で最大傷深さにばらつきがあるのは、載荷途中で掘り出すことが不可能なためそれぞれの載荷回数の試験に1本の供試管を使用しているためである。

② 砕石締固め試験

試験結果を表-5に示すが、Case2-1, 2-2の80kg級タンパにて締固めた場合の最大深さはそれぞれ0.48mm, 0.66mmとなる。

試験後の外観を写真-3に、また10cm×10cmの各ブロックにおける最大傷深さを図-3

表-4 繰返し載荷試験結果

載荷回数	0	5,000	10,000	15,000	30,000
発生個数	85	749	197	163	742
最大深さ	0.20	0.38	0.33	0.30	0.49
平均深さ	0.044	0.075	0.074	0.072	0.076

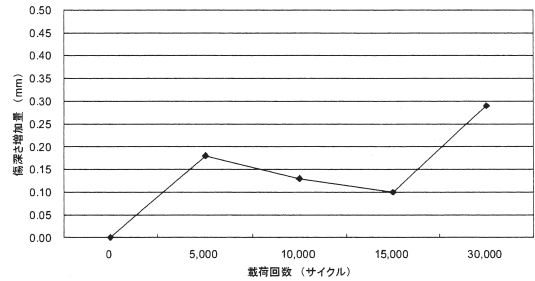


図-2 繰返し載荷回数と傷深さ増加量

表-5 砕石締固め+繰返し載荷試験結果

	Case 2-1	Case 2-2	Case 2-3	Case 2-4	Case 2-5
載荷回数	なし	なし	3万	3万	10万
締固め度 ^{※1} (%)	86.8	87.1	88.7	90.6	91.4
最大傷深さ (mm)	0.48	0.66	0.66	0.26	0.33

※1 締固め度は載荷前の数値

に示すが（Case 2-2の例）、管の上半周では0.3mm程度の傷が多数発生し、下半周はかすり傷程度の傷があるもののほぼ無傷であり、最大深さを含め深い傷は特に2時、10時の位置で発生することが確認された。なお、いずれのケースも同様な発生状況であった。

以上より、締固めによる衝撃力が傷の発生要因であり、特に砕石の層厚が薄く衝撃力が直接的に管に伝わる箇所での深い傷が生じたものと考えられる。

③ 砕石締固め+繰返し載荷試験

試験結果を表-5にまとめるが、繰返し載荷を行ったケースで、載荷を行わないCase2-1, 2-2の最大傷深さ0.66mmを上回る深さの傷は発生しなかった。なお、繰返し載荷試験と同様に各載荷回数に1本の供試管が対応するため、傷深さはばらついている。

繰返し载荷試験の結果も考え合わせると、管周りを締固めたことにより碎石が動かなくなり、繰返し载荷による傷の進行が無視しうる範囲に留まったものと考えられる。



写真-2 80kg級タンパによる締固め状況



写真-3 試験後の状況

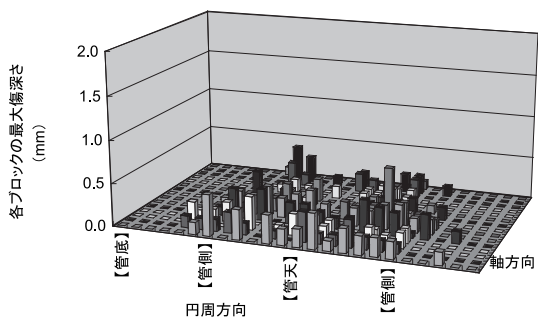


図-3 傷の分布例 (Case2-2)

④ 碎石締固めモデル試験

以上の通り、締固め試験ならびに締固め+繰返し载荷試験を行った結果、トラック走行荷重が傷深さに与える影響は無視しうる範囲であり、締固めによる衝撃力が傷の発生要因で衝撃力の伝わり方が傷深さに大きく影響するものと考えられた。

そこで、衝撃力の伝わり方と傷深さとの関連を明確にするため、数ケースの過酷な施工モデルを設定して埋戻し試験を実施した。施工モデルは、以下の通り設定した(図-4参照)。

条件1：管側の2層目で、可能な限り管際まで近づいて締固め

条件2：3層目の撒き出し厚が薄くなる箇所で管表面に5~10cmまで近づいて締固め

条件3：3層目の撒き出し厚が薄くなる箇所で管表面に5cm程度まで近づいて締固め

条件4：管天の位置で碎石一粒分の厚さを敷き均し4回締固め

条件5：管天の位置で碎石一粒分の厚さを敷き均し、タンパを動かさずに同一部分を5秒間~碎石が砕けるまで締固め

試験結果を表-6にまとめる。過酷な施工条件では比較的深い傷が発生しており、締固めによる衝撃力の伝わり方が傷に与える影響が明らかとなった。なお、最も過酷と考えられる条件5でも最大傷深さは1.97mmであり、80kg級タンパが与える傷は最大でも深さ2mm程度であると推定される。

表-6 碎石締固めモデル試験結果(最大深さ)

	傷の位置	傷深さ (mm)
条件1	管側(2層目表面近傍)	1.14
条件2	3層目表面近傍	0.95
条件3	3層目表面近傍	1.17
条件4	管天の位置	0.46
条件5	管天の位置	1.97

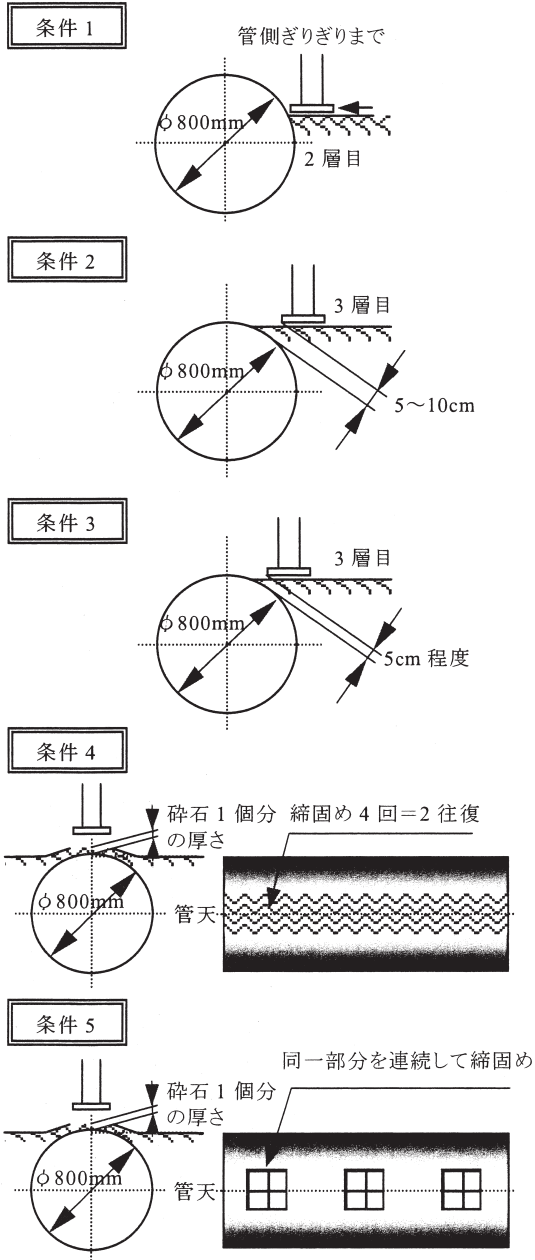


図-4 砕石締固めモデル試験概要



写真-4 締固め状況 (条件2)



写真-5 締固め状況 (条件3)



写真-6 締固め後 (条件5)

【補足】ポリエチレンについても同様な試験を実施し、通常の締固め施工（管際から10cm程度離す）を行った場合、最大傷深さは1.32mmとなった。しかし、モデル試験では条件2を除き、傷深さが仕様厚以上に深くなる結果となった。



写真-7 最大傷 (条件5, 1.97mm)

(2)現地被覆部 (ジョイントコート)

①繰り返し載荷試験

試験結果を表-7に示す。各載荷回数における最大傷深さを比較すると、30,000回の載荷で傷の深さは最大0.3~0.7mm程度増加した結果となったが、ばらつきが大きく断定は難しいものと考えられる。なお、ジョイントコートは耐衝撃シート (ポリエチレンシート, 厚さ1mmのもの) 1枚による保護が標準であるが、今回の試験では標準保護仕様と保護なしの2水準とした。

表-7 繰り返し載荷試験結果

保護仕様	載荷回数	0回		30,000回	
		発生数	最大深さ	発生数	最大深さ
保護あり	発生数	35	31	47	69
	最大深さ	0.35	0.45	0.73	1.07
	傷深さ増加量	-	-	0.38 0.28	0.72 0.62
保護なし	発生数	4	32	46	35
	最大深さ	0.27	0.66	0.60	0.36
	傷深さ増加量	-	-	0.33 -0.06	0.09 -0.30

保護シート: ポリエチレンシート (t=1.0mm) × 1枚

②碎石締固め+繰り返し載荷試験

繰り返し載荷試験の結果を踏まえより深い傷の発生を想定し、従来の耐衝撃シート1枚巻きに加え、耐衝撃シート2枚巻きの保護仕様を設定して試験を行った。

試験結果を表-8にまとめるが、いずれの場合も保護材の耐衝撃シート表面に傷は発生したものの、耐衝撃シートを貫通してジョイントコート本体に達する傷は認められなかった。工場塗覆装の同試験結果と同様に、管周りを締固めたことにより碎石が動かなくなり、繰返し載荷による傷の進行が無視しうる範囲に留まったものと考えられる。

表-8 締固め+繰返し載荷試験結果

載荷回数	0回		30,000回	
	耐衝撃シート1枚巻き	耐衝撃シート2枚巻き	耐衝撃シート1枚巻き	耐衝撃シート2枚巻き
試験結果	傷なし	傷なし	傷なし	傷なし

③碎石締固めモデル試験

工場塗覆装と同様に、過酷な施工モデルにより締固め試験を行った。試験結果を表-9にまとめるが、耐衝撃シート1枚巻きの場合は条件2まで、耐衝撃シート2枚巻きの場合は条件3までジョイントコート本体に傷は発生しなかった。

表-9 碎石締固めモデル試験結果 (最大深さ)

	耐衝撃シート1枚巻き	耐衝撃シート2枚巻き
条件1	傷なし	傷なし
条件2	傷なし	傷なし
条件3	貫通傷あり	傷なし
条件4	傷なし	傷なし
条件5	貫通傷多数	貫通傷多数

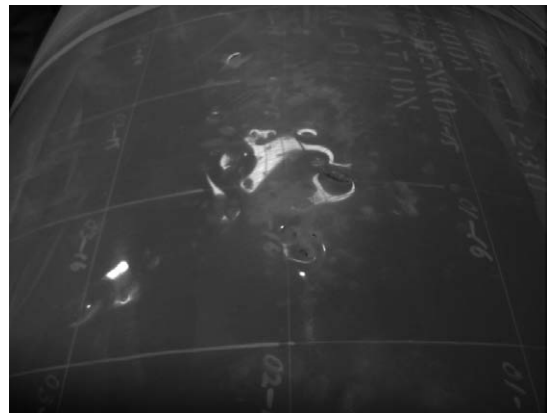


写真-8 試験後の耐衝撃シート表面 (条件5)

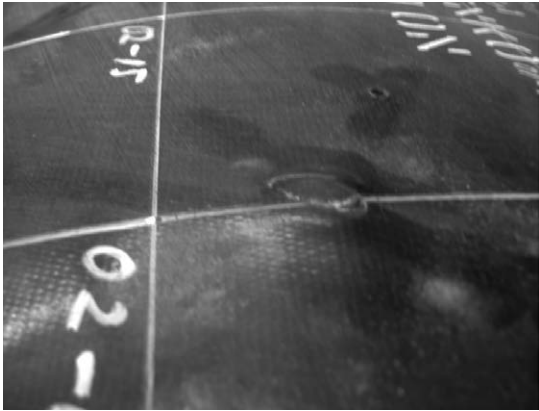


写真-9 試験後のジョイントコート表面 (条件5)

3. 4 まとめ

(1) 繰返し荷重の影響について

砕石を締固めずに載荷した「締固め試験」から、工場塗覆装、現地塗覆装ともに30,000回の載荷で傷の深さは0.3mm程度増加するものと考えられた。一方、砕石を締固めてから載荷した「締固め+繰返し載荷試験」では繰返し載荷による傷の深さの進行は認められなかった。

両結果より、繰返し荷重により管表面近傍の砕石が移動することで傷深さが進行するものと考えられ、締固められている実際の布設状況では、活荷重による傷深さの進行は無視しうる範囲であると考えられる。

(2) 締固め衝撃力と傷深さの関係

「砕石締固めモデル試験」の結果より、ポリウレタン被覆ならびにジョイントコートとも、締固めの衝撃力の伝わり方が傷深さに大きな影響を与える事が明らかとなった。

試験における「条件5」の様な、締固めによる衝撃力を100%伝えるような実際の施工ではあり得ない過酷な施工を行わなければ、防食上問題となる深い傷は発生しないことが分かった。

(3) ポリエチレンの耐砕石埋戻し性について

ポリウレタンと同じ試験を実施し、結果を比較したところ、すべての試験項目においてポリウレタンの傷深さを大きく上回る結果となり、傷深さの進行度を考慮すると砕石埋戻しには適さないことが判明した。

3. 5 締固め施工法と外面塗覆装仕様

前述の通り、傷の深さは締固めの衝撃力の伝わり

りに依存しており、従来の砂埋戻しの場合と施工法を変える必要があると考えられる。砂埋戻しでは、管の際ぎりぎりまで締固める施工が一般的であるが、砕石埋戻しの場合、このような施工では場所によっては砕石1粒を管に打撃するような形となる。従って、このような恐れのある管側より上となる層を締固める際には、図-5に示す様に管表面から砕石2個分程度の離隔(≒10cm程度:条件2)を確保する施工が適切であると考えられる。なお、管表面から10cm以内の範囲を締固めても、砕石数個を転圧する形となり、実際には砕石が跳ね回るだけで締固まらない状態になることが「砕石締固めモデル試験」のなかで判明している。

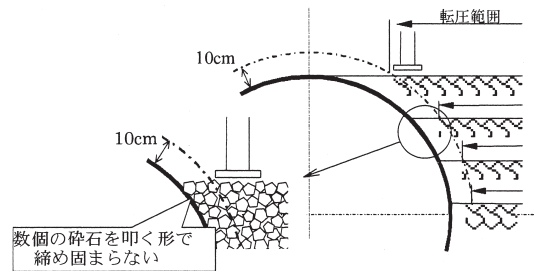


図-5 施工管理概要

外面塗覆装は、実際の現場における離隔距離の管理誤差や、作業時の手元の狂いなどを考慮すると、「砕石締固めモデル試験」における「条件3」を満足する仕様であればより安全である。「条件3」を満足する仕様としては、工場塗覆装はポリウレタン被覆の厚さ2mm、現地塗覆装についてはジョイントコートに耐衝撃シート2枚巻きの仕様となる。なお、実際の運用では、傷が管の上半周で発生することから、図-6に示す様に管の上半分のみ2重となる1.5枚巻きの仕様で問題ないと考えられる。

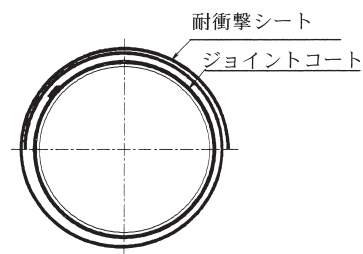


図-6 現地塗覆装仕様 (耐衝撃シート1.5枚巻き)

4. 実証試験

4.1 試験概要

3. 8項の通り、φ800mm供試管による碎石埋戻し試験の結果より得られた施工方法と外面塗覆装の仕様を、実際の管路において確認した。管路の概要を以下に示すが、以下に示す当協会の推奨する外面塗覆装仕様、ならびに管理方法にて埋戻し施工を行い、管を掘り上げて傷の状況を調査した。

- ・工場塗覆装 ポリウレタン被覆、厚さ2mm
- ・現地塗覆装 ジョイントコートにPEシート2回巻きの保護
- ・締固め 管上半周にて、管表面から10cmの離隔を確保（図-7、9に示す水平離隔を管理）

なお、10cmの離隔により締固め度に影響が及ぶことが考えられたため、同時に10cm離隔部の締固め度の測定も実施した。

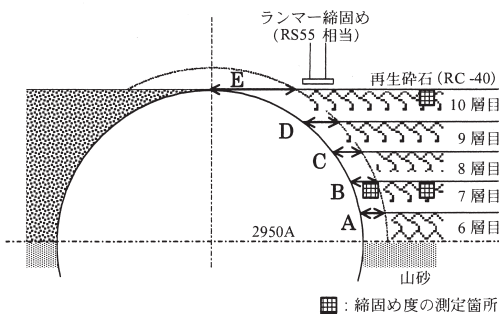
(1)口径2950Aでの試験

①締固め条件

- ・埋戻し材 RC-40
(管上1/4周分、図-7参照)
- ・撒出し厚 30cm

②調査項目

- ・傷の状況（ポリウレタン被覆、ならびにジョイントコート）
- ・締固め度（図-7に示す位置で、一般部2ヶ所と10cm離隔部1ヶ所）



離隔場所	A	B	C	D	E
距離(cm)	11	11	12	16	56

図-7 施工管理概要ならびに締固め度測定ヶ所
※管上1/4周を掘り上げ試験実施

③試験結果

以下の通り、当協会の推奨する施工管理と外面塗覆装の仕様を実際の現場で試験した結果、全く支障なかった。

<傷発生状況>

- ・ポリウレタン被覆

最大傷深さは0.33mmで、大半は0.2mm以下のひっかき傷であった。

- ・ジョイントコート

保護層であるPEシートの表面にはポリウレタン同様に多数のひっかき傷が見られたが、下層のジョイントコート自体には一切傷はなかった。

<締固め度>

測定結果を図-8に示すが、一般部と10cm離隔部とで有意な差は見られなかった。10cm離隔部についても、上層の土荷重ならびに上層の締固めにより十分締固められていることが分かった。

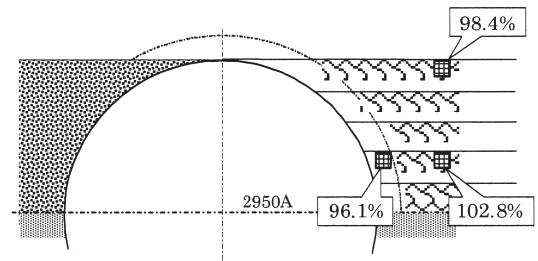


図-8 締固め度測定結果

(2)口径1350Aでの試験

①締固め条件

- ・埋戻し材 C-30、C-40ならびにRC-30、RC-40（図-9参照）
- ・撒出し厚 27cm

②調査項目

- ・傷の状況（ポリウレタン被覆）
- ・防食対策として使われているポリスリーブの碎石に対する適用性
- ・締固め度（図-9に示す位置で、一般部2ヶ所と10cm離隔部4ヶ所）

③試験結果

以下の通り、当協会の推奨する施工管理と外面塗覆装の仕様を実際の現場で試験した結果、全く問題ないことが分かった。

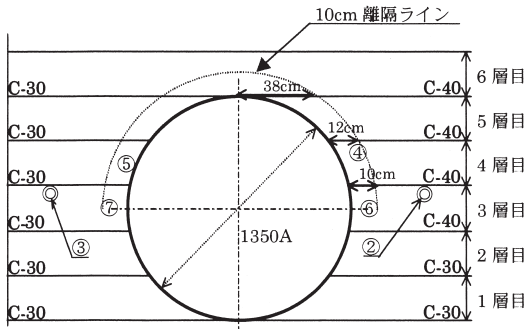


図-9 施工管理概要ならびに締固め度測定箇所

<傷発生状況>

碎石により発生したと思われる傷は、大半が擦り傷程度の細かいもので、深さは最大で0.48mmであり、設計被覆厚(PU:2.0mm以上)に対して防食上必要とされる被覆厚0.3mmを考慮しても十分な余裕があることを確認した。

碎石C-30とC-40での傷の発生状況は、C-40で埋戻した方がやや傷の数が多い傾向があったが、傷の深さは碎石C-30、C-40共に最大で0.48mmであった。

<締固め度>

碎石C-40で締固めを行った場合の締固め密度は、3工区とも基準値(85%以上、平均90%以上)を上回る締固め密度が得られ、特に管際の④⑤⑥⑦においても十分な締固め密度が得られた。また、碎石C-30による締固めにおいても同様な結果が得られ、C-40とC-30の碎石の種類による締固め密度の差異は、ほとんど認められなかった(表-10参照)。

表-10 締固め密度測定結果

碎石種類	工区	計測位置(図-9の②~⑦)		
		3,9時中央	4層目管際	3,9時管際
C-40	A工区	② 99.8%	④ 100.1%	⑥ 95.8%
	B工区	② 96.0%	④ 94.3%	⑥ 95.7%
	C工区※	② 99.4%	④ 97.8%	⑥ 95.3%
C-30	A工区	③ 101.0%	⑤ 99.5%	⑦ 95.0%
	B工区	③ 100.1%	⑤ 96.1%	⑦ 99.2%
	C工区※	③ 99.2%	⑤ 96.4%	⑦ 95.8%

※ C工区は、RC40とRC30を使用

参考までに、たわみ率を測定したところ、鉛直・水平方向の最大値は、

管頂埋戻し時:

$D_v = -0.2\%$, $D_h = 0.6\%$ (B工区)

埋戻し完了時:

$D_v = 0.4\%$, $D_h = -0.2\%$ (C工区)

となり、基準値(±5%)を満足していることを確認した。

<ポリスリーブの碎石埋戻しに対する適用性>

厚さ0.2mmのポリスリーブ(JDPA Z 2005-2001規格品)を管軸方向に2.5mの幅で鋼管に巻きつけ、「管表面から同心円方向に10cm離れた方法」で締固めた結果、碎石RC-30およびRC-40いずれにおいてもポリスリーブに多数の貫通傷が発生した。したがって、碎石埋戻しにポリスリーブは本来の機能はなく埋設管に取付けても意味がないといえる。

4.2 実証試験のまとめ

傷の発生状況ならびに締固め密度調査結果より、埋戻し材の種類にかかわらずデータにほとんど差異がない一般性のある結果が得られた。

4.3 施工管理

土木施工者に10cmの離隔確保を一任した。実際は、写真-10に示すように石灰でのマーキングまたはカラースプレーによるマーキングなど簡易な管理手法で行った。結果、傷の状況と締固め度は前述の通りであり、この様な簡単な施工方法で締固め施工ができることが分かった。



写真-10 施工状況(離隔距離の管理状況)

5. まとめ

農業用水パイプラインを対象として、φ800mm 供試管により碎石埋戻し試験を行い、碎石埋戻し施工法と外面被覆の仕様を検討した。プラスチック被覆鋼管を碎石により埋戻した場合、締固めによる衝撃力の伝わり方が傷深さに大きく関与することが分かり、10cmの離隔を保つことで管の被覆を損なわず、また埋戻し土も十分締固められるような工夫を行った。これらに対しては、実証試験における掘上げ調査および締固め密度調査によって管に生じる傷は微細で、かつ離隔した箇所においても所定の密度が得られることが分かった。

また、傷発生状況と締固め密度に関しC-30、RC-30に加え調達の容易性も考慮しC-40ならびにRC-40も用いて試験したが、粒径の違いによる差異はほとんど認められなかった。

なお、誌面の都合により記述を省略したが、ポリウレタン被覆とポリエチレン被覆の碎石埋戻しの適用性を比較するとポリウレタン被覆が明らかに優れており、プラスチック被覆鋼管を碎石埋戻しに適用する場合には、ポリウレタン被覆を採用すべきであると考えられる。

当協会では、プラスチック被覆鋼管を碎石で埋め戻す場合、表-11に示す外面被覆の仕様と施工方法を推奨している。

プラスチック被覆鋼管を現場発生土などのレキ質を含んだ材料により埋戻す場合も、以上の碎石埋戻し試験により得られた知見から、締固め時の衝撃が直接管に伝わらない様な施工方法と外面被覆仕様によって同じように対応できるものと考えられる。

表-11 碎石埋戻し時の外面被覆仕様^{※1}

工場被覆	PU (ポリウレタン被覆) 2.0mm 以上
現地被覆 (現地溶接部)	JC (ジョイントコート) + 耐衝撃シート ^{※2} 1.5 枚巻

※1 管表面から同心円方向に約 10cm の離隔を確保した締固め作業を基準とする。

※2 ポリエチレンシート厚さ 1.0mm 以上

碎石埋戻しとプラスチック被覆の関係については、ここに述べた一連の試験によって、十分とは言えないまでも初期の成果が得られた。しかしながら地中埋設管の実際の挙動は、様々な要因によって複雑に変化する可能性があるため、未だ解明すべき余地が残されている。今後これらの問題に対しても、当協会は研究を重ね、問題と原因を明らかにすることにより適切な対応策が確立されるよう努力したい。

【碎石埋戻しワーキンググループ】

唐沢 順市, 松嶋 茂之, 郡司 盛,
大槻 富有彦, 嶋津 寛, 友松 邦彰

【参考文献】

- ¹⁾ N.Schmltz - Prangle, W.Schwenk : Pipe Line Industry, 1976
- ²⁾ 土木研究所資料 第3687号「外洋に20年間曝露した防食鋼管杭の耐食性試験報告書」
- ³⁾ 農林水産省構造改善局「土地改良事業計画設計基準 設計「パイプライン」基準書 技術書」, 1998

更新事業における歴史的農業用水利施設の検討について

志 田 麻由子* 清 水 穂 高**
(Mayuko SHIDA) (Hotaka SHIMIZU)

目 次	
1. はじめに	115
2. 公平水路橋とは	116
3. 委員会の設置	116
4. 検討内容	116
5. 検討結果	117
6. 委員会からの提言	118
7. おわりに	119

1. はじめに

両総農業水利事業は、利根川沿岸の湛水被害を解消する排水事業と慢性的な水不足に悩む九十九里沿岸地域へ用水の補給を行うために昭和18～40年にかけて事業が実施されました。これらの施設は建設から40年以上が経過し、老朽化が顕著に

なっています。このため、平成5年から全体的な施設の更新と、用水送水の効率化のために一部施設を新設する事業を行っています。

本稿では、旧事業で建設された「公平水路橋」を改修するにあたり、その取り扱いについて歴史的価値評価や経済比較などを総合的な見地から行った検討概要についてご紹介いたします。

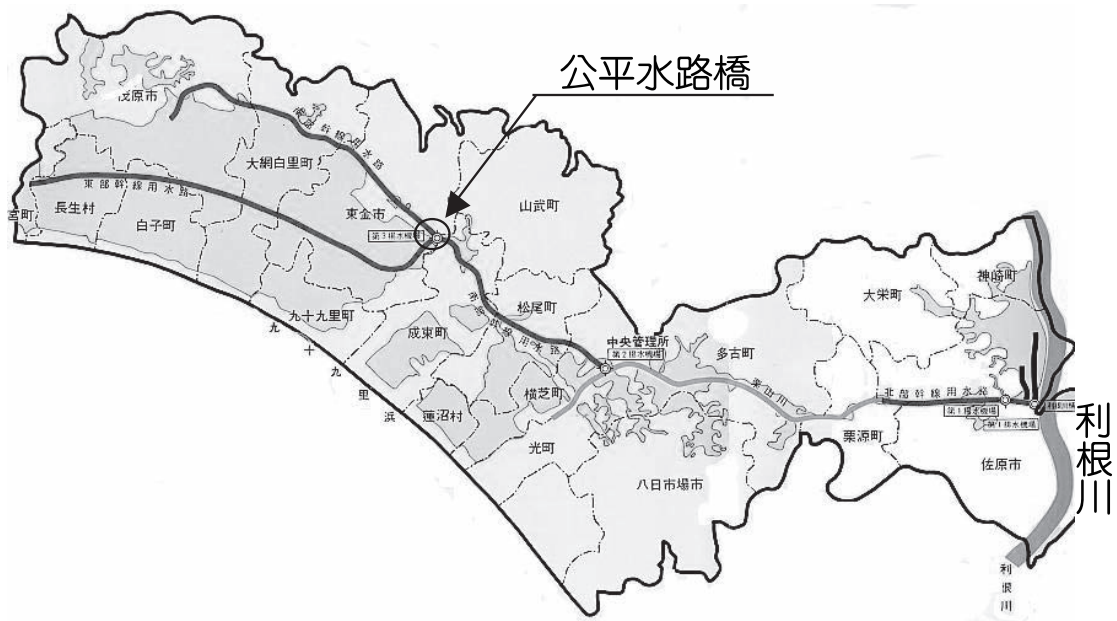


図-1 両総農業水利事業の受益範囲と公平水路橋の位置

*現：関東農政局霞ヶ浦用水農業水利事務所
(Tel. 0296-43-5131)

前：関東農政局両総農業水利事業所

**財日本水土総合研究所 (Tel. 03-3502-1387)

2. 公平水路橋とは

公平水路橋とは、昭和32年に完成した水路橋で全長305mのランガー橋です。当該区間は南部幹線用水路となります。軟弱地盤であったため、一般部のような開水路形態では施工できず、当時では最先端技術であるウェル基礎を用いて施工されています。文化財等の史跡認定を受けているものではありませんが、受益地区の小学校の副読本に紹介されるなど、両総用水を代表する施設となっています。



写真-1 建設当時の公平水路橋



写真-2 現在の公平水路橋

3. 委員会の設置

南部幹線水路のパイプライン化に伴い、公平水路橋をどのように取扱うか検討する必要が生じていました。パイプラインを地下埋設することによる塗装費等維持管理費の節減効果は大きいと想定されますが、前述したとおり当施設は旧事業を代

表するシンボリック的存在となっています。

このため、歴史的・技術的価値評価や経済比較など総合的な評価を実施し、公平水路橋の今後の取り扱いについて検討を行うことを目的として、筑波大学の佐藤政良教授に委員長をお願いし、有識者、関係機関担当者及び地元関係者等で構成する「両総公平水路橋に係る評価検討委員会」（以下「委員会」と言う）を設置しました。

4. 検討内容

今回の検討にあたっては、次の点に着目し行うこととしました。

(1)技術的・文化的価値

技術的価値及び文化的価値に着目し、公平水路橋の価値の評価を行いました。

(2)アンケート調査

千葉県民及び施設の存在する東金市民を対象にCVM調査を実施し、総支払意志額の算定及び当該施設の認知度、保全・撤去に対する意識調査等を行いました。

また、地元集落住民を対象に別途アンケート調査を実施し、施設の認知度、施設に対して持っているイメージ、施設の取り扱いに対する意見（自由回答方式）等の調査も実施しました。

(3)工法比較

工法の比較の前に、次のとおり施設機能診断を実施しました。

- ・上部工調査（目視、鋼材板厚）
- ・下部工調査（ひび割れ、鉄筋露出及び腐食、鉄筋探査、圧縮強度、中性化試験）
- ・構造検証（上部工、橋脚下部工、橋台下部工、それぞれレベル1、2の地震）

その結果、橋台、橋脚に中性化の進行がみられ、橋脚はレベル2の地震に対し剪断力が不足しており、橋脚を鉄筋コンクリートで巻立てること等により補強する必要があるものの、その他は特に問題がなく、保存し活用することは可能であることが判明しました。

この結果をふまえ、公平水路橋を保存し水路内に管を布設する場合と、公平水路橋を撤去し地中に管を埋設する場合のコスト面及び環境面での工法比較を行いました。コスト比較にあたっては、工事実施時に掛かる経費と維持管理費（次期更新時期を50年後と想定し算出）に分けて整理しました。

【銘板の例】

取付位置	銘文	意味	揮毫者／肩書き	
1号	呑口	流通自由	水が自由自在に流れる	広川弘弾／農林大臣
5号	吐口	灌漑富国	田に水を引くことは、国を富ます	本宮三香／詩人
7号	呑口	道通天地	道は天地に通じている	能勢剛／両総土地改良区理事長
11号	呑口	水利冠天下	水の便利さは天下一である	坂本斉一／佐原市長
19号	呑口	如慈雨	ありがたい雨のようである	十枝雄三／両総土地改良区顧問
20号	呑口	天長地久	天地が永遠に続く	瀬戸忠武／両総用水事務所長
	吐口	尽削灌之利	山を削り灌漑に尽くす	熊谷太郎／熊谷組社長

5. 検討結果

(1)技術的・文化的価値

技術的価値という観点で公平水路橋を分析すると、①鋼製の水路橋②ランガー橋③水路自体を補鋼桁として使用④1スパン60m⑤5連橋、といった形式の水路橋は国内でも非常に珍しいことが明らかになり、これらのことから近代土木遺産として、技術的重要性、希少性を備えた構造物であるとの結論を得ました。地元関係者の委員からは、公平水路橋は両総用水事業地域における農業や地域発展の歴史、建設当時の関係者の思いや努力などを後世に伝える上で、重要なモニュメントとなる文化遺産であるとの意見が出されました。

また、両総用水には水路トンネルが数多く存在しますが、それぞれの呑口（上流側）と吐口（下流側）には、事業の関係者や建設業者の事業にかけた思いが記された銘板がはめ込まれており、これらについても公平水路橋と同様に重要なモニュメントであるとの評価がされました。

(2)アンケート調査

CVM調査から、公平水路橋の保全に対する千葉県民の世帯当たり支払意志額は1,776円という結果を得ました。これを利用して千葉県全体の総支払意志額を算出すると約19億円という結果となりました。

当該施設の認知度に関する調査結果は、右図のようになり、東金市民のうち「知っていた」のは64%でしたが、千葉県民では20%という結果となり、施設の存在する東金市民にはある程度知られているものの、千葉県全体で見ると本施設の認知度はあまり高くないことが確認されました。

本CVM調査では、施設を保存すると仮定した

場合、多少の掛かり増し経費が発生するとして、その場合の寄付金の支払意志額を問うていますが、「支払意志有り」を「保存に賛成」と読み替えることで、施設の保全に対する意識を整理しました。その結果は右図のようになり、千葉県民の81%、東金市民の64%が施設の保存に対し賛成しているという結果となりました。

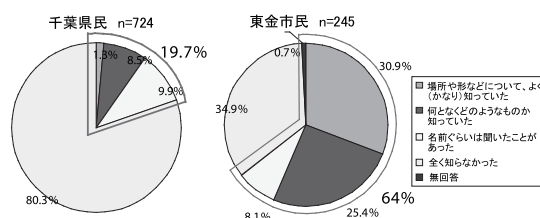


図-2 公平水路橋の認知度

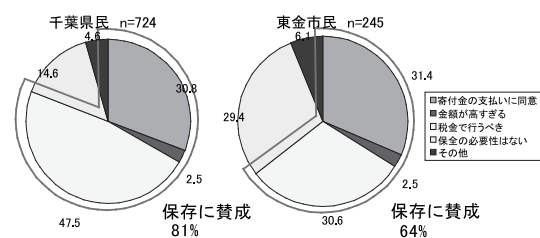


図-3 保全に対する意識

CVM調査とは別に地元集落民を対象に実施したアンケートの結果では、施設に対して良いイメージをもった回答が右図の通り圧倒的に多い結果となりました。施設が地域の景観に溶け込んでおり、公平水路橋を単なる農業施設というだけでなく、地域のシンボルとして捉えられていることが明らかになりました。

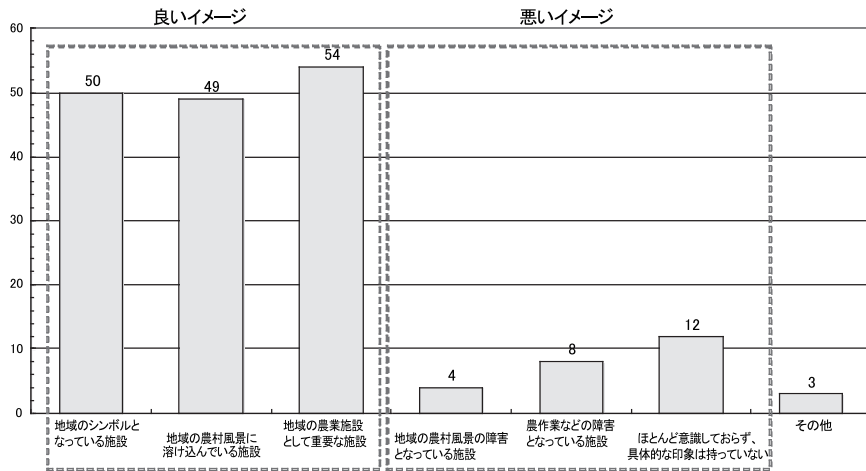


図-4 地元集落民が公平水路橋に対してもつイメージ（複数回答）

また、自由回答形式で公平水路橋の今後の取扱い等に対する意見を求めたところ、保存に賛成する意見が多くを占めることとなりました。また、その他の意見として、安全性に関する意見（水路への転落）、維持管理費用に関する意見、施設周辺の草刈等の問題、施設取付部の一般道の改修要望等があげられ、今後の事業実施に参考となる貴重な意見を集約することができました。

(3)工法比較

工法比較の結果概要は下表のようであり、工法は2つ（工法1：フッ素樹脂塗装を施し施設を保存、工法3：撤去し推進工法で管を埋設）に絞られました。当初は施設を撤去した場合の方が将来の維持管理費を考えると安くなると想定していましたが、詳細な積算の結果、トータルコストとしては施設を保存した場合（工法1）が最も安くなるという結論となりました。

表-1 工法比較

	保存		撤去	
	工法1	工法2	工法3	工法4
コスト（事業時）	○	△	△	×
コスト（維持管理）	△	○	○	○
施工中の環境	○	×	○	×
判定	○	×	△	×

工法1 フッ素樹脂塗装を施し施設を保存
 工法2 金属溶射を施し施設を保存
 工法3 撤去し推進工法で管を埋設
 工法4 撤去し開削工法で管を埋設

6. 委員会からの提言

これらの検討をふまえ、最終的に委員会からは「公平水路橋は、両総地域の農業農村基盤を一変させた両総用水事業の象徴的な存在であることその他、技術的重要性・希少性、地元及び千葉県民からの評価、改修に当たってのコスト面も含め、総合的に判断した結果、今回の更新事業の中で保存利用することが望まれる。」という提言をいただきました。

また、佐藤委員長からは、歴史的な施設のありかたを考えるうえで配慮すべき点として、次の指摘がありました。

1. 水利事業を行なうにあたり何を残して何を残さないという議論においては、一般的にはどうしても目に付き易いものを検討するというスタイルになりがちであるが、今後のやり方としては、地元の人を集めて話を聞いて、まず何があるかという検討からスタートするというスタイルが必要であると思う。一般的には地域の発展にとって大きな意味をもった歴史的な物、施設を残すということに価値があるわけであり、価値観、価値基準の統一、単一化を基本方向としたグローバリゼーションの中で、自分の育った地域、地方がどのような歴史と特徴を持っているかなどを認識することには、幅広い教育効果がある。その教育のきっかけとして最も重要なのは現物である。それが撤去されたり、地面に埋まってしまう

たりで、説明案内板だけになると、人々を引きつける能力は格段に低下する。教育のための仕掛けを残しておくことが重要である。

2. 2番目としては、建設費と維持管理費の問題がある。一般的には事業の工法を選択する際、建設費と維持管理費を併せた金額が最も小さくなるのが1番良いと考える。しかし、現実には、建設費には国や自治体から補助金があるが維持管理費は補助金が見つからないか、またはついたとしても低額であるという制度になっている。純然たる農業水利事業の場合は、事業完了後の維持管理予定者がそのような制度を前提にして、工事内容に希望を述べながら、最終的に社会的に受け入れられる合理的な技術を選択していくわけである。しかし、今回のように農業外の問題が出てきて、そこに維持管理費がかかるとなると、必ずしも世の中にとって最も良いものを社会が採用することにはならない可能性がある。今後の農業水利事業においては、そういった問題に配慮した、世の中が望むものを実現できるような制度を作っていくことが望まれる。

3. 今回の検討により、委員会としては公平水路橋を残すという提言を行い、最終判断も残すという方向になりつつあるように思われるが、もしそうでない判断であったらどうであろうか。それはあくまでも現在に生きる我々の判断である。仮に公平水路橋を撤去した場合、もし50年後の世代が欲しいと思っても手に入れることができない。こういった歴史的な施設に関しては、その価値が時間とともに

変わっていく。もし30年前にこの議論があり、コスト面で安いということになっていれば、おそらく撤去するという話になったと考えられる。時代とともに人々の価値観は変化している。残しておいたら次の世代の人々は更に残したいと思うかも知れないものを、現代のわれわれの価値観だけで壊してしまうことは避けるべきではないか。単純に経済比較だけではなく、むしろ次世代に判断をゆだねるといった少し大らかな評価基準を採用した方が良いのではないかと考える。ますます経済評価が厳しくなっていく世界のなかで、将来の世代に判断を任せるという考え方を導入するのは大変難しいこととは思いますが、基本的に歴史的な水利資産をどんどん廃棄していけば、農業水利事業が世の中、地域にとってどういう意味を持ったかということが、正当に評価されなくなってしまう心配がある。今後の他の事業においても、配慮すべき事項の1つであると思う。

7. おわりに

委員会の提言をうけ、事業所、県、土地改良区の3者で協議した結果、提言を尊重し、公平水路橋を保存し活用することとなりました。両総用水は疏水百選に選定されたこともあり、今後公平水路橋等の施設を活用しつつ、地域住民や子供たちに両総用水を理解し、親しんでもらえるような取り組みをさらに行っていく必要があると考えています。

1. 会員の募集

水と土の発行は皆様の年会費によってまかなわれています。今後とも事業地区の技術情報の交流を図るためには会員の確保が重要となっています。会員の皆様には職場の同僚の方々に農業土木技術研究会の成り立ちや「水と土」をPRしていただき、会員の勧誘をお願いいたします。平成18年度の年会費は2,300円です。なお、別紙のPR版を作成しましたので会員の勧誘に活用いただければ幸いです。

2. 報文投稿の募集

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

- ① 事業地区の段階は、企画、調査、計画、設計、施工、管理に分けられるので、構造物の施工の有無に関わらず、コスト削減、創意工夫、新技術導入、環境配慮などの視点から取りまとめた報文
- ② ダム、トンネル、橋梁、揚排水機場等の大規模工事や長期にわたる債務負担行為工事等について、調査、計画、設計、施工の各段階での検討や実績を取りまとめた報文
- ③ 農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と同じ
- 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図, 写真, 表を含め14,500字程度 (ワープロで作成の場合, A4版10枚程度) までとする。

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

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

6. 手書きの原稿については, 当会規定の原稿用紙を用い作成すること (原稿用紙は, 請求次第送付)。

7. 写真, 図表はヨコ7cm×タテ5cm大を242字分として計算し, それぞれ本文中の挿入個所を明確に指定しておくこと。写真・図・表は別途, 鮮明な原稿, または電子データにて提出すること。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。

8. 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。

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

たとえば,

C, K, O, P, S, U, V, W, X, Zの大文字と小文字

O (オー) と 0 (ゼロ) a (エー) と α (アルファ)

r (アール) と γ (ガンマ) k (ケイ) と κ (カッパ)

w (ダブルユー) と ω (オメガ) x (エックス) と χ (カイ)

l (イチ) と 1 (エル) g (ジー) と q (キュー)

E (イー) と ε (イプシロン) v (バイ) と ν (ウプロシン)

など

10. 分数式は2行ないし3行にとり余裕をもたせて書くこと。

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

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

13. 投稿の採否, 掲載順は編集委員会に一任すること。

14. 掲載の分は稿料を呈す。

15. 別刷は, 実費を著者が負担する。

「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(146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

夏の暑い中、6歳と1歳5ヶ月の息子2人が、水遊びをしてどろだんごを作っていました。水と土に興味を持つ息子達、私も水と土に興味をもち、農業土木の道に進んだことを考えながら、遊んでいる息子達を見ていました。

私は、現在国土交通省国土計画局調整課に所属しています。前職は、北陸の現場でかんがい排水事業に携わっていましたが、現在は農業農村整備事業だけでなく、治水、道路、港湾、空港の整備はもちろんのこと、公営住宅、再開発、鉄道の連続立体交差等あらゆる公共事業に関する調整費の配分に携わっています。他の事業と比較することによって、改めて水と土についての事業を別の角度から考えることのできる良い機会となっています。

ところで、皆さんは調整費をご存じでしょうか。調整費には様々な種類があり、公共事業関係費に

おいては、「社会資本整備事業調整費」、「都市再生プロジェクト事業推進費」、「景観形成事業推進費」、「災害対策等緊急事業推進費」があり事業費及び調査費に使用することが可能です。非公共の予算としてもいわゆる施設費に対して「都市再生プロジェクト及景観形成施設整備推進費」があります。それらは国費ベースで約634億円の予算が用意されています。農業農村整備事業関係では、社会資本整備事業調整費はもちろんのこと、近年の景観への配慮の高まりからも景観形成事業推進費の利用も可能であると考えられます。また、災害対策等緊急事業推進費は、災害等を契機として緊急に実施すべき事業のための推進費であり需要もあるかと思われます。詳細等については、ホームページに紹介されています。年度途中で予算が必要となった場合は御遠慮なく御相談下さい。

(国土交通省国土計画局調整課 山浦 清孝)

水と土 第146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

環境工学は、自然素材を有効活用することにより、
「水」と「土」を中心とした
美しい田園空間や自然を守り、

豊かな農村環境を 創造します。



ストーンネット
排水路での使用例



ストーンネット
親水水路での使用例

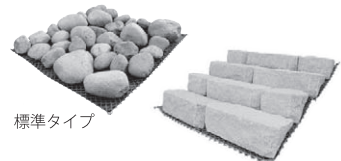


ストーンネット
ため池での使用例

ストーンネット

ARIC (162)

自然石と金網を一体化し敷設する、水辺の生態系に配慮した「自然石固着金網工法」。



標準タイプ

階段タイプ

ラップストーン

ARIC (163)

アンカー部材付きの自然石を積上げる、コンクリートを使わない「アンカー式空石積工法」。



玉石タイプ



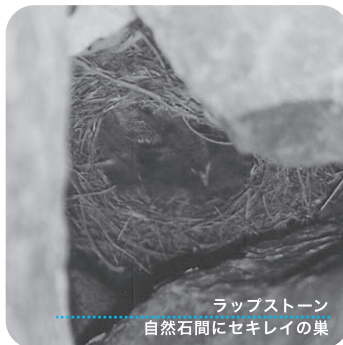
ラップストーン・ストーンネット
親水水路・排水路での使用例



ストーンネット
天然記念物イトヨの保護水路



ラップストーン
排水路での使用例



ラップストーン
自然石間にセキレイの巣



ラップストーン
ホタル水路での使用例

用途：排水路護岸、ため池護岸、ホタル水路、メダカ水路、その他生態系保全（ビオトープ）水路、
親水水路、せせらぎ水路、その他



環境工学株式会社

<http://www.kankyo-kogaku.co.jp/> / メルマガ会員募集中

本社：〒190-0012 東京都立川市曙町2-10-1 ふどうやビル6F

TEL. 042-525-7151 FAX. 042-525-7033

営業所：盛岡 仙台 高崎 東京 名古屋 岐阜 大阪 徳島 広島 福岡