

July 1970

農業土木技術研究会

水と土

創刊号

水

と

土

No. 1

1970

July

Managing Editor
Saburo Okabe

Desk Editor
A. Ishikawa
R. Ito
N. Katsumata

目次

あいさつ

杉田栄司……(1)

☆論 説☆

農村地域の再開発について

中川 稔
谷山 重孝……(3)
山本 勝三

☆報 文☆

阿讃トンネルのRTM工法について

稲田 長徳
菊地 正伍……(17)
大西 康則
西岡 公

泥炭地帯における開水路ライニング工法について
(道営かんがい排水事業幌向地区開水路の
コルゲートシートライニング施工例)

太田 豊治……(37)

深山ダムの設計および施工計画

村田 定彦……(43)
井上 幸一

☆講 座☆

有限要素法の利用(I)

萩原 靖之……(61)

☆資 料☆

鉄筋コンクリートフリーム標準設計について

西口 信成……(67)
柴原 寿一

☆会 告☆

……(74)

☆編集後記☆

……(77)

投 稿 規 定

1 原稿には次の事項を記した「投稿票」を添えて下記に送付すること
東京都港区新橋5-34-3農業土木会館内，農業土木技術研究会

2 「投稿票」

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

3 1回の原稿の長さは原則として図，写真，表を含め研究会原稿用紙（300字）65枚までとする。

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

5 写真，図はヨコ7cm×タテ5cm大を300字分として計算し，それぞれ本文中のそり入個所に数行の余白をとり番号を記入しておくこと。

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

7 文字は明確に書き，とくに数式や記号などのうち，大文字と小文字，ローマ字とギリシヤ文字，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r（ガンマー） | k（ケイ）と κ （カッパ） |
| w（ダブルユー）と ω （オメガ） | x（エックス）と χ （カイ） |
| 1（イチ）とl（エル） | g（ジー）とq（キュー） |
| E（イー）と ϵ （イプシロン） | v（ブイ）と ν （ウプシロン） |

など

8 分数式は2行ないし3行にとり余裕をもたせて書くこと
数字は一マスに二つまでとすること

9 数表とそれをグラフにしたものとの併載はさけどちらかにすること

10 本文中に引用した文けんは番号を付し，末尾に文けん名，引用ページなどを記載すること

11 投稿の採否，掲載し順は編集委員会に一任すること

12 掲載の分は稿料を呈す。

13 別刷は，実費を著者が負担する。

あ い さ つ

農業土木技術研究会会長 杉田 栄 司

このたび、農業土木技術研究会が設立され、技術雑誌「水と土」が創刊されるにあたり、準備委員有志の御推せんによって、研究会長をお引き受けすることとなりました。

今回新たに発刊される「水と土」はまったく新しいものが突如として生まれたものではなく、すでに十年あるいはそれ以上の歴史をもっていたわれわれ農業土木の技術誌である「土とコンクリート」および「水路」がその母体なのであります。「土とコンクリート」を発行していたダム研究会と「水路」を発行していた水路研究会とがかねてからの会員多数の要望に従い今回発展的統合を行なって、新たな農業土木の現場技術誌を発刊するはこびとなったものであります。

「土とコンクリート」および「水路」の両誌は先輩各位が長い間守り育てて来たものであり、これらの技術誌を発行して来た両研究会の果たした輝やかなしい成果はすでに充分ご承知のとおりであります。

ダム研究会は、農業土木事業においても急速な水利開発の要請を背景とした、本格的なダムの建設が積極的に始められようとする昭和28年、ダム技術の研究と普及を目的として発足したのであります。また、一方水路研究会は愛知用水事業の技術的成果がひとつの契機となって、水路技術に対する反省と再認識となり、土地改良事業に占める水路の役割の重要性にかんがみ、水路技術を中心とした農業土木技術の研究と普及を推進すべく昭和35年に設立されたものであります。その後、両研究会ともきわめて順調な歩みをつづけ、ダム研究会は4,500名、水路研究会は7,000名の会員を擁し、その成果がわが国農業土木事業の発展に貢献していることはきわめて大なるものがあります。

戦後の緊急食糧増産計画の時代から今日に至るまで、われわれの技術は農業生産のための土と水の条件を整備するという仕事をその時代時代の要請に応じて果たして来たのであります。

わが国の農業をとりまく情勢は最近に至って大きく変わってきました。十数年前にはこれほど深刻なものになろうとは予想されなかったような事態

を迎えたわけです。このような時にあたって、農業土木事業の新たな展開と発展をはかることが現在のわれわれに課せられた使命であります。

このような情勢を背景として、前記の両研究会も農業土木技術のなご一層の発展と、新しい時代に応ずる情報伝達の効率化ということから、統合をはかるべきであるという意見が会員有志の間に高まり、慎重に検討を進めてきた結果、今日ようやく両研究会の発展的解散、新研究会の発足という運びとなったのであります。

いまや、国内的には農業の一大転機にあたり、農業者、技術者、政治家それぞれの立場でこの重大な時期をのり切る努力をしなければなりません。また、国際的な環境からみてもわが国の開発途上国に対する技術援助は、今後質量ともに増大することが確実となり、この分野における農業土木技術者に対する期待は実に大なるものがあります。

このような情勢のもとにおいてしかも技術は物凄い勢で進歩しつつあります。われわれ農業土木事業の分野においてもこの技術革新におくれをとらないよう、新しい技術の導入と開発をつづけてゆかねばなりません。日本農業を安定させ、かつ発展させるのは、われわれ農業土木技術者であるという誇りもち、今後の新しい研究会の活動を続けてゆきたいと思えます。「水と土」はその母体となった「土とコンクリート」および「水路」のこれまでの特色ある編集方針をそれぞれ引き継ぎ、さらに新しい時代にふさわしいユニークな技術誌として育ててゆきたいと考えている次第であります。

日本農業をめぐる情勢が極めて厳しく、かつ重大なこのような時に新しく大きく伸びようとするわれわれ同志のエネルギーが「水と土」の創刊となったともいえましょう。会員は従来の両研究会の会員をそれぞれ引き継ぐことになっていますが、未入会の技術者諸君も、この際新しい研究会に入会され、互いに新しい将来に向かって力強く踏み出そうではありませんか。

農業土木技術研究会規約

第1章 総 則

(名称)

第1条 本会は農業土木技術研究会という。

(目的)

第2条 本会は農業土木に関する技術の研究開発資料の収集および普及活動をおこない、もって、会員相互の資質向上をはかることを目的とする。

(事務所)

第3条 本会は事務所を農業土木技術連盟内におく。

(事業)

第4条 本会はその目的を達成するために次の事業を行なう。

- (1) 会誌の発行
- (2) 技術資料の調査収集
- (3) 研究会および講演会の開催
- (4) その他本会の目的を達成するために必要な事業

(会費)

第5条 本会の会費は別に定める。

第2章 会 員

(会員の種類)

第6条 本会は次の会員で組織する。

1. 普通会員 本会の主旨に賛同する個人
2. 賛助会員 本会の主旨に賛同する法人又は団体

第3章 役 員

(役員の種類)

第7条 本会は次の役員をおく。

- (1) 会 長 1名
- (2) 副会長 1名
- (3) 理 事 若干名
- (4) 監 事 2名

(役員の選出)

第8条 会長は、理事会で理事の互選により選出する。副会長は会長が理事のなかから指名する。監事は会長が委嘱する。

(役員の任期)

第9条 役員の任期は1ヶ年とし、次期理事は理事会で推挙する。ただし留任をさまたげない。

(役員の職務)

第10条 (会長、副会長) 会長は本会を代表して会務を総理する。副会長は会長を補佐し、会長事故あるときはその職務を代行する。

(理事) 理事は理事会を組織し会の運営上必要な事項を審議決定する。

(監事) 監事は本会の財産および会計を監査する。

第4章 顧問、参与および幹事

(顧問、参与および幹事)

第11条 本会は顧問、参与、および幹事をそれぞれ若干名おくことができる。

(顧問) 顧問は会長の推せんにより理事会の承認を得て決定する。

(参与) 参与は会員のうちから会長が委嘱する。顧問および参与は会長の諮問した事項について審議する。

(幹事) 幹事は会員のなかから会長が指名する。幹事は幹事会を組織し、理事会の決定にもとづき会の運営にあたる。

第5章 会 計

(経費)

第12条 本会の経費は各会員の会費、寄付金および第4条(4)による利益金をもってこれにあてる。

(会計年度)

第13条 本会の会計年度は4月1日から翌年3月31日までとする。

(予算および決算の承認)

第14条 本会の経費は毎年予算を定め理事会の承認を得なければならない。

前項の経費は年度終了後その決算を理事会の承認を得て会員に報告しなければならない。

第6章 そ の 他

第15条 この規約は理事会の決議を経て昭和45年4月1日より実施する。

第16条 この規約に定める以外の事項またはこの規約を変更するときは理事会の議決によるものとする。

付 則

会費

第1条 本会の会費は次に定めるとおりとする。

1. 入会金なし
2. 年間会費
 - (1) 普通会員 会費年額 800円
 - (2) 賛助会員 会費年額 1口10,000円 1口以上
3. 会費の返還

一たん納入した会費は返還しない。

会誌

第2条 会誌の編集発行は次のとおりとする。

1. 会誌の名称を「水と土」という。
2. 編集委員長は会長が委嘱する。編集委員長は編集委員若干名を指名して、編集委員会を組織し、編集、発行にあたる。
3. 会誌の発行回数は年4回とする。
4. 発誌は発行のつど会員に無償配布する。

事務局

第3条 事務局の運営は次のとおりとする。

1. 事務局長は会長が指名し、本会の事務を総括する。
2. 本会の事務を執行するため事務局をおき、事務局は事務局長の指揮をうける。

農村地域の再開発について

中 川 稔* 谷 山 重 孝* 山 本 勝 三*

目 次

| | |
|---------------------------|-----------------------------|
| 1 ま え が き…………… (3) | 3.1 農業基盤総合整備パイロット事業調査… (11) |
| 2 農村地域の実態…………… (4) | 3.2 移農住区開発計画…………… (14) |
| 3 農村地域再開発のための手法…………… (11) | 4 農村の未来像…………… (15) |

1. ま え が き

1960年代におけるわが国経済の発展は目ざましいものがあった。しかし、急激な経済成長の代償として、物理的、社会的な多くの公害が国民生活を脅かすこととなり、この解決が1970年代の政治、社会の重要な課題となっている。

一方、農業にとっても60年代は米価を始めとする農産物価格の上昇、兼業収入の増大などにより農業の所得はいちじるしく増加したが、この反面米の過剰、農産物の自由化、農業後継者の他産業への流出など、農業をめぐる環境は著しく悪化しており、この問題の解決はもはや農業内部だけで処理することは不可能の感すらある。

このような状況において、今後の農業開発のあり方を予測することは非常に困難が伴う。土地改良事業は、戦後の食糧不足時代に食糧増産対策として、多額の国家投資を得て伸展した。また、昭和36年の農業基本法の制定により定められた新しい農政の方向に対処し、農業基盤整備事業として農業生産の基盤であるところの土地と水の条件を高効率の近代的農法に対応できるよう整備することに重点をおいて実施されてきた。

しかし、わが国の急速な経済発展は、農業開発を農業内部だけに閉じ込めることを不可能とさせてきた。これを土地問題についてみれば住宅地を農民の協力を得て開発しようという緑農住開発構想（建設省住宅局と農林省官房、農政局、農地局が協同して44～45年度の国土開発計画調整費をもって、横浜、神戸において調査を実施している。）があり、また、通産省と農林省が協力して検討している農村工業化促進のための構想がある。

また、水については水資源開発促進法により、主要水系（利根川、木曾川、淀川、吉野川、筑後川）については農業が他種水利と水系一貫した基本計画のもとに総合的な開発が行なわれている。また、農林省は本年度から農業用水合理化対策調査を実施し、農地の潰廃などにより、水田の必要水量よりも取水量がいちじるしく大きくなっている水系について水系一貫的な調査を行ない、こ

の結果確認された余剰水を他種水利を含めた新規利水者に権利移動が円滑に行なわれるための事業計画を樹立し調整をはかろうとしている。

また、労働力についても農業を近代化して生じると考えられる余剰労働力を農業の中で消費することは困難であり、これを受け入れる他の産業が必要である。60年代のわが国の経済成長における労働力問題は農村から若年労働力を吸収することによって解決されたが、今後農業近代化によって農村から生み出される労働力は中高年層が主力であり、この労働力は大都市における他産業によって吸収されることは非常に困難である。このように、現在農村にある土地、水、労働力はわが国経済の今後の発展のために重要な役割を占めており、この三つの資源の再配分をいかに円滑に行なうかが1970年以降のわが国経済発展にかけられた課題であろう。

昭和37年に「都市の過大化の防止」、「地域較差の是正」を指向して作成された全国総合開発計画は、わが国の急激な経済成長に抗し切れず、実効があがらなかった。このような現状にたつて、昨年経済企画庁は新全国総合開発計画を策定した（昭和44年5月30日閣議決定）新計画は、昭和60年（1985年）に目標年次をおき、基本目標として、

- (1) 人間と自然の調和をはかるための自然保存。
- (2) 国土利用の偏重を防止するため開発基礎条件を整備し、開発可能性を全国土に拡大し均衡化する
- (3) 地域特性に応じた開発整備。
- (4) 都市農村の環境条件の整備。

におき、さらに当面する地域課題として過密、過疎の解消と地域較差問題の解決をはかるために種々の施策を講ずるよう提案している。

この計画によるわが国の全国土の土地利用の構成は表-1.1のとおりであり、昭和40年の統計によると農用地が600万ヘクタール、市街地は46万ヘクタールであり、農村地域は利用可能な国土の大部分を占めている。しかし、昭和60年の予測では農用地は650～700万ヘクタールと漸増しているが市街地面積は94万ヘクタールと激増することとなっている。減少するのは原野、森林の面積で

* 農地局技術課

表-1.1 土地利用の構成

| | 昭和40年 | 昭和60年 | 備 考 |
|--------|---------|-------------|---------------------------------|
| 農用地 | 600万ha | 650~700万ha | 内訳：水田 200万ha, 畑 190, 草地 260~310 |
| 森林 | 2,517 | 2,400~2,450 | |
| 原野 | 107 | 30 | |
| 水面, 河川 | 106 | 104 | |
| 道路 | 42 | 90~100 | |
| 宅地 | 78 | 120~130 | |
| (住宅) | (61) | (75~80) | |
| (工場) | (9) | (30) | |
| (その他) | (8) | (15~20) | |
| その他 | 248 | 245~255 | |
| 計 | 3,698 | 3,708 | |
| (参考) | | | |
| 市街地面積 | 46万ha | 94万ha | 全国1億2,000万~2,300万人 |
| 市街地人口 | 4,726万人 | 8,420万人 | |
| 人口密度 | 103人/ha | 90人/ha | |

あるが、市街地の増加面積は原野、森林から直接転換されるものは少なく、農用地からの転換が大部分であると考えられ、農村地域の農用地だけでなく各種用地を含めて長期的な土地利用計画を基礎とした地域計画の樹立が急務となっている。

以上のような国家的な要請に応えるために、農地局では今後も農業が継続して営まれる地域については農業基盤総合整備パイロット事業調査により、広域にわたって対応する手法の開発をはかることとし、また、農用地の計画的な都市化を目的として建設者と協同で緑農住開発計画の調査を実施している。前者は、農村地域を農業生産の場として、高能率なシステム化された農業生産が営まれるように装置化するとともに、このため生じた余剰労力を農村地域で消化するために積極的に工場など他産業の導入を行ない、あわせて農村地域の住民が安定してこの地域で生活するため生活環境の整備を行ない、田園的な環境のもとで都市生活の便利さを享受するような環境を造り上げるものである。

一方、緑農住開発計画は都市近郊の農地を生産緑地として確保しつつ計画的に住宅用地を生み出すためのものである。現在の日本には計画的な都市造りが少なく、地価の法則に従って農地がスプロールの的に宅地化し、公共施設がこれを相当な遅れをもって追いかけて整備されているのが実情である。このような現状を打破するために、最近では大規模なニュータウン開発手法がとられるようになった。しかし、この場合関係する土地所有者が多数となり、その大部分の所有者は所有地の大部分を失なうこととなる。このため開発にたいする多数の人々の意志統一が困難であるのに加えて、土地所有者の生活再建、さらにはニュータウン造成後の近隣地の地価暴騰実例な

どより、デベロッパ側から土地所有者にコンタクトすることによる土地取得は非常に困難となっている。このような地域について、土地の所有者が主体となって広域の区画整理を実施し、長期的な土地利用計画のもとに住宅用地、農地、公共用地、緑地を区分し、住宅地の開発はデベロッパ、公共用地、緑地は公共団体、農地は残存農業者グループに委ねることとし、地域の環境を土地所有者の意志によって長期的にわたり維持し、よき環境をもった住宅地を造成するための開発手法の確立をするものである。

この両者は、一見全然別の目的のために実施されるようであるが、この両者ともわが国の国土を人間が生活しやすい環境に整備するための地域計画であり、この手法開発にはわが国の開発可能地の大部分の土地所有者である農民を相手に、その土地、水の整備を行ってきた農業土木技術者がもっとも適しており、また、これが21世紀の日本の発展のために、われわれがなさなければならない責務であろう。

2. 農村地域の実態

1において、わが国農業をめぐる基本的問題と、最近におけるその対策の方向を述べたが、ここでは、そのような農業についての分析を統計資料を利用しながらおこなってみよう。分析は簡略化するため生産手段(土地、家畜、機械、労働、資本など)を省略し、生産手段の結果として表われる農業生産および農家経済と農業をとりまく生活環境についておこなうものとする。

(イ) 農業生産および農家経済

① 農業の比較生産性および農業生産

国民経済に占める農業の相対的地位は、経済成長の過

程で年々低下してきている。43年度の国内純生産は42兆2,990億円で、このうち農業純生産は3兆1,001億円であり、国内純生産に占める割合は、38年度以降毎年8%前後で推移してきたが、43年度には73%に低下した。

就業者1人当たりの純生産の推移は表-2.1のとおりであって、製造業または非農業に対する農業の比較生産性は、序々にはあるが着実に上昇してきたが、43年度に至って低下を示した。これまで農業の比較生産性が改善されてきたのは主として農産物の相対価格が持続的に上昇してきたことによるものであって、農業の労働生産性の伸びは製造業に比べて依然として低く表-2.2にみるとおり、その較差は年々開いてきている。

また、43年度の国民総生産額は、52兆7,803億円（就業人口5,018万人）で、うち農業産出額は4兆2,372億円（就業人口904万人）である。農業産出額を構成する主要農作物の作付面積および収穫量は表-2.3のとおりである。

米については、生産が3年連続して1,400万トン台の豊作を記録した一方、麦類の作付けは、35年当時の40%

表-2.1 農業と非農業の就業者1人当たり純生産（名目）の推移

| 年次 | 業種 | | |
|----|---------|---------|---------|
| | 農 業 | 製 造 業 | 非 農 業 |
| 35 | 113.4千円 | 405.8千円 | 365.2千円 |
| 36 | 123.9 | 466.3 | 429.4 |
| 37 | 145.2 | 482.2 | 470.8 |
| 38 | 161.8 | 550.1 | 533.5 |
| 39 | 185.8 | 598.9 | 589.4 |
| 40 | 217.9 | 625.1 | 633.9 |
| 41 | 255.1 | 722.1 | 717.1 |
| 42 | 318.5 | 826.3 | 818.7 |
| 43 | 342.9 | 978.1 | 952.8 |

資料：経企庁「国民所得統計」、総理府「労働力調査」

（注）就業者1人当たり純生産（名目）は産業別国内純生産を産業別就業人口で除したものである。

になり、豆類、イモ類も同様で、普通畑作物の農業生産に占める割合は急激に下がってきた。ただ、畑作物の中では野菜と果実の生産は品目によって差はあるが、全般的に増加の傾向にある。

畜産は43年度には前年度より7.1%上昇し、44年度もかなりの増加がみこまれている。

② 農家数、農業人口、農家所得

農林省「農業調査」によれば、農家戸数および農業人口の推移は表-2.4のとおりであって、36年度に比べ総農家戸数では10%、農業就業人口では22%の減少をきたしている。農家数についてみると、専業農家は年々減少しており、36年末において27%であった専業農家率は、43年末には20%に減少している。一方、兼業農家の総数はほぼ一定であるが、この中に占める第2種兼業農家の割合は36年の56%から43年には61%に増加している。

農林省「農家経済調査」により農家所得の年次別の推移をみると表-2.5のとおりであって、農家所得は年々増加しているが、これは農外所得の伸びによるところが大きい。

つぎに農林省「農家経済調査」と総理府「家計調査」の結果により就業者1人当たり所得または収入の比較をみると表-2.5のとおりであって、勤め人1人当たり収入に対する農業者1人当たりの所得の割合は、序々にはあるが年々縮小の傾向にある。これは前記のとおり、農家の農外所得が大幅に伸びていることによるものと考えられる。

③ 国内農業の生産性と国際対比

主要農作物のha当り収量を比較すると表-2.6のとおりであって、米の収量ではわが国は上位にあるが、米以外の作物については、順位がかなり下がる。

つぎに、労働生産性を比較すると表-2.7のとおりであって、諸外国に比べかなりの差がみられる。この主たる原因は、わが国では農家の経営規模が小さく、かつ基盤が整備されていないため、大型機械による効率的な営農

表-2.2 農業と製造業の労働生産性の推移（1960=100）

| 年次 | 農 業 | | | 製 造 業 | | |
|-----|---------|-------|-------|---------|-------|---------|
| | 労働生産性指数 | 生産指数 | 就業者指数 | 労働生産性指数 | 産出量指数 | 労働投入量指数 |
| 35年 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 |
| 36 | 105.0 | 102.6 | 97.7 | 109.8 | 119.0 | 107.6 |
| 37 | 113.2 | 106.5 | 94.1 | 110.7 | 124.5 | 113.0 |
| 38 | 116.0 | 103.4 | 89.1 | 125.9 | 144.8 | 116.1 |
| 39 | 127.1 | 108.2 | 85.1 | 138.1 | 163.4 | 119.1 |
| 40 | 133.4 | 109.4 | 82.0 | 142.8 | 168.6 | 119.0 |
| 41 | 144.7 | 113.7 | 78.6 | 105.8 | 197.8 | 120.9 |
| 42 | 158.1 | 123.0 | 77.8 | 191.4 | 235.6 | 124.4 |
| 43 | 167.2 | 126.4 | 75.6 | 219.4 | 276.1 | 126.0 |

資料：農林省「農林水産業生産指数」、総理府「労働力調査」、日本生産性本部「労働生産性指数」

表-2.3 主要農作物作は面積および収穫量 (1968年産)

| 作物名 | 作付面積 (千ha) | 収穫量 (千t) | 1a当り 収穫量 (kg/10a) | 備 考 |
|--------|---------------|-------------|-------------------------|--|
| 稲 | 3,280 | 14,449 | | |
| 麦類 | 638 | 2,033 | | 小麦, 6条大麦, ビール麦, 裸麦の合計 |
| かんしょ | 186 | 3,594 | 1,930 | |
| ばれいしょ | 188 | 4,056 | | |
| 雑穀 | 53 | 94 | | トウモロコシ, アワ, ヒエ, きび, そばの合計 |
| 大豆 | 122 | 168 | 137 | |
| 小豆 | 101 | 114 | 113 | |
| その他豆類 | 235 | 254 | | ささげ, いんげん, 落下生, えんどう, そらまめの合計 |
| 野菜(果菜) | 33 | 3,878 | | キュウリ, スイカ, なす, とまと, いちごの計 |
| 野菜(葉菜) | 423 | 10,808 | | きゃべつ, はくさい, ほうれんそう, ねぎ, たまねぎ, 大根, にんじん, かぼちゃ, つけな, ごぼう, さといも, えんどう, いんげんまめの計 |
| かんきつ類 | 180 | 2,739 | | みかん, なつみかん, ネーブル, オレンジ, その他のかんきつの計 |
| リンゴ | 64 | 1,136 | | |
| ぶどう | 23 | 269 | | |
| なし | 20 | 475 | | 日本なし, 西洋なしの計 |
| もも | 21 | 296 | | |
| 工業作物 | 284 | 3,883 | | |
| 飼肥料作物 | 1,067 | 35,101 | | |

資料: 第45次農林省統計表

表-2.4 農家数および農業人口の推移

(単位千: 戸, 千人)

| 年次 | 総農家数 | 専業農家 | 兼業農家 | | | 農家人口 | 農業就業人口 | | |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|-------|-------|
| | | | 計 | 第1種 | 第2種 | | 計 | 男 | 女 |
| 36年12月1日 | 5,906 | 1,613 | 4,292 | 1,899 | 2,394 | 32,916 | 12,999 | 5,240 | 7,759 |
| 37年 | 5,829 | 1,503 | 4,326 | 1,945 | 2,381 | 32,195 | 12,837 | 5,272 | 7,565 |
| 38年 | 5,750 | 1,379 | 4,371 | 1,951 | 2,420 | 31,321 | 12,484 | 5,086 | 7,399 |
| 39年 | 5,667 | 1,212 | 4,455 | 1,965 | 2,490 | 30,484 | 12,039 | 4,894 | 7,145 |
| 40年 | 5,576 | 1,149 | 4,428 | 1,934 | 2,494 | 29,559 | 11,425 | 4,624 | 6,801 |
| 41年 | 5,498 | 1,151 | 4,347 | 1,833 | 2,514 | 28,638 | 11,003 | 4,433 | 6,570 |
| 42年 | 5,419 | 1,051 | 4,268 | 1,679 | 2,589 | 27,904 | 10,583 | 4,280 | 6,303 |
| 43年 | 5,351 | 1,071 | 4,279 | 1,666 | 2,613 | 27,212 | 10,132 | 4,080 | 6,052 |

(注) 農林省「農業調査」による。

表-2.5 農家所得と就業者1人当り所得の推移

(単位: 千円)

| 年次 | 農家所得 | | | 就業者1人当り所得の比較 | |
|-----|---------|-------|-------|--------------|--------------|
| | 農家所得 | 農業所得 | 農外所得 | 農業就業1人当り農家所得 | 有業者1人当り勤め先収入 |
| 35年 | 409.5 | 225.2 | 184.1 | — | — |
| 37年 | 525.4 | 269.8 | 255.6 | — | — |
| 38年 | 584.9 | 288.8 | 296.1 | 215.8 | 395.7 |
| 39年 | 666.6 | 318.8 | 347.8 | — | — |
| 40年 | 760.8 | 365.2 | 395.6 | — | — |
| 41年 | 861.4 | 413.3 | 448.1 | 317.9 | 527.8 |
| 42年 | 1,029.7 | 510.1 | 519.6 | 377.2 | 589.7 |
| 43年 | 1,135.2 | 527.0 | 608.2 | 418.9 | 651.8 |

(注) 農林省「農家経済調査」, 総理府「家計調査」による。

表-2.6 主要農作物の土地生産性と1戸当り経営規模の比較

| | | 日 本 | 西 独 | フ ラ ン ス | イ タ リ ー | イ ギ リ ス | ア メ リ カ |
|---------------|-----------|---------|------|---------|---------|---------|---------|
| 土 地 生 産 性 | 米 | 4.0t/ha | — | 3.2 | 4.2 | — | 3.2 |
| | 小 麦 | 2.5 | 3.5 | 3.1 | 2.1 | 4.4 | 1.7 |
| | バ レ イ シ ョ | 17.1 | 26.1 | 15.5 | 9.4 | 22.7 | 21.7 |
| 戸 当 り 経 営 規 模 | | 1.0ha/戸 | 8.0 | 13.7 | 6.9 | 35.3 | 161.7 |

(注) 日本は1963年日本以外の国は1962年のものである。

表-2.7 農産物100kg生産するための労働時間

(単位：時間)

| 国 名 | 年 次 | 小 麦 | 米 | ジャガイモ | テンサイ | タ バ コ | 牛 乳 |
|-----------|---------|-----|-----|-------|------|-------|------|
| ア メ リ カ | 1950年 | 10 | 1.3 | 1.0 | 0.5 | 81 | 5.3 |
| イ ギ リ ス | 1948～9年 | 28 | — | 2.3 | — | — | 5.9 |
| チ リ ー | 1952年 | 17 | 14 | 6 | — | — | — |
| コ ロ ン ビ ア | 1953年 | 35 | 34 | 1.6 | — | 279 | — |
| 日 本 | 1954～6年 | 54 | 49 | 7 | 4 | 600 | 20.9 |

(注) 「富民」42年8月号による。

作業が営みえないことによるものと考えられる。

(口) 生活環境

① 生活水準

農家の消費生活は年々向上し、モータリゼーションおよびテレビ、ラジオなどの情報網の発達、兼業の進行等の影響によって、都市化傾向が一段と進んでいる。

表-2.5でみたとおり、農家の所得は都市勤労者世帯の実収入に比例して、年々増加してきており、これにともなう農家の世帯員1人当りの家計費も順調に増加し、序々にではあるが都市勤労者世帯との較差が縮まってきている(表-2.8参照)。

しかしながら、こういった家計費の源をなす農家所得の増加は、農外所得の増加に負う(43年度についていえば農家所得増加分の84%が農外所得によるものである)ところが大きく、このことは経営規模の大きい専門的農

家になるにつれて勤労者世帯との家計費の較差が開いていることからわかることであって、農家の消費生活が都市化したとはいっても、それは、年々その割合が増加しつつある兼業農家を含めての話であって、純農家については都市との間に未だかなりの開きがあると考えられる。

② 農業集落数

1960年世界農林業センサス農業集落調査による集落総数は152,431集落で、総戸数別集落数の構成では20～49戸がもっとも多く、ついで50～96戸となっている。1集落当り平均数は全国で64戸、うち農家数は39戸である(表-2.9, 2.10参照)。

このように、農家集落には規模の小さなものが多いため、当然、何集落かが集まって、1～2次の生活圏を形成しており、こういったことが一方では農村地域の不便

表-2.8 農家と勤労者世帯の1人当り家計費

| | 全国農家 (A) | 勤 労 者 世 帯 (B) | | | | |
|-----------|-------------|---------------|------------|----------|----------|-------------|
| | | 全 国 | 人口5万人以上の都市 | 7大都市 | 中小都市 | 人口5万人未満の市町村 |
| 35 年 度 | 60.6千円 | 80.0千円 | 85.7千円 | 95.0千円 | 78.6千円 | —千円 |
| 40 | 115.3 | 139.7 | 147.3 | 156.0 | 140.5 | 121.9 |
| 41 | 130.1 | 154.1 | 162.3 | 173.8 | 154.6 | 134.3 |
| 42 | 155.4 | 170.7 | 179.4 | 192.8 | 170.9 | 147.6 |
| 43 | 176.7 | 194.2 | 199.9 | 209.3 | 194.5 | 177.4 |
| (43/42) % | (113.7%) | (113.8%) | (111.4%) | (108.6%) | (113.8%) | (120.2%) |

農家の経営規模別1人当り家計費

| | 0.5ha 未 満 | 0.5 ～ 1 ha | 1 ～ 1.5ha | 1.5 ～ 2 ha | 2 ha 以 上 |
|--------|-----------|------------|-----------|------------|----------|
| 42 年 度 | 170.0千円 | 150.7千円 | 145.3千円 | 144.0千円 | 160.0千円 |
| 43 年 度 | 196.6 | 172.0 | 161.5 | 162.9 | 175.6 |

(注) 農林省「農家経済調査」、総理府「家計調査」による。

さを生む原因ともなっている。

③ 農家住宅

昭和41年度農業調査結果によれば、農家住宅の建設時期別農家数は表-2.11のとおりであって、約半数が昭和

表-2.9 農業集落数

| 年次 | 1955 | 1960 | 1965 |
|----|---------|---------|---------|
| 全国 | 156,477 | 152,437 | 150,323 |

表-2.10 戸数別集落数 (1960)

| | 総戸数 (%) | | | | | 農家戸数 (%) | | | | | | | |
|-----|---------|--------|--------|----------|--------|----------|--------|--------|--------|--------|--------|----------|--------|
| | 19戸以下 | 20～49戸 | 50～99戸 | 100～149戸 | 150戸以上 | 9戸以下 | 10～19戸 | 20～29戸 | 30～49戸 | 50～69戸 | 70～99戸 | 100～149戸 | 150戸以上 |
| 全国 | 14 | 47 | 25 | 7 | 7 | 3 | 20 | 25 | 31 | 11 | 6 | 3 | 1 |
| 都府県 | 12 | 47 | 27 | 7 | 7 | 2 | 18 | 25 | 32 | 12 | 7 | 3 | 1 |
| 北海道 | 43 | 46 | 7 | 2 | 2 | 11 | 44 | 28 | 14 | 1 | 1 | 1 | 0 |

| | 農家率 (%) | | | 集落当り平均戸数 (戸) | | |
|-----|---------|--------|-------|--------------|------|----|
| | 50%未満 | 50～90% | 90%以上 | 農家数 | 非農家数 | 計 |
| 全国 | 13 | 47 | 40 | 39 | 25 | 64 |
| 都府県 | 14 | 48 | 38 | 40 | 26 | 66 |
| 北海道 | 10 | 27 | 63 | 22 | 10 | 32 |

以前に建てられた古いものである。これを全住宅についてみると表-2.12のとおりであって、終戦前に建てられたものは35%くらいであり、農家住宅にいかにか古いものが多いかがわかる。

このようなことに原因してか、最近における農村の住宅建設はめざましく、住宅資金に対する個人需要が高まっている。

住宅を新築した農家の数は、昭和41年度農業調査結果

によれば、昭和36年以降5カ年間に53万戸、年に10万戸位の割合で住宅の建設が進められてきている。さらに、昭和40年以降5カ年間に住宅の新築、増改築を計画している農家の数は延べ80万戸にものぼっている。

一般に、農村の住宅は老朽度が高く、かつ間取り、設備、構造などに不合理、非衛生的なものが多く、そのため住宅の建替えや改修を余儀なくしており、前記調査結果においても昭和42年中に新築を計画しているものの

表-2.11 農家住宅建設時期別農家数および今後5年間の新築、増改築農家数 (単位: 1,000戸)

| | 慶応以前 | 明治 | 大正 | 昭和 | | | | 計 |
|-----------------------|------------|---------------|-------------|-------------|-------------|------------|------------|----------------|
| | | | | 20年以前 | 21～30年 | 31～35年 | 36～41年 | |
| 建築時期 [戸数 割合] | 499 9.1 | 1,429 26.2 | 886 16.3 | 891 16.3 | 866 15.9 | 350 6.4 | 553 9.8 | 5,450 100.0 |
| 今後の 計画 [新築 増改築] | 58 58 | 113 152 | 45 85 | 32 94 | 23 90 | 3 27 | 3 22 | 227 526 |

(注) 農業調査 (41.12) による。

表-2.12 建築の時期別住宅数——全国、市部、郡部、人口集中地区 (昭和43年)

| 建築の時期 | 実数 (千戸) | | | | 割合 (%) | | | |
|--------------|---------|--------|-------|--------|--------|-------|-------|--------|
| | 全国 | 市部 | 郡部 | 人口集中地区 | 全国 | 市部 | 郡部 | 人口集中地区 |
| 住宅総数* | 24,198 | 17,580 | 6,618 | 12,212 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 |
| 終戦前 | 8,497 | 5,182 | 3,315 | 3,387 | 35.1 | 29.5 | 50.1 | 27.7 |
| 終戦時～昭和30年 | 4,038 | 2,998 | 1,041 | 2,368 | 16.7 | 19.1 | 15.7 | 19.4 |
| 昭和31年～35年 | 3,147 | 2,560 | 588 | 2,053 | 13.0 | 14.6 | 8.9 | 16.8 |
| // 36年～40年 | 5,417 | 4,409 | 1,009 | 3,084 | 22.4 | 25.1 | 15.2 | 25.3 |
| // 41年～43年9月 | 3,088 | 2,423 | 665 | 1,313 | 12.8 | 13.8 | 10.0 | 10.8 |

* 建築の時期不詳を含む。

60%が明治以前に建てられたものであることや、大正から戦前までに建てられたものの30%などを含めて老朽化による建設が支配的であることを示している。

④ 上水道

農村における水は、従来、農業用水に代表される生産手段としての意味が多かったが、生活の近代化と衛生思想の普及とともに家庭用水の確保が重視されるようになった。ここにおいて、常時衛生的な水が多量に供給されることが急務となっている。

厚生省水道課の調査によると、42年度末における全国の水道の普及率は74%であって、これを市町村別にみる

表-2.13 市町村別水道普及率

| 市町村別 | 年次 | 40年度(A) | 42年度(B) | (B)/(A)% |
|------|------|---------|---------|----------|
| | 市 | 77.5 | 83.5 | 107.7 |
| 町 | 43.3 | 53.4 | 123.3 | |
| 村 | 33.4 | 41.3 | 123.7 | |

(注) 1. 厚生省水道課調べ
2. 普及率給水人口割合は、上水道、簡易水道、専用水道の受益人口をもとにしている。

表-2.14 飲料水源別農家率 (単位: %)

| | 上水道 簡易水道 | 井戸 | | その他 |
|------|-------------|------|------|------|
| | | 動力 | その他 | |
| 総数 | 37.7 | 26.8 | 28.2 | 10.3 |
| 都市近郊 | 47.5 | 32.8 | 20.8 | 3.5 |
| 平地農村 | 36.4 | 31.8 | 30.0 | 4.1 |
| 農山村 | 35.3 | 22.9 | 32.0 | 13.0 |
| 山村 | 33.8 | 12.5 | 23.1 | 32.7 |

(注) 農業調査による。(38.12.1)

と表-2.13のとおりで、市の普及率が80%を越えているのに対し町村の普及率は40~50%にとどまっており、農村地域における飲料水源は、井戸水、その他が未だ支配的であるといえる。

このことは、農業調査の結査(表-2.14)からもわかるとおり、井戸水を使用している農家が全農家の55%を占めており、この他に湧水、天水、沢水にたよっている農家が10%あり、生活環境の悪さを示している。

⑤ 下水道

わが国の下水道の普及率は非常に遅れており、表-2.15にみるとおり、下水道のある市町村は全国で199にすぎない。そして、設置の大部分は市部であり、町村で布設されているのは12町村であって、農家のみについてみると、表-2.16のとおり汚水処理を公共下水道によっている農家は、わずか9%で、大部分の農家は未整備のままである。

参考までに水洗便所の普及状況を農家についてみると43年において10,000戸にも満たない状態である。

⑥ 道路

生活環境施設としての道路の良否は、単に幅員、路面改良、舗装などの整備状況のみを問題にするばかりでなく、日常生活(通勤、通学、買物、散歩など)のために、どれだけ快適に利用できるかということが問われなければならないが、こういった観点から行なわれた調査はないので、建設省「道路統計年表」(1969年)により、道路の舗装率、改良率を表-2.17および表-2.18に示す。表-2.18は、都市地域と農村地域の道路の改良率を比較するため市町村道の改良率を都市的県と農業的県について比較したものであるが、この表からして、農業的県、また中間的県の道路が都市的県のものに比べて格

表-2.15 公共下水道設置市町村数(昭和41年)

| 項目 | 人口規模 | | | | | 計 |
|--------------|--------|---------|----------|----------|------------|------------|
| | 50万人以上 | 30~50万人 | 10~30万人 | 5~10万人 | 5万人未満 | |
| 総市町村数 | 12(12) | 15(15) | 104(104) | 170(167) | 3,075(263) | 3,371(561) |
| 公共下水道設置市町村数 | 12(12) | 15(15) | 90(90) | 48(48) | 34(22) | 199(187) |
| 終末処理場設置市町村数 | 12(12) | 10(10) | 42(42) | 11(11) | 10(6) | 85(81) |
| 公共下水道未設置市町村数 | — | — | 14(14) | 122(119) | 3,041(24) | 3,177(374) |

(注) 1. 建設省「昭和42年建設白書」 2. ()は市の数

表-2.16 農家の排水処理状況

| | 実数(件) | 公共下水 (%) | 川、用排 水路 (%) | 宅地内吸 い込槽 (%) | 溜めて汲 み取る (%) | その他耕 地に流す (%) | 処理して いない (%) | 計 (%) |
|---------|-------|-------------|-------------------|--------------------|--------------------|---------------------|--------------------|----------|
| 全 国 | 3,352 | 8.7 | 52.1 | 11.7 | 9.9 | 16.4 | 1.9 | 100 |
| 都 市 近 郊 | 964 | 11.0 | 50.1 | 14.3 | 9.1 | 14.0 | 1.7 | 100 |
| 平 地 農 村 | 1,132 | 8.5 | 55.1 | 10.7 | 11.0 | 13.7 | 1.9 | 100 |
| 農 山 村 | 876 | 6.6 | 51.5 | 10.4 | 9.8 | 20.3 | 2.1 | 100 |
| 山 村、漁 村 | 380 | 8.4 | 49.7 | 11.3 | 8.9 | 21.6 | 2.1 | 100 |

(注) 昭和40年「農家の住まいの現状と意識」グ全研調査資料による。

表-2.17 道 路 現 況

| 区 分 | 年次 | 実延長 (km) | 改良済 (km) | 舗装済 (km) | 改良率 (%) | 舗装率 (%) |
|-----------|----|----------|----------|----------|---------|---------|
| 道 路 総 計 | 35 | 961,914 | 100,420 | 26,714 | 10.4 | 2.8 |
| | 43 | 994,926 | 179,177 | 107,143 | 18.0 | 10.8 |
| 一 般 国 道 | 35 | 24,915 | 11,119 | 7,187 | 44.6 | 28.8 |
| | 43 | 27,505 | 20,360 | 20,291 | 74.0 | 73.8 |
| 都 道 府 県 道 | 35 | 122,123 | 30,494 | 8,998 | 25.0 | 7.4 |
| | 43 | 124,091 | 46,489 | 33,026 | 37.5 | 26.6 |
| 市 町 村 道 | 35 | 814,872 | 58,805 | 10,529 | 7.2 | 1.3 |
| | 43 | 843,330 | 112,328 | 53,826 | 13.3 | 6.4 |

(注) 建設省「道路統計年報1969」による。

表-2.18 表市町村道の地帯別舗装率, 改良率 (昭和43年末)

| 地 域 | 実延長 (km) | 改良済 (km) | 舗装済 (mk) | 改良率 (%) | 舗装率 (%) |
|-----------|----------|----------|----------|---------|---------|
| 都 市 的 府 県 | 75,292 | 17,385 | 17,243 | 23.1 | 22.9 |
| 中 間 的 県 | 89,134 | 7,985 | 4,435 | 9.0 | 5.0 |
| 農 業 的 県 | 117,595 | 12,271 | 1,716 | 10.4 | 1.5 |
| 全 国 | 843,330 | 112,328 | 53,826 | 13.3 | 6.4 |

(注) 建設省「道路統計年報1969」による。

都市的府県…東京, 大阪, 神奈川, 京都, 愛知
 中間的県…長崎, 滋賀, 岡山, 群馬
 農業的県…鹿児島, 岩手, 青森, 茨城, 鳥根

表-2.19 公共施設等の利用状況

| | 農家が下記の施設を利用している集落割合 | | | | | |
|-------|---------------------|-------|-------|---------|---------|---------------|
| | 保 育 所 | 集 会 所 | 公 民 館 | 放 送 施 設 | 有 線 電 話 | 食 品 共 同 加 工 所 |
| 全 国 | 31% | 46% | 47% | 20% | 23% | 1% |
| 北 海 道 | 13 | 55 | 17 | 68 | 41 | 0 |
| 東 北 道 | 14 | 38 | 44 | 3 | 17 | 0 |
| 関 東 道 | 18 | 56 | 36 | 3 | 33 | 1 |
| 北 陸 道 | 30 | 34 | 33 | 10 | 12 | 0 |
| 東 山 道 | 48 | 13 | 81 | 19 | 36 | 2 |
| 東 海 道 | 33 | 57 | 46 | 13 | 12 | 2 |
| 近 畿 道 | 40 | 66 | 45 | 17 | 16 | 1 |
| 中 国 道 | 48 | 47 | 49 | 20 | 26 | 1 |
| 四 国 道 | 45 | 51 | 54 | 34 | 27 | 0 |
| 九 州 道 | 28 | 18 | 64 | 29 | 20 | 0 |

(注) 1. 資料は1960年センサス「農業集落調査報告書」による。

2. 各施設につき集落外にあるものでも, その集落の農家が利用していれば該当するものとした。

表-2.20 図書館の設置状況

| 区 分 | 計 | 都道府県 | 市(区) | 町 | 村 | 組 合 | そ の 他 |
|------------------------------|-------|-------|-------|-------|------|------|-------|
| 館 数 | 計 | 825 | 93 | 484 | 199 | 18 | 29 |
| | 本 館 | 724 | 53 | 427 | 195 | 18 | 29 |
| | 分 館 | 101 | 40 | 57 | 4 | — | — |
| 地方公共団体数(a) | 3,345 | 46 | 587 | 1,970 | 742 | — | — |
| 設置地方公共団体数(b) | 640 | 45 | 382 | 195 | 18 | —(1) | — |
| $\frac{(b)}{(a)} \times 100$ | 19.1% | 97.8% | 65.1% | 9.9% | 2.4% | — | — |

(注) 1. ここでいう図書館とは「図書館法」にもとづくもの

2. 文部省統計課調べ(昭和43年度)

表-2.21 医療施設（人口1万人当り病床数）

| 年度 人口規模 | 全 病 床 | | | 一 般 病 床 | | |
|----------------|-------|-------|---------|---------|-------|---------|
| | 36年 A | 40年 B | B/A (%) | 36年 C | 40年 D | D/C (%) |
| 全 体 | 76.0 | 88.9 | 120 | 34.7 | 45.0 | 130 |
| 人口30万以上の市 | 79.0 | 84.9 | 110 | 45.5 | 52.9 | 120 |
| 人口10万以上30万未満の市 | 115.1 | 125.4 | 110 | 55.4 | 65.2 | 120 |
| 人口5万以上10万未満の市 | 91.8 | 119.6 | 130 | 39.5 | 56.1 | 140 |
| 人口5万未満の市町村 | 55.9 | 68.0 | 120 | 20.1 | 28.1 | 140 |

(注) 厚生省「医療施設調査」

段に劣っていることがうなづける。なお、山村および積雪地域では、こういった道路の改良率が悪いこととあいまって、冬期の除雪体制が不備であるため、冬期の利用状況がきわめて悪くなっている。

⑦ 生活共同施設および公共施設等の利用状況

家庭生活をつつむものとしては、直接的には農村住宅がその役割を果たすものであるが、個人の成長は家庭生活のみに依存するものではなく、社会的生活を通じてはじめてその全体的な意義が求められるもので、個人の生活も社会的な生活環境の中に位置づけられ、その成長を助けるものである。

1960年センサスはよれば、農業集落が各種の公共施設を利用している割合は表-2.19のとおりであって、都市地域に比べて利用度が未だ低い。また表-2.20および表-2.21に図書館および医療施設の設置状況を示す。

3. 農村地域再開発のための手法

以上のべてきた農業と農村の実態に対処する対策として、1にも述べたように、農村地域の再開発として農業基盤総合整備パイロット事業調査が、都市近郊地域の農業緑地、住宅の再開発として緑農住区開発調査がおこなわれている。そこで、ここではこれら両調査の概要について述べることにする。

3-1 農業基盤総合整備パイロット事業調査

3-1-1 要 旨

2でみたように、国民所得の増大に対し農家所得は米価を中心とした農産物の価格上昇と兼業所得の増大により対処してきた。反面規模拡大や土地利用の高度化による生産性の向上は経済発展に即応して進んでいない。一方、将来の農業を支える優良労働力は農村の生活環境のおくれから都市に流出し、深刻なあとつぎ問題をおこしている。

このような問題に対し、われわれはどうあるべきだろうか。それには、

- (イ) 農業基盤整備事業を総合的に実施し、生産性の高い近代的農業をつくる。
- (ロ) 高生産性農業によって生じる余剰労働力が都市に流出することによって、現在社会的問題となってい

る過密過疎現象に対処するため農村地域に労働力を吸収する産業を計画的に育成して農業者が在村のまま転職の機会が得られるように配慮する。

- (ハ) 優良労働力確保のため、農村の生活環境を(イ)(ロ)とあわせて整備する。

これらのことを実施するため、昭和45年度から新たに農業基盤総合整備パイロット事業調査が実施されることとなった。この調査は従来の農業施策が上記(イ)のみを対象としていたのに、(ロ)(ハ)を加え、総合的に農村の再開発をはかろうとするものである。したがって、調査計画は他産業用地を含めた土地基盤の整備にあわせて、営農施設、生活環境施設の整備および集落整備を総合的有機的に実施するためのものといえよう。

3-1-2 調査計画地域の選定

従来の土地改良事業では、水利用土地利用といった農業上の一体性をもっているものを対象に地区構成を行なっていた。しかしながら、本調査では調査の趣旨にしたがい社会的・経済的条件を考慮に入れて地区を構成する必要があり、具体的には市町村、農業協同組合等の区界も考慮に入れる必要がある。第2に、ここ数年農村地域も例外にもれずモータリゼーションの時代にはいった。したがって、農家の生活範囲は、徒歩、自転車の時代から急速に広がり、さらには全国の縦貫高速道路網により、大都市圏とのつながりも容易となろうとしている。したがって、農村地域の整備計画をたてるためには、相当の広がりを持った地域であり、また今後農業が持続的に実施されることが条件となる。

このためには当然高生産性農業を営みうる可能性のある地域で、かつ生産から農産物の販売まで一貫した組織化、装置化ができる地域でなければならない。以上の理由により、地域は農用地として利用しうる面積がおおむね3,000ha以上含まれることを条件とした。

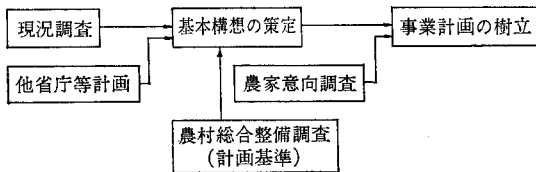
第3に、このような施策は、農業生産のためにおこなわれる。したがって、計画地域は農業振興地域の整備に関する法律（昭和44年法律第58号、以下「農振法」という）の指定区域または予定区域でなければならない。しかしながら、計画を樹立するには農振法の区域の周辺にある都市計画法の市街化区域の経済的社会的影響が本計

画の区域におよばれることを考慮し、調査対象は農振法の指定および指定予定区域以外を含むこととした。また、本計画は農振法の農用地区域に対して樹立されるのではなく、指定区域に対しておこなわれるものである。これは、本計画が農用地のみでなく、農家集落その他の公共的施設等の整備計画を含むものであるからである。

3-1-3 調査計画の内容

調査計画は、現況調査、基本構想の策定、農家意向調査、事業計画の4つから成り立っている。その相互の関係は、下記のフレーム(表-3.1)のとおりである。調査のスケジュールとしては、調査初年度に現況調査と基本構想の策定をおこない、次年度に農家意向調査と事業計画を樹立する予定である。なお、このような内容の計画を実施する事業実施方式の検討に資するために地区内にモデル地域を設定し、調査初年度にモデル計画を樹立するものとする。

表-3.1 調査計画のフレーム



(イ) 現況調査

地域の現況を把握するため、地域の自然的、社会経済的諸条件について、現況と過去より現在に至る傾向を現地踏査、資料収集、観測などにより調査する。ここで特記すべきは、新たに生活環境、集落施設、道路交通等の調査が加わっていることである。

(ロ) 基本構想の策定

前項の調査にもとづき、各種の地域計画を勘案しつつ事業計画を樹立するに必要な基礎諸元を長期的観点に立って決定するものとする。もちろん各町村ごとに独自の振興計画があるし、また農業関係については、農振法による整備計画もある。したがって、ここではそのような各種地域計画を配慮しながら、昭和60年(新生国総合開発計画の目標年次)程度を目標年次とし、農業については“他産業と較差のない農業の生産性の確保”，生活については“都市と均衡した農村生活環境”を整備目標とする。

(ハ) 農家意向調査

基本構想の策定が地域のマスタープランであり、この計画を現実的な事業計画とするには、土地と労働力を所有している農家の意向にもとづかなければならない。そのため、農家の将来の農業経営、生活、土地所有などのあらゆる面についての希望を含む農家意向調査を実施する。

(ニ) 事業計画の作成

基本構想の方針にもとづき、農家意向を参考にして産業計画、生活計画を策定する。これらは、他産業の農村地域(当該地域)への導入にも配慮しつつ、農用地、集落用地、施設用地を含めた全体の土地利用計画にもとづかなければならない。この計画を実現するため、さらに土地基盤整備計画、営農施設計画、生活環境整備計画および集落整備計画を作成するものとする。

以上の(イ)~(ニ)までの調査の内容の細目のフレームについては表-3.2のとおりである。

3-1-4 調査計画の主体および体制

調査の主体は、地方農政局および北海道開発局とした。これは、本調査が新しい内容をもった調査であり、45年度より始められ、まだ事業実施方式について制度化

表-3.2 農業基盤総合整備パイロット事業調査フローチャート

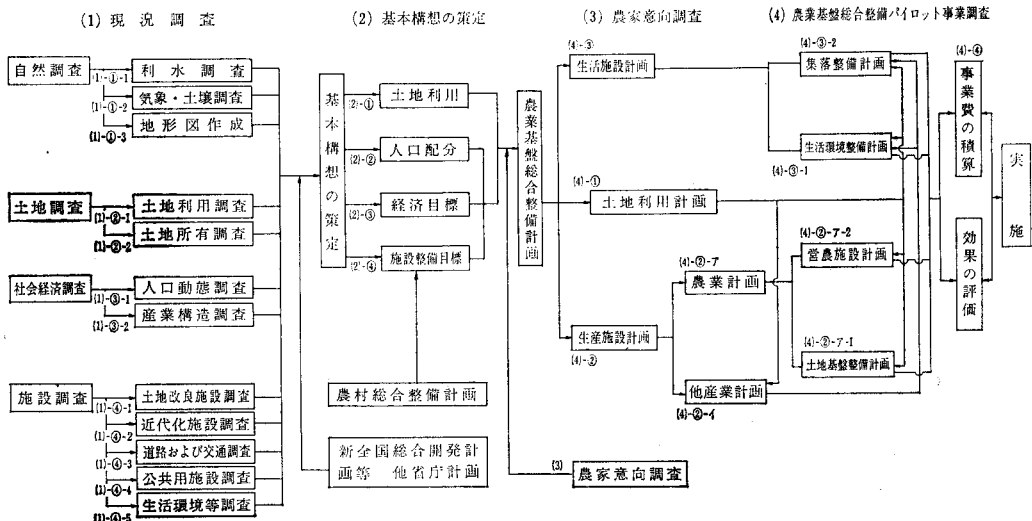


表-3.3 農業基盤総合整備パイロット事業調査地区

| 農政局名 | 県名 | 地区名 | 所在地 | 受益面積 (ha) | | | | | 事業内容 | 備考 | |
|------|------|-----|-------------|--------------|-------------|----------------|--------|--------|---------|-------------------|-------------------|
| | | | | 水田 | 畑 | 樹園地 | 草地 | その他 | | | 計 |
| 東北 | 岩手 | 山王海 | 柴波郡柴波町, 外1町 | 6,608 | 2,446 | — | — | — | 9,054 | ほ場整備, 近代化施設, 集落整備 | |
| | | | 秋田仙北 | 仙北郡仙北村 | 3,100 | 48 | — | — | 666 | | |
| 関東 | 栃木 | 那須 | 大田原市, 外5町村 | 2,900 | 3,000 | (輪換用) 3,300 | — | 10,000 | 19,200 | | 国営開拓 パイロット実施地区 |
| | | | 北陸 | 信濃川右岸 | 長岡市, 外1市 | 5,062 | 149 | 7 | — | | |
| 北東 | 愛知 | 渥常滑 | 常滑市 | 1,134 | 628 | 67 | — | 1,619 | 3,448 | | |
| | | | 近畿 | 兵庫北淡路 | 津名郡東浦町, 外2町 | 100 | — | 1,200 | — | | |
| 中国四国 | 岡山 | 山勝英 | 勝田郡勝央町, 外4町 | 4,800 | 3,000 | 1,000 | — | 25,400 | 34,200 | | |
| | | | 九州 | 福岡京築 | 行橋市, 外10市町 | 10,315 | 1,252 | 2,883 | — | | |
| 内地計 | 宮崎 | 尾鈴 | 日向市, 外7市町 | 1,840 | 4,429 | 2,540 | 128 | 750 | 9,687 | | (日向地区) |
| | | | 9地区 | | 35,859 | 14,952 | 10,997 | 128 | 43,274 | | |
| 北海道 | 空知 | 美唄 | 美唄市, 外4市町村 | 20,216 | 1,905 | — | 1,600 | 182 | 23,903 | ほ場整備, 近代化施設, 集落整備 | |
| | | | 神竜 | 雨竜郡納内村, 外2市村 | 3,200 | — | — | — | — | | |
| 北海道計 | 2地区 | | | 23,416 | 1,905 | — | 1,600 | 182 | 27,103 | | |
| 合計 | 11地区 | | | 59,275 | 16,857 | 10,997 | 1,728 | 43,456 | 132,313 | | |

されておらず、このためパイロット地区として調査のすすめ方、事業実施方式の検討をする必要があるからである。しかしながら、調査の内容については市町村、都道府県等の行政に関係するところが非常に多いため、調査の一部を、これら地方公共団体に委託するとともに、国はこれらと緊密な協力のもとに調査を行なうこととする。

国の調査に対する体制としては、農地局技術課に農業基盤整備係がもうけられ、また調査地区に関する国営開拓事業所に開発計画課が新たにもうけられた。地方農政局においては計画部、北海道開発局においては計画課が地区別の調査を担当することとなる。一方、農業土木試験場に環境整備研究室が設置され、基礎的な技術研究をおこない側面的にこの調査を援助することが可能となった。

また、この調査は内容が多く部門に関係するため、各専門家に調査計画内容を検討してもらうことが必要となる。このため各種委員会を農林省内部、農政調査委員会、農業土木学会、地方農政局に設置することとした。まず、農林省内部には、大臣官房企画室の主催する省内連絡会議を昭和44年12月より発足させた。また、農政調査委員会には、本調査および事業実施に際して問題となる計画、開発手法の研究を委託するとともに、法制度についての部会をもうけ事業制度の検討をする。また、農業土木学会には農村の生活環境、集落等の整備をおこなうに必要な原単位、基準の検討をおこなう部会、および地区調査を円滑にすすめ、各地区の連絡をとる地区連絡部会をもうけることとしている。その他、各地区に関する各地方農政局においては、それぞれその地方の大学に委託して調査の細部について検討してもらうこととなっている。いままで、農村計画は建築、都市計画、農業

工学などの分野において研究されてきたが、今後は時代の要請に答えるため、農業工学の分野の中に“農村計画”の学問を定着させ、発展させる必要がある。

3-1-5 45年度の調査地区について

45年度は、内地9地区、北海道2地区の調査に着手することとした。調査費は、内地81,000千円であり、北海道18,000千円であり、1地区9,000千円平均となっている。調査は、調査内容に説明した現況調査と基本構想の策定を主としておこない、同時に各地区毎にモデル地域を選定してモデル計画を作成する。このモデル計画によって調査のすすめ方、事業化への制度の検討がおこなえるものと思う。モデル地域は、地元の協力体制とその位置が地区を代表するものであるかどうかを考慮して決定するものとする。その大きさは既存の数集落をとり、計画はその集落間に介在する農用地と集落等用地の整備計画、生活環境施設計画などとするとしている。

3-1-6 事業化への道

(イ) 事業内容について

調査は昭和45年度から始まり、45年採択地区については2カ年で調査を完了する予定である。したがって、遅くとも47年度よりなんらかの形で事業化せねばならない。

調査計画を実施するにあたり、あらかじめ想定する事業内容はつぎのとおりである。

(1) 区画整理

a) 従来の土地改良事業では、土地改良法第2条の仕組みから一部の例外を除き、未墾地、既墾地別々の事業で農用地の整備をはかってきた。しかし、本事業では地域の総合開発という観点からこれらを1事業で区画整理をおこなう。

b) また農用地の区画整理、農用地の造成にあわせ

て、農用地を効率的に利用するため、営農施設用地を最適に配置し整備する。

- c) 農用地の区画整理に際し農用地の内にいる住宅をまとめた既成集落を中心とした将来の集落予定地域に集団化する。集落地域については、街路、上下水道など基礎的な公共施設を整備する。
- d) 将来の経営規模拡大に際し生ずる余剰労働力を工業にふり向けるため、住民の生活および農業に害がないように計画的に工場用地予定地を配置し整備する。

(2) 用水施設

- a) 基幹かんがい施設はもとより、かんがいの自動化を前提に末端配水施設を完備し、一連の水管理体制がおこなえるようにする。
- b) 配水の合理化を行ない営農用水、上水を確保し、これらの施設をかんがい施設と同時に施行する。

(3) 排水施設

- a) 農業排水とともに集落、工場などからの排水を考慮し、用水から排水を完全分離する。また、末端に浄化施設を設ける。
- b) 集落整備地域内に下水管を敷設し、a)の排水路に接続する。

(4) 道路

- a) 集落と市場および主要営農、流通施設ならびに集落と集落および既存主要幹線道路を結ぶ道路を整備する。
- b) 農用地の整備にあわせて、ほ場内道路を整備する。
- c) 集落内の道路を街路として整備する。

(5) その他公共的施設等の整備

- a) 営農用の大規模でかつ共同利用する施設を整備する。これには農業協同組合等が参加することを考慮する。
- b) 市町村が設置する保育所、公民館、緑地公園など集落関連施設を整備する。
- c) 農家住宅

(ロ) 事業制度について

農業基盤総合整備パイロット事業調査を事業実施に結びつけ事業化するには、いくつかの道が考えられる。その第1は、農村整備法（仮称）なる事業法を作ることである。これは農振法がいわゆる計画法でマスタープランであるに対し、それを事業化する制度である。しかし、これを農林省で実施する場合、建設省、厚生省、文部省、自治省などの協議が必要となり、制度化するには相当の検討期間が必要であろう。第2には、土地改良法の改正があげられる。これは土地改良法が農用地のみを対象にしているのに対し、本調査の内容を事業化するには

農用地に農用地以外の施設用地、工場用地を含めた土地の権利関係の調整をおこなわなければならない、そのため土地改良法の換地制度を中心として利用する方法である。その場合、事業を補助事業として実施することを考えれば、各種施設事業は法律事項によらず予算措置である程度は実施できると考えられる。これは1計画に対し、全体を1事業で実施されるのが望ましいが、1計画数事業になる場合も生じよう。このとき各省に同時に実施するついでを回すこととなる。第3には、農林省単独で1事業で実施することが困難である場合、各省協力のもとに事業団を設立し、工事を一貫施行する方法がある。この場合、未墾地については、八郎潟農村建設事業団の先例があるが、既墾地については、数々の制度上の障害があると考えられる。

これらのいずれの道を歩むにしても、本事業に関連して、工場の地方分散に関する通産省、労働者との協議、広域市町村圏について自治省、地方生活圈構想について建設省との調整などがなされねばならない。現在土地改良法の改正については、農地局管理課が鋭意検討中である。また、工場の地方分散については、農林省は農政課が窓口となって内部で検討中であり、通産省、労働省との協議もおこなわれており、農業基盤結合整備パイロット事業の事業化に対する問題について検討を進めている。

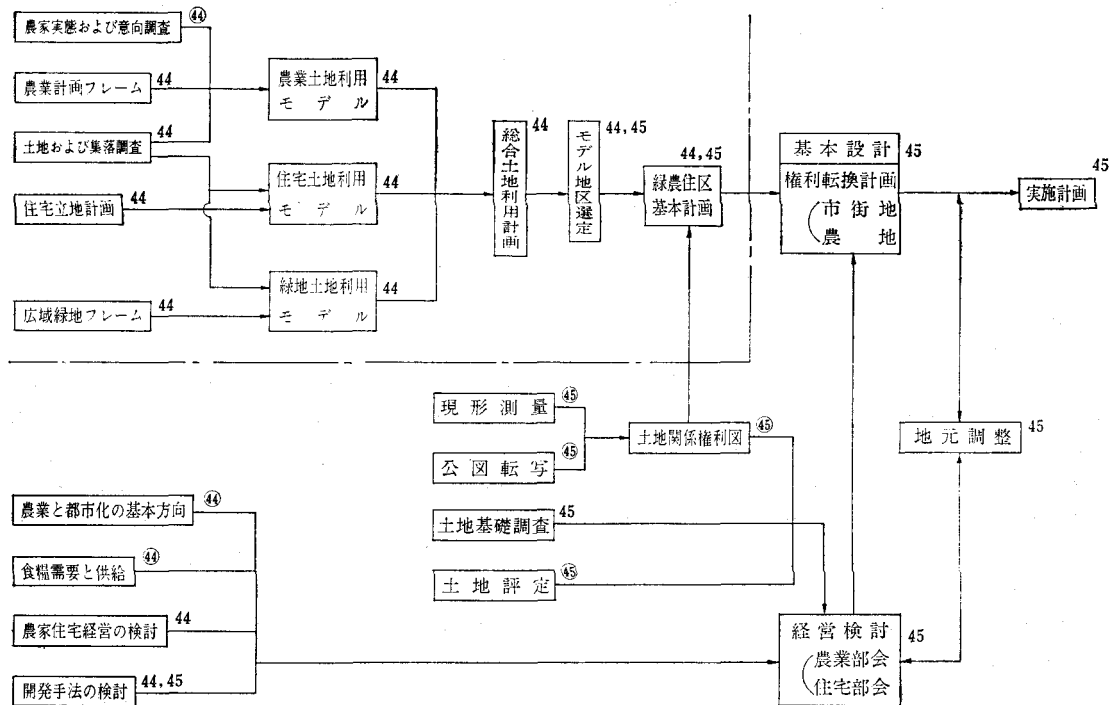
3-2 緑農住開発計画

3-2-1 調査の趣旨

経済の高度成長にともない、農村から都市への人口移動がおこなわれ、都市周辺の土地利用をめぐる社会的経済的問題が生じている。すなわち、都市のぼうちやうにともない地価の高騰が生じ、一環した土地政策の欠除と相まって、いわゆるスプロール現象をおこしている。また、公的住宅建設も用地取得の面で非常に困難になってきている。一方、都市周辺の農業においては、無秩序な宅地化による農地の遊休化、宅地排水がかんがい用水路に流入するなどによる用水汚濁にともなう生産条件の劣悪化がみられる。

このような現象に対処し、緑地、農地、住宅地の秩序ある形成をおこなう手法の検討を行なうため、緑農住区開発調査が昭和44年12月より始められた。この手法は従来の農地を開発者が買収する方式でなく、一定地域の土地所有者である農家が共同で土地を供出し、借地者または借家者として経営しようとするものである。この手法によって緑地帯を有する住宅と生鮮食糧品を主とする都市近郊農業によって田園都市が形成されよう。これを土地所有者である農家からみれば、住宅経営および都市近郊農業による農家所得の増大ははかられることになる。一方、行政機関の立場からみれば住宅難の解決になるばかりでなく、用地がまとまって住宅、緑地、農地と

表-3.4 緑農住区発開計画調査フローチャート



して出せるため、それぞれに対する公共投資がより経済的になされる利点がある。

3-2-2 調査の内容

調査対象地域は神奈川県横浜市北農協の地域の一部および兵庫県西農協の地域の一部である。

この調査計画は表-3.4のフローチャートに従って実施される。

すなわち、農業計画フレーム、農家調査、土地および集落調査、住宅立地計画、住民流入調査、広域緑地計画フレームをもとに農業、住宅、緑地のそれぞれの土地利用モデルをつくり、これらを総合し総合土地利用計画を作成した。この調査は主として調査地区の所在する横浜市、神戸市に委託をおこなった。一方、それとは別に基本的事項について研究グループに委託をおこなった。すなわち、“農業と都市化の基本方向について”は“農業協同組合研究所”、“食糧需要と供給”については食品需給センターおよび“農家住宅経営の検討”“開発手法の検討”については住宅協会に委託した。総合土地利用計画をこれらの基礎的研究成果と合わせて緑農住区基本計画をコンサルタントに委託するとともに、委員会をつくり検討した。調査主体は、建設省と農林省が協力して実施することとし、各調査ごとに建設省、農林省、市、農協、大学関係者によって委員会を構成した。

45年度は、44年度の土地利用計画にもとづき、モデル地区として横浜約1,500ha、神戸約800haの地域を選定し、実施計画を作成することとしている。そのため、

土地の所有権、土地の評定を中心とした現況調査をおこない、これにもとづく権利転換計画を作成し、地元調査のち実施計画を作成する。また、この計画が農家側からみても、住宅入居者からみても採算のとれるものとする経営検討をおこなうこととしている。

この計画調査を実施している横浜市、神戸市は現在新都市計画法にもとづく市街化地域、調整地域の線引きが実施されているため、この地域の調査を実施するに当たりしばしば大変デリケートな問題にぶつかったが、新しい手法は常に旧来の制度法律との間に生ずる矛盾を克服することによって完成されるものと考えられる。

4. 節農村地域の未来像

3で述べた開発手法により農村地域はどのように変わらうか。ここでは、純農地帯の農村についてきわめてバラ色の夢を最後に画いてみよう。時は1970年現在と1985年×月×日。

東北地方のO市(人口約3万人)の近郊にあるS村は現在(1970年)人口約5,000人、水田面積約3,000haであり、1戸当りの平均耕作面積は1.5haの水田単作の純農村である。

この村にとって大きな問題は、農業の後継者となる若年層が都市に流出した結果、農業従事者が高齢化し、また米価据置き、米の作付転換などの農業施策に見られる農業にたいする先行き不安である。

O村長は、このような村の実態を眺め、このまま放置

しておくことはS村にとってはもちろん、大きくは日本の将来にとっても悪影響があると考え、この打開策に思い悩んでいたところ、県の土地改良事務所長から農林省において農村地域を再開発するための計画を樹立するための新しい調査が開始されることを聞き、全国にさがけて第一番に名乗りをあげた。

この調査は農林省が主体となり、県、近隣市町村が一体となって行なわれ、その結果事業実施計画が樹立された。その事業を実施するために多くの困難があったが、これを乗り越えて事業がほぼ完了した1985年のS村の状況を描こう。

この計画の骨子は人間が豊かに生活するための環境を造ることであり、この環境を造るためには、現在この地域の土地、水の所有者である住民の合意のもとに計画、実施、管理されねばならない。このためには、それぞれの権利者の集合体として、土地所有者組合（仮称）、農業協業組合、土地改良区、農業協同組合などの組織を基盤とする一つの中核管理機構を作り、この組織を通して、住民の意志統一が行なわれ、快適な営農、生活環境が長期間にわたって維持されることとなっている。

S村の国道と県道の交差する一角にしょうじな生垣に囲まれた住宅街がある。

各戸の宅地が900m²程度とゆったりとっており、住居は日本風のもの、北欧風のもの、構造も木造、プレハブ、コンクリートと多種多様であり、また一角には村営のコンクリート高層アパートが並んでいる。各家とも上下水道、冷暖房、電話が完備している。ただ、ところどころに空地があり野菜畑になっているが、これは、まだ住居の移転が終わってない人の所有地である。また、スーパーマーケット、集中冷暖房センターなどもこのコーナーにある。

県道をへだてた他のコーナーには敷地をゆったりと、緑につつまれた電子部品工場と、精密機械の工場がある。この工場には、若年層はもとより中高年層の人達もそれぞれ能力に応じて楽しく働いている。

また、住宅区域と広い緑地帯をもつ中央街路をへだてた第3のコーナーは小学校、中学校、診療所、役場、広場、公会堂、娯楽施設などが並ぶ公共施設区域である。

この区域と県道を境とした第4のコーナーは農業統轄コーナーであり、農業統轄センター、農協、土地改良区、農業委員会、カンツリーエレベータ、農機具センター（部品修理など）などがある。

さて、田園に目を向けると、見わたす限り基盤の目のように整備された水田である。この水田に色どりをそえるがごとく幹線道路沿いに並木があり、また、ところどころに緑に囲まれた農機具格納庫、移転未了の農家がポツンとある。

水田に近づいて見ると何か物足りなく感ずる。よく見

ると地上に用水路がなく、すべてパイプラインとなっており、施肥、除草もこのパイプラインをとおして行なわれている。

ここに住んでいる人々の生活はどのように変化したであろうか。

この村の人口は6,000人と事業実施前の約20%増となっており、このような事業が行なわれなかった農村は人口が減退し、過疎化しているのに比較すると大変大きな差である。

この田園都市とでもいうべき集落地域と国道は冬期も完全に除雪されており、真冬も子供は毎日通学することができるようになった。また国道により県庁があるM市にも1時間以内で到達し、また高速鉄道網、高速道路網および国内航空網も発達した結果、東京にも急ぐときは航空便を利用すれば2時間以内で行くことが可能であり、時間距離にすると現在の1/3以下となり、余暇時間も多いため東京あるいはM市に住んでいる人と同等の文化生活を享受することが可能となっている。

Aさんは現在65才で農民年金と1haの水田は協業組合に預託して配当によって生活しており、宅地の中の畑に興味で花、野菜をつくっている。長男は農業大学を卒業して農業統轄センターの技師であり、結婚して3人の子供があるが、3DKのアパートに住んでいる。長女、次男は都会に出て結婚、就職している。Aさんももう12年したら長男と家を交代して、アパートで生活しようと思っている。

Bさんは50才であり、カンツリーエレベータの支配人をしていす。長男はトラクタのオペレータ、次男はO市の大学の工学部に在学中で、卒業したら村の電子部品工場に勤めることになっている。長女は高校を卒業して精密機具の工場に勤めている。現在は、全員同じ家に住んでいるが、子供達の結婚に備えて村営アパートに予約をしてある。

Cさんは、60才で子供は皆都会に出てしまい、2haの水田を協業組織に預託して農民年金をもらい、3DKの村営アパートに住み、ときおり夫婦で子供達の家庭を訪ねるため旅行に出ることを楽しみとしている。

Dさんは、45才であるが水田が0.8haしかないため、これを農協に預託し、電子工場の守衛として働いている。40才になる妻は、電子工場のパートタイムとして毎日家事の合い間に5時間ずつ働いている。3人の子供はO市の大学、工業高校、中学にそれぞれ通学している。

A、B、C、Dさんそれぞれ職業の内容は異なるが、所得もそれぞれ年収200万円から300万円となっており、それぞれS農業協業組合の一員として営農および土地管理に発言権をもち、この地域社会の環境保持につとめ、豊かな人間味のある田園生活を楽しんでいる。

阿讃トンネルの RTM 工法について

稲田長徳* 菊池正伍** 大西康則** 西岡 公**

目 次

| | | | |
|-----------------------------|------|------------------------|------|
| まえがき..... | (17) | 4. 阿讃トンネルRTMの施工計画..... | (20) |
| 1. RTM工法の導入..... | (18) | 5. 阿讃トンネルの実績..... | (34) |
| 2. 小松ロビンス TM430G の概要..... | (19) | 6. あとがき..... | (36) |
| 3. RTM工法による施工実績と地質の適応性..... | (20) | | |

まえがき

香川用水事業は、吉野川総合開発計画の一環として、昭和43年10月24日阿讃トンネルの下口現場で輝やかしい起工式が行なわれスタートした。この事業は香川県民90万人の永年にわたる夢であった吉野川の水を香川県に導水し、「水なし県」の用水不足を抜本的に解消し、産業基盤の強化と生活環境の整備をはかろうとするものである。香川県の水不足は、年間降雨量 1,100 mm という小数字をみても、また古くより塩田で有名なこと、県内に2万有余の溜池を有することなどより首肯されるところである。

本事業は、その水源を遠く高知県早明浦ダムに求め、徳島県三好郡池田町地内に建設を予定される池田ダムの上流約 1.8 km 左岸より取水し、阿讃山脈を一直線に約 8 km のトンネルで香川県に導入するもので、このトンネルを阿讃トンネルと称している。香川用水を供給する区域は、5市32町村にまたがり、年間2億4,700万トンで、その内訳は、農業用水11.3m³/s、工業用水2.5m³/s、

上水道用水2.0 m³/s、計 15.8 m³/s となっている。水路トンネルの諸元は次のとおりである。

| 諸 元 | 上口工区 | 下口工区 |
|--------|-----------------|------------|
| 断 面 | 2r=3.5 m 標準馬てい形 | φ3.6 m円形断面 |
| 水路コウ配 | 1 : 1.950 | 1 : 1.915 |
| 流 速 | 1.70 m/s | 1.70 m/s |
| トンネル延長 | 3,500 m | 4,252 m |

阿讃トンネルは、山岳水路トンネルとしては他にあまり例のない長大トンネルで、しかも土被りが250~650mと大きく、坑口が上口、下口の2カ所だけに制限されるため、換気、排水、工期、施工方式などについて特に慎重に検討を重ねる必要があった。また、工期の長短が直接経済効果に影響をもたらすこと、および県民の願いである「吉野の水を香川へ」を一日も早く実現したいため、最新鋭の岩盤用トンネル掘削機すなわち、RTM による施工に踏み切り、目下、好成绩にて施工中である。RTM 導入の経緯ならびに簡単な工事経過をとりあえず報告する。

トンネル完成断面

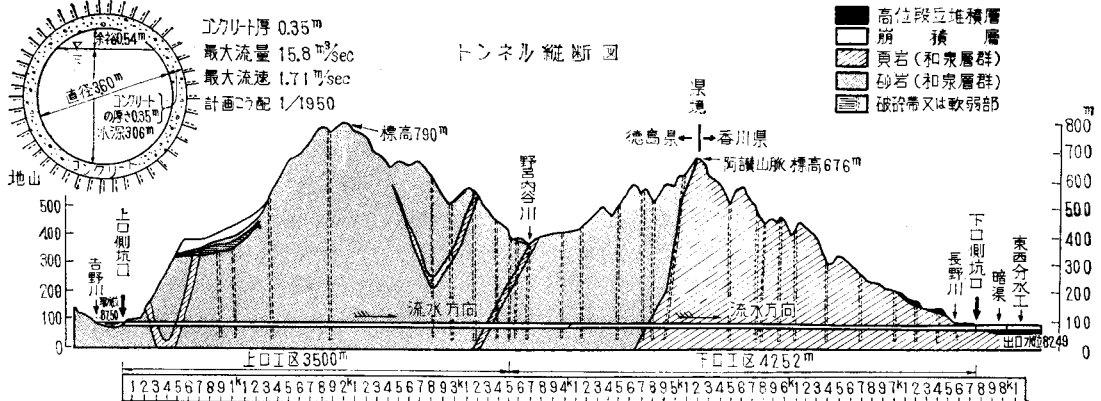


図-1 香川用水阿讃トンネル工事の概要図

* 水資源開発公団・香川用水建設所長
 ** " 香川用水建設所

1. RTM 工法の導入

1.1 RTM 工法の概略

RTM は Rock Tunneling Machine の略称で、いわゆる Rock Tunnel を無発破で掘削する機械である。トンネル掘削機は1856年 Wilson に特許が与えられて以来今日までに、Beaumont, Schmidt-Krans, Whittakey, Robbins, Wohlmeyer, Hughes Williams, Alkirk, ソ連の PPK-1 型, Bade- Lehrte SVM 40型, Lawrence 機 (Alkirk) ソ連 PK 8 型, Wohlmeyer-Habegger, Demag, Reed-Jarva, 三菱 RT~32 型, Calweld の多きにのぼっており、わが国においてもすでに数機種、数カ所に使用されている。このように RTM 工法が最近急速に注目された理由は種々あると思われるが、要は人力発破施工の欠陥を大幅に是正し、技術的にすぐれているばかりか、最近経済的にも次第に引合うようになったためと思われる。すなわち、

- (1) 長大トンネル工事の工期が短縮できる。
- (2) 理想的な機械化施工により、安全で安価なトンネル掘削ができる。
- (3) 労務の省力化ができる。

などの理由により近來とみに RTM に対する要請が強くなってきたように思われる。RTM には、単軸型 (Robbins, Hughes) と複軸型 (Wohlmeyer) があり、カタも、ローラカタにより圧砕する方法と、歯型カタにより岩を切削する方法に大別される。

1.2 阿讃トンネル下口工事発注の経過

阿讃トンネルはまえがきに述べたとおり、香川用水の通水に直接関係する唯一の大動脈で、重要な導水幹線であり、この施工方法については、とくに工期と経済性について検討する必要があった。そこで、最近急速に発達してきた RTM 工法について、施工実績例、施工費など調査の結果、下流より約 2,700 m の頁岩帯は、まず地質的に RTM 工法による施工が可能であると判断された。しかしながら、それに続く徳島県側約 1,200 m は和泉砂岩帯と推定され岩の圧縮強度が 1,300~1,900 kg/cm² に及び、国内の実績では 1,200 m 連続して上記の強度を出現した記録がなく、諸文献に発表されている RTM 工法の地質の適応性をみても、およそ 1,200 kg/cm² 以下が現状での目安とされており、かつ、従来の発破工法による掘進速度、施工費から考えて本トンネルを経済的に RTM 工法で掘削することは考えられず、カタなど消耗品の改良がなされたとしても、発破工法の 2 割以上も高額になるものと推定された。したがって、本工事は工期を重視しながらもやはり経済的でしかもトンネル掘進に確信のもてる発破工法によることとして、昭和44年9月26日指名競争入札の結果、請負金額 760,000,000 円をもって株式会社熊谷組と54カ月の工期で契約した。し

かし、RTM 工法による施工承認願が出た場合の対策として、現場説明において、「RTM 工法による場合当初の請負代金額および工期は、発破工法による請負代金額および工期以内でなければならない」という条件を付して、RTM 工法を承認する方向で説明を行なったものである。

1.3 RTM 工法導入と問題点

(1) RTM 工法を導入する場合の要素として考えられるのは、第一にトンネルの上部に既設の物件があり発破による地山のゆるみ、振動等を絶対に避けなければならない場合、第二に他の工法では工期的に間に合わないため RTM を必要とする場合、第三に工費的に発破工法よりも確実に有利となる場合、第四に技術進歩のための現時点で経済的に不利であっても機械開発のため、他に先がけて実施する場合などがあげられる。

(2) RTM 工法を採用することにより有利になる点

- イ) 断面形状が一般的に円形となり水理的構造的に有利である。
- ロ) 地山をゆるめることなく掘削ができ安全が確保され、かつ、余掘、余巻、支保工等が少なくなり経済的である。
- ハ) 適度の硬さの岩石であり、軟弱地盤、大湧水等に遭遇しなければ掘進速度は発破工法より大である。
- ニ) 人力を機械力に置換えた工法で労務者不足の対策として有利であり、かつ安全施工ができる。
- ホ) ズリの粒径が小さく均一であるため、岩石の種類によっては、骨材、敷砂利に転用可能である。

(3) RTM 工法を採用した場合の問題点

- イ) 長い延長の硬岩 (地山圧縮強度 1,300~1,900 kg/cm²) の掘削実績が少なく硬岩用カタは現在まだ開発途上にある。
- ロ) 断層、破碎帯、軟弱地盤などに遭遇した場合 RTM 自体大変重く、かつ長い一連の機械であるため、また切羽の空間が少ないため必要な処置が困難であり多額の経費を必要とする。
- ハ) 掘削機械が故障した場合、大規模の分解整備は坑内ではできない。
- ニ) 排水溝の掘削が別途施工となり、自然排水できる場合でもポンプにより強制排水しなければならない
- ホ) 切羽などで大湧水にあった場合、RTM の後退に時間がかかる。また、モータ類に浸水することがあるため、大湧水の有無を事前に知る必要がある。
- ヘ) 覆工の内径が機械の断面より小さいため、掘削が完了すれば機械を後退搬出し、その後、覆工を行なういわゆる分離施工としなければならない。
- ト) 機械の構造上掘削径が限定されているため、機械の償却方法として、工区全損とすべきようにも考えられるが、その場合はきわめて高価になる。また、

一般的な時間当たりということになると安価にすぎ、どちらを採用すべきか問題になる。

1.4 阿讃トンネルに RTM 工法を導入した経過

本工事契約後請負人である熊谷組と、発破工法, RTM 工法の技術的, 経済的検討会を行ない, その結果

(1) 犬山導水トンネルの実績を生かし, 確実に RTM 工法により全線掘削できる。

(2) 施工上のトラブルに対しては, あらかじめ水平ボーリングを実施し, 解決し得る自信がある。

(3) 工期を短縮することができる。

(4) 熊谷組は経済的にもペイする自信をもっている。

との結論に達し導入にふみきった。したがって, 請負契約条項に基づいて発破工法より RTM 工法への設計変更を行ない, 請負額 760,000,000 円に合せて契約内容を変更し, RTM 工法へ完全に乗りかえたものである。

2. 小松ロビンス TM 430 G の概要

2.1 主要機械諸元表

- | | |
|-----------------|------------------------------|
| (1) 掘削対象岩石圧縮強度約 | 100~2,000 kg/cm ² |
| (2) 掘削径 | 4,300 mm |
| (3) 後退径 | 3,700 mm |
| (4) 最大掘削速度 | 6 cm/min |

- | | |
|------------------------------|-----------------------------|
| (5) カッタヘッド回転数 | 5 rpm |
| (6) カッタ数 | ディスクカッタ 32個 トリコンカッタ 1個 |
| (7) 最小曲率半径 | 80m |
| (8) 機長 (No.2 コンベアモータブリー中心まで) | 15,755 m |
| (9) 操作方式 | ワンマンコントロール |
| (10) 電動機 | |
| カッタヘッド駆動用 | 120kW×4台 |
| 油圧ポンプ用 | 30 kW×1台 |
| 〃 | 5.5 kW×1台 |
| コンベア用 | 3.7 kW×1台 (No 1 ベルコン) |
| 〃 | 3.7 kW×2台 (No 2, 3 ベルコン) |

- | | |
|-------|-----------|
| 集塵装置用 | 11 kW×1台 |
| 給脂ポンプ | 0.2 kW×1台 |
| 給油ポンプ | 2.2 kW×2台 |

- | | |
|-------------|-----------------------|
| (11) 電源用変圧器 | |
| 容量 | 3相 750 kVA |
| 1次電圧 | 6kV/3kV共用 50/60サイクル共用 |
| 2次電圧 | 440V/220V |

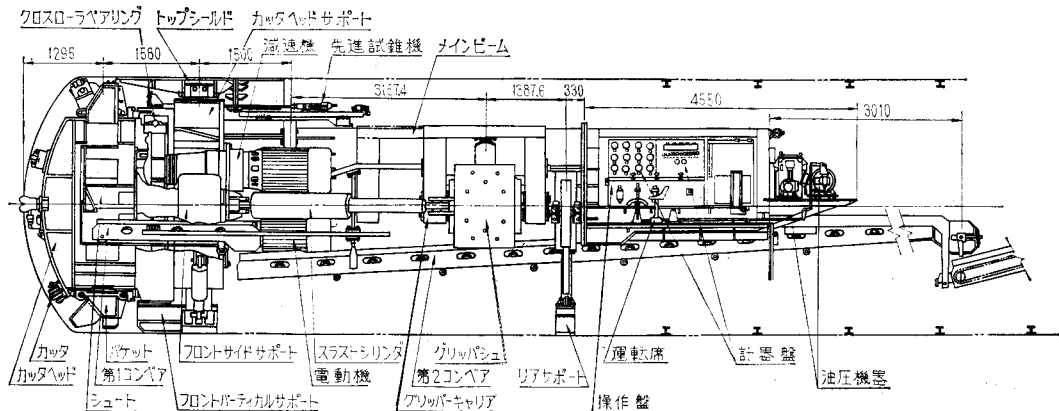
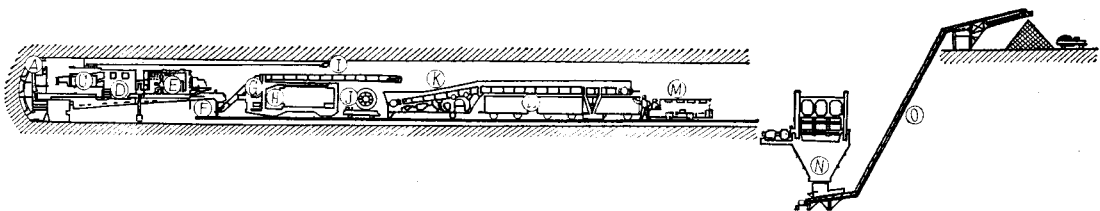


図-2(1) 小松ロビンス TM 430 G の概要



- Ⓐカッターヘッド Ⓑ第1コンベア Ⓒメインモータ Ⓓグリッパ Ⓔオペレータキャビン Ⓕ第2コンベア Ⓖ第3コンベア
Ⓗトランス台車 Ⓘレーザ検測器 Ⓛケーブル台車 Ⓜトレンロード Ⓨ42m² 鋼鋼車 Ⓧ8tディーゼル機関車 Ⓨホッパ Ⓣ第4コンベア

図-2(2) RTM工法概要図

02 油圧機器

a. 油圧ポンプ

形式 可変吐出量形アキシアルプランジャポンプ

最高使用圧 300 kg/cm² 入力 30 kW

b. 油圧ポンプ

形式 定吐出量形プランジャポンプ

最高使用圧 300 kg/cm² 入力 5.5 kW

c. 油圧シリンダ推力

スラストシリンダ 250 t×2台

ストローク 1,100 mm

グリップシリンダ 350 t×2台

トルクシリンダ 123t×2台

フロントサイドシリンダ 90 t×2台

ルーフサポートシリンダ 40 t×1台

フロントバーチカルシリンダ 80 t×2台

リヤサポートシリンダ 40 t×2台

03 ベルトコンベア

ベルト幅 No.1 500 mm

No.2, No.3 600 mm

能力 210 m³/hr

// 160 //

04 付属機器

a. 先進試錐機 形式エアモータ駆動式

ビット径 60 mm 試錐深さ 20 m

b. 集塵装置 形式 湿式遠心分離形

風量 100 m³/min

c. 潤滑装置

給油装置形式 強制循環自動給油装置

給脂装置形式 タイマ設定式集中自動給脂装置

d. 方向指示装置 形式 ガスレーザ式

e. 後続台車

塔載物 変圧器

集塵装置 No3 ベルトコンベア

f. ケーブルドラム台車

2.2 RTM の掘削方法

RTM は機体先端に設けたカッターヘッドを切羽に圧着回転させ、カッターヘッド前面のディスクカッターで岩石を破砕し、ズリは、カッターヘッド外周のバケットですくい上げ、カッターヘッド上部のホップに投入し No.1~No.3 のベルトコンベアで後送し、トレンローダからトロに積みこむ。

機体の推進は、機体中央部左右に設けたグリップシューをグリップシリンダで坑壁に圧着し、グリップキャリヤを固定し、機体左右に設けたスラストシリンダによって機体を推進させる。推進中の操向は前部カッターヘッドサポートの左右、上下に設けた各ステアリング装置により水平および垂直方向の操向を行なう。

機体には後続設備として、トランス台車、ケーブル台

車、トレンローダを連結してあり、これら後続設備は機械の前進に伴ない進行する。TM 430 G の1ストロークは、最大 1.10 m である。

3. RTM 工法による施工実績と地質の適応性

3.1 施工実績

日本における施工実績は、新居浜、木浦、青函、恵那山、犬山程度であり、その内容は表-1に示すとおりである。

外国の実績は Robbins が圧倒的に多く、またオーストラリアのタスマニアにおける Poatina 発電水路の Tailrace, Headrace トンネルの掘削延長 7,200 m, 掘削径 4,900 mm の掘進においては、1961年8月より1963年5月にかけてトンネル施工の世界記録が樹立され実掘進時間率も52%という経済的な機械能力が記録されている。日本では目下研究開発の途上であり、犬山トンネルで26.6%、木浦トンネルで31.6%と以外に稼働率が悪く、機械本来の能力が十分発揮されていない現状にある。表-1に示すとく、国内では恵那山のみ圧縮強度 1,000 kg/cm² をこえる花崗岩に挑戦しようとしているが、目下軟岩掘削で硬岩への掘削突破のため、カッターの研究がなされ、数種類のカッターで実験する予定になっているとのことである。

犬山導水トンネルは、掘削延長 1,792 m を予定どおり無事貫通し、その実績がまとまっており、熊谷組の提供による掘削作業時間帯集計表は、表-2 のとおりである。

3.2 地質の適応性

RTM によるトンネル掘削が可能かどうか、また可能でも適正かどうかを判定する地質的要因は、

- (1) トンネル地圧、
- (2) 割れ目状況、
- (3) 地山圧縮・引張強度、
- (4) 地山の硬さ、
- (5) 湧水状況、

などであるが、これらについて鉄道技術研究所地質研究室、池田和彦氏がコンストラクション第7巻5号に発表されたものが非常にわかりやすいので、参考のため表-3~6 および図-3を掲載する。

4. 阿讃トンネルRTM の施工計画

4.1 主な仮設

(1) 解体、運搬

本工事に使用する TM 430 G は、犬山導水トンネルで掘削延長 1,792 m を完了し、大阪市枚方小松工場で整備、改造組立が完了したものを現場に搬入するため工場において解体作業から始った。機長約 16 m, 装備重量約 140 t は、①カッターヘッド 16.5 t, ②カッターヘッド

表-1 R T M 工 法 の 主 な 施 工 実 績

| トンネル名称 | 国名 | 掘削径 (mm) | 地質 | 弾性波速度 (km/s) | 推定圧縮強度 (kg/cm ²) | 平均掘削速度 (m/日) | 実掘進時間率 (%) | 平均日進 (m) | 最大日進 (m) | 掘削延長 (m) | 使用機械名 | 備考 |
|----------|---------|-----------------|-------------|-----------------|---------------------------------|-----------------|---------------|-------------|-------------|-------------|---------|-----------------------|
| Tailrace | オーストラリア | 4,900 | 硬泥岩 | | 1,000 | | 52.0 | 13.53 | | 1,923 | ロビンス | トンネル工事講演集 第1集 P167 |
| 〃 | 〃 | 〃 | 〃 | | 〃 | | 52.0 | 20.85 | | 2,467 | 〃 | 〃 |
| Headrace | 〃 | 〃 | 〃 | | 〃 | 〃 | 〃 | 19.20 | 44.80 | 2,605 | 〃 | 〃 |
| ブランコ | ニュメキシコ | 3,040~ 3,200 | 頁岩・砂岩 | | 350 | 4.35 | | 41.10 | 114.00 | 12,800 | 〃 | 〃 第6集 P31 |
| ナバホ | 〃 | 6,050~ 6,450 | 砂岩 | | 350~420 | 2.50 | | 17.40 | 52.00 | 3,000 | ヒューズ | 〃 |
| 新居浜 | 日本 | 2,300 | 黒色緑色 片岩 | | 900~ 1,000 | 0.89 | 28.2 | | 11.10 | 276 | ロビンス | 〃 第6集 P33 |
| 木浦 | 〃 | 〃 | 泥岩 | 1.8~2.3 | 80~120 | 1.91 | 31.6 | 10.90 | 24.60 | 418 | 〃 | 〃 第6集 P34 |
| 青函 | 〃 | 3,600 | 火山礫凝 灰岩 | 2.0~3.0 | 200~300 | 0.84 | 25.7 | | | 541 | ウォールマイヤ | 建設の機械化 第228号 P19 |
| 恵郡山 | 〃 | 4,450 | 花崗岩 | 2.6~5.2 | 500~2,000 | 1.28 | 14.8 | | | 259 | ロビンス | 〃 第228号 P33 |
| 犬山 | 〃 | 4,300 | 凝灰岩, 凝灰岩 | 0.5~2.0 | 300~1,000 | 2.41 | 26.6 | 8.57 | 26.45 | 1,792 | 〃 | 〃 第228号 P26 |

注：実掘進時間率とは、掘進時間+盛替時間=運転時間とし、これを全作業時間で除した値をいう。(表-2参照)

表-2 犬山トンネル TM430G 掘削作業時間帯集計表

| 種類 月 | 掘 項目 | 進 | | 整 (hr-min) | | | | | 運 (hr-min) | | | 待 期 (hr-min) | | | | | | | | | | 備 種 日 数 | 考 平均 日 進 |
|---------|---------|--------------------|---------|-----------------|----------------|------------------|-----------------------|-------------------|------------------|-----------------|-------------------|----------------|----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-------------------|------------------|--------|------------------|-------------------|
| | | スト ロ ーク 数 | 月 進 | 月 進 累計 | 日常 点 検 | 定期 点 検 | カ ッ タ 交 換 | 修 理 | 計 | 掘 進 | 盛 替 | 計 | 軌 条 | 排 水 | 動 力 | ズ リ 出 し | 測 量 | 山 留 | そ 他 | 計 | 合 計 | | |
| 2 | 63 | 58.8 | 58.8 | 10-45 (3.7) | | 7-00 (2.4) | 8-00 (2.8) | 25-45 (8.9) | 26-40 (9.3) | 11-10 (4.0) | 37-50 (13.3) | 16-30 (5.8) | 2-15 (0.8) | | 46-30 (16.3) | 3-20 (1.2) | 29-00 (10.2) | 124-15 (43.5) | 221-50 (77.8) | 285-25 (100) | 21 | 2.8 | 2/22より昼夜動 始 |
| 3 | 257 | 225.0 | 283.8 | 53-30 (9.0) | 28-25 (4.7) | 27-50 (4.7) | 79-35 (13.3) | 189-20 (31.7) | 100-50 (16.9) | 53-10 (8.9) | 154-00 (25.8) | 20-15 (3.4) | | 1-35 (0.3) | 58-00 (9.7) | 30-05 (15.0) | 110-30 (18.4) | 34-00 (5.7) | 254-25 (42.9) | 597-45 (100) | 30 | 7.5/3 | 30西谷貫通 |
| 4 | 278 | 258.5 | 542.3 | 26-30 (5.2) | 26-30 (4.5) | 27-50 (4.6) | 96-40 (16.3) | 182-05 (21.6) | 116-00 (19.5) | 61-15 (9.7) | 177-15 (29.2) | 10-10 (1.7) | | 0-15 | 78-50 (13.3) | 9-20 (1.5) | 136-15 (22.9) | 0-20 | 235-10 (40.2) | 594-30 (100) | 29 | 8.9 | |
| 5 | 224 | 214.5 | 756.8 | 31-00 (6.7) | 5-30 (1.2) | 38-10 (8.1) | 26-00 (5.5) | 100-40 (21.6) | 83-25 (17.9) | 24-25 (5.3) | 107-50 (23.2) | 11-30 (2.5) | 7-30 (1.6) | | 62-55 (13.5) | 1-35 (0.3) | 154-20 (33.1) | 19-25 (4.2) | 257-15 (55.2) | 465-45 (100) | 24 | 8.9/5 | 26より段取替 |
| 6 | 194 | 199.1 | 955.9 | 31-40 (12.2) | | 37-30 (14.7) | 5-00 (1.9) | 74-10 (28.8) | 78-55 (31.0) | 22-15 (8.6) | 101-10 (39.6) | 1-00 (0.4) | | 2-30 (1.0) | 65-30 (25.7) | 2-15 (0.9) | | 9-10 (3.6) | 80-25 (31.6) | 255-45 (100) | 15 | 13.4/6 | 15まで段取替 |
| 7 | 253 | 260.2 | 1,216.1 | 40-40 (7.2) | 33-00 (6.9) | 100-30 (17.9) | 40-35 (7.2) | 214-45 (38.2) | 110-00 (19.6) | 31-40 (5.6) | 141-40 (25.2) | 0-10 | 5-35 (1.0) | 0-40 (0.1) | 163-55 (29.3) | 7-35 (1.4) | 10-20 (1.8) | 16-50 (3.0) | 205-50 (36.6) | 561-30 (100) | 30 | 8.7 | |
| 8 | 226 | 229.6 | 1,445.7 | 26-55 (5.3) | 4-30 (0.9) | 135-35 (26.8) | 46-15 (9.1) | 213-15 (42.1) | 94-40 (18.7) | 30-50 (6.1) | 125-30 (24.8) | 1-50 (0.4) | 22-30 (4.5) | 0-10 | 114-20 (22.6) | 2-15 (0.4) | | 26-20 (5.2) | 167-25 (33.1) | 506-10 (100) | 28 | 8.2 | |
| 9 | 321 | 322.5 | 1,768.2 | 22-40 (4.1) | 1-30 (0.3) | 95-15 (17.2) | 49-00 (8.8) | 168-25 (30.4) | 124-15 (22.5) | 44-10 (7.9) | 168-25 (13.4) | 0-40 | | 139-55 (25.3) | 3-00 (0.5) | 24-50 (4.5) | 49-25 (8.9) | 217-50 (39.2) | 554-40 (100) | 29 | 11.1 | | |
| 10 | 23 | 24.0 | 1,792.2 | 1-50 (4.7) | | 5-00 (12.9) | 2-30 (6.5) | 9-20 (24.1) | 10-10 (26.3) | 2-25 (6.3) | 12-35 (32.6) | 1-10 (3.1) | | 12-40 (32.6) | 2-45 (7.1) | | | 0-15 (0.5) | 16-50 (43.3) | 38-45 (100) | 3 | 8.0/10 | 3貫通 |
| 合計 | 1,839 | 1,792.2 | | 250-05 (6.5) | 99-25 (2.6) | 474-40 (12.3) | 353-35 (9.1) | 1177-45 (30.5) | 744-55 (19.3) | 281-20 (7.3) | 1026-15 (26.6) | 63-15 (1.6) | 37-50 (1.0) | 5-10 (0.1) | 742-35 (19.2) | 62-10 (1.6) | 465-15 (12.1) | 280-00 (7.3) | 1656-15 (42.9) | 3860-15 (100) | 209 | 8.57 | |

(注) ズリ出し機械(バンカートレーン、クラムシェル、ディーゼルロコ)の故障修理は待期のズリ出しの項目に入れた。また稼働日数には公休は入っていない。()内は%を示す。

表-3 RTM掘削に対する適応地質条件

| 適応分類 | 地質条件 | | | RTM による施工 | 支保工 状態 | 岩盤強度分類 |
|------|-----------------|---|-----------|----------------|--------------|--------|
| | λ | 準地山圧縮強度 σ_c (kg/cm ²) | 湧 水 | | | |
| a | <1 | <1,200 | | 困難か不可能 | | 1 |
| b | " | 700~1,200 | 少量かほとんどない | 可能なるも効率悪いか困難 | 不要 | 1~3 |
| c | " | 400~800 | " | 可能 | 不要, 必要なときもある | 2~4 |
| d | " | 40~800 | 多い | 可能か困難 | 不要か, 必要なとき多し | 3~4 |
| e | " | 10~16 | 少量かほとんどない | 可能 | 必要なとき多し | 4~5 |
| f | " | 10~16 | 多い | 困難か不可能 | 必要 | 5~6 |
| g | 1< λ <2 | 5~20 | 少量かほとんどない | 可能なれども効率悪いか不可能 | 必要 | 5~6 |
| h | 1< λ <2 | 5~20 | 多い | 不可能 | | 6 |
| k | <2 | <1~10 | | 不可能 | | 6 |

(注) 岩盤強度分類は表-4を参照すること。

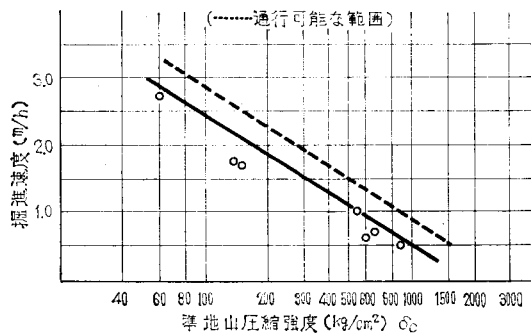


図-3 準地山圧縮強度と掘進速度

表-4 地山岩盤強度分類

| 分類 | 地質 | | | | | |
|----|------------|------------|------------|------------|------------|-----------------|
| | A | B | C | D | E | F |
| 1 | >4.8 | | >4.6 | >4.2 | | |
| 2 | 4.8 4.3 | | 4.6 4.1 | 4.2 3.6 | | |
| 3 | 4.3 4.3 | 4.8 4.3 | 4.1 3.6 | 3.6 3.1 | >2.7 | |
| 4 | 3.8 3.3 | 4.3 3.8 | 3.6 3.1 | 3.1 2.6 | 2.7 2.2 | |
| 5 | 3.3 2.8 | 3.8 3.3 | 3.1 2.6 | 2.6 2.1 | 2.2 1.7 | 1.8 1.4 |
| 6 | <2.8 | <3.3 | <2.6 | <2.1 | <1.7 | 1.4 1.0 |
| 特 | | | | | <1.2 | 0.6~1.0 <0.6 |

数字→弾塑性破砕速度 (km/s)

表-5

| 地質 | 岩 | 質 |
|----|--|----------------------------|
| A | (イ)古生層(粘板岩・砂岩・礫岩・チャート) 中生層(石灰岩・輝緑凝灰岩など) (ロ)半深成岩(石英斑岩・フン岩・輝緑岩・蛇紋岩など) (ニ)火山岩(玄武岩) (ホ)変成岩(結晶片岩・片麻岩・ホルンフェルスなど) | (イ)深成岩(花崗岩・花崗閃緑岩・閃緑岩・斑れい岩) |
| B | (イ)剝離のいちじるしい変成岩 (ロ)細層理の発達した古生層・中生層 | |
| C | (イ)中生層の一部(頁岩・砂岩・角礫凝灰岩など) (ロ)火山岩(流紋岩・安山岩など) (ハ)古第三紀層の一部(火山岩質凝灰岩・硅化した頁岩・砂岩・凝灰熔岩など) | |
| D | 古第三紀層～新第三紀層(泥岩・頁岩・砂岩・礫岩・凝灰岩・角礫凝灰岩・凝灰熔岩など) | |
| E | 新第三紀層～洪積層(泥岩・シルト岩・砂礫岩・凝灰岩・段丘・崖錐・火山碎屑物など) | |
| F | 洪積層～沖積層(粘度・シルト・砂・砂礫層・火山噴出物・ローム・扇状堆積物・崖錐・段丘) | |

- 注：1. 切羽に湧水がついて廻るようであれば分類は1段階落す。
 2. 速度 4.0 km/s 以下の膨脹性岩石(蛇紋岩, 変朽安山岩, 温泉余土, 泥岩, 凝灰岩など)は速度にとらわれず特殊として考える。
 3. 風化岩でポアソン比が 0.3 より小さい場合は分類を1～2段階あげる。

表-6 RTM施工と地質条件 (昭和44年3月31日現在)

| 使用場所 | 機械の設計 | | | 地質条件 | | | | | 掘進速度 (m/h) |
|-------------------|-----------------|----------------|---------|-----------|----------------------------|----------|---------------------|-----------|--------------------|
| | 製作会社 | 型式 | 掘削径(m) | λ | $\sigma_c(\text{kg/cm}^2)$ | 湧水 | 地質 | 分類値 | |
| 新居浜水路トンネル | 小松ロビンス | TM 230 G | 2.3 | <1 | 400~300 | 中~少量 | 結晶片岩(3) | c | 0.5~0.8 |
| 青函トンネル(北海道側) | 石川島ハーベ ーガ | ウォールマイ ヤTBM | 3.1/3.2 | <1 | 100~200 | 少量 | 凝灰岩泥岩(4) | c | 1.5~2.0 |
| 北陸本線木ノ浦トンネル | 小松ロビンス | TM 230 G | 2.3 | <1 | 40~80 | ほとんどない | 泥岩(4)(5) | c, e | 2.0~3.5 |
| 宮城県松島浜田道路ト ンネル | 三菱重工業 | RT32 | 3.2/3.4 | <1 | 80~200 | ほとんどない | 角礫凝灰岩(4) | c | 1.6~2.0 |
| 恵那山道路トンネル | 小松ロビンス | TM 445 G | 4.45 | <1 2~1 | 300~1,000 5~20 | 少量 少量 | 花崗岩(3) 破砕帯(4)(5) | c, b g | 0.4~1.0 0.3~0.6 |
| 犬山水路トンネル | 小松ロビンス | TM 430 G | 4.3 | <1 | 300~800 | 少~中量 | チャート(3) | c, b | 0.5~1.5 |
| 九州池島炭鉱 | 小松ロビンス | TM 320 G | 3.2 | >2 | 150~1,000 | なし | 砂岩頁岩(4)(6) | k' | 困難または不可能 |
| 山陽新幹線西庄トンネル | 三菱重工業 (ヒューズ) | RT 45 | 4.5 | <1 | 600~1,000 | なし | 流紋岩(2)(3) | c, b | 調整中 |
| 相生試験坑道(鉄道公団) | 石川島播磨重 工業 | TBM-840 | 4.0 | <1 | 600~1,200 | なし | 流紋岩(3) | c, b | 0.4~0.6 |

サポートと主ベアリング25.5t, ③メインビーム8.7t, ④オペレータキャビン5.6t, ⑤グリップキャリヤ7t, ⑥グリップシュートとシリンダ15.2tなどに大別分解され, 1個の大きさは最大3.3m×5mで40tトレーラ3台, 8tトレーラ10台にて陸送し, 瀬戸内海をフェリーで渡り, 下口現場に到着した。

(2) 組立

坑口ではカッターヘッド部組立のため, 65t門型クレーンを使用して組立て, 小部品はトラッククレーンにて行ない約110tの組立てが完了した。

(3) 坑内への搬入

下口付近は高位段丘堆積層で風化頁岩層であり, 民家の下や長野川の河床を通る難工事が予想されたため, 坑口より220mを $2r=3.5\text{m}$ の標準馬テイ形で阿讃トンネル発注前に調査をかねて施工済みであったのでRTM工法の導入によりこの220mを坑内搬入する必

要が生じた。したがって, この区間に30kgレールを布設し, 枕木間隔30cmで補強し, RTMには, 前部に4軸8個, 後部に2軸4個の車輪を取りつけ, 写真-3の

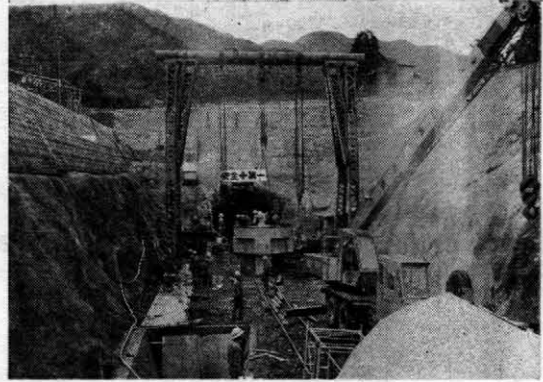


写真-2 カッターヘッド部の組立

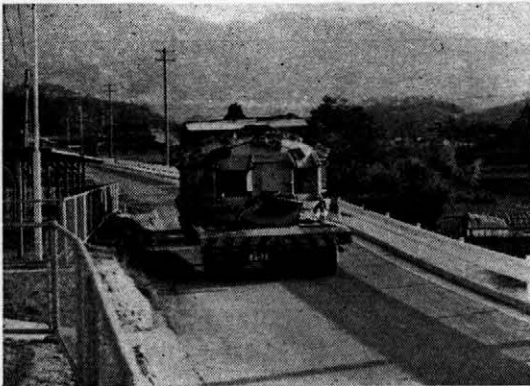


写真-1 カッターヘッド部の搬入

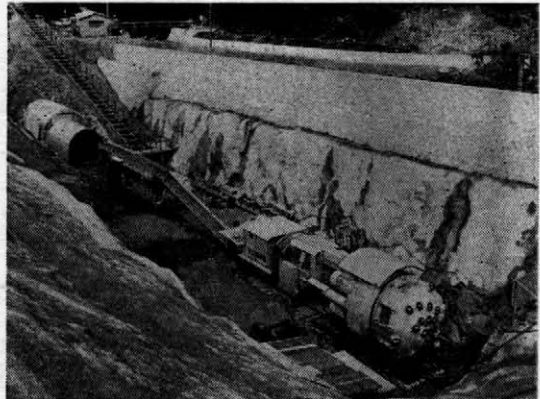


写真-3 坑口での組立完了

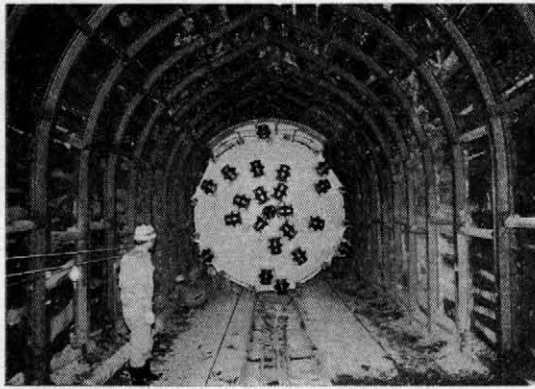


写真-4 坑内の搬入 $2r=3.5\text{ m}$ 馬ティ形

状態で 15 kW ウィンチ台を使用し坑内に引き入れた。途中、支保工に当たった所も数カ所あり、酸素により切断して、通過後に溶接補強しながら3日間で坑内の引き入れに成功した。

(4) 坑内での組立

坑内切羽手前で、カッタ、パケット、フロントバーチカルサポート、ほか小部品取付けのため、あらかじめ長さ8mの区間を切り抜けて縫い返しを行ない、高さ3.8m幅4.8mを確保し、坑内での組立を完了した。

縫い返しを行なった区間の脱出は、支保工を1本ごとに切断しては進み、溶接補強する方法をとり、グリッパシューによる支保工の曲折を防止して進み、10日目にして本格的な掘削にとりかかることができた。その日程を示すつぎのとおりである。

| | |
|----------|-------------|
| 小松工場解体開始 | 昭和44年11月15日 |
| 輸送開始 | 11月28日 |
| 現場到着 | 12月1日 |
| 坑口組立完了 | 12月14日 |
| 起工式 | 12月15日 |
| 坑内搬入完了 | 12月18日 |
| 坑内組立完了 | 12月27日 |
| 拡幅部通過 | 1月5日 |
| 本格的に掘削開始 | 1月6日 |

(5) 受電設備

あらかじめ長大トンネルを考慮し、850 kW の設備まで準備を行なった。TM 430 G 使用では 300 kW 3台のタイトランスにより坑内 RTM へ 3,300 V で供給する責任分界点は現場内公団第1号電柱とし、電力は公団支給とした。

(6) ズリ出し設備

RTM 工法の場合、後方設備が実掘進時間率を左右する大きな要素をしめるため、特に考慮して1サイクル1.1mのズリを1列車で出すよう計画し、トレンローダにより、 4.2 m^3 鋼製ズリトロ7台に積み込み、8tディーゼルカーにてケン引し、回転連続式チップラで坑口ズリ



写真-5 ベルトコンベアによるズリ捨て

ピンに排出し、振動フィーダをへて延長103 mのベルトコンベアにより土捨場広場に貯留され、ドーザショベル、ダンプトラックの組合せで土捨場に搬出する計画とした。

坑内の複線計画は、4.3 m 円形断面の中に設置し、単線部より枕木を約 35 cm 上げて有効幅 4.1 m を確保し 500 m に1カ所設置する。

(7) 給排水設備

給水源は長野川に求め、坑口に給水タンクを架設して坑内に $\phi 50\sim\phi 80\text{ mm}$ のパイプで配水し、加圧ポンプによって供給し、RTM 切羽の冷却散水、防塵に使用し、打設時は洗浄水に使用することとした。

排水は軌条下の欠円部を自然排水断面とし、 25 l/s を流下させ、これを超える量は、水中ポンプにて強制排水とする。計画湧水量は長大トンネルを考慮し、 25 l/s/km を仮定した。また、RTM の先端切羽付近には常時水中ポンプで機械後方まで強制排水とする。阿讃トンネルの下口は、長野川に自然排水できる有利な坑口となっているが、頁岩帯のため、汚水処理が頭痛のタネとなりつつある。

(8) 換気設備

RTM 工法は非常に多くの粉塵を伴うため、切羽での散水を行ない、かつ大幅な換気方法をとらなければならないため、坑口より切羽に向かい、新鮮な空気を坑内に送り込むため 60 kW のコントラファン（三井製作所製） $500\text{ m}^3/\text{min}$ を 1,000 m に1台配置し、100 m 程度ラップさせる方法とした。また、切羽での粉塵を処理

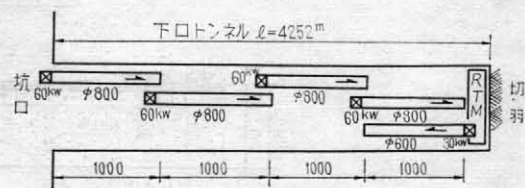


図-4 換気方法

するため、切羽より坑口に向かって、30 kWコントラファンにより機械後方 1,000 m 程度排気方式を併用する計画である。この小断面における大幅な換気量により、ディーゼルカーを使用している。

風管は吹込み方式のため、ビニール風管 $t=0.52$ mm を使用している。換気方法を図-4に示す。

(9) その他

イ) 水平ボーリングは、湧水、地質を事前に知ることが RTM では最重要であるので、山陽新幹線六甲トンネルにおける使用実績を持つ、1 回最大 400 m の性能を有するポアロック（ノンコアボーリング式）を使用すれば 400 m のボーリングは 4～5 日程度の日数で可能であり、自信もっている。

ロ) 長大トンネルを考え予備に発動発電機 100 kVA を準備し、停電時に使用する。

ハ) 支保工のかわりに良質岩に対しては、モルタルを吹き付け、はだ落ち防止をする計画である。

ニ) 入退坑はすべて人トロを使用し、坑内食堂休けい車を計画中である。

4.2 断面決定

(1) 掘削外径は、TM 430 G の構造上坑内で変えることができないため、機械の呼称である直径 4,300 mm の円形断面を採用した。

(2) コンクリート巻厚は、機械の蛇行公差 10 cm 支保工リブ高 10 cm、設計最小巻厚 15 cm を考慮し、35 cm の支持厚で設計巻厚 25 cm とした。

(3) 水理上は、 $2r=3.5$ m 標準馬ティ形と、 $\phi 3.6$ m 円形断面はほとんど同一であり問題なく設計変更することができた。

4.3 阿讃トンネルの地質

徳島、香川両県の県境を東西に走る阿讃山脈を、ほぼ南北に横断する延長約 8 km のトンネルである。

この地域に分布する地質は、中生代白亜紀に属する和泉層群であって、ほぼ県境より北側は、頁岩が、南側は砂岩よりなる。地層の一般走行は N 60°E で南に 30°～60° の傾きを示すが、中央構造線に近づくにつれて地層の攪乱がいちじるしくなる。すなわち、和泉層群が北西よりの側圧をうけて中央構造線に沿って結晶片岩に突き上げるためである。したがって、池田方斜面では地層は褶曲し、断層もやや多く分布する。また、この斜面には地すべり地がみられる。財田川坑口付近の基盤は頁岩を主体とし、これを覆って高位段丘堆積物の角礫砂、粘土が丘陵地を構成するが、トンネルはこの堆積層の下位の頁岩を掘削するものと考えられる。

頁岩は、主として黒色頁岩で全般に良好な岩質である。頁岩の分布する区間は、ほぼ一様に池田方に傾斜し

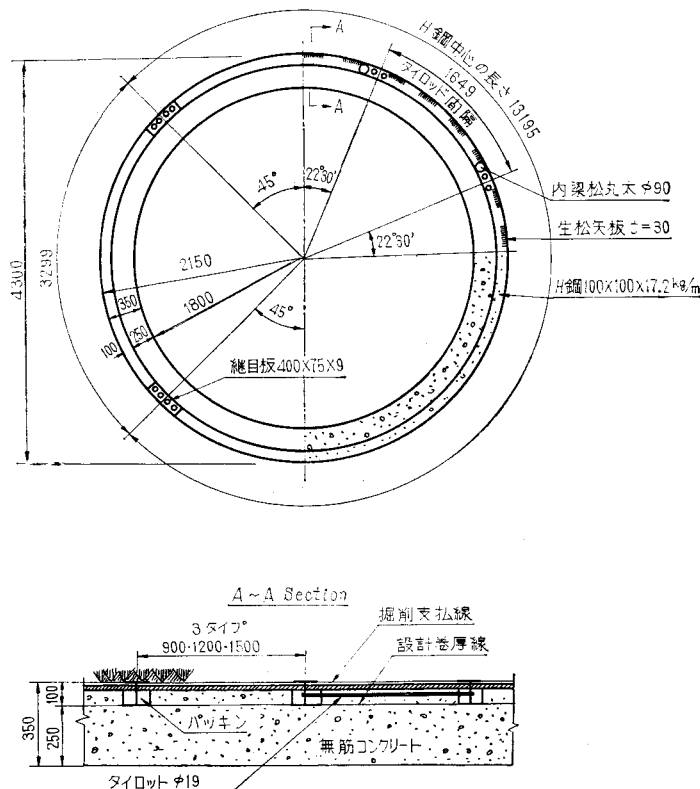


図-5 支保工詳細図

表-7 支保工のタイプ

| タイプ名 | H鋼の大きさ (kg/m) | 支保工間隔 m | 掛板率 % | 矢板周長 (m) | 適 用 区 分 |
|--------------------|------------------|------------|----------|-------------|------------------------------|
| C ₁ タイプ | 100×100×172 | 1.50 | 40 | 2.70 | 後着請でオペレータキャビン後方で建込む 一般の砂岩・頁岩 |
| C ₂ " | " | 1.20 | 60 | 4.05 | グリッパとオペレータキャビンの間で建込む 破砕帯の前後 |
| D " | " | 0.90 | 80 | 5.40 | ルーフサポートとグリッパの間に建込む 破砕帯 |

注 掛板率は半円周長に対する率である。

ている。砂岩は全般に頁岩の薄層を挟んでおり、破碎をうけていない部分では良好な岩質である。しかし、砂岩に挟まれた頁岩は地質変動をうけやすく、砂岩との境界は地下水の通路となつて、風化または粘土化して、トンネル内では頁岩の面を境として崩壊しやすくなる。したがって、この地点での工事は特に注意を要する。弾性波速度および地山圧縮強度は次のとおりである。

頁岩 4.2~4.8 km/s

ボーリングコア岩石試験地山圧縮強度
300~700 kg/cm²

砂岩 4.4~4.6 km/s

ボーリングコア岩石試験地山圧縮強度
1,300~1,900 kg/cm²

4.4 支保工

RTM 工法は地山をゆるめないのが長所であり、岩質により発破工法の $\frac{1}{3}$ ~ $\frac{1}{5}$ 程度のゆるみ高さで推定されるが、現段階では資料がとぼしく、阿讃トンネルは、片押延長 4,252 m の特性と、RTM 工法の分離工法（掘削と巻立を完全に切離す工法）による掘削の放置期間が長く、掘削に29.2カ月、段取1カ月、巻立18.8カ月を要し、坑口より1,000 m 以内は、35カ月以上放置されることになり、とくに坑口より2,700 m は頁岩帯で湧水による風化促進も考えられる。

発破工法による設計ではゆるみ高および放置期間を考慮し、有支保率62.9%で計画したのであるが、RTM 工法の場合決め手がなく、発破工法の20%減として設計変更し、有支保率50.9%とした。

支保工は3タイプとし、表-7のとおり計画した。掛板



写真-6 支保工の建込みと換気パイプ

等については図-5を参照のこと。

4.5 掘削サイクルタイム

(1) RTM 工法は研究開発の途上にあり、現時点で一定のサイクルを推定することは非常に困難であるが、犬山の実績ならびに、硬岩突破の目標速度および実掘削時間率*を考慮してサイクルタイムを作成した。掘削のタイプは頁岩、砂岩、破砕帯の3タイプとする。

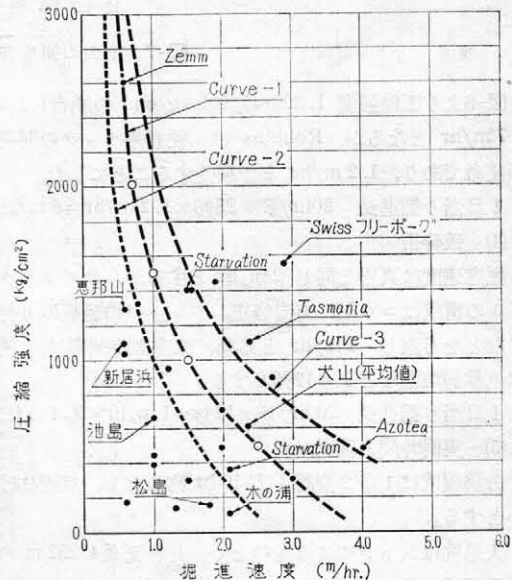
RTM の掘進速度と岩石の地山圧縮強度、弾性波速度との関係図表を図-6および図-7に示す。

(2) 頁岩

図-6より Curve-1 を参考に圧縮強度 700 kg/cm² に相当する 2 m/hr を採用し、実掘削時間率は犬山トンネルの43年3月より9月までの7カ月、平均値は20.9%、全体で19.3%（表-2参照）となっているが、カッタの改良と熟練度を考慮し25%と推定した。

1日当り掘進長 20 hr/日×25%×2 m/hr=10 m/日

(3) 砂岩



- 注) 1. プロットした数値は主として第4回トンネル工学シンポジウム p.59, 表-3によった。
2. ○印数値は小松製作所のRobins式 R.T.M. の設計目標値と考えられる値である。
3. Curve-1は○印数値をほぼ結んだものでCurve-2,3は“-1”のそれぞれ2/3および3/2倍したものである。

図-6 RTM掘進速度図表

* 実掘削時間率とは、実掘削時間を全作業時間で除した値をいう。

| A | B | C | D |
|--|---|--|--|
| (古成層) (中成層) 粘板岩, 硬砂岩, チャート, 礫岩, 石灰岩, 輝緑凝灰岩, (深成岩) 花崗岩, 閃緑岩, 斑レイ岩, (半深成岩) 石英斑岩, 花崗斑岩, フン岩, 輝緑岩, 蛇紋岩, (変成岩) 結晶片岩, 千板岩, 片麻岩, ホルンフェルス, 珪岩, (火山岩) 玄武岩 | (中生層) 頁岩, 砂岩, 角礫凝灰岩, (第3期層) 熔結凝灰岩, 珪化砂岩, 珪化凝灰岩, 珪化頁岩, (火山岩) 流紋岩, 安山岩, 変朽安山岩 | (第3紀層) 泥岩, シルト岩, 頁岩, 砂岩, 礫岩, 凝灰岩, 角礫凝灰岩, 集塊岩 | (新第3紀層) (洪積層) 泥岩, 砂岩, 砂礫岩, 段丘堆積物, 凝灰岩, 火山砕屑物 |

注) 鉄道技術研究所速報 No.66-185 (昭和41年11月) より抜粋せる資料により下図にプロットした。

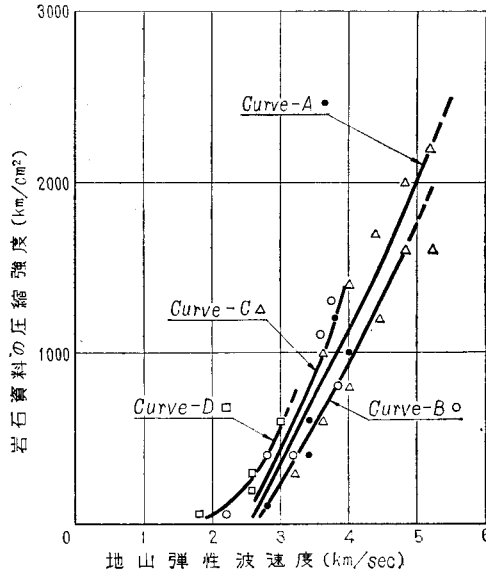


図-7 地山の弾性波速度と岩石資料圧縮強度

図-6より圧縮強度 1,300~1,900 kg/cm² の場合1.1~0.7 m/hr となるが, Robbins は, 硬岩用カッタの開発が使命であり, 1.2 m/hr まで期待することにした。

1日当り掘進長 20hr/日×25%×1.2 m/hr=6 m/日

(4) 破碎帯

掘進速度は頁岩と同じ 2 m/hr とするが, サイクルタイムの構成はコウ配, 方向修正, グリップの当板取り付けなどを考慮し, 1 m/hr とした。実掘削時間率は, 湧水, 軟弱地盤などより12%とする。

1日当り掘進長 20 hr/日×12%×1 m/hr=2.4 m/日

(5) 実働時間と稼働日数

労務編成は1日2交替1方10 hr 拘束とし, 坑内休けいとする。

入退坑は人トロによるものとし, 片押延長4,252 m の平均距離を考え,

$$\left(4,252 \text{ m} \times \frac{1}{2} \div 100 \text{ m/min}\right) + 2 = 23 \text{ 分/回}$$

の入坑時間とし, 掘削サイクル対象時間は, 作業準備15分, 入退坑46分, 坑内休けい70分, 跡片付9分, 計140/1方を差引くと,

$$600 \text{ 分} - 140 \text{ 分} = 460 \text{ 分} / 1 \text{ 方}$$

1日2方で

460分×2方=920分

となる。

賃金の割増率

10 hr 拘束 1 番方 7.00~17.00

$$(8+2 \times 1.25) \times \frac{1}{8} = 1.31$$

2 " 19.00~5.00

$$(3+5 \times 1.25+2 \times 1.5) \times \frac{1}{8} = 1.53$$

平均 $(1.31+1.53) \times \frac{1}{2} = 1.42$

8 hr 拘束 1 番方 7.00~15.00 $\frac{8}{8} = 1.00$

2 " 19.00~3.00

$$(3+5 \times 1.25) \times \frac{1}{8} = 1.16$$

平均 $(1.0+1.16) \times \frac{1}{2} = 1.08$

作業時間帯を図-8に示す。また, 月当りの稼働日数を表-8に示す。

(6) RTM 工法掘削サイクルタイム

上記(2)(3)(4)の掘削進行と表-8の稼働日数より表-9のサイクルタイムを構成した。盛替え, ズリ出しのタイムは

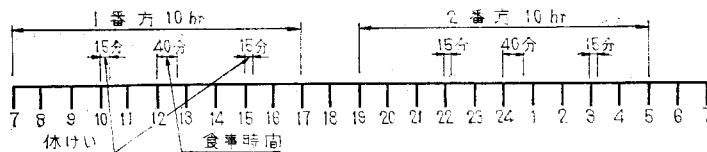


図-8 作業時間帯

表-8 月当り稼働日数

| 種 別 | 砂 岩 | 頁岩および 破碎帯 |
|------|-----|--------------|
| 掘進作業 | 18日 | 20日 |
| 機械整備 | 7 | 5 |
| 仮設段取 | 1 | 1 |
| 休日 | 4 | 4 |
| 計 | 30 | 30 |

表-9 RTM掘削工法サイクルタイム

| 種 別 | 頁 岩 | 砂 岩 | 破 碎 帯 | 備 考 |
|----------|------------|--------------|------------|-------|
| 掘進 | 2 m/hr 33分 | 1.2 m/hr 55分 | 1 m/hr 66分 | |
| 盛替え | 7 | 7 | 30 | |
| ズリ出し | 30 | 30 | 30 | |
| 整備点検 | 20 | 60 | 20 | |
| その他 | 10 | 18 | 274 | |
| 小計 | 100 | 170 | 420 | a |
| 掘削サイクル対象 | 920 | 920 | 9.20 | b |
| 1日のサイクル数 | 9.20 | 5.41 | 2.19 | c=b÷a |
| 1サイクル進行長 | 1.10 | 1.10 | 1.10 | d |
| 1日の " | 10.12 | 5.95 | 2.41 | e=c×d |
| 1カ月の稼働日数 | 20 | 18 | 20 | f |
| " 進行長 | 202.40 | 107.10 | 48.20 | g=e×f |
| 該当施工延長 | 2652.0 | 1200.0 | 180.0 | h |
| 全サイクル数 | 2410.9 | 1090.9 | 136.6 | i=h÷d |
| 実掘削日数 | 262 | 202 | 75 | j=h÷e |
| 稼働率 | 30/20=1.50 | 30/18=1.6667 | 30/20=1.50 | k |
| 所要日数 | 393 | 337 | 113 | l=j×k |
| 機械整備日数 | 5/30 66 | 7/30 78 | 5/30 19 | |

犬山の実績を参考にしたものである。

4.6 労務配置

RTM 工法は機械の点検、整備を入念に行なわないとカッタ消耗品の寿命が短くなり、かつ油圧電気系統、オイル交換など定期的に行なう必要があるため、機械の整備日数を1カ月5～7日考慮することとした。したがって、労務配置は、掘削班、機械整備仮設保守班の2本立てとし、支保工の建込み時間は、掘削サイクルに影響するので、掘削と切りはなして別途支保工班を計上することとした。

労務配置を表-10に示す。

4.7 RTM 消耗品の考え方

(1) RTM 油脂類

犬山導水トンネルで掘削延長 1,792 m、機械使用時間 1,026 hr で得た実績を参考に下記のとおりに定めた。

| | | |
|---------|----------------|------------|
| 作 動 油 | 出光ハイドロリック52# | 1.93 l/hr |
| 潤 滑 油 | // CE コンパンド65# | 2.30 |
| グ リ ー ス | // EP-1 | 0.68 kg/hr |
| モーター油 | // LE コンパンド75# | 0.29 l/hr |

(2) RTM 消耗品

犬山において軟岩、中硬岩、硬岩の実績を参考に阿讃トンネルに換算推定したものが表-11である。

表-11 の中で調整用砂岩の欄は、発破工法の請負金額に調整するために仮定した数値であり、犬山の実績とは関係ない。

4.8 RTM 機械損料

表-10 労務配置

| 職 種 | | 掘削班 | 保守班 |
|-------|--------|---------|--------|
| 坑内 | 世話役 | 1 | 1 |
| | RTM運転工 | 2 | 1 |
| | 機関車 | 2 | |
| | ズリ処理土工 | 2 | |
| | 機械工 | 1 | |
| | 電工 | 1 | 1 |
| | 坑内雑役 | 6 | 5 |
| 小計 | 15 | 8 | |
| 坑外 | 修理工 | 1 | |
| | 運転工 | 1 | 1 |
| | 雑役 | 3 | 3 |
| 小計 | 5 | 4 | |
| 合計 | | 20人/1方 | 12人/1方 |
| 実働時間 | | 10hr/1方 | 8hr/1方 |
| 賃金割増率 | | 1.42 | 1.08 |

(1) 機械損料対象時間

サイクルタイムより岩質別による実掘削時間と盛替え時間に、機械の始業点検整備の三つを対象としたものであり、表-12に示す。

盛替えは1回 1.1m 移動するために7分、始業点検整備に15分/日と仮定した。

(2) RTM 機械損料

RTM は非常に高価で掘削径に幅が少ないため、損料の考え方に工区全損と時間当り損料の2方法が考えられるが、ここでは時間当り損料を計上することにした。

機械の時価について、見積価格、実際の取得価格などが考えられるが、見積価格の新品時価を採用した。

機械損料諸元は表-13のとおり仮定したが、とくに現場修理費率および定期整備費率についてはデータがなく、今後の研究が望まれる。

RTM 時間当り損料率

$$(0.5 \times 0.9) + 0.6 + 0.85/10,500 = 0.018\%$$

RTM 時間当り損料額

$$160,000,000 \times 0.000181 \div 28,900 \text{円/hr}$$

RTM 供用日当り損料率

$$(0.5 \times 0.9) + (0.065 \times 7) / 300 \times 7 = 0.0431\%$$

RTM 供用日当り損料額

$$160,000,000 \times 0.000431 = 68,960 \text{円/日}$$

ただし、供用日数年間300日を超えた日数については補正を行なった。

4.9 施工費

掘削費用については、発破工法の場合1方当り単位で積算が可能であるが、RTM 工法の場合は、掘進、機械整備、仮設段取などが考えられるため、単価表は1カ月

表-11 RTMカッタ類消耗品推定表

| 区 | 分 | 軟岩 | | 中硬岩 | | 硬岩 | | 硬岩 | | 大出溝 | | 水 | | トンネル | | 阿讃 | | トンネル | | の | | 推 | | 定 | |
|----|--|---------|---------|---------|----------|----------|-----------|-----------|---------|---------|-----------|-----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | | 使用数量 | ライフ | 使用数量 | ライフ | 使用数量 | ライフ | 使用数量 | ライフ | 使用数量 | ライフ | 使用数量 | ライフ | 使用数量 | ライフ | 使用数量 | ライフ | 使用数量 | ライフ | 使用数量 | ライフ | 使用数量 | ライフ | 使用数量 | ライフ |
| 岩質 | 弾性減速度 1日進行長 スラスト圧 岩石締強度 kg/cm ² m ³ m ³ /日 m ³ /H | 1 | 500 | 1 | 680 | 3 | 187 | 5 | 520 | 3.2 | 370 | 0.4 | 500 | 8.7 | 8.3 | 145 | 180 | 180 | 180 | 180 | 180 | 180 | 180 | 180 | 180 |
| | | 1 | 7975 | 1 | 9860 | 2 | 4075 | 4 | 7,600 | 3.2 | 5400 | 0.3 | 8000 | 8.6 | 5.6 | 3100 | 2,652 | 2,652 | 2,652 | 2,652 | 2,652 | 2,652 | 2,652 | 2,652 | 2,652 |
| | | 0.6 | 13,292 | 1.2 | 8217 | 2.2 | 3704 | 4 | 6,300 | 3.9 | 4500 | 0.2 | 13000 | 10.2 | 6.2 | 2800 | 17,427 | 17,427 | 17,427 | 17,427 | 17,427 | 17,427 | 17,427 | 17,427 | 17,427 |
| | | 113 | 71 | 90 | 110 | 268 | 30 | 471 | 453 | 85 | 290 | 37 | 70 | 780 | 697 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 |
| | | 32 | 249 | 38 | 259 | 68 | 120 | 138 | 193 | 200 | 124 | 140 | 10 | 250 | 327 | 194 | 90 | 331 | 331 | 331 | 331 | 331 | 331 | 331 | 331 |
| | | 68 | 117 | 53 | 186 | 100 | 81 | 221 | 275 | 140 | 174 | 100 | 22 | 120 | 471 | 290 | 60 | 405 | 405 | 405 | 405 | 405 | 405 | 405 | 405 |
| | | 100 | 80 | 80 | 123 | 151 | 54 | 331 | 405 | 95 | 249 | 70 | 33 | 80 | 687 | 435 | 40 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 |
| | | 113 | 71 | 88 | 112 | 167 | 49 | 368 | 453 | 85 | 290 | 60 | 37 | 70 | 780 | 435 | 40 | 453 | 453 | 453 | 453 | 453 | 453 | 453 | 453 |
| | | 550 | 680 | 680 | 562 | 562 | 1,792 | 1,792 | 2,652 | 2,652 | 1,200 | 1,200 | 180 | 180 | 4,032 | 1,200 | 40 | 4,032 | 4,032 | 4,032 | 4,032 | 4,032 | 4,032 | 4,032 | 4,032 |
| | | 7,975 | 9,860 | 9,860 | 8,149 | 8,149 | 25,984 | 25,984 | 38,512 | 38,512 | 17,427 | 17,427 | 2,614 | 2,614 | 58,553 | 17,427 | 1,200 | 58,553 | 58,553 | 58,553 | 58,553 | 58,553 | 58,553 | 58,553 | 58,553 |
| | | 50~300 | 300~600 | 300~600 | 600~1000 | 600~1000 | 1300~1900 | 1300~1900 | 300~700 | 300~700 | 1300~1900 | 1300~1900 | 4.4~4.6 | 4.4~4.6 | 4.4~4.6 | 4.4~4.6 | 4.4~4.6 | 4.4~4.6 | 4.4~4.6 | 4.4~4.6 | 4.4~4.6 | 4.4~4.6 | 4.4~4.6 | 4.4~4.6 | 4.4~4.6 |
| | | 50~100 | 100~150 | 100~150 | 150~250 | 150~250 | 2.0以上 | 2.0以上 | 4.2~4.8 | 4.2~4.8 | 4.4~4.6 | 4.4~4.6 | 2.41 | 2.41 | 2.41 | 2.41 | 2.41 | 2.41 | 2.41 | 2.41 | 2.41 | 2.41 | 2.41 | 2.41 | 2.41 |
| | | 0.5~1.2 | 1.2~2.0 | 1.2~2.0 | 2.0以上 | 2.0以上 | 4.2~4.8 | 4.2~4.8 | 4.4~4.6 | 4.4~4.6 | 4.4~4.6 | 4.4~4.6 | 2.41 | 2.41 | 2.41 | 2.41 | 2.41 | 2.41 | 2.41 | 2.41 | 2.41 | 2.41 | 2.41 | 2.41 | 2.41 |
| 犬山 | 犬山 | 犬山 | 犬山 | 犬山 | 犬山 | 犬山 | 犬山 | 犬山 | 犬山 | 犬山 | 犬山 | 犬山 | 犬山 | 犬山 | 犬山 | 犬山 | 犬山 | 犬山 | 犬山 | 犬山 | 犬山 | 犬山 | 犬山 | 犬山 | |
| 犬山 | 犬山 | 犬山 | 犬山 | 犬山 | 犬山 | 犬山 | 犬山 | 犬山 | 犬山 | 犬山 | 犬山 | 犬山 | 犬山 | 犬山 | 犬山 | 犬山 | 犬山 | 犬山 | 犬山 | 犬山 | 犬山 | 犬山 | 犬山 | 犬山 | |

表-12 R T M I 法掘削，機械損料対象時間岩質別一覧表

| 掘削タイプ | 掘削延長 (m) | 全サイクル | 実掘削 日数 (日) | 所要日 数 (日) | 1日のサ イクル数 | 1日の 進行長 | 1サイク ル数 (分) | 掘進時間 (分) | 盛替時間 (分) | 始業点検 (分) | 損料対象計 (分) | 損料時間 (分) |
|---------|-------------|---------|------------------|-----------------|--------------|------------|-------------------|-------------|-------------|-------------|--------------|-------------|
| 頁岩 | 2,652 | 2,410.9 | 262 | 393 | 9.20 | 10.12 | 33 | 79,560 | 16,876 | 3,930 | 100,366 | 1,672.8 |
| 砂岩 | 1,200 | 1,090.9 | 202 | 337 | 5.41 | 5.95 | 55 | 60,000 | 7,636 | 3,030 | 70,666 | 1,177.8 |
| 破砕帯 | 180 | 163.6 | 75 | 113 | 2.19 | 2.41 | 33 | 5,399 | 1,145 | 1,125 | 7,669 | 127.8 |
| 小計 | 4,032 | 3,665.4 | 593 | 843 | | | | 144,959 | 25,657 | 8,085 | 178,701 | 2,987.4 |
| 先進ボーリング | 1,100 | | 14 | 33 | | | | | | | | |
| 合計 | | | | 876 | | | | 2416.0hr | 427.6 hr | 134.8 hr | 2978.4 hr | |

表-13 R T M機械損料

| | |
|--------|--------------|
| 新品時価 | 160,000,000円 |
| 耐用時間 | 10,500 t |
| 〃年数 | 7年 |
| 年間運転日数 | 250日 |
| 〃供用日数 | 300日 |
| 現場修理費率 | 0.85 |
| 定期〃 | 0.60 |
| 年間管理費率 | 0.065 |
| 償却費率 | 0.90 |

表-14 (1) R T M工法頁岩掘削 1 m当り単価表

| 名称 | 形状寸法 | 単位 | 員数 | 単価 | 金額 | 単価番号 | 摘要 |
|-------------------|------------|----------------|-------|--------|------------|-----------|----|
| 掘削労務費 | 1カ月のうち実掘削 | 20日 | 方 | 40 | 49,800 | 1,992,000 | 2 |
| 保守〃 | 〃 | 6 | 〃 | 12 | 22,600 | 271,200 | 3 |
| 小計 | (202.4m当り) | | | | 2,263,200 | | |
| m当り | | | | | 11,181 | | |
| R T M機械損料 | | hr | 127.7 | 48,672 | 6,215,414 | 4 | |
| 〃消耗品費 | | 〃 | 127.7 | 37,697 | 107,268 | 5 | |
| 〃油脂類 | | 〃 | 127.7 | 840 | 107,268 | 6 | |
| 小計 | (202.4m当り) | | | | 11,136,588 | | |
| m当り | | | | | 55,022 | | |
| 一般機械損料 | | m ³ | 14.52 | 564 | 8,189 | | |
| 保守油脂類 | | 〃 | 14.52 | 2 | 29 | | |
| 小計 | (m当り) | | | | 8,218 | | |
| 合計 | (m当り) | | | | 74,421 | | |
| m ³ 当り | | | | | 5,125 | | |

表-14 (2) R T M掘削労務費 1 方当り単価表

| 名称 | 形状寸法 | 単位 | 員数 | 単価 | 金額 | 単価番号 | 摘要 |
|----------|-------|----|------|-------|-------|------|---------|
| 坑内世話役 | | 人 | 1.42 | 2,570 | 3,649 | | 1人×1.42 |
| R T M運転工 | 特殊運転工 | 〃 | 2.84 | 2,400 | 6,816 | 2 | 〃 |
| 坑内ズリ処理 | 土工 | 〃 | 2.84 | 1,720 | 4,884 | 2 | 〃 |
| 機関運転工 | | 〃 | 2.84 | 1,930 | 5,481 | 1 | 〃 |
| 機械工 | | 〃 | 1.42 | 1,960 | 2,783 | 1 | 〃 |
| 電工 | | 〃 | 1.42 | 1,960 | 2,783 | 1 | 〃 |
| 坑内雑役排水 | 土工 | 〃 | 0.71 | 1,720 | 1,221 | | 0.5 〃 |
| 信号 | 〃 | 〃 | 2.13 | 1,720 | 3,663 | | 1.5 〃 |

表-14 (2) つづき

| 名 称 | 形 状 寸 法 | 単 位 | 員 数 | 単 価 | 金 額 | 単価番号 | 摘 要 |
|---------------|---------|-----|------|-------|--------|------|---------|
| 坑内 坑内雑役 保線 | 土 工 | 人 | 2.84 | 1,720 | 4,884 | | 2人×1.42 |
| 保守 | " | " | 2.84 | 1,720 | 4,884 | | 2 " |
| 小 計 | | | | | 41,048 | | 15人 |
| 坑外 修理工場 | かじ工 | 人 | 1.42 | 1,660 | 2,357 | | 1人×1.42 |
| 雑 役 | 重人夫 | " | 3.24 | 1,270 | 4,114 | | 3人×1.08 |
| チップラ, ベルコン運転工 | | " | 1.42 | 1,610 | 2,286 | | 1人×1.42 |
| 小 計 | | | | | 8,757 | | |
| 計 | | | | | 49,805 | | |
| 改 め | | | | | 49,800 | | |

表-14 (3) 保守労務費1方当り単価表

| 名 称 | 形 状 寸 法 | 単 位 | 員 数 | 単 価 | 金 額 | 単価番号 | 摘 要 |
|---------|----------|-----|------|-------|--------|------|---------|
| 坑内 世話役 | | 人 | 108 | 2,570 | 2,775 | | 1人×1.09 |
| 運転工 | RTM機関車兼務 | " | 1.08 | 2,400 | 2,592 | | 1 " |
| 電 工 | | " | 1.08 | 1,960 | 2,116 | | 1 " |
| 坑内雑役 排水 | 土 工 | " | 0.54 | 1,720 | 928 | | 0.5 " |
| 信号 | " | " | 0.54 | 1,720 | 928 | | 0.5 " |
| 保線 | " | " | 2.16 | 1,720 | 3,715 | | 2 " |
| 保守 | " | " | 2.16 | 1,720 | 3,715 | | 2 " |
| 小 計 | | | | | 16,769 | | 8 " |
| 坑外 雑役 | 重人夫 | 人 | 3.24 | 1,270 | 4,114 | | 3×1.08 |
| 運転工 | 諸機械 | " | 1.08 | 1,610 | 1,738 | | 1 " |
| 小 計 | | | | | 5,852 | | 4人 |
| 計 | | | | | 22,621 | | |
| 改 め | | | | | 22,600 | | |

表-14 (4) R T M機械損料1 hr当り単価表 (頁岩, 破砕帯)

| 名 称 | 形 状 寸 法 | 単 位 | 員 数 | 単 価 | 金 額 | 単価番号 | 摘 要 |
|--------|----------------|--|--------|--------|-------------|------|-----|
| 時間当り損料 | | hr | 1800.6 | 28,900 | 52,037,340 | | |
| 供用日当り | | 日 | 556 | 68,960 | 38,341,760 | | |
| 管理費補正 | | 日 | 79 | 34,666 | - 2,738,614 | | |
| 計 | (1800.6 hr 当り) | | | | 87,640,486 | | |
| 1 m当り | | | | | 48,672 | | |
| | 掘削断面積 | 14.522 m ² /m × 2.832 m = 41,126 ⁸ | | | | | |
| | 頁 岩 | (2652 m + 1.1 m) × 33 = 79,560分 | | | | | |
| | 破 砕 帯 | (180 + 1.1 m) × 33 = 5,399 | | | | | |
| | 盛 替 え | 2574.5サイクル × 7 = 18022 | | | | | |
| | 始運転点検 | (262 + 75) × 15 = 5,055 | | | | | |
| | 小 計 | 108,036 = 1,800 ⁸ | | | | | |

表-14 (5) RTM消耗品費 1hr当り単価表 (頁岩)

| 名 称 | 形 状 寸 法 | 単 位 | 員 数 | 単 価 | 金 額 | 単価番号 | 摘 要 |
|-------------------|------------------------|-----|------|-----------|------------|------------------|---------------------------|
| トリコンカッター | 520 m/個 | 個 | 51 | 1,300,000 | 6,630,000 | | |
| センターカッターリング | 7600 m ³ /個 | " | 51 | 25,000 | 127,500 | | |
| " ハブ | 6300 " | " | 61 | 240,000 | 1,464,000 | | |
| ディスクカッターリング | 85 " | " | 453 | 24,000 | 10,872,000 | | |
| " ハブ | 200 " | " | 193 | 195,000 | 37,635,000 | | |
| シャフトリテーナ | 140 " | " | 275 | 14,000 | 3,850,000 | | |
| 同 ボールト | 95 " | " | 405 | 1,800 | 729,000 | | |
| スナッピング | 85 " | " | 453 | 4,400 | 1,993,200 | | |
| スクラップ | | t | 18.5 | 13,000 | 240,500 | | |
| 小 計 | (1672.8hr 当り) | | | | 63,060,200 | | (38,512m ³ 当り) |
| 1hr 当り | | | | | 37,697 | 円/hr | |
| m ³ 当り | | | | | 1,637 | 円/m ³ | |

表-14 (6) RTM油脂類機械 1hr当り単価表

| 名 称 | 形 状 寸 法 | 単 位 | 員 数 | 単 価 | 金 額 | 単価番号 | 摘 要 |
|------|--------------|-----|------|-----|-----|------|-----|
| 作動油 | 出光ハイドロリック52# | l | 1.93 | 135 | 260 | | |
| 潤滑油 | " CEコンバンド65# | " | 2.30 | 130 | 299 | | |
| グリース | " グリースEP-1 | kg | 0.68 | 343 | 233 | | |
| モータ油 | " LEコンバンド75# | l | 0.29 | 130 | 37 | | |
| 雑 品 | ウエス等 | 式 | 1 | | | | |
| 計 | | | | | 840 | | |

当り単位で積算し、m当りに換算した。つぎに掘削単価の積算例を表-14に示す。

第1号単価表の一般機械損料とは、RTMより後方設備の機械費である。

発破工法とRTM工法の工事費の比較は表-15のとおりである。

ただし、設計変更は、発破工法の工事費を修正して使用している。修正前の掘削単価はネットでおよそ次のとおりである。

頁 岩 74,500円/m (労務費 11,200円/m)

砂 岩 138,600 " (" 20,100 ")

破砕帯 112,000 " (" 47,000 ")

コンクリートの巻立計画はRTMの場合、円形断面であり、単体工法とし、ニードルビーム式スチールフォーム(スキムプレート厚さ9mm)1基で1バレル12mとし、240m/月進を考えており、一般工法と変わらないので省略する。

コンクリート巻立費用はネットでおよそ35,300円/mである。なお、請負額760,000,000円の中には、グラウトおよび水平ボーリングの費用は含まれていない。発破工法では約190,000円/mで、掘削断面積当り約13,000

表-15 発破工法とRTM工法工事費の比較

| 種 目 | 発破工法設計額 | RTM工法設計額 | 同 差 額 | |
|-----------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 直接工事(本工事) | 掘 削 | 240,431,000 | 383,840,000 | 143,409,000 |
| | 支 保 工 | 63,442,000 | 44,425,000 | 19,017,000 |
| | コンクリート巻立 | 155,952,000 | 148,430,000 | 7,522,000 |
| | 雑 工 | 11,793,000 | 16,494,000 | 4,701,000 |
| | 小 計 | 471,618,000 | 593,189,000 | 121,571,000 |
| | 指 定 仮 設 計 | 2,522,000 | 2,522,000 | 0 |
| 間接工事 | 共通仮設費 | 143,270,000 | 154,720,000 | 11,450,000 |
| 現場管理費 | 66,936,000 | 81,999,000 | 15,063,000 | |
| 計 | 210,206,000 | 236,719,000 | 26,513,000 | |
| 合 計 | 684,346,000 | 832,430,000 | 148,084,000 | |
| 一 般 管 理 費 | 77,324,000 | 93,230,000 | 15,906,000 | |
| 総 計 | 761,670,000 | 925,660,000 | 163,990,000 | |
| 電 力 料 金 | 17,360,000 | 30,100,000 | 12,740,000 | |
| 総 工 事 費 | 779,030,000 | 955,760,000 | 176,730,000 | |

注：RTM工法の現場管理費、一般管理費は、発破工法と同様の積算体系をとっており、積上げをすると若干減額になる。

したがって、現場管理費、一般管理費を除く工事費の増加は、145,761,000円と推定される。

電力料金は公団支給とするが仕様書で発破工法の枠内に規制した。

円/m² となっている。

4.10 工 期

RTM 工法の工期は、掘進速度によって決まるのでカッタなどの研究が進めば大幅に短縮されることも考えられるが、長大トンネルで湧水や砂岩突破の難関もあり、安全をみて発破工法と同じ54カ月で契約した。その内訳は表-16のとおりである。なお、実工程については、工事完了後報告したい。

表-16 RTM工法の工期

| 種 別 | 自 | 至 | 日 数 | 所要日数 |
|-----------|---------|---------|-------|-------|
| 仮 設 準 備 | 44.9~27 | 45.1~ 4 | 100日 | 3.3カ月 |
| R T M 掘 削 | 45.1~ 5 | 47.5~29 | 876 | 29.2 |
| " 解体撤出 | 47.5~30 | 47.6~28 | 30 | 1.0 |
| コンクリート巻立 | 47.6~29 | 49.1~13 | 564 | 18.8 |
| 雑工仮設撤去 | 49.1~14 | 49.3~ 4 | 30 | 1.7 |
| 計 | | | 1,620 | 54.0 |

注：1) RTM掘削876日については表-12参照

2) コンクリート巻立は円形断面240m/月進で4028.4m, 504日トランジション36m 4カ所28日, 既施行分140.7m, 32日, 合計4183.5mで564日である。

5. 阿讃トンネルの実績

5.1 掘 削

RTM 掘削は、昭和44年12月28日より試運転をかねながら縫返し区間を脱出、本格的には昭和45年1月6日より掘削開始した、5月31日現在すでに掘削延長1,140.5mに達し今のところ順調で数メートルの破砕帯に直面したが大した湧水もなく3.3m/日進程度で通過できた。4月30日までの平均掘進は9.4m/日で最大24.1m/日となっている。つぎに4月までの掘削作業時間帯集計表を表-17に示す。

実掘進時間率31.9%、実掘削時間率は21.9%で平均掘進速度は1.6m/hr となっている。

5.2 サイクルタイム

4月30日までの集計よりサイクルタイムを逆算すると表-18のようになる。これによればカッタ消耗が激しく、点検、カッタ交換、修理に必要な時間が42.3%とかなり多くなっていることがわかる。

5.3 カッタ消耗

頁岩部の掘削でディスクカッタハブの損傷がはなはだしく、とくにベアリングが碎けて回転しなくなり偏摩耗

表-17 RTM掘削作業時間帯集計表

| 月 別 | ストローク | 稼働日数 | 掘進延長 | 種 別 | 整 備 | | | | | 運 転 | | | 待ち時間 | | |
|-----|-------|------|-------|-----|--------|-------|--------|--------|----------------|----------------|---------------|--------------|----------------|-------|-------|
| | | | | | 日常点検 | 定期点検 | カッタ交換 | 修 理 | 計 | 掘 進 | 盛 替 | その他 | 計 | 軌道延伸 | 支保工建込 |
| 12 | 3 | 1 | 2.3 | 時 % | 2-00 | 0 | 0 | 0 | 2-00 20.6 | 1-16 | 5-02 | 0 | 6-18 65.5 | 0 | 0 |
| 1 | 119 | 16 | 109.6 | 時 % | 41-00 | 9-25 | 49-30 | 228-33 | 328-28 58.7 | 71-01 | 25-22 | 13-13 | 109-36 19.5 | 2-50 | 24-08 |
| 2 | 275 | 24 | 260.6 | 時 % | 62-08 | 20-20 | 77-06 | 93-25 | 252-59 58.7 | 154-52 | 40-19 | 6-05 | 201-16 35.6 | 3-40 | 6-25 |
| 3 | 245 | 26 | 251.8 | 時 % | 60-28 | 9-00 | 49-13 | 42-10 | 160-51 26.3 | 146-05 | 64-30 | 30-52 | 241-27 39.5 | 2-35 | 20-35 |
| 4 | 185 | 21 | 198.4 | 時 % | 43-06 | 0 | 54-55 | 154-01 | 252-02 41.6 | 142-15 | 23-37 | 25-49 | 191-41 31.6 | 3-00 | 2-45 |
| 合計 | 827 | 88 | 822.7 | 時 % | 208-42 | 38-45 | 230-44 | 518-09 | 996-20 42.3 | 515-29 21.9 | 158-50 6.8 | 75-59 3.2 | 750-18 31.9 | 12-05 | 53-53 |

| 月 別 | 待 ち 時 間 | | | | | | | 休 憩 | 故 障 | 総 時 間 (hr) | 支保工 (基) | 坑口からの距離 (m) | 平均掘進速度 (m/h) | 平均日進 (m) | 1ストローク当り掘進長 (m) |
|-----|---------|-------|------|--------|-------|--------|----------------|---------------|--------------|-------------------|---------|-------------|--------------|----------|-----------------|
| | 吹付 | 送風管延長 | 動力線 | ズリ運搬 | 測 量 | その他 | 計 | | | | | | | | |
| 12 | 0 | 0 | 0 | 0-20 | 0 | 0 | 0-20 3.5 | 1-00 10.4 | 0 0 | 6-38 100.0 | 0 | 2.3 | 1.81 | 2.3 | 0.77 |
| 1 | 0 | 1-35 | 0 | 12-03 | 7-25 | 9-30 | 57-31 10.2 | 52-00 6.2 | 13-40 2.4 | 561-15 100.0 | 71 | 111.9 | 1.55 | 6.9 | 0.93 |
| 2 | 6 | 1-10 | 0 | 35-52 | 2-50 | 14-26 | 64-23 11.4 | 45-30 8.1 | 0 0 | 564-08 100.0 | 171 | 372.5 | 1.69 | 10.9 | 0.95 |
| 3 | 0 | 8-35 | 0 | 34-58 | 0-15 | 40-57 | 107-55 17.6 | 52-20 8.6 | 49-10 8.0 | 611-43 100.0 | 177 | 624.3 | 1.73 | 9.7 | 1.03 |
| 4 | 0 | 0-50 | 2-00 | 20-22 | 2-00 | 62-46 | 93-43 15.5 | 52-05 8.6 | 16-43 2.7 | 606-14 100.0 | 133 | 822.7 | 1.40 | 9.5 | 1.08 |
| 合計 | 0 | 12-10 | 2-00 | 103-35 | 12-30 | 127-39 | 323-52 13.7 | 202-55 8.6 | 79-33 3.5 | 2,352-58 100.0 | 552 | 822.7 | 1.60 | 9.4 | 1.00 |

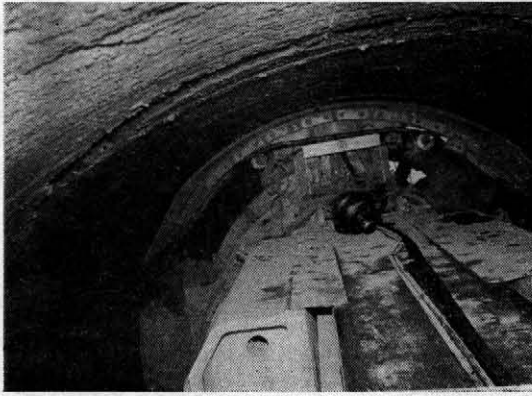


写真-7 アーチ掘削状況

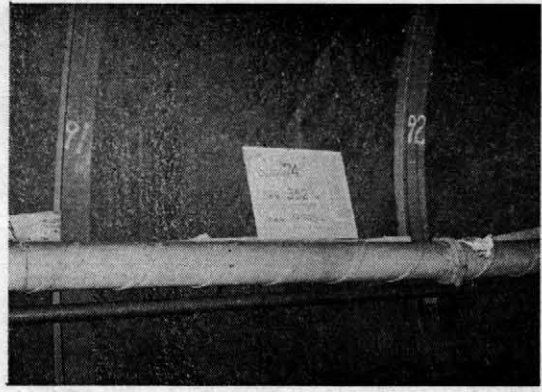


写真-8 サイド掘削面



写真-9 ベアリング破碎と偏摩耗

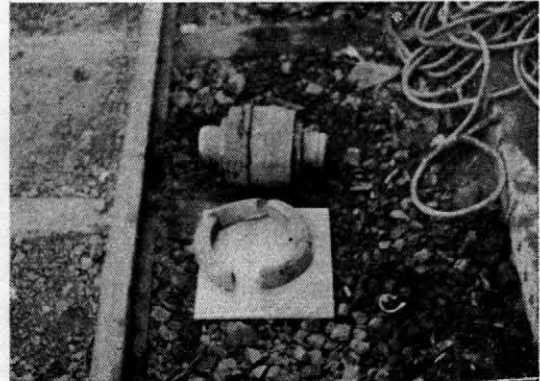


写真-10 リングの破損

表-18 サイクルタイム比較表

| 種 別 | 頁 岩 | | 備 考 |
|-----------|--------|-------|--------------------------------------|
| | 設 計 | 施 工 | |
| 掘 進 | 33分 | 37分 | 実績(別表参照) 515時29分×60分+827ストローク数 |
| 盛 替 | 7" | 12" | " 158"50"×60"+827 " |
| ズ リ 出 し | 30" | 23" | " 323"52"×60"+827 " |
| 整備点検, その他 | 30" | 55" | " 996時20分-330時40分(整備日のみ)+75時59分+827" |
| 小 計 | 100" | 127" | a |
| 掘削サイクル対象 | 920" | 1,200 | b |
| 1日サイクル数 | 9.20 | 9.40 | c = b ÷ a |
| 1サイクル進行長 | 1.10 | 1.00 | d |
| 1日の進行長 | 10.12m | 9.40m | e = c × d |

によるものが非常に多く、犬山で経験しなかった新しい問題点が出てきた。この対策としては、カッタの取付角度などを調整してみたが根本的な解決にならず、ベアリングの構造を研究しなければならないところに追いこまれている。

ハブとリングの損傷率は、ほとんど同じで約4サイクルに1個の割合で消耗している。5月12日には、全断面砂岩帯に遭遇し、一度に13個も損傷し、幸い数mで頁岩帯に戻ったが、やはり硬岩用カッタの開発が課題である。カッタ消耗品の実績を表-19に示す。

5.4 労務配置

4月30日までの実績は、1日2交替で平均31.6人/日

表-19 カッター消耗品の実績

(実績は12月1, 2, 3, 4月の平均値である。)

| 名 称 | 単 位 | 頁 岩 部 | |
|------------|-------------------|--|-------|
| | | 設 計 | 施 工 |
| トリコンカッタ | m/個 | 520 | 280 |
| センターカッタハブ | m ³ /個 | 6,300 | 4,000 |
| " リング | " | 7,600 | 4,000 |
| ディスクカッタハブ | " | 200 | 70 |
| " リング | " | 85 | 60 |
| 消費数(4月まで) | | 823m × 14.52m ³ /m ÷ 11,950m ³ | |
| トリコンカッタ | 3個 | 823m ÷ 3 ÷ 280m | |
| センターカッタ | 3個 | 11,950m ³ ÷ 3 ÷ 4,000m ³ | |
| ディスクカッタハブ | 180個 | 11,950m ³ ÷ 180 ÷ 70m ³ | |
| ディスクカッタリング | 200個 | 11,950m ³ ÷ 200 ÷ 60m ³ | |

表-20 労務配置実績表

| 月別 | 稼働日数 | 世話役 | RTM 運転 | ディー ゼル コ 運転 | ディー ゼル コ 助手 | 軌道延伸 | 支保工 建込 | カジ場 | 土捨場 | 電工 | コン プレ ッサ | その他 | 計 | 掘進 | 支保工 建込 |
|-----|------|-----|-----------|----------------------|----------------------|------|-----------|-----|-----|-----|----------------|-----|--------|--------|-----------|
| 12 | 1日 | 3 | 3 | 1 | 1 | 0 | 4 | 3 | 0 | 2 | 0 | 0 | 17人 | 2.3m | 0基 |
| 1 | 16 | 69 | 79 | 36 | 36 | 54 | 145 | 19 | 37 | 45 | 1 | 71 | 592 | 109.6 | 71 |
| 2 | 24 | 91 | 84 | 52 | 49 | 131 | 175 | 35 | 46 | 13 | 0 | 77 | 753 | 260.6 | 171 |
| 3 | 26 | 88 | 68 | 73 | 66 | 111 | 136 | 28 | 49 | 16 | 0 | 74 | 709 | 251.8 | 177 |
| 4 | 21 | 78 | 76 | 84 | 69 | 119 | 132 | 40 | 43 | 3 | 2 | 66 | 712 | 198.4 | 133 |
| 合計 | 88日 | 329 | 310 | 246 | 221 | 415 | 592 | 125 | 175 | 79 | 3 | 288 | 2,783人 | 822.7m | 552基 |
| 平均値 | | 3.7 | 3.6 | 2.8 | 2.5 | 4.7 | 6.7 | 1.4 | 2.0 | 0.9 | 0 | 3.3 | 31.6 | 9.4m | 6.3基 |

となっており、今後坑奥にはいるに従い雑役保守が増加されるものと思われる。表-20は労務の実績表で歩増しは考慮していない。

6. あとがき

RTM 工法は、現段階では試験的掘削工事が多く、阿讃トンネルにおいては、犬山の実績をもつ熊谷組が着実

に経験を生かして硬岩の長大トンネルに挑戦し、現在のところ順調に進み、全線掘削の実現をめざして進んでいる。今回の RTM 導入については、水資源開発公団本社をはじめ、日本農業土木コンサルタンツ、小松製作所、熊谷組の御協力により導入から設計変更にいたるまで多大の御援助をいただき、ここに厚く御礼を申しあげ今回の報告を終わります。

泥炭地帯における開水路ライニング工法について

(道営かんがい排水事業幌向地区開水路の
コルゲートシートライニング施工例)

太田 豊 治*

目 次

- | | |
|------------------------------|--------------------------|
| 1. 地区の計画概要…………… (37) | 4. コルゲート断面について…………… (42) |
| 2. 用水路の暫定施工および土質調査…………… (37) | 5. む す び…………… (42) |
| 3. 水路盛土の安定および地盤支持力の検討… (40) | |

1. 地区の計画概要

本地区は北海道空知支庁管内南幌町で、地区の大部分の地質は低・中・高位泥炭地帯である。昭和36年度に既成田 838 ha の補水と開田 380 ha 計 1,218 ha の用水確保のため採択された地区で、石狩川水系千才川に幌向揚水機場(口径 1,000 mm 3台揚水量最大 6.79m³/sec)を設け、幌向幹線 L=4,800 m(Q=6.79~1.24 m³/sec)を新設、晩翠上幹線 L=1,300 m(Q=0.79~0.64 m³/sec)を新設、晩翠下幹線 L=2,000 m(Q=0.89~0.47 m³/sec)を改修、さらに幌向幹線より福野幹線 L=1,500 m(Q=1.33~0.78 m³/sec)を新設、この間に曉揚水機場(口径 500 mm 1台 Q=0.66 m³/sec)および福野揚水機場(口径 700 mm 1台 Q=0.78 m³/sec)を

新設、また同幹線に東夕張太揚水機(口径 600 mm 1台 Q=0.32 m³/sec)を新設する。さらに、幌向幹線末流より夕張太揚水機(口径 600 mm, 400 mm 各1台 Q=1.24 m³/sec)と夕張太幹線 L=900 m(Q=1.24~0.71 m³/sec)を新設する計画で、昭和37年度より着工し、現在継続施工中である。

2. 用水路の暫定施工および土質調査

(1) 暫定断面の施工

昭和38年度に幌向揚水機場を完了し、昭和39年度に口径 1,000 mm 揚水機 1基を施設し、昭和40年度、昭和41年度それぞれ口径 1,000 mm を施設する計画のもとに昭和39年度に幌向幹線延長 1,600 m, 盛土量 35,000 m³を暫定盛土として施工した。

暫定盛土を施工したのは、本地区の大部分は泥炭地の軟弱地盤であるため、盛土載荷による地盤の沈下が予想されたためであり、昭和40年度の通水量 1,287 m³/sec の断面を40年の通水前に施工する計画をたてた。

なお、沈下の推定量については種々試験検討を行なった結果、近傍における類似例の数値を採用することとし、余盛率45%として施工した(図-2参照)。

昭和40年4月より図-3に示すように1,287 m³/secを通水する暫定断面を水路底幅 1.0 m 側り 1:1、深さ 1.5 m として厚さ 0.2 mm のビニールシート張りの工事を開始し、同年5月20日通水試験を行なったところ、各所より漏水し、外のにすべりを生じ、通水不能になったために「水路」9巻1号の「泥炭地における水路ライニング工法について」で発表されている国営総合かんがい排水事業美唄地区の沼

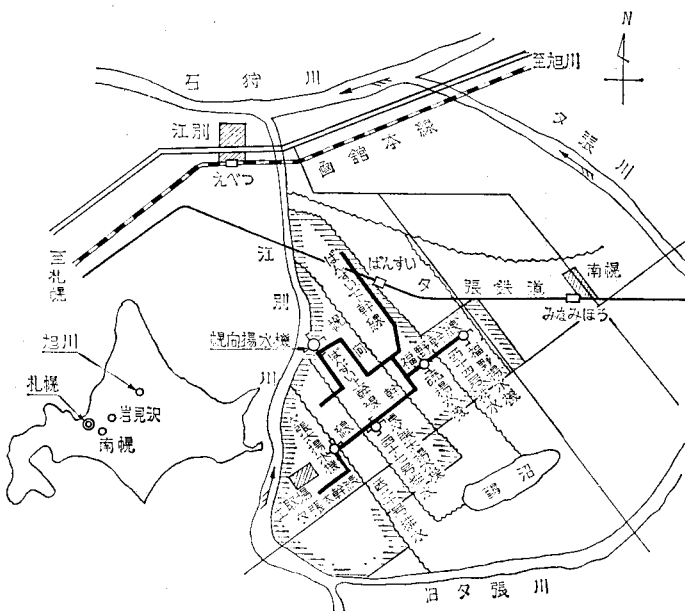


図-1 幌向地区概要図

* 北海道農地開拓部土地改良第一課

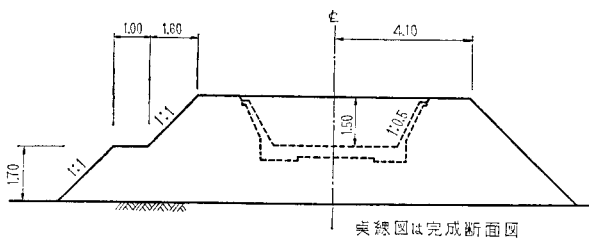


図-2 暫定盛土断面図

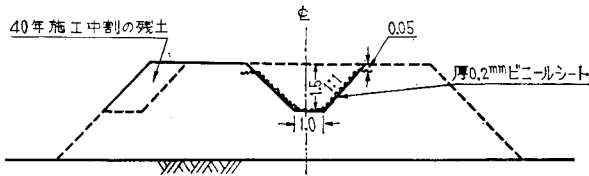


図-3 ビニール張り暫定断面

貝幹線用水路の木造置樋工を参考として、同工法で応急処置をとり、かろうじて通水した。

(2) ビニール張り水路の漏水原因

漏水の原因としては、土取場が河川近くのシルト質粘土で、含水量が多く、いったん乾燥すると固結して礫状となり、転圧の効果がなかったこと、また後日土質調査で判明したことであるが、現地盤が約6か月のうちに30~60cm沈下し、さらに沈下が進行して厚さ0.2mmのビニールシートが破られたことに起因するものであった。

(3) 土質調査

40年5月下旬より8月中旬の通水期間中に沈下の傾向が現われたので、同年12月土質調査を行なった結果、図-4に示すように30~60cm程度現地盤が沈下していることが判明した。

さらに、土質試験を行なった結果は表-1のと

表-1 土質試験結果総括表

| 試料番号 | T-620 1-(1) | 1-(2) | 2-(1) | 2-(2) | 3-(1) | 3-(2) | 4-(1) | 4-(2) | 5 | 6-(1) | 6-(2) | |
|---------------------------------|--|--------------------------------|---------------|---------------|---------------|--------------------------------|----------------------|--------------------------------|--------------------------------|----------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| 採取深度 (m) | 0.50 ~1.00 | 1.00 ~1.28 | 2.00 ~2.38 | 2.38 ~2.76 | 4.00 ~4.38 | 4.38 ~4.76 | 6.00 ~6.33 | 6.33 ~6.50 | 7.50 ~8.20 | 9.20 ~9.59 | 9.59 ~10.00 | |
| 現場土質結果 | 見かけ土質名(観察) 泥炭混り粘土 | 同左 | 同左 | 同左 | 同左 | 同左 | 粘土 | 同左 | 細砂 | 粘土 | 同左 | |
| 試料採取付近のサウンディング値 | | | | | | | (腐植物混る) | (同左) | | | | |
| 自然含水比 $w\%$ | 89.4 | 209 | 248 | 224 | 91.5 | 91.9 | 45.8 | 44.7 | 36.2 | 45.1 | 40.7 | |
| 土粒子比重 G_s | 2.632 | 2.328 | 2.328 | 2.269 | 2.662 | 2.639 | 2.700 | 2.692 | 2.729 | 2.695 | 2.697 | |
| 自然湿潤密度 $\gamma_t \text{ g/m}^3$ | 1.428 | 1.180 | 1.091 | 1.108 | 1.460 | 1.418 | 1.763 | 1.753 | 1.779 | 1.747 | 1.772 | |
| 自然乾燥密度 $\gamma_d \text{ g/m}^3$ | 0.754 | 0.328 | 0.314 | 0.342 | 0.762 | 0.739 | 1.209 | 1.211 | 1.306 | 1.204 | 1.259 | |
| 自然間隙比 e | 2.492 | 5.096 | 6.396 | 5.631 | 2.492 | 2.571 | 1.232 | 1.222 | 1.090 | 1.237 | 1.141 | |
| 自然飽和度 S | 99.4 | 95.5 | 90.1 | 90.3 | 97.8 | 94.3 | 100.4 | 98.5 | 90.6 | 98.3 | 96.2 | |
| 土の分類 | 三角座標法 キャサランド法 | CH | | | CH | | シルト質粘土ローム CL | | 砂 | シルト質粘土ローム CL | | |
| 粒度含有率 | 礫 分 % 砂 分 % シルト 分 % 粘土 分 % | | | | | | 0 0 70 30 | | 0 84 10 6 | 0 0 78 22 | | |
| コンシシ | 液性限界 LL % 塑性限界 PL % 塑性指数 PI % | 95.7 33.4 62.3 | | | | 93.3 33.2 60.1 | 48.6 22.5 26.1 | | | 37.4 20.2 17.2 | | |
| 灼熱損失量 $H_n\%$ | 8.98 | 23.8 | 27.6 | 29.1 | 8.58 | 9.65 | | | | | | |
| 一軸圧縮 | 乱さない圧縮強度 $q_u \text{ kg/cm}^2$ こね返した圧縮強度 $q_v \text{ kg/cm}^2$ 鋭敏化 S_t $c=1/2q_u \text{ kg/cm}^2$ | | | | 0.27 自立せず | | 0.30 自立せず | | | 0.53 自立せず | 0.52 自立せず | |
| 三軸圧縮 | | | | | | | | | | | | |
| 直せん断 | 粘着力 $c \text{ kg/cm}^2$ 内部摩擦角 ϕ 度 | | | | | | | | 0.15 26.0 | | | |
| 圧密 | 先行荷重 $p_0 \text{ kg/cm}^2$ 圧縮指数 c_c | 0.255 9.10×10^{-1} | 0.235 2.46 | 0.223 3.34 | 0.210 2.91 | 0.430 9.60×10^{-1} | 0.390 1.02 | 0.465 3.29×10^{-1} | 0.650 3.56×10^{-1} | | 1.000 4.00×10^{-1} | 1.230 3.41×10^{-1} |
| | 先行荷重の重 圧密係数 $c_p \text{ cm}^2/\text{sec}$ 透水係数 $K \text{ cm/sec}$ | | | | | | | | | | | |

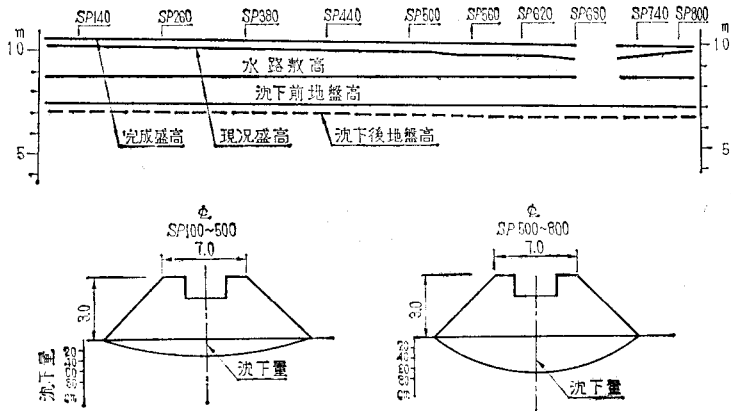


図-4 沈下状況図

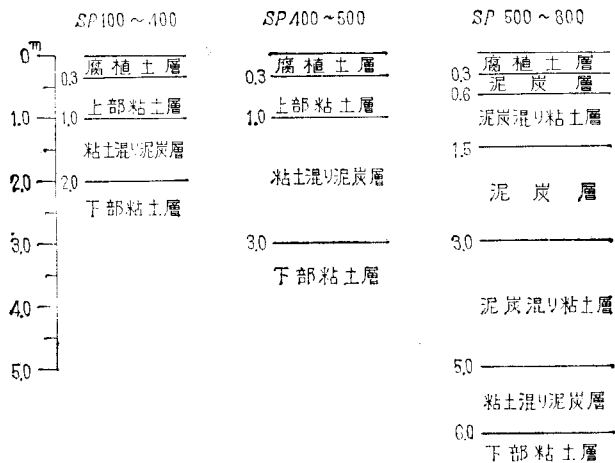


図-5

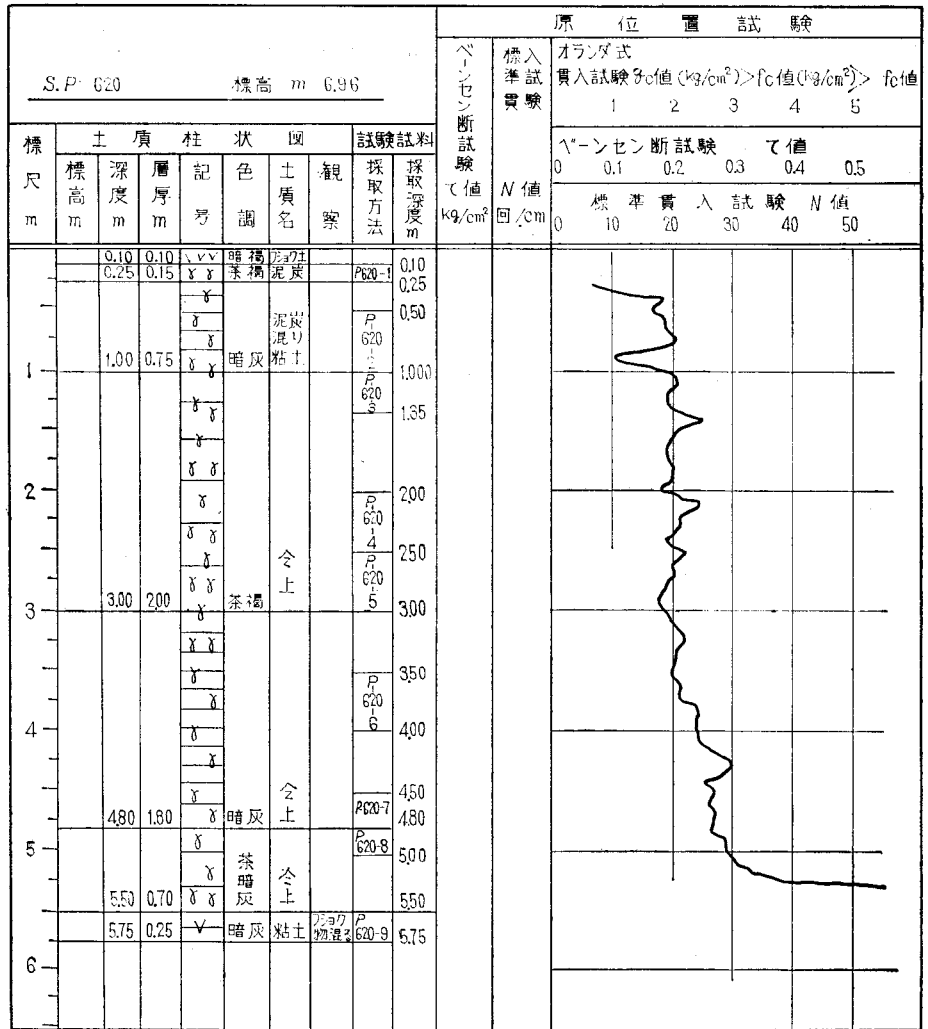


図-6 ハンドボーリングおよび静的コーン貫入試験結果

h : 盛土高 3.00 m

を求める。

形状係数 $\varepsilon = \varepsilon_a/a = 2.50/3.00 = 0.83$
 安定係数 $n = 22(\varepsilon^2 + \varepsilon + 1/3)/(2\varepsilon + 1)^2$
 $= 22(0.83^2 + 0.83 + 1/3)/(2 \times 0.83 + 1)^2$
 $= 5.76$
 $K_0 = 2(\varepsilon^2 + \varepsilon + 1/3)/(2\varepsilon + 1) = 1.39$
 $\therefore K_a = K_0 \cdot a = 1.39 \times 30 = 4.20$
 $\eta_0 = 1.318(\varepsilon^2 - \varepsilon + 1/3)/(2\varepsilon + 1)$
 $= 1.318(0.83^2 + 0.83 + 1/3)/(2 \times 0.83 + 1) = 0.917$
 $\therefore \eta_a = \eta_0 \cdot a = 0.917 \times 3 = 2.75$

よって、安全率 $F_s = n \cdot c / \gamma \cdot h$ より
 $= 5.76 \cdot c / 1.6 \times 3.0 = 1.20 \cdot c$

ここで、粘着力 $c = 1.5 \sim 2.0 \text{ t/m}^2$ として計算すると
 図-9より、 $F_s = 1.80 \sim 2.40$ となり、所要安全率 1.5
 に対し $1.5 < F_s = 1.80 \sim 2.40$ で十分に安全である。

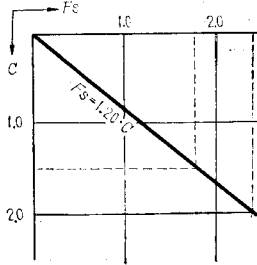


図-9

しかしながら、この安全率の計算は応急処置として施工した木造置樋の状態に対するものであり、本地区の軟弱地盤では、これ以上沈下を進めないようにするため、沈下分の追加盛土はさき、現状の盛土を利用して、できるだけ現地盤に余分の荷重をかけないようにしなければならない。そこで、種々検討の結果、前述した国営総合かんがい排水事業美唄地区の沼貝幹線用水路で採用したコルゲートシート工法を参考として完成断面を決定することとした。

コルゲートシートライニングにより盛土を小さくした場合の安定計算について

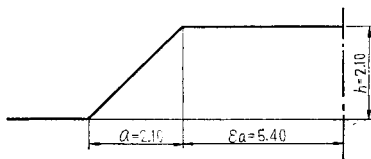


図-10

形状係数 $\varepsilon = \varepsilon_a/a = 5.40/2.10 = 2.57$
 安定係数 $n = 22(\varepsilon^2 + \varepsilon + 1/3)/(2\varepsilon + 1)^2$
 $= 22(2.57^2 + 2.57 + 1/3)/(2 \times 2.57 + 1)^2$
 $= 5.56$

$K_0 = 2(\varepsilon^2 + \varepsilon + 1/3)/(2\varepsilon + 1)$
 $= 2(2.57^2 + 2.57 + 1/3)/(2 + 2.57 + 1)$
 $= 3.1$
 $K_a = 3.1 \times 2.1 = 6.50$
 $\eta_0 = 1.318(\varepsilon^2 + \varepsilon + 1/3)/(2\varepsilon + 1)$
 $= 1.318(2.57^2 + 2.57 + 1/3)/(2 \times 2.57 + 1) = 2.04$
 $\eta_a = 2.04 \times 2.1 = 4.28$

安全率 $F_s = n \cdot c / \gamma \cdot h$
 $= 5.56 \cdot c / 1.6 \times 2.1 = 1.65 \cdot c$

農林省農地局の土地改良事業計画設計基準「フィルダム」によると、不定要素のはいりやすい場合の安全率は 1.5 を標準としているので、試験結果からの粘着力 c を不定要素を考慮して 0.9 t/m^2 とする。

$F_s = 1.65 \cdot c = 1.65 \times 0.9 = 1.485 \approx 1.5$

よって $F_s = 1.5$ となり安全なるものと予想する。

(2) 地盤支持力について

長い帯状のフーチングが地表にある場合、土が破壊する限界の支持力（粘着性の土で $\phi = 0$ とするとテルツァーギ公式より）

$q_u = (\pi + 2)c = 5.14 \cdot c \dots \dots \dots (1)$

一般セン断の場合

比較的沈下が小さく、破壊が急激に起こる場合

$q_u = c(N_c) + \gamma f(1/2 \cdot N_r) + \gamma d(N_q)$

局部セン断の場合

沈下が比較的大きく、破壊が徐々に進行する場合

$q_u = c(2/3 \cdot N_c') + \gamma f(1/2 \cdot N_r) + \gamma d(N_q')$

c : 粘着力

γ : 土の単位重量

f : フーチングの幅

d : フーチングの根入れ深さ

ϕ : 上の内部摩擦角

N_c, N_r, N_q : 支持力係数

上記式において $\phi = 0, d = 0$ とすると

一般セン断 $q_u = 5.70 \cdot c \dots \dots \dots (2)$

局部セン断 $q_u = 3.80 \cdot c \dots \dots \dots (3)$

コルゲートライニングの荷重

$q = \gamma \cdot h = 1.6 \times 2.1 = 3.4 \text{ t/m}^2$

h : 盛土高 2.10 m

設計荷重は水の重量も含めて 4.8 t/m^2 である。

許容支持力を求める公式

ただし、コルゲート断面に 0.32 m のフリポートを設け、安全をみるため安全率を 1 : 1 とする。

$q_a = q_u / 1.1$

(1)式より $q_a = 5.14 \cdot c / 1.1$

(2)式より $q_a = 5.70 \cdot c / 1.1$

(3)式より $q_a = 3.80 \cdot c / 1.1$

いま、粘着力 c を試験結果より 1.5 t/m^2 とすると、



写真-1 工事完成写真(1)



写真-2 工事完成写真(2)

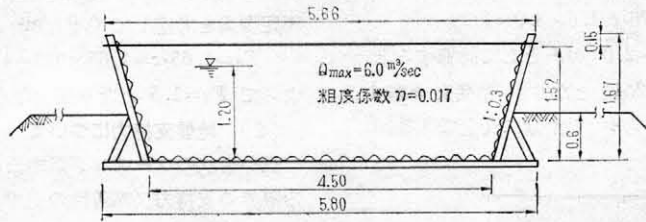


図-11

(1)式は $q_a = 5.14 \times 1.5 / 1.1 \approx 7.0 \text{ t/m}^2$

(2)式は $q_a = 5.70 \times 1.5 / 1.1 \approx 7.8 \text{ t/m}^2$

(3)式は $q_a = 3.80 \times 1.1 \approx 5.2 \text{ t/m}^2$

上記計算の結果、局部セン断の場合の許容支持力は $5.2 \text{ t/m}^2 > 4.8 \text{ t/m}^2$ であり、支持できるものと予想される。

4. コルゲート断面について

前記のように検討の結果、図-11に示すような構造とし、昭和42年度施工した。本工法の利点などについては、「水路」9巻1号 p.37 に発表されているので省略する。

5. むすび

本工事は42年12月末完成し、翌43年5月上旬より所要

用水量 $6.0 \text{ m}^3/\text{sec}$ の通水を開始したが、約1週間後の5月10日十勝沖地震（震度4）に見舞われたが、本地区周辺のかんがい用水路は多大の被害を受けたにもかかわらず、本工法施工区間は幸に被害がなかった。

現在沈下および水路の変形も少なく、所要用水量を通水しているが、今後とも長期間にわたりその沈下量について測定する予定である。

暫定施工の結果、全面的に工法の再検討を余儀なくされたときに、幸にして沼貝幹線用水路で施行された例を参考にできたこと、また、農林省かんばい課担当官の御指導と直接工事を担当された北海道空知支庁耕地課一同の努力により本工事が完成できたことに謝意を表する次第である。

なお、コルゲートシートの製造にあたりK社の協力を得たことを最後に記しておきたい。

深山ダムの設計および施工計画

村田定彦* 井上幸一**

目次

| | |
|--------------------|--------------------|
| 1 まえがき..... (43) | 6 基礎処理..... (52) |
| 2 ダムの概要..... (44) | 7 堤体観測施設..... (53) |
| 3 ダムの構造..... (44) | 8 施工計画..... (54) |
| 4 堤体の設計..... (46) | 9 むすび..... (60) |
| 5 アスファルト..... (49) | |

1. まえがき

1.1 地区の概要

那須野原は栃木県の北東部に位置し、那珂川とその支流箒川とに挟まれた紡錘状の複合扇状地であって、面積は約 40,000 ha におよぶ広大な地域を占め、行政上大田原市外 4 町 1 カ村にまたがっている。最高標高 560m、最低標高 140 m、1/75~1/150 程度の傾斜をもつ本扇状地は、高原累層を基盤に厚い砂礫層と薄いローム層の互層からなっている。本地域は大田原浮石が堆積したあと那珂川、蛇尾川、箒川などによって開析され平坦化されながら同時に砂礫を堆積してできたもので、地下水は浮石層を基盤としてその上の扇状地堆積物中に存在しているが、地下水面は地形のコウ配よりも緩く、扇状地中央を通る東北本線以北の地下水位は 20~30 m ときわめて深いのに対して以南においては漸次浅くなり扇状地末端において湧水現象がみられる。那珂川とその支流木の俣川、蛇尾川、熊川などは主として東北本線以北の水源として利用され、以南は地下水利用がさかんである。

日本三大疏水の一つに数えられている那須疏水は、地元の先覚者印南丈作、矢板武らの叡智と官民一体の努力によって明治 18 年に完成した水利施設で、那珂川より引水し扇状地中央を南西に貫流し最大水量 5.5 m³/sec、その水路延長は 16 km に及ぶ。なお、この外に木の俣川から導水する旧木の俣用水 (0.61 m³/sec)、新木の俣 (0.52 m³/sec)、蛇尾川からの葦沼用水 (0.97 m³/sec) などの水利施設があって那須疏水とあわせ約 1,300 ha 余りのかんがいを行なっている。

本地域は相対的に水源が乏しいため広大な未墾地が徒らに放置されている状況で、また用水施設も老朽化しているため既耕地も用水不足に悩まされている。

1.2 計画の要旨

本地域の開発計画については可知博士の有名な地下水ダムによる「地下水強化計画」を始めとして多くの開発計

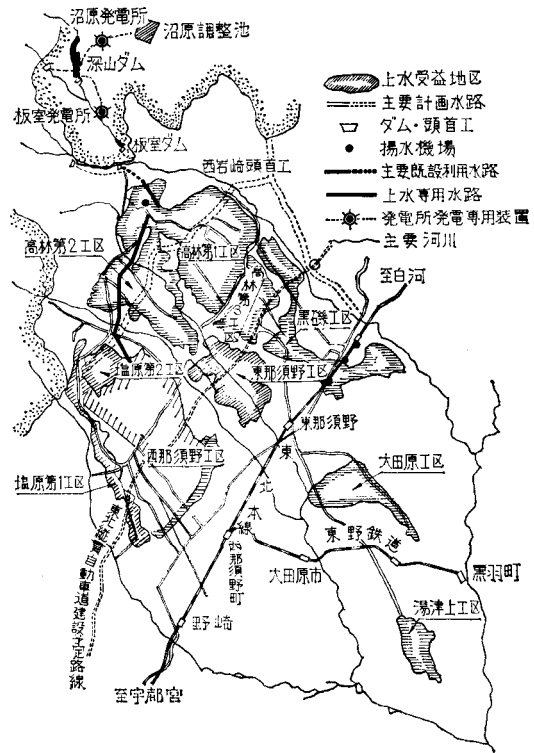


図-1 国営那須野原土地改良事業計画一般図

画が企画されてきたが、今回実施の運びとなった計画の概要は那珂川の上流深山に深山ダム(表面アスファルト舗装型ロックフィルダム)を、その約 4 km 下流板室地内に板室ダム(コンクリート重力ダム)を築造して必要水量を確保するとともに、板室ダムより上段幹線導水路を西岩崎頭首工(現況那須疏水取入口付近)より下段幹線水路をそれぞれ設けるとともに旧水路の改修、頭首工の移設、揚水機による地下水の開発利用を行なうなど、一連の用水施設を完備し、あわせて排水施設、道路網の整備をなして既成田の用水補給と新たに未墾地の開墾および畑地の区画整理をなして換地を実施し、農地の集団化を行なう等本事業の実施によって農業基盤の整備、経

* 関東農政局那須野原開拓建設事業所長

** 同上 工事監督官

営規模の拡大、生産性の向上をはかるものである。

1.3 関連他事業

(1) 栃木県営板室発電事業

深山ダムの貯水と落差を利用して発電を行なうもので、貯水池左岸に設ける取水塔より最大 9.0 m³/sec を取水し、共同および専用水路を経て板室地点に導水し、有効落差 211 m によって最大 15,800 kW を発電したのち下流板室逆調整池に放流し、以下かんがい、および上水の用に供する。

(2) 栃木県営那須新都市水道事業

那須新都市水道は那須野原（西那須野町、塩原町の両町にまたがる地域約 2,200 ha）に建設を予定している試験研究機関、学園などを中心とする新都市に生活用水および業務用水を給水するもので、人口 80,000 人に対して日量 51,800 m³ (0.6 m³/sec) である。

(3) 電源開発株式会社沼原発電事業

沼原発電計画は深山ダムを下池とし、上池（沼原、有効貯水量 410 万 m³）から約 2.2 km のトンネルで深山ダム左岸に設ける地下発電所に導水し、落差約 500 m を利用して最大 67.5 万 kW の発電を行なう。

2. ダムの概要

2.1 地形

深山ダムは那珂川の上流、栃木県と福島県に近い栃木県那須郡黒磯町大字深山地内に築造する。この地域は東に那須岳を中心とする標高 1,500~1,900 m の山地が南北に連らなって火山地帯特有の複雑な地形をなしている。この山岳地帯は標高 1,500 m 内外の山地とこれらの間に下刻された深い V 字谷より成っており、山腹の傾斜は非常に急で多くの溪流が発達し壮年期の地貌を呈して

いる。

ダムサイトは那珂川とその支流木の俣川との合流点の上流約 8 km の地点で、河床幅は約 150 m に達し砂礫の堆積がいちじるしく、谷の断面は逆台形をなしている。付近の地形は左岸に約 500 m の比高をもつ那須岳より張り出した尾根があり、右岸には比高約 150 m の那珂川と矢沢川に挟まれた尾根が張り出し、これがダムのアバットメントとなっている。那珂川はダムサイト下流 300 m 付近に至って再び河床コウ配が急になり、いちじるしく貫入蛇行を繰り返して流れ、河床には露岩が多く V 字谷となっている。

2.2 地質

当地区の地質系統は新第 3 紀中新世に生成された石英安山岩質火山礫凝灰岩、それを貫らぬく流紋岩およびこれらを覆う第 4 紀の堆積層より成る。地質調査は 24 孔（延べ 545 m）のコアボーリングを主体とし、電探、物探、試掘横坑、堅穴などにより行なった。

石英安山岩質火山礫凝灰岩は、この地方の第 3 紀の基底をなすもので、那須岳より西方男鹿岳、山王峠を経て遠く只見川流域に達する広大な地域に分布し、本地域はその末端にあたる。

また、流紋岩は上述の凝灰岩を貫き、これは那須火山帯の本体をなす安山岩の噴出に先立ってできたもので、那須火山の土台をつくり広く分布している。

主要な地質構造としては多くの小断層およびこれに伴う崩壊による崖錐の地形が発達し、おもな断層としては N 30° W 45° W のものでダムサイト右岸道路トンネルおよび下流左岸に認められ、その付近には大規模な崩壊地形がみられる。第 4 紀は安山岩、花崗閃緑岩の亜円礫および砂礫混りの粘土よりなる段丘堆積層と安山岩、流紋岩の円礫および砂礫よりなる河床堆積層である。段丘堆積層は川沿いに点々と小規模に分布し、その層厚は最大 10 m 程度である。河床堆積層は最大厚さ 12 m 程度にて広く分布している。ダムサイトの基盤は左岸および河床の大部分が流紋岩であり、その他は安山岩質火山礫凝灰岩である。

3. ダムの構造

本ダムの構造は各種ダムタイプにつき地形、地質、築堤材料の分布状況などにより検討した結果、アスファルト前面舗装型ロックフィルダムを採用した。

3.1 ダムサイトの決定

ダムサイトの決定にあたって那珂

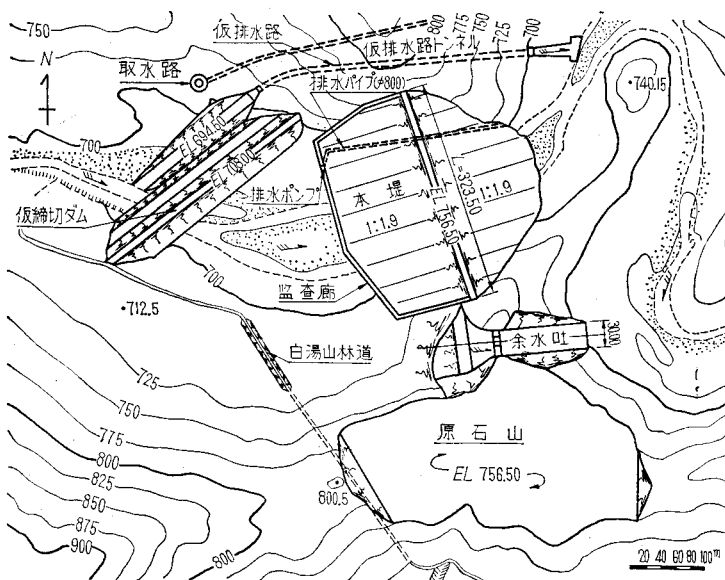


図-2 一般平面図

表-1 ダムの諸元

| ダ | | ム | 貯 水 池 | |
|---------|---|---|-----------|---------------------------|
| 河 川 名 | 那珂川水系那珂川 | | 湛 水 面 積 | 97.4 ha |
| 位 置 | 栃木県那須郡黒磯町深山 | | 常時満水標高 | EL 753 m |
| 流 域 面 積 | 直接 52.9 km ² 間接 13.5 km ² | | 洪水時満水標高 | EL 753.8 m |
| 地 質 | 流紋岩および安山岩質火山礫凝灰岩 | | ダム天端標高 | EL 756.5 m |
| 形 式 | 表面アスファルト舗装型ロックフィルダム | | 有 効 水 深 | 32 m |
| 堤 高 | 74.5 m | | 総 貯 水 量 | 25,800,000 m ³ |
| 堤 頂 長 | 323.5 m | | 有 効 貯 水 量 | 20,900,000 m ³ |
| 堤 体 積 | 1,853,400 m ³ | | 計 画 洪 水 量 | 840 m ³ /sec |
| 堤 頂 幅 | 5.5 m | | 最 大 取 水 量 | 11.16 m ³ /sec |

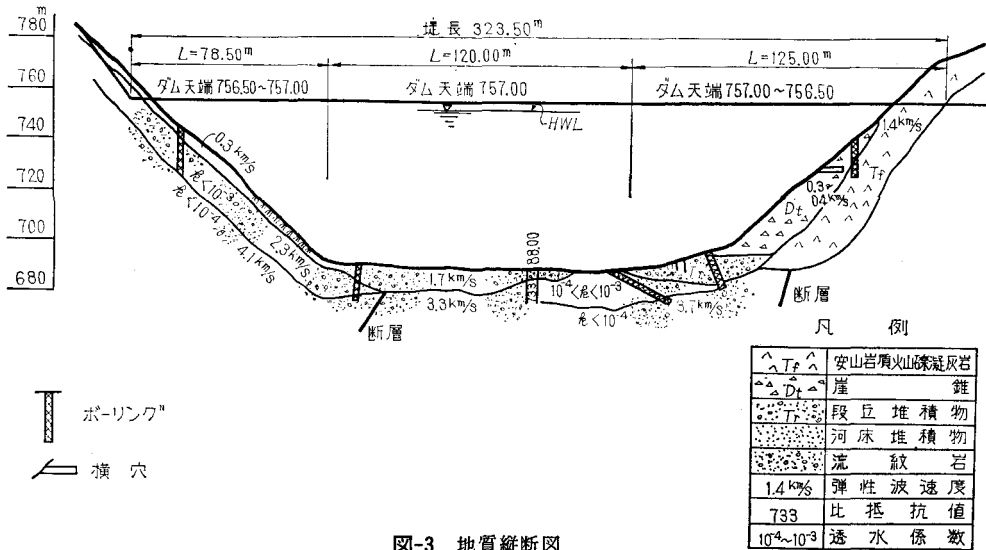


図-3 地質縦断面図

川流域の地質調査を行ない、地形、地質などにつき検討した結果、現地点を選定した。

(1) 地質的検討

那珂川上流山岳地帯は、前述のごとく新第3紀の流紋岩、石英安山岩地帯であり、これらの岩質はかならずしも一様でなく、層理の発達は概して不良であり、部分的には亀裂および風化の進んでいる個所も存在する。したがって、ダムサイトの適地としては地質上決定的な差異はなく、地形上良好なポケットを有する現地点を選定した。

(2) 地形的検討

計画地域内の必要水量に基づく深山ダムの貯水量などにより地形上ダムサイトの適地として土堤の滝上流約1.3 kmの地点が河床幅も広がり、上流に向かって扇状をなし、河谷の形状もV字型より逆台形となっているので、この地点を選び貯水量の増大および築堤量の減少を計った。

(3) 築堤材料よりの検討

予定されるダムサイト地点は、ダムタイプとしてアスファルト前面舗装型ロックフィルダムが最適と考えられ

る(ダムタイプ決定の項参照)。したがって、ダムに用いるロック材料の採取場所および搬入路(仮設道路)の建設が工事費に大きな影響を及ぼす。原石調査の結果ダムの右岸側を原石山として選べば、ロックは安山岩質火山礫凝灰岩および凝灰岩が得られ、また地山傾度も比較的緩やかなので仮設道路の建設も容易である。

3.2 ダムタイプの決定

(1) コンクリートダム

ダムサイトの地形が広い逆台形であり、地質調査の結果河床部にある約12 mの堆積砂礫の除去、右岸取付部の基礎岩盤上に分布する段丘堆積物および崖錐の処理、左岸取付部の風化帯の除去などにより基礎の工事が増大する。また、ダムサイト周辺にはコンクリート用骨材も多量には存在せず、すべて原石クラッシングによる製造、あるいは遠距離(黒磯町)より搬入する必要がある、このためにもコンクリートダムは不適当である。

(2) コア型ダム

ダムサイト周辺に分布する土質材料は篩分け試験の結果砂礫材料を多量に含有し(平均80%)、三角座標の分類によれば砂または砂質ロームに属し、したがって、透

水性も大きく ($K=1 \times 10^{-4}$ cm/sec), コア用土としては不適当である。また, 土質調査によればその採取可能量も少なく, ダム規模より考えて土質材料により不透水性部分を造るダムタイプは採用不可能である。

(3) 舗装型ダム

ダムサイトにおける地形, 地質 (河床堆積砂礫) および付近に存在する築堤材料より考えて, このタイプが最適と考えられる。すなわち, 基礎支持面の増大により河床上に直接築造可能であり, したがって, 基礎処理が減少する。また, ロック材料により築造が行なわれるので, ダムサイトの立地条件および降雨などの影響に対して施工上の制約を受けることが少ない。

また, 近年アスファルトのすぐれた性質が認められ, 道路舗装に大量に使用され, その特性の研究がさかんに行なわれてきた。アスファルトは粘着性および水密性に富む材料であり, その混合物も粘着性に起因する諸性質, すなわち延性, 柔軟性, 亀裂に対する自癒性等を具有している。これらの特性によりアスファルトが水利構造物にも広く応用され, とくに大津岐ダム (電源開発株式会社) および二の倉ダム (青森県) においてアスファルト表面舗装型が築造された。

アスファルトの止水壁はアスファルトの可撓性ならびに自癒性によって, ダム本体の沈下によく順応するもので, 止水壁材料としてコンクリートより優れている。また, アスファルト止水壁は土質止水壁に比べるとはるかに工事が少なく, かつ, その施工は本体ロックの盛立てと並行することなく比較的短期間でできるので, 土質止水壁の場合におこる施工日数の制約という問題は解決する。

3.3 アスファルト止水壁

アスファルト止水壁には表面止水壁と内部止水壁とがある。後者はロックフィル内に垂直または傾斜した止水壁を設ける形式で, 止水壁が氷圧, 流木および落石などにより被害を受けるおそれはないが, 前者に比べて点検, 修理が困難で施工上の問題点が多く, 施工速度も遅

いなどの欠点があり, その実例はきわめて少ない。前者は, 本体ロックが有効にウェイトしてはたらくのでダム全体の断面を小さくすることができ, 止水壁自体も工事費, 施工速度の点から内部止水壁より有利である (ただし, アスファルトの施工面積の減少, 施工機械の規模および止水壁に対する被害を無くすることなどは内部止水壁が特に有利であり, 現在問題となっている施工速度および管理方法について研究が進み, 近い将来内部止水壁ダムが多く造られると思われる)。アスファルトの表面止水壁はよく締められ, かつ平滑に仕上げられたロックフィルの表面を基礎として, 一般に図-5のように表層および基層よりなる2層またはさらにこれに挟まれる中間層を加えた3層のアスファルトコンクリートによって構成される。表層の耐久性および水密性を増すために表層に保護層を施工することが多い。止水壁の設計例は非常に多種多様で, 荷重, 基盤の性質, 気象条件などを十分考慮のうえ慎重に決定する必要がある。

ダムの止水壁に使用するアスファルトコンクリート道路などの舗装に比し水密性を高くすること, また背面にバックプレッシャが発生しないよう十分な透水性を有するドレーン層を施工する必要がある。

4. 堤体の設計

4.1 堤体規模の決定

(1) 余裕高

余裕高は次式により決定する。

$$H_f \geq R + \Delta h + h_t + h_s$$

ここで, H_f : 余裕高 (m)

R : 風波高 (波のはいりり高さを含む) (m)

Δh : 異常洪水時における水位上昇高 (m)

h_t : フィルダムの安全高 1.0 m

h_s : 余水吐タイプによる安全高 (ゲート式の場合) 0.5 m

a) 風波高

上流面はアスファルトコンクリートにより舗装され,

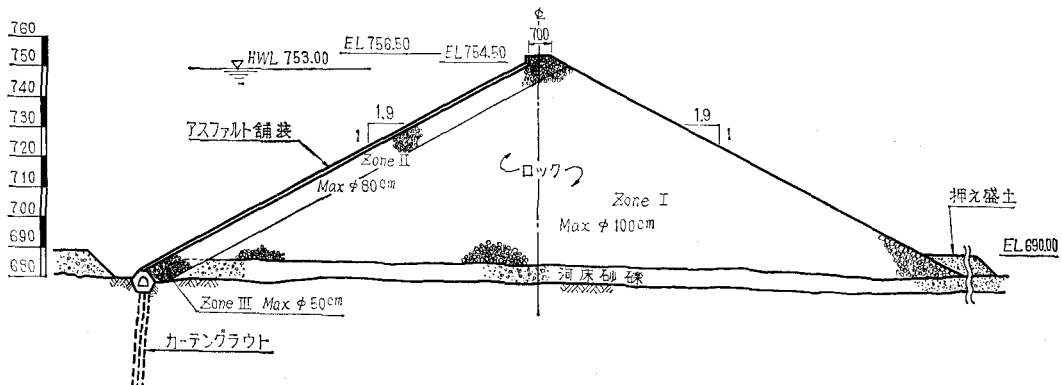
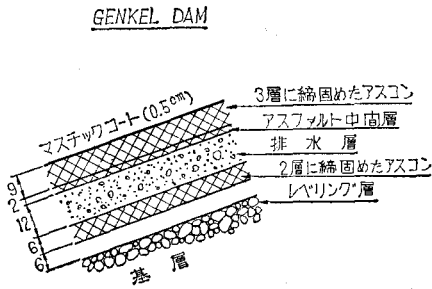
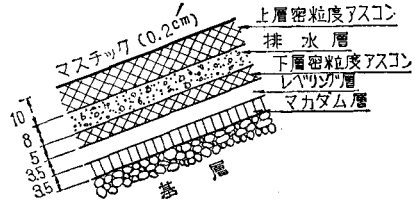


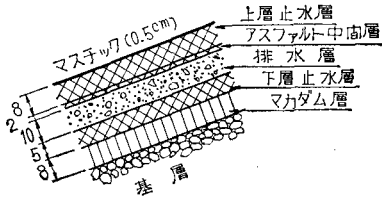
図-4 標準断面図



大津岐ダム



JINNERSTE DAM



この倉ダム

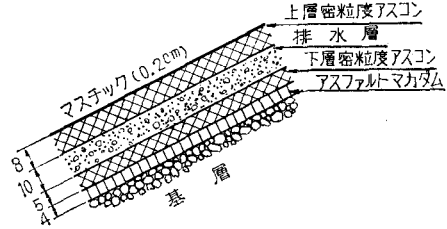


図-5 アスファルト止水壁施工例

ダムサイトは弱風帯（風速 20 m/sec）に属し、斜面傾度は 1:1.9、対岸距離 1.3 km とすると風波高は 1.5 m となる。

b) 異常洪水時における水位上昇高

$$\Delta h = \frac{2}{3} \times \frac{\alpha \cdot Q_0}{Q_c} \times \left[h / \left(1 + \frac{A \cdot h}{Q_0 T} \right) \right]$$

ここで、 Q_0 : 設計洪水量、100年洪水量の2割増 (840 m³/sec)

α : 異常洪水時の割増量 0.2

T : 異常洪水の継続時間 3.0 hr

h : 越流水深 7 m

A : 湛水面積 97.4 ha

Q_c : 越流部の流量 840 m³/sec

$$\Delta h = \frac{2}{3} \times 0.2 \times 5.5 = 0.74 \text{ m}$$

以上により余裕高 H_f は

$$H_f \geq 1.25 + 0.74 + 1.0 + 0.5 = 3.49 \text{ m}$$

ゆえに 3.5 m とする。

(2) 堤頂幅

堤頂幅は波浪、透水性に対する安全および施工、接続などの関係より決定され、一般には 5~10 m の範囲であるので、ここでは 7 m とする。

4.2 築堤方法

現在までに築造された多くのダムにおける「ロックゾーン」の築堤工法としてつぎの2種類がある。

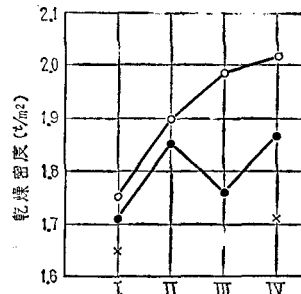
- 1) 高いリフトで投石し、モニタにより射水する方法
- 2) 低いリフトでまき出し、運行機械または種々の形式のローラで転圧する方法

本ダムは、アスファルト止水壁のため沈下に対する影響が多きいので特に入念に施工する必要があること、堤体を均一化して不等沈下を起こさせないなどを考慮する必要がある。このため、転圧機械による締固め効果を検討した結果、図-6のごとく振動ローラによる締固めが最も効果的であるので、この方法を採用した。（モニタによる射水の施工例は御母衣ダムがあり、このダムの施工中および施工後の沈下量が振動ローラにより施工した大津岐ダムに比べ非常に大きい結果が出ている。）

4.3 堤体の設計

(1) 斜面の安定

砂礫または岩砕のような非粘着性の材料だけを用いてフィルタイプダムを築造する場合は、とくに地震時に



- I: まき出しに必要な自然転圧
 II: D-8 ブルドーザ6回通過
 III: 40t タイヤローラ6回通過
 IV: 10.5t 振動ローラ6回通過
 ○: まき出し厚さ 0.5m
 ●: まき出し厚さ 1.0m
 ×: まき出し厚さ 2.0m

図-6 転圧機械と密度との関係

いて斜面の表層すべりが問題となる。従来、設計・施工されたフィルタイプダムは不透水性材料を内蔵していたため、表層の薄いすべりはダム全体の安定にはほとんど影響しないため、あまり重要な問題として取りあげられなかった。しかし、当ダムのように薄層の表面止水壁は、地震時において表面ロックの移動を絶対に起こさせてはならない。

現在、ロック材料のみのダム安定計算方法は種々検討されているが、まだ基準化されていない。ゆえにここでは臨界面による円形すべり面法により堤体ノリ面コウ配を予定し、この断面により震動実験を行ない標準断面をチェックする方法をとった。

(2) 設計数値の決定

ロックの内部マサツ角は大型三軸にて試験を行ない、その数値に安全を見込んで決定した。また、設計密度については現地で盛立て試験を行ない決定した。

表-2 設計数値

| 区分 | $\gamma_a(\text{tan/m}^3)$ | $\phi(^{\circ})$ | $C(\text{kg/cm}^2)$ | 備考 |
|---------|----------------------------|------------------|---------------------|--------------|
| Zone I | 1.8 | 40 | 0 | 水平震度 0.15 |
| Zone II | 1.8 | 40 | 0 | |
| 河床砂礫 | 1.8 | 35 | 0 | |

表-3 安定計算表 (R=200.4 m)

| 材 料 | 面 積 | | | 単位重量 (t/m ³) | 総重量 (t) | ΣN | tan ϕ | $\Sigma N \tan \phi$ |
|----------|---------|--------|---------|-----------------------------|------------|----------------------|--|----------------------|
| | 常 時 | 地震時 | 計 | | | | | |
| Zone I | 1,560.0 | -130.8 | 1,429.2 | 1.8 | 2,572.6 | 2,572.6 | 0.839 | 2,158.4 |
| Zone II | 284.0 | -10.1 | 273.9 | 1.8 | 493.0 | | 0.839 | |
| 河床砂礫 | 62.0 | -2.9 | 59.1 | 1.8 | 106.4 | | 0.700 | |
| T | | | | | | $\Sigma T = 2,339.0$ | F_s (安全率) | |
| Zone I | 872.0 | 234.0 | 1,106.0 | 1.8 | 1,990.8 | | $= \frac{\Sigma N \tan \phi}{\Sigma T} = 1.15$ | |
| Zone II | 67.0 | 42.6 | 109.6 | 1.8 | 197.3 | | | |
| 河床砂礫 | 19.0 | 9.3 | 28.3 | 1.8 | 50.9 | | | |

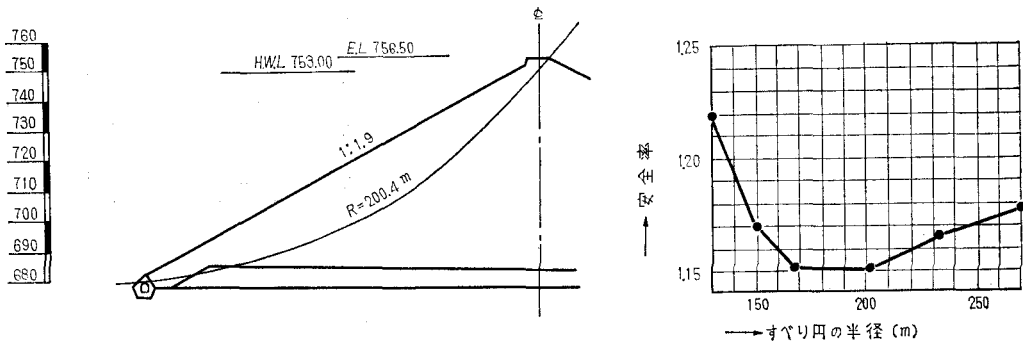


図-7 安定計算図

(3) 安定計算

表面アスファルト止水壁ロックフィルダムは貯水時には水圧が作用しているため、上流面ノリのすべりに対しては安全となるので、空虚時における安定を検討する。この場合、上流側ノリ面にはアスファルトがあるが、安全側となるので無視して計算を行なう。計算の結果は表-3 および図-7のとおりである。

4.4 カットオフ (監査廊を含む)

アスファルトと基礎とを継ぐカットオフは、アスファルトノリ先全線に施工する。監査廊はアスファルト層からの漏水の観測、基礎の水圧測定およびカーテングラウトの施工などに使用する。

カットオフのタイプについては「土とコンクリート」61号、(県営二の倉ダム)に述べられているように、時代によりまた基礎の状態により異なっている。当ダムでは既設のカットオフを参考とし現地の条件に合せたタイプを決め、有限要素法(マトリックスによる有限要素法により計算した。プログラムについてはパンフィックコンサルタンツおよび大成建設技術研究所にて開発したものを使用した。)により安定および内部応力を計算して最終的に断面を決定した。

とくにアスファルトの施工上より、カットオフ上面ま

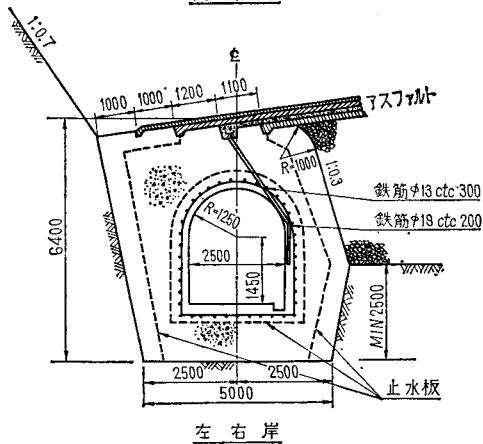
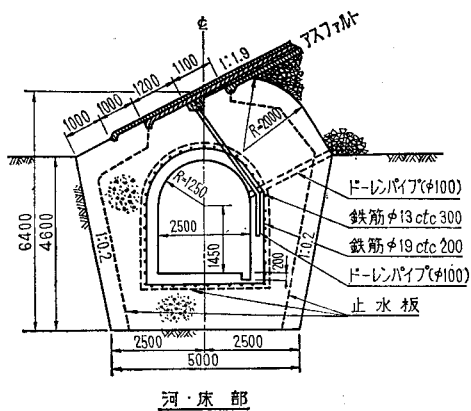


図-8 カットオフ断面図

でアスファルトフィニッシュで施工できるよう、上流ノリ面と同一コウ配にするとともに、カットオフ背面コウ配も転圧機械で十分締め固められるようなコウ配とした。また、監査廊については内部よりグラウトのできるようなスペースを得るため 図-8 のような構造とした。

4.5 その他

(1) 余水吐

余水吐については洪水を那珂川に直接放流するため、河川の侵食、対岸の崩壊などについて農業土木試験場にて実験中である。

(2) 取水施設

取水施設については、取水塔（表面取水の必要があるためフローティングタイプを予定）およびこれに連なる取水トンネルがある。

5. アスファルト

深山ダムの止水壁は表層および基層に水密性の高い密粒度アスファルトコンクリートを用いて二重の止水機能をもたせ、また、十分な排水能力を有する開粒度アスファルトコンクリートよりなる中間層を設ける。さらに、カットオフの取付部分については止水壁の厚

さを増加するため補強層を設けて、その安全性に十分な配慮を行なう。なお、中間層への漏水があれば監査廊にてチェックできるようドレインパイプを設置する。

止水壁に用いるアスファルトコンクリートは次のような性質について検討を行なう。

(1) 安定性

アスファルトコンクリートはダム上流面 1:1.9 のコウ配をもつ斜面で想定される最高の温度下でも安定でなければならない。これは内部マサツ角、固有抵抗力、フロー値などにより表わすことができる。

(2) 水密性

表層および基層の密粒度アスファルトコンクリートの透水係数は 10^{-6} cm/sec のオーダーを目標とする。透水性については水圧を上昇させると透水量は低下し、たとえば水圧を 1 kg/cm^2 から 15 kg/cm^2 に上昇させると 1×10^{-4} cm/sec だけ透水係数が低下する（大津岐ダム試験結果より）。この現象は温度が高い場合には比較的短時日のうちに永久変形が生じ、低い温度条件下では長期間水圧を受けた場合には、たとえ水圧がそれほど高くなくても同様に永久変形として残ることが予測され、アスファルトフェイスングの止水性は漸次改善されてゆく性質を有すると考えられる。

3 可撓性

これは堤体の沈下に対して止水壁がいかに順応するかを目安であり、可撓試験におけるたわみの曲率半径などによって検討を行なう。

(4) 耐久性

これは気象の変化、浸水などによってアスファルトコンクリートの性質がどのように変化するかを検討する。

5.1 合材の試験

(1) アスファルト

アスファルトコンクリートに用いるストレートアスファルトについては、大津岐、二の倉ダムおよび現地の気象条件を勘案して針入度60~80を使用する。この材料についての試験結果は表-4のとおりである。

(2) 骨材

骨材については現場付近で採取できるものの使用可否について試験を行なったが、規格値以下であったためダムサイトより26 km 下流の黒磯町にて採取している骨材

表-4 アスファルトの試験表

| 項目 | 試験結果 | 項目 | 試験結果 |
|-------------|-------|---------------|------|
| 比重(25/25°C) | 1.025 | 加熱後の針入度の減少(%) | 9.7 |
| 軟化点(°C) | 49.5 | 引火点(°C) | 311 |
| 針入度(25°C) | 71 | 四塩化炭素可溶分(%Wt) | 99.8 |
| 伸度(cm 15°C) | +100 | 針入度指数 | -0.5 |
| 蒸発減量(%Wt) | 0.05 | | |

表-5 骨材の試験表

| 試験項目 | 砕石4号 | 砕石5号 | 砕石6号 | 砕石7号 | スクリーニングス | 備考 |
|--------------|-------|-------|-------|-------|----------|--------|
| 表乾比重 | 2.653 | 2.654 | 2.636 | 2.610 | 2.641 | 黒磯町晩翠橋 |
| 吸水率(%) | 2.10 | 2.15 | 2.56 | 2.41 | 2.48 | 〃 |
| ロスアンゼルス減量(%) | 36.3 | 19.9 | 24.2 | 26.3 | — | 〃 |
| 洗い減量(%) | 0.2 | 0.3 | 0.1 | 0.3 | 11.7 | 〃 |

表-6 標準配合表(重量百分率)

| 種類 | 材料 | 砕石4号(%) | 砕石5号(%) | 砕石6号(%) | 砕石7号(%) | スクリーニングス(%) | フィラー(%) | アスファルト(%) | 備考 |
|-------|------|---------|---------|---------|---------|-------------|---------|-----------|---------|
| 粗粒度 | アスコン | | 28.5 | 27.6 | 17.2 | 21.7 | | 5.0 | |
| 基層細粒度 | アスコン | | | 28.5 | 17.5 | 40.3 | 5.7 | 8.0 | |
| 密粒度 | アスコン | | | 36.3 | 22.7 | 26.2 | 5.8 | 8.0 | アスベスト1% |
| 開粒度 | アスコン | 30.7 | 21.6 | 22.1 | 12.5 | 9.1 | | 4.0 | |
| 表層細粒度 | アスコン | | | 28.0 | 17.2 | 39.8 | 5.5 | 8.5 | アスベスト1% |

を使用する。骨材の試験結果は表-5のとおりである。

(3) フィラー

フィラーは比重2.6以上、0.6mmフルイ通過が100%、0.074mmフルイ通過が70%以上、含水量1%以下で団粒のないものを使用する。

5.2 配合設計

アスファルト層は水圧、波圧、洗掘侵食に耐え、また寒暑、乾湿、凍結融解などのきびしい気象条件にも抵抗しなければならないので、合材は十分締め固められて安定性、耐久性があり、外力、気象、基礎の条件に適したものでなければならない。また混合、数均し、締固め、表面仕上げの各作業が容易で、材料の分離を起こさず均一な層を造り、所要の平坦性が得られるようワーカビリティ、フィニッシュビリティのあるものでなければならない。上記の条件を満足するため、標準曲線より検討を行なった結果、表-6の標準配合を決定した。

(1) アスファルトコンクリート

アスファルトコンクリートには表-6のごとく5種類あり、現場における配合については同表を基準とし配合試験を行なって、各設計条件を満足するよう配分を修正する。

(2) プライムコート

プライムコートはアスファルト止水壁の上に舗設する薄層であり、アスファルトコンクリートの保護と水密性の増補を目的とするため、耐久性ならびに表層アスファルトに十分浸透、接着するような粘性と、高温時斜面上における安定性が要求される。

表層材料としては

- イ) フィラー性アスファルト
- ロ) 乳剤
- ハ) フリントコート
- ニ) エポキシ系塗料

が考えられる。これらについての耐候性、安定性および圧入による漏水性を検討し、その結果に基づいてプライムコート用材料を選定する。その結果、厚さの比較的厚いフィラー性アスファルトが最適であると判断される。この配合は表-7のとおりである。

表-7 プライムコート標準配合表(重量百分率)

| フィラー | アスベスト | アスファルト | 備考 |
|------|-------|--------|----|
| 57% | 3% | 40% | |

5.3 舗装厚さの決定

舗装厚さについては、つぎの条件を満足するように決定した。

(1) 耐久性に対する厚さ

設計基準第21条により6cm以上とする。

(2) 不透水性に対する厚さ

止水壁の表層はその目的から透水係数は0であることが望ましいが、実際は困難である。そこで、ダムの許容漏水量を設計基準に従い

① 1日当り総貯水量の1/2,000以下

すなわち、

$$25,800,000 \times \frac{1}{2,000} = 12,900 \text{ m}^3/\text{day}$$

② 流入量の1/100以下

すなわち

$$4.0 \text{ m}^3/\text{sec} \times \frac{1}{100} = 0.04 \text{ m}^3/\text{sec} = 3,465 \text{ m}^3/\text{day}$$

この漏水量はダム全体の許容漏水量であり、フェインングからの漏水量を全体の1/3とすれば

①...4,300 m³/day

②...1,155 m³/day

となる。

いま、止水層の透水係数を 5×10^{-8} cm/sec とする

と、図-8より任意の水頭 h における漏水量 Q は

$$Q = \frac{k \cdot A \cdot h}{t} \quad (\text{cm}^3/\text{sec})$$

ここに、 A : h における面積

t : 止水層の平均厚さ 12 cm

で表わされる。これよりダム軸方向の単位幅当りの全漏水量は

$$dQ = \frac{k \cdot dA \cdot h}{t} = \frac{k \cdot \sqrt{4.6} \cdot dh \cdot b \cdot h}{t}$$

$$dA = \sqrt{4.6} \cdot dh \cdot b \quad (b = \text{単位幅で } 100\text{cm とする。})$$

$$Q = \int_0^{h_2} dQ = \int_0^{h_2} \frac{k \cdot \sqrt{4.6} \cdot b \cdot h \cdot dh}{t}$$

$$= \int_0^{h_2} \frac{5 \times 10^{-8} \times \sqrt{4.6} \times 100 \times h}{12} \cdot dh$$

$h_2 = 65\text{ m}$ であるから

$$Q = \frac{1}{2} \times 8.95 \times 10^{-7} \times (6,500)^2 = 18.9 \text{ cm}^3/\text{sec}$$

となり、斜面のダム方向における平均幅を 280 m とすれば、斜面全体からの漏水量は

$$18.9 \times 280 = 5,292 \text{ cm}^3/\text{sec} = 457 \text{ m}^3/\text{day}$$

となり、許容最大漏水量に対して十分小さい。

以上の計算から施工誤差を含めても 60 mm 程度あれば十分であるが、ダムのような重要な構造物は 2 層に分けて入念に施工する必要があるので、1 層の厚さを 60 mm とし、2 層で 120 mm の止水層を施工する。

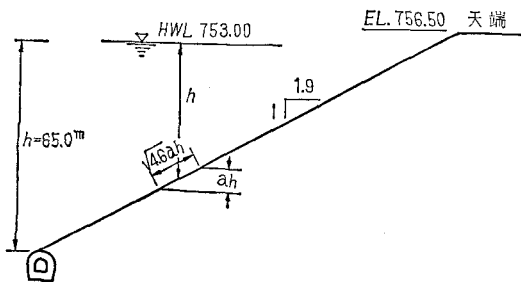


図-9 漏水量計算図

(3) 透水層の厚さ (中間層)

透水層は表層より漏水してくる水をキャッチして監査廊に導くもので、透水係数は 10^{-2} cm/sec 程度の開粒度アスコンを使用する。また、万一表層に亀裂が生じた場合でも侵入水はこの層を流下して監査廊にはいるので、破壊箇所を推定することができる。

透水層の K を $5 \times 10^{-2} \text{ cm/sec}$ とすると、最深部斜面先における単位幅当りの排水量は前項の計算より $18.9 \text{ m}^3/\text{sec}$ であるから

$$Q = k \cdot A \cdot i = (5 \times 10^{-2}) \times \frac{1}{2} \times 100 \times t = 18.9$$

ここに、 i : 動水コウ配で近似的に $1/2$ とする

A : 断面積 $A \times b = 100 \times t$

t : 最深部での所要厚さ

ゆえに、 $t = 7.6 \text{ cm}$ となるが、施工誤差を含めて 8 cm とする。

(4) 水圧に対する厚さ (全厚)

設計基準より

$$T_h = 60 \cdot \sqrt{P/\sigma_B} \cdot \alpha \cdot F_s$$

ここに、 T_h : 最深部における全厚

P : 最深部における水圧

$$67 \text{ m} = 6.7 \text{ kg/cm}^2$$

σ_B : 合材の設計曲げ強度 15 kg/cm^2

α : 舗装地盤下に発生する空洞による係数 0.5

F_s : 安全率 $1.0 \sim 1.5$ で 1.2 とする。

$$T_h = 60 \sqrt{6.7/15} \times 0.5 \times 1.2 = 24.1 \text{ cm}$$

上記の厚さに施工許容誤差 (設計厚さの $10\% + 0.3$) をみると

$$24.1 + (24.1 \times 0.1 + 0.3) = 27 \text{ cm} < 32 \text{ cm}$$

(α については設計基準では空洞が直径 1 m 程度と仮定して 1 となっているが、ロックフィルダムのようにアスファルトの基礎部分が十分締め固められて安定し、かつ吸出し等によるロックの移動および不等沈下は考えられないので、 1 m の空洞を考慮する α は安全すぎると思われるので 0.5 とする。)

(5) 斜面コウ配に対する安定厚さ (全厚)

設計基準より

$$T_h \cdot \gamma_b \cdot \sin \alpha \leq C_c + T_h \cdot \gamma_b \cdot \cos \alpha \cdot \tan \phi$$

ここに、 T_h : 舗装厚さ 32 cm

α : 斜面コウ配 $26^\circ 45'$ ($1:1.9$)

γ_b : 舗装体の密度 平均 2.24

ϕ : 舗装体の内部マサツ角 $32^\circ 00'$

C_c : 舗装体の有効粘着力 1.1 kg/cm^2

$$\text{左辺} = 32 \times 2.24 \times 0.45 = 32.2$$

$$\text{右辺} = 1.1 + 32 \times 2.24 \times 0.893 \times 0.625 = 41.1$$

ゆえに安定である。

5.4 施工断面の決定

以上の計算より施工断面を図-10のとおり決定する。また、カットオフ取付部分においてはフィニッシャの施工が困難なため初期転圧が十分行なわれにくいので、安全を期して保護層を施工する。保護層の厚さは細粒度アスコンで、厚さは 6 cm とする。

5.5 施工管理

(1) 一般

アスファルトの施工管理については設計基準に基づき下記の項目について行なう。

- ① 使用材料
- ② 混合温度および合材の試験
- ③ まき出し温度
- ④ 施工後の密度
- ⑤ 配合分析
- ⑥ 透水試験

表-8 アスファルト施工面積

| 層 別 | 内 容 また は 種 類 | 施 工 面 積 (m ²) | 設 計 厚 (mm) | 摘 要 |
|----------------|----------------------|------------------------------|--|-----------------------------|
| トランシジョン 基 層 | 不陸整形, 殺草剤撒布, プライムコート | 42,600 | 平均35 60 60 80 60 60 60 60 | 殺草剤 2 l/m ² |
| | 粗粒度アスコン (バインダ) | 42,600 | | 83 kg/m ² |
| | 細粒度アスコン (レベリング) | 42,600 | | 140 kg/m ² |
| | 密粒度アスコン | 42,600 | | タックコート 0.1 l/m ² |
| 中 間 表 層 | 開粒度アスコン | 42,600 | 80 | 〃 |
| | 密粒度アスコン | 42,600 | 60 | 〃 |
| | 細粒度アスコン | 42,600 | 60 | 〃 |
| 保 護 層 | 細粒度アスコン | 3,300 | 60 | カットオフ取付部のみ |
| | アスファルトマスチック | 42,600 | 2 | |

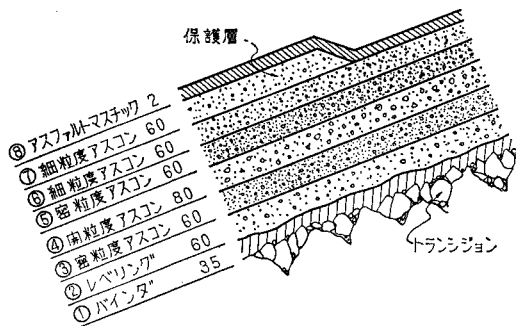


図-10 アスファルト止水壁 (単位: mm)

⑦ ジョイントにおける真空テスト

(2) 試 験

① 使用材料

② アスファルト

アスファルトは出荷に先立ち、製造 50 t ごとに品質管理を行なう。また、入荷ごとに針入度および軟化点について JIS 規格に従って試験を行なう。

b) フィラー

フィラーは工場出荷に先立ち、50 t ごとに品質管理を行なう。

c) アスベスト

アスベストは工場出荷に先立ち、品質管理を行なう。

d) 骨 材

骨材については入荷ごとに比重、含水量および粒度試験を行なう。

② 混合温度および合材の試験

a) 混合温度

混合温度は標準として細、密粒度アスコンは 180°C、粗、開粒度アスコンは 150°C とする。また、混合プラントにおける温度測定箇所および回数は表-9 のとおりである。

b) 合材の試験

合材はミキサの吐出し口において標準的と思われる資料を1日1回以上採取し、アスファルト抽出法による配合分析試験およびマーシャル試験法による突固め試験法

表-9 温度測定箇所

| 種 類 | 温 度 測 定 個 所 | 測 定 回 数 |
|-----------------------|---------------------------|-------------------------------|
| アスファルト フィラー 混合物 | 溶解タンクからの取出し口 混合物吐出しホッパ | 1 時間に 1 回 以上 適時 運搬車毎 |

によって、密度、空隙率、安定度およびフロー値の測定を行なう。抽出試験に用いる資料は1回につき約 3 kg とする。また、突固めの試験の供試体は3個以上とし、供試体成型時突固めの回数は両面25回とする。

③ まき出し温度

敷き上げ開始直前の合材の測温は各ダンパごとにフィニッシャー内において2回以上行なう。初期転圧温度は表-11の範囲内で行なう。

表-10 まき出し温度

| 混 合 物 | 標 準 温 度 | 最 低 温 度 |
|------------|---------|---------|
| 粗, 開粒度アスコン | 130°C | 110°C |
| 細, 密粒度アスコン | 160°C | 150°C |

表-11 初期転圧温度

| 混 合 物 | 初 期 転 圧 温 度 | 備 考 |
|------------|-------------|-----|
| 粗, 開粒度アスコン | 80±5°C | |
| 細, 密粒度アスコン | 120±5°C | |

敷き上げ後直ちに転圧ができなかった場合には、転圧前に敷き上げられた合材の温度を測定する。

④ 施工後の密度

供試体の採取は舗設後24時間以上経過したら、1日1回の割合で機械によりコアの採取を行ない、厚さ、密度および配合分析試験、透水試験を行なう。また、表層細粒度アスコン舗設後ジョイントに沿い、原則としてジョイント延長 5 m ごとに真空試験を行なう。

6. 基礎処理

6.1 一 般

ダムの基礎処理としてはつぎの方法が考えられる。

- (1) カットオフ基礎における河床部、左右岸部の堆積物、風化岩の除去
- (2) カットオフ基礎における断層処理
- (3) 堤体基礎部分の軟弱層の掘削除去
- (4) カットオフにおけるカーテングラウト

6.2 基礎処理

(1) カットオフ基礎掘削

カットオフの基礎は構造物を十分安全に支持できる岩盤に取りつける必要がある。したがって、河床部は12m程度の砂礫堆積物を取り除き、カットオフの安定上4m程度岩盤内に挿入する。

(2) カットオフの基礎における断層処理

地質縦断図にあるごとく各所に小さい断層があり、この外にも未確認の小断層があると思われる。これらの断層の支持力については問題はないが、カットオフの断面と水深を比較すると動水コウ配が非常に大きいためパイピング現象を起こす可能性があるため、カーテングラウトまたはコンクリートの置換により処理する。

(3) 堤体の基礎掘削

堤体基礎のうち河床部はかなりよく締まった砂礫層からなっているので掘削を考慮する必要はない(河床部分は載荷試験で沈下量の測定を行なった結果、堤体の安定上問題はない)。左岸は岩盤の表層は風化されているが、ロックゾーンを十分支持できるので、ごくルーズな表層のみを去除く。右岸の崖錐堆積物は粘土部分の圧密、流亡等による堤体の沈下が憂慮されるので去除く。

(4) カーテングラウト

① 孔配置

カーテングラウトはカットオフの軸線上にコンクリート打設後に施工する。孔間隔は0.75mで2mの3列千鳥とし、センターを中心として上下流共約1°程度傾斜させる。

② 深さ

グラウトの深さについては設計基準を参考とし、次式により算定した。

$$L = H/3 + C \quad (C = 20 \text{ m})$$

この式より水深別の深さは表-12のとおりである。また、グラウトの方法としては、岩質およびグラウトテストの結果より勘案してステージ工法を採用した。

③ グラウトの濃度および注入圧力

各ステージにおけるグラウトの初期濃度は、水押しテストによる透水量の結果より表-13を参考として決定する。

また、注入圧力については高いほどよいが、岩質および被りにより調整する必要がある。注入圧力に対する慣行の基準は、主として岩盤の被りに対して経験上定められたものが多く、その範囲は被り1m当り0.2~1.0kg/cm²となっている。また、最近の例では注入量を厳密に管理して被り1mに対して2kg/cm²まで圧力をかけた例もある(黒四ダム)。しかし、現地におけるグラウトテストより判断して、各ステージ毎の最大圧力を表-14のとおり決定する。

表-12 水深によるステージ長

| 水深 | グラウト長 | 第1ステージ | 第2ステージ | 第3ステージ | 第4ステージ | 第5ステージ |
|-----|-------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 70m | 45m | 5m | 5m | 10m | 10m | 15m |
| 50 | 40 | 5 | 5 | 10 | 10 | 10 |
| 40 | 35 | 5 | 5 | 10 | 15 | |
| 30 | 30 | 5 | 5 | 10 | 10 | |
| 15 | 25 | 5 | 5 | 15 | | |
| 0 | 20 | 5 | 5 | 10 | | |

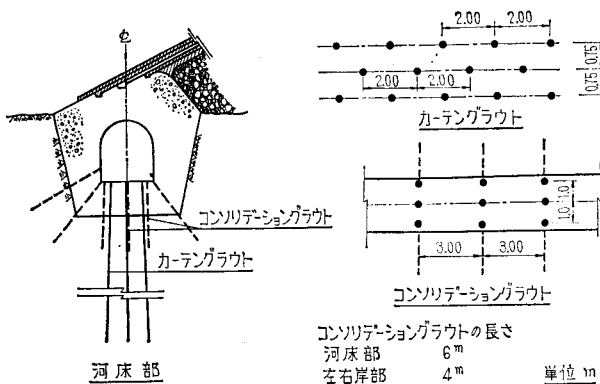


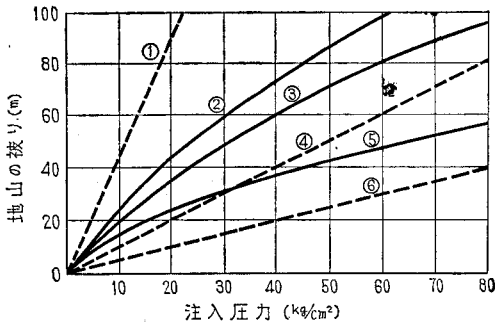
図-11 グラウト施工図

表-13 透水量による初期濃度

| ステージ | 透水量 | | | | | | 備考 |
|------|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|-----------|
| | 0~100 l | 100~200 l | 200~400 l | 400~600 l | 600~800 l | 800 l 以上 | |
| 1 | 10:1 | 8:1 | 6:1 | 4:1 | 2:1 | 2:1 | 透水量は5分間の量 |
| 2 | 10:1 | 8:1 | 6:1 | 4:1 | 2:1 | 2:1 | |
| 3 | 10:1 | 10:1 | 8:1 | 8:1 | 6:1 | 4:1 | |
| 4 | 10:1 | 10:1 | 8:1 | 8:1 | 6:1 | 4:1 | |
| 5 | 10:1 | 10:1 | 8:1 | 8:1 | 6:1 | 4:1 | |

表-14 各ステージの最大圧力

| ステージ | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|----------------------------|---|----|----|----|----|
| 最大圧力 (kg/cm ²) | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 |



- ① アメリカ開拓局における経験的法則
- ② 層状の基礎
- ③ 与えられた標高以上はグラウトされた基礎
- ④ イタリアで使用されている法則
- ⑤ 塊状の基礎
- ⑥ 岩質がよく注入量が 1~2 l/min/m に押えられる場合

図-12 地山の被りと注入圧力

7. 堤体観測施設

施工中の安全管理および施工後の堤体内の変化を観測するため計器を埋設し、あわせて計算、模型実験による諸数値と実測値を比較することにより、設計方法の妥当性を確認する。

すなわち4.3.(1)で記述したごとくロック材料のみの安定計算方法は、臨界円による円形すべり面法によって断面を計算し、振動実験によってチェックする方法をとった。しかるに近年マトリックスの有限要素法による解析が研究され、この計算がダム内部応力の解析にも応用されてきた。本ダムにおいても、この方法における計算結果を確認できる位置に計測器を埋設して変位を測定する。

計測器の種類は下記のとおりである。

7.1 変位測定装置

(1) 加速度計 (1成分および3成分)

堤体内部、堤体下流ノリ先および左右岸地山

(2) 動的相対変位計

下流ノリ面および堤体内部

(3) 静的変位測定装置

標高 736.5 m および 716.5 m

(4) 層別沈下計

ダムのセンターに2箇所

7.2 土圧計

(1) 動的土圧計

標高 736.5 m および 716.5 m

その他、アスファルトよりの漏水を測定するため、ポンプ室に漏水量測定装置を設置する。

8. 施工計画

8.1 仮設備計画

ダムサイト周辺の仮設備計画は図-16のとおりである。

(1) 仮排水路

仮排水路の通水断面は既往の降雨量をもとにして 395 m³/sec を採用した。施工方法は地質が2.2で述べたごとく流紋岩で亀裂が発達していること、断面が大きいことなどにより導坑先進上部半断面逆巻工法を採用した。施工延長 380 m、掘削断面積 70 m² である。また、プラグの位置より上流 150 m、下流 20 m の区間は補強のためにコンタクトグラウトを施工した。

(2) 仮締切ダム

仮締切ダムは仮排水路直下流に堤体掘削土砂を利用して築堤した。全般的にダムサイトは河床堆積層が 8~10 m あり、地表水は少ないが相当量の伏流水がみられる。この河床堆積層に止水壁を造る方法として種々検討した結果、工費的な面および工期的な点より施工も簡単でかつ機械も築堤に転用できる工法として水替を行ないながら掘削して粘土で掘削部分を填充する方法をとった。

8.2 堤体

(1) 原石山

原石山は右岸余水吐に引続いた屋根の部分で、材質は安山岩質火山礫凝灰岩および凝灰角礫岩である。

ロックの採取方法は岩の亀裂の状態、使用ロックの大

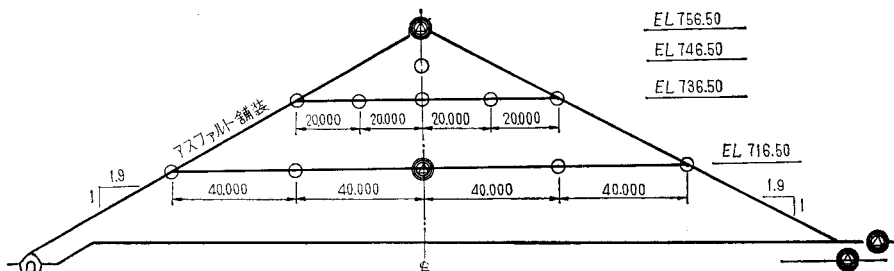


図-13 加速度計設置箇所

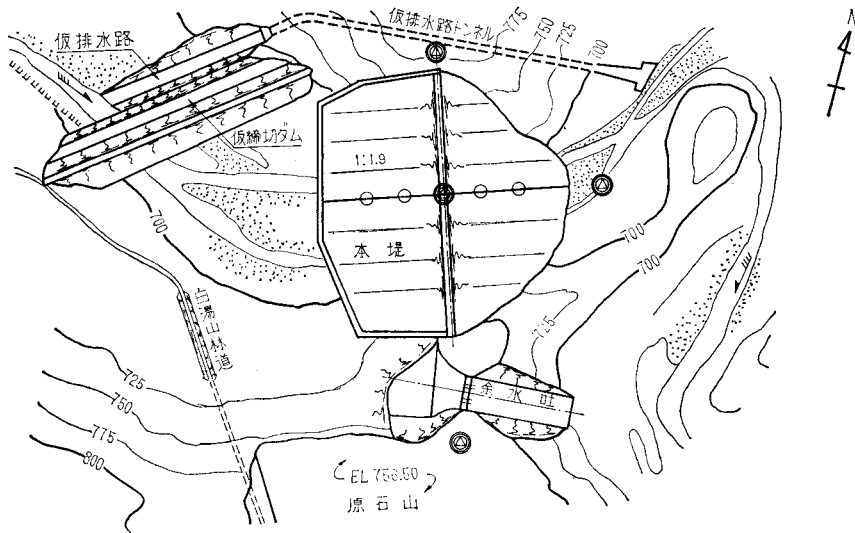


図-14 加速度計設置個所

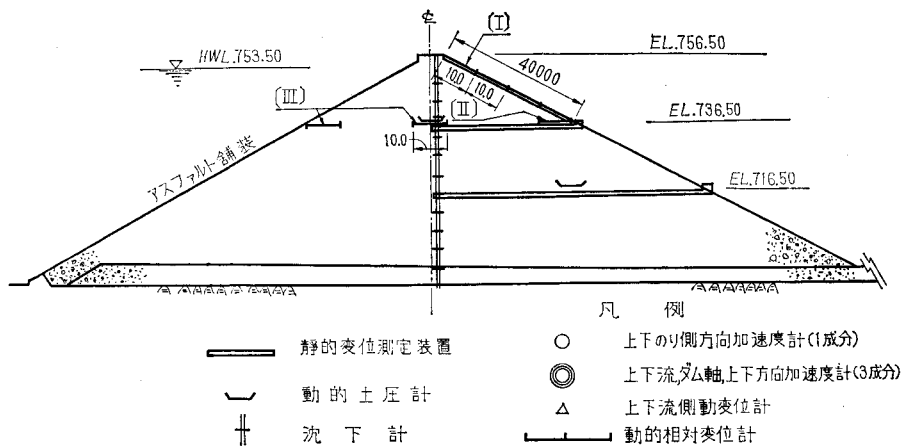


図-15 変位計設置個所

きさなどにより坑導式とベンチ式に分けられる。

① ベンチカット工法の長所

ベンチカット工法は岩質およびベンチの高低によって適正な孔間隔が決められ、したがって、爆破岩石の粒度分布を均一にすることが可能である。坑導式の場合 H/W (高さと最小抵抗線の比) が1以上の場合には粒度を均一にすることが困難であり、ときには相当な大塊のできる場合もある。

ベンチ式は削孔本数が数10本に及ぶため、爆破区域の岩の硬軟および岩質を適確に把握することができ、薬量の決定を合理的に行なうことができる。装薬作業も坑導式に比べ容易である。

② ベンチカット工法の短所

ベンチカット工法の場合には掘削機械の搬入、その他工法上平坦なベンチが必要であり、その造成は地形が急峻な場合困難が多い。爆破に際して大型セン孔機械のたびたびの退避が手数のかかる作業である。

以上、どちらの工法にも長短があるが、アスファルトフェイシングダムに使用するという目的から均一粒度を得やすいこと、原石山がダムの近くにあるため坑導式発破の場合は振動で構造物に悪影響を及ぼすおそれがあることなどを勘案してベンチカット工法を採用した。

③ 使用材料強度の決定

ベンチ造成のため表土を取除いたのち事前カットを行なって不良岩を除去する。この不良岩の判定にあたってはつぎのような計算を行なって使用材料最低強度の目安とした。

堤高 65 m (河床砂礫以上)

密度 1.8 t/m³

いま、主応力を垂直荷重に等しいとすれば

$$\sigma_1 = 65 \times 1.8 = 117 \text{ t/m}^2 = 11.7 \text{ kg/cm}^2$$

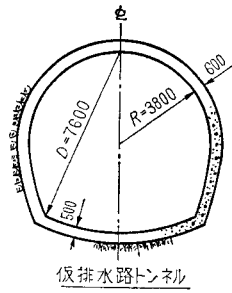
地震時の荷重として垂直震度を水平震度の20%とすれば

$$K_V = 0.2 \cdot K_h = 0.2 \times 0.15 = 0.03$$

$$\sigma_2 = 0.03 \times 65 \times 1.8 = 3.5 \text{ t/m}^2$$

凡 例

| | |
|---|------------|
| 1 | 受電所(業者持) |
| 2 | アスファルトプラント |
| 3 | コンプレッサ |
| 4 | 投光器 |
| 5 | 揚水ポンプ |
| 6 | 宿舎 |
| 7 | モータープール |
| 8 | 揚水タンク |



最大通水量 395 m³/s
 通水断面 42.7 m²
 延長 390 m
 こう配 1/100

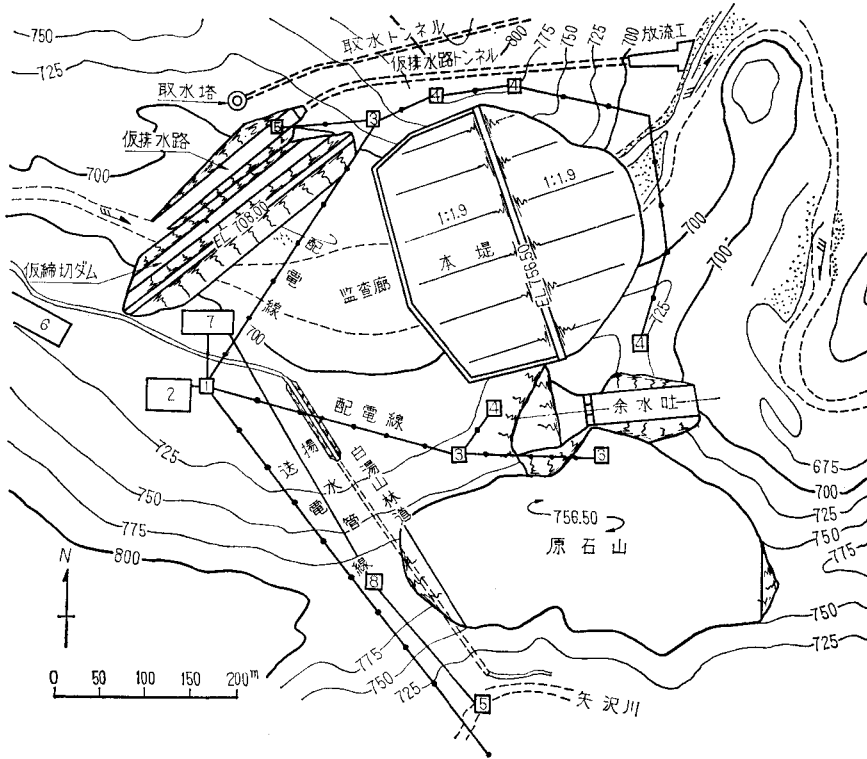


図-16 仮設備図

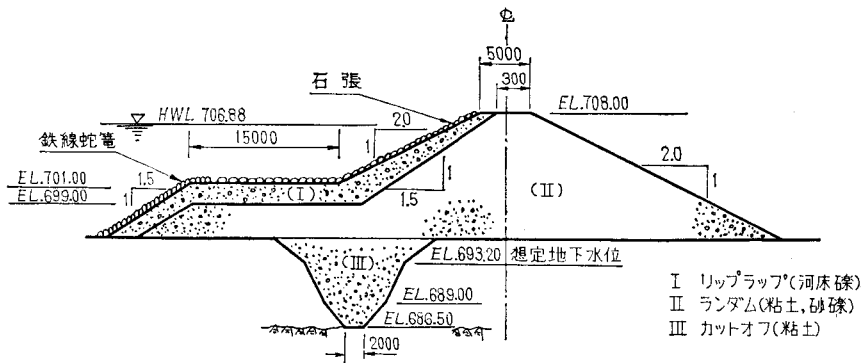


図-17

$= 0.35 \text{ kg/cm}^2$

$\sigma = 11.7 + 0.35 = 12.05 \text{ kg/cm}^2$

貯水圧は垂直にかかるものとすれば、ダム中心部の荷重が最大となるので、この点における主応力は

となる。
 個々のロック材料は接触面積が小さいので集中応力を

受ける。集中応力は各接点において主応力の3倍はたらくものともれば主応力の最大は

$$\sigma_{max} = 12.05 \times 3 = 36.15 \text{ kg/cm}^2$$

である。ロックの安全率を8とすれば、圧縮強度は300 kg/cm²以上であればよいことになる。

いま、ロック材の試験結果をみると

新鮮 700 kg/cm²以上

やや風化 300 kg/cm²程度

風化 200 kg/cm²以下

に分けられる。ゆえに新鮮なものはダム上流側および下流側ノリ面付近、やや風化のものは下流堤体内部の風化などの影響を受けない場所、風化部分は不良岩としてウェストする。

④ 採取

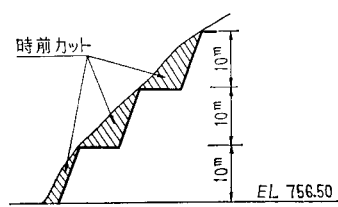
ベンチカット工法におけるベンチの高さは10mを基準とし、孔間隔は2mの千鳥、最小抵抗線を2mとして行なう。また、掘削面をできるだけ平坦に仕上げるためスネークホールも施工する。

火薬については、近年さかんに使用されているANFO (Anmonume Nitrate Fuel Oil) を主として使用する。また、起爆用としては3号桐を1個あたり300g使用する。

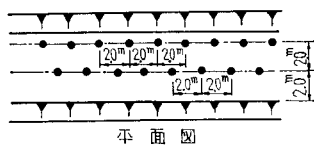
(2) 築堤

前述のごとく、アスファルトフェイスングタイプにおいては沈下の問題が最も重要視される。とくにアスファルトの可撓性を越える沈下は亀裂を生じ、漏水の原因となるので十分注意しなければならない。このため、アスファルトの背面は不等沈下を起こさせないように粒度のよいロックを薄くまき出し、十分転圧する必要がある。

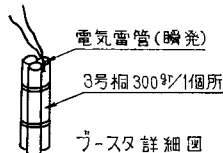
また、カットオフ背面の盛立てにおいても入念に施工



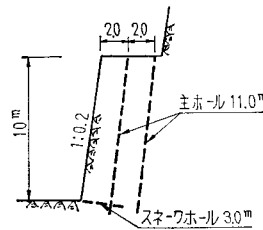
側面図



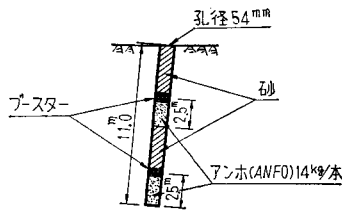
平面図



アースタ詳細図



孔配置図



装薬詳細図

図-18 ベンチカット

表-15 盛立て基準

| 名称 | Zone I | Zone II | Zone III |
|--------|-------------|-------------|-------------|
| 最大粒径 | 1,000 mm | 800 mm | 500 mm |
| まき出し厚さ | 1.2m | 1.0m | 0.8m |
| 転圧回数 | 4回 | 6回 | 6回 |
| 転圧機械 | 10.5t 振動ローラ | 10.5t 振動ローラ | 10.5t 振動ローラ |

する必要がある。すなわち、岩盤上にあるコンクリートのカットオフと盛立て材料では弾性係数が大きく異なり、このため水圧を受けた場合沈下量もカットオフに比べ極端に大きいので接続部のアスファルトに亀裂のはいるおそれが十分ある。

以上の点より最大粒径、まき出し厚さ、転圧回数および転圧機械の検討を行なった結果、盛立て基準を表-15のとおり決定する。

(3) 冬期における盛立て

冬期の盛立てについては降雪、凍結等のため締固めが十分できず、融雪により大きな沈下を生ずることが懸念される。しかし、外国の施工例より見ると降雪については適当な方法で除雪することにより融雪後の沈下は夏期における施工とほとんど変わりなく、また凍結については堤体内の温度変化も表面より10m程度であり、とくに撒水による締固め作業を行なわなければほとんど影響がないという結果より、現地の降雪状態や気温の測定結果を検討して冬期も盛立てを行なうことに決定した。

8.3 アスファルト

斜面舗装の施工方法はダムの規模、形状、その他現場の特殊条件によって異なり、したがって使用する機械もこれにより違ってくる。いずれにしても平坦部の施工と異なり、斜面でしかもダムの最も重要な部分である止水壁を造るためには精度の高いものが要求されるので、高度な技術とそれ相応の設備を備えたものが必要となってくる。

(1) 施工条件

混合物の舗設は気温の低いときや雨天の場合は施工できない。また夜間は斜面上での作業が危険を伴うため、施工が困難である。このような条件を勘案した当地区における施工期間は5月～11月までで、月当り稼働日数は18日とした。

(2) 基盤の不陸整形および転圧

アスファルトの舗設に先立って、ロックの表面を碎石で目潰しを行なって斜面転圧し不陸の整形をするとともに有害物の除去、殺草剤(5%塩素酸ソーダを2l/m²)撒布する。とくにノリ面付近の転圧が十分

行なわれにくいので規定ノリ面より約1m 張出し 11 t 級振動ローラでダム本体と同じに水平転圧を行なった後、クラムシェルまたはバックホーで張出した部分のロックを引上げる。また、規定のノリ面より大きく張出しているロックは、ブレーカにより小割して整形する。ノリ面整形が完了後再度 11 t 級の振動ローラをウィンチポータルで上下させて2回転圧する。

(3) 混 合

舗設は工期、面積より検討して2カ年で施工することとした。1年目は46年5月～46年11月、2年目は47年5月～47年11月までとし、1年間の稼働日数は204日(稼働率60%)である。アスファルトプラントはこの工期間で全面積を施工できる40 t/hの混合能力をもつもので、型式は全自動直接加熱式を採用した。骨材貯蔵所は6 m×12 mの区画6個をもち、高さ2 mの仕切壁で区分した。

(4) バインダ層の施工

基盤の転圧、不陸整形、清掃が完了すれば、プライムコートを撒布する。プライムコートに使用する歴青材料はアスファルト乳剤で、その撒布量は2 l/m²程度である。撒布にはエンジンブレーを使用する。撒布が完了したならばこの上にバインダ層を舗設する。この時点ではフィニッシャが斜面にはいれないので、混合物は天端から斜面用運搬車(ダンパ)で舗設場所まで運搬し、人力で敷き拡げる。転圧は1 tの振動ローラで1次および2次転圧を行なう。

(5) 基層アスコン

基層アスコンの施工に先立ちバインダ層の上に舗装面のよごれを清掃するためタックコートを施工する。タックコートはカットバックアスファルト(ガソリン60%、アスファルト乳剤40%)を使用し、手動式噴霧器にて0.1 l/m²程度撒布する。

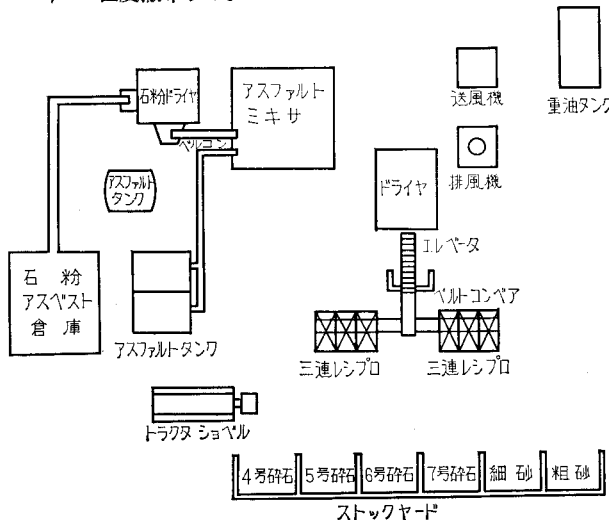


図-19 アスファルトプラント配置図

基層アスコンは表-6の配合の混合物を6 cm 2層に施工する。混合物はダンパで運搬され、敷き拡げは斜面用のフィニッシャにより下方から上方へ1～2 m/minの速度でまき出す。まき出された混合物はただちに1 t振動ローラで1次、2次および3次まで転圧する。また施工継目は十分な管理試験を行ない、不良箇所はジョイントヒータ、ジョイントタンパで補修する。

(6) 開粒度アスコン

基層アスコンに準ずる。

(7) 表層アスコン

基層アスコンに準ずる。また、各層とも施工継目は下層部の継目と少なくとも50 cmは離さなければならない。

横継目は原則として設けないが、やむを得ない事情により作業が中断し、その個所が冷却固化した場合は終端部を垂直な直線状に切り除き、ダックコートを完全に施してから新旧混合物が密着するように施工する。

(8) シールコート

表層アスコンが完了後、アスファルトマスタックを平均2 mmの厚さに塗布して止水層の表面を保護する。マスタックはプラントで混合したものをアスファルトクッカーに移し、十分加熱混合してから斜面用のスキーザで塗布する。

(9) 各種機械の能力算定

① アスファルトプラントの規模

アスファルトプラントの規模は次式により決定した。

$$Q = \frac{A \cdot t \cdot \gamma}{h \cdot (D - d)} \cdot \alpha$$

ここで、Q: 1時間当りの所要混合量 t/h

A: 舗装面積 22,348 m² (46年度分)

t: 舗装厚さ 0.357 m (シールコートを含む)

γ: 舗装体の密度 2.35 t/m³

h: 1日の実稼働時間 7hr

D: 舗装工期 204日

d: 雨天休日などの日数 81日

α: プラント係数 1.9

$$Q = \frac{22,348 \times 0.357 \times 2.35}{7 \times (204 - 81)} \times 1.6 = 34.8 \text{ t/h}$$

ゆえに、プラントは40 t/hとする。

40 t/h能力のプラントを使用した場合の日当り混合量は

$$40 \text{ t/h} \times 7 \text{ h/day} \times 0.75 = 210 \text{ t/day}$$

である。ただし、作業効率を0.75とする。

② プライムコートの施工能力

プライムコートはエンジンブレー(30 l/min)で撒布する。日当り施工量は

$$Q = 30 \text{ l/min} \times 60 \times 0.8 \times \frac{1}{2} \times 7 \text{ h/day} = 5,040 \text{ m}^3/\text{day}$$

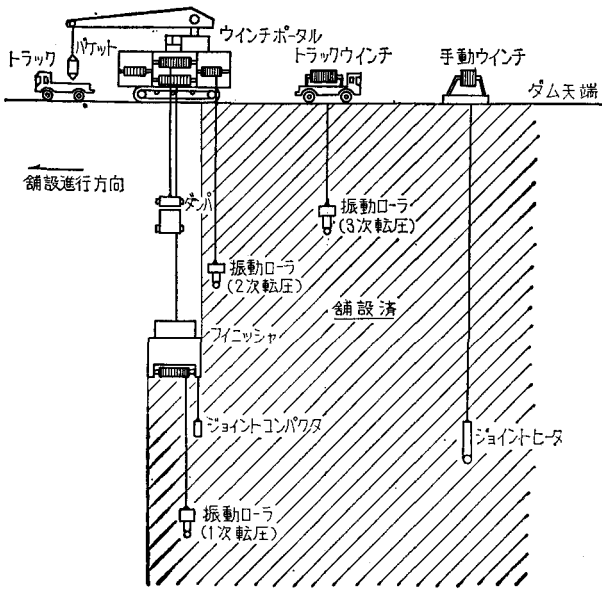


図-20 舗設機械配置図

ただし2回撒布とする。

③ タックコート

タックコートに使用するカットバックアスファルトは手動式スプレーを用いて撒布する。土工4名で日当り作業量は1,200 m²とする。

④ バインダ層 (粗粒度アスコン)

粗粒度アスコンの日当り施工量はダンプの能力を基準とする (アスファルトプラントが舗設場所の近くにありダンプまでの運搬には制約を受けない場合)。すなわち、全体の工程を勘案すると日当り作業時間は8時間となるので、これによる作業能力は

a) プラント

$$Q_P = (40 \times 7 + 40 \times 1 \times 0.8) \times 0.75 = 232 \text{ t/day}$$

b) ダンプ

$$Q_D = \frac{q_D \cdot 60 \cdot E}{C_m}$$

ここで、 Q_D : ダンプの時間当り運搬量 t/h

q_D : ダンプの積載量 3.5 t

E : 作業効率 $E_1 \times E_2$

E_1 : 作業係数 0.8

E_2 : 組合せ係数 0.9

C_m : サイクルタイム $T_1 + T_2 + T_3 + T_4$

T_1 : 積込時間 2.5 min

T_2 : 下り時間 $L/V = 34\text{m}/30\text{m}/\text{min} = 1.1\text{min}$

L : 平均運搬距離

V : 平均運搬速度

T_3 : 上り時間

$$L/V = 34\text{m}/60\text{m}/\text{min} = 0.6\text{min}$$

T_4 : 卸時間 1.0 min

$$Q_D = \frac{3.5 \times 60 \times 0.72}{5.2} = 29.1 \text{ t/h}$$

日当り施工量は

$$29.1 \times 6 + 29.1 \times 2 \times 0.8 = 221.2 \text{ t/day}$$

である。ゆえに、ダンプを基準にした場合の施工面積は

$$A = 221.2 \div (2.32 \times 0.035) = 2,665 \text{ m}^2/\text{day}$$

⑤ 基層 (細粒度アスコン)

細粒度アスコンはフィニッシャーでまき出すので、日当り施工能力は下記によりフィニッシャーを基準とする。

a) プラント

$$Q_P = 232 \text{ t/day}$$

b) ダンプ

$$Q_D = 221.2 \text{ t/day}$$

c) フィニッシャー

$$A_F = \frac{L \cdot B \cdot E \cdot 60}{C_m}$$

ここで、 A_F : フィニッシャーの能力 m²/h

L : 舗設の平均ノリ長 68 m

B : フィニッシャーの舗設幅 3m

E : 作業効率 0.8

C_m : サイクルタイム $T_1 + T_2 + T_3 = 53.7 \text{ min}$

T_1 : 上り時間 68 m/1.5 m/min = 45.3 min

T_2 : 下り時間 68 m/20 m/min = 3.4 min

T_3 : 移動その他 5 min

$$A_F = \frac{68 \times 3 \times 0.8 \times 60}{53.7} = 182.3 \text{ m}^2/\text{h}$$

日当り舗設量は

$$182.3 \times 6 + 182.3 \times 2 \times 0.8 = 1,385 \text{ m}^2/\text{day}$$

舗設量は

$$Q_F = A_F \cdot t \cdot \gamma = 1,385 \times 0.06 \times 2.27 = 192 \text{ t/day}$$

ここで、 t : 舗装厚さ 6cm

γ : 舗装体の密度 2.27

⑥ 上層および下層 (密粒度アスコン)

各機械の施工能力は上記のとおりであり、この結果より日当り施工量はフィニッシャーを基準とする。

⑦ マスチック

マスチックはスキューザの能力より日当り施工量を決定する。

$$A_s = \frac{B \cdot E \cdot L \cdot 60}{C_m}$$

ここで、 A_s : スキューザの時間当り施工面積 m²/h

B : スキューザの施工幅 2.4 m

L : 平均ノリ長 68 m

E : 作業効率 0.8

C_m : サイクルタイム $T_1 + T_2 + T_3 = 40$ min

| T_1 : 上り時間 $68 \text{ m} / 3 \text{ m/min} = 22.6$ min

T_2 : 下り時間 $68 \text{ m} / 15 \text{ m/min} = 4.5$ min

T_3 : 積込時間, その他 12.9 min

$$A_s = \frac{2.4 \times 0.8 \times 68 \times 60}{40} = 196 \text{ m}^2/\text{h}$$

日当り施工面積は

$$196 \times 6 + 196 \times 2 \times 0.8 = 1,488 \text{ m}^2/\text{day}$$

(40) アスファルトの2段施工について

フィルダムの斜面舗装という特殊な条件で作業する機械の最大能力はノリ長にして約 100 m (現在国内にある機械について調査した結果) 程度であり, 当ダムのごとく 150 m に及ぶ場合はどうしても 1 回で天端まで施工できないので, 上下の2段に分けて施工することとなる。

この場合問題となるのは, 上部の盛立てのため下部のアスファルトがいかに変形するか, また, この変形がアスファルトの可撓性の限度内であるかということである。このため, 学識経験者の意見, 外国の資料などを参考としてダムの盛立て工法を検討し, 下記の点に重点をおいて施工することとした。

① 46年度上流側の盛立てをできるだけ高くする。

② 上流側ノリ面は上部盛立てのため変形を起こすので, その変形量だけ余盛をする。

③ 上流側ノリ面付近はとくに良質の材料で入念に施工し, 不等沈下を起させないようにする。

2段施工法によるダムの変位量は, マトリックスの有限要素法で計算し, 埋設した計測器により変位量をチェックしながらアスファルトに対する影響を観察する。

9. むすび

当ダムは44年12月仮排水路工事を完了し, 河川の切替

えを行ない, 堤体および原石山の表土掘削工事を実施しているが, 築堤に先立ちロックの盛立て試験を行ない, 設計数値の確認を実施する。

また, アスファルト混合物については現在試験中であり, その結果によっては配合および厚さを再検討することになっている。

本設計にあたって, 斯界の学識経験者, とくに京都大学・沢田教授, 東北大学・河上教授, 電源開発・三国設計室長, 水資源公団・白木理事, 農業土木試験場・中島室長, 農林省農地局・石川補佐, 勝俣設計官および関東農政局・大野地質官の長期にわたる御指導, 三祐コンサルタントインターナショナルおよび大成建設KKの技術陣の援助に対し誌面をかりて厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 土地改良事業計画設計基準「フィルダム」
- 2) 土地改良事業計画設計基準「水利アスファルト」
- 3) 水利アスファルト工学 沢田敏男, 中島保治
- 4) フィルダムの設計と施工 (日本ダム協会)
- 5) スカンジナビヤ諸国のフィルタイプダム 三国英四郎 (大ダム49号)
- 6) 岩盤力学 (土木学会編)
- 7) 大津岐ダムの設計と施工 (発電水力 No 100)
- 8) アスファルト止水壁の設計と施工計画 (土とコンクリート No. 61 号)
- 9) 大津岐ダム止水壁用アスファルトコンクリートの配合設計および試験について (電源開発株式会社)
- 10) The Venemo Asphalt-Faced Rock-Fill Dam (By B. Kjcernsli and L. Torblaa)

有限要素法の利用 (I)

萩 原 靖 之*

| | |
|------------------------|---|
| 目 | 次 |
| § 1 はじめに..... (61) | § 4 有限要素法の Element Matrix..... (64) |
| § 2 有限要素への過程..... (61) | § 5 有限要素法の Joint Stiffness Matrix... (66) |
| § 3 二次元変形法..... (62) | |

§ 1 はじめに

有限要素法 (Finite Element Methode) は構造解析におけるマトリックス手法の一つであって、電子計算機的发展とともに用いられるようになったが、この方法は J. H. ARGYRIS の理論を基礎としており、昭和 30 年ごろ米国の TURNER, CLOUGH が航空機の主翼の応力解析に用いたのを起源に徐々に体系化され、昭和 35 年ピッツバーグで開催された第 2 回コンピュータ会議でカリフォルニア大学の CLOUGH 教授により「有限要素法」として発表され、以後、重力ダムの応力解析 O. C. ZIENKIEWICZ の板の曲げ解析、さらには熱および流体力学、生体力学など応用力学のあらゆる分野に浸透普及し、土木、建築、造船、機械、航空などの構造計画、解析に際しての主流となりつつある。この時点に、われわれに關係の深いコンクリート、土などの構造物解析の手段として、有限要素法 の概念と正しい利用法を理解することは必要であろう。

この方法の概念は、連続構造体を二次元問題では三角形または四角形板の、三次元では三角錐または直方体の要素がそれぞれの要素 (Element) の節点のみで相互に連結されている集合体として理想化して解析する方法である。したがって、Finite Difference Methode (階差法) は理論式を近似的に解く数学的近似法であるのに対して、この Finite Element Methode は構造体を近似して解く物理的近似法といえる。

解析方法の大綱は、連続構造体を有限個の要素に分割し、それぞれの要素の各節点に作用する節点力と、それに対応する節点変位の関係を導いて剛性係数 (Stiffness Coefficient) を算出し、この剛性係数を組み合わせて構造全体系の節点外力と節点変位の関係を導く。この場合、剛性係数は構造物の形状とその材料特性のみより構成される定数であるため、外力もしくは変位のいずれか一方が与えられれば応力解析が可能となるはずである。

静的問題では、境界条件を入れて変位についてとき、動的問題では、運動方程式を立ててとくこととなる。変

形を未知数としてとく意味において変形法の一つであるが、その拡張されたものと思えばよいであろう。

§ 2 有限要素への過程

有限要素法へ到達するまでの構造力学上での発展過程を追って理解の一助としよう。

大正 10 年ごろ WILSON によって研究された撓角撓度法は、19 世紀より不静定問題の主流となっていた応力法——変形を等しくさせるという適合条件と、重疊の法則——の概念を刷新し、節点の部材端力の釣合いを恒等条件とした。

そして、内応力と内部エネルギーの対象をあくまでも曲げ応力においたが、当然その思想はせん断力、軸方向力にも発展しうる可能性をもっていた。

しかし、この方法はコンピュータの発達する以前においては多元連立一次方程式を解くという現実的には不可能に近い大きな制約条件に妨げられ、モーメント分配法への逃避が行なわれていた。しかしながら、コンピュー

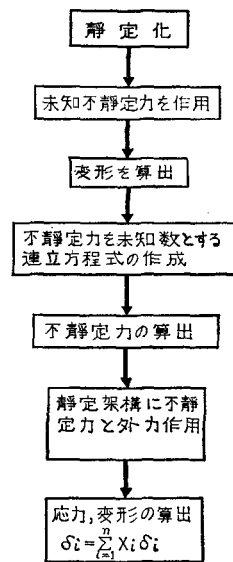


図-2.1 応力法の概要

* 構造計画研究所

タの発達を動機に、この方法が再び注目されるようになってきたがその背景には次のような要因があげられる。

1. マトリックスという整理の手法が、式の運用を簡便化させ同時に、その演算自体がコンピュータに委ねられるようになったこと。
2. 材軸を座標系に選んでその断面力を求めたのち構造物全体の規準座標系への変換が必要のつど速やかに処理できるようになったこと。
3. 材端の変位として二次元を例にとれば、水平・垂直の2変位と節点回転角（撓み角）の計3変位を未知数（三次元の場合6変位）としてえらび、その結果、部材軸方向力およびこれに伴う変形も必然的に評価されるようになったこと。

これらの理由にもとづいて、従来トラス、ラーメンなどの分類は、主としてその着目すべき応力が軸方向力であるか曲げ応力であるかによって解法が異なっていたのに比し、同一の解析手法——変形法——をいかなる場合にも用いることができるようになった。すなわち、トラス、ラーメン、さらには弾性地盤上の梁、材性状の弾性・塑性など、あるいはこれらの混在する構造系についても、すべてこの変形法で解析できるようになってきたのである。

§ 3 二次元変形法

撓角法は、部材の軸方向への変位を無視しているため、変位パラメータとしては、部材端における撓み角 θ_i, θ_j ならびに部材角 R を選ぶ。すなわち、部材 $m(i$ 端, j 端) の変位パラメータ $\{d\}_{ij}$ は

$$\{d\}_m = \begin{Bmatrix} \theta_i \\ \theta_j \\ R_{ij} \end{Bmatrix}_m$$

この場合、部材角 R は $R=v/l$ で表現できるため、変形法においては、下記ようになる。

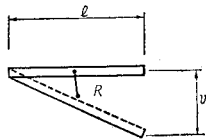


図-3.1

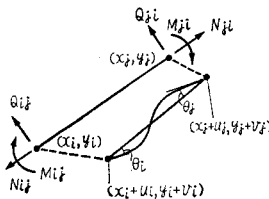


図-3.2

$$\{d\}_m = \begin{Bmatrix} \theta_i \\ \theta_j \\ u_i \\ u_j \\ v_i \\ v_j \end{Bmatrix}_m$$

撓角法の基本式は

$$M_{ij} = 2EK_{ij} \left\{ 2\theta_i + \theta_j + \frac{3Y}{l^2}(u_i - u_j) - \frac{3X}{l^2}(v_i - v_j) \right\}$$

$$M_{ji} = 2EK_{ij} \left\{ \theta_i + 2\theta_j + \frac{3Y}{l^2}(u_i - u_j) - \frac{3X}{l^2}(v_i - v_j) \right\}$$

ただし

$$\begin{cases} X = x_j - x_i \\ Y = y_j - y_i \\ l^2 = X^2 + Y^2 \end{cases}$$

これをマトリックス表現すれば

$$\begin{Bmatrix} M_{ij} \\ M_{ji} \end{Bmatrix} = 2EK_{ij} \begin{bmatrix} 2 & 1 & \frac{3Y}{l^2} & -\frac{3Y}{l^2} & -\frac{3X}{l^2} & \frac{3X}{l^2} \\ 1 & 2 & \frac{3Y}{l^2} & -\frac{3Y}{l^2} & -\frac{3X}{l^2} & \frac{3X}{l^2} \end{bmatrix} \times \begin{Bmatrix} \theta_i \\ \theta_j \\ u_i \\ u_j \\ v_i \\ v_j \end{Bmatrix} \quad (1)$$

軸方向力、せん断力についても

$$N_{ij} = N_{ji} = \frac{EA_{ij}}{l_{ij}^2} [-X, X, -Y, Y]$$

$$\times \begin{Bmatrix} u_i \\ u_j \\ v_i \\ v_j \end{Bmatrix} \quad (2)$$

$$Q_{ij} = Q_{ji} = \frac{M_{ij} + M_{ji}}{l}$$

より誘導して

$$\begin{Bmatrix} Q_{ijx} \\ Q_{ijy} \\ \cap_{ji x} \\ Q_{j iy} \end{Bmatrix} = \frac{2EK_{ij}}{l^3}$$

$$\times \begin{bmatrix} 3Y & 3Y & \frac{6Y^2}{l^2} & -\frac{6Y^2}{l^2} & -\frac{6XY}{l^2} & \frac{6XY}{l^2} \\ -3X & -3X & -\frac{6XY}{l^2} & \frac{6XY}{l^2} & \frac{6X^2}{l^2} & -\frac{6X^2}{l^2} \\ 3Y & 3Y & \frac{6Y^2}{l^2} & -\frac{6Y^2}{l^2} & -\frac{6XY}{l^2} & \frac{6XY}{l^2} \\ -3X & -3X & -\frac{6XY}{l^2} & \frac{6XY}{l^2} & \frac{6X^2}{l^2} & -\frac{6X^2}{l^2} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \theta_i \\ \theta_j \\ u_i \\ u_j \\ v_i \\ v_j \end{Bmatrix} \quad (3)$$

(1), (2), (3)式を総合的に眺めれば

$$\{\text{左辺}\} = \begin{Bmatrix} Q_i \\ Q_j \\ N_i \\ N_j \\ M_i \\ M_j \end{Bmatrix} = \{P\} \dots\dots\dots (4)$$

$$\{\text{右辺}\} = [\text{定数}] \cdot \begin{Bmatrix} u_i \\ u_j \\ v_i \\ v_j \\ \theta_i \\ \theta_j \end{Bmatrix} \dots\dots\dots (5)$$

となり、(5)式の[定数]は6行×6列のマトリックスであることが推定できよう。すなわち、材軸座標系の部材断面力と節点変位との間には

$$[s]_{6 \times 6} \cdot \begin{Bmatrix} u_i \\ u_j \\ v_i \\ v_j \\ \theta_i \\ \theta_j \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} Q_i \\ Q_j \\ N_i \\ N_j \\ M_i \\ M_j \end{Bmatrix} \dots\dots\dots (6)$$

ここに、[s]は、6×6の正方マトリックスで、個材のStiffness Matrixと呼ぶ。

いま、

$$\begin{Bmatrix} u_i \\ u_j \\ v_i \\ v_j \\ \theta_i \\ \theta_j \end{Bmatrix} = \{d\}$$

とすれば、{d}は材端の諸変位を表わす。

また、(4)式は部材断面力を表わすベクトルである。これら{d}および{p}ベクトルは、ともに材軸座標系で定義されたものであり、これらを、一般座標系に変換することを考えてみる。新しい座標系と材軸座標系との関係は、図-3.3において、ij材が材端力としてQ, Nなるせん断力、軸方向力ならびにMなる材端モーメントをもっているものとする。ij材が図-3.3のごとくαだけ回転してij'の位置へきたと仮定してij'材軸に沿って考えた材端せん断力および材端軸方向力がQ', N'になるとする。また材端曲げモーメントはM'になるとす

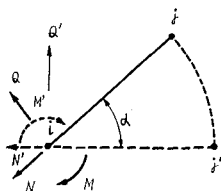


図-3.3

る。この場合に、M, Q, NとM', Q', N'との間の関係は幾何学的に関係づけられる。

$$\left. \begin{aligned} M' &= M \\ N' &= N \cos \alpha + Q \sin \alpha \\ Q' &= -N \sin \alpha + Q \cos \alpha \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (7)$$

(7)式をマトリックス表現すれば

$$\begin{Bmatrix} M' \\ N' \\ Q' \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \alpha & \sin \alpha \\ 0 & -\sin \alpha & \cos \alpha \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} M \\ N \\ Q \end{Bmatrix} \dots\dots\dots (8)$$

いま、[]={R}とおけば(8)式は

$$\begin{Bmatrix} M' \\ N' \\ Q' \end{Bmatrix} = \{R\} \begin{Bmatrix} M \\ N \\ Q \end{Bmatrix} \quad \text{同様に} \quad \begin{Bmatrix} M \\ N \\ Q \end{Bmatrix} = \{R'\} \begin{Bmatrix} M' \\ N' \\ Q' \end{Bmatrix} \dots\dots\dots (9)$$

この{R}を変換マトリックスという。この変換マトリックスを導入することによって

$$\left. \begin{aligned} \{R\} \cdot \{p'\} &= \{p\} \\ \{R\} \cdot \{d'\} &= \{d\} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (10)$$

{p}', {d}'は、一般座標系における断面力{p}, 変位{d}である。(6), (10)式より

$$[s]_{6 \times 6} \{R\} \{d'\} = \{R\} \{p'\} \dots\dots\dots (11)$$

いま、[R]の反転マトリックスを[R]⁻¹とすると、[R]⁻¹を(11)式の両辺に乗じて

$$[R]^{-1} [s] [R] \{d'\} = \{p'\} \dots\dots\dots (12)$$

(12)式で[R]⁻¹は[R]の転置マトリックス[R][']に一致するので

$$[R]^{-1} [s] [R] \{d'\} = \{p'\} \dots\dots\dots (13)$$

(13)式は、ある一般座標系について、ある部材の断面力とその部材端の変位との関係を示したものである。(13)式において

$$[R]^{-1} [s] [R] = [s']$$

とすると、[s']は6×6の正方マトリックスであり、一般座標系における部材のスティフネスマトリックスと定義することができる。

いま、ある節点に結合されている部材の断面力は、その成分それぞれの総和がゼロにならなければならない。これは釣合いの条件である。もし、節点に荷重が外力として作用した場合も上記の釣合いは保たれなければならないことはもちろんである。部材端力の総和は、材端変位にその部材の一般座標系におけるスティフネスを乗じて求められる。したがって、つぎのような関係式が導かれるはずである。

$$[S][D] = \{P\} \dots\dots\dots (14)$$

[S]は[s]を重ね合わせて作成されたものであり、同様に[D]は{d}を構造物の全節点について整理したものである。この場合、[S]はジョイントスティフネスマトリックスとよばれている。(14)式を解いて変位ベクトル[D]が決定すれば、各材の節点変位{d}を求めることができる。

以上のような考え方が変形法の概念の基本である。骨組の線材について適用したこのような考え方を連続的な面に発展させたのが有限要素法である。

§ 4 有限要素法の Element Matrix

前節の変形法と同様にして有限要素法における各 Element ごとの Element Stiffness Matrix を求めてみよう。

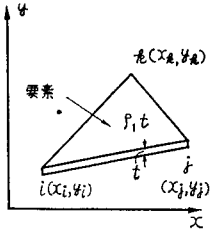


図-4.1

RAYLEIGH-RITZ の変形関数を用いると図-4.1のような三角形の面要素内の任意の点の変位は、その要素の三つの頂点の座標と一次の関係にあるとして、下記のように表現できる。

$$\left. \begin{aligned} u_i &= \alpha_1 + \alpha_2 x_i + \alpha_3 y_i \\ v_i &= \alpha_4 + \alpha_5 x_i + \alpha_6 y_i \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (1)$$

ただし、 x_i, y_i : i 点の座標を示す。

α_{1-6} : 変形常数

(1)式のように仮定すると、変位は一次的に変化することになるので、相隣りあう要素相互間において、それぞれ節点が接していれば、要素の境界線上でもおたがいに接することになり、変位の連続性は保証されるが、応力の連続性は保証されない。(1)式をマトリックス表現すれば

$$\begin{Bmatrix} u_i \\ v_i \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & x_i & y_i & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & x_i & y_i \end{bmatrix} \times \begin{Bmatrix} \alpha_1 \\ \alpha_2 \\ \alpha_3 \\ \alpha_4 \\ \alpha_5 \\ \alpha_6 \end{Bmatrix} \dots\dots (2)$$

同様にして i 点, j 点, k 点の変位は、(3)式のように表わすことができる。

$$\begin{Bmatrix} u_i \\ v_i \\ u_j \\ v_j \\ u_k \\ v_k \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & x_i & y_i & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & x_i & y_i \\ 1 & x_j & y_j & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & x_j & y_j \\ 1 & x_k & y_k & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & x_k & y_k \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \alpha_1 \\ \alpha_2 \\ \alpha_3 \\ \alpha_4 \\ \alpha_5 \\ \alpha_6 \end{Bmatrix} \dots\dots (3)$$

ここで、 $\{u\}, [A], \{\alpha\}$ をそれぞれ次のように定義すれば、(3)式は(4)式のように表わされる。

$$\{u\} = \begin{Bmatrix} u_i \\ v_i \\ u_j \\ v_j \\ u_k \\ v_k \end{Bmatrix}, [A] = \begin{bmatrix} 1 & x_i & y_i & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & x_i & y_i \\ 1 & x_j & y_j & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & x_j & y_j \\ 1 & x_k & y_k & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & x_k & y_k \end{bmatrix}, \{\alpha\} = \begin{Bmatrix} \alpha_1 \\ \alpha_2 \\ \alpha_3 \\ \alpha_4 \\ \alpha_5 \\ \alpha_6 \end{Bmatrix}$$

$$\{u\} = [A]\{\alpha\} \dots\dots\dots (4)$$

両辺に $[A^{-1}]$ を乗じて

$$\{\alpha\} = [A^{-1}]\{u\} \dots\dots\dots (5)$$

一方、弾性論より

$$\left. \begin{aligned} \epsilon_x &= \frac{\partial u}{\partial x} \\ \epsilon_y &= \frac{\partial v}{\partial y} \\ \gamma_{xy} &= \frac{\partial v}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial y} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (6)$$

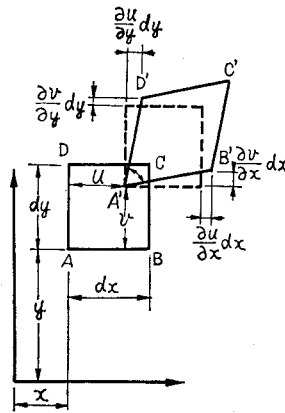


図-4.2

ただし、 x 方向のひずみを ϵ_x , y 方向のひずみを ϵ_y , せん断ひずみを γ_{xy} とする。

ゆえに、ひずみのベクトル $\{\epsilon\}$ は、つぎのように表わされる。

$$\{\epsilon\} = \begin{Bmatrix} \epsilon_x \\ \epsilon_y \\ \gamma_{xy} \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} \frac{\partial u}{\partial x} \\ \frac{\partial v}{\partial y} \\ \frac{\partial v}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial y} \end{Bmatrix} \dots\dots\dots (7)$$

(1)式より

$$\frac{\partial u}{\partial x} = \alpha_2, \quad \frac{\partial v}{\partial y} = \alpha_6, \quad \frac{\partial v}{\partial x} = \alpha_5, \quad \frac{\partial u}{\partial y} = \alpha_3$$

$$\{\epsilon\} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \alpha_1 \\ \alpha_2 \\ \alpha_3 \\ \alpha_4 \\ \alpha_5 \\ \alpha_6 \end{Bmatrix} \dots\dots\dots (8)$$

ただし

$$[B] = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

とおけば

$$\{\varepsilon\} = [B] \cdot \{\alpha\} \dots\dots\dots (9)$$

(5)式の $\{\alpha\}$ を(9)式に代入すれば

$$\{\varepsilon\} = [B] \cdot [A^{-1}] \cdot \{u\} \dots\dots\dots (10)$$

$\{u\}$ は材端の諸変位を示す。

また、Hook の法則より弾性の範囲内においては、応力とひずみの間の関係は、平面応力状態（応力が一平面に平行に生じ、この面に垂直な方向の応力成分がすべてゼロである場合）では

$$\left. \begin{aligned} \varepsilon_x &= \frac{\sigma_x}{E} - \frac{\nu}{E} \sigma_y \\ \varepsilon_y &= \frac{\sigma_y}{E} - \frac{\nu}{E} \sigma_x \\ \gamma_{xy} &= \frac{\tau_{xy}}{G} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (12)$$

ただし、 E : ヤング係数

ν : ポアソン比

G : せん断弾性係数

また、 $\varepsilon_z \neq 0$

そして平面ひずみ（平面の厚さ方向を支持した状態で面内方向に加力される場合）では $\varepsilon_z = 0$

$$\left. \begin{aligned} \varepsilon_x &= \frac{1-\nu^2}{E} \sigma_x - \frac{\nu(1+\nu)}{E} \sigma_y \\ \varepsilon_y &= \frac{1-\nu^2}{E} \sigma_y - \frac{\nu(1+\nu)}{E} \sigma_x \\ \gamma_{xy} &= \frac{\tau_{xy}}{G} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (12)$$

ただし、 $\sigma_z \neq 0$

平面応力状態での応力とひずみとの間のマトリックスは

$$\begin{Bmatrix} \sigma_x \\ \sigma_y \\ \tau_{xy} \end{Bmatrix} = \frac{E}{1-\nu^2} \begin{bmatrix} 1 & \nu & 0 \\ \nu & 1 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1-\nu}{2} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \varepsilon_x \\ \varepsilon_y \\ \gamma_{xy} \end{Bmatrix} \dots\dots\dots (13)$$

簡略化して表現すれば

$$\{\sigma\} = [D] \cdot \{\varepsilon\} \dots\dots\dots (14)$$

ただし、

$$[D] = \frac{E}{1-\nu^2} \begin{bmatrix} 1 & \nu & 0 \\ \nu & 1 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1-\nu}{2} \end{bmatrix}$$

同様に、平面ひずみの状態の場合は

$$\begin{Bmatrix} \sigma_x \\ \sigma_y \\ \sigma_z \end{Bmatrix} = \frac{E}{(1+\nu)(1-2\nu)} \begin{bmatrix} \nu & 1-\nu & 0 \\ 1-\nu & \nu & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1-2\nu}{2} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \varepsilon_x \\ \varepsilon_y \\ \gamma_{xy} \end{Bmatrix} \dots\dots\dots (15)$$

すなわち

$$[D] = \frac{E}{(1+\nu)(1-2\nu)} \begin{bmatrix} \nu & 1-\nu & 0 \\ 1-\nu & \nu & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1-2\nu}{2} \end{bmatrix}$$

このように $[D]$ を選らべば(14)式は同様に成立する。

(10), (14)式より

$$\{\sigma\} = [D]^T \cdot [B] \cdot [A^{-1}] \cdot \{u\} \dots\dots\dots (16)$$

一方、ここで要素の外力のなす仕事 W_E 、および内力のなす仕事 W_I について考えてみる。

外力のなす仕事は、要素の材端力と材端変位とによってつぎのように評価できる。

$$\{W_E\} = \{u\}^T \cdot \{R\} \dots\dots\dots (17)$$

また、内力のなす仕事は

$$\{W_I\} = \int_A \{\varepsilon\}^T \cdot \{\sigma\} \cdot dA \dots\dots\dots (18)$$

ただし、 \int_A は要素全域に対する面積分を表わす。したがって、 dA は微小面積を示すことになる。

ここで、仮想仕事の原理より内部仕事と外力のなす仕事は等しいから

$$\{W_E\} = \{W_I\}$$

なる条件より(17), (18)式は

$$\{u\}^T \cdot \{R\} = \int_A \{\varepsilon\}^T \cdot \{\sigma\} \cdot dA \dots\dots\dots (19)$$

(19)式に(10), (14)式を代入すれば、(19)式の右辺は

$$\begin{aligned} \text{(右辺)} &= \int_A \{u\}^T \cdot [A^{-1}]^T \cdot [B]^T \cdot [D]^T \cdot [B] \cdot [A^{-1}] \\ &\quad \times \{u\} \cdot dA \dots\dots\dots (20) \end{aligned}$$

(20)式において $[D]$ マトリックスは、(13), (15)式のように平面応力状態においても、また平面ひずみ状態においても対称マトリックスであるから、次式が成立する。

$$[D]^T = [D] \dots\dots\dots (21)$$

(20)式を(20)式に代入して、積分に無関係なる項をくくり出すと、

$$\begin{aligned} \text{(右辺)} &= \{u\}^T [A^{-1}]^T \\ &\quad \times \int_A [B]^T \cdot [D] \cdot [B] \cdot dA [A^{-1}] \cdot \{u\} \dots\dots (22) \end{aligned}$$

また、左辺は、

$$\text{(左辺)} = \{u\}^T \cdot \{R\} \dots\dots\dots (23)$$

ゆえに、

$$\begin{aligned} [R] &= [A^{-1}]^T \\ &\quad \times \int_A [B]^T [D] [B] dA [A^{-1}]^T \{u\} \dots\dots (24) \end{aligned}$$

そこで、

$$[A^{-1}]^T \left\{ \int_A [B]^T [D] [B] dA \right\} [A^{-1}]^T \{u\} = \{s\} \dots (25)$$

とおけば $\{s\}$ は、要素の Stiffness Matrix と考えることができる。

$$[R] = [S] \cdot \{u\} \dots\dots\dots (26)$$

以上の手順により求められた要素の Stiffness は平面問題の場合であり、平面の曲げはないものとした場合である。(24), (25)式の \int_A 内の $[B]$ は数値のみで、要素が三角形であるか、四角形であるかによって定まるマトリックスであり、 $[D]$ は、(13), (15)式より明かなように、常に与えられた問題に対して材料によって決まるもので

あるから、 $\int_A [B]^T [D] [B] \cdot dA$ は材端節点の座標だけで定まる。すなわち、積分する領域が要素の大きさと、その座標系によって異なるだけである。たとえば、四角形要素の場合の $[B]$ は(7)、(8)式の四角形の場合の $[A]$ より、変形関数を

$$\left. \begin{aligned} u &= \alpha_1 + \alpha_2 x_i + \alpha_3 y_i + \alpha_4 x_i y_i \\ v &= \alpha_5 + \alpha_6 x_i + \alpha_7 y_i + \alpha_8 x_i y_i \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (27)$$

とおくと、

$$\begin{Bmatrix} u_i \\ v_i \\ u_j \\ v_j \\ u_k \\ v_k \\ u_l \\ v_l \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & x_i & y_i & x_i y_i & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & x_i & y_i & x_i y_i \\ 1 & x_j & y_j & x_j y_j & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & x_j & y_j & x_j y_j \\ 1 & x_k & y_k & x_k y_k & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & x_k & y_k & x_k y_k \\ 1 & x_l & y_l & x_l y_l & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & x_l & y_l & x_l y_l \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \alpha_1 \\ \alpha_2 \\ \vdots \\ \alpha_8 \end{Bmatrix}$$

また、 $[B]$ は

$$[B]_i = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & y_i & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & x_i \\ 0 & 0 & 1 & x_i & 0 & 1 & 0 & y_i \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \alpha_1 \\ \vdots \\ \alpha_8 \end{Bmatrix}$$

面外応力の三角形要素の場合には、変形関数を

$$w = \alpha_1 + \alpha_2 x + \alpha_3 y + \alpha_4 x^2 + \alpha_5 xy + \alpha_6 y^2 + \alpha_7 x^3 + \alpha_8 (xy^2 + x^2 y) + \alpha_9 y^3$$

と表わす。これより $[A][B]$ を決定してゆく。

ただし、 i 節点の変位は

$$\begin{Bmatrix} w_i \\ \theta_{xi} \\ \theta_{yi} \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} w_i \\ -\partial w / \partial y_i \\ -\partial w / \partial x_i \end{Bmatrix} = [A]_i \begin{Bmatrix} \alpha_1 \\ \vdots \\ \alpha_9 \end{Bmatrix}$$

$$\{s\} = \begin{Bmatrix} -\partial^2 w / \partial x^2 \\ -\partial^2 w / \partial y^2 \\ 2\partial^2 w / \partial x \cdot \partial y \end{Bmatrix} = [B] \begin{Bmatrix} \alpha_1 \\ \vdots \\ \alpha_9 \end{Bmatrix}$$

同様に四角形要素の場合は、変形関数を

$$w = \alpha_1 + \alpha_2 x + \alpha_3 y + \alpha_4 x^2 + \alpha_5 xy + \alpha_6 y^2 + \alpha_7 x^3 + \alpha_8 x^2 y + \alpha_9 xy^2 + \alpha_{10} y^3 + \alpha_{11} x^3 y + \alpha_{12} x y^3$$

とおいて $[B][A]$ を決定できる。

§ 5 有限要素法の Joint Stiffness Matrix

§ 2 で記した線材の変形法の場合とまったく同様にして、要素の Stiffness Matrix が、ある標準座標系について評価されるとすると、各節点における釣合いの条件式が考えられる。このような釣合式は、材端力とその点にもし外力が作用するならば、その外力との総和が各成分においてゼロとならなければならないとするもので、このような釣合式の右辺の係数マトリックスが Joint Stiffness Matrix とよばれる。

$$\{R\}_T = [S]_T \{u\}_T \dots\dots\dots (1)$$

ただし、 $\{R\}_T$: 外力ベクトル

$\{u\}_T$: 基準座標系における変位ベクトル

この Joint Stiffness Matrix を作成するに際し、そのつど釣合式をたてなくても、その要素の Stiffness Matrix の各項をその項に属する変位と材端力によって分配し、重畳すればよい。このようにして、外力と Joint Stiffness が求まれば未知数の $\{u\}_T$ は求めることができる。これより各要素ごとの応力は、§ 4 節式より求めることができる。これら Element Stiffness や Joint Stiffness の作成はコンピュータに適した仕事であり、これら Matrix は、自動的に作成することができる。

鉄筋コンクリートフリーム標準設計について

西口 信成* 柴原 寿一**

目 次

| | | | |
|------------------------|------|---------------|------|
| I まえがき..... | (67) | 内容..... | (67) |
| II 鉄筋コンクリートフリーム標準設計(案) | | III あとがき..... | (70) |

I ま え が き

近年、土地改良事業における事業量の増加はいちじるしいものがあり、事業にたずさわるわれわれ農業土木技術者の業務も年々量的に増加するとともに、質的にもますます複雑化を呈してきている。とくに現場においては工事件数の増加により、設計・積算・監督業務にかならずしも合理的といえないような多くの時間と労力を費やさなければならず、十分な比較設計や高度な技術的検討を行なう余裕がない状態におかれている場合が多い。

このような情勢に対処する方法としては、定員増がきわめてむずかしい現状を考えると、業務の合理化を図ること以外に道はないといっても過言ではあるまい。

このような観点から、農地局設計課においても設計・積算業務の合理化に取り組み、種々の検討を加えてきたが、このたび、設計業務合理化の一環としてとりあげた農業土木構造物の標準化のうち、農業土木事業において最も使用頻度の多いと考えられる鉄筋コンクリート矩形水路の標準化の方針がまとまったので、「鉄筋コンクリートフリーム標準設計(案)」として紹介する。

この内容は、本年2月の全国積算施行担当者会議において配布した。「鉄筋コンクリートフリーム標準設計(案)例」および3月に各地方農政局に送付した「鉄筋コンクリートフリーム標準設計(案)例」について、5月の全国設計官会議における検討結果をもとに再計算したものである。

なお、標準設計添付図面および水理計算図表については、現在作成中であるので、ここには載せていない。また、表-5(コンクリートの許容曲げ圧縮応力度 $\sigma_{ca}=60\text{ kg/cm}^2$ の場合の標準設計諸元一覧表)は省略しているので、その点ご了解願いたい。

II 鉄筋コンクリートフリーム標準設計(案)

内容

1. 概 要

* 農林省農地局設計課設計審査第二班長

** " 設計課

この標準設計は、鉄筋コンクリート矩形水路について、水路壁高 H を50cmから125cmまで5cm間隔で、水路内幅 B が $2H$ を満足する範囲までを対象に設計計算し、これらを整理統合して66ケースについて図化集録したものである。

2. 適用除外

つぎの各項目に該当する場合は、この標準設計を適用することができない。

- (1) 現場における設計条件がこの標準設計の設計条件と異なる場合
- (2) 側壁背面の土砂が側壁天端以下の場合
- (3) 地下水位が側壁高の1/2以上に上昇することが予想される場合

ただし、水抜孔などを設置して地下水位が側壁高の1/2以下になる場合はこの限りでない。

- (4) 継目間隔が9mを越える場合

ただし、土地改良計画設計基準第3部第5編(水路工)に定める最小鉄筋量を検討して満足する場合はこの限りでない。

- (5) 均等地地盤支持力が期待できない場合

- (6) 凍上圧が予想される場合

3. 設計条件

- (1) 許容応力度

- ① 鉄筋の許容応力度 (SD 30)

許容引張応力度 $\sigma_{sa}=1,800\text{ kg/cm}^2$

- ② コンクリートの許容応力度

許容曲げ圧縮応力度 $\sigma_{ca}=70\text{ kg/cm}^2$

許容せん断応力度 $\tau_a=6.5\text{ kg/cm}^2$

許容付着応力度 $\tau_{oa}=15\text{ kg/cm}^2$

ただし、 $\sigma_{ca}=60\text{ kg/cm}^2$ 、 $\tau_a=6\text{ kg/cm}^2$ 、

$\tau_{oa}=14\text{ kg/cm}^2$ の場合でも適用することができる。

- (2) 単位重量

鉄筋コンクリート 2.4 t/m^3

土砂(地下水位より上) 1.8 t/m^3

土砂(地下水位より下) 1.0 t/m^3

ただし、土砂(地下水位より上)の単位重量が 1.6 t/m^3 の場合でも適用することができる。

(3) その他

- ① 鉄筋のかぶり：側壁、底版とも主鉄筋中心まで 5 cm
ただし、底版下側について、ならしコンクリートを施工しない場合は主鉄筋中心まで 8 cm とする。
- ② 最小鉄筋量：部材断面積の0.2%
- ③ 内水圧に対する検討：内水圧が作用した場合には、側壁背面の土砂による主働土圧を考慮した。
- ④ 地下水位：側壁高の1/2
- ⑤ 土圧：ランキン公式により算定した。
- ⑥ 土の内部摩擦角 ϕ ；20°、25°、30° の3種類
- ⑦ 土の種類と内部摩擦角の関係は表-1 のとおりとする。

表-1

| 土の種類 | 内部摩擦角 ϕ |
|---------------------|--------------|
| 細粒土をほとんど含まない砂利、粗砂など | 30° |
| 細粒土を含んだ砂利、砂など | 25° |
| シルト質細砂、粘土を多く含む砂利など | 20° |

- ⑧ 荷重状態が左右非対称の場合も対称荷重として取り扱った。
- ⑨ 地震力は考慮しなかった。

4. 適用方法

この標準設計では、側壁天端以下の荷重による影響は設計計算過程で考慮してあるので、利用者は側壁天端以上の荷重についてのみ考慮すればよい。

この場合、側壁天端以上の荷重はすべて等分布荷重に換算し、この値が許容載荷重を満足し、さらに、所定の水路内幅が許容水路内幅を満足する図面を選定すればよい。

(1) 荷重の計算方法

- ① 設定条件
 - Ⓐ 側壁高 H (m)
 - Ⓑ 水路内幅 B (m)
 - Ⓒ 盛土形状：盛土高 h (m)、盛土のりこう配 1 : n 、側壁天端より盛土のり先までの距離 X_e (m)
 - Ⓓ 土の内部摩擦角 ϕ (°)
 - Ⓔ 自動車荷重の大きさ：片側後輪荷重 P_t (t)

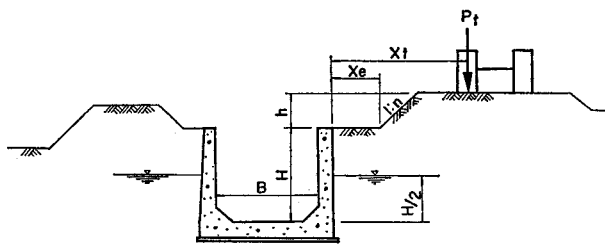


図-1

表-2 盛土荷重のてい減率

| X_b/H | てい減率 α | X_b/H | てい減率 α | X_b/H | てい減率 α |
|---------|---------------|---------|---------------|---------|---------------|
| 0.0 | 1.000 | 1.6 | 0.262 | 3.2 | 0.122 |
| 0.1 | 0.900 | 1.7 | 0.247 | 3.3 | 0.117 |
| 0.2 | 0.811 | 1.8 | 0.234 | 3.4 | 0.114 |
| 0.3 | 0.731 | 1.9 | 0.222 | 3.5 | 0.110 |
| 0.4 | 0.659 | 2.0 | 0.210 | 3.6 | 0.106 |
| 0.5 | 0.597 | 2.1 | 0.199 | 3.7 | 0.103 |
| 0.6 | 0.541 | 2.2 | 0.189 | 3.8 | 0.100 |
| 0.7 | 0.493 | 2.3 | 0.180 | 3.9 | 0.097 |
| 0.8 | 0.451 | 2.4 | 0.171 | 4.0 | 0.094 |
| 0.9 | 0.415 | 2.5 | 0.163 | 5.0 | 0.064 |
| 1.0 | 0.383 | 2.6 | 0.155 | 6.0 | 0.000 |
| 1.1 | 0.356 | 2.7 | 0.149 | | |
| 1.2 | 0.332 | 2.8 | 0.142 | | |
| 1.3 | 0.312 | 2.9 | 0.136 | | |
| 1.4 | 0.294 | 3.0 | 0.131 | | |
| 1.5 | 0.277 | 3.1 | 0.126 | | |

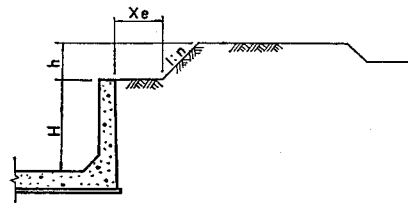


図-2

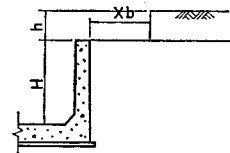


図-3

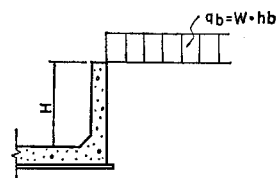


図-4

- ① 側壁天端より自動車荷重の作用点（片側後輪中心）までの距離 X_t (m)
- ② その他の荷重で等分布載荷重に換算したものの q_m (t/m²)
- ③ 盛土荷重

図-2の盛土荷重を(1)式により図-3の状態に換算する。

$$\left. \begin{aligned} X_b &= 0.75 X_e + 0.2n \quad (1.0 \leq n \leq 3.0) \\ X_b &= X_e \quad (n < 1.0) \end{aligned} \right\} \dots (1)$$

ただし、上式は $h \leq 2.50$ m の場合に適用する。

つぎに、表-2より X_b/H に対する盛土荷重のてい減率 α を求め、(2)式により換算盛土高 h_b (m) および換算盛土荷重 q_b (t/m²) を算出

③ 自動車荷重

表-3より $X_t=2.25\text{ m}$ に対する q_0 の値は 0.019 t/m^2 であるから、(3)式より換算自動車荷重 q_t を計算すると、

$$q_t = q_0 \cdot P_t (1+i) \\ = 0.019 \times 5.6(1+0.3) = 0.14\text{ t/m}^2$$

④ 換算載荷重 Q

(4)式より、

$$Q = q_b + q_t = 1.15 + 0.14 = 1.29\text{ t/m}^2$$

(2) 図面の選定

表-4の許容載荷重 Q_a 欄において、換算載荷重 $Q=1.29\text{ t/m}^2$ が、側壁高 $H=110\text{ cm}$ 、土の内部摩擦角 $\phi=20^\circ$ に対する Q_a の値を満足する図面番号は、図面番号 110-553 であり、 $Q_a=1.35\text{ t/m}^2$ である。

さらに、この図面番号について水路内幅を検討すると、同表の水路内幅欄の $\phi=20^\circ$ で、盛土荷重なしの場合の許容内幅 $B_0=0.83\text{ m}$ 、換算盛土高 1 m 当りの増幅可能量 $\Delta B=4.64\text{ m}$ 、揚圧力に対する許容内幅 $B_u=2.19\text{ m}$ であり、また、換算盛土高 $h_b=0.64\text{ m}$ であるから、(5)式により許容水路内幅 B_a を計算すると、

$$B_a = B_0 + \Delta B \cdot h_b = 0.83 + 4.64 \times 0.64 = 3.80\text{ m}$$

しかるに、 B_a の計算値が B_u を越えているので $B_a=B_u=2.19\text{ m}$ となる。

所定の水路内幅 B は 1.75 m であるから B_a の値を満足している。したがって、図面番号 110-553 の図面を選定すればよい。

つぎに、図の□内に水路内幅「1,750」(mm 単位)をさらに材料表の□内に水路内幅「1.750」(m 単位)を記入し、材料表の空欄を計算すれば、設計図、材料表が完成する。

なお、土砂(地下水位より上)の単位重量が 1.6 t/m^3 の場合は、換算盛土荷重の計算の項で $W=1.6\text{ t/m}^3$ として、以後の計算を進めればよい。

〔例2〕

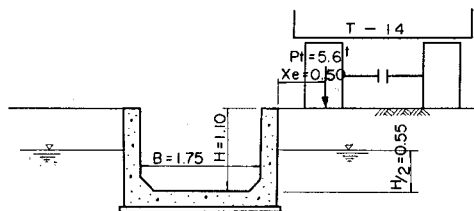


図-7

(1) 荷重の計算

① 設定条件

- ④ 側壁高 $H=1.10\text{ m}$
- ⑤ 水路内幅 $B=1.75\text{ m}$
- ⑥ 土の内部摩擦角 $\phi=25^\circ$

④ 自動車荷重の大きさ：片側後輪荷重 $P_t=5.6\text{ t}$ (T-14)

⑥ 側壁天端より自動車荷重の作用点(片側後輪中心)までの距離 $X_t=0.50\text{ m}$

② 自動車荷重

表-3より $X_t=0.50\text{ m}$ に対する q_0 の値は 0.320 t/m^2 であるから、(3)式より換算自動車荷重を計算すると、

$$q_t = q_0 \cdot P_t (1+i) \\ = 0.320 \times 5.6(1+0.3) = 2.33\text{ t/m}^2$$

③ 換算載荷重 Q

(4)式より

$$Q = q_t = 2.33\text{ t/m}^2$$

(2) 図面の選定

表-4の許容載荷重 Q_a 欄において、換算荷重 $Q=2.33\text{ t/m}^2$ が側壁高 $H=110\text{ cm}$ 、土の内部摩擦角 $\phi=25^\circ$ に対する Q_a の値を満足する図面番号は 110-556 であり、 $Q_a=2.59\text{ t/m}^2$ である。

さらに、この図面番号について水路内幅を検討すると、同表の水路内幅欄の $\phi=25^\circ$ で、盛土荷重なしの場合の許容内幅 $B_0=0.51\text{ m}$ であるから、許容水路内幅 $B_a=B_0=0.51\text{ m}$ となり、所定の水路内幅 $B=1.75\text{ m}$ が満足しない。そこで、つぎの 110-883 の図面番号について水路内幅を検討すると、許容水路内幅 B_a は、

$$B_a = B_0 = B_u = 2.95\text{ m}$$

となり、 B が満足する。したがって、図面番号 110-883 の図面を選定すればよい。

つぎに、図の□内に水路内幅「1,750」(mm 単位)を、さらに材料表の□内に水路内幅「1.750」(m 単位)を記入し、材料表の空欄を計算すれば、設計図、材料表が完成する。

(3) 材料の数量計算

記載例(図面番号 110-883-175) 参照

6. 水理計算図表

Ⅲ あとがき

以上、鉄筋コンクリートフレーム標準設計(案)の内容を紹介したが、本年度はこれによって最終図化(66枚)を実施し、12月末までに印刷・出版を完了する予定である。さらに、内容などで若干の解説を必要とする箇所があるので、別途解説書の作成も予定している。

また、この標準設計は現在改訂作業中の土地改良計画設計基準第3部第5編(水路工)の規定に準拠しているが、荷重の計算方法については、標準設計の利用の便を考え、設計基準に規定する基本計算法に若干の修正を加えた簡易計算法を用いているが、「標準設計の対象範囲内においては、簡易計算法によってさしつかえない」旨

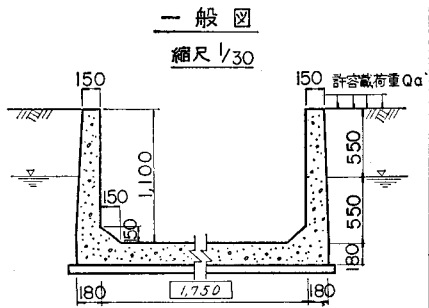
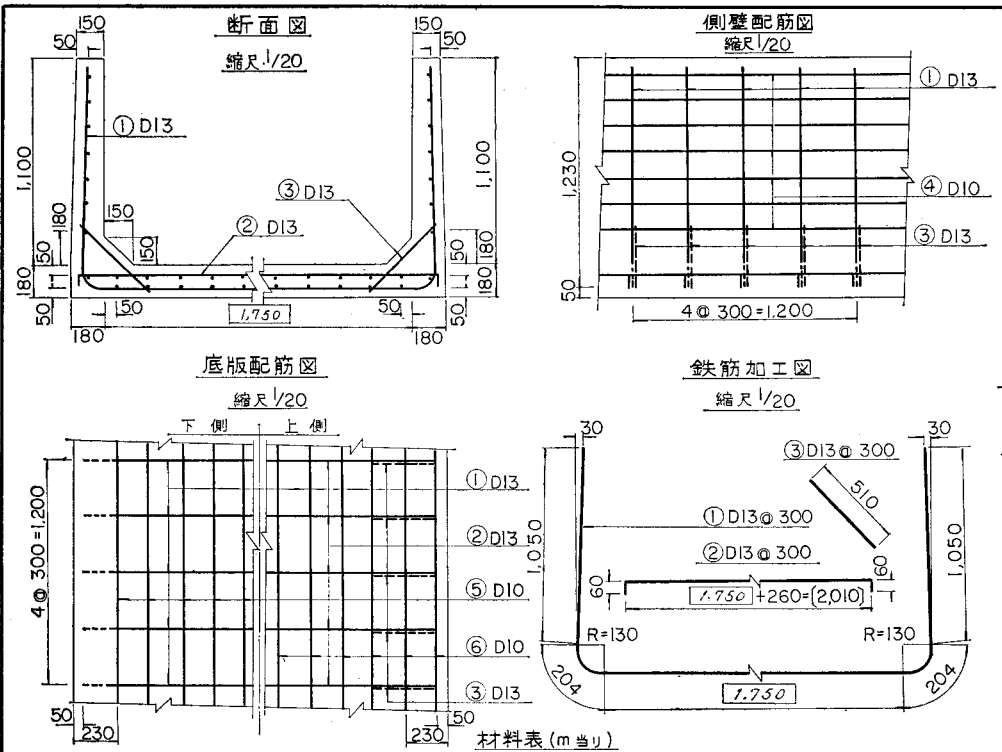
表-4 標準設計諸元一覧表 ($\sigma_{ca}=70\text{kg/cm}^2$)

| 図面番号 | 側壁 | | 底版厚 | 配筋番号 | 配筋 | 許容載荷重 Q_0 | | | 配筋番号 | 底版上側配筋 | 水 路 内 幅 | | | | | | |
|---------|----|----|-----|------|-------------------|-----------------|-----------------|-----------------|------|-------------------|----------------------|------|------|----------------------------|------|------|-------------------|
| | 上厚 | 下厚 | | | | $\phi=20^\circ$ | $\phi=25^\circ$ | $\phi=30^\circ$ | | | 盛土荷重なしの場合の許容内幅 B_0 | | | 換算盛土高1m当りの増幅可能量 ΔB | | | 揚圧力に対する許容内幅 B_k |
| | cm | cm | cm | cm | cm | | | | cm | cm | cm | cm | cm | cm | cm | | |
| 50-331 | 13 | 13 | 13 | 1 | D10 CTC 25.0=2.85 | 4.10 | 5.03 | 6.22 | | | 2.28 | 2.21 | 2.15 | 2.53 | 2.09 | 1.72 | 4.33 |
| 55-331 | 13 | 13 | 13 | 1 | D10 CTC 25.0=2.85 | 3.63 | 4.47 | 5.54 | | | 2.06 | 1.97 | 1.89 | 2.79 | 2.31 | 1.90 | 3.43 |
| 60-331 | 13 | 13 | 13 | 1 | D10 CTC 25.0=2.85 | 3.22 | 3.99 | 4.97 | | | 1.86 | 1.76 | 1.67 | 3.05 | 2.52 | 2.07 | 2.91 |
| 65-331 | 13 | 13 | 13 | 1 | D10 CTC 25.0=2.85 | 2.71 | 3.35 | 4.16 | | | 1.69 | 1.57 | 1.46 | 3.31 | 2.74 | 2.25 | 2.58 |
| 70-331 | 13 | 13 | 13 | 1 | D10 CTC 25.0=2.85 | 2.24 | 2.79 | 3.49 | | | 1.54 | 1.40 | 1.27 | 3.57 | 2.96 | 2.43 | 2.34 |
| 70-332 | 13 | 13 | 13 | 2 | D10 CTC 20.0=3.57 | 2.88 | 3.57 | 4.43 | | | 1.54 | 1.40 | 1.27 | 3.57 | 2.96 | 2.43 | 2.34 |
| 70-352 | 13 | 13 | 15 | 2 | D10 CTC 20.0=3.57 | 2.88 | 3.57 | 4.43 | | | 2.06 | 1.92 | 1.79 | 3.55 | 2.94 | 2.42 | 2.86 |
| 75-331 | 13 | 13 | 13 | 1 | D10 CTC 25.0=2.85 | 1.86 | 2.34 | 2.94 | | | 1.40 | 1.24 | 1.09 | 3.84 | 3.18 | 2.62 | 2.16 |
| 75-332 | 13 | 13 | 13 | 2 | D10 CTC 20.0=3.57 | 2.42 | 3.01 | 3.76 | | | 1.40 | 1.23 | 1.09 | 3.84 | 3.18 | 2.62 | 2.16 |
| 75-352 | 13 | 13 | 15 | 2 | D10 CTC 20.0=3.57 | 2.42 | 3.01 | 3.76 | | | 1.89 | 1.72 | 1.58 | 3.81 | 3.16 | 2.60 | 2.58 |
| 80-331 | 13 | 13 | 13 | 1 | D10 CTC 25.0=2.85 | 1.55 | 1.96 | 2.49 | | | 1.27 | 1.08 | 0.92 | 4.10 | 3.41 | 2.81 | 2.03 |
| 80-332 | 13 | 13 | 13 | 2 | D10 CTC 20.0=3.57 | 2.04 | 2.55 | 3.21 | | | 1.27 | 1.08 | 0.92 | 4.10 | 3.41 | 2.81 | 2.03 |
| 80-352 | 13 | 13 | 15 | 2 | D10 CTC 20.0=3.57 | 2.04 | 2.55 | 3.21 | | | 1.73 | 1.54 | 1.38 | 4.08 | 3.38 | 2.78 | 2.37 |
| 80-334 | 13 | 13 | 13 | 4 | D10 CTC 15.0=4.76 | 2.84 | 3.52 | 4.39 | | | 1.27 | 1.08 | 0.91 | 4.10 | 3.41 | 2.81 | 2.03 |
| 80-354 | 13 | 13 | 15 | 4 | D10 CTC 15.0=4.76 | 2.84 | 3.52 | 4.39 | | | 1.73 | 1.54 | 1.38 | 4.08 | 3.38 | 2.78 | 2.37 |
| 80-583 | 13 | 15 | 18 | 3 | D13 CTC 30.0=4.22 | 3.26 | 4.07 | 5.09 | 3 | D13 CTC 30.0=4.22 | 3.53 | 3.53 | 3.53 | — | — | — | 3.53 |
| 85-331 | 13 | 13 | 13 | 1 | D10 CTC 25.0=2.85 | 1.28 | 1.64 | 2.11 | | | 1.15 | 0.93 | 0.74 | 4.37 | 3.63 | 3.00 | 1.92 |
| 85-332 | 13 | 13 | 13 | 2 | D10 CTC 20.0=3.57 | 1.71 | 2.17 | 2.74 | | | 1.15 | 0.93 | 0.74 | 4.37 | 3.63 | 3.00 | 1.92 |
| 85-352 | 13 | 13 | 15 | 2 | D10 CTC 20.0=3.57 | 1.71 | 2.17 | 2.74 | | | 1.58 | 1.37 | 1.18 | 4.34 | 3.60 | 2.96 | 2.21 |
| 85-334 | 13 | 13 | 13 | 4 | D10 CTC 15.0=4.76 | 2.39 | 2.99 | 3.75 | | | 1.15 | 0.93 | 0.74 | 4.37 | 3.63 | 3.00 | 1.92 |
| 85-552 | 13 | 15 | 15 | 2 | D10 CTC 20.0=3.57 | 2.39 | 2.99 | 3.75 | | | 1.51 | 1.31 | 1.14 | 4.04 | 3.35 | 2.76 | 2.50 |
| 85-583 | 13 | 15 | 18 | 3 | D13 CTC 30.0=4.22 | 2.91 | 3.61 | 4.50 | 3 | D13 CTC 30.0=4.22 | 3.18 | 3.18 | 3.18 | — | — | — | 3.18 |
| 90-552 | 13 | 15 | 15 | 2 | D10 CTC 20.0=3.57 | 2.04 | 2.57 | 3.24 | | | 1.38 | 1.16 | 0.96 | 4.29 | 3.56 | 2.94 | 2.36 |
| 90-553 | 13 | 15 | 15 | 3 | D13 CTC 30.0=4.22 | 2.50 | 3.13 | 3.92 | | | 1.38 | 1.16 | 0.96 | 4.29 | 3.56 | 2.94 | 2.36 |
| 90-583 | 13 | 15 | 18 | 3 | D13 CTC 30.0=4.22 | 2.50 | 3.13 | 3.92 | 3 | D13 CTC 30.0=4.22 | 2.92 | 2.92 | 2.92 | — | — | — | 2.92 |
| 95-552 | 13 | 15 | 15 | 2 | D10 CTC 20.0=3.57 | 1.74 | 2.21 | 2.81 | | | 1.26 | 1.01 | 0.79 | 4.54 | 3.77 | 3.12 | 2.24 |
| 95-553 | 13 | 15 | 15 | 3 | D13 CTC 30.0=4.22 | 2.15 | 2.71 | 3.42 | | | 1.26 | 1.01 | 0.79 | 4.54 | 3.77 | 3.12 | 2.24 |
| 95-583 | 13 | 15 | 18 | 3 | D13 CTC 30.0=4.22 | 2.15 | 2.71 | 3.42 | 3 | D13 CTC 30.0=4.22 | 2.72 | 2.72 | 2.72 | — | — | — | 2.72 |
| 95-554 | 13 | 15 | 15 | 4 | D10 CTC 15.0=4.76 | 2.48 | 3.11 | 3.91 | | | 1.26 | 1.01 | 0.79 | 4.54 | 3.77 | 3.12 | 2.24 |
| 95-584 | 13 | 15 | 18 | 4 | D10 CTC 15.0=4.76 | 2.48 | 3.11 | 3.91 | 4 | D10 CTC 15.0=4.76 | 2.72 | 2.72 | 2.72 | — | — | — | 2.72 |
| 100-552 | 15 | 15 | 15 | 2 | D10 CTC 20.0=3.57 | 1.48 | 1.90 | 2.44 | | | 1.02 | 0.77 | 0.55 | 4.16 | 3.46 | 2.87 | 2.37 |
| 100-553 | 15 | 15 | 15 | 3 | D13 CTC 30.0=4.22 | 1.85 | 2.35 | 2.99 | | | 1.02 | 0.77 | 0.55 | 4.16 | 3.47 | 2.87 | 2.37 |
| 100-583 | 15 | 15 | 18 | 3 | D13 CTC 30.0=4.22 | 1.85 | 2.35 | 2.99 | 3 | D13 CTC 30.0=4.22 | 2.82 | 2.82 | 2.82 | — | — | — | 2.82 |
| 100-554 | 15 | 15 | 15 | 4 | D10 CTC 15.0=4.76 | 2.15 | 2.71 | 3.43 | | | 1.02 | 0.77 | 0.55 | 4.16 | 3.47 | 2.87 | 2.37 |

表-4 つづき

| 図面番号 | 側壁 | | 底版厚 | 配筋番号 | 配筋 | 許容載荷重 Q_a | | | 配筋番号 | 底版上側配筋 | 水路内幅 | | | | | | |
|---------|----|----|-----|------|-------------------|------------------|------------------|------------------|------|-------------------|----------------------|-----------------|-----------------|------------------------------|-----------------|-----------------|------------------------------|
| | 上厚 | 下厚 | | | | $\phi=20^\circ$ | $\phi=25^\circ$ | $\phi=30^\circ$ | | | 盛土荷重なしの場合の許容内幅 B_o | | | 換算盛土高1m当りの増幅可 エネルギー B_B | | | 揚圧力に 対する許 容内幅 B_H |
| | | | | | | | | | | | $\phi=20^\circ$ | $\phi=25^\circ$ | $\phi=30^\circ$ | $\phi=20^\circ$ | $\phi=25^\circ$ | $\phi=30^\circ$ | |
| 100-584 | 15 | 15 | 18 | 4 | D10 CTC 15.0=4.76 | t/m ² | t/m ² | t/m ² | 4 | D10 CTC 15.0=4.76 | m | m | m | m | m | m | m |
| 100-556 | 15 | 15 | 15 | 6 | D10 CTC 12.5=5.71 | 2.68 | 3.35 | 4.21 | | | 1.02 | 0.77 | 0.55 | 4.16 | 3.47 | 2.87 | 2.37 |
| 100-883 | 15 | 18 | 18 | 3 | D13 CTC 30.0=4.22 | 2.73 | 3.41 | 4.28 | 3 | D13 CTC 30.0=4.22 | 3.28 | 3.28 | 3.28 | — | — | — | 3.28 |
| 105-552 | 15 | 15 | 15 | 2 | D10 CTC 20.0=3.57 | 1.25 | 1.63 | 2.11 | | | 0.92 | 0.64 | 0.39 | 4.40 | 3.67 | 3.06 | 2.27 |
| 105-553 | 15 | 15 | 15 | 3 | D13 CTC 30.0=4.22 | 1.58 | 2.04 | 2.61 | | | 0.92 | 0.64 | 0.39 | 4.40 | 3.67 | 3.06 | 2.27 |
| 105-583 | 15 | 15 | 18 | 3 | D13 CTC 30.0=4.22 | 1.58 | 2.04 | 2.61 | 3 | D13 CTC 30.0=4.22 | 2.67 | 2.67 | 2.67 | — | — | — | 2.67 |
| 105-554 | 15 | 15 | 15 | 4 | D10 CTC 15.0=4.76 | 1.86 | 2.37 | 3.01 | | | 0.92 | 0.64 | 0.39 | 4.40 | 3.67 | 3.06 | 2.27 |
| 105-584 | 15 | 15 | 18 | 4 | D10 CTC 15.0=4.76 | 1.86 | 2.37 | 3.01 | 4 | D10 CTC 15.0=4.76 | 2.67 | 2.67 | 2.67 | — | — | — | 2.67 |
| 105-556 | 15 | 15 | 15 | 6 | D10 CTC 12.5=5.71 | 2.34 | 2.95 | 3.72 | | | 0.92 | 0.64 | 0.39 | 4.40 | 3.67 | 3.06 | 2.27 |
| 105-883 | 15 | 18 | 18 | 3 | D13 CTC 30.0=4.22 | 2.38 | 3.00 | 3.78 | 3 | D13 CTC 30.0=4.22 | 3.10 | 3.10 | 3.10 | — | — | — | 3.10 |
| 110-552 | 15 | 15 | 15 | 2 | D10 CTC 20.0=3.57 | 1.04 | 1.39 | 1.83 | | | 0.83 | 0.51 | 0.20 | 4.64 | 3.89 | 3.29 | 2.19 |
| 110-553 | 15 | 15 | 15 | 3 | D13 CTC 30.0=4.22 | 1.35 | 1.76 | 2.28 | | | 0.83 | 0.51 | 0.20 | 4.64 | 3.89 | 3.29 | 2.19 |
| 110-583 | 15 | 15 | 18 | 3 | D13 CTC 30.0=4.22 | 1.35 | 1.76 | 2.28 | 3 | D13 CTC 30.0=4.22 | 2.54 | 2.54 | 2.54 | — | — | — | 2.54 |
| 110-554 | 15 | 15 | 15 | 4 | D10 CTC 15.0=4.76 | 1.60 | 2.06 | 2.64 | | | 0.83 | 0.51 | 0.20 | 4.64 | 3.89 | 3.29 | 2.19 |
| 110-584 | 15 | 15 | 18 | 4 | D10 CTC 15.0=4.76 | 1.60 | 2.06 | 2.64 | 4 | D10 CTC 15.0=4.76 | 2.54 | 2.54 | 2.54 | — | — | — | 2.54 |
| 110-556 | 15 | 15 | 15 | 6 | D10 CTC 12.5=5.71 | 2.03 | 2.59 | 3.29 | | | 0.83 | 0.51 | 0.20 | 4.64 | 3.89 | 3.29 | 2.19 |
| 110-883 | 15 | 18 | 18 | 3 | D13 CTC 30.0=4.22 | 2.03 | 2.59 | 3.29 | 3 | D13 CTC 30.0=4.22 | 2.95 | 2.95 | 2.95 | — | — | — | 2.95 |
| 110-557 | 15 | 15 | 15 | 7 | D13 CTC 20.0=6.33 | 2.32 | 2.93 | 3.71 | | | 0.83 | 0.51 | 0.20 | 4.64 | 3.89 | 3.29 | 2.19 |
| 110-559 | 15 | 15 | 15 | 9 | D13 CTC 15.0=8.45 | 2.41 | 3.04 | 3.84 | | | 0.83 | 0.51 | 0.20 | 4.64 | 3.89 | 3.29 | 2.19 |
| 110-884 | 15 | 18 | 18 | 4 | D10 CTC 15.0=4.76 | 2.41 | 3.04 | 3.84 | 4 | D10 CTC 15.0=4.76 | 2.95 | 2.95 | 2.95 | — | — | — | 2.95 |
| 115-883 | 15 | 18 | 18 | 3 | D13 CTC 30.0=4.22 | 1.80 | 2.32 | 2.96 | 3 | D13 CTC 30.0=4.22 | 2.82 | 2.82 | 2.82 | — | — | — | 2.82 |
| 115-885 | 15 | 18 | 18 | 5 | D13 CTC 25.0=5.07 | 2.29 | 2.90 | 3.68 | 5 | D13 CTC 25.0=5.07 | 2.82 | 2.82 | 2.82 | — | — | — | 2.82 |
| 115-886 | 15 | 18 | 18 | 6 | D10 CTC 12.5=5.71 | 2.66 | 3.34 | 4.21 | 6 | D10 CTC 12.5=5.71 | 2.82 | 2.82 | 2.82 | — | — | — | 2.82 |
| 120-883 | 15 | 18 | 18 | 3 | D13 CTC 30.0=4.22 | 1.56 | 2.03 | 2.62 | 3 | D13 CTC 30.0=4.22 | 2.72 | 2.72 | 2.72 | — | — | — | 2.72 |
| 120-885 | 15 | 18 | 18 | 5 | D13 CTC 25.0=5.07 | 2.01 | 2.57 | 3.28 | 5 | D13 CTC 25.0=5.07 | 2.72 | 2.72 | 2.72 | — | — | — | 2.72 |
| 120-886 | 15 | 18 | 18 | 6 | D10 CTC 12.5=5.71 | 2.35 | 2.97 | 3.77 | 6 | D10 CTC 12.5=5.71 | 2.72 | 2.72 | 2.72 | — | — | — | 2.72 |
| 125-883 | 15 | 18 | 18 | 3 | D13 CTC 30.0=4.22 | 1.35 | 1.77 | 2.32 | 3 | D13 CTC 30.0=4.22 | 2.62 | 2.62 | 2.62 | — | — | — | 2.62 |
| 125-885 | 15 | 18 | 18 | 5 | D13 CTC 25.0=5.07 | 1.76 | 2.27 | 2.92 | 5 | D13 CTC 25.0=5.07 | 2.62 | 2.62 | 2.62 | — | — | — | 2.62 |
| 125-886 | 15 | 18 | 18 | 6 | D10 CTC 12.5=5.71 | 2.07 | 2.65 | 3.37 | 6 | D10 CTC 12.5=5.71 | 2.62 | 2.62 | 2.62 | — | — | — | 2.62 |
| 125-887 | 15 | 18 | 18 | 7 | D13 CTC 20.0=6.33 | 2.37 | 3.01 | 3.82 | 7 | D13 CTC 20.0=6.33 | 2.62 | 2.62 | 2.62 | — | — | — | 2.62 |

110 - 883 鉄筋コンクリートフリーム



材料表 (m当り)

| 材料名 | 区分 | 算定式 | 長さ | 本数 | 単位重量 | 数量 | 形状 | 摘要 |
|--------|-------|----------------------------------|----------------|------|-------|-------|----|-----|
| 鉄筋 | ① D13 | 長さ = $2.508 + 1.750$ | m | 3.33 | 0.995 | 3.33 | U | 主筋 |
| 鉄筋 | ② D13 | 長さ = $0.380 + 1.750$ | m | 3.33 | 0.995 | 3.33 | U | 主筋 |
| 鉄筋 | ③ D13 | | m | 6.67 | 0.995 | 6.67 | / | |
| 鉄筋 | ④ D10 | | m | 14 | 0.560 | 7.840 | — | 配力筋 |
| 鉄筋 | ⑤ D10 | 本数 = $1 + 5.0 \times 1.750$ | m | 10 | 0.560 | 5.600 | — | 配力筋 |
| 鉄筋 | ⑥ D10 | 本数 = $3 + 5.0 \times 1.750$ | m | 12 | 0.560 | 6.720 | — | 配力筋 |
| コンクリート | 本体 | 数量 = $0.450 + 0.18 \times 1.750$ | m ³ | | | 0.765 | | |
| 型わく | 内側 | | m ² | | | 2.324 | | |
| 型わく | 外側 | | m ² | | | 2.561 | | |

| | |
|------|-----------------|
| 工事名 | 標準設計 |
| 開水路名 | 記載例 |
| 図面番号 | 110 - 883 - 175 |

了解済みである。
 最後に、この標準設計(案)を作成するに当って御協力
 をいただいた「設計基準監修委員会水路工部会」の委

員ならびに幹事各位および全国の設計積算担当者各位に
 感謝の意を表します。

会

告

昭和45年4月1日より、ダム研究会と水路研究会が合併し、農業土木技術研究会が発足いたしました。新研究会の規約につきましては、まず両会から選考委員を選出しその推挙により理事を選び、第1回理事会を開催し別紙のとおり決定いたしました。なお、新役員および昭和45年度予算も併せて決定いたしましたのでご報告いたします。

昭和45年度予算案

収入の部

| | 金額 | 内 訳 |
|---------|-------|---------------|
| 会 費 | 6,740 | |
| 通常会 員 | 6,000 | 800円/年×7,500人 |
| 賛 助 会 員 | 740 | 10,000円/口×74口 |
| 広 告 料 | 1,400 | 350,000円×4回 |
| 雑 収 入 | 10 | |
| 計 | 8,150 | |

支出の部

| | 金額 | 内 訳 |
|-----------|-------|------------------------------|
| 会誌発行費 | 4,200 | |
| 編 集 費 | 120 | 2,000円/篇×15篇×4回 |
| 印 刷 費 | 2,880 | 9,000円/頁×80頁×4回 |
| 原 稿 料 | 640 | 2,000円/頁×80頁×4回 |
| 運 賃 送 料 | 560 | |
| 事 業 費 | 380 | |
| 研 究 会 賞 | 100 | |
| 座談会 講演会 | 200 | |
| 資 料 | 80 | 図書購入50,フィルムライブラリー10 その他20 |
| 会 議 費 | 400 | 理事会54,編集会議256,その他90 |
| 事 務 費 | 1,240 | |
| 備 品 費 | 80 | 机椅子30×2,キャビネット10,その他10 |
| 通 信 交 通 費 | 200 | 通信100,交通50,振替手数量10 |
| 広 告 手 数 料 | 420 | 1,400×0.3 |
| 事 務 室 借 料 | 180 | 3,000円/坪/月×5坪×12月 |
| 光 熱 費 | 24 | 2,000円×12月 |
| 消 耗 品 費 | 36 | 3,000円×12月 |
| 交 際 費 | 30 | |
| 人 件 費 | 1,575 | 45,000円/月×2名×(12+4.5+1.0) |
| 予 備 費 | 625 | |
| 計 | 8,150 | |

農業土木技術研究会役員

- | | | |
|-------|-------|-----------------|
| 会 長 | 杉田 栄司 | 農地局建設部長 |
| 副 会 長 | 緒形 博之 | 東京大学教授 |
| 理 事 | 山本 純 | 農地局設計課長 |
| | 渡合 末彦 | // 技術課長 |
| | 岡部 三郎 | // 調査官 |
| | 牧野 俊衛 | 関東農政局建設部長 |
| | 出口 勝美 | 農業土木試験場土地改良部長 |
| | 井上 弘 | 茨城県農林部長 |
| | 松井 芳明 | 水資源開発公団計画部長 |
| | 古賀 俊夫 | 土地改良建設協会常務理事 |
| | 高嶺 進 | 三祐コンサルタンツ取締役 |
| | 小川 孝 | 鹿島建設株式会社 |
| | 内藤 正 | 大豊建設株式会社 |
| 監 事 | 伊藤 茂松 | 農業土木事業協会常務理事 |
| | 真田 光夫 | 農業土木コンサルタンツ理事 |
| 顧 問 | 井元 光一 | 水資源開発公団理事 |
| | 小川 泰恵 | 八郎瀧新農村建設事業団理事 |
| | 梶木 又三 | 梶木農政研究所所長 |
| | 金子 良 | 農業土木試験場場長 |
| | 小林 国司 | 参議院議員 |
| | 桜井 志郎 | 参議院議員 |
| | 佐々木四郎 | 水資源開発公団理事 |
| | 重政 庸徳 | 参議院議員 |
| 常任顧問 | 住吉 勇三 | 農地局参事官 |
| 顧 問 | 清野 保 | 愛知工業大学顧問 |
| | 高月 豊一 | 京都大学名誉教授 |
| | 田町 正誉 | 九州大学名誉教授 |
| 常任顧問 | 田村徳一郎 | 明治大学教授 |
| 顧 問 | 任田 新治 | 参議院議員 |
| | 中川 一郎 | 衆議院議員 |
| | 野知 浩之 | 日本農業土木コンサルタンツ顧問 |
| | 福田 仁志 | 東京大学名誉教授 |
| | 山崎平八郎 | 衆議院議員 |
| | | (五十音順) |
| 参 与 | 山口 重雄 | 東北農政局設計課長 |
| | 飯田 栄一 | 関東農政局設計課長 |
| | 善木 正敏 | 北陸農政局設計課長 |
| | 岡本 克己 | 東海農政局設計課長 |
| | 浅原 辰夫 | 近畿農政局設計課長 |
| | 島岡 俊輔 | 中四国農政局設計課長 |
| | 桑原 昇 | 九州農政局設計課長 |
| | 難波 康夫 | 北海道開発局土地改良課長 |
| | 梶浦 和平 | 北海道土地改良第一課長 |
| | 山下 潔 | 青森県土地改良第一課長 |
| | 多田 直久 | 岩手県耕地建設課長 |
| | 小西 良治 | 宮城県耕地課長 |

山内 一郎 秋田県耕地課長
 城野 忠雄 山形県耕地課長
 久保田 章 福島県耕地課長
 松村 進 茨城県耕地建設課長
 横山 新 栃木県土地改良課長
 小島 沈 群馬県耕地開発課長
 雨宮 堯郎 埼玉県土地改良課長
 宮地 寛 千葉県耕地課長
 岡崎 正男 東京都農地課長
 飯塚 晴信 神奈川県耕地課長
 丸茂 高男 山梨県耕地課長
 村上 成一 長野県耕地第一課長
 佐原耕一郎 静岡県営企画課長
 杉山 英郎 新潟県農地建設課長
 福沢 重信 富山県耕地課長
 服部 和彦 石川県耕地建設課長
 岡 弘 福井県耕地課長
 井田 宗 岐阜県農地建設課長
 大畑 昇一 愛知県耕地課長
 松田 修 三重県耕地課長
 大辻小太郎 滋賀県耕地課長
 中村 吉隆 京都府耕地課長
 芝山半之丞 大阪府耕地課長
 藤本 理 兵庫県耕地課長
 窪田 博 奈良県耕地課長
 小川 力也 和歌山県耕地課長
 前田 修 鳥取県耕地課長
 小笠原忠実 島根県耕地課長
 村上 澄雄 岡山県耕地課長
 溪口 誠爾 広島県耕地課長
 中村 源三 山口県耕地課長
 伊東 久弥 徳島県耕地課長
 杉平 鉄雄 香川県土地改良課長
 白井 俊昭 愛媛県耕地課長
 弘田 定男 高知県耕地課長
 徳重 一義 福岡県耕地課長
 相川 稔 佐賀県土地改良第一課長
 宮本 安一 長崎県耕地課長
 広嶋 幸次 熊本県耕地第一課長
 森田 実 宮崎県耕地課長
 森田 克美 大分県耕地課長
 吉岡 孝信 鹿児島県耕地課長
 幹 事 岡部 三郎 農地局調査官
 武田 健策 " 設計官
 中原 通夫 " かんがい排水課
 高田 徳博 " 開こん建設課
 小藤 裕二 " 災害復旧課
 中川 稔 " 技術課

藤井 徹 " 企画調整室
 飯田 栄一 関東農政局建設部設計課長
 白滝 山二 農工大学教授
 前田 芳郎 農地開発機械公団工務課長
 常任幹事 石川 明 農地局設計課
 伊藤禄太郎 農業土木技術連盟
 勝俣 昇 農地局設計課
 編集委員 委員長 岡部 三郎
 委員 幹事及び常任幹事
 平井 公雄 近畿圏整備本部
 内藤 克美 水資源公団, 第1工務部

会員について

| 賛助会員 | | (五十音順) |
|------|---------------------|--------|
| 東 京 | ㈱荏原製作所 | 3口 |
| " | ㈱大林組 | " |
| " | 鹿島建設株式会社 | " |
| " | 久保田鉄工株式会社 | " |
| " | ㈱熊谷組 | " |
| " | ㈱佐藤工業株式会社 | " |
| 愛 知 | ㈱三祐コンサルタンツインターナショナル | " |
| 東 京 | 大成建設株式会社 | " |
| " | ㈱電業社機械製作所 | " |
| 大 阪 | ㈱西島製作所 | " |
| 東 京 | 西松建設株式会社 | " |
| " | (財)日本農業土木コンサルタンツ | " |
| " | ㈱間組 | " |
| " | ㈱日立製作所 | " |
| " | 青木建設株式会社 | 2口 |
| " | 株木建設株式会社 | " |
| " | 勝村建設株式会社 | " |
| 大 阪 | ㈱栗本鉄工所 | " |
| 東 京 | 三幸建設株式会社 | " |
| " | 住友建設株式会社 | " |
| " | 大豊建設株式会社 | " |
| " | 前田建設工業株式会社 | " |
| " | 旭コンクリート工業株式会社 | 1口 |
| 大 分 | 梅林建設株式会社 | " |
| 東 京 | 技研興業株式会社 | " |
| " | 久保田建設株式会社 | " |
| " | 五洋建設株式会社 | " |
| 大 分 | ㈱後藤組 | " |
| " | ㈱佐藤組 | " |
| 東 京 | 新生興産株式会社 | " |
| " | 新農立建業株式会社 | " |
| 愛 知 | 塩谷組 | " |
| 東 京 | 世紀建設株式会社 | " |
| 青 森 | 田中建設株式会社 | " |
| 東 京 | ㈱武井工業所 | " |

| | | | | | |
|----|----------------|----|----|-------------------|----|
| 東京 | 榑田原製作所 | 1口 | 東京 | 日本技術開発株式会社 | 1口 |
| 香川 | 大成建設榑高松支店 | " | " | 日本海上工事株式会社 | " |
| 大分 | 高山総合工業株式会社 | " | " | 日本国土開発株式会社 | " |
| 東京 | 中央開発株式会社 | " | " | 日本プレスコンクリート工業株式会社 | " |
| " | 中国土木株式会社 | " | " | 日本エタニットパイプ株式会社 | " |
| " | 帝国ヒューム管株式会社 | " | " | 日曹マスタービルダーズ株式会社 | " |
| " | 東急建設株式会社 | " | " | パンフィックコンサルタンツ株式会社 | " |
| 秋田 | 東邦技術株式会社 | " | " | 羽田コンクリート工業株式会社 | " |
| 東京 | 東京索道株式会社 | " | " | 榑丸島水門製作所 | " |
| " | 榑土木測器センター | " | 石川 | 真柄建設株式会社 | " |
| 茨城 | 中川ヒューム管工業株式会社 | " | 東京 | 水資源開発公団 | " |
| 新潟 | 新潟コンクリート工業株式会社 | " | 京都 | 山品建設株式会社 | " |
| 東京 | 日本舗道株式会社 | " | 愛知 | 若鈴コンサルタンツ株式会社 | " |

農業土木技術研究会会員数

(昭和45年7月31日現在)

| 地方名 | 通常会員 | | | | | 賛助会員 | |
|-----|------|-----|----|-----|-------|------|----|
| | 県 | 農林省 | 学校 | その他 | 合計 | 会社数 | 口 |
| 北海道 | 331 | 352 | — | 94 | 777 | — | — |
| 青森 | 175 | 36 | 1 | 15 | 227 | 1 | 1 |
| 岩手 | 147 | 52 | 2 | 16 | 217 | — | — |
| 宮崎 | 126 | 49 | — | 24 | 199 | — | — |
| 秋田 | 205 | 71 | — | 44 | 320 | 1 | 1 |
| 山形 | 139 | 43 | 1 | 27 | 210 | — | — |
| 福島 | 175 | 23 | — | 17 | 215 | — | — |
| 小計 | 967 | 274 | 4 | 143 | 1,388 | 2 | 2 |
| 茨城 | 13 | 48 | — | 21 | 82 | 1 | 1 |
| 栃木 | 67 | 24 | — | 16 | 107 | — | — |
| 群馬 | 84 | 14 | — | 17 | 115 | — | — |
| 埼玉 | 99 | 19 | — | 30 | 148 | — | — |
| 千葉 | 112 | 37 | — | 19 | 168 | — | — |
| 東京 | — | 184 | 13 | 210 | 407 | 45 | 76 |
| 神奈川 | 88 | 35 | — | 75 | 198 | — | — |
| 山梨 | — | 12 | — | 16 | 28 | — | — |
| 長野 | 148 | 29 | — | 22 | 199 | — | — |
| 静岡 | 166 | 52 | — | 15 | 233 | — | — |
| 小計 | 777 | 454 | 13 | 441 | 1,685 | 46 | 77 |
| 新潟 | 345 | 163 | 1 | 33 | 542 | 1 | 1 |
| 富山 | 129 | 16 | 0 | 21 | 166 | — | — |
| 石川 | 106 | 89 | 0 | 17 | 212 | 1 | 1 |
| 福井 | 113 | 9 | 0 | 17 | 139 | — | — |
| 小計 | 693 | 277 | 1 | 88 | 1,059 | 2 | 2 |
| 岐阜 | 138 | 30 | 6 | 16 | 190 | — | — |
| 愛知 | 108 | 192 | 1 | 138 | 439 | 3 | 3 |
| 三重 | 83 | 61 | — | 15 | 159 | — | — |
| 小計 | 329 | 283 | 7 | 169 | 788 | 3 | 3 |

| 地方名 | 通常会員 | | | | | 賛助会員 | |
|-----|-------|-------|----|-------|-------|------|-----|
| | 県 | 農林省 | 学校 | その他 | 合計 | 会社数 | 口数 |
| 滋賀 | 97 | 63 | 1 | 16 | 177 | — | — |
| 京都 | 24 | 52 | 3 | 18 | 97 | 1 | 1 |
| 大阪 | 52 | 24 | 6 | 68 | 150 | 3 | 8 |
| 兵庫 | 96 | 18 | — | 17 | 131 | — | — |
| 奈良 | 66 | 31 | — | 15 | 112 | — | — |
| 和歌山 | 75 | — | — | 15 | 90 | — | — |
| 小計 | 410 | 188 | 10 | 149 | 757 | 4 | 9 |
| 鳥取 | 81 | 17 | 1 | 15 | 114 | — | — |
| 島根 | 44 | 31 | 6 | 15 | 96 | — | — |
| 岡山 | 102 | 87 | 4 | 15 | 208 | — | — |
| 広島 | — | — | — | 1 | 1 | — | — |
| 山口 | 60 | — | — | 16 | 76 | — | — |
| 徳島 | 29 | 5 | — | 15 | 49 | — | — |
| 香川 | 59 | 80 | — | 15 | 154 | 1 | 1 |
| 愛媛 | 42 | — | 4 | 24 | 70 | — | — |
| 高知 | 24 | — | — | 17 | 41 | — | — |
| 小計 | 441 | 220 | 15 | 133 | 809 | 1 | 1 |
| 福岡 | 89 | 31 | 8 | 33 | 161 | — | — |
| 佐賀 | 98 | 30 | 0 | 24 | 152 | — | — |
| 長崎 | 46 | 11 | 0 | 25 | 82 | — | — |
| 熊本 | 100 | 105 | 0 | 22 | 227 | — | — |
| 大分 | 137 | 39 | 0 | 16 | 192 | 3 | 3 |
| 宮崎 | 91 | 3 | 3 | 15 | 112 | — | — |
| 鹿児島 | 154 | 20 | 0 | 15 | 189 | — | — |
| 沖縄 | 10 | — | — | — | 10 | — | — |
| 小計 | 725 | 239 | 11 | 150 | 1,125 | 3 | 3 |
| 内地計 | 4,673 | 2,287 | 61 | 1,367 | 8,388 | | |
| 台湾 | 18 | — | — | — | 18 | — | — |
| 外国 | 4 | — | — | — | 4 | — | — |
| 総計 | 4,695 | 2,287 | 61 | 1,367 | 8,410 | 61社 | 97口 |

掲 載 広 告 一 覧

(順不同)

| | | | |
|-----------------------------|-----|-----------------------|----|
| 三菱重工業(株)..... | 表 2 | 日本理水設計(株)..... | 後付 |
| (株)栗本鉄工所..... | 表 3 | (株)建設技術研究所..... | 〃 |
| (株)荏原製作所..... | 表 4 | 国際航業(株)..... | 〃 |
| 日本エタニットパイプ(株)..... | 前付 | 東洋航空事業(株)..... | 〃 |
| 日本ロックラーパイプ(株)..... | 〃 | パシフィック航業(株)..... | 〃 |
| 新日本製鉄(株)..... | 〃 | 帝国ヒューム管(株)..... | 〃 |
| 東洋鉄網製造(株)..... | 〃 | 世紀建設(株)..... | 〃 |
| 太陽コンサルタント(株)..... | 後付 | (財)日本農業土木コンサルタンツ..... | 〃 |
| 日本グラウト工業(株)..... | 〃 | (株)電業社機械製作所..... | 〃 |
| 山海堂..... | 〃 | 東京索道(株)..... | 〃 |
| 日鉄エコノ(株)..... | 〃 | 長井工業(株)..... | 〃 |
| (株)三友精機製作所..... | 〃 | 久保田鉄工(株)..... | 〃 |
| 日本技術開発(株)..... | 〃 | 西武ゴム化学(株)..... | 〃 |
| 日本自動ダム(株)..... | 〃 | 日本植生(株)..... | 〃 |
| (株)三祐コンサルタンツ・インターナショナル..... | 〃 | (社)土地改良建設協会..... | 〃 |
| (株)新日本技術コンサルタント..... | 〃 | (株)丸島水門製作所..... | 〃 |
| 日本工営(株)..... | 〃 | 前沢バルブ工業(株)..... | 〃 |
| 若鈴コンサルタンツ(株)..... | 〃 | | |

編 集 後 記

いよいよ「土コン」と「水路」の合併が実現した。10年以上の歴史をもつ研究会が合併するということは、意外に大変なことであった。新日本製鉄の合併とまで言わないが、コップの中の大嵐程度ではあった。ともかくも多くの方々の御努力で新研究会が発足できたことは御同慶の至りで、暖く育ててゆきたいと思う。ことに農業土木技術者の歩むべき方が問われている昨今の事情を考えると、この雑誌が他に誇りうる技術雑誌として成長することを大いに期待し、また一会員として努力してまいりたいと考える。

ところで創刊号であるが、特別企画は考えざごく普通

の標準的な編集となっている。編集委員会では、泥にのみみれた現場の生みの報告と資料を主軸に、論説欄では新しい事業とか、農業土木以外の識者の論説を、また新技術や設計実務研修のための講座などを配してゆくことになった。この方針により、今回はとくに新工法とか、問題の多い工事とかの生の記録を報告していただいた。また論説として、農業基盤総合整備パイロット事業について、また講座として、最近の工学解析の花形である有限要素法についてなどを掲載することにした。

これから、どしどし、現場や農村に密着した報告や資料を投稿していただきたい。また、会の運営や編集についての注文など積極的な御意見を寄せられるようお願いしたい。
(勝俣)

水 と 土 第 1 号

昭和45年7月31日発行

発行所 東京都港区新橋5-34-4

農業土木会館内 TEL (434) 5407

農業土木技術研究会

印刷 東京都中野区江古田2-21-2

TEL (386) 2082

有限会社 アテネ出版