



愛知用水事業の利水計画とその主要工事の概要

清野保*

1. 緒言

愛知用水事業は木曾川水系の水資源を高度に利用するため、木曾川支流王滝川に牧尾ダムを建設し、その貯水によって電力の増強を行なうとともに、その放流水と木曾川自流の一部によって岐阜県可児郡の一部および名古屋市東方の平野とこれに続く知多半島一帯の面積3万haにわたる農業開発を主目的とし、さらに名古屋市をはじめ必要地域に4500万tの上水道用水と工業用水を供給する計画である。

愛知用水公団はこの目的のために、昭和30年10月に設立せられ、農業、電力、上水道、工業用水の開発事業を総合的に実施し、かつ、経済効果が同時に発生できるように企画されたもので、その総事業費は423億円である。

現在、愛知県および関西電力の協力のもとに、目下王滝川に建設中の新設発電所を除き、すべての建設工事は完了し、管理段階に入っている。建設工事の期間は調査設計に要した期間を除き、わずかに4年間で完成したことは画期的なものといえる。以下、その利水計画と主要工事の概要を記す。

2. 利水計画

(1) 概要

愛知用水事業は、木曾川水系の水資源を総合的に開発して、その利用の高度化をはかるものであるが、その概要は豊水時の木曾川の流水を極力利用する一方、木曾川の支流王滝川に有効貯水量6800万 m^3 の牧尾貯水池を新設し、ここに貯水された水を必要に応じ木曾川に放流し、下流約120kmの兼山取水口で取水し、幹線水路(延長約112km)および支線水路(延長約1135km)により導水配水し、約3万haの耕地をかんがいし、さらに、新設貯水池の放流を利用して発電所を新設し、下流既設発電所の発生電力の増強をはかるとともに上水道工

* 正員 愛知用水公団理事

業用水をも供給するものである。

(2) 特徴

木曾川は古くから利水開発が行なわれ、河域の産業の発展、文化の向上に大きな役割を果たしてきた川であり、特に、木曾川とその支流王滝川とは水力発電に関してはわが国における最も開発の進んだ河川の一つであり、王滝川水源地の三浦貯水池の満水位(EL.1304.1m)から開発可能な最下流の今渡発電所の放水水位(EL.58.1m)に至る全水頭1246mのうち、未開発の総水頭は約100mに過ぎず、この水頭を利用すべく貯水池および発電所を計画したものであることなどから次のような特徴がある。

① 牧尾貯水池は既存の発電所の間にはさまれているので流域が複雑であること。

② 牧尾貯水池は発電にも利用する多目的施設であるので費用振分けのため集水量および発生電力量の複雑な計算を綿密に行なったこと。

③ 牧尾貯水池における貯溜および兼山取水口における取水は下流の治水および既存水利に支障を与えないよう行なう必要から大きな制限を受けていること。

④ 制限された条件のもとに取水する木曾川自流の有効利用および変動する幹線水路通水量を調整するために幹線水路の中間に調整池を築造するとともに数多くの既設溜池も新設水路と連絡して木曾川自流の導入をはかったこと。

⑤ 農業用水量の算定は、各地区の特性から遊離しないよう長大な受益地域を4ブロックに分けて行なったこと。

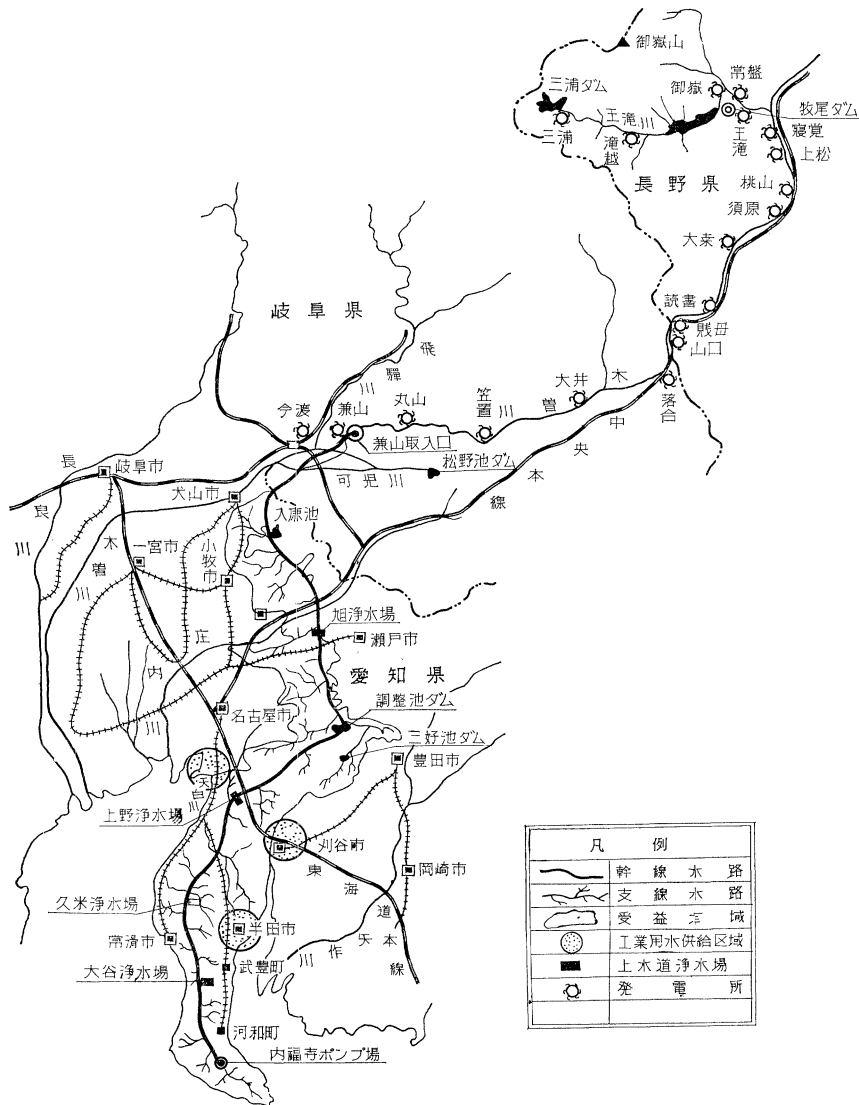
⑥ かんがい対象の耕地が河川掛、溜池掛、天水田、畑地など雑多なため地域内における利用可能水量の算定が複雑であること。

これらの特徴のうち、おもなるものについて以下に記述する。

(3) 牧尾貯水池における貯溜および放流等

牧尾貯水池の流域(304.4 km^2)は図-2のとおり直接

図-1 愛知用水事業概要図

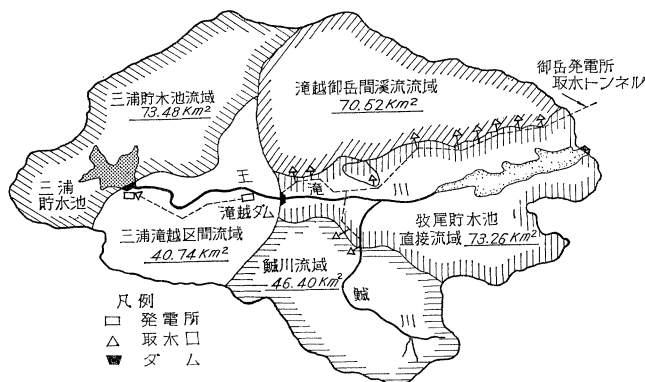


流域 (73.26 km²) と4つに区分される間接流域 (231.14 km²) からなっており、直接流域からの流出量はほかに利用されることなく王滝川に流入し貯水池に至るが、間接流域からの流出量は各流域ごとの最大能力まで取水、御岳発電所に導水された残余の余剰水のみ王滝川に越流し、貯水池に流入することとなっているので次のとおり複雑な集水量計算を行なった。

牧尾貯水池流域の流量は流域内の王滝測水所 (長野県西筑摩郡王滝村田島, 流域面積 251.7 km²) の観測値を用いて流域比によって算定するのが最適であるが、王滝観測値が計画年次の昭和18年から昭和27年 (計画作成当時の最近10ヵ年) にないので、今渡えん堤操作規程に

今渡に到達する木曾川の自然流量を判定する一つの基準としている木曾川中流部の握測水所 (岐阜県恵那郡坂下町坂下, 流域面積 1577.6 km²) の記録から流域比により算出し、さらに王滝観測値の存する昭和5年から昭和17年までの王滝流量の比流量と同期間の握流量の比流量の比を月別に求めその平均値を採用して修正し推定王滝流量とした。ただし、昭和20年1月以降の握流量は、三浦貯水池によって人為的操作が加わり自然流量とは違っているので、三浦貯水池の流入量、放流量の実績記録によって修正し基本流量とした。このようにして、推定王滝流量をもととして、流入量実績のある期間の三浦貯水池流域を除き各流域ごとに流域比により算定した流量、および三浦放流量から御岳発電所取水量を差し引いて間接流域からの流入量を求め、別途推定王滝流量から流域比により算定した直接流域からの流入量を合わせ

図-2 牧尾貯水池流域概要図



て集水量とした。

なお、三浦放流量は過去の実績流入量ならびに関西電力の昭和 29 年度計画および使用方針による貯水池操作によって算出した。

間接流域からの流入量算定式を示せば、次のとおりである。

Q_M : 三浦貯水池放流量, Q_K : 鯉川および滝越御岳間溪流流域流量, Q_T : 三浦滝越間流域流量, Q_{MT} : $Q_M + Q_T$, Q_{ID} : 間接流域流入量

とすると、

滝越ダム取水口最大能力	19.07 m ³ /sec	
鯉川流域取水口最大能力	4.20	} 10.58 "
滝越御岳間溪流取水口最大能力	6.38	
御岳発電所王滝線最大取水能力	22.10	"

であるから、

$Q_K > 10.58$ で $Q_{MT} + 10.58 > 22.1$ なら、

$$Q_{ID} = (Q_K - 10.58) + (Q_{MT} + 10.58) - 22.1 f$$

$Q_K > 10.58$ で $Q_{MT} + 10.58 < 22.1$ なら、

$$Q_{ID} = (Q_K - 10.58) + (Q_{MT} + 10.58)(1 - f)$$

$Q_K < 10.58$ で $Q_K + Q_{MT} > 22.1$ なら、

$$Q_{ID} = Q_K + Q_{MT} - 22.1 f$$

$Q_K < 10.58$ で $Q_K + Q_{MT} < 22.1$ なら、

$$Q_{ID} = (Q_K + Q_{MT})(1 - f)$$

ただし、 f は政令による関西地区の流れ込み式発電所の利用率である。

以上によって算定した集水量を貯水池下流の治水および既存水利に支障を与えないよう貯溜および放流を行なうがその基本方式は次のとおりである。

a) 貯溜の基本方式 全年を通じ、今渡えん堤操作規程に抵触しないよう次のとおり貯溜する。

① 4月1日から4月30日までは、主として農業用水および上水道、工業用水のために貯溜する。

② 10月4日から11月30日までは、主として発電のために貯溜する。

b) 放流の基本方式 全年を通じ、木曾川の自然流量を考慮して次のとおり放流する。

① 5月1日から10月3日までは、主として農業用水のために放流する。

② 12月1日から3月31日までは、主として発電のために放流する。

③ 全年を通じ、上水道、工業用水を充足するように放流する。

すなわち、上流貯水池における貯溜に対する制限規定の今渡えん堤操作規程総則第2条第1号ただし書*に準拠して今渡ダム地点における流量が牧尾貯水池における貯溜によって 100 m³/sec 以下にならないよう貯溜し、かつ兼山取水口における取水方式または関西電力の発電

方式に合致するよう放流するものである。

なお、牧尾貯水池の放流水は原則として牧尾貯水池を利用する目的で目下建設中の王滝川発電所を通過発電するほか牧尾貯水池における貯溜および放流は下流 15 ヶ所の関西電力の既設発電所の発電力に影響を与えるので、新設発電所の発生電力量を算出するとともに、下流発電所については、牧尾貯水池建設前および建設後の発生電力量の計算を行なって牧尾貯水池建設にともなう水資源の有効利用による増加発生電力量を算出した。その結果 10 ヶ年平均年間増加発生電力量は新設既設合わせて約 130 000 mWh となった。

さらに、複雑な流域のため、集水量の変動がはげしく 10 ヶ年の半旬平均集水量から河状係数を求めても 133 (木曾川 125) となり、貯水池の操作が繁雑なことも特筆すべきことであろう。

(4) 兼山取水口における取水

農業用水のための補給必要水量および上水道工業用水の必要水量を岐阜県加茂郡八百津町地内兼山ダム上流左岸から取水するがその方式は取水地点から下流の木曾川の治水および既存水利に支障を与えないよう次のとおり取水する。

① 5月1日から10月3日までににおける取水量は、牧尾貯水池からの放流量の取水口地点到達量と兼山ダムへの流入量が兼山発電所最大使用量 200 m³/sec を越えて越流を生ずる場合におけるその越流量とを合計した量の範囲内において、かんがい用水として 28.6 m³/sec 以内、工業用水および上水道用水として 1.7 m³/sec 以内とし、その合計量が 30 m³/sec を越えてはならないものとする。ただし、越流量がない場合においても、かんがい用水のうち、岐阜県可児土地改良区に対する 1.83 m³/sec

*今渡えん堤操作規程

木曾川水系には幾多の発電所があり、このうち、若干の発電所は調整池を有し、尖頭負荷に応ずるためただちに下流の水位、流量の変動を来し農業および上水道工業用水の取水に支障を与えるのでこの調整のために木曾川と飛騨川の合流点下流約 800 m の地点に建設されたのが今渡ダムであるが、上流貯水池における貯溜は、下流水利に対して悪影響を与えるのでこれに対しても操作規程は制限を附している。これに関する条項を抜すいすれば次のとおりである。

第2条 本発電所の使用水量調整に就いては左記各号の制限に従い下流木曾川筋の河川流量に及ばず変動をなからしむるため毎日調整池に到達すべき全水量を均等に放流するものとする。

1 調整池に到達すべき水量は木曾川筋「握」益田川筋「瀬戸」並に馬瀬川筋東村(祖師野)各測水所に於ける流量を基準として推定算出し笠置、川辺両発電所より放流すべき水量別表第1号表によるものとする。

但し前段により算定せる今渡堰堤に於ける自然流量が毎秒 100 立方メートル(3 594 個)を超過する場合は超過分を限度として上流発電所に於て滞溜すべきことある可きを以て当発電所は此の場合調整池に到達する水量を均等に放流するものとする。

以下略

以内の水量のかんがい用水に関しては、今渡えん堤操作規程第2条に規定する超過分の範囲内において取水できるものとする。

② 10月4日から4月30日までにおける取水量は、越流量の範囲内において、工業用水および上水道用水として $1.57 \text{ m}^3/\text{sec}$ 以内、かんがいの補助溜池貯溜用として $228.89 \text{ m}^3/\text{sec}$ 以内とし、その合計量が $30 \text{ m}^3/\text{sec}$ を越えてはならないものとする。ただし、越流量がない場合においても、かんがい用水のうち、岐阜県可児土地改良区に対する $0.566 \text{ m}^3/\text{sec}$ 以内の水量のかんがい用水に関しては超過分の範囲内において、工業用水および上水道用水に関しては到達量と超過分とを合計した量の範囲内において $1.57 \text{ m}^3/\text{sec}$ 以内を取水できるものとする。

すなわち、木曾川自流の取水条件は、期間および目的により異なる複雑なものである。

上記の方式に従って行なった利水計算の結果によれば、今渡えん堤操作規程に規定する今渡ダム地点流量 $100 \text{ m}^3/\text{sec}$ (兼山ダム地点換算 $54 \text{ m}^3/\text{sec}$) は低水量以下の流量(表-1 参照)であるため、5月1日から10月3日までにおける10ヵ年平均取水量は 9011000 m^3 に達し岐阜県分の農業の補給必要水量の大部分を補給しうが、兼山ダム地点流量 $200 \text{ m}^3/\text{sec}$ は取水地点下流のすべての権利を侵さないための必要水量ではあるが豊水量をはるかに上まわる流量であるため、5月1日から10月3日までにおける10ヵ年平均の該当日数は32日に過ぎず、しかもこのような流量のときはおおむね地域内の利用可能水量も多いので取水量は $46412000 \text{ m}^3/\text{sec}$ (岐阜県分を除く取水必要量の31%)に過ぎない。すなわち、愛知県分の農業用水および上水道工業用水の木曾川自流の利用率は、地域内に調整池(900万 m^3)の新設や既設溜池の嵩上げを行なうとともに多くの溜池を新設水路と連絡して余剰水を導入しその有効化をはかっても取水必要量の1/3に満たず、残余は牧尾貯水池などに依存することになっている。

なお、計画においては、今渡ダム地点流量は実績流量を、兼山ダム地点流量は掘測水所の日流量記録をもとに流域比により算定した。ただし、兼山ダム流域はその全流域 2452 km^2 から、牧尾貯水池流域を除いたものとした。

愛知用水の地域およびその周辺地域は最近の日本経済の高度成長の中でも特にいちじるしい地域の一つであり、重化学工業のめざましい発展とともに人口も増加して水の需要が急増しつつある折柄、愛知用水の施設を利用してそれに対応しようとする動きが識者の間にある。なるほど、必要水量のピー

表-1 兼山および今渡地点における各種流量

地点名	流域面積 (km^2)	最小 (m^3/sec)	渇水 (m^3/sec)	低水 (m^3/sec)	平水 (m^3/sec)	豊水 (m^3/sec)	高水 (m^3/sec)
兼山	2452	31.40	36.55	62.06	98.61	143.75	5151.30
今渡	4656	59.59	68.90	115.59	179.78	268.96	9814.95

注：今渡えん堤操作規程から採す

クを充足し得るように建設された水路などの施設はピーク時以外には余裕があるのでこれを利用して取水導水することは可能であるが、取水条件を緩和しない限り、仮りに地域内に約 1000 万 m^3 の調整池を増設して木曾川の余剰水を導入して、有効利用をはかっても平均すれば $1 \text{ m}^3/\text{sec}$ に過ぎないことから急増する水需要に対応するには取水条件の緩和が必要である。もちろん、取水条件を緩和するには、下流の利水関係者に対する考慮ないしは対策が十分なされなければならないが、ほから転用できない利水目的の絶対量は別として水の付加価値を高める方向に水資源の活用がなされることが必要である。

3. ダム

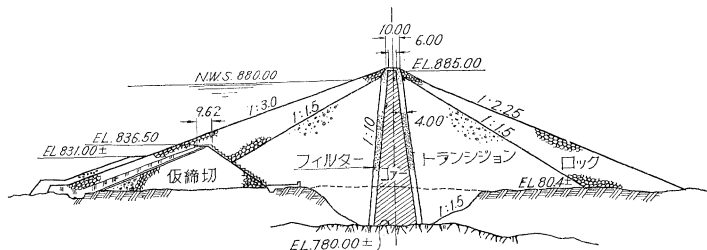
(1) 牧尾ダム

a) 概要 牧尾ダムは愛知用水の主要水源として木曾川支流王滝川に計画築造されたものである。総貯水量 7500 万 m^3 、堤体量 2615000 m^3 、堤高は基礎岩盤上 105 m のロックフィルダムで、わが国では御母衣ダムにつぐものであり、中心コアタイプとしては最大のものである。

b) 特色 ① ダムサイトの基盤をなす地層は主として粘板岩、砂岩およびチャートであり、数ヵ所に断層破砕帯が存在している。また河床の堆積砂礫層は深さ約 25 m におよび、河床部および右岸には多量のガス(主として、炭酸ガスでガス圧は $1\sim 2 \text{ kg/cm}^2$)が噴出している。このためコアトレンチの下に深いグラウトカーテンを形成させ、河床部基盤のコア接触部にはコンソリデーショングラウトおよびモルタル吹き付けを行ない、コアに直接ガスが噴出しないようにした。また注入材料としてのセメントは H_2S との化学反応を少なくするために、 Al_2O_3 およびアルカリ量を少なくし、 Fe_2O_3 を大きくした特殊セメントを用いた。

② 堤体断面の設計には次の原則が貫かれた。

図-3 牧尾ダム



③ ダム サイトの至近距離で入手できる材料を、もっとも経済的に利用できるような断面とする。

④ 気象条件、施工速度、その他の施工条件を十分考慮に入れて、技術的に不安の残らない断面とする。この原則により断面は図-3のとおりとし、堤体材料はダム サイトから1kmの範囲内で採取できるという好条件となっている。

⑤ 堤体断面については「傾斜コア」と比較した結果次のような理由から「中心 コアタイプ」と決定した。

⑥ ダム サイトの兩岸ソデ部が急な傾斜をしているので、コアの不等沈下によるクラックや破壊がもっとも心配されるが、中心コアタイプは、この点について傾斜コアタイプよりも影響が少ない。

⑦ ダム地点の気候からみて、比較的含水量の高い材料を使用しなければならないが、傾斜コアでは、その部分が、せん断抵抗力の小さいすべり面を形成するおそれがあり、上流斜面の安全率が低下する。

⑧ ダム サイトの地形からみて、バイパス、ダム中心線の位置が中心コアタイプに適しており、傾斜コアタイプにした場合には、これら位置の間が狭いので、仮締切堤を築造したり、床掘りをしたり、また本体ロックフィル部を安息角で築造するのに不十分である。

⑨ 中心コアの場合でも、コアの巾を薄くすれば、ロックとの施工速度の調節は可能である。

⑩ 中心コアタイプではトランジション材料として、ダムサイト上流木賦地区に多量に堆積している砂礫層が利用できる。

⑪ 噴出ガスはダムセンターより上流部に多いので傾斜コアタイプではカットオフの位置が上流の地質不良部分にかかり、かつグラウトの総延長が長くなる。

⑫ コア用土としては、粒径4.8mm以上の礫混入割合を絶乾重量比で65%以下、礫の最大粒径を150mmとすることによって、圧密沈下および間げき水圧発生の難問を解決した。これはアメリカ陸軍土木部およびフランス電力会社における豊富な経験を基礎とし、かつ牧尾ダム現場においても、MBTS試験（牧尾橋突き固め試験仮基準）、粗粒分混入による現場透水試験、現場転圧試験、冬期盛土試験、パイピング試験など、数多くの慎重な試験を重ねた結果決定されたものである。これはコア材料としての粗粒分含有率の限界を示すものであり、従来のわが国におけるアースダム築造上の常識を大きく打ち破った。

⑬ 築堤材料、とくにコア材料のストックパイルを実施して、大いに効果をあげた。ストックパイルを行なった当初の理由としては、

⑭ 床掘りが終り基礎のグラウチングが完了すれば、旧河床地盤までは大急ぎで施工することが洪水防止

など、あらゆる点で絶対に必要である。そのために精選されたコア材料を必要量だけ近い場所に用意しておくことが必要である。

⑮ コア材料の含水比が高いため、あらかじめ広げて乾燥しておきたい。

⑯ コア材料には過大寸法の礫含有率が多いのでそれを除去し、あわせて礫が集中しないように混合し、均一な材料にしておくことができる。

などが考えられたが、実際にやってみると次のような利点があられ、しかもこの利点がストックパイルの最大の利点とさえ考えられるほどであった。

⑰ 材料の再配合によって、地下からの毛管水上昇組織が破壊され、しかも土中の温度はほとんど夏期温度に近いままの高温を保持していた。そこで不可能と考えられていた冬期施工が、ストックパイルの材料を用いることによって続行することができた。その結果、19万 m^3 のコア材料全量を、いったんストックパイルして土性改良されたものを堤体へ運搬することにした。

⑱ ロック材料はダムサイト左岸に設けた余水吐の掘削岩を利用した。大きなロック材料を得るため、余水吐の掘削はベンチカット工法によった。掘削岩のうち小さい粒径のものは、トランジション材料として、河床砂礫とともに利用した。

⑲ ダムの左岸部に、大昔の河床が、火山噴出堆積物によって埋没されたと考えられる和田サドルがある。和田サドルは最深部で120mにおよんでいるので、ダム完成後貯水した場合に、ここからのろう水がどのくらいになるかを知るため注水、揚水、水位回復などあらゆる種類の現場透水試験を実施した。中でも、吐出量 $1m^3/sec$ 、揚程100m、40HPの水中モーターポンプを使って実施した揚水試験は、きわめて大規模なものであった。その結果、

⑳ この地域の平均透水係数は $1.1 \times 10^{-3} cm/sec$ 、浸透水量は貯水池が満水した場合でも最大53 l/sec 程度のものであり、大して気にかける必要はない。

㉑ 貯水池築造前における和田サドルの地下水源の水面標高は、貯水池面より15m以下に下がることはない。このことは、自然状態の地下水が河床堆積物とおしてろう水することの困難性を示している。また下層には被圧水があるが、これもこの地域の透水が困難であることを示している。

以上の点から、貯水後においても、地下水状態は現在とほとんど変わらず、ダムの貯水能力に大きな影響がないことが明らかになった。

(2) 調整池ダム

a) 概要 調整池は幹線水路のほぼ中央に位置し、幹線の標高差を利用して900万 m^3 の貯水を行なうもので

あり、木曾川の余剰水を数回にわたって利用することができるのみならず、牧尾ダムの水を有効に調整するもので愛知用水の胃袋といえる。

このダムはわが国最大のアースダムで、堤体積 104 万 m³、堤高 31m、堤長 975m におよんでいるが、高性能の機械力を投入して、施工期間 23 ヶ月というスピードで完成した。

① 特色 ① ダムの基礎には岩盤がなく、シルト質粘土と砂との互層となっている。これらの層は全般的に上流から下流へ、また右岩から左岸へ向かって、約 7~10° の傾斜をなしており、いくつかの断層をはさんでいる。ダムサイト付近にみられるミガキ砂および炭灰の層は、かなり昔から最近に至るまで、部分的に採掘された形跡があり、それが陥没したりして、起伏の多い複雑な地形をなしている。

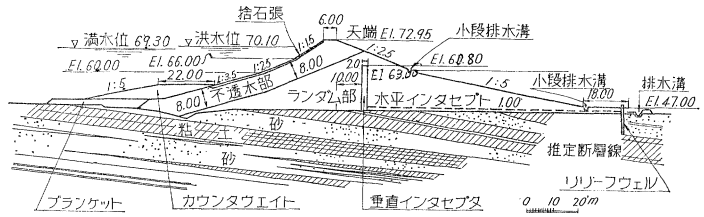
② 地下水はかなり豊富で、被圧水をなしている。基礎の砂層をとおる透水の防止対策として、当初はダムの上流斜面先に止水トレンチを基礎地盤の第一層の粘土層まで掘削することを考えたが、この粘土層は、右岸から左岸に約 7° の傾斜をなしているのので、ある断面では、トレンチが深くなりまた場所によっては、同一の粘土層に接続させることができないので、前面コア部に連続したブランケットを池敷内に露出している砂層まで施工することにした。ブランケットの厚さは最小 2 m、堤体からの長さは平均 50m、最大 150m の範囲に施工し、材料は堤敷基礎の水田泥土および土取場の不良土（高塑性の粘土で、堤体盛土に使用できないもの）を使用した。

③ 基礎地盤が砂と粘土（不透水層）の互層からなる場合、その砂層には揚圧力が生ずる。とくに不流側斜面先付近では上載荷重が小さいため、サンドボイルの現象を起こしやすい。調整池ダムにおいては、下流斜面先付近にダム軸にはほぼ平行な断層があるので、透水砂層をとおってきた水が、この断層面によって遮断されることを防ぐために、この断層線の上流側に減圧井戸を設置することにした。

減圧井戸の直径は 40 cm とし、直径 10 cm の硬質塩化ビニールパイプを用いる。井戸の深さは原地盤から 8~15m である。20 本の井戸をダム軸に平行方向に 20 m 間隔で設置した。さらに透水層中の圧力分布を知るために開式ピエゾメーター 20 本を、各減圧井戸の近くに埋設した。

④ 堤体断面は傾斜コアタイプとなっているが、築堤材料が粘土質のものから砂質のものにいたるまで、かなり広範囲にわたっており、その成層状態と用土掘削方

図-4 調整池ダム



法から事実上、均一型アースダムになると考えられる。そこで、堤体下部の浸潤線を下げるために、ダムセンターから下流 10m の位置に垂直インターセプターを設け、それを堤敷面の水平方向ドレインに連結した。

⑤ 104 万 m³ の盛土を 23 ヶ月で完成させるので、築堤材料および基礎地盤の性質から間げき水圧の発生と、圧密沈下の進行は避けられない。そこで堤体および基礎地盤内に、24 個の閉式ピエゾメーター、1 組 10 個のクロスアーム式沈下計、および 6 ヶ所に地震計（加速度計および変位計）を設置して観測中である。

4. 幹線水路

(1) 概要

幹線水路は、木曾川兼山ダム上流左岸で、牧尾貯水池からの放流と木曾川の余剰自然流を取水し、岐阜県地内を経て、尾張東部の山麓を縫って南下し、貯水量 900 万 m³ の東郷調整池に連結する。いったん調整池に入った水は、有効に調節され、適時に放流、さらに南下し、知多半島背陵部を流下、半島先端に至っている。

計画最大流量 30.0 m³/sec、延長 112 km で、この間、約 150 の分水路によって、支線水路を分派し、農業用水のみならず、中京工業地帯への工業用水、20 数ヵ市町村への上水道を供給している。

幹線水路の工種別延長は、表-2 のとおりで、長大なトンネル（兼見トンネル 5.1 km など）や東海道線をはじめとする鉄道、道路、河川などを横断する大規模なサイフォン（上野 1839m、矢田川 1651m、高蔵寺 614m など）が建設された。また、起伏の多い丘陵地帯を通過するため、開水路においても、大規模な機械化施工によって、莫大な土量を動かした切土部、盛土部の構築が行なわれた。

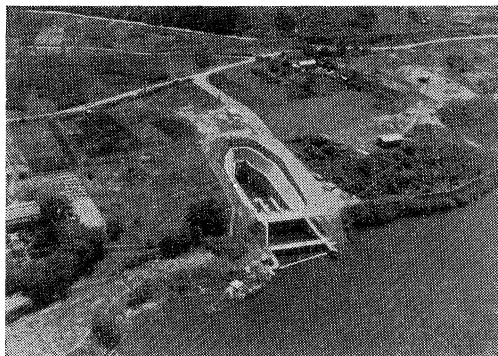
表-2 工種別延長

種別	箇所数	延長 (km)	全長に対する (%)
開水路	—	66.1	59
フルーム	13	1.3	1
暗きょ	31	2.7	2
トンネル	74	28.5	26
サイフォン	50	12.6	11
その他	—	1.0	1
計	—	112.2	100

兼山取入口

最大取水量 30 m³/sec

ゲート 自動開閉装置付テンターゲート
(高さ 6.40×巾 3.50m) 3門



幹線水路の総工費は 125 億円にのぼったが、水路建設としては最初のモータースクレーパーなど、重土木機械による画期的な機械化施工によって、3ヵ年というきわめて短い施工期間で完成した。この建設に当っては、設計、施工および水路の機能上、種々の考究や新しい試みがなされ、わが国における水路技術の体系化への礎石の一つとなったといえるのではなからうか。

(2) 特徴

この幹線水路の設計、施工および機能については、従来の水路と対比して、いくつかの特徴をもっているが、その二、三について概説し、その特徴の一つである“うすい”コンクリートライニング水路の一端を紹介する。

a) 兼山取入口 兼山取入口は、関西電力の調整池である兼山ダムの直上流に位置しているが、時期的に変化する必要水量を刻々と変化する貯水池の水位に対応しながら、ゲートを開閉し、その都度定量を取水することが必要であり、他方、古くから開発されてきた木曾川の各種水利権との関係からも適正な取水と精密な量水が要求された。

このため、外水位（貯水池の水位）の変化に応じて、そのつど適正な水量を取水しようとする自動操作のゲート制御と量水の施設が設計、施工された。

設計にあたっては、モデルテストを行なうなど慎重を期したが、現在、適確に、運営管理されている。

この取水工は、オートメ化による適正な取水として、水資源の高度利用への一歩といえるのではなからうか。

b) 調整ゲート 水路中の流水が、計画流量以下であっても、分土工へ必要水量を確実に供給するには、水路内の水位を計画水位まで上昇させることが必要であり、また、流量が変化しても、水位を一定に保つことは、各分水への水量分配の管理を容易にすることになる。

幹線水路は、既述のように、多数の支線水路を分岐しかつ、年間を通じて、流量は、非常に変動するので、手

動ゲートのほか、上流水位を一定に保つネルビック型式の自動調節ゲートを中間せきとして配置した。

この中間せきは、上記の目的のほか、急激な水路の水位低下によって生ずる背面からの水圧による水路の破壊に対する危険防止や幹線水路の水位を常に高く保持するので、支線水路への分水位を高くし、水頭を有効に利用しようという利点をも持っている。

c) 開水路 従来のいわゆる擁壁式の三方張コンクリート水路に対し、側り 1:1.25、コンクリートの厚さ 10.0 cm のライニング水路を採用し、特殊な区間だけ、矩形のフルーム型式などを採用した（このことについては、後述）。

水路の両側には、用地上の困難に直面しながらも、将来の維持管理をも考慮して、巾 3.50m と 2.0m の道路を設けている。

なお、地形上、山腹を縫う場合などが多く、水路外からの洪水時および平時の流水の処理のため、いわゆる横断排水構造物だけではなく、水路保護のため、各種の排水施設について、特に細心の努力が払われた。

d) サイフォン 高蔵寺サイフンの一部を除いて、すべて現場打ちコンクリート構造物として設計し、特に延長が短く内水圧も小さいものを除き、円形としている。このことは工費上、多大の節減をもたらしたといえようが、止水板をふくめ継目を入念に施工するため、内水圧の大きい場合には、全断面を一度にコンクリート打設する一体的施工法を採用した。

高蔵寺サイフォン

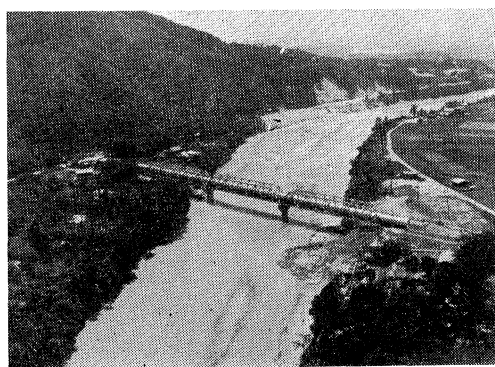
最大通水量 30 m³/sec

総延長 605.79m

コンクリート管 286.05m D=3.42m

鋼管 51m×3 連=153 D=3.31m

圧力トンネル 125.74 D=3.31m

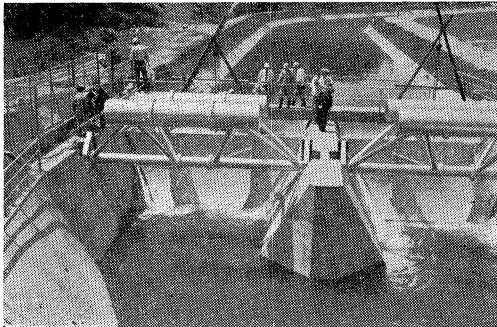


(3) “うすい”コンクリートライニング水路

a) 概要 路線の選定において、機械化施工によって工費の安い開水路を多く建設するように努力が払われたが、前記のように、主として、地形的な制約によって、全線の 60% にすぎない。

神尾自動調節せき（ネルピック ゲート）

調節水深	2.80m
巾 底巾	3.55m 上巾 6.30m
長さ	7.50m
調節計画流量	30 m ³ /sec
損失水頭	0.088m



しかし、具体的に個々の路線と各種構造物の配置を検討すれば、たとえば、う回路線の採用など、前述のような開水路建設に対する基本的な考え方を裏づけている。

開水路としては、

- “うすい” コンクリート ライニング
- プレキャスト コンクリート ブロック ライニング
- アース ライニング
- フルーム型式

の4つの型式が建設されたが、“うすい” コンクリートライニング水路が基本であって、地形、地質などの立地条件がこの型式の建設に適当でない場合に、ほかの3種を採用した。

水路ライニングの目的は、水路の基盤からの透水による水の損失防止、流水による水路内面の浸食の防止、流水の摩擦を少なくして、断面の縮少をはかるなどにあることはいうまでもない。

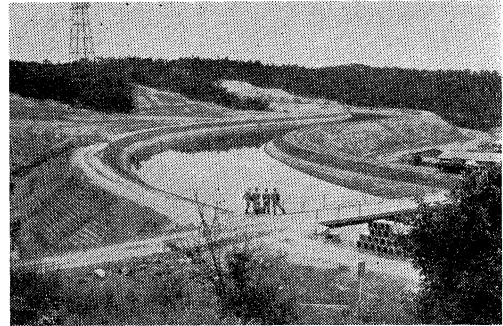
この“うすい” コンクリート ライニングの特徴は、水路の安定性をコンクリート構造物としてではなく、のり面をゆるやかにして、基盤自体に求め、コンクリートは、単なる“舗装”として、上記ライニングの目的すなわち、透水およびのり面保護などに対して必要最小限度の厚さとしている点にある。

このライニング型式の採用は、この型式の優劣ということよりも、従来の擁壁式の三方張水路というライニング構造における固定的な考え方を変革し、ライニングは、目的と立地条件に応じて、適応する型式構造を選択していくべきであるという基本的な考え方への一歩として、一層の意義をもっているのではないだろうか。

b) 断面形状 のり面は、それ自体安定を保つため、1:1.25~1:1.5 程度に緩にすることが必要であり、他方、型わくを用いない

アース ライニング

最大通水量	28~22 m ³ /sec
勾配	1/7 500~1/6 500
底巾	10.0~9.0m
水深	2.50~2.16m
流速	0.747~0.765 m/sec
測法	2割
ライニング厚	測壁 0.80m インパート 0.60m



で、コンクリートを打設するという施工法からの制約によっても、1:1.25 程度が限界である。

こののり面の傾斜は、水路の規模、土質条件などによって異なるが、普通、大規模な水路では、1:1.5、小水路では、1:1.0 を用いている事例が多く、愛知用水では、用地などをも考慮して、1:1.25 を採用した。

内部断面は、粗度係数 $n=0.014$ として算定し、施工上の観点から、水理的有利断面より底巾を大きくしている。

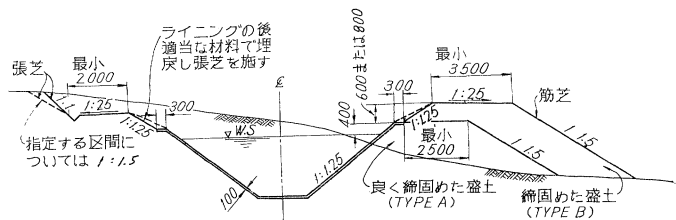
なお、フリーボードは、コンクリート部分としては、40 cm であるが、バームの天端は水路の計画水位より1.0~1.2 m 高くしている。

c) ライニングの基盤 水路の安定性を基盤に求めるという点からして、ライニングの基盤の構築は、きわめて重要で、注意深く、入念な施工が必要である。

特に、通水断面側のコンクリートの基盤になる盛土部分は、普通の盛土と区別して、A型と称し、施工にあたっては、承認された転圧機械を用い、機械による転圧が十分にできるように最小巾を 2.50m 以上にするなど各種の規制をしている。

なお、この通水断面側は、でき上りの規定線以上に広く締固め、つぎに、その余盛部分をはぎとり、整形仕上げを行ないコンクリートを打設する。

図-5 開水路標準断面図 (単位は mm)



切土部においても、膨張収縮がいちじるしい粘土などライニングの基盤として好ましくない土が存在する場合には、ほかの適当な材料で置きかえ十分に締固めを行なったのち整形する。

d) 地下水の処理 地下水などが存在して、コンクリート面に揚圧力が働くような場合には、つぎのような排水暗きょや水抜孔を設けるなど、慎重な対策処置を行っている。

すなわち、地下水が高く、常時、コンクリートの面に対して相当の揚圧力が働く場合には、ライニングの下に粘土製のパイプを空継手で連結し、パイプのまわりはいわゆるフィルターとして、粒度のよい砂礫でおおい、このパイプに集まった水は、水路の外側に排除するか、あるいは、可動するバルブのついた器具を水路底に設け、内水位と地下水による圧力とのバランスによってバルブが開閉し、パイプ内の水を水路内に排除する。

この種の排水暗きょを設けない場合には、径 4 cm の水抜孔を設けるが、基盤が透水性材料で、水路内の流水が孔をとおってろう水する懸念があるところには、水抜孔として可動するバルブのついた器具を設置した。

e) コンクリートライニング コンクリートの厚きは 10 cm で、原則として無筋コンクリートとした。このように“うすい”ということからして、普通のコンクリート構造物以上に良質かつ均質なコンクリートをつくる必要があるで、このため、粗骨材の分級は、50 mm 以下を 3 種にしている。

スランプは、コンクリートの打設工法と関連して非常に重要で、 7 ± 1 cm と規定しているが、気候や輸送時間の変化に対処して、一定のスランプを工事現場で維持することは、容易ではないが、スランプの変動を少なくすることが、この場合には特に必要である。

この型式の水路のコンクリート打設には、種々の方法があるが、愛知用水では、スロープフォームと称する簡単な箱型のわくを用い、このわくの前面にコンクリートをおき、箱の上に 2~3 人が乗って、棒状パイプレーターにより振動をかけ、フォームを斜面に沿って引き上げるという工法を採用した。

なお、養生は、ビニール封かん剤などによる膜養生を行なった。

(原稿受付：1962.1.26)

路線測量における新分野の開拓
日本国有鉄道技師・工学博士 多谷虎男著

路線測量

本書は測量技術者を対象とし、路線測量の方法・内容・器材等を具体的に解説し、特に路線測量に必須な緩和曲線の軌道敷設並びに保守測量に最重点を指向し、理論・設置法・整正法等を詳細に解説してある。

☆ 本書の特色 ☆

1. 従来の器材だけでなく、新しい欧州器材を取り入れて最新技術を解明してある。
2. 勾配の選定は、曲線選定の重要な要素であるという観点から、機関車加速度曲線・牽引定数・勾配等一連の理論について、徹底的に解説してある。

益々好評第 6 版出来!

土木設計データブック

成瀬 勝武・本間 仁・谷藤 正三 監修
(B5 判 776 頁・豪華美本 価 3,200 円 130 円)

読者諸氏よりの絶大な支援のもとに、本書は発行後一年を経ず第 6 版を送り出すことになりました。今回は昭和 36 年 8 月土木学会「改正 PC 設計施工指針」に伴ないプレストレスト・コンクリート篇を全面的に改訂して斯界の要望に応えます。書店品切・申込は本社へ

最新刊・好評発売中

☆ 推 薦 ☆

A5 判・452 頁 建設省国土地理院長 奥田 豊三
理 学 博 士
上製本箱入 日本国有鉄道 高坂 紫朗
東京幹線工務局長
定価 1,300 円 120 円 東京大学・工学博士 丸安 隆和

3. カントの決定・緩和曲線長の決定・カント円滑通減緩和曲線・角図法・連続緩和曲線、糸張式曲線整正法等について詳細に解明してある。

☆ 主要目次 ☆

- 第 1 章 概 論
- 第 2 章 図上研究及び図上選定
- 第 3 章 現地踏査及び予測
- 第 4 章 実測及び現場施工測量
- 第 5 章 軌道敷設並びに保守測量
研究課題解答・参考図書・索引

新分野の海岸工学を体系づけたわが国最初の書

海 岸 工 学 A5・400 頁
価 800 円

日本大学教授・工学博士 久宝 雅 史 著

本書は、わが国の海岸における保全と防災とを目的とする海岸工法を、多数の図表と実例とによって設計施工技術の理論と実際との両面にわたり、総合的に解明してわが国で最初に体系づけられたものである。

森北出版株式会社

東京・神田・小川町 3 の 10 振替東京 34757
電 (291) 2 6 1 6 ・ 4 5 1 0 ・ 3 0 6 8