

水 工 計 算

木 村 俊 晃*
川 端 昭 至**

1. 水工学上における電子計算機の役割

従来、水工学の分野では、問題解決のための手段として主としてつぎの業務が行なわれている。

- (1) 資料の収集・整理
- (2) 水理計算
- (3) 水理模型実験
- (4) 効果の判定

これらの手段の作業内容を調べてみると、その大部分が電子計算機が持っている記憶機能、高速計算機能、判別機能、整表機能を使用すれば、迅速に、多面的に、合理的に解決することができる。

現時点では、まだ電子計算機を最大限に利用するまでには至っていないが、水工学の各分野で活用されており、その進歩はいちじるしいものがある。各項目別に電子計算機の利用状況を述べるとつぎのようである。

(1) 資料の収集・整理

従来行なわれていた雨量、水位、流量などの基礎水文学資料の統計処理などに利用度が高くなってきた。また、資料をカード、テープして整理、保存することが試みられている。

(2) 水理計算

a) 水文学解析 流域平均雨量の算出、ユニットグラフ法、流出関数法、貯留関数法などの流出解析、河道の洪水追跡、および両者を包含した流域全般の流出解析などに利用されている。

b) 洪水調節 ダム群のゲート操作による下流地点への影響を調査するために、流域を小流域に分割して、それぞれの小流域からの流出量を集め、河道における流量を減とも加味した解析を行なっている。河川の計画高水流量の検討、ダムのゲート操作規程の検討、ダム群の統合管理、洪水予報などに利用されている。

* 正会員 工博 日本建設コンサルタントKK河川部
**正会員 同上

c) 背水計算 不等流の運動方程式を差分化した式をとく、いわゆる逐次近似法を電子計算機に組み込み、貯水池や河川の計画高水位の検討、粗度係数の推算、水路の断面形の決定などに広く利用されている。

d) 洪水の流下 不定流の運動の方程式および連続の方程式を適当な省略を行ない、または省略なしで差分化して、上流端に流量ハイドログラフなど、下流端に水位ハイドログラフなどを与え、初期条件に計算開始時における各地点の水理量を与えて逐次時間方向に解く。主として河道の流量を減の検討に利用されている。

e) 開水路水路網 水路部分は前項どうよう不定流の運動の方程式、連続の方程式を差分化した式を用い、分合流点、せき、水門などの地点では、その条件式と水路部分の式との連立解を与え、これらを総合して全水路系の解法を計算機に組み込む。境界条件として上流地点に流入ハイドログラフなど、下流端に水位ハイドログラフなどを与える。初期値として計算開始時刻に全地点の水理量を与えて逐次時間方向に与えてゆき、各地点の水位、流量、流速などの時間変化を解析する。

感潮部水路網の計画水位、計画流量配分の決定、河口部埋没問題、水質浄化のための最適使用水量やゲートの操作方法の検討、また、水道の解析も行なわれて航路維持の検討などに利用されている。

f) 水利用 流域内に単一あるいは複数箇所の貯水池をもった水系について、既得水利権、水系の渇水年の違いの調整条件、貯水池の水の放流条件などを計算機に組み込み、流域の利用水の開発の限度、必要利用水量に対する貯水池の開発の規模の把握などに利用されている。

g) 河床変動 不定流の運動の方程式 $\left(\frac{dv}{dt}$ 項省略)連続の方程式および掃流砂量公式を、洗掘限界、粒径の混合度などの条件式とともに連立にとき、洪水時における河床の平均的な挙動、10年、20年などの長期にわたる将来を対象にした河床の変動状況の推算が行なわれている。この種の計算はほとんどの場合平均粒径を取り扱っているが、粒径をわけての自然フルイわけ現象の解析も試みられている。

貯水池の埋没問題、河道のせき、床固めなどの河川構造物を設置した場合、その前後の河床変動の検討、しゅんせつ河道の維持の問題、河道の砂利採取量の検討、ショートカット、放水路の河道設計などに利用されている。

h) 高潮の推算 海面、海底のせん断力、気圧の変化を考慮に入れた二次元微分方程式を差分化して基礎式とし、境界条件として、海岸では水深、流速を 0 とおき、垂直な境界では接線方向の流れを考えに入れる。湾口条件としては、実際の湾口より十分遠い地点まで対象区間に入れて、その地点での気象潮を与えている。気象条件として台風の規模、進路、速度を与え、格子点上の気圧の降下量、傾度風、風向の時間的変化を計算して基礎式に導入し、ある初期条件から逐次時間方向において、各格子点における水位、流速、流向の時間的変化を解析する。

本解析は、高潮の予知、海岸堤防の設計、高潮防御堤の設計、港口幅の検討などに利用されている。

i) 高潮の河川への遡上 前記基礎式を一次元取り扱いでとき、河川の縦断方向の水位、流速、流量の時間的変化を計算する。主として高潮堤防の設計などに利用されている。

j) その他 発電水力の分野ではサージタンク、貯水池の水の最適使用方法の決定などに広く利用されている。上水道ではフローネットの解析に利用されている。

以上は、デジタル電子計算機を対象にして述べたが、アナログ計算機も利用されており、その種類は直接相似型と間接相似型に大別され、前者は主として河道の不定流解析に、後者は流出解析、洪水追跡などに利用されている。

(3) 水理模型実験

水理模型実験の目的は、現象の探知、力学の究明にあるが、この目的を果たす手段を電子計算機に置き換えることは不可能である。しかし、力学が究明されてから、条件量の変化のための水理量の把握は電子計算機で十分である。たとえば、ある河道に水門が設置され、その上下流の水理的影響を検討する場合、水理模型実験により水門の流出係数がわかれば、その係数を一連のプログラムの中に組み込み、条件量の変化に応じた解析を行なうことで、対象河道の水理的影響を検討することができる。このように水理模型実験と電子計算機とを密接に組み合わせ、水理模型実験では局部的擾乱部分の力学を究明し、電子計算機では広範囲を対象にして水理模型実験でえられた局所の解法をプログラムの中に組み込んで、必要な多くの条件量の組み合わせの計算を一挙にかたづけ、河道の全般的な水理現象を把握するといった方式を取り得ればより能率的な設計が可能であろう。

(4) 効果の判定

水理計算の結果を経済効果に結びつける分野も、工事費の積算、被害額、利益額の算定から投資規模の決定までの一連の作業は、電子計算機を有効に活用できるもの

と考えられる。

以上、現在における電子計算機の果たしている役割りの概要を述べた。このように現在でも水工学では広く利用されているが、まだ、電子計算機の全機能を限界まで発揮させる段階にまでは至っていない。今後さらに発展させるためにはつぎのような問題点の研究が必要と考えられる。

① プログラムに組み込む各水理現象の基礎式の精度がアンバランスである。

② 水理計算では、基礎式が一次元、二次元の偏微分方程式として与えられ、これを差分化してとかねばならない場合が非常に多いので、解の数値的な安定、不安定の問題を研究する必要がある。

③ 平素われわれが行なっていた経験的判断を、いかにして数値的な大小判断に置きかえてプログラムに組み入れるか。

現在すでに電子計算機を利用することにより、解析方法、水工計画のたて方にいちじるしい変化を与えつつあるが、今後上記の点の研究開発により、飛躍的な進歩をとげることが期待される。

2. 応用例

(1) 河道の水理特性の把握計算

河川工学上、ある河川になんらかの働きかけをする場合、たとえば、床固め、ショートカット、放水路、断面の拡大・縮小、水門・せきなどの設置など、水理的にいかなる影響を与えるかを判断することは重要なことである。従来、このためにいろいろと努力されてきたが、たいいていの場合水理計算に多大の労力を要するので、その方面からの制限を受け、必要最少限の検討に留められてきた。しかし、今日われわれは電子計算機をもったのであるから、もはや、計算の労力をいとう必要はない。

したがって、医者が病気の対策、病因を探查する場合、レントゲン写真をとったり、血圧、尿など身体全体の基礎検査をすると同様に、工事を施工する局所のみでなく、影響をおよぼすであろう広範囲を対象にして、施工前後の河状の基礎的な水理量の変化を知って、問題点の所在を明らかにし、さらに詳細な検討が必要であるかないか、検討方法をいかにすればよいかなどの判断を行ない、その対策をたてるべきであろう。ここに紹介する例はこのような目的でつくられたものである。

a) 基礎式

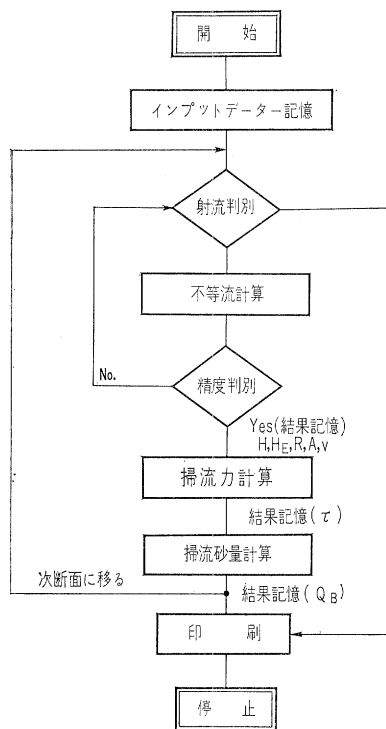
背水 不等流の逐次近似法

掃流力 $\tau = r \cdot R \cdot I$ (τ : 掃流力, R : 径深, I : 勾配)

掃流砂量 佐藤, 吉川, 芦田公式

上記基礎公式を使用して、任意の多くの流量について同時に計算を行ない、河川の縦断方向の水位、流速、掃

図-1



流力、掃流砂量の変化を求める。

b) フローチャート 全体の計算の流れは図-1のようである。

c) インプットデータ 衆知のように背水の計算法は不等流の運動方程式を差分化して解くので、河道を縦断的に微小距離に分割する。手計算の場合は、計算の途次必要断面をそう入することができるが、電子計算機で計算する場合はこのようなことはできないから、事前に精度、解析上必要な点などを十分吟味して分割を行なう。

分割が終わったら、各断面の要素を与えねばならない。手計算の場合、各断面の $H-A$, $H-R$ (H : 水位, A : 断面積, R : 径深) の関係をあらかじめ計算して図表にし、この図表を読みとりながら計算を行なう例が多かったが、電子計算機の場合は、計算労力はいとわないし、計算スピードも速いから、このような計算は計算機で行ないうる。たとえば、横断形の座標を組み込んで置けば、必要な H に対する A, R は計算してくれる。この点非常に便利ではあるが、一面複雑な断面形の場合は組み込む座標の数が多くなるので、必然的にインプットデータの量が増加し、いたずらに記憶容量をくう。かつ、計算機に組み込むまでに、図面から座標の読みとり、データシートへの書きうつし、カードあるいはテープへのパンチなどの段階に間違いを起しやす。背水の計

算では一点でもデータに間違いがあると全計算が駄目になるから、インプットデータはできるだけ少ない方が望ましい。もし断面が複雑で座標点が多くなるような場合は、 $H-A$, $H-R$, あるいは $H-B$ 曲線で与えた方がよい。

このほかインプットデータとしては、下流端の境界条件として計算すべき H と Q の組み合わせ、河道の粗度係数の分布、河床材料の平均粒径の分布、水および河床材料の比重、見掛けの比重、その他計算コントロールのための数値を与える。

d) 不等流計算 開水路の不等流には、常流、射流、跳水などかずかずの現象があり、これらの現象の解法がそれぞれに違うわけであるから、当然これらの現象すべてを対象にした場合は、それぞれの現象の判別法、解析法すべてを与えておかななくてはならない。しかし、われわれが取り扱う範囲では、射流、跳水などの現象を扱う例が、一般的な常流を扱う例にくらべて非常に少ないので、単に射流現象の判別のみを入れ、射流の場合は計算停止かあるいは射流部分をとばして計算するように組み込み、計算終了後射流部分を扱うようにした方がいたずらにプログラムを複雑にすることなく、実用上能率的である。

逐次近似法では、次断面の水位を計算により求めなければならない。最初の仮定値を選ぶのに、手計算の場合は、そのときの状態により適当な数値を初期値に選ばばよい。同様に、逐次近似させる手段も人間の勘を働かせればよい。しかし、計算機の場合はこのようなわけにはいかない。かならず、初期値を選ぶ方法、近似させる方法を与えなければならない。ここでいろいろ工夫が必要になる。

e) 掃流力、掃流砂の計算 この段階では不等流計算によりえられた H (水位), v (流速), R (径深), A (断面積) などを受けて計算すればよく、あまり問題はない。

f) 結果の印刷 (アウトプット) このプログラムでは、アウトプットして、断面番号, Q (流量), H (水位), H_E (比エネルギー水位), A (断面積), R (径深), v (流速), n (粗度係数), τ (掃流力), Q_B (掃流砂量) を各断面ごとに印刷する。最近の電子計算機に備えつけられている印刷機は非常に優秀で、たとえば、I・B・M 7090 の印刷機は 2800字/sec の能力を持ち、印刷の形式も自由が効くから、最終的な成果と考えて表の形式などに留意しておくといよい。現在のところアナログ型計算機以外は計算結果を図としてえられる段階にまで至っていない。しかし、アウトプットを図化してえられる装置が備えつけられるのも時間の問題のようである。

(2) ダムによる洪水調節の計画

ダムによる洪水調節というのは、調節をしなくて放置しておけば、下流ではらんげんによる被害を発生する雨水を上流のダムの貯水池に一時的に貯め込み、洪水流量、特に、ピーク時の流量を低下させることである。

これは、昔から行なわれてきた堤防などによる直接的な洪水防御の方法に比較すれば、水利用の効果も期待できるなどの点ですぐれた面を持っているが、内容的にも高度であり、河川における洪水の挙動について十分な理解がなければ、適確な洪水調節計画はたてられない。

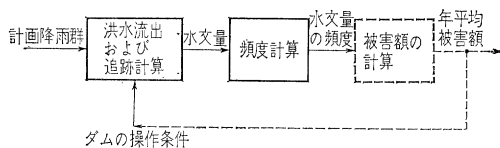
ダムによる洪水調節計画における問題点は多方面にわたるが、特に、その洪水調節効果の見積りに関係する基本的な要素は、洪水調節計画実施前後で計画の懸案地点の洪水ハイドログラフがどのように変化するかということである。この問題を検討するには、洪水調節をしない場合とした場合との洪水ハイドログラフの差異が比較される。ところで、洪水は単一のものではなく、一つの流域でも、その大小、地域的な分布、時間的な分布は降雨の多様性にしたがってそれぞれ異なっており、また、降雨の降り初めにおける流域の乾湿の度合いが浸透して損失となる降雨分に影響する。

一方、ダムそのものは、固定した構造物ではなく、クレストゲートやコンジットパイプなどの人工的操作ができる放流設備を持っており、その働きは、調節ルールと洪水特性の対応によっていかようにも変化する。ダムが洪水被害の発生する地点ではなく、そのはるか上流に建設されることは、ダム地点と洪水被害発生地域との間の河道における洪水ハイドログラフの変形や局地流入影響のために、その効果の評価を複雑にするが、ダムが多数建設された場合の総合効果となれば、その複雑さはいちじるしく増大する。都市の発展にみられるように、洪水が被害を与える対象は経年的に変化している。ダムは本来数10年というようなOrderの期間を対象として、効果を期待するものであるから、このような将来の経年変化を考慮しなければならない。河川の改修工事そのものも、洪水の流下の状況に大きな変化を与えてきた。基礎水文資料はそのような流域の過去の変化の中で測られたものであり、今後の状態との相違に対する修正を必要とする。

これらのことは、いずれも、代表的な洪水についてダムの洪水調節効果を評価することが妥当でないことを示すものであり、アナログ型やデジタル型の電子計算機を使用して、多量のデータ処理および計算にともなう困難を克服し、すでに、交通量の解析でものべられたシュミレーションの手法による解析が行なわれている。

ダムによる洪水調節のシュミレーションの概要は図-2のとおりであり、総雨量・地域分布・時間分布・発生頻度で表わされる計画降雨群をインプットすると、ダ

図-2 ダムにおける洪水調節のシュミレーション



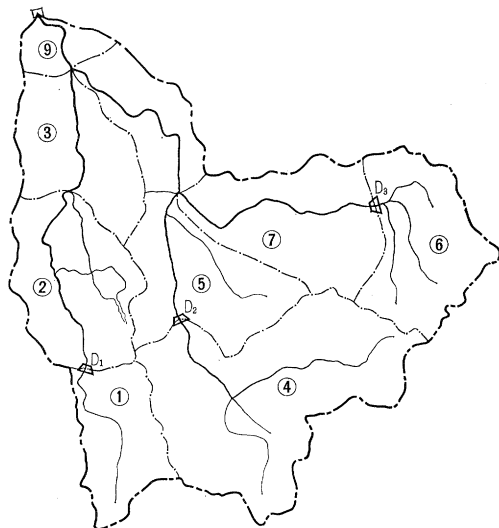
ムの調節操作に応じて、水文量、たとえば、被害地域付近のピーク流量の頻度が計算されてアウトプットされる。ダムの調節操作の条件は現在では外部からインプットされているが、将来は、図のように、年平均被害額が自動的に計算され、さらには、それがフィードバックされて、ダムの操作条件が自動的に変更され、年平均被害額が最小となるようなダムの操作条件を定めることができるようになるであろう。

ところで、このような洪水調節のシュミレーションを実施するためには、つぎの諸点を明らかにすることが必要であり、河川工学の分野で大きな努力がなされてきたが、今日では、それらは、いずれも、ほぼ確立されているといつてよい状態となっている。

a) 計画降雨群の推定 洪水調節計画の対象とする流域について、過去数10年間の雨量の観測資料を分析し、計画の対象とすべき代表的な降雨のパターン(地域分布・時間分布)およびそれらの雨量に応じた発生頻度を推定する。

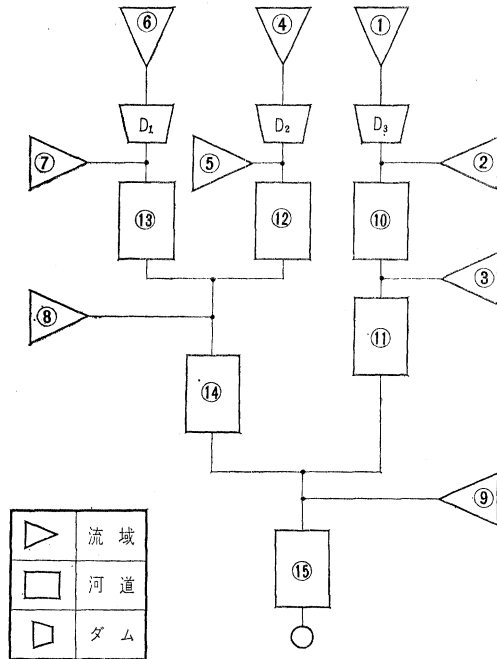
b) 洪水流出モデルの解析 洪水調節計画の対象とする流域を、図-3のようにいくつかの流域および河道に区分し、実測の降雨および流出の資料にもとづいて、それらの定数を推定する。

図-3 流域の区分



c) ダムの洪水調節操作のモデル化 ダム・放流設備・貯水池などの諸元を考慮して、洪水調節操作のルール

図-4 洪水流出および追跡計算の系統



を数学モデルで表わす。図-3の流域にダムが設定された状態に対する洪水流出および追跡計算の系統は 図-4のとおりである。

d) 水水量と洪水被害額の関係の解析 被害の状況に応じて、代表的な水水量、たとえば、最大流量・最高湛水位・湛水時間などと被害額の関係を明らかにする。将来の土地利用状況の変化の推定が重要な課題となる。

3. 予想される今後の発展

電子計算機そのものが急速に改良されてきているが、その応用分野の発展もいちじるしいものがある。ここでは、その3つの型についてのべてみよう。

(1) 問題の規模の拡大

電子計算機の記憶容量および計算速度の増大とも深い関係があるわけであるが、利用者の熟練とも関係して、自動的に処理される問題の規模は逐次拡大していく。

たとえば、すでにのべた調節計画の場合を例にとってみると、初期の段階では、

- ① 流域内の雨量観測所間の雨量の相関関係の分析
- ② 流域平均時間雨量から流出量の追跡計算
- ③ 雨量の頻度計算

など、計算式がはっきりしている問題について、計算実施の補助手段として利用されていたにすぎないのが、今日では、単なる計算式では表現できないダムの洪水調節操作の数学モデルや被害額の算定方式が確立して、すでにのべたような一貫したシュミレーションが自動的に実

施できるようになっている。

ここで、自動的なシュミレーションというのには、2つの段階があることを注意しておきたい。すなわち、1つは、全く人手を要しないで、完全に計算機が処理し、必要な結果をアウトプットしてくれる状態であるが、他の1つは、途中で人手は要するけれども、所要のデータはカード、紙テープ、磁気テープなどの間で自動的に処理され、人の頭脳によるデータの移し替えをとまなわない状態である。前者は、もちろん、完全であるけれども、後者もまた十分自動的であるといえよう。

このような問題の規模の拡大は、大幅なインプットおよびアウトプットデータの減少によって、人手、時間、コストの減少と正確度の増大をもたらすものであるが、一方、基礎データや計算条件などについての十分な吟味が必要となる。

(2) 資料処理装置としての利用

水工学関係でも、他の分野と同様、観測値・測定値はますます増大する傾向にある。従来はほとんどの測定器はアナログ的な記録形式をとっており、測定結果は人手を経て読み取り・計算・作表が行なわれていたのであるが、電子計算機はまず計算・作表の部分に分担し、ついで、読み取りまで自動化されるようになってきている。新しい分野では、測定と同時に簡単なアナログ計算を行ったり、自動処理が容易なように、さん孔テープなどのデジタルな形式で測定値を記録するようになってきている。デジタル形式の記録をアナログ形式に変換することは容易に行なえる。デジタル計算機のアウトプットを自動的に図化する装置も開発されている。

今日、水資源の利用の問題が大きくクローズアップされ、多量の雨量・流量資料の整理・分析が要求されるようになってきているが、これらは、ほとんど、電子計算機による処理が可能である。

たとえば、読み取られた時間水位から水位一流量曲線によって時間流量を計算し、日平均流量を求め、その最大値、最小値などを判別し、合計・平均を計算して流量年表を作表する。日平均流量を大きさの順にならべて流況表を作る。半月平均流量を計算し、半月流量年表を作る、マスカブを計算する、などといった仕事は、一貫して電子計算機で実施すれば、時間水位の系列と水位流量曲線の関数のみをインプットすれば、すべて自動的に処理され、さらに、つぎの段階の解析、たとえば、ダムによる用水補給とか発電などのシュミレーションのためのインプットデータが自動的に作成される。

(3) on line の利用

上述した計画・設計・資料整理などの off line の利用に対して、施設の管理・運用面では、処理すべき現象の生起時間の制限をうける on line の利用も多くなって

表一 電子計算機で作表した流量年表

| RYURYO-NENPYO (DAILY) | | | ARASE (YONESHIRO, OMATA) | | | | | | | | | | 1961 NEN |
|-----------------------|--------|--------|--------------------------|---------|---------|--------|---------|--------|---------|--------|--------|--------|----------|
| | | | L= -0. km A=262.05 km | | | | | | | | | | |
| DAY MON | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | YEAR |
| 1 | 8.83 | 3.95 | 5.88 | 38.80 | 99.29 | 22.64 | 14.95 | 16.89 | 12.80 | 12.19 | 5.76 | 26.26 | |
| 2 | 8.83 | 3.95 | 5.88 | 51.89 | 97.28 | 15.72 | 14.19 | 15.45 | 72.26 | 12.19 | 5.76 | 19.20 | |
| 3 | 8.83 | 4.66 | 17.63 | 54.74 | 109.20 | 14.95 | 117.53 | 19.20 | 18.41 | 12.19 | 8.03 | 16.16 | |
| 4 | 8.83 | 4.66 | 22.80 | 113.04 | 115.42 | 14.19 | 194.32 | 15.45 | 14.09 | 11.03 | 6.44 | 15.45 | |
| 5 | 8.29 | 4.30 | 16.84 | 316.09 | 139.69 | 14.19 | 41.71 | 15.45 | 22.57 | 9.95 | 6.09 | 14.76 | |
| 6 | 8.29 | 4.30 | 13.16 | 126.17 | 117.83 | 12.72 | 23.46 | 20.85 | 40.47 | 9.44 | 6.09 | 14.76 | |
| 7 | 9.39 | 3.95 | 12.48 | 67.21 | 75.49 | 12.72 | 49.53 | 12.80 | 16.89 | 9.44 | 6.09 | 11.60 | |
| 8 | 8.29 | 6.32 | 12.48 | 60.94 | 80.68 | 12.02 | 45.53 | 11.60 | 13.44 | 8.95 | 6.44 | 10.48 | |
| 9 | 8.29 | 6.32 | 11.19 | 95.36 | 78.93 | 20.80 | 29.24 | 10.48 | 13.44 | 9.44 | 6.44 | 10.48 | |
| 10 | 8.29 | 6.32 | 7.77 | 68.83 | 70.47 | 27.58 | 26.26 | 10.48 | 77.35 | 9.44 | 7.19 | 10.48 | |
| 11 | 7.77 | 5.45 | 6.78 | 45.25 | 70.47 | 21.71 | 65.76 | 10.48 | 30.27 | 9.44 | 6.81 | 27.23 | |
| 12 | 8.29 | 5.45 | 6.32 | 54.97 | 121.81 | 14.19 | 40.47 | 10.48 | 18.41 | 9.44 | 6.44 | 30.27 | |
| 13 | 9.39 | 5.88 | 6.78 | 78.93 | 113.83 | 13.44 | 36.89 | 10.48 | 14.76 | 9.44 | 6.44 | 28.23 | |
| 14 | 9.39 | 5.88 | 7.77 | 111.26 | 72.12 | 12.72 | 115.01 | 10.48 | 40.47 | 8.03 | 6.44 | 20.85 | |
| 15 | 6.32 | 6.32 | 10.57 | 161.26 | 54.97 | 12.02 | 61.09 | 7.60 | 101.50 | 7.60 | 5.76 | 23.46 | |
| 16 | 6.32 | 6.32 | 11.19 | 142.01 | 43.94 | 10.67 | 68.97 | 5.16 | 105.51 | 7.60 | 12.80 | 18.41 | |
| 17 | 5.88 | 6.32 | 13.16 | 130.60 | 34.13 | 11.34 | 67.36 | 5.16 | 101.50 | 7.60 | 10.48 | 16.89 | |
| 18 | 5.88 | 6.78 | 19.28 | 105.15 | 29.69 | 8.79 | 39.26 | 5.16 | 46.84 | 7.60 | 39.26 | 16.16 | |
| 19 | 6.32 | 6.78 | 24.68 | 82.45 | 26.55 | 8.21 | 27.23 | 5.16 | 27.23 | 7.60 | 22.57 | 20.02 | |
| 20 | 6.32 | 6.78 | 18.45 | 93.46 | 24.56 | 7.64 | 21.70 | 5.16 | 19.20 | 7.60 | 13.44 | 16.89 | |
| 21 | 6.78 | 6.32 | 16.84 | 135.11 | 37.67 | 7.09 | 17.64 | 5.16 | 15.45 | 7.60 | 8.95 | 16.16 | |
| 22 | 7.27 | 8.29 | 14.57 | 130.60 | 24.56 | 8.21 | 13.44 | 5.45 | 15.45 | 7.19 | 26.26 | 16.16 | |
| 23 | 5.05 | 7.27 | 13.16 | 89.71 | 24.56 | 15.72 | 12.80 | 5.76 | 24.38 | 7.19 | 31.32 | 16.16 | |
| 24 | 5.05 | 7.27 | 12.48 | 78.93 | 21.71 | 9.40 | 12.80 | 5.16 | 95.62 | 6.81 | 25.31 | 16.16 | |
| 25 | 5.05 | 7.27 | 16.06 | 72.12 | 20.50 | 8.79 | 18.41 | 4.89 | 28.23 | 6.81 | 27.23 | 16.16 | |
| 26 | 5.05 | 6.78 | 15.31 | 62.48 | 19.90 | 8.21 | 115.91 | 4.89 | 21.70 | 6.81 | 23.46 | 16.16 | |
| 27 | 5.05 | 6.32 | 14.57 | 135.11 | 19.03 | 29.69 | 321.30 | 17.64 | 17.64 | 6.81 | 32.40 | 16.16 | |
| 28 | 4.66 | 5.88 | 12.48 | 139.69 | 19.03 | 28.62 | 72.26 | 12.80 | 15.45 | 6.81 | 111.69 | 16.16 | |
| 29 | 4.66 | | 11.19 | 111.26 | 32.99 | 16.52 | 33.49 | 6.81 | 14.09 | 5.76 | 49.53 | 15.45 | |
| 30 | 4.66 | | 31.87 | 111.26 | 23.59 | 12.72 | 25.31 | 8.95 | 13.44 | 5.76 | 33.49 | 16.16 | |
| 31 | 4.66 | | 28.67 | | 17.34 | | 19.20 | 9.44 | | 5.76 | | 16.89 | |
| TOTAL | 215.98 | 166.09 | 438.29 | 3064.68 | 1837.23 | 433.23 | 1763.02 | 310.92 | 1068.86 | 259.52 | 564.41 | 545.82 | 10668.05 |
| MEAN | 6.97 | 5.93 | 14.14 | 102.16 | 59.27 | 14.44 | 56.87 | 10.03 | 35.63 | 8.37 | 18.81 | 17.61 | 29.23 |
| MAX | 7.93 | 22.82 | 30.31 | 5.31 | 5.13 | 27.69 | 27.30 | 6.85 | 16.51 | 1.19 | 28.69 | 12.30 | 7.27 |
| MIN | 31.46 | 7.95 | 2.88 | 1.80 | 31.34 | 21.09 | 24.80 | 26.89 | 1.18 | 31.76 | 15.76 | 10.48 | 2.73 |

くるであろう。

河川関係でも、従来は、堤防・掘削・しゅんせつ・遊水池・放水路・せきなど固定した純土木的な構造物が施設の主体を占めていたのであるが、最近では、ダムを始め、水門・樋門・ポンプなど可動構造物が多くなってきている。このような可動構造物では、構造の設計に対して、機能の解析、その機能を実現するための管理設備の設計、それらの運用方法の検討がウエイトを増してくる。可動構造物では、同じ構造であっても、その運用方法によって効果は全く異なってくる。特に、河川関係では対象とする降雨・流出などの自然現象は非定常性が強いので、効果の評価は困難であるが、それだけに、十分な運用解析をした場合としない場合の効果の相違も非常に大きい。このような分野では、全般的に、電子計算機の資料処理・計算能力に負うところが大きいのであるが、特に、同時性を要求される on line の利用において、計算機の能力は絶対的なものとなる。

ダムのゲートの洪水時の自動操作、ダム群の統合管理、洪水予報などでは、広範囲の地域に分布している雨量・水位・流量観測所の観測資料を迅速・正確に収集し、それを限られた時間中に処理・計算して、判断に必要な情報を提供することが必要である。このような場合には、テレメータ・電子計算機・遠隔自動制御装置・通報装置などの緊密な連繋が要求され、一つの大きなシステムとなる。

このような管理システムは、on line の情報処理機能のほかに off line の資料処理機能ももち、それによって集積されていくデータの解析によって、on line の情報処理機能を合理化していく形態をとるであろう。

on line の計算装置では、アナログ計算機の実時間演算の機能は有力な武器となるに違いない。将来は、アナログ計算およびデジタル計算はそれぞれの特徴を生かして、両者の総合されたいわゆるハイブリッド計算機として発展していくであろう。