

かんがい、用水路と付帯構造物の自動設計システム

日本工営(株) 正員 ○ 伊 藤 正 樹
同 上 野 田 城 照
同 上 児 玉 正 行

1. まえがき

近年、土木構造物の自動設計は、設計過程の省力化・工期短縮という要求や、電算機ハード／ソフトウェアの発達により、益々新しい分野で試みられようとしている。しかしながら、現在のところ、その対象は、橋梁、道路、宅地造成等に集中している感も否めず、本稿で紹介するような、水路の自動設計の試みは殆ど見当たらないのが現状である。筆者らは、対象を、農業開発プロジェクトで必要となる、かんがい用水路と、水路に付帯する構造物にしぼり、それらの設計過程、条件、各諸元の標準化を行い、それに従った自動設計・数量計算システムを開発し、ほぼ完成に至った。本稿では、その自動設計システムの概要を紹介する。

2. 設計自動化の目的と利点

本システムにより、自動設計、計算が可能となったものは、下記の通りである。

- ① 水路平面線形設計
- ② 水路縦断線形設計
- ③ 水路横断設計
- ④ 構造物設計
- ⑤ 水路・付帯構造物数量計算
- ⑥ 建設費計算
- ⑦ 水路縦断線の図化

これらの設計、計算過程を行うには、設計技術者の経験・判断を要する部分も多く、これまでは、未熟な技術者でも処理できる部分は限られていた。したがって、自動化の目的の第一として、設計基準を標準化し、各プロジェクトに特有な条件のみを入力データとすることにより、熟練者が関与しなければならない部分の減少を図ることが挙げられる（設計コストの低減）。また、かんがい水路が持つ、Project Areaの大きさ、水路総延長の長さ、水路中の頻繁な流量変化、複雑な分水位確保の必要といった特長から生じる、単純ではあるが計算量が多い

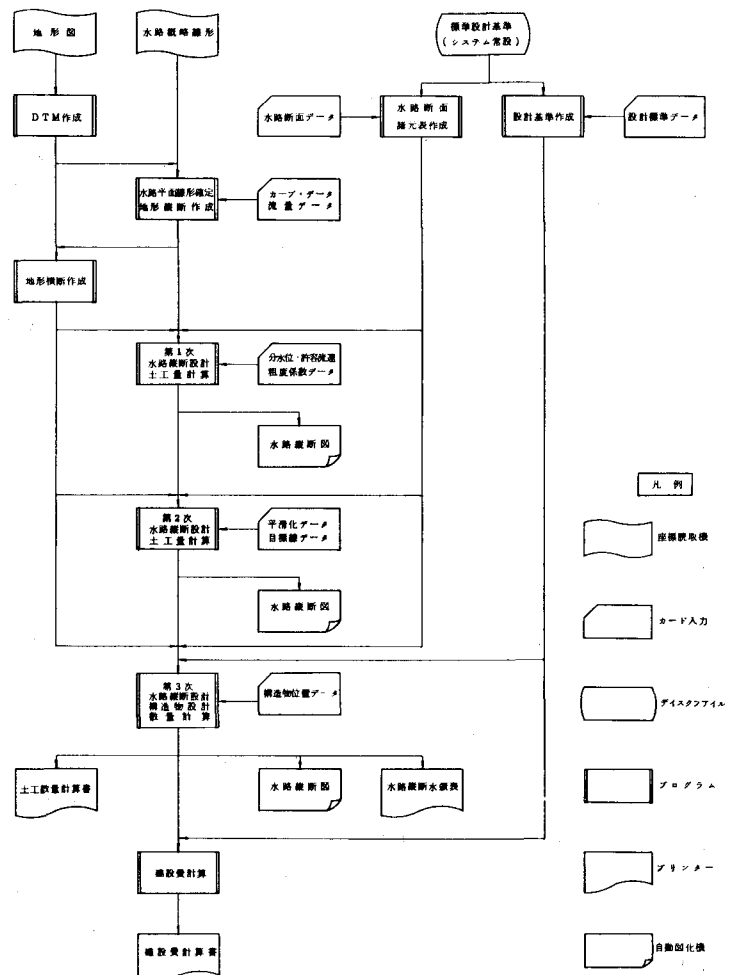


図-1 システム・フロー図

という問題を電算化することにより、工期の短縮、人件費の減少を図ることが、目的の第二として挙げられる。本システムの完成により、これらの目的はほぼ達せられたが、派生的な利点として、これまで、工期、複雑さ等の面から、Feasibility Study段階では十分に行えなかった設計・計算部分が行えるようになったこと、および、同じ理由から、より十分な比較検討を行えるようになったことが挙げられ、工期の短縮、経費の低減という点の他に、設計の質向上という点も自動化の利点として挙げることができる。

3. 自動設計システムによる設計手順

- ① 構造物設計基準作成；システムが持つ標準の設計基準に対し、該当プロジェクトの特有データを与え、構造物等の設計基準データ・ファイルを作成する。
- ② D. T. M.（数値地形）作成；地形図より、Project Area をカバーする等高線データを与えて、DTMデータ・ファイルを作成する。
- ③ 水路断面諸元表作成；水路側法勾配等のデータを与え、設計全水路の流積をカバーする水路断面諸元表データ・ファイルを作成する。
- ④ 平面線形設計；概略平面線形（直線）と曲線データを与えて平面線形確定計算を行い、また流量データも与えて、平面線形・流量データ・ファイルを作成する。同時に、DTMデータを用いて地形縦断を計算して同ファイルに含める。
- ⑤ 地形横断計算；DTMデータ・ファイルと、平面線形・流量データ・ファイルより、水路始終点、分水点、キロ標点、カーブ諸点ごとに地形横断計算を行い、横断地形データ・ファイルを作成する。
- ⑥ 水路縦断設計用データ・ファイル作成；圃場必要分水位、粗度係数、許容流速等のデータを与え、ファイルを作成する。
- ⑦ 水路縦横断設計；②、③、④、⑥の各データ・ファイルを用いて、第1～第3次の水路縦横断設計を行い、水路縦横断線形ファイルを作成する。
- ⑧ 土工量・数量計算；横断地形データ・ファイルと、水路縦横断線形ファイルから、水路土工量計算（第1～第3次縦横断設計）を行い、第3次設計では、ライニング量計算も行う。
- ⑨ 付帯構造物設計；構造物の位置データを与え、⑦の第3次水路縦横断設計と並行して、構造物の設計と数量計算を行う。
- ⑩ 水路縦断線形図化；⑦の各設計段階で、水路縦横断線形ファイルを用いて、縦断線形の図化を行う。
- ⑪ 建設費計算；⑧、⑨で計算された数量と、①の設計基準データ・ファイル中に含まれる単価から、建設費計算を行う。

以上の設計手順は 図-1；システムフロー図に示される通りである。

4. 水路平面・縦横断線形の自動設計

(1) 平面線形の設計

水路平面線形の概略は、設計者により地図上に直線にて与えられる。この線形に対し、さらに曲線設置のためのデータを与えることにより、各IP点に曲線の設置が行われる。かんがい用水路では 水路中間点（分水点）から分水を行う場合には、分水する水路に対し分水される水路を直角に接続させることを原則としている。また、水路終点に別水路がつながる場合には、両水路を直線接続することになっていて、これら直角・直線接続への線形修正と、それに伴う曲線設置も行う。その他、隣接する分水点間の距離制限値を満足させるような線形修正を行って、水路平面線形が確定される。

(2) 縦断線形の設計

縦断設計は、次の第1～第3次の各設計が行われる。

① 第1次縦断設計

水路線形比較候補，水路タイプ（底幅水深比，側法勾配，ライニング等）比較候補の組み合わせケース数分の設計を行う。水路縦断線形は，各分水点の分水位を満足し，かつ可能な限り，各水路タイプによって決まる設計許容最小流速（最小勾配）となるように設計される。この設計結果は，比較候補数の限定，および，第2次設計データ作成時の資料とされる。

② 第2次縦断設計

①で記した各比較候補組み合わせケースのうち，①の設計結果により絞られたケースについて設計を行う。設計は，地形縦断線の平滑化を行い，この平滑線に多少修正を加えた線（縦断目標線）を作成した上で，水路縦断線形がこの目標線にできるだけ沿ったものとなるように行う。この過程では，末端水位と分水点の分水位確保が優先される。また目標線は，水路縦断線がこれに沿ったものであれば，掘削と盛土のバランスがとれた水路が設計できるようなものである必要がある。

第2次の縦断設計は，最終線形の基本となるものであり，線形と，同時に計算が行われる水路土工量から，線形比較候補，水路タイプ比較候補の各ケースの中から，建設に有利と思われるものを，かなり絞ることができる。この段階では，構造物の設計は行っていない，土工量以外の数量計算もされないが，かんがい水路施設の総建設費中では，水路土工関係が大きな比重を占めるため，この段階で，十分に比較候補の選択を行うことができる。第2次縦断設計結果を図化した一例を図-2に示す。

③ 第3次縦断設計

②の第2次設計の結果によって選ばれたケースを対象に行うが，システム的には，全ケース，または複数のケースについて設計を行うことも可能である。第3次設計では，第2次設計の縦断線の勾配をある程度均一化した上で，この均一化された縦断線に対し，構造物の長さ，損失水頭も考慮した水路縦断線形の設計が行われる。これが確定縦断線形となり，同時に計算が行われる，水路・構造物の土工量，その他の数量から建設費を算出することができる。

(3) 水路横断形の設計

(2)の各縦断設計と同時に逐次行われる。縦断設計で決まる水路流水面積と，3-③で記した水路断面諸元表データ・ファイルから，各水路断面の底幅，水路高等の水路諸元が求められ，水路横断形が決定される。

5. 付帯構造物の設計

構造物の設計は4-(2) -③で記した水路縦断線形の第3次設計の過程で逐次行われ，損失水頭，諸元が計算されるほか，同時に数量計算も行われる。設計が行われる構造物は次のようなものである。

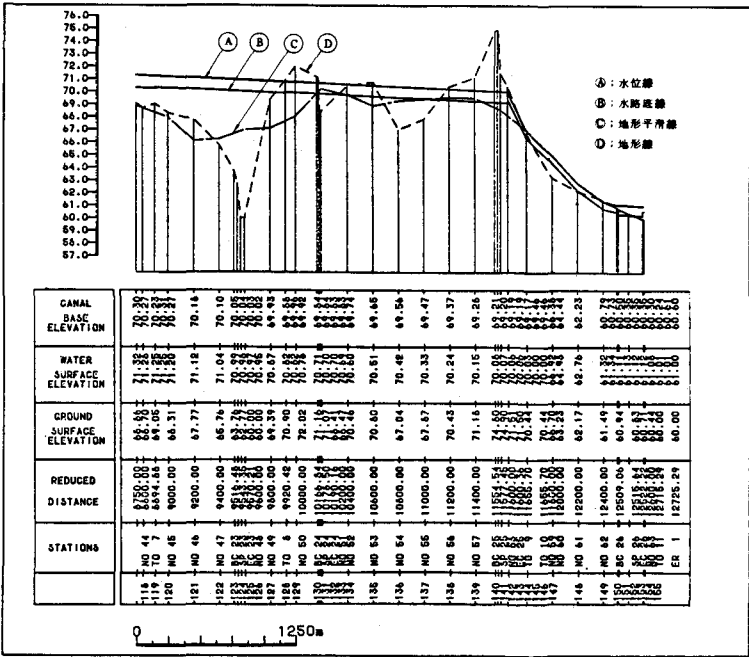


図-2 水路縦断図

- | | |
|---------|--------------|
| ① 分土工 | ⑤ 橋 |
| ② 落差工 | ⑥ サイフォン |
| ③ 水位調整工 | ⑦ 余水吐 |
| ④ カルバート | ⑧ パーシャルフリューム |

これらのうち、本システムでは 橋とカルバートの比較、およびタイプの選択、バレルタイプの選択（ボックスかパイプ）、バレル数の選定が自動的に行われるが、他のものについては、タイプを予め決めておく必要がある。

6．自動設計システムの利点と問題点

利点については 2. でも記したが、以下の 6 点を挙げることができる。

- ① 基本設計条件、地形、水路基本平面線形、および流量データを与えれば、水路縦横断線形の自動設計と数量計算が行える。
- ② 付帯構造物は、最小限の設計条件と位置を与えれば自動設計され、損失水頭、諸元、数量の計算が行える。
- ③ ①、②により、設計経験の少ない者でも、従来の設計過程の相当部分を担当し得る。
- ④ 単純ではあるが大量の計算が、殆ど電算機により処理できる。
- ⑤ ④のため、これまで時間的に困難であった多様な比較設計が可能となり、設計精度の向上を図ることができる。
- ⑥ 設計に要する工期・人員・コストは、各々、従来の $1/3 \sim 1/2$ となる。但し、電算機は自社機を使用の場合である。

一方、問題点としては、次のような点が挙げられる。

- ① 地形データの精度、D T M を利用した水路縦横断線形の精度の制約から、システム全体は、マスタープラン、Feasibility Study における比較設計のレベルとなる。また、プログラムの構成も、比較設計を主眼としたものとなっている。しかし、水路線形、構造物の設計方法の精度は、詳細設計への適用も可能であり、レベルがアンバランスな面がある。本システムを詳細設計に適用するには、地形データ、および D T M の利用法の精度向上が課題となる。
- ② 本システムは、比較設計を行うのに適しており、また、それを目的としている。従って、より多くの比較設計を行うほど、システムの効果が発揮される。逆に、比較設計ではなく、概算数量の算定に用いる場合、必ず必要となる地形データの入力作業等、入力データ作成が、全体の大きな部分を占めるようになる場合には、効果に対して作業量が多くなり、システムの効果が十分に発揮されない。
- ③ 本システムでは、標準化された設計基準ののっとり設計が行われる。標準化作業は、自動化のための必要条件であり、人力による作業においても省力化に役立つものである。一方、かんがい用水路設計においては、水路タイプ、構造物のタイプとも 各国それぞれに固有の伝統が根強く、標準化が難しい点が多い。したがって、①で記したような問題が解決し、詳細設計にも適用が考えられる時点では、システムで用意する設計タイプの拡張を行う必要が生じるものと考えられる。

7．あとがき

本システムは、稼働開始以来、日も浅いが、設計の省力化、コストの低減に十分役立っているものと確信する。今後、より一層のシステムの向上に努力するつもりである。