

平面・縦断設計を自動化した道路設計システム

日本工営(株) 正会員 ○ 荒 木 一 郎
同 上 正会員 田 中 俊 史

1. まえがき

ここ10数年来、各方面でD・T・M・(数値地形)を利用した自動設計が盛んとなり、中でも道路設計の分野では線形設計の応用例が数多く報告され、実務処理に共している。しかし、これらのシステムの特徴であるべき自動設計はその不完全さ故に敬遠され、複雑な修正過程を要する設計となり、また、D・T・M・を基本とする以上設計精度に信頼がなく詳細設計への適用を難しくしているのが現状である。

われわれは、D・T・M・の利用を概略設計に限定して精度上の問題を処理すると同時に、平面線形確定、縦断線形選定を自動化して設計の基準を均一化し、未熟技術者の使用、比較ルート・長距離区間の短時間処理を可能とした。また、詳細設計では実測値を用いることを原則としてデータ化に座標読取機を使用、片勾配摺付計算・横断計画・数量計算・詳細図面作図を自動化してルーチンワークから技術者を解放し精度の向上を計った。なお、本システムはDORO(Design and Overview of ROadways)と呼んでいる。

2. DOROシステムによる設計手順

DOROは、1/1,000~1/10,000を対象とした概略設計システムと1/500~1/1,000を対象とした詳細設計システムに大別される。設計手順は図-1に示すとおりである。

(1) 概略設計システム

- ① DTM作成；地形図又は航空写真より路線検討範囲の等高線を与えて、DTMデータファイル作成。
- ② 平面線形設計；概略の平面線形をフリーハンド曲線で設定し、曲線部毎に測点を与えて平面線形データファイル作成。
- ③ 地形縦横断計算；DTMファイルと平面線形ファイルから中間点毎の地形横断計算し、地形データファイル作成。
- ④ 縦断線形設計；地形ファイルにコントロールポイント・設計速度を与えて自動選定し、縦断線形ファイル作成。
- ⑤ 横断設計；地形ファイル・縦断線形ファイルに断面形状を与え、横断設計ファイル・土工量ファイル・数量計算書を作成。
- ⑥ 自動図化；各設計段階で作成されるデータファイルより作図。(平面線形ファイル→平面図、縦断線形ファイル→縦断図、横断設計ファイル→横断図、土工量ファイル→土積図)

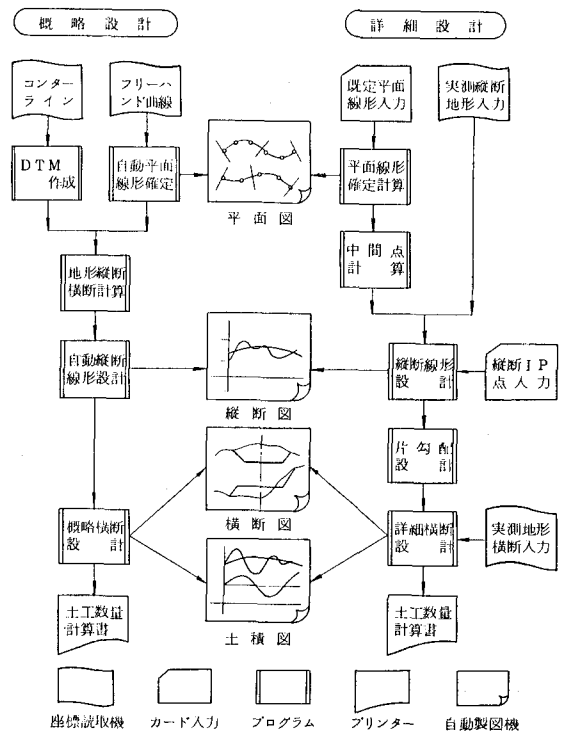


図-1 DOROのシステムフロー

(c) 詳細設計システム

- ① 平面線形設計；図解的に求めた線形要素を与えて線形確定，中間点計算を行い，平面線形ファイル作成。
- ② 縦断線形設計；実測地形縦断に平面線形ファイルを与え，I P点・曲線長を指示して設計し，平面線形入りの縦断線形ファイル作成。
- ③ 片勾配設計；縦断線形ファイルに設計速度・路面構成を与えて自動設計し，片勾配ファイル作成。
- ④ 横断設計；実測地形横断に片勾配ファイル・断面形状を与え，横断設計ファイル・土工量ファイル・数量計算書を作成。
- ⑤ 自動図化；概略システムと同様にして，平面図・縦断図・横断図・土積図を各ファイルより作図。

3. 平面・縦断線形設計の自動化

(1) 平面線形設計^{1), 2)}

平面線形の自動化は，フリーハンド曲線をデータとして自動的に線形要素を確定する方向でいくつかの研究事例が発表されている。曲率あるいは接線を利用する方法が一般的に行なわれているが，修正作業が多く伴いまた測点入力の選定が難しく，得られる結果もコントロールポイントからはずれる場合が多い。

われわれは，クロソイド曲線挿入が困難である現状をふまえて，基本的には円と直線のみで線形要素を確定するものとし，必要に応じて接線を利用する方法で基本クロソイドを挿入するものとした。すなわち，フリーハンド曲線から1つの曲線部につき始終点と考えられる两点とその中点付近の点の合計3点を順次与え，偶数番目にあたる中央付近の点の曲率半径から円又は直線に分類し，奇数番目の点を始終点として奇数番目の線形要素を固定，偶数番目要素を調整する方法で確定するものである。これによれば，線形のずれはほとんど生ずることなく，大縮尺での長距離区間の概略設計には最適である。図-3上段に図例を示す。

(2) 縦断線形設計³⁾

縦断線形自動選定の試みは従来からなされてきたが，原理的には多項式の曲線を最小自乗法により回帰させるものであり，地形が急峻となると多くは縦断線形の位相がずれたり縦断曲線の挿入が不適當であった。

この様な障害を除くため，ここでは次の様な方法を用いた。縦断選定のため検討すべき範囲を定め，求める点の前後の範囲内で地形高を重み付けて平均し仮計画高とし，さらにコントロールポイントを考慮して調整した仮計画高群を円と直線のブロックに分類し，円区間より縦断I P点を決定して縦断線形を求めるものである。図-3下段に図例を示す。

① 仮計画高の計算

仮計画高の計算は図-2に示すフローに従って行なわれる。検討範囲は縦断線形の振幅や周期に影響を与える重要な値であり，設計速度に合う縦断曲線制限長と中間点間隔とを考慮して自動的に決定される。

各地形点での高さの重みWはベータ分布の確率密度関数の形で表わした次式で計算する。ベータ分布は，パラメータを減少させると中央の凸型の鋭さが鈍くなる傾向があり重みのコントロールに最適である。

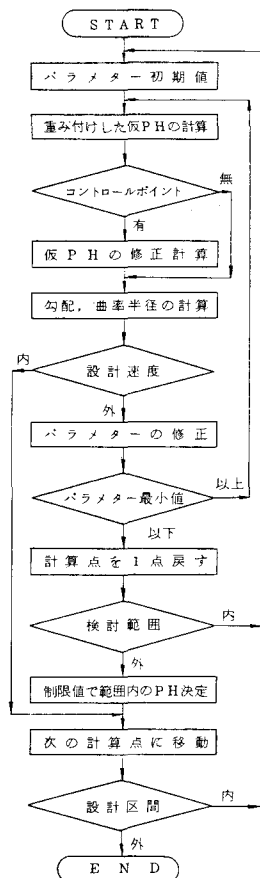


図-2 仮計画高の計算フロー

$$PH = \frac{\sum_{n=1}^N (GH(n) \cdot W(n))}{\sum_{n=1}^N W(n)}$$

$$W(n) = \frac{1}{\beta(\alpha+1, \lambda+1)} \cdot x^\alpha \cdot (1-x)^\lambda$$

ここに、PH；重み付けした計画高、GH；地形高、W；重み係数、N；検討範囲に含まれる地形点数、 $\beta(\alpha+1, \lambda+1)$ ；ベータ関数、 $\alpha \cdot \lambda$ ；パラメーター（ $\alpha \cdot \lambda > -1, 0 \leq x \leq 1$ ）

コントロールポイントの高さは、重み付けした仮計画高を検討範囲内のコントロールポイントに対して、求める点からの距離の増加に反比例させて次式で考慮する。範囲内に i 個のコントロールポイントが含まれる場合は、求める点から最も離れた点より順次PHを i 回計算して全てのコントロールポイントを考慮した値PH i を算出する。

$$PH_i = PH_{i-1} \times \left| \frac{L_i}{L_0} \right| + CH_i \left(1 - \left| \frac{L_i}{L_0} \right| \right)$$

ここに、PH i ；求める点から i 番目に遠い点を考慮した仮計画高、CH i ； i 番目のコントロールポイントの高さ、L i ；求める点からコントロールポイントまでの距離、L 0 ；求める点から検討範囲端までの距離。

② 縦断曲線の設置

①で得られた仮計画高は比較的滑らかな点列となっているが、縦断線形として必要なIP点が定まっておらず、縦断曲線半径、曲線長を設計速度に従って求めなければならない。手順は以下の様である。

- i) 連続する仮計画高の3点より曲率半径を求め、その点が円又は直線のいずれに属するか決定する。
- ii) 隣接する仮計画高の曲率差が小さい円群は同一ブロックとみなし、ブロックの曲率半径を求める。
- iii) 円区間を縦断曲線区間とし、その半径と区間長から縦断IP点を決定する。
- iv) 縦断曲線半径、曲線長、曲線半径と曲線長との比について設計速度をチェックし、満足するように縦断IP点の省略、曲線長・曲線半径の延長・拡大を行って修正し、最終的な縦断線形を得る。

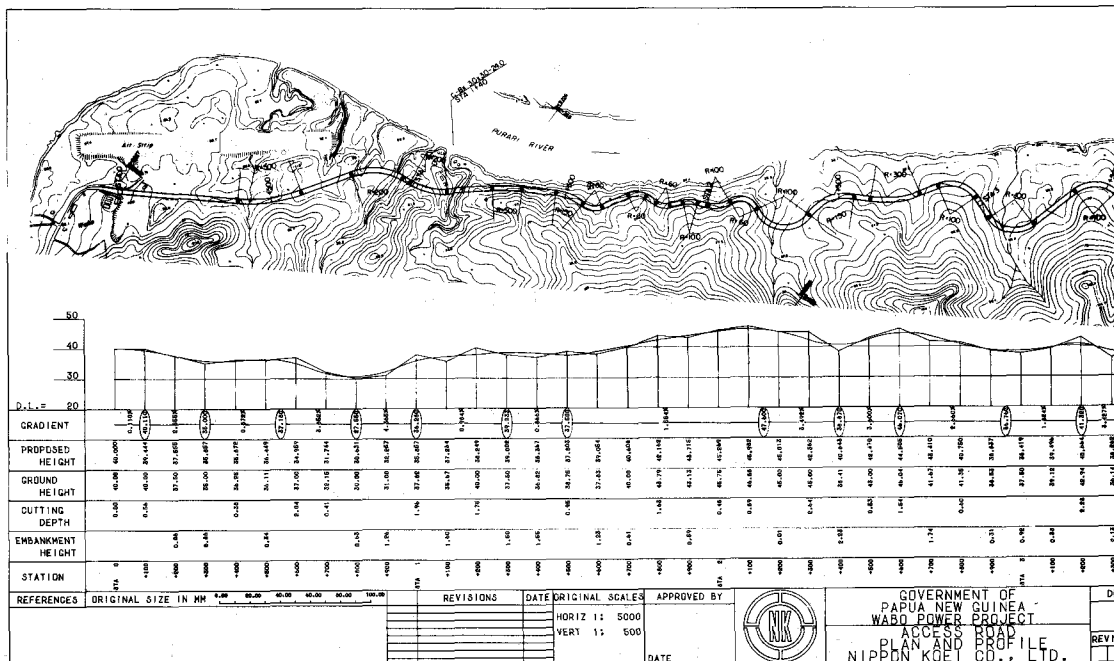


図-3 概略平面・縦断図

4. 詳細横断設計

詳細設計で最も時間と労力を費やすのは横断設計であり、トレーサーの介入を要しない横断図の作図、横断設計と同時に得られる数量計算書の作成を主眼としてシステム化した。その機能について以下に述べる。

- ① 路面構成；車線数，登坂車線，非常駐車帯，中央分離帯，路肩，縮少路肩，側帯の他バス停等の特殊路面の組合せが自由であり，登坂車線は始終点でのターバー長の摺付けも行う。
- ② 横断勾配；事前に平面ファイルに舗装種類，車線数，基準位置を与えて各断面での勾配は決定される。
- ③ 路肩の処理；保護路肩が切土・盛土工区別に，また路肩排水路も設置でき，切土区間では土工用仮排水路を設けることができる。
- ④ 横断切り；切土区間は，土砂・軟岩・硬岩の地層別勾配を用い，法高の4/5以上含まれる地層の法勾配となる。盛土区間は，法面の上下両端が地形線より上方にある限り盛土を続け，一段の法面にある凸部は無視する。小段は巾員，勾配を自由に決めて設けることができる。
- ⑤ 擁壁の設置；設置位置を指定するのみで擁壁高から擁壁タイプを自動選定し，根入れ深さを検討して設置される。
- ⑥ 特殊法面・小段；側道又は水路付小段等の特殊な小段・法面は構成する座標群により自由に設置できる。
- ⑦ 図面様式；用紙サイズ（A，B），配列様式が自由に選択でき，多種多様な図面様式に対応できる。

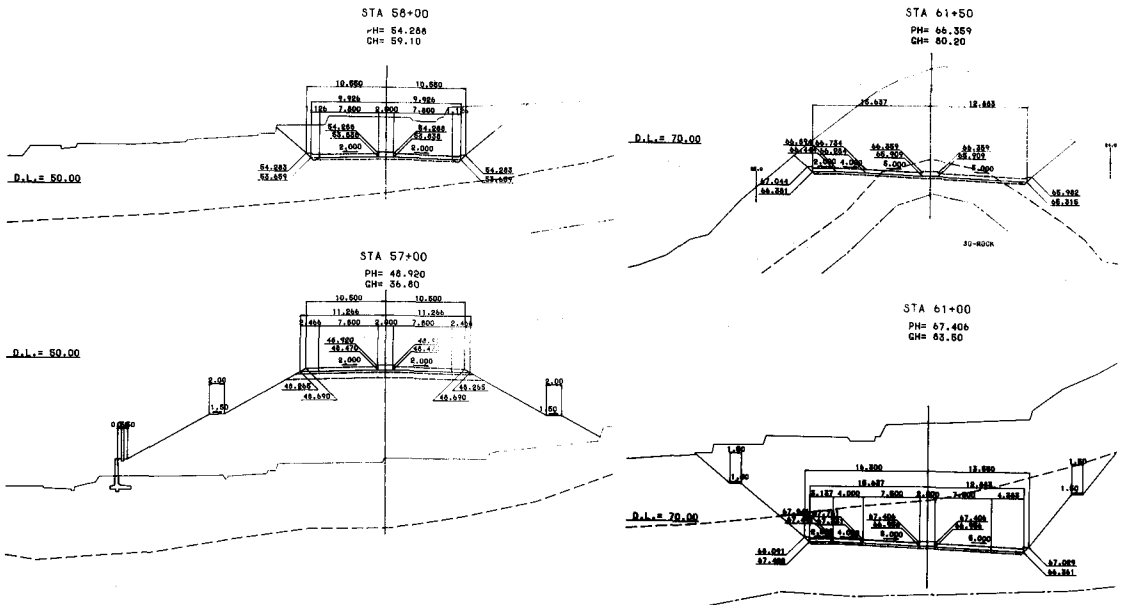


図-4 詳細横断図

5. あとがき

DOROシステムはすでに海外・国内プロジェクトで利用され，充分実務に供する結果を得ている。平面線形自動確定，最適縦断線形自動選定，擁壁の自動選定，片勾配の自動摺付け等の自動化は，設計の一様性を与えると共に，省力化・技術向上・単調作業からの解放につながるものと確信する。

参考文献

- (1) 村井・嶋田；路線選定システムにおける平面曲線の自動整形の試み，土木学会論文報告集 №174
- (2) 高橋；フリーハンドによる線形からの平面線形設計手法，土木技術資料 Vol.1.2, №4
- (3) J.H.Suhrbier; Engineering of Location; The Selection and Evaluation of Trial Grade Lines by an Electronic Digital Computer, Highway Research Record №83