

建設省土木研究所

正員 見坂 潔

” ”

正員 嶋津 晃臣

” 首都国道工事事務所

正員 長立 賢一

1. はじめに

道路建設工事における土工の施工計画(以下では土工計画とよぶ)を合理的に立案することは、土工に占める費用が道路建設工事費の約半分の部分を占めている現状からみて効率的な事業執行を図る上できわめて重要である。しかも、最近では施工の迅速性が要求されると同時に、施工時の環境問題(騒音、振動等)について配慮し得ればお互いケースが揃えており、このことが土工計画の重要性を高めるとともに、計画立案上の問題をより一層複雑なものにしている。本研究では、このような状況下での土工計画作成問題をとりあげ、そのシステム化を試みたので以下に報告する。

2. システム化の基本方針

- ① 本研究で対象とする土工計画システムは、道路計画段階で土工に関連する情報(工期、工費等)を得ることを目的としているため、概略的で土工計画を検討の対象とする。
- ② 土工計画には複雑な計画要素が多く含まれているため、各計画プロセスでの最適化を目指すのではなく、実行可能性やプロセス間の整合性を保ちつつ代替案を作成し、それらを相互比較することによって総合的に評価を行う。
- ③ 各計画プロセスにおいて現場技術者の判断や現場固有の条件を容易に入力できるように小型コンピュータ支援によるシステムを考える。
- ④ 対象工種は掘削、運搬、敷石等し、範囲めとする。

3. 土工計画システムの概要

本研究で提案する土工計画システムは設計仕様、現場施工条件等を入力情報とし、土量配分方法、投入機械の機種・台数等を操作変数として代替案を作成し、工期、工費等の情報を出力するとともに、代替案の集合に対して総合評価を行うもので、図-1に示すようなプロセスを考える。

代替案作成プロセスはさらに4つのプロセスに細分され、各プロセスで決定される項目は図-1に示したとおりである。本研究では小型コンピュータ支援による計画システムとするために、各プロセスに対応するサブシステムを設けた。各サブシステムの入出力項目をまとめたのが図-2である。なお、本研究は道路土工を対象としているために施工空間を“線”としてとらえることが可能と考え、土量配分計画のプロセスではマスカーブを利用した方法を用い、工程計画のプロセスでは各作業の位置関係のみから施工順序を決定していく方

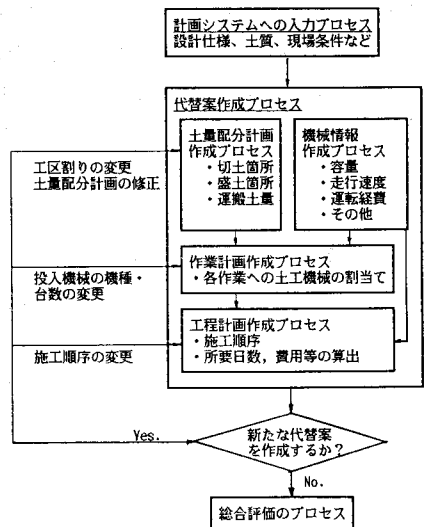


図-1 土工計画システムのプロセスフロー

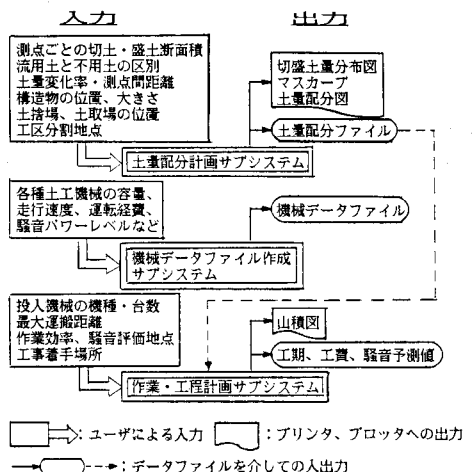


図-2 サブシステムの入出力項目

法を採用した。1つの代替案の作成が終わると、図-1に示すように新たな代替案を作成するかどうかの判断を行い、必要に応じて上位のプロセスへフィードバックすることによって代替案を作成する。

総合評価のプロセスは、いくつかの評価項目（ここでは定量化の困難な項目は扱わないものとする）に基づいて各代替案を評価するプロセスである。このプロセスにおいて意志決定者の判断にゆだねる方法だけでは、計画案の“望ましさ”に対する納得感が不十分だと感じることがあるため、本研究では複数の目標をバランスよく満足するような代替案を抽出するのに役立つ情報を意志決定者に提供することを考え、多属性効用理論を適用して効用値に基づく代替案の順位付けを試みた。図-3にその手順を示す。

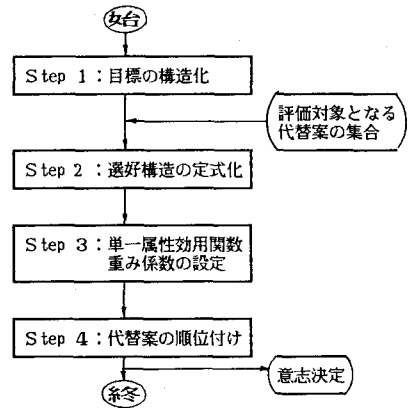


図-3 評価の手順

4. 総合評価プロセスの計算例

①目標の構造化-----ここでは評価項目として工事の迅速性、経済性、施工時の環境保全を考慮することとし、それぞれを指標として工期(X₁)、工費(X₂)、騒音評価地点での騒音を取上げる場合を想定する。特に騒音については、あらかじめ設定した基準値を越える日数(X₃)および工事期間を通じての騒音レベルの最大値(X₄)を考慮することとする。目標を図-4に示す階層構造としてとらえることができる。

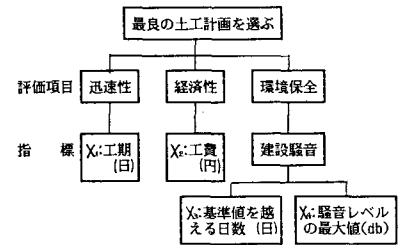


図-4 目標の構造化の例

②選好構造の定式化-----工期、工費、騒音の3属性の間に選好独立が仮定できるものとし、多属性効用関数Vを次式で表す。

$$V = \lambda_1 V_1(X_1) + \lambda_2 V_2(X_2) + \lambda_5 \{ \lambda_3 V_3(X_3) + \lambda_4 V_4(X_4) \} \quad (1)$$

$$\left. \begin{aligned} V_1(\text{最悪の} X_1) &= 0, & V_1(\text{最善の} X_1) &= 1 \quad (j=1\sim4) \\ 0 < \lambda_j < 1 \quad (j=1\sim5), & \lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_5 &= 1, \quad \lambda_3 + \lambda_4 = 1 \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

ここで、V_j(X_j): λ_j: 指標jに関する単一属性効用関数、重み係数(j=1~4)、λ₅: 騒音に関する重み係数、である。

③単一属性効用関数、重み係数の設定-----意志決定者の選好構造を関数形および重み係数で表現する。次に示す計算例には線形の効用関数を仮定し、通りの重み係数を設定した。

④代替案の順位付け-----①式で計算される効用値Vが大きいほど“望ましい”代替案として高位にランクされる。

事例計算の対象として、ある高速道路建設工事のうち1工区(延長約700m、運搬土量約2000m³)を選んだ。図-5は、上で述べたプロセスに従って投入機械の機種・台数の異なる12の代替案を設定し、それぞれの特徴値X₁~X₄を求めた結果を示すものである。この工区、工費は土工に直接要する日数、費用を求めている。これらの代替案に対して上述した方法で順位付けを行った結果を表-1に示す。当然のことながら重み係数によって順位付けの結果は異なるが、意志決定者の選好を適切に重み係数に反映させておけば、計画案の抽出に関して有益な情報と取りうると思われる。

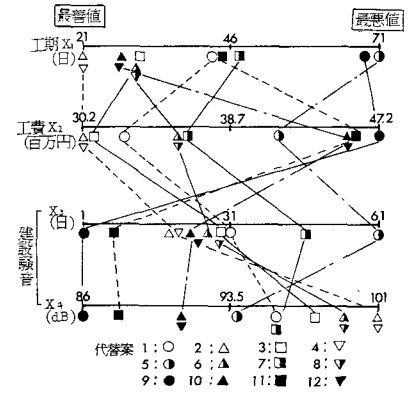


図-5 代替案の特性値

表-1 代替案の順位

順位	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ケース1	②	④	③	①	⑥	⑧	⑦	⑩	⑫	⑪	⑨	⑤
ケース2	②	④	③	①	⑥	⑧	⑩	⑫	⑨	⑦	⑤	⑪

注) 表中の数字は代替案番号を示す
 注) ケース1: λ₁=0.2, λ₂=0.5, λ₅=0.3
 ケース2: λ₁=0.2, λ₂=0.3, λ₅=0.5

5. おわりに 本報告は土工計画のシステム化に関して1つのアプローチを示したものである。今後は実際の工事への適用を通してシステムの修正・発展を図りたいと考えている。