

施工計画システムの開発

国立長岡工業高等専門学校 正員 小寺 隆 夫

1. 要 旨

土木工事は、時間と資源を消費する各種の作業から構成されている。施工計画は、この時間と資源の消費をコントロールするためのものである。資源の消費については、「土木積算システム」によって把握される。

時間については、「PERT」が有用な手法である。本論は、この2つのシステムを有機的に結合し、実用的な施工計画の立案・管理のためのシステムの開発について述べたものである。

開発にあたっては、「土木積算システム」のより一層の標準化を図り、また、インプットの簡明化、アウトプットの設計に工夫を行っている。

2. 積算の概要

土木工事に要する費用は、一般に、図-1に示すように構成される。

直接費は、当核土木工事を構成している「作業」の施工費の合計として算出される。間接費および経費は、直接費に対する「率」計算によって算出されるものとする。この「率」については、建設省等が全国的に調査し、建設省等が全国的に調査している値等が参考として用いる。

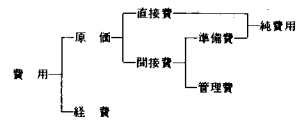


図-1 費用の構成

3. 「作業」、「原単位」

施工計画システムの主体は、「作業」である。1単位の作業が遂行される時に、消費される資源量を「原単位」と呼ぶことにする。資源が、労務、機械である場合は、原単位は、時間の単位（通常は、日単位）とする。

「原単位×作業量」は、その作業におけるその資源の消費量を示すものであり、その資源が、労務あるいは機械である場合は、時間の消費量を示すことになる。原単位×作業量×「単価」は、その作業におけるその資源を消費するための直接費用を示すことになる。単価は、材料にあっては、地域別、材料別等によって定まる単位量当りの現地持ち込み価格を示し、機械については、1日使用するときの経費（積雪地、岩石工か否かの区分はする）、労務については、地域別、職種別の1人1日当り賃金とする。

4. 機械作業の原単位「F」

土木工事における作業の主体は、機械作業である。この機械作業には、機械、運転手等の労務、軽油等の資源が消費される。機械の原単位を「F」で表わすと、一般に、運転手の原単位は、0.94F、助手は0.47F、世話役は0.19Fで表わされ、軽油等の原単位は、1.2GFで表わされる。Gは、その機械を1日運転した場合の軽油消費を示すものとする。

Fの算出の例について示すと、図-2に示すとおりである。

Fは、実行時に入力される作業条件、DISKにあらかじめ記憶されているその機械に関するデータによって、構成される。

1) 土運搬
$$F = (P + (C - 3)Q)B/G_2/360$$
$$P = 5A + 10$$
$$Q = 1.87A + 0.625$$
$$P = 4.16(A - 1) + 15$$
$$Q = 0.417A + 2.08$$
$$\left. \begin{array}{l} A < 1 \\ A \geq 1 \end{array} \right\}$$

ここに、Aは運搬距離km、Bは土の単重t/m³、Cは道路条件で1~5までの数字で、1は最良、5は最悪を示す。A、B、Cは、実行時の入力データである。G₂は、DISKに記憶されている1サイクル当りの作業量すなわち法定積載重量である。

2) アスファルト等合材運搬

$$F = (P + B) / (0.03125C + 0.71875) / G_2 / 360$$

$$P = 3A + 5 \quad (A \leq 5) \quad P = 4A \quad (A > 5)$$

ここに、A、C、G₂は土運搬の場合と同じであり、Bは1サイクル当りの積込み時間、積下し時間、待時間の合計を分て表わしたものである。

3) 堀削積込み

$$F = BC/A/G_2/1800$$

ここに、Aは作業効率、Bは1サイクル当り積込時間(秒)、Cは容積変化率でありG₂は、DISKに記憶されている1サイクル当りの作業量すなわち、バケット容量である。

4) 堀削押土

$$F = (0.037B + 0.25)C/A/G_2/300$$

ここに、A、Cは堀削積込の場合と同じであり、Bは押土距離(m)で、G₂は、土工板容量m³である。

5) 運転

$$F = D$$

ここに、Dは、同時に運転する台数である。作業量の単位は、日/台である。

図-2 機械作業における機械原単位「F」

5. 入力データ

本システムを実行する際に入力されるデータは、「共通」「個別」および「先行関係」の3種類である。

共通データとしては、① 工事名称 ② 工事開始年月日 ③ 積雪地か否かの指定 ④ 河川・道路等の工種の指定 ⑤ 施工地区の指定 ⑥ 注目資源の指定 ⑦ 支給品費等 等である。

個別データは、図-3に示すような作業カードを参照して、① 作業コード ② 機種指定 ③ 岩石工か否かの指定 ④ 作業条件 ⑤ 作業パター数あるいは作業日数指定 ⑥ 作業量 等である。

本システムでは、「開始日指定作業」(年月日をデータとして入れる)が設けられ、この「作業」を先行作業とする作業の作業開始可能期日を独立に指定できるようにしてある。

個別データは、入力順に、個別番号が付される。

先行関係データは、先行作業を有する作業の個別番号の次に、先行作業の個別番号(識別するために負号を付ける)を並べたものである。

入力を、OCR を利用して行なう場合について

の例を注11, および注12に示した。

6. 出力データ

出力は、施工計画の立案、管理に必要と思われるものが、すべて含まれているように考えた。その内容は、図-4に示すとおりである。

LPを利用して出力した場合の例を注1~注10に示した。

7. おわりに

本システムの主体は、土木工事を構成する「作業」に関するデータである。実際の工事におけるこのデータの蓄積によって、このシステムのより実用化が図られることを望むものである。

作業名	土運搬	作業コード	4 0 0 1
単位	m ³		
規格	ダンプトラック(機械種)	機種	1 3 1
			2 6 1
			3 7.5 1
条件	A	運搬距離(km)	
	B	目的物の土の単位重量(t/m ³) 表-1)	
	C	道路条件 1~5 表-2	
	D	同時使用台数(または一作業日数)	

岩石 (軟→硬)	2.2~2.8
玉石 (小→大)	1.8~2.0
れき質土 (緩→固)	1.8~2.2
砂 (緩→固)	1.7~2.2
砂質土 (緩→固)	1.6~2.0
粘質土 普通	1.5~1.7
(粘土) 硬	1.6~1.8
礫・泥	1.9~2.1

1	硬い滑らかな路面で2車線以上確保でき、交通規制、交通障害等はありません。 (走行速度 30km/h 程度)
2	路面状態は良いが対面交通障害等が時々起る。 (走行速度 18~20km/h 程度)
3	土工現場でいつも普通な状態、砂利道で補修されているが、1車線となることが多く迂回しなければならないか又は交通規制のある市街地。 (走行速度 13~15km/h 程度)
4	凹凸の多い道路で殆んど1車線しかとれない道路、雪道又は交通量の非常に多い道路で規制を受けることしばしばある。 (走行速度 10km/h 程度)
5	交通まじり状態がしばしば起る道路、ぬかるみでときどき牽引を必要とする現場。 (走行速度 7.5~8km/h 程度)

図-3 作業カードの1例

1) トップデータ (注1)	6) 作業工程 (注6)
① 工事名称	① 個別番号
② 工事開始あるいはフォローアップ時点年月日、曜日	② 作業日数
③ 工種番号	③ 最早開始年月日、曜日
④ 使用単機種別番号	④ 最遅完了年月日、曜日
⑤ 積雪地域の表示	⑤ 全余裕
2) 作業積算データ (注2)	⑥ 作業名称
① 個別番号(入力順につけられる)	7) 資金および特定資源の日程表 (注7)
② 作業日数	① 年月日、曜日
③ 労働延人員あるいは、特定資源所要量	② 出役人員、あるいは、特定資源日消費量(いつれも最大値)
④ 施工費	③ 資金支出(最早開始日に40%、最遅完了日に60%)
⑤ 作業番号	④ 資金支出累計
⑥ 作業名称(作業単位を含む)あるいは作業開始日	8) 出来高グラフ (注8)
⑦~⑨ 作業条件 A, B, C (有効数字2桁)	① 各作業が最早開始日に作業を開始した場合
⑩ 作業パターン数あるいは、同時使用機械台数(D)	② 各作業が最遅開始日に作業を開始した場合
⑪ 機械作業の場合、使用機種名称規格	9) 作業開始順リスト (注9)
3) 先行作業リスト (注3)	年月日の早い順に
① 個別番号、作業名称、作業日数	① 最遅開始年月日、曜日
② 先行作業の個別番号、作業名称、作業日数	② 個別番号
4) 工事期限および工事日数 (注4)	③ 作業名称
① 工事名称	10) 資源表 (注10)
② 工事完了予定年月日、曜日	当該工事に使用された資源(既済部分は除く)
③ 工事日数	① 単機番号
5) 費用 (注5)	② 使用量
① 費用(未着手分について積算する。以下同じ)	③ 単価(平均単価)
② 経費	④ 金額
③ 原価	
④ 直接費	
⑤ 間接費(小運搬費P1、労働者輸送費P2、測量費等P3、品質管理費P4、管理費(現地事務所P5、材料倉庫P6、工作小屋P7、労働者宿舎P8)安全費P9、管理費P10)	

図-4 出力データの内容

例題

計画名 EXAMPLE OF TK PERT
SYSTEM EXECUTING

工種 道路工事 (工種番号 4)
工事開始年月日 1983 年 8 月 7 日
施工地域 積雪地域
使用労務賃金および材料単価 第 1 種
指定資源 オペレータ (単価番号 1)
工事を構成している作業

個別番号 1
作業名称 JOB ABC (特殊作業)
作業日数 10 日
作業量 1000 m³
延人員 20 人
施工費 3000 千円
個別番号 2

作業番号 5000 (一般作業)
作業量 150 m³

個別番号 3
作業番号 4001
使用機種 7.5 t ダンプ
岩石工
作業量 1500 m³
運搬距離 25 km
土の単重 1.8 t/m³
道路条件 普通
作業日数 3 日間
先行作業 個別番号 1 の作業

個別番号 5
作業番号 4002
使用機種 3 t ダンプ
作業量 1300 t
運搬距離 3 km
積込・積下し待ち時間 45 分
道路条件 普通
使用台数 12 台
作業開始日 1983 年 8 月 26 日

個別番号 6
作業番号 4011
使用機種 2.3 m³ パワーショベル (自走持込)
岩石工
作業量 1500 m³
作業効率 0.7
積込時間 45 秒/回
容積変換率 1.1
先行作業 個別番号 1 の作業

個別番号 7
作業番号 4021
使用機種 17 t ブルドーザ (自走持込み)
岩石工
作業効率 0.7
押き距離 50 m
容積変換率 1.1

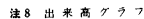
重機の現地持ち込みは、最寄りの駅所在地から、10 km 以内の距離に現場がある場合は、その距離を自走するに必要な時間に若干の余裕をみた時間の運転に要する経費を、直接費に計上する。この時間としては、0.4 日を見込む。工期計算は、切上げて 1 日とみなす。
OCR を利用する場合の入力データの例を注 11～12 に示す。出力データは、注 1～10 に示したとおりである。

CPS DATA SHEET

積雪地	工種番号	特定資源番号 労務、材料種類番号
EXAMPLE OF TK PERT SYSTEM EXECUTING	4	
830807		
7000		
1000		
5000		
4001		
4002		
4011		
4021		
4022		
4023		
4024		
4025		
4026		
4027		
4028		
4029		
4030		
4031		
4032		
4033		
4034		
4035		
4036		
4037		
4038		
4039		
4040		
4041		
4042		
4043		
4044		
4045		
4046		
4047		
4048		
4049		
4050		
4051		
4052		
4053		
4054		
4055		
4056		
4057		
4058		
4059		
4060		
4061		
4062		
4063		
4064		
4065		
4066		
4067		
4068		
4069		
4070		
4071		
4072		
4073		
4074		
4075		
4076		
4077		
4078		
4079		
4080		
4081		
4082		
4083		
4084		
4085		
4086		
4087		
4088		
4089		
4090		
4091		
4092		
4093		
4094		
4095		
4096		
4097		
4098		
4099		
4100		
4101		
4102		
4103		
4104		
4105		
4106		
4107		
4108		
4109		
4110		
4111		
4112		
4113		
4114		
4115		
4116		
4117		
4118		
4119		
4120		
4121		
4122		
4123		
4124		
4125		
4126		
4127		
4128		
4129		
4130		
4131		
4132		
4133		
4134		
4135		
4136		
4137		
4138		
4139		
4140		
4141		
4142		
4143		
4144		
4145		
4146		
4147		
4148		
4149		
4150		
4151		
4152		
4153		
4154		
4155		
4156		
4157		
4158		
4159		
4160		
4161		
4162		
4163		
4164		
4165		
4166		
4167		
4168		
4169		
4170		
4171		
4172		
4173		
4174		
4175		
4176		
4177		
4178		
4179		
4180		
4181		
4182		
4183		
4184		
4185		
4186		
4187		
4188		
4189		
4190		
4191		
4192		
4193		
4194		
4195		
4196		
4197		
4198		
4199		
4200		
4201		
4202		
4203		
4204		
4205		
4206		
4207		
4208		
4209		
4210		
4211		
4212		
4213		
4214		
4215		
4216		
4217		
4218		
4219		
4220		
4221		
4222		
4223		
4224		
4225		
4226		
4227		
4228		
4229		
4230		
4231		
4232		
4233		
4234		
4235		
4236		
4237		
4238		
4239		
4240		
4241		
4242		
4243		
4244		
4245		
4246		
4247		
4248		
4249		
4250		
4251		
4252		
4253		
4254		
4255		
4256		
4257		
4258		
4259		
4260		
4261		
4262		
4263		
4264		
4265		
4266		
4267		
4268		
4269		
4270		
4271		
4272		
4273		
4274		
4275		
4276		
4277		
4278		
4279		
4280		
4281		
4282		
4283		
4284		
4285		
4286		
4287		
4288		
4289		
4290		
4291		
4292		
4293		
4294		
4295		
4296		
4297		
4298		
4299		
4300		
4301		
4302		
4303		
4304		
4305		
4306		
4307		
4308		
4309		
4310		
4311		
4312		
4313		
4314		
4315		
4316		
4317		
4318		
4319		
4320		
4321		
4322		
4323		
4324		
4325		
4326		
4327		
4328		
4329		
4330		
4331		
4332		
4333		
4334		
4335		
4336		
4337		
4338		
4339		
4340		
4341		
4342		
4343		
4344		
4345		
4346		
4347		
4348		
4349		
4350		
4351		
4352		
4353		
4354		
4355		
4356		
4357		
4358		
4359		
4360		
4361		
4362		
4363		
4364		
4365		
4366		
4367		
4368		
4369		
4370		
4371		
4372		
4373		
4374		
4375		
4376		
4377		
4378		
4379		
4380		
4381		
4382		
4383		
4384		
4385		
4386		
4387		
4388		
4389		
4390		
4391		
4392		
4393		
4394		
4395		
4396		
4397		
4398		
4399		
4400		
4401		
4402		
4403		
4404		
4405		
4406		
4407		
4408		
4409		
4410		
4411		
4412		
4413		
4414		
4415		
4416		
4417		
4418		
4419		
4420		
4421		
4422		
4423		
4424		
4425		
4426		
4427		
4428		

注5 費用

注6 作業工程表

注7 資金および特定資源の日程表注9 作業開始順リスト注 10 資 源 表