PERT/MAN-POWER 実施報告

——朝霞浄水場工事の工程管理——

宮　崎　良　一*
横　山　義　雄**
南　　　隆　夫***

1. まえがき

アメリカ海軍がポラリスミサイル開発に当って，複雑な研究製造等の行程を管理するため適用した PERT (Program Evaluation and Review Technique) 手法は大きな効果をおさめ，当初の予定日数の半分で目的を達成したといわれている。その結果，PERT 手法は民間企業の工程管理にも導入され，とくに建設工事のような作業群の複雑な組み合せで成り立っているものの管理に適していることが認められ，電子計算機の発達と相まって急速に普及してきた。さらにコストの要素を含めた CPM，人員資材による制限を含めた PERT/MAN-POWER 等が開発されるにおよんで，工程のみならず，コスト，人員，資材等の合理的な管理が可能になった。わが国の建設界においても，これら手法の効果に注目し，

写真—1 IBM 7090

* 正会員　KK大林組朝霞工事事務所長
** 正会員　KK大林組土木本部 技術部
*** 正会員　IBM サービスビューロー 営業第一係長

発注者側，施工者側とも研究，普及に努めた結果，急速に浸透しつつあり，将来工事の計画および管理は，これらの手法によることが普通になるものと思われる。土木学会誌においても，第 49 巻第6号の実用講座「電子計算機の常識」に加藤昭吉氏の詳細な説明が掲載された(以下「講座」と呼ぶ)。その文末で触れられた PERT/MAN-POWER による工程および人員，資材計画の実施例を報告する。

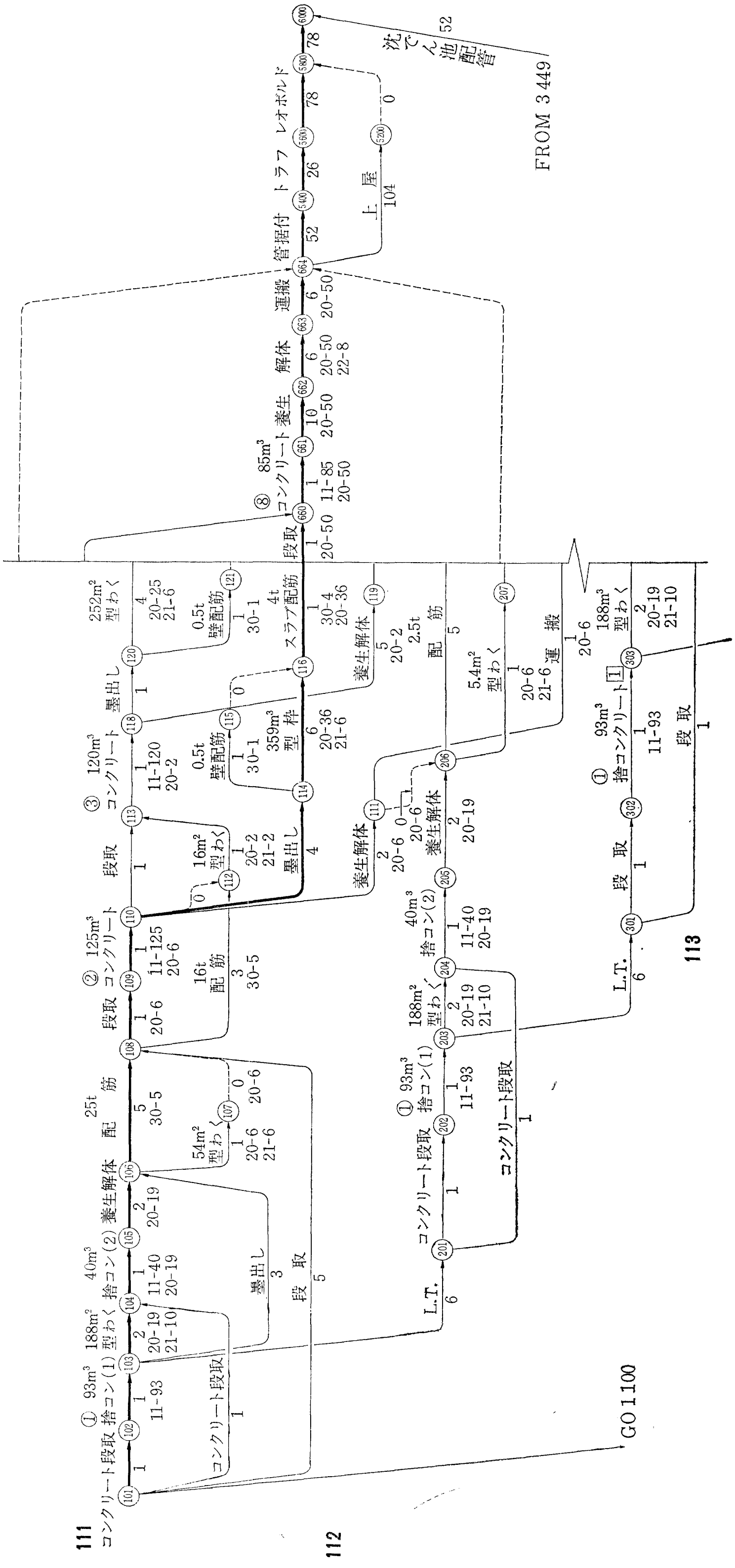
2. PERT/MAN-POWER について

PERT については講座に詳述されたので，ここでは PERT/MAN-POWER について簡単に説明する。

作業活動を示す矢線 (Activity) と，その結合点のマル (Event または Node) によって，各作業の相互関係を表示する Network を描き，そこに各 Activity を標準状態で遂行するのに要する所要日数を記入する。それによって，最早開始日・終了日 (作業を最も早く開始および終了できる日) と，最遅開始日・終了日 (工期を遅らさない範囲で最も遅く開始，および終了できる日) および余裕日数 (Float) を一定の法則で算出し，工事の Critical path (時間的に一番長い経路) を求める。ここまでは PERT と全く同じ手続きであり，所要諸資源 (人員・資材・資金等) の数量，あるいはそれらの制限が工程におよぼす影響は，考慮に入っていない。

ここで，各 Activity に所要日数 (Duration time) のほかに，所要諸資源 (Man-Power) の種類と数量を記入し，インプット データとして計算機に与える。計算機はあらかじめ求めてある最早開始日 (E.S.T.) に各作業を Start するものとして，各時点における資源の種類別の合計数量を算出する。これがいわゆる山積みの計算である。また，これらの諸資源に工程を支配するような

図—1 朝霞浄水場急速濾過池建設工事 Network



制限がある場合には，あらかじめ手持制限量（Man-Power Pool）を与えておく。その場合，ある時点の合計数量が Pool を越すと，Float の小さい Activity から Start させ，Float の大きなもの，すなわち余裕日数の多い作業は，人員の余裕が生ずるまで Start を遅らせる。この操作を行なうことにより，所要資源数量の全工期にわたる平均化，すなわち，山ならしが可能になる。

3. ネットワークの作成

図—1 は，東京都水道局朝霞浄水場急速濾過池工事の Network の一部である。

ここでは所要資源の数量として「コンクリート打設量（11）[1]」，「型わく材量（20）[2]」，「型わく組立て量（21）[3]」，「型わく解体量（22）[3]」，「配筋量（30）」を与えた。

Activity ⑩③→⑩④を例にとって説明すると，作業名称は「型わく組立て作業」である。また，時間見積り，および Man-Power 量を考慮するとき便利なように，数量を併記している。矢線の下の数字は，「2」が所要日数（Duration Time），「20-19，21-10」は Craft No. 20 が1日当り 19[4),5)] No. 21 が 10[4),6)] 必要であることを示している。

1) （ ）内数字はおのおのの区分番号（Craft No.）である。
2) (20)は型わく材の数量を把握するためのパラメーターであり，組立，鉄筋組立，コンクリート打設，養生，解体，運搬の全作業に必要である。
3) (21)，(22) は，型わく組立，解体の労働量を把握するためのパラメーターであり，それぞれ，組立，解体作業のみに関係がある。
4) 型わく関係の数量はすべて 10 m² を単位とした。
5) 20は 2) に述べた理由により，全数量が毎日必要である。
6) 21は 3) に述べた理由により，全数量の 1/2 が1日の必要量となる。

この工事の Network では，Activity は約 1200 であった。

4. インプット データ

電子計算機 IBM 7090 のインプット データの作成要領を示すと，**表—1** のようになる。

Item No. には，整理上の項目番号（この場合は施工ブロック番号）を記入する。NŌDE•NŌ の I, J はそれぞれ Activity の始点，終点の番号を示す。Man-Power に関しては，**表—1** から明らかなように，Craft No. は2桁（すなわち 99 種類），Craft 数3桁 (999) まで記入できるが，1 activity 当りとれる Craft は，6種類までである。Job. Description 欄に各作業の名称をローマ字で記入する。データ カードのほかにコントロール カードに，Critical Path レポートの要・不要，Man-Power 計算の要・不要，そのレポートの要・不要等，各 Craft 別 Pool 数，休日データ 等の命令を与え，計算機にインプットする。

表—1 データ カード

7090 CPM DATA SHEET

PROBLEM ———— WRITTEN BY ———— PAGE –

NO.	ITEM NO.	NODE NO I	NODE NO J	DURATION	MAN POWER (CRAFT) 1ST	2ND	3RD	4TH	5TH	6TH	JŌB DESCRIPITŌN
1	111	101	102	1							DANDŌRI
2	111	101	104	1							DANDŌRI
3	111	101	108	5							DANDŌRI
4	111	101	1100	9							L. T.
5	111	102	103	1	11 93						CŌNCRETE (1)
6	111	103	104	2	20 19	21 10					KATAWAKU
7	111	103	106	3							SUMIDASI
8	111	103	201	6							L. T.
9	111	104	105	1	11 40	20 19					CŌNCRETE (1)
10	111	105	106	2	20 19						YŌJŌ
11	111	106	107	1	20 6	21 6					KATAWAKU
12	111	106	108	5	30 5						HAIKIN
13	111	107	108	0	20 6						DUMMY

表—2 Critical Path Report

ASAKA JOSUIJO-CHIKUZO 1 GO PAGE 1
CRITICAL PATH
DEC. 1964

ITEM NO.	JOB DESCRIPTION	I NODE	J NODE	DURATION IN HOURS	EARLY START	LATE START	EARLY FINISH	LATE FINISH	FLOAT
111	DANDORI	101	102	1.0	19650105.	19650105.	19650106.	19650106.	0.
111	CONCRETE (1)	102	103	1.0	19650106.	19650106.	19650107.	19650107.	0.
111	KATAWAKU	103	104	2.0	19650107.	19650107.	19650109.	19650109.	0.
111	CONCRETE (1)	104	105	1.0	19650109.	19650109.	19650111.	19650111.	0.
111	YOJO	105	106	2.0	19650111.	19650111.	19650113.	19650113.	0.
111	HAIKIN	106	108	5.0	19650113.	19650113.	19650119.	19650119.	0.
111	DANDORI	108	109	1.0	19650119.	19650119.	19650120.	19650120.	0.
111	CONCRETE (2)	109	110	1.0	19650120.	19650120.	19650121.	19650121.	0.
111	SUMIDASI	110	114	4.0	19650121.	19650121.	19650126.	19650126.	0.
111	KATAWAKU	114	116	6.0	19650126.	19650126.	19650202.	19650202.	0.
111	SLABHAIKIN	116	117	1.0	19650202.	19650202.	19650203.	19650203.	0.
111	DANDORI	117	124	1.0	19650203.	19650203.	19650204.	19650204.	0.
111	CONCRETE (4)	124	125	1.0	19650204.	19650204.	19650205.	19650205.	0.
111	YOJO	125	126	10.0	19650205.	19650205.	19650217.	19650217.	0.
111	UNPAN	126	127	1.0	19650217.	19650217.	19650218.	19650218.	0.
111	KATAWAKU	127	129	5.0	19650218.	19650218.	19650224.	19650224.	0.
100	KANSUETSUKE	664	5400	52.0	19650923.	19650923.	19651123.	19651123.	0.
100	TORAFU SUETSUKE	5400	5600	26.0	19651123.	19651123.	19651223.	19651223.	0.
100	REOPOLUDO	5600	5800	78.0	19651223.	19651223.	19660329.	19660329.	0.
100	DUMMY	5800	6000	78.0	19660329.	19660329.	19660628.	19660628.	0.
111	SUMIDASI	103	106	3.0	19650107.	19650109.	19650111.	19650113.	2.0
111	HAIKIN	108	112	3.0	19650119.	19650121.	19650122.	19650125.	2.0
111	KATAWAKU	112	113	1.0	19650122.	19650125.	19650123.	19650126.	2.0
111	CONCRETE (3)	113	118	1.0	19650123.	19650126.	19650125.	19650127.	2.0
111	SUMIDASI	118	120	1.0	19650125.	19650127.	19650126.	19650128.	2.0
111	KATAWAKU	120	122	4.0	19650126.	19650128.	19650130.	19650202.	2.0
111	SLABHAIKIN	122	123	1.0	19650130.	19650202.	19650201.	19650203.	2.0
111	DANDORI	123	124	1.0	19650201.	19650203.	19650202.	19650204.	2.0
111	DANDORI	101	104	1.0	19650105.	19650108.	19650106.	19650109.	3.0

5. アウトプット データ

(1) Critical Path Report

表—2 に，Critical Path Report を示す。これは講座で説明されたものと全く同じであるが，E.S.T., L.S.T., E.F.T., および L.F.T. は，暦日で打ち出されている。すなわち，103, 104 においては，E.S.T. は 1965 年1月7日，E.F.T. は 1965 年1月9日となっている。この暦日計算においては，コントロール カードで与えた休日は引いてある。Float 欄は講座の説明における Total•Float を示している。

このレポートは，Float の小さい順に打出されている。したがって，Float 0 の Activity を結べば，Critical Path が得られる（**図—1** の太線で示す)。

(2) Man-Power Schedule Report（山積み）

表—3 にMan-Power Schedule Report を示す。Item No. Job Description. I, J. Duration, および Job Float 欄は Critical Path Report における内容と同じである。

Job Status は作業状況の変化，すなわち Start するか，Finish するかを示し，Time 欄にその時点が暦日で示されてい

表—3 Man-Power Schedule Report (山積み)

ASAKA JOSUIJO-CHIKUZO 1 GO　　PAGE 1
MANPOWER SCHEDULE
DEC.　1964

ITEM NO. TIME DAY	HOUR	JOB STATUS	JOB DESCRIPTION	I NODE	J NODE	DURATION	CRAFT NO.	MEN REQD	TOTAL IN CRAFT	JOB FLOAT
111650105.	-0.	START	DANDORI	101	102	1.0	- 0	0	0	-0.
111650105.	-0.	START	DANDORI	101	104	1.0	- 0	0	0	3.0
111650105.	-0.	START	DANDORI	101	108	5.0	- 0	0	0	7.0
111650105.	-0.	START	L.T.	101	1100	9.0	- 0	0	0	52.0
111650106.	-0.	FINISH	DANDORI	101	102	1.0	- 0	0	0	0.
111650106.	-0.	FINISH	DANDORI	101	104	1.0	- 0	0	0	3.0
111650106.	-0.	START	CONCRETE (1)	102	103	1.0	11	93	93	0.
111650107.	-0.	FINISH	CONCRETE (1)	102	103	1.0	11	93	0	0.
111650107.	-0.	START	KATAWAKU	103	104	2.0	20	19	19	0. A
							21	10	10	
111650107.	-0.	START	SUMIDASI	103	106	3.0	- 0	0	0	2.0
111650107.	-0.	START	L.T	103	201	6.0	- 0	0	0	12.0
111650109.	-0.	FINISH	KATAWAKU	103	104	2.0	20	19	0	0. B
							21	10	0	
111650109.	-0.	START	CONCRETE (1)	104	105	1.0	11	40	40	0.
							20	19	19	
112650203.	-0.	START	CONCRETE (3)	213	214	1.0	11	120	120	13.0
							20	2	59	
112650203.	-0.	START	DUMMY	211	306	0.	0	0	0	28.0
112　0.	-0.	FINISH	DUMMY	211	306	0.	0	0	0	28.0
113650203.	-0.	START	HAIKIN	306	308	5.0	30	5	34	28.0 C
113650203.	-0.	START	KATAWAKU	306	307	1.0	20	6	65	32.0
							21	6	6	
112650203.	-0.	START	UNPAN	211	406	1.0	20	6	71	47.0
101650203.	-0.	START	HAIKIN	2105	2107	11.0	30	20	54	83.0 D
101650203.	-0.	START	KATAWAKU	2105	2106	1.0	20	20	91	93.0
							21	20	26	
101650203.	-0.	START	UNPAN	2105	2201	1.0	20	2	93	109.0
101650203.	-0.	START	DANDORI	2105	2202	2.0	- 0	0	0	109.0
114650204.	-0.	FINISH	YOJO KAITAI	405	406	2.0	20	19	74	47.0

表—4 Craft 別 Report (Craft No.21)

ASAKA JOSUIJO-CHIKUZO 1 GO　　PAGE 1
DEC.　1964
K. KUMITATE (10M*M)

ITEM EARLY NO. DAY HOUR	LATE DAY HOUR	JOB DESCRIPTION	I NODE	J NODE	DURATION	CRAFT NO.	MEN REQD	TOTAL IN CRAFT	JOB FLOAT
111650107.0.	650107.0.	KATAWAKU	103	104	2.0	21	10	10	0.
111650113.0.	650118.0.	KATAWAKU	106	107	1.0	21	6	6	4.0
101650115.0.	650318.0.	KATAWAKU	1101	1103	1.0	21	2	2	53.0
112650116.0.	650130.0.	KATAWAKU	203	204	2.0	21	10	10	12.0
111650122.0.	650125.0.	KATAWAKU	112	113	1.0	21	2	2	2.0
101650122.0.	650406.0.	KATAWAKU	1105	1106	1.0	21	27	29	63.0
112650123.0.	650210.0.	KATAWAKU	206	207	1.0	21	6	6	15.0
102650123.0.	650503.0.	KATAWAKU	1201	1202	1.0	21	2	8	85.0
111650126.0.	650126.0.	KATAWAKU	114	116	6.0	21	6	6	0.
111650126.0.	650128.0.	KATAWAKU	120	122	4.0	21	6	12	2.0
113650126.0.	650302.0.	KATAWAKU	303	304	2.0	21	10	22	30.0
101650127.0.	650505.0.	KATAWAKU	2101	2103	1.0	21	2	24	84.0
114650129.0.	650325.0.	KATAWAKU	403	404	2.0	21	10	22	47.0
103650130.0.	650617.0.	KATAWAKU	1301	1302	1.0	21	2	18	118.0
112650202.0.	650217.0.	KATAWAKU	212	213	1.0	21	2	2	13.0
113650203.0.	650312.0.	KATAWAKU	306	307	1.0	21	6	6	32.0
101650203.0.	650522.0.	KATAWAKU	2105	2106	1.0	21	20	26	93.0
102650204.0.	650611.0.	KATAWAKU	2201	2202	1.0	21	2	2	109.0
112650205.0.	650218.0.	KATAWAKU	218	219	4.0	21	6	6	11.0
112650205.0.	650220.0.	KATAWAKU	216	222	4.0	21	6	12	13.0
111650206.0.	650311.0.	KATAWAKU	130	132	2.0	21	7	19	28.0
104650206.0.	650802.0.	KATAWAKU	1401	1402	1.0	21	2	21	151.0
115650208.0.	650427.0.	KATAWAKU	503	504	2.0	21	10	29	67.0
112650210.0.	650223.0.	KATAWAKU	219	220	2.0	21	18	18	11.0
103650211.0.	650723.0.	KATAWAKU	2301	2302	1.0	21	2	20	139.0
113650212.0.	650319.0.	KATAWAKU	312	313	1.0	21	2	2	30.0
101650212.0.	650414.0.	KATAWAKU(1)	1110	1114	10.0	21	30	32	52.0
114650213.0.	650405.0.	KATAWAKU	406	407	1.0	21	6	36	43.0
112650217.0.	650403.0.	KATAWAKU	226	228	2.0	21	7	37	39.0
116650217.0.	650518.0.	KATAWAKU	603	604	2.0	21	10	47	77.0
102650217.0.	650520.0.	KATAWAKU	1205	1206	2.0	21	14	61	79.0
111650218.0.	650218.0.	KATAWAKU	127	129	5.0	21	10	71	0.

る。

Men-Required は，その Activity の Craft 別所要数量，Total-in Craft は，その時点における Craft 別の稼働中全数量を示す[7]。

例を示せば，I，J=103，104「型わく」は，65 年1月7日に Start するが，Craft No. 20 (型わく材量) が 19 ($\times 10\,m^2$), No. 21 (型わく組立量) が 10 ($\times 10\,m^2$) 必要であり，同時点で稼働する No. 20, および No. 21 は，Total でも 19 ($\times 10\,m^2$), 10 ($\times 10\,m^2$) である。すわなち，この作業以外には使われていないことを示す (表—3 A行参照)。

また，Duration が2日であるので，1月9日に Finish する (B行参照)。ここで注意しなければならないのは，この時点の Craft No. 20, 21 の Total in Craft は，0になっていることである。これは脚注 7) で説明したように，Finish 時点ではこの作業に参加していた数を Total から減じたためである。表—3 の中で，Craft No. 21 のみをとり出した Report の一部が 表—4 である。これから，図—2 中のⅠの折線で示すような山積み表を画くことができる。

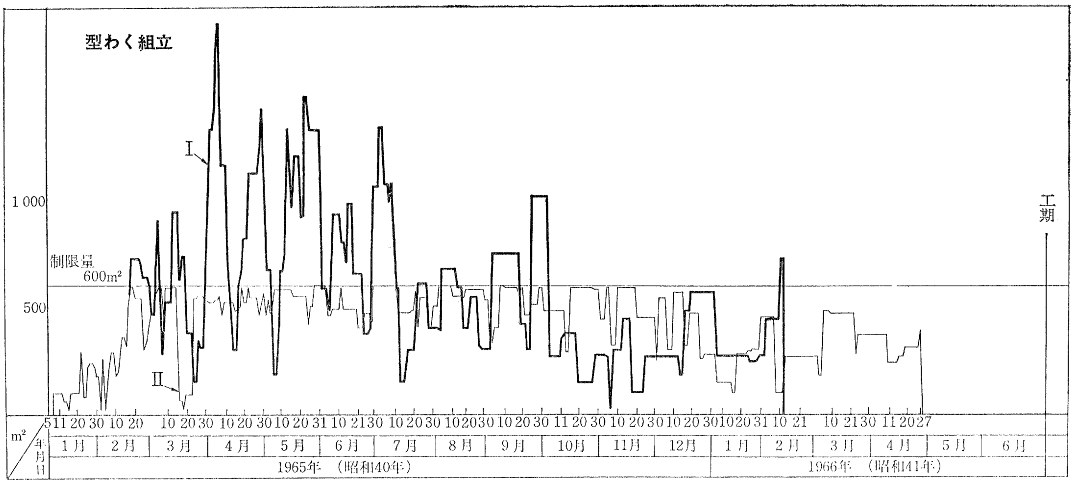
(3) Man-Power Schedule Report (山ならし)

(2) で説明したのは，資源の手持量に制限がない場合で，作業はすべて E.S.T. の時刻に Start している。しかし，実際にはこれらの資源の手持ちには限度があるのが普通であるからそれらの制限を (Man-Power Pool) インプットデータとして与えて計算をやり直し，山ならしを行なった結果が 表—5 である。

表—3 では，C) および D) 行に示されている 306，308 および 2105，2107 の作業はともに 65 年2月3日に Start して，Craft No. 30 (配筋量) は Total で 54 (ton) になっている。しかし，表—5 においては Craft No. 30 の Pool を 50 にしたため同時に Start できず，Float の大きな 2105，2107 は，65 年2月5日に Start が延ばされたのが，D′ 行よりわかる。Craft No. 21 について山ならし計算を行なった結果をグラフにしたのが 図—2 のⅡ線である。

7) ただし Job Status が Finish になっている場合，その Activity に参加していた数量は含まない。

図 2 山積みおよび山ならし表



表—5 Man-Power Schedule Report (山ならし)

ASAKA JOSUIJO-CHIKUZO 1 GO　　PAGE 1
MANPOWER SCHEDULE
DEC. 1964

ITEM NO.	TIME DAY HOUR	JOB STATUS	JOB DESCRIPTION	I NODE	J NODE	DURA TION	CRAFT NO.	MEN REQD	TOTAL IN CRAFT	JOB FLOAT
111	650105. -0.	START	DANDORI	101	102	1.0	- 0	0	0	- 0.
111	650105. -0.	START	DANDORI	101	104	1.0	- 0	0	0	3.0
111	650105. -0.	START	DANDORI	101	108	5.0	- 0	0	0	7.0
111	650105. -0.	START	L. T.	101	1100	9.0	- 0	0	0	34.0
111	650106. -0.	FINISH	DANDORI	101	102	1.0	- 0	0	0	0.
111	650106. -0.	FINISH	DANDORI	101	104	1.0	- 0	0	0	3.0
111	650106. -0.	START	CONCRETE (1)	102	103	1.0	11	93	93	0.
111	650107. -0.	FINISH	CONCRETE (1)	102	103	1.0	11	93	0	0.
111	650107. -0.	START	KATAWAKU	103	104	2.0	20	19	19	0.
							21	10	10	
111	650107. -0.	START	SUMIDASI	103	106	3.0	- 0	0	0	2.0
111	650107. -0.	START	L. T	103	201	6.0	- 0	0	0	12.0
111	650109. -0.	FINISH	KATAWAKU	103	104	2.0	20	19	0	0.
							21	10	0	
111	650109. -0.	START	CONCRETE (1)	104	105	1.0	11	40	40	0.
							20	19	19	
112	650203. -0.	START	CONCRETE (3)	213	214	1.0	11	120	120	13.0
							20	2	59	
112	650203. -0.	START	DUMMY	211	306	0.	0	0	0	27.0
112	650203. -0.	FINISH	DUMMY	211	306	0.	0	0	0	27.0
113	650203. -0.	START	HAIKIN	306	308	5.0	30	5	34	27.0 C′
113	650203. -0.	START	KATAWAKU	306	307	1.0	20	6	65	31.0
							21	6	6	
112	650203. -0.	START	UNPAN	211	406	1.0	20	6	71	46.0
101	650203. -0.	START	KATAWAKU	2105	2106	1.0	20	20	91	81.0
							21	20	26	
							20	61	4	
112	650205. -0.	FINISH	SUMIDASI	214	216	1.0	- 0	0	0	13.0
102	650205. -0.	FINISH	KATAWAKU	2201	2202	1.0	20	2	2	99.0
							21	2	0	
111	650205. -0.	START	YOJO	125	126	10.0	20	61	63	0.
101	650205. -0.	START	HAIKIN	2105	2107	11.0	30	20	44	69.0 D′
111	650205. -0.	START	HAIKIN	125	129	7.0	30	6	50	9.0
112	650205. -0.	START	KATAWAKU	218	219	4.0	20	24	87	11.0
							21	6	6	
111	650205. -0.	START	TUMABARASI	125	219	2.0	- 0	0	0	13.0
112	650205. -0.	START	KATAWAKU	216	222	4.0	20	25	112	13.0
							21	6	12	
111	650205. -0.	START	SUMIDASI	125	130	1.0	- 0	0	0	28.0
101	650205. -0.	START	DANDORI	1107	1108	1.0	20	27	139	34.0
115	650205. -0.	START	DANDORI	501	502	1.0	- 0	0	0	66.0
115	650205. -0.	START	DANDORI	501	504	1.0	- 0	0	0	69.0

6. 計算時間

IBM 7090 による計算時間は，山積み計算 15 分，山ならし計算 30 分であった。なお，ネットワークの作成に4日，データーカード記入に1日を要している。

7. PERT/MAN-POWER の利点

通常の PERT 計算は，Critical Path の発見によって工事の重点的管理を可能としたが，所要資源に対する制限を考慮外においていることが弱点視されることがある。PERT/Man-Power においては，山積み計算により，諸資源の所要量が無制限な場合どう変化するか，また，山ならし計算により諸資源の量に制限がある場合，工期内で完成するのに十分かどうかを工事着手時に把握できるので，合理的工事計画をたてることが可能になった。また，工事の進歩にともなって Man-Power Scheduling Report をフォローして行くことにより，手おちのない，人員，資材の配置をすることができる。

さらにこの方法により，月間の出来高累計作成，資金計画等もできるようになるものと思われる。

参考文献

1) 加藤昭吉：新しい工事計画と管理の技法，土木学会誌 1964 年6月
2) 加藤昭吉：新しい計画と管理の技法，経営工学協会

8) Activity 数 1254, Craf 種別 5.