

「PERT · CPM」技法 (2)

崔京錫

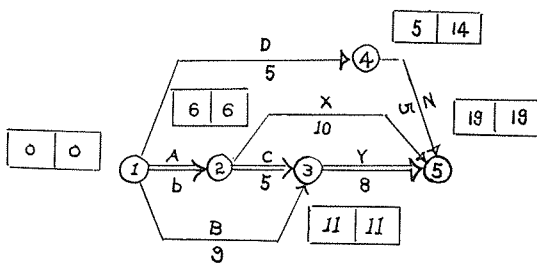
經濟企劃院 予算管理室
建築技師

지난 號의 NetWork 作成 方法, 所要 工期 推定 方法, 工期短縮法에 이어서 이번 號에서는 人力配 当法과 確率의 檢討에 관하여 개략적인 方法을 說 明 할까한다.

8. 人力配当方法.

이미 作成된 Net Work와 日程計算表를 中心으 로 制限된 日程(工期)内에서 가장 適合한 人力配 当과 制限된 人員을 效率的으로 配当 시키는 方法 을 말하는데 우선 前號에서 例示한 간단한 Net Work(圖-2)와 여기서 算出된 日程計算表(表- 2)를 利用하여 人力(作業員)의 配当을 시켜 보도 록 하자.

(圖-2)



(表-2)

作業者	活動	所要 工期	E.S.T.	L.S.T.	E.F.T.	L.F.T.	T.F.	L.F.	F.F.	C.P
A	1-2	6	0	0	6	6	0	0	0	⊕
B	1-3	9	0	2	9	11	2	2	0	
C	1-4	5	0	9	5	14	9	9	0	
D	2-3	5	6	6	11	11	0	0	0	⊕
X	2-5	10	6	9	16	19	3	3	0	
Y	3-5	8	11	11	19	19	0	0	0	⊕
Z	4-5	5	5	5	10	19	9	9	0	

① 아래와같은 表를 作成하여 各 活動의 所要 工期와 必要로하는 作業員의 數를 正常的인 경우와 最小限의 作業員數를 区分하여 記入하고 日數 (所要 工期) 內에는 各 活動의 E. S. T. (Earliest Start Time)로부터 L. F. T. (Latest Finish Time)까지의 所要期間을 [괄호]로 表示한다. (表- 4 參考)

(表-3)

活動	C.P	所要 工期	作業員數		日 數 (工 期)																																																
			正常	最小	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19																														
1-2	⊕	6	5	3																																																	
1-3		9	3	2																																																	
1-4		5	5	3																																																	
2-3	⊕	5	1	1																																																	
2-5		10	3	2																																																	
3-5	⊕	8	3	2																																																	
4-5		5	2	1																																																	
		總 所要 人員																																																			
		總 可用 人員																																																			

② 表-3 과 같은 圖表를 作成한 후에, 主檢 討對象工程(U. P)上에는 여유 時間이 하루도 包 含되어 있지 않으므로 우선 이러한 工程에 처해서 作業員을 正常作業時의 人員으로 [괄호] 속에 全部 配当시킨다. (表-4 參考)

이때 最小의 作業員數는 最小한 數 있어야 어떤 作 業을 수행 할 수 있는 人員을 가르키며 最小人員 으로 作業할 경우 工期가 늘어남은 물론이며 Net work 역시 수정 되어야 할 것이다.

(表-4)

活動	C P	所要 工期	作業員數 正常最小	日 數 (工 期)																		
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1-2	⊗	6	5 3	(5 5 5 5 5 5)																		
1-3		9	3 2																			
1-4		5	5 3																			
2-3	⊗	5	1 1					(5 5 5 5 5)														
2-5		10	3 2																			
3-5	⊗	8	3 2							(3 3 3 3 3 3 3 3)												
4-5		5	2 1																			
總 所 要 人 員																						
總 可 用 人 員																						

(表-5)

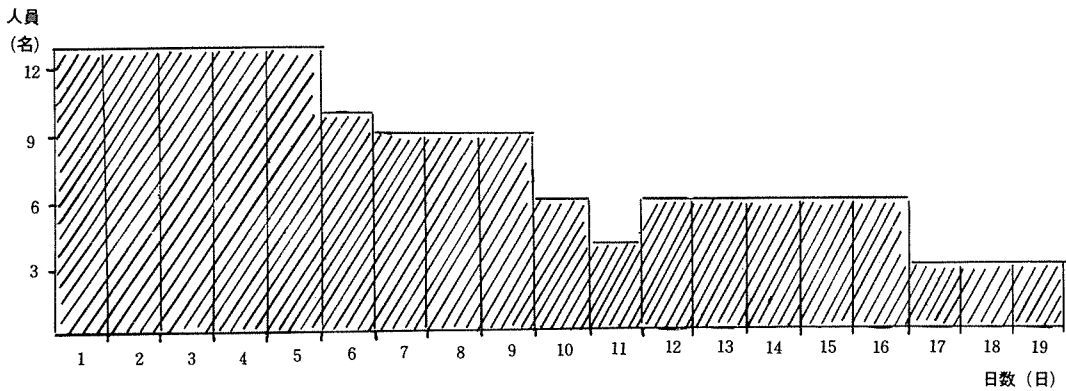
活動	C P	所要 工期	作業員數 正常最小	日 數 (工 期)																			
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	
1-2	⊗	6	5 3	(5 5 5 5 5 5)																			
1-3		9	3 2	(3 3 3 3 3 3 3 3)																			
1-4		5	5 3	(5 5 5 5 5)																			
2-3	⊗	5	1 1							(1 1 1 1 1)													
2-5		10	3 2							(3 3 3 3 3 3 3 3 3 3)													
3-5	⊗	8	3 2																	(3 3 3 3 3 3 3 3)			
4-5		5	2 1							(2 2 2 2 2)													
總 所 要 人 員				13	13	13	13	13	10	9	9	9	6	4	6	6	6	6	6	3	3	3	
總 可 用 人 員																							

③ 主檢討対象工程에 對한 人員配當이 끝나면 나머지 여유 工程에 對한 配當도 作業 所要工期만큼 主檢討対象工程에서와 같은 方法으로 作業人員을 配當시켜서, 各各의 工期(日數)난에 各作業의 그날 하루동안에 必要로 하는 作業員의 總所要人員을 合算하여 적어 넣는다.
(表-5 參考)

上記의 (表-5)에서 나타난바와같이 作業員의 平準化를 기하지 않고 作業員을 配當하였을 경우 作業開始 첫날(1日)에 必要로하는 總所要人員은 13名이며, 2日에 13名, 3日에 13名 등으로 表示 되었다.

이것을 더욱 알기 쉽도록 作業員의 日別配當을 다음의 圖表로 나타낸다면 더욱 알기 쉬울 것이다.
(圖-3參考)

(圖-3) 日別 人員配當圖



위의 (圖-3)에서 나타난 바와같이 作業員의 數가 作業開始 初에는 集中的으로 13名씩 投入 되며, 中間에서는 6名, 후반에서는 3名으로 人員의 平準化가 되어 있지 못하고, 作業員이 초반에 集中 投入 된다는 것을 알 수 있다.

이것은 作業場의 狀態나 作業員의 動員計劃上에 不合理한 點이 많으며 또한 人件費의 支出을 利子로 計算 한다면 初期支出은 結果的으로 總工期에 해당하는 만큼의 金錢上의 손해이다.

그러므로 作業場의 程度, 作業員의 動員能力, 1

日 最大로 利用할 수 있는 作業員數, 經濟的인 理由等을 考慮하여 作業員의 配當을 平準化 하여야 할 것이다.

④ 여기서는 1日 最大로 9名의 人員을 利用할 수 있다고 假定하고 人員의 平準化를 기하도록 해본다면 正常일때와, 最小의 作業員數를 생각하여 여유 活動上의 所要人員을 1日 總可用人員 9名 以內에 맞도록 적당할 日數의 난에 配置시킨다면 表-6과 같이 될 것이다. (表-6) 圖-4 參考)

(表 - 6)

活動	C P	所要 工期	作業員數		日 數 (工期)																				
			正常	最小	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19		
1-2	⊕	6	5	3	5	5	5	5	5																
1-3		9	3	2	[	3	3	3	3	3	3	3	3	3]										
1-4		5	5	3	[					5	5	5	5	5]										
2-3	⊕	5	1	1						[	1	1	1	1]										
2-5		10	3	2											[	3	3	3	3	3	3	3	3	3]
3-5	⊕	8	3	2												[	3	3	3	3	3	3	3	3]
4-5		5	2	1												[	2	2	2	2	2]			
總 所 要 人 員						8	8	8	8	8	8	9	9	9	9	9	8	8	8	8	8	6	6	6	
總 可 用 人 員						9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	

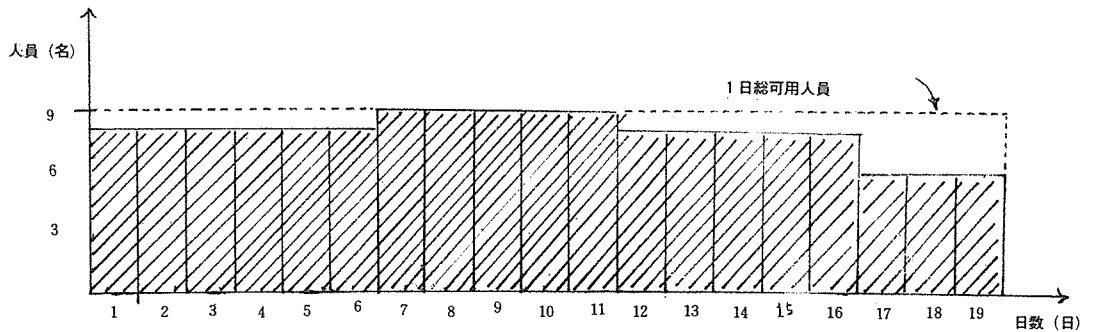
(表 - 7)

活動	C P	所要 工期	作業員數		日 數 (工期)																					
			正常	最小	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19			
1-2	⊕	6	5	3	[5	5	5	5	5]															
1-3		9	3	2	[3	3	3	3	3	3	3	3	3]											
1-4		5	5	3	[
2-3	⊕	5	1	1																						
2-5	⊕	5	1	1																						
2-5		10	3	2																						
3-5	⊕	8	3	2																						
3-5		8	3	2																						
4-5		5	2	1																						
4-5		5	2	1																						
總 所 要 人 員						8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	7	8	8	8	8	8	8	8	8		
總 可 用 人 員						8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8		

⑤ 이것을 다시 各活動上의 最大, 最小 人員과 所要工期를 考慮하여 調整시키면 1日 總可用人員 8名에 맞는 人員의 平準化를 達成 시킬 수 있을 것이다. (表 - 7, 圖 - 5 參考)

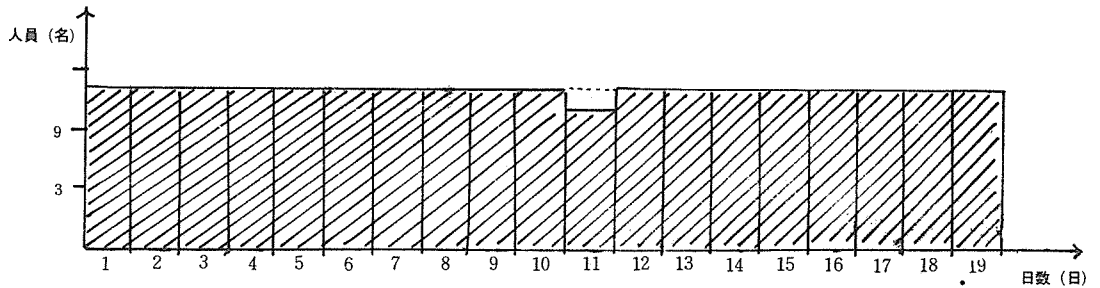
이때는 活動 2-5에서 2日 간의 工期를 短縮시키는 대신 18, 19 양일에 作業員을 平日의 2倍로 增加 시켜야하나, 2-5는 여유활동 이므로 C.P의 變更이나, Net work의 수정은 必要없다.

(圖 - 4) 日別 人員配當圖



(圖 - 3에서 보다는 作業員의 平準化를 이루고 있다.)

(圖 - 5) 日別 人員配當圖



(圖 - 4에서 보다는 훨씬 더 좋은 人員의 平準化를 이루고 있다.)

9. 確率的 檢討方法

① 어떤 事業을 担当한 管理者라면 누구나 事業의 予定된 完了期日이 가까와 올수록 實際로 予定期日에 가서 그 事業이 完成될 수 있을 것인가, 또는 얼마나 일찍 作業을 끝낼 수 있을 것인가에 대하여 걱정하게 될 것이다.

그러나 P. E. R. T 技法을 使用하게 되면 完成期日의 到達 以前에 그 工期의 타당성을 確率로 計算하여 該當者의 苦衷을 덜어 주게 될 것이다. 이러한 確率의 計算方法은 다음의 段階 1 과, 2 로서 求하여 진다.

段階 1 :

計劃事業의 予定工期 T_p 가 이미 計劃時부터 주어 졌다면 아래의 公式에 依하여 確率을 求할 수 있다.

$$Z = \frac{T_p - TE}{\sqrt{\sum 6^2 TE}}$$

Z : 確率要因(Probability Factor)

T_p : 주어진 予定 工期

TE : Net work에 依하여 算出된 工期

$6^2 TE$: 主檢討對象 工程上的 分散度.

段階 2 :

이미 段階 1 에서 얻어진 Z의 값을 標準正規分布 偏差表(表-9 參考)를 使用하여 確率 PR을 求한다.

② 위에서 說明한 段階(2의 方法을 實際로 圖-2의 간단한 Net work를 例로하여 確率的인 計算을 해 보도록 하자. (圖-2 參考)

圖-2의 Net work에서 各 活動(Activity)의 所要工期를 推定하여 表-8의 右半을 얻었다고 한다면,

(이때의 a는 各活動의 作業을 行하는데 事前의 予測에서 보다 作業條件이 양호하여 순탄한 作業을 할 수 있는 낙관적인 期日을 말하고, b는 作業의 지연 등으로 인한 비관적인 期日을 말하며, m는 正常的인 作業條件때의 正常期日이다.

보통의 Net work 作成上에서는 낙관(b), 비관(a) 期日을 생각치 않고 正常期日(m)만 갖이고 TE를 推定하지만 確率의 計算에 있어서는 a, b의 期日을 꼭 設定하여야 한다.)

圖-2의 事業은 表-8에서와 같이 事業을 着手하여 主檢討對象工程(C.P)上的 TE 累計인 19日 후에 完成 된다고 予測 되었다.

(表-8)

活動	C.P	a	m	b	te	6^2
1-2	⊗	5	6	7	6	0.11
1-3		5	9	13	9	1.77
1-4		3	5	7	5	0.44
2-3	⊗	3	5	7	5	0.44
2-5		5	10	15	10	2.77
3-5	⊗	6	8	10	8	0.44
4-5		3	5	7	5	0.44

$$\text{注: } te = \frac{a+4m+b}{6}$$

$$6^2 = \left(\frac{b-a}{6}\right)^2$$

이때 어떤 事情에 依하여 管理者가 이 事業을 18日 만에 完成시키려 한다면, (즉 $T_p=18$) 이것을 完成시킬 수 있는 確率은 얼마가 될 것인가?

이런 境遇의 確率을 求하는데는 段階1에서와 같이 Z를 먼저 計算하여야 할 것이다.

$$Z = \frac{T_p - TE}{\sqrt{\sum 6^2 TE}} = \frac{18 - 19}{\sqrt{0.11 + 0.44 + 0.44}} = -\frac{1}{\sqrt{0.99}} = -\frac{1}{0.9949} = -1.005$$

다음 段階 2에서와 같이 求해진 Z의 값을 (表-9) 標準正規分布 偏差表에서 確率 PR을 求하여 낸다.

$$PR = 0.1587 (15.87\%)$$

즉, 이 門題의 事業을 18日에 完成시킬 수 있는 確率은 윗式에서 算出한 것과 같이 約 15% 程度로 나타났다. 그러나 이와같은 PR直를 어떻게 解釈하고 이에 對하여 如何히 行動을 取하느냐 하는 것은 管理者의 主觀的인 判斷에 委하게 되나 一般的으로는 아래와 같은 基準을 定하고 있다.

◎ 0.25 (25%)보다 적은 確率 :

事業의 管理者가 그 計劃을 改定하지 않는 限 相當한 Risk를 覺悟해야 한다. 즉 根本的인 計劃의 再樹立이 要求된다.

◎ 0.5 (50%)의 確率 :

모두가 適切하게 計劃되었고 따라서 正常狀態로 予定期日을 마출 수 있다.

◎ 0.6(60%) 以上の 確率 :

지나치게 많은 資原의 여유가 있다는 것을
意味하며 計劃을 다시 樹立할 必要가 있다.

以上 說明한 一般的인 基準에 依한다면 이 事業
의 確率は 15%이므로 現狀態로서 18日로 計劃할
경우는 計劃을 再樹立 해야한다는 結論이며 18日
로 事業을 끝내고 싶을때는 主檢討對象工程(C.P)
上的 어느活動에 資原을 集中 投入하여 工期를 短
縮하여야 할 것이다.

標準正規分布偏差表

(表-9)

Z	PR	Z	PR
1.1	.8643	-1.1	.1357
1.0	.8413	-1.0	.1587
9	.8159	-.9	.1841
8	.7881	-.8	.2119
7	.7580	-.7	.2420
6	.7257	-.6	.2743
5	.6915	-.5	.3085
4	.6554	-.4	.3446
3	.6179	-.3	.3821
2	.5793	-.2	.4207
1	.5398	-.1	.4602
0	.5000	-.0	-.

標準正規分布偏差表

$\Phi(X) =$

$\int_{-\infty}^x O(t) dt$ ($-\infty < X \leq 0$)에 대해서

例) 標準正規分布에서 $X \leq -3.57$ 로 되는 確率は
 $\Phi(-3.57) = 0^31785 = 0.0001785$ 이다

X	.00	.01	.02	.03	.04	.05	.06	.07	.08	.09
-.0	.5000	.4960	.4920	.4880	.4840	.4801	.4761	.4721	.4681	.4641
-.1	.4602	.4562	.4522	.4483	.4443	.4404	.4364	.4325	.4286	.4247
-.2	.4207	.4168	.4129	.4090	.4052	.4013	.3974	.3936	.3897	.3859
-.3	.3821	.3783	.3745	.3707	.3669	.3632	.3594	.3557	.3520	.3483
-.4	.3446	.3409	.3372	.3336	.3300	.3264	.3228	.3192	.3156	.3121
-.5	.3085	.3050	.3015	.2981	.2946	.2912	.2877	.2843	.2810	.2776
-.6	.2743	.2709	.2676	.2643	.2611	.2578	.2546	.2514	.2483	.2451
-.7	.2420	.2389	.2358	.2327	.2297	.2266	.2236	.2206	.2177	.2148
-.8	.2119	.2090	.2061	.2033	.2005	.1977	.1949	.1922	.1894	.1867
-.9	.1841	.1814	.1788	.1762	.1736	.1711	.1685	.1660	.1635	.1611
-1.0	.1587	.1562	.1539	.1515	.1492	.1469	.1446	.1423	.1401	.1379
-1.1	.1357	.1335	.1314	.1292	.1271	.1251	.1230	.1210	.1190	.1170
-1.2	.1151	.1131	.1112	.1093	.1075	.1056	.1038	.1020	.1003	.09853
-1.3	.09680	.09510	.09342	.09176	.09012	.08851	.08691	.08534	.08379	.08226
-1.4	.08076	.07927	.07780	.07636	.07493	.07353	.07215	.07078	.06944	.06811
-1.5	.06681	.06552	.06426	.06301	.06178	.06057	.05938	.05821	.05705	.05592
-1.6	.05480	.05370	.05262	.05155	.05050	.04947	.04846	.04746	.04648	.04551
-1.7	.04457	.04363	.04272	.04182	.04093	.04006	.03920	.03836	.03751	.03673
-1.8	.03593	.03515	.03438	.03362	.03288	.03216	.03144	.03074	.03005	.02938
-1.9	.02872	.02807	.02743	.02680	.02619	.02559	.02500	.02442	.02385	.02330
-2.0	.02275	.02222	.02169	.02118	.02068	.02018	.01970	.01923	.01876	.01831
-2.1	.01786	.01743	.01700	.01659	.01618	.01578	.01539	.01500	.01463	.01426
-2.2	.01390	.01355	.01321	.01287	.01255	.01222	.01191	.01160	.01130	.01101
-2.3	.01072	.01044	.01017	.029903	.029642	.029387	.029137	.028894	.028656	.028424
-2.4	.028198	.027976	.027760	.027549	.027344	.027143	.026947	.026756	.026569	.026387

$$\Phi(X) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^X e^{-\frac{x^2}{2}} dt \text{ 表}$$

$$\Phi(X) = \int_{-\infty}^X O(t) dt$$

(0 ≤ X < ∞)에 대해서
O X

例) 標準正規分布에서 X ≤ 3.57로 되는 確率は
Φ(3.57) = 938215 = 0.9998215 이다.

X	.00	.01	.02	.03	.04	.05	.06	.07	.08	.09
.0	.5000	.5040	.5080	.5120	.5160	.5199	.5239	.5279	.5319	.5359
.1	.5398	.5438	.5478	.5517	.5557	.5596	.5636	.5675	.5714	.5753
.2	.5793	.5832	.5871	.5910	.5948	.5987	.6026	.6064	.6103	.6141
.3	.6179	.6217	.6255	.6293	.6331	.6368	.6406	.6443	.6480	.6517
.4	.6554	.6591	.6628	.6664	.6700	.6736	.6772	.6808	.6844	.6879
.5	.6915	.6950	.6985	.7019	.7054	.7088	.7123	.7157	.7190	.7224
.6	.7257	.7291	.7324	.7357	.7389	.7422	.7454	.7486	.7517	.7549
.7	.7580	.7611	.7642	.7673	.7703	.7734	.7764	.7794	.7823	.7852
.8	.7881	.7910	.7939	.7967	.7995	.8023	.8051	.8078	.8106	.8133
.9	.8159	.8186	.8212	.8238	.8264	.8289	.8315	.8340	.8365	.8389
1.0	.8413	.8438	.8461	.8485	.8508	.8531	.8554	.8577	.8599	.8621
1.1	.8643	.8665	.8686	.8708	.8729	.8749	.8770	.8790	.8810	.8830
1.2	.8849	.8869	.8888	.8907	.8925	.8944	.8962	.8980	.8997	.90147
1.3	.90320	.90490	.90658	.90824	.90988	.91149	.91309	.91466	.91621	.91774
1.4	.91924	.92073	.92220	.92364	.92507	.92647	.92785	.92922	.93056	.93189
1.5	.93319	.93448	.93574	.93699	.93822	.93943	.94062	.94179	.94295	.94408
1.6	.94520	.94630	.94738	.94845	.94950	.95053	.95154	.95254	.95352	.95449
1.7	.95543	.95637	.95728	.95818	.95907	.95994	.96080	.96164	.96246	.96327
1.8	.96407	.96485	.96562	.96638	.96712	.96784	.96856	.96926	.96995	.97062
1.9	.97128	.97193	.97257	.97320	.97381	.97441	.97500	.97558	.97615	.97670
2.0	.97725	.97778	.97831	.97882	.97932	.97982	.98030	.98077	.98124	.98169
2.1	.98214	.98257	.98300	.98341	.98382	.98422	.98461	.98500	.98537	.98574
2.2	.98610	.98645	.98679	.98713	.98745	.98778	.98809	.98840	.98870	.98899
2.3	.98928	.98956	.98983	.920097	.920358	.920613	.920863	.921106	.921344	.921576
2.4	.921802	.922024	.922240	.922451	.922656	.922857	.923053	.923244	.923431	.923613