

「PERT · CPM」技法

經濟企劃院 豫算管理室
建築技師 崔京錫

머리말

「PERT」, 누구나 한번쯤은 들어본 단어일 것이다.

이것은 전혀 새로운 기법이 아니다. 단지 종래의 머릿속에 감돌던 이론을 정연하게 조직적으로 전개시켜 작성한 것에 불과하다.

일전에 PERT 기법을 사용한다는 모 건설 회사에 나가본 적이 있다. net-work를 그려서 사진으로 찍어 기획실 벽에 붙여놓고 계획표에 맞추는 시공을 강행군 중이었다. 그러나 이것은 틀린 생각이며, 또 기획실 혼자서만이 되는 일도 아니다. 계획은 시행중 여건에 따라 수정이 불가피한 것이며, 계획, 시행, 수정, 또 시행, 수정, 이런중에 올바른 계획이 가능하고, 적정공기와 최소의 공사비를 찾아 낼 수 있을 것이다.

여기 간단한 정의와 예시로 PERT에 관한 개략적인 설명을 시작할까 한다.

아무쪼록 이 미진한 기고가 계기가 되어 회원들간의 PERT에 대한 인식이 제삼 기대 된다.

1. PERT · CPM이란 무엇인가?

PERT · CPM(Program Evaluation & Review Technique · Critical Path Method)이란 建設事業等, Project型態를 갖는 計劃事業의 時間短縮과 費用節減을 目的으로 工程을 段階(Event)와 活動(Activity)으로 区分하여 先後 및 相互關聯性을 體係의 關係로 關聯시킨 計劃工程表(net-work)를 作成하여 이를 中心으로 最適工期를 推定하며, 이로서 工期를 短縮하고 또한 投下資源을 效果의 爲로 管理하여 費用을 節減시키는 計劃管理, 進陞管理 技法을 말한다.

2. PERT의 起源

어떤 事業을 行하는데 종래의 計劃手法인 Taylor

System이나 Gantt System은, 第2次大戰을 계기로 급속히 팽창한 科學技術로 産業의 構造가 복잡해지고, 그 事業의 計劃, 管理等이 다양해 짐으로서 이를 수행할 수 없게 되었으며, 管理者를 위한 의사결정 수단인 보다 合理的인 管理手法을 要求하게 되었는데, 이러한 必要에 따라서 PERT技法은 發達하게 되었다.

① PERT / time 手法.

1958年 10月 '조선의 「스포츠닉 1호」 人工 위성 발사성공에 자극을 받은 美海軍은 「Polaris 핵 잠수함」 建造計劃에 PERT / time 手法을 研究開發 適用하여 2年間의 工期短縮에 成功하였다.

② CPM 理論

美 굴지의 化學會社인 Dupont 社는 기구, 設備 規模, 또한 投資需要가 점차 커짐에 따라 이의 效果的인 統制管理를 위한 技法으로 CPM (Critical Path Method) 技法을 1957年 開發하여 新製品 化學工場 建設計劃에 適用시켜 2個月의 工期短縮에 成功하였다.

③ PERT / cost

1960年頃 美軍部에서 PERT/Time 理論中 除外되었던 費用問題를 綜合化함으로서 原價管理 手法으로 PERT / cost 理論을 開發하게 되었다.

以上에서와 같이 現在까지 發展된 PERT / time, CPM, PERT / cost 理論은 各各이 그 起源을 달리하면서도 各己의 理論에는 서로 關聯性을 지니고 있어서 오늘에 와서는 이들을 綜合한 「PERT · CPM」 技法으로 發展하게 되었다.

3. PERT 技法의 導入現況과 效果

우리나라에서의 PERT 技法은 1966年 大林産業에서 美軍施設 用役事業 계약시 工事計劃을 net-

work로 作成한 것이 最初가 되어 導入하게 되었으며 實際로는 1968年 現代建設에서 京水高速道路 建設工事に 適用시켰으나 施行與件의 不備로 인하여 成果를 얻지 못하였고 1969年 經濟企劃院에서 PERT에 관한 事例研究를 實施하여 이의 効果와 妥當性을 인정받고, 現在 10여개의 투용자 사업에 한하여 政府주도형으로 民間企業에 점차 확대, 보급을 시도하고 있는 실정이다.

外國에서 適用實施한 경험을 土台로 PERT 技法의 效果를 綜合적으로 말한다면 費用面에서 約 15%의 經費節減과 20~30%의 工期短縮을 기할 수 있음이 證明되었다. 그러나 net-work를 作成, PERT 技法을 適用한다 하여 무조건 經費를 節減시킨다거나, 計劃事業의 問題點을 해결 지을 수 있는 것은 아니며, 무엇보다 사업에 關係하는 作業員 전체의 參與의식이 중요시되며, 이의 效率의 運用으로 全体工期에 對한 費用을 명확하게 예측할 수 있다는 점에서 어떤 事態하에서도 對備策 수립이 可能하고 必要不急한 여유시간의 推出, 人員, 장비 및 資材의 調達을 計劃하여, 所要工期를 推定 내지 調整함으로써 結果적으로 工期와 費用을 줄일 수 있다는 것이다.

4. PERT 技法의 長點

事業의 計劃이나 管理를 net-work에 依한다면 Gantt 圖表에서보다 다음과 같은 利點을 들 수 있다.

① 細部作業別로 工期 및 費用에 依하여 net-work化 되기 때문에 問題點의 事前予測으로 신속한 조치가 可能하다.

② 主工程 개념과 여유공정의 배제 등으로 重點管理가 可能하고 夜間作業의 選次여부로 經濟的인 工期短縮이 可能하다.

③ 代替案이 作成될 수 있어 最適案을 選次하는 科學的인 意思決定이 可能하다.

④ 作業 相互間의 關聯性이 明白하여 作業間의 協助가 원활하며, 參加人員들의 參與意識이 提高된다.

⑤ net-work로 作業이 細分化되기 때문에 과오로 인한 責任所在가 明白하다.

5. net-work의 作成方法.

net-work의 大體的인 作成法은 다음과 같다.

① 착수에서 완료까지의 活動을 各 Block別(工事別, 工程別)로 作業을 細分化한다.

② Gantt-Chart나 개략공정표等を 참고로하여 計劃의 先後 및 相互關係를 생각하여 活動을 合成시켜나간다.

③ 各 단계가 活動에 逆行하지 않도록 임의의 番號를 부여나간다.

④ 各 단계마다 가장 빨리 作業에 着手할 수 있는 期待期日(T_E)과 가장 늦게 作業에 着手할 수 있는 許容期日(T_L)을 表示한다.

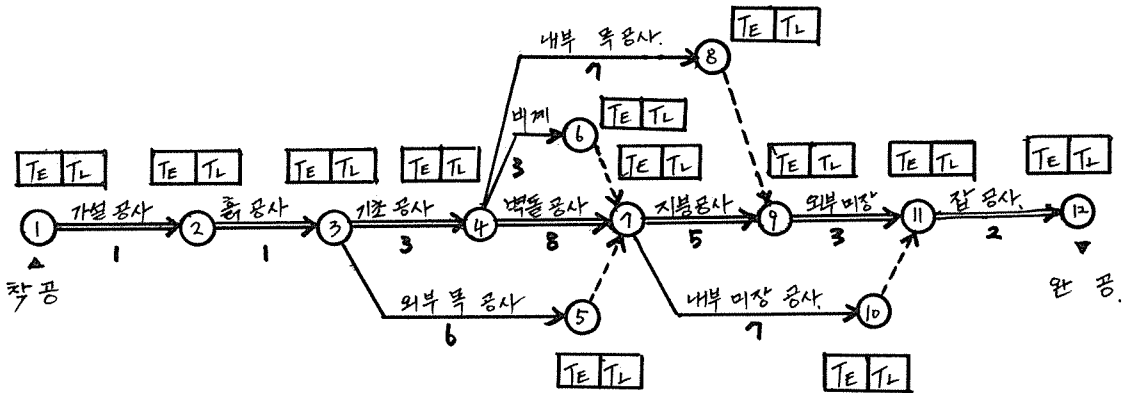
⑤ T_E-T_L=0인 단계를 찾아서, 굵은 線으로 主檢討對象工程(Critical-path)을 表示한다.

여기서 실제로 PERT에 의한 倉庫 新築計劃 工程表를 종래의 Gantt式과 比較하여 作成해 보자.

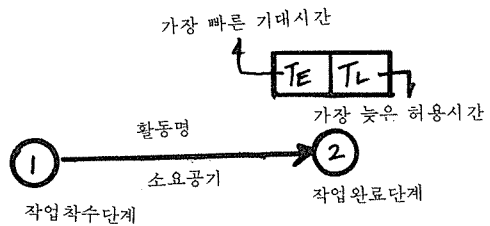
倉庫新築의 경우 作業을 工程別로 細分化 하여 보면, 가설工事, 흙공사, 기초공사, 외부목공사, 비계공사, 벽돌공사, 내부목공사, 지붕공사, 내부미장공사, 외부미장공사, 잡공사 등으로 分類할 수 있을 것이다. 이것을 Gantt식 도표(表-1)을 참고로 作業상호의 關聯성과 先後關係를 생각하여 合成시킨 후, 단계별로 번호를 부친다면 다음과같은 net-work(圖-1)를 作成할 수 있을 것이다.

(참고) Gantt式 圖表

| 工 種 | 所要 工期 | | | | | | 予 算 額 |
|--------|-------|----|----|----|----|----|-------|
| | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | |
| 假設工事 | 1 | | | | | | |
| 흙工事 | 1 | | | | | | |
| 기초工事 | 3 | | | | | | |
| 외부목工事 | | 6 | | | | | |
| 비계工事 | | 3 | | | | | |
| 벽돌工事 | | | 8 | | | | |
| 내부목工事 | | | 7 | | | | |
| 지붕工事 | | | | 5 | | | |
| 내부미장工事 | | | | 17 | | | |
| 외부미장工事 | | | | | 3 | | |
| 잡공사 | | | | | | 2 | |



- 보기
- : 단계 (EVENT)
 - ⇒ : 主工程 (CRITICAL PATH)
 - : 여유工程 (SLACK PATH)
 - > : 가상활동 (DUMMY)



(圖-2)

6. 所要工期의 推定方法.

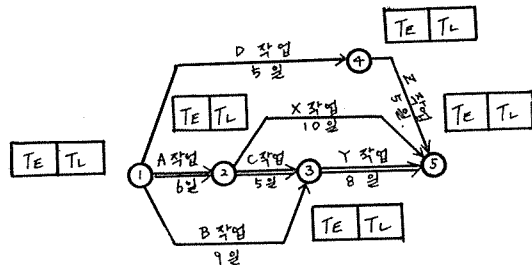
(1) 段階中心의 工期 計算

① TE (Earliest Expected Time)의 計算

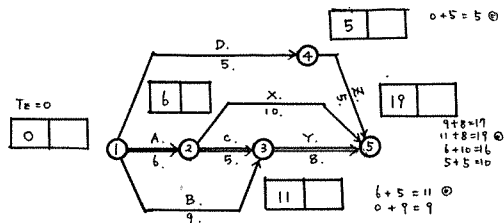
이것은 各 段階에서 가장 빨리 作業에 着手할 수 있는 期待 期日인 TE를 求하는 式은 第一 切단계의 TE를 0로 놓고 前段階의 TE + 所要 工期이다.

(Path가 여러개라면 이중 제일 긴 Path의 TE를 擇한다.)

이와같은 方法으로 아래에 있는 간단한 net-work 圖-2에서 TE를 직접 求해 보도록 하면 圖-3과 같이 될 것이다.



(圖-3)



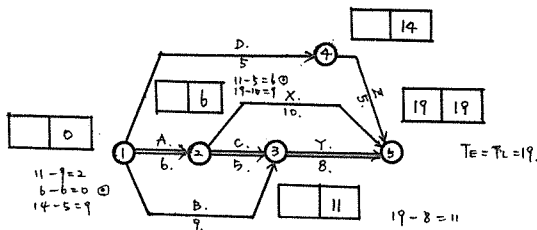
② T^L(Latest Allowable Time)의 計算.

各段階에서 가장 늦게 作業에 着手할 수 있는 許容期日을 말하며, T^E의 計算方法과 正反對라고 생각한다면 쉽게 이해가 될 것이다.

이의 計算方法은 第一 마지막 段階의 T^L을 T^E와 같이 놓고 마지막 段階부터 역으로 計算을 하는데, 前段階의 T^L-所要工期이다.

(Path가 여러개라면 이중 제일작은 T^L을 택한다)
 圖-2의 net-work에서 실제로 T^L을 求解 본다면 圖-4와 같이 될 것이다.

(圖-4)



③ 余裕(Slack)의 發見

- 1) $T^L - T^E > 0$ 正余裕 (Positive Slack)
- 2) $T^L - T^E = 0$ 零余裕 (Zero Slack)
- 3) $T^L - T^E < 0$ 負余裕 (Negative Slack)

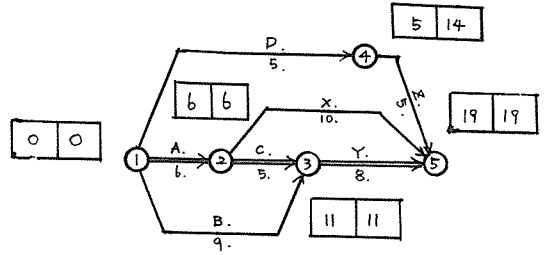
④ 主檢討 対象工程(Critical Path)의 發見.

$T^L - T^E = 0$ 零余裕 (Zero Slack)가 되는 段階를 연결한 것이며 主檢討対象工程은 最初の 段階로 부터 最後의 段階에 이르는 工程중에서 가장 긴 工程이다.

다시말해서 이는 相對的으로 余裕值가 最少가 되는 段階의 連結이며 最少余裕를 갖인 段階가 그 값보다도 늦어진다면 最終段階의 達成 즉, 計劃事業의 完成이 그만큼 늦어진다는 것을 意味하므로 重点管理를 하여야 할 工程이며 1個의 net-work上에는 반드시 하나 또는 그以上の 主檢討対象工程(C.P.)이 存在하며 一般的으로 짧은線으로 表示한다.

上記의 net-work(圖-2)에 T^E, T^L, C.P 를 表示하여 본다면 圖-5와 같이 될 것이다.

(圖-5)



(2) 活動中心의 工期 計算

① EST (Earliest Start Time)

가장 빨리 作業에 착수할 수 있는 기대時間을 말하며 이의 산출방법은 다음 段階의 E. S. T + 所要工期 이다.

② EFT (Earliest Finish Time)

가장 빨리 作業을 끝마칠 수 있는 기대時間을 말하며
 前段階의 EST + 所要工期

③ LST (Latest Start Time)

가장 늦게 作業에 着手할 수 있는 허용時間을 말하며
 다음段階의 L. F. T - 所要工期.

④ LFT (Latest Finish Time)

가장 늦게 作業을 끝마칠 수 있는 허용時間을 말하며
 前段階의 L. S. T + 所要工期

⑤ TF (Total Float)

전체여유를 나타낸 것이며 이의 算出方法은 L. S. T - E. S. T 혹은 LFT - EFT이다.

⑥ FF (Free Float)

자유 余裕를 말하며
 다음段階의 EST - (前段階의 EST + 所要 工期), 혹은 다음段階의 EST - EFT

⑦ IF (Interfering Float)

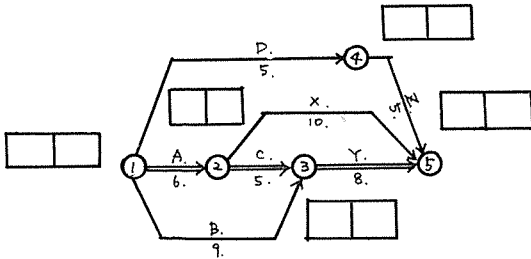
간섭여유를 말하며
 TF - FF

⑧ CP (Critical Path)

主檢討対象工程을 말하며
 TF = FF = 0 인 活動의 연결이다.

①~⑧까지 열거한 방식에 의하여 活動中心의 工期計算을 實際로 圖-6의 net-work에서 求解 本다면 表-2와 같이 作成할 수 있다.

(圖-6)



(表-2)

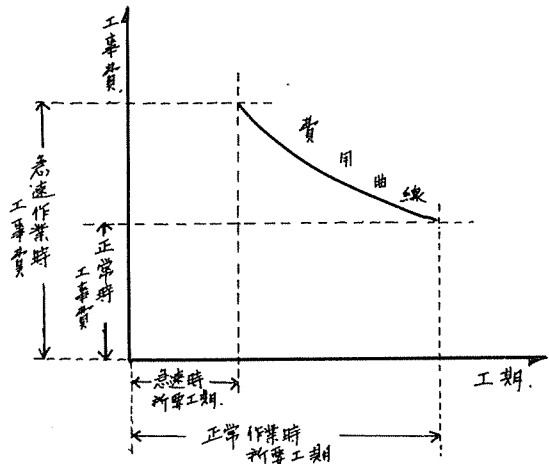
| 作業名 | 活動 | 所工要期 | E.S.T | L.S.T | E.F.T | L.F.T | T.F | F.F | LF | C.P |
|-----|-----|------|-------|-------|-------|-------|-----|-----|----|-----|
| A | 1-2 | 6 | 0 | 0 | 6 | 6 | 0 | 0 | 0 | ○ |
| B | 1-3 | 9 | 0 | 2 | 9 | 11 | 2 | 2 | 0 | |
| C | 1-4 | 5 | 0 | 9 | 5 | 14 | 9 | 9 | 0 | |
| D | 2-3 | 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 | 14 | 10 | 19 | 9 | 9 | 0 | |

表-2에서 보는 바와 같이 Critical-Path는 단계 1-2, 2-3, 3-5로 연결되므로 이 부분에 重點的인 管理를 必要로 하며, 段階 1-3에서 2일, 1-4에 9일, 2-5에 3일, 4-5에 9일의 各各 余裕가 있다는 것을 計劃단계에서 미리 알아낼 수 있으므로 이를 적절히 調整, 단축, 運用하므로써 科學的이고 效率的인 管理가 可能하다.

7. 工期 短縮方法.

(1) 工期와 工事費와의 關係

어떤 一定의 事業에서 工期를 短縮한다는 것은 工事費의 增加가 뒤따라야 한다는 것을 意味하므로, 이러한 상관關係를 圖表로서 說明하자면 圖-6과 같이 될 것이다.



(圖-6)

$$\text{費用曲線勾配} = \frac{\text{急速所要費用} - \text{正常所要費用}}{\text{正常所要工期} - \text{急速所要工期}}$$

그러나 여기서 취급하려는 工期短縮法은 이러한 工期와 工事費와의 역수關係를 생각하여 最少의 費用으로 最短의 工期를 찾아야 할 것이다.

(2) 工期短縮法

工期를 短縮시키는 대략의 作業順序를 要約하면 다음과 같다.

- ① 計劃工程表(net-work)上에서 主檢討 對象工程(C.P)을 發見한다.
- ② C.P上에서 費用曲線勾配가 最少인 活動을 發見한다.
(이 경우 C.P가 直列 工程이면 單獨活動으로 되지만 並列工程이라면 몇개의 活動(Path)들의 組合이 되어 복잡해 지므로 주의를 해야한다.)
- ③ 費用曲線勾配가 最少인 活動 또는 活動의 組를 短縮시킨다.
- ④ ③에서 短縮시킨 工期를 計劃工程에 넣어서 工期計劃을 再樹立하고 다시 ①로 돌아가 工期短縮을 行하여 나간다.

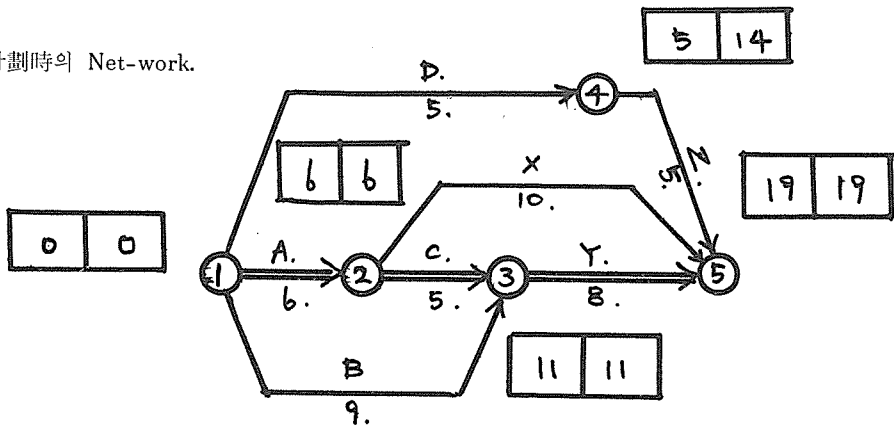
여기서, 實際로 위에서 例示한 圖-2의 net-work를 基準으로 하여 總工事費中 直接費(表-3에서 急速으로 할時와 正常作業을 할時의 工事費) 外에 10日 또는 그 以內에 工事を 完工하면 間接

費는 60,000원이 均一하게 所要되며 10日이 초과하면 作業 日當 約 5,000원씩 추가된다고 假定하고 工期短縮을 行하여 보면 表-3과 같이 될 것이다.

(表 3)

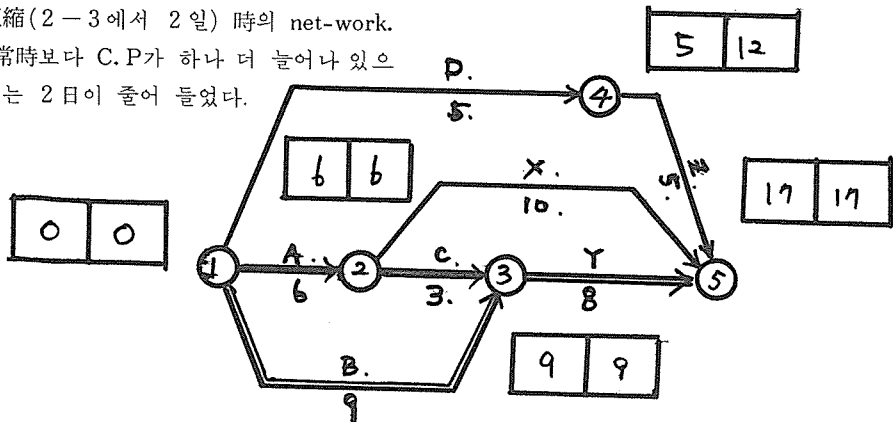
| 活動 i~j | 工事費 | | 工期 | | 工事費 增大分 ③-④ | 最大短 縮日數 ⑤-⑥ | 費用 勾配 ⑦÷8 | C P | 短 縮 回 數 | | | |
|-----------|--------|--------|-----|-----|-------------------|-------------------|-----------------|--------|---------|---------|---------|---------|
| | 急 速 | 正 常 | 正 常 | 急 速 | | | | | 0 | 1回 | 2回 | 3回 |
| ①-② | ③ | ④ | ⑤ | ⑥ | ⑦ | ⑧ | ⑨ | ⑩ | 단 측 일 수 | | | |
| 1-2 | 16,000 | 10,000 | 6 | 5 | 6,000 | 1 | 6,000 | ⊗ | | | | 1 |
| 1-3 | 36,000 | 20,000 | 9 | 5 | 16,000 | 4 | 4,000 | | | | | |
| 1-4 | 10,000 | 5,000 | 5 | 3 | 5,000 | 2 | 2,500 | | | | | |
| 2-3 | 12,000 | 6,000 | 5 | 3 | 6,000 | 2 | 3,000 | ⊗ | 2 | | | +1 |
| 2-5 | 15,000 | 30,000 | 10 | 5 | 35,000 | 5 | 7,000 | | | | | |
| 3-5 | 35,000 | 24,000 | 8 | 6 | 12,000 | 2 | 6,000 | ⊗ | | 1 | | 1 |
| 4-5 | 10,000 | 5,000 | 5 | 3 | 5,000 | 2 | 2,500 | | | | | |
| | | | | | a) 工事(作業) 日程 | | | | 19 | 17 | 16 | 15 |
| | | | | | b) 短縮日數 | | | | 0 | 2 | 1 | 1 |
| | | | | | c) 費用曲線勾配(短縮1日費用) | | | | 0 | 3,000 | 6,000 | 9,000 |
| | | | | | d) 費用增大分 | | | | 0 | 6,000 | 6,000 | 9,000 |
| | | | | | e) 新 工事費用 | | | | 100,000 | 106,000 | 112,000 | 121,000 |
| | | | | | f) 新 間接費 | | | | 105,000 | 95,000 | 90,000 | 85,000 |
| | | | | | g) 總 工事費 | | | | 205,000 | 201,000 | 202,000 | 206,000 |

① 正常計劃時的 Net-work.

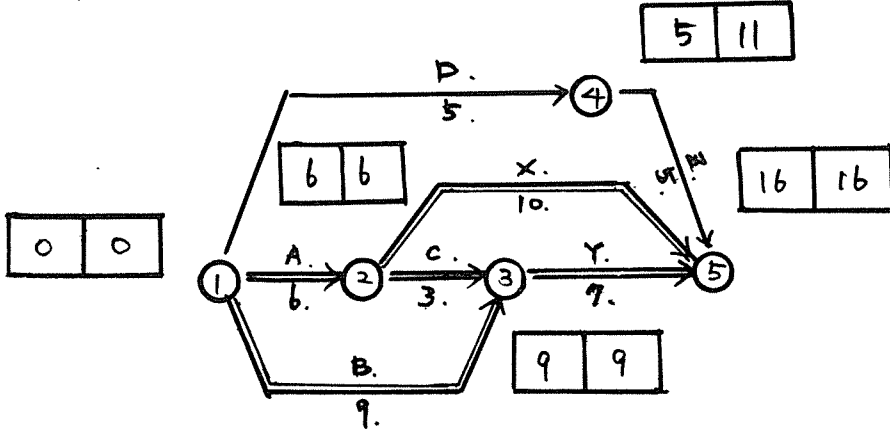


② 1回 短縮(2-3에서 2일) 時의 net-work.

①의 正常時보다 C.P가 하나 더 늘어나 있으며, 工期는 2日이 줄어들었다.



③ 2回 短縮(3-5에서 1일 단축)시의 net-work

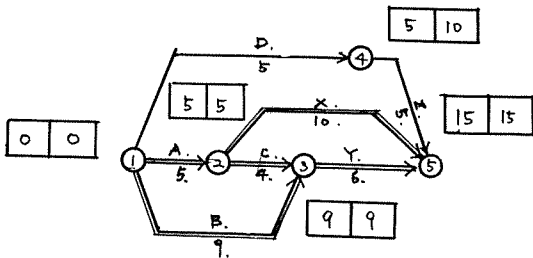


②의 1회 短縮時보다 C, P가 하나 더 늘어나 있으며 工期는 1일이 더 줄어있다.

④ 3回 短縮時的 net-work.

3회째 短縮시키는 方法에는 2가지가 있다.

첫째: 1-2와 1-3을 1일간씩 단축 함으로서 日当 10,000원의 費用增加가 所要된다.



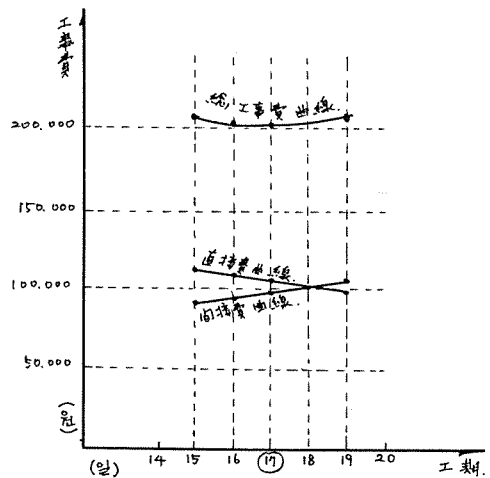
③의 2회 短縮時보다 C, P는 늘어나지 않았으나 全体 工期는 1일 줄어 들었다.

이때 까지 短縮한 結果를 土台로 하여 費用과 工期와의 關係를 圖表上에 (圖-7) 나타 낸다면 어느 工期를 擇하는 것이 가장 有利한가를 쉽게 알아 낼 수 있다.

둘째: 1-2와 3-5를 동시에 단축함으로서 日当 12,000원의 費用增加가 所要되나 앞에서 이미 短縮된 2-3은 1일 연장시켜야 함으로 3,000원의 費用 절감이 생겨나 결국 增加費用은 9,000원이 되어서 첫째의 方法보다는 둘째의 方法이 有利하다.

圖表-7에서 보는 바와같이 여기서는 直接費와 間接費만을 생각하여 最適工期 (Optimuty Time) 17일을 추출하였고 이때의 工事費는 201,000원이 된다는 것을 예측하였으나 이 외에도 工事期間中에 發生될 수 있는 製비용과 기회손실비 등을 고려하여 圖表上에 表示한다면 보다 明確한 예측이 가능하며 종래의 使用方式인 Gantt式에 比하여 보다 科學的인 計劃技法이 될 수 있을 것이다.

(圖-7)



(Optimuty Time)