

# NETWORK ANALYSIS를 適用한 工程管理研究\*

—急速計劃의 作業時間 및 費用 豫測을 中心으로—

孔 大 植

<目 次>	
I.	序 言
II.	急速計劃의 作業時間 計算
III.	急速計劃의 費用 計算
IV.	建設工事に 適用
V.	結 言

## I. 序 言

CPM 또는 PERT (Critical Path Method or Program Evaluation & Review Technique)는 最近에 發展된 것으로서 經營者가 事業 目標 達成을 爲하여 遂行하는 基本計劃(planning) 細部計劃(scheduling) 및 統制機能(controlling)에 도움을 줄수 있는 數的인 技法(numerical techniques) 이다. (1) 이것은 經營者로 하여금 計劃을 均等하게 그리고 論理的인 根據에 依 據樹立토록하며 計劃 樹立 節次와 計劃 遂行 與否를 判斷하기 爲한 資料를 提供한다. 또 한 作業이 成就되고 作業條件이 變更됨에 따라서 計劃을 調整하여 現實에 適應토록하며 計劃의 變化에 따른 影響을 早速히 豫測하고 事前에 적절한 措置를 取하도록 해준다. (2)

CPM의 核心인 最小 費用으로의 日程短縮(Minimum Cost Expedition)은 事業期間을 短 縮하되 最小의 費用을 要하는 方法으로 短縮하는 것인바 이는 工程의 促進과 原價의 節約 이라는 二重의 成果를 期할 수 있는 方案이다. 어떤 事業을 遂行하기 爲하여 所要되는 費用은 크게 나누어 直接費와 間接費로 分類된다. 直接費는 그 事業에 直接으로 投入되는 費用으로서 一般的으로 事業期間을 短縮하면 增加하는 傾向이 있다. 間接費는 經常費, 保險料, 利子, 減價償却, 事故損失, 其他 離費 등으로 事業期間이 延長되면 增加한다. (3) 이

\* 서울大學校 經營大學院 第1回 碩士學位 論文中 最優秀論文을 抄錄한 것임.

(1) L. Shaffer, J. Ritter & W. Meyer, *The Critical Path Method*, New York, McGraw-Hill Book Co., 1965. p. 1.

(2) Booz, allen & Hamilton, *New Uses and Management Implications of PERT* New York, 1964, p. 1.

(3) E. McCamman, *Critical Path Method of Scheduling*, *Architectural Record*, (Jan. 1963) p. 158.

兩者の費用을 합한 綜合費用曲線은 일반적으로 U曲線을 形成하므로<sup>(4)</sup> 最小費用의 計劃을 求할 수 있다. 그런데 事業期間을 短縮할 수 있는 方案은

- (1) 作業人員數 또는 裝備台數를 增加.
- (2) 殘業 및 交代制(夜間勤務)를 採擇.
- (3) 材料나 設備의 獲得에 있어서 外注業者에게 特別費用을 支拂.
- (4) 設計 또는 準備 段階를 대략적인 不完全한 計劃으로 作業을 시작.
- (5) 보다 熟練된 作業員을 雇傭하거나 또는 優秀한 裝備를 사용.

등의 諸方案<sup>(5)</sup>이 있다. 上記 諸方案中에서 (2)의 方案을 採擇할 때 正常勤務時間外에 作業하는 동안은 作業能率이 低下될 뿐만 아니라 特勤手當을 支拂해야하는 관계로 直接費用이 增加된다. 本稿는 여러 作業條件에 대한 1日 夜間 作業時間과 이에 따른 費用增加를 豫測하는 구체적인 方法을 提示하고자 한다.

## II. 急速計劃의 作業時間 計算

- $W_n$ ; 正常計劃(Normal Schedule)의 作業人員數(名/日)
- $D_n$ ; " 作業日數(活動時間) (日)
- $t_n$ ; " 1日 作業時間(時間)
- $W_c$ ; 急速計劃(Crash Schedule)의 作業人員數(名/日)
- $D_c$ ; " 作業日數(活動時間) (日)
- $t_c$ ; " 1日 作業時間(時間)
- $t_o$ ; " 1日 總夜勤時間(能率低下 不考慮)(時間)
- $t_{oe}$ ; 急速計劃의 1日 初夜勤時間(能率低下 考慮)(時間)
- $t_{om}$ ; 急速計劃의 1日 深夜勤時間(能率低下 考慮)(時間)
- $t_e$ ; 初夜勤 總時間(時間)
- $t_m$ ; 深夜勤 總時間(時間)
- $E_e$ ; 初夜勤에 의한 能率低下 (%)
- $E_m$ ; 深夜勤에 " " " 이라 假定한다.

1) 夜間作業에 依한 能率低下를 考慮치 않을 때, 正常計劃의 總人·時(Man-Hour)와 急速計劃의 總人·時는 同一할 것이므로

(4) 那鎮洙, PERT, 서울, 韓國能率協會, 1966, p. 258 참조.

(5) 那鎮洙, 上揭書, p. 259 참조.

$$W_n D_n t_n = W_c D_c t_c \dots\dots\dots(1)$$

$$t_c = \frac{W_n \cdot D_n \cdot t_n}{W_c \cdot D_c} \dots\dots\dots(2)$$

가 成立하며,  $t_o$  는

$$t_o = t_c - t_n = \frac{W_n \cdot D_n \cdot t_n}{W_c \cdot D_c} - t_n = t_n \left( \frac{W_n \cdot D_n}{W_c \cdot D_c} - 1 \right) \dots\dots\dots(3)$$

이 된다.

2) 初夜勤作業에 依한 能率低下를 考慮하면

$$t_o = t_{oe}(1 - E_e)$$

$$t_{oe} = \frac{t_o}{1 - E_e} = \frac{t_n}{1 - E_e} \left( \frac{W_n \cdot D_n}{W_c \cdot D_c} - 1 \right) \dots\dots\dots(4)$$

이 된다. 그런데 初夜勤 總時間은  $t_e$  時間동안이므로

$$\frac{t_n}{1 - E_e} \left( \frac{W_n \cdot D_n}{W_c \cdot D_c} - 1 \right) < t_e$$

$$1 < \frac{W_n \cdot D_n}{W_c \cdot D_c} < \frac{t_e(1 - E_e)}{t_n} + 1 \dots\dots\dots(5)$$

이 된다. 即 (4)式은 (5)의 條件下에서 成立한다.

3) 夜勤時間이  $t_e$  時間을 超過하면 그 超過되는 時間에 對하여는  $E_m$  %의 能率이 低下되므로

$$t_o = t_e(1 - E_e) + t_{om}(1 - E_m)$$

$$t_{om} = \frac{1}{1 - E_m} \{t_o - t_e(1 - E_e)\}$$

여기에 (3)式을 代入하면

$$t_{om} = \frac{1}{1 - E_m} \left\{ t_n \left( \frac{W_n \cdot D_n}{W_c \cdot D_c} - 1 \right) - t_e(1 - E_e) \right\} \dots\dots\dots(6)$$

이 된다. 그런데 深夜勤 總時間은  $t_m$  時間동안이며  $t_m$  時間이 超過하면 다시 正常勤務 時間이 되므로

$$\frac{1}{1 - E_m} \left\{ t_n \left( \frac{W_n \cdot D_n}{W_c \cdot D_c} - 1 \right) - t_e(1 - E_e) \right\} < t_m$$

$$\frac{t_e(1 - E_e)}{t_n} + 1 < \frac{W_n \cdot D_n}{W_c \cdot D_c} < \frac{t_m(1 - E_m) + t_e(1 - E_e)}{t_n} + 1 \dots\dots\dots(7)$$

이 된다. 즉 (6)式은 (7)의 條件下에서 成立한다.

### Ⅲ. 急速計劃의 費用計算

$P$  : 1日 1人當 正常勤務賃金(원/日)

$C_c$  : 能率과 手當을 考慮치 않은 急速費用(원)

$C_{ce}$  : 初夜勤의 能率과 手當을 包含한 急速費用(원)

$C_{cm}$  : 初夜勤 및 深夜勤의 能率과 手當을 包含한 急速費用(원)

$B_e$  : 初夜勤 手當(%)

$B_m$  : 深夜勤 手當(%)

이 라 假定한다.

1) 能率과 手當을 考慮치 않은 急速費用은

$$C_c = D_c \cdot W_c \cdot \frac{P}{t_n} \cdot t_c = D_c \cdot W_c \cdot P \frac{t_n + t_o}{t_n} = D_c \cdot W_c \cdot P \left( 1 + \frac{t_o}{t_n} \right) \dots\dots\dots(8)$$

이 된다.

2) 能率과 手當을 考慮하면,

$$C_{ce} = D_c \cdot W_c \cdot P \left\{ 1 + \frac{t_{oe}}{t_n} (1 + B_e) \right\}$$

(4)式을 代入하면

$$\begin{aligned} C_{ce} &= D_c \cdot W_c \cdot P \left\{ 1 + \frac{(1 + B_e)t_n}{t_n(1 - E_e)} \left( \frac{W_n \cdot D_n}{W_c \cdot D_c} - 1 \right) \right\} \\ &= D_c \cdot W_c \cdot P \left\{ 1 + \frac{1 + B_e}{1 - E_e} \left( \frac{W_n \cdot D_n}{W_c \cdot D_c} - 1 \right) \right\} \dots\dots\dots(9) \end{aligned}$$

$$\text{단 } 1 < \frac{W_n \cdot D_n}{W_c \cdot D_c} < \frac{t_e(1 - E_e)}{t_n} + 1$$

3) 夜間作業이  $t_e$ 時間을 超過하면  $t_e$ 時間까지는 手當을  $B_e$ %만큼 支拂하고 超過되는 時間에 대하여는 手當을  $B_m$ %만큼 支拂해야하므로

$$\begin{aligned} C_{cm} &= D_c \cdot W_c \cdot P + D_c \cdot W_c \cdot \frac{P}{t_n} \cdot t_e(1 + B_e) + D_c \cdot W_c \cdot \frac{P}{t_n} \cdot t_{om}(1 + B_m) \\ &= D_c \cdot W_c \cdot P \left[ 1 + \frac{1}{t_n} \left\{ t_e(1 + B_e) + t_{om}(1 + B_m) \right\} \right] \end{aligned}$$

(6) 式을 代入하면

$$C_{cm} = D_c \cdot W_c \cdot P \left[ 1 + \frac{1}{t_n} \left[ t_e(1 + B_e) + \frac{1 + B_m}{1 - E_m} \left\{ t_n \left( \frac{W_n \cdot D_n}{W_c \cdot D_c} - 1 \right) - t_e(1 - E_e) \right\} \right] \right] \dots\dots(10)$$

$$\text{단 } \frac{t_e(1 - E_e)}{t_n} + 1 < \frac{W_n \cdot D_n}{W_c \cdot D_c} < \frac{t_m(1 - E_m) + t_e(1 - E_e)}{t_n} + 1$$

이 된다.

4) 日當 賃金이 다른 여러 職種이 同時に 作業할 때, 여러 職種の 1日作業人員數를  $w_{c1}, w_{c2}, \dots, w_{cn}$  이라하고 1日 1人當 賃金을  $p_1, p_2, \dots, p_n$  이라 하면 1日 總費用은

$$w_{c1} \cdot p_1 + w_{c2} \cdot p_2 + \dots + w_{cn} \cdot p_n = \sum_{i=1}^n w_{ci} \cdot p_i \dots \dots \dots (11)$$

단  $n$  은 職種の 數  
가 된다.

(9)式과 (10)式에서  $W_c \cdot P$  대신에 (11)式을 代入하면 急速費用은

$$C_{ce} = D_c \cdot \sum_{i=1}^n w_{ci} \cdot p_i \left\{ 1 + \frac{1+B_e}{1-E_e} \left( \frac{W_n \cdot D_n}{W_c \cdot D_c} - 1 \right) \right\} \dots \dots \dots (12)$$

$$\text{단 } 1 < \frac{W_n \cdot D_n}{W_c \cdot D_c} < \frac{t_e(1-E_e)}{t_n} + 1$$

$$C_{cm} = D_c \sum_{i=1}^n w_{ci} \cdot p_i \left[ 1 + \frac{1}{t_n} \left[ t_e(1+B_e) + \frac{1+B_m}{1-E_m} \left\{ t_n \left( \frac{W_n \cdot D_n}{W_c \cdot D_c} - 1 \right) - t_e(1-E_e) \right\} \right] \right] \dots (13)$$

$$\text{단 } \frac{t_e(1-E_e)}{t_n} + 1 < \frac{W_n \cdot D_n}{W_c \cdot D_c} < \frac{t_m(1-E_m) + t_e(1-E_e)}{t_n} + 1$$

이 된다.

人員을 增加하지 않고 活動時間을 短縮할 때 公式 (12) 및 (13)은 다음과 같이 쓸 수 있다. 즉

$$C_{ce} = D_c \sum_{i=1}^n w_{ci} \cdot p_i \left\{ 1 + \frac{1+B_e}{1-E_e} \left( \frac{D_n}{D_c} - 1 \right) \right\} \dots \dots \dots (14)$$

$$C_{cm} = D_c \sum_{i=1}^n w_{ci} \cdot p_i \left[ 1 + \frac{1}{t_n} \left[ t_e(1+B_e) + \frac{1+B_m}{1-E_m} \left\{ t_n \left( \frac{D_n}{D_c} - 1 \right) - t_e(1-E_e) \right\} \right] \right] \dots \dots \dots (15)$$

#### IV. 建設工事に 適用

空軍 將校俱樂部<sup>(1)</sup>는 業務에 지친 將校들의 休息處가 됨은 물론 來日の 戰鬪準備에 萬全을 期하도록 士氣를 昂揚시켜줄 것이다. 本 俱樂部는 建坪이 200坪이며 鐵筋 콩크리트 構造로서 室內에는 舞臺, 「카운터」, 輕食堂, 食堂, 娛樂室……등의 施設이 具備된다. 本 工事を 執行하기 위하여 필요로하는 諸般 活動을 86種으로 細分하였다.<sup>(2)</sup> 每活動에 要하는 直接費(人件費와 裝備 使用料만 考慮하였음)는 <表 4-1>에서 中級の 熟練工을 基準으

(1) 空本 認可 番號 44(67.10.14), 1967年 10月 24日 着工.  
(2) 拙稿, NETWORK ANALYSIS 를 적용한 工程管理 研究, 碩士 學位 論文, 1967. 11. pp. 69~75.

<表 4-1> 人件費 및 裝備使用料

職 種 및 裝 備 名	日 當 賃 金 및 裝 備 使 用 料		
	上(원/月)	中(원/月)	下(원/月)
木 工 (建 築)	1,200	800	600
木 工 (형 틀)	1,200	700	500
機 械 運 轉 工	1,200	1,000	800
鐵 筋 工	1,000	700	500
벽 돌 工	1,200	900	600
美 裝 工	1,200	1,000	800
防 水 工	1,000	700	500
塗 裝 工	800	600	400
熔 接 工	1,200	1,000	800
配 管 工	1,200	800	600
衛 生 工	1,200	800	600
暖 房 工	1,200	800	600
합 석 工	1,000	700	500
「콘 크 리 트」 工	1,000	800	500
電 工	1,200	800	600
「타 일」 工	1,000	800	600
人 造 石 갈 기 工	300	250	200
鐵 工	900	700	500
助 工	500	400	300
人 夫	400	300	200
「콘 크 리 트·타 일」		10,000	

로 하였으며 作業 遂行에 대한 條件은

$t_n$ : 07:00~18:00 까지 10時間

$t_e$ : 18:00~24:00 " 6時間

$t_m$ : 00:00~07:00 " 7時間

$E_e$ : 正常勤務時間의 15%

$E_m$ : " " 25%

$B_e$ : 正常勤務 賃金의 50%

$B_m$ : " " 100%

〈表 4-2〉 細部活動目録表(3)

활동번호	활동명	기 능										정상계획 시간 (日)	정상계획 비용(원) (日)	합계 정상계획 비용(원) (日)	비 용 증감율 (원/日)(-)			
		기 계	기 원	기 본	기 본	기 본	기 본	기 본	기 본	기 본	기 본					기 본		
2	5	망파기												4	12,000	2	14,600	1,300
6	9	독립기초형틀설치	(9)											10	9,600	1	11,300	1,700
15	18	연속기초 "	(12)											2	17,000	1	23,600	6,600
16	19	기동 철근 조립	(10)											5	13,600	1	18,000	4,400
21	23	인속기초「콘크리트」	(8)											4	39,200	1	41,400	2,200
23	25	바닥성토												20	22,500	2	28,000	5,500
24	25	기동, 보형틀 설치	25											10	82,000	3	96,400	4,400
25	28	「스라브」형틀설치	25											12	63,300	2	78,800	5,500
26	29	보철근조립	(16)											8	20,400	1	25,300	4,900
27	31	전선관설치	12											6	19,000	1	26,500	7,500
28	33	문틀제작	4											5	16,000	3	18,800	2,800
29	31	「스라브」철근조립	(16)											8	20,400	1	25,300	4,900
31	35	기동보「스라브콘크리트」	12											6	113,000	3	117,900	2,450
33	63	문짝제작	2											30	16,800	5	20,000	1,600
36	43	바닥자갈깔기												(18)	7,200	1	8,500	1,300
37	40	지하배관	(8)											12	12,000	1	14,900	2,900
38	44	지붕방수	(15)											3	96,000	5	117,000	7,000
39	42	벽쌓기	12											12	70,200	4	86,100	7,950
42	48	외벽미장	(6)											12	21,000	2	24,000	3,000
43	45	바닥「콘크리트」	5											20	39,200	1	41,400	2,200





등의 諸條件을 採擇하였다.

上記 諸 條件을 公式 (4), (5), (6), (7), (12) 및 (13)에 代入하면

$$t_{oe} = \frac{10}{1-0.15} \left( \frac{W_n \cdot D_n}{W_c \cdot D_c} - 1 \right) = 11.7647 \left( \frac{W_n \cdot D_n}{W_c \cdot D_c} - 1 \right) \dots\dots\dots(4)'$$

$$\text{단 } 1 < \frac{W_n \cdot D_n}{W_c \cdot D_c} \leq \frac{6(1-0.15)}{10} + 1$$

$$1 < \frac{W_n \cdot D_n}{W_c \cdot D_c} \leq 1.51 \dots\dots\dots(5)'$$

$$t_{om} = \frac{1}{1-0.25} \left\{ 10 \left( \frac{W_n \cdot D_n}{W_c \cdot D_c} - 1 \right) - 6(1-0.15) \right\}$$

$$= 13.333 \left( \frac{W_n \cdot D_n}{W_c \cdot D_c} - 1 \right) - 6.7998 \dots\dots\dots(6)'$$

$$\text{단 } 1.51 < \frac{W_n \cdot D_n}{W_c \cdot D_c} \leq \frac{7(1-0.25) + 6(1-0.15)}{10} + 1$$

$$1.51 < \frac{W_n \cdot D_n}{W_c \cdot D_c} \leq 2.035 \dots\dots\dots(7)'$$

$$C_{co} = D_c \sum_{i=1}^n w_{ci} \cdot p_i \left\{ 1 + \frac{1+0.50}{1-0.15} \left( \frac{W_n \cdot D_n}{W_c \cdot D_c} - 1 \right) \right\}$$

$$= D_c \sum_{i=1}^n w_{ci} \cdot p_i \left\{ 1 + 1.7647 \left( \frac{W_n \cdot D_n}{W_c \cdot D_c} - 1 \right) \right\} \dots\dots\dots(12)'$$

$$\text{단 } 1 < \frac{W_n \cdot D_n}{W_c \cdot D_c} \leq 1.51$$

$$C_{cm} = D_c \sum_{i=1}^n w_{ci} \cdot p_i \left[ 1 + \frac{1}{10} \left[ 6(1+0.5) + \frac{1+1.00}{1-0.25} \left\{ 10 \left( \frac{W_n \cdot D_n}{W_c \cdot D_c} - 1 \right) - 6(1-0.15) \right\} \right] \right]$$

$$= D_c \sum_{i=1}^n w_{ci} \cdot p_i \left\{ 0.54 + 2.667 \left( \frac{W_n \cdot D_n}{W_c \cdot D_c} - 1 \right) \right\} \dots\dots\dots(13)'$$

$$\text{단 } 1.51 < \frac{W_n \cdot D_n}{W_c \cdot D_c} \leq 2.035$$

로 表示된다.

<表 4-2>는 細部活動 目錄表로서 各職種의 所要 人員數, 裝備 使用日數, 正常計劃(normal schedule)의 費用, 急速計劃(crash schedule)의 費用 및 費用 增減率(cost slope)등을 表示하였다. 所要人員數와 活動時間은 設計 內譯書를 根據로 算出하였고 急速費用은

(3) 拙稿, 上掲文, 表4-3(pp. 69~75) 및 表 4-8 (pp. 110~117)에서 活動 時間 短縮에 따라 費用이 增加하는 活動만을 발췌하여 綜合作성한 것임.

公式 (12)' 및 (13)'를 利用하여 計算하였으며 費用 增減率은

$$\text{費用增減率} = \frac{\text{急速費用} - \text{正常費用}}{\text{正常時間} - \text{急速時間}} \quad (4)$$

의 公式을 利用하여 計算한것이다.

本 工事は 主工程上의 모든 活動을 急速時間으로 計劃하여 着工하였다. (5) 工事 着工後 第十日째인 1967年 11月3日에 活動 (2, 5), (6, 9) 및 (16, 19)의 豫想費用과 實際 支拂費用과를 比較하던 <表 4-3>과 같다. 活動 (2, 5)의 경우에는 豫想과 實際와의 差가 2,400원 으로 매우큰 差異가 發生하였는데 이는 땅파기 作業에서 豫想치 않았던 콘크리트 바닥이 出現되었기 때문이다. 이로써 費用은 豫想보다 7.3% 더 支出되었다. 만약 活動 (2, 5)를 考慮치 않는다면 差額은 800원으로 豫想보다 2.7% 追加된 셈이다.

<表 4-3> 豫想費用과 實際支拂費用 比較表

活 動	豫 想 費 用(원)	實 際 支 拂 費 用(원)	差 額 (원)
2,5	14,600	17,000	2,400
6,9	11,300	11,600	300
16,19	18,000	18,500	500
計	43,900	47,100	3,200

### V. 結 言

事業期間을 短縮하기 위한 手段으로 夜間作業을 實施할 경우 夜間作業時間과 費用增加를 豫測하기 위하여 公式 (4), (12), (6) 및 (13)을 誘導하였다. 이것을 再記述하면 다음과 같다.

$$t_{oe} = \frac{t_n}{1-E_e} \left( \frac{W_n \cdot D_n}{W_c \cdot D_c} - 1 \right) \dots\dots\dots (4)$$

$$C_{ce} = D_c \sum_{i=1}^n w_{ci} \cdot p_i \left\{ 1 + \frac{1+B_e}{1-E_e} \left( \frac{W_n \cdot D_n}{W_c \cdot D_c} - 1 \right) \right\} \dots\dots\dots (12)$$

단  $1 < \frac{W_n \cdot D_n}{W_c \cdot D_c} \leq \frac{te(1-E_e)}{t_n} + 1$

$$t_{om} = \frac{1}{1-E_m} \left\{ t_n \left( \frac{W_n \cdot D_n}{W_c \cdot D_c} - 1 \right) - t_e(1-E_e) \right\} \dots\dots\dots (6)$$

(4) E. McCamman, *op. cit.*, p. 157.

(5) 拙稿, 前掲文, p. 164 참조.

$$C_{cm} = D_c \sum_{i=1}^n w_{ci} \cdot p_i \left[ 1 + \frac{1}{t_n} \left[ t_e(1+B_e) + \frac{1+B_m}{1-E_m} \left\{ t_n \left( \frac{W_n \cdot D_n}{W_c \cdot D_c} - 1 \right) - t_e(1-E_e) \right\} \right] \right] \dots (13)$$

$$\text{단 } \frac{t_e(1-E_e)}{t_n} + 1 < \frac{W_n \cdot D_n}{W_c \cdot D_c} \leq \frac{t_m(1-E_m) + t_e(1-E_e)}{t_n} + 1$$

이들은 一般式으로서 여러 作業條件에 適用할 수 있으며 建設事業의 豫算編成 資金調達 計劃 및 最高 經營者의 意思決定 등에도 活用할 수 있다.

空軍 將校俱樂部 建設工事に 있어서는 各 活動의 急速費用을 豫測하기 위하여

$$C_{ca} = D_c \sum_{i=1}^n w_{ci} \cdot p_i \left\{ 1 + 1.7647 \left( \frac{W_n \cdot D_n}{W_c \cdot D_c} - 1 \right) \right\}$$

$$\text{但 } 1 < \frac{W_n \cdot D_n}{W_c \cdot D_c} \leq 1.51$$

$$C_{cm} = D_c \sum_{i=1}^n w_{ci} \cdot p_i \left\{ 0.54 + 2.6667 \left( \frac{W_n \cdot D_n}{W_c \cdot D_c} - 1 \right) \right\}$$

$$\text{但 } 1.51 < \frac{W_n \cdot D_n}{W_c \cdot D_c} \leq 2.035$$

의 公式를 적용한 결과 약 97.3%의 正確性을 기할 수 있었다.