

## 한국 화학공장 건설비 산정의 적정 모델화에 관한 연구

김 우 식 · 김 병 식

연세대학교 화학공학과

(접수 1979. 3. 10.)

### A Modeling of Predesign Cost Estimation of Chemical Plant in Korea

Kim Woo Sik and Kim Byoung Sik

*Department of Chemical Engineering, College of Engineering  
Yonsei University, Seoul 120, Korea*

(Received March 10, 1979)

#### 요 약

본 연구는 연구 개발단계[허용오차  $\pm 25\%$ ]에서 우리 나라 화학공장의 건설비를 보다 빠르고 쉽게 추산하기 위한 연구이다. 본 연구에서는 (1) 국산화인수( $R_E$ ,  $R_M$ ,  $R_L$ ) (2) 가격차인수( $\alpha_E$ ,  $\alpha_M$ ,  $\alpha_L$ ) 등의 새로운 개념을 설정하여 이들의 상관관계를 고찰하고 국산화율에 따른 건설비의 변동관계를 정량적으로 보정할 수 있는 이론식을 유도하였으며, 이를 바탕으로 건설비를 일괄성있게 처리하기 위하여 Factor System을 이용한 “한국화학공장 건설비 추산모델”을 제시하였다. 본 모델의 타당성을 검토하기 위하여 실제 국내화학공장 건설비 사례를 조사하여 분석한 결과, 실제 건설비 총괄인수와 3.33%의 오차를 갖는 좋은 결과를 나타내었다. 또한 본 모델에서 총장치구입비를 계산하는데에는 QEEC 컴퓨터 프로그램을 개발하여 사용하였다.

#### Abstract

This study is to estimate the cost of constructing Korea chemical process plant at predesign stage. This study deduced a theoretical equation which can afford to modify quantitatively the changeable relation of the construction cost, resulting from the substitution of all foreign equipments for the domestic ones, by means of setting the new concepts-domestic factor( $R_E$ ,  $R_M$ ,  $R_L$ ), the difference-value factor( $\alpha_E$ ,  $\alpha_M$ ,  $\alpha_L$ ) and considering the mutual relation between these two factors. The theoretical equation provided the estimation model for the cost of constructing

Korea chemical process plant, based upon [factor system]. Analyzing the precedents in investigating the real cost spent for constructing the domestic chemical plants, which was carried out to find out the validity of this model, showed a good result error range of 3.33% comparing with the overall factor in real construction cost.

## 1. 서 론

화학공장을 건설하기 위한 연구개발 단계에서 프로젝트 평가를 위한 경제적인자로서 검토되는 건설비의 추산은 고도의 정확성을 필요로 하기 보다는 빠르고 비용이 적게들며 타당한 허용오차를 갖는 것이 필요하다. 이 단계에서의 추산은 실제에산을 작성하기 보다는 투자규모와 경제적 타당성 여부를 비교평가 하기 위한 것이다.

일반적으로 사용되는 추산방법은 지금까지 건설한 공장건설비를 기준으로 앞으로 건설할 공장건설비를 유추(類推) 해석하는 방법이다<sup>1)</sup>. 이에 관하여 Lang<sup>24), 25), 26)</sup>, Chilton<sup>10)</sup>, Hand<sup>19)</sup>, Bach<sup>2)</sup>, Miller<sup>29)</sup>, Guthrie<sup>16)</sup>, Hackaney<sup>17), 18)</sup> 등은 총장치 구입비를 기준으로 공장건설비 구성요소에 따른 상관인수를 설정하는데 대한 연구를 하였으며, Williams<sup>30)</sup>, Bauman<sup>31), 32)</sup>, Chilton<sup>12)</sup>, Chase<sup>9)</sup> 등은 플랜트의 시설용량에 따른 건설비의 변화가 용량비의 지수승의 관계가 있음을 밝히고 이에 관한 자료등을 발표하였다.

또한 Klumper<sup>22), 23)</sup>, Kuo & Blesler<sup>7), 8)</sup> 등은 컴퓨터에 의한 추산방법을 연구하였으며 Zevnik & Buchanan<sup>32)</sup>, Allen & Page<sup>1)</sup> 등은 공정의 복잡도에 따른 공장 건설비의 상관관계를 규명하려 하였다.

이들 추산방법들은 모두 자국에서 건설된 많은 화학공장들의 경험적 자료를 근거로 하고 있다. 그러나 우리나라와 같은 개발도상국에서는 1) 화학공장 건설경험의 부족, 2) 높은 해외기술 의존도, 3) 건설공사별 국산화율의 상이 등, 화학공장 건설환경 이 이들과는 다르므로 위에 열거한 추산방법 등을 그대로 적용하기에는 많은 문제점이 있다<sup>33)</sup>.

이에 본 연구에서는 한국화학공장의 특수성을 고려한 추산이론과 방법을 도출하였는 바, 특히 해외기술 의존도에 따른 건설비의 영향 등을 고려하였다. 즉 플랜트의 국산화율에 따른 건설비의 변동관계를 새로운 인수를 도입하여, 1) 국산화인수( $R_E, R_M, R_L$ )와 2) 가격차인수( $\alpha_E, \alpha_M, \alpha_L$ )로 정의하고 이들의 상관관계를 고찰하여 인수이론에 의한 Guthrie<sup>16)</sup> 방법을 보정 응용하는 새로운 이론식을 유도하였다.

특히 이 이론식은 1) 장치구입비 2) 건설자재비 3) 노동인건비 별로 각각유도하여 종합하였으며, 이 이론식을 국내 화학공장(샘플)에 적용시켜 Guthrie 방법에 의하여 산출된 공장건설비와 국내 대단위 화학공장 중에서 발체한 실제 건설비들과 비교하였다. 또한 화학공장 건설비 추산을 일관성있게 종합처리 할 수 있도록 적정 모델을 설정하였으며, 화학공장 건설비 추산의 기준이 되는 공장 총장치 구입비를 계산하는데 알맞는 컴퓨터 프로그램을 개발하여 사용하였다.

## 2. 한국 화학공장 건설비추산을 위한 이론적 고찰

### 2-1 일반 이론(Factor System)

화학공장 건설비 구성인자를 크게 장치비(Equipment Cost :  $E$ ), 자재비(Mat'l Cost :  $M$ ), 노동인건비(Labor Cost :  $L$ ), 간접비(Indirect Cost :  $I$ )로 간주할 때 총건설투자비(Table 1 참조)는

$$C_T = f(E, M, L, I) \quad (1)$$

$$C_T = F[E + M + L] + I \cdot C \quad (2)$$

의 Factor System 으로 나타낼 수 있다.

여기에서  $F$ 는 보정인수이다. 또한 위의 식

Table 1. Summary Sheet of Construction Cost by Factor System

|                                   |                        |
|-----------------------------------|------------------------|
| 1. Locally-made Equip. .... $E_L$ | Equipment Cost ( $E$ ) |
| Imported Equip. .... $E_i$        |                        |
| $E_T$                             |                        |
| 2. Locally-made Mat'l. .... $M_L$ | Mat'l Cost ( $M$ )     |
| Imported Mat'l. .... $M_i$        |                        |
| $M_T$                             |                        |
| 3. Direct Material Cost           |                        |
| $E_T + M_T$                       |                        |
| 4. Direct Labor Cost .... $L$     | Labor Cost ( $L$ )     |
| 5. D.C. .... $E_T + M_T + L$      |                        |
| 6. I.C. .... (%) of D.C.          | Indirect Cost ( $I$ )  |
| 7. TIC .... $DC + IC$             |                        |

을 다음과 같은 형태로 나누어 나타낼 수 있다.

ㄱ) 총괄건설비 인수를 사용하는 형태<sup>26)</sup>

$$C_T = F_{\text{overall}} \sum E_i \quad (3)$$

ㄴ) 건설비 구성모듈을 사용하는 형태<sup>6)</sup>

$$C_T = [\sum E_i + \sum (C_1 E_i + C_2 E_i + \dots + C_n E_i)] F_i \quad (4)$$

여기에서  $E_i$ 는 주요장치 구입비  $C_1, C_2, \dots, C_n$ 은 배관, 전기, 제장, 절연, 도장(Painting) 등의 건설자재비 산출을 위한 인수이며  $F_i$ 는 간접비 산출을 위한 인수이다.

본 Factor System은 일반적으로 예비추산 단계에서 화학공장 건설비 추산에 매우 적합하다<sup>20)</sup> 그러므로 우리나라 화학공장 건설비를 추산하는데도 본 Factor System을 택하였다.

화학공장 건설비 추산의 정확성은 제 인수들을 어떻게 정확히 제시할 수 있느냐에 달려 있다. 특히 한국 화학공장은 국산화율에 따라 건설비의 차이가 크다. 그러므로 우리나라의 화학공장 건설비 추산에서 고려되어야 할 사항 중에서 으뜸되는 인자는 플랜트 국산화율에 따른 건설비의 연계성이다. 즉 국산화율에 따른 건설비의 상관관계가 규명되어야 한다.

## 2-2 국산화의 보정

### 1. 국산화를 개념

화학공장건설에 있어서 국산화율은 여러 관점에서 논술될 수 있으나 본 연구에서는 다음과 같이 총공장 건설비 중에서 국내에서 총당될 수 있는

ㄱ) 기기장치 ㄴ) 차재 ㄷ) 노동력 ㄸ) 용역 기술(엔지니어링)의 종합개념의 비로서 정의하였다. 즉

$$\begin{aligned} \text{프랜트 국산화율}(\%) = & \frac{\sum [\text{국내조달 가능한 장치, 재료, 노동, 기술의 비용}]}{[\text{총공장 건설비}]} \\ & \times 100 \quad (5) \end{aligned}$$

### 2. 국산화 및 가격차 인수의 설정

한국화학공장 건설비 추산에 있어서 국산화율에 따른 건설비의 영향과 그 상관관계를 고찰하는데 새로운 인수로서 ㄱ) 국산화 인수( $R_E, R_M, R_L$ )와 ㄴ) 가격차 인수( $\alpha_E, \alpha_M, \alpha_L$ )를 설정하였다.

#### 가. 국산화인수( $R$ )

우리나라 화학공장의 국산화인수를 다음 3가지 항목을 주 대상으로 하여 규정하였다.

ㄱ) 기기장치의 국산화인수( $R_E$ )

ㄴ) 건설자재의 국산화인수( $R_M$ )

ㄷ) 노동인건의 국산화인수( $R_L$ )

이를 각각 살펴보면,

$$R_E = \frac{\text{국내제작기기장치의 총구입비}(E_i)}{\text{기기장치의 총구입가격}(E_T)} \quad (6)$$

$$R_M = \frac{\text{국내에서 조달된 자재의 총구입비}(M_i)}{\text{건설자재의 총구입비}(M_T)} \quad (7)$$

$$R_L = \frac{\text{국내인의 노동인건비}(L_i)}{\text{총노동 인건비}(L_T)} \quad (8)$$

#### 나. 가격차 인수( $\alpha$ )

우리나라 화학공장 건설비 추산에 있어서 앞에서 논술한 국산화율에 따른 가격차를 보정하

Table 2. Comparison of Imported Equipment Cost and Locally-Made Equipment Cost

| Item                   | year      | Imported equip. cost ( $E_i$ ) | Locally-made equip. cost ( $E_l$ ) | $\alpha_E = E_l/E_i$ |
|------------------------|-----------|--------------------------------|------------------------------------|----------------------|
| Water cooled condenser | 1973~1974 | 61,300,000                     | 49,500,000                         | 0.81                 |
| Reformer tube(105)     | "         | 133,800,000                    | 89,700,000                         | 0.67                 |
| Tower(5)               | 1974      | 86,800,000                     | 39,200,000                         | 0.46                 |
| Heat exchanger(10)     | "         | 110,000,000                    | 62,300,000                         | 0.57                 |
| Vessel(17)             | "         | 98,000,000                     | 57,000,000                         | 0.59                 |

Data; KICHe. 14. 4, Aug(1979), p.255

기 위하여 다음과 같이 외국과 국내의 동일성능 (Equivalent Value), 동일시기(Same Time Base)에서의 구입가격의 비(比)를 새로운 인수로 설정하였다.

이를 구성요소별로 살펴보면 다음과 같다.

ㄱ) 기기장치비 차 인수( $\alpha_E$ )

$\alpha_E$ (FOB 기준)

$$= \frac{\text{동일성능 } i \text{ 장치의 국내구입 가격 } (E_i)}{i \text{ 장치의 외국에서의 구입 가격 } (E_i)} \quad (9)$$

ㄴ) 자재비 차 인수( $\alpha_M$ )

$$\alpha_M = \frac{\text{동일성능 } i \text{ 자재의 국내구입 가격 } (M_i)}{i \text{ 자재의 외국에서의 구입가격 } (M_i)} \quad (10)$$

ㄷ) 노동인건비 차 인수( $\alpha_L$ )

$$\alpha_L = \frac{\text{국내인 1manhour의 노동비 } (L_i)}{\text{외국인 1manhour의 노동비 } (L_i)} \quad (11)$$

여기에서  $\alpha_E$ ,  $\alpha_M$ ,  $\alpha_L$ 은 각각 기기장치, 자재, 노동비의 종류, 용량, 분야에 따라 자기 달라진다.

기기장치의 경우  $\alpha_E$ 는 각 장치의 종류마다 그 값이 다르다. Table 2에서 살펴본 바와 같이 비교적 간단한 장치(예 Vessel, Tank, Reactor 등)에서의  $\alpha_E$ 는 1보다 훨씬 작고 제작 경험이 적고 그 기술의 난이도가 높은 장치의 경우는  $\alpha_E$ 값은 1보다 같거나 크다.  $\alpha_M$ ,  $\alpha_L$ 의 경우도  $\alpha_E$ 와 비슷한 경향을 갖는다. 그러므로  $\alpha_E$ ,  $\alpha_M$ ,  $\alpha_L$ 은 국산화가 이룩된 부분에 한해서 이를 대표할 수 있는 대표값을 취하여 사용하는 것이 바람직하다. 그러나 이 대표값은 각 공장의 유형과 한 국공업기술의 발전도에 따라서 다른 경향을 나타낸다.

본 연구에서는  $\alpha$ 값을 우리나라 화학공장에서

일반적으로 사용할 수 있도록 일반화 시킨 값을 산출하여 사용한다.

## 2-3 관계식의 유도

### 1. 장치구입비의 추산

총장치 구입비( $E_T$ )는 평균단위비용(Average Unit Cost) 개념<sup>27)</sup>을 사용하여 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$E_T = N_T \cdot \bar{E} \quad (12)$$

여기에서  $\bar{E}$ =[Total Cost of Process Equip.]/[No. of Equip. Item]이다. 이때  $N_T$ 는  $N_l$ 과  $N_i$ 의 합으로 나타낼 수 있으며 또한 기기장치의 국산화율은  $N_l$ 과  $N_i$ 의 비(比) 즉,  $N_l/N_T$ ( $=1-N_i/N_T$ )로 나타내어져 총장치 구입비  $E_T$ 는 다음 식(13)과 같다.

$$E_T = N_i \bar{E}_i + N_l \bar{E}_l \quad (13)$$

여기에서  $\bar{E}_i$ 는 수입기기장치의 평균단위비용이며  $\bar{E}_l$ 은 국내제작장치의 평균단위비용이므로

$$\alpha_E = \frac{\bar{E}_l}{\bar{E}_i} \quad (14)$$

이 된다. 식 (13)(14)에서

$$\begin{aligned} E_T &= N_i \bar{E}_i + N_l (\alpha_E \bar{E}_i) \\ &= N_T \bar{E}_i \{R_E (\alpha_E - 1) + 1\} \end{aligned} \quad (15)$$

여기에서  $N_T \bar{E}_i$ 는 기기장치를 모두 외국에서 수입하였을 경우의 총장치구입비이다. 따라서 식 (15)로부터 외국으로부터의 기기 장치수입 총가격을 국산화 인수( $R_E$ )와 가격차 인수( $\alpha_E$ )로 보정함으로서 우리나라 화학공장의 총 기기장치구입비를 추산할 수 있다. 이때  $\eta$ 를  $E_T$ 와  $N_T \bar{E}_i$ 의 비(比)로 정의하면

$$\eta = R_E (\alpha_E - 1) + 1 \quad (16)$$

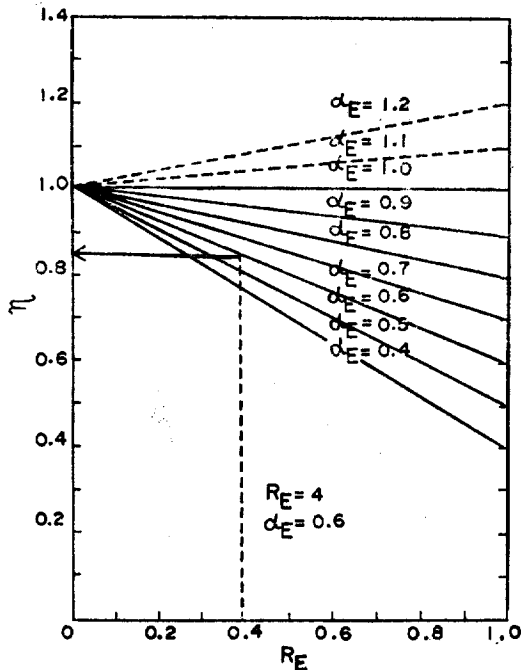


Fig. 1. Effects of Domestic Factor and Difference-Value-Factor for Total Equipment Cost

식 (16)을 도표로 나타내어  $\eta$ 와  $R_E$ ,  $\alpha_E$ 와의 관계를 살펴보면 Fig. 1과 같다.

Fig. 1은  $\eta$ 와  $R_E$ 와의 관계를  $\alpha_E$  값을 매개변수로 나타낸 그래프이다. 여기에서  $\eta$ 는  $\alpha_E$  값의 함수관계로 나타내어지는 것을 알 수 있다. 즉  $\alpha_E=1$ 인 경우에는  $R_E$ 가  $\eta$ 에 아무런 영향을 주지 못하며  $\alpha_E>1$  경우에는  $\eta$  값이 1보다 커지고  $\alpha_E<1$  경우에는  $\eta$  값이 1보다 작아진다. Fig. 1에서  $\alpha_E$ 가 0.6이고 기기 국산화율이 40% ( $R_E=0.4$ )이면 총 장치구입비(FOB 기준)는  $\eta=0.84$ , 즉 외국장치구입비의 84%에 해당하는 값이란 것을 알 수 있다.

본 관계식은 연구개발 단계에서 장치비 자료가 풍부한 외국자료를 사용하여 한국화학공장의 특수인수인  $R_E$ 와  $\alpha_E$ 의 대표값을 도출하여 장치구입비를 환산할 수 있다는 것을 보여준다.

## 2. 자재비의 추산

앞에서 논술한 장치구입비 외에 1) 배관설치비

2) 제장설치비 3) 전기공사비 4) 절연 공사비 5) 도장공사비 6) 건물 및 장치 설치의 기초공사비와 같은 부대설치비도 국산화율( $R$ )에 따라서 많은 차이를 나타내게 된다.

따라서 자재비 추산에 있어서도 국산화 인수( $R$ )와 가격차 인수( $\alpha$ ) 개념을 도입하여 관계식을 유도하면 다음과 같다.

$$M_T = M_i + M_i \quad (19)$$

한편

$$\alpha_M = \frac{M_i}{M_i} \quad (18)$$

$$R_M = \frac{M_i}{M_T} \quad (19)$$

이를 식 (15)와 같은 유도과정을 통하여 구하면 총자재구입비는

$$M_T = M_{iT} \{R_M(\alpha_M - 1) + 1\} \quad (20)$$

여기에서  $M_{iT}$ 는 외국에서 자재를 모두 수입했을 경우의 가격이다. 따라서 식 (20)에 의하여 외국의 자재비 데이터에  $R_M$ 과  $\alpha_M$ 을 보정첨가함으로써 우리나라 화학공장의 총자재비를 추산할 수 있다.

## 3. 노동인건비의 추산

화학공장 건설에 사용되는 직접노동인건비는 일반적으로 사용하는 장치 및 자재비의 비를 이용하여 추산된다<sup>10)</sup>.

$$L_T = \left( \frac{L}{E+M} \right) [\text{자재 및 장치비}] \quad (21)$$

여기에서  $L/(E+M)$ 은 통계적 결과에 의해 정한 값을 사용하고 자재 및 장치비는 앞항에서 추산한 결과치를 사용한다. 그런데 외국의 경우  $L/(E+M)$ 과 국내의 경우  $L/(E+M)$ 은  $L$ ,  $E$ ,  $M$  가격의 상이성으로 크게 다르다. 본 항에서는 외국의 경우의  $L/(E+M)$  값을 노동비의 국산화에 따라 어떻게 보정하느냐를 다루었다.

한국화학공장에서의 노동 인건비는

$$L_T = \Sigma L_i + \Sigma L_i \quad (22)$$

여기에서  $\Sigma L_i$ 은 국내기술노동자의 인건비이고  $\Sigma L_i$ 는 외국 기술자의 인건비이다. 또한 공장건설에 소요되는 총 manhour 수를  $N_T$ 라 하고 국내노동 manhour 수를  $N_i$ , 외국노동 manhour 수를  $N_i$ , 외국 1 manhour의 임금을  $L_i$ , 국내 1 manhour의 임금을  $L_i$ 라 하면

$$L_T = L_i N_i + L_i N_i \quad (23)$$

$$R_L = \frac{N_L}{N_T} \quad (24)$$

또한  $P_f$ (동일기능의 노동생산 인수)를 다음과 같이 정의 하고

$$P_f = \frac{\text{국내인 1 manhour의 작업량}}{\text{외국인 1 manhour의 작업량}} \quad (25)$$

이를 이용하면

$$\alpha_L = \frac{L_i}{L_i} \left( \frac{1}{P_f} \right) \quad (26)$$

과 같이 나타낼 수 있다. 식 (24), (25), (26)을 식 (23)에 대입정리하면

$$L_T = N_T L_i \{R_L (P_f \alpha_L - 1) + 1\} \quad (27)$$

그러므로 우리나라 화학공장의 노동인건비 ( $L_T$ )는 외국에서 건설되었을 경우의 총 소요노동인건비 ( $N_i L_i$ )에  $R_L$ 과  $\alpha_L$ 로 보정하므로써 추산될 수 있다.

### 3. 한국화학공장 건설비 추산모델의 설정

#### 3-1 QEEC 프로그램

화학공장 건설비 추산의 기본이 되는 기기장치 구입비를 계산하기 위하여 QEEC(Quick Estimation -or Equipment Cost) Program를 설정하였다. 장치구입비를 본 QEEC Program에 의하여 추산하면 추산시간이 절약되고 추산방법에 일괄성을 기할 수 있으며, 추산자료의 시간적 상이성을 정량적으로 보정하고 효과적인 장치구입비추산체제를 수립할 수 있다는 이점(利點)이 있다.

##### 1. 기기장치의 분류

정확한 기기장치구입비의 추산은 기억자료의 정확성 및 이의 분류 방법에 따라 좌우된다.

본 QEEC Program을 위한 화학공장 장치의 분류는 1) Classification 2) Identification 3) Functional Separation 4) Unique Number 5) Flexibility 6) Wide Application의 원칙에 따라 분류하여 4개 단위로 digit화 하였다.

또한 본 QEEC Program은 1) 기억자료 2) 입력자료 3) 출력자료로 구성하였으며, 계산의 logic은 다음 순서에 의하여 행하였다.

##### Step 1:

$$\left( \frac{\text{cost of}}{\text{output}} \right) = \left( \frac{\text{cost of}}{\text{ref.}} \right) \left( \frac{\text{size of input}}{\text{size of ref.}} \right) \left( \frac{\text{index of input}}{\text{index of ref.}} \right)$$

##### Step 2:

- 1) (TEC).....Total Equipment Cost (FOB base)
- 2) (TEC)<sub>D</sub> .....Total Equipment Cost (Locally made)
- 3) (TEC)<sub>F</sub> .....Total Equipment Cost (Imported)

##### Step 3:

$$4) R_E = \frac{(\text{TEC})_D}{\text{TEC}}$$

##### Step 4:

$$5) F_A = R_E F_{AI} + (1 - R_E) F_{Ai}$$

##### Step 5:

$$6) \text{Delivered Equipment Cost:} \\ \text{Delivered TEC} = (F_A) \cdot (\text{TEC})$$

여기에서  $F_{AI}$ 과  $F_{Ai}$ 는 Catalogue나 발표된 장치비자료를 기준으로 추산한 장치구입비를 실제 공장도 장치구입비(Equipment Cost Delivered)로 환산하기 위한 보정인수로서,  $F_{Ai}$ 는 외국에서 수입한 장치구입비의 보정인수이고,  $F_{AI}$ 은 국내에서 구입한 장치구입비 보정인수이다.

#### 3-2 추산모델의 설정

연구개발 단계에서 한국화학공장 건설비를 추산하는 적정모델을 Factor System에 의하여 앞장의 이론식을 바탕으로 설정하였다.

본 모델은 기기장치비를 외국자료를 기준으로 계산하고 이에 화학공장 건설의 국산화가 건설비에 미치는 효과를 정량적으로 보정하여 설정하였는 바 다음과 같다.

##### 1. 추산에 필요한 자료

- 1) Project Scope(Standard Process)
- 2) Process Flow Chart
- 3) Equipment List(Preliminary Sizing & Mat'l Specifications)

##### 2. 본 모델의 적용범위

본 모델은 화학공장 건설비를  $\pm 25\%$ 내외의 오

차 범위를 갖는 Preliminary Estimate 단계에서 B/L(Battery Limit)을 중심으로 한 건설비 추산모델이다.

### 3. 건설비 추산순서

#### (1) 기기장치비(FOB base)의 계산

Process Flow Chart에서 얻어진 Equipment List 및 Mat'l Specification 자료를 사용하여 건설에서 기술한 QEEC Program에 의해서 계산한다.

#### (2) 화학공장 특성인수의 결정

ㄱ. 국산화 인수( $R_E$ ,  $R_M$ ,  $R_L$ )

ㄴ. 가격차 인수( $\alpha_E$ ,  $\alpha_M$ ,  $\alpha_L(P_f)$ )

#### (3) 추산모델인수의 선정

건설하고자 하는 화학공장이 외국에서 건설되었을 경우의 추산인수를 선정한다. 이는 외국에서 각 프로젝트에 따라서 발표된 자료에 따른다(2, 3, 4, 5, 11, 13, 14, 15, 16, 21, 27, 28, 29).

#### (4) 국산화율에 따른 인수의 보정( $F_E$ , $F_M$ , $F_L$ )

가) 장치구입비(FOB 기준) 인수의 보정...

$R_E$ 와  $\alpha_E$  특성 인수에 의해 식 (15)의 방법으로 보정한다.

$$F_{E,FOB} = f_E[R_E(\alpha_E - 1) + 1] \quad (28)$$

여기에서  $F_{E,FOB}$ 는 FOB 기준 장치구입비의 보정인수이고  $f_E$ 는 외국의 장치구입비

인수이다.

나) 장치구입비(delivered 기준)인수의 보정...가중치 방법에 의한 보정인자  $F_A$ 에 의해  $F_{E,FOB}$ 를 공장인도 장치구입비 인수( $F_{E,del}$ )로 환산한다.

$$F_A = R_E F_{Ai} + (1 - R_E) F_{Ai} \quad (29)$$

$$F_{E,del} = F_A \cdot F_{E,FOB} \quad (30)$$

다) 자재비인수의 보정... $R_M$ 과  $\alpha_M$  특성인수로 식 (20)의 형태로 보정한다.

$$F_M = f_M[R_M(\alpha_M - 1) + 1] \quad (31)$$

여기에서  $F_M$ 은 우리나라 화학공장 자재비 보정인수이고,  $f_M$ 은 외국자재비 인수이다.

라) 노동인건비 인수의 보정... $R_L$ ,  $\alpha_L$ 과  $P_f$ 인수로 다음의 형태로 보정한다.

$$F_L = f_L[R_L(\alpha_L P_f - 1) + 1] \quad (32)$$

여기에서  $F_L$ 은 우리나라 화학공장 노동인건비 보정인수이고  $f_L$ 은 외국노동인건비 인수이다.

#### (5) 간접비 인수의 설정( $I_f$ )

간접비 인수는 프로젝트에 따라 결정한다.

#### (6) 총괄인수( $F_{overall}$ )의 결정

B/L(Battery Limit) 기준 총괄인수를 다음식에 의하여 구한다.

Table 3. Summary Sheet of Model

1. 총장치 구입비(TEC)의 추산.....QEEC 프로그램에 의해서 구한다.
2. 프로젝트의 특성인수의 설정
  - ㄱ. 국산화 인수;  $R_E$ ,  $R_M$ ,  $R_L$
  - ㄴ. 가격차 인수;  $\alpha_E$ ,  $\alpha_M$ ,  $\alpha_L$ ,  $P_f$
3. 추산모델인수의 선정.....Factor System으로 추출된 외국의 추산인수의 선정
4. 국산화율에 따른 인수의 보정
  - ㄱ. 장치구입비 인수( $F_{E,del}$ )
  - ㄴ. 장치구입비 인수( $F_{E,FOB}$ )
  - ㄷ. 자재비 인수( $F_M$ )
  - ㄹ. 노동인건비 인수( $F_L$ )
  - ㅁ. 간접비 인수( $I_f$ )
5. 총괄인수( $F_{overall}$ )의 결정
 
$$F_{overall} = I_f(F_{E,del} + F_M + F_L)$$
6. B/L 기준 총 건설비 계산
 
$$I_b = F_{overall}(\text{TEC})$$

$$F_{\text{overall}} = I_f(F_{E, \text{del}} + F_M + F_L) \quad (33)$$

(7) B/L 기준 총 건설비( $I_b$ ) 계산

B/L의 총 건설비는 (1)항의 QEEC 프로그램에서 얻은 총 장치구입비(TEC at FOB)에 총괄인수( $F_{\text{overall}}$ )의 곱으로 구한다.

$$I_b = F_{\text{overall}}[\text{TEC}] \quad (34)$$

이상 기술한 것을 종합하여 Table 3에 정리하였다.

#### 4. 건설비 사례분석 및 모델의 적용

상기에서 논술한 한국화학공장의 특수성을 감안한 건설비 추산을 위하여 실제 우리나라에서 건설된 화학공장건설비 사례를 조사 분석하고 그로부터 특성인자를 추출하였으며 이중 1개 공장을 선정하여 본 연구에서 설정한 추산모델을 적용, 건설비를 산정하였는바 다음과 같다.

##### 4-1 조사 화학공장의 선정 및 개관

본 연구에서는 건설비 조사를 위한 대상공장을

1. 화학공장으로서 일반적인 공정을 충실히 갖춘 장치산업에 대표하는 공장
2. 대단위 화학공장에 알맞는 건설과정을 가진 공장
3. 한국화학공장의 특수성이 비교적 잘 반영되어 있는 공장으로서 F Process Plant, F/S Process Plant 중에서 9개 공장을 선정조사하였다.

이 화학공장들의 개관과 건설비 내역을 살펴보면 다음 Table 4와 같다. 또한 B/L를 기준으로 한 각 공장별 구성요소 백분율은 Table 5와 같다.

##### 4-2 자료분석 결과

위의 9개 화학공장의 건설비 자료를 분석 처리하는 데에는

- 1) 자료의 일괄성을 기하기 위해서 목표대상을 B/L(Battery Limit)에 국한하였다.
- 2) Equipment는  $E_i$ (외국수입장치)와  $E_i$ (국내제작장치)로 구분하여 처리하였다.

Table 4. Process Plants Analysis for Case Study

| Seq. no | Product                        | Capacity(MT/yr)   | TIC(Base;B/L*) | Unit | 진행정도 | Plant Type | Time       |
|---------|--------------------------------|-------------------|----------------|------|------|------------|------------|
| Plant 1 | SBR                            | 25,000            | 13,023,768     | \$   | C*   | F.S.*      | 71.12-73.4 |
| Plant 2 | Alkyl Benzene                  | 13,000            | 1,419,671,648  | ₩    | C    | F.S.       | 71.4-73.2  |
| Plant 3 | Caprolactum & 유한비료             | 33,000<br>142,000 | 13,824,065,000 | ₩    | C    | F.S.       | 72.9-74.2  |
| Plant 4 | Acrylonitrile Monomer          | 50,000            | 29,378,000     | \$   | C    | F.S.       | 76-78      |
| Plant 5 | Fertilizer Complex             |                   | 365,789,000    | \$   | C    | F.S.       | 73.10-77.2 |
|         | Urea                           | 330,000           |                |      |      |            |            |
|         | Ammonia                        | 600,000           |                |      |      |            |            |
|         | H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> | 693,000           |                |      |      |            |            |
|         | H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> | 210,000           |                |      |      |            |            |
|         | HNO <sub>3</sub>               | 93,000            |                |      |      |            |            |
|         | 초안                             | 15,000            |                |      |      |            |            |
| Plant 6 | Polypropylene                  | 30,000            | 1,590,000      | \$   | C    | F.S.       | 71.3-72.6  |
| Plant 7 | Methanol                       | 330,000           | 36,816,841     | \$   | C    | F.S.       | 73-76.7    |
| Plant 8 | Polyethylene & VCM             | 50,000<br>60,000  | 37,823,000     | \$   | C    | N.U*       | 69.8       |
| Plant 9 | Ethanol & Acetaldehyde         | 30,000<br>24,000  | 15,997,393     | \$   | C    | F.S.       | 73.5-74.10 |

B/L\*: Battery Limit, C\*: Construction, F.S.\*: Full Scale, N.U.\*: New Unit.

Table 5. Percentages of Relative Costs for B/L

| Plant   | \$ | $I_b$ | (E)   | (M+L) | (I)   |
|---------|----|-------|-------|-------|-------|
| $P_1$   |    | 100   | 53.92 | 28.85 | 17.24 |
| $P_2$   |    | 100   | 48.56 | 39.46 | 11.98 |
| $P_3$   |    | 100   | 83.33 | 7.86  | 8.79  |
| $P_4$   |    | 100   | 32.99 | 50.60 | 16.41 |
| $P_5$   |    | 100   | 40.63 | 35.45 | 23.92 |
| $P_6$   |    | 100   | 36.36 | 38.84 | 24.81 |
| $P_7$   |    | 100   | 61.66 | 14.19 | 24.17 |
| $P_8$   |    | 100   | 35.99 | 29.18 | 34.83 |
| $P_9$   |    | 100   | 44.26 | 19.86 | 35.88 |
| Average |    |       | 48.63 | 29.37 | 22.00 |

- 3) 자료의 한계성 때문에 건설비를 기기장치구입비(E), 건설 자재비(M), 현장노동 인건비(L), 간접비(I)로 분류하였다.
- 4) 시운전비(Start-up Cost)는 본 분석에서 제외하였다.

### 1. 기준 건설비 총괄인수

9개의 우리나라 화학공장 실제 자료로부터 Factor System에 의한 총괄건설비 인수를 구하여 각 프로젝트 별로 Fig. 2에 나타내었다. 또

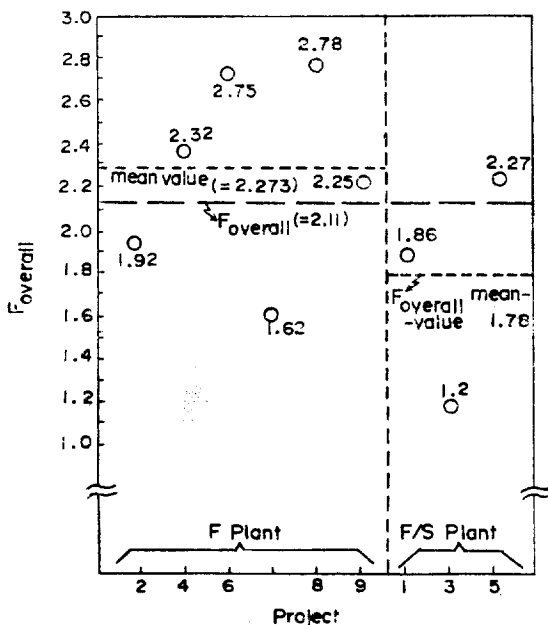


Fig. 2. Distribution of Overall Factor in Korea Chemical Process Plant

한 공정형태에 따른 총괄 건설비 인수를 얻기 위하여 각 Project의 인수분포를 작도하고 F Plant와 F/S Plant 별로 살펴 보았는바, F Plant는 2.27, F/S Plant는 1.78이었다.

F Plant가 F/S Plant보다 그 값이 크게 나타난 이유는 부대 설치비용—배관설비, 제장설비, 전기시설 절연(絶緣)시설, 도장공사에 투입되는 비용이 F Plant의 경우가 크기 때문인 것으로 사료된다.

### 2. 간접비 비율

사례 화학공장의 건설비중 직접비(기기장치구입비, 자재구입비, 노동인건비)와 간접비 비율을 분석한 결과 3.5:1로서 간접비가 총 건설비의 약 22%가 되는 것으로 나타났다.

이 간접비에는 1) 특허료 2) 설계비 3) 감독비 4) 기술용역비 5) 사업추진비, 건설이자 해외훈련비, 지불보증금 등의 일반경상비 6) 예비비 등을 포함한다.

우리나라에서의 간접비 항목은 Project에 따라 변동요인이 큰 항목으로서 Technical-know-how의 소지유무, 공정의 복잡도 및 건설경험의 축적정도에 따라 다르다. 일반적으로 간접비 산정을 위해서는 실제자료분석 결과가 사용된다<sup>16)</sup>.

본 연구에서 조사한 9개 화학공장의 간접비

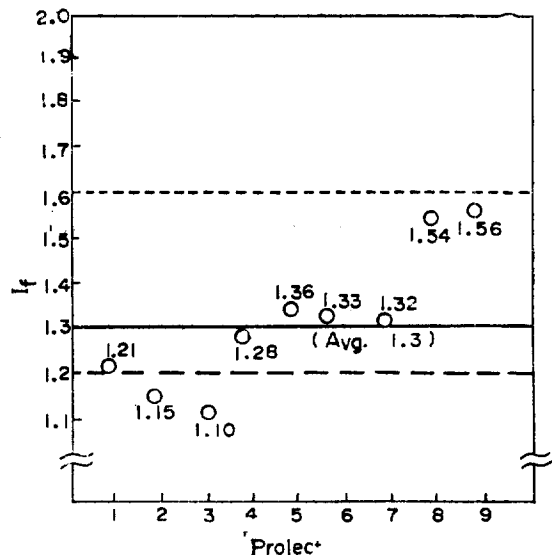


Fig. 3. Distribution of Indirect Cost Factor in Korea Chemical Process Plant

Table 6. Scope of Sample Project

| Items                          | Contents   | Remarks   |
|--------------------------------|--|---|
| 1. Project                     | Polypropylene Resin Plant  |   |
| 2. Plant Type                  | New Plant(Grass Roots Plant)   |   |
| 3. Plant Size(MT/yr)           | 30,000   |   |
| 4. Plant Location              | Kyoungnam  |   |
| 5. Construction Time           | 1971. 3.   |   |
| 6. Area                        | 98,000(평)  |   |
| 7. Process                     | Amoco Process  | $*F_{t, \max} = 120^{\circ}\text{C}$<br>$*F_{p, \max} = 18\text{kg/cm}^2$<br>$*F_{m, \text{avg}} = \text{S.S.}$ |
| 8. Boundary of Cost Estimation | Battery Limit(except Site-Preparation Cost, Utility Cost, Land Cost) |   |

\* $F_{t, \max}$  : Max. Temp.\* $F_{p, \max}$  : Max. Pressure\* $F_{m, \text{avg}}$  : Averaged used Mat'l

S.S. : Stainless Steel

Table 7. Equipment Cost List of Polypropylene Resin Plant(Sample Study of QEEC Program)  
(Unit \$)

| NO | CODE | SIZE     | COST        | EXPONENT | INDEX | F/D |
|----|------|----------|-------------|----------|-------|-----|
| 1  | 1144 | 2500.00  | 8382.6289   | 0.78     | 332   | F   |
| 2  | 1305 | 45.00    | 33155.0156  | 1.22     | 332   | F   |
| 3  | 1404 | 476.00   | 77408.5625  | 0.70     | 332   | F   |
| 4  | 1406 | 150.00   | 23775.7773  | 0.96     | 332   | F   |
| 5  | 2615 | 20.00    | 5383.5078   | 0.48     | 332   | F   |
| 6  | 2915 | 5.00     | 1546.5754   | 0.40     | 332   | F   |
| 7  | 3038 | 6095.00  | 6638.9414   | 0.41     | 332   | D   |
| 8  | 3039 | 2000.00  | 8470.5977   | 0.39     | 332   | D   |
| 9  | 3044 | 18000.00 | 28352.4531  | 0.66     | 332   | D   |
| 10 | 3044 | 18000.00 | 28352.4531  | 0.66     | 332   | D   |
| 11 | 3101 | 9.00     | 124030.0625 | 0.60     | 332   | F   |
| 12 | 3201 | 10.00    | 22931.4102  | 0.60     | 332   | F   |
| 13 | 3202 | 10.00    | 106163.8750 | 0.60     | 332   | F   |

## SUMMARY SHEET

|   |             |
|---|-------------|
| 1. FOB TEC(\$)                            | 47259106875 |
| 2. TEC OF DOMESTIC(\$)                    | 6981404375  |
| 3. TEC OF FOREIGN(\$)                     | 40277703125 |
| 4. $R_E = (\text{TEC})D/(\text{TEC})$     | 0.1477      |
| 5. $F_A = R_E + F_{AL} + (1 - R_E)F_{Ai}$ | 1.2205      |
| $F_{AL} = 1.05, F_{Ai} = 1.25$            |             |
| 6. DELIVERED TEC(\$)                      | 576776.0625 |

인수 분포관계를 Fig. 3에 도시하였다. 그 결과 평균 간접비 인수  $I_f$ 는 1.3이었다.

## 4-3 모델의 적용

## 1. Sample Project의 선정

앞에서 설정된 모델의 타당성을 확인하기 위하여 앞의 화학공장 중 가장 자료가 확실한 화학공장(Polypropylene Plant)을 선정하여 모델

Table 8. Summary of Domestic Factor and Difference-Value Factor for Sample Project

| Factor | Value  | Factor     | Value | Factor | Value  |
|--------|--------|------------|-------|--------|--------|
| $R_E$  | 0.1477 | $\alpha_E$ | 0.6   | $P_f$  | 2      |
| $R_M$  | 0.186  | $\alpha_M$ | 0.8   | $F_A$  | 1.2205 |
| $R_L$  | 0.298  | $\alpha_L$ | 0.1   |        |        |

을 적용시켰는바 비교적 근사한 결과를 얻었다.  
선정된 공장의 개관은 Table 6 과 같다.

## 2. QEEC Program 의 실시

본 프로젝트의 총장치구입비를 계산하기 위한 QEEC Program 의 실시 결과는 Table 7 과 같다.

## 3. 추산모듈인수의 선정

Low Pressure(18 kg/cm<sup>2</sup>)의 Catalytic Reaction 과 Polymerization 에 의해 생산되는 Polypropylene 공장의 B/L 의 건설비 추산모듈인수로서 Guthrie 건설비 인수<sup>16)</sup>를 선정하면 다음과 같다.

- 1) 장치비인수 : 100
- 2) 자재비인수 : 50.9
- 3) 직접현장노무비인수 : 44.8
- 4) 간접비인수 : 1.47
- 5) 총괄인수 : 2.875

## 4. 프랜트 특성인수의 결정

한국 화학공장 추산모델에 따라 Polypropylene Process Plant 의 국산화 특성인수를 구한 바, Table 8 과 같다.

## 5. 국산화율에 따른 인수의 보정

가) 장치구입비(FOB 기준) 인수의 보정

$$F_{E, fob} = 100[R_E(\alpha_E - 1) + 1] = 94.09$$

나) 장치구입비(delivered 기준) 인수의 보정

$$F_A = 1.2205$$

$$F_{E, del} = (94.09)(1.2205) = 114.84$$

다) 자재비인수의 보정

$$F_M = 50.9[R_M(\alpha_M - 1) + 1] = 49.01$$

라) 노동인건비 인수의 보정

$$F_L = 44.8[R_L(\alpha_L P_f - 1) + 1] = 34.44$$

## 6. 총괄인수( $f_{overall}$ )의 결정

$$f_{overall} = 1.3(F_{E, del} + F_M + F_L) = 257.7$$

## 7. B/L 기준총건설비( $I_b$ )

$$I_b = f_{overall}[\text{TEC}]$$

$$= 472592(\$) \times 2.577 = \boxed{1,217,870(\$)}$$

## 5. 종합적 고찰

본 연구에서 제시한 추산모델에 의한 계산 결과와 실제 투여된 건설비와를 비교하기 위하여 Table 9 에 각 항목별 비교 환산치를 수록하였으며, 아울러 Guthrie 추산모델에 의한 추산인수를 수록하여 서로 비교하였다.

Table 9 에 나타난 바와 같이 본 연구의 추산모델에 의하여 추산된 인수는 실제 건설비 인수와 3.33%의 오차만을 갖는 좋은 결과를 나타내었다.

즉 Guthrie 인수들을 국산화에 따른 각 특성인수로 보정한 결과 각 건설비 구성요소 별로 Guthrie 인수보다 실제값에 매우 근접한 결과를 보여주었다. 이는 본 연구의 특성인수 설정에 의한 건설비 추산 방법이 타당하다는 것을 보여준다.

위에서 살펴 본 바와 같이 본 연구에서 제시한 추산모델은 한국 화학공장 건설비의 추산에 타당하다고 사료되며, 본 모델을 사용하였을 경우 기대되는 효과 및 이용범위로서는, 먼저 국가적인 측면에서,

1. 국산화율에 따른 건설비의 증감효과를 계수적으로 판단할 수 있으므로 프랜트 국산화 정책의 기본 자료로 사용할 수 있으며
2. 공장 건설비의 외자 및 내자의 적정비율을 산출하는 근거가 되며
3. 장치 산업투자의 기술적, 경제적 분석에 따른 투자비의 합리적 예측과 화학공업 분야의 효과적인 정책수행을 위하여 기여할 수

Table 9. Comparison of Our Model Factor and Real Factor

| Component   | Estimating Method | Real Factor | Factor Calculated by our Model | Guthrie Factor |
|---|-------------------|-------------|--------------------------------|----------------|
| 1. TEC(FOB Base)  |                   | 100         | 94.09                          | 100            |
| 2. TEC(delivered base)  |                   | 132         | 114.84                         | —              |
| 3. Material Factor( $F_M$ )<br>Piping, Instruments,<br>Electrical, Insulation<br>Paint, Building &<br>Equip. Erection |                   | 45          | 49.01                          | 50.9           |
| 4. Labor Factor( $F_M$ )  |                   | 23.5        | 34.44                          | 44.8           |
| 5. Indirect Cost Factor   |                   | 1.33        | 1.30                           | 1.47           |
| 6. Over-all Factor( $F_{overall}$ )   |                   | 266.67      | 257.78                         | 287.50         |
| Error(%)  |                   |             | -3.33(%)                       | +11.14(%)      |

있다고 사료된다.

또한 기업적인 측면에서는

1. 새로운 사업투자를 위한 의사결정을 위하여 최초투자비를 신속간단하게 예측가능케 하고
2. 국내 기업체가 외국용역회사와의 프랜트 건설 계약시에 적절한 국산화에 의한 건설비 감소폭을 제시할 수 있게 하며
3. 수출증대의 일환으로 Plant 수출을 위한 기본 방법을 마련하는데 기여할 것으로 사료된다.

또한 본 모델은 시간적으로 변모하는 개발도상국들의 공장건설환경 속에서 각 건설비 구성요소들의 효율적인 평가에 따라 연속적으로 건설비를 보정 추산, 예척할 수 있다는데 그 의의가 크다고 하겠다.

## 6. 결 론

연구 개발단계(허용오차:  $\pm 25\%$ )에서 화학공장 건설비 추산에 관하여 지금까지 외국에서 발표된 추산방법을 검토하고 우리나라 실정에 알맞는 적정모델을 설정하기 위하여 본 연구를 수행하였는바, 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 한국 화학공장 건설비 추산은 1) 건설비 구성요소의 복잡성 2) 기술 용역분야의 개발정도 3) 기술축적의 다과등으로 일반적 추산방법인 인

수 방법과 지수방법으로는 그 타당성과 정확성이 결여되어 적합하지 않으며, 합리적 추산을 위해서는 우리나라 화학공장 국산화에 따른 건설비 상관관계를 적정하게 규명, 보정하여야만 한다.

2. 본 연구에서 국산화 인수( $R_E, R_M, R_L$ ), 가격차 인수( $\alpha_E, \alpha_M, \alpha_L$ ) 등의 새로운 인수 개념을 설정하여 국산화에 따른 건설비 차를 보정하기 위하여 그 관계식을 유도하였는 바 다음과 같다.

가) 장치구입비:  $E_T = N_T E_i \{R_E(\alpha_E - 1) + 1\}$

나) 자재구입비:  $M_T = M_{iT} \{R_M(\alpha_M - 1) + 1\}$

다) 노동인건비:  $L_T = L_{iT} \{R_L(\alpha_L - 1) + 1\}$

3. Factor System을 이용하여 프랜트 도입의 입장에서 국산화에 따른 보정인수로서 조합한 한국 화학공장 건설비 추산모델을 Table 3과 같이 제시하였다.

또한 본 모델에서 총장치 구입비를 계산하는데 사용되는 QEEC Computer Program을 개발하였다.

4. 국내에서 실제로 건설된 화학공장 건설비 자료를 분석한 결과 F, F/S 화학공장에 대한 총괄건설비 인수( $F_{overall}$ )는  $2.11 \pm 0.49$ , 간접비 인수( $I_f$ )는 1.3이었다.

\*\*본 연구는 1977년도 문교부 정책 발전 연구과제의 연구결과로서 1978년 8월 문교부장관으로부터 대외 발표 허가를 받았음.

## 사용 기호

$C_T$  총공장 건설비  
 $C_1, C_2, C_3, \dots, C_n$  배관 전기 제장 절연 도장 등의  
 건설자재비 산출을 위한 인수  
 113.  
 $E$  기기장치비  
 $\bar{E}$  평균단위장치비, 즉(총 장치 구입비)/(총기  
 기장치의 수)  
 $E_i$  국내 제작장치의 구입비  
 $E_l$  국외 수입장치의 구입비  
 $E_T$  총 장치 구입비  
 $I_f$  간접비 산출을 위한 인수  
 $F_{overall}$  총괄건설비 인수  
 $F_A$  공장인도가 기준 보정인수  
 $F_{Ai}$  외국에서 수입한 장치구입비의 보정인수  
 $F_{Al}$  국내에서 구입한 장치 구입비의 보정인수  
 $F_{E,del}$  공장인도가 기준 장치비 인수  
 $F_M$  공장인도가 기준 자재비 인수  
 $F_L$  공장인도가 기준 노동비 인수  
 $f_E$  외국자료에 의한 장치구입비 인수  
 $f_M$  외국자료에 의한 자재비 인수  
 $f_L$  외국자료에 의한 노동비 인수  
 $I$  간접비  
 $I_f$  간접비 인수  
 $I_b$  Battery Limit 기준 총 건설비  
 $L$  노동 인건비  
 $L_i$  국내기술노동자의 1 manhour의 인건비  
 $L_l$  국외기술노동자의 1 manhour의 인건비  
 $L_T$  총 인건비  
 $M$  자재비  
 $M_{iT}$  외국의 경우 총 자재비  
 $N_T$  총 기기장치의 수  
 $N_l$  국내제작 기기장치의 수  
 $N_i$  국외수입 기기장치의 수  
 $P_f$  동일기능의 노동 생산인수  
 $R$  프랜트의 국산화율  
 $R_E$  기기장치의 국산화 인수  
 $R_L$  노동인건의 국산화 인수  
 $R_M$  자재비의 국산화 인수  
 $W$  가중치

## 회람 문자

$\alpha$  국외와 국내의 동일성능, 동일시기에서의 구  
 입가격 비  
 $\alpha_E$  기기장치비 차 인수  
 $\alpha_M$  자재비 차 인수  
 $\alpha_L$  노동 인건비 차 인수  
 $\eta$   $E_T$ 와  $N_T \cdot E_i$ 의 비

## 약 어

B/L Battery Limit  
 D.C Direct Cost  
 F Fluid Process Plant  
 F/S Fluid Solid Process Plant  
 I.C Indirect Cost  
 L/M Labor Cost Per Material Cost  
 QEEC Quick Estimation for Equipment Cost  
 TIC Total Investment Cost

## 참고 문헌

1. D.H. Allen and R.C. Page, *Chem. Eng.*, **82**(1975) 142.
2. N.G. Bach, *Chem. Eng.*, **65**(1958) 155.
3. H.C. Bauman, *Ind. & Eng. Chem.*, **50**(1958) 65 A.
4. H.C. Bauman, *Ind. & Eng. Chem.*, **54**(1962) 40.
5. H.C. Bauman, *Ind & Eng. Chem.*, **50**(1958) 69 A.
6. H.C. Bauman, Ed., "Fundamentals of Cost Engineering in the Chemical Industry" Reinhold Book Corp, 1968.
7. S.A. Bresler and M.T. Kuo, *Chem. Eng.*, **79**(1972) 84.
8. S.A. Bresler and M.T. Kuo, *Chem. Eng.*, **79**(1972) 130.
9. J.D. Chase, *Chem. Eng.*, **77**(1970) 113.
10. C.H. Chilton, *Chem. Eng.*, **56**(1949) 49.
11. C.H. Chilton, "Cost Engineering in the Process Industries," McGraw-Hill Book Co., N. Y., 1960.

12. C.H. Chilton, *Chem. Eng.*, **57**(1950).
13. J. Clerk, *Chem. Eng.*, **70**(1963).
14. C.E. Cost Files, *Chem. Eng.*, **70**(1963), 120.
15. J.T. Gallagher, *Chem. Eng.*, **74**(1967) 89.
16. K.M. Guthrie, *Chem. Eng.*, **76**(1969) 114.
17. J.W. Hackney, *Chem. Eng.*, **67**(1960)
18. J.W. Hackney, *Chem. Eng.* **67**(1960) 119.
19. W.E. Hand, *Petroleum Refiner.*, **37**(1958) 331.
20. F.A. Holland, F.A. Watson and J.K. Wilkinson, *Chem. Eng.*, **80**(1973) 118.
21. F.A. Holland, F.A. Watson, and J.K. Wilkinson, *Chem. Eng.*, **81**(1974) 71.
22. I.V. Klumpar, *Chem. Eng.*, **77**(1970) 107.
23. I.V. Klumpar, *Chem. Eng.*, **76**(1970) 114.
24. H.J. Lang, *Chem. Eng.*, **54**(1947).
25. H.J. Lang, *Chem. Eng.*, **54**(1947).
26. H.J. Lang, *Chem. Eng.*, **55**(1948) 112.
27. C.A. Miller, *Chem. Eng.*, **72**(1965) 226.
28. S.M. Walas, *Chem. Eng. Prog.*, **57**(1961) 58.
29. M.D. Winfield and C.E. Dryden, *Chem. Eng.*, **69**(1962) 100.
30. J.R. Williams, *Chem. Eng.*, **54**(1947).
31. Yen-Chen Yen, *Chem. Eng.*, **79**(1972) 89.
32. F.C. Zevnik and R.L. Buchanan, *Chem. Eng. Prog.*, **59**(1963) 2.
33. 김병식, 연세대학교 석사학위논문, 1976.
34. 김종흠, 화학공학, **11**(1973) 415.