

# 工場建設費의 積算

金 勝 坤\*

## 1. 序 論

한국에서도 근래 現代化學工業의 하나인 肥料 및 精油工場 등에 이어 第2次經濟開發 5年計劃의 一環으로 본격적인 裝置工業이라 할 수 있는 石油化學工業을 企劃하기에 이르러 工場建設費에 대하여 점차 그 관심이 높아가고 있다. 新製品의 企業化에 있어서는 工場의 經濟性을 檢討하는데 建設費는 生産費와 아울러 가장 基礎가 되는 資料가 됨은 再言을 필요로 하지 않는다. 특히 國內技術에 의한 工場建設이 試圖되고 있는 現時點에서 建設費의 推定은 매우 중요한 일이라 할 수 있다. 미국이나 일본 등에서는 이러한 工場建設費積算에 대한 文獻 또는 積算方法의 標準化 등에 관하여 여러가지 報文이 발표되고 있으나 아직 한국에서는 化學工場建設 例가 적으며 또한 대부분 外貨에 의하여 건설되었고 그 統計資料가 集合되어 있지 아니함으로 여기서는 外國의 文獻을 소개하고 한국의 實情에 비추어 主要機器를 導入해서 건설할 石油化學工業의 例를 들어 建設費 推算의 一端을 참고로 기술하고자 한다.

## 2. 工場建設費의 內容과 積算方法

### 2-1 建設費의 構成

工場建設 總投下資本은 固定資本과 運轉資本으로 區分되는데, 一般적으로 固定費本은 投資額의 85~90%<sup>(1)(2)</sup>로 알려져 있다.

固定資本은 工程施設 外에 土地, 建物, Utilities 設費, 貯藏 및 기타 付帶設備가 포함된다. 보통 Process plant의 建設費라고 불리우는 것은 一般付帶施設設備을 除外한 Battery Limit를 規定하여 工程部分의 施設費를 말하고 있다. 이에 반하여 全工場建設費를 말할 때는 Gross root plant라고 한다. 따라서 建設費의 參考 또는 推定에 있어서는 그 限界點을 명확하게 하여야 한다.

工場建設費의 構成要素의 分類는 方法에 따라 다르나<sup>(1)(3)(4)</sup> 일반적으로 表 (1)과 같다.

表 (1) 建設費의 分類

1. 機器裝置費
2. 機器裝置工事費
3. 配管工事費
4. 計裝工事費
5. 電氣設備費
6. 保溫工事費
7. 建築物費
8. 土地 및 整理費
9. 付帶施設費
10. 技術費
11. 一般經費
12. 豫備費

表 (1)에서 1~9의 合計가 建設費(Physical cost)가 되며 여기에 試運轉費, 設計費, Royalty, Know-How 料 등을 포함하는 技術費를 加算한 것이 直接費 合計가 된다. 建設費 總合計는 이 直接費에 請負業者의 經費 및 豫備費등을 加한 것이 된다.

國內의 경우 建設工事費는 대부분 分離되고 있음으로 機器裝置의 購入費 技術費와 一般經費만을 積算하여 見積으로 提示되는 경우가 많다.

### 2-2 積算方法

企業化計劃에 있어서 工場建設費를 推算하는 필요가 자주 발생되나, 그 精密度에 따라 各종의 方法이 採擇된다. 보통의 工場建設費 算出의 目的을 大別하면 대략 다음과 같다.

- 1) 製品의 企業化에 있어서 經濟性의 檢討
- 2) 各 Process의 經濟性 比較
- 3) 企業豫算用
- 4) 工場建設見積(入札用)

이와 같은 목적에 따라 建設費의 여러가지 算出形式이 있으며 그 算出方法에 따라 積算結果는 5%~50%<sup>(4)</sup> 정도의 誤差가 생긴다. 따라서 概略方法에 의한 積算의 경우는 상당한 豫備費(contingency)를 査定해야 한다.

### 2-3 詳細積算

Engineering 회사에서 見積을 作成할 때는 詳細積算方法에 의하여 建設費를 推算하여야 하는데 이 경우는 工程設計 및 詳細設計가 完了되어야 한다. 따라서 이러한 詳細積算을 하기 위해선 많은 일시와 man-hour

\* 韓國綜合技術開發公社 化工一部 部長(化工技術士)

가 所要됨으로 대부분의 경우는 蓄積된 cost data 를 이용하는 경우가 많으나 그러한 경우도 物價收支, 工程, 配管計裝 및 機器의 仕様등이 필요하게 된다.

(1) 機器裝置費

정확한 工程機器의 算出은 製作圖面 또는 細密한 仕様에 의한 專問 maker 의 見積을 基準하는 것이나 일반적으로 과거 實績과 對比하여 check 할 必要性이 있으며 또한 一般化工裝置는 製作圖面과 施方書에 의하여 Bolt 1 개에 이르기 까지 詳細하게 資材表를 作成하여 여기에 資材單價를 乘하여 資材費를 算出한다. 여기에 副資材費, 製作勞務費, 檢査 또는 熱處理費 기타 管理費等을 加하여 製作費로 한다. 그러나 製作業者의 見積을 받거나 詳細資材表에 의한 製作費算出時間의 여유가 없거나 data 가 不明하면 다음과 같은 方法에 의하여 推算한다.

(7) 過去の 實績統計와 物價指數에 의한 推定

즉 實績統計資料를 保有하고 있을 때는 施行 당시의 物價指數의 變動에 대한 고려를 해중으로 比較적 正確한 값을 얻을 수 있다. 또한 容量이 다를 경우는 表(2)에 표시한 各機器의 裝置規模指數表<sup>(5)(6)(7)(8)</sup>에 의하여 修正한다. 이 指數는 일본의 경우 평균 0.7 미국의 경우 평균 0.6을 汎用하는데 이것은 製作費의 人件費가 차지하는 率의 比에 起因<sup>9)</sup>한 것이다.

$$\left(\frac{\text{Cost of A}}{\text{Cost of B}}\right) = \left(\frac{\text{Capacity of A}}{\text{Capacity of B}}\right)$$

表 (2) 主要機械裝置의 價格指數(美)

機器名	變數	型式	指數值
調溫裝置	Hp		0.71
Blower	ft <sup>3</sup> /min	Turbo	0.58
遠心分離機	diameter		1.11
Compressor	ft <sup>3</sup> /min	Single recip.	0.50
Belt Conveyor	ft		0.83
Screw "	ft		0.65
Bucket "	ft		0.63
Dryer	ft <sup>2</sup>	Drum tray	0.41
"	ft <sup>2</sup>	Rotary	0.85
集塵裝置	ft <sup>3</sup> /min	Cyclone bag filter	0.75
Evaporator	傳熱面積		0.53~0.78
"	"	Jacket 付	0.47
Fan	ft <sup>3</sup> /min	Centrifugal	0.86
Filter	ft <sup>2</sup>	Plate	0.60
Heat exchanger	ft <sup>2</sup>	Shell and tube	0.54
Pump	Gal./min	Centrifugal	0.57
Crusher	Hp	Roller	0.60~0.64
"	t/hr	Ball mill	0.60
貯槽	Gal		0.55
Gas holder	ft <sup>3</sup>		0.60
Tower	ft	泡種	0.73
"	"	充填	1.02

(L) 公表된 Cost Data 에 의한 推定

合種 機器裝置에 대하여 容量單位에 따른 購入價格<sup>(10)(12)(16)(22)</sup>이 여러가지 文獻에 소개되고 있으며, HP. & PR, C. E, Oil & Gas J, 化學裝置등에 Equipment Cost data file, Cost file. Cost-imation, Cost 資料項目으로 定期的인 발표가 掲載되어 있다. 여기서 주의할 것은 公表資料의 基準年度를 반드시 確認하여 物價指數에 의하여 現在價格으로 修正하여야 하는 點이다.

(2) 機器裝置設置工事費

一部特定裝置는 어느 段階까지를 製作으로 보는지 의문이 많으나 工場에서 製作하여 現場에서 組立設置하는 데 필요한 工事費를 設置工事費로 한다. 대부분의 경우 이 設置費는 直接設置費만 아니라 輸送費 基礎 및 附帶設備가 포함된다. 輸送費는 물론 maker 가 現場引渡로 공급할 때는 現場內에서의 移動費만 計定하던 되며 直接設置工事費는 實績에서 얻은 一位代價表에 의하여 勞務費, 材料費, 假設工事費, 工具損料 등이 計算된다. 일반적으로 이 設置工事費는 機器購入費의 10~25%가 된 것으로 알려져있으나 機械裝置의 種類 및 規模에 따라 현저한 차이가 난다<sup>11)</sup>.

(3) 配管工事費<sup>(5)(17)(18)(19)(22)</sup>

配管工事費는 材料費와 工事費로 區分된다. 이는 全體工事費의 30~80%를 占有하고 있으며 積算의 誤差가 第一 큰 工事이기도 하다. 配管材料는 圖面에 의해서 상세히 計算되어야 하나 시간적인 여유가 없던가 그 必要性이 없을 때는 주요부분만을 可及的 詳細히 計算해서 과거의 data 에 의하여 일정한 係數를 乘함으로써 算出할 수도 있다. 材料費의 構成例를 들면 表(3)과 같다.

表 (3) 配管材料費의 構成例<sup>(16)</sup>

Pipe	22.2%
Valve	52.3%
Joint類	8.7%
Flange	6.0%
Bolt	3.1%
Gasket	0.5%
Steam trap, strainer 其他	7.2%
計	100%

한편 工事費의 算出은 材料費에 이어 精確한 配管所要 工數<sup>(18)(19)</sup>를 求하여 여기에 作業能率係數를 乘하여 人件費와 熔接棒等 副材料費를 求한다. 그러나 이와같이 求한 詳細積算結果는 반드시 過去實績와 比較하여 Check 할 必要가 있다. 즉 아무리 精確하게 그리고 細密하게 檢討하여도 전체적으로 Cover 가 되지 아니하는 부분이 생기기 때문이다.

概略積算<sup>(13)</sup>의 경우는 다음과 같은 方式에 의하여도

비교적 정확하다.

$$H=0.23L+3.7(0.6D+0.7)F$$

H: 所要工數(人×時)

L: Pipe Length (ft)

D: Pipe Diameter (in)

F: Joint 係數

elbow 1.0	cross 2.0
valve類 1.3	flange 0.1
tee 1.5	其他 1.0

(4) 計裝工事費

Plant 操業의 自動化에 따라 그 費用이 많아지게 되었다. 일반적으로는 機械裝置費에 대하여 最低 3~5% 평균 10%, 最高 20%<sup>14)</sup>로 알려져 있다. 특히 流體 Process가 固體 Process 工場에 비해 그 比率이 크다.

計裝工事費는 計器類購入費와 純工事費로 나누어지는데 미국에서는 工事費는 購入費의 20~30%<sup>15)</sup>가 된다. 또한 전체 計裝工事費는 標準 plant 容量의 0.3 乘에 비례하여 增減한다.

(5) 其他工事費

電氣工事費, 保溫工事費, 建築物 附帶施設등도 詳細積算에 있어선 完전한 設計에 의하여 材料費와 人件費 기타 間接費등을 一位代價表에 의하여 또는 과거 實績 data에 의하여 계산한다. 일반적인 統計에 의하면 미국에선 다음과 같다.

(ㄱ) 電氣設備工事費<sup>20)21)</sup>는 購入機器價格의 10~15%가 標準이다.

(ㄴ) 保溫工事費<sup>5)15)23)25)</sup>의 材料費 對 勞務費의 比率은 3:5 程度이다.

(ㄷ) 建物費<sup>5)15)25)</sup>

近來 특히 機器의 配置를 屋外로 함으로서 建設費를 절약하는 경향이 있다. 즉 計器室 및 重要機器의 屋內外配置에 따라 그 建物費의 差가 현저하다. 配置圖에 의하면 建物坪數를 計定하여 積算하면 정확하나 일반적으로 機器購入費에 대하여 計器室만을 고려할 땐 10% 主要機器를 屋內로 하면 20% 정도가 된다.

(ㄹ) Utilities<sup>15)16)34)</sup>

Utilities의 建設費는 工程設計에 의하여 所要 Utilities의 施設容量을 決定 그 詳細設計結果로 機器裝置의 購入 및 設置工事に 準하여 積算한다<sup>26)</sup>. Utilities는 일반적으로 다음과 같은 施設로 分離하여진다.

蒸氣: Boiler

電力: 變電所, 發展所

冷凍: 冷凍機 및 裝置

工業用水: 純水裝置, 軟水裝置, 沈澱裝置, 冷却塔

廢水處理: 廢水處理施設

壓縮空氣: 壓縮機

不活性가스: 不活性가스 發生器

(6) 技術費 및 기타間接費

(ㄱ) 設計費

技術費는 設計費 特許料 Know-How fee 등을 포함한 것으로 特許料나 Know-How 料는 일정한 比率을 정하기가 곤란함으로 技術費는 設計費 및 試運費에 대하여 서만 언급한다.

設計費는 工場에 따라 큰 差異가 있어 일정하지가 않다. 즉 Carl Bauman<sup>30)35)</sup>은 Battery limit 內의 工場에서 總工事費의 5~12%, Aries 및 Newton<sup>9)</sup>은 總工事費의 20~30%로 보고 있다. 또한 D.F. Brosnan은 固定費에 對한 設計 및 作圖費의 實績에 의하여 그림 (1)을 얻어 발표하고 있다. 일반적으로 設計費는 Engineering 과 作圖費로 區分되며 作圖費는 人件費와 管理費로 다시 나누어지는데 管理費는 미국에서 人件費의 約 60%로 管理費에 속하는 비용은 各種保險料, 消耗品費, 利益 등이 된다.

石油化學工業의 作圖에 要하는 工數를 보면 表 (4)와 같다.

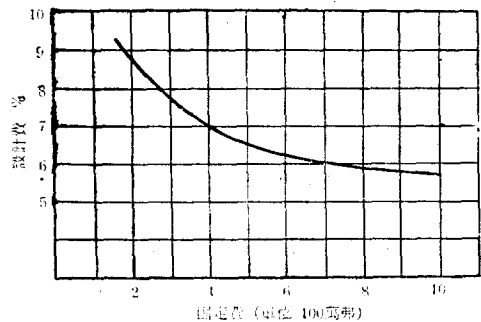


그림 1 固定費에 對한 設計費

表 (4) 石油化學工場設計의 作圖에 要한 工數

項目	平均 %	人時/圖面	平均
一般配置	3~5	800~1400	1000
建物	2~3	170~230	190
電氣	10~12	180~240	210
基礎	12~14	150~220	180
計裝	6~7	170~250	200
配管	38~45	300~400	340
配管架臺	4~5	180~250	220
Vessel	7~9	90~150	120
鐵骨架構	5~7	150~230	170

또한 Engineering cost는 Project Engineering, Process Engineering 및 Instrumentation으로 구분되는데 어느 石油分解工場設計에서는 각각 81.0% 9.6% 9.4%의

比率이었다. 즉 Project Engineering 이 대부분이라는 것이 주목할만하다. Engineering 費와 作圖費의 比率은 管理費를 포함하지 아니하면 1:9~3:7 정도가 된다.

실제로 設計費를 推算할려면 機械裝置의 圖面目錄을 作成하여 精確한 工數를 算出하여야 하며, 이 人件費에 管理費로 60%를 加算하면 된다.

(L) 試運轉費

試運轉費는 全固定費의 1~3% 정도이다. H. C. Bauman<sup>21)</sup>은 각종工場에서의 試運轉費의 比率을 보고하고 있다. 이 試運轉에 필요한 費用은 原料費, 消耗品費, 動力費 및 運轉員 人件費로 여기에 設計會社의 監督入會人件費를 加算한다.

(C) 一般管理費

現場經費를 工事費로 計定하지 아니할 때는 現場經費는 一般管理費에 포함시켜 計算하여야 한다. 이는 請負業者 經費라고도 불리우는데 일본에서는 15~20% 까지 認定하고 있으며 한국에서는 보통 25%이다. 또한 保險料가 各項目에 포함되지 아니한 경우에는 一般管理費와 별도로 策定해야 한다.

(E) 豫備費(危險費)

建設費의 推算은 어디까지나 事前 原價計算임으로 아무리 綿密하게 積算하여도 實績과 差異나는 것은 不可避하다. 이 要因은 다음과 같다.

物價의 變動

設計變硬

豫測할 수 없는 費用

現場에서의 未知의 諸因

積算의 錯誤

따라서 일반적으로 豫備費를 10~25%를 計上한다. 그러나 經驗이 많은 工程에 대한 건설의 경우는 豫備費는 적어질 것이며 經驗이 없거나 積算資料가 적은 것에 대하여는 크게 잠아야 할 것이다. 積算이 入札用 일 때는 價格競爭이 됨으로 신중한 주의로 積算하여 豫備費로서 建設費의 誤差를 Cover 하는 것은 可하게 된다.

단 契約段階에서는 대부분 物價의 變動에 대하여 escalation factor를 明示하는 경우가 많다.

2-4 概略積算

(1) 機械購入費에 依한 推算

機器裝置에 대하여는 詳細積算과 同一한 方法에 의 하나 工事費算出은 各工事의 實績比率에 의하여 計算하는 방법이다. 미국에서 統計의으로 算出한 工事別比率은 表 (5)과 같다.

(1) Lang factor<sup>26)</sup>

機器費에 係數를 곱하여 Plant 建設費를 求하는 방법

表 (5) 各種 Process Plant 의 價格構成

直費接	範圍(%)	平均(%)
機器購入費	25~41	32.5
機器現地工事費	1.5~4.5	3
工事材料費	8~18	13
現地工事費	4~12	8
間接費		
本社經費	(4~9)	(7)
一般管理費包含	11~20	15.5
現地經費(一般管理費包含)	6~14	10

으로 가장 간단한 방법중의 하나로 精密度는 期待할 수 없다.

3. 10 (固體 Process)

3. 63 (固體-液體 Process)

4. 74 (液體 Process)

한국은 미국과 상당히 差位가 있어 係數가 越等히 적어질 것이다.

(L) Bach 의 方法

N. G. Bach<sup>27)</sup>은 미국의 Gulf Coast 地域에 있어서의 70餘個 Plant 의 調査 結果를 發表하였는바 이를 表 (6)에 收錄하였다.

表 (6) Bach 의 Plant 建設費 比率

Process 直接費	固體 Process			固體液體 Process			液體 Process		
	最低	平均	最大	最低	平均	最大	最低	平均	最大
主要 機器	20	30	40	20	26	33	15	21	30
機械設置費	8	12	16	8	10	13	6	9	12
配管費	2	5	9	8	12	16	8	16	25
計裝費	1	3	6	2	3	6	2	4	8
電氣設備費	1	2	5	1	2	4	1	2	3
建物	0.5	2	6	1	2	10	1	2	15
平均合計	54			55			54		
其他直接費									
Utilities	3	7	12	3	13	20	3	12	20
附帶工事費	3	5	8	0.5	3	6	1	3	6
附屬建物	6	8	12	3	6	10	2	3	14
倉庫運搬費	3	6	10	2	6	12	2	5	12
直接費平均合計	80			83			77		
間接費									
技術費	8	9	10	6	8	9	8	10	12
管理費									
豫備費	9	11	13	7	9	12	12	13	18
總計	100			100			100		

(C) Hand 法<sup>28)</sup>

W. H. Hand는 Sell Development 에서 사용한 乘數를 발표하였다. 表 (7)의 data는 주로 Carbon steel 材質 基準이며 壓力도 12 kg/cm<sup>2</sup> 以下用이다. 따라서 合金을 사용한 것이거나 高壓인 경우는 機械購入費의 比

表 7 HAND 乘 數 表

	Tower	Heat Exchanger	Vessel	Pump	Compressor	Furnace	Instrument	其 他
機械購入價(FOB)	100	100	100	100	100	100	100	100
建設用材料費								
基礎	10	5	5	5	5	10	5	5
Supports and platform	15	25	20	—	—	—	20	10
建物	—	—	—	10	15	—	15	10
配管	60	50	65	30	15	10	50	15
保溫 保冷	25	14	12	7	7	7	7	7
電氣設備	5	3	5	75	15	5	40	10
塗裝 試驗	3	3	3	3	3	3	3	3
小 計	118	100	110	130	60	35	140	60
勞務費								
設置	10	3	10	10	10	—	10	10
其他建設	72	62	80	60	20	15	50	20
小 計	82	65	90	70	30	15	60	30
直接費合計	300	265	300	300	190	150	300	190
間接費(直接費의 1/3)	100	85	100	100	60	50	100	60
總 合 計	400	350	400	400	250	200	400	250

表 (8) Stoop 乘法 (Carbon steel 基準으로 한 直接建設費의 比率)

	A: 資材費比率				B: 建設組立費比率							
	Tower		Vessel		Heat Exchanger		Pump		Compressor		Heater Furnaces	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
裝置購入費	100	20	100	10	100	6	100	5	100	5	100	25
配管	50	40	60	48	40	40	30	24	20	16	15	12
計裝	20	6	10	3	10	3	10	3	8	2	5	2
基礎	10	15	5	8	5	8	10	15	10	15	10	15
建築	—	—	—	—	—	—	20	14	15	11	—	—
Supporter. etc	10	2	15	3	20	4	—	—	—	—	—	—
保溫 條冷 塗裝 假設	15	40	10	32	8	22	2	7	2	7	8	23
電氣, 其他	5	5	5	5	2	2	33	32	15	15	2	2
資材費計	210		205		195		205		170		140	
建造組立費		128		109		85		100		71		79
全建設備計	338		314		280		305		241		219	

率 이 높아짐으로 比率 이 약간 달라진다.

(ㄷ) Stoop 法<sup>29)</sup>

和蘭의 Stoop 는 西歐의 裝置機械購入費를 基礎로 한 Process Battery limit 內의 全般建設費를 算出하는 係數와 그 內譯을 表 (8)과 같이 發表하였다.

(ㄹ) Hackney 法<sup>36)</sup>

Hackney 는 Process Plant 의 主機器에 대한 total plant 의 material ratio 를 表 (9)과 같이 발표하였다.

(ㄴ) Happel 法<sup>33)</sup>

J. Happel 은 建設費의 構成比率을 表 (10)과 같이 發表하였다.

(2) Plant 容量의 比率에서 求하는 方法

Chilton, Scherwood 등은 어떤 공장의 建設費가 既

表 (9) Hackney 의 Materials ratio

	Em 基準	Ep 基準
Major Equipment (Em)	100	
Auxiliary Equipment (Ea)	25~60	100
合 計 (Ep)		
Process Equipment Material (Me)		32.2~53.5
Building Material (Mb)		29.3~36.6
Distribution Material (Md)		16.5
Yard Material (My)		5.6
Total Plant Material (Mt)		83.6~112.2

知인 경우 이것과 同種의 容量이 틀린 工場의 建設費는 다음과 같이 求하고 있다.

工場 A의 建設費

$$= \text{工場 B의 建設費} \times \left( \frac{\text{工場 A의 容量}}{\text{工場 B의 容量}} \right)^{0.7}$$

表 (10) Happel의 Capital Investment 算出表

項 目	機 器 費	勞 務 費
容 器	A	A×10%
塔·現場組立	B	B×(30~35)%
塔 組立完了	C	C×(10~15)%
熱 交 換 器	D	D×10%
Pump, Comp 其他	E	E×10%
計 測 機 器	F	F×10~15%
基本費目合計(A~F)	G	
保 溫	H=G×(5~10)%	H×150%
配 管	I=G×(40~50)%	I×100%
基 礎	J=G×(3~5)%	J×150%
建 物	K=G×4%	K×70%
架 臺	L=G×4%	L×20%
消 火 設 費	M=G×10.5~1)%	M×(500~800)%
電 氣 關 係	N=G×(3~6)%	N×150%
塗 裝 清 掃	O=G×(0.5~1)%	O×(500~800)%
機械費 勞務費合計	P	
間 接 費	P×30%	
建設費合計	P×130%	設備費總計 P×156%
Engineering fee	P×13%	
豫 備 費	P×13%	

生産能力이 單位工場の 數에 의하여 增大할 時 指數值는 0.8~1.0이 되며, 아주 작은 工場이나 高溫, 高壓의 工場은 0.3~0.5가 된다. 이 指數는 또한 工場에 따라 差位가 相當히 많다. 表 (11)는 工場別 指數를 나타낸다.

表 (11) 工場建設費指數表

	Y
Refrigerations plants include auxiliaries <sup>3)</sup>	0.85~0.96
Refrigeration plant no auxiliaries <sup>3)</sup>	0.80~0.82
Complete refinery catalytic cracking <sup>1)</sup>	0.85
Coke-oven gas separation <sup>2)</sup>	0.82
Water-gas plant <sup>2)</sup>	0.81
Water-treating plant <sup>3)</sup>	0.91
Vacuum distillation <sup>4)</sup>	0.80
Catalytic cracking only <sup>1)</sup>	0.78
Solvent dewaxing <sup>5)</sup>	0.76
CO and CO <sub>2</sub> removal from hydrogen <sup>2)</sup>	0.74
Peterson sulfuric acid towers <sup>2)</sup>	0.73
Coking only <sup>1)</sup>	0.72
Catalytic polymerization <sup>1)</sup>	0.70
Soybean extraction <sup>2)</sup>	0.70
Water-gas shift conversion <sup>2)</sup>	0.69
Contact sulfuric acid <sup>2)</sup> <sup>6)</sup>	0.64~0.66
Solvent extraction or treating <sup>5)</sup>	0.67
Vacuum flash <sup>1)</sup>	0.64
Chamber sulfuric acid <sup>3)</sup>	0.60
Oxygen plant <sup>2)</sup>	0.59
Natural gasoline plant <sup>5)</sup>	0.51
Thermal cracking only <sup>3)</sup>	0.51
Small oxygen plant <sup>2)</sup>	0.47

(3) 單位 生産產當 建設費資料에 依한 方法<sup>30)</sup>  
 製品의 年間生産產當의 建設費 資料에서 求하는 方

法으로 參考로 建設費를 알기위해서 사용되는 경우가 있으나 그 正確度는 기대할 수 없다.

(4) Turn-over 比率에 의한 方法

年間 販賣額에서 求하는 方法으로 역시 初期 段階에서 概略值를 알기 위하여 사용할 뿐이다.

$$C = \frac{S}{T}$$

S: 年間販賣額  
 T: 資本回轉率  
 C: 建設費

3. 韓國에서의 建設費 推算

한국에서 工場建設을 행하는 方法은 大別해서 2種으로 구분할 수가 있다. 즉 外資에 의하여 機器를 導入하여 建設할 때와 純內資에 의하여 完全 國產機器로 建設할 경우가 된다. 여기서는 主要機器를 導入하여 建設할 경우의 建設費에 대하여 言及하고자 한다.

前述한 여러 가지 積算方法중 가장 손쉬우면서도 比較的 精密度가 높은 Stoop 方法에 의하여 推算한다.

3-1 韓國에서의 各 建設費 構成比率

Stoop 氏의 工事費 比率는 西歐의 資料에 의한 것이나 미국에 비하여 機器構入費 및 工事費의 比率이 大同小異하다. (表 (12), (13))<sup>32)</sup> 따라서 工事費와 購入費의 比率이 미국에서도 同一하다고 생각하여 다음 사항을 고려하여 表 (14)를 작성하였다.

즉 한국의 勞務賃金이 미국의 10분지 1로 하며 材料費는 미국보다 10~20% 高價인 것으로, 그리고 諸

表 (12) 美國에 對比한 各國의 相對價格

國 名	機器價	現場工事	Engineering 費
美 國	1	1	1
英 國	0.76	1.06	0.62
伊 佛	0.78	0.75	0.56
佛	0.95	1.25	0.56
西 獨	0.80	0.78	0.56
日 本	0.95	0.93	0.53

表 (13) 美國에 比한 各國의 建設費比

國 名	機器	資材	勞動	Engineering 計	
美 國	0.28	0.38	0.26	0.08	1.00
英 國	0.21	0.41	0.18	0.05	0.85
伊 佛	0.22	0.29	0.35	0.04	0.90
佛	0.27	0.47	0.21	0.05	1.00
西 獨	0.22	0.30	0.28	0.04	0.84
日 本	0.27	0.35	0.26	0.04	0.92

工數는 미국의 2배로 計算하면 建設費의 各構成項目은 다음과 같다.

機器裝置費:

國內製作分 20~30%低廉

表 (14) 韓國에서 建設費

	Tower		Vessel		Heat Exchanger		Pump		Compressor		Heating furnau.	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
裝置購入費	100	4	100	2	100	1	100	1	100	1	100	5
配管	50	20	60	24	40	20	30	12	20	8	15	6
計裝	20	3	10	2	10	2	10	1	8	1	5	1
基礎	8	6	4	3	4	3	8	6	8	6	8	6
建築	—	—	—	—	—	—	16	5	12	4	—	—
Support & Structure	8	1	12	1	16	1	—	—	—	—	—	—
保溫, 保冷, 塗裝, 假設	15	12	10	10	8	7	2	2	2	2	8	7
電氣 其他	5	2	5	2	2	1	33	13	15	6	2	1
資材費計	206		201		190		191		165		138	
輸送費 其他	27		27		26		25		22		20	
建造組立費	47		44		35		40		28		26	
全建設費計	280		272		251		256		215		184	

導入時 美國에서 導入時  
10~15% 高價  
機器設置費: 美國의 20%  
配管工事費: 美國의 40~60%  
其他工事費: 美國의 20~40%

3-2 石油化學工場의 建設費 推算

石油化學 Project 의 工程設計 結果에 依한 機器購入費의 積算은 現段階에서 많은 시일이 요함으로 主要機器의 仕樣이 알려져 있는 어느 Project 에 대하여 機器購入費를 推算하여 본 結果 \$1,216,000 이 되었다.

이것을 基礎로 表(14)에 의하여 얻은 結果가 表(15)와 같았다.

이 建設費는 Utilities 및 附帶施設을 포함하지 아니한 Battery limit 내의 工場 建設費이다. Know How料, Royalty, 試運轉 및 建設工事 監督費等을 포함하지 아니 하였다.

表 (15) 石油化學 Project 의 積算例

	外資	內資(建設工事費)
Process Equipment	\$ 1,216,000	₩ 8,000,000
Auxiliary Material		
Piping	\$ 382,000	₩ 30,000,000
Instrument	\$ 135,000	₩ 6,000,000
Electricals	\$ 175,000	₩ 5,000,000
Support & structure	\$ 82,000	₩ 2,000,000
Insulation, Painting etc	\$ 88,000	₩ 15,000,000
台 計	\$ 2,078,000	₩ 66,000,000
Foundation		₩ 37,000,000
Building		₩ 20,000,000
Freight	\$ 210,000	
Design fee (5%)	\$ 105,000	
Know-How	—	
Over-head (20%)	\$ 420,000	
Contingency (10%)	\$ 210,000	
	\$ 3,023,000	₩ 123,000,000
合 計	\$ 3,470,000	( \$ 表示 447,000 )

이 結果에 의하면 內資는 土地 및 試運轉費를 不包含해서 外資에 比하여 15% 정도가 되었다. 上記 土地代 및 試運轉費를 포함하여도 外資에 Know-How, Royalty, 및 諸監督費와 技術者訓練費가 있음으로 內資의 比率은 15% 정도가 되겠다.

한편 美國地區內의 建設費는 Know-How 및 Royalty 를 제외하고 약 \$4,500,000 이 됨으로 약 2 割이 低廉한 셈이된다. 그러나 諸 監督費 및 技術者訓練費를 고려한다면 10~15% 程度밖에 低廉하지 아니함으로 미국에서 機器를 導入하여 工場을 建設할 경우는 일본에서의 工場建設費와 거의 同一하게 되겠다.

그러나 실제로는 導入外資機器의 購入價가 일반적으로 文獻에 나타난 값보다 약간 高價인 경향이 있다.

4. 結 論

工場建設은 막대한 資金投資를 요하는 것이며, 특히 石油化學과 같은 外資導入이 불가피한 것은 귀중한 外貨가 所要됨으로 工場建設의 企劃에 있어서 工場構成要素로서 부적당한 것 또는 脫落要素가 없는지 詳細한 檢討를 加하여 適正한 價格으로 企業이 成立되어야 함은 당연한 일이다.

우리나라에서도 設計用役會社가 설립되어 國內技術에 의하여 小規模工場이나마 建立되어 가고 있으며, 大規模化學工場이 續續外國技術에 의하여 建設되고 있는바, 이러한 建設 및 Engineering 내용이 圖面 및 仕様書等에서 표현될 뿐만아니라 明確하게 制定된 Cost code 에 의하여 集約되어 다음 建設에 참고되어야 할 것이다.

끝으로 Plant Cost Estimation의 綜合方法이 불충분한 것으로 생각되며 특히 우리나라의 Cost data로서 資料가 公表된 것이 거의 없어 外國의 例示만을 引用할 수밖에 없었다. 앞으로 이러한 Cost data의 集計 및 資料의 발표가 많이 있기를 기대한다.

문 헌

- 1) R. D. Beattie; C. E. **60** (1) 172 (1953)
- 2) E. C. Dybdal; C. E. P. **46** (1) 57 (1950)
- 3) 川島博: 石油學會誌 **8** (11) 858 (1965)
- 4) Perry: "Chemical Engineers Hand Book" 4th ed Mc Graw-Hill (1963)
- 5) Aries and Newton; "Chemical Engineering Cost Estimation" McGraw-Hill (1965)
- 6) W. L. Nelson; Oil & Gas J. Oct. 5 263 (1950)
- 7) R. Williams; C. E. **54** Dec. 124 (1947)
- 8) W. L. Nelson; Oil & Gas J. **62** Sep. 84 (1964)
- 9) 吉田五一: 化學工學 **24** (11) 104 (1960)
- 10) Chilton: "Cost Engineering in the Process Industries" McGraw-Hill (1960)
- 11) Johns Page; "Estimator's Manual of Equipment & Installation Cost" Gulf Pub. (1963)
- 12) H. E. Mills; C. E. Mar 16 133 (1964)
- 13) W. L. Nelson; "Costimating" The Petroleum Pub. Co. (1957)
- 14) J. W. Bernard; C. E. **57** (11) 120 (1960)
- 15) Vilbrandt; "Chemical Engineering Plant Design" McGraw-Hill (1959)
- 16) 化學工學: **24** (11) 867, 902, (1960)
- 17) Nelson; Oil & Gas J. Oct. 3 156 (1966)
- 18) John Page; "Estimator's Piping Man Hour Manual" Gulf Pub. (1963)
- 19) 木村清彦: "積算ハンドブック" 日本能率協會 (1964)
- 20) Johns Page; "Estimator's Electrical Man Hour Manual" Gulf Pub. (1963)
- 21) Wilson; C. E. **60** April 199 (1953)
- 22) J. P. O'Donnell; Oil & Gas J. July 4 81 (1966)
- 23) Otto, F. C.; C. E. **54** (5) 118 (1947)
- 24) Nelson; Oil & Gas J. Sep. 15 (1949)
- 25) Means; "Building Construction Cost Data" Duxbury, Mass. (1951)
- 26) H. J. Lang; C. E. **54** June 112 (1948)
- 27) N. G. Bach; C. E. May 16 (1960)
- 28) W. H. Hand; Petroleum Refiner **37** 831 (1958)
- 29) M. L. Stoop; IEC **52** (1) 83A (1960)
- 30) H. C. Bauman; "Fundamentals of Cost Engineering in the Chemical Industry" Reinhold (1964)
- 31) " ; I. E. C. **52** (3) 45A (1960)
- 32) " ; I. E. C. July 35 (1962)
- 33) J. Happel; "Chemical Process Economics" John Wiley & Sons (1958)
- 34) 炭谷不二男: 化學裝置 Jan 11 (1966)
- 35) Hic. Bauman; Hydrocarbon Processing **43** (10) 141 (1964)
- 36) J. W. Hackney; C. E. Mar. 7 113 (1960)