

—韓國에서의 化學工場 建設費 構造 分析—



大宇 엔지니어링(株)
化學 plant 事業部長
宋 英 圭*

—Cost Structure of Chemical Plants in Korea—
Dae-Woo Engineering Co.

Song, Yung-Kyu

<目 次>	
1. 序 論	(c) L/M-Ratio
2. 直接建設費	3. 事業間接費
2-1. 機器 및 資材費	4. 用役 Fee 및 Contingency
2-2. 直接勞務費	5. 結 論
(a) 韓國의 勞動生産性	6. 參考 文獻
(b) 韓國의 活動別 勞賃單價	

Abstract

This analysis has been conducted for 8 chemical plants built in Korea during 1975-1976 and the results have been compared with those in U.S.A. observed by Kenneth M. Guthrie.

Equipment and materials supplied by domestic makers are limited in activity field and occupy only 12% of all equipment and material cost. However, unit costs of most materials supplied by home such as cement, steel, cables and carbon steel pipes, etc. being relatively cheaper than those of abroad, their effects on material-to-equipment ratios are apparent.

There is a deep difference in labor wage rates between Korea and U.S.A. as much as 16 times. However, the labor productivity observed in these model projects is in the range of 1.1-1.4 to the Gulf Coast, U.S.A. during the same period. And this low wage rate and relatively high productivity have the greatest influence on deviation of Korean cost structure from that of U.S.A.

In these model projects, engineering and construction management was conducted by foreign contractors (mostly U.S.A.), and the resulting project indirect cost amounts to 7.5 times as high as most cases executed by Korean contractors alone.

Weighted percentage of each component and L/M-ratio by activities of direct field cost derived from this analysis are shown in detail in Tables 2 and 5 to provide a basis for further study and comparison.

*化工技術士(化學工場設計)

1. 序 論(Introduction)

그동안 國內에서도 많은 化學工場이 여러 形態로 建設, 稼動되고 있지만 그 建設費 構成에 對하여서는 아직까지 公式적으로 發表된 바가 없다. 따라서 事業計劃을 樹立하고 또 工場 建設을 目標로 建設費를 見積하는 경우, 대부분 外國의 文獻에 依存하고 따라서 相對的 轉換使用의 基準이 없기 때문에 不意의 過誤를 犯하는 경우가 많았다.

化學工場을 建設하는 경우 그 建設費는 프로젝트의 運營形態, 外國技術 依存度, 機器資材 輸入程度, 勞動生産性 및 勞賃基準 등에 따라 그 費用構成이 달라지기 때문에 建設費를 算出하는 데는 이러한 여러 因子를 적절히 考慮하는 經驗的 技術이 要求되게 된다.

여기서는 1975년부터 1976년에 걸쳐 國內에 건

설된, Table 1 의 8 個 모델工場의 建設費 內譯⁽²⁾을 分析하여 그 構成要因을 파악함으로써 韓國에서의 化學工場 建設費 構成의 特徵을 導出하여 보고자 한다.

本 檢討는 'utility' 및 'offsite' 設備에 대해서는 言及하지 않고 단지 'process plant' 만을 對象으로 하며, 參考로 本 'Fertilizer Complex Project' 의 경우 'Grass-root' 로 건설된 總建設費는 'Process Plant Cost' 의 2.24 倍였다.

本 費用構造 分析을 위한 基準은 FOB 購入主 機器 價格을 100 으로 한 것이며 다음과 같이 直接建設費, 間接費, 全工場建設費를 Factor 에 의하여 導出하도록 하였으며, 結果적으로 얻어진 8개工場에 대한 綜合的 Factor 는 다음과 같다.

2. 直接建設費(Direct Field Costs)

直接建設費는 機器費, 資材費, 直接勞務費로 구성된다. FOB 機器費를 100 으로 基準할 때 總

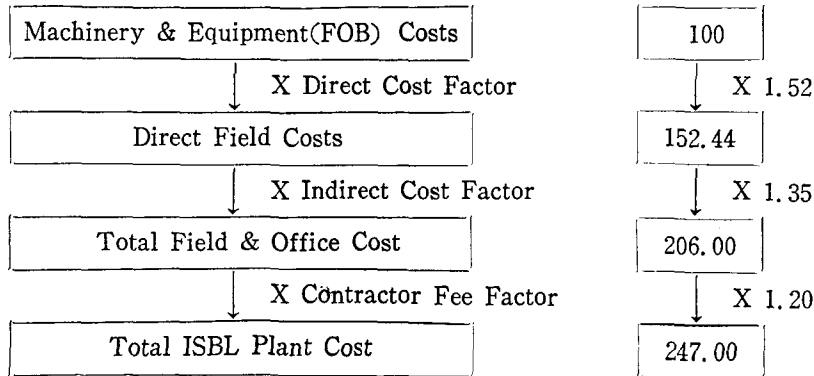


Table 1. MODEL 工場의 내용

		Capacity (T/D)	ISBL Total Plant Cost, S	Main Equipment Cost(FOB), S	Remarks
1	Ammonia Plant	907	44,757,220	19,328,130	1. Main Equipment Cost 에는 Subcontract에 의하여 설치도로 공급한 설비도 포함
2	Urea Plant	1,000	20,640,120	10,340,520	
3	Sulfuric Acid Plant	1,150	15,483,950	6,496,560	
4	Nitric Acid Plant	198	6,403,990	3,381,750	2. ISBL Plant Cost는 Utilities, Offsite를 포함하지 않은 Process 만을 포함
5	Nitric Acid Conc. Plant	55	2,597,220	851,980	
6	Ammonium Nitrate Plant	55	3,472,290	724,330	3. Urea Plant의 Equipment Cost는 CIF Costs 임
7	Phosphoric Acid Plant	660	17,432,690	5,749,240	
8	N.P.K Plant	2,380	16,991,100	6,187,710	
	Total Plants		127,778,580	53,060,220	

直接建設費는 平均 152.44 였으며 Table 2에서 보는 바와 같이 125~280 사이에 分布되어 있다. 한편 美國의 化學工場 建設에 대한 Guthrie¹⁾의 보고에 따른 값은 平均 220.2로 되어 있는데 兩者의 이같은 差異의 主原因은 韓國의 技能人力의 勞務費 單價가 현격히 싸다는 데 基因된다. 또한 일부 資材의 國產化에 따라 機器費에 대한 資材費 比率이 美國의 平均 0.622에 비하여 韓國은 0.470으로 낮은데도 그 原因이 있다. 또 工場別로 125에서 280까지 변하는 主原因은 各 Process別 構造物 構成의 差異, 防爆設備의 程度, 腐蝕性에 따른 合金材質 使用 程度, 固體製品 取扱 程度 등 여러가지 差異에 달려 있는 것으로 생각되는데 化學工場의 경우 爆發性과 腐蝕性을 겸비한 工場이 가장 費用이 많이 드는 것을 알 수 있다.

더파기, 콘크리트, 鐵構造物, 建物 등 주로 構造物 相關 項目을 한 그룹으로 묶었고 페인트, 保温을 한 그룹으로 分類하였으며 上記 兩 그룹은 資材費와 勞務費를 묶어서 나타내었다. 일반적으로 上記 부분은 많은 量을 Subcontractor가 一括受注하여 處理하는 경우가 많고 全體에 대한 比重이 크지 않기 때문에 勞務費와 資材費를 합하여 考慮하는 것이 편리할 때가 더 많다. 이

項目을 勞務費와 資材費로 區別하고자 할 때에는 다음 項의 L/M-Ratio를 이용하여 그 程度를 파악할 수 있다.

化學工場의 主 構成要素인 機器 및 配管, 電氣, 計器는 資材費만을 各各 表示하였고 이들의 設置 勞務費는 綜合的으로 別도 表示하였으며 個別的인 設置勞務費는 다음 項의 L/M-Ratio를 이용하여 얻을 수 있게 하였다.

2-1. 機器 및 資材費

Table 3의 비교에서 알 수 있는 바와 같이 機器費에 대한 資材費의 比率이 美國에 비하여 상당히 差異가 나며 그 主된 原因이 資材의 國產化率과 關連되는 것을 알 수 있다. 특히 Cement, Steel, pipe(炭素鋼材), Cable 등의 값이 美國에 비하여 低廉한 것이 영향을 미치고 있다. 여기서 Process用 Equipment & Machinery 및 計器類는 거의 輸入 사용되었으며(國產化率 2~3%) 向後 漸進的으로 Process用 主機器가 國產化되어감에 따라 同 比率에 가장 큰 영향을 줄 것이다.

Guthrie¹⁾에 의하여 관찰된 美國의 化學工場의 平均的 主機器 構成 比率, 즉,

Table 2. 직접 건설비 구성

	1	2	3	4	5	6	7	8	Average
Excavation (L+M)	0.166	0.190	0.280	0.413	0.874	1.038	0.354	0.294	0.259
Concrete (L+M)	2.527	6.280	5.338	1.746	9.382	30.075	21.405	11.766	7.162
Struct. Steel (L+M)	2.199	1.832	4.157	1.888	1.819	14.477	8.165	3.909	3.355
Building (L+M)	1.033	0.633	1.454	1.285	13.045	19.666	1.644	2.865	1.750
(Sub-Total)	5.925	8.935	11.229	5.332	25.120	65.255	31.568	18.834	12.526
Painting (M+L)	0.631	0.865	0.748	0.362	2.225	2.045	1.307	1.157	0.853
Insulation (M+L)	1.516	0.896	2.955	0.838	3.752	3.628	0.907	0.711	1.433
(Sub-Total)	2.147	1.761	3.703	1.20	5.977	5.673	2.214	1.868	2.286
Equipment (M)	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Piping (M)	23.649	17.706	21.024	10.952	35.394	36.250	19.079	9.681	19.597
Electrical (M)	3.902	3.542	7.139	2.608	9.986	44.953	16.947	16.059	7.635
Instrument (M)	8.736	10.128	6.839	3.584	13.068	21.319	5.497	5.221	7.927
(Sub-Total)	136.287	131.376	135.002	117.144	158.448	202.522	141.523	130.961	135.159
Installation (L)	2.426	1.778	2.652	1.264	3.310	6.616	2.746	2.753	2.397
Unloading/Handling (L)	0.072	0.069	0.067	0.060	0.086	0.117	0.079	0.070	0.072
(Sub-Total)	2.498	1.847	2.719	1.324	3.396	6.733	2.825	2.823	2.469
Direct Field Cost	146.857	143.919	152.653	125.000	192.941	280.183	179.13	154.486	152.44

Furnaces	14.0%
Exchangers	18.0%
Process Vessels (V)	15.0%
Process Vessels (H)	8.0%
Pump & Drivers	7.0%
Compression	30.0%
Onsite Tankage	8.0%

를 基礎로 考慮할 때, 최근 특히 Vessel, Exchanger, Tankage 등의 國內 製作 技術이 현격히 增進되었기 때문에 1981年 基準의 技術 水準으로, 化學工場 主 機器의 약 30%까지는 國產化가 可能할 것으로 본다.

Table 3. 기기비에 대한 자재 비율

	한 국 (실적 평균)	미 국 (Guthrie)	자재국 산화율 (%)	비 고
Excavation	0.125	—	100.0	
Concrete	5.713	8.9	73.1	
Struct. Steel	3.176	1.7*	89.0	*Struct-
Building	1.181	—	98.1	ural Ste-
Equipment	100.000	100.0	3.0	el 일부
Piping	19.597	32.0	12.3	포함.
Electrical	7.635	8.3	39.6	
Instrument	7.927	7.3	2.1	
Painting	0.494	0.6	98.2	
Insulation	1.162	3.4	59.0	
Overall	147.01	162.2	12.3	

2-2. 直接 勞務費

直接勞務費는 活動別 勞賃單價(Activity Labor Rate)와 그 지역 建設 勞務者의 生産性(Labor Productivity) 및 該當 活動의 標準 L/M-Ratio를 곱하여 求한다. 또 化學工場의 建設인 경우 活動別 勞賃單價는 活動別 技能混合比率에 該當 技能勞賃單價(Craft Rate)를 곱하여 求할 수 있다.

(a) 韓國의 勞動生産性

韓國의 勞動生産性은 1970年 美國 'Gulf Coast' 基準 2.4⁽³⁾로 보고된 바도 있지만 금번 8個 工場 實績 데이터의 分析結果는 Fig-1에서 보는 바와 같이 1.25경도로 向上된 것을 알 수 있다. Fig-1은 各 工場別 直接勞務者 使用實績 Man-hour를 該當 主機器費에 대하여 Plot한 것이

며, 美國과의 比較値를 얻기 위하여 1970年 基準의 'Guthrie Data'에 'Cost Index'를 적용하여 1975年으로 바꾸어 比較하였다. 데이터의 誤差範圍를 考慮하더라도 韓國의 全般的인 化學工場 建設 勞動生産性은 美國 對比 1.1~1.4의 範圍에 들 것으로 본다.

(b) 韓國의 活動別 勞賃單價

8個 工場의 實績平均으로 求한 韓國의 活動別 勞賃單價를 Table 4에 나타 내었으며, 美國과의 比較를 위하여 'Guthrie Data'에 'Cost Index'를 적용하여 1976年으로 바꾸어 比較하였다.

이 比較로부터 韓國의 勞賃單價 水準이 平均 美國의 1/16에 해당하는 것을 볼 수 있으며 이와같이 낮은 賃金水準에도 불구하고 生産性이 높은 것은 韓國의 큰 潛在力으로 評價된다.

Table 4. 미국과 한국의 활동별 노임 단가 비교

	한 국 S/M-H (실적 평균)	미 국 S/M-H* (Guthrie)	미 국 한 국	비 고
Excavation	0.298	6.91	23.2	*미국의 평균
Concrete	0.435	7.79	17.9	노임 단가는
Structural Steel	0.602	8.77	14.6	Guthrie에 의
Building	0.589	8.06	13.7	하여 1971년
Equipment Install	0.594	8.50	14.3	기준으로 제
Piping	0.601	9.19	15.3	정한 Activity
Electrical	0.634	9.74	15.4	별 노임 단
Instrumentation	0.660	9.43	14.3	가에 M&L I-
Painting	0.501	7.10	14.2	ndex의 Labor
Insulation	0.587	7.48	12.7	Index에
Unloading	0.497	—	—	따라 187/139
Average	0.541	—	16.0	=1.345를 곱
				하여 1976년
				Base로 환산
				한수치임.

(c) L/M-Ratio

該當 資材費에 대한 設置勞務費 比率(L/M-Ratio)은 直接建設費를 計算하는데 있어 가장 有用한 資料가 되기 때문에 8個 工場에 대하여 韓國 建設 勞務生産性이 고려된 L/M-Ratio의 實績値를 Table 5에 실었다. Table 5는 Table 2와 함께 韓國에서의 工場 直接建設費를 算定하는데 活用할 수 있다. 단 本 데이터가 1975~76年 基準이기 때문에 바라는 年度까지는 勞賃 및

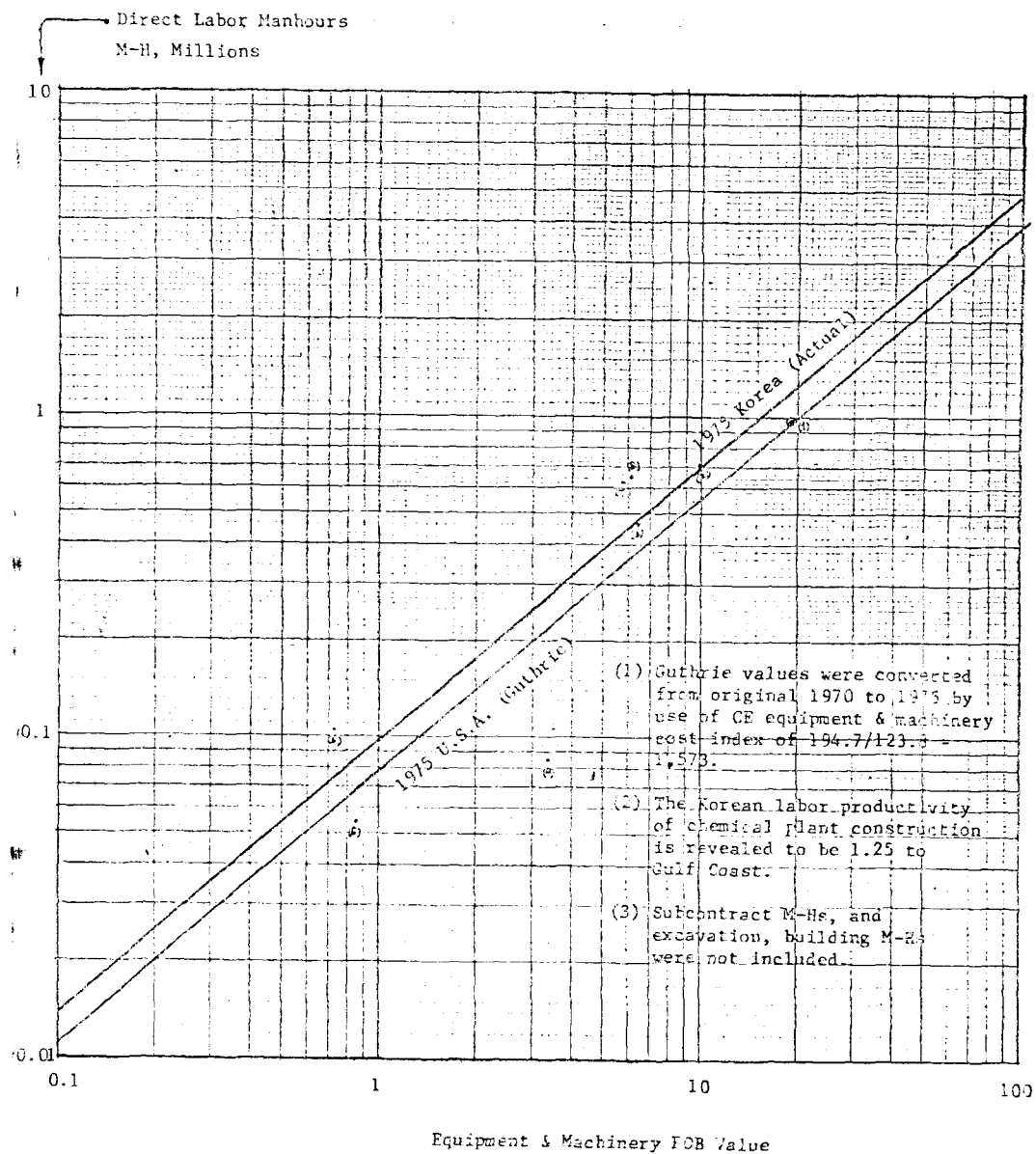


Fig 1.

機器費變動에 대한 補正 및 國產化率變動이 機器 資材費에 미치는 영향을 反映하는 것이 必要할 것이다.

특히 美國의 Guthrie 보고서에 의하면 美國內 化學工場 建設의 平均 直接機資材費에 대한 直接勞務費의 比率은 0.36 인데 반하여 韓國은 0.028 로 약 13 倍의 水準이었고, 美國의 主機器費에 대한 直接勞務費의 比率은 0.58 인데 比하여

韓國은 0.041 로 14 倍의 水準이었다. 따라서 勞務費單價와 地域生産性에 대한 知識을 基礎로 基準 L/M-Ratio를 補正하여 他地域에 適用할 수 있음을 알 수 있다.

主機器, 配管, 電氣 및 計裝 이외의 活動에 대한 L/M-Ratio는 금번 8 個 모델工場의 경우 鐵 構造物 工事を 제외하고는 대부분 Subcontractor를 많이 活用하였기 때문에, 더파기, 콘크리트

Table 5. 한국의 건설 실적 L/M RATIO

	1	2	3	4	5	6	7	8	Average
Equipment Install.	0.0054	0.0032	0.0087	0.0015	0.0035	0.0135	0.0090	0.0111	0.00635
Piping	0.056	0.051	0.059	0.058	0.048	0.058	0.049	0.073	0.0556
Electrical	0.096	0.110	0.052	0.131	0.091	0.058	0.040	0.043	0.0631
Instrument	0.022	0.017	0.026	0.039	0.028	0.022	0.044	0.048	0.0255
Overall	0.0178	0.0135	0.0196	0.0108	0.0209	0.0327	0.0194	0.0210	0.0177
Excavation	0.710	1.147	0.685	0.757*	0.15*	0.40*	0.465	0.754*	*Subcon. Excluded
Concrete	0.162	0.186*	0.133	0.079*	0.06*	0.058*	0.115	0.265	*Subcon. Excluded
Struct. Steel	0.041	0.086	0.043	0.041	0.016	0.035	0.054	0.096	*Average 0.056
Building	0.075*	0.420*	0.072*	0.112	0.051	0.152*	0.187	0.227	*Subcon. Excluded
Painting	0.693*	1.023	0.657*	0.737*	0.450*	0.655*	0.720*	0.640	*Subcon. Included in Labor.
Insulation	0.379*	0.508	0.061*	0.140*	0.153*	0.216*	0.085*	0.114	*Subcon. Included in Labor.

주: 상기 L/M-RATIO는 \$/\$로 표시한 것이며 이것을 M-H/S로 전환하려면 상기 L/M-RATIO를 Table 4의 활동별 노임단가로 나누어 주면 된다.

工事 및 建物工事に 대한 L/M-Ratio는 直接工事 부분에 대한 것만을 고려하였고, 페인트 및 保温工事は Subcontractor의 경우도 대부분 勞賃供給이기 때문에 直接工事 勞務費에 合算하여 나타내었다. 따라서 페인트 및 保温工事的 L/M-Ratio를 M-H/\$로 轉換하고자 할 때는 Subcontractor의 勞賃單價(直接 勞務費水準의 約 1.5~2倍)로 나누어 주어야 한다.

3. 事業 間接費(Project Indirect Cost)

事業 間接費는 크게

- (1) Freight, Insurance, Taxes and Duties
- (2) Construction Overhead
- (3) Contractor Engineering Cost
- (4) Start-up Cost

로 區分되며 이중 運搬費, 保險料, 税金 등은 直接資材費의 一定分率로 나타나며, 建設 Overhead는 相接勞務費의 函數로, 또 엔지니어링費는 直接資材費의 函數로 알려져 있다. 그러나 Table 6에서 보는 바와 같이 建設 Overhead는 韓國의 경우 直接勞務費가 美國에 비하여 현격히 적음에도 불구하고 相對的으로 적어지지 않고 絕對値가 美國의 水準과 같았다. 이는 美國 Contra-

ctor에 의하여 建設管理가 이루어졌기 때문이며, 海外에 工場을 建設하는 경우 그 建設 Overhead는 本國에 같은 工場을 建設하는 경우보다 무려 7~8배 增加되는 것으로 보고되고 있다⁴⁾. 현재 國內 建設業者가 建設管理하는 경우의 國內 프로젝트에서, 建設 Overhead는 直接勞務費의 약 100% 水準으로 集計되는 것에 비해, 外國(美國) 用役業者가 建設管理를 맡은 금번 프로젝트의 경우, Overhead가 약 7.5배 增加한 것을 알 수 있다.

結果的으로 全般的인 'Indirect Factor'는 금번 結果가 1.332로 나타나 'Guthrie Module'의 1.34와 같은 水準이 되었다.

금번 모델 工場의 경우 Engineering Cost는 'Fixed Price'로 契約되어 다음의 Fee項에 나타나고 本項에 포함된 부분은 단지 Reimbursible된 부분이다.

끝으로 Table 6에는 괄호안에 원貨 所要比를 적어서 間接費用중 外貨 所要額을 推定할 수 있게 하였다.

4. 用役 Fee 및 Contingency

당초 豫算樹立時 Contingency는 豫想 全現場 및 事務室費(total field & office cost)의 10%를

Table 6. 건설실적 평균 사업 간접비

	직접 건설비(M+L) 100% 기준	직접 노무비(L) 100% 기준
Export Packing, Frt., Ins., etc.	10.546*(2.62%)	
Stevedoring & Handling	1.074(100.00%)	
General Exp. (B. Tax)	0.613(100.00%)	
Sub-Total	12.233	
Temp. Const. Facilit.	2.407(100.00%)	89.61 (6.0)
Const. Service, Supply & Exp.	3.805 (83.40%)	141.66(12.0)
Field Staff Subs. Exp.	7.800 (34.37%)	290.36(10.0)
Craft Benefit Payroll Burden & Insurance	2.850(100.00%)	106.10(15.0)
Equip. Rental & Small Tool	3.476 (37.40%)	129.40(12.4)
Sub-Total	20.338	757.13(67.4)
Home Office	0.749(100.00%)	비고 () 안은 미국의 Guthrie Data, 로 기타 12.0%를 합하여 67.4%임.
Change Order	0.252(100.00%)	
Client Expense	0.208 (0.00%)	
Sub-Total	1.209	
Start-Up	1.361 (27.90%)	
Indirect %	33.20*(47.30%)	
비고 ()은 해당 부분의 원화 소요 %임. *요소는 CIF Price 이므로 요소부분을 제외한 수치임. *Guthrie Data 는 34%임.		

책정하였으며 프로젝트 完了後 殘額으로 0.82% (尿素 제외)를 남겼다.

本 모델工場 中 尿素工場을 제외하고는 전부 'Cost plus Fee' 基準으로 契約 運營되었고 엔지니어링 부분만 'Lump Sum Fixed Price(LSFP)' 로 契約되었었다. 이 LSFP 로 契約된 Fee 는 尿素工場을 제외하고는 평균 全現場 및 事務室費의 19%에 해당된다.

5. 結 論(Conclusion)

지난 數年 사이에 建設된 8개의 모델工場에 대한 費用分析을 통하여, 무엇보다도 韓國이 美國에 비하여 1/16 程度의 낮은 勞動賃金 水準에도 불구하고 化學工場 建設 勞務生産性은 1.1~1.4 로 아주 높은 水準임을 알 수 있었다.

더욱, 勞動賃金の 현격한 差異와 國產資材 使用 程度에 따른 資材費 構成의 변화 때문에 直接建設費 構成은 美國의 Module 과 상당히 달라졌으나, 相互關係를 뚜렷이 파악함으로써 外國

實績과의 相互比較 및 轉換 使用을 과오 없이 遂行할 수 있게 되었다.

建設 Overhead 는 外國의 用役業者가 建設管理를 맡는 경우, 國內業者가 單獨遂行하는 경우보다 7.5 배나 增加하였으며 이런 間接費 增加 現象은 특히 海外에 Plant 輸出을 試圖할 때 아주 注意를 要하는 부분으로 지적할 수 있었다.

參 考 文 獻

- 1) K.M. Guthrie; "Process Plant Estimating Evaluation and Control," Craftman Book Co., Solana Beach, 1974.
- 2) Namhae Chemical Cooperation; "Cost Estimate, Contract 4514.
- 3) Herbert Popper; "Modern Cost-Engineering Techniques", McGraw-Hill, Newyork, 1970.
- 4) Dutch Association of Cost Engineers, "Transactions of the 5th International Cost Engineer Congress"; for meeting 30 Oct.~1 NOV. 1978.