

시멘트 輸送計劃에 대한 提言

~ L.P 를 利用한 輸送費 節減策 ~

崔 東 眩

<韓一시멘트丹陽工場生産管理室長>

1. 序

'71년도는 시멘트 業界에 있어 史上最大의 虧를 입은 해라고 할 수 있다. 需給에 있어 蹉跌이 없었음에도 불구하고 市況에 대한 誤判이 있든 또는 他要因에 의했든 간에 相互競爭的 投賣行爲로 말미암아 수십억원의 손실을 보았으리라 예상된다. 설상 가상격으로 換率引上으로 外憂內患의 극심한 經營難에 봉착했었다. 이는 앞으로 수년간 후유증으로 남을 것이라 생각된다.

더우기 시멘트 原價의 主宗을 이루는 燃料(bunker C. oil) 電氣料, 鐵道運賃, 紙袋 등이 대폭 인상되었거나, 인상될 전망하에 있으므로 72年度 역시 어려운 처지에 놓일 것이 예상된다.

차제에 業界가 같이 힘쓸 일은 經營合理化를 적극 추진하여 原價維持 내지 節減을 꾀하는 길이라 하겠으며 그 일환책으로 筆者는 輸送費節減策을 검토하여 보고자 한다. 이는 業界全般을 대상으로 하는 線型計劃에 의한 어프로치로서 '71년도 韓國洋灰株式會社의 설립으로 그 가능성을 찾을 수 있지 않을까 생각한다. 다만 筆者의 사정상 諸 data 수집이 미약했으며 아울러 淺學非才하여 단순한 提言에 그치는 것을 섭섭히 생각하며 독자 여러분께 양해를 구하는 바이다.

2. 線型計劃法에 의한 輸送計劃

1) 線型計劃法(linear programming)

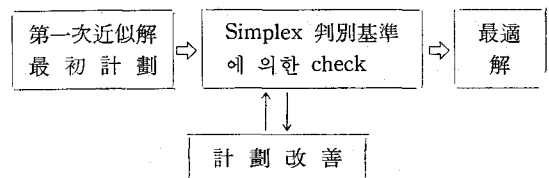
線型計劃 L.P는 주지의 計劃技法으로서 별도 소개를 요하지 않으나 순서상 간단히 기술하고

자 한다. 線型計劃을 간단히 표현하면 「몇 개의 變數가 線型(一次)不等式의 형태로 제약을 받을 때 이들 變數의 線型函數를 최대 또는 최소로 하는 문제의 분석이다」라고 할 수 있다. 즉 어떤 制約條件下에서 가장 효과적 또는 경제적으로 목적을 달성하고자 하는 計劃이라 하겠으며 이를 輸送問題에 적용하면 市場, 需要量, 供給處, 供給量, 運送手段 등 제 제약 조건하에서 전체 輸送費를 최소로 하고자 하는 계획이라 하겠다.

2) L.P에 의한 輸送問題解法

輸送問題의 解法順序는 <表-1>에서와 같이 우선 實行可能解(第一次近似解)를 구하고 이를 Simplex 判別基準에 의하여 check 하면서 개선하여 나아가 최후에 最適解를 얻는다.

<表-1>



第一次 近似解를 구하는 방법에는 西北隅의 規則, Houthakker Rule, VAM (Vogel's Approximation Method) 등이 있으며, Simplex 判別基準에는 飛石傳達法(Stepping Stone Method) MODI法(Modified Distribution Method)이 사용되며 이를 개선하는데는 飛石傳達法에 의한다.

본 시멘트 輸送計劃에서는 西北隅의 규칙과 MODI法을 이용하고자 한다. 그러나 부기할 것

은 西北隅의 규칙에 의하는 것보다는 Houthakker Rule 또는 VAM法에 의하는 것이 最適解에 더욱 가까운 近似解를 얻을 수 있다.

<表-2>

第一次近似解	Simplex 判別基準	改善
North-West Corner Rule	Stepping Stone Method	
Houthakker Rule	MODI法	
VAM法		

3. 시멘트 輸送의 線型計劃

1) 前提條件

筆者는 資料의 比價와 分析 model을 단순화하기 위해 다음과 같은 조건을 前提하고자한다.

- ① 輸送計劃의 대상은 國內用 시멘트에 한한다.
- ② 各社의 國內用 시멘트 供給量 合計는 國內 總需要量을 초과하지 않는다.
- ③ 各社의 供給量은 各社 生産規模比率에 의한다.
- ④ 需要地域의 구분은 韓國洋灰工業協會의 資料分類方式에 따라 서울, 충북, 충남, 경북, 경남, 전북, 전남으로 한다.
- ⑤ 輸送手段은 전량 鐵道利用으로 하며 제주도는 제외한다.
- ⑥ 各 工場과 需要地域間의 鐵道區間計算은 各 工場과 서울, 各 지역 道廳所在地까지의 最短鐵道 거리에 의한다.

⑦ 私有貨車의 이용, 시멘트 上下車費 등 運送에 관한 諸條件은 各社 동일한 것으로 한다.

2) 輸送計劃

① 地域別 需要量 및 名社供給量의 決定

地域別 需要量의 결정은 需要 自體가 여러 가지 factor에 의해 형성되므로 本稿에서는 이미 알고 있는 '70년도 실적에 의하고자한다. 다만 실제 적용에서는 예측 기간을 짧게 함으로써 代理店의 order 등에 의해 예측과 실적을 合一시킬 수 있으리라 생각된다. <表-3>은 '70년도 地域別 시멘트 消費實績이다. 이를 各社 生産規模比率에 따라 供給量을 再構成하면 <表-4>와 같다.

韓國洋灰株式會社의 各社 出荷配定은 <表-4>의 방법에 의할 것이라 생각되므로 앞으로 분석해 볼 L. P에 의한 總輸送費와 비교하기 위해

'70年度 地域別 시멘트 消費實績
<表-3> (單位:千噸)

區分	서울	忠北	忠南	慶北	慶南	全北	全南	濟州	計
東洋	307	1	10	95	299	5	33	(26)	776
大韓	261	11	14	45	27	23	9		390
雙龍(寧越)	857	27	127	105	354	74	164	(27)	1,735
韓一	459	21	47	112	9	32	10		690
現代	172	21	8	23	32	—	2		258
忠北	260	13	42	24	—	14	35		388
星信	522	19	55	36	57	17	16		722
其他	221	28	9	38	31	19	33		379
計	3,059	141	312	478	809	184	302	(53)	5,338

註 ① 出荷基準

② 其他는 工場自家消費 및 寄贈包含

③ 韓國洋灰工業協會 시멘트誌 1971年 6月號 p. 112

<表-4>

各社 生産規模比 供給量配分表

(單位:千噸)

供給地區	工場	地域	서울	忠北	忠南	慶北	慶南	全北	全南	供給量計	比率(%)
I	韓一 星信 忠北 現代	(323)	(242.25)	(323)	(403.75)	(565.25)	(484.50)	(646)		2,304	43.60
		1,334	62	136	208	353	80	131			
II	雙龍(寧越)	(323)	(242.25)	(323)	(403.75)	(646)	(484.50)	(646)		557	10.53
		322	15	33	50	85	20	32			
III	大韓	(565.25)	(403.75)	(242.25)	(242.25)	(403.75)	(484.50)	(646)		382	7.22
		221	10	23	35	58	13	22			
IV	東洋 雙龍(東海)	(646)	(565.25)	(646)	(565.25)	(726.75)	(807.50)	(969)		2,042	38.65
		1,182	54	120	185	313	71	117			
需要量計			3,059	141	312	478	809	184	302	5,285	100

註 ① ()는 各地區와 地域間의 시멘트 相當 鐵道運賃(單位:원)

② 運賃計算은 中央地圖文化社發行 南韓行政區域圖의 驛間 거리에 의함

③ model의 단순화를 위해 同一區間의 工場을 묶어 一地區로 함

<表-5>

[單位：千噸]

地域	地區	서 울	忠 北	忠 南	慶 北	慶 南	全 北	全 南	供給量計	比 率 (%)
I		(323)	(242.25)	(323)	(403.75)	(565.25)	(484.50)	(646)	2,304	43.60
	a_{11}	a_{12}	a_{13}	a_{14}	a_{15}	a_{16}	a_{17}			
II		(323)	(242.25)	(323)	(403.75)	(646)	(484.50)	(646)	557	10.53
	a_{21}	a_{22}	a_{23}	a_{24}	a_{25}	a_{26}	a_{27}			
III		(565.25)	(403.75)	(242.25)	(242.25)	(403.75)	(484.50)	(646)	382	7.22
	a_{31}	a_{32}	a_{33}	a_{34}	a_{35}	a_{36}	a_{37}			
IV		(646)	(565.25)	(646)	(565.25)	(726.75)	(807.50)	(969)	2,042	38.65
	a_{41}	a_{42}	a_{43}	a_{44}	a_{45}	a_{46}	a_{47}			
需要量計		3,059	141	312	478	809	184	302	5,285	100

<表-4>의 방법에 의한 總輸送費를 계산하면 다음과 같다.

$$1,333 \times 323 + 62 \times 242.25 + \dots + 322 \times 323 + 15 \times 242.25 + \dots + 221 \times 565.25 + 10 \times 403.75 + \dots + 1,182 \times 646 + \dots + 117 \times 960 = 2,681,788.25 \text{ (千원)}$$

② 輸送計劃의 L. P 數式化

<表-4>의 地域別 各社 供給量을 輸送計劃의 L. P 化를 위해 未知數로 대체하면 <表-5>와 같다. <表-5>의 輸送計劃을 L. P 數式化하면 다음과 같다.

<條件式>

i) 各地域의 輸送量은 需要量을 充足시켜야 하므로

$$a_{11} + a_{21} + a_{31} + a_{41} \geq 3,059$$

$$a_{12} + a_{22} + a_{32} + a_{42} \geq 141$$

$$a_{17} + a_{27} + a_{37} + a_{47} \geq 302$$

ii) 各社 供給量이 전체적으로 過剩供給이 없는 것으로 前提했으므로

$$a_{11} + a_{12} + a_{13} + a_{14} + a_{15} + a_{16} + a_{17} \leq 2,304$$

$$a_{21} + a_{22} + a_{23} + \dots + a_{27} \leq 557$$

$$a_{31} + a_{32} + a_{33} + \dots + a_{37} \leq 382$$

$$a_{41} + a_{42} + a_{43} + \dots + a_{47} \leq 2,042$$

<表-6>

시멘트 輸送計劃 第一次近似解

(單位：千噸)

地域	工場	서 울	忠 北	忠 南	慶 北	慶 南	全 北	全 南	供給量計
I		2,304							2,304
II		↓ 557							557
III		↓ 198	→ 141	→ 43					382
IV				↓ 269	→ 478	→ 809	→ 184	→ 302	2,042
需要量計		3,059	141	312	478	809	184	302	5,285

<目的式>

iii) 目的은 總輸送費를 최소로 하는 것이므로

$$f(a) = 323a_{11} + 242.25a_{12} + \dots + 646a_{17} + 323a_{21} + 242.25a_{22} + \dots + 646a_{27} + 565.25a_{31} + 403.75a_{32} + \dots + 646a_{37} + 646a_{41} + 565.25a_{42} + \dots + 969a_{47}$$

을 최소로 하면 된다.

③ 輸送計劃의 第一次近似解

第一次近似解를 구하는 西北隅의 규칙은 輸送計劃表의 最西北隅(<表-5>의 a_{11})에서부터 條件式의 制約(前項 i,ii)下에 輸送量을 결정하여 가는 것이다. 즉 需要가 전부 만족되고 生産量이 남으면 右則으로 옮긴다. 供給量이 전부 없 어지고 需要쪽이 남는 것이 있으면 바로 아래 쪽으로 옮긴다.

이러한 規則下에 <表-5>의 輸送計劃에 대한 第一次近似解를 구하면 <表-6>과 같다.

④ 計劃의 改善

前述한 바 第一次近似解는 Simplex 基準에 의 해 最適解인가의 與否를 判定받으면서 飛石傳達法에 의 해 改善, 最後에 最適解에 도달한다.

本稿에서는 Simplex 基準으로서 MODI 法을 사용하고자 한다. MODI 法은 限界概念을 이용 하여 Simplex 判別基準을 삼는다.

이제 i 工場에서 j 地域으로 ($i \sim j$ road) 輸送되는 量을 x_{ij} , x_{ij} 를 0에서 1만큼 增加시킬 때의 輸送費增加額을 c_{ij} , i 工場의 供給을 1增加시킬 때의 利益增加 또는 費用減少를 u_i , j 市場에의 供給을 增加시킬 때의 利益增加 또는 費用減少를 v_j 라고 하면

輸送量이 陽인 road 에 대해서는

$$v_j - u_i = c_{ij} \dots \textcircled{1}$$

輸送量이 0인 road 에 대해서는

$$v_j - u_i \leq c_{ij} \dots \textcircled{2}$$

일때 最適輸送計劃이 될 것이다.

따라서 輸送量이 陽인 road 에서는 $c_{ij} = v_j - u_i$ 를 滿足하도록 u_i , v_j 를 정하면 輸送量이 0인 road 에 대하여 $c_{ij} + u_i - v_j \leq 0$ or ≥ 0 인가를 計算하여 보면 最適解 여부가 결정된다.

故로 $c_{ij} + u_i = v_j$ 가 Simplex 判別基準이 된다. 計算 편의상 u_i 의 부호를 바꾸어 놓으면 Simplex 基準은 $c_{ij} - (u_i + v_j)$ 가 된다.

計劃의 改善에 있어서는 輸送量이 0인 road 에 대해 각각 上記 Simplex 判別基準을 適用 計算하여 $c_{ij} - (u_i + v_j) < 0$ 인 road 중에서 most negative 인 road 에 輸送量을 陽으로 되도록 조정한다. 이때 most negative road 에 輸送量을 주기 위해 most negative road 가 속하는 四角閉回路를 利用, 需要·供給의 條件을 滿足시키면서 他 road 의 輸送量을 增減시킨다. 附言할 것은 最初의 u_i 數는 任意의 값을 이용하더라도 結果値는 마찬가지이다.

이상의 方法에 의해 第一次 近似解 (<表-6>) 는 <表-7, 8, 9, 10> 의 順序로 最適解가 된다.

i) u_i, v_j 計算 $c_{ij} = u_i + v_j$ (輸送量이 陽인 road)

<表-7>

工場	地域								供給量計
	a	b	c	d	e	f	g		
	u_j	323	161.50	0	-80.75	80.75	161.50	323	
	v_i								
I	0	(323) 2,304	(242.25)	(323)	(403.75)	(565.25)	(484.50)	(646)	2,304
II	0	(323) 557	(242.25)	(323)	(403.75)	(646)	(484.50)	(646)	557
III	242.25	(565.25) 198	(403.75) 141	(242.25) 43	(242.25)	(403.75)	(484.50)	(646)	382
IV	646	(646) -323	(565.25)	(646) 269	(565.25) 478	(726.75) 809	(807.50) 184	(969) 302	2,042
需要量計		3,059	141	312	478	809	184	302	5,285

最初의 u_i 는 任意의 값을 取하여 $u_i = 0$

$$u_a = 323 - 0 = 323$$

$$u_{II} = 323 - 323 = 0$$

$$u_{III} = 565.25 - 323 = 242.25$$

$$v_b = 403.75 - 242.25 = 161.50$$

$$v_c = 242.25 - 242.25 = 0$$

$$v_N = 646 - 0 = 646$$

$$\vdots$$

$$v_g = 969 - 646 = 323$$

ii) Simplex 基準의 計算 $\{c_{ij} - (u_i + v_j)\}$

$$I - b \text{ road } 242.25 - (0 + 161.50) = 80.75$$

$$\vdots$$

$$N - a \text{ road } 646 - (646 + 323) = -323 \text{ (most negative)}$$

$$N - b \text{ road } 565.25 - (646 + 161.50) = -242.25$$

C) 각 road 輸送量變化

IV - c road 輸送量; 269 }의 最小值 198
III - a road 輸送量; 198 }

IV - a road ; 0 \rightarrow 198 (198 增)

III - a road ; 198 \rightarrow 0 (198 減)

III - c road ; 43 \rightarrow 241 (198 增)

IV - c road ; 269 \rightarrow 71 (198 減)

<表-10>의 結果値는 모든 road 에 대해 $c_{ij} - (u_i + v_j) \geq 0$ 이 滿足되므로 最適解에 到達했다.

이제 이 計劃에 의한 總輸送費를 計算하면

$$2,304 \times 323 + 557 \times 323 + \dots + 302 \times 969 = 2,484,031.50 \text{ 千원}$$

이다. 이는 앞서 計算한 <表-4> 計劃에 의한 輸送費와 比較하면 다음과 같다.

<表-4> 計劃에 의한 輸送費 2,681,788.25

<表-8>

시장 공장		시장		a	b	c	d	e	f	g	공급량계
		v_i	u_i								
				323	484.50	323	242.25	403.75	484.50	646	
I	0			(323) 2,304	(242.25)	(323)	(403.75)	(565.25)	(484.50)	(646)	2,304
II	0			(323) 557	(242.25)	(323)	(403.75)	(646)	(484.50)	(646)	557
III	-80.75			(565.25)	(403.75) 141	(242.25) 241	(242.25)	(403.75)	(484.50)	(646)	382
IV	323			(646) 198	(565.25) -242.25	(646) 71	(565.25) 478	(726.75) 809	(807.50) 184	(969) 302	2,042
수요량계				3,059	141	312	478	809	184	302	5,285

<表-9>

시장 공장		시장		a	b	c	d	e	f	g	공급량계
		v_i	u_i								
				323	242.25	80.75	242.25	403.75	484.50	646	
I	0			(323) 2,304	(242.25)	(323)	(403.75)	(565.25)	(484.50)	(646)	2,304
II	0			(323) 557	(242.25)	(323)	(403.75)	(646)	(484.50)	(646)	557
III	161.50			(565.25)	(403.75) 70	(242.25) 312	242.25 -161.50	(403.75)	(484.50)	(646)	382
IV	323			(646) 198	(565.25) 71	(646)	(565.25) 478	(726.75) 809	(807.50) 184	(969) 302	2,042
수요량계				3,059	141	312	478	809	184	302	5,285

<表-10>

最適輸送計劃

시장 공장		시장		a	b	c	d	e	f	g	공급량
		v_j	u_i								
				323	242.25	242.25	242.25	403.75	484.50	646	
I	0			(323) 2,304	(242.25)	(323)	(403.75)	(565.25)	(484.50)	(646)	2,304
II	0			(323) 557	(242.25)	(323)	(403.75)	(646)	(484.50)	(646)	557
III	0			(565.25)	(403.75)	(242.25) 312	(242.25) 70	(403.75)	(484.50)	(646)	382
IV	323			(646) 198	(565.25) 141	(646)	(565.25) 408	(726.75) 809	(807.50) 184	(969) 302	2,042
수요량				3,059	141	312	478	809	184	302	5,285

千원……③

<表-9> 計劃에 의한 輸送費 2,484,031.50

千원……④

③-④ 197,756.75千원 (約 7.4% 節減)

4. 結語

이상 單純化시킨 model 에 의해 검토한 바 業界全體의 輸送費는 約 7.4%(2億원)의 節減이 가능하다는 결론에 도달했다. 이 model 은 너무나 單純化되어 실제와는 거리가 멀었지만 현실

적 諸般條件과 制約條件을 충분히 검토하여 業界 전체의 共同努力과 實務面에서의 치밀한 計劃에 의해 輸送費의 대폭적인 節減이 가능하리라 확신하는 바이다. 더욱기 韓國洋灰株式會社는 그 設立目的에 더욱 接近시키기 위해 各社間에 상반되는 利害關係를 잘 調整하여 적극 그 활동 범위를 넓힘으로써 國家經濟와 業界에 plus 되는 방향으로 經營이 이루어질 것을 기대한다.