

# dump truck 운반과 belt 운반의 cost 비교(上)

김 성 범  
〈雙龍洋灰東海工場 採鑛課長代理〉

**筆者註 :**

다음은 Weiß 씨의 「노천광산에 portable crusher 를 投入하므로 發生되는 原價의 變動에 關하여」라는 論文에서 dump truck 과 belt conveyer 운반 cost 의 比較에 關한 部分을 발췌 번역한 것이다.

portable crusher 가 유류에 보급될 初期에 발표된 이 논문은 당시의 作業體制下에서 많은 사람들의 관심을 모았던 論文이긴 하지만 유류와 우리의

사정에 너무도 부합되지 않은 점이 많아 이 論文中의 성과는 현시점에서 우리에게 별로 큰 의의를 주리라고 생각하지는 않는다. 다만 여기서는 dump truck 과 belt conveyer 운반 cost 산출 方法의 하나와 비교시의 主眼點을 소개하는 程度로 그칠까 한다.

## 1. 서 론

portable crusher 는 막장에서 power shovel 에 의하여 직접 급광된 原石을 粗碎하고 이를 belt conveyer 에 의하여 다음 과정으로 運搬하여 준다. 따라서 power shovel 에 의하여 dump truck 이나 礦車에 적재되어 crushing plant 까지 原石을 운반하는 종래의 石灰石 礦山에서의 일반적 作業과정은 이 portable crushing plant 에 의하여 그 system 이 달라지게 된다.

즉 종래의 shoveling, transportation 및 crushing 作業과정의 discontinuously transportation system 이 continuously system 으로 변하게 되는 것이다. 따라서 本編에서는 stationary crushing system 과 portable crushing system 에 있어서 作業 方式 또는 순서의 변경으로 인하여 發生하는 cost 의 변화 즉 dump truck 운반과 belt conveyer 운반에 있어서의 운반 cost 를 비교하여 보고자 한다.

Flachsenberg 에 의하면 노천광산에서 作業部 門別 cost 는

채굴 28%  
적재 24%  
운반 26%  
조쇄 22%의 분포를 보이고 있다고 한다.  
그러므로 채굴部門을 제외한 여타부분의 cost 분포는

積載 33.3%  
運搬 36.2%  
粗碎 30.5%로서 운반 cost 가 차지하는 비율이 가장 높다.

即 이것은 운반비가 전체 採石 cost 에 현저한 영향을 미침을 의미한다.

노천광산에서 주로 이용되고 있는 積載運搬수단은 power shovel 과 dump truck 이다.

이러한 장비의 능력向上 및 경제적 이용을 위하여 이들 각종 장비의 capacity 를 합리적으로 조정하는 일은 매우 중요한 것이다. 그러나 실제로 作業장에서 종종 일어나는 현상은 이러한 장비의 capacity 의 합리적 조정이란 그리 쉬운 일이 아님을 증명하여 준다.

특히 새로 개발되는 광산의 경우외에 현재의

規模를 확대하고자 하는 경우에 이러한 장비의 unbalance 는 거의 불가피한 것이다.

이러한 장비의 capacity 의 unbalance 를 감소 시키는데 있어서도 portable crushing system 은 stationary crushing System 보다 유리하다. 즉 shovel 과 나란히 배치되어 직접 급광하는 경우가 dump truck 이라는 운반 수단을 통하여 급광되는 경우보다는 有利하다는 것은 쉽게 이해할 수 있다.

stationary crushing system 에서는 또 dump truck 外에 礦車에 의한 운반도 많이 채택되고 있으나 礦車 운반의 경우 그 운반 cost 는 dump truck 의 경우보다 높으므로 여기서는 stationary crushing system 의 대표적 運搬 수단을 dump truck 으로 보고 이를 belt conveyer 운반과 比較하고자 한다.

## 2. dump truck 운반

dump truck 운반 cost 를 산정하기 위하여 우선 여러 maker 의 data 를 종합하였다. 첫째 dump truck 의 운행속도는 30km/h 로 하였으며 여기서 운광로 구배에 따른 속도의 減少를 산정하였다(그림 1). 둘째 加速 또는 減速期는

$$t = \frac{W \cdot V_{max}^2}{2 \cdot g} \times \frac{1}{75N} \quad (\text{sec}) \text{에서}$$

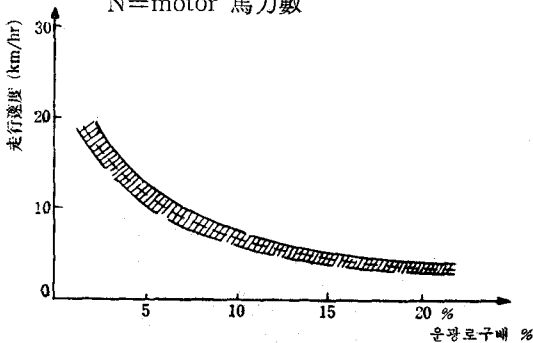
t = 加速 또는 減速期

W = truck 自體重量 및 load 15ton  
truck 의 경우 30,000kg

g = 重力의 加速度 9.81 m/sec<sup>2</sup>

V<sub>max</sub> = 30km/h = 8.33m/sec

N = motor 馬力數



<그림 1> 운광로 구배와 走行速度 關係

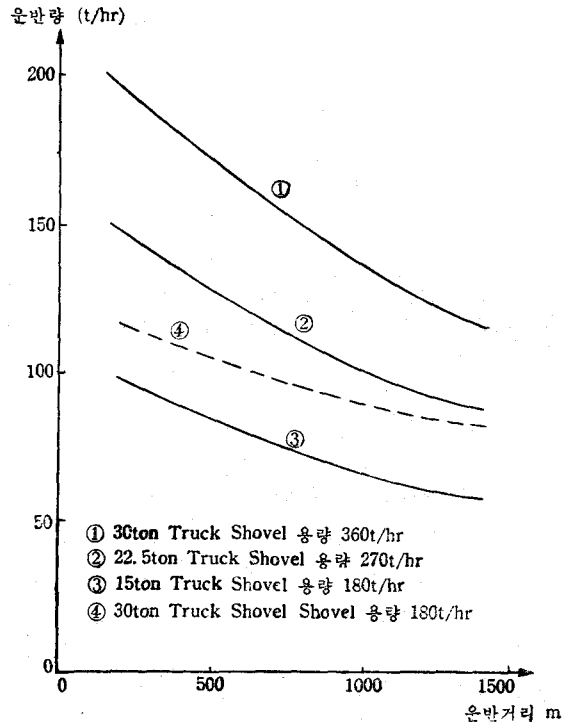
15ton dump truck의 경우 200HP

으로 보면 t=7.1 sec=0.12min 가 된다.

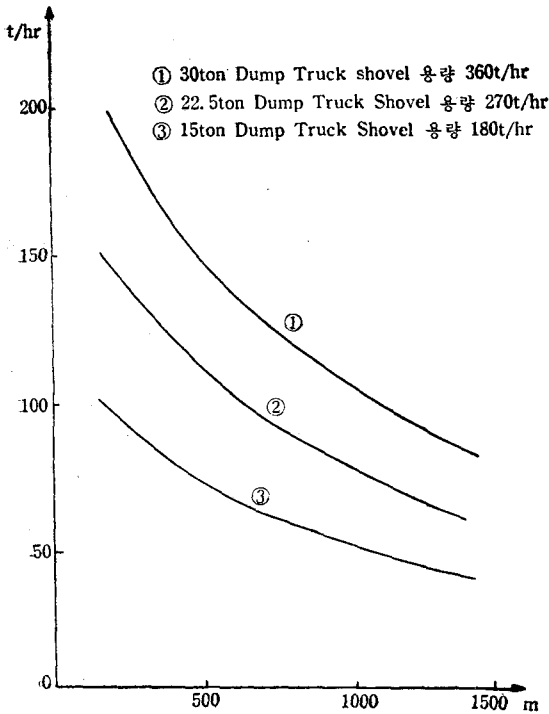
그러나 실제로 작업장 환경 및 변속조작 등을 고려하여 加速期 0.3min, 減速기 0.1min 로 하였으며 Bock 씨 算法에 따라 가속기 동안의 走行거리 75m, 減速기 동안의 走行거리를 25m 로 하였으며 적재 및 dumping 시간은 Flachsenberg 의 계산식을 적용하여 각각 5min 및 0.4 min 로 하였다. 따라서 fixed time 은

shovel→crusher	적재	5.0min
	가속기	0.3min 75m
	減速기	0.1min 25m
	dumping	0.4min
crusher→shovel	加速期	0.3min
	減速期	0.1min
計		6.2min

즉 fixed time 은 6.2min 이며 이 동안 truck 은 100m 走行하게 된다. 또 V<sub>max</sub>=30km/h=500m/min 이므로 水平 운반도로에서 시간當



<그림 2> 水平운반도로에서 dump truck 의 용량 및 운반거리와 운반량과의 關係



〈그림 3〉 5% 운반도로에서 dump truck의 용량 및 운반거리와 운반량과의 관계

왕복 回數는

$$Z = \frac{60}{6.2 + \frac{2(S-100)}{500}}$$

Z=시간당 왕복회수

S=운반거리 (m)

이 "Z"에 의하여 시간당 운광량을 구하면

$$Qt = Z \cdot W = \frac{60w}{6.2 + \frac{2(S-100)}{500}} \quad (t/h)$$

Qt=이론적 운광량 (t/h)

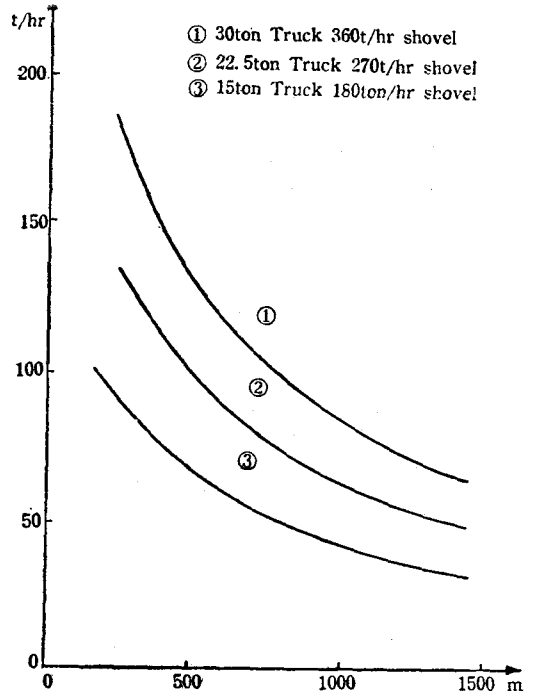
W=적재용량 (t)

이 되고 실적재량은 적재중량의 75%로 하여 시간당 實운반량을 계산하였다.

$$Q = 0.75 Qt = \frac{45W}{6.2 + \frac{2(S-100)}{500}} \quad (t/h) \quad \langle \text{그림 2} \rangle$$

또 적재시간을 5.0min로 하였으므로 15ton, 22.5ton 및 30ton truck의 운광을 위한 shovel의 용량은

15ton dump truck의 경우 180t/h  
22.5 " " " 270 "



〈그림 4〉 10% 운반도로에서 dump truck의 용량 및 운반거리와 운반량과의 關係

30 " " 360 " 가 되어야 한다. 5%의 구배를 가진 운광도로의 경우에는 <그림 1>에서  $V_{max}=11.5\text{km/h}=192\text{m/min}$ 이며, 10%의 경우에는  $V_{max}=6.8\text{km/h}=113\text{m/min}$ 가 된다.

이 경우 실 운광량을 보면

5% 운광로의 上向운반의 경우 <그림 3>

$$Z = \frac{60}{6.2 + \frac{S-100}{192} + \frac{S-100}{500}}$$

단 空車 下向운행속도는 30km/h로 한다.

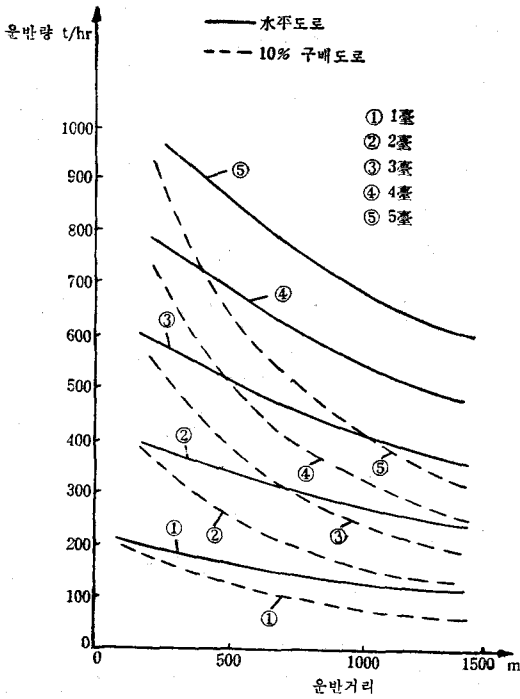
$$Q = \frac{45W}{6.2 + \frac{S-100}{192} + \frac{S-100}{500}} \quad (t/h)$$

10% 운광로 上向운반의 경우 <그림 4>

$$Z = \frac{60}{6.2 + \frac{S-100}{113} + \frac{S-100}{500}}$$

$$Q = \frac{45W}{6.2 + \frac{S-100}{113} + \frac{S-100}{500}} \quad (t/h)$$

이상의 算式에서 반대로 운광량과 운반거리가 주어지면 필요한 truck의 臺數를 결정할 수 있



〈그림 5〉 水平 및 10% 구배도로에서 운반량 및 운반거리와 所要 truck 臺數 關係

다〈그림 5〉.

예를 들면 1,000m의 水平운광로에서 時間當 400ton을 운광하여야 할 경우

30ton dump truck 3臺 또는  
15ton " 6臺

10%의 運礦路 上向운반에서는

30ton dump truck 5臺 또는

15ton dump truck 10臺가 所要된다.

이 외에도 Glatzel은 〈表 7〉, 폐석 및 其他의

1. 勞力費

〈表 1〉

—交代(1,600h/year) 作業時

차량 용량	單位	15ton	22.5ton	30ton
1-A-1 運轉工 임금	DM/year	15,000	15,000	15,000
1-A-2 tire 修理工 임금	"	265	600	925
정비공 임금	"	2,750	4,400	6,000
小 計	"	18,015 (8.8%)	20,000 (8.9%)	21,925 (12.6%)
1-A-3 관리비 할당	"	1,600	1,770	2,760
計		19,615	21,770	24,685
時間當 cost	DM/h	12.20	13.60	15.40

운반을 위하여 7~33.7%의 용량의 여유를 確保 하여야 된다고 主張하고 있으나 本編에서는 이를 고려하지 않기로 하였다.

cost의 分類項目은 Mellerowicz의 方式을 적용하여

1. 勞力費

1.1 운전공 임금

1.2 수리 및 정비공 임금

1.3 관리비 割當金(1.1 및 1.2의 8.8~12.6%)

2. capital cost

2.1 감가상각비; 二交代작업시 20%/year  
—交代작업시 10%/year

2.2 利子 7%/year

2.3 保險料

2.4 車庫

3. 재료비

3.1 tire 5,000시간 기준

3.2 tire 修理費 구입비의 15%

3.3 부속품

3.4 운활유

4. 연료비 0.5DM/l

5. 재산세 구입비 1%

시간당 cost 산출을 위하여 —交代 作業시 1,600h, 二交代 作業시 3,200h을 기준으로 하며 truck의 구입비는

15ton truck 100,000DM

22.5ton " 160,000DM

30ton " 220,000DM(maker 제공)

로 하였다.

여기서 시간당 cost 는 二交代制에서도 역시 같다.

2. capital cost

<表 2>

A. 一交代(1,600h/year) 作業時

차량 용량	單 位	15ton	22.5ton	30ton
A-1 구입가격 (tire 包含)	DM	100,000	160,000	220,000
A-2 tire 구입가격	"	7,000	16,000	24,500
A-3 tire 를 除外한 차량가격	"	93,000	144,000	195,500
2-A-1 감가상각비 (A-3의 10%)	DM/year	9,300	14,400	19,550
2-A-2 利子 (A-1의 7%)	"	7,000	11,200	15,400
2-A-3 보험료 (A-1의 2.3%)	"	2,300	3,680	5,060
2-A-4 차고	"	700	850	1,000
計	"	19,300	30,130	41,010
時 間 當	DM/h	12.05	18.80	25.50

<表 3>

B. 二交代(3,200hr/year) 作業時

차량 용량	單 位	15ton	22.5ton	30ton
2-B-1 감각상각비	DM/year	18,600	28,800	39,100
2-B-2 利子 (구입가의 7%/year)	"	7,000	11,200	15,400
2-B-3 보험료	"	4,600	7,360	10,120
2-B-4 차 고	"	700	850	1,000
計	"	30,900	48,210	65,620
시 간 당	DM/hr	9.65	15.05	20.50

3. 材料費

<表 4>

材 料 費

차량 용량	單 位	15ton	22.5ton	30ton
※ tire 구입가격	DM	7,000	16,000	24,500
3-1 tire 소모비 (수명 5,000h)	DM/h	1.40	3.20	4.90
3-2 tire 修繕費 (3-1의 15%)	"	0.21	0.48	0.74
3-3 其他部屬品 (1,600h/year 時)	DM/year	2,750	4,400	6,000
	DM/h	1.72	2.75	3.75
3-4 윤활유	DM/year	2,600	3,450	4,300
	DM/h	1.62	2.16	2.69
計	DM/h	4.95	8.59	12.08

4. 연료비

<表 4>

연 료 비

차량 용량	單 位	15ton	22.5ton	30ton
연 료 비	l/h	9	11	15
	DM/h	4.50	5.50	7.50

5. 財産稅

<表 6>

財 産 稅

차량 용량	單 位	15ton	22.5ton	30ton
※ 재산=구입가격	DM	100,000	160,000	220,000
5-1 財産稅	DM/year	1,000	1,600	2,200
1,600h/year 時	DM/h	0.62	1.00	1.38
3,200h/year 時	"	0.31	0.50	0.69

6. dump truck 운반 cost 綜合

<表 7> A. 一交代(1,600h/year) 작업시

차량 용량	單 位	15ton	22.5ton	30ton
6-A-1 勞 力 費	DM/h	12.20	13.60	15.40
6-A-2 capital cost	"	12.05	18.80	25.50
6-A-3 材 料 費	"	4.95	8.59	12.08
6-A-4 연 료 비	"	4.50	5.50	7.50
6-A-5 財 産 稅	"	0.62	1.00	1.38
計	"	34.32	47.49	61.86

<表 8> B. 二交代(3,200h/year) 작업시

차량 용량	單 位	15ton	22.5ton	30ton
6-B-1 勞 力 費	DM/year	12.20	13.60	15.40
6-B-2 capital cost	"	9.65	15.05	20.50
6-B-3 材 料 費	"	4.95	8.59	12.08
6-B-4 연 료 비	"	4.50	5.50	7.50
6-B-5 財 産 稅	"	0.31	0.50	0.69
計	"	31.61	43.24	56.17

단위 시간당 cost 와 시간당 운반량으로서 ton 당 cost 를 산출한다. dump truck 의 크기 및

운반거리와 도로 구배에 따른 단위 시간당 운반량을 보던

(A) 15 ton dump truck

<表 9>

운반 거리 (m)	200	300	400	500	600	1,000	1,400
운반량 (t/h) ① 水平도로	99	96.5	91	86.5	82	69	59
② 5% "	98	88	81	71	69	53	42
③ 10% "	93	81	71.5	64.5	58	42	33

(B) 22.5 ton dump truck

<表 10>

운반 거리 (m)	200	300	400	500	600	1,000	1,400
운반량 (t/h)							
① 水平道路	149	144.7	136.5	129.7	123	103.5	88.5
② 5% "	147	132	121.5	106.5	103.5	79.5	63
③ 10% "	139.5	121.5	107.2	96.7	87	63	49.5

(C) 30ton dump truck

<表 11>

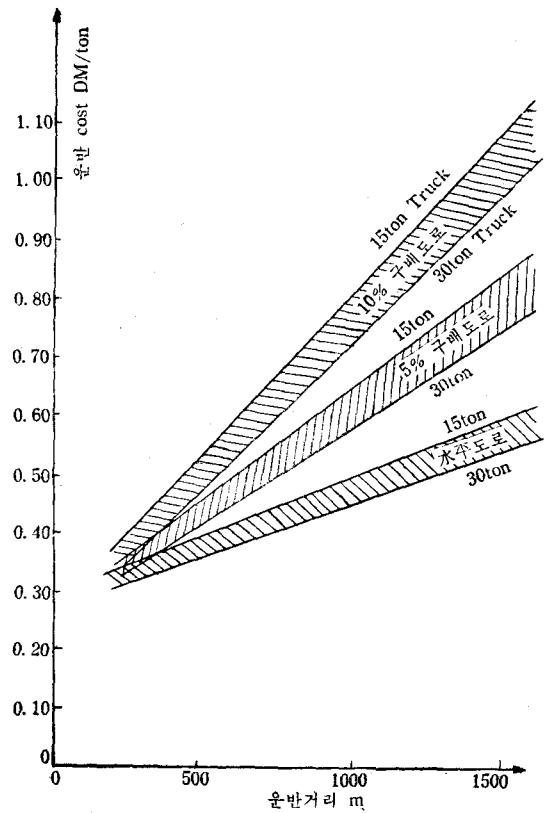
운반 거리 (m)	200	300	400	500	600	1,000	1,400
운반량 (t/h)							
① 수평도로	198	193	182	173	164	138	118
② 5% "	196	176	162	142	138	106	84
③ 10% "	186	162	143	129	116	84	66

以上과 같다. 그러므로 ton 당 cost 는 <表 12> 와 같다.

<表 12>

운반 거리		200	300	400	500	600	1,000	1,400
① 水平도로	15ton	0.346	0.355	0.377	0.397	0.419	0.497	0.582
	22.5ton	0.319	0.328	0.348	0.367	0.386	0.459	0.535
	30ton	0.312	0.321	0.340	0.358	0.378	0.449	0.728
② 5% 도로	15ton	0.350	0.389	0.424	0.483	0.497	0.648	0.818
	22.5ton	0.323	0.360	0.391	0.445	0.459	0.598	0.753
	30ton	0.316	0.352	0.382	0.436	0.449	0.583	0.728
③ 10% 도로	15ton	0.368	0.424	0.480	0.532	0.592	0.818	1.040
	22.5ton	0.341	0.390	0.443	0.491	0.545	0.752	0.960
	30ton	0.333	0.382	0.433	0.480	0.533	0.728	0.938

이 외에도 운광도로의 開設을 위한 cost 도 있으나 (10~30DM/m<sup>2</sup>: Glatzel) 여기서는 생략하였다(그림 6).



<그림 6> truck 운반 적재 운반용량을 100% 가동할 경우 운반 cost DM/ton