

tire loader에 의한 積載運搬에 관하여

金 成 範

<雙龍洋灰東海工場採鑛課長代理>

I.

歐美에서는 이미 오래 전부터 大量生産 및 勞動力 문제 解決을 위한 수단의 하나로 노천 鑛山에서 장비 용량의 大型化 또는 作業機能의 集約化 方案을 모색하여 왔다.

portable crusher의 등장은 그 좋은 예의 하나로서 急速히 보급되고 있다. 그러나 操業中인 鑛山에서 이미 投資한 기존 장비 및 설비를 두고 다시 새로운 投資를 하여야 하는 경우에는 그 경제성을 다각적으로 검토하여 新規施設 장비를 채택할 時點을 구하여 그 시기까지는 기존 장비 및 설비를 효율적으로 운영할 방안을 강구하지 않을 수 없다.

우리나라에서는 大規模 石灰石 鑛山の 歷史가 길지 않고 또 그 採掘條件이 歐美와는 相異하므로 그 발달 과정과 작업 방법이 그들과는 다르지만 그러나 최근 大口徑 鋤공 發破法에 의한 채굴 작업과 power shovel에 의한 적재 작업 및 dump truck에 의한 운반 작업 등 현재 보편적인 방법을 채택하고 있거나 또는 채택하려는 경향이 있다. 따라서 이 작업 방법을 살펴보는 것은 의의 있는 일인 줄로 안다.

本稿는 이러한 여러 가지 문제점 중에서 특히 작업장의 立地條件, 鑛材 및 採掘條件에 따른 장비의 능률 저하를 改善하기 위한 방법 중의 하나로서 1969년 4월부터 3개월간 필자가 견학한 바 있는 西獨의 Rheinische-Westfälische Kalkwerke A.G.의 Dornap 鑛山에서 채택한 방법을 중심으로 tire loader에 의한 적재 방법에 관하여 기술

하고자 한다.

II.

Dornap 石灰石 鑛山은 Düsseldorf에서 약 20 km 동쪽 丘陵地帶의 國道에 의하여 分割된 3개의 作業場에서 生石灰, 鐵鋼 및 骨材用으로 年産 石灰石 2,200,000 톤, dolomite 500,000 톤을 채굴하고 있으며 완만한 丘陵地帶의 重厚한 表土除去作業(表土厚 약 10 m) 및 제한된 작업장에서 深部로 稼行됨에 따라 가능한 한 幕場延長을 유지하기 위하여 石灰石 上部 頁岩層 除去를 發破에 의하여 年間 약 1,300,000 톤을 처리하고 있다. 이와 같이

① 作業場의 分散

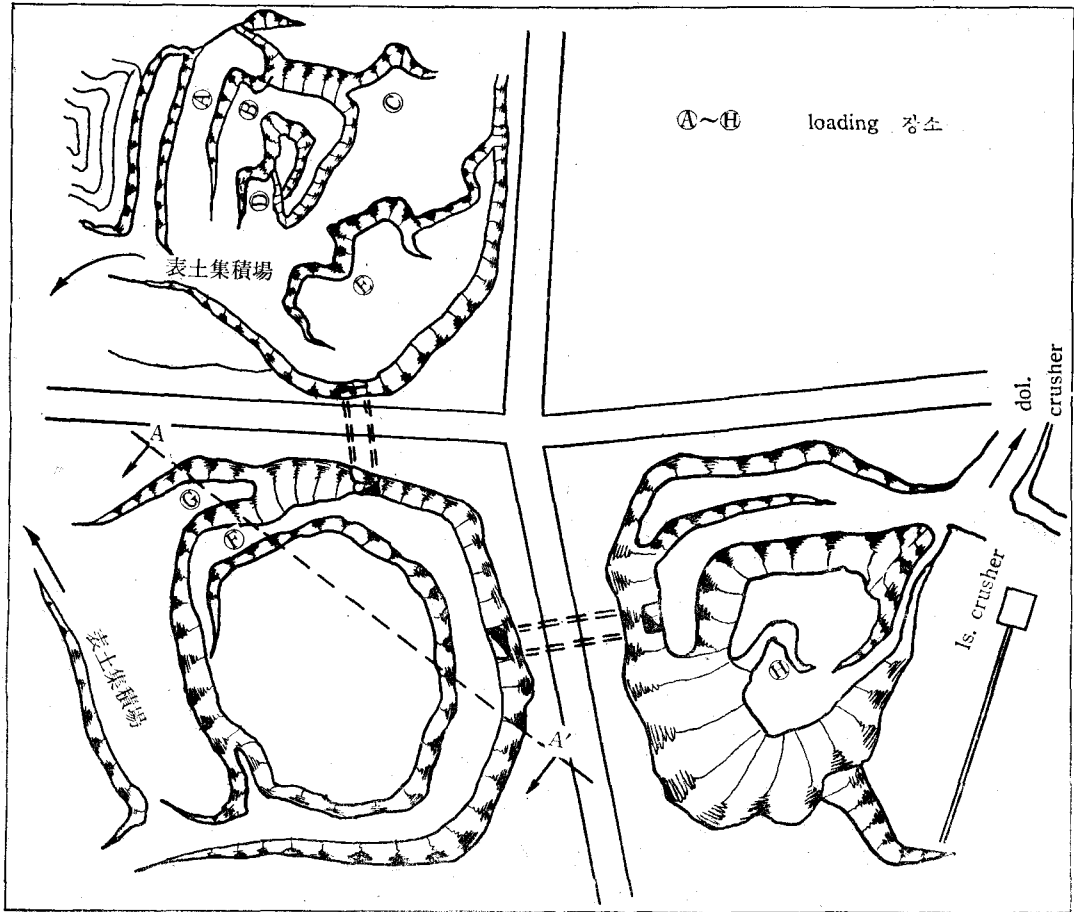
② 同一 作業場 內에서 용도가 다른 原石의 선택 채굴

③ 表土와 頁岩 등 폐석 처리

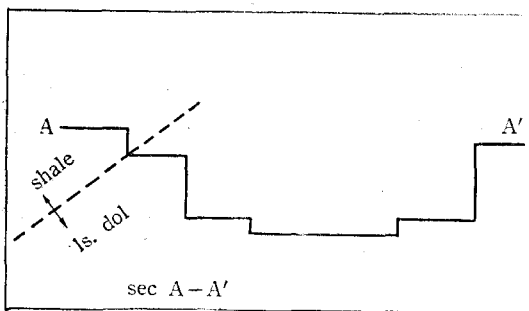
등의 원인으로 인하여 1962년 이후 7대의 2.5m³ Menck 253 電氣 shovel을 投入하였다.

그러나 石灰石, dolomite 및 表土 폐석 처리를 위하여 널리 分散 배치된 장비는 制限된 量을 처리하는 시간외에는 장거리를 이동할 수 없으므로 運休 상태에 들어가게 되어 장비 이용률 55% 이하에 머물게 되고 이것은 投資의 合理的 運營에 하나의 문제점으로 대두되었다.

이러한 결과는 필연적으로 한 적재 장소에서의 대기 상태(運休時間)를 他場所로 쉽게 이동하여 稼動狀態로 전환 이용할 수 있는 방법 즉 tire loader에 의한 적재 방법을 모색하게 되었다. 이 방법 채택의 준비 단계에서 이미 종래의 2.5



<그림-1> Dornap 鑛山 作業場 配置圖



<그림-2> Dornap 鑛山의 formation 상태

m^3 의 Menck 253 전기 shovel 7 대 대신 $3.5m^3$ P&H 1,500 1 대, Menck 253 2 대 및 $3.8m^3$ Cat 988 2 대 計 5 대로 1,000~1,500의 石灰石, dolomite 및 表土 廢石을 처리함으로써 장비 이 용률을 83%까지 향상시켰다.

지금 이 實績에 의하여 power shovel 과 tire loader 의 적재 능력 및 cost 를 비교하여 보면 <表-1> 및 <表-2>와 같다.

여기서 장비의 가동률 82%, 年間 作業 시간을 3,600 시간으로 볼 때 정상 作業장에 배치된 $3.8m^3$ power shovel 은 약 1,600,000 톤, 선택 채 굴 作業장에 배치된 $3.8m^3$ power shovel 은 1,100,000 톤, tire loader 는 1,080,000 톤을 적 재할 수 있다.

또 maker 에 의하여 제공된 장비 수명은 $10m^3$ 이하의 power shovel 12,000 시간, $10m^3$ 이 상은 16,000 시간이며 tire loader 의 경우 $1.5m^3$ 이하는 14,000 시간, $1.5m^3 \sim 3.5m^3$ 의 경우 22,000 시간, $3.5m^3$ 이상의 경우에는 30,000 시간으로 平均된다.

배치 장소에 따른 power shovel과 tire loader의 적재 능력 비교
<表-1>

	正常作業場	선택채굴작업장	
	배치시	배치시	배치시
	3.8m ³ shovel	3.8m ³ shovel	3.8m ³ tire loader
bucket의 fill factor (%)	70	70	60
bucket 회전속도 (sec)	28	28	38
능력 利用度(수리 시간除外) (%)	83	55	83
적재능력 (m ³ /hr)	275	185	182
(ton/hr)	450	305	300

배치 장소에 따른 power shovel과 tire loader의 적재 cost 비교
<表-2>

費 目	단 위	3.8m ³ power shovel		tire loader	비 교
		450	305	300	
인 건 비	DM/hr	16.80	16.80	12.00	수명 4,500 hr
자 재 비	"	18.50	17.50	14.90	
tire+chain	"	—	—	11.40	
수선 자재비	"	30.50	20.60	22.50	
감가 상각비	"	40.20	40.20	27.80	
투자에 대한利子	"	10.00	10.00	2.85	
計	"	116.00	95.10	91.45	
	DM/ton	0.26	0.31	0.31	

즉 Dornap 광산과 같은 조건하에서 tire loader는 그 능력 利用度를 향상시킴으로써 power shovel과 동일한 적재 능력 및 cost로 적재 작업을 수행할 수 있다. 한편 tire loader에 의한 적재 작업시에는 보조 장비로서의 dozer 또는 小型 loader가 필요치 않으므로 이를 감안한다면 <表-3>의 對比에서 보는 바와 같이 선택 채굴을 요하지 않는 작업장에서도 効果적인 적재 장비로서 稼動될 수 있음을 알 수 있다.

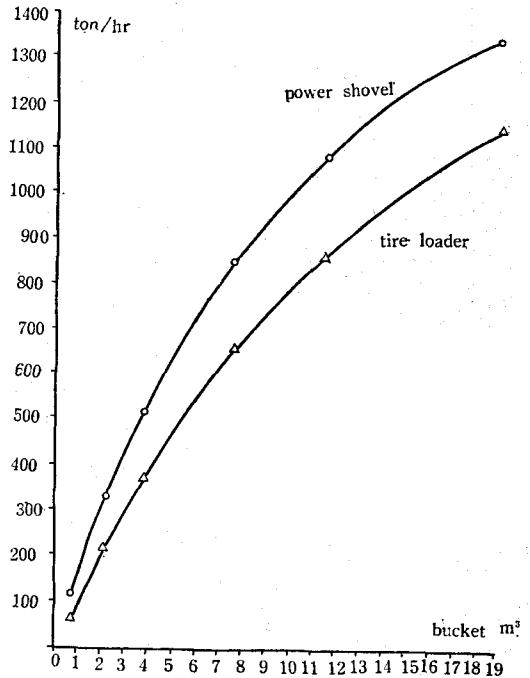
<表-3> 900 ton/hr 적재 소요 장비 및 cost 비교

	900 ton/hr 적재 소요 장비 및 cost		예비 장비 및 cost		計	
					DM/hr	DM/ton
power shovel	450 ton/hr shovel 2臺	232 DM/hr	450 ton/hr shovel 1臺	54.20 DM/hr	385.70	0.424
	dozer 2臺	65 "				
	小型 loader 1臺	34.50 "				
tire loader	225 ton/hr tire loader 4臺	365.80 "	225 ton/hr tire loader 1臺	32.65 "	388.45	0.431 (▲0.007)

美國에서는 최근 채굴장 및 作業條件에 관계 없이 超大容量의 tire loader가 投入되어 적재 운반 장비로서 커다란 效果를 보여 주고 있다 (<그림-3>, <그림-4>, <그림-5> 参照).

III.

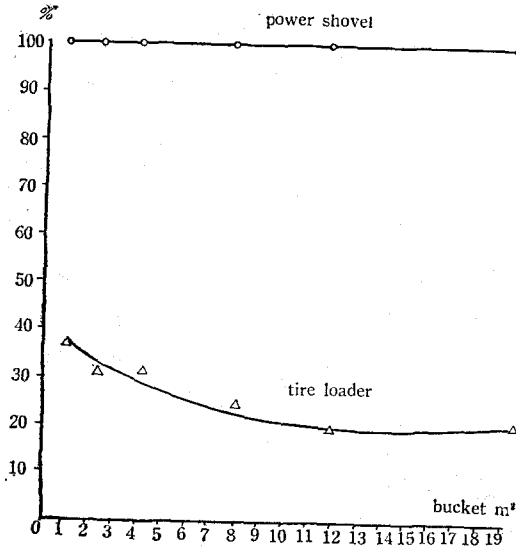
tire loader는 적재 장비로서의 역할 외에 또 운반 거리가 짧은 경우에는 운반 수단으로서도 능률적으로 稼動되어진다. 즉 幕場과 crusher간의 거리가 가까울 때 또는 portable crushing plant를 갖춘 작업장에서는 dump truck을 投



<그림-3> power shovel과 tire loader의 積載能率 비교

入하지 않고 tire loader 에 의하여 직접 적재 운반하여 feeding 한다. 이것은 dump truck 運搬에 있어서 power shovel 과 truck 容量의 合理的인 調整이 매우 어려운 점을 감안할 때 특히 効果인 방법이라 아니할 수 없다.

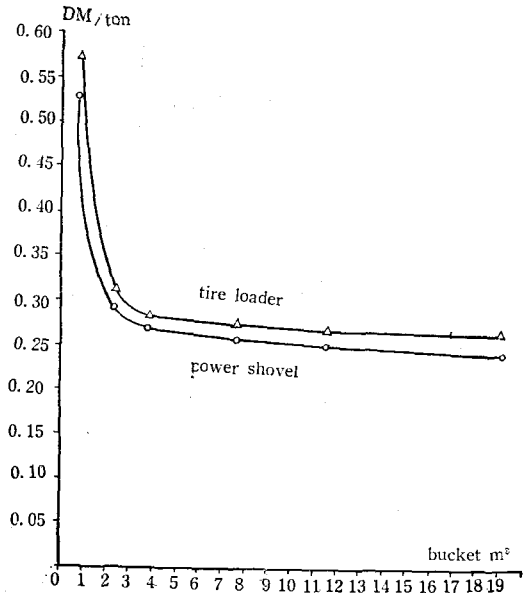
<表-4>는 3.8 m³ tire loader 의 운반 거리에 따른 적재 운반 능력을 보여 준다.



<그림-4> power shovel 에 대한 tire loader 의 투자비 比較

지금 tire loader 의 용량과 운반 거리에 따른 적재 운반 능력 및 cost 를 power shovel 과 dump truck 에 의한 적재 운반 능력 및 cost 와 비교하여 보면 <表-5> 및 <表-6>과 같다.

下記 <表-6> 및 <그림-6>에서 본 바와 같이 power shovel+truck 의 容量調整이 合理的으로 成立되니 그 능력 利用度를 83%~99%로



<그림-5> power shovel 과 tire loader 의 loading cost 比較

<表-4> 3.8 m³ tire loader 의 운반 거리에 따른 적재 운반 능력

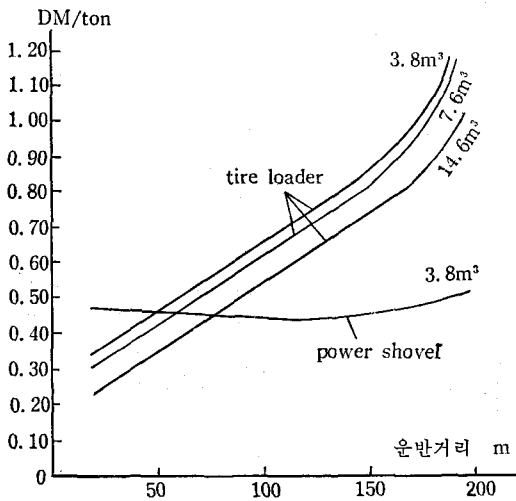
운 반 거 리	m	10	20	30	40	50	100	150	200
1회 왕복 소요 시간	sec	38	44	49	55	61	80	103	136
시간당 왕복 회수	回/hr	79	68	61	54	49	37	29	20
시간당 적재, 운반 능력	ton/hr	300	260	230	205	185	140	110	90

<表-5> 운반 거리 및 용량에 따른 tire loader 및 power shovel+truck 의 적재 운반 능력 比較

운반거리	tire loader 능력 ton/hr			power shovel + truck				
	3.8m ³	7.6m ³	14.6m ³	shovel 적재능력 3.8 m ³	truck (臺 數)	truck 용량	운 반 량 (ton/hr)	가 동 률 (%)
20	260	450	845	450 ton/hr	2	30	500	90
50	185	325	615	"	2	30	480	94
100	140	225	410	"	2	30	455	99
150	110	180	305	"	3	20	475	95
200	80	130	240	"	3	25	540	83

<表-6> · 운반 거리 및 용량에 따른 tire loader 및 power shovel+truck 의 積載運搬 cost 比較

規 格(容量)	loader			power shovel + truck				
	3.8 m ³	7.6 m ³	14.6 m ³	shovel 3.8 m ³	20 ton	truck 25 ton	30 ton	shovel+truck
變動費(DM/hr)					12.80	15.20	18.00	
固定費(")					19.20	22.80	27.00	
計 (")	91.45	145.00	225.00	116.00	32.00	38.00	45.00	
cost(DM/ton) m 운반거리 20	0.35	0.32	0.27	0.26			0.21	0.47
50	0.49	0.45	0.37	0.26			0.20	0.46
100	0.65	0.65	0.55	0.26			0.20	0.46
150	0.83	0.81	0.74	0.26	0.22			0.48
200	1.14	1.12	0.94	0.26		0.27		0.53



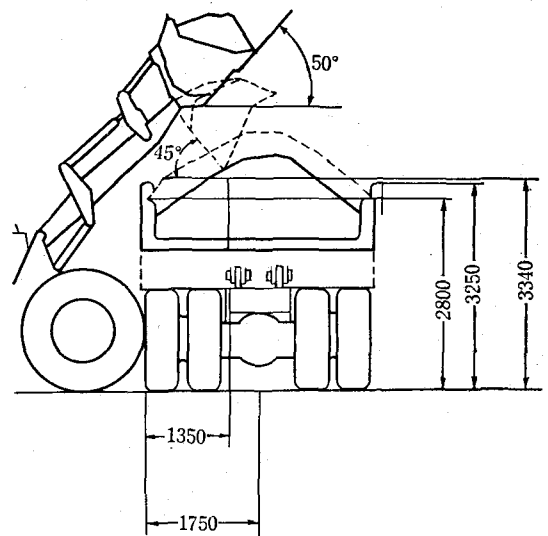
<그림-6> 운반 거리 및 bucket 용량에 따른 power shovel+truck 과 tire loader 의 적재 운반 cost 比較

가정하여도 어느 一定한 距離(14.6 m³ tire loader 의 경우 75 m) 이내에서는 tire loader 의 적재 운반이 유리한 것을 알 수 있다.

IV.

이상과 같은 tire loader 의 적재 또는 적재 운반 능력의 効果에도 불구하고 石灰石 鑛山에서 tire loader 에 의한 적재 또는 적재 운반 방법 採擇에는 신중히 검토되어야 할 몇개의 문제점들이 있다.

첫째로 tire loader 의 breakout force 를 들 수



<그림-7> dump truck 의 적재함의 높이 및 巾과 tire loader 의 discharging height 의 關係圖 例示

있다. tire loader 의 breakout force 는 10~20 톤 정도가 보통이나 이 정도의 breakout force 로는 石灰石 적재 작업에 적당치 않다. power shovel 의 breakout force 가 40~50 톤 정도임을 감안할 때 적어도 30 톤 이상의 breakout force 를 가져야 한다.

둘째로 기존 운반 장비와의 規格 調整 문제들 들 수 있다. 즉 dump truck 의 적재함의 높이를 고려하여 truck 의 容量을 용이하게 loading 할 수 있는 discharging height 를 갖는 tire loader

의 선택 문제가 바로 그것이다. 25~40 톤의 dump truck의 경우 그 적재함의 높이는 2.80~3.50 m에 달한다. 따라서 tire loader의 discharging height는 적어도 그 이상의 것이어야 하는데 이 조건을 breakout force 및 bucket 용량과 동시

에 充足하는 tire loader의 채택 역시 容易한 문제는 아니다(<그림-7>).

이 외에도 bucket의 선회 가능 여부 및 原石集積場의 下盤의 상태에 따라서 고려해야 할 점이 많다.

<表-7> dump truck의 적재함의 規格, 積載重量 및 max. velocity 表 例示

maker	type	적 재 함				重 量		max. vel. (km/hr)
		길 이 (m)	巾(m)	高(m)	용 량 (m ³)	自體重量 (kg)	적재용량 (kg)	
AEC	AEC 18	8.91	3.66	4.04	13.8	25,600	27,300	—
Aveling Barford	S L 300	5.56	2.74	3.12	8.0	10,047	13,600	40
	S N 30	8.42	3.48	3.73	16.9	22,750	27,200	48
	S N 35	8.42	3.48	3.73	21.4	23,800	55,560	48
Belas	Belas 540	7.21	3.50	3.42	15.3	20,920	30,000	—
Berliet	T 22	7.24	3.18	3.77	14.0	19,000	22,000	—
	T 30	7.24	3.65	3.65	20.0	24,000	30,000	—
	T 45	8.94	4.00	4.26	30.0	35,700	45,000	—
Caterpillar	Cat 769	7.64	3.57	3.75	22.0	25,370	31,800	66
	Cat 799	8.66	4.57	3.92	44.5	43,800	68,100	75
Euclid	R 15	6.98	2.68	3.15	9.0	13,650	13,650	—
	R 22	7.64	3.20	3.65	11.8	16,100	19,900	56
	R 24	7.99	3.25	2.88	14.0	19,100	21,800	—
	R 30	8.48	3.51	3.86	17.0	22,500	27,200	—
	R 35	8.45	3.66	3.30	20.6	25,300	31,800	—
	R 45	10.10	4.00	4.16	24.5	36,100	40,800	—
Faun	R 50	10.10	4.00	4.32	29.2	32,900	45,600	64
	K 17/37 AV	7.05	3.47	3.49	11.0	14,800	19,000	43
	K 20/37 V	7.10	3.10	3.55	12.0	14,800	20,000	43
	K 20/36 V	7.10	3.50	3.51	15.0	18,500	22,000	47
	K 25/36 AV	7.66	3.50	3.60	18.0	22,000	28,000	39
	K 40/40 VW	8.50	3.80	3.90	24.0	31,000	40,000	44
Kaelble	K 20	6.85	2.75	3.45	12.50	14,300	20,200	42
	KDV 24	8.14	2.45	3.43	14.0	18,000	24,500	75
	KW 27	7.72	3.55	3.58	17.0	21,400	27,100	63
	KDV 32	8.66	3.10	3.20	17.5	24,300	33,000	52
Krupp	KVW 34	7.56	3.65	3.67	23.0	25,600	34,100	49
	MK 17	7.23	3.00	3.15	11.0	13,750	17,000	47
	AMK 18	7.31	3.14	3.35	12.0	15,650	18,000	44
	AMK 23	7.38	3.14	3.47	15.0	17,250	23,000	46
	MK 27	7.71	3.40	3.47	17.0	20,000	27,000	50
Mack	MK 30/28	8.00	3.60	3.55	19.0	22,500	30,500	50
	MK 30/400	8.00	3.60	3.55	19.0	23,000	30,000	47
	M 20 X	7.35	3.38	3.41	9.9	14,500	18,100	—
	M 25 X	7.69	3.41	3.64	12.2	19,200	22,700	—
	M 30 X	8.12	3.48	3.69	15.3	20,100	27,200	—
	M 50 X	7.96	4.27	3.99	24.5	32,100	45,300	—
	M 65 X	9.23	4.27	4.25	32.1	33,900	58,900	—

Perlini	T 15 F	6.81	2.49	2.92	9.0	10,500	15,500	46
	T 20 G	7.61	2.90	3.30	11.0	14,500	20,000	42
	T 25	7.45	3.31	3.13	13.5	16,000	23,000	42
	T 30	7.32	3.50	3.50	15.8	19,000	27,000	40
	T 32	7.32	3.50	3.50	16.8	19,500	29,000	35
Le Tourneau Westing House	T 40	8.29	3.70	3.62	25.0	27,000	40,000	64
	LW 30	7.26	3.76	3.69	18.3	20,022	27,220	59
	LW 35	7.26	3.76	3.69	21.4	22,770	35,000	65
	LW 40	7.75	3.84	3.84	24.4	25,800	36,300	77
	LW 50	8.79	4.04	3.94	29.2	33,900	45,300	64
	LW 65 A	9.59	4.55	3.99	41.3	36,800	58,900	71
	LW 75 A	9.59	4.55	3.95	43.6	40,500	68,000	67

<表-8> tire loader 의 용량, discharging height, 주행 속도 및 breakout force 表 例示

maker	Type	bucket 용량 (m ³)	discharging height (m)	total wt (ton)	swing angle	주행 속도	breakout force (ton)
Ahlmann	A 110	1.5	2.84	13.0	180°	46	8.0
Allis Chalmers	TL 20 D	1.9	2.98	11.5	—	48.3	11.0
	TL 30 D	2.3	3.20	13.5	—	48.3	12.7
	TL 40	3.4	3.37	21.9	—	36.4	19.1
Aveling Barford	TS 250	2.3	3.08	12.8	—	41.0	22.8
Catapillar	Cat 950	1.7	2.73	10.4	70	48.3	12.0
	Cat 966 B	1.9	2.94	16.3	70	48.3	15.7
	Cat 988	3.8	3.42	27.4	70	32.0	28.8
Euclid	72-31	1.9	3.00	11.9	60	38.1	14.5
	72-41	1.9	3.05	14.0	60	42.8	15.9
	22-51	2.7	3.05	16.0	60	34.9	17.0
Harvester Hough	H-100 B	3.0	3.05	18.4	80	49.2	—
	H-120 C	3.8	3.29	26.2	80	43.3	—
	H-400	7.6	3.96	55.3	80	24.5	—
KW-Dart	600	8.4	4.73	61.0	84	35.0	54.0
Le-Tourneau	SL 20	8.0	—	—	—	24	—
	SL 40	14.0	3.15	66.5	140	24	—
Mining Scoop	ST 8 A	5.6	1.83	25.7	70	18.5	20.3
Pettibonem	Super 70	7.6	3.90	56.9	—	41	—
Scoopmobile	400 M	3.1	3.68	20	—	46	—
Trojan	404	3.8	3.28	22.2	—	35.0	—
	4,000	3.5	3.22	20.0	80	43.4	—
	8,000	6.1	3.71	46.7	80	41.0	—

V.

이상에서 우리는 石灰石 鑛山에서 적재 운반 수단으로서의 tire loader 의 効用에 관하여 살펴 보았다. 그 能률면에서의 効果 이외에 검토되어야 할 많은 문제점들이 있음도 보았다.

한국과 같이 石灰石 광산의 地形이 일반적으로 협산으로 된 곳에서는 Slope Cut 또는 Groy

Hole 방법 외에 Bench Cut 방법을 채택하게 될 경우 多段 Bench 는 불가피한 것이며 이것은 작업장 分散의 경우로 간주될 수도 있다. 따라서 多段 Bench 의 결과로 적재 운반 장비의 能률 저하가 일어날 可能性이 있는 경우에는 tire loader 에 의한 적재 방법을 연구할 필요가 있는 것으로 안다. 勿論 선택 채굴을 요하는 작업장 사정하에서는 더욱 그렇다.