石灰石 鑛山開發에 있어서 表土 제거시 장비 사용에 대하여

李　之　栢
<現代시멘트 採鑛課 代理>

1. 序　論

시멘트工場의 open pit 석회석광산에 근무하는 기술자들은 광산개발의 큰 난제인 表土제거작업을 가장 저렴한 費用으로 작업장 조성이전의 한정된 기간내에 수행하기 위해서는 어떤 方法으로 表土의 제거작업을 가장 安全하고 능률적이며 경제적으로 할 수 있을까에 관하여 부단한 노력을 하고 있다. 더우기 안정된 석회석 원료 품위의 조달과 우기 및 동절기의 조체 및 운반상의 문제점과 천공 및 발파상의 문제점을 해결하기 위하여 박토의 필요성이 요구되었다.

또한 다른 산업부문에 비하여 낙후되었다는 세평을 벗기 위하여 자연에 대하여 어떤 식의, 어떤 方法으로, 어떤 裝備를 투입하여 능률적이고 合理的인 장비의 조합方法을 찾고 있다. 그러므로 鑛山기술자들은 주어진 자연의 條件에 맞춘 開發方法을 裝備化시키는 것이 관심사가 되어 왔다. 여기서는 석회석 광산개발에서 제일 先行되는 表土除去의 한 方法인 장비의 투입 결과를 紹介한다.

2. 장비 剝土의 基本 구상

첫째 농번기의 인원 수배의 어려움을 止揚하고
둘째 作業을 가속화하여 시한성 있게 촉진하며(공기단축)
세째 작업의 효율을 증대하여 안전을 도모하는데 목표를 세워
네째 경제성을 고려했다.

3. 表土의 변화(성질)

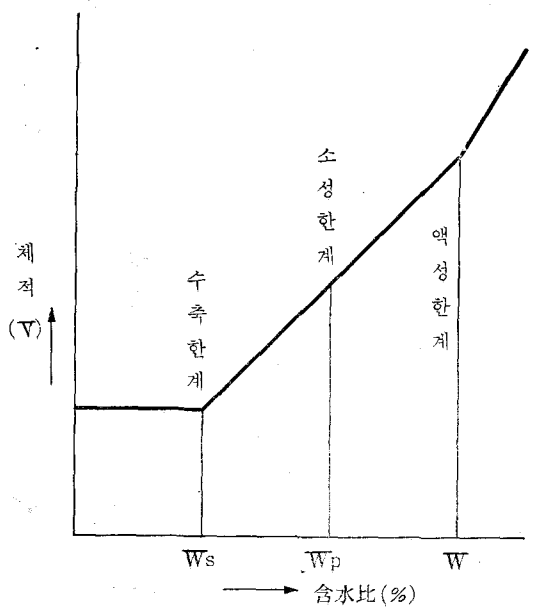
박토의 범위가 넓고 점토원료의 품위로서 변화가 있어 박토분의 표토를 시멘트의 부원료로 사용하는 것을 원칙으로 하여 박토작업중 누적층별로 주기적으로 시료를 채취분석하여 박토 완료후의 정체 박토분에 대한 점토의 종합품위를 파악할 수 있었다. 전석의 혼입은 sliding에 자연선별로 해결되었으며 이때의 地山상태에서와 亂土상태에서의 변화는 <표-1>과 같으며 또한 표토의 체적과 含水比는 <表-2>와 같았다.

<표-1> **표토의 변화율**

분 류	명 칭	L	C
silt 및 점성토	점 질 토	1.2~1.4	0.8~1.0
	역 혼 점 질 토	1.35~1.4	0.9~1.0
	암괴 옥석혼입한 점질토	1.4~1.45	0.9~1.0
	점 토	1.15~1.45	0.8~1.0
	역 혼 입 한 점 토	1.3~1.4	0.9~1.0
	암괴 및 옥석 혼입한 점토	1.4~1.5	0.9~1.0

참고 : $L=\frac{亂土상태\,(m^3)}{地山상태\,(m^3)}$ $C=\frac{締固상태\,(m^3)}{地山상태\,(m^3)}$

<표-2> **地山 상태에서의 표토의 체적과 함수관계**



4. 地形上의 條件

부존석회석의 광상과 노두의 지형과는 밀접한 관계가 있다. 특히 석회석의 지표암석은 weathering에 대하여 저항이 약하고 용해작용으로 doline 같은 지형의 변화와 地層의 형태에 따라

cavity 등에 표토는 각양각색의 노두위에 분포 및 반입되어 있다. 이와 같은 지표노두의 형상은 물론 지층의 형태와 산의 경사도 등에 따라 표토제거작업의 난이성이 따른다.

이 노두 위에 over burden되어 있는 표토를 제거하는데 장비로서 박토할 수 있는 조건을 열거하면 다음과 같다.

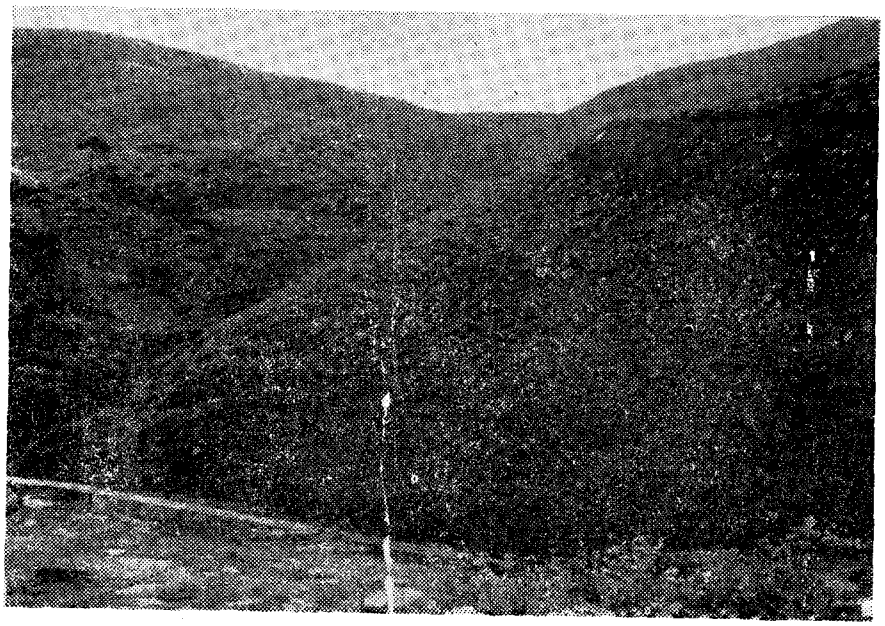
첫째, 산의 경사도이다. 산의 경사가 급하면 장비의 투입이 불가하다. 대체적으로 지형에 따라 차이가 있지만 토심을 감안하여 50°이하의 경사도가 좋다.

둘째, over burden 표토의 심도이다. 장비가 투입되어 작업을 원활히 할 수 있도록 장비의 위치를 견고히 할 수 있는 표토의 심도이어야 한다.

세째, 지층의 형태이다. 지층이 bedding 상태냐 vertical 상태냐에 따라 차이가 있다. 대체적으로 bedding 상태의 경우는 박토율이 좋으나 vertical 상태의 경우는 암간사이의 심도저부까지의 제거가 불가하므로 박토율이 좋지 않다.

네째, 지표의 지형이다. 석회석지대의 지형은 대체로 Karst topography로 용해작용에 의한 지하수의 흐름 때문에 지표의 침하에 의한 doline 및 긴 谷 등을 형성하게 되는데 이런 凹부에는 표토가 집착되어 있다. 이런 경우에는 누적물량 여부를 감안하여 1차적인 도로를 형성하여 처리하면서 박토를 하는 것이 좋다.

다섯째, 박토의 범위가 넓어야 한다. 장비투입은 투입시의 일시적인 투입비용이 크므로 경제적인 문제가 따른다.



<사진-1> 박토지역(上部)과 박토 예정지역(下部)

5. 장비박토와 인력박토의 비교

배수로 및 건설의 토목공사에만 이용하던 back hoe를 dozer(D-7F : 18.7톤)와 조합으로 박토작업에 이용을 현대에서는 74년 3월부터 시행해본 결과 인력박토보다 경제적이며 시한성있는 작업을 하였다.

1) 장비박토의 경우

① 사용장비의 제원

가. back hoe(Hitachi 제)

i) bucket 용량 : 0.6m³

ii) weight : 15톤

iii) engine : 150HP diesel

iv) bucket type : U型 cutting edge

v) power shift : 전, 후진

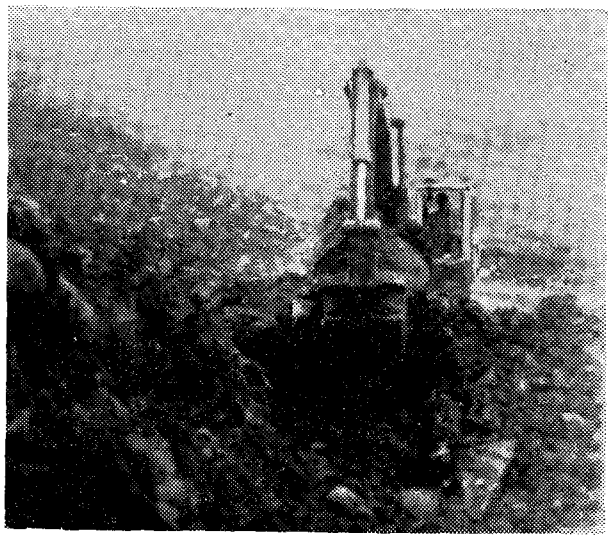
vi) 回轉半徑 : 360°

vii) bucket control : automatic

viii) 이적거리 : 10m

나. dozer(D-7F : Catepiller 제)

<사진-2> B/H의 측면 박토광경



<사진-3> B/H의 전면 박토광경

i) 삽날의 용량 : 3.8m×1.2m×1.5m

ii) weight : 18.7톤

iii) engine : 250HP diesel

iv) 全幅 : 2.55m

v) 전고 : 3.05m

vi) power shift : 전후진 각 3단(유압식)

② 작업량의 산출방식

가. back hoe : $Q=\frac{3600 \cdot q \cdot K \cdot f \cdot E}{E}$

여기서 Q=시간당 작업량(m^3/hr)

q=bucket의 용량

f=토량 환산 계수

E=작업효율

K=bucket 계수

Cm=1回 cycle의 시간(秒)

i) K의 값

현 장 조 건	back hoe
bucket에 가득 채우기가 어렵거나 발파를 필요로 하는 것으로서 단단한 점질토 점토력 질토인 경우	0.7

ii) E의 값

토 질 명	현 장 조 건		
	양 호	보 통	불 량
점질토 점토	0.75	0.60	0.45

iii) Cm의 값(秒)

선 회 각 도	45°	90°	135°	180°
Cm(秒)	27	30	33	36

나. bull dozer

$$Q=\frac{60\,qfE}{Cm} \qquad q=q_0e$$

Q : 시간당 작업량 q : 삽날의 용량

q_0 : 거리를 고려하지 않은 삽날의 용적(m³)

e : 운반거리 계수 f : 토량 환산 계수

E : 작업 효율 Cm : 1회 cycle 시간

i) q_0의 값

급 수	7	10	12	15	19	27	28	31
무 한 궤 도	1.1	1.5	2.0		3.2	4.1		5.5

ii) e의 값

운반거리(m)	10 이하	20	30	40	50	60	70	80
e	1.00	0.96	0.92	0.88	0.84	0.80	0.76	0.72

iii) E의 값

토 질 명	현 장 조 건		
	양 호	보 통	불 량
점 질 토 점 토	0.50	0.40	0.30

iv) 1회 cycle 시간

$$Cm=\frac{L}{V_1}+\frac{L}{V_2}+t$$

Cm : 1회 cycle 시간(分)

L : 운반거리(m)

V_1 : 전진속도(m/分)

V_2 : 후진속도(m/分)

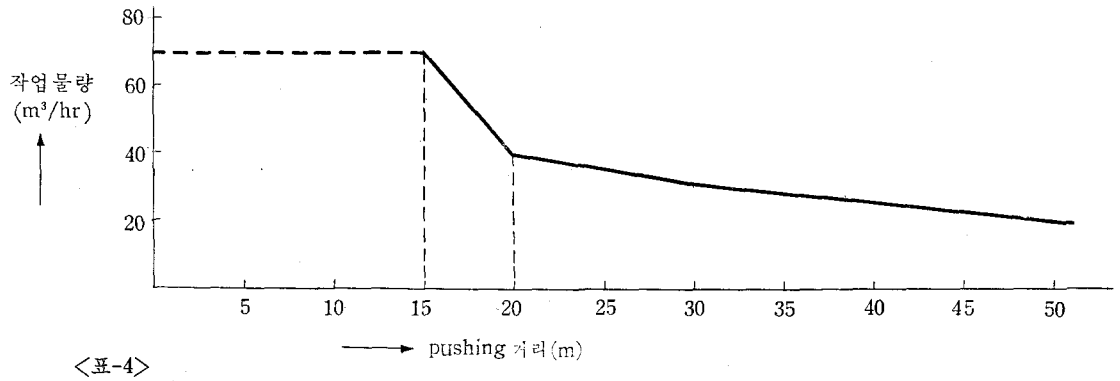
t : gear 변속시간

※ 무한궤도형의 V_1 및 V_2의 값

규 격	전진 속도(m/分)				후진 속도(m/分)		
	1단	2단	3단	4단	1단	2단	3단
12톤	40	55	75	107	48	70	100
19톤	40	55	75	103	46	70	98
27톤	40	52	70	91	43	58	78

dozer의 작업물량상의 최대의 능률을 올리는 pushing 거리는 <표-3>에서와 같이 15m이다.

<표-3> **도자의 pushing 거리에 따른 작업능율**



<표-4>

구 분	임차 B/H	회 사 도 자
총 가 동 시 간	606 : 30	209 : 00
총 작 업 물 량(m³)	19,090	
자 동 차 용 품 비		35,391
유 지 류 비	531,139	245,810
인 건 비		77,018
상 각 비		970,000
임 차 료	3,650,000	
경 비	213,800	
계	4,474,937	1,328,221
총 계	5,803,158	
m³ 당 단 가	303(원)	
평균 작업량(m³/hr)	31(m³)	

이론상으로 back hoe의 작업물량은 조건 불량시 시간당 30m³의 작업이 가하다. 앞의 <표-4>는 임차 back hoe와 회사의 도자를 사용시의 75년 6月~7月의 실적임.

<표-5> **회사 장비를 사용한 75년도 실적**

구 분	back hoe	도 자
총 가 동 시 간	2,162 : 00	838 : 00
총 작 업 물 량	42,262	
자 동 차 용 품 비	2,033,965	145,726
유 지 류 비	2,431,110	1,012,170
인 건 비	1,576,552	311,044
상 각 비	3,000,000	1,940,000
계	9,041,627	3,408,940
총 계	12,450,567	
m³ 당 단 가	294	
작 업 량(m³/hr)	19	

2) 人力 박토의 경우

<표-6> **人力 박토의 품셈**

종 별 / 토심(m)	보 통 토 사	견 질 토 사	고사 점토 및 자갈섞인 토사	호박돌 섞인 토사
0~1.0	0,15人	0.20	0.38	0.54
1.0~2.0	0.19	0.26	0.49	0.70
2.0~3.0	0.24	0.33	0.63	0.91

註 : 암간사이 등 협소한 지역의 지형상의 문제 감안

상기의 품셈에서와 같이 1日 1人이 작업할 수 있는 물량은 토심 1.5m의 경우 <표-6>에 의

<표-7> **75年度 人力 박토 실적**

토 심	1.5m
지 적	1,200m²
총 물 량	1,700m³
소 요 일 수	50日
인 원	811名
총투입비(자재포함)	673,890원
m³ 당 단 가	396원

거 0.26人/m³(3.85 m³/人). 따라서 1日 1人 박토 능력 물량은 3.85 m³×50%(α)=1.925 m³/人 m³당 단가는 460원(75年 정부 일용 책정 단가 820원/日).

<사진-4> 人力 박토광경

이상과 같이 장비박토 1시간의 처리물량을 人力으로 처리시는 1日 15名의 人員이 동원되어야 하며 원가면에서 볼때 장비박토가 人力박토보다 m³ 당 100원 정도가 저렴하다.

장비 박토와 人力 박토에 대한 장단점은 <표-8>과 같다.

<표-8> 장비 박토와 人力 박토의 長短點

구분	장 비 박 토	인 력 박 토
장점	① 작업을 시한성있게 빨리 촉진시킬 수 있다(철야). ② 능률적이다. ③ 경제적이다. ④ 다소의 우천이나 빙설에도 작업은 가하다.	① 깨끗한 박토를 할 수 있다. ② 일시적인 준비 비용이 적다. ③ 점토의 회수 가하다.
단점	① 암간 저부까지의 깨끗한 박토를 할 수 없다. ② 일시적인 장비의 투입비가 소요 ③ 전석의 혼입으로 점토 회수가 어렵다.	① 人員수배가 어렵다. ② 비능율적이다. ③ 비경제적이다. ④ 주간 작업만 가하다. ⑤ 전적으로 일기의 영향을 받는다. ⑥ 관리 감독이 어렵다.

상기와 같이 장비 박토는 작업 능율이 높라옵고 경제적이며 작업장을 따라 쉽게 이동할 수 있으므로 해서 사용자들로 하여금 back hoe의 석회석 광산개발 장비로서 불가피하게 되었다. 따

라서 현대시멘트에서는 1974年 3月부터 人力박토를 지양하고 장비박토로써 back hoe와 dozer를 조합하여 약 20정보에 달하는 광산개발 지역에 투입하고 있다.

6. 장비 박토 방법

첫째, 도자로서 1차 작업을 한후(19톤급 이하의 도자가 이상적)
둘째, back hoe가 작업할 수 있는 진입로를 형성하고
세째, 같은 level의 능선을 선회하면서
네째, 상부에서 하부로 자연토의 sliding을 이용하여
다섯째, 누적 상태로 몰아서 내려온다.

7. 결 론

장비박토 후에 잔류토가 조쇄나 운반상 발파효율 및 점토혼입에 의한 품위의 변동으로 배합상에 문제점을 안주었으며 박토후의 박토분 회수는 전석의 혼입으로 투입상에 문제가 되고 있으나 이는 사전의 충분한 조사후에 박토분에 대한 회수 여부를 결정하여 박토중 대괴의 전석 선별 여부를 결정해야 할 것으로 사료된다.

끝으로 시멘트 공장의 석회석 광산에 대해서는 아직까지도 시멘트 제조원가에서 차지하는 비중이 작다는 것 때문에 타분야에 비하여 경시되었고 그로 인해 기술상, 운영상의 낙후를 벗지 못하고 있다. 앞으로 산업구조의 변화와 경제성장에 따라 노임이 급격히 증가하는 추세에 있으므로 장비를 이용한 개발방법에 대한 연구 검토가 필요한 단계에 이르렀다고 생각된다.