

KDS 67 70 20 : 2018

농지보전설계

2018년 4월 24일 개정
<http://www.kcsc.re.kr>



건설기준 코드 제·개정에 따른 경과 조치

이 코드는 발간 시점부터 이미 시행 중에 있는 설계용역이나 건설공사에 대하여 발주기관의 장이 필요하다고 인정하는 경우 종전에 적용하고 있는 기준을 그대로 사용할 수 있습니다.

건설기준 코드 제·개정 연혁

- 이 기준은 KDS 67 70 20 : 2018 으로 2018년 04월에 제정하였다.
- 이 기준은 건설기준 코드체계 전환에 따라 기존 건설기준 간 중복·상충을 비교 검토하여 코드로 통합 정비하였다.
- 이 기준의 제·개정 연혁은 다음과 같다.

건설기준	주요사항	제·개정 (년. 월)
농지개량사업 계획설계기준 농지보전편	• 농지개량사업 계획설계기준 농지보전편 제정	제정 (1975. 12)
농지개량사업 계획설계기준 객토편	• 농지개량사업 계획설계기준 객토편 제정	제정 (1975. 12)
농지개량사업 계획설계기준 방제공편	• 농지개량사업 계획설계기준 방제공편 제정	제정 (1987. 12)
KDS 67 70 20 : 2018	<ul style="list-style-type: none"> • 국토교통부 고시 제2013-640호의 “건설공사기준 코드체계” 전환에 따른 건설기준을 코드로 정비 (농지개량사업 계획설계기준 농지보전편 및 객토편, 방제공편 합본) • 건설기술진흥법 제44조 및 제44조의 2에 의거하여 중앙건설심의위원회 심의. 의결 	제정 (2018. 04)

제 정 : 2018년 04월 24일

개 정 : 년 월 일

심 의 : 중앙건설기술심의위원회

자문검토 : 국가건설기준센터 건설기준위원회

소관부서 : 농림축산식품부 농업기반과

관련단체(작성기관) : 한국농어촌공사(한국농공학회)

목 차

1. 일반사항	1
1.1 목적	1
1.2 적용범위	1
1.3 참고기준	1
1.4 용어의 정의	1
1.5 기호의 정의	1
2. 조사 및 계획	1
2.1 토양침식의 종류	1
2.2 토양침식과 그 원인	1
2.3 토양침식량의 예측	2
3. 재료	3
4. 설계	3
4.1 농지보전농법	3
4.2 소류지(farm ponds)	6
4.3 보전관개(conservation irrigation)	6
4.4 경사지 논의 보전	7
4.5 객토공법	7

1. 일반사항

가. 목적

농지보전을 위한 올바른 토지작용은 농지보전을 위한 가장 기본적인 대책이며, 적절한 영농방안 및 공학적 대책들을 적용한 설계는 농지보전을 위한 기초가 된다.

나. 적용 범위

·내용 없음

다. 참고 기준

·농림수산부, 1975, 농지개량사업계획 설계기준 농지보전 편

라. 용어의 정의

·내용 없음

마. 기호 정의

·내용 없음

2. 조사 및 계획

가. 토양침식의 종류

여기서 취급하는 토양침식은 인위적 또는 강우, 바람등의 자연적 간섭에 의해서 토양의 정상적인 작형을 깨트리므로써 발생하는 토양의 이동 또는 비산을 가르킨다. 토양침식을 대별하면 그 발생 원인에 따라 풍식과 수식으로 나눈다. 다시 수식은 다음 2가지로 볼수 있다.

(1) 강우에 의한 경우

(2) 동결 및 융해에 의한 경우

일반으로 수식은 침식상태에 따라서 면상침식(Sheet erosion)과 걸리침식(Gully Erosion)의 두 형태로 분류한다.

나. 토양침식과 그 원인

수식을 지배하는 인자는 기상, 지형, 대대, 토성, 식생 및 인위적작용 등이다. 이들 중에서 직접침식에 가장 관계가 깊은 것을 기술하면 다음과 같다.

(1) 강우

- (2) 경사
- (3) 사면장
- (4) 토질, 지질
- (5) 지면피복도

다. 토양침식량의 예측

년 평균유실토량을 구하는 실험식은 다음 식 (2.3-1)과 같다.

$$A = R \cdot K \cdot S_e \cdot C \cdot P \tag{2.3-1}$$

여기서, A : 예측되는 년 평균유실토량
 R : 강우계수로 $R = E_k \cdot I_{60}$ 의 일년 간의 합계치이다.
 K : 토양계수로

$$K = \frac{0.278}{600} \times E \tag{2.3-2}$$

S_e : 사면장계수로

$$S_e = \sqrt{L(0.067S + 0.952S^2)} \tag{2.3-3}$$

L:사면장(m), S: $\tan\theta$ ($\theta < 30^\circ$)에 의해서 구한다.
 C :작물계수로 다음 표에서 구한다.

<표 2.3-1> 각종작물의 토양침식화 C값 비각

목 초	0.007	제충국	0.342
귀 리	0.093	아스파라가스	0.400
잡 초	0.202	고 구 마	0.433
소 맥	0.213	옥 수 수	0.747
감 자	0.301	콩	0.756

P : 보전계수로 다음 표에서 구한다.

<표 2.3-2> 각종보전방법에 따른 p값

경 사 도	등 고 선 경 작	등고선대상재배
0%~7% (0° ~ 4°)	0.55	0.27
7~11.3 (4~7)	0.60	0.30
11.3~17.6 (7~10)	0.80	0.40
17.6~26.8 (10~15)	0.90	0.45
26.8이상 (15이하)	1.00	0.50

3. 재료

·내용 없음

4. 설계

가. 농지보전농법

1) 윤작

올바른 토지작용은 농지보전을 위한 가장 기본적인 대책이며, 적절한 윤작은 농지보전을 위한 경작의 기초가 된다. 윤작이란 동일 경지에 서로 다른 작물을 연작하는 것을 가르킨다. 윤작에는 명백히 좋은 방법과 좋지 못한 방법이 있다. 그러므로 농지보전의 목적을 달성하고자 하면 반드시 목초류와 곡물류를 윤작재배해야 한다.

2) 등고선경작

밀생한 식물을 경지면에 피복하여 토양보전의 효과를 얻는 것과 마찬가지로 경사면을 등고선상으로 경작하는 일은 경사도가 중위에서 고위로 방지하는 중요한 침식방지농법이다.

등고선이랑은 물을 저류하여 지중에 침투시키고 강우가 급속히 흐르는 것을 방지하여 물의 유출량과 토양유실을 감소할 뿐 아니라 보수력이 증가하여 작물의 생육을 도와서 수량이 증가하며 농사작업이 수평으로 이루어지기 때문에 노력이 종휴(상하 방향작물)나 사휴 보다 덜 드는 이점이 있으며 종휴는 횡휴에 비해서 유출수량이 약 10배, 토양침식량이 약 2.5배나 많았다. 그리고 완경사지는 사면의 길이가 짧으면 등고선이랑(횡휴)과 종휴 사이에 물과 토양의 유실량에 그다지 차이가 없으나, 사면이 길어지면 양자 사이의 차가 점점 뚜렷하게 나타난다. 또한 완경사지는 등고선이 일 때 사면장의 장단이 침식에 그다지 영향을 미치지 않으나 종휴에서는 차가 심하다.

(1) 기준등고선

모든 작물의 재배와 경운작업은 기준등고선에 맞추어서 이루어 져야한다. 소규모 경지나 경사도가 고른 경지는 기준등고선 하나만 설치하는 경우도 있으나, 경사장이 길며 경사도가 고르지 못한 곳은 경작에 유리하도록 여러 개의 기준등고선을 설정해야 한다.

경사지에서 기준등고선을 처음 설치할 때는 가장 높은 지점에서 아래쪽으로 경사도에 따라 24m~30m 간격으로 등고선을 배치해야 한다. 그러나 완경사지는 사면장이 길면 45m 이상으로 기본등고선 간격을 넓힐 수 있으며 급경사지는 25m 이하로 간격을 주어야 한다.

기준등고선을 하나만 설치할 때는 경사지의 중간부에 그 위치를 선정하여 모든 이랑과 고랑이 이 기준등고선에 평행해야 하므로 경사장이 길 때는 이랑과 고랑이 기준등고선의 평행방향에서 벗어나지 않게 보조기준선을 설치할 필요가 있다. 고위부에 최초의 기준등고선을 설치한 이후는 표적의 위치를 지정 기준선에서 하향으로 이동하되 시준목표가 된 사람은 동일

등고선(동일표고)을 어렵하여 시준자로부터 횡 방향으로 15m~30m간격에 표척을 설치하여 동일 표고임을 확인한 다음에 기준등고선을 설정한다.

그러나 경사장이 90m 이상일 경우는 꼭대기에서 45m 거리에 설치된 기준등고선에서 매 60m 아래마다 기준등고선을 추가해서 그려야 한다. 경사도가 불규칙한 지형은 경사가 가장 급한 부분을 기준으로 거리를 측정하여 기준등고선을 설치한다.

만약 꼭대기 능선부분이 꾸불꾸불 할 때는 가장 낮은 부분을 기점으로 45m아래에 첫 기준등고선을 설치하고 추가 시에도 기준등고선의 가장 낮은 부분을 기점으로 60m 간격으로 설치한다.

(2) 등고선경운의 한계

등고선 경작법은 경사도가 고르거나 등고선이 한 두 방향일 때는 아주 아주 효과적으로 이루어지나 불규칙한 지형이거나 경사면의 기복이 심한 지역은 매우 까다로워 실시하기 어렵다. 초생수는 등고선경작을 전제로 걸리(Gully)가 발생할 우려가 있는 곳에 설치하는 것이 보통이다.

(3) 등고선경작과 테라스

경운, 쇠토, 직부, 중경 등의 경작자업은 대상재배를 하지 않고서도 등고선에 따라 할 수 있으나 확실한 표적이 없어서 실시하기 어려울 때가 있다. 그런데 대상재배를 하면 명확한 도표가 되는 등고선이 있어서 경작자업이 쉽다. 또 테라스를 만들면 수식을 방지하는 효과가 있다. 유출수가 집결하는 작은 요지나 부곡사이의 토지에 대상재배를 실시하자면 테라스공이 병용되어야 한다.

대상재배에서 상부의 전지에서 흘러내리는 유출수를 받아내기 위하여 일정한 간격의 테라스 대신에 물을 받아내는 승수구를 만드는 것이 유리할 때가 많다.

건조경작지대에서 대상재배를 실시할 경우는 테라스를 수평으로 만들어 그 양단을 막아서 유실을 막고, 삼투촉진으로 토양수분을 증가시킬 수 있으며, 유실이나 침식을 방지하기 위하여 대상재배지에 테라스 공을 병용하면 윤작 중에 많은 작조작물을 재배할 수 있어서 대상지의 폭을 넓힐 수 있다.

3) 대상재배

(1) 대상재배의 종류

대상재배는 어떠한 토질이나 지형조건 중에서도 침식방지에 상당한 효과가 있는 것으로 판명되었다. 특히 불규칙한 경사도나 다른 지형적인 특성으로 말미암아 테라스를 설치할 수 없는 경우에도 윤작과 더불어 대상재배를 하면 토양유실방지의 효과가 크다.

농가는 자기 토지에 대하여 토지이용도를 잘 알고 있어야 한다. 평탄한 토지는 풍식의 우려가 거의 없을 뿐 아니라 침식보전의 필요성도 적다.

(2) 등고선 대상재배계획설계

등고선 대상재배의 설계는 주로 다음 3가지 방법이 널리 쓰인다.

- ① 등고선 간격을 대상폭으로 결정하는 방법
- ② 기준등고선에 평행히 대상폭을 일정하게 고정하는 방법

③ 상기 두가지 방법을 응용하는 방법

(3) 대상폭의 결정

어떤 형태의 토지에도 적용할 수 있는 대상재배의 띠폭을 결정하는 일정한 규제는 없으며 경사도, 경사장, 토질, 토양침식의 정도, 강우량, 강우강도, 작일, 윤작에 따른 작물 배열, 영농장비의 규모 등에 따라서 결정하는데 보통 승윤지대는 20~50m 정도의 폭을 사용한다. 띠폭은 비탈면의 기울기, 길이 토양의 투수성, 내수성, 강우량과 강도, 윤작작물의 종류와 재배방법, 또는 경작기구의 종류에 따라 달라지는데 건조경작지에서 땅콩을 심었을 때 4m의 좁은 폭을 곡물을 심었을 때 넓어도 약 100m의 띠폭이 풍식에 의해서 유효하다고 한다.

(4) 전지대상지, 방풍대상지 및 완충대상지의 설계

방풍대상지는 등폭대상지를 설치하되 추풍이 불어오는 방향과 교차가 되도록 해야 하며 대상지의 경계는 바로 필지 또는 구역경계선이 된다. 폭은 영농에 편리하도록 결정한다.

전지대상지는 경사방향과 교차되는 방향(등고선방향)으로 설치하되 그 폭은 적절히 결정하되 한 대상지와 이웃 대상지가 가급적 평행하도록 설치한다.

4) 등고선대상재배

등고선에 따라서 작물대와 목생대를 서로 번갈아 바꾸어 대상으로 배열하여 재배하는 방법이다. 즉 토양보전효과가 초생대와 비교적 보전력이 적은 작물대를 번갈아 둠으로서 유실하는 물과 토양을 초생대에서 걸리게 하는 재배방식이다.

5) 석회이용과 시비

습윤지대에서 대상재배의 효과는 목초지의 질에 따라 크게 좌우된다. 잘자란 다년생목초와 보과목초는 침식방지의 효과가 크며 또 토양을 개량하여 작물의 생산을 증가시킨다. 생산을 증가시키기 위하여 다년생목초류를 도입하는 윤작은 필요에 따라 석회나 비료를 시비하여야 한다. 그리고 대상재배를 하면 규칙적인 계획하에 각대에 대해서 비료 및 석회를 시비하므로 연중을 통해서 수입지출의 예정을 세우기 쉽다.

6) 피복경작법

대상재배는 토지를 경운하여 그 위에 작물의 뿌리나 그루를 덮어서 토양침식을 억제하고 수분을 보전하는데 비해서 피복경작법은 휴한상태에 있는 토양의 수분을 보전하여 잡곡, 경조작물 등을 재배할 차기작물의 준비기간에 있는 토지를 보호하는 방법이다.

7) 초생수로

대상재배조직의 일부분으로 경작구획 내에 설치하는 수로는 야초, 목초, 잔디 등 밀생하는 식물로 피복 보호되어야 한다. 따라서 전지에 대상재배를 실시할 경우 중요한 수로는 모두 파종하도록 계획하여야 한다. 대상재배를 시작하는 초기는 야초를 남겨둔다. 초생수로의 파종공이나 잔디공은 목초지나 경지의 종자파종과 동시에 실시하는 것이 가장 효과적이거나 별도로 파종하여도 좋

다. 수로가 심한 침식을 받았거나 붕괴되었으면 그것을 어느 정도 고른 다음 파종상을 만들어야 한다. 종자 파종 후 식생이 고르게 될 때까지 건초나 짚으로 덮어서 보호하고 파종한 종자나 심은 잔디가 유수로 유실된 부분은 보식할 것이다.

8) 대상재배의 유지관리

대상재배를 면밀하게 계획하여 전지에 정확하게 실시하면 영구적으로 유지하기 쉽다. 일반적으로 경운작업 그 자체는 대상지에서나 보통 전지에서 별차가 없으나 대상지의 경우는 윤작의 유지, 경운과 식부등에 약간의 주의가 필요하다.

나. 소류지(farm ponds)

팜폰드는 중요한 토양보전시설의 하나이다. 가축용수, 관개용수, 약제살포용수, 방화용수 및 결리를 안정시키는데 쓰인다. 농장배면에 소류지를 설치하면 메마른 땅을 윤작초지로 이용할 수 있게 되어 생산지나 보전지로 전환할 수 있다. 그리고 소류지는 주변에 야생동물의 서식처를 제공한다. 후암 폰드의 설계는 토양, 강우, 유역상황, 물의 이동 등에 대한 지식과 기지 설치지점에서 이들 자료를 적용할 수 있는 기술과 경험이 필요하다.

소류지 설치에 필요한 사항들은 다음과 같다.

- (1) 부지선정
- (2) 위치선정
- (3) 유역조사
- (4) 여수토
- (5) 파이프 수여토
- (6) 부지정리
- (7) 중심점토
- (8) 축제

기타 자세한 내용은 KDS 67 10 20 (농업생산기반정비사업 계획설계기준 - 농업용담 : 필담편) “설계”에 준한다.

다. 보전관개(conservation irrigation)

보전관개란 물이나 흙을 유실시키지 않고 영속적으로 높은 생산력을 지속할 수 있게 농우경관개하는 것을 의미한다. 보전관개는 용수의 확보 침식의 억제 생산비의 인하 및 생산성의 지속을 약속하고 나아가서 산성토양의 중화, 저습지의 개선은 물론 조홀등 광범한 지역에서 볼 수 있는 경종상의 조건을 해결하는 최종의 수단이라 말할 수 있다.

보전관개에 에 필요한 사항들은 다음과 같다.

- (1) 관개방법의 결정
- (2) 각종 관개방법
- (3) 보전관개의 준비

(4) 경작지의 관개조직

기타 자세한 내용은 KDS 67 40 10 논관개 설계기준, KDS 67 40 30 밭관개 설계기준에 준한다.

라. 경사지 논의 보전

논의 보전에서 문제가 되는 것은 경사지에 조성한 계단논의 침식과 붕괴이다. 논은 밭과 달라서 한 단구가 수평으로 만들어져 주위가 휴반으로 둘러 쌓여 있으므로 호우 때 강우는 논 내부에 모인다. 그러므로 이것이 휴반을 넘쳐 흐르지 않으면 수식이나 붕괴를 일으킬 위험은 비교적 적다. 그러나 경사가 급하여 계단고가 2~3m나 되는 지대는 때로는 지하수면이 휴반의 비탈 끝에 나타나서 그 부분이 약하다.

마. 객토공법

객토공사는 경지의 토성개량을 위하여 주로 경지 외부에서 흙을 반입하여 경토에 혼합(흙넣기)하는 작업으로 최근에는 건설기계의 급속한 발전에 따라 불도져, 굴삭기 등 건설용 기계를 이용하는 방식이 주를 이루며, 흙(객토)을 이수(니수)화하여 유송하는 이수객토공법도 있다.

1) 기계객토(중기객토)

기계객토는 트럭, 불도져, 기관차, 삭도 혹은 콘베어 등의 기계로서 객토를 운반하는 모든 방법을 총칭하는 것이나 본 절에서는 트럭 및 불도져 등의 중기를 이용하는 중기객토법을 다루는 것으로 한다.

(1) 중기운반용량 및 경제거리

편의상 트럭계 운반중기와 트랙터계 운반중기로 구분한다. 트럭계는 2,000m 정도까지가 적정 거리이며 단기작업을 계획하는 경우에 능률적이고, 트랙터계는 굴삭과 운반, 살포를 겸할 수 있는 것이 많으며 단거리 작업에 능률적이다.

(2) 트럭계 운반중기

트럭이나 덤프트럭은 가장 보편적인 운반기계이다. 다만, 대형은 접지압이 커서 지반이 특별이 강한 경우 이외에는 흙을 포장 근처에 일시 쌓았다가 인력 기타의 방법으로 살포하여야 하는 불편이 있다.

(3) 트랙터계 운반중기

주로 단거리 운반에 편리하며 굴삭과 운반 및 살포를 겸할 수 있는 것이 많다. 객토에는 불도우져 버킷도우져 및 스크레이퍼도우져 등이 이용된다.

2) 유수객토

유수객토는 객토를 운반함에 있어 흙을 이수로 만들어 기존의 용수로를 유송로로 이용하여 객토하는 방식이다. 이 객토방법을 적용할 때에는 이수의 유송중에 토립자의 침전이 일어나지 않아야 하므로 수로의 기울기가 상당히 커야하는 조건이 따른다.

그러므로 용수로가 급경사를 이루고(1/200 ~ 1/300) 방사선상으로 분포되어 있는 경우의 유수객

토는 규모의 대소와 운반거리의 원근에 불구하고 경제성이 높으며 대량의 흙을 운반하는 데는 다른 방법보다 능률이 높다.

유수객토는 취토→(미립화)→유송→흙넣기의 공정으로 이루어진다. 다만 각개 공정이 긴밀히 연관되어 있으므로 국부적인 차질이 있어도 전체 공정에 영향을 준다.

(1) 취토

① 사수법(사수법)

펌프로 양수하여 가압한 물을 내압호스로 취토면에 이끌어 노즐로 분사하여 흙을 파쇄하며 이것을 운반수로에 유도하여 다시 물을 가하여 적당한 함토율로 조정된 후에 용수로에 흘러 유송한다.

노즐은 토질의 굳은 정도에 따라 직경을 달리할 필요가 있으므로 공사에 임해서는 19mm, 22mm, 25mm 등 수종을 준비해야 한다.

분사압력이 너무 크면 취토면의 붕괴가 빠른 대신 흙의 붕괴량에 비해 수량공급이 따르지 못하므로 취토면 부근에 흙이 축적되며 이것을 다시 분사할 필요가 생긴다. 또 압력이 과소하면 이수의 농도가 부족하게 되며 취토면의 붕괴가 어려워진다.

그러므로 취토면의 토질과 유수의 필요농도에 응하여 적당한 분사압을 선정하여야 하며 대체로 5 ~ 8kg/cm²가 적당하다(분사법 참조).

그리고 분수법에서 필요한 분사용수량의 기준은 대체로 굴삭토량의 3 ~ 5배이며 여기에 약간의 여유를 보면 된다.

분수법에서는 용수를 펌프로 양수하므로 급수호가 취토지보다 낮아도 무방하며 호스는 100mm 이상을 연장할 수가 있으므로 취토지점의 이동이 용이하다. 이뿐 아니라 노즐구경을 적당히 교환해 주면 취토면의 토질변화에 응한 취토가 가능한 이점이 있다.

그러나 펌프설비는 이동이 어려움으로 1개소당의 굴삭가능 토량이 적을 때는 비경제적이다.

② 기계굴삭법

불도우저, 스크레이퍼, 셔블, 버킷 등의 굴삭기로 흙을 굴삭하며 수로에 투입하여 교반하여서 이수로 만들어 유송한다.

이 방법에서 중요한 점은 이수의 함유량을 적절하게 유지하기 위하여 적당량의 흙을 규칙적으로 수로에 투입해야 하는 점이다. 흙을 수로에 투입하는 방법에는 벨트콘베이어로 연속적으로 투입하는 방법과 덤프트럭, 불도우저 등으로 규칙 단속적으로 투입하는 2가지 방법이 있다.

기계굴삭은 굴삭에 물을 사용하지 않으므로 용수원이 없어도 되며 통로만 있으면 취토장이 분산되어 있어도 가능하다. 그리고 굴삭에는 토공기계 외에 특별한 시설이 필요하지 않으므로 소규모 객토에도 경제적 시공이 가능한 이점이 있다.

다만 취토지와 수로 투입지점까지의 운반에 있어 도로와 기상조건이 나쁘면 기계성능이 저하되는 수가 있으면 이러한 조건에서는 분수법보다 불리하다.

③ 세굴법

취토면이 경사면을 이루는 경우에 이 경사면의 상부에 (자연)유수를 유도하여 이를 사면상

에 유하시킴으로서 세굴을 일으켜 이수를 만드는 취토방법이다.

이 방법에서는 세굴을 진행시켜 표면에서 취토를 하게 되므로 취토면이 단단 할 때는 화약이나 기계력으로 분쇄할 필요가 있을 때도 있다 세굴법으로 이수를 만드는 데는 침식법과 저류법의 두 가지 방법이 있다.

전자는 팽윤된 취토경사면의 일부분에 침식수로 만들어 침식을 촉진하면서 서서히 수로를 이동해 나가는 방법이며 경사가 비교적 크고 수량이 풍부할 때에 적합하다.

후자는 수량이 풍부하지 못한 경우에 이용되는 방법이며 팽윤된 취토면에 간단한 소구획을 설치하여 물을 도입, 담수한 후에 인력 또는 기계력으로 쓰레질하여 이수를 조성하는 방법이다.

세굴법은 자연유수를 이용하여 이수를 만드는 방법이므로 별다른 특수시설을 필요로 하지 않는다. 그러나 침식법에서는 조성된 이수의 함토율이 변화하기 쉬워서 그 조정이 어렵고 저류법에서는 교반에 노력이 소요되어 일반적으로 높은 함토율을 갖는 이수를 만들기가 어렵다.

이상에서 설명한 3종의 취토법에 있어 어느 방법을 채택할 것인가는 취토지의 여건에 따라야 하며 분수법과 기계굴삭법을 병행해야 할 필요가 있을 때도 있다.

보통토사는 분수법만으로 취토가 가능하나 토질이 단단할 때는 기계로 굴삭한 후에 다시 분수로 흙덩어리를 분쇄하는 방법을 써야 유리하며 지반이 더욱 단단할 때는 화약에 의한 폭파가 필요할 때도 있다.

(2) 흙의 미립화

분수법, 세굴법 또는 기계굴삭법 등으로 이수를 조성하여도 이수 중에는 입경이 큰 토립자나 덩어리가 큰 토입단이 혼합되는 것이 일반적이다. 이수가 큰 덩어리의 토립단 또는 토립자를 혼합하고 있으면 유송 중에 수로에 침전, 퇴적되어 수로가 패색되는 등 지장을 초래한다. 그러므로 조립자는 유송 전에 제거하던지 미립화해서 유송하여야 한다.

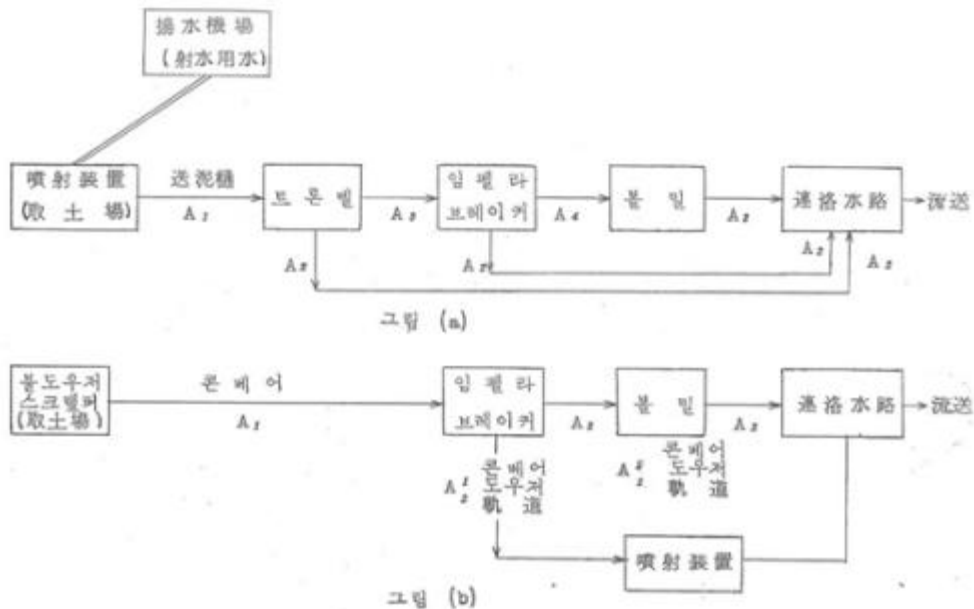
미립화시설의 주요 기구는 조립자를 선별하는 트론멜장치와 트론멜에서 선별된 조립자를 타격으로 미립화하는 임펠라브레이커의 두 가지 장치이다. 트론멜은 원통형의 회전장치로서 투입된 객토재료가 여기서 선별된다.

유수객토나 펌프객토 모두 이수의 소립자입경이 3mm이하로 되는 것이 이상적이므로 트론멜의 구경은 3mm인 것이 일반적이다. 그리고 임펠라브레이커는 마모에 견딜 수 있는 합금강으로 만든 고속의 회전타격판과 고정된 반발판으로 되어 있으며 트론멜에서 선별된 조립자가 투입되면 이를 분쇄한다.

분수법이나 세굴법에서는 이 임펠라브레이커의 분쇄가 이수상태에서 이루어지며 기계로 굴삭하는 취토법에서는 트론멜을 거치지 않고 흙을 직접 임펠라브레이커에 투입하게 되므로 건식분쇄가 이루어진다.

한편 지형조건에 따라 취토지와 기설 용수로(유송수로)를 연결하는 연결수로가 역경사를 이루어 관로(예 싸이폰)를 이용하여야 할 때에는 관로로 흙을 압송해야 하는 관계상 입자를 더욱 미립화해야 하므로 임펠라브레이커외에 저압선별통과 볼밀(ball mill)장치를 설치하여야 한다. 볼밀을 이용하면 0.42mm까지 미립화된 예도 있다.

<그림 4.5-1>은 실제의 유수객토 공사에서 사용된 미립화 장치의 예를 보여주는 것이다.



<그림 4.5-1> 미립화 시설 예

이 장치에 의한 흙의 미립화과정은 다음과 같다.

① 그림(a) : 사수취토의 경우의 미립화

- 가. 사수로 조성된 이수를 트론멜에 도입한다. (공정 A1)
- 나. 트론멜에서 선별된 3mm이하의 토립자를 직접 연결수로 유송한다. (공정 A2)
- 다. 트론멜에서 잔류된 3mm이상의 토립자는 임펠라브레이커에 투입하여(공정 A3) 여기서 분쇄된 이수를 연결수로 도수한다. (A2), 임펠라브레이커 중 흙탕이 기계에 부착되어 효율이 저하되는 것을 방지하기 위하여 세제용 물을 끊임없이 공급하여야 한다.
- 라. 3mm이하로 분쇄된 토립자를 더욱 미립화 필요가 있을 때는(연결수로가 역경사를 이루어 사이폰등으로 유송하게 되는 경우) 임펠라브레이커에서 분쇄된 이수를 다시 불밀에 유도하여 (A4) 미립화한 다음 연결수로로 유송한다. (A2)

② 그림(b) : 기계취토의 경우의 미립화

- 가. 불도저등의 기계로 굴삭한 때에는 흙을 직접 트론멜에 넣지 않고 임펠라브레이커에 넣어 건식분쇄한 후에 미립화 된 흙을 연결수로 투입하여 이수화한다. 기타의 공정은 그림(a)의 경우와 동일하다.

취토지와 객토 대상지가 수 km 떨어져 있는 경우는 야간에 작업을 중단하면 다음날 객토 대상지에 일정 함토율의 이수가 도달하는 것은 오후가 되어 취토지와 객토 대상지에 있어 반나절의 격차가 생긴다. 또 취토작업을 중단하여 이수가 청수로 변하면 소류력이 증가하기 때문에 유송수로의 안정 기울기가 국부적으로 변화되어 입자가 이동하게 되며 이것이 소수로 내에 퇴적하여 범람함으로서 주변농지에 피해를 입힌다. 그러므로 취토작업은 3 ~ 4교대제로 하여

24시간 작업을 행하는 것이 바람직하다.

(3) 유송

유송에 있어 몇 조의 간선용수로를 이용할 것인가는 간단히 말할 수 없으나 유송거리가 장거리일 때는 소수의 수로에 유송수량을 집중하는 것이 효과적이다.

유송에 필요한 물의 양은 단위시간의 유송토량과 이수의 함토량에 따라 달라지며, 이수의 체적함토율(Cv)을 Cv = 5%라 할 때, 유송용수량은 100/5 = 20배가 된다.

유송수로에 배수가 유입하면 함토율과 수량에 변화가 일어나 작업능률이 저하되며 객토되는 양도 일정치 않게 되므로 공사시행 전에 충분한 조사를 하여 배수로 대체 대책을 강구해야 한다.

① 토사의 유송기구

유송수로 내의 토사의 흐름은 원칙적으로 홍수시의 하천이 대량의 토사를 유송하는 원리와 기본적으로 같으나 유수객토의 경우는 수로의 크기가 한정되어 있으므로 토사가 수로 내에 퇴적하는등 흐름 조건이 악화되어 수송이 곤란하여지는 경향이 있다. 따라서 수로의 형, 기울기, 수량, 함토율 등을 적절히 조절하지 않으면 안 된다.

수로내의 토사는 흐름의 속도가 커짐에 따라 처음에 수로의 바닥을 활동하는 상태로 흐르다가 점차로 부유하여 흐르게 된다.

이 양자의 사이에는 명확한 한계가 있는 것은 아니라, 부유토사는 바닥의 소류토사보다 진전된(유속증대) 상태로 파악하면 된다.

유수 중의 부유토사의 농도분포에 대해서는 Rouse, 속수등의 연구가 있으며, 이중 속수의 실측결과는 일반 유수객토의 수로에 적용할 수 있는 것이 확인된 것으로 그 이론은 다음과 같다.

$$\log \frac{C}{C_a} = - \frac{2 W_o}{K \sqrt{g D I}} \Omega(\xi)$$

$$\Omega(\xi) = \int_{\xi}^{0.999} \frac{\sqrt{1+\xi}}{(1+\xi^2) \sqrt{\xi}} d\xi$$

$$\xi = \frac{y}{D}$$

여기서, y : 수면에서의 깊이

D : 수심

C : 깊이 y 에서의 농도

K : 난류계수로서 0.2-0.3, 맑은 물은 0.3

I : 수로 기울기

W_o : 토립자 침강속도

위식에서 C/C_a 가 10 ~ 5보다 작을 때의 농도 C 를 $C = 0$ 이라 가정하고 또 $K = 0.2$ 라 보아 $W_o / \sqrt{g D I}$ 의 여러 값에 대한 유송 상방한계를 계산하면 $W_o / \sqrt{g D I} \leq 0.2$ 인 때에 부유입자

가 전단면에 분포하는 것으로 된다. 이 계수로부터 가장 능률적인 유송상태 즉 이수의 토립자가 전단면에 분포하여 균질혼합액 상태로서 흐를 때의 상한입경 (W_o 에 따른 입경 d)을 구할 수 있다.

지금 현실적인 문제로서 $K=0.3 \sim 0.2$ 로 보고 또 부유입자가 전단면의 80% ($y/D < 0.2$) 정도까지 분포하는 것을 유송조건이 양호한 것으로 간주하면 $W_o / \sqrt{gDI} \leq 0.3 \sim 0.2$ 가 되며 이 관계에 g, D, I 의 값을 대입하여 W_o 의 상한치를 얻을 수 있다.

이 입경이 부유입경의 상한치로서 이보다 작은 입경을 가지는 소립자는 수로 내에서 퇴적됨이 없이 부유상태로서 능률적으로 유송이 가능하게 된다.

식 $W_o/K \sqrt{gDI}$ 중의 침강속도 W_o 는 Stokes 법칙에 따라 점성계수에 역비례하며 점성계수는 수온이 높을수록 작아짐으로 W_o 는 수온의 상승에 따라 커진다. 그러므로 온도의 변화에 대응하여 $W_o/K \sqrt{gDI}$ 값이 동일하게 되도록 하기 위해서는 분모중의 가변수인 수심 D 와 기울기 I 를 크게 하여야 한다. 바꾸어 말하면 입경의 상한치가 동일한 조건에서는 기온이 높을수록 I 나 D 를 크게 하여야 하는 조건이 따르게 되어 유송조건이 불리하여진다. 그렇기 때문에 유수객토공사는 수온이 높은 하절기보다 동절기가 유리하다.

② 유송수로의 관리

유수객토는 이수를 기설 수로를 통하여 유송하는 것이므로 수로의 퇴적, 세굴 등 사고가 잦다. 그렇기 때문에 수로관리의 철저를 기하지 않으면 안된다.

유송개시 전 간선과 말단수로까지를 준설하고 유송 중에는 간선 1 ~ 2km마다 1인의 수로감시원을 배치하며 객토 대상지구내에서는 2 ~ 3인이 한조가 된 수로보수관을 배치하여야 한다.

가. 토사퇴적에 대한 대책

유송 중에 토사 퇴적이 잘 일어나는 곳은 수로 기울기가 급경사에서 완경사로 변하는 점, 수로의 확대구간, 보의 상류부, 수로 변곡부의 내측 등이다.

폭이 넓은 수로에서는 토사 퇴적이 진행되면 수로 폭이 좁아지고 소류력이 크게 되어 퇴적의 진행을 방해하므로 수로바닥의 상승이 정지되어 자연적으로 평행상태에 이른다. 따라서 확폭 수로에 있어서는 수로바닥의 상승에 대비하여 1 ~ 2단의 흙가마니를 제방에 시설하면 충분하다.

소폭 수로나 목통 수로에서는 토사 퇴적으로 인하여 유송이 저해되는 경우가 흔하다. 이러한 때에는 퇴적구간의 하류부를 판자 등으로 막아 유로 폭을 작게 하여 주면 와류가 생겨 토사가 점차 하류로 유하된다.

수로 기울기가 일정한 수로단면이 급격히 확대하는 경우는 유심부에 흐름이 집중되어 수로 양안의 유속이 감소되며 이 부분에 퇴적이 일어난다. 이 결과 수로가 흐름이 더욱 유심에 집중되어 유량에 상응한 유로단면이 형성된다. 이때 평형기울기는 대체로 자연 경사에 같게 되므로 퇴적에 대비한 제방보강의 필요는 없다.

나. 토사퇴적의 예방

수로가 긴 경우에는 퇴적 토사를 처리하는데 많은 비용이 소요되므로 유송공사에 있어서는 퇴적을 미리 예방하는 조치가 바람직하다.

유송 중에 토사가 침전하지 않도록 하는 사전 대책은 이수 중의 토사가 부유상태로 유송되도록 강구하면되며 기 이론은 앞서 설명한 바와 같이 $W_o/\sqrt{gDI} < 0.3$ 인 조건을 충족하도록 수로조건을 계획하면 된다. 즉 토사퇴적을 예방하는 대책으로서는 ① 유송수로에 있어 조건이 나쁜 구간에서도 최대입자가 $W_o/\sqrt{gDI} < 0.3$ 인 조건을 만족하도록 객토용토를 선별하든지, 입경이 부유상한치보다 큰 입자를 선별제거하거나 분쇄기로 미립화 한다. ② 유송수로 전선에 걸쳐 \sqrt{gDI} 의 값이 동일하게 되도록 조치하여 국부적으로 \sqrt{gDI} 의 값이 작은 구간이 없도록 한다. 특히 수로를 분기시킬 때에는 분기 전. 후의 \sqrt{gDI} 의 값이 같게 되도록 D 또는 I를 조정한다.

다. 세굴대책

이수를 유송할 때에 사류상태로 유송하면 그 사류부위에서 수로의 손상이 커진다. 특히 사류중의 토사는 수로 시설물에 대해 많은 손상을 입히며 콘크리트수로의 굴곡부나 낙차공의 수두부 등에서 손상이 크다. 그러므로 유송 시는 사류상태로 유송하는 것은 피해야하며 이수에 조립자가 혼입되는 것을 막아야 한다.

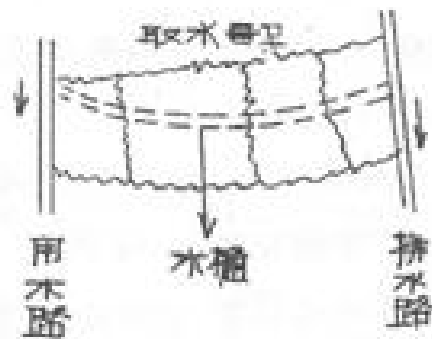
(4) 흙넣기

유송된 이수(니수)를 경지에 도입하여 침전시키는 것이 흙넣기이다. 흙넣기에 있어 중요한 점은 계획된 토량을 경지에 고루 분포시키는 일이다.

① 이수를 수로에서 경지에 도수하는 방법

이수는 간선수로→지선→지거를 통하여 경지에 도입된다. 경지의 각 구획이 지거에 직접 연결되어 있는 경우는 이 지거를 통하여 이수를 경지에 직접 도수하면 되고 월담관개처럼 지거가 각필지에 직접 연결되지 않는 경우는 몇 개의 구획을 1단지로 하여 목통등을 이용하여 흙넣기를 하여야 한다.

수로에서 경지에 이수를 넣을 때는 목통을 사용하는 것이 편리하다. 이 목통은 연결과 분리를 쉽게 하기 위하여 폭을 약 30cm, 높이를 약 18cm, 길이를 약 180cm로 만들어 필요한 수량만큼 연결하거나 분리하며 흙넣기를 할 때에는 이수로의 물꼬(취수구)에서 말단 필지의 중앙부근의 지점까지 연결하면 된다.



<그림 4.5-2> 목통에 의한 이수의 도입

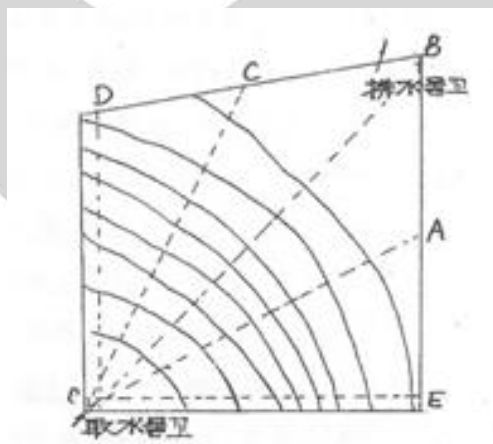
그리고 흠넣기를 할 때에 말단 목통의 위치를 적절히 이동하여 주면 경지면의 침전이 고르게 된다. 예정된 필지의 흠넣기가 끝나면 하단위치의 경지에서 목통을 분리하고 점차 상단 필지로 옮기면 된다. 이 방법은 객토량을 비교적 균일하게 분포시키는 장점이 있으나 목통의 이동 철거에 노력이 소요된다.

상기한 방법 외에 이수로에서 직접 상단구획에 인수하는 방법, 경지면에 40 ~ 50cm폭의 도랑을 만들어 도수하는 방법이 있다. 그러나 이들 방법에서는 이수로에서 인수하는 물꼬지점과 기타부근의 도랑에 조립자가 두껍게 퇴적되며 거리가 멀어질수록 퇴적두께가 얇게 되는 흠결이 있다.

② 이수의 침전방법

경지에 도수된 이수를 침전시키는 방법에는 담수법과 월류법이 있다. 담수법은 이수를 경지에 담수시켜 경지의 흠 속에 흡수시키는 방법이며 이수의 함토율이 높아 1 ~ 2회 정도의 담수로서 계획토량의 침전이 가능한 경우에 적합하다. 1회째의 흡수는 수 시간에 완료되나, 2회째는 전회와 침전토층 때문에 침투가 늦어지며, 3회째는 시간상으로 보아 담수가 거의 불가능하기 때문이다.

월류법은 경지에 도수한 이수를 배수구를 만들어 상층의 맑은 물을 월류시키는 방법이다. 배수구는 상층의 침수가 얇게 월류하도록 하기 위하여 판자등을 이용하여 넓고 얇게 설치하여야 한다. 이때 월류수의 함토량은 무시할 정도로 소량이며 대체로 0.28 ~ 0.68g/l 정도이다.



<그림 4.5-3> 객토침전토사의 분포

③ 함토율의 현장측정

수로에서 경지에 유입되는 이수의 함토량은 이수의 함토율과 유량의 곱으로 알 수 있다. 함토율은 수로의 각 단면마다 다르며 동일단면에서도 위치에 따라 다르다. 전술한 도수목통 단면 내의 함토율의 분포를 측정한 결과에 의하면 흐름의 중앙부의 함토율이 전단면의 함토율 평균과 대체로 같다. 따라서 평균함토율과 함토량을 알려면 단면중앙에서 채수하여

측정하면 된다.

3) 펌프객토

유수객토는 니수를 용수로(개수로)를 이용하여 유송하는데 비하여 펌프객토는 이수를 관로를 통해 압송한다.

펌프객토의 공정은 취토→조니→압송→흙넣기의 4 공정으로 요약할 수 있다. 송니용 펌프로는 왕복펌프(reciprocating or power pump)와 원심펌프(Centrifugal pump)의 2종이 있으며, 이들 펌프는 함토율 최고 35%까지 유송할 수 있어 펌프선에 비하면 약 3배의 고농도 수송도 가능한 것으로 알려져 있다. 펌프유송을 위한 유송관의 실용구경은 100mm 정도가 하한치이며 이보다 구경이 작으면 마찰저항이 커져 실용성이 없게 된다. 100mm구경의 유송관의 수송토량은 20m³/hr, 125mm 구경관은 약 40m³/hr정도 이다.

(1) 취토

취토의 방법은 불도져, 스크레이퍼 등에 의한 기계굴삭 또는 사수법에 의하며 기 요령은 유수객토의 경우와 동일하다.

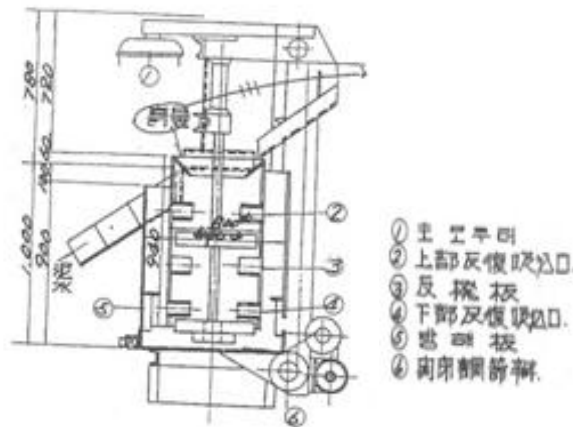
펌프객토를 실시할 때에는 취토장 선정의 일반적 요건이 되는 매장량조건과 토질조건외에 유송시설의 설치요건도 고려하여야 한다. 즉 조니시설과 유송펌프의 설치여건, 고압동력선의 이용 가능성 및 조니용 용수의 확보 편의성등을 참조하여야 한다. 또 객토원토에 전석(전석), 자갈 및 나무뿌리 등이 혼재되지 않아야 하며 유송과정에서도 이들을 잘 제거하여야 한다.

(2) 조니

유수객토에서는 이수의 체적함토율 C_v 는 5% 전후가 되나 펌프송니에 있어서는 능률도 함토율을 이 보다 훨씬 높여 주어야 한다. 펌프에 의하여 수송 가능한 함토율은 $C_v=17%$ ($C_w=35%$)이며 함토율이 높을수록 작업능률이 향상된다. 또 유송되는 이수의 토립자 지름의 상한치는 펌프의 종류와 구경에 따라 제한되며, 원심펌프에서는 30mm이하 왕복펌프에서는 3mm이하가 표준이다. 따라서 조니에 있어서는 이 범위의 이수가 되도록 조정하여야 하나 연속적인 조성이 어려운 점이 있다. 조니에는 기계적 방법에 의한 조니, 사수에 의한 조니, 침전지에서 이수를 농축하는 방법 등이 실용되고 있다.

① 기계적 방법에 의한 조니법

펌프로 흙을 수송하는 데는 취토장에서 굴삭한 흙의 농도가 높은 이수로 만들어야 하며, 이 고농도 이수의 조성이 송니과정의 핵심이 된다. 고농도 이수를 조성하려면 토공기계로 굴삭한 흙에 물을 가하여 잘 풀어주는 것이 요점이 된다.



<그림 4.5-3> 흙의 파쇄기

<그림 4.5-3>은 시험 제작된 흙 파쇄기의 단면을 보여주는 것으로, 이 기계는 이중의 원통으로 구성되어 있으며 안쪽원통에는 이단 교반날개가 붙은 축이 내측 원통내에서 300회/분으로 회전하도록 설계되어 있다. 흙과 물을 안쪽원통에 유입시키면 교반에 의하여 흙이 분산되어 이수로 되어 통내를 침강한다. 이 침강수는 하단의 교반날개작용에 의하여 내외의 원통사이에 밀려 상승하며 외통, 상부를 윗류하게 된다. 한편 입자가 커서 외통상부를 윗류하지 못한 조립자는 안쪽원통의 흡입구를 통하여 내통에 다시 안쪽 원통에 흡수되어 재 교반된다. 또 덩어리가 몹시 커서 이상의 과정에서 밀려난 큰 흙덩어리는 외통하부에 설치된 인출구에서 빼내어 버킷엘리베이터(Bucket elevator)로 다시 내통에 투입하든지 제거한다. 이 장치에 의하면 함토율이 상당히 높은 이수를 조성할 수 있다. 그러나 수중에서 분산이 어려운 흙을 파쇄기에 넣어도 상당한 양의 조립자가 남게 된다.

<그림 4.5-3>의 파쇄기로 시험한 결과에 의하면 $C_v = 16\%$ 의 이수가 조성될 때 입경 4mm이상의 입자가 18% 혼합된 결과를 나타내고 있다. 그러므로 왕복펌프를 사용하는 경우에는 (입경 상한치 3mm) 파쇄기로 이수를 다시 임펠라브레이커, 볼밀 등으로 미립화하여야 한다. 파쇄기로 조니하는 데는 흙의 공급이 연속적으로 이루어져야한다. 흙의 공급에 있어 에이프론 피더(apron feeder)를 사용하면 흙이 건조하였을 때는 조건이 양호하나 흙이 습하거나 강재 중에는 피더 판(feeder)에 흙이 부착하든지 아치(arch)작용을 일으켜 연속적 송토가 어렵게 된다. 이러한 점에서는 버킷 엘리베이터는 굴삭과 동시에 벨트콘베이어 (belt Conveyer)로 송토하게 되므로 흙의 공급면에서 볼 때는 이상적이다.

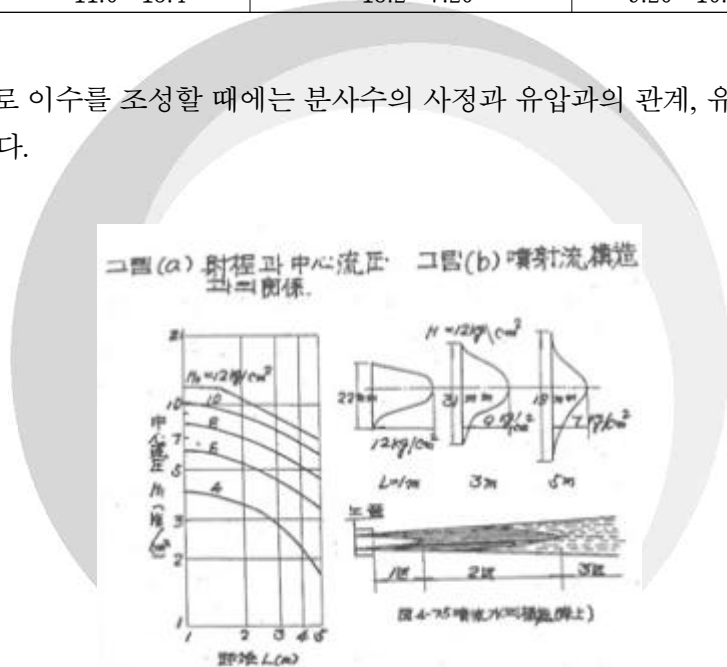
② 사수법

분사수로서 이수를 조성하는 방법을 말한다. 취토공정 자체를 사수로 하는 방법에서는 원지반에 직접 사수하여 취토하게 되므로 이수의 $C_v = 5 \sim 6\%$ 의 범위가 되는 것이 보통이나 불도저등의 중기로 일단 굴삭한 흙을 사수로 조니하면 $C_v=10\%$ ($C_w = 22\%$) 전후의 고농도 함토율을 얻을 수 있다.

<표 4.5-1> 굴삭한 흙에 사수할 때의 쇠퇴능력(실예)

구 분 \ 실 예	A	B	C	비 고
토 질	논아래층 점토 불도져로 밀어냄	자갈이 혼합된 산점토 스크레이퍼로 집토	심토, 불도져로 밀어냄	A : 유수 객토
사수펌프 양정(m)	100m	90m	55m	B : 펌프 객토
사수량(m ³ /분)	1.4 m ³ /분 ~ 1.3 m ³ /분	1.5 m ³ /분	1.1 m ³ /분	C : <
노즐	φ22mm 2분 분사압 7 ~ 8kg/cm ²	φ19mm 3분	φ15mm 2분 분사압 5kg/cm ²	
시간당쇠퇴량(m ³) 지산토(m ³ /ha)	28 ~ 43	약 30	37 ~ 46	
이수비중	1.19 ~ 1.27	1.22 ~ 1.12	1.15 ~ 1.17	
이수함토율(%)	11.0 ~ 15.4	13.2 ~ 7.20	9.20 ~ 10.50	

사수법으로 이수를 조성할 때에는 분사수의 사정과 유압과의 관계, 유압과 함토율의 관계가 중요하다.

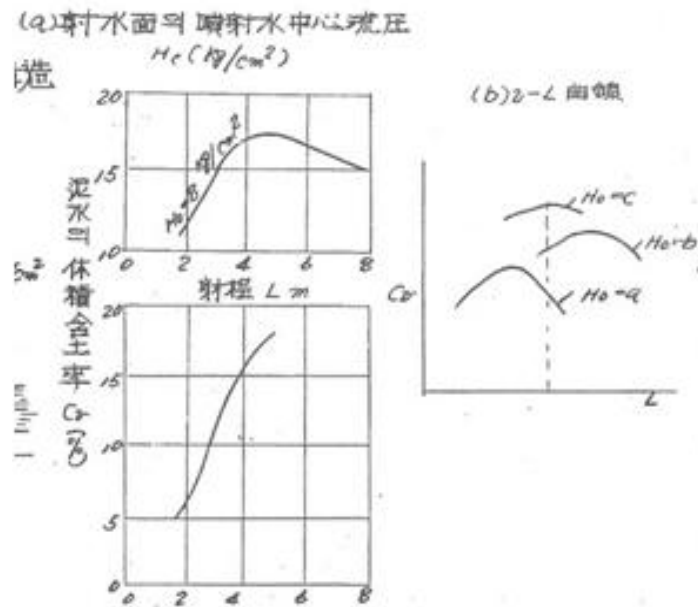


<그림 4.5-4> 노즐특성 및 분사류 구조

<그림 4.5-4>의 (a)는 구경 17mm의 소방용 노즐에 대하여 피토관(pito tube)를 사용하여 측정한 사정과 중심유압과의 관계이며 (b)는 분사수의 구조를 보여주는 그림이다. 그림에서 알 수 있는 바와 같이 분사수의 사정이 짧을수록 유압이 크나 (b)에서 보는 분사수 제 1구는 거리가 너무 짧아 작업에는 비능률적일 뿐 아니라 조성된 이수의 함토율도 낮아 수력파쇄를 목적으로 할 때에는 보통 제 2구를 사용한다.

굴삭 능률이 가장 높은 사정거리는 구경의 약 200배로서 300 ~ 500배까지도 굴삭이 가능하다. 실제로 분사수의 흙덩어리 파쇄시험에서 얻은 결론에 의하면 능률이 가장 좋은 사정거리는 L=4 ~ 5m 범위이며(<그림 4.5-5> 참조) 이때의 중심유압은 7 ~ 8kg/cm², 노즐의 분사구 압력은 12kg/cm²전후이다. 다시말하면 능률적인 사정거리는 분사수의 분사구압력과 사정거

리, 노즐구경 등에 따라 달라질 뿐 아니라 흙의 종류에 따라서도 달라지므로 최적 분사압과 사정을 알려면 <그림 4.5-5> (b)그림과 같이 각종의 노즐 구경에 대하여 분사압 H_0 를 변화시켜 $C_v - L$ 곡선을 그리고 이로부터 최대 C_v 를 얻는 H_0 와 L 을 구해야 한다.



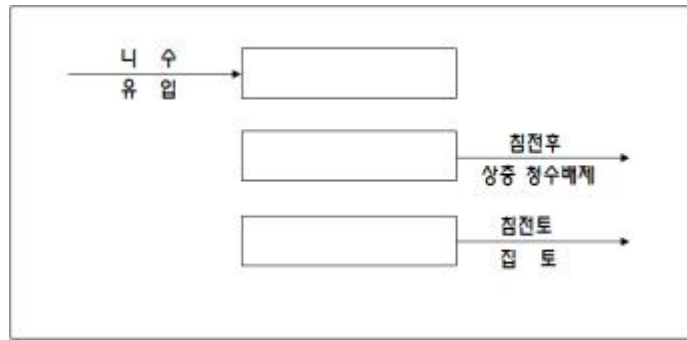
<그림 4.5-5> C_v 와 H_0 , L 을 구하는 그래프

③ 침전지로 이수(니수)를 농축하는 방법

조성된 이수(니수)를 침전지에 도입하여 일단 농축한 다음에 송니하는 방법이며 타 방법에 비하여 가장 높은 함토율을 얻을 수 있다.

사수법에 의해서 가능한 함토율은 $C_v=10\%$ ($C_w=22\%$) 전후이며 이것을 그대로 펌프에 흡입시켜 유송하여도 되나 단위시간당 수송량을 증가시키기 위해서는 사전에 임펠라브레이커 등으로 건식 분쇄한 흙을 이수에 첨가 하여도 되고 아래에 설명하는 침전법을 이용하여도 된다.

침전법 중 간단한 것은 광산에서 광니(Slime)를 수송할 때에 이용하는 방법이며 <그림 4.5-6>과 같이 3개의 침전지를 병렬로 설치하여 이수의 도입과 침전농축 및 침전토의 집토 등 작업을 순차로 행하는 방법이다. 침전지에서 농축된 침전토는 스크레이퍼로 모아 흡입 탱크에 투입한다.



<그림 4.5-6> 병렬식 침전법

이보다 진전된 방법으로는 <그림 4.5-7>과 같은 연속농축 방법이 있다. 사수법으로 조성된 이수를 침전지에 유도하여 토립자를 침강시켜 바닥의 농축된 이토를 유송하며 침강이 안된 미립자를 포함하는 이수는 월류시켜 이것을 사수용으로 재이용한다.



<그림 4.5-7> 이수의 연속농축 시설

이 방법에 대한 실례로서 폭 5m, 길이 20m, 수심 50cm의 침전지에 대한 실적결과가 있으며, 이 결과에 의하면 거의 완전하게 용토를 침전시켜 송니용으로 뽑아 쓸수 있다는 사실을 알게 되었다(<표 4.5-2> 참조).

<표 4.5-2> 침전방식에 의한 농축효과

구 분	이수비중 (평균)	함 토 율(%)		
		C_w	C_u	C_v
사수법에서 조성된 이수	1.125	18	18	7
침전지 바닥에서 뽑아낸 이수(유송용)	1.19 ~ 1.50	25 ~ 50	27 ~ 70	11 ~ 30
침전지에서 월류한 이수	1.006 ~ 1.012	1 ~ 2		

- 그러나 침전 농축법을 이용하는 데에는 여러 가지의 문제점이 있으며 이를 요약하면
- 가. 미립자를 함유하는 월류수를 재이용하는데 따른 노즐 분사구의 마모
 - 나. 노즐 분사구의 마모에 따라 노즐 분사류의 유속 긴밀성이 줄어 원거리까지의 고압유지가 어려운 점
 - 다. 침전지에서 뽑아낸 유송을 송니 펌프로 유송함에 있어 적당한 함토율로 조정하는 일이 까다로운 점 등

일반적으로 침전법은 고농도 이수를 조성하는 데는 이상적이나 상기한 문제점 외에도 고액의 시설비와 넓은 용지를 필요로 하므로 경제적인 면에서 불리하다.

(3) 유송니(유송니)

① 유송관

앞에서 언급한 바와 같이 유송용 펌프로는 왕복펌프와 원심펌프가 적합하다. 전자는 대체로 장거리, 고압유송에 적합하며 후자는 단거리 저압유송에 적합하다.

가. 왕복펌프

과거에 주로 광산에 광니 수송에 사용되었고 배출압력이 높은 것이 특징이다. 이 펌프에서는 밸브작동에 방해가 없도록 하기 위하여 이수의 토립자를 5mm정도 이하, 이상적으로는 3mm이하로 제한하는 것이 바람직하다. 이 때문에 조니시설이 크게 되는 단점이 있으나 이 펌프로 유송할 때에는 객토를 미립화하게 되므로 유송관내의 유속을 작게 하여도 관 흐름의 폐색이 일어날 염려가 없어 또 흠뻑기가 균일하게 되는 이점이 있다. 그리고 배출압이 60kg/cm²이상까지 달하므로 수송거리 10km까지는 1대의 펌프로서도 가능한 특징을 지니고 있다. 송니에 왕복펌프를 사용할 때에는 그 배출압이 높으므로 말단거리가 3km이상일 때에는 고압관을 사용해야 한다.

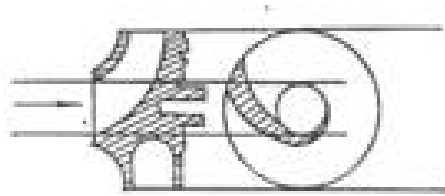
<표 4.5-3> 왕복펌프와 원심펌프의 특성 비교

구 분	왕 복 펌 프	원 심 펌 프
이수조성	까다롭다 (조성입경 소)	비교적 간단
수송 가능한 이수의 최고함도율	$C_v = 17\%$ ($C_w \approx 35\%$)	
최대배출압	60kg/cm ² 이상	7kg/cm ²
최대배출량	170m ³ /hr 정도	무제한
펌프효율	80%	50%
마모대책	주요부품은 교환	주요부 수리
유 관	말단 약 2,000m 구간 이외는 고압관 사용	저압관으로 가능
유송거리	대당 10km 정도	대당 최고 1.5km 이상은 부스터펌프[booster pump] 적용배치

② 원심펌프

객토유송용 원심펌프로는 블레이드가 없는 원심펌프(bladeless centrifugal pump)가 이용된다. 이 펌프는 고체 수송에 적합하며 종래에 펄프, 석탄, 플라이애쉬 등의 수송에 이용되고 있다. 이 펌프의 구조는 외견상 Volute pump와 흡사하다. 다만 runner의 날개가 한 장(1매)으로 된 원심펌프로서 흡입관의 내경과 동일한 직경을 가지는 구가 runner의 중심에서 원심력을 받아 던져졌을 때에 그리는 궤적에 따라 원통형의 구멍을 뚫은 구조로 되어있다 (<그림 4.5-8> 참조). 그러므로 흡입된 액체는 분해됨이 없어 원래 형태를 그대로 유지한 상태에서 원심력이 부여되므로 상당히 큰 고형물을 가지는 액체수송에 적합하다. 일반적으로 유송관경의 1/3 정도의 지름을 가지는 흠뻑어리가 포함된 이수도 수송이 가능하므로 조니가

용이하며 이 부분이 왕복펌프보다 장점이 된다. 다만 배출압력이 최대 7kg/cm²를 초과할 수 없으므로 유송거리가 커지면 부스터 펌프를 직렬로 연결하여 운전해야 하는 단점이 있다.



<그림 4.5-8> bladeless 펌프의 runner 단면

원심펌프용 유송관은 고압관을 요하지 않는다. 그러나 공사중에 이설의 필요가 없는 간선 유송관은 안전도가 높은 강관을 사용하는 것이 바람직하지만 간선유송 관이라 할지라도 이동을 요하는 경우 또는 지선관에 있어서는 경량의 경질염화 비닐관을 사용함이 편리하다. 염화비닐관의 사용에 있어 주의할 점은 재질과 열팽창계수의 문제이다. 염화 비닐관은 저온 일 때에는 충격에 대한 저항이 급격히 감소되므로 한냉지에서는 파손률이 높아 관의 조달 시에 재질검사를 잘하여야 하며 열팽창문제는 팽창계수가 강관의 7배까지 달하는 것도 있으므로 200m정도의 거리마다 신축 이음틀 설치하여야 한다. 그리고 신축 이음외에 관하부에 생목등으로 침목을 하여 약간 사행배관이 되도록하여 열에 의한 신축을 이 사행부에서 흡수하도록 강구 하여야 한다.

한편 곡관이 필요할 때는 원심펌프나 왕복펌프 공히 곡관의 곡률반경이 관경의 5배 정도의 것을 사용하고 분기관은 T형 보다 45° 분기형을 사용하는 것이 유익하다. 이것은 관내에 있어 니토의 침전에 의한 폐색이나 마모를 피하기 위한 것이다. 경지에 니수를 살포하는 말단 부분은 연질 폴리에틸렌관을 사용하면 흙넣기 작업이 편리하여진다.

③ 유송관의 실용(관내)유속

현장조건에 따라 유송거리가 결정되면 이로부터 유송펌프의 양정, 원동기의 마력, 유송관의 지름과 유속등의 제원을 결정해야 한다. 이들 양을 결정하려면 이수의 흐름에 대한 유송관의 저항 즉 토립자를 혼합하는 이수의 흐름에 대한 손실수두를 알아야 한다.

조립자나 흙덩어리를 가지는 이수가 유송관을 흐를 때에는 이들 입자가 유속의 크기에 따라 관바닥에서 활동하거나 도약하면서 흐르기 때문에 유속이 줄어들면 관바닥에 침전퇴적하며 이결과 흐름이 불안정하게 되어 수격(surging)현상이 일어나 관이 폐색되기 쉽다. 그러므로 실용적인 면에서는 관내유속을 침전이 시작되는 한계유속 V_{cr} 보다 약 30%이상 크게 되도록 하여야 한다. 이 조건을 만족시키는데는 $V/\sqrt{gD(G-1)} \leq 1.5$ 인 관계로부터 계산해 보면 다음과 같이 된다.

<표 4.5-4> 관경과 실용유속

관경 D(mm)	100	150	200	250
유속 V(m/sec)	1.9	2.3	2.7	3.0

이상은 토립자를 혼합하는 이수가 관을 흐를 때의 관경과 최저 실용유속과의 관계이나 소정토량을 수송하는데 필요한 펌프의 동력은 유속 외에도 이수의 함토율에 따라서도 달라지므로 펌프의 경제마력을 정하는 문제가 중요한 문제로 된다. 즉, 정해진 펌프에 대하여 이수의 함토량과 유속을 어떻게 조정하면 수송능률이 가장 효율적으로 될 것인가의 문제가 된다. 이 문제를 해결하는 데는 정해진 펌프에 대하여 현장시험곡선을 작성하여 경제유속과 함토량을 정한다.

④ 유송관내의 유동저항(압력강하)

이수의 흐름에 대한 관 저항문제를 다루는데 있어서는 관내를 흐르는 이수의 유동상태를 다음과 같이 구별하는 것이 편리하다.

- 가. 어떤 특성의 입경범위를 갖는 고체(입균)를 혼합하는 물의 흐름, 예컨대 유량입경 0.075mm이하의 입자균을 혼합하고 있는 균질혼합액의 흐름
- 나. 현실적인 펌프객토의 유송수와 같이 크고 작은 모래와 자갈을 함께 혼합하는 불균질 혼합액의 흐름

상기한 가.의 경우는 관 저항을 이론적으로 취급할 수 있으며 이론치와 실측치가 잘 일치하므로 균질혼합액의 흐름에 대해서는 이론식에 의하여 압력강하(관저항)를 계산할 수 있다. 균질혼합액의 흐름저항을 구하는 데는 종래부터 여러 가지의 방법이 있으나 이 중 대표적인 것은 원유 굴삭시에 이수의 관저항을 계산하는데 사용하는 Messaros의 식이다. 이 Messaros의 식은 서두에서 언급한 바와 같이 이론상으로는 입자균의 입경범위가 0.075mm 이상인 때에 성립되나 실제 경험에서 입경범위가 3mm이상인 때에도 0.075mm이상의 입경을 가지는 입자가 80%이상을 차지할 때는 그 흐름에 대한 압력강하의 실측치가 이론식에 의한 계산치와 잘 부합하는 것이 입증된 바 있어 실용적으로는 Messaros의 식을 입자균 3mm이상의 경우까지 확장하여 사용한다.

Messaros의 식

.층류인 때의 압력손실

$$i = \frac{l\tau}{225D} + \frac{\mu lv}{1,500D^2}$$

.난류인 때의 압력손실

$$i = \frac{0.001296 \times flrv^2}{D}$$

여기서, i = 압력손실(lb/in²)

l = 관 길이(ft)

D= 관 안지름(inch)

V = 관내 평균유속(ft/sec)

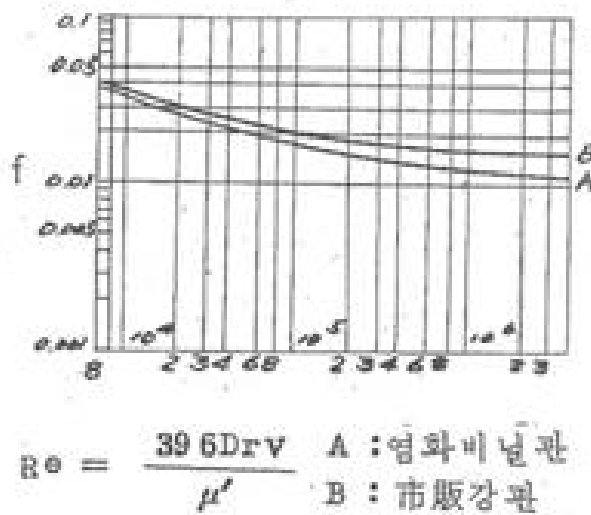
μ = 동점성계수(c.p)

τ = 항복치(1 lb/100ft²)

r = 혼합액 단위체중량(1b/100ft³)

f = 마찰계수로서 $Re = \frac{396Dv}{\mu}$ 에 의하여 Re를 계산하고 <그림 4.5-9>에서 의해 f를 구

함(Re : 난류에 있어서의 Reynolds number)



<그림 4.5-9> Re와 마찰계수 f

위 식에서 소점성계수 μ' 와 항복치 τ 및 단위 체적중량 r는 실측을 해야 한다.

또 층류와 난류의 한계유속 V_c (ft/sec)는

$$V_c = \frac{8.07\mu' + 9.07\sqrt{\mu'^2 + 1.65r\tau D^2}}{rD}$$

다음 나.의 경우인 불균질 혼합액의 흐름에 있어서는 모래, 자갈, 흙덩어리 식을 혼합하고 있어 흐름에 직각방향으로 와류가 일어나며 함토율은 관 바닥에 가까울수록 크게 된다. 이러한 흐름은 이수 중의 세립자가 가.의 경우에 해당하는 균질혼합액을 형성하고 그속을 큰 입자가 혼합하여 흐르는 유량형태가 이론적 해석이 어렵다. 이와 같이 나.의 경우에 해당하는 불균등 혼합액에 대해서는 실험에 의하여 계수를 구하여 관저항을 구하는 Durand의 공식이 가장 보편성이 있는 것으로 알려져 있다.

Durand의 공식

$$i = i_w (1 + \phi C_v)$$

여기서, i = 혼합액의 관내 압력손실(lb/in²)

i_w = 물의 관내 압력손실(lb/in^2)

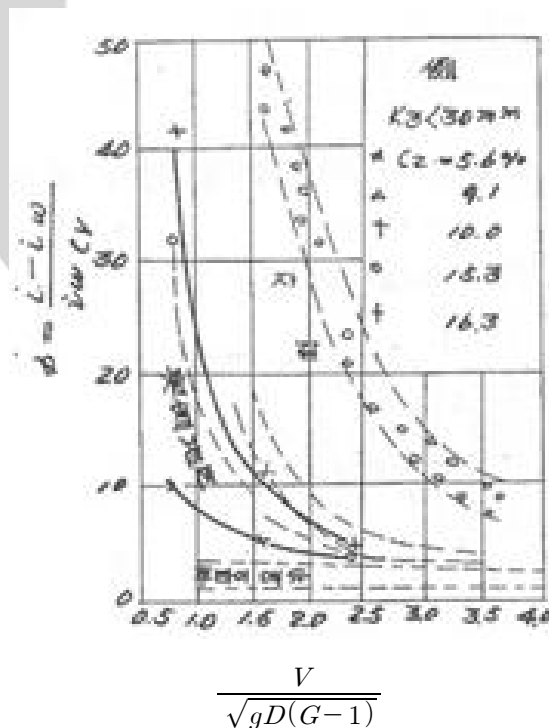
C_v = 체적합도율

ϕ = 실험에 의해서 정하는 계수로서 V/\sqrt{gD} 또는 $V/\sqrt{gD(G-1)}$ 의 함수로 표시함
(G는 고체 토립단의 비중)

Durand의 공식으로 i 의 값을 정하려면 입자군의 여러 가지의 상한입경에 대하여 실험으로 ϕ 의 값을 미리 정해 두어야 한다.

<그림 4.5-10>은 i 와 i_w 를 실측하여 Durand의 식으로 ϕ 를 계산하고 이것을 $v/\sqrt{gD(G-1)}$ 에 대하여 작도한 실험결과이며, 이수가 3mm이상의 큰 토립단을 혼합할 때에 대한 것이다. 이 그림에서 실선은 30mm이하의 입경에 대한 실내실험결과이며, 그 사이의 반점선은 2개 지구의 객토공사 실측에서 현장실측한 결과로서 이 중에는 60mm mesh를 통과한 흙을 객토로 유송한 현상이 포함되어 있다.

<그림 4.5-10>를 검토해 보면 현장실측치는 다 같이 실내 실험결과인 실선범위 내에 속한다. 이 사실로 보아 유송객토의 입경이 50mm이하인 때의 ϕ 는 그림의 현장 실측선을 표준으로 함이 타당하며 이수의 합도율이 크고 토립단의 크기가 실내실험에서 사용하였던 이수의 입경(30mm)보다 더 클 때는 상부의 실선에 가깝게, 반대일 때는 하부의 실선에 가깝게 잡아 Durand식으로 i 를 계산하면 실용상 큰 오차 없는 것을 알 수 있다.



<그림 4.5-10> $v/\sqrt{gD(G-1)}$ 와 ϕ 와의 관계

⑤ 곡선의 저항

곡관의 관저항의 표준은 관지름이 4 inch, 90도 곡관으로서 $B=1.5D$ 인 때에 1 개소 당 최대

의 경우에도 같은 지름의 직관의 관 길이 3.5m의 저항에 상당하는 정도로 잡으면 된다.

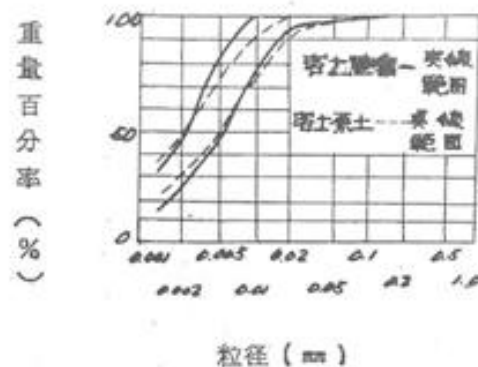
(4) 흠넣기

펌프객토에 의하면 흠넣기 후의 객토층 두께와 입도분포가 우수객토에 비하여 훨씬 균일하며 균일 흠넣기를 위한 조작도 간단한 것이 특색이다.

객입용토가 점질토로서 미립화되어 있고 함토율이 높을 때에는 이수가 상당한 점성을 가지므로 유송관에서 배출된 이수는 점성이 강한 물엿같은 현탁액으로 경지에 퍼지게 되어 침적두께나 입도분포가 거의 일정하게 된다. 이와 같이 흠넣기가 균일하게 될 때에는 말단의 배출관을 끝에서 부터 순차로 해체해 나가면 균일한 객입을 이룩할 수 있다. 반면 객토입용토가 점질토이고 미립화되어 있지 않아 조립상태로 유송될 때에는 배출구 부근에 이들 조립자가 대량으로 퇴적되어 객토층 두께가 불균일하게 되기 쉬우나 입도분포는 고르게 된다. <그림 4.5-11>은 이와같은 사실을 보여주는 실례로서 객토구간 1개구의 대각선상에서 9점의 객토를 따서 입도분석한 결과이다. 그림에서 실선은 객토된 흠의 입도가속곡선 범위이며 점선은 객토용토의 입도 범위를 나타내고 있으므로 객토용토와 객토된 흠 사이에는 입도의 차이가 거의 없음을 알 수 있다.

한편 객토용토가 사질토인 경우는 물의 분급작용에 의하여 객토용토와 객토된 흠 사이에는 입도에 큰 차이가 나타난다. 그러나 이러한 경우는 유송관 말단에 연결 포리에틸렌관이나 비닐호스를 연결하여 객토가 경지의 각 부분에 고루퍼지도록 하여주고 또 담수 중에 침적 두께가 고르지 못한 부분을 잘 골라주면 객토를 균일하게 할 수 있어 객토조작도 비교적 간단하게 시행할 수 있다.

경지에 객토하기 전에 휴반을 보수할 필요가 있을 때도 있다. 그러나 휴반이 특별히 얇은 경우를 제외하면 이 휴반보수도 생략되는 경우가 보통이다. 예컨대 객토량을 $30\text{m}^3/10\text{a}$ $C_v = 10\%$ 라 가정할 때 담수심은 12cm가 되므로 보통휴반 높이로서도 충분히 이수의 율류를 막을 수 있기 때문이다.



<그림 4.5-11> 펌프객토의 입도 분석

4) 벤토나이트 객토

벤토나이트(bentonite)는 물을 흡수하여 팽윤하는 성질을 가지는 몬모리로나이트

(montmorionite) 족의 특수 점토암이어서 벤토나이트객토는 벤토나이트의 팽윤성과 염기치환특성을 이용하여, 소량으로 객토목적 달성을 하려는 것이다. 이 객토법에 의하면 토양의 여러 가지 이화학적 특성을 개량할 수 있을 뿐 아니라 경작토의 투수성이 현저하게 억제되며 이것이 벤토나이트객토의 특징이 되고 있다. 벤토나이트의 시용량은 객토 대상지의 토양의 형태에 따라 다르나 대체적인 표준은 7 ~ 10 ton/ha이며 경작토의 투수성이 클 때에는 20ton/ha, 투수성이 약한 때에는 4 ton/ha의 시용량으로도 충분한 경우가 있다. 벤토나이트객토는 타 객토법에 비하여 시용량이 소량이고 재료도 시판되는 것이 있으므로 객토시행에 있어서도 대량의 흙을 운반하는 타 객토공사와 달라 운반수단이 큰 문제가 되는 것은 아니며 객토목적에 부합한 적정 시용량의 추정과 흙넣기 작업의 시공계획에 만전을 기하는 것이 중요한 과제로 된다.

(1) 벤토나이트객토의 실시방법

벤토나이트를 경작토에 혼입하는 혼입법과 작토와 심토의 중간에 층상으로 부설하는 층상법이 있다. 전자가 보편적인 방법이며 후자는 개간, 개전등지에 있어 표토처리를 하는 경우에 시행하면 효과적이다.

① 작토혼입법

기 경작지역은 거친 썩레질 전의 건토상태에서 답면에 벤토나이트 분말을 고루 살포하고 거친 썩레질로 작토층 10 ~ 15cm에 혼입한다. 기경과 거친 썩레질은 햇수가 많을수록 효과적이며 살포는 시비 시에 병행하여도 된다. 거친 썩레질 후 다시 잔썩레질을 하여 혼입을 치밀하게 한다.

② 층상법

작토를 깎아 지표하 30cm정도의 깊이에 벤토나이트를 층상으로 깎는다. 심토가 조립이어서 벤토나이트가 하방으로 유실될 염려가 있을 때에는 벤토나이트에 다른 세립토를 혼합하여 벤토나이트의 유실을 방지한다. 또 층상으로 깎 벤토나이트층은 손작업으로 다지거나 작토의 복토 후 중기로 다지면 더욱 효과적이다. 층상시공의 경우의 시용량은 혼입법의 경우와 같다. 층상시공에 있어 주의할 점은 벤토나이트층의 깊이를 표토에서 최소 30cm이내로 해서 는 않되는 점이다. 층의 깊이를 이보다 얇게 하면 기경작업 때 층이 파괴되기 쉽고 지표에서는 그 파괴를 탐지하기가 어려우므로 보수가 곤란하다.

(2) 벤토나이트객토의 적용 범위와 적정 시용량

벤토나이트객토의 적정범위와 시용량은 조사, 설계 단계에서 이미 정해져 있을 것이나 원토와 객토는 복잡한 이화학적성질을 가지고 있으므로 공사과정에 있어 예측외의 상황이 일어날 수 있다. 그러므로 공사과정에 있어서도 적절한 시기에 간단한 시험과 실험을 행하여 객토목적의 달성여부를 점검하여 공사비의 절감과 공사의 적정시행을 기하는 것이 바람직하다. 이미 언급한 바와 같이 벤토나이트객토는 경지의 투수성 억제가 주요 목적이므로 본 절에서는 공사시행에 병행할 수 있는 벤토나이트객토의 적용범위, 점검방법과 적정 시용량의 추정방법에 대해 살펴보기로 한다. 다만 객토재료로서의 벤토나이트 자체의 이화학적특성은 조사, 계획 시의 객토 선정단계에서 사전에 결정될 성질의 것이므로 여기서 자세히 언급하기는 어려우나 입경위주로 본 벤토나이트 재료의 적정기준을 요약하면 벤토나이트 재료는 입경이 작을수록 효과적이며, 이론상으로는 325 ~ 375mesh 이하의 입경이 타당하나 농업용으로는 단립의 지

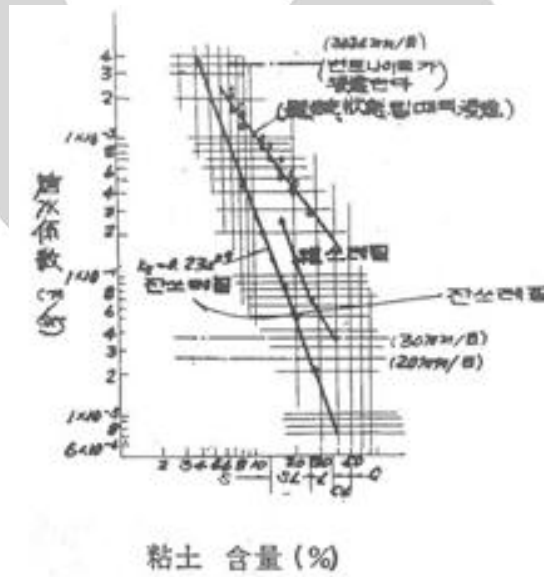
름이 10mm 이하이면 충분하다.

① 작토의 투수계수를 기준으로 한 벤토나이트의 적용범위

일반적으로 작토의 투수계수가 $3.5 \times 10^{-3} \text{cm/sec}$ ($3,000 \text{mm/일}$) 이상이면 벤토나이트를 사용해도 그 입자가 유실되므로 객토효과는 기대할 수 없다. 따라서 이 투수계수 값이 벤토나이트 사용여부를 결정하는 상한치의 기준이 된다. 한편 수도의 적정 감수심은 $17 \sim 20 \text{mm/일}$ 로서 경토의 투수계수가 이보다 작으면 투수성 억제를 목적으로 한 벤토나이트객토는 필요 없게 된다. 경작토의 일감수심 20mm/일 을 cm단위로 환산하면 $k \approx 3.0 \times 10^{-5} \text{cm/sec}$ 가 되며 이 투수계수 값이 벤토나이트객토의 사용여부를 결정하는 하한치가 된다. 다시 말하면 경지의 투수계수가 $k = 3.5 \times 10^{-3} \text{cm/sec} \sim 3.0 \times 10^{-5} \text{cm/sec}$ 인 때에 벤토나이트객토의 시행효과를 기대할 수 있는 것으로 경작토의 투수계수 값이 이 범위를 벗어나면 벤토나이트객토의 효과는 없게 된다. 따라서 공사 시행과정에서도 적절한 시기에 벤토나이트객토의 시행에 따른 경지의 안정투수계수를 측정하여 객토의 계속여부를 결정하는 것이 바람직하며, 특히 벤토나이트공사를 연차적으로 시행할 때에는 이와 같은 효과측정이 필요하다.

② 작토의 세립토함량을 기준으로 한 벤토나이트객토의 적정 사용량

작토의 세립토함량(입경 : 0.01mm)은 그 투수계수와 밀접한 관계가 있으며 그 관계는 <그림 4.5-12>에서 보는 바와 같다. 그러나 흙의 투수계수는 세립토함량 외에도 흙의 입도와 조직 및 구조, 기타의 요인에 따라서도 달라지므로 객토예정지에 대한 시험자료가 있으면 시험자료를 이용함이 타당하다.

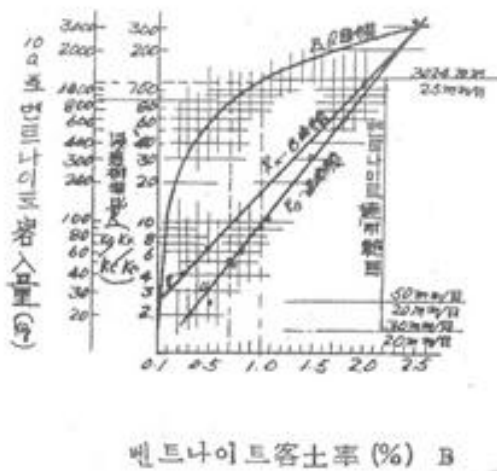


<그림 4.5-12> 세립토 함유량(%)

<그림 4.5-12>에서 보면 풍건상태에서의 작토의 투수계수가 크더라도 잔사레질을 적절히 하면 상당한 범위까지 작토의 투수계수를 저하시킬 수 있다는 것을 알 수 있고 세립토(0.01mm)의 함량이 25%인 때에는 잔사레질만으로 삼투량을 적정선인 20mm/일 까지 억제할 수 있

다는 것을 알 수 있다. 또 세립토의 함량이 5%이하인 때에는 작토의 투수계수가 $k=3.5 \times 10^{-3} \text{cm/sec}$ 이상인 것으로 나타나 전술한 바와 같이 벤토나이트를 객토하여도 효과는 기대할 수 없게 된다.

이 사실은 벤토나이트객토의 적용범위가 작토의 세립토함량이 5 ~ 25%정도인 것을 말해주는 것이며 벤토나이트객토는 이 범위의 세립토함량을 가지는 작토에 대하여 그 삼투량을 적정선인 20mm/day 전후로 억제하는 것이 요점인 것을 알 수 있다.



<그림 4.5-13> 벤토나이트 객토량과 투수억제비의 관계

<그림 4.5-13>은 작토의 점토함량을 기준으로 하여 벤토나이트객토의 적정 시용량을 구하는 도표이다. 이 도표는 벤토나이트 객토 이전에 있어 잔씨레질을 한 작토의 안정투수계수를 Kk , 벤토나이트 객토량을 여러 가지로 변화시켜 객토한 후 잔씨레질 한 다음의 안정투수계수를 Kc 로 하여 Kk 와 Kc 의 비 $Rk = \frac{Kk}{Kc}$ 를 종축에 놓고 벤토나이트 객토율 13% (작토심 9cm, 가비중 1.3으로 가정할 때, 건토중량에 대한 벤토나이트량의 중량백분율)를 횡축에 놓을 때의 실험결과를 나타내는 것이다. 이 도표에 의하여 벤토나이트 객토량을 구하는 순서는 다음과 같다.

- 가. 작토를 입도분석하여 <그림 4.5-13>에서 Kk 를 구한다.(점토 0.01mm를 기준으로 함)
- 나. 목표로 하는 적정 삼투량의 값에 대한 투수계수를 k 로 하여 $Pk = \frac{k}{k}$ 를 계산한 다음

<그림 4.5-13>에서 B의 값을 구한다.

- 다. <그림 4.5-13>의 B ~ Q 곡선에 의하여 Q를 구하면 단보당(10a)의 벤토나이트 시용량(kg)을 얻을 수 있다.

한편 노력절약 때문에 잔씨레질 대신 거친 씨레질을 한 때에는 <그림 4.5-13>에서 $KG = 2.5Kk \sim 3Kk$ 임에 착안하여 Kk 로부터 KG 를 추정하고 $RG = \frac{KG}{k}$ 에 의하여 RG 를 계산한 다음 <그림 4.5-13>의 $RG \sim B$ 곡선에서 B를 구하면 된다.

집필위원	분야	성명	소속	직급
	관개배수	김선주	한국농공학회	교수
	농업환경	박종화	한국농공학회	교수
	토질공학	유 찬	한국농공학회	교수
	구조재료	박찬기	한국농공학회	교수
	수자원정보	권형중	한국농공학회	책임연구원

자문위원	분야	성명	소속
	농촌계획	손재권	전북대학교
	수자원공학	윤광식	전남대학교
	지역계획	김기성	강원대학교
	수자원공학	노재경	충남대학교
	농지공학	최경숙	경북대학교
	관개배수	최진용	서울대학교

건설기준위원회	분야	성명	소속
	총괄	한준희	농림축산식품부
	농업용담	오수훈	한국농어촌공사
	농지관개	박재수	농림축산식품부
	농지배수	송창섭	충북대학교
	용배수로	정민철	한국농어촌공사
	농도	조재홍	한국농어촌공사 본사
	개간	백원진	전남대학교
	농지관개	이현우	경북대학교
	농지배수	남상운	충남대학교
	취입보	김선주	건국대학교
	양배수장	정상욱	경북대학교
	경지정리	유 찬	경상대학교
	농업용관수로	박태선	한국농어촌공사 본사
	농업용담	손재권	전북대학교
	농지배수	김정호	다산건설턴트
	농지보전	박중화	충북대학교
	농업용담	김성준	건국대학교
	해면간척	박찬기	공주대학교
	농업수질및환경	이희억	한국농어촌공사 본사
	취입보	박진현	한국농어촌공사 본사

중앙건설기술심의위원회	성명	소속
	이태욱	평화엔지니어링
	성배경	건설교통기술협회
	김영환	한국시설안전공단
	김영근	건화
	조의섭	동부엔지니어링
	김영숙	국민대학교
	이상덕	이주대학교

농림축산식품부	성명	소속	직책
	한준희	농업기반과	과장
	박재수	농업기반과	서기관

설계기준
KDS 67 70 20 : 2018

농지보전 설계

2018년 04월 24일 발행

농림축산식품부

관련단체 한국농어촌공사

58217 전라남도 나주시 그린로 20(빛가람동 358) 한국농어촌공사

☎ 061-338-5114 E-mail : webmaster@ekr.or.kr

<http://www.ekr.or.kr>

(작성기관) 한국농공학회

06130 서울시 강남구 테헤란로 7길 22(역삼동 365-4) 과학기술회관 본관 205호

☎ 02-562-3627 E-mail : j6348h@hanmail.net

<http://www.ksae.re.kr>

국가건설기준센터

10223 경기도 고양시 일산서구 고양대로 283(대화동)

☎ 031-910-0444 E-mail : kcsc@kict.re.kr

<http://www.kcsc.re.kr>

※ 이 책의 내용을 무단전재하거나 복제할 경우 저작권법의 규제를 받게 됩니다.