

# Tunnelling Technology

## 지하탄약고 제습 및 환기 설계



김두호  
(주)범창종합기술

### 1. 서언

본 고에서는 지난호 “지하탄약고의 방폭설계”에 이어 지하탄약고 제습 및 환기 설계에 대하여 고찰하고자 한다.

저장물의 품질유지와 작업자의 건강을 위하여 제습 및 환기설비는 지하탄약고 설비에 빼놓을 수 없는 매우 중요한 시설이다.

급속의 경우 상대습도 60%를 넘으면서 부식 진행속도가 빨라지기 때문에 탄약의 품질을 온전하게 유지하기 위

해서 탄약 저장고의 습도는 그 이하로 유지하는 것이 바람직하다.

또한 적,하역을 위하여 작업차량이 탄약고내 적하장에서 작업하는 동안 배기가스가 저장고내에 확산되면서 증만되기 때문에 오염된 공기를 효과적으로 희석 및 배출하고 터널내부의 온습도 제어 및 화재사고와 같은 비상 상황에 대한 신속하고 효율적인 대피 및 대처를 위하여 환기설비가 필요하다.

조사단계	기획단계	설계 단계
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 자료수집 및 분석</li> <li>• 기존시설의 조사                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 기존시설 현황 조사</li> <li>- 기존시설 운영상의 문제점 분석</li> </ul> </li> <li>• 신제품, 신공법 조사                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- DOUBLE SEALING SPIRAL DUCT</li> <li>- PROCESS AIR를 상시 순환시킬수 있는 제습기</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 설계기준 검토                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 외부 기상자료</li> <li>- 내부 온,습도 조건</li> <li>- 1일 작업시간 및 횟수</li> <li>- 방수포 및 바닥면 투습계수</li> </ul> </li> <li>• 인터페이스 협의                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 제습기 설치 SPACE</li> <li>- 기계실 위치 및 기기 배치</li> </ul> </li> <li>• 예상문제점에 대한 해결방안 검토</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 제습설비 설계                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 제습용량 및 제습방식</li> <li>- 장비 선정</li> </ul> </li> <li>• 환기설비 설계                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 환기용량 및 환기방식</li> <li>- 장비 선정</li> </ul> </li> <li>• 신제품,신공법 적용방안 검토</li> <li>• 설계 적정성 검토                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 시뮬레이션(CFD) 실시</li> </ul> </li> </ul>

## 2. 제습설비 설계

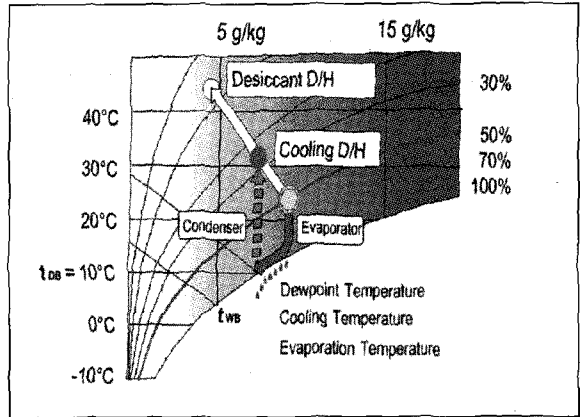
### 2.1 제습설비 개요

탄약저장고는 제습기에 의한 습도제어를 원칙으로 한다. 저장고내의 상대습도는 55% 이하로 유지 할 수 있어야 하며 외부 습기 유입으로 인하여 상대습도가 일시적으로 상승하여도 24시간 이내에 기준 상대습도로 회복 할 수 있는 시스템으로 설계하여야 한다.

제습기는 통상 각 저장실별 분산 설치 방식을 따르며, 습도감지센서는 Process Air가 항시 순환되는 제습기 인 입측, 저장실 외부 방폭발브 전단에 설치 하여야 한다. 또한 탄약저장고의 출입문은 이중형식으로 설계하여 통로 터널의 습공기가 계속하여 저장고내로 유입되는 것을 방지하여야 한다.

방수시설은 슛크리트로 벽면 처리후 투습 억제효과가 우수한 방수텐트를 적용하고 제습기에는 유지보수시 원활한 위치 이동이 가능하도록 CASTER(ROLLER)를 부착한다

### 2.2 제습방식별 공기의 상태변화



건식제습	건식의 경우 절대습도의 감소와 함께 상대습도가 동시에 감소하며, 수분의 응축열에 의해 제습공기의 온도가 동시에 상승함
냉각식제습	냉각식의 경우 냉각에 의해 수분이 응결되어 절대습도가 감소하나 상대습도의 감소가 이루어지지 않으므로 별도의 재열장치로 가열하여 상대습도를 낮추어야 함

### 2.3 제습기 형식 비교

구분	건식제습기	냉각식제습기
개요도		
원리	<ul style="list-style-type: none"> <li>특수 가공된 세라믹 소재에 실리카겔을 침투시킨 허니컴 로터의 처리부에 습한공기(Process air)를 통과시켜 공기중의 수분을 제거하고 건조공기(Dry air)를 공급하는 방식</li> <li>로터 표면에 흡착된 수분은 재생부에서 고온의 공기(Reactivation air)를 통과시켜 수분을 제거후 외부로 배출</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>습한공기(Process air)를 노점온도 이하로 냉각시켜 공기중의 수분을 과포화 상태로 변화시키고 응결되는 수분을 제거한 후 수분이 제거된 공기를 재열(Air Heater)하여 저습도의 건조 공기(Dry air)를 공급하는 방식</li> <li>응결된 수분은 배수구(Drainage)를 통해 외부로 배출</li> </ul>

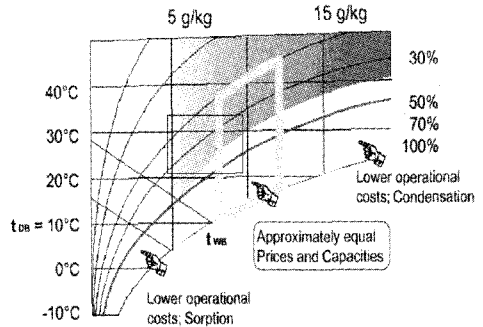
# 기술강좌

## 지하탄약고 제습 및 환기 설계

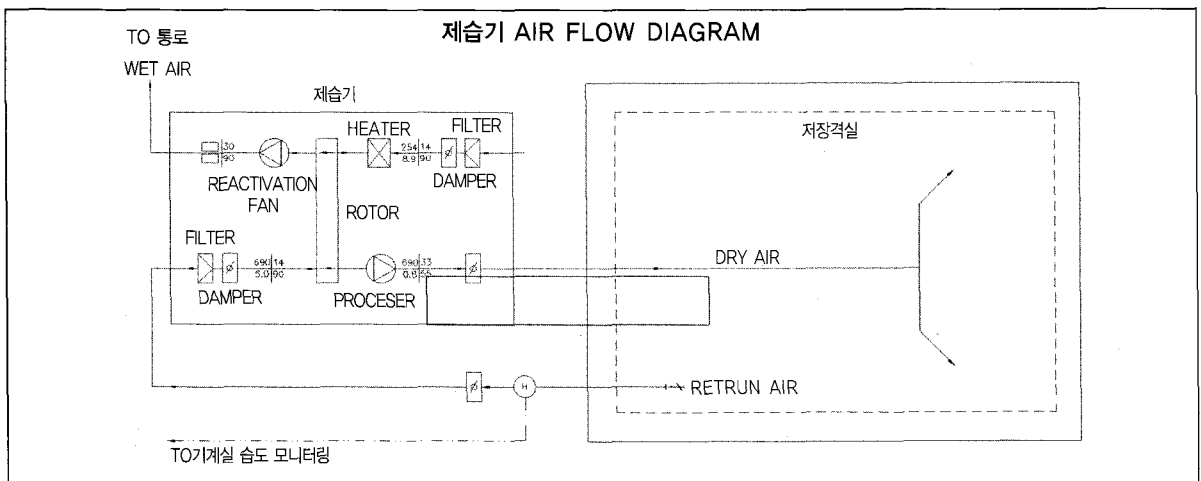
구분	건식제습기	냉각식제습기
특징	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 제습량이 적을 경우에 유리함</li> <li>• 조작이 간단하고 신뢰성이 높음</li> <li>• 제습공기의 온도가 높아 실내온도의 제한이 요구 될 경우 냉각장치의 설치가 필요</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 제습량이 많을 경우에 유리함</li> <li>• 제습공기의 상대습도 저하를 위하여 재열장치의 설치가 필요</li> </ul>
적용시 고려사항	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 격실내외의 습도조건을 기준으로 제습부하를 산정하여 경제적이고 유지관리가 편리한 제습방식 선정</li> <li>• 제습기의 설치위치에 대한 환경 검토에 따라 적절한 제습기 선정</li> <li>• 건식의 경우 적정 실내온도 유지를 위한 대책방안 및 재생공기의 적정 공급방안에 대한 검토가 필요</li> </ul>	

### 2.4 제습 방식별 경제성 비교

- 건 식 : 제습부하가 작은 범위에서 경제적임
- 냉각식 : 제습부하가 큰 범위에서 경제적임



### 2.5 제습 계통별 비교



지하란약고 제습 및 환기 설계

구분		A 안	B 안	C 안
제습 개요		<ul style="list-style-type: none"> <li>격실내 공기를 재순환하여 제습하고, 별도의 환기는 없음</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>격실내 공기를 재순환하여 제습하고, 외기를 취입하여 제습된 공기와 혼합하여 격실에 공급하는 방안</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>격실내 공기와 외부공기를 혼합하여 제습후 격실에 공급하는 방안</li> </ul>
개요도				
제습 용량		최 소	중 간	최 대
실내 공기압력		(0)	(+)	(++)
제습 설비 운전	정상시	격실내 습도를 제습기 인입측에서 감지하여 제습후 격실내 공급	격실내 습도를 제습기 인입측에서 감지하여 제습후 격실내 공급	격실내 습도를 제습기 인입측에서 감지하여 제습후 격실내 공급
	수불 작업시	제습기 정지	제습기 정지 급기송풍기 운전	A안 또는 B안의 운전방식 병용

## 2.6 제습량 산정

### 2.6.1 설계조건

(1) 외기조건 (OO지역)

구분	건구온도	상대습도	절대습도
여름	32.3℃ DB	58 %RH	17.8g/kg'
겨울	-10.3℃ DB	71 %RH	1.1 g/kg'

• 건설교통부 고시 냉·난방설비 장치의 용량계산을 위한 설계외기온도, TAC 2.5% 적용

(2) 실내조건

항 목		실내조건	비 고
격실 내부	건구온도	15℃	
	상대습도	55%RH 이하	
격실외부 (터널내)	건구온도	15℃	
	상대습도	-	결로가 발생되지 않는 조건

(3) 지중온도

• 지중온도 : 15℃

### 2.6.2 제습부하 산정

- (1) 격실주변(바닥제외) 방수텐트 설치면 투습량  $M_1$
- (2) 포장 콘크리트 (바닥면) 투습량  $M_2$
- (3) 출입문 개폐시 투습량  $M_3$
- (4) 환기에 의한 투습량  $M_4$
- (5) 저장품에서의 수분발생량  $M_5$
- (6) 총 제습부하  $M_T = M_1 + M_2 + M_3 + M_4 + M_5$

(1) 방수포 투습  $M_1$

: 935Pa (온도15°C, 상대습도55% 기준)

■ 투습량 (kg/hr)

= 방수포표면적( $m^2$ ) × 증기압차(Pa) × 투습계수  
 $KD(kg/m^2 \cdot sec \cdot Pa) \times 3600(sec/hr)$

• 재료별 투습계수 KD

가) ASHRAE F21 TABLE 2

0.1 mm Polyethylene

$KD = 4.6 \text{ ng/m}^2 \cdot \text{sec} \cdot \text{Pa}$

$= 4.6 \times 10^{-12} \text{ kg/m}^2 \cdot \text{sec} \cdot \text{Pa}$

• 증기압차(Pa)

= 저장고외부 터널내 증기압력 - 저장고내 증기압력

$= 1,700 - 935 = 765(Pa)$

나) PROTAN LDPE FOIL (0.1 mm 두께)

$KD = 0.017 \text{ gr/m}^2 \cdot \text{hr} \cdot \text{mmHg}$

$= 1,275 \times 10^{-4} \text{ gr/m}^2 \cdot \text{hr} \cdot \text{Pa}$

$= 3,542 \times 10^{-11} \text{ gr/m}^2 \cdot \text{sec} \cdot \text{Pa}$

여기서, 저장고외부 터널내 증기압력

: 1,700Pa (온도15°C, 상대습도100% 기준)

저장고내 증기압력

: 935Pa (온도15°C, 상대습도55% 기준)

다) CONCRETE

$K = 4.7 \text{ ng/m} \cdot \text{sec} \cdot \text{Pa}$

200 mm시의 KD는 4.7/0.2로부터

$KD = 23.5 \text{ ng/m}^2 \cdot \text{sec} \cdot \text{Pa}$

$= 2.35 \times 10^{-11} \text{ kg/m}^2 \cdot \text{sec} \cdot \text{Pa}$

• 방수포(Giertsen tunnel lining) 투습계수 KD

$KD = 0.012 \text{ gr/m}^2 \cdot \text{hr} \cdot \text{mmHg}$

$= 9.00 \times 10^{-5} \text{ gr/m}^2 \cdot \text{hr} \cdot \text{Pa}$

$= 2.5 \times 10^{-11} \text{ kg/m}^2 \cdot \text{sec} \cdot \text{Pa}$

여기서, 760 mmHg =  $1.01325 \times 10^5 \text{ Pa}$

$1 \text{ mmHg} = 133.3223684 \text{ Pa}$

$1 \text{ Pa} = 0.007500617 \text{ mmHg}$

라) 바닥의 등가투습계수는(0.1mm FOIL과 200mm CONCRETE)

$$KD = \frac{1}{\frac{1}{3.542 \times 10^{-11}} + \frac{1}{2.35 \times 10^{-11}}}$$

$= 1.41 \times 10^{-11} \text{ kg/m}^2 \cdot \text{sec} \cdot \text{Pa}$

(2) 바닥면 투습  $M_2$

■ 투습량 (kg/hr) = 방수포표면적( $m^2$ ) × 증기압차(Pa)  
 × 투습계수  $KD(kg/m^2 \cdot sec \cdot Pa) \times 3600(sec/hr)$

(3) 방폭문개폐에 의한 제습부하  $M_3$

• 증기압차(Pa)

= 저장고외부 터널내 증기압력 - 저장고내 증기압력

$= 1,700 - 935 = 765(Pa)$

■ 투습량 (kg/hr)

= 시간당 평균 침입외기량( $m^3/hr$ ) × 공기의 비중량  
 ( $kg/m^3$ ) × 저장고 외부와 내부공기의 절대습도차  
 ( $kg/kg$ )

• 시간당 평균 침입외기량 ( $m^3/hr$ )

$= (Q_i \times 60 \times n \times m) / 8$

여기서, 저장고외부 터널내 증기압력

: 1,700Pa (온도15°C, 상대습도100% 기준)

저장고내 증기압력

여기서,  $Q_i = \frac{CW}{3} \times \left( g \frac{\Delta\gamma}{\gamma_m} \right)^{1/2} \times H^{3/2}$

- $Q_i$  : 침입외기량 (m<sup>3</sup>/sec)
- C : 정수 (= 0.8)
- W : DOOR의 폭
- H : DOOR의 높이
- g : 중력가속도 (9.8 m/s<sup>2</sup>)
- $\Delta\gamma$  : 실내외 공기 비중량 차이 (kg/m<sup>3</sup>)
- $\gamma_m$  : 실내외 공기 평균 비중량(kg/m<sup>3</sup>)
- n : 1일(8시간 기준) 개폐횟수
- m : 1회 평균 개폐시간(분)

(4) 환기에 따른 제습부하  $M_4$

- 투습량(kg/hr) = 환기량(m<sup>3</sup>/hr) × 공기의 비중량 (kg/m<sup>3</sup>) × 급,배기 공기의 절대습도차 (kg/kg)

(5) 저장품에서의 수분 발생  $M_5$

- 저장품의 제습부하는 저장품 수분함유량에 따라 적용하며 탄약의 경우에는 제습부하 무시 함.

(6) 총 제습부하  $M_T$

- $M_T = M_1 + M_2 + M_3 + M_4 + M_5$

2.7 장비 선정

(1) 제습기

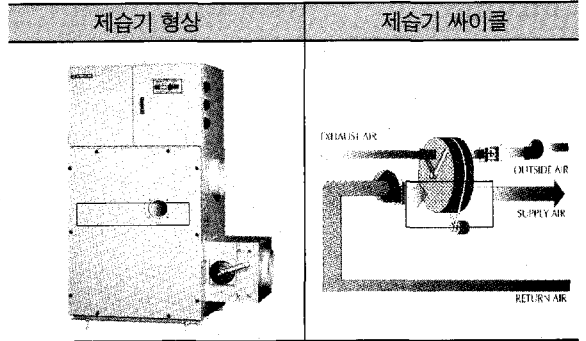
격실내 상대습도를 55%이하를 기준으로 습기 과다 침입시에도 24시간내에 회복이 가능하여야 하며 격실내부 공기 순환식으로 전체 격실의 습도를 출구근처 기계실에서 관측할수 있는 제품 적용

(2) 제습기 덕트

환기덕트와 동일한 재질의 형태를 사용하는 것이 외관

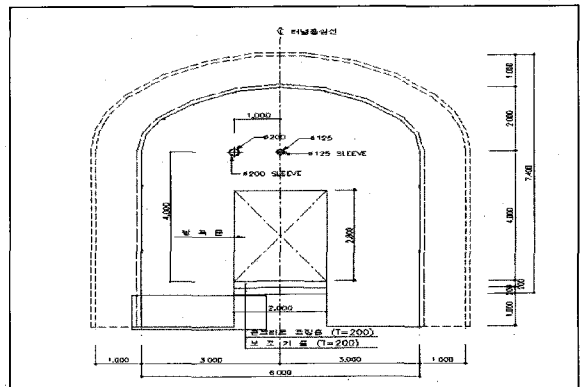
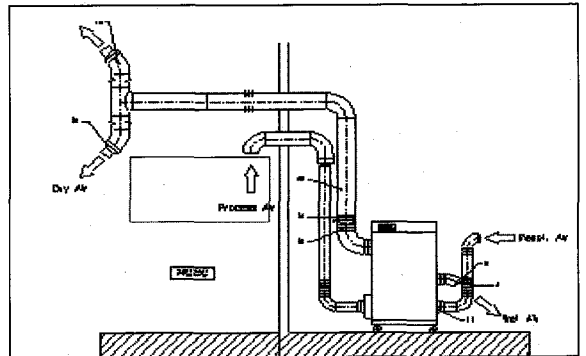
상 좋으며 재질은 습기에 강한 내식성 재료를 사용하고 덕트 size는 제습부하를 계산 하여 결정

(3) 제습기 관련 자료

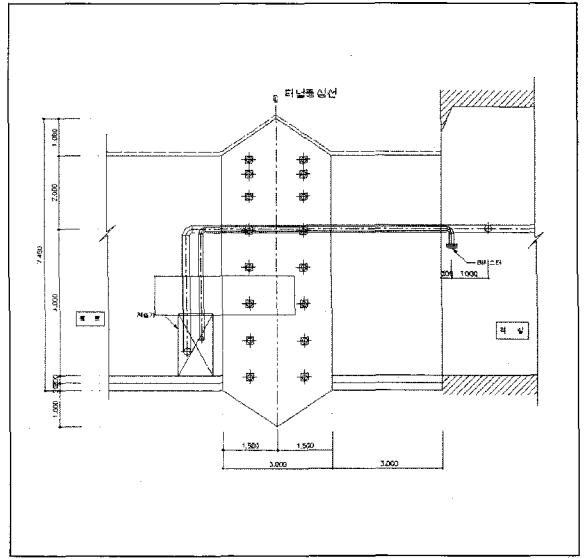
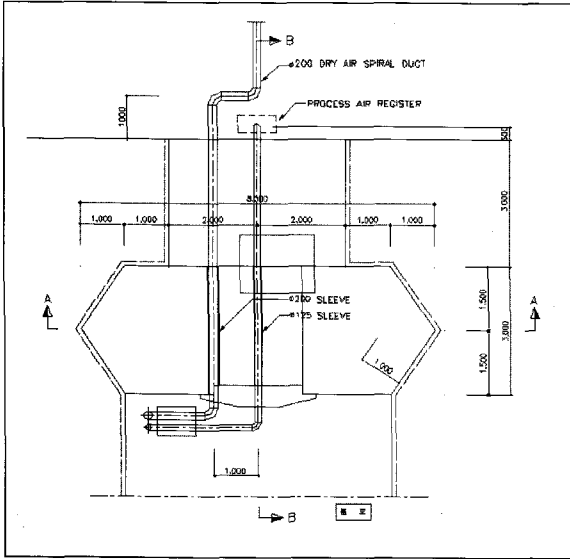


2.8 계통 구성 예

(1) 제습기 및 덕트연결



(2) 격실 방폭Wall 덕트 통과 단면도



### 3. 환기설비설계

#### 3.1 환기설비 개요

지하탄약고의 환기목적은 첫째 작업차량들이 배출하는 배기가스를 내부에 정체시키지 않고 신속히 배출하여 줌으로서 작업자들에게 쾌적한 환경을 제공하고, 둘째 여름철의 높은 습도나 젖은 터널 벽면에 의해 형성될 터널 내부의 고습화를 해소하는데 있다. 특히 여름철에는 상대적으로 온도가 낮은 터널 안쪽 부분에서는 과습으로 인해 농무현상이 발생한다는 보고도 있었는데 환기가 원활하다면 이러한 현상을 예방할 수 있을 것이다. 지하탄약고의 경우 저장실(격실)의 습도문제는 제습기에 의해 해결이 가능하나 격실외부 적하장 터널에서 작업하는 작업차량이 배출하는 배기가스는 적절한 방법으로 배출하여야 한다. 터널 형태가 자연상태에서 공기 흐름이 원활하다면 자연환기라도 충분하겠으나 그렇지 못할 경우에는 송풍기에 의한 기계환기가 고려되어야 할 것이다.

#### 3.2 환기설비 계획

##### (1) 환기기준

- 공중위생관리법 시행규칙 제8조 제2항 관련 별표6에 의한 오염허용기준 검토

오염물질의 종류	오염 허용기준	비고
미세먼지 (PM-10)	24시간 평균치 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이하	
일산화탄소 (CO)	1시간 평균치 25ppm 이하	실내환경 적용기준
이산화탄소 (CO <sub>2</sub> )	1시간 평균치 1,000ppm 이하	
퇴적 분진량	5g/m <sup>3</sup> 이하	실내공기 정화시설

##### (2) 환기방식

- 환기방식에 있어서 제1종 환기가 효과면에서는 가장 좋은 방법이나 설계대상의 용도와 특성에 따라

특별한 고려가 필요함. 지하탄약고는 일정한 수준의 습도관리가 가장 중요한 부분이며 외부의 습기가 저장고 내부로 침입하지 못하도록 저장격실 내부를 항상 양압(+)으로 유지시켜 주어야 하므로 제2종 환기가 가장 적합한 방식이라고 판단됨

- 또한, 추후 다른 종류의 탄약이나 화약류를 저장할 경우, 1종, 3종 환기방식은 화약가루 등이 배기덕트 로 빠져 나갈 우려가 있으므로 강제배기 방식은 피해야 할 사항임

구분	급기형태	배기형태	적용장소
제1종 환기	기계급기	기계배기	대규모 변전실, 보일러실
제2종 환기	기계급기	자연배기	창고, 소규모 변전실
제3종 환기	자연급기	기계배기	빌딩 화장실, 탕비실, 소규모 조리장

### 3.3 환기량 산정

#### (1) 격실 환기량

- 폐쇄된 지하공간으로 평상시 사람이 상주하지 않고 수불 작업시에만 작업자가 있으므로 작업자에 대한 필요의기량을 고려한다.

이 경우 탄산가스(CO<sub>2</sub>) 농도를 기준으로 1인당 필요환기량을 구하면

$$\begin{aligned}
 q_1 &= \frac{M}{P_r - P_0} \quad (\text{m}^3/\text{hr}) \\
 &= \frac{0.018}{0.001 - 0.004} \\
 &= 30 \text{ (m}^3/\text{hr)}
 \end{aligned}$$

여기서,  $q_1$  : 1인당 필요환기량 (m<sup>3</sup>/hr)  
 $M$  : CO<sub>2</sub> 발생량 (m<sup>3</sup>/hr) = 0.018

$$P_r : \text{실내CO}_2\text{허용농도 (m}^3/\text{m}^3) = 0.001$$

$$P_0 : \text{외기CO}_2\text{농도 (m}^3/\text{m}^3) = 0.0004$$

$n$  : 작업자 수

따라서 작업자의 호흡에 필요한 전체 환기량

$$\begin{aligned}
 Q_1 &= q_1 \times n \text{ (m}^3/\text{hr)} \\
 &= 30 n \text{ (m}^3/\text{hr)}
 \end{aligned}$$

- 격실의 경우 통상 작업시 작업인원 2인이 출입문을 열어 놓은 상태에서 작업하므로 호흡을 위한 환기는 통로로부터 침입하는 환기량으로도 충분하다고 가정하여 격실내의 제습성능을 위하여 별도의 환기를 하지 않을 수도 있다.

#### (2) 통로 환기량

- 지하탄약고 통로의 경우는 적, 하역시 작업차량들이 배출하는 배기가스의 희석 및 배출, 작업자에 대한 필요의기량 그리고 여름철의 높은 습도나 젖은 터널 벽면에 의해 형성되는 터널내부의 고습화를 해소하기 위한 환기가 필요하다.

- 작업자의 호흡에 필요한 환기량( $Q_1$ )은 상기 격실 환기량에서와 같다.

$$\text{즉, } Q_1 = q_1 \times n = 30 n \text{ (m}^3/\text{hr)}$$

- 통로(터널내) 습도 조건을 유지하기 위한 환기량 ( $Q_2$ )

$$\begin{aligned}
 Q_2 &= \frac{(1 + 0.00367 t_0) W}{1.293 (x_r - x_0)} \\
 &\approx \frac{W}{1.3 (x_r - x_0)}
 \end{aligned}$$

여기서,  $W$  : 수증기 발생량 (kg/hr)

$x_r$  : 실내공기의 절대습도 (kg/kg)

$x_0$  : 급기(외기)의 절대습도 (kg/kg)

$t_0$  : 급기(외기)의 온도 (°C)



- 유독가스 제거에 필요한 환기량(Q<sub>3</sub>)  
정상적으로 유독가스의 발생과 환기가 되었을 때 가스농도의 시간적 추이를 나타내는 식은 다음과 같다.

$$P = (1 - e^{-\frac{Q_3 t}{V}}) \frac{M}{Q_3} + P_1 e^{-\frac{Q_3}{V} t}$$

여기서, P : t 시간후의 가스농도 (m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>)  
M : 가스 발생량 (m<sup>3</sup>/hr)  
V : 실 용적 (m<sup>3</sup>)  
P<sub>1</sub> : 초기 가스농도 (m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>)  
Q<sub>3</sub> : 환기량 (m<sup>3</sup>/hr)

일반적으로 초기 가스농도 P<sub>1</sub>은 0로 고려되므로

$$P = (1 - e^{-\frac{Q_3 t}{V}}) \frac{M}{Q_3} \text{ 가 된다.}$$

또 평형상태에 도달하는 것은 t = ∞ 로 생각 하면 되므로

$$P = \frac{M}{Q_3} \text{ 또는 } Q_3 = \frac{M}{P} \text{ 이 된다.}$$

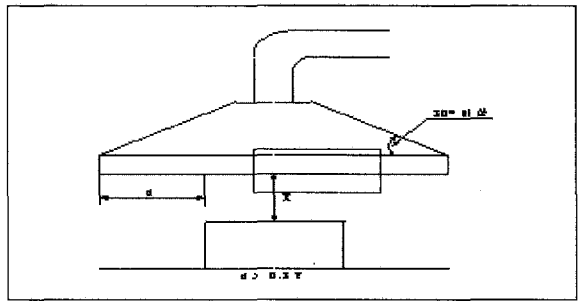
### (3) 기계실 환기량

- 기계실 환기 개요
- 지하탄약고에 부속되는 기계실에는 제습 및 환기설비에 필요한 각종 기기와 전기 구동용 지게차의 배터리 충전설비가 설치된다.
- 각종기기 및 장비재질은 터널내부가 고습 환경임을 고려하여 내식성 재질로 선정한다.
- 기계실에 필요한 환기는 기계실내 온습도 유지를 위한 환기와 배터리 충전설비에서 발생하는 수소가스 제거를 위한 환기설비가 필요하다.
- 기계실내 온습도 유지를 위해 필요한 환기량은 설계기준이 따로 정하여 있을 경우에는 그 기준에 따르되 그렇지 않을 경우에는 약 3~5 회/hr 정도면 가능하다.
- 배터리 충전설비에서 발생하는 수소가스 제거는 국

소배기 방식으로 단독 처리한다. 덕트 재질은 스테인레스 또는 PVC 재질로 하고 Fan은 방폭형 모터를 선정한다.

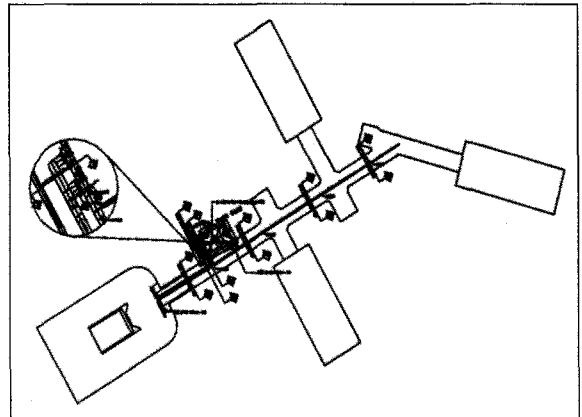
- 수소가스 배기용 후드 환기량  
Q = 7200 · x · U · Vx

여기서, x : 배터리 상단~후드까지 높이(m)  
U : 2(a+b)  
a : 후드의 장변(m)  
b : 후드의 단변(m)  
Vx : 포착속도(m/s)  
정지 공기일 경우 0.1~0.15  
d : 180 (mm)

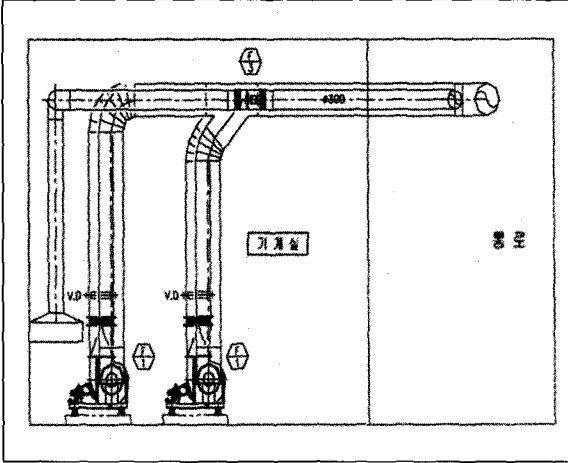


### 3.4 계통 구성 예

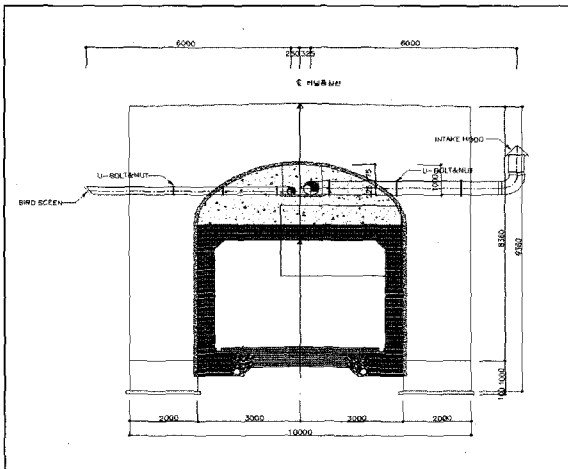
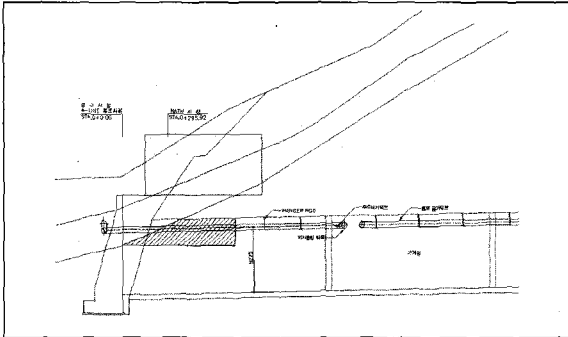
#### (1) 장비 및 환기덕트 평면도



(2) 기계실 및 통로 환기덕트 단면도



(3) 갱구부 환기덕트 상세도



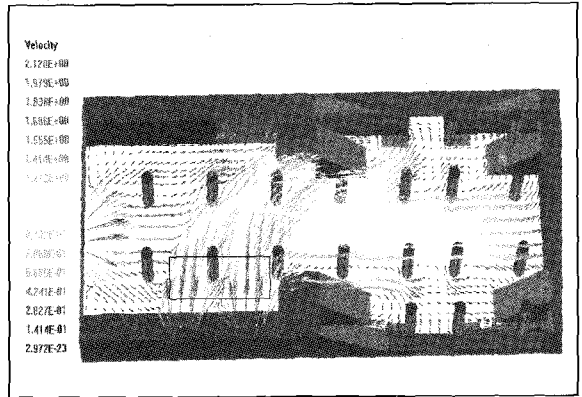
## 4. 설계 적정성 검토

### 4.1 개요 및 기대 효과

#### (1) 개요

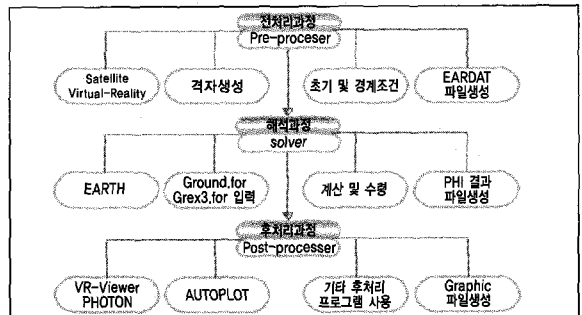
- 제습 및 환기설비 가동시의 습도 및 기류분포 수치 해석을 통해 탄약고내의 제습 및 환기 설비가 설계 목적에 부합되는 환경조건을 구성 하고 있는지를 검증하는 3차원 유동해석 시뮬레이션

#### (2) 기대 효과



- 습도 및 환기상태의 3-D 유체유동 해석
- 속도벡터, 유선 및 압력분포를 통한 3-D 가시화
- 설계 결과에 대한 제습 및 환기상태 예측가능
- 시뮬레이션을 통한 설계치 비교 검증

### 4.2 수행 절차



## 5. 결론

지하탄약고의 경우 탄약이 빈번하게 수불되는 일은 별로 없고 장기저장이 대부분인만큼 저장환경에 대한 양호한 관리는 탄약 품질유지에 매우 중요하며 그 중에서도 계습 및 환기시스템이 저장환경관리의 요체라고 할 수 있다. 본 고에서는 지하탄약고의 계습 및 환기설비 설계에 대하여 고찰하여 보았다. 물론 이들 계습 및 환기시스템이 그 목적을 충분히 달성할 수 있기 위해서는 지하탄약고의 계획, 설계, 시공, 유지 및 관리의 모든 단계에서 각별한 주의가 요망된다.

저장탄약의 품질유지에 가장 중요한 요소는 전술한 바와같이 저장고 내부의 온습도로서, 특히 저장고 내부의

고습한 공기상태가 유발하는 결로현상은 탄약의 부식을 촉진할 수 있으므로 이러한 현상이 발생되지 않도록 잘 설계된 환기시스템이 필요하다. 여기서의 환기시스템이란 계습기와 같은 설비적인 요소뿐만 아니라 터널의 배치 구조와 같은 환경적인 요소까지 포함한 전체적인 경우를 가르킨다.

## 참고문헌

1. 국방과학연구소, 1995. 1. "지하탄약고 설계의 국내 적용을 위한 공학적 타당성 분석(Ⅳ)"