

1. 덕타일 주철관의 관두께 계산

정수압, 수격압, 토피에 의한 토압, 트럭하중에 의한 토압을 전부 동시에 고려하여 유도하고 있다. 정수압을 P_s 로, 수격압을 P_d 로 나타내면 내압에 의해서 발생하는 인장응력 σ_t 는 다음과 같다.

$$\sigma_t = \frac{(P_s + P_d)d}{2t}$$

또, 토피에 의해 발생하는 휨모멘트를 M_f , 트럭하중에 의해 발생하는 휨모멘트를 M_t 로 하면 외압에 의해서 발생하는 휨응력 σ_b 는 다음과 같다.

$$\sigma_b = \frac{(M_f + M_t)}{Z}$$

$$Z = \frac{b t^3}{6}$$

여기서, b : 단위길이

$$\sigma_b = \frac{6(M_f + M_t)}{t^3}$$

토피에 의한 토압을 W_f , 트럭하중에 의한 토압을 W_t 로 나타내면,

$$M_f = K_f \cdot W_f \cdot R^2$$

$$M_t = K_t \cdot W_t \cdot R^2$$

이므로 이를 위 식에 대입하면,

$$\sigma_b = \frac{6(K_f W_f + K_t W_t)R^2}{t^3} \text{ 이 된다.}$$

그런데, σ_b 는 휨응력이기 때문에 인장응력으로 환산하기 위해 0.7을 곱하고, 허용응력을 σ_s 로 하면, 관두께는 다음 식을 만족하도록 결정하면 된다.

$$\sigma_t + 0.7\sigma_b = \sigma_s$$

여기서, 정수압에 대한 안전율 2.5

수격압에 대한 안전율 2.0

토피에 의한 토압안전율 2.0

노면하중에 의한 토압안전율 2.0

를 대입하고, 관재의 인장강도를 S로 하면 계산식은,

$$2.5\sigma_{ts} + 2.0\sigma_{td} + 1.4\sigma_b = S$$

$$2.5\sigma_{ts} + 2.0\sigma_{td} + 1.4\sigma_b = S$$

여기서, σ_{ts} : 정수압에 의한 발생응력

σ_{td} : 수격압에 의한 발생응력

$R \approx D_m/2$ 로 놓고 계산하면,

$$St^3 - (1.25P_s + P_d)dt - 2.1(K_f W_f + K_t W_t)D_m^2 = 0$$

$D_m \approx d$ 로 두고 t에 대해서 풀면

$$t = \frac{(1.25P_s + P_d) + \sqrt{(1.25P_s + P_d)^2 + 8.4(K_f W_f + K_t W_t)S}}{2S} d$$

가 된다.

여기서, t : 계산 관두께 (mm)

d : 관의 호칭경 (mm)

P_s : 정수압 (kg/cm²)

P_d : 수격압 (kg/cm²)

W_f : 토피에 의한 토압 (kg/cm²)

W_t : 노면하중에 의한 토압 (kg/cm²)

S : 관재의 인장강도 (kg/cm²)

K_f : 관저의 지지각에 따라서 결정되는 계수

K_t : 관정 0.076, 관저 0.011

또한 공칭관두께 T는

$T = (t+2) \times 1.1(\text{mm})$, $t+2 \geq 10\text{mm}$ 인 경우

$T = (t+2) \times 1(\text{mm})$, $t+2 < 10\text{mm}$ 인 경우이다.

관정, 관저의 양쪽에 대해서 계산하여 큰 쪽을 채용한다.

관저의 지지각에 따라서 결정되는 계수값(덕타일 주철관)

관저의 지지각 위 치	40°	60°	90°	120°	180°
관 정	0.140	0.132	0.121	0.108	0.096
관 저	0.281	0.223	0.160	0.122	0.096

1) 외압 계산방법

가) 상부 토피하중

① 시트파일(sheet pile)등 토류벽 시공에 따른 수직

굴착의 경우

$$W_f = \gamma_s \cdot H$$

여기서, W_f : 상부 토피하중 (kg/cm²)

γ_s : 흙의 단위중량 (kg/cm³)

H : 토피 (cm)

② 일반 굴착의 경우

수직굴착 경우의 상부 토피하중보다 값이 작으면

수직굴착 경우의 상부 토피하중을 적용한다.

$$W_f = C_d \cdot \gamma_s \cdot B_d$$

여기서, W_f : 상부 토피하중 (kg/cm²)

C_d : 도랑(trench) 상수

(Marston 공식)

$$C_d = \frac{1 - \text{EXP}(-2K \cdot \mu \cdot \frac{H}{B_d})}{2K \cdot \mu}$$

여기서, γ_s : 흙의 단위중량 (kg/cm³)

(입도 다짐도 관련사항)

H : 토피 (cm)

B_d : 관상단에서의 도랑(trench)

폭 (cm)

K : Rankine 토압계수

$$\left(K = \frac{1 - \sin \Theta}{1 + \sin \Theta} \right)$$

μ : 되메우기 흙과 사면의 마찰계수

($\mu = \tan \Theta'$)

Θ : 되메우기 흙의 내부마찰각

Θ' : 되메우기 흙의 사면의 내부 마찰각

(보통 $\Theta' \approx \Theta$)

나) 노면하중

$$W_t = \frac{2np \cdot (1+i)}{[nL+(n-1) \cdot C+b+2H\tan\Theta]} \cdot \frac{1}{(a+2H\tan\Theta)}$$

여기서, W_t : 노면하중 [truck 하중강도(kg/cm²)]

P : 후륜(1륜) 하중(kg)

n : 점유폭에 접하여 나란한 truck 대수

L : 후륜 중심간격(cm)

(일반적으로 175cm 적용)

C : 인접 truck 간의 후륜 중심간격(cm)

(일반적으로 100cm 적용)

H : 토피(cm)

b : 후륜 접지폭(cm) (일반적으로 50cm 적용)

Θ : 분산각(°) (일반적으로 45° 적용)

a : 차륜접지장(cm) (일반적으로 20cm 적용)

i : 충격계수

충격계수

토 피(m)	i
$H \leq 1.5$	0.5
$1.5 < H < 6.5$	0.65-0.1H
$H > 6.5$	0.0

표 1. 흙의 단위체적중량과 마찰각

토 질		단위체적중량 (gf / cm ³)	마찰각(θ°)
토사	土砂; 건조한 것	1.4	35~40
	자연의 축축한 것	1.6	45
	충분히 축축한 것	1.8	27
점토질 토사	건조한 것	1.5	40~46
	축축한 것	1.9	20~25
점토	건조한 것	1.6	40~50
	축축한 것	2	20~25
모래	건조한 것	1.58-1.65	30~35
	자연의 축축한 것	1.8	40
	충분히 축축한 것	2	25
자갈	건조한 것	1.8-1.85	35~40
	젖은 것	1.86	25
알돌	玉石; 각이진 것	1.8	45
	둥근 것	1.8	30

표 2. 매설조건에 대한 지지각

구 분	매 설 조 건	지지각
A	일반적인 지반의 경우	60°
	흙 바닥이 강고한 경우이고 흙 바닥에 모래를 넣은 경우	
	흙 바닥이 강고한 경우이고 매려토를 모래로 치환한 경우	
B	흙 바닥이 강고한 경우	40°

입력 DATA

사용관종	관경(mm)	관두께	매설깊이(mm)	차량하중
2종관	1,200mm	17.00mm	1,500	DB-24
정수압(kg/cm ²)	수격압(kg/cm ²)	터파기방법	기초의 지지각	허용응력
10	5.5	수직터파기	120도	4300

덕타일 주철관 관두께 산정

□ 설계조건

관 경(mm) : 1,200mm t=17.00mm 정수압(P_s) : 10kg/cm²
 매설깊이(mm) : 1,500mm 수격압(P_d) : 5.5kg/cm²

□ 토파에 의한 토압 계산 (수직터파기)

▷ W _v =C _d * Y _s * B _d	0.255 kg/cm ²
흙의 단위중량(Y _s)	1,700 kg/cm ³
Rankine 토압계수	0.333
되메우기 흙과 사면의 마찰계수	0.577
되메우기 흙의 내부마찰각	30
관상단에서의 도랑폭(B _d)	160
도랑상수 (C _d)	0.787

□ 노면하중에 의한 토압 계산 0.225kg/cm²

▷ W _t =2np(1+i)/[{ nL+(n-1)C+b+2Htanα } *]	
I : 충격계수 =	0.5
p : 후륜 1륜 하중 = (DB-24)	9,600kg
n : 점유폭에 접하여 나란한 트럭대수 =	2대
L : 후륜중심간격 =	175cm
C : 인접트럭간 후륜중심간격 =	100cm
a : 차륜 접지장 =	20cm
b : 차륜 접지폭 =	50cm
α : 분산각 =	45

□ 소요관두께 계산

기초지지각 = 120도

▷ $t = [(1.25P_s + P_d) + \{1.25P_s + P_d\}^2 + 8.4(K_f W_f + K_t W_t)S]^{1/2} * D / (2S)$ K_f : 관저의 지지각에 따른 계수K_t :

관저 = 0.108

관저 = 0.076

관저 = 0.122

관저 = 0.011

관정부 소요두께 t₁ = 8.65mm관저부 소요두께 t₂ = 7.98mm

공칭관두께(T)

10.65mm OK

T=(t+2) * 1.1(mm), (t+2) ≥ 10mm인 경우

T=(t+2) * 1.0(mm), (t+2) < 10mm인 경우

2. 주철관의 내진설계 (상수도 시설기준 2010 발체)

1) 설계조건

- (1) 지진동에 의한 것과 상시의 하중에 의한 것을 더하여 내진안전성을 조사한다.
- (2) 관제발생응력, 이음부의 신축량이 허용치 이하가 되도록 검토한다.
- (3) 상시의 하중으로서는 다음을 고려한다.
 - ① 내압에 의한 것
 - ② 차량 하중에 의한 것
- (4) 이음부 신축량을 계산할 때는 상시하중에 의한 변형 이외에도 온도변화와 부등침하에 의한 변형을 추가로 고려한다.

2) 관에 발생하는 응력

- (1) 내압에 의한 축방향 응력(σ_x)

$$\sigma_x = \nu \frac{P \cdot (D-t)}{2 \cdot t}$$

여기서 σ_x : 내압에 의한 축방향 응력(kgf/cm²)

ν : 포아송비

P: 내압(kgf/cm²)

D: 관로의 외경(cm)

t: 관두께(cm, 공칭관두께로부터 주철구조물 공차를 뺀 관두께)

(예: 900mm의 관두께: 14.0/1.1=12.72mm)

- (2) 자동차 하중에 의한 축방향 응력(σ_o)

$$\sigma_o = \frac{0.332 \cdot W_m}{Z} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I}{K_v \cdot D}}$$

여기서 W_m : 차량하중(kgf/cm²)

K_v : 연직방향지반반력계수(1.0kgf/cm²)

E: 탄성계수(1.6~1.7×10⁴kgf/mm²)

I: 단면2차모멘트(cm⁴)

Z: 단면계수(cm³)

$$W_m = \frac{2 \cdot P_m \cdot D}{275 \cdot (a+2 \cdot h \cdot \tan \Theta)} \cdot (1+i)$$

여기서 P_m : 차량 후륜 1륜당 하중(kgf/cm²)

a: 접지폭(cm)

h: 흙두께(cm)

Θ : 하중분포각

i: 충격계수

충격계수

토피(m)	충격계수(i)
h < 1.5	0.5
1.5 ≤ h ≤ 6.5	0.65 - 0.1h
h > 6.5	0

- (3) 지진시의 축방향 응력(σ_x)

① 표층지반의 고유주기는 다음 식으로 계산한다.

$$T_G = 4 \cdot \sum_{i=1}^n \frac{H_i}{V_{si}}$$

여기서 T_G : 지반의 고유주기(sec)

H_i : 지표층 지반의 i번째 토층 두께(m)

V_{si} : 지표층 지반의 i번째 토층의 평균전단파 속도(m/s)

퇴적시대별토질		V_s (m/sec)	
		표층지반	기반암
홍 적 층	점성토	129N ^{0.183}	172N ^{0.183}
	사질토	123N ^{0.125}	205N ^{0.125}
충 적 층	점성토	122N ^{0.0777}	143N ^{0.0777}
	사질토	61.8N ^{0.211}	103N ^{0.211}

② 지반의 수평변위는 다음 식으로 계산한다.

$$U_h = \frac{2}{\pi^2} \cdot S_v \cdot T_G \cdot K'_{h1} \cdot \cos\left(\frac{\pi \cdot x}{2H_s}\right)$$

여기서 S_v : 단위진도당 기반지진도의 속도응답(m/s)

K'_{h1} : 설계기반면 수평진도

$K'_{h1} = C_z \cdot K'_{h01}$

C_z : 지역별보정계수 I 급 1.0, II 급 0.85, III 급 0.7

K'_{h01} : 기반면 기준수평진도

H_s : 지표층 지반 두께(m)

x: 지표면에서 관축(관로 중심)까지의 거리(cm)

③ 지진시의 파장은 다음식으로 계산한다.

$$L = \frac{2 \cdot L_1 \cdot L_2}{L_1 + L_2}$$

$$L_1 = T_g \cdot V_{DS} \quad L_2 = T_g \cdot V_{BS}$$

여기서, L : 지진동의 파장 (m)

T_g : 표층지반의 고유주기(1.54sec)

V_{DS} : 표층지반의 전단탄성과 속도(m/s)

V_{BS} : 기반층의 전단탄성과 속도(334m/s)

$$V_{DS} = \frac{\sum H_i}{\sum \frac{H_i}{V_i}}$$

④ 지반의 강성계수

$$K_1 = 1.5 \cdot \frac{\gamma}{g} \cdot V_s^2$$

$$K_2 = 3 \cdot \frac{\gamma}{g} \cdot V_s^2$$

여기서, K_1 : 축방향변위에 따른 지반의 강성계수 133(kgf/cm²)

K_2 : 축직교방향변위에 따른 지반의 강성계수 266(kgf/cm²)

γ : 흙의 단위체적중량(kgf/cm³)

V_s : 관로의 위치에 따른 표층지반의 전단탄성과 속도(m/sec)

g : 중력가속도(980cm/sec)

⑤ 지진시의 축방향응력

$$\sigma(x) = \sqrt{\sigma L'^2 + \sigma B'^2}$$

$$\sigma L' = \xi_1 \cdot \sigma L$$

$$\sigma B' = \xi_2 \cdot \sigma B$$

$$\sigma L = a_1 \cdot \frac{\pi \cdot U_h}{L} \cdot E$$

$$\sigma B = a_2 \cdot \frac{2\pi^2 \cdot D \cdot U_h}{L} \cdot E$$

$$a_1 = \frac{1}{1 + \left(\frac{2 \cdot \pi}{\lambda_1 \cdot L'} \right)^2}$$

$$a_2 = \frac{1}{1 + \left(\frac{2 \cdot \pi}{\lambda_2 \cdot L} \right)^4}$$

$$\lambda_1 = \sqrt{\frac{K_1}{E \cdot A}}, \quad \lambda_2 = 4 \sqrt{\frac{K_2}{E \cdot I}}$$

$$L' = \sqrt{2} \cdot L$$

$$\nu = \frac{L}{L'} \quad \nu' = \frac{L}{L'}$$

여기서, σ : 관측방향합성응력(kgf/cm²)

σL : 축응력(kgf/cm²)

σB : 휨응력(kgf/cm²)

ξ_1 : 축응력에 대한 보정계수

ξ_2 : 휨응력에 대한 보정계수

U_h : 관측위치의 지반의 수평변위진폭

L : 지진동의 파장 (m)

D : 관외경 (cm)

E : 주철관의 탄성계수 ($1.6 \sim 1.7 \times 10^4$ kgf/mm²)

K_1 : 축방향변위에 따른 지반의 강성계수(133.0kgf/cm²)

K_2 : 축직교방향변위에 따른 지반의 강성계수(266.0kgf/cm²)

A : 관의단면적(329.8cm²)

I : 단면이차모멘트(3.250×10^5 cm⁴)

- 참고 -

$$\xi_1(x) = \frac{\sqrt{\varphi_1(x)^2 + \varphi_2(x)^2}}{[\exp(\nu' \lambda_1 L') - \exp(-\nu' \lambda_1 L')]}$$

$$\xi_2(x) = \sqrt{\varphi_3(x)^2 + \varphi_4(x)^2}$$

$$\varphi_1(x) = [\exp(-\nu' \lambda_1 L') - \cos(2\pi\nu')] \cdot \exp(\mu' \lambda_1 L') \\ [\exp(\nu' \lambda_1 L') - \cos(2\pi\nu')] \cdot \exp(-\mu' \lambda_1 L') \\ + 2\sinh(\nu' \lambda_1 L') \cdot \cos(2\pi\nu')$$

$$\varphi_2(x) = 2\sinh(2\pi\nu') \cdot \sinh(\mu' \lambda_1 L') - \sin(2\pi\mu') \cdot \sinh(\mu' \lambda_1 L')$$

$$\varphi_3(x) = f_3 e_3 - f_1 e_2 - f_4 e_1 - \sin(2\pi\mu)$$

$$\varphi_4(x) = e_3 + f_2 e_3 - f_2 e_2 - f_5 e_1 - \cos(2\pi\mu)$$

f_1	$\frac{\ell}{\Delta} \{ [C_1(C_4 - C_1) - C_3(C_3 + C_2) - C_1 \cos(2\pi\nu)] \frac{2\pi}{\beta L} + (C_3 + C_2) \sin(2\pi\nu) \}$		
f_2	$\frac{\ell}{\Delta} \{ [C_1(C_3 - C_2) - C_4(C_3 + C_2) + (C_3 + C_2) \cos(2\pi\nu)] + \frac{2\pi}{\beta L} \sin(2\pi\nu) \}$		
f_3	$\frac{\ell}{\Delta} \{ [C_1(C_4 + C_1) - C_2(C_3 + C_2) - C_1 \cos(2\pi\nu)] \frac{2\pi}{\beta L} + (C_3 + C_2) \sin(2\pi\nu) \}$		
f_4	$\frac{\ell}{\Delta} \{ [C_3(C_4 + C_1) - C_2(C_4 - C_1) + (C_2 - C_3) \cos(2\pi\nu)] \frac{2\pi}{\beta L} - 2 \cdot C_1 \sin(2\pi\nu) \}$		
f_5	$\frac{\ell}{\Delta} \{ [C_1(C_3 - C_2)^2 - 2C_1 C_4 - 2C_1 \cos(2\pi\nu)] - (C_2 - C_3) \frac{2\pi}{\beta L} \sin(2\pi\nu) \}$		
Δ	$(C_3 + C_2) \cdot (C_3 - C_2) + 2 \cdot C_1^2$		
C_1	$\sin(\nu\beta L) \cdot \sinh(\nu\beta L)$	C_2	$\sin(\nu\beta L) \cdot \cosh(\nu\beta L)$
C_3	$\cos(\nu\beta L) \cdot \sinh(\nu\beta L)$	C_4	$\cos(\nu\beta L) \cdot \cosh(\nu\beta L)$
e_1	$\sin(\mu\beta L) \cdot \sinh(\mu\beta L)$	e_2	$\sin(\mu\beta L) \cdot \cosh(\mu\beta L)$
e_3	$\cos(\mu\beta L) \cdot \sinh(\mu\beta L)$	e_4	$\cos(\mu\beta L) \cdot \cosh(\mu\beta L)$
ν	$\frac{\ell}{L}$	μ	$\frac{x}{L}$
β	$4 \sqrt{\frac{K_{g2}}{4E \cdot I}}$		

(3) 관체응력에 의한 내진안정성의 조사

상시하중에 의한 발생응력과 지진시의 발생응력을 합산하고 이것이 허용응력이하인지 조사한다.

3) 주철관 이음부의 축방향 신축량

(1) 내압에 의한 이음부 신축량(ei)

$$ei = \frac{\ell \cdot \sigma i}{E}$$

여기서, ei = 내압에 의한 이음부신축량(cm)

σi = 내압에 의한 관체발생응력(kgf/cm²)

ℓ = 관길이(cm)

E = 주철관의 탄성계수(kgf/cm)

(2) 차량하중에 의한 이음부신축량(eo)

$$eo = \frac{\ell \cdot \sigma o}{E}$$

여기서, eo = 차량하중에 의한 이음부신축량(cm)

σo = 차량하중에 의한 관체발생응력(kgf/cm²)

ℓ = 관길이(cm)

E = 주철관의 탄성계수(kgf/cm)

(3) 온도변화에 의한 이음부신축량(et)

$$et = \alpha \cdot \Delta T \cdot \ell$$

여기서 et : 온도변화에 의한 이음부신축량(cm)

α : 선팽창계수($1.0 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}$)

ΔT : 온도변화($^\circ\text{C}$)

(4) 부등침하에 의한 이음부신축량(ed)

$$ed : \Delta \ell$$

여기서, $\ell = \sqrt{\ell^2 + \delta^2} - \ell$

δ : 중앙부분의 부등침하(20cm)

$\ell : \ell = 30\text{m}$

(5) 지진시의 이음부신축량(ed)

$$I u_j I = u_0 \cdot \bar{u}_j$$

$$u_0 = a_1 \cdot U_a$$

$$U_a = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot U_h$$

$$\bar{u}_j = \frac{2\gamma_1 |\cosh\beta_1 - \cos\gamma_1|}{\beta_1 \cdot \sinh\beta_1}$$

$$a_1 = \frac{1}{1 + (\gamma_1 / \beta_1)^2}$$

$$\beta_1 = \sqrt{\frac{K_1}{E \cdot A}} \cdot I$$

$$\gamma_1 = \frac{2\pi\ell}{L'}$$

$$L' = \sqrt{2} \cdot L$$

| u_j | : 관측방향 이음부 신축량(cm)

u₀: 무한연속보의 경우 관측방향 상대변위량(cm)

L: 지진동의 파장

ℓ : 이음부간격(관 연장)(cm)

(6) 이음부의 신축량에 의한 내진안전성의 조사

상시하중과 온도변화, 부등침하에 의한 이음부의 신축량과 지진에 의한 신축량을 합산하여 허용신축량 이하인지 조사한다.

KP메커니컬형 덕타일주철관 단면계수 및 이음부의 신축량

호칭 구경 mm	관의 외경 mm	공칭관 두께 mm	단면계수 cm ³	단면2차 모멘트 cm ⁴	최대신축량	
					최대 mm	허용 mm
80	98	6.7	41	201	40	31
100	118	6.8	62	369	40	29
150	170	7.0	140	1,193	40	25
200	222	7.1	250	2,770	40	20
250	274	7.5	407	5,579	40	21
300	326	8.0	620	10,109	64	45
350	378	8.5	891	16,848	64	32
400	429	9.0	1,221	26,197	64	33
450	480	9.5	1,620	38,872	64	32
500	532	10.0	2,101	55,877	64	33
600	635	11.0	3,307	104,988	64	32
700	738	12.0	4,888	180,372	64	32
800	842	13.0	6,910	290,920	64	32
900	945	14.0	9,391	443,747	64	31
1,000	1,048	15.0	12,394	649,447	72	38
1,100	1,144	16.0	15,769	901,975	72	38
1,200	1,255	17.0	20,190	1,266,930	72	39

3. 이형관 보호콘크리트

이형관 보호는 다음 각 항에 적합하도록 해야 한다.

1. 덕타일 주철관 메커니컬이음의 경우에는 관경에 관계없이 모든 90° 곡관, 관경 100mm 이상의 45° 곡관, 관경 300mm 이상의 22° 1/2° 곡관, 관경 500mm 이상의 11° 1/4° 곡관과 관경 100mm 이상의 T자관에 대하여 이들의 외부를 콘크리트지지대 또는 말뚝박기를 병용하거나 이탈방지압륜으로 보호하여야 한다. 아크용접 등으로 견고하게 연결된 이음을 사용하는 경우에는 보호공을 하지 않아도 된다.
2. 또한 소관경의 곡관과 T자관이라도 지반이 연약한 곳이나 특수압이 높은 곳에는 전항에 준하여 보호공을 설치하여야 하나, 연약지반의 경우 콘크리트보호공을 설치할 때에는 침하 등의 문제가 발생될 수 있으므로 시공시 주의하여야 한다.

【해설】

곡관이나 T자관 등의 이형관은 수평과 수직방향에서 관내의 수압합력에 의하여 외측으로 작용하는 힘을 받으므로 그 힘의 크기는 수압, 관경 및 곡관각도가 클수록 큰 것으로서 (4-8)식으로 계산된다.

$$P = 2pa \sin \frac{\alpha}{2} \text{----- (4-8)}$$

여기서, P : 수압에 의하여 곡선부에 작용하는 외향력의 합력(kg)

P : 관내수압 (kg/cm²)

a : 관단면적 (cm²)

α : 곡선각도

유속에 의한 원심력으로 외측을 향해 일어나는 힘이 있으나 수압에 의한 힘에 비하면 훨씬 적은 것이다. 이 힘에 의해 이형관이 외측으로 이동하고 이음이 탈출할 염려가 있으므로 이를 방지하기 위하여 이음이 관체과 같은 정도의 강도로서 연결되어 있는 경우를 제외하고 외측으로 향해 일어나는 힘에 대하여 보호하여야 한다.

4. 특수압륜의 적용

곡관부에 작용하는 수압의 외향력(P)에 대하여 특수압륜을 적용하여 인체화된 관의 수동토압저항력과 마찰저항력을 비교 검토한다.

표 1. 특수압륜의 일반적용

구분 / 적용	특수압륜의 적용	비 고
90° 곡관	모든구경	소구경의 곡관이나 T자관이라도 연약지반이나 수압이 높은 경우에는 사용하여야 한다.
45° 곡관	100mm 이상	
22 1/2° 곡관	300mm 이상	
11 1/4° 곡관	500mm 이상	
T자관	100mm 이상	

KP 특수압륜의 적용길이

1) 수평곡관에서의 연결길이

- (1) 수압에 의하여 곡관부에 작용하는 외향력 (P)

곡관이나 T자관 등의 이형관은 수평과 수직방향에서 관내의 수압합력에 의하여 외측으로 힘을 받으며 그 힘의 크기는 다음과 같이 계산된다.

$$P = 2pa \sin \frac{\theta}{2} \text{----- (1)}$$

P : 수압에 의한 외향력의 합 (kg)

p : 관내 수압 (최대정수압+수격압, kg/cm²)

a : 관단면적 (cm²)

D : 관의 실외경 (cm)

θ : 곡선각도

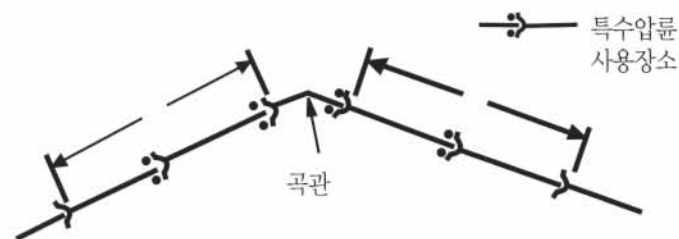


그림 1. 수평곡관 사용장소

표 2. 수압(1kgf/cm²)에 의한 외향력(P)

(단위: kgf)

관경	외경(mm)	900	450	22.50	11.250	T자관
80	98	106	57	29	14	75
100	118	154	83	42	21	109
125	144	230	124	63	31	162
150	170	320	173	88	44	226
200	222	547	296	151	75	387
250	274	833	451	230	115	589
300	326	1,180	638	325	163	834
350	378	1,587	858	437	219	1,122
400	429	2,044	1,106	563	283	1,445
450	480	2,559	1,384	706	354	1,809
500	532	3,143	1,701	867	435	2,222
600	635	4,478	2,423	1,235	620	3,166
700	738	6,049	3,273	1,669	838	4,277
800	842	7,874	4,261	2,172	1,091	5,568
900	945	9,919	5,368	2,736	1,374	7,013
1000	1,048	12,199	6,602	3,365	1,691	8,626
1100	1,144	14,536	7,867	4,101	2,014	10,278
1200	1,255	17,494	9,467	4,826	2,424	12,370

(2) 주변마찰 저항력의 합력 (F_s)

$$F_s = 2 \sin \frac{\theta}{2} \cdot L \cdot f_s \quad \text{----- (2)}$$

 f_s : 단위 길이당 마찰저항력

$$f_s = \mu \cdot r \cdot Hc \cdot \pi D_2 \quad \text{----- (2)-1}$$

 r : 흙의 단위 체적중량(표 3참조) μ : 관과 흙의 마찰계수(표 4참조) Hc : 관중심까지의 토피 ($=h_1 + \frac{D^2}{2} h_1$:관정상까지의 토피) L : 특수압력을 적용한 관길이(3) 직관의 수동토압 합력(F_n)

$$F_n = 2 \cos \frac{\theta}{2} \cdot L_p \cdot f_n \cdot \frac{1}{2} \quad \text{----- (3)}$$

 f_n : 단위 길이당 수동토압 저항력

$$f_n = \frac{1}{2} C_e' \cdot r \cdot (h_2^2 - h_1^2) \cdot R \quad \text{----- (3)-1}$$

$$C_e' : \tan^2(45^\circ + \frac{\phi}{2}) \quad \text{----- (3)-2}$$

 C_e' : 수동토압계수 ϕ : 흙의 내부 마찰각(표3 참조) h_2 : 관저 토피 h_1 : 관정 토피 R : 원형단면 감소율($R=1/2$) L : 곡관에 인접한 직관 1본 길이

(4) 수압의 외향력(P)×안전율≤일체화된 관의 수동토압 저항력과 마찰저항력이어야 하므로,

$$P \leq \frac{F_e + F_n}{S_f} \quad \text{----- (4)}$$

(5) 특수압력을 적용하여 일체화된 관길이 계산

특수압력을 적용한 관길이(L')는

$$L' \leq \frac{S_f \cdot p \cdot A \sin \frac{\theta}{2}}{\sin \frac{\theta}{2} \cdot \mu \cdot Hc \cdot \pi \cdot D_2 + \frac{1}{4} \cos \frac{\theta}{2} C_e' \cdot r (h_2^2 - h_1^2) R} \quad \text{--- (5)}$$

여기서 $L \geq L'$ 인 길이를 구하면 된다.

2) 연직곡관에의 관연결 길이

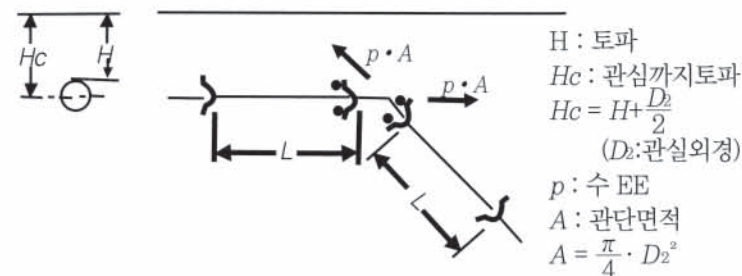


그림 2. 연직곡관 사용장소

- (1) 수압에 의하여 곡관부에 작용하는 외향력(P)

$$P = p \cdot A$$

여기서 p : 수압(사용수압+수격압)

A : 관의 실단면적

- (2) 주변마찰력 F_s

$$F_s = f_s \cdot L$$

f_s : 단위길이당 마찰저항력

$$f_s = \mu \cdot \gamma \cdot H_c \cdot \pi \cdot D_2$$

μ : 관과 흙의 마찰계수

γ : 흙의 단위체적중량

L : 관의 일체화 길이

- (3) 수압의 외향력(P) × 안전율 ≤ 일체화된 관의 주변마찰력 (F_s)이어야 하므로,

$$p \cdot A \leq \frac{F_s}{S_t} \quad (S_t : \text{안전율 } 1.25)$$

- (4) 일체화된 관의 길이

$$L \leq \frac{S_t \cdot p \cdot D_2}{4\mu \cdot \gamma \cdot (H + \frac{D_2}{2})}$$

L : 일체화된 관길이

H : 관정 토피

D_2 : 관의 실외경

3) T 자관

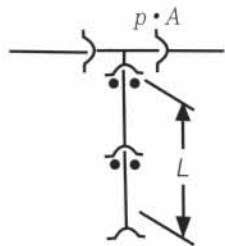


그림 3. T 자관 사용장소

$$L \leq \frac{S_t \cdot p \cdot D_2}{4\mu \cdot \gamma \cdot (H + \frac{D_2}{2})}$$

표 3. 흙의 단위체적중량과 내부마찰각

토 질	단위체적중량 (gf/cm ³)	마찰각 (Ψ°)
토사(土砂: 건조한 것)	1.4	35~40
토사(자연의 축축한 것)	1.6	45
토사(충분히 축축한 것)	1.8	27
점토질토사(건조한 것)	1.5	40~46
점토질토사(축축한 것)	1.9	20~25
점토(건조한 것)	1.6	40~50
점토(축축한 것)	2.0	20~25
모래(건조한 것)	1.58~1.65	30~35
모래(자연의 축축한 것)	1.8	40
모래(충분히 축축한 것)	2.0	25
자갈(건조한 것)	1.8~1.85	35~40
자갈(젖은 것)	1.86	25
알돌(玉石: 각이진 것)	1.8	45
알돌(둥근 것)	1.8	30

표 4. 관과 흙의 마찰계수

흙의 성질	마찰계수(μ 치)	
	철 관	폴리에틸렌 피복시
견고한 지반	0.5	0.4
중간 지반	0.4	0.3
연약 지반	0.3	0.2

특수압륜의 적용의 예

1) 수평곡관에 사용시

설계조건

관경 =	mm
주철곡관 =	22.5θ
작용수압(p, 사용수압+수격압) =	1kg/cm ²
토사의 단위중량(ωt) =	0.0016kg/cm ³
토사의 내부마찰각(φ) =	25°
상재토피(h1) =	120cm
μ: 관과 흙의 마찰계수	0.4(표4참조)

1. 관에 적용하는 힘(P)

$$P=2 \times p \times A \times \sin(\theta/2)$$

여기서, P: 수압에 의해 곡관부에 작용하는 힘(kg)

$$A: \text{단면적} = \pi/4 \times D^2 (\text{cm}^2)$$

$$D: \text{외경} (\text{cm})$$

2. 주변마찰력의 합력(Fs)

$$Fs=2\sin(\theta/2) \times L \times fs \quad (\text{kg})$$

$$fs(\text{단위길이당 마찰저항력}) = \mu \times \omega t \times Hc \times \pi \times D$$

$$Hc: \text{관중심까지의 토피} \quad 120\text{cm}$$

3. 직관의 수동토압합력(Fn)

$$Fn = 2 \times \cos(\theta/2) \times Lp \times fn \times 1/2$$

fn단위길이당 수동토압저항력

$$fn = 1/2 Cc^1 \times \omega t \times (h_2^2 - h_1^2) \times R$$

$$Cc^1(\text{수동토압계수}): Cc^1 = \tan 2(45^\circ + \phi/2) \quad 2.46$$

$$R: \text{원형단면감소율}(1/2)$$

$$L: \text{이형관에 접합한 직관길이}$$

4. 저항길이(L)

$$L' \geq \frac{S_f \times p \times A \times \sin(\theta/2)}{\sin(\theta/2) \times \mu \times \omega t \times Hc \times \pi \times D + 1/4 \times \cos(\theta/2) \times Cc^1 \times \omega t \times (h_2^2 - h_1^2) \times R}$$

관경 mm	외경 mm	외 압		특수압륜의 발출지지력(kg)	저항력(kg)		연결길이 L(cm)
		P(kg)	P×안전율		Fe	Fn	
80	98	29	36	3,771	10	26	11
100	118	42	52	5,467	14	39	13
125	144	63	78	8,143	22	58	16
150	170	88	110	11,349	30	81	19
200	222	151	188	19,353	51	139	24
250	274	230	287	29,482	76	213	30
300	326	325	406	41,734	107	304	35
350	378	437	546	54,666	142	411	40
400	429	563	703	70,363	180	531	45
450	480	706	882	88,286	223	668	49
500	532	867	1,083	108,685	270	825	54
600	635	1,235	1,543	154,007	375	1,186	63
700	738	1,669	2,086	208,328	494	1,614	71
800	842	2,172	2,715	271,363	628	2,118	79
900	945	2,736	3,420	342,276	772	2,687	87
1000	1,048	3,365	4,206	420,553	927	3,327	94
1100	1,144	4,010	5,012	5,012,460	1,082	3,988	100
1200	1,255	4,826	6,032	6,032,553	1,270	4,832	108

5. 연약지반의 배관

1) 연약지반

연약지반의 정의는 명확하지는 않지만 일반적으로 퇴적물이 있는 충적층(沖積層)으로, 장기허용내력 10tf/m²미만, 또는 N값이 4이하의 경우는 통상 연약지반이라고 한다.

표 1. 지반의 분류와 허용내력

(건축기준법 시행령)

지 반	장기응력에 의한 허용응력도(tf/m ²)
암반	100
자갈	30
자갈과 모래혼합물	20
경질 점토	15
연한모래, 모래섞인 점토	10
연질 점토	5

표 2. 일본 국철의 선행조사결과와 판정기준(표준관입시험)

N 값	층의 두께(기타)	판 정
0	2m 이상	연약지반
2 이하	5m 이상	
4 이하	10m 이상	
30이상	3m 이상	지지층
이 이하의 연약층이 없을 때		

출전 : “연약지반의 조사, 설계, 시공법” 토목공학회

2) 연약지반에서의 배관시공의 유의점

- ① 시트파일은 특별히 세심하게 박고, 굴삭구내에 지하수가 유입되지 않도록 함과 동시에 구내의 물은 수중펌프 등으로 배출하여, 재반죽에 의한 지반의 연화를 방지한다.
점성토의 진동, 사질토의 보링 등의 사전검토를 하는 대책을 세워둘 필요가 있다.
- ② 지반에 따라 사기초(砂基礎), 제자동목(梯子同木), 항기초(抗基礎) 등의 기초공을 고려 할 필요가 있다.
- ③ 관을 취부할 때에 흙을 덮어 임시로 고정하여, 관을 소정의 위치에 고정한 상태에서 접합하는 것도 좋다.

- ④ 관의 매설에는 충분한 주의를 요한다. 매설중 및 매설직후의 침하가 제일 큼으로 와이어로프 등으로 관을 묶은 상태에서 매설하는 등, 세심하게 매설작업을 한다.
전압(轉壓)은 몸통을 충분히 묶어서 고정시킨 층과 같도록 한다.
- ⑤ 관로의 불규칙한 침하를 방지하기 위해 매설이 완료된 관로상에는 공사중의 굴삭토라던가 기재 등을 방지하지 않도록 한다.
- ⑥ 연약지반에서는 특히 지하수위가 높은 경우가 많아 관내가 비었을 경우는 부상 할 위험이 있기 때문에 이를 방지하기 위해 매설은 배관 후 신속하게 한다.

3) 침하량의 계산

연약지반에서 관을 매설하는 경우 관의 중량, 관내 물의 중량 및 매설한 토압 등을 고려하여, 관저부에서의 토압 증가분을 계산하고 이에 따라서 침하량을 추정한다.

(1) 계산식

침하량의 계산식으로서의 다음과 같이 3가지가 있다.

$$\textcircled{A} \text{식 } \delta = \frac{e - e_1}{1 + e} \cdot H$$

$$\textcircled{B} \text{식 } \delta = mv \cdot \Delta P \cdot H$$

$$\textcircled{C} \text{식 } \delta = \frac{Cc}{1 + e} H \cdot \log \frac{P + \Delta P}{P}$$

여기서 δ : 압밀침하량(cm)

e : 원지반의 초기간격비

e_1 : 재하후의 간격비

H : 압밀된 층의 두께(cm)

mv : 흙의 체적변화율(체적압축계수, cm³/kgf)

Cc : 흙의 압축지수

P : 원지반의 선행하중(kgf/cm²)

ΔP : 증가하중(kgf/cm²)

$$\Delta P = I \sigma \cdot \Delta W$$

$I \sigma$: 깊이에 대한 영향치

ΔW : 증가하중

깊이에 대한 영향치 I_σ

지반에 증가하중이 작용하여 압밀침하한 경우 하중점에 가까운 층의 압밀량에 비해서 하층부의 압밀량이 적어 하중점에서의 깊이에 대한 하중의 감소를 영향치로 하고 있다.

mv의 예를 들면 표 3과 같다.

그림-1) 깊이와 영향치 I_σ

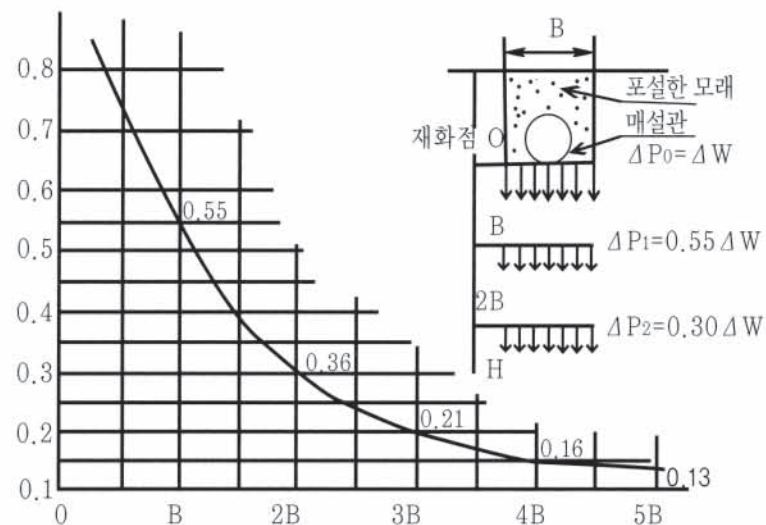


표 3. 체적변화율 mv값(예)

항 목	mv (cm ³ /kgf)
다진모래	0.002 ~ 0.005
무른모래	0.01 ~ 0.02
과밀점토	0.005 ~ 0.008
보통점토	0.05 ~ 0.08
부식토를 함유한 모래, 점토	0.1 ~ 0.3
부식토	0.3 ~ 0.7

(2) 계산예

연약지반에 관을 매설한 경우의 침하량의 추정을 (b)식으로 계산하면 다음과 같다.

(a) 조 건

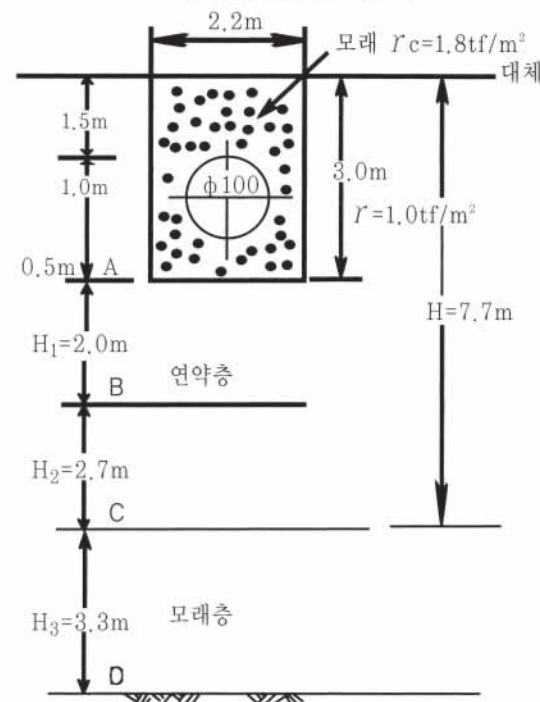
관종 : $\phi 1000$ 덕타일관(2중관)

지반 : $mv = 0.2 \sim 0.36 \text{ cm}^3/\text{kgf}$ 의 연약층이 깊이 7.7m, 그 이하가 $mv = 0.005 \text{ cm}^3/\text{kgf}$ 의 모래층으로 된다.

굴삭 : 폭 2.2m, 토피 1.5m

매설 : 관하부 0.5m에서 전단면 교체

그림-2) 관매설 상태



(b) 계 산

① 굴삭토의 중량

$$2.2 \times 3.0 \times 1.0 = 6.6(\text{tf/m})$$

② 매설토의 중량

$$[2.2 \times 3.0 - (3.14 \times 1.041^2) \div 4] \times 1.8 = 10.35(\text{tf/m})$$

③ 관의 중량(라이닝 포함)

$$0.43(\text{tf/m})$$

④ 관내의 물의 중량

$$(3.14 \times 0.992^2) \div 4 = 0.77(\text{tf/m})$$

A면에서의 증가 하중 ΔP 는

$$\textcircled{2} + \textcircled{3} + \textcircled{4} - \textcircled{1} = 4.95(\text{tf/m})$$

$$4.95(\text{tf/m}) \div 2.2(\text{m}) = 2.25(\text{tf/m}^2) = 0.225(\text{kgf/m}^2)$$

여기서 A-B 간의 침하량을 $\delta_1, mv_1 = 0.356(\text{cm}^2/\text{kgf})$

B-C 간의 침하량을 $\delta_2, mv_2 = 0.201(\text{cm}^2/\text{kgf})$

C-D 간의 침하량을 $\delta_3, mv_3 = 0.005(\text{cm}^2/\text{kgf})$ 로 하면,

총 침하량 : $\delta = \delta_1 + \delta_2 + \delta_3$

$$\delta_1 = mv_1 I \alpha_1 \Delta PH_1 = 0.356 \times 0.78 \times 0.225 \times 200 = 12.50(\text{cm})$$

$$\delta_2 = mv_2 I \alpha_2 \Delta PH_2 = 0.201 \times 0.38 \times 0.225 \times 270 = 4.64(\text{cm})$$

$$\delta_3 = mv_3 I \alpha_3 \Delta PH_3 = 0.005 \times 0.22 \times 0.225 \times 330 = 0.08(\text{cm})$$

에 의해서 총침하량 $\delta = 17.22$ 약 17cm의 침하가 추측된다.

추정침하량의 계산을 각 점에 대하여 하고 여기에 따라서 설계시공자료로 한다.

4) 연약지반에서의 덕타일관의 배관

(1) 덕타일관의 순응성

연약지반의 배관공사에서는 공사상의 도로를 만들어 성토를 한 다던가 매설토를 모래로 대체하는 경우가 있다. 이와같은 경우 굴삭전 보다는 큰 하중이 작용하여 지반의 압밀침하가 일어난다.

익곡(翼谷)과 같이 보통지반에서 연약한 지반으로 완만하게 지층이 변화하고 있는 경우에 연속하여 일체화된 관로에 서는 압밀침하에 동반하여 토압이 크게 작용할 위험이 있지만 덕타일관에서는 1본 1본이 신축조인트의 역할을 하여 그림 3과 같이 순응한다고 생각된다.

또 이 경우의 편위량(침하량) δ 는 다음식으로 계산할 수 있다.

$$\delta \doteq l (2 \tan \theta + 2 \tan 2\theta + 2 \tan 3\theta \dots$$

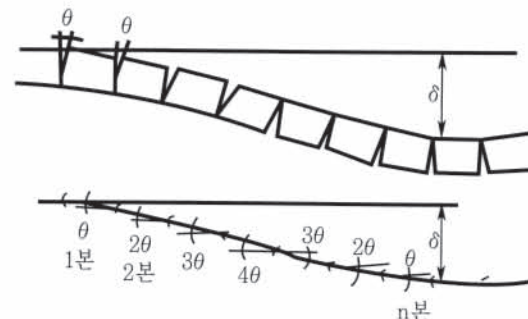
$$\dots 2 \tan \frac{n-1}{2} \theta + \tan \frac{n+1}{2} \theta)$$

θ : 조인트의 굴곡각도

n : 최대침하 지점까지의 관 수량

l : 관 길이

그림-3) 관로의 순응성



한 예로서 관 길이 6m이고 관로길이 90m의 중앙부에서 순응할 수 있는 침하량을 계산하면 표 4와 같이 된다.

관로의 중앙부 까지의 본수는 $n=7$ 이다.

표 4. 순응할 때 까지의 침하량(예)

굴곡각 θ	0.5°	1.0°	1.5°	2.0°
침하량 $\delta(\text{m})$	0.84	1.68	2.52	3.36

(2) 조인트 방법

더욱더 큰 침하가 예상되는 경우에는 신축가요성과 이탈방지 기능을 갖춘 쇠구조(鎖構造) 관로가 보다 효과적이다.

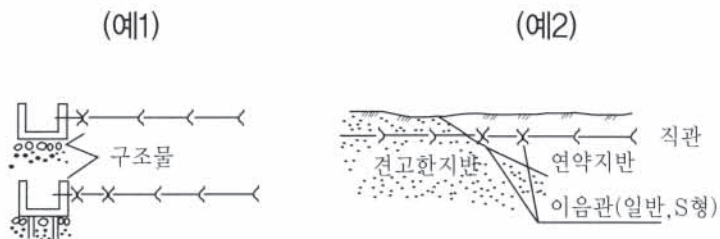
5) 부등침하 대책

관로가 부등침하를 일으키는 지반에서는 이음관(Collar)의 큰 가요성을 이용한 배관이 유효하다. 예상 침하량이 큰 경우에는 신축가요성이 크고 또한 이탈방지 성능을 가진 조인트의 이음관을 적소에 사용하는 것이 좋다.

또 일반적으로 연약지반의 경우는 사기초 등의 지반대책을 충분히 하고 시공을 한다. 최근에는 폴리에틸렌 등을 소재로한 망에 의한 격망공법도 개발되고 있다.

여러가지 기초공을 병용하고 S조인트를 사용한 쇠구조관로로 하면 연약지반 대책으로서는 한층 효과적이다.

그림-4) 이음관의 사용예



6) 연약지반의 관기초

연약지반이나 두꺼운 점토층에서의 관포설에는 장래 관로의 부등침하, 압밀침하를 방지하기 위하여 다음과 같은 관기초를 고려해야 한다.

(1) 연약지반층이 얇은 경우

관저부를 관경의 1/2 ~ 1/5 정도의 두께에서 굴삭하여 양질의 모래로 치환 한다던가 제자동목 등을 병용한 기초로 한다.

(2) 연약지반층이 두꺼운 경우

① 지반개량에 의한 대책

- * 약액주입법
- * 샌드드레인 공법
- * 치환공법 등에 의해 지반개량을 하여 관 포설을 한다.

② 지반변동에 순응하는 조인트를 사용

압밀침하량을 검토하여 조인트에서, 흡수할 수 있는 범위에 있으면 이것을 사용하는 것도 가능하다.

③ 항 지지에 의한 방법

관저부를 콘크리트로 감고 이것을 마찰저항 까지는 지지항으로 보지시키는 방법이 있다. 이 경우 관의 응력집중을 피하기 위하여 지지각 $\theta = 60^\circ \sim 120^\circ$ 로 하여 축방향 지지폭도 충분히 넓게 한다.

그림 5) 마찰항

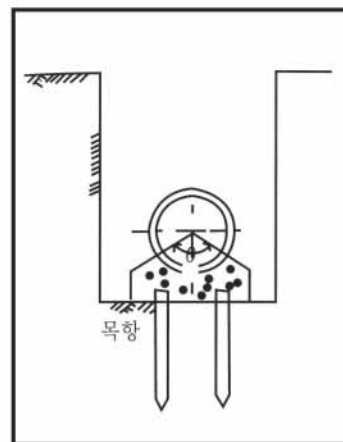
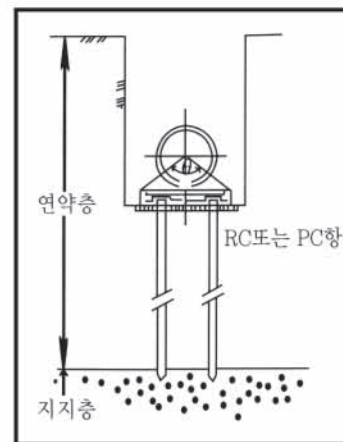


그림 6) 지지항



7) 연약지반에서 주철관의 적용방법

연약지반에서의 주철관 적용은 지반의 부등침하량을 추정한 후 그 결과에 따라서 직관이 적용, 이음관의 사용, 또는 TM이음관의 사용 등을 결정한다.

① 침하량이 편위량 이내일 때

추정 침하량이 허용 굴곡각도의 편위량보다 작을 경우에는 직관의 소켓이음방법을 그대로 사용 할 수 있다.

② 침하량이 편위량을 초과할 때

추정 침하량이 직관 1본당 편위량 보다 클 경우에는 이음관을 사용한다. 이때 이음관의 허용 굴곡각도는 일반이음관은 $\theta = 3^\circ$ ($2\theta = 6^\circ$)이며, TM이음관은 $\theta = 5^\circ$ ($2\theta = 10^\circ$)이므로 용도에 맞게 선택하여 사용한다.

또한 이탈방지 기능이 필요할 경우 삼구 부분에 S플랜지를 용접 부착한 조인트를 사용하여 침하에 따른 관의 이탈에 대비하여야 한다.(TM-LOK)

허용굴곡각도계산

구 경	관 종					
	KP/M 조인트			T 조인트		
	1	2	허용유동거리(x)	1	2	허용유동거리(x)
80	11.5	6.3	20	9.3	5.8	16
100	9.6	6.4	20	8.7	5.5	18
125	7.9	6.3	20	7.3	5.3	19.5
150	6.7	6.7	20	7.0	5.7	21
200	5.2	6.7	20	5.2	5.1	21.5
250	4.2	7.1	20	4.5	4.7	21.5
300	3.6	6.9	20.5	3.8	5.0	21.5
350	3.2	7.2	21	3.3	5.1	21.5
400	3.2	7.0	24	2.4	5.6	18
450	3.2	6.6	26.5	2.7	5.1	23
500	3.0	6.8	28	2.6	5.6	19.5
600	3.0	6.6	33	1.5	5.9	17.5
700	2.9	6.5	37	2.5	6.0	32
800	2.9	6.3	42	2.4	5.8	34.5
900	2.8	6.2	46	2.5	5.2	42
1000	2.8	6.1	51	2.2	5.5	41
1100	2.8	6.1	55	2.4	5.1	48.5
1200	2.8	6.0	60	2.6	4.7	56

〈공식〉

1. KP/M조인트

$$① \arctan \frac{P_4+P_5}{DE}$$

$$② \arctan \frac{(d_3-d_6)/2+(d_2-d_6)/2}{P} * X=(P_4+P_5)$$

2. T조인트

$$① \arctan \frac{(P-F-G)/2}{DE} \text{ OR } \arctan \frac{\text{유동거리}(X)}{DE}$$

$$② \arctan \frac{(B-DE)/2+(E-DE)/2+Y}{P-F} * X=(P-F-G)/2$$

관의 길이에 따른 편위량 비교표

(단위: mm)

굴곡각	1M	2M	3M	4M	5M	6M
1.0	17.5	34.9	52.4	69.8	87.3	104.7
1.2	20.9	41.9	62.8	83.8	104.7	125.7
1.4	24.2	48.9	73.3	97.8	122.2	146.6
1.6	27.9	55.9	83.8	111.7	139.7	167.6
1.8	31.4	62.9	94.3	125.7	157.1	188.6
2.0	34.9	69.8	104.8	139.7	174.6	209.5
2.2	38.4	76.8	115.2	153.7	192.1	230.5
2.4	41.9	83.8	125.7	167.6	209.6	251.5
2.6	45.4	90.8	136.2	181.6	227.0	272.5
2.8	48.9	97.8	146.7	195.6	244.5	293.4
3.0	52.4	104.8	157.2	209.6	262.0	314.4
3.2	55.9	111.8	167.7	223.6	279.5	335.5
3.4	59.4	118.8	178.2	237.6	297.1	356.5
3.6	62.9	125.8	188.7	251.7	314.6	377.5
3.8	66.4	132.8	199.3	265.7	332.1	398.5
4.0	69.9	139.9	209.8	279.7	349.6	419.6
4.2	73.4	146.9	220.3	293.7	367.2	440.6
4.4	76.9	153.9	230.8	307.8	384.7	461.7
4.6	80.5	160.9	241.4	321.8	402.3	482.7
4.8	84.0	167.9	251.9	335.9	419.9	503.8
5.0	87.5	175.0	262.5	350.0	437.4	524.9
5.2	91.0	182.0	273.0	364.0	455.0	546.0
5.4	94.5	189.1	283.6	378.1	472.6	567.2
5.6	98.1	196.1	294.2	392.2	490.3	588.3
5.8	101.6	203.2	304.7	406.3	507.9	609.5
6.0	105.1	210.2	315.3	420.4	525.5	630.6
6.2	108.6	217.3	325.8	434.5	543.2	651.8
6.4	112.2	224.3	336.5	448.7	560.8	673.0
6.6	115.7	231.4	347.1	462.8	578.5	694.2
6.8	119.2	238.5	357.7	477.0	596.2	715.5
7.0	122.8	245.6	368.4	491.1	613.9	736.7
10.0	176.3	352.7	529.0	705.3	881.6	1058.0

6. 주철관 시방서

1) 덕타일 주철관 제작 구입 시방서

(1) 적용범위

이 시방서는 사용할 덕타일 주철관과 이형관 및 접합부속품의 규격, 제조방법, 품질, 허용차, 시험, 검사 및 운반 납품에 대하여 적용한다. 이 시방서에 규정하지 않은 내용은 관련 KS 규격 최신 개정판에 따른다.

(2) 덕타일 주철관(KS D 4311)

① 제조방법

(가) 관은 덕타일 주철용에 적합한 양질의 선철 또는 여기에 강을 배합하여 용해하고, 주방 상태에 흑연을 구상화 시키는 적당한 처리를 한 다음, 이를 원심력을 이용하여 주조하여야 한다.

(나) 관은 주형에 꺼낸 후 규정된 성질을 갖도록 적당한 방법으로 열처리를 하여야 한다.

(다) 관은 인체에 해롭지 않은 도료로 도장하여야 한다. 또한 관 내면에 시멘트 모르타르 라이닝을 할 경우에는 KS D 4316에 따르고 관 내면에 에폭시 수지 분체도장을 할 경우에는 KS D 4317에 따른다.

② 품질

(가) 관은 실용적으로 직관부는 곧으며, 안·바깥 둘레는 동심원이고, 그 양끝은 관축에 대하여 직각이어야 한다.

(나) 관의 안·바깥면은 매끈하여야 하며 흠, 기타 해로운 결함이 없고 조직이 균일하며, 가공하기 쉬운 것이어야 한다. 다만 경미한 흠은 용접 등 적당한 방법으로 보수할 수 있다.

(다) 관의 인장강도 및 연신율은 다음 표 1의 값 이상이어야 한다.

표 1

시험항목 호칭지름(mm)	인장강도 N/mm ²	연신율(%)
80~1,200	420 이상	10 이상

(라) 관의 경도는 HB 230 이하 이어야 한다.

(마) 관은 호칭지름에 따라 통상 도장 전의 관에 대하여 하고 다음 표 2의 수압을 10초 이상 유지하였을 때 이것에 견디며, 누수 기타의 결함이 없어야 한다.

표 2

호칭지름 (mm)	시험수압 Mpa			
	1 종관	2 종관	3 종관	4 종관
300 이하	7	6	5	—
350~600	6	5	4	3.2
700~1,000	5	4	3.2	2.5
1,100~1,200	4	3.2	2.5	1.8

③ 모양, 치수, 무게 및 허용차

(가) 관의 이음방법은 메커니컬조인트, 타이튼조인트, KP메커니컬조인트이며, 관의 소켓 및 직관에 대한 모양, 치수 및 무게는 각 치수표에 따른다.

(나) 관 두께의 허용차는 $-(1.3 + 0.001 \text{ DN})\text{mm}$ 이어야 한다.

(+)는 바깥지름의 치수에 영향이 없는 한 제한하지 않는다.
DN은 관의 호칭지름을 말한다.

(다) 관의 유효길이의 허용차는 $\pm 30\text{mm}$ 로 한다. 다만 시험편을 채취한 것에 대하여는 제한하지 않는다.

(라) 제조자는 관의 표준길이에 따라 표 3과 같은 절관 길이의 것을 주문량의 10%까지 공급할 수 있다.

표 3

구 분	절관의 길이(m)			
4m	3.5	3.0		
5m	4.5	4.0	3.5	3.0
6m	5.5	5.0	4.5	4.0

(마) 관 무게의 허용차는 표 4에 따른다.

표 4

호칭지름(mm)	허용차 %
200 이하	-8
200 초과	-5

(3) 덕타일 주철 이형관(KS D 4308)

① 제조방법

(가) 관은 덕타일 주철용에 적합한 양질의 선철 또는 여기에 강을 배합하여 용해하고, 흑연을 구상화 시키는 적당한 처리를 한 다음 주조하고, 조직이 균일하며 가공이 쉬워야 한다.

(나) 관은 급격한 냉각에 의하여 생기는 부동 수축 기타지장을 피하기 위하여 필요한 시간 동안 주형에 끼집어 내서는 안 되며, 주형에서 끼집어 낸 후 규정된 기계적 성질을 갖도록 필요하다면 적당한 방법으로 열처리를 하여야 한다.

(다) 관은 주조할 때 코어를 받치는 코어 받침을 사용해서는 안 된다.

(라) 관의 내부·외부, 조인트용 압륜 및 볼트에는 인체에 해롭지 않은 도료로 도장하여야 하며, 주문자의 별도 요구가 있을 경우 그 요구사항에 따른다. 관 내면에 에폭시 수지 분체도장을 적용하여야 한다. 이 경우 KS D 4317에 따른다.

② 품질

(가) 관은 실용적으로 직선부는 곧아야 하며 안·바깥 둘레는 동심원이고, 그 양끝은 관축에 대하여 직각이어야 한다.

(나) 관의 안·바깥면은 매끈하여야 하며 흠, 블로 홀 등 해로운 결함이 없어야 한다. 다만, 경미한 흠은 용접할 수 있다.

(다) 관의 인장강도 및 연신율은 표 5의 값 이상이어야 한다.

표 5

인장강도 N/mm ²	연신율 %
420 이상	10 이상

(라) 관의 경도는 HB 230이하 이어야 한다.

(마) 관은 표6의 수압을 가하여 이것에 견디고, 누수 기타의 결함이 없어야 한다.

표 6

호칭지름(mm)	시험수압(Mpa)
300 이하	3.0
350~600	2.5
700~1200	2.0

③ 모양, 치수, 무게 및 허용차

(가) 관의 이음방법은 KP메커니컬조인트, 타이튼조인트, 메커니컬조인트이며, 관의 모양, 치수, 무게 및 허용차는 부표에 따른다.

(나) 관의 소켓 안지름 및 삽입구 바깥지름의 허용차는 이 시방서(수도용 원심력 덕타일주철관)에 따른다.

(다) 관의 두께의 허용 한계치는 $-(2.3+0.001 DN)$ mm이며 (+)는 바깥지름의 치수에 영향이 없는 한 제한하지 않는다. DN은 관의 호칭지름을 말한다.

(라) 관 표준 길이의 허용치는 KS D 4308에 따른다.

(마) 관의 무게의 허용차는 표 7에 따른다.

표 7

관의 종류	허용차 %
곡관, 지관을 가진 이형관 및 특수형	-12
위 종류를 제외한 일반 이형관	-8

(바) 플랜지 치수 허용차

플랜지 치수 허용차는 KS D 4308에 따른다.

(4) 접합 부속품

① 조인트용 압륜(이하 압륜이라 한다)은 구상 흑연 주철품이어야 한다.

② 조인트용 볼트·너트(이하 볼트·너트라 한다) KS D 4302 (구상흑연 주철품)의 1종 또는 2종의 사형 주철품이어야 한다.

③ 조인트용 고무링(이하 고무링이라 한다)은 최상품의 가황고무로 제조되어야 한다.

④ 압륜 및 볼트·너트는 인체에 해롭지 않은 역청질계 도료로 도장하여야 한다.

⑤ 압륜의 기계적 성질은 표 5에 따른다.

⑥ 볼트·너트는 다음에 따른다.

(가) 볼트·너트는 조립한 상태에서, 볼트의 머리와 너트를 적당한 방법으로 인장했을 때 표 8의 하중에 견디고 영구 변형되지 않아야 하며, 또한 나사부에도 이상이 없어야 한다.

표 8

볼트의 호칭	시험하중 KN
M16	38
M20	60
M24	86
M27	113
M30	138

⑦ 고무링은 다음에 따른다.

(가) 고무링은 모양이 고르고 표면이 매끈하며, 흠, 블로홀(blow hole), 흠 등의 해로운 결함이 없어야 한다.

(나) 고무링은 물에 냄새와 맛을 주거나 또는 물에 용해되는 위생상 해로운 물질을 함유해서는 안된다.

(다) 고무링의 물리적 성질은 표 9에 따른다.

표 9

구분	시험치
인장강도 (N/cm ²)	1,770 이상
신장률(%)	300 이상
686N/cm ² 하중시 신장률(%)	200 이하
영구신장률(%)	10 이하
스프링 정도(HS)	60 ~ 75

(5) 시멘트 모르타르 라이닝

① 라이닝 가공

(가) 모르타르 : 모르타르는 시멘트에 잔골재 및 물 또는 이들에 혼합재를 가하여 충분히 반죽 혼합 한다. 이때 물은 가능한한 소량을 사용하도록 한다.

(나) 배합 : 시멘트와 잔골재의 질량 배합비는 1:3.5이하로 한다.

(다) 라이닝

(ㄱ) 관의 안쪽면 : 관의 안쪽면에는 뜯 녹, 토사, 유지 등의 부착물이 있어서는 안된다.

(ㄴ) 라이닝의 시공^{㉑)} : 직관에 대한 라이닝의 시공은 원심력 방법에 따른다.

주^{㉑)} 라이닝의 시공은 직사광선, 비, 서리 등의 극단적인 기상조건을 피하기 위하여 건물내부에서 하여야 한다. 단, 이형관에 대해서는 수작업에 의한 시공을 할 수도 있다.

(ㄷ) 수구 안쪽면 : 관의 수구 안쪽면에 부착된 모르타르는 모두 제거 하여야 한다.

(라) 양생 : 원심력 방법으로 라이닝을 마친 관은 0℃ 이상의 온도에서 양생을 하여야 한다. 모르타르의 수분은 경화를 저해하지 않도록 서서히 증발시켜야 한다.

(마) 보수 : 라이닝의 경미한 파손 또는 흠부분은 보수할 수 있다. 먼저 파손된 모르타르 부분을 제거하고 나서 새로 배합한 모르타르로 균일한 두께를 얻도록 흠손 등으로 보수한다. 보수작업용 모르타르는 배합이 적합해야 하며, 파손되지 않은 기존 모르타르 부분과 잘 붙도록 하기 위하여 첨가제를 첨가 할 수 있다.

② 품 질

(가) 라이닝은 수도물에 침식당하지 않으며, 또한 수도물의 수질에 나쁜 영향을 주어서는 안된다.

(나) 라이닝은 두께 및 품질이 균일하며 흡수성이 적고, 해로운 균열, 벗겨짐 등의 결점이 있어서는 안된다.

(다) 라이닝의 마무리면은 매끈하여야 한다.

③ 라이닝의 두께 및 무게

라이닝의 두께 및 무게는 표 10에 따른다.

표 10

관의 호칭지름	라이닝의 두께(mm)	
	공칭두께 ^{㉒)}	1점의 최소두께
80	3	2
100		
125		
150		
200		
250		
300	5	3
350		
400		
450		
500		
600		
700	6	3.5
800		
900		
1000		
1100		
1200		

주^{㉒)} 관 끝에서부터 50mm이내는 테이퍼를 주어도 무방하다.

④ 실 코트

(가) 실 코트의 재질은 건조 후 수돗물의 수질에 나쁜 영향을 끼치지 않는 것으로 아스팔트계 도료나 아크릴계 중합물로 한다. 다만, 주문자의 요구에 따라서 실 코트를 하지 않을 수도 있다.

(나) 실 코트는 48시간 건조 후 물에 색, 맛 또는 냄새에 변화가 없어야 한다.

(6) 시험검사 및 표시

시험 방법과 검사 및 표시는 관련 KS규격인 KS D 4311, KS D 4308 및 KS D 4316에 따른다.

(7) 취급

- ① 검사에 합격한 제품은 지정된 장소에 가지런히 적재하여야 하며 관이 굴러 떨어지거나 미끄러지지 않도록 하고, 안전에 이상이 없도록 하여야 한다.
- ② 관을 취급할 때는 벨트 등의 관 취급장치를 사용하여 모르타르 라이닝부에 손상이 생기지 않고 관 몸체에 비틀림이나 흠이 생기지 않도록 조심하여야 한다. 혹크나 클램프 등을 사용하여서는 안된다. 관을 차량에 적재 할 때는 관의 끝부분이 서로 접촉되지 않도록 하여야 한다.
- ③ 관을 적재 할 때는 관의 외형이 변형되지 않도록 조심하여야 한다.

2) KP특수압륜 시방서

(1) 적용범위

이 시방서는 덕타일 주철관(KS D 4311) 및 덕타일주철 이형관(KS D 4308)의 KP메커니컬 조인트에 사용하는 KP특수압륜(이하 압륜이라 한다)에 대하여 규정한다.

(2) 구성 및 재료

명 칭	재 료	기 호
KP특수압륜	구상흑연주철	GCD
압착볼트	일반구조용 탄소강재 또는 구상흑연주철	SM45C, GCD
스파이크	크롬몰리브덴강 또는 일반구조용 탄소 강재 또는 구상흑연주철	SCM 또는 SM45C, GCD
KP고무링	수도용 고무	SBR

(3) 제조 방법

- 3.1 압륜은 덕타일 주철용에 적합한 양질의 선철과 고철 또는 여기에 강을 배합하여 용해하고 흑연을 구상화시키는 처리를 한 다음 주조하고, 조직이 균일하며 가공이 쉬워야 한다.
- 3.2 압륜은 급격한 냉각에 의하여 생기는 부동 수축 기타 지장을 피하기 위하여 필요한 시간동안 주형에서 끄집어 내어서는 안되며 주형에서 끄집어 낸 후 규정된 기계적성질을 갖도록 필요하다면 열처리를 해야 한다.

(4) 품 질

4.1 압 륜

- ① 압륜의 표면은 매끈하여야 하며 흠, 블로 홀, 주물귀 등의 해로운 결함이 없어야 한다.
- ② 압륜의 기계적 성질은 표2의 값에 적당하여야 한다.

표 2

인장강도(N/mm ²)	420이상
연신율(%)	10 이상

- ③ 압륵의 경도는 HB230 이하 이어야 한다.
- ④ 압륵의 표면에는 인체에 무해한 도료로 도장해야 하며 도장면의 마무리는 고르게 도포 되어야 하고 이물질의 부착, 얼룩, 덩어리 등의 해로운 결함이 없어야 한다.
- ⑤ 도장후 압륵은 5.4의 시험에 합격하여야 한다.
- ⑥ 압륵은 조립후 적당한 방법으로 관을 고정시킨 다음 표3의 수압을 가하여도 이것에 견디며, 누수, 기타의 결함이 없어야 한다.

표 3

호칭지름 (mm)	최대지수압 (Mpa)	호칭지름 (mm)	최대지수압 (Mpa)	호칭지름 (mm)	최대지수압 (Mpa)
80	5	300	5	700	3
100	5	350	3	800	2
125	5	400	3	900	2
150	5	450	3	1000	1.8
200	5	500	3	1100	1.6
250	5	600	3	1200	1.5

4.2 스파이크 및 압착볼트

- ① 스파이크는 압착시 관 표면과 밀착이 잘되고 미끄러지지 않는 구조이어야 하며 필요하다면 적당한 방법으로 열처리 하여야 한다.
- ② 스파이크는 KS D 3711(크롬 몰리브덴강 강재)의 SCM440 또는 KS D 3752 (기계구조용 탄소강재)의 SM45C의 재질 이어야 한다.
- ③ 압착볼트는 KS D 3752(기계구조용 탄소강재)의 SM45C 또는 동등이상의 재질이어야 하며, 나사부의 가공치수는 KS B 0201(미터보통나사)에 따른다.

(5) 모양, 치수 및 그 허용차

5.1 압륵의 모양, 치수 및 무게는 표 4(첨부)에 따른다.

5.2 압륵의 두께 허용차는 $-(2.3+0.001DN)\text{mm}$ 이며 +는 조립에 영향이 없는 한 제한하지 않는다.

5.3 스파이크 및 압착볼트의 모양, 치수는 표 4(첨부)에 따른다.

(6) 시험

6.1 압륵의 인장시험

- ① 공시재는 KS D 4302(구상흑연 주철품)의 B호로 한다.
- ② 시험편은 KS B 0801(금속재료의 인장시험편)의 4호로 기계 다듬질 하여 시험한다.
- ③ 시험방법은 KS B 0802(금속재료 인장시험방법)에 따른다.

6.2 압륵의 경도시험

인장시험한 시험편을 적당한 크기로 만들어서 경도시험을 한다. 시험방법은 KS B 0805(브리넬경도 시험 방법)에 따른다.

6.3 수압 시험

압륵으로 관을 연결한 후 적당한 방법으로 양단을 막고 연결된 관이 움직이지 않도록 고정시킨 후 내부에 물을 채운 다음 규정된 수압을 가하였을 때 미끄러짐, 누수, 기타의 결함이 있는지 확인한다.

6.4 도장 시험

도장면은 상온에서 3%의 식염수에 6시간 침지후 그 표면의 이상유무를 조사한다.

(7) 검 사

7.1 겉모양, 모양, 치수, 인장시험, 경도시험, 수압시험, 도장시험의 성적이 3 및 4의 규정에 적합 하여야 한다. 다만 주무자의 승인이 있을 경우에는 시험의 일부를 생략 할 수 있으며 주문자의 필요에 따라 제조자의 시험성적서로 대체 할 수 있다.

7.2 겉모양 및 모양은 전수검사를 한다.

7.3 인장시험용 공시재는 1회 용해에서 3개를 취한다.

7.4 인장시험은 1개의 시험편으로 검사하여 합, 부 판정을 하고 만일 불합격시에는 나머지 2개의 시험편이 모두 합격되면 그 로트를 합격으로 한다.

(8) 표 시

검사에 합격한 압륜에는 보기 쉬운 곳에 다음 사항을 표시하여야 한다.

- ① 호칭지름
- ② 제조자명 또는 약호
- ③ 제조 년 월

관련규격	KS B 0201	미터 보통 나사
	KS B 0801	금속 재료 인장 시험편
	KS B 0802	금속 재료 인장 시험 방법
	KS B 0805	브리넬 경도 시험 방법
	KS D 3711	크롬 몰리브덴강 강재
	KS D 3752	기계 구조용 탄소 강재
	KS D 4302	구상 흑연 주철품
	KS D 4308	덕타일 주철 이형관
	KS D 4311	덕타일 주철관

7. 각종 품셈 자료

1) 덕타일 주철관의 수압시험품 (2011년판 건물 표준 품셈 적용)

(1) 수압시험품

명 칭	규격	단위	수 량													
			80	100	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700		
시험재료비	10회사용	회당	1													
마개플렌지	15회사용	개	1													
고무링	10회사용	개	1													
플렌지접합 및 부설		개소	2													
플렌지관 철거		개소	2													
배관공		인	0.1	0.13	0.13	0.13	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.2	0.2		
보통인부		인	2	2.3	2.3	2.3	2.5	2.5	2.7	2.9	3.3	3.6	3.9	4.6		
가구손로	인건비의 %	%	1													
시험용수비	200m	m ³	1.01	1.57	3.54	6.28	9.81	14.1	19.2	25.1	31.8	39.3	56.5	76.9		

※ 800mm~1200mm의 수압시험은 TEST BAND로 시험

시험재료비 내역(회당)

(10회 사용)

명 칭	규 격	수 량	단 위
분 수 전	25mm	0.2	개
엘 보	25mm	0.4	개
유 니 온	25mm	0.1	개
니 플	25mm	0.1	개
소 켓	25mm	0.2	개
밸 브	25mm	0.1	개
밸 브	15mm	0.1	개
파 이 프	25mm	1.1	개
사용고지대	재료비의 %	-25	%
플 러 그	25mm	0.1	개
플 러 그	15mm	0.1	개
소 계			
단위당 금액	1/10회		회당

2) 테스트 밴드 수압 시험품(800mm~1200mm)

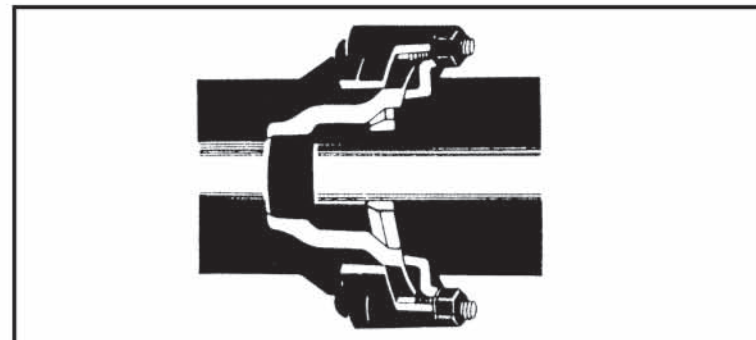
명 칭	규 격	구경	D=800	D=900	D=1000	D=1100	D=1200
		단위	mm	mm	mm	mm	mm
TEST BAND	수압시험(TEST BAND)	SET	0,00131	0,00131	0,00141	0,00151	0,0016
배관공		인	0,067	0,067	0,067	0,067	0,067
공기 압출기	(3,5m ³ /min 125CFM)	시간	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
잡재료비	인건비의 %	%	5	5	5	5	5
계							

3) 특수압륜 품셈

구 분	접 합 부 설 공			합 계
	배관공	보통인부	크레인	
	인	인	표준시간	
80	0.14	0.26		
100	0.19	0.30		
125	0.22	0.37		
150	0.26	0.46		
200	0.15	0.21	0.80	
250	0.24	0.29	0.90	
300	0.28	0.33	1.00	
350	0.33	0.44	1.16	
400	0.53	0.57	1.32	
450	0.61	0.76	1.34	
500	0.66	0.87	1.37	
600	0.91	1.11	1.47	
700	1.04	1.38	1.56	
800	1.41	1.80	1.68	
900	1.91	2.41	1.76	
1000	2.45	2.81	1.93	
1100	2.70	3.09	2.12	
1200	2.95	3.37	2.31	

4) 주철관 접합재료 및 부설 품셈 · 자료 : 2011.건설표준품셈(건설기술연구원)

(1) 주철관 부설



(접합개소 1본당)

구 분 관경(mm)		부 설 공		크레인(hr)
		배관공(수도)(인)	보통인부(인)	
인 력	80	0.06	0.16	—
	100	0.09	0.18	—
	120	0.10	0.22	—
	150	0.14	0.35	—
기 계	200	0.02	0.08	0.54
	250	0.04	0.11	0.61
	300	0.04	0.13	0.68
	350	0.05	0.17	0.79
	400	0.08	0.23	0.89
	450	0.10	0.30	0.91
	500	0.11	0.35	0.93
	600	0.15	0.45	1.00
	700	0.17	0.56	1.06
	800	0.23	0.73	1.14
	900	0.32	0.97	1.19
	1,000	0.41	1.14	1.31
	1,100	0.45	1.25	1.44
	1,200	0.49	1.36	1.57

[주] ① 본 품은 직관길이 6m를 기준한 것이며, 특수부설(수중, 터널 내 등), 이형관 및 곡관 부설은 별도 계상할 수 있다.

② 200mm 이상의 주철관에 대해 인력 부설을 수행한 경우에는 부설품을 별도 계상한다.

③ 본 품은 소운반을 포함한 품이며 관로의 터파기, 되메우기, 기초, 잔토처리, 물푸기 등은 별도 계상한다.

④ 본 품은 수압을 받는 상수도관을 기준한 것이다.

⑤ 본 품의 부설장비규격은 다음을 기준으로 한다.

관 경(m)	부 설 장 비 규 격
200 ~ 600	10톤 트럭 탑재형 크레인
700 이상	15톤 트럭 탑재형 크레인

⑥ 현장 조건상 트럭탑재형 크레인의 적용이 어려운 경우, 동일한 규격의 크레인(무한궤도, 타이어)을 적용할 수 있다.

(2) KP메커니컬 조인트관 접합

(접합개소 1본당)

구분 관경	접 합 재 료			접 합 공		비고
	명칭 단위	압륜 개	고무링 개	볼트·너트 조	배관공(수도) 인	보통인부 인
D80	1	1	3	0.04	0.03	
D100	1	1	3	0.04	0.03	
D125	1	1	3	0.05	0.03	
D150	1	1	4	0.06	0.04	
D200	1	1	5	0.07	0.05	
D250	1	1	6	0.12	0.07	
D300	1	1	6	0.13	0.08	
D350	1	1	8	0.16	0.10	
D400	1	1	10	0.25	0.14	
D450	1	1	10	0.29	0.18	
D500	1	1	12	0.31	0.21	
D600	1	1	14	0.43	0.26	
D700	1	1	16	0.49	0.33	
D800	1	1	20	0.66	0.43	
D900	1	1	20	0.89	0.57	
D1000	1	1	22	1.15	0.67	
D1100	1	1	22	1.27	0.74	
D1200	1	1	22	1.38	0.80	

[주] ① 본 품은 정위치된 주철관(직관)을 인력에 의하여 접합시키는 품이다.

② 이탈방지 압륜을 사용하여 접합할 경우 본 품을 30%까지 증하여 적용 할 수 있다.

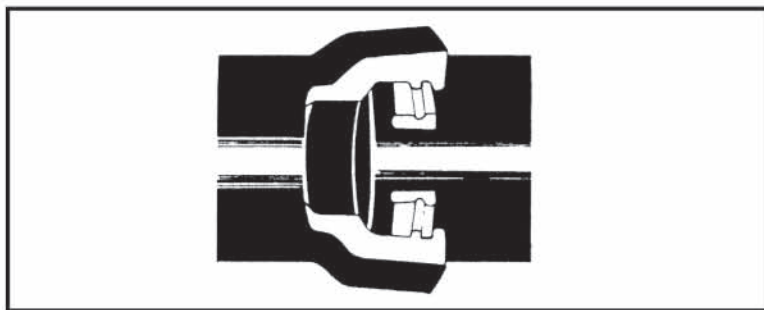
③ 각종 접합재료의 규격 및 품질은 K·S 규격에 따른다.

④ 특수가공(분기개소 등), 계기측정(수압시험 등)이 필요한 때에는 별도 계상할 수 있다.

⑤ 각종 접합재료의 규격 및 품질은 관련 K·S 규격에 준한다.

⑥ 기계기구 및 잡재료는 필요에 따라 별도 계상할 수 있다.

(3) 타이튼 조인트관



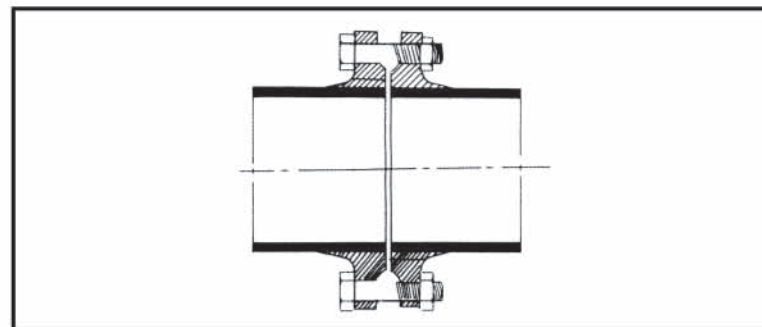
(접합개소 1본당)

관경 (mm)	구분	접 합 재 료		접 합 공	
	명칭 단위	고무링 개	배관공(수도) 인	보통인부 인	
ø 80mm		1	0.05	0.05	
100		1			
125		1	0.07	0.06	
150		1			
200		1	0.12	0.10	
250		1			
300		1	0.14	0.12	
350		1	0.16	0.13	
400		1	0.18	0.15	
450		1	0.20	0.16	
500		1	0.22	0.18	

[주] ① 본 품은 정위치된 주철관(직관)을 인력에 의하여 접합시키는 품이다.

- ② 각종 접합재료의 규격 및 품질은 K·S 규격에 따른다.
 ③ 특수가공(분기개소 등), 계기측정(수압시험 등)이 필요한 때에는 별도 계상할 수 있다.
 ④ 각종 접합재료의 규격 및 품질은 관련 K·S 규격에 준한다.
 ⑤ 기계기구 및 잡재료는 필요에 따라 별도 계상할 수 있다.

(4) 플랜지 조인트 접합



(접합개소 1본당)

관경 (mm)	구분	접 합 재 료			접 합 공		비고
	명칭 단위	고무패킹 개	흰페인트 kg	볼트·너트 치수(mm) 조	배관공(수도) 인	보통인부 인	
D80		1	0.075	16 4	0.04	0.03	
D100		1	0.100	16 8	0.07	0.04	
D125		1	0.110	16 8	0.08	0.04	
D150		1	0.125	20 8	0.09	0.05	
D200		1	0.175	20 8	0.11	0.06	
D250		1	0.255	20 12	0.14	0.07	
D300		1	0.470	20 12	0.15	0.07	
D350		1	0.560	20 16	0.16	0.08	
D400		1	0.685	24 16	0.19	0.09	
D450		1	0.810	24 20	0.20	0.10	
D500		1	0.955	24 20	0.23	0.11	
D600		1	1.540	27 20	0.24	0.12	
D700		1	1.840	27 24	0.28	0.14	
D800		1	2.250	30 24	0.29	0.15	
D900		1	2.715	30 28	0.30	0.17	
D1,000		1	2.940	33 28	0.35	0.18	
D1,200		1	4.170	36 32	0.41	0.20	

[주] ① 본 품은 관의 접합부에 링 개스킷을 사용하는 볼트 체결 플랜지 접합에 적용한다.

② 본 품은 KSB 1511(철강제 관 플랜지의 기본치수)의 호칭압력 5kg/cm²를 기준한 것으로, 이 외 규격은 별도 계상한다.

제수변 접합품

(접합개소 1본당)

호칭 지름	명칭 단위	볼트 · 너트 조	고무패킹 개	흰페인트 kg	배관공 인	배관공 인	기타 식
ø 80mm		16 ^m / _m × 75 × 8	2	0.15	0.20	0.30	1
100		16 ^m / _m × 75 × 16	2	0.20	0.26	0.33	1
150		20 ^m / _m × 85 × 16	2	0.25	0.50	0.38	1
200		20 ^m / _m × 85 × 16	2	0.35	0.80	0.50	1
250		20 ^m / _m × 95 × 24	2	0.51	0.90	0.71	1
300		20 ^m / _m × 95 × 24	2	0.94	1.00	0.95	1
350		20 ^m / _m × 95 × 32	2	1.12	1.30	1.15	1
400		24 ^m / _m × 110 × 32	2	1.37	1.80	2.25	1
500		24 ^m / _m × 110 × 40	2	1.91	2.60	3.66	1
600		24 ^m / _m × 110 × 40	2	3.08	3.40	5.00	1
700		27 ^m / _m × 125 × 48	2	3.68	4.40	8.45	1
800		30 ^m / _m × 140 × 48	2	4.50	5.40	11.90	1
900		30 ^m / _m × 140 × 56	2	5.43	6.65	16.60	1
1,000		33 ^m / _m × 155 × 56	2	6.35	7.80	20.60	1
1,100		33 ^m / _m × 155 × 64	2	7.26	9.60	23.55	1
1,200		33 ^m / _m × 155 × 64	2	8.34	11.40	26.50	1
1,350		36 ^m / _m × 170 × 72	2	9.94	14.10	30.90	1
1,500		36 ^m / _m × 170 × 72	2	11.66	16.80	36.30	1
1,650		39 ^m / _m × 190 × 80	2	12.74	18.44	39.70	1

주철관 절단품

(1개소당)

관경(mm)	일반기계운전사	보통인부(인)	절단기(hr)
80	0.08	0.20	0.50
100	0.09	0.21	0.51
125	0.09	0.22	0.52
150	0.09	0.23	0.53
200	0.10	0.26	0.54
250	0.11	0.28	0.56
300	0.11	0.31	0.58
350	0.12	0.33	0.61
400	0.13	0.36	0.63
450	0.14	0.38	0.65
500	0.15	0.41	0.67
600	0.17	0.46	0.72
700	0.19	0.51	0.77
800	0.22	0.56	0.83
900	0.25	0.61	0.89
1,000	0.29	0.66	0.96
1,100	0.33	0.71	1.03
1,200	0.38	0.76	1.10

[주] ① 본 품은 주철관 절단기를 사용하여 절단하는 품이며 절단기 소운반품이 포함 되어 있다.

② 잡재료는 인력품의 5%로 계상하며, 연료, 커터 비용을 포함 한다.

플랜지관 철거품

(1구당)

호칭 지름	명칭 단위	접수이철공 인	인 부 인	기구손료 인
ø 80mm		0.05	0.20	1
100		0.06	0.25	1
150		0.12	0.34	1
200		0.20	0.37	1
250		0.22	0.45	1
300		0.25	0.60	1
350		0.32	0.67	1
400		0.45	1.12	1
450		0.55	1.47	1
500		0.85	1.70	1
600		1.10	2.50	1
700		1.22	2.82	1
800		1.35	3.12	1
900		1.66	3.72	1
1000		1.95	4.60	1
1200		2.85	5.15	1

납조인트관 철거품

(1구당)

호칭 지름	명칭 단위	산소 ℓ	카바이트 kg	코크스 kg	목탄 kg	불쏘시개 kg	콜탈 ℓ	배관공 인	특수인부 인	인부 인	기타 식
ø80mm		116	0.75	0.88	0.06	0.59	0.42	0.25	0.10	0.10	1
100		145	0.95	1.36	0.09	0.91	0.74	0.31	0.10	0.12	1
150		205	1.32	2.18	0.15	1.45	1.03	0.42	0.18	0.48	1
200		261	1.60	4.04	0.27	2.61	1.88	0.54	0.29	0.84	1
250		345	2.25	5.45	0.36	3.63	2.34	0.72	0.34	1.08	1
300		409	2.66	6.98	0.47	4.65	2.77	0.85	0.42	1.44	1
350		471	3.06	8.69	0.58	5.79	3.24	0.98	0.51	1.92	1
400		533	3.47	10.61	0.71	7.07	3.70	1.11	0.61	2.40	1
450		596	3.87	12.66	0.84	8.44	4.15	1.24	0.74	2.80	1
500		863	5.61	14.91	0.99	9.94	4.61	1.80	1.08	3.60	1

급수관 분기점 천공 및 이탈시험결과표

관종 구분	회 주 철 관			덕 타 일 주 철 관		
	ø 150mm	ø 200mm	ø 250mm	ø 150mm	ø 200mm	ø 250mm
관두께 (mm)	9.2	10.1	11.0	7.0	7.1	7.5
천공작업 시간(분)	21	23	25	17	18	20
이탈강도 (mm)	5,425	5,800	7,175	7,300	7,775	8,150

- 비고 : 1. 천공작업시간 ø25mm Tap수동 천공기를 사용한 시험 결과임.
2. 이탈 강도는 주철 본관에 ø25mm 강관 지관을 나사를 내어 접합한 후 본관에서 지관이 이탈되는 것을 시험한 결과임.

송배수관의 마찰손실수두(摩擦損失水頭)

일반공식은 $hf = f \frac{1}{D} \frac{v^2}{2g}$

hf = 마찰수두(摩擦水頭)(m) l = 관장(管長)(m)

D = 관경(m)

v = 유속(m/sec) f 의 치(值)는 다음과 같다.

주철관은 신관(新管) $f = 0.02$ 고관(古管) $f = 0.04$

(f 의 치(值) 0.02 신주철관(新鑄鐵管))

v (m/s) D (m)	0.25	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	1.00	1.20	4.00
0.05	0.036	0.031	0.0304	0.0296	0.0290	0.0285	0.0281	0.0273	0.024
0.10	0.031	0.028	0.0274	0.0268	0.0264	0.0260	0.0256	0.0252	0.023
0.20	0.028	0.026	0.0252	0.0248	0.0245	0.0243	0.0240	0.0237	0.022
0.30	0.027	0.025	0.0242	0.0239	0.0237	0.0235	0.0232	0.0230	0.022
0.40	0.026	0.024	0.0237	0.0234	0.0232	0.0230	0.0228	0.0226	0.021
0.50	0.025	0.024	0.0233	0.0230	0.0229	0.0228	0.0225	0.0222	0.021
1.00	0.024	0.023	0.0222	0.0222	0.0220	0.0219	0.0218	0.0216	0.021
2.00	0.023	0.022	0.0217	0.0215	0.0214	0.0203	0.0213	0.0212	0.020

주철관허용누수량

주철관 부설 당초의 허용 수량으로 미국수도협회가 사용하고 있는 공식은

$$Q = \frac{n \cdot D \sqrt{P}}{3290}$$

단, Q = 허용누수량(ℓ / hr)

n = 접합개소수(길이 m)

D = 구경(mm)

P = 부설시의 시험수압(kg/cm²)

주철관내의 경제적유속 및 최대유량표

호칭 지름	단면적 m ²	경 제 적			최 대	
		동수구배 (動水勾配) h/sec	유속 m/sec	유량 m ³ /day	유속 m/sec	유량 m ³ /day
80mm	0.0044	1.95	0.24	92	0.70	266
100	0.0079	3.00	0.36	245	0.94	642
150	0.0177	3.55	0.51	780	1.18	1,805
200	0.0314	3.55	0.61	1,654	1.36	3,689
250	0.0491	3.80	0.73	3,096	1.51	6,405
300	0.0707	3.80	0.82	5,008	1.66	10,140
350	0.0962	3.85	0.91	7,563	1.76	14,628
400	0.1257	3.90	1.00	10,860	1.82	18,765
500	0.1964	3.90	1.15	19,517	1.97	33,429
600	0.2827	3.80	1.27	31,017	2.03	49,583
700	0.3848	3.80	1.40	46,543	2.10	69,818
800	0.5026	3.95	1.56	67,754	2.14	92,947
900	0.6361	3.90	1.66	91,247	2.18	119,830
1000	0.7854	3.85	1.76	119,430	2.21	149,967
1100	0.9503					
1200	1.1310					

관내수량 개산표(管内水量 概算表)

단위 : ton

호칭지름 (mm)	관 연 장 (m)		
	1m당(kg)	1본당(ton)	1km당(ton)
80	5.62	0.02	5.62
100	8.56	0.04	8.56
125	13.31	0.07	13.31
150	19.1	0.1	19.1
200	33.9	0.2	33.9
250	52.66	0.32	52.66
300	75.44	0.45	75.44
350	102.3	0.61	102.3
400	132.6	0.8	132.6
450	166.83	1.0	166.83
500	205.78	1.24	205.78
600	294.98	1.77	294.98
700	400.18	2.4	400.18
800	522.7	3.14	522.7
900	660.1	3.96	660.1
1000	813.51	4.88	813.51
1100	970.69	5.82	970.69
1200	1170.31	7.02	1170.31

간선제수변(幹線制水弁)By-Pass에 의한 관만수소요시간(管滿水所要時間)

(관장(管掌) 100m당/분)

본관경(本管徑) D(mm)

By-Pass 경(徑) d(mm)

제수변수압(制水弁水壓) H(m)

By-Pass 유속(流速) $V = 8\sqrt{2gh}$ 100m만수시간(滿水時間) $\frac{\pi D^2}{4} \times 100 / V \frac{\pi d^2}{4} \times 60$

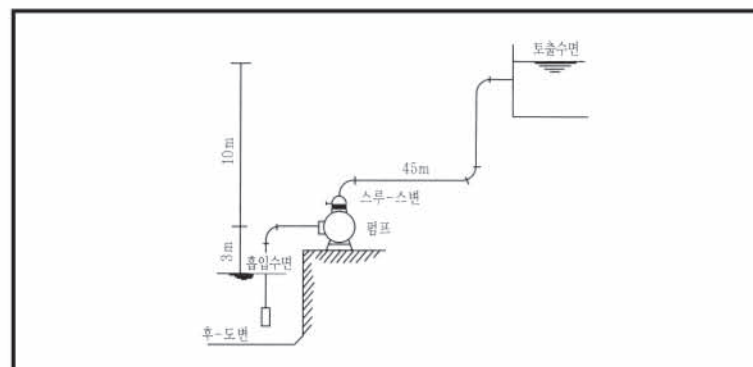
만수시간표(滿水時間表)(100m당/분)

호칭 지름 D	제수변 By-Pass d(mm)	수압(kg/cm ²)				호칭 지름 D	제수변 By-Pass d(mm)	수압(kg/cm ²)			
		0.5	1.0	2.0	3.0			0.5	1.0	2.0	3.0
400mm	100	12분	10분	6분	10분	900mm	200	14분	10분	7분	6분
450	"	14	11	7	5	1000	"	17	12	9	7
500	"	16	12	8	6.5	1100	"	21	15	11	9
600	"	18	13	9	8	1200	250	16	12	8	6
700	150	15	11	8	6	1350	"	20	15	10	8.5
800	"	20	14	11	8	1500	300	17	13	9	7

(예) 압력 3kg/cm², 900mm 제수변간(制水弁間)(만수할 관장(管長) 800m
인 경우, 만수소요시간(滿水所要時間)은

(解) $6 \times 8 = 48$ (분)

「펌프」의 전양정계산예 (全揚程計算例)



<가정>

펌프구경 100mm

토출구, 흡입구관경 100mm

토출량 0.85m³/min

흡입실양정 3m

토출실양정 10m

흡입관전장 5m

토출관전장 45m

45° 곡관 4개

후-도변(弁)(스트레-나부(付) 1개

스루-스변 1개

실양정(實揚程) $h_a = 10 + 3 = 13\text{m}$ $Q = 0.85\text{m}^3/\text{min} \div 60 = 0.0142\text{m}^3/\text{sec}$

$$Q = Av \quad \therefore v = \frac{Q}{A} = \frac{0.0142}{0.785 \times 0.1^2} \div 1.8\text{m}$$

$$\text{속도수두(速度水頭)} \quad h_r = \frac{v^2}{2g} = \frac{1.8^2}{2 \times 9.8} \div 0.17\text{m}$$

직관의 마찰저항

h_f 는 Kutter 공식에서 $n=0.011$ 로 하면, $f \div 0.038$

$$\begin{aligned} \therefore h_f &= f \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g} \text{부터} \\ &= 0.038 \times \frac{45}{0.1} = \frac{1.8^2}{2 \times 9.8} \div 2.9\text{m} \end{aligned}$$

45° 곡관의 손실수두 $hb = fb \times \frac{v^2}{2g}$

관경 100mm인 경우 $fb = 0.06$

4개소분의 $hb = 0.06 \times \frac{v^2}{2g} \times 4 = 0.06 \times \frac{1.8^2}{2 \times 9.8} \times 4 \approx 0.043\text{m}$

후-도변 $hb_1 = 2 \times \frac{v^2}{2g} = 2 \times \frac{1.8^2}{2 \times 9.8} = 0.2 \times 0.17 = 0.34\text{m}$

스루-스변 $hb_2 = 0.2 \times \frac{v^2}{2g} = 0.2 \times 0.17 = 0.03\text{m}$

전저항손실수두(全抵抗損失水頭) $hf = h_v + hb + hb_1 + hb_2$
 $= 2.9 + 0.043 + 0.34 + 0.03 \approx 3.32\text{m}$

전양정(全揚程) $H = ha + hr + hf = 13.0 + 0.17 + 3.32$
 $= 16.49 \approx 17\text{m}$

고(故)로 펌프의 전양정을 17m로 한다.

원동기용량의 결정공식

(1) 축동력 $P = \frac{(\text{수동력})}{\eta} = \frac{0.163rQH}{\eta}$ (KW)

Q : 양수량 $\text{m}^3/\text{mm} = \frac{0.222rQH}{\eta}$ (H, P)

H : 전양정 m

r : 물의 단위측정중량 kg/ℓ (상온정수 $r=1$)

η : 펌프효율

(2) 원동기출력 $R = \frac{P \times (1+\alpha)}{\eta}$ (KW)

α : 여유율 전동기때 0.1

Engine때 0.2(대형)~0.25(소형)

η : 전동효율

직결때 1

평 Velt때 0.9

V Velt때 0.95

spur Gear때 0.92~0.95

Herical Gear때 0.95~0.98

(3) 비회전도 $NS = \frac{N\sqrt{Q}}{H^{3/4}}$

Q : 최고효율점의 양수량 m^3/min

(양최입(兩最入)때는 양수량의 $1/2$)

H : 최고효율점의 전양정 m

(다단(多段)펌프 때는 1단양정(段揚程)만 적용)

N : 매분회전수(每分回轉數) $r \cdot p \cdot m$

(4) 전동기회전수

동기속도 $No = \frac{120}{P} f$

f : 사이클(c/r) s

P : 극수

회전자속도 $N = No(1-S)$

S : 슬립 2~6%

Williams Hazen 공식 (1)

본 표의 계산은 윌리엄스 · 하젠(Williams Hazen)공식에 의한 것이며 공식은 다음과 같음.

$$V = 0.84935 C \cdot R^{0.63} \cdot I^{0.54} \text{ (m/sec)}$$

$$Q = AV$$

여기에 V=평균유속(m/sec)

C=유속계수

R=경심(徑深)=D/4(m)

I=동수구배(動水勾配)=h/L

h=장(長)L(m)에 대한 마찰손실수두(m)

D=관내경(m)

Q=유량

A=관단면적=유적(流積)(m²)

상식(上式)에서 C는 유속계수로서 본표에서는

C=100 C=130에 대하여서만 계산하였음.

Williams Hazen 공식 (2)

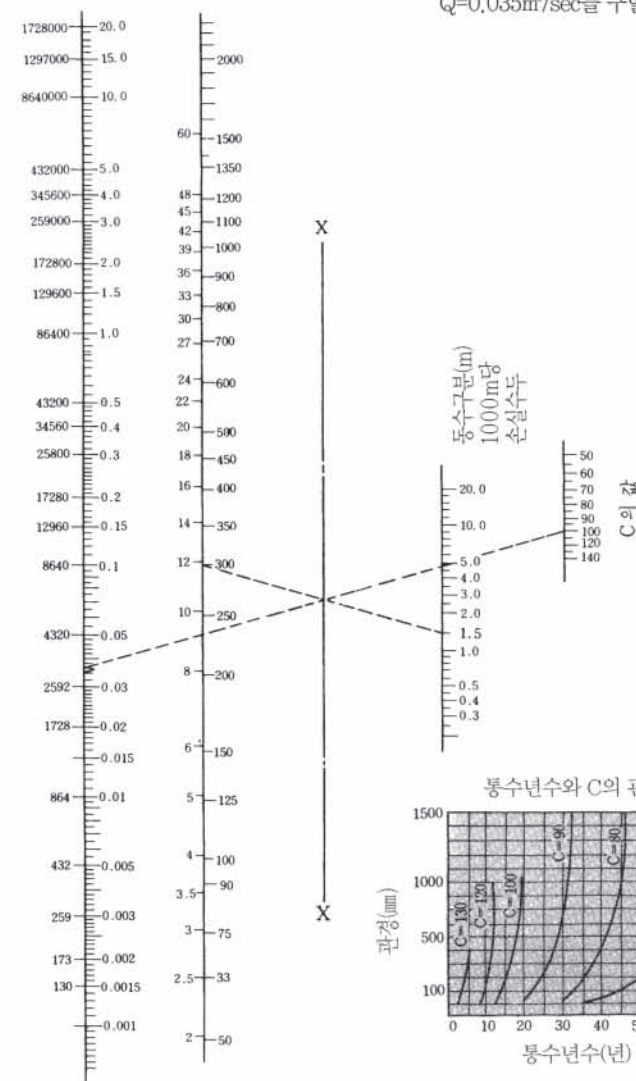
유량Q

m³/day)(m³/sec) (IN)(mm)

유량Q

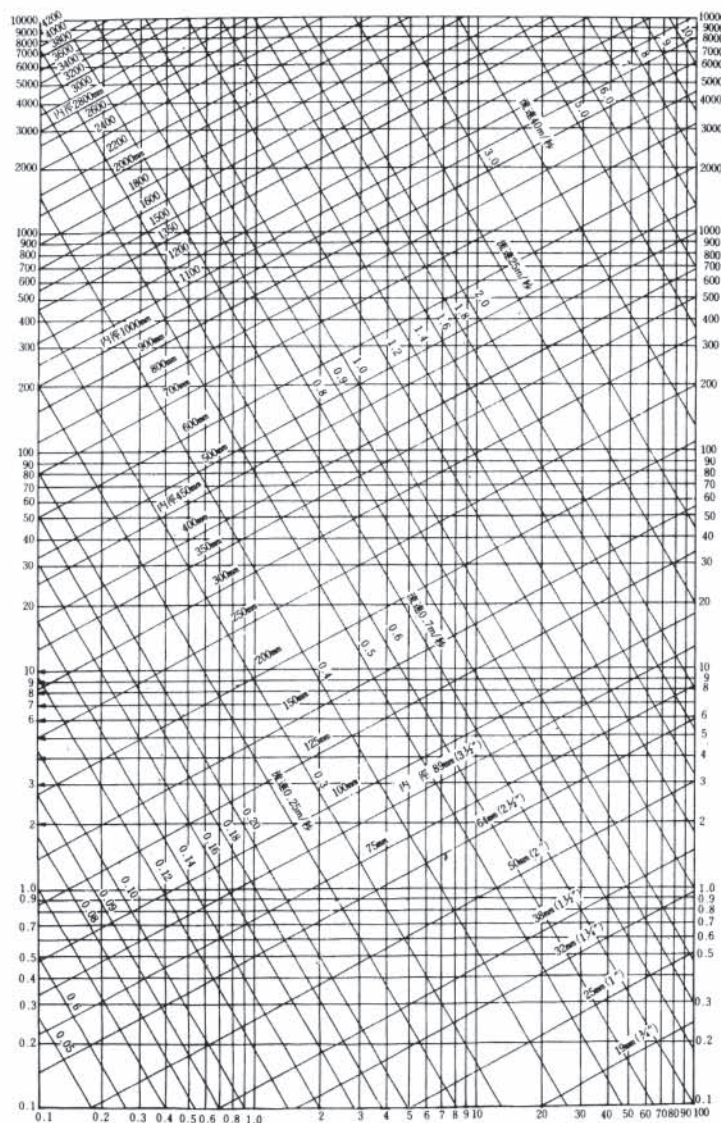
m³/day)(m³/sec) (IN)(mm)

(해) 그림에서 15년후의 관경 300mm와 구분 1.5를 연결하는 선과 X-X선과의 교점과 C=100을 연결하는 직선상에 유량 Q=0.035m³/sec를 구할 수 있다



Williams Hazen 공식에 의한 유량표

(C=100)



動水均配 (%)

유량표

D=100m/m

A=0.0785m²

R=0.025m

I x / 1000	C=100			C=130		
	V	Q		V	Q	
	m/sec	m ³ /sec	m ³ /day	m/sec	m ³ /sec	m ³ /day
1.0	0.199	0.00156	134.784	0.259	0.00203	175.392
1.2	0.220	0.00172	148.608	0.286	0.00224	193.536
1.4	0.239	0.00187	161.568	0.310	0.00243	209.952
1.6	0.257	0.00201	173.664	0.334	0.00262	226.368
1.8	0.273	0.00214	184.896	0.356	0.00279	241.056
2.0	0.289	0.00226	195.264	0.376	0.00295	254.880
2.5	0.327	0.00256	222.184	0.425	0.00333	287.712
3.0	0.360	0.00282	243.684	0.469	0.00368	317.952
3.5	0.392	0.00307	265.248	0.509	0.00399	344.736
4.0	0.421	0.00330	285.120	0.548	0.00430	371.520
4.5	0.449	0.00352	304.128	0.584	0.00458	395.712
5.0	0.475	0.00372	321.408	0.618	0.00485	419.040
6.0	0.524	0.00411	355.104	0.682	0.00535	462.240
7.0	0.570	0.00447	386.208	0.741	0.00581	501.984
8.0	0.612	0.00480	414.720	0.796	0.00624	539.136
9.0	0.653	0.00512	442.368	0.849	0.00666	575.424
10.0	0.691	0.00542	468.288	0.898	0.00704	608.256
12.0	0.736	0.00577	498.528	0.991	0.00777	671.328
14.0	0.829	0.00650	561.600	1.077	0.00845	730.080
16.0	0.890	0.00698	603.072	1.157	0.00908	784.512
18.0	0.949	0.00744	642.816	1.234	0.00968	836.352
20.0	1.005	0.00788	680.832	1.306	0.01025	885.600
24.0	1.109	0.00870	751.680	1.442	0.01131	977.184
28.0	1.205	0.00945	816.480	1.567	0.01230	1,062.720
30.0	1.251	0.00982	848.448	1.626	0.01276	1,102.464
35.0	1.360	0.01067	921.888	1.768	0.01387	1,198.368
40.0	1.461	0.01146	990.144	1.899	0.01490	1,287.360
45.0	1.557	0.01222	1,055.808	2.025	0.01589	1,372.896
50.0	1.648	0.01293	1,117.152	2.143	0.01682	1,453.248
60.0	1.819	0.01427	1,232.928	2.365	0.01856	1,603.584
70.0	1.977	0.01551	1,340.064	2.571	0.02018	1,743.552
80.0	2.124	0.01667	1,440.288	2.762	0.02168	1,873.152
90.0	2.264	0.01777	1,535.328	2.944	0.02311	1,996.704
100.0	2.397	0.01881	1,625.184	3.116	0.02446	2,113.344

D=150m/m

A=0.01767m²
R=0.0375m

I x / 1000	C=100			C=130		
	V	Q		V	Q	
	m/sec	m ³ /sec	m ³ /day	m/sec	m ³ /sec	m ³ /day
1.0	0.257	0.00454	392.256	0.334	0.00590	509.760
1.2	0.284	0.00501	432.864	0.369	0.00652	563.328
1.4	0.308	0.00544	470.016	0.401	0.00708	611.712
1.6	0.331	0.00584	504.576	0.431	0.00761	657.504
1.8	0.353	0.00623	538.272	0.459	0.00811	700.704
2.0	0.374	0.00660	570.240	0.486	0.00858	741.312
2.5	0.422	0.00745	643.680	0.549	0.00970	838.080
3.0	0.466	0.00823	711.072	0.606	0.01070	924.480
3.5	0.506	0.00894	772.416	0.658	0.01162	1,003.968
4.0	0.544	0.00961	830.304	0.707	0.01249	1,079.136
4.5	0.580	0.01024	884.736	0.754	0.01332	1,150.848
5.0	0.614	0.01084	936.576	0.798	0.01410	1,218.240
6.0	0.677	0.01196	1,033.344	0.881	0.01556	1,344.384
7.0	0.736	0.01300	1,123.200	0.957	0.01691	1,461.024
8.0	0.791	0.01397	1,207.008	1.029	0.01818	1,570.752
9.0	0.843	0.01489	1,286.496	1.096	0.01936	1,672.704
10.0	0.893	0.01577	1,362.528	1.160	0.02049	1,770.336
12.0	1.043	0.01842	1,591.488	1.280	0.02261	1,953.504
14.0	1.070	0.01890	1,632.960	1.392	0.02459	2,124.576
16.0	1.150	0.02032	1,755.648	1.495	0.02641	2,281.824
18.0	1.226	0.02166	1,871.424	1.594	0.02816	2,433.024
20.0	1.297	0.02291	1,979.424	1.687	0.02980	2,574.720
24.0	1.432	0.02532	2,187.648	1.862	0.03290	2,842.560
28.0	1.557	0.02751	2,376.864	2.024	0.03576	3,089.664
30.0	1.615	0.02853	2,464.992	2.100	0.03710	3,205.440
35.0	1.756	0.03102	2,680.128	2.283	0.04034	3,485.376
40.0	1.887	0.03334	2,880.576	2.453	0.04334	3,744.576
45.0	2.011	0.03553	3,069.792	2.615	0.04620	3,991.680
50.0	2.128	0.03760	3,248.640	2.767	0.04889	4,224.096
60.0	2.350	0.04152	3,587.328	3.055	0.05398	4,663.872
70.0	2.544	0.04512	3,898.368	3.320	0.05866	5,068.224
80.0	2.774	0.04848	4,188.672	3.567	0.06302	5,444.928
90.0	2.924	0.05166	4,463.424	3.801	0.06716	5,802.624
100.0	3.096	0.05470	4,726.080	4.025	0.07112	6,144.768

D=200m/m

A=0.03142m²
R=0.05m

I x / 1000	C=100			C=130		
	V	Q		V	Q	
	m/sec	m ³ /sec	m ³ /day	m/sec	m ³ /sec	m ³ /day
0.5	0.212	0.00666	575.424	0.275	0.00864	746.496
0.6	0.234	0.00735	635.040	0.304	0.00955	825.120
0.8	0.273	0.00857	740.448	0.355	0.01115	963.360
1.0	0.308	0.00967	835.488	0.401	0.01259	1,087.776
1.2	0.340	0.01068	922.752	0.442	0.01388	1,199.232
1.4	0.369	0.01159	1,001.376	0.480	0.01508	1,302.912
1.6	0.397	0.01247	1,077.408	0.516	0.01621	1,400.544
1.8	0.423	0.01329	1,148.256	0.550	0.01718	1,492.992
2.0	0.448	0.01407	1,215.648	0.582	0.01828	1,579.392
2.5	0.505	0.01586	1,370.304	0.657	0.02064	1,783.296
3.0	0.558	0.01753	1,514.592	0.725	0.02277	1,967.328
3.5	0.606	0.01904	1,645.056	0.788	0.02475	2,138.400
4.0	0.652	0.02048	1,769.472	0.847	0.02661	2,299.104
4.5	0.694	0.02180	1,883.520	0.903	0.02837	2,451.168
5.0	0.735	0.02309	1,994.976	0.956	0.03003	2,598.592
6.0	0.811	0.02548	2,201.472	1.055	0.03314	2,863.296
7.0	0.882	0.02771	2,394.144	1.146	0.03600	3,110.400
8.0	0.948	0.02978	2,741.472	1.232	0.03870	3,343.680
9.0	1.010	0.03173	2,572.992	1.313	0.04125	3,564.000
10.0	1.069	0.03358	2,901.312	1.390	0.04367	3,773.088
12.0	1.180	0.03707	3,202.848	1.534	0.04819	4,163.616
14.0	1.282	0.04028	3,480.192	1.667	0.05237	4,524.768
16.0	1.377	0.04326	3,737.664	1.790	0.05624	4,859.136
18.0	1.469	0.04615	3,987.360	1.909	0.05998	5,182.272
20.0	1.554	0.04882	4,218.048	2.021	0.06349	5,485.536
22.0	1.637	0.05143	4,443.552	2.128	0.06686	5,776.704
24.0	1.716	0.05391	4,657.824	2.230	0.07006	6,053.184
26.0	1.791	0.05627	4,861.728	2.328	0.07314	6,319.296
28.0	1.865	0.05859	5,062.176	2.424	0.07616	6,580.224
30.0	1.935	0.06079	5,252.256	2.515	0.07902	6,827.328
35.0	2.103	0.06607	5,708.448	2.734	0.08590	7,421.760
40.0	2.260	0.07100	6,134.400	2.933	0.09231	7,975.584
45.0	2.409	0.07569	6,539.616	3.132	0.09840	8,501.760
50.0	2.550	0.08012	6,922.368	3.315	0.10415	8,998.560

D=250m/m

A=0.04909m²
R=0.0625m

I x / 1000	C=100			C=130		
	V	Q		V	Q	
	m/sec	m ³ /sec	m ³ /day	m/sec	m ³ /sec	m ³ /day
1.0	0.355	0.01742	1,505.088	0.401	0.02263	1,955.232
1.2	0.391	0.01919	1,658.016	0.509	0.02498	2,158.272
1.6	0.457	0.02243	1,937.952	0.595	0.02920	2,522.880
1.8	0.487	0.02390	2,064.960	0.634	0.03112	2,688.768
2.0	0.516	0.02533	2,188.512	0.671	0.03293	2,845.152
2.5	0.582	0.02857	2,468.448	0.757	0.03716	3,210.024
3.0	0.642	0.03151	2,727.464	0.835	0.04099	3,541.536
3.5	0.698	0.03426	2,960.064	0.908	0.04457	3,850.848
4.0	0.750	0.03681	3,180.384	0.975	0.04786	4,135.104
4.5	0.800	0.03927	3,392.928	1.040	0.05105	4,410.720
5.0	0.846	0.04153	3,588.192	1.101	0.05404	4,669.056
6.0	0.934	0.04585	3,961.440	1.214	0.05959	5,148.576
7.0	1.015	0.04982	4,304.448	1.310	0.06479	5,597.856
8.0	1.091	0.05355	4,626.720	1.418	0.06960	6,013.440
9.0	1.163	0.05709	4,932.576	1.512	0.07422	6,412.608
10.0	1.231	0.06042	5,220.288	1.600	0.07854	6,785.856
12.0	1.358	0.06666	5,759.424	1.766	0.08669	7,490.016
14.0	1.476	0.07245	6,259.680	1.919	0.09420	8,138.880
16.0	1.585	0.07780	6,721.920	2.061	0.10117	8,741.088
18.0	1.691	0.08391	7,247.824	2.198	0.10789	9,321.696
20.0	1.789	0.08782	7,587.648	2.326	0.11418	9,865.152
22.0	1.884	0.09248	7,990.272	2.449	0.12022	10,387.008
24.0	1.975	0.09695	8,376.480	2.567	0.12601	10,887.264
26.0	2.062	0.10122	8,745.408	2.680	0.13156	11,366.784
28.0	2.147	0.10539	9,105.690	2.790	0.13696	11,833.344
30.0	2.228	0.10937	9,449.568	2.896	0.14216	12,282.624
35.0	2.422	0.11889	10,272.096	3.148	0.15453	13,351.392
40.0	2.602	0.12773	11,035.872	3.383	0.16607	14,348.448
45.0	2.774	0.13617	11,765.088	3.606	0.17701	15,293.664
50.0	2.935	0.14407	12,447.648	3.816	0.18732	16,184.448

D=300m/m

A=0.07069m²
R=0.075m

I x / 1000	C=100			C=130		
	V	Q		V	Q	
	m/sec	m ³ /sec	m ³ /day	m/sec	m ³ /sec	m ³ /day
1.0	0.398	0.02813	2,430.432	0.517	0.03654	3,157.056
1.2	0.439	0.03103	2,680.992	0.571	0.04036	3,487.104
1.6	0.513	0.03626	3,132.864	0.667	0.04715	4,073.760
1.8	0.547	0.03866	3,340.224	0.711	0.05026	4,342.464
2.0	0.579	0.04092	3,535.488	0.752	0.05315	4,592.160
2.5	0.653	0.04616	3,988.224	0.849	0.06001	5,184.864
3.0	0.720	0.05089	4,396.896	0.937	0.06623	5,722.272
3.5	0.783	0.05535	4,782.240	1.018	0.07196	6,217.344
4.0	0.842	0.05952	5,142.528	1.094	0.07733	6,681.312
4.5	0.897	0.06340	5,477.760	1.166	0.08242	7,121.088
5.0	0.949	0.06708	5,795.712	1.234	0.08723	7,536.672
6.0	1.048	0.07408	6,400.512	1.362	0.09627	8,317.728
7.0	1.139	0.08051	6,956.064	1.480	0.10462	9,039.168
8.0	1.224	0.08652	7,475.328	1.591	0.11246	9,716.544
9.0	1.304	0.09217	7,963.488	1.696	0.11989	10,358.496
10.0	1.381	0.09762	8,434.368	1.795	0.12688	10,962.432
12.0	1.524	0.10773	9,307.872	1.981	0.14003	12,098.592
14.0	1.656	0.11706	10,113.984	2.153	0.15219	13,149.216
16.0	1.778	0.12568	10,858.752	2.312	0.16343	14,120.352
18.0	1.897	0.13409	11,585.376	2.466	0.17432	15,061.248
20.0	2.007	0.14187	12,257.568	2.609	0.18443	15,934.752
22.0	2.114	0.14943	12,910.752	2.747	0.19418	16,777.152
24.0	2.215	0.15657	13,527.648	2.879	0.20351	17,583.264
26.0	2.313	0.16350	14,126.400	3.007	0.21256	18,365.184
28.0	2.408	0.17022	14,707.008	3.130	0.22125	19,116.000
30.0	2.499	0.17665	15,262.560	3.248	0.22960	19,837.440
35.0	2.716	0.19199	16,587.936	3.531	0.24960	21,565.440
40.0	2.919	0.20634	17,827.776	3.794	0.26819	23,171.616
45.0	3.111	0.21991	19,000.224	4.045	0.28594	24,705.216
50.0	3.292	0.23271	20,106.144	4.280	0.30255	26,140.320

D=350m/m

A=0.09621m²
R=0.0875m

I x / 1000	C=100			C=130		
	V	Q		V	Q	
	m/sec	m ³ /sec	m ³ /day	m/sec	m ³ /sec	m ³ /day
0.5	0.302	0.02905	2,509.920	0.392	0.03771	3,258.144
0.6	0.333	0.03203	2,767.392	0.433	0.04165	3,598.560
0.8	0.389	0.03742	3,233.088	0.505	0.04858	4,197.312
1.0	0.439	0.04223	3,648.672	0.570	0.05483	4,737.312
1.2	0.484	0.04656	4,022.784	0.629	0.06051	5,228.064
1.4	0.526	0.05060	4,371.840	0.684	0.06580	5,685.120
1.6	0.565	0.05435	4,695.840	0.735	0.07071	6,109.344
1.8	0.603	0.05801	5,012.064	0.784	0.07542	6,516.288
2.0	0.638	0.06138	5,303.232	0.829	0.07975	6,890.400
2.5	0.720	0.06927	5,984.928	0.936	0.09005	7,780.320
3.0	0.794	0.07639	6,600.096	1.033	0.09938	8,586.432
3.5	0.863	0.08302	7,172.928	1.122	0.10794	9,326.016
4.0	0.928	0.08928	7,713.792	1.206	0.11602	10,024.128
4.5	0.989	0.09515	8,220.960	1.285	0.12362	10,680.768
5.0	1.047	0.10073	8,703.072	1.361	0.13094	11,313.216
6.0	1.155	0.11112	9,600.768	1.502	0.14450	12,484.800
7.0	1.255	0.12074	10,431.936	1.632	0.15701	13,565.664
8.0	1.349	0.12978	11,212.992	1.754	0.16875	14,580.000
9.0	1.438	0.13834	11,952.576	1.869	0.17981	15,535.584
10.0	1.522	0.14643	12,651.552	1.979	0.19039	16,449.696
12.0	1.679	0.16153	13,956.192	2.183	0.21002	18,145.728
14.0	1.825	0.17558	15,170.112	2.373	0.22830	19,725.120
16.0	1.960	0.18857	16,292.448	2.548	0.24514	21,180.096
18.0	2.091	0.2017	17,381.088	2.718	0.26149	22,592.736
20.0	2.212	0.21282	18,336.784	2.876	0.27669	23,906.016
22.0	2.330	0.22416	19,367.424	3.029	0.29142	25,178.688
24.0	2.442	0.23494	20,298.816	3.174	0.30537	26,383.968
26.0	2.550	0.24533	21,196.512	3.314	0.31883	27,546.912
28.0	2.654	0.25534	22,061.376	3.450	0.33192	28,677.888
30.0	2.754	0.26496	22,892.544	3.581	0.34452	29,766.528
35.0	2.994	0.28805	24,887.520	3.892	0.37444	32,351.616
40.0	3.217	0.30950	26,740.800	4.183	0.40244	34,770.816
45.0	3.430	0.33000	28,512.000	4.459	0.42900	37,065.600
50.0	3.629	0.34914	30,165.696	4.718	0.45391	39,217.824

D=400m/m

A=0.012566m²
R=0.01m

I x / 1000	C=100			C=130		
	V	Q		V	Q	
	m/sec	m ³ /sec	m ³ /day	m/sec	m ³ /sec	m ³ /day
0.5	0.328	0.0412	3,559.680	0.427	0.05365	4,635.360
0.7	0.393	0.0493	4,259.520	0.511	0.06421	5,547.744
0.8	0.423	0.0531	4,587.840	0.550	0.06911	5,971.104
0.9	0.451	0.0566	4,890.240	0.586	0.07363	6,361.632
1.0	0.477	0.0599	5,175.360	0.620	0.07790	6,730.560
1.2	0.526	0.0660	5,702.400	0.685	0.08607	7,436.448
1.4	0.572	0.0718	6,203.520	0.744	0.09349	8,077.536
1.6	0.615	0.0772	6,670.080	0.800	0.10052	8,684.928
1.8	0.656	0.0824	7,119.360	0.852	0.10706	9,249.984
2.0	0.694	0.0872	7,534.030	0.902	0.11334	9,792.576
2.2	0.731	0.0918	7,931.520	0.950	0.11937	10,313.568
2.4	0.766	0.0962	8,311.680	0.996	0.12515	10,812.960
2.6	0.800	0.1005	8,683.200	1.040	0.13068	11,290.752
2.8	0.832	0.1045	9,028.800	1.082	0.13596	11,746.944
3.0	0.864	0.1085	9,374.400	1.123	0.14111	12,191.904
3.5	0.939	0.1179	10,186.560	1.221	0.15343	13,256.352
4.0	1.009	0.1267	10,946.880	1.312	0.16486	14,243.904
5.0	1.139	0.1431	12,363.840	1.480	0.18597	16,067.808
6.0	1.256	0.1578	13,633.920	1.633	0.20520	17,729.280
7.0	1.365	0.1715	14,817.600	1.775	0.22304	19,270.656
8.0	1.467	0.1843	15,923.520	1.908	0.23975	20,714.400
9.0	1.564	0.1965	16,977.600	2.033	0.25546	22,071.744
10.0	1.656	0.2080	17,971.200	2.152	0.27042	23,364.288
12.0	1.827	0.2295	19,828.800	2.375	0.29844	25,785.216
14.0	1.985	0.2494	21,548.160	2.581	0.32432	28,021.248
16.0	2.134	0.2681	23,163.840	2.774	0.34858	30,117.312
18.0	2.274	0.2857	24,684.480	2.957	0.37157	32,103.648
20.0	2.407	0.3024	26,127.360	3.129	0.39319	33,971.616
22.0	2.534	0.3184	27,569.760	3.295	0.41404	35,773.056
24.0	2.656	0.3337	28,831.680	3.453	0.43390	37,488.960
26.0	2.774	0.3485	30,110.400	3.606	0.45312	39,149.568
28.0	2.887	0.3627	31,337.280	3.753	0.47160	40,746.240
30.0	2.996	0.3764	32,520.960	3.895	0.48944	42,287.616
40.0	3.490	0.4385	37,886.400	4.550	0.57175	49,399.200

D=450m/m

A=0.15904m²
R=0.1125m

I x / 1000	C=100			C=130		
	V	Q		V	Q	
	m/sec	m ³ /sec	m ³ /day	m/sec	m ³ /sec	m ³ /day
0.5	0.353	0.0561	4,847.040	0.459	0.07299	6,306.336
0.6	0.390	0.0620	5,356.800	0.507	0.08063	6,966.432
0.8	0.455	0.0723	6,246.720	0.592	0.09415	8,134.560
1.0	0.514	0.0817	7,058.880	0.668	0.10623	9,178.272
1.2	0.567	0.0901	7,784.640	0.737	0.11721	10,126.944
1.4	0.616	0.0979	8,458.560	0.801	0.12739	11,006.496
1.6	0.662	0.1052	9,089.280	0.861	0.13693	11,830.752
1.8	0.706	0.1122	9,694.080	0.918	0.14599	12,613.536
2.0	0.747	0.1188	10,264.320	0.971	0.15442	13,341.888
2.2	0.787	0.1251	10,808.640	1.023	0.16269	14,056.416
2.4	0.825	0.1312	11,335.680	1.072	0.17049	14,730.336
2.6	0.861	0.1369	11,828.160	1.120	0.17812	15,389.568
2.8	0.896	0.1424	12,303.360	1.165	0.18528	16,008.192
3.0	0.930	0.1479	12,778.560	1.210	0.19243	16,625.952
3.5	1.011	0.1607	13,884.480	1.314	0.20897	18,055.008
4.0	1.087	0.1728	14,929.920	1.413	0.22472	19,415.808
4.5	1.158	0.1841	15,906.240	1.506	0.23951	20,693.664
5.0	1.226	0.1949	16,839.360	1.594	0.25350	21,902.400
6.0	1.353	0.2151	18,584.640	1.759	0.27975	24,170.400
7.0	1.470	0.2337	20,191.680	1.911	0.30392	26,258.688
8.0	1.580	0.2512	21,703.680	2.054	0.32666	28,223.424
9.0	1.684	0.2678	23,137.920	2.189	0.34813	30,078.432
10.0	1.783	0.2835	24,494.400	2.318	0.36865	31,851.360
12.0	1.967	0.3128	27,025.920	2.557	0.40666	35,135.424
14.0	2.138	0.3400	29,376.000	2.779	0.44197	38,186.208
16.0	2.298	0.3654	31,570.560	2.987	0.47505	41,044.320
18.0	2.449	0.3894	33,644.160	3.184	0.50638	43,751.232
20.0	2.591	0.4120	35,596.800	3.369	0.53580	46,293.120
22.0	2.729	0.4340	37,497.600	3.548	0.56427	48,752.928
24.0	2.860	0.4548	39,294.720	3.719	0.59146	51,102.144
26.0	2.287	0.4750	41,040.000	3.883	0.61755	53,356.320
28.0	3.109	0.4944	42,716.160	4.041	0.64268	55,527.552
30.0	3.226	0.5130	44,323.200	4.194	0.66701	57,629.664
40.0	3.768	0.5992	51,770.800	4.899	0.77913	67,316.832

D=500m/m

A=0.19635m²
R=0.125m

I x / 1000	C=100			C=130		
	V	Q		V	Q	
	m/sec	m ³ /sec	m ³ /day	m/sec	m ³ /sec	m ³ /day
0.5	0.378	0.0742	6,410.880	0.491	0.09640	8,328.960
0.6	0.417	0.0818	7,067.520	0.542	0.10642	9,194.688
0.8	0.487	0.0956	8,259.840	0.633	0.12428	10,737.792
1.0	0.549	0.1077	9,305.280	0.714	0.14019	12,112.416
1.2	0.606	0.1189	10,272.960	0.788	0.15472	13,367.808
1.4	0.659	0.1293	11,171.520	0.856	0.16807	14,521.248
1.6	0.708	0.1390	12,009.600	0.921	0.18083	15,623.712
1.8	0.755	0.1482	12,804.480	0.981	0.19261	16,641.504
2.0	0.799	0.1568	13,547.520	1.038	0.20381	17,609.184
2.2	0.841	0.1651	14,264.640	1.093	0.21461	18,542.304
2.4	0.882	0.1731	14,955.840	1.146	0.22501	19,440.864
2.6	0.920	0.1806	15,603.840	1.197	0.23503	20,306.592
2.8	0.958	0.1881	16,251.840	1.246	0.24465	21,137.760
3.0	0.995	0.1953	16,873.920	1.293	0.25388	21,935.232
3.5	1.081	0.2122	18,334.080	1.405	0.27587	23,835.168
4.0	1.162	0.2281	19,707.840	1.510	0.29648	25,615.872
4.5	1.238	0.2430	20,995.200	1.609	0.31592	27,295.488
5.0	1.311	0.2574	22,239.360	1.704	0.33458	28,907.712
6.0	1.466	0.2839	24,528.960	1.880	0.36913	31,892.832
7.0	1.572	0.3086	26,663.040	2.043	0.40114	34,658.496
8.0	1.689	0.3316	28,650.240	2.196	0.43118	37,253.952
9.0	1.800	0.3534	30,533.760	2.340	0.45945	39,696.480
10.0	1.906	0.3742	32,330.880	2.477	0.48635	42,020.640
12.0	2.103	0.4129	35,674.560	2.734	0.53682	46,381.248
14.0	2.285	0.4486	38,759.040	2.971	0.58335	50,401.440
16.0	2.456	0.4822	41,662.070	3.193	0.62694	54,167.616
18.0	2.618	0.5140	44,409.600	3.403	0.66817	57,729.888
20.0	2.770	0.5438	46,984.320	3.601	0.70705	61,089.120
22.0	2.917	0.5727	49,481.280	3.792	0.74455	64,329.120
24.0	3.058	0.6004	51,874.560	3.975	0.78049	67,434.336
26.0	3.193	0.6269	54,164.160	4.151	0.81504	70,419.456
28.0	3.323	0.6524	56,367.360	4.320	0.84823	73,287.072
30.0	3.448	0.6770	58,492.800	4.483	0.88023	76,051.872
40.0	4.028	0.7908	68,325.120	5.237	1.02828	88,843.392

D=600m/m

A=0.28274m²

R=0.15m

I x / 1000	C=100			C=130		
	V	Q		V	Q	
	m/sec	m ³ /sec	m ³ /day	m/sec	m ³ /sec	m ³ /day
0.5	0.424	0.1198	10,350.720	0.551	0.15578	13,459.392
0.6	0.468	0.1323	11,430.720	0.608	0.17190	14,852.160
0.8	0.546	0.1543	13,331.520	0.710	0.20074	17,343.936
1.0	0.616	0.1741	15,042.240	0.891	0.22047	19,567.008
1.2	0.680	0.1922	16,606.080	0.884	0.24994	21,594.816
1.4	0.739	0.2089	18,048.960	0.960	0.27143	23,451.552
1.7	0.794	0.2244	19,388.160	1.033	0.29207	25,234.848
1.8	0.846	0.2391	20,658.240	1.100	0.31101	26,871.264
2.0	0.896	0.2533	21,885.120	1.165	0.32939	28,459.296
2.2	0.943	0.2666	23,034.340	1.226	0.34663	29,948.832
2.4	0.989	0.2796	24,157.440	1.286	0.36360	31,415.040
2.6	1.032	0.2917	25,202.880	1.342	0.37943	32,782.752
2.8	0.175	0.3039	26,256.960	1.397	0.39498	34,126.272
3.0	1.115	0.3152	27,233.280	1.450	0.40997	35,421.408
3.5	1.212	0.3426	29,600.640	1.576	0.44559	38,498.976
4.0	1.303	0.3684	31,829.760	1.694	0.47896	41,382.144
4.5	1.388	0.3924	33,903.360	1.805	0.51034	44,093.376
5.0	1.470	0.4156	35,907.840	1.911	0.54031	46,682.784
6.0	1.622	0.4586	39,623.040	2.109	0.59629	51,519.456
7.0	1.763	0.4984	43,061.760	2.292	0.64804	55,990.656
8.0	1.895	0.5357	46,284.480	2.463	0.69638	60,167.232
9.0	2.019	0.5708	49,317.120	2.625	0.74219	64,125.216
10.0	2.137	0.6042	52,202.880	2.779	0.78573	67,887.062
12.0	2.358	0.6667	57,602.880	3.066	0.86688	74,898.432
14.0	2.563	0.7246	62,605.440	3.332	0.94208	81,395.712
16.0	2.755	0.7789	67,296.960	3.582	1.01277	87,503.328
18.0	2.936	0.8301	71,720.640	3.817	1.07921	93,243.744
20.0	3.107	0.8784	75,893.760	4.039	1.14198	98,667.072
22.4	3.272	0.9251	79,928.640	4.254	1.20277	103,919.328
24.0	3.429	0.9695	83,764.800	4.458	1.26045	108,902.880
26.0	3.581	1.0124	87,471.360	4.655	1.31615	113,715.360
28.0	3.727	1.0537	91,039.680	4.845	1.36987	118,356.768
30.0	3.868	1.0936	94,487.040	5.028	1.42161	122,827.104
40.0	4.518	1.2774	110,367.360	5.873	1.66053	143,469.792

D=700m/m

A=0.38485m²

R=0.175m

I x / 1000	C=100			C=130		
	V	Q		V	Q	
	m/sec	m ³ /sec	m ³ /day	m/sec	m ³ /sec	m ³ /day
0.40	0.414	0.1593	13,763.520	0.538	0.207	17,884.800
0.45	0.441	0.1697	14,662.080	0.573	0.220	19,008.000
0.50	0.467	0.1797	15,526.080	0.607	0.233	20,131.200
0.60	0.515	0.1981	17,115.840	0.670	0.257	22,204.800
0.70	0.560	0.2155	18,619.200	0.728	0.280	24,192.000
0.80	0.602	0.2316	20,010.240	0.782	0.300	25,920.000
0.90	0.641	0.2466	21,306.240	0.834	0.320	27,648.000
1.00	0.679	0.2613	22,576.320	0.883	0.339	29,289.600
1.20	0.749	0.2882	24,900.480	0.974	0.394	32,313.600
1.40	0.814	0.3132	27,060.480	1.059	0.407	35,164.800
1.60	0.875	0.3367	29,090.880	1.138	0.437	37,756.800
1.80	0.933	0.3590	31,017.600	1.213	0.466	40,262.400
2.00	0.987	0.3798	32,814.720	1.284	0.494	42,681.600
2.50	1.114	0.4287	37,039.680	1.448	0.557	48,124.800
3.00	1.229	0.4729	40,858.560	1.598	0.614	53,049.600
3.50	1.336	0.5141	44,418.240	1.737	0.668	57,715.200
4.00	1.464	0.5526	47,744.640	1.867	0.718	62,035.200
4.50	1.530	0.5888	50,872.320	1.989	0.765	66,096.000
5.00	1.620	0.6234	53,861.760	2.106	0.810	69,984.000
6.00	1.788	0.6881	59,451.840	2.324	0.894	77,241.600
7.00	1.943	0.7477	64,601.280	2.526	0.972	83,980.800
8.00	2.088	0.8035	69,442.400	2.715	1.044	90,201.600
9.00	2.225	0.8562	73,975.680	2.893	1.113	96,163.200
10.00	2.356	0.9067	78,338.880	3.063	1.178	101,779.200
11.00	2.480	0.9544	82,460.160	3.224	1.240	107,136.000
12.00	2.559	1.0002	86,417.280	3.379	1.300	112,320.000
13.00	2.714	1.0444	90,236.160	3.528	1.357	117,244.800
14.00	2.825	1.0872	93,934.080	3.672	1.413	122,083.200
15.00	2.931	1.1279	97,450.560	3.811	1.466	126,662.400
16.00	3.036	1.1684	100,949.760	3.947	1.519	131,241.600
17.00	3.138	1.2076	104,336.640	4.080	1.570	135,648.000
18.00	3.236	1.2453	107,593.920	4.207	1.619	139,881.600
19.00	3.332	1.2823	110,790.720	4.331	1.666	143,942.400
20.00	3.424	1.3177	113,849.280	4.452	1.713	148,003.200

D=800m/m

A=0.50266m²
R=0.2m

I x / 1000	C=100			C=130		
	V	Q		V	Q	
	m/sec	m ³ /sec	m ³ /day	m/sec	m ³ /sec	m ³ /day
0.40	0.450	0.226	19,526,400	0.585	0.294	25,401,600
0.45	0.480	0.241	20,822,400	0.623	0.313	27,043,200
0.50	0.508	0.255	22,032,000	0.660	0.331	28,598,400
0.60	0.560	0.281	24,278,400	0.729	0.366	31,622,400
0.70	0.609	0.306	26,438,400	0.792	0.398	34,387,200
0.80	0.654	0.328	28,339,200	0.851	0.427	36,892,800
0.90	0.698	0.350	30,240,000	0.907	0.455	39,312,000
1.00	0.739	0.371	32,054,400	0.960	0.482	41,644,800
1.20	0.815	0.409	35,337,600	1.060	0.532	45,964,800
1.40	0.885	0.444	38,361,600	1.151	0.578	49,939,200
1.60	0.952	0.478	41,299,200	1.238	0.622	53,740,800
1.80	1.015	0.510	44,064,000	1.319	0.663	57,283,200
2.00	1.074	0.539	46,589,600	1.396	0.701	60,566,400
2.50	1.211	0.608	52,531,200	1.575	0.791	68,342,400
3.00	1.337	0.672	58,060,800	1.738	0.873	75,427,200
3.50	1.453	0.730	63,072,000	1.889	0.949	81,993,600
4.00	1.562	0.785	67,824,000	2.030	1.020	88,128,000
4.50	1.664	0.836	72,230,400	2.164	1.087	93,916,800
5.00	1.762	0.885	76,464,000	2.291	1.151	99,446,400
6.00	1.944	0.977	84,412,800	2.528	1.270	109,728,000
7.00	2.113	1.062	91,756,800	2.747	1.380	119,232,000
8.00	2.271	1.141	98,582,400	2.952	1.483	128,131,200
9.00	2.420	1.216	105,062,400	3.147	1.581	136,598,400
10.00	2.562	1.287	111,296,800	3.331	1.674	144,633,600
11.00	2.697	1.355	117,072,000	3.506	1.762	152,236,800
12.00	2.827	1.421	122,774,400	3.675	1.847	159,580,800
13.00	2.952	1.488	128,131,200	3.837	1.928	166,579,200
14.00	3.072	1.544	133,401,600	3.994	2.007	173,404,800
15.00	3.188	1.602	138,412,800	4.145	2.083	179,971,200
16.00	3.302	1.659	143,337,600	4.293	2.157	186,364,800
17.00	3.413	1.715	148,176,000	4.437	2.230	192,672,000
18.00	3.519	1.768	152,755,200	4.575	2.299	198,633,600
19.00	3.623	1.821	157,334,400	4.710	2.367	204,508,800
20.00	3.724	1.871	161,654,400	4.841	2.433	210,211,200

D=900m/m

A=0.63617m²
R=0.225m

I x / 1000	C=100			C=130		
	V	Q		V	Q	
	m/sec	m ³ /sec	m ³ /day	m/sec	m ³ /sec	m ³ /day
0.40	0.485	0.308	26,611,200	0.631	0.401	34,646,400
0.45	0.517	0.328	28,339,200	0.672	0.427	36,892,800
0.50	0.547	0.347	29,980,800	0.711	0.452	39,052,800
0.60	0.604	0.384	33,177,600	0.785	0.499	43,113,600
0.70	0.656	0.417	36,028,800	0.853	0.542	46,828,800
0.80	0.705	0.448	38,707,200	0.917	0.583	50,371,200
0.90	0.751	0.477	41,212,600	0.977	0.621	53,654,400
1.00	0.762	0.484	41,817,600	1.034	0.657	56,764,800
1.20	0.878	0.558	48,211,200	1.141	0.725	62,640,000
1.40	0.954	0.606	52,358,400	1.240	0.788	68,083,200
1.60	1.005	0.639	55,209,600	1.333	0.848	73,267,200
1.80	1.093	0.695	60,048,000	1.421	0.903	78,019,200
2.00	1.157	0.736	63,590,400	1.504	0.956	82,598,400
2.50	1.305	0.830	71,712,000	1.697	1.079	93,225,600
3.00	1.440	0.916	79,142,400	1.873	1.191	102,902,400
3.50	1.565	0.995	85,968,000	2.035	1.294	111,801,600
4.00	1.682	1.070	92,448,000	2.187	1.391	120,182,400
4.50	1.793	1.140	98,496,000	2.331	1.482	128,044,800
5.00	1.898	1.207	104,284,800	2.468	1.570	135,648,000
6.00	2.094	1.332	115,084,800	2.723	1.732	149,644,800
7.00	2.276	1.447	125,020,800	2.959	1.882	162,004,800
8.00	2.446	1.557	134,438,400	3.180	2.023	174,787,200
9.00	2.607	1.658	143,521,200	3.389	2.155	186,192,000
10.00	2.760	1.755	151,632,000	3.588	2.282	197,164,800
11.00	2.905	1.848	159,667,200	3.777	2.402	207,532,800
12.00	3.045	1.937	167,456,800	3.959	2.518	217,555,200
13.00	3.180	2.023	174,787,200	4.134	2.629	227,145,600
14.00	3.310	2.105	181,872,000	4.302	2.736	236,390,400
15.00	3.434	2.184	188,697,600	4.465	2.840	245,376,000
16.00	3.557	2.262	195,436,800	4.625	2.942	254,188,800
17.00	3.676	2.338	202,003,200	4.779	3.040	262,656,000
18.00	3.791	2.411	208,310,400	4.928	3.135	270,864,000
19.00	3.903	2.482	214,444,800	5.074	3.227	278,812,800
20.00	4.012	2.552	220,492,800	5.215	3.317	286,588,800

D=1,000m/m

A=0.7854m²
R=0.25m

I x / 1000	C=100			C=130		
	V	Q		V	Q	
	m/sec	m ³ /sec	m ³ /day	m/sec	m ³ /sec	m ³ /day
0.40	0.518	0.406	35,078.400	0.674	0.529	45,705.600
0.45	0.552	0.433	37,411.200	0.718	0.563	48,643.200
0.50	0.585	0.459	39,657.600	0.760	0.596	51,494.400
0.60	0.645	0.506	43,718.400	0.839	0.658	56,851.200
0.70	0.701	0.550	47,520.000	0.911	0.715	61,776.000
0.80	0.753	0.591	51,062.400	0.980	0.769	66,441.600
0.90	0.803	0.630	54,432.000	1.044	0.819	70,761.600
1.00	0.850	0.667	57,628.800	1.105	0.867	74,908.800
1.20	0.938	0.736	63,590.400	1.220	0.958	82,771.200
1.40	1.019	0.800	69,120.000	1.325	1.040	89,856.000
1.60	1.096	0.860	74,304.000	1.425	1.119	96,681.600
1.80	1.168	0.917	79,228.800	1.518	1.192	102,988.800
2.00	1.236	0.970	83,808.000	1.607	1.262	109,036.800
2.50	1.395	1.095	94,608.000	1.813	1.423	122,947.200
3.00	1.539	1.208	104,371.200	2.001	1.571	135,734.400
3.50	1.673	1.313	113,443.200	2.174	1.707	147,484.800
4.00	1.798	1.412	121,996.800	2.337	1.835	158,544.000
4.50	1.916	1.504	129,945.600	2.491	1.956	168,998.400
5.00	2.028	1.592	137,548.800	2.637	2.071	178,934.400
6.00	2.238	1.757	151,804.800	2.910	2.285	197,424.000
7.00	2.432	1.910	165,024.000	3.162	2.483	214,531.200
8.00	2.614	2.053	177,379.200	3.398	2.668	230,515.200
9.00	2.786	2.188	188,543.200	3.622	2.844	245,721.600
10.00	2.949	2.316	200,102.400	3.834	3.011	260,150.400
11.00	3.105	2.438	210,643.200	4.036	3.169	273,801.600
12.00	3.254	2.555	220,752.000	4.231	3.323	287,107.200
13.00	3.398	2.668	230,515.200	4.417	3.469	299,721.600
14.00	3.537	2.777	239,932.800	4.597	3.610	311,904.000
15.00	3.670	2.882	249,004.800	4.771	3.747	323,740.800
16.00	3.801	2.985	257,904.000	4.942	3.881	335,318.400
17.00	3.929	3.085	266,544.000	5.107	4.011	346,550.400
18.00	4.051	3.181	274,838.400	5.266	4.135	357,264.000
19.00	4.171	3.275	282,860.000	5.422	4.258	367,891.200
20.00	4.287	3.367	290,908.800	5.573	4.377	378,172.800

D=1,100m/m

A=0.95033m²
R=0.275m

I x / 1000	C=100			C=130		
	V	Q		V	Q	
	m/sec	m ³ /sec	m ³ /day	m/sec	m ³ /sec	m ³ /day
0.25	0.427	0.405	34,992.000	0.555	0.527	45,532.800
0.30	0.471	0.447	38,620.800	0.612	0.581	50,198.400
0.35	0.512	0.485	41,990.400	0.665	0.631	54,518.400
0.40	0.550	0.522	45,100.800	0.716	0.680	58,752.000
0.45	0.586	0.556	48,038.400	0.762	0.724	62,553.600
0.50	0.621	0.590	50,976.000	0.807	0.766	66,182.400
0.60	0.685	0.650	56,160.000	0.891	0.846	73,094.400
0.70	0.744	0.707	61,084.800	0.968	0.919	79,401.600
0.80	0.800	0.760	65,664.000	1.040	0.988	85,363.200
0.90	0.853	0.810	69,984.000	1.109	1.053	90,979.200
1.00	0.903	0.858	74,131.200	1.174	1.115	96,336.000
1.20	0.996	0.946	81,734.000	1.295	1.230	106,272.000
1.40	1.082	1.028	88,819.200	1.407	1.337	115,516.800
1.60	1.164	1.106	95,558.400	1.513	1.437	124,156.800
1.80	1.240	1.178	101,779.200	1.612	1.531	132,278.400
2.00	1.312	1.246	107,654.400	1.706	1.621	140,054.400
2.20	1.382	1.313	113,443.200	1.797	1.707	147,484.800
2.40	1.449	1.377	118,972.800	1.884	1.790	154,656.000
2.60	1.513	1.437	124,156.800	1.967	1.869	161,481.600
2.80	1.575	1.496	129,254.400	2.047	1.945	168,048.000
3.00	1.634	1.552	134,092.800	2.125	2.019	174,441.600
3.50	1.776	1.687	145,756.800	2.309	2.194	189,561.600
4.00	1.909	1.814	156,729.600	2.482	2.358	203,731.200
4.50	2.034	1.932	166,924.800	2.645	2.513	217,123.200
5.00	2.154	2.047	176,860.800	2.800	2.660	229,824.000
6.00	2.377	2.258	195,091.200	3.090	2.936	253,670.400
7.00	2.582	2.453	211,939.200	3.357	3.190	275,616.000
8.00	2.776	2.638	227,923.200	3.608	3.428	296,179.200
9.00	2.958	2.811	242,870.400	3.846	3.654	315,705.600
10.00	3.131	2.975	251,040.000	4.071	3.868	334,195.200

D=1,200m/m

A=0.7854m²
R=0.25m

I x / 1000	C=100			C=130		
	V	Q		V	Q	
	m/sec	m ³ /sec	m ³ /day	m/sec	m ³ /sec	m ³ /day
0.10	0.274	0.309	26,697,600	0.357	0.403	34,819,200
0.12	0.303	0.342	29,548,800	0.394	0.445	38,448,000
0.16	0.354	0.400	34,560,000	0.460	0.520	44,928,000
0.20	0.400	0.452	39,052,800	0.520	0.588	50,803,200
0.25	0.451	0.510	44,064,000	0.586	0.662	57,196,800
0.30	0.497	0.562	48,556,800	0.647	0.731	63,158,400
0.35	0.541	0.611	52,790,400	0.703	0.795	68,688,000
0.40	0.581	0.657	56,764,800	0.756	0.855	73,872,000
0.45	0.617	0.700	60,480,000	0.805	0.910	78,624,000
0.50	0.656	0.741	64,022,400	0.853	0.964	83,289,600
0.60	0.724	0.818	70,675,200	0.941	1.064	91,929,600
0.70	0.786	0.888	76,723,200	1.022	1.155	99,792,000
0.80	0.845	0.955	82,512,000	1.099	1.242	107,308,800
0.90	0.901	1.019	88,041,600	1.171	1.324	114,393,600
1.00	0.954	1.078	93,139,200	1.240	1.402	121,132,800
1.20	1.052	1.189	102,729,600	1.368	1.547	133,660,800
1.40	1.143	1.292	111,628,800	1.487	1.681	145,238,400
1.60	1.229	1.389	120,009,600	1.598	1.807	156,124,800
1.80	1.310	1.481	127,958,400	1.703	1.926	166,406,400
2.00	1.386	1.567	135,388,800	1.803	2.039	176,169,600
2.20	1.460	1.651	142,646,400	1.898	2.146	185,414,400
2.40	1.530	1.730	149,472,000	1.990	2.250	194,400,000
2.60	1.598	1.807	156,124,800	2.078	2.350	203,040,000
2.80	1.663	1.880	162,432,000	2.162	2.445	211,248,000
3.00	1.727	1.953	168,739,200	2.245	2.539	219,369,600
3.55	1.876	2.121	183,254,400	2.439	2.758	238,291,200
4.00	2.017	2.281	197,078,400	2.622	2.965	256,176,000
4.50	2.149	2.430	209,952,000	2.794	3.159	272,937,600
5.00	2.275	2.572	222,220,800	2.958	3.345	289,008,000
6.00	2.511	2.839	245,289,600	3.264	3.691	318,942,400
7.00	2.728	3.085	266,544,000	3.547	4.011	346,550,400
8.00	2.932	3.316	286,502,400	3.812	4.311	372,470,400
9.00	3.125	3.534	305,337,600	4.063	4.595	397,008,000
10.00	3.308	3.741	323,222,400	4.301	4.864	420,249,600

8. 상·하수도 관로의 관종선정

1) 관종선정 기준

상·하수도관의 관종선정은 관종에 따라 경제성, 시공성, 수밀성, 내구성 및 유지관리성 등을 비교 검토하여 관로의 특성 및 과거 실적 등을 고려하여 결정하여야 한다.

현재 국내에서 사용되고 있는 중대구경 상수도 관종에는 덕타일 주철관과 강관이 사용되어 왔다. 이는 과거 시공상 축적된 경험 및 시공의 확실성 내지 신뢰성 등에 의한 것이라 사료된다.

(1) 관종별특성 및 경제성 비교

이에 따라 덕타일 주철관과 강관의 일반적인 특성을 비교, 검토 하였으며 관경별로 단위길이당 공사비를 비교하여 본 결과는 다음과 같다.

※ D=1200mm까지 덕타일 주철관이 강관보다 경제적임.

(단순하게 강관의 시공비절감만을 고려 할 때 장대강관 사용을 검토할 수도 있으나 공사현장여건에 대한 고려와 운반차량(트레일러)진입시 교통장애 유발과 대형크레인 등의 현장사용 등 시공상 어려운 점 등을 감안하여 검토하여야 한다.

(2) 관종선정

관종의 특성상 각각 장단점을 가지고 있으나

- m당 표준공사비 면에서 덕타일 주철관 생산구경(1200mm)까지 장대강관과 비교하여 덕타일 주철관이 저렴하며,
- 시공성이 간편하고 접합이 용이하여 우기나 지하수 유출지역에 서도 시공이 가능하여 공기를 단축할 수 있는 덕타일주철관 사용이 훨씬 유리하며,

- 광역상수도과 같이 주변사항이 관로의 전식에 대한 영향이 비교적 적은 지역에서도 미주전류와 토양에 의한 부식환경을 고려하여 강관 부설시에는 전식방지시설이 필수적이므로,
- 향후 관로 주변여건의 변화로 인한 전식이나 토양의 부식 등에 영향이 없고 내구성이 우수하며, 유지관리에 편리한 덕타일 주철관을 사용하는 것이 타당하다고 사료됨.

2) 관종별 특성비교

관종		구분		덕타일 주철관	관련규격	상수도용 도복장강관	관련규격
개요		선철과 고철을 용융 특수합금하여, 원심 주조한 관의 내부에 시멘트 모르타르 라이닝 하여 만든관		KS D4311		열연강판이나 코일을 전기용접 조관하여 내·외부에 부식 방지 도장을 한 관	KS D3565
생산 규격	국내	φ80~1200		KS D4311		φ80~3000	KS D3565
	해외	φ65~3000		JIS G5526		φ80~3000	
관 두께 (2종관)		600	11.0mm	KS D4311	600	6.0mm	KS D3565
		700	12.0		700	6.0	
		800	13.0		800	7.0	
		900	14.0		900	7.0	
		1000	15.0		1000	8.0	
		1100	16.0		1100	9.0	
		1200	17.0		1200	9.0	
물리적 성능		인장강도 : 4300kgf/cm ²		KS D4311	인장강도 : 4100kgf/cm ²		KS D3565
		열팽창계수 : 1.0*10 ⁻⁵ /℃			열팽창계수 : 1.1*10 ⁻⁵ /℃		
		탄성계수 : 1.6*10 ⁴ kg/mm ²			탄성계수 : 2.1*10 ⁴ kg/mm ²		
시험수압 (kgf/cm ²)		직관 : (2종관) 60~32		KS D4311	직관 : (STWW B) 60~32		KS D3565
		이형관 : 20~30		KS D4308	이형관 : 12~20		KS D3578
		접합부 : 50~100					
		최대굴곡시 : 30~100					
관의 연결		KP접합, 타이튼 메커니컬, 플랜지접합		KS D4311	용접 또는 플랜지접합 φ800이하 내부도장불가		KS D3565
관로사고율		0.14건/KM			0.48건/KM		환경부 상수도 통계(2010)
내구연한		30년		지방공기업법 시행규칙	30년		지방공기업법

○ 덕타일 주철관의 내식성

구분	관종	덕타일 주철관	도복장강관
전기저항		50 - 70($\mu\Omega$ - cm)	10 - 20($\mu\Omega$ - cm)
부식성		타관종에 비해 전기저항이 크고 고무링으로 연결되어 관로가 하나의 불연속체이므로 장대전류의 영향을 받지 않으므로 전식에 우려가 없다.	전기저항이 적고 관로가 연속적으로 연결되어 장대전류에 의한 전식 우려가 커서 별도의 전식 설비가 필요하다.

3) 관종별 경제성 비교

관로의 건설비용은 설계조사비, 재료비, 용지비, 공사비 등 건설시에 요구 되는 초기투자비용과 시설물운전비와 사고, 누수에 의한 유지관리비 및 관의 내용연수를 고려한 감가상각비를 포함한 전체비용을 검토하여야 하는데, 검토결과 주철관이 경제적이다.

○ 유지관리비용사고 및 누수에 의한 유지관리비

관로의 연간 유지관리비는 관종별 사고율에 따라 유지관리비가 크게 차이가 나타나며, 누수발생율이 높은 강관이 덕타일 주철관보다 3배이상의 유지관리가 소요됨.

2010년 환경부 통계	덕타일 주철관	강 관	비용발생율
km당 누수발생 건 수	0.14	0.48	주철관의 약3배

4) 시공성

관종 구분	덕타일 주철관	도복장강관
시 공	○ 간편하고 경제적이다 ○ 날씨와 지하수등 자연조건변화에 관계없이 일일계획량을 일정하게 시공 할 수 있기 때문에 시공계획 수립이 용이하고 공기도 짧아 경제적이다. ○ 도심혼잡구간 및 미개발지역에서도 특수한 장비나 기술이 없어도 시공 ○ 접합부 조인트에 필요한 최소굴착만으로 시공이 가능하여 토목공사비가 저렴하다. ○ 연결부가 고무링으로 되어 있어 지반의 이동이나 침하에 잘 적응하고 전식에 대한 우려가 없어 별도의 전식설비가 필요없다. ○ 부단수천공으로 분기관설치가 용이하다. ○ 관이 무거워 과거 인력 시공시에는 시공이 어려웠으나 장비의 사용으로 용이하게 되었고 하천구간 등에서 지하수위 상승시 부상의 우려가 적다. ○ 단순한 볼트만으로 체결하므로 시공시 인체에 미치는 영향이 전혀없다.	○ 용접시 고도의 기술을 요하고 접합부에 도복을 완벽하게 하기 어려워 시공이 불편하다. ○ 용접후 25시간내지 14일이내에 내외부도복을 하면 수소가스에 의한 도복장의 박리가 일어나 수명이 떨어진다. ○ 수중이나 우천 등의 기후조건에는 작업이 불가능하여 공기가 길어진다. ○ 강재의 일체로 연결되어 있어 관로의 연장이 긴곳에서는 반드시 신축과 전식방지시설을 하여야 한다. ○ 지진이나 연약지반의 부등침하시 용접부괴리현상 및 도장의 박리현상 발생. ○ 부단수천공으로 분기관설치가 용이하다. ○ 관이 주철관보다 가벼워 하천구간에 사용시에는 지하수위에 의해 부상의 우려가 있다. ○ 용접작업중 시공시 인체에 나쁜 영향을 줄 수 있으며, 현장도복의 경우 관이 수명을 크게 단축시킨다.
유 지 관 리	○ 관로탐사가 용이하고, 규격품이 다양하므로 완벽한 보수작업이 용이하다. ○ 절관 및 분기작업이 용이하다. ○ 이설 및 철거시 분해가 용이하다. ○ 온도변화나 매설환경의 변화에 영향을 받지 않는다.	○ 관로탐사는 용이하나, 보수작업시 보수부분의 내부도장이 어려워 관의 수명이 단축된다. ○ 절관 및 분기작업이 어렵다. ○ 온도변화나 매설환경의 변화에 따라 도복손상이 쉽고 관의 수명이 단축된다.
관 로 사고율 (환경부2010)	0.14건/km	0.48건/km

○ 덕타일 주철관과 도복장강관은 품질과 경제성이 다릅니다.

구 분	덕타일 주철관	도복장강관	비 고
원료 및 제조방법	선철과 고철을 용선로에서 용해한 후 Mg(마그네슘) 등을 첨가합금시켜 원심주 조한 후 관내부에 스케일을 방지하기 위하여 시멘트 모 르타르 라이닝을 한 관	철판을 전기용접하여 만든 강관 내·외부에 부식을 방 지하기 위하여 코팅한 관	
관두께가 두껍다.	φ 200 : 7.1mm φ 500 : 10.0mm φ 1200 : 17.0mm	φ 200 : 5.3mm φ 500 : 6.0mm φ 1200 : 9.0mm	
인장강도가 높다.	43kgf/cm ²	41kgf/cm ²	
시험수압이 높다.	φ80~1200:60~32kgf/cm ² (관두께가 두껍고 원심주 조화 었기 때문에 수압에 강함)	φ80~1200:20kgf/cm ² (얇고 용접하였기 때문에 수압이 약함)	
시공성이 뛰어나다.	메커니컬 이음 간편. 우천, 수중 작업가능. 공기단축	용접, 코팅, 우천 수중 작업 불가 공기연장 용접내부코팅 불가	
내식성이 강하다.	0.0090g/cm ²	0.0396g/cm ²	부식량 (90일간)
화학성분이 다르다.	C : 2.8~3.7%	C : 0.25%이하	C성분이 높을 수록 내식성 이 강함
유지관리가 편리하다.	분기 및 관로이설 용이	분기 및 관로이설 불가	
경제성이 뛰어나다.	관로공사비가 저렴하다	관로공사비가 비싸다	

5) 덕타일 주철관 관종선정 표준일람표

- (1) 연신율 : 10%이상
(2) 인장강도 : 43kg/mm²이상
(3) 충격수압 : 5.5kg/cm²

수압(kg/cm ²) 호칭지름(mm)	시 험 수 압			비 고 보증수압 (2종관기준)
	1종관	2종관	3종관	
φ 80	70	60	50	100
100	70	60	50	100
125	70	60	50	100
150	70	60	50	100
200	70	60	50	100
250	70	60	50	100
300	70	60	50	100
350	60	50	40	100
400	60	50	40	91
450	60	50	40	87
500	60	50	40	84
600	60	50	40	84
700	50	40	32	80
800	50	40	32	76
900	50	40	32	74
1000	50	40	32	74
1100	40	32	25	72
1200	40	32	25	72

- 주 (1) 시험수압이란 제조당시에 결함이 발생되는가를 확인하는데 그 목적이 있다.
(2) 보증수압은 참고로 관파열수압의 70%(최고 100kg/cm²)이다.
(JIS 덕타일 주철관 G5526-1989 해설집 참조)
(3) 실내에서 규정대로 접합시킨 접합부의 보증수압도 관의 보증수압과 동일하다.

9. 방식용 PE슬리브

1) 토양의 부식성 판정방법 및 일반적인 방식방법

(1) 토양의 부식성 판정방법

덕타일 주철관은 내식성이 우수해서 일반적인 토양 중에서는 거의 부식이 없이 우수한 내식성을 나타내지만 일부의 특수한 부식환경에서는 부식이 심하여 주철관이라도 그 성능을 발휘하지 못하는 경우가 있으므로 관로를 설계할 때에는 그 지역의 토양에 대한 조건을 검토하여 부식성 유무를 검토하는 것이 바람직하다.

일반적으로 부식성이 강한 토양으로서 다음과 같은 것을 들 수 있다.

- ① 석탄분에 의한 매립지
- ② 해안지역의 하수나 공장폐수가 모인 빨지대
- ③ 점토층
- ④ 이탄지대
- ⑤ 산성 폐수의 혼입지역
- ⑥ 폐기물 매립지역

이와같은 지역에 대해서는 사전에 부식성을 조사하여 방식 대책을 세워서 시공하는 것이 바람직하다.

토양의 부식성을 판정하는 방법으로는 토양의 비저항에 의한 방법과 비저항과 pH와의 관계, 비저항과 강재의 토양 중에서의 자연전위, 복극률과의 관계 등을 조합해서 판정하는 방법 등이 제안되고 있지만 주철관에 대한 판정기준으로서는 토양의 비저항, pH, Redox전위, 토양수분, 유화물 등을 종합적으로 판단하는 점수법이 이용되고 있다. 독일 가스·수도 기술자협회규격(DVGW GW9)과 미국수도협회(AWWA C105)의 토양 평가방법을 표-1과 표-2에 나타낸다.

2) 일반적인 방식방법

주철관의 내식성을 향상시키기 위한 방법으로 역청질계 도료로 도장하는 방법 외에 널리 사용되고 있는 방법으로는 내면의 시멘트 모르타르 라이닝(Cement mortar lining), 아연도장(Zincrich painting), 에폭시도장(Epoxy coating)과 외면의 금속아연용사(Metallic zinc coating), 에폭시도장(Epoxy coating), 폴리에틸렌슬리브(Polyethylene sleeving/Polyethyleneencasement)에 의한 방법이 대표적이다.

① 시멘트 모르타르 라이닝

시멘트 라이닝은 국가규격으로 1939년 ANSI A 21.4와 1958년 JIS A 5314로 제정되고, 국내에서는 1971년에 한국주철관에서 최초로 생산 시작하여 1984년에 KS D4316으로 제정되어 그 우수한 효과가 입증되어 현재 거의 대부분 시멘트 모르타르 라이닝된 주철관을 사용하고 있으며, 밀착성과 내진공성, 변형에 대한 안정성, 내진동성, 내충격성, 내식성이 우수하다.

② 에폭시 코팅

시멘트 라이닝에 비해 실용화가 적은편이나 최근 도장기술의 진보와 더불어 주목을 받고 있는 방법으로 KS, JIS, ANSI, JWWA, AWWA BS 등의 규격으로 제정되어 있으며, 1회에 250 μ m이상의 두꺼운 피막으로 도장이 가능하며 접착성, 내약품성이 좋고, 도막의 물성이 우수하고 타르 에폭시 도장, 액상 에폭시 도장, 에폭시 수지 분체 도장 등의 방법이 있다.

③ 금속아연용사 및 아연도장

금속아연용사는 국내규격은 제정되지 않았으나 외국의 국가규격으로 제정되어 널리 사용되고 있는 방법으로 전기화학적 Fe보다 낮은 전위의 Zn을 코팅하여 Zn이 전부 용출 할 때까지 Fe소지를 보호하는 것으로 용사피막이 두꺼울수록 효과가 좋으며, 장치가 간단하고 운반이 용이하며, 소지에 온도변화를 주지 않아 치수변화가 거의 없는 장점이 있다.

④ 폴리에틸렌 슬리브

관로의 매설현장에서 약 0.2mm 두께의 폴리에틸렌 슬리브를 피복하여 토양과 관의 직접접촉을 차단하는 방식방법이다. 또 매설된 상태에서는 관과 슬리브의 극간에 침투한 지하수 등은 산소가 소비되거나, 자유로이 이동을 억제하기 때문에 슬리브에 약간의 손상이 있어도 그 부분이 다른 건전부에 비해 음극으로 되어 선택적으로 공식이 발생하지 않는 구조로 되어있다.

표-1) ANSI A21.5 (AWWA C105)에 의한 토양평가법

측 정 항 목	측 정 치	점 수
비저항 (관의 매설심도에 따라 토양봉에 의한 측정치, 또는 Soil Box에 의한 수포화토양에서의 측정치)	< 700Ω - cm	10
	700 ~ 1,000	8
	1,000 ~ 1,200	5
	1,200 ~ 1,500	2
	1,500 ~ 2,000	1
	> 2,000	0
pH	0 ~ 2	5
	2 ~ 4	3
	4 ~ 6.5	0
	6.5 ~ 7.5	0*
	8.5 ~ 8.5	0
	> 8.5	3
Redox 전위	> 100mv	0
	50 ~ 100	3.5
	0 ~ 50	4
	< 0	5
수 분	배수가 나쁘고 습윤	2
	배수가 약간 양호, 일반적으로 젖은 상태	1
	배수양호, 일반적으로 건조	0
유 화 물	검 출	3.5
	흔 적	2
	없 음	0
1. 유화물이 존재하고, Redox 전위가 낮은 때는 3점을 더할 것. 2. 합계점이 10점 이상의 경우는 주철관에 대해 부식성이 있으므로 방식방법을 고려할 것.		

표-2) 독일 가스수도 기술자협회규격(DVGW GW9)

항 목	측 정 값	점 수
토양조성	C 석회질(石灰質) Calcareous	+2
	CM 이회상석회암(泥灰狀石灰岩)	+2
	SM 모래상이회사(석회실트) (층을 형성해 있지 않은 것)	+2
	S 모래	+2
	S 림	0
	SL 모래질 림(림함유75% 이하)	0
	LM 이회(泥灰)림	0
	SA 모래점토(실트함유75% 이하)	0
	A 점토(粘土)	-2
	AM 이회점토(泥灰粘土)	-2
	H 부식토(腐植土)	-2
	T 이회	-4
	LS 중질(重質)림	-4
	SA 소척지토양(沼拓地土壤)	-4
매설위치에서의 지하수위	N 없음	0
	P 있음	-1
	V 변동	-2
토양의 조건	SN 재래토	0
	Sr 매립토양	-2
	S1 굴삭토와 동일한 토양	0
	S2 굴삭토와 다른토양	-3
비 저 항	10,000Ω -cm 이상	0
	10,000 ~ 5,000	-1
	5,000 ~ 2,300	-2
	2,300 ~ 1,000	-3
	1,000이하	-4
함 수 율	20% 이상	0
	20% 이하	-1
pH	6이상	0
	6이하	-2
Redox 전위	+400mv이상	+2
	+200 ~ +400	0
	0 ~ +200	-2
	0이하	-4
유화물 및 유화수소	없 음	0
	흔 적	-2
	존 재	-4
탄산염 함유율	5% 이상	+1
	1 ~ 2	+2
	1 이하	0
염소이온	100mg/kg 이하	0
	100mg/kg 이상	-1
유산이온	200mg/kg 이하	0
	200 ~ 500	-1
	500 ~ 1,000	-2
	1,000 이상	-3
석회분, 코크스	없 음	0
	존 재	-4
상기점수의 합계가 0점 이상은 토양의 부식성 없음, 0~4점의 경우는 약간부식성, -5~-10점은 부식성, -10점 이하는 부식성이 격심하다.		

1) PE 슬리브 시공

지하매설용 덕타일관을 방식하기 위한 대책은 오래 전부터 여러가지의 방법이 채용되어, 상당한 방식효과를 발휘하고 있다. 미국, 유럽, 중동을 비롯하여 일본에서도 상수도, 하수도 가스 등의 지하매설 덕타일 주철관을 그 관로의 포설현장에서 약 0.2mm 두께의 Polyethylene Sleeve를 피복하여 토양과 관과의 직접 접촉을 차단하여 방식하는 방법(PE SLEEVE 법)이 널리 보급되어있다.

이 PE 슬리브 법은 미국에서는 국가규격으로 ANSI A21.5/AWWA C105 1988(Polyethylene Encasement for Ductile Cast Iron piping for water and other Liquids)로 규정되고, 또 일본에서는 “일본덕타일철관협회규격” JCPA Z 2005-1981(덕타일 주철관 방식용 폴리에틸렌슬리브)로 하여 규정되고, 1981년에 개정되었다.

일본수도협회의 수도설계지침해설의 중에도 토양의 부식성 평가방법 및 부식성 토양 중에 매설하는 경우의 방식대책으로서 PE슬리브 법이 기술되어 있다. 따라서 이방법의 특징, 유의점 및 보다 효과적인 시공순서에 대하여 해설을 한다.

(1) PE슬리브 법의 특징

PE슬리브 법은 방식피막인 슬리브와 관이 밀착하여 있는데 비밀착성의 방식방법이라는 것이 큰 특징이다. 이 방법에서 덕타일 주철관을 방식하는 경우 슬리브에 의해 부식성 토양과 관의 직접 접촉을 차단하는 것으로 관 환경의 균일화를 방식하는 것이다. 더욱이 매설된 상태에서는 관과 슬리브의 틈사이에 침입한 지하수의 산소가 소비되어 자유롭게 이동하지 않기 때문에 슬리브에 약간의 손상이 있다고 하여도 그 부분이 다른 건전한 부분에 비해 음극으로 되어 선택적인 공식이 발생하기 어려운 구조로 되어 있다.

또 이 방법은 관의 포설현장에서 시공하기 때문에 방식 피막의 열화가 적고, 매설전의 보수도 접착테이프 등을 이용하면 쉽게 할 수 있다.

(2) PE슬리브 법의 유의점

앞에서 서술한 것처럼 이 방법은 슬리브에 약간의 손상이 있어도 이 부분의 방식효과는 그다지 영향을 주지 않는 특징이 있지만 시공에 있어서는 슬리브와 관의 틈새에 지하수가 자유롭게 이동하지 않는 정체시키는 공법을 채용하는 것이 필요하다. 여기서 PE슬리브 법의 시공상 유의할 점을 다음에 서술한다.

① 슬리브 내에 침입한 지하수의 이동을 가능한 한 서술한다.

Polyethylene Sleeve를 관에 고정하는 경우 지하수의 이동을 저지하기 위하여 관 1본마다 적어도 1개소에서 슬리브를 폭 50~75mm의 접착테이프로 원주에 1회이상 감아서 관과 일체화하고, 슬리브와 관의 틈새를 연속되지 않게 한다.

그 때문에 슬리브를 관에 고정할 때 접착테이프 폭의 반이 슬리브에 나머지 반면이 관에 접착하도록 한다.

(그림-1 참조)

또 슬리브와 슬리브를 접속하는 경우에도 같은 모양으로 접착테이프를 반면씩 사용하여 접속한다. (그림-2 참조)

접착테이프 외에 고정용 고무밴드를 사용할 때는 관의 원주에 있어서 고무가 균등하게 늘어나도록 해야한다.

② 슬리브가 크게 손상되지 않는 공법을 채용한다.

(a) 예를들면, 관에 슬리브를 고정할 때 직선부의 꺾어접은 중첩부분(3중부분)을 관의 상부에 오도록 하여 매설시의 토사의 충격을 피한다. (그림-3 참조)

또, 중첩부분은 접착테이프로 세심하게 고정한다.

(b) PE 슬리브를 피복한 관을 이동 할 때는 충분히 관리된 나일론슬링이나 고무 등으로 보호된 와이어로프를 사용하여 슬리브에 손상을 주지 않도록 달기구를 사용한다.

(그림-4 참조)

(c) 조인트부의 형상에 슬리브가 따르도록 충분히 느슨하게 한다. 조인트 부분에는 압륜이나 볼트, 너트에 의해 슬리브를 찢지 않도록 충분히 느슨하게 하고 매설한 상태에서 조인트부의 형상에 따르도록 한다.

그림-1) 슬리브와 관의 고정방법

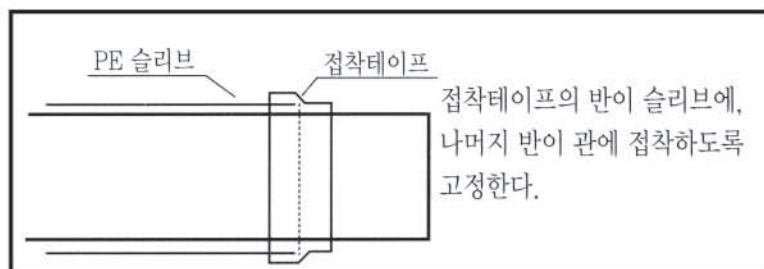


그림-2) 슬리브와 슬리브의 고정방법

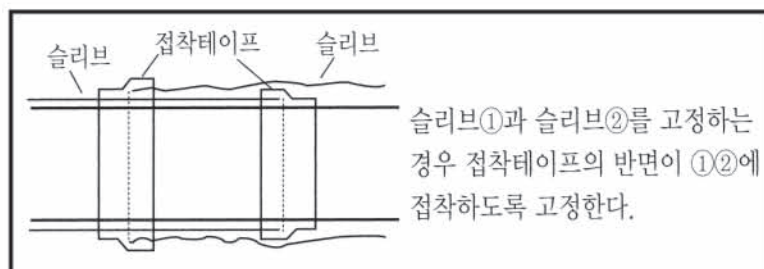


그림-3) 직관부의 고정방법

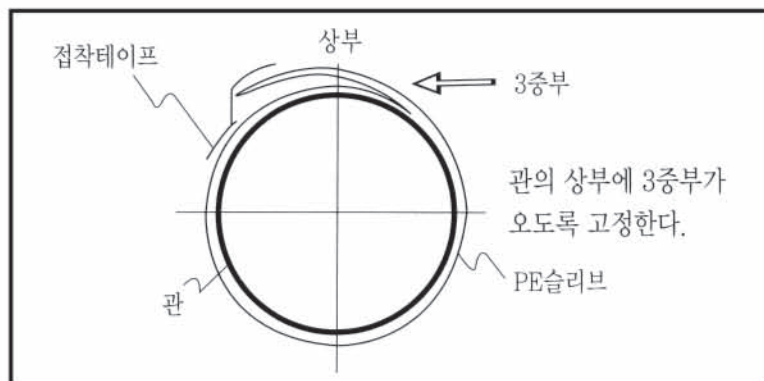
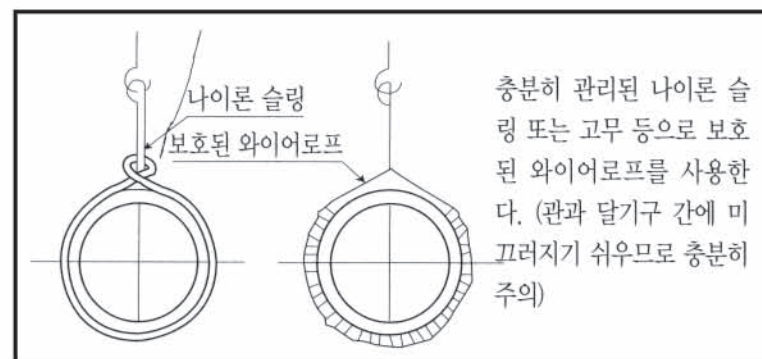


그림-4) 달기구의 사용 예



PE 슬리브에 의해 피복된 관로의 매설시는 슬리브에 손상을 주지 않도록 적당한 방법으로 관 상부를 보호해야 좋다. 또한 큰 자갈, 암석 등이 없는 매설토에 의해 한다. 만약 시공 또는 사용 등에 있어서 결함이 생긴 경우는 별도의 슬리브 또 Polyethylene 시트를 사용해서 보수해야 한다.

수분 등의 영향으로 접착테이프의 접착력이 저하하여 슬리브의 피복고정이 곤란한 경우가 있다. 이런 경우는 미리 지상에서 슬리브를 관에 피복고정하는 것을 원칙으로 한다. (관의 표면을 청소한 후 접착테이프 고정한다.)

(3) PE슬리브의 효과

① 폴리에틸렌 슬리브 사용관로(일본)



도 시	오사카시내	오사카부내	후쿠오카시	삿포로시	요코하마시
토 양	매립지	매립지	매립지	시가지	조성지
토 질	점토질 (해수 영향)	모래 (해수 근접)	점토질 (해수 영향)	토단	토단
직 경	400	100, 200	500	100	100
매설기간(년)	20	19	29	16	14
ANSI 토양 평가	15.5	12.0	15.5	15.5	14.5
외면검사	부식 없음	부식 없음	부식 없음	부식 없음	부식 없음

※JDPA(일본 덕타일 철관협회 자료)

② 부식성 토양의 덕타일 주철관 내식성(미국)



관 상태	시편 수	평균 부식율 (in/yr)	관통 년수
샌드 블라스트 (폴림 산화 층 제거)	102	0.025	10
나관(무도장)	22	0.0151	17
표준 공장 도장	103	0.0105	24
폴리에틸렌 슬리브	151	0.00045	556

※DIPRA(미국 덕타일 주철관협회 자료)

(4) PE슬리브의 시공

슬리브의 시공법에는 A법, B법 및 C법이 있다.

(a) A법 및 B법

A법은 슬리브를 일체화하여 관에 시공하는 방법이고, B법은 슬리브를 직관부와 접합부로 나누어 시공하는 방법이다.

먼저, 접합부만으로 시공하는 경우는 B법에 준해서 한다.

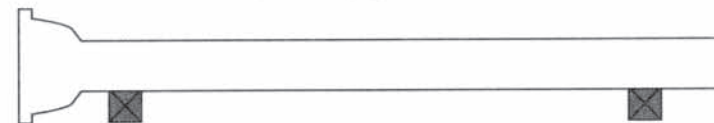
(b) C법

지관을 갖는 이형관(T형관, 드레인관, Y형관 등)에 슬리브를 시공하는 경우 슬리브를 적당히 재단 또는 절단하여 펼쳐서 제품에 갖다대고 고정하는 C법으로 한다. 그러나 곡관, 편락관 등과 같은 지관을 갖지 않는 이형관은 A법 또는 B법에 준해서 한다.

3-1) A법의 순서

(1매의 슬리브로 직관부 및 조인트(Scoket)부를 방식하는 방법)

① 관의 수구(Scoket), 삽구(Spigot)를 받침대로 받힌다.



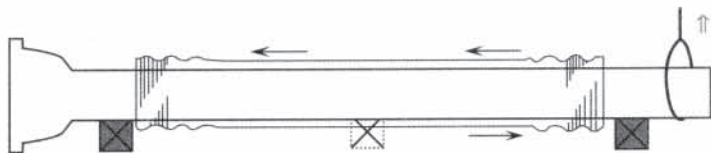
② 삽구를 돌아올려 받침대를 관의 중심부까지 이동시킨다.



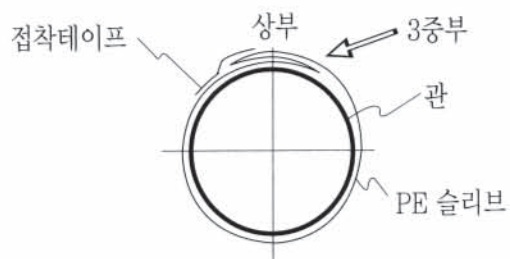
③ 삽구쪽에서 PE슬리브를 관에 입힌다.



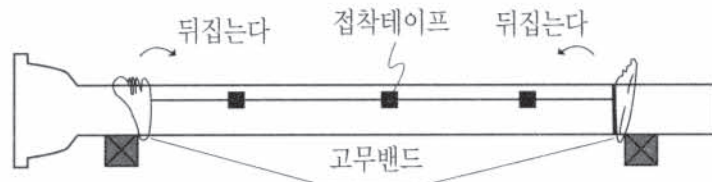
- ④ 슬리브의 끝면에서 500mm(호칭지름 1000mm 이상은 750mm)의 부착점과 관끝을 합치 시켜 슬리브를 다여 팽팽하게 한다.



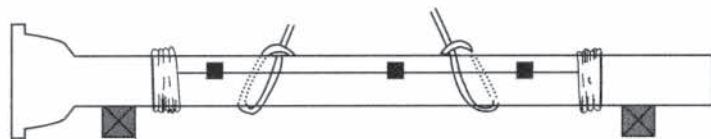
- ⑤ 관 상부에 슬리브의 접은 부분이 오도록 접어서 접착테이프 로 고정한다.



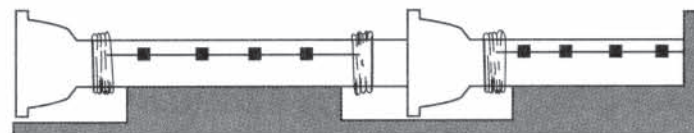
- ⑥ 수구 및 삽구측에 고무밴드를 감고 관에 슬리브를 고정한다. 수구 및 삽구측의 슬리브를 접어서 반대로 젖힌다.



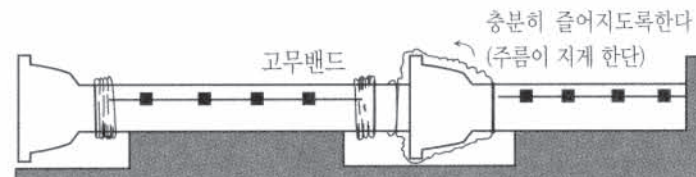
- ⑦ 나이론 슬링 등으로 슬리브에 손상을 주지 않는 방법으로 관 을 달아 내린다.



- ⑧ 관을 접합한다.



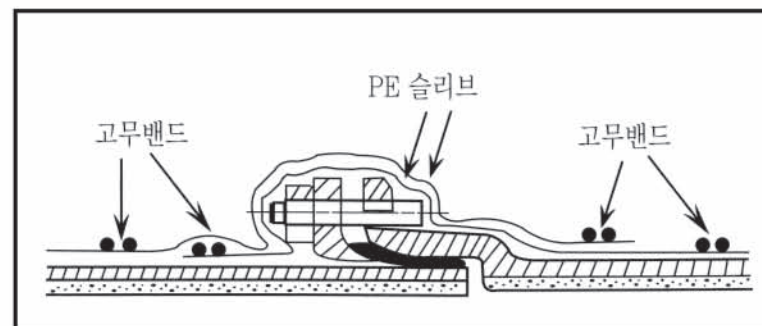
- ⑨ 뒤로 젖힌 슬리브를 본래대로 되돌려 접합부에 덮어 씌우고 고무밴드를 감아 슬리브를 관에 고정한다.



- ⑩ 다른 쪽의 슬리브도 동일한 방법으로 관에 고정한다.



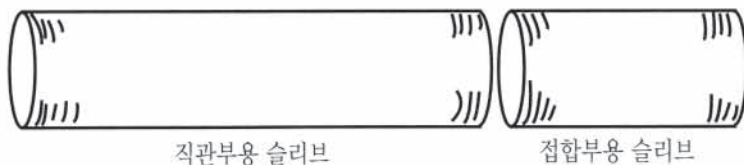
그림-5) A법에 의한 접합부 시공상세도



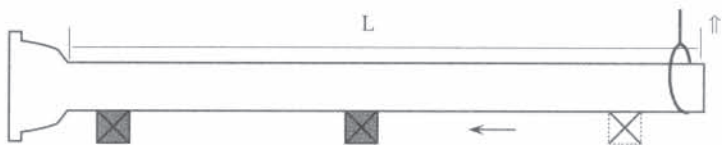
3-2) B법의 순서

(1매의 슬리브로 직관부 및 조인트(Scoket)부를 방식하는 방법)

- ① 1매의 슬리브에서 호칭지름 900mm 이하의 경우 1.5m, 호칭지름 1000mm 이상의 경우 약 2.0m를 절취하고 이것을 접합부용 슬리브로 하고 남은 것을 직관부용 슬리브로 한다.



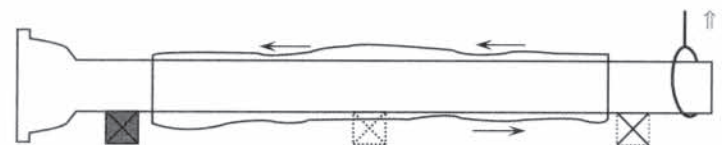
- ② 삽구를 달아올려 받침대를 관의 중심부까지 이동시킨다.



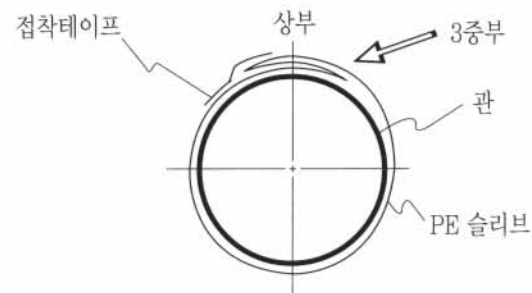
- ③ 삽구쪽에서 PE 슬리브를 관에 입힌다.



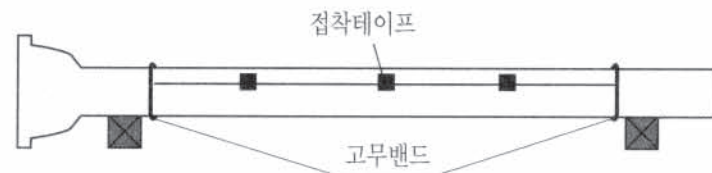
- ④ 삽구를 달아 올려 중앙부의 받침대를 삽구로 되돌려 PE 슬리브를 직관부 전체에 편다.



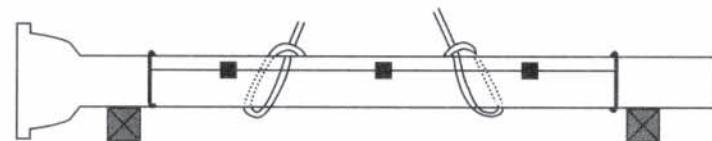
- ⑤ 접착테이프를 사용해서(1m 간격) 관 상부에 3중부가 오도록 슬리브를 고정한다.



- ⑥ 수구 및 삽구쪽 슬리브의 끝을 고무밴드로 감아 관에 슬리브를 고정한다.

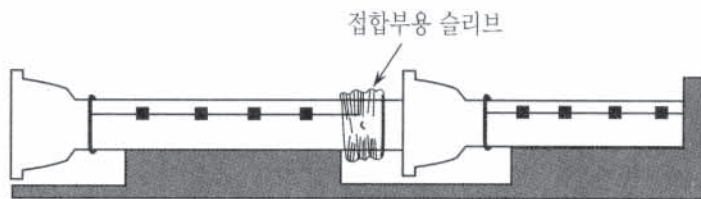


- ⑦ 나이론 슬링 등으로 슬리브에 손상을 주지 않는 방법으로 관을 달아 내린다.

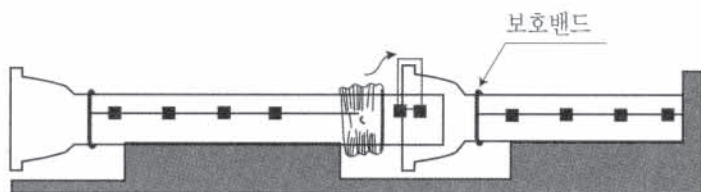


⑧ 관을 접합한다.

사전에 접합부(1매의 슬리브에서 직관부 슬리브를 절단하고 남은것)을 삼구쪽에 준비해 둔다.



⑨ 보호파트(별도의 슬리브를 절단한 것)을 접합부 원주의 상부 약 1/3에 셋팅한다.



⑩ 접합부용 슬리브를 접합부에 덮어 씌워 고무밴드를 감아 관에 슬리브를 고정한다.

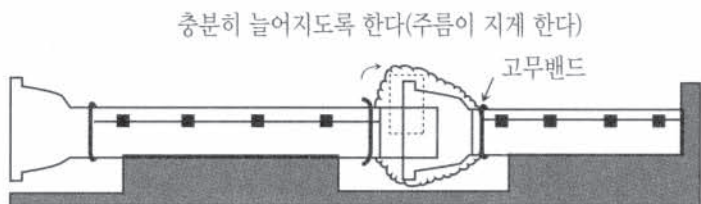
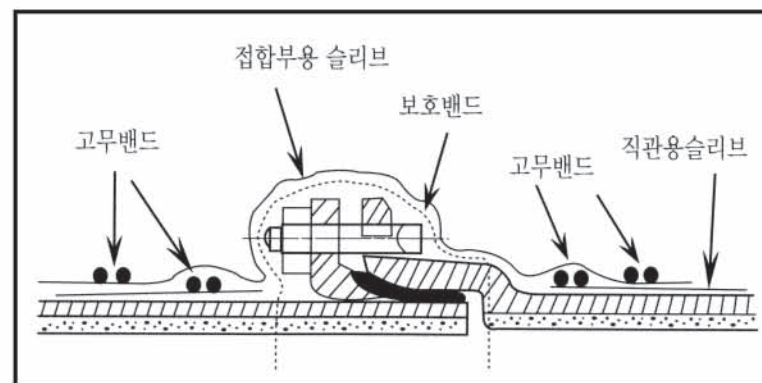
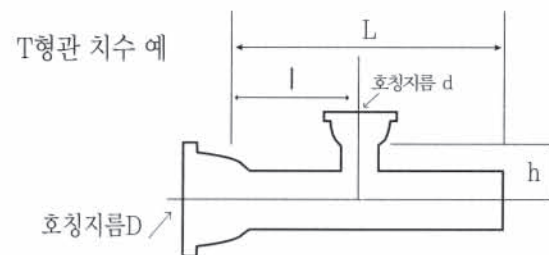


그림-6) B법에 의한 접합부 시공상세도

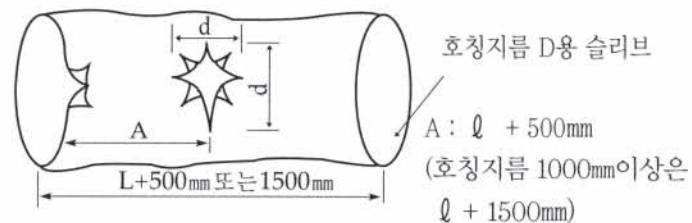


3-3) C법의 순서-(1)

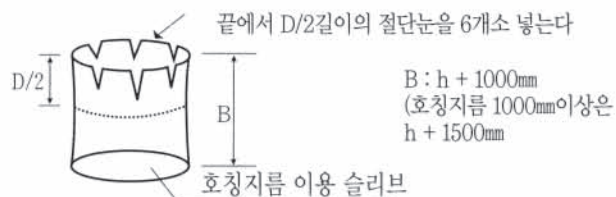
① T형관의 치수에 맞게 슬리브를 절단한다.



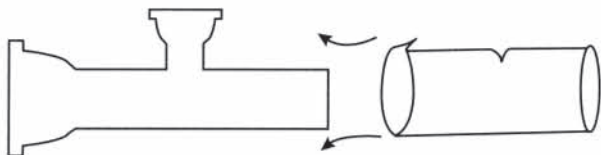
② 호칭지름 D용 슬리브를 T형관의 L치수보다 1000mm (호칭지름 1000mm 이상은 1500mm)길게 절단하여 여기에 지관 부분을 용이하게 씌울 수 있도록 절단 눈을 넣어둔다.



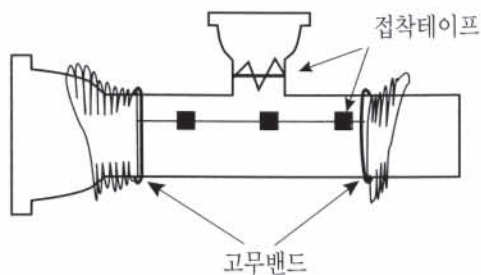
- ③ 호칭지름 d용 슬리브를 T형관의 h치수보다 1000mm (호칭지름 1000mm 이상은 1500mm)길게 절단하여 지관부분을 용이하게 씌울 수 있도록 절단 눈을 넣어둔다.



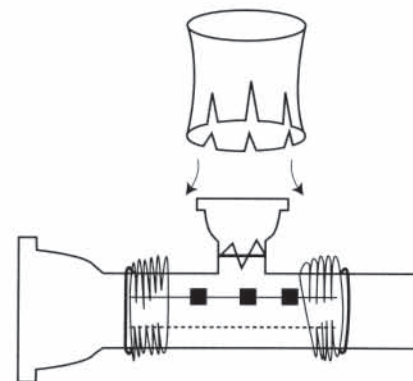
- ④ 호칭지름 D용 슬리브를 삽입하여 편다.



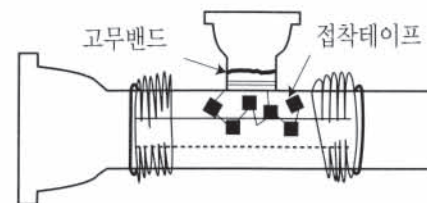
- ⑤ 호칭지름 D용 슬리브를 A법과 동일한 방법으로 관에 고정하고 지관부분까지 절단 눈을 넣은 곳을 접착테이프로 관에 고정한다.



- ⑥ 호칭지름 d용 슬리브를 지관부분에서 삽입하고 모양을 정리한다.

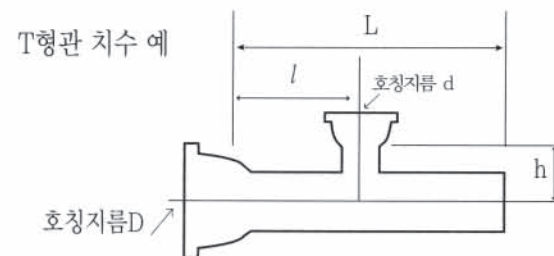


- ⑦ 호칭지름 D용 슬리브를 A법과 동일한 방법으로 관에 고정한다. 단, 호칭지름 D용 슬리브와 호칭지름 d용 슬리브의 연결은 접착테이프로 한다. 이후 A법과 같이 T형관을 설치 접합한 뒤 접합부의 슬리브를 관에 고정한다.

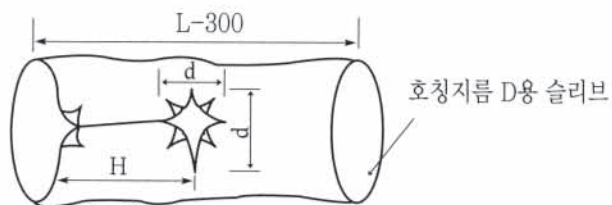


3-4) C법의 순서-(2)

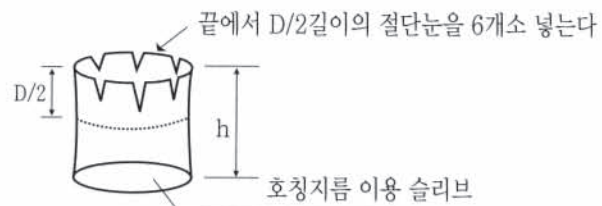
- ① T형관의 치수에 맞게 슬리브를 절단한다.



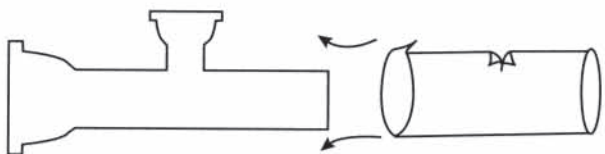
- ② 호칭지름 D용 슬리브를 T형관의 L치수보다 1000mm (호칭지름 1000mm 이상은 1500mm)길게 절단하여 여기에 지관 부분을 용이하게 씌울 수 있도록 절단 눈을 넣어둔다.



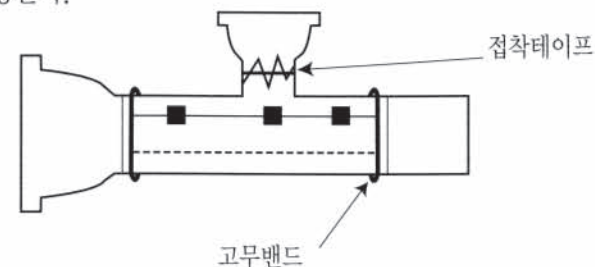
- ③ 호칭지름 d용 슬리브를 T형관의 h치수보다 1000mm (호칭지름 1000mm 이상은 1500mm)길게 절단하여 지관부분을 용이하게 씌울 수 있도록 절단 눈을 넣어둔다.



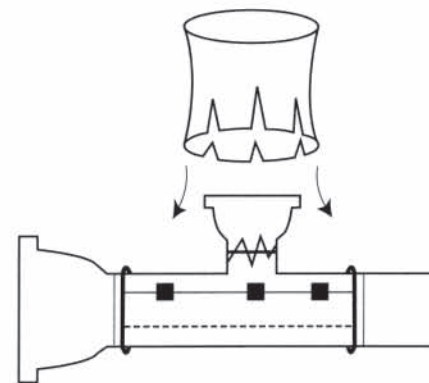
- ④ 호칭지름 D용 슬리브를 삽입하여 편다.



- ⑤ 호칭지름 D용 슬리브를 A법과 동일한 방법으로 관에 고정하고 지관부분까지 절단 눈을 넣은 곳을 접착테이프로 관에 고정한다.

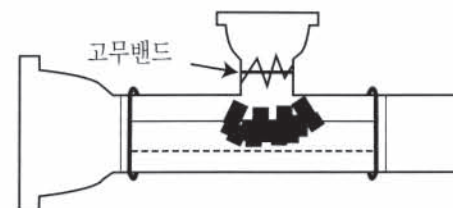


- ⑥ 호칭지름 d용 슬리브를 지관부분에서 삽입하고 모양을 정리한다.



- ⑦ 호칭지름 D용 슬리브를 A법과 동일한 방법으로 관에 고정한다.

단, 호칭지름 D용 슬리브와 호칭지름 d용 슬리브의 연결은 접착테이프로 한다. 이후 A법과 같이 T형관을 설치 접합한뒤 접합부의 슬리브를 관에 고정한다.



〈참 조 1〉

슬리브의 치수

단위 : mm

호칭지름 (DN)	내 경		폭 (ROLL)		두께	길이
	KP조인트	M,F조인트	KP조인트	M,F조인트		
80	286	223	450	350	0.2	5,000
100	318	255	500	400	0.2	6,000
125	350	286	550	450	0.2	6,000
150	369	318	580	500	0.2	6,000
200	433	382	680	600	0.2	7,000
250	497	446	780	700	0.2	7,000
300	560	509	880	800	0.2	7,000
350	624	573	980	900	0.2	7,000
400	668	637	1050	1000	0.2	7,000
450	732	700	1150	1100	0.2	7,000
500	796	796	1250	1250	0.25(0.2)	7,000
600	923	923	1450	1450	0.25(0.2)	7,000
700	1070	1019	1680	1600	0.25(0.2)	7,000
800	1178	1146	1850	1800	0.25(0.2)	7,000
900	1273	1273	2000	2000	0.25(0.2)	7,000
1000	1401	1401	2200	2200	0.25(0.2)	7,500
1100	1528	1528	2400	2400	0.25(0.2)	7,500
1200	1655	1655	2600	2600	0.25(0.2)	7,500

비고 1. 슬리브의 폭은 원주길이의 1/2 치수로 한다.

2. 슬리브의 길이는 적용하는 관의 유효길이에 1000mm (호칭지름1000mm 이상은 1500mm)를 더한다.

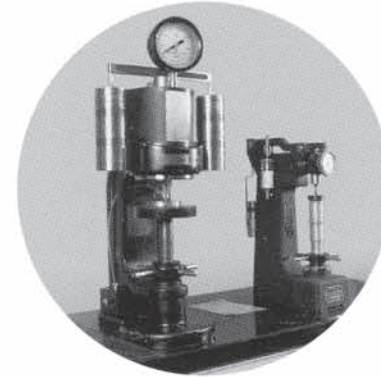
단, 주문자의 지정에 의해 ROLL상으로 감은 것을 납입할 수 있다.

〈참 조 2〉

관로의 해외 규격

규격명	국 가
ANSI / AWWA C105 / A21.5	미 국
ASTM A674	미 국
JDPA Z2005	일 본
BS 6076	영 국
ISO 8180	국제규격
DIN 30674, Part 5	독 일
A.S. 3680 - 3681	호 주

XII. 중요한 치수



1. 대수 및 상용대수	401
2. 배수, 분수, 근수 및 대수	403
3. 단위 환산표	404
4. 재료 비중표	410
5. 온도 환산표	411
6. 압력 비교표	412
7. 환산 계수표	413
8. 국제원자 중량표	424

1. 對數 및 常用對數

1) 對數

① 指數法則

$$a^m \times a^n = a^{m+n} \quad a^m \div a^n = a^{m-n}$$

$$a^{\frac{n}{m}} = m\sqrt[m]{a^n} \quad (m, n \text{는 正의 整數}) \quad a^{-m} = \frac{1}{a^m}$$

② 對數의 性質

$$a^x = N \quad (\text{但 } a \text{는 } 1 \text{이 아닌 어떤 正數})$$

上記式은 $x = \log aN$ 로 表示된다.

③ 對數計算에 必要한 法則 (常用代數)

$$\log(N \times M) = \log N + \log M \quad \log \frac{N}{M} = \log N - \log M$$

$$\log M^n = n \log M \quad \log \sqrt[n]{M} = \frac{1}{n} \log M$$

2) 常用對數

① 正數를 10^x 로 나타내기

$$10^1 = 10 \quad \therefore 1 = \log 10$$

$$10^3 = 1000 \quad \therefore 3 = \log 1000$$

$$10^0 = 1 \quad \therefore 0 = \log 1$$

$$10^{-1} = 1/10 = 0.1 \quad \therefore -1 = \log 0.1$$

$$10^{-3} = 1/1000 = 0.001 \quad \therefore -3 = \log 0.001$$

② 對數의 假數와 指標

$$\text{整數 1位의 數의 對數에 대한 指標는} \quad 0$$

$$\text{整數 2位의 數의 對數에 대한 指標는} \quad 1$$

$$\text{整數 3位의 數의 對數에 대한 指標는} \quad 2$$

$$\text{整數 } n\text{位의 數의 對數에 대한 指標는} \quad n-1$$

(注) 對數의 整數部分을 指標라 하고 小數部分을 假數라 함.

(例) $\log 54 = 1.7323938$

여기서 1은 指標이고 7323938은 假數임

③ 指標에 關한 法則

$\log \frac{3}{4} = \log 3 - \log 4 = 0.4771213 - 0.6020600 =$
 -0.1249387 다음에 $(-1+1)=0$ 를 加하면 $-1+1-0.1249387 =$
 $-1+(1-0.1249387)=-1+0.8750613=1.8750613$ 이 된다.

整數部分(指標)에 1이라는 것은 小數部分(假數)의 8750613에서 1을 뺀 것과 같다.

即 $0.8750613 - 1 = -0.1249387$

(例) $\log 62378 = 4.7950314$

$\log 6.2378 = 0.7950314$

$\log 0.62378 = 1.7950314$

④ 對數에 依한 乘除法

(例) $(9.163)^4$ 을 求함

$\log 9.163 = 0.9620377$

$\times \quad 4$

$\log (9.163)^4 = 3.8481508$

$\therefore (9.163)^4 = 7049.38$

(例) $3\sqrt{12345}$ 을 求함

$\log 12345 = 4.0914911$

3으로 除하면 $= 1.3638304 = \log 23.11162$

$\therefore 3\sqrt{12345} = 23.11162$

2. $\pi, h, e, \mu, \text{Sin}$ 倍數 · 分數 · 根數 및 對數

記 號	數 值	對 數	記 號	數 值	對 數
π	3.1415927	0.4971499	e^2	2.7182818	0.8685890
2π	6.2831853	0.7981799	$1/e$	0.3678794	1.5657055
π^2	9.8696044	0.9942997	$1/e^2$	0.1353353	1.1314110
$1/\pi$	0.3183099	1.5028501	μ	0.4342945	1.6377843
$1/\pi^2$	0.1013212	1.0037003	$1/\mu$	2.3025851	0.3622157
$\sqrt{\pi}$	1.7724539	0.2485749	$\text{Sin } 1^\circ$	0.0174524	2.2418553
$1/\sqrt{\pi}$	0.5641895	1.7514251	$\text{Sin } 1'$	0.0002909	4.4637261
$\sqrt{2\pi}$	2.5066282	0.3990899	$\text{Sin } 1''$	0.0000048	6.6055749
$\pi/2$	1.5707963	0.1961199	2	2	0.3010300
$\pi/3$	1.0471975		$\sqrt{2}$	1.4142136	0.1505150
$\pi/4$	0.7853982	1.8950899	$\sqrt{1/2}$	0.7071068	1.8494850
$\pi/180$	0.0174533	2.2418774	3	3	0.4771213
$180/\pi$	57.2957795	1.7581226	$\sqrt{3}$	1.7320508	0.2385606
e	2.7182818	0.4342945	$\sqrt{1/3}$	0.5773503	1.7614394

$$\mu = 1/\log_e 10 = 0.43429$$

$$\log_{10} x = \mu \log_e x$$

$$\log_e x = \frac{1}{\mu} \log_{10} x$$

3. 單位換算表

1) 길이

단위	분	mm	cm	m	km	in	ft	yd	mile	마일
1	mm	1	0.1	0.001	—	0.03937	0.00328	0.00109	—	—
1	cm	10	1	0.01	0.00001	0.3937	0.03281	0.01094	0.000006	—
1	m	1000	100	1	0.001	39.3701	3.28084	1.09361	0.00062	0.00025
1	km	—	100000	1000	1	39370.1	3280.84	1093.01	0.62137	0.2546
1	in	25.4	2.54	0.0254	0.00003	12	0.08333	0.02778	0.00002	—
1	ft	304.8	30.48	0.3048	0.00030	12	1	0.33333	0.00019	0.000077
1	yd	914.4	91.44	0.9144	0.00091	36	3.00000	1	0.00057	0.000232
1	mile	—	160934	1609.34	1.60934	63360	5280.00	1760	1	0.4093
1	마일	—	—	3927.3	3.927	154617	12885	4295	2.4403	1

2) 면적

단위	분	m²	ha	km²	坪	평방미터	평방피트	평방마일
1	m²	1	0.000010	0.000001	0.3025	0.0001	0.00025	—
1	ha	10000	1	0.01	3025	1.0083	2.471	0.00386
1	km²	—	100	1	302500	100.83	247.1	0.3861
1	坪	3.306	0.00033	—	1	0.00033	0.00082	—
1	평방피트	9917	0.9917	0.00992	3000	1	2.4506	0.003829
1	평방마일	4047	1542.3	15.423	—	1555.2	3811	5.955
1	에이커	—	0.4047	0.004047	1224.2	0.4081	1	0.00156
1	—	—	259	2.59	—	261.2	640	1

3) 용적

단위	분	m³	ℓ	in³	ft³	yd³	美 gal	英 gal	斗	石
1	m³	1	1000.00	61024.0	35.3146	1.30800	264.178	219.975	55.4352	5.4352
1	ℓ	0.00100	1	61.0240	0.03532	0.00131	0.26418	0.21998	0.05544	0.00554
1	in³	0.00002	0.01639	1	0.00058	0.00002	0.00443	0.00361	0.00090	0.00009
1	ft³	0.02832	28.3169	1728.00	1	0.03704	7.48050	6.22882	1.56976	0.15698
1	yd³	0.76456	764.551	46656.0	27.0000	1	201.972	168.180	42.3836	4.23836
1	美 gal	0.00379	3.78540	230.502	0.13368	0.00495	1	0.83268	0.20993	0.02099
1	英 gal	0.00455	4.54600	277.413	0.16054	0.00595	1.20094	1	0.25173	0.02517
1	斗	0.01804	18.0391	1100.82	0.63704	0.02360	4.76540	3.96815	1	0.10000
1	石	0.18039	180.391	11008.2	6.37044	0.23595	47.6540	39.6815	10.0000	1

4)重量

단위	분	g	kg	t	美 t	英 t	oz	lb	貫	斤
1	g	1	0.00100	—	—	—	0.03527	0.00220	0.00027	0.00167
1	kg	1000.00	1	0.00100	0.00110	0.00098	35.2734	2.20459	0.26667	1.66667
1	t	907185	907.186	1	1.10231	0.98420	35273.4	2204.59	266.667	1666.67
1	美 t	—	1016.06	0.90720	1	0.89286	32000.0	2000.00	241.920	1511.98
1	英 t	28.3500	0.02835	1.01606	1.20000	1	35840.0	2240.00	270.946	1693.41
1	oz	453.600	0.45360	0.00045	0.00003	0.00003	1	0.06250	0.00756	0.04725
1	lb	3750.00	3.75000	0.00375	0.00050	0.00045	16.0000	1	0.12096	0.75600
1	貫	600.000	0.60000	0.00060	0.00013	0.000369	132.275	8.26720	1	6.25000
1	斤	—	—	—	0.00066	0.00059	21.1640	1.32275	0.16000	1

5) 모-멘트

1 lb/in = 1.152144kg/cm	1 kg/cm = 0.8679471 lb/in
1 lb/ft = 0.13825728kg/m	1 kg/m = 7.2328824 lb/ft
1 英t/ft = 0.3096963 t/m	1 t/m = 3.2289697 英t/ft

6) 單位길이에 對한 重量

1 lb/in = 0.1785827kg/cm	1 kg/cm = 5.599647lb/in
1 lb/ft = 1.488189kg/m	1 kg/m = 0.6719577lb/ft
1 lb/yd = 0.496063kg/m	1 kg/tm = 2.01587303lb/yd
1 英t/ft = 3.3335433t/m	1 t/m = 0.29998111 英t/ft
1 英t/mile = 0.63135288t/m	1 t/km = 1.5839002 英t/mile

7) 單位面積에 對한 重量 또는 容積

1 lb/in ² = 0.07930814kg/cm ²	1 kg/cm ² = 14.2231051lb/in ²
1 英t/in ² = 157.4902336kg/cm ²	1 kg/cm ² = 0.0063496 英t/in ²
1 lb/ft ² = 0.00048825kg/cm ²	1 kg/cm ² = 2048.12708lb/ft ²
1 lb/ft ² = 4.8825097kg/m ²	1 kg/m ² = 0.20481271lb/ft ²
1 英t/ft ² = 10.936821t/m ²	1 t/m ² = 0.09143424 英t/ft ²
1 美t/ft ² = 9.7650195t/m ²	1 t/m ² = 0.10240635 美t/ft ²
1 貫/坪 = 1.134375t/m ²	1 kg/m ² = 0.88154268 貫/坪
1 英t/坪 = 0.30735936t/m ²	1 t/m ² = 3.25352056 英t/坪

8) 單位容積에 對한 重量

1 lb/in ³ = 27680.3703kg/m ³	1 kg/m ³ = 0.00003612677lb/in ³
1 lb/ft ³ = 16.187328kg/m ³	1 kg/m ³ = 0.6242692lb/ft ³
1 lb/yd ³ = 0.59328640kg/m ³	1 kg/m ³ = 1.68552662lb/yd ³
1 貫/尺 ³ = 134.7637699kg/m ³	1 kg/m ³ = 0.00742039 貫/尺 ³
1 斤/尺 ³ = 21.56220318kg/m ³	1 kg/m ³ = 0.04637746 斤/尺 ³
1 lb/in ³ = 0.02768037kg/cm ³	1 kg/cm ³ = 36.126687lb/in ³
1 貫/寸 ³ = 0.13476375kg/cm ³	1 kg/cm ³ = 7.4203931 貫/寸 ³
1 匁/寸 ³ = 0.13476375g/cm ³	1 g/cm ³ = 7.4203931 匁/寸 ³
1 英t/ft ³ = 35.881957t/m ³	1 t/m ³ = 0.02786916 英t/ft ³
1 英t/yd ³ = 1.3289615t/m ³	1 t/m ³ = 0.75246732 英t/yd ³

9) 馬 力

英國馬力 (HP)	미터- 馬力(HP)	日本馬力 (HP)	키로와트 (K. W.)	kg·m/sec
1	1.0144	0.0001	0.7461	76.13
0.9858	1	0.9859	0.7355	75.05
0.9999	1.0143	1	0.7460	76.12
1.3403	1.3596	1.3405	1	102.04
0.01314	0.0133	0.0131	0.0098	1

10) 속도

m/sec	m/min	km/h	mile/h
1	60.00	3.60	2.23693629
0.01667	1	0.06	0.03728227
0.27778	16.6667	1	0.6213712
0.44704	26.8224	1.609344	1

11) 온도

$$\text{攝氏} = \frac{5}{9} (\text{華氏} - 32)$$

$$\text{華氏} = \frac{9}{5} \times \text{攝氏} + 32$$

12) 角速度

度 每 秒	rpm	Rad/sec
1	0.1667	0.01745
6	1	0.1047
57.30	9.549	1

13) 面積

m ²	in ²	ft ²	尺 ²
1	1550.0	10.764	10.890
6.4516		6.9444	7.0258
$\times 10^{-4}$	1	$\times 10^{-3}$	$\times 10^{-4}$
0.092903	144.00	1	1.0117
0.091827	142.33	0.98842	1

14) 길이

m	in	ft	尺
1	39.37	3.2808	3.3000
0.025400	1	0.083333	0.083820
0.30480	12.000	1	1.0058
0.30303	11.930	0.99419	1

15) 体積

m ³	ft ³	美gal	石
1	35.314	264.17	5.5437
0.028317	1	7.4805	0.15697
0.0037854	0.13368	1	0.020985
0.18039	6.3704	47.654	1

16) 重量

kg	kilo ton	lb	貫
1	0.001	2.2046	0.26667
1.000	1	2204.6	266.67
0.45359	4.5359×10^{-4}	1	0.12096
3.75	0.00375	8.2673	1

17) 重量 또는 力

kg	lb	dyne	poundal
1	2.205	980665	70.91
0.4536	1	444.8×10^3	32.17
1.02×10^{-4}	2.248×10^{-4}	1	0.7233×10^{-4}
0.01410	0.03110	13825	1

18) 密度

g/cm ³	kg/m ³ ; g/l	lb/in ³	lb ft ³
1	1000	0.3613	62.43
0.001	1	3.613×10^{-3}	0.06243
27.68	27680	1	17.28
0.01602	16.02	5.787×10^{-4}	1

19) 壓力

bar 또는 10 ⁴ dyne/cm ²	kg/cm ²	lb/in ²	atm	水 銀 柱	
				m	in
1	1.0197	14.50	0.9869	0.7500	29.53
0.9807	1	14.22	0.9678	0.7355	28.96
0.06895	0.07031	1	0.06804	0.05171	2.036
1.0133	1.0332	14.70	1	0.7600	29.92
1.333	1.360	19.34	1.316	1	39.37
0.03386	0.03453	0.4912	0.03342	0.02540	1

20) 粘度

poise = g/cm·sec	contipoise(P)	kg/m·sec	kg/m·hr	lb/ft·sec
1	100	0.1	360	0.06720
0.01	1	0.001	3.6	6.720×10^{-4}
10	1000	1	3600	0.6720
2.778×10^3	0.2778	2.778×10^{-4}	1	1.8667×10^{-4}
14.881	1488.1	1.4881	5357	1

21) 動粘度

Stokes = cm ² /sec	m ² /hr
1	0.360
2.778	1

22) 傳熱係數

kcal/m ² h·°C	Btu/ ft ² hr·°F
1	0.2048
4.882	1

23) 熱傳導度

kcal/m ² h·°C	Btu/ ft·hr·°F
1	0.6720
1.488	1

24) 動力

kw	P _s	HP	kg-m/sec	ft-lb/sec	kcal/sec (平均)
0.7355	1	0.9863	75	542.5	0.1758
0.7457	1.0138	1	76.04	550.0	0.1782
0.009807	0.0133	0.01315	1	7.233	2.344×10^{-3}
0.001356	1.813×10^{-3}	1.818×10^{-3}	0.1383	1	3.240×10^{-4}
4.184	5.689	5.611	426.7	3.086×10^3	1
1	1.3596	1.3405	101.97	737.6	0.2389

4. 材料比重表

種 別	比 重	種 別	比 重
이 리 즈	22.4	鑄 鐵	7.20
白 金	21.531	亞 鉛	7.1
金	19.5	金 剛 石	3.5
팅 그 스 템	19.1	시 멘 트	3.25~3.00
水 銀	13.6	大 理 石	2.68
鉛 板	11.4	花 崗 石	2.66
銀	10.47	硝 子	2.6~2.4
蒼 鉛	9.8	石 灰 石	2.58
닉 켈	8.9	砂 石	2.50
銅 板	8.78	混 凝 土	2.4~2.24
水 鉛	8.6	鍊 瓦	2.4~1.6
砲 金	8.6~8.4	砂	1.92~1.47
眞 鑄	8.4~7.8	土	1.92~1.15
鋼	7.9~7.7	石 炭	1.30
鍊 鐵	7.78	아 스 팔 트	1.10
錫	7.29	海 水	1.02

5. 溫度換算表

C.	F.	C.	F.	C.	F.	C.	F.
-101	-150	-238	4.4	40	104.0	34.9	95
-96	-140	-220	4.9	41	105.8	35.5	96
-90	-130	-202	5.5	42	107.6	36.1	97
-84	-120	-184	6.0	43	109.4	36.6	98
-79	-110	-166	6.6	44	111.2	37.1	99
-73	-100	-148	7.1	45	113.0	37.7	100
-68	-90	-130	7.7	46	114.8	43	110
-62	-80	-112	8.2	47	116.6	49	120
-57	-70	-94	8.8	48	118.4	54	130
-51	-60	-76	9.3	49	120.2	60	140
-46	-50	-58	9.9	50	122.0	65	150
-40	-40	-40	10.4	51	123.8	71	160
-34	-30	-22	11.1	52	125.6	76	170
-29	-20	-4	11.5	53	127.4	83	180
-23	-10	14	12.1	54	129.2	88	190
-17.7	0	32	12.6	55	131.0	93	200
-17.2	1	33.8	13.2	56	132.8	99	210
-16.6	2	35.6	13.7	57	134.6	100	212
-16.1	3	37.4	14.3	58	136.4	104	220
-15.5	4	39.2	14.8	59	138.2	110	230
-15.0	5	41.0	15.6	60	140.0	115	240
-14.4	6	428	16.1	61	141.8	121	250
-13.9	7	44.6	16.6	62	143.6	127	260
-13.3	8	46.4	17.1	63	145.4	132	270
-12.7	9	48.2	17.7	64	147.2	138	280
-12.2	10	50.0	18.2	65	149.0	143	290
-11.6	11	51.8	18.8	66	150.8	149	300
-11.1	12	53.6	19.3	67	152.6	154	310
-10.5	13	55.4	19.9	68	154.4	160	320
-10.0	14	57.2	20.4	69	156.2	165	330
-9.4	15	59.0	21.0	70	158.0	171	340
-8.8	16	60.8	21.5	71	159.8	177	350
-8.3	17	626	22.2	72	161.6	182	360
-7.7	18	64.4	22.7	73	163.4	188	370
-7.2	19	66.2	23.3	74	165.2	193	380
-6.6	20	68.0	23.8	75	167.0	199	390
-6.1	21	69.8	24.4	76	168.8	204	400
-5.5	22	71.6	25.0	77	170.6	210	410
-5.0	23	73.4	25.5	78	172.4	215	420
-4.4	24	75.2	26.2	79	174.2	221	430
-3.9	25	77.0	26.8	80	176.0	226	440
-3.3	26	78.8	27.3	81	177.8	232	450
-2.8	27	80.6	27.7	82	179.6	238	460
-2.2	28	82.4	28.2	83	181.4	243	470
-1.6	29	84.2	28.8	84	183.2	249	480
-1.1	30	86.0	29.3	85	185.0	254	490
-0.6	31	87.8	29.9	86	186.8	260	500
0	32	89.6	30.4	87	188.6	265	510
0.5	33	91.4	31.0	88	190.4	271	520
1.1	34	94.2	31.5	89	192.2	276	530
1.6	35	95.0	32.1	90	194.0	282	540
2.2	36	96.8	32.6	91	195.8	288	550
2.7	37	98.6	33.3	92	197.6	293	560
3.3	38	100.4	33.8	93	199.4	299	570
3.8	39	102.2	34.4	94	201.2	304	580

$$^{\circ}\text{F}=1.8^{\circ}\text{C}+32 \quad ^{\circ}\text{K}={^{\circ}\text{C}}+273.15 \quad ^{\circ}\text{R}={^{\circ}\text{F}}+459.7=1.8^{\circ}\text{K}$$

6. 壓力比較表

lb in ²	kg cm ²	lb in ²	kg cm ²	lb in ²	kg cm ²	lb in ²	kg cm ²
600	42.19	1700	119.53	2800	198.87	3900	274.21
625	43.94	1725	121.28	2825	198.63	3925	275.97
650	45.70	1750	122.04	2850	200.38	3950	277.72
675	47.46	1775	124.80	2875	202.14	3975	279.48
700	49.22	1800	126.56	2900	203.90	4000	281.24
725	50.97	1825	128.32	2925	205.66	4025	283.00
750	52.73	1850	130.07	2950	207.41	4050	284.76
775	54.49	1875	131.83	2975	209.17	4075	286.51
800	56.25	1900	133.59	3000	210.93	4100	288.27
825	58.01	1925	135.35	3025	212.69	4125	290.03
850	59.76	1950	137.10	3050	214.45	4150	291.77
875	61.52	1975	138.86	3075	216.20	4175	293.54
900	63.28	2000	140.62	3100	217.96	4200	295.54
925	65.04	2025	142.38	3125	219.72	4225	295.30
950	66.79	2050	144.14	3150	221.48	4250	298.82
975	68.55	2075	145.89	3175	223.23	4275	300.58
1000	70.31	2100	147.65	3200	224.99	4300	302.33
1025	72.07	2125	149.41	3225	226.75	4325	304.09
1050	73.83	2150	151.17	3250	228.51	4350	305.85
1075	75.58	2175	152.92	3275	230.27	4375	307.61
1100	77.34	2200	154.68	3300	232.02	4400	309.36
1125	79.10	2225	156.44	3325	233.78	4425	311.12
1150	80.86	2250	158.20	3350	235.54	4450	312.88
1175	82.71	2275	159.96	3375	237.30	4475	314.64
1200	84.37	2300	161.71	3400	239.05	4500	316.40
1225	86.13	2325	163.47	3425	240.81	4525	318.15
1250	87.89	2350	165.23	3450	242.57	4550	319.91
1275	89.65	2375	166.99	3475	244.33	4575	321.67
1300	91.40	2400	168.74	3500	246.09	4600	323.43
1325	93.16	2425	170.50	3525	247.84	4625	325.18
1350	94.92	2450	172.26	3550	249.60	4650	326.94
1375	96.68	2475	174.02	3575	241.36	4675	328.70
1400	98.43	2500	175.78	3600	253.12	4700	330.46
1425	100.19	2525	177.53	3625	254.87	4725	332.21
1450	101.95	2550	179.29	3650	256.63	4750	333.97
1475	103.71	2575	181.05	3675	258.38	4775	335.75
1500	105.47	2600	182.81	3700	260.15	4800	337.49
1525	107.22	2625	184.56	3725	261.90	4825	339.25
1550	108.98	2650	186.32	3750	263.66	4850	341.00
1575	110.74	2675	188.08	3775	265.42	4875	342.76
1600	112.50	2700	189.84	3800	267.18	4900	344.52
1625	114.25	2725	191.59	3825	268.94	4925	346.28
1650	116.01	2750	193.35	3850	270.69	4950	348.03
1675	117.77	2775	195.11	3875	272.45	4975	349.79

$$\frac{\text{lb}}{\text{in}^2} = \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \times 14.22 \quad \frac{\text{lb}}{\text{cm}^2} \times 0.0703$$

7. 환산 계수표

본 환산표는 미국의 기술용투자회사인 Dorr-Oliver사가 작성한 것이나 환경에 따라서는 대단히 요긴하게 이용할 수 있는 것을 생각되어 여기에 게재한 것이다.

본표는 ABA순으로 되어 있으며 용량에 있어서는 주로 미국에서 사용되고 있는 영식(英式)단위를 표시하였으며 중량 및 기타는 상형 단위(常衡單位)로 되어 있다. 예를 들면 gallon이라는 것은 U.S.gallon을 말하는 것이며 영(英) gallon으로 환산하려면 U.S.gallon에 0.83267을 승하면 되는 것이다. 역시 ton이라 함은 1미(美)톤(Short ton)즉 2,000lbs를 말하는 것이다.

숫자중 10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3} 등은 각각 0.1, 0.01, 0.001을 표시하는 것이며 10^1 , 10^2 , 10^3 등은 각각 10, 100, 1000을 뜻하는 것이다.

물의 성질에 있어서 빙점은 32°F(0°C)이고 39.2°F(4°C)에서 밀도가 최대가 된다. 물의 성질을 이용한 환산치들은 32.9°F 때의 물을 기준으로 하여 62,427lbs/ft³ 또는 8,345lbs U.S.gallon인 것이다.

P.P.M으로 표시된 "Parts per Million"은 항상 무게로서 물에 녹는 물질이나 녹지 않는 물질의 함유량을 표시하는 편리한 방법이다.

언제나 P.P.M은 소수점이하 0을 몇개씩 붙여야 되는 미소량의 표시에 쓰이며 1P.P.M은 0.001%이다. 이는 주로 위생분야에서 쓰이는 바, PPM은 100만lbs 물에 들어 있는 건태고형물질(乾態固形物質)의 무게(1lbs수)를 표시하는 것이다.

이 분야에서는 1PPM이란 100만 U.S.gallon의 물속에 8,345lbs의 건태고형물질이 들어 있는 것을 말하며 미터 법에서의 1PPM은 물 100만g 속에 1g의 건태고형물질이 들어 있는지 1l의 물속에 1mg 들어 있는 것을 말한다.

PPM을 100만gallon 속의 1b 또는 1l의 mg으로 나타내는 용액밀도와 부유상태는 무시되었다. 만일 이런 상태의 기준상태와 차이가 있다면 결과에는 약간의 오차가 있을 것이다.

換算係數表 (Conversion Factors)

Acres	x 43,560	= Square feet
"	x 4047	= Square meters
"	x 1.562x10 ⁻³	= Square miles
"	x 4840	= Square yards
Acre-feet	x 43,560	= Cubic feet
"	x 325,851	= Gallons
"	x 1233.49	= Cubic meters
Atmospheres	x 76.0	= Cms. of mercury
"	x 29.92	= Inches of mercury
"	x 33.90	= Feet of water
"	x 10,333	= Kgs./sq. meter
"	x 14.70	= Lbs./sq. inch
"	x 1.058	= Tons/sq. ft.
Barrels-oil	x 42	= Gallons-oil
" -cement	x 376	= Pounds-cement
Bags or sacks-cement	x 94	= Pounds-cement
Board-feet	x 144 sq. in. x 1 in.	= Cubic inches
British Thermal Units	x 0.2520	= Kilogram-calories
"	x 777.9	= Foot-lbs.
"	x 3.927x10 ⁻⁴	= Horse-power-hrs.
"	x 107.5	= Kilogram-meters
"	x 2.928x10 ⁻⁴	= Kilowatt-hrs.
B.T.U. /min.	x 12.97	= Foot-lbs./sec.
" / "	x 0.02356	= Horse-power
" / "	x 0.01757	= Kilowatts
" / "	x 17.57	= Watts
Centares (Centiares)	x 1	= Square meters
Centigrams	x 0.01	= Grams
Centiliters	x 0.01	= Liters
Centimeters	x 0.3937	= Inches
"	x 0.01	= Meters
"	x 10	= Millimeters
Centimtrs. of mercury	x 0.01316	= Atmospheres
"	x 0.4461	= Feet of water
"	x 136.0	= Kgs./sq. meter
"	x 27.85	= Lbs./sq. ft.
"	x 0.1934	= Lbs./sq. inch
Centimeters/second	x 1.969	= Feet/min.
"	x 0.03281	= Feet/sec.
Centimeters/second	x 0.036	= Kilometers/hr.
" / "	x 0.6	= Meters/min.
" / "	x 0.02237	= Miles/hr.
" / "	x 3.728x10 ⁻⁴	= Miles/min.
Cms./sec./sec.	x 0.03281	= Feet/sec./sec.
Cubic centimeters	x 3.531x10 ⁻⁵	= Cubic feet
"	x 6.102x10 ⁻²	= Cubic inches
"	x 10 ⁻⁶	= Cubic meters

"	"	x 1.308x10 ⁻⁶	= Cubic yards
"	"	x 2.642x10 ⁻⁴	= Gallons
"	"	x 10 ⁻³	= Liters
"	"	x 2.113x10 ⁻³	= Pints (liq.)
"	"	x 1.057x10 ⁻³	= Quarts (liq.)
Cubic feet	"	x 2.832x10 ⁻⁴	= Cubic cms.
"	"	x 1728	= Cubic inches
"	"	x 0.02832	= Cubic meters
"	"	x 0.03704	= Cubic yards
"	"	x 7.48052	= Gallons
"	"	x 28.32	= Liters
"	"	x 59.84	= Pints (liq.)
"	"	x 29.92	= Quarts (liq.)
Cubic feet/minute	"	x 472.0	= Cubic cms./sec.
"	" / "	x 0.1247	= Gallons/sec.
"	" / "	x 0.4720	= Liters/sec.
"	" / "	x 62.43	= Pounds of water/min.
Cubic feet/second	"	x 0.646317	= Million gals./day
"	" / "	x 448.831	= Gallons/min.
Cubic inches	"	x 16.39	= Cubic centimeters
"	"	x 5.787x10 ⁻⁴	= Cubic feet
"	"	x 1.639x10 ⁻⁵	= Cubic meters
"	"	x 2.143x10 ⁻⁵	= Cubic yards
"	"	x 4.329x10 ⁻³	= Gallons
"	"	x 1.639x10 ⁻²	= Liters
"	"	x 0.03463	= Pints (liq.)
"	"	x 0.01732	= Quarts (liq.)
Cubic meters	"	x 10 ⁶	= Cubic centimeters
"	"	x 35.31	= Cubic feet
"	"	x 61,023	= Cubic inches
"	"	x 1.308	= Cubic yards
"	"	x 264.2	= Gallons
Cubic meters	"	x 10 ³	= Liters
"	"	x 2113	= Pints (liq.)
"	"	x 1057	= Quarts (liq.)
Cubic yards	"	x 7.646x10 ⁵	= Cubic centimeters
"	"	x 27	= Cubic feet
"	"	x 46.656	= Cubic inches
"	"	x 0.7646	= Cubic meters
"	"	x 202.0	= Gallons
"	"	x 764.6	= Liters
"	"	x 1616	= Pints (liq.)
"	"	x 807.9	= Quarts (liq.)
Cubic yards/min.	"	x 0.45	= Cubic feet/sec.
"	" / "	x 3.367	= Gallons/sec.
"	" / "	x 12.74	= Liters/sec.
Decigrams	"	x 0.1	= Grams
Deciliters	"	x 0.1	= Liters
Decimeters	"	x 0.1	= Meters
Degrees (angle)	"	x 60	= Minutes

" "	x 0.01745	= Radians
" "	x 3600	= Seconds
Degrees/sec.	x 0.01745	= Radians/sec.
" / "	x 0.1667	= Revolutions/min.
" / "	x 0.002778	= Revolutions/sec.
Dekagrams	x 10	= Grams
Dekaliters	x 10	= Liters
Dekameters	x 10	= Meters
Drams	x 27.34375	= Grains
"	x 0.0625	= Ounces
"	x 1.771845	= Grams
Fathoms	x 6	= Feet
Feet	x 30.48	= Centimeters
"	x 12	= inches
"	x 0.3048	= Meters
"	x 1/3	= Yards
Feet of water	x 0.02950	= Atmospheres
" " "	x 0.8826	= Inches of mercury
" " "	x 304.8	= Kgs./sq. meter
" " "	x 62.43	= Lbs./sq. ft.
" " "	x 0.4335	= Lbs./sq. inch
Feet/min.	x 0.5080	= Centimeters/sec.
" / "	x 0.01667	= Feet/sec.
" / "	x 0.01829	= Kilometers/hr.
" / "	x 0.3048	= Meters/min.
" / "	x 0.01136	= Miles/hr.
Feet/sec.	x 30.48	= Centimeters/sec.
" / "	x 1.097	= Kilometers/hr.
" / "	x 0.5921	= Knots
" / "	x 18.29	= Meters/min.
" / "	x 0.6818	= Miles/hr.
" / "	x 0.01136	= Miles/min.
Feet/sec./sec.	x 30.48	= Cms./sec./sec.
" / " / "	x 0.3048	= Meters/sec./sec.
Foot-pounds	x 1.286x10 ⁻³	= British Thermal Units
" "	x 5.050x10 ⁻⁷	= Horse-power-hrs.
" "	x 3.241x10 ⁻⁴	= Kilogram-calories
" "	x 0.1383	= Kilogram-meters
" "	x 3.766x10 ⁻⁷	= Kilowatt-hrs.
Foot-pounds/min.	x 1.286x10 ⁻³	= B.T. Units/min.
" " / "	x 0.01667	= Foot-pounds/sec.
" " / "	x 3.030x10 ⁻⁵	= Horse-power
" " / "	x 3.241x10 ⁻⁴	= Kg.-calories/min.
" " / "	x 2.260x10 ⁻⁵	= Kilowatts
Foot-pounds/sec.	x 7.717x10 ⁻²	= B.T. Units/min.
" " / "	x 1.818x10 ⁻³	= Horse-power
" " / "	x 1.945x10 ⁻²	= Kg.-calories/min.
" " / "	x 1.356x10 ⁻³	= Kilowatts
Gallons	x 3785	= Cubic centimeters
"	x 0.1337	= Cubic feet
"	x 231	= Cubic inches

"	x 3.785x10 ⁻³	= Cubic meters
"	x 4.951x10 ⁻³	= Cubic yards
"	x 3.785	= Liters
"	x 8	= Pints (liq.)
"	x 4	= Quarts (liq.)
Gallons, Imperial	x 1.20095	= U.S. gallons
" U.S.	x 0.83267	= Imperial gallons
Gallons water	x 8.3453	= Pounds of water
Gallons/min.	x 2.228x10 ⁻³	= Cubic feet/sec.
" / "	x 0.06308	= Liters/sec.
" / "	x 8.0208	= Cu. ft./hr.
" / "	x 8.0208	= Overflow rate (ft./hr.)
	Area (sq. ft.)	
Gallons water/min.	x 6.0086	= Tons water/24 hrs.
Grains (troy)	x 1	= Grains (avoir.)
" "	x 0.06480	= Grams
" "	x 0.04167	= Pennyweights (troy)
" "	x 2.0833x10 ⁻³	= Ounces (troy)
Grains/U.S. gal.	x 17.118	= Parts/million
" /U.S. gal.	x 142.86	= Lbs./million gal.
" /Imp. gal.	x 14.286	= Parts/million
Grams	x 980.7	= Dynes
"	x 15.43	= Grains
"	x 10 ⁻³	= Kilograms
"	x 10 ³	= Milligrams
"	x 0.03527	= Ounces
"	x 0.03215	= Ounces (troy)
"	x 2.205x10 ⁻³	= Pounds
Grams/cm	x 5.600x10 ⁻³	= Pounds/inch
Grams/cu. cm.	x 62.43	= Pounds/cubic foot
" / " "	x 0.03613	= Pounds/cubic inch
Grams/liter	x 58.417	= Grains/gal.
" / "	x 8.345	= Pounds/1000 gals.
" / "	x 0.062427	= Pounds/cubic foot
" / "	x 1000	= Parts/million
Hectares	x 2.471	= Acres
"	x 1.076x 10 ⁵	= Square feet
Hectograms	x 100	= Grams
Hectoliters	x 100	= Liters
Hectometers	x 100	= Meters
Hectowatts	x 100	= Watts
Horse-power	x 42.44	= B.T. Units/min.
" "	x 33,000	= Foot-lbs./min.
" "	x 550	= Foot-lbs./sec.
" "	x 1.014	= Horse-power (metric)
" "	x 10.70	= Kg.-calories/min.
" "	x 0.7457	= Kilowatts

" "	x 745.7	= Watts
Horse-power (boiler)	x 33,479	= B.T.U./hr.
" " "	x 9.803	= Kilowatts
Horse-power-hours	x 2547	= British Thermal Units
" " "	x 1.98×10^4	= Foot-lbs.
" " "	x 641.7	= Kilogram-calories
" " "	x 2.737×10^5	= Kilogram-meters
" " "	x 0.7457	= Kilowatt-hours
Inches	x 2.540	= Centimeters
Inches of mercury	x 0.03342	= Atmospheres
" " "	x 1.133	= Feet of water
" " "	x 345.3	= Kgs./sq. meter
" " "	x 70.73	= Lbs./sq. ft.
" " "	x 0.4912	= Lbs./sq. inch
Inches of water	x 0.002458	= Atmospheres
" " "	x 0.07355	= Inches of mercury
" " "	x 25.40	= Kgs./sq. meter
" " "	x 0.5781	= Ounces/sq. inch
" " "	x 5.202	= Lbs./sq. foot
" " "	x 0.03613	= Lbs./sq. inch
Kilograms	x 980,665	= Dynes
" "	x 2.205	= Lbs.
" "	x 1.102×10^{-3}	= Tons (short)
" "	x 10^3	= Grams
Kilograms-calories	x 3.968	= British Thermal Unit
" "	x 3086	= Foot-pounds
" "	x 1.558×10^{-3}	= Horse-power-hours
" "	x 1.162×10^{-3}	= Kilowatt-hours
Kilograms-calories/min.	x 51.43	= Foot-pounds/sec.
" " / "	x 0.09351	= Horse-power
" " / "	x 0.06972	= Kilowatts
Kgs./meter	x 0.6720	= Lbs./foot
Kgs./sq./meter	x 9.678×10^{-5}	= Atmospheres
" / " / "	x 3.281×10^{-3}	= Feet of water
" / " / "	x 2.896×10^{-3}	= Inches of mercury
" / " / "	x 0.2048	= Lbs./sq. foot
" / " / "	x 1.422×10^{-3}	= Lbs./sq. inch
Kgs./sq. millimeter	x 10^6	= Kgs./sq. meter
Kiloliters	x 10^3	= Liters
Kilometers	x 10^5	= Centimeters
" "	x 3281	= Feet
" "	x 10^3	= Meters
" "	x 0.6214	= Miles
" "	x 1094	= Yards
Kilometers/hr.	x 27.78	= Centimeters/sec.
" / "	x 54.68	= Feet/min.
" / "	x 0.9113	= Feet/sec.
" / "	x 0.5396	= Knots
" / "	x 16.67	= Meters/min.

" / "	x 0.6214	= Miles/hr.
Kms./hr./sec.	x 27.78	= Cms./sec./sec.
" / " / "	x 0.9113	= Ft./sec./sec.
" / " / "	x 0.2778	= Meters/sec./sec.
Kilowatts	x 56.92	= B.T. Units/min.
" "	x 4.425×10^4	= Foot-lbs./min.
" "	x 737.6	= Foot-lbs./sec.
" "	x 1.341	= Horse-power
" "	x 14.34	= Kg.-calories/min.
" "	x 10^3	= Watts
Kilowatt-hours	x 3415	= British Thermal Units
" "	x 2.655×10^6	= Foot-lbs.
" "	x 1.341	= Horse-power-hrs.
" "	x 860.5	= Kilogram-calories
" "	x 3.671×10^5	= Kilogram-meters
Liters	x 10^3	= Cubic centimeters
" "	x 0.03531	= Cubic feet
" "	x 61.02	= Cubic inches
" "	x 10^{-3}	= Cubic meters
" "	x 1.308×10^{-3}	= Cubic yards
" "	x 0.2642	= Gallons
" "	x 2.113	= Pints (liq.)
" "	x 1.057	= Quarts (liq.)
Liters/min.	x 5.886×10^{-4}	= Cubic ft./sec.
" / "	x 4.403×10^{-3}	= Gals./sec.
Lumber Width (in.) x Thickness (in.)	x Length (ft.)	= Board Feet
12		
Meters	x 100	= Centimeters
" "	x 3.281	= Feet
" "	x 39.37	= Inches
" "	x 10^{-3}	= Kilometers
" "	x 10^3	= Millimeters
" "	x 1.094	= Yards
Meters/min.	x 1.667	= Centimeters/sec.
" / "	x 3.281	= Feet/min.
" / "	x 0.05468	= Feet/sec.
" / "	x 0.06	= Kilometers/hr.
" / "	x 0.03728	= Miles/hr.
Meters/sec.	x 196.8	= Feet/min.
" / "	x 3.281	= Feet/sec.
" / "	x 3.6	= Kilometers/hr.
" / "	x 0.06	= Kilometers/min.
" / "	x 2.237	= Miles/hr.
" / "	x 0.03728	= Miles/min.
Microns	x 10^{-6}	= Meters
Miles	x 1.609×10^5	= Centimeters
" "	x 5280	= Feet
" "	x 1.609	= Kilometers
" "	x 1760	= Yards

Miles/hr.	x 44.70	= Centimeters/sec.
" / "	x 88	= Feet/min.
" / "	x 1.467	= Feet/sec.
" / "	x 1.609	= Kilometers/hr.
" / "	x 0.8684	= Knots
" / "	x 26.82	= Meters/min.
Miles/min.	x 2682	= Centimeters/sec.
" / "	x 88	= Feet/sec.
" / "	x 1.609	= Kilometers/min.
" / "	x 60	= Miles/hr.
Milliers	x 10 ³	= Kilograms
Milligrams	x 10 ⁻³	= Grams
Milliliters	x 10 ⁻³	= Liters
Millimeters	x 0.1	= Centimeters
"	x 0.03937	= Inches
Milligrams/liter	x 1	= Parts/million
Million gals./day	x 1.54723	= Cubic ft./sec.
Miner's inches	x 1.5	= Cubic ft./min.
Minutes (angle)	x 2.909x10 ⁻⁴	= Radians
Ounces	x 16	= Drams
"	x 437.5	= Grains
"	x 0.0625	= Pounds
"	x 28.349527	= Grams
"	x 0.9115	= Ounces (troy)
"	x 2.790x10 ⁻⁵	= Tons (long)
"	x 2.835x10 ⁻⁵	= Tons (metric)
Ounces, troy	x 480	= Grains
" "	x 20	= Pennyweights (troy)
" "	x 0.08333	= Pounds (troy)
" "	x 31.103481	= Grams
" "	x 1.09714	= Ounces, avoird.
Ounces (fluid)	x 1.805	= Cubic inches
" "	x 0.02957	= Liters
Ounces/sq. inch	x 0.0625	= Lbs./sq. inch
Overflow rate (ft./hr.)	x 0.12468 x	
1	x area (sq. ft.)	= Gals./min.
Overflow rate (ft./hr.)	x 8.0208	= Sq. ft./gal. min.
Parts/million	x 0.0584	= Grains/U.S. gal.
" / "	x 0.07016	= Grains/Imp. gal.
" / "	x 8.345	= Lbs./million gal.
Pennyweights (troy)	x 24	= Grains
" "	x 1.55517	= Grams
" "	x 0.05	= Ounces (troy)
" "	x 4.1667x10 ⁻³	= Pounds (troy)
Pounds	x 16	= Ounces
"	x 256	= Drams
"	x 7000	= Grains
"	x 0.0005	= Tons (short)
"	x 453.5924	= Grams
"	x 1.21528	= Pounds (troy)

"	x 14.5833	= Ounces (troy)
Pounds (troy)	x 5760	= Grains
" "	x 240	= Pennyweights (troy)
" "	x 12	= Ounces (troy)
" "	x 373.24177	= Grams
" "	x 0.822857	= Pounds (avoird.)
" "	x 13.1657	= Ounces (avoird.)
" "	x 3.6735x10 ⁻⁴	= Tons (long)
" "	x 4.1143x10 ⁻⁴	= Tons (short)
" "	x 3.7324x10 ⁻⁴	= Tons (metric)
Pounds of water	x 0.01602	= Cubic feet
" " "	x 27.68	= Cubic inches
" " "	x 0.1198	= Gallons
Pounds of water/min.	x 2.670x10 ⁻⁴	= Cubic ft./sec.
Pounds/cubic foot	x 0.01602	= Grams/cubic cm.
" / " "	x 16.02	= Kgs./cubic meter
" / " "	x 5.787x10 ⁻⁴	= Lbs./cubic inch
Pounds/cubic inch	x 27.68	= Grams/cubic cm.
" / " "	x 2.768x10 ⁴	= Kgs./cubic meter
" / " "	x 1728	= Lbs./cubic foot
Pounds/foot	x 1.488	= Kgs./meter
Pounds/inch	x 178.6	= Grams/cm.
Pounds/sq. foot	x 0.01602	= Feet of water
" / " "	x 4.883	= Kgs./sq. meter
" / " "	x 6.945x10 ⁻³	= Pounds/sq. inch
Pounds/sq. inch	x 0.06804	= Atmospheres
" / " "	x 2.307	= Feet of water
" / " "	x 2.036	= Inches of mercury
" / " "	x 703.1	= Kgs./sq. meter
Quadrants (angle)	x 90	= Degrees
" "	x 5400	= Minutes
" "	x 1.571	= Radians
Quarts (dry)	x 67.20	= Cubic inches
Quarts (liq.)	x 57.75	= Cubic inches
Quintal, Argentine	x 101.28	= Pounds
" Brazil	x 129.54	= Pounds
" Castile, Peru	x 101.43	= Pounds
" Chile	x 101.41	= Pounds
" Mexico	x 101.47	= Pounds
" Metric	x 220.46	= Pounds
Quires	x 25	= Sheets
Radians	x 57.30	= Degrees
"	x 3438	= Minutes
"	x 0.637	= Quadrants
Radians/sec.	x 57.30	= Degrees/sec.
" / "	x 0.1592	= Revolutions/sec.
" / "	x 9.549	= Revolutions/min.
Radians/sec./sec.	x 573.0	= Revolutions/min./min.
" / " / "	x 0.1592	= Revolutions/sec./sec.

Reams	x 500	= Sheets
Revolutions	x 360	= Degrees
"	x 4	= Quadrants
"	x 6.283	= Radians
Revolutions/min.	x 6	= Degrees/sec.
" / "	x 0.1047	= Radians/sec.
" / "	x 0.01667	= Revolutions/sec.
Revolutions/min./min.	x 1.745×10^{-3}	= Rads./sec./sec.
" / " / "	x 2.778×10^{-4}	= Revs./sec./sec.
Revolutions/sec.	x 360	= Degrees/sec.
" / "	x 6.283	= Radians/sec.
" / "	x 60	= Revolutions/min.
Revolutions/sec./sec.	x 6.283	= Radians/sec./sec.
" / " / "	x 3600	= Revolutions/min./min.
Seconds (angle)	x 4.848×10^{-6}	= Radians
Square centimeters	x 1.076×10^{-3}	= Square feet
" "	x 0.1550	= Square inches
" "	x 10^{-4}	= Square meters
" "	x 100	= Square millimeters
Square feet	x 2.296×10^{-5}	= Acres
" "	x 929.0	= Square centimeters
" "	x 144	= Square inches
" "	x 0.09290	= Square meters
" "	x 3.587×10^{-8}	= Square miles
" "	x 1/9	= Square yards
1		
Sqt. ft./gal./min.	x 8.0208	= Overflow rate (ft./hr.)
Square inches	x 6.452	= Square centimeters
" "	x 6.944×10^{-3}	= Square feet
" "	x 645.2	= Square millimeters
Square kilometers	x 247.1	= Acres
" "	x 10.76×10^6	= Square feet
" "	x 10^6	= Square meters
" "	x 0.3861	= Square miles
" "	x 1.196×10^6	= Square yards
Square meters	x 2.471×10^{-4}	= Acres
" "	x 10.76	= Square feet
" "	x 3.861×10^{-7}	= Square miles
" "	x 1.196	= Square yards
Square miles	x 640	= Acres
" "	x 27.88×10^6	= Square feet
" "	x 2.590	= Square kilometers
" "	x 3.098×10^6	= Square yards
Square millimeters	x 0.01	= Square centimeters
" "	x 1.550×10^{-3}	= Square inches
Square yards	x 2.066×10^{-4}	= Acres
" "	x 9	= Square feet
" "	x 0.8361	= Square meters
" "	x 3.228×10^{-7}	= Square miles

Temp. (°C.) + 273	x 1	= Abs. temp. (°C.)
" " + 17.78	x 1.8	= Temp. (°F.)
" (°F.) + 460	x 1	= Abs. temp. (°F.)
" " - 32	x 5/9	= Temp. (°C.)
Tons (long)	x 1016	= Kilograms
" "	x 2240	= Pounds
" "	x 1.12000	= Tons (short)
Tons (metric)	x 10^3	= Kilograms
" "	x 2205	= Pounds
Tons (short)	x 2000	= Pounds
" "	x 32000	= Ounces
" "	x 907.18486	= Kilograms
" "	x 2430.56	= Pounds (troy)
" "	x 0.89287	= Tons (long)
" "	x 29166.66	= Ounces (troy)
" "	x 0.90718	= Tons (metric)
1		
Tons dry solids/24 hrs.	(sq. ft.)	= Sq. ft./ton/24 hrs.
Tons of water/24 hrs.	x 83.333	= Pounds water/hour
" " " / "	x 0.16643	= Gallons/min.
" " " / "	x 1.3349	= Cu. ft./hr.
Watts	x 0.05692	= B.T. Units/min.
"	x 44.26	= Foot-pounds/min.
"	x 0.7376	= Foot-pounds/sec.
"	x 1.341×10^{-3}	= Horse-power
"	x 0.01434	= Kg.-calories/min.
"	x 10^{-3}	= Kilowatts
Watt-hours	x 3.415	= British Thermal Units
"	x 2655	= Foot-pounds
"	x 1.341×10^{-3}	= Horse-power-hours
"	x 0.8605	= Kilogram-calories
"	x 367.1	= Kilogram-meters
"	x 10^{-3}	= Kilowatt-hours
Yards	x 91.44	= Centimeters
"	x 3	= Feet
"	x 36	= Inches
"	x 0.9144	= Meters

8. 國際原子重量表 INTERNATIONAL ATOMIC WEIGHTS TABLE

Source: The Journal of the American Chemical Society. Atomic weight is the average weight of an atom compared to an average atom of ordinary terrestrial oxygen as 16. Starred values are the mass numbers of the longest-lived of the known forms of elements, usually synthetic, which are radioactive in all forms.

Chemical element	Symbol	Atomic number	Atomic weight	Year discovered
Astatium	At	85	*210	1940
Barium	Ba	56	137.33	1828
Berkelium	Bk	97	*247	1949
Beryllium	Be	4	9.0122	1798
Bismuth	Bi	83	208.9804	1783
Boron	B	5	10.81	1808
Bromine	Br	35	79.904	1826
Cadmium	Cd	48	112.411	1817
Caesium	Cs	55	132.90545	1861
Calcium	Ca	20	40.078	1808
Californium	Cf	98	*251	1950
Carbon	C	6	12.011	1772
Cerium	Ce	58	140.12	1803
Chlorine	Cl	17	35.453	1774
Chromium	Cr	24	52.004	1797
Cobalt	Co	27	58.9332	1803
Copper	Cu	29	63.546	1808
Curium	Cm	96	*247	1944
Dysprosium	Dy	66	162.500	1826
Erbium	Er	68	167.257	1843
Europium	Eu	63	151.964	1901
Fermium	Fm	100	*253	1952
Francium	Fr	87	*223	1939
Gadolinium	Gd	64	157.25	1840
Gallium	Ga	31	69.723	1875
Germanium	Ge	32	72.64	1868
Gold	Au	79	196.96657	1793
Hafnium	Hf	72	178.49	1922
Hassium	Hs	108	*264	1984
Helium	He	2	4.002602	1868
Holmium	Ho	67	164.93033	1878
Hydrogen	H	1	1.00794	1766
Indium	In	49	114.818	1863
Iodine	I	53	126.90547	1811
Iridium	Ir	77	192.222	1803
Iron	Fe	26	55.845	1808
Krypton	Kr	36	83.80	1898
Lanthanum	La	57	138.90547	1839

Lead	Pb	82	207.2	1751
Lithium	Li	3	6.941	1817
Lutetium	Lu	71	174.967	1907
Mercury	Hg	80	200.59	1782
Manganese	Mn	25	54.938	1774
Meitnerium	Mt	109	*266	1982
Moscovium	Mc	115	*288	1978
Molybdenum	Mo	42	95.94	1781
Nobelium	No	102	*259	1968
Niobium	Nb	41	92.90638	1781
Nickel	Ni	28	58.6934	1801
Nitrogen	N	7	14.00643	1772
Niobium (Form. Columbium)	Nb	41	92.90638	1781
Osmium	Os	76	190.23	1868
Oxygen	O	8	15.999	1774
Palladium	Pd	46	106.90508	1803
Phosphorus	P	15	30.97376	1809
Platinum	Pt	78	195.084	1735
Potassium	K	19	39.0983	1804
Promethium	Pm	61	*145	1945
Protactinium	Pa	91	231.03688	1917
Radium	Ra	88	226.0254	1898
Rhenium	Rh	45	186.207	1925
Rhodium	Rh	45	102.90550	1808
Rubidium	Rb	37	85.4678	1841
Ruthenium	Ru	44	101.072	1844
Samarium	Sm	62	150.36	1879
Sandwichium	Sch	110	*261	1971
Selenium	Se	34	78.96	1817
Silicon	Si	14	28.0855	1823
Silver	Ag	47	107.8682	1807
Sodium	Na	11	22.98976928	1807
Strontium	Sr	38	87.62	1790
Tantalum	Ta	73	180.94788	1802
Tellurium	Te	52	127.6	1843
Terbium	Tb	65	158.92535	1843
Thallium	Tl	81	204.38	1861
Thulium	Tm	69	168.93032	1868
Titanium	Ti	22	47.88	1791
Tungsten (Alternate Wolfram)	W	74	183.84	1783
Vanadium	V	23	50.9415	1789
Xenon	Xe	54	131.29	1898
Ytterbium	Yb	70	173.054	1878
Yttrium	Y	39	88.90584	1794
Zinc	Zn	30	65.38	1808
Zirconium	Zr	40	91.224	1789

FORMULAE, ATOMIC, MOLECULAR AND EQUIVALENT WEIGHTS AND CONVERSION FACTORS
TO CaCO_3 OF SUBSTANCES FREQUENTLY APPEARING IN THE CHEMISTRY OF WATER SOFTENING

Substance	Formula	Atomic or Molecular weight	Equivalent weight	Multiplying Factor Considering molecular wt. of CaCO_3 as 100.	
				Substance to CaCO_3 equivalent	CaCO_3 to equivalent substance
Aluminum	Al	27.0	9.0	5.56	0.18
Aluminum Chloride	AlCl_3	133.	44.4	1.13	0.89
Aluminum Chloride	$\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	241.	80.5	0.62	1.61
Aluminum Sulfate	$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$	666.4	111.1	0.45	2.22
Aluminum Sulfate	$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ (anhydrous)	342.1	57.0	0.88	1.14
Aluminum Hydrate	$\text{Al}(\text{OH})_3$	78.0	26.0	1.92	0.52
Alumina	Al_2O_3	101.9	17.0	2.94	0.34
Sodium Aluminate	NaAlO_2	163.9	27.3	1.83	0.55
Ammonium Alum	$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \cdot 24\text{H}_2\text{O}$	906.6	151.1	0.33	3.02
Potassium Alum	$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot \text{K}_2\text{SO}_4 \cdot 24\text{H}_2\text{O}$	948.8	156.1	0.32	3.12
Ammonia	NH_3	17.0	17.0	2.94	0.34
Ammonium (Ion)	NH_4^+	18.0	18.0	2.78	0.36
Ammonium Chloride	NH_4Cl	53.5	53.5	0.94	1.07
Ammonium Hydroxide	NH_4OH	35.1	35.1	1.43	0.70
Ammonium Sulfate	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	132.	66.1	0.76	1.32
Barium	Ba	137.4	68.7	0.73	1.37
Barium Carbonate	BaCO_3	197.4	98.7	0.51	1.97
Barium Chloride	$\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	244.3	122.2	0.41	2.44
Barium Hydroxide	$\text{Ba}(\text{OH})_2$	171.	85.7	0.59	1.71
Barium Oxide	BaO	153.	76.7	0.55	1.53
Barium Sulfate	BaSO_4	233.4	116.7	0.43	2.33
Calcium	Ca	40.1	20.0	2.50	0.40
Calcium Bicarbonate	$\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$	162.1	81.1	0.82	1.82
Calcium Carbonate	CaCO_3	100.08	50.1	1.00	1.00
Calcium Chloride	CaCl_2	111.0	55.5	0.90	1.11
Calcium Hypochlorite	$\text{Ca}(\text{ClO})_2$	74.1	37.1	1.35	0.74
Calcium Hypochlorite	$\text{Ca}(\text{ClO})_2$	143.1	35.8	0.70	1.43
Calcium Oxide	CaO	56.1	28.0	1.79	0.56
Calcium Sulfate	CaSO_4 (anhydrous)	136.1	68.1	0.74	1.36
Calcium Sulfate	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (gypsum)	172.2	86.1	0.68	1.72
Calcium Nitrate	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	164.1	82.1	0.61	1.64
Calcium Phosphate	$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$	310.3	51.7	0.97	1.03
Carbon	C	12.0	3.00	16.67	0.06

Chlorine (Ion)	Cl	35.5	35.5	1.41	0.71
Copper (Cupric)	Cu	63.6	31.8	1.57	0.64
Copper Sulfate (Cupric)	CuSO_4	160.	80.0	0.63	1.60
Copper Sulfate (Cupric)	$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	250.	125.	0.40	2.50
Iron (Ferrous)	Fe	55.8	27.9	1.79	0.56
Iron (Ferric)	Fe^{+++}	55.8	18.6	2.69	0.37
Ferrous Carbonate	FeCO_3	116.	57.9	0.86	1.16
Ferrous Hydroxide	$\text{Fe}(\text{OH})_2$	89.9	44.9	1.11	0.90
Ferrous Oxide	FeO	71.8	35.9	1.39	0.72
Ferrous Sulfate	FeSO_4 (anhydrous)	151.9	76.0	0.66	1.52
Ferrous Sulfate	$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	278.0	139.0	0.36	2.78
Ferrous Sulfate	FeSO_4 (anhydrous)	151.9	151.9	oxidation	oxidation
Ferric Chloride	FeCl_3	162.	54.1	0.93	1.08
Ferric Chloride	$\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	270.	90.1	0.56	1.80
Ferric Hydroxide	$\text{Fe}(\text{OH})_3$	107.	35.6	1.41	0.71
Ferric Oxide	Fe_2O_3	160.	26.6	1.88	0.53
Ferric Sulfate (Ferric)	$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$	399.9	66.7	0.75	1.33
Ferric or Ferric	Fe or Fe	55.8	55.8	oxidation	oxidation
Ferrous Sulfate	FeSO_4	151.9	151.9	oxidation	oxidation
Fluorine	F	19.0	19.0	2.66	0.38
Hydrogen (Ion)	H	1.01	1.01	50.0	0.02
Iodine	I	127.	127.	0.40	2.54
Lead	Pb	207.	104.	0.48	2.08
Magnesium	Mg	24.3	12.2	4.10	0.24
Magnesium Oxide	MgO	40.3	20.2	2.48	0.40
Magnesium Bicarbonate	$\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$	146.3	73.2	0.68	1.46
Magnesium Carbonate	MgCO_3	84.3	42.2	1.19	0.84
Magnesium Chloride	MgCl_2	95.2	47.6	1.05	0.95
Magnesium Hydrate	$\text{Mg}(\text{OH})_2$	58.3	29.2	1.71	0.58
Magnesium Nitrate	$\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$	148.3	74.2	0.67	1.48
Magnesium Phosphate	$\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2$	262.9	43.8	1.14	0.88
Magnesium Sulfate	MgSO_4	120.4	60.2	0.83	1.20
Manganese (Manganous)	Mn	54.9	27.5	1.82	0.55
Manganese (Manganic)	Mn ⁺⁺⁺	54.9	18.3	2.73	0.37
Manganese Chloride	MnCl_2	125.8	62.9	0.80	1.26
Manganese Dioxide	MnO_2	86.9	21.7	2.30	0.43
Manganese Hydrate	$\text{Mn}(\text{OH})_2$	89.0	44.4	1.13	0.89
Manganous Oxide	MnO	158.	36.3	1.90	0.53
Manganous Oxide	MnO	70.9	35.5	1.41	0.71

(continued on next page)

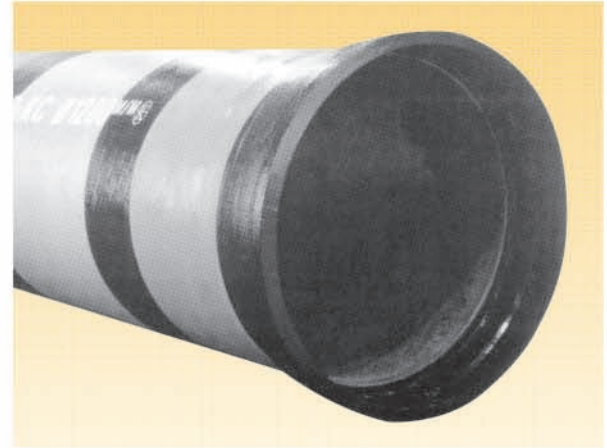
Substance	Formula	Atomic or Molecular weight	Equivalent weight	Multiplying Factor Considering molecular wt. of CaCO ₃ as 100.	
				Substance to CaCO ₃ equivalent	CaCO ₃ equivalent to substance
Nitrate (Ion)	NO ₃	62.0	62.0	0.81	1.24
Nitric Acid	HNO ₃	63.0	63.0	0.79	1.26
Nitrogen (Valence 3)	N ⁺⁺⁺	14.0	4.67	10.8	0.993
Nitrogen (Valence 5)	N ⁺⁺⁺	14.0	2.80	47.9	0.056
Oxygen	O	16.0	8.00	6.25	0.16
Phosphorus (Valence 3)	P ⁺⁺⁺	31.0	10.3	4.76	0.21
Phosphorus (Valence 5)	P ⁺⁺⁺	31.0	6.20	2.63	0.38
Potassium	K	39.1	39.1	0.25	0.39
Potassium Carbonate	K ₂ CO ₃	138	69.1	0.72	1.38
Potassium Chloride	KCl	74.6	74.6	0.67	1.49
Potassium Hydroxide	KOH	56.1	56.1	0.88	1.12
Silver Chloride	AgCl	143.3	143.3	0.35	2.87
Silver Nitrate	AgNO ₃	169.9	169.9	0.29	3.40
Silica	SiO ₂	60.1	30.0	1.67	0.60
Silicon	Si	28.1	7.03	7.14	0.14
Sodium	Na	23.0	23.0	2.18	0.46
Sodium Bicarbonate	NaHCO ₃	84.0	84.0	0.60	1.68
Sodium Bisulfate	NaHSO ₄	120.	120.	0.50	2.00
Sodium Bisulfite	NaHSO ₃	104.	104.	0.50	2.00
Sodium Carbonate	Na ₂ CO ₃	106	53.0	0.94	1.06
Sodium Carbonate	Na ₂ CO ₃ ·10H ₂ O	286.	143.	0.35	2.86
Sodium Chloride	NaCl	58.5	58.5	0.85	1.17
Sodium Hypochlorite	NaClO	74.5	37.3	0.67	1.49
Sodium Hydrate	NaOH	40.0	40.0	1.25	0.80
Sodium Nitrate	NaNO ₃	85.0	85.0	0.59	1.70
Sodium Nitrite	NaNO ₂	69.0	34.5	0.73	1.38
Sodium Oxide	Na ₂ O	62.0	31.0	1.61	0.62
Tri-sodium Phosphate	Na ₃ PO ₄ ·12H ₂ O (18.7% P ₂ O ₅)	380.2	126.7	0.40	2.53
Tri-sodium Phos. (anhydrous)	Na ₃ PO ₄ (43.2% P ₂ O ₅)	164.0	54.7	0.91	1.09
Di-sodium Phosphate	Na ₂ HPO ₄ ·12H ₂ O (19.8% P ₂ O ₅)	358.2	119.4	0.42	2.39
Di-sodium Phos. (anhydrous)	Na ₂ HPO ₄ (50% P ₂ O ₅)	142.0	47.3	1.06	0.95
Mono-sodium Phosphate	NaH ₂ PO ₄ ·H ₂ O (51.4% P ₂ O ₅)	138.1	46.0	1.09	0.92
Mono-sed. phos. (anhydrous)	NaH ₂ PO ₄ (59.1% P ₂ O ₅)	120.0	40.0	1.25	0.80
Meta-Phosphate (Hagen)	NaPO ₃ (69% P ₂ O ₅)	102.0	34.0	1.47	0.68

Sodium Sulfate	Na ₂ SO ₄ ·10H ₂ O	322.1	161.1	0.31	3.22
Sodium Sulfate	Na ₂ SO ₄	142.1	71.0	0.70	1.42
Sodium Thiosulfate	Na ₂ S ₂ O ₄	158.1	158.1	0.63	1.59
Sodium Tetrahydrate	Na ₂ SO ₄	270.2	135.1	0.37	2.71
Sodium Sulfite	Na ₂ SO ₃	126.1	63.0	0.79	1.27
Sulfur (Valence 2)	S ⁺⁺	32.1	16.0	3.13	0.32
Sulfur (Valence 4)	S ⁺⁺	32.1	8.02	6.25	0.16
Sulfur (Valence 6)	S ⁺⁺	32.1	5.34	9.10	0.11
Sulfur Dioxide	SO ₂	64.1	32.0	1.00	1.00
Tin	Sn	119.	119.	0.80	1.25
Water	H ₂ O	18.0	9.00	5.56	0.18
Zinc	Zn	65.4	32.7	1.54	0.65

ACID RADICALS					
Bicarbonate	HCO ₃	61.0	61.0	0.82	1.22
Carbonate	CO ₃	60.0	30.0	1.67	0.60
Carbon Dioxide	CO ₂	44.0	22.0	2.27	0.44
Chloride	Cl	35.5	35.5	1.41	0.71
Iodide	I	126.9	126.9	0.40	2.54
Nitrate	NO ₃	62.0	62.0	0.81	1.24
Nitrate Hydrate	OH	17.0	17.0	2.94	0.34
Phosphate	PO ₄	95.0	31.7	1.58	0.63
Phosphorous Oxide	P ₂ O ₅	142.0	33.7	2.11	0.47
Sulfate	S	32.1	16.0	3.11	0.32
Sulfate	SO ₄	96.1	48.0	1.04	0.96
Sulfur Trioxide	SO ₃	80.1	40.0	1.25	0.80

ACIDS					
Hydrogen	H	1.0	1.0	50.00	0.02
Acetic Acid	HC ₂ H ₃ O ₂	60.1	60.1	0.83	1.20
Carbonic Acid	H ₂ CO ₃	62.0	31.0	1.67	0.60
Hydrochloric Acid	HCl	36.5	36.5	1.37	0.73
Phosphoric Acid	H ₃ PO ₄	98.0	32.7	1.59	0.65
Sulfurous Acid	H ₂ SO ₃	82.1	41.1	1.22	0.82
Sulfuric Acid	H ₂ SO ₄	98.1	49.0	1.02	0.98
Hydrogen Sulfide	H ₂ S	—	—	—	—
Manganous Acid	H ₂ MnO ₃	104.9	52.5	0.96	1.05

XIII. 수도 용어



수도 용어

가 압 펌 프	Booster pump	압력을 증가시킬 목적으로 관로 도중에 설치하는 펌프.
가 정 용 수	Domestic use	음료·요리·세탁·수세식변소·목욕 등 일반가정에서 쓰는 물.
감 압 밸 브	Pressure reducing valve.	관로의 송중(送中)에 장치하여 상류부 고압의 물을 저압의 물로 변화시켜 하류에 보내는 밸브.
개 수 로	Open channel	고체성 주벽(周壁)에 의하여 완전히 폐합되지 않고 대기압을 받는 자유 수면을 가진 수로.
결 합 염 소	Combined available chlorine	수중에서 크로오라민(Choramine)과 같은 결합상태로서 존재하는 유효염소.
결합잔류염소	Combined available chlorine residual.	물을 염소처리한 경우 일정시간 후 소멸되지 않고 남아있는 「결합염소」
경 수 (硬水)	Hard water	마그네슘이나 칼슘염의 용해물이 수중에 70P.P.M(CaO로 환산)이상인 물(Ca로는 100P.P.M. 이상)
계획급수구역	Proposed Service area	계획년도까지 배수관을 부설하여 급수하는 구역.
계획급수인구	Estimated population using water	계획년도에 있어서의 급수인구

계 획 배 수 량	Proposed rate of distribuiton	배수펌프나 배수관의 계획에 쓰이는 수량을 말하며 일반적으로 평시는 「계획시간 최대급수량」 수재시에 있어서는 「계획 1일 최대 급수량」에 소화용수를 가산한 수량(인구 50만인 이상인 도시에서는 소화용수량을 고려치 않음)
계 획 송 수 량	Proposed rate of Transmission	정수장에서 배수지까지 송수하는 계획수량
계 획 시 간	Proposed hourly	배수관 계획에 사용되는 시간
최 대 급 수 량	Maximum consumtion	최대급수량
계 획 1 일 최 대 급 수 량	Proposed daily maxium consumption	수도시설의 규모를 규정하는데 사용되는 「1일 최대 급수량」
계 획 정 수 량	Proposed in take rate	수원에서 취수하는 계획수량이며 일반적으로 「계획1일 최대 급수량」의 110~115%를 취함.
고 가 수 조 (고가탱크)	Elevated tank	취수량이나 수압을 조절하기 위하여 높은 지지대위에 설치한 물탱크.
고 속 응 집	High rate solie	약품주입·혼화·응집 및 침전 등이 동일지내에서 이루어지게 하는 기제.
곡 관	Bent tube (Bent pipe)	어떠한 반경을 가지고 굽은 관.
공 공 용 수	Public use	일반 관공서·학교·병원·병영의 급수, 도로의 분수, 철수, 하수세조용, 소화용수 등의 일반 공용 용수.

관 로	Pipe line	관으로 된 수로
관 리 실	Control room	시설의 전체 또는 대부분을 관리하는 곳.
평 균 계 수	Uniformity Co-efficiency	모래의 체분석곡선(입도가적곡선)에 있어서 60% 통과율의 사립의 크기와 유효경과 비.
급 속 여 과 지	Rapid band filter basin.	급속도(1일 약 100~150m)로서 여과를 행하는 못.
급 속 혼 화 기	Flash mixer	약품을 기계적으로 급속히 혼합하는 기제.
급 수 관	Service pipe	배수지관으로부터 분기하여 각 가정에 급수하는 관.
급 수 구 역	Service area	배수관을 부설하여 급수가 가능하게 되는 구역.
급 수 보 급 율	Rates of water usage.	급수구역내 총인구의 백분율.
급 수 인 구	Population using water.	급수구역내 인구중 급수를 받고 있는 인구.
급 수 전	Service connection tap.	급수관의 말단에 설치하는 수도꼭지.
급 수 주	Stand pipe	내부가 관·부동전 및 급수전 등이 하나로 만들어진 기둥.
날개식양수기	Interential water meter.	통과하는 물의 유속을 이용하여 날개를 회전시켜 그 회전수에 의하여 간접으로 수량을 측정하는 「양수기」
노즐	Nozzle	물이 분사되어 나오는 관의 일단에 붙은 끝이 뾰족한 관구.
다단식여과법	Multiple filtration	같은 원수를 3중(예비여과·중간여과·최후여과 등으로 처리) 이상으로 여과하는 방식.

대 장 균 군	Coliform group	“그람”음성의 무아포성의 단간균으로서 유당을 분해하여 산과 개스를 발생시키는 호(豪)기성 혹은 호(好)기성의 세균군.
덕타일 주철관	Ductile cast iron pipe	고급 주철관의 일종으로 주철관보다 인장강도와 가요성이 큰 관.
도 유 벽	Baffle wall	물을 정제하지 않도록 균등하게 흘리기 위하여 침전지 혹은 배수지 등의 내부에 설치하는 벽.
도 수	Conveying water	취수설치에서 정수장까지 물을 보내는 것.
도 장	Coating	철관류에 녹을 방지하기 위하여 그 면에 도료를 바르는 것.
동 수 경 사	Hydraulic gradient	①도수관에서는 이 도수관에 꽂은 압력계에 올라온 물의 높이를 연결한 선의 경사. ②개거에서는 수표면의 경사.
배 기 밸 브	Air valve	관로의 높은 곳에 설치하여 공기를 자동적으로 배출시키는 밸브.
배 수 관	Drain pipe	저수지 혹은 탱크에 불필요한 물을 배제하는 관.
배 수 관	Distributing pipe	배수지 혹은 배수펌프를 기점으로 하여 배수를 목적으로 부설한 관.
배 수 본 관	Distributing main	배수관 중에서 근간이 되는 관.
배 수 지	Distributing reservoir	간적변화(間的變化)를 조절하는 못.
배 수 지 관	Distributing branch	배수본관에서 분기하여 직접 「급수관」에 연결하는 배수관.
배 수 탑	Water tower	배수지에 대응으로 직접 지상에 높게 축조한 탱크.

배 수 펌 프	Drain pump	배수를 목적으로 설치한 펌프.
벤 튜 리 미 터	Venturi meter	벤튜리관의 원리를 응용하여 관로중의 유량을 계량하는 양수기.
보 올 조 인 트	Ball joint	관류의 접합부가 구상을 이루고 있어 입체적으로 힌지 역할을 한 접합.
보 통 침 전 지	Plain sedimentation basin	유속을 완만하게 (체류유속시간을 12~24시간)하여 자연적으로 침전 시키는 못.
부 관	Bypass	수로 혹은 못·우물 등의 한쪽에 설치하여 그 구조물에 단수가 되었을 때 사용하는 부수로.
부 단 수 천 공 기	Drilling machine (" attachment)	배수지관으로 부터 분기하여 급수관을 연결할 때 단수치 않고 천공하는 기계.
부 수 두	Negative head	대기압 이하의 수두.
분 수 전	Ferrule	물을 분기하는 관에 설치하는 지수전.
사 전 염 소 처 리	Pre-chlorination	여과에 앞서 소독의 목적 이외에 철·망간의 제거·생물의 살멸 등을 행하기 위한 염소를 주입하는 것.
상 수 도	Water supply (Water works)	보건위생 및 방화의 목적을 주로 하여 계통적으로 급수하는 시설의 총칭.
삽 구	Spigot	수압접합에서 수구(受口)에 넣는 관의 끝 부분.
세 척 속 도	Back wash rate	역세척수가 단위시간 내에 여과면을 통과하는 길이(보통 급속 여과지에서는 40~60cm/분/m ² 정도이다)

세척탱크	Wash water tank	급속여과지의 세척에 쓰일 물을 저유(貯留)시켜 놓는 탱크.
세척펌프	Wash water pump	급속여과지에 세척수를 압송하는 펌프 혹은 세척탱크에 양수하는 펌프.
소화전송수	Hydrant Conveyance of water	소화용수를 배출하는 수전.
수관교	Aqueduct	정수장으로 부터 배수지 또는 가압 펌프장으로 물을 보내는 것.
수구	Socket	관이 하천·수로 또는 심곡을 횡단할 때 가설되는 관전용교.
수두	Water head	수압접합에서 삽구를 받는 편의 관끝의 넓은 부분.
		단위중량의 물이 가지는 여러가지 형태의 에너지의 크기를 수주의 높이로서 표시한 것.
수로교	Aqueduct	도수거가 깊은 골짜기나 하천 등을 횡단하는 수로전용의 교량.
수중모우터 펌프	Submerged pump	전동기와 펌프가 일체로 되어 있으며 수중이 아니면 운전이 되지 않는 펌프이며 보통심정에 많이 사용되는 것.
수격작용	Water hammer	관로중의 유수량의 급격한 변동으로 인하여 발생하는 동수압.
스트레이너	Strainer	①펌프의 흡수관의 하단 또는 관정의 측벽 체수부에 장치하여 자갈 또는 기타 잡물을 들어오지 못하게 하는 장치. ②급속여과지의 누상에 설치하여 누수·세척수를 균등하게 유출입 시키는 장치.

시간최대급수량	Maximum hourly Consumption	1일을 통하여 시간당 급수량이 최대인 것.
실양정	Static head	펌프의 흡입수위와 토출측수위와의 차.
심정	Deep well	제 1부투 수층이하의 물을 흡수하는 우물.
십자관 안전밸브	Cross pipe Safety valve	십자형을 이룬 이형관. 이상수압이 발생하였을 때 자동적으로 물을 배수하여 관로의 안전을 꾀한 밸브.
알카리제	Alkaline Chemical	물의 알카리도를 높이거나 P.H. 값을 조정하기 위하여 사용된 알카리성 약.
압력여과기	Pressure filter	급속여과기의 일종으로서 여과탱크를 밀폐하고 원수레 압력을 가하여 여과하는 여과기.
최확수	M.P.N.(Most probable number)	Most probable number의 약자로서 최확수라 불리운다. 확률론의 원리를 이용하여 수학적으로 산출되어진 수치로서 보통 대장균의 수를 나타낼 때 사용됨.
야안	Yarn	수압접합에 있어 수구부에 삽입하여 누수를 방지할 목적으로 넣는 삼으로 된 실.
약품용탱크	Chemical solution tank.	응집제를 용해하는 탱크.
약품주입기	Chemical feeder	응집제를 주입하는 기기.
약품침전지	Chemical sedimentation basin	원수에 약품을 혼화하여 침전시키지는 못(체류시간 3~5시간)

양 수 기	Water meter	수관에 장치하여 수량을 계량하는 계기.
양 수 정	Gauging well	너치(Natch) 또는 웨어 등을 설치하여 수량을 측정하는 못.
여 과	Filtration	여과재를 사용하여 물을 거르는 곳.
여 과 기	Filter	물을 거르는 기계.
여 과 막	Filtration Film	여과지에서 여과층 표면에 피막이 생기는 균을 제거하는 막.
여 과 모 래	Filter sand	여과재로 사용되는 모래.
여 과 속 도	Rate of filtration	원수가 1일 또는 단위시간에 여과지의 표면을 통과하는 길이 또는 원수가 단위시간에 사면의 단위면적을 여과하는 양.
여 과 자 갈	Filter gravel	①여과지 내의 여과 모래를 지지하는 자갈. ②이중 여과에서는 1차 여과지의 여과재.
여 과 재	Filter medium	여과에 사용하는 재료.
여 과 지	Filter basin	원수나 예비처리수를 모래나 무연탄 등에 여과시켜 거르는 못.
여 과 층	Filter layer	여과지 내의 여과재의 층.
역 세 척	Back wash	압력정수(혹은 정수와 공기)를 여과류향과 반대방향으로 압송하여 여과층을 씻어 내는 것.
역 지 변	Check valve	관로에 설치하여 물이 역류하는 것을 막는 밸브.
연 수 (軟水)	Soft water	경수가 아닌 물 즉, 마그네슘이나 칼슘 염이 수중에 용해되어 있는 양이 70P.P.M.(CaO로 환산)이하인 물. (CaCO ₃ 로는 100P.P.M.이하)

염 소 멸 균	Chlorination	순염소 혹은 클로르 칼키로서 수중의 세균류를 사멸시키는 것.
영 향 원	Radium of influence circle	우물에서 지하수를 집수할 때 수압변화가 일어나지 않은 반경으로 이루어진 원.
완 속 여 과 지	Slow sand filter basin	느린 속도(1일 약 3~5m)로 여과를 행하는 못.
원반식양수기	Disk water meter	원반의 회전장치에 의하여 직접 통과 수량을 계량하는 양수기.
원 수	Raw water	정수 처리 전의 물.
유 량 조 절 기	Rate of flow Controller	여과지의 유량을 조절할 목적으로 설치한 계기.
유 이 염 소	Free chlorine	수중에서 차아염소산 혹은 차아염소산이온 형태로 존재하는 유효염소.
유이잔류염소	Free available chlorine	물을 염소처리하였을 경우 일정 시간 후에 소멸되지 않고 남아있는 유이염소.
유 이 탄 산	Free carbonate	수중에 용존하는 탄산가스.
유 효 경	Effective size	모래의 입도곡선에서 10%통과율의 사력의 크기를 mm로 나타낸다.
응 집 보조제	Aid coagulant	응집제의 효과를 향상시키기 위하여 첨가하는 약품.
응 집 제	Coagulant	수중의 부유물질을 응집시켜 플로크를 형성할 목적으로 추가하는 약품.
응 집 지	Coagulation basin	혼화지와 프로크형성지의 총칭.
이 토 관 (泥土管)	Blow off pipe	관로의 낮은 곳에 설치하여 관내의 토사를 배출하는데 사용되는 특수정자관.

이 토 변	Blow off valve	이토관에 붙은 밸브.
인 입 관	Inlet pipe	탱크, 우물 및 못에 끌어 넣는 관.
인 출 관	Outlet pipe	탱크, 우물 및 못에 물을 빼내는 관.
일 유 관	Overflow pipe	여분의 물을 넘어가게 하는 관.
일 반 세 균	General bacteria	수중에 서식하고 있는 세균으로서 보통한천배지취락을 형성하는 균.
1 인 1 일 최 대 급 수 량	Maximum consumpption per day per capital	1일 최대 급수량을 급수 인구 1인당으로 나타낸 것.
1인1일평균 급 수 량	Average consumption per day per capital	1일 평균 급수량을 인구 1인당으로 나타낸 것.
1 일 최 대 급 수 량	Maximum daily consumption	1년간을 통하여 1일 급수량의 최대인 것.
1 일 평 균 급 수 량	Average daily consumption	1년간의 총급수량을 1일당으로 환산한 것.
1 차 여 과 지	Primary filter basin	2중여과법(double filtration)에 있어 최초의 여과지.
자 정 작 용	Self purification	물이 하해 또는 호수 등을 유과하는 사이에 자연히 정화되는 작용.
전 양 정	Total head	펌프가 물에 가해지는 모든 수두의 합. 즉 흡입양정과 토출장종 및 손실「수두」를 합산한 것.
접 른	Collar (Sleeve)	관의 수구부와 삼구 부간을 접합할 때 사용되는 양단이 수구형의 단관.

접 합 정	Junction well	종류가 다른 관 혹은 거의 연결부 관 혹은 거의 굴곡부 또는 관로의 수두를 멸살시키기 위하여 그 도중에 설치하는 시설.
정 수 지	Clear Well	여과수를 배수지에 양수할 경우에 여과지와 펌프 공간에 설치하여 정수를 저장하여 여과 및 펌프조작과의 조절을 행하는 동시에 염소와 정수를 접촉케 하는 못.
제 수 밸 브	Sluice valve	통수량을 가감하거나 통수의 개폐를 위하여 관로에 설치하는 밸브.
조 절 정	Regulating well(Regulating chamber)	정수장이나 배수지에서 유입수의 수위조절과 양수를 위하여 설치한 작은 우물.
종 속 성 유 이 탄 산 지 수 전	Subjective free carbon dioxide Stop valve	용존염류가 평행을 추지하는데 필요한 유이탄산. 통수량을 가감하거나 단수하기 위하여 급수관로에 설치하는 밸브.
집 수 매 거	Infiltration gallery	부유수(subsurface water)를 취수하기 위하여 매설한 유공거.
집 수 정	Collecting well	두개이상의 수원 못·우물 등으로 부터 집수되어 하류로 보내는 우물.
천 정	Shallow well	제일부투수층까지의 물을 집수하는 우물.
체 류 시 간	Detention Period	못의 유효용량을 단위시간당 유량으로 나눈 값.
축 동 력	Brake horsepower	펌프 축의 소요동력.

취 수 문	Intake gate	문형으로된 지표수의 취수구조물.
취 수 탑	Intake tower	하천·저수지 또는 호수등에서 취수하기 위하여 설치하는 탑상 구조물.
침 사 지	Sand basin	수중의 토사를 침전하는 곳
침 식 성	Aggressive	수중의 여과탄산이 종속성 유이
유 이 탄 산	free carbon dioxide	탄산에 상당하는 양 이상의 것.
캐 비 테 이 셴	Cavitation	펌프에 있어서 임펠러 입구의 정압이 그 수온에 상당하는 포화증기압이하로 될 때 발생하며 펌프의 성능이 저하하고 소음 및 진동이 발생하는 현상.
클 로 라 민 법	Chloramination	순염소에 암모니아를 추가하여 살균작용을 행하는 방법.
탁 도	Turbidity	물의 흐린 정도를 표시하는 표준.
토 출 관	Delivery pipe	펌프에 부속되어 빨아올린 물을 압출하는 관.
트 로 프	Wash water trough	세척오수를 제거하는 한편 유입원수를 분배하는 홈통.
펌 프 장	Pump station	펌프를 설치한 건물 또는 이 건물에 있는 구내 일반의 명칭.
편 락 관	Taper pipe (decreaser reducer)	내경이 고르게 변화하는 관.
평 저 변	Flat valve	상향관이 개폐에 사용되는 평편한 수평변.
폭 기 법	Aeration	원수 또는 예비처리수를 분수장, 폭포장으로 하여 대기에 접촉시키거나 또는 수중에 공기를 직접 흡입시키는 정수법.

폴리에틸렌관	Polyethylene pipe	플라스틱관의 일종으로서 급수관으로 사용되는 관.
표 면 세 척	Surface wash	압력정수를 분사하여 여과층의 표면을 세척하는 것.
후 드 밸 브	Foot valve	흡입관 하단에 붙어있는 펌프 혹은 우물의 물이 역류하는 것을 방지하는 밸브.
플 로 크	Floc	물에 응집제를 혼화하였을 때에 형성하는 응집물.
플 로 크 형 성 기	Flocculator	「플로크」의 형성을 촉진시키는 기계.
플 로 크 형 성 지	Flocculation basin	「플로크」를 형성 시키는 곳.
P . V . C . 관	Rigid poly-vinylchloride pipe	경질염화비닐관으로서 급수관으로 사용되는 관.
P . H . 값	Hydrogenion concentration	수소이온의 농도를 상용대수로 표시한 값.
P . P . M .	Part per million	농도의 단위로서 백만분의 1.
혼 화 지	Mixing basin	원수에 약품을 혼화시키는 곳.
흡 입 관	Suction well	펌프에 부속되어 물을 퍼올리는데 사용되는 관.

XIV. 참고 문헌



1. Hand book of cast iron pipe : Cast iron pipe research association, Chicago.(1952)
2. A.P Gagneb in, K.D.Millis, N.B.Pilling : "Ductile cast iron -A new engineering material." Iron Age, V.163 (1949) 77
3. C. T.Haller : "Ductile iron - A new engineering material for water works Construction." J.AW WA V.44 N.10 (1952) 912
4. Ductile관 : 久保田鐵工(株). 일본(1972)
5. J.B.Hill : "Ductile iron pipe for utility service" J.AW WA V.54, No.7 (1962) 840
6. H.L.Hamilton : "Effect of soil corrosion on cast iron pipe" J.AW WA V.52, NO.5 (1960) 638
C.V.Davis, K.E.Sorensen : "Corrosion in fresh water."
7. Hand book of applied hydraulics. 3RD ed. Mc Grow-Hill New York(1969)
W.D.Monje, C.M.Clark : "Loads on underground pipe due to frost penetration." J.AW WA V.65 No.6 (1974) 205
ANSI A21.1, A, 21.50, ASTM M64-65
9. KSD 4306, 4310, 4311, 4308, 4316, 4309, KSB 2332
10. ISO 13, 2531, BS 4772, JIS G 5526, EN545
11. J.F.Kahles, N.Z.Lation, R B. Kropf "High machinability and productivity of ductile iron." Metal Progress. V59 (1951) 238
13. 河井貞一 : "소구경원심력 ductile 주철관의 천공과 분기 성능 실험, 수도협회지 n.355 (1965) 51
14. "수도사업계획과 자재수요" 일본수도공업단체연합회(1980)
15. 일본주철관 협회지 1967년 2월호
16. 덕타일주철관 핸드북, 久保田鐵工所.
17. Pipe with Cement Mortar Lining. Thyssen.

18. Schalker Verin GM BH Werk Gelsenkirchen.
19. Corrosion in Drinking Water System, W. Kolle
(Germany)
20. Water & Sewage Works June 1962
(Scranton Gillette Publication, U.S.A.)
21. Tyton Joint Centrifugal Cast Iron Pipe,
(U.S.Pipe & Foundry Co., Ltd. U.S.A.)
22. Permutit Water Conditioning
(The Permutit Company, U.S.A.)
23. Conversion Factors for the engineer
(DORR - OLIVER Incorporate, U.S.A.)
24. 수도시설기준 해설 (수도협회)
25. 상하수도 편람 (이공사)
26. 상수도용 송배수관으로서의 구상흑연 주철관의 회주철관의 특성
비교 검토(서울대학교 공과대학 부설 생산기술연구소)
27. 상수도용 덕타일주철관의 시멘트 모르타르 라이닝에 대한 연구
(수도협회)
28. 환경부 제정 - 상수도 시설 기준 (한국수도협회/1997)
29. 2000. 건설 표준 품셈 (건설연구소)
30. 수도용 덕타일주철관의 시공 및 유지관리에 관한 경제성연구
(건설산업연구소)
31. 수도용 송배수관으로서의 덕타일주철관에 관한 특성연구(한국
상하 수도 학회)
32. 환경부제정-상수도공사 표준 시방서 (1998.6, 한국수도협회)
33. Installation Guide for Ductile Iron Pipe - DIPRA /
34. 2000
일본 후생성 감수 - 수도시설 설계 지침 해설
(일본 수도협회 / 1990)
35. 라이프라인 Q&A (일본 덕타일 철관 협회)
36. 지방공기업법 시행규칙(1999. 4)
37. 일본 - 지방공기업법 시행규칙

약도 및 위치

서울사무소

☎135-918
서울특별시 강남구 테헤란로 52길 6
테헤란 O/T 411호
(서울특별시 강남구 역삼2동 707-38)
TEL : (02)565-4900~4
FAX : (02)565-4905

포항공장

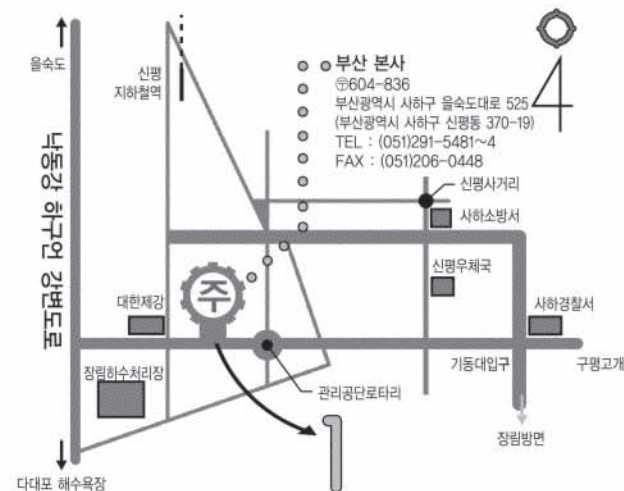
☎790-836
경북 포항시 남구 신행로 86
(경북 포항시 남구 청림동 1-138번지)
TEL : (054)292-5780~2
FAX : (054)292-5783

부산 본사

☎604-836
부산광역시 사하구 을숙도대로 525
(부산광역시 사하구 신평동 370-19)
TEL : (051)291-5481~4
FAX : (051)206-0448



부 산 본 사



Korea Cast Iron Pipe Ind.Co.,Ltd.
<http://www.kcip.co.kr>

KSA   ISO 9001 인증업체

