



波形鋼管暗渠의 設計

Design of Corrugated Steel Pipe Culvert

柳 基 松*
Ki-Song Ryu

1. 개 요

파형강관은 도로, 철도 등을 횡단하는 배수 암거나 관개배수를 위한 수로 구조물로서 이용되며, 또한 사일로, 컨베이어벨트의 덮개, 낙석 방지공, 호안용셀 및 흙막이벽 등의 구조물로도 이용된다.

이것은 강판을 파형으로 만들어 강성을 높인 것인데 판두께는 최대가 7mm로서 매우 얇으므로 변형하기 쉬운 것이 강성암거와 다른 점이다.

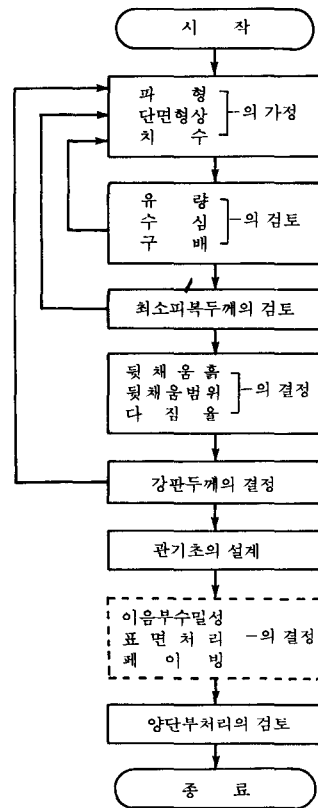
이러한 구조물이 상재하중에 잘 견디는 이유는 파형강관이 연직하중에 의하여 연직방향으로 압축됨에 따라 수평방향으로 지름이 확대되면서 측면토사를 밀어내므로 이때 수동토압이 관체에 작용, 변형이 정지되고 외력이 관체외주에 거의 동일하게 작용하여 관체에 모멘트가 생기지 않기 때문이다.

한편 우리나라에서는 현재 5개업체가 파형강관생산에 참여하고 있으며, 이중 3개업체는 1991년부터 파형강관을 생산하고 있다.

따라서 본고에서는 파형강관암거의 구조설계 및 수리계산에 대하여 간단히 기술하고자 하며, 설계시는 파형강관에 작용하는 하중, 기초지반토질 및 뒷채움흙 등을 고려하여 그림 1-1의 순서로 하면 좋다.

2. 위치선정

파형강관암거의 매설시는 강관의 특성을 총



*점선부분은 필요시에 고려함

그림 1-1 설계순서의 흐름도

분히 발휘할 수 있도록 다음과 같은 사항을 고려하여 그 위치를 선정해야 한다.

(1) 파형강관암거의 매설방법은 강성암거와 같이 돌출형과 도랑형이 있는데 매설된 파형강관은 외주에 작용하는 토압이 거의 같으므로

*농어촌진흥공사 농어촌연구원 농공연구실 실장(농어업토목기술사)

로 어느 곳에서나 시공이 가능하나 일반적으로 도랑형으로 매설하는 것이 좋다.

(2) 그림 2-1과 같이 편토압을 받는 장소에 암거를 설치하면 압되며, 부득이한 경우는 시공중 및 완공후에 편토압을 받을 염려가 있으므로 그림 2-2와 같이 원지반에 도랑을 굴착하고 매설한다.

또한 파형강관이 성토비탈면 하부에 위치할 경우는 가능한 한 그림 2-3과 같이 성토사면 중앙으로 옮기고 외측에 압성토를 하여 편토압을 방지하거나 그림 2-4와 같이 지반에 도랑을 굴착하고 매설한다.

(3) 기초지반이 양호할 경우는 관기초를 할 필요가 없으며, 지반이 불량할 경우는 관기초를 설치한다.

(4) 파형강관을 도로 또는 철도 등의 성토를 횡단하는 암거로 할 경우는 직각으로 설치하면 좋으며, 부득이 경사지게 할 경우는 양단부에 편토압이 작용할 염려가 있으므로 보호공을 설치한다.

(5) 파형강관의 종단방향구배를 너무 급하게 할 경우는 강관조립이 곤란하고 뒷채움 등의 시공이 문제가 되므로 구배를 20° 이하로 한다.

(6) 파형강관을 연약지반에 매설할 경우 예상침하량이 많으면 성토중앙부의 암거를 예상침하량 만큼 계획선보다 높게 설치한다.

3. 파형강관의 설계

가. 단면형상

파형강관암거의 기본적인 단면형상은 표 3-1과 같이 원형, 에룡게이션형, 관아치형 및 아치형이 있으며, 이를 간단히 설명하면 다음과 같다.

1) 원형

원형은 파형강관암거의 표준형으로서 역학적 거동이 비교적 명확하고 안정된 형상이며, 조립시공도 다른 형상보다 쉽다.

이것은 파형에 따라서 현장에서 조립하는 1

형과 2형 및 공장에서 나선형으로 제조하는 1S형과 3S형이 있는데 관지름 1.5m이하의 1형을, 1.5m이상은 2형을 사용하면 좋다.

2) 에룡게이션형

에룡게이션형은 원형2형의 지름을 연직방향으로 5% 증가시켜 내하력을 증진시킨 관으로서 주로 성토고가 높거나 대구경관 등에 사용

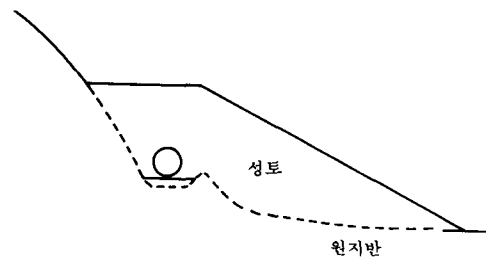


그림 2-1 잘못된 설치법

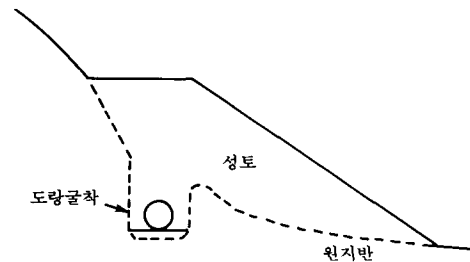


그림 2-2 올바른 설치법

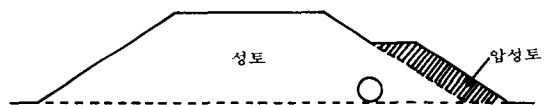


그림 2-3 압성토보강 설치법

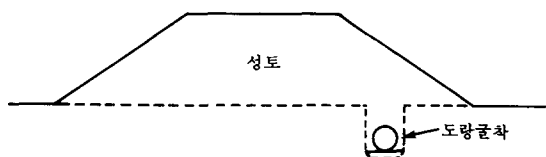
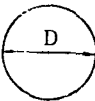
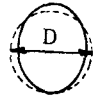

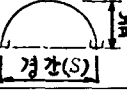
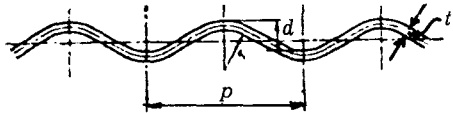


그림 2-4 도랑굴착 설치법

표 3-1 파형강관암거의 기본단면형상⁴⁾

단면형상	파형	호칭지름, D(mm)	강판두께, t(mm)	이음형식	비고
 원형	1형	400~1,800	1.6, 2.0, 2.7, 3.2, 4.0	플랜지형 또는 랩형 볼트죄임	나선형
	1S형	300~1,800	1.6, 2.0, 2.7, 3.2	커플링밴드로 연결	
	3S형	900~2,400			
	2형	1,500~15,000			
에룡게이션형 (원형을 연직방향 으로 5% 신장한 것) 	2형	1,500~4,500			
관아치형 	2형	S2007×R1,487 S5,700×R3,189	2.7, 3.2, 4.0, 4.5 5.3, 6.0, 7.0	랩형 볼트죄임	
아치형 	2형	S1,500×R810 S7,000×R3,560			

파형의 종류와 치수			
파형	파의 간격 p(mm)	파의 심도 d(mm)	파의 반지름 r(mm)
1형, 1s형	68.0	13.0	17.5
2형	150	48.0, 50.0	28.0
3s형	76.2	25.4	17.5



파형

되며, 관지름과 파형강관 섹션의 조합은 원형 2형과 같다.

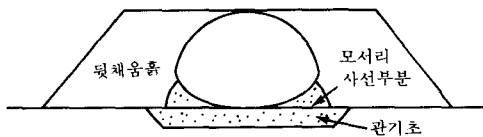


그림 3-1 관아치형의 모서리부분

3) 관아치형

관아치형은 흙의 피복두께가 원형 2형의 최소피복두께보다 적을 경우에 주로 사용되며,

원형 2형지름과 관아치의 높이가 같을 경우는 관아치형이 수리상 단면적이 크므로 원형보다 통수량이 많다.

이 형상은 모서리 부분의 반력도압이 크므로 그림 3-1에서 사선부분 뒷채움흙의 선정 및 다짐시공시에 유의해야 한다.

4) 아치형

아치형은 파형강관내부의 경간을 크게 해야 할 경우에 주로 사용되므로 도로하의 인도, 차도 또는 수로 등에 적당하며, 아치형은 휨성구 조물과 강성구조물을 조합한 것이므로 그 내하력은 아치기초의 안정성에 따라 크게 달라지기 때문에 기초설계, 시공시에 유의해야 한다.

나. 파형강관의 구조설계

파형강관의 거동은 뒷채움흙(측면토)의 성질에 따라 다르고 관자체가 얇은 파형강관으로서 볼트로 중첩이음을 하는 등 복잡한 요인이 많기 때문에 강판두께 결정시는 이론상의 의문점 및 적용상의 난점을 가지고 있다.

그러나 많은 연구결과를 토대로 미철강협회(AISI)³⁾에서는 구조계산을 하여 파형강관의 단면을 결정하고 있으며, 우리나라의 건설부¹⁾와 일본의 토질공학회²⁾에서는 표 3-2 및 표 3-3과 같이 관체의 피복두께에 따른 파형강관의 종류 지름 및 두께에 대한 조건표를 작성,

이를 이용하여 설계를 하도록 하고 있다.

1) 작용하중

파형강관암거에 작용하는 하중은 아스팔트 포장 및 피복토에 의한 연직토압과 통과차량에 의한 활하중이 있으며, 미국의 AISI에 의한 작용하중은 다음과 같다.

가) 연직토압

휨성관은 상부하중에 의하여 관이 수평방향으로 편평하게 확대되어 양측의 흙을 밀어내므로 저항토압이 생겨 그림 3-2와 같이 하중 및 지반반력이 관체 전 주위에 걸쳐 거의 균등한 분포로 작용한다.

표 3-2 도로용 파형강관암거의 강판두께 조건표(건설부)¹⁾

파 형 1 형 강 관								단위 : mm												
호칭지름 D(mm)	피 복 두 겹, H(m)																			
	$h_m \sim 0.6$	0.6~4.5	4.5~6	6~10.5	10.5~12	12~13.5	13.5~21													
1,000	(2.7)																			
1,300	3.2	2.7	3.2	3.2	3.2	4.0	4.0													
1,600	3.2	3.2	3.2	3.2	4.0	4.0	4.0													
1,900	4.0	4.0	4.0	-	-	-	-													
(주) ① ()내는 노면에 활하중이 작용하지 않는 경우 ② h_m 은 최소피복두께, $h_m = (\text{포장두께} + H_m)$ 여기서 H_m : 노상 상면에서 관의 마루면(頂面)까지의 깊이. ③ -는 사용할 수 없는 것.																				
파 형 2 형 강 관														단위 : mm						
호칭지름 D(mm)	피 복 두 겹, H(m)																			
	h_m	1.5	3.0	4.5	6.0	7.5	9.0	10.5	12.0	13.5	15.0	16.5	18.0							
	1.5	3.0	4.5	6.0	7.5	9.0	10.5	12.0	13.5	15.0	16.5	18.0	21.0							
2,000	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	3.2	3.2	4.0	4.0	4.5	5.3							
2,500	2.7	2.7	2.7	2.7	3.2	3.2	3.2	4.0	4.0	4.5	5.3	5.3	7.0							
3,000	3.2	2.7	3.2	3.2	3.2	3.2	4.0	4.5	5.3	5.3	6.0	7.0	-							
3,500	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	4.0	4.5	5.3	6.0	6.0	7.0	-	-							
4,000	3.2	3.2	3.2	4.0	4.0	4.0	5.3	6.0	7.0	7.0	-	-	-							
4,500	4.0	3.2	4.0	4.0	4.0	5.2	6.0	7.0	-	-	-	-	-							
(주) ① h_m 은 최소 피복두께, $h_m = (\text{포장두께} + H_m)$ 여기서 H_m : 노상 상면에서 관의 마루면(頂面)까지의 깊이. ② -는 사용할 수 없는 것.																				

표 3-3 도로용 파형강관암거의 강판두께 조건표(일본토질공학회)²⁾

강판두께의 단위 : mm

구분	호칭 지름 D(mm)	최소 피복 두께 (m)	피복 두께, H(m)															
			1.5	3.0	4.5	6.0	7.5	9.0	10.5	12.0	13.5	15.0	16.5	18.0	21.0	24.0	27.0	30.0
원형	400	0.4	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	2.0	2.0	2.7	2.7	3.2	3.2	4.0
	600	0.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	2.0	2.7	2.7	2.7	3.2	3.2	4.0	(4.0)		
	800	0.6	2.0	1.6	1.6	2.0	2.0	2.7	2.7	3.2	3.2	4.0	(4.0)					
	1,000	0.6	2.7	2.0	2.0	2.0	2.7	2.7	3.2	4.0	4.0	(4.0)						
	1,200	0.6	2.7	2.0	2.0	2.7	2.7	3.2	4.0	(4.0)								
	1,350	0.6	2.7	2.0	2.0	2.7	3.2	4.0	(4.0)									
	1,500	0.6	3.2	2.7	2.7	3.2	4.0	4.0										
	1,650	0.6	3.2	2.7	2.7	3.2	4.0	(4.0)										
	1,800	0.6	3.2	3.2	3.2	3.2	4.0											
원형	1,500	0.6	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	3.2	4.0	4.0	4.0	5.3	5.3	6.0	6.0	
	1,750	0.6	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	3.2	4.0	4.0	4.5	5.3	6.0	6.0	(6.0)	(6.0)
	2,000	0.6	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	3.2	4.0	4.0	4.5	5.3	6.0	(6.0)	(6.0)	(6.0)	(6.0)
	2,500	0.6	2.7	2.7	2.7	2.7	3.2	4.0	4.0	4.5	5.3	6.0	6.0	(6.0)	(6.0)	(6.0)	(7.0)	
	3,000	0.6	3.2	3.2	3.2	3.2	4.0	4.5	5.3	5.3	6.0	(6.0)	(6.0)	(6.0)	(7.0)	(7.0)		
	3,500	0.6	3.2	3.2	3.2	4.0	4.5	5.3	6.0	6.0	6.0	(6.0)	(6.0)	(7.0)				
	4,000	0.6	4.0	4.0	4.0	4.5	4.5	5.3	6.0	6.0	(6.0)	(6.0)	(7.0)	(7.0)				
	4,500	0.6	4.5	4.5	4.5	5.3	6.0	6.0	6.0	6.0	(7.0)	(7.0)						
	구분	뒷채움흙의 변형계수 Es(kgf/cm ²)	뒷채움흙과 다짐율															
고덕체 숫자로 나타낸 부분	75~150	모래 또는 모래섞인 자갈을 사용하면 좋으며, 약간의 세립 분이 있는 산사(山砂)도 최대조밀도의 90%이상 다지면 좋다.																
보통글자체 숫자로 나타낸 부분	150~250	모래 또는 모래섞인 자갈을 사용하며, 최대조밀도의 90% 이상으로 다진다.																
()내 숫자로 나타낸 부분	250 이상	입도가 좋은 모래섞인 자갈 등을 선정하고 시공관리를 철 저히 하여 최대조밀도의 95%이상으로 다진다.																

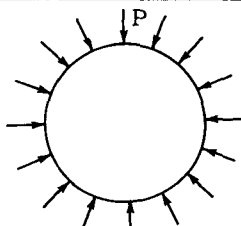


그림 3-2 원형파형관에 작용하는 토압

ASTM⁶⁾ 및 AISI에 의하면 연직토압은 관체 상부의 아스팔트포장 및 피복토가 관체정부에 작용하는 것으로 고려하여 다음식으로 구한다.

$$P_s = \sum \gamma H \dots\dots\dots(1)$$

여기서, P_s : 관체정부에 작용하는 연직토압

(tf/m²)

r: 아스팔트 또는 성토의 단위중량
(tf/m³)

H: 아스팔트 또는 성토의 두께(m)

나) 활하중

AISI에 의하면 관체정부에 작용하는 활하중은 표 3-4를 이용하여 구하며, 그 값이 0.5tf/m²이하이면 활하중을 무시한다. AISI에서 작성한 표 3-4는 H20하중의 경우로서 표 3-5를 보면 이 하중은 우리나라의 DB18하중과 유사하다.

다) 작용하중

AISI에 의하면 관체에 작용하는 하중은 다음식으로 구하며, 호칭지름(D)이 2.4m이상이면 활하중은 75%만 취한다.

$$\begin{aligned} D \leq 2.4\text{m의 경우: } P_t &= (P_s + P_l) \\ D > 2.4\text{m의 경우: } P_t &= (P_s + 0.75P_l) \end{aligned} \quad \dots (2)$$

여기서, P_t: 관체에 작용하는 하중(tf/m²)

P_s: 연직토압(tf/m²)

P_l: 활하중(tf/m²)

2) 단면결정

가) 링압축력

AISI에 의하면 링(Ring)압축력은 다음식으로 구한다(그림 3-3 참조).

$$P_c = \frac{P_t \cdot D}{2} \quad \dots (3)$$

여기서, P_c: 링압축력(tf/m)

P_t: 파형강관에 작용하는 하중
(tf/m²)

D: 파형강관의 호칭지름(m)

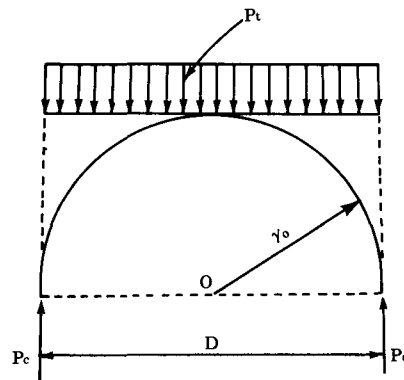


그림 3-3 링압축력³⁾

표 3-4 H20하중에 의한 고속도로의 활하중³⁾

피복 두께 H, m(ft)	H20 활 하 중 P _l , tf/m ² (psf)
0.3(1)	8.778(1,800)
0.6(2)	3.906(800)
0.9(3)	2.929(600)
1.2(4)	1.953(400)
1.5(5)	1.221(250)
1.8(6)	0.976(200)
2.1(7)	0.854(175)
2.4(8)	0.488(100)

표 3-5 차량하중

국 명	하 중	총중량 W(tf)	차륜 하중(tf)		윤 대 폭 b(m)		후륜접지폭 a(m)
			전 륜	후 륜	전 륜	후 륜	
한국 ⁷⁾	DB24	43.2	2.4	9.6	0.125	0.50	0.20
	DB18	32.4	1.8	7.2	0.125	0.50	0.20
	DB13.5	24.3	1.35	5.4	0.125	0.50	0.20
일본 ⁸⁾	T-20	-	2.0	8.0	0.125	0.50	0.20
	T-14	-	1.4	5.6	0.125	0.50	0.20
미국 ⁹⁾	H20	-	1.81	7.26	-	0.60	0.25
	H15	-	1.36	5.44	-	0.60	0.25

나) 허용좌굴응력
일반적으로 뒷채움 흙 시공시의 다짐율은 90% 이상, 설계시는 85%를 기준으로 하며, AISI에 의하면 파형강관이 지지할 수 있는 허용좌굴응력은 다음식으로 구한다.

① $D/r < 294$ 의 경우

$$\sigma_a = \frac{\sigma_y}{K \cdot F_s} \dots\dots\dots(4)$$

② $294 < D/r < 500$ 의 경우

$$\sigma_a = \frac{2,812 - 5,695 \times 10^{-3} (D/r)^2}{K \cdot F_s} \dots\dots\dots(5)$$

③ $D/r > 500$ 의 경우

$$\sigma_a = \frac{3,466 \times 10^8}{K \cdot F_s (D/r)^2} \dots\dots\dots(6)$$

$$r = \sqrt{I/A} \dots\dots\dots(7)$$

여기서, σ_a : 허용좌굴응력 (kgf/cm²)
 σ_y : 강관의 항복하중 (kgf/cm²)
 D : 파형강관의 공칭지름(cm)
 r : 강관의 회전반경(cm)
 A : 강관의 단면적 (cm²/cm)
 I : 강관의 단면2차 모멘트 (cm⁴/cm)
 K : 하중계수(뒷채움흙의 다짐율 85%일 때 0.86)
 F_s : 안전율(2.0)

다) 소요단면적

AISI에 의하면 강관의 소요단면적은 다음식으로 구한다.

$$Ar = \frac{P_c}{\sigma_a} \leq A \dots\dots\dots(8)$$

여기서, Ar : 소요단면적 (cm²/cm)
 P_c : 링압축력 (kgf/cm)
 σ_a : 허용좌굴응력 (kgf/cm²)
 A : 가정한 두께로 표 3-6에서 찾은 단면적 (cm²/cm)

상기의 식이 성립되면 가정한 강관두께를 설계두께로 결정하고 단면강성을 검토한다.

3) 단면강성

파형강관은 휨성이 있기 때문에 운반, 조립 및 되메움시에 작용하는 하중에 의하여 변형되기 쉬우며, AISI에 의하면 단면강성은 다음식으로 검토한다.

$$FF = \frac{D^2}{EI} \leq FF_a \dots\dots\dots(9)$$

여기서, FF : 휨성계수

D : 파형강관의 호칭지름(cm)
 E : 강관의 탄성계수(kgf/cm²)
 I : 강관의 단면2차모멘트(cm⁴/cm)
 FF_a : 허용휨성계수
 리벳, 용접 또는 나선형이음의 공장제작파형강관으로서 $D \leq 3.05m$ 의 경우: $FF_a = 0.24$
 볼트이음의 현장조립파형강관 및 $D > 3.05m$ 의 경우: $FF_a = 0.11$

다. 수리계산

1) 조도계수

파형강관의 조도계수는 파형의 크기, 단면형상 등 각종인자에 따라 다르며, 설계시에는 표 3-7의 값을 표준으로 한다. 단 나선형 파형강관의 경우는 지름에 따라 파형과 관축이 다르므로 표 3-8의 조도계수를 사용한다.

파형강관은 조도계수가 크므로 이를 줄이기 위하여 그림 3-4와 같이 관내측에 일부 또는 전부를 피복재로 페이빙(Paving)을 할 경우에 그 부분의 조도계수는 $n = 0.010 \sim 0.013 (0.012)^{2.1}$ 로 한다.

그러나 관체상부에 페이빙을 하면 떨어지기 쉬우므로 그림 3-5와 같이 관체하부에 1/2 또는 1/4원만 페이빙을 하는 것이 좋으며, 이때 원형관의 평균조도계수는 그림 3-6을 이용하여 다음식으로 구한다.

$$\bar{n} = \frac{n_1(\phi - \theta) + n_2\theta}{\phi} \dots\dots\dots(10)$$

여기서, \bar{n} : 평균조도계수

n_1 : 페이빙을 안한 부분의 조도계수

표 3-6 파형강관의 단면 2차모멘트와 단면적³⁾

파형의 간격×심도 cm(inch)	두께 t, mm(inch)											
	0.86 (0.034)	1.02 (0.040)	1.32 (0.052)	1.63 (0.064)	2.01 (0.079)	2.77 (0.109)	3.51 (0.138)	4.27 (0.168)	4.78 (0.188)	5.54 (0.218)	6.32 (0.249)	7.11 (0.280)
단면 2차모멘트 I, cm ⁴ /m(inch ⁴ /ft)												
38.1×6.4 (1½×¼)	0.341 (0.0025)	0.410 (0.0030)	0.560 (0.0041)	0.724 (0.0053)	0.929 (0.0068)	1.407 (0.0103)	1.980 (0.0145)	2.677 (0.0196)				
50.8×12.7 (2×½)	1.611 (0.0118)	1.871 (0.0137)	2.513 (0.0184)	3.182 (0.0233)	4.028 (0.0295)	5.804 (0.0425)	7.729 (0.0566)	9.819 (0.0719)				
67.7×12.7 (2¾×½)	1.529 (0.0112)	1.844 (0.0135)	2.458 (0.0180)	3.100 (0.0227)	3.919 (0.0287)	5.613 (0.0411)	7.429 (0.0544)	9.382 (0.0687)				
76.2×25.4 (3×1)	7.019 (0.0514)	8.439 (0.0618)	11.293 (0.0827)	14.188 (0.1039)	17.835 (0.1306)	25.332 (0.1855)	33.061 (0.2421)	41.104 (0.3010)				
152.4×50.8 (6×2)						99.005 (0.725)	128.092 (0.938)	157.589 (1.145)	176.980 (1.296)	207.979 (1.523)	239.524 (1.754)	217.752 (1.990)
단면적 A, cm ² /m(inch ² /ft)												
38.1×6.35 (1½×¼)	8.045 (0.3801)	9.652 (0.456)	12.869 (0.608)	16.108 (0.761)	20.108 (0.950)	28.173 (1.331)	36.237 (1.712)	44.302 (2.903)				
50.8×12.7 (2×½)	8.649 (0.4086)	10.351 (0.489)	13.801 (0.652)	17.251 (0.815)	21.569 (1.019)	30.226 (1.428)	38.904 (1.838)	47.604 (2.249)				
67.7×12.7 (2¾×½)	8.198 (0.3873)	9.843 (0.465)	13.102 (0.619)	16.404 (0.775)	20.489 (0.968)	28.702 (1.356)	36.915 (1.744)	45.149 (2.133)				
76.2×25.4 (3×1)	9.409 (0.4445)	11.303 (0.534)	15.050 (0.711)	18.838 (0.890)	23.559 (1.113)	33.020 (1.560)	42.503 (2.008)	52.028 (2.458)				
152.4×50.8 (6×2)						32.935 (1.556)	42.397 (2.003)	51.837 (2.449)	51.976 (2.739)	67.712 (3.199)	77.428 (3.658)	87.186 (4.119)

(주) 단면 2차 모멘트와 단면적은 단위길이 1m(1ft)에 대한 값임.

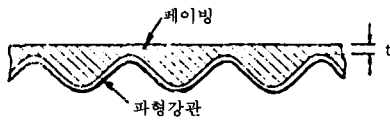
표 3-7 파형강관의 조도계수⁴⁾

단면	파형	조도계수 (n)	비고
원형	1형	0.022~0.026(0.024)	()내는 평균치
	2형	0.030~0.035(0.033)	

표 3-8 나선형 파형강관의 조도계수²⁾

파형	호칭지름 (mm)													
	300	400	450	600	800	900	1000	1200	1350	1500	1650	1800	2000	2200
1S형	0.011	0.013	0.014	0.016	0.018	-	0.019	0.020	0.020	0.021	0.021	0.021	-	-
3S형	-	-	-	-	-	0.021	0.022	0.023	0.023	0.024	0.025	0.026	0.027	0.027

$\phi : 2\cos^{-1}\frac{r_o-h}{r_o} (\circ)$
 r_o : 관내측반지름(m)
 h : 수심(m)
 θ : 페이빙을 한 부분의 중심각(\circ)
 n_2 : 페이빙을 한 부분의 조도계수



파 형	두께, t(mm)
1 형	3~5
2 형	10~15
3S형	5~10

그림 3-4 파형강관의 페이빙두께

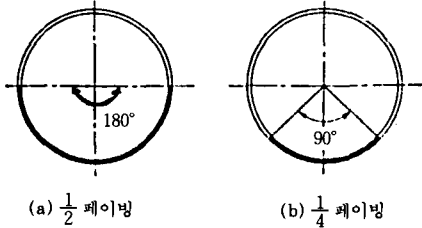


그림 3-5 파형강관의 페이빙 범위

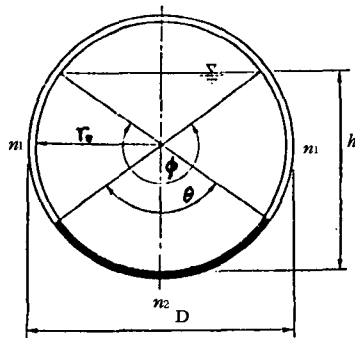


그림 3-6 파형강관의 수심

2) 유량계산
 파형강관의 유량은 맨닝(Manning)의 평균 유속공식으로 다음과 같이 계산한다.

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} I^{1/2} \dots\dots\dots (11)$$

$$Q = AV \dots\dots\dots (12)$$

여기서, V: 유속(m/s)
 n: 조도계수(표 3-7 및 표 3-8 참조)

R: 경심 = A/P(m)
 A: 유수단면적(m²)
 P: 윤변(m)
 I: 동수구배
 Q: 유량(m³/s)

한편 원형2형 파형강관은 호칭지름보다 50mm가 적은 지름으로 유량을 계산하며, 지름이 D인 파형강관의 유수단면적, 윤변, 경심 및 수심(h)은 그림 3-6을 참조하여 다음식으로 구하며, ϕ 의 단위는 각(\circ) 또는 라디안이다.

$$A = 1.125D^2(\phi - \sin\phi) \dots\dots\dots (13)$$

$$P = 0.5D\phi \dots\dots\dots (14)$$

$$R = 0.25D(1 - \frac{\sin\phi}{\phi}) \dots\dots\dots (15)$$

$$h = 0.5D(1 - \cos 0.5\phi) \dots\dots\dots (16)$$

또한 만관일때 평균유속(V_o) 및 평균유량(Q_o)은 다음식으로 구하며, 유량은 수심 $h = 0.94D$ 일때가 최대유량(Q_{max})으로 된다.

$$V_o = \frac{1}{n}(0.25D)^{2/3} I^{1/2} \dots\dots\dots (17)$$

$$Q_o = 0.785D^2 V_o \dots\dots\dots (18)$$

$$Q_{max} = 1.07Q_o \dots\dots\dots (19)$$

만관상태로 파형강관의 단면형상을 결정할 경우는 유량에 약 20%의 여유를 보고 계산을 하면 좋다.

參考文獻

1. 건설부 편(1990) : “파형강관관거”, 도로공사 표준시방서, pp.436-448.
2. 日本土質工學會 編(1982) : “コルゲ-トメタルカルバ-トマニュアル(第2回 改正版)”, 土質工學會, 東京
3. American Iron and Steel Institute(1983) : “Structural Design”, Handbook of Steel Drainage & Highway Construction Products, pp. 99~156.
4. 공업진흥청 편(1981) : 한국공업규격 KS D 3590(파형강관 및 파형섹션)
5. 포항종합제철 편(1992) : “배수로용 파형강관 제품소개”, 대한토목학회지, 40권 2호, pp. 90~92.
6. American Society for Testing and Materials (1990) : ASTM A 796-90(Standard Practice for Structural Design of Corrugated Steel Pipe, Pipe-Arches, and Arches for Storm and Sanitary Sewers and Other Buried Applications)
7. 건설부 편(1983) : 도로교표준시방서, pp.9-19.
8. 岡田哲夫(1983) : “上部構造の設計”, 道路橋の設計と施工, pp.121-127.
9. B. Bakht, L. G. Jaeger(1987) : “Method for AASHTO Loading”, Bridge Analysis Simplified, Mcgraw-Hill International Editions, pp. 103-149.
10. F. S. Merritt(1983) : “Bridge Engineering”, Standard Handbook for Civil Engineering (Third Edition), Mcgraw-Hill Book Co., pp. 17-17-74.
11. (社)日本道路協會(1977) : “コルゲ-トメタルカルバ-ト”, 道路土工・擁壁・カルバ-ト・假說構造物工指針, pp.133-145.

p.23에서 계속

參考文獻

- 1) Simon Ramo, “The Business of Science : Winning and Losing in the High-Tech Age,” Hill and Wang, 1988.
- 2) “서울대학교 공과대학 최고산업전략과정 강의교재,” 1992
- 3) 이면우, “W이론을 만들자,” 지식산업사, 1992.
- 4) 강창순 외, “현대산업사회와 에너지,” 서울대학교 출판부, 1992.