

파형강판의 파형방향 인장실험



황 원 섭*



정 대 안**

1. 서 론

최근 국내 건설은 국가적 차원의 장기 건설계획과 맞물려 서남해안을 중심으로 대규모 산업단지 조성, 항만, 신공항 조성 등 해안지역의 개발이 두드러지고 있다. 이러한 국토의 개발은 부지조성에 따른 건물이나 공업 시설물 등을 위하여 부지내와 부대도로를 따라 관거 및 암거의 매설이 요구되고 있다.

현재 선진 외국에서는 이러한 용수, 배수용 관거, 지하통로, 소교량 등의 매설관거 및 암거분야에 있어서 파형강관(corrugated steel pipe)을 널리 이용하는 추세에 있다. 1896년 미국에서 개발된 이래 미국, 캐나다, 유럽, 일본 등지에서 배수관으로서 활발히 사용되고 있는 파형강관은 두께가 얇은 파형강판을 조립하여 지중에 설치하게 되므로 기존 매설관거 및 암거에 비해 연성에 따른하중경감효과, 경량성에 기인한 공기 단축, 경제성 등의 우수한 장점이 있는 것으로 평가되고 있다. 그러나 파형강관을 이용한 암거(corrugated metal culvert) 설계시 파형강관의 초기강성이 무시됨에 따라 단부의 헤드월(head wall)이 비경제적으로 설계가 되고 있다. 또한, 초기강성을 파악하기 위한 파형강관의 파형방향 인장 실험 데이터가 부족한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 파형강관의 파형방향 인장실험을 통하여 파형강관의 강성 및 인장강도 특성을 파악하고자 한다.

2. 실험개요

2.1 시험체 제원

모델명 SCP계열 시험체는 표준형 파형강판, DCP계열 시험체는 대골형 파형강판을 나타낸다. 그리고 모델명에서의 숫자는 파형강판의 두께를 표기를 의미한다. 자세한 단면형상과 파형형상은 그림 1, 그림 2, 그림 3과 같고, 시험체 제원은 표 1과 같다. 또한 파형강판의 골 개수는 제작상 SCP모델의 경우 5개, DCP모델의 경우 2개로 하였다.

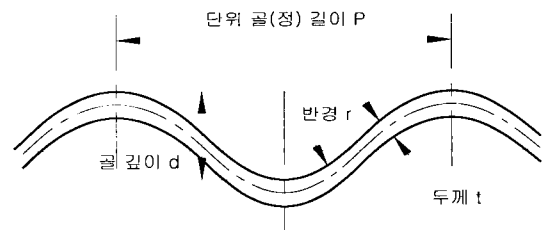
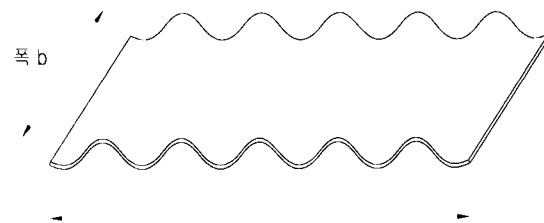


그림 1 파형강판의 단면형상



시험체 길이 L
그림 2 표준형 모델의 파형형상

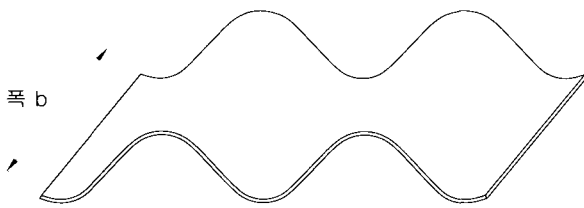
* 인하대학교 토목공학과 부교수·공학박사

** 인하대학교 토목공학과 석사과정

표 1 시험체 제원(mm)

시험체	폭 (b)	길이 (L)	두께 (t)	골의길이(P)	골의 깊이(D)	접선길이(TL)	굽힘반경(r)
SCP ¹ 32	251.0	759	3.26	151.8	49.49	47.52	17.37
SCP40	251.0	754.5	4.00	150.9	51.22	46.82	17.42
SCP45	251.0	752	4.49	150.4	50.08	46.02	17.48
SCP53	253.5	758	5.28	151.6	50.04	45.36	17.53
SCP60	251.5	752.5	6.03	150.5	48.31	44.21	17.58
SCP70	251.5	756.5	7.03	151.3	51.03	43.31	17.73
DCP2)62	250.0	761	6.24	380.5	138.31	107.15	49.60
DCP70	251.5	761	7.08	380.5	138.45	106.20	49.63

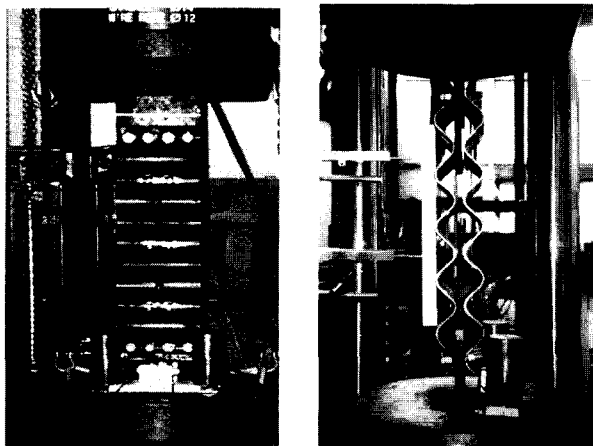
1) SCP(표준형) : Shallow Corrugate Plate
 2) DCP(대골형) : Deep Corrugate Plate



시험체 길이
 그림 3 대골형 모델의 파형형상

2.2 실험방법

파형강판에 하중 재하시 인장하중의 편심을 방지하기 위해 시험체 두 개를 맞대어 하중 재하판과 볼트 체결을 하였다. 그리고 체결부의 볼트는 M22(F8T)를 사용하여 초기 하중에 이음부 손상에 의한 파괴를 방지하였다. 재하장치의 최대 재하용량은 300 TON 이며, 시험체의 거치형상은 그림 4와 같다.



(a) 전면 (b) 측면

그림 4 시험체 거치형상

3. 실험결과

3.1 하중-변형률 관계

3.1.1 표준형 모델의 하중-변위 관계

그림 5는 축방향 재하실험을 통해구한 표준형 모델군의 축방향 인장하중과 변위와의 관계를 나타낸 것이다. 그림 5에서 표준형 모델군의 하중-변위 관계를 비교해 보면 판의 두께가 두꺼울 수록 초기항복하중이 크게 나타남을 알 수 있다. 이것은 시험체의 판두께가 두꺼워 질수록 강도가 크게 나타남을 말해준다. 또한 시험체의 판두께가 두꺼울수록 시험체가 파단에 이르는 파괴하중 역시 크게 나타남을 알 수 있다.

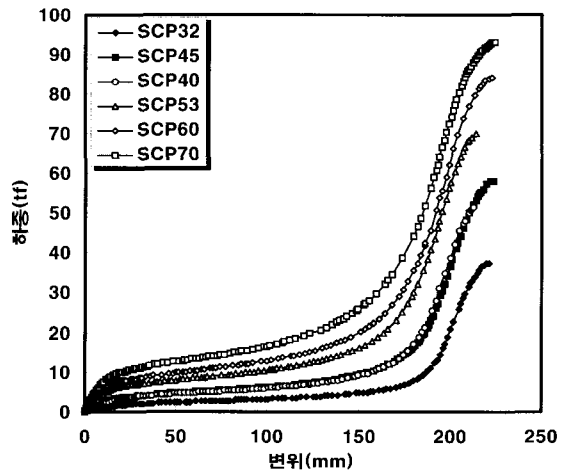


그림 5 SCP모델의 축방향 하중-변위 관계

3.1.2 대골형 모델의 하중-변위 관계

그림 6은 대골형 모델군의 하중과 변위 관계를 나타낸 것이다. 대골형 모델의 경우 가장 널리 사용되고 있는 두께 t가 7mm, 6.2mm인 모델에 대하여 재하실험을

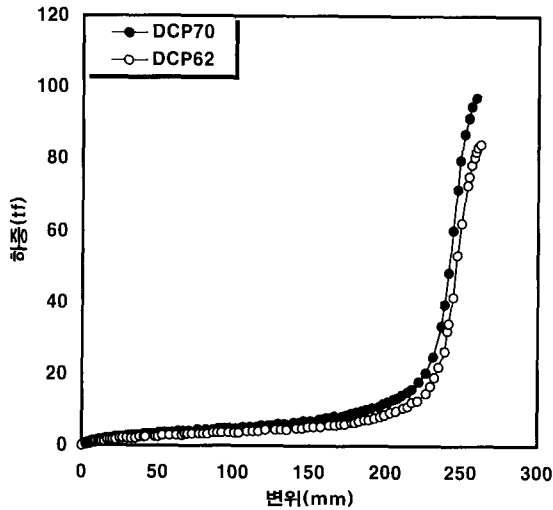


그림 6 DCP 모델의 축방향 하중-변위 관계

하였다. 그림 6에서 대골형 모델군의 하중 변위 관계를 비교해 보면 판의 두께가 두꺼울수록 초기항복하중이 크게 나타남을 알 수 있다. 이것은 표준형 모델과 같이 시험체의 판두께가 두꺼워 질수록 강도가 크게 나타남을 말해준다. 또한 시험체의 판두께가 두꺼울수록 시험체가 파단에 이르는 파괴하중 역시 높게 나타남을 알 수 있다.

3.2 파형강판의 강도특성

그림 7은 시험체의 두께가 비슷한 표준형 모델과 대골형 모델의 하중-변위 관계를 비교한 것이다. 그림 7에서 동일한 두께의 표준형 모델과 대골형 모델의 축방향 하중-변위 관계를 살펴보면, 표준형 모델이 대골형 모델보다 초기 항복하중이 크게 나타나는 것을 알

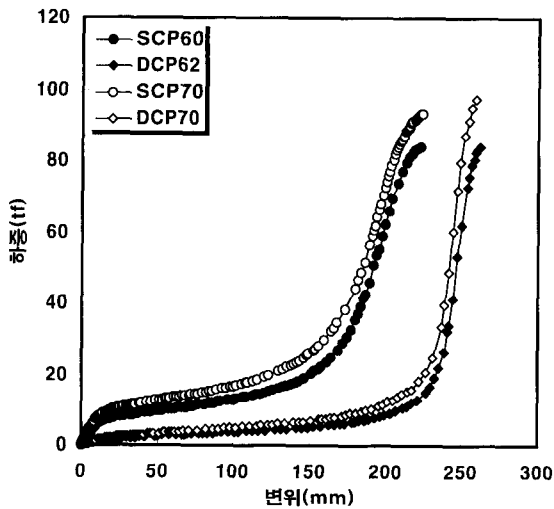


그림 7 SCP모델과 DCP모델의 축방향 하중-변위 관계

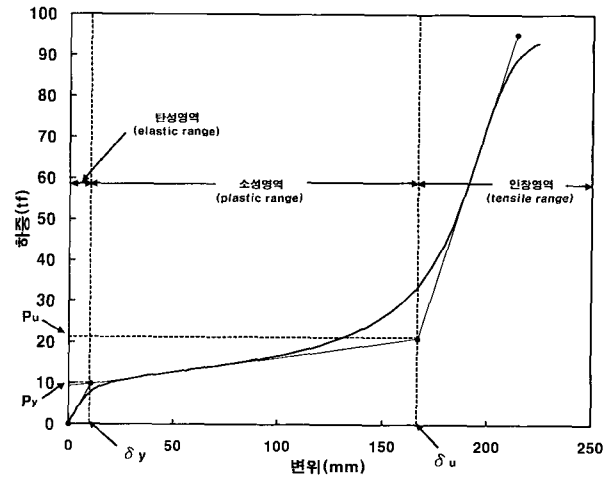


그림 8 파형강판의 인장강도 특성

수 있으며 이것은 골의 깊이와 Pitch의 형상비 ($p:d$)에 의해 비롯된다.

그림 7을 그림 8에서 제시한 방법으로 구간별로 살펴보면 표준형 모델에 비해 대골형 모델의 탄성영역에서는 초기항복하중이 크게 감소하며, 소성영역에서는 극한하중이 크게 감소하고, 각 모델의 인장강도는 비슷하게 나타남을 볼 수 있다. 즉, 인장강도는 거의 비슷하나 대골형의 초기 항복하중과 극한하중은 표준형에 비해 크게 감소한다.

표 2는 이상의 재하실험 결과를 정리한 것이다. 여기서 P_y , P_u 는 각각 시험체의 항복하중과 극한하중을 나타내며, δ_y 와 δ_u 는 이에 대응하는 각각의 변위를 나타낸 것으로서 그림 8에서 제시한 방법에 의해 구한 것이다.

3.3 파형강판의 강성 산정

여기에서는 파형강판의 인장강도 특성은 그림 8에 나타난 바와 같이 세 영역으로 구분하였다. 각 영역의 설정방법은 각 영역에서의 접선을 연장하여 만나는 교점의 변위를 중심으로 각각 탄성영역(elastic range), 소성영역(plastic range), 인장영역(tensile range)으로 나누었다. 탄성영역은 항복하중 P_y 에 도달하기까지 파형강판이 탄성거동을 하는 영역이 되며, 소성영역에서는 파형형상이 크게 감소하면서 축방향 변위가 크게 증가하여 파형강판의 극한하중 P_u 에 도달하기까지의 영역을 나타낸다. 또한, 인장영역에서는 파형형상이 소멸하여 평판에 가까운 상태로 되고 파괴에 도달하기까지의 영역이 된다. 또한, 탄성영역에서의 초기강성을 k_e , 소성영역의 강성을 k_1 이라고 하며 각각 다음 식에

표 2 파형강판의 단위골에 대한 항복하중과 항복변위

시험체	P_y (tf)	δ_y (mm)	P_u (tf)	δ_u (mm)	k_o (kg/cm)	k_1 (kg/cm)	k_1/k_o
SCP32	0.90	3.45	7.60	36.30	2986	508	0.170
SCP40	1.54	2.95	10.50	34.90	6068	692	0.114
SCP45	1.67	2.45	11.90	34.10	8082	765	0.095
SCP53	2.73	2.46	15.20	33.30	12846	1200	0.093
SCP60	3.27	1.65	16.20	32.40	23818	1393	0.058
SCP70	4.22	1.53	20.00	31.50	33791	1906	0.056
DCP62	0.65	5.70	11.20	96.20	1526	261	0.171
DCP70	0.83	5.20	12.60	94.50	2308	359	0.156

의해 산정한다.

$$k_o = \frac{P_y}{\delta_y} \quad (1)$$

$$k_1 = \frac{P_u - P_y}{\delta_u - \delta_y} \quad (2)$$

표 2는 재하실험으로부터 구한 각 시험체의 항복하중 P_y 와 이에 대응하는 항복변위 δ_y , 그리고 극한하중 P_u 와 극한변위 δ_u 를 정리한 것이다. 아울러 실험결과로부터 초기강성 k_o 와 항복하중 이후의 강성 k_1 을 구하여 정리하였다.

3.4 파형강판의 단위골에 대한 강성

표 2는 표준형 모델과 대골형 모델에 대하여 그림9에서 제시한 방법에 의해 단위골에 해당하는 강성을 나타낸 것이다. 표2에서 알 수 있듯이 파형강판의 파형방향 강성은 판의 두께와 형상비 ($b:d$)에 의해 영향을 받는다.

4. 결 론

본 연구에서는 파형강판의 파형방향 인장실험을 통하여 파형강판의 강성 및 인장강도 특성을 파악하였으며 다음의 결과를 얻었다.

1. 파형강판의 인장강도 특성은 항복하중 P_y 에 도달하기까지의 탄성영역, 파형곡률이 점차로 완화되면서 축방향 변형이 급격히 증가하여 극한하중 P_u 에 도달하는 소성영역, 그리고 파형곡률이 소멸되어 파괴하중에 도달하기까지의 인장영역 등의 세 영역으로 구분 할 수 있다.
2. 축방향 변위 δ_y 에 도달하는 부근에서 파형강판은 초기항복에 도달하게 되며 두께 t 가 작을수록 항복 후의 강도상승률이 증가하는 경향을 나타내었다. 그러나 극한하중 P_u 에 도달하기까지의 (δ/δ_y) 비는 두께 t 가 커질수록 증가하게 되며 두께가 커질수록 안정적인 강도특성을 보인다.
3. 표준형 모델의 탄성영역에서의 초기강성 k_o 는 두께 t 에 따라 변화하게 되며 이상의 실험결과로부터 초기강성 k_o 를 그림 8의 방법에 의해 식(1)과 같이 산정 할 수 있다.

참 고 문 헌

1. 서울대학교, “지중강판 구조물 실용화 보고서”, 한국도로공사, 2001. 12
2. 한국건설기술연구원, “파형강판의 설계기준 및 시공지침에 관한 연구” 2000. 9
3. 박연수, “파형강판 배수시설 편람”, 포항종합제철주식회사, 한국파형강판협회, 1999. 4
4. “일본지반공학회 자료” 평산에스아이주식회사, 1997. 8