

수중충격시험에 의한 관정 내 스트레이너 재생에 관한 연구

양형식, 김종관, 최미진, 이경진¹⁾, 두준기, 김정규^{*2)}, 김형수³⁾

1. 서론

취수정 내의 스트레이너는 수중의 이물질, 토사 등에 의해 폐쇄되는 경우가 발생하게 된다. 이러한 상태에서 취수 작업을 계속하면 점점 더 많은 양의 토사와 이물질이 스트레이너의 개공부를 막아서 스트레이너의 투수율을 현저히 저하시킨다. 스트레이너를 재생하기 위하여 몇 가지 방법이 고안되었다. 브러쉬를 이용하는 방법, 화학약품으로 용해하는 방법 등이 제안되었으나 실효성이 없다. 본 논문에서는 도폭선의 폭발압력을 이용하여 스트레이너를 재생하는 방법을 제시하고 그 적용 가능성을 검토하였다.

도폭선을 수중에서 발파하여 발생하는 충격수압을 이용하여 폐쇄된 스트레이너를 재생하는 방법에 있어서 도폭선에 따른 수중충격수압의 발생양상을 확인하기 위하여 실내 실험을 실시하였다. 도폭선은 길이에 따른 약량 조절이 용이하고 스트레이너와 같은 긴 구조물의 경우에는 구조물 전체에 영향을 줄 수 있으므로 본 실험에 이용되었다.

물이 채워져 있는 수조에서 뇌관 및 도폭선의 충격수압을 측정하고, 모르타르가 부착된 모형 스트레이너와 실제 스트레이너를 이용하여 도폭선의 충격수압을 이용하여 모르타르가 탈락되는 상태를 확인하였다.

2. 수중충격실험

2.1 실험장치

본 실험에서는 직경 106 cm, 높이 100 cm의 수조를 사용하였으며 외부에 보다 큰 수조를 사용하여 실험 수조의 파파에 대비하였다.

데이터 획득 장치는 그림 2의 NEC San-ei 사의 Remote Scanner Jr. DC3100(DC31-203A)로 변형률, 전압, 저항 등의 측정이 가능하다. 도폭선은 5 g/m, 10 g/m, 20 g/m의 세 종류가 사용되었다.

1) 전남대학교 공과대학 건설지구환경공학부

교신저자: 양형식 hsyang@jnu.ac.kr

2) 휴먼테크발파기술사사무소

3) 수자원공사

2.2 충격압 측정

발파 시 압력은 수~수십만 기압에 달하며 통상의 압력계로는 그 압력을 구할 수 없다. 본 실험에서는 스트레이너에 작용하는 압력의 형상을 고려하여 원형 강관을 이용한 압력 측정 장치를 제작하여 계측하였다.

표 1과 같이 동일한 약량에 대해 측정 거리를 달리하여 실험한 결과 폭원으로부터 게이지의 부착 위치가 멀어질수록 변형률은 작게 측정되었다. 이에 따라 충격압의 크기도 감소하였다.

표 1. 측정결과

	측정거리(mm)	변형률	충격압(kg/cm ²)
1	52.5	0.0067	13,678
2	52.5	0.0045	9,094
3	52.5	0.0059	12,099
4	153.5	0.0005	1,157
5	153.5	0.0006	1,242

2.3 모형 스트레이너의 수중충격실험

그림 1은 실험장치의 모식도이다.

스트레이너에 손상이 가지 않으면서 부착물을 충분히 제거할 수 있도록 폭압을 조절하려 하였다. 고가의 스트레이너를 손상하지 않게 하기 위하여 스테인레스 철망으로 모형 스트레이너를 제작하여 실험하였다(그림 2). 스트레이너와 유사한 규격으로 원형의 관 형태로 제작을 하고 모르타르를 부착시켰다. 제작된 관 내부에서 도폭선을 이용하여 발파를 하면서 충격압을 측정하였다. 또한 관의 외부에 모래를 채운 경우와 채우지 않은 경우를 비교하였다.

압력을 측정하기 위하여 4종류의 강관을 준비하여 총 8개의 측정점에서 계측을 하였다. 측정점에 따라 최대 0.0177의 변형률이 계측되었는데 이는 약 36,000 기압에 해당된다. 또 측정점의 위치가 멀어질수록 변형률은 작게 계측되었다.

발파 후의 모형 스트레이너는 모르타르는 탈락되었고 약간의 변형이 발생했음을 확인할 수 있었다.

동일한 길이와 직경의 모형 스트레이너를 제작하고 약량을 증가시켜서 실험하였다. 별도로 제작된 센터가이드를 이용하여 도폭선을 모형 스트레이너의 중앙에 위치시켰고 모형 스트레이너의 외부에는 모래를 채워서 앞의 실험조건과는 차이를 두었다. 발파 결과 스트레이너에 부착된 모르타르는 탈락되었고 망의 연결 부위가 떨어졌다. 이는 상대적으로 연결 부위가 약해서 발생한 것으로 판단된다.

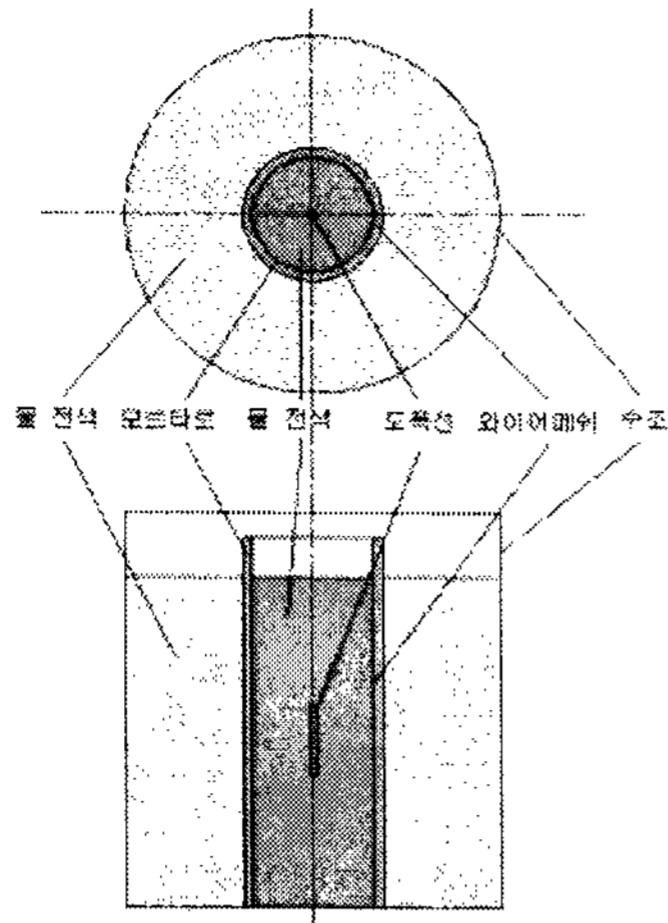


그림 1. 실험장치



그림 2. 도폭선이 설치된 모형 스트레이너

원형관에 스트레인 게이지를 설치하여 측정된 변형률은 65.5 mm에서 최대 0.0094였으며 이는 약 19,000 기압에 해당한다. 동일 거리에서 측정된 두 개의 데이터가 서로 다른데 이는 스트레인 게이지가 부착된 강관을 설치할 때 도폭선이 정확하게 강관 내부의 중심에 위치시키지 못한 때문으로 판단된다.

2.4 스트레이너의 수중충격실험

모형 스트레이너 실험을 통해서 적절한 도폭선의 폭력으로 모르타르의 탈락이 양호하게 됨을 확인하였다. 길이 120 cm, 직경 12 cm인 스트레이너에 모르타르를 붙여서 10일 동안 양생을 시켰다. 스트레이너를 수조의 중앙에 위치시키고 와이어 메쉬를 설치하여 스트레이너 외부와 와이어 메쉬 사이에 모래를 채웠다. 센터가이드를 이용하여 도폭선이 스트레이너의 중심에 위치하도록 하고 발파하였다.

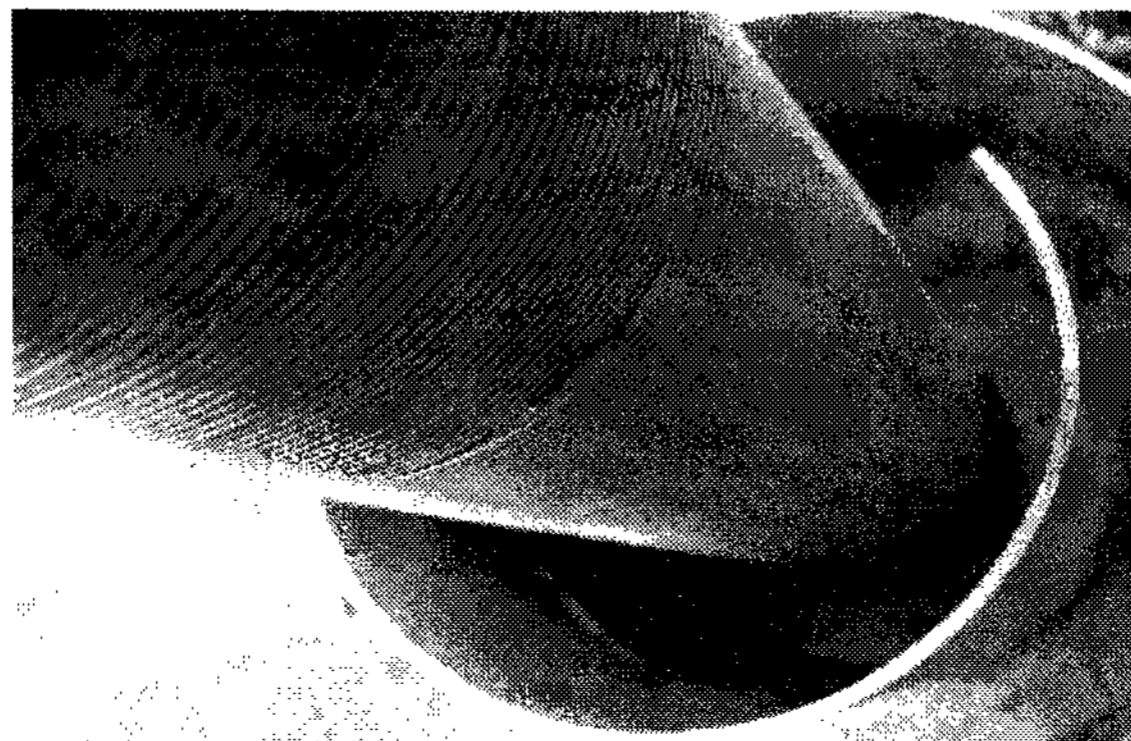


그림 3 발파 후의 스트레이너

발파 후 스트레이너는 그림 3과 같으며 모르타르의 탈락상태는 양호하였다. 스트레이너의 파괴도 발견되었으나 이는 모르타르를 부착할 때 모르타르의 일부가 스트레이너 내부로 스며들어 굳은 상태에서 발파로 인한 압력을 받음으로써 외부로 나가면서 깨지는 현상이 나타난 것으로 보인다.

폭원에 대한 최대 수중 충격압(P_m) 추산식은 식 (1)에 의해 표현된다. P_m 의 값은 폭약의 종류, 약량, 폭원으로부터 거리 등에 의해 영향을 받게 된다.

$$P_m = K(D/W^{\frac{1}{3}})^{-\alpha} \quad (1)$$

여기서, P_m : 피크압(kg/cm²)
W : 폭약량(kg)
D : 폭원에서 거리(m)
K : 정수
 α : 감쇠지수

매체가 무한한 넓이를 가지는 물의 경우에 성립되는 식이지만 실제로 수중충격압을 나타내는데 적합한 기본식이다. 이들 상수의 값은 Kirkwood-Beth의 이론에 의하면 도폭선의 경우 펜트리트가 주성분이므로 K는 556, α 는 1.13이 된다(기와 김, 2002에서 재인용)

실험에 사용한 스트레이너의 직경은 12 cm로 정중앙에서 도폭선을 발파했을 경우 약량에 따라 피크압은 달라지며 본 실험에서는 약 3,000 kg/cm²의 압력이 발생했을 때 스트레이너에 붙어있는 모르타르가 거의 탈락함을 확인하였다. 폭원의 피크압이 증가할수록 변형률도 크게 측정되었다.

3. 결론

관정 내 이물질이 부착된 스트레이너를 재생하기 위하여 도폭선과 센터가이드를 이용한 발파 방법을 제시하였다. 수조 모형실험을 통하여 스트레이너가 손상되지 않고 효율적으로 재생할 수 있는 압력 조건을 구하였다.

실험결과 직경 12 cm인 스트레이너를 손상하지 않고 재생하기에 적절한 충격압은 폭원에서 3,000 kg/cm² 정도인 것으로 판단되었다. 이 때 스트레이너에 부착시킨 모르타르는 거의 완전하게 탈락이 되었다. 도폭선과 센터가이드를 이용한 발파방법은 스트레이너 재생 방법으로 경제적이고 효율적인 방법으로 사료된다.