

Anti-vortex device가 설치된 수리모형 시험과 PIV실험결과

유체기계공업학회 펌프분과, 한국수자원공사

1. Anti-vortex device 설명

일반적으로 보텍스 발생 방지 장치는 HI규격이나 JSME 규격에 잘 설명이 되어 있으나, 모든 흡수정에 적용하기에는 한계가 있다. 이는 각각에 설치된 흡수정의 규격이 다르고 유동장도 다르기 때문에 그림 1과 같이 그 상황에 맞게 선택하고 이를 확인하여야 한다.

그림 2에는 흡수정의 형식이 직선형, 마운드형 (경사형), 굴곡형, 복수형의 형태에 따라 각각의 수조 폭, 벨마우스까지의 거리 후벽까지의 거리, 수심 등을 결정하는 표준적인 형태·치수를 나타내었다.

일반적으로 그림 1, 2와 같이 설계를 하더라도 펌프의 특성을 충분히 고려하지 않기 때문에 흡수정에는 보텍스가 발생하게 된다.

따라서, 발생되는 보텍스의 형태와 발생위치에 따라, 그림 3과 같이 보텍스발생 방지장치를 선정하여 선택하게 된다.

원동(진) 취수장의 수리모형 시험결과 공기흡입 보텍스와 수중 보텍스 모두가 발생이 되었기 때문에 그림 3에서 (a)나 (b)경우, (d)나 (k)의 두가지 경우를 선정하여 시험을 하여야 할 것이다. (a)나 (b)의 경우는 공기흡입 보텍스 발생시 (d)나 (k)는 수중 보

텍스에 대한 anti-vortex device이다.

2 실험결과

2.1 Anti-vortex device 선정

흡수정 모델내 발생되는 보텍스를 제어하기 위하여 많은 anti-vortex device가 있지만 본 연구에서는 그림 3의 (a), (b)와 같은 장치는 그림 4와 같이 40×40의 각목으로 워터 커튼(water curtain)을 그림 3의 (d), (k)와 같은 장치는 그림 5.1와 같이 흡수정 바닥에 사각 콘(cone)을 설치하였다.

그림 3에는 그림 4와 5.1에서 제시된 도면과 같이 흡수정 모델에 설치된 전경을 보여주고 있다.

워터 커튼 설치의 최적위치는 그림 5.2와 같이 시행착오(trial-error)로부터 얻어졌다. 즉 발생된 보텍스의 중심에 워터 커튼을 설치함으로써 유동장의 흐름구조를 파괴하여 유동장을 안정적으로 만들어 줄 수 있도록 하여야 한다.

2.2 수리모형 시험 결과

Anti-vortex device를 설치하지 않았을 경우(현

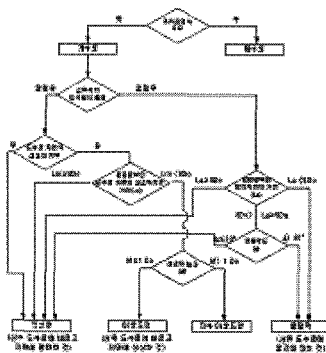


그림 1 JSME 규격에 제시된 흡수정 설계 기준

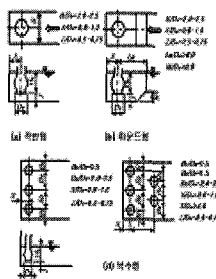


그림 2 흡수구조의 분류에 따른 표준적인 형태·치수

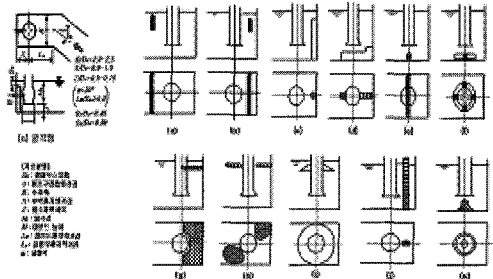


그림 3 일반적으로 사용되는 anti-vortex 장치

Anti-vortex device가 설치된 수리모형 시험과 PIV실험결과

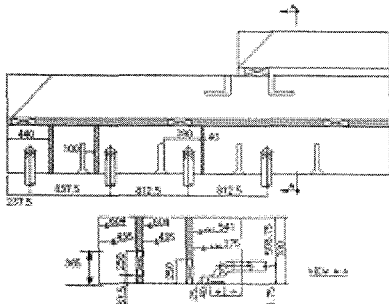
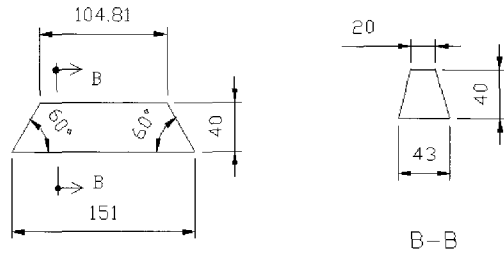


그림 4 워터커튼이 설치된 도면



<제작수령 : 4EA>

그림 5.1 사각 콘의 제원

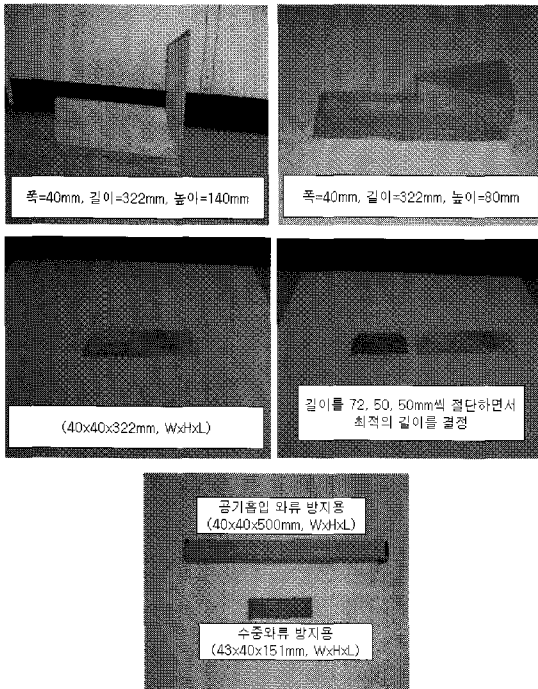


그림 5.2 시행착오법으로 인하여 수정된 사각 콘과 워터커튼의 형상

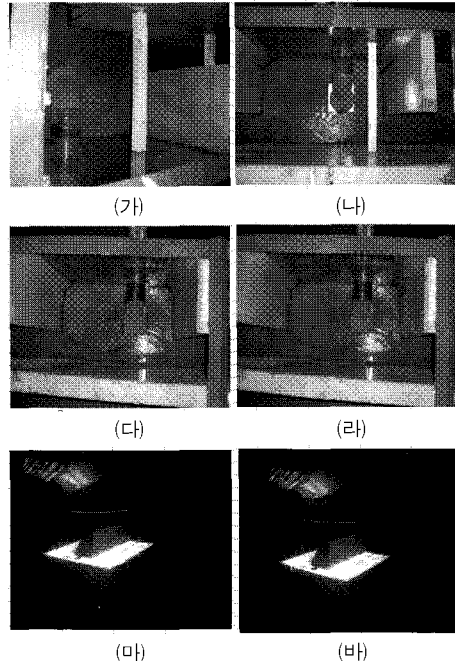


그림 6 Water curtain과 사각 콘이 설치된 장면 : (가) 1호기 water curtain, (나) 2호기 water curtain, (다) 3호기 water curtain, (라) 4호기 water curtain, (마) 사각 콘 장치 그리고 (바) 사각 콘 장치

재 현장운전조건) 중간유속 일치, 유속일치조건 Fr-oude 수 일치 조건의 모든 경우에서 댛수 운전조건에 관계없이 보텍스가 발생되고 있음을 알 수 있었다. 이번 실험에서 그림 4, 5와 같이 anti-vortex device를 설치하였을 경우 그림 7에서 볼 수 있듯이 모든 경우에 보텍스가 발생되지 않음을 알 수 있다. 이를 정리하여 보면 표 1과 같다.

- 펌프의 운전대수 (1대 ~ 4대)
- 펌프의 운전 조합
- 유속의 조건 (Froude수 일치, 중간유속일치, 유

- 속일치)
- 수위 (low water level)

표 1 실험조건에 따른 실험 결과

| 실험 조건 | 목적 | 결과 | 비고 |
|----------|-----------|-----------|----|
| 유속 일치조건 | 수중 보텍스 | 보텍스 발생 없음 | |
| 중간 유속일치 | 공기흡입 보텍스 | 보텍스 발생 없음 | |
| Froude 수 | 표면 수축 보텍스 | 보텍스 발생 없음 | |

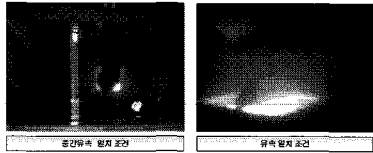


그림 7 펌프 1대 운전 (1호기) 판정결과

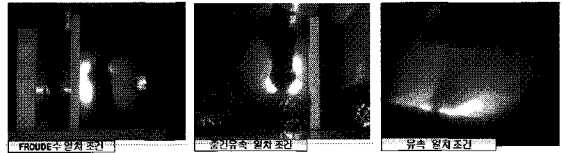


그림 8 펌프 2대 운전 (1+2 호기)결과



그림 9 펌프 3대 운전 (1+2+3 호기) 결과

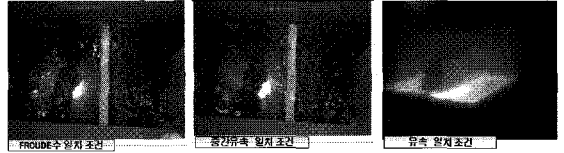


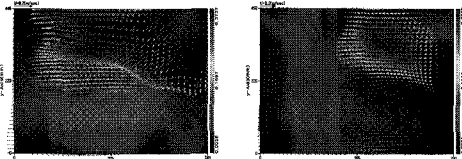
그림 10 펌프 4대 운전 (1+2+3+4 호기)



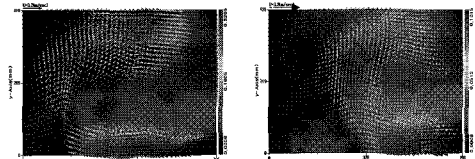
(가) 표면입자분포



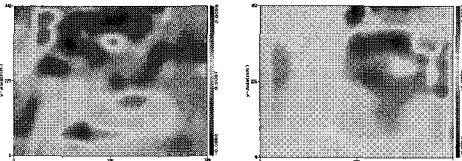
(가) 표면입자분포



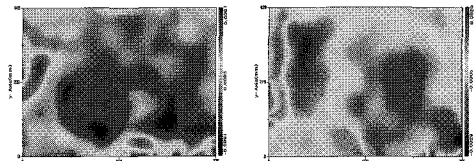
(나) 시간평균 속도분포



(나) 시간평균 속도분포



(다) 순간 보텍스 분포



(다) 순간 보텍스 분포

그림 11 1호기 주변 유동장 PIV 실험 결과 : (a) 콘 장치만 설치한 경우와 (b) 워터커튼과 콘 장치를 설치한 경우

그림 12 1호기 주변 유동장 PIV 실험 결과 : (a) 콘 장치만 설치한 경우와 (b) 워터커튼과 콘 장치를 설치한 경우

따라서, anti-vortex device는 적절하게 설계되었다고 판단되며, anti-vortex device를 현장에 실제로 적용할 경우에는 대폭적인 vortex 저감 효과를 기대할 수 있을 것으로 확신한다.

2.3 PIV 실험 결과

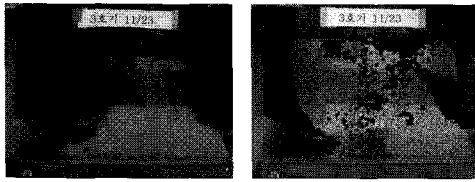
PIV 실험결과를 그림 11~13에 나타내었다. 특히 그림 11~12의 좌측에는 Anti-vortex 장치의 영향을 살펴보기 위한 목적으로 수중 보텍스를 없애기

위해 콘만 설치하였을 경우의 결과를 나타내었고, 우측에는 워터커튼과 콘을 같이 설치하였을 경우의 결과를 나타내었다.

그림에서 볼 수 있듯이 콘만 설치되었을 경우에는 보텍스의 생성이 여전히 생성되고 있음을 알 수 있다. 즉, 콘을 설치할 경우는 수중 보텍스만 제거할 수 있지만, 공기흡입 보텍스는 제거할 수 없음을 알 수 있다.

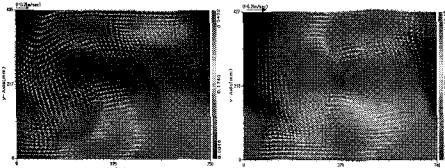
결론적으로 그림 11과 12의 우측그림에서 볼 수 있듯이 워터커튼을 생성시켜 줌에 따라 모든 보텍스들을 제거할 수 있었음을 알 수 있었다. 그러나, 큰 보

Anti-vortex device가 설치된 수리모형 시험과 PIV실험결과



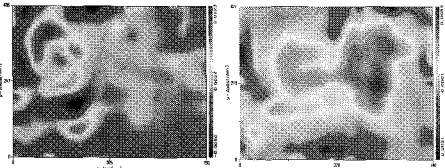
(a) (b)

(가) 표면입자 분포



(a) (b)

(나) 시간평균 속도분포



(a) (b)

(다) 순간 보텍스 분포

그림 13 1호기 주변 유동장 PIV 실험 결과 : (a) 콘 장치만 설치한 경우와 (b) 워터커틀과 콘 장치를 설치한 경우

텍스들은 제거할 수 있었으나 작은 보텍스들이 비주기적으로 발생되어 흡수정 설계가 적정한지를 판단하는 기준으로 평가할 시에는 이것은 무시하여도 될 정도의 보텍스라고 판단된다.