

펌프장내 흡수정 설계 기준

노형운* · 오상현** · 이영호***

The Standard of Sump Design in Pump Station

HW Roh*, OS Oh**, and YH Lee***

Key Words : Pump Station(펌프장), Sump(섬프), Vortex(보텍스), Anti-Vortex Device(보텍스 방지장치)

ABSTRACT

In general, the function of intake structure, whether it be a open channel, a fully wetted tunnel, a sump or a tank, is to supply an evenly distributed flow to a pump station. An even distribution of flow, characterized by strong local flow, can result in formation of surface or submerged vortices, and with certain low values of submergence, may introduce air into pump, causing a reduction of capacity and efficiency, an increase in vibration and additional noise. Unfortunately in order to design the sump station, the reasonable code or the standards weren't presented yet in Korea. Thus, some researchers had often referred the HI code, JSME code or CEN code to design the sump station. This study aims to prescribe the standard of sump design which were matched well the Korean pump station. Thus, the HI code and TSJ code would be interpreted fully to Korean language, the part of interpreted clauses of the western codes would be selected to compose the standard.

1. 서론

흡수정(sump)은 섬프라고도 부르며 취수장, 가압장 및 정수장과 같은 펌프장내 펌프의 흡입구가 물을 흡입하기 위하여 토목 구조물을 말하고, 이는 펌프의 유동특성에 매우 큰 영향을 미치는 요소이다. 산업용펌프가 대형화, 고속화되면서 특히, 펌프장 설계에 있어서 정상적인 펌프흡입 성능을 지속적으로 보장하기 위한 펌프 흡입관 계통의 유체역학적 최적 설계가 매우 중요한 과제로 대두가 되고 있다. Fig. 1과 Fig. 2와 같은 펌프흡입관으로의 표면 보텍스(surface vortex) 및 수중 보텍스(submerged vortex)의 혼입은 펌프내부

에서의 캐비테이션 발생과 펌프관계통의 진동·소음발생의 직접적인 원인이 된다. 현재 지차제와 관련된 가압장, 정수장 및 취수장을 살펴보고 설치되어 펌프의 운전상태를 검토하여 보았을 때 예기치 않았던 캐비테이션(cavitation) 현상으로 고충을 겪는 곳이 많다. 펌프장 운전신뢰성에 직접적인 영향을 미치고 있기 때문에 이에 관한 설계 및 시설기준의 확립 및 최적의 펌프운전의 신뢰성 확보는 시급한 실정이며 국내외적으로 이의 해결을 위한 지속적인 연구가 수행되고 있다.

이런 현상은 펌프자체의 문제보다는 유동장에 따른 흡수정 설계의 정확한 규격없이 펌프 Maker의 경험에 의한 Data를 바탕으로 각각 다르게 흡수정(Sump) 치수가 결정된 원인이기 때문에 흡수정내 보텍스는 반드시 발생이 된다. 대형 펌프장의 토목공사비의 절감을 위하여 펌프흡입능력이 보장될 수 있는 최저수위의 한계치가 매우 중요한 변수이나, 이에 관한 체계적이며 실증적인 시험규격이나 표준이 부재하다. 흡수정내 발

* 아이베이
** 한국수자원공사
*** 한국해양대학교 기계공학과
E-mail : rohlee@ivai.co.kr



Fig. 1 표면 보텍스

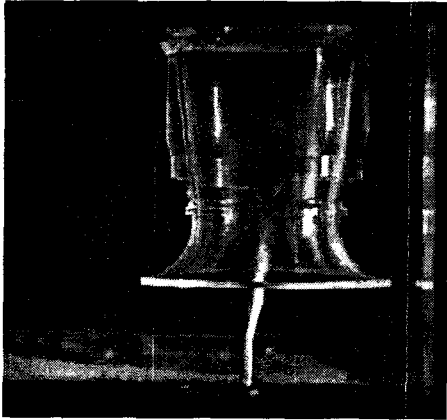


Fig. 2 수중 보텍스

생된 보텍스를 정의할 수 있는 국내 규격이 없어 효율적이며 경제적인 펌프장의 운전을 수행할 수 없다.

일본에서는 1984년에 일본기계학회 주도로 “펌프의 흡입수조의 모형시험법-JSME S 004”를 발간하여 단체표준으로서 사용하여 왔으나 국내에는 상수도시설기준에 약간의 내용으로 첨부되어 있는 실정이다. JSME의 단체규격을 국제규격 상당의 규격으로 상정할 수 있도록 최근에 일본 “터보기계협회”(우리나라의 유체기계공업학회에 해당함)가 주관하여 업계 및 전문가로 구성된 추진위원회가 활동을 시작하고 있다. 이러한 단체규격의 규정은 펌프장의 안정적인 운전을 유지할 수 있으므로 국가적으로 에너지 절약 정책에 상당한 기여를 할 수 있다.

2. 국내·외 표준 현황

2.1 국외현황

미국, 유럽 및 일본과 같은 선진국들은 ISO 규격의 사용보다는 아래에서 볼 수 있듯이 민간기준들을 사용하여 펌프장을 설계하고 이에 대한 실험을 수행하고 있는 편이다.

- American National Standard for Pump Intake Design(Hydraulic Institute, August 1988)
- CEN Report CR13930
Rotodynamic Pumps-Design of pump intakes
- Recommendations for installation of pumps
(European Committee for Standardization, August 2000)
- Guidelines for Design of Intakes for Hydroelectric Plants
(American Society of Civil Engineers, 1995)
- JSME S 004 펌프의 흡입수조의 모형시험법

2.2 국내현황

개발하고자 하는 규격이 없어서 생기는 문제점 및 규격의 역할은 다음과 같다.

- 국내에는 흡수정 관련 규격은 KS규격에도 없고 또한 선진국과 같이 민간표준이 없다. 단, 상수도 시설기준에 일부 표시가 되어 있지만 기준치로 하여 설계하기에는 무리가 있는 실정이다.
- 따라서, 국내에서는 경험치에 의하여 펌프성능특성을 무시한 채 설계가 진행되고 있으므로 필요성에서 언급하였듯이 공기흡입으로 인한 캐비테이션으로 많은 손실이 발생되고 있는 실정이다.
- 국내에서도 이에 대한 민간위주의 규격검토가 필요하며, 향후, KS규격 제정 및 ISO 규격으로 채택되어야 할 것이다.

3. 개발규격의 추진 방향

3.1 개발규격의 명칭

펌프 흡수정 설계 관련 단체규격

3.2 개발규격의 적용범위

- 모든 펌프장의 실시설계
- 보텍스가 발생하는 모든 펌프장 흡수정
- 보텍스 방지 장치 설치

3.3 규격서 내용

아래와 같은 내용으로 흡수정 설계 관련 단체규격을 제정할 계획이다. 또한, 아래의 내용은 다소 변경될 수 있지만 그 골격은 유지될 것이다.

1. 설계의 목적
 2. 청수를 사용할 때 흡수정 구조
 3. 고형물이 포함된 유체를 사용시 흡수정 구조
 4. 펌프 흡입 배관
 5. 흡수정 모형시험
 6. 벨마우스 설계기준
 7. 표면 보텍스를 최소화시키기 위한 최소요구수심
 8. 문제가 있는 흡수정의 대책 방법
 9. 선프장 체적 결정 방법
 10. 흡수정 유입 조건 결정
- ※ 부록

3.4 각 규격의 요약

3.4.1 Hydraulic Institute, August 1988

- 1994년도 ANSI규격으로 제정됨
- 모든 흡수정 규격의 모태가 될 정도의 내용을 다루고 있음
- 흡수정의 형상에 대한 장단점 언급
- Rectangular, Formed Suction, Circular, Trench-Type, Barrel-Can Type, Unconfined Type 등
- 유체(청수 및 고형물이 있는 유체)에 따른 적용 여부
- 펌프 흡입관 선정
- 시험방법
- 문제 치료법
- sump volume 선정
- sump 입구조건

3.4.2 JSME S 004 : 1984과 TSJ S 002 : 2005

- 최근에 개정된 규격으로써 모형시험에 대한 내용이 중심적으로 되어 있음
- HI규격과 CEN규격에 대한 내용을 많이 참조하여 기술함
- 일본 규격의 특징상 여러 가지 모델 실험

- 결과를 많이 언급하여 놓음
- 흡입수조의 표준형상과 관련자료.
- Anti-vortex device 대한 내용도 포함되어 있음
- JSME는 TSJ의 규격의 old version임
- TSJ규격에서는 시험결과와 판정법을 자세히 기술
- TSJ규격에서는 Anti-vortex device 부분에 대한 내용삭제
- TSJ규격에서는 CFD부분 추가
- 실제의 사례도 포함되어 있음

3.4.3 CEN Report CR13930

- 유럽규격으로서 비교적 초보 설계자들이 볼 수 있도록 그림으로 설명되어 있음
- 벨마우스의 치수 제안
- 흡수정 형상 치수 제안
- 각종 유동조건에 대한 흡수정 형태 제안
- Anti-vortex device 제안
- 각각의 경우에 치수를 제안하고 있지만 이에 대한 근거 데이터 부족

3.4.4 ASCE(American Society of Civil Engineers, 1995)

- 댐과 관련 내용으로 기본적인 내용만 언급
- 일본 TSJ와 JSME규격에서 참조를 하고 있는 실정

3.4.5 상수도 시설기준

- 국내의 유일한 sump관련 기준
- Sump관련하여 기준중 수준미달의 규격
- 기초적인 안만 제시되고 있으므로 이로부터 설계하기가 어려움

3.4.6 각종 펌프관련 교재

- 다양한 교재들이 있으나 그 내용의 수준은 기초적인 수준으로 평가됨
- 포괄적인 내용만 제시되어 있으므로 이로부터 설계하기가 어려움

3.5 추진내용

법·제도적 제약, 산업현장의 생산 여건, 우리의 기술 수준 등에 대한 조사 및 시험검증에 기초하여 아래와

같이 단체규격 개발화를 위한 전략을 수립하고 있는 중이다.

- (1) 규격 심의 및 의견 수렴을 위한 위원회 구성
 - 해당 설계 및 용역 기업
 - 관련 학계 및 연구기관
- (2) 표준 규격 조사 및 분석
 - 수요업체 의견 조사
 - 관련 국내 규격(KS) 및 외국 규격 (HI, JSME 등) 조사
 - 국제 표준 규격(HI, JSME 등) 상세 검토 및 분석
- (3) 단체규격을 위한 표준화 작업
 - 적용 범위, 용어 정의 등 일반 사항 제정
 - 기본 기준 제정
 - 산학연 전문가 의견 수렴
 - 표준 개발 위원회 심의 및 검토
 - 단체 표준 규격안 확정

3.6 추진방안

1. 규격 심의 및 의견 수렴을 위한 위원회
2. 관련 국내 규격(KS) 및 외국 규격(HI, JSME 등) 조사, 상세 검토 및 분석
3. 수요업체 의견 조사
4. 단체규격안 작성
5. 산학연 전문가 의견 수렴
6. 심포지움 개최
7. 단체규격 규격안 최종 결정
8. 단체규격 교육 주관

4. 기대효과

- 경제적 효과
 - 대용량화 되어가는 산업용 펌프에서의 흡입관계통의 정상적인 흡입성능이 보장될 수 있는 현실적인 표준시험기법의 제공이 가능하다.
 - 향후 관련기준이 정비됨으로서 펌프관계통의 흡입성능 개선을 위한 유체역학적인 첨단계측 해석 기법이 적용되어 관련업계의 기술개발에 기여할 수 있다.
 - 펌프장 사고에 관련된 국내외 펌프제작자 및 사용자간의 기술적 논쟁을 합리적으로 정리할 수

있는 공학적인 기술표준의 제공이 가능하다.

- 비 경제적 효과
 - 따라서, 펌프제작자, 펌프장 설계 엔지니어링/시공 업체 및 최종시설관리자 모두에게 유익한 단체표준으로서 활용될 수 있다.
 - 향후, 국내외 시장에서의 펌프장설계 및 시공 관련 엔지니어링 기술력 제고에 기여할 수 있다.
- 사후활용 방안
 - KS 규격제정
 - 펌프 전문가 집단인 학회((사)유체기계공업학회)를 통한 국내표준기술 교육 주관
 - 전문가 워크샵 개최, 제작자 및 사용자 참가 기술 포럼 정기개최
 - 일본 터보기계학회와 공동으로 ISO 규격 상정화

후 기

본 연구는 한국표준협회의 2005년도 단체표준 개발 수행 사업 연구용역으로 수행되었습니다. 이에 감사드립니다.

참고문헌

- (1) HI Centrifugal Pump and Application, 1994
- (2) JSME S 004 ; 1984, 펌프의 흡입수조의 모형시험법
- (3) TSJ S 002 ; 2005, 펌프의 흡입수조의 모형시험법
- (4) CEN Report CR13930(European Committee for Standardization, August 2000)
- (5) Rotodynamic Pumps-Design of pump intakes -Recommendations for installation of pumps
- (6) ASCE(American Society of Civil Engineers, 1995), Guidelines for Design of Intakes for Hydroelectric Plants
- (7) 한국상하수도협회, 2004, 상수도 시설기준
- (8) Susumu Kawamura,, Integrated Design of Water Treatment Facilities by John Wiley & Sons Inc.