

해수압 구동 인라인 플런저 펌프 설계 Design of Sea Water Driven In-line type Plunger Pump

*#함영복¹, 박성재¹, 김균태², 윤소남¹

*#Y. B. Ham(hyb665@kimm.re.kr)¹, S. J. Part¹, K. T. Kim², S. N. Yoon¹

¹한국기계연구원 극한기계부품연구본부, ²한국건설기술연구원

Key words : Plunger Pump, Water Hydraulics, Sea Water, Suction Pump, Ocean Wind Foundation

1. 서론

플런저(Plunger) 펌프는 용적형의 왕복식 펌프로 원통형의 실린더 내에 플런저(로드와 일체형으로 된 피스톤)를 왕복운동시켜 실린더 내부의 유체를 송출하는 펌프를 말한다. 소유량, 고압에 적합하며, 해상 구조물의 기초를 형성하는 버킷(bucket) 구조의 파일(pile)을 해저 지반에 석션(suction) 관입하거나 해저 지반으로부터 가압 인발하는 경우에 이용되는 석션 파일 시공용 또는 세일가스 채굴용 수압파쇄(hydraulic fracturing), 머드공급 등에 적용될 수 있다.

본 연구는 대수심 조건하의 지지 구조물의 설계·시공·품질관리 기술개발을 목적으로 수심 30~60m 정도에서 효과적으로 적용될 수 있는 버킷 기초의 관입기술 개발을 위한 버킷파일 관입용 석션펌프와 추가적인 부가 관입장치의 적용 방안과 설계를 목표로 수행되었다. 이를 위해 해저 부유물의 흡입/토출이 가능한 해수압으로 구동되는 왕복동 인라인 플런저 펌프를 설계/개발하고자 하였다.

2. 버킷기초 관입을 위한 석션 펌프 요구사항

중력 방과제, 해상풍력 발전설비, 해상공항과 같은 대형의 고정식 해상 구조물은 파일을 해저에 기초(foundation)를 형성하여 이를 기반으로 구조물을 설치하게 된다. 종래에는 파일 인입에 발생하는 압력 차이에 해당하는 힘을 파일에 가하거나 주변을 가물막이로 처리한 후 바닥에서부터 콘크리트를 타설해 파일 기초를 형성시켰다. 그러나 종래의 공법은 시공이 복잡하고, 공기가 길며, 대수심 및 대형의 기초를 형성함에 있어 적용이 어려운 단점이 있어 최근에는, 파일 내부의 물이나 공기와 같은 유체를 외부로 배출함으로써 발생된 파일 내부와 외부의 압력차를 이용하여 파일을 해저

지반에 견고하게 고정시키는 석션 파일 공법이 보편적으로 이용되고 있다. 석션 파일 공법은, 길이에 비해 상대적으로 직경이 큰 대형 구조의 파일을 해저에 시공함에 있어 유리하며, 깊은 수심의 해저에 적용하기 용이하다는 장점과, 단기간 시공이 가능하며, 시공성 또한 양호하다는 장점이 있다. 특히, 파괴가 높고, 표층이 연약하면서 비교적 얇은 심도에 지지 지반이 있는 경우에 유리하다.

석션 파일의 설치를 위한 대용량의 석션 펌프로써 종래에는 임펠러를 회전시켜 석션 대상 액체에 원심력을 주어 이동하도록 함으로써 펌핑을 구현하는 원심 펌프, 다수개의 피스톤이 왕복운동 하면서 회전하는 회전용적식 펌프 또는 벤추리 원리를 이용한 벤추리 펌프를 주로 이용하고 있다. 그러나 종래 석션 파일 설치에 이용되는 석션 펌프 중 원심 펌프 또는 벤추리 펌프의 경우 흡입수두를 낮게 하는데 한계가 있으며, 회전용적식 펌프의 경우 모래와 같은 해저부유물에 의한 회전 및 왕복운동에 관련된 부품이 손상되고 막힘이 초래되는 문제점이 있어 Fig 1과 같이 흡입 및 토출을 단속하는 체크밸브와 해수압에 의해 구동되는 용적식 플런저 펌프가 제안되었다.

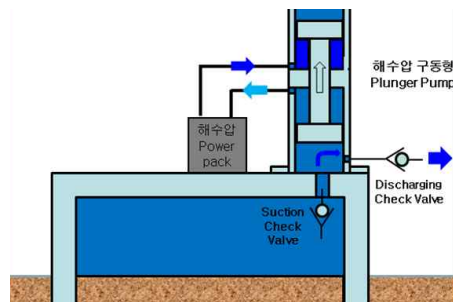


Fig. 1 Configuration of fluid power driven reciprocating pump

그러나 Fig. 1에 나타낸 용적식 플런저 펌프는 펌핑 동작 시 대상 유체를 끌어들이고 토출하는 방향이 서로 직각인 구조, 다시 말해 유체 이동경로를 형성하는 유로가 직각으로 형성된 구조이기 때문에 플런저 왕복운동에 의한 펌핑 동작시 유체 저항과 압력손실이 크게 발생하고 양수량이 떨어지는 단점이 있다.

본 연구에서 해결하고자 하는 기술적 과제는 펌핑 동작시 실린더 내 유동저항 및 압력손실의 최소화를 도모할 수 있고, 동일한 크기의 다른 용적식 펌프에 비해 보다 큰 양수량을 기대할 수 있는 해수압 구동 인라인 플런저 펌프를 개발하고자 하는 것이다.

3. 해수압 구동 인라인 플런저 펌프의 설계

이를 위해 실린더 내의 압력실에 작용하는 작동 유체의 압력차에 의해 플런저가 실린더 내에서 직선왕복운동을 하고, 플런저의 움직임에 따른 플런저 양쪽 측면의 실린더 내부 체적변화 및 체적변화에 연동한 복수개의 체크밸브 개폐에 의해 실린더 일측으로 대상 유체를 흡입하고 플런저 내부를 경유하게 하여 실린더 반대쪽으로 토출할 수 있도록 된 것을 특징으로 하는 플런저 펌프를 Fig. 2와 같이 고안하였다.

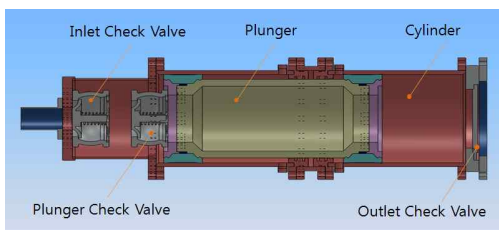


Fig. 2 Configuration of in-line type plunger pump

이러한 플런저 펌프는 작동유체 도입과 배출을 위한 두 개의 포트를 형성한 중공의 실린더, 실린더 내에 습동 가능하게 설치되는 중공의 플런저, 유체가 흡입되는 쪽의 실린더에 연결되는 흡입 챔버, 흡입 챔버, 플런저 및 실린더 출구에 각각 설치되는 체크밸브, 실린더 내경과 플런저 외경 사이로 분리 구획되는 두 개의 압력 작용실로 구성 된다.

여기서 체크밸브는 실린더 출구를 향하거나 실린더 출구에서 실린더 밖으로 유체의 이동을 허용하는 방향으로 개방된다. 이 체크밸브들은 흡입

체크밸브와 흡입 챔버와 마주하는 플런저 입구에 설치되는 플런저 체크밸브, 실린더 출구에 설치되는 토출 체크밸브로 구분될 수 있으며, 이 경우 흡입 체크밸브와 플런저 체크밸브는 동일 구성의 포핏타입 체크밸브일 수 있다. 그리고 두 개의 압력실은 실린더 중앙에 설치되며 플런저 외경부와 면접하는 파티션 셸과 플런저 양 선단 외경에 설치되는 피스톤 셸에 의해 규정되는 가변공간일 수 있다. 또한 파티션 셸에 인접한 파티션 셸 양 옆의 실린더에 두 개의 포트가 각각 형성될 수 있다. 이 펌프의 작동유체로는 고압의 해수가 이용될 수 있도록 고안되었다.

4. 결론

본 연구에서 개발하고자 하는 플런저 펌프는 펌프 내부로 유체가 도입되어 흐르는 방향과 일치하는 방향으로 유로가 형성된 구성을 이룸으로써 낮은 흡입수두 조건하에서도 캐비테이션이 발생하지 않으면서 해저부유물에 의해 왕복운동에 관련된 부품 손상이나 막힘이 초래됨이 없이 안정적인 운전이 가능하다는 장점이 있다. 또한, 직선상으로 유로가 형성됨으로써 펌핑 동작 시 실린더 내 유체저항 및 압력손실이 극히 작으며, 따라서 동일한 크기의 다른 용적식 펌프에 비해 양수량이 크다. 작동유체로 해수를 이용할 경우에는 펌프 구동 중 작동유체 누설이 발생하더라도 해수 환경에 오염을 초래하지 않기 때문에 환경적인 측면에서 유리한 장점 또한 있다.

후기

본 연구는 국토교통부 건설기술혁신사업 지원으로 수행되었습니다.

참고문헌

1. 함영복, 노종호, 전원현, “회전용적식 펌프의 최저 흡입성능 실험,” 정밀공학회 춘계학술대회 논문집, 2012.
2. 함영복, 노종호, 박중호, 윤소남, “왕복동 피스톤 펌프의 해저토사 펌핑 시스템 설계,” 정밀공학회 춘계학술대회논문집, 2012.