

왕복동 피스톤 펌프의 해저토사 펌핑 시스템 설계

A design of reciprocating piston pump for subsea mud pumping system

*함영복¹, 노종호², 박중호¹, 윤소남¹

*Y. B. Ham¹, J. H. Noh², J. H. Park¹, S. N. Yun¹

¹한국기계연구원 극한기계부품연구본부, ²충남대학교 기계공학과

Key words : piston pump, mud pump, mono-pod bucket, subsea

1. 서 론

해상 풍력발전은 육상 풍력 발전에서 문제가 되어온 소음, 공간적 한계, 경관훼손 등의 단점을 보완하고 초대형으로 제작할 수 있는 장점이 있다.¹

풍력 발전기를 해저 바닥에 설치하는 방법은 Fig.1에 나타난 바와 같이 수심에 따라 다르다. 수심이 0~20 m 인 얕은 곳에서는 중력 케이스방식을 사용하고, 수심 20~50 m 이내에 설치할 때는 모노파일 방식, 수심 80 m 정도의 먼 바다로 나갈 때는 자켓, 트라이포드 방식이 적당하다. 모노파일방식을 이용하기위해 버킷을 해저에 단단하게 고정하는 방법은 타격에 의한 방법과 펌프를 사용하여 진공압력을 이용하는 방법이 있다.²



Fig. 1 Types of offshore wind farm construction

본 연구에서는 수심 20~50 m 이내에 주로 설치하는 모노파일 방식의 버킷기초를 해저면에 시공할 때 펌프를 사용하여 버킷파일 내부와 외부의 압력차를 발생시키는 방법 중에서 버킷 내부의 해수뿐만아니라 뿔, 모래 등의 토사를 효과적으로 펌핑할 수 있는 왕복동 플런저 펌프에 대한 연구를 수행하였다.

2. 왕복동 피스톤 펌프의 설계

왕복동 플런저펌프는 흡입행정과 토출행정에 의해 펌핑 기능이 이루어진다. 모노포드 버킷의 관입에 사용되는 회전 용적식 펌프의 경우 버킷의 초기 관입 때 해수를 펌핑할 때에는 효과적이지만, 해수와 해저토사 등의 부유물이 함께 펌핑될 경우 흡입구에 이물질이 흡입되는 것을 막기 위해 설치된 스트레이너가 막힘으로서 펌핑 효율이 급격히 저하되어 버킷을 해저에 관입시키기 어려워진다. 국내에서 모노파일이 설치될 해상은 SPT N value 30 정도의 단단한 지반을 관입할 때 발생하는 입자들로 스트레이너 내부의 망이 쉽게 막힐 수 있다.

본 연구에서는 버킷기초의 관입시 발생하는 이물질을 원활하게 석선하여 버킷기초 내부의 압력을 낮추어 큰 관입력을 발생시킬 목적으로 유압으로 구동되는 플런저 펌프를 발굴하여 버킷기초 관입에 적용하였다. Fig. 2는 왕복 플런저 펌프의 구성도이다. 유압 유니트에서 공급되는 유압 방향제어 밸브에 의해 교대로 2개의 플런저에 공급되면서 왕복 운동을 수행하고, 흡입구 측에 연결된 S-Valve가 플런저 출구와 버킷기초 내부를 번갈아 연결하여 버킷 기초 내의 해수와 토사를 연속적으로 펌핑할 수 있도록 작동한다.

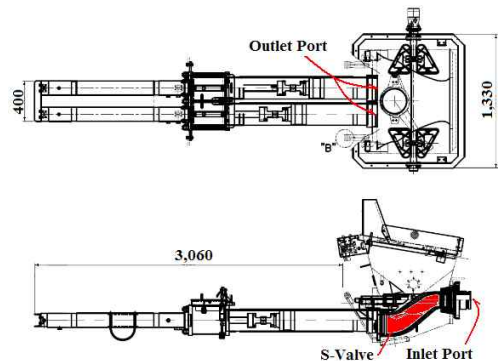


Fig. 2 Design of double piston pump

왕복동 피스톤 펌프에 의해 펌핑되는 유량은

$$Q = A \times V \quad \dots\dots\dots (1)$$

으로 된다. 여기서, 유압유가 공급되는 유압 실린더의 단면적은

$$A_{oil} = \frac{\pi}{4} D_{oil}^2 \quad \dots\dots\dots (2)$$

으로되고, 해수 및 토사가 펌핑되는 실린더의 단면적은

$$A_{sw} = \frac{\pi}{4} D_{sw}^2 \quad \dots\dots\dots (3)$$

으로 된다. 따라서 유압이 작용하는 실린더와 해수가 흡입토출 되는 실린더 내부를 왕복운동하는 피스톤은 직결되어 있으므로 속도 V 는 동일하게 되어 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\frac{Q_{oil}}{A_{oil}} = \frac{Q_{sw}}{A_{sw}} \quad \dots\dots\dots (4)$$

식(4)를 이용하여 해수 펌핑 유량을 구하면

$$Q_{sw} = \frac{A_{sw} \cdot Q_{oil}}{A_{oil}} \quad \dots\dots\dots (5)$$

와 같이 나타내 진다.

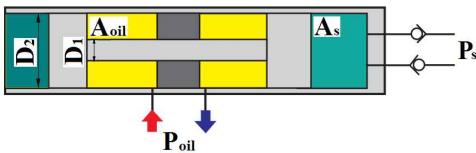


Fig. 3 Schematic of a reciprocating piston pump

Fig 3에 나타낸바와 같이 압력이 작용하는 피스톤 단면적과 압력과의 곱으로 나타나는 힘 평형 관계를 나타낼 수 있다.

실린더 내부로 유압 P_{oil} 이 단면적 A_{oil} 에 작용하는 압력은 해수의 흡입압력 P_s 가 해수 흡입 피스톤 단면적 A_s 에 가하는 압력과 같거나 마찰 등의 손실을 고려할 때 커야 펌핑할 수 있게 된다.

$$P_{oil} \times A_{oil} \geq P_s \times A_s \quad \dots\dots\dots (6)$$

Table 1은 왕복동 플런저 펌프를 이용하여 모노포드 버켓기초의 해상관입 시험을 위해 필요한 장비의 사양을 나타낸 것이다.

Table 1 Specifications required by the test equipment

Name of equipment	Specifications
Reciprocating plunger pump	600 l/min
Underwater electric motor	50 HP
Generator	200 kw
Hydraulic power unit(Large)	100 HP
Hydraulic power unit(Small)	5 HP
The pipe hydraulic	100 A

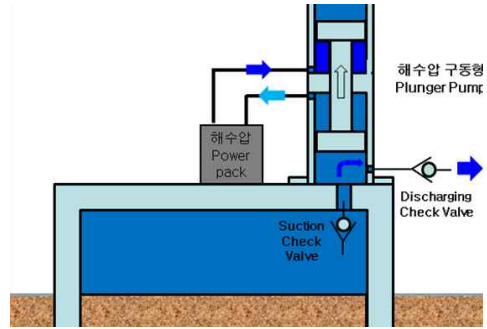


Fig. 4 Configuration of fluid power driven reciprocating pump

Fig 4는 액압 구동 부와 일체형으로 구성된 왕복 플런저 펌프의 구조를 나타낸 것이다.

3. 결 론

수심 20~50 m에 주로 설치하는 해상풍력 발전기의 해저 기초파일인 모노포드(mono pod) 버켓기초를 해저 면에 관입 시공 시에 왕복동 플런저 펌프를 이용하여 버켓 내부의 해수 뿐만아니라 토사 등의 이물질 등도 원활하게 흡입하여의 펌핑 할 수 있는 왕복동 플런저 펌프를 제안하였다.

향후 제안된 액압구동 왕복동 플런저펌프의 실증 운전 실험을 수행하여 흡입성능을 입증할 것이다.

후 기

본 연구는 국토해양부 건설기술혁신사업 지원으로 수행되었습니다.

참고문헌

1. 나도백, 신호순, 나덕주, “ 해상풍력 기술동향”, Journal of Energy Engineering, Vol. 20, No.2, pp. 143~153(2011)
2. 원호섭, 박장규, “해상풍력발전기 건설”