

해저지반 굴삭용 워터젯 장비의 시공성능 추정에 관한 기초적 연구

나경원* · † 조효제 · 백동일** · 황재혁*** · 한성훈*** · 장민석* · 김재희***

* 한국해양대학교 해양과학기술전문대학원, † 한국해양대학교 조선해양시스템공학과 교수,
** 한국해양대학교 건설공학과 교수, ***한국해양대학교 대학원

요 약 : 해저파이프라인 및 해저케이블 설치해역이 대수심으로 이동함에 따라 육지와는 다른 열악한 시공 환경에 놓이게 된다. 이때 파이프라인 및 케이블이 매설되는 해저지반 상태와 작업이 이루어지는 해역의 해상조건 등은 작업효율에 영향을 미치기 때문에 효율적인 시공이 필요하다. 본 논문은 구조물 매설에 앞서 해저지반 굴삭 작업을 수행하기 위해 ROV 트랜처의 하단에 장착되는 워터젯 굴삭기의 작업효율 및 시공성능 추정에 관한 연구이다. 먼저 전산유체해석을 통해 워터젯 굴삭기의 굴삭효율을 극대화할 수 있는 노즐 수량을 정하였고, 모형실험을 수행하여 굴삭기의 시공성능을 예측할 수 있는 최대 굴삭심도 및 최대 굴삭속도를 파악하였다. 이를 바탕으로 실제 운용중인 워터젯 굴삭장비들과 시공성능을 비교·분석하였다.

핵심용어 : 시공성능, 작업효율, 워터젯 굴삭기, 해저케이블, 해저파이프라인

1. 서 론

해양에너지의 수요 증가와 국가간 정보전달의 목적으로 해저면에 파이프라인 및 케이블의 설치가 점차 증가하고 있다. 육상과 달리 다양한 해양 외력 환경에 놓인 파이프라인과 케이블은 안정성을 보장하기 위해 적절한 보호시공 공법이 필요하다. 안정성을 보장하기 위한 방법으로 피복형 구조물을 해저면에 접지시켜 구조물의 위치를 유지시키는 방법이 있지만 구조물이 유실될 위험과 지속적으로 보강이 필요하다는 단점이 있다. 이러한 단점을 보완하기 위해 특수한 장비로 해저지반을 굴삭하여 파이프라인 및 케이블을 매설시키는 공법이 선호되고 있다. 또한 최근 들어 파이프라인 및 케이블이 심해저 지반에 매설됨에 따라 작업이 용이하며 안정성이 보장되는 매설 공법이 필요하게 되었다. 특히 ROV 트랜처에 워터젯 방식의 굴삭기를 장착시켜 매설하고자 하는 구간에 고압의 물을 다량으로 주입함으로써 포설 후 매설하는 공법을 많이 활용하고 있다. 본 연구는 해저 파이프라인 및 케이블을 해저지반 아래에 매설하기 위해 ROV 트랜처에 장착되는 워터젯 굴삭 장비의 시공 성능을 추정에 관한 기초적 연구이다.

2. 워터젯 굴삭장비

해저지반 굴삭을 위해 필요한 워터젯 굴삭장비는 ROV 트랜처 하단에 두 개의 젯팅암(Jetting arm)이 대칭되어 장착된다. 워터젯 굴삭기의 평균 작업수행 시간은 ROV 트랜처의 장

비점검과 진수 및 회수시간을 제외하고 하루 20시간이 일반적이다(Dansette and Robertson, 1994; Kim, 2006). 그러나 파이프라인 및 케이블의 시공해역이 대수심으로 이동하고 있으며, 수중 건설 규모도 대형화됨에 따라 향후 2단 이상의 젯팅암이 주를 이루며 작업수행시간도 단축될 것으로 판단된다.

3. 연구프로세스

본 연구에서 수행하고자 하는 연구프로세스는 Fig. 1과 같다.

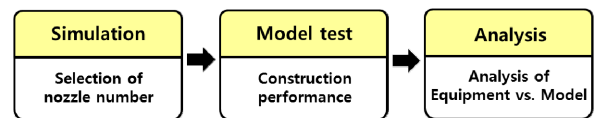


Fig. 1 Research process

2.1 시뮬레이션

시뮬레이션은 ANSYS CFX ver. 14.5를 사용하여 유동장 해석을 수행하였으며 최적 노즐 수량을 결정하기 위해 전진방향의 노즐만 고려하였고 백워시 노즐은 고려하지 않았다.

2.2 모형 실험

Fig. 2는 모형실험의 개요를 나타내고 있다. 수조 바닥으로부터 0.6m 높이의 모래층을 채우고, 포설된 모래층으로부터

† 교신저자 : 종신회원, hjo@kmou.ac.kr 051)410-4302

* 연회원, kwna@kmou.ac.kr 051)410-4938

0.2m 높이의 물을 채웠다. 모형실험에 사용된 굴삭장비는 실제 워터젯 굴삭장비를 1/6으로 축소시켜 제작하였고, 예인대 차에 고정시켜 A 위치에서 B 위치로 최소 0.11m/s의 속도에서 최대 0.33m/s의 속도로 이동한다.

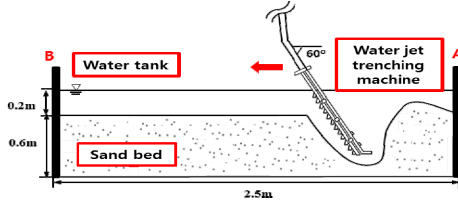


Fig. 2 Experiment setup

3. 실험결과 및 분석

2.1 시뮬레이션

Fig. 3는 시뮬레이션 분석 결과이다. 노즐이 12개인 경우 최상부의 첫 번째 노즐을 제외한 이외의 노즐들에서는 유량과 유속이 대체적으로 균일하였고, 노즐간의 간섭효과도 발생하지 않아 최적의 시공성능을 가질 것으로 판단된다.

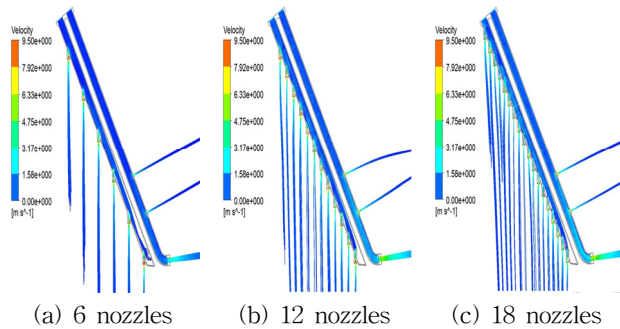


Fig. 3 Nozzle configuration test

2.2 실험결과와 비교분석

시뮬레이션 결과 분석을 통해 선정된 최적 노즐을 바탕으로 모형을 제작하여 수조 실험한 계측값과 현재 운용 중인 굴삭장비들의 굴삭속도와 비교·분석한 결과 다음과 같다.

Fig.4 와 Fig. 5는 워터젯 굴삭 장비들의 유량에 따른 굴삭속도와 굴삭심도를 표현한 그래프이다. 실험에 사용된 유량은 타 장비의 유량에 비해 30% 수준이지만 실험에서 100%의 유량으로 운용된다면 우수한 굴삭심도 및 굴삭속도를 확보하면서 효율적인 시공성능을 가질 것으로 판단된다.

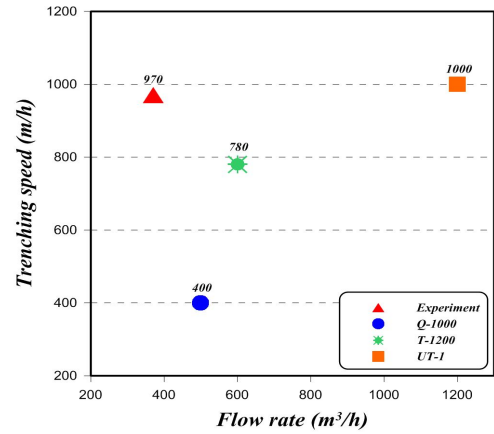


Fig. 4 Trenching speed according to flow rate

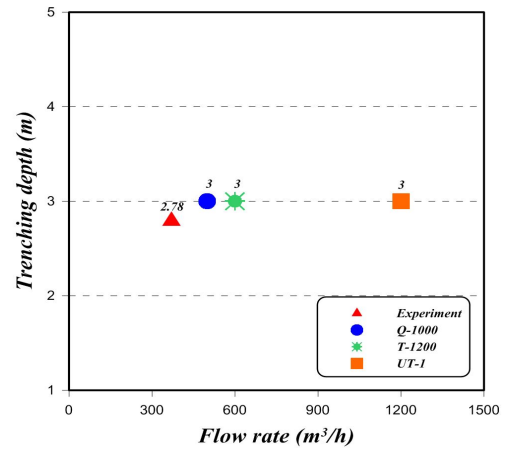


Fig. 5 Trenching depth according to flow rate

5. 결론

워터젯 굴삭장비의 주요 시공성능 분석을 위해 모형실험 결과를 토대로 실제 운용 중인 장비들의 시공성능과 비교하였다. 실험에 사용된 워터젯 굴삭장비는 실제 운용 중인 굴삭장비들의 유량보다 비교적 낮은 유량을 갖지만 동일한 유량을 갖는다면 유량대비 우수한 굴삭속도와 굴삭심도를 나타낸다.

참고문헌

[1] Dansette, N., and Robertson, N. C.(1994), "Subsea Flexible Pipeline Burial Using a Lightweight Pipeline Trencher", In Offshore Technology Conference. ISBN 978-1-61399-096-4

[2] Kim, H.A.,(2006), "A Study on the Basic Design of Sub-sea Trenching Machine Using Water Jetting", MSc thesis, Graduated Institute of Ocean System Engineering, Korea Maritime and Ocean University.