

## 개수로 흐름에서 조류 터빈의 최적 배열

### Optimal layout of tidal current turbine array in open channel flow

한지수\*, 정재영\*\*, 황진환\*\*\*

Jisu Han, Jaeyoung Jung, Hwang Jin Hwan

#### 요 지

본 연구는 개수로 흐름에서 조류발전단지의 터빈 최적 배열의 거시적 특성에 관한 연구를 수행하였다. 천수방정식을 통해 직사각형 개수로의 흐름장을 해석하였고, 상류와 하류단에 대해 각각 유입경계조건(inlet boundary condition)과 Flather 형식의 개방경계조건(open boundary condition)을 부여하여 일정 유량으로 흐르는 개수로 흐름을 구현하였다. 더불어, Strickler의 법칙을 확장한 반력공식을 연계하여, 개수로 흐름에 대한 조류 터빈의 영향을 반영하였다. 주어진 상류의 흐름 조건에 대해 조류발전량을 최대화 하는 최적 배열을 구하기 위해 터빈 반력모형을 연계한 천수방정식, 터빈간 최소간격, 그리고 발전단지영역을 제한조건으로 하는 발전량 최대화 문제를 구성하였다. 여기서 조류 터빈의 위치를 나타내는 벡터를 설계변수로 두었는데, 설계되는 터빈의 수가 증가함에 따라 최적화 문제의 계산량이 증가하지 않도록 수반법(adjoint method)을 경사도기반법(gradient-based method)에 연계한 방법이 이용되었다. 다수의 터빈초기배치로 상당한 수치실험이 수행되었고, 발전량 최대화를 이루도록 최적화된 터빈의 배치들이 큰 규모에서 고유한 형상으로 수렴함을 확인하였다. 이러한 특성은 발전단지의 너비와 터빈의 최소간격의 함수로 정의된 무차원수  $E$ 를 바탕으로 설명되었다. 구체적으로,  $E$ 가 1보다 작을 때에는 선형배열이 최적배열로 나타났고,  $E$ 가 1을 넘어 점차 커짐에 따라 하류에 오목한 형상을 보이다가 V-형태로 발전하는 양상을 보였다. 또한, 어느 임계 수 이상의 터빈이 배치되는 경우 일열 배열을 유지하지 못하고 이열 배열로 분리됨이 관찰되었다.

**핵심용어** : 터빈 배열 최적화, 천수방정식, 수반법

#### 감사의 글

이 성과는 2021년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구입니다(No. 2020R1A2B5B01002249). 이에 감사드립니다.

\* 학생 · 컬럼비아대학교 (미국, 뉴욕) 공과대학 지구환경공학부 박사과정 · E-mail : [jh4147@columbia.edu](mailto:jh4147@columbia.edu)

\*\* 학생 · 서울대학교 공과대학 건설환경공학부 박사과정 · E-mail : [jlowc@snu.ac.kr](mailto:jlowc@snu.ac.kr)

\*\*\* 정회원 · 서울대학교 공과대학 건설환경공학부 교수 · E-mail : [jinhwang@snu.ac.kr](mailto:jinhwang@snu.ac.kr)