

원기둥 후류에 대한 적합 직교 분해법 적용

Application of proper orthogonal decomposition on cylinder wake

이관호*, 황진환**

Kwan Ho Ree, Jin Hwan Hwang

요 지

레이놀즈 분해법은 유속을 비롯한 변수를 평균 성분과 변동 성분으로 분해하는 분석 방법으로, 난류 분석의 기본이 되는 방법이다. 그러나 유체 내에 장애물이 존재할 경우, 흐름에 큰 와류가 존재하여 난류 변동 성분과 구분되는 고유 구조가 형성되는데, 이러한 경우에 레이놀즈 분해법을 적용하면 고유 구조의 변동 성분이 난류로 처리되어 난류 강도가 과다하게 측정될 수 있다는 한계점이 있다. 이에 대한 대안으로 제안된 것이, 변수를 평균 성분, 파동 성분, 변동 성분으로 분해하는 삼중 분해법이다. 삼중 분해법은 흐름 내의 고유 구조를 추출하는 것을 가능하게 하여 다양한 연구에서 사용되어왔다. 삼중 분해법을 구현하기 위해 이용되는 방법론 중 하나로, 공분산 행렬을 이용하여 유속장을 분해하는 방법인 적합 직교 분해법이 많이 사용된다. 본 연구에서는 원기둥 후류에 적합 직교 분해법을 사용하여 삼중 분해법을 시행하고, 후류의 흐름 구조를 분석하는 것을 목표로 하였다. 영상 유속계를 사용하여 실험을 통해 원기둥 후류의 수평 유속장을 측정하였고, 측정 자료에 적합 직교 분해법을 적용한 결과, 첫 두 모드에서 큰 규모의 와류가 파동 형태로 전파되는 것이 관찰되어 고유 구조의 존재를 확인할 수 있었다. 해당 성분을 삼중 분해법의 파동 성분으로 상정하였고, 푸리에 분석을 적용한 결과에서도 원기둥 후류의 고유 진동수가 뚜렷하게 나타나는 것을 확인하였다. 또한, 원기둥 후류의 에너지 전달 구조를 확인하기 위하여 에너지 방정식에 삼중 분해법을 적용하여 식을 유도하고, 실험 자료로부터 각 항을 계산하여 비교해보았다.

핵심용어 : 삼중 분해법, 적합 직교 분해법, 원기둥 후류, 입자 영상 유속계

감사의 글

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

* 정회원 · 서울대학교 공과대학 건설환경공학부 석박통합과정생 · E-mail : lake3693@snu.ac.kr

** 정회원 · 서울대학교 공과대학 건설환경공학부 교수 · E-mail : jinhwang@snu.ac.kr