

식생 형태에 따른 난류흐름특성 분석

Analysis of Turbulent Flow Characteristics by Vegetation Morphology

이선미*, 조인환**, 김민정***, 박인환****

Sunmii Lee, Inhwan Jo, Minjeong Kim, Inhwan Park

요 지

이 연구에서는 침수식생 조건에서 식생 형태 별 frontal area, solid volume fraction이 유속 분포에 미치는 영향을 분석하고, 흐름측정결과로부터 식생 형태에 따른 난류흐름특성을 분석하기 위하여 수행 되었다. 식생흐름 구현을 위하여 5 cm의 간격으로 총 257개의 모형식생을 전체 영역에 배치했다. 유속측정위치는 수위측정결과에 따라 흐름이 안정화되는 구간에서 연직방향으로 17개 지점에서 측정한 후 앙상블 평균하여 분석했다. Branch의 유무에 따라 Type I과 II로 구분하여 각 식생에 대해 유속의 연직분포를 측정한 결과, Branch가 없는 Type I에서는 유속이 지속적으로 감소하는 반면, Type 2에서는 Frontal area가 급격히 증가하는 Branch 구간에서 유속이 급격히 감소한 후 Trunk 구간에서 유속이 다시 증가하는 변화를 보였다. Velocity Spectrum 분석 결과, 모든 지점에 대해 평균한 결과 고주파수 영역에서 $-5/3$ law를 따르는 것으로 나타나 전체 영역에서 isotropic & homogeneous 난류흐름이 발생함을 확인했다.

난류흐름특성 계산결과, Turbulent kinetic energy(k)를 mean kinetic energy(K)로 무차원화하여 연직분포를 비교했을 때 $-k/K$ 는 모두 식생에 근접하며 증가했다. Shear production(P_s)의 계산결과로부터 전단흐름에 의한 난류운동에너지 생성영향분석결과, Type I과 II가 식생경계의 mixing interface 부근에서 급격히 증가하는 분포를 보였으며, 이는 시간평균유속분포에서 분석한 결과와 일치한다. Wake production(P_w)의 연직분포계산결과, P_s 와 유사하게 식생경계 부근에서 상승하는 결과가 나타났으며, 이는 식생경계에서 발생하는 Large scale eddy로 인해 발생함을 알 수 있다. 마지막으로 x -방향 난류확산계수로부터 scale factor(α_x)의 연직분포를 계산한 결과, 식생경계부근의 mixing interface에서 증가한 후 식생영역 내에서 감소하는 분포를 나타냈다. z -방향 난류확산계수의 scale factor(α_z)는 α_x 에 비해 작게 계산되었다. 이러한 결과는 오염물질의 연직확산이 식생경계에서 증가한 후 식생 내부에서 감소하여 오염물질, 부유사 등의 축적이 이뤄질 것으로 예상된다. 이는 가지로 인해 식생저항이 증가할 경우 용존성 물질의 혼합이 감소하여 식생의 저장대 효과가 증가함을 의미한다.

핵심용어 : 식생수로, 난류흐름특성, 난류운동에너지, 난류확산계수

감사의 글

이 성과는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구입니다(2021R1G1A1093720).

* 정회원 · 서울과학기술대학교 일반대학원 건설시스템공학과 박사과정 · E-mail : sunmi619@seoultech.ac.kr

** 회원 · 서울과학기술대학교 공과대학 건설시스템공학과 학사과정 · E-mail : chih0116@naver.com

*** 회원 · 서울과학기술대학교 공과대학 건설시스템공학과 학사과정 · E-mail : minjeong099@gmail.com

**** 정회원 · 서울과학기술대학교 공과대학 건설시스템공학과 조교수 · E-mail : ihpark@seoultech.ac.kr