

자기회귀 모형의 전달함수를 이용한 구조물의 순간 손상 탐지

박광연* · Muhammad Tahir Bashir** · 이해성***

이 논문은 구조물로부터 측정된 자료만을 이용하여 구조물 손상을 탐지 하는 기법을 제시한다.

손상(damage)은 구조물의 속성(재료강도, 재료단면적 등)에 갑작스런 변화가 발생 하는 것을 뜻하는데 이러한 변화를 통계적으로 분석하기 위해 자기회귀 모형(Auto-regressive Model)을 도입 한다. 이때 주파수 영역 분석 중 하나인 전달함수를 이용 하면 손상탐지 원리를 규명할 수 있고 이를 통해 손상탐지의 정확도를 극대화 시키는 자기회귀 모형의 차수와(AR order) 측정빈도수(Sampling rate)를 결정 할 수 있다. 또한 기온과 바람 같은 비교적 긴 시간에 걸친 환경적 요인으로 인한 교란을 제거하기 위해 시간차이라 부르는 유한한 시간 간격 내에 포함된 자료만을 이용하는 이동시간차 기법을 도입 하였으며, 자기회귀 모형 자체에 존재하는 해의 불안정성(ill-posedness)을 완화 시키기 위해 정규화 기법을 도입 하였다. 이러한 과정에서 자기회귀모형의 계수와 잔차의 두 가지 손상 지표를 얻을 수 있는데, 민감도가 떨어지지만 교란이 적은 자기회귀계수와 교란에 약하지만 민감도가 높은 잔차의 장점을 동시에 취하기 위해 두 지표의 공분산을 새로운 손상 지표로 도입 한다.

이렇게 얻은 손상지표의 분포를 추정하고 이상값(outliers)을 판별하기 위해 극치분포를 사용한다. 구조물의 손상은 극히 드물게 발생하는 현상이고, 손상지표의 특성상 손상발생시의 손상지표는 기존 손상지표의 분포에서 매우 멀리 떨어져 있게 된다. 따라서 분포의 꼬리를 정확하게 추정 할 수 있는 극치분포를 도입 해야 정확한 이상값 판별이 가능 하다.

제안된 방법의 타당성을 검증하기 위해 2경간 연속 트러스 모형의 수치모사 예제를 수행 하였다. 구조물에 적용된 하중은 평소 다리가 꺾게 되는 상시 하중과 잘못된 손상탐지(failure warning)을 발생 시킬 수 있는 과적차량으로 구성 되어 있다. 구조물의 손상은 순간적인 부재 단면적 감소로 모사 되어 있으며, 각기 손상 정도가 다른 2회의 손상으로 구성 되어 있다.

핵심용어: 순간 손상탐지, 자기회귀 모형, 전달함수, 주파수영역 분석, 비 인과필터, 극치분포

*서울대학교 건설환경공학부 박사과정 · E-mail: kypark03@snu.ac.kr

**서울대학교 건설환경공학부 공학석사 · 파키스탄 · E-mail: mtahir08@snu.ac.kr

***서울대학교 건설환경공학부 정교수 · E-mail: chslee@snu.ac.kr