

# 시간 영역 해석을 위한 플러터 계수의 최적화 결정법

## Evaluation of flutter derivatives for time domain analysis with optimization

정길제\* · 이해성\*\* · 김호경\*\*\*

Jung, Kilje · Lee, Hae Sung · Kim, Ho-Kyung

### 요약

풍하중이 작용하는 교량의 응답을 구하기 위하여 RFA(Rational Function Approximation)와 같은 시간영역해석법이 널리 사용되고 있다. 교량 단면의 공기역학적 특성을 정의하는 플러터 계수는 주파수 영역에서 정의되기 때문에, 시간영역해석을 위하여 inverse Fourier transform을 통해 얻어진 impulse response function을 이용한 중첩 적분법이 제안되었다. 시간영역해석을 위해서는 플러터 계수에 상관성이 존재해야 함을 밝히고, 최적화 방법을 이용하여 시간영역 해석을 위한 플러터 계수 산정법을 제안하고자 한다. B/D=20의 구형 단면에 적용하여 제안한 방법의 타당성을 검증하고자 한다.

**keywords** : flutter derivatives, impulse response function, RFA, 최적화 방법, 자발진동 하중

### 1. 서론

풍하중이 작용하는 교량의 거동을 파악하는데 있어, 구조물 및 공기역학적 비선형성을 고려하기 위하여 시간영역 해석법이 널리 사용되고 있다. 교량의 공기역학적 특성을 나타내는 플러터 계수는 주파수 영역에서 정의되기 때문에, 시간영역해석을 위하여 inverse Fourier transform을 통해 얻어진 impulse response function을 이용한 중첩 적분법이 제안되었다. RFA(Rational Function Approximation)라고 알려진 방법은 주파수 영역에서 분수 함수의 기저 함수로 주어진 전달 함수를 근사하는 방법으로서, 제한된 기저 함수로 인하여 유선형 단면인 아닌 경우 적용성에 한계가 있음을 확인하였다. 본 연구에서는 시간영역해석을 위해서는 주파수 영역에서 정의되는 플러터 계수에 상관성이 존재해야 함을 밝히고, 최적화 방법을 이용하여 시간영역 해석을 위한 플러터 계수 산정법을 제안하고자 한다.

### 2. 플러터 계수의 최적화 결정법

교량의 공기역학적 특성은 Scanlan이 제안한 플러터 계수를 이용하여 주파수 영역에서 정의되는데, 이를 inverse Fourier transform을 통하여 시간영역에서 impulse response function으로 표현할 수 있다. Impulse response function은 실수 함수이어야 하고, 구조물의 거동이 생기기 전에는 자발진동하중이 발생하지 않아

\* 학생회원 · 서울대학교 건설환경공학부 박사과정 kjjung01@snu.ac.kr

\*\* 정희원 · 서울대학교 건설환경공학부 교수 chslee@snu.ac.kr

\*\*\* 정희원 · 서울대학교 건설환경공학부 부교수 hokyungk@snu.ac.kr

야 한다는 조건을 만족하여야 한다. 이는 플러터 계수간의 관계식으로 표현할 수 있으며, RFA는 이와 같은 관계식을 만족하는 기저함수를 이용하여 근사하는 방법이다. 일반적으로 풍동 실험에서 플러터 계수를 구하는 과정에 이 관계식을 적용하지 않기 때문에, 시간 영역 해석을 위해서는 주어진 조건식을 만족하는 플러터 계수를 산정하여야 한다. 본 연구에서는 실험을 통해 구해진 플러터 계수와의 오차가 가능한 작게 하면서 주어진 조건식을 만족하도록 하는 최적한 문제를 정의하여 보정된 플러터 계수를 산정하는 방법을 제안하고자 한다.

### 3. 해석결과 및 분석

그림 1은 제안하는 최적화 방법을 B/D=20의 구형 단면 실험 결과에 적용한 결과를 도시한 것이다. 측정된 플러터 계수는 강제 진동 실험 방법에 의하여 구해진 플러터 계수를 사용하였고, 최적화 문제를 통해 얻어진 시간 영역해석을 위한 플러터 계수를 같이 도시하였다. 측정된 플러터 계수와 오차가 크지 않으면서, 시간 영역해석을 위한 조건식을 만족하는 플러터 계수를 산정할 수 있다.

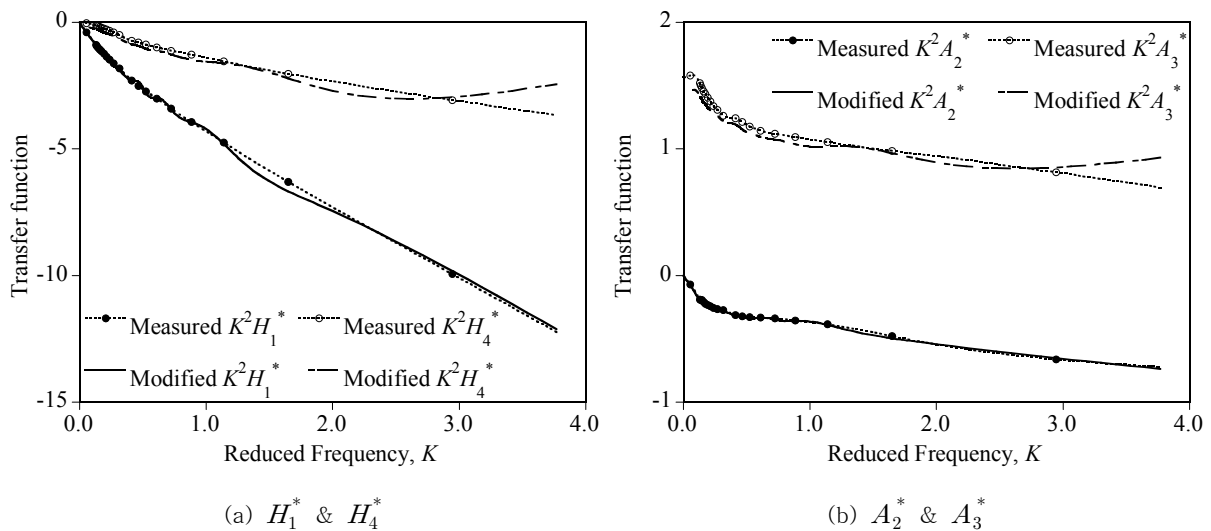


그림 1 B/D=20 단면의 최적화 결과

#### 감사의 글

이 연구는 초장대교량 사업단 제1핵심과제를 통하여 지원된 국토해양부 건설기술혁신사업 (08기술혁신 E01)에 의하여 수행되었습니다. 연구 지원에 감사드립니다.

#### 참고문헌

- Scanlan, R.H., Tomko, J.J. (1971) Airfoil and bridge deck flutter derivatives, *J. Eng. Mech. Div. Proc. ASCE*, 97(EM6), pp.1717~1737.
- Chen, X., Matsumoto, M., Kareem, A., (2000) Time domain flutter and buffeting response analysis of bridges, *J. Eng. Mech.*, ASCE, 126(1), pp.7~16.