

# 케이블의 급진적 파단에 대한 동적증폭계수 산정

## Determination of Dynamic Amplification Factor for Accidental Rupture of Cables

양승찬\* · 안진호\*\* · 이해성\*\*\*

Yang, Seung Chan · Ahn, Jin Ho · Lee, Hae Sung

케이블 구조물에서 다양한 요인에 의한 케이블 파단은 전체 구조물에 심각한 영향을 줄 수 있다. 따라서 케이블 파단 시 전체 구조물의 안정성에 대한 정확한 평가가 필요하다. 케이블 파단에 의한 영향을 주요 설계기준에서는 동적증폭계수를 사용한 준정적해석으로 평가하는데, 보다 동적해석 결과를 정확하게 묘사하는 동적증폭계수 산정이 중요하다. 본 연구에서는 사장교일 때는 케이블의 장력과 거더의 모멘트 측면에서 동적증폭계수로 1.5를 사용한 준정적해석 결과가 동적해석 결과와 파단 케이블 인접구간에서 유사한 것이 확인된다. 한편 현수교의 경우에는 중앙경간 1/4지점에서 일부 교량의 경우 동적증폭계수로 1.7정도를 사용해야지만 준정적해석 결과가 동적해석 결과보다 큰 행어 장력이 도출된다.

**핵심용어** : 동적증폭계수, 케이블 파단, 준정적해석

### 1. 서론

최근 100년 이상의 수명을 고려하여 설계한 장대교량이 많아지면서, 선박 충돌, 화재, 케이블 교체 및 파단 등 극단 상황에 처하게 될 확률이 증가하게 되었다. 케이블 구조물에서 케이블은 큰 하중을 지지하고 있는 중요한 요소이기 때문에, 케이블 파단이 일어나면 전체 구조물에 큰 영향을 끼칠 수 있다. 따라서 케이블이 파단했을 시에 신뢰도 평가를 통해서 전체 구조물의 안정성을 검토해야 한다. 주요 설계기준들은 동적 해석을 하지 못할 시, 동적증폭계수(dynamic amplification factor, DAF)를 파단 전 구조물의 장력에 곱하여 파단에 의한 구조물의 영향을 검토하도록 되어있다. 파단에 의한 안정성을 정확하게 판단하기 위해서는 적절한 DAF를 사용해야 한다.

### 2. 케이블 파단 시 구조물 안정성 검토 방법

케이블 파단에 대한 안정성을 검토하기 위해서는 동적 해석을 통한 검토 방법과 준정적(Quasi-static) 해석을 통한 검토 방법을 사용할 수 있다. 먼저 동적 해석의 경우, 파단 전 구조계에서 케이블의 장력을 파단이 일어나는  $\Delta t$  시간 동안 감소시켜 시간영역해석을 실시한다. 다음으로 준정적 해석의 경우, 파단 전 구조계에서 파단 케이블 양쪽 정착구에 케이블 장력 작용의 반대방향으로 DAF를 곱한 하중을 재하하여 구현할 수 있다. 이 때, DAF는 1.5에서 2.0 사이로 평가되며, PTI(2007)에는 DAF로 2.0을 사용한다.

### 3. 실교량 예제를 통한 동적증폭계수 산정

동적해석과 준정적해석을 사장교는 인천대교, 현수교는 새천년대교에 실시하여, 적절한 동적증폭계수를 산정한다. 사장교, 현수교 모두 파단과 인접하지 않은 구간에서는 동적해석과 준정적해석의 결과차이가 존재하는 경우도 있다. 하지만 이 구간에서는 파단 전, 후로 값의 차이가 크지 않기 때문에 논의에서 제외한다.

사장교인 인천대교의 경우, 파단인접구간에서는 동적증폭계수에 따른 케이블의 장력, 거더의 모멘트 차이

\* 비회원 · 서울대학교 건설환경공학부 석사과정 (E-mail: scyang08@snu.ac.kr) - 발표자

\*\* 정회원 · 육군사관학교 토목환경학과 강사 (E-mail: ahn16026@gmail.com)

\*\*\* 정회원 · 서울대학교 건설환경공학부 교수 · 공학박사 (E-mail: chslee@snu.ac.kr)

가 크게 존재한다. 그림 1과 그림 2는 33번 케이블 파단 시 케이블 장력과 거더 모멘트를 비교한 그래프로, 파단인접구간에서 동적증폭계수가 1.5일 때 준정적해석과 동적해석이 유사한 결과를 보인다.

현수교인 새천년대교의 경우에도 사장교와 동일하게 파단인접구간의 장력과 모멘트를 비교해야한다. 그림 3과 그림 4와 같이 사장교와는 다르게 행어의 장력 측면에서 동적증폭계수로 1.5를 사용했을 때, 준정적해석 결과가 동적해석 결과에 미치지 못하는 경우가 존재한다. 수록되지는 않았지만 대부분의 행어의 파단에 대해서 동적증폭계수로 1.5를 사용하더라도 동적해석결과를 잘 묘사하고 있었다. 하지만 중앙경간 1/4지점과 같은 일부 경우에 대해서 동적증폭계수로 1.7을 사용해야 준정적해석으로 충분한 결과를 도출할 수 있었다.

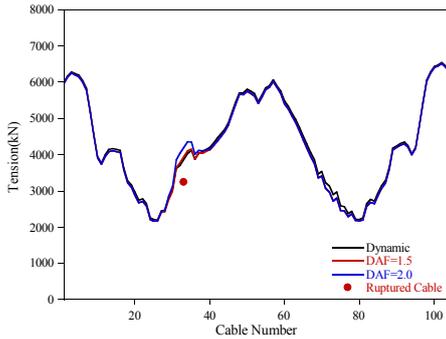


그림 1. 인천대교 33번 케이블 파단 시 케이블 장력

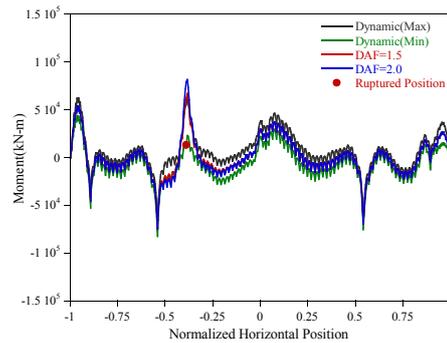


그림 2. 인천대교 33번 케이블 파단 시 거더 모멘트

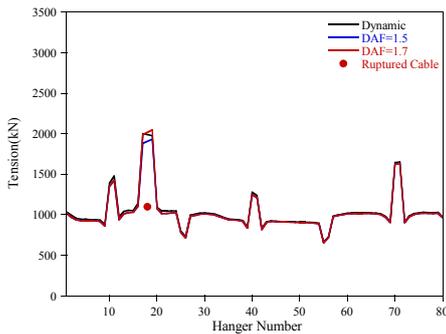


그림 3. 새천년대교 18번 행어 파단 시 행어 장력

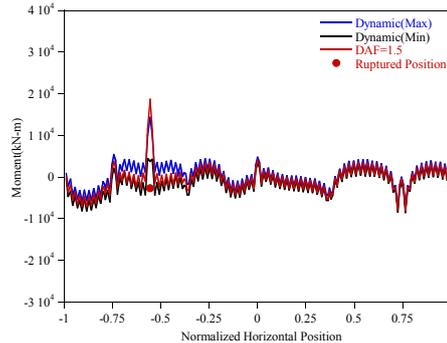


그림 4. 새천년대교 18번 행어 파단 시 거더 모멘트

#### 4. 결 론

본 연구에서는 케이블 파단 시 구조물의 안정성 평가를 위한 동적증폭계수를 산정하고자 하였고 다음과 같은 결론을 얻을 수 있다. 먼저 사장교에서는 케이블 장력과 거더 모멘트 측면에서 동적증폭계수가 1.5일 때 파단 케이블 인접구간에서 유사한 결과를 얻을 수 있다. 한편 현수교의 행어 파단 검토를 위한 동적증폭계수로는 1.7이 적절할 것으로 판단된다.

#### 감사의 글

본 연구는 초장대교량 사업단 제1핵심과제를 통하여 지원된 국토교통부 건설기술혁신사업(08기술혁신 E01)의 연구비 지원으로 수행되었습니다. 연구 지원에 감사 드립니다.

#### 참고문헌

1. Chopra, A. K. (1995). "Dynamics of structures." New Jersey: Prentice Hall, Vol.3, pp.217-218, 515-519.
2. PTI (2007). "Recommendations for Stay Cable Design." Testing and Installation, Phoenix, AZ, pp.55-56.