

케이블의 급진적 파단에 대한 동적증폭계수 산정 및 신뢰도 평가

Determination of Dynamic Amplification Factor and Reliability Assessment 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 사용하여 평가하는데, 동적 해석결과를 보다 정확하게 묘사할 수 있는 동적증폭계수 산정이 필요하다. 본 연구에서는 케이블의 장력과 거더의 모멘트 측면에서 동적증폭계수로 1.5를 사용한 준정적 해석 결과가 동적 해석 결과와 파단 케이블 인접구간에서 유사한 것이 확인된다. 또한 파단 케이블 인접구간에서 신뢰도 지수가 가장 낮은 것은 케이블 장력에 대한 신뢰도 평가를 통해 확인된다.

핵심용어 : 동적증폭계수, 케이블 파단, 준정적 해석, 신뢰도 평가

1. 서 론

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 시간 Δt 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

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

** 육군사관학교 토목환경학과 강사, 공학석사 (E-mail: ahn16026@gmail.com)

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

동적 해석을 통한 검토 방법과 준정적 해석을 통한 검토 방법을 실교량인 인천대교에 적용하여 적절한 DAF를 산정한다. 먼저 파단 케이블에 인접하지 않은 구간에서는 DAF가 2.0일 때 동적 해석을 더 잘 묘사하고 있다. 하지만 이 차이는 크지 않고, 파단 케이블 인접구간에서는 DAF에 따라서 장력과 거더 모멘트 값의 차이가 크게 존재한다. 그림 1과 그림 2는 각각 DAF에 따른 케이블 장력과 거더 모멘트를 비교한 그래프로, DAF가 1.5일 때 파단케이블 인접구간에서 동적 해석과 유사한 결과를 보인다.

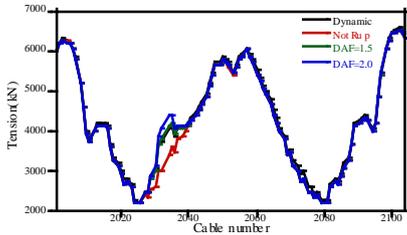


그림 1. 2033 파단 시 DAF에 따른 케이블 장력 비교

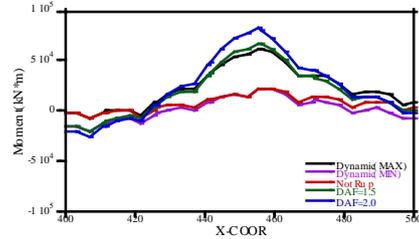


그림 2. 2033 파단 시 DAF에 따른 파단케이블 근처 거더 모멘트 비교

4. 신뢰도 평가

마찬가지로 인천대교를 대상으로 비선형 신뢰도 평가를 실시하여, 케이블이 파단했을 때 다른 케이블의 신뢰도 지수를 구한다. 신뢰도 평가 결과, DAF가 1.5일 때 파단 인접 케이블의 신뢰도 지수가 5.0까지 떨어진 것을 확인할 수 있다. 파단 케이블과 인접하지 않은 구간에서는 DAF와 상관없이 신뢰도 지수의 차이가 크게 나타나지 않는다. 하지만 파단 인접 구간에서는 신뢰도 지수가 최대 0.4 일 정도로 차이가 크게 발생한다.

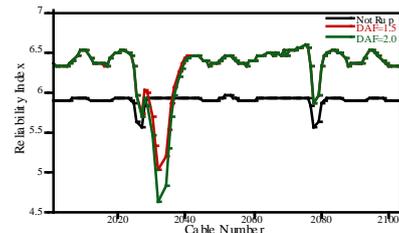


그림 3. 2033 파단 시 DAF에 따른 케이블 장력에 대한 신뢰도 지수

5. 결론

본 연구에서는 케이블 파단 시 구조물의 안정성 평가를 위한 DAF를 산정하고자 하였고 다음과 같은 결론을 얻을 수 있다. 먼저 상대적으로 더 정확한 해석방법인 동적 해석 결과와 비교했을 때, 케이블 장력과 거더 모멘트 측면에서 DAF가 1.5일 때 파단 케이블 인접구간에서 유사한 결과를 얻을 수 있다. 또한 케이블 파단에 대한 안전성 검토를 하기 위해서는 신뢰도 지수가 낮은 파단 케이블 인접구간에서 정확한 해석을 해야 하고, 따라서 DAF로 1.5를 사용하는 것이 타당하다.

감사의 글

이 연구는 초장대교량 사업단 제1핵심과제를 통하여 지원된 국토교통부 건설기술혁신사업(08기술혁신E01)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.