

수정된 비탄성 고유치해석을 이용한 강사장교의 파괴모드 예측

Failure mode prediction for steel cable-stayed bridges using modified inelastic eigenvalue analysis

유 훈* · 나 호 성** · 최 동 호***
Yoo, Hoon · Na, Ho-Sung · Choi, Dong-Ho

요 약

본 논문에서는 강사장교의 극한강도 및 파괴모드를 간략하게 예측할 수 있는 간단하고 빠른 해석법을 제안하였다. 기존의 비탄성 고유치해석의 기본 개념을 바탕으로 기둥 요소에 대한 수렴 기준을 보였고, 사장교 구조 시스템의 거더 및 주탑 요소에서 보-기둥 거동을 고려하기 위한 새로운 수렴 기준을 제시하였다. 제시된 방법의 타당성 검증을 위하여 중앙경간 길이와 거더의 높이를 변화시킨 강사장교 모델에 대하여 제안된 비탄성 고유치 해석과 비선형 탄소성 해석 결과를 비교하였다. 해석 결과, 제안된 수렴 기준을 적용한 비탄성 고유치 해석은 기존에 기둥의 수렴기준을 적용했던 방법에 비하여 강사장교의 극한강도를 보다 정확히 예측할 수 있었다. 또한, 제안된 방법은 강사장교의 파괴모드 역시 근사하게 모사 가능함을 알 수 있었다.

keywords : 비탄성 고유치해석, 보-기둥, 사장교, 극한강도, 파괴모드

1. 서 론

사장교의 정적 안정성 문제는 전통적으로 분기형 좌굴이론(Bifurcation point stability)에 근간하여 평가되어 왔다. 그러나 사장교 주요부재에서 발생하는 기하학적인 비선형성 및 재료적 탄소성 거동을 고려할 수 없다는 점 때문에 현재 분기형 좌굴이론은 구조 시스템의 극한강도 평가에서 거의 적용되지 않고 있다. 현재 구조 시스템의 극한강도를 추정하기 위한 일반적인 방법은 임계점 좌굴이론(Limit point stability)에 기반한 비선형 탄소성 해석법이다. 비선형 탄소성 해석법은 구조 부재의 기하학적인 비선형성과 재료적 탄소성을 엄밀히 고려 가능하기 때문에 해석에서 얻어진 극한강도는 정확한 해라고 할 수 있다. 그럼에도 불구하고 실제 설계에서는 고려되어야 할 많은 하중 재하 경우와 하중 조합이 존재하기 때문에 이 해석법은 실용성 측면에서 적용의 난제를 안고 있다(Choi et al., 2007).

본 논문에서는 기존 해석법의 난제를 극복하기 위하여 분기형 좌굴이론을 근간으로 한 새로운 비탄성 고유치해석법을 제안하였다. 제안된 방법은 사장교 거더 및 주탑 부재의 보-기둥 거동을 고려할 수 있는 수렴 기준을 적용하며, 반복 고유치 해석법을 이용한다. 제안된 방법의 타당성 검증을 위하여 중앙 경간 길이와

* 정회원 · 현대건설 R&D Center hoonyoo@hdec.co.kr
** 정회원 · 한양대학교 토목공학과 박사과정 saintna@hanyang.ac.kr
*** 정회원 · 한양대학교 토목공학과 교수 samga@hanyang.ac.kr

거더 높이를 변화시킨 강사장교 모델에 대하여 정확한 해석법이라 할 수 있는 비선형 탄소성 해석법의 결과와 제안된 방법에 의한 결과를 비교하였다.

2. 수정된 비탄성 고유치 해석

본 논문에서 적용된 비탄성 고유치 해석법은 일반적인 고유치 해석법의 기본식을 적용하되, 요소의 탄성 강성행렬의 탄성계수를 접선계수 이론과 기둥 및 제안된 보-기둥 수렴조건에 의하여 수정하는 방법을 적용한다. 제안된 보-기둥 수렴조건은 보-기둥 부재의 상관공식과 접선계수 이론으로부터 유도되며 식 (1)과 같이 표현된다.

$$E_t^{new} = \frac{P_{cr} M_{py} M_{pz}}{\kappa P M_{py} M_{pz} + P_{cr} \kappa M_y M_{pz} + P_{cr} \kappa M_z M_{py}} E_t^{prev} \quad (1)$$

3. 극한강도 예측 및 파괴모드 해석결과

중양경간 길이 및 거더 높이를 변화시킨 사장교 모델에 대하여 비선형 탄소성 해석 및 제안된 비탄성 고유치 해석법을 적용하여 결과를 비교하였다. 제안된 방법에서 계산된 강사장교 모델의 극한강도는 비선형 탄소성 해석법의 결과와 비교하여 10%의 오차 범위에서 일치하였다. 또한, 제안된 방법에서 예측된 모델의 파괴모드는 비선형 탄소성 해석에서 얻어진 시스템의 파괴 모드와 잘 일치하였다. 그림 1은 각 해석법에서 예측된 강사장교 모델의 파괴모드를 나타낸 것이다.

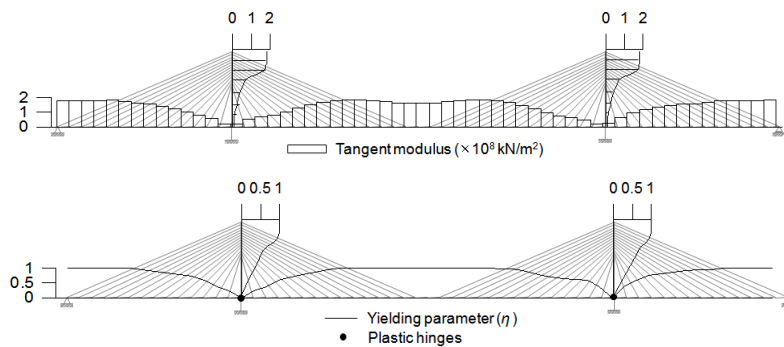


그림 1 각 해석법에서 예측된 강사장교 모델의 극한상태 시 파괴모드 (상: 제안방법, 하: 비선형 해석법)

감사의 글

이 연구는 초장대교량 사업단 제1핵심과제를 통하여 지원된 국토해양부건설기술혁신사업 (08기술혁신E01)에 의하여 수행되었습니다. 연구 지원에 감사드립니다.

참고문헌

Choi D.H., Yoo H., Shin J.I., Park S.I., Nogami K. (2007) Ultimate behavior and ultimate load capacity of steel cable-stayed bridges. *Structural Engineering Mechanics*, 27(4), pp. 477-499.