

사장-현수 복합케이블 교량에 대한 초기평형상태 해석

Initial Equilibrium Configuration Analysis for Bridges Supported with Stayed and Suspended Cables

김 규 환* · 김 호 경** · 이 해 성***

Kim, Kyu-Hwan · Kim, Ho-Kyung · Lee, Hae-Sung

요 약

본 논문에서는 새로운 케이블 교량 형식인 사장-현수 복합케이블 교량 형식에 대한 초기평형상태 해석 방법을 제시한다. 구체적으로 복합케이블 교량의 해석방법으로 다음과 같은 두 가지 방법을 제안한다. 우선 사장교의 초기평형상태 해석에서 사용된 전체 구조물을 하나의 구조물로 생각하여 해석하는 일괄방식 해석방법을 제안한다. 이 방법을 적용하는 과정에서 행어부문의 거동이 기존의 가정에 위배되는 문제점이 발견되었는데, 이러한 문제점은 변위복원방식의 successive iteration 을 적용하여 해결하였다. 다음으로 현수교의 초기평형상태 해석에서 사용된 전체 구조물을 현수교 부문과 사장교 부문 그리고 행어 부문의 3가지 부문으로 분리하여 해석하는 분리방식 해석방법을 제안한다. 이 방법을 적용하는 과정에서는 위의 일괄방식 해석방법에서 나타난 행어의 거동이 기존의 가정에 위배되는 현상과 더불어, 분리된 각 부문의 평형 조건과 적합조건이 일치하지 않는다는 문제점이 발생하였다. 이러한 추가의 문제점은 타워 최상단부의 수평변위를 적절히 구속시키고 각 부문 해석의 초기값을 조절하여 해결하였다. 마지막으로 제안된 두 가지 방법을 Deck에 캠버가 있는 적절한 예제를 통해서 검증하였다.

keywords : 케이블, 비선형해석, 초기평형상태, 사장교, 현수교, 목표형상

1. 서 론

사장-현수교란 Deck의 하중을 타워와 가까운 범위는 사장케이블이 지지하고 경간중앙의 범위는 현수케이블과 행어로 지지하는 교량을 의미한다. 사장-현수 시스템을 적용하면 현수메인 케이블의 직경과 타워의 부피를 줄일 수 있고 사장케이블만으로 시공 시 발생하는 하중지지 시스템의 비효율성과 Deck의 모멘트 저항 강도 저하 현상 등을 보완할 수 있다.

2. 사장-현수 복합케이블 교량의 초기평형상태해석

우선 교량을 하나의 구조물로 모델링하여 해석한 일괄방식 해석 방법을 제시한다. 이 경우 발생하는 행어

* 정회원 · 현대건설 토목환경사업본부 사원 khkim11@hdec.co.kr

** 정회원 · 서울대학교 건설환경공학부 부교수 hokyungk@snu.ac.kr

*** 정회원 · 서울대학교 건설환경공학부 교수 chslee@snu.ac.kr

부문의 거동이 기존의 가정에 위배되는 문제점은 다음의 수식과 같은 변위복원방식의 successive iteration 을 적용하여 해결하였다. ($X^{p+1} = X^p - \Delta X^p$)

다음으로 교량을 사장교부문, 현수교부문, 행어부문으로 분리하여 순차적으로 해석한 분리방식 해석 방법을 제시한다. 분리된 각 부문의 평형조건과 적합조건이 일치하지 않는 문제점은 각 부문의 접합점인 타워 최상단부의 수평변위를 구속시키고 그 구속으로부터 발생하는 내력과 변위를 다음 해석단계의 초기값으로 설정하여 해결하였다. (사장교부문 초기값 : $P_{T,y}^{Stay} = P_{T,y}^{Susp}$ / 현수교부문 초기값 : $P_{T,x}^{Susp} = P_{T,x}^{Stay}$, $P_{R,x}^{Susp} = P_{R,x}^{Stay}$, $X_{T,x}^{Susp} = X_{T,x}^{Stay}$)

예제로 적용된 교량의 대략적인 형상과 교량을 초기평형상태 해석한 결과값을 그림1과 표1에서 나타내었다. 예제는 중앙경간에서 원형 2%, 양측경간에서 직선 2%의 캠버를 가지는 교량으로 구성하였으며, 현수 메인케이블과 행어가 만나는 절점의 초기위치는 절점에서의 힘의 평형으로부터 유도된 오즈키 방법으로 가정하였다.

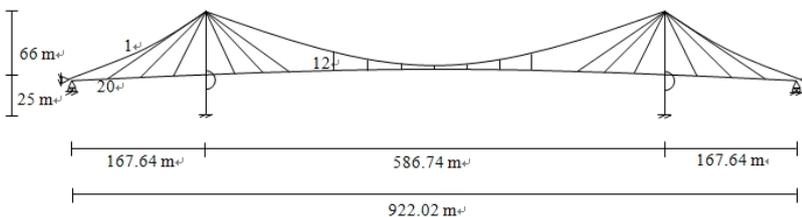


그림 1 복합케이블 교량 예제

표 1 분리해석과 일괄해석의 해석결과 비교

케이블 위치		분리해석	일괄해석	오차
		A(MNm)	B(MNm)	(A-B)/A
Suspended cables	1	88.80	88.80	5.95×10^{-8}
Hanger	12	3.70	3.70	8.56×10^{-8}
Stayed Cables	20	9.56	9.56	3.89×10^{-9}

결과값으로부터 두 가지 방법의 동일성을 확인할 수 있다. 따라서 기존의 사장교, 현수교 각각의 해석방법을 이용해서 사장-현수 복합 케이블 교량의 초기평형상태해석이 가능한 것을 확인할 수 있다.

감사의 글

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

참고문헌

- 이해성 등 (2004) 계측 자료를 이용한 강사장교의 시공단계별 형상관리 시스템 개발, 최종보고서, 현대건설 주식회사 기술연구단
- Ki-seok Kim 등 (2001) Analysis of target configurations under dead loads for cable-supported bridges, *Computers and Structures*, 79(29-30), pp.2681~2692
- Ho-Kyung Kim 등 (2002) Non-linear shape-finding analysis of a self-anchored suspension bridge, *Engineering Structures*, 24(12), pp.1547~1559.