

S형 보도사장교의 케이블이 횡방향 거동에 미치는 영향 연구

지선근, 임성순*
서울시립대학교 토목공학과

Study on the effect of cable on the lateral behavior of S-shaped Pedestrian-CSB

Seon-Geun Ji, Sung-Soon Yhim*
Department of Civil Engineering, University of Seoul

요 약 최근 국내 사장교는 경관적인 요소를 위하여 비정형적인 형태가 시도되고 있다. 새로운 기하구조가 적용된 사장교는 그 특성을 명확히 분석하여 구조안전성을 확보할 필요가 있다. 본 연구 대상 교량은 S자형 곡선 보도사장교로 S자형 평면곡선과 역삼각형트러스 횡단면을 가진 보강거더, 곡선반경 내측에 1면으로 배치된 경사 주탑과 modified Fan 타입 주케이블, 수직 백스테이케이블이 적용되었다. 곡선사장교는 직선사장교와 같이 종방향의 거동에만 초점을 두고 장력을 조절할 경우 횡방향으로 과도한 변위와 모멘트가 발생 할 수 있다. 본 연구는 주케이블이 교량의 횡방향 거동에 미치는 영향을 분석하기 위해서, 장력에 의한 주탑의 횡방향 변위 방향에 따라 케이블을 2개 그룹으로 나누었다. 지간중 앙부 케이블 그룹을 GR1, 주탑지점부 케이블 그룹을 GR2라 할 때 GR1과 GR2의 조합비율이 보강거더, 받침, 주탑 그리고 수직앵커케이블에 미치는 영향을 분석하였다. 연구대상 교량에 적용된 장력비율을 1.0GR1+1.0GR2라 하였을 때, 1.2GR1+0.8GR2의 조합에서 주탑지점부 보강거더의 좌측과 우측 상현재 응력이 최소가 되었고, 좌우 부재의 편차도 최소가 되었다. 또한, 받침의 수평력, 주탑의 횡방향 변위와 모멘트, 수직백스테이케이블의 장력도 감소하였다. 본 연구는 유사한 기하구조를 가진 사장교의 장력 결정시 기초 자료로 활용될 것으로 기대된다.

Abstract Recently, CSB(Cable-Stayed Bridge) have been attempted to be atypical forms for landscape elements in Korea. CSB with new geometry need to analyze their characteristics clearly to ensure structural safety. This study's bridge is the S-shaped curved pedestrian CSB that has a girder with S-shape plane curve and reverse triangular truss cross section, inclined independent pylon, modified Fan type main cable and vertical backstay cable. Curved CSB can have excessive lateral displacement and moment when the tension is adjusted, focusing only on longitudinal behavior, such as a straight CSB. In order to analyze the effect of the cable on the lateral behavior of bridges, the cable is divided into two groups according to the lateral displacement direction of the pylon due to tension. The influence of the combination ratio of GR1 and GR2 on the girder, bearing, pylon, and vertical anchor cable was analyzed. When the tension applied to the bridge is 1.0GR1 plus 1.0GR2, In the combination of 1.2GR1 plus 0.8GR2, the stress on the left and right upper member of the truss girder and the deviation of the both were minimized. In addition, the horizontal force of the bearing, the lateral displacement and moment of the pylon, and the tension of the vertical backstay cable also decreased. This study is expected to be used as basic data for determination of tension of CSB with similar geometry.

Keywords : S-shaped Curved Pedestrian CSB, Reverse Triangular Truss Cross Section, Inclined Independent Pylon, Modified Fan Type Cable, Vertical Backstay Cable

*Corresponding Author : Sung-Soon Yhim(University of Seoul)

Tel: +82-2-6490-2428 email: yhimss@uos.ac.kr

Received March 12, 2019

Revised April 10, 2019

Accepted May 3, 2019

Published May 31, 2019

1. 서론

최근 미관이 우수하고 독창적이며 지역의 랜드마크가 되는 교량으로 사장교가 빈번히 적용되고 있다. 경관 및 조형미를 위해서 기존에 시도되지 않은 다양한 형상의 사장교가 시도되고 있다. 특히, 보도교는 차도교에 비해 선형적인 제약이 작고, 폭, 활하중의 규모가 작아서 좀더 과감하고 실험적인 형상이 적용되고 있다.

국내 사장교는 1984년 진도대교를 처음으로 800m 경간장의 인천대교에 이르기까지 다양한 연구와 노력에 의해 발전해 왔다. 국내 사장교의 초기 연구는 정적해석에 충실했다. 이후 2000년대에 접어들어 장경간화에 따른 동적 거동 분석[1-3], 케이블 장력의 최적화[4,5], 정밀시공방법[6] 등에 집중되었으며, 최근에는 유지관리와 재난관리를 목적으로 한 연구가 활발히 진행되고 있다 [7-9]. 기존 연구는 직선 보강 거더, 정형적인 주탑의 형상과 케이블 배치를 가진 교량을 대상으로 하였다. 최근에는 곡선 주탑과 곡선 보강거더, 미적요소를 위한 케이블 3차원 배치 등 비정형적인 교량이 다수 적용되고 있다. 곡선주탑 등 비정형 사장교에 대한 연구 몇 편이 소개되었으나[10,11], 아직까지 다양한 기하구조를 갖는 사장교에 대한 연구는 미흡한 실정이다.

사장교는 강성과 단면이 작은 보강 거더를 케이블을 이용하여 장경간이 가능하도록 한 형식이다. 케이블은 보강거더의 면내 모멘트와 처짐을 개선하는 역할을 하는 반면 보강거더와 주탑에 매우 큰 축력을 유발한다. 주요 부재에 재하되는 축력은 전단강도, 휨강도를 증가시키는 반면 좌굴, 편심에 의한 2차 모멘트 발생 등 구조안전성을 저하시키는 요인이 된다. 따라서 기존에 시도되지 않은 기하구조를 갖는 사장교는 케이블의 장력이 교량에 미치는 영향을 면밀히 분석하여 구조안전성을 확보해야 한다.

본 연구대상 교량은 S자형 평면선형을 갖는 곡선 보도사장교이다. 주탑과 케이블은 보강거더의 곡선반경 내측에 1면으로 배치되었다. 주탑 형식은 경사 독립주탑이며, 케이블은 경관과 곡선미를 위해서 3차원으로 배치되었다.

곡선사장교는 직선사장교와 같이 종방향 거동에만 초점을 두고 장력을 조정할 경우 횡방향으로 과도한 변위와 모멘트가 발생 할 수 있다. 본 연구 목적은 S자형 곡

선사장교에서 주케이블이 횡방향 거동에 미치는 영향을 분석하여 케이블 장력을 산정하는데 있다. 이에 케이블을 2개 그룹으로 나누고, 두 그룹의 조합 비율에 따른 보강 거더의 응력, 받침 수평력, 주탑의 횡방향 변위와 모멘트, 수직 백스테이케이블의 장력에 미치는 영향을 분석하기로 한다. 이는 향후 유사한 곡선교량의 케이블 장력을 산정 할 경우와 유지관리를 위해서 케이블 장력을 조정 할 경우 참고자료가 될 것이다.

케이블 그룹의 조합비율은 평면곡선반경, 경간장 및 경간구성, 보강거더 형상, 받침조건, 주탑의 경사각, 케이블 배치 방법 등 다양한 변수에 영향을 받는다. 따라서 본 연구 결과에서 제시한 조합비율은 연구대상교량의 조건으로 한정한다.

2. S자형 사장교의 특징

2.1 일반사장교의 특징

일반사장교는 곡선사장교와 비교할 때 다음과 같은 특징이 있다. 첫째, 보강거더의 평면 선형이 직선이다. 곡선 거더의 경우 사장재의 수평분력에 의해 보강거더에 횡방향 모멘트와 변위가 발생한다. 캔틸레버가설공법(FCM)을 주로 적용하는 사장교에서 가설 세그먼트마다 횡변위와 비틀림 변위가 발생하면 시공 중 형상관리가 매우 어렵다. 또한 매우 큰 축력을 받는 보강거더에 발생하는 2차모멘트와 변위는 구조안전성을 저하시킨다[12].

둘째, 주탑은 케이블 장력에 의해서 주탑에 횡방향 변위가 발생하지 않는 구조체이다. A형, H형, 역Y형, 다이아몬드형 등과 같이 주탑의 횡방향 변위를 방지하기 위해서 부정정 구조를 채택하고, I형의 독립주탑과 같이 횡방향 지지부재가 없는 캔틸레버 구조는 장력에 의해서 주탑에 횡방향 변위가 발생하지 않도록 주탑의 중립축과 케이블 배치면을 일치시킨다.

셋째, 케이블 장력에 의한 보강거더에 비틀림이 발생하지 않도록 케이블을 배치한다. 1면 케이블은 보강거더의 도심축에 정착구를 배치하며, 2면 케이블은좌우 균형을 유지하도록 정착구를 배치한다.

따라서 일반사장교는 고정하중과 케이블 장력에 의해서 교축방향인 종방향 거동만 발생한다.

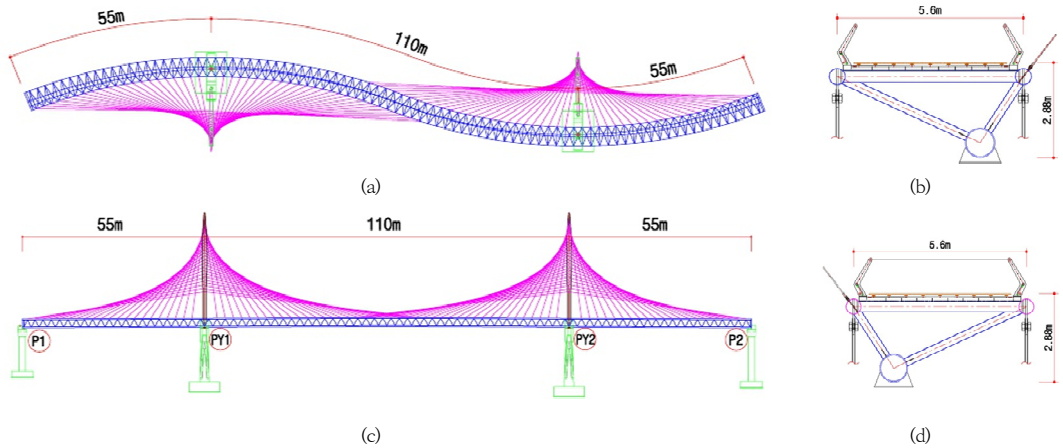


Fig. 1. Outline Of Bridge Plans

(a)Plan View (b)Cross Section of Girder on Pier1 (c)Vertical View (d)Cross Section of Girder on Pier2

2.2 S자형 사장교 개요

본 연구대상 교량은 S자형 곡선 보도사장교로 역대칭 1면 사장교이다. 폭은 4.5m, 연장은 220m이며, 측경간장은 55m, 주경간장은 110m의 2주탑 사장교이다. 평면 선형은 S자형이며, 곡선반경은 145m이다. 보강형은 역삼각형 강관트러스 구조이며, 주탑은 65°의 경사 독립강관 주탑 형식으로, 원의 중심축에 1면으로 배치하였다. 사재케이블은 구조효율보다 곡선 형상의 조형미를 위해 3차원으로 배치되었다. S자형 보강형의 편측에 배치된 주탑의 횡방향 안정성 확보를 위해서 주탑의 배면에 수직 백스테이케이블을 배치하였다. 받침은 각 지점마다 1개씩 배치되었으며, 횡방향 비틀림 변형을 억제하기 위해서 LinkShoe가 2개씩 배치되었다. 가설은 벤트를 설치하고 보강거더와 케이블을 설치 한 후 벤트를 제거하는 FSM(Full Staging Method)공법을 적용하였다.

2.3 비틀림 형상

지점과 지점사이에 있는 거더의 무게중심이 2지점을 연결하는 직선상에 위치하지 않는 경우 거더에는 비틀림이 발생한다. 곡선교가 이에 해당되며, 역삼각형 트러스 횡단면이 적용되고 하현재에 1개의 받침이 배치된 경우 비틀림 발생이 더 용이하다. 또한 편측에 1면으로 배치된 케이블 장력의 수직, 수평 분력은 보강거더와 주탑에 비틀림 변형을 유발한다.

비틀림은 케이블 설치 전 보강거더에 자중이 재하되는 경우, 케이블 설치 후 보강거더 자중이 작용되는 경우, 케

이블 설치 후 보강거더 자중과 케이블 장력이 도입되는 경우로 나누어 그 거동을 파악 할 필요가 있으며, 이를 각각 Case1, Case2, Case3라 한다.

케이블 설치 전 보강거더의 자중에 의한 경우 “Case1”의 비틀림 방향은 시점부에서 반시계방향, 주탑 1의 지점부에서 시계방향이다. 시점부는 Fig. 2와 같이 무게중심이 지점을 연결한 선의 바깥쪽에 위치하고 단면의 하현재 위치도 Fig. 1(b)와 같이 오른쪽에 위치하고 있어서 반시계방향으로 회전한다. 주탑 지점부는 중앙경간 거더의 무게중심이 주탑 지점보다 내측에 위치하고 있어 시계방향으로 회전한다.

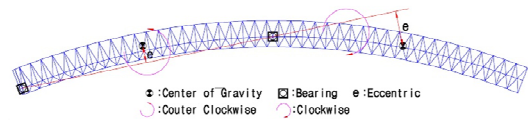


Fig. 2. Torsion Direction of Girder without Cable

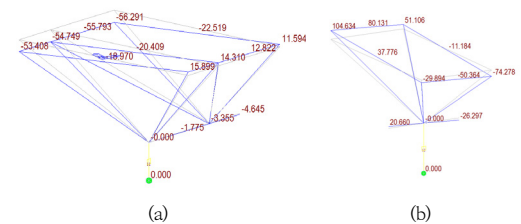


Fig. 3. Deformed Shape of Truss Girder with Case1
(a)Truss Girder on Pier1 (b)Truss Girder on Pylon1

케이블 설치 후 케이블에 장력을 도입하기 전 후인 Case2와 Case3는 시점부와 주탑1 지점에서 반시계방향으로 회전하며 이를 정리하면 Table 1과 같다. P1, PY1, PY2, P2의 지점에서 회전방향의 기준축은 P1에서 P2로 진행되는 축을 기준으로 하였다.

Table 1. Direction of Torsion Deformation

Division	P1	PY1	PY2	P2
Case1	↻	↻	↻	↻
Case2	↻	↻	↻	↻
Case3	↻	↻	↻	↻

↻: Clockwise, ↻: Counter Clockwise

2.4 케이블 배치

연구대상 교량의 사재케이블 배치는 Fig. 1(c)의 종단면도와 같이 일반적인 사장교의 케이블 배치와 반대의 구조이다. 주탑의 가장 높은 곳에 정착된 케이블이 주탑에서 가장 가까운 위치의 보강형에 정착되고, 주탑의 가장 낮은 곳에 정착된 케이블은 주탑에서 가장 멀리 이격된 보강형에 정착된다. 이러한 케이블 배치를 Modified Fan Type으로 명한다.

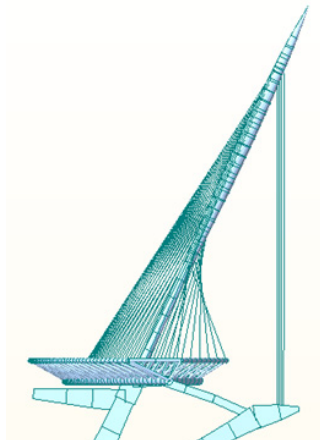


Fig. 4. Transverse Arrangement of Cable

케이블은 곡선 보강거더에 배치되어 Fig. 4와 같이 주탑의 축선과 일치하지 않고, 다양한 각도로 주탑에 정착된다. 따라서 사재케이블 장력에 의해서 주탑은 좌측 또는 우측으로 변형 될 것이며, 보강거더에 중방향 뿐만 아니라 횡방향 모멘트와 비틀림모멘트가 발생한다.

3. 해석 결과 및 분석

3.1 개요

보강형과 주탑은 3차원 보요소로 모델링하였으며, 사장 케이블과 수직 백스테이케이블은 등가탄성계수를 적용한 트러스 요소로 모델링하였다. 받침은 탄성스프링요소를 적용하였으며, 해석프로그램은 MIDAS를 적용하였다. 하중은 구조물의 자중, 목재, 난간, 조명 등의 2차고정하중과 케이블 장력을 고려하였다. 분석을 위한 하중조합은 1.0고정하중+1.0케이블 장력 으로 하였다.

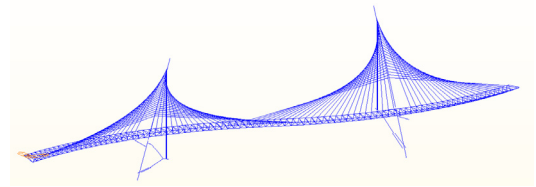


Fig. 5. Analysis Modeling

케이블은 Fig. 6와 같이 주탑의 횡방향 변위 방향에 따라 2개의 그룹으로 나눌수 있다.

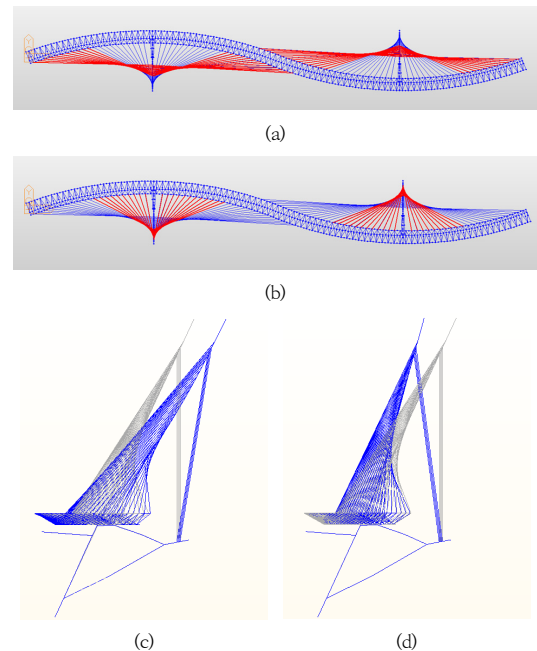


Fig. 6. Cable Group

- (a)Cable Group1 (b)Cable Group2
(c)Pylon1 deformed shape by cable group1
(d)Pylon1 deformed shape by cable group2

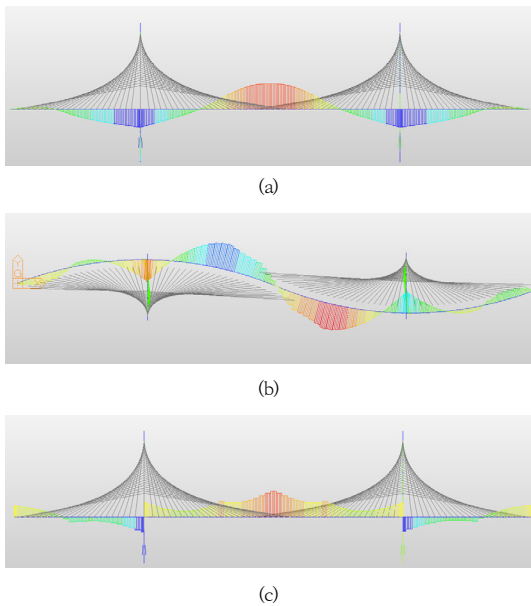


Fig. 7. Girder Moment due to Tension of Cable Group1
(a)My (b)Mz (c)Mx

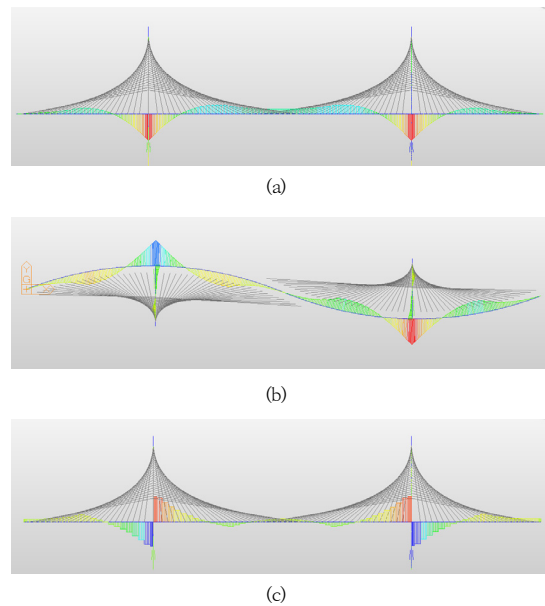


Fig. 8. Girder Moment due to Tension of Cable Group2
(a)My (b)Mz (c)Mx

Fig. 7과 Fig. 8은 트러스 보강거더를 하나의 보요소로 단순화하여 해석한 결과이다. 이는 케이블 그룹1, 그룹2의 장력과 보강거더 모멘트 형상의 상관관계 분석을 용이하게 하기 위함이며, 이후 사재케이블이 교량에 미치는 영향을 분석한 모델은 Fig. 5의 트러스 모델을 적용하였다. 종방향모멘트 “My”의 경우 주탑 지점부 모멘트는 그룹1과 그룹2 모두 정모멘트가 발생하며, 중앙경간의 경우 방향은 동일하나 형상과 최대 모멘트 발생 위치가 상이하다. 횡방향 모멘트 “Mz”의 경우 주탑 지점부와 경간 중앙부에서 GR1과 GR2의 모멘트 방향이 서로 반대이다. 따라서 주탑 지점부의 종방향모멘트와 횡방향모멘트의 조합 응력은 GR1과 GR2의 조합비에 따라 조정될 것이다.

3.2 사재케이블 장력 변동에 따른 교량의 거동 분석

케이블 그룹1(GR1)과 그룹2(GR2)의 장력 변화와 보강형 응력의 상관관계를 분석하기 위해서 Table 2과 같이 GR1과 GR2를 조합하였다. 연구대상 교량에 적용한 장력인 1.0GR1+1.0GR2를 기준으로 GR1과 GR2를 80%에서 120%까지 증감하여 조합하였다. 보강형의 응력 검토 위치는 부재력이 가장 큰 주탑1의 지점부를 선

정하였으며, 좌·우측상현재, 좌·우측사재 및 하현재를 선정하여 분석하였다. 응력의 부호 “+”는 인장응력, 부호 “-”는 압축응력을 의미한다.

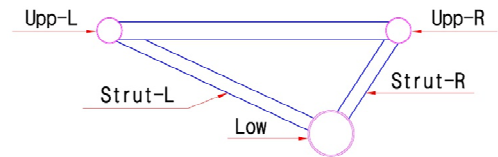


Fig. 9. Pattern Diagram

Table 2. Stress of Girder due to Combination GR1&GR2

Division	Stress of Combination GR1&GR2 [MPa]				
	1.2GR1	1.1GR1	1.0GR1	0.9GR1	0.8GR1
	0.8GR2	0.9GR2	1.0GR2	1.1GR2	1.2GR2
Upp-L	61.7	69.3	76.9	84.5	92.0
Upp-R	-70.3	-83.2	-96.1	-108	-121
Upp L-R	8.6	13.9	19.2	24.4	29.8
Strut-L	-154	-153	-152	-151	-150
Strut-R	167	178	189	200	212
Strut L-R	13.3	25.3	37.4	49.4	61.5
Low	-68.2	-75.8	-83.4	-91.0	-98.6

상현재는 1.2GR1+0.8GR2의 조합에서 최소값을 보였으며, 1.0GR1+1.0GR2 대비 최대 27%감소하였다. 또한 좌우측 부재 응력의 절대값의 차이가 8.6으로 최소편차를 보였다. 이는 종방향모멘트와 횡방향모멘트의 조합 응력의 좌우 편차가 작음을 의미한다. 사재와 하현재도 1.2GR1+0.8GR2의 조합에서 최소값을 나타내었다.

Table 3. Horizontal Force of Bearing due to Combination GR1&GR2

Division	Force of Combination GR1&GR2 [kN]				
	1.2GR1	1.1GR1	1.0GR1	0.9GR1	0.8GR1
	0.8GR2	0.9GR2	1.0GR2	1.1GR2	1.2GR2
Bearing	662.7 (58%)	906.3 (79%)	1149.9 (100%)	1393.4 (121%)	1637.0 (142%)

Table 4. Displacement of Pylon due to Combination GR1&GR2

Division	Displacement of Combination GR1&GR2 [mm]				
	1.2GR1	1.1GR1	1.0GR1	0.9GR1	0.8GR1
	0.8GR2	0.9GR2	1.0GR2	1.1GR2	1.2GR2
Pylon	187 (75%)	219 (87%)	251 (100%)	283 (113%)	314 (125%)

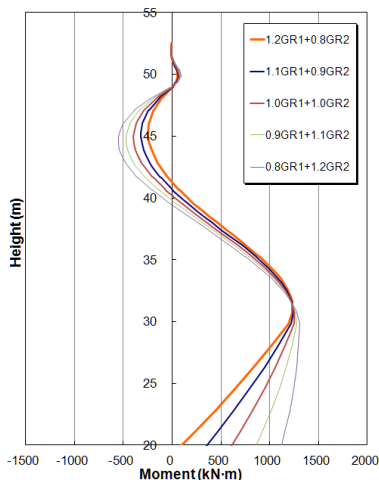


Fig. 10. Transver Moment Diagram of Pylon1

Table 3은 GR1과 GR2의 조합에 따른 받침의 횡방향 수평력을 분석한 것이고, Table 4와 Fig. 10은 주탑의 횡방향 변위와 모멘트를 분석한 것이다. 주탑모멘트도 콘크리트 교각 상단에 정착된 강재 주탑을 대상으로

하였다. 주탑모멘트의 형상은 케이블 그룹 GR1과 GR2의 장력이 주탑에 각각 반대방향으로 작용한 결과다. 받침수평력, 주탑의 횡방향 변위와 모멘트 모두 1.2GR1+0.8GR2의 조합에 최소를 보였다. 받침수평력은 42%, 주탑의 변위는 25%, 최하단의 모멘트는 98% 각각 감소하였다. 보강형의 횡방향모멘트와 같이 받침의 수평력, 주탑의 변위 및 모멘트 등 횡방향의 거동에는 GR1과 GR2의 증감에 영향을 받을 수 있다.

Table 5. Tension of vertical BackStay Cable due to Combination GR1 and GR2

Division	Tension of Combination GR1&GR2 [kN]				
	1.2GR1	1.1GR1	1.0GR1	0.9GR1	0.8GR1
	0.8GR2	0.9GR2	1.0GR2	1.1GR2	1.2GR2
BackStay Cable	152 (74%)	179 (87%)	205 (100%)	232 (113%)	258 (126%)

Table 5는 GR1과 GR2의 조합에 따른 수직 백스테이케이블의 장력을 분석한 것이다. 사재케이블의 장력변화에 의한 수직 백스테이케이블의 장력 변화를 검토하기 위해서 수직 백스테이케이블에는 외적 긴장력을 재하지 않았다. 수직앵커케이블의 장력은 주케이블 조합이 1.2GR1+0.8GR2인 경우에 152kN이며, 0.8GR1+1.2GR2인 경우는 258kN이다. 수직앵커케이블의 장력은 GR1의 장력이 커질수록 작아지며, GR2의 장력이 커질수록 커진다.

3.3 수직백스테이케이블 장력변동이 교량의 비틀림 강성에 미치는 영향 분석

수직백스테이 케이블은 주탑을 기준으로 사재케이블의 반대쪽에 배치되어 주탑 교축직각방향 변위를 제어하고 교량의 비틀림 변형을 억제한다.

Table 5와 같이 사재케이블 GR1과 GR2의 조합에 따라서 수직 백스테이케이블의 장력이 변동된다. 3.3장에서는 수직 백스테이케이블의 장력 증감이 교량의 비틀림 강성에 미치는 영향을 고유치 해석을 통하여 분석하였다. 수직백스테이케이블의 탄성계수는 Table 6과 같이 장력에 따른 등가탄성계수를 적용하였다.

Table 6. Equivalent elastic modulus

Earthquake	T(kN)	f(kN/m ²)	Eeq(MPa)
1.2GR1+0.8GR2	152	252628	131.800
1.1GR1+0.9GR2	179	297503	132.070
1.0GR1+1.0GR2	205	340716	132.214
0.9GR1+1.1GR2	232	385590	132.302
0.8GR1+1.2GR2	258	428803	132.356

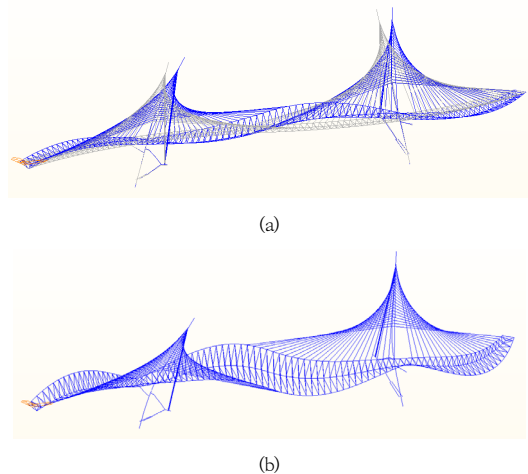
Fig. 11. Mode Shape
(a)mode2 (b)mode5

Table 7. Frequency of Eigenvalue Analysis

Division	Frequency of Combinatrion GR1&GR2 [Hz]				
	1.2GR1	1.1GR1	1.0GR1	0.9GR1	0.8GR1
	0.8GR2	0.9GR2	1.0GR2	1.1GR2	1.2GR2
mode2	0.632465	0.632466	0.632467	0.632468	0.632468
mode5	1.092245	1.092277	1.092294	1.092305	1.092311

고유치해석결과와 각 모드별 6개방향(Dx, Dy, Dz, Rx, Ry, Rz)의 질량참여율 분석을 통해 비틀림 모드를 선정하였으며, mode2와 mode5에서 비틀림 형상이 발생하였다. mode2와 mode5의 주파수는 조합1.2GR1+0.8GR2의 경우 0.632465, 1.092245이며, 조합 0.8GR1+1.2GR2의 경우 0.632468, 1.092311로 그 값은 증가하나 거의 유사하다. 따라서 앵커케이블의 장력 변동이 비틀림강성에 미치는 영향은 작은 것을 알 수 있다.

4. 결론

본 연구는 S자형 역대칭 보도사장교의 주케이블이 교량의 교축직각방향인 횡방향 거동에 미치는 영향을 분석하였다. 사장재 케이블 장력에 의한 주탑의 변위 방향을 기준으로 사장재 케이블을 2그룹으로 나누었다. 시간 중 양부에 위치한 케이블을 GR1이라하고, 주탑 지점부에 위치한 케이블을 GR2라고 하였다. 케이블 GR1과 GR2의 장력이 교량의 횡방향 거동에 서로 반대방향의 영향을 준다. GR1과 GR2의 증감에 따라 지점부 보강형, 받침, 주탑 변위와 모멘트, 수직앵커케이블의 거동을 분석하였다.

기준 장력은 연구 대상 교량에 적용된 값을 목표 장력으로 하였으며, 이를 1.0GR1+1.0GR2라 하였다. 1.2GR1+0.8GR2의 조합을 적용한 경우, 지점부 보강거더 상현재의 응력이 27%감소하였으며, 좌우측 상현재의 응력 편차도 제일 작았다. 받침의 수평력은 42%, 주탑의 변위는 25%, 주탑 모멘트는 98%로 각각 감소하였다.

사재케이블과 수직앵커케이블의 상호작용을 분석한 결과, 1.2GR1+0.8GR2의 조합 적용 시 수직앵커케이블의 장력이 26%감소하였다. 수직앵커케이블의 장력 감소가 교축직각방향의 비틀림강성에 미치는 영향을 고유치 해석으로 분석한 결과, 1.2GR1+0.8GR2 조합의 주파수는 0.632465, 1.0GR1+1.0GR2의 조합은 0.632467로 그 차이가 작았다. 따라서 사재케이블 GR1과 GR2의 조합에 따라 수직앵커케이블의 장력이 변화하지만, 앵커케이블의 장력이 교량의 비틀림강성에 미치는 영향은 작은 것을 알 수 있다.

본 연구는 일반적인 직선사장교와 달리 역대칭 2중곡선 보강거더를 가진 S자형 곡선사장교에서 경사주탑과 케이블이 곡선중심방향에 편측 1면으로 배치된 경우, 주탑 지점부 사재케이블과 시간중양부 사재케이블의 장력 조합은 지점부 보강거더의 응력, 받침 수평력, 주탑 변위와 모멘트, 수직앵커케이블 장력 등 교량의 교축직각방향의 거동에 영향을 미치는 것을 확인하였다. 따라서 케이블 장력은 교량의 종방향과 횡방향의 거동을 동시에 고려하여 조정할 경우 최적의 장력값을 산정할 수 있다.

본 연구에서 제시한 1.2GR1+0.8GR2 조합 비율은 대상교량에 적용된 장력을 기준으로 한 상대적인 수치이며, 연구 대상교량의 조건으로 한정된다. 사재케이블 장력의 조합비율은 보강 거더의 기하구조와 단면형상, 케이블배치, 주탑 형상, 지점조건 등 다양한 조건 변경에 따라 다른 조합 비율에서 최적값을 보일 것이다.

References

- [1] J. S. Kim, *Wind Stability of Cable-Stayed Bridge Considering the Construction Sequences*, Doctor's thesis, University of Seoul, Seoul, Korea, pp.80-157, 2005.
- [2] S. H. Kim, *Wind Analysis of Cable-Stayed Bridge Considering Aerodynamic Admittance Function*, Doctor's thesis, University of Seoul, Seoul, Korea, pp.111-209, 2011.
- [3] B. C. Kim, *Buffeting Response of Cable-stayed Bridge using 3-Dimensional Computational Fluid Dynamics*, Doctor's thesis, University of Seoul, Seoul, Korea, pp.104-155, 2013.
- [4] J. H. Jung, *Analysis of symmetric or non-symmetric cable-stayed bridges*, Doctor's thesis, University of Seoul, Seoul, Korea, pp.60-104, 2003.
- [5] S. S. Yhim, "Determination of Initial Tension and Reference Length of Cables of Cable-Stayed Bridges", *Journal of The Korea Institute for Structural Maintenance and Inspection*, Vol.9, No.2, pp. 137-146, Apr. 2005
- [6] Y. J. Lee, B. C. Lho, C. K. Kim, S. W. Bae, "A Study on Controlling the Negative Reaction of Cable Stayed Bridge Considering Constructability and Economy : Vam Cong Cable Stayed Bridge in Vietnam", *Journal of the Korea Institute for Structural Maintenance and Inspection*, Vol.18, No.5, pp. 87-95, Sept. 2014
DOI: <http://dx.doi.org/10.11112/jksmi.2014.18.5.087>
- [7] G. Y. Kim, D. W. Seo, "Structural Safety Evaluation of Cable Stayed Bridge based on Cable Damage Scenarios", *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, Vol.19, No.7, pp. 105-111, Jul. 2018
DOI: <http://doi.org/10.5762/KAIS.2018.19.7.105>
- [8] E. R. Kim, "Seismic Damage Index Proposal and Damage Assessment for Cable-Stayed Bridge", *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, Vol.19, No.1, pp. 127-135, Jan. 2018
DOI: <http://doi.org/10.5762/KAIS.2018.19.1.127>
- [9] H. J. Lee, "Study on the Efficient Application of Vision-Based Displacement Measurements for the Cable Tension Estimation of Cable-Stayed Bridges", *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, Vol.17, No.9, pp. 709-717, Sept. 2016
DOI: <http://doi.org/10.5762/KAIS.2016.17.9.709>
- [10] S. G. Ji, *Lateral Behaviors of U-type Concrete Pylon in Cable Stayed Bridge*, Master's thesis, University of Seoul, Seoul, Korea, pp.16-33, 2016
- [11] Y. S. Na, *Structural Stability of S-type Pedestrian-CSB due to Tension Change of Backstay Cables*, Master's thesis, University of Seoul, Seoul, Korea, pp.40-69, 2018.
- [12] Niels J. Gimsing, *Cable Supported Bridges*. p.353-411, A John Wiley & Sons Publication, 2012.

지 선 근(Seon-Geun Ji)

[정회원]



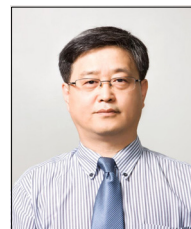
- 2010년 8월 ~ 현재 : (주)삼보기술 단 이사
- 2016년 8월 : 서울시립대학교 토목공학과 (공학석사)
- 2017년 2월 ~ 현재 : 서울시립대학교 토목공학과 (박사과정)

〈관심분야〉

토목구조, 구조진동

임 성 순(Sung-Soon Yhim)

[정회원]



- 1987년 8월 : 서울대학교 대학원 토목공학과 (공학박사)
- 1993년 1월 ~ 1999년 3월 : 서울시립대학교 토목공학과 조교
- 1999년 4월 ~ 2004년 8월 : 서울시립대학교 토목공학과 부교수
- 2004년 9월 ~ 현재 : 서울시립대학교 토목공학과 교수

〈관심분야〉

토목구조, 구조진동