

경전철용 아치형 사장교의 보강형 정착구에 대한 수치해석 연구

Study on numerical analysis for cable anchorage device of arch type cable stayed bridge for light railroad

공병승* • 정지찬**

Kong, Byung-Sueng • Jeong, Ji Chan

요약

케이블 정착구 검토를 위해서 사장교 전 체계를 모델링하는 것은 전체모델링 해석시 많은 노력과 시간이 요구되고 해석결과의 분석 또한 어려움이 많다. 따라서 문제가 예상되는 부분만을 국부 상세해석하여 구조적 거동을 정확히 파악하는 것이 필요하다. 케이블 정착부에는 여러 보강재들로 구성되어 있어 국부해석에 어려움이 있다. 따라서 실제와 가능한 한 근접하도록 모델링을 하고 전체 구조물의 거동을 국부 상세모델에 적절히 반영할 수 있도록 경계조건을 설정하는 것이다. 본 논문에서는 부산 지하철 4호선의 아치형 사장교를 국내 범용 구조해석 프로그램인 MIDAS/CIVIL을 이용하여 아치리브와 거더정착구 모델링을 실시하였다. 해석 후 해석의 타당성을 검토하고 정착부의 안전성을 확보할 수 있는지 검토 분석 하고자 한다.

keywords : 아치형 사장교, 케이블 정착구, 아치리브, 거더정착구

1. 서론

근래에 들어 국내에서 미관이 수려한 아치형 사장교의 건설이 증가되고 있는 추세이다. 그중 부산 지하철 4호선에서는 국내 최초로 경전철용 아치형 사장교가 건설되었다. 22m 높이의 강상자형 아치구조물과 주형을 PWS 케이블로 연결한 독특한 형식의 이 사장교는 총 24개의 케이블로 지지하고 있다. 이중 케이블 정착부는 아치리브와 케이블. 케이블과 주형의 구조적 접점에 위치하여 주형의 자중, 활하중, 2차하중의 케이블에 전달하는 국부적인 응력집중 현상이 발생되며, 또한 응력교란이 심한 부분이므로, 상세 구조해석에 의한 정밀 검토가 필요하며, 좁은 범위에 집중적으로 용접구조물이 시공되므로, 용접 시공성의 안정성 확인도 필요하다.

본 논문에서는 케이블 정착구에 대한 국부 상세해석으로 응력집중 현상파악과 부재의 최적 기하학적 배치에 대한 안정성을 검토하여 합리적인 설계와 시공이 이루어질 수 있도록 하였다.

* 정회원 • 동서대학교 토목공학과 부교수 • 공학박사 • E-mail : kongbs@dongseo.co.kr - 발표자

** 비회원 • 동서대학교 토목공학과 대학원 석사과정 • E-mail : powerup777@naver.com

2. 케이블 정착부의 FEM 해석

2.1 아치리브 정착부

케이블 정착부(아치리브측)는 상판 주하중과 부하중이 아치리브로 전달될 수 있도록 매개체 역할을 하는 부재이다. 정착부는 정착리그, 지압판, 핀, 정착부 보강재 등으로 구성되어 있고, 이러한 구조부재들은 매우 복잡하며, 특히 포크 소켓으로부터 전달되는 하중이 정착리그에 집중되어 전달되고 있으므로 이에 대한 응력집중 및 응력흐름이 수식을 통하여 정확하게 계산하기는 매우 어렵다. 따라서 본 케이블 정착부(아치리브)에 전체적인 응력흐름 및 정착리그의 응력집중 파악과 부재의 적절한 배치를 위해서 MIDAS/CIVIL의 PLATE요소를 이용한 FEM 해석을 수행하였다.

2.1.1 검토 방법

국부적인 강재의 응력집중 및 변형을 조사하기 위해 3차원 FEM 해석을 사용하였으며, 대상구조가 강재로서 강재를 판형부재로 사용하고 있어 PLATE요소를 사용하였고, 케이블 인장력은 수평성분과 수직성분으로 적용하였다. 본 아치리브의 정착부 부근의 응력변동 경향을 파악하기 위해서 국부적인 응력전달에 영향이 없도록 경계조건을 도입하였다.

2.1.2 강재의 재원 및 허용응력

표2. 사용강재 및 강재의 두께

(단위 : mm)

부재	아치리브 (PLATE)							
	상면 플랜지	하면 플랜지	복부판	다이아 프램	정착부 종리브	정착부 보강재	지압판	정착 리그
두께	26	26	20	20	20	20	186	34
사용강종	SM490	SM490	SM490	SM400	SM490	SM490	SM490	SM490

2.1.3 작용하중

교량상부의 주하중과 부하중은 케이블과 연결부를 통하여 케이블 정착부 및 아치리브에 전달된다. 따라서, 행어 연결부에 대해 수직성분과 수평성분의 분력으로 환산한 선분포하중(Line Distributed Load)을 구조물에 재하하였다.

표3. 아치리브 정착부의 작용하중

(KN/m)

케이블 허용 최대 인장력(kN)		재하분포길이(m)	선분포하중(kN/m)
좌	수직력 : $2200 \times \sin(57.49) = 1855.3$		$\pi \times 0.178 / 2 = 0.279$
	수평력 : $2200 \times \cos(57.49) = 1182.3$	4237.6	
우	수직력 : $2200 \times \sin(56.79) = 1840.8$	6956.3	
	수평력 : $2200 \times \cos(56.79) = 1204.8$	4318.3	

2.1.4 해석결과

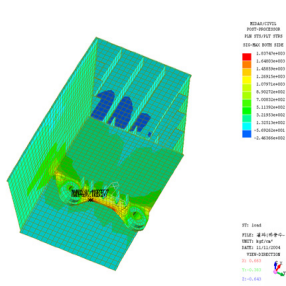


그림1. 최대 인장응력

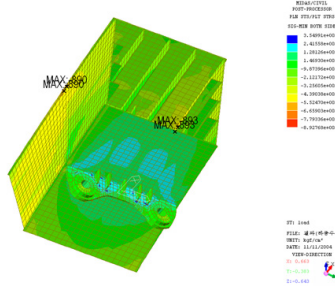


그림2. 최대 압축응력

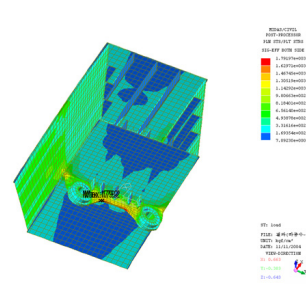


그림3. von Mises 응력

표4. 응력검토

(단위 : MPa)

부재	최대인장	최대압축	von Mises	허용응력		판정
				주응력	von Mises	
정착부 플랜지	151	40	148.3	190	209	O.K
정착부 복부판	151	89.3	148.3	190	209	O.K
다이아프램	151	71.6	148.3	190	209	O.K
정착부 종리브	98.4	35.5	86.5	190	209	O.K
정착부 보강재	123.5	30.3	112.3	190	209	O.K
지압판	98.5	27.1	91.3	190	209	O.K
정착러그	183.7	37.4	179.2	190	209	O.K

2.2 거더 정착구

2.2.1 작용하중

교량상부의 주하중과 부하중은 케이블과 연결부를 통하여 케이블 정착부 및 아치리브에 전달된다. 따라서 케이블의 허용 최대 인장력을 케이블과 평행하게 정착러그의 둘레에 따라 선분포하중으로 구조물에 재하하였다.

표5. 거더 정착부의 작용하중

(kN/m)

케이블 허용 최대 인장력(kN)	정착러그직경(m)	재하분포길이(m)	선분포하중(kN/m)
2200	0.178	$\pi \times 0.178 / 2 = 0.280$	7868

2.2.2 해석결과

표6. 거더정착구 해석결과

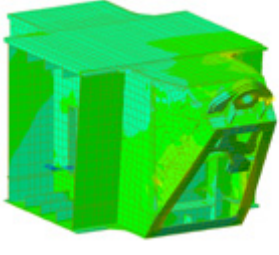
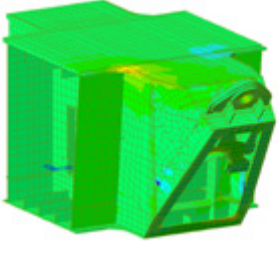
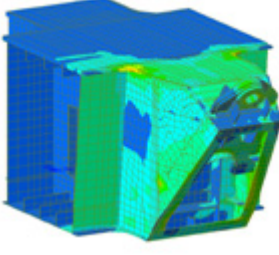
최대인장응력	최대압축응력	von Mises
		
252.8 < 256 MPa	220.3 < 256 MPa	207.8 < 209 MPa

표7. 응력검토

(단위 : MPa)

부재	발생응력			허용응력		판정
	최대인장	최대압축	von Mises	주응력	von Mises	
정착부 플랜지	182.1	220.3	207.8	256	209	O.K
정착부 복부판	183.0	104.8	174	190	209	O.K
다이아프램	79.4	54.7	84.5	190	209	O.K
정착부 종리브	43.1	35.8	47.5	190	209	O.K
정착부 보강재	183	129.8	174	190	209	O.K
지압판	183.1	82.4	174	190	209	O.K
정착러그	252.8	66.7	182.3	256	209	O.K

3. 결론

구조해석을 실시하여 확인한 결과, 각 부분마다의 응력의 위치는 변하였지만 대부분 비슷한 부분에서 응력 집중현상을 보였고, 정착구의 유효응력은 전부 허용응력을 만족하였다. MIDAS/CIVIL 프로그램에서 모델의 최대 응력과 위치는 조금씩 차이는 있지만 허용응력 범위안에 들었고, 케이블 하중에 의해 변형이 많이 일어나는 것으로 나타났다. 거더정착부의 정착러그에서 최대인장응력이 허용응력 대비 98.75%로 작용하여 허용응력의 여유범위가 적지만 허용응력보다 적어 안전한 것으로 나타났다.

참고문헌

1. 롯데건설, 남광토건 “부산지하철 326공구 설계검토보고서”
2. (주)유신코퍼레이션 “사장케이블 정착구의 피로안정 확보를 위한 신기술개발 연구보고서” 2006
3. 현대건설기술연구소 “제2진도대교 가설공사 주탑 케이블 정착부 설계검토” 2004