

斜吊りアーチ橋の構造特性

東海大学大学院 学生会員 栗原 巧, フェロー会員 中村 俊一
東海大学 加藤 一寿, 高梨 直人

1. はじめに

鋼橋の低コスト化および合理的な構造を目的として、吊橋とアーチ橋を組み合わせた吊りアーチ橋が提案されており、その静的な構造特性に関して研究がなされている¹⁾。本論文では、鋼床版箱桁を用いた1面吊り形式の斜張橋と、アーチリブにコンクリート充填鋼管を用いたアーチ橋を組み合わせた新形式の斜吊りアーチ橋を提案した。提案する斜吊りアーチ橋を図-1に示す。本橋は斬新な形式であり、景観的にも優れると考えられる。本構造のスパンは100m+300m+100m(図-1)を想定した。本論文では提案形式の妥当性を検討するため、変形後の力のつり合いを考慮した線形化有限変位解析により、静的基本構造特性を把握する。さらに、本橋の経済性を把握するため同規模の斜張橋と斜吊りアーチ橋との鋼重量を比較する。

2. 斜吊りアーチ橋の構造概要

主桁断面およびアーチリブ断面を図-2に示す。幅員は片側3車線ずつ、合計6車線を想定し、全幅員は32mとした。斜ケーブル間距離は主径間では7.5m、側径間では10mとした。アーチリブからの鉛直ハンガーは10m間隔で主桁に定着する。横桁は腹板高2,000mmの鋼桁とし5m間隔で配置する。さらに、Uリブ、デッキプレート(12mm厚)、腹板、下フランジを配置し主桁断面を構成している。アーチリブには鋼板の局部座屈の抑制と曲げおよび軸圧縮耐力を向上させるため、直径1,700mm、板厚20mm、材質SM490Yの鋼管に単位体積重量15kN/m³の軽量骨材コンクリートを充填した。主塔は、逆Y型式(図-1)とした。

3. 静的構造解析

本形式の基本構造特性を把握するため、立体骨組解析による静的構造解析を行った。本構造は300mの長支間斜吊りアーチ橋であるため、線形化有限変位解析により断面力を算出した。解析では死荷重載荷状態で桁の曲げモーメント分布を平滑化させ、かつ主塔に過大な曲げモーメントを発生させないように本橋および比較用の斜張橋ともに、最適なケーブル・プレストレス力を導入した。活荷重強度および衝撃係数は、道路橋示方書の2.2.2および2.2.3に従い算出し5パターンの活荷重タイプを想定し、固定載荷させ解析を実施した。本論文では、文献2)に従い材料係数 γ_m (鋼材1.05、コンクリート1.3)、荷重係数 γ_f (死荷重1.1、活荷重1.2)、構造解析係数 γ_a (1.0)、部材係数 γ_b (鋼材1.1、複合部材1.15)、構造物係数 γ_i (1.1)の部分安全係数および荷重修正係数(1.65)を用いて終局限界状態を照査した。本橋の設計断面力を図-3,4に示す。本図においてMAXおよびMINは活荷重載荷時の最大および最小断面力を示す。主桁の圧縮軸力は主塔部で最大であり、曲げモーメントは側径間中央部で最大である。主桁の主要な3力所(図-3のA, B, C点)での照査結果を表-1に示す。本構造は1面吊り形式を採用したため、2軸曲げを考慮し照査を実施した。アーチリブの主要な2力所(図-4のA, B点)での照査結果を表-2に示す。アーチリブ断面照査には鋼管内充填コンクリートを考慮しており、圧縮領域におけるコンクリートを断面計算に入れている。なお、主桁およびアーチリブの断面照査には、線形座屈解析により有効座屈長を算出し、これを用いて文献2)および文献4)に従い設計軸圧縮耐力を算出した。以上の静的構造検討を実施した結果、本形式が構造的および耐力的に実現可能であることを確認した。

4. 経済性の検討

本形式の経済性を把握するため同規模の斜張橋との鋼重量を比較した(表-3)。これによれば、本形式は21%程度の総鋼重量の低下が期待される。なお、施工性および耐震性については今後の課題とした。

キーワード：吊りアーチ橋、斜張橋、アーチ橋、鋼管

連絡先：〒259-1292 平塚市北金目 1117 東海大学 TEL 0463-58-1211 E-mail snakamu@keyaki.cc.u-tokai.ac.jp

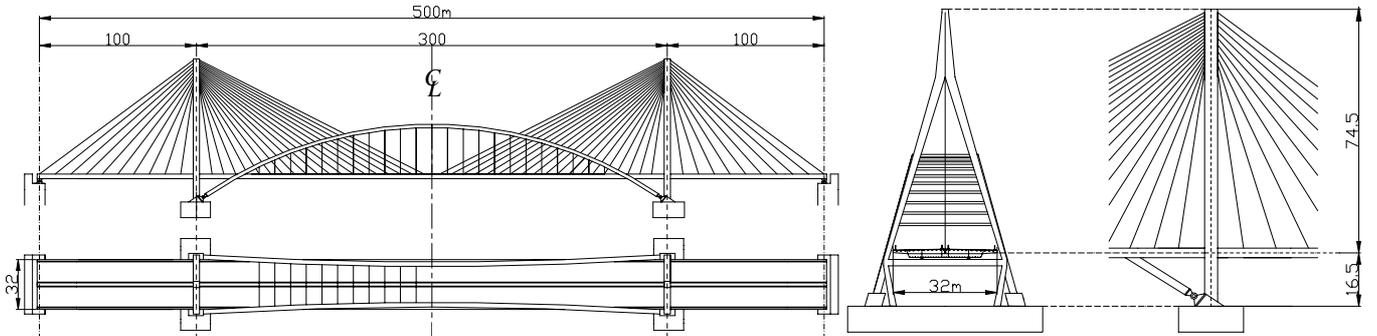


図 - 1 斜吊りアーチ橋一般図および主塔図

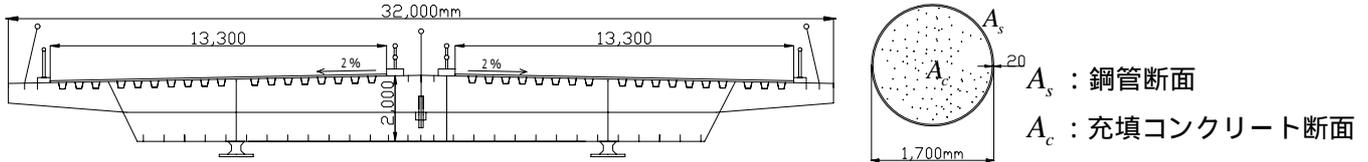


図 - 2 主桁断面図およびアーチリブ断面図

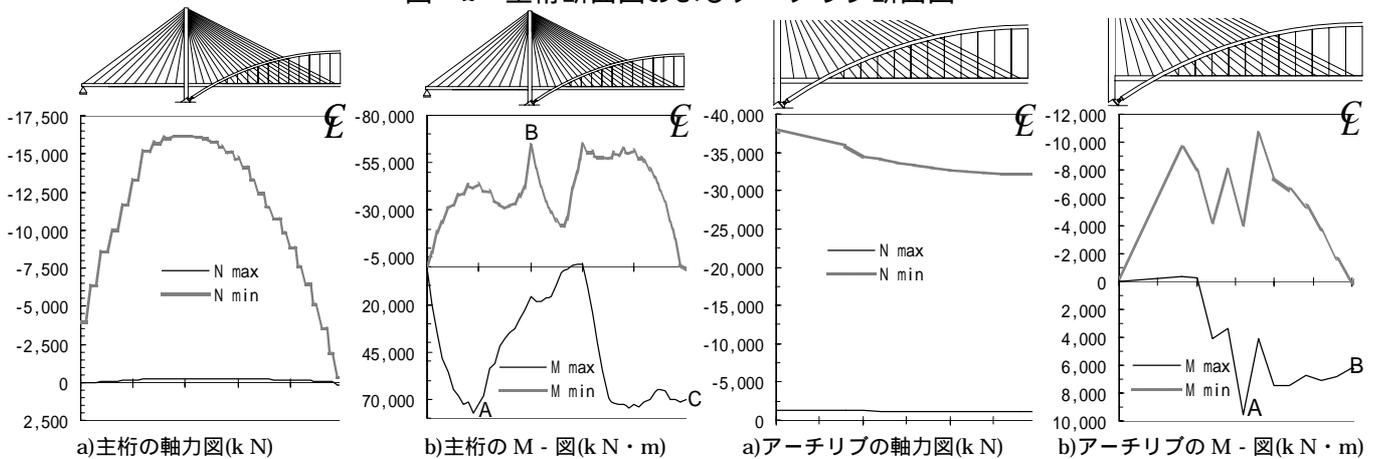


図 - 3 主桁の設計断面力図

図 - 4 アーチリブの設計断面力図

表 - 1 主桁の照査結果

着目断面	P_d	M_{dz}	M_{dx}	P_{ud}	M_{udz}	M_{udx}	$\gamma_i \times (P_d/P_{ud} + M_{dz}/M_{udz} + M_{dx}/M_{udx})$
	(kN)	(kN・m)	(kN・m)	(kN)	(kN・m)	(kN・m)	
側径間A点	-13,324	72,699	-32,674	227,594	287,506	61,562	0.92
主塔付近B点	-16,206	-64,328	-32,579	246,549	304,567	64,646	0.86
中央径間C点	-345	69,988	-11,799	128,958	158,760	33,459	0.87

P_d : 設計軸力, P_{ud} : 設計軸圧縮耐力, $M_{dz} \cdot M_{dx}$: z 軸および x 軸の設計曲げモーメント

$M_{udz} \cdot M_{udx}$: z 軸および x 軸の設計曲げ耐力, γ_i : 構造物係数(1.1)

表 - 2 アーチリブの照査結果

着目断面	M_d	M_{ud}	$\gamma_i \times (M_d/M_{ud})$	N'_d	N'_{oud}	$\gamma_i \times (N'_d/N'_{oud})$
	(kN・m)	(kN・m)		(kN)	(kN)	
L/2 A点	6,325	21,280	0.33	-32,092	46,258	0.76
L/4 B点	9,583	21,062	0.50	-33,625	42,831	0.86

M_d : 設計曲げモーメント, M_{ud} : 設計曲げ耐力, N'_d : 設計軸力, N'_{oud} : 設計軸圧縮耐力, γ_i : 構造物係数(1.1)

表 - 3 鋼重量比較結果

部材	斜張橋	斜吊りアーチ橋	斜張橋 - 斜吊りアーチ橋	斜吊りアーチ橋/斜張橋
主桁	53,477	39,239	14,238	
主塔	10,834	6,342	9,670	
ケーブル	2,469	1,164	1,305	
アーチリブ		5,199	-5,199	
アーチハンガー		71	-71	
アーチ鋼材		490	-490	
鋼重量合計(kN)	66,780	52,505	14,275	-21%

参考文献)1)中村俊一, 島田佳久: コンクリート充填鋼管を用いた吊りアーチ橋の構造特性, 構造工学論文集 Vol.49A, 2003. 2)(社)土木学会: 複合構造物の性能照査指針(案), 2002. 3)(社)土木学会: 複合構造物の性能照査例 - 複合構造物の性能照査指針(案)に基づく -, 2006. 4)(社)土木学会: 鋼構造物設計指針, PART A 一般構造物, 1997.