

I - A23

2主桁曲線橋の力学的特性に関する検討

北海道大学大学院工学研究科 正 員 平沢 秀之
 北海道大学大学院工学研究科 学 生 員 小山 明久
 北海道大学大学院工学研究科 フェロー 林川 俊郎
 北海道大学大学院工学研究科 フェロー 佐藤 浩一

1. はじめに

最近、我が国では鋼橋の設計、製作、架設に関する合理化、省力化を達成できる橋梁形式の一つとして、少数主桁橋が注目されてきており、その力学的特性に関する研究が活発化している。しかしながら、これらの研究は主として直線橋を対象としたものが多く¹⁾、曲線橋に関してはまだ十分とは言えないのが現状である。そこで本研究では、主桁と横桁のみで構成される2主桁曲線橋を対象とし、横桁の配置個所や配置する間隔、曲線橋の中心角に着目してそれぞれ有限要素解析を行い、それらが構造全体の挙動にどのような影響を及ぼすか、そして発生する応力にどのような変化が見られるかについて検討を行った。また架設時構造系における全体横倒れ座屈に関しても検討を行っている。なお数値解析には有限要素法汎用構造解析プログラム NASTRAN を使用した。

2. 構造モデル

本研究では、中規模程度の1径間曲線橋の約1/10の寸法をもつ図-1のような支間長 $L = 4.5[\text{m}]$ の2主桁曲線橋を構造モデルとし、横桁の配置間隔を $L/10$ (横桁9本)、 $L/8$ (横桁7本)、 $L/6$ (横桁5本)、 $L/4$ (横桁3本) の4通りとした。また一般に、並列I桁曲線橋は中心角が比較的小さい範囲での使用が可能であり、小松ら²⁾の研究ではその範囲は $5^\circ \leq \phi < 14^\circ$ 程度であるとしている。そこで本解析では対象とする構造モデルの中心角を $\phi = 5.5^\circ$ 、 8.5° 、 11.5° の3通りとした。横桁取付位置は、図-2に示す通り上段、中段、下段の3通りとした。主桁は橋軸方向に一定断面とし、横桁も全て同一の断面のものをを用いている。主桁、横桁の断面寸法は表-1の通りである。また対傾構や横構は全て省略した。有限要素解析モデルは図-3に示すように床版はソリッド要素、主桁と横桁はシェル要素を使用した。荷重は内桁及び外桁ウェブ上に鉛直方向の分布荷重を載荷した。支点における境界条件は曲げ変形に対しては単純支持、ねじり変形に対しては固定とし、そり変形に対しては自由とした。

3. 計算結果と考察

3.1 曲線橋の立体挙動

曲線橋は鉛直方向にたわむと同時に、橋軸直角方向にもねじりを伴いながら変位が生じる。表-2は支間中央の断面における両主桁ウェブの下端の鉛直および水平変位をまとめたものである。横桁の配置個所の影響に注目すると、内桁と外桁の水平変位の差が上段配置では大きく、下段配置では小さい。つまり上段配置では外桁の方が大きくねじり変形を起こしており、下段配置では曲線橋が全体として一体となった挙動を示している。横桁の配置間隔の影響についてはその間隔が広がるにつれ、また曲率の影響については曲線の中心角が大きくなるにつれ、鉛直、水平変位とも大きくなり桁全体のねじり剛性が低下していることが分かった。

表-2 支間中央断面における変位 [mm]

	中心角 8.5°						中心角 5.5°	中心角 11.5°
	$L/10$ 分割			$L/8$ 分割	$L/6$ 分割	$L/4$ 分割	$L/10$ 分割	$L/10$ 分割
	上段配置	中段配置	下段配置	中段配置	中段配置	中段配置	中段配置	中段配置
内桁下端鉛直変位	3.058	2.870	2.887	2.896	2.938	3.008	2.917	2.985
〃 水平変位	1.737	1.304	1.251	1.365	1.455	1.602	0.085	1.752
外桁下端鉛直変位	4.174	4.064	4.017	4.083	4.110	4.145	3.673	4.536
〃 水平変位	2.124	1.433	1.263	1.514	1.635	1.836	0.912	1.979

Keyword: 2主桁曲線橋、横桁、有限要素解析、横倒れ座屈

〒060 札幌市北区北13条西8丁目 TEL 011-706-6172 FAX 011-726-2296

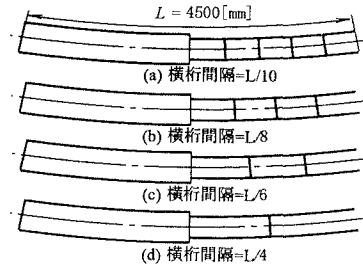


図-1 曲線橋平面図

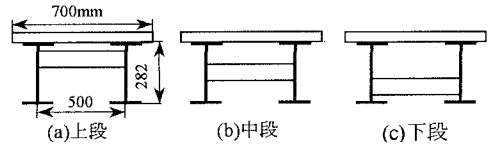


図-2 横桁取付位置断面

表-1 主桁・横桁断面寸法 [mm]

	上下フランジ幅	上下フランジ厚	ウェブ高	ウェブ厚
主桁	150	9	282	6.5
横桁	50	7	86	5

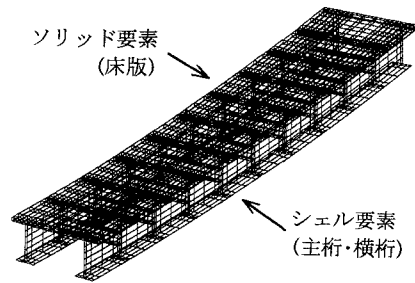


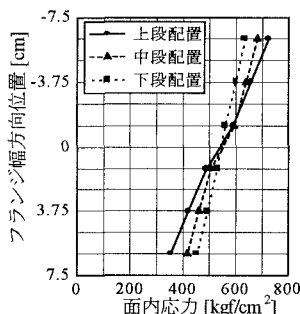
図-3 FEM モデル

3.2 主桁応力度

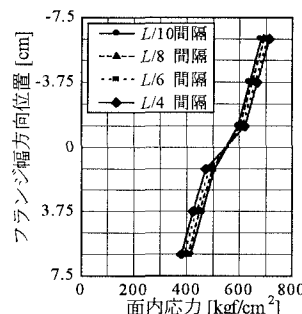
横桁の配置箇所、間隔および中心角を解析パラメータとして、主桁に発生する橋軸方向の面内応力について調べた。表-3は曲線橋全体に生じる応力のうち、最大値となるものを示したものである。横桁間隔については、横桁を密に配置すると発生する最大応力は小さくなる。また、中心角を変化させることにより発生する応力の大きさが顕著に異なり、中心角の影響は大きいと言える。配置箇所については上段と下段では大きな差が現れ、下段配置は他の配置に比べ橋軸方向の応力においては有利であることが分かった。図-4は、最大応力が発生している点での下フランジ幅方向の応力分布状態をそれぞれ示したものである。図-4(a)よりフランジ幅方向の応力分布の勾配が上、中、下段配置の順に小さくなることが分かった。これは、ねじり変形が下段配置ほど小さくなることにより、そり応力も小さくなるためであると考えられる。横桁の配置間隔による影響については、図-4(b)よりほとんど違いがみられなかった。一方、図-4(c)から曲線橋の中心角が大きくなるにつれ応力分布の勾配は大きくなっていき、またその変化の程度も大きいことから、中心角の変化がそり応力に与える影響は大きいと言える。

表-3 最大面内引張応力 $[\text{kgf}/\text{cm}^2]$

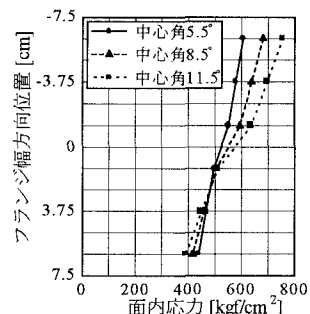
		最大面内応力	
		上段配置	下段配置
中心角 8.5°	L/10 分割	761	704
		中段配置	667
		下段配置	667
	L/8 分割	中段配置	717
中心角 5.5°	L/6 分割	中段配置	730
	L/4 分割	中段配置	738
中心角 11.5°	L/10 分割	中段配置	623
中心角 11.5°	〃		786



(a) 横桁の配置箇所による影響



(b) 横桁の配置間隔による影響



(c) 曲線橋の中心角による影響

図-4 下フランジの面内応力

3.3 曲線橋の横倒れ座屈

曲線橋の全体横倒れ座屈に関する解析モデルとして、床版コンクリートが硬化する前の、架設時構造系を想定した2主桁曲線橋を用いた。表-4にそれぞれの解析パラメータにおける横倒れ座屈荷重を示す。横桁の配置位置の変化が横倒れ座屈荷重に与える影響については、下段配置がもっとも小さく、これは架設時構造系のような開き断面の場合、構造の回転の中心がより下方に移動し不安定な構造になるためと考えられる。横桁の配置間隔についてはその間隔が広がるにつれ、また中心角についてはその値が大きくなるにつれ、横倒れ座屈荷重が小さくなり横倒れしやすくなると言える。

4. おわりに

主桁と横桁のみで構成される2主桁曲線橋について、横桁の配置箇所や配置間隔および曲線橋の中心角の変化が、構造全体の挙動や発生する応力、架設時構造系における横倒れ座屈に対して与える影響を有限要素解析を行うことにより明らかにし、そこから2主桁曲線橋の力学的特性についての検討を行った。その結果、配置箇所の影響については上、中、下段と変化するにつれねじれや応力が小さくなっていくことが分かった。これは、下段配置にする断面が、床版と併せて一種の疑似箱形断面と見なすことができ、結果として構造全体のねじり剛性が増大するためと考えられる。2主直線橋の場合は従来施工の有利性から中段配置とする例⁹⁾が多いが、本研究により曲線橋の場合は下段配置が力学的に有利であることが示された。ただし架設時構造系の場合、下段配置は他の配置に比べ不安定となり横倒れ座屈しやすいことが分かった。配置間隔の影響についてはその間隔が広がるにつれ、また中心角の影響についてはその値が大きくなるにつれ、構造全体のねじれや発生する応力が大きくなり、また横倒れ座屈もしやすくなり構造物としては不利な状態になることが分かった。本研究では実験室規模の構造モデルで検討を行ったが、今後は実橋規模の構造モデルでの詳細な検討が必要であると思われる。

<参考文献>

- 1) 高橋昭一、志村勉、橘吉宏、水野浩：PC床版2主桁橋による合理化検討、土木学会第49回年次学術講演会講演概要集1、pp.268-269、1994。
- 2) 小松定夫、中井博、田井戸米好：ねじり定数比とねじり曲げ剛性比から考察した曲線橋設計計算法への一提言、土木学会論文報告集、第224号、pp55-66、1974。
- 3) 高橋昭一、鈴木隆、志村勉、田中一夫、伊藤博章、橘吉宏：PC床版2主桁橋(ボロナイ川橋)の設計、土木学会第50回年次学術講演会、pp.614-615、1995。