

横桁を斜めに配置した曲線2主桁橋の架設時耐荷力について

Study on load carrying capacity of curved twin I-girder bridge with diagonal cross beams under construction

函館工業高等専門学校

北海道大学工学部

北海道大学大学院工学研究科

正員

平沢秀之 (Hirasawa Hideyuki)

○学生員

松本繁治 (Matsumoto Shigeharu)

フェロー

林川俊郎 (Hayashikawa Toshiro)

1. まえがき

鋼橋の合理化・省力化構造の一つである2主桁橋を曲線橋に適用させるために、著者は横桁を斜めに配置する方法を提案した¹⁾。この方法は主桁に対して通常直角に連結されている横桁を、約45°の角度で連結し、且つ主桁の下段に配置するものである。このような配置方法とすると橋梁完成時の断面は擬似箱形断面とみなすことができ、ねじりに対して効果的となることが明らかとなっている。しかし、床版に場所打ちPC床版を使用すると、架設時は開断面となるため、曲線橋としては不利な構造である。

開断面のためねじり剛性が低くなることを改善するために、床版に鋼・コンクリート合成床版を用いることとし、底鋼板の効果を検討した研究も行なっている²⁾。その結果、床版コンクリート硬化前の状態において、底鋼板と斜め配置横桁により桁のたわみとねじり角及び主桁断面に生じる応力を低減できることが判明した。

本研究は曲線2主桁橋の架設工法として送り出し工法を採用した場合、横桁を斜めに配置する効果及び底鋼板を設置する効果を検討するものである。すなわち、架設途中にあり、非常に長い張り出しを有する構造系を対象にしてFEM解析を行ない、耐荷力を求めることを目的としている。なお合成床版に関しては、現在数多くの形式が提案されている³⁾が、ここでは底鋼板が架設時において主桁に剛に結合されていることを仮定し、床版の形式は問題としていない。

2. 送り出し架設系の解析モデル

解析対象とする曲線2主桁橋は、図-1に示すように2径間連続桁を想定しており、床版施工前の鋼桁のみからなる構造とする。橋長 L を一定として中心角を $8^\circ \sim 32^\circ$ の4通りとする。橋梁全体を前方支点2箇所、後方支点2箇所の計4箇所支持している。前方支点から先端までは $7L/16 = 35$ [m]の張り出し部を有している。送り出し時は全ての支点がローラーとして機能すると考えられるが、解析では後方支点をヒンジ、前方支点をローラーとして境界条件を与えている。荷重は主桁と横桁の連結部に鉛直集中荷重を作用させ、等分布荷重に近似させた。FEM解析のためのモデル化には、全て4節点シェル要素を使用した。

また本研究では、図-1に示すように、(a)主桁に横桁を直角且つ中段に配置したモデルをModel-A、(b)横桁を斜め且つ下段に配置したモデルをModel-Bとし、更にModel-Bの主桁の上フランジ上に、横リブのある底鋼板（共に、厚さ8 [mm]、幅10.2 [m]、横リブ間隔1.25 [m]）を設けた解析モデルをModel-Cとして、比較検討を行なう。

表-1は主桁と横桁の寸法及び材料定数を表している。耐荷力解析を行なうに当たって、ここでは材料の応力ひずみ関係を、パイニア型線形硬化弾塑性体で理想化できるものと仮定し、ひずみ硬化部の硬化係数を弾性域のヤング係数の0.01倍とする。

3. 架設時の終局挙動に及ぼす横桁斜め配置の効果

3.1 終局荷重と安全率の比較

Model-A,Bを用い、終局荷重及び安全率を比較する。表-2は曲線2主桁橋（Model-A, B）の中心角毎に、解析で得ら

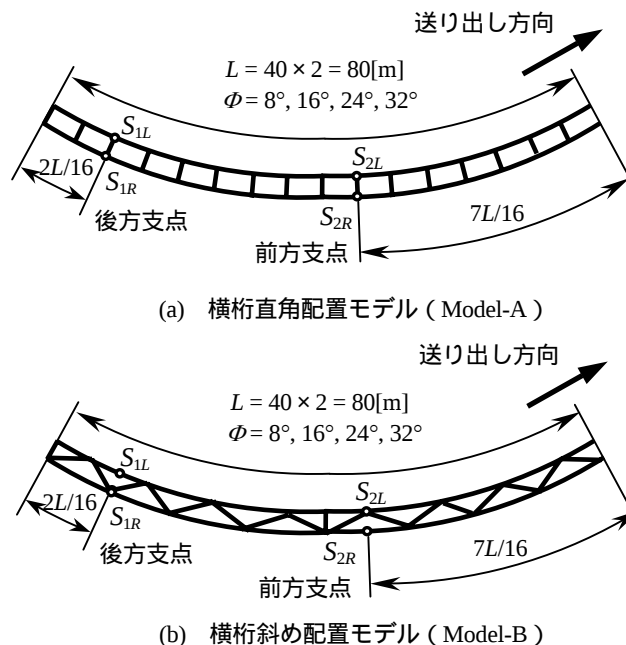


図-1 曲線2主桁橋送り出し架設系モデル（平面図）

表-1 断面寸法と材料定数

		主桁	横桁
断面寸法	上フランジ幅[mm]	500	300
	上フランジ厚[mm]	30	25
	腹板高[mm]	2960	975
	腹板厚[mm]	24	16
	下フランジ幅[mm]	800	300
	下フランジ厚[mm]	50	25
材料定数	ヤング係数[N/mm ²]	2.0×10^5	
	降伏応力[N/mm ²]	3.5×10^2	
	線形硬化係数	0.01	
	ポアソン比	0.3	

表-2 終局荷重と安全率

(a) Model-A（横桁直角配置）

中心角	終局荷重[kN/m]	死荷重[kN/m]	安全率
8°	140.78	22.05	6.38
16°	135.47	22.05	6.14
24°	130.16	22.05	5.90
32°	124.84	22.05	5.66

(b) Model-B（横桁斜め配置）

中心角	終局荷重[kN/m]	死荷重[kN/m]	安全率
8°	166.02	23.38	7.10
16°	162.03	23.38	6.93
24°	156.72	23.38	6.70
32°	152.73	23.38	6.53

れた終局荷重と、それらを死荷重で除して得た安全率を表したものである。死荷重は鋼重のみの荷重である。終局荷重及び死荷重は橋軸方向単位長さ当たりの荷重として求めている。いずれのモデルにおいても中心角の増加と共に終局荷重は低下し、安全率も減少している。Model-A,Bを比較すると、Model-Bの終局荷重は大幅に増加していると共に、安全率も増加し、横桁斜め配置が横桁直角配置に比べて有効であることが分かる。

3.2 終局時の変形

図-2はModel-Bの $\phi=32^\circ$ における終局時の変形を表している。その他の中心角のモデルにおいても同様の変形が見られる。曲線橋の張り出し部は荷重の小さい段階から内桁のたわみが大きく、同時にねじり変形も生じ、荷重の増加と共に徐々に変形が増大している。

図-3は終局時において、図-2の前方支点近傍を拡大表示させたものである。前方支点上の垂直補剛材とその前方の垂直補鋼材で囲まれた一パネルの腹板において局部座屈の発生が認められる。また同区間の下フランジにおいても局部座屈が発生している。従って張り出し部の全体的なねじり変形に前方支付近の局部座屈を伴って終局状態に至っている。

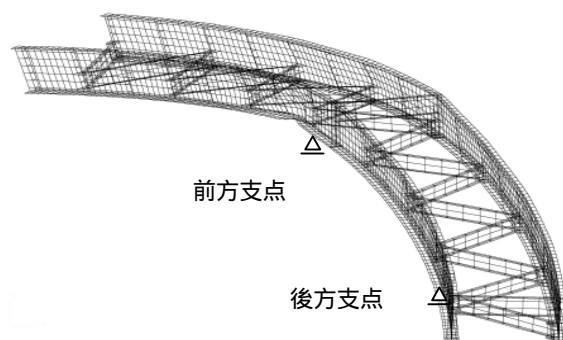


図-2 終局時の変形
(中心角 $\phi=32^\circ$, Model-B, 横桁斜め配置)

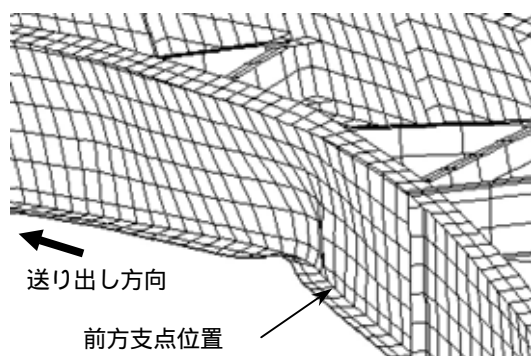


図-3 内桁の局部座屈(中心角 $\phi=32^\circ$, Model-B)

4. 底鋼板の設置による効果

表-3はModel-Cの終局荷重と死荷重及び安全率を表したものである。表-2(b)と比較することで底鋼板の有無による効果を検討することができる。底鋼板を設置すると終局荷重は大幅に増加する。しかしながら、死荷重も増大するため、安全率で評価するとやや減少する結果となった。

図-4はModel-B,Cにそれぞれ死荷重を載荷し、最もたわみが大きくなる内桁の先端部の鉛直変位をグラフで表したものである。底鋼板を設けることにより鉛直変位が減少し、中心角 32° の場合は約26%の低減効果が見られる。

表-3 終局荷重と安全率 (Model-C)

中心角	終局荷重[kN/m]	死荷重[kN/m]	安全率
8°	199.22	30.06	6.63
16°	196.56	30.06	6.54
24°	193.91	30.06	6.45
32°	192.58	30.06	6.41

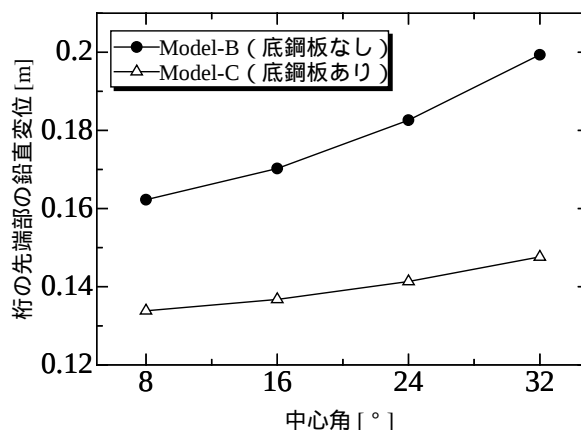


図-4 桁の先端部の鉛直変位

5. 前方支点変更時の横桁斜め配置の安全率

表-4は、Model-Bにおける送り出し架設工法の、前方支点が固定され、上部の桁だけを送り出すような縦引き出し式⁴⁾などの場合を想定して、前方支点の位置を変化させた時の安全率を比較したものである。前方支点の位置は、張り出し長(桁先端からの距離)で表すと35.00[m]、36.25[m]、37.50[m]、38.75[m]の4通りとする。張り出し長が長くなると共に安全率は低下している。

表-4 前方支点変更時の安全率 (Model-B)

		張り出し長 [m]			
		35.00	36.25	37.50	38.75
中心角 [°]	8	6.77	6.28	5.58	5.41
	16	6.60	6.12	5.36	5.14
	24	6.39	5.85	5.09	4.87
	32	6.23	5.58	4.76	4.60

6. あとがき

本研究では、曲線2主桁橋の送り出し架設時における横桁の配置方法や底鋼板の有無について、耐荷力特性の面から検討することを目的として解析を行なった。

横桁を斜め且つ下段に配置したモデルは、従来型の横桁直角配置モデルに比べ、終局荷重や安全率をより高めることが明らかになった。更に、横桁斜め配置モデルに底鋼板を併せて使用することにより、桁先端部の鉛直変位を低下させることが明らかになった。

【参考文献】

- 1) 平沢秀之、林川俊郎、佐藤浩一、田上優介：横桁を斜めに配置した曲線2主桁橋の静的挙動に関する一考察、構造工学論文集、Vol.48A, pp.1091-1098, 2002.
- 2) 平沢秀之、福島敦、林川俊郎、佐藤浩一：合成床版と斜め配置横桁を有する曲線2主桁橋の解析、土木学会北海道支部論文集、第59号、pp.90-93, 2003.
- 3) 阿部幸夫、久保圭吾、高木優任、武内隆文：各種合成床版の構造と適用例、第一回鋼橋床版シンポジウム講演論文集、pp.23-30, 1998.
- 4) 林川俊郎：橋梁工学、朝倉書店、p.40, 2000.