

大きな曲率を有する 2 主箱桁橋の横桁設置に関する検討

石川島播磨重工業株式会社 正会員 井上 学 日本道路公団静岡建設局 正会員 青木 圭一

石川島播磨重工業株式会社 正会員 笠坊 英彰 片山ストラテック株式会社 正会員 山本 正寿

片山ストラテック株式会社 正会員 宮下 英明

1. はじめに

伊佐布インターチェンジ橋・A ランプ第 1 橋は、 $R=80\text{m}$ の大きな曲率を有する 3 径間連続 2 主箱桁橋である。第 2 東名高速道路では、PC 床版を採用することで少数主桁構造を多く用いており、横構の省略等で製作コストの削減や施工性・景観性を向上させている。少数主桁鉸桁を採用する場合、横桁は高さ 700mm 程度の H 鋼を 10m 程度の間隔で配置しているが、本橋梁のように大きな曲率を有する 2 主箱桁にこのような考えを適用できるのかは明らかではない。曲率を有する横桁の最適断面・間隔についての検討も少なく、これまで事例等を参考に横桁断面・間隔を決定しているのが現状である。本橋では、分配効果および床版付加応力について、横桁剛度・間隔に関する定量的評価を行なった。

2. 横桁剛度・間隔の検討

(1)分配効果

曲線桁では、曲率の影響により外桁に断面力が集まりやすく、外桁と内桁の剛度差が大きくなる傾向がある。2 主箱桁を有効に働かせるためには、横桁分配の効果を上げることが有効であると考えられるが、平均横桁剛性¹⁾で評価した場合、横桁間隔を広くして横桁剛性を上げることと、横桁間隔を狭くして横桁剛性を下げるとは等価である。そこで、単純桁による理論解と本橋の解析解を用いて、横桁剛度・間隔が分配効果に与える影響を評価した。

表 1：分配効果(単純桁・横桁間隔 5m 一定)

		横桁剛性 D_{fi}	8988	12936	23646	51954
		横桁剛度比	1.00	1.44	2.63	5.79
α	分布荷重	0.674	0.671	0.667	0.664	0.664
	集中荷重	0.796	0.794	0.792	0.791	0.790

表 2：分配効果(単純桁・横桁剛度一定)

		横桁剛性 D_{fi}	8988	4494	2996	2247
		横桁間隔比	1.00	2.00	3.00	4.00
α	分布荷重	0.674	0.686	0.696	0.705	0.714
	集中荷重	0.796	0.802	0.808	0.813	0.819

単純桁による検討

2 主箱桁曲線橋の分配効果を調べる前に、単純支持状態の 2 箱桁直線橋の分配効果を調べ、傾向を把握する。2 主箱桁橋の片側 G1 桁に荷重を載荷した場合の支間中央での曲げモーメントを M 、横桁が全くない場合(G1 単独橋)に同様の荷重を載荷した場合の支間中央の曲げモーメントを M_s とし、荷重分担率を $\alpha=M_s/M$ と定義する。(α は 0.5~1 の範囲をとり、 $\alpha=0.5$ は G1・G2 桁に均等に荷重が分配される理想状態を表す。)横桁間隔を 5m

表 3：分配率の変化(単純桁・横桁間隔 5m 一定)

		横桁剛性比	1.00	1.44	2.63	5.79
分配率の変化 $\Delta \alpha$	分布荷重	-	0.003	0.007	0.010	0.010
	集中荷重	-	0.002	0.004	0.005	0.006

横桁剛性 小 大

表 4：分配率の変化(単純桁・横桁剛度一定)

		横桁間隔比	1.00	2.00	3.00	4.00
分配率の変化 $\Delta \alpha$	分布荷重	-	0.012	0.022	0.031	0.040
	集中荷重	-	0.006	0.012	0.017	0.023

横桁配置 密 粗

一定として横桁剛度を変化させた場合の分配効果を表 1 に、横桁剛度を一定として横桁間隔を変化した場合の分配効果を表 2 に示す。一般に、箱桁は鉸桁に比べて荷重分配効果は良好となるが、今回のケースでも良好な結果が得られている。分配率の変化を表 3・4 にまとめて示すが、横桁間隔が一定の場合、横桁剛度が 10 倍変

キーワード：2 主曲線箱桁，横桁剛性，横桁間隔，床版付加応力

連絡先：〒478-8650 愛知県知多市北浜町 11-1 石川島播磨重工業株式会社橋梁事業部設計部 TEL 0562-31-8353

化した場合の分配率の変化は集中荷重で0.01、分布荷重では0.06となっている。一方、横桁間隔を5倍変化させた場合、分配率の変化は集中荷重で0.04、分布荷重で0.023となっており、荷重分配効果の面では、横桁剛度を上げるより、横桁間隔を細かくするほうが効果的である。

A ランプ第1橋による検討

A ランプ第1橋について、横桁剛度・間隔を変化させて解析を行なった。集中荷重はG1桁径間中央位置に、分布荷重はG1桁中央支間に載荷し、支間中央付近に位置するC14

のG1曲げモーメントを用いて分担率を算出した。表5に分配率の変化まとめを示す。径間長の関係で、横桁間隔を変化した場合の検討が十分ではないが、横桁剛度を上げた場合、横桁剛度変化に比例した分配効果は得られないという単純桁と同様の結果が得られた。

(2)床版付加応力

A ランプ第1橋は非合成床版として設計されているが、箱桁上面に多数のスタッドを打設してあることから、活荷重に対して合成挙動を示す。そのため、活荷重による主桁相対変形によって床版に付加応力が発生するが、ここでは、橋軸直角方向の付加応力と横桁剛度・間隔の関係について検討した。

横桁平均化法を用い、横桁（橋軸方向単位長さあたり変換）、床版、箱桁で構成される箱形ラーメンとして床版付加応力を算出した。箱桁が横桁・床版に比べて十分剛であると仮定すると、床版に発生する曲げモーメント M_c は $-6D_c/d^2 \times z$ で表される。（ここで、 D_c ：床版剛性 $(=E_c \times I_c)$ 、 d ：横桁長さ、 z ：相対変位）

これにより算出した曲げモーメント及び床版発生応力を表6に示す。横桁間隔を一定として横桁剛度を変化した場合と、横桁剛度を一定として横桁間隔を変化させた場合を比較した結果、床版付加応力は次のような傾向にあることが分かった。

表 5：分配率の変化(A ランプ第1橋)

変化率		横桁剛度を変化			横桁間隔を変化		
		1.00	2.55	7.54	1.00	2.00	(7.54)
分配率の変化 $\Delta \alpha$	分布荷重	-	0.006	0.009	-	0.005	(0.020)
	集中荷重	-	0.008	0.012	-	0.002	(0.008)

剛性 小 $\Longrightarrow$ 大 間隔 密 $\Longrightarrow$ 粗

表 6：床版付加応力(支間中央)

ケース							
横桁間隔(m)		5.0	10.0	5.0	10.0	5.0	10.0
横桁剛度 $I_f (\times 10^{-3}m^4)$		3.09	3.09	7.89	7.89	23.30	23.30
相対変位 $z(mm)$		1.45	2.12	0.83	1.42	0.37	0.81
床版剛度 $I_c (\times 10^{-4}m^4/m)$		19.55	19.55	19.55	19.55	19.55	19.55
発生モーメント(kN・m/m)		10.3	15.1	5.9	10.1	2.6	5.8
床版応力 (N/mm ²)	上面 σ_u	0.7	1.1	0.4	0.7	0.2	0.4
	下面 σ_l	0.7	1.1	0.4	0.7	0.2	0.4

- ・横桁間隔を一定として横桁剛度を7.5倍した場合、床版付加応力は約1/3倍となる。
- ・横桁剛度を一定として横桁間隔を1/2倍した場合、床版付加応力は約1/2倍となる。

すなわち、横桁平均剛性が同じ場合、横桁剛度を上げるより、横桁間隔を狭くするほうが効果的である。解析の妥当性を確認するため、ケース・に対応するモデル・荷重でFEM解析を行なった。橋軸直角方向の床版応力を図1に示すが、発生応力は解析で得られる簡易法と概ね一致しており、本橋梁での簡易法の妥当性を確認した。

今後、さらに詳細な検討を行なうことにより、床版付加応力の簡易算出法の一般性を確認していく予定である。

参考文献

1)小松定夫，橋桁橋の実用計算について，土木学会論文集第49号，pp.50～58，昭和32年10月

図 1：床版応力(FEM 解析)

