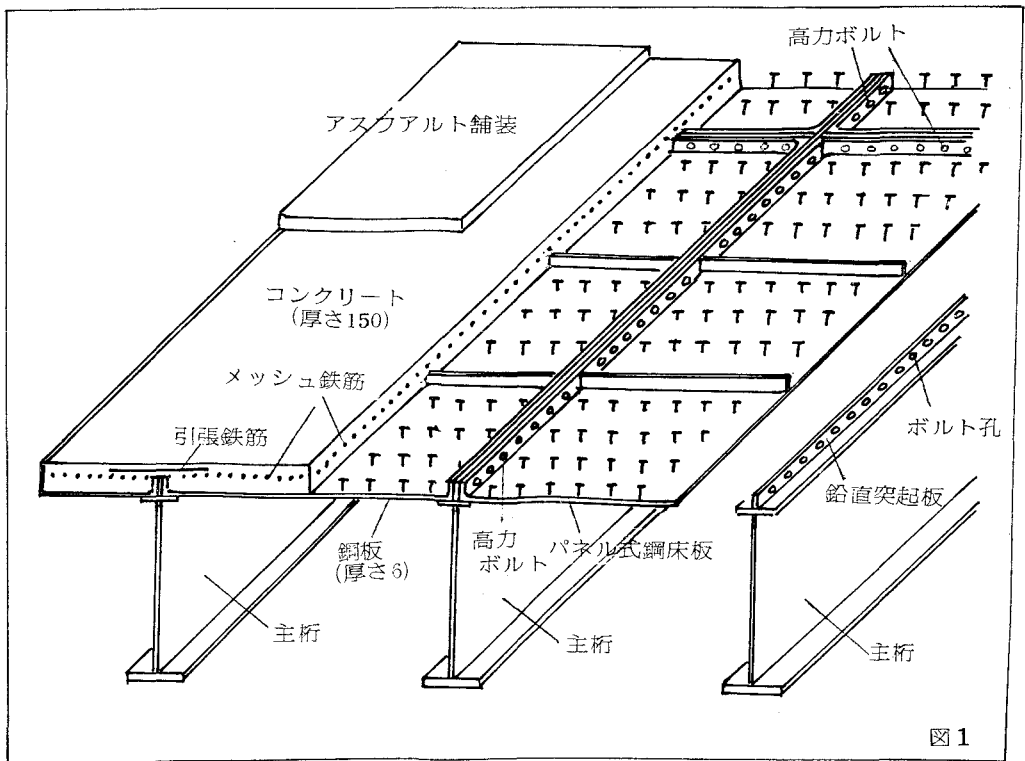


I — 8 CS橋の開発的研究—鋼パネル板のリブの設計について—

北海道大学工学部 正員 渡辺 昇
(株) 釧路製作所 正員 井上 稔康

1. CS橋について

コンクリート合成鋼床版橋 (Concrete Composite Steeldeck Bridge) を略してCS橋といい、Slab-type (S-type) と Girder-type (G-type) とがある。



CS橋の G-type は、図1のとおりであり、その特長は次のとおりである。

- 1) 現場において橋を架設するとき、鉛直突起板のついた主桁と主桁との間に、プレハブ式の鋼床板パネルをはめこみ、高力ボルトで結合させるため、架設が簡単で早く、架設費が安価である。
- 2) 現場において床版コンクリートを打設するとき、鋼床板パネル自身が型枠の役目を果たしてくれるため、従来の合成桁にくらべて型枠の製作費・材料費などが節約できる。また、鋼床板パネル自身にリブがとりつけてあるため、主桁間隔を大きくしてもコンクリート床版の厚さをそれほど大きくする必要がなく、床版が軽量である。
- 3) パネル式鋼床板自身が鉄筋コンクリート床版の主鉄筋の作用をもっているため、従来の合成桁の鉄筋コンクリート床版にくらべて鉄筋の材料費・加工費などが節約できる。

- 4) コンクリート床版の下フランジ部が鋼床板で補強されているため、コンクリート床版に亀裂発生のおそれが全く無くなるため、床版の寿命が格段に永くなり、床版の維持補修費が大いに節約できる。（従来の合成桁では10年位で鉄筋コンクリート床版の下フランジ部に亀裂が生じ補修しなければならなかった）。
- 5) パネル式鋼床板とコンクリートとが頭つきスタッドジベルにより一体として「コンクリート合成鋼床版」になっているため、耐荷力が強く、従来の鉄筋コンクリート床版にくらべて床版厚を薄くでき、それだけ橋全体の桁高を低くすることができる。
- 6) コンクリート合成鋼床版と並列主桁とが主桁上フランジ部の鉛直突起板を通して高力ボルトにより一体として連結されているため、橋全体が合成桁構造となり、コンクリート合成鋼床版の断面が主桁の有効断面の一部として計上できるので、橋全体の材料費が節約でき、橋全体の桁高を低くできる。従来のコンクリートPC橋に比べて桁高を低くすることができる。
- 7) 主桁・横桁・パネル式鋼床板には耐候性鋼板を黒皮つきのまま裸使用するため、腐食のおそれがなくメンテナンスフリーであり、従来のコンクリートPC橋よりも安価となる。
- 8) 主桁と主桁との間に空間があるため、上下水道管・電線管などを直接添加できる。（従来のコンクリートのPCスラブ橋では添加が出来ない）。
- 9) パネル式鋼床板は工場でプレハブ式に製作され、どのような斜角でも製作可能である。したがって、斜角のきつい現場の斜橋にも容易に適用できる。（従来のコンクリートのPCスラブ橋は、横締め関係で斜橋には適しない）。
- 10) 橋の主体が鋼であるため、従来のコンクリートPC橋にくらべて、上部工重量が50%から70%となり軽量である。したがって、下部工費も安価となり、橋全体が経済的となる。

図2は、CS橋Gタイプを用いた例であり、図3は主桁横断面図、図4は横桁横断面図である。

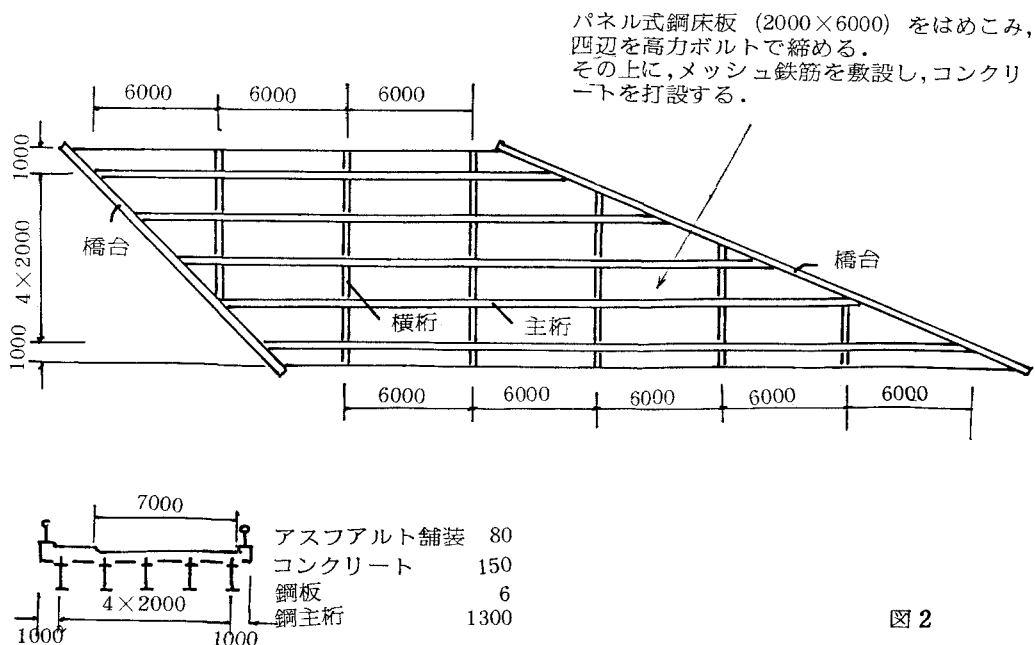


図2

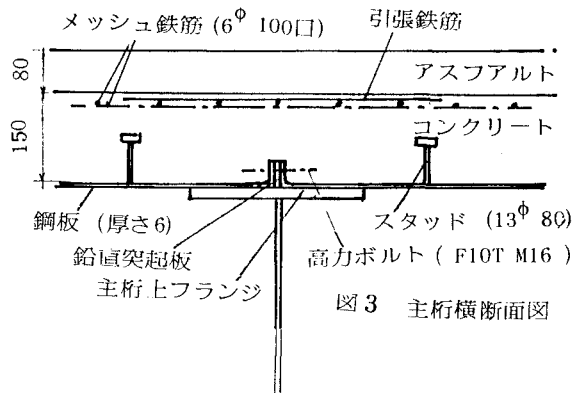


図3 主桁横断面図

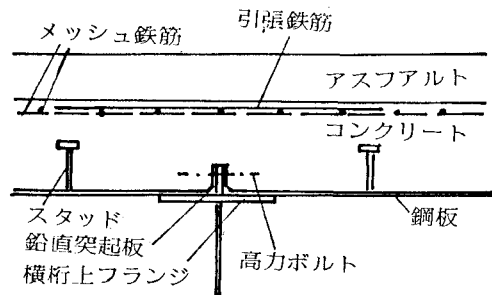


図4 横桁横断面図

図5は、主桁と主桁との間にはめこまれるパネル式鋼床板であり、トラックで運搬可能である。このパネル式鋼床板には 1,200mm 間隔でリブがついている。

このリブの効果について説明しよう。

図5において、主桁間隔 = $a = 2,500$ mm, 横桁間隔 = $b = 6,000$ mm, リブ間隔 = $c = 1,200$ mm とする。

いま、もしも、このリブが無かったとして、現場で床版コンクリートを打設すると、そのコンクリート死荷重は、短辺長 a 、長辺長 b 、厚さ 6mm の矩形鋼板に直接作用するので大きな曲げモーメントが発生する。

これに対し、リブが有ると、コンクリート死荷重は、短辺長 c 、長辺長 a 、厚さ 6mm の矩形鋼板に作用するので鋼板に発生する曲げモーメントは小さくてすむ。

すなわち、リブを間隔 $c = 1,200$ mm 程度でとりつければ、主桁間隔 a が例え 3,000 mm 以上になっても、パネル式鋼床板の鋼板厚は 6mm、コンクリート床版 厚は 150mm 程度ですむのである。

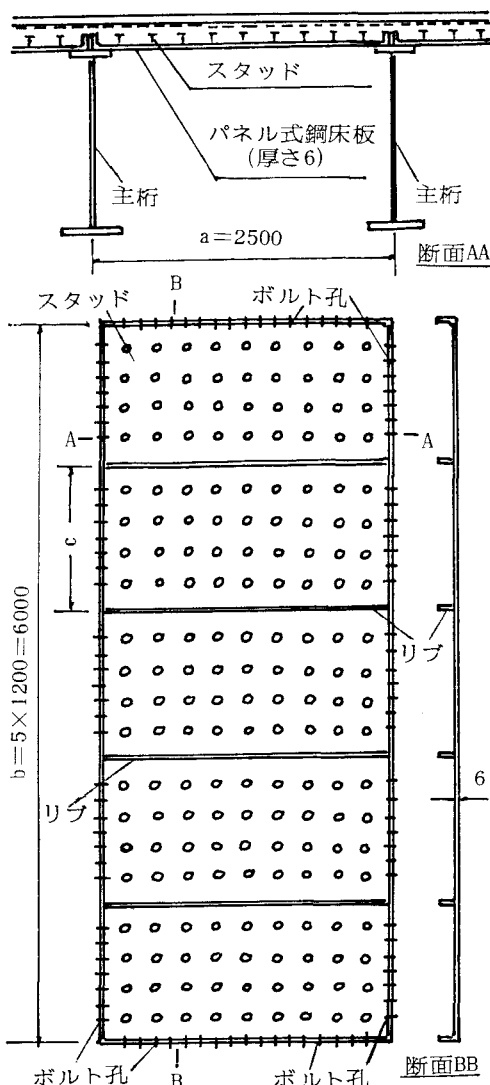


図5 パネル式鋼床板 (運搬可能)

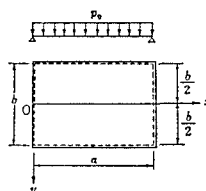
2. 平板の曲げモーメントとたわみ

現場において、パネル式鋼床板の上に生コンクリートを打設すると、コンクリート硬化前の死荷重は短辺長 c 、長辺長 a の矩形鋼板に作用する。

コンクリートが硬化すると硬化後のアスファルト舗装死荷重と活荷重は、短辺長 a 、長辺長 b の矩形のコンクリート合成鋼床板に作用する。

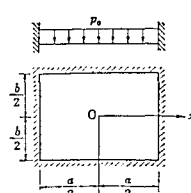
矩形平板のたわみや断面力などは、表 1、表 2 の数値を参考にするといよい。

表 1 等分布荷重を受ける周辺単純支持板の最大たわみ、最大モーメント、最大せん断力および最大反力 ($\nu=0.3$)



b/a	$w_{max} = \alpha(p_0 a^4/D)$	$(M_x)_{max} = \beta_x p_0 a^2$	$(M_y)_{max} = \beta_y p_0 a^2$	$(Q_x)_{max} = \tau p_0 a$	$(Q_y)_{max} = \tau_y p_0 a$	$(V_x)_{max} = \delta p_0 a$	$(V_y)_{max} = \delta_y p_0 a$
1.0	0.00406	0.0479	0.0479	0.338	0.338	0.420	0.420
1.1	0.00485	0.0554	0.0493	0.360	0.347	0.440	0.440
1.2	0.00564	0.0627	0.0501	0.380	0.353	0.455	0.453
1.3	0.00638	0.0694	0.0503	0.397	0.357	0.468	0.464
1.4	0.00705	0.0755	0.0502	0.411	0.361	0.478	0.471
1.5	0.00772	0.0812	0.0498	0.424	0.363	0.486	0.480
1.6	0.00830	0.0862	0.0492	0.435	0.365	0.491	0.485
1.7	0.00883	0.0908	0.0486	0.444	0.367	0.496	0.488
1.8	0.00931	0.0948	0.0479	0.452	0.368	0.499	0.491
1.9	0.00974	0.0985	0.0471	0.459	0.369	0.502	0.494
2.0	0.01013	0.1017	0.0464	0.465	0.370	0.503	0.496
3.0	0.01223	0.1189	0.0406	0.493	0.372	0.505	0.498
4.0	0.01282	0.1235	0.0384	0.498	0.372	0.502	0.500
5.0	0.01297	0.1246	0.0375	0.500	0.372	0.501	0.500
∞	0.01302	0.1250	0.0375	0.500	0.372	0.500	0.500

表 2 等分布荷重を受ける周辺固定板のたわみおよびモーメント ($\nu=0.3$)



b/a	$(w)_{x=0, y=0}$	係 数	$(M_x)_{x=0, y=0}$	$(M_y)_{x=0, y=0}$	$(M_x)_{x=a, y=0}$	$(M_y)_{x=a, y=0}$	係 数
1.0	0.00126	$p_0 a^4/D$	-0.0513	-0.0513	0.0231	0.0231	$p_0 a^4$
1.1	0.00150	$p_0 a^4/D$	-0.0581	-0.0538	0.0264	0.0231	$p_0 a^4$
1.2	0.00172	$p_0 a^4/D$	-0.0639	-0.0554	0.0299	0.0228	$p_0 a^4$
1.3	0.00191	$p_0 a^4/D$	-0.0687	-0.0563	0.0327	0.0222	$p_0 a^4$
1.4	0.00207	$p_0 a^4/D$	-0.0726	-0.0568	0.0349	0.0212	$p_0 a^4$
1.5	0.00220	$p_0 a^4/D$	-0.0757	-0.0570	0.0368	0.0203	$p_0 a^4$
1.6	0.00230	$p_0 a^4/D$	-0.0780	-0.0571	0.0381	0.0193	$p_0 a^4$
1.7	0.00238	$p_0 a^4/D$	-0.0799	-0.0571	0.0392	0.0182	$p_0 a^4$
1.8	0.00245	$p_0 a^4/D$	-0.0812	-0.0571	0.0401	0.0174	$p_0 a^4$
1.9	0.00249	$p_0 a^4/D$	-0.0822	-0.0571	0.0407	0.0165	$p_0 a^4$
2.0	0.00254	$p_0 a^4/D$	-0.0829	-0.0571	0.0412	0.0158	$p_0 a^4$
∞	0.00260	$p_0 a^4/D$	-0.0833	-0.0571	0.0417	0.0125	$p_0 a^4$

3. 鋼パネル板のリブの設計について

1) 鋼パネル板のリブの最小板厚

圧縮応力をうける自由突出板の局部座屈からきまる最小板厚 t_0 は、自由突出幅 b の $1/16$ 以上でなければならない、また、鋼種 S S 4 1 の場合、 $t_0 \geq b/13.1$ であれば 許容圧縮応力度は 1400kg/cm^2 を用いることができる (道路橋示方書 3.2.2)。

鋼パネル板のリブは、鋼種 S S 4 1、自由突出幅 $b = 50\text{mm}$ であるから、最小板厚は $t_0 \geq b/16 = 50/16 = 3.1\text{mm}$ 、 $t_0 \geq b/13.1 = 50/13.1 = 3.8\text{mm}$ である。

2) 総断面二次モーメント J_r

K.Marguerre: Über die Beanspruchung von Plattenträger. Der Stahlbau. Heft8, 1952. によると、Plattenträger (床板つきの桁) の総断面二次モーメント (床版の有効幅を含んだ主桁の断面二次モーメント) J_r は次式による。

$$J_r = \frac{1}{12} t h_w^3 + \frac{d^3}{12} \cdot \frac{b}{2} + h^3 \frac{t h_w d b \eta}{2 t h_w + d b \eta} \quad \dots\dots (1)$$

ここで、断面寸法は図 6 のとおりであり、 η の値は図 7 より拾うことができる。

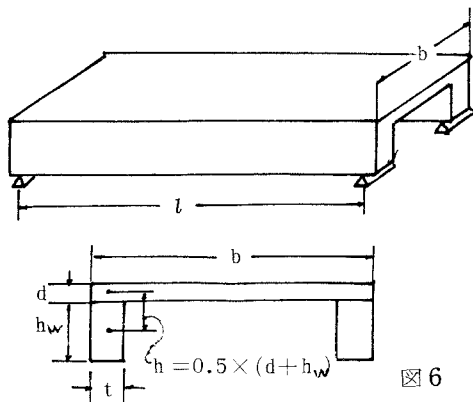
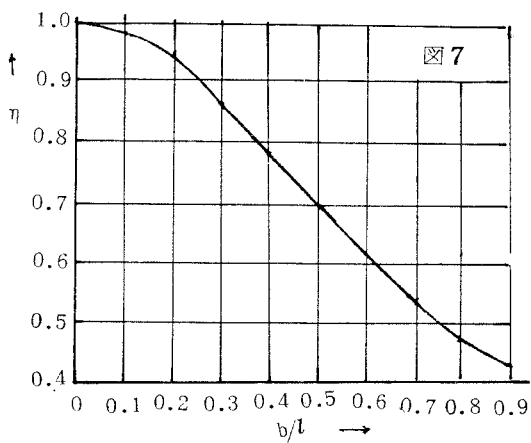


図 6



3) 鋼パネル板のリブの J_r の実験

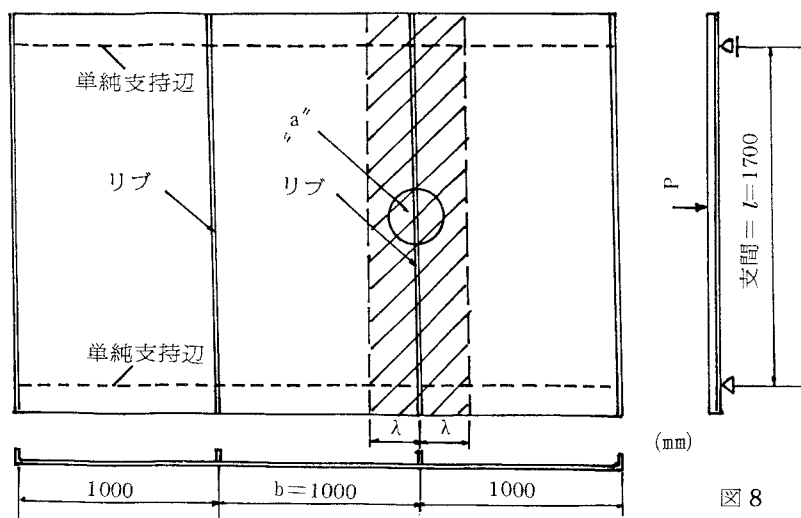


図 8

図 8 は荷重実験用の鋼

パネル板である。

$b = 1,000\text{mm}$ 間隔にリブがついている。図 8 の $a-a''$ 部断面詳細は図 9 (a) であり、○印はストレングスの貼布位置を示す。

図 8 において、支間 $l = 1,700\text{mm}$ の Plattenträger に荷重 P を作用させたときのひずみ分布は、図 9 (b) のようになった。

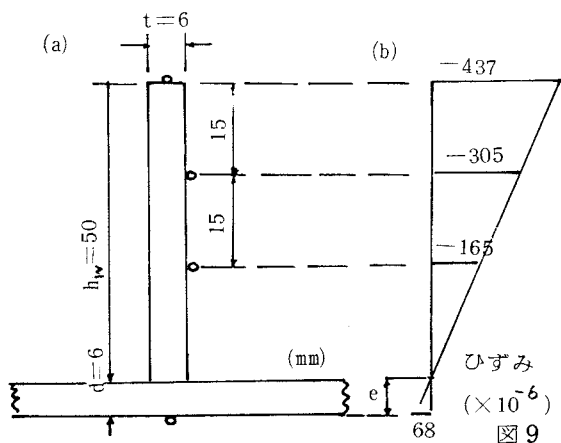


図 9

図8と図9（a）の断面寸法により、式（1）を用いて J_r を計算する。

$$J_r = \frac{1}{12} \times 0.6 \times 5.0^3 + \frac{0.6^3}{12} \times \frac{100}{2} + 2.8^3 \times \frac{0.6 \times 5.0 \times 0.6 \times 100 \times 0.62}{2 \times 0.6 \times 5.0 + 0.6 \times 100 \times 0.62} = 27.4 \text{ cm}^4$$

ここで、図7において、 $b/l = 100/170 = 0.588$ より、 $\eta = 0.62$ を用いてある。

図8において、 $J_r = 27.4 \text{ cm}^4$ になる

よな有効幅 λ を求めてみると、

図10のように、 $\lambda = 170 \text{ mm}$ であり、

重心は下フランジより $e = 6.6 \text{ mm}$ の

ところにある。この理論計算による

$e = 6.6 \text{ mm}$ は、実験による図9（b）に

おける e の値と殆ど一致している。

なお、道路橋示方書 8.3.4 の有効幅の

計算式を用いて有効幅 λ を計算して

みると、

$$\frac{b}{2l} = \frac{100}{2 \times 170} = 0.294, \quad \lambda = \{1.06 - 3.2(\frac{b}{2l}) + 4.5(\frac{b}{2l})^2\} \frac{b}{2}$$

$$= \{1.06 - 3.2 \times 0.294 + 4.5 \times 0.294^2\} \times 50 = 25.5 \text{ cm},$$

$J_r = 28.6 \text{ cm}^4, \quad e = 0.55 \text{ cm} = 5.5 \text{ mm}$ となる。

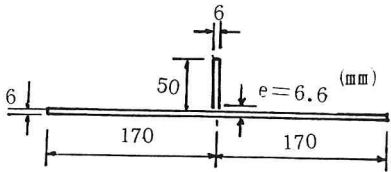


図10

表3	λ (cm)	e (cm)	$J_r(\text{cm}^4)$
Marguerre の式(1)	17.0	0.66	27.4
道路橋示方書の式	25.5	0.55	28.6

以上の結果をまとめると表3になり、鋼パネル板のリブの設計に用いる J_r は Marguerre の式（1）によってもよいし、道路橋示方書の有効幅の式を用いてもよいことがわかった。

