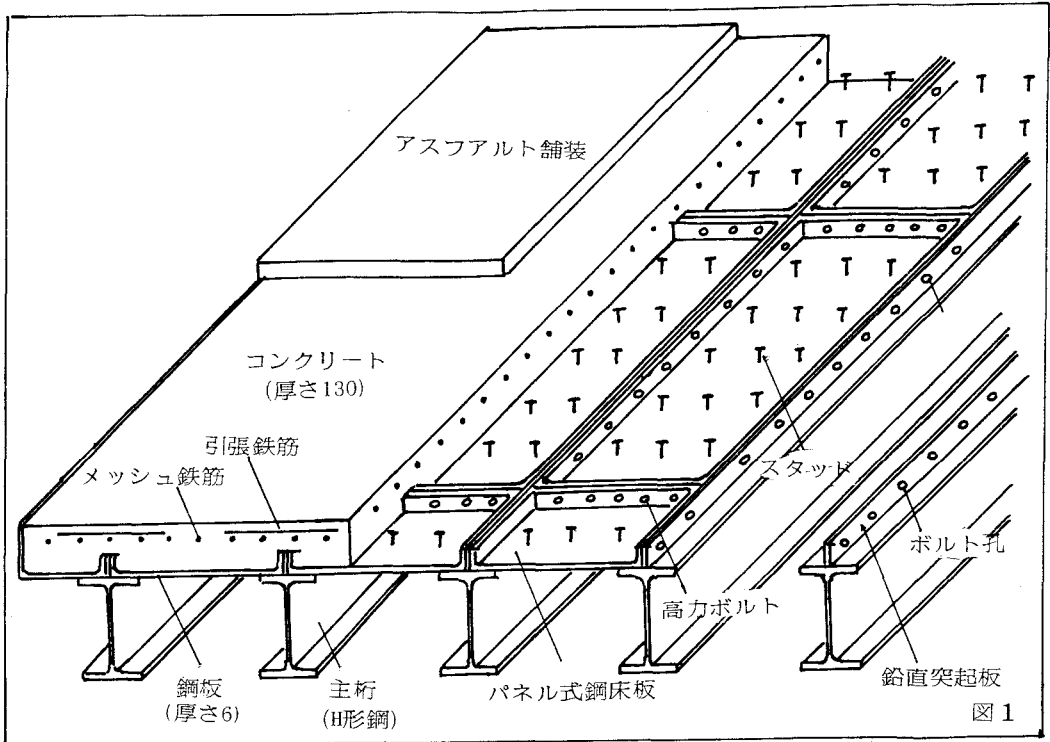


I — 7 C S橋の開発的研究—鉛直突起板の設計について—

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. C S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C S橋とい
い、Slab-type (S-type) と Girder-type (G-type) とがある。

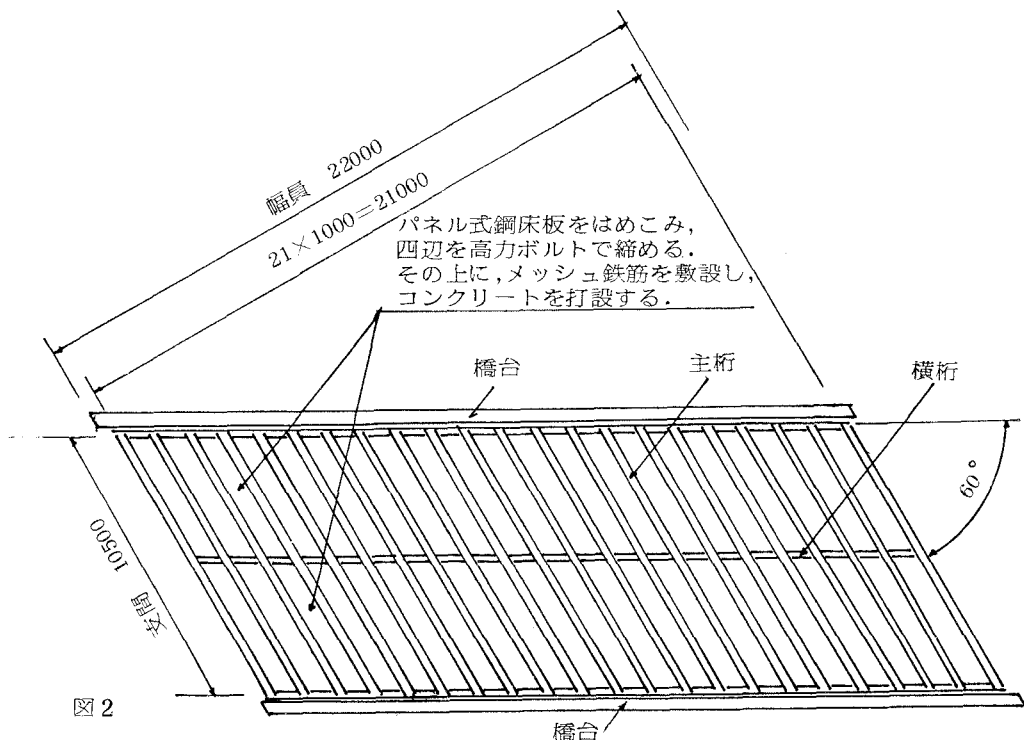


C S橋の S-type は、図1のとおりであり、その特長は次のとおりである。

- 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。
- 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スラブ橋やコンクリートホロースラブ橋にくらべて桁高を低くすることができるので、極端に桁高制限をうける架橋地点に最適である。
- 7) 主桁として耐候性H形鋼を用い、パネル式鋼床板に耐候性鋼板を用い、それぞれ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スラブ橋やコンクリートホロースラブ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、横締めの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スラブ橋やコンクリートホロースラブ橋にくらべて、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、橋全体が最も経済的となる。

図2は、支間 10.5m、幅員 22m、斜角 60° にCS橋Sタイプを用いた例であり、図3はその断面面である。



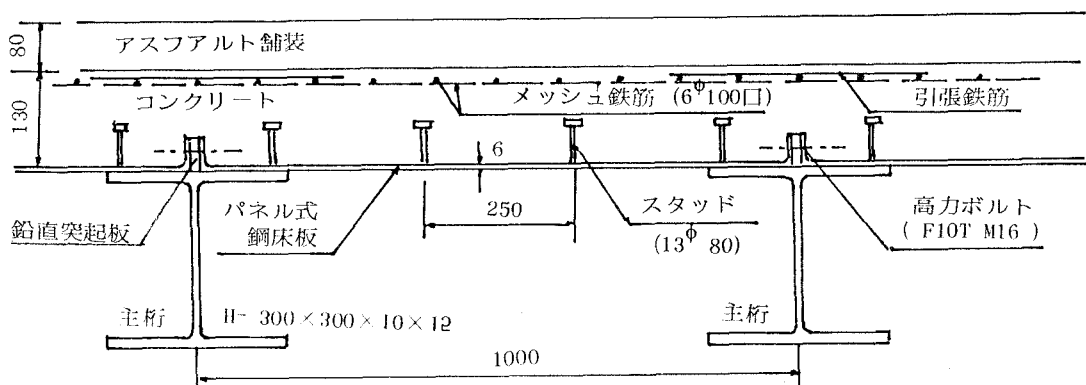


図3 (22本並列主桁, 主桁支間10500)

2. 鉛直突起板の設計について

主桁上フランジにとりつけてある鉛直突起板は、コンクリート合成鋼床版を主桁に結合させる重要な役目をもっている。また、床版と主桁とがしっかりと結合することにより、橋全体が合成桁橋となる。

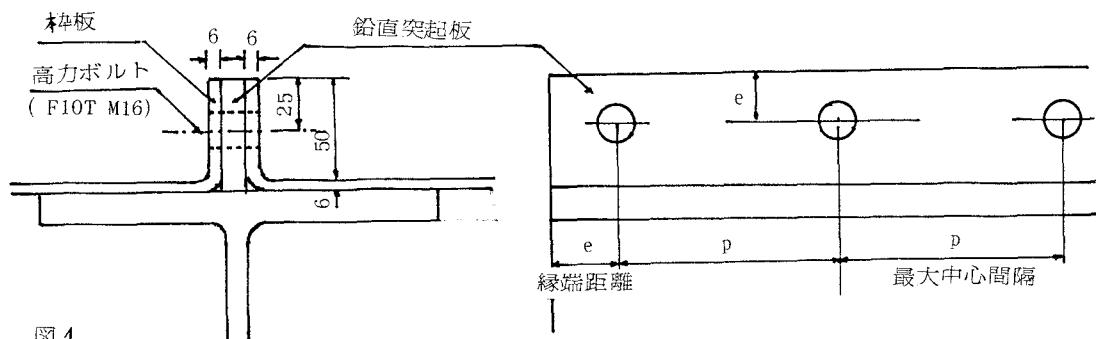


図4

図4における鉛直突起板の設計上の示様は次のとおりである。

1) 鉛直突起板の最小板厚

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SS41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）。

鉛直突起板は、鋼種SS41、自由突出幅 $b = 56\text{mm}$ であるから、最小板厚は、 $t_0 \geq b/16 = 56/16 = 3.5\text{mm}$ 、 $t_0 \geq b/13.1 = 56/13.1 = 4.3\text{mm}$ である。

2) パネル板の枠板の最小板厚

パネル板の枠板の最小板厚 t_0 は、鋼種SS41、自由突出幅 $b = 50\text{mm}$ であるから、 $t_0 \geq b/16 = 50/16 = 3.1\text{mm}$ 、 $t_0 \geq b/13.1 = 50/13.1 = 3.8\text{mm}$ である。枠板の板厚は 6mm であるから合格である。この場合、枠板の座屈長は無限長である。

3) 鉛直突起板のボルトの最大中心間隔

鉛直突起板の外側にパネル板の枠板が接合される。したがって、ボルトの最大中心間隔は、枠板の座屈長以下にすればよい。しかるに、上記2)のように、枠板の板厚が 6mm の場合、その座屈長

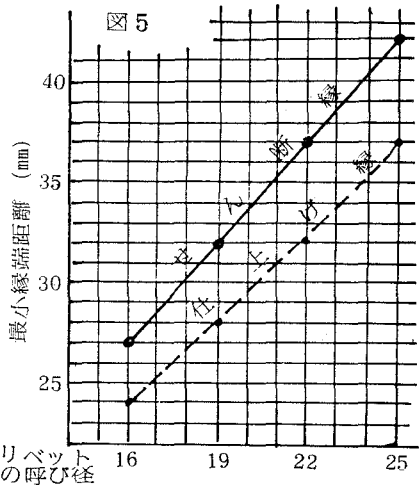
は無限長であるので、ボルトの最大中心間隔に特に制限を設ける必要はない。しかし、鉛直突起板とパネル板の枠板との連結ボルトとはじ合せボルトであるから、とじ合せボルトとしての最大中心間隔の制限をうける。道路橋示方書 4.3.9(2) によれば、その最大中心間隔は $24t$ あるいは 300mm をこえてはならない。したがって、 $p \leq 24t = 24 \times 6 = 144\text{mm}$ である。

4) 最小縁端距離

表 1 ボルト孔の中心から板の縁までの距離

ボルトの 呼び径	最小縁端距離 (mm)	
	せん断縁 手動ガス切断縁	仕上げ縁 圧延縁 自動ガス切断縁
M24	42	37
M22	37	32
M20	32	28
M16	27 ※	24 ※

(※ は今回新しく作った数値)



道路橋示方書 4.3.10 および 4.4.8(3) により、表 1 を図示すれば、図 5 となる。図 5 の直線を延長すれば、M16 の最小縁端距離の数値をうる。

3. 活荷重合成桁の支点付近のボルト間隔の検算について

1) S_u 、 I_u の計算

$$s_c = \frac{A_s}{A_u} s, \quad s_s = \frac{A_c}{n A_u} s,$$

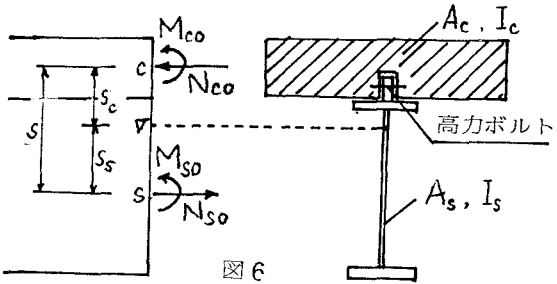
$$A_u = A_s + \frac{A_c}{n},$$

$$I_u = I_s + \frac{I_c}{n} + A_u s_c s_s,$$

$$M_{s0} = \frac{I_s}{I_u} M_0, \quad M_{c0} = \frac{I_c}{n I_u} M_0,$$

$$N_{s0} = N_{c0} = \frac{A_c s_c}{n I_u} M_0 = \frac{S_u}{I_u} M_0,$$

$$S_u = \frac{A_c}{n} s_c$$



2) 支点位置のボルトに働くせん断力 H_{max}

(イ) 合成後活荷重によるせん断力 H_L (kg/cm)

$$H_L = \frac{Q S_u}{I_u}$$

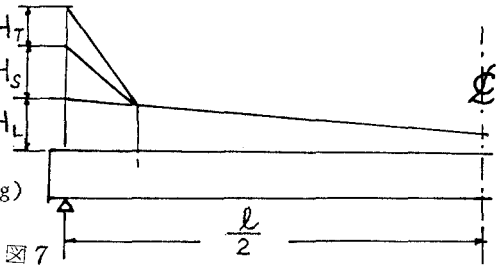
ここで、 Q は支点における活荷重によるせん断力 (kg)

(ロ) 乾燥収縮によるせん断力 H_s (kg/cm)

(ハ) 温度差によるせん断力 H_T (kg/cm)

(ニ) 合計せん断力 H_{max} (kg/cm)

$$H_{max} = H_L + H_s + H_T$$



3) 支点位置の高力ボルトの中心間隔 p

(イ) 支圧接合としての計算

$$p = \frac{2\tau_a A_B}{H_{\max}} = \frac{2 \times 1900 \times 2.0}{H_{\max}} = \frac{7600}{H_{\max}}$$

ここで、 τ_a = 高力ボルトの許容せん断応力度 = 1900 kg/cm² (F10T)

A_B = 高力ボルトの断面積 = $3.14 \times 0.8^2 = 2.0$ cm² (M16)

(ロ) 摩擦接合としての計算

$$p = \frac{\rho_a}{H_{\max}} = \frac{5000}{H_{\max}}$$

ここで、 ρ_a = 許容摩擦せん断力 (F10T、M16、2摩擦面)

= $1250 \times 3.14 \times 0.8^2 = 5000$ kg。

4) ボルトに生ずる引張軸力 N

(イ) 両端固定桁に等分布荷重 q が

満載する場合 (図8)

$$N = \frac{q^2 l^6 A}{60480 E I^2}$$

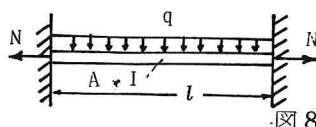


図8

(ロ) 両端固定桁に集中荷重 P が

作用する場合 (図9)

$$N = \frac{P^2 a^4 b^4 A}{60 E I^2 l^4}$$

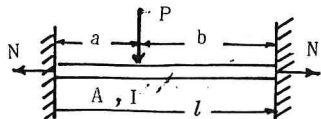


図9

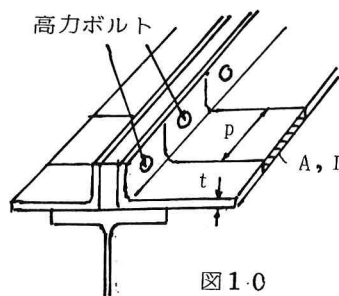


図10

ここで、図10のように

$$A = p t, \quad I = \frac{p t^3}{12}$$

4. 高力ボルトの締めつけ力がパネル式鋼床板の有効幅に及ぼす影響について

並列主桁の上フランジの上にパネル式鋼床板をのせて、高力ボルトにより両者を結合させる場合、高力ボルトの締めつけ力が鋼床板の有効幅にどのような影響を及ぼすかを載荷実験により実測してみた。供試体は、写真1、図11、図12、図13のとおりである。

図12は、鉛直突起板つき主桁の断面で、重心は、下フランジより 158mm のところにある。

図11において、道路橋示方書 8.3.4 により有効幅を求めてみると、

$$b/l = 50/200 = 0.25$$

$$\lambda = \{1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)^2\}b = \{1.06 - 3.2 \times 0.25 + 4.5 \times 0.25^2\}b = 0.541 \times 50 = 27\text{cm}$$

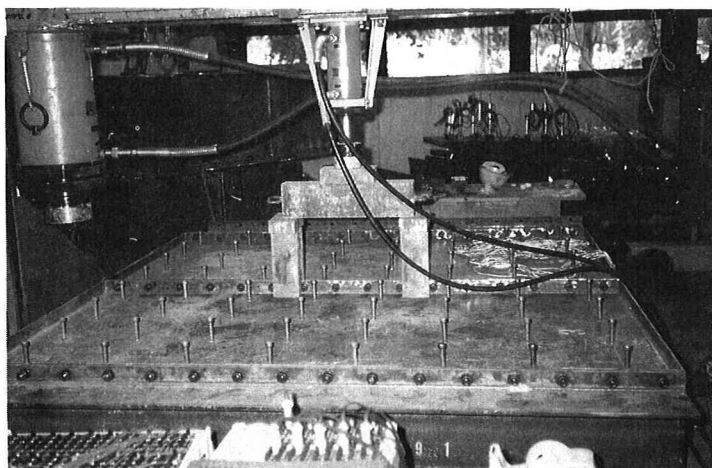


写真1

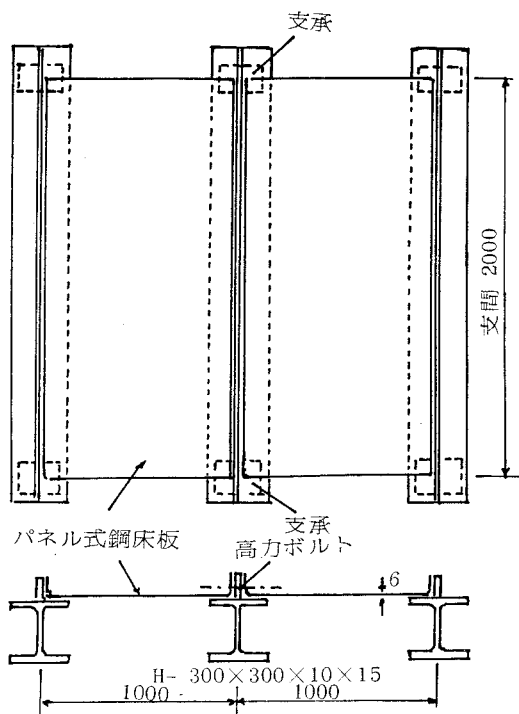


図 1.1 実験桁

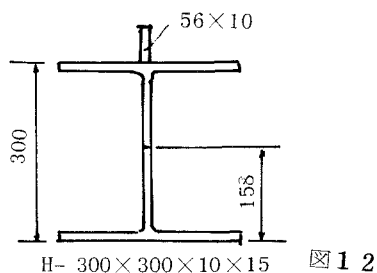


図 1.2

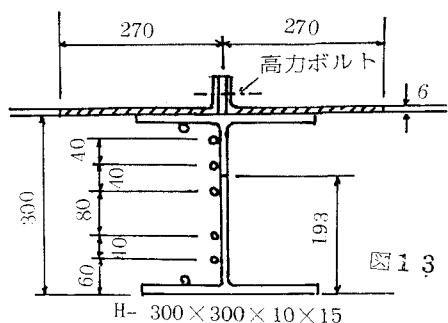


図 1.3

図 1.3 は、主桁の両側に 27cm づつの有効幅をもった主桁断面で、重心は、下フランジより 193mm のところにある。○印はストレングースの貼布位置である。図 1.1 において、中主桁の支間中央付近に集中荷重を作用させて、ストレングースのひずみの値を実測し、図示すると図 1.4 のようになった。その結果次のことがわかった。

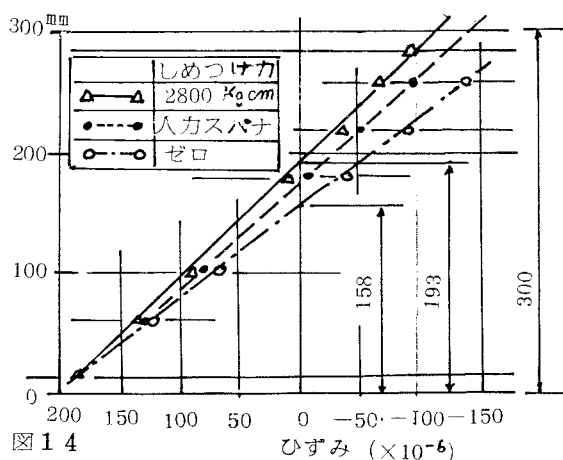


図 1.4

- 1) 高力ボルトのしめつけ力がゼロの場合、主桁の重心は下フランジより 158mm のところにあった (図 1.2 と同じ)。
- 2) 高力ボルトをスパナで人力でしめつけた場合 (トルク値は約 1000 kg·cm)、主桁の重心は下フランジより 175mm のところにあった。
- 3) 高力ボルトを約 2800 kg·cm のトルク値でしめつけた場合、主桁の重心は下フランジより 193mm のところにあった (図 1.3 と同じ)。

結局、高力ボルトを 2800 kg·cm 以上のトルクでしめつければ、鋼床板の有効幅の算定には、道路橋示方書 8.3.4 の公式を用いてよいことがわかった。