

八丁平つなぎ橋の設計、製作、架設について

Design, fabrication, and erection of Haccyoudaira-tsunagi Bridge.

北海道大学院工学研究科 名誉員 渡辺 昇(Noboru Watanabe)

日本製鋼所室蘭製作所 〇正 員 別所 俊彦(Toshihiko Bessyo)

1. まえがき

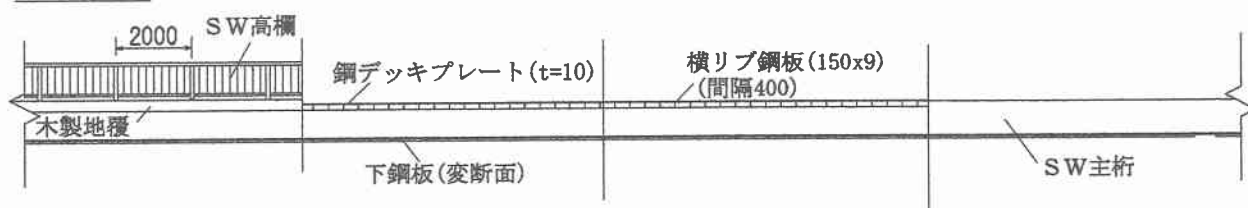
室蘭市発注の八丁平つなぎ橋は、橋長70m、有効幅員3mの3径間連続桁(19m+27m+23m)のSW橋(Steel stiffened wooden bridge、鋼補剛木橋)の人道橋で、平成14年春、竣工開通した。本橋は日本最長のSW橋である。

その設計・製作・架設について報告する。

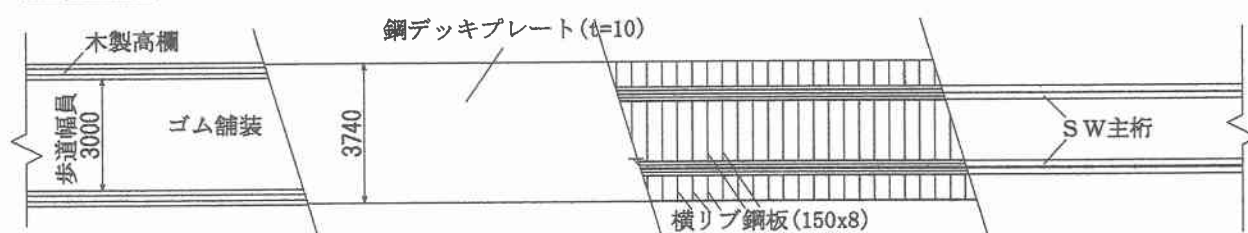
2. 設計

図1は、橋梁一般図であり、SW主桁は、桁高1060mm、桁幅175mm×2のカラムツの集成材を、リブ鋼板つき鋼デッキプレートとリブ鋼板つき下鋼板によって、サンドイッチのように、上下挟んだ構造になっており、床版は鋼デッキプレートと横リブ鋼板より成る鋼床版である。

縦断面図



平断面図



横断面図

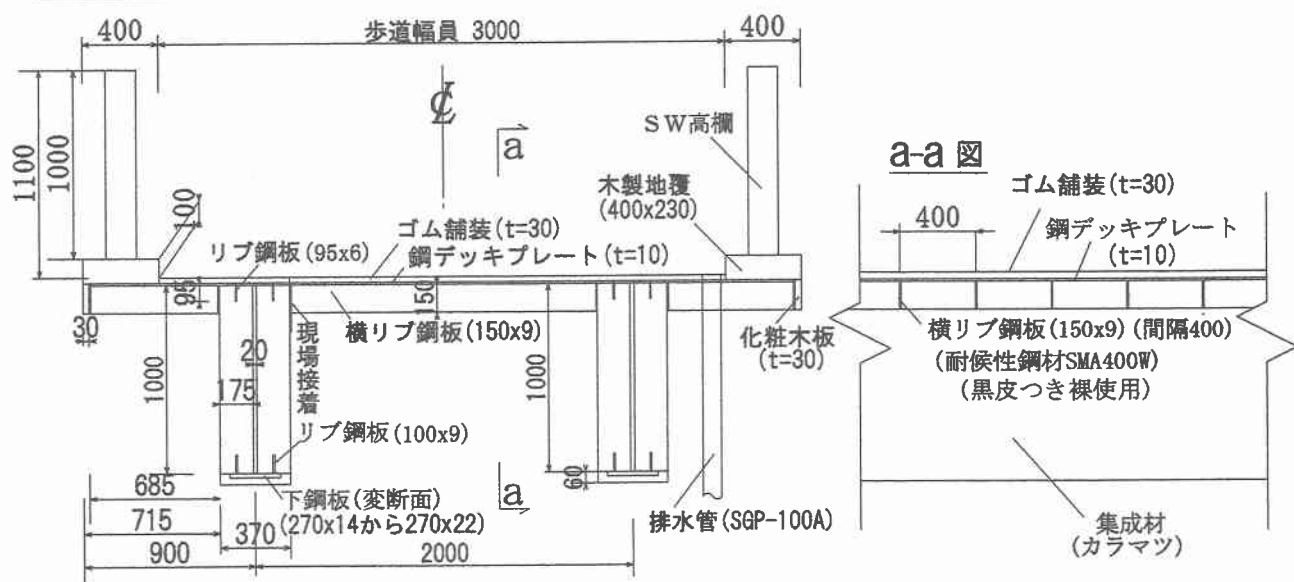


図1：橋梁一般図

3. SW主桁の曲げ応力度とせん断応力度

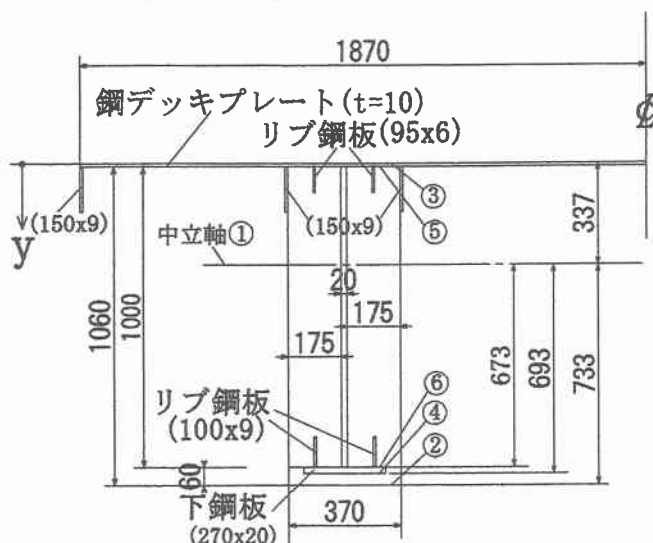


図2：SW主桁の断面寸法(mm)

鋼のヤング係数： $E_s = 2.1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$ カラマツのヤング係数： $E_w = 8 \times 10^4 \text{ kg/cm}^2$ ヤング係数比： $n = \frac{E_s}{E_w} = 26$ として計算した			
A (cm ²)	y (cm)	A・y (cm ³)	A・y ² (cm ⁴)
187x1x26= 4862	0.5	2431	1216
			(1/12)x187x1 ³ x26= 405
9.5x0.6x2 x(26-1)= 285	5.75	1639	9423
			(1/12)x0.6x9.5 ³ x2x(26-1)= 2143
15x0.9x3 x26= 1053	8.5	8951	76079
			(1/12)x0.9x15 ³ x3x26= 19744
17.5x100x2= 3500	51	178500	9103500
			(1/12)x17.5x100 ³ x2= 2916667
10x0.9x2 x(26-1)= 450	96	43200	4147200
			(1/12)x0.9x10 ³ x2x(26-1)= 3750
27x2 x(26-1)= 1350	102	137700	14045400
			(1/12)x27x2 ³ x(26-1)= 450
37x6= 222	104	23088	2401152
			(1/12)x37x6 ³ = 666
11722		395509	32727795
上縁から中立軸までの距離： $e_u = \frac{395509}{11722} = 33.7 \text{ cm}$ 下縁から中立軸までの距離： $e_d = 107 - 33.7 = 73.3 \text{ cm}$ 断面2次モーメント： $I = 32727795 - 33.7^2 \times 11722 = 93.9 \times 10^5 \text{ cm}^4$ 曲げ剛性： $E_w I = 8 \times 10^4 \times 93.9 \times 10^5 = 7.5 \times 10^{11} \text{ kgcm}^2$			

曲げモーメント： $M = 65.8 \times 10^6 \text{ kgcm}$ 、

せん断力： $Q = 13.5 \times 10^3 \text{ kg}$ として、以降計算する。

①におけるひずみ：

$$\epsilon_1 = 0$$

②におけるひずみ：

$$\epsilon_2 = \frac{M}{E_w I} y_2 = \frac{65.8 \times 10^6}{7.5 \times 10^{11}} \times 73.3 = 643 \times 10^{-6}$$

③におけるひずみ：

$$\epsilon_3 = \frac{65.8 \times 10^6}{7.5 \times 10^{11}} \times 33.7 = 296 \times 10^{-6}$$

④におけるひずみ：

$$\epsilon_4 = \frac{65.8 \times 10^6}{7.5 \times 10^{11}} \times 69.3 = 608 \times 10^{-6}$$

⑤におけるひずみ：

$$\epsilon_5 = \frac{65.8 \times 10^6}{7.5 \times 10^{11}} \times 32.7 = 287 \times 10^{-6}$$

⑥におけるひずみ：

$$\epsilon_6 = \frac{65.8 \times 10^6}{7.5 \times 10^{11}} \times 67.3 = 590 \times 10^{-6}$$

②における木の曲げ応力度：

$$\sigma_{2w} = \epsilon_2 E_w = 643 \times 10^{-6} \times 8 \times 10^4 = 51 \text{ kg/cm}^2$$

③における鋼の曲げ応力度：

$$\sigma_{3s} = \epsilon_3 E_s = 296 \times 10^{-6} \times 2.1 \times 10^6 = 622 \text{ kg/cm}^2$$

④における木の曲げ応力度：

$$\sigma_{4w} = \epsilon_4 E_w = 608 \times 10^{-6} \times 8 \times 10^4 = 49 \text{ kg/cm}^2$$

④における鋼の曲げ応力度：

$$\sigma_{4s} = \epsilon_4 E_s = 608 \times 10^{-6} \times 2.1 \times 10^6 = 1277 \text{ kg/cm}^2$$

⑤における木の曲げ応力度：

$$\sigma_{5w} = \epsilon_5 E_w = 287 \times 10^{-6} \times 8 \times 10^4 = 23 \text{ kg/cm}^2$$

⑤における鋼の曲げ応力度：

$$\sigma_{5s} = \epsilon_5 E_s = 287 \times 10^{-6} \times 2.1 \times 10^6 = 584 \text{ kg/cm}^2$$

①における断面1次モーメント：

$$S_1 = 17.5 \times 2 \times 67.3 \times 33.65 + 6 \times 37 \times 70.3 + 27 \times 2 \times 68.3 \times (26-1) = 187075 \text{ cm}^3$$

⑤における断面1次モーメント：

$$S_5 = 187 \times 1 \times 34.2 \times 26 = 166280 \text{ cm}^3$$

⑥における断面1次モーメント：

$$S_6 = 37 \times 6 \times 70.3 + 27 \times 2 \times 68.3 \times (26-1) = 107812 \text{ cm}^3$$

①における木のせん断応力度：

$$\tau_{1w} = \frac{QS_1}{It} = \frac{13.5 \times 10^3 \times 187075}{93.9 \times 10^5 \times 17.5 \times 2} = 7.7 \text{ kg/cm}^2$$

⑤における木のせん断応力度：

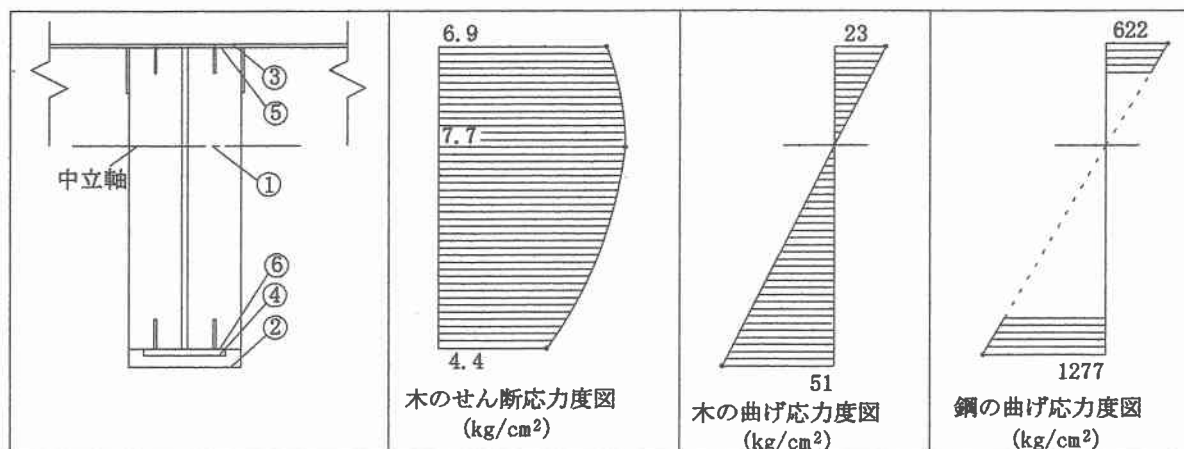
$$\tau_{5w} = \frac{13.5 \times 10^3 \times 166280}{93.9 \times 10^5 \times 17.5 \times 2} = 6.9 \text{ kg/cm}^2$$

⑥における木のせん断応力度：

$$\tau_{6w} = \frac{13.5 \times 10^3 \times 107812}{93.9 \times 10^5 \times 17.5 \times 2} = 4.4 \text{ kg/cm}^2$$

①における図3のせん断鋼板のせん断応力度：

$$\tau_{1s} = \frac{13.5 \times 10^3 \times 187075}{93.9 \times 10^5 \times 0.8 \times 2} = 168 \text{ kg/cm}^2$$



4. SW主桁の現場連結部の設計

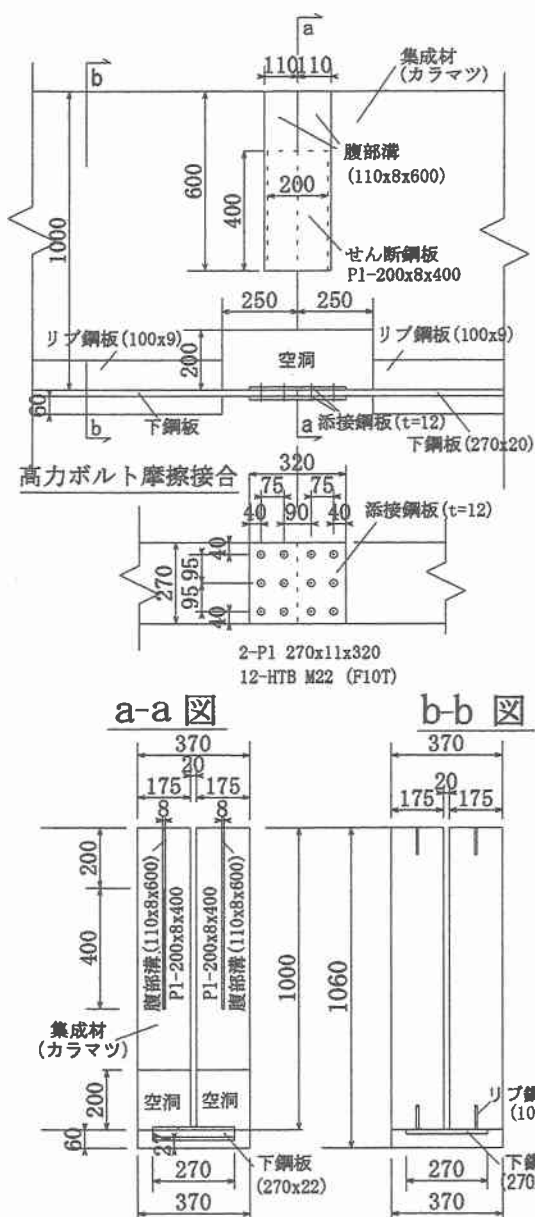


図 3：SW主桁の現場連結部詳細

図 3 は SW 主桁の現場連結部詳細であり、高さ 400 mm、幅 200 mm、厚さ 8 mm のせん断鋼板 2 枚を現場接着により連結部に挿入する。下鋼板の現場連結は F10T の高力ボルト連結である。

せん断鋼板の寸法(高さ a、幅 b、厚さ t)は、次のようにして決める。

せん断鋼板(2枚)の鋼に働く平均せん断応力度：

$$\tau_s = \frac{Q}{at} = \frac{13.5 \times 10^3}{40 \times 0.8 \times 2} = 211 \text{ kg/cm}^2$$

せん断鋼板(2枚)に接着する木に働く平均せん断応力度：

$$\tau_w = \frac{Q}{2ab} = \frac{13.5 \times 10^3}{2 \times 20 \times 40} = 8.4 \text{ kg/cm}^2$$

集成材の許容応力度とヤング係数を表 1 に示す。

表 1：集成材の許容応力度とヤング係数

単位：kg/cm ²	ベイマツ	カラマツ	スギ
許容応力度	純圧縮	115	75
	純引張	110	70
	曲げ	165	105
	せん断	12	10
ヤング係数	120000	80000	70000

5. SW主桁と鋼床版の製作

SW 主桁は、図 1 の断面図にもあるように、桁高 1000 mm、桁幅 175 mm x 2 のカラマツの集成材の下フランジ部に溝加工し、そこに、リブ鋼板つき下鋼板を工場接着し、その外面に、厚さ 60 mm、下幅 370 mm の被覆木板(ラミナー)を工場接着した。

また、上フランジ部に溝を持った集成材とリブ鋼板つき鋼床版も工場接着した。

カラマツの集成材の製作と上・下フランジ部の溝加工は、サンモク工業の工場にて行った。

リブ鋼板つき下鋼板およびリブ鋼板つき鋼床版(耐候性鋼材裸使用)の製作は日本製鋼所室蘭製作所にて行った。接着にはエポキシ樹脂接着剤を用い、鋼材の接着面はブラスト処理をした。

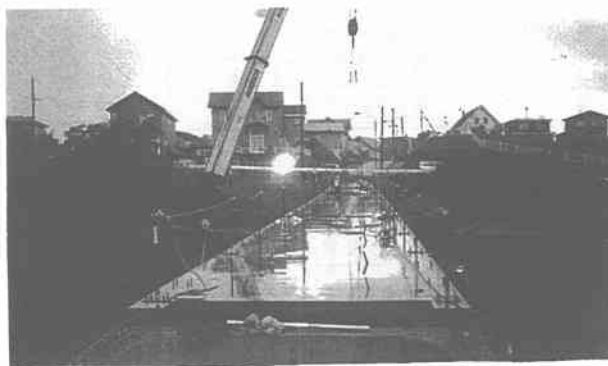
6. SW高欄と木製地覆

SW高欄とは、角形鋼管と鋼板とを互いに工場溶接して作った鋼製高欄の表面に厚さ25mmのカラマツのラミナーを工場接着したものであり、木製地覆とは、従来のコンクリート製地覆のコンクリートの代わりにカラマツの集成材を用いたものである。

この高欄はプレハブ式に工場で製作し、鋼床版のスタッドボルトに現場連結した。また、木製地覆ブロックも鋼床版の表面に現場接着した、SW高欄と木製地覆の鋼床版への現場取り付け施工は1日作業であった。

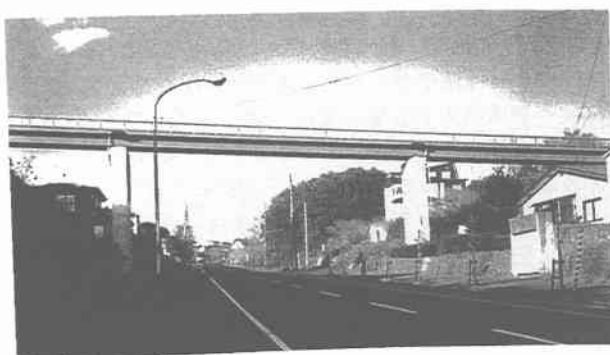
7. 運搬と架設

本橋は竣工すると橋長70m、総幅員4.2mであるが、これ全部をいっぺんに運搬できないので、これを長さ方向に3分割して工場から現地に大型トレーラーで、平成13年9月18日未明、運搬し、現地の2箇所の仮ベントの上に、自走式クレーンを用いて一括架設し、僅か数時間で現場架設を終了した。



8. 現場連結、SW高欄、木製地覆、舗装

現場連結では、図3のせん断鋼板の現場接着、高力ボルトの現場連結を行った。その後、SW高欄の鋼床版への取り付け、木製地覆ブロックの鋼床版への現場接着を行った。その後、セイフチーパネル(廃タイヤのゴムチップを接着剤で固めて作った舗装板)を、鋼床版表面に現場接着して、本橋は竣工した。すなわち、本橋は完全なプレハブ橋梁である。



9. あとがき

本橋には、鋼材54トン、北海道産カラマツの製材70m³を使用した。直径約23cm、長さ4mのカラマツの間伐材の原木を1476本使用し、間伐材の有効利用に貢献した。

SW橋の特長は次のとおりである。

- 1) SW橋はプレハブ式に設計できるので、現場架設が速く、現場工費が安いので、PC橋にくらべて、総工費が5%以上安い。
- 2) コンクリート橋にくらべて、3分の1程度も軽く、木材はねばりがあるので、地震に有利であり、下部工費も安くなる。
- 3) SW橋にはスギやカラマツの国産の間伐材が使えるので、木材の地場産業に貢献する。
- 4) 将来橋を架けかえるとき、コンクリート橋の撤去費は莫大で、リサイクルが難しいが、SW橋の素材は木と鋼であるから、リサイクルができ、木は最後には土の肥料になる。
- 5) SW橋は外観が木であるから、ぬくもりがあり、人と自然にやさしい。