

島根県B級遺産(候補)「木・コンクリート合成桁橋」(中間報告3)

島根県B級遺産研究分科会 松浦 寛司

1. はじめに

過去2年間、「曾田式 木・コンクリート合成桁橋」の研究を進めて来ており、この橋梁形式のルーツや浜田橋での改良点などは記述してきたが、地元関係者への満足の行くヒアリングが出来ず不完全な状況である。本年は、3D測量により取得した情報と過去の調査内容から見えるもの、CCDカメラを使用した桁端部の状況などを取り込み中間報告3として報告する。



図 1-1. 浜田橋の状況

2. 3次元測量による浜田橋の構造情報

既設橋の構造状況を立体的に把握する目的で、本橋の3次元測量を行った結果を下図に示す。本橋では桁端に現場打ち横桁が打設されており、支点付近の状況は目視確認できないが、3次元データにより相応に覗き見る事が出来る。

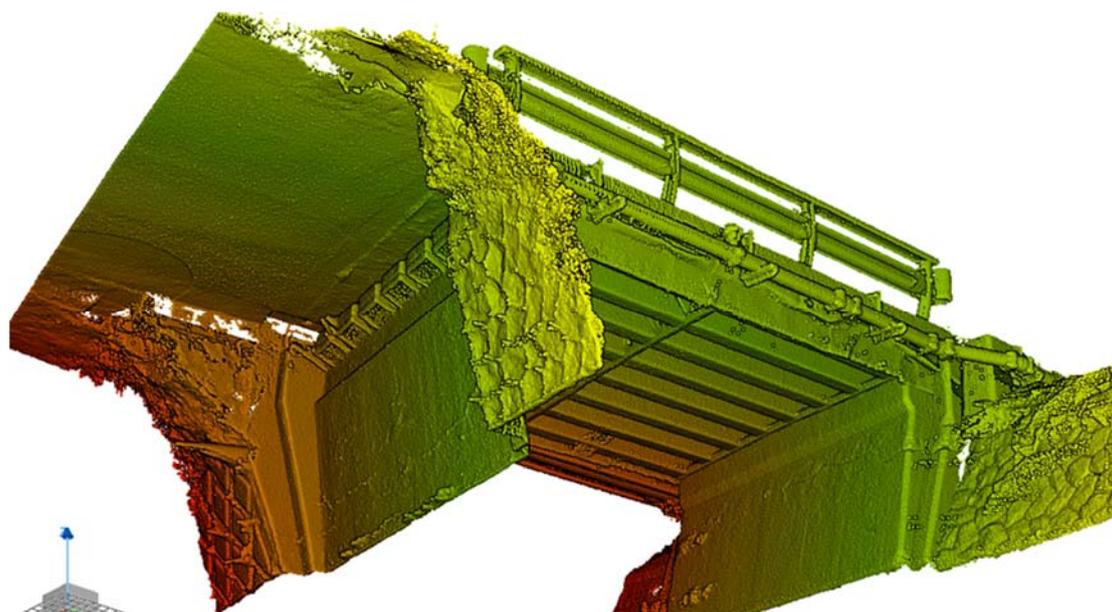


図 2-1. 浜田橋の状況 (下流水面部から)

2. 1 ハンチ部の損傷

図 2-2 はハンチ部の損傷状況写真であり、歯形状の切込みを確認できる唯一の損傷部である。3D 測量によし取得したデータで示せば、図 2-3 は桁下からの損傷状況の実像、図 2-4 は主桁・コンクリート床版内部から見た欠損状況である。



図 2-2. ハンチの損傷 (Pht)

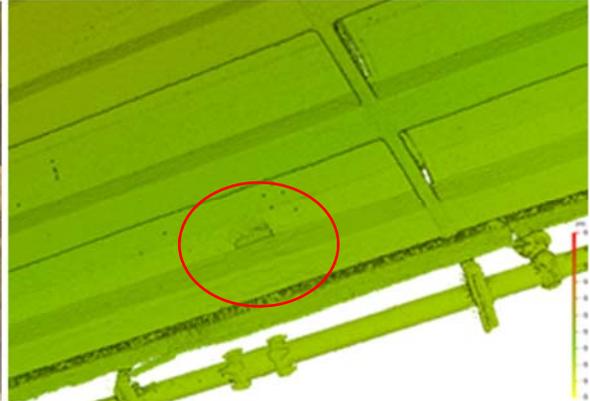


図 2-3. ハンチの損傷 (3D 下面から)

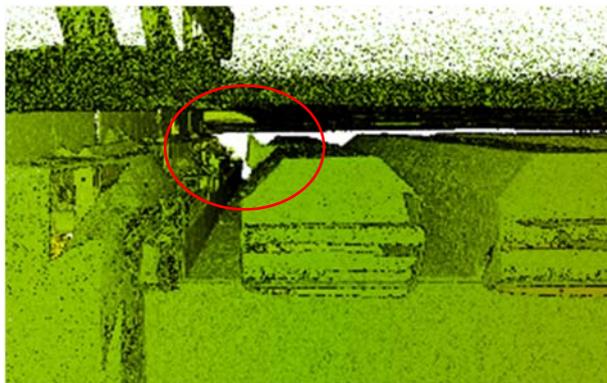


図 2-4. ハンチの損傷 (3D 桁端部から)

2. 2 上部工断面図

図 2-5 は 3D 測量データをもとに上部工の断面図を作成したものであり、これより、床版厚 $t=150\text{mm}$ 、主桁高 $h=230\text{mm}$ 、主桁幅 $b=180\text{mm}$ 、ハンチ高 $h'=100\text{mm}$ が確認できる。

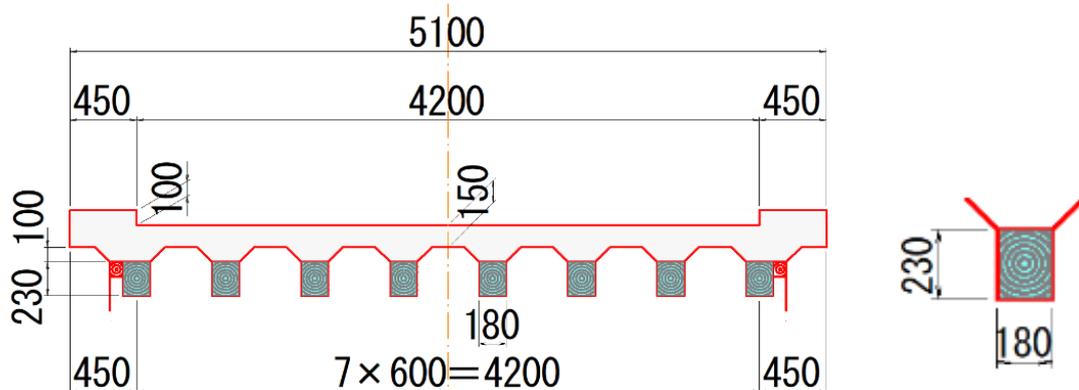


図 2-5. 上部工断面図 (3D 測量から作成)

3. CCD カメラ調査

3. 1 桁端部の状況

腐食が確認された右岸支点部の横桁部において、主桁とコンクリートの隙間から CCD カメラを挿入し、主桁の損傷状況を確認した。

その結果、主桁の腐食が進行し大きな空隙が生じていることが確認された。現状での供用を考えれば、注入系材料による早期の手当てが必要と考えられる。



図 3-1. CCD カメラ(レンタル)



図 3-2. 端横桁と主桁の隙間 (写真)



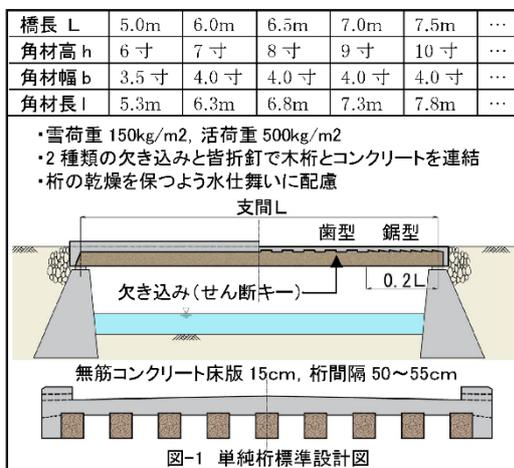
図 3-3. 隙間の内部状況 (CCD 写真)

4. 上部工の各部状況

4. 1 標準構造寸法との対比

過年度に報告した本橋のルーツである木桁の標準寸法（北海道）と、本橋で確認できる寸法を対比した結果を示す。

明確に異なる点はハンチの有無であり、これに関しては次項の構造計算により考察する。本橋で用いられた活荷重の条件が不明なため、木材の産地の差による大小は不明であるが、数値上では桁幅がやや大きいと想定される。



	単 位	標準寸法		浜田橋	備考	
		表示値	換算値			
桁長	L	m	6.50	6.50	6.50	
角材高	h	〃	8寸	0.24	0.23	1寸
角材幅	b	〃	4.0寸	0.12	0.18	≒0.03m
床版厚	t	cm	15		15	
桁間隔	@ b	〃	50cm~55cm		60cm	

図 4-1. 構造寸法対比表

4. 2 床版配筋状況の推定

昨年度実施した床版の鉄筋調査結果と、今回の調査による床版厚より配筋状況を考察した結果、下図に示すように単鉄筋コンクリート床版での構造と想定される。

ルーツ橋では無筋とされた床版構造であるが、鋼材入手の難易度の改善（時代？）によりより耐久性を高める目的で使用されたものと推定する。

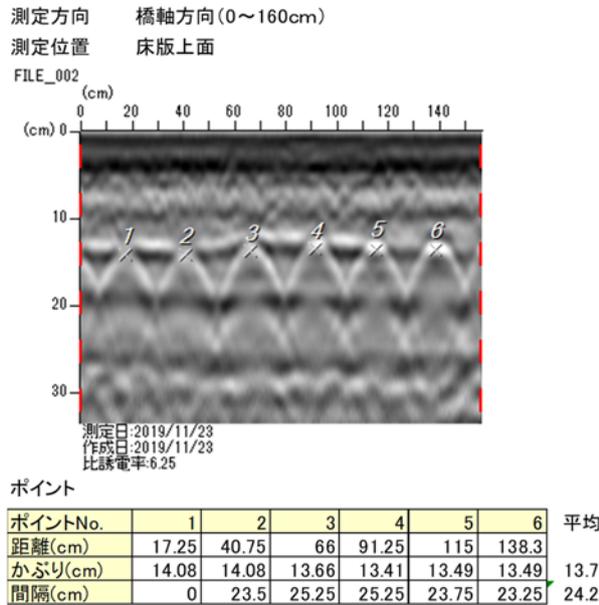


図 4-2. 橋軸方向（上面）

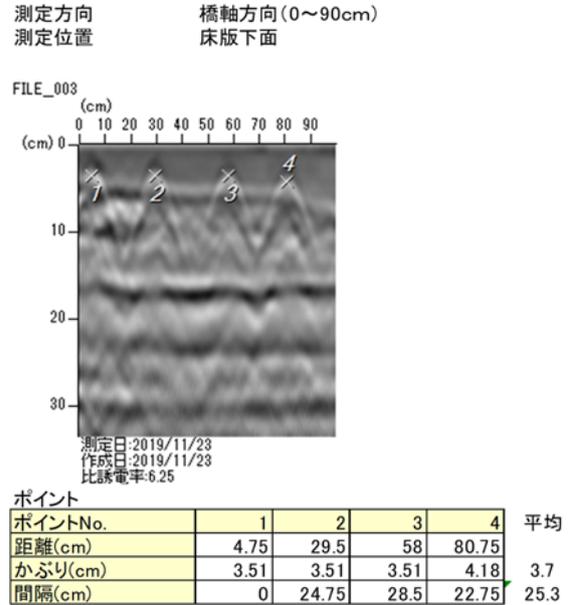


図 4-3. 橋軸方向（下面）

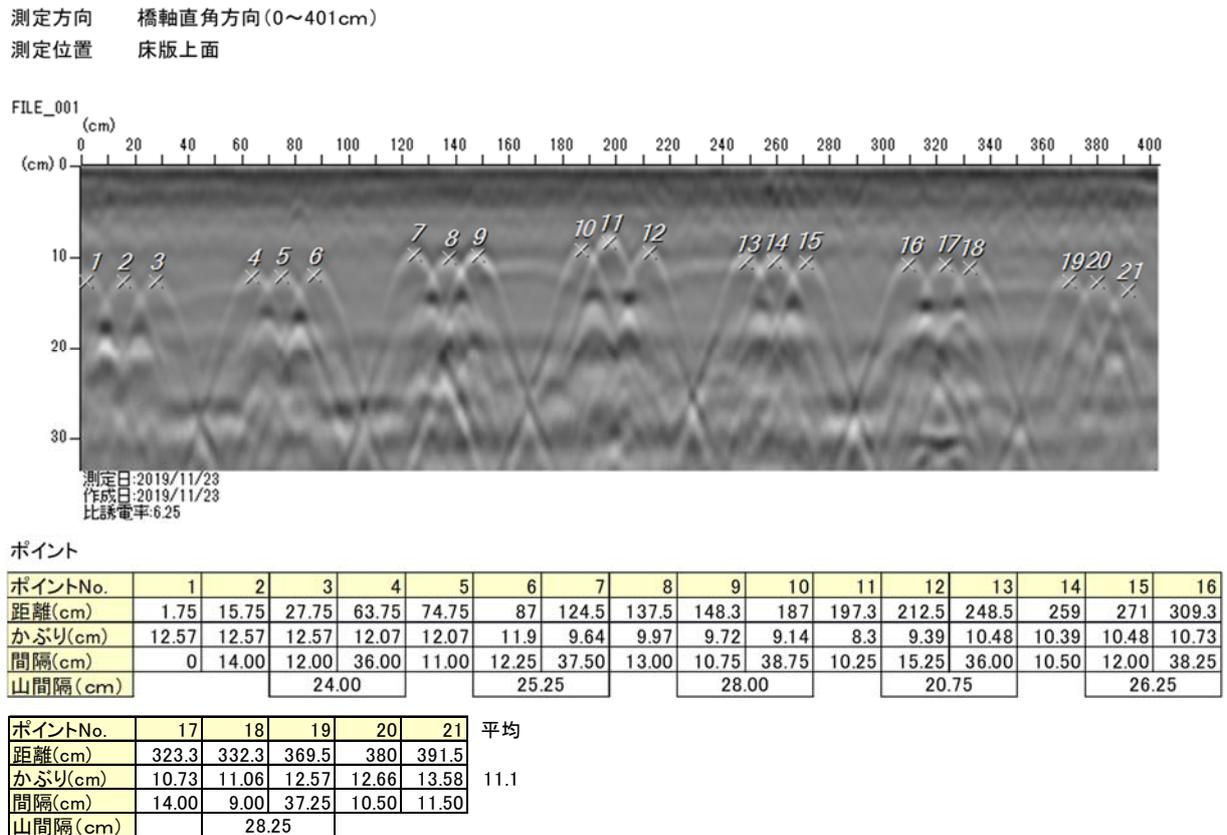


図 4-4. 橋軸直角方向

本橋の鋼材配置を、調査結果に基づき再現した断面図を図 4-5 に示す。鋼材調査での橋軸方向・橋軸直角方向の被り状況と、中間床版部への配筋状況など、レーダー探査結果と整合していると考えられる。

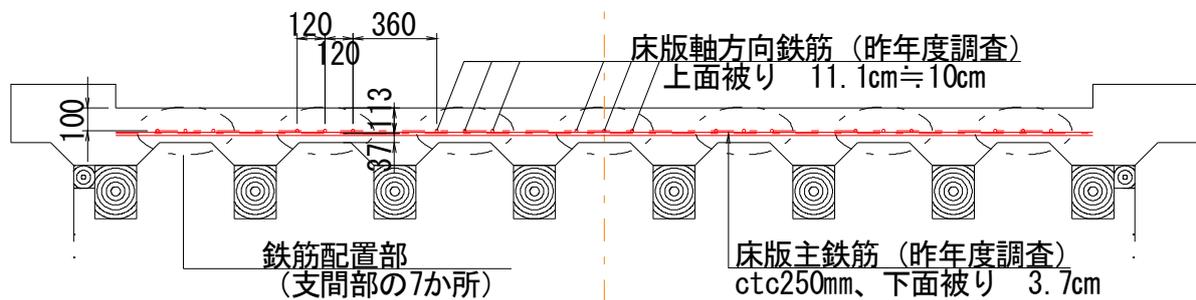


図 4-5. 床版配筋想定図

5. 主構造の検討

架橋当時の荷重を TL-14（従来の 2 等橋）とし、床版・主桁が一体となって荷重に抵抗するものと想定した場合の試算を行った（想定での計算）。

1. 基本条件

- | | | | | |
|-------------|---|------|----|-----------------------|
| (1) 支 間 長 | : | 6100 | mm | (橋梁台帳より、橋長を6.5mとして設定) |
| (2) 床 版 厚 | : | 150 | mm | (実測結果) |
| (3) 床 版 幅 | : | 5100 | mm | (〃) |
| (4) ハ ン チ 高 | : | 100 | mm | (〃) (ハンチ幅 = 280mm) |
| (5) 主 桁 高 さ | : | 230 | mm | (〃) |
| (6) 主 桁 幅 | : | 180 | mm | (〃) |
| (7) 主 桁 間 隔 | : | 600 | mm | (〃) |
| (8) 床 版 張 出 | : | 450 | mm | (〃) |

(9) 荷重の種類と強度

1) ヤング係数

- | | | | | |
|----|---|-------|-------------------|-------------------------------------|
| 木材 | : | 7000 | N/mm ² | (樹種不明のため針葉樹最低値に設定) |
| Co | : | 22000 | N/mm ² | ($\sigma_{ck}=18\text{N/mm}^2$ 想定) |

2) 死荷重

- | | | | | |
|----|---|------|-------------------|----------------------------------|
| 木材 | : | 8.0 | kN/m ³ | |
| Co | : | 23.0 | kN/m ³ | (鉄筋Co = 24.5 kN/m ³) |

3) 活荷重

- | | | | | |
|-----|---|-----|----|--------------------------------|
| T荷重 | : | 112 | kN | (T荷重、後輪1軸を支間中央に載荷) |
| | | | | (T-14 : 14.0 t × 40% × 2 × 10) |

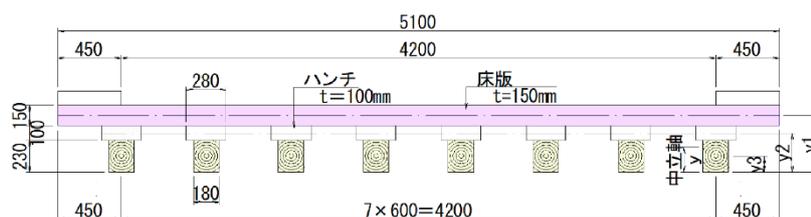
(9) 許 容 応 力 度

1) 木材

- | | | | |
|-------|---|-----|-------------------|
| 曲げfb | : | 7.4 | N/mm ² |
| せん断fs | : | 0.6 | N/mm ² |

- | | | | | |
|-------------------|---|---|----|----------------------|
| (10) 許容たわみ L/2000 | : | 3 | mm | (鉄筋コンクリート床版の場合の値を準用) |
|-------------------|---|---|----|----------------------|

- | | | | |
|----------------|---|-----|--|
| (11) 湿潤調整係数 Cm | : | 0.7 | |
|----------------|---|-----|--|



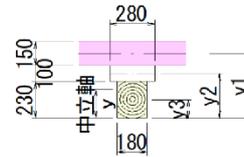
2. 現況照査

大型車のすれ違いは考慮せず、後輪荷重 (TL-14 : 112kN) を支間中央に載荷する。
床版は健全で荷重分配を期待し、考慮する荷重は床版と桁全体で受け持つこととする。

(1) 断面二次モーメント

$$n = 22/7 \quad (\text{コンクリートと木のヤング係数比})$$

断面	A (mm ²)	y (mm)	I (mm ⁴)	備考
1-床版	5,100*150	2,404,286	405	4,508,035,714 (木換算)
8-ハンチ	280*100	704,000	280	586,666,667 (木換算)
8-主桁	180*230	331,200	115	1,460,040,000
		3,439,486	351	36,743,358,845



【算式】

中立軸

$$\begin{aligned} y_1 &= 230 + 100 + 150 / 2 = 405 \text{ mm} \\ y_2 &= 230 + 100 / 2 = 280 \text{ mm} \\ y_3 &= 230 / 2 = 115 \text{ mm} \\ A_1 &= 5,100 \times 150 \times 22/7 = 2,404,286 \text{ mm}^2 \text{ (木換算)} \\ A_2 &= 280 \times 100 \times 8 \times 22/7 = 704,000 \text{ mm}^2 \text{ (木換算)} \\ A_3 &= 180 \times 230 \times 8 = 331,200 \text{ mm}^2 \\ y &= (A_1 \cdot y_1 + A_2 \cdot y_2 + A_3 \cdot y_3) / (A_1 + A_2 + A_3) = 351 \text{ mm} \end{aligned}$$

断面二次モーメント

$$\begin{aligned} I_1 &= 5100 \times 150^3 / 12 \times 22/7 = 4,508,035,714 \text{ mm}^4 \text{ (木換算)} \\ I_2 &= 280 \times 100^3 / 12 \times 8 \times 22/7 = 586,666,667 \text{ mm}^4 \text{ (木換算)} \\ I_3 &= 180 \times 230^3 / 12 \times 8 = 1,460,040,000 \text{ mm}^4 \\ I &= I_1 + I_2 + I_3 + A_1 \cdot y_1^2 + A_2 \cdot y_2^2 + A_3 \cdot y_3^2 - A \cdot y^2 = 36,743,358,845 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

(2) m当たり死荷重

防護柵	2	×		×	0.5	=	1.000	kN/m
地覆※	0.900	×	0.100	×	24.5	=	2.205	〃
床版	5.100	×	0.150	×	24.5	=	18.743	〃
ハンチ	2.240	×	0.100	×	23.0	=	5.152	〃
主桁	1.440	×	0.230	×	8.0	=	2.650	〃
						=	29.749	kN/m

※剛性を見込む主部材でない (取替え可能) として、一般的なRCと想定。

(3) 活荷重

$$T \text{ 荷重} : 145.6 \text{ kN} \quad (i=0.3, 112 \times 1.3 = 145.6 \text{ kN})$$

(4) 作用力

$$\begin{aligned} M_b &= 1/8 \times 29.749 \times 6.100^2 = 138.371 \text{ kN} \cdot \text{m} \\ M_L &= 1/4 \times 145.6 \times 6.100 = 222.040 \text{ mm} \\ M &= M_D + M_L = 360.411 \text{ mm} \\ S_b &= 1/2 \times 29.749 \times 6.100 = 90.735 \text{ kN} \\ S_L &= 1/2 \times 145.6 = 72.800 \text{ mm} \\ S &= S_D + S_L = 163.535 \text{ mm} \end{aligned}$$

(5) 応力照査

$$\begin{aligned} \sigma_b &= \frac{M \cdot y}{I} = \frac{360,411,000 \times 351}{36,743,358,845} = 3.4 \text{ N/mm}^2 \\ &< f_b' = 7.4 \times 0.7 = 5.2 \text{ N/mm}^2 \quad \text{OK} \\ \sigma_s &= \frac{S}{A} = \frac{163,535}{331,200} = 0.5 \text{ N/mm}^2 \\ &> f_s' = 0.6 \times 0.7 \times 1.5 = 0.6 \text{ N/mm}^2 \quad \text{OK} \end{aligned}$$

(6) たわみ照査

活荷重たわみ

$$\begin{aligned} \delta L &= \frac{P \times L^3}{48 \times E \times I} = \frac{112,000 \times 6,100^3}{48 \times 7,000 \times 36,743,358,845} = 2.1 \text{ mm} \\ &< \delta a = 3 \text{ mm} \quad \text{OK} \end{aligned}$$

※ハンチ高 100 mm は、剛性を高めるために有効に活用されている。