

トラス橋床版埋設部材の調査報告

安波博道* 中島和俊**

1. はじめに

1.1 背景

木曾川大橋、本荘大橋は、トラス斜材が床版コンクリートに埋設された下路式トラス橋であり、埋設部の鋼材腐食が原因となって部材の破断に到ったと考えられている。

本報告にて紹介する同形式橋梁においても、一部の埋設部床版下面にさび汁や遊離石灰が見られ、鋼材の腐食が懸念される状況である。こうした状況の下、茨城県および水戸市の委託により、床版埋設部材の緊急調査を実施する機会を得た。

本調査は、埋設部材周りの床版コンクリートをはつり、鋼材を露出させ、腐食減耗量を直接計測し、健全性の評価を行うものである。

1.2 各橋の概要

調査対象橋梁の概要を表-1に示す。いずれの橋梁も車道両外側に歩道があり、トラス斜材は歩車道境界の床版コンクリートに埋設される構造となっている。

表-1 調査橋梁概要

| | 三国橋 | 高須橋 | 水府橋 | 美都里橋 |
|------|--------|--------|--------|--------|
| 建設年月 | 1968.6 | 1971.3 | 1932.5 | 1972.3 |
| 橋令 | 40年 | 37年 | 76年 | 36年 |
| 塗替え年 | 2001.3 | 不明 | 1998.3 | 不明 |
| 塗装年齢 | 7年 | 不明 | 10年 | 不明 |
| 橋長 | 210m | 168m | 171m | 65m |
| 離岸距離 | 60km | 30km | 12km | 12km |
| 建設地 | 古河市 | 取手市 | 水戸市 | 水戸市 |
| 管理者 | 茨城県 | | | 水戸市 |

2. 現地調査

2.1 調査対象部材の選定

埋設部材の調査対象は、目視が不可能な床版内部の腐食損傷であり、全数調査が最善である。しかしながら、調査に伴う費用などの面において、全数調査には躊躇せざるを得ない。従って、本緊

急調査では、事前の外観調査によって、最も腐食が進行していると想定される部材を数カ所選定し、代表部材の調査を行うこととした。

調査対象の選定に当たっては、橋面上および橋面下から床版埋設部材の周辺を目視し、腐食やさび汁、遊離石灰の流出状況を評価基準とした。

2.2 三国橋の床版埋設部材調査

三国橋（写真-1）は交通量が非常に多く、大型車の混入率も高い。橋梁の支間中央部では、車両の通過に伴って路面に大きな振動（たわみ）が生じていた。



写真-1 三国橋外観

外観調査の結果、床版埋設部の上面側は、高さ5cm程度の台座コンクリートによって巻き立てられているが、一部では台座コンクリートがひび割れ、斜材との間に隙間が生じ、埋設部境界には層状さびが観察された。埋設部境界以外の斜材の外観は、汚れが目立つものの、塗膜の劣化や鋼材の腐食はほぼ見られなかった。床版下面側では、さび汁や遊離石灰の流出跡が顕著な部材が散見された（写真-2）。

以上の外観調査結果より、腐食の発生が想定され、また活荷重によるたわみの影響を受けやすい支間中間部の斜材4本を詳細調査対象に選定した。



写真-2 床版下面からの外観調査結果

コンクリートをはつた後の床版埋設部の外観を写真-3に示す。

床版埋設部材の腐食は、床版上面・下面境界に集中して生じており、境界ライン以外は橋梁建設時のさび止め塗装が残り、健全な状態であった。当該部材（写真-3(1)）では局所的に最大2.5mmの腐食減耗が生じていた。また、今回の詳細調査対象部材のうち、腐食減耗が最も進行している部材において、部材断面全体の残存断面積は80%以上であった。

また、H断面斜材においては、床版埋設部境界と交差する位置に板厚変化を伴う板継溶接が設けられていた（写真-3(2)囲い部）。当該部分は、引張の繰返し荷重が作用することから、疲労亀裂の発生が懸念された。大型車の交通量が多いこともあり、特に慎重に調査を行ったが、亀裂などの変状は生じていなかった。



写真-3(1) 埋設部材の外観（床版上面）



写真-3(2) 埋設部材の外観（床版下面）

ところで、事前の外観調査でも確認されたが、床版下面側にさび汁や遊離石灰の流出が著しい斜材の周囲の床版コンクリート下面には、埋設部材を中心として放射状のクラックが生じていた（写真-4(1)）。また、一部では床版上面にもクラックが見られた（写真-4(2)）。

床版埋設部の中央部が健全な状態でありながら、床版下面側境界に腐食が生じている原因としては、床版上面の滞水がこれらの床版クラックに浸透し、

さらに埋設部材の床版下面境界に達したためではないかと推察される。

また、このクラックの発生原因は、活荷重による床版の変形を斜材が拘束したことによるものと考えられる。

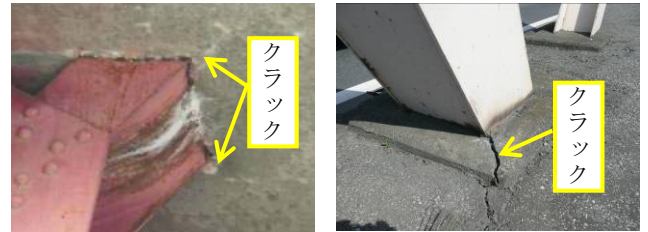


写真-4(1) 床版下面クラック 写真-4(2) 床版上面クラック

2.3 高須橋の床版埋設部材調査

高須橋の外観を写真-5に示す。



写真-5 高須橋外観

高須橋の床版埋設部は、床版上面に厚さ3～5cmのモルタルによる巻立てが行われていた。巻立てモルタルはひび割れが顕著であり、いくつかの部材ではモルタルとトラス部材の隙間に層状さびが発生していることが確認された。また、床版下面からの目視調査（写真-6）によると、端斜材に特に目立ったさび汁や遊離石灰の流出跡が見られた。これらの状況から、端斜材および近傍の中間斜材の計2箇所について、詳細調査を行うこととした。



端斜材（箱形断面）

中間斜材（H形断面）

写真-6 事前調査による床版埋設部材外観

埋設部材の床版はつり後の状況を写真-7に、調査結果を図-1に示す。端斜材においては、桁外面側や正面側に腐食は見られなかったが、桁内

土研センター

面側および背面側には床版下面側境界線に沿って腐食が発生していた。これらの腐食は、床版はつり実施前に明らかな腐食として目視できていた。

腐食減耗が最も著しい箇所は桁内面側であり、エッジ部で11mm（平均1.5mm）の減耗であった。また、背面のエッジ部では5mmの減耗（平均2.5mm減耗）であった。部材断面全体の残存断面積は、96%程度であった。

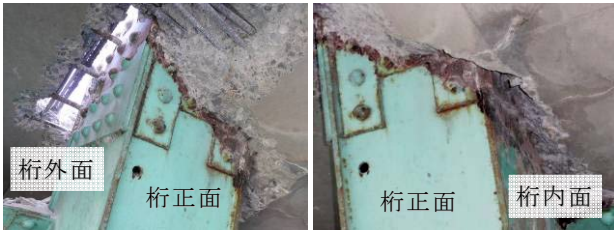


写真-7 埋設部腐食状況 (端斜材)

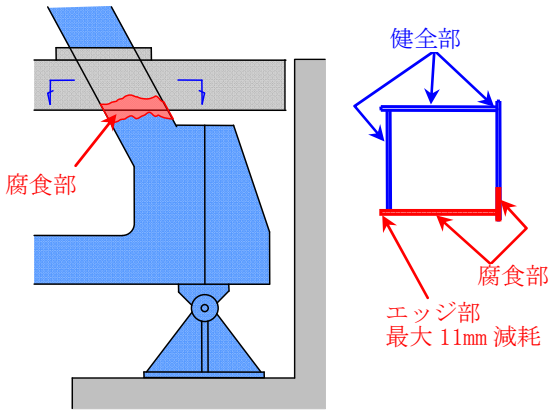


図-1 A1上流側斜材の腐食調査結果

また、約4年前に塗替え塗装を実施した支間の床版埋設部境界において、補修塗膜が劣化し、鋼材の腐食が進行している箇所があった (写真-8)。これは塗替え塗装時の素地調整が不十分であったことが原因であると考えられる。



写真-8 塗膜下の腐食

2.4 水府橋の床版埋設部材調査

水府橋の外観を写真-9に示す。

現地踏査の結果、床版埋設部材は、床版上面、下面側共に著しいさびや遊離石灰の流出等は確認されなかった (写真-10)。したがって本橋の埋設部材は健全であると推察されたため、詳細調査

を実施しないこととした。



写真-9 水府橋外観



写真-10(1) 埋設部状況 (端斜材)



写真-10(2) 埋設部状況 (中間斜材)

2.5 美都里橋の床版埋設部材調査

美都里橋の外観を写真-11に示す。



写真-11 美都里橋外観

埋設部材は、床版上に高さ7-8cm程度の台座コンクリートによって巻き立てられていたが、台座コンクリートには埋設部材を起点とするクラックが多数生じており、一部では埋設部材の腐食を想起させるさび汁の流出が認められた。

外観目視による調査の結果 (写真-12)、特にさび汁や遊離石灰の流出が顕著であった右岸下流側の端斜材を詳細調査の対象と決定した。



写真-12 埋設部材状況

埋設部材の床版はつり後の状況を写真-13、調査結果を図-2に示す。

床版埋設部材の腐食は、床版下面境界に集中して生じおり、境界ライン以外は橋梁建設時のさび止め塗装が残存、または薄いさびが生じている程度であった。

当該部材の腐食減耗量は、局所的に最大2mm程度であった。また、部材断面全体の残存断面積は、99%程度であった。



写真-13 埋設部腐食状況

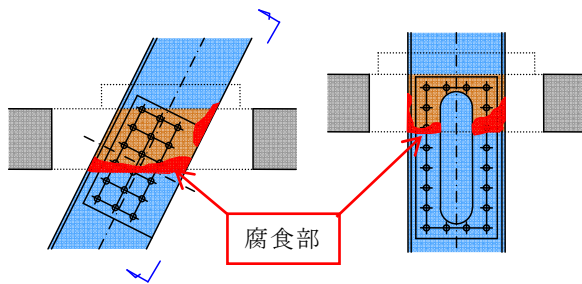


図-2 埋設部腐食状況

3. 健全性の評価と今後の対応

今回の詳細調査対象の各橋梁において、腐食減耗が最も著しい部材の腐食減耗量を表-2に纏める。

表-2 腐食減耗量一覧

| | 三国橋 | 高須橋 | 美都里橋 |
|--------|-------|------|------|
| 設計板厚 | 9mm | 12mm | 9mm |
| 残存最小板厚 | 3.4mm | 1mm | 7mm |
| 残存平均板厚 | 6mm | 11mm | 8mm |
| 残存断面積率 | 81% | 96% | 99% |

トラス斜材は軸力部材であり、部材の部分的な腐食減耗による断面減少は、構造物の耐荷力を低下させる主たる要因である。一方、鋼部材は設計時において、降伏に対して1.7の安全率を持って

設計されており、これを逆算すると、部材の静的な引張耐荷力として $1/1.7=58\%$ 程度の腐食減耗まで許容できると言える。これらを考慮すると、本調査における床版埋設部材は、直ちに補修が必要な状況ではないと判断される。しかしながら、床版埋設部の腐食は漸次進行するものであり、今後いずれかのタイミングで、全部材に対する恒久対策が必要である。恒久対策として、床版埋設部の周辺を全てはつり取ることによる腐食環境の除去、腐食箇所の補修が有効である。このとき、はつり部より下にある下弦材や斜材格点部への排水対策を実施することも必要である。茨城県では、今回調査対象外とした斜材についての追加調査、および腐食箇所の対策工の実施を計画している。

4. まとめ

今回の調査によって、以下の事がわかった。

- (1) 床版上下面からの目視によりさびや遊離石灰等の異常が見られる箇所は、鋼材の腐食が生じていた。
- (2) 鋼材の腐食は埋設部分の上下境界に沿って集中して存在し、埋設部のその他の部分は健全な状態であった。埋設部内が健全でありながら、床版下面側境界部に腐食が進行している原因は、床版上面の滞水が床版に生じたクラックを通過し、床版下面境界部に達したことが原因と考えられる。
- (3) 今回の調査対象部材では、部材の一部で腐食が進行していたが、部材の耐荷力にまで影響を及ぼすには至っていなかった。
- (4) 疲労亀裂の起点になる可能性がある箇所について、特に慎重に調査を行ったが、疲労亀裂などの変状は生じていなかった。

安波博道*



財団法人土木研究センター
技術研究所 材料・構造研
究部長 工博
Dr.Hiromichi YASUNAMI

中島和俊**



財団法人土木研究センター
技術研究所 材料・構造研
究部 研究員
Kazutoshi NAKASHIMA