

## 鋼道路橋の重大損傷事例と橋梁形式毎の損傷シナリオ

(株)横河ブリッジ 正会員 ○三木 英二 川田工業(株) 正会員 日向 優裕  
 (株)ニューブリッジ 正会員 加藤 修 (株)横河技術情報 正会員 藤野 明義  
 長岡技術科学大学 正会員 岩崎 英治

## 1. はじめに

米国におけるシルバー橋やマイアナス橋の落橋事故を受け、崩壊要因となった引張部材の破断に対し、FCM(Fracture Critical Member:崩壊危険部材)の概念が導入された。既に一部のトラス橋を中心とした検討<sup>1)</sup>が進められているが、桁橋やアーチ橋などの検討事例は少なく、橋梁形式毎にFCMとなり得る部材の整理が必要である。そこで本稿では、これまでに発見されている損傷事例を橋梁形式毎に整理し、リダンダンシーを検討する上で考慮すべき損傷シナリオについて考察する。

## 2. 鋼道路橋の損傷事例

表-1に、鋼トラス橋、アーチ橋、鈑桁橋の重大な損傷事例を示す。表中の事例は、国内外において公開されている事例の一部<sup>2),3)</sup>を収集したものである。重大事故の原因として、地震や車両の衝突、火災といった事例もあるが、本稿では、経年劣化による損傷(腐食、疲労)に着目した。

## 1) 鋼トラス橋、アーチの損傷事例

トラス橋では、格点部やゲルバー部の損傷、吊材の破断により落橋に至った事例がある。また、下路形式において、床

版埋め込み部の斜材が破断した事例(写真-1a))もあるが、現時点では落橋に至る例は報告されていない。

落橋に至らなかった理由については、今後、更に詳細な検討が必要であるが、部材単体の損傷と比べ、格点部の破断により複数の部材が破壊した場合は、橋梁全体の挙動に与える影響が大きいと推測される。

アーチ橋については、現時点で落橋にいたった事例は報告されていないが、鞘管内での吊材の腐食による破断や、床版埋め込み部の吊材の疲労き裂、吊材の風荷重による疲労き裂が報告されている。これらは、引張部材の損傷であり、進行して破断に至った場合は重大事故の発生が懸念される。一方、上路、中路形式における短支柱とアーチリブ接合部に変位差に起因した疲労き裂が報告されている。場合によっては主要部材へのき裂進展も考えられ、圧縮部材であるが、重大事故に至る可能性も懸念される。

その他、トラス、アーチ橋共通の事項として、部材格点部等は、雨水の滞水や土砂の堆積が生じやすい部位であり、飛来塩分や凍結防止剤による塩分の蓄積により、格点部周辺の激しい腐食損傷も懸念される(写真-1b))。

表-1 鋼道路橋の重大損傷事例

| 橋梁形式 |      | 損傷区分  | 損傷部位            |                   | 損傷の種類 | 落橋の有無 | サイト         | 備考                       |
|------|------|-------|-----------------|-------------------|-------|-------|-------------|--------------------------|
| トラス  | 上路形式 | 構造欠陥  | 格点部             | ガセットPL            | 座屈、破断 | ○     | 海外          |                          |
|      |      | 疲労    | 吊材              |                   | き裂    | ○     | 海外          | 溶接不良                     |
|      |      | 腐食、座屈 | 格点部             | ジョイント下            | 変形    | —     | 海外          |                          |
|      |      | 構造欠陥  | 下弦材             | カンチレバー部           | 座屈、破断 | ○     | 海外          |                          |
|      |      | 疲労    | 吊材              | ゲルバー部             | き裂    | ○     | 海外          | 溶接不良                     |
|      |      | 腐食    | 下弦材             | ジョイント下            | 断面欠損  | —     | 国内          |                          |
|      |      | 腐食    | 格点部             | ジョイント下            | 断面欠損  | —     | 国内          | 片側交互交通規制                 |
|      |      | 腐食    | 斜材              | 埋込部               | 破断    | —     | 国内          |                          |
|      | 下路形式 | 腐食    | 埋込部             | 斜材                | 破断    | —     | 国内          | 通行止め                     |
|      |      | 疲労    | 斜材              | ガセット上端            | き裂    | —     | 国内          | 通行止め                     |
| アーチ  | 上路形式 | 疲労    | ヒンジ部            |                   | き裂、段差 | —     | 国内          | 片側車線規制                   |
|      |      | 腐食    | 格点部             | ジョイント下            | 変形    | —     | 国内          | 片側交互交通規制                 |
|      |      | 疲労    | 吊材              | 短吊り材の接合部アーチリブ近傍   | き裂    | —     | 国内          | 大型車交通規制<br>片側交互交通規制(一般車) |
|      | 中路形式 | 疲労    | 吊材              | アーチリブ直下           | 破断    | —     | 海外          | 通行止め                     |
|      |      | 腐食    | 吊材              | 床組み直下のウェブ、フランジ境界部 | 孔食    | —     | 国内          | 通行止め                     |
|      |      | 腐食    | 吊材              | ステンレスの鞘管          | 破断    | —     | 国内          | 通行止め                     |
|      |      | 腐食    | 吊材              | 鋼床版と吊り材ガセットの溶接部   | き裂    | —     | 国内          | 溶接不良の可能性あり               |
|      |      | 疲労    | 支間部             | 主桁                | 座屈、破断 | ○     | 海外          | 横倒れ座屈                    |
|      |      | 脆性破壊  | 支間部             | 主桁溶接継手部           | 破断    | ○     | 海外          |                          |
|      |      | 疲労    | 支間部             | 主桁と横構ガセットの接合部     | 破断    | —     | 海外          | 通行止め                     |
| 下路形式 | 腐食   | 支点部   | 主桁フランジ、ウェブ境界部   | 孔食                | —     | 国内    |             |                          |
|      | 疲労   | 主桁    | 横桁下フランジ仕口部      | き裂                | —     | 国内    | 通行止め、約1mのき裂 |                          |
|      | 疲労   | 横桁    | 横桁ガセット直上のウェブ    | 破断                | —     | 国内    |             |                          |
|      | 腐食   | 支点部   | 横桁ウェブ           | 孔食                | —     | 国内    | 大型車交通規制     |                          |
|      | 腐食   | 支点部   |                 | 孔食                | —     | 国内    | 大型車交通規制     |                          |
|      | 疲労   | 支間部   | 床版コンクリート(床版支間部) | 剥離                | —     | 国内    |             |                          |
|      | 腐食   | 支点部   |                 | 孔食                | ○     | 国内    | 通行止め        |                          |

キーワード FCM, 重大損傷, 損傷シナリオ, リダンダンシー解析  
 連絡先 〒273-0026 千葉県船橋市山野町2-7 (株)横河ブリッジ



写真-1 鋼道路橋の損傷事例

## 2) 鈑桁橋の損傷事例

鈑桁橋では、桁端部の腐食損傷の事例が多いが、落橋に至った事例は、飛来塩分の影響を顕著に受けた一部の特殊な事例を除き報告されていない。ただし、支承の腐食による機能不全等に起因してソールプレート端部から疲労き裂が生じ、主桁下フランジ・ウェブに進展、脆性破壊に移行した事例がある(写真-1c)。また、主桁と中間横桁との接合部周辺(写真-1d)や桁端切欠き部のウェブに疲労き裂が生じ、主桁の破断にまで至った事例が報告されている。これらの疲労損傷は腐食損傷に比べて発生件数は少ないものの、き裂が進展し、脆性破壊へ移行後最終的に主桁の破断に至る恐れがある。

## 3. 橋梁形式毎の損傷シナリオ

橋梁形式毎に、重大事故を引き起こす恐れのある損傷部位を図-1にまとめる。

### 1) 鋼トラス橋、アーチ橋

鋼トラス、アーチ橋の重大損傷のシナリオとしては、①ゲルバートラス橋の掛け違い部やアーチ橋の側径間部との連結部における切り欠き部の疲労損傷や、支点部周辺の腐食②斜材や吊材の局部腐食や疲労き裂、部材の破断、③床版損傷部からの漏水や土砂の堆積による格点全体の腐食、④アーチ短支柱部の疲労き裂等が考えられる。

### 2) 鋼鈑桁橋

鋼鈑桁橋で想定される損傷シナリオとしては、①桁端部の支点周りの腐食、②ソールプレート端部の疲労き裂、③桁端切欠き部の疲労き裂、④主桁ウェブの中間横桁仕口部から進展した疲労き裂が考えられる。これらの損傷は、き裂が主桁に進展し脆性破壊に移行する可能性があるもので、損傷を受けた主桁部材の耐荷力は急激に低下し、橋梁全体に及ぼす影響は大きいと考えられる。

### 4. 終わりに

橋梁形式毎に重大損傷を引き起こす恐れがある部位を整理し、リダンダンシー解析で考慮すべき損傷シナリオについて考察した。引き続き、部材が破断した際の橋梁全体としての崩壊の有無について検証が必要である。また、今回の整理で

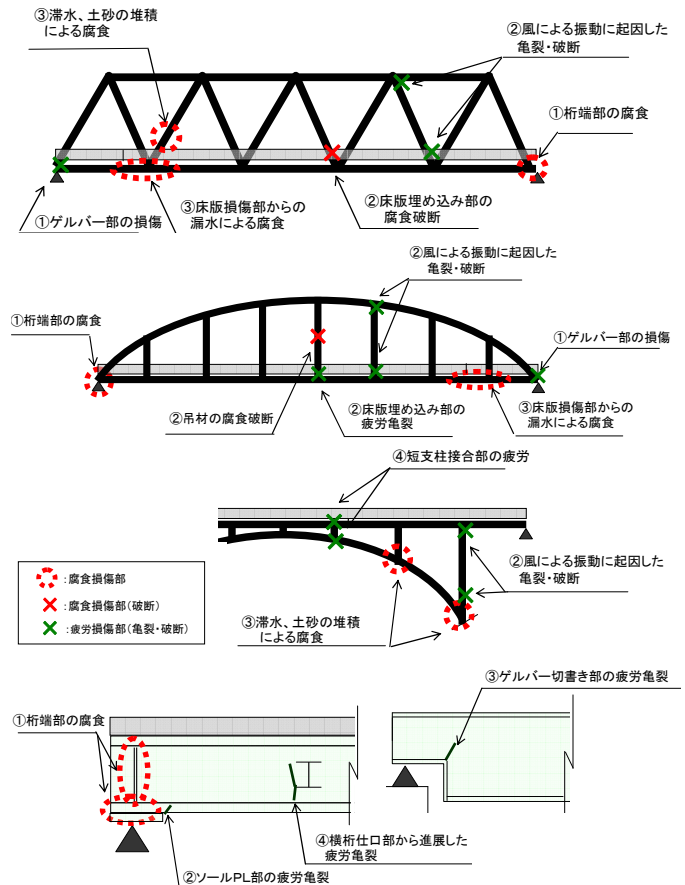


図-1 鋼トラス、アーチ橋、鈑桁橋の損傷シナリオ

は、実際の損傷事例を全て網羅できていないため、地形条件や交通量、維持管理の方針を加味した損傷シナリオを設定するとともに、リダンダンシー解析を行う際は、実橋梁の状態に応じた損傷部材の評価が必要であろう。

## 5. 謝辞

本研究の一部は土木学会平成 25 年度重点研究課題の研究助成を受けて『鋼構造物のリダンダンシーに関する検討小委員会』の一環として実施されました。

## 参考文献

- 例えば、永谷秀樹、明石直光、松田岳憲、安田昌宏、石井博典、宮森雅之、小幡泰弘、平山博、奥井義昭：我国の鋼トラス橋を対象としたリダンダンシー解析の検討，土木学会論文集 A, Vol.65, No.2, pp.410-425, 2009.5.
- 例えば、土木学会鋼構造委員会余寿命評価小委員会：鋼橋の劣化現象と損傷の評価，土木学会論文集, No.501/I-29, pp.21-36, 1994.10.
- 国土交通省：鋼橋（上部工）の損傷事例，国土交通省 HP