

橋梁システムに着目した鋼鈹桁橋支間中央部の当て板補修に関する解析的研究

大阪公立大学工学部  
大阪公立大学大学院

学生員    〇山田  蓮  
正会員        林  巖

大阪公立大学大学院  
(株)オリエンタルコンサルタンツ

正会員        山口  隆司  
正社員    有村  健太郎

1. はじめに

日本では構造物の老朽化が大きな社会問題になっており、迅速かつ合理的な補修法が求められている。ここで、鋼鈹桁橋は複数の構成部材の相互作用によって、1つの橋梁システムとして挙動(橋梁システム挙動)することが知られている。鋼鈹桁橋の腐食箇所は主桁端部が多く、桁端部に損傷を有する場合の橋梁システム挙動を考慮した当て板補修法に関する研究が行われている<sup>1)</sup>。一方で、支間中央部の腐食は、桁端部よりも発生する事例が少ないが、曲げ抵抗に及ぼす影響が大きい<sup>2)</sup>ため、耐荷性能に与える影響は大きい。

本研究では支間中央部に腐食損傷を有する鋼鈹桁橋を対象とし、橋梁システムに着目した当て板補修について解析的に検討した。

2. 解析モデル

対象橋梁は平成 6 年度版の土木構造物標準設計<sup>2)</sup>に記載されている単純非合成 4 主桁橋(以下、全橋モデル)である。また、橋梁システムの効果を明確にするために、対象橋梁の外桁の主桁と床板部分だけを取り出したモデル(以下、桁単体モデル)を作成した。解析モデルを図-1、材料構成則を表-1 に示す。解析には有限要素解析ソフト Abaqus2022 を使用した。支承条件は回転および可動とした。腐食部は図-1 のように腐食の発生率が高い外桁(G1 桁)のウェブ及び下フランジに矩形で与え、腐食時の減肉率は 50%として両面から減肉させた。解析は設計死活荷重を弧長法で増分させ、対象橋梁の耐荷力を設計荷重で除した荷重倍率 $\alpha$ で耐荷性能を評価した。活荷重は G1 桁の支間中央部に対して最も厳しくなるように荷重分配係数を算出し載荷範囲を決定した。

解析ケースは図-1 に示す補修無しの場合に加え、図-2 に示すように、桁単体モデルおよび全橋モデルの下フランジの断面方向の全幅補修に加えウェブを補修したケース(AR-flgweb)、下フランジのみを断面方向に全幅補修したケース(AR-flg)、下フランジのみを断面方向に半幅補修したケース(PR-flg)の 3 ケースとした。当

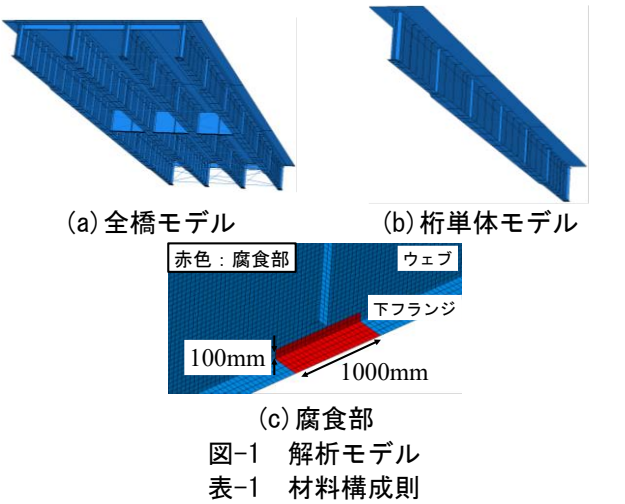


図-1 解析モデル  
表-1 材料構成則

| 部材名                | 材質     | ヤング係数<br>$E$ (GPa) | 降伏点<br>$\sigma_y$ (MPa) | 二次勾配<br>(MPa) | 使用要素         |
|--------------------|--------|--------------------|-------------------------|---------------|--------------|
| RC床版               | コンクリート | 25                 | 弾性体                     | 弾性体           | 4節点低減積分シェル要素 |
| ウェブ、フランジ           | SM490Y | 200                | 355                     | $E/100$       | 4節点低減積分シェル要素 |
| 横桁、補剛材、端対傾構上弦材     | SS400  | 200                | 235                     | $E/100$       | 4節点低減積分シェル要素 |
| 横桁、対傾構(端対傾構上弦材は除く) | SS400  | 200                | 235                     | $E/100$       | 梁要素          |
| ソールプレート            | SS400  | 200                | 弾性体                     | 弾性体           | 8節点完全積分ソリッド  |

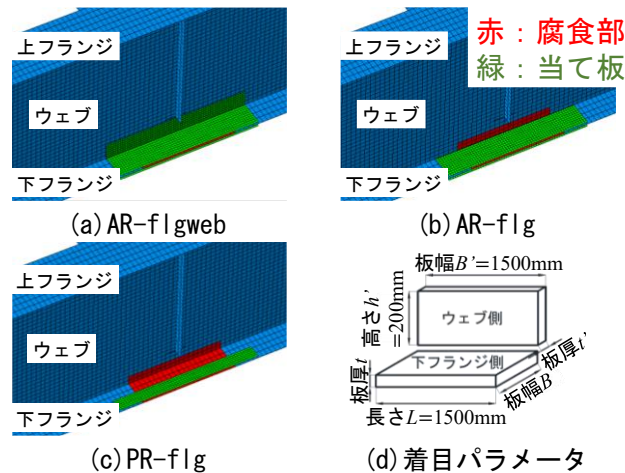


図-2 解析ケース(手前が G1 桁)

表-2 当て板寸法(mm) ( )はウェブ補修有を示す

| 下フランジを全幅補修(AR) |      |    |             | 下フランジを半幅補修(PR) |      |    |             |
|----------------|------|----|-------------|----------------|------|----|-------------|
| 板幅             |      | 板厚 | 補修断面積／腐食断面積 | 板幅             |      | 板厚 | 補修断面積／腐食断面積 |
| 上面から           | 下面から |    |             | 上面から           | 下面から |    |             |
| 267.5          | 560  | 8  | 0.93(1.27)  | 133.75         | 280  | 8  | 0.47        |
|                |      | 12 | 1.39(1.73)  |                |      | 12 | 0.70        |
|                |      | 16 | 1.83(2.17)  |                |      | 16 | 0.93        |

て板は両面当て板とし、当て板のパラメータは図-2 (d) に示す板厚  $t, t'$  及び下フランジ側の板幅  $B$  とし、各ケースの寸法を表-2 に示す。当て板の橋軸方向の長さ  $L, B'$  及びウェブ側フランジの高さ  $h'$  は、下フランジ・ウェブ

キーワード：橋梁システム、鋼鈹桁橋、補修、耐荷性能  
連絡先：〒558-8585 大阪市住吉区杉本 3-3-138 大阪市立大学 工学部 Tel&FAX 06-6605-2765

と当て板間に作用する水平せん断力に対してすべらないように必要ボルト本数を算出し、決定した。

### 3. 解析結果

図-3 に各ケースの当て板断面積／腐食断面積と耐荷力回復率の関係を示す。ここで、耐荷力回復率は健全時の最大荷重倍率に対する補修時の割合とした。図-4 に板厚 8mm および 16mm で全橋モデルのウェブの補修および下フランジを全幅補修したモデルの、最大荷重倍率時の下フランジ側から見た軸方向応力コンター図を示す。なお、図-4 の凡例の応力範囲は両端ピンとした際の柱の全体座屈に対する圧縮応力度の制限値を最小値とし、 $-189 \sim 0 \text{ N/mm}^2$ とした。図-5 に板厚 8mm および 16mm で桁単体モデルのウェブの補修および下フランジを全幅補修したモデルの、最大荷重倍率時の床版の橋軸方向ひずみコンター図を示す。なお、図-5 の凡例のひずみ範囲はコンクリートの限界ひずみとした。

図-3 より当て板断面積／腐食断面積が約 1 を上回る場合、全橋モデルおよび桁単体モデルは、補修量の増加による耐荷力回復率が上昇する効果が小さいことがわかる。崩壊モードに着目すると、図-4 より全橋モデルでは下フランジとウェブを板厚 8mm および 16mm で補修したケースで一致し、横構が座屈し主桁が面外方向に変形することで終局を迎える。また図-5 より桁単体モデルにおいては、下フランジとウェブを板厚 8mm および 16mm で補修したケースで支間中央の外側の床版が圧縮の限界ひずみに達して終局を迎える。よって、腐食断面積以上の補修量の場合、補修量の違いによらず同様の崩壊モードになり主桁以外の部材で耐荷力が決定されるため、耐荷力を向上させる効果は小さいと考えられる。

また、図-3 より当て板断面積／腐食断面積が約 1 を下回る場合、耐荷力回復率は桁単体モデルより全橋モデルの方が大きくなる。さらに、この差は補修量が小さいほど大きくなる。ここで、図-6 にレオンハルトの格子桁理論を用いて算出した設計値に対する G1 桁の断面二次モーメント毎の荷重分配係数を示す。図-6 より G1 桁の断面二次モーメントが小さくなるほど、G1, G4 桁の荷重分配係数は減少し、G2 桁は増加する。また G3 桁は一定である。すなわち、補修が不十分であるほど、主桁間の荷重が分配され、橋梁システムとしての効果が発揮され、補修量が小さいほどその効果は大きい。

### 4. まとめ

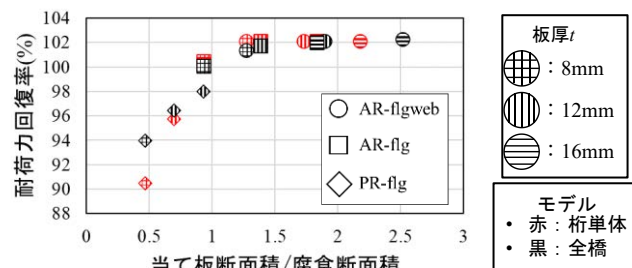


図-3 当て板断面積／腐食断面積－耐荷力回復率

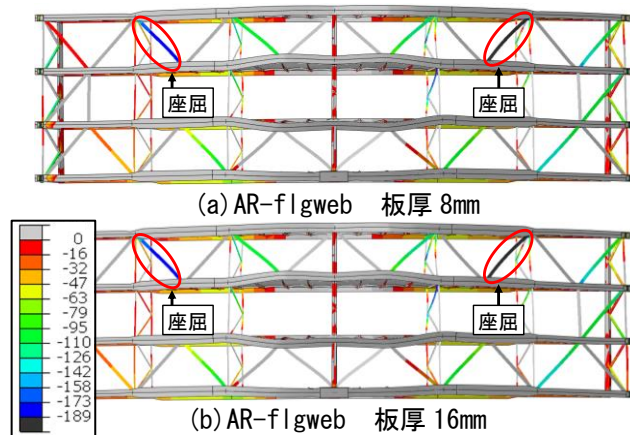


図-4 最大荷重倍率時軸方向応力コンター図  
(変形倍率 20 倍, 単位  $\text{N/mm}^2$ , 下側が G1 桁)

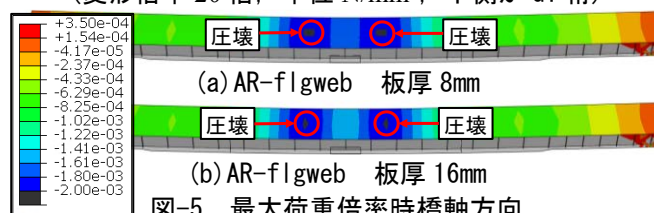


図-5 最大荷重倍率時橋軸方向  
ひずみコンター図 (床版, 変形倍率 1 倍)

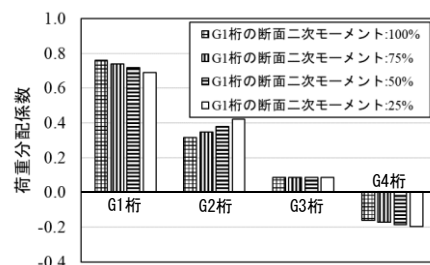


図-6 G1 桁の断面二次モーメント毎の荷重分配係数

本研究で得られた主な結果を以下に示す。

- (1) 腐食断面積を上回る補修を行った場合、桁単体モデル・全橋モデルに関わらず、崩壊モードが一致するため、補修量の増加が耐荷力向上に繋がらない。
- (2) 腐食断面積を下回る補修を行った場合、補修量が小さいほど主桁間の荷重が分配され、橋梁システムとしての効果がより発揮される。

### 参考文献

- 1) 大浦涼雅, 有村健太郎, 山口隆司: 腐食損傷を有する鋼鉄桁橋の橋梁システム挙動を考慮した補修法に関する解析的検討, 構造工学論文集, Vol.67A, pp26-34, 2021.
- 2) 建設省制定, 土木構造物標準設計, 全日本建設技術協会, 1994.
- 3) 有村健太郎, 廣澤直人, 舟山耕平, 山口隆司: 支間部に腐食劣化の生じた鋼 I 桁橋の耐荷性能評価に関する解析的検討, 構造工学論文集, Vol.65A, pp441-451, 2019.