

支承に機能障害を有する鋼 I 桁橋の弾塑性 FEM 解析による挙動分析

(一財) 橋梁調査会 フェロー会員 ○吉田 好孝
(一財) 橋梁調査会 正会員 大石 龍太郎

1. 背景と目的

鋼 I 桁橋の桁端部には、腐食、疲労亀裂、変形あるいは破断など、橋梁の維持管理上、深刻な損傷がしばしば発生する。中でも鋼製支承の腐食、亀裂、アンカーボルトの抜け出しなどは、設計時に想定していた支承の健全な機能を大きく損ない、橋梁全体の耐荷力にも少なからぬ影響を及ぼすものである。

しかも一般に桁端部近辺の空間はもともと狭隘なうえに、落橋防止システムの配置により点検が困難となっており、損傷の発見や対応が遅れることもある。

近年、橋梁の桁端部の損傷についてはその重要性が強く認識され始めているが、それらの多くは定性的な把握に留まっており、それらの影響度についての数値的な考察はあまり進んでいないのが現状である。本論文では特に支承の機能障害が橋梁の安全性などに与える影響に着目し分析した。

2. 支承の機能障害の事例

支承に生じた機能障害の事例を写真-1 に示す。この事例では鋼非合成鉄桁橋のローラー支承が腐食し、移動機能に影響が出始めている。



写真-1 ローラー部の腐食

3. 解析対象とした橋梁構造及び材料

解析対象とした橋梁構造は、我が国の鋼橋で最も一般的な橋梁形式である単径間鋼 I 桁橋である。旧建設省制定の標準設計図集に示されている橋梁構造範囲（支間長 25～44m）から選定した。本橋では分配横桁は支間中央に配置されており、桁端部は対傾構造となっている。桁断面を図-1 に示す。

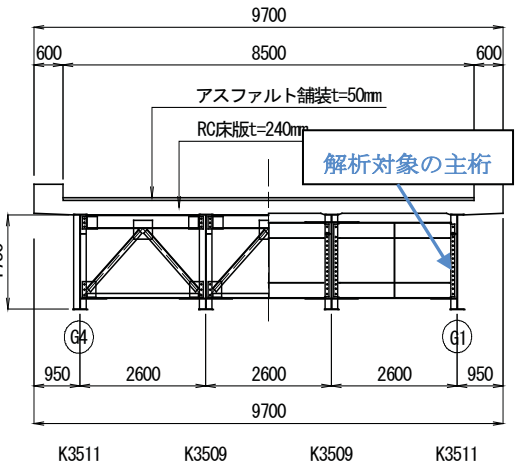


図-1 検討の対象とした上部工断面

- 1) 橋梁形式：単径間鋼プレートガーダー橋
- 2) 支間長：35m
- 3) 床版構造：鉄筋コンクリート構造
- 4) 横桁構造：支間中央に中間横桁（フルウェブ）
- 5) 桁端構造：端対傾構
- 6) 使用材料：鋼材 SM490Y, 引張強度 $\sigma_t=490 \text{ N/mm}^2$
コンクリート床版 圧縮強度 $\sigma_{ck}=30 \text{ N/mm}^2$
引張強度 $\sigma_{tk}=2.22 \text{ N/mm}^2$

表-1 解析モデルの設定条件（G1 桁）

4. 検討ケースと解析モデル

検討ケースを表-1 に示す。Case-2～4 には表に示すように、あらかじめ設定した損傷を支承に設けている。ケース4は弾塑性モデルとした。

解析には板要素からなる弾性及び弾塑性 FEM モデルであり、外桁の床版有効幅を考慮した主桁単一モデルである。桁端部の拡大図を図-2 及び図-3 に示す。なおコンクリート床版はソリッド要素とした。

解析 ケース No.	支承及び桁端部の損 傷条件	桁と床版の結合条件				亀 裂 の 有 無
		非合成		合成		
		弾 性	弾 塑 性	弾 性	弾 塑 性	
Case-1	健全モデル	○		○		無
Case-2	回転機能に障害あり	○		○		無
Case-3	回転機能・滑り機能に 障害あり	○		○		無
Case-4	回転機能・滑り機能に 障害あり、桁に亀裂あ り		○		○	有

キーワード 鋼 I 桁, 支承の機能障害, 桁端部損傷, 応力集中, FEM, 耐荷力

連絡先 〒112-0013 東京都文京区音羽 2-10-2 TEL 03-5940-7788 FAX 03-5940-7789

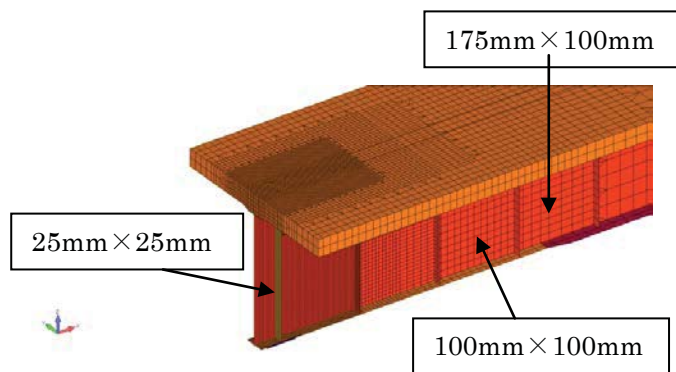


図-2 桁端部の拡大図と要素サイズ

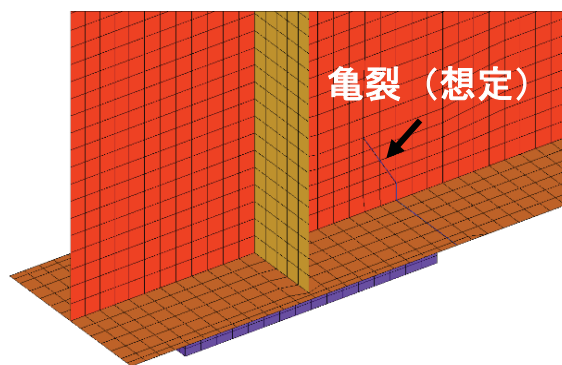


図-3 桁端部の亀裂

5. 解析結果

支承に機能障害が生じたケース (Case-2, 3) では、支承近傍の桁の応力度が大きくなり、局部的に降伏値 ($\sigma_y = 355 \text{ N/mm}^2$) を超過する。

死荷重を一定とし、活荷重を漸増させた結果を図-4, 5 に示す。この荷重-変位曲線において設計荷重時の載荷荷重は 1952kN であり、非合成桁では 2100kN あたりから変位が急増していく。一方、合成桁では、やはり 2000kN を越えたあたりから変位がやや急に増加し始め、3100kN を超えると急激に増加する。

局部的な応力度を見ると、支承の機能障害を有するモデルの全て

(Case-2~4) において、設計荷重載荷により、支承近傍では非合成桁で 2390kN、合成桁で 1080kN (いずれも回転拘束、Case-2) という高い応力度が発生する。

6. 結果のまとめ

支承の回転機能が拘束されると、桁の支承近傍には降伏応力度の 3 倍以上もの応力度が局部的に発生すること、また、桁の支承近傍のフランジとウェブに亀裂が生じると、桁の耐荷力が大きく損なわれ、非合成桁の場合、設計荷重のわずか 1.07~1.08 倍程度 ($2100/1952 \div 1.076$) で桁が大きく変位し始めるという結果が得られた。橋梁の維持管理に当たっては、重大な事故を発生させないように、支承の機能障害に対して細心の注意が必要である。

参考文献

- 1) 道路橋の重大損傷—最近の事例—、財団法人海洋架橋・橋梁調査会、平成 21 年 3 月
- 2) 建設省制定：土木構造物標準設計 23、活荷重合成プレートガーダー (その 1)、昭和 54 年 3 月
- 3) 吉田好孝・大石龍太郎・二宮仁司・佐々木寛幸：支承の機能障害が鋼桁の挙動と耐荷力に及ぼす影響分析 第 2 回北陸橋梁保全会議、平成 28 年 10 月

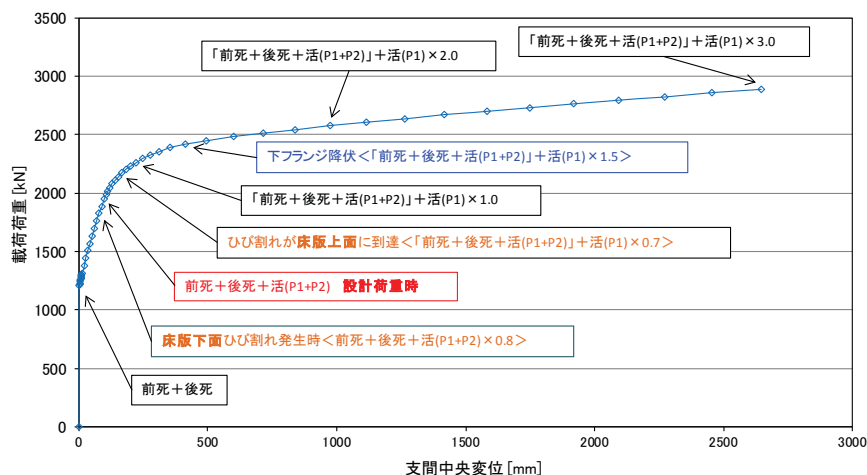


図-4 載荷荷重—支間中央変位の関係 (Case-4 非合成桁)

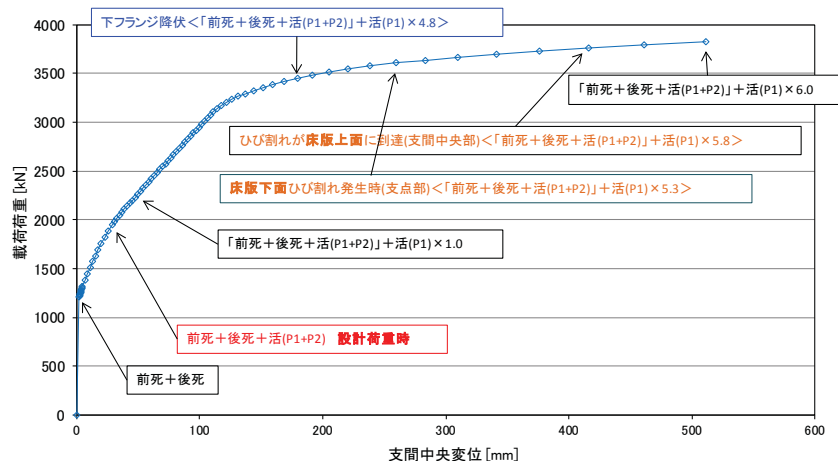


図-5 載荷荷重—支間中央変位の関係 (Case-4 合成桁)