

変形を受けた鋼鉄道橋の耐荷力特性に関する検討(その2)

首都大東京大学院 学 ○松下大輔 大門正明 正 長嶋文雄
 鉄道総合技術研究所 正 北健志 正 池田学
 JR 西日本 正 中山大志 正 近藤拓也

1. はじめに

桁下空頭制限の高さを越えた車両や重機等を載せた大型トレーラーの進入により、列車の運行を妨げるような鋼桁への衝突事故が発生する場合がある。公共交通機関である鉄道にとって、早期復旧は重要課題であるが、このような衝突事故に対する列車運転再開の明確な管理基準がない。本研究は、鋼桁の諸元や変形量などの限られた情報に基づき、定量的に停止継続・徐行等を判断できる手法を構築することを最終目的に、実橋を模擬した2主桁モデルでFEM解析を行い、片側の主桁中央部に局部変形を受けた場合に桁の耐荷力にどのような影響を及ぼすかを検討した。

2. 解析モデルおよび解析条件

解析には、i)衝突を模擬した変形付与を行い、ii)中央パネルに純曲げを与えるような鉛直方向载荷を行う、といった一連の流れを再現できる汎用の衝撃応答解析プログラムLS-DYNAを用いた。また、本解析手法については、既往の静的载荷試験の再現を試み、変形を受けた鋼桁の静的载荷試験を精度良く再現できることを確認している^{1, 2)}。

実橋に近い構造である2主桁モデルを用いて解析を行い、橋梁全体系での変形付与による耐荷力特性への影響について検討した。対象とした構造は、スパン12.9m、桁高1.2m、主桁間隔1.7mの実際に鉄道橋に用いられている上路プレートガーダー橋である。解析モデルの概要を図1に示す。解析モデルは全てソリッド要素で構成した。

载荷は、最初に左主桁(図1のモデル図の手前側の主桁)に、変形付与ジグを桁にそれぞれ垂直方向あるいは面外方向に押し当てて所定の変形を付与し、その後、桁スパン中央の上フランジを鉛直方向下向きに载荷する2段階の载荷方法を採用した。付与した変形は、局部変形84mm、水平変形56mm($L/230$, L :スパン)であり、変形量はこれまでの事例をもとにほぼ最大値に設定した。

鉛直方向の载荷は、2主桁上に横梁を設けて、その中央1点に载荷した。なお、载荷点はピン結合とし、鉛直方向以外には拘束しないようにした。

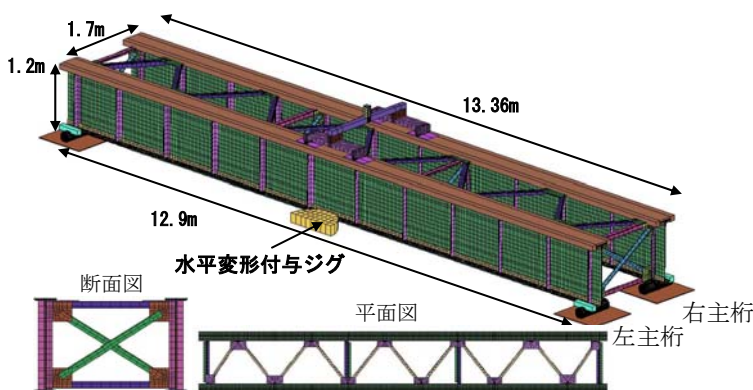


図1 解析モデル(水平変形付与の場合)

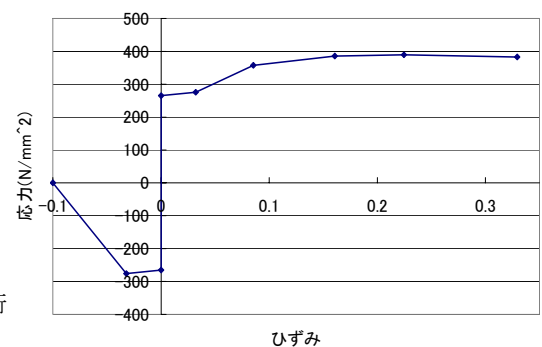


図-2 相当応力-相当塑性ひずみ関係

鋼材の材料構成則は、引張試験結果に基づいた多直線近似の相当応力-相当塑性ひずみ関係を設定し、圧縮側には劣化特性を与えている(図2)。この構成則は、载荷実験の再現解析において実挙動を表現できるように設定したものである。その他の物性値は、質量密度を 7.85×10^3 (kg/m^3)、弾性係数を205.9 (GPa)、ポアソン比を0.3とした。

キーワード 3次元FEM解析, 耐荷力特性, 限界変形量, パラメータ解析

連絡先 〒192-0397 東京都八王子市南大沢 1-1 首都大学東京大学院 都市環境学部 TEL 0426-77-2774

3. 解析結果

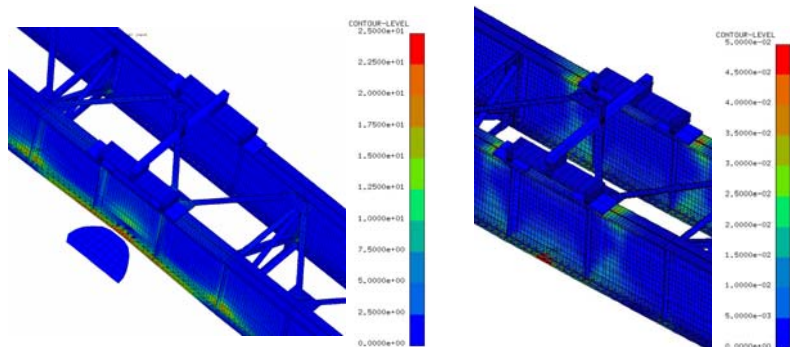
水平変形を付与したケースの変形付与直後および鉛直荷重時の最大荷重時のスパン中央付近の主桁の応力図を図3に示す。水平変形 56mm 付与時には、主桁下フランジに最大 256N/mm^2 の応力度が生じており、ほぼ降伏強度に近い応力度が生じている。最大荷重には、載荷点近傍の上フランジおよび下フランジのひずみが高くなっている。

図4には、解析結果の鉛直荷重と変位の関係を示す。各主桁の鉛直荷重と変位の関係 ((a)左主桁, (b)右主桁) と、2主桁合計を示す。図より、局所変形を受けた場合には耐荷力特性は変わらないことがわかる。また、水平変形を受けた場合には、変形なしと比較して、最大耐力はほとんど同じであるが、剛性が変化する点が若干下がっている。これらの傾向は1主桁モデルの解析結果と同じである^{2),3)}。

また、図5には、左右主桁の変位差（左主桁－右主桁の変位）と鉛直荷重の関係を示す。局所変形の場合には、変形付与時の影響で最初は右主桁の方が鉛直変位が大きい、それ以降は最大荷重程度まで左右主桁に変位差は生じていない。水平変形の場合には、最初に変形を付与した左主桁の変形が大きい、途中で反転して変位差が小さくなっている。左右主桁の変位差は最大 1.5mm 程度と小さく、列車走行性の観点からも問題ないレベルである。

なお、対傾構、横構の応力度は変形付与時にそれぞれ最大 37.2N/mm^2 , 122N/mm^2 , また、最大荷重を示した時にそれぞれ 38.4N/mm^2 , 241N/mm^2 の応力度が生じており、全て弾性範囲内であった。

本解析結果のみでは桁の耐荷力を確保できる水平変形量の限界値を設定することは困難であるが、変形付与時に下フランジには降伏強度に近い応力度が生じていること、横構にもかなり高い応力度が生じていることから、水平変形量の限界値は $L/200$ 程度に留めるのがよいと考えられる。



(a) 水平変形付与直後の応力図

(b) 最大荷重時のひずみ分布

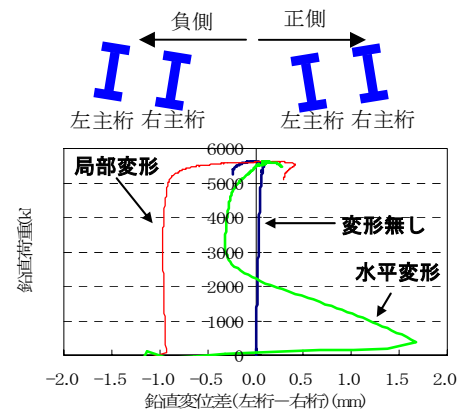


図5 左右主桁の変位差と鉛直荷重の関係

図3 水平変形を付与したケースの解析結果

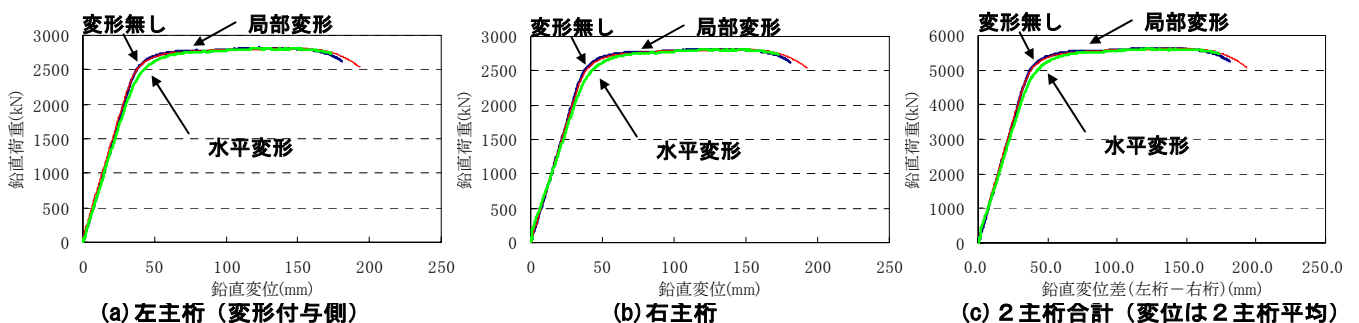


図4 鉛直荷重－鉛直変位の関係

4. おわりに

実際の鋼鉄道橋を対象に、3次元FEM解析により変形を受けた場合の耐荷力特性に関して検討したところ、鋼1主桁モデルと同様な傾向が認められた。また、対傾構や横構の応力度も弾性範囲内であった。今後は変形量を変化させたパラメータ解析を行い、文献3)で提案した水平変形量の限界値の妥当性を検証する予定である。

参考文献 1) 滝谷・大門・長嶋・相原・池田・中山・木村: 変形を受けた鋼桁の耐荷力の検討, 土木学会第60回年次学術講演会, 2005, 2) 松下・大門・長嶋・相原・池田・中山・木村: 局所変形した鉄道橋鋼桁の残存耐荷力に関するパラメータ解析, 土木学会第61回年次学術講演会, 2006, 3) 北・池田・長嶋・松下・中山・近藤: 変形を受けた鋼鉄道橋の耐荷力特性に関する検討, 土木学会第62回年次学術講演会, 2007(投稿中)