

変形を受けた鋼鉄道橋の耐荷力特性に関する検討（その1）

鉄道総合技術研究所 正会員○北 健志 正会員 池田 学
 首都大学東京大学院 正会員 長嶋文雄 学生員 大門正明 松下大輔
 JR 西日本 正会員 中山大志 正会員 近藤拓也

1. はじめに

架道橋等で、制限高さを超えた車両が鋼桁に衝突し、桁に変形等の損傷が生じて列車の抑止を行う事故が生じることがある。このような場合に、事故後の運転再開のための判断基準がなく、現場の判断に頼っているのが現状である。そこで本研究では、衝突により鋼桁に変形が生じた場合の健全性を評価する手法を提案することを目的に、鋼鉄道橋を対象に3次元FEM解析により桁の変形による耐荷力への影響について検討した。さらに、変形モードや変形量をパラメータに解析を行い、鋼桁の耐荷力特性の観点から変形量の限界値について検討した。

2. 変形を受けた鋼桁（1主桁）の耐荷力特性に関する検討

(1) 解析の概要と解析条件

衝突から鉛直荷重までの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による解析を行い、変形を受けた鋼桁の耐荷力を調べた。解析モデルは全てソリッド要素で構成し、材料構成則は、鋼材の引張試験結果をもとに設定した。その他の物性値については、質量密度を $7.85E+03(\text{kg/m}^3)$ 、弾性係数を $205.9(\text{GPa})$ 、ポアソン比を 0.3 とした。

鉄道橋における衝突事故事例によると、主な変形パターンとしては、下フランジが局部的に曲げ上がる『局部変形』、下フランジが水平方向に押込まれる『水平変形』、水平変形と局部変形が生じた『複合変形』である。そこで、これらの変形モードを考慮して、局部変形、水平変形および複合変形の3ケースについて検討を行った。変形の付与は、図1に示すように変形付与ジグを下フランジに鉛直方向（局部変形付与の場合）に、あるいは面外方向（水平変形の場合）に押し当てることで再現した。このように強制的に変形を付与した後に、スパン中央の上フランジに鉛直荷重を載荷した。本解析手法については、既往の静的載荷試験の再現を試み、変形を受けた鋼桁の静的載荷試験を精度良く再現できることを確認している^{1),2)}。

(2) 局部変形を受けた鋼桁の耐荷力特性

支間 12900 mm 、桁高 1700 mm の上路プレートガーダー（リベット構造）の1主桁を対象に、鋼桁の局部変形量を変えて解析を行い、局部変形量による桁の耐荷力特性への影響について検討した。図2に、局部変形量をパラメータに解析した結果を示す。局部変形量は 53 mm と 106 mm であり、 106 mm は調査結果の最大変形量である。

図2より局部変形量を付与しても剛性の低下は見られなかった。また、耐荷力については、局部変形を付与する

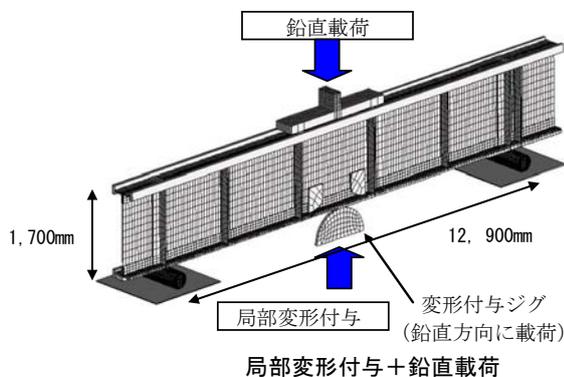


図1 FEM解析における荷重方法

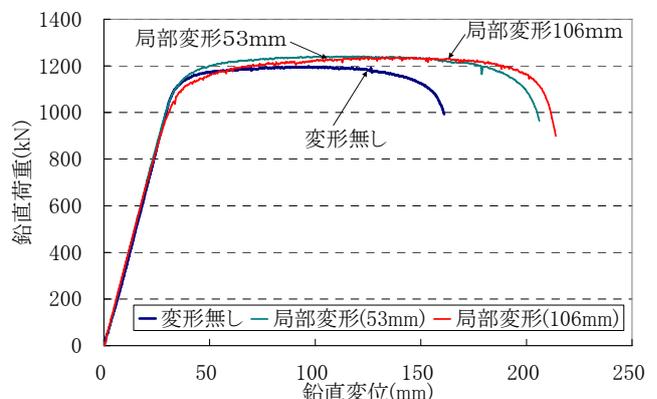


図2 局部変形量による耐荷力特性への影響

キーワード 鋼鉄道橋, 衝突, 3次元FEM解析, 耐荷力特性, 限界変形量

連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町2-8-38 (財) 鉄道総合技術研究所 鋼・複合構造 TEL 042-573-7280

とひずみ硬化の影響により逆に 2~3%増加する結果となった。これは、局部変形が引張側フランジに生じており、耐荷力特性への影響が小さいためと考えられる。これは文献2)と同様な傾向であり、下フランジへの局部変形付与による耐荷力特性への影響は小さいことが確認できた。

(3) 水平変形を受けた鋼桁の耐荷力特性

図3に水平変形量をパラメータとした解析結果を示す。付与した水平変形量は40mm~190mmの5ケースであり、スパンLとの比で表すとL/300~L/70の5ケースである。図3より、水平変形量がL/200までは変形無しと同じであるが、これを超えると降伏荷重が小さくなり、剛性も低下する傾向が認められる。また図4には、降伏荷重と最大荷重について水平変形量との関係を示す。図4より、最大荷重は変わらないものの、水平変形量がL/150を超えると降伏荷重が急激に小さくなるのがわかる。そのため、安全側の評価として限界変形量L/200を設定するのが良いと考えられる。

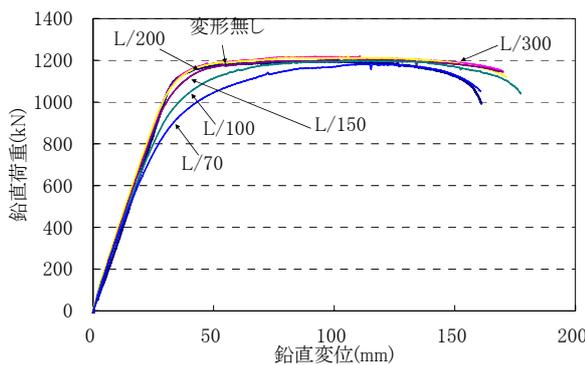


図3 水平変形量による耐荷力特性への影響

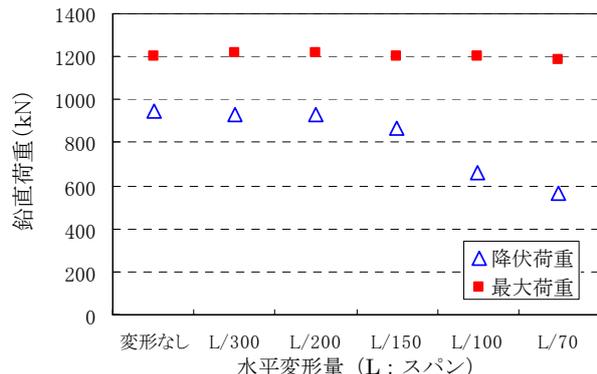


図4 水平変形量と降伏荷重・最大荷重の関係

(4) 複合変形を受けた鋼桁の耐荷力特性

複合変形を受けた鋼桁の耐荷力特性について検討するため、支間5500mm、桁高1016mmの桁を対象に解析を行った(図5)。解析ケースは、変形を付与しないケースを含めて計6ケースである。図中には変形量を(局部変形量, 水平変形量)にて示している。図5から下記のことわかる。

- ・ 局部変形が支配的なケース②, 水平変形が支配的なケース③は、変形無しのケース①と比較すると、上記と同様な傾向があることが確認できる。
- ・ ケース④~⑥を比較すると付与した水平変形量と局部変形量ともに大きくなっているが、図3と同傾向は似ており、桁の耐荷力特性には水平変形による影響が支配的である。
- ・ ケース④とケース⑤を比較すると、局部変形量の大きいケース⑤の方が剛性や荷重が若干低下している。このことから、水平変形と局部変形を両方受ける場合には、局部変形による影響も若干受けている可能性がある。

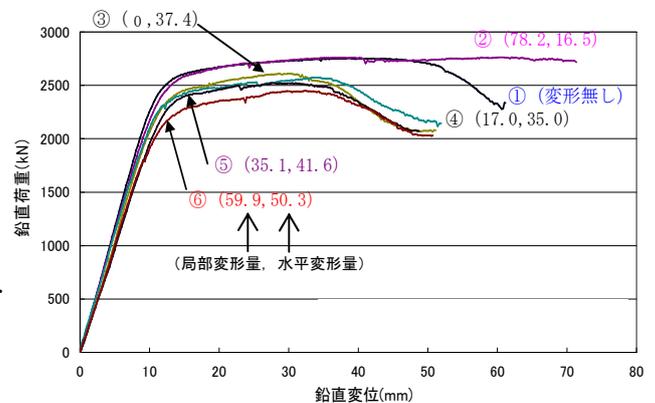


図5 複合変形による耐荷力特性の影響

以上の検討結果より、桁の耐荷力は水平変形量の影響が支配的であることを確認したが、水平変形量が大きくなると局部変形の影響も受ける可能性があるため、これについてはより詳細な検討が必要と考えられる。

3. おわりに

FEM解析により変形を受けた鋼桁の耐荷力について検討した結果より、耐荷力を確保するための水平変形の限界値はL/200(L:支間)と設定することができると考えられる。今後、桁の載荷実験結果や、さらに予ひずみによる鋼材の破壊靱性への影響と合わせて、鋼桁に変形が生じた場合の健全性評価法を確立していく予定である。

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:局部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