

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

首都大学東京大学院 学○松下大輔 学 大門正明 正 長嶋文雄

鉄道総合技術研究所 正 相原修司 正 池田 学

JR 西日本 正 中山太士 正 木村元哉

1. はじめに

桁下空頭制限高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、列車運行を妨げるような鉄道橋鋼桁への衝突事故がごく稀ではあるが、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、列車運転再開にあたり、具体的な管理基準が望まれている。そこで、本研究では、鋼桁の変形量等の限られた情報に基づき、定量的に停止継続・徐行・通常運転を判断できる評価法の提案を最終的な目的とし、まずは、その基礎資料として最も単純なI桁を対象として、健全な橋桁と、衝突をシミュレートした局部変形のある橋桁のそれぞれについて3次元有限要素法解析を行い、局部変形が橋桁の耐荷力へ及ぼす影響について検討した。

2. 過去の事故例と変形パターンの分類

実際の事故例より、衝突による桁の変形は一般に、下フランジの曲げ上がりや下フランジの押し込みなどが見られる。事故の極端な例としては、部材の破断や軌道の変状など目視によって明らかに車両運行が困難であろう場合もある。この場合は、現地職員によって列車を停止させるという判断は容易かもしれない。しかし、変形が下フランジの曲げ上がりや下フランジの押し込みなどの場合、その変形量によっては徐行もしくは通常運行でも問題ない場合もあるはずである。こ

下フランジ曲げ上がり 下フランジ押し込み

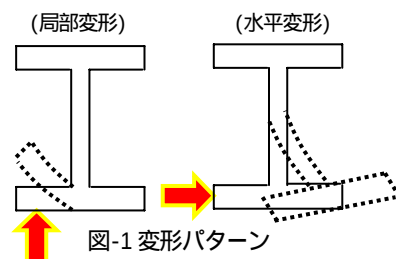


図-1 変形パターン

のことに、一般的な衝突事例としては中央パネルに対して下フランジの曲げ上がり量を局部変形量、下フランジの押し込み量を水平変形量として考慮し、その変形量による桁の耐荷力への影響を検討することにした。

3. 解析方法

本研究では、局部変形量と水平変形量のそれぞれの残留変形量をパラメータとし、それぞれについて表-1に示す解析ケースの載荷シミュレーション解析を行った。解析モデルはウェブ高1.2m、支間長12.9mの上路プレートガーダー橋のI型部材で、単純支持状態の鋼桁である。解析には汎用衝撃応答解析コードLS-DYNAとプリポストプロセッサJVISIONを用い、モデルはSOLID要素で構成している。鋼桁の材料は、それぞれ明治31年と昭和5年に製作された桁から採取した鋼材の引張試験結果(図-2)と表-2に示す物性値を持つ明治31年材(M31材)と昭和5年材(S5材)を用いた。また、桁中央部橋軸方向に関して対称であるため、全体の半分のみをモデル化した。要素数、節点数はそれぞれ9014個、15089点となっている。桁と支点部、桁と載荷点の接触部には静摩擦係数、動摩擦係数とも0.01を用いた。載荷方法は、中央部に純曲げ区間を有する二点集中荷重の一方単調載荷とし、解析時間短縮のため、毎秒100mmの強制変位を与え、構造減衰を用い、擬似静的載荷を行った。

表-1 パラメータ解析ケース

	材料	変形付与ジグ半径(mm)	残留変形量(mm)
健全桁	M31材		
局部変形付与桁	S5材	100,300,500	25,50,75,100
水平変形付与桁			40,80,120,160

表-2 物性値(M31材、S5材)

質量密度(kg/m ³)	弾性係数(Mpa)	ポアソン比
7.90E+03	2.10E+05	0.3

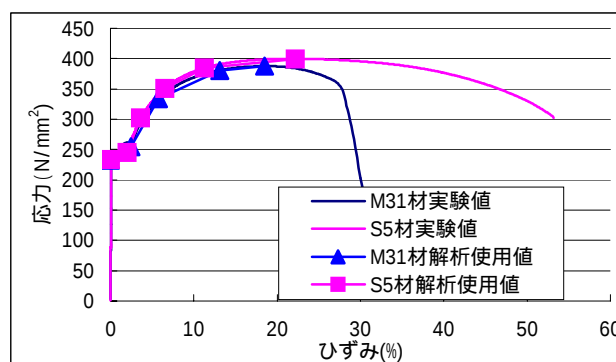


図-2 応力ひずみ関係曲線

キーワード 衝突、鋼桁、シミュレーション解析、接触問題解析

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 都市環境科学研究科 都市システム科学専攻 TEL042-677-1111内(4531)

4. 解析結果

4.1 健全桁と局部変形付与桁との比較

局部変形付与桁の場合は、下から半円ジグを押し当てて変形を付与し、変形が落ち着いてから(このときの変形量を残留変形量とする)载荷を始めた。また、変形の曲率による耐荷力への影響を考慮するために、半円ジグの半径を変えて解析を行った。解析結果を図-5a), b)と図-6a), b)に示す。M31材使用桁、S5材使用桁ともに局部変形付与桁の耐荷力が健全桁の耐荷力を上回る結果が得られた。これは、局部変形付与時の下フランジのひずみ硬化の影響であり、局部変形が橋桁の耐荷力に及ぼす影響はほとんどないと思われる。また、変形の曲率について検討したところ、M31材使用桁において半径100mmのジグを用いた場合、橋桁の剛性が1~4%下がるが耐荷力は他のジグ半径の場合とほぼ同じ値となり、ジグ半径の大きさによる耐荷力の変化は見られなかった。S5材を使用した場合のジグ半径の大きさによる耐荷力の変化も見られなかった。

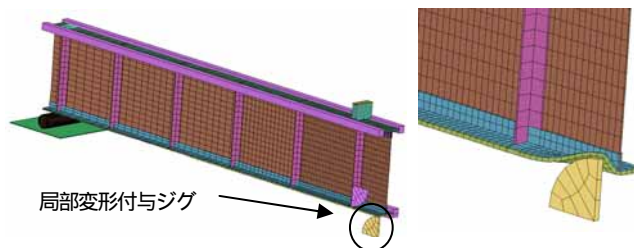


図-3 局部変形付与桁解析モデル 変形付与状況

図-5a), b)と図-6a), b)に示す。M31材使用桁、S5材使用桁ともに局部変形付与桁の耐荷力が健全桁の耐荷力を上回る結果が得られた。これは、局部変形付与時の下フランジのひずみ硬化の影響であり、局部変形が橋桁の耐荷力に及ぼす影響はほとんどないと思われる。また、変形の曲率について検討したところ、M31材使用桁において半径100mmのジグを用いた場合、橋桁の剛性が1~4%下がるが耐荷力は他のジグ半径の場合とほぼ同じ値となり、ジグ半径の大きさによる耐荷力の変化は見られなかった。S5材を使用した場合のジグ半径の大きさによる耐荷力の変化も見られなかった。

4.2 健全桁と水平変形付与桁との比較

水平変形付与桁の場合は、横から半円ジグを押し当てて変形を付与し、変形が落ち着いてから载荷を始めた。解析結果を図-7a), b)に示す。水平変形付与桁の耐荷力は残留変形量が約40mm、80mmの場合、僅かに健全桁を上回る。しかし、残留変形量が約120mm、160mmの場合、健全桁の耐荷力を下回る結果となった。よって、水平変形付与桁の場合、下フランジにひずみ硬化が認められるものの、残留変形量が約80mmを超えると、線形領域が狭くなり、約120mmを超えると、耐荷力が低下することがわかった。

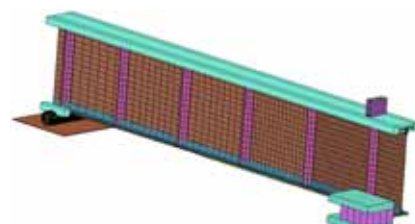


図-4 水平変形付与桁解析モデル

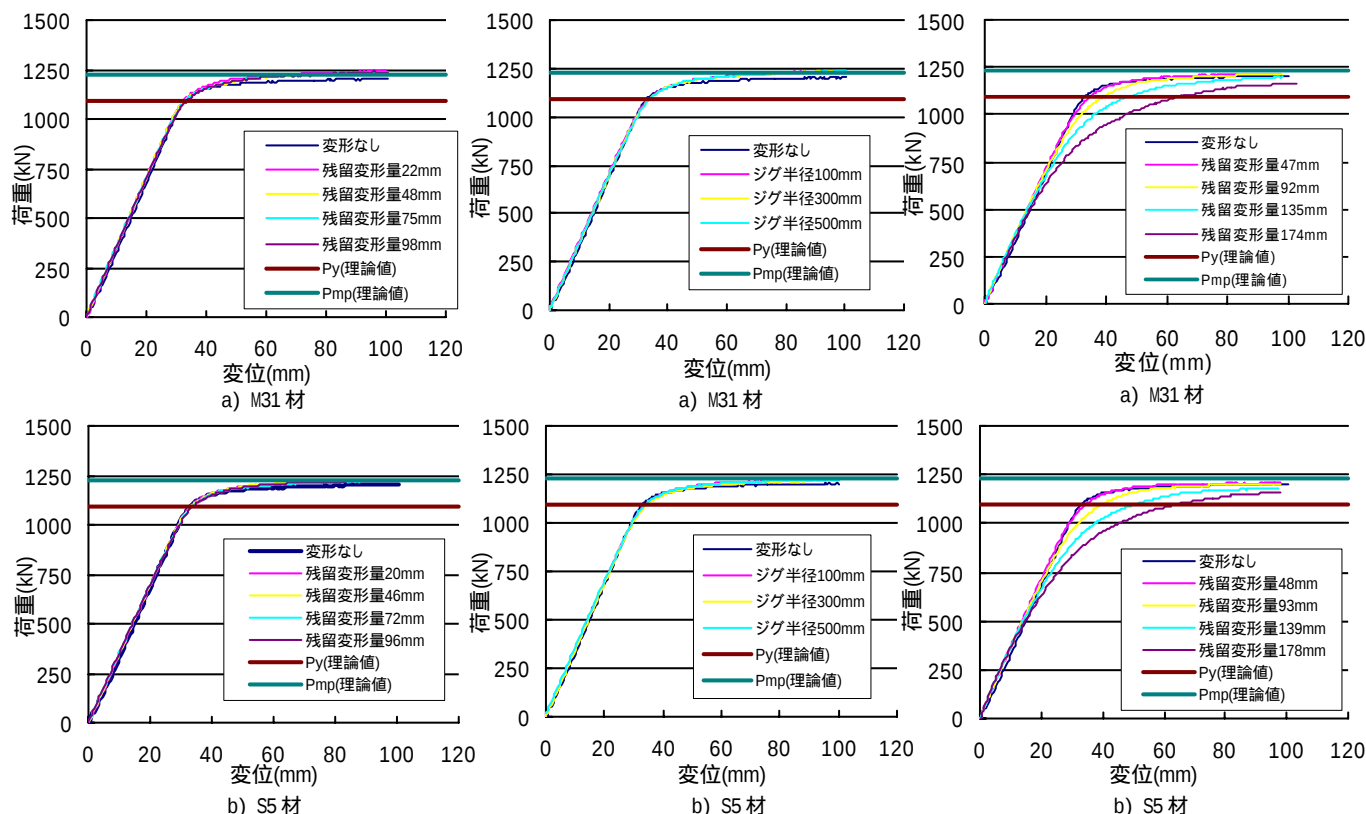


図-5 荷重変位関係係線

図-6 荷重変位関係係線

図-7 荷重変位関係係線

(局部変形付与ジグ半径 100mm 残留変形量比較)

(局部残留変形量 100mm 変形付与ジグ半径比較)

(水平残留変形量比較)

5. おわりに

パラメータ解析により、局部変形量、水平変形量が桁の耐荷力に及ぼす影響を検討した。局部変形付与桁の場合、耐荷力に及ぼす影響は少なく、水平変形付与桁の場合、健全桁より若干耐荷力が低下することなどがわかった。

参考文献 平成 17 年度全国大会第 60 回年次学術講演会概要 変形を受けた鋼桁の耐荷力の検討