# 変形を受けた鋼桁の耐荷力の検討（その２：シミュレーション解析）

首都大学東京大学院　学○滝谷是央　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．まえがき

本論（その１）では、変形を受けた鋼桁の耐荷力を確認することを目的に、実際に供用されていた鋼桁に自動車等の衝突を模擬した変形を与えたうえで、静的載荷試験を行っている。本報告（その２）は、衝撃応答解析用の汎用プログラムである「LS-DYNA」を用いたシミュレーション解析を行い、先に報告した試験結果との比較・検討を通して本解析手法の妥当性を検討したものである。

## ２．シミュレーション解析の概要

### ２．１ 解析手法

解析は、変形無し、局部変形、水平変形の 3 パターンについて行った。局部変形パターンの解析は、下フランジ部に押し上げジグ（R=360 ㎜の厚板）を用いて局部的な曲げ上がり変形を与えた後に載荷を行う。また水平変形パターンの解析は、下フランジのスパン中央部に面外方向に押し込みジグ（R=500 ㎜の厚板）を当て、桁を「く」の字に変形させた後に載荷を行う。図 1 に各解析パターンの概略を示す。また、衝突を模擬した変形方向や変形量について、試験結果に近い残留変形量になるよう計算を繰り返し行った（表 1）。

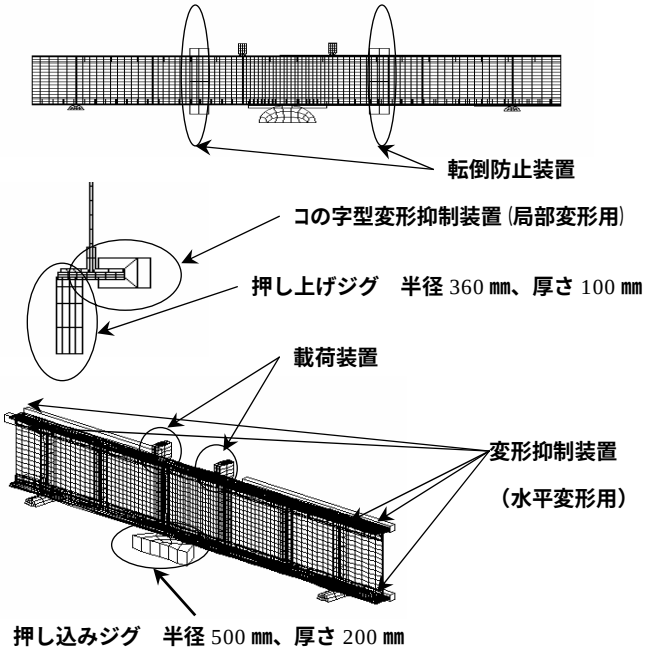



図 1　解析モデル

表 1　変形パターンと変形量

| 変形パターン | 変形量 | |
|---|---|---|
| | 試験結果 | 解析結果 |
| 局部変形 | 77 ㎜ | 86 ㎜ |
| 水平変形 | 29 ㎜ | 30.5 ㎜ |

### ２．２ 解析モデルと境界条件

解析モデルの概略図を図 2、3 に示す。桁の支間は 5,530 ㎜で桁高 1,016 ㎜のⅠ型断面の桁であり、モデルは全て SOLID 要素で構成し、局部変形パターンについては、要素数 3365 個、節点数 8036 個、水平変形パターンについては、要素数 2875 個、節点数 6968 個とした。物性値は SS400 材相当とし、質量密度 7.69e-5[N/㎜$^3$]、弾性係数 2.06e+2[kN/㎜$^2$]、ポアソン比 0.3 を用いた。歪み-応力関係は、塑性歪み領域においてトリリニア型の非線形特性を持たせ、降伏応力は 241[N/㎜$^2$]とした。載荷点や支点と橋桁との接触部には、硬鋼相互間の摩擦係数（静摩擦係数：0.78、動摩擦係数：0.42）を用いた。

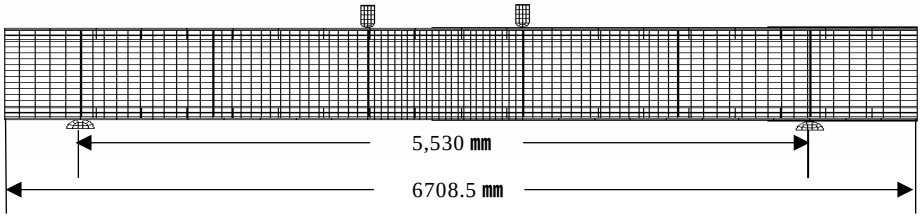



図 2　解析モデル側面図

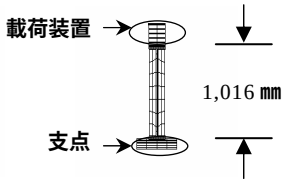



図 3　解析モデル橋軸方向図

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工学研究科土木工学専攻 TEL0426-77-1111 内(4531)

## ２．３ 載荷方法

載荷方法は、中央部に純曲げ区間を有する 2 点集中荷重の一方向単調載荷とした。載荷装置、ジグ及び変形抑制装置の変位制御方法を図 4 に示す。

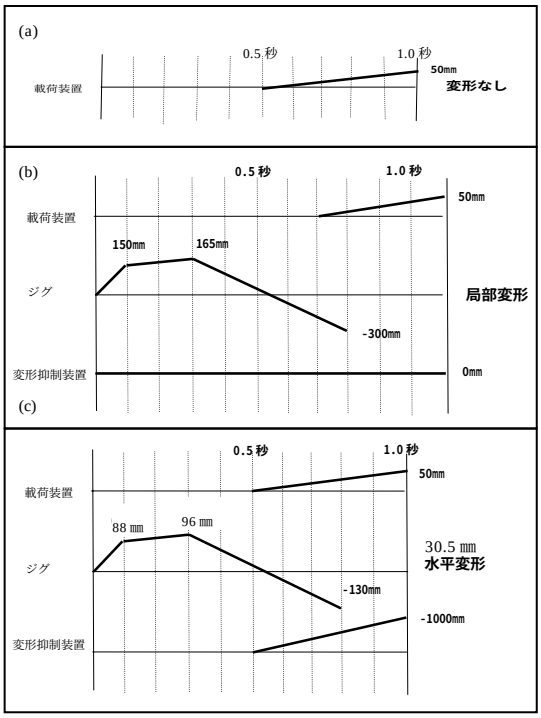
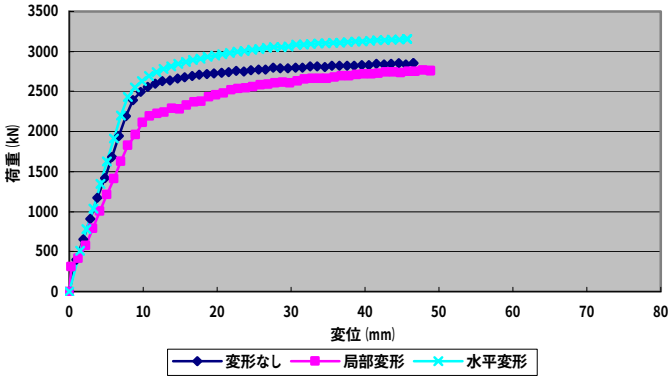



図 4　載荷装置・ジグ・変形抑制装置の変位制御

## ３．解析結果

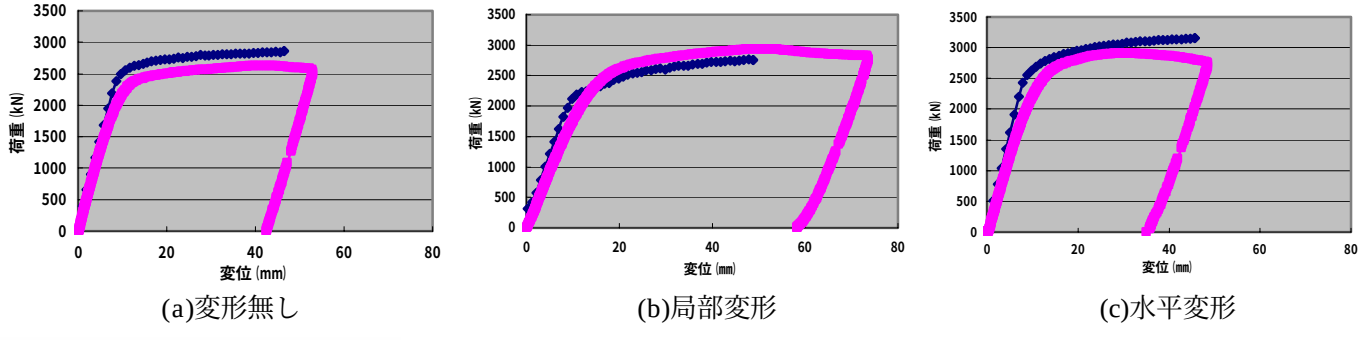
### ３．１ 荷重-変位関係

変形を受けた鋼桁の耐荷力シミュレーション解析結果を以下に示す（図 5）。解析における局部変形、水平変形の影響を検討したところ、変形無しの場合に比べて局部変形の最大荷重は若干低下したのに対して、水平変形の場合は幾分上昇した。



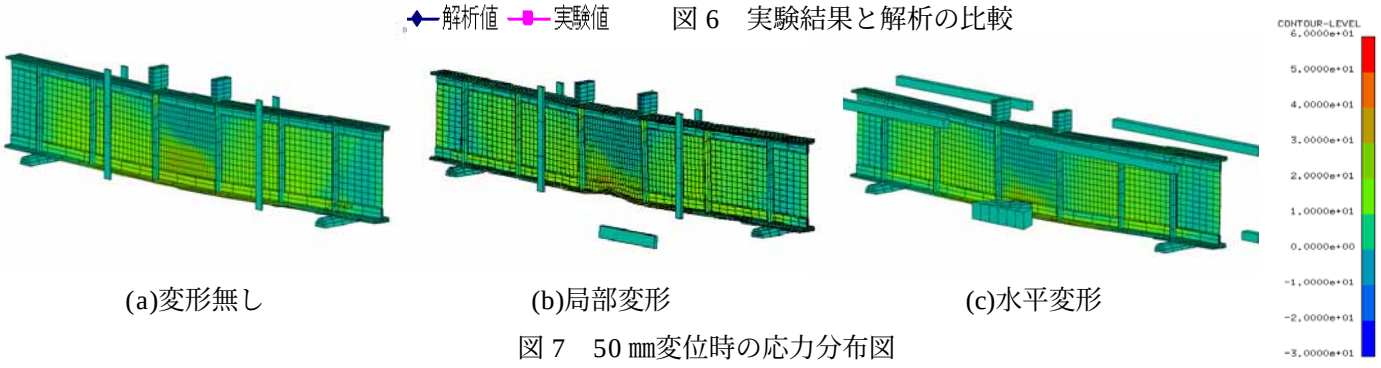

### ３．２ 試験結果との比較及び考察

変形を受けた鋼桁の耐荷力シミュレーション解析結果と試験結果（荷重-変位関係）を図 6 に、載荷装置を 50 ㎜強制変位させた時の応力分布を図-7 に示す。




(a)変形無し　　(b)局部変形　　(c)水平変形

図 6　実験結果と解析の比較




(a)変形無し　　(b)局部変形　　(c)水平変形

図 7　50 ㎜変位時の応力分布図

解析で得られた荷重-変位関係は、実験値と非常に良く似た形状となった。特に曲げ剛性は実験値と解析値がよく合致している。最大荷重値も比較的よく合致しており、本解析手法を用いれば、変形を受けた鋼桁の曲げ載荷試験を精度良くシミュレートすることが可能であることがわかった。

## 4. おわりに

局部変形を与えた場合には、耐荷力が若干低下するのに対して、水平変形を与えた場合にはわずかに耐荷力が上昇したが今後この原因について明らかにする予定である。