

単径間上路式鋼製トラス橋の地震時変形挙動に関する解析的研究

ヤマト設計 正会員 ○廣住 敦士 九州工業大学 正会員 山口 栄輝
 瀧上工業 正会員 織田 博孝 ヤマト設計 正会員 野中 哲也
 九州工業大学 学生会員 鬼木 浩二

1. はじめに

現行の道路橋示方書・耐震設計編では、レベル1および2の強度の地震動を考えることになっている。非常に稀にしか起こらないレベル2地震動に対しては、構造物に限定された損傷を許容する設計が可能になっている。ところが、トラス橋では地震損傷事例、あるいは全体系の損傷過程に立ち入った解析例がほとんど無いため、レベル2地震時における挙動があまり理解されていないのが現状である。よって、本研究ではレベル1地震動に対して設計された上路式鋼製トラス橋を対象として、レベル2地震動での地震時挙動の把握を行う。また、座屈拘束ブレースによる耐震性能向上についても検討する。

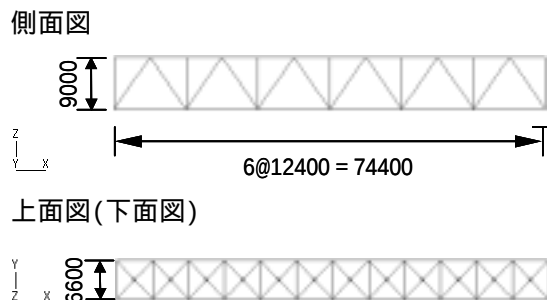


図-1 解析対象トラス橋(単位:mm)

2. 解析概要

2.1 解析モデル 図-1に示す橋長74.4mの単径間上路式鋼製トラス橋

を解析対象とした。支承条件は図-1の左端が固定支承、右端は可動支承としている。コンクリート床版はI形の横桁との合成構造である。上弦材、下弦材は箱形断面、腹材は箱形断面とI形断面、二次部材(上下横桁、上下横構、対傾構)はI形断面と逆T形断面で構成されている。鋼材はSM490YとSM400を使用しており、鋼材の応力-ひずみ関係は2次勾配がE/100(E:ヤング率)のバイリニア型で、移動硬化則に従うとし、床版のコンクリートの応力-ひずみ関係は土木学会鋼構造委員会・鋼構造新技術小委員会・耐震設計研究WGで提案された構成則¹⁾をベースとした曲線でモデル化している。

2.2 解析条件 地震波には、レベル2地震動の標準波形の一つであるJR鷹取駅で観測された加速度記録のEW成分を用い、橋軸直角方向に作用させる。減衰はレイリー減衰とし、減衰定数は $h_1=h_2=0.03$ とする。解析ソフトはY-FIBER3D²⁾を用い、材料非線形性のみならず、幾何学的非線形性も考慮して解析を行う。本解析モデルは、全部材を一次の梁要素でモデル化する。要素分割は別途検討した結果、固定支承近傍の部材は格点間5要素、その他の部材は格点間3要素としている。

3. 橋軸直角方向地震動における地震時挙動

変位が拘束され、かつ部材断面が小さくなっている左端の固定支承近くの变形性状に着目する。その着目点を図-2に示す。図-2では死荷重の影響で鉛直方向の変位は大きく、5秒あたりから更に大きくなる。橋軸直角方向の変位の振幅は最も大きい、残留変位は非常に小さい。また、下弦材の他の点では固定支承から離れるにつれて、いずれの方向の変位も大きくなっているが、鉛直方向の変位が急増するような現象は見られない。図-2の

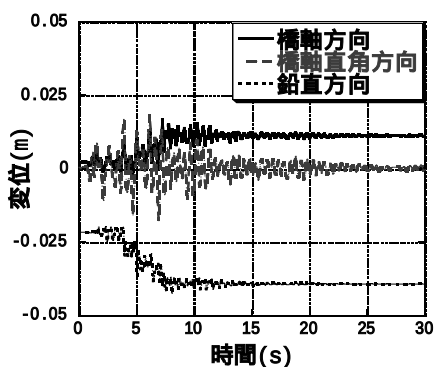
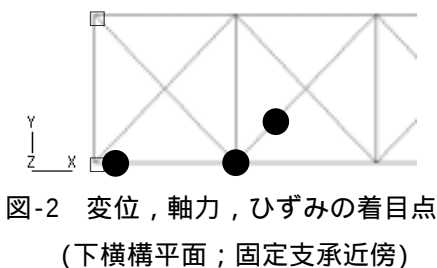


図-3 の変位の時刻歴応答

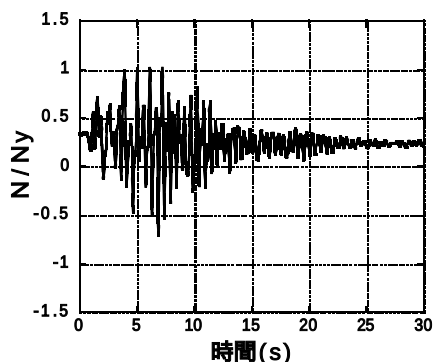


図-4 の軸力の時刻歴応答

キーワード 上路式トラス橋 時刻歴応答解析 耐震補強 座屈拘束ブレース

連絡先 〒804-8550 北九州市戸畑区仙水町1-1 Tel.(093)884-3110

での軸力の時刻歴応答を図-4 に示す。下弦材にはかなりの軸力変動が見られる。圧縮軸力も作用しているものの、単純トラスという構造特性から引張軸力の作用時間が長く、軸力値も引張側の方が圧縮側よりも大きい。図-2 の での下横構の軸力の時刻歴応答を図-5 に示す。この図を見ると、と同様に軸力変動はかなり大きく、降伏軸力の1/2を超えるような交番軸力が作用している。図-6 は、図-2 の における断面内の直ひずみ時刻歴応答($\varepsilon / \varepsilon_y$)である。下弦材は引張応力によって塑性変形しており、大きな引張ひずみが発生している。この図には、河野らの限界ひずみ³⁾も $\varepsilon_u / \varepsilon_y$ として参考までに図示している。応答ひずみは限界ひずみに達していない。これより下弦材は終局状態に達していないと考えられるものの、この下弦材断面は河野らの限界ひずみ式の適用範囲外であること、またこの限界ひずみ式は橋脚を対象として作成されたものであることから、下弦材の安全性を結論づけるにはさらに慎重な検討が必要である。主構、2次部材とも塑性変形はしているものの残留変位は非常に小さかった。

4. 座屈拘束ブレースの効果

4.1 座屈拘束ブレース配置位置 橋軸直角方向地震時における変形挙動を参照し、ここでは、大きな交番軸力の作用するトラス部材に座屈拘束ブレースを適用する。具体的には、図-7 に太線で示す固定支承上の端対傾構斜材、固定支承から2格間の下横構を座屈拘束ブレースに置き換える。

4.2 地震時特性 座屈拘束ブレースが有効に機能するための伸び剛性 EA 、降伏軸力 N_y の大きさについての明確な指針はない。そこで、座屈拘束ブレースの伸び剛性、降伏軸力をパラメータとし、橋軸直角方向の時刻歴応答解析を実施する。座屈拘束ブレースのパラメータの伸び剛性、降伏軸力を原部材の値、その1/2、1/4の値の計3種類を与え、9種類の解析を行い、応答値を比較する。応答値としては、固定支承近傍の下弦材直ひずみ(図-2 の)に着目し、時刻歴応答解析で得られた最大ひずみ、残留ひずみと基本モデルの解析結果との比を表-1 にまとめている。この表からわかるように、伸び剛性、降伏軸力の値により、かなり異なった応答が得られている。今回の検討結果では、伸び剛性が1/2、降伏軸力が1/4の場合に、座屈拘束ブレースは最も有効に機能していると考えられる。このひずみの時刻歴応答($\varepsilon / \varepsilon_y$)を図-8 に示している。

5. まとめ 橋軸直角方向地震時における変形挙動から、大きな交番軸力が作用するトラス部材に座屈拘束ブレースを適用し、耐震性能向上を図った。その結果、座屈拘束ブレースのパラメータが伸び剛性が原部材の1/2倍、降伏軸力が原部材の1/4倍の場合に、下弦材の直ひずみを最も低減させており、座屈拘束ブレースは有効に機能していると考えられる。

参考文献 1)耐震設計 WG：鋼橋の耐震設計指針案と耐震設計のための新技術、土木学会、1996。 2)ヤマト設計株式会社：3次元ファイバーモデルによる鋼構造物の耐震解析システム、ヤマト設計株式会社、2003。 3)河野ら：鋼部材セグメントの終局ひずみ算定式の再検討と鋼アーチ橋への適用、第6回保耐シンポジウム講演論文集、2003。

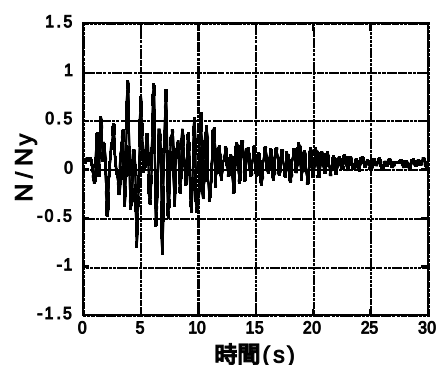


図-5 の軸力の時刻歴応答

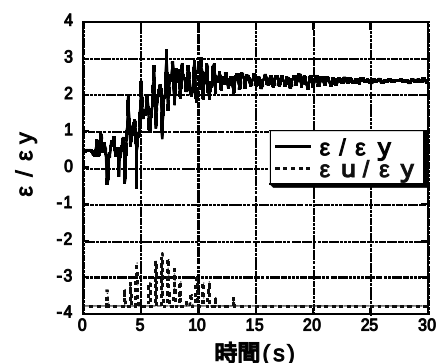


図-6 のひずみの時刻歴応答



図-7 座屈拘束ブレース配置位置

表-1 座屈拘束ブレースの効果

(a)最大ひずみ

$\frac{EA}{N_y}$	1倍	1/2倍	1/4倍
1倍	1.00	0.61	0.43
1/2倍	0.93	0.77	0.36
1/4倍	0.82	0.73	0.53

(b)残留ひずみ

$\frac{EA}{N_y}$	1倍	1/2倍	1/4倍
1倍	1.00	0.48	0.31
1/2倍	0.83	0.68	0.21
1/4倍	0.63	0.57	0.38

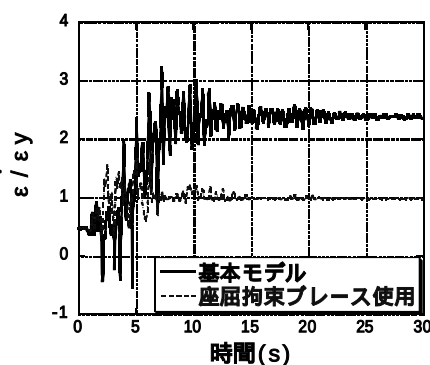


図-8 ひずみの時刻歴応答