津波の影響を受ける橋への損傷制御型支承の適用に関する研究 (その1 損傷制御型支承のコンセプトと試作支承による検証実験)

国立研究開発法人 土木研究所 正会員 〇森屋 圭浩 中尾 尚史 星隈 順一

1. はじめに 2011 年の東日本大震災における津波に よる被災を踏まえ,構造物の設計で想定している状況 を超える状況が生じたとしても,機能損失による社会 的影響を最小化できるように予め配慮しておくことの 重要性が近年指摘されている.

橋は様々な役割の部材の組合せによって構成された 構造物であり、津波の影響に対する最終的な破壊への 導き方(破壊シナリオ)には複数の考え方がある.そ の中から、津波による橋の挙動の特性に応じて、相対 的に機能回復力の高い破壊シナリオを選択し、その上 で高い信頼性をもって当該破壊シナリオとなるように 各部材の設計を行うことが重要である.

本研究では、上述の観点を踏まえ、津波の影響を受ける桁橋の支点部(支承部)を損傷制御部材の1つとして選定し、耐力と損傷形態のコントロールを高い信頼性をもって行うことが可能な損傷制御型支承を試作し、その機能を載荷実験により検証した.

2. 損傷制御型支承

1)構造コンセプト 本研究で考案している損傷制御型 支承は,既設道路橋において広く使われている密閉ゴ ム支承板支承の一部を損傷制御部品に改良したもので ある.損傷制御部品は,既往の載荷実験¹⁾により検証さ れている同支承の損傷メカニズムを踏まえ,鉛直上向 き力に抵抗する逆L型サイドブロックとした.

損傷制御部品の構造については、図-1 に示すように、 サイドブロックの一部を窪ませて、その部分において 曲げ損傷させる構造としている.さらに、下沓突起部 については、傾斜したガイドを設けることにより、橋 軸直角方向や斜め方向のような鉛直上向き方向とは違 う方向の力に対しても、それらの力を鉛直上向き方向 の力に変換させて損傷制御部品に荷重を伝達させる構 造としている.

2) 損傷制御のメカニズム 作用力の方向ごとの損傷制 御のメカニズムは図-1 に示すとおりである. すなわち, 橋軸直角方向に対しては,上沓を下沓突起に接触した 後に下沓突起の斜面上を滑りながら鉛直上向き方向へ



図-2 損傷制御型支承の外形図

移動させ,右側の損傷制御部品の損傷部を曲げ変形さ せて上沓と損傷制御部品の張出し部との引掛りが外れ ることにより支持機能が損失するメカニズムとなって いる.また,鉛直上向き方向ならびに斜め方向の力に 対しては,上沓が左右の損傷制御部品の張出し部に接 触した後,同様に損傷部を曲げ変形させて上沓と損傷 制御部品の張出し部との引掛りが外れることにより支 持機能が損失する仕組みとなっている.

3)設計思想 損傷制御部品の損傷部は,設計で考慮す る荷重に対して弾性限界を超えないように設計した上 で,その損傷部の断面が塑性化する状況を想定し,そ の状況に対して,損傷制御部品の損傷部以外の部位や 作用力の伝達経路上にあるその他の部品が弾性限界を 超えないように設計するという考え方に立脚している.

3. 単体載荷実験の概要 本研究で試作した損傷制御 型支承(以下:試作支承)を図-2に示す.試作支承は, 密閉ゴム支承板支承の400kNタイプを使用し,前述し た構造コンセプトと設計思想に基づき設計を行った. 試作支承の各部品の材料は,上沓は溶接構造用圧延鋼

キーワード 津波,損傷制御型支承,単体載荷実験,損傷形態

-461-

連絡先 〒305-8516 茨城県つくば市南原 1-6 国立研究開発法人 土木研究所 CAESAR TEL: 029-879-6773

材(SM490),下沓を溶接構造用鋳鋼品(SCW480),セ ットボルト(上,下)と損傷制御部品取付けボルトは 強度区分8.8とした.また,損傷制御部品は,そのコン パクト化が図れること,降伏後の挙動において変形能 を発揮できることを考慮し高強度鋼材(SM520)とし た.

この試作支承の設計では、まず、損傷制御部品の損傷 部の荷重-ひずみの関係を解析により評価した.解析 に使用したモデルは、損傷部をファイバー要素モデル としたものであり、ファイバー要素に適用する材料特 性は、弾塑性特性として一次勾配を 210 (GPa)、二次 勾配を一次勾配の1/100とした.初期降伏点の応力度(σ_y) については、文献 2)に示されている SM520 材の実降伏 強度の頻度分布より、発生頻度の最も大きい実降伏強 度 (頻度分布の平均値)を用いることとした.その結 果,図-3 に示すような耐荷力特性であると推定した.

載荷実験は、橋軸直角方向、鉛直上向き方向、斜め 60 度方向それぞれの方向について、一方向の漸増載荷 実験を行った.載荷方法は変位を漸増させる方式とし、 載荷速度は 0.1mm/s とした.

4. 単体載荷実験の結果

1)損傷形態 鉛直上向き方向と斜め 60 度方向について は,写真-1(a),写真-1(b)に示すように,図-1 に示した 構想通りの損傷形態となった.また,その他の部品や 取付けボルト等にも損傷は生じなかった.

一方,橋軸直角方向については,写真-1(c)に示すよう に,図-1 に示した損傷形態とは異なり,上沓の側面が 右側の損傷制御部品と下沓突起との間で引っ掛かり, そこが回転中心となって上沓全体が回転する挙動とな った.最終的には,想定した右側の損傷制御部品では なく,左側の損傷制御部品の損傷部が曲げ変形による 損傷となる結果となった.ただし,その他の部品や取 付けボルト等に損傷は生じていない.このように,図-1 に示した挙動と異なった理由としては,試験冶具から 上沓への荷重伝達位置と上沓から下沓への荷重伝達位 置について鉛直方向にずれが生じことにより偶力が作 用し,上沓全体に回転挙動が生じたことが考えられる.

2)荷重-ひずみの関係 損傷制御部品の損傷部の荷重 -ひずみの関係について,作用力の方向ごとに実験値 と前述した解析値の比較を行った.なお,橋軸直角方 向は,想定した損傷制御のメカニズムと異なる挙動と なったため,ここでは,想定したとおりの損傷制御の



メカニズムとなった鉛直上 向き方向と斜め 60 度方向 の結果を示す.

図-3 に示すように,各載 荷方向それぞれの解析値と 実験値の荷重-ひずみの関



(c) 橋軸直角方向
写真-1 損傷制御部品の
損傷状態

係がほぼ一致している結果となった.このことから, 試作した損傷制御部品において損傷部をファイバー要 素モデルにおいて評価することにより,想定した荷重 におけるひずみ(変形量)を精度よく評価できている ものと考えられる.

5. まとめ 本研究では,耐力と損傷をコントロール することが可能な損傷制御型支承を試作し,一方向の 漸増載荷実験によりその機能を検証した.その結果, 鉛直上向き方向と斜め 60 度方向の力に対しては,想定 したとおりの損傷形態を得ることができた.また,損 傷部をファイバー要素モデルとした解析方法を使用し, さらに材料の弾塑性特性や材料の実強度の発生頻度を 考慮した上で評価を行うことにより,試作支承の実際 の耐力を精度よく評価できることが確認できた.ただ し,橋軸直角方向の力に対しては構想どおりの損傷形 態が得られなかったため,今後,構造の改良について 検討をしていきたい.

謝辞 本研究においては,早稲田大学 小野潔 教授より,損傷制御型支承の構造コンセプト等について有益 なご助言を頂いた.ここに謝意を申し上げる.

参考資料 1)炭村透,張広鋒,中尾尚史,星隈順一:津波によって 橋に生じる作用に対する鋼製支承の抵抗特性に関する実験的検討,土 木学会論文集 A1 (構造・地震工学), Vol.69, No.4, pp.I_102-I_110, 2013 2)(独)土木研究所:鋼材料・鋼部材の強度等に関する統計デ ータの調査,土木研究所資料第 4090 号