

津波による損傷を受けた既設道路橋線支承の耐力と破壊形態

国立研究開発法人 土木研究所 正会員 ○森屋 圭浩, 中尾 尚史, 星隈 順一

1. はじめに

2011年東北地方太平洋沖地震により発生した津波の影響により、上部構造が流出した橋があったが、その多くは支承部の損壊を伴っていた。線支承については、支間長の短い既設橋において多く用いられており、今回の津波の影響によって流出した橋においても、写真-1,2のような損傷が確認されている。これまで、線支承の耐力特性としては、下沓部のみを対象とした水平載荷実験や解析等により破壊形態の検討がされた例はあるが^{1,2)}、鉛直方向の荷重の影響を受ける場合やアンカーボルトが取り付けられた状態での検討は行われていない。そこで本研究では、津波影響に対する線支承全体としての実際に近い耐力とその破壊形態の特性を検証することを目的とし、下部構造を模したコンクリートブロックに線支承を据付けた状態で、橋軸直角方向ならびに鉛直上向き方向への一軸載荷実験を実施した。さらに、津波により実際に損壊が生じた線支承の破壊形態との比較により、当該支承に生じた作用力の方角について考察を行った。

2. 実験概要

載荷実験のセットアップ図を図-1,2に示す。実験供試体は、昭和51年に(社)日本道路協会から示された道路橋支承標準設計における30tf沓ならびに75tf沓タイプの実物大相当の2種類の線支承であり、水平方向、鉛直上向き方向に載荷した実験をそれぞれ行った。供試体の材質は、下沓部に鋳鉄FC250、ピンチプレート(浮上り止め)とアンカーボルトは鋼材SS400とした。この供試体を下部構造側の橋座部を模した鉄筋コンクリートブロックに設置した。ここで、沓座部は無収縮モルタルにより施工した。水平載荷及び鉛直載荷とともに、ジャッキとロードセルを供試体左右に1基ずつ設置し、さらに、ジャッキ部付近には変位計をそれぞれ1基ずつ設置した。載荷は、橋軸直角方向と鉛直上向き方向のそれぞれ一方向への漸増載荷とした。

3. 線支承の耐力および破壊形態

3.1 水平載荷実験

橋軸直角方向に相当する向きへの載荷実験終了後の



写真-1 水尻橋支承部

写真-2 横津橋支承部

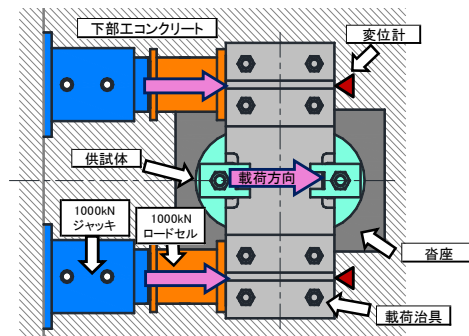


図-1 水平載荷実験 供試体セットアップ図

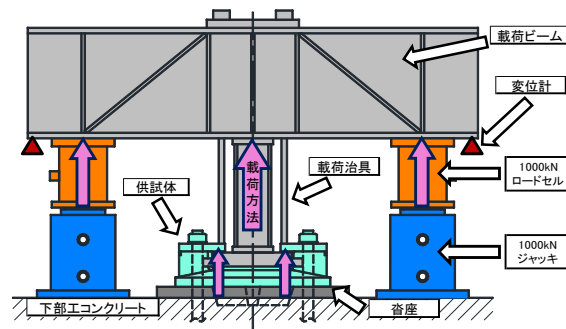


図-2 鉛直載荷実験 供試体セットアップ図

線支承の状況を写真-3に示す。30tf沓、75tf沓ともに、下沓凸部の隅角部にある円形のくぼみから亀裂が入り始め、下沓下面のアンカーボルト穴部に向かって生じた。急速に亀裂が進展し割れるような挙動を示したことから、脆性的な破壊に近い現象が生じたと考えられる。これは、損傷部の下沓に脆性破壊を引き起こす特性を有する鋳鉄材料による影響と考えられる。荷重-変位の関係を図-3に示す。30tf沓の水平耐力は $P_{max}=431.1kN$ 、75tf沓の水平耐力は $P_{max}=568.9kN$ であり、その荷重に達した直後に破壊が生じた。供試体の亀裂の進展状況から、下沓凸部の隅角部は曲げによる影響を大きく受けていたことが考えられる。損傷部の断面位置についても、曲げによる剛性が最も低い断面部の近傍であった。したがって、線支承の水平耐力の評価にあたっては、下沓凸部の隅角部近傍の断面領

キーワード 津波, 鋳鉄製線支承, 一軸方向載荷実験, 破壊形態

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

域において曲げ剛性の比較を行い、津波によって作用する水平力に対して最弱部となる断面を特定して耐力の評価を行う必要がある。

3. 2 鉛直載荷実験

鉛直上向きへの載荷実験終了後の線支承の状況を写真-4に示す。30tf 沓、75tf 沓ともに、取付けボルト部を支点としてピンチプレートが切欠き部にかけて鉛直上向き方向に曲げ上がる挙動を示し、同時に、アンカーボルトにもピンチプレートの曲げ上げ変形による反力により、鉛直上向き方向に引張られながら橋軸直角方向(支承中心に対して外側方向)へ曲がる挙動を示した。図-4に荷重-変位の関係を示す。30tf 沓は120kN、75tf 沓は260kN程度まで荷重を載荷した後から、鉛直剛性が小さくなる挙動を示した。ピンチプレートにおいては、それを固定しているアンカーボルトの変形によりピンチプレートと上部構造との引掛りが外れやすくなることから、上向きの抵抗機能の低下に関しては、アンカーボルトの変形による影響が重要になると考えられる。このような挙動特性を踏まえると、線支承の鉛直上向き耐力を精度よく評価するためには、アンカーボルト本体の引張や曲げ耐力だけでなく、アンカーボルトの変形に伴うピンチプレートの抵抗機能の低下の影響についても考慮していく必要がある。

4 津波の影響による実際の損傷状況との比較

写真-1に水尻橋(宮城県南三陸町)の支承部の破壊形態を示す³⁾。この支承線においては、すべての支承部において同様な損傷が確認されている。前述した実験結果との比較から、本橋では橋軸直角方向の水平力による影響を大きく受けたものと考えられる。

また、写真-2は横津橋(宮城県南三陸町)の支承部の破壊形態を示したものである³⁾。この支承線においては、アンカーボルトの抜けや破断が確認されている。同様に前述した実験結果と比較すると、本橋の場合には鉛直上向き方向の荷重による影響の方が支配的であったものと考えられる。

5. まとめ

本研究では、津波の影響による作用力に対する線支承の耐力と破壊形態を把握することを目的とし載荷実験を実施した。本実験の範囲内で得られた知見は以下のとおりである。

1) 本実験に用いた線支承の橋軸直角方向の水平力に対する最終的な破壊形態は、下沓凸部から下面アンカー

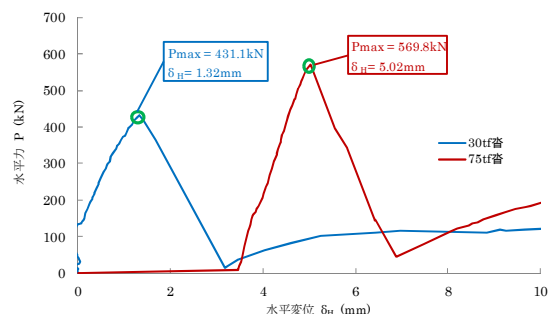


図-3 水平載荷試験 荷重-変位図

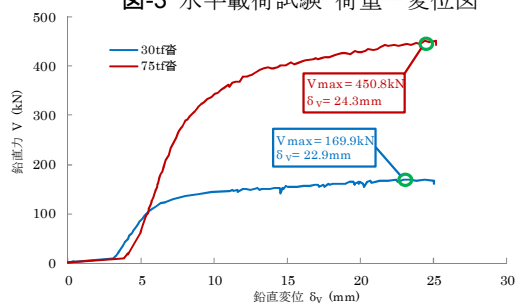


図-4 鉛直載荷試験 荷重-変位図

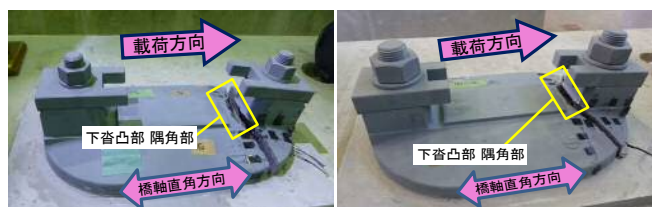


写真-3 水平載荷実験後供試体 (左: 30tf 沓, 右: 75tf 沓)



写真-4 鉛直載荷実験後供試体 (左: 30tf 沓, 右: 75tf 沓)

ボルト穴に沿って損傷が生じるモードであった。例えば、水尻橋の支承部において同様な損傷が確認されており、橋軸直角方向の水平力の影響を支配的に受けたものと考えられる。

2) 上向き鉛直力に対する最終的な破壊形態は、ピンチプレートとアンカーボルトが鉛直方向に曲げ上がる状態となることにより、上部構造とピンチプレートとの引掛りが外れるモードである。このような破壊モードが生じた橋の例としては、例えば横津橋が挙げられる。

参考資料 1) 安原真人, 藤橋秀雄, 市川篤志, 水谷太作: 既設鋼鉄道橋の鋼製支承の水平耐力評価法に関する実験および解析的研究, 土木学会構造工学論文集, Vol.49A, pp.633-644, 2003.3 2) 中原正人, 池田学, 豊岡亮洋, 永井紘作: 鋳鉄製支承の地震時耐力特性と復元力モデル, 鉄道総研報告, Vol.22, No.3, p.23-28, 2008.3. 3) 国土交通省国土技術政策総合研究所, (独)土木研究所: 平成 23 年(2011年)東北地方太平洋沖地震による道路橋等の被害調査報告, 国土技術政策総合研究所資料第 814 号/土木研究所資料第 4295 号, 2014.12.