

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2 一支承線全体としての耐荷力特性の検証)

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

1. はじめに 2011 年の東日本大震災における経験から、地震や津波の影響によって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が、減災対策上重要となっている。このような観点から、著者らは「耐える」設計や「粘る」設計思想だけでなく、「賢く壊し、賢く直す」思想に着目している。その具体例として、津波の影響を受ける橋に対して、耐力のコントロールを高い信頼性で行うことが可能な損傷制御型支承の適用について研究を実施している¹⁾。本稿では、損傷制御型支承を1 支承線上に設置した場合における橋梁全体としての破壊特性について、実験より検証を行った結果を報告する。

2. 実験概要 津波による橋の被害分析結果によると、上部構造の流出は、津波の影響により上部構造を経由して支承部に作用した鉛直方向の力がその支承部が保有していた鉛直耐力よりも大きかったことにより生じたケースが多いことが明らかとなってきている²⁾。一方で、既設橋に対する対策をしようとして支承部の鉛直耐力を高め過ぎてしまうと、津波の影響による最終的な損傷が支承部から橋脚や基礎に移ってしまうことになる。上部構造が流出した後の機能回復の観点からは、従来よりも支承部の鉛直耐力を高めつつも、最終的な損傷が下部構造に移行することのないよう、支承部の耐力を制御する必要がある。本研究では、東日本大震災において実際に津波の影響により被災した橋の約 1/2 縮尺に相当する支承-橋脚系³⁾ (写真-1 および図-2) を検討対象とした。すなわち、当該橋脚の保有耐力を踏まえ、既設の BP-B 支承の鉛直耐力を約 1.4 倍とした著者らの提案する損傷制御型支承¹⁾を設置した系に対して、設計思想通りの破壊モードと破壊耐力が得られるかどうかを載荷実験により検証した。

ここで、損傷制御型支承の単体としての損傷制御の設計思想は文献 1) のとおりであるが、橋脚との耐力階層化を図るため、一支承線全体としての支承部の鉛直耐力は、図-2 に示すような載荷ばりと損傷制御型支承を梁-ばねにモデル化した解析により算定した。前述したように、津波の影響により支承部に作用する力としては水平方向の力よりも鉛直方向の力が支配的であることから、ここでは支承本体の鉛直ばねにのみ非線形特性を与えた。非線形特性は、支承単体に対する解析で得られた結果¹⁾を基に、図-3 に示すようにモデル化した。このような条件で解析を行った結果、本載荷条件における加力点での荷重の鉛直方向成分の最大値は 680kN と評価された。

3. 損傷制御型支承の載荷実験の結果 写真-2 は、支承 1 の損傷状況を示したものである。損傷制御型支承は損傷制御部位であるサイドブロックで損傷しており、設計思想通りの破壊モードとなっている。図-4 は、加力点位置での鉛直変位と鉛直荷重（各支承部で計測）



写真-1 載荷実験の様子

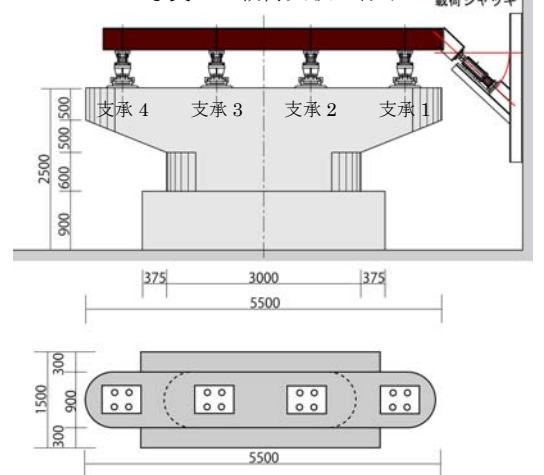


図-1 橋脚模型の寸法

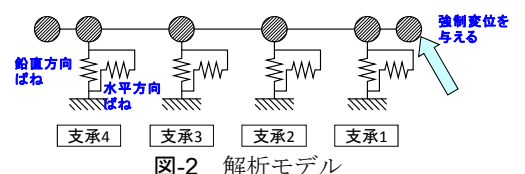


図-2 解析モデル

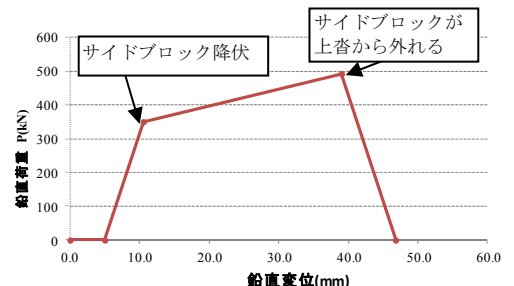


図-3 鉛直ばねの非線形モデル

された鉛直反力の合計値)の関係を示したものである。図中には、文献 3)に示されている従来タイプの BP-B 支承を設置したケースに対する同様な載荷実験により得られた結果も併記した。その結果、損傷制御型支承の最大鉛直荷重は、本解析で得られた最大鉛直荷重とほぼ一致しており、過不足のない耐力向上となっている。各支承位置での鉛直反力の挙動を示したのが図-5 である。解析で図-3 に示した、鉛直ばねに非線形特性を与えるときのサイドブロックの降伏荷重と、サイドブロックが上査から外れるときの荷重も示した。支承 1~3 を見ると、解析で設定したサイドブロックの降伏荷重で損傷制御部位であるサイドブロックが降伏し、サイドブロックが上査から外れる荷重で外れているのがわかる。支承 1 を見ると、鉛直変位が 70mm のとき、写真-2(a)のように右側のサイドブロックが上査から外れている。90mm 程度変位すると、左側のサイドブロックも上査から外れて、完全に支持機能を失っている(写真-2(b))。

橋脚の横梁部への影響度合いを確認するため、応力が厳しい条件となる張出横梁部上端(支承 3~4 間)、及び張出横梁部下端(支承 1~2 間)の鉄筋ひずみと載荷位置での鉛直変位の関係を示したものが図-6 である。張出横梁部上端の鉄筋は、鉛直変位が 80mm に近くなった時から(支承 2 右側のサイドブロックが外れた付近(図-5)),急激にひずみが増加し、最大で 1200μ 程度に達する。しかし、降伏ひずみまでは達していない。張出横梁部下端の鉄筋は、支承 1 に上向きの荷重が加わると同時にひずみが増加し、最大で 140μ に達したが、降伏ひずみには達していない。

4. まとめ 本稿では、別途提案している損傷制御型支承を 1 支承線上に設置した場合の支承部一橋脚系の破壊特性について載荷実験により検証した。今回実施した実験条件においては、津波の影響に対して損傷制御型支承がねらい通りの機能を果たすこと、高い信頼性をもって下部構造に損傷を移行させずに支承部の鉛直耐力を制御することが可能であることを確認した。

参考文献 1) 森屋圭浩, 中尾尚史, 星隈順一: 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), 第 71 回土木学会年次学術講演会講演概要集, 2016. 2) 星隈順一, 東日本大震災での経験に基づいた橋の耐震性能評価, 防災・減災に向けた研究成果報告会, <http://www.nilim.go.jp/lab/bbg/saigai/h23tohoku/houkoku4/happyou/140319-06.pdf>, 2014. 3) 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.1_102-1_110, 2013.

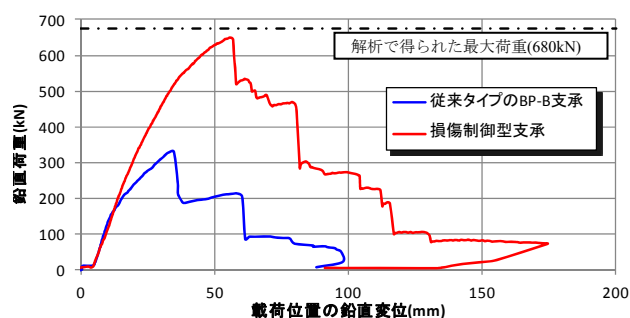
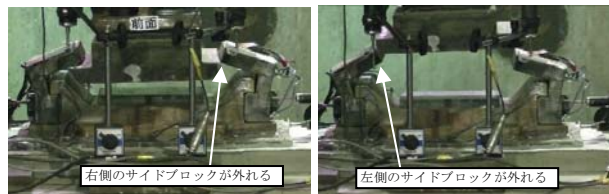


図-4 鉛直変位と鉛直荷重の関係



(a) 右側のサイドブロックが外れたとき (b) 左側のサイドブロックが外れたとき
写真-2 損傷制御型支承の損傷状況(支承 1)

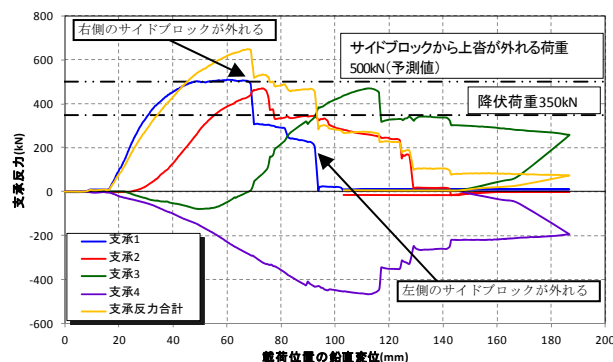


図-5 支承鉛直反力と各支承付近の鉛直変位の関係

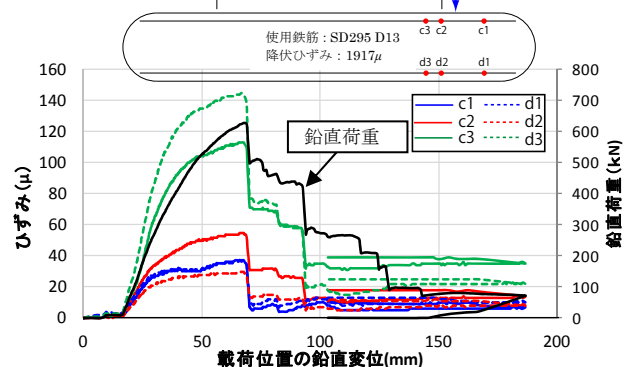
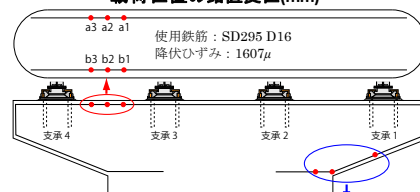
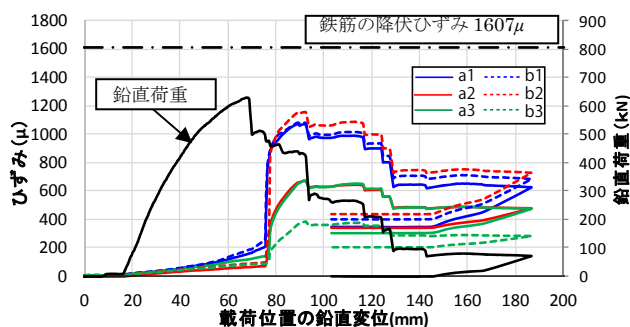


図-6 張出横梁部の鉄筋ひずみと鉛直変位の関係