

座屈拘束ブレースを用いた鋼アーチ橋の耐震性能向上に関する研究

中央コンサルタンツ株式会社 正会員 ○河野 豪¹
 名古屋大学 フェロー 宇佐美 勉²
 名古屋大学 正会員 葛漢彬²・葛西昭²

1. 緒言

鋼アーチ橋の耐震性能の照査に関しては、既設橋に対しても動的解析が行われるようになってきているが、橋軸直角方向においては所要の耐震性が確保できない場合が少なくないことが明らかになっている。

そこで本研究では、昨今注目を浴びつつあるブレース材のような犠牲部材を用いた耐震補強策の検討を試みる。

2. 解析モデル

解析対象としたのは JSSC 鋼橋の性能照査型設計対応研究委員会・鋼橋の耐震性部会が作成した図-1 に示されるようなコンクリート床版を有する上路式鋼アーチ橋¹⁾である。補剛桁、アーチリブともに横桁の間隔で要素分割をし、基部は有効破壊長区間を2要素に分割している。

鋼材の構成則はバイリニア型移動硬化則を用い、コンクリートの構成則には圧縮強度に達した後も強度劣化が生じないモデルとした。

3. 橋軸直角方向地震応答解析と耐震性照査

解析は橋軸直角方向に地震波を入力して行った。使用した地震波は JR 警報地震計鷹取駅東西方向入力地震波形の修正地震波である。その結果、塑性化が生じたのは図-2 に示す端柱基部、アーチリブ基部、下横構である。その中で最もひずみが大きく

現れた端柱基部を損傷部材セグメントに設定し、動的耐震照査法を用いた耐震照査を行った。この動的耐震照査法は、損傷部材セグメントにおける平均軸ひずみの応答時刻歴に着目し、局部座屈を考慮しないより要素を用いた比較的簡易な地震応答解析によって構造物の耐震安全性を動的に（すなわち時々刻々と）照査する方法である。

その際、損傷部材セグメント内に非常に大きな軸力が発生するため、箱形断面における終局ひずみ算定式²⁾の適用範囲 ($N/N_s < 0.5$) を超えてしまう場合があるので、ここではその終局ひずみ算定式の適用範囲を 1.0 まで適用できるように修正した新たな提案式³⁾を用いる。このようにして求めた終局ひずみを用いて行った動的耐震照査の結果を、図-3 に示す。

耐震照査の結果、3秒付近で端柱基部の外側フランジの応答ひずみが終局ひずみに達し、終局を迎えた。本研究では動的耐震照査法では損傷部材セグメントが1つでも終局を迎えたとき、構造物全体系も終局に至るとしている。従って、この3秒付近で対象橋梁全体が終局に至ったものと判定される。

このことより、対象橋梁が早期に終局を迎えるため、耐震性能の向上が必要であると思われる。

4. 座屈拘束ブレースの適用

そこで耐震性能向上策の一つとして、座屈拘束ブレースを用いる。ここでは座屈拘束ブレースを図-4 に示す端柱の対傾構の代わりに付け替える場合を想定する。このブレースにエネルギーを吸収させ、端柱基部のひずみを小さく抑える。端柱基部のひずみを終局ひずみよりも小さくすることを目標とする。また本研究で用いた座屈拘束ブレースは、名古屋大学の実験で用いている平鋼の周りをモルタルで覆っている構造を基とする。実験装置概略図と

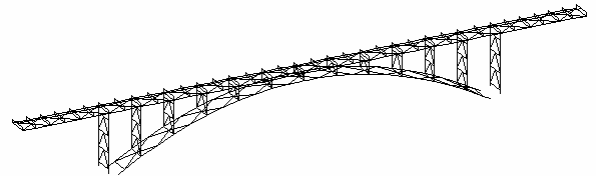


図-1 解析モデル

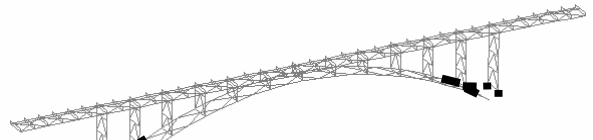


図-2 JR鷹取地震波を受けた場合塑性化部材

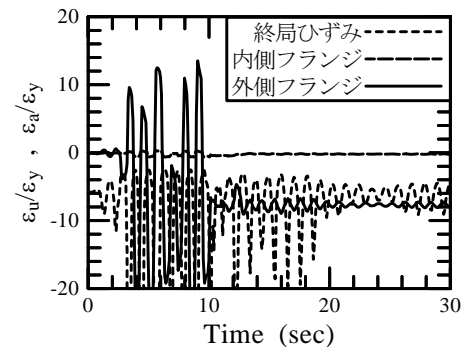


図-3 端柱基部照査結果



図-4 座屈拘束ブレース設置箇所

キーワード：鋼アーチ橋、動的耐震照査法、耐震性能向上策、座屈拘束ブレース

¹〒451-0042 名古屋市西区那古野 2-11-23 TEL 052-551-2541

²〒464-8603 名古屋市千種区不老町 TEL 052-789-4617

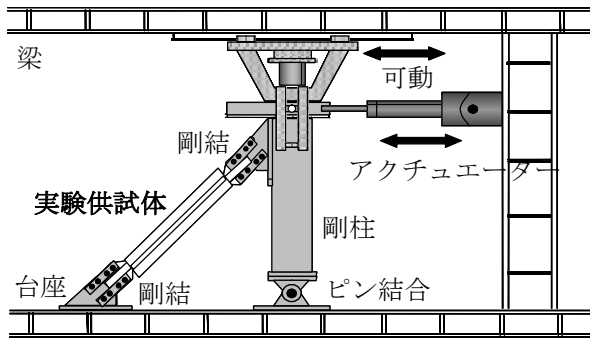


図-5 実験装置概略図

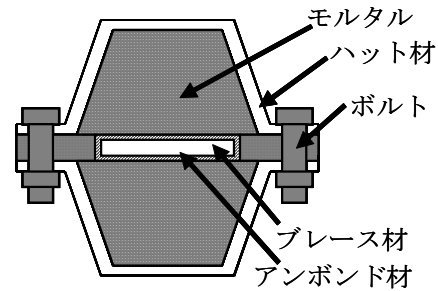


図-6 断面構成図

ブレース材の断面構成図をそれぞれ図-5、図-6に示す。実験は図-5に示すアクチュエーターを動かすことにより、実験供試体に軸力を加えている。変位制御で行い、正負交番の漸増繰り返し载荷で行っている。実験結果とそこから近似したバイリニア型の構成則を用いて実験と同様の解析を行った結果を図-7に示す。

ブレースは、対傾構の代わりを果たすものであり、小規模な地震動の場合では、本研究では弾性域内の応答を示すような強度が必要であると想定した。また、大規模地震動の場合は、早期に塑性域まで達し、ブレース材のエネルギー吸収効率を高める必要がある。そのため、降伏軸力はレベル1地震動を入力した場合、弾性域内での挙動を示し、レベル2地震動を加えた場合は安定した塑性変形を生じる部材でなければならない。よって、レベル1地震動入力時の最大軸力を P とすると、それに安全係数を考慮し、次のようになる。

$$N_y/P \geq \text{安全係数} (=1.14)$$

またブレースのモデル化は軸力部材として両端をピン結合としている。構成則はバイリニア型移動硬化則を用い、ヤング率 $E'=213\text{GPa}$ 、および塑性域での2次勾配は $E'/60$ と定めている。レベル1地震動時のブレース材の軸力変動を図-8に示す。この図から、地震動を入力したときは、安全係数(=1.14)を含んだ範囲内(点線)に軸力が収まっているのが分かる。

前述の解析条件で地震応答解析を行った。座屈拘束ブレースは端柱対傾構よりも断面積を小さくし、早期に塑性域に達するような設計のため、橋梁全体から見ると柔構造になっている。そのため、応答変位は設置前よりも大きく現れた。しかし端柱基部のひずみ照査は図-9に示す通り、応答ひずみは終局ひずみに達することはなくなり、このアーチ橋が終局に至ることはなくなったことが判断される。

以上のことから、座屈拘束ブレースを用いることで、このアーチ橋の耐震性能が向上し、終局には至らないことが証明された。

参考文献

- 1) 日本鋼構造協会・鋼橋の性能照査型設計対応研究委員会・鋼橋の耐震性部会 (2002) : 鋼橋の耐震性能設計の基本と応用。 2) 鄭沂, 葛漢彬, 宇佐美勉 (2000) : 鋼構造物の強度と変形能の統一的評価法, 第3回鋼構造物の非線形数値解析と耐震への応用に関するシンポジウム論文集, pp.25-32。 3) 河野豪, 葛漢彬, 宇佐美勉 (2003) : 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回地震時保有耐力法に基づく橋梁等構造の耐震設計に関するシンポジウム論文集, pp.323-328。

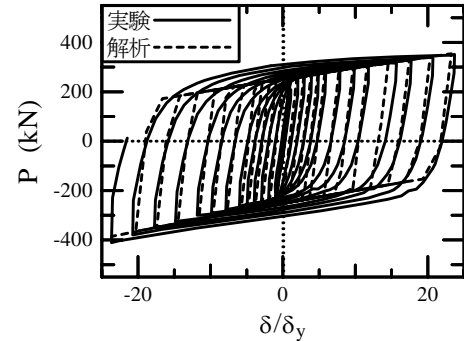


図-7 ブレースの実験結果とバイリニア型モデル

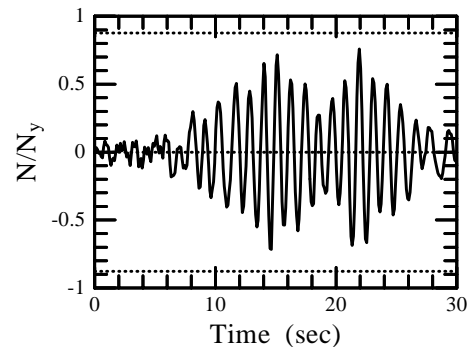


図-8 ブレース材の応答軸力 (レベル1地震動)

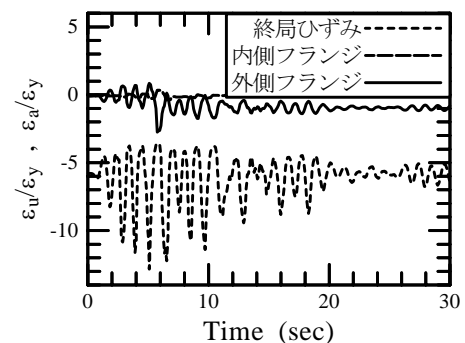


図-9 ブレース設置後の端柱基部のひずみ照査