

座屈拘束ブレースを用いた上部構造の耐震補強設計

名古屋高速道路公社 正会員○前野裕文，正会員 杉浦裕幸

(財)名古屋高速道路協会 八木孝行

宮地建設工業(株) 正会員 永谷秀樹，トピーエンジニアリング(株) 神谷伸治

1. はじめに

名古屋高速道路公社では、景観性へ配慮して独立柱形式橋脚を有する橋梁を一部の区間で採用している。ここで、独立柱形式橋脚は横ばりがなく頂部の橋軸直角方向幅が狭く、支承が破壊した場合に橋軸直角方向に落橋する可能性が高いため、橋軸直角方向に変位制限構造を設置しなければならない。そこで、景観性を損なうことのなく、地震時のエネルギー吸収が可能で耐震性に優れた座屈拘束ブレースの変位制限構造としての採用を検討している。本報告では、この変位制限構造としての座屈拘束ブレースの設計概要と非線形動的解析により検証した耐震補強効果について報告する。

2. 座屈拘束ブレースの設計概要

(1) 構造概要

座屈拘束ブレースを適用した橋梁の概要を表1に示す。また、図1に座屈拘束ブレースの変位制限構造としての取付け構造概要を示す。上部構造桁下空間を利用して上部構造と橋脚を座屈拘束ブレースにて連結しており、座屈拘束ブレースは上部構造に対して横桁にガセットを介して定着している。また、定着部の構造は施工性に配慮してピン構造を採用している。

(2) 設計概要

座屈拘束ブレースの設計概要を以下に示す。

- 1) 座屈拘束ブレースの静的設計水平力を、橋脚の保有耐力より算出する。
- 2) 屈拘束ブレースの断面積は、エネルギー吸収性能を十分発揮させるため、ブレースの塑性化時のひずみ硬化による耐力上昇率を考慮して決定する。また、上部構造および下部構造への定着部は、ブレース材の破断荷重に対して弾性範囲に留める。
- 3) 地震時の上部構造水平移動量が支承の破断変位以下となるようブレース芯材長を設定する。
(ブレース全体長:3000mm, 心材長 1750mm 程度)
- 4) 非線形動的解析により以下の事項について照査を行う。
 - ① 最大変形 (塑性率: μ)
 - ② エネルギー吸収量 (累積塑性変形倍率: η)¹⁾

表1 橋梁概要

上部構造	形式	3径間連続非合成箱桁(山35~38)
	スパン	49.400m+66.000m+59.400m
橋脚	形式	独立柱形式RC橋脚 (鋼板巻き立て補強済み)
	橋脚高	山35:11.660m, 山36:13.010m 山37:12.210m, 山38:14.390m

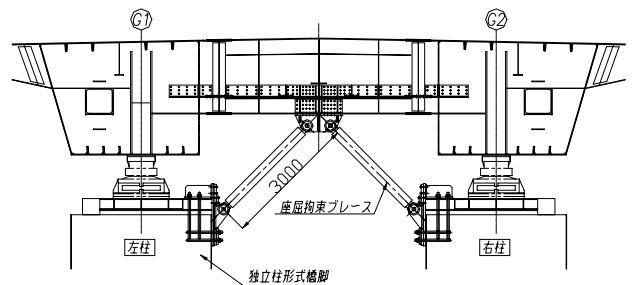


図1 座屈拘束ブレースによる変位制限装置

3. 座屈拘束ブレースの非線形動的解析結果と耐震補強効果の確認

橋梁全体構造に対して非線形動的解析を実施し、座屈拘束ブレースの耐震補強効果について確認する。

(1) 解析モデル: 解析モデルは、図2に示すとおり3次元骨組み要素によりモデル化された橋梁全体モデルとし、基礎は弾性バネ要素、橋脚は非線形梁要素(ファイバーモデル)、座屈拘束ブレースは非線形棒要素²⁾、ピボット支承はスリップ型の非線形バネモデルによりモデル化している。なお、座屈拘束ブレースおよびピボット支承の非線形履歴特性を図3、4に示す。地震波はレベル2地震のタイプIIのII種地盤に対する標準波を橋軸直角方向に作用させた。解析ケースは表2に示す2ケースとする。

(2) 解析結果: 最大応答変位を示した山37橋脚に着目して解析結果を以下に示す。

キーワード 座屈拘束ブレース, エネルギー吸収, 変位制限構造, 非線形動的解析

連絡先 〒462-0844 名古屋市北区清水四丁目17番30号 名古屋高速道路公社 TEL052-919-3223

1) 座屈拘束ブレースの荷重－水平変位関係

最大応答変位を示す入力地震波Ⅱ-Ⅱ-3における座屈拘束ブレース全体系の荷重－水平変位を図5に示す. この図より, 座屈拘束ブレースの最大応答塑性率は8である. また, 累積変形倍率は入力地震波Ⅱ-Ⅱ-2において214程度となっている.

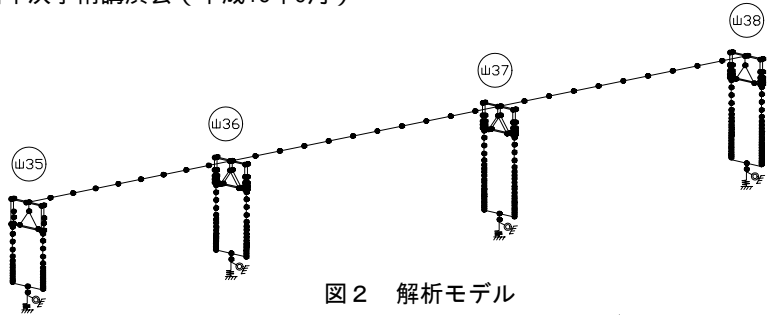


図2 解析モデル

2) 座屈拘束ブレースの耐震補強効果

最大応答を示す入力地震波Ⅱ-Ⅱ-3を対象に補強効果を検証する.

①橋脚天端応答変位

図6に橋脚天端応答変位の時刻歴の比較を示す. 現橋モデル(ケース1)に対して, ブレースを設置(ケース2)することにより, 橋脚の応答変位は65%低減されている. また, これにより, 橋脚基部の損傷度も50%程度に抑制される.

②既設支承の荷重－変位関係

図7に支承の荷重－変位関係の応答履歴図を示す. 座屈拘束ブレースの設置により, 地震時作用水平力が1/2以下に低減されて弾性状態に留まっていることが確認される.

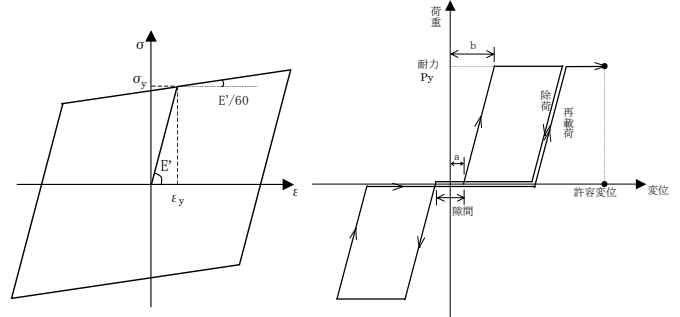


図3 ブレースのモデル化 図4 支承のモデル化

表2 解析ケース一覧

解析ケース	内容
ケース1	現橋モデル ・既設ピボット支承を非線形バネ支点とする
ケース2	耐震補強モデル ・座屈拘束ブレースを設置 ・既設ピボット支承を非線形バネ支点とする

4. まとめ

橋軸直角方向の変位制限構造として設計し適用した座屈拘束ブレースは, 支承の作用水平力を低減しその損傷を軽減することが可能であり, 座屈拘束ブレースのエネルギー吸収性能により橋脚の塑性化を低減可能であることが確認された. これより, 座屈拘束ブレースの適用により耐震性能の向上が図れることが確認された. また, 座屈拘束ブレースの有用性および本解析の妥当性を実験により確認しており, 別途報告している.

謝辞

本研究を行うにあたり多岐にわたってご指導頂いた名古屋大学 宇佐美勉教授ならびに愛知工業大学 青木徹彦教授に深く感謝の意を表します.

参考文献

- 1) SEAOC/AISC: Recommended Buckling-Restrained Braced Frame Provisions, Structural Engineers Association of California/American Institute Steel Construction, 2001.11.
- 2) 渡辺直起, 加藤基規, 宇佐美勉, 葛西昭: 座屈拘束ブレースの繰り返し弾塑性挙動に関する実験的研究, 土木学会地震工学論文集 Vol. 27, No. 133, 2003. 12.

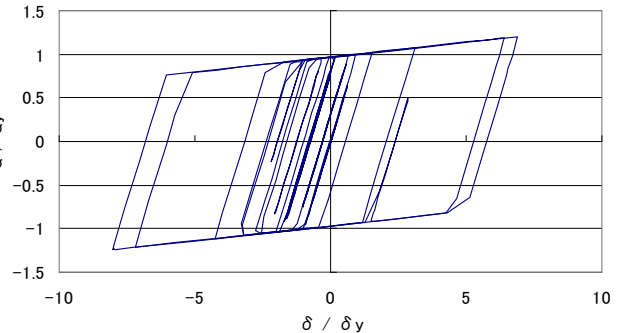


図5 座屈拘束ブレースの荷重－水平変位関係

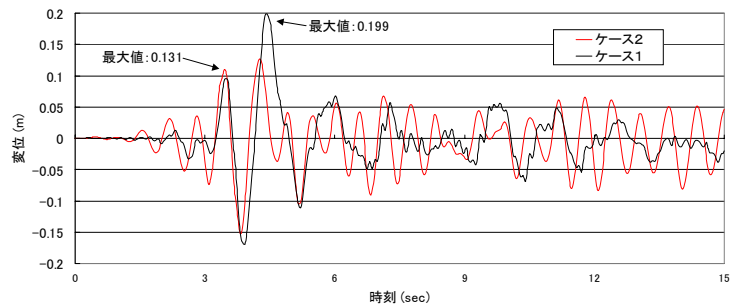
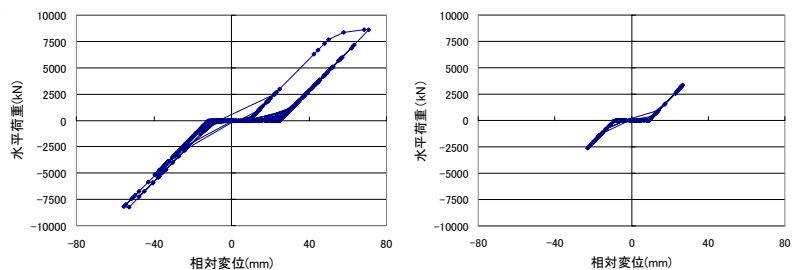


図6 橋脚天端応答変位の時刻歴



(a) 解析ケース1 (b) 解析ケース2

図7 既設支承の荷重－変位関係