

座屈拘束ブレースの履歴特性と制震効果に関する解析的検討

阪神高速道路公団 大阪建設局 正会員 金治英貞, 石橋照久
 (株)建設技術研究所 正会員 ○美濃 智広, 鈴木 直人

1. はじめに

近年、既設鋼橋の耐震補強に対して、座屈拘束ブレース（以下 BRB）の有効性が検証されている。そこでは、構造全体系の解析において、橋梁に限らず建築分野においても実務設計上、圧縮・引張側ともに対称の骨格モデルを用いることが一般的である。しかしながら、実際の BRB は圧縮域において少なからず拘束材と芯材の摩擦が発生することから、同一ひずみレベル時における圧縮軸力と引張軸力（以下、この比を「引張・圧縮応答耐力比」と呼ぶ）とは異なることが実験的にも確認されている。

本論は、BRB の履歴曲線の非対称性、および取り付け横梁の剛性の影響が、BRB の制震効果に与える影響について解析的な検討を行ったものである。

2. 解析モデル

解析対象は、トラス橋の対傾構 1 パネルを想定して、これらの構造諸元を整合させた図 1 に示す 2 次元骨組みモデルを用いた。骨組みモデルについて、図中の A 点に層間変位を強制変位入力することにより、BRB および上下横梁の詳細な挙動について確認した。

骨組みモデルにおける上下横梁については、非線形の影響を評価するため、抵抗モーメントを降伏点としたバイリニアモデルとして解析を行った。A 点に入力した変位パターンを図に示す。

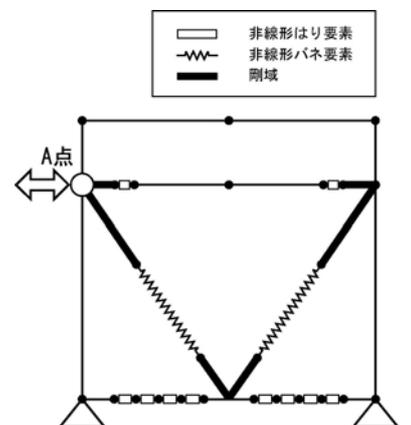


図 1 フレームモデル

3. 圧縮・引張応答耐力比の影響検討

BRB の圧縮・引張耐力比をパラメトリックに変化させ、耐力比と横梁に作用する荷重、横梁ひずみの関係性を評価した。全体系の耐荷力をあわせるために、圧縮軸力 C + 引張軸力 $T = \text{一定}$ となるように C と T を調整した (図 3)。圧縮・引張の 2 次勾配については同一値 (剛性低下率 0.03) とした。

図 4 に耐力比 1.2 の場合の解析結果を示す。フレーム全体系の水平変位-荷重関係は原点を中心に対象な履歴を描いているが、BRB 単材の履歴曲線は引張側 (正側) にシフトしていることがわかる。表 1 にフレーム全体系の履歴特性を示す。全体系の等価剛性、履歴面積、等価減衰定数に変化はなく、圧縮・引張耐力の非対称性が制震効果に与える影響はないことがわかる。BRB の履歴特性を見ても累積塑性変形倍率等に与える影響は少ない。ただし、図からもわかるように、最大引張りひずみは増加することに留意が必要である。

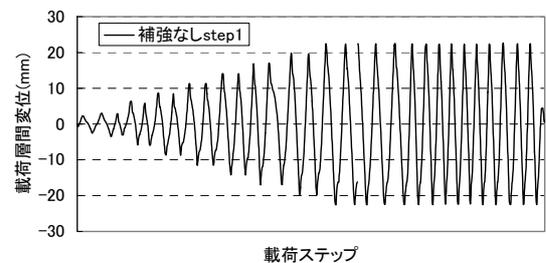


図 2 載荷ステップ

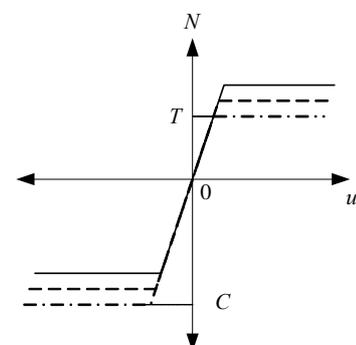
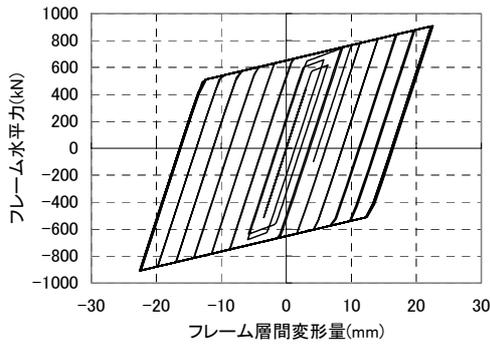


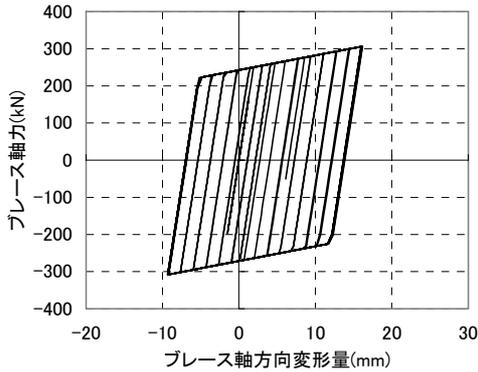
図 3 BRB の骨格曲線

キーワード：長大トラス橋、耐震補強、座屈拘束ブレース

連絡先：(株)建設技術研究所 〒540-0008 大阪市中央区大手前 1-2-15, TEL06-6944-7865, FAX06-6944-7892



(a) フレーム水平荷重－層間変位



(b)BRB 軸力－軸方向変位

図4 BRB の骨格曲線

図6 に下横梁に発生する曲げひずみの推移を示す。BRB の履歴曲線が対称形であれば、左右 BRB に軸力差は発生せず($C = T$)、したがって支持横梁には BRB からの荷重は作用しない。BRB の耐力が引張と圧縮で異なる場合、つまり履歴曲線が非対称の場合、圧縮力と引張力のバランスが崩れ、下横梁に荷重が作用して曲げひずみが増加することになる(図5)。本モデルの場合、軸力差が1.3程度を超えると下横梁が降伏ひずみを超え、ひずみが増加していることがわかる。しかしながら、最大でも0.25%程度にとどまっている。

5. まとめ

BRB を有するフレーム系において、対傾構をモデル化した非線形骨組み解析により、BRB 履歴非対称性の影響を検証した。解析から得られた結果は下記のとおりである。

- 1) BRB の圧縮・引張耐力が非対称の場合、BRB の履歴は引張側にシフトする。しかしながら、履歴面積、等価減衰など、系の減衰性能に大きな影響を与えない。また、BRB の累積塑性変形性能も差異は見られない。
- 2) 圧縮・引張応答軸力の非対称性により、引張側にひずみが集中し、対称形と考えた場合の約1.4倍の最大ひずみが引張側に発生する可能性がある。
- 3) 下横梁には耐力の非対称性により荷重が作用する、BRB の非対象性が著しい場合、下横梁は下方に押し出され、曲げ降伏に至る可能性がある。

(参考文献)

- 1) 金治英貞, 浜田信彦, 石橋照久, 尼子元久, 渡辺英一: 長大橋レトロフィット用座屈拘束ブレースの構造提案と弾塑性挙動, 構造工学論文集 Vol.51A(2005.3)

表1 フレーム全体系の履歴特性 ($\delta = 21.8\text{mm}$)

検討ケース	等価剛性 (kN/mm)	履歴面積 (kN・m)	等価減衰定数
P1	40.3	23.1	36%
P2	40.3	23.1	36%
P3	40.3	23.1	36%
P4	40.3	23.1	36%
P5	40.3	23.1	36%

表2 BRB の履歴特性 ($\delta = 21.8\text{mm}$)

検討ケース	等価剛性 (kN/mm)	履歴面積 (kN・m)	等価減衰定数	累積塑性変形倍率
P1	24.2	5.45	44%	477
P2	24.2	5.45	45%	478
P3	24.2	5.45	45%	478
P4	24.2	5.45	45%	477
P5	24.1	5.45	44%	477

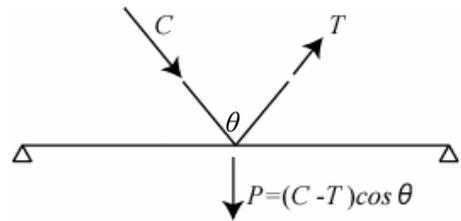


図5 横梁に作用する力

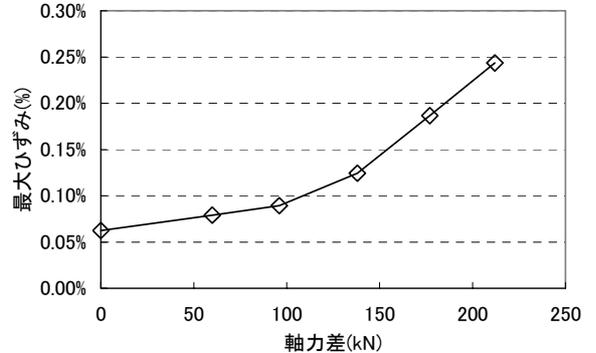


図6 横梁に発生する最大ひずみ