

せん断パネル型制震ストッパーを反力分散構造に用いた耐震補強

橋梁用デバイス研究会 正会員 谷 一成 , 佐合 大
福岡北九州高速道路公社 池田 哲夫, 大橋 勝典

1. はじめに

筆者らは、常時およびレベル1地震時には固定、レベル2地震時には制震部材としてエネルギーを吸収し、慣性力および移動量を低減する構造である低降伏点鋼を用いたせん断パネル型制震ストッパー(以下、制震ストッパー)の開発を行ってきた¹⁾²⁾。しかしながら、本構造は履歴減衰を期待するものの1点固定となり、分散・免震構造と比べて1橋脚に生じる慣性力が大きくなる問題点もある。そこで、地震時水平力を分散させるため、固定位置とは別の橋脚に制震ストッパーを設置した構造を検討し、実橋梁への適用について報告する。

2. 耐震補強の概要

福岡北九州高速道路公社において図-1のような橋長143mの3径間連続I桁橋への耐震補強を検討した。耐震補強前の支承条件は、固定(P1)、可動(P2~P4)である(図-2(a)参照)。P1・P4橋脚はT型のRC単柱であるが、P2・P3橋脚はRC円柱脚の上に鋼製横梁を設置したラーメン構造となっている。耐震設計を行うにあたり、前提条件として橋脚が河川内のため補強できないことがあった。レベル2地震時の耐力照査を行ったところ、既設支承および固定橋脚の耐力が不足していることが分かった。一般的に行われる分散支承や免震支承による分散・免震構造について検討を行ったが、桁下空間が狭く既設支承からゴム支承に取り替えることが困難であった。また分散・免震支承を設置しても、温度移動量が大きくなり、桁端の改造や伸縮装置の取替えが必要となることや地震時の移動量が非常に大きくなるため現状の桁遊間内には収まらないことが分かった。そのため、温度移動量分の遊間を制震ストッパーと横梁装置の間に設け、常時にはP1のみ1点固定、地震時には固定脚とP2・P3上に設けた制震ストッパーで地震力に抵抗することとした(図-2(b)参照)。

3. 動的解析

動的解析モデルは図-1のような3次元骨組みモデルとし、主桁・鋼製横梁・橋脚は全て梁要素でモデル化を行った。制震ストッパー設置部は、温度移動量分の遊間を解析上モデル化することが必要であることから、図-3のような遊間衝突バネとトリニア型の制震ストッパーの非線形バネの2種類を組み合わせた複合バネモデルとした。制震ストッパーは、ウェブのせん断非線形とフランジの非線形を組み合わせたトリニアモデルとしている。設置数はP2、P3橋脚に4箇所ずつ(計8箇所)設置した。パネルサイズは最大で320×22である。

キーワード せん断パネル型制震ストッパー、耐震補強、累積塑性変形倍率

連絡先 〒556-0011 大阪市浪速区難波中2丁目10番70号 高田機工(株) TEL: 06-6649-5170, FAX: 06-6649-2439

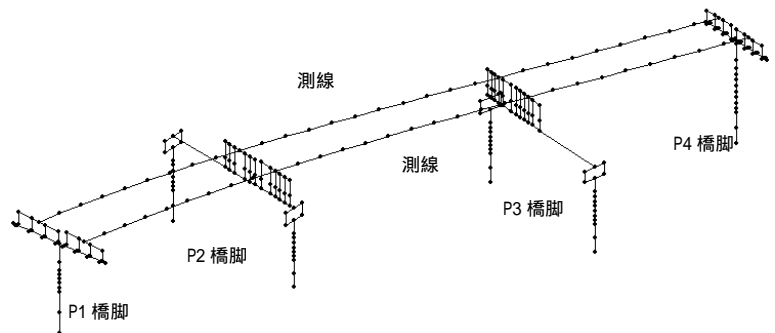
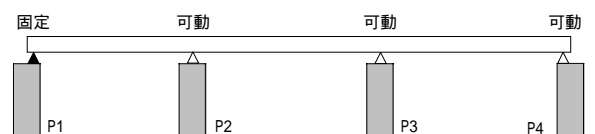
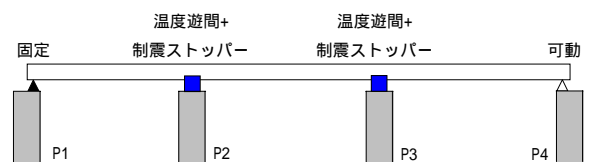


図-1 解析モデル



(a) 現状 P1固定脚の耐力が不足



(b) 耐震補強(固定+遊間付き制震ストッパー)

図-2 支承条件

動的解析の照査としては制震ストッパー、橋脚、桁遊間などの照査を行っている。その中で制震ストッパーは、限界変位とエネルギー吸収性能の照査として累積塑性変形倍率 $\Sigma\eta_d$ の2項目について照査を行った。図-4(a)に動解結果の一例を示す。制震ストッパーの限界変位は、P2 橋脚でせん断ひずみ 8%程度、P3 橋脚で 6%程度と限界変位内(12%)に収まっており、累積塑性変形倍率 $\Sigma\eta_d$ についても

最大 400 程度と文献 2)の性能確認試験では 3000 以上有していることから十分な安全率を有していることを確認した。

4. 性能確認試験と現地設置状況

適用した制震ストッパーの性能について確認するため、製品と同様の試験体を製作し性能確認試験を行った。载荷方法は、せん断ひずみ(=パネル変位 δ /パネル高 h) $\pm 2\%$ 、 $\pm 4\%$ 、 $\pm 8\%$ で漸増载荷させた後、 $\pm 12\%$ で必要回数繰返し载荷を行った。図-4(b)の履歴曲線より $\pm 12\%$ で繰返し载荷を行っても安定した履歴ループを描いているのが確認できる。また図中設計荷重と概ね良好に一致していることがわかる。なお、せん断耐力が90%に低下した繰返し回数や累積塑性変形倍率は低サイクル疲労耐久性を満足していることが確認できた。取り付け構造は、図-5のような制震ストッパーを高力ボルト摩擦接合により下部工鋼製横梁上に設置し、主桁下フランジに取り付けた横梁により固定する構造としている。

5. まとめ

温度遊間を設けた制震ストッパーを可動橋脚に設置した場合でも地震時慣性力を制震ストッパーと固定脚に分散することが可能であり、実橋梁を対象に検討した結果、橋脚の補強や桁端部の改造などを行わずに耐震補強が行うことができた。なお、本せん断パネル型制震ストッパーは、(株)横河ブリッジ、高田機工(株)、川口金属工業(株)の3社共同による橋梁用デバイス研究会で開発したものである。

参考文献

- 1)佐合ら：低降伏点鋼板を用いたせん断パネル型制震ストッパー その1 解析的検討について，第 61 回年次学術講演会，2006.9.
- 2)谷中ら：低降伏点鋼板を用いたせん断パネル型制震ストッパー その2 正負交番繰返し载荷試験，第 61 回年次学術講演会，2006.9.

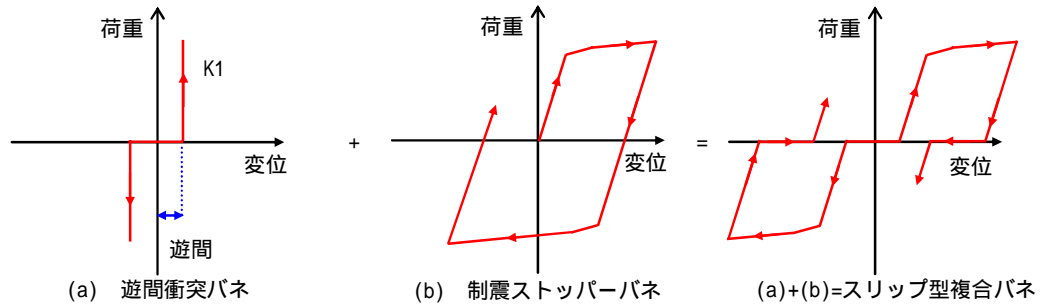


図-3 制震ストッパー設置部のモデル化

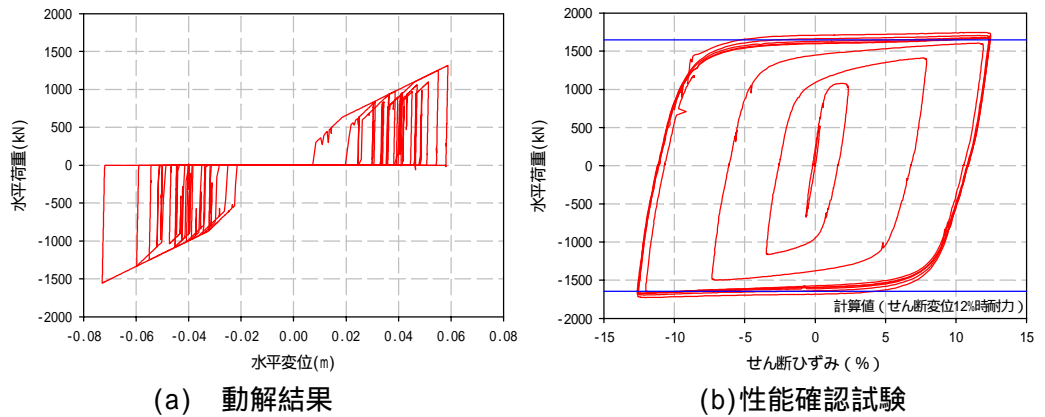


図-4 制震ストッパーの履歴曲線



図-5 制震ストッパーの現地設置状況