

LENS 型せん断パネルダンパーを用いた 3 径間連続桁の耐震挙動

(株) 東光コンサルタンツ 正会員 ○今井 康二 日本 Casting (株) 正会員 原田 孝志
 (株) 東光コンサルタンツ フェロー 高久 達将 日本 Casting (株) 正会員 石山 昌幸
 愛知工業大学 正会員 青木 徹彦 日本 Casting (株) 正会員 山崎 信宏

1. はじめに

支承の基本的な機能は、1) 上部工の荷重を確実に下部工に伝達すること、2) 温度伸縮、地震時の変位を確実に許容することである。地震時の付加的機能として、地震力を低減する減衰機能（履歴、粘性、摩擦、アイソレータ等）と反力分散機能が更に要求される。支承構造は常時の鉛直荷重と地震時の水平荷重によって決まる。従来、支承構造は鉛直荷重により決まっていたが、地震荷重が大きく支配的になると、両者の機能を分離独立させる機能分離型支承の概念が登場した。特に既設支承の耐震補強工事には、この概念が有効となる。LENS 型せん断パネルダンパーは減衰機能を有する機能分離型支承として企画、設計された¹⁾。大きなせん断変形能力を有し、地震力を確実に低下させ、エネルギー吸収が可能な構造である。

2. LENS 型せん断パネルダンパーの構造と設計問題

- (1) 構造の特徴：レンズパネル（減衰材）＋フレーム（補剛材）よりなる²⁾。低降伏点鋼材（伸び2倍、強度半分）を用いレンズの形状効果としてLY効果（テーパー効果）＋歪硬化を期待する。フレームは二辺固定、HTB接合とし局部応力集中の緩和を図る。
- (2) せん断パネルの実験状況、静的実験結果を写真1、図1に示す。荷重－変位曲線は完全弾塑性モデルの挙動を示す。
- (3) 設計問題：変形可能領域は、パネル形状、鋼材、境界条件、歪速度により大きく変動する。変形の限界状態は温度移動限界、静的移動限界、動的振動限界、静的割れ限界がある。特に大変形の静的、動的問題として、累積歪限界が存在する。

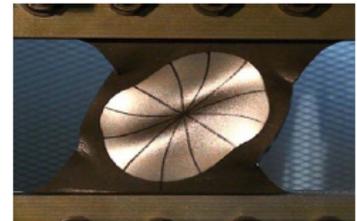


写真1 せん断パネルの実験状況

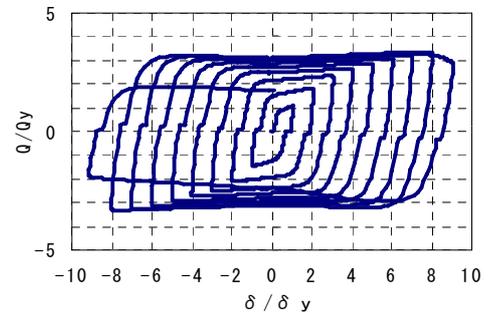


図1 静的実験結果

3. 動的解析モデル

実橋の耐震挙動を分析するため、モデルを構築、動的解析を行った。

- (1) 動的解析モデル⁴⁾：三径間連続I桁、支間40m+40m+40m、(図2)
- (2) 支承の特性値：比較のため用いた、ゴム支承、免震支承、せん断パネルの特性を図3に示す。各々の荷重－変位曲線モデルは線形型、バイリニア型、完全弾塑性型である。せん断パネルの一次、二次勾配は実験値より求めた。

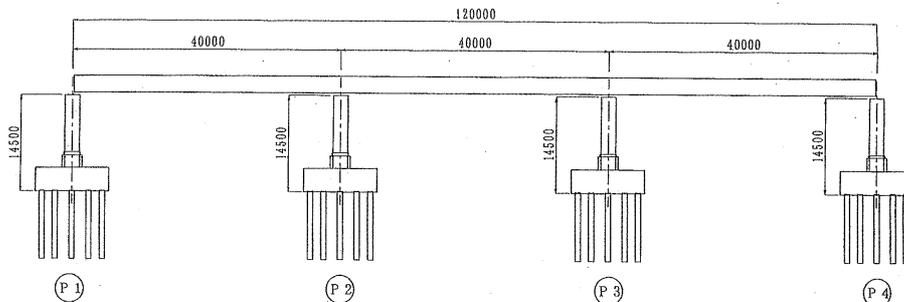


図2 動的解析モデル（上下部一体モデル）

上部工反力一覧表

P1	5056.8 kN
P2	10113.6 kN
P3	10113.6 kN
P4	5056.8 kN

キーワード：LENS 型せん断パネル、ダンパー、低降伏点鋼材、機能分離型支承、完全弾塑性モデル

連絡先：〒170-0005 東京都豊島区南大塚 3-32-1 大塚 S&S ビル (株)東光コンサルタンツ TEL:03-5950-7210

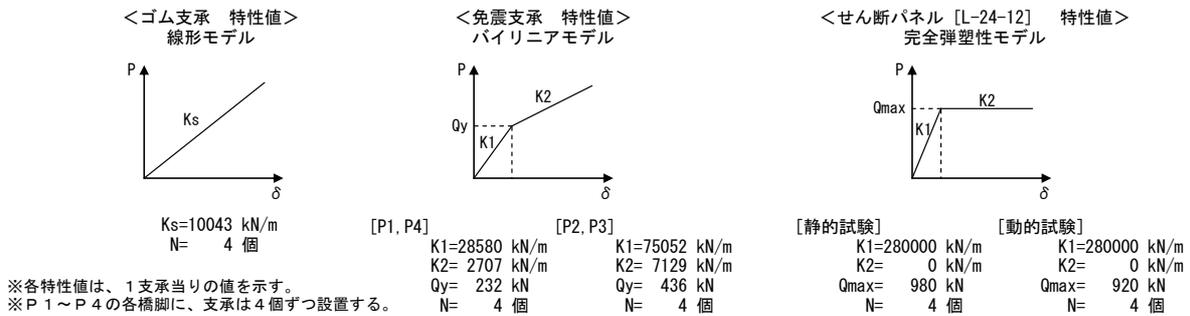


図3 各支承の特性

4. 解析結果

ゴム支承, 免震支承, せん断パネルを用いて, 5 ケースの解析を行った (表 1).

- (1) case-1 (ゴム支承) : 従来方式, 変位は 196mm と大きい. 支点上の地震力は 0.78g で減衰効果はない.
- (2) case-2 (免震支承) : 従来方式, 変位は当然大きい. 免震効果により地震力は 0.602g とゴム支承に比べて小さくなる.
- (3) case-3 (中間支点はせん断パネル, 端支点はバネ支承) : P1, P4 で温度伸びをゴムで吸収する配置, 端部の剛性不足で累積歪が大きくなる.
- (4) case-4 (全支点せん断パネル) : 反力分散効果大, P2, P3 の地震力は大幅減 (0.388g) となる. 支承の剛性が大きいので, 変位, 累積歪も小さくなる. P1, P2 の温度対応が課題となる. 最適配置である.
- (5) case-5 (全支点せん断パネル) : 動的試験結果³⁾ を反映して, 完全弾塑性モデルの二次勾配 Qmax を 6 % 程度減少させた. 変位, 累積歪は若干大きくなるが両方とも許容値内に収まる.

表 1 解析結果一覧表

配置例(パネルの温度制限無しの想定)	P1	P2	P3	P4	累積変位	地震力(支承)g	使用計画	評価
case-1 P1 P2 P3 P4 H H H H (ゴム) (ゴム) (ゴム) (ゴム) 支承変位	ゴム支承 支承数 N=4個 mm	ゴム支承 支承数 N=4個 196	ゴム支承 支承数 N=4個 196	ゴム支承 支承数 N=4個 196	196	0.780 7890/10113=0.780	○	従来方式 変位大 ダンパー効果無し
case-2 P1 P2 P3 P4 H H H H (免震) (免震) (免震) (免震) 支承変位	免震支承 支承数 N=4個 mm	免震支承 支承数 N=4個 261	免震支承 支承数 N=4個 161	免震支承 支承数 N=4個 161	271	0.602 6176/10113=0.602	○	従来方式 変位大 ダンパー効果有り
case-3 P1 P2 P3 P4 H H H H (ゴム) (パネル) (パネル) (ゴム) 支承変位	ゴム支承 支承数 N=4個 mm	L-24-12 支承数 N=4個 Qmax=100*4=400tf 一次剛性s=280*4=1120 152	L-24-12 支承数 N=4個 Qmax=100*4=400tf 一次剛性s=280*4=1120 76	L-24-12 支承数 N=4個 Qmax=100*4=400tf 一次剛性s=280*4=1120 73	1420mm 154	0.388 3920/10113=0.388	△	P1, P4での温度伸びをゴムで吸収 剛性不足で累積変位大 静的変位制限80mm
case-4 P1 P2 P3 P4 H H H H (パネル) (パネル) (パネル) (パネル) 支承変位	L-24-12 支承数 N=4個 Qmax=94*4=376tf 一次剛性s=280*4=1120 64	L-24-12 支承数 N=4個 Qmax=100*4=400tf 一次剛性s=280*4=1120 55	L-24-12 支承数 N=4個 Qmax=100*4=400tf 一次剛性s=280*4=1120 59	L-24-12 支承数 N=4個 Qmax=100*4=400tf 一次剛性s=280*4=1120 53	480mm 53	0.388 3920/10113=0.388	○	反力分散効果大, P2, P3荷重大幅減 累積変位小 配置計画としては最良 P1, P4での温度対応が課題 静的変位制限80mm
case-5 P1 P2 P3 P4 H H H H (パネル) (パネル) (パネル) (パネル) 支承変位	L-24-12 支承数 N=4個 Qmax=94*4=376tf 一次剛性s=280*4=1120 73	L-24-12 支承数 N=4個 Qmax=94*4=376tf 一次剛性s=280*4=1120 63	L-24-12 支承数 N=4個 Qmax=94*4=376tf 一次剛性s=280*4=1120 67	L-24-12 支承数 N=4個 Qmax=94*4=376tf 一次剛性s=280*4=1120 62	540mm 62	0.364 3680/10113=0.364	○	case-4)に対して動的試験結果を反映させたケース Qmaxが6%程度減となるため, 変位及び累積変位 が大きくなるが, 両方とも許容値内に収まる 静的変位制限80mm

5. まとめ

- (1) せん断パネルは鋼製のためゴムに比べて剛性が高く変位を小さく抑えることが可能である (50~80mm 程度, フルサイズモデル 312mm の 1/4 程度). 減衰効果により地震力を大幅に減少させることが可能である.
- (2) 静的実験により変位制限, 累積歪制限がある. 歪速度の大きい動的挙動ではこの制限は更に厳しくなる. 支承の剛性を高め, 変位をコントロールする最適設計が必要となる.
- (3) 温度伸び対応が装置設計として, 現段階では不十分である. 適応スパンに制限がある (30~40m 程度). 今後の課題である.

参考文献

- 1) 劉陽, 青木徹彦, 高久達将, 福本湧士: 低降伏点鋼パネルダンパーの繰り返し載荷実験, 構造工学論文集 Vol.53A, pp.560-567, 2007.3
- 2) 石山昌幸, 原田孝志, 他: 低降伏点鋼を用いた LENS 型せん断パネルダンパーの静的性能確認試験, 土木学会第 64 回年次学術講演会, 2009.9
- 3) 山崎信宏, 原田孝志, 他: 低降伏点鋼を用いた LENS 型せん断パネルダンパーの動的性能確認試験, 土木学会第 64 回年次学術講演会, 2009.9
- 4) 財団法人土木研究センター: 橋の動的耐震設計法マニュアルー動的解析および耐震設計の基礎と応用一, H18.5, pII-88~II-109