

9. 橋梁制震・免震

とりまとめ：伊津野 和行 (立命館大学)

論文題目：“高機能補剛せん断パネル型ダンパーの開発に関する実験的研究”

著者：小池 洋平, 谷中 聡久, 宇佐美 勉, 葛 漢彬,
尾下 里治, 佐合 大, 鶴野 禎史
掲載：Vol.54A, pp. 372-381, 2008年3月

◆討議 [北原 武嗣 (関東学院大学)]

(1) 補剛による影響で低サイクル疲労が生じ、繰り返し性能が劣化するのであれば、無補剛の場合はどうなるのか。

(2) せん断パネルダンパーの高さと補剛段数の両者を変更して性能を検討しているが、この場合、統一的に扱ったパラメータは何か。

◆回答：

(1) 今回の実験ケースには、低サイクル疲労により終局状態に至る $R_w \leq 0.20$ のケースについて、無補剛SPDの供試体はありませんが、過去に実験を実施した結果、疲労上の弱点となる補剛材のまわし溶接部が無い場合、耐久性は向上する結果でした。ただし、今回実験を実施した補剛SPDについても累積塑性変形は $CID \geq 2.8$ で十分な耐久性を確保していました。

(2) せん断パネルの高さや補剛材段数の影響を包括的に表せるパラメータとして、サブパネルのせん断幅厚比パラメータ R_w を用いました。既往の無補剛SPDの検討から R_w によって終局状態が変化することが分かったため、補剛SPDについても R_w をパラメータとした実験を行うことにより性能を確認することとしました。さらに、補剛SPDの低サイクル疲労に影響があると考えられた補剛材段数、補剛材配置、端部の構造詳細についても併せて確認しました。

◆討議 [伊津野 和行 (立命館大学)]

ダンパーは、静的荷重に対してではなく、動的荷重に対して機能するものなので、動特性が重要だと考える。今後、動特性を検討する予定はないのか。

◆回答：今回の実験では、載荷装置の制約により、動的載荷は実施できず、静的載荷に近い載荷状態となっています。過去に無補剛SPDを対象に周波数1Hzと0.01Hz(準静的載荷)で載荷実験を実施したところ、0.01Hzから1Hzに載荷速度を大きくすることにより、降伏耐力や限界耐力は6%程度上昇しましたが、低サイクル疲労耐久性に与える影

響は小さい結果でした。一例ではありますが、試験結果から速度依存の影響は小さいと考えています。

論文題目：“せん断パネル型ダンパーを用いた鋼上路アーチ橋の耐震性能向上に関する解析的検討”

著者：小池 洋平, 谷中 聡久, 尾下 里治, 春日井 俊博
掲載：Vol.54A, pp. 382-393, 2008年3月

◆討議 [原田 政彦 (大日本コンサルタント)]

せん断パネルを両端とも高力ボルトで取り付けした場合曲げが作用するが、性能に影響はないか。

◆回答：これまで著者らが性能を確認してきたせん断パネル型ダンパーは片方だけにベースプレートをもつ片持ち形式で、ガセットダンパーは両端にベースプレートを有する構造であり、構造形式が異なります。ただし、片持ち形式の方が固定端に作用する曲げモーメントは大きい場合、ガセットダンパーについては、両端に曲げモーメントが作用しますが、その値は片持ち形式と比べ小さく、性能に与える影響は小さいと考えています。

ただし、現状では、構造形式の違いが性能に与える影響を検証するまでには至っておりませんので、今後実験により検証したいと考えています。

【参考文献】

- 1) 小池洋平, 谷中聡久, 春日井俊博, 尾下里治: 低降伏点鋼板を用いたせん断パネル型制震ストッパーの性能確認試験, 横河ブリッジグループ技報, No.36, pp.20-29, 2007.4.

◆討議 [松田 宏 (JIPテクノサイエンス)]

今回の解析は、タイプII地震動を対象にしているが、タイプI地震動のように繰り返し回数が多い場合の性能確認は、これからの試験によるのか。

◆回答：今回の検討ではタイプII地震動しか対象としておらず、タイプI地震動については今後検討が必要です。ダンパーの地震時の繰返し塑性変形に対する耐久性に関しては、一般に累積塑性変形(CID)で評価しますが、タイプI, IIそれぞれの地震動での動的解析から得られるCID(設計値)の最大値に対して、ダンパーは3倍のCID(ダンパーの性能)を保有することを性能目標としており、両タイプの地震動を考慮して性能を確保することを考えています。

また、せん断パネル型ダンパーの既往の検討から、小さな振幅で繰り返し回数を多くする載荷方法よりも、大きな振幅で繰り返し回数が少ない載荷方法の方が、CID（ダンパーの性能）が小さくなり、ダンパーにとって厳しい載荷方法となります。タイプII地震動に比べ、タイプI地震動の方が一般に繰り返し回数は多いもののダンパーの変形は小さく、耐久性に関してはタイプII地震動の方が厳しくなる場合が多いと考えています。

【参考文献】

- 1) 小池洋平, 谷中聡久, 春日井俊博, 尾下里治: 低降伏点鋼板を用いたせん断パネル型制震ストッパーの性能確認試験, 横河ブリッジグループ技報, No.36, pp.20-29, 2007.4.

◆討議 [横川 英彰 (オイレス工業)]

地震後にデバイスは取り替えるのか。取り替えるならば、どのような指標に基づいて取り替えるのか。

◆回答: 明確な交換の目安に着目した検討は行っていません。ガセットダンパーは動的解析結果から得られる累積塑性変形 (CID) に対して、3 倍以上の CID を確保させることを性能目標としています。大地震 3 回以上の耐久性を確保するため、基本的には交換は不要であると考えています。ただし、ガセットダンパーに大きな亀裂が発生している場合や、最大変位が限界変位を超えた場合については、交換が必要であると考えています。

また、論文中にも記載していますが、想定外の大地震などでガセットダンパーが損傷を受けた場合には、ガセットダンパーのみを容易に交換することができるように、複数個のダンパーを設置し、高力ボルトにより接合することとしています。

◆討議 [宇佐美 勉 (名城大学)]

(1) 今後はいろいろな構造・地震動を用いた解析を行い、累積塑性変形の上限值を見だし、限界値を設定する必要がある。

(2) ブレース材が座屈する懸念はないのか。発生軸力の大きさと、応答値の算定方法は、

◆回答:

(1) ご指摘のとおり、様々な構造や地震動を用いた動的解析を行い、累積塑性変形 (CID) の上限値を見だし、限界値を設定する必要がありますが、当面は動的解析結果から得られる CID に対して、3 倍以上の CID を確保させる (3 回以上の大地震に耐えうる) ことを性能目標としています。

(2) ブレース材が座屈し、ガセットダンパーが想定どおり挙動しないことが懸念されたため、基本的にはガセットダンパーの設置とブレース材の補強はセットと考えています。論文中にも記載していますが、ガセットダンパーが限界耐力に達したときにでもブレース材に部材座屈が生じないように、ブレース材は必要に応じて断面を補強することとしています。最終的にはガセットダンパーを設置し、補強したブレース材をモデル化した動的解析を行い、ブレース材の軸力が許容力以下となっていることを確認することとしています。

論文題目: “画像計測を利用したせん断形ダンパーのひずみ分布特性の把握”

著者: 劉 陽, 水野千里, 青木徹彦

掲載: Vol.54A, pp. 394-402, 2008 年 3 月

◆討議 [宇佐美 勉 (名城大学)]

求められた荷重-変形関係の多くには、いわゆるピンチング現象が生じている。このような復元力特性をもつ機器を利用することには、実用性からの問題もあるように思われる。ピンチング現象が生じないようなプロポーシオンの供試体を用いた実験結果を基に議論をすべきではないのか。

◆回答: 極軟鋼は普通鋼に比べ伸び能力が 3 倍程度もあり、せん断パネル型ダンパーとして望ましい特性を持つため、すでに建築分野では実用化されているものです。ただしご指摘のように繰り返し載荷にもなって強度が上昇するというピンチング現象が生じます。これが特に問題になる場合は、予め数回のプレローディングを与えれば改善できると考えられます。しかし一般的には繰り返し回数を増加させるにしたがって一定の強度に収束し、変動の大きい様々な地震波に対してこの最大抵抗力を抑えておけば実用上は問題ないと考えられます。ピンチング現象が生じないようなプロポーシオンの供試体として、著者らはすでに凹レンズ型、谷型等を開発し繰り返し載荷を行いつつ更なる改良を進めているところです。

◆討議 [佐藤 知明 (JIP テクノサイエンス)]

画像情報は二次元であるが、クラック付近では割れの影響により前後 (三次元) への変形が生じることになる。どのように処理しているのか。

◆回答: クラックが生じると平面の前後に多少変位しますが、その値は平面内の変位量に比べて、無視できるほど小さく今回は 3 次元計測をしていません。鋼製橋脚の基部の局部座屈変形など、3 次元的な変形が重要な場合には 2 台

のカメラを用いた3次元計測を行っています。この場合も変位計による計測結果と比較し、よい精度で画像計測できることが確認されています。したがって、もしダンパーのクラックでの3次元的な変位が重要となる場合は、3次元計測すればよく、状況に応じて工学的判断から測定方法を選定すればよいと思われます。

◆討議 [五十嵐 晃 (京都大学)]

示されている履歴曲線の横軸のせん断ひずみは、画像計測で得られたせん断ひずみと、どのような関係があるのか。

◆回答：画像計測で得られたひずみはパネル内の各点のひずみ分布です。履歴曲線の横軸のせん断ひずみはパネル下部を固定、上部を水平載荷したときの、上辺の水平変位をパネル高さで除した、パネル全体の平均せん断ひずみです。従来の実験では、パネル内の各点のひずみ分布がわからないうために、ほとんどすべて、後者の全体的ひずみで表されており、パネル面内で異なったひずみ分布の平均であるという概念は、言われてみれば簡単なことでありますが、今回新たに認識された点と思われます。