

8. 橋梁制震・免震

とりまとめ：成行義文（徳島大学）

論文題目：「座屈拘束ブレースの低サイクル疲労実験と照査法」

著者：宇佐美勉，佐藤崇

掲載：Vol.56A, pp.486-498, 2010 年 3 月

◆討議 [青木徹彦（愛知工業大学）]

ブレース材の隙間は1～2mm ですが，実験後にブレースの変形量がこれを超えていることはないでしょうか？実験後の変形量の計測はされていますか？

◆回答：拘束材の強度と剛性が低い場合は，拘束材に変形が生じ，ブレース材にも初期の隙間より大きな変形が生ずる場合もあると考えられます。しかし，今回及びこれまで当研究室で行った実験では，拘束材の強度・剛性は十分高く，変形は見られませんでした。変形量を測定したわけではありませんが，実験終了後の目視で変形は見られなかったということです。

論文題目：「既設 H 形ブレース材の制震ダンパー化に関する基礎的実験」

著者：織田博孝，宇佐美勉

掲載：Vol.56A, pp.499-510, 2010 年 3 月

◆討議 [山尾敏孝（熊本大学）]

既設ブレース材に拘束板を取り付けて制震ダンパー化する場合，拘束板の剛性と取付部の問題があると思われます。この場合に新しい BRB を取付けるより提案の方がメリットがあるのはどのような点か明確に示して下さい。

◆回答：まず，拘束材の必要剛性については，これまでの研究成果で明らかにされております。今回の試験では，やや余裕のある剛性を与えましたが，部材座屈は拘束され制震ダンパー化が実現できました。一方，取付部の問題はご指摘のとおりです。取付部の強度がブレース材の強度よりも低い場合は，取付部を補強するか，ブレース材を取付部より弱くする必要があります。この問題は新しい BRB を取り付ける場合と同じですが，実用上の課題としては，新規 BRB への取替えと既設ブレース材の制震ダンパー化のコスト比較が必要と考えます。

◆討議 [青木徹彦（愛知工業大学）]

既存の橋梁のガセットは実験したものよりかなり強度が低いことはないのでしょうか？

◆回答：論文に示してありますように，今回の試験体の設計ではブレース材を主要部材（1次部材）として扱い，ガセットはブレース材の引張全強に耐えるようにしております。しかし，実際の橋梁で2次部材としたブレース材は，座屈で低減された強度で設計してあるものがあります。したがって，ご指摘のように，この場合のガセットはブレース材の引張全強には耐えられないため，ブレース材を制震ダンパー化するためにはガセットを含めた連結部を補強するか，ブレース材の全強を連結部より弱くする工夫が必要になります。

論文題目：「繰り返し軸力を受ける高機能座屈拘束ブレースとガセットの面外挙動に関する実験的検討」

著者：渡辺孝一，山口亮太，吉川瑛人

掲載：Vol.56A, pp.511-521, 2010 年 3 月

◆討議 [党紀（愛知工業大学）]

BRB の端部破壊と加力パターンとの関係について教えて下さい。

◆回答：本論文では，座屈拘束ブレース（以下，「BRB」と略記する。）と，主構造との取り付け構造であるガセット継手を含めて一体化した供試体が，高機能 BRB に求められる変形性能を有することを実験によって検証いたしました。特に，ガセット継手端部の面外変形に着目して実験を行いました。その性能を定量的に評価するため，無次元化した BRB の変形性能（降伏変位 δ_y ）を尺度として，載荷パターンを定義しました。詳細は，「2.6 実験装置と載荷方法」に記載しております。載荷パターンは，変位増分による引張・圧縮の両振り載荷です。BRB には，地震エネルギーを吸収する際に，引張・圧縮の外力が交互に作用しますので，加力パターンとして，両振り荷重を交互に作用させ，性能を検証する必要があります。

ブレースおよび端部の継手に対して，引張側の載荷では BRB が塑性変形しながら延伸しますが，「2.3 ガセットの設計」で示したように，BRB ガセット端部は BRB の終局耐力 N_u に対して弾性となるように断面設計しておりますので，ブレースが破断に至るまで端部の継手構造は弾性変形にとどまり，破壊することはありません。これは，論文中の「3.1 軸方向荷重-変位関係」にて，実験供試体 CB-D の実験結果図-10 (C) から得られました。よって，論文で提案した BRB 端部継手の供試体断面では，ガセットの補強リブの有無によらず，引張荷重によって BRB の端部破壊が起こらないことを明かにしました。

一方で，圧縮載荷の場合は， $-\delta_y \sim -2\delta_y$ （マイナスは圧縮側を示す）程度で，継手端部が面外方向に屈曲して破壊に至って

おります。これは、先と同様に「3.1 軸方向荷重-変位関係」にて示した、実験供試体 CB-P, CB-H, RB-D の実験結果から得た結論です。これらの実験結果より、BRB の降伏軸力をわずかに上回る程度の圧縮荷重に対して、論文で示した、適切な補強をしないガセットの形状諸元（実験供試体 CB-P, CB-H, RB-D）が変形性能を満足しないことを明かにしました。

以上のように、継手一体供試体に対して載荷パターンを定義して、引張・圧縮の双方の外力に対する変形性能を確認いたしました。

論文題目：「高機能補剛せん断パネルダンパーの繰返し弾塑性挙動と復元力モデルに関する研究」

著者：葛漢彬，金子恵介，宇佐美勉

掲載：Vol.56A, pp.522-532, 2010 年 3 月

◆討議 [党紀（愛知工業大学）]

必要変形量（せん断変形）の決め方を教えてください。今回は 12% としていますが、ダンパーの配置形式によって必要変形量は変わるのではないのでしょうか？

◆回答：本研究で用いた SPD の最大せん断変形（限界値）は、SPD と BRB を付与したラーメン構造の水平変位が等しいという条件で BRB のひずみを SPD のせん断ひずみに換算して算出したものである¹⁾。御指摘のように、応答値は構造形式やダンパーそのものの配置箇所によって変わるが、この値が著者らが検討してきた高機能 SPD の大地震 3 回程度の応答値の上限である。これについては、現在、SPD をラーメン構造やアーチ橋などへ適用した場合の応答値に関する地震応答解析を行っているところである。

参考文献：1) 宇佐美勉：高機能制震ダンパーの開発研究，第 10 回地震時保有耐力法に基づく橋梁等構造の耐震設計に関するシンポジウム講演論文集，招待講演，pp.11-22, 2007.2.

論文題目：「鉄道高架橋の変位制限対策による地震時走行性向上に関する研究」

著者：吉田幸司，前田昌克，阿知波秀彦，松浦章夫，岩田秀治，関 雅樹

掲載：Vol.56A, pp.543-553, 2010 年 3 月

◆討議 [党紀（愛知工業大学）]

入力地震動の上下動の影響を考慮していますか？

◆回答：本論文にて記述考察した検討では、入力地震動に上下

動の影響は考慮していません。これは、車両の脱線挙動に与える上下動の影響が小さいためです。別件になりますが、研究グループにおいて、実台車を用いた振動台実験を実施しており、その中で上下動の影響を実験的に評価しております。その結果、一定の車輪上昇量（30mm）に至る加速度振幅（左右動）は、上下動を加えた場合には 5% 程度下回るのみで、車両の脱線挙動や脱線防止ガードの有効性に対する影響は小さく、車両の脱線挙動には、左右動成分によるロッキング運動が主要因であることを確認しています¹⁾。

参考文献：1) 三輪，坂上，足立，村松：実台車を用いた脱線防止ガードの効果確認試験，第 16 回鉄道連合シンポジウム講演論文集，pp.557-560, 2009.12.

◆討議 [宇佐美勉（名城大学）]

ブレース材が key となる構造のようですが、中間の SPD (Shear Panel Damper) に持たせるべき性能を示して下さい。

◆回答：想定地震動（L2 地震等）に対して、ブレースにより、損傷レベル 2 程度に収まるよう耐力強化を図るものとしています。また、ダンパー部（せん断パネル）は、ラーメン高架橋の基礎との耐力バランスを考慮して、概ね本体高架橋の 2 倍程度の降伏耐力を有するものとしています。

論文題目：「免震高架橋へのノックオフ型サイドブロックの設置効果」

著者：松村政秀，越智内土，吉田雅彦

掲載：Vol.56A, pp.554-563, 2010 年 3 月

◆討議 [横川英彰（オイレス工業）]

今までこのようなノックオフ機構をもつサイドブロックが数多く提案され、採用されています。これらの既往の構造との差や有利な点などについてお考えがあれば教えてください。

◆回答：ノックオフ機構を期待したサイドブロックが、想定する荷重でノックオフしない場合には、何らかの不具合が生じることが予想されます。既往のノックオフ機構をもつサイドブロック（変位制限装置）は、一般に、破断部には、断面積を減じることが目的とした孔加工やノッチ加工が採用され、鋼材の公称降伏点を用いて設計されています。しかしながら、破断に至るまでにサイドブロック自体が曲げ変形し、また破断メカニズムも明確ではないため、設計で想定される破断荷重でノックオフが確実に機能するかどうか、必ずしも保証されているわけではないと考えております。一方、本研究で提案しておりますノックオフ型サイドブロックは、主に、i) 設計に鋼材の公称引張強度を用いること、ii) 破断部のせん断破壊を誘発させること、により（設計で算定する）破断荷重で確実にノックオフ機

構が発現できる点、およびiii) 破断後に取り付けボルトなどに
変形が生じにくいこと、により破断後にサイドブロックの取り

替えが容易である点が、従来からのノックオフ機構をもつサイ
ドブロックとは異なります。