

論文題目：“Seismic performance of isolated curved steel viaducts under level II earthquakes”

著者：Carlos Mendez Galindo, Toshiro Hayashikawa  
and Daniel Ruiz Julian

掲載：Vol. 55A, pp. 699-708, 2009年3月

◆討議 [伊津野 和行（立命館大学）]

The results may depend on the direction of input motions. What is your recommendation how to decide the suitable direction of design input motions?

◆回答：In this study, the longitudinal earthquake component shakes the highway viaduct parallel to the X-axis of the global coordinate system, while the transverse and vertical components are acting in the Y- and Z-axes, respectively. However, our research group has considered the recorded orthogonal horizontal components of two strong near-fault earthquakes rotated for each 15-degrees interval on the horizontal plane in order to simulate different orientations of the bridge respect to the fault. The mentioned study is entitled “Effectiveness of unseating prevention cable restrainers for isolated curved bridges under near-fault earthquakes”. The results from those analyses were published in the proceedings of the 14th World Conference on Earthquake Engineering. Calculated results clearly demonstrate the correlation between structural damage and bridge orientation respect to the fault. It is concluded that the possibility of superstructure unseating is substantially higher when the expansion joint axis is almost parallel to the strike of the fault. Directional effects, typical of near-fault motions, are also responsible of considerable increase of pounding damage at expansion joints.

論文題目：“高機能座屈拘束ブレースの開発研究”

著者：宇佐美勉，佐藤崇，葛西昭

掲載：Vol. 55A, pp. 719-729, 2009年3月

◆討議 [横川 英彰（オイレス工業）]

(1) アンボンド材と拘束材の間に発生する摩擦力はどのように計測されていますか。

(2) ボルトの軸力はどのように設定されていますか。管理方法などありましたら教えてください。

◆回答：

(1) 摩擦力を計測することはしておりません。本論文および前論文(9)では、数値計算的に静摩擦係数を0.075~0.1程度に設定すれば、圧縮側での荷重上昇を説明できるとしております。

(2) 拘束材のボルトは、フープ応力により引張力を受けることとなります。これについては、文献8)に多少の記述があります。管理方法については未だ考えておりません。

◆討議 [松本 信之（鉄道総合技術研究所）]

座屈拘束ブレースの性能を評価するために、2つの指標（ひずみ，CID）を用いることはよいことと考えますが、両者の限界値はバランスがとれたものとなっているのでしょうか。あるいは、鋼材の種類によって、どちらかの限界値が厳しくなるというような傾向があるのでしょうか。これまでの知見があれば教えてください。

◆回答：BRBの目標性能としての限界ひずみ，および限界累積塑性変形 $CID)_{lim}=0.7$ の決め方は、文献4), 11)に記述があります。

即ち、限界ひずみ，および $CID)_{lim}$ はアーチ橋について道路橋示方書・レベル2地震動（地盤種Ⅰ，Ⅱ）12波を入力して弾塑性地震応答解析を実施して、その上限を上回る値を元に定めています。但し、大地震3回を想定することとするため、限界ひずみは一回の大地震の限界ひずみと変わりませんが、 $CID)_{lim}$ については、そのように定めた値の3倍を取っています。従って、大地震1回に対しては、 $CID)_{lim}$ の目標性能は過度に大きなものとなっています。

文献11)にも述べていますが、限界ひずみ，限界累積塑性変形とも鋼材の種類によらずほぼ一定値を取ります。従って、鋼材の種類によってどちらの限界値が厳しくなるようなことはありません。

◆討議 [伊津野 和行（立命館大学）]

(1) ねじれに対する照査は不要ですか。

(2) 高機能というのは、エネルギー吸収能が優れているという意味ではないのですか。

◆回答：

(1) これについては未だ検討しておりません。ただ、BRBを取り付ける枠組みは出来るだけ剛性を高くする必要があります（そうでないと枠組み自体が変形してBRBが変形しなくなる）ので、ねじれ変形の影響は大きくないような感じがします。今後の検討課題です。

(2) BRBに要求される性能は論文中に6項目挙げてあります。これらのすべてについて性能が高いBRBを高機能BRBと称しています。従って、「エネルギー吸収能が優れている」は、高機能の一つと捉えています。

◆討議 [青木 徹彦 (愛知工業大学) ]

提案されているブレースは、大地震3回に耐えられることを設定されています。橋梁の寿命を100年とするとき、大地震は50年～100年に一度程度の発生確率で非常に低く、これが橋梁の寿命の間に3回も生じる確率は非常に小さなものとなります。大地震1回程度でよいのではないのでしょうか。

◆回答：文献3)に触れましたが、大地震に匹敵する余震の影響を考えて大地震3回としています。これについては、2004年新潟県中越地震の余震活動等を参考に決めましたが、今後は、もう少し多くの地震について調査をする必要があるかと思えます。ただ、重要な点は、レベル2地震3回という想定大地震に対しても十分耐えうるような履歴ダンパーの設計が可能であることを示唆したことであろうと思えます。

論文題目：“微少粉体とオイルを混合したビンガムダンパーの耐震性能実験”

著者：水野千里，青木徹彦，鈴木森晶  
掲載：Vol. 55A, pp. 730-735, 2009年3月

◆討議 [横川 英彰 (オイレス工業) ]

(1) フィラー種類の選択方法はどのようなものですか。  
(2) 表-1における特性値とダンパー抵抗力の関係はどのようなものですか。

◆回答：

(1) 今回フィラーとして選択したものは、市場に流通しており、安価で簡単に手に入るもの、粒子が数ミクロンと小さく、シリコンオイルと馴染むものを想定して、選択しました。

(2) ビンガム材料は水を少し含んだ粘土のように、非常に大きな粘性を持つため、通常の粘性係数計測器では計測できません。そこで、今回は本文に示したような装置で粘性特性を計測しました。これらの特性値は、材料の粘性が大きければ、押し付け変形力は大きくなるため、ダンパーの抵抗力は特性値の値とほぼ比例的に増大すると思われま

◆討議 [清水 英樹 (大日本コンサルタント) ]

シリカオイルにフィラーを添加されていますが、今回のダンパーでシリカオイルのみでの実験をされて、フィラーの効果のみを確認されましたでしょうか。

◆回答：シリコンオイルのみでの実験は行っていません。シリコンオイルのみの場合、粘性抵抗の非常に大きなビンガム流体ではなく、オイルや水のような液体の性質を示すため、速度依存性が大きくなり、今回我々が目的とした、速度依存性の非常に小さなダンパーとはなりにくいと考えています。すなわち従来の流体ダンパーとビンガムダンパーとでは、まったく異なる特性を示し、別種類のダンパーと考えています。

◆討議 [宇佐美 勉 (名城大学) ]

耐震性能実験ということですが、開発しようとしている制震ダンパーの目標性能を明示して下さい。

◆回答：目標性能は、温度および速度依存性の少ないダンパーの開発です。今回は開発のはじめの段階のため、具体的な性能を示す段階まで行っていません。どのような粉体がどのような性能を示すのかを調べるのが主な目的となっています。性能のうち、ダンパー作用力に関しては断面積で、変位に関してはシリンダー長さで調節できます。問題は速度依存性がどれだけあるのか、あるいは稼働中に生じる温度上昇によって、性能がどれだけ変化するかという点で、今後の注目点となります。

◆討議 [竹田 周平 (福井工業大学) ]

(1) 実験における実速度はどの程度でしたか。(f=1～5 Hzとの関係)  
(2) プロポーシオンを決定した理由を教えてください。

◆回答：

(1) 载荷は、振幅50mmのSIN波で行い、周波数は1から5Hzです。実速度の測定は行っていませんが、この条件での速度は得られていると思われま

(2) 動的载荷用のアクチュエータとして25tfを用いたので、まずはダンパーの抵抗力を10tf程度と考え、ピストン軸径、シリンダー径を決定し、次にこれに見合う振幅として50mmから100mm程度が可能な移動長さを選びました。

論文題目：“ダンパーを用いた鋼上路式アーチ橋の耐震補強対策”

著者：太田あかね，大塚久哲，野原秀彰，新井雅之，  
森崎啓，馬淵倉一  
掲載：Vol. 55A, pp. 736-745, 2009年3月

◆討議 [青木 徹彦 (愛知工業大学) ]

ピン支承の所には具体的にどのようにダンパーを設けるのですか。

◆回答：(著者からの回答なし)

◆討議 [宇佐美 勉 (名城大学) ]

ピン支承の補強対策として、ピン支承を外し、そこに座屈拘束ブレースを設置するアイデアを、名古屋工業大学の後藤教授らが提案されていますが、そのような考えをこの橋梁に適用することはできないでしょうか。

◆回答：(著者からの回答なし)

◆討議 [伊津野 和行 (立命館大学) ]

(1) この研究で得られた成果は、ここで対象としている橋にしか適用できないのでしょうか。(研究成果の一般性)

(2) 様々な非線形性を細かく仮定されていますが、現実の物と比較してどこまで確実な特性および値なのでしょう。仮定によって結果が違ってくる可能性はありませんか。

◆回答：(著者からの回答なし)

論文題目：“終局照査用地震動に基づくPC ケーブル型落橋防止構造の動的応答性状”

著者：竹田周平，幸左賢二，伊津野和行，宮島昌克，北浦勝

掲載：Vol. 55A, pp. 746-757, 2009年3月

◆討議 [青木 徹彦 (愛知工業大学) ]

(1) TE型のメカニズムに関してですが、引張ではなく、ケーブルにより押し込まれるとはどのような構造ですか。

(2) ケーブルの荷重-変形関係は曲線的になると思われますが、実験データではどうなっていますか。

◆回答：

(1) ここで示す押し込みとは、ケーブルの定着部にある部材(コントロールパイプの中にあるウェッジプレート)がパイプの中へくさびの様に押し込まれる状態を意味します。今回着目したTE型は、PCケーブルに張力が作用することにより、ウェッジプレートがコントロールパイプを押し広げながら移動し、この結果としてケーブルに作用する張力を低減できる構造となっております。

(2) ご指摘のように、ある応力レベルに達してからは曲線的な関係を得ております。しかしながら、解析ではモデル化をシンプルとするために、バイリニア型で荷重と変形関係を表現しております。

論文題目：“錘落下実験による落橋防止ケーブル取付け部強度に関する検討”

著者：野阪克義，藤原啓隆

掲載：Vol. 55A, pp. 758-767, 2009年3月

◆討議 [青木 徹彦 (愛知工業大学) ]

「実験の結果、安全であった」とあるが、安全すぎるのではないのでしょうか。部分的に塑性変形を許して設計すると、より経済的な設計ができると考えられます。

◆回答：ご指摘の通り、結果は落橋防止ケーブル取付け部の設計は安全すぎることを示しています。この結果をもとに部材の厚さなどを減らすことは可能と思われます。しかしながら、ケーブルに対してフェイルセーフ機能を考慮するのであれば、塑性変形を許容することは理解されにくいのではないかと考えております。また、塑性変形により落下距離が増えることになったとしても問題が生じてくるかもしませんので、今後検討したいと考えます。

◆討議 [竹田 周平 (福井工業大学) ]

部材の厚みを $t=6\text{mm}$ とした理由を教えてください。

◆回答：供試体の厚さ6mmは参考にした設計例の断面を2/3倍した厚さとなります。設計例ではフランジが10mm、ウェブ9mmだったのですが、製作の簡便さも考慮して同一の板厚としました。

論文題目：“橋梁用ゴム緩衝材の機能特性と実橋への適用に関する研究”

著者：青地知也，大島俊之，宮森保紀，増田兼士，若杉洋  
掲載：Vol. 55A, pp. 768-777, 2009年3月

◆討議 [竹田 周平 (福井工業大学) ]

ゴム緩衝材の非線形特性をもう少し詳しく教えてください。特に、第1回目の大きな非線形ループとモデルとの関係はどうなっているのでしょうか。

◆回答：ゴム緩衝材の非線形特性ですが、ゴム板がはらみだす様に座屈変形し、1次剛性から2次剛性に変化します。実験では曲線的に変化するのですが、2次剛性を実験値にフィッティングさせ、後は面積が同様となるように1次勾配を設定しました。3次剛性は実験値から限界圧縮量50mmの位置としました。また、1回目と2回目の履歴の違いは実験値から来るもので、2回目は1回目の40%の剛性を低下させた履歴としました。

◆討議 [横川 英彰 (オイレス工業) ]

- (1) ゴム製緩衝材の履歴の再現性はありますか.
- (2) ゴムなので、大気中にあるだけでオゾン劣化があると思います. どの程度の寿命を設定されていますか.

◆回答 :

(1) ゴム製緩衝材は履歴の再現性があります. ただし、実験により1回目の剛性と2回目以降の剛性が異なる結果が得られたので、履歴モデルでこれを反映する必要があります.

(2) 現在、緩衝材としての製品を開発中で、ゴムの配合なども、まだ決定していないため、劣化に対する寿命も決定していません. ただし、地震発生後には交換する必要がありますので、L1地震を含めた再現期間内では十分な耐久性を有する緩衝材は作成可能であると考えます.

◆討議 [宇佐美 勉 (名城大学) ]

緩衝材を複数回の地震に対して使用することですが、ゴムの低サイクル疲労の心配はないですか.

◆回答 : ゴムの低サイクル疲労の問題はあると思いますが、地震発生後には交換するのが基本となりますので、余震を含めた地震被害に対しては、低サイクル疲労の影響は小さいと考えております.

◆討議 [伊津野 和行 (立命館大学) ]

ここで検討されている通り、支承や橋脚も含めた全体系で耐力の順序を考えることは、重要かつ難しい問題だと考えます. パラペットの耐力より緩衝材の耐力を低くすると述べられていますが、ゴムを圧縮した場合にはハードニングが生じて耐力が上がり、パラペットの耐力より低くすることはできないと考えられます. パラペットの耐力より大きな地震には緩衝効果を期待しないという設計なのでしょうか、あるいは、緩衝材も何らかの破壊をするということなのでしょうか.

◆回答 : 基本的にはゴム圧縮によるハードニングが生じないような十分な変位量を確保する必要があります. このため、遊間があまりにも狭い場合は、ハードニングが避けられず、パラペットの破壊を生じ、減衰効果が期待できません. このような場合は、別途桁下ブラケットなどを用いて橋台堅壁前面に接触させるような形で減衰材を設置するなどの工夫が必要です.

論文題目 : “桁遊間量・地盤条件が桁－橋台間衝突に及ぼす影響検討”

著者 : 幸左賢二, 宮菌雅裕, 今村壮宏, 坂本裕史

掲載 : Vol. 55A, pp. 778-788, 2009年3月

◆討議 [横川 英彰 (オイレス工業) ]

衝突ばねには、桁の軸方向剛性が関係してくると思いますが、いかがでしょうか.

◆回答 : ここでいう衝突ばねは、通常の弾性状態に対応した桁剛性ばねではなくて、桁の衝突による橋台の損傷にもなう、荷重－変形特性をバネとして表しております. また、具体的なばね特性は、静的な押し抜き実験結果から得られました荷重－変位関係を用い算出しております.

◆討議 [北原 武嗣 (関東学院大学) ]

橋台は固定として解析されているのでしょうか. そうであれば、橋台の変形を考慮すると結果が変わるのでしょうか.

◆回答 : ここでは、固定と仮定しております. モデル橋梁は橋台基礎のN値70以上の非常に堅い地盤上に設置されており、基礎の回転、水平移動を考慮したモデルでの解析値とも比較しておりますが、基礎条件の影響が小さいことを確認しております. なお別途実施したパラメータ解析では、N値50程度ではその影響を考慮する必要があることを確認しております.