

論文題目：“制震ダンパーとしての座屈拘束ブレースの全体座屈”

著者：宇佐美勉，渡辺直起，河村洋行，葛西昭，織田博孝
掲載：Vol.52A, pp.37-48, 2006年3月

◆討議 [有住康則（琉球大学）]

安全係数を 3.0 にした理由をもう少し詳細に説明願います。

◆回答：安全係数は、ブレース材の公称降伏軸力 P_y （公称降伏点強度と公称断面積から計算した値）に対して持たせるべき安全率で、次のように考えています。

$$V_F = \frac{P_{\max}}{P_y} = \frac{P_{\max}}{P_y} \cdot \frac{P_y}{P_y} \cdot f(\text{その他の不確定要素}) \quad (1)$$

ここで、実測値および過去の統計資料から

$$P_{\max} / P_y = \text{最大軸圧縮力/実降伏軸力} \cong 1.6 \quad (2)$$

$$P_y / P_{y, \text{nominal}} = \text{実降伏軸力/公称降伏軸力} \cong 1.2 \quad (3)$$

であるので、初期たわみ，偏心量，隙間量などの設計値からの変動などの不確定要因をカバーする安全率（式(1)最終項）は 1.56 程度になる。安全係数 3.0 は大きいように感ぜられるが，BRB は構造物全体の安全性を左右する非常に重要な部材であり，かつ全鋼重に占める割合はごくわずかであるので，この程度の安全率を取ることは許容できると思われまます。

◆討議 [杉浦邦征（京都大学）]

偏心量 e 等の不確定な要因で安全率が大きくなっていますが，小型試験体で発生する $e=1\sim 3\text{mm}$ 程度と実大構造物で発生する $e=1\sim 3\text{mm}$ 程度では，全体挙動に及ぼす影響が異なる物と思われる。従って，もう少し小さい安全率の設定が可能では。

◆回答：確かにそのような可能性がありますが，現在，実物大の実験結果がないのでこの点は何とも答えようがありません。将来，実物大の実験が出来ればよいのですが。

◆討議 [当麻庄司（北海学園大学）]

ブレース材の座屈によって拘束材に作用する荷重は等分布に仮定しているが，等分布になるほど高次の座屈となるのか。

◆回答：図1に実験終了後に拘束材を取り去ったブレース材の残留変形を示します。このように高次のモード変形する事は数値解析でも確認しています。従って，接触圧を等分布で仮定する事は妥当であると考えています。

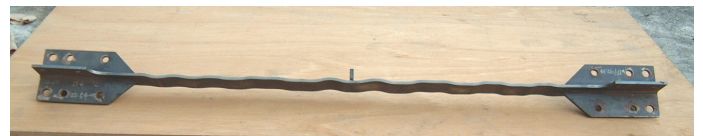


図1 実験終了後のブレース材の変形状態

参考文献

- 1) 宇佐美勉，加藤基規，葛西昭：制震ダンパーとしての座屈拘束ブレースの要求性能，構造工学論文集，Vol.50A, pp.527-538, 2004.3.

論文題目：“ウェブ孔食を持つ鋼桁のせん断耐力”

著者：中山太士，木村元哉，石川敏之，松井繁之
掲載：Vol.52A, pp.49-56, 2006年3月

◆討議 [有住康則（琉球大学）]

解析モデルと実際の溶接桁の腐食形状等について，リベット桁との違いを含めて説明願います。

◆回答：図-1（論文）に示すとおり，桁端部のウェブに端補剛材や下フランジに沿って腐食が発生していますが，本研究の解析モデルのような大きな孔食が実大構造物で発生している事例はありません。今回，この解析モデルとしたのは，孔食がさらに進行した場合の桁のせん断耐力を検討するためにこのモデルとしました。溶接桁とリベット桁の腐食形状の違いについて，溶接桁は図-1と同様の腐食形状となるのに対し，リベット桁は図-2に示すように，下フランジ（山形鋼）との取付部のウェブに腐食が発生する特徴を持っております。

◆討議 [堂垣正博（関西大学）]

1. 腹板の座屈後のメカニズムをお教えてください。
2. ウェブ孔食の有無による後座屈強度についてお教えてください。

◆回答：

1. 健全な桁（試験体Ⅰ）では桁の座屈後，桁中央部の鉛直たわみが 9 mmに達した時に，ウェブの面外変形が大きくなり終局を迎えました。一方，ウェブに孔食を持つ桁（試験体Ⅱ）では，桁が座屈した後も，荷重の増加とともにたわみが線形的に増加し，最大荷重時には 31 mmに達したときに，ウェブパネルではなく端部のウェブや補剛材が変形して終局を迎えました。このように，孔食の有無により，終局時の桁の変形が違うことがわかりました。

2. 今回の載荷試験では，健全な桁（試験体Ⅰ）とウェブに孔食を持つ桁（試験体Ⅱ）の後座屈強度は，孔食を持つ桁の方が健全な桁に比べて大きくなりました。これは，健

全な桁と孔食を持つ桁の終局状態の違いによるものと考えられます。ウェブの面外変形により終局を迎える健全な桁に対して、ウェブパネルではなく、端部のウェブや補剛材の変形が増加して終局を迎えることの違いによるものと考えられます。

◆討議 [当麻庄司 (北海学園大学)]

載荷試験時に鉛直荷重を載荷するとき、面外方向に不安定になることが考えられるが、面外方向を拘束したのでしょうか？

◆回答：載荷試験には万能試験機を使用しており、特に、面外方向の拘束はしていません。

論文題目：“亀裂を有する桁の曲げ耐荷力”

著者：石川敏之，大倉一郎，藤森由浩
掲載： Vol.52A, pp.57-66, 2006年3月

◆討議 [堂垣正博 (関西大学)]

鋼，コンクリート材料特性が，論文 pp.59 に示されています。この表を見る限り，コンクリートの降伏が考えられますが，研究では，弾性を仮定されています。どのように配慮されたのかお教え下さい。

◆回答：コンクリートブロックを有する桁 V の載荷試験結果では，論文 pp.62 の図-10 に示されるように，最大荷重に達したときのコンクリートの圧縮ひずみは 120μ 程度でした。このように，最大荷重に達するまでは，本研究で用いた桁のコンクリートブロックに生じるひずみが小さいことが分かります。したがって，コンクリートブロックを有する桁の耐荷力を明らかにする FEM 解析では，コンクリートブロックを，JSCE-G502 に従って算出したヤング率を有する弾性体と仮定しました。

論文題目：“座屈後の動的挙動シミュレーションに着目した地震時座屈照査手法の検討”

著者：為広尚起，大塚久哲
掲載： Vol.52A, pp.67-75, 2006年3月

◆討議 [宇佐美勉 (名城大学)]

1. 面外変形モードを解析の中に取り入れていない動的解析を行っても、面外変形が出てこないのは当然のことではないか？
2. 微小な初期面外変形を考慮する場合も、解析手法によっては面外方向に変形が生じない結果を得ることがある。面外方向の初期不整を変えてチェックする必要があるのでは？
3. 動的解析の場合には、等価接線剛性の分母に Δt の項が含まれるので、 Δt を適切に選べば解は必ず求まると思われる。そうならば、このような座屈解析をすることは不要になるのでは？

◆回答：まず念のため申し上げておきますと、1方向加振ではありますが、解析モデルは3次元モデルで、振動面外方向の自由度は生きています。

実験における急激な振動形状の変化(ここでは、これを『座屈』としています)が発生する以前の12秒間の応答は解析とよく一致していましたので、初期不整を変える検証は行いませんでしたが、ご指摘の通りもう少し行ってみるべきかと思えます。

ただ、設計時の解析を想定しますと、構造が整形で1方向加振の場合に、初期不整をあれこれ変えて不安定に陥らないかチェックすることはなく、理想的に荷重が架構内に均等分配された状態で検討がなされると思います。そのような場合、ご質問にあるように振動面外に座屈するような応答が出てこないことが当然であるとする、危険な現象が見逃されているケースが多々あるということではないでしょうか？

提案手法の解析では均等な初期軸力の設定であっても実験の座屈時刻付近で面外座屈判定を得ており、こうした見逃しを防ぐ働きを確認しています。

また、提案手法で探査しているのは、先にも書きましたように「振動形状が急変するポイント」です。これは「運動方程式の解が存在しない状態」ではありません。ご指摘の通り、動的問題では瞬間の状態が存在していれば、例え倒壊中であっても数学上の不安定にはなりませんから、動的解が存在しないポイントを追いかけても安全性確認の観点ではあまり意味がありません。

接線剛性マトリックスのデタミナント値が動的解析中に0となる瞬間は、動的解が存在しない状態ではありませんが、振動形状が急変する可能性が高いポイントであるという仮説を立てて検討を進めてまいりました。実験や解析的検証を通じて、かなり信憑性の高い仮説になってきたと考えています。