

2. [構造安定・耐荷力]

とりまとめ：[小野 潔] ([大阪大学大学院])

論文題目：“面内変形を受ける鋼製門形ラーメン橋脚のモデル化と耐震性能”

著者：松村政秀，本谷幸康，北田俊行
掲載：Vol. 57A, pp. 94-103, 2011年3月

◆討議 [福本秀士 (大阪大学・名古屋大学名誉教授)]
兵庫県南部地震の時には、はり部のせん断繰返しに対して腹板に×型の交番座屈変形がでていました。本論文のモデルではそのような崩壊モードがでていませんが、そのような崩壊モードができないような部材寸法になっていたのでしょうか？

◆回答：対象とした門型ラーメン橋脚の場合には、柱部材に比べて、はり部断面の部材長が長いこと、ダイヤフラム間隔が小さいことから、ご指摘いただきました、腹板パネルへの×型のせん断座屈変形は顕著には認められませんでした。ただし、隅角部から1つ目のダイヤフラムからはり中央部側の断面(本文では“初期損傷パネル”と称しております断面)には、地震加速度波形を入力し、繰返し変位を受ける場合には、フランジおよびウェブの座屈変形が、はり部の左右の2パネルに生じております。

◆討議 [後藤芳顕 (名古屋工業大学大学院)]
ベルヌーイはりモデルの弾性剛性を補正するだけで、なぜシェル要素による弾塑性解析結果と合うようになるのでしょうか？理由がわかれば教えてください。

◆回答：本研究では、シェル要素によりモデル化する場合と構造物の固有振動周期が一致するように、ベルヌーイはり要素の弾性剛性を補正した解析モデルにより、おおそ最大応答変位を得るまでの応答挙動を近似できること、これに加えて、座屈発生が想定される断面をシェル要素でモデル化することにより、残留変位を含めた弾塑性挙動を近似できることを示しました。そのため、残留変位を含めた、シェル要素による弾塑性解析の結果を再現するためには、塑性ヒンジの形成が予想される箇所をシェル要素によりモデル化することが不可欠です。

論文題目：“鋼トラス橋の格点部におけるガセットプレートのブロックせん断破壊に対する耐力評価式の適用性の検討”

著者：笠野英行，高橋諒，依田照彦，野上邦栄，村越潤，遠山直樹，有村健太郎，澤田守
掲載：Vol. 57A, pp. 104-113, 2011年3月

◆討議 [渡辺孝一 (名城大学)]
1) ボルト(リベット)の配置，ピッチの違いによる破壊モードへの影響はないのでしょうか？
2) 終局的な破壊は必ずガセットで起こるのでしょうか？母材は影響しないのでしょうか？

◆回答
1) 一般的なリベットの配置，ピッチの違いによって，2通りのブロックせん断破壊による破壊モードが考えられます。一つは引張を受ける断面の破断とせん断を受ける断面の降伏，もう一つは引張を受ける断面の降伏とせん断を受ける断面の破断です。
2) 本研究ではガセットプレートの終局挙動に着目しているため，母材の降伏や座屈が先行しないように，FEMモデルでは母材の板厚を設計板厚より大きくして解析していますが，母材の板厚によっては母材に影響する場合があります。

◆討議 [後藤芳顕 (名古屋工業大学大学院)]
1) 弾塑性解析による破壊現象を含む挙動の解析はどの程度可能でしょうか？
2) 式(3)もしくは式(4)等で，鋼材の強度(f_u)部分と，降伏強度(f_y)部分の累加をされていますが，その理論的な背景はどこにあるのでしょうか？一般的には，変形性能が十分あることが累加の前提条件となりますが， f_u 部分は破壊形態から(考えて)変形性能はほとんどないと思います。

◆回答
1) 本解析では鋼材の構成則をバイリニアとして定義したため，破壊現象は再現されません。したがって，非線形解析において荷重を段階的に増加させていき，計算が収束しなくなる場合を破壊として定義しました。また，本論文では荷重-ひずみ曲線を示し，曲線の傾きが十分に小さくなっていることを確認しました。
2) 式(3)もしくは式(4)は，(f_u)部分(孔の中心を通る断面)も載荷荷重の増加にともなって塑性化し，破断ひずみに至る(十分に変形する)と破断するという理論から定義されたものです。脆性破壊のような破壊現象は考慮していません。これらの実験的検証は1980年代からカナダ等で実施されておりますが，私たちも実際に実験を行い，理論的挙動と一致するかどうか検証する必要があると考えています。

論文題目：“鋼I桁下フランジに貼付する高弾性CFRP板の剥離防止方法に関する実験的研究”

著者：越智内士，松村政秀，久部修弘
掲載：Vol. 57A, pp. 114-124, 2011年3月

◆討議 [福本秀士 (大阪大学・名古屋大学名誉教授)]
曲げ実験ではなく，短柱の引張り，圧縮実験の予定はあるのでしょうか？ブレーシングなどの圧縮座屈の弾性強度を増加させる効果は期待できると思いますが，その方面への活用は考えられるのでしょうか？

◆回答：ご指摘いただきましたように，高弾性のCFRP板を鋼部材に貼付することにより，鋼部材の弾性座屈強度を増加させる効果が期待できます。ただし，CFRP板のはく離は

無視できませんので、CFRP板端部ではく離防止も併せて必要であると考えます。また、引張や圧縮に対する補強効果は、短柱の引張り、圧縮実験により今後検討することを予定しております。

◆討議 [中村一史 (首都大学東京)]

- 1) 連結板を乗り越える補強案については、実橋では大きな隙間が生じてしまうと思われませんが、どのように対応されるのでしょうか？
- 2) 定着版端部の補強法をいくつか提案されていますが、現状で最適な方法はどれになるのでしょうか？

◆回答：

- 1) 連結板を乗り越える補強（ブリッジ補強）のための補強部材と下フランジ表面との段差（高さのギャップ）は実橋レベルで30mm程度、連結板にボルトのヘッドやナットの突出を考慮する場合には70mm程度を想定しています。この段差を踏まえたブリッジ補強の定着部には、鋼製やFRP製の治具を想定しており、今後、実験による性能確認を進める予定で考えております。
- 2) ボルト継手部など桁の下フランジからの段差が生じる箇所では、この箇所ですらでもCFRP板の貼付が不連続となり、CFRP板端部からのはく離発生が懸念されます。

そのため、本研究で検討しておりますような、接着面積が増加と板の浮き上がり防止の両方の効果が期待できるCFRP板の端部のはく離防止補強が必要かつ有効と考えております。なお、CFRP板あるいはCFRPロッドで連結板を乗り越える補強（ブリッジ補強）の最適な補強方法は今後追加実験の結果を踏まえて検討したいと考えております。

◆討議 [石川敏之 (京都大学大学院)]

剥離の評価は、曲げモーメントだけでも可能ではないでしょうか？

◆回答：本研究では、作用曲げモーメントと作用せん断力の比を用いてCFRP端部のはく離発生の有無についての評価を試みました。ただし、本研究でのCFRP板端部位置の作用せん断力はいずれの実験供試体においても一定としたため、ご指摘のように作用曲げモーメントだけではく離発生の有無を評価することが可能です。今後、CFRP板端部位置が異なる場合のはり離の評価も行いたいと考えております。同時に、接着剤に生じる垂直応力およびせん断応力に着目した剥離の評価についても、実験および数値解析による検討が必要であると考えております。