

12. 鋼, 木構造・橋

とりまとめ: 尾下里治 (榑横河ブリッジ)

論文題目: “接合法の違いによる鋼ジョイント近傍の木部材の力学性状”

著者: 今井富士夫, 村上弥生, 間瀬英男, 飯村豊, 中澤隆雄
掲載: Vol.52A, pp.829-836, 2006年3月

◆討議 [渡辺浩 (福岡大学)]

実験で荷重-引きぬけ関係が引きぬけ量1mmから始まっているのはなぜか。

◆回答: 図-11を丁寧に観察すれば, 引抜け量の初期値はすべての供試体において0mmから始まっていることが確認できる。引抜け量の初期値が1mmから始まっているように観られる供試体はいずれも「縁切り」の試験結果である。本文にも記述しているが, 木部材のボルト孔とボルト径は一致させているものの, 鋼板のボルト孔はボルト径より2mm大きくしている。また, 木部材に対するボルト締付けは鋼材同士の締付けとは異なり, 極めて緩やかにしなければならない。このため, ボルトのみの接合に依存する「縁切り」では荷重の載荷当初には大きな引抜きが生じる結果となった。

一方, 鋼板と木部材の間に樹脂が充填されている「樹脂充填」では鋼板と木部材間の樹脂付着により, 大きな引抜けは発生しておらず, 荷重に対する引抜け量は載荷当初から線形的に増加している。

◆討議 [尾下里治 (榑横河ブリッジ)]

テーパ孔は応力集中の低減には効果があるが, 終局強度の点ではどのように影響するか。終局強度の確認が必要ではないか。

◆回答: 接合部の終局強度は木部材の強度あるいはボルトのせん断強度のいずれかによって決定される。鋼ジョイント近傍の木部材に発生する応力は, ボルトによる応力集中や木部材の幅が厚いために, 鋼ジョイントの鋼板に接する両面では過大となり, 中央面では大きく低下したものとなる。本論文の節3.1で述べているように, 木部材のボルト孔の両側にテーパ孔を設けることによって, ボルトによる応力集中は緩和され, 発生応力は低減する。このことにより, テーパ孔を付していない場合に比べ, 木部材の見かけ上の強度は向上するものと考えられる。

ボルトのせん断強度は, 木質構造設計基準・同解説(2002年改定版, pp.236-245)によると, 木部材の材厚-ボルト径比(t/d)に依存し, t/d を8以上とすれば, ボルトの曲げ変形により大きな塑性変形を生じ, ボルトが引張りを負担する

ようになる, いわゆるローブ効果により終局耐力は増大するとある。しかしながら, 基準での t/d はボルト軸全体の周囲が木材によって拘束された場合について規定されたものであることに留意しなければならない。テーパ孔を付した場合, ボルト両端部は自由となるため, ボルトの両端には局部的な曲げが生じることが考えられ, この局部曲げがボルト強度に与える影響については現在のところ検討していない。

ボルトによる木部材の応力集中に対する緩和策として提案したテーパ孔が終局強度に与える影響については, 今後, 実験的・解析的に明らかにする予定である。

論文題目: “木歩道橋のコスト評価と環境負荷に対する検討”

著者: 上月裕, 渡辺浩, 山尾敏孝
掲載: Vol.52A, pp.845-852, 2006年3月

◆討議 [平沢秀之 (函館高専)]

標準型(15年)と高耐久型(30年)とでは, 床版の工法・補修法の考え方にどのような違いがありますか。

◆回答: 標準型(15年)については, 床版上から主桁とネジ止めをすることとしています。この方法だと, 施工はし易いのですが, ネジ穴からの水が腐朽の原因となる可能性があるため15年の間に劣化することも考えられます。そこでここでは8年目にすべての床版を取り替えることを想定しています。

高耐久型(30年)については, 床版下面で, 金具で主桁と固定することとしています。床版表面にネジ穴等がないことから, 床版の腐朽にも効果があると考えられることから, 塗装による維持管理のみを想定しています。

◆討議 [結城洋一 (榑横河ブリッジ)]

①木橋が供用される際, どのような環境での供用が望ましいか?

②供用後の木橋の処理法

◆回答: ①木橋には, 木材の腐朽という特有の問題があり, このため腐朽しにくい環境での供用が望ましいといえます。木材の腐朽は, 適当な温度, 酸素, 水分により起こりますが, このうち人為的にコントロールできるのは水分のみです。例えば屋根付きの橋はこの対策の一例ですが, すべての橋に屋根を架けることは一般的ではありませんし, 橋である以上雨の影響は必ず受けます。例えば雨に濡れても, その水分が滞留しないような構造面での工夫が同時に必要になります。

②他の材料でも同様ですが, 廃木材でもカスケード的な利用

が実践されています。加工性に優れている再加工して別の箇所に利用されたり、チップ化してボード類の原料とされることもあります。また最終的に焼却しても、そこから熱エネルギーを回収することができますので、化石燃料の代替によるメリットもあります。

◆討議 [尾下里治 (株横河ブリッジ)]

床版の耐用年数を 15 年や 30 年と設定しているが、これは実績にもとづくものか。

◆回答：個々のデータを分析したわけではありませんが、概ね旧来の木橋の経験的な実績に基づいています。ただし、耐用年数は維持管理の実績や管理者の考え方に大きく左右されますので、個々の分析もあまり意味があるとは思えません。今回設定した 15 年、あるいは 30 年とは、試験研究機関や薬剤メーカー等の研究データに基づき、さらには適切な維持管理がなされることによりこの程度は供用できるであろう、あるいは供用したいと考えているという年数を一例として具体的に与えたものです。

論文題目：“溶融亜鉛浸漬中に発生する鋼平板の熱ひずみと温度変化”

著者：今野貴史，岩崎正二，出戸秀明，宮本裕
掲載：Vol.52A, pp.853-864, 2006 年 3 月

◆討議 [結城洋一 (株横河ブリッジ)]

- ①解析モデルの境界条件について、 $T=一定$ or $\partial T / \partial t = 一定$ か。
- ②メッシュサイズ・分割方法による違いの検討をされているか。

◆回答：①熱応力解析の解析モデルの境界条件は質疑の条件とは若干異なる。付属板の板厚方向は $T=一定$ (板厚の平均温度) としている。付属板の縦方向 (溶融亜鉛に浸漬する方向) は熱伝導方程式から最適化手法により得られた温度分布を付属板の浸漬した時刻毎に境界条件として与えている。
②メッシュサイズ・分割方法の違いによる検討は行っていない。しかし、溶接部近傍は応力集中が発生しやすいことから、熱応力解析モデルの作成の際、溶接部近傍のメッシュは細かく分割している。

論文題目：“せん断を受けるステンレス鋼板の耐力特性”

著者：松下裕明，矢吹哲哉，有住康則，岩田節雄
掲載：Vol.52A, pp865-874, 2006 年 3 月

◆討議 [渡辺浩 (福岡大学)]

ステンレス鋼と普通鋼を組み合わせると場合によって腐食が促進される場合があるが、どう考えると良いか。

◆回答：ご指摘の様に、ステンレス鋼と普通鋼 (炭素鋼) の接合により卑な電位を示す炭素鋼の腐食 (ガルバニック腐食) が促進される傾向にあります。しかし、実際には、①炭素鋼に対するステンレス鋼の重量比、および②腐食電流を発生させる環境 (電解溶液の有無等) があるか、が腐食進行度に大きく関わっております。ステンレス橋梁では、①に対しまして (材料費の関係からも) ステンレス鋼の使用を必要最小限としております。また、②に対しましては漏水や耐水を防止し、電解溶液にあたる水をためない構造に工夫することに加え、桁内面の炭素鋼には内面塗装を施すこと等による対処を考えております。

◆討議 [尾下里治 (株横河ブリッジ)]

せん断座屈の耐力曲線において、 R が大きい範囲で弾性座屈曲線よりも解析値が大きくなっている。解析モデルの条件からすると弾性座屈に近くなるのでは。

◆回答：柱の座屈と異なり、板の座屈では周辺単純支持条件においても周辺の面外変形の拘束の影響から、座屈後の耐力上昇 (後座屈強度) が期待できると考えられます。例えば、圧縮を受ける無補剛版については本論文で示しました文献 2) に後座屈に関する挙動が説明されており、せん断耐力力に関しても同様と考えられます。

弾塑性有限変位解析を用いた構造用鋼 (普通鋼) のせん断耐力力特性に関する研究としましては、本論文で示しました文献 17) 等で検討がなされており、初期不正 (残留応力、初期たわみ量およびそのモード) および縦横比等によって座屈耐力力が変化することが示されております。よって、弾性座屈曲線との相関は境界条件だけで決定されず、導入する初期不正等によっても変化すると考えられます。本研究では、解析に用いた初期不正の条件において図-11~図-14 に示すような結果になった次第です。なお、本研究での構造用鋼の結果につきましては文献 17) と比較検討し、本研究での解析手法の妥当性を確認しております。

論文題目：“鋼道路橋の鋼重実績と推定式”

著者：当麻庄司
掲載：Vol.52A, pp875-884, 2006 年 3 月

◆討議 [森正忠 (コスモ技研株式会社)]

近年、鋼重に大きく影響を及ぼす要素が多くなってきています。パソコンによりデータをデータベース化し、専用の検索

解析エンジンを開発することによって、さらに精度よく鋼重、経済性、構造特性といったものを知る手法は考えられないでしょうか。

◆回答：本論文は鋼道路橋の鋼重推定を精度よく行うためのデータを提供することを目的としています。討議者は、さらにこれを大がかりに専用の検索ソフトを開発することを提案されています。鋼重に影響を及ぼす要素として本論文では支間のみを取り上げていますが、その他、幅員、主桁数、路線種別、直橋か曲線橋、景観上の配慮、等いろいろと考えられます。これらの要素をデータベース化できればより精度よく、経済性や構造特性を知ることができると思われます。

◆討議 [平沢秀之 (函館高専)]

橋種にかかわらず、鋼重のばらつきは正規分布と考えてよいですか。

◆回答：データ数が十分であれば正規分布と考えることができます。論文の中でも単純鋼桁橋の場合について一例を示していますが(図44参照)、これもデータ数がさらに多くなればより正規分布に近づくと思われます。

◆討議 [岩崎英治 (長岡技術科学大学)]

スパンや橋梁形式で鋼重を整理していますが、桁の本数も含めて整理するとばらつきが少なくなるように思います。桁の本数で整理していたら説明をお願いします。

◆回答：本論文では、主桁本数を考慮して鋼重を分析していません。最近の合理化橋のように、2主桁の場合はその特徴を鋼重から見るができると思われますので、参考文献¹⁾で検討しています。通常の橋の場合は、主桁本数よりも幅員で整理するのも一方法かと思われますが、この点に関しては別途参考文献²⁾で分析が行われています。

参考文献：

- 1) 当麻庄司, 鈴木 巧, 黒田保博：鋼道路橋の鋼重データに基づく構造的特徴の分析, 土木学会論文集, No.598/I-44, pp.359-370, 1998年7月.
- 2) 日本橋梁建設協会：'06デザインデータブック, 2006年4月.

論文題目：“格子モデルによる床版断面力の解析方法の基礎的検討”

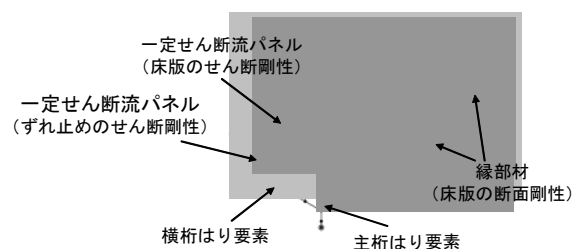
著者：尾下里治, 結城洋一

掲載：Vol.52A, pp885-892, 2006年3月

◆討議 [平沢秀之 (函館高専)]

今回提案するモデルは床版を格子モデルとするものでした。橋梁全体を解析するためには、主桁・横桁を格子モデルとした構造が床版の下部に配置されるので、全体モデルは3次元モデルになるのですか。もしそうなら、床版と主桁を連結する仮想部材のようなものが配置されるのですか。

◆回答：今回提案しました解析モデルは、板理論との比較に着眼をおいていたため、床版のみをモデル化した2Dモデルとしています。ご指摘の通り橋梁全体を解析する場合には主桁・横桁等をモデル化する必要があるため3次元モデルとなります。また、3次元モデルの場合は“一定せん断パネル”と呼ばれるせん断力のみを伝達する要素を利用して、主桁と床版間の力のやりとり、また間隔保持をしております。



3次元モデルの概念図

論文題目：“鋼4主1桁橋の設計計算に関する一考察”

著者：山口栄輝, 山本悟, 村越潤, 高橋実, 山下健二

掲載：Vol.52A, pp893-900, 2006年3月

◆討議 [奥井義昭 (埼玉大学)]

提案する補正係数を格子解析で行っている実務設計においてどのように使用するか、考えがありましたら、教えてください。

◆回答：現行の設計では床版による荷重分配効果が無視されています。現行設計の枠組みを大きく変えることなく床版の荷重分配効果を取り込むために提案したのが、補正係数です。具体的には、格子桁解析で求めた荷重分配係数に、この補正係数を乗じることにより、床版の荷重分配効果を考慮できることとなります。AASHTO LRFD に定められている Distribution Factor と同じような役割を担った係数と考えています。

論文題目：“4径間超長大吊橋の弾塑性挙動と合理的主塔剛性比”

著者：野上邦栄, 染谷厚徳, 山沢哲也

掲載：Vol.52A, pp901-912, 2006年3月

◆討議 [尾下里治 (榎横河ブリッジ)]

通常の3径間吊橋に比べて本形式の吊橋の場合、活荷重が橋軸方向に偏載荷された時に主塔の曲げ変形やケーブルのサドル部のすべりが問題となるといわれています。解析結果からそうした傾向が出ていますか。

◆回答: 側塔に厳しい偏載荷 LC2 において、主塔剛性比によっても異なりますが、今回提案している合理的な主塔剛比 (case6s) では 4.9m の塔頂部水平変位が発生しています。また、case1 の基本断面においては最大で 9.5m 発生しています。終局荷重時における側塔の最大応力は塔の桁上高の 3/5 地点に発生し、その塑性領域は塔全長に進展しており、大きな変

形を伴って終局を迎えています。したがって、塔頂部ではケーブルとサドルとの間に相対すべりを生じることが予想されますが、今回の解析ではサドルをモデル化しておりませんので解析結果においてすべり量が得られていません。今後の検討課題とさせていただきます。なお、たわみ特性を改善するため主塔の剛性を上げるとケーブルスリップが生じるため、従来のサドル構造に対して何らかの工夫が必要になりますが、これまでの研究においてケーブルをサドル上で固定できる摩擦サドルの開発提案が報告されており、実用化が待たれるところ です。