

1. 構造力学・構造工学一般

とりまとめ：末武義崇（足利工業大学）

論文題目：“最適化構造概念に基づく新しい応急仮設橋のプロトタイプ技術開発”

著者：有尾一郎，田中義和，中沢正利，古川祐輔，
近広雄希

掲載：Vol.56A, pp.1-12, 2010 年 3 月

◆討議 [佐々木智大（東京工業大学）]

どの程度の規模の橋を想定しているのでしょうか？

◆回答：開発予算にも依存すると思いますが、当面は試作を踏まえた上で緊急車両や軽車両が 1 台渡れる程度で展開機構とフェイルセーフ機構が安全に働くような性能の開発が急務だと考えております。想定している橋は、橋の組合せ次第によっては、様々なサイズと規模が考えられると思っております。

◆討議 [佐々木智大（東京工業大学）]

現地で実際に架設するのに要した時間はどの程度でしょうか？

◆回答：このプロトタイプでは、トレーラーからおろしてから架設現場まで運び、全所要時間としては約 10 分もかからず、展開作業の実質時間は 1.5 分程度で可能でした。架設現場の条件がよかったこともありますが、実際の現場では迂回路の橋構築として考え、土砂等の崩れた不安定な地盤での使用は考えておりません。

◆討議 [永田聖二（電力中央研究所）]

例えば、剛性とコストなどはトレードオフの関係になると考えられますが、今回の設計では、何をどのように最適化されたのでしょうか？

◆回答：トレードオフの関係が成立するかどうかという点はよく分かりませんが、このようなレスキュー的な要素が含まれる構造物のツールはほとんど皆無であり、それによって、経済的ならびに人的被害が最小限で済めば、ライフライン復旧のツールとして絶大な効果をもたらすと思います。また、この橋に関しては従来の施工手順や設計の概念・考え方と根本的に異なります。当面の目標は、迅速に組み立てられる施工手順と橋全体の剛性を効率よく考えるということに尽きると思います。つまり、今回の論文で提案する最適化は、橋構造の最適化と橋構築手順の最適化が含まれるとともに、研究の成果としては橋を折畳むことによって、コンパクトに橋システムを運搬することが

できるとともに、その橋を展開架設することによって迅速に施工できる可能性がある、画期的な橋構造システムの原型案だと思っております。

論文題目：“Experimental and analytical study on shear capacity in steel fiber and stirrup RC beam”

著者：Timoty Nyomboi, Hiroshi Matsuda,
Akira Demizu, Kohei Makino

掲載：Vol.56A, pp.13-22, 2010 年 3 月

◆討議 [永田聖二（電力中央研究所）]

鋼繊維はどのように混ぜ合わされるのでしょうか？混ぜり方によって部材強度にばらつきが生じるように感じますがいかがでしょうか？

◆回答：鋼繊維は練りあがった状態のコンクリートに混入し、コンクリートミキサーで 2 分程度攪拌します。強度のばらつきに関しては、円柱供試体の割裂引張強度のばらつきは通常のコンクリートと比較しても小さかったことから、鋼繊維の分布や強度のばらつきは小さいと考えられます。

◆討議 [永田聖二（電力中央研究所）]

解析では、鋼繊維の条件が仮定されていますが、終局時の鋼繊維の挙動（付着ずれを含む）は実験的に明らかにされているのでしょうか？

◆回答：実験結果から、コンクリートの破壊面において鋼繊維は破断することなくコンクリートから引き抜かれていることが確認されました。したがって、本解析では鋼繊維はひび割れ部の引き抜きにより破壊するとした仮定を用いました。

論文題目：“Behavior of bolted/bonded joints in pultruded hybrid CFRP/GFRP composites”

著者：Nguyen Duc Hai, Hiroshi Mutsuyoshi

掲載：Vol.56A, pp.23-31, 2010 年 3 月

◆討議 [末武義崇（足利工業大学）]

In Conclusions, the authors stated that the stiffness of beam joints most likely depends on the bonding strength. The types of the joints in this

study, however, are only two, and the parameters of specimens are not changed. I am afraid that the experiments in this study are too limited. Please give us some comments.

◆回答：It is well known that joining of FRP composite is commonly achieved by three basic methods including mechanical fastening, adhesive bonding and combination of mechanical fastening and adhesive bonding. This study focused on two main types of joints including bolted-only (mechanical fastening) and bonded-and-bolted (combination of mechanical fastening and adhesive bonding). The bonded-only (adhesive bonding) joint was not considered since it may lead to premature failure under various combined loading (bending, compression, tension...) in bridge structures. This has been shown by many researchers.

Obviously, there are numerous parameters which could be considered for studying of joints. However, this paper concentrates on joint behavior of hybrid FRP (HFRP) laminates representing for the flanges of HFRP beams (which are expected to apply for real bridge applications). Geometrical parameters of specimens such as width and thickness were therefore kept constantly. The main parameters of this study were types of joints (bolted-only and bonded-and-bolted), types of splice plates (flat and V-notch), joint geometry (various end distance), the thickness of adhesive layer and the amount of torque. Other parameters such layer compositions of HFRP specimens etc... were discussed in our previous paper. Please refer to the reference [1] for further details.

Reference:

[1] Nguyen Duc Hai, Hiroshi Mutsuyoshi, Shingo Asamoto, and Takahiro Matsui (2009). "Structural Behavior of Hybrid FRP Composite I-Beam", Journal of Construction and Building Materials, Elsevier, Vol. 24, Issue 6, pp. 956-969.

論文題目：「矢板工法により建設された寒冷地トンネルの覆工内温度応力の理論的検討」

著者：松尾優子，三上隆

掲載：Vol.56A, pp.32-39, 2010 年 3 月

◆討議 [末武義崇 (足利工業大学)]

既往の簡易算定式として、式 (12a)・(12b) を示し、算定結果を本法の結果と比較されています。算定の位置 z に依らず式 (12a) の結果が本法の結果に近いようですが、式 (12b) については、境界条件等に何か問題があるのでしょうか？

◆回答：本研究によれば、覆工内の $\Delta\tau$ の温度分布特性は坑口付近でピーク値をとり坑口から遠ざかるにつれて減少するも

のです。式(12.a)は両坑口から遠く離れた点の応力を表わし、式(12.b)は両坑口を自由の境界条件としたときその影響を式(12.a)に加えたもので、最大の円周方向応力を与える式になります(境界条件等に問題があることにならない)。なお、表の結果では、式(12.a)はトンネル中央の $\Delta\tau$ 、式(12.b)は坑口の $\Delta\tau$ を与えて $\Delta\tau$ をトンネル延長方向に一定として求めたものです。表より、本算定結果による結果と式(12.a.b)と比較すれば、式(12.b)の結果は本算定結果より大きめの値を示しております。また、トンネル中央で使用するべき式(12.a)の結果とトンネル坑口付近の本算定結果のピーク値を比較(著者らはそのところ意図しておりませんが)すれば、質問者の指摘の通りですが、式(12.a)の結果は本算定法の結果より常に小さめの結果を与えることになります。

◆討議 [永田聖二 (電力中央研究所)]

今回は解析的検討ということですが、実際のトンネルで延長方向の温度分布や応力が測定された事例はないのでしょうか？

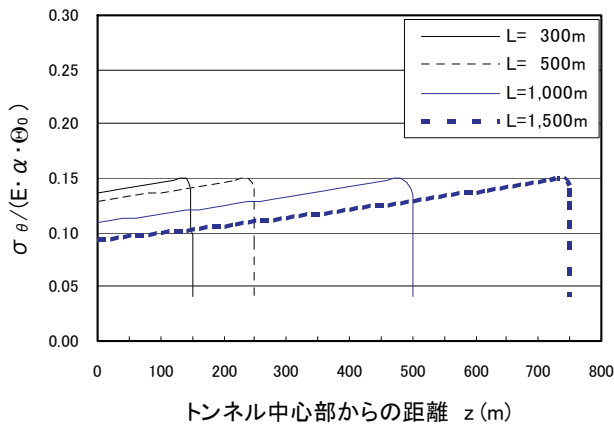
◆回答：今回の解析で用いたトンネル延長方向のトンネル内空の温度式(式(1))は、既往の研究*1 より道内 6 箇所のトンネルの実測気温との比較を行い、その有効性・妥当性が確認されております。またトンネル延長方向の応力については測定データがないため、実測値との比較は行っておりません。

*1 本論文の参考文献(5)：河村巧，三上隆，福本皓一，断熱材設計のための寒冷地トンネルにおける坑内延長方向の温度解析，構造工学論文集，Vol.54A, pp.32-38, 2008

◆討議 [佐々木智大 (東京工業大学)]

L=860m 程度以下で坑口付近の応力が急激に低下するのはなぜでしょうか？

◆回答：発表時に説明した L=860m 以上のトンネルの円周方向応力 $\sigma\theta$ については式中に現れる指数関数の処理に誤りがありました。再計算の結果 L の値に関わらず、いずれもトンネル坑口付近でピーク値をもち急激に低下する傾向を示しました。なお、訂正した結果を付図—1 に示します。(L=1,500m の結果も含む。)



付図—1 トンネル延長Lの変化による温度応力 σ_{θ}

※図中のEはトンネル覆工コンクリートの弾性係数， α は線膨張係数， Θ_0 は年温度振幅を表わす。

論文題目：「吹付けコンクリートと鋼アーチ支保工の剛性を考慮したトンネル支保剛性の理論的検討」

著者：大野孝，三上隆

掲載：Vol.56A，pp.40-48，2010年3月

◆討議 [永田聖二 (電力中央研究所)]

今回ご提案された算定式を用いた剛性は従来の方法の場合とどちらが大きくなるのでしょうか？それによって設計・施工に及ぼす影響はどのようにお考えでしょうか？

◆回答：本研究は，トンネル断面を円形，鋼アーチ支保工間隔は一定等，幾つかの仮定の下，トンネルには薄肉円筒殻理論及び鋼アーチ支保にはリング理論を用いて，両者の影響を加味した支保剛性の算定式を理論的に導出したものである。その結果，本算定式は従来法に比較して最大で10%程度大きめの結果を与えますが，これをもって設計・施工に大きな影響を与えるとは考えておりません。ただし，提示した算定式は，例えば，吹付けコンクリートが若材令時のときの鋼アーチ製支保工の役割(剛性分担)等を検討する際には，有益な情報を提供するものと考えています。

論文題目：「常時微動モニタリングに基づく実大RC橋脚試験体の地震損傷評価」

著者：永田聖二，金澤健司，梶原浩一，矢花修一

掲載：Vol.56A，pp.49-59，2010年3月

◆討議 [中島章典 (宇都宮大学)]

今回の実験では橋脚1本に着目していますが，実際の橋梁では隣接橋脚などシステムとしての影響があること，また，橋脚固定部の剛性低下の影響が含まれることなどの難しい点もあると思いますが，このような点について何かお考えがあれば教えてください。

◆回答：今回の試験体は，中央のRC橋脚1体で上部構造(桁とマス)を支えているのではなく，RC橋脚1体と鋼製架台2体で上部構造を，支承を介して支えるという2径間連続橋システムになっている。基礎の影響は考慮されていないが，2径間のシステムにおける中央のRC橋脚が損傷した時に，固有振動数の低下を把握することで損傷を検知できる可能性を示した。隣接橋脚や基礎に剛性低下が生じた場合も，今回のように固有振動数の低下を把握することで，なんらかの損傷の有無を検知できると考えられる。ただし，固有振動数の把握だけでは，システムのどの部分が損傷したかを特定することは難しい。今回は中央RC橋脚頂部の常時微動データを用いて固有振動数の同定を行ったが，今後は多点の計測データを用いることにより，地震前後の固有モードを同定し，損傷部位の特定を含めた検討を実施したいと考えている。

論文題目：「ゴム材の応力波緩衝効果の推定手法の提案」

著者：難波達郎，木村修一，本間重雄，近藤博

掲載：Vol.56A，pp.60-67，2010年3月

◆討議 [水澤富作 (大同大学)]

インピーダンス法は，非定常応答に対応できる解法なのでしょうか？

◆回答：緩衝材の応力レベルに合った機械インピーダンスに変更しながら計算できます。鋼棒が無限長の場合は簡単に多重反射計算ができますが，鋼棒が有限長の場合には，自由端からの反射の影響を取り扱うのにインピーダンス法は有意と考えています。今回の計算は伝播時間1 μ s(鋼棒で5mm)で要素分割し行ったものです。

論文題目：「レーザー変位計を用いた鋼管状物体の形状の精密計測法の提案」

著者：小畑誠，馮文，後藤芳顕

掲載：Vol.56A，pp.68-76，2010年3月

◆討議 [田辺篤史 (J R 東海)]

レーザー変位計を移動させて測定したとありますが，移動せずに複数のレーザー変位計を配置したほうが精度が向上する

様に思います。移動させるべきなのかどうか教えてください。

◆回答：複数のレーザー変位計を使える状況にあるのであれば複数使う方が精度の向上が望めます。移動させることにより誤差が発生する可能性があるからです。本論文はなるべく簡易でかつ可能な限り高精度な計測法の提案に主眼をおいています。したがって、たとえレーザー変位計はひとつであっても論文で示した程度の精度の確保は可能である、と言う点を主張しています。

論文題目：“Fatigue durability of trough rib to deck plate welded detail of some orthotropic steel decks”

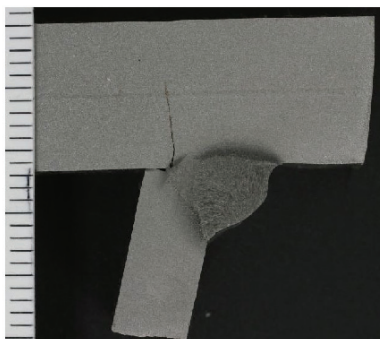
著者：Ya Samol, Kentaro Yamada, Toshiyuki Ishikawa
掲載：Vol.56A, pp.77-90, 2010 年 3 月

◆討議 [坂野昌弘 (関西大学)]

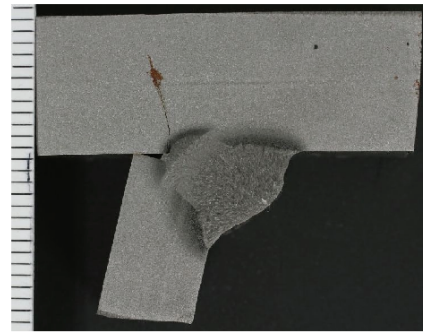
Fig.1 に関し, root-deck crack の発生・進展方向ですが, 実橋と, 面外曲げ疲労試験結果とは一致していますか?

◆回答：本研究では, 鋼床版のトラフリブとデッキプレートの溶接継手をモデル化し, デッキプレートに板曲げ応力を繰り返させて疲労き裂 (root-deck crack) を発生させることを目的とした。再現した疲労き裂の進展方向を, 写真-1 に示す。

実橋に発生・進展した疲労き裂の例を写真-2 に示す。実橋に発生した疲労き裂の例では, 進展の初期はこの写真のような進展挙動を示すが, 途中で方向が変化する場合がある。特に, 後でデッキプレート上面から発生する疲労き裂の位置がルートから進展する疲労き裂とずれているような場合, き裂が曲がる場合がある。この研究では, 疲労き裂は, 板厚の 3/4 程度までは, それらの疲労き裂の挙動とその疲労強度を再現できたと考えている。

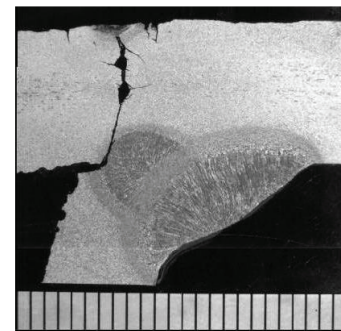


(a) D12R6-4

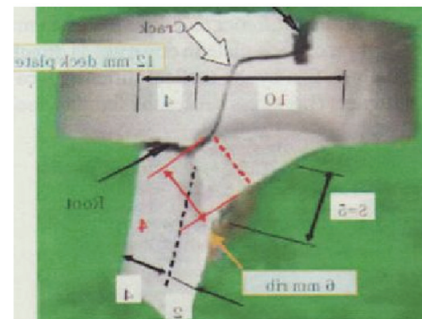


(b) D12R8-1

写真1. 試験体のマクロ写真



(a) Nearly straight-path crack
(Courtesy of Nagoya city)



(b) Cracking changes its path
(Takada et al. 2007)

写真2. 実橋のリブとデッキプレート継手のマクロ写真

◆討議 [坂野昌弘 (関西大学)]

Fig.1 に関し, root-weld crack は, 実橋ではリブの面外曲げで発生するのですか?

◆回答：実橋では, ルート部から発生しすみ肉溶接に進展するき裂が多数報告されている。このようなき裂は, のど厚を貫通した後, 場合によって U リブのウェブに進展する場合もある

(Fig.1) 筆者らは, デッキプレートの曲げ変形によるすみ肉溶接に作用する力を, 相対的に U リブのウェブが曲げ変形を受けると考えて, のど厚を貫通する疲労き裂を再現した疲労き裂

を行った。Uリブが変形（ねじられるような変形）によってもUリブのすみ肉溶接には、同様な繰返し応力が作用する。

デッキプレートとUリブ間のすみ肉溶接に存在するルートギャップに、輪荷重によるデッキプレートが鉛直に力を作用させ、これが原因で疲労き裂が発生すると考える研究もあるが、本研究では、上述したようにデッキプレートとUリブの相対変形の差によって生じるすみ肉溶接の曲げを、Uリブのウェブの面外曲げで再現した。



写真-3 再現した疲労き裂

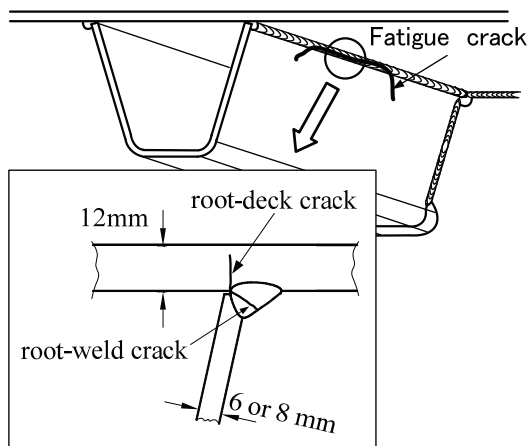


Fig.1 のど厚を貫通したあとリブ母材に進展するき裂

論文題目：“新幹線の車両走行安全シミュレーション”

著者：前田昌克，阿知波秀彦，関雅樹，松浦章夫
掲載：Vol.56A, pp.91-101, 2010年3月

◆討議 [伊津野和行 (立命館大学)]

車輪とレールとの動的相互作用は考慮されているのでしょうか？

◆回答：車輪とレールの動的相互作用は考慮されております。本シミュレーションは、車両、軌道、構造物の3つで構成されていますが、それぞれ動的の相互作用が考慮されております。

◆討議 [末武義崇 (足利工業大学)]

シミュレーションは1両で実施していますが、複数車両の場合でもシミュレーションは可能でしょうか？可能であるとすれば、単一車両と複数車両とで、脱線判定の結果に差が生ずるのでしょうか？

◆回答：発表は、1両で発表しましたが、本シミュレーションは複数車両でも解析可能です。

発表は、1両で発表しましたが、本シミュレーションは複数車両でも解析可能です。

論文題目：“レンガアーチ橋の数値解析モデル化手法に関する基礎的研究”

著者：岸祐介，野阪克義，伊津野和行
掲載：Vol.56A, pp.102-110, 2010年3月

◆討議 [小畑 誠 (名古屋工業大学)]

自動メッシュの切り方が不規則で対称性はありませんが、必ずしも適当ではないのではないのでしょうか？

◆回答：本研究では自動メッシュ分割を行うにあたり、キーストーンの位置に該当する要素を分割された要素ではなく一つの要素で配置したかった為、アーチ橋の高さ方向、橋脚の底部、アーチ橋の上部およびアーチ部分をレンガの個数に合わせて分割を行った。その結果、メッシュの分割は不規則で非対称のものとなったが、本研究の主な目的は「弾性係数の設定とメッシュ分割に関して簡便化してモデル化できないか検討すること」であり、非対称なメッシュ分割でも詳細なメッシュ分割のモデルとほぼ同様な主応力分布が得られたため、特に問題ないと考えられる。ただし、メッシュ分割が対称ではないため、対称な荷重が載荷されたときにはわずかな差が現れてくることは確かであり、今後検証が必要であると考えます。