

論文題目：“鋼・FRP 複合永久型枠を用いた打替え用合成床版の耐荷特性”

著者：長尾千瑛，松井繁之，石崎茂，久保圭吾，小牧秀之，平山紀夫

掲載：Vol.53A, pp.1032-1039, 2007 年 3 月

◆討議 [張広鋒（室蘭工業大学）]

現在のところ，GFRP，CFRP および AFRP のように，数種類の FRP が存在していますが，GFRP を選んだ理由は何ですか。

◆回答：本床版では，当初，FRP にある程度の強度負担をさせるため，FRP 底板の最下層に炭素繊維を配置していました。しかし，インフュージョン成形する際に樹脂の未充填が生じること，および費用対効果（費用の割りに剛性の向上が少ない）を考え，ガラス繊維のみの FRP を使用しています。

◆討議 [杉浦邦征（京都大学）]

橋軸方向に鉄筋を配置できないとして GFRP を底板として用いるとあるが，引抜き成形材を用いると，橋軸直角方向に線材が配置されており，橋軸方向には限定されるのではないか。別途，FRP 板を貼付ければ積極的に線材を配置できると思われる。

◆回答：本床版では，橋軸直角方向に角型鋼管を約 300mm 間隔で配置しており，軽量化を図るため鋼管内を中空としています。このため，床版下側に鉄筋を配置できず，橋軸方向の抵抗断面として FRP 底板を有効とする構造としています。したがって，本床版型枠の成形方法として，異方性の高い材料特性を示す引抜き成形法ではなく，等方性材料を成形可能なインフュージョン成形法（真空成形）を採用しています。なお，引抜き成形材の繊維直角方向に，別途引抜き成形材を貼付ける方法も考えられますが，型枠施工が煩雑となることから，一体成形が可能な本構造を採用しています。

論文題目：“軸力および曲げを受けるコンクリート充填二重管柱の相関強度に関する考察”

著者：杉浦邦征，大島義信，小野紘一

掲載：Vol.53A, pp.1050-1056, 2007 年 3 月

◆討議 [松本敏克（ニュージェック）]

二重管と一重管の場合で， $M-\phi$ 曲線上の降伏点にどのような違いが出るのでしょうか。

◆回答：図-9 で矩形断面に対する $M-\phi$ 曲線の比較をしているが，大きな違いは無い。ただし，二重鋼管の場合，2 段鉄筋配置のように曲率が比較的大きくなって内側鋼管に降伏が生じるため，二次勾配が若干大きくなる。

◆討議 [松本敏克（ニュージェック）]

二重管の場合，コンクリートがサンドイッチ式に拘束されるので，引張側の挙動も比較的穏やかになると思われますが，解析上のコンクリートの応力-ひずみ曲線に引張側を積極的に考慮することについては，いかがお考えでしょうか。

◆回答：従来の CFT 構造に比べて，二重管構造における充填コンクリートに対する拘束効果は，サンドイッチ形式の拘束によるため，曲げ変形下での外側鋼管と内側鋼管の相対的な位置関係で拘束効果が決まる。例えば，引張側では，鋼管径は減少する傾向があり，外側・内側鋼管の曲げひずみ差から，径の変化に差が生じ（内側鋼管の収縮は小さい），充填コンクリートに側方拘束が期待できると推察される。本研究では，断面解析であるので，このような効果は考慮できないが，今後は，3 次元 FEM 解析ならびに載荷実験により，拘束効果を詳細に検討して行く予定である。

◆討議 [日野伸一（九州大学）]

解析に用いる拘束効果有りのコンクリート構成則において，内側鋼管のない外側鋼管のみの中空断面では，内側鋼管のある断面と比べて，拘束効果のレベルが低くなると思いますが，本解析での仮定はどのようにされたのでしょうか。また，両者の差異による影響についてコメントを頂きたい。

◆回答：本研究では，内側鋼管のある／なしに関わらず，外側鋼管を帯鉄筋換算して，充填コンクリートの強度増加を算定し，抵抗断面力を求めている。内側鋼管の無い場合は，A-2-2 と A-2-4 の比較で，内側鋼管のある場合は，A-3-2 と A-3-3 に比較で，それぞれ約 6%，16%の強度増として拘束効果を確認した。今後，離散的な帯鉄筋による拘束効果と連続的な鋼管による拘束効果の違いも含め，内側鋼管の有無による拘束効果について，実験的に検証していく予定である。

論文題目：“橋脚部鋼管と鋼管杭との差し込み接合部の耐力に関する実験的研究”

著者：篠崎裕生，三上浩，山田武正，渡辺宗樹

掲載：Vol.53A, pp.1069-1076, 2007 年 3 月

◆討議 [古谷信明（防衛大学校）]

実構造物で採用されているというお話でしたが，そこでも差し込み部コンクリートに補強鉄筋は配置されていないのですか。無筋だといったんひび割れが入ると，急速に抵抗性能が劣化していくように思いますが。

◆回答：CFT 柱と鋼管杭の接合などで，本論文と同様の差し込み接合が採用されています。鉄道構造物等設計標準・同解説ではソケット方式として指針にもなっていま

す。ソケット方式では差し込み部コンクリートに鉄筋を配置するかどうかは不明ですが、ひび割れ防止筋程度は配置するものと思われます。一方、本論文で提案している差し込み接合では、橋脚部は外面リブ付鋼管を鉄筋コンクリートで被覆した合成構造であり、差し込み部には橋脚の被覆コンクリート部に配置している主鉄筋および帯鉄筋を、ほぼ同量配置することを考えています。これは被覆コンクリートと差し込み部コンクリートの一体性を保つことと、ひび割れ発生時の急激な耐力低下を防止するためです。

論文題目：“並列配置された孔あき鋼板ジベルの終局ずれ挙動”

著者：日向優裕，藤井堅，深田和宏，道菅裕一
掲載：Vol.53A，pp.1089-1098，2007 年 3 月

◆討議 [杉浦邦征 (京都大学)]

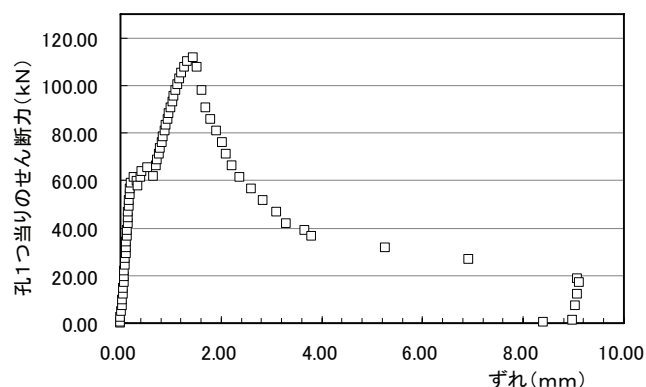
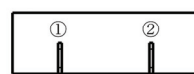
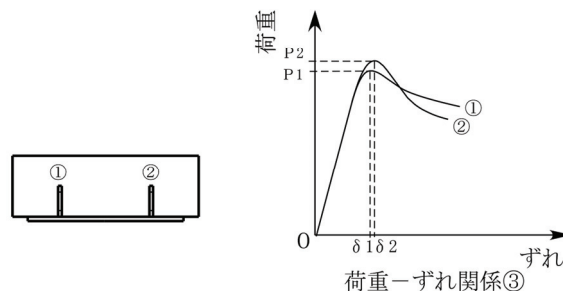
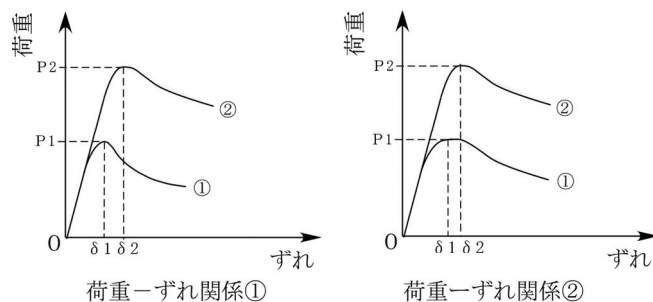
構造が並列システムの場合、弾性域での荷重分担は剛性比によると思われるが、鋼要素では降伏棚の関係で、降伏時においても荷重分担の若干の差異があっても塑性変形で吸収できる。しかし、コンクリート材料のような場合で、偏心や荷重分担の差がある場合、一列、二列で強度評価が同じ式で表現できるのか。応力集中がより顕著化するのはと思われるが。

◆回答：ご質問の内容は、並列配置の PBL で、それぞれの PBL(ジベルプレート)が異なるずれ荷重で壊れるような場合、並列配置ジベルの強度(ずれ耐力)がそれぞれの PBL の強度を足しあわせたものと一致するかどうかということ(累加して 2 倍でよいかどうか)、と理解いたしましたが、この理解でよろしいでしょうか。

著者らも、ご指摘の通り、それぞれのジベル強度を累加したものがジベル全体の強度に一致するとは必ずしも思っておりません。たとえば、ジベル①と②で構成される並列ジベルがあり、両ジベルともに同じずれを生じると仮定したとき、個々のずれ力-ずれ曲線が、下図の荷重-ずれ関係①に示すような場合には、ずれがジベル②の最高荷重に達したときのずれ $\delta 2$ になったときには、ずれ耐力は $\delta 2$ に対応するずれ力を加えたものになると予想されます。同様な考えから、個々のずれ力-ずれ曲線が下図荷重-ずれ関係②のような場合には、ずれが $\delta 2$ になったときでもジベル①の耐力はほとんど低下していないのでそれぞれの最高荷重を加えたものがずれ耐力になると考えられます。実験では、ジベル①と②は同じ孔径であり、いくらかのばらつきはあっても両者のずれ力-ずれ曲線はほとんど同じであると考えられ、また、最高荷重を過ぎてもすぐにはずれ耐力の急激な低下は起こらないと考えられます(荷重-ずれ曲線③参照)。したがって、ジベルのずれ耐力は、個々の耐力を累加したものの(2 倍)に近いずれ強度になると考えられます。

なお、論文には示しておりませんが、先に片方のジベルが破壊した場合の実験結果(ずれ力-ずれ曲線)を示します。図に示すように、ずれ力が 60kN で片方が破壊し、その後約 120kN まで耐力が上昇しているのがわかると思います。この場合にも単列配置した場合のずれ耐力の約 2 倍のずれ耐力が得られておりますが、おそらく、これは荷重-ずれ曲線②あるいは③のような挙動になるためと考えられ

ます。なお、図では、ずれ荷重は全孔数で荷重を除して孔 1 つ当たりに換算しておりますが、特徴的なのは、60kN 以降のずれ剛性が小さくなっていることです。



論文題目：“鋼鉄道橋における非合成部材の合成効果に関する実橋測定”

著者：藤原良憲，鈴木喜弥，池田学，谷口望
掲載：Vol.53A，pp.1099-1106，2007 年 3 月

◆討議 [中島章典 (宇都宮大学)]

非合成桁とするために柔ジベルを用いているのに、合成効果があつてよいのでしょうか。

◆回答：本橋梁は、周辺の地盤等の条件や安全側の観点から軽量コンクリートを使用し非合成の設定としており、設計上は非合成桁として取り扱っています。しかし、従来からのスラブアンカーを用いた非合成桁でも、床版と鋼部材には摩擦があり、結果として合成となっているとの報告も見られており、本橋梁も、この結果と同様な傾向になっています。なお、本橋梁において合成効果が働いたとしても設計上は安全側になることは計算上確認しています。また、今回の計測は、橋梁が施工中または完成した直後での挙動のため、活荷重等による繰返し載荷が作用した際に

は付着力が低下する可能性もあり、その点に関しては今後の検討が必要であると考えています。

◆討議〔中島章典（宇都宮大学）〕

床版打設時のひずみ分布の差異をコンクリートの単位体積重量の違いで説明していますが、その時点で幾分合成効果があったとは考えられないのでしょうか。床版打設時の計測とは、打設後どの程度の時間で計測しているのでしょうか。

◆回答：床版打設時にある程度の合成効果が生じていた場合、鋼桁における中立軸にも影響が出ると考えられます。その点から考えて、床版の合成効果は小さいものと考え、コンクリートの死荷重の同定の差によるとしています。また、本施工にあたっては、1回でコンクリートの打設を行っており、打ち分けによって生じる逐次合成の効果は少ないと考えられます。測定は、打設直前と打設直後のデータを使用しています。