

1.3. 合成・複合構造

とりまとめ：本間淳史（東日本高速道路）

論文題目：“ゴムラテックスモルタルを被覆した負曲げを受ける合成桁のずれ止めに関する実験的研究”

著者：上月隆史，棚橋明朗，谷口望，碓山晴久，依田照彦
掲載：Vol.56A, pp.969-978, 2010 年 3 月

◆討議 [中村聖三（長崎大学）]

ゴムラテックスモルタルと鋼材の付着強度をコントロールすることは可能か？またバラツキはどの程度あるのか？

◆回答：現在のところ、決められた配合で使用するとしていますので、付着強度を調整することは考えていません。しかし、配合によっては、調整することができる可能性もあるかと思っています。バラツキについては、実験ではすべての箇所、載荷終了時まで高い付着性能が確認できており、顕著なバラツキは確認できませんでした。ただし、本材料の付着性能は、鋼材の下地処理の方法に大きく影響されることが知られていますので、材料自身よりは、下地処理の方でバラツキが生じるケースが多いと考えています。

◆討議 [大山理（大阪工業大学）]

ゴムラテックスモルタルの有無により、コンクリート床版の発生ひび割れ幅に違いが見られたか？

◆回答：床版と鋼桁のずれ挙動には、ゴムラテックスモルタルの有無が大きく影響しましたが、ひび割れ幅、性状については、ゴムラテックスモルタルの影響は確認できませんでした。

◆討議 [本間淳史（NEXCO 東日本）]

ずれ限界の工学的定義について、どのように考えているか。特に今回指標とした鉄道鋼標準の計算値（終局限界）は複合指針の計算値と比べて 1/3 程度となっており、実験結果を評価する上で重要と考える。

◆回答：鉄道鋼標準におけるずれ止めの設計では、ずれを許容しないこととなっております。つまり、終局限界時であってもずれを許容しないことが要求されています。一方で、複合指針では、終局限界とずれ限界がそれぞれ規定されており、終局限界時にはずれを許容することも可能となっております。このため、鉄道鋼標準の終局限界時は、複合指針の終局限界よりもかなり小さな値を採用していると考えられ、そのため両者に大きな差が生じる結果となっております。ずれ限界の工学的定義については、今後も様々な検討、特に設計としてなにが要求されるべき

なのかも含めて、検討を進めたいと考えています。

論文題目：“曲げと軸力作用下におけるコンクリート充填箱形断面 CFRP 梁の変形および耐荷特性の解析的検討”

著者：櫻庭浩樹，松本高志，林川俊郎，稲田裕，吉武謙二，杉山博一，後藤茂，石塚与志雄，鈴川研二，松井孝洋
掲載：Vol.56A, pp.979-990, 2010 年 3 月

◆討議 [本間淳史（NEXCO 東日本）]

曲げ試験の圧縮域において、梁周方向のシートは抵抗に寄与するか？

◆回答：積層理論に基づけば、梁周方向のシートも抵抗に寄与します。積層理論では、各シートの剛性を重ね合わせて積層板としての剛性を算定します。梁周方向のシートの梁軸方向への剛性は 0 ではないため、積層板の梁軸方向の剛性へ寄与し、抵抗するものと考えられます。また、梁周方向のシートの梁軸方向の弾性係数を無視して積層板の梁軸方向弾性係数を積層理論により算定し、無視しない場合と比較した時の積層板の梁軸方向弾性係数の減少率は、L9T1, L2T1, L1T1, L1T2, L1T9 でそれぞれ、2.1%, 5.1%, 10.6%, 23.9%, 46.8%になります。よって、梁周方向の繊維比率が特に多い場合は、梁周方向のシートの抵抗への寄与が相対的に大きくなると考えられます。

論文題目：“プレストレスが導入された CFRP 板接着鋼部材のはく離曲げモーメント”

著者：石川敏之
掲載：Vol.56A, pp.991-998, 2010 年 3 月

◆討議 [松本高志（北海道大学）]

CFRP の材料特性値を変化させた場合、はく離曲げモーメントへの影響はどのようになると考えているか。

◆回答：CFRP の剛性を増加させると、CFRP 板の付着端の接着剤に生じるせん断応力と垂直応力が大きくなるので、CFRP 板がはく離するときの作用曲げモーメントは小さくなります。ただし、CFRP 板のはく離は、接着剤の材料特性値にも影響します。

論文題目：“連続中空合成床版橋の支承数削減に関する解析的検討”

著者：中村聖三，松本久幸，高橋和雄，熊野拓志，小島実
掲載：Vol.56A, pp.999-1006, 2010 年 3 月

◆討議 [利根川太郎 (横河住金ブリッジ)]

解析モデルの鉄筋比はどの程度か？また埋め込み鋼材も含めた鋼材比はどの程度か？

◆回答：解析モデルにおける部材軸方向の鉄筋量はコンクリート断面積の 0.5% です。また、埋め込み鋼材を含めた場合の鋼材比は 5.5% です。なお、実施設計においては橋軸方向の鉄筋を 2 段配置とすることなどにより、鉄筋量はコンクリート断面積の 2% 以上としています。本検討においては、解析モデルの簡素化を目的として上段鉄筋の一部のみをモデル化しました。

◆討議 [本間淳史 (NEXCO 東日本)]

支承を主桁直下配置とした場合 (図-10b) では、支承反力がアンバランスとなって不合理な設計にならないか？またその場合、地覆の荷重はどのように評価しているのか？

◆回答：ご指摘の通り、支承を主桁直下配置とした場合は、各支承の反力がアンバランスとなります。本検討では、主桁間配置としたモデルの構造特性の把握を主目的の一つとしています。主桁直下配置としたモデルは、主桁間配置モデルと従来配置 (全主桁の直下に支承を配置) モデルとの中間的なケースとして設定したものであり、実際にこのケースで設計を行う可能性はほとんどないと考えています。また、今回は解析モデルの簡素化のため地覆をモデル化していませんが、地覆の荷重は合成後主桁断面に作用する比較的小さい後死荷重であること、支点上横桁はコンクリートを巻立てる構造であり剛性が高いことなどから、当該荷重による影響は比較的小さいと考えています。

論文題目：“鋼・コンクリート二重合成 2 主 I 桁橋のねじり挙動”

著者：山本真気，大山理，栗田章光
掲載：Vol.56A, pp.1007-1014, 2010 年 3 月

◆討議 [中村聖三 (長崎大学)]

仮定するトラス部材の斜材幅によってねじり剛性が変わるということだが、実際の設計においてこの値をどのように定めたらよいか？

◆回答：本論文では、桁にねじりモーメントが作用することによって発生する下コンクリート床版の圧縮域を図-1 に示すトラス部材モデルの斜材 (部材 BC) に置換したトラス構造を考え、その幅を 100~500mm と仮定し、その影響に関するパラメータ解析を行いました。この斜材幅は、参考文献 4) に明記されていた鋼換算板厚を参考としたものです。

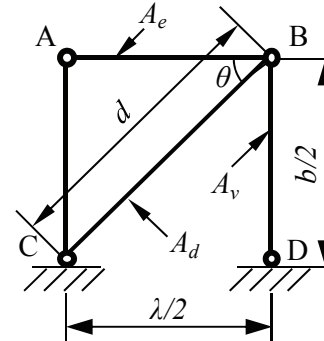


図-1 トラス部材モデル

ご質問の実設計における斜材幅の評価方法の 1 つとして、式(1) に示すねじりモーメント T_s によって部材 BC に作用する力 S_d と式(2) に示すコンクリートの圧縮力 N_c が等しくなることで、斜材幅 B が決定出来ると考えられます。

$$S_d = \frac{qd}{2} = \frac{T_s d}{4A} \quad (1)$$

$$N_c = \sigma_c \cdot A_d = \sigma_c \cdot t_c \cdot B \quad (2)$$

ここで、
 q : せん断流
 d : 斜材長
 A : 部材の板厚中心線で囲まれた面積
 σ_c : コンクリートの圧縮応力度
 A_d : 斜材の断面積
 t_c : 下コンクリート床版厚
 B : 斜材幅

しかし、式(1)のねじりモーメント T_s を算定するには、斜材幅が必要となります。

そこで、まず、斜材幅を仮定します。斜材幅を仮定することで、各係数を算出することができます。つぎに、式(1)と式(2)の値が等しくなるように繰り返し計算を実施し、斜材幅を決定します。

一例として、本論文の橋梁を対象に、使用状態における斜材のコンクリートの許容圧縮応力度を 10N/mm^2 (下コンクリート床版の設計圧縮強度 $\sigma_{ck} = 30\text{N/mm}^2$) とし計算を行った結果、斜材幅が約 100mm となりました。

他の評価方法としては、FE 解析を実施して、種々の大きさのねじりモーメント T_s の作用下における下コンクリート床版の応力状態を求め、そこから有効幅の概念を導入して、斜材幅を決める式も提示可能と考えられます。また、載荷実験により、応力状態を測定し、FE 解析と同様の手法で設計用の評価式を求めることも可能であると考えられます。しかし、目下のところ、筆者らは、何れも行っておりません。

論文題目：“突起付き H 形鋼と充填コンクリートにより形成された鋼殻構造の損傷メカニズムと割裂ひび割れ発生荷重”

著者：伊藤始，熊野拓志，上村明弘，白根勇二

掲載：Vol.56A, pp.1015-1026, 2010 年 3 月

◆討議 [上條崇 (横河住金ブリッジ)]

本研究では鋼殻とストライプ H のフランジが向かい合った条件を前提に付着性状を論じているが，ストライプ H の配置が 90° 回転した場合には，実験で確認している付着性状が変わるのではないかと？

◆回答：剛結部に作用する曲げモーメントに対して，ストライプ H には，偶力として引張力が作用するとして設計する．そのため，橋軸方向および橋軸直角方向の作用力に対する剛結部の耐力は同等と考える．剛結部の解析モデルを用いて，作用力方向を 90° 変えて解析した結果，曲げ耐力，変形性能は同等の結果となった（土木学会第 62 回年次学術講演概要集で報告）．

◆討議 [櫻井信彰 (新日鉄エンジニアリング)]

実験は鋼殻で覆われた極めて拘束力があるものになっており，割裂ひび割れ発生後に受動的に支圧力が作用し，摩擦力が増大することになるが，実構造もそうなると考えられるか？

◆回答：実際の鋼殻構造では，鋼殻の仕口部に鋼材が配置され，主桁に補剛材が配置される．また，隣接する鋼殻にコンクリートが充填されるため，実験供試体の場合に比べ，同等以上の拘束力を有することになる．

論文題目：“プレキャスト床版連続成桁の曲げひび割れ幅に関する実験”

著者：大城壮司，上條崇，奥井義昭，長井正嗣

掲載：Vol.56A, pp.1027-1040, 2010 年 3 月

◆討議 [本間淳史 (NEXCO 東日本)]

スタッドの箱抜き孔により分断された橋軸方向鉄筋を無効とし，鉄筋を追加していることについて，耐力計算をとしては妥当かもしれないが，ひび割れだけに着目すれば，追加しなくても問題はなかったとはいえないか？

◆回答：追加の補強鉄筋を配置しない場合のひび割れ幅については，検討を行っていないので回答ができないが，基準供試体に対して余裕があるため検討する価値はあると考える．