

論文題目：“ディープビームの損傷形態に関する実験的検討”

著者：幸左賢二・梅本洋平・西岡勉・小林寛
掲載：Vol.51A, pp.1283-1290, 2005年3月

討議 [三上浩 (三井住友建設㈱)]

主鉄筋の量（すなわち，主鉄筋降伏の有無）によって損傷形態は変わるのでしょくか？

回答：主鉄筋の量によって，曲げ変形量が変化することから，損傷形態にも影響することが考えられます．しかしながら，本研究は主鉄筋が降伏に至る前後までの耐力評価を目的としております．すなわち，せん断損傷が支配的な場合ですが，主鉄筋量を減少させても，この範囲では斜めひび割れが発生し，そのひび割れの形成が主要となることから，同様の損傷になると考えられます．

討議 [栗橋祐介 (北海道開発土木研究所)]

a/d が小さい場合には，せん断補強効果が現われづらい結果となっておりますが，その対策としてはどのようなものがございませうでしょうか．

回答：鉄筋の有効性は圧縮域のコンクリートの拘束効果として働くので，引張領域に作用するせん断補強鉄筋に比べて効果が現われにくい傾向となります．そこで，そのせん断耐力を増加させる方法としては，算定式上はコンクリート強度や主鉄筋量を増加させることが有効であると考えられます．

討議 [松田浩 (長崎大学)]

a/d=1.0 以下と比べると，a/d=1.5 程度のときは斜めひび割れが支配的になるということですが，a/d=1.5 の実験では斜めひび割れはどのように発生・進展していったのかご教示ください．

回答：まず，荷重版中央で曲げひび割れが発生し，その後支承版付近に斜めひび割れが発生し，ストラット下面に沿って進展しております．その後，ストラット面を横切ってひび割れが進展するタイプ1と，ストラット上面に新たな割裂ひび割れが発生するタイプ2の2種類が存在します．

論文題目：“炭素繊維シートによる RC 梁のせん断補強効果と抵抗メカニズム”

著者：阿部弘典・幸左賢二・田崎賢治・松本茂
掲載：Vol.51A, pp.1291-1298, 2005年3月

討議 [三上浩 (三井住友建設㈱)]

- (1) 炭素繊維シート補強の目的は何でしょうか．コンクリートの劣化対策でしょうか．
- (2) ゼブラ状の巻き付けは等間隔かつ密な間隔になっていますが，配置上，不等間隔になる場合や間隔が開いてしまう場合はどのように対処されるのでしょうか
- (3) シートの有効率 0.48 は，土木学会のコンクリート構造物の補強指針等に比べてかなり小さいのですが，その理由を教えてください．

回答：

- (1) アルカリ骨材反応による被害として，コンクリートの劣化とせん断補強筋の破断が考えられます．本研究ではせん断補強筋が破断した場合の対策として，炭素繊維シートによる補強を検討しました．
- (2) コンクリート梁に支承などの付属物が存在することから，炭素繊維シートの補強方法がゼブラ状となります．不等間隔になる場合や，間隔が開いてしまう場合は，付属物が存在する位置に3面巻きの炭素繊維シートを補強する対策方法が考えられます．3面巻き補強と4面巻き補強を交互に行った場合の補強効率については現在検討中ですが，3面巻き補強は4面巻き補強に比べ，補強効率が低下することが分かっております．
- (3) 前述した土木学会の補修・補強指針に示される式は，補強する炭素繊維シートの設計引張強度を用いてシート有効率を算出していますが，本研究では，炭素繊維シートの破断強度を用いて有効率を算出しています．

また，土木学会式では，ひび割れ角度を45度と統一して計算しています．そのため，本実験供試体に土木学会式を適用すると，せん断力に抵抗する炭素繊維シートが3本程度となります．一方，本研究の算出方法はせん断力に抵抗する炭素繊維シートを5本として計算しています．したがって，本研究が示したシートの有効率が低い値となったと考えられます．本研究の算出方法においても抵抗する炭素繊維シートが3本であると想定し，炭素繊維シートの設計引張強度を用いて算出すると，シートの有効率は表-1に示すようにほぼ同等の値となりました．

したがって，計算に用いる炭素繊維シートの引張強度および，ひび割れ角度が原因となりシート有効率に差が生じたものの，炭素繊維シートの効果はほぼ等しかったと考えられます．

表-1 各供試体のシート有効率

	Case2	Case3	Case4	Case5
本校の算出方法 修正版	1.22	1.09	1.04	1.18
土木学会式による 算出	1.18	1.10	1.13	1.06

論文題目：“AFRP シート下面補強 RC 版の押し抜きせん断性状に関する一考察”

著者：三上浩・岸徳光・藤田学・澤田純之
掲載：Vol.51A, pp.1299-1307, 2005 年 3 月

討議 [幸左賢二 (九州工業大学)]

FRP によって、主鉄筋の降伏の有無が変化すると考えた方が良いでしょうか？また、その場合の耐力評価式はどのようになるのでしょうか？

回答：版の鉄筋が降伏するか否かは、FRP 補強によって変化するというよりも、RC 版の特性、すなわち、鉄筋量や版厚に大きく依存します。すなわち、下面補強した FRP シートによって引張力が分担され、鉄筋の分担張力が小さくなる傾向にあるものの耐力も増大するため、無補強時において鉄筋の降伏を伴って破壊する RC 版では、FRP シート補強後も鉄筋は降伏する可能性が高くなります。

そのため、耐力評価式としては、無補強 RC 版の押し抜きせん断耐力時の鉄筋の引張応力を算定し、降伏点を超える場合は FRP シート補強後も鉄筋が降伏するものとしてシート補強の有効率を高く設定し、押し抜きせん断耐力を算定・評価することになります。

論文題目：“FRP シート曲げ補強 RC 梁の定荷重繰り返し載荷時における耐荷挙動”

著者：岸徳光・三上浩・栗橋祐介
掲載：Vol.51A, pp.1309-1320, 2005 年 3 月

討議 [幸左賢二 (九州工業大学)]

繰り返し回数 100 回で実験されていますが、どのような荷重をイメージされているのでしょうか？

回答：RC 梁の引張側底面に FRP シートを接着して曲げ補強を行う場合において、シートがコンクリートの圧縮破壊時まで剥離しない場合の補強効果は主鉄筋降伏後に効果的に発揮されることが知られており、その効果は単調載荷時の実験結果からも確認されています。一方、限界耐力評価の観点や性能照査型設計の観点において、主鉄筋降伏以降における RC 部材の耐荷性能を汎用的に規定するためには、単調載荷のみならず繰り返し載荷時におけるシート剥離の性状や耐荷性状を明確にすることが肝要であるものと判断されます。

本研究は、このような観点から、FRP シートを用いた RC 梁の曲げ補強問題における一般的な性状に着目して実施したものであり、特定の繰り返し載荷状態を想定して実施したのではないことにご理解を頂きたいと存じます。

討議 [松田浩 (長崎大学)]

C2 供試体の実験で、AF 補強の方が CF 補強より効果が大きい要因は何でしょうか？

回答：実験時の境界条件は、FRP シートの接着方法も含め両シート補強間で差がないこと、FRP シートの軸剛性が等しい場合には、シートのヤング係数の違いによる曲げ補強効果に差がなく、繰り返し載荷時の最大荷重時、最大変位、最大シートひずみとも両シート間で差がないこと、ただし、シートの厚さには両シート間に差があり、従って曲げ剛性にも差が生じる。その差は、AFRP シートの場合が CFRP シートの場合に比べて 3.7 倍ほど大きいこと等により、終局時近傍においては、シートの曲げ剛性が載荷点近傍下縁に発生する斜めひび割れの発生やその進行の程度に関与しているものと推察されます。しかしながら、明確な根拠がないことから、ご質問の要因に関する検討は今後の検討課題とさせて頂きたいと存じます。

論文題目：“軽量コンクリートスラブの押し抜きせん断特性に及ぼす PVA 短繊維の影響”

著者：伊藤始・岩波光保・横田弘
掲載：Vol.51A, pp.1321-1331, 2005 年 3 月

討議 [三上浩 (三井住友建設株)]

PVA 短繊維の混入率は最大で 1% のようですが、これ以上、混入率を上げる必要はないのでしょうか？

回答：切欠きのある供試体の曲げ試験を行った結果、混入率増加に対する破壊エネルギーやひび割れ発生後に保持される応力が混入率 1.0% を超えると増加しにくくなる傾向を示したことや短繊維混入によるコンクリートのコスト増加の観点から、混入率 1.0% までで実験を行った。

討議 [張広鋒 (室蘭工業大学)]

- (1) 軽量コンクリートに用いた粗骨材の種類をご教示ください。
- (2) 荷重 - 変位関係に関して、普通コンクリートと軽量コンクリートの違いが見られませんが、その原因は何でしょうか？

回答：

- (1) 実験に使用した粗骨材は、中国・黄河の堆積物を原材料として、これに発泡材と結合材を混合して造粒した後、高温で焼成した独立空隙型低吸水性の人工軽量粗骨材である。
- (2) 軽量コンクリートの強度が大きく、両者のヤング率の差が大きくなかったこと、2 方向スラブでは変位が小さく、その差が明確でなかったこと、曲げ破壊モードが卓越しなかったことなどが要因として考えられる。

論文題目：“コンクリート打継部の表面粗度の計測・定量化と曲げ・せん断付着特性に関する研究”

著者：松田浩・牧野高平・山下務・中島朋史
掲載：Vol.51A, pp.1345-1352, 2005 年 3 月

討議 [伊藤始 (前田建設工業株)]

梁の ESPI 画像に偏りが見られるが、その原因は何でしょうか？

回答：モノクロ印刷で 2 次元表示すると、図 9 のように ESPI での最大主ひずみ分布には偏りが見られます（特に左側）が、カラー表示しますと、偏在部分は青系の濃淡、切欠き部は赤系で表されます。これらの最大主ひずみ分布の偏りは、等高線表示もしくは三次元表示することによりなくなってしまう程度のもです。

また、最大主ひずみ分布に偏りが生じるのは、ESPI 計測の感度が $0.03 \sim 0.1 \mu\text{m}$ と非常に高いためであると考えています。

論文題目：“主桁近傍の床版最小厚さに関する研究”

著者：横山広・関口幹夫・堀川都志雄

掲載：Vol.51A, pp.1353-1358, 2005 年 3 月

討議 [伊藤始 (前田建設工業株)]

床版を薄くすることのメリットはどういったことでしょうか？

回答：橋梁全体の質量の中で床版はかなりの部分を占めています。よって、床版厚さを薄くして軽量化すれば支持桁も軽量化することができ、下部工にも影響が及びます。このことから、床版厚さを薄くすることは建設コストの低減に寄与することになります。

討議 [松田浩 (長崎大学)]

床版を薄くしていくと剛性の低下が懸念されますが、これに対してはどのように対処されるのかご教示下さい。

回答：剛性に関しましては、たわみの計算としてコンクリート系を 2002 年に、底鋼板タイプの合成系を 2003 年に、構造工学シンポジウムで発表しました。その結果、曲げ強度と応力の大小関係に着目した床版厚さ設定の範囲では、底鋼板タイプの合成系床版はコンクリート系床版と比較して相対的に変形が小さくなりました。したがって、ご指摘の変形に関しては、底鋼板タイプの合成系を用いて床版厚を薄くしていくことにより、床版の剛性低下の懸念はなくなるのではないかと考えています。