

炭素繊維巻き立て橋脚の補強効果解析

九州工業大学工学部 学生会員 田口 絢子
九州工業大学工学部 正会員 幸左 賢二
建設技術研究所 正会員 鈴木 直人

1. はじめに

既設RC橋脚の耐震補強として炭素繊維シートを用いた巻き立て工法が注目されている。しかし、その終局に至る破壊メカニズムやじん性率の評価法については未だ不明確な点も多い。本論では、既往の炭素繊維補強橋脚の正負交番荷重試験データを収集し、変形性能の評価を行った。さらに実験値と計算値を比較することにより、平成8年度道路橋示方書式の炭素繊維巻き立て補強橋脚に対する適用性の検討を行った。

2. 研究手法

(1) 炭素繊維補強橋脚の試験データの整理

各機関では、既設RC橋脚の耐震性向上効果の確認を目的に、炭素繊維巻き立て工法による正負交番水平荷重試験を行っている。各機関での実験データを整理することにより、炭素繊維巻き立て補強橋脚の終局挙動、変形性能を評価した。収集した供試体諸元の分布を図-1に示す。選定供試体は43体で供試体の炭素繊維巻き立て量は帯鉄筋比に換算すると0.3~15.36%となっており、補強量が極端に大きい供試体もある。軸圧縮応力度は土木構造物の一般的なレベルを越す(5.0MPa以上の)供試体も含んでいる。

(2) じん性率の整理

供試体のじん性率 μ は以下に示すような方法により評価した。実験値のじん性率は $\mu = \delta u / \delta y$ により算定した。具体的には降伏点は材料定数を補正した上で計算上の降伏荷重 P_y を求め、実験で得られた荷重-変位曲線上で P_y に相当する変位を求め降伏変位 δy とした。また、最大荷重後に荷重が降伏荷重 P_y となった変位を終局変位 δu とした。計算値は道路橋示方書に基づき、断面のM- ϕ 関係を求め、等価塑性ヒンジ長を考慮してじん性率を求めた。ただし今回のじん性率算定には、道示にある体積帯鉄筋比の上限値は考慮していない。

3. 実験値と計算値の比較

図-2に供試体の実験値および計算値の比較を示す。

実験値/計算値が1:1の勾配線よりも上側のプロット点が多い。この傾向は計算値が実験値を過小評価しており、全体的に概ね安全側の評価を与える結果となった。しかし計算値が極端に過大評価する供試体もあった。プロット点の近似直線は、1:1の勾配線に比べると勾配が緩やかな傾向を示している。これは炭素繊維の効率が100%換算しているが、見込んだ程の効果が得られていないことを示している。

4. 考察

(1) 帯鉄筋換算体積比

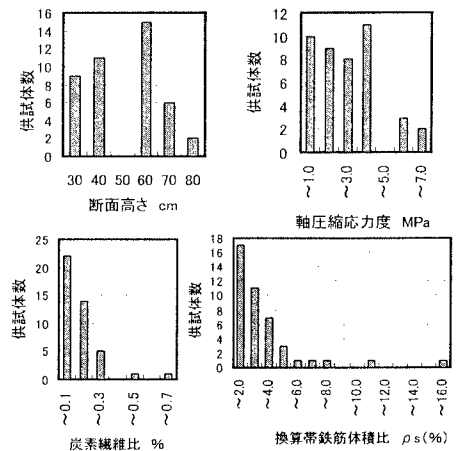


図-1 供試体諸元の分布

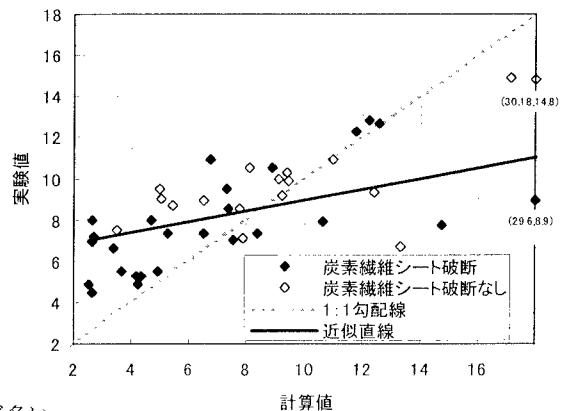


図-2 実験値と計算値の比較

図-3に上限値を7.0%とした帯鉄筋換算体積比（以下、体積比）とじん性率との関係を示す。解析では体積比7.0%を上限としたが、これは体積比が7.0%を超えると極端に計算値が過大評価となり、30程度のじん性率を見込む供試体があるためである。図より体積比は3.0%を境として計算値と実験値が逆転している。体積比が3.0%以上では計算値は過大評価する傾向にある。計算値は、体積比が大きくなるにしたがってコンクリートの終局ひずみが増大するため増加するのに対し、実験値はじん性率が15程度で頭打ちになっているためである。この理由として、横拘束力として炭素繊維の断面積と降伏強度の積の値を期待しているが、最大耐力時や終局時には炭素繊維シートの降伏強度を発揮する程にはひずみが発生していないことがあげられる。また、実験値と計算値の近似直線の接点を基準とすると、実験値の近似直線は計算値に対して体積比を4割とした値に対応していることが明らかとなった。

(2)炭素繊維巻立て補強橋脚の破壊性状

炭素繊維巻立て補強供試体では鉄筋が座屈し炭素繊維が破断するケースと、炭素繊維の破断が生じず終局に至るケースがあった。図-2に示すように実験値と計算値の近似直線より下側で炭素繊維が破断に至るケースが多く見られる。これは炭素繊維シートが破断したために補強効果が十分に得られなかったためと考えられる。図-4には体積比と破壊性状の関係を示す。体積比3.0%以上では炭素繊維の破断するケースが少なくなる傾向にあることがわかる。

(3)軸圧縮応力度

図-5に軸圧縮応力度とじん性率の関係を示した。軸圧縮応力度が4.0MPa以上となる供試体においては、じん性率のばらつきが大きいことが分かる。

(4)じん性率の再評価

データのばらつきの検討結果から、軸圧縮応力度の上限値4.0MPa、炭素繊維補強の効果を40%として再度計算を行った。その結果を図-6に示す。全ての供試体において安全側の評価となった。但し再計算以前の帯鉄筋体積比が7.0%以下の供試体に限っている。

5. まとめ

本検討の結果、道路橋示方書式に示されるじん性率評価式は軸方向圧縮応力度4.0MPa以下を対象とし、炭素繊維シートの補強効率を40%とすることにより、炭素繊維巻立て補強橋脚のじん性率を安全側に評価可能であることが分かった。しかし過小に評価しすぎる傾向もみられるので換算方法等をさらに考察し、より精度良いじん性率評価式の提案が必要である。

(参考文献) 1) 鈴木、幸左他：鋼板巻き立て補強橋脚の変形性能に関する検討、コンクリート工学年次論文報告集、Vol. 21, No. 3, 1999

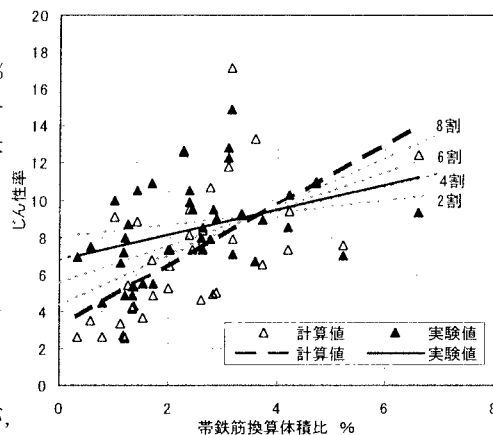


図-3 帯鉄筋換算体積比とじん性率の関係

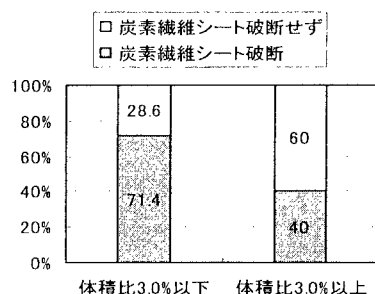


図-4 帯鉄筋換算体積比と破壊状況の関係

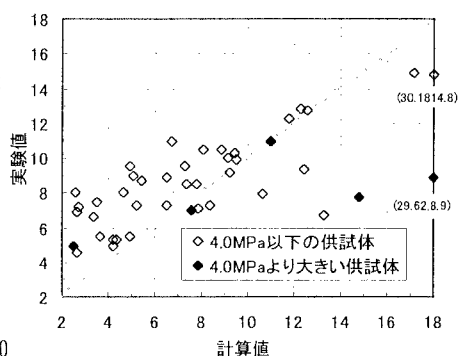


図-5 軸圧縮応力度とじん性率の関係

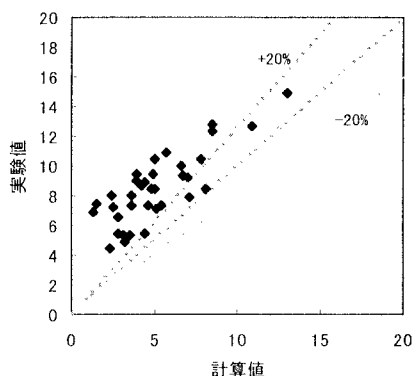


図-6 体積比補正後の実験値と計算値の比較