

V-156

炭素繊維シートによるせん断補強効果に関する解析

大林組 技術研究所*1 正会員 岡野素之 正会員 大内 一
東日本旅客鉄道*2 正会員 森山智明
鉄道総合技術研究所*3 正会員 松本信之 フェロー会員 涌井 一

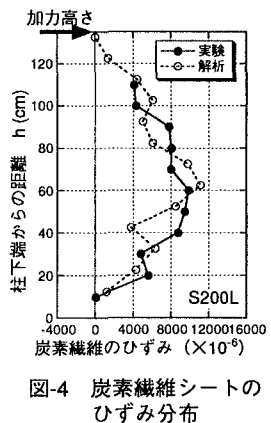
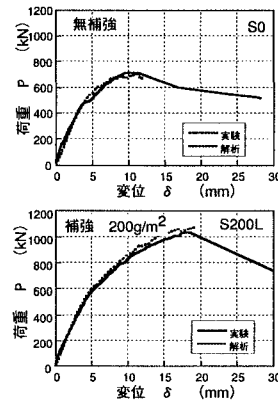
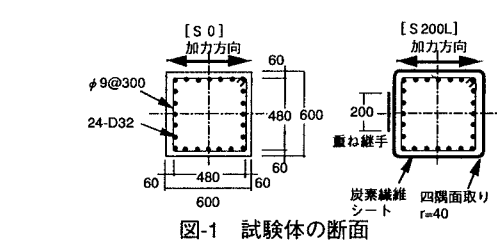
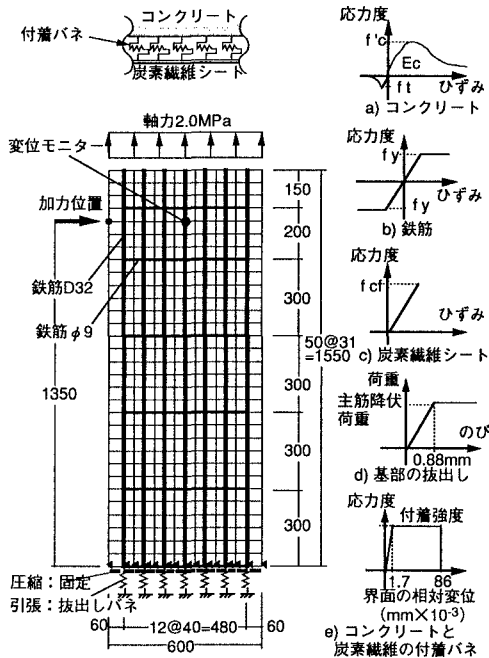
1. まえがき

炭素繊維シートを鉄筋コンクリートの表面に貼付けてせん断補強する工法は、狭隘な場所での施工が可能であるため、既存RC造高架橋柱の耐震補強工法として適用が期待されている。炭素繊維による柱部材のせん断補強については研究[1]、[2]、[3]されており、補強効果がトラス理論に基づく計算値より低い傾向があることが報告されているが、その理由は明らかにされていない。そこで、鉄道高架橋柱の実物大実験結果[4]を非線形有限要素法解析により再検討した。そして、このモデルを基に補強量をパラメータとした解析を行ない補強効果について検討した。

2. 実験結果の検討

解析方法 分散ひび割れモデルを用いた非線形有限要素法解析により実験結果を検討した。解析には自社開発の解析プログラム「FINAL」[4]を使用した。解析した試験体の断面と解析モデル（二次元）を図-1、2にそれぞれ示す。コンクリートと炭素繊維シートの付着性状は佐藤らの提案するモデル[5]を用いた。

解析結果 補強した試験体の破壊は実験結果と同様に炭素繊維シートの破断であった。図-3に示した荷重と変位の関係から実験値と解析値は整合しているのがわかる。また柱側面中央における炭素繊維シートの水平方向ひずみの分布を図-4に示す。炭素繊維シートが応力を負担していることと実験と解析がほぼ整合することがわかる。これらから本解析方法とモデルで構造性能の評価が可能と判断できる。



キーワード：ラーメン橋脚、せん断、耐震補強、炭素繊維シート、非線形有限要素法解析

*1 〒204 清瀬市下清戸4-640 TEL 0424-95-0996 FAX 0424-95-0903
*2 〒151 渋谷区代々木2-2-6 TEL 03-5351-4735 FAX 03-5351-4736
*3 〒185 国分寺市光明町2-8-38 TEL 0425-73-7279 FAX 0425-73-7472

3. 補強効果の検討

解析方法とパラメータ 前章で用いた解析モデルと材料特性を基本として、軸力を除くなど一部条件を変更し、補強量（ p_{cf} ）をパラメータとした解析を行なった。

破壊形式と補強効果 最大荷重時を破壊と判断した。破壊形式は、補強筋比が0.11%以下の領域では炭素繊維シートの破断によるせん断引張破壊で、それ以上の補強領域では圧縮側下端でのコンクリートの破壊が発生しせん断圧縮破壊とみられる破壊形態を示した。補強効果は最大荷重の増加分を平均せん断応力度： τ_{vcf} で表し、補強量は補強筋比 p_{cf} （%）で評価する。またトラス理論に基づく補強効果計算値（コンクリート標準示方書設計編における V_{sd} に準じて計算）に対する τ_{vcf} の比を有効率： K と定義する。

補強効果と補強量の関係を図-5に示す。炭素繊維シートが破断する領域では補強量の増加にしたがい τ_{vcf} は上昇し、コンクリートで破壊する領域では補強量が増えても τ_{vcf} はほとんど上昇しない。これは炭素繊維シート破断の場合は補強量が強度に直接寄与するのに対し、コンクリート破壊の場合はコンクリート強度で決まるためと考えられる。

せん断引張破壊型における有効率と補強量の関係を図-6に示す。補強量の非常に少ない領域（ $p_{cf} < 0.037\%$ 、 200g/m^2 のシート1層に該当）では K 値は低いが、実用補強レベルとみられる範囲（ $0.037 \leq p_{cf} \leq 0.11\%$ 、 $200 \sim 600\text{g/m}^2$ ）では $K=0.70 \sim 0.85$ （平均0.81）まで上昇する。

補強効果がトラス理論による値より全体に低い原因として以下のことが考えられる。部材にせん断ひび割れが生ずるとその位置からコンクリートと炭素繊維シート間での付着切れが発生する（実験[4]で観察されている）。さらに荷重が増加すると付着切れ範囲が広がり、せん断スパン内で炭素繊維シートが断面高さ方向全体に応力を分担する（図-4）。しかし炭素繊維は弾性材料であるため、ひずみが卓越した点から破断が発生し、せん断抵抗区間全体では炭素繊維シートの強度を発揮しない。また補強量の非常に少ない場合は、付着切れが発生しにくい、ひび割れ発生位置でひずみが集中し補強効果が大きく低下すると考えられる。

4. まとめ

- (1) 炭素繊維シートによるせん断補強効果は付着モデルを用いた非線形有限要素法解析により評価できる。
- (2) 補強量が非常に小さい範囲（ $p_{cf} < 0.037$ ）ではひび割れの影響を受け補強効果が発揮されにくい。
- (3) 実用の補強量の範囲（ $0.037 \leq p_{cf} \leq 0.11$ ）ではせん断引張破壊し、炭素繊維シートの強度を用いてトラス理論で計算した場合の80%程度の補強効果を発揮する。
- (4) 補強量が非常に大きい場合（ $0.11\% < p_{cf}$ ）、破壊形態はコンクリートのせん断圧縮破壊となる。

謝辞：実験結果は鉄道高架橋炭素繊維シート利用耐震補強工法研究会からご提供頂きました。深謝します。

参考文献

- [1]小島、勝俣、田中：炭素繊維の巻付けによる既存鉄筋コンクリート部材の耐震補強、JCI論文報告集11-1、1989.6
- [2]安藤、前田、緒方、岡野、小島：炭素繊維によるせん断補強効果に関する研究、土木学会第49回年講V、1994.9
- [3]岡野、大内、森山、松本：炭素繊維シートによる鉄道高架橋のせん断補強に関する実験、第2回阪神・淡路大震災学術講演会論文集、1997.1
- [4]長沼：鉄筋コンクリート耐震壁の非線形解析手法とせん断強度に関する研究、学位論文（千葉大学）、H5.9
- [5]佐藤、木村、小島：CFRP接着補強コンクリート部材におけるCFRPシート接着面の挙動について、第5回複合材料界面シンポジウム要旨集、1996.5

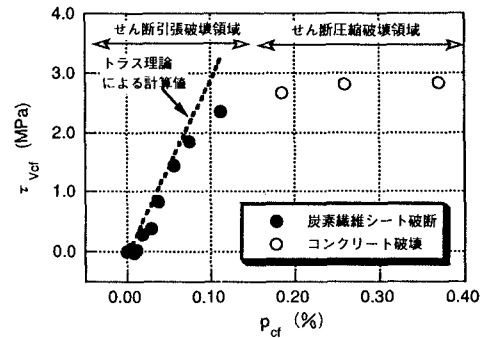


図-5 補強効果と補強量の関係

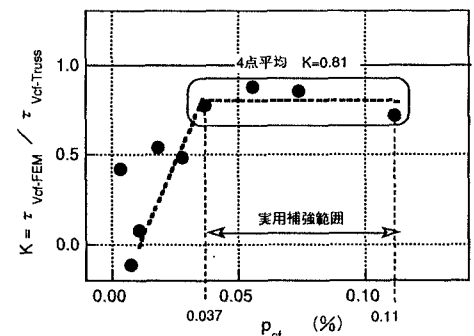


図-6 有効率と補強量の関係