

炭素繊維を用いたRC橋脚の耐震補強方法に関する実験的検討

清水建設技術研究所 正会員 滝本和志
清水建設技術研究所 正会員 長澤保紀

1. はじめに

兵庫県南部地震以来、RC橋脚や高架橋柱の耐震補強に炭素繊維を用いる研究開発が活発に行われ、実際の補強工事へも適用されてきている。ここでは、道路の分岐・合流地点や高架下空間が店舗利用のため壁が取り付いていて、従来の補強方法では補強が難しい橋脚と、炭素繊維シートでは巻き付ける層数が非常に多くなるため適用が難しい、じん性補強を目的とした橋脚に対して、炭素繊維シートと炭素繊維を束ねてひも状にした炭素繊維ストランドを用いた耐震補強方法¹⁾を提案し、その補強効果に関して実験的な検討を行った。

2. 実験概要

試験体は、壁付き橋脚のせん断補強を想定したS-1試験体と、じん性補強効果の向上を期待したS-2試験体の2体である。基本部の形状寸法は同じであるが、主鉄筋の径と強度を変えてある。段落しは設けていない。帯鉄筋はD6鉄筋を120mmピッチで配置した。S-1試験体の場合、せん断補強における炭素繊維シートの有効ひずみを8000 μ としたとき、補強後の曲げ耐力とせん断耐力がほぼ等しくなるよう、炭素繊維シートの巻き付け層数を決めた。S-2試験体は炭素繊維シートを部分的に束ねて補強材の曲げ剛性を高めることにより、柱主鉄筋のはらみ出しに抵抗させる効果を期待したものである。図-1に各試験体の補強方法を示す。使用したコンクリートと鉄筋の材料特性を表-1、2に示す。炭素繊維シートの目付量は300g/m²、引張強度4820N/mm²、弾性係数267500N/mm²である。炭素繊維ストランドは炭素繊維シートと同種のもので、炭素繊維の素線24000本で炭素繊維ストランド1本を構成するものを使用した。

S-1試験体は、正面に幅200mmの壁が取り付いていることを想定し、壁のない部分には炭素繊維シートを2

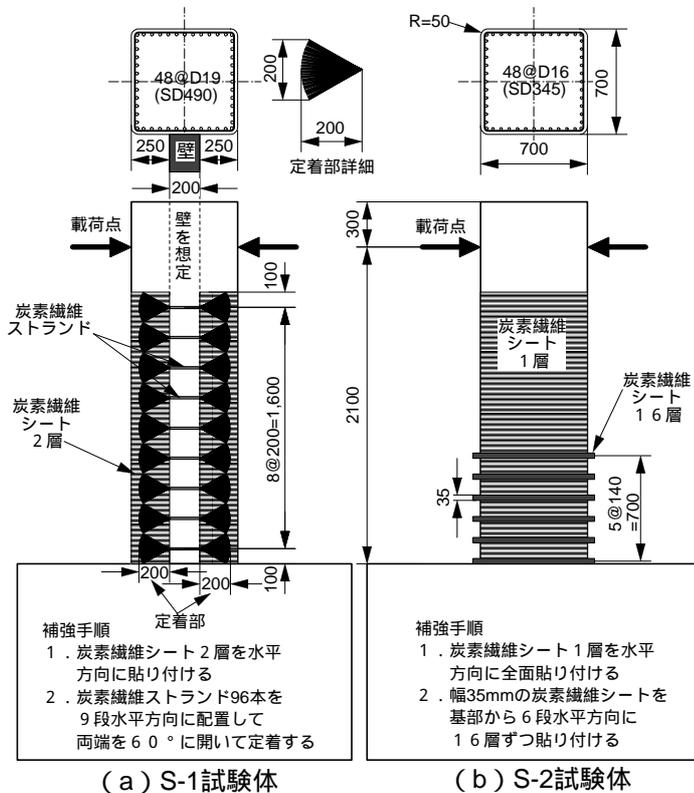


図-1 試験体の補強方法

表-1 コンクリートの材料試験結果

試験体名	圧縮強度 (N/mm ²)	引張強度 (N/mm ²)	弾性係数 (N/mm ²)	ポアソン比
S-1試験体	28.8	2.74	26700	0.228
S-2試験体	30.2	2.48	28000	0.219

表-2 鉄筋の引張試験結果

鉄筋の種類	降伏点 (N/mm ²)	引張強度 (N/mm ²)	降伏ひずみ (μ)	破断伸び (%)
D6	391.2	554.6	2428	23
D16	402.6	584.1	2226	26
D19	531.1	738.1	3094	18

表-3 実験結果一覧

試験体名	降伏荷重 (kN)	降伏変位 (mm)	最大荷重 (kN)	終局変位 (mm)	じん性率
S-1試験体	1005.7	25.0	1185.6	75.0	3
S-2試験体	590.5	12.0	689.2	84.0	7

キーワード：耐震補強、壁付き橋脚、炭素繊維ストランド、じん性、曲げ剛性

連絡先：〒135-8530 東京都江東区越中島3-4-17 TEL 03-3820-5533 FAX 03-3820-5959

層巻き付けた。壁の部分は200mmピッチで削孔して炭素繊維ストランドを通すものとし、柱部でストランドの両端を炭素繊維シート上に扇状に広げて定着させた。炭素繊維シートの水平力をすべて定着部で炭素繊維ストランドに伝達させるために、炭素繊維ストランドは炭素繊維シートの1.25倍の炭素繊維量とした。

S-2試験体は、全高に炭素繊維シートを1層巻き付け、基部から1D(D:柱の断面高さ)の範囲を幅35mmの炭素繊維シートを16層重ねて、シート幅の4倍の140mmピッチでゼブラ状に貼り付けることで、補強材の曲げ剛性を高めた。基部1D区間の補強量は、1D区間全面に炭素繊維シートを5層巻き付けた場合に相当する。

載荷方法は、一定軸圧縮応力(1.67MPa)下での正負交番載荷とし、降伏変位の整数倍の変位を各3回ずつ繰り返した。降伏は引張側最外縁の主鉄筋が降伏ひずみに達したときとした。また、終局変位は第1サイクルで降伏荷重が維持できた最大の載荷変位とした。

3. 実験結果

実験結果の一覧を表-3に、それぞれの履歴曲線を図-2に示す。

S-1試験体は、3_y載荷の第2サイクルにおいて、最大変位に達する直前に、下から2段目と3段目の炭素繊維ストランドの扇の付け根でストランドが破断し、4段目から7段目までの定着部が炭素繊維シートから剥離して破壊に至った。炭素繊維シートも一部が隅角部において破断した。実験で得られた最大荷重と等しいせん断耐力を有していたものとして、全周炭素繊維シートを巻き付けた場合の炭素繊維シートの有効ひずみを逆算すると8700 μ となり、炭素繊維ストランドを用いた場合でも有効ひずみ8000 μ 程度のせん断補強効果を有していたものと考えられる。

S-2試験体は、3_y載荷の第2サイクルで基部のはらみ出しが生じ、5_y載荷の第2サイクルではらみ出し量が急増した。6_y載荷の第2サイクルで全高に1層貼り付けた炭素繊維シートの一部が隅角部で破断した。8_y載荷の第1サイクルにおいて最大荷重が降伏荷重を下回ったが、顕著な耐力低下が見られないため、9_yおよび10_y載荷を各1回ずつ実施した。16層シート部では、最大15000 μ を越えるひずみが発生した部分も見られたが、試験終了まで破断には至らなかった。ただし、顕著なはらみ出し防止効果は見られず、16層シート部の断面形状は矩形から円形に変化していった。試験終了後の調査では、隅角部付近の主鉄筋が3本破断していた。主鉄筋の平均座屈長さはほぼ0.5Dであった。S-2試験体のじん性率計算値²⁾は、炭素繊維シートの巻き付け層数を5層とした場合に6.8となり、実験で得られたじん性率 γ とほぼ等しくなることから、炭素繊維シートの曲げ剛性の増加によるじん性向上効果は見られなかった。

4. まとめ

本検討の結果、炭素繊維ストランドを用いた壁付き橋脚のせん断補強においては、有効ひずみ8000 μ 程度のせん断補強効果があることが明らかとなった。一方、基部のみの部分補強で十分なじん性補強効果は得られたが、炭素繊維シートの曲げ剛性を増加させても、巻き付けた炭素繊維量以上のじん性向上効果は見られなかった。

今後は、実橋脚への適用に向けて、より有効な定着方法や施工性の検討を行ってゆく予定である。

参考文献

- 1) 滝本、浜田、金治、佐藤、長澤：炭素繊維によるRC橋脚耐震補強の実験検討、第3回地震時保有耐力法に基づく橋梁の耐震設計に関するシンポジウム講演論文集、1999.12
- 2) (財)鉄道総合技術研究所：炭素繊維シートによる鉄道高架橋柱の耐震補強工法設計・施工指針、1996.7

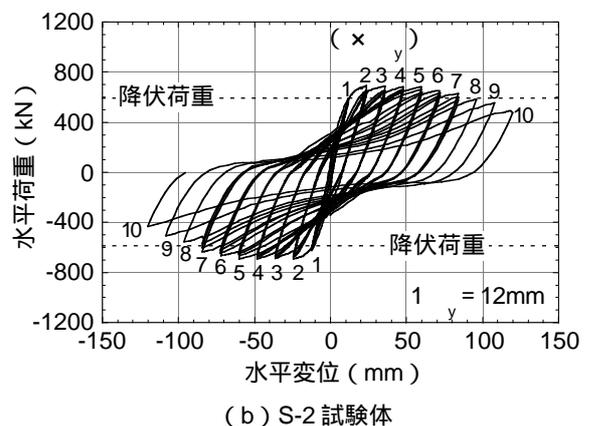
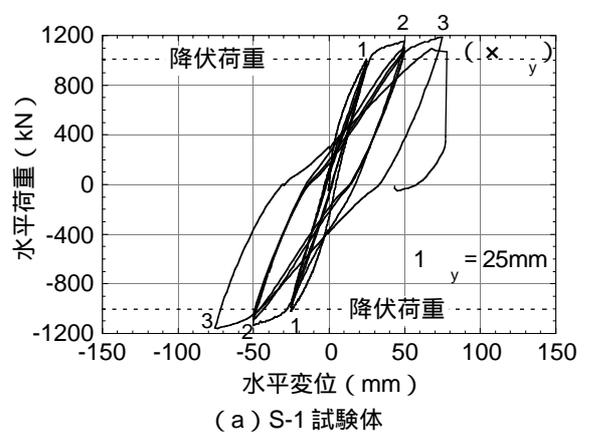


図-2 履歴曲線