

炭素繊維巻立て橋脚のじん性率評価式に関する研究

九州工業大学大学院 学生員 田口絢子 九州工業大学 正会員 幸左賢二

阪神高速道路公団 正会員 足立幸郎 (株)建設技術研究所 正会員 澤田吉孝

1. はじめに

炭素繊維およびアラミド繊維シート巻立て工法は今後の補修・補強工法に広く用いられる工法として注目されている。しかし補強効果の評価法などを検証したものは少ない。そこで本論では炭素繊維巻立て補強橋脚のじん性率評価式に対する適用性の検討を行なった。さらに収集したデータを用いて炭素繊維の補強効率を検討した。

2. 検討対象供試体

収集した 65 体のうち、じん性率評価式の適用範囲である、軸圧縮応力度 σ_n 5.0MPa、せん断スパン比 a/d 5.0 を満足する 43 体を解析対象とした。その諸元を図 - 1 に示すが、43 体のうち 13 体はアラミド繊維補強供試体である。炭素繊維シートを帯鉄筋に強度換算した換算帯鉄筋体積比の分布はほとんどの供試体が 1% を超えており、中には 7% 以上もの高補強を施した供試体も含まれている。

3. 破壊性状

表 - 1 に解析対象とした供試体データの破壊状況を示す。今回検討したデータでは主鉄筋の座屈後繊維シートが破断した供試体が 43 体中 22 体と最も多かった。収集データから繊維巻立て補強供試体の破壊状況は以下の 2 種類に大別できると考えられる。(1) 十分な繊維量を巻き立てた供試体ではコンクリートの圧壊によりシートがはらみ出し耐力の低下が始まる。その後、主鉄筋の座屈が進行しシートのゆるみや破断に至る。(2) 繊維厚が比較的薄い場合には、主鉄筋の座屈とともにシートの破断が生じやすい。

4. じん性率評価法の検討

著者らは土木学会式として、高じん性域を対象とした式を提案している。本論ではその式に炭素繊維の負担するせん断力を考慮した式 (1) の適用性について検討を行った。

$$\mu = 1.63(0.3V_c + V_s + V_f)/V_{mu} + 5.59 \quad \text{式(1)}$$

V_c : コンクリートのせん断耐力, V_s : 鉄筋のせん断耐力, V_f : 繊維のせん断耐力, V_{mu} : 曲げ耐力

検討結果を図 - 2 に示す。式 (1) では実験値を過大評価する結果となった。従って式(1)において炭素繊維が負担するせん断耐力の効率を低下させる必要があり、図 - 3 に示すようにせん断余裕

キーワード：炭素繊維巻き立て、じん性率、せん断耐力、補強効果

連絡先：九州工業大学 〒804-8550 福岡県北九州市戸畑区仙水町 1-1 TEL, FAX(093)884-3123

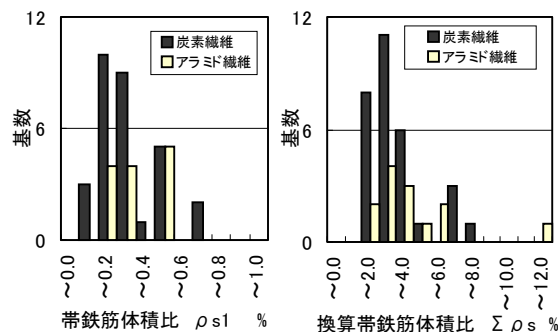


図 - 1 供試体諸元の分布

表 - 1 供試体の破壊状況

破壊状況	供試体数
シート破断+鉄筋座屈	22
シートはらみだし+鉄筋座屈	17
シートはらみだし	2
シートはらみだし+鉄筋破断	2

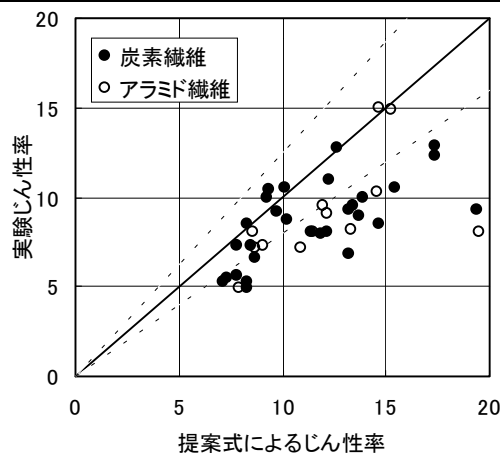


図 - 2 提案式と実験値の関係

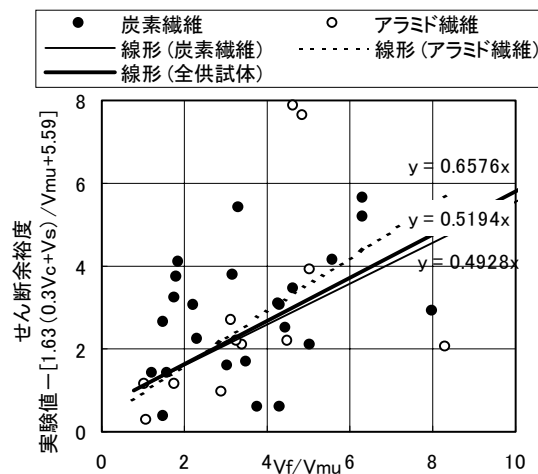


図 - 3 せん断余裕度と耐力比の関係

表 - 2 ひずみ性状の検討供試体

	供試体数	供試体名	断面 高さ mm	せん断 スパン 比	引張 鉄筋比 %	帯鉄筋 比 %	炭素 繊維比 %	繊維積 層枚数 層	コンクリート 強度 MPa	軸圧縮 応力度 MPa	炭素繊維 破断	発生した最大 繊維ひずみ μ
シリーズ1	1	①	700	3.0	1.90	0.08	0.13	4	26	2.3	あり	3500
シリーズ2	4	②-1	700	4.6	2.59	0.12	0.10	3	37	3.9	あり	11000
		②-2					0.16	5	38	3.9	あり	6000
		②-3					0.25	8	37	3.9	なし	4000
		②-4					0.16	—	39	3.9	なし	3000
シリーズ3	3	③-1	400	3.1	1.58	0.23	0.08	1	40	1.0	あり	10000
		③-2					0.07	1	38		あり	3500
		③-3					0.17	2	40		なし	10000

度と耐力比の関係を用いて炭素繊維補強効率を 0.5194 (図 - 3 の近似直線の傾き) / 1.63 (提案式の傾き) = 0.319 0.3 として求めた。式 (1) において炭素繊維の負担するせん断耐力に 0.3 を乗じた計算値と実験値の関係を図 - 4 に示す。実験値/計算値の平均値は 1.09, 変動係数は 18.7% であり, 両者の関係は 2 割程度の誤差内にほぼ納まった。

また, 図 - 3 には繊維を炭素繊維とアラミド繊維に分けて近似直線を求め補強効率の検討を行った。アラミド繊維の補強効率も 0.4 程度で炭素繊維と同程度の補強効率を得られた。

5. 炭素繊維補強効率の検討

収集した炭素繊維およびアラミド繊維巻立て供試体について実験時のひずみ性状から炭素繊維の補強効率の分析を行った。検討対象とした供試体概要を表 - 2 に示す。

表中のシリーズ1の供試体のひずみ性状を図 - 5 に示す。4δy 時まで帯鉄筋と炭素繊維には差がないが, 4δy 以降帯鉄筋は降伏ひずみに達しているのに対し, 繊維は終局時でも 3500μ 程度のひずみが生じたのみであった。一部の炭素繊維が破断しており, 期待した強度を発揮することなく炭素繊維の局所的な破壊が起こり巻き立ての補強効果が十分に発揮されないまま柱が破壊していると考えられる。

次にシリーズ3の -1, -3 供試体のひずみ性状を図 - 6 示す。両供試体とも破断ひずみに達する程度の十分なひずみが生じている。隅角部等における局所的な破断がおこななければ, 繊維シートは十分にその効果を発揮するといえる。

図 - 7 に検討対象供試体の実験値と計算値の比較を示す。炭素繊維のひずみが発揮されなかった供試体 (シリーズ1~2) は繊維の効率を低下させた修正後の方が実験値と計算値の適合性がよいことがわかる。

6. まとめ

(1) 炭素繊維巻立て補強橋脚のじん性率評価式は以下の式を用いて精度良く評価可能である。

$$\mu = 1.63(0.3V_c + V_s + 0.3V_f) / V_{mu} + 5.59$$

(2) 炭素繊維の補強効率が低下する要因としては, 降伏ひずみの 1/3 程度で繊維シートの局所的な破断が生じるためと考えられる。

参考文献: 堀口, 宇治, 細谷: 連続繊維シートの弾性係数の相違が鉄筋コンクリート橋脚のじん性に及ぼす影響, コンクリート工学年次論文報告集 pp1273 - p p1278
佐々木, 袴田, 前川, 星隈: 炭素繊維シートを用いたRC橋脚補強の実験的検討, 第24回地震工学研究発表会講演論文集, 1997.7

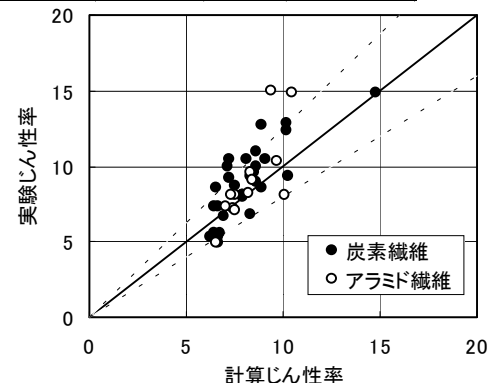


図 - 4 実験値と計算値の関係

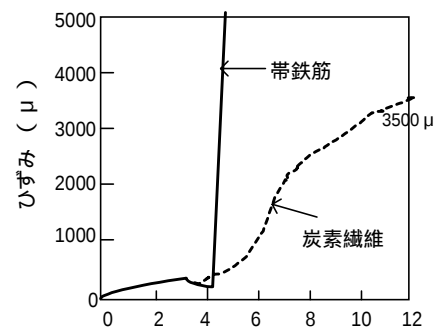


図 - 5 ひずみ性状 (その1)

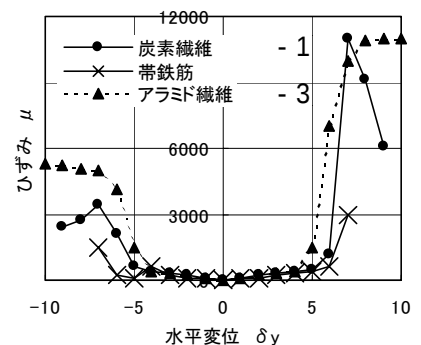


図 - 6 ひずみ性状 (その2)

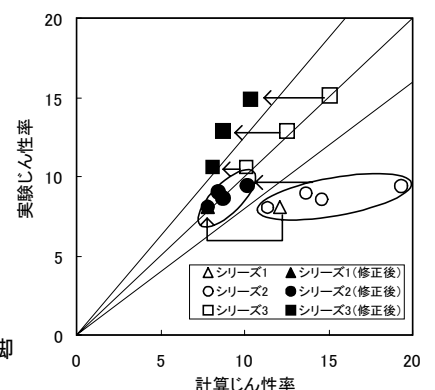


図 - 7 実験値と計算値の関係