

炭素繊維巻立て橋脚の補強効果に関する研究

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 藤井康男(株)建設技術研究所 正会員 澤田吉孝

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立て工法が数多く行われている。炭素繊維による橋脚補強は繊維が軽量なため施工性にも優れている。しかし、具体的なじん性率の評価手法については未だ不明確な点が多い。本論では、既往の炭素繊維巻立て橋脚の正負交番載荷試験データを収集、整理し、変形性能の評価を行った。さらに実験で得られたじん性率と計算値を比較することにより、耐力比を用いた評価式や道路橋示方書式の、炭素繊維巻立て橋脚に対する適用性やその修正方法について検討を行った。

2. 研究手法

(1)炭素繊維補強橋脚の試験データの整理

RC 橋脚に炭素繊維巻立て補強を行い実施された実験について、資料の収集、整理を行った。本研究で収集した矩形断面供試体 55 体の諸元を図-1 に示す。55 体中にはアラミド繊維シート補強された供試体も 15 体含んでいる。図より軸圧縮応力度は多くの供試体が 4.0MPa 以下の範囲内であるが、土木構造物の一般的なレベル 5.0MPa を越す供試体も含まれている。また、炭素繊維巻き立て量を帯鉄筋比に換算した換算帯鉄筋体積比(以下、体積比)の分布は 0.36 ~ 15.36%まで広範囲におよんでいる。全て曲げ破壊を起こして終局に至っており、せん断破壊した供試体は除外した。

(2)じん性率の整理

供試体のじん性率は以下に示すような方法により評価した。降伏点は材料定数を補正した計算上の最外縁の鉄筋が降伏に達する点を降伏荷重 P_y とし、このときの変位を降伏変位 δ_y とした。また、終局変位 δ_u は実験の荷重-変位曲線の包絡線において、荷重が降伏荷重まで低下した時の変位とし、じん性率は $\mu = \delta_u / \delta_y$ により算定した。

3. じん性率評価法の検討

(1)耐力比を用いた評価法

RC 橋脚のじん性率評価法としては耐力比(曲げ耐力とせん断耐力の比)を用いた実験式と道路橋示方書(以下、道示)に示される断面の $M-\phi$ 関係より解析的に求める手法が挙げられる。炭素繊維巻き立て橋脚に対しては、炭素繊維を帯鉄筋に換算して準用する 경우가多いが、ここでは実験結果との比較により炭素繊維巻き立て補強橋脚のじん性率評価式の適用性について検討を行った。

耐力比を用いたじん性率評価法は既往の研究成果によると、式(1)に

キーワード：炭素繊維巻き立て、RC 橋脚、じん性率、せん断耐力

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

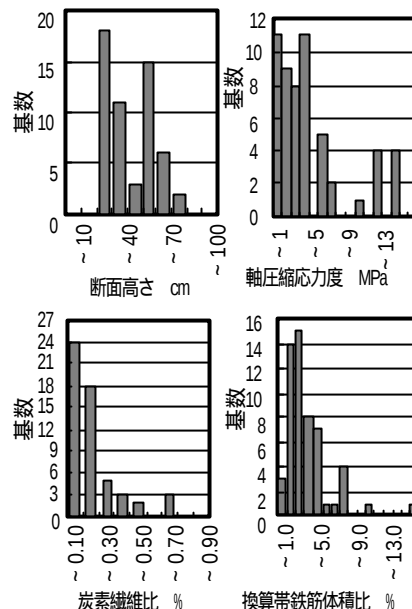


図-1 供試体の諸元の分布

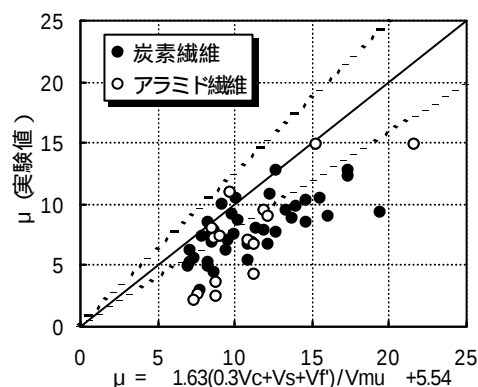


図-2 提案式と実験値の関係

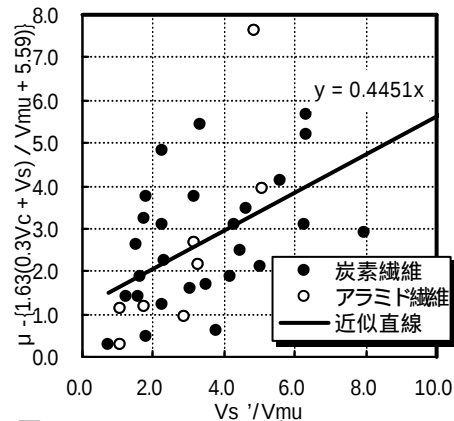


図-3 V_f' / V_{mu} と $\mu - \{1.63(0.3V_c + V_s) / V_{mu} + 5.59\}$ の関係

よれば曲げ破壊をする高帯鉄筋比を有する橋脚に対しても一定の有用性が示されている。ここでは、炭素繊維巻立て補強橋脚に対する式(1)の適用性について検討を行った。

$$\mu = 1.63(0.3V_c + V_s + V_f')/V_{m1} + 5.59 \quad (1)$$

ここで、 V_c :コンクリートのせん断耐力、 V_s :帯鉄筋のせん断耐力、 V_f' :炭素繊維のせん断耐力 V_{m1} :曲げ耐力とし、炭素繊維を 100%有効としてせん断耐力を計算した。実験値と計算値の関係を図-2 に示す。 μ (実験値)/ μ (計算値)の平均は 0.7 程度であり、全体的に大きめの計算値を与える結果となった。じん性率と耐力比の関係は RC 橋脚と同じであると考え、炭素繊維巻立て橋脚では炭素繊維のせん断補強効果についての効率を低下させる必要がある。そこで、せん断耐力を $0.3 \cdot V_c + V_s + A \cdot V_f'$ で表し、炭素繊維の効率 A を求めた。図-3 の関係から実験のじん性率に最も適合する効率を求めた結果、炭素繊維の効率は 0.3 となった。よって、炭素繊維巻立て橋脚のじん性率評価式は式(2)となる

$$\mu = 1.63(0.3V_c + V_s + 0.3V_f')/V_{m1} + 5.59 \quad (2)$$

ここで、適用範囲：炭素繊維比(%)0.02 p_f' 0.67、軸方向圧縮応力度 σ_n 7.0MPa、せん断支間比 1.5 a/d 6.5

式(2)による計算値と実験値の関係を図-4 に示す。 μ (実験値)/ μ (計算値)の平均は 1.06 であり、安全率を考慮することにより炭素繊維巻立て補強橋脚に対しても適用可能であると考えられる。

(2)道路橋示方書式を用いたじん性率評価法

本論では道示の体積帯鉄筋比の上限値は考慮せずにじん性率の算定を行った。図-5 に既往の式による計算値と実験値の関係を示す。じん性率が 8 以上の範囲では計算値が実験値を上回る傾向となっている。また、供試体の軸圧縮応力度が 4.0MPa より大きい高軸力を受ける供試体は実験のじん性率が低下することがわかる。また、図-6 に上限値を 7.0%とした換算帯鉄筋体積比とじん性率の関係を示す。計算値は体積比の増加に対し一様に増加しているが、実験値は 3%程度で増加と減少のばらつきが生じている。下図より、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 割とした値でじん性率を見込んでいることが明らかとなった。また、計算値のじん性率は実験値に対して 3.6 程度の余裕値を有している。そこで、炭素繊維の効果を 4 割として計算を行い、求めた解析値に余裕値 3.6 を加えて計算した結果、計算値と実験値の関係は図-7 に示すように実験値と計算値がほぼ一致した。

4. まとめ

- 1)耐力比を用いた評価法では炭素繊維のせん断耐力の効率を 0.3 とすることにより炭素繊維巻立て橋脚に対しても適用可能である。
- 2)道路橋示方書式を用いた評価法では軸圧縮応力度 4.0MPa 以下の橋脚を対象とし、炭素繊維の効率を 4 割とした値で計算を行い、3.6 の定数を加えることによって評価可能であることがわかった。

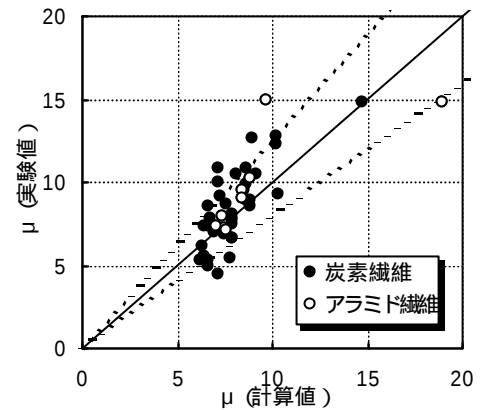


図-4 炭素繊維効率考慮後の

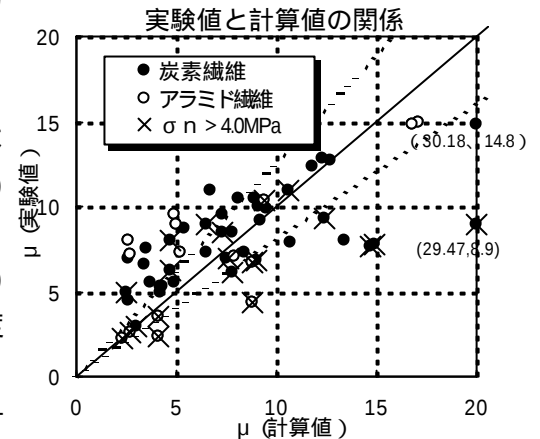


図-5 実験値と計算値の関係

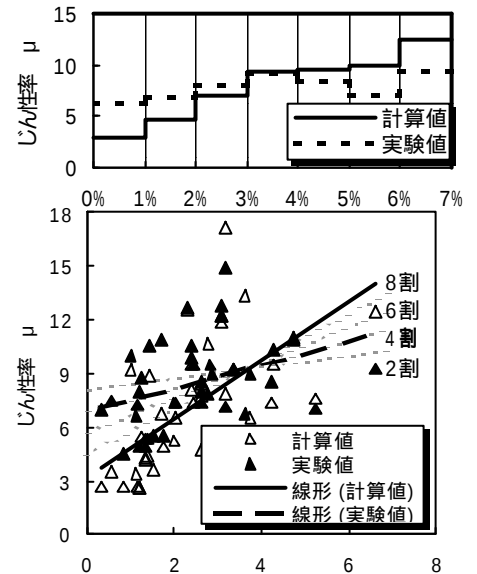


図-6 体積比とじん性率の関係

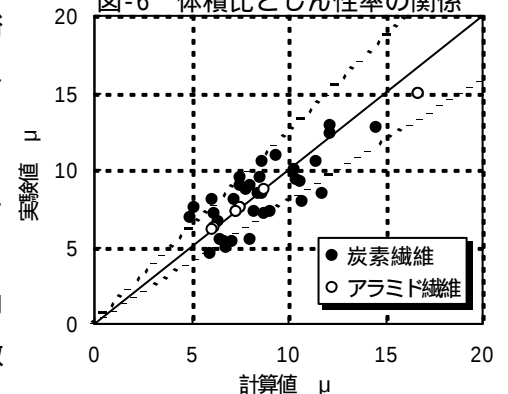


図-7 再評価後の実験値と計算値の関係