

炭素繊維巻き立て補強橋脚の靱性能に関する研究

The ductility of reinforced concrete piers with carbon fiber sheet

北海道大学大学院 ○学生員 関谷圭介(SEKIYA Keisuke)

北海道大学大学院 正会員 上田多門(UEDA Tamon)

1. まえがき

既設RC橋脚の耐震性を向上させる方法として、RC巻き立て、鋼板巻き立て、連続繊維巻き立て等による補強が数多く行われている。なかでも連続繊維による補強は用地確保が困難である場合等に有効であり、施工性に優れている等の利点のため、採用も増加している。現在提案されている連続繊維シートによるRC部材の靱性補強設計式の多くは、実構造物に近い供試体を用いた正負交番繰返し試験の結果を基に、靱性率とせん断余裕度の関係を定式化したものである。連続繊維も基本的に帯鉄筋と同様の効果があり、せん断耐力の向上及び内部コンクリートの拘束効果が期待できる。しかし、連続繊維補強橋脚はRC橋脚に比べて、終局のメカニズムや、繊維量と終局靱性率の関係など不明確な点が多い。

本論文は、代表的な連続繊維シートである炭素繊維シートについて正負交番載荷試験の実験結果を基に、分担せん断力に着目して検討を行ったものである。

2. 解析対象供試体諸元

本論文では、分担せん断力について着目して、検討を進めるつもりだが、既往の実験供試体には分担せん断力を求められるほど、ひずみゲージが貼付されている供試体が殆ど無い。そこで、分担せん断力を考える際には北海道大学で行われたせん断補強筋比 ρ_w を変数とした3体の供試体¹⁾(表-1)を中心に解析を進めた。

表-1 供試体諸元

供試体	$f_c(\text{Mpa})$	$\rho_t(\%)$	$\rho_w(\%)$	$\rho_{cls}(\%)$
S 1	27.4	3.0	0.18	0.176
S 2	20.1	3.0	0.41	0.176
S 3	16.9	3.0	0.71	0.176

3. 靱性率の考え方

本論文では、靱性率は以下のように定義して考えている(図-2)。降伏荷重 P_y は、主鉄筋が降伏した点での荷重とし、その点での変位を降伏変位 δ_y とする。終局変位 δ_u は降伏荷重を下回った点での変位とする。実験靱性率 μ_{ex} は降伏変位と終局変位から δ_u/δ_y として求める。

$$\mu_{ex} = \delta_u / \delta_y$$

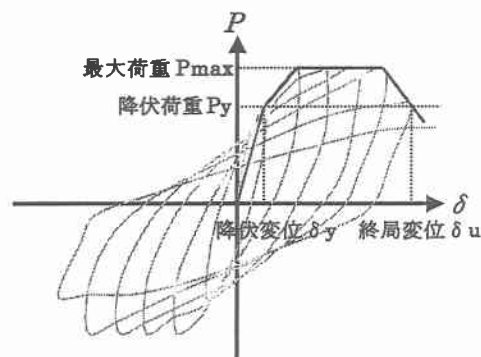


図-2 靱性率の算定

4. 分担せん断力の算定方法

4. 1 終局時のひび割れ角の近似

分担せん断力を算定するにあたって、終局時のひび割れ角の定義は重要である(図-3)。実験結果^{2) 3)}から、せん断破壊(曲げせん断破壊も含む)と曲げ破壊では、終局時の斜めひび割れの角度に大きな違いが見られた。また、ひび割れ角はせん断スパン比とも関連が見られた(図-4)。この関連式を基に、実験供試体のひび割れ角を近似し、繊維シート及び帯鉄筋の分担せん断力を算定した。

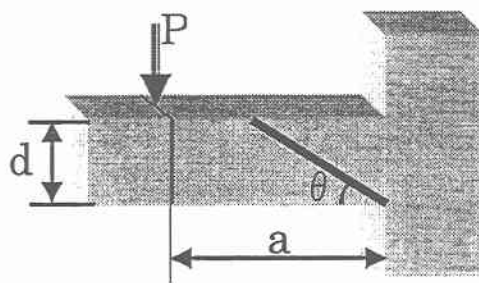


図-3 ひび割れ角の定義

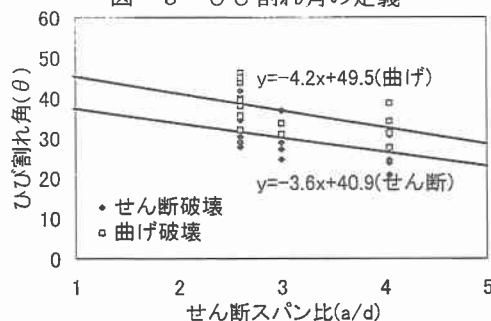


図-4 破壊形式別ひび割れ角とせん断スパン比の関係

以上の方法で斜めひび割れを決定し、そのひび割れ上にあるひずみゲージの値を基に分担せん断力を算定した。

5. 実験結果の考察

5. 1 荷重変位と分担せん断力の実験結果

本大学で行われた実験供試体の正載荷における荷重変位曲線及び分担せん断力の関係について図-5に示す。3体の供試体が共にシートの破断により、荷重が急激に減少し、終局状態を迎えた。

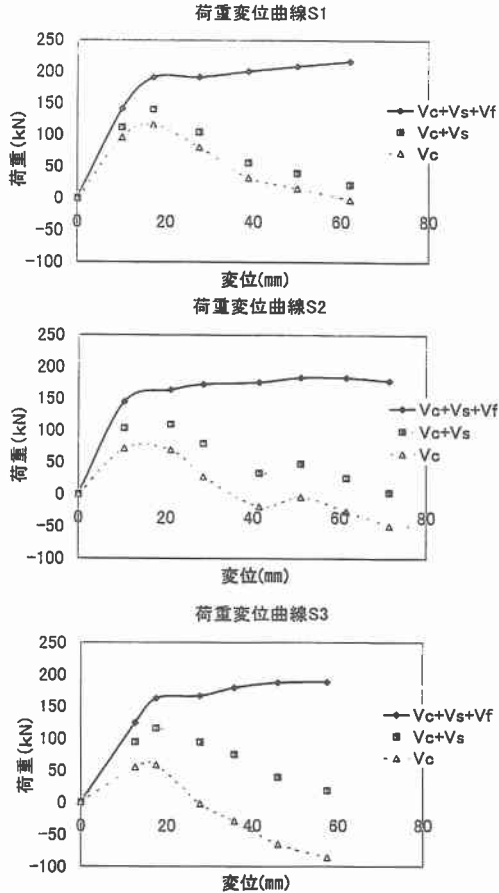


図-5 荷重変位曲線・分担せん断力

5. 2 分担せん断力の変化の検討

各供試体の分担せん断力の関係について検討する。帯鉄筋は、最大荷重点付近で降伏に到り、その分担せん断力は一定の値を示している。また、その値は設計せん断耐力 (V_s) にほぼ一致している (表-6)。

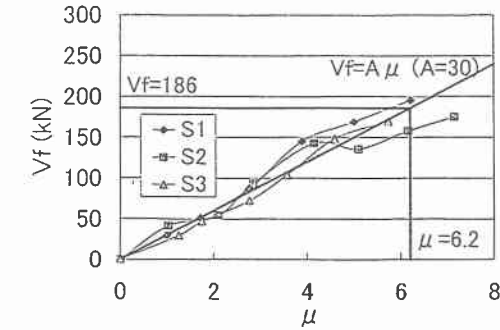
シートの分担せん断力は、シート補強量を一定にした場合、他の要素 (帯鉄筋量、コンクリート強度) が異なっても、ピーク変位 (μ) ごとに同じような増加の様子を示す。しかもその増加の様子は、ピーク変位に比例していると考えられる (図-7)。3体の供試体の終局状態はシート破断によって決定されたが、破断時のシートの分担せん断力は、シートの破断強度を用いて算定される分担せん断力のおよそ8割と考えることが可能である。

コンクリートの分担せん断力は、帯鉄筋量の少ない供試体ほど、大きな値を示している。この結果から、帯鉄筋及びシートの補強量が多いほど、コンクリートの受け持つ分担せん断力が少なくて済み、シート破断をせず、

コンクリート部の耐力の低下により終局を迎える場合には、コンクリートの分担せん断力が大きく関わってくると考えられる。

表-6 設計せん断・曲げ耐力
及び破断時のシートのせん断力 (単位: kN)

供試体	V_c	V_s	V_f	V_{mu}	V_{fex}
S 1	79.08	29.67	220.34	139.69	195.74
S 2	71.25	65.81	220.34	137.94	175.21
S 3	67.29	115.12	220.34	137.24	169.78



μ : 載荷サイクル
 V_f : シートの分担せん断力
 A : シート補強量によって決定される定数 (今回は $A=30$)
図-7 シートの分担せん断力の変化と終局の定義

5. 3 靱性率の実験値と予測計算値

実験から得られた靱性率と図-7から求めた靱性率を比較したものを表-8に示す。シート破断で終局を迎える供試体では、シートの補強量が大きく関係していると考えられる。

表-8 靱性率の実験値・計算値

供試体	正載荷	負載荷	計算値
S 1	6.0	5.8	6.2
S 2	7.0	6.9	
S 3	6.0	5.3	

6. まとめ

靱性率を考える上で、分担せん断力を考えることは重要である。今回の検討範囲では、シート破断を起こす場合の靱性率とシート補強量とを関連付けることが出来た。シート補強量をパラメータとした場合の載荷サイクルとシート分担せん断力の関係、破断を起こさない破壊形式の供試体の靱性率については、今後の検討が必要である。

参考文献

1) 長井宏平、上田多門、佐藤靖彦: 炭素繊維シート補強された部材のじん性率に与える帯鉄筋の影響、耐震補強の評価に関する研究委員会報告書・論文集、2000.6
2) 宮瀬文裕、塩屋俊幸、西村高明、小林朗: 高軸力を受けるRC柱の炭素繊維シートによる耐震補強実験、コンクリート工学年次論文報告書、vol.19, No2, 1997
3) 宮城敏明、服部尚道、吉川弘道、藤田幸弘: RC柱におけるせん断耐力劣化を考慮した変形性能評価手法、コンクリート工学年次論文集、vol.22, No3, 2000