

長岡技術科学大学 大学院 学生会員 上原子晶久  
 長岡技術科学大学 工学部 フェロー会員 丸山 久一  
 長岡技術科学大学 工学部 正会員 下村 匠

## 1.はじめに

本論文は連続繊維シート（以下、CFR シート）で補強された鉄筋コンクリート部材のせん断耐力評価法について述べるものである。著者らは部材終局時 CFR シートが負担する引張力を部材の変形とシートの剥離性状に基づき評価し、終局せん断耐力を算定する手法を構築した。以下にその概略を述べる。

## 2. せん断耐力評価法の概略

### 2.1 計算フロー

計算フローを図-1 に示す。本論文ではシートの剥離長さは付着基礎式、主せん断ひびわれ幅を剛体変形モデルにより評価する。各ステップの詳細を以下に述べる。

### 2.2 CFR シートの付着剥離モデル

シートの剥離長さは以下に導く付着基礎式を解くことによって評価する。図-2 に対象とした解析モデルを示す。付着応力 $\tau$ -シートとコンクリートの相対変位 $\delta$ の関係を図-3 に示す弾性-開放型(cut-off 型)と仮定する。図-4 に示す微小要素における力の釣り合いを考慮すると、シートとコンクリートの変位に関する以下の基礎方程式が得られる。

$$\frac{d^2 u_s}{dx^2} + \frac{k}{t_s \cdot E_s} (u_s - u_c) = 0 \quad (1)$$

$$\frac{d^2 u_c}{dx^2} + \frac{k}{t_c \cdot E_c} (u_s - u_c) = 0 \quad (2)$$

ここに、 $u_s, u_c$ : シート及びコンクリートの変位、 $k$ : 付着剛性、 $t_s, t_c$ : シート及びコンクリートの厚さ、 $E_s, E_c$ : シート及びコンクリートの弾性係数である。なお、シートとコンクリートは弾性体と仮定した。

### 2.2 主せん断ひび割れ幅の評価及びせん断耐力

前節で述べた付着剥離モデルによりシートの剥離長さ $L_p$ と引張力 $P$ およびひびわれ幅 $w_i$ の関係が評価される。シートが負担するせん断力は以下のより算定する。まず、はり部材を軸方向に等分割する。 $i$  番目の分割要素における終局時のシートの定着・剥離状態を図-5 のように表す。

$$L_{ui} = L_{upi} + L_{ubi} \quad (3)$$

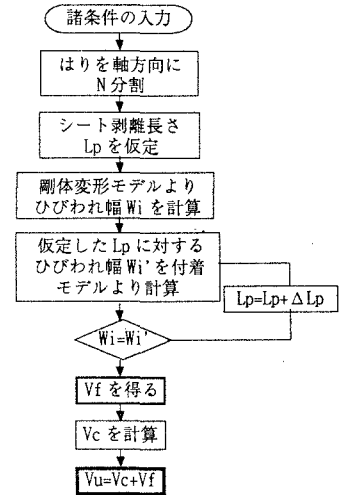


図-1 計算フロー

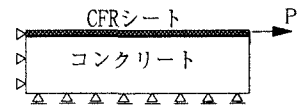


図-2 解析モデル

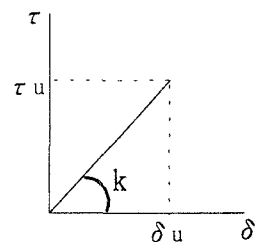


図-3 仮定した $\tau$ - $\delta$ 関係

key words : CFR シート、付着、剥離長さ、せん断耐力

〒940-2188 新潟県長岡市上富岡町 1603-1 Tel:0258-47-1611 Ex.6310 Fax:0258-47-9600

$$L_{di} = L_{dpi} + L_{dbi} \quad (4)$$

ここに、 $L_{ui}$ :主せん断ひび割れより上部のシート長さ、 $L_{upi}$ 、 $L_{ubi}$ :主せん断ひび割れより上部の剥離・定着長さ、 $L_{di}$ :主せん断ひび割れより下部のシート長さ、 $L_{dp}$ 、 $L_{db}$ :主せん断ひび割れより下部の剥離・定着長さである。

ここで終局時の主せん断ひび割れ幅は剛体変形モデルより求める。図-6 にモデルの概略を示す。i 番目の要素における主せん断ひび割れ幅の y 方向成分及び、ひび割れ上部・下部の定着・剥離長さは以下の式で求められる。

$$\Delta L_{yi} = \Delta w_i \cos \theta, \quad \Delta w_i = \frac{L_{xi} \cdot \epsilon_b \cdot d \sqrt{y/d}}{y \cdot \cos \theta} \quad (5)$$

$$L_{ui} = L_{xi} \cdot \tan \theta + y \quad (6)$$

$$L_{di} = h - L_{ui} \quad (7)$$

ここに、 $\Delta w_i$ :i 番目の要素におけるひび割れ幅、 $L_{xi}$ :主せん断ひび割れの先端から i 番目の要素までの x 方向の距離、 $\epsilon_b$ :終局時における圧縮縁のコンクリートひずみ、d:有効高さ、y:せん断圧縮深さ、 $\Delta L_{yi}$ :i 番目の要素における主せん断ひび割れ幅の y 方向成分である。

図-5 における i 番目の要素は図-1 の 1 次元モデルを 2 つ連続した状態と仮定する。主せん断ひび割れを境とした上下で力の釣り合いおよび以下の変位の適合条件が満たされなければならない。

$$\Delta L_{yi} = \Delta w_{ui} + \Delta w_{di} \quad (8)$$

ここに、 $\Delta w_{ui}$ :剥離長さ  $L_{upi}$  によって生じるひび割れ幅、 $\Delta w_{di}$ :剥離長さ  $L_{dpi}$  によって生じるひび割れ幅である。シートのひずみは以下の式により算定できる。

$$\epsilon_{si} = \frac{\Delta L_{yi}}{L_{upi} + L_{dpi}} \quad (9)$$

以上を用いて剥離長さを算定するフローを図-7 に示す。このフローは図-5 に示されている対象断面を例にした。はり上・下部の剥離長さが求まればシートひずみ、及び終局時にシートが負担するせん断力は以下の式で算定できる。

$$V_f = \sum_{i=1}^N \epsilon_{si} \cdot E_s \cdot A_{si} \quad (10)$$

ここに、 $\epsilon_{si}$ :分割位置でのシートひずみ、 $A_{si}$ :シート分割位置での断面積である。以上の手順を踏まえば CFR シート補強 RC 部材のせん断耐力を評価することが可能になる。

### 3. まとめ

本稿では CFR シートの分担するせん断耐力評価法の手法を提案した。しかしながら、構築した評価法の適合性を検証する必要がある。既往の実験データを用いた提案評価法の検証を行うことが今後の課題である。

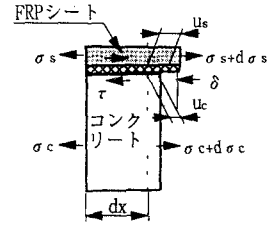


図-4 微小要素での力の釣り合い

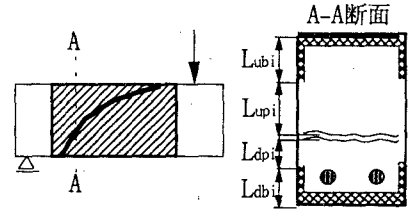


図-5 定着長さと付着長さ

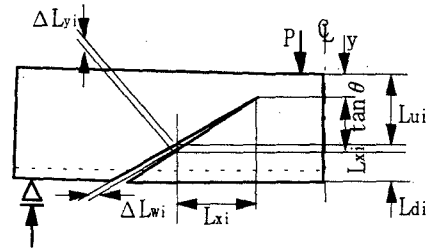


図-6 剛体変形モデル

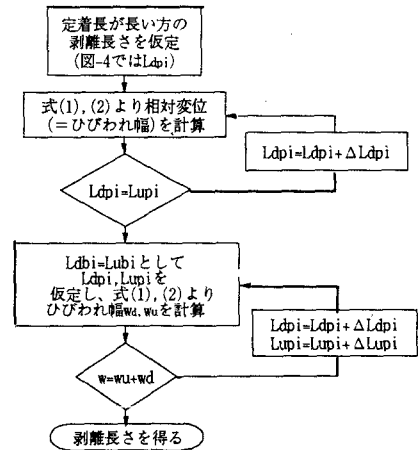


図-7 剥離長さ算定フロー