

1. はじめに

連続繊維シートで補強したコンクリート部材の変形・耐力を正しく評価する上で、連続繊維シートの付着特性を明らかにしておく必要がある。著者らは、付着試験結果に基づき、炭素繊維シートの付着応力-すべり-ひずみ関係を構築した¹⁾。有限要素解析への適用を考えた場合、付着応力をすべりの関数のみにより表す方が扱いやすい。本論文において、付着応力-すべり-ひずみ関係に基づき付着応力-すべりを構築する。

2. 付着応力-すべり-ひずみ関係¹⁾

著者らは、コンクリート強度 (f'_c) および CFS の厚さ (t) および弾性係数 (E_{CFS}) の影響を考慮できる付着応力 (τ)-すべり (s)-ひずみ (ε) 関係を構築した。その関係を以下に示す (Fig.1 参照)。

For pre-peak region

$$t = \frac{148s}{1+1000e} f'_c{}^{0.2} \quad (1)$$

For post-peak region

$$t = t_{\max} \cdot \exp(-10(s - s_0)) \quad (2)$$

ここで、最大付着応力 $t_{\max}$ は、次式で表される (Fig.2 参照)。

$$t_{\max} = 9.1 f'_c{}^{0.2} \cdot t E_{CFS} \times 10^{-5} \leq 3.49 f'_c{}^{0.2} \quad (3)$$

この関係を用いれば、CFS の剥離の進展挙動および剥離耐力を精度良く求めることができる。しかし、本モデルの有限要素解析に用いる接合要素への導入を考えた場合、ひずみの影響を除去し付着応力をすべりのみの関数により表した方が扱いやすい。そこで、最大付着応力までに用いられる式(1)で表される付着応力-すべり-ひずみ関係を付着応力-すべり関係に再記述する。具体的には、付着応力-すべり-ひずみ関係と一致するように単位幅あたりの剛性 (以下「剛性」と言う) とコンクリート強度の関数とした付着応力とすべりとの関係の定式化を行う。

3. 付着応力-すべり関係の導出

付着応力とすべりとの関係を最大付着応力 ($t_{\max}$) および最大付着応力時のすべり (s_0) により正規化した関係を考える (Fig.3 参照)。 $t_{\max}$ は式(3)で表される。また、 s_0 は次式で表される。

キーワード：付着応力，すべり，剛性

連絡先：札幌市北区北 13 条西 8 丁目 北海道大学大学院 工学研科研究科 社会基盤工学専攻 複合構造工学分野

TEL：011-706-6220 FAX:011-707-6582

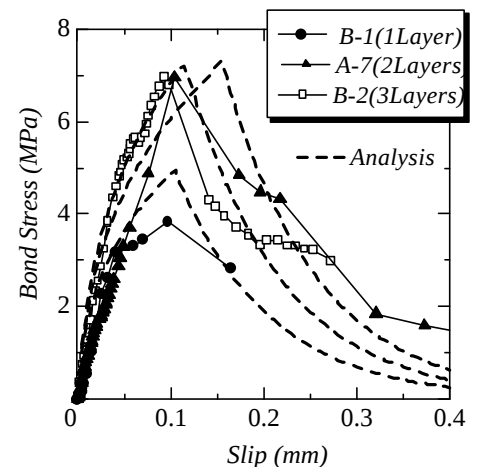


Fig.1 Comparison of Bond Stress – Slip Curves for Different Number of CFS Layers

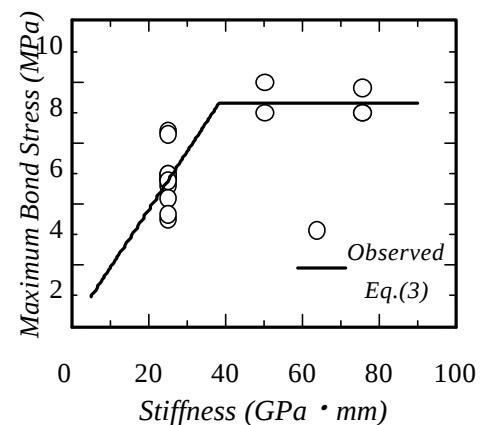


Fig.2 Relationships between Max. Bond Stress and Stiffness of CFS

$$\text{For } tE_{CFS} < 38.4\text{GPa}$$

$$s_0 = 0.8 \times 10^{-12} (tE_{CFS})^{2.4} f'_c{}^{0.2} + 0.021 \quad (4)$$

$$\text{For } tE_{CFS} > 38.4\text{GPa}$$

$$s_0 = \frac{3100}{tE_{CFS}} f'_c{}^{0.2} + 0.034 \quad (5)$$

s_0 を表す式が、剛性が 38.4GPa で異なるのは、付着応力の最大値が 38.4GPa まで直線的に大きくなり、その後は 38.4GPa のときの値 ($3.84f'_c{}^{0.2}$) で一定となることによる (Fig.2)。すなわち、剛性が 38.4GPa までは、付着応力の最大値も対応するすべり s_0 も大きくなるのに対し、剛性が 38.4GPa より大きい場合には、付着応力の最大値が一定で、剛性が大きいほど s_0 が小さくなることによる。以下に示す各パラメータが、38.4GPa で場合分けされているのもこの理由による。

正規化された付着応力とすべりとの関係が次式で表され则认为る。

$$\frac{t}{t_{\max}} = DG_0 \left(\frac{s}{s_0} - \frac{s_p}{s_0} \right) \quad (6)$$

ここで、 G_0 は初期剛性、 D は損傷の程度を表すパラメータ、 s は全すべり、 s_p はすべりの塑性成分を表す。

今、塑性成分が、全すべり量により一義的に決定されるものと考え、全すべりと塑性成分との間の係数と損傷の程度を表すパラメータを掛け合わせた一つのパラメータ (D^*) により、式 (6) を書き直すと次式となる。

$$\frac{t}{t_{\max}} = G_0 D^* \frac{s}{s_0} \quad (7)$$

付着応力-すべり-ひずみ関係より D^* を求めた結果、次式を得た。

$$D^* = 1 - \exp \left(a \left(\frac{s}{s_0} \right)^{-b} \right) \quad (8)$$

$$\text{ここに, } a = \ln \left(1 - \frac{1}{G_0} \right), \quad b = 0.2665 (tE_{CFS})^{0.083} \leq 0.64$$

なお、初期剛性 G_0 は、次式により表される。

$$\text{For } tE_{CFS} < 38.4\text{GPa}$$

$$G_0 = 0.0936 (tE_{CFS})^{0.417} \quad (9)$$

$$\text{For } tE_{CFS} > 38.4\text{GPa}$$

$$G_0 = 1 + \frac{255000}{tE_{CFS}} \quad (10)$$

4. おわりに

本論文で示した付着応力-すべり関係を用いた有限要素解析による炭素繊維シートの付着挙動のシミュレーションを今後行う予定である。

5. 参考文献

1) 佐藤靖彦・浅野靖幸・上田多門、炭素繊維シートの付着機構に関する基礎研究、土木学会論文集、2000.5.

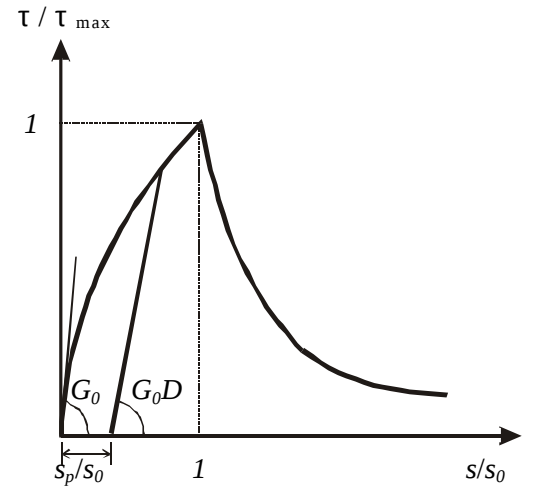


Fig.3 Normalized Bond Stress - Normalized Slip curve