

連続繊維シートの一軸引張付着試験における界面剥離破壊エネルギーの導出方法に関する検討

弘前大学 理工学部

正会員

○上原子晶久

長岡技術科学大学 工学部

正会員

下村 匠

長岡技術科学大学 工学部

フェロー会員

丸山久一

1. はじめに

連続繊維シートとコンクリートとの付着性能を試験するための一軸引張付着試験については、数種の方法が提案されている^{例えは 1)}。代表的な試験体の形状寸法を図 - 1 に示した。以上の試験方法では、連続繊維シートで補強された部材の曲げ・せん断耐力を計算する時に必要となる界面剥離破壊エネルギーを導出することを定めている。そこで本研究では、2 種類の方法によって導出された界面剥離破壊エネルギーについてそれぞれ比較と検証を行い、簡便かつ妥当な界面剥離破壊エネルギーの導出方法について検討することを目的とした。

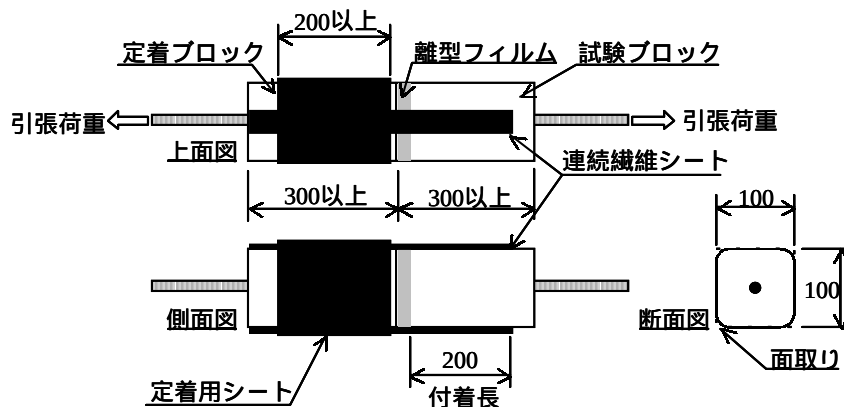


図 - 1 代表的な一軸引張付着試験体

2. 界面剥離破壊エネルギーの計算方法

2. 1 実測のシートひずみ分布を用いる方法²⁾

一軸引張付着試験において、試験ブロックにおける連続繊維シートのひずみを計測すれば、これを微分、あるいは積分することによって付着応力 - 相対変位関係を導出することができる。この一例を図 - 2 に示した。複数のひずみ分布曲線について以上の計算を行い、図 - 2 に示した方法で弾性 - 軟化 - 剥離型の 2 直線モデルを同定する。一般に、界面剥離破壊エネルギーは、付着応力 - 相対変位曲線で囲まれた面積と定義される。よって、この場合における界面剥離破壊エネルギーは 2 直線モデルで囲まれた面積となる。

2. 2 最大引張荷重を用いる方法

一方、一軸引張試験の最大引張荷重より、以下の式(1)で界面剥離破壊エネルギー G_f を算定することができる¹⁾。

$$G_f = \frac{P_{\max}}{8b_f^2 \cdot t_f \cdot E_f}$$

ここに、 $P_{\max}$ は一軸引張付着試験で得られる最大引張荷重、 b_f は連続繊維シートの幅、 t_f は連続繊維シートの厚さ、そして E_f は連続繊維シート

の弾性係数である。式(1)は、付着応力が相対変位の関数であると仮定し、界面剥離破壊エネルギーが付着応力 - 相対変位曲線の面積と等しいことを利用して導出された解析解である。

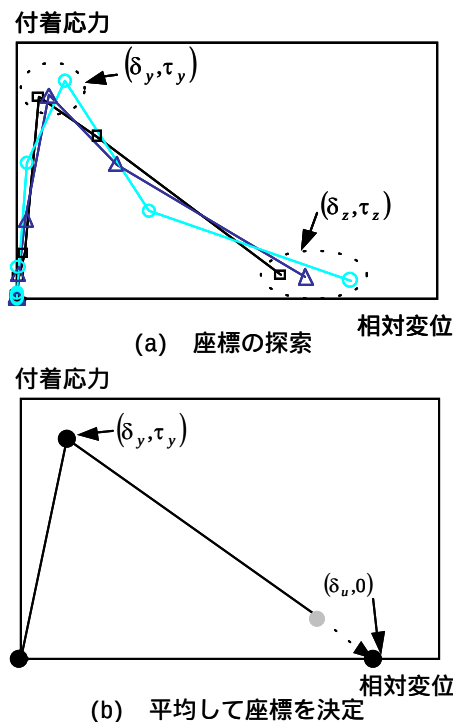


図 - 2 付着応力 - 相対変位関係を 2 直線によりモデル化する方法

キーワード：連続繊維シート，一軸引張付着試験，界面剥離破壊エネルギー，引張荷重，ひずみ分布

連絡先：036 - 8561 弘前市文京町 3 番地 Tel: 0172-39-3620 Fax: 0172-39-3541

3. 計算結果と考察

表-1 に著者らが既往の研究で行った一軸引張試験の実験水準とその結果を示した。実験のパラメーターは、シートの種類（炭素，アラミド），及びシートの接着幅などである。

図-3 にひずみ分布を用いて導出した界面剥離破壊エネルギーと最大引張荷重を用いて導出した界面剥離破壊エネルギーとの比較を示す。界面剥離破壊エネルギーの定義に拠れば、ひずみ分布、並びに最大引張荷重に基づいて同定された界面剥離破壊エネルギーは、互いに等しくなければならない。しかしながら、最大引張荷重より導出された界面剥離破壊エネルギーは、ひずみ分布より得られたそれよりも過大に評価されている。付着基礎微分方程式を用いた一軸引張試験の数値シミュレーションでは、シートの剥離が進展している段階の荷重は界面剥離破壊エネルギーで決まるため、ほぼ一定となる²⁾。しかしながら、実験では図-4 に示した付着試験における荷重とシート引き抜け量との関係からも明らかな様に、シートの剥離が進展している段階でも若干の荷重の増加が見られる。これが、2つの方法で導出される界面剥離破壊エネルギーに乖離が見られる原因と考えられる。

過去に提案されている一軸引張試験方法では、最大引張荷重の90%を適用して最大付着強度を計算することを定めている³⁾。これを参考にして、最大引張荷重の85%、及び90%を式(1)に適用して界面剥離破壊エネルギーを計算した結果と、ひずみ分布から界面剥離破壊エネルギーを同定した結果との比較を図-3 に示した。また、それぞれの荷重について、対応関係の一例を図-4 に示してある。この結果より、最大荷重の85%とした場合が、ひずみ分布より同定した場合の結果との対応が良好である。以上の検討より、式(1)に適用すべき引張荷重は、最大荷重の85%が相応しいと言える。

上記の方法を適用すれば、一軸引張付着試験においてシートひずみを計測せずに、荷重のみを計測することによって界面剥離破壊エネルギーを同定することが可能になる。このことは、ひずみゲージを貼付することに関わる労力と費用の節約になるばかりでなく、一軸引張付着試験の汎用性を高めることに寄与するものと期待される。

表-1 試験体諸元及び試験結果

試験体名	弾性係数 (kN/mm ²)	厚さ (mm)	シート幅 (mm)	最大引張荷重 (kN)	界面剥離破壊エネルギー* (N/mm)
S1-1	270	0.111	10	6.25	0.95
S1-2	270	0.111	10	5.78	1.36
S1-3	270	0.111	20	9.96	0.90
S1-4	270	0.111	20	9.09	0.86
S1-5	270	0.111	30	13.46	0.67
S1-6	270	0.111	30	14.71	0.94
S1-7	270	0.111	30	12.83	0.64
S1-8	270	0.111	50	22.52	0.73
S1-9	270	0.111	70	29.84	0.58
S2-1	80	0.169	30	14.70	1.32
S4-1	270	0.111	30	17.45	0.51
S4-2	270	0.111	30	15.36	0.76
S5-1	270	0.111	30	12.16	0.47

*ひずみ分布を用いて同定した値

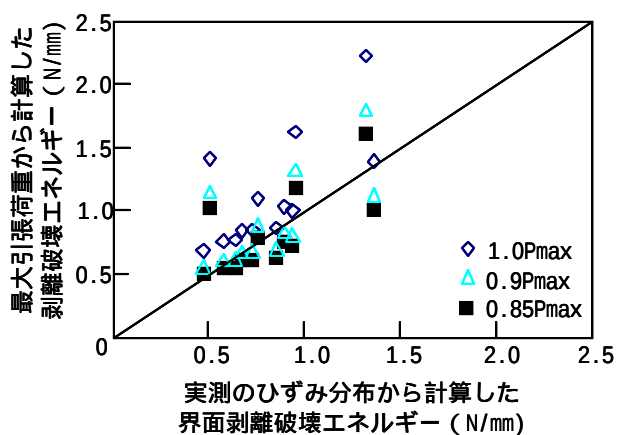


図-3 計算結果

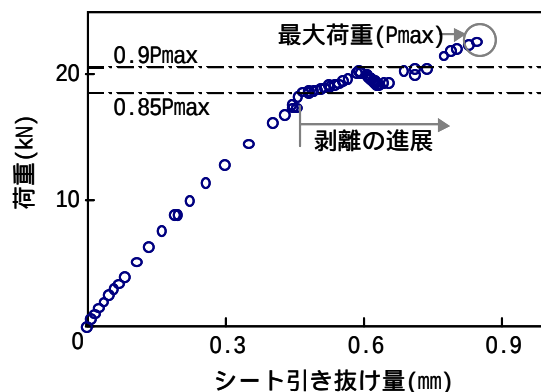


図-4 荷重とシート引き抜け量との関係

参考文献

- 1) 土木学会：連続繊維シートを用いたコンクリート構造物の補修補強指針，2000年3月
- 2) 上原子晶久，下村 匠，丸山久一，西田浩之：連続繊維シートとコンクリートとの付着・剥離挙動の解析，土木学会論文集 No.634/V-45，pp.197-208，1999年11月
- 3) 日本コンクリート工学協会：連続繊維補強コンクリート研究委員会報告書（II），1998年5月