

V-437

炭素繊維シートとモルタル界面における
限界ひずみエネルギー開放率に関する実験的研究

茨城大学大学院 学生員 三井雅一

茨城大学工学部 正会員 福澤公夫, 沼尾達弥, 呉智深
東燃（株） 正会員 吉澤弘之

1. はじめに

連続繊維シートとコンクリートの界面における破壊性状は、シートの枚数、剛性そして下地となるコンクリート表面状態などにより変化し、定量的な評価が困難である。また、実際の剥離挙動は、クラック先端付近の変形様式のなかで、モードⅡ型の剥離進展であり、この破壊はこれまで多くの研究のなされてきた鉄筋とコンクリートの付着メカニズムと大きく異なる脆性的な破壊である。以上のことより、連続繊維シート補強による構造物の補強設計では、シートの剥離挙動を脆性的観点から正しく算定できる合理的な設計法の確立が重要と考えられる。そこで本研究では、剥離破壊性状の基本的なパラメータとして、限界ひずみエネルギー開放率 G_{uc} をダブルせん断試験片を用いて精度よく同定し、詳細な破壊性状を観察した。

2. 実験方法

本研究で用いた限界ひずみエネルギー開放率 G_{uc} の同定法は、Triantafyllou らによって提案されたダブルせん断試験片同定法¹⁾である。供試体は図-1 に示すとおりであり、炭素繊維シートの両側にコアとなるモルタル片を配置している。その外側には鋼板を接着させ試験片を上下に引張り、せん断荷重を与える。中央のシートとモルタルの接着面には、あらかじめ剥離進展の起点となる初期剥離部（長さ $2a_0$ ）を導入する。

式-1 に、ダブルせん断試験片を用いる場合の限界ひずみエネルギー開放率の算定式を示す。式中の、モルタルのせん断弾性係数はダブルせん断試験片を用い直接測定を行った値 9549.5N/mm^2 を用いた。

$$G_{uc} = \frac{F_d^2 h_2}{4 G_c h_1^2 (h_3 - 2a_0)^2} \quad (1)$$

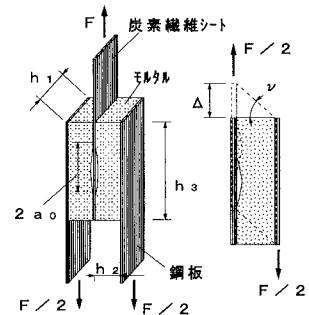
ここで、 F_d ：最終引張荷重 G_c ：モルタルのせん断弾性係数

図-1 ダブルせん断試験片

表-1 モルタルの配合

W/C	単位量(kg/m ³)		
	水	セメント	細骨材
50	291.6	583.3	1360.5

モルタル片の配合は、まず材齢28日の強度が 25N/mm^2 、スランブが $8 \pm 2\text{cm}$ および $W/C=50\%$ のコンクリートの配合を試練りによって求め、そのコンクリートから粗骨材を除いた配合とした。粗骨材を除いたのはコンクリート中の均質性を高め、付着性状への影響を緩和させるためである。モルタルの配合を表-1に示す。

本研究では、限界ひずみエネルギー開放率 G_{uc} が供試体寸法の影響を受けるか検討するために、基準寸法の試験片 $50 \times 25 \times 150\text{mm}$ （以後、S試験片と呼ぶ）と、その2倍の寸法を持つ試験片（M試験片）および4倍の試験片（L試験片）の3種類の寸法を用いた。また、初期剥離長さ $2a_0$ とモルタル片の長さ h_3 との比率（初期剥離率： $2a_0/h_3$ ）を、0.42、0.5および0.67の3水準を設定した。以上の試験における要因と水準を表-2に示す。また、表-3には試験片の各寸法について示す。

載荷方法は、S試験片は図-2に示すように500kN万能試験機により実験を行った。試験片の芯ズレ、平

キーワード：限界ひずみエネルギー開放率、破壊靱性、ダブルせん断試験、炭素繊維シート

連絡先：〒316-8511 茨城県日立市中成沢町4-12-1 TEL:0294-38-5162 FAX:0294-35-8146

表-2 要因と水準

要因	水準
試験片寸法（倍率：d）	S(1), M(2), L(4)
初期剥離率：2 a _o /h ₃	0.42, 0.5, 0.67

表-3 試験片の各寸法（単位：mm）

寸法	S 試験片	M 試験片	L 試験片
h ₁	50	100	200
h ₂	25	50	100
h ₃	150	300	600
2 a _o	62.5, 75.0, 100.0	125.0, 150.0, 200.0	250.0, 300.0, 400.0

行度不良を解消するためフリージョイントを下部に設置した。M および L 試験片は反力壁を利用して油圧式ジャッキにより引張荷重を加え、ロードセルによって測定を行った（図-3）。

3. 実験結果

図-4 に、平均せん断応力と炭素繊維シート付着長さの関係を示す。図には近似曲線についても併せて示す。

これまでの既往の研究²⁾より、連続繊維シートとコンクリートの平均せん断応力と付着長さには、その長さが短くなるほど応力は大きくなる挙動が確認されている。図から分かるように、本研究においても試験片の大きさに影響されずに平均せん断応力と付着長さには近似曲線に示すような関係が確認できる。

図-5 に初期剥離率(2 a_o/h₃)とひずみエネルギー開放率G_{uc}の関係を示す。図から分かるように、初期剥離率とひずみエネルギー開放率の間には本研究の範囲では線形関係があり、初期剥離率が増加するとひずみエネルギー開放率も増加する傾向がみられる。

図-6 に、試験片寸法倍率 d と限界ひずみエネルギー開放率G_{uc}の関係を示す。図から分かるように、本研究の供試体寸法の範囲において、限界ひずみエネルギー開放率に寸法の影響が見られる。4 倍以上の挙動は、本研究の結果からは推測できないが、供試体の寸法が大きくなるにつれ、G_{uc}が次第に小さくなり一定値に近づくのではないかと考えられる。大寸法の領域については今後試験を行い検討したい。

4. おわりに

本研究では、炭素繊維シートとモルタル界面における限界ひずみエネルギー開放率G_{uc}の測定を試みた。その結果よりG_{uc}は、初期剥離率および供試体寸法に影響を受けることが確認された。

参考文献

- 1) Triantafyllou, T.C., Gibson, L.J. : Debonding in Foam-core Sandwich Panels, Materials and Structures, No.22, pp.64-69, 1989.
- 2) Fukuzawa, K., Numao, T., Wu, Z., Yoshizawa, H. and Mitsui, M. : Critical Strain Energy Release Rate of Interface Debonding Between Carbon Fiber Sheet and Mortar, Proc. of FRPRCS-3, Vol.1, pp.295-302, 1997-10.

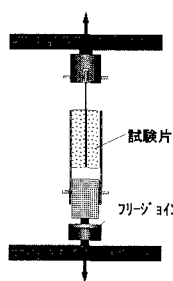


図-2 荷重方法（S 試験片）

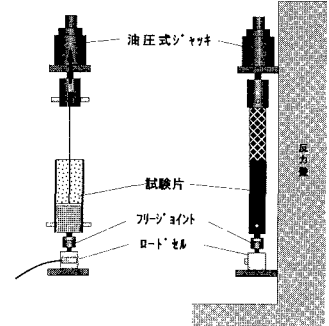


図-3 荷重方法（M, L 試験片）

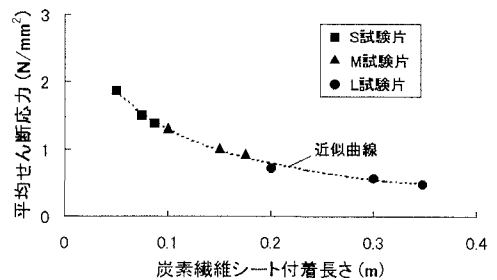


図-4 平均せん断応力と付着長

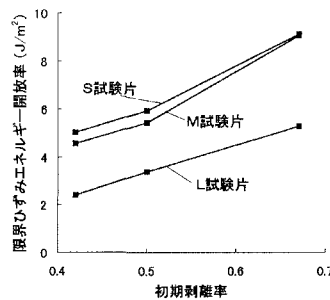


図-5 初期剥離率の影響

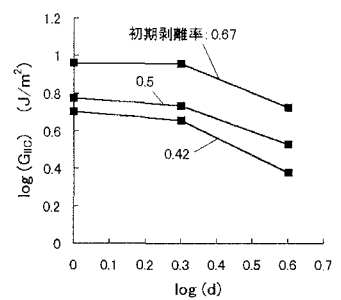


図-6 供試体寸法の影響