216

GFRP 切欠平板の損傷と強度に及ぼす ガラス繊維含有量の影響

福岡大学 正 〇山本 俊浩 福岡大学 正 百武 秀

1. 緒言

F R P 切欠平板が静荷重のもとで破壊するとき, 破壊時の強度および破断に先立ち切欠底付近に生ず る損傷域の発生および成長は,材料が同じであれば 切欠底の最大弾性応力σ_{max}と切欠半径ρで決まる ⁽¹⁾.これより切欠材の破損基準が導かれる.

本報は、切欠底付近に生ずる破壊および損傷域発 生のメカニズムを解明する一つとして、同じマトリ ックスで繊維含有率が種々異なるGFRP切欠平板 の引張試験を行い、その結果を上記の破損基準に従 って検討したものである.

2. 材料, 試験片および実験方法

試験材のGFRPは, 短いガラス繊維を含有する ポリカーボネート射出成形板, 板厚3 mm である. ガラス繊維の直径は 0.013mm, ガラス繊維の重量 含有率は 1, 10, 30 および 50 %の4 種類を用いた.

図1に平滑試験片の引張試験の結果を示す.マト リックスであるPCの引張りではいわゆる降伏点を 越えた後にすべり線が発生する⁽²⁾.破損の形態は 延性的である.ガラス繊維含有率が 30wt%以上で は平滑材でもぜい性的に破断した.

切欠試験片は板幅一定(= 20 mm)の試験片中央 部の両側に半円状の切欠きをもつ.切欠深さ*a* は 3 mm(一定)で,切欠半径 ρは 0.25, 0.5, 1 および 2 mm の 4 とおりとした. この切欠きによる応力集中係数 は,引張りの場合, 2.28 ~ 5.43 である.

試験機はインストロン形を用い、クロスヘッド速



Fig. 1 Tensile stress-strain curves of the GF/PC plates.

度は 0.5mm / min, 試験温度は 22 ± 0.5 ℃である.

損傷を評価する方法として、CCDカメラによる 輝度測定システムを用いた⁽³⁾.輝度低下をもたら す微小破壊の形態を明らかにするために、損傷域か ら採取した試料の顕微鏡観察およびオスミウムプラ ズマコータで処理した破面のSEM観察を行った.

3. 実験結果および考察

図2に損傷域の成長過程の例($\rho = 1 mm$)を示 す.損傷域の輝度の分布を相対輝度 R.L.の4段階 で表している. R.L.とは試験前の輝度に対する荷重 時の輝度の比である.図に示すように、荷重の増加 とともに損傷域は成長するが、その形態は繊維含有 率によって異なる.

図3に損傷域の面積(R.L.≦ 75 %)と切欠底の 最大弾性応力σ_m との関係を示す(ρは一定).損 傷域の成長曲線は30 wt%とそれ以下とで大きな差 がある.このことは損傷域内部の微小破壊に違いが あることを示唆している.

図4に,破断荷重の 90 %で除荷した試験片の損 傷域から採取した薄片状試料の透過光による観察例 を示す. 30 wt%の場合, R.L. = 85 %の領域でガラ ス繊維端に微小き裂の発生が観察される. 損傷の程 度の高い R.L. = 75 %の領域では,各繊維から発生 したき裂が成長し,連結している.

一方、10wt%の場合は、R.L = 85 %の領域で 30wt% の場合と同様にガラス繊維端に微小き裂の発生が観 察されるが、同時にすべり線の発生が観察される. R.L.=75 %の領域では、すべり線がより密になり、 微小き裂よりも広い範囲にわたって成長している. このことが 10wt %の損傷域の面積が、 $\rho \ge \sigma_{max}$ が 同じであっても、30 wt%のそれよりも大きい(図 3)ことの理由と考えられる.

図5に,損傷域(切欠底付近)における破面を示 す.10 wt%の破面は30 wt%のそれと比べマトリッ クスの変形が大きい.

ガラス繊維含有率が少ないほど繊維間の距離が長い.マトリックスがPCの場合,降伏点ですべり線が発生する.したがってガラス繊維含有率が低い場合(10wt%以下)は損傷域はすべり線による変形が支配的となる.一方,含有率が高くなれば(30wt%以上)すべり線の発生はガラス繊維によって妨げら



Fig. 3 Area of damaged zone versus the maximum elastic stress σ_{min} .

れ,損傷域は微小き裂の発生および成長によって形 成される.このようにガラス繊維含有率の違いによ る損傷域の形成の違いは、マトリックスの降伏挙動 によるものと考えられる.

結言 略

参考文献 1.百武 秀,西谷弘信,萩尾照俊,機 論,A-54,326(1988).2. Higuchi, M. and Hyakutake, H., Rep. Res. Inst. Appl. Mech., Kyushu Univ., 16,265 (1968).3.山本俊浩,百武 秀,機論,A-63,780 (1997).





R. L. = 85 % R.L. = 75 % (b) 10wt%

Fig. 4 Microfracture in the damaged zone near the notch root ($\sigma_{max} \neq \sigma_{max} = 0.90$, $\rho = 1 \text{ mm}$).



30wt%



Fig. 5 Fracture surface near the notch root $(\rho = 0.5 \text{ mm})$.