

断面内の繊維不均一性を考慮した GFRP 部材の部材強度評価法の検討

大成建設 学生会員 ○二見 悠太郎
神戸大学大学院 正会員 橋本 国太郎

1. 研究背景および目的

近年土木構造物でも FRP を使用する場合が多くなってきており、不飽和ポリエステル樹脂とガラス繊維の組み合わせである GFRP が良く用いられている。しかし、FRP 部材は断面内の繊維が不均一に入っている場合が多いため、材料試験などにおいて試験片を切り出す位置によって強度が変化し、強度のばらつきが大きい。特に角部における強度が平面部(フランジやウェブ)と比べ小さくなるのが既往の研究で分かっている。

既往の研究から FRP 部材は繊維の少ない箇所の影響で材料強度と比べ、部材強度が小さくなることが分かっており、複合構造示方書や FRP 歩道橋・施工指針などでは部材係数 1.3 という値が用いられるが、部材強度と材料強度の比率は、製作方法や使用する材料によって違うと考えられ、それが分かれば設計の幅が広がり、より合理的な設計が可能になると考えられる。しかし、部材強度を求めるには部材試験を行う必要があるが、部材試験を行うには、予算や技術的な面で試験を行うのが難しく、また部材試験方法も確立されていない。そこで本研究では FRP 部材を板要素に分割し、それらに対し試験を実施することで部材強度を予測する手法を検討する。

2. 使用した部材および試験方法

本研究において、1方向材および2方向材の2種類の GFRP 部材を使用した。1方向材は引抜き成形法で作られ、部材軸方向にのみ繊維が入っており、2方向材はハンドレイアップ成形法で製作され、部材軸方向および部材軸直角方向の2方向に繊維が入っている。また、クーポン試験および板要素試験に対しては高さ 200mm の C 形チャンネル材である C200 を使用したが、C200 では部材試験体が試験機に入らないため、部材試験体に関しては高さ 100mm の C 形チャンネル材である C100 を使用し、板要素試験も実施した。クーポン試験はフランジ(F)、ウェブ(W)、角部(E)を板要素試験時はフランジ角部 (FE)、ウェブ(W) をそれぞれ合計 5 体となるように試験体から切り出し引張および圧縮試験を行い、クーポン試験に関しては質量繊維含有率を測定した。

3. 試験結果

図 1、図 2 に引張試験および圧縮試験の試験結果を示す。棒グラフは平均値を示しており、線分は最大値および最小値を示しており、四角形は変動係数を示している。表 1 に各試験体の強度の平均値からクーポンと

表 1 強度比率

C200 (引張)	クーポン (MPa)	板要素 (MPa)	比率 (クーポン/板要素)	C200 (圧縮)	クーポン (MPa)	板要素 (MPa)	比率 (クーポン/板要素)
1 方向	421.76	380.62	1.11	1 方向	414.32	344.99	1.2
2 方向	272.93	264.31	1.03	2 方向	255.35	276.81	0.92
C100 (引張)	板要素 (MPa)	部材 (MPa)	比率 (板要素/部材)	C100 (圧縮)	板要素 (MPa)	部材 (MPa)	比率 (板要素/部材)
1 方向	482.75	403.13	1.2	1 方向	379.43	333.84	1.14
2 方向	289.1.0	265.85	1.09	2 方向	265.17	250.38	1.06

表 2 質量繊維含有率 引張強度

部位	引張強度(MPa)	質量繊維含有率(%)	部位	引張強度(MPa)	質量繊維含有率(%)
1 方向 W	417.72	62.0	2 方向 W	380.96	69.7
1 方向 F	434.19	63.6	2 方向 F	204.66	64.6
1 方向 E	413.37	61.3	2 方向 E	233.18	54.8

キーワード FRP, 引張, 圧縮, 板要素, 部材試験
連絡先 email:battlecreek.k.75@outlook.jp Tel:080-5638-193

板要素および板要素と部材の強度比率の値を示し、表2に各クーポン試験体に対しての質量繊維含有率および引張強度の平均値を示した。

図1および図2より、2方向材のC200の圧縮試験を除いて、試験体が大きくなるにつれ強度が小さくなった。しかし、1方向材と2方向材で強度の比率を調べると2方向材の方が小さな比率を示す。これは2方向材には部材軸直角方向に繊維があり、試験体が大きくなるにつれて繊維が長くなり、圧縮試験の場合は繊維が座屈するのを抑える働きをしていると考えられる。

また、1方向材と2方向材の強度を比較すると1方向材の方が大きな強度を示した。これは、2方向材は部材軸直角方向にも繊維が入っているが1方向材は部材軸方向にのみ繊維が入っているため、2方向材より荷重方向に対する繊維量が多いためと考えられる。

表2より、2方向材のウェブの引張強度が、他の2方向材の部位と比べかなり大きい値を示しており、繊維含有率の値が高いことが影響していると考えられるが含有率の差は8%~10%程度であり、WとFの強度差が85%前後ということを見ると、その他の要因として、2方向材成形時の加圧方法等も影響しているのではないかと推察される。

4. 結論

板要素の試験結果の平均値と部材試験の平均値から比率を求めた結果、1方向材の場合1.2、2方向材の場合は1.1の比率を用いて部材強度を予測できる可能性がある事が分かった。

2方向材の引張強度の比率が1方向材より小さくなる原因や2方向材のWの強度が大きくなる理由が不明であるため、部材軸直角方向の繊維が及ぼす影響や2方向材の成形方法により、樹脂が繊維に及ぼす影響がどの程度変化するのか等について今後検討していく必要があると考えられる。

参考文献

- 1) 土木学会・複合構造委員会・FRP複合構造研究小委員会：土木構造用FRP部材の設計基礎データ，複合構造レポート11，2014.12

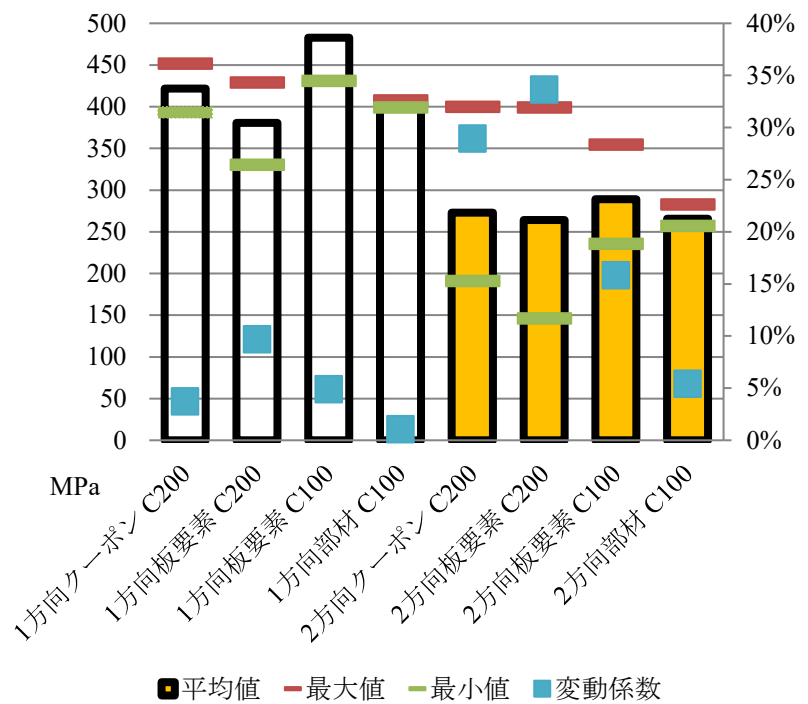


図1 引張強度

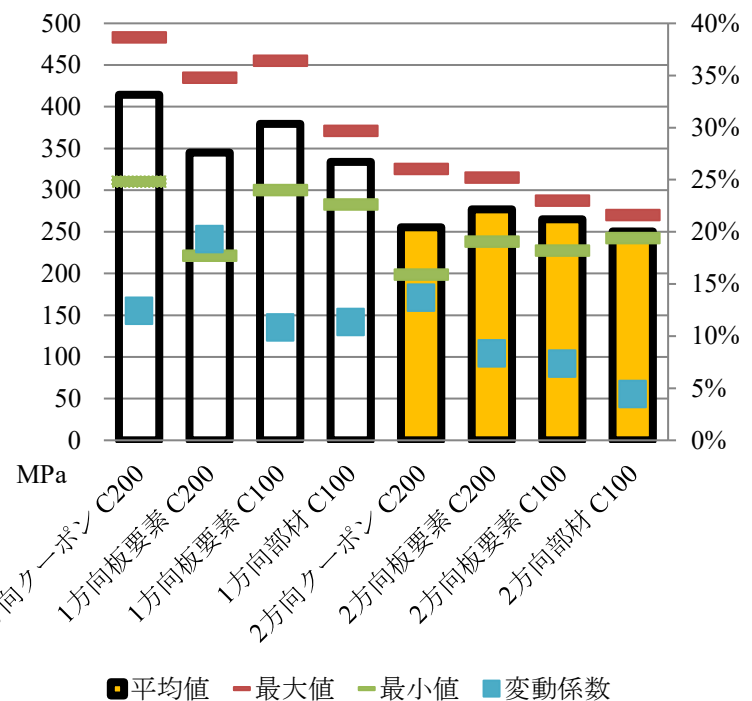


図2 圧縮強度