

温度変化を与えた引抜成形材 GFRP 箱型部材の温度依存性

鋼構造研究室 及川晶啓
指導教員 林 巖

1. はじめに

GFRP は、軽量、高強度、耐食性に優れていることから、現在、土木構造物への運用が進められている。GFRP は、ガラス繊維やマトリックス樹脂により構成される複合材料であるが、構成するマトリックス樹脂の材料特性値には温度依存性があることが報告されているため、GFRP 材の温度依存性を定量的に評価することが重要となる。特に、土木構造物は、季節変動による温度の影響を受けるため、使用温度環境による部材の性能を明らかにする必要がある。本研究では、温度変化による FRP 部材の曲げ特性を把握すること目的として、恒温槽内の载荷試験機を用いて、4 点曲げ実験を行い、温度変化が引抜成形材 GFRP 箱型部材の曲げ強度や、変形性能などの力学的特性に及ぼす影響を検討する。

2. 曲げ実験

図 1 に载荷装置、図 2 に実験供試体概要、図 3 に材料の積層構成、図 4 に载荷実験の様子、表 1 に実験ケースをそれぞれ示す。

曲げ実験に用いる供試体は、SP100 と呼ばれる引抜成形によって製作された箱型断面部材である。マトリックス樹脂には、オルソフタル酸系の不飽和ポリエステル樹脂が使用され、強化繊維には、主に JIS R 3412 に規定される品質に適合するロービングで製織したロービング材とコンティニューアストランドマットが用いられている。メーカー提示のガラス繊維の引張強度は 3430MPa、弾性係数は 72.5GPa であり、マトリックス樹脂の引張強度は 72MPa、弾性係数は 3.7GPa である。また、JIS K 7052 によって算出した繊維含有率は 52.0% である。

供試体寸法は、図 2 に示すように高さ・幅 100mm、板厚 5mm であり、部材長は 1000mm である。载荷装置は、-10°C から 70°C まで変更できる恒温室内に設置された载荷試験機（島津製作所：最大荷重 200kN）を用いて、図 1 に示すような 4 点曲げ载荷実験として、支間長 850mm、せん断スパン 285mm、曲げスパン 280mm とした。与える温度は、油圧源の温度上昇による载荷試験機の限界値から室温 60°C を上限として、-5°C、20°C、40°C、60°C の 4 パターンとした。ここで、60°C とした理由は、現在、供用されている FRP 歩道橋の現地モニタリングの結果²⁾、夏場の直射日光を受ける部材においては 60°C を超える観測が報告されているためである。

表 1 実験ケース

Case	Member	Temperature (°C)	Number of specimen
SP100(-5)	SP100	-5	3
SP100(20)	SP100	20	3
SP100(40)	SP100	40	3
SP100(60)	SP100	60	3

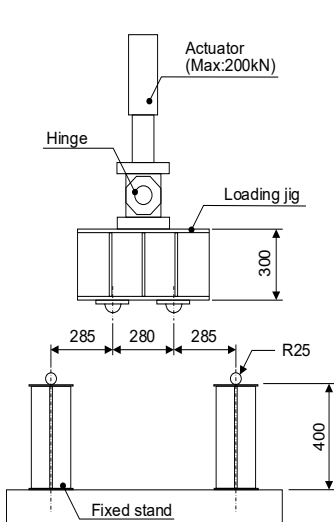


図 1 载荷装置

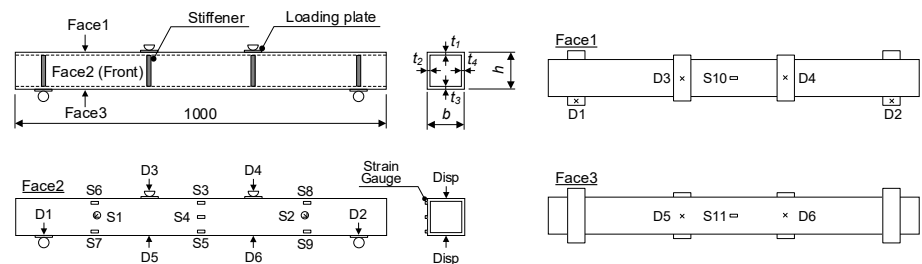


図 2 供試体概要

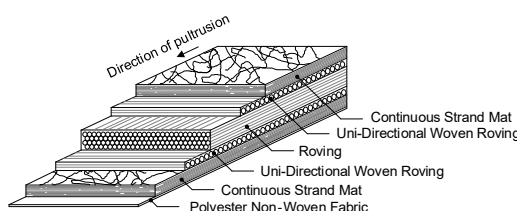


図 3 積層構成



図 4 载荷実験の様子

表 2 曲げ実験結果

Case	Temperature [°C]	No.	Maximum load [kN]	Mean [kN]
T-5	-5	1	43.06	43.39
		2	44.84	
		3	42.27	
T20	20	1	36.64	40.23
		2	42.32	
		3	39.83	
		4	42.11	
T40	40	1	37.82	39.04
		2	40.31	
		3	38.99	
T60	60	1	33.99	33.91
		2	34.57	
		3	33.16	

3. 実験結果

表 2 に実験結果，図 5 に実験で得られた荷重－たわみ関係図を示す。なお，図 5 では，せん断によるたわみ，曲げによるたわみ，曲げせん断によるたわみをそれぞれプロットしている。

まず，表 2 により，基準温度となる 20°C の場合は，最大耐力が 40kN であったが，温度が低下すると 43kN に増加し，温度が上昇するにつれて最大体力が低下する傾向が確認された。特に，60°C の場合は，他の温度条件と比較して耐力が 15%低下した。これは，樹脂材料の耐熱性を評価する指標としてよく用いられるガラス転移温度が約 70°C であり，この温度に近づいたことにより，樹脂材料がガラス状態（液体のように分子配列がランダムなまま，固体となり流動性が無くなる状態）から液体状態（分子が運動しやすい状態）へ移行したものと考えられる。

図 5 より，-5°Cから 40°Cの温度範囲においては，最大荷重の顕著な変化は確認できなかった。また，力学的挙動が極めて安定しているため，引抜成形材 GFRP 箱型部材本来の強度を指標とした運用が可能であるといえる。60°Cにおいては，最大荷重に到達するまでに，小刻みな変動が生じている。これは，局所的な層間剥離が断続的に発生したため，荷重の停滞と復帰が繰り返されたためだと考えられる。

4. まとめ

本研究では温度変化を与えた引抜成形材 GFRP 箱型部材の温度依存性についての研究を行った。GFRP を使用した部材は，ガラス転移温度を越えない環境で使用することで本来の強度として使用することができる。しかし，直射日光などによって高温になってしまう場所では耐力が低下してしまうため，耐力低下の抑制手法を確立するとともに，熱的影響を織り込んだ高精度な強度評価手法の策定が課題である。

参考文献

- 1) 林 巖，北根安雄，佐藤 顕彦，杉浦邦征，西崎 到，日比英輝：ハンドレイアップ成形 GFRP 材の引張特性に関する温度依存性，土木学会構造工学論文集，Vol. 66A，pp.886- 894，2020。
- 2) 金哲佑，林 巖，鈴木康夫，橋本国太郎，杉浦邦征，日比英輝：補強を有する FRP 歩道橋の振動特性推定と FE モデル構築，土木学会論文集 A2 (応用力学)，Vol.71，No. 2，I_841-I_848，2015。

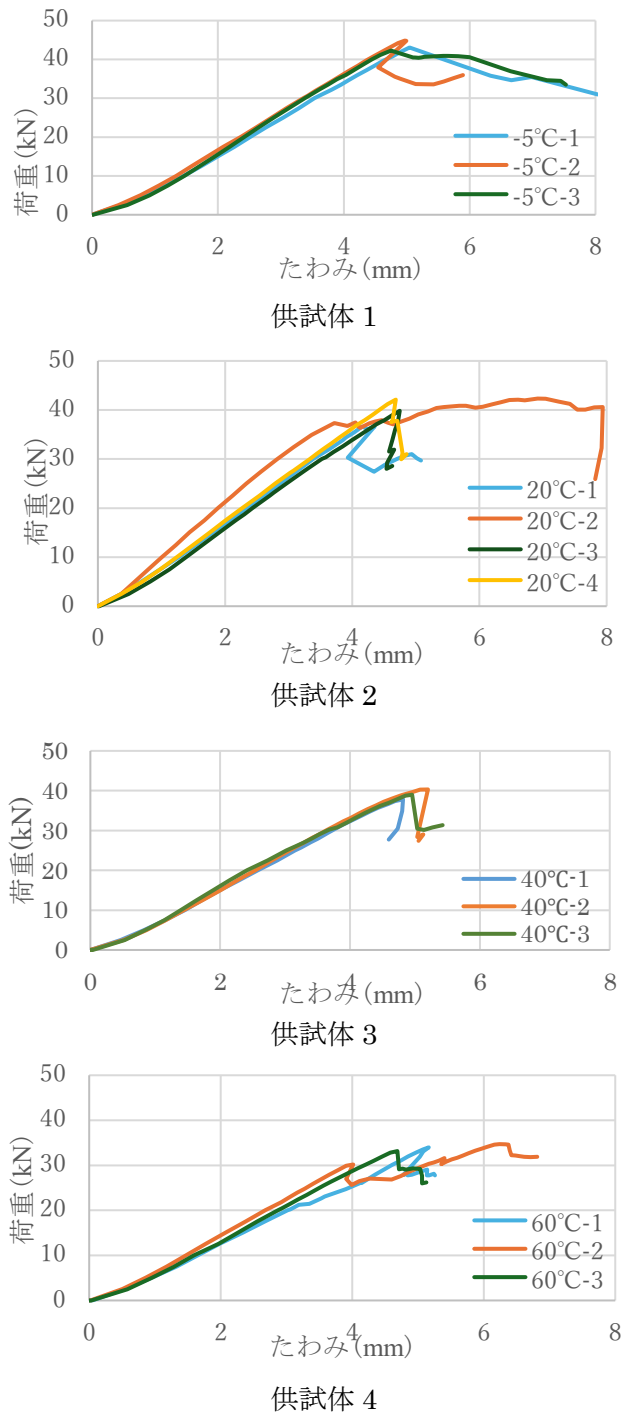


図 5 実験で得られた荷重－たわみ関係