

モルタル充填 GFRP 梁の静的曲げ耐荷性状

(株)富士ピー・エス 徳光 卓

(株)富士ピー・エス 篠原 貴

建設省土木研究所 佐々木 巖

(社)強化プラスチック協会 田澤 仁

1. はじめに

FRP(Fiber Reinforced Plastics)には軽い、錆びないなどの特徴があり、架設工の省力化や、下部工反力の軽減、維持管理コストの低減などを目的として、欧米では既に数十橋が架設されている。しかし、FRPはほぼ同等の引張強度を持つ鋼材に比べて弾性係数やせん断強度が小さいため、たわみが大きく、集中荷重に弱いなどの問題がある。そこで筆者らは中空 GFRP 矩形梁の内部に各種モルタルを充填した梁供試体の静的曲げ載荷試験を実施し、輪荷重等の集中荷重に対する耐荷力改善効果と、梁の曲げ性状を調査した。

2. 載荷試験方法

中空 GFRP 矩形梁には KP40(H40*B25*t3mm)を用いた。供試体の種類はモルタル充填を行わない供試体(記号 F)に加え、普通モルタル(記号 NF)、軽量モルタル(記号 LF)、超軽量モルタル(記号 SLF)を充填した供試体の 4 種類とした。FRP ならびに試験時における充填モルタルの材料特性は表 - 1 に示すとおりである。供試体の作成手順は、まず FRP 梁内部をワイヤブラシで面荒らしし、アセトンで拭いたのち、コンクリート打継用のエポキシ樹脂接着剤を塗布した直後にモルタルを打設する方法とした。モルタルはいずれも早強セメントを用いた。モルタルを充填した供試体は試験室内で 14 日間封かん養生した後、実験に供した。

載荷試験要領を図 - 1 に示す。供試体の桁長は 500mm、支間は 450mm とし、荷重は支間中央から左右 75mm の位置に 2 点載荷した。試験時には図 - 1 に示した位置のひずみと変位を測定した。

3. 曲げ耐荷性状と考察

各供試体の最大荷重と破壊形態を表 - 2 に示す。表中、計算値は供試体を支承上から支間中央まで 7 断面に分割し、各断面を高さ方向に 20 要素に分割して、各要素の FRP とモルタルに材料実験から求められた応力ひずみ関係式を与えて、力の釣り合いからひずみを算出した非線形解析結果である。計算上の破壊は FRP の軸応力が圧縮強度あるいは引張強度に達したときとした。

F 供試体では荷重 9.9kN ~ 12.3kN で載荷点直下ウェブの層間剥離により終局に至った。これに対しモルタル充填供試体の破壊荷重は NF 供試体が平均 28.2kN、LF 供試体が平均 25.6kN、SLF 供試体が平均 26.0kN となり、いずれも F 供試体の破壊荷重に比べて 2 ~ 3 倍程度大きくなった。これは内部に充填した

表 - 1 GFRP とモルタルの材料特性

GFRP の材料特性		
	強度 (N/mm ²)	弾性係数 (N/mm ²)
圧縮	504.7	30,616
引張	630.9	30,558

モルタルの材料特性			
	比重	圧縮強度 (N/mm ²)	弾性係数 (N/mm ²)
普通モルタル	2.38	72.9	29,800
軽量モルタル	1.86	57.2	20,350
超軽量モルタル	1.51	53.3	16,350

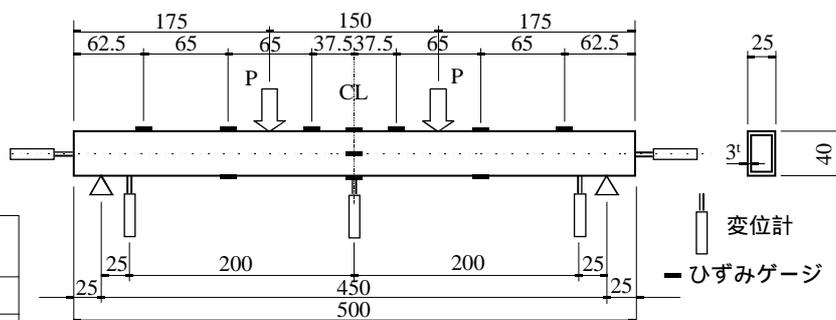


図 - 1 載荷試験要領図

キーワード : FRP 橋、合成構造、局部応力、水平せん断破壊、超軽量コンクリート
 連絡先 : 〒810-0001 福岡市中央区天神 2 - 1 2 - 1 Tel. 092-721-3495 Fax. 092-721-3465

表 - 2 供試体の最大荷重と破壊形態

供試体種別	番号	実験結果		計算値	
		最大荷重 (kN)	破壊形態	最大荷重 (kN)	破壊形態
F	1	12.3	ウェブ層間剥離	23.1	FRP圧縮破壊
	2	11.2	ウェブ層間剥離		
	3	9.9	ウェブ層間剥離		
	平均	11.1			
NF	1	27.2	水平せん断破壊	28.2	FRP圧縮破壊
	2	29.2	水平せん断破壊		
	平均	28.2			
LF	1	27.0	圧縮破壊	27.1	FRP圧縮破壊
	2	27.8	圧縮破壊		
	3	22.1	水平せん断破壊		
	平均	25.6			
SLF	1	25.7	水平せん断破壊	26.8	FRP圧縮破壊
	2	27.4	水平せん断破壊		
	3	24.8	水平せん断破壊		
	平均	26.0			

モルタルが荷重に伴う鉛直応力を負担したためと推定される。モルタルを充填した供試体の破壊形態は軽量モルタル供試体の内2体がFRPの曲げ圧縮破壊、他は全てFRPの水平せん断破壊であった。破壊荷重の計算値と実験値はおおよそ一致しているように見えるが、曲げ圧縮破壊を生じた2体以外は破壊形態が計算上の仮定と異なるため、計算により破壊

荷重の推定を行うことが可能か否かは判断できない。また、水平せん断破壊という破壊形態は脆性的であり、実際の構造物ではFRPの曲げ圧縮破壊が先行するよう設計するのが好ましいと考えられる。

図 - 2 にNF供試体の荷重～たわみ曲線の一例を示す。NF供試体たわみの実験値と計算値はほぼ一致しており、供試体の変形を算定できたと考えられる。ここで支間中央上縁のモルタル軸応力は荷重 10kNで圧縮強度に到達し、荷重 28kNでは断面のほとんどが圧縮破壊する計算となる。しかし、載荷試験後の供試体の解体調査では、内部モルタルのひびわれはヘアークラック程度で、圧縮縁も外観上の変化はみられなかった。これは外周のFRPによりFRP内部のモルタルが拘束され、コンファインド効果を生じたものと推察されるが詳細は不明である。図 - 3 に計算上の支間中央部断面の曲げ剛性変化を示す。図中曲げ剛性比とは各荷重における曲げ剛性を載荷前の曲げ剛性（全断面有効）で除した値である。断面供試体内部のモルタルは計算上、載荷初期からひびわれにより荷重 2kN付近で初期曲げ剛性の 10%程度まで低下し、以後、載荷に伴って 5%程度まで低下する。合成断面も同様に荷重 2kN付近で初期曲げ剛性の 66%程度まで低下し、破壊直前には 57%程度まで剛性低下する。FRPの内部へのモルタル充填は曲げ耐力向上に有効であるが、軽量というFRPの特性を犠牲にすることになるため、今後さらに有効な補強方法を検討する必要があると考えられる。

4. まとめ

本実験の結果をまとめると以下の通りである。

- 1) モルタルを充填したFRP梁の曲げ耐力はモルタルを充填しない場合に比べて2～3倍程度増加した。
- 2) 今回実施した非線形解析で曲げ変形状を推定できた。
- 3) 実構造物設計における破壊形態はFRPの曲げ圧縮を先行させるのが好ましい。

なお、本研究は建設省公募型共同研究「繊維強化プラスチックの土木構造物材料への適用に関する共同研究」の一環として行われたものである。関係各位に深謝の意を表す。

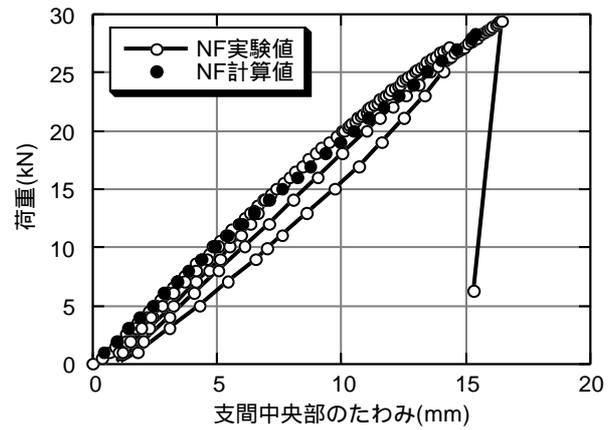


図 - 2 NF 供試体の荷重～たわみ曲線

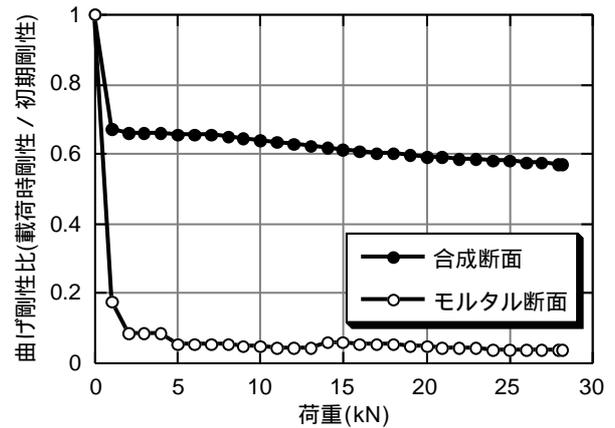


図 - 3 NF 供試体の計算上の曲げ剛性変化