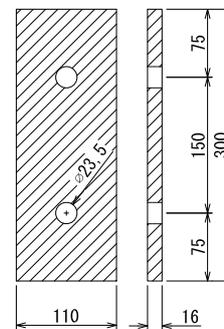


炭素繊維とガラス繊維複合積層材のボルト円孔周りのクリープ特性

鹿島建設株式会社 正会員 ○新井 崇裕, 正会員 古市 耕輔
 新日鉄マテリアルズ株式会社 正会員 吉澤 弘之, 正会員 林田 道弥
 芦森工業株式会社 正会員 糸久 智, 櫻木 弘行

1. はじめに

F R P部材を高力ボルトでH形鋼等と連結して構造部材を構築しようとした場合、F R Pがクリープ変形してボルト軸力が低下することが知られている¹⁾。このため、F R P部材の連結部は、支圧接合による設計が合理的になる場合がある。支圧接合においては、ボルトの支圧力による円孔周りのクリープが部材の変形や終局耐力に大きく影響することから、これを設計で考慮することが重要となる。筆者らは、既にガラス繊維の積層材でボルトの支圧力による円孔周りのクリープ、並びにクリープ実験後の残存支圧強度に関するデータを採取し報告している²⁾。今回、炭素繊維とガラス繊維の複合積層材について同種のデータを採取したので報告する。



正面図 側面図
 図-1 試験片

2. ボルトの支圧力による円孔周りのクリープ実験

2.1 実験概要

ボルトの支圧力による円孔周りのクリープ実験に用いた試験片の形状を図-1に、実験装置を図-2にそれぞれ示す。試験片の形状は、幅 110mm × 長さ 300mm × 厚さ 16mm、縁端距離を 75mm とし、M22 の高力ボルトに対してφ23.5 の孔を有するものとした。クリープ実験に用いた載荷荷重(支圧力)は 73.0kN、載荷時間は 2,190 時間とした(試験片の形状寸法、及びクリープ実験の条件は既報と同じである²⁾)。表-1 にガラス繊維積層、及び炭素・ガラス複合積層の積層構成と試験片数を示す。

表-1 積層構成と試験片数

Case	記号	厚さ [mm]	積層構成	試験体数	備考
ガラス繊維積層	G-1~4	16	(外)GF/BC/GF/GF/BC/GF(内)軸対称	4	G-1で変形量計測
炭素・ガラス繊維複合積層	CG-1~4	16	(外)BC/CF3/BC/CF3/BC/GF2/BC/GF(内)軸対称	4	CG-1で変形量計測

※ GF:ガラス繊維, CF:炭素繊維, BC:バイアスクロス

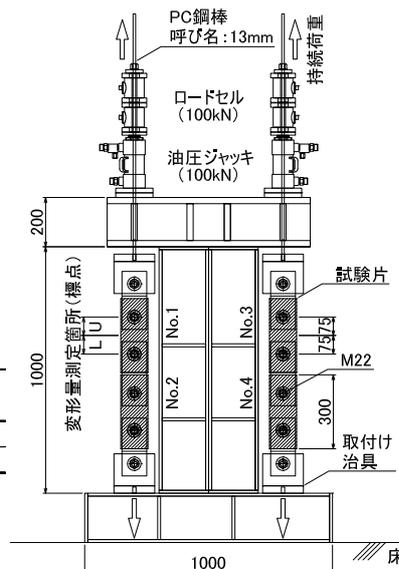


図-2 クリープ実験装置(正面図)

2.2 実験結果

載荷時間と変形量の増分の関係を図-3に、載荷後の試験片の状況としてG-1、及びCG-1の結果を写真-1にそれぞれ示す。図-3より、持続載荷により変形量は増加するものの概ね600時間以降は安定しており、2,190時間の時点においても変形量は漸増する傾向はなく、クリープ破壊する兆候は見られなかった(短時間の凹凸は荷重制御の影響である)。持続載荷期間内における最大変形量は、それぞれ G-1 は 0.060mm、CG-1 は 0.022mm であり、G-1 と CG-1 を比較すると CG-1 の方が変形量は小さかった。また、写真-1 に示すように、クリープ実験後の円孔周りには亀裂や層間剥離等の損傷は見られなかった。

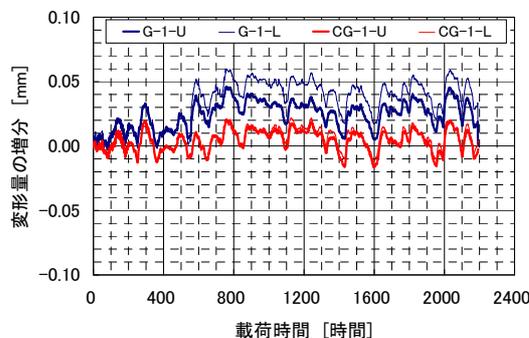


図-3 載荷時間と変形量の増分の関係

キーワード シールドトンネル, F R P, 切削可能, 連結部, 支圧接合, クリープ
 連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設株 TEL 042-489-6706

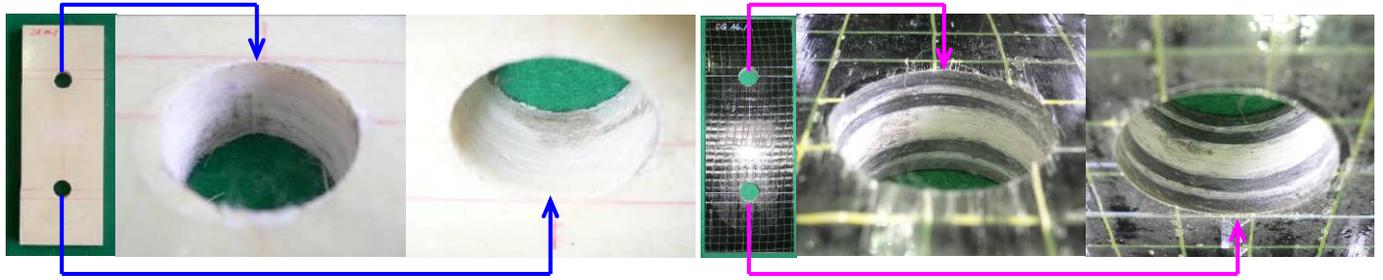


写真-1 クリープ実験後の試験片の状況 (左) G-1 (右) CG-1

3. クリープ実験後の残存支圧強度試験

3.1 試験概要

クリープ実験が終了した試験片，並びに無載荷の試験片を用いて支圧強度試験を行った．試験方法を図-4に，試験状況を写真-2にそれぞれ示す．

3.2 試験結果

クリープ実験後の残存支圧強度，並びに無載荷の試験片による支圧強度試験の結果を表-2に，試験後の試験片の状況としてクリープ実験後のCG-1の結果を写真-3にそれぞれ示す．これより，支圧強度についてクリープ実験後の平均値と無載荷の平均値を比較すると，ガラス繊維積層においては強度比は $381.7/376.3=1.01$ ，炭素・ガラス繊維複合積層においては $444.5/403.2=1.10$ であり，いずれも大きな差はなくクリープによって強度低下が生じていないことが確認された．また，破壊は写真-3に示すような支圧破壊であった．

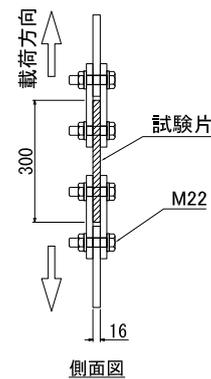


図-4 試験方法 写真-2 試験状況

表-2 支圧強度試験結果

CASE	幅平均	板厚	破壊荷重	支圧強度	破壊形態	
	[mm]	[mm]	[kN]	[N/mm ²]		
ガラス繊維積層 残存強度	No.1	110.0	143.4	378.7	支圧	
	No.2	110.3	130.9	344.9	支圧	
	No.3	109.2	17.4	148.5	387.3	支圧
	No.4	109.4	17.3	157.9	416.0	支圧
	平均値	109.7	17.3	145.2	381.7	
ガラス繊維積層 無載荷	No.1	109.9	17.0	134.9	361.4	支圧
	No.2	109.9	16.7	136.1	371.2	支圧
	No.3	110.0	17.0	147.6	393.8	支圧
	No.4	109.9	17.1	143.0	380.7	支圧
	平均値	110.0	16.9	140.3	376.3	
炭素・ガラス繊維複合積層 残存強度	No.1	109.9	16.1	151.1	426.0	支圧
	No.2	110.0	16.0	156.9	446.0	支圧
	No.3	110.1	16.0	163.5	464.3	支圧
	No.4	109.7	16.0	155.8	441.8	支圧
	平均値	109.9	16.0	156.8	444.5	
炭素・ガラス繊維複合積層 無載荷	No.1	109.7	16.0	139.5	396.1	支圧
	No.2	110.0	15.6	135.5	394.4	支圧
	No.3	110.2	16.1	143.6	406.7	支圧
	No.4	110.1	15.8	147.8	425.9	支圧
	平均値	110.0	15.9	141.1	403.2	

4. おわりに

本検討における実験条件では，円孔周りに亀裂や層間剥離等の損傷は見られず，残存支圧強度の低下も見られなかったことから，持続荷重に対して十分な耐荷力があることが確認された．また，ガラス繊維積層においては最大で0.060mm，炭素・ガラス繊維複合積層においては最大で0.022mmの変形量が確認されたことから，変形照査における参考データとしたいと考えている．

今後は設計手法の構築に資するデータ採取として，クリープ破壊が生じるような荷重レベルでのクリープ実験を行いたいと考えている．

参考文献

- 1) 木嶋，勝野，小林，日野，西崎：FRPボルト接合における軸力の経時変化に関する実験的検討，土木学会第61回年次学術講演会，CS10-004，2006.9
- 2) 新井，古市，吉澤，林田，糸久，櫻木：直接発進到達に用いるH形SZパイルのH形鋼との連結部に関する検討，土木学会第65回年次学術講演会，CS2-013，2010.9

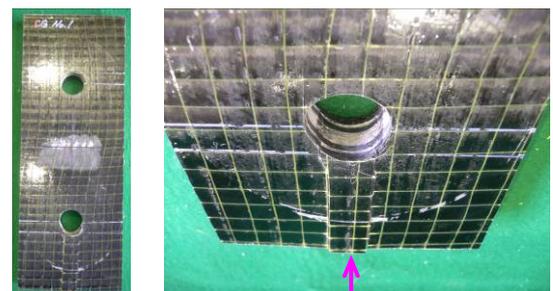


写真-3 支圧破壊の状況 (CG-1)