

ガラス繊維吹付け補強モルタルパネルの二軸性状

1. はじめに

近年、コンクリート系構造物の耐震補強は、施工の容易さと耐久性に利を持つ連続繊維シート（以下シート）による巻き付け補強が多く用いられるようになって来ている。しかし、シート補強は素材が高価ということもあり、今後の民間建物の耐震補強を促進させる場合には大きな問題となっている。今後の耐震補強の促進を考えた場合、コストを考慮した施工が容易な補強工法を提案するとともにその耐震性能を確認し、耐震補強後の構造安全性を保証しなければならない。

そこで、本研究は今後の耐震補強を促進させるための安価で施工の容易な補強方法、「ガラス繊維+ビニエステル」を凹凸の多いコンクリート系建築構造物に現場吹付けする新しい耐震補強工法（材料）、を提案するとともに、「ガラス繊維+ビニエステル」とコンクリートの相互作用、すなわち多方向応力に対する接着・せん断・引張強度等の基本的性状を、モルタルパネルによる平板の二軸加力実験ならびに Modified Compression-Field Theory^[1]による解析により把握することを目的とする。

2. 実験概要

2.1 試験体

試験体は、図-1 に示す 300×300×15mm のモルタルパネルで、加力装置固定用穴を 24 カ所、変位計固定用ボルトを 4 カ所設けた。モルタルパネルに与える応力は、純せん断と純引張の 2 種類で、純せん断用試験体 2 体、純引張用試験体 1 体、合計 3 体準備した。

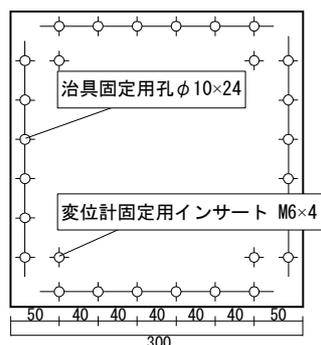


図-1 試験体形状

2.2 使用材料

ガラス繊維含有率 35%、目標吹付け厚 2mm として FRP 化した「ガラス繊維+ビニエステル」（以下 GFRP）、および目標圧縮強度を 50MPa としたプレミックスモルタルの力学特性を表-1、表-2 に各々示す。

表-1 GFRP の性質

強度 (MPa)	弾性係数 (GPa)	破断伸び (%)	繊維含有率 (%)	備考
88.3	9.3	0.95	35	吹付厚 2mm

表-2 モルタルの性質

圧縮強度 (MPa)	弾性係数 (GPa)	圧縮強度時歪 (%)
69.0	30.7	0.316

2.3 加力・測定方法

純せん断加力では、各辺 6 本ずつ計 24 本のオイルジャッキを使用し、試験体の対角方向にそれぞれ同じ大きさの引張力（南北方向）と圧縮力（東西方向）を加えた。純引張加力では、北西・南東位置の計 12 本のオイルジャッキに同じ大きさの引張力を加えた。また、試験体表面 5 方向には変位計を設置、パネル両面中央部の GFRP には 3 方向歪ゲージを貼付した。加力方法の概略を図-2 に、変位計設置位置および歪ゲージ貼付位置を図-3 に示す。

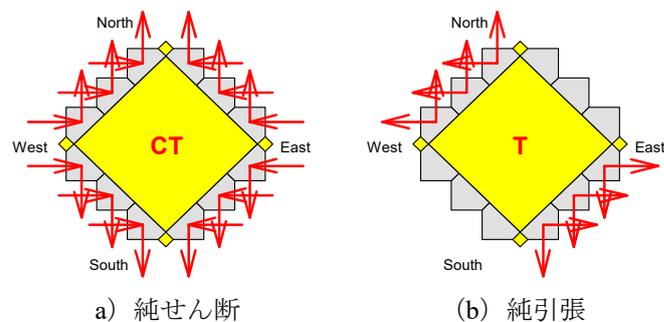


図-2 加力方向

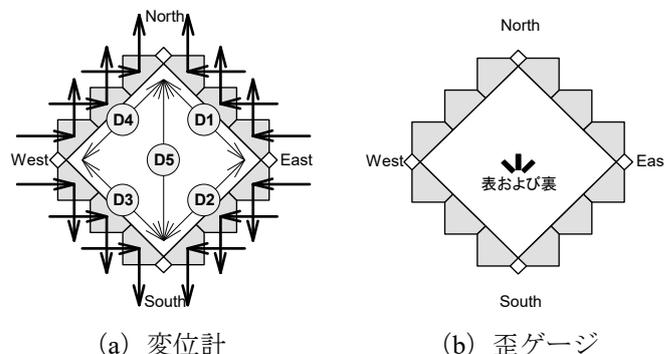


図-3 変位計・歪ゲージ位置

3. 実験結果

実験結果一覧を表-3 に、各試験体のせん断応力と歪ゲージおよび変位計によるせん断歪 ($\tau_{xy} - \gamma_{xy}$) 関係を図-4 に示す。

純せん断加力試験体は2体とも GFRP の破断で破壊し、モルタルの圧壊はみられなかった。加力中のひび割れ状況は観測されていないが、歪ゲージによる $\tau_{xy} - \gamma_{xy}$ 関係はひび割れ発生と思われる時点までは直線的で、ひび割れ発生と同時にせん断歪が急激に増加した。

表-3 実験結果一覧

試験体名	加力方法	最大せん断応力 (MPa)	破壊形式
GL-CT1	純せん断	6.17	破断
GL-CT2	純せん断	8.63	破断
GL-T1	純引張	3.65	破断

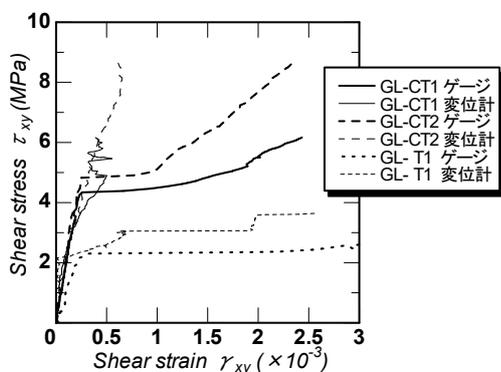


図-4 せん断応力-せん断歪関係

4. Modified Compression-Field Theory による解析

Modified Compression Field Theory^[1]に多軸化および繊維の付着を考慮した解析手法^[2]を用いて、実験結果と解析結果を比較する(解析手法に関しては文献[2]を参照)。

4.1 解析上の数値

解析に用いた各性状の数値を表-4 に示す。モルタルの性状は 50φ×100mm テストピースの一軸圧縮試験による値を、GFRP の降伏付着力・降伏付着力時すべり量は文献[3]による値を、破断強度・弾性係数は引張試験による値を各々用いた。

4.2 解析結果

実験結果と解析結果の比較を表-5 に示す。破壊形式における実験結果と解析結果は、GFRP 破断で一致している。せん断応力の最大値の解析結果に対する実験結果の比は2試験体とも 0.97 で、本解析は実験結果をよく表している。解析方法および表-4 に示した解析上の数値は妥当であると言えよう。

各試験体のせん断歪-せん断応力関係における変位計

による実験結果と解析結果を図-5 に示す。各試験体の実験結果と解析結果は、実験結果の最大せん断応力時近傍のデータは乱れているが、それ以前の両者はおおむね対応している。

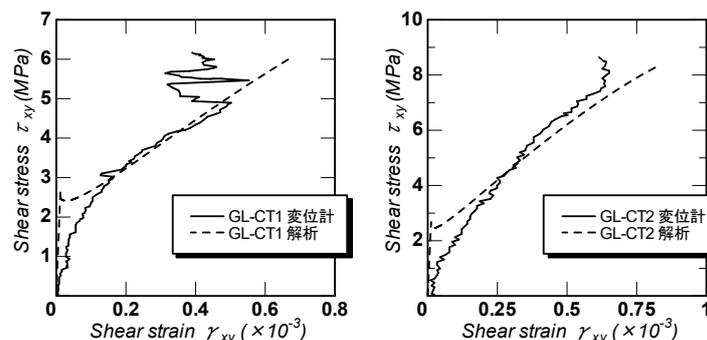
表-4 解析上の数値

試験体名	σ_B (MPa)	E_c (GPa)	ϵ_c (%)	S_m (mm)	τ_{by} (N/mm)	$S_{by} \times 10^{-3}$ (mm)	f_{ru} (MPa)	E_r (GPa)	t (mm)
GL-CT1	69.0	30.7	0.32	113	0.91	0.39	88.3	9.3	1.43
GL-CT2				94					2.36

σ_B :モルタルの圧縮強度 E_c :モルタルの弾性係数
 ϵ_c :モルタル圧縮強度時の歪 S_m :平均ひび割れ間隔(45°方向)
 τ_{by} :GFRP の降伏付着力(単位長さあたり)
 S_{by} :GFRP の降伏付着力時のすべり量
 f_{ru} :GFRP の破断強度 E_r :GFRP の弾性係数 t :GFRP の平均厚

表-5 解析結果と実験結果の比較

試験体名	実験結果		解析結果		実験値 / 解析値
	最大せん断応力 (MPa)	破壊形式	最大せん断応力 (MPa)	破壊形式	
GL-CT1	6.17	破断	6.00	破断	0.97
GL-CT2	8.63	破断	8.35	破断	0.97



(a) GL-CT1 (b) GL-CT2

図-5 せん断応力-せん断歪関係

5. まとめ

「ガラス繊維+ビニエステル」(GFRP)で補強したモルタルパネルについて、二軸加力実験と Modified Compression-Field Theory による解析によって、その基本的性状を把握した。また、Modified Compression-Field Theory による解析は実験結果を表現できることを確認した。

【参考文献】

- [1] Michael P. Collins et al.: The Modified Compression-Field Theory for Reinforced Concrete Elements Subjected to Shear, ACI Journal / March-April, 1986, pp.219-231
- [2] 金久保利之: 多軸化を考慮した Modified Compression-Field Theory による解析, 日本建築学会大会梗概集 C-2 構造IV, pp.511-512, 1998.9
- [3] 佐藤裕一他: CFRP シートとコンクリートの付着挙動(その2), 日本建築学会構造系論文集第 509 号, pp.127-134, 1998.7

*1 明石高専建築学科 助手・工博

Research Associate, Department of Architecture, Akashi National College of Technology, Dr. Eng.

*2 筑波大学機能工学系 講師・工博

Assistant Professor, Institute of Engineering Mechanics and Systems, University of Tsukuba, Dr. Eng.