

立命館大学理工学部 学生員○諏訪聡 立命館大学大学院 学生員 前園真一郎 学生員 井上真澄
立命館大学理工学部 正会員 高木宣章 正会員 児島孝之

1.はじめに

本研究は、三次元中空構造ガラス織物に膨張ペーストを充填し、ケミカルプレストレスを導入した厚さ 10 mm のプレートに埋設型枠へ適用することを目的として、その力学的特性についての実験検討を行った(シリーズ 1)。またプレートに埋設型枠へ適用することを想定し、プレートとコンクリート間の界面処理方法についても実験検討を行った(シリーズ 2)。

2. 実験概要

実験要因を表-1 に、ガラス織物の物性を表-2 に示す。

シリーズ1 ガラス繊維は E-ガラスを使用し、ガラス織物への樹脂含浸には不飽和ポリエステル樹脂を用いた。セメントは普通ポルトランドセメント(密度 3.16g/cm^3)を、シリカフュームは E 社製のノルウェー産粉体(密度 2.20g/cm^3 、比表面積 $20\text{m}^2/\text{g}$ 、 $\text{SiO}_2=93.1\%$)、膨張材は CSA 系(密度 2.93g/cm^3)のもの、骨材の代わりに石粉(密度 2.70g/cm^3 、比表面積 $4000\text{cm}^2/\text{g}$)を使用した。混和剤には、ポリカルボン酸系高性能 AE 減水剤を用いた。ガラス織物に充填する膨張ペーストの配合は、水結合材比 $[\text{W}/(\text{C}+\text{SF})]$ を 30～50%、単位膨張材量 EP を $0\sim 600\text{kg/m}^3$ とし、適宜組み合わせ 8 配合とした。プレート供試体の形状寸法を図-1 に示す。

膨張ペースト打設後、高温恒温恒湿室($20 \pm 1^\circ\text{C}$ 、 $90 \pm 5\%\text{RH}$)の中で気中養生を行い、膨張ひずみの計測を膨張ペースト打設直後から材齢 10 日まで行った。材齢 10 日でプレート供試体を $75 \times 10 \times 300\text{mm}$ にダイヤモンドカッターで切断し、曲げ強度試験用供試体の圧縮縁および引張縁にひずみゲージを貼付した。プレート供試体切断後 2 時間以内に載荷試験を実施した。曲げ強度試験は、支間中央に変位計を設置し、スパン 240mm、曲げスパン 80mm の 3 等分点載荷とした。

シリーズ2 プレートに充填する膨張ペーストの配合は、水結合材比 50%、単位膨張材量 300kg/m^3 とした。プレート表面の処理方法は、ケイ砂散布処理を施した 3 タイプと無処理を合わせ 4 タイプとした。後打ちコンクリートには早強セメントを使用し、設計基準強度は 24N/mm^2 とした。プレート製作後、後打ちコンクリートを打設し、高湿恒温恒湿室の中で 7 日間の気中養生を行った。曲げ載荷試験は、スパン 300mm 、曲げスパン 100mm の 3 等分点載荷とした。プレート供試体と後打ちコンクリートとの付着性状を把握するために、供試体の上縁にコンクリートゲージを、下縁にひずみゲージを貼付し、また下縁から 20mm ごとに 50mm 円ゲージを 4 ケ設置し、計 7 ケ所でひずみの測定を行った。支間中央部に変位計を設置した(図-2 参照)。

3. 実験結果および考察

シリーズ1 図-3に膨張ひずみと単位膨張材量の関係を示す。単位膨張材量の増加に伴い、膨張ひずみは増加する傾向にあった。ただ単位膨張材量が 400kg/m^3 以上では比較的大きな変形が目視で観察された。本研究の範囲では単位膨張材量 300kg/m^3 が最適な混入量であると考えられる。

表-1 實驗要因

	要因	仕様
シリーズ1	拘束体の種類	ガラス繊維(樹脂含浸成形)
	充填材(配合数)	膨張ベースト(8配合)
	養生方法	気中養生(10日間)
	試験項目	膨張ひずみ測定 曲げ強度試験
シリーズ2	プレート寸法	10×100×400mm
	充填材	膨張ベースト(配合50-300)
	界面処理	A.無処理
	(ケイ酸は不飽和ポリ エステル樹脂)樹脂に よりプレート表面 に接着)	B.ケイ砂散布(粒径1~1.5mm、0.08g/cm ²) C.ケイ砂散布(粒径1~1.5mm、0.28g/cm ²) D.ケイ砂散布(粒径2~3mm、0.25g/cm ²)
	後打ちコンクリート	W/C=70% (早強セメント使用) 90・100×400mm
	養生方法	気中養生(7日間)
	試験項目	曲げ強度試験

表-2 ガラス織物の物性

厚み (mm)	目付け量 (kg/m ²)	縦方向*(N/mm ²)		横方向*(N/mm ²)	
		引張強度	弾性係数	引張強度	弾性係数
10	1.43	230	14×10 ⁴	190	9×10 ⁴

注) * : ガラス織物の打設方向に対して垂直方向が縦となる

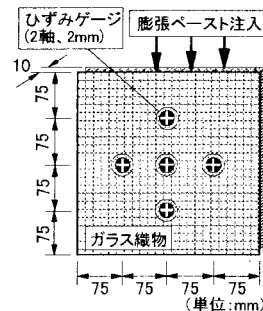


図-1 プレートの供試体の形状寸法(シリーズ1)

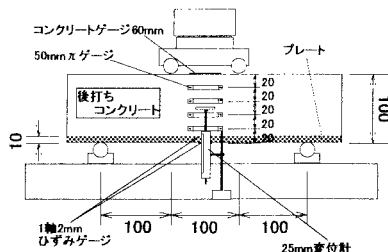


図-2 曲げ載荷試験方法(シリーズ2)

表-3 に曲げ強度試験結果を、図-4

に強度と単位膨張材量の関係を示す。単位膨張材量の増加に伴いひび割れ発生強度は増加する傾向にある。単位膨張材量の最も多い 50-600 供試体でひび割れ発生強度は約 25N/mm^2 であった。曲げ強度は配合条件による傾向は明確ではないが、約 $68\sim 78\text{N/mm}^2$ と非常に高い強度が得られた。図-5

に曲げ応力と下縁ひずみの関係を示す。単位膨張材量が少ない供試体では、曲げひび割れの発生位置においてひび割れ幅が局所化するためひずみの増分量が大きくなった。一方、単位膨張材量の多い供試体では下縁ひずみの急増は見られなかった。これはケミカルプレストレスの効果により、ガラス繊維と膨張ペーストの一体性が向上し、ひび割れ幅が抑制され、ひび割れが分散したためであると推察される。

シリーズ 2 表-4 に曲げ載荷試験結果を示す。プレート表面が無処理では付着強度は非常に小さく、同じ散布量であれば比較的粒径の大きなケイ砂散布が付着性状の改善に有効であることが確認できた。図-6 に断面ひずみ分布を示す。表面無処理のタイプ A では載荷初期からひずみ差が生じた。一方、粒径の大きなケイ砂を散布したタイプ D は、平面保持の仮定が成り立っておりプレートと後打ちコンクリートはひび割れ発生まで一体となって挙動していることが確認できた。図-7 に荷重と変位の関係を示す。タイプ D はひび割れ発生後も荷重と変位は一定の割合で増加しており、剥離で破壊に至るまで界面の付着は良好であったと考えられる。

4. 結論

(1) 三次元中空構造ガラス繊維を拘束体として、膨張ペーストに適切な配合を選定することにより、ひび割れ強度と曲げ強度を大きく改善したプレート供試体の製作が可能である。

(2) 付着性状の改善には、比較的粒径が大きい $2\sim 3\text{mm}$ のケイ砂散布による処理が有効である。

[謝辞] 本実験で使用した三次元中空構造ガラス繊維は蝶理(株)より提供して頂いた。また、実験ではアイティシー(株)菅田豊氏、サカイ産業(株)酒井麓郎氏にご協力を得た。ここに記して感謝の意を表す。

表-3 曲げ強度試験結果 (シリーズ 1)

配合名 ¹⁾	ひび割れ発生強度 (N/mm^2)	曲げ強度 (N/mm^2)	最大変位 (mm)
50-30 ²⁾	—	6.52	—
50-0	6.75	68.9	24.6
50-100	6.36	67.8	24.4
50-200	11.6	74.2	21.1
50-300	17.6	73.6	20.2
50-400	20.0	75.0	19.0
50-600	25.3	69.3	16.9
30-300	15.2	78.4	20.1
40-300	15.2	74.3	20.6

注) ¹⁾ 1.50(水結合材比:%) 300(単位膨張材量: kg/m^2)

²⁾ 無拘束供試体(比較用)

³⁾ 応力-下縁ひずみ関係から推定

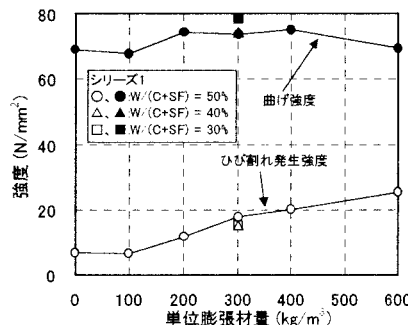


図-4 強度と単位膨張材量の関係

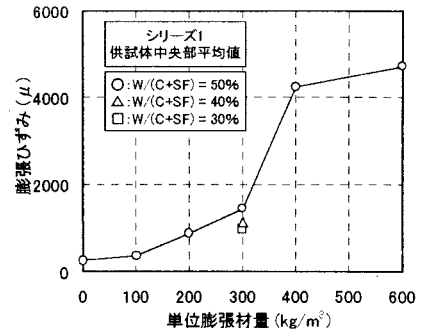


図-3 膨張ひずみと単位膨張材量の関係

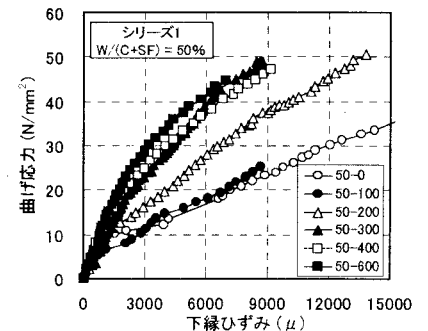


図-5 曲げ応力と下縁ひずみの関係

表-4 曲げ載荷試験結果(シリーズ 2)

界面処理方法	タイプA	タイプB	タイプC	タイプD
ひび割れ発生荷重 (kN)	11.4	11.7	15.4	17.9
終局(剥離)荷重 (kN)	12.2	24.0	32.8	57.0

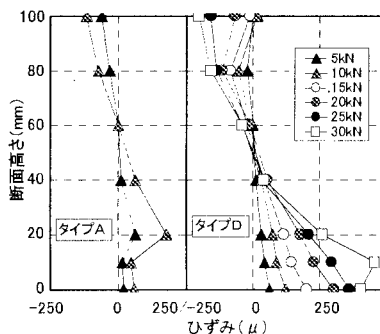


図-6 断面ひずみ分布

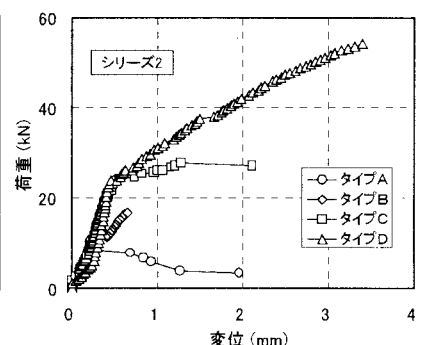


図-7 荷重と変位の関係