

三次元中空構造ガラス織物を用いた埋設型枠用薄板の曲げ特性

立命館大学大学院 学生員 ○井上 真澄 学生員 前園 真一郎 学生員 諏訪 総
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(以下、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10mmの薄板(以下、プレート)を埋設型枠へ適用することを目的として、その膨張および曲げ特性についての検討を行った(実験1)。また、プレートを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検討を行った(実験2)。

2. 実験概要

表1に実験要因を、表2にガラス織物の物性を示す。

実験1 拘束体には、不飽和ポリエステル樹脂で含浸成形したガラス織物を使用した。セメントは普通ポルトランドセメント(密度 3.16g/cm^3)、シリカフェームはノルウェー産粉体(密度 2.20g/cm^3 、比表面積 $20\text{m}^2/\text{g}$ 、 $\text{SiO}_2=93.1\%$ 、平均粒径 $0.15\mu\text{m}$)、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 $[W/(C+SF)]$ を30~50%、単位膨張材量 $[EP]$ を0~ 600kg/m^3 とした8配合である。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、高湿恒温恒湿室($20\pm 1^\circ\text{C}$ 、 $90\pm 5\%RH$)で気中養生を行い、膨張ひずみを膨張ペースト打設直後から材齢10日まで計測した。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。

実験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、下縁に鋼材用ひずみゲージを貼付し、また下縁から20mmごとに50mmπゲージを4ヶ設置し、計7ヶ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)。

実験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。しかし、単位膨張材量が 400kg/m^3 以上では大きな変形が目視で観察された。本研究の範囲で

3. 実験結果および考察

キーワード 三次元中空構造ガラス織物、ケミカルプレストレス、ひび割れ発生強度、界面処理、埋設型枠
連絡先 〒525-8577 滋賀県草津市野路東1-1-1(立命館大学理工学部土木工学科) TEL/FAX 077-561-2805

表1 実験要因

要 因		仕 様
実験1	拘束体	ガラス織物 (E-ガラス)
	充填材 (配合数)	膨張ペースト(8配合)
	養生方法	気中養生(10日間)
	試験項目	膨張ひずみの計測 曲げ強度試験(供試体 $75\times 10\times 300\text{mm}$)
実験2	プレート寸法	$10\times 100\times 400\text{mm}$
	充填材	膨張ペースト(配合 50-300)
	界面処理(ケイ砂は 不飽和ポリエステル 樹脂によりプレート 表面に接着)	A:無処理 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%, $90\times 100\times 400\text{mm}$
	養生方法	気中養生(7日間)
	試験項目	曲げ載荷試験(供試体 $100\times 100\times 400\text{mm}$)

表2 ガラス織物の物性

厚さ (mm)	目付量 (kg/m^2)	X方向*(N/mm^2) 引張強度	弾性係数	Y方向*(N/mm^2) 引張強度	弾性係数
10	1.43	230	14×10^4	190	9×10^4

注)*: 図1参照

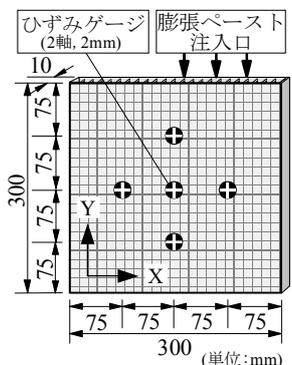


図1 プレート供試体形状寸法(実験1)

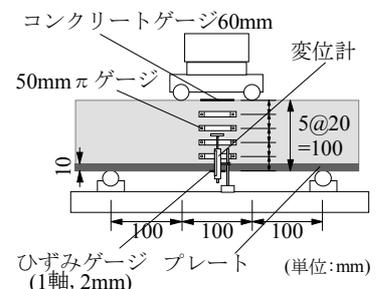


図2 曲げ載荷試験方法(実験2)

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。一方、同図において単位膨張材量を 300kg/m^3 とし、水結合材比を変化させた場合、膨張ひずみに大きな差異はみられなかった。

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。単位膨張材量が最も多い50-600供試体では、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影響は明確ではないが、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。プレート供試体は、曲げひび割れ発生まで膨張ペーストとガラス織物が一体となって荷重に抵抗している。ひび割れ発生後、プレート供試体は下縁のガラス織物のみで荷重を伝達し、最終的に下縁のガラス織物が破断して終局に至った。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、その後のひずみ増加量が大きくなった。一方、単位膨張材量が多い供試体では、下縁ひずみの急増は観察されなかった。これはケミカルプレストレスの効果により、ガラス織物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。

表3 曲げ強度試験結果

配合*1	ひび割れ発生強度*3 (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: $50[W/(C+SF):\%]-300[EP:\text{kg/m}^3]$
 *2: 無拘束供試体(比較用)
 *3: 応力-下縁ひずみ曲線(図5)の変曲点から推定

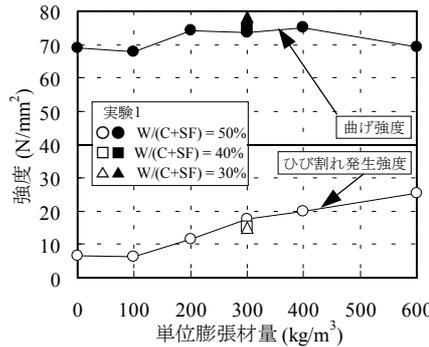


図4 強度と単位膨張材量の関係

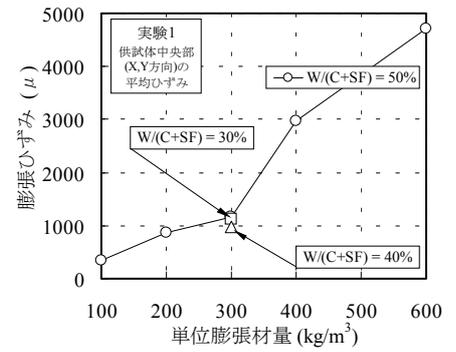


図3 膨張ひずみと単位膨張材量の関係

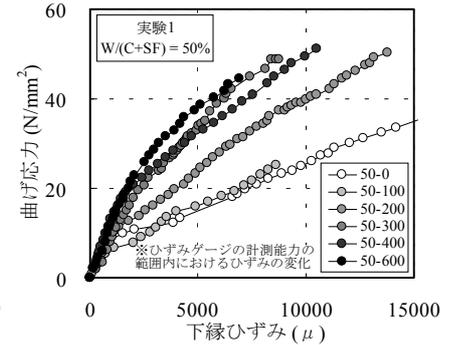


図5 曲げ応力と下縁ひずみの関係

実験2 **表4**に曲げ載荷試験結果を示す。プレート表面無処理供試体では、付着強度は非常に小さく、同じケイ砂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では載荷初期からプレートとコンクリートの界面で大きなひずみ差が生じた。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立し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。

表4 曲げ載荷試験結果 (実験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)*1	11.4	11.7	15.4	17.9
終局(剥離)荷重(kN)	12.2	24.0	32.8	57.0

注)*1: 荷重-変位曲線(図7)の変曲点より推定

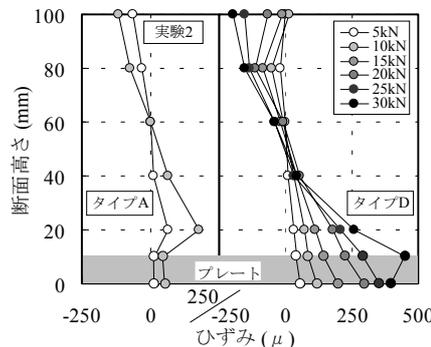


図6 断面ひずみ分布

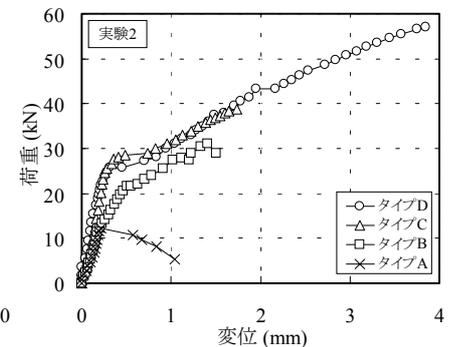


図7 荷重と変位の関係

4. 結論

- (1)三次元中空構造ガラス織物を拘束体として、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2~3mmのケイ砂散布による処理が有効である。

[謝辞]本研究で使用した三次元中空構造ガラス織物は蝶理(株)より提供して頂いた。また、本研究の遂行にあたってはアイティシー(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。