

立命館大学大学院 学生員○前園真一郎 学生員 諏訪聡 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

三次元中空構造ガラス織物(以下,3D-GFRP と称す)に樹脂含浸した拘束体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約 10mm のプレートを製作した。本研究はこのプレートを埋設型枠として使用することを目的として,その耐久性について実験検討を行った。

2. プレートの耐久性試験

2.1 実験概要

実験要因を表-1 に,3D-GFRP の物性を表-2 に示す。

ガラス繊維には E-ガラスを使用し,3D-GFRP への樹脂含浸には不飽和ポリエステル樹脂(UPE 樹脂),ビニルエステル樹脂(VE 樹脂)を用いた。プレートを埋設型枠として実構造物へ適用するために耐久性評価として長期曲げ強度試験,耐侯性試験,遮塩性試験を行

った。充填する膨張ペーストにはセメントは普通ポルトランドセメント(密度 3.16g/cm^3)を,シリカフェームはノルウェー産粉体(密度: 2.20g/cm^3 , 平均粒径 $0.15\ \mu\text{m}$, 比表面積 $20\text{m}^2/\text{g}$, $\text{SiO}_2=93.1\%$),CSA

系の膨張材(密度 $2.9\ \text{g/cm}^3$),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。膨張ペーストの配合は,水結合材比[W/(C+SF)]を 50%一定として,単位膨張材量を $200,300\text{kg/m}^3$ とした。プレート供試体を図-1 に示す。膨張ペースト打設後,高温恒湿恒湿室 ($20\pm 1^\circ\text{C}$, $90\pm 5\%\text{RH}$) で気中養生を行った。プレート供試体の膨張特性を把握するために,膨張ひずみの計測を膨張ペースト打設直後から材齢 10 日まで行った後,耐久性試験を実施した。

長期曲げ強度試験

$300\times 300\times 10\text{mm}$ の 3D-GFRP に膨張ペーストを充填し, $20\pm 1^\circ\text{C}$, $90\pm 5\%\text{RH}$ の環境下で膨張ひずみを計測した。材齢 10,28,91,180 日で $75\times 300\times 10\text{mm}$ に切断し,曲げ強度試験を行った。試験は,スパン 240mm, 曲げスパン 80mm の 3 等分点载荷とした。

耐侯性試験

UPE 樹脂および VE 樹脂を含浸した 3D-GFRP ($300\times 300\times 10\text{mm}$) を屋外に暴露し,2,4,6 ヶ月後に所定の膨張ペーストを充填し,材齢 10 日で曲げ载荷試験を行った。

遮塩性試験

VE 樹脂を含浸した 3D-GFRP に膨張ペースト 50-300 を充填したプレートを埋設型枠として使用した供試体(P 供試体)と,埋設型枠を用いないコンクリート供試体(N 供試体)を製作した。供試体は外形寸法 $150\times 150\times$

表-1 実験要因

試験項目	含浸樹脂	膨張ペースト
長期曲げ強度試験	UPE 樹脂	50-200*
耐侯性試験	VE 樹脂	50-300
遮塩性試験	VE 樹脂	50-300

注)*:50(水結合材比,%)-200(単位膨張材量, kg/m^3)

表-2 ガラス織物の物性

厚さ (mm)	目付け量 (kg/m^2)	X 方向*(N/mm^2)		Y 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 X となる

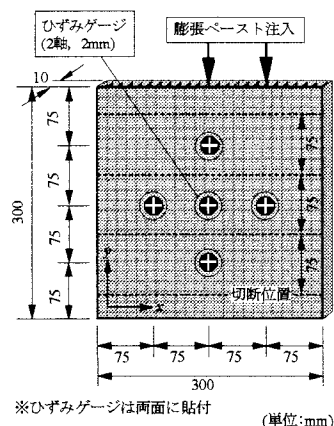


図-1 プレート供試体形状寸法

530cm の無筋コンクリートであり、後打ちコンクリートの設計基準強度は 24N/mm^2 ($W/C=70\%$) とした。P 供試体は 28 日間散水養生を行った後、打設面に無溶剤型エポキシ樹脂を塗布した。その後供試体を人工海水に 2 ヶ月間浸漬した後、供試体からコンクリートドリルによりコンクリート紛体試料を採取した。コンクリート表面(埋設型枠面)から深さ 5~10mm 毎に試料を採取し、0.15mm 以下の試料を用いて簡易測定法により塩化物イオン量を測定した。

3. 実験結果および考察

図-2 にプレートの膨張ひずみの経時変化を示す。材齢 7 日で最大ひずみに達した後ひずみは減少するものの、材齢 30 日以降は一定値を示した。UPE 樹脂を使用し、単位膨張材量が多い時に、最大膨張ひずみ後のひずみの減少分が大きい結果となった。図-3 に長期曲げ強度試験結果を示す。3D-GFRP 含浸樹脂の相違にかかわらず、曲げひび割れ強度は変化せず、材齢 180 日までほぼ一定値を示した。曲げ強度は幾分の変動はあるものの約 $63\sim 77\text{N/mm}^2$ と非常に高く、著しい強度低下は観察されなかった。図-4 に耐侯性試験結果を示す。プレートの屋外暴露による曲げ強度低下は材齢 60 日で若干あるものの、その後は安定した強度を保ち、紫外線による強度の低下が小さいことが確認された。図-5 に遮塩性試験結果を示す。プレートを埋設型枠として用いることによりコンクリートに浸透する塩化物イオン量が著しく減少することが確認できた。暴露期間は比較的短いものの、本実験の範囲内ではプレートは満足な耐久性を示した。

4. まとめ

本研究は 3D-GFRP プレートを埋設型枠に適用することを目的として、その耐久性について検討を行った。三次元中空構造ガラス織物を用いた薄型プレートは、本実験の範囲内においては優れた耐候性、遮塩性を示した。

本研究に用いた 3D-GFRP は E-ガラスを使用しているためアルカリに対する劣化が危惧される。材齢 3 ヶ月まで曲げ強度の低下は観察されなかった。しかし、より長期における耐アルカリ性の検討が必要と考えられる。

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、ガラスロービングクロス、ガラスチョップストランドマットは、サカイ産業(株)より提供して頂いた。ここに記して厚く感謝の意を表す。

参考文献: 井上真澄, 前園真一郎, 諏訪聡, 高木宣章, 児島孝之: 三次元中空ガラス織物を用いた埋設型枠用薄板の曲げ特性, 土木学会第 57 回年次学術講演概要集, V-337, pp.673-674, 2002

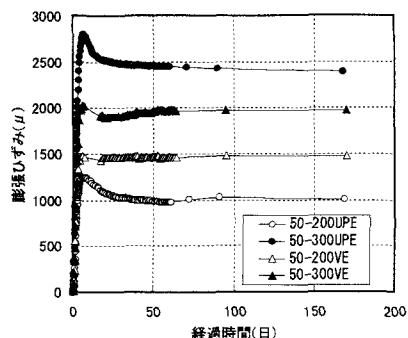


図-2 プレートの膨張ひずみの経時変化

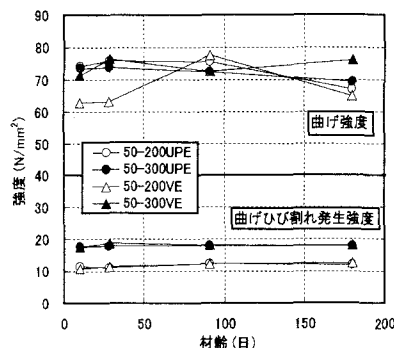


図-3 長期曲げ強度試験結果

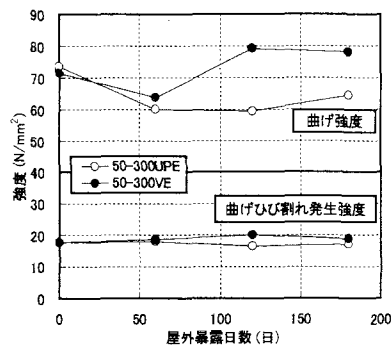


図-4 耐侯性試験結果

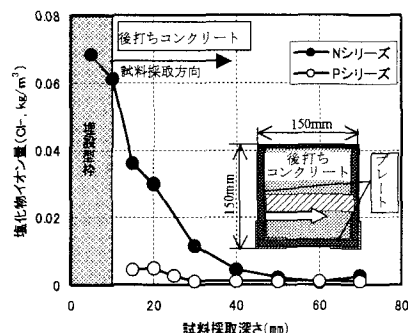


図-5 遮塩性試験結果