

FRP防水材の下地不連続部におけるひびわれ追従性についての検討

正会員 ○ 辻 修也
寺島 国臣
国島 和彦
松本 広臣

1. はじめに

軽量高強度高ヤング率のFRPが近年屋上防水層として実績を積み重ねている。一方防水層の欠陥はふくれと破断に代表されると言える。一般にふくれに対しては高ヤング率で躯体接着力の高い防水材が、破断には逆に高伸び率で躯体には軟接着の材料が有利と考える。よってFRPの場合、破断(下地ムーブメント)に対するひびわれ追従性が憂慮される。このひびわれ追従性に対して、高ヤング率材料のFRPがどのような状態になるか、樹脂の伸び率を種々変化させて検討したので報告する。

2. 実験概要

2.1 基本物性試験

供試体の作成は表-1に示す様に4種の不飽和ポリエステル樹脂(以下UPE)とウレタン樹脂をゲンベル状に成形し基本物性用試験体とした。試験法はJISK 6911 熱硬化性樹脂試験に準拠して測定した。躯体と防水層の接着力試験はJISK 5021配合の7×7×2cmモルタル上に防水層を作成しJISA 6910に準拠して試験した。

表-1. 試験樹脂の特徴

樹脂の種類	不飽和ポリエステル樹脂				ウレタン樹脂
	UPE-A型 FRP汎用	UPE-B型 防水用	UPE-C型 防水用	UPE-D型 防水用	
樹脂の型	UPE-A型 FRP汎用	UPE-B型 防水用	UPE-C型 防水用	UPE-D型 防水用	PU 防水用
樹脂の特徴	強度高いが、伸び非常に小さい	表面硬度高いが、靱性あり	表面硬度低く柔いが伸びは普通	伸びが大きく、柔い	ウレタンゴム 1類
樹脂の分子間長を示す指数	1.0	1.5	3.5	5.0	

表-2. FRP防水材の樹脂と特性値

樹脂の型	樹脂硬化物					樹脂/ガラスマット 複合化合物					樹脂/有機繊維 複合化合物		
	A	B	C	D	Pu	A	B	C	D	Pu	B	D	
ガラスマット	-	-	-	-	-	○	○	○	○	○	-	-	
有機繊維	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	○	○	
	単位												
抗張力	kg/cm ²	630	326	68	65	17	1070	1010	731	429	34	182	72
伸び率	%	1.8	49	41	148	360	1.3	2.1	2.3	1.7	2.48	6.7	41
引張り弾力性	kg/cm ²	48000	15200	1250	360	-	78000	54300	39700	34000	-	-	-
吸収エネルギー	kg.cm	420	58000	1476	3337	275	4835	7614	5606	1374	779	1423	315
硬度(シ-7-D)		79	81	55	47	10	83	83	70	50	10	60	25

3. 試験結果と考察

3-1. 樹脂単独および複合化合物の基礎物性値を表-2に示す。樹脂構造によって、最も顕著に特性値の差異が発生するのは、伸びと抗張力の両方が関係する吸収エネルギー値である。UPE-B型は非常に大きい抗張力と伸び率のいずれもが大きい。汎用型のUPE-A型は強度が高いが伸び率が小さいため吸収エネルギー値は小さい。表-4に記載している様にA型はひびわれ追従性値も低く、防水用としては好ましいとは言えない。次にガラス繊維を使用しFRPにすると、繊維の拘束で伸びが小さくなり、各樹脂間の吸収エネルギー値の差異が小さくなっていく。

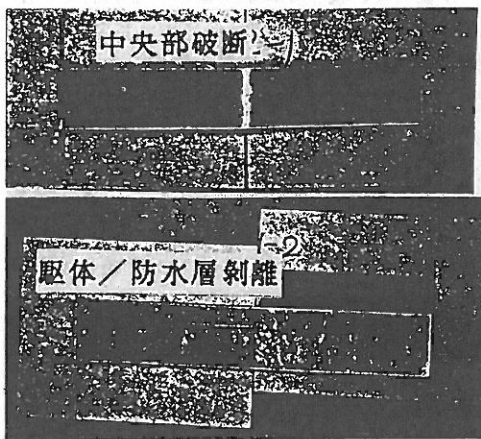


写真-1 ひびわれ追従性試験後の状態

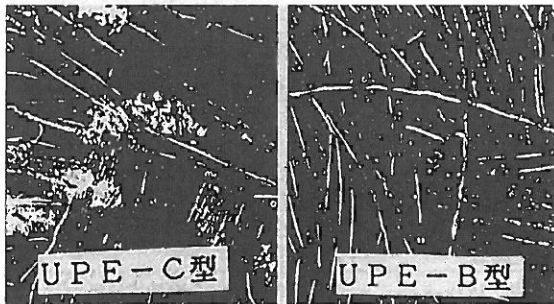


写真-2 追従性試験時の防水層の微視観察

表-3 FRP防水材の組成によるひびわれ追従性試験結果

No	試験体の種類	塗膜厚(mm)	伸び量(mm)	破断形式
1	樹脂単独	1.2	0.4	中央破断
		2.3	0.5	"
2	樹脂/ガラスマット(1)	1.2	2.2	剝離
		2.3	2.5	"
3	樹脂/有機繊維(1)	1.2	3.6	中央破断
		2.3	3.7	"
4	樹脂/ガラスフレック 25Ht%, CCR-150	1.2	0.1	中央破断
		2.3	0.2	"

(注) 1. 樹脂はUPE-B型を使用
2. ガラスマット: JISR3411 #450. 有機繊維: ポリエステル不織布
ガラスフレック: 日本硝子 CCF-150
3. ()内は補強材の使用枚数

3-2. ひびわれ追従性試験

樹脂を一定にし補強材の種類を変えた場合と、樹脂の種類を変えた場合の、引張り試験によるひびわれ追従性試験結果を各々表-3、表-4に示す。表-3より複合化合物の組成の違いで、破断形式が異なっていることがわかる。

すなわちガラスマットの場合他の3種類と異なり、剝離現象となるのは(1)駆体接着力より防水層強度が大きいという防水層が破断しないための基本条件¹⁾に適合している。(2)FRP特有の現象であるガラス繊維間の応力伝播による応力の分散現象、すなわち多回路荷重構造²⁾によるものと考えられる。また樹脂の種類によっても、表-4、写真-1に示す様に、駆体ひびわれ部の真上で破断する中央破断と前述の剝離とに分けられる。この結果も前述の理由と同様であると考えられる。写真-2は、1.0mm引張り後駆体ひびわれ真上部のFRPの状態を、50倍マイクロスコップで撮影したものである。同一程度のひびわれ伸び量でも、樹脂特性によりUPE-C型の様に低重量域でも写真の白化部のように、樹脂の破断もしくは樹脂/ガラスの界面剝離が生じている。従って補強材に適した樹脂の選択が必要になってくると考えられる。

試験体	0.042 Hz				
	ムーブメント 0.1mm-0.2mm	0.25mm-0.5mm	0.5mm-1.0mm	1.0mm-2.0mm	2.5mm-5.0mm
試験温度	-10℃				
繰り返し回数	5000	10000	15000	20000	25000
UPE-B型 ガラスマット(1)			(注) 1) 例 異常なし	△	下地から剝離
UPE-B型 ガラスマット(2)				△	

図-2 繰り返し試験結果

表-4. 樹脂の種類によるひびわれ追従性試験結果

試験体の種類	伸び量 (mm)	破断形式	一軸引張り接着力 (kg/mm ²)
UPE-A型/ガラスマット	0.2	剝離	21 (A)
UPE-B型/ガラスマット	2.2	剝離	28 (D)
UPE-C型/ガラスマット	2.3	中央破断	25 (A,C)
UPE-D型/ガラスマット	2.8	中央破断	11 (A,C)
UPE-D型/有機繊維※ 10<	10<	剝離	2.6 (C)
ウレタン 10<	10<	中央破断	9 (B)

(注) A: 治具/接着剤剝離 B: 接着剤/防水層剝離
C: 防水層/モルタル剝離 D: モルタル破断

※ 特殊プライマーで軟接着。

4. まとめ

ひびわれ追従性試験の結果、次のことを確認した。

- FRP防水材は使用する補強材の種類によって、破断形状が剝離と中央破断に分けられる。
- FRP防水材は使用する樹脂の強度によって、破断形状が分けられる。実用的には伸びと強度すなわち吸収エネルギーが駆体接着性とも関連して重要な要素になる様である。

今後は更に防水層の性状と駆体接着力との間の関係について詳細な研究を進めたい。最後に今回の検討に当り、ご協力いただいた関係各所に謝意を表します。

【参考文献】

- 例えば、波木、大浜: 皮膚防水層のひびわれ抵抗性、材料、V.120、208号
- 林 毅編: 複合材料工学、日科技連 大日本インキ化学工業株式会社