

1. 諸言

FRP はガラス繊維に樹脂を流し込んだ複合材料であるが、有機材料である樹脂と無機繊維であるガラスとでは接着性が悪いので、シランカップリング剤による界面処理を行う必要がある。界面処理を行うことにより、接着性や機械的強度の向上を図ることができるようになる。主な界面処理方法としては、浸漬法とスプレー法がある。浸漬法は、処理液をムラなく繊維表面に添付できるが大掛かりな設備必要であり、スプレー法は、装置が簡単で繊維によらず処理できるがムラが多く、均一な処理が難しい。

そこで本研究では図1に示すようなマイクロミスト法による界面処理法（本研究では、平行噴霧方式と呼ぶ）を提案する。これによって、複数の強化素材の界面処理を短時間で行うことができる。また、処理液が浸漬法より少量に抑えられ、非常に効率よく界面処理が可能になると思われる。本研究では、平行噴霧方式の設計パラメータを調べることを目的として、実験を行った。

2. 実験方法

2.1 平行噴霧方式による処理装置

図2に、本研究で用いた平行噴霧方式による処理装置の概略を示す。素材は厚さ2mmの亚克力板を用い、繊維がたわまないようスペーサーで挟み、繊維が直ぐに取り外せるようクリップなどで挟み、試験装置の大きさは縦320mm、横110mm、幅4mmになるように作製した。

実験時にはミスト噴射器の先端に取り付け、ミストを装置の中に流し込み、反対側から排出できるようにした

2.2 染色実験

実際に試験片を作製する前に蛍光染色液(8-TR-0001-1R)を用いてミストを発生させて、平行噴霧方式による染色実験を行った。キャリアガスの流量を5, 3, 2.5, 1.5(l/min)の4通り、散布時間を15秒, 30秒, 1分とし、計12通りの条件で実験を行った。その後暗室で散布した繊維にブラックライトを当てながらカメラで撮影した。

2.3 試験片作成

まず、購入時に付着しているガラス繊維の界面処理剤を除去する処理を行った。次に、垂直噴霧方式(NM)と平行噴霧方式(PM)により界面処理を行った。処理剤には1%濃度のエポキシシランカップリング剤(KBM-403)を用い、キャリアガス流量を2.5l/min、希釈ガス流量を7.5l/minとした。垂直噴霧方式は昨年度の研究と同じ条件、平行噴霧方式に関しては散布時間が15または30秒の条件を用いた。その後繊維を乾燥させ、12枚積層し、VaRTM法を用いてエポキシ樹脂を含浸させ、80℃で2時間炉に入れ完全硬化させた後、タブを付けた。その後FRPを幅20mm、高さ140mmの試験片に切り出し、側面の損傷観察を行うために研磨を行った。

2.4 引張試験と損傷観察

荷重を1kNずつ増加させ、その後除荷する負荷除荷試験を行った。試験は、試験片が破断するまで行われた。図3に示すように、ミスト噴出側から30, 60, 90mmの位置から10mmの範囲のレプリカを採取し、顕微鏡で観察を行い、それぞれの地点の10mm幅以内でのクラックの数をカウントした。本研究では、それぞれの観察エリアをSection 1, 2, 3と呼ぶ。な

お、界面処理なし(NON)、垂直噴霧方式(NM)による処理の試験については、中央部のみ損傷観察を行った。

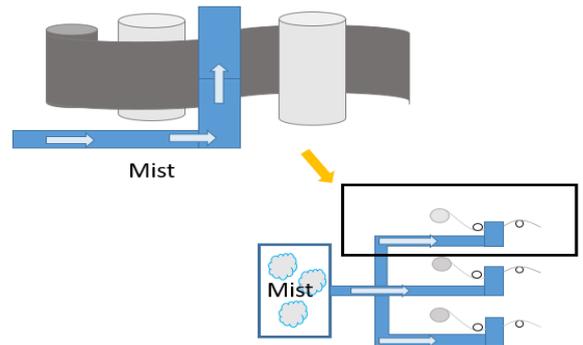


Fig.1 Interfacial treatment of fibers by parallel misting method

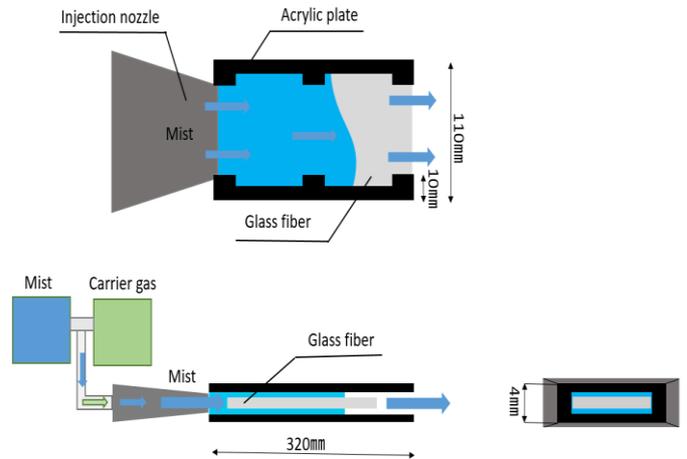


Fig.2 Schematic view of experimental interfacial treatment device by parallel misting method

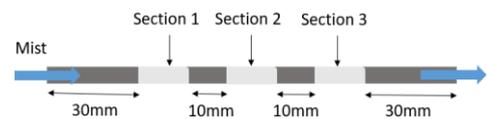


Fig.3 Observation area of specimen

3 実験結果および考察

3.1 染色実験の結果

図4に、条件がキャリア5(l/min)散布時間1分の試験片の写真を示す。図より、蛍光剤による光がうっすらと見えていることが分かる。しかし、今回の実験ではブラックライトの可視光と染色液の色合いが非常に似ており、散布時間が短い場合にはカメラで撮影された写真で識別するのは困難であった。今後染色実験をする際はより異なる色の染色液やブラックライトの可視光を防ぐため、フィルターを装備させるな

どの対策が必要であると思われる。

目視観察では、染色の有無を確認することができた。染色が確認できたものを○、出来なかったものを×として、観察結果を表1に示す。表1より、キャリアガスが2.5(l/min)、散布時間が30秒以下になると、染色が確認できなかったが、それ以外は染色を確認できたことが分かる。すなわち、キャリアガス流量が多いほど短時間で染色できることが分かった。この結果より、界面処理実験のパラメータには、キャリアガス2.5 l/min、散布時間15 または 30 秒を選んだ。

Table 1 Results of dyeing experiments

	1.5(l/min)	2.5(l/min)	3(l/min)	5(l/min)
15s	×	×	×	×
30s	×	○	○	○
1min	○	○	○	○

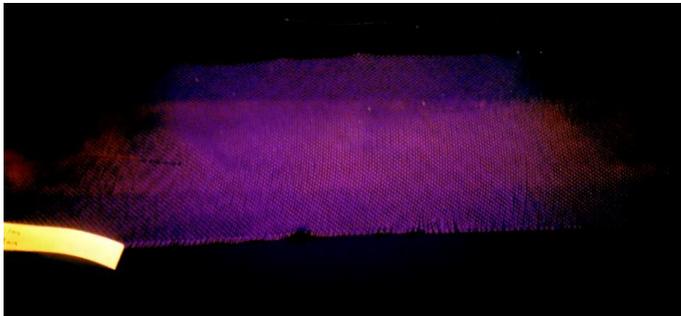


Fig.4 Photograph of fluorescence-dyed specimen (carrier gas flow: 5 l/min, spraying time: 1min.)

3.2 引張試験における損傷観察結果

図5に、2条件での荷重とクラックの変位の関係を示す。散布時間が30秒の試験片については、section 1とsection 2のクラック増加の振る舞いは、垂直噴霧方式の結果と同等のものになった、しかし散布時間が30秒のsection 3のクラック数については、section 1, 2よりも多く、処理なしの結果よりも少なくなることがわかった。これより散布時間が30秒では、section 2までは垂直噴霧方式と同等の界面処理が可能であることが言える。これに対し、散布時間が15秒の試験片については、すべての位置で処理なしの結果と同じクラック数となった。これらから処理液が繊維細部まで浸透しておらず、十分な界面強度が得られないことがわかる。よって、界面処理が完成するには最適な散布時間があり、本研究の装置の設定では幅70mmでは30秒間散布し続けなければ十分な界面強度が得られないことがわかった。この結果を踏まえて実用化した場合、繊維を10mm/sの速さで流すならば処理室の長さが300mm必要で、また処理できる繊維幅は70mmしかできないことが言える。

以上のことより、平行噴霧方式は水平噴霧方式と同等の界面強度が得られるが、強度を得るためには最適な散布時間が必要になり、最適な散布時間には処理室の長さに依存すると言える。

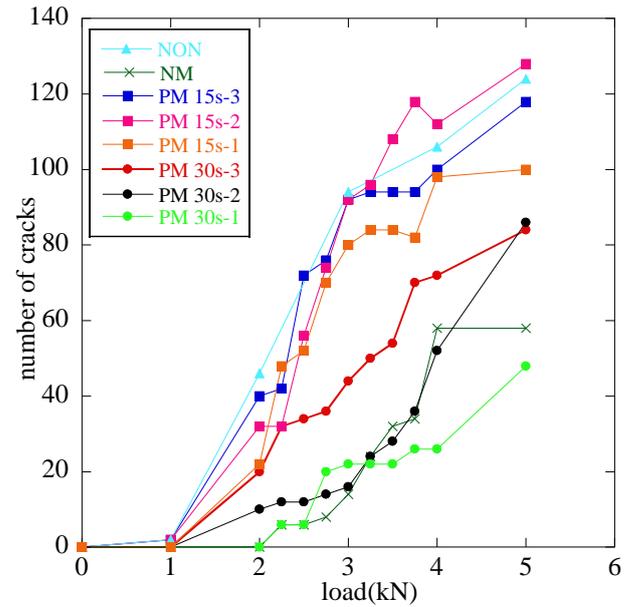
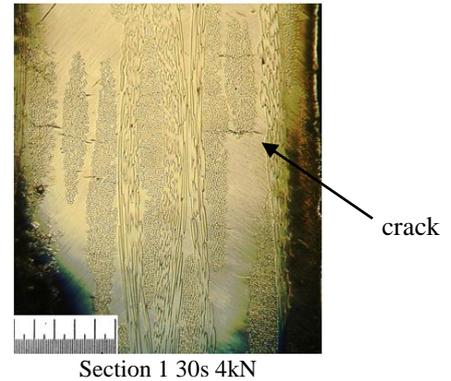
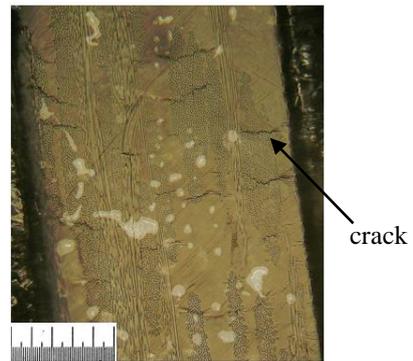


Fig.5 Relationship between load and number of cracks of GFRP specimens



Section 1 30s 4kN



Section 1 15s 4kN

Fig.6 Photographs of side-section of GFRP specimens

4. 結言

本研究では、平行噴霧方式の開発を目的として処理時間と流量が界面処理に与える影響を調べた結果、平行噴霧方式でも垂直噴霧方式と同等の界面強度が得られることがわかった。しかし平行に流しただけでは、繊維細部まで浸透するには最適な時間もしくは流量が必要であり、たとえ表面上は処理液が散布されていても十分な界面強度が得られないことがわかった。