

FRP(M)管の連続成形法(φ50~3000)

化成品事業部

1. はじめに

FRP(M)管とは、母材に樹脂を、分散材にガラス繊維または珪砂を組み合わせた材料を用いて成形した複合材料のパイプである。管の成形方法には大きく分けて、フィラメントワインディング(FW)法、遠心力成形法およびプルトルージョン(引抜)成形法の三種類があり、当社は主に連続FW成形法により口径50~3000mmまでを成形している。このような広範囲の口径を成形しているのは国内でも当社だけである。これは、他社にない技術とノウハウを基に、農下水管、電力および通信の保護管、ペンストック管などの広範囲な用途に対応しているからである。したがって、今回はこの優れた複合材料であるFRP(M)管のFW法による連続成形法について紹介する。

2. FRPとは

FRPは「Fiber Reinforced Plastics(繊維強化プラスチック)」の略称である。広い意味では、各種のプラスチック材料を、ガラス繊維や炭素繊維などの各種の繊維を使って強化した複合材料の総称であるが、単に「FRP」という場合は、不飽和ポリエステル樹脂やエポキシ樹脂などの熱硬化性樹脂をガラス繊維で強化した材料ならびに製品のことであり、GRPと呼ばれることもある。FRPは、一般的にプラスチック系の材料として分類されるが、その特性はむしろ金属系の材料特性に匹敵し、比

重に対する強度の割合が大きいため、「鉄より強い、アルミより軽い」材料として、さまざまな用途分野で広く活躍している。また、金属や木材と違って成形工場で樹脂とガラス繊維を組み合わせて材料を合成するので、強化材の割合を加減したり、樹脂の種類を選ぶことによって要求特性に応じた製品を得ることが可能である。

3. FRPM・FRP管の断面構成図および説明

FRPM管は、管の内外面にFRP層、中間部に樹脂モルタルを配し、サンドイッチ構造に一体成形して硬化したパイプであり、一般に強化プラスチック複合管といわれている。FRP層は、高強度のガラス長繊維をフィラメントワインディング法により円周方向に、また軸方向にも使用し、熱硬化性不飽和ポリエステル樹脂で硬化したもので、その大きな強度は、他のプラスチック製品よりはるかにすぐれている。内部の樹脂モルタルは、骨材を不飽和ポリエステル樹脂で硬化したものであり、セメントコンクリートより数倍大きい圧縮強度を有している。

力学的にみて内外のFRP層は、パイプに生ずる曲げ応力を負担し、また中間部の樹脂モルタルは、内外表面層を一定の間隔に保ち、剪断力を伝達するもので、合理的な構成となっている(図1参照)。これが内圧はもちろんのこと、特に土圧や活荷重などの外圧に対して、FRPM管が強度上すぐれている理由である。

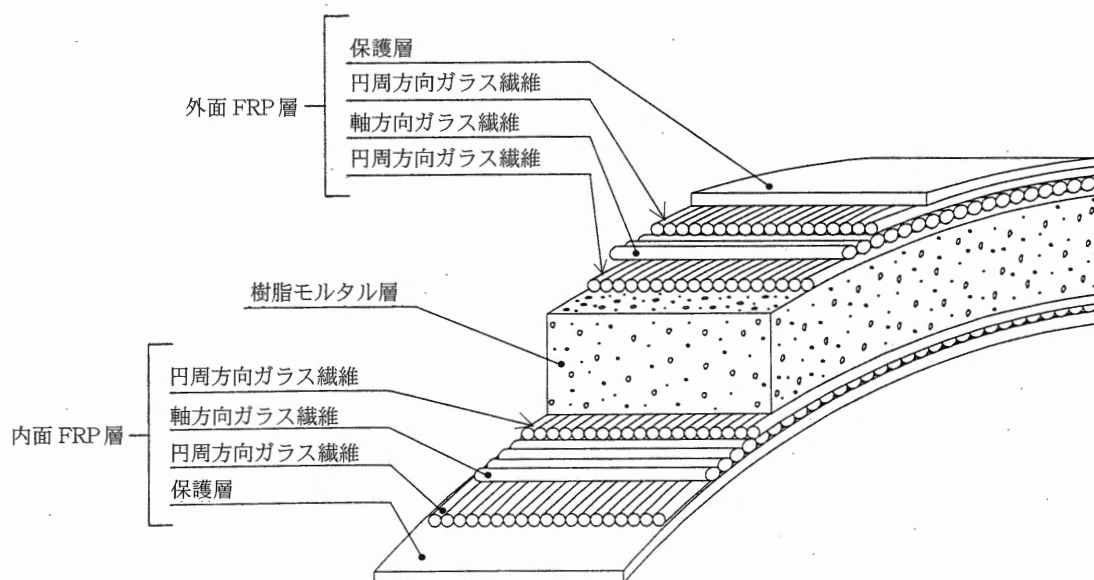


図1 FRPM管断面構造図

4. 管の成形方法

4.1 一般的な成形方法

1) フィラメントワインディング(FW)法

当事業部で成形している方法で、円形のマンドレルに樹脂を含浸させたガラス繊維を順次巻き付けて管を形成し、加熱硬化させる方法で、紙管方式、ドロストホルム方式、バッチ方式がある。

2) 遠心成形法

回転する円筒状の型枠内部に樹脂とガラス短繊維を投入し、遠心力により管を成形する方法。

3) プルトレーション(引抜)成形法

樹脂を含浸させたガラス繊維ロービングをダイスを通じて引き抜きながら加熱硬化させ管を成形する方法。

4) ハンドレイアップ成形法

型枠に樹脂を含浸させたガラス繊維を積層し、自然硬化させ管を成形する方法。

4.2 当事業部での成形方法

当事業部では、管の成形はFW法により行っているが、成形品の種類と適用口径により製造方法を定めている(表1参照)。

表1 製造方法の分類

製造方法	成形品の種類	適用口径
紙管方式	直管	φ 50～ 800
ドロストホルム方式	直管	φ 900～3000
バッチ方式	スムーズバンド管	φ 100～ 350

5. FW方法による連続成形法

5.1 概要

FW法とは、前述の通りフィラメントワインディング法の略称で、機械的強度の非常に高いFRP製品をつくるために開発された方法であり、引張り強さの大きいガラス長繊維を、熱硬化性樹脂を含浸させたガラス長繊維を芯筒に巻き付けて管を連続的に成形する方法である。また、この芯筒の口径サイズを換えることにより小口径から大口径の管を成形することが可能である。管の強度は、ガラス繊維の本数を調節することで用途別による強度設定ができる。

5.2 製造方法

FW法の連続成形法には紙管方式とドロストホルム方式があり、それぞれについての製造方法の概略を説明する。

1) 紙管方式(図2参照)

①一端を支持した円形のマンドレルに帯状紙を巻き付けて紙管を形成し、駆動装置により回転させつつ前方へ一定速度で送る。

②内面FRP層を形成するために軸および円周方向ガラス繊維を、含浸槽の不飽和ポリエステル樹脂を含浸させたガラス繊維を紙管に巻き付けた後、仮硬化するために硬化炉を通過させる。

③中間層を形成するためにペースト状の樹脂モルタルを巻き付ける。

④外面FRP層を内面FRP層と同様の工程で成形する。

⑤再び硬化炉を通過させ、完全硬化させる。

⑥カッターで定尺寸法に切断する。

⑦紙管を引き抜く。

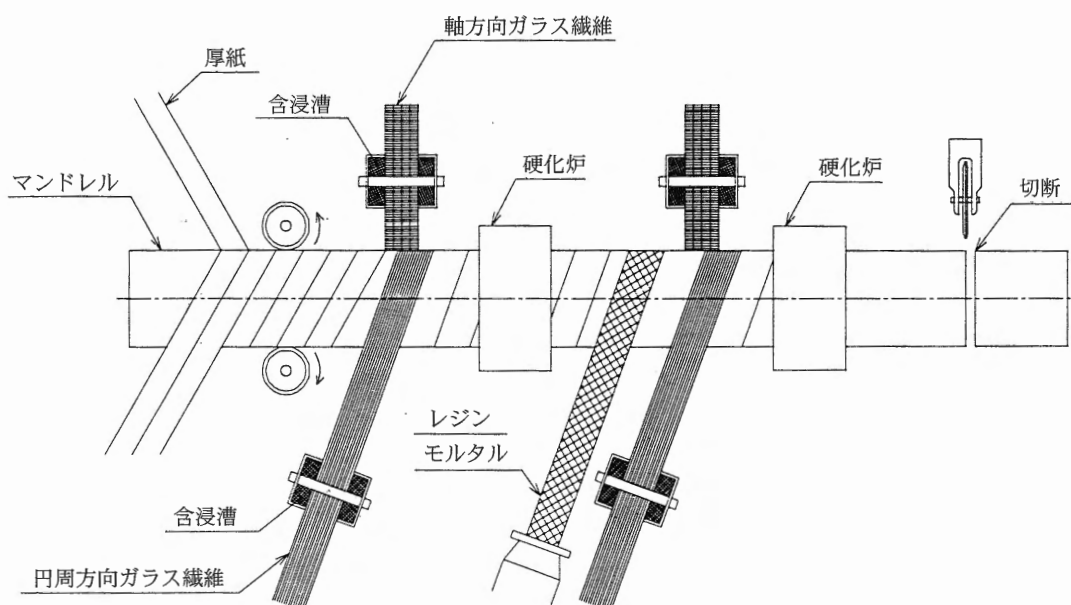


図2 紙管方式

2) ドロストホルム方式 (図3参照)

- ①一端を支持した回転する組立式の円形型枠の外面に帯状のスチールベルトを順次はめ込み、マンドレルを形成する。
- ②内面FRP層を形成するために軸および円周方向ガラス繊維を、含浸槽の不飽和ポリエステル樹脂を含浸させ

たガラス繊維をマンドレルに巻き付ける。

- ③中間層を形成するためにペースト状の樹脂モルタルを巻き付ける。
- ④外面FRP層を内面FRP層と同様の工程で成形する。
- ⑤硬化炉を通過させ、完全硬化させる。
- ⑥カッターで定尺寸法に切断する。

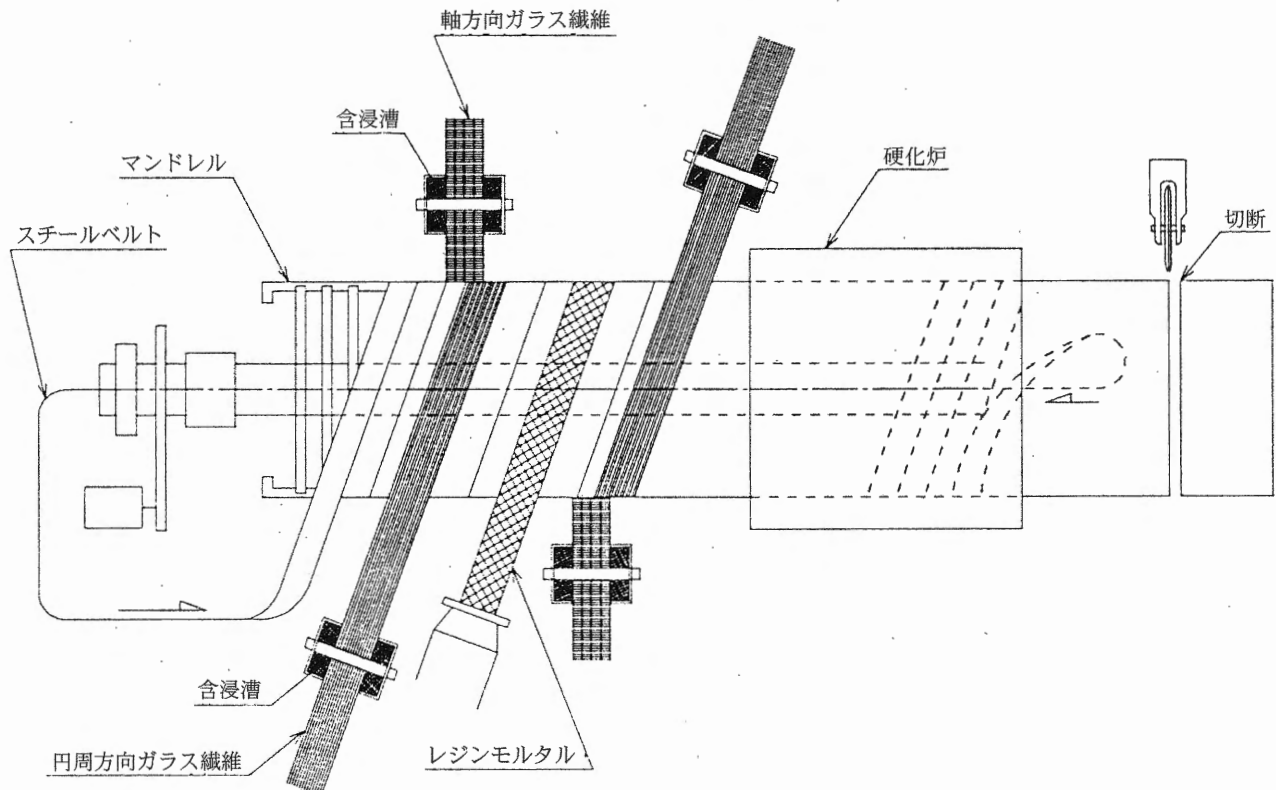


図3 ドロストホルム方式

6. おわりに

これまでに紹介したようにFW法による連続成形法は、文字通り連続的に管を成形するので生産効率が非常によく、品質も安定しており、FRPの特性を生かした合理的な管成形方法であるというすぐれた特長を有する。

このFRPの特性とは、金属などの等方性材料では、強度はある方向の最大応力で決まり、他の方向では余分な強度を持つこととなるが、FRPのような異方性の複合材料では、作用する力の大きさと方向に応じて合理的に繊維を配向させることができ、管の必要強度をガラス

繊維の投入方法により最大限に生かすことができるからである。また、用途の違いによる管強度の設定も、ガラス繊維の投入量を調整することで多岐にわたる対応が可能となっている。

したがって、小口径から大口径までに至る豊富な管種を取りそろえていることにより、建設省、農林水産省、電力会社など顧客への管資材の供給を充実させたものになっている。

(文責 化成品技術部・福岡敬介)