(19)日本国特許庁(JP)　(12)公開特許公報(A)　(11)特許出願公開番号
特開2004-209701
(P2004-209701A)
(43)公開日　平成16年7月29日(2004.7.29)

(51)Int.Cl.[7]	F I		テーマコード（参考）
B29C 70/16	B29C 67/14	A	4F205
// B29K 101:10	B29K 101:10		
B29K 105:08	B29K 105:08		
B29L 23:00	B29L 23:00		

審査請求 未請求　請求項の数 6　ＯＬ　（全 17 頁）

(21)出願番号　特願2002-379477(P2002-379477)
(22)出願日　平成14年12月27日(2002.12.27)

(71)出願人　000004444
新日本石油株式会社
東京都港区西新橋１丁目３番１２号
(74)代理人　100086287
弁理士　伊東　哲也
(72)発明者　竹村　振一
神奈川県横浜市中区千鳥町８番地新日本石油株式会社内
(72)発明者　佐野川　豊
東京都港区西新橋一丁目３番１２号新日本石油株式会社内

Ｆターム(参考)　4F205 AA39 AA41 AG08 AH49 HA02 HA23 HC16 HC17 HT02

(54)【発明の名称】排出装置用ＦＲＰ部材およびこれを使用したＦＲＰ製排出装置

(57)【要約】
【課題】軽量かつ高い剛性を備えた排出装置用ＦＲＰ部材およびかかる部材を使用したＦＲＰ製排出装置を提供する。
【解決手段】強化繊維とマトリックス樹脂で構成された耐蝕層と強化層を含む排出装置用ＦＲＰ部材であり、強化層の強化繊維が炭素繊維を含み、強化層の全強化繊維に対する炭素繊維の質量比率が２％以上５０％以下である排出装置用ＦＲＰ部材。
【選択図】　なし

【特許請求の範囲】
【請求項１】
強化繊維とマトリックス樹脂で構成された耐蝕層と強化層を含む排出装置用ＦＲＰ部材であり、強化層の強化繊維が炭素繊維を含み、強化層の全強化繊維に対する炭素繊維の質量比率が２％以上５０％以下である排出装置用ＦＲＰ部材。
【請求項２】
強化層における強化繊維の体積含有率が、強化層全体積基準で３０～７０体積％である請求項１に記載の排出装置用ＦＲＰ部材。
【請求項３】
強化層の強化繊維がガラス繊維および炭素繊維である請求項１または２に記載の排出装置用ＦＲＰ部材。
【請求項４】
炭素繊維の引張弾性率が２００ＧＰａ以上６５０ＧＰａ以下である請求項１乃至３のいずれか１つに記載の排出装置用ＦＲＰ部材。
【請求項５】
マトリックス樹脂が、不飽和ポリエステル樹脂、ビニルエステル樹脂およびエポキシ樹脂からなる群から選ばれる少なくとも１種である請求項１乃至４のいずれか１つに記載の排出装置用ＦＲＰ部材。
【請求項６】
請求項１乃至５のいずれか１つに記載の排出装置用ＦＲＰ部材を使用したＦＲＰ製排出装置。
【発明の詳細な説明】
【０００１】
【発明の属する技術分野】
本発明は、繊維強化複合材料で構成された、排出装置用ＦＲＰ（繊維強化プラスチック）部材および該部材を使用したＦＲＰ製排出装置に関する。
【０００２】
【従来の技術】
従来のＦＲＰ製排出装置例えばＦＲＰ製煙突には、強化繊維としてガラス繊維が多く用いられてきたが、ガラス繊維は炭素繊維と比べて弾性率が低いことが問題であった。すなわち、ガラス繊維のみを使用したＦＲＰ製煙突の場合、鉛直方向における圧縮座屈破壊を防ぐため、肉厚を増やすことで剛性を高める必要があった。しかしこの方法は、ＦＲＰ製煙突の質量を増加させるため、鉄骨製架構外筒あるいはＲＣ製外筒の設計強度を高めるほか、根本的な地盤の強化が求められる場合もあり、建設コストの増加を招くという欠点があった。
【０００３】
特許文献１および特許文献２には、耐蝕層、強化層、浸透防止層からなるＦＲＰ製煙突が記載され、その実施例では強化層はガラスマット５層とビニルエステル系樹脂等の常温硬化型熱硬化性樹脂と複合化しているものが記載されている。特許文献３にもガラス繊維と樹脂を用いたＦＲＰ製煙道が記載されている。
【０００４】
しかしこれらには具体的に炭素繊維と他の強化繊維とを組み合わせたＣＦＲＰ製排出装置の開示はなく、特許文献１、特許文献２および特許文献３に記載の煙突は質量が重く強度も十分でないという問題があった。
【０００５】
特許文献４にもＦＲＰを用いた煙突が記載されていますが、かかる煙突はコンクリート製であり、ＦＲＰは煙突本体の内面に取り付けられているに過ぎず、特許文献４に記載の煙突も質量が重く強度も十分でないという問題があった。
【０００６】
【特許文献１】

特開昭６２－１０３１３７号公報
【特許文献２】
特開昭６２－１０３１３８号公報
【特許文献３】
特開昭５３－１３４８９０号公報
【特許文献４】
特開平９－３０２９９６号公報
【０００７】
【発明が解決しようとする課題】
本発明の目的は、軽量かつ高い剛性を備えた排出装置用ＦＲＰ部材およびかかる部材を使用したＦＲＰ製排出装置を提供することにある。
【０００８】
【課題を解決するための手段】
即ち本発明は、強化繊維とマトリックス樹脂で構成された耐蝕層と強化層を含む排出装置用ＦＲＰ部材であり、強化層の強化繊維が炭素繊維を含み、強化層の全強化繊維に対する炭素繊維の質量比率が２％以上５０％以下である排出装置用ＦＲＰ部材に関する。
【０００９】
前記排出装置用ＦＲＰ部材において、強化層における強化繊維の体積含有率は、強化層全体積基準で３０～７０体積％であってもよい。
前記排出装置用ＦＲＰ部材において、強化層の強化繊維がガラス繊維および炭素繊維であってもよい。
前記排出装置用ＦＲＰ部材において、炭素繊維の引張弾性率が２００ＧＰａ以上６５０ＧＰａ以下であってもよい。
前記排出装置用ＦＲＰ部材において、マトリックス樹脂が、不飽和ポリエステル樹脂、ビニルエステル樹脂およびエポキシ樹脂からなる群から選ばれる少なくとも１種であってもよい。
【００１０】
また本発明は、本発明に係る前記排出装置用ＦＲＰ部材を使用したＦＲＰ製排出装置に関する。
【００１１】
【発明の実施の形態】
本発明における排出装置用ＦＲＰ部材は、排出装置に用いられた場合に排出装置内側を構成する耐蝕層と、排出装置外側を構成する強化層を含んでいる。本発明のＦＲＰ部材が用いられる排出装置としては、具体的には例えば煙突、排水管などが挙げられる。排出装置の形状は、どのような形状でもよく、具体的には例えば十字形、Ｉ字形、Ｌ字形、Ｓ字形、Ｔ字形、Ｖ字形およびＹ字形などが挙げられる。
【００１２】
耐蝕層は排気ガスや排水に直接触れる最内層を含んだ層であり、高い耐熱性とともに耐酸性、耐アルカリ性などに対する高耐薬品性および高耐水性が要求される。
【００１３】
強化層は排出装置の強度および剛性を支配しており、排出装置長手方向だけでなく横断方向との強度および剛性のバランスも重要である。排出装置の長手方向における強度および剛性は、排出装置長手方向における強度および剛性を高めるほか、排出装置の自重による圧縮座屈破壊を抑制するうえで重要である。また排出装置用ＦＲＰ部材としての曲げ剛性を高めることは、ＦＲＰ製排出装置の横断方向における剛性の向上につながり、風荷重等による断面の形状変化を抑制し、座屈（バックリング）による急激な破壊を防止するうえで重要である。
【００１４】
（強化層の構成部材）
強化層の強化繊維は、炭素繊維を含んでいる。また他の強化繊維としてガラス繊維を使用

し、炭素繊維と組み合わせて使用することができる。

【００１５】

前記炭素繊維としては、引張弾性率が通常、２００～６５０ＧＰａ、好ましくは２００～６００ＧＰａ、より好ましくは２００～５５０ＧＰａの炭素繊維や、引張強度が通常、３０００～６０００ＭＰａ、好ましくは３０００～５６００ＭＰａの炭素繊維を使用することができる。前記炭素繊維はポリアクリロニトリル（ＰＡＮ）系炭素繊維、ピッチ系炭素繊維のいずれでもよく、両者を組み合わせて使用することもできる。さらに前記炭素繊維の熱伝導率は５～３００Ｗ／（ｍ・Ｋ）、好ましくは５～２８０Ｗ／（ｍ・Ｋ）、より好ましくは５～２６０Ｗ／（ｍ・Ｋ）であってもよい。

【００１６】

前記ガラス繊維は、炭素繊維と比べて耐酸性および耐アルカリ性などの耐薬品性に劣るが、安価であり製造コストを抑えるうえで有利である。ガラス繊維の材質としてはＥガラス、Ｓガラス、Ｃガラス等が挙げられ、引張弾性率が通常、７０～９０ＧＰａ、好ましくは７０～８７．５ＧＰａ、より好ましくは７０～８５ＧＰａのガラス繊維や、引張強度が通常、３０００～５０００ＭＰａ、好ましくは３０００～４８００ＭＰａのガラス繊維を使用することができる。さらに前記ガラス繊維の熱伝導率は通常、０．１～３Ｗ／（ｍ・Ｋ）、好ましくは０．１～２．８Ｗ／（ｍ・Ｋ）であってもよい。

【００１７】

強化層における炭素繊維の使用量に関しては、強化層の全強化繊維に対する炭素繊維の質量比率が２％以上５０％以下、好ましくは２％以上４０％以下であることができる。強化層における炭素繊維の使用量が、強化層の全強化繊維に対して２質量％よりも低い場合、炭素繊維の積層量が過少であり、炭素繊維を使用することによる強度および剛性面に関する改善がほとんど見られないため、好ましくない。

【００１８】

強化層における炭素繊維の使用量が、強化層の全強化繊維に対して５０質量％を超える場合、２質量％以上５０質量％以下の範囲と比べて、炭素繊維の追加によっても曲げ剛性が上昇しにくくなるため、好ましくない。また排出装置の断熱性に関しては、炭素繊維の使用量が強化層の全強化繊維に対して５０質量％を超える場合、排出装置用ＦＲＰ部材として求められる断熱性が得られなくなるため、好ましくない。

【００１９】

本発明における炭素繊維を使用した排出装置用ＦＲＰ部材の面内方向、すなわち引張応力あるいは圧縮応力負荷時の面内強度および面内剛性は、従来のガラス繊維のみを使用した排出装置用ＦＲＰ部材に比して最大で２．５倍程度まで改善することが可能であり、言い換えれば、強度および剛性の向上分に相当する軽量化が可能となる。

【００２０】

従って、本発明における炭素繊維を含んだ排出装置用ＦＲＰ部材を使用したＦＲＰ製排出装置は、従来のガラス繊維のみからなるＦＲＰ製排出装置と比べて、機械的物性に優れており、軽量かつ排出装置の自重による圧縮座屈破壊を十分抑制できるという特徴を有する。

【００２１】

本発明における炭素繊維を使用した排出装置用ＦＲＰ部材の面外方向、すなわち曲げ応力を受けた場合における曲げ強度および曲げ剛性は、従来のガラス繊維のみを使用した排出装置用ＦＲＰ部材に比して、曲げ強度について最大で２．５倍程度、曲げ剛性に関して最大で３倍程度まで改善することが可能である。結果として本発明は、ＦＲＰ製排出装置としての長手方向における曲げ剛性および横断方向における剛性（圧壊剛性）を改善し、風荷重等による断面の形状変化を抑制し、バックリングによる急激な破壊が起こりにくいという優れた機械的特性を有する排出装置用ＦＲＰ部材およびこれを使用したＦＲＰ製排出装置を提供する。

【００２２】

強化層のマトリックス樹脂として、ポリエステル樹脂、ビニルエステル樹脂、エポキシ樹

脂またはこれらの２種以上の混合物を使用することができる。ポリエステル樹脂としては、オルソ系不飽和ポリエステル樹脂、イソ系不飽和ポリエステル樹脂、ビスフェノール系不飽和ポリエステル樹脂、ヘット酸系不飽和ポリエステル樹脂またはこれらの２種以上の混合物を用いることができる。ビニルエステル樹脂としては、エピビス系ビニルエステル樹脂、ノボラック系ビニルエステル樹脂、ハロゲン化ビス系ビニルエステル樹脂またはこれらの２種以上の混合物を用いることができる。エポキシ樹脂としては、エピビス系エポキシ樹脂などを用いることができる。

【００２３】

強化層における炭素繊維の使用形態に関して、連続繊維あるいは／および短繊維からなる、一方向シート、簾織りなどの一方向クロス、平織り、朱子織などの２方向クロス、チョップドストランドマットなどが挙げられる。

【００２４】

強化層におけるガラス繊維の使用形態に関して、連続繊維あるいは／および短繊維からなる、簾織りなどの一方向クロス、平織り、朱子織りなどの２方向クロス、ロービングクロス、チョップドストランドマットなどが挙げられる。

【００２５】

本発明における強化層には、炭素繊維およびガラス繊維を組み合わせて使用することができるが、その際はガラス繊維チョップドストランドマットと炭素繊維クロスを１層ずつあるいは複数層ずつ交互に積層して強化層を構成する；ガラス繊維ロービングクロスと炭素繊維クロスを１層ずつあるいは複数層ずつ交互に積層して強化層を構成する；１層あるいは複数層の炭素繊維クロスにガラス繊維チョップドストランドマットとガラス繊維ロービングクロスを１層ずつあるいは複数層ずつ交互に積層した後、最後に炭素繊維クロスを１層あるいは複数層積層して炭素繊維クロスの間にガラス繊維チョップドストランドマットとガラス繊維ロービングクロスを配置する；１層あるいは複数層の炭素繊維クロスにガラス繊維チョップドストランドマットとガラス繊維ロービングクロスを１層ずつあるいは複数層ずつ交互に積層する；ガラス繊維チョップドストランドマットとガラス繊維ロービングクロスを１層ずつあるいは複数層ずつ交互に積層した後、炭素繊維クロスを１層あるいは複数層積層する；あるいはガラス繊維チョップドストランドマット／炭素繊維クロス／ガラス繊維ロービングクロス／炭素繊維チョップドストランドマット／ガラス繊維チョップドストランドマットなどの順に積層し強化層を構成することができる。

【００２６】

前記炭素繊維クロスとして、簾織りなどの一方向クロス、平織り、朱子織などの２方向クロスなどを使用することが好ましい。

【００２７】

さらに、強化層に使用する炭素繊維とガラス繊維の組み合わせ形態としては様々な形態を採用できるが、例えば１層若しくは複数層のガラス繊維ロービングクロスまたは１層若しくは複数層のガラス繊維チョップドストランドマットの間に、１層若しくは複数層の炭素繊維一方向クロスまたは１層若しくは複数層の炭素繊維２方向クロスを挟むように積層したり、１層若しくは複数層のガラス繊維２方向クロスまたは１層若しくは複数層のガラス繊維チョップドストランドマットの間に、１層若しくは複数層の炭素繊維クロスまたは１層若しくは複数層の炭素繊維チョップドストランドマットを挟むように積層したりすることができる。

【００２８】

前述した幾つかの強化層積層構成に関して、炭素繊維クロスとガラス繊維チョップドストランドマットあるいはガラス繊維ロービングクロスを交互に積層することは、ＦＲＰ製排出装置の長手方向における強度および剛性を改善したい場合に適している。

【００２９】

一方、前記炭素繊維クロスを、強化層のうち耐蝕層に接する位置、排出装置の外側を構成する位置、あるいはこれら両方に積層することは、比較的少ない炭素繊維の使用量で排出装置用ＦＲＰ部材の曲げ剛性を改善したい場合に適している。

【００３０】
また熱伝導性に優れた炭素繊維層を耐蝕層に接する位置に積層することは、排煙等によるＦＲＰ製排出装置内壁の温度上昇を抑制するうえで有利である。
【００３１】
さらに寒冷地などにおいて外気温が極端に低く、排出装置内部温度が酸露点温度以下に低下しやすい場合あるいはミストが発生しやすい場合には、強化層の耐蝕層側に炭素繊維を比較的多めに使用して、炭素繊維の優れた熱伝導性によりＦＲＰ製排出装置の上下方向における温度勾配を小さくするとともに、排出装置外側を構成する部分にガラス繊維を比較的多めに使用し、ガラス繊維の断熱効果を利用して排出装置内部温度の低下を抑制することも有効である。
【００３２】
その他に、強化層においては、炭素繊維とガラス繊維を混織したり、短繊維同士を混合したり、織物と短繊維を組み合わせて使用することもできる。
【００３３】
本発明においては炭素繊維の配向方向を適宜設定することにより、排出装置の長手方向および横断方向に関する強度および剛性を制御することができる。例えば炭素繊維クロスとして一方向シートまたは簾織りなどの一方向クロスを使用する場合、ある炭素繊維層は、炭素繊維の配向方向が排出装置の長手方向と平行になるように積層し、ほかの炭素繊維層では、炭素繊維の配向方向が排出装置の横断方向と平行となるように積層することができる。排出装置長手方向に繊維を配向させると曲げ剛性を向上させ、風圧を受けた際の排出装置の振れを抑制することができる。一方、横断方向に繊維を配向させると横断方向の剛性が向上し、断面変形による座屈破壊を抑制することができる。
【００３４】
長手方向と横断方向の繊維の配向比率を適宜設定することで両者の特徴を併せ持つ最適な排出装置の強度を得ることができる。長手方向および横断方向に配向する炭素繊維の積層量に関して、長手方向：横断方向の比率を４：６～６：４とすることができる。特に、強化層に炭素繊維からなる２方向クロスを使用した場合、排出装置の長手方向および横断方向における剛性および強度を同時に改善できるため非常に効果がある。
【００３５】
強化層における強化繊維の体積含有率は、強化層全体積基準で３０～７０体積％とすることができ、好ましくは３０～６５体積％、より好ましくは３０～６０体積％とすることができ、耐蝕層よりも強化繊維体積含有率を高めることが好ましい。これにより引張強度、圧縮強度、曲げ強度、引張弾性率、圧縮弾性率、曲げ弾性率等を高めることができ、排出装置全体において強度、剛性等の機械的物性を向上することができる。
【００３６】
本発明における強化層の肉厚は、排出装置用ＦＲＰ部材の全肉厚に対して、５０％以上９５％以下であることができる。
【００３７】
（耐蝕層の構成部材）
耐蝕層は煙や排水等に直接触れる部分であり、高い耐熱性とともに耐酸性、耐アルカリ性などの耐薬品性、耐水性などが求められる。
【００３８】
耐蝕層の強化繊維としてガラス繊維を使用することができる。ガラス繊維の材質としてはＥガラス、Ｓガラス、Ｃガラス等を挙げることができ、引張弾性率が通常、６７～９０ＧＰａ、好ましくは６７～８７．５ＧＰａのガラス繊維や、引張強度が通常、１０００～５０００ＭＰａ、好ましくは１０００～４８００ＭＰａのガラス繊維を使用することができる。さらに前記ガラス繊維の熱伝導率は通常、０．１～３Ｗ／（ｍ・Ｋ）、好ましくは０．１～２．８Ｗ／（ｍ・Ｋ）であってもよい。
【００３９】
耐蝕層における強化繊維の体積含有率は、耐蝕層全体積基準で５～３０体積％、好ましく

は５～２８体積％とすることができ、マトリックス樹脂含有量を高めることが好ましく、これにより高い耐薬品性および耐水性を耐蝕層に付与することができる。

【００４０】

耐蝕層のマトリックス樹脂として、ポリエステル樹脂、ビニルエステル樹脂、エポキシ樹脂またはこれらの２種以上の混合物を使用することができる。ポリエステル樹脂としては、オルソ系不飽和ポリエステル樹脂、イソ系不飽和ポリエステル樹脂、ビスフェノール系不飽和ポリエステル樹脂、ヘット酸系不飽和ポリエステル樹脂またはこれらの２種以上の混合物を用いることができる。ビニルエステル樹脂としては、エピビス系ビニルエステル樹脂、ノボラック系ビニルエステル樹脂、ハロゲン化ビス系ビニルエステル樹脂またはこれらの２種以上の混合物を用いることができる。エポキシ樹脂としては、エピビス系エポキシ樹脂などを用いることができる。

【００４１】

耐蝕層におけるガラス繊維の使用形態に関して、連続繊維あるいは／および短繊維からなる、簾織りなどの一方向クロス、平織り、朱子織りなどの２方向クロス、ロービングクロス、チョップドストランドマット、サーフェイシングマットなどが挙げられる。

【００４２】

耐蝕層として、煙や排水等と接触する排出装置最内層にガラス繊維サーフェイシングマットを使用することができる。耐蝕層に使用するガラス繊維の組み合わせには様々な形態を採用することができるが、ガラス繊維サーフェイシングマットおよびガラス繊維チョップドストランドマットおよびガラス繊維ロービングクロスを積層することにより耐蝕層を構成する、ガラス繊維サーフェイシングマットとガラス繊維チョップドストランドマットを１層または数層重ね合わせたものを積層して耐蝕層を構成する、あるいはガラス繊維チョップドストランドマットのみを１層または数層積層して耐蝕層を構成することができる。その他に、ガラス繊維織物とガラス短繊維を組み合わせて使用することもできる。

【００４３】

（排出装置用ＦＲＰ部材およびＦＲＰ製排出装置の製造方法）

本発明における排出装置用ＦＲＰ部材およびこれを使用したＦＲＰ製排出装置は、中空であればどのような形状でもよいが、例えばパイプ状マンドレルを使用し、フィラメントワインディング法、ハンドレイアップ法などにより円筒状のものを製造することができる。また引き抜き成形法によっても、上記排出装置用ＦＲＰ部材を製造することができる。

【００４４】

最初に耐蝕層を積層し、その後耐蝕層の上に強化層を積層する。また場合によっては、強化層の外側（上）に外層を積層することもできる。マトリックス樹脂は、耐蝕層、強化層、外層で別々に硬化することもできるし、これらのうちの２つ以上の層をまとめて硬化することもできる。最初に、耐蝕層の肉厚が排出装置用ＦＲＰ部材の全層厚みの５％以上５０％以下、また耐蝕層におけるガラス繊維の体積含有率が耐蝕層全体積基準で５～３０体積％となるように、所定の量のガラス繊維および樹脂を使用して耐蝕層を積層した後、強化層の肉厚が排出装置用ＦＲＰ部材の全層厚みの５０％以上９５％以下となるように、また強化層における強化繊維の体積含有率が強化層全体積基準で３０～７０体積％となるように、所定の量の強化繊維および樹脂を使用して強化層を積層する。

【００４５】

外層は、紫外線、雨などに対する耐候性をＦＲＰ部材に付与する目的で強化層外側に積層され、外層におけるガラス繊維の体積含有率が外層全体積基準で５～３０体積％となるように、所定量のガラス繊維および樹脂を使用し、また外層の肉厚が０．５ｍｍ以上２．０ｍｍ以下となるように強化層の外側に積層することができる。

【００４６】

積層方法は特に制限されないが、例えば前記クロスやマットをマンドレル等に巻き付けながら、これらの強化繊維にマトリックス樹脂を含浸していく方法や、前記クロスやマットの繊維にマトリックス樹脂を含浸して得られたものをマンドレル等に巻き付けていく方法などが挙げられる。

【００４７】
積層して得られた積層体を硬化した後、マンドレルを取り除くことにより、排出装置用ＦＲＰ部材あるいはこれを使用したＦＲＰ製排出装置が得られる。
【００４８】
【実施例】
以下に示すように排出装置用ＦＲＰパイプを製作し、直径方向へのつぶれ試験によりパイプの円周方向に関する剛性を測定した後、このＦＲＰパイプから短冊形のサンプルを切り出し、引張試験によりＦＲＰパイプ長手方向における引張物性を、また曲げ試験により排出装置用ＦＲＰ部材としての曲げ物性をそれぞれ測定した。
【００４９】
実施例１
強化繊維として、ＰＡＮ系炭素繊維からなる２方向炭素繊維クロス（ＣＣ▲１▼と略す、炭素繊維（東レ製Ｔ７００Ｓ（商品名）、引張強度４９００ＭＰａ、引張弾性率２３０ＧＰａ、熱伝導率８Ｗ／（ｍ・Ｋ））、炭素繊維総質量３００ｇ／m^2、縦糸質量１５０ｇ／m^2、横糸質量１５０ｇ／m^2）、ガラス繊維チョップドストランドマット（ＧＭと略す、ガラス繊維（Ｅガラス、引張強度３４００ＭＰａ、引張弾性率７３ＧＰａ、熱伝導率１Ｗ／（ｍ・Ｋ））、ガラス繊維質量４５０ｇ／m^2）、ガラス繊維ロービングクロス（ＧＲと略す、ガラス繊維（Ｅガラス、引張強度３４００ＭＰａ、引張弾性率７３ＧＰａ、熱伝導率１Ｗ／（ｍ・Ｋ））、ガラス繊維質量８１０ｇ／m^2）およびガラス繊維サーフェイシングマット（ＧＳと略す、ガラス繊維（Ｅガラス、引張強度３４００ＭＰａ、引張弾性率７３ＧＰａ、熱伝導率１Ｗ／（ｍ・Ｋ））、ガラス繊維質量３０ｇ／m^2）の４種類の基材を使用した。
【００５０】
マンドレルには、直径２０００ｍｍ、長手方向の長さ１５００ｍｍのものを使用し、前記クロスやマットを巻き付ける前に、マンドレルに離型剤を塗布した。マトリックス樹脂としてビニルエステル樹脂を前記クロスやマットの強化繊維に含浸させながら、マンドレルにこれらクロスやマットを巻き付けるフィラメントワインディング法により得られたものを硬化してＦＲＰパイプを製造した。
【００５１】
ＦＲＰパイプの内側から外側へ順に耐蝕層、強化層および外層を積層した。ＦＲＰパイプ内側から外側における積層構成、すなわち強化繊維基材は、ＧＳ／ＧＭ／ＧＭ／ＣＣ▲１▼／ＧＭ／ＧＲ／ＧＭ／ＧＲ／ＧＭ／ＧＲ／ＧＭ／ＧＲ／ＧＭ／ＧＳとし、ＦＲＰパイプの内側から３層目までのＧＳ／ＧＭ／ＧＭを耐蝕層とし、４層目から１２層目までのＣＣ▲１▼／ＧＭ／ＧＲ／ＧＭ／ＧＲ／ＧＭ／ＧＲ／ＧＭ／ＧＲを強化層とし、１３層目および１４層目のＧＭ／ＧＳを外層とした。すなわち強化層においては、耐蝕層と接する側に２方向炭素繊維クロスＣＣ▲１▼が積層されていることになる。
【００５２】
ビニルエステル樹脂を供給しながら、耐蝕層、強化層および外層の順に強化繊維クロスや強化繊維マットをマンドレルに巻き付ける際、耐蝕層、強化層および外層それぞれにおける強化繊維の体積含有率が所定の値となるように、樹脂量を調整した。
【００５３】
すべての強化繊維クロスおよび強化繊維マットを積層し、８０℃×６時間の条件下で硬化した後、マンドレルを抜き取り、長さ１３００ｍｍのＦＲＰパイプを得た。このＦＲＰパイプの両端部を切断することにより、長さ１０００ｍｍ、内径２０００ｍｍ、肉厚１０．３ｍｍの排出装置用ＦＲＰパイプを得た。耐蝕層の肉厚は２．０ｍｍ、耐蝕層の強化繊維の体積含有率は耐蝕層全体積基準で約１９体積％であった。強化層の肉厚は７．２ｍｍ、強化層の強化繊維の体積含有率は強化層全体積基準で約４８体積％であった。外層の肉厚は１．１ｍｍ、外層の強化繊維の体積含有率は外層全体積基準で約１９体積％であった。また質量は１１３ｋｇであった。
【００５４】

図１（ａ）は、パイプの自重によるパイプ直径の変位を示し、図１（ｂ）は、パイプの自重と４９０Ｎ負荷によるパイプ直径の変位を示す。図１中、１は試験台、２はＦＲＰパイプ、ｄはパイプ直径、Ｌ１は自重による直径変位およびＬ２は自重＋４９０Ｎ負荷による直径変位をそれぞれ示す。図１に示すように、ＦＲＰパイプの円周方向に関する剛性を測定するため、試験台１上にＦＲＰパイプ２を横向きに置き、最初に自重による直径の変位Ｌ１を測定し、さらにＦＲＰパイプの上部より４９０Ｎの荷重を負荷した場合の直径の変位Ｌ２を測定した。

【００５５】

さらに前記ＦＲＰパイプから、長手方向の長さ２５０ｍｍ、円周方向における幅２５ｍｍの短冊形の試験片を切り出し、引張試験によりＦＲＰパイプの長手方向に関する引張物性を測定した。また同様に、長手方向の長さ２５０ｍｍ、円周方向における幅２５ｍｍの短冊形の試験片を使用し、三点曲げ試験により排出装置用ＦＲＰ部材としての曲げ物性を測定した。三点曲げ試験において、支点間距離は試験片厚み１０．３ｍｍ×１６＝１６４．８ｍｍとし、支点間の中央部に曲げ荷重を負荷した。結果を表１に示す。表中、ＣＦは炭素繊維を、ＧＦはガラス繊維をそれぞれ示す。

【００５６】

実施例２

ＰＡＮ系炭素繊維からなる２方向炭素繊維クロス（ＣＣ▲１▼と略す、炭素繊維（東レ製Ｔ７００Ｓ（商品名）、引張強度４９００ＭＰａ、引張弾性率２３０ＧＰａ、熱伝導率８Ｗ／（ｍ・Ｋ））、炭素繊維総質量３００ｇ／m^2、縦糸質量１５０ｇ／m^2、横糸質量１５０ｇ／m^2）、ガラス繊維チョップドストランドマット（ＧＭと略す、ガラス繊維（Ｅガラス、引張強度３４００ＭＰａ、引張弾性率７３ＧＰａ、熱伝導率１Ｗ／（ｍ・Ｋ））、ガラス繊維質量４５０ｇ／m^2）、ガラス繊維ロービングクロス（ＧＲと略す、ガラス繊維（Ｅガラス、引張強度３４００ＭＰａ、引張弾性率７３ＧＰａ、熱伝導率１Ｗ／（ｍ・Ｋ））、ガラス繊維質量８１０ｇ／m^2）およびガラス繊維サーフェイシングマット（ＧＳと略す、ガラス繊維（Ｅガラス、引張強度３４００ＭＰａ、引張弾性率７３ＧＰａ、熱伝導率１Ｗ／（ｍ・Ｋ））、ガラス繊維質量３０ｇ／m^2）の４種類の基材を使用した。

【００５７】

マンドレルには、直径２０００ｍｍ、長手方向の長さ１５００ｍｍのものを使用し、前記クロスやマットを巻き付ける前に、マンドレルに離型剤を塗布した。マトリックス樹脂としてビニルエステル樹脂を前記クロスやマットの強化繊維に含浸させながら、マンドレルにこれらクロスやマットを巻き付けるフィラメントワインディング法により得られたものを硬化してＦＲＰパイプを製造した。

【００５８】

ＦＲＰパイプの内側から外側へ順に耐蝕層、強化層および外層を積層した。ＦＲＰパイプ内側から外側における積層構成、すなわち強化繊維基材は、ＧＳ／ＧＭ／ＧＭ／ＣＣ▲１▼／ＧＭ／ＧＲ／ＧＭ／ＧＲ／ＧＭ／ＧＲ／ＧＭ／ＣＣ▲１▼／ＧＭ／ＧＳとし、ＦＲＰパイプの内側から３層目までのＧＳ／ＧＭ／ＧＭを耐蝕層とし、４層目から１２層目までのＣＣ▲１▼／ＧＭ／ＧＲ／ＧＭ／ＧＲ／ＧＭ／ＧＲ／ＧＭ／ＣＣ▲１▼を強化層とし、１３層目および１４層目のＧＭ／ＧＳを外層とした。すなわち強化層においては、耐蝕層に接する側と外層に接する側に２方向炭素繊維クロスＣＣ▲１▼が積層されていることになる。

【００５９】

ビニルエステル樹脂を供給しながら、耐蝕層、強化層および外層の順に強化繊維クロスや強化繊維マットをマンドレルに巻き付ける際、耐蝕層、強化層および外層それぞれにおける強化繊維の体積含有率が所定の値となるように、樹脂量を調整した。

【００６０】

すべての強化繊維クロスおよび強化繊維マットを積層し、８０℃×６時間の条件下で硬化した後、マンドレルを抜き取り、長さ１３００ｍｍのＦＲＰパイプを得た。このＦＲＰパ

イプの両端部を切断することにより、長さ１０００ｍｍ、内径２０００ｍｍ、肉厚９．８ｍｍの排出装置用ＦＲＰパイプを得た。耐蝕層の肉厚は２．０ｍｍ、耐蝕層の強化繊維の体積含有率は耐蝕層全体積基準で約１９体積％であった。強化層の肉厚は６．７ｍｍ、強化層の強化繊維の体積含有率は強化層全体積基準で約４８体積％であった。外層の肉厚は１．１ｍｍ、外層の強化繊維の体積含有率は外層全体積基準で約１９体積％であった。また質量は１０６ｋｇであった。

【００６１】

実施例１と同様にパイプのつぶれ試験により、円周方向に関するＦＲＰパイプの剛性を測定した。また実施例１と同様に短冊形の試験片を切り出し、ＦＲＰパイプの長手方向に関する引張物性および排出装置用ＦＲＰ部材としての曲げ物性を測定した。三点曲げ試験において、支点間距離は試験片厚み９．８ｍｍ×１６＝１５６．８ｍｍとし、支点間の中央部に曲げ荷重を負荷した。結果を表１に示す。

【００６２】

実施例３

ピッチ系炭素繊維からなる２方向炭素繊維クロス（ＣＣ▲２▼と略す、炭素繊維（日本グラファイトファイバー製ＸＮ－６０（商品名）、引張強度３４００ＭＰａ、引張弾性率６２０ＧＰａ、熱伝導率１８０Ｗ／（ｍ・Ｋ））、炭素繊維総質量３００ｇ／m^2、縦糸質量１５０ｇ／m^2、横糸質量１５０ｇ／m^2）、ガラス繊維チョップドストランドマット（ＧＭと略す、ガラス繊維（Ｅガラス、引張強度３４００ＭＰａ、引張弾性率７３ＧＰａ、熱伝導率１Ｗ／（ｍ・Ｋ））、ガラス繊維質量４５０ｇ／m^2）、ガラス繊維ロービングクロス（ＧＲと略す、ガラス繊維（Ｅガラス、引張強度３４００ＭＰａ、引張弾性率７３ＧＰａ、熱伝導率１Ｗ／（ｍ・Ｋ））、ガラス繊維質量８１０ｇ／m^2）およびガラス繊維サーフェイシングマット（ＧＳと略す、ガラス繊維（Ｅガラス、引張強度３４００ＭＰａ、引張弾性率７３ＧＰａ、熱伝導率１Ｗ／（ｍ・Ｋ））、ガラス繊維質量３０ｇ／m^2）の４種類の基材を使用した。

【００６３】

マンドレルには、直径２０００ｍｍ、長手方向の長さ１５００ｍｍのものを使用し、前記クロスやマットを巻き付ける前に、マンドレルに離型剤を塗布した。マトリックス樹脂としてビニルエステル樹脂を前記クロスやマットの強化繊維に含浸させながら、マンドレルにこれらクロスやマットを巻き付けるフィラメントワインディング法により得られたものを硬化してＦＲＰパイプを製造した。

【００６４】

ＦＲＰパイプの内側から外側へ順に耐蝕層、強化層および外層を積層した。ＦＲＰパイプ内側から外側における積層構成、すなわち強化繊維基材は、ＧＳ／ＧＭ／ＧＭ／ＣＣ▲２▼／ＧＭ／ＧＲ／ＧＭ／ＧＲ／ＧＭ／ＧＲ／ＧＭ／ＣＣ▲２▼／ＧＭ／ＧＳとし、ＦＲＰパイプの内側から３層目までのＧＳ／ＧＭ／ＧＭを耐蝕層とし、４層目から１２層目までのＣＣ▲２▼／ＧＭ／ＧＲ／ＧＭ／ＧＲ／ＧＭ／ＧＲ／ＧＭ／ＣＣ▲２▼を強化層とし、１３層目および１４層目のＧＭ／ＧＳを外層とした。すなわち強化層においては、耐蝕層に接する側と外層に接する側に２方向炭素繊維クロスＣＣ▲２▼が配置されていることになる。

【００６５】

ビニルエステル樹脂を供給しながら、耐蝕層、強化層および外層の順に強化繊維クロスや強化繊維マットをマンドレルに巻き付ける際、耐蝕層、強化層および外層それぞれにおける強化繊維の体積含有率が所定の値となるように、樹脂量を調整した。

【００６６】

すべての強化繊維クロスおよび強化繊維マットを積層し、８０℃×６時間の条件下で硬化した後、マンドレルを抜き取り、長さ１３００ｍｍのＦＲＰパイプを得た。このＦＲＰパイプの両端部を切断することにより、長さ１０００ｍｍ、内径２０００ｍｍ、肉厚９．８ｍｍの排出装置用ＦＲＰパイプを得た。耐蝕層の肉厚は２．０ｍｍ、耐蝕層の強化繊維の体積含有率は耐蝕層全体積基準で約１９体積％であった。強化層の肉厚は６．７ｍｍ、強

化層の強化繊維の体積含有率は強化層全体積基準で約４８体積％であった。外層の肉厚は１．１ｍｍ、外層の強化繊維の体積含有率は外層全体積基準で約１９体積％であった。また質量は１０７ｋｇであった。

【００６７】

実施例１と同様にパイプのつぶれ試験により、円周方向に関するＦＲＰパイプの剛性を測定した。また実施例１と同様に短冊形の試験片を切り出し、ＦＲＰパイプの長手方向に関する引張物性および排出装置用ＦＲＰ部材としての曲げ物性を測定した。三点曲げ試験において、支点間距離は試験片厚み９．８ｍｍ×１６＝１５６．８ｍｍとし、支点間の中央部に曲げ荷重を負荷した。結果を表１に示す。

【００６８】

実施例４

ＰＡＮ系炭素繊維からなる２方向炭素繊維クロス（ＣＣ▲１▼と略す、炭素繊維（東レ製Ｔ７００Ｓ（商品名）、引張強度４９００ＭＰａ、引張弾性率２３０ＧＰａ、熱伝導率８Ｗ／（ｍ・Ｋ））、炭素繊維総質量３００ｇ／m^2、縦糸質量１５０ｇ／m^2、横糸質量１５０ｇ／m^2）、ガラス繊維チョップドストランドマット（ＧＭと略す、ガラス繊維（Ｅガラス、引張強度３４００ＭＰａ、引張弾性率７３ＧＰａ、熱伝導率１Ｗ／（ｍ・Ｋ））、ガラス繊維質量４５０ｇ／m^2）およびガラス繊維サーフェイシングマット（ＧＳと略す、ガラス繊維（Ｅガラス、引張強度３４００ＭＰａ、引張弾性率７３ＧＰａ、熱伝導率１Ｗ／（ｍ・Ｋ））、ガラス繊維質量３０ｇ／m^2）の３種類の基材を使用した。

【００６９】

マンドレルには、直径２０００ｍｍ、長手方向の長さ１５００ｍｍのものを使用し、前記クロスやマットを巻き付ける前に、マンドレルに離型剤を塗布した。マトリックス樹脂としてビニルエステル樹脂を前記クロスやマットの強化繊維に含浸させながら、マンドレルにこれらクロスやマットを巻き付けるフィラメントワインディング法により得られたものを硬化してＦＲＰパイプを製造した。

【００７０】

ＦＲＰパイプの内側から外側へ順に耐蝕層、強化層および外層を積層した。ＦＲＰパイプ内側から外側における積層構成、すなわち強化繊維基材は、ＧＳ／ＧＭ／ＧＭ／ＣＣ▲１▼／ＧＭ／ＣＣ▲１▼／ＧＭ／ＣＣ▲１▼／ＧＭ／ＣＣ▲１▼／ＧＭ／ＣＣ▲１▼／ＧＭ／ＧＳとし、ＦＲＰパイプの内側から３層目までのＧＳ／ＧＭ／ＧＭを耐蝕層とし、４層目から１２層目までのＣＣ▲１▼／ＧＭ／ＣＣ▲１▼／ＧＭ／ＣＣ▲１▼／ＧＭ／ＣＣ▲１▼／ＧＭ／ＣＣ▲１▼を強化層とし、１３層目および１４層目のＧＭ／ＧＳを外層とした。すなわち強化層においては、２方向炭素繊維クロスＣＣ▲１▼とガラス繊維チョップドストランドマットＧＭが交互に積層されていることになる。

【００７１】

ビニルエステル樹脂を供給しながら、耐蝕層、強化層および外層の順に強化繊維クロスや強化繊維マットをマンドレルに巻き付ける際、耐蝕層、強化層および外層それぞれにおける強化繊維の体積含有率が所定の値となるように、樹脂量を調整した。

【００７２】

すべての強化繊維クロスや強化繊維マットを積層し、８０℃×６時間の条件下で硬化した後、マンドレルを抜き取り、長さ１３００ｍｍのＦＲＰパイプを得た。このＦＲＰパイプの両端部を切断することにより、長さ１０００ｍｍ、内径２０００ｍｍ、肉厚８．３ｍｍの排出装置用ＦＲＰパイプを得た。耐蝕層の肉厚は２．０ｍｍ、耐蝕層の強化繊維の体積含有率は耐蝕層全体積基準で約１９体積％であった。強化層の肉厚は５．２ｍｍ、強化層の強化繊維の体積含有率は強化層全体積基準で約４８体積％であった。外層の肉厚は１．１ｍｍ、外層の強化繊維の体積含有率は外層全体積基準で約１９体積％であった。また質量は８６ｋｇであった。

【００７３】

実施例１と同様にパイプのつぶれ試験により、円周方向に関するＦＲＰパイプの剛性を測定した。また実施例１と同様に短冊形の試験片を切り出し、ＦＲＰパイプの長手方向に関

する引張物性および排出装置用ＦＲＰ部材としての曲げ物性を測定した。三点曲げ試験において、支点間距離は試験片厚み８．３ｍｍ×１６＝１３２．８ｍｍとし、支点間の中央部に曲げ荷重を負荷した。結果を表１に示す。

【００７４】

実施例５

ＰＡＮ系炭素繊維からなる２方向炭素繊維クロス（ＣＣ▲１▼と略す、炭素繊維（東レ製Ｔ７００Ｓ（商品名）、引張強度４９００ＭＰａ、引張弾性率２３０ＧＰａ、熱伝導率８Ｗ／（ｍ・Ｋ））、炭素繊維総質量３００ｇ／m^2、縦糸質量１５０ｇ／m^2、横糸質量１５０ｇ／m^2）、ガラス繊維チョップドストランドマット（ＧＭと略す、ガラス繊維（Ｅガラス、引張強度３４００ＭＰａ、引張弾性率７３ＧＰａ、熱伝導率１Ｗ／（ｍ・Ｋ））、ガラス繊維質量４５０ｇ／m^2）およびガラス繊維サーフェイシングマット（ＧＳと略、ガラス繊維（Ｅガラス、引張強度３４００ＭＰａ、引張弾性率７３ＧＰａ、熱伝導率１Ｗ／（ｍ・Ｋ））、ガラス繊維質量３０ｇ／m^2）の３種類の基材を使用した。

【００７５】

マンドレルには、直径２０００ｍｍ、長手方向の長さ１５００ｍｍのものを使用し、前記クロスやマットを巻き付ける前に、マンドレルに離型剤を塗布した。マトリックス樹脂としてビニルエステル樹脂を前記クロスやマットの強化繊維に含浸させながら、マンドレルにこれらクロスやマットを巻き付けるフィラメントワインディング法により得られたものを硬化してＦＲＰパイプを製造した。

【００７６】

ＦＲＰパイプの内側から外側へ順に耐蝕層、強化層および外層を積層した。ＦＲＰパイプ内側から外側における積層構成、すなわち強化繊維基材は、ＧＳ／ＧＭ／ＧＭ／ＧＭ／ＣＣ▲１▼／ＧＭ／ＣＣ▲１▼／ＧＭ／ＣＣ▲１▼／ＧＭ／ＣＣ▲１▼／ＧＭ／ＧＭ／ＧＳとし、ＦＲＰパイプの内側から３層目までのＧＳ／ＧＭ／ＧＭを耐蝕層とし、４層目から１２層目までのＧＭ／ＣＣ▲１▼／ＧＭ／ＣＣ▲１▼／ＧＭ／ＣＣ▲１▼／ＧＭ／ＣＣ▲１▼／ＧＭを強化層とし、１３層目および１４層目のＧＭ／ＧＳを外層とした。すなわち強化層においては、２方向炭素繊維クロスＣＣ▲１▼とガラス繊維チョップドストランドマットＧＭが交互に積層されていることになる。

【００７７】

ビニルエステル樹脂を供給しながら、耐蝕層、強化層および外層の順に強化繊維クロスや強化繊維マットをマンドレルに巻き付ける際、耐蝕層、強化層および外層それぞれにおける強化繊維の体積含有率が所定の値となるように、樹脂量を調整した。

【００７８】

すべての強化繊維クロスおよび強化繊維マットを積層し、８０℃×６時間の条件下で硬化した後、マンドレルを抜き取り、長さ１３００ｍｍのＦＲＰパイプを得た。このＦＲＰパイプの両端部を切断することにより、長さ１０００ｍｍ、内径２０００ｍｍ、肉厚８．９ｍｍの排出装置用ＦＲＰパイプを得た。耐蝕層の肉厚は２．０ｍｍ、耐蝕層の強化繊維の体積含有率は耐蝕層全体積基準で約１９体積％であった。強化層の肉厚は５．８ｍｍ、強化層の強化繊維の体積含有率は強化層全体積基準で約４８体積％であった。外層の肉厚は１．１ｍｍ、外層の強化繊維の体積含有率は外層全体積基準で約１９体積％であった。また質量は９４ｋｇであった。

【００７９】

実施例１と同様にパイプのつぶれ試験により、円周方向に関するＦＲＰパイプの剛性を測定した。また実施例１と同様に短冊形の試験片を切り出し、ＦＲＰパイプの長手方向に関する引張物性および排出装置用ＦＲＰ部材としての曲げ物性を測定した。三点曲げ試験において、支点間距離は試験片厚み８．９ｍｍ×１６＝１４２．４ｍｍとし、支点間の中央部に曲げ荷重を負荷した。結果を表１に示す。

【００８０】

比較例１

比較例として、ガラス繊維のみを強化繊維として使用した、排出装置用ＦＲＰパイプを製

造した。
強化繊維として、ガラス繊維チョップドストランドマット（ＧＭと略す、ガラス繊維（Ｅガラス、引張強度３４００ＭＰａ、引張弾性率７３ＧＰａ、熱伝導率１Ｗ／（ｍ・Ｋ））、ガラス繊維質量４５０ｇ／m^2）、ガラス繊維ロービングクロス（ＧＲと略す、ガラス繊維（Ｅガラス、引張強度３４００ＭＰａ、引張弾性率７３ＧＰａ、熱伝導率１Ｗ／（ｍ・Ｋ））、ガラス繊維質量８１０ｇ／m^2）およびガラス繊維サーフェイシングマット（ＧＳと略す、ガラス繊維（Ｅガラス、引張強度３４００ＭＰａ、引張弾性率７３ＧＰａ、熱伝導率１Ｗ／（ｍ・Ｋ））、ガラス繊維質量３０ｇ／m^2）の３種類の基材を使用した。

【００８１】
マンドレルには、直径２０００ｍｍ、長手方向の長さ１５００ｍｍのものを使用し、前記クロスやマットを巻き付ける前に、マンドレルに離型剤を塗布した。マトリックス樹脂としてビニルエステル樹脂を前記クロスやマットの強化繊維に含浸させながら、マンドレルにこれらクロスやマットを巻き付けるフィラメントワインディング法により得られたものを硬化してＦＲＰパイプを製造した。

【００８２】
ＦＲＰパイプの内側から外側へ順に耐蝕層、強化層および外層を積層した。ＦＲＰパイプ内側から外側における積層構成、すなわち強化繊維基材は、ＧＳ／ＧＭ／ＧＭ／ＧＲ／ＧＭ／ＧＭ／ＧＭ／ＧＭ／ＧＭ／ＧＭ／ＧＲ／ＧＭ／ＧＳとし、ＦＲＰパイプの内側から３層目までのＧＳ／ＧＭ／ＧＭを耐蝕層とし、４層目から１２層目までのＧＲ／ＧＭ／ＧＭ／ＧＭ／ＧＭ／ＧＭ／ＧＭ／ＧＭ／ＧＲを強化層とし、１３層目および１４層目のＧＭ／ＧＳを外層とした。すなわち強化層においてはＧＭを挟むようにＧＲが積層されていることになる。

【００８３】
ビニルエステル樹脂を供給しながら、耐蝕層、強化層および外層の順に強化繊維クロスや強化繊維マットをマンドレルに巻き付ける際、耐蝕層、強化層および外層それぞれにおける強化繊維の体積含有率が所定の値となるように、樹脂量を調整した。

【００８４】
すべての強化繊維クロスおよび強化繊維マットを積層し、８０℃×６時間の条件下で硬化した後、マンドレルを抜き取り、長さ１３００ｍｍのＦＲＰパイプを得た。このＦＲＰパイプの両端部を切断することにより、長さ１０００ｍｍ、内径２０００ｍｍ、肉厚１１．１ｍｍの排出装置用ＦＲＰパイプを得た。耐蝕層の肉厚は２．０ｍｍ、耐蝕層の強化繊維の体積含有率は耐蝕層全体積基準で約１９体積％であった。強化層の肉厚は８．０ｍｍ、強化層の強化繊維の体積含有率は強化層全体積基準で約４８体積％であった。外層の肉厚は１．１ｍｍ、外層の強化繊維の体積含有率は外層全体積基準で約１９体積％であった。また質量は１２３ｋｇであった。

【００８５】
実施例１と同様にパイプのつぶれ試験により、円周方向に関するＦＲＰパイプの剛性を測定した。また実施例１と同様に短冊形の試験片を切り出し、ＦＲＰパイプの長手方向に関する引張物性および排出装置用ＦＲＰ部材としての曲げ物性を測定した。三点曲げ試験において、支点間距離は試験片厚み１１．１ｍｍ×１６＝１７７．６ｍｍとし、支点間の中央部に曲げ荷重を負荷した。結果を表２に示す。

【００８６】
比較例２
比較例として、ガラス繊維のみを強化繊維として使用した、排出装置用ＦＲＰパイプを製造した。
強化繊維として、ガラス繊維チョップドストランドマット（ＧＭと略す、ガラス繊維（Ｅガラス、引張強度３４００ＭＰａ、引張弾性率７３ＧＰａ、熱伝導率１Ｗ／（ｍ・Ｋ））、ガラス繊維質量４５０ｇ／m^2）、ガラス繊維ロービングクロス（ＧＲと略す、ガラス繊維（Ｅガラス、引張強度３４００ＭＰａ、引張弾性率７３ＧＰａ、熱伝導率１Ｗ／（ｍ

・Ｋ））、ガラス繊維質量８１０ｇ／m^2）およびガラス繊維サーフェイシングマット（ＧＳと略す、ガラス繊維（Ｅガラス、引張強度３４００ＭＰａ、引張弾性率７３ＧＰａ、熱伝導率１Ｗ／（ｍ・Ｋ））、ガラス繊維質量３０ｇ／m^2）の３種類の基材を使用した。

【００８７】

マンドレルには、直径２０００ｍｍ、長手方向の長さ１５００ｍｍのものを使用し、前記クロスやマットを巻き付ける前に、マンドレルに離型剤を塗布した。マトリックス樹脂としてビニルエステル樹脂を前記クロスやマットの強化繊維に含浸させながら、マンドレルにこれらクロスやマットを巻き付けるフィラメントワインディング法により得られたものを硬化してＦＲＰパイプを製造した。

【００８８】

ＦＲＰパイプの内側から外側へ順に耐蝕層、強化層および外層を積層した。ＦＲＰパイプ内側から外側における積層構成、すなわち強化繊維基材は、ＧＳ／ＧＭ／ＧＭ／ＧＲ／ＧＭ／ＧＲ／ＧＭ／ＧＲ／ＧＭ／ＧＲ／ＧＭ／ＧＲ／ＧＭ／ＧＳとし、ＦＲＰパイプの内側から３層目までのＧＳ／ＧＭ／ＧＭを耐蝕層とし、４層目から１２層目までのＧＲ／ＧＭ／ＧＲ／ＧＭ／ＧＲ／ＧＭ／ＧＲ／ＧＭ／ＧＲを強化層とし、１３層目および１４層目のＧＭ／ＧＳを外層とした。すなわち強化層はＧＲとＧＭが交互に積層されて構成されており、耐蝕層および外層に接する側にはＧＲが積層されていることになる。

【００８９】

ビニルエステル樹脂を供給しながら、耐蝕層、強化層および外層の順に強化繊維クロスや強化繊維マットをマンドレルに巻き付ける際、耐蝕層、強化層および外層それぞれにおける強化繊維の体積含有率が所定の値となるように、樹脂量を調整した。

【００９０】

すべての強化繊維クロスおよび強化繊維マットを積層し、８０℃×６時間の条件下で硬化した後、マンドレルを抜き取り、長さ１３００ｍｍのＦＲＰパイプを得た。このＦＲＰパイプの両端部を切断することにより、長さ１０００ｍｍ、内径２０００ｍｍ、肉厚１０．８ｍｍの排出装置用ＦＲＰパイプを得た。耐蝕層の肉厚は２．０ｍｍ、耐蝕層の強化繊維の体積含有率は耐蝕層全体積基準で約１９体積％であった。強化層の肉厚は７．７ｍｍ、強化層の強化繊維の体積含有率は強化層全体積基準で約４８体積％であった。外層の肉厚は１．１ｍｍ、外層の強化繊維の体積含有率は外層全体積基準で約１９体積％であった。また質量は１１９ｋｇであった。

【００９１】

実施例１と同様にパイプのつぶれ試験により、円周方向に関するＦＲＰパイプの剛性を測定した。また実施例１と同様に短冊形の試験片を切り出し、ＦＲＰパイプの長手方向に関する引張物性および排出装置用ＦＲＰ部材としての曲げ物性を測定した。三点曲げ試験において、支点間距離は試験片厚み１０．８ｍｍ×１６＝１７２．８ｍｍとし、支点間の中央部に曲げ荷重を負荷した。結果を表２に示す。

【００９２】

【表１】

	実施例１	実施例２	実施例３	実施例４	実施例５
耐蝕層	ＧＳ ＧＭ ＧＭ	ＧＳ ＧＭ ＧＭ	ＧＳ ＧＭ ＧＭ	ＧＳ ＧＭ ＧＭ	ＧＳ ＧＭ ＧＭ
強化層	ＣＣ① ＧＭ ＧＲ ＧＭ ＧＲ ＧＭ ＧＲ ＧＭ ＧＲ	ＣＣ① ＧＭ ＧＲ ＧＭ ＧＲ ＧＭ ＧＲ ＧＭ ＣＣ①	ＣＣ② ＧＭ ＧＲ ＧＭ ＧＲ ＧＭ ＧＲ ＧＭ ＣＣ②	ＣＣ① ＧＭ ＣＣ① ＧＭ ＣＣ① ＧＭ ＣＣ① ＧＭ ＣＣ①	ＧＭ ＣＣ① ＧＭ ＣＣ① ＧＭ ＣＣ① ＧＭ ＣＣ① ＧＭ
ＣＦ質量比率 ＧＦ質量比率	６％ ９４％	１２％ ８８％	１２％ ８８％	４５％ ５５％	３５％ ６５％
外層	ＧＭ ＧＳ	ＧＭ ＧＳ	ＧＭ ＧＳ	ＧＭ ＧＳ	ＧＭ ＧＳ
肉厚　（ｍｍ）	１０．３	９．８	９．８	８．３	８．９
質量　（ｋｇ）	１１３	１０６	１０７	８６	９４
自重による直径変位（ａ）（ｍｍ）	９１	８７	６０	９８	１０１
490Ｎ負荷による直径変位（ｂ）（ｍｍ）	８０	８１	５６	８８	９２
合計直径変位（ａ）＋（ｂ）（ｍｍ）	１７１	１６８	１１６	１８６	１９３
引張強度（ＭＰａ）	１６３	１７５	１５１	２０７	１９６
引張弾性率（ＧＰａ）	１３．５	１４．５	１８．５	１８．０	１６．２
曲げ強度（ＭＰａ）	２３８	２４３	２２５	２６３	２５６
曲げ弾性率（ＧＰａ）	９．９	１１．３	１６．５	１１．３	９．０

【００９３】
【表２】

	比較例１	比較例２
耐蝕層	ＧＳ ＧＭ ＧＭ	ＧＳ ＧＭ ＧＭ
強化層	ＧＲ ＧＭ ＧＭ ＧＭ ＧＭ ＧＭ ＧＭ ＧＭ ＧＲ	ＧＲ ＧＭ ＧＲ ＧＭ ＧＲ ＧＭ ＧＲ ＧＭ ＧＲ
外層	ＧＭ ＧＳ	ＧＭ ＧＳ
肉厚　（ｍｍ）	１１．１	１０．８
質量　（ｋｇ）	１２３	１１９
自重による直径変位（ａ）（ｍｍ）	１５４	１３２
490Ｎ負荷による直径変位（ｂ）（ｍｍ）	１３７	１１９
合計直径変位（ａ）＋（ｂ）（ｍｍ）	２９１	２５１
引張強度（ＭＰａ）	１０２	１２６
引張弾性率（ＧＰａ）	１１．５	１２．６
曲げ強度（ＭＰａ）	１７６	１９９
曲げ弾性率（ＧＰａ）	８．９	９．１

【００９４】
表１に示す通り、実施例１～５におけるＦＲＰパイプは、比較例１および比較例２のＦＲＰパイプと比べて円周方向に関して高い剛性を有しており、つぶれ試験による直径の変化が小さかった。またＦＲＰパイプの全体質量も小さく、軽量化が図れた。引張物性、曲げ物性に関しても実施例１～５におけるＦＲＰパイプは、比較例１および比較例２のＦＲＰパイプと比べて優れていた。
【００９５】
表２に示す通り、比較例１および比較例２におけるＦＲＰパイプは、実施例のＦＲＰパイプに比べて円周方向に関する剛性が低いため、つぶれ試験による直径の変化が大きかった

。またＦＲＰパイプの全体質量も実施例のＦＲＰパイプのそれより大きかった。比較例のＦＲＰパイプは、引張物性、曲げ物性に関しても実施例のＦＲＰパイプと比べて劣っていた。

【００９６】

【発明の効果】

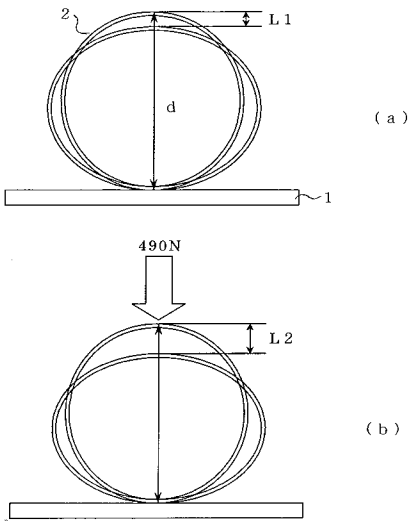
本発明によれば、耐蝕層と強化層を含む排出装置用ＦＲＰ部材の強化層が炭素繊維を含むことにより、軽量かつ高い剛性を備えたＦＲＰ部材を得ることができる。さらに、このような性能を備えた本発明のＦＲＰ部材は、煙突等の排出装置に用いられることに特に適している。

【図面の簡単な説明】

【図１】（ａ）パイプ自重によるパイプ直径変位、および（ｂ）パイプ自重と４９０Ｎ負荷によるパイプ直径変位を示す概略図である。

【符号の説明】１：試験台、２：ＦＲＰパイプ、ｄ：パイプ直径、Ｌ１：自重による直径変位、Ｌ２：自重＋４９０Ｎ負荷による直径変位。

【図１】



（ａ）

（ｂ）