

(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2015-206380

(P2015-206380A)

(43) 公開日 平成27年11月19日(2015.11.19)

(51) Int.Cl.	F 1	テーマコード (参考)
F 1 6 L 9/04 (2006.01)	F 1 6 L 9/04	2 D 1 2 9
E 2 1 B 17/01 (2006.01)	E 2 1 B 17/01	3 H 1 1 1

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号	特願2014-85629 (P2014-85629)	(71) 出願人	000006035
(22) 出願日	平成26年4月17日 (2014.4.17)		三菱レイヨン株式会社
			東京都千代田区丸の内一丁目1番1号
		(71) 出願人	504194878
			国立研究開発法人海洋研究開発機構
			神奈川県横須賀市夏島町2番地15
		(74) 代理人	100086911
			弁理士 重野 剛
		(72) 発明者	▲高▼崎 秀人
			東京都千代田区丸の内一丁目1番1号 三
			菱樹脂株式会社内
		(72) 発明者	関 均
			東京都千代田区丸の内一丁目1番1号 三
			菱樹脂株式会社内

最終頁に続く

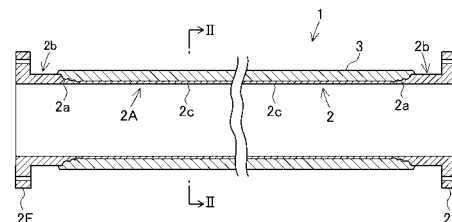
(54) 【発明の名称】 ライザー管

(57) 【要約】

【課題】軽量で高剛性のライザー管を提供し、水深3500m以上の深海でも掘削を可能とする。

【解決手段】金属製のライザー管本体と、該ライザー管本体の外周面の少なくとも一部に形成された炭素繊維強化合成樹脂層を有するライザー管において、該炭素繊維強化合成樹脂層が炭素繊維としてメソフェーズピッチ系炭素繊維を有し、かつ該炭素繊維強化合成樹脂層のライザー管軸方向における縦弾性率が150GPa以上、好ましくは220GPa以上であることを特徴とするライザー管。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

金属製のライザー管本体と、該ライザー管本体の外周面の少なくとも一部に形成された炭素繊維強化合成樹脂層とを有するライザー管において、該炭素繊維強化合成樹脂層が炭素繊維としてメソフェーズピッチ系炭素繊維を有し、かつ該炭素繊維強化合成樹脂層のライザー管軸方向における縦弾性率が 150 GPa 以上であるライザー管。

【請求項 2】

前記炭素繊維強化合成樹脂層のメソフェーズピッチ系炭素繊維含有量が 45% 以上 75% 以下であることを特徴とする請求項 1 に記載のライザー管。

【請求項 3】

炭素繊維強化合成樹脂層の嵩比重が 1.5 g/cm^3 以上 2.0 g/cm^3 以下、ライザー管軸方向の曲げ強度が 300 MPa 以上、ライザー管軸方向の曲げ弾性率が 150 GPa 以上であることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載のライザー管。

【請求項 4】

前記ライザー管本体は、内周面にチタン又はチタン合金のライナーを設けたものであることを特徴とする請求項 1～3 のいずれか 1 項に記載のライザー管。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、海洋掘削に用いられるライザー管に係り、特に炭素繊維強化合成樹脂層を有するライザー管に関するものである。

【背景技術】

【0002】

ライザー管は、海底油田・ガス田等を掘削するためのオフショア掘削リグにて用いられる。オフショア掘削リグには、ジャッキアップ型リグ、セミサブリグ、掘削船の 3 種類がある。このうち、ジャッキアップ型リグは水深が深くなると海底からの建設が困難になるため、現在のところ稼働可能水深は $300\sim400$ フィート（約 $91\sim122\text{ m}$ ）までとされている。それ以上の深い場所では浮体式リグであるセミサブリグが掘削船が用いられている。これら浮体式リグの場合、積載物の軽量化は重要である。従来用いられている掘削ライザー管は $X80$ と呼ばれる鋼管であり、重量が大きい。

【0003】

現在、浮体式リグの中には掘削深度 3000 m 級のものもあるが、掘削ライザー管等の重量物を積載するため、大型化している。この弊害を解消すべく、掘削ライザー管の軽量化案について多数の提案がなされている。代表的な例として、 Ti （チタン）等の軽量金属や $CFRP$ （炭素繊維強化合成樹脂）といった各種複合材への材質変更が提案されている（特許文献 1～4）。

【0004】

特に、特許文献 4 の 7 欄には、フィラメントワインディング法により製作された PAN 系炭素繊維を含む合成樹脂層を有するライザー管が記載されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献 1】 $US5,330,294$

【特許文献 2】 $US5,474,132$

【特許文献 3】 $WO2012/143672$

【特許文献 4】 $US7,662,251\text{ B}2$

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

また、 PAN 系炭素繊維を有する合成樹脂層を有するライザー管では、長手方向におけ

10

20

30

40

50

る剛性が足りず、管の縦振動（長手方向の伸縮振動）が波周期の範囲に入ってしまう、荒天時の波浪に伴う縦振動で共振現象を生じて、危険な状態となる可能性が高くなってしまふ。さらには、潮流による水平方向の流れが引き起こすVortex Induced Vibration(VIV)に対しても振動減衰性能が不足し、振動が収まらないためにライザー管の疲労破壊が生じるおそれがある。本発明は、軽量で高剛性のライザー管を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明者等は上記実情に鑑み、軽量かつ長手方向における剛性を向上したライザー管を得るために鋭意検討した結果、メソフェーズピッチ系炭素繊維を含む合成樹脂層を用いることにより、軽量で高剛性のライザー管が得られることを見出した。本発明はかかる知見に基づくものである。

10

【0008】

本発明のライザー管は、金属製のライザー管本体と、該ライザー管本体の外周面の少なくとも一部に形成された炭素繊維強化合成樹脂層とを有するライザー管において、該炭素繊維強化合成樹脂層が炭素繊維としてメソフェーズピッチ系炭素繊維を有し、かつ該炭素繊維強化合成樹脂層のライザー管軸方向における縦弾性率が150GPa以上であることを特徴とする。

【0009】

本発明では、炭素繊維強化合成樹脂層のメソフェーズピッチ系炭素繊維含有量が45%以上75%以下であることが好ましい。また、炭素繊維強化合成樹脂層の嵩比重が1.5g/cm³以上2.0g/cm³以下、ライザー管軸方向の曲げ強度が300MPa以上、ライザー管軸方向の曲げ弾性率が150GPa以上であることが好ましい。

20

【0010】

前記ライザー管本体としては、内周面にチタン又はチタン合金のライナーを設けたものなどが好ましい。

【発明の効果】

【0011】

本発明によれば、炭素繊維強化合成樹脂層を有するライザー管の炭素繊維としてメソフェーズピッチ炭素繊維を用いたことにより、軽量かつ高剛性である掘削ライザー管を提供することができる。この軽量で高剛性のライザー管を用いることで、浮力体リグの小型化あるいは既存リグのライザー管搭載本数増加をすることが可能となり、掘削ライザー管の稼働水深を増大させることができる。

30

【0012】

尚、本明細書において、「剛性」とは、「縦弾性係数」と呼ばれる材料物性値を意味する。また、本明細書において、「縦弾性係数」を「縦弾性率」、「引張弾性率」又は「ヤング率」と記す場合もある。

【図面の簡単な説明】

【0013】

【図1】実施の形態に係るライザー管の長手方向の断面図である。

【図2】図1のII-II線切断端面図である。

40

【発明を実施するための形態】

【0014】

以下、本発明についてさらに詳細に説明する。図1, 2の通り、本発明のライザー管1は、金属材料よりなるライザー管本体2と、該ライザー管本体2の筒部2Aの外周に形成されたメソフェーズピッチ系炭素繊維強化合成樹脂層3とを有する。また、ライザー管本体2の金属材料には、ステンレス鋼、チタン合金などの高耐食性金属材料を用いることが、より好ましい。さらに、ライザー管本体2としては、ステンレス鋼管の内周面に厚さ2~5mm程度のチタン又はチタン合金ライナーを設けたものであってもよい。

【0015】

ライザー管本体2の筒部2Aの両端にフランジ2Fが設けられている。筒部2Aのフラ

50

ンジ 2 F 近傍にあっては、外周面に複数条の溝 2 a が設けられている。溝 2 a とフランジ 2 F との間は、炭素繊維強化合成樹脂層 3 が設けられない無被覆部 2 b となっている。溝 2 a、2 a 同士の間の主領域 2 c の外周に炭素繊維強化合成樹脂層 3 が設けられている。

【0016】

図示は省略するが、この炭素繊維強化合成樹脂層 3 の外周面を覆うように、弾性樹脂層を設け、炭素繊維強化合成樹脂層 3 を保護するようにしてもよい。この弾性樹脂層の外周に、さらに、ガラス繊維又は炭素繊維強化合成樹脂よりなる保護層を設けてもよい。

【0017】

ライザー管 1 のサイズの一例を挙げると、長手方向の長さは約 9 m 又は約 27 m、内径約 500 mm、主領域 2 c におけるライザー管本体 2 の肉厚 43 ~ 48 mm、炭素繊維強化合成樹脂層 3 の厚さ 30 ~ 50 mm であるが、これに限定されない。

【0018】

この炭素繊維強化合成樹脂層 3 は、フィラメントワインディングマシンを用いたフィラメントワインディング法により製造されることが好ましい。フィラメントワインディング法では、ロービング（繊維）に接着剤となる樹脂（熱硬化性樹脂組成物）を含浸させて一定の張力を与えながら、回転しているライザー管本体 2 に糸口をトラバースさせて規則正しく巻き付け、所定の厚さまで巻回した後に加熱硬化させて炭素繊維強化合成樹脂層 3 を形成する。なお、溝 2 a に繊維を巻き付けることにより、炭素繊維強化合成樹脂層 3 のライザー管長手方向へのズレが防止される。

【0019】

フィラメントワインディングパターンとしては、次の 2 種類を採用するのが好ましい。

（１）ヘリカル巻き：ライザー管本体 1 に繊維を軸心線方向との斜交角度が $\pm 5^{\circ} \sim 85^{\circ}$ 程度となるように巻き付ける。

（２）フープ巻き：ライザー管本体 1 に繊維を軸心線方向に対し大凡 90° の方向に巻き付ける。

【0020】

フィラメントワインディング法により管体を製造するに際しては、内周側にフープ巻き層を配置するのが好ましい。

【0021】

本発明においては、炭素繊維強化合成樹脂層 3 における繊維含有量を増加させて機械強度を向上すべく、ヘリカル層の一部にフープ巻を混在させてもよい。この様な場合、ヘリカル層におけるフープ巻きの含有量は 30 体積 % 以下、中でも 3 % ~ 20 % であることが好ましい。

【0022】

本発明においては、炭素繊維強化合成樹脂層 3 における繊維含有量を増加させて機械強度を向上すべく、ヘリカル層の途中で、ピールテープ締めを実施しても良い。特にメソフェーズピッチ系炭素繊維の含有量（Vf）を 58 % 超とする場合は、ピールテープ締めはほぼ必須作業となる。この理由は、レジンバスで繊維に添着する樹脂量を制御するが、合成樹脂添着量を 42 % 未満に設定すると、メソフェーズピッチ系炭素繊維の一部に合成樹脂が添着していない部分が生じるからである。炭素繊維の一部に合成樹脂が添着していない部分があると、硬化後の炭素繊維合成樹脂中に気泡が残り、内部空孔欠陥として強度低下に繋がる場合がある。従って、メソフェーズピッチ系炭素繊維で繊維含有量（Vf）を 58 % 超とする場合は、合成樹脂添着量を 42 % 以上に設定して巻いて行き、ピールテープ締めにより合成樹脂を絞り出すことで、気泡の少ない繊維含有量（Vf）58 % 以上の炭素繊維強化合成樹脂層 3 を形成する。具体的には、例えば、合成樹脂添着ロービングを 6 ~ 9 層程度巻いた後、ピールテープを巻き締めして合成樹脂を絞り出す。その後、ピールテープを外し、再度合成樹脂添着ロービングを巻く。以下、これを繰り返すことにより炭素繊維強化合成樹脂層 3 を形成する。

【0023】

繊維強化合成樹脂中の繊維は、鉄鋼材料よりも剛性の高いメソフェーズピッチ系炭素

10

20

30

40

50

維である。メソフェーズピッチ系炭素繊維の中でも引張弾性率 600 GPa 以上の高弾性率グレードと呼ばれているメソフェーズピッチ系炭素繊維が好適である。炭素繊維の平均繊維径は $5 \sim 20\text{ }\mu\text{m}$ 、特に $7 \sim 12\text{ }\mu\text{m}$ が好適である。合成樹脂としては、エポキシ樹脂、フェノール樹脂、ウレタン樹脂、ビスマレイミド等の熱硬化性樹脂、ポリエーテルエーテルケトン樹脂、ポリエーテルイミド樹脂、ポリフェニルスルホン樹脂、ポリアミド樹脂、ポリカーボネート樹脂、PMM A に代表されるアクリル樹脂等の熱可塑性樹脂などが好適であり、特にエポキシ樹脂が好適である。繊維としてメソフェーズピッチ系炭素繊維を用いた場合、炭素繊維強化合成樹脂中の炭素繊維の割合は $45 \sim 75\text{ 重量}\%$ 特に $55 \sim 70\text{ 重量}\%$ とりわけ $58 \sim 65\text{ 重量}\%$ 程度が好適である。

【0024】

成形された炭素繊維強化合成樹脂層の嵩密度は、特段の制限はないが、通常 1.5 g/cm^3 以上 2.0 g/cm^3 以下、好ましくは 1.6 g/cm^3 以上 1.9 g/cm^3 以下であり、特に好ましくは 1.7 g/cm^3 以上 1.9 g/cm^3 以下である。成形された炭素繊維強化合成樹脂層の嵩密度が上記範囲にあることで、気泡や異物混入の可能性が低くなる点で好ましい。

【0025】

成形された炭素繊維強化合成樹脂層の、ライザー管軸方向の引張強度は、特段の制限はないが、通常 300 MPa 以上 1200 MPa 以下、好ましくは 400 MPa 以上 1050 MPa 以下であり、特に好ましくは 500 MPa 以上 900 MPa 以下である。成形された炭素繊維強化合成樹脂層の、ライザー管軸方向の引張強度が上記範囲にあることで、管軸方向の耐荷重性能の点で好ましい。

【0026】

成形された炭素繊維強化合成樹脂層の、ライザー管軸方向の縦弾性率（引張弾性率。以下、同様）は、特段の制限はないが、通常は 150 GPa 以上、好ましくは 220 GPa 以上であり、より好ましくは 250 GPa 以上、特に好ましくは 300 GPa 以上である。一方、上限に制限はないが、通常 900 GPa 以下、好ましくは 750 GPa 以下、特に好ましくは 600 GPa 以下である。

【0027】

該縦弾性率が 220 GPa より小さい場合には、金属管が鋼管の場合に十分な補強効果が得られず、また複合管として外力に対する撓み量も従来の鉄鋼材料である X80 製のライザー管より大きくなってしまう場合も生じるからである。そのため、合成樹脂層の強化繊維には、より高弾性率の炭素繊維が求められる。従って、PAN 系炭素繊維ではなく、メソフェーズピッチ系炭素繊維を用いる。中でも縦弾性率 600 GPa 以上の高弾性率グレードと呼ばれているメソフェーズピッチ系炭素繊維が好適である。

【0028】

成形された炭素繊維強化合成樹脂層の、ライザー管軸方向の曲げ強度は、特段の制限はないが、通常 300 MPa 以上 1200 MPa 以下好ましくは 400 MPa 以上 1050 MPa 以下であり、特に好ましくは 500 MPa 以上 900 MPa 以下である。成形された炭素繊維強化合成樹脂層の、ライザー管軸方向の曲げ強度が上記範囲にあることで、海中の流れにより撓み難い点で好ましい。

【0029】

成形された炭素繊維強化合成樹脂層の、ライザー管軸方向の曲げ弾性率は、特段の制限はないが、通常 150 GPa 以上 900 GPa 以下、好ましくは 220 GPa 以上 750 GPa 以上以下であり、特に好ましくは 250 GPa 以上 600 GPa 以下である。成形された炭素繊維強化合成樹脂層の、ライザー管軸方向の曲げ弾性率が上記範囲にあることで、海中の流れにより撓み難い点で好ましい。

【0030】

本発明のライザー管が単に軽量であるだけでなく、軽量かつ高剛性である理由は、連結したライザー管の全長が長くなっても、その縦振動の固有周期が 5 秒未満となって海洋波との共振を回避するためである。以下に、これに関して説明する。

10

20

30

40

50

【 0 0 3 1 】

まず、ライザー管の固有周期を以下の手順で求める。

一端固定棒の 1 次固有振動数の式 (1) は以下のようになる。

$$(1) = \frac{1}{2} \cdot c / (2 \cdot L)$$

$$c = \sqrt{E / \rho}$$

E : 棒の縦弾性係数

ρ : 棒の比重

L : 棒の長さ

【 0 0 3 2 】

ライザー管の場合は、管の単位長さあたりにおいて、それぞれライザー管質量 m_1 、管内部の泥水質量 m_2 、フランジや副管等の付属品質量 m_3 とする。また、E : ライザー管 (メイン管) の縦弾性係数と置き換え、A : ライザー管 (メイン管) の断面積とすると、

$$c = \sqrt{E / \rho} = \sqrt{(E \cdot A) / (m_1 + m_2 + m_3)}$$

となる。

【 0 0 3 3 】

以上より、一様な管体と見なしたモデルでのライザー管の 1 次固有周期 $T(1)$ は下式となる。

$$T(1) = 4 \cdot L / c$$

【 0 0 3 4 】

また、ライザー掘削システムで、周期 5 秒以上の海洋波 (2) との共振を避けるためには、 $T(1) = 4 \cdot L / c < 5.0 [sec]$ であることが必要となる。

1 : 機械振動通論第 2 版 P . 1 1 7 の式 4 . 2 6 (著者 : 入江敏博 ; 朝倉書店 ; 1 9 8 1)

2 : 海上技術安全研究所報告第 7 巻第 3 号 (平成 1 9 年度) 総合報告 P . 1 2 9

【 0 0 3 5 】

以上から、内径 4 9 5 mm、総肉厚 2 8 . 5 mm、泥水密度 2 0 0 0 [kg / m³]、炭素繊維強化合成樹脂層の嵩比重が 1 8 0 0 kg / m³ = 1 . 8 g / cm³ のライザー管についての固有振動数を計算した結果が、表 1 と表 2 である。

【 0 0 3 6 】

表 2 より、炭素繊維強化合成樹脂層の嵩比重が 1 8 0 0 kg / m³ = 1 . 8 g / cm³ の場合は、炭素繊維強化合成樹脂層の管軸方向弾性率が 1 5 0 GPa であれば水深 3 5 0 0 m まで、2 2 0 GPa であれば水深 4 0 0 0 m まで、3 8 0 GPa であれば水深 5 0 0 0 m まで、海洋波の共振を回避して掘削できることが分かる。

【 0 0 3 7 】

【表 1】

管種	CFRP部の 管軸方向 縦弾性率 Ec[GPa]	CFRP部の 管断面積 Ac[mm ²]	CFRP部の 密度 (嵩比重) ρ_c [kg/m ³]	ライザー管の 管軸方向 縦弾性率 Ep[GPa]	ライザー管の 管断面積 Ap[mm ²]	ライザー管の 密度 ρ_p [kg/m ³]	E・A[kN] (※1)	ρ [kg/m ³] 平均
複合ライザー管① (※2)	150	3.18×10^4	1.80×10^3	206	1.51×10^3	7.8×10^3	7.87×10^6	3.73×10^3
複合ライザー管② (※2)	220	3.18×10^4	1.80×10^3	206	1.51×10^3	7.8×10^3	10.1×10^6	3.73×10^3
複合ライザー管③ (※2)	380	3.18×10^4	1.80×10^3	206	1.51×10^3	7.8×10^3	15.2×10^6	3.73×10^3

※1: $E \cdot A[kN] = E_c[GPa] \cdot A_c[mm^2] + E_p[GPa] \cdot A_p[mm^2]$

※2: 9.5mm鋼管に炭素繊維強化合成樹脂層を積層させたライザー管

【 0 0 3 8 】

【 表 2 】

管種	E・A [kN]	ρ [kg/m ³]	m1 [kg/m]	m2 [kg/m]	m3 [kg/m]	L [m]	T(1) [sec]	判定 (※3)
鋼管	9.66×10^6	7.80×10^3	366	385	370	2.50×10^3	3.4	合格
	9.66×10^6	7.80×10^3	366	385	370	3.00×10^3	4.1	合格
	9.66×10^6	7.80×10^3	366	385	370	3.50×10^3	4.8	合格
	9.66×10^6	7.80×10^3	366	385	370	4.00×10^3	5.5	NG
複合ライザー管① (※2)	7.87×10^6	3.73×10^3	175	385	370	3.50×10^3	4.8	合格
	7.87×10^6	3.73×10^3	175	385	370	4.00×10^3	5.5	NG
複合ライザー管② (※2)	10.1×10^6	3.73×10^3	175	385	370	4.00×10^3	4.9	合格
	10.1×10^6	3.73×10^3	175	385	370	4.50×10^3	5.5	NG
複合ライザー管③ (※2)	15.2×10^6	3.73×10^3	175	385	370	5.00×10^3	4.9	合格
	15.2×10^6	3.73×10^3	175	385	370	5.50×10^3	5.4	NG

10

※2: 9.5mm鋼管に炭素繊維強化合成樹脂層を積層させたライザー管

※3: T(1)<5.0[sec]であれば合格。T(1)≥5.0[sec]の場合はNG。

20

【 実施例 】

【 0 0 3 9 】

以下に実施例、比較例を示し、本発明を更に具体的に説明するが、本発明はその要旨を超えない限り、以下の実施例に限定されるものではない。用いた材料、条件等は説明のための一例であり、製品の仕様に合わせ適宜変更することができる。

【 0 0 4 0 】

以下の実施例、比較例にて採用した評価方法及び測定方法は次の通りである。

【 0 0 4 1 】

< 炭素繊維含有量 >

30

炭素繊維含有量 (Vf) は繊維強化合成樹脂成形体の真比重と嵩比重から算出した。真比重は繊維強化合成樹脂成形体を 5 cm 角片に裁断し、これをミルにより粉碎し、気体置換法 (JIS R 1620) にて測定した結果より求めた。嵩比重はアルキメデス法により水中での密度を JIS Z 8807 にて測定した結果より求めた。これらの結果より次式により炭素繊維含有量 (Vf) を算出した。

【 0 0 4 2 】

$$\text{体積含有率 (Vf)} = (C + DX(F - 1)) / (E - D)$$

A : 測定時の水温における水の密度 (g / cm³)B : 真比重 (g / cm³)C : 嵩比重 (g / cm³)

40

D : エポキシ樹脂の密度 (g / cm³)E : 炭素繊維の密度 (g / cm³)

F : ボイド率 (%) = (B - A) / B × 100

【 0 0 4 3 】

< 引張強度・引張弾性率測定 >

引張強度と引張弾性率は、引張試験時の最大荷重、スパン間距離、試験片の幅、および試験片の厚さから算出した。引張試験は旧 JIS K 7073 (1988年制定) に準じてクロスヘッド速度 2.0 mm / 分の引張試験を実施した。尚、結果は必要に応じて SI 単位系に換算した。

$$\text{引張強度 (Y)} = P / (b \times h)$$

50

引張弾性率 (E) = $W / (b \times h)$

傾き (R) = (荷重 2 - 荷重 1) / (伸び 2 - 伸び 1)

Y : 引張強度 (k g / m m ²)

E : 引張弾性率 (t o n / m m ²)

P : 最大荷重 (k g)

b : 試験片の幅 (m m)

h : 試験片の厚さ (m m)

R : 荷重 - 伸び曲線の最初の直線部分の傾き (k g / m m)

立上りの不安定な部分を除く、

伸び 1 : 荷重 1 (k g) の時の伸び (m m)

伸び 2 : 荷重 2 (k g) の時の伸び (m m)

10

【 0 0 4 4 】

< 曲げ強度・曲げ弾性率測定 >

曲げ強度と曲げ弾性率は、曲げ試験時の最大荷重、スパン間距離、試験片の幅、および試験片の厚さから算出した。曲げ試験は J I S K 7 0 7 4 に準じて、上圧子 1 0 m m、下圧子 4 m m、スパン間距離 8 0 ± 0 . 2 m m、クロスヘッド速度 5 . 0 m m / 分の 3 点曲げ試験を実施した。尚、結果は必要に応じて S I 単位系に換算した。

【 0 0 4 5 】

曲げ強度 (U) = (1 . 5 × P × L) / (b × (h ²))

曲げ弾性率 (V) = (W × (L ³)) / (4 × b × (h ³))

20

傾き (W) = (荷重 2 - 荷重 1) / (たわみ 2 - たわみ 1)

U : 曲げ強度 (k g / m m ²)

V : 曲げ弾性率 (t o n / m m ²)

P : 最大荷重 (k g)

L : スパン間距離 (m m)

b : 試験片の幅 (m m)

h : 試験片の厚さ (m m)

W : 荷重 - たわみ曲線の最初の直線部分の傾き (k g / m m)

(立上りの不安定な部分を除く。)

たわみ 1 : 荷重 1 (k g) の時のたわみ (m m)

たわみ 2 : 荷重 2 (k g) の時のたわみ (m m)

30

【 0 0 4 6 】

< 固有振動測定 >

(株) 小野測器製のポータブル 2 チャンネル F F T アナライザ (型式名 C F - 7 2 0 0) を用いた。

【 0 0 4 7 】

< 基礎物性測定用の試験片作成方法 >

炭素繊維強化合成樹脂層 (C F R P) 試験片は、次のようにして作成する。

(1) フィラメントワインディング法によって、外径 3 1 7 m m の鋼管上に C F R P を厚さ 0 . 5 2 ~ 0 . 6 6 m m となるように積層する。メソフェーズピッチ系炭素繊維としては、三菱樹脂株式会社製ダイアリード K 1 3 9 1 6 を用いた。合成樹脂としては 1 5 0 硬化の 2 液混合型エポキシ系樹脂を用いた。炭素繊維の体積含有率を表 3 に示す。

40

(2) 未硬化の C F R P 層をライザー管軸方向に切断して鋼管から引き剥がし、展開してシート状にし、1 0 0 0 m m 幅ごとに繊維方向に並行に切断する。この 1 0 0 0 m m 幅のシートを、繊維方向角度を変えながら積層することで、所定の C F R P の積層比率の板状にする。

(3) 所定の C F R P の積層比率の板状にしたあと、フィラメントワインディングにてピールテープを巻き締める工程の代替として、熱プレスの型枠の板厚を調整してプレスすることで目標 V f となるように合成樹脂および層間や繊維間の気泡を絞り出した。

(4) 1 5 0 × 6 h r (前後の昇温時間と降温時間も含めると合計 2 5 h r) 加熱処理

50

して熱硬化させる。

(5) 熱硬化させた板から、各物性試験用の寸法に切り出して試験片とする。

【0048】

CFRPの積層比率は次の通りである。なお、上記積層比率は、形成されたCFRPの全肉厚を100%として際の、各層厚の比率を示す。

【0049】

<実施例1、実施例2、比較例1の積層比率>

フープ巻き：14.3%

ヘリカル±45°：14.3%

ヘリカル±10°：71.4%

10

【0050】

<実施例3、比較例2の積層比率>

フープ巻き：7.7%

ヘリカル±10°：92.3%

【0051】

試験片の物性の測定結果を表3に示す。

【0052】

【表3】

	炭素繊維の 体積含有率 Vf [%]	嵩比重 C [g/cm ³]	引張強度 [MPa]	引張弾性率 [GPa]	曲げ強度 U [MPa]	曲げ弾性率 V [GPa]
実施例1	68	1.788	668	380	507	344
実施例2	62	1.712	544	382	457	288
実施例3	60	1.707	422	261	386	238
比較例1	47	1.641	390	253	420	193
比較例2	44	1.56	—	—	311	44.7

20

【0053】

30

表3の通り、炭素繊維の体積含有率Vfを60%以上とした実施例1～4では曲げ弾性率が高く、ライザー管として好適であることが認められた。なお、比較例2は、サンプルが厚過ぎて引張試験機のチャックで掴むことが出来ず、測定ができなかったためにデータ取得ができなかった。

【0054】

<固有振動数測定用の試験体作成方法>

(1) 呼び径100Aの圧力配管用炭素鋼鋼管STPG370 sch40を試験体1とする。

(2) 試験体1に、フィラメントワインディング法によりCFRPを厚さ8.4～8.8mmとなるように積層し、試験体2とする。メソフェーズピッチ系炭素繊維としては、三菱樹脂株式会社製ダイアリードK13916を用いた。合成樹脂としては150 硬化の2液混合型エポキシ系樹脂を用いた。

40

尚、積層比率は以下の通りである。

フープ巻き：7%

ヘリカル±45°：7%

ヘリカル±10°：86%

(3) 試験体2を、150 × 6hr (前後の昇温と降温時間も含めると合計25hr) 加熱処理して熱硬化させる。

【0055】

固有振動数(Hz)を測定したところ、鋼管のみの試験体1の場合1460Hzであり

50

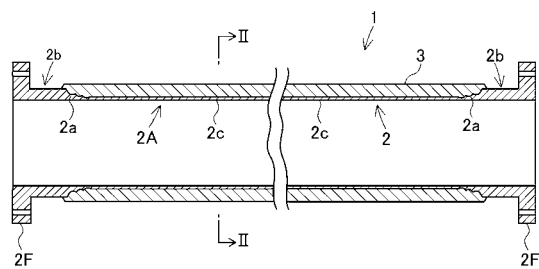
、CFRP層を設けた試験体2では1588Hzであった。また、試験体2の炭素繊維の体積含有率 $V_f = 59\%$ であった。

【符号の説明】

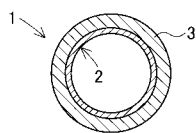
【0056】

- 1 ライザー管
- 2 ライザー管本体
- 3 炭素繊維強化合成樹脂層

【図1】



【図2】



フロントページの続き

(72)発明者 石田 雅信

東京都千代田区丸の内一丁目1番1号 三菱樹脂株式会社内

(72)発明者 許 正憲

神奈川県横須賀市夏島町2番地15 独立行政法人海洋研究開発機構内

(72)発明者 宮 崎 英剛

神奈川県横須賀市夏島町2番地15 独立行政法人海洋研究開発機構内

Fターム(参考) 2D129 AA01 AB01 DC68 EA21 EA23 EA26 EC14 EC28 EC30

3H111 AA01 BA01 BA28 CB03 CB29 CC13 DB27