

油井管用特殊ねじ継手「JFERABBIT®」

Semi-Premium Joint “JFERABBIT™” for OCTG

1. はじめに

近年、シェールオイルおよびシェールガスの掘削のため、陸上の比較的浅い井戸の開発が進んでいる。頁岩（シェール）層に沿った水平坑井では、生産用のパイプは回転しながら挿入されるため継手部に高い耐トルク性能が要求され、ねじ継手の耐焼き付き性能や気密性も要求される。従来技術の API バットレスねじでは耐トルク性能や気密性が満足せず、使用環境によっては高いフープ応力によるカップリング割れの事故に繋がることが知られている¹⁾。また、独立したシール部を有するプレミアムジョイントは、気密性が高い一方で加工の寸法精度が高く生産コストが高いため、性能と価格の両方を満たすシェール開発に好適なねじ継手とは言いがたい。そこで JFE スチールはシェール開発向けのセミプレミアムジョイント JFERABBIT®を開発した。

2. JFERABBIT®の特徴

JFERABBIT は図 1 に示すようなカップリング中央でピン（雄ねじのパイプ）同士が突き合わさるように設計されたねじ継手である。以下にデザインの特徴を述べる。

2.1 ピン先端同士の突合せ

JFERABBIT は図 1 に示すとおり、ピン先端同士がカップリングの中央で突き合うようなデザインとなっている。ピン先端の広い接触面積で突き合わせられることにより、高い耐トルク性能が得られる。またこの部分がシール部となることで API バットレスねじに比べて高い気密性が得られる。さ

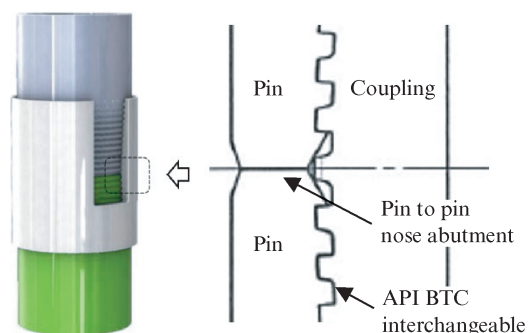


図 1 JFERABBIT®のデザイン概要

Fig. 1 Design overview of JFERABBIT™

らには構造体として高い耐疲労特性も得られる。これらの性能評価結果については第 3 章で述べる。

2.2 API バットレスねじとの互換性

JFERABBIT のねじ形状は API バットレスねじと互換性をもつように設計されている。そのため既存の API バットレスねじが切られたアクセサリーに対しても使用できる。

2.3 ねじ干渉量の最適化によるフープ応力の低減

API バットレスねじは、ねじ締付時の機械締め長さ（パイプとカップリングのねじ径が干渉した後の締め込み長さ）を外径 5 インチ（127 mm）から 13-3/8 インチ（339.725 mm）までは一律 0.500 インチ（12.7 mm）、外径 4-1/2 インチ（114.3 mm）は 0.400 インチ（10.16 mm）に定めているため、図 2 に示すように外径の小さいサイズで外径に対するねじ干渉量が大きくなり、図 3 に示すようにカップリングに高いフープ応力が発生する。JFERABBIT はねじ干渉量と外径の比を一定とすることでこのフープ応力を低減させ、井戸で使用する際のフープ応力による割れを防止している。

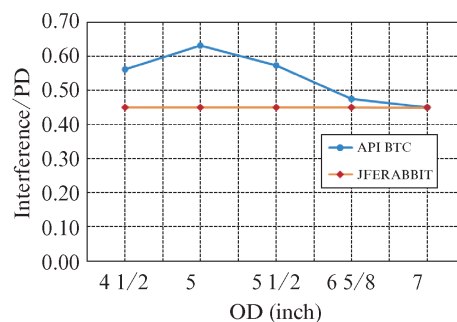


図 2 ピン外径に対するねじ干渉量の比較

Fig. 2 Comparison of thread interference with pin OD

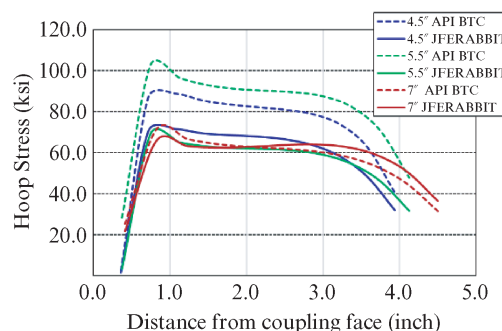


図 3 カップリングのフープ応力の比較

Fig. 3 Comparison of hoop stress in couplings

2024 年 4 月 11 日受付

3. JFERABBIT®のねじ継手性能

3.1 締付トルク性能

JFERABBIT と API バットレスねじの締付時の許容トルク例を表 1 に示す。JFERABBIT は API バットレスねじに比べて締付時/使用時のトルク値上限が高く、水平掘りのような高トルクが必要な環境にも適用できるねじ継手となっている。

3.2 シェール開発用途を想定したねじ試験結果

シェール井での使用を想定した各種試験を外径 5.5 インチ (139.7 mm)、重量 23 ppf、API 5CT P110 グレードのパイプで実施した。試験結果を以下に示す。

3.2.1 耐疲労特性

試験は両端を固定したサンプルを曲げた状態で回転させ (3 条件)、破断や亀裂の発生までの回数を評価した。試験結果は図 4 に示すように、DNVGL RP C203: 2016 で定められる B1 curve を超え、十分な耐疲労特性を有することを確認した。

3.2.2 水圧破碎模擬の水圧試験

図 5 に示すように、API 5C3 で規定される Minimum Internal Yield Pressure の水圧 30 分付与 50 サイクルを実施した。結果、漏れ等の異常はなく、十分な性能を有することを確認した。

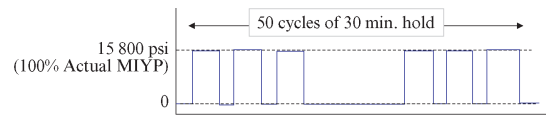


図 5 水圧破碎模擬 試験概要

Fig. 5 Hydraulic fracturing simulation test overview

3.2.3 ガス生産模擬の気密試験 (TS-B, 軸力+内圧)

ISO13679: 2002 CAL II TS-B に基づき、表 2、図 6 に示す荷重条件下でガス気密性を評価した。試験の結果、漏れ等の異常はなく、十分な性能を有することを確認した。

3.2.4 ガス生産模擬の気密試験 (TS-C, 熱サイクル)

ISO13679: 2002 CAL II TS-C に基づき、図 7、表 3 に示すような荷重条件下でガス気密性を評価した。試験の結果、漏れ等の異常はなく、十分な性能を有することを確認した。

表 2 シェール環境を想定した気密試験の概要

Table 2 Overview of seal test assuming shale environment

Procedure	ISO13679: 2002 CAL II TS-B modified Load points are shown in the Figure 6 and sequence is follows. CCW (LP1-LP2-...-LP6-LP7) -CW-CCW
Load condition	Max tension: 95% PBYS Max compression: 60% PBYS Max gas pressure: 10 000 psi

表 1 締付/使用時のトルク上限の例

Table 1 Example of max. torque during make-up and operation

OD (inch)	Weight (pound per foot)	Grade	JFERABBIT		API BTC
			Max. torque (ft-lbs)	Op. max. torque (ft-lbs)	Max. torque (ft-lbs)
5.5	20#	API 5CT P110	17 600	24 300	4 700
5.5	23#	API 5CT P110	20 800	24 500	4 900

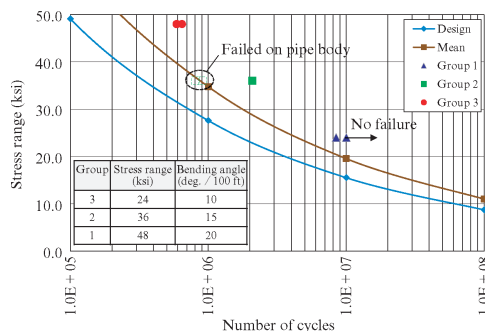


図 4 耐疲労試験データ

Fig. 4 Fatigue test data

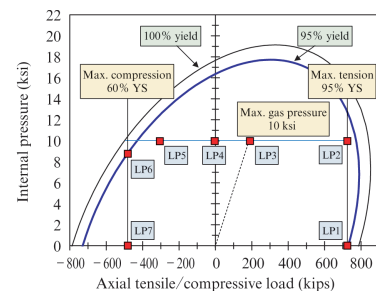


図 6 シェール環境を想定した気密試験のロードポイント

Fig. 6 Load point for seal test assuming shale environment

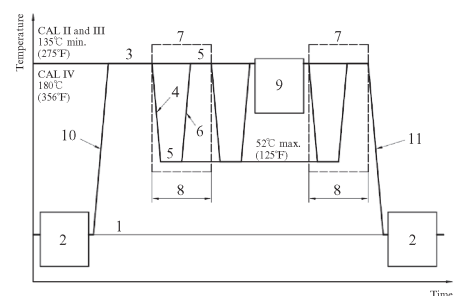


図 7 熱サイクル試験手順

Fig. 7 Thermal cycle test procedure

表3 熱サイクル試験条件
Table 3 Thermal cycle test condition

Step no. in Fig.7	Test	Temp (deg. F)		Tension	Pressure	Hold	Cycles
		Cold	Hot	%	psi	Min.	Time
2	Cold mechanical cycle	Amb.	-	80 ⇔ 0	10 000 ⇔ 0	5	5
3	Hot hold	-	275	80 ⇔ 0	10 000 ⇔ 0	60	1
7	Thermal cycle	125	275	80	10 000	5	5
9	Hot mechanical cycle	-	275	80 ⇔ 0	10 000 ⇔ 0	5	5
7	Thermal cycle	125	275	80	10 000	5	5
2	Cold mechanical cycle	Amb.	-	80 ⇔ 0	10 000 ⇔ 0	5	5

4. おわりに

JFERABBIT®は本稿で紹介した特徴や種々試験結果に加えて、井戸での締付作業のしやすさなどが評価され、順調に生産量が増加している。

参考文献

- 1) Burns, M. G.; Buehler, W. M. Analysis of High-Collapse Grade P110 Coupling Failures. Materials Science & Technology (MS&T). 2010, vol. 2, p. 1440-1450.

〈問い合わせ先〉

JFE スチール 鋼管センター エネルギー鋼材輸出部 油井管・特殊管室

TEL: 03-3597-3205 FAX: 03-3597-4710

JFE スチール 知多製造所 商品技術部 第1商品技術室

TEL: 0569-24-2432 FAX: 0569-24-2032