

溶接部品質に優れたラインパイプ用電縫鋼管 「マイティーシーム®」

Advanced High Frequency Electric Resistance Welding (HFW) Linepipe “Mighty Seam™” with High Quality Weld Seam

1. はじめに

JFE スチールのラインパイプ用電縫鋼管は、東日本製鉄所（京浜地区）の 24 インチ電縫鋼管ミルと知多製造所の 26 インチ電縫鋼管ミルで製造しており、いずれにおいてもマイティーシーム®の製造・検査技術を確立済みである。マイティーシームは、UOE 鋼管やシームレス鋼管からの置き換えが可能なレベルまで電縫溶接部の品質を高めたラインパイプ用電縫鋼管であり¹⁾、すでに国内、海外において多くの実績を積んでいる。本稿では、溶接部信頼性に優れたマイティーシームの特徴とともに適用事例を紹介する。

2. マイティーシーム®の特徴

2.1 製造方法

マイティーシームの製造には、現有の電縫鋼管製造ラインが利用される。電縫鋼管は、板状に巻き戻した熱延コイルを先端から徐々に円筒状に成形していき、両端部を高周波電流により溶融・圧着することで製造される。必要に応じて電縫溶接部に熱処理を施した後、適切な長さに切断する。切断後は、水圧、非破壊検査、寸法・重量測定、材料試験などの検査が実施される。

マイティーシームは、溶接部の信頼性を高めた電縫鋼管であり、その製造においては、電縫溶接部の品質を低下させる原因の一つとなる酸化物を抑制する技術と、電縫溶接部に生成される微小な酸化物までも検出可能とする非破壊検査技術が鋼管全長にわたり適用される。

2.2 製造可能範囲

マイティーシームの製造可能範囲を表 1 に示す。一般の電縫鋼管と同程度の製造可能範囲となっており、グレードは最高 X80 まで、外径は 219.1 mm から 660 mm まで、鋼管厚さは 4.8 mm から 25.4 mm まで対応している。

2.3 特性

以下、特に電縫溶接部を中心にマイティーシームの特性を紹介する。

表 1 マイティーシーム®製造可能範囲 (2024 年 3 月現在)

Table 1 Mighty Seam™ available size (As of March 2024)

Manufacturing plant	- 24 inches (609.6 mm) High Frequency Electric Resistance Welding (HFW) Pipe Mill, East Japan Works (Keihin), JFE Steel
	- 26 inches (660.4 mm) High Frequency Electric Resistance Welding (HFW) Pipe Mill, Chita Works, JFE Steel
Outside diameter	219.1 mm-660 mm
Wall thickness	4.8 mm-25.4 mm
Grade (API 5L)	Max. X80M (L555M) PSL2 Offshore, Sour (Max. X70)

API: The American Petroleum Institute

2.3.1 溶接部靱性

前述した技術の適用により、マイティーシームは優れた溶接部特性を示す。図 1 はシャルピー試験の一例である。

一般的に電縫鋼管の延性脆性遷移温度 ($vTrs$) は、溶接部の方が母材部より高くなる（靱性に劣る）傾向を示すが、マイティーシームは母材と同等の靱性を示す。

2.3.2 実管の耐破壊性能

ラインパイプは敷設から実運用まで、長期間にわたり安全にその機能を発揮することが求められる。このため実管フルサイズでの変形・破壊挙動の特性データを取得することが大変重要である。マイティーシームの安全性能を明らかにする目的で、低温での静水圧バースト試験、高内圧下での疲

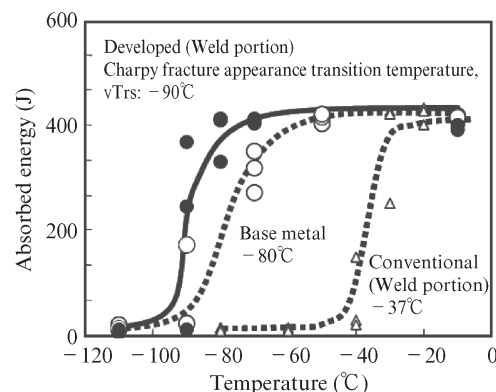


図 1 電縫溶接部の低温靱性

Fig. 1 Low temperature Charpy toughness of high-frequency electric resistance welding (HFW) seam

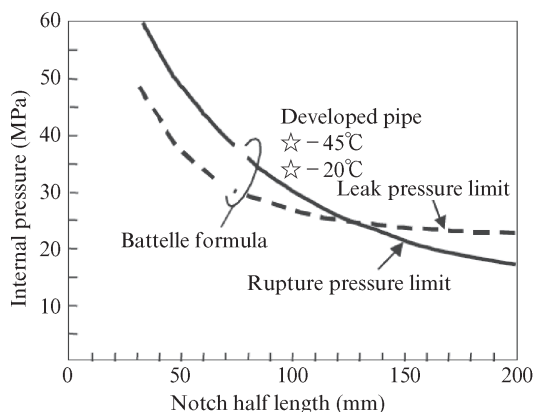


図2 実管低温バースト試験結果例

Fig. 2 Low temperature full pipe burst test result

劣試験および実管引張試験を実施している^{2,3)}。例えば、**図2**に示すように、 -20°C 、 -45°C といった低温でのバースト試験では、UOE 鋼管をベースとした破壊限界内圧の予測式に比べ十分高い値を示した。その際のき裂発生モードは、大規模な不安定破壊ではなく切欠き底から延性き裂が発生・貫通するリークモード（Leak before break mode）を示すことから、低温での使用においても大規模な破壊に至らないことが証明されている。また、高内圧下での疲労試験および引張試験でも良好な試験結果を得ており、実使用に関して問題のない結果となっている。

2.3.3 耐震性評価

世界有数の地震大国である日本では、ラインパイプの敷設にあたっては地震環境への適用性を明らかにする必要がある。日本ガス協会（JGA）の耐震設計コードに従って、マイティーシーム実管を用いて一軸圧縮試験や内圧による曲げ試験を実施している⁴⁾。**写真1**は、一軸圧縮試験後の電縫溶接部に浸透探傷試験を行った結果である。管体は圧縮により蛇腹状に変形しているが、電縫溶接部でも特にき裂や破断等生じなかったことから、マイティーシームの電縫溶接部が大きな変形に耐えられることがわかる。内圧をかけた曲げ試験においてもマイティーシームは高い歪容量を示し、JGA耐震基準に適合することが証明された。

3. マイティーシーム®の適用事例

ラインパイプは、寒冷地域、海底敷設、腐食環境など過酷な環境に晒される前提で設計されることも多く、世界中のプロジェクトに対応した製品特性が求められる。海外において、マイティーシームは厳格な材料特性だけでなく、電縫溶接部の高い信頼性（溶接部全長にわたる高精度探傷）という点からも需要家の期待に応え、寒冷地仕様の長距離パイプラインやサワー環境パイプラインとして適用実績がある。また、近年では新エネルギーとなる水素輸送用ラインパイプ

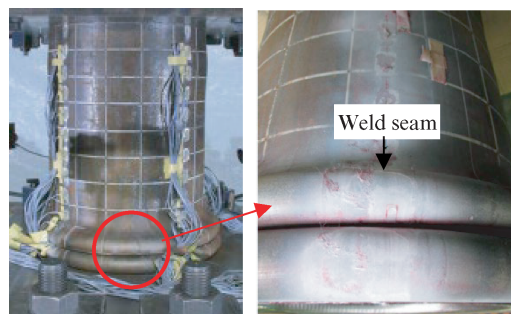


写真1 一軸引張試験後の浸透探傷結果

Photo 1 Penetrant testing result after uniaxial compression test

への適合性の評価も進めており、脱炭素社会の要求に対応可能な選択肢の一つとして期待される⁵⁾。

一方、国内ラインパイプには耐震性が要求され、上述したようなさまざまな試験を経てマイティーシームの信頼性は高く評価されている。その結果、国内において高圧ガス幹線を中心に実績を増やしている。

4. おわりに

溶接部品質に優れたラインパイプ用電縫鋼管「マイティーシーム®」は、電縫鋼管の溶接部信頼性を懸念することから従来はUOE 鋼管や継目無鋼管が優先的に検討されてきた難仕様が要求される分野でも、着実に実績を積んでいる。

参考文献

- 井上智弘, 鈴木雅仁, 岡部能知, 松井稔. 溶接部品質に優れたラインパイプ用電縫鋼管「マイティーシーム®」の開発. JFE 技報. 2012, no. 29, p. 17-21.
- 岡部能知, 飯塚幸理, 伊木聡. ラインパイプ用電縫鋼管の溶接部の高信頼性技術. JFE 技報, 2014, no. 34, p. 77-83.
- Igi, S.; Sadasue, T.; Oi, K.; Yabumoto, S.; Toyoda, S. Performance Evaluation of High Quality HFW Linepipe by a Series of Full-Scale Pipe Tests. Proc. OMAE 2014. Paper no. OMAE2014-23755.
- Igi, S.; Yabumoto, S.; Sadasue T.; Tajika, H.; Oi, K. Deformation Capacity of Weld Seam of the High Quality HFW Linepipe. Proc. OMAE 2015. Paper no. OMAE2015-42367.
- 高圧水素輸送用ラインパイプ材の研究開発について～石油メジャーが参画する日本財団とDeepStarの連携技術開発助成プログラムに採択～. JFE スチール. ニュースリリース, 2023年6月21日. <https://www.jfe-steel.co.jp/release/2023/06/230621.html>

〈問い合わせ先〉

〈海外案件〉 JFE スチール 鋼管センター エネルギー鋼材輸出部
ラインパイプ室

TEL: 03-3597-3214 FAX: 03-3597-4710

〈国内案件〉 JFE スチール 鋼管センター 鋼管営業部 特殊管室

TEL: 03-3597-4175 FAX: 03-3597-4041

ホームページ: <https://www.jfe-steel.co.jp/products/koukan/mighty.php>