

海洋構造物用極低温靱性仕様極厚 YP690 N/mm² 級鋼YP690 N/mm² Class Heavy Gauge Steel Plates
with Extreme Low Temperature Toughness for Offshore Structure

1. はじめに

近年、世界的なエネルギー需要の増加に伴い石油資源の開発が強化されている。海洋構造物の生産効率向上のための大型化、設置環境の氷海域拡大を背景として、鋼材には高強度化、厚肉化、および厳しい低温靱性が求められている。

JFE スチールの海洋構造物用鋼板の製品ラインナップを表 1 に示す。当社はこれらの要求に応えるため、海洋構造物用の高強度極厚鋼板を開発し、製品ラインナップを拡大している¹⁻⁴⁾。本報告では、至近に開発した-60℃低温靱性仕様 YP690 N/mm² 級板厚 210 mm の海洋構造物用鋼板について紹介する。

2. 開発鋼の特長とコンセプト

2.1 開発目標

本開発鋼の目標特性を表 2 に示す。海底から石油や天然ガスを採掘するために建設される海洋構造物に用いられる鋼板は、通常、船級規格に従って製造される。極低温靱性仕様極厚高強度鋼板では、ABS 船級/DNV GL 船級の Offshore 用の規格が適用されることが多く、船級規格要求

表 1 JFE スチールにおける海洋構造物用鋼の製品ラインナップ
Table 1 Available strength and thickness of steel plates for offshore structure

YS Class (N/mm ²)	Charpy temp. (°C)	CTOD test temp. (°C)	Thickness (mm)
355	-40	-10	≤101.6
	-60	-40	≤76.2
420	-40	-10	≤101.6
	-60	-40	≤76.2
500	-40	-10	≤75
	-40	—	≤150
	-60	—	≤150
550	-40	—	≤108
	-60	—	≤63.5
620	-40	—	≤180
690	-40	—	≤210
	-60	—	≤210

2020年3月6日受付

値を参考に開発鋼の目標特性を定めた。

2.2 開発鋼の特長

本開発鋼は、板厚 210 mm において YP690 N/mm² 以上の高強度と-60℃の低温靱性を同時に満たすことを目指した。板厚増加に応じて焼入れ性を最適化するため、Cr や Mo などの合金元素の調整に加え、B などのマイクロアロイを添加し、マルテンサイトとベイナイトの混合組織にマイクロ組織を制御した。

さらに、Ni を適切に添加することにより、極低温での変形時のマルテンサイト中の転位易動度が増加し、低温靱性が向上した⁵⁾。

熱間圧延ならびに焼入れ、焼戻しの熱処理条件を厳格管理することで、旧 γ 粒径の微細化を通じて低温靱性の改善を図り、目標特性を満足した。

3. 開発鋼の特性

3.1 母材性能

板厚 210 mm の YP690 N/mm² 級の開発鋼の化学成分と機械的特性を表 3 および表 4 に示す。板厚 1/4t の位置に加え板厚中心 1/2t においても、目標を十分に満足する強度と低温靱性が得られた。

3.2 溶接継手性能

開発した YP690 N/mm² 級鋼の溶接継手性能の例として、2 種類の入熱量での溶接継手評価結果を表 5 に示す。いずれの入熱量の場合も、各規格の母材の規定値を満足する継手強度及び溶接部靱性が得られ、優れた溶接継手性能を確認した。

表 2 開発鋼の目標特性

Table 2 Target properties of developed steel

Grade	YS (N/mm ²)	TS (N/mm ²)	El (%)	vE (ave.) (J)
AB FQ70/ VL FO690	≥690	770-940	(L)≥16 (T)≥14	-60°C (L)≥69 (T)≥46

Tensile specimen: 14 ϕ × 70GL
YS: Yield strength, TS: Tensile strength
El: Elongation, vE: Absorbed energy
L: Longitudinal
T: Transverse

4. おわりに

当社は、YP690 N/mm² 級の板厚 210 mm までの-60℃の低温靱性仕様を満たした海洋構造物用の極厚鋼板を開発した。マイクロアロイを活用した成分設計とミクロ組織制御により、高強度と低温靱性を同時に達成した。

開発鋼は、ABS 船級の AB FQ70 と DNV GL 船級の VL FO690 の承認を取得している。

今後のエネルギー需要の増加に伴い石油資源の開発が氷海域、大水深に広がっていくことで、高性能な海洋構造物用鋼板のニーズがますます高まっていくと予想され、本開発鋼の一層の適用が期待される。

参考文献

- 1) 柚賀正雄, 橋本正幸, 鈴木伸一. 溶接熱影響部靱性に優れた海洋構造物用厚鋼板. JFE 技報. 2012, no. 29, p. 41-47.
- 2) 一宮克行, 藤原高徳, 鈴木伸一. 溶接熱影響部の靱性に優れた極低温仕様高強度海構材. JFE 技報. 2014, no. 33, p. 19-24.
- 3) 海洋構造物用低温仕様極厚 YP690 MPa 級鋼. JFE 技報. 2014, no. 33, p. 72-74.
- 4) Kitsuya, S.; Ichimiya, K.; Hase, K.; Hayashi, K.; Terazawa, Y.; Kinugawa, T. YP690 N/mm² Class Heavy Gauge Steel Plates with Low Temperature Toughness for Offshore Structures Manufactured by Continuous Casting, Forging and Rolling Process. 2016 ISOPE, p. 258.
- 5) Kitsuya, S.; Ichimiya, K.; Hase, K. Effect of Ni Content on Impact Toughness in Tempered Martensitic Steels. MS&T19, p. 409.

〈問い合わせ先〉(2021年10月～)

JFE スチール 厚板セクター部

TEL : 03-3597-3183 FAX : 03-3597-4567

ホームページ : <http://www.jfe-steel.co.jp/products/atuita/index.html>

Email : t-atuitasec@jfe-steel.co.jp

表 3 開発鋼の化学成分

Table 3 Chemical compositions of developed steel (mass%)

Thickness (mm)	C	Si	Mn	P	S	Other elements	CET
210	0.13	0.21	1.12	0.006	0.0004	Cu, Ni, Cr, Mo, V, B	0.43

$$CET = C + (Mn + Mo)/10 + (Cr + Cu)/20 + Ni/40$$

表 4 開発鋼の機械的特性

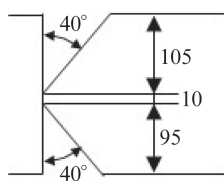
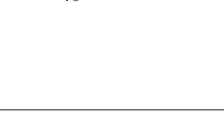
Table 4 Mechanical properties of developed steel

Thickness (mm)	Position, Direction	Tensile properties			Charpy impact properties
		YS (N/mm ²)	TS (N/mm ²)	El (%)	vE -60°C (J)
210	1/4t-L	769	849	21	225
	1/4t-T	762	847	21	165
	1/2t-L	750	843	20	210
	1/2t-T	736	843	21	166

YS: Yield strength, TS: Tensile strength, El: Elongation, vE: Absorbed energy

表 5 開発鋼の溶接継手性能

Table 5 Mechanical properties of welded joints of developed steel

Thickness (mm)	Welding procedure			Tensile properties	Charpy impact properties	
	Method	Groove shape	Welding condition	TS (N/mm ²)	Position	vE -60°C (J)
210	SAW		Welding consumable: US-80LT (4.0 φ), PFH-80AK* Heat input: 50 kJ/cm	819	WM	86
					FL	93
					HAZ: 2 mm	180
					HAZ: 5 mm	177
	GMAW		Welding consumable: MGS-88A (1.2φ)* Heat input: 15 kJ/cm	930	WM	89
					FL	77
					HAZ: 2 mm	202
					HAZ: 5 mm	140
					HAZ: 20 mm	176

* Kobe Steel, Ltd.

TS: Tensile strength, vE: Absorbed energy

WM: Weld metal, FL: Fusion line, HAZ: Heat affected zone