
ボンベイ・ハイ向け石油掘削プラットフォーム用ジャケットの製作

Fabrication of SR and SLQ Jackets for ONGC Bombay High Well Platforms

成瀬 忠明(Tadaaki Naruse) 山口 銑治(Senji Yamaguchi) 高橋 千代丸(Chiyomaru Takahashi) 三原 重郎(Juro Mihara) 近藤 伸治(Shinji Kondo) 行友 浩(Hiroshi Ikutomo)

要旨：

当社では 1981 年に 2 基の ONGC 向け石油掘削プラットフォームジャケットを受注製作した。初めての経験であったが、過去 5 年間にわたる海洋構造物の研究開発とヤードにおける製作基盤の整備が効を奏し、客先仕様にすべて合致したジャケットを納期どおり無事製作出荷できた。ジャケットは中規模 4 本足の汎用型のため、組立手順、施工管理および溶接管理基準の立案推進などに関し、今後とも応用可能な汎用性のある手法の採用に特に留意した。本文ではこれらの中から以下の項目を取り上げその概要を述べた。(1) 組立手順、(2) 建て越し、(3) 搬出、(4) 溶接およびサ法管理、(5) 非破壊検査

Synopsis：

Two steel jackets for SR well platforms and SLQ living quarter platform for Oil and Natural Gas Commission of India (ONGC) were designed, fabricated and transported by Kawasaki Steel Engineering Division in 1981 as the first order received of its kind. Fabrication sequence, scheduling, man power and production control procedure were elaborately discussed and determined. All the strict requirements for qualities described in ONGC's specification were satisfied and two jackets were sailed out just on schedule. This paper covers the outline of the following. (1) Fabrication sequence (2) Flap-up of vertical panels (3) Loading out (4) Welding and dimensional control (5) Nondestructive inspection

(c)JFE Steel Corporation, 2003

本文は次のページから閲覧できます。

ボンベイ・ハイ向け石油掘削プラットフォーム用ジャケットの製作

Fabrication of SR and SLQ Jackets for ONGC Bombay High Well Platforms

成瀬 忠 明*

Tadaaki Naruse

山 口 銑 治**

Senji Yamaguchi

高 橋 千代丸**

Chiyomaru Takahashi

三 原 重 郎**

Juro Mihara

近 藤 伸 治***

Shinji Kondo

行 友 浩***

Hiroshi Ikutomo

Synopsis:

Two steel jackets for SR well platforms and SLQ living quarter platform for Oil and Natural Gas Commission of India (ONGC) were designed, fabricated and transported by Kawasaki Steel Engineering Division in 1981 as the first order received of its kind. Fabrication sequence, scheduling, man power and production control procedure were elaborately discussed and determined.

All the strict requirements for qualities described in ONGC's specification were satisfied and two jackets were sailed out just on schedule.

This paper covers the outline of the following.

- (1) Fabrication sequence
- (2) Flap-up of vertical panels
- (3) Loading out
- (4) Welding and dimensional control
- (5) Nondestructive inspection

1. はじめに

1947年のメキシコ湾における海底油田の開発以来海洋からの石油掘削量は増加の一途にあり、掘削域もより広域により深海へと拡張され、その指標というべき海上プラットフォームの建造量は近年約300基/年にも達している。

当社では、これまでスチールメーカーとして広

範な仕様に応じた海洋構造物用鋼材の供給を行ってきたことに加え、エンジニアリング事業部発足以来板巻鋼管やブレースの曲面開先加工、ノード部材およびジャッキアップリグのレグとウエルの製作等を手がけ、逐年的な加工体制の整備強化を図ってきたが、1981年に入って ONGC (Oil and Natural Gas Commission of India) の MPR (SM, SP, SR Well Platform) プロジェクトおよび BHS-SLQ (Bombay High South-South Living Quater)

* エンジニアリング事業部パイプライン 海洋技術部海洋技術室主査 (部長補)

*** エンジニアリング事業部パイプライン 海洋技術部海洋技術室主査 (課長補)

(昭和57年 6 月21日原稿受付)

** エンジニアリング事業部パイプライン 海洋技術部海洋技術室主査 (課長)

プロジェクトに参画し、初めて2基のジャケットの設計製作を受注した。

これらのジャケットは、掘削用のSRと、居住用のSLQプラットフォームに対するもので、材料発注以来約10箇月後に客先仕様をすべて満足して出荷できたので、ここに製作工事の一部を報告する。

2. 製 作

2.1 工事概要と仕様

ジャケットの諸元は表1に示すとおりで、最も需要の多い海底固定の自立式4本足ジャケットである。

製作仕様は、構造系がAPI RP-2A、溶接・検査がAWS, ASME, ASTM, 塗装がASTMを基本とし、これら基準のみでは充足しえない部分を工事仕様として補足する形となっている。

2.2 組立手順

ジャケット製作は、屋外での立体組が主体となるため、揚重機使用量を最少にし、作業量を平滑化する組立方法と手順を工夫することが、技術管理の要点となる。

SLQでは下記の考えを基本とし、図1の順に

よって組み立てた。

- (1) 側面パネル (Row A & B) は建て起し (フラップアップ) 方式により大組する。
- (2) 高所作業を減らすため、各パネルはできる限り平組状態で、最終加工まで行う。
- (3) 付属品はできるだけ平組の状態に取り付ける。
- (4) 上面パネル (Row 2) のスカートスリーブは、ブロックとして地上で組み立てたのち、ジャケット本体に取り付ける。
- (5) 塗装は、部材またはパネルの段階でプライマーを施し、大組段階では、これを手直したのち上塗りを行う。
- (6) 配管の圧力テストは、大組完了後行う。

結果は期待どおりで、これらにより、初期工程の維持と作業量の平均化を図ることができた。

2.3 建て起し

平組完了後の側面パネルを立体組みするための建て起し作業 (写真1参照) は、多数の揚重機の相吊りによる同時操作のため、揚重機間の荷重のバランス確保が技術的な問題となる。

建て起しの最中は、側面パネルの下部レグ (A1 or B1 レグ) が半円筒の受台の上で接触回転しながら建て起される。この状態を、6箇のサポートで不静定支持される構造物として扱い、各サポートからの反力や各吊点での吊荷重を算出した。し

表1 ジャケットの諸元と工事範囲

項 目		SR ジャ ケ ャ ッ ト	SLQ ジャ ケ ャ ッ ト
ジャ ケ ャ ッ ト	高 さ	85m	86m
	幅	上部: 15.5×6.5m 下部: 27.8×27m	上部: 13.7×15.2m 下部: 35×36m
	重 量	1 290トン	1 497トン
パ イ ル	メインパイル	φ 1 219×t32/44.5×l 181/193m×4本	φ 1 371.6×t38.1×l 176m×4本
	スカートパイル	φ 1 219×t25/38×l 94m×2本	φ 1 371.6×t38.1×l 107m×4本
	重 量	1 060トン	1 427トン
ボートランディング		1 基	2 基
そ の 他		—	橋梁 2 基 (116トン)、パイ 2 基
範 囲		製 作	設計・製作・運搬 (現地まで)
鋼 材		BS 4 360, 50D, API 2H, ASTM A36, API-5L 他	同 左
納 期		56年10月31日出航	57年2月3日ボンベイ沖着

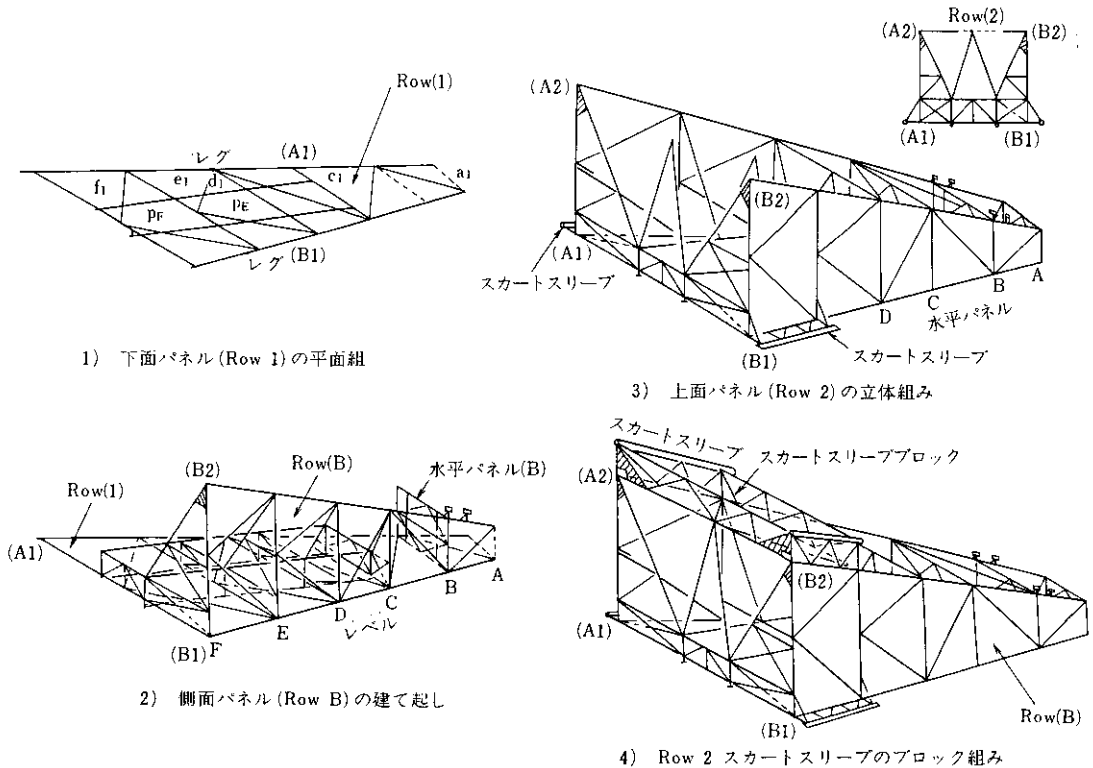


図1 SLQジャケットの組立手順

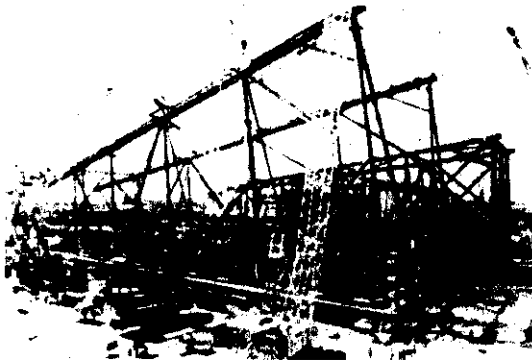


写真1 側面パネルの建て起し作業

かし、これらサポートは、本来、完全なヒンジとしての機能を持っているわけではないから、パネルは比較的容易に前後左右に移動し、遂には不安定支持となりやすい難点を有する。そこで、下部レグの前後・左右に種々の治具を配置して、建て起し時にできるだけヒンジに近い状態を保持するよう、対策を講じた。結果は図2のとおりであり

実測値はワイヤーの突込角 θ が $\pm 2 \sim 3^\circ$ の範囲で計算値に良く合致しており、講じた対策の有効性を読み取ることができる。

2・4 搬出（ロードアウト）

潮位の変動に合わせて、陸上のジャケットとバージ間の良好なレベル関係を保ちながら、ジャケットをバージ上に徐々に進入させる搬出作業では、ジャケットの進捗に応じたバージ反力の計算がスムーズなバラスト調整の鍵となる。

本工事ではこの反力分布を図3に示すように階段状分布と仮定して反力計算を行い、これに基づいてバラスト調整の指示を行った。結果は、図4に示すとおりで、比較的良好な吃水調整を行えたことがわかる。写真2にバージ上のSRジャケットを示す。

2・5 溶接

本ジャケットの溶接では鋼管格点部のT.K.Y継手（写真3参照）と円周突合せ継手の比率が約7:

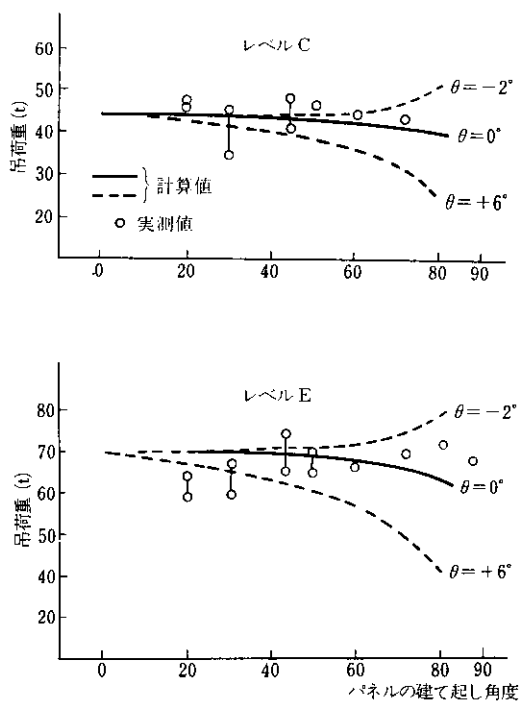


図2 建て起し時における吊荷重の計算値と実測値 (SLQ)

3の割合となった。T.K.Y 継手では手溶接による片面（裏波）溶接が主となるため、ルート間隔を

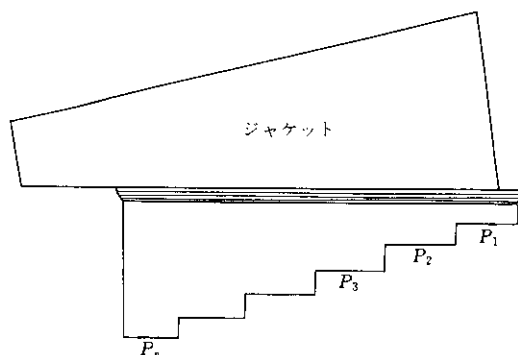


図3 ジャケットによるバージのスキッドウェイが受ける反力モデル

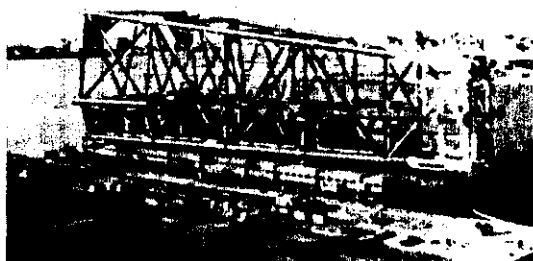


写真2 バージ上のSRジャケット

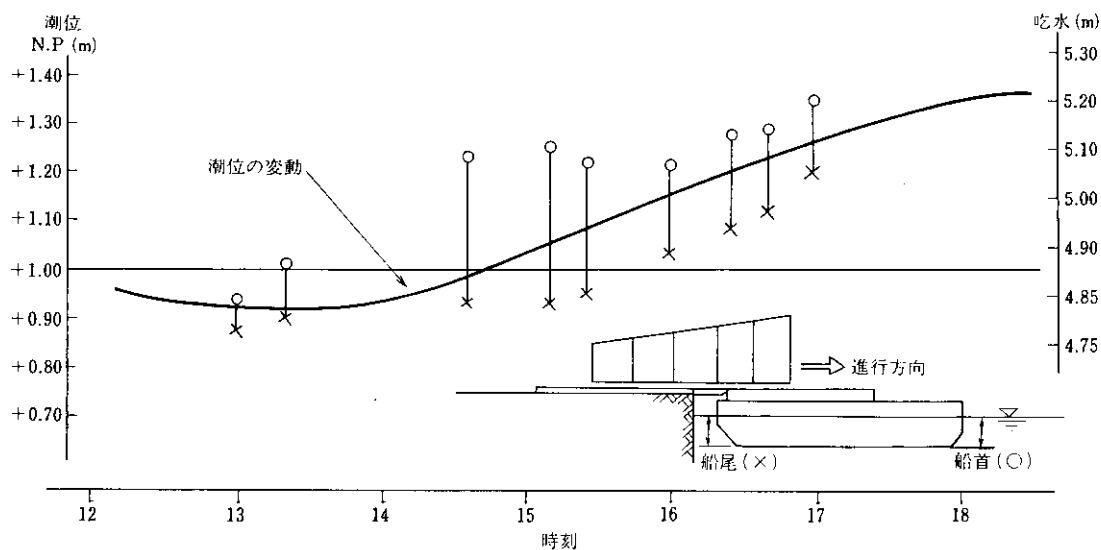


図4 潮位の変動と吃水調整 (SLQ)

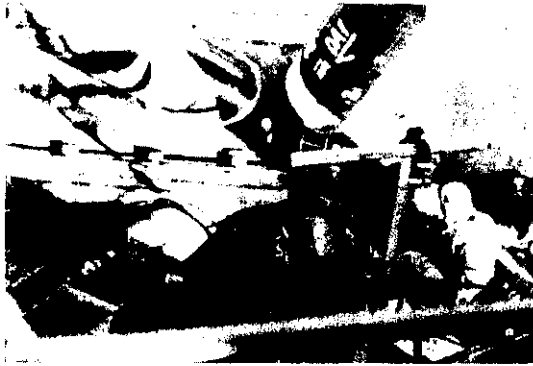


写真3 ジャケットの溶接継手部

適性範囲内に保持することが溶接部品質確保上の課題となる。

このためには部材の加工精度と取付精度を上げ、仮付溶接時においてはルート間隔の収縮予測を的確に行うことが基本となると考え、まず、ブレースの曲面開先加工の寸法管理を厳重に行い、このブレースを組立時における現物定規として利用し

た。また、位置決めに際しても、型紙を用いてマーキングするという、高精度な部材取付方法を採用した。

仮付に当っては、仮ピースなどは極力用いない方法にして、溶接後手入れ作業の省力を図るとともに、この方法によって生ずる溶接歪の処理に関してはT継手、K・Y継手に分類して、2～3の予測値を用い、部材配置上の管理基準とした。

表2は、平組における側面パネル(Row A)と立体組における上面パネル(Row 2)のルート間隔の計測結果であるが、工程の初期段階で、レグブレースの位置決めを自由に行いうるRow Aでは良好なルート間隔管理が行われたことがわかる。

これに対し、Row 2では、水平パネルや各種ブレースですでにレグの間隔が拘束されているため、仮付溶接時における調整も完璧を期しがたく、結果として大きなルート間隔の発生する箇所が、多々見受けられた。これらの箇所は開先部をバタリングして対処した。

表2 T・K・Y継手のルート間隔の実測例

(mm)

項 目		T 継 手				K・Y 継 手			
		12時	3	6	9	12時	ヒール	6時	トウ
Row A (平 組)	平均/サンプル数	2.9/11	4.7/12	3.3/12	3.6/12	3.3/16	3.2/16	4.3/16	5.6/16
	最 大	5.0	8.0	5.7	7.2	4.9	6.9	6.6	9.7
	最 少	0	1.9	0	1.5	2.1	2.0	3.0	2.9
	許容値外れ(箇所)	1	2	1	2	0	2	1	4
Row 2 (立体組)	平均/サンプル数	6.1/12	7.4/12	7.3/12	7.0/12	4.7/14	3.8/13	4.5/14	5.8/14
	最 大	13.8	14.0	14.3	12.8	7.2	8.4	8.0	8.9
	最 少	1.0	3.0	2.8	2.6	2.8	1.0	2.0	2.7
	許 容 値 外 れ	5	7	6	6	2	2	2	5

註) 許容値は 1.6～6.4mm

3. 検 査

3-1 寸法検査

レグおよびパイルの曲りと、現地で上部デッキと組み合わされるジャケット最上面の水平パネル（レベルA）の平面形状とが厳しい精度チェックの対象となる。

要求精度は、API RP-2Aの“Fixed Offshore Structure”の規準に基づくもので、表3のとおりであるが、本工事では、2・5項のような高精度の部材位置決め方法を採用したため、加工精度をすべて許容値以内に収めることができた。

3-2 溶接部の非破壊検査

鋼管の円周方向突合継手の検査はRT(放射線透過試験)、格点部のT・K・Y継手はUT（超音波探傷）が義務づけられている。

従来、片面溶接によるT・K・Y継手部へのUTの適用は、各規準間での手法や評価法が異なり、問題の多いところであるといわれていたが、1980年に、鋼管格点部のT・K・Y継手のみを対象とした

UTの検査要領と判定基準が、API RP-2Xとして出版されたため、本工事では、SLQジャケットにおいて、これを採用した。

APIの評価には、レベルA、レベルC、レベルFの3種類があるが、要約すれば表4のとおりであり、実務的にはAまたはCのいずれを採用するかが焦点となる。

同表から明らかなように、欠陥許容は概してレ

表3 寸法許容誤差の1例

項 目		許 容 誤 差
鋼 管	真 円 度	公称外径の1% 最大 6 mm
	外 周 長	公称外周長の±1% 最大 12mm
ジャケット	最上面水平パネルのレグ間隔	± 6 mm
	最上面水平パネルの平面度	± 6 mm
	水平パネルのコーナー角度	± 1
	レグの曲り	± 6 mm
パ イ ル	曲 り	3 mの増加につき 3 mm 12m以上は最大 13mm
	端 面 直 角 度	外径300mmにつき 1.6mm 最大 6 mm

表4 API PR-2XによるT・K・Y溶接継手部の評価基準

	Level A	Level C	Level F
概 念	技量評価	経験的な目的適合度の評価	破壊力学的考察による特定な評価法
感度調整用試験片	1.6φホール、1.6φホールノッチ	同 左	同 左
校正曲線(DAC)	50%, 100% DAC	100% DAC	100% DAC
判定方法	欠陥を種類別に分類し、50% DACを越えるものをエコー高さにより欠陥長さで判定	欠陥を種類別に分類し、100% DACを越えるものを欠陥長さとし幅で判定	○あらゆる欠陥、Level Cで不合格となった欠陥も評価の対象とする ○寸法を検出する ○残在の純断面で静的強度が十分存在すること ○残留応力を考慮した局部応力に対し、実在欠陥は脆性破壊発生限界欠陥より小さいこと ○初期欠陥が脆性破壊発生欠陥長に成長するまで、十分な疲労寿命が存在すること
球状欠陥	○単独、散在欠陥は許容 ○連続欠陥は直線状欠陥と見なし長さで判定 ○集中欠陥はエコー高さ、または、密度で判定	○単独、散在欠陥は許容 —— ○集中欠陥は100% DACを越えるものを密度で判定	
円筒状・平面状欠陥	50% DAC と 100% DAC を越えるものに分けて欠陥長さで判定	100% DAC を越えるものを欠陥長さとし幅で判定	
ルート部の欠陥	○50% DAC 以上、100% DAC 未満のものは長さで判定 ○100% DAC を越えるものは不合格	100% DAC を越えるものを欠陥長さとし幅で判定	
すべての欠陥	50% DAC 未満はすべて許容	100% DAC 未満はすべて許容	

ベルCの方が緩いが、レベルCでは欠陥の幅と長さを計測しなければならず、幅の評価の如何によっては、1mm以下の検出差で許容長さが大幅に異なるという、実施段階での問題が懸念された。

これに対し、レベルAは、エコー高さと長さのみによって評価でき、JISやASME基準と評価に対する考え方が類似している利点を有するため、レベルAを採用した。

ただし基準感度に関しては、2Xをそのまま採用するのみではなく、AWSやASMEの判定規準に対応するよう、若干の修正を加えた。

UTのオペレーターに関しても、最新基準の採用により、予測される判定上のトラブル発生を防止する目的で、擬似欠陥を埋設したモデル継手を作成し、欠陥検出の再現性向上のための訓練を行った。

この結果、従来再現性が悪いといわれていたT・K・Y継手の片面溶接部の、UTによる欠陥検出率(実在欠陥と検出欠陥との比率)は、90%に近い高い中率を示し、懸念されたトラブルは一切発生しなかった。

4. 終りに

ONGCのプラットフォームは、モンスーン期の据付を避ける方針で工程計画が立てられるため、非常に厳しい納期管理下におかれたが、SR、SLQとも予定とおり当社播磨加工センターで製作を終え、海洋構造物製作に対する当社の地位・評価を固めることができた。ここに関連会社、協力会社および客先、第3者検査機関等関係された諸氏に対し、深甚の謝意を表する次第である。