

ITER 第一壁初期組立用機器プロトタイプの製作
Manufacture of Prototypes for ITER First Wall
Initial Assembly Equipment

仕 様 書

国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構
那珂フュージョン科学技術研究所 ITERプロジェクト部
遠隔保守機器開発グループ

目次

1	一般仕様	3
1.1	件名	3
1.2	目的及び概要	3
1.3	契約範囲	3
1.4	作業実施場所	3
1.5	納入物件及び納入条件	3
1.6	納期及び納入物	4
1.7	提出図書	6
1.8	検査条件	6
1.9	貸与品	6
1.10	品質保証	7
1.10.1	一般事項	7
1.10.2	本件に係る品質保証	7
1.10.3	品質保証に関する情報の提供等	8
1.10.4	品質監査について	8
1.10.5	品質計画書 (Quality Plan) について	8
1.10.6	提出図書について	9
1.11	適用法規等	10
1.12	打合せ	11
1.13	知的財産権等・技術情報の取り扱い・成果の公開	12
1.14	情報セキュリティの確保	12
1.15	コンピュータプログラム	12
1.16	CFSI の発生防止と検知及び取扱い	12
1.17	グリーン購入法の推進	13
1.18	協議	13
2	技術仕様	14
2.1	略語	14
2.2	適用図書	15
2.3	検討対象となる BM 及びツールと作業プロセス	17
2.3.1	BM 仕様	17
2.3.2	TFW の構造	22
2.3.3	初期組立作業時に使用されるツール	22
2.3.4	FW 保守手順	23
2.4	設計仕様	29
2.4.1	FWG の設計仕様	29
2.4.2	ESBT プロトタイプ的设计仕様	32
2.4.3	制御装置	40

2.4.4	プロトタイプ BM 保守ツール設計全般の要求事項	46
2.4.5	FW 保守ツール運用に係る機器との取合い	47
2.5	FW 保守ツールプロトタイプの設計	52
2.5.1	FWG プロトタイプ及び試験装置の設計	52
2.5.2	ESBT プロトタイプ及び試験装置の設計	55
2.5.3	FW 保守ツールプロトタイプの制御系統化設計	57
2.6	FW 保守ツールプロトタイプの強度計算	58
2.7	FW 保守ツールプロトタイプの適合性評価	58
2.8	FW 保守ツールプロトタイプの製作	59
2.8.1	FWG プロトタイプの製作	59
2.8.2	ESBT プロトタイプの製作	59
2.8.3	FW 保守ツールプロトタイプ制御装置の製作	59
2.9	FW 保守ツールプロトタイプの工場受入試験	61
2.9.1	FWG プロトタイプの工場受入試験	61
2.9.2	ESBT プロトタイプの工場受入試験	66
2.9.3	制御系統合の機能に関わる工場受入試験	67
2.10	図書類の作成	68

別紙 1 イーター調達取決めに係る品質保証に関する特約条項

別紙 2 知的財産権特約条項

別紙 3 イーター実施協定の調達に係る情報及び知的財産に関する特約条項

別紙 4 本契約において遵守すべき「情報セキュリティの確保」に関する事項

別紙 5 コンピュータプログラム作成等業務特約条項

別紙 6 Technical Specification for Blanket First Assembly Tooling
(ITER_D_2F6S75 v2.2)

別紙 7 Blanket First Assembly Tooling Requirements (ITER_D_2F6UJT v2.0)

1 一般仕様

1.1 件名

ITER 第一壁初期組立用機器プロトタイプの製作

1.2 目的及び概要

国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構（以下「QST」）は、ITER 機構（以下「IO」）と締結した調達取決めにに基づき、ITER ブランケット遠隔保守システム（Blanket Remote Handling System、以下「BRHS」）及びブランケット初期組立機器の開発を進めている。BRHS は、放射線環境下となる真空容器内（Vacuum Vessel、以下「VV」）において、遠隔操作によるブランケットモジュール（Blanket Module、以下「BM」）の交換を行う。ブランケット初期組立用機器は、ITER 建設活動の一部として非放射線下における BM の据付作業に用いられる。

BM は、第一壁（First Wall、以下「FW」）と遮蔽ブロック（Shield Block、以下「SB」）から構成され、SB は VV 上に、FW は SB 上に固定される。BM を VV 上に取り付ける際には、まず SB を VV 上に設置し、SB 電気ストラップボルト及びフレキシブルボルトを締結後に、冷却水配管構造を溶接により接続する。その後、FW を FW 把持機構で把持し SB 上に設置し、FW 電気ストラップボルト及びセントラルボルトを締結後、冷却水配管構造を溶接により接続する。BM を VV から取り外す際には上記の反対に、FW 内の冷却配管構造を切断して切り離し、各種ボルトを緩めることで FW と SB の接続を解除した後に FW を移動させる。その後、SB 内の冷却配管構造を切断して切り離し、各種ボルトを緩めることで SB と VV の接続を解除した後で SB を移動させる。

本契約では、IO に納入する予定の FW の初期組立に用いる各種ツールプロトタイプ及び関連装置の設計、製作及び工場受入試験を実施する。

1.3 契約範囲

本件では、以下の作業を実施する。

- (1) FW 把持機構（FW Gripper、以下「FWG」）のプロトタイプ及び試験用機器類の設計・製作・工場受入試験
- (2) 電気ストラップボルト締結ツール（Electrical Strap Bolt torquing Tool、以下「ESBT」）プロトタイプ及び試験用機器類の設計・製作・工場受入試験
- (3) 図書類の作成

1.4 作業実施場所

受注者事業所内

1.5 納入物件及び納入条件

- (1) 納入物件：

- (a) 1.6 項に示す納入物：一式
- (b) 1.7 項に示す提出図書：一式
- (2) 納入場所：
 - (a) 装置類：受注者事業所内
 - (b) 図書類：QST 那珂フュージョン科学技術研究所 ITER 研究開発棟 R134 室
- (3) 納入条件：持込渡し
- (4) 確認方法：QST は、確認のために提出された図書（表 1、表 2 及び表 6）において「確認：要」の図書）を受理したときは、期限日を記載した受領印を押印して返却する。また、当該期限までに審査を完了し、受理しない場合には修正を指示し、修正等を指示しないときは、確認したものとする。ただし、「再委託承諾願」は、QST の確認後、書面にて回答するものとする。

1.6 納期及び納入物

受注者は、表 1～表 45 に示す納入物を各指定の納期までに納入すること。

図書の提出方法は、紙媒体(各 1 部)の他、電子ファイル(正式版の PDF ファイルに加えて Microsoft Word, Excel, Power Point ファイルなど編集可能な元ファイル)を CD などの記録媒体に格納して持込渡しにて提出すること。

なお、使用言語は表内に示す言語欄に従うこととするが、日本語で作成する図書においても図表のキャプションは原則英語で表記すること。

表 1 令和 9 年 3 月 23 日納期の納入物（図書）

納入物名	言語	対象ツール及び関連装置*1			数量	確認
		FWG	ESBT	FW 保守ツール プロトタイプ 制御装置		
Design Description	英	○	○	○*2	1 部	要
CAD Bill of Materials	英	○	○	○*3	1 部	要
CAD models	英	○	○	-*3	1 部	要
Assembly Drawings*4	英	○	○	○	1 部	要
Component Drawings*4	英	○	○	○	1 部	要
Structural Integrity Report	英	○	○	-	1 部	要
Cabling Diagram (CBD)	英	○	-	○	1 部	要
Compliance Matrix - DCM or VCM	英	○	○	○*2	1 部	要
納入物に関わる電子ファイルを 納めた CD	-	○			1 式	不要

*1: ツール毎に○を付けた図書を作成すること。

*2: 各ツールに組み込まれるローカルコントローラに関する情報についても、まとめて記載すること。

*3: FW 保守ツールプロトタイプ制御装置について、Bill of Materials は提出することとするが、CAD model の提出は不要とする。

*4: 各ツールの図書には、組み込まれるローカルコントローラに関する情報も含むこと。

表 2 令和 10 年 3 月 22 日納期の納入物（図書）

納入物名	言語	対象ツール及び関連装置*			数量	確認
		FWG	ESBT	FW 保守ツール プロトタイプ 制御装置		
Detailed Wiring Diagram (WD)	英	○	－	○	1 部	要
Single Line Diagram 又は One Line Diagram	英	○	－	○	1 部	要
Factory Acceptance Test Plan (FATP)	英	○	○	○	1 部	要
Equipment Operation and Maintenance Manual	英	○	○	○	1 部	要
Factory Acceptance Test Report (FATR)	英	○	○	○	1 部	要
Declaration of Incorporation	英	○	○	○	1 部	要
Release Note	英	○	○	○	1 部	要
納入物に関わる電子ファイルを納めた CD	－	○			1 式	不要

*: ツール毎に○を付けた図書を作成すること。

表 3 令和 9 年 11 月 30 日納期の納入物（FWG プロトタイプ）

#	品名	数量
1	FWG プロトタイプ	1 台
2	FWG プロトタイプ試験用 TFW モックアップ	1 台
3	FWG プロトタイプ試験架台	1 台

表 4 令和 9 年 6 月 30 日納期の納入物（ESBT プロトタイプ）

#	品名	数量
1	ESBT プロトタイプ	1 台
2	ESBT プロトタイプ用反力受け構造（全モジュール対応分）	1 式
3	ESBT プロトタイプ試験装置（BM 構造模擬部及び試験架台）	1 台

表 5 令和 10 年 3 月 22 日納期の納入物（制御装置）

#	品名	数量
1	FW 保守ツールプロトタイプ制御装置 (Transporter mode 用リモートコントローラ 1 台、制御関連ケーブル一式、その他電源装置等関連制御機器を実装したもの)	1 台
2	FAT 用 C&C PC	1 台
3	制御関連ケーブル	1 式
4	FAT 用 C&C PC に実装するソフトウェアのソースコード	1 式

1.7 提出図書

受注者は、表 6 に示す図書を作成し提出すること。提出方法は、紙媒体(各 1 部を郵送)の他、電子ファイル(PDF ファイルをメール送付)を提出すること。なお、使用言語は表の言語欄に従うこととする。

表 6 提出図書

図書名	提出時期	言語	部数	確認
体制表及び詳細工程表	契約締結後速やかに	日	1 部	要
品質計画書(Quality Plan)	契約締結後速やかに	英	1 部	要
打合せ議事録	打合せ後 2 週間以内	日	1 部	要
月間報告書 (Monthly Report)	当月分の活動について 翌月 25 日以前の平日に	英	1 部	要
再委託承諾願 (QST 指定様式)	作業開始 2 週間前 ※下請負等がある場合に QST 指定書式にて提出のこと。	日	1 部	要

1.8 検査条件

1.6 項に示す納入物及び 1.7 項に示す提出図書がそれぞれ納入又は提出され、本仕様書に定める業務が実施されたと QST が認めたこと、及び 1.9 項(1) に定める貸与品が返却されたことをもって検査合格とする。

1.9 貸与品

(1) 貸与品（いずれも無償）

- (a) 1.10.5 項及び 2.2 項に示す適用図書：1 式
- (b) 保守ツール設計に関わる図書（JADA-23162-04DE3002）：1 式
- (c) ツールチェンジャーの情報（可搬モーメント含む）：1 式

(2) 引渡場所及び方法

QST 那珂フュージョン科学技術研究所 ITER 研究開発棟 R134 室にて手渡し、メール送付、郵送（着払い）のいずれかによる。

(3) 返却方法

納期までに、1.5 項(2) (b)に示した納入場所へ手渡し・メール送付・受注者負担による郵送のいずれかによる。

1.10 品質保証

1.10.1 一般事項

- (1) 受注者は、下記に示す項目を保証するよう適切な品質システムを遂行すること。
 - (a) 契約要求事項に実施内容が合致していること。
 - (b) 規格等に準拠していることを示す証拠が維持/保存されること。
- (2) 受注者の遂行する上記の品質システムは下記を満たすこと。
 - (a) 契約に基づき実施される設計等すべての行為を網羅するものであること。
 - (b) 作業の開始に際して、QST に提出する Quality Plan に記載されていること。
- (3) 受注者は、再委託先についても有効な品質システムを備えることを保証すること。
再委託先業者がこれを満たさなかった場合、受注者は再委託先の施設などにおいて品質を確立/維持するために必要な全ての活動の責任を負うものとする。

1.10.2 本件に係る品質保証

品質保証については、「イーター調達取決めに係る調達契約の品質保証に関する特約条項」(別紙 1)に定められたとおりとする。

なお、ブランケット遠隔保守ツール類の品質等級は「クラス 2 (SR/NSR)」であるが、本契約のツール設計においては「クラス 3 (NSR)」として扱う (次頁参照)。

	品質クラス 1、2 (QC1,2)	品質クラス 3 (QC3)
設計	設計レビューと独立検証を含む設計管理	当事者間の他の合意が無い限り、設計レビュー及び独立検証は不要
ソフトウェア/モデル	ライフサイクル管理を含む設計、運転に使用するソフトウェア及びモデルの許容 使用するソフトウェアの同定とモデルの使用の評価	当事者間の他の合意が無い限り不要
調達/文書・記録	品質計画書(Quality Plan)	品質計画書(Quality Plan)
	検査・試験計画書 (Inspection Plan)	当事者間の他の合意が無い限り不要
	適合基準のレビュー 特殊工程のクオリフィケーションのレビュー	
	製作関連図書(納入時)	
	規格基準に基づくコンプライアンス宣言、材料証明及び検査図書(納入時)	規格基準に基づくコンプライアンス宣言、材料証明及び検査図書
	リリースノート(所有権移転時)	リリースノート(所有権移転時)
製作	完成図書(所有権移転時)	完成図書(所有権移転時)
	製作・検査計画書(MIP)	当事者間の他の合意が無い限り不要
品質管理	製作レビュー(MRR)	
	附属書 1 による	附属書 1 による
建設、据付、アセンブリ	検査計画書	検査計画書
	建設レビュー	建設レビュー

品質監査	メーカーでの受注者監査	当事者間の他の合意により省略 あるいは 文書レビューによる確認
製品の納入・輸送	リリースノート 輸送通知書	リリースノート 輸送通知書
	輸送計画書	当事者間の他の合意が無い限り不要
	サンプリング等による最低限の検査・検証	
	QST の要求又は製作者の手順書に基づく保管・保存	
	注記: (1) クラス4のシステム及び機器は特段のQA要求事項はない。 (2) ‘独立’ とは、基の設計者に含まれない個人、グループ、部署、部門を意味する。‘独立’ はまた第三者機関を指してもよい。	

1.10.3 品質保証に関する情報の提供等

- (1) 本仕様に関し、QST (I0 含む) は、受注者に対し検討内容の進捗状況の報告依頼を書面にて通知することにより、受注者(受注者の再委託先も含む)の施設などにおいて、作業の進捗状況確認及び試験検査に立ち会う権利を有するものとする。なお、上記を実施する日時については協議の上決定する。
- (2) 受注者(受注者の再委託先も含む)は、QST (I0 含む) に対し、その要求があった場合、本契約の適切な管理運営を証明するために必要な文章及びデータを提供又は提示するものとする。

1.10.4 品質監査について

- (1) QST は、本契約締結後 1 年以内に受注者における品質保証に係る監査を実施することがある。
- (2) 受注者が ISO9001 未承認の場合、QST の判断に基づき、契約締結後速やかに監査を実施することがある。
- (3) 契約締結後の当初監査から 14 カ月以内に再度監査を実施する。
- (4) 2 回目以降の監査では、対象分野を限定して実施する。
- (5) 受注者が品質に係る重要業務をアウトソースする場合は、必要に応じて当該業務のアウトソース先の業務の実施状況の確認を監査に含むことができることとする
- (6) 監査の時期及び実施する範囲は、監査を実施する少なくとも 14 営業日より前に受注者に通知されるものとする。

1.10.5 品質計画書 (Quality Plan) について

受注者は、本仕様書による要求事項をどのように満足させるかを示す Quality Plan を I0 指定様式 (QP Template for suppliers and subcontractors, ITER_D_2MLX45) を用いて、英語により作成し提出すること。

Quality Plan には以下の内容を含む。

- (1) 品質目標・適用範囲
- (2) 品質保証体制(資源配分、義務、責任、権限など)
- (3) 図書管理

- (4) 記録及びその管理方法
- (5) 変更管理
- (6) 逸脱管理
- (7) 不適合管理
- (8) 情報交換の方法

Quality Plan は、原則として受注者のみならず品質に係る重要業務を実施する下請業者を含む供給者が提出しなければならない。品質に係る重要業務については QST と受注者の協議の上決定する。契約締結後速やかに QST に Quality Plan を提出し確認を受けること。

ただし、下請業者の Quality Plan は、下請業者決定後 2 週間以内に QST へ提出し確認を受けること。

QST は、IO の了解を得るため、供給者の Quality Plan を IO に提出する。

Quality Plan を変更しようとする場合、Quality Plan を再提出し、再度 QST の確認を得ること。

詳細は、Requirement for Producing a Quality Plan (ITER_D_22MFMW v4.0) を参照すること。

1.10.6 提出図書について

(1) 提出図書の文書管理

文書管理は、受注者の品質マネジメントシステムに従うものであるが、それに加えて以下に定める文章番号及び電子版の送付方法に従うこと。

提出図書には、JADA 文書番号を付与するとともに文書番号を管理すること、文書番号の付け方及び送付方法は下記に従うこと。なお、PDF 形式の提出図書には、JADA の文書番号を表紙右上に記載すること。JADA 文書番号を付与した図書の電子ファイル名は、JADA 文書番号「JADA-2316X-」から始めること。

(JADA 文書番号の例)

JADA 文書番号は「JADA-2316X-YYZZ3xxx-r」という様式である。

上述の「X」「YY」は契約締結後に QST から提示する。

「ZZ」は表 7 に示す分類記号（JADA 文書番号下線朱書き太字箇所）、「xxx」は通し番号、「r」は改訂記号である。

表 7 提出図書の分類記号 (ZZ)

図書名	JADA 文書番号
各種計画書・Quality Plan	JADA-2316X-YY <u>PL</u> 3xxx
工程表	JADA-2316X-YY <u>WS</u> 3xxx
打合せ議事録	JADA-2316X-YY <u>MI</u> 3xxx
各種報告書	JADA-2316X-YY <u>PR</u> 3xxx

(月間報告書等(設計、試作・製作、試験検査報告書は除く))

設計報告書	JADA-2316X-YY DE 3xxx
図面	JADA-2316X-YY DW 3xxx
逸脱許可	JADA-2316X-YY DR 3xxx
不適合の報告	JADA-2316X-YY NR 3xxx
全般的な資料	JADA-2316X-YY GD 3xxx
連絡票	JADA-2316X-YY NO 3xxx
報告書の技術的根拠となった技術資料、データ	JADA-2316X-YY TS 3xxx

(2) 提出図書の輸出管理

提出図書及び打合せ資料の IO への技術提供に関しては、受注者として必要な輸出管理を行い、QST から IO への図書及び資料の提供が遅滞なく行えるようにすること。

1.11 適用法規等

● 適用法規・規制

- 把持機構(FWG)は、ブランケット組立搬送装置用の交換可能な装置として、機械規則 2023/1230/EU または「揚荷装置」としてフランスの法律の両方が適用される。把持機構のプロトタイプは以下の要件に従うことが求められる。
 - 設計根拠の一部として強度評価において、ペイロードに対して 1.25 の安全係数を適用しなければならない。
 - FAT(工場受入試験)の一環として、把持機構に対しペイロードの 1.1 倍の荷重を、水平及び下向きの 2 方向で加え、静的荷重試験を実施し、その試験記録を提出すること。なお、荷重を模擬する場合、FW 形状を再現する必要はない。装置は永久変形又は明らかな欠陥を生じることなく、荷重試験に耐えなければならない。
 - 安全な取り扱い手順、点検及び試験手順、使用上の注意事項を明記した操作及び保守マニュアルを作成すること。
 - 製品が設計仕様に適合していることを確認するための適合宣言書又は認証書を提供すること。
- 初期組立ツール及びエンドエフェクタは、以下の指令に準拠しなければならない。
 - 電磁両立性(EMC)指令 2014/30/EU
 - 低電圧指令(LVD) 2014/35/EU
 - 機械規則 2023/1230/EU
 - RoHS 指令 2011/65/EU
- REACH(欧州化学物質規制)は CE マーキングの直接的な要件ではないが、IO は輸入者として REACH の義務を満たす責任を有する。そのため、納入品(包装材料を含む)に SVHC(高懸念物質)が重量比 0.1%以上含まれている場合、IO に通知しなければならない。その通知は書面にて提供されなければならない。

● 規格及び基準

以下に、使用可能な設計規格の例を示す。ただし、機械指令への適合が確保されている限り、特定の設計規格を指定することは必須ではない。別の規格を適用する場合は、QST に提案し、承認を得ること。

- EN 13001-1/+A1:2009 クレーン—一般設計—第 1 部：一般原則及び要求事項
- EN 13001-2:2011 クレーン—一般設計—第 2 部：荷重作用
- EN 13001-3-1/+A1:2013 クレーン—一般設計—第 3-1 部：限界状態及び鋼構造の強度証明
- EN 13001-3-3 クレーン—一般設計—第 3-3 部：限界状態及び車輪／軌道接触部の強度証明

設計に適用される ITER 設計ハンドブックは以下のとおり：

- Electrical Design Handbook (EDH) (適用図書[32]～[37])
- Remote Handling Control System Design Handbook (適用図書[38])。ただし、以下のセクションは除外される。
 - *2.2 Standard parts*
 - *2.5 RH Control Room*
 - *2.6 Cubicle Rooms, Cabling Connectors*
 - *2.10 Operation Viewpoints*
 - *6 Hazard identification and risk assessment*

1.12 打合せ

打合せの実施にあたっては、以下の要領に従うこと。

(1) QST との打合せ

- (a) 受注者は、原則として月に 1 回以上の頻度で QST 担当者と打合せを実施すること。QST 那珂フュージョン科学技術研究所への来所による対面打合せ又はリモート打合せによる。
- (b) アクションリストを作成し管理すること。打合せ前にアクションリストの改訂版を提出すること。
- (c) 打合せにおいて、最新版の工程表(及び MS project ファイル)を提出すること。
- (d) 打合せ後 2 週間以内に受注者内で審査及び承認された議事録を提出し、QST の確認を受けること。

(2) IO との打合せ

- (a) QST は IO と月に 1 回程度進捗会合を実施している。受注者は、進捗会合にリモート参加し、必要に応じて技術情報の説明を行うこと。
- (b) 受注者は、打合せまでに実施した検討作業について、IO との協議に使用するための各種資料（英語）の作成を行うこと。なお、作成に当たっては QST 担当者と協議を行い、ヒアリング及び協議実施前に都度合意を得ること。
- (c) 本会議の議事録作成は不要とする。

1.13 知的財産権等・技術情報の取り扱い・成果の公開

(1) 知的財産権等の取扱い

知的財産権の取扱いについては「知的財産権特約条項」(別紙2)及び「イーター一実施協定の調達に係る情報及び知的財産に関する特約条項」(別紙3)に定められたとおりとする。

(2) 技術情報の取り扱い

受注者は、本契約を実施することによって得た技術情報を第三者に開示しようとするときは、あらかじめ書面によるQSTの承認を得なければならないものとする。

QSTが本契約に関し、その目的を達成するため受注者の保有する技術情報を了知する必要がある場合は、QSTと受注者協議の上、決定するものとする。

(3) 成果の公開

受注者は、本契約に基づく業務の内容及び成果について、発表若しくは公開し又は特定の第三者に提供しようとするときは、あらかじめ書面によるQSTの承認を得なければならないものとする。

1.14 情報セキュリティの確保

情報セキュリティの確保については、別紙4『本契約において遵守すべき「情報セキュリティの確保」に関する事項』に示すとおりとする。

1.15 コンピュータプログラム

本契約におけるコンピュータプログラムの取り扱いについては、別紙5「コンピュータプログラム作成等業務特約条項」に定められたとおりとする。

1.16 CFSIの発生防止と検知及び取扱い

受注者は、偽造品、不正品及び疑惑品(CFSI)について管理を行うこと。

- 偽造品とは、法的な権利や権限を持たない複製品、代替品又はその材料や性能の特性を販売業者・供給業者・商社・製造業者によって故意に虚偽の表示をさせたもの。
- 不正品とは、事実と異なるものが意図的に偽って表示された物品。
- 疑惑品とは、外観検査、試験、又はその他の情報により、確立された業界で受け入れられている仕様又は国内/国際規格に準拠していることが確認できない可能性がある兆候があるもの。

偽造品、不正品及び疑惑品(CFSI)について予防、検出、処理するための対策を講じるものとする。

その際には以下の事項を考慮すること。

- (1) CFSIは、イータープロジェクトのために調達するすべての製品の全てのライフサイクル段階で検出できる。
- (2) CFSIは、イータープロジェクトに関与するすべての関係者によって検出できる。

CFSI の検出には、予定外の検査、サンプルの独立した分析、証明書の検証などの適切な手段を用いる。

No	検出段階	検出場所	検出者
1	受注者文書の受領・レビュー	QST の施設	QST 要員
2	製作及び役務作業	QST の施設、受注者の工場等	QST 要員、受注者
3	検査及び試験作業	QST の施設、受注者の工場等	QST 要員、受注者
4	調達製品及び役務の検証	QST の施設、受注者の工場等	QST 要員
5	組立作業	QST の施設、受注者の工場等	QST 要員、受注者
6	受注者の品質管理	受注者の工場等	QST 要員
7	受注者監査	QST の施設、受注者の工場等	QST 要員
8	外部組織からの通知・警告	QST の施設、受注者の工場等	ASNR、その他の外部組織、メディア

- (3) CFSI を検出した関係者は、直ちに QST に報告する。
- (4) 検出した CFSI ケースが特定/評価され、ITER プロジェクトへの影響が確認された場合、CFSI 発生元は、より詳細な調査(根本原因分析(RCA))を進め、さらなる是正措置及び予防措置を特定するため、重大 NCR を発行する。CFSI に関する NCR は、「Procedure for management of Nonconformities (22F53X)」に従って処理する。
- (5) CFSI 発生元が、進行中の QST との契約に関与しており、契約解除が ITER プロジェクトに重大な影響を与える場合、CFSI 発生元が信頼性を回復するため詳細なアクションプランを作成し、QST に提出する。

1.17 グリーン購入法の推進

- (1) 本契約において、グリーン購入法（国等による環境物品等の調達の推進等に関する法律）に適用する環境物品（事務用品、OA 機器等）が発生する場合は、これを採用するものとする。
- (2) 本仕様に定める提出図書（納入印刷物）については、グリーン購入法の基本方針に定める「紙類」の基準を満たしたものであること。

1.18 協議

本仕様書に記載されている事項及び本仕様書に記載のない事項について疑義が生じた場合は、QST と協議の上、その決定に従うものとする。

2 技術仕様

受注者は、2.1～2.4項に示す内容を十分理解し2.5項以降に示す作業を実施すること。

2.1 略語

本件における略語を表 8 に示す。

表 8 略語一覧

略語	正式名称	日本語訳
15NDESB	15ND Electrical Strap Bolt	15ND 電気ストラップボルト
15NDG	15ND Gripper	15ND 把持機構
15NDTB	15ND Tool Base	15ND ツールベース
BAT	Blanket Assembly Transporter	ブランケット組立運搬機
BM	Blanket Module	ブランケットモジュール
BMTS	Blanket Module Transfer System	ブランケット運搬システム
BRHS	Blanket Remote Handling System	ブランケット遠隔保守システム
CB	Central Bolt	セントラルボルト
CC	Coaxial Connector	同軸コネクタ
C&C	Command and Control	コマンドアンドコントロール
EE	End Effector	エンドエフェクタ
EP	Equatorial Port	赤道面ポート
ESB	Electrical Strap Bolt	電気ストラップボルト
ESBT	Electrical Strap Bolt torquing Tool	電気ストラップボルト締結ツール
FAT	Factory Acceptance Test	工場受入試験
FB	Flexible Bolt	フレキシブルボルト
FBT	Flexible Bolt torquing Tool	フレキシブルボルト締結ツール
FW	First Wall	第一壁
FWCBT	First Wall Central Bolt Tool	第一壁セントラルボルトツール
FWESB	Fast Wall Electrical Strap Bolt	第一壁電気ストラップボルト
FWG	First Wall Gripper	第一壁把持機構
HLCS	High-Level Control System	上位制御系
HMI	Human Machine Interface	ヒューマンマシンインターフェース
IO	ITER Organization	ITER 機構
IVTC	In-Vessel Tower Crane	真空容器内搭形クレーン
LLCS	Low-Level Control System	下位制御系
MC	Monoaxial Connector	単軸コネクタ

NB	Neutral Beam	中性粒子ビーム
NTS	Nacelle Tool Storage	ナセルツール収納部
PHS	Passive Holding System	受動把持機構
SB	Shield Block	遮蔽ブロック
SBESB	Shield Block Electrical Strap Bolt	遮蔽ブロック電気ストラップボルト
SBG	Shield Block Gripper	遮蔽ブロック把持機構
SBTB	Shield Block Tool Base	遮蔽ブロックツールベース
TBD	To Be Determined	未定
TFU	Tool Fixing Unit	ツール固定部
TFW	Temporary First Wall	仮第一壁
TPTS	Through Port Transfer System	直通ポート運搬システム
TSR	Tool Storage Rack	ツール収納ラック
VV	Vacuum Vessel	真空容器

2.2 適用図書

本件で適用すべき図書を表 9 に、参考にすべき図書を表 10 示す。

表 9 適用図書

#	図書名	文書番号
1	ITER 第一壁及び遮蔽ブロックの遠隔保守ツール設計製作仕様	JADA-23160TS0001-4
2	IS-16-23-001 Interface between First Wall (PBS 16.FW) and Blanket Remote Handling System (PBS 23.01)	ITER_D_33PH3Y v6.3
3	Technical Specification for Blanket First Assembly Tooling	ITER_D_2F6S75 v2.2
4	Blanket First Assembly Tooling Requirements	ITER_D_2F6UJT v2.0
5	FW ES Tool Access built up	ITER_D_X2TXST v1.3
6	2D model - BKT ES 14LAYERS SB	(番号取得中)
7	SB Electrical Strap Tool Access built-up	ITER_D_X86NTS v1.2
8	CAD model of Temporary FW	DET-03305-W
9	Design Description - Central Bolt torquing Tool	TBD
10	Cabling Diagram (CBD) - Central Bolt torquing Tool	TBD
11	Detailed Wiring Diagram (WD) - Central Bolt torquing Tool	TBD
12	Single Line Diagram/One Line Diagram - Central Bolt torquing Tool	TBD

13	Blanket modules dimensions and weight	ITER_D_35ZJNQ v16.1
14	FW&SB main geometry for RH	ITER_D_CANQ4W v3.1
15	CAD model of Tool Changer	DET-03305-U
16	2D: Electrical strap interface to SB	ITER_D_UG4FBK 1.0
17	2D: Flexible interface to SB	ITER_D_UGC3KZ 1.0
18	2D: Gripping hole and ESB wrench torque reaction interface of TFW	TBD
19	2D: Passive Holding System (PHS)	TBD
20	2D: SB insert	ITER_D_UGCBHL 1.0
21	2D: Temporary FW	TBD
22	CAD model of SB	DET-03305-X
23	CAD model of SB14ND series and SB16NB series	DET-08054-A
24	CAD model of SB15ND series	DET-08890
25	CAD model of Storage Box	shared on owncloud
26	Cap system:	DRW Nr: 057740 -A
		DRW Nr: 074421 ---
27	Electrical strap:BKT_ES_14LAYERS_SB	DRW Nr: 028123 --J
28	FW central bolt:BKT_FW_CENTRAL_BOLT	DRW Nr: 055948 --E
29	Interface information of Nacelle	TBD
30	Interface information of Zero G Arm	TBD
31	List of SB GAD Drawings	ITER_D_CKA4A3 1.0
32	Electrical Design Handbook (EDH)	以下参照
33	EDH Part 1 Introduction	ITER_D_2F7HD2 v1.4
34	EDH Part 2 Terminology & Acronyms	ITER_D_2E8QVA v1.4
35	EDH Part 3 Codes & Standards	ITER_D_2E8DLM v1.3
36	EDH Part 4 Electromagnetic Compatibility (EMC)	ITER_D_4B523E v3.0
37	EDH Part 5 Earthing and Lightning Protection	ITER_D_4B7ZDG v3.0
38	Remote Handling Control System Design Handbook	ITER_D_2EGPEC v3.0

表 10 参考図書

#	図書名	文書番号
1	2D model - BLKT_ES_BOLT_M24_65_SPEC_HEAD	ITER_D_2M527Y v6.0
2	IS-16-23-002 Interface between Shield Block (PBS 16.SB) and Blanket Remote Handling System (PBS 23.01)	ITER_D_33TYJV v5.1
3	ES to SB built-up	ITER_D_U4NRQU v2.0
4	ITER ブランケット第一壁及び遮蔽ブロック電気トリカルストラップボルト締結ツールの概念設計 報告書	TBD
5	Technical proposals to facilitate BRHS Design and	ITER_D_37EYLB v1.2

	Operations	
6	Heavy Duty Radiation tolerant Tool Changer and Force & Torque Sensor	ITER_D_4KC7NJ v1.1
7	Design Description – PA 2.3.P1.JA.01 – Blanket RH System	ITER_D_9CQ2DW v5.2
8	Blanket Design Description Document (2013 FDR)	ITER_D_EBUDW3 v1.1
9	IC-CMAF BLKT Modules FW + Shield Blocks	ITER_D_PNKEV6 v3.0
10	FW functional tolerance drawing	ITER_D_TEENH4 V1.1
11	FW central bolt to SB built up	ITER_D_THPUWB v2.4
12	2D model – FW central bolt	ITER_D_W263HM v1.0
13	Verification of the structural integrity of the RH gripping finger and of the interfacing BKT First Wall component	ITER_D_WLWB3J V 1.0
14	FW central bolt to FW pipes built up	ITER_D_X2G8RG v1.2
15	Thermomechanical Analysis Preliminary Report (pads to FW fingers)	ITER_D_XGUERL v1.0
16	Blanket FW remote Handling Compatibility Assessment	ITER_D_XT87FB V 1.1
17	Components Technical Specification – PA 2.3.P1.JA.01 – Blanket RH System	ITER_D_9CVZYE v5.1
18	Material Approval Request: EPDM in contact with FW ITER_D_XB5662 N/A	ITER_D_XB5662 N/A
19	Low friction/Anti-seize Coating Specification for Blanket Applications	ITER_D_GKEM64 V 2.4
20	Test report - FW Central bolt tightening with reconfigurable test bench	ITER_D_8LZ3PM v1.0
21	Central Bolt Compliant Wrench assembly	ITER_D_TMT6P4 v3.1
22	Test report of Central bolt tightening tool	ITER_D_XZM8JP v1.0
23	2D: BKT_MODULE_15_S03 (15ND series)	DRW Nr:062819 --A
24	CAD model of SB15ND series	DET-08890
25	PA CN for PA 1.6.P1B.CN.01 for SB18 row unified water connector dimensions	ITER_D_ATWFX4 n/a
26	Selection and locational specification of cameras	TBD

2.3 検討対象となる BM 及びツールと作業プロセス

2.3.1 BM仕様

VV には正規ポート 14 個及び非正規ポート 4 個からなる EP が 18 個ある。すべての正規ポートは同寸法で、プラズマ計測、TBM、ECH 及び ICH 等異なるシステムに割り当てられ

ている（図 1 上）。非正規ポートには、中性粒子ビーム入射装置が割り当てられており、この領域の VV 及びポート開口部は複雑な形状になっている。

VV 内に配置される BM は図 2 に示す通り、SB 及び FW から構成される。SB は VV 上に固定され、FW は SB 上に固定される。

SB 及び FW は各 18 種類の基本形状で構成されている。基本形状のうち、軌道と同じ高さに位置し、ツールへの寸法制約が厳しい BM #4 を図 2 及び図 3 に示す。これに加え、中性粒子ビームポート（NB Port, 図 2 内）などの各種ポート周辺は基本形状と異なる形状の SB（「SB バリエーション」と呼ぶ）及び単体構造である SB#15ND（図 4）などの特殊形状の SB（15ND 系モジュール）が配置される構造となっている。

各 SB を VV 上に固定する際は、SBG で SB を把持して VV に設置後、FB 及び SBESB を締結し、VV 側の同軸コネクタ（CC）又は単軸コネクタ（MC）及び SB 側の配管構造を溶接することによる冷却水流路の形成が行われる。各 FW を SB 上に固定する際も同様に、FWG で FW を把持して SB に設置後、CB 及び FWESB の締結と、冷却配管及び配管キャップの溶接が行われる。

なお、ESB は FW 及び SB 間、並びに SB 及び VV 間の電気的な接続を確実にするほか、ESBT を用いてトルクを印加し締結することにより両者間を仮固定するためのボルトである。これに対して、各本固定は FW 及び SB 間は CB の締結、SB 及び VV 間は FB の締結により行われる。

本契約では、FW の初期組立に用いる各種ツールの内、下記に示す FW ツールプロトタイプの設計、製作及び工場受入試験を実施する。2.3.4 項に下記のツールに関する BM 保守手順の詳細を示す。

- (1) FWG
- (2) ESBT（FWESB、SBESB、15NDESB の 3 種類の ESB を対象とする）

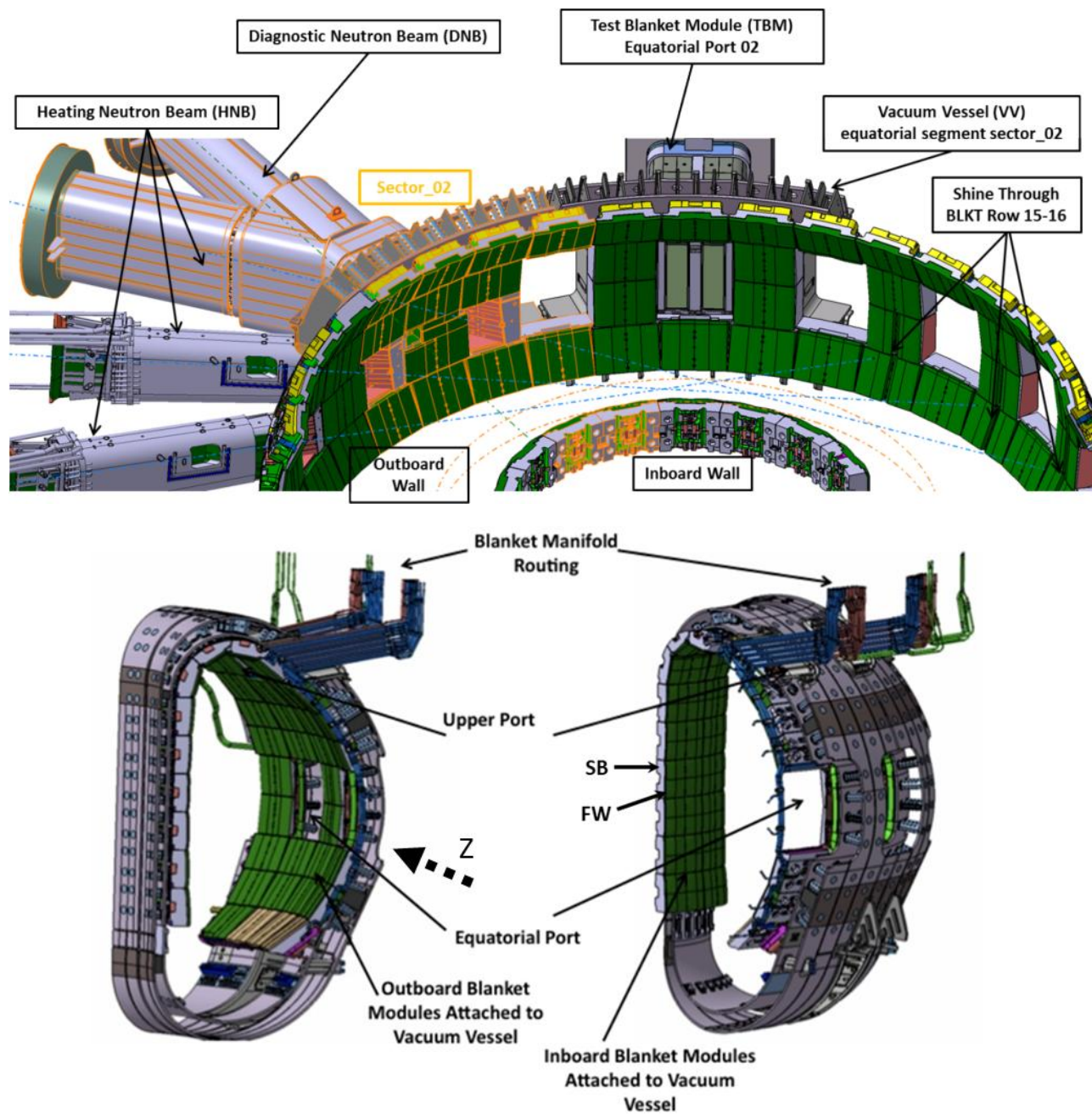


図 1 VV 内の BM 構成

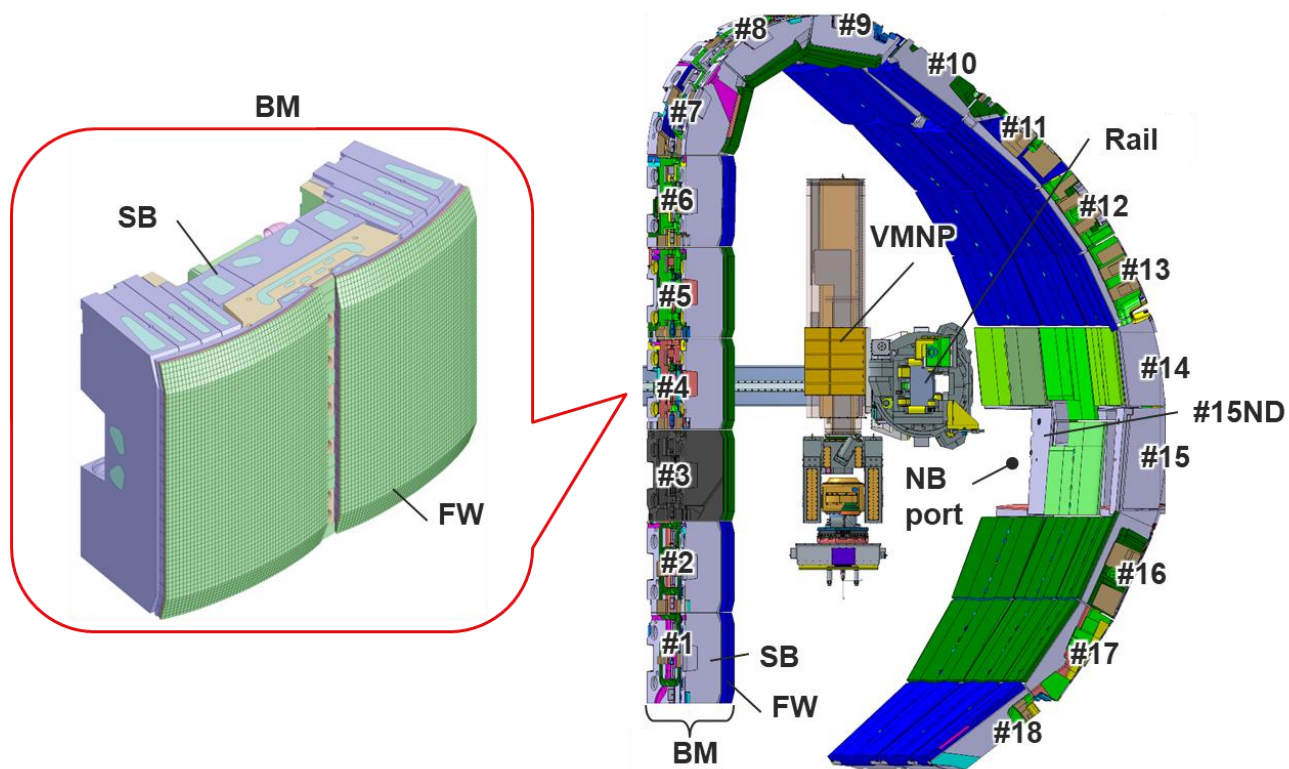


図 2 VV の断面図及び BM(SB+FW) #4 の外形

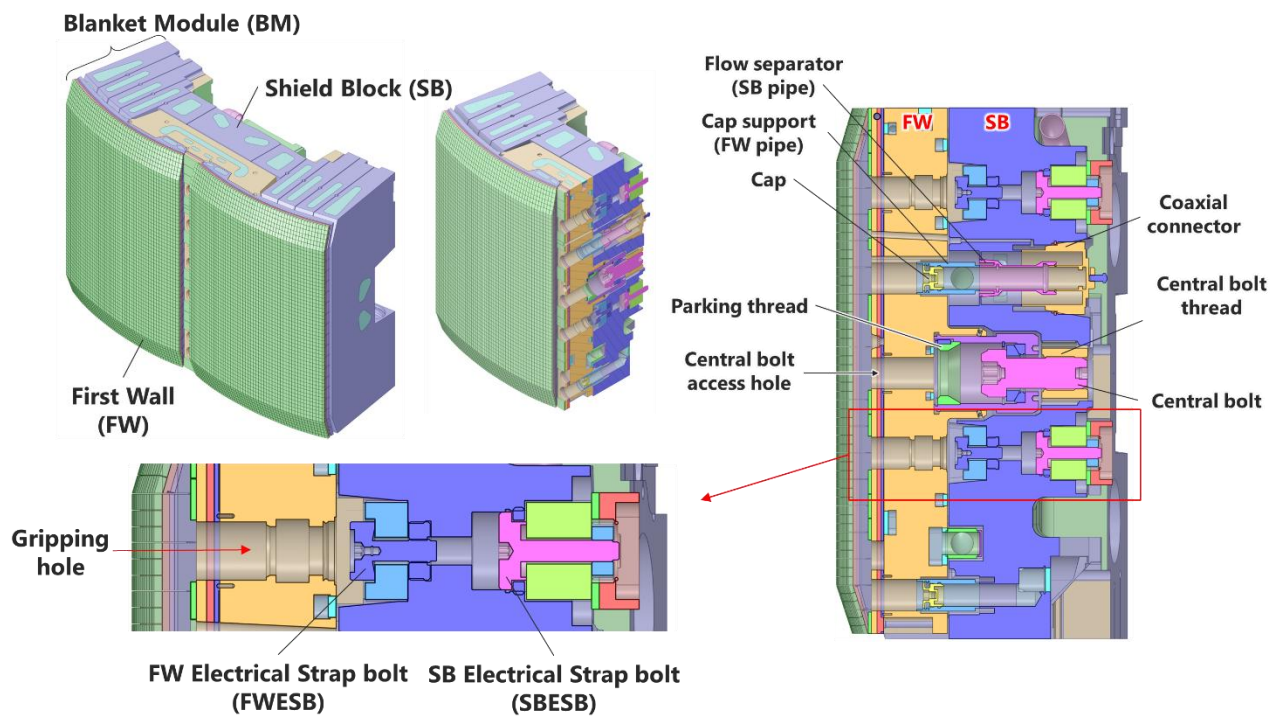


図 3 BM#4 構造断面図

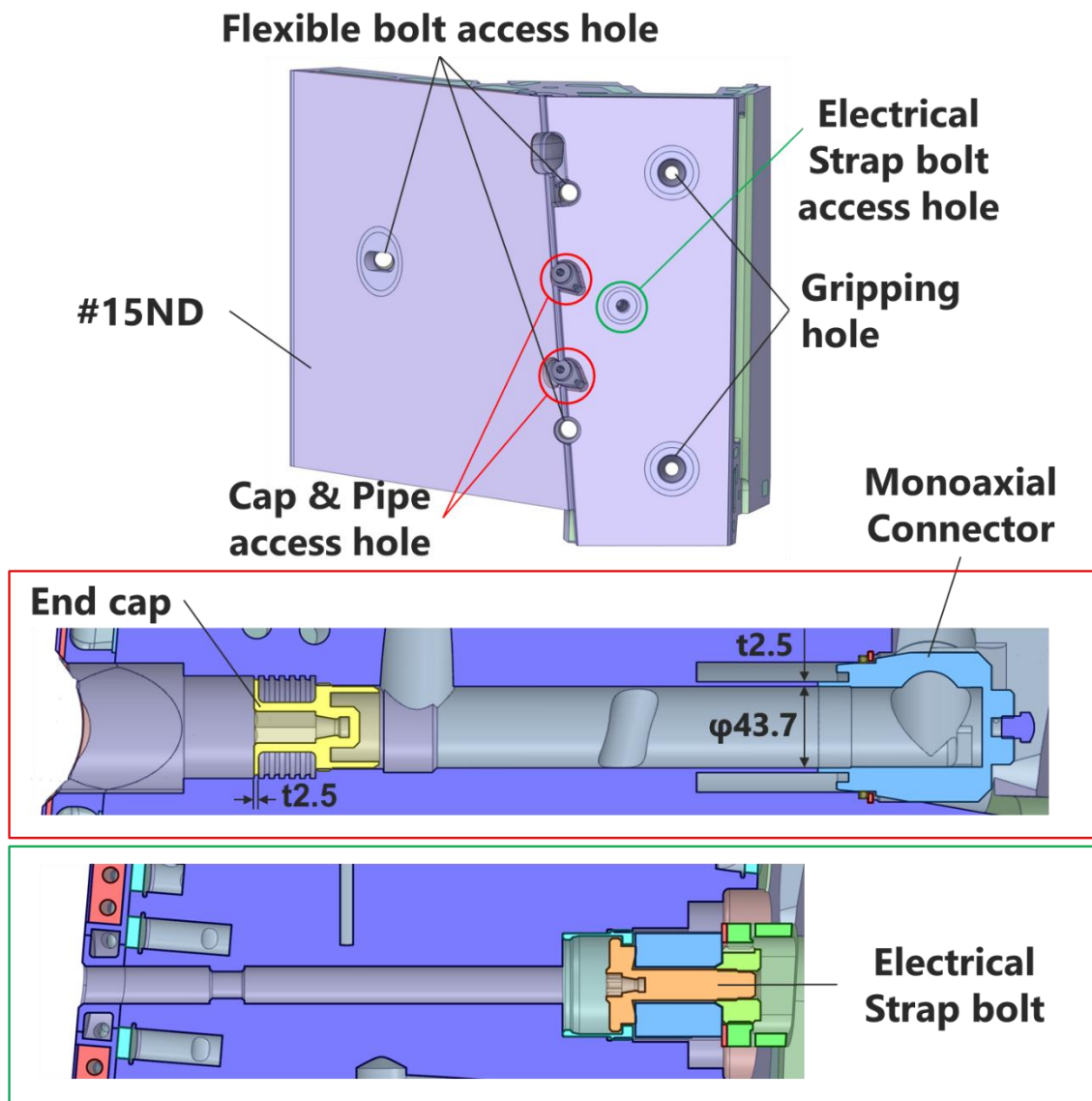


図 4 #15ND 外形（上）、配管構造（中）及び ESB（下）断面図（15ND 系モジュール）

2.3.2 TFWの構造

初期組立における対象FWは、仮第一壁（Temporary First Wall：TFW）と呼ばれるモジュールとなる。TFWは図5に示すように表面の構造が通常のFWとは異なり、冷却配管を有しない。CBや把持穴（Gripping interface, Gripping hole）の位置関係は通常のFWから変更はない。

＊備考1）TFWと同様に初期組立の対象となるSBは、TFWのような仮/簡易構造のものを用いず、最終仕様のSBを初期組立において取り付ける。

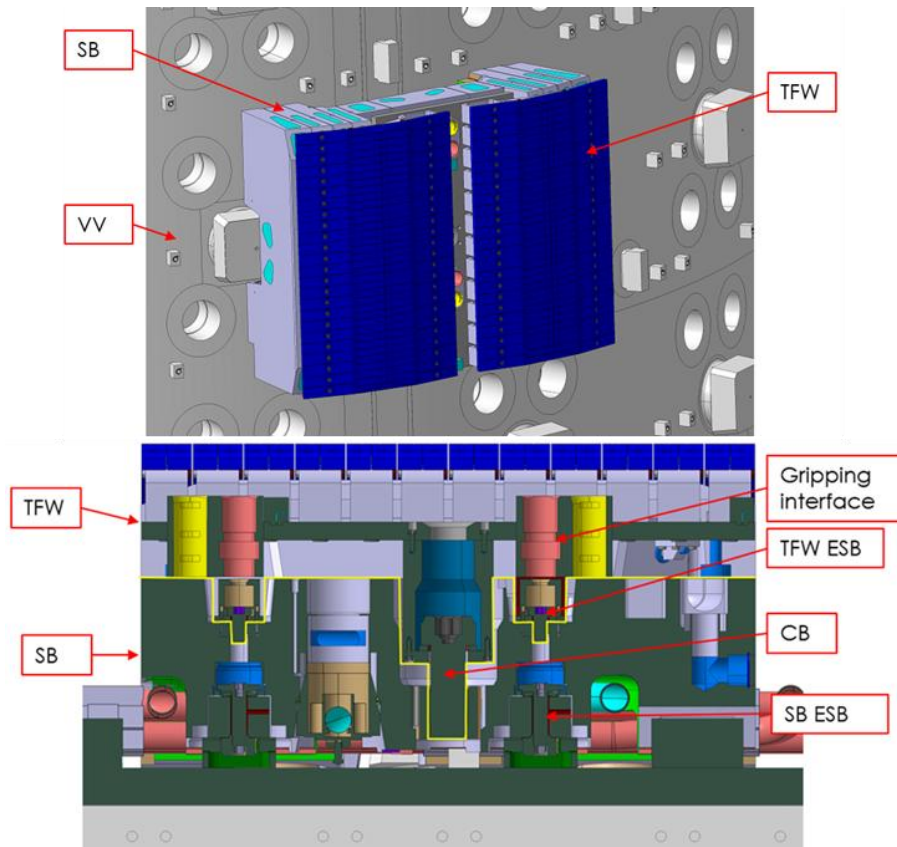


図 5 TFW 斜視図及び構造断面図

2.3.3 初期組立作業時に使用されるツール

BM 保守ツールは、下記に示すように主に重量ツールと軽量ツールに大別される。BM の初期組立時には放射線環境とはならず、作業員が近づいて作業を行うことができるため、初期組立用ツールは耐放射線性と遠隔操作性を考慮する必要はない。

- (1) 重量ツール：BAT と呼ばれる運搬機を用いて把持する。（2.4.5.1 項参照）
- (2) 軽量ツール：ゼロ G アーム（ZERO G Arm）という重量を軽減する補助装置を用いて把持し、IVTC に接続されたナセル（Nacelle）と呼ばれる作業用ゴンドラ上で作業員が作業を行う（2.4.5.4 項参照）。

＊上記の BAT や ZERO G Arm の設計は本契約範囲外である。

本件の検討対象となる FWG は重量ツール、ESBT は軽量ツールにそれぞれ分類され、初期組立プロセスにおいて必要となるツールである。

2.3.4 TFW保守手順

本項では、本件で設計・製作する保守ツールと関係する TFW 保守作業手順を詳述する。

2.3.4.1 FWG による TFW の把持及び設置

FWG を用いた TFW の把持及び SB への取付け作業の概略を示す。なお、本項で述べる FWG 及び TFW 以外の機器に関する詳細は 2.4.5 項で後述する。

- (1) BMTS 収納板(2.4.5.2 項)に搭載した FWG を、TPTS (2.4.5.2 項)により VV 内へ搬送する。
- (2) BAT (2.4.5.1 項)先端に具備するツールチェンジャーと、BMTS 収納板上に搭載された FWG のツールチェンジャー (図 15) との位置決めを行い、BAT と FWG を勘合する。
- (3) BMTS 収納板に搭載した TFW を、TPTS で VV 内へ搬送する。
- (4) BAT と接続した FWG と、BMTS 収納板上に搭載された TFW との位置決めを行い、FWG の把持爪を TFW の把持穴に挿入する(図 6)。
- (5) FWG 把持爪のフック拡張及びパッド押しつけにより TFW と FWG 間を固定する(図 7)。
- (6) FWG が具備する CB レンチユニットにより、TFW と BMTS 収納板の固定治具を締結している CB を解除し、FWG で TFW を把持する (図 8)。
- (7) BAT で FWG+TFW を取付け対象の SB 位置へ移送及び SB に対する位置決めを行い、TFW を SB に設置する。
- (8) FWG が具備する CB レンチユニットにより、TFW の CB を SB 側の CB スレッドに締結し、TFW を SB に仮固定する。
- (9) FWG のパッド押しつけ解除と把持爪のフック収納により TFW と FWG 間の固定を解除し、FWG を TFW から引き抜く。
- (10) BAT により FWG を BMTS 収納板上へ受け渡す。
- (11) その後は、CB 締結ツールにより TFW の CB に更に大きなトルクを印加することで本締めを行い、TFW を SB に本固定する。

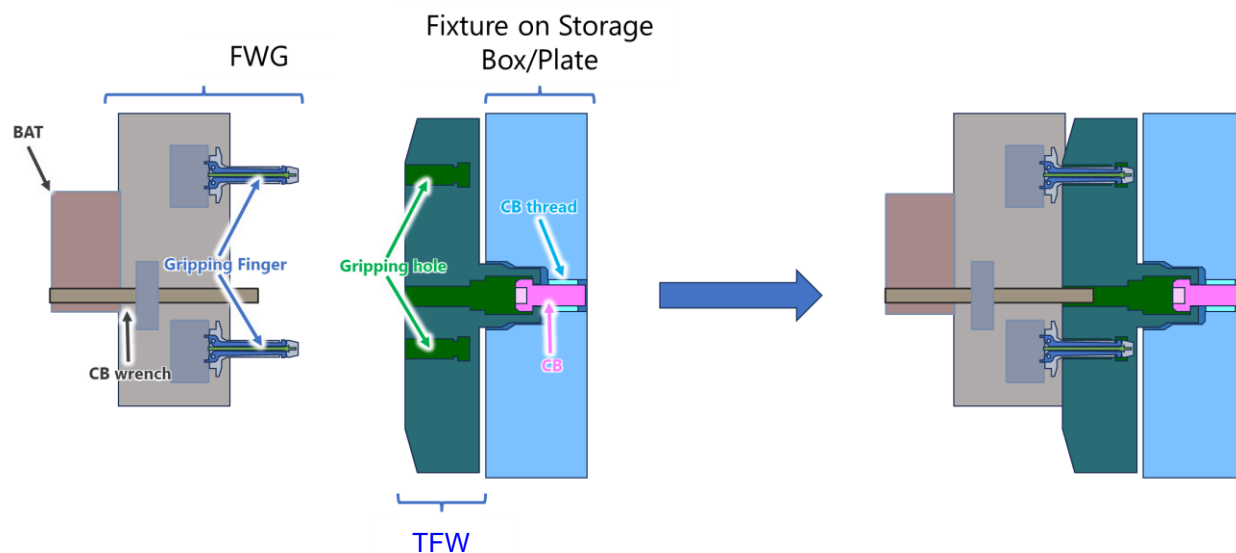


図 6 TFW への FWG の挿入

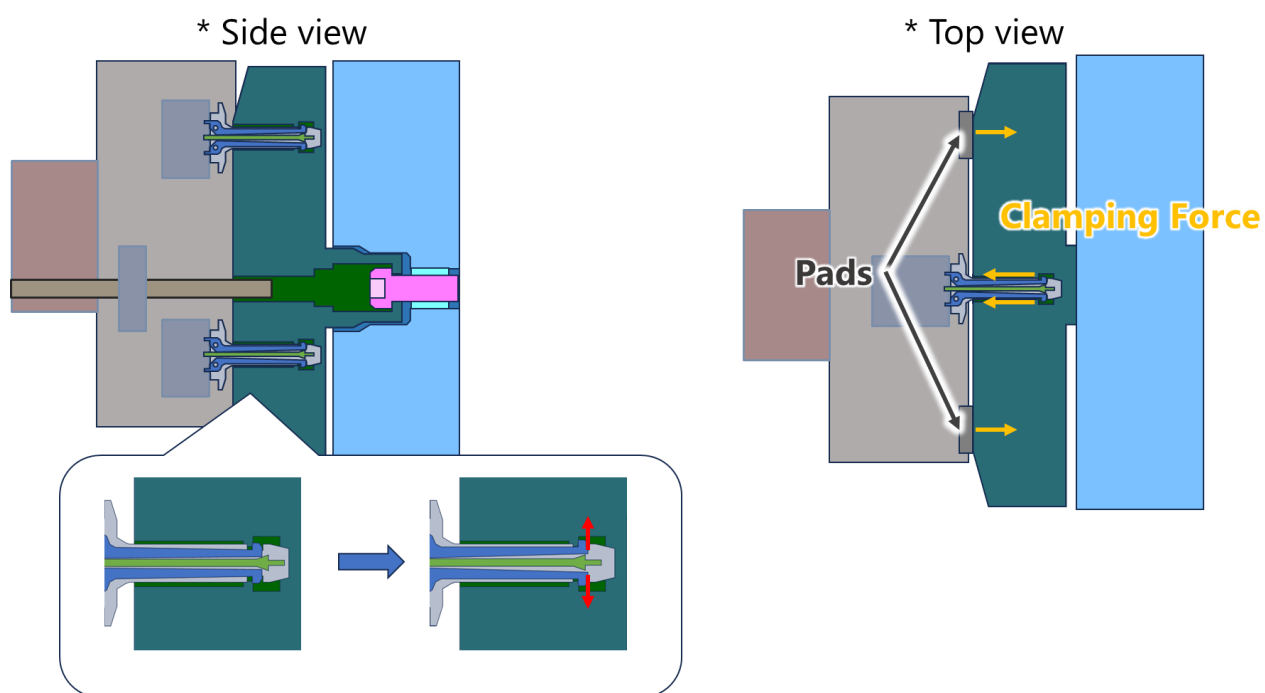


図 7 把持爪のフック拡張（左）とパッド押しつけ（右）による、TFW と FWG 間の固定

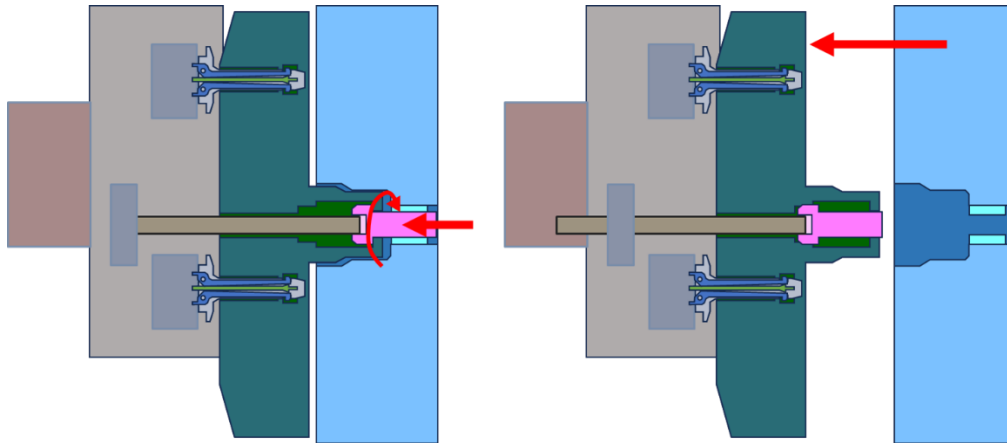


図 8 CB レンチユニットによる CB 締結の解除と TFW の把持

備考) 図 6～図 8 は BMTS 収納板に固定された TFW を FWG により取り外して把持する工程を示した。TFW を SB に設置する手順は、図の BMTS 収納板を SB とみなし、図 8 から図 6 の順にて実施する。)

2.3.4.2 ESB 締結の作業工程

ESB は、各モジュール及び VV 間に電気的な接続を供給するためのボルトである。ESB は FWESB (TFW と SB を接続)、SBESB (SB と VV を接続)、15NDESB (15ND 系モジュールと VV を接続) の 3 種類が存在する。

下記に FWESB を例として、ESB を締結する際の作業手順を示す。本作業は 2.3.4.1 項に示す TFW 設置後、CB を本締めした状態かつ FWESB が TFW 側の待機用スレッド構造に締結された状態 (図 9) を初期位置として開始する。

- (1) ESBT を収納したツール収納ラック (TSR) を BMTS に搭載して VV 内に搬入する。
- (2) ESBT を ZERO G Arm (2.4.5.7 項参照) で把持し、保守対象の TFW の手前まで移動させる。
- (3) ESBT の反力受け構造 (Key) を TFW 把持穴に挿入し、位置合わせを行う (図 10)。
 - ・ 備考) FWESB は TFW 把持穴 (Gripping hole) の奥に配置される。
- (4) ESBT が具備するレンチを伸ばし、FWESB のソケットに挿入して勘合させる (図 11)。レンチとソケットの位相がずれている場合は、レンチを FWESB ヘッドに押し当てながら適量回転させて位相を合わせ、勘合させる。
- (5) ESBT に具備するトルク増幅器 (Torque multiplier) 上部のソケットにレンチを挿入する (図 12)。
- (6) 作業員の人力によりレンチを回転させ、FWESB にトルクを印加し、FWESB を待機用スレッド構造から緩める。
- (7) FWESB を SB 側の FWESB スレッドに目標トルク ($480\text{Nm} \pm 10\%$) で締結する (図 13)。
- (8) レンチをトルク増幅器のソケットから引き抜く。
- (9) ESBT を TFW から引き抜く。

備考) 他の SBESB 及び 15NDESB の締結も、上に示す FWESB 締結と同様の手順となる。ただし、一部の SBESB は FWESB スレッドの奥に配置される場合があるため、レンチは FWESB スレッドを通して SBESB にアクセスする必要がある (図 14)。

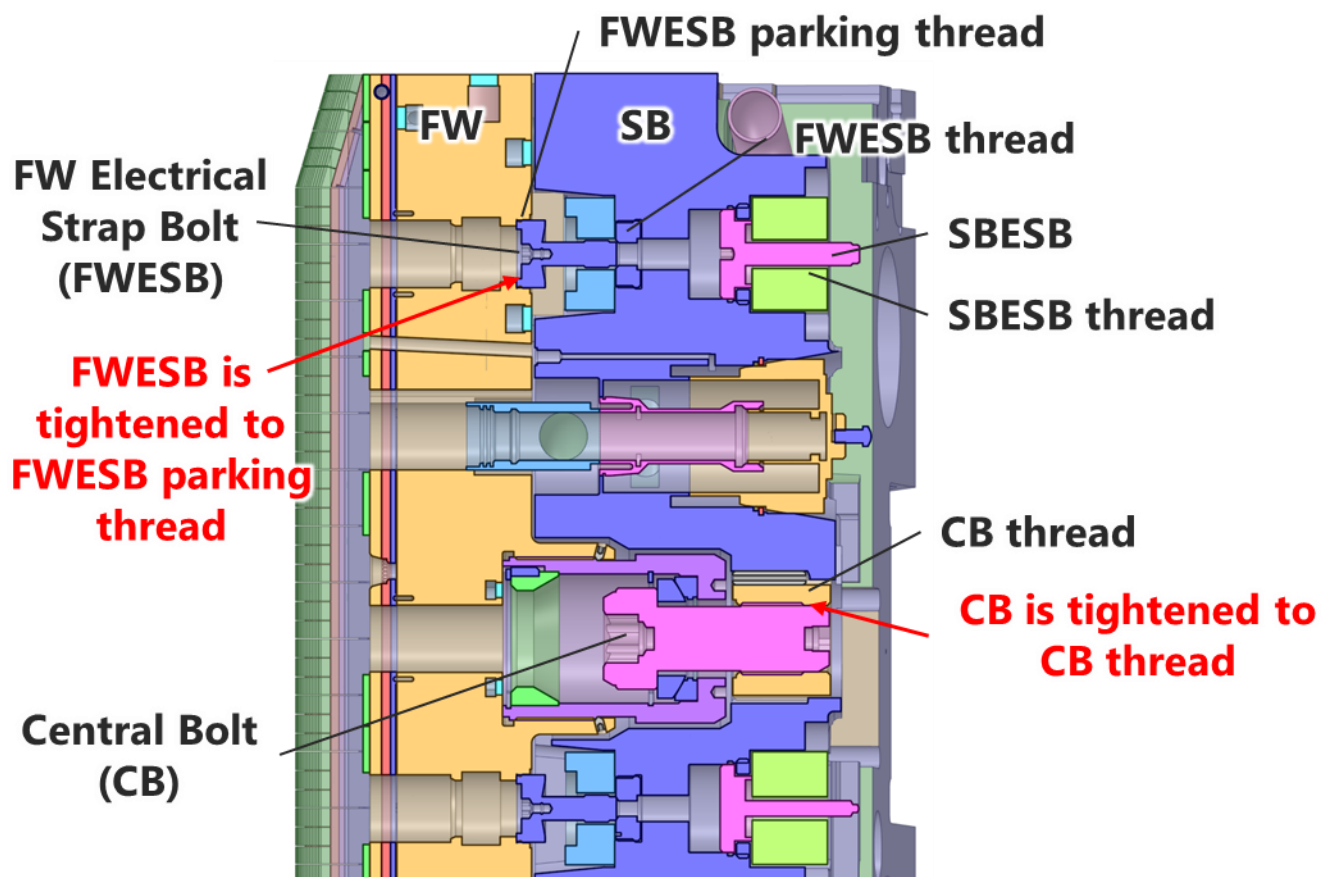


図 9 FWESB 締結模式図① (CB 締結後)

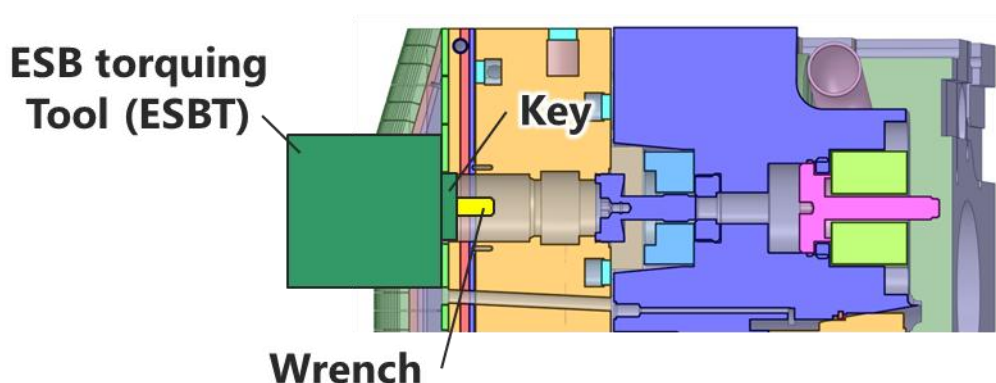


図 10 FWESB 締結模式図② (ESBT の位置合わせ)

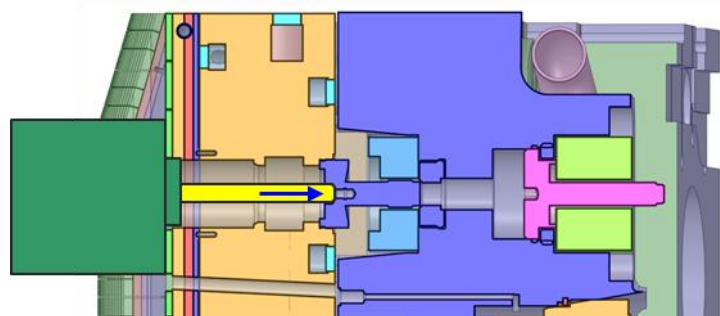


図 11 FWESB 締結模式図③ (レンチの挿入)

Torque wrench

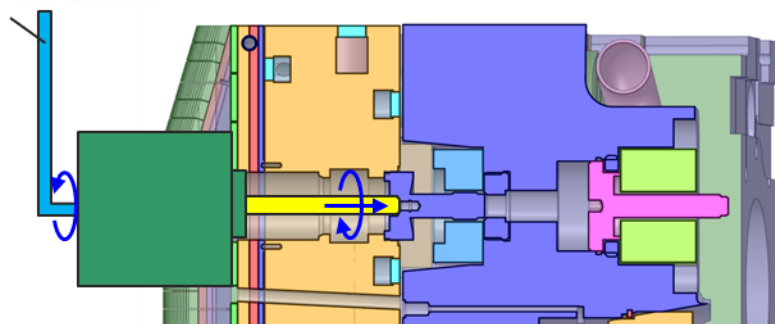
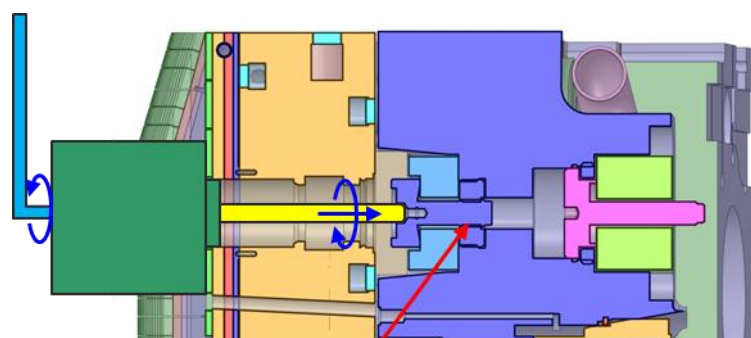


図 12 FWESB 締結模式図④ (トルクレンチ装着、FWESB 締結)



**FWESB is
tightened to
FWESB thread**

図 13 FWESB 締結模式図⑤ (FWESB 締結完了)

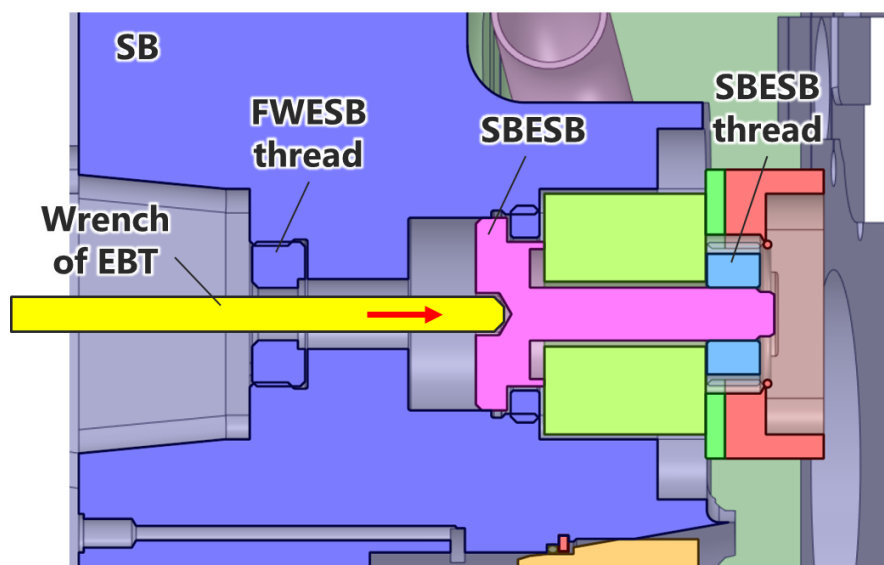


図 14 FWESB スレッドを介した SBESB へのアクセス模式図

2.4 設計仕様

本項では、各種 FW ツールプロトタイプに関する設計検討を実施するにあたり考慮すべき点を示す。

2.4.1 FWGの設計仕様

FWG の設計仕様を下記に記載する。

(1) ツール構造：図 15

(2) 機能：

- (a) FWG は TFW を VV 内の目的位置まで移動させる際に、TFW を把持する機能を有する。
- (b) FWG は TFW を対象の SB に設置した後、CB を SB 側の CB スレッドに仮締めトルク 137Nm にて締結して固定する機能を有する。

(3) 機器構成：

(a) 把持爪ユニット×2 台 (Gripping Finger Unit)

- ・ 後述のパッド構造との併用によって、TFW と FWG 間を固定する構造。FWG は 2 組の把持爪ユニットを具備しており、TFW 上の 2 つの把持穴へ勘合する。
- ・ 把持爪フレーム (Gripping Finger Frame)： 把持爪フックを格納するための円筒状の構造を具備する。TFW 把持穴への把持爪ユニット挿入時に、フレームと把持穴間の接触を BAT 側の力・トルクセンサーで監視し、位置決め制御に用いる。挿抜性を確保するために、各部にテーパ構造を有する (図 16)。
- ・ 把持爪フック拡張駆動機構 (Gripping Finger hook expansion drive mechanism)： 把持穴側の引っ掛かり構造 (Gripping interface) へ勘合する爪状の構造を具備する。1 組の把持爪ユニットに対して 4 本のフックを具備する。TFW 把持穴への勘合前は把持爪フレーム内に格納され、挿入後に、駆動機構によってフックを拡張する。拡張前後の駆動概念を図 17 に示す。
- ・ 把持爪リニア駆動機構 (Linear Drive for Gripping fingers)： TFW のバリエーション毎の把持穴位置に対応するための駆動機構を具備する。駆動方向は、CB レンチを中心として、2 つの把持爪ユニットを結ぶ方向である。

(b) アクティブパッドユニット×2 台 (Active Pad unit)

- ・ 前述の把持爪とパッドの押し付けによって、TFW と FWG 間を固定する構造を具備する。
- ・ パッド及びパッド駆動機構 (Pads and driving mechanisms)： 把持爪の左右に位置し、TFW を把持爪方向に押し出すための駆動系を具備する。把持爪フック拡張後に押し出すことで、TFW と FWG を固定する。
- ・ リニアセンサ (Linear sensor)： パッドの押し付け量を監視するためのセンサーを具備する。

(c) CB レンチユニット (CB wrench unit)

- ・ TFW の CB を SB の CB スレッドに締結するための機構を具備する。

- CB レンチ (CB wrench) : レンチの先端は、TFW の CB における TORX ソケット (図 18 参照、最大外径 $\phi 43$) に適合する TORX ビット形状を有する。
 - CB レンチ昇降機構 (CB wrench extension mechanism) : TFW のバリエーション毎の CB 深さ位置に対応するための、CB レンチ昇降方向の駆動機構を具備する。
 - CB レンチ締結機構 (CB wrench torquing mechanism) : CB を仮締めトルクにて締結・解除を行うための駆動機構を具備する。
 - CB レンチコンプライアンス機構 : CB レンチの勘合時に、位置誤差等を吸収するためのコンプライアンス機構を具備する。
- (d) カメラ及び照明×2 台 (Camera and lights)
- FWG の位置決めのためのロボットビジョン用のカメラ 2 台と、TFW 上の位置合わせマーカ周辺の見認性を向上させるための照明を具備する。
- (e) ツールチェンジャーツール側 (Tool changer tool side)
- BAT への FWG の固定と、電力及び制御信号を供給するためのツールチェンジャーの構造を具備する。

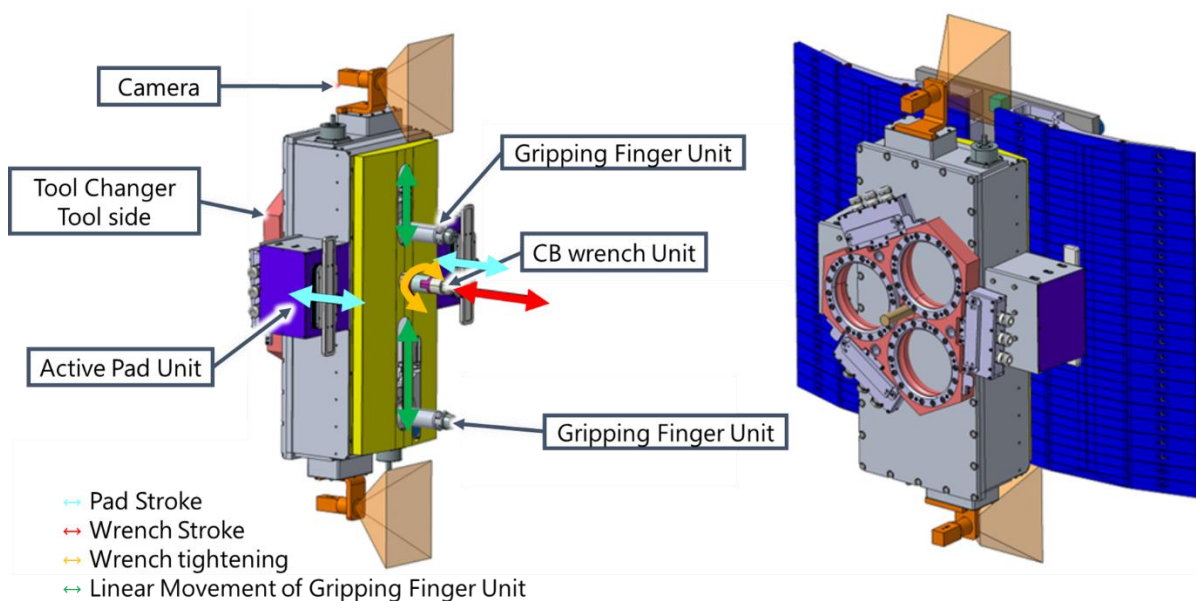


図 15 FWG 概念図 (左 : TFW 固定面から見た側面図、右 : TFW 固定時)

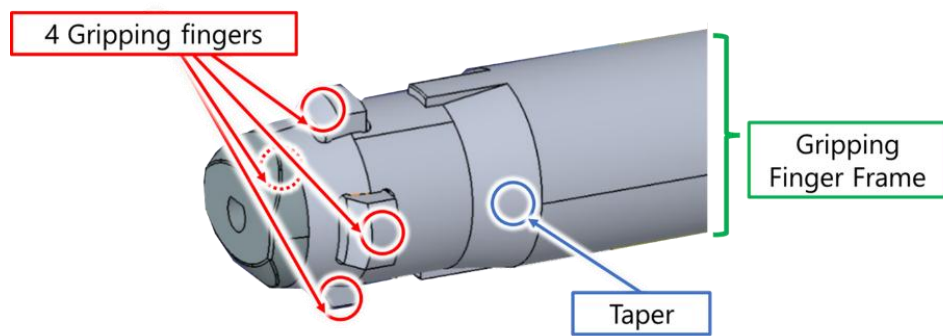


図 16 把持爪ユニット先端概念図

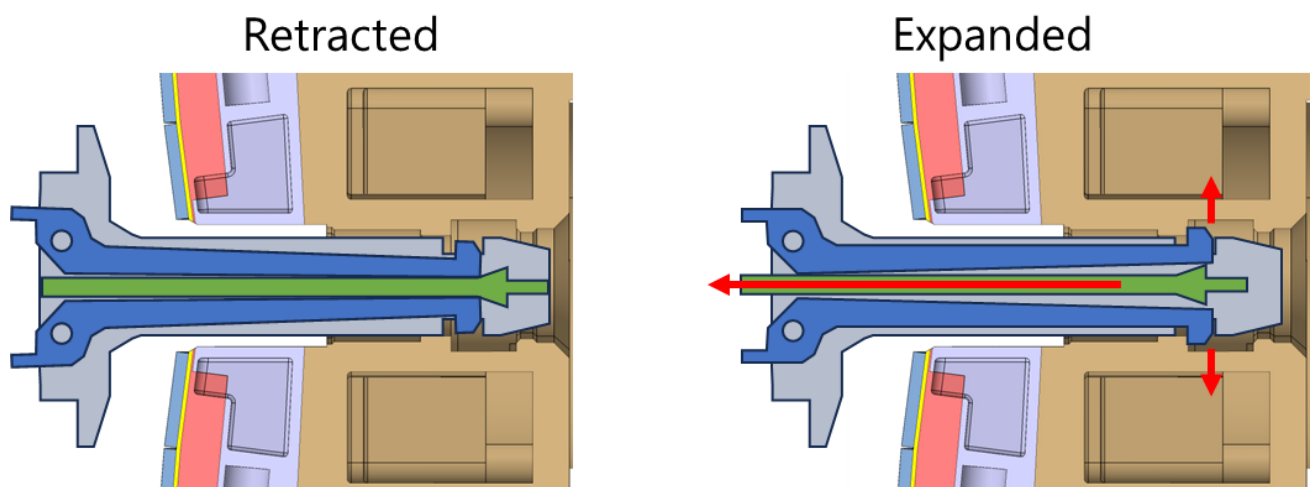


図 17 把持爪フックの拡張概念 (左：フック収納時、右：フック拡張時)

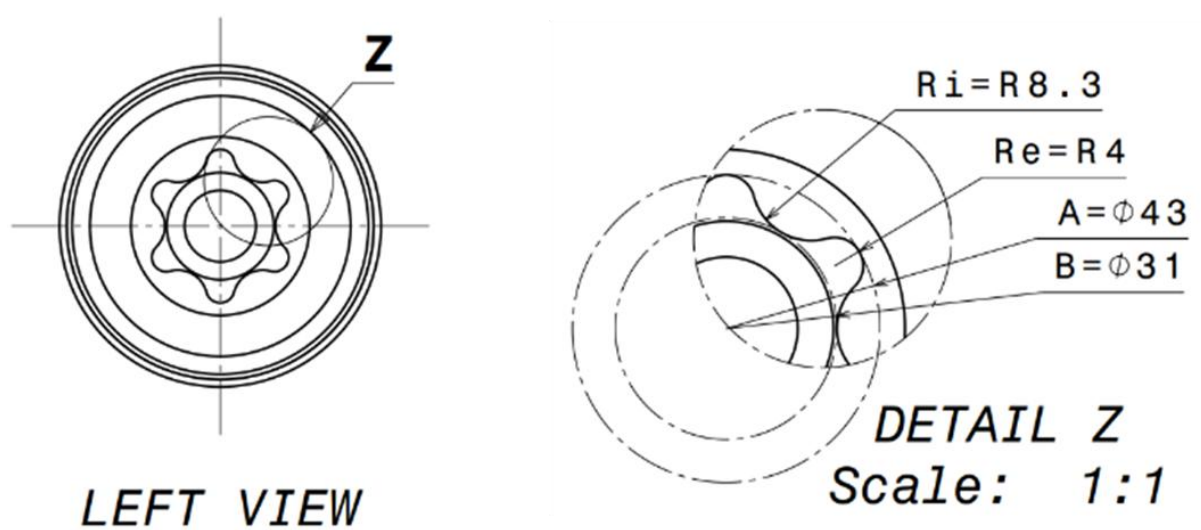


図 18 CB の TORX ソケット形状

2.4.2 ESBTプロトタイプ的设计仕様

ESBT プロトタイプ的设计仕様を下記に記載する。

(1) ツール構造：図 19

- (a) TFW、SB、及び 15ND 系モジュールの ESB 締結に対応可能な構造とする。
- (b) ESB 締結に必要なレンチは、締結機構、反力受け構造、把持取合い等を含む複合構造とする。

(2) 機能：

- (a) ESB に対し $480\text{ Nm} \pm 10\%$ (MAX 800 Nm) の締結トルクが印加可能な機能を有する。
- (b) 導入孔 (Access hole) を通じて FWESB (図 20)、SBESB (図 21)、及び 15NDESB にアクセスし、各 ESB を締結する機能を有する。

(3) 構成機器：

(a) レンチ (Wrench)

- ・ 星形六角形 (ヘキサロビュラ「TORX T80 head」) ソケットに勘合可能な形状を有する。
- ・ 材質は時効処理を施したマルエーシング鋼 (maraging steel：硬度 HRC54～56) とする。
- ・ TFW、SB、及び 15ND 系モジュールの各表面から ESB までの距離に応じた長さを設定する。
- ・ 上に示したアクセス距離の違いに対応するため、複数種類のレンチを交換可能とし、人力及び一般工具による交換を可能とする。
- ・ 以下に示す経路で各 ESB へのアクセスを可能とする：
 - － TFW：FWESB 導入孔 (FWESB access hole)
 - － SB：SBESB 導入孔 (SBESB access hole)
 - － 15ND 系：ESB 導入孔 (ESB access hole、図 4 参照)
- ・ レンチは正逆方向の回転に対応すること。
- ・ レンチ先端には受動把持機構 (Passive Holding System) を具備する (図 22 参照)。

(b) 締結機構

- ・ トルク増幅器 (Torque multiplier) を用いた、人力による締付け用のトルク印加システムと、それを装着するスプラインシャフト (Spline shaft) で構成する。
- ・ 入力トルクはトルク増幅器により増幅し、レンチに伝達される。
- ・ 使用機器例は、GEDORE 社製 DREMOPLUS ALU 1300 Nm DVV-13Z とする。
- ・ トルク増幅器への入力、三洋機工 (株) 製スマートトルクレンチ (DPW シリーズ) 等により人力で行う。
- ・ 増幅器内部のグリース漏れ防止のため、適切なシール構造を具備する。
- ・ 時計回り及び反時計回りの両方向での締結・緩結操作が可能である。
- ・ 各種緩み防止策の実装が可能な構造を具備する。

(c) コンプライアンス機構

- ・ 図 19 上部に示すように、トルク増幅器とレンチの接続部 (Multiplier-wrench coupling) にクリアランスを有する。
- ・ レンチとボルト間の組付け誤差 (角度 ± 0.5 deg、並進 ± 2.1 mm) を吸収可能なコンプライアンス機構を具備する。
- ・ 並進誤差 ± 2.1 mm、角度誤差 ± 0.5 deg (適用図書#5, #7) を許容する。
- ・ 許容誤差を超える傾斜が発生しないよう、過傾き防止構造を具備する。

(d) 反力受け構造 (Key (Reaction feature))

- ・ 各種 ESB 締結時に発生する反力を受け止める構造を有する。
- ・ 使用可能な BM 構造要素は以下とする。
 - － TFW : ESB 導入孔入口の構造 (図 23)
 - － SB (図 24) : FWESB ポケット (pocket) (共通構造 (図 24 内、A の周辺)) 又は導入孔付近の構造 (モジュール毎に異なり、配管用の溝や段差部などが使用可だが、図 26 の青色部には荷重がかからないようにすること)。
 - － #15ND 系 : 蓋・配管導入孔 (MC access hole、図 4 参照)
- ・ 反力受け構造案を図 25 ~ 図 27 に示す。
- ・ 反力受け構造の着脱及び位置調整は、人力または一般工具で実施可能である。

(e) 把持用取合い (ZERO G Arm interface)

- ・ ZERO G Arm による把持に対応した接続取合いを具備する。
- ・ 取合い付近に重心を配置し、必要に応じてカウンターウェイトの使用を許容する (ただし総重量は制限内とする)。

(f) 運搬・設置用取合い

- ・ 落下防止対策 (例: テザーによる連結) 及び緩み防止対策 (例: Loctite、SpiraLock、NordLock、ワイヤ) を考慮する。
- ・ ESBT は TSR 及び NTS (2.4.5.6 参照) との取合いを具備する。
- ・ 作業による把持及び位置調整を行うためのハンドル等を具備する。

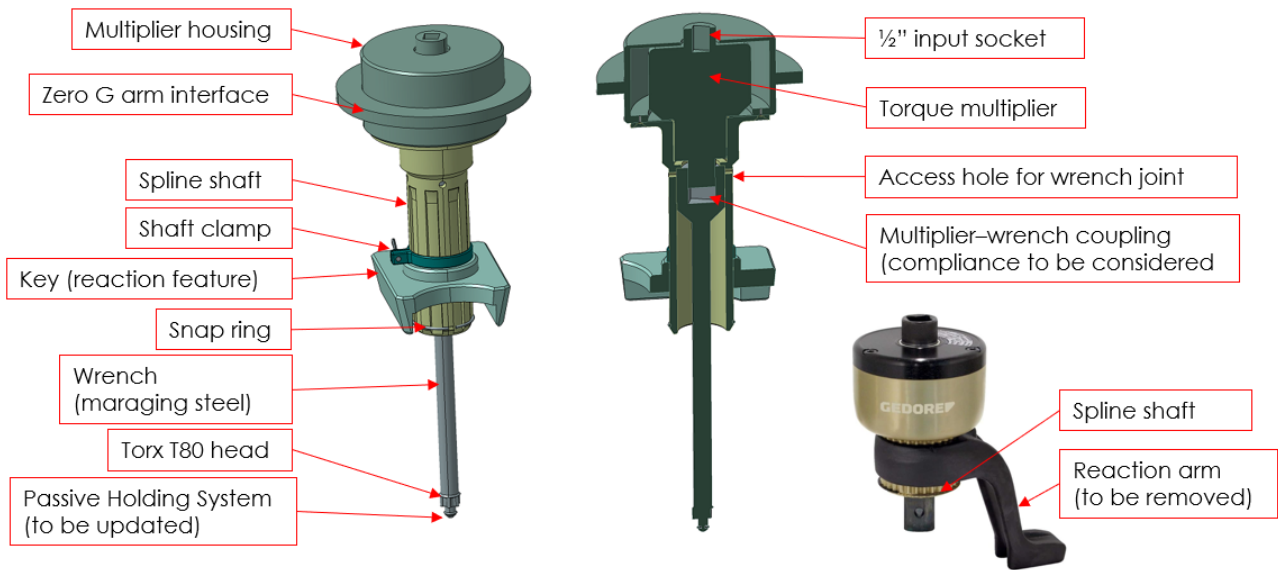


図 19 ESBT の概念図

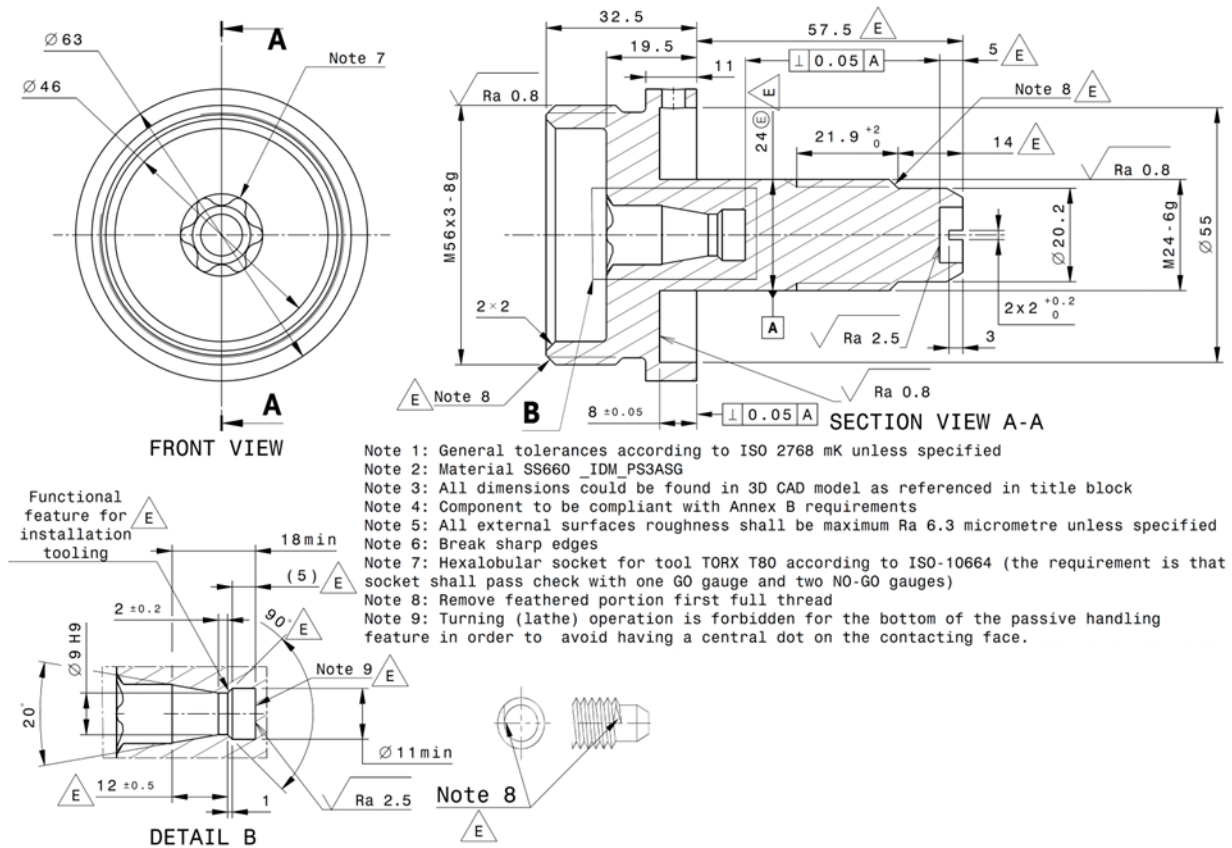


図 20 FWESB 構造（適用図書#5 より抜粋。変更が生じた場合は別途提示する）

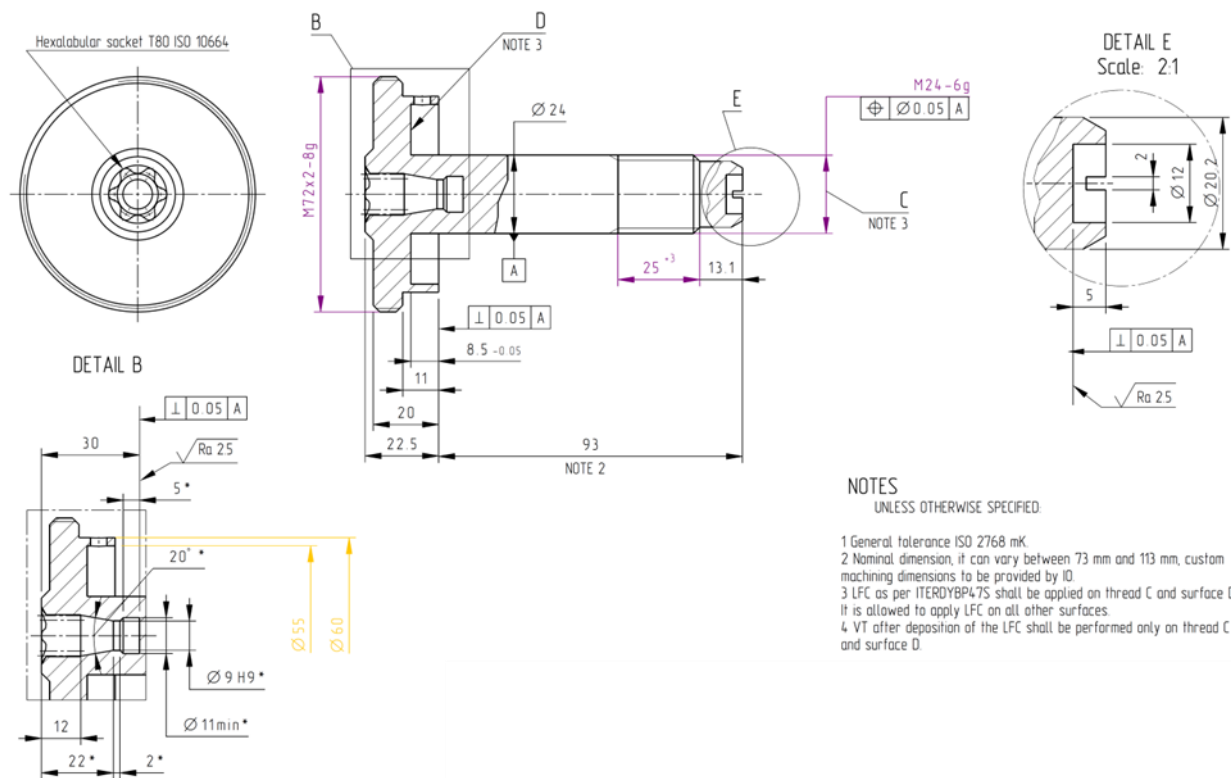
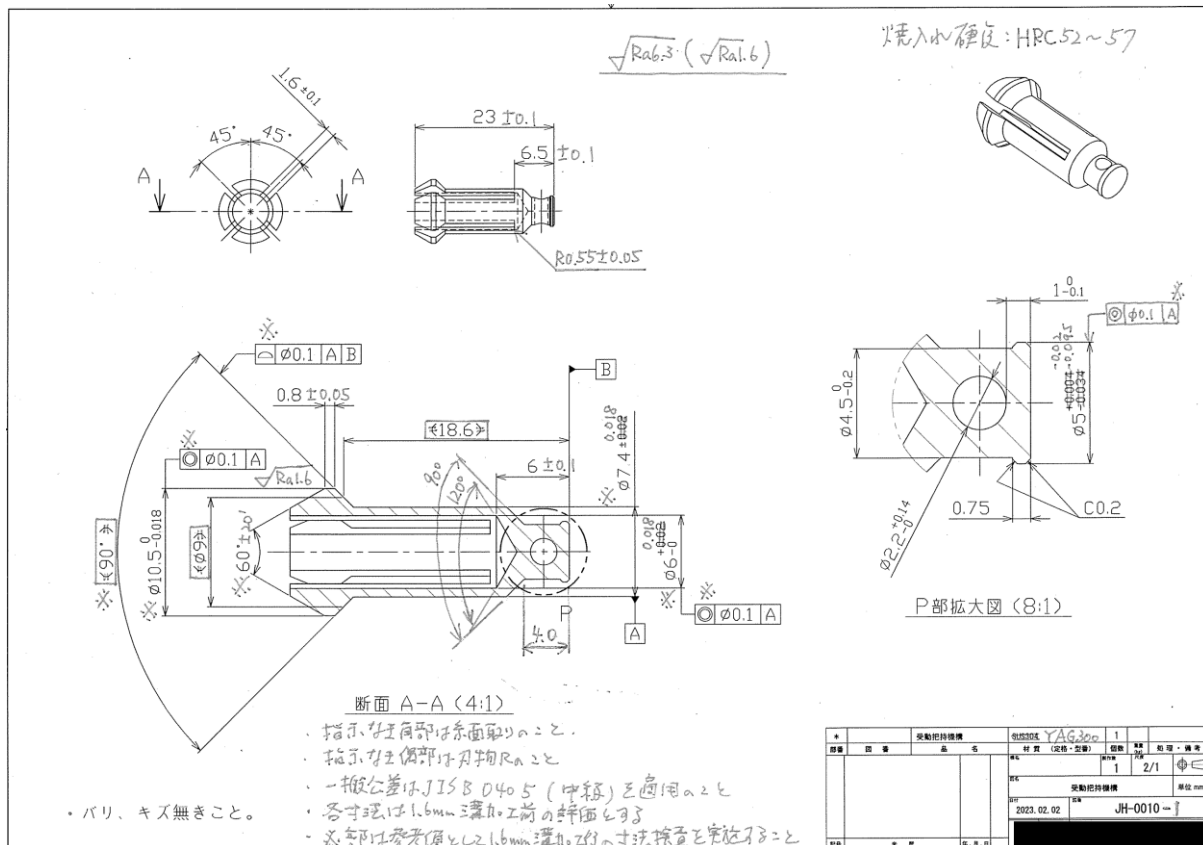
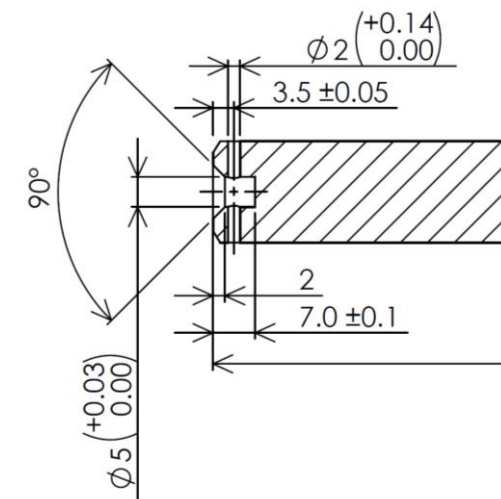


図 21 SBESB 構造（適用図書#6 より抜粋。変更が生じた場合は別途提示する）



(a) PHS コレット



(b) レンチ側の PHS 固定取合い

図 22 PHS 構造図

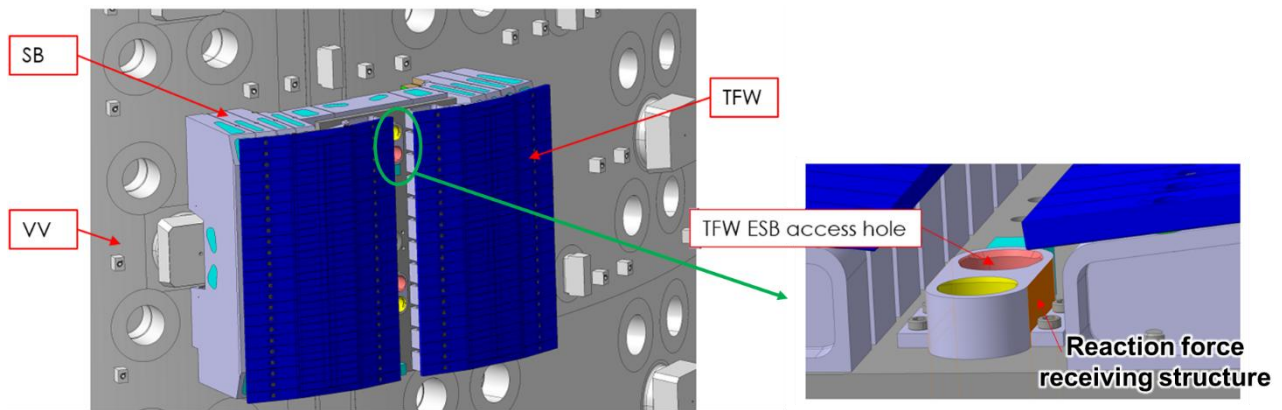


図 23 FWESB 締結時の反力受けに利用できる構造
(ESB 導入孔の側面のオレンジ色でハイライトした構造を利用する)

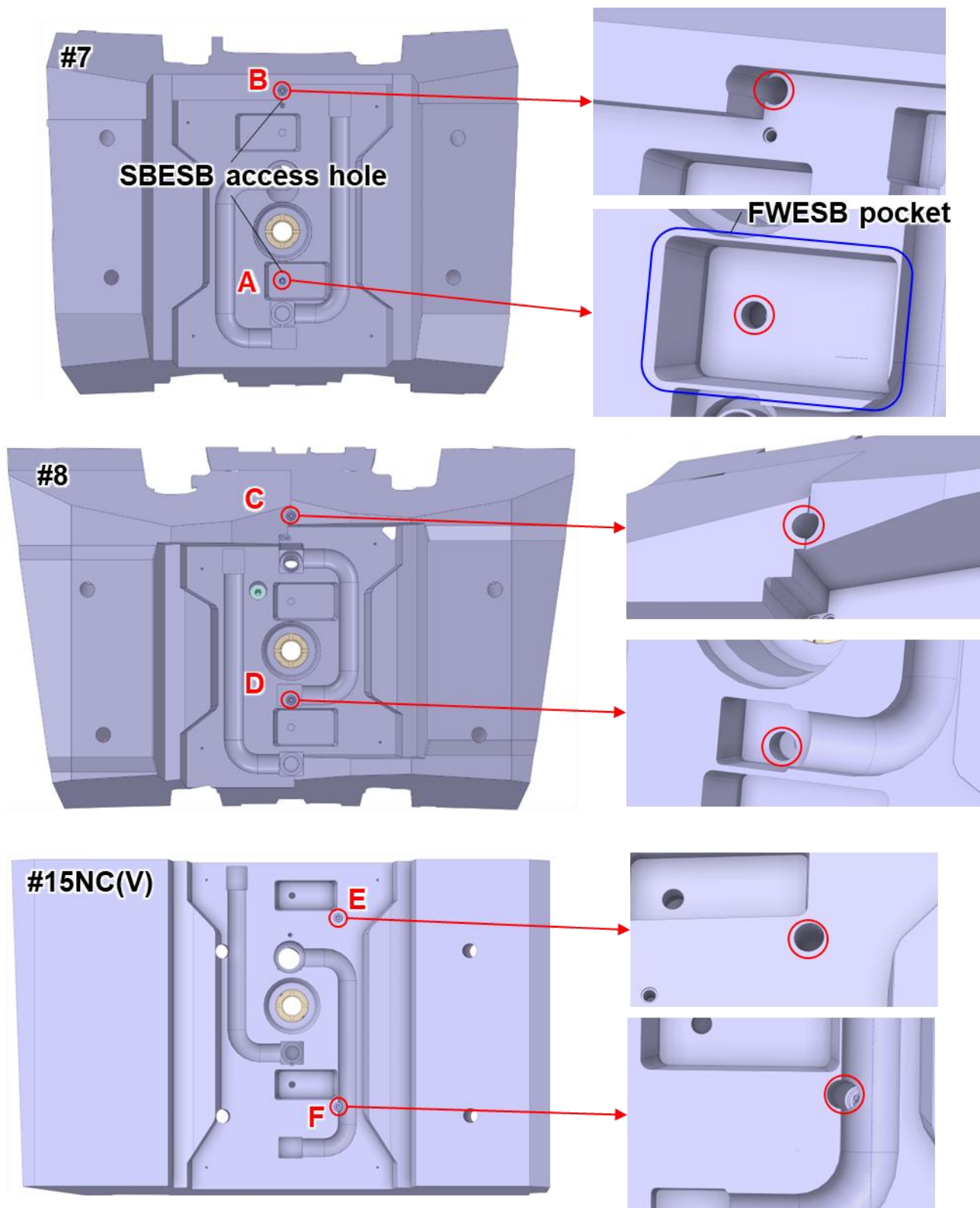


図 24 SBESB 締結時の反力受けに利用できる構造

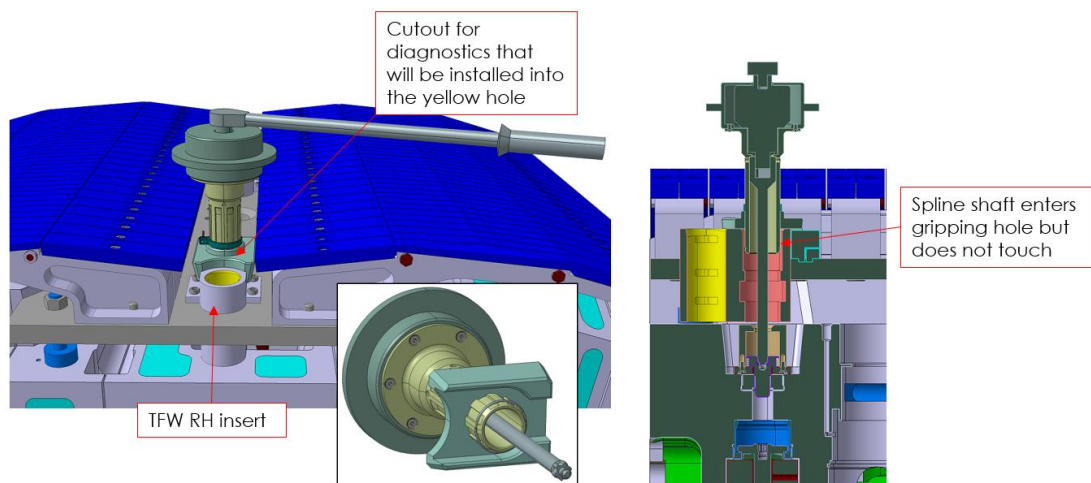


図 25 FWESBT の反力受け構造案

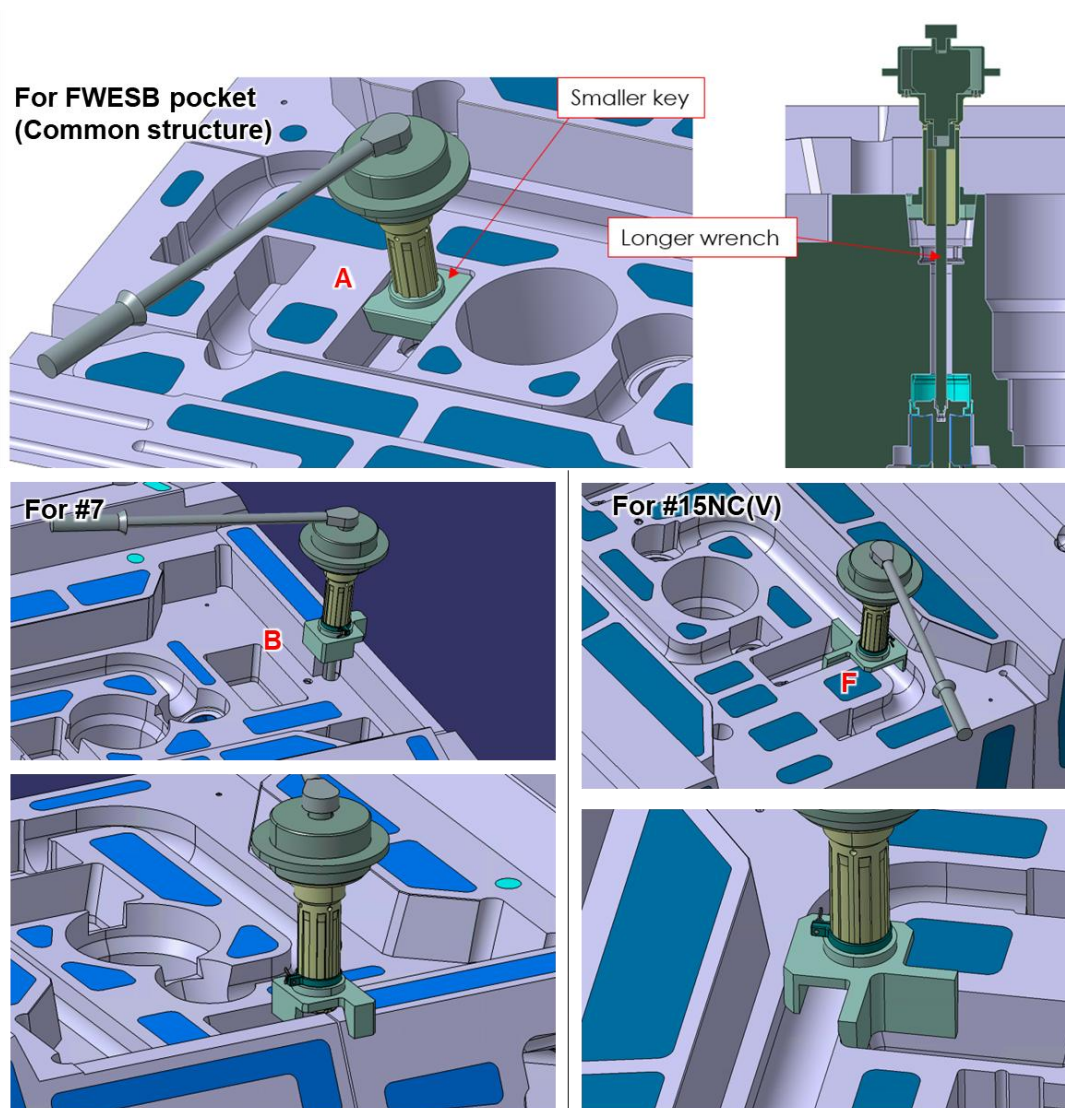


図 26 SBESBT の反力受け構造案

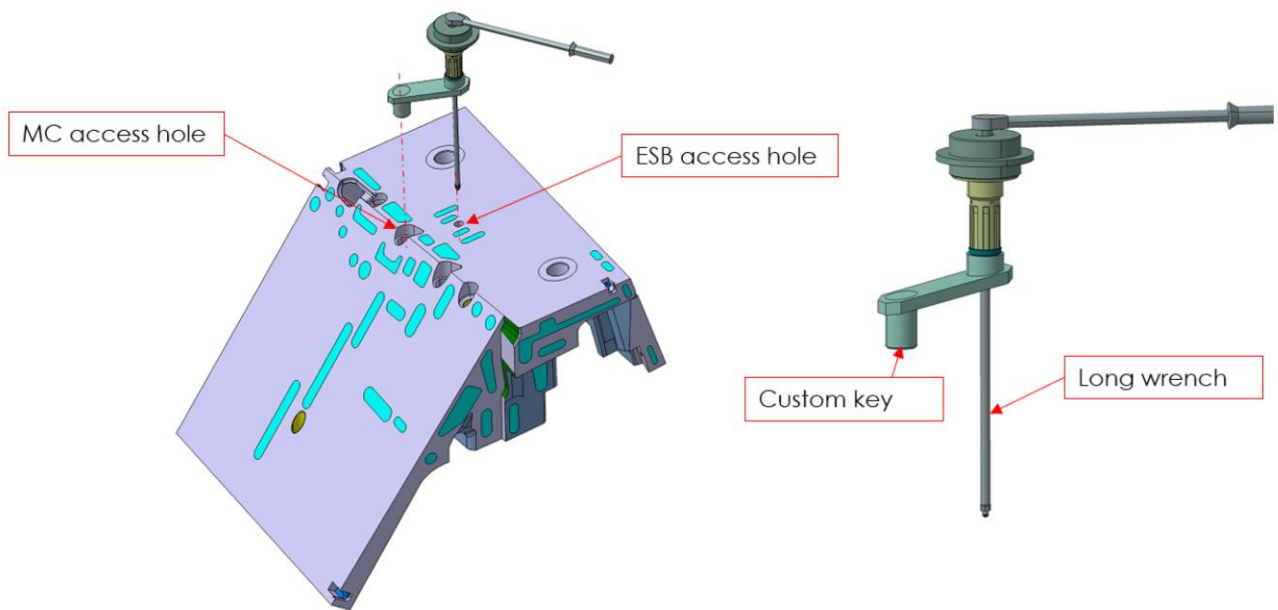


図 27 15ND 系モジュールの反力受け構造案

2.4.3 制御装置

制御装置の構成は、大きく上位制御系（High-Level Control System, 以下 HLCS）と下位制御系（Low-Level Control System, 以下 LLCS）に分類される。HLCS は、主に運転員との取合いの役割を担い、操作監視に関わるヒューマンマシンインターフェース（Human Machine Interface, 以下「HMI」）及びそれに付随するアプリケーションを有する。LLCS は制御対象機器との直接の取合いを有する制御装置であり、各種ドライバやコントローラ等が実装される。

図 28 にその概略図を示す。各種ツールに関わる運用フェーズとして、EE が BAT に接続された状態で所望の位置まで移動する Transporter mode と、EE が BM に固定された後にツール等により各種作業を行う Skid mode が挙げられる。

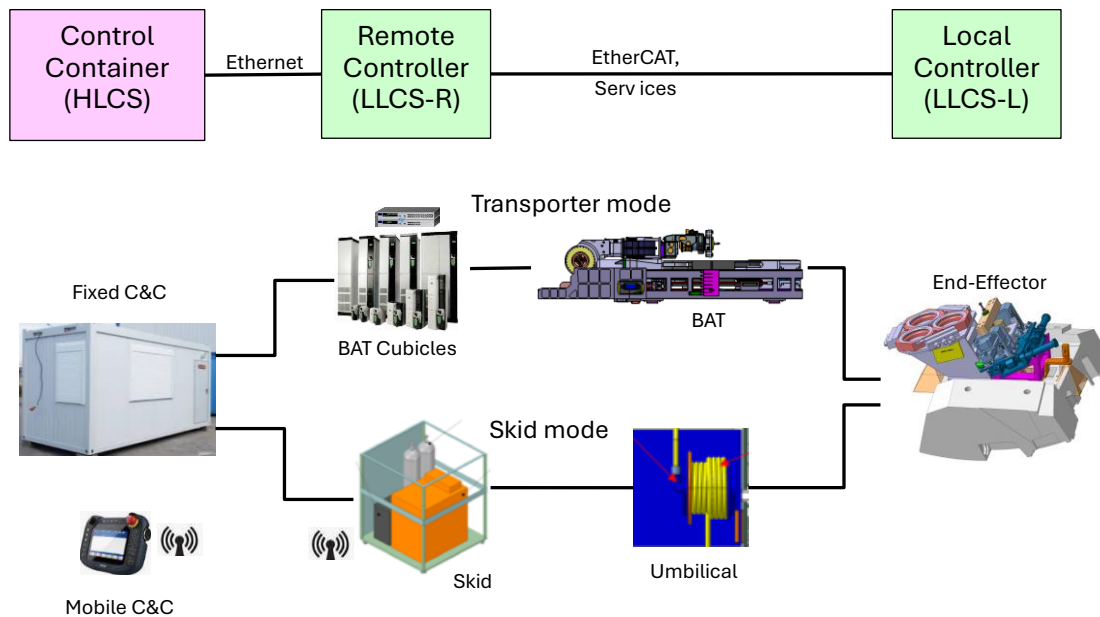


図 28 EE に接続される制御システム構成概要

Transporter mode の場合、BAT 内を経由するケーブル配線に厳しい制約がある。EE には最小限のケーブルが接続されるという前提で、Transporter mode における EE の設計と運用を検討する必要がある。Transporter mode 時、EE の主な取合いは以下となる。

- EE のローカルコントローラ用の電源
- 通信 (EtherCAT)
- カメラネットワークリンク

Skid mode においては、EE が BM に固定された状態で EE とツールの運用を行う。Skid 及び複合ケーブルは、ツールの運用（例：溶接作業）に必要なユーティリティを提供する。

- EE のローカルコントローラ用の電源
- 通信 (EtherCAT)
- 圧縮空気
- 溶接ガス
- 溶接電力

Skid mode では、コントロールコンテナ（運転室）から有線、又はモバイルコントローラにより無線での制御を可能にする。

モバイルコントローラには、コントロールコンテナからの有線制御とモバイルコントローラからの無線制御の切り替えを行うキースイッチを実装する。これにより、双方の制御指令の競合を回避することができる。

注意:EE には、BAT による EE の正確な位置決めのために必要なカメラが実装されている。

これらのカメラは、BAT ビジョンシステムに直接取合う必要がある。（ツール用制御システムへの接続は不要）

High-Level Control System (HLCS)

ツールに関わる制御系は、以下の HLCS HMI を実装する。

- Command and Control (C&C) : EE/ツールを操作するための HMI。
 - コントロールコンテナ内の固定 PC の HMI (有線 Ethernet 接続)
 - ナセル上で使用するモバイルコントローラ HMI (無線 Ethernet 接続)

ツール制御システムは、仮想現実 HMI (本契約の範囲外) と取合う。また、ツール制御システムの運用手順は、Operation Management System (本契約の範囲外) によって管理される機器全体の制御系に統合される。

Low-Level Control System (LLCS)

ツール制御系には、2 つの運用モードのためのリモートコントローラがある。

- 制御盤筐体の実装するリモートコントローラ : BAT に取り付けられた EE の遠隔制御のための制御モジュール (Transporter mode)
- Skid に実装するリモートコントローラ : EE とツールの遠隔制御のための制御モジュール (Skid mode)

また、以下の EE は各オンボードローカルコントローラを持つ。

- SBG : Transporter mode のみ
- FBT : Transporter mode 及び Skid mode
- SBTB : Transporter mode 及び Skid mode
- 15NDG : Transporter mode のみ
- 15NDTB : Transporter mode 及び Skid mode
- FWG : Transporter mode のみ
- FWCBT : Transporter mode のみ

ツール制御システムの主構成要素を図 29 に示す。(グレイアウト箇所は対象外)

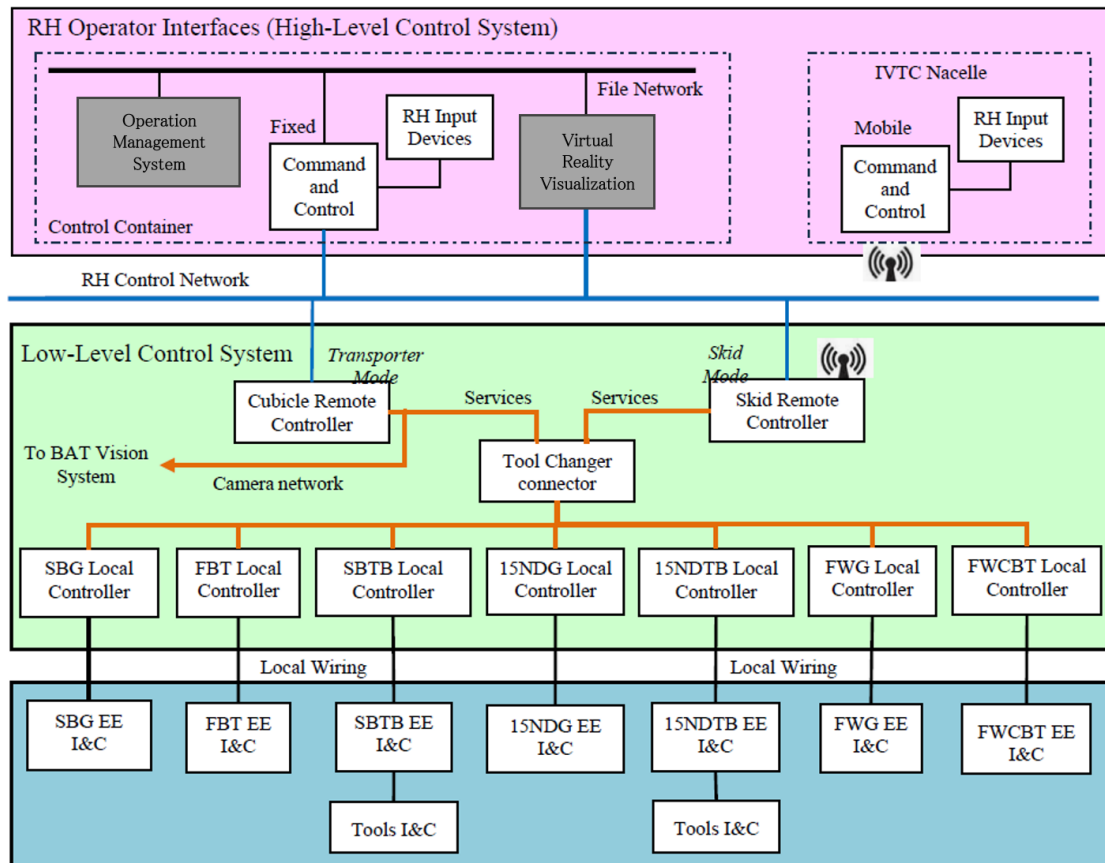


図 29 ツール制御システムの概略構成

Transporter mode

Transporter mode の場合、EE はツールチェンジャーを介して BAT の先端に取り付けられる。BAT を介して EE への電氣的な接続が成立し、EE のカメラは BAT ビジョンシステムに接続される。

Transporter mode における操作では、BAT と EE の順次操作が必要である。例えば以下のフロー等が想定される。

- BAT が BM に対してスタンドオフ位置に移動する。
- ビジョンシステムのフィードバックにより、BAT が EE を BM に合わせて配置し、接続する。
- EE が BM を把持する。
- EE が VV に対する BM の固定を解除する。
- BAT が BM の荷重を BAT に移すために移動する。
- BAT が BM を VV 壁から移動させる。

操作シーケンスは、正確に検証された順序で実行されなければならない。これは、BAT とツールの制御シーケンスを共通の再生ファイルに実装することによって確立される。

Skid mode

Skid mode では、EE が BM に固定された状態となる。この時ツールは、コントロールコンテナから遠隔で操作するか、IVTC ナセル内の作業員によってローカルに操作することが可能である。これを可能にするために、リモートコントローラは無線通信をサポートする必要がある。この構成により、C&C HMI を、VV 内の IVTC ナセル内で運用されるモバイルコントローラ上で実行することができる。

C&C HMI

C&C GUI アプリケーションは、ツールシステムを操作するために必要となる。C&C は、Red Hat Enterprise Linux (CODAC で使用される最新バージョン) 上で動作可能となるように実装する。C&C は、コントロールコンテナ内の PC または VV 内で運用されるモバイルコントローラ上で実行可能となるように設計する。C&C は、運転員に対して、ツールシステムを操作するために以下の機能を提供する。

- ステータスデータの表示
- 操作コマンドを構築して送信するための取合い
- 事前に記録された操作シーケンスの実行

C&C (PC 実装及びモバイルコントローラ実装) は、IO が提供するプロトコル (Low-Level CIP API) により、下位制御系と通信を行う。コントローラの各種通信データ (ステータスデータ、コマンド、アラーム、イベント) は、IO に提供する。

Transporter mode では、BAT と EE を制御するために、両者の機能が統合された単一の C&C GUI (図 30 参照) が必要となる。BAT C&C と EE 用 C&C の統合は IO により実施する。C&C HMI は、Structured Language フォーマットにより、BAT と EE の順次操作を含む事前プログラムされたシーケンスを実行する機能を有する。ツール操作の FAT で使用された C&C のソースコードは、ITER 運用チームに提供される。

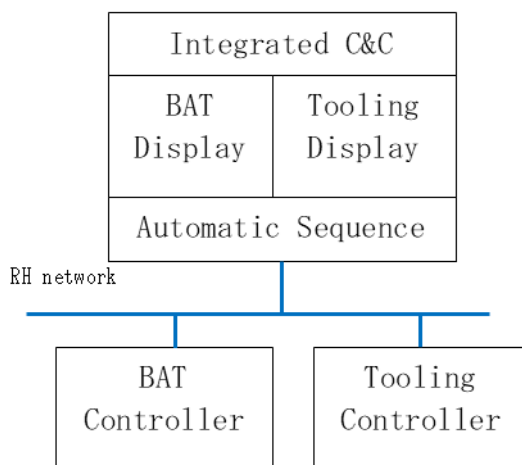


図 30 BAT 及び EE の C&C 統合の概略図

Skid mode では、BM に固定されたツールシステムを操作するために、C&C は堅牢なポータブルコントローラ上で操作指令を実行する必要がある。ポータブルコントローラは、リモートコントローラとの無線通信機能を有する。また、システムを安全な状態にトリップさせるための非常停止ボタンを実装する。(図 31 参照)

C&C はポータブルコントローラ上で実行され、EE 及びツールを操作するために必要な機能を提供する。C&C HMI は、人間工学を考慮して設計する必要がある、C&C レイアウトの設計は、開発ライフサイクルの適切な時期に ITER 運用チームとのレビューを行う。VV 内では作業員が手袋を着用してポータブルコントローラ操作することを考慮に入れて、C&C の設計を行う。



図 31 ポータブルコントローラ参考図

キュービクルリモートコントローラ

ツール制御システムには、BAT (Transporter mode) に取り付けられた EE を制御するためのキュービクルリモートコントローラが含まれる。キュービクルリモートコントローラの機能は以下の通りである。

- C&C HMI との取合いを提供すること。
 - 定期的にステータスデータを HMI に送信すること。
 - HMI コマンドを処理すること。
- ツール用ステートマシンを実行すること。
 - ツールの全体的な機能（動作及びツールプロセス）を管理すること。
- EE に実装されるアクチュエータドライバとの取合いを提供すること。
 - EtherCAT を介して動作コマンドを送信し、センサーデータを監視すること。
- 非常停止回路を実装すること。
 - トリップ及びリセットが可能であること。
 - 外部保護システムによるトリップ用の I/O を提供すること。

キュービクルリモートコントローラは、標準の CODAC キュービクルに設置できるように構築されるものとする。キュービクルリモートコントローラは BAT キュービクルに取り付けられ、BAT キュービクルから AC 電源及び RH ネットワークへの接続を受けることを想定している。

スキッドリモートコントローラ

ツールシステムには、Skid mode 時、BM に取り付けられた EE 及びツールを制御するためのスキッドリモートコントローラが含まれる。スキッドリモートコントローラの機能は以下の通りである。

- C&C HMI との取合いを提供すること。
 - 定期的にステータスデータを HMI に送信すること。
 - HMI コマンドを処理すること。
- ツール用ステートマシンを実行すること。
 - ツールの全体的な機能（動作及びツールプロセス）を管理すること。
- EE に実装されるアクチュエータドライバとの取合いを提供すること。
 - 動作コマンドを送信し、センサーデータを監視すること。
- 非常停止回路を実装すること。
 - トリップ及びリセットが可能であること。
 - 外部保護システムによるトリッピング用の I/O を提供すること。
- ツールのプロセスコントローラ（例：溶接コントローラ）との取合いを提供すること。

スキッドリモートコントローラは、C&C との有線イーサネット通信及び無線イーサネット通信の両方をサポートするものとする。スキッドリモートコントローラは、キュービクルリモートコントローラと同じハードウェアを利用するものとする。スキッドリモートコントローラは、Skid に設置されるものとする。

Skid には、ツール特有のコントローラが実装されるものとする。これらは COTS 製品であることを想定する。溶接ツールなどの場合、電力及び信号はツールチェンジャー及び EE 上のローカルコントローラを経由せずに直接ツールに接続されることがある。

ローカルコントローラ

ローカルコントローラは、各 EE に対応した構成とする。ローカルコントローラは、特定の EE 及びツール（該当する場合）の動作を制御するものとする。ローカルコントローラは、VoIP カメラとの取合いをサポートするものとする。イーサネットアップリンクは、BAT ビジョンシステムに接続されるものとする。EE アクチュエータドライバとの通信は EtherCAT を使用するものとする。ローカルコントローラのコンポーネントは、各 EE の特性に依存するものとする。

2.4.4 プロトタイプBM保守ツール設計全般の要求事項

本項では、各種 BM 保守ツールのプロトタイプに適用される要求事項を以下に記載する。ただし、各要求において指定される機能を有しないツールに対しては、その要求は適用しないものとする。

2.4.4.1 軽量ツール及び重量ツールに適用される要求事項

軽量ツール（適用図書[4]における「All tools」）及び重量ツール（適用図書[4]におけ

る「A11 EEs」) に共通して適用される要求事項は適用図書[4]の No. 1～14 を参照すること。

2.4.4.2 重量ツールに適用される要求事項

重量ツールに適用される要求事項は適用図書[4]の No. 16～37 を参照すること。

2.4.4.3 軽量ツールに適用される要求事項

軽量ツールに適用される要求事項は適用図書[4]の No. 46～57 を参照すること。

2.4.4.4 FWG に適用される要求事項

FWG に適用される要求事項は適用図書[4]の No. 244～253 を参照すること。

2.4.4.5 ESBT に適用される要求事項

ESBT に適用される要求事項は適用図書[4]の No. 97～104 を参照すること。

2.4.5 FW保守ツール運用に係る機器との取合い

本項では、BM の初期組立時に用いられる関連機器として BAT、BMTS、IVTC ナセル、NTS 及び ZERO G Arm の概要について記載する。なお、本契約においてこれら関連機器の設計製作は対象外であり、以下は参考情報である。

2.4.5.1 BAT

ブランケット初期組立において、FWG 等の重量ツールの装着先となる運搬機は、図 32 に示す BAT である。BAT の先端にはツールチェンジャーが具備されており、重量ツール (EE 機器) の装着が可能な構造となっている。

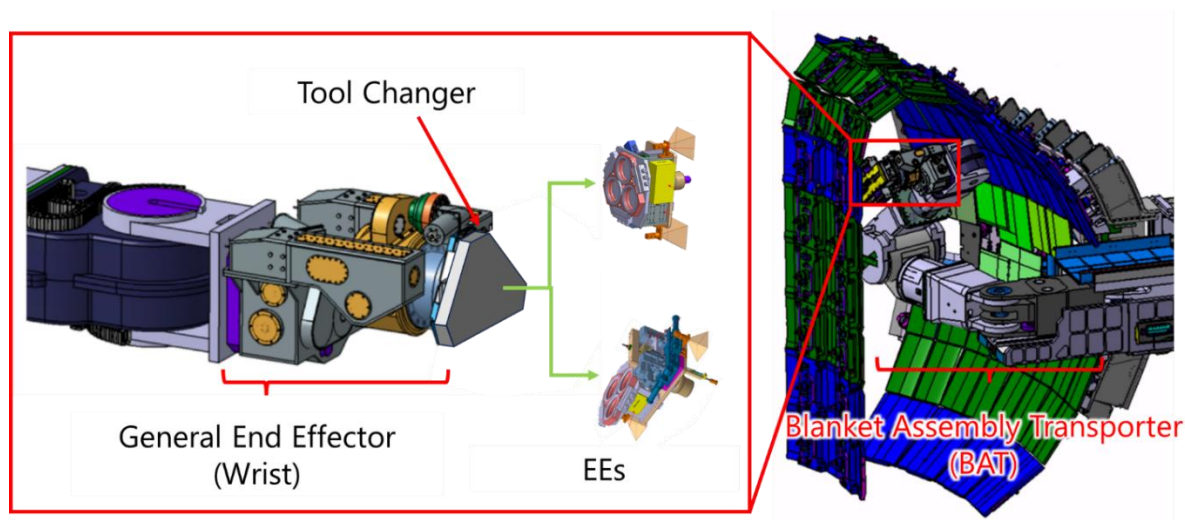


図 32 BAT の概略図

2.4.5.2 BMTS

BMTS は、BM 初期組立時に必要となる機器を TPTS（直通ポート運搬システム：図 33）経由で VV 内外に搬出入するための運搬システムで、運搬対象の機器は BMTS 上の収納板に固定・搭載される状態となる。機器のうち、重量ツール（40kg 超）は VV に搬入後、VV 内で BAT によって把持される設計仕様になっている。

このため、重量ツールは BAT に接続できるように、ツールチェンジャーを具備するものとする。

BAT が重量ツールをツールチェンジャー経由で把持する際は、作業者が傍にてツールの状態を確認しながら作業を実行すること。

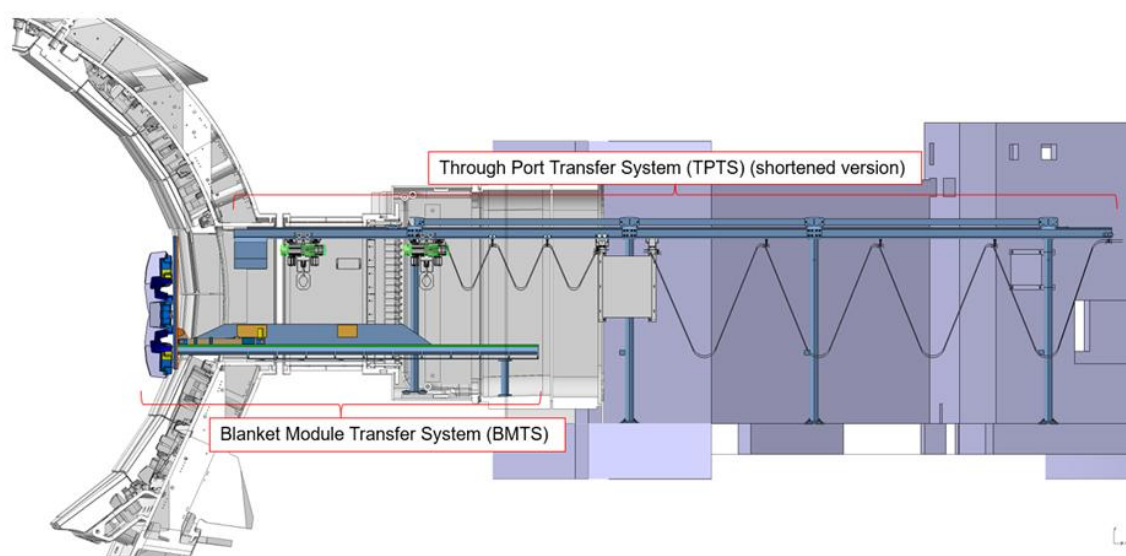


図 33 TPTS における BMTS の位置関係を示す鳥瞰図

2.4.5.3 BMTS 収納板の設計制約

BMTS の機器収納部分は、従来の箱型から板構造（長さ：2100mm×幅：1310mm×厚さ：30mm）へと設計変更されたが、搭載面の寸法に変更はない。各種ツールはこの収納板上にクランピングモジュール（固定治具）で搭載され、ポートから VV 内に搬入される。収納板上に搭載されるツール類は、所定の外形寸法（長：2100mm×幅：1310mm×高：665mm）以内に収めるものとする。

BMTS 収納板の形状とツールの搭載例を図 34 に示す。

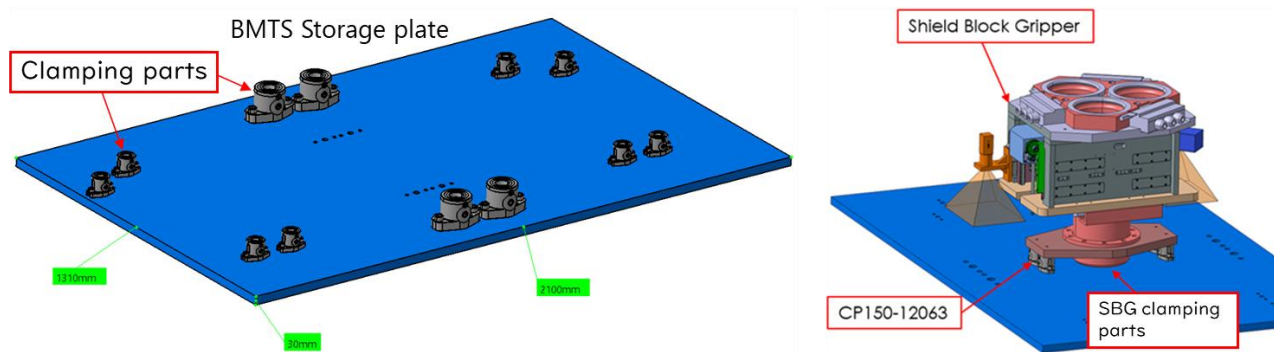


図 34 BMTS 収納板の斜視図

2.4.5.4 IVTC 及びナセル (Nacelle)

IVTC は昇降式のクレーン土台と伸縮型のアーム部からなり (図 35 左)、IVTC のアーム先端部に作業用ゴンドラであるナセル (Nacelle) を接続する構造となっている (図 35 右)。ナセル上で、作業員による VV 内でのツール搬送や設置等の保守作業を行うものとする。

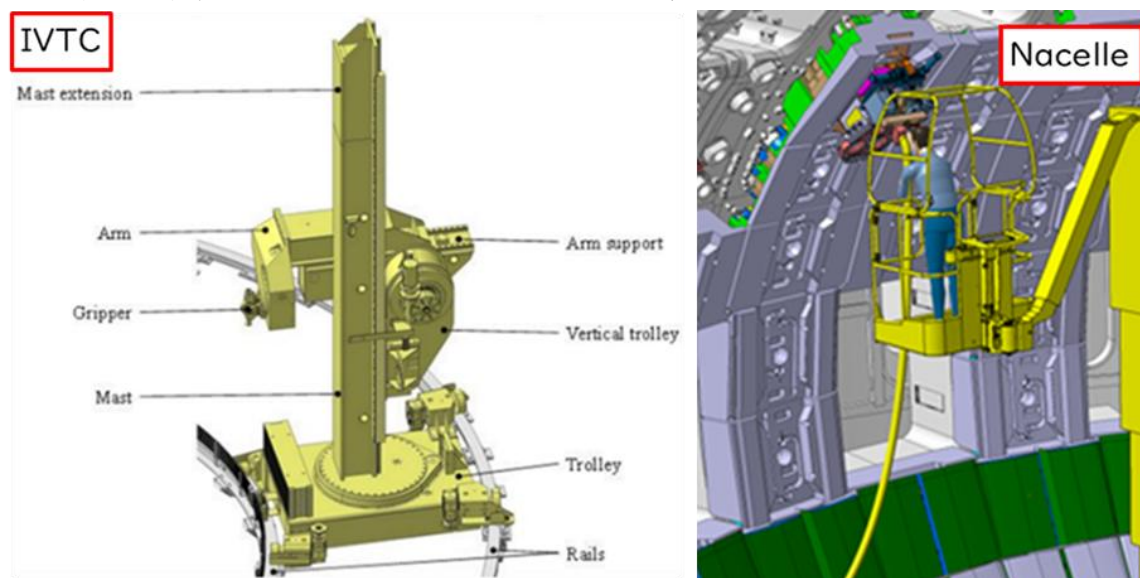


図 35 IVTC 及びナセル

2.4.5.5 TSR

TSR は、VV 内に設置され、軽量ツールを収納・保持するためのラック (棚) である。収納部は作業時におけるツールの取り出しやすさ及び収納状態の安定性を考慮し、各ツールが確実に納まる設計となっている (図 36 参照)

TSR は、BM#18 に設置され、BM#18 との取合いを有する。また、ナセルに搭載された ZERO G Arm からのアクセスが可能な配置とする。

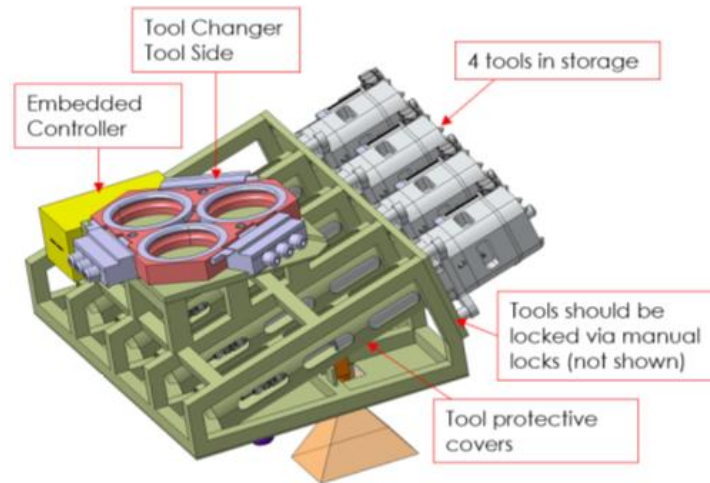


図 36 ツール収納ラックの概念図

2.4.5.6 NTS

ナセル上には、作業に使用する軽量ツールを収納するためのナセルツール収納部が設置するものとし、当該収納部は作業時の取り出し易さや収納の安定性を考慮し、軽量ツールが確実に納まる設計となっている（図 37 参照）。

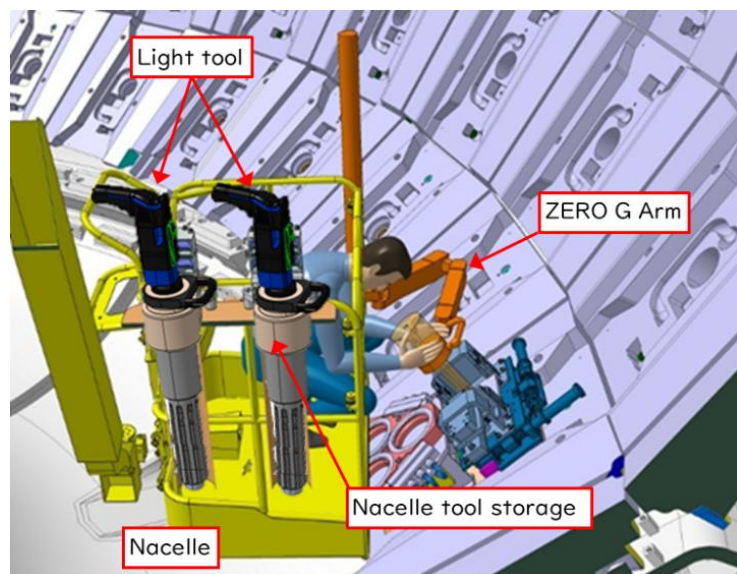


図 37 IVTC ナセル上のナセルツール収納部

2.4.5.7 ゼロ G アーム (ZERO G Arm)

BAT で把持しない 40kg 以下の軽量ツールは、ZERO G Arm によりハンドリングされるものとする。ZERO G Arm は、重量物や工具の取り扱いを容易にするための装置であり、バランス機構やスプリングなどを用いて把持対象の重量を軽減し、作業員の負荷を低減し操作できるよう設計される（図 38 参照）。

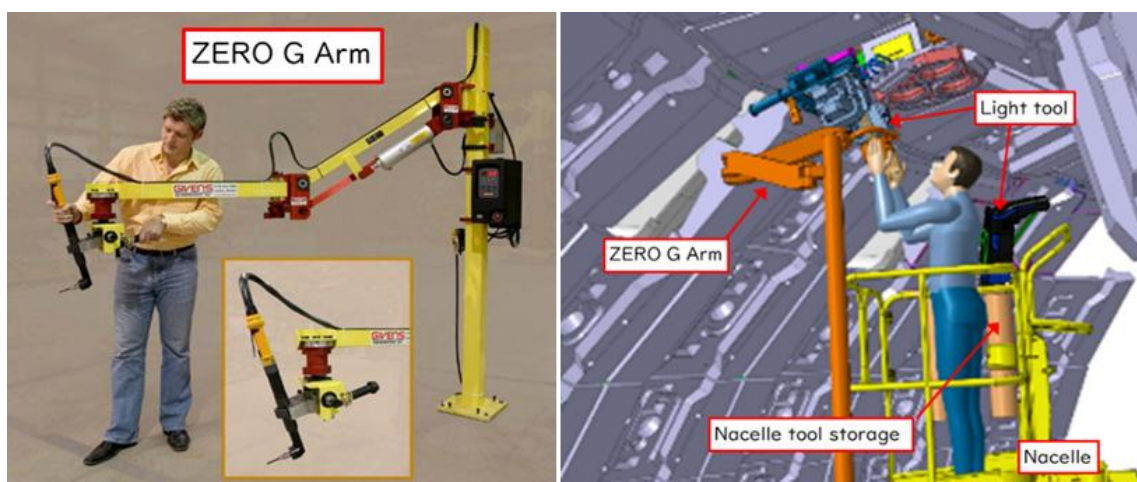


図 38 ZERO G Arm の IVTC ナセル上における使用例

ZERO G Arm との取合いは GRIP GmbH Handhabungstechnik 社の小型ツールチェンジャー：SHW125（図 39 参照）とする。



図 39 小型ツールチェンジャー：SHW125

2.5 FW 保守ツールプロトタイプ的设计

受注者は 2.5.1～2.5.2 項に示す作業を行い、各 FW 保守ツールプロトタイプ及び関連装置を設計すること。

2.5.1 FWGプロトタイプ及び試験装置的设计

受注者は本仕様書の 2.1～2.4 項に示した設計仕様及び設計情報を考慮し、2.5.1.1～2.5.1.4 項に示す作業を実施し、FWG プロトタイプ及び制御装置、並びに試験用装置類の設計を実施すること。

2.5.1.1 FWGプロトタイプ的设计

受注者は、全ての TFW 形状に対応できる最小台数の FWG プロトタイプを設計すること。

2.5.1.2 FWGプロトタイプ試験用 TFW モックアップ的设计

2.2 項に示す適用図書[2], [8]及び、2.3.2 項、2.3.4.1 項、2.4.1 項を基に、下記の仕様を満たす図 40 の赤枠部を模擬した FWG プロトタイプ試験用 TFW モックアップを設計すること。

(1) 把持穴の模擬：

(a) 実機と同一寸法の把持穴構造を有すること。

- ・把持穴の奥にある FWESB 構造の模擬は不要。

(b) 把持爪フックの拡張及び把持穴へのフックの掛かり状態を目視できる構造にすること。

(2) 外形形状の模擬：

(a) TFW#04 において中心のスロット部からパッド押しつけ位置までの外形形状を模擬すること。

(b) それ以外については、QST の承認を得た上で省略可能とする。

(3) CB 及び CB スレッドの模擬：

(a) CB を内蔵すること。

(b) CB 待機用スレッド構造 (M90) を有すること。

(c) CB スレッド (M64) を追加し、TFW モックアップと一体化した構造にすること。

(4) 重量の模擬：

(a) 試験荷重に対する安全係数 $1.25 \times$ 通常の FW の最大荷重 1.4 トンを考慮し、最大 1.75 トンの重量を模擬できること (暫定)。

(b) 上記の重量模擬について、試験時のハンドリング性を考慮した上で、着脱式の錘またはクレーン等による荷重模擬方法を検討すること。

(5) 材料：

(a) 把持穴構造及びパッド接触位置については、SUS316L を基本とする。その他の箇所については、防錆処理した炭素鋼等を用いてよい。

(6) 搬送治具：

- (a) クレーンによる搬送を考慮しアイボルトなどを具備すること。

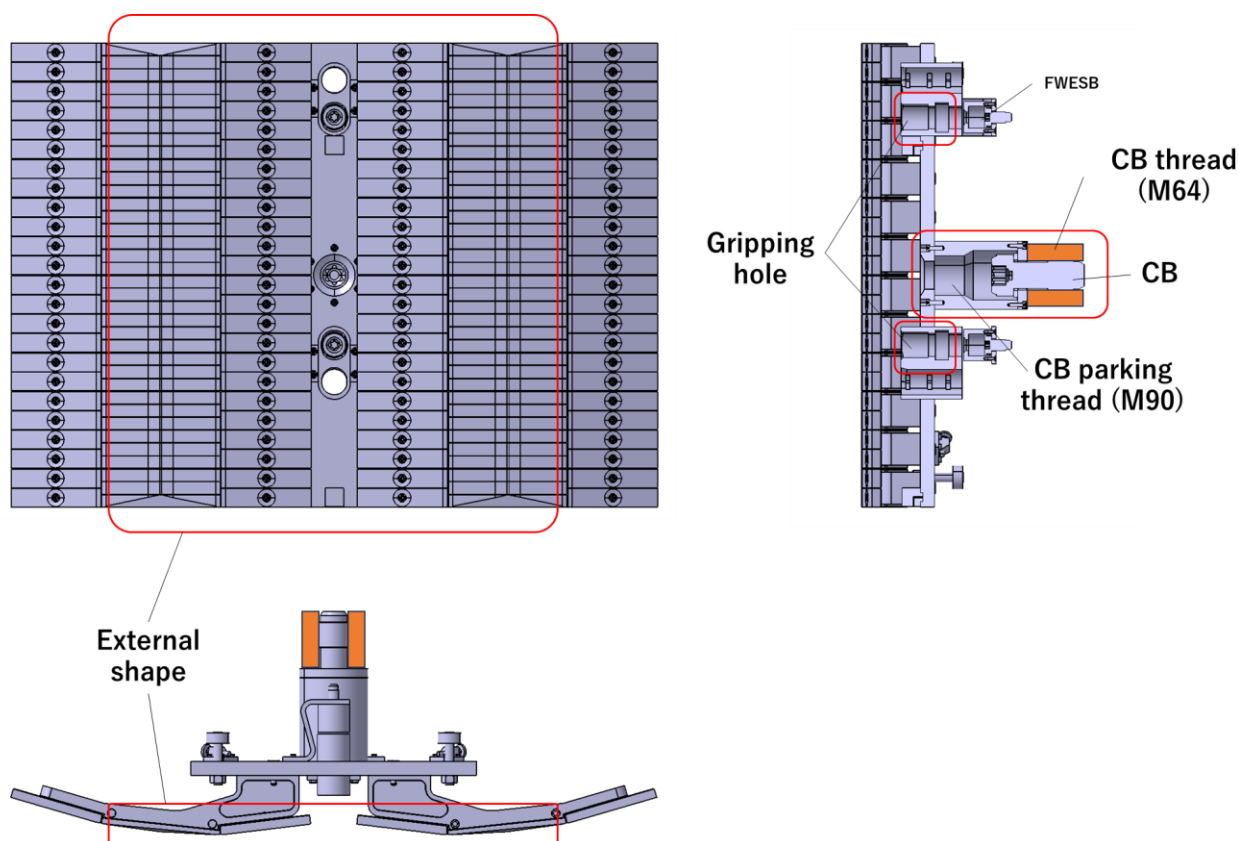


図 40 FAT 用 TFW モックアップで模擬すべき部位（赤枠部）

2.5.1.3 FWG プロトタイプ試験架台の設計

下記の仕様を満たす試験架台を設計すること。図 41 に試験架台構造及び姿勢の概念図を示す。ただし、図 41 の概念図とは異なる構成の代替案も可とする。

- (1) 床面と試験架台を固定するための取合いを設けること。また、必要に応じて転倒防止錘を搭載する等、転倒しない構造にすること。
- (2) 試験用機器の固定及び固定姿勢の変更。
 - (a) FWG プロトタイプを試験架台に固定するための固定構造を設けること。ただし、ツールチェンジャー構造を模擬する必要はない。
 - (b) FWG プロトタイプ及び FWG プロトタイプ試験用 TFW モックアップの勘合作業を考慮し、作業が円滑かつ容易に行えるよう配慮した設計とすること。必要に応じて TFW モックアップ用の架台を製作しても良い。
 - (c) 水平姿勢及び垂直姿勢で把持試験が可能な固定構造を有すること。姿勢毎に個別の架台を適用することも可とする。把持試験の内容については 2.9.1.2 項を参照すること。

(3) 搬送構造：

- (a) 試験架台下面にリフター爪が挿入可能な空間を設けるなどし、リフターで搬送するための構造を有すること。
- (b) クレーンによる搬送を考慮し、アイボルトなどを具備すること。

(4) 備考：

- (a) 材質はアルミ合金、ステンレス鋼又は防錆処理した炭素鋼とし、極力軽量化すること。
- (b) その他、受注者側検討により提案がある場合は、適宜協議の上決定とする。

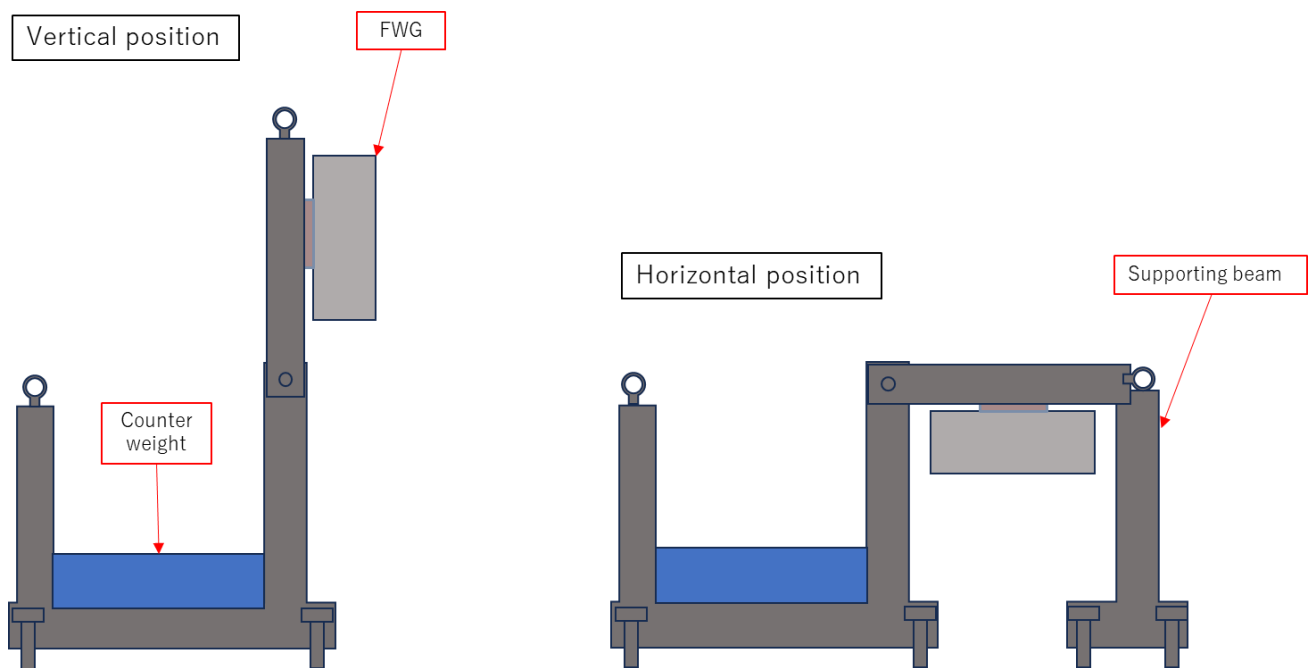


図 41 試験架台構造及び姿勢の概念図（左：垂直姿勢、右：水平姿勢）

2.5.1.4 FWG プロトタイプの制御装置及びソフトウェアの設計

2.4.3 項に示した設計仕様及び設計情報を考慮し、FWG プロトタイプを作動させるための制御装置及びソフトウェアを設計すること。

(1) 制御対象：

- (a) 把持爪フック拡張駆動機構
- (b) 把持爪リニア駆動機構
- (c) パッド駆動機構
- (d) CB レンチ昇降機構
- (e) CB レンチ締結機構
- (f) カメラ及び照明×2 台

(2) 装置構成：

- (a) 本項におけるリモートコントローラの設計対象は、Transporter mode 用のみとする。

- (b) FWG プロトタイプとしては、Transporter mode 用リモートコントローラと、それに付随する電源装置等を 1 つの制御盤内に実装すること。
- (c) Transporter mode 用リモートコントローラは、全プロトタイプ制御用として 1 台設置することとする。

(3) 要求機能：

- (a) 各ユニットの駆動部で、制御及び監視が必要となるパラメータについて、任意に設定及び監視可能なこと。
- (b) レンチ昇降機構について、レンチの位置を監視できること。
- (c) レンチ回転機構：レンチの回転方向及び印加したトルクを監視できること。
- (d) FWG プロトタイプとしては、制御盤としてキュービクルリモートコントローラ、又それに付随する電源装置等を 1 つの制御 BOX 内に実装すること。
- (e) 受注者による工場受入試験において単軸動作及び把持試験を実施するために必要な制御盤を設計すること。上記の (d) に示した制御盤により併用可能な場合、別機器として分ける必要はない。
- (f) カメラで観察した映像を監視できること。
- (g) 上記のログデータを記録し、USB メモリなどの記録媒体に保存できること。

2.5.2 ESBT プロトタイプ及び試験装置の設計

受注者は本仕様書の 2.1～2.4 項に示した設計仕様及び設計情報を考慮し、2.5.2.1～2.5.2.2 項に示す作業を実施し、ESBT プロトタイプ及び試験用装置類の設計を実施すること。

2.5.2.1 ESBT プロトタイプの設計

受注者は、TFW・SB・15ND 系モジュールの ESB を保守可能な ESBT プロトタイプを設計すること。ESBT プロトタイプは基本 1 台とし、全種類の取合いに対応可能な反力受けを具備すること。

2.5.2.2 ESBT プロトタイプ試験装置の設計

受注者は、ESBT プロトタイプの FAT を行うための試験装置を設計すること。

試験装置は、図 42 に示すように TFW、SB、15ND の構造模擬部 (Structure simulate part of TFW, SB, 15ND) 及び試験架台 (Test stand) で構成されている。

BM 構造模擬部は BM が具備する反力受け構造、ESB への導入孔、ESB とその周辺の構造を模擬し、試験架台はトルク測定・固定・搬送を行うための構造及び取合いを有すること。

(1) TFW 側構造模擬部 (Structure simulate part of TFW)

- (a) 反力受けに利用できる構造として、FWESB 導入孔の入口 (図 23) を模擬した構造を具備すること。
- (b) FWESB の待機用スレッド構造を具備すること。
- (c) 上記の構造で模擬する TFW は、QST と協議の上決定すること (仮：TFW#4)。

- (d) FWESB (図 20) を具備すること。材質は実機と同じくステンレス鋼 SS660 とすること。
- (2) SB 及び 15ND 系モジュール側構造模擬部 (Structure simulate part of SB/15ND)
 - (a) SBESB 締結時の反力受けに利用できる構造として、FWESB ポケット (図 24 内、A の周辺) を模擬した構造を具備すること。模擬する SB は QST と協議の上決定すること (仮: SB#4)。
 - (b) 15NDESB 締結時の反力受けに利用できる構造として、15ND 系モジュールの蓋・配管導入孔 (図 4) を模擬した構造を具備すること。模擬する 15ND 系モジュールは #15ND とする。
 - (c) 上記(a)と(b)の構造は交換可能な構造とすること。
- (3) トルクメータ (Torque meter)
 - (a) 定格 1000 Nm のトルクメータを選定すること。
- (4) FWESB メインスレッド構造 (Main thread)
 - (a) FWESB に対応するメインスレッド (M24) とその周辺構造を具備すること。
 - (b) 上記の構造はトルクメータに固定するための取合いを具備すること。
- (5) SBESB ヘッド模擬構造 (SBESB head)
 - (a) SBESB のヘッド部 (図 21 のボルトヘッド、TORX ソケット、PHS 取合い) を模擬した構造を具備すること。ただし、M24 のスレッド構造部は不要とする。材質は実機と同じくステンレス鋼 SS660 とすること。
 - (b) 上記の構造をトルクメータに固定するための取合いを具備すること。
- (6) 架台構造 (Test stand)
 - (a) 上記(1)～(3)の構造及び機器を固定するための取合いを具備すること。
 - (b) 固定方向は垂直下向きを基準とし、更に +180 deg の範囲まで本設備の姿勢を変更する機能を具備すること (VV 内における TFW の各設置姿勢を模擬するため)。
 - (c) トルクメータの固定に関しては、各反力受けに利用できる構造の中心軸を基準として、設置位置と角度を調整可能とすること。
 - ・ シムにより並進位置 (最大 2.1 mm) 及び角度 (最大 0.5 deg) を調整可能であること。
 - ・ 角度調整は設定誤差量が蓄積しない構造であること。
 - (d) 床への固定用取合いを具備すること。
 - (e) 以下の搬送構造を具備すること。
 - ・ クレーン用の吊り具としてアイボルト構造を具備すること。
 - ・ 試験架台下面にリフター爪が挿入可能な空間を設け、リフターによる搬送が可能であること。
 - ・ 本試験設備を荷台又はパレット等に固縛可能な取合いを有すること。
- (7) その他
 - (a) 上記のうち材質を指定しない構造については、各構造及び機器の固定と、ESBT によるトルク印加により組成変形や破損が発生しない強度を有する材質を選定す

ること。ただし、防錆処理は必須とする。

(b) 受注者側検討により提案がある場合は、適宜協議の上決定すること。

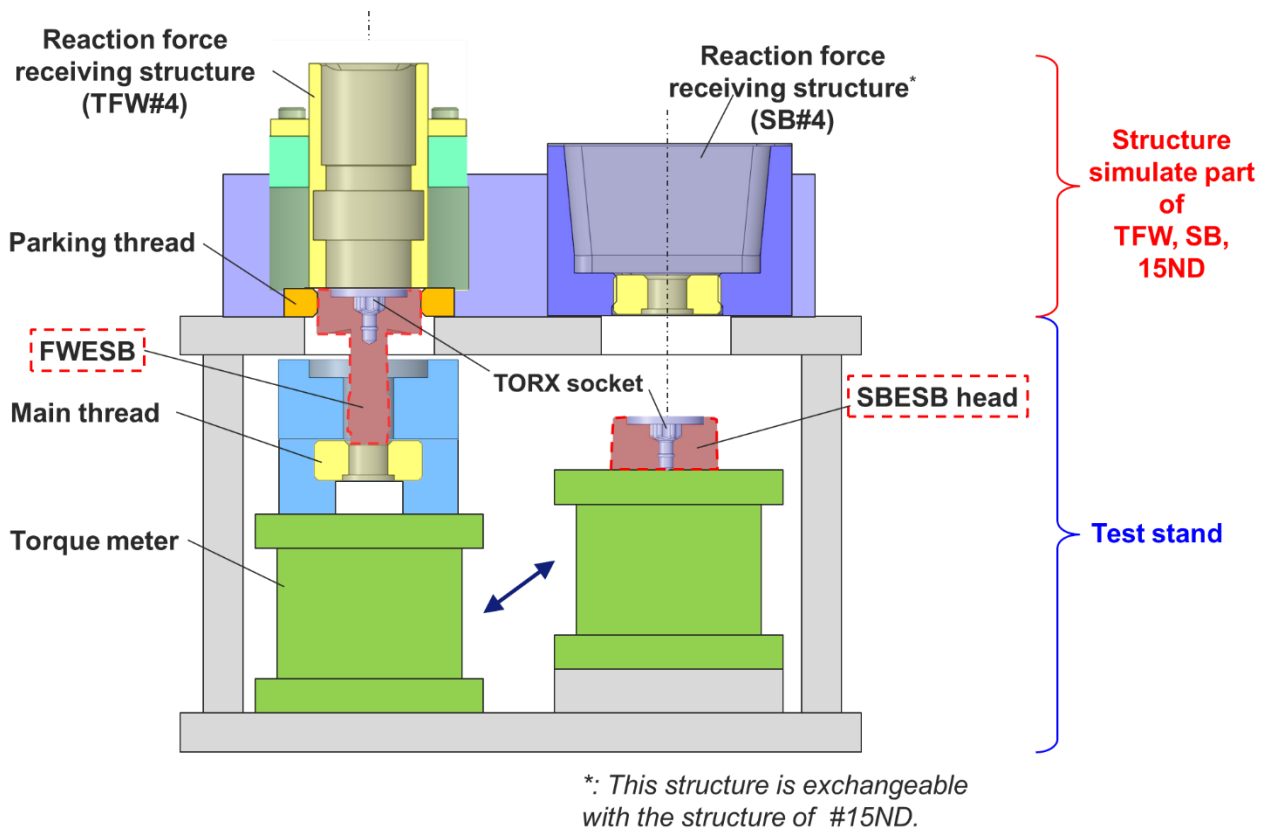


図 42 ESBT プロトタイプ試験設備の概念図

2.5.3 FW保守ツールプロトタイプの制御系統合化設計

受注者は、FW 保守ツールプロトタイプの制御系を統合するため、CBT（適用図書[9]～[12]参照）と、本件で設計・製作する制御装置との間で、機能的・物理的な統合を達成するための設計を行うこと（統合した制御装置を「FW 保守ツールプロトタイプ制御装置」と呼ぶ）。制御系統合化設計にあたっては、以下を満足するよう設計を実施すること。

(1) 統合の基本方針

- (a) 本件で設計・製作する制御装置により、CBT の操作監視を可能とすること。
- (b) 上位制御系について、全ての FW 保守ツールプロトタイプの操作監視用としての機能を、FAT 用 C&C PC1 台に実装するよう設計すること。FAT 用 C&C PC の HMI を通じて、ツールの電気的な接続の切り替えに伴い、操作監視機能の切り替えが適切に実施・機能するよう設計すること。
- (c) 下位制御系について、全ての FW 保守ツールプロトタイプは、Transporter mode 用としてリモートコントローラ 1 台の制御構成にて設計すること。
- (d) 統合に伴い CBT の制御装置の改造が必要となる場合は、その範囲と方法を明確にし、QST の承認を得てから改造設計に着手すること。

- (e) C&C 機能を備えた複数の端末について、ツールへの操作指令が競合しないようにすること。
- (2) 具備すべき取合い
 - (a) 電氣的取合い
 - ・ 電源及び信号に関する取合い（コネクタ、ケーブル等）は、本件で設計・製作する制御システムの仕様に準拠すること。
 - (b) ソフトウェア・データ取合い
 - ・ 本件で設計・製作する制御システムを基準として、通信プロトコル、及びデータフォーマットの互換性を確保すること。統合に伴い取合いの変換が必要となる場合は、その対応方針について QST と協議の上、設計方針を決定すること。
- (3) 備考
 - (a) その他、受注者側検討により提案がある場合は、適宜協議の上決定とする。

2.6 FW 保守ツールプロトタイプの強度計算

受注者は本件で設計した FW 保守ツールプロトタイプに対し、強度計算（机上計算のみで可。解析は不要）を実施し、結果を「Structural Integrity Report」（表 1 参照）に記載すること。検討対象は、各種ツールプロトタイプを保守作業に使用した際に負荷がかかる部位とする。

2.7 FW 保守ツールプロトタイプの適合性評価

受注者は本件で設計した FW 保守ツールプロトタイプに対し、適用図書[4]に記載された要求への対応状況を評価し、結果を「Compliance Matrix」（表 1 参照）に記載すること。不適合と判定した項目については、適合させるための必要な対策を検討し QST と協議すること。

2.8 FW 保守ツールプロトタイプ製作

受注者は本件で設計したツールや装置類を 1.6 項に示す仕様にて製作すること。製作着手前に、Assembly Drawing（表 1 参照）を作成して QST の確認を得ること。

外部に露出する部品・筐体（切断に用いるブレードを含む）については、試験前及び出荷前に、洗浄を実施すること。

2.8.1 FWGプロトタイプの製作

表 3 に示す品目、数量にて、FWG プロトタイプ一式を製作すること。全ての TFW 形状へ対応のために複数台数の FWG プロトタイプが必要である場合は、対応バリエーションに TFW#4 を含む FWG プロトタイプ、又は 2.5.1.1 項の設計検討結果に基づき量研と協議の上選定した 1 台を製作対象とする。

2.8.2 ESBTプロトタイプの製作

表 4 に示す品目、数量にて、ESBT プロトタイプ一式を製作すること。

2.8.3 FW保守ツールプロトタイプ制御装置の製作

表 5 に示す品目、数量にて、FW 保守ツールプロトタイプ制御装置一式を製作すること。

2.9 FW 保守ツールプロトタイプの工場受入試験

0 項で製作した各種 FW 保守ツールプロトタイプ、制御装置、試験装置及び QST からの貸与品（1.9 項参照）を使用して、工場受入試験（FAT）を実施すること。試験実施前には、試験の実施手順、作業内容、結果（データ）の取得方法及び判定方法等に関する要領を定めた Factory Acceptance Test Plan（FATP）を作成して QST の確認を得ること。記録/評価すべき項目は以下に示す。

試験実施の際は QST 及び IO メンバーの立ち合いを想定すること。また、各試験における各工程の作業時間を計測し、報告書に記録すること。

また、試験実施後には、試験結果を Factory Acceptance Test Report（FATR）にとりまとめるとともに、実施中の機器の操作手順をまとめた Equipment Operation and Maintenance Manual を作成すること。

各種 FW 保守ツールプロトタイプ一式をサイトへ運搬する準備として、別途 QST から受注者に提供する様式に従い、Release Note 及び Declaration of Incorporation を提出し、QST の確認を得ること。

2.9.1 FWGプロトタイプ of 工場受入試験

2.8.1 項で製作した FWG プロトタイプ一式を用い、2.9.1.1 項～2.9.1.2 項に示す手順にて FWG による FW 把持に関わる試験を実施すること。

2.9.1.1 単軸動作試験

下記に基づいて FWG プロトタイプが具備する各駆動系の単軸動作に関する検証試験を行うこと。

(1) 目的：

(a) 製作した FWG プロトタイプの駆動系が正常に動作するかを確認する。

(2) 使用するツール及び試験装置

(a) FWG プロトタイプ

(b) FW 保守ツールプロトタイプ制御装置

(3) 試験手順：

(a) 下記ユニットの駆動部を、単軸動作させる。

- ・ 把持爪ユニット（フック拡張機構、リニア駆動機構）
- ・ パッド駆動機構
- ・ CB レンチユニット（CB レンチ昇降機構、CB レンチ締結機構）

(4) 計測項目：

(a) 目視での動作の確認

(b) 各駆動系の負荷の確認

(5) 確認項目：

(a) 無負荷状態での動作異常がないことを確認すること。

(b) 試験結果を基に課題とその対策案を整理すること。

(6) 記録項目

- (a) カメラ監視映像
- (b) 把持爪ユニットの動作ログ
- (c) アクティブパッドユニットの動作ログ
- (d) CB レンチユニットの動作ログ

その他、受注者側検討により提案がある場合は、適宜協議を行うこと。

2.9.1.2 把持試験

下記に基づいて、FWG プロトタイプによる把持試験、CB レンチによる CB 締結及び解除試験を行うこと。

(1) 目的：

- (a) FWG プロトタイプが、TFW の荷重を模擬した FWG プロトタイプ試験用 TFW モックアップ（以下、本項においては「TFW モックアップ」）を、指定した姿勢にて把持することが可能であるかを検証する。
- (b) FWG プロトタイプが TFW モックアップを把持した状態にて、FWG プロトタイプの CB レンチが TFW モックアップの CB に勘合でき、CB の締結及び解除が可能であるかを検証する。

(2) 使用するツール及び試験装置

- (a) FWG プロトタイプ
- (b) FW 保守ツールプロトタイプ制御装置
- (c) FWG プロトタイプ試験用 TFW モックアップ
- (d) FWG プロトタイプ試験架台

(3) 試験手順：(2.5.1.3 項、図 41 に描く試験架台の概念を基に、試験手順のイメージを図 43、図 44、及び図 45 に示す。図中のアルファベットは下記の工程手順と対応する。)

- (a) FWG プロトタイプを試験架台に固定する。
- (b) TFW モックアップを FWG プロトタイプと勘合できる位置に持ち上げる（別架台への固定、クレーンで吊り上げる等）。
- (c) FWG プロトタイプと TFW モックアップを近づけ、目視で把持爪の挿入を行う。
- (d) 把持爪のフックを拡張し、アクティブパッドを押し出して、FWG プロトタイプと TFW モックアップを固定する。
- (e) TFW モックアップへの錘追加又はクレーンによる吊り上げ等により TFW の荷重を模擬する。
- (f) FWG プロトタイプにより TFW モックアップを把持する姿勢へ変更する。対象姿勢は、把持爪が床面に対して水平となる姿勢及び垂直となる姿勢。
- (g) FWG プロトタイプの CB レンチ昇降機構を駆動し、CB レンチを TFW モックアップの CB に勘合する。
- (h) CB レンチ回転機構を駆動し、CB の締結及び解除動作を行う。

(4) 計測項目：

- (a) 把持爪の挿抜可否の確認（目視）
- (b) 把持爪挿入後のフック拡張及びフックの掛かり確認（目視）
- (c) アクティブパッドの押しつけ確認（目視）
- (d) 把持爪ユニットのモータ電流の計測（フック拡張、リニア駆動）
- (e) アクティブパッドユニットのモータ電流の計測
- (f) CB レンチユニットのモータ電流の計測（昇降、締結）

(5) 確認項目：

- (a) 再現性の評価（10 回程度）
- (b) FWG プロトタイプの CB レンチによって、CB の規定トルク（図書[1]参照）での締結及び解除が可能であることを確認すること。
- (c) 試験後の FWG プロトタイプ各部、及び FWG プロトタイプ試験用 TFW モックアップの損傷有無を確認すること。
- (d) 損傷が確認された場合は、その正確な位置及び範囲を記録し、損傷の形態や影響を整理の上、試験結果としてまとめること。
- (e) 負荷が設計計算値に対して大きく乖離が発生する場合は、設計上適切な余裕度を確保する観点から、課題として改善案を記載すること。
- (f) 試験結果を基に課題とその対策案を整理すること。

(6) 記録項目

- (a) カメラ監視映像
- (b) 把持爪ユニットの動作ログ
- (c) アクティブパッドユニットの動作ログ
- (d) CB レンチユニットの動作ログ

その他、受注者側検討により提案がある場合は、適宜協議を行うこと。

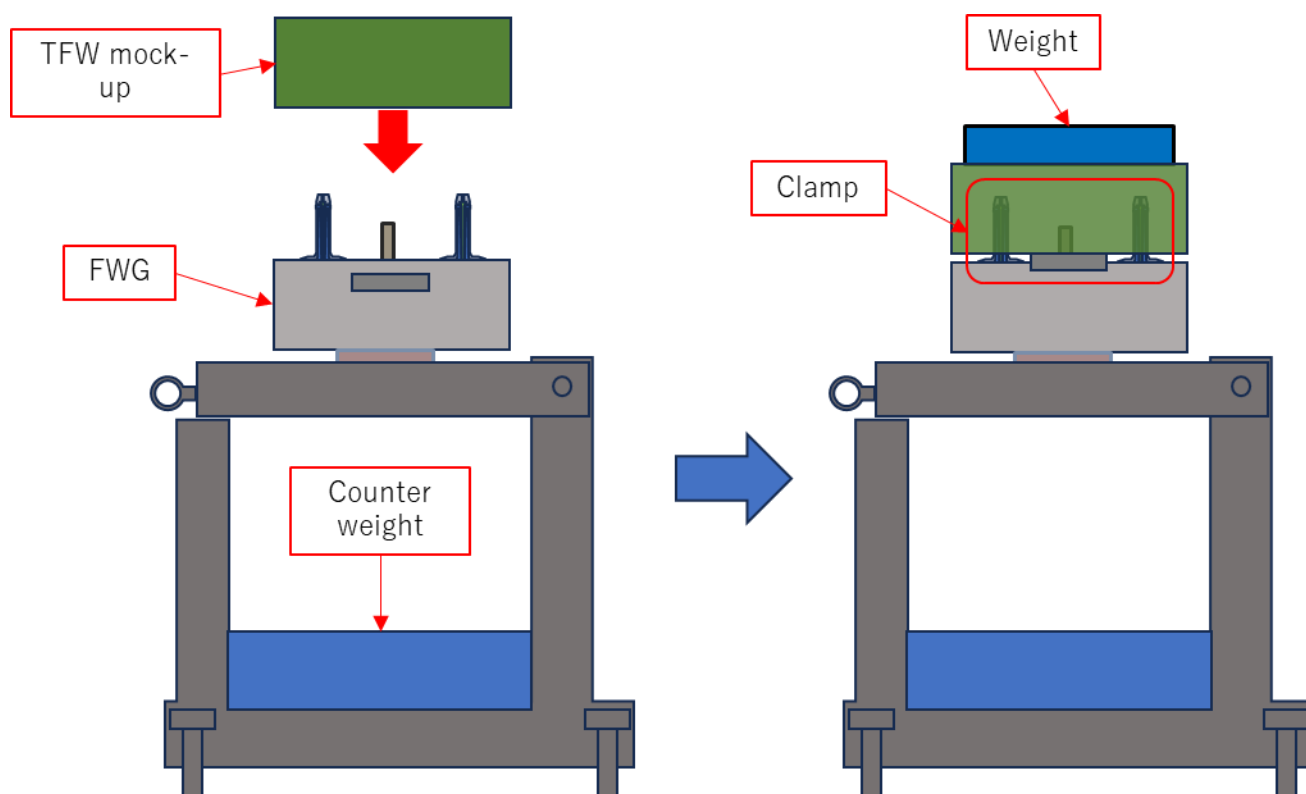


図 43 (3)試験手順(a)～(e)のイメージ (左：TFW モックアップ固定前、右：後)

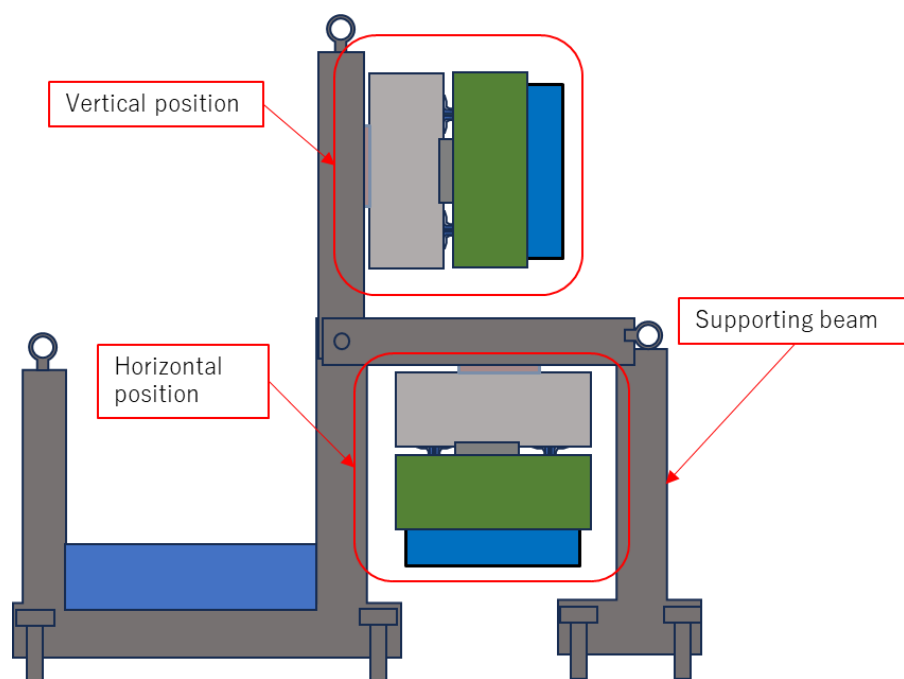


図 44 (3)試験手順(f)の把持姿勢のイメージ

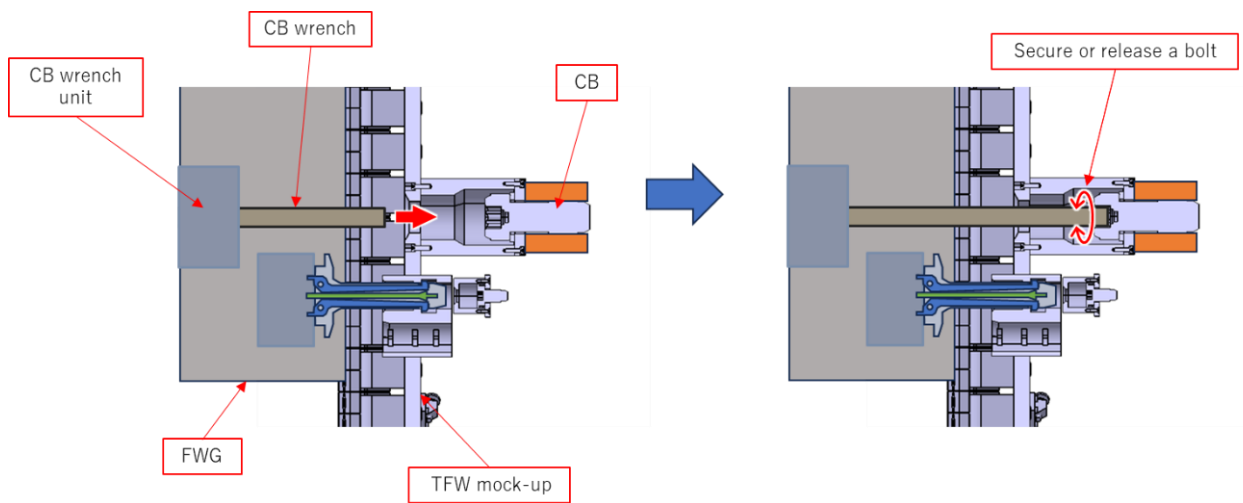


図 45 (3)試験手順(g)(h)のCBの締結(左)及び解除(右)イメージ

2.9.2 ESBTプロトタイプ of 工場受入試験

2.8.2 項で製作した ESBT プロトタイプ一式を用い、2.9.2.1 項及び 2.9.2.2 項に示す手順にて ESB 保守に関わる FAT を実施すること。

2.9.2.1 設置性能試験

(1) 目的：

- (a) ESBT プロトタイプが保守対象の試験装置に対して適切に設置されることを確認し、反力受け構造との取合い精度、レンチの挿入性、及び設置再現性の評価を行うこと。

(2) 使用するツール及び試験装置：

- (a) ESBT プロトタイプ
- (b) ESBT プロトタイプ用反力受け
- (c) ESBT プロトタイプ試験装置

(3) 試験手順：FWESB（レンチ勘合から、ESB を待機用スレッドに仮締め状態で緩め、メインスレッドへ仮締めまで）

- (a) スレッドに位置及び角度誤差を設定する。
- (b) TFW バリエーションに対応した ESBT 反力受け構造を用いて、試験装置への ESBT プロトタイプ取付け作業を行う。
- (c) ESB 導入孔に対してレンチを挿入する。
- (d) レンチ先端を FWESB の TORX ソケットと勘合させ、更にレンチ先端に具備された PHS を TORX ソケット奥の PHS ソケットと勘合させる。
- (e) レンチを回転＋並進移動させることで、FWESB を仮締めした TFW 側の待機用スレッドから緩め、FWESB を SB 側のメインスレッドに仮締めする。
- (f) 上記 (a)～(d) までの一連の動作に問題ないことを 3 回確認する。

(4) 試験手順：SBESB 及び 15NDESB（レンチ勘合のみ）

- (a) スレッドに位置及び角度誤差を設定する。
- (b) SB 及び 15ND 系モジュールの反力受け構造を個別に構造模擬体に設置した後、各構造模擬体に ESBT プロトタイプを取付ける作業を行う。
- (c) ESB 導入孔に対してレンチを挿入する。
- (d) レンチ先端を対象 SBESB の TORX ソケットと勘合させ、更にレンチ先端に具備された PHS を TORX ソケット奥の PHS ソケットと勘合させる。
- (e) SBESB 及び 15NDESB は、それぞれ ESBT プロトタイプを挿入し、レンチ先端を押し付け、先端の TORX ソケット及び PHS が各 ESB のソケットに問題なく勘合することを確認する（ここでは勘合確認のみで締結は行わない）。
- (f) 同一条件下で 3 回の取付け・撤去を行う。

(5) 確認項目：

以下の項目について計測と確認を行う。

- (a) 試験設備の取付け可否及び勘合状態（設計図との照合）。

- (b) 固定状態の安定性（取付け後の剛性、ガタつきの有無）。
- (c) ESB 導入孔に対するレンチ挿入の適合可否（X/Y/Z 方向及び角度）。
- (d) 繰返し設置による位置誤差の再現性。
- (e) 必要に応じた補正・改善案の抽出。

2.9.2.2 BM トルク印加試験

(1) 目的：

ESBT プロトタイプによって各 ESB の締結を行う。所定のトルク（ $480 \text{ Nm} \pm 10\%$ 及び MAX 800 Nm（別途協議の上決定））を安定的かつ、再現性をもって印加できることを確認するとともに、ツールと ESB 間の誤差の影響を評価すること。

(2) 使用するツール及び試験装置：

- (a) ESBT プロトタイプ
- (b) ESBT プロトタイプ用反力受け
- (c) ESBT プロトタイプ試験装置

(3) 試験条件：

- (a) トルク印加時の ESB ソケット及びトルクメータの位置誤差： $\pm 2.1 \text{ mm}$ 以内（位置）、 $\pm 0.5 \text{ deg}$ 以内（角度）で行うこと。（位置誤差は別途協議の上決定）
- (b) 上記位置誤差を評価限界値と見なし、角度誤差を $\pm 1 \text{ deg}$ 刻みで段階的に付与し、各状態においてトルク印加試験を計 10 回実施すること。

(4) 試験手順：

- (a) ESBT プロトタイプのレンチを各 ESB 導入孔に挿入し、トルクメータの各 ESB ソケットへ確実に適合させた上で、位置及び角度の誤差がない状態において、トルク印加試験を計 10 回実施すること。

(5) 確認項目：

- (a) 目標印加トルクに対し、10 回連続で $\pm 10\%$ 以内となるかを評価すること。
- (b) 締結結果のトルク値、再現性、干渉の有無を確認すること。
- (c) 試験後の ESBT プロトタイプ及び試験装置（ESB 導入孔）の損傷有無を確認すること。
- (d) 挿入したレンチが設計仕様通りのコンプライアンス性能を有するかを確認すること。
- (e) 各試験結果を基に抽出された課題及び対策案は、FATR 内に整理すること。

※その他受注者による提案がある場合は、適宜 QST と協議の上、試験内容に反映すること。

2.9.3 制御系統合の機能に関わる工場受入試験

(1) 試験目的：

- (a) 運転モードに応じた単一のリモートコントローラを介し、単一の FAT 用 C&C PC から、複数の FW 保守ツールプロトタイプの切り替えを伴う操作監視が可能であることを試験する。

(2) 使用するツール及び試験装置

- (a) FW 保守ツールプロトタイプ制御装置
- (b) FAT 用 C&C PC
- (c) 制御装置が関係する FW 保守ツールプロトタイプ（試験対象のツールは QST と受注者の協議により決定する。）

(3) 確認項目

(a) FAT 用 C&C PC による統合操作の確認

- ・ FAT 用 C&C PC により、Transporter mode での運用が想定される複数の FW 保守ツールプロトタイプの電氣的な接続を切り替えながら、その操作監視が Transporter mode 用リモートコントローラを介して実行可能であることを確認する。
- ・ 本試験環境には、原則として FW 保守ツールプロトタイプの実機を使用する。
- ・ 実機の使用が難しい FW 保守ツールプロトタイプについては、QST との協議の上、機器の入出力を模擬した模擬環境にて試験を実施する。

(b) 操作対象切り替え機能の検証

- ・ FAT 用 C&C PC の HMI を通じて、ツールの電氣的な接続の切り替えに伴い、操作監視機能の切り替えが適切に実施・機能することを確認する。

(c) 操作指令が競合しないことの確認及びキースイッチによる権限切り替え確認

- ・ 初期組立機器全体の制御系としては、C&C の機能を備えた端末として、ポータブルコントローラ及び FAT 用 C&C PC が存在するため、操作指令について排他制御が行われる。FW 保守ツールプロトタイプとしてはポータブルコントローラを使用しないが、ポータブルコントローラのキースイッチによる制御権切り替えの入力信号を模擬し、キースイッチの状態に応じて、FAT 用 C&C PC が適切に操作を受け付けるか否かを確認する。

(d) シーケンス実行能力の検証

- ・ FAT 用 C&C PC の HMI を通じて、事前に準備された操作シーケンスを実行する機能を有することを確認する。

(e) 共通機能の確認

- ・ 個々のツール固有の動作確認の他、制御装置として共通の基本機能が仕様通りに動作することを確認する。例えば、非常停止ボタン押下時の動作確認や、制御装置における状態監視機能の確認等を実施する。

2.10 図書類の作成

受注者は、2.5～0 項にて実施した設計・製作作業、及び 2.9 項の試験結果について、1.6 項及び 1.7 項に基づく納入物及び図書一式を製作・作成し、納入すること。

以上