

D滑走路 棧橋部上部ジャケットの製作について
～拠点工場における上部ジャケットの製作フローと品質管理について～

ジャケット製作工区○石原達也・立花周作・吉田誠太郎

キーワード：ジャケット、製作、溶接

1. まえがき

棧橋部上部ジャケットは、主要拠点である福岡県の若松工場・三重県の津工場・神奈川県横浜工場からの初回出荷・海上運搬を無事に完了し、千葉・富津の一体化ヤードにて上下部ジャケットの一体化を順次進めている段階である。

本稿では上部ジャケットの製作フローと品質管理を中心に報告し、下部ジャケットの製作・上下部ジャケットの一体化については次稿で詳細を報告する予定である。

2. 上部ジャケットの構造概要・製作フロー

2-1 上部ジャケットの構造概要

棧橋構造は、上部ジャケット（鋼桁上部構造）及び下部ジャケット（鋼管トラス下部構造）、及び基礎杭から成るジャケット構造で床版を支持する形式である。約50haの棧橋部は198基のジャケット構造で構成され、図-1に示す標準的なジャケット1基の大きさは滑走路平行方向63m、滑走路直角方向45mで、6本の鋼管レグで支持される。

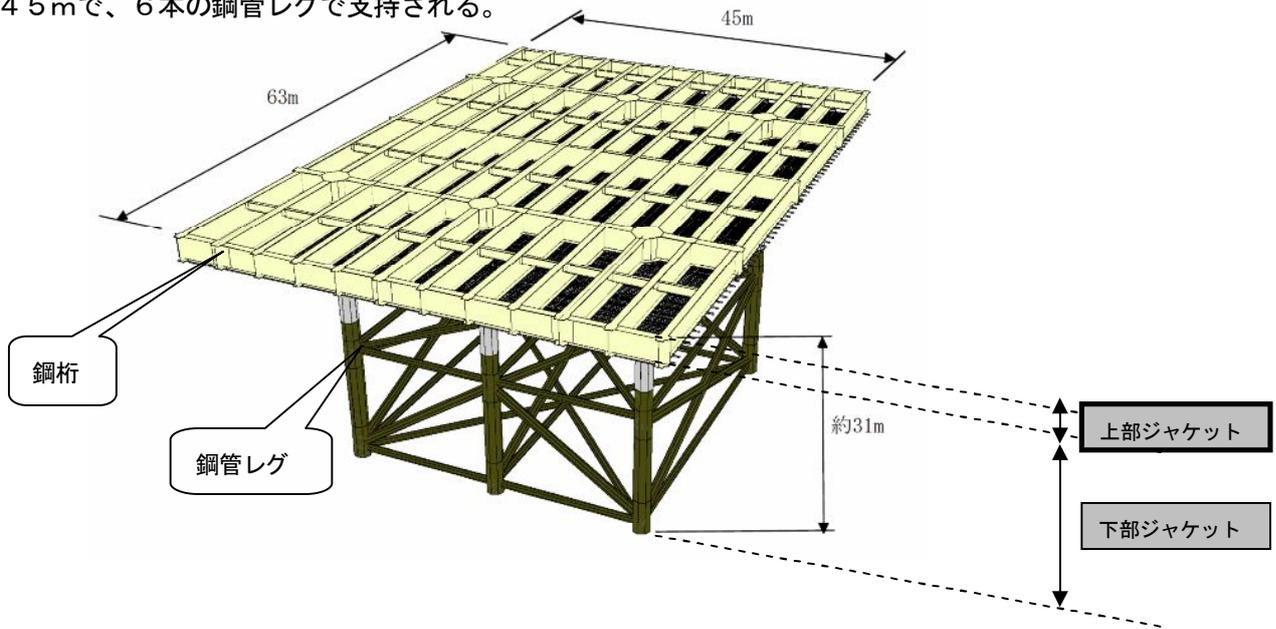


図-1 棧橋部ジャケットの構造図

表-1 棧橋部ジャケットの構造概要（標準タイプ）

上部ジャケット	下部ジャケット
鋼桁配置 : 7.9 x 3.8mの格子状	鋼管レグ配置 : @31.5m (滑走路平行方向) @15.0m (滑走路直角方向)
鋼桁の高さ : 2.0m、2.5m	鋼管レグサイズ : φ1.6m~φ1.9m
鋼板の最大板厚 : 75mm	鋼管レグ本数 : 全1165本
標準重量 : 約800ton/基	標準重量 : 約500ton/基

2-2 上部ジャケットの製作フロー

製作場所としては、上部ジャケットは既存の工場、下部ジャケット・一体化ジャケットは羽田空港に近接した東京湾沿岸のヤードを選定した。

下記では、上部ジャケットの製作フロー図を図-2に、製作フロー写真を図-3に示す。

上部ジャケットは、小・中ブロックで分割製作された後にヤードに集積され、大組立完了後に上下部一体化工場へと輸送バージ（13000ton積級台船）にて輸送される。

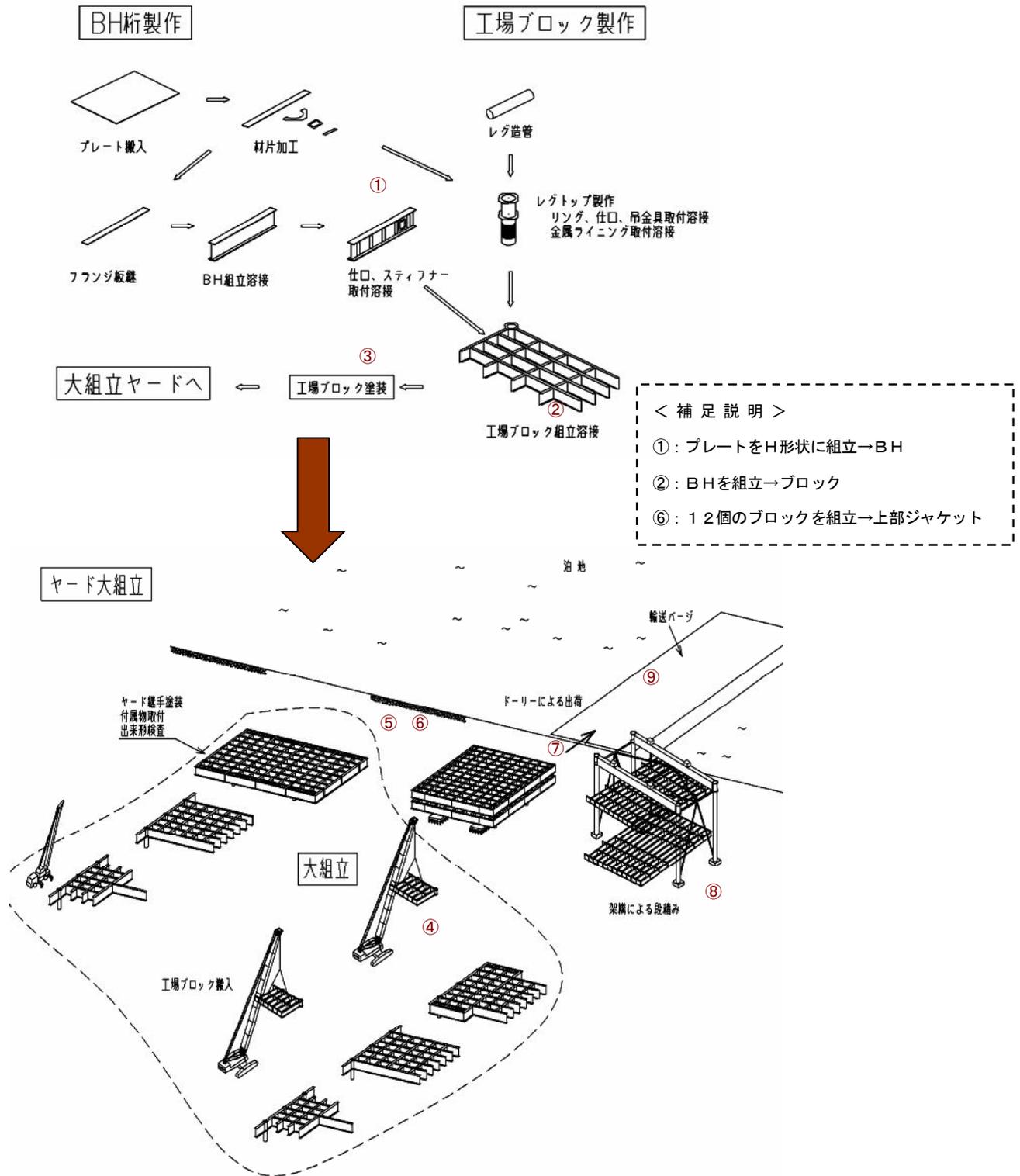


図-2 上部ジャケットの製作フロー図 (○内の番号に該当する写真を、図-3に示す。)

<p>① BH桁製作</p> 	<p>② 工場ブロック組立</p> 
<p>③ 工場ブロック塗装</p> 	<p>④ ヤード大組立</p> 
<p>⑤ 出来形確認</p> 	<p>⑥ 上部ジャケット製作完了</p> 
<p>⑦ 場内移動（ドーリーを使用した場合）</p> 	<p>⑧ 上部ジャケット段積（搭載架構を使用した場合）</p> 
<p>⑨-1 出荷（ドーリーを使用した場合）</p> 	<p>⑨-2 出荷（FC船を使用した場合）</p> 

図-3 上部ジャケットの製作フロー写真

3. 上部ジャケットの溶接条件の設定

栈橋部ジャケットの設計では、最大重量400 t o nの航空機の輪荷重を活荷重として構造計算に組み込んだ。この活荷重の影響範囲の首溶接部は、作用荷重に占める活荷重比率が高いことから、完全溶込の溶接とした。また、応力分布が複雑なレグトップも完全溶込の溶接とした。

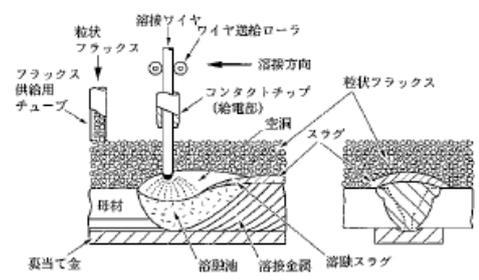
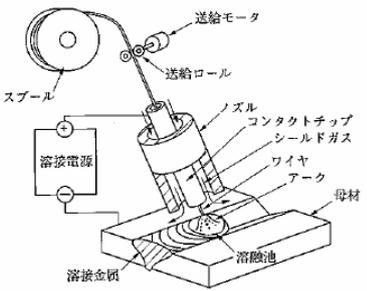
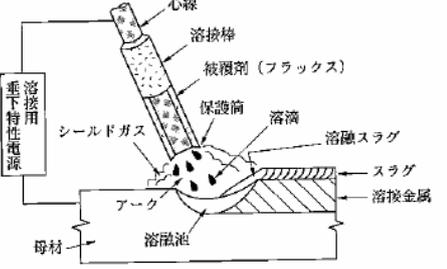
尚、疲労設計が必要な範囲は疲労設計指針、疲労が関係ない範囲は道路橋示方書に基づく管理を実施している。

設計要求品質を満足する適切な溶接条件の設定のため、事前に3-1~3-3の項目についての検討等を疲労安全性にも着目しながら実施し、実製作段階において妥当性の確認・改善を随時行った。

尚、主な溶接方法としては、溶接延長・難易度等を勘案した上で表-2のものを採用した。

また、図-4は主な溶接方法の対象箇所を示したものである。

表-2 本工事における主な溶接方法

<p>サブマージ アーク溶接</p>	<p>溶接部の前方にあらかじめ散布された粒状のフラックス中にワイヤを機械的に送り込み、ワイヤ先端と母材の間にアークを発生させて行う溶接。</p> <p><u>本工事では主に、首溶接に採用。</u></p>	
<p>ガスシールド アーク溶接</p>	<p>アルゴンや炭酸ガスなどのシールドガスでアークおよび溶融金属を大気から遮断（シールド）しながら溶接する方法。 <右図は、半自動溶接の例></p> <p><u>本工事では主に、レグトップ・I断面継手に採用。</u></p>	
<p>被覆 アーク溶接</p>	<p>心線に被覆材（フラックス）を塗装した溶接棒と母材の間に、交流または直流の電圧をかけアークを発生させて溶接する方法。</p> <p><u>本工事では主に、組立溶接に採用。</u></p>	

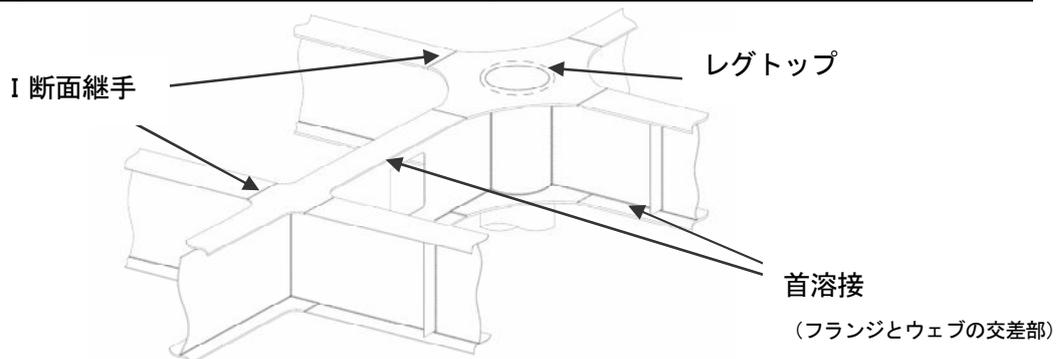


図-4 溶接方法の採用箇所

3-1 溶接施工試験による溶接条件の設定

本工事においては、「土木工事共通仕様書」・「道路橋示方書」に規定されている項目に基づき溶接施工試験を実施するとともに、以下の場合についても追加で実施した。

- ・ レグトップの3線交差部。
- ・ 過去に使用実績のない自動溶接機を用いる場合。
- ・ 材片の組合せ精度を「道路橋示方書」から変更する場合。

特に、完全溶込溶接線が3線交差するレグトップは、構造が複雑で、かつ滑走路及び誘導路においては、常時航空機の繰り返し载荷を受ける重要部位であるため重点管理部と定め、溶接施工法の検証、超音波探傷試験（UT=Ultrasonic Testing）による非破壊検査に加えて、3線交差部の交点から各継手方向300mmの範囲について磁粉探傷試験（MT=Magnetic particle Testing）を行い表面近傍のきずについて確認した。（図-5に溶接施工試験の状況を示す。）

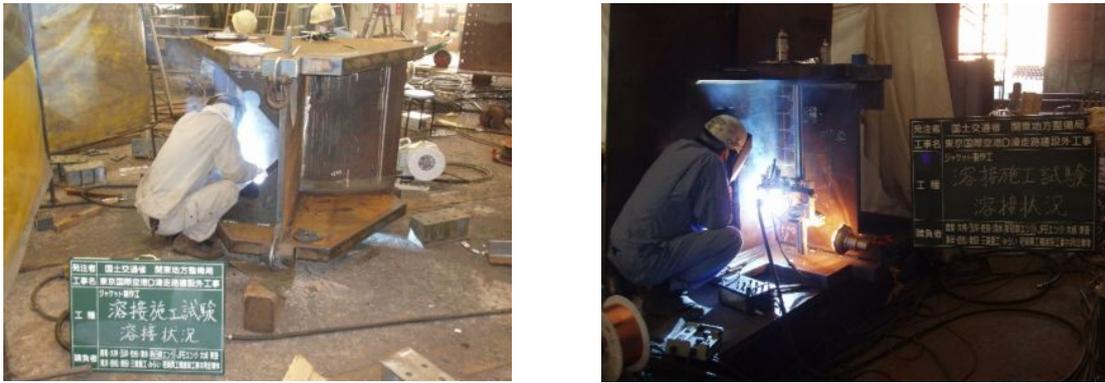


図-5 溶接施工試験の状況

図-6は、レグトップの実製作状況である。特に、手溶接（半自動溶接を含む）の場合は溶接品質を確保しやすい下向き姿勢での溶接が可能となるように、可能な限り部材を反転させながら、溶接を実施した。



図-6 レグトップの実製作状況

3-2 溶接部の非破壊検査方法

完全溶込の溶接継手の内部きずに対する検査は、溶接完了後、適切な非破壊検査により行い、要求される溶接品質を満足していることを確認した。

- ・ 1溶接線で、超音波自動探傷試験（AUT=Automatic UT）と超音波手動探傷試験（MUT=Manual UT）を併用して適用する箇所では、20mm以上ラップさせて、その境界部を完全にカバーした。
- ・ 突合せ溶接継手（板継溶接）の非破壊検査については、放射線透過試験（RT=Radiographic Testing）またはUTのいずれか一方を適用できるものとした。

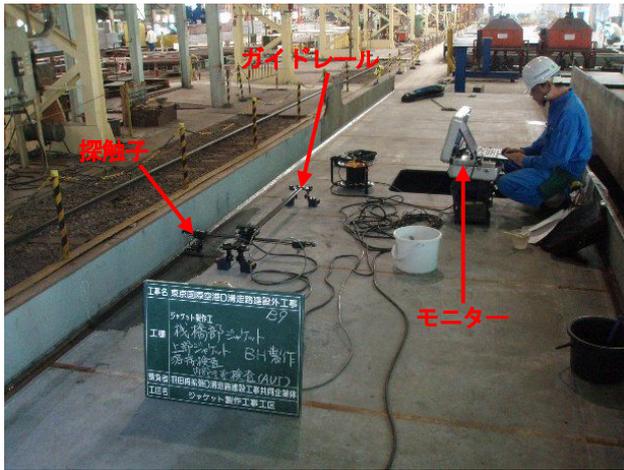


図-7 AUT実施状況



図-8 MUT実施状況

3-3 溶接止端部の処理方法

溶接止端の基本は、疲労亀裂の始点となりやすい溶接止端部の表面形状を滑らかに保つことである。As Welded (アズウェルド：溶接のまま) 以外で止端処理する方法として本工事では、従来方法であるグラインダー法及び超音波打撃処理法 (U I T=Ultrasonic Impact Treatment) を採用した。図-9、10に、U I T処理要領を示す。

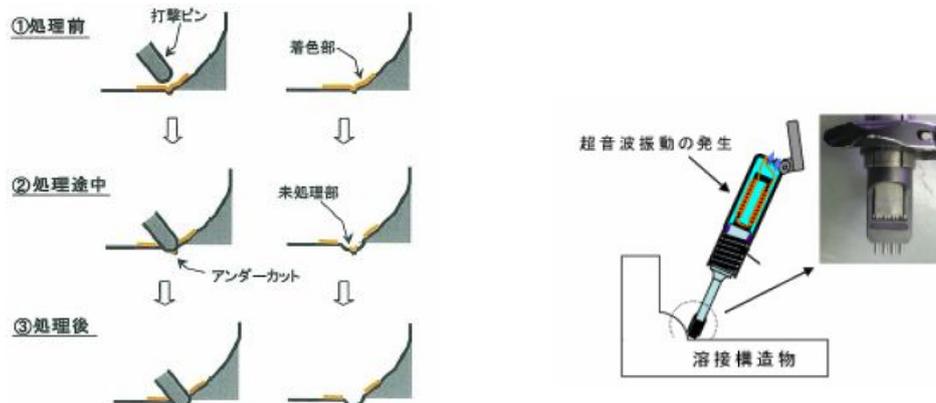


図-9 U I T処理要領(その1)

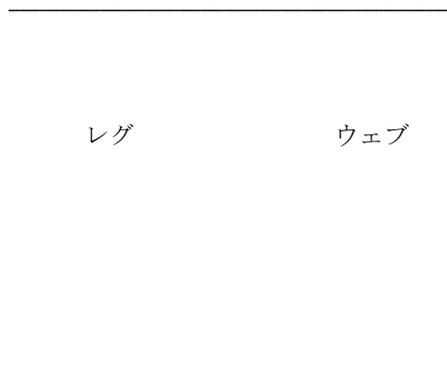


図-10 U I T処理要領(その2)

4. 工程内における上部ジャケットの施工状況自主確認

施工プロセスチェックのため、工程内における自主管理項目を定め、溶接・塗装・寸法等について以下の通り、工程内における自主管理確認を実施した。

4-1 工場溶接の品質確認内容

①溶接材料 ②外部きず ③止端部の仕上げ ④内部きず ⑤溶接施工管理の5つの項目について、品質管理を実施した。具体的な管理内容を表-3に記載する。

表-3 上部ジャケットの品質確認項目

管理項目	管理内容
①溶接材料	化学成分、機械的性質が JIS 規格に適合していることを確認する。
②外部きず	溶接われ、溶接ビードの外観、形状を確認する。
③止端部の仕上げ	仕上げ後の形状、外観を確認する。
④内部きず	判定基準を超えるきずを内包していないことを、UT・RTにより確認する。 (検査によってきずを発見した場合は、その箇所を補修し再検査によりきずがないことを確認するとともに、その補修記録も残す。)
⑤溶接施工管理	溶接環境、溶接施工法・溶接条件の管理、溶接材料の管理、溶接面の清掃と乾燥、仮付け溶接長とサイズ、予熱・入熱管理、溶接作業者の資格、欠陥部の補修の内容を確認する。

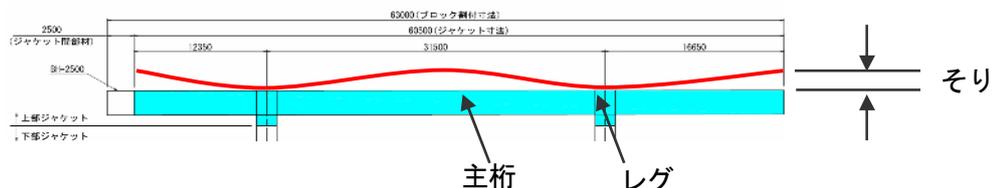
4-2 上部ジャケットの寸法確認状況

上部ジャケットの寸法確認については、「ジャケット工法技術マニュアル」等に準拠して、表-4に示す項目を図-11、12に示す位置で行った。

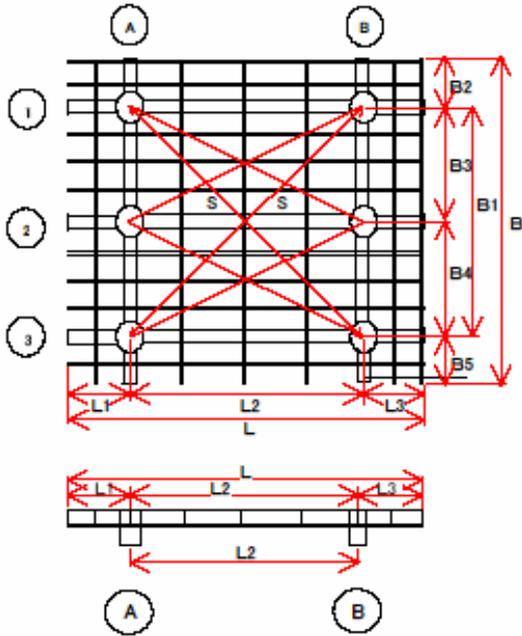
表-4 上部ジャケットの品質確認項目

測定項目	記号	許容値
全長 (滑走路平行)	L	-20mm ~ +20mm
全幅 (滑走路直角)	B	-20mm ~ +20mm
レグ間隔	L2、B3、B4	±15mm
対角	S	±20mm
主桁のそり※	δa	$\pm (25+L/2) \text{ mm}$

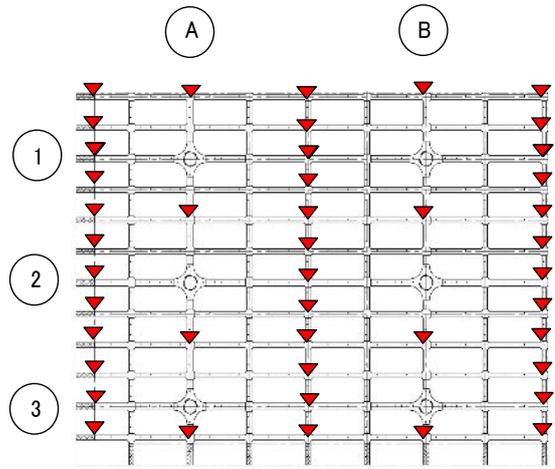
※そりとは、工場製作時に事前に設定する完成時死荷重のたわみ分に相当する上げ越し量のことをいう。



平面図



側面図



▼印は「主桁のそり」の測定位置を示す

図-1.1 上部ジャケットの寸法測定位置

図-1.2 上部ジャケットの主桁のそり測定位置

特にレグ間隔については、上下部ジャケット一体化作業・鋼管杭へのジャケット設置作業に支障がないように寸法精度に注意しながら、製作を行った。

図-1.3、1.4に示す状況は、千葉工場・富津工場での上下部ジャケット一体化作業である。



図-1.3 千葉工場における上下部ジャケット一体化



図-1.4 富津工場における上下部ジャケット一体化

5. ユニットドーリーによる上部ジャケットの搬送・出荷方法

一般的なジャケットの岸壁からの主な出荷としては、表-5の方法が挙げられる。

表-5 一般的なジャケットの出荷方法

	ジャケット重量 による制約	施工 スピード	台船の バラスト調整
F C船を使った吊り出荷	中	速い	不要
ユニットドーリーを使った出荷	小	速い	必要
陸上クレーンによる吊り出荷	大	速い	不要
スキッド※を使った送り出し出荷	小	遅い	必要

※スキッドとは、ジャケットを上載して送り出すレールのことをいう。

本工事では、津工場・横浜工場ではF C船を使用して台船への積み込みを行うが、若松工場では出荷回数が多いためにF C船の備船リスクを回避できるユニットドーリーによる台船への積み込みを採用した。ここでは若松工場で採用した工法について述べる。

5-1 ユニットドーリー

若松工場で使用するユニットドーリーは自走式で、全車軸をコンピュータ制御により動かすことができるため、あらゆる方向に走行可能である。今回、若松工場では最大4トレーンの編成を使用した。



図-15 ユニットドーリー

ユニットドーリー編成/トレーン	駆動車×1+従動車×4
軸数(タイヤ本数)/トレーン	48本 (192本)
積載能力/4トレーン	2,792 ton
車高	1500mm
プラットフォームの上下	±300mm
走行速度 (平坦負荷 100%)	3.5 km/h

5-2 搭載架構による2段積み

工場からの効率的な輸送を行うため上部ジャケットは最大2段積みにして出荷された。若松工場ではユニットドーリーによる出荷のために、ヤード内に構築した搭載架構により2段積みを行っている。吊り上げの機構にはロッド式中空油圧ジャッキを採用した。



図-16 搭載架構による2段積み

搭載架構 高さ	約 22.5m
搭載架構 桁高×長さ	3m×54m
ジャッキ能力	200 ton
ジャッキ構成	3台×4箇所
テンションロッド	φ120mm
上部ジャケット重量	最大 1,080 ton

5-3 ユニットドーリーによる搬送

ユニットドーリーによる搬送作業では岸壁と台船のレベルを同じに保つ必要があり、積載重量の増加と軸重移動に伴う台船の喫水の変化、さらに潮位の変動に対して車軸がランプウェイを通過する毎に水盛り計でレベル差を確認し、細かくバラスト調整（船首タンク⇄船尾タンク）することで対応した。



図-17 ユニットドーリーによる搬送



図-18 水盛り計によるレベル差確認作業

5-4 台船上での固縛方法

本工事では台船動揺による浮き上がり力が発生しないことから、山留工法で用いられる鋼製裏込め材（ユニブロック）を使用することで、①固縛作業時間の短縮、②解縛作業の短縮、③固縛材の再利用（溶接をする必要がないため）を行っている。このユニブロックは機械式のジャッキで、短時間でその厚さを調整でき、最大60tおんまでの荷重に耐えることができる。



図-19 台船上での固縛状況

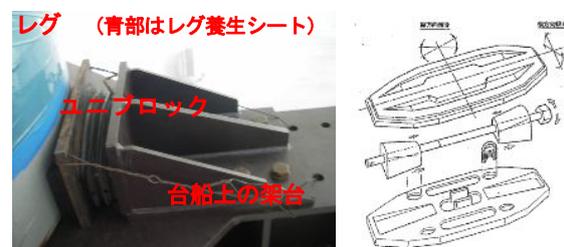


図-20 ユニブロック

6. あとがき

本稿では、上部ジャケットの製作フローと品質管理について、製作時の写真を中心に紹介した。

現在、198基ものジャケットを製作し大規模栈橋による空港建設という世界初の難工事に対し、適切な溶接と品質管理、安全な輸送、据付工程を踏まえた効率的な生産管理を実施しているところである。製作工事においては、今後も一層の品質向上に向けた不断の努力を続けるとともに、D滑走路工事全体の円滑な進捗のために、各種検討・対策を講じる所存である。

参考文献

- 1) 溶接・接合技術特論 溶接学会編