

## 東京国際空港 D 滑走路の溶接施工

### ～ジャケットの長期耐久性を支える溶接施工技術～

新日鉄エンジニアリング(株)  
木村 文映

#### 1. はじめに

東京国際空港（羽田空港）は、さらなる発着能力の増強を目的として、新しい4本目の滑走路（D滑走路）と国際線旅客ターミナルが建設された（図1）。このD滑走路は、建設地が多摩川の河口に位置することから、河川の流れを阻害しないように、河口域内をジャケット式の栈橋構造とした埋立てと栈橋を組み合わせた我が国初のハイブリッド工法が採用された（図2）。



図1 東京国際空港全景

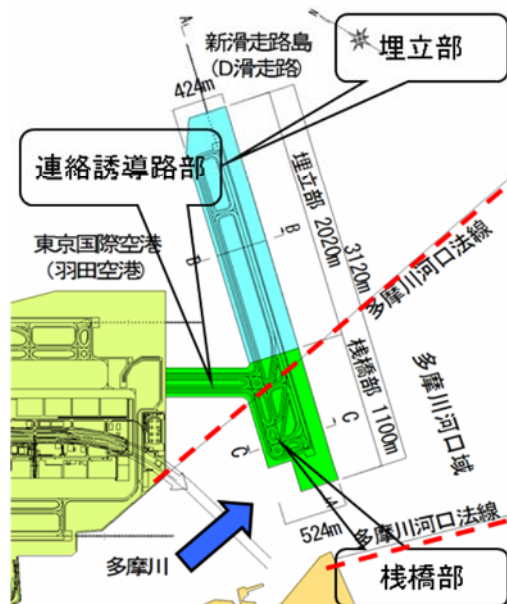


図2 D滑走路配置図

D滑走路の構造物のうち、栈橋部本体は、プレファブ化した198基の鋼製ジャケッを1,165本の鋼管支持杭上に設置し、現場にて各鋼製ジャケッを溶接接合した面積52万 $\text{m}^2$ の広大な構造物である。図3、図4は、それぞれジャケッを43基、150基据え付けた時点での航空写真であり、本稿では、この鋼製ジャケッのプレファブ加工に関して、溶接技術者にとって注目すべき施工技術を中心に概説する。



図3 ジャケッ43基据付状況

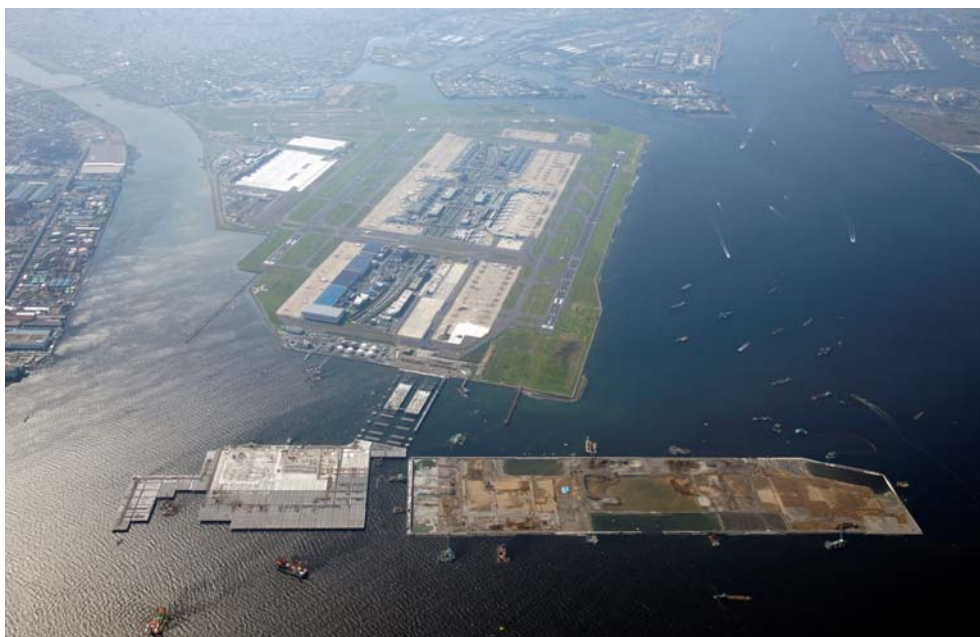


図4 ジャケッ150基据付状況

## 2. ジャケットの溶接施工と非破壊検査技術

新滑走路棧橋部は全 198 基のジャケット構造からなり、標準的なジャケットは、長さ 63m×幅 45m×桁高 2.0～2.5mの I 型断面の鋼桁を格子状に配置した上部ジャケット（標準重量約 800～1,100 トン）と、6本の鋼管レグ（柱材）と鋼管トラスからなる高さ約 30mの下部ジャケット（標準重量約 500 トン）から構成される（図 5）。



図 5 一体化された上部ジャケットと下部ジャケット

### 1) 2.1 上部ジャケット製作

上部ジャケットは、図 6 に示すような桁高 2.0m または 2.5m の格子桁構造であり、最大板厚は 75mm である。上部桁の溶接継手は、100 年間の超長期の疲労耐久性確保のため、アンダーカットや内部傷の許容値に対して従来と比べて非常に厳しい溶接品質が要求された。特に、超音波探傷検査時のきず検出レベルは、従来の一一般的な構造物での L 検出レベルよりも厳しい L/2 検出レベルが要求された。上部ジャケットの製作に当たっては、生産性向上と溶接を初めとする品質安定化を図るため、次に示す取り組みを実施した。

- (1) 上部桁のフランジとウェブの溶接（首溶接：図 7）は、航空機の繰返し走行に対する疲労耐久性確保のため、完全溶け込み溶接が多用されている。この首溶接の生産性向上と品質の安定化のため、大電流タンデムサブマージアーク溶接法（図 8）を導入し、ガウジングが不要なノンガウジング工法を採用した（図 9）。導入に際しては、板厚変化部でも連続溶接を可能とするため、自動センシング機構を追加した。それ以外の部分では全自動炭酸ガスアーク溶接機による施工とした。
- (2) 膨大な T 継手の非破壊検査量への対応として、国内の鋼構造工事では初めて、自動超音波探傷検査（AUT）（図 10）の本格的な大規模適用を実現し、検査効率の向上を図った。適用に当たり、

AUT の性能確認試験を実施し、厳しい要求品質に対しても十分な探傷性能を有していることを確認した。

- (3) 重要部位では、国内鋼構造工事で初めて、疲労耐久性向上のため超音波打撃処理法（UIT）による溶接止端処理を実施した。UIT の本格的な導入に際して、機器の耐久性向上を図るとともに、UIT の品質管理要領を確立し、品質の安定化を図った。なお、UIT の詳細は株式会社日鐵テクノリサーチの HP に紹介されている。<http://www.nstr.co.jp/uit.htm>



図 6 上部ジャケット構造



図 7 首溶接部施工状況



図8 大電流タンデムサブマージアーク溶接装置

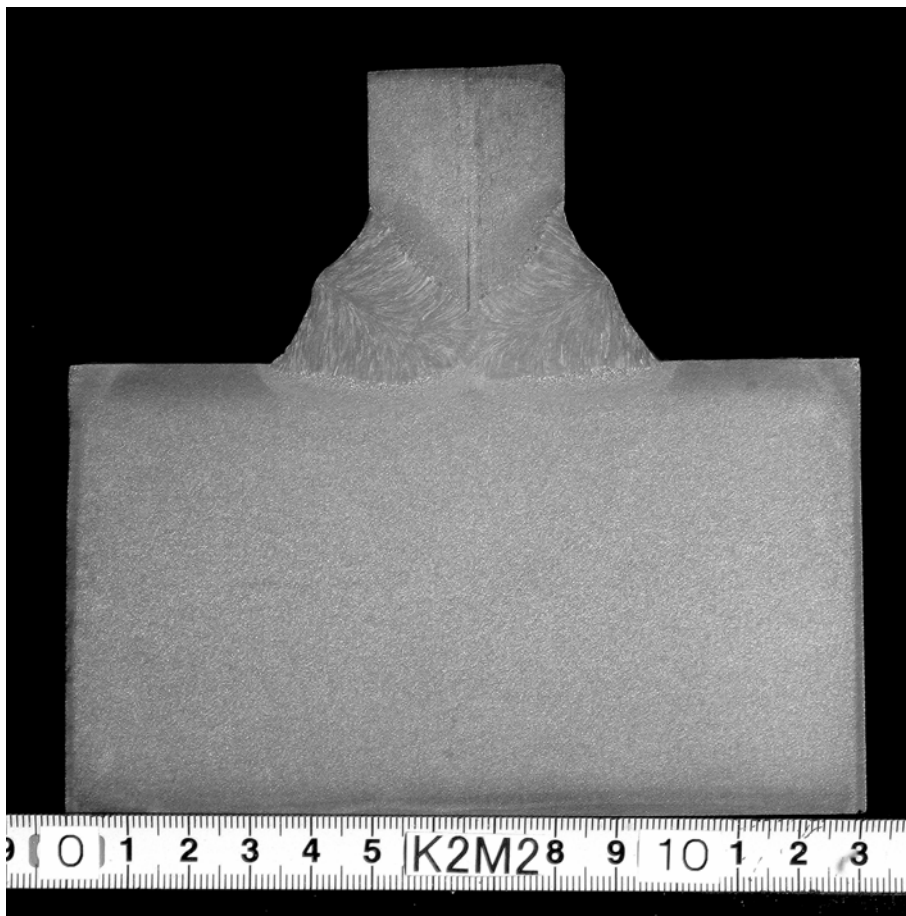


図9 ノンガウジング工法による溶接部マクロ断面



図 10 自動超音波探傷検査 (AUT)

## 2.2 下部ジャケット製作

下部ジャケットは、鋼管トラス構造形式であり、その鋼管径や材質等の区分に応じて主に板巻鋼管や一般構造用鋼管等から構成されている (図 11)。



図 11 下部ジャケット組立状況

下部ジャケットの溶接部は、鋼管と鋼管との TKY 溶接継手部に代表される (図 12)。TKY 溶接継手部とは、文字通りアルファベットの「T」、「K」、「Y」の形状で鋼管部材が交差し、その部材どうしを溶接により結合する継手をいう。本工事においては、上下部一体化溶接部において道路橋示方書に準拠して溶接施工試験を行うとともに、実績のある TKY 溶接継手部においてもジャケット形状を反映した溶接施工試験を実施し、施工方法の妥当性を確認した。

下部ジャケット製作における溶接は、疲労を考慮し完全溶け込みとしており、この溶接部の非破壊検査は、ジャケット工法技術マニュアルに準拠し実施している。なお、本工事においては超音波探傷試験検査の場合、基準では1継手 20%の抜取り率のところを溶接長全線（100%）にて実施し、品質確保を確実にものとしている。また、高度な判定が要求されるために、その技量を有する非破壊検査技師の確保も重要であった。



図12 下部ジャケットTKY継手部溶接状況

### 3. 薄肉耐海水性ステンレス鋼の被覆溶接施工技術

D 滑走路のジャケット構造部は鋼構造部材が使用されている。その中でもレグ（柱材）部の干満・飛沫帯は最も厳しい腐食環境にあって、浮遊物等の衝突による損傷も想定される。このような厳しい環境の中、補修も困難であることから、100年の耐久性を想定した長期耐久性及び耐衝撃性の確認された耐食性金属の被覆工法が求められた。薄肉耐海水性ステンレス鋼被覆工法は、従来の金属被覆工法に比べ、材料の薄肉化、被覆溶接の高能率化により、ライフサイクルコストの低減および品質の安定化を達成した工法であり、今回、D 滑走路ジャケット・レグ構造部の干満帯、飛沫帯の防食工法に採用された。

#### 3.1 薄肉耐海水性ステンレス鋼被覆の概要

耐海水性ステンレス鋼被覆は、図13に示すように、D 滑走路ジャケット部全域のレグトップ部から荒川基準水面下1.5mまでの範囲に使用するものであり、下部ジャケットのレグ鋼管部材の工場製作段階で、図14に示すインダイレクト抵抗シーム・プラズマ複合溶接装置により、0.4mm厚の耐海水性ステンレス鋼を被覆している。栈橋部レグの薄肉ステンレス鋼被覆長さは約8～11mであり、被覆総面積は約69,000m<sup>2</sup>、ステンレス鋼の使用量は約250tonである。

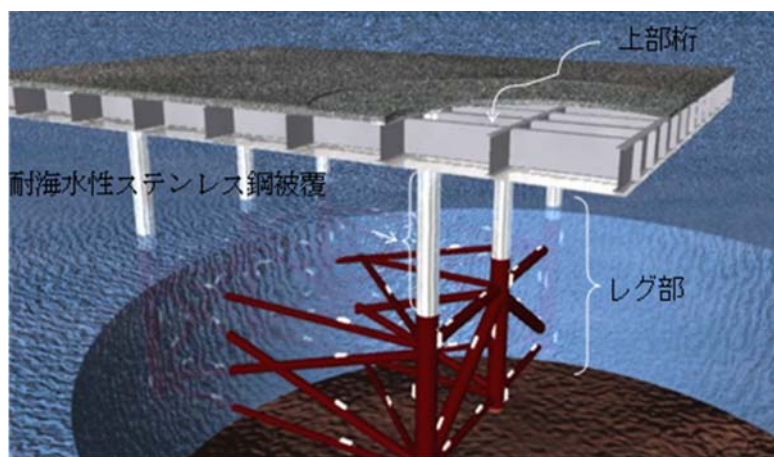


図 13 薄肉ステンレス鋼被覆概要



図 14 インダイレクト抵抗シーム・プラズマ複合溶接装置

### 3.2 薄肉耐海水性ステンレス鋼被覆工法の選定

例えば、チタンは海洋環境で優れた耐食性を有するが、鋼材に溶接することが実用上できない。東京湾アクアライン等で実績のあるチタンクラッド鋼は、鋼管部材への被覆には突合せ部分と被覆端部の溶接処理が煩雑となるため、製造・加工方法に難点がある。このため、鋼材に直接溶接が可能で、一般海洋環境ではチタンと同等の耐食性を有する耐海水性ステンレス鋼（SUS312L）を選定した。

SUS312L は、一般のステンレス鋼（SUS304 系、SUS316 系）に対して、クロム、ニッケル、モリブデン等の合金成分を増し、海水環境における耐孔食性、耐隙間腐食性を飛躍的に向上させた材料であり、試験体の促進試験や長期暴露試験等により、一般環境下では腐食しないことが確認されている。

### 3.3 溶接施工プロセスの概要

炭素鋼鋼管基材の表面に、被覆材として、直接溶接可能な耐食性を有する薄肉ステンレス鋼シート（SUS312L）を重ねて置き、被覆材の周囲をインダイレクト抵抗シーム溶接した後、アーク溶接により接合し、密封シールすることで水密性を確実にした溶接施工プロセスを採用した。また、溶接速度の速い溶接法を用い、かつ、金属シートの厚さを 0.4mm と薄くして材料コストの低減を図った。

(1) 熱拡散経路確保による、溶け落ち／穴あきの防止

被覆材の板厚が薄くなると、被覆材を被覆する金属基材との熱容量差が大きくなり、アーク溶接による溶接法では、溶け落ち、穴あきが発生しやすくなる。抵抗シーム溶接後、アーク溶接を行うことにより（図 15）、抵抗溶接部を介して、被覆材を被覆する炭素鋼鋼管基材にアーク溶接熱を拡散させることができ、板厚の薄い被覆材でも、溶け落ち、穴あきの防止が可能となった。

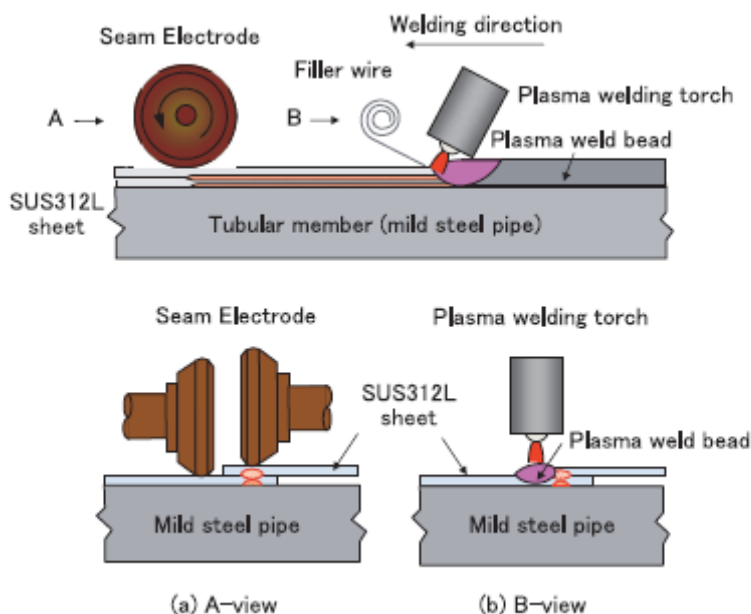


図 15 インダイレクト抵抗シーム・プラズマ複合溶接（模式図）

(2) 隙間のない溶接構造

D 滑走路栈橋への適用に当たっては、コンクリート床版によって上部が覆われ、飛来塩分が降雨によって洗浄されない海上軒下環境での 100 年間の耐久性確保が求められるため、耐食性上の弱点となる隙間構造の排除と溶接部表面の高温酸化部を除去することとした。抵抗シーム溶接後、アーク溶接を行うことにより、ステンレス鋼シートの重ね部にできる隙間構造を完全に無くすことが可能となった（図 16）。また、万が一損傷した場合の現地での補修方法についても実証試験により確認した（図 17）。

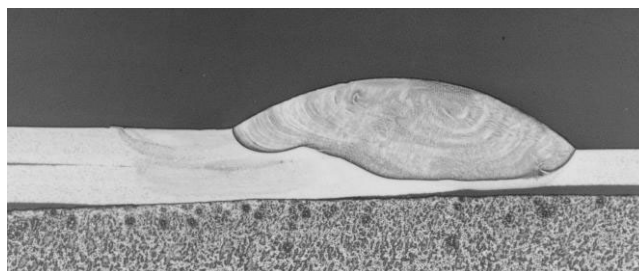


図 16 被覆材（ステンレス鋼シート）の重ね部溶接部断面



図 17 現地での補修溶接施工状況（実証試験）

(3) 同時溶接による高能率溶接施工

インダイレクト抵抗シーム溶接の高速溶接性を損なわないよう、アーク溶接として、溶接線自動倣い機構を備えたプラズマ溶接を採用することにより、溶接能率を低下させることなく被覆が可能となった。

#### 4. おわりに

D 滑走路栈橋部は世界でも例を見ないジャケット栈橋式空港基盤施設であり、供用開始以降維持管理業務が開始されており、滑走路島全体に対する点検、調査が行われている。以上、概説した信頼性の高い溶接施工技術によって、本構造物の長期耐久性が実現されていることを、引き続き確認して行きたい。