

## 論文・報告

## キーワード

関西国際空港連絡橋  
鋼製橋脚  
脚柱基部  
ヤード溶接  
脚柱建起こし  
大組立

# 関西国際空港連絡橋における 鋼製橋脚の製作

Fabrication of Steel Pier for KANSAI International Airport Bridge

大村 外志男\*  
Toshio OMURA

渡辺 晴紀\*\*  
Haruki WATANABE

## 1. まえがき

関西国際空港は、現在の大阪国際空港の騒音による使用制限や、増大する航空需要に対応し、24時間運用可能なわが国で初めての海上空港として現在建設工事が進められている。この海上空港のアクセスとして全長3 750 mの空港連絡橋が建設されるが、これは図-1の一般図に示されているように、30基の鋼製橋脚、6連の鋼3径間連続トラス橋および4連の鋼連続箱桁橋より成っている。

ここで報告するP<sub>3</sub>鋼製橋脚は上記の30基中最大規模のもので、(株)熊谷組より工場製作を受注したものである。本工事での工場製作には、以下の作業を含んでいた。

- ① 工場建屋内での小ブロック製作
- ② ヤードでのフーチングブロックおよび脚柱部ブロックの一体化
- ③ フローティングクレーンによる脚柱部建起こし、大ブロック完成
- ④ 据付け地点までの海上輸送

これらの作業は昭和62年10月末より昭和63年10月末にかけて行われ、同年11月初旬に現地へ輸送されて(株)熊谷組により据付けられた。その後平成元年4月に完成して

いる。本文では、本工事の工場製作について報告する。

## 2. 工事の概要

P<sub>3</sub>橋脚の一般図を図-2に、製作フローチャートを図-3に、実施工程を図-4にそれぞれ示す。

発 注 先：関西国際空港(株)

工 事 名：空港連絡橋下部第四工区工事

据付け場所：大阪府泉州沖海域

構造形式：鋼製1層門型ラーメン橋脚

寸 法：幅 28.5 m

長さ 36.25 m

高さ 35.7 m

鋼 重：2 384 t

## 3. 工事の特色

このP<sub>3</sub>橋脚は海上部に据付けられるもので、場所打ち鋼管杭上に工場一体製作された大ブロックをフローティングクレーンで据付け、直ちにフーチングおよび脚柱部にコンクリートを打設して合成構造とするものである。以下にその構造上、製作施工上の特色を示す。

- ① フーチングの鋼製骨組と脚柱が一体構造となって

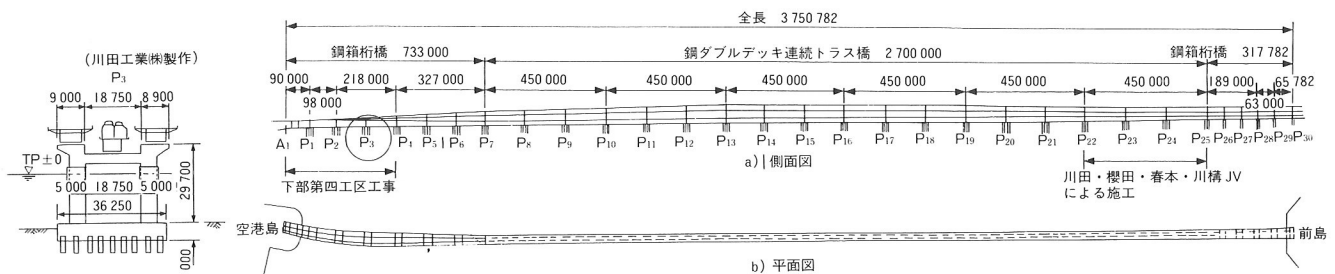


図-1 関西国際空港連絡橋の一般図

\*川田工業(株)生産事業部四国工場生産技術課課長 \*\*川田工業(株)生産事業部四国工場生産技術課係長

|       |            | 昭和62年<br>10月 |  | 11 | 12 | 昭和63年<br>1月 |  | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|-------|------------|--------------|--|----|----|-------------|--|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|
|       | 設 計 照 査    |              |  |    |    |             |  |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
|       | 製 作 検 討    |              |  |    |    |             |  |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
|       | 材 料 手 配    |              |  |    |    |             |  |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
|       | 原 寸        |              |  |    |    |             |  |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
|       | 小ブロック製作    |              |  |    |    |             |  |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| 中ブロック | 大組立(フーチング) |              |  |    |    |             |  |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
|       | // (脚 柱)   |              |  |    |    |             |  |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
|       | H T B 本 締  |              |  |    |    |             |  |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
|       | 配 筋        |              |  |    |    |             |  |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
|       | 塗 装        |              |  |    |    |             |  |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| 大ブロック | 建起こし~地組立   |              |  |    |    |             |  |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
|       | 輸 送        |              |  |    |    |             |  |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |

图-4 实施工程表

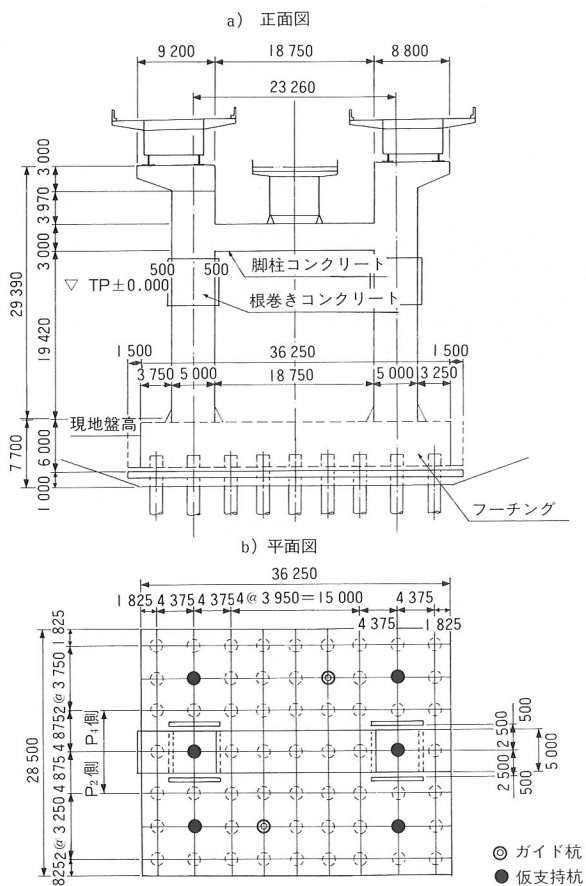


圖-2  $P_3$ 橋脚構造一般圖

いる。

- ② 脚柱内はコンクリート打設の都合により、図-5に示すとおり隔壁により平面的に分割されている。
- ③ 工場建屋内で製作した小ブローは、ヤードにて大組立した。接合は縦リブ、図-6に示した隔壁を除き、すべて溶接により行った。
- ④ 犠牲鋼板外面は、海水の干満により海水と大気に

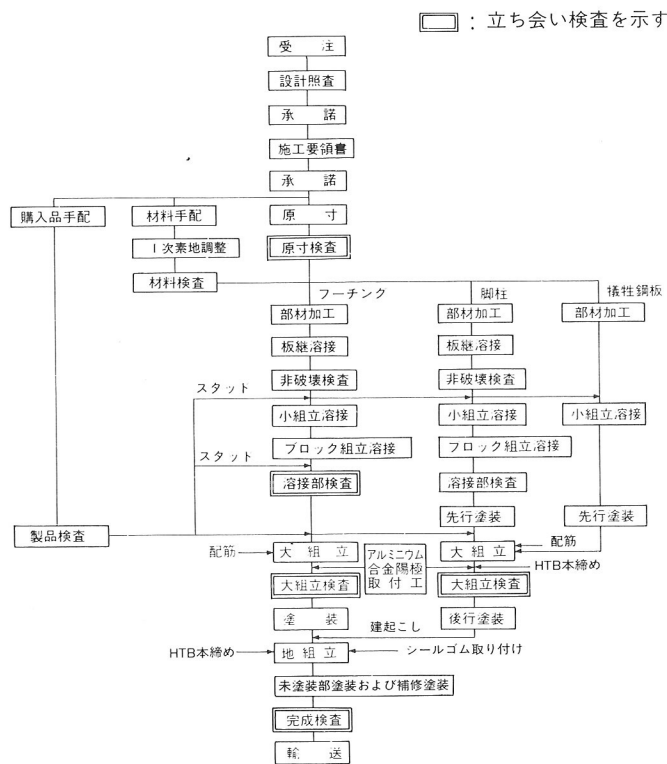


図-3 製作フローチャート

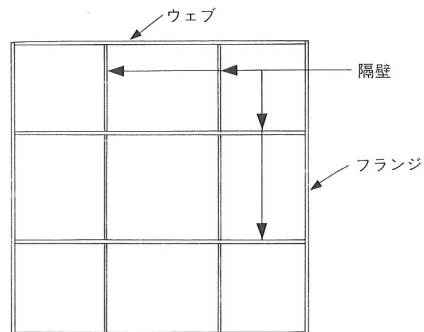


图-5 脚柱断面

繰り返さらされる。そのための配慮として超厚膜エポキシ樹脂塗料(標準膜厚2500 $\mu$ m)を塗布した。

- ⑤ 現地での据付けは、図-6に示すとおり海面に出ている2本のガイド杭に沿って海中に降ろし、コンクリート打設までは6本の仮支持杭にて支持する方法を採用した。このため、フーチングにはガイド杭を入れる円筒形のガイドパイプと、仮支持杭上には仮受梁を含む補強構造を設けた。

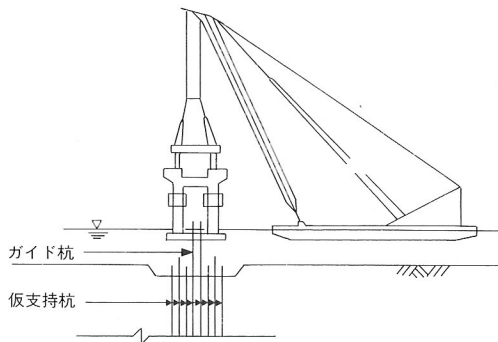


図-6 据付け概要図

- ⑥ その他、海中部の防食のためのアルミニウム合金の電気防食材やコンクリート打設の際ほかのセクションへの流入などを防ぐための、コンクリート漏洩防止材を取り付けた。

#### 4. 製作時の検討項目

前述の特色を踏まえて工場製作に当たったが、その際以下の点が主要な検討項目となった。

- ① フーチングの小ブロック分割方法
- ② 大型脚柱ブロックの製作方法
- ③ 大組立方法
- ④ ヤードでの溶接施工法
- ⑤ 脚柱部建起こし方法

以下、これらについて詳述する。

##### (1) フーチングの小ブロック分割方法

フーチングの分割方法の検討に際しては、以下の点を考慮した。

- ① 重機などハンドリング上の制作
- ② 組立溶接の施工性
- ③ ヤードでの最小限の溶接作業

この結果、図-7に示す15の小ブロックに分割した。写真-1に製作風景を示す。脚柱最大ブロックおよびフーチング最大ブロックは、次に示すとおりである。

脚柱最大ブロック(基部): 6 $\times$ 8 $\times$ 8 m, 重量118 t

フーチング最大ブロック: 7 $\times$ 5.5 $\times$ 18 m, 重量87 t

##### (2) 大型脚柱ブロックの製作

従来にない大型の脚柱ブロックであったことから、製

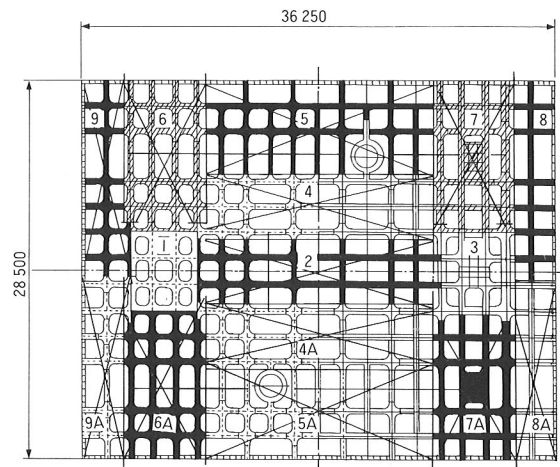


図-7 フーチング小ブロック分割図

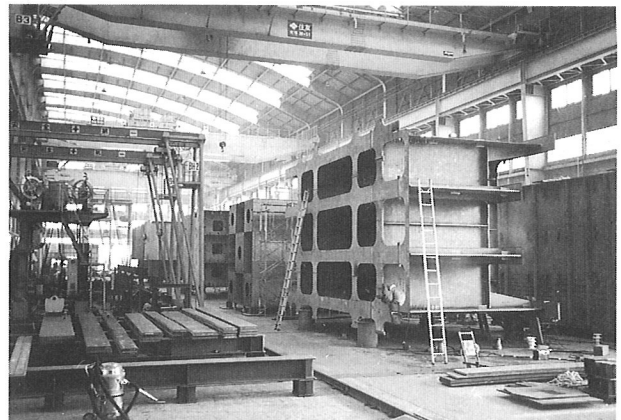


写真-1 フーチング小ブロックの製作

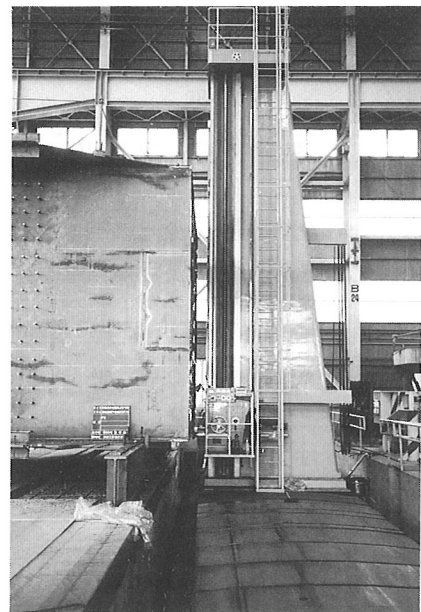


写真-2 脚柱基部の上端面切削

作に当たっては下記の点に留意して計算・施工を入念に行い、品質の確保に努めた。

- ① パネル単位での精度管理
- ② 一部端面切削(基部と脚柱第1段の取り合い部)の

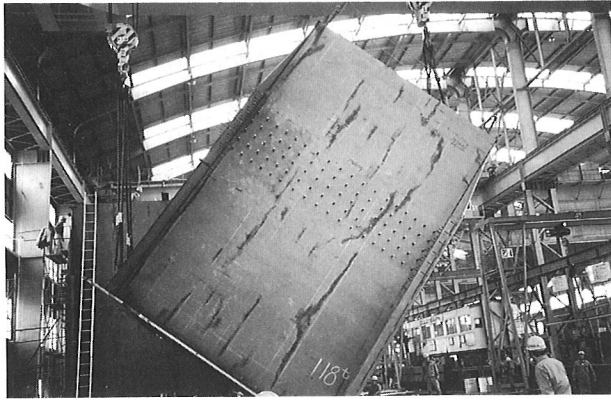


写真-3 脚柱基部の反転



写真-5 フーチング大組立

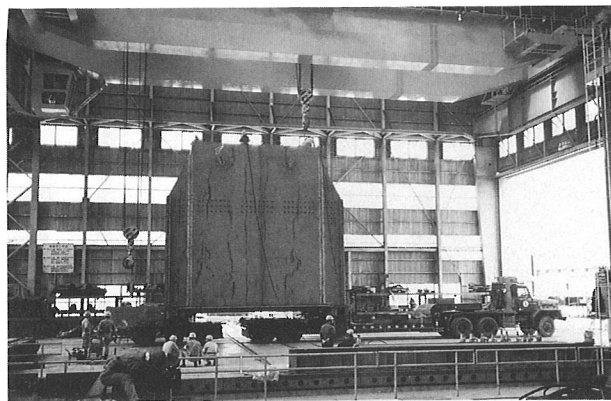


写真-4 脚柱基部の屋外搬出



写真-6 エレクトロガス溶接(立向き)

使用(写真-2 参照)

③ 最小限の反転回数(写真-3 参照)

④ 溶接後の再野書, 仕上げ切断の採用  
屋外搬出の状況を写真-4 に示す。

### (3) 大組立方法

大組立の方法としては, 以下の3案を比較検討した。

① フーチングの上に脚柱を順次組み上げていく方法

② フーチング, 脚柱および横梁を別々に地上に伏せた状態で大組立し, フーチング上に脚柱2本を立て, その後に横梁を落とし込む方法

③ フーチングと脚柱+横梁を地上に伏せた状態で大組立し, 脚柱+横梁を建起こして一体とする方法

最終的には使用重機的能力, 高所作業を最小限とすること, および取り合い精度の確保などの観点から③案を採用した。フーチングの大組立状況を写真-5 に示す。

### (4) ヤード溶接

ヤードにおける溶接作業が大きいということが, 本工事の特色の一つであるが, 特に立向き溶接の割合が大きく, 効率の良い溶接施工法の採用が重要であった。したがって積極的にエレクトロガス溶接や上向き自動溶接法を採用することとした。図-8~10に採用した溶接法を示す。また, 溶接風景を写真-6 に示す。

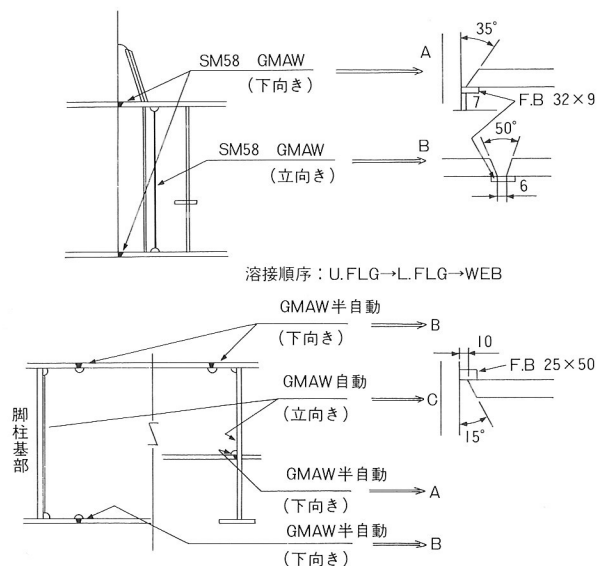


図-8 フーチングの大組立溶接

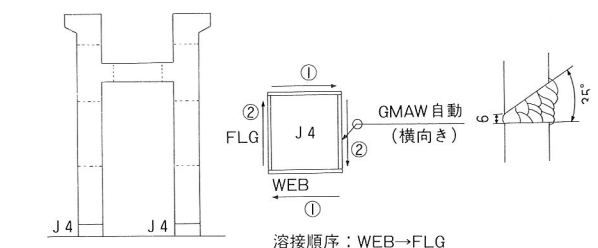


図-9 地組立溶接

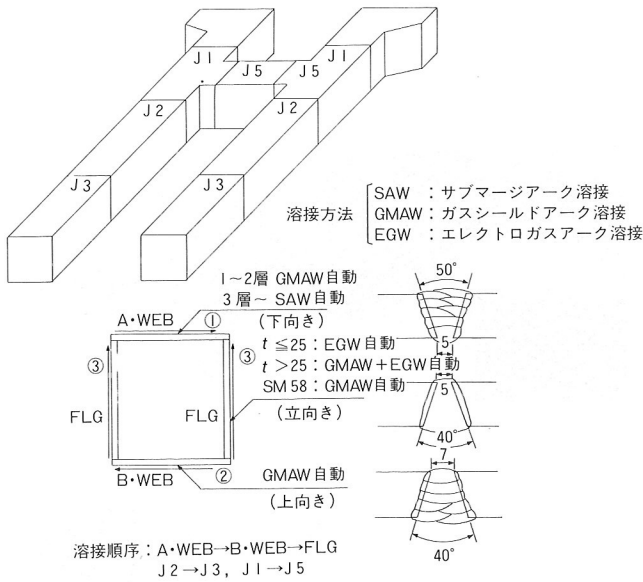


図-10 脚柱部の大組立溶接

#### (5) 脚柱部建起こし方法

脚柱部の建起こしに際しての問題点およびその対策は以下のとおりであった。

- ① 左右の脚柱の天端高さが310 mm異なるため、建起こす際、吊り上げのケーブル長さが漸変するという問題があった。これは、吊り金具の寸法を左右で変えて軸線が建起こし中に水平に保たれるようにすることで対処した(図-11参照)。

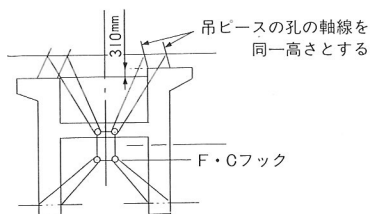


図-11 建起こし用吊りピース

- ② 建起こしの際に吊り天秤を使用するか否かで、図-12に示すように脚に異なる外力が加わり、特に吊り天秤を使用しない場合には補強が必要となる。吊り天秤の新規製作か、補強かを経済比較の結果、天秤を使用しない方法を採用ことにした。

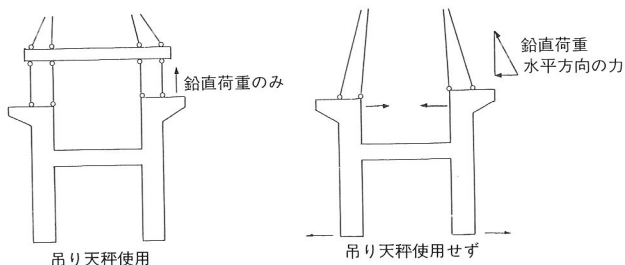


図-12 建起こし方法と外力

- ③ 建起こし後の脚柱とフーチングとの取り合いについて、精度確保が重要であるが、事前に脚柱・フーチングの出来形寸法を管理すること、脚柱基部にガイド治具を設けること(写真-7参照)、脚柱部には拘束用の支材を付けること(写真-8参照)、引き寄せ金具を使用し、ワイヤを対角に張り、引き寄せる方法をとることなど(図-13参照)で対処した。

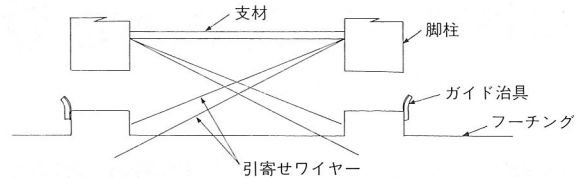


図-13 取り合い部セッティング概要図

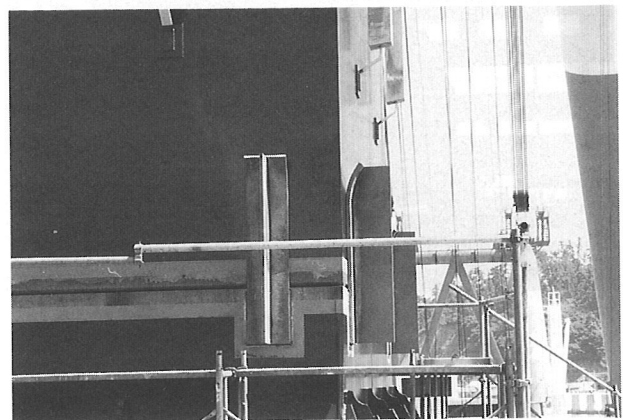


写真-7 ガイド治具

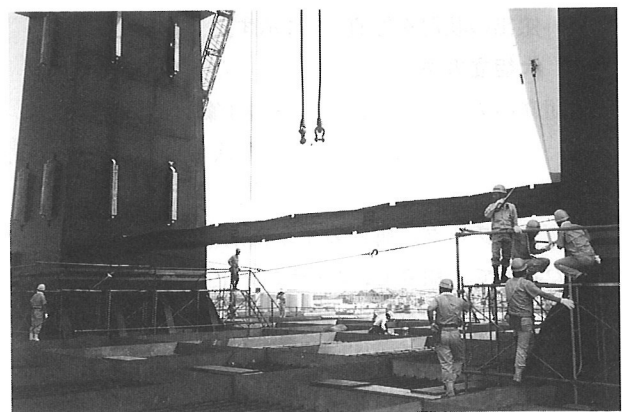


写真-8 支材および引き寄せワイヤ

以下に大組立から建起こし作業に至る精度管理や、詳細作業要領についてさらに詳しく述べる。

#### 5. 大組立の精度管理

大組立はフーチングと脚柱を分離して行うため、脚柱を一体で建起こして地組立した。地組立の精度を良くするためには、脚柱下部と脚柱基板上部の出来形の管理が重要である。そこで以下の事項を考慮した。

- ① 脚柱下部および脚柱基部の地組における取り合いの出来形の相対差を、許容公差の1/2以下を目標とした。
- ② フーチング大組立は、脚柱基部を基準に組立順序を決めた。
- ③ 脚柱の大組立については、脚柱間隔に重点を置いた。建起こし時のフリーな状態での脚柱下部の水平変位量として、設計値で脚が開く方向に16mmと計算されているので、大組立の目標値として、脚柱下部での間隔を0～-10mmと設定した。
- ④ 脚柱基部の大組立出来形測定は、基部上面を基準とした。
- ⑤ 取り合い部の出来形寸法については、基部側をヤード溶接の前と後、脚柱側をヤード溶接後にそれぞれ計測し、取り合い上問題ないことを確認した。図-14, 15にその結果を示す。

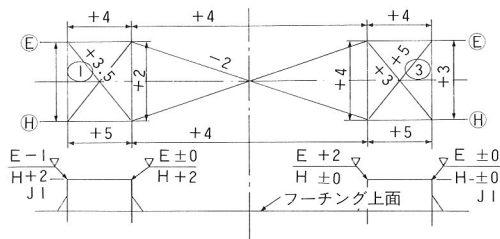


図-14 脚柱基部のヤード溶接前出来形

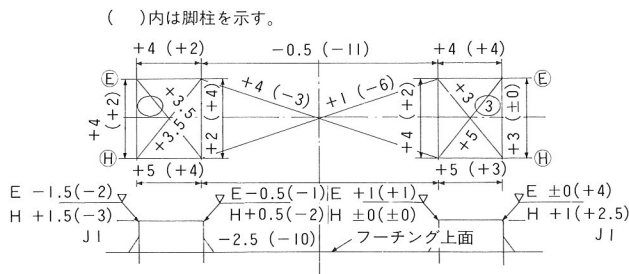


図-15 ヤード溶接後(建起こし前)の基部および脚柱部それぞれの出来形

## 6. 建起こし作業

### (1) 吊り上げ開始前計測

図-16に示すとおり、フローティングクレーンのフック芯と脚重心を一致させ、さらに地切り時の横ずれを防ぐため、トランシットを直交する2方向に配置して、フック芯の動きを確認するようにした。

### (2) おしみワイヤの設置

図-17の要領で、おしみワイヤを設置した。

### (3) 脚柱基部への脚柱部取り付け作業

脚柱部の取り付けは、以下の手順で行った。

- ① 計測により、脚柱が基部直上にあることを確認(図-18参照)。

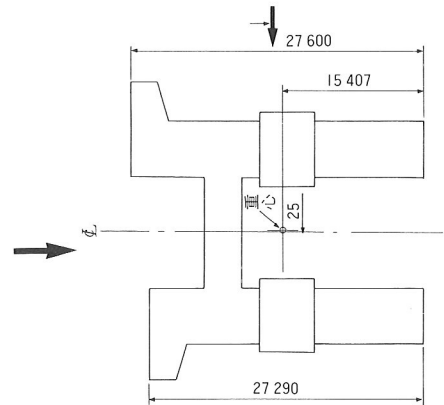


図-16 吊り上げ開始前計測

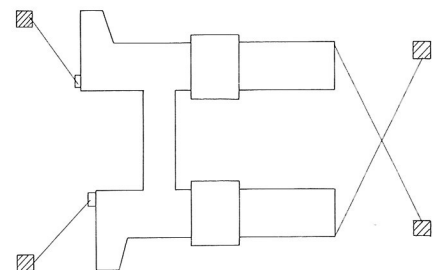


図-17 おしみワイヤ概要図

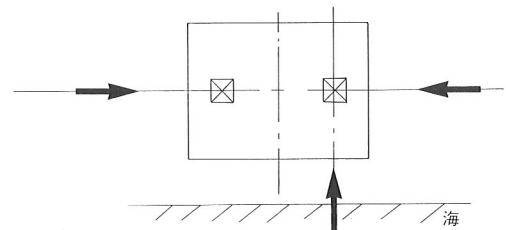


図-18 取り付け前計測概要図

- ② 基部支圧面上600mmで吊り下げ停止。隔壁スプライスプレートを、あらかじめできるだけ広げておいた
- ③ 脚柱側隔壁をすべてスプライスプレート間に挿入できるか確認。
- ④ 脚柱基部支圧面に全荷重の50%を載荷。
- ⑤ 計測にて脚柱の鉛直度を確認。このとき、左右柱の相対差を許容公差の1/2として、 $\pm 7\text{mm}$ を目標とした。
- ⑥ フィラープレートの板厚を決定。
- ⑦ 支材の片側HTBを解放。  
脚柱間隔出来形が $-10\text{mm}$ のため、支材を解放し、再吊り上げを行い、ガイド治具に面タッチするまで水平変位させた。
- ⑧ 支圧面より50mm程度再吊り上げ。
- ⑨ 脚柱とガイド治具の位置を確認。
- ⑩ フィラープレートのセット。
- ⑪ 支圧面に全荷重の80%を載荷。



- ⑫ 鉛直度の再計測(管理値は⑤に同じ)。
  - ⑬ 縦リブ、隔壁をピンおよび仮締めボルトで仮固定後、仮HTBを本締め。
  - ⑭ フローティングクレーン吊りワイヤを解放。
- (4) 建起し結果

図-19に示すとおり、良好な精度で建起し作業が完了した。所要時間は、吊り上げ開始から吊り点解放まで約7時間であった。

写真-9に建起し作業の状況を、また写真-10に出荷状況を示す。

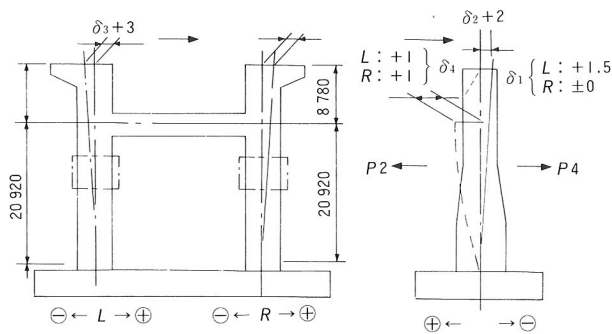


図-19 建起し後の出来形(鉛直度)

## 7. あとがき

本工事は、100 tを超える大型脚柱部材の製作、小ブロックをヤード溶接にて中ブロックにした後、建起こしにより大ブロックを完成させるという手順をとるなど、過去に例のない大型工事であった。各工程で入念な施工管理に努め、また最新鋭の溶接技術を採用するなど、ち密に計画・施工を行い、安全に、そして精度、品質の良好な製品を客先に納めることができた。

最後に、本工事を通じての関西国際空港(株)の担当の皆様、(株)熊谷組の皆様をはじめ関係各位の多大なるご指導に対し深く感謝の意を表したい。

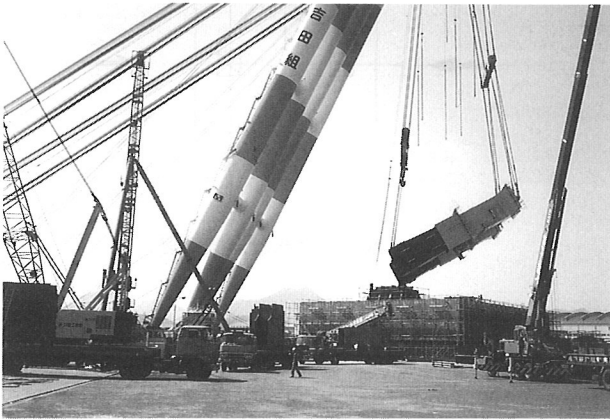


写真-9 建起し作業

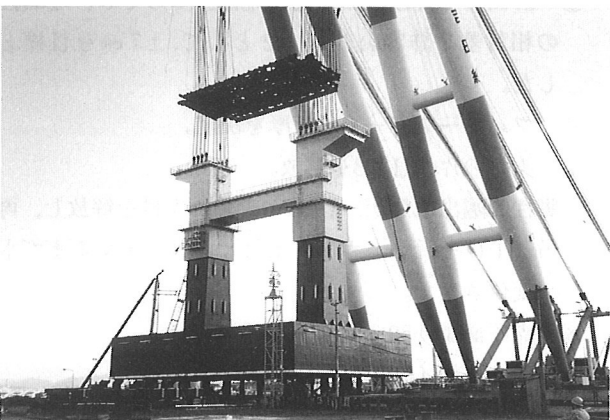


写真-10 出荷