

【技術ノート】

# EXPO'85鉄鋼館の鉄骨工事とケーブル架設工事

## Steel Works and Cable Erection of Steel Pavilion in TSUKUBA EXPO'85

梅澤宣雄\*  
Nobuo UMEZAWA

小口守\*\*  
Mamoru KOGUCHI

### 1. まえがき

鉄鋼館は、数多くの民間出展者の中でも唯一の素材関連業界の出展者であることから、建物自体が展示物であること、鉄のもつすぐれた素材としての特質を生かすことが計画のテーマである<sup>1)</sup>。

パビリオンは図-1に示すように、入口から待合スペース、1階ロビー、立体映写ホール、展示ホールから構成される。立体映写ホールは客席が180°回転する機構になっており、ステレオビジョン方式による70%立体映画が上映される。また、展示ホールは中央に直径11mの球体が配置され、古代中近東の鉄文明を解明する展示が行なわれる。

本パビリオンの特徴は、展示ホール部分を吊構造としていること、主要部材がむき出しになっていること、および、世界最大規模の回転客席があることである。ここでは、このうちの鉄骨工事とケーブル架設工事の概要について報告する。

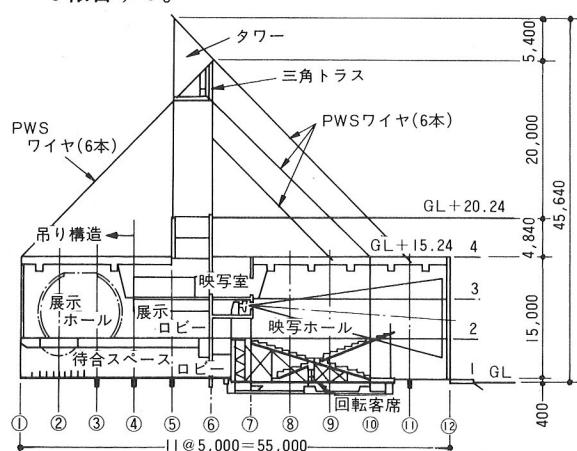


図-1 建物概要図

\* 川田工業㈱木工場設計課課長 \*\*川田工業㈱木工場生産技術課

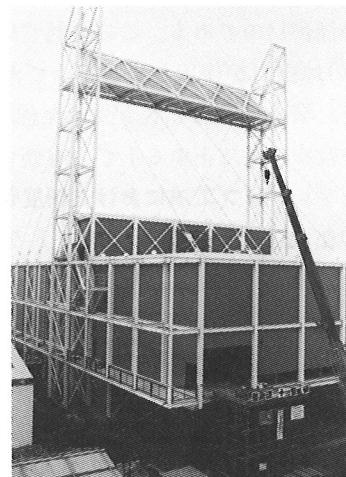


写真-1 鉄鋼館全景

### 2. 工事概要

工事概要を表-1に示し、その特徴を次に示す<sup>2)</sup>。

- ① 前面の展示ホール部分（幅30m×奥行き15m×高さ10m）を吊り構造としている。

展示ホールは、左右に設けたタワーおよびそれをつなぐ三角トラスからPWS（パラレル・ワイヤー・ストランド）で吊られる構造になっている。これにより、展示ホール直下は無柱の半屋外空間が生まれ、待合スペースとして利用される。

- ② 主要部材がむき出しになっている。

本建物に使用された鋼材は、H型鋼、鋼管、鍛鋼、PWS、エキスパンドメタルおよび折板などである。これらの鋼材は材質特性に応じて使い分けられると同時に、外部にむき出しがなっている。

- ③ 世界最大規模の回転客席がある。

立体映写ホールの客席は、階段状の回転客席になっており、上映の前後には  $180^\circ$  回転する機構になっている。この回転客席は収容人員が 382 名で、直径 20 m、高低差 5 m と世界最大規模である。

表-1 工事概要

名 称	鉄鋼館
所 在 地	茨城県筑波研究学園都市科学万博会場内
企 業 者	(社)日本鉄鋼連盟
設 計	(株)日建設計
構造設計	(株)日建設計
総合施工	竹中・鹿島・清水・大成・大林共同企業体
鉄骨製作	川田工業(株)
監 理	(株)日建設計
用 途	パビリオン
建築規模	階数：地上 4 階 幅 30m、奥行 55m、高さ 45.64m
延床面積	2,344.9m <sup>2</sup> (基準階：1,410m <sup>2</sup> )
構造種別	鉄骨造プレース構造、一部吊構造
総鋼重量	476t
使用鋼種	SS41, SM41A, STK41 SC42, SCMn2A, S35C
接合方法	工場：溶接、現場：高力ボルト、一部溶接
工 期	1984年 2月～9月

### 3. 構造概要

本パビリオンは、図-1 および写真-1 に示すように、地上 4 階建、軒高 20.24 m、平面が幅 30m × 奥行 55m の矩形をしている。両側に配置されたタワー部は地上 45.64m の高さまでのび、このタワーをつなぐ三角トラスは地上 35～40 m の間に架け渡されている。タワーおよび三角トラスから展示ホールを吊り上げ映写ホール側に定着している。

このパビリオンの構造上の特徴は次の点にある<sup>2)</sup>。

- ①展示ホールはタワーおよび三角トラスから PWS ケーブルにより吊り上げられている。

展示ホールの吊り荷重約 250 t は、6 本の PWS ケーブルにより吊り上げられ、三角トラスおよびタワーを経由して、控えの 6 本の PWS ケーブルで映写ホール側の柱に定着されている。

吊荷重により 4 階床面には大きな水平力が生ずるが、5 m グリッドすべてにプレース (CT-147 × 200 × 8 × 12) を配置し、展示ホール側と映写ホール側の水平力を釣り合わせている。

- ②鋼材は直接外観に表われている。

各部材の見付け寸法を 5 m を基本にしてそろえたり、鋼管を用いたプレースの交点に鋳鋼を用いて単純化す

る等の配慮をしている。

外観は塩化ビニール鋼板複合パネルで、内外装とも工場で仕上げられ、現場作業を減らす工夫をしている。また、外装パネルはブルーで、白ペンキ仕上げの鉄骨が露出しており、耐火被覆を施す必要のない仮設建築物ゆえにできたことである。

- ③PWS ケーブルおよび定着金具は本四架橋に使われた材料を使用し、展示を兼ねている (写真-2)。

今回使用された PWS ケーブルは、直径 5 mm の鋼線 91 本をそのまま束ね、外径円直径が  $5.5 \text{ mm}$  の六角形断面の PWS-91 (断面積  $1790 \text{ mm}^2$ 、切斷荷重 280 t、単位重量  $14.0 \text{ kg/m}$ ) を亜鉛メッキしたものである。

建築分野ではケーブルについての規定がないため、日本建築センターの評定をうけ、切斷荷重の  $1/3$  を長期許容引張耐力としている。この結果、鉄鋼館に使用したケーブルの引張耐力は 93.3 t である。

なお、当パビリオンは、吊材とその定着金具および PWS ケーブルの材料が建築基準法に定めていないこと、また、構造型式として吊構造を採用しているために、日本建築センター (国際科学技術博覧会出展建築物等特別評定委員会) の評定をうけている。

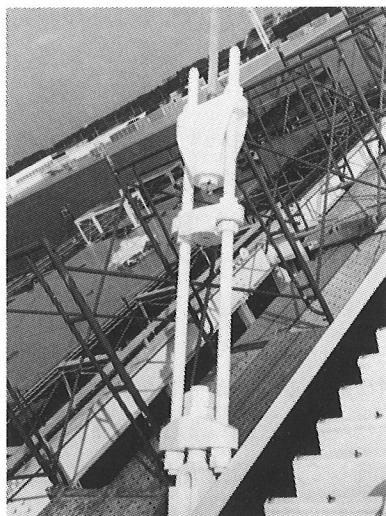


写真-2 PWS ケーブル定着金具

### 4. 鉄骨の製作

本体鉄骨は一般の鉄骨製作と変わらないので、ここでは回転客席の鉄骨製作について述べる。

回転客席は上映の前後に  $180^\circ$  回転できる機構になっている。使用した鋼材のほとんどは H 型鋼と溝型鋼であるが、床と外周梁は円柱を 30% 勾配に切削した面上の外周に取りつく構造になっている。

平面曲げ加工した H 型鋼を 30% 勾配に置いた場合、H 型鋼フランジ幅と H 型鋼の倒れにより、仕上げ壁厚の

200mmを超えてしまい、壁内に梁が納まらない。また、平面曲げ加工に梢円でなく単円とした梁では、さらに条件が悪くなる。そこで、柱に取りつく梁の取付位置を移動することにより壁厚内に納めるようにした。

また、回転客席全体を写真-3に示すように、工場において仮組立を行ない、取付位置を決定した。このため、寸法的には良い精度で納まったが、作業効率が低下したのは今後の問題点として残る。

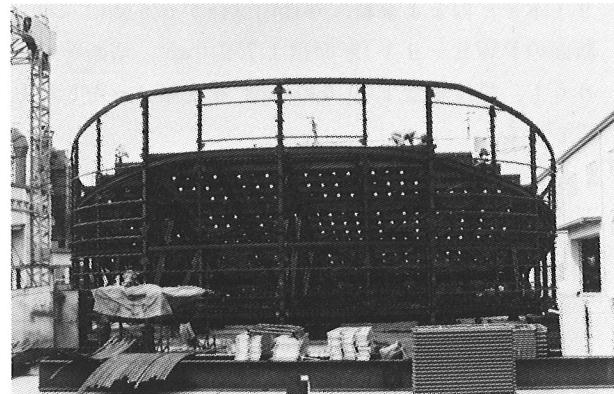


写真-3 回転客席の仮組立

## 5. 鉄骨建方とケーブル架設

鉄骨建方とケーブル架設は、隣接パビリオンによる重機の配置上の制限により、次に示す順序で実施した。

- ① 両側のタワー部を含めた映写ホール部の鉄骨の建方を行なう。
- ② 三角トラスを展示ホール部で地組みして、トラッククレーンで架設する（写真-4）。

内装を含めた自重42tの三角トラスは、120tと150tの2台のクレーンで地上40mまで相い吊りした。この結果、高さ46mの頂点で、左側タワーで外側へ2mm、右側タワーで内側へ3mmという微小な誤差範囲に納めることができた。

- ③ 展示ホール部は、図-2に示すように、1通りに仮設柱を設置して、4階屋根面まで建方を行なう。

仮設柱上端にはロードセルと油圧ジャッキが設置している。ロードセルは固定荷重による反力を測定し、ケーブルの張力導入時に参考にするためである。一方、油圧ジャッキは積載荷重（展示物荷重）による鉛直方向変形に釣りあう量だけ鉄骨にむくりをつけるためである。

- ④ 床版コンクリート打設、外壁および仕上げの取付後に、PWSケーブルの仮設を行なう（写真-5）。

リールに巻かれて現場に搬入されたPWSケーブルを、まずアンリーラーを用いて地上部で展開し、定着金具と架設治具を取りつける。次に、トラッククレーン2台で固定側と調整側を相い吊りし、固定側をセッ

トする。最後に、調整側はチルホールを用いて所定位まで引き込みセットする。

なお、定着金具のテンションロッドは架設を考慮して200mm長く製作した。

- ⑤ PWSケーブルの張力導入を行ない、仮設柱を撤去する。

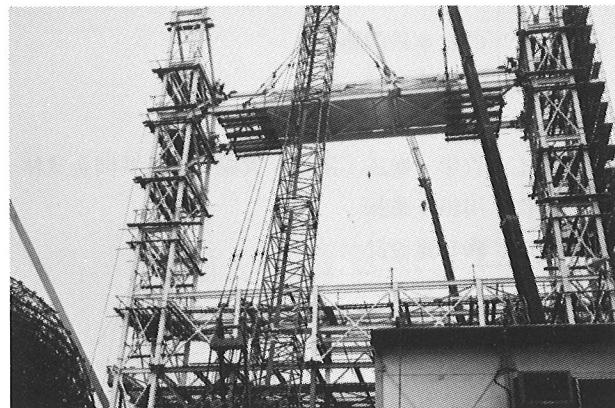


写真-4 三角トラスの架設

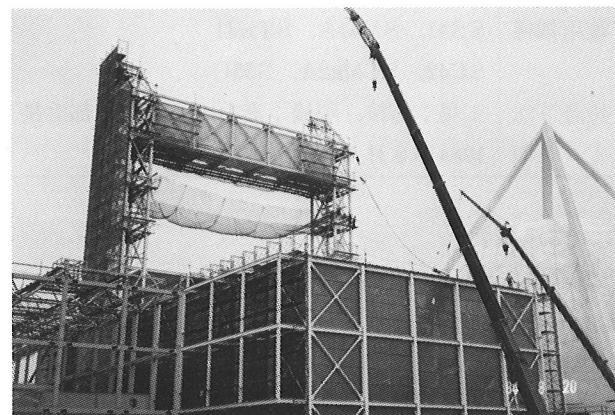


写真-5 PWSケーブルの架設

## 6. ケーブルの張力導入

### (1) ケーブルの張力導入方法

ケーブルの張力導入は図-2に示すように、4階屋根面上にて行なった。ケーブルに導入すべき張力と引き込み量を設計計算書より算出すると、表-2に示す値になる。ここで、導入張力は固定荷重によって生ずる量とし、引き込み量はタワーの傾斜が生じないものとし、ケーブルの弾性変形に相当する。ただし、C～F通りは三角トラスのたわみ量だけ引き込み量は増加する。

表-2より、センターホールジャッキは写真-6に示す揚量50t（LPP-5020型）を使用した。また、張力導入にあたっては、全ケーブルをほぼ同時に、かつ、6回に分けて引き込み、タワーに大きな傾きが生じないように配慮した。

### (2) ケーブルの張力測定方法

表-2 ケーブル張力の設計値と測定値

ケーブル番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	$\Sigma 1 \sim 6$	$\Sigma 7 \sim 12$
設計張力(t)	30.4	38.7	38.7	38.7	38.7	30.4	32.7	32.7	32.7	32.7	32.7	32.7	215.6	196.2
引込量(mm)	24.0	37.3	40.3	40.3	37.3	24.0	32.3	32.3	25.8	25.8	19.4	19.4	—	—
反力測定(t)	26.9	38.2	38.2	38.2	38.2	26.9	—	—	—	—	—	—	206.6	—
測定張力(t)	27.0	40.8	37.6	41.5	42.7	23.4	33.8	35.4	33.9	35.7	32.7	33.6	213.0	205.1

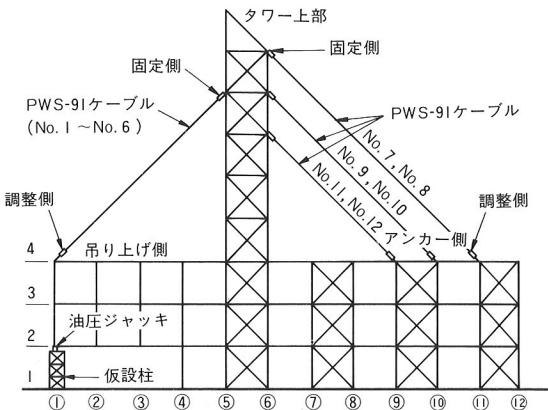


図-2 PWSケーブルの張力導入位置

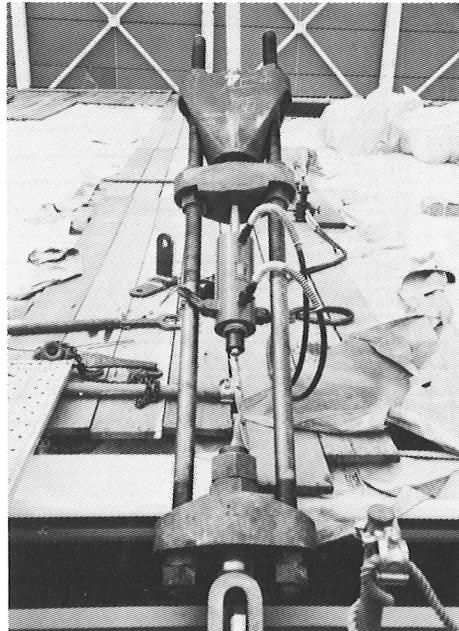


写真-6 PWSケーブルの張力導入

ケーブルの張力測定方法には種々の方法があるが、今はケーブルに強制振動を加え、その後の自由減衰振動より固有振動数を測定し、間接的に張力を求めた。

曲げ剛性のないケーブルの固有振動数と張力の関係は、一般に弦の式として次のように表わせる。

$$T = 4w l^2 f_n^2 / n^2 g \quad (1)$$

ここに、T：張力、w：単位長さの重量、l：ケーブル長、n：振動次数、g：重力加速度、 $f_n$ ：n次の固有振動数である。

表-3 鉄骨のむくり(1通、2F)

(単位:mm)

通り番号	B	C	D	E	F	G
設計値	12.2	20.2	20.2	20.2	20.2	12.2
測定値	10	22	27	27	25	14

### (3) ケーブルの張力導入結果

ケーブル張力の測定結果を表-2、鉄骨のむくりを表-3に示す。これらの結果によれば、各ケーブルによつて、張力の設計値と測定値には多少のばらつきがあるが、吊り上げ側の左右、アンカー側の左右および吊り上げ側とアンカー側のバランスがとれ、設計値や反力測定の結果とほぼ同じ値を示している。

鉄骨のむくりは10~27mmで、設計値の12~20mmに比較して多少大きいが、展示荷重が積載してもむくりが多少残るので、有利な方向にあると考えられる。また、タワー頂部の傾きは前面側へ10mm程度で施工できた。

### 7. あとがき

本パビリオンは、建築物自体が展示物であること、鉄の素材としての特徴を生かすことを目的に、建築物では珍らしい吊構造が採用された。

このため、PWSケーブルの架設や張力導入の時期およびその管理方法を検討した。その結果、固定荷重が載荷した後にケーブルの架設を行ない、仮設柱から構造体が浮き上がるまで張力導入を行なった。

ケーブルに導入された張力は設計値や反力測定の結果とほぼ一致した。また、吊り上げ側の鉄骨につけられた展示荷重による変形量に相当するむくりもほぼ設計値どおりにつけることができた。

最後に、本工事を実施するにあたり御指導頂いた(株)日建設計と鉄鋼館JVの皆様方に厚くお礼申し上げます。

### 参考文献

- 1) 国際科学技術博覧会: EXPO '85 国内館の出展構想、1983.
- 2) 津山 嶽: 科学万博一つくば '85 の鋼構造物 鉄鋼館、JSSC, Vol.21, No.233, 1985.