

複雑な曲面を持つ大スパン 空間構造(東京体育館)の鉄骨建方

Steel Frame Erection for a Large-span Space Structure with a Complicated Curved Surface—the Case of Tokyo Metropolitan Gymnasium

内藤 章吾* 美頭 民二**
Shohgo NAITOH Tamiji MITOH

Summary

This paper describes the construction of the Tokyo Metropolitan Gymnasium. The main arena of the Gymnasium is a circular building for games with a diameter of 130m, the roof of which is composed of trusses connecting two layers of arches.

A plan which employed two crawler cranes and two tower cranes was selected out of six conceivable methods, and the construction of the building's ironwork was completed on schedule, successfully and safely.

1. はじめに

東京体育館は、旧体育館跡地に建設された競技施設用の建築物であり、3棟の建物で形成されている。それらは、多目的用途のメインアリーナと小体育館サブアリーナおよび競泳用と子供用のプールからなるプール棟であり、構造はいずれもS造である。これらの建物は、競技用と観覧用の空間を持つために、内部は無柱で外周のコンクリート躯体によりトラスの屋根を支持する構造となっている。また、各棟の屋根形状は必要な内部空間確保のために、メインアリーナでは2重のアーチ状トラス、サブアリーナとプール棟では版状のトラスを採用している。ここでは、メインアリーナを中心にこれら鉄骨の建方について報告する。

2. 工事概況

発注者 東京都
設計・監理 (株)楨総合計画事務所
(株)木村俊彦構造設計事務所
工事監理 東京都財務局営繕部
施工 清水・東急・鴻池・大日本・勝村・小川
建設共同企業体
製作 (株)宮地鐵工所
鉄骨建方 宮地建設工業(株)

3. 建方工法の選定

(1) 現場の状況

本体育館の建設敷地面積は45,800㎡であり、これに対して建築面積は附属棟、回廊を含めると24,100㎡となっている。さらに、架設事務所、構内道路等工事関係のスペースを差し引くと、ストックヤード、地組ヤードなど

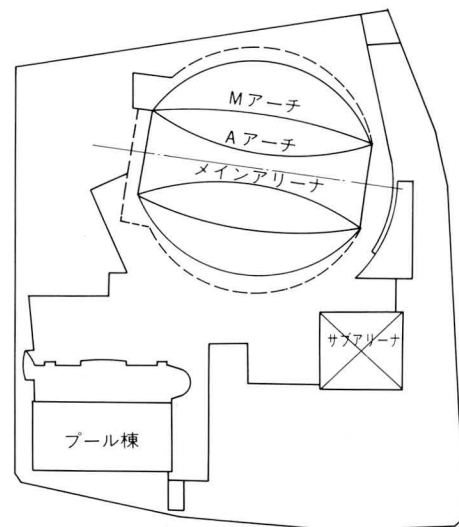


図-1 建物配置図

* 宮地建設工業(株)東京支店工事第二部計画二課長
** 宮地建設工業(株)東京支店工事第二部工事課課長補佐

表-1 建物の諸元

	メインアリーナ棟	プール棟	サブアリーナ
建築面積(m ²)	9 160	2 360	1 426
スパン、高さ	100mφ、25m		
構造	S、トラス構造 一部SR造	同 左	同 左
鋼重、 ボルト本数	3 000t 12.3万本	800t 6.5万本	274t 3.3万本
建方工法	200tCC工法 180Wタワークレーン工法	100tCC工法	160tHC工法
実施工期	63.9~64.4	63.6~63.12	63.6~63.8
ピース数	13 500	5 100	1 400
最大重量	19.0t	12.0	11.0t

のスペースが充分には確保できない。このため、メインアリーナにおいては、工程の進捗状況を見ながら朝のミーティングヤードを使用し、メインフロアのペント間を地組場とした。プール棟、サブアリーナ棟では、各トラスを支保工上に直接載荷することにした。このように、充分な部材置場が確保できないため、部材搬入は地組する前日に行うことを原則とした。

特に大型トラスの多いメインアリーナにおいては、平坦な場所はメインのフロア部分前庭となる入口付近以外

になく、これらの限定された場所で架設前に数基のトラスを地組する余裕も持てない中での作業を余儀なくされた。

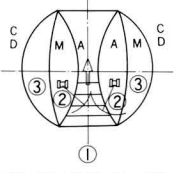
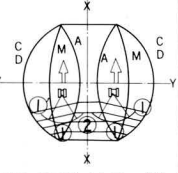
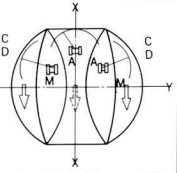
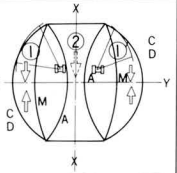
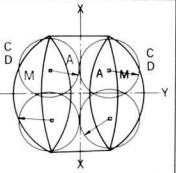
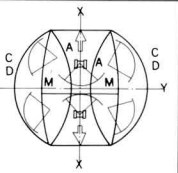
(2) 工法の選定 (メインアリーナ)

鉄骨の建方工事においては、骨組を安全にかつ早く組上げることが求められる。前者については、安定した状態に組上げ、架設途上に発生する外力に対して安全でなければならない。また、後者に対しては、工場製作ラインの流れにそい、クレーンの死角や作業の後戻りがなく計画工程を全うすることが必要となる。メインアリーナの建方では、この2点を前提とし、表-2に示す6案を対象に工法選定を行った。

上記6案に対して検討した結果、鉄骨組立の安定性と、地組、架設時の重機の動線からD案が最適と判断し、2台のクローラークレーンを使用して鉄骨建方工事に着手することに決定した。機種は200tクローラークレーンでタワー型とした。また、クレーンの動線については、フロアの構造が耐力不足のため、走行部の床構造を補強した。クレーンの諸元を下記に示す。

使用重機：200tクローラークレーン
ポ ス ト 42m

表-2 メインアリーナ鉄骨建方工法案

	A	B	C	D	E	F
工 法 名	片押し工法①	片押し工法②	片押し工法③	中央振分けと片押しの併用	タワークレーン工法	木村先生案
工法の説明	 <p>150tCC2台(タワー型) 2台でAアーチ先行。 ①AアーチとA~A間先行 ②MアーチとA~M間Lトラス ③CDアーチとM~CD間Lトラス</p>	 <p>150tCC2台(タワー型) A、Mアーチを同時に片押しで架設。 ①A、MアーチとAM間Lトラス ①'CDアーチとM、CD間Lトラス ②A~A間Lトラス</p>	 <p>150tCC2台(タワー型) M、CDアーチとM、CD間Lトラスを同時に片押しで架設。 ①CDアーチ ②Mアーチ ③M、CD間Lトラス</p>	 <p>150tCC2台(タワー型) M、CDアーチとその間のLトラスを端部より中央へと振分けて架設。その後Aアーチを片押しで架設。 ①M、CDアーチ ②Aアーチ</p>	 <p>タワークレーン400W4台 タワークレーン400Wを4台設置して、任意の位置から架設する。</p>	 <p>150tCC4台 A、Mアーチ直角方向のLトラスを中心より振分けて架設。M~M間を地組して一体で架設。</p>
長 所	Aアーチ形状が決まる。150tCCの走行ラインが明確。	アーチ方向の精度を確保しながら進められる。	低層のM、CDアーチとLトラスが先行できるので、安定性が良く精度も良い。	M、CDその間のLトラスを繋ぐので安定し、外周部共精度が良い。	X、Y軸対称に架設が可能で、早く安全である。	アーチ直角方向の部材が安定し、建入精度が良い。又Aアーチペントが不要。
短 所	Aアーチの自立性に難点があり、此の精度の良否がM、CDアーチに影響大。又クレーン走行部は補強が必要。	アーチを先行する為にアーチ端部及び、A~A間の取合に難。クレーン走行部の補強が必要。	A~A間の繋トラスの取付に難。又アーチ端部のジョイントが難しい。	クレーンの動線が多くなり、補強が大。	建設コストが大であり、タワークレーンの解体が難しい。	AMアーチのジョイントが増え、M~M間のトラスが屈折部に補強が要、又鋼重が大となり、クレーン台数が大。

シブブーム	40 m
吊能力	作業半径 19.4 m ~ 24.0 m
	定格荷重 22.4 t ~ 15.5 t

4. 仮設備

メインアリーナ

乗入構台（斜路）：幅員 8 m、延長=30 m、勾配10%

200 t クレーン用動線マット（床版部補強用）：

8 m × 61 m — 2 列

180W クレーン：2 基

支保工：600角ベント（4 本立） 10 基

高さ17~25 m、延長840 m（A.Mアーチ）

パイプベント（4 本立） 16 基

高さ6~17 m、延長1,540 m（A.Mアーチ）

パイプベント（4 本立） 32 基

高さ7~16 m、延長308 m（Lトラス）

四角支柱 延長200 m

梁材：200 t

サブアリーナ

支保工：四角支柱（4 本組） 高さ10 m、延長800 m

工事梁：40 t

プール棟

乗入構台：幅員 8 m、延長85.8 m

支保工：パイプベント（4 本立）19 基

延長1,102 m

工事梁：60 t

5. 建方

(1) 建方計画

鉄骨の建方は、C、DおよびMアーチからなる両翼部を奥側から両側同時に開始し、両翼完成後高層部Aアーチの架設へと工事を進める。建方フローチャートおよび建方ブロック割を図-2、図-3に、また鉄骨の架設要領を図-4に示す。

(2) トラスの地組および建方

分割して搬入された各トラス材は、架台上に上下面を仮置した状態でジョイントする。その後鉛直に建起し、転倒防止材（レバーブロック等）を取付けた状態でキャンバーを調整し、本締を行う。その際、各トラスの上下

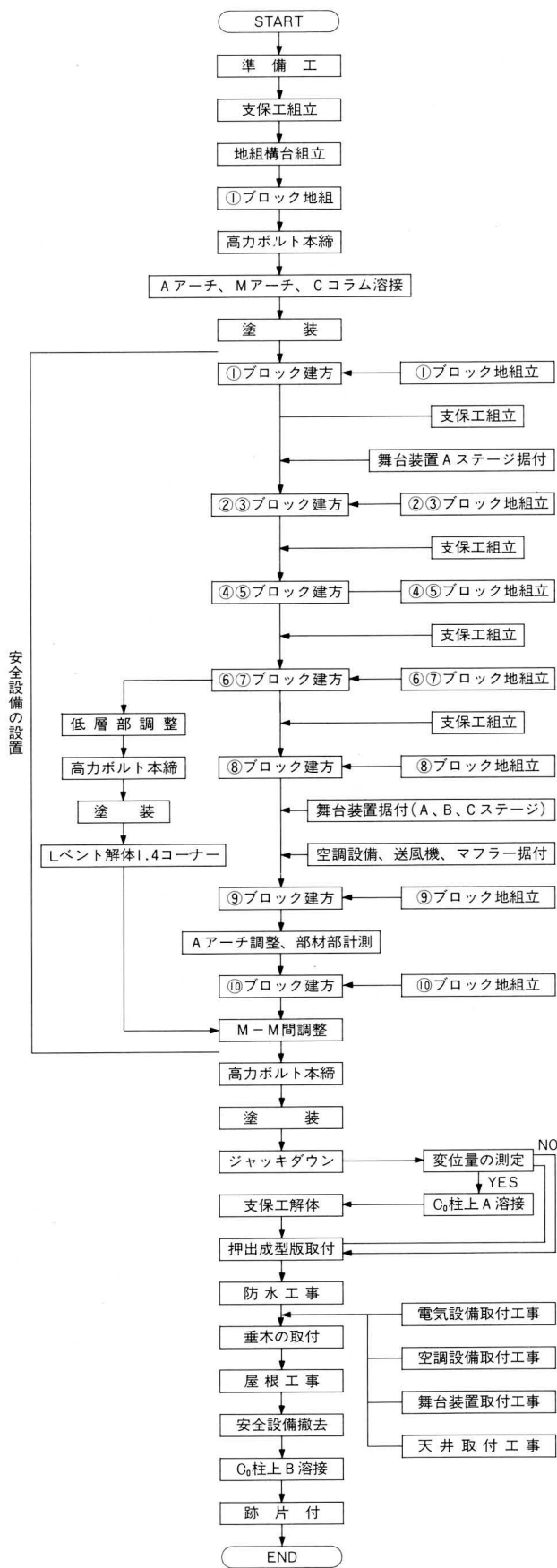


図-2 建方フローチャート図

面にはビルダーステージを取付け、足場板、手摺をビルダーステージから吊下げて、各トラスジョイント部の本締、および繫トラス、屋根面ブレース等の取付け、本締の足場とした(図-5)。

Mアーチの地組状況およびAアーチの架設状況をそれぞれ写真-1、2に示す。

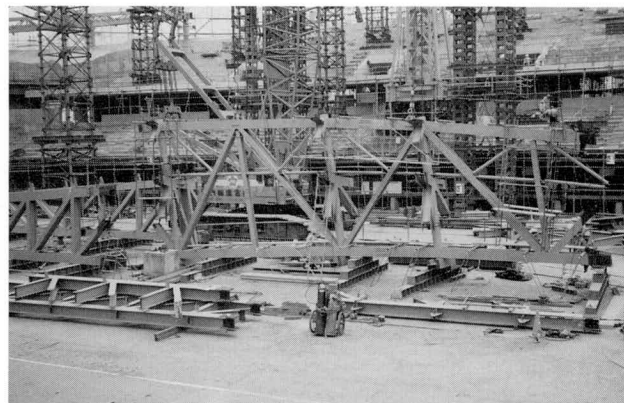


写真-1 Mアーチ地組状況

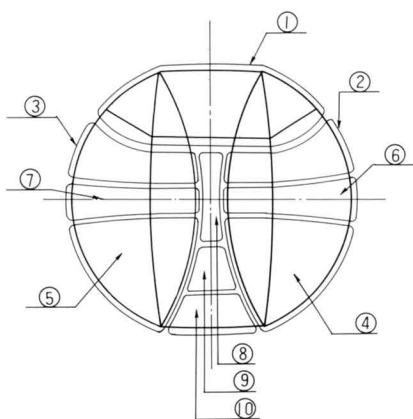


図-3 架設ブロック割図



写真-2 Aアーチ架設状況

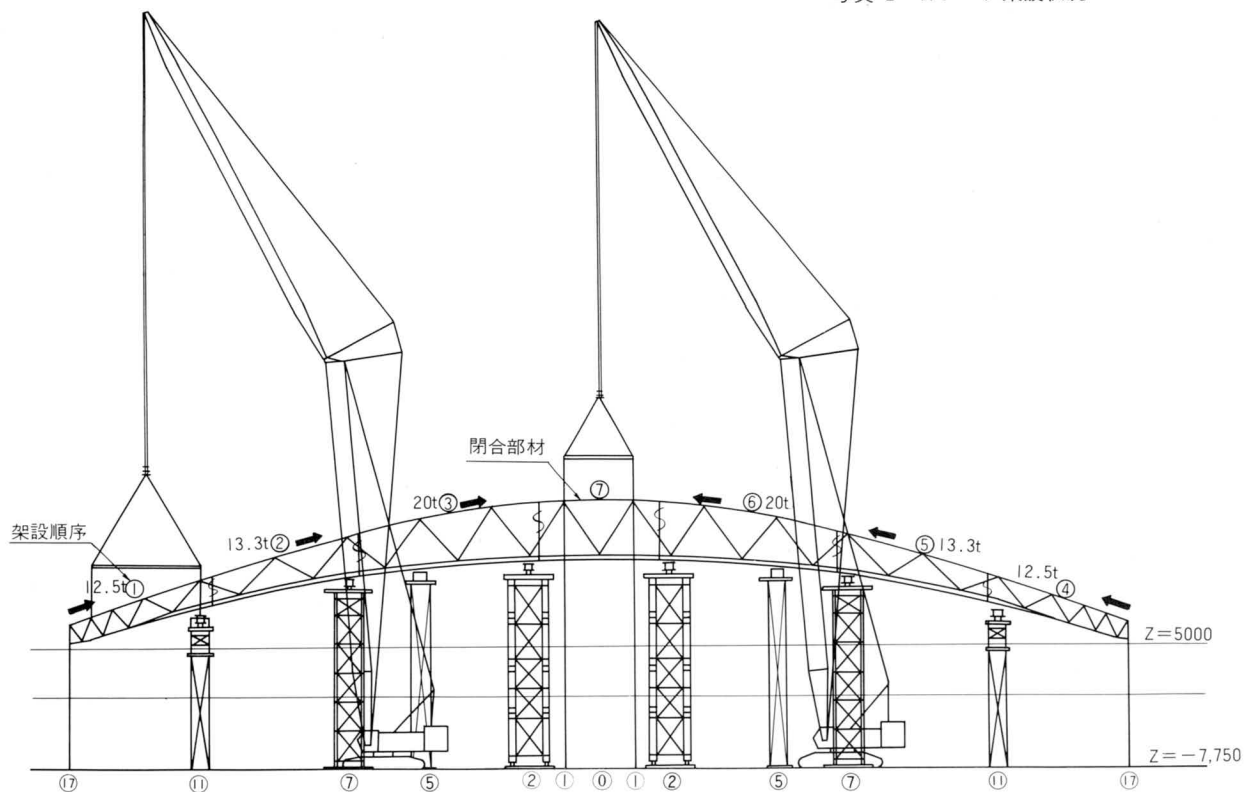


図-4 架設要領図 (Mアーチ)

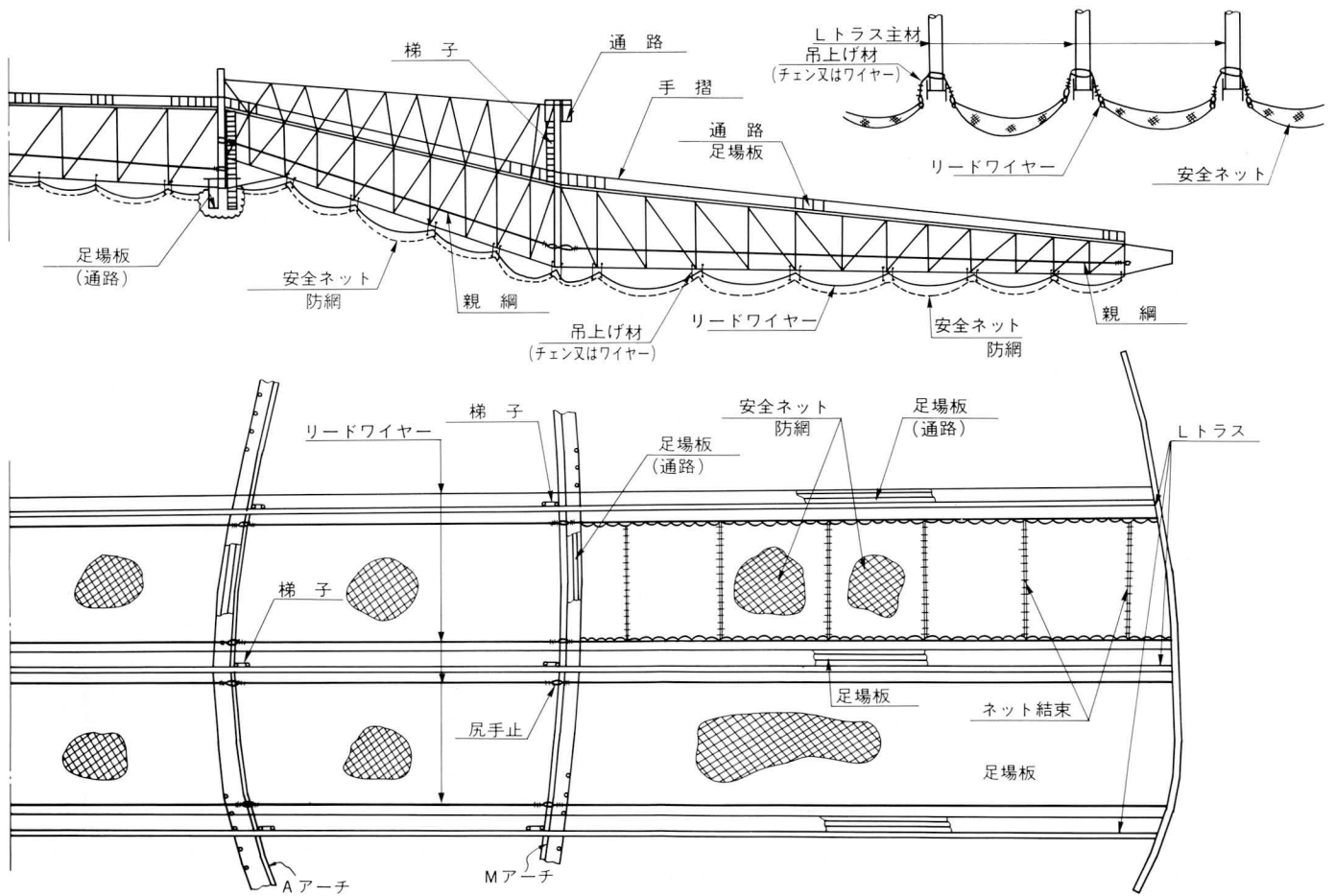


図-5 メインアリーナ仮設足場概要図

6. ジャッキダウン作業

(1) 概要

鉄骨の建方が主トラスおよび小梁迄完了した時点（形状調整、本締等完了）で、A、Mアーチのジャッキダウンを行う。この時M、C D間のLトラスの支保構は撤去する。ジャッキダウン時の支点支保工は、Aアーチ10箇所（No.5～14）、Mアーチ8箇所（No.1～4、No.15～18）合計18箇所とした（図-6）。各アーチ上の同位点（No.5、9、10、14）、（No.1、4、15、18）、（No.6～8、11～13）、（No.2、3、16、17）を同一ブロックとして作動させ、A、M両アーチについて、Aアーチを先行して下ろさせ、次いでMアーチを下ろさせる。

荷重除荷については、ジャッキを1mm吊上することにより、そのジャッキ点の反力を知り、この反力を始点とし、5段階に分けて荷重の除荷を行う方法を採用する。

(2) 使用ジャッキ

使用するジャッキは、分離式油圧ジャッキ複動型とし、能力は想定される反力より、（A6、7、8、11、12、13）、（M2、3、16、17）ペント上に200t、他のペント上に

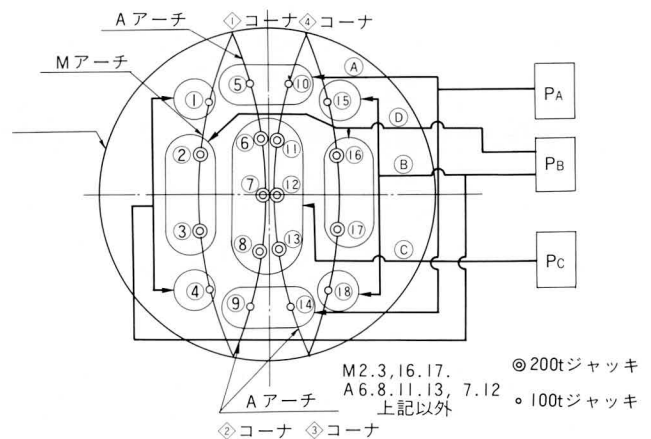


図-6 ジャッキ支点配置図

は、100 t ジャッキを設置した。

200 t ジャッキ 10台

100 t ジャッキ 8台

ストロークは、200 t ジャッキは220mm、100 t ジャッキは200mmとした。

(3) 電動ポンプユニット

ベント支点は18点であり各点のジャッキ反力が異なるため、ジャッキアップ時は異荷重同時上昇方式とした。これはジャッキ1台（または同反力と思われる系統）に対し、1台の同一仕様の油圧ポンプを使用する方式である。油圧ポンプ本体は、圧力が変化しても吐出量の変化の少ないプランジャーポンプであり、これを同時に始動させれば同一量の油を吐出するので、同仕様のジャッキは同速度で上昇することになる。また、各ポンプには各々圧力計が設けてあり、荷重計をセットすることにより正確な反力の把握が可能となる。

(4) ジャッキダウン時の載荷重

Co柱（親柱でA、Mアーチの基部）とA、Mアーチ間は、鉄骨組立時はボルトで堅結されるが、ジャッキダウン後、A、Mアーチ取合部内側を溶接し（A溶接）、メースを全面載荷後、同箇所の外側を溶接した（B溶接）。なおジャッキダウン時の鉄骨の死荷重は、小梁（メース受）迄とし、メースについては、M、C Dアーチ間に所定の50～60%を載荷した。

(5) 計測要領および計測結果

ジャッキダウン時の各点の計測はつぎのように行った。まず、光波計を用いて計測点をフロア上にマーキングし



写真-3 移動量の測定状況

て、この点に下げ振りを下げ、その後メジャーにより変位を測定した(図-7)。Co柱の移動量に対しても、ジャッキダウン前の沓位置をマーキングし、ジャッキダウン後メジャーを当てて計測することにより求めた。計測結果を表-3に示す。

ジャッキダウン後の荷重反力は、多少の部材の変更はあったものの、単位面積あたりの荷重強度が、当初予想した値と比較してたわみ量に影響を与えるようなものではなく、ほぼ同等と判断できる数値で終了した。また、Co柱上のA、Mアーチ移動量は、予想値の35mmにおさまった。

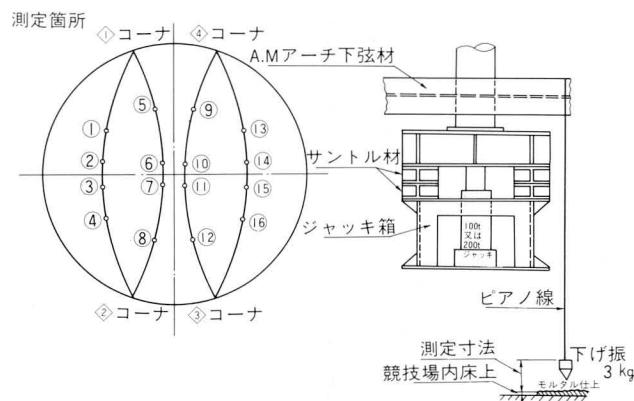


図-7 変位量測定要領図

表-3 A、Mアーチ変位表

(単位：mm)

測点	1mm打上	荷重10% 除去	荷重30% 除去	荷重50% 除去	荷重70% 除去	荷重90% 除去	荷重100% 除去者
1	+7	-6	0	-27	-48	-73	-97
2	+7	+5	-3	-35	-62	-91	-118
3	+7	+5	-4	-36	-64	-93	-119
4	+6	+6	+2	-25	-48	-74	-97
5	+7	+6	0	-23	-42	-65	-89
6	+5	+4	-2	-31	-53	-80	-105
7	+5	+4	-1	-30	-51	-78	-102
8	+10	+9	+5	-18	-34	-57	-78
9	+5	+4	+1	-25	-45	-69	-93
10	+5	+4	-2	-32	-54	-81	-106
11	+5	+4	-2	-31	-52	-78	-103
12	+3	+3	-1	-23	-40	-61	-80
13	+6	+6	+2	-27	-49	-76	-102
14	+5	+3	-6	-43	-71	-101	-128
15	+6	+3	-7	-40	-68	-97	-122
16	+6	+5	-2	-29	-50	-75	-94

表-4 鉄骨建方工事工程表

	昭和 62 年												昭和 63 年												平成 元年																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10										
メイン アリーナ								○																																		
サブ アリーナ																																										
プール棟																																										
メイン アリーナ 支保構他サドル材																																										
サブ アリーナ 四角支柱 他																																										
プール棟 支保構 他																																										

7. 工 程

メインアリーナの実施工程は、着工が種々の事情により遅れはしたが、当初予定どおり平成2年4月のオープニングを迎えようとしている。表-4に本工事の実施工程を記す。

8. あとがき

本体育館の施工計画着手当時は2段アーチという構造のため、アーチを精度良く組上げることに注意が向けら

れ、アーチ先行形の案にとらわれた。しかし、与えられた工程を守るためには、片押しの工法で、地組と架設を平行して行わなければならない、工法の採用、架設手順の決定に熟慮が必要であった。この点で御指導を頂いた木村俊彦先生、清水建設(株)建築本部越田氏、東京都体育館共同企業体早川、高橋両氏他の皆様方に深く感謝申し上げます。施工後、約1年経った現在、アーチの断面は異なるが、同形式のアリーナを町田において建設中であり、これも東京体育館工事の賜物と思い、安全なる工事の竣工を確信しています。本報告が今後同タイプのアリーナの事例となれば幸いです。