

大空間ドームのジャッキダウン工法による施工

The Work of a Dome by The Jack Down Method

中沢 栄*
Sakae Nakazawa

早野 幸夫**
Yukio Hayano

酒向 俊昭**
Toshiaki Sako

要 約

この建物の屋根は、直径 100m の平行・ラメラ型のドームで、中央部におよそ 700 t の空調機械室が吊られている。鉄骨建方は仮受け支柱を設け、所定の部材をその上でジョイントし、建方完了後、仮受け支柱を撤去する工法を採用した。この工法では、支柱と骨組の間にジャッキを設置し、建方完了後マイコンによる変位集中制御方式で徐々にジャッキダウンし、各ステップ毎に各種計測を行い、構造的な安全性を確認しながら施工した。これにより、工期の短縮と工費の節減を計り所期の品質が確保できた。

目 次

- §1. はじめに
- §2. 建物概要
- §3. 鉄骨工事
- §4. ジャッキダウンの施工管理
- §5. おわりに

の確認のため、早稲田大学松井教授の指導のもと、鉄骨の応力測定、溶接作業等にきめ細かい管理を行った。又、着手早期に充分な検討を加えて計画された最適施工法により鉄骨建方は水平誤差 5 mm 以内に収めることができた。鉄骨の変位計測は、ドームの屋根の内外装が完了するまで継続して実施した。

§1. はじめに

第1競技場の100m スパンの鉄骨ドームには、2つの特徴がある。その1つは「平行・ラメラ・ドーム」と呼ばれる構造形式である。同様な構造形式をもつドームは、アメリカのアストロドームやタコマドームがあり、日本では広島竹原火力発電所の貯炭場に採用されている。

もう1つの特徴は、空調の効率を高めるために中央部に700 t の空調機械室が配置されていることである。これだけ大きな集中荷重を受けるドームは世界的にも例がない。

未経験の特殊な構造物の施工に際して、構造的な安全性

§2. 建物概要

工事名称	名古屋市総合体育館競技場新築工事
工事場所	名古屋市南区又兵衛町5丁目地内
企業先	名古屋市
設 計	林洋設計
施工監理	名古屋市建築局特殊建設事務所
工 期	昭和60年4月1日～昭和62年3月31日
構造規模	RC造 一部SRC造、屋根ドームS造、地下1階地上3階、延床面積 15,145.03㎡、軒高 22.4m、最高高さ41.5m
ドーム屋根の仕上	ステンレスシート防水工法 (SUS316, 厚さ0.4mm)
下地	グラスウールボード48K, 厚さ25mm, SLボード, 厚さ50mm ポリフォーム, 厚さ(4+10mm)

*中部(支)稲沢(出)副所長
**中部(支)名古屋建築(出)
***中部(支)名古屋体育館(出)

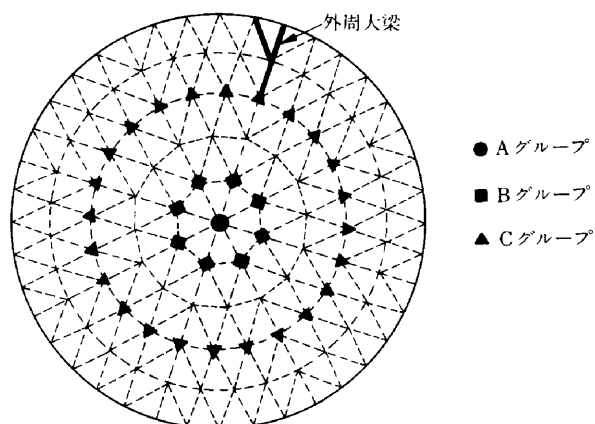


Fig.4 仮受け支柱位置図

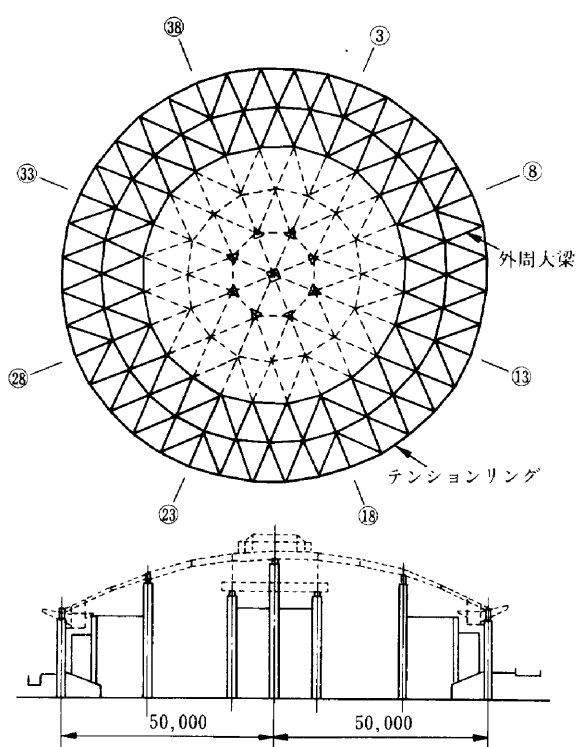


Fig.5 外周大梁建方

- a) ドーム鉄骨の仮受け支柱点は円ジョイント下部33点とした。(Fig.4)
- b) 仮受け支柱点間の長さ20mの大梁は建方時に座屈する恐れがあるので、必ずY字形になるよう建方を行った。(Fig.4 参照)。
- c) 中央の空調機械室は吊り構造となっており、床コンクリートの施工、壁プレキャスト板の取付け方法を検討した。この部分は機械室下端に仮支柱を配し下から順次建方を行うこととした。
- d) キャットウォーク等吊鉄骨は全て大梁から吊ることとした。

(2) 建方順序

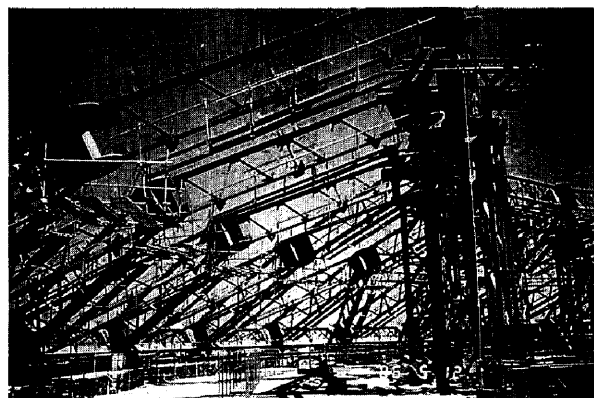


Photo 1 外周テンションリング及び外周大梁



Photo 2 外周大梁建方完了

- ① テンションリング建方。③通りから左回り
- ② 外周大梁建方。(Fig.5 及び Photo 1,2)
- ③ 空調機械室床トラス建方
外周部キャットウォーク、小梁、母屋取付
- ④ 空調機械室上部大梁・小梁建方
- ⑤ ファンルーム建方
- ⑥ 内周部大梁・小梁・母屋建方
- ⑦ 内周部キャットウォーク取付
- ⑧ ジャッキダウン

(3) 仮受け支柱

- a) 仮受け支柱の位置は、Fig.4 に示したように、A はドーム中央円ジョイント下端、Bは空調室床トラス下端とし、吊材を介して大梁を受けた。Cは中心から30mのところにある円ジョイント下端とした。
- b) 仮受け支柱にかかる荷重は Table 1 に示す。
- c) NT パネルを組み合わせる三角形又は正方形の支柱を作った。支柱高さは最高26mとなり、三角形支柱では248t、正方形支柱では342tの長期耐力が得られた。C点の支柱のうち約半数は RC 造の

Table 1 支柱にかかる荷重

位 置	A	B	C
荷 重	89t	75t	31t

観客席から立上がるので、下部の RC 柱を利用して H 型鋼の構台を作り、その上に支柱を配置した。支柱材料使用量は NT パネル 267 t, H 型鋼等 457 t, 天井施工のためのステージ 180 t 合計 904 t を使用した。

- d) アリーナの床の構造は厚さ 300mm のフラットスラブであり、一部鉄筋補強して支柱の基礎とした。スラブを鉄板養生し、その上に 150 t クローラクレーンを走行させた。

(4) 墨出し

ドーム形状が同心円であるため、Fig.6 に示すようにすべて中心点に光波測距器を据え、角度（仰角、方位）と距離（半径）の墨出しを行った。

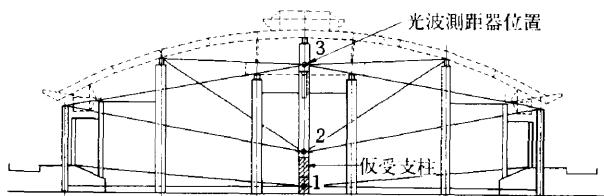


Fig.6 墨出し概念図

中心点には現場着工当初、仮設用 PC 杭を打設し不動点を設定した。高所の墨出しのためには仮受け支柱の中央部を利用して上部ステージを作成し光波測距器を据えた。光波測距器は気温と気圧の変動により計測寸法に差が出るもののほか、スチールテープとの誤差が 5～8 mm 程度生ずるので、土間コンクリート上に 50m の基準寸法点を設け、常にキャリブレーションして測定した。ドーム鉄骨の建方は 73ヶ所のポイントを基準とした。

(5) 建方

a) 使用重機

主な建方重機として 150 t 吊りタワークレーン 2 基（主ブーム 38m・ジブブーム 33m）を用意し、荷捌き・地組みには 40 t 吊りクローラークレーン等を使用した。最終大梁の取付けは 120 t 油圧クレーンで行った。

b) 地組み

専用の地組み構台を場内に作成し、この上で地組みを行った。直交梁取付用の円ジョイントのボルト穴を利用して地組み構台に固定し、その後、大梁を

両側から取付けた。（Fig.7）

ボルト本締め前の検査として、スチールテープによる全長測定とレベルによる曲がり測定を行い精度を確認した。

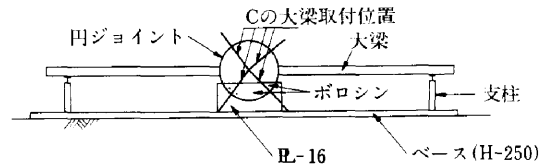


Fig.7 地組構台図

c) 外周大梁の建方（中心から 30～50m の範囲）

外周大梁は 30°近い勾配があるため、仮置きした場合、外方向へすべり出す恐れがあることから、すべり支承部の端部にストッパーを取付けた。また、大梁を仮組みしたところ、大梁自重によりテンションリングの上部が外側に倒れることが判明したのでテンションリング支点の外側にジャーナルジャッキを据え付け、大梁毎に倒れを調整しながら順次取付けた。

d) 内周大梁の建方

中央空調機械室の鉄骨建方完了後、内周大梁のスペンを実測した。その結果を Fig.8 に示す。

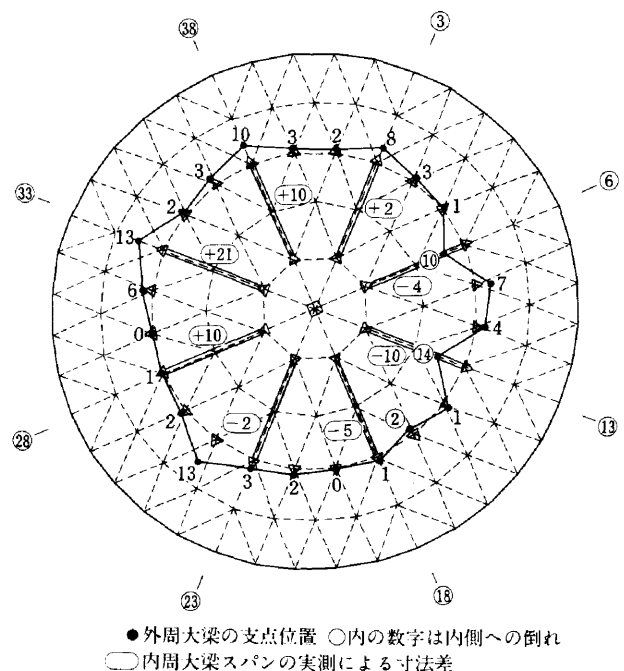


Fig.8 スパン実測

Fig.8 を見ると、外周梁は 33 通り方向に膨らんでいることがわかり、内周大梁を 1 本利用して仮組みを行った結果も同様であった。

上記のような寸法誤差のある支点間に梁を取付ける方法として、スプライスプレート及び押し引き治具を準備したが最も狭い13通りの大梁から建方を行い、結果的には治具等を使用せず納めることができた。

e) キャットウォーク等吊り鉄骨の建方

キャットウォークの鉄骨は部材数が多く細かいため部材をステージ上に上げ、手作業で組み立てた後、吊り上げた。

f) 母屋鉄骨

この建物の母屋は全て曲線で重量が一本約80kgあるため、傾斜のきつい部分での配置にはクレーンを使用した。母屋と母屋受けピースとの接合部はルーズホールとし、鉄骨の建方誤差の影響を吸収した。

§4 ジャッキダウンの施工管理

(1) ジャッキダウンについて

この建物の施工にあたっては、完成時と同様に荷重を架構全体に負担させなければならない。建方時は前述のように33支点で架構を支えるが、建方完了後の支柱取り外し時が問題であった。常にドームの形状を維持し、偏荷重が生じないように荷重を移行しなければならなかった。

ジャッキダウンは、各ジャッキのストロークを管理することにより行い、各ストローク毎の架構の変位を制御し、ドームの形状維持を図った。また、ストロークごとに部材の応力を測定し架構の安全性を確認した。

(2) ジャッキダウンの計画概要

a) ドームの変位

ジャッキダウン時と建物完成時のドームの計算上の予想変位量を Table 2 に示す。

Table 2 各点の計算による予想変位量

	屋根荷重	中央部垂直変位	外周部水平変位
ジャッキダウン時	2100 t	100mm	16mm
完 成 時	3500 t	140mm	34mm

b) ジャッキの種類

能力120 t・ストローク150mmのプレートジャッキを使用した。ジャッキの配置は前述の Fig.4 に示すとおりであり、各部位の予想変位量と有効ストロークとの関係は Table 3 に示す。

c) ジャッキ上部のおさまり

特にC点の円ジョイントはジャッキダウン中に外方向へ数mm移動するので、Fig.9 に示す納まりとし接点にはハイモラー（超高分子量ポリエチレン、摩擦係数0.2）を挿入した。

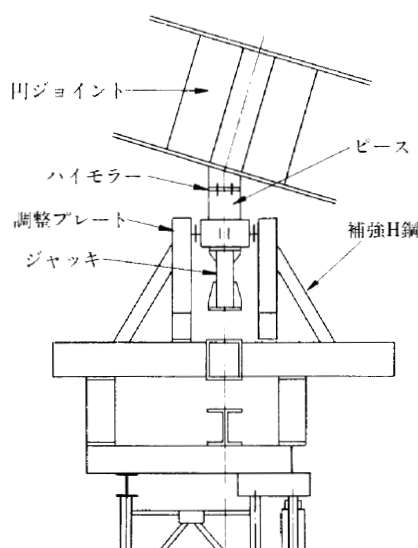


Fig.9 ジャッキ上部のおさまり

d) ジャッキダウンシステム

変位を制御するジャッキダウンコントロールシステムを Fig.10 に示す。ジャッキ位置に設けた変位計で変位量を計測し、コントロールユニットで制御信号に変え、バルブユニットを制御することによってジャッキのストロークをコントロールするシステムである。

(3) 鉄骨部材の応力測定

ジャッキダウン時及びその後のドームの安全性を確認するため、ジャッキダウンから約4ヶ月間ドーム鉄骨の応力を測定した。

Table 3 予想変位量と有効ストローク

部位	鉄骨荷重	ジャッキ	有効ストローク	予想変位量			建方時上下可能寸法
				ドーム変形	支柱変形	計	
A	89 t	2 段組み	300mm	100	20	120mm	100mm
B	75 t	"	300mm	90	20	110mm	100mm
C	31 t	1 段組み	150mm	40	10	50mm	50mm

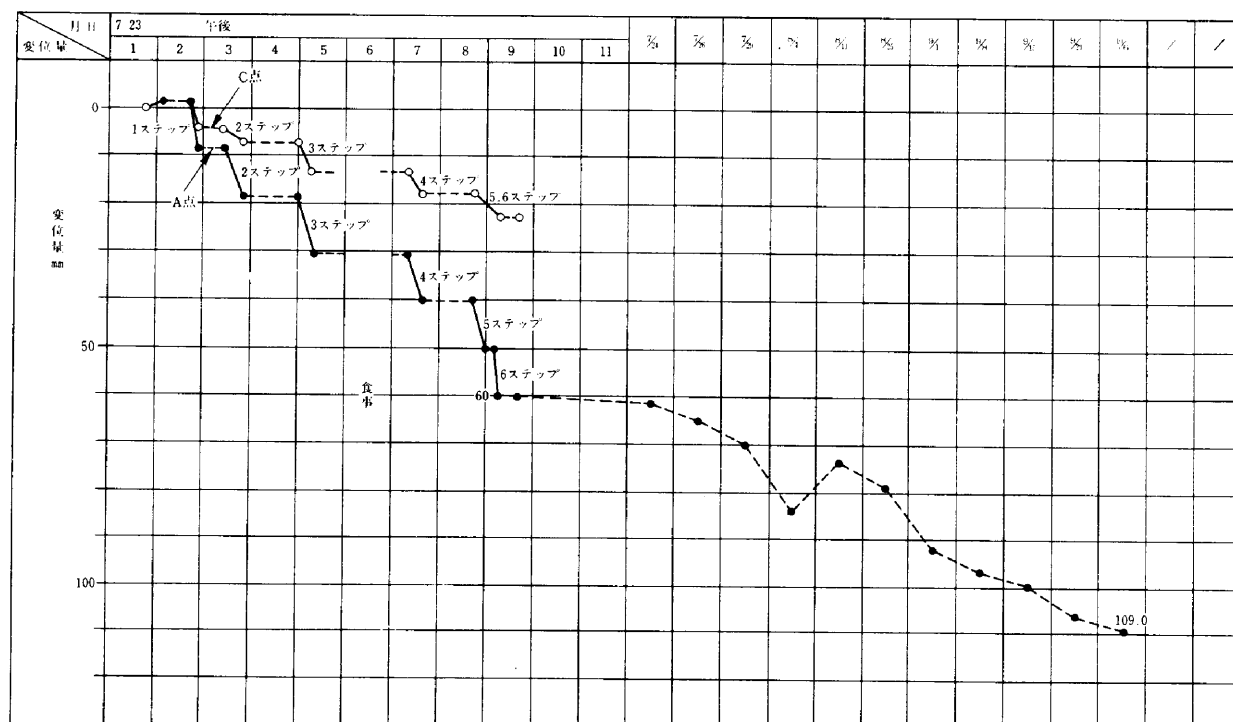


Fig.14 変位量の経時変化

ジャッキダウン時の中心点の平面的な動きおよびジャッキダウン完了時とその後のすべり支承部の水平変位を Fig.15 に示す。

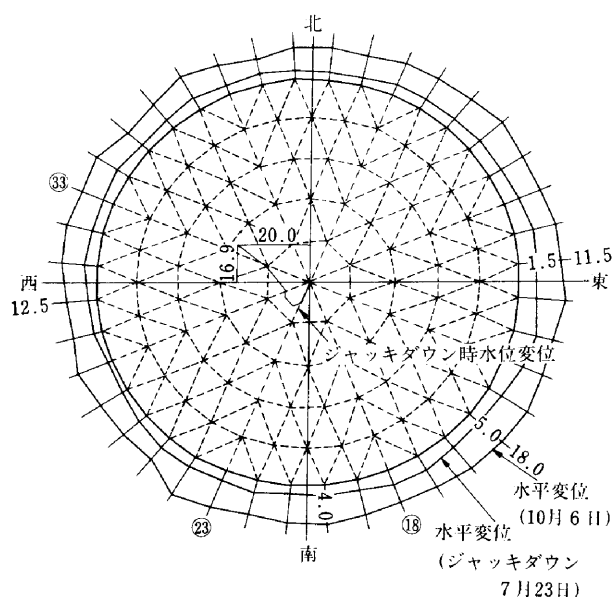


Fig.15 ジャッキダウン時およびその後の水平変位

中心点は、はじめ南へ動き始め、最終的には北西へ約30 mm移行している。しかし、すべり支承部は全体的には5 mm程度の広がりて、むしろ中心の動きとは反対の方向へより大きくすべっていることがわかる。

§ 5. おわりに

大型鉄骨ドームをいかに安全に精度よく施工するかという問題について、当初より学識経験者の指導で取り組んだが、結果として、鉄骨を修正することなく精度よくおさまった。鉄骨製作上及び施工上、原寸と墨出し精度がいかに大切かということをあらためて思い知らされた。また、ジャッキダウンシステムは33台の多くのジャッキを作動させるために多少煩雑なシステムになった傾向がある。これは今後改良すべき点と思われた。最後に本施工にあたり、御指導をいただきました関係各位に感謝致します。