

32. パンタドームシステムのプッシュアップ 工法による体育館建設工事施工

(株)竹中工務店 * 菊池 公 男・山崎 義 広・丸山 清 司

1. まえがき

ワールド記念ホールは、国際文化・スポーツ都市を目指す神戸市がポートアイランドの心臓部、インターナショナルスクエアに、国際会議場・展示場、ポートアイランドスポーツセンター屋内プール・ホテルとつながるコンベンションシティの核施設として、建設を進めている多目的ホールである。

このホールは、総重量1500t のパンタドームシステムで設計されており、その施工にあたっては当社で開発した移動架構工法の1つであるプッシュアップ工法が採用された。パンタドームシステムの施工は、世界でも初めての試みであり、施工の安全性、精度の確保は重要課題であった。

この課題に対処するため、架構安定手法、プッシュアップ機構、計測管理システム等を開発した。

本報告は、昭和58年12月に実施したプッシュアップ工事結果についてまとめたものである。

2. プッシュアップ工法の概要

2-1 工事概要

表-2.1に工事概要を示す。

2-2 パンタドームシステム

パンタドームシステムとは、図-2.1に示すように、大屋根を地上で折りたたんだ状態で組み立て、内装、屋根外装等の仕上げ後、一斉に押し上げて大ドームを建設するシステムである。

2-3 プッシュアップ工法

プッシュアップ工法とは、地上で組み立てた長さ108.8m、幅68mの鉄骨トラスに、屋根パネル、トップライト、内部設備等を取り付けた約1500tの大屋根を、油圧ジャッキを利用した18箇所のプッシュアップ装置を用いて、中央管理システムにより建物の水平を制御しながら、全揚程20.2mまで押し上げる工法である。

プッシュアップ完了後は、各ヒンジ部の定着材の取り付けを行い、プッシュアップ装置を撤去して工事を完了する。

表-2.1 工事概要

工事名称	ワールド記念ホール
建築主	神戸市
設計監理	神戸市住宅局営繕部 株式会社 昭和設計
施工	建築工事：株式会社 竹中工務店 電気設備工事：明和・三星・朝日・早水J.V. 空調設備工事：株式会社 大気社 給配水衛生設備工事：株式会社 長村商会
建設場所	神戸市中央区港島中町6丁目
工期	昭和57年12月22日～昭和59年7月31日
用途	体育館及び多目的ホール
敷地面積	10,365,400㎡ (3,135,519坪)
建築面積	7,739,477㎡ (2,341,181坪)
延床面積	13,287,348㎡ (4,019,405坪)
階数	地下1階、地上3階建
建物高さ	GL+38.57m
構造	鉄骨造及び鉄筋コンクリート造 鋼管柱 650mmφ (先端部 812.8mmφ) t=45mm 大屋根：球継手立体トラス (パンタドームシステム)
外装	耐焼性高強度鋼板ア3.2mmパネル 一部珧器質タイル張り

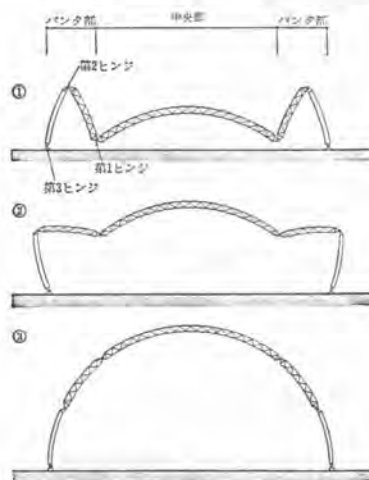


図-2.1 パンタドームシステム

表-2.2 プッシュアップ工事規模

プッシュアップ重量	約1,500t (建物1,300t+支柱200t)
プッシュアップ支柱	18か所
油圧ジャッキ数	36台
総ジャッキ能力	1,800t
プッシュアップ量	20,227m
プッシュアップ方式	ステップロッド方式(川鉄機材工業KK)
ステップロッド	ロッド径 70mmφ I 150mm

表-2.2はプッシュアップ工事規模を示す。

図-2.2はプッシュアップ装置および手順を示したものである。反力構台の上部より2本のステップロッドをつり下げ、このステップロッドをよじ登る2台の油圧式センターホールジャッキによって、下部構台をつり上げるシステムである。この下部構台が立体トラス2個の下弦球をささえているプッシュアップ支柱を押し上げ、3.6m (1回目は2.1m)上昇することにより支柱を継ぎ足す。さらに下部躯体へ荷重を移管したあとに、油圧ジャッキと下部構台を盛り替えて次の上昇を行うものである。

2.4 計測管理システム

図-2.3は、今回のプッシュアップ工事に採用した計測管理システムの概要を示したものである。

施工へ迅速に対応するために、プッシュアップ中は揚程、荷重および各部材の応力、タイバー張力等を計算機によってリアルタイム処理する。また、屋根の水平移動量、たわみはプッシュアップ完了後、測定データを計算機にインプットし、施工へフィードバックする。

表-2.3 計測管理項目と点数

計測管理項目	点数	機器
水平変化	20	光波距離計
上下ストローク量	2	ストローク計
プッシュアップ荷重	9	圧力ヘッド
油圧ユニット圧力	2	#
部材応力		
上弦材	52	ひずみゲージ
下弦材	74	"
斜材	24	"
ヒンジ	44	"
定着材	51	"
タイバー張力	36	#
たわみ	33	レベル
押えワイヤ張力	10	スケール (ワイヤ長さ)

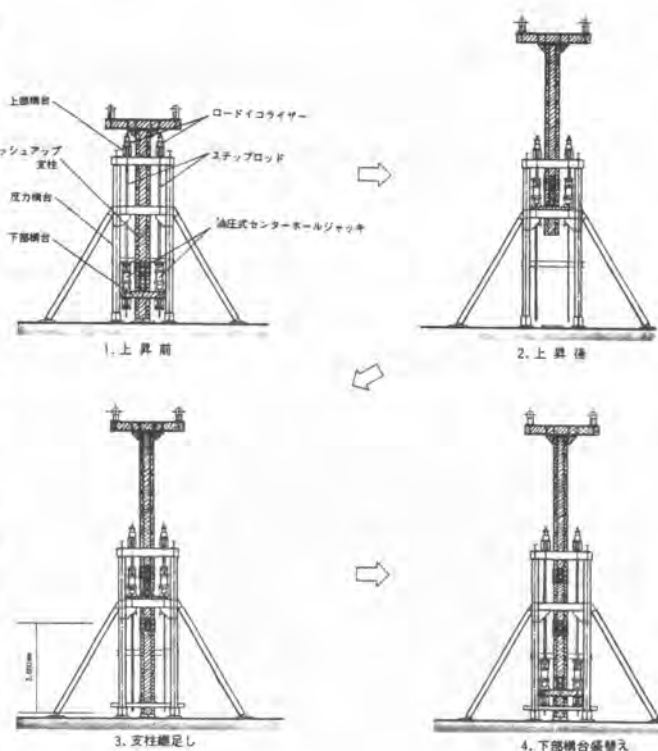


図-2.2 プッシュアップ装置および手順

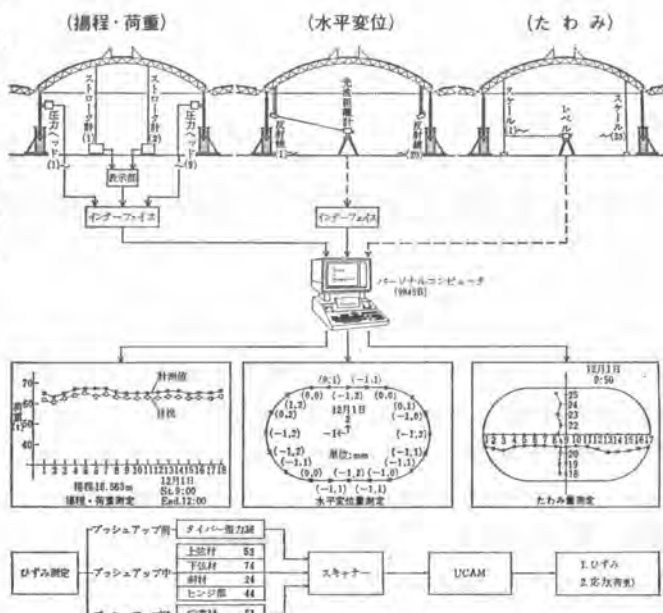


図-2.3 計測管理システム

プッシュアップ中は、揚程は、左右のストローク差が10 mm 以内になるようにジャッキ速度を管理する。また、部材応力については、中短期許容応力度を限界値として設定し、それを超える部材には補強する。水平移動量については、地震時および強風時に、短手方向へ最大90mm移動することが計算されており、これを限界値とする。

表-2.3には、測定項目、点数およびそれらの検出器を示す。光波距離計は、斜距離、垂直角度、水平角度が同時に測定できるものでそれぞれ $\pm 1\text{mm}$ 、 $\pm 0.6''$ の精度を持っている。

3. 施工結果

プッシュアップは12月1日～14日までの期間中、6回に別けて実施し、1ヶ月後には定着作業も無事完了した。

図-3.1はプッシュアップ工事の施工フローを示したものである。また、写真-3.1、3.2はそれぞれ、プッシュアップ工事前、後の状況である。プッシュアップ時には、屋根パネル、トップライト、キャットウォーク、内部設備等の各仕上げ工事をほとんど完了した状態にまで施工した。また、タイバーによってプッシュアップ時のパンタ部の広がり防止し、内部仕上げ材の品質を確保した。

図-3.2は、プッシュアップ中の揚程および荷重を測定、表示したものである。本建物は楕円形の対称構造体であるため、18本の支柱のうち10本の支柱荷重を実測し、残りの8本は実測値より推定した値を表示した。施工中は、この図を監視し、左右の揚程差、プッシュアップ荷重に大きな変化のないことを確認しながら実施した。揚程は、計画どおり左右差を10mm以内に保つことができ、また、荷重差についても変化の起こる前に対応できたため、トラス部材、仕上げ材への影響を防止することができ、ひいては施工能率へとつながった。

図-3.3は、タイバー張力の表示例を示したものであるが、プッシュアップ完了まで同図の状態を保持することができた。

図-3.4は、プッシュアップ開始時(12月1日)から定着完了(1月14日)までの上弦材の経時変化を示した例であるが、すべての部材について中短期許容応力度の70%以内に押えることができた。定着時には支柱で支えていた荷重が定着材に移管するため、力に大きな流れが生じた

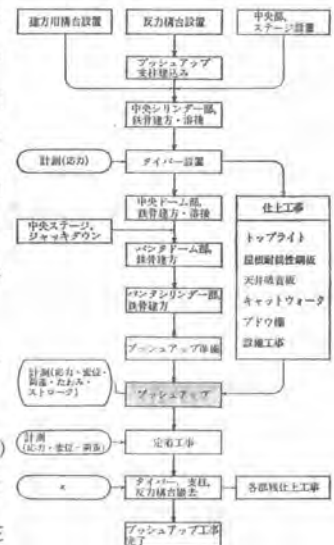


図-3.1 施工フローチャート



写真-3.1 プッシュアップ前の現場状況



写真-3.2 プッシュアップ後の現場状況

が、これもすべて80%以内の応力度であった。

図-3.5は、大屋根の水平移動量を測定した結果である。大屋根は3つのヒンジ部より構成されており、短手方向への移動がしやすくかつ施工中は同方向からの風が強かったため、水平移動が懸念された。同図をみてわかるように、中央部では風の影響をうけ30mm前後の水平移動がみられた。また、パンタ部では外側へ広がる傾向を示し、最長手位置(No.1, No.11)では50mm以上の広がりがあった。

施工能率的には、3.6m(1回目は2.1m)のプッシュアップに要した速度の平均値は、1.63m/hであった。また、1ストローク150mmのジャッキスピードは1.8mm/secであった。

4. まとめ

今回のパンタドームシステムのプッシュアップ工法による施工は世界でも初めての試みであるにもかかわらず、事前の解析、検討を十分に行った結果、次に示す効果を上げることができた。

- 1) 計測の迅速化、グラフィックス化が計れたため、プッシュアップ中のジャッキ動作をリアルタイムに把握できた。その結果、問題の生じる前に対策を構じることができ、安全性、施工能率の向上へとつながった。
- 2) 1500tもの大屋根を水平にプッシュアップできたため、トラス部材、仕上げ材等の品質を確保することができた。
- 3) トラス部材の応力は、事前の解析結果と測定結果がほぼ同様の値を示した。
- 4) 地上付近での作業となったため、安全性、工期にメリットがあった。

最後に、本工法の施工に当たり技術指導、御協力頂いた関係者各位に対し厚く御礼申し上げます。

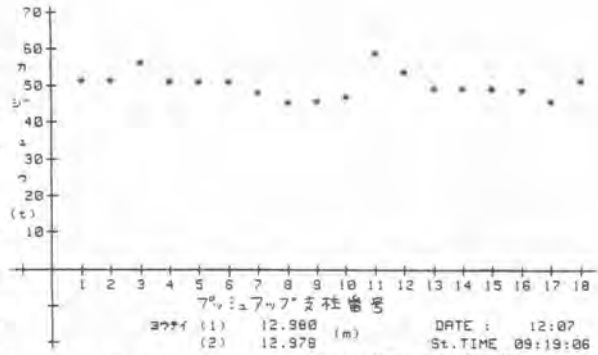


図-3.2 プッシュアップ中の揚程・荷重表示例

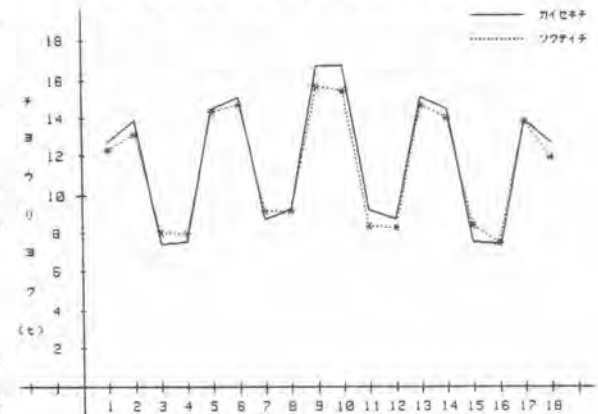


図-3.3 タイバー張力の表示例 DATE:12/05/83

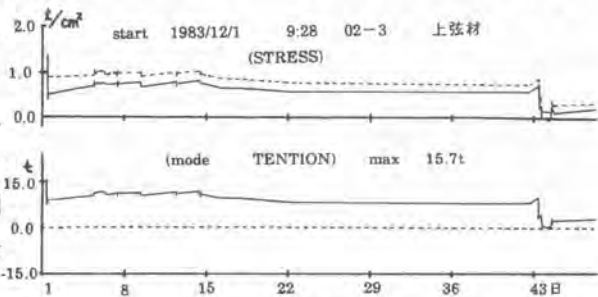


図-3.4 上弦材の経時変化



図-3.5 大屋根の水平移動量