

多重ドームを持つ円形屋根の施工

Reinforcing and Concrete Works of Multiple Hemispherical Roof Domes

越智 功*
Isao Ochi

田籠 紀久**
Norihisa Tagomori

田中 博彰***
Hiroaki Tanaka

一安 和典****
Kazumichi Ichiyasu

要 約

半径7.5mのドームと呼ばれる円形屋根が7つも交差し、複雑な形態をした資料展示館において、施工的に難しいRC造で屋根を施工した。

ドームを実現するに当たり、設計段階でトラスウォール工法の採用が決められていた。この工法は、主筋となるトラスウォール筋の外側に、型枠兼用となるメタルラス及びワイヤーメッシュを張り、その中へコンクリートを打設する無型枠工法である。

施工に先立ちドーム部の供試体を作製し、セメントペースト漏出量とスランプの関係、ワイヤーメッシュの結束間隔と変位量などの試験を行い、施工方法を決定した。

結果は当初の予想通りであったが、セメントペースト漏出に伴う既設部分の養生に苦勞した。今後の課題としては、セメントペースト漏出量の低減、トラスウォール筋の建方、ドーム部分のモルタル仕上げ方法などがあげられる。

目 次

- §1. はじめに
- §2. 建物概要
- §3. 鉄筋工事
- §4. コンクリート工事
- §5. おわりに

§1. はじめに

屋根は壁や床とともに建物を構成し、外部からの雨露・日光・風などを防ぐ役割を持つが、意匠的には建物の外観、形状を決定する上での重要な素因をなしている。

通常建物に用いられる屋根の形式は、切妻、寄棟、方形、陸屋根など直線的な形状のものが圧倒的に多いが、時には意匠的に円形屋根を採り入れることもある。しかし、このような円形屋根は、ほとんどが、鉄骨造であっ

て、コンクリート造のものは型枠、コンクリート打設等、施工面での難かしさがあるため減多に施工されることは無い。

今回、こうした困難さを解決し、円形屋根(ドーム)をRC造で施工した熊本県林業資料展示館の施工事例を報告する。

§2. 建物概要

この建物は、林業振興のための学習及び観光を目的とした展示館であるが、施工上の特徴としては、次の3点があげられる。

- (1) 特殊な形態のRC造円形屋根(ドーム)を持つ
- (2) 建設地が急傾斜の崖地である
- (3) 外部は木製の気密建具を採用している

当建物の断面図をFig.1に、建物完成時のドーム外観をPhoto1に示す。

工事概要は次の通り。

工事名 球磨村森林組合林業資料展示施設新築工事
工事場所 熊本県球磨郡球磨村大字大瀬

*九州(支)福岡地下鉄(出)主任

**九州(支)肥後銀行事務センター(出)

***九州(支)福岡(出)

****九州(支)福岡地下鉄(出)

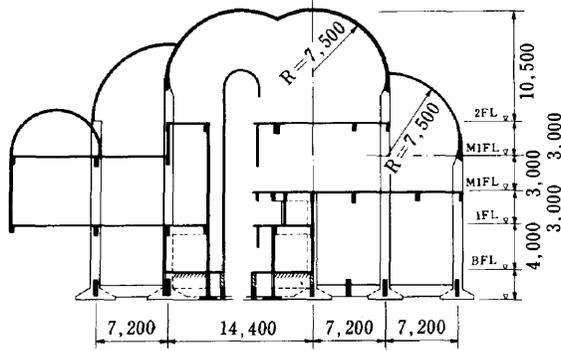


Fig.1 断面図

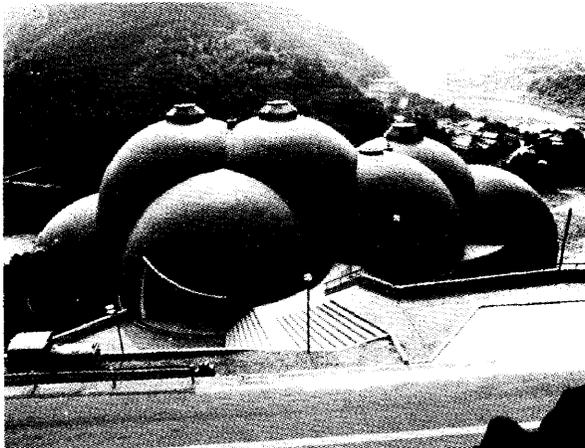


Photo1 ドーム外観(完成時)

企業先	球磨村森林組合
設計監理	木島安史+計画環境建築 YAS 都市研究所 (構造 早稲田大学理工学研究所, 田中弥寿雄研究室)
工期	昭和57年10月~昭和59年6月
規模	主体構造 鉄骨鉄筋コンクリート造 ドーム トラスウォール工法
	地下1階地上2階
	敷地面積 5,085 m ²
	建築面積 763 m ²
	延床面積 1,640 m ²
	最高高さ 24 m
外部仕上	屋根 ブロンズブルー 外壁 コンクリート打放し (小幅板型枠) アクリル樹脂系着色 クリヤー吹付
内部仕上	建具 木製気密サッシ 床 緑甲板@20mm貼 壁 コンクリート打放し (小幅板型枠)

§3. 鉄筋工事

円形屋根(ドーム)の形態を実現する構造形式として設計段階で検討されたのは、鉄筋コンクリート造シェルと鉄骨造ラチスシェルの2つがあったが、最終的にトラスウォール工法を採用することによって施工上の問題点が解決できると判断されたため、当建物の屋根は鉄筋コンクリート造シェル構造で行われることになった。

トラスウォール工法というのは、元来RC造の耐震壁を型枠なしで施工できるように考案された工法で、これまでにこの工法を小規模な曲面に採用した実績はあったが、当工事のような大規模なドーム(半径7.5m)への採用は初めてである。

トラスウォール工法によるドームの配筋図を Fig.2 に示す。

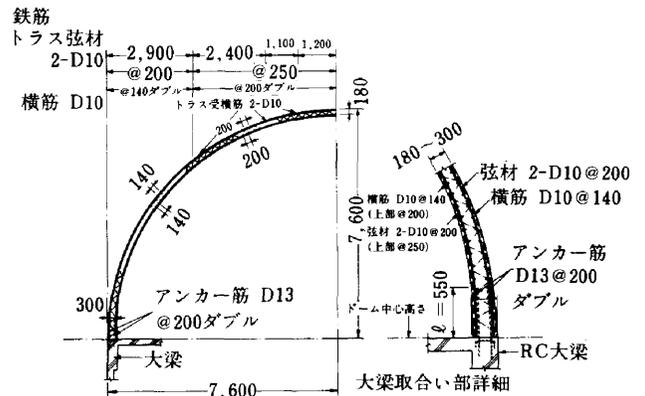


Fig.2 ドーム部配筋図

トラスウォール筋の建込みには20tの移動式クレーンを用い、次の順序で行った。(Fig.3参照)

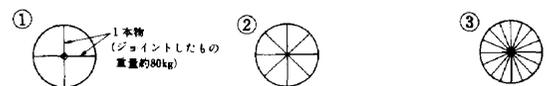


Fig.3 トラスウォール筋(弦材)建込順序

- ① ドームの中心を求めてサポートを立て、基本となる十字部分の弦材を1本にジョイントした後建込む。(Photo2, 3)
- ② 弦材の脚部をアンカー鉄筋(D13)に固定する。(Photo4)
- ③ 残りの弦材を順次組み上げる。

トラスウォール筋の建込計画を Fig.4 に示す。

組み上がった弦材の施工精度のチェックは、ドーム外径に合わせて作製した型板を用いて行った。

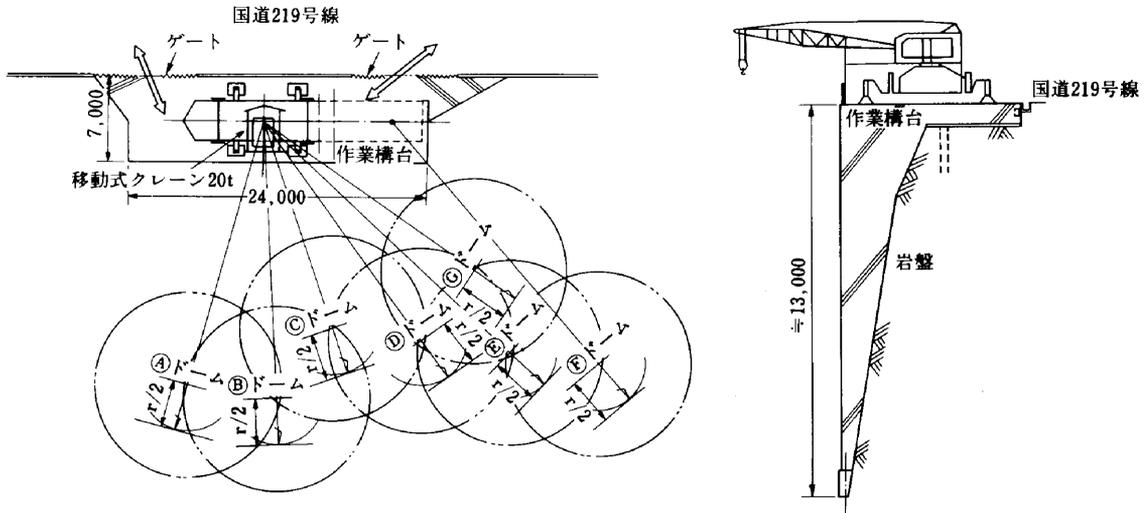


Fig.4 トラスウォール筋建込計画

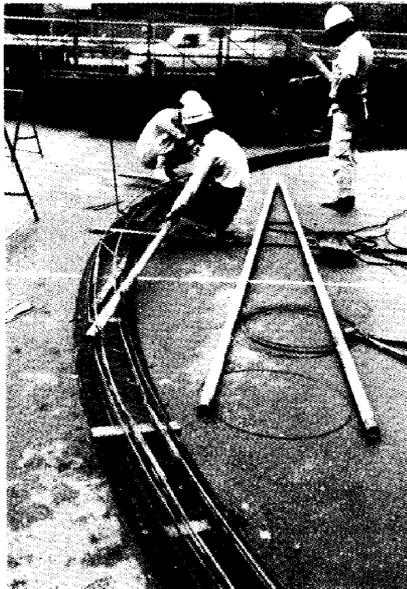


Photo2 弦材の組立

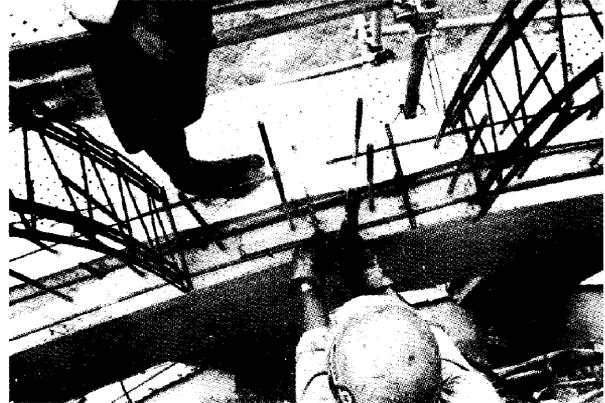


Photo4 弦材脚部の固定

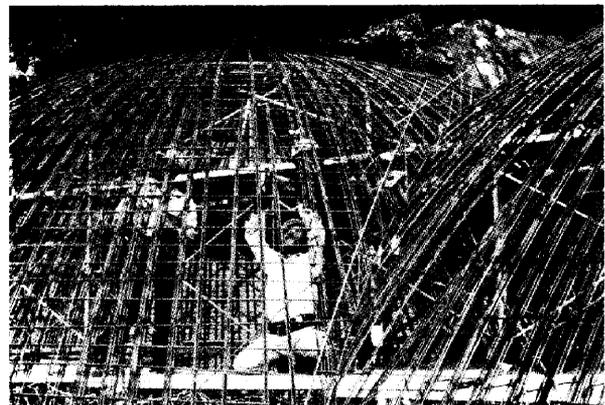


Photo5 横筋施工

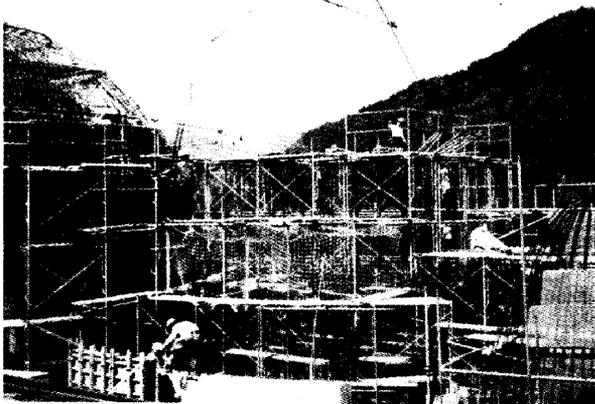


Photo3 弦材の吊込

弦材の建込検査完了後、ドームの下部より順に横筋を配筋した。(Photo 5)

横筋を結束した後、弦材の内外に型枠兼用のメタルラス(補強金網)を張りつけ(Photo 6)、更にこのラスの上からコンクリート打設時の側圧を考慮してワイヤーメッシュ(70×70 2.9φ)を張り重ねた。(Photo 7)

ドーム交差部の補強筋配筋状況を Fig.5 に示す。また、ドームの断面詳細を Fig.6 に、トラスウォール筋の作業工程及び施工実績表を Table1, 2 に示す。

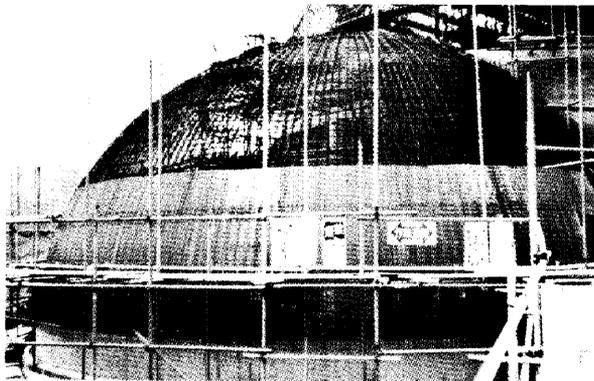


Photo6 メタルラス施工

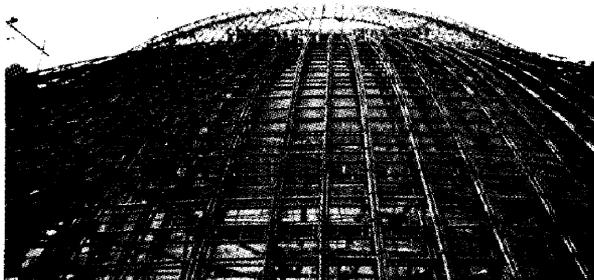


Photo7 ワイヤメッシュ施工(内部)

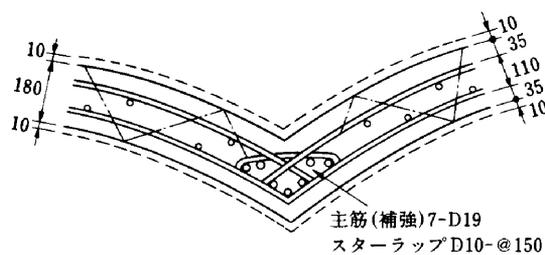


Fig.5 ドーム交差部の補強筋

Table1 トラスウォール筋作業工程表

	5月			6月			7月			8月			9月		
	10	20	30	10	20	30	10	20	30	10	20	30	10	20	30
トラス筋組立		Fドーム	A			D,E	B	G							
トラス及びワイヤメッシュ張り		F,A				D,E (下部)	B,G (下部)	D,E,B (上部)							

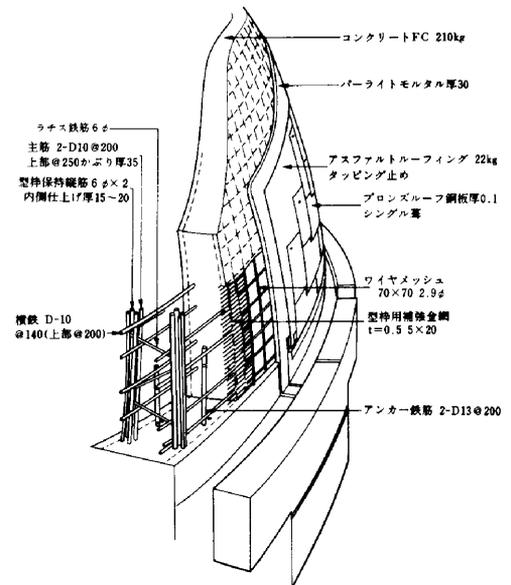


Fig.6 ドーム断面詳細

§4. コンクリート工事

4-1 コンクリート打設実験

トラスウォール工法では、トラスウォール筋の外側に型枠兼用のメタルラス及びワイヤメッシュを張り、その中にコンクリートを打設するため、打設方法について種々の検討を重ねた。

そこで当現場では、ドームコンクリート打設に先立ち、ドーム部分の供試体を作製し、コンクリート打設実験を行った。(Photo8)

Table2 トラスウォール筋施工実績

施工順序	内訳 部位	組立		ラス, ワイヤメッシュ貼		溶接 鉄工 (人)	備考 ドーム面積 (m ²)
		手元 (人)	鉄筋工 (人)	鉄筋工(内部) (人)	鉄筋工(外部) (人)		
2	A	10	25				227
5	B	8	32				282
6	C	10	21				132
4	D	8	26	267	156	83	232
3	E	8	24				240
1	F	8	27				202
7	G	6	12				161
	合計	58	167	267	156	83	1,479

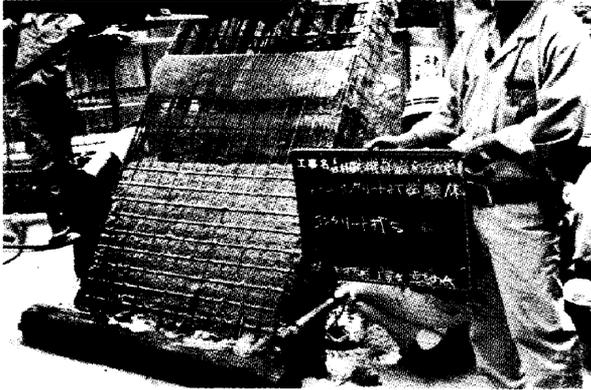


Photo8 コンクリート打設実験

実験の主な目的は次の3点とした。

- 1) メタルラスから漏出するセメントペースト量の測定、及びコンクリートスランプの検討
- 2) メタルラスとワイヤーメッシュの結束間隔の検討
- 3) トラスウォール筋まわりのコンクリートの充填性及びバイブレータの使用方法的の検討

実験結果を以下に示す。

メタルラスから流出するセメントペースト量は、コンクリートスランプ15cmの場合、全体のコンクリート量の約4%程度となる。

メタルラスとワイヤーメッシュの結束間隔は、200mmピッチ及び300mmピッチの2ケースを考え、コンクリート打設時のメタルラスの変形を観察した。その結果、結束間隔が200mmピッチの場合にはメタルラスの変形が少なく本施工でも十分適用できる範囲であったが、300mmピッチになるとメタルラスの変形が顕著になり、とても本施工に使えないことが判明した。

コンクリートの充填性については、ドーム内側部ではコンクリートの自重により比較的良好に充填されるがドーム外側部では充填性が悪くなり、木づち等で弦材部に振動を与える必要があることが分かった。また、バイブレータで振動を与え過ぎると、セメントペーストが流出し内部に粗骨材だけが残るおそれがあり、その使用には十分注意を払う必要があった。

4-2 コンクリート打設計画

前述の実験結果を考慮して、ドーム部のコンクリート打設計画を次のようにした。

- 1) ドーム部のコンクリート打継方法は、高さ方向に8

分割する。

- 2) コンクリートスランプは下部（3回目まで）では15cmとし、それより上部では18cmとする。また、最大粗骨材寸法は20mmとし、コンクリート打設時には流動化剤（NP10）を混入する。

コンクリートの配合は Table3 とした。

- 3) メタルラスとワイヤーメッシュの結束間隔は200mmピッチ以下とし、ドーム外側部でのコンクリートの充填性を良くするために、木づちまたは壁式バイブレータを使用する。

- 4) コンクリート打設時の投入口には、打継面となる部分のメタルラスを要所で200~300mm程度切り開いて流れを良くする。また、コンクリートが廻りにくい部分は、適宜ラスを切り開いて棒状バイブレータを挿入する。

- 5) コンクリート足場は Fig.7 のように行う。

なお、この足場はドーム仕上時の足場としても使用する。

- 6) コンクリート打設時には、メタルラスを通してセメントペーストの漏出が避けられないので、既に完了した部分の躯体の養生は十分に行う。

4-3 コンクリートの打設結果

ドーム部コンクリートの打設実績を Table4 に示す。ポンプ車は原則として1台としたが、第5回及び第6回目の打設はコンクリート量が50m³を超えたため、ポンプ車は2台とした。コンクリートの打設状況を Photo9 に示す。

コンクリート打設作業では、ドーム内部では天井からのセメントペースト漏出があるため、作業員及び担当者

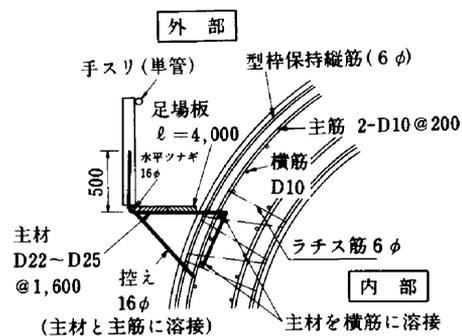


Fig.7 コンクリート足場

Table3 コンクリートの配合

設計強度 (kgf/cm ²)	配合強度 (kgf/cm ²)	スランプ (cm)	W/C (%)	細骨材率 (%)	セメント (kg/m ³)	水 (kg/m ³)	砂 (kg/m ³)	砂 利 (kg/m ³)	混和剤 (kg/m ³)
210	269	18	57.0	50.9	306	174	924	913	1.11
210	269	15	51.0	43.7	316	161	805	1,061	1.11

Table4 ドームコンクリート打設実績

	打設日	打設部位	数量 (m ³)	パイプレータ (人)	外部 (人)	内部 (人)	打 継 (人)	清 掃 (人)
1回	8・4	A, F	18	4	4	3	1	3
2	8・10	A, F	26	4	4	3	1	3
3	8・20	A, B, C, F, G	50	4	6	4	1	5
4	8・26	A, B, C, F, G	49	4	6	5	1	5
5	9・1	A, B, C, D, E, F, G'	72	8	6	4	2	6
6	9・7	B, C, D, E, G	66	8	7	4	2	6
7	9・14	B, C, D, E, G	38	4	4	3	1	2
8	9・22	D, E	10	3	3	2	2	2
	9・29	D'	5	2	4	1	1	1
合計			334	41	40	29	12	33



Photo9 コンクリート打設状況

は雨合羽・長靴を装着しての作業となった。

なお、ドーム内部床・壁面は全面ビニールシート敷養生とし、コンクリート打設中は、ハイウォシャー2台を使用して付着したセメントペーストを除去した。

4-4 ドームの仕上げモルタル塗

ドーム内部面の仕上げモルタル塗は、ドームコンクリート打設完了後約2時間たってから実施した。これは、モルタルの接着性をより高めるために行ったもので、コンクリートが乾燥してからモルタル塗を行う通常の方法では、モルタルのはく落が懸念されたためである。その結果、施工後のひびわれ発生もなく良好な成果が得られた。

なお、ドーム内部の仕上げモルタル塗に関しては、ドーム部のコンクリート打設前に、モルタルをメタスラス面に塗り、コンクリート打設時のセメントペーストの漏出も併せて防ぐ方法を実験的に試みたが、実際にはモルタルがはがれ落ちてしまい、思うような結果が得られな

かった。

§5. おわりに

ドームのトラスウォール筋の施工方法、及びコンクリートの打設方法を中心に報告したが、本工法による今後の施工上の検討課題としては次のような点があげられる。

- (1) ドームコンクリート打設の際、本工事ではトラスウォール筋弦材の頂点下部及び中間部にサポートを使用した。弦材の剛性等を改良することによって無サポート工法も十分可能と思われる。
- (2) ドームコンクリート打設時に、型枠兼用のメタルラスから漏出するセメントペーストの漏出量を更に少なくする方法を、今後、材料面・施工面から併せて検討する必要がある。
- (3) ドーム内外面の仕上げモルタル塗において、本工事では内部のみをコンクリート同時仕上げとしたが、外部も同様の施工方法を検討すべきである。

本報告が今後、同種の建築物において施工計画の一助となれば幸いである。

最後に、本工事にあたり終始御指導を頂きました設計者木島教授・田中教授に心から感謝いたします。

参考文献

- 1) 建築文化 Vol.39 No.455 “球泉洞森林館、