

アルミニウム合金製ドームを用いたPCタンクリニューアル工事記録

三井住友建設 (株) 正会員 ○ 室田 敬  
 明石市水道部 木村 秀登  
 三井住友建設 (株) 江藤 富士夫  
 三井住友建設 (株) 稲森 剛

1. はじめに

水道用プレストレストコンクリートタンク (以下PCタンクと略す) の構造は、設計基準強度 30N/mm<sup>2</sup> 程度のRC製の底版、36N/mm<sup>2</sup> 程度のPC製の円筒側壁および24N/mm<sup>2</sup>程度のRC製のドーム屋根からなっている。

水道水中の塩素によるタンク内面コンクリートの損傷は、水没している底版や側壁に比べドーム屋根が著しい。写真-1 に示すようにPCタンクのRCドーム屋根においては供用年数20年~30年程度で鉄筋の腐食やコンクリートの剥離・剥落が起こっている事例も少なくない。

本稿では、PCタンクのRCドームの解体とアルミ合金製ドームの新しい架設工法について報告する。

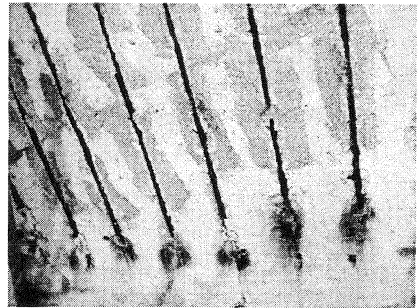


写真-1 RCドーム内面の劣化状況

2. 工事概要

既設PCタンク

内径 45m  
 有効水深 7.55m  
 有効容量 12,000m<sup>3</sup>

RCドーム解体 約 875 トン

アルミ合金製ドーム

(ウルトラドーム工法) 25 トン  
 支承工、付帯設備工 1式  
 底版・側壁内面防食 2,750m<sup>2</sup>  
 工期 H15.6~H16.1

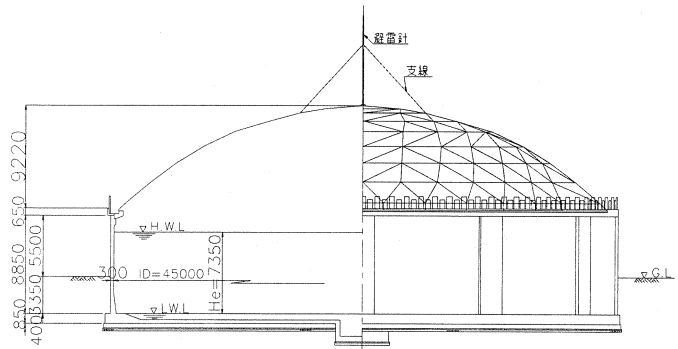


図-1 一般構造図 (リニューアル後)

3. RCドームの解体

3. 1 ドーム屋根の撤去時の解析的検討

(1) 解析方法

PCタンクのRCドーム屋根撤去時の安全性を照査するためコンクリートの切出し順序の検討を行った。

検討方法として、FEM解析により、モデル化したドーム屋根の中央部、中間部および端部の切出し時におけるコンクリートの縁応力を確認した。

施工時の荷重として、積載荷重 1.0kN/m<sup>2</sup> を考慮し、コンクリート縁応力がコンクリート引張強度以下になるようにした。

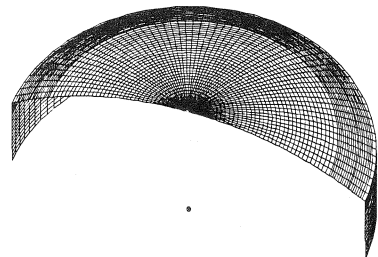


図-2 解析モデル

(2) 解析モデル

解析モデルは図-2 に示すように、PCタンクの半分をモデル化した180°モデルとし、側壁下端を固定支持、ドームと側壁はヒンジ結合とした。

(3) 検討ケース

検討は、切断時に片持ち梁状態となる張出し長さの影響を確認するために張出長さを変化させた。

検討ケースを表-1 に示す。

(4) 検討結果

表-2 および図-3 に解析及び検討結果を示す。

これらの結果より、コンクリートの許容引張応力を超えないための放射方向の切断長さは、1.5m 以下とする必要があることが分かった。

表-1 検討ケース

ケース名	施工場所	張出長 (m)	張出部厚さ (cm)	荷重
CASE 0	切断前	-	-	自重+積載荷重
CASE 1-1	中央部	1.50	15.00	自重+積載荷重
CASE 1-2	中央部	2.00	15.00	自重+積載荷重
CASE 2-1	中間部	1.50	15.00	自重+積載荷重
CASE 2-2	中間部	2.00	15.00	自重+積載荷重
CASE 3-1	端部	1.50	16.25	自重+積載荷重
CASE 3-2	端部	2.00	16.25	自重+積載荷重

ケース名		(N/mm <sup>2</sup> )			
		上 面		下 面	
		最大主応力 N/mm <sup>2</sup>	最小主応力 N/mm <sup>2</sup>	最大主応力 N/mm <sup>2</sup>	最小主応力 N/mm <sup>2</sup>
CASE0	解体前	-0.16	-0.66	-0.05	-0.33
		-0.75	-1.14	-0.74	-1.18
CASE1-1	中央部 1.5m	1.38	0.05	0.43	-0.08
		-0.71	-3.00	-1.78	-2.97
CASE1-2	中央部 2.0m	2.22	0.08	0.59	-0.08
		-0.74	-3.72	-2.43	-3.77
CASE2-1	中間部 1.5m	1.56	0.01	0.18	-0.07
		-0.19	-2.56	-1.98	-3.95
CASE2-2	中間部 2.0m	2.51	-0.01	0.41	-0.08
		-0.21	-3.19	-3.05	-5.20
CASE3-1	端部 1.5m	1.24	0.01	0.32	-0.02
		-0.04	-2.53	-1.56	-3.78
CASE3-2	端部 2.0m	1.98	0.00	0.51	-0.02
		-0.03	-3.29	-2.31	-5.16
CASE4	解体後 張出し長 2.0m	0.25	-0.04	-0.02	-0.53
		-0.02	-2.80	-0.43	-3.36

許容引張応力  $\sigma_t = 0.23 \times 21^{(2/3)} = 1.91 \text{ N/mm}^2$   
 許容圧縮応力  $\sigma_c = 24/1.3 = 18.5 \text{ N/mm}^2$

表-2 解析結果

3. 2 RCドーム撤去に伴うPC側壁への影響

(1) 解析モデル

ドームリング部は、ドーム自重による水平力を打ち消すためにプレストレスが導入されており、RCドーム撤去時には、この水平力がなくなるためプレストレスのみが残る。このプレストレスによる側壁上部の影響を側壁をモデル化したFEM解析により検討する。

(2) 解析結果

解析の結果、発生応力は  $0.9 \text{ N/mm}^2 \sim 4.5 \text{ N/mm}^2$  で引張応力は発生しないことが分かった。

3. 3 特殊ニブラによる解体

RCドームの解体は、側壁に影響を及ぼさないことが必要である。本工事は、PCタンクのRCドーム解体用に開発した特殊ニブラ(写真-2)により行った。

(1) 解体時の計測管理

解体作業の安全性を確認するために、RCドームの表面にひずみゲージを貼り付け、コンクリート応力度の管理を行った。

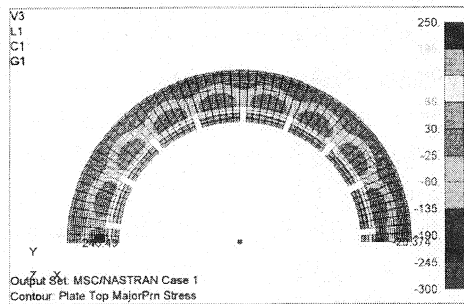


図-3 FEM解析結果(CASE2-2)

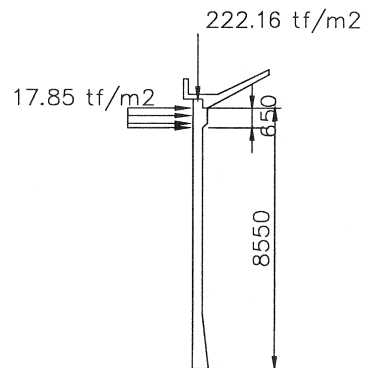


図-4 側壁検討モデル

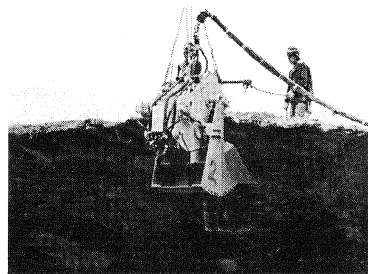


写真-2 特殊ニブラによる解体状況

解体時における計測項目と管理基準値を下表に示す。

表-3 計測項目

計測項目	使用機器	設置箇所数
コンクリートひずみ	ひずみゲージ (3方向)	屋根：7ヶ所 側壁：2ヶ所
外気温	熱電対	3ヶ所

表-4 管理基準値

	1次管理値	2次管理値
引張応力	-1.3N/mm <sup>2</sup>	-1.9N/mm <sup>2</sup>
圧縮応力	13.0N/mm <sup>2</sup>	18.5N/mm <sup>2</sup>
備考	2次管理値の70%	解析検討時の許容応力

(2) 計測結果

解体期間中の計測結果の傾向を見ると、温度変化による応力変動がみられる中で、ドーム部では解体に伴うドームリングプレストレスによる圧縮応力の減少傾向、側壁部においては、ドーム撤去による拘束状態の変化や上載荷重の低減による圧縮力の増加傾向が見られた。

計測結果としては、各測点で2次管理値を超える応力は発生せず、安全に解体できた。

(3) 解体の進捗状況

解体の進捗状況を写真-3～写真-5に示す。ドーム中心から外周に向かって約1ヶ月で安全に解体できた。

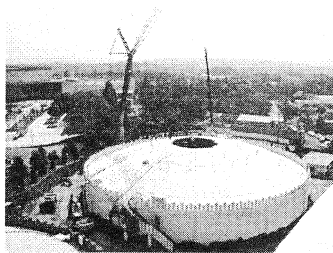


写真-3 解体開始

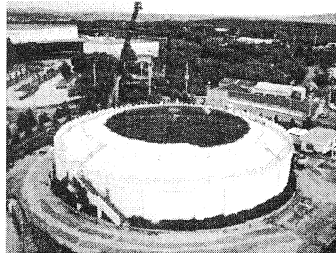


写真-4 解体中

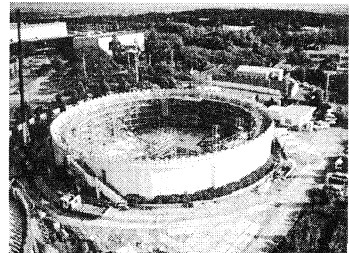


写真-5 解体終了

4. アルミニウム合金製ドーム支承部の施工

アルミ合金製ドームの支承部は、解体したRCドームの付根部に鉄筋アンカーにより新たなRC製の台座を構築した。

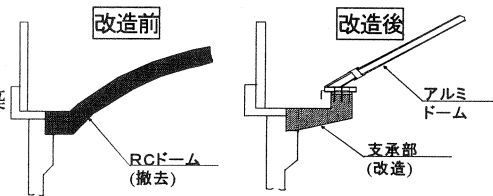


図-5 支承部の改造

5. アルミニウム合金製ドームの施工

今回の工事では、内部階段がRC製であるため、通常の施工で行われるドーム全体を底版上で組み立てが出来なかった。そこで、アルミニウム合金製ドームの組立てを分割する段階施工を採用した。

施工ステップを以下に示す。

- ①ステップ-1 径約25mのウルトラドームを底版上で組立
- ②ステップ-2 手巻きウィンチで吊り上げ
- ③ステップ-3 径約31m部分の外周部を組立  
この状態で約31mのドームができる。
- ④ステップ-4 手巻きウィンチで吊り上げ
- ⑤ステップ-5 径約37mの外周部を底版上で組立  
この状態で約37mのドームができる。

- ⑥ステップ-6 側壁内側足場上で組立た外周部と底版上で組み立てた約37mのドームを手巻きウィンチで吊り上げ結合

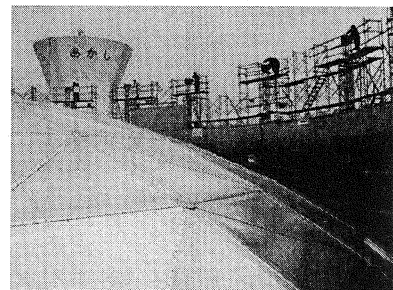


写真-6 吊り上げ時 (ステップ-6)

(1) 分割施工時のウルトラドーム工法の安全性

分割施工時には、完成時の構造計算に無い構造で、組み立て中にドームを保持するワイヤーはタンク外周部にあるため、斜めに吊っている状態となる。

施工時の検討として、分割施工時のウルトラドーム工法の構造計算を行い、安全性を確認した。

1) 解析条件

- ①荷重：構成部材自重のみ
- ②モデル：吊上げ状態3ケース（3周抜き～1周抜き）それぞれについて、ドーム構成ビームと吊りワイヤーをモデル化。

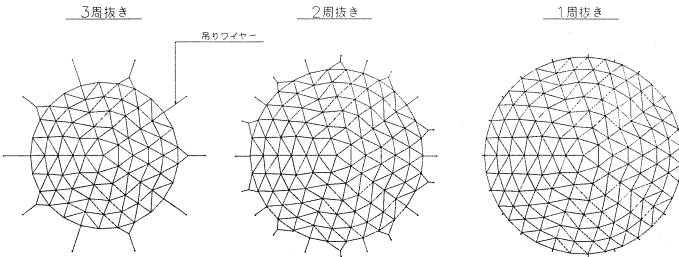


図-6 解析モデル

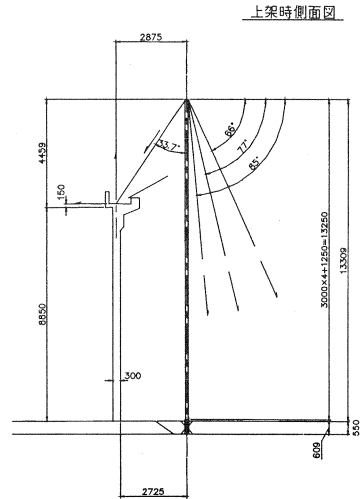


図-7 上架時のワイヤーの角度

2) 解析結果

解析結果を下表に示す。段階施工時においても、構造体の安全度は非常に高いことがわかる。

表-5 解析結果

		3周抜き	2周抜き	1周抜き	備考
変形量(cm)		1.80	0.88	0.89	鉛直方向
応力度 照査	安全率*	0.20	0.14	0.18	軸力と曲げ
	判定	< 1.0 OK	< 1.0 OK	< 1.0 OK	

\*安全率 発生応力度/許容応力度

(2) 施工状況

ドームの施工状況を写真-7～写真-8に示す。組立て開始から上架完了まで約1.5ヶ月で安全に施工できた。

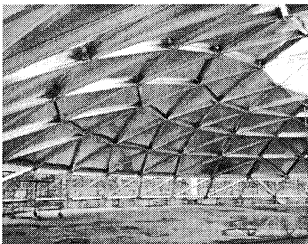


写真-7 底版上で組立て

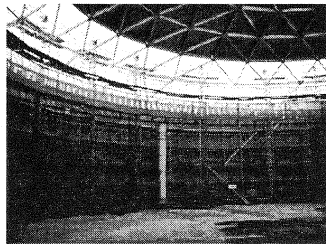


写真-8 上架後

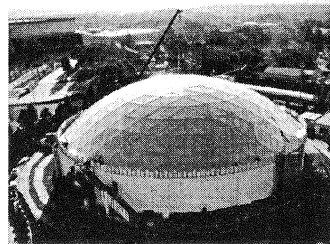


写真-9 完成

6. おわりに

今後、配水池の補修の必要性は増してくるものと思われる。

アルミ合金製屋根による架け替えは、PCタンクの底版、側壁の耐久性が十分であることを併せると、配水池の長寿命化がはかれる工法として有効な工法であると確信する。