

15. センタータワー方式によるアルミドーム屋根の組立架設

昇降ロボットジャッキ「FCF」を用いた構築システムを開発

株式会社フジタ 設計部 ○ 本多 茂
株式会社フジタ 機械部 三村 洋一
株式会社フジタ 高之峯 FP(作) 池内 俊裕

1. はじめに

アルミドーム屋根は、外周より中心に向けて組み立てるのが一般的である。しかし、大半の作業が墜落転落災害の危険性を伴う移動式足場上での高所作業であり、施工方法の改善を行う必要があった。また、外周からの組み立ては、タンク内部の止水工事と施工時期が重なり内部足場解体後でないと施工が行えなかった。

そこで、アルミドーム屋根の中心リングから外周部に向けて逆方向に地組みすることで、組立工程と吊り上げ架設工程の並行作業を可能にする、新しい構築システム「昇降ロボットジャッキシステム(以降 FCF システム)」を組み込んだセンタータワー方式によるアルミドーム屋根組立架設工法を開発し、高之峯ファームpond工事(九州農政局発注、鹿児島県曾於市)に適用し、有効性を確認した。

2. 高之峯ファームpondの工事概要

2.1 工事概要

当該工事は、曾於北部で実施する国営畑かん事業の一環として、水源の谷川内ダムから高之峯揚水機場を経由し、農業用水を貯留・配水するファームpond築造工事である。

工 事 名：曾於北部(二期)農業水利事業 高之峯ファームpond建設工事

工 期：平成 24 年 10 月 17 日～平成 26 年 3 月 20 日(520 日)

施工場所：鹿児島県曾於市財部町南俣地内他

発 注 者：農林水産省 九州農政局(曾於北部農業水利事業所)

請 負 者：株式会社フジタ 九州支店(単独)

主要工種：PC タンク工(D=34.0m, H=11.9m, 有効水深 He=11.4m, 有効貯水量 V=10,275m³)

土工(敷地造成) 14,200m³ 法面緑化工 944m² 基礎杭(φ700) 91 本

本体コンクリート 1,302m³、管水路工、場内舗装、付帯施設、アルミ屋根一式

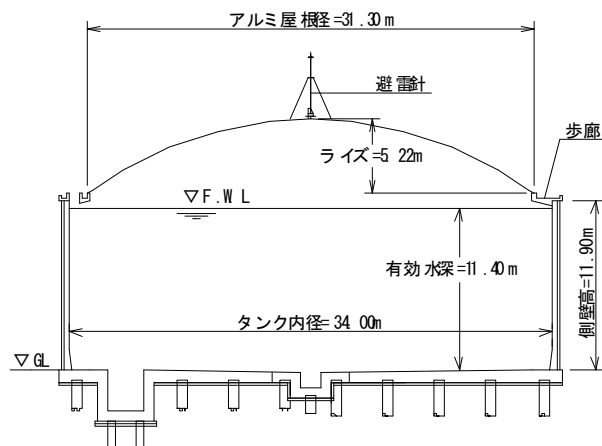


図-1 高之峯ファームpond断面図

2.2 アルミドーム屋根とは

本件のアルミドーム屋根は、アルミニウム合金製の骨組材(ストラット)を連続三角形でドーム状に組み立て、三角形のアルミパネルで開口部を閉塞するユニット式で構築するもので(図-2)、ストラットと円盤状接合プレート(ガセットプレート)を嵌合型ボルト(ハックボルト)と呼ばれる特殊ボルトとで接合することで、風などの振動による緩みを防ぐ構造となっている(写真-1)。

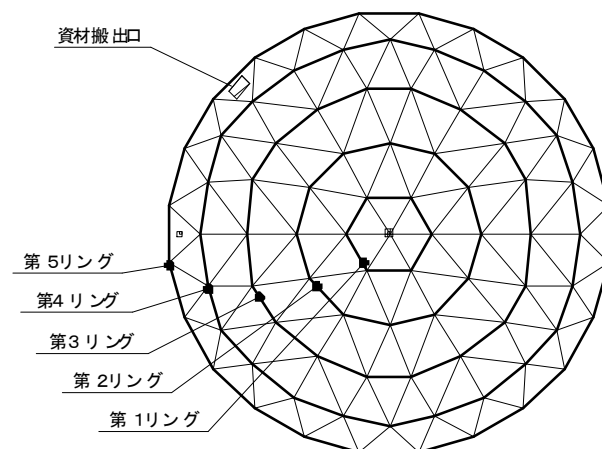


図-2 高之峯ファームpond アルミドーム屋根伏図

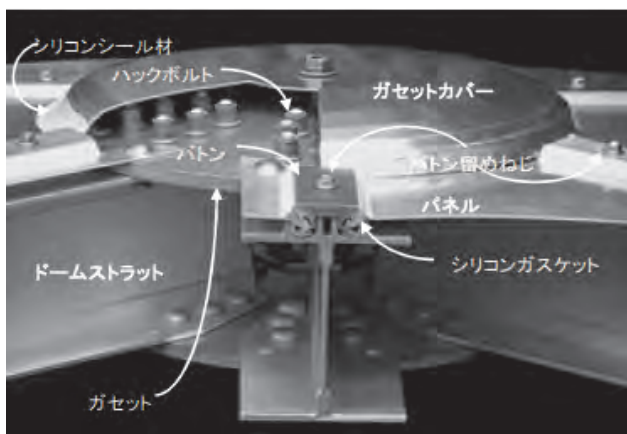


写真-1 ストラッド接合断面

3. 従来工法の概要と課題

3.1 従来工法の構築工程

従来の構築工程は、ドーム屋根を組み立てる組立工程と組み立てられたドーム屋根を所定の位置に設置する吊り上げ架設工程に大別される。これまでの組立工程では、タンク内外の組立ヤードで移動式足場や高所作業車等を用いてドーム屋根の外周部から中心に向かって順次組み上げていく方法が採られてきた(図-3、写真-2)。また吊り上げ架設工程では、屋根の規模や作業環境条件に応じて、タンク外に配置したクレーンによる一括架設(小規模)やタンクの側壁上部に配置した複数の巻き上げウインチによるリフトアップ架設が一般的に行われてきた(図-4)。

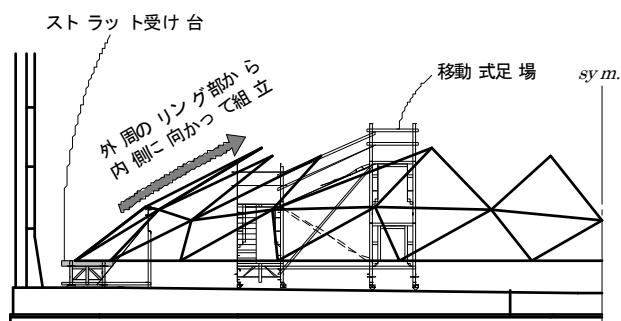


図-3 従来の構築イメージ図



写真-2 従来工法での組立状況

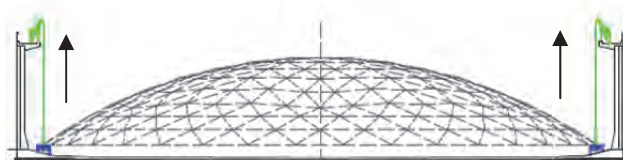


図-4 巻き上げウインチによるリフトアップ架設

3.2 従来工法の課題

施工条件や規模による違いはあるものの、従来工法の改善すべき共通した課題点を以下に示す。

- ① 高所作業が多いため、作業員の墜落転落災害の危険性が高い。(安全)
- ② 真円保持のため、高精度な組立架台とテンションリングの位置出しが必要。(品質)
- ③ 内足場解体後でなければ、アルミドーム屋根の組立が出来ない。(工程、価格)
- ④ 足場の移動や作業できる箇所が制限され施工時間を要する(工程)

これら課題を改善することを目的とし、センタータワー方式による昇降ロボットジャッキシステム(以降 FCF システム)によるアルミドーム屋根の組立架設工法の開発採用に至った。

4. システムの構成

4.1 センタータワー方式

センタータワー方式とは、タンク中央部に設置したタワーと吊上げ装置を用いて、アルミ屋根のリング中央部から順次外側に向かって組立を進める工法である。組立て中の屋根全体を段階的に必要量ずつ吊上げ、組立と吊上げを繰り返しながら、作業者は常に床版上で作業を行う。

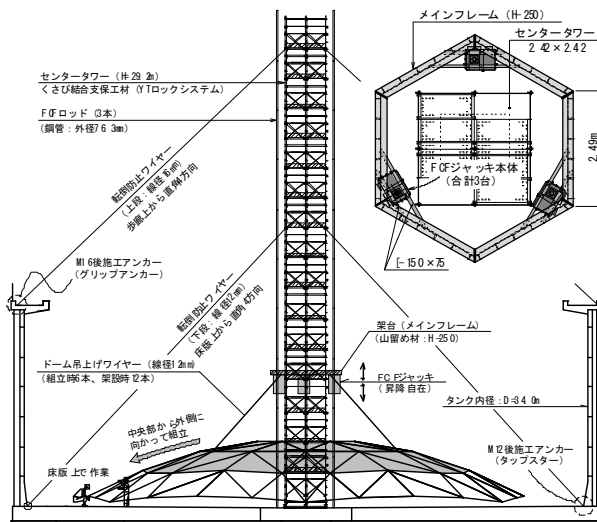


図-5 センタータワー構造図

屋根を吊り上げるメインフレーム架台は、H-250の山留め材で製作。アルミドーム屋根の構造計算上、吊り箇所が指定されたためメインフレーム・センタータワー・屋根形状を踏まえ吊り上げワイヤーを決定した。メインフレームの下部に配置された3台の FCF ジャッキは、センタータワーが貫通するアルミ屋根中央部の開口部形状に合わせ、六角形に制作した。FCF ジャッキ1台の吊上げ能力は約15tなので、屋根の総重量9.6tに対して十分な作業能力である。

センタータワー本体には、くさび結合式足場材「YT ロックシステム」を採用した。各ジョイントはロック機構を設けており、縦2層の大吊りに対応できるほか、振動に対しても安全である。

転倒防止ワイヤーおよび吊上げ用ワイヤーは、クレーン則に従い安全係数6を確保した。

4.2 FCF システムの概要と特徴

吊上げ装置には、塔状コンクリート構造物の施工方法として、大型型枠工法とスライディングフォーム工法の長所を取り入れて開発された、フジタ保有技術である FCF システムを採用した。

FCF システムは、足場や型枠と一体化した作業ステージを複数の油圧ジャッキにより鋼管ロッドを楔機構で把持して昇降を行う。

また、複数の油圧ジャッキには制御装置とレベルセンサが組み込まれ、中央制御盤によって常に水平に保ちながら上昇・下降するように制御され安全性を確保している。

高之峯ファームpondでは、塔状コンクリート構造物の代わりとして前述した足場材を利用したセンタータワーに鋼管ロッドを固定設置し、それを反力に FCF システムを取り付けた吊り具兼架台となるメインフレームを、コンピュータ制御により複数の昇降油圧ジャッキを用いて水平に保ちながら昇降を行う(図-6)。

FCF とは Fast Failsafe Climbing Form の略

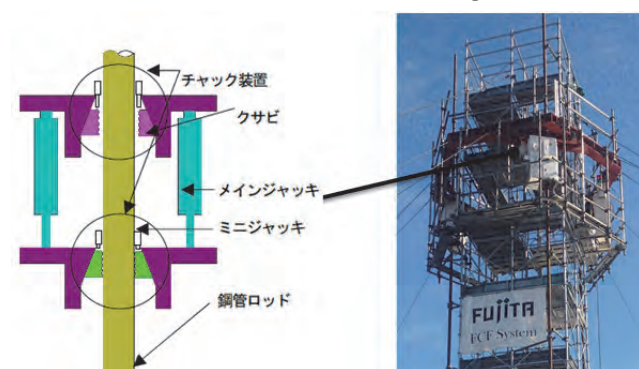


図-6 昇降ジャッキ基本構造図と外観

5 アルミドーム屋根の組み立て

5.1 アルミドーム屋根の組み立てステップ

図-7 に、アルミドーム屋根の全体の組み立てステップ図を示す。

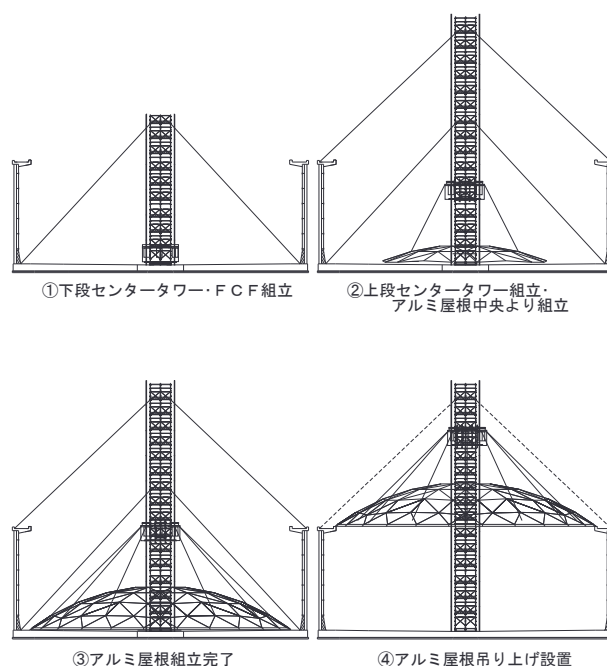


図-7 アルミドーム屋根組み立てステップ図

5.2 組み立て工程

- ① 下段のセンタータワーを組み立てる。
- ② 枠組み足場上でメインフレームと FCF 装置を組み立て、鋼管ロッドを FCF ジャッキ内に挿入設置する。
- ③ 中段部のセンタータワーと鋼管ロッド延伸し、センタータワーの転倒防止用控えワイヤーを対角方向に設置する。
- ④ アルミドーム屋根を第1リングから第3リングに向けて底版上で地組する。



写真-3 中心からの組み立て状況

- ⑤ 吊り上げ用のワイヤーを設置する。
- ⑥ 最上段部までのセンタータワーと鋼管ロッドを延伸し、完了後2段目の控えワイヤーを設置する。
- ⑦ FCF システムによる上昇→4リング組み立て→上昇→5リング組み立てを行う。
- ⑧ アルミドーム屋根を架設するため、干渉する1段目の控えワイヤーを取り外し、吊りワイヤーの盛り替えを行う。

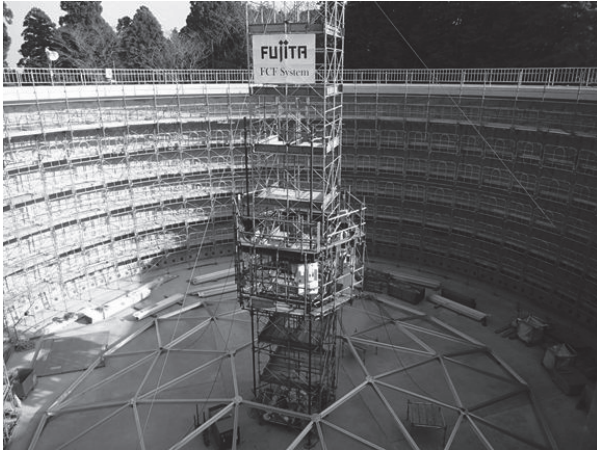


写真-4 止水工と並行したリング組み立て状況

5.3 吊り上げ架設工程

- ① FCF システムで躯体上部の所定の高さまで吊り上げ固定する。

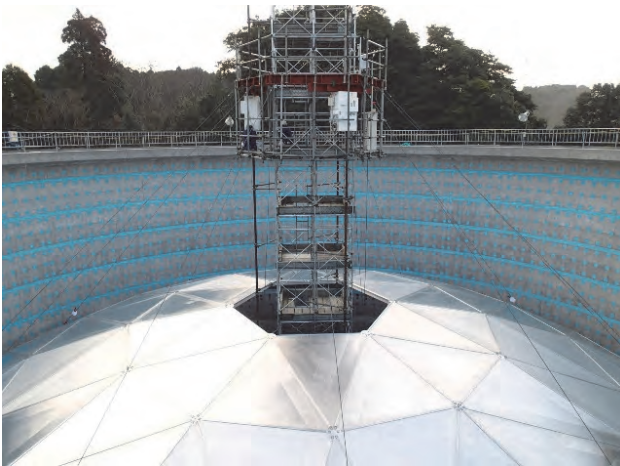


写真-5 吊り上げ状況

- ② 吊りワイヤーを外し、FCF システムを降下させ底版上で解体し、開口部よりタンク外に搬出する。
- ③ 屋根より上部をクレーンで撤去する。
- ④ センタータワーを利用し、ドーム屋根の中央部を組み立てる。
- ⑤ 残りのセンタータワーや資材を順次解体、開口部よりタンク外に搬出し、搬出完了後に開口部を閉塞して架設工程完了。

6 本工法の効果と課題

6.1 効果

本工法による効果について以下に示す。

- ・大半の作業が底版上での地組み作業となるため、資材の運搬や人の移動が効率的となり施工性が向上し、墜落・転落災害の危険性のある高所作業を大幅に削減でき安全性が向上した。
- ・組立工程と作業高さを調整する吊り上げ工程を繰り返しながら順次構築するために、組立て時に発生する局部的なひずみが吊り上げ時に開放されることで、ボルト締結作業が容易となり締

結の品質がより向上した。

- ・中心部から施工により、作業が残るタンク側壁部の施工とのラップ作業が可能となり、2週間程度の短縮が図れた。
- ・ほとんどの組立工程が床上の作業となることで、屋根資材の運搬や組立作業が効率化された。また、架設工程が自動化されることで必要作業員の省力化が図れるため、規模の大きいタンクにおいて経済効果が向上すると思われる。

6.2 課題

本工法による課題について以下に示す。

- ・今回は、センタータワーに YT ロック足場を使用し3本のFCF ジャッキシステムで施工をしたが、施工条件に応じた部材やジャッキの本数の最適化を検討しておく必要である。
- ・規模が大きくなると高層で強度を有するセンタータワーが必要となり、緻密な計画が必要となる(31m以上のタワーになると建設工事計画届けが必要)。

7 考察

今回、国内初の事例としてセンタータワー方式によるアルミドーム屋根の組立架設を行った。その結果、従来工法に望まれるコストの低減をはかりつつも安全性と作業効率、施工性の向上には大きな効果があった。アルミドーム屋根の径が大きくなればよりそのメリットも顕著になるものと思われる。ただ、施工中に大きなトラブルはなかったが、吊上げ時には風の影響を受けるため、気象条件を十分把握し、振れ止め対策についても留意しなければならない。

今後は、大規模なタンクに適したセンタータワーの構造形式や構築方法の改善を図り、更なる効率化と安全性を高めた工法として完成度を上げていく。



写真-6 FCF システムによる吊り上げ完了

参考文献

- 1) 池内俊裕: センタータワー方式によるアルミ屋根の組立架設～国内初工法へのチャレンジ, ㈱フジタ 第65回土木施工技術研究発表会論文集, p.43～48, 2014年発行