

門型フレームのスライドによる鉄骨建屋の構築

Construction of a Steel Building by Sliding a Portal Frame

石橋 康*1 千葉 秀一*1 前田 洋平*1
Kou Ishibashi Syuichi Chiba Yohei Maeda
佐藤 仁紀*2 村上 雅子*2
Yoshinori Satoh Masako Murakami

要旨

本工事は、福島県内の除染に伴い発生した放射性物質を含む土壌や廃棄物等を最終処分までの間、安全に集中的に貯蔵する中間貯蔵施設に含まれる減容化施設を建設する工事である。造成・基礎工事およびプラント工事は他社施工で、当社は建屋工事の設計・施工を担当した。今回の工事では、延床面積38,000㎡、最大スパン71m、最高高さ53m、鉄骨総重量7,000tの大空間建物をプラント工事と並行してわずか1年弱の短工期内に施工することが求められた。さらには、敷地内に約7.0mの段差があり建屋外部側がスロープ状となっているため、揚重機が寄り付けない状況であった。本報告では、これらの様々な施工上の問題点を解決するために考案した門型フレームをスライドさせて建屋を構築する工法について、計画の特徴や施工状況を紹介する。

キーワード：スライド 高上げ鉄骨 耐力壁 4ピン架構 ジャッキダウン 柱脚固定 歩廊鉄骨

1. はじめに

中間貯蔵施設とは、放射性物質汚染対処特措法に基づき、福島県内の除染に伴い発生した放射性物質を含む土壌や廃棄物等を最終処分までの間、安全に集中的に貯蔵する施設であり、東京電力福島第一原子力発電所を取り囲む形で、福島県の大熊町・双葉町に整備されている。本建物である減容化施設は、その中間貯蔵施設に含まれ、焼却施設および灰処理施設の2つの施設から構成されている。焼却施設では、除染廃棄物、災害廃棄物、草木などの可燃物を焼却し、減容化（廃棄物の容積を減少させる）する。発生した焼却灰等は、さらに減容化をするため、灰処理施設で熔融処理を行う。焼却のみによる減容化処理だけでなく、将来的な最終処分を見据えた廃棄物の減容化を目的として、焼却によって生じた灰に対して熔融処理を行うことで、スラグ等の資材を生成することで資源化を図る施設である。

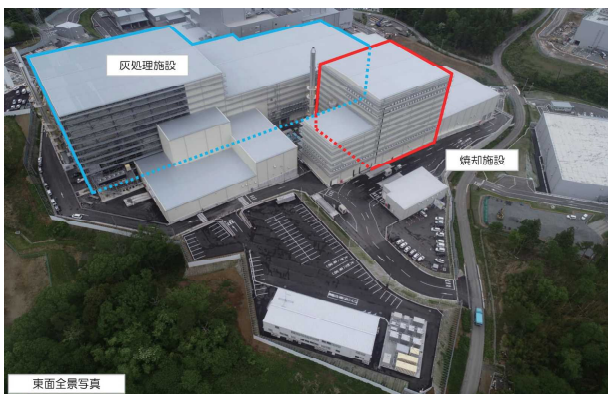


写真1 本施設全景

本工事は減容化施設である焼却施設および灰処理施設を建設する工事であり、造成・基礎工事およびプラント工事は他社施工で、当社は建屋工事の設計・施工を担当した。

本工事では延床面積38,000㎡、最大スパン71m、最高高さ53m、鉄骨総重量7,000tの大空間をプラント工事と並行してわずか1年弱の短工期内に施工することが求められた。さらにプラント機器を建屋構築前に優先して設置する条件と敷地内に約7.0mの段差があり揚重機が寄り付けない状況であることの2つの要因から、焼却施設および灰処理施設の構造として鉄骨立体トラスを採用し、定位置で架構を構築しスライドさせるスライド工法を考案、採用した。

表1 工事概要

工事名称：双葉町減容化施設（中間貯蔵施設）※略称
工事場所：福島県双葉町細谷地区
建築用途：減容化施設（中間貯蔵施設）
設計：JFE・前田特定業務共同企業体 ※建屋工事（設計・施工）：(株)鴻池組
施工：JFE・前田特定業務共同企業体
工期：2018年10月～2020年3月（建築）
建物高さ：53.55m
延べ面積：38,070.83㎡（2棟合計）



図1 全体工程表

*1 東京本店 建築部 *2 設計本部 建築設計第2部

2. 工事計画の概要

2.1 建屋構造概要

本施設は主に灰処理施設と焼却施設の2つの施設から構成されている。プラント機器設置後に建屋を構築する条件を満たし、かつ、わずか1年弱の工期内で施工可能とするために、建屋内の諸施設を独立建物とし、プラント機器とともに先行設置した後に、外郭フレームを建屋端部よりスライドさせて全体を覆う計画とした。外郭フレームの構造は大空間を構築できるトラス鉄骨とし、独立建物は構造規模に応じて在来鉄骨、システム建築、プレファブ建築とした。図2、3に各施設の建屋配置状況を示す。この計画により柱のない大空間が形成できたことで、プラント機器レイアウトの自由度が増し、建築との干渉・納まり検討箇所も少なくすることができた。

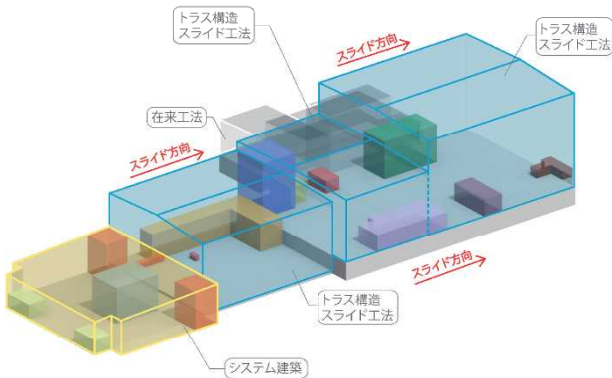


図2 灰処理施設建屋配置状況

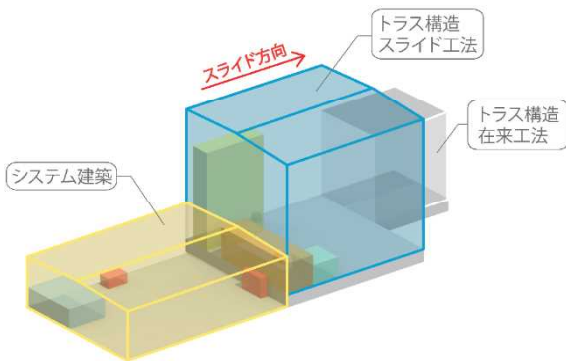


図3 焼却施設建屋配置状況

2.2 仮設計画概要

今回スライド工法を採用した灰処理施設および焼却施設の規模は、灰処理施設で全長約200m、幅約70m、最長部高さ約46m、焼却施設で全長約50m、幅50m、最長部高さ約

46mとなる。各施設にはトラス鉄骨地組用のステージを設置し、主要揚重機としてタワークレーン（メイン機としてTc450、Tc350、サブ機としてTc180）を各々2台配置した。地組ステージのあるエリアの建屋鉄骨はスライド完了後にステージおよびタワークレーンを撤去してから建方を行った。仮設計画図を図4～6に示す。なお、各図面の青色部分がスライド工法を採用した範囲である。

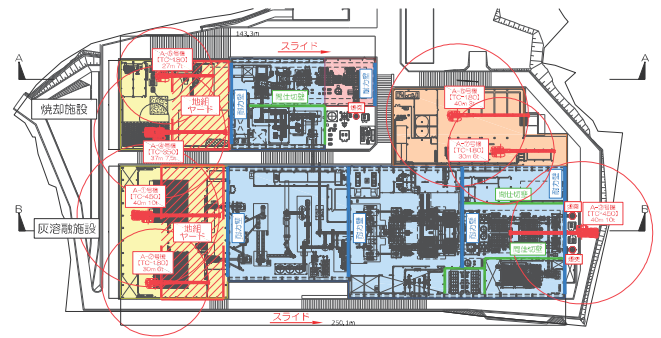


図4 全体仮設計画図（平面）

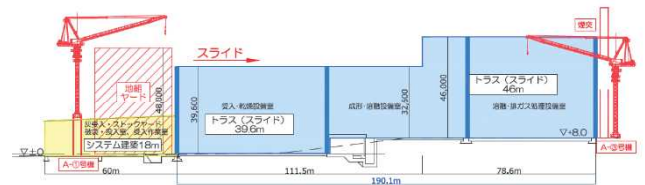


図5 灰処理施設仮設計画図（断面）

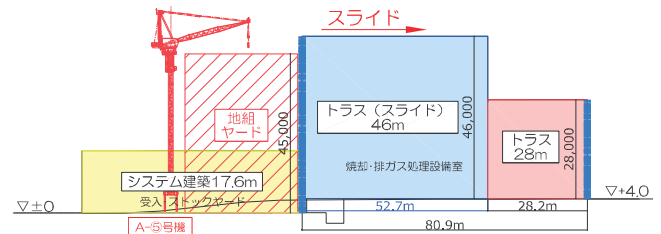


図6 焼却施設仮設計画図（断面）

3. スライド工法の概要

3.1 スライド施工のための対策

3.1.1 柱脚部水平力の低減

門型フレームのスライドを行うにあたり柱脚ピン支持の門型ラーメン架構の鉛直荷重時の反力は、図7に示すように鉛直反力（ R_V ）および水平反力（ R_H ）が発生する。本構造体をスライド工法にて構築する場合、固定荷重時の反力として鉛直反力および水平反力を同時に処理できる機構を持つスライド用レールシステムが必要となり、技術的難易度の上昇およびスライド設備費の高騰につながる要因となる。そこで、水平反力を開放（ $R_H=0$ ）し、鉛直反

力のみ状態にすることで、スライド工事管理の簡素化及びスライド工事設備費の低減を図った。具体的には、図8に示すようにスライド前の大梁の両端接合部をピン機構とした単純梁とし、鉛直荷重時の柱脚の反力がほぼ鉛直反力（RV）のみとなる状態をつくる建方計画を行った。

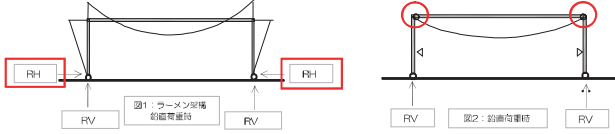


図7 ラーメン架構時反力 図8 両端ピン時反力

3.1.2 敷地段差の解消

本工事の敷地は、図9に示すように地盤に高低差があり、建屋組立を行う地組ステージのあるエリアが最も低く、建屋をスライドさせて移動させるためには、途中で約7mの段差を乗り越える必要があった。そこで嵩上げレール鉄骨を設けスライドレールのレベルを揃えることで、建方エリアを移動することなくスライドさせることを可能とした。これにより他工区の作業と干渉することなく建方を行うことが可能となった。また、スライド後に本設架構フレーム下部の嵩上げレール鉄骨は、本設利用とした。写真2に嵩上げレール鉄骨の設置状況を示す。

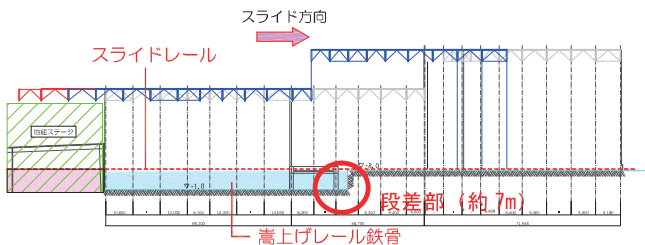


図9 敷地段差状況（断面図）

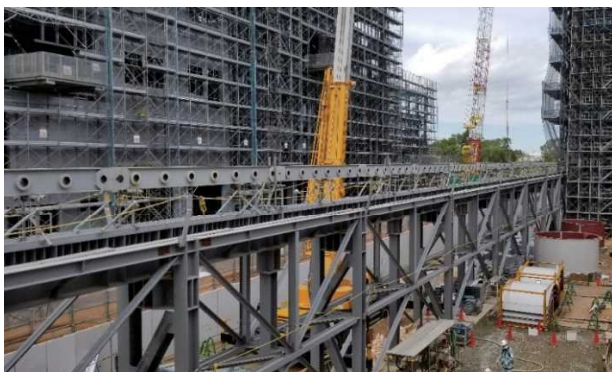


写真2 嵩上げレール鉄骨の設置状況

3.1.3 耐力壁・間仕切壁の先行設置

門型トラス鉄骨内部の耐力壁および間仕切壁は、プラント機器が先行設置されているためスライド後の建方が困難

であると判断し、スライドに先行して屋根が覆う前に建方を行う必要があった。そこで基礎マットスラブを箱抜きし埋込み柱脚とすることで、高さ約40mの耐力壁を自立可能な構造とした。写真3に耐力壁の先行設置状況を示す。



写真3 耐力壁の先行設置状況

3.2 スライド工程

基本的なスライドサイクルは地組ステージの設置スペースを考慮し、2スパンずつ地組とスライドを繰り返す計画とした。スライドサイクルは11日/回とし、1回のスライド距離が約20m、スライド回数は灰処理施設が11回、焼却施設は4回とした。スライド工程概略図を図10に示す。

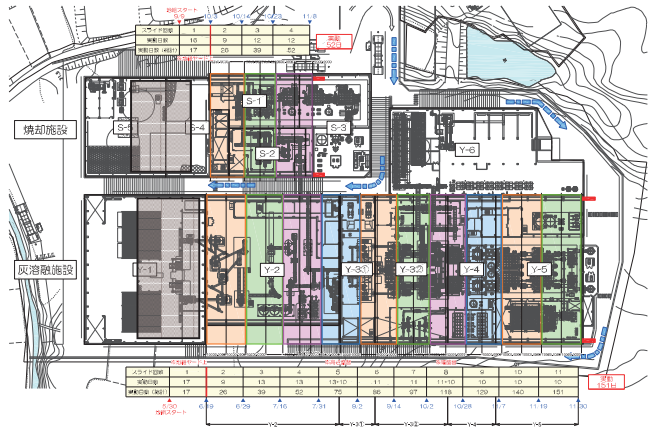


図10 スライド工程概略図

3.3 建方手順およびジャッキダウン手法

門型フレームの建方手順を図11～14に示す。建屋鉄骨は枠組足場による地組ステージ（写真4）にて柱および梁トラスの建方を行った後、フレームのジャッキダウン及び本締めを行う。本工事では建屋をフレームごとスライドさせるため、ジャッキダウン後に柱脚に大きな水平力が生じ、レール上でそれを処理するには、一般的なスライド架構より過大な装置が必要になってしまう。そこで屋根トラスと柱の取合部の上弦側をピン機構とし、下弦材のボルト接合

をジャッキダウン後本締めすることで、ジャッキダウン時のフレームを4ピン架構とする。これにより柱に曲げモーメントが作用しない状態をつくり、柱脚の水平力低減を図った。ただし建方時とジャッキダウン時は、不安定な架構とならないように柱トラスから地組ステージへ水平繋ぎをとり固定している。ジャッキダウンは地組ステージ上で油圧ジャッキを用いて行い、ジャッキダウン完了後、下弦ルーズ取合い部を本締めた。この時の建屋フレームはラーメン架構となり、地組ステージとの水平繋ぎを外しスライド工事へと移行する。

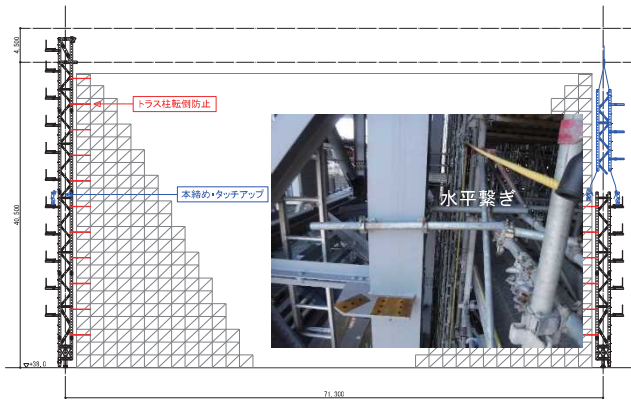


図 11 柱トラス建方時

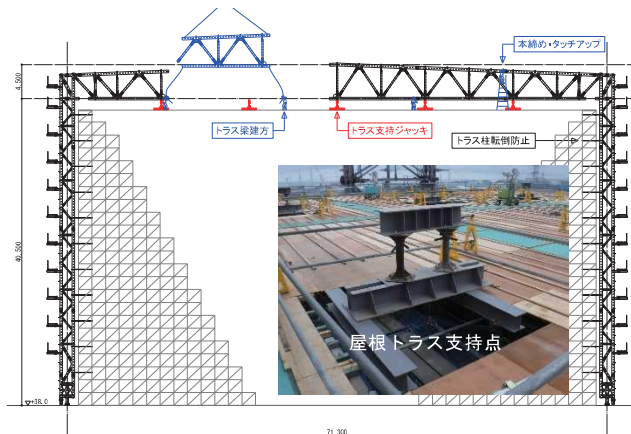


図 12 屋根トラス建方時

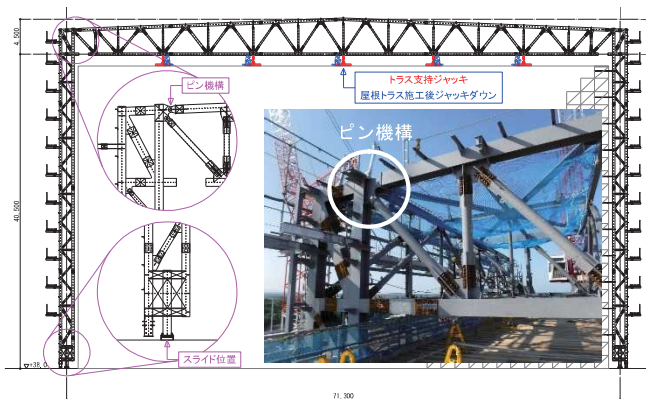


図 13 ジャッキダウン時 (4ピン架構)

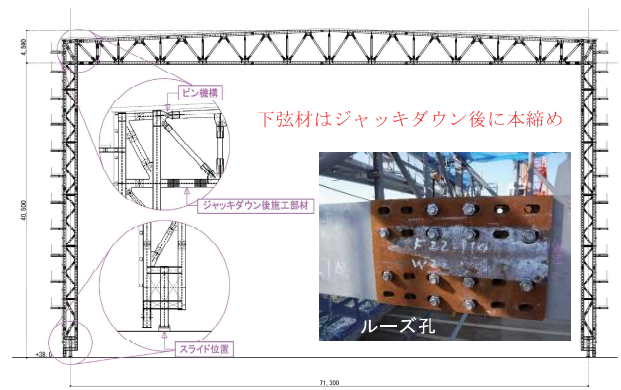


図 14 スライド時 (ラーメン架構)



写真 4 地組ステージ

3.4 スライド機構

本工法のスライド装置は油圧ジャッキとステップバー（写真5）から構成されており、油圧ジャッキがステップバーと接続し、尺取り虫動作により移動を行う。焼却施設では、図 15 に示すようにスライド到達点にジャッキアンカー（反力点）を設け、そこに油圧ジャッキを設置し、ステップバーを建屋鉄骨まで伸ばし固定することで、ステップバーと共に建屋を移動させる機構となっている。

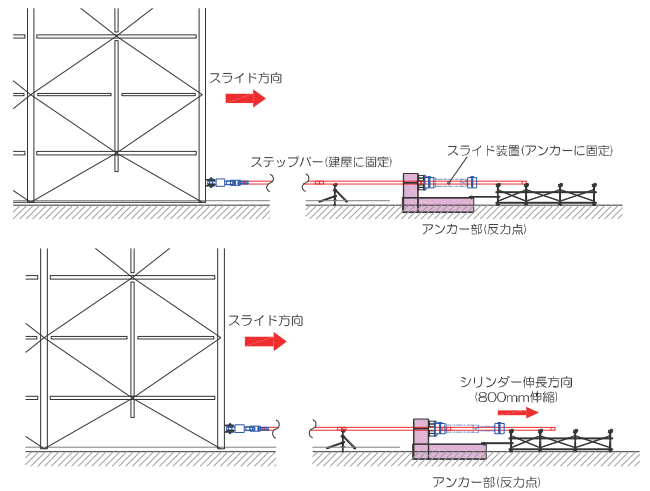


図 15 焼却施設のスライド機構



写真5 ステップバー

一方、灰処理施設では、建方前方のスペースが確保できなかったため、図16に示すように油圧ジャッキ（写真6）を建屋鉄骨内に固定し、ジャッキアンカーからステップバーを建屋鉄骨内の油圧ジャッキまで伸ばし接続することで、油圧ジャッキと共に建屋を移動させた。

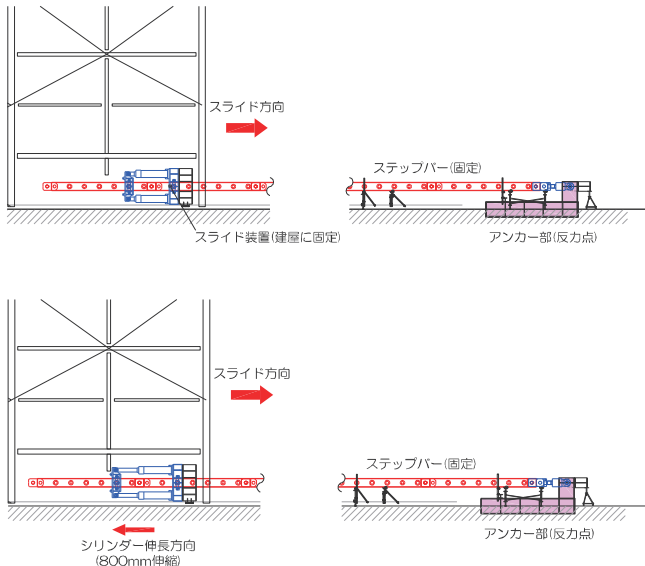


図16 灰処理施設のスライド機構



写真6 油圧ジャッキ建屋内設置状況

スライドの滑り機構は、スライド用仮設柱脚の底面および側面に摩擦係数軽減材としてMCナイロン（写真7）を取付け、スライドレール表面にはフッ素樹脂塗料を施した。これにより摩擦係数は0.05～0.12程度となった。



写真7 MCナイロン

3.5 スライド完了後

3.5.1 スライド完了時の柱脚固定

スライド完了後の柱脚固定は、通常のスライド工法のように建屋をジャッキダウンさせアンカーボルトと固定する方法が重量的に困難であるため、根巻コンクリートによる固定方法を採用した。スライドに用いた仮設柱脚は、根巻コンクリートの強度確認後に切断・撤去した。スライド時の柱脚部を写真7、スライド完了後の柱脚部を写真8に示す。



写真7 柱脚部（スライド時）



写真8 柱脚部（スライド完了時）

4. 歩廊鉄骨

スライド工法に伴い外壁施工のための外部足場は、建屋が移動していくため鉄骨から控えを取ることができず、自立型の昇降式足場の設置も敷地状況的に困難であった。そこで外部に歩廊鉄骨を設け、本体鉄骨と一緒にスライドさせていく計画とした。工事完了後はメンテナンス用の点検歩廊として本設利用する。歩廊鉄骨の形状はコスト圧縮と施工性向上を図るため鉄骨階段の踊場形状とし、歩廊上の立馬による作業を考慮して、床幅1,200mm、取付高さを3,600mmピッチとした(写真10)。また、内部の耐力壁にもプラント機器と外壁施工用足場の干渉を避け、同時施工ができるように歩廊鉄骨を採用した(写真11)。歩廊鉄骨を設けることで、スライドサイクルに影響されずに施工できるため、外装工の平準化が図れた。また、通常の足場に比べ作業性が向上したため、施工精度が上がり、竣工後も外壁のメンテナンスが容易にできる。



写真10 歩廊上での外壁施工状況



写真11 内部耐力壁歩廊鉄骨設置状況

5. スライド全景写真

スライド全景写真を時系列で写真12に示す。



写真12 スライド全景写真

6. おわりに

本報告では、大型減容化施設における門型フレームのスライド工法に関して、特徴的な施工技術を中心に紹介した。門型フレームによるスライド工法事例は非常に少ないため、本報告が今後の類似物件計画の参考となれば幸いである。

最後に、非常に厳しい短工期の中で、無事に竣工させることができました。工事に関係された皆様に厚く御礼申し上げます。