

PCLNG 貯槽基礎版構築における CIM を活用した効率的な施工

Based on the CIM, construction of efficient the prestressed concrete LNG storage tank base slab.

北海道電力(株)

(株)大林組

正員 服部直 (Tadashi Hattori)

正員 関口雄介 (Yusuke Sekiguchi)

○正員 伊藤寛弥 (Hiroya Ito)

正員 山口裕和 (Hirokazu Yamaguchi)

1. はじめに

北海道電力(株)では、既設の火力発電所の経年化に対応するとともに燃料種の多様化を図るため、石狩湾新港に総出力約 171 万 kW (約 57 万 kW×3 機)の液化天然ガス(以下、LNG という。)を燃料とする火力発電所の建設を行っている。その発電用燃料設備として、石狩 LNG 基地に国内最大級の容量 23 万 kl となる PCLNG 地上式貯槽 2 基(以下、No.3 貯槽および No.4 貯槽という。)を建設中である(図-1)。

-162℃の液体である LNG を貯蔵する No.4 貯槽は、内槽内径 86.0m、高さ 59.7m からなる大型の構造物である(図-2)。その構造は、LNG を貯蔵する内槽、冷熱を保持する保冷材、気密を保持する外槽、および基礎地盤の凍結を防止するヒーターからなる機械構造と、内槽からの万一の LNG 漏液に備え液圧・冷熱に対する耐荷・液密性能を有する防液堤、貯槽全体の荷重を支える基礎版、基礎杭からなる土木構造との複合構造物である。

本稿では短期間施工を要求された No.4 貯槽の基礎版構築において CIM を活用した施工について報告を行う。

2. 基礎版工事の概要

土木工事は機械工事に先行し、平成 28 年 4 月から SCP 工法による地盤改良、同年 6 月より杭打設を行い、冬季休工前に掘削、均しコンクリート打設を実施した。

当該地点は冬期間、日本海側特有の強い風雪となる日が続き、土木工事の施工が困難となる。そのため、11 月下旬から翌年の 2 月下旬までの約 4 ヶ月の期間を冬季休工とし、冬季休工後の平成 29 年 3 月から杭頭補強を含む基礎版の構築を開始した。

No.4 貯槽の基礎版外径は 91.9m、厚さが中央部 1.2m、外周部 1.8m である。No.4 貯槽の基礎版は、寒冷地のため冬季の低い外気温により防液堤下端に発生する温度応力が大きく、温暖な本州で施工される同規模の貯槽より鉄筋量、PC 鋼より線が多い設計となる。

基礎版外周部においては、鉄筋に加え、鉛直および円周 PC シース、機械工事として内槽と基礎版を一体化させるための機械埋込金物(アンカストラップ)が配置される。あわせて、基礎版下の地盤の凍結防止を目的としたヒーター管(SECT 管)、温度計保護管等が躯体内に近接して配置されることから、外周部は中央部ならびに一般の土木構造物との比較においても特に過密な配置となる(表-1)。

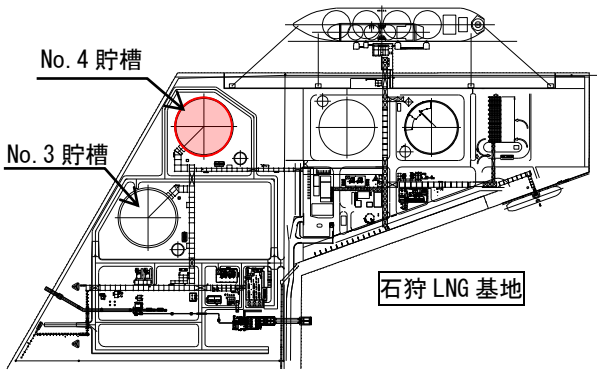


図-1 No. 4 貯槽位置図

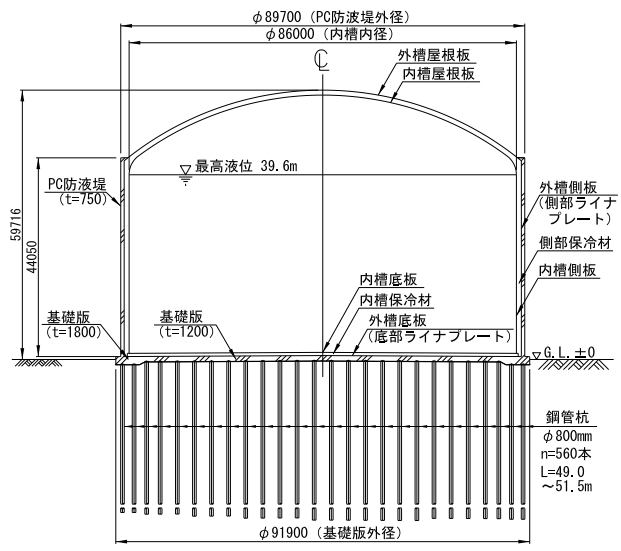


図-2 No. 4 貯槽構造図

表-1 基礎版主要工事数量

項目	数量
コンクリート (杭頭部含む)	約 9,200m ³
鉄筋	約 1,300ton
PC 鋼より線 (鉛直 PC シース 外径 101.6mm)	240 本 (総延長 約 820m)
PC 鋼より線 (円周 PC シース 外径 123.0mm)	32 本 (総延長 約 4,800m)
機械埋込金物 (アンカストラップ)	240 個
ヒーター管 (SECT 管) , 温度計保護管	約 9,000m

3. 施工手順

基礎版構築の施工フローを図-3 に示す。施工は基礎版を 90°ごとにそれぞれ外周部と中央部とに分けた 8 つのエリア単位で行い、設置される部材の多い外周部から先行し、外周部 A⇒外周部 B・・・中央部 C⇒中央部 D の順に構築を行う。施工範囲割付け図を図-4 に示す。

4. 施工における課題

(1) 短期間施工

通常、同規模のタンクを施工する場合、基礎版構築の期間は 3.5 か月から 4 か月程度を要する。本工事では、LNG 基地全体の工程に基づきタンク稼働時期が設定されており、後工程である機械工事に対する引き渡し時期が予め確定している。その中で、冬季休工により施工可能な期間が限られること、ならびに基礎版のコンクリート量は 9,200m³ と大量であり、プラントや材料メーカーなど石狩近隣のみでなく広範囲な調整を要することから、天候を除く要因による打設日の延期が不可であることがそれぞれ条件としてあり、結果として基礎版の構築を 2.5 か月で行う必要があった。

(2) 施工精度の確保

高い据付精度が要求される部材が PC シース、アンカーストラップ、SECT 管など多品目あり、かつ外周部の狭い範囲に据付架台や架設部材を含め多品目が大量に配置される(図-5)。高い据付精度の一例として、アンカーストラップに要求される据付精度を表-2 に示す。同様の精度が PC シース等にも求められる。よって、据付架台も含めて個々の干渉を全て回避し、かつ所定の工程内で精度の高い設置を行う必要があった。

表-2 アンカーストラップ据付精度

項目	許容値
据付半径	0～30mm
周方向位置	±10mm
据付ピッチ	±4mm
鉛直度	±4mm
ねじれ	5mm 以内
据付高さ	±8mm

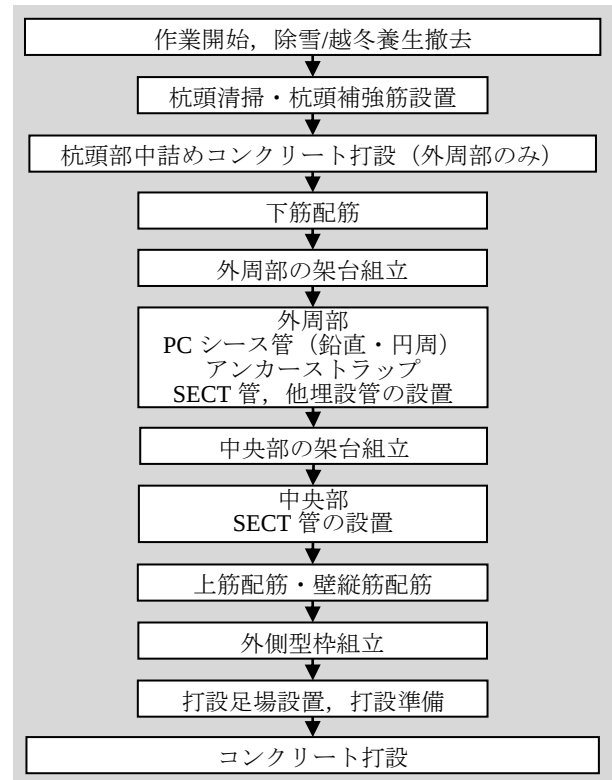


図-3 施工フロー図

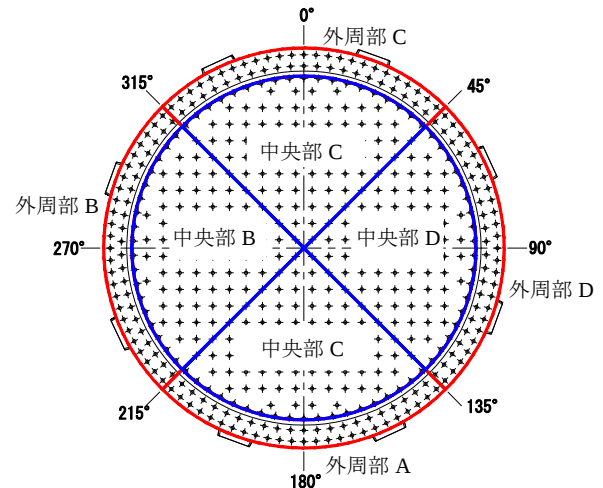


図-4 施工範囲割付け図

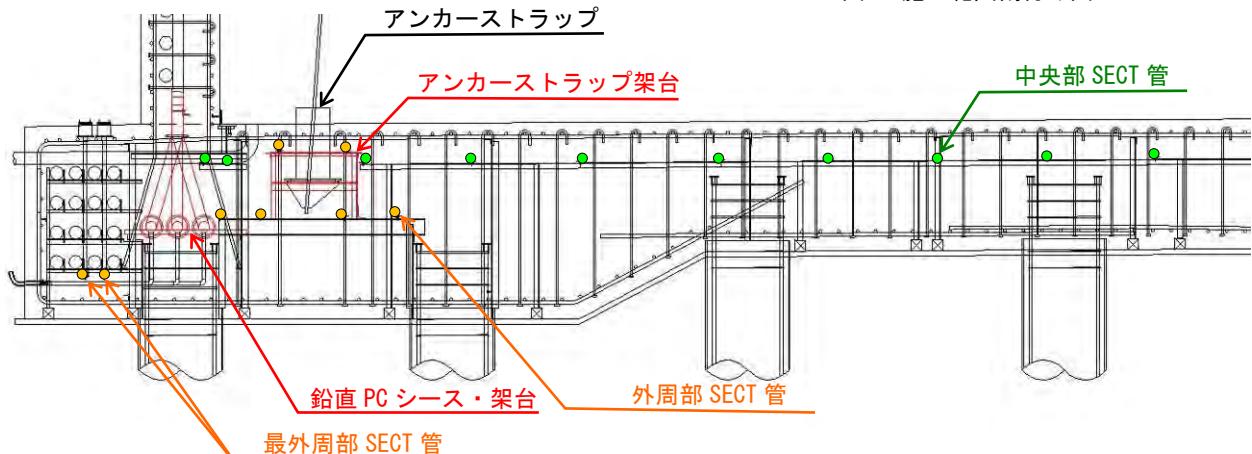


図-5 基礎版断面詳細図

5. 課題を解決した方策

前述した基礎版躯体構築に際しての課題である短期間施工および施工精度、品質確保を満足するため、本工事では CIM の活用、ユニット化、および機械式定着の活用による生産性、品質向上策を実施した。

(1) CIM の活用

CIM とは、Construction Information Modeling/Management の略称であり、複雑化した構造物に対し、3次元モデリングによる可視化を図ることで、設計や施工段階において業務を効率化するものである(図-6)。特に今回の構造物のように2次元の図面では表現が難しい曲線を有する部材が多数配置される場合には、特にその効果大きい。

基礎版躯体構築にあたっては設計の段階から CIM を適用し、鉄筋、PC シース、埋設金物など本設構造物の干渉回避、不具合の把握、修正に活用した。本設構造物が確定した後に、架台などの架設物の情報を追加し、再度干渉の回避、施工手順の確認を行った。

三次元モデル化したデータは部材ごとに画層を持ち、個別に表示/非表示が可能であり、完成形のみでなく施工ステップを追った確認が可能である。手順によっては鋼材や鉄筋が干渉してしまう場合もあり、シミュレーションを通して施工計画、測量計画を照査したことにより、作業中の手戻りが減り、施工性や品質、および安全性が向上した。

CIM データは、発注者、設計者、および施工者の間で同じ情報を共有することが可能であり、情報が標準化されることにより施工計画などの合意形成を助ける面もあった。

本工事で CIM を活用した結果、過密配置となる基礎版外周部における設置位置の干渉を事前に確認、回避し、各施工プロセスを円滑に進めることを可能とした。

(2) ユニット化

CIM の活用により各部材の干渉は回避されたが、一部においては部材が輻輳する箇所があった。特に、鉛直 PC シース下端の U 字部では隣り合った PC シース鋼管 3 本が 3 次元的に交差する複雑な配置となり、各々を単体で設置した場合、施工精度を確保しつつ所定の工程内で設置することは困難であった。そこで、鉛直 PC シースを複数本取りまとめ、架台を含めたユニットを予め工場で製作し、現地作業はユニットの据え付けのみとした(写真-1、写真-2)。

ユニット化により得られるメリットは、ユニット単体での精度が格段に向上すること、および施工速度が格段に早まることが挙げられる。工場製作の精度は「建築工事標準仕様書 JASS 6 鉄骨工事ならびに関連指針」を参考に設定した。ユニット化された部材は輸送の関係から 5 本ずつ 48 ユニットとした。測量作業の量は、単体で据付ける場合と比較した場合に 1/5 以下へと低減され、干渉の回避、調整や手戻りなど工程が遅延する要素が大幅に削減されたことにより、約 2 週間の工程短縮を実現した。

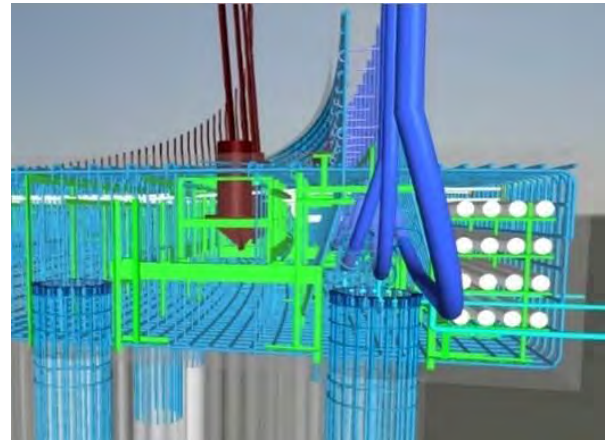


図-6 CIMによる作図



写真-1 ユニット化された PC シースおよび架



写真-2 PC シースおよび架台設置状況



写真-3 アンカーストラップ架台

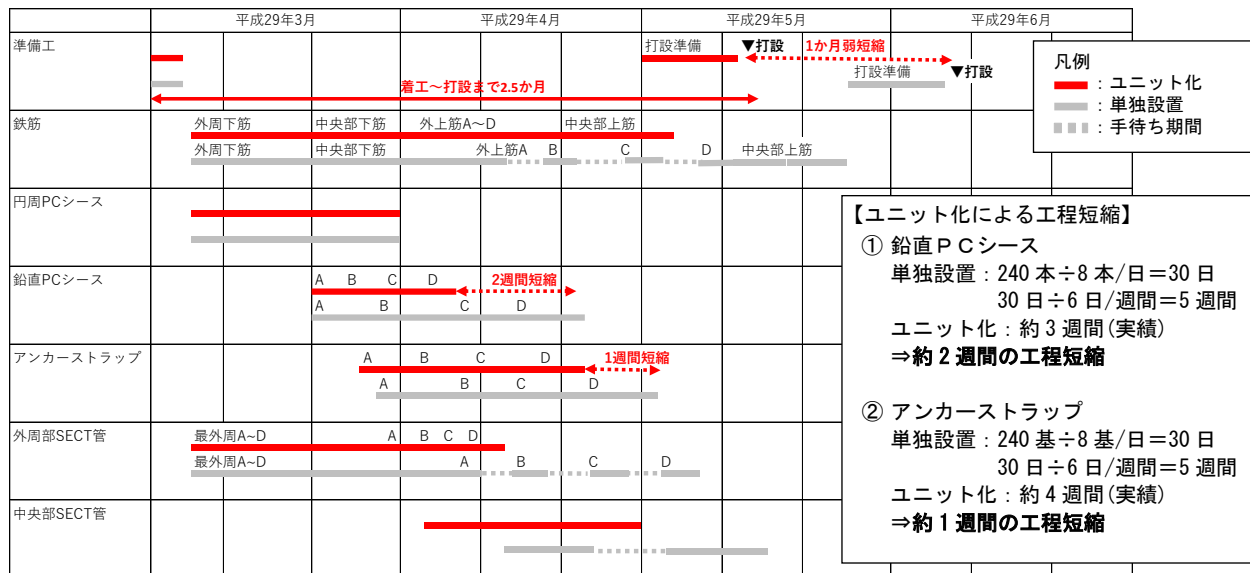


図-7 基礎版工事工程

ユニット化はアンカーストラップ架台にも適用し、別途、約1週間の工期短縮を図ることを可能とした（写真-3、写真-4）。

図-7 に基礎版工事工程を示す。ユニット化によって、鉛直 PC シース、アンカーストラップ設置後に順次施工される外周部 SECT 管および上筋の設置を手待ち期間がなく施工することを可能とした。

(3) 機械式定着の活用

杭頭補強筋は約 11,000 箇所、せん断補強鉄筋は約 43,000 本あり、標準フックによる定着によって施工した場合、1 本ごとの施工手間の増加はわずかであっても、全てを合計した場合に大幅な工数増となり、工程遅延へのリスクが増大することとなる。そこで、生産性向上の観点から、杭頭補強筋およびせん断補強筋の定着部については機械式定着を積極的に採用することとした（写真-5、写真-6）。

6. おわりに

本工事では、冬季休工および後工程の機械工事に対する引渡しの制約により、短工期かつ難易度の高い施工精度を要求されたが、①CIM の活用②ユニット化③機械式定着の活用により、鉄筋構築開始からコンクリート打設までの期間 2.5 ヶ月の短工期にて要求性能を満たす施工を可能とした。

今回活用した CIM は、3 次元のモデル化を行うのみではなく、各部材に対して材料や仕様、準拠基準、検査における許容値・出来型などの属性情報を付与することが可能である。施工時の情報を付加することにより、より効率的な維持管理が期待されることから、今後建設される構造物に対して積極的な活用を図っていきたい。

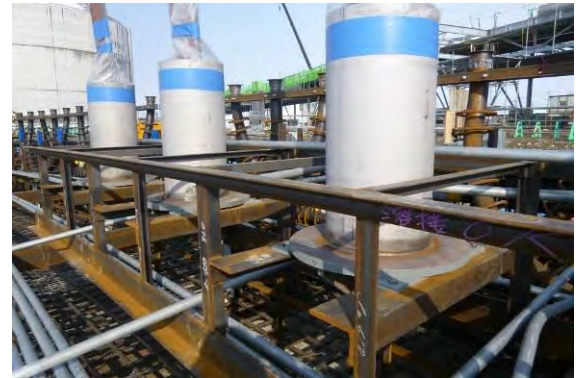


写真-4 アンカーストラップ設置状況



写真-5 せん断補強筋（機械式定着）



写真-6 杭頭補強筋（機械式定着）