

PCLNG 貯槽基礎版コンクリート打設における施工管理

Concrete casting construction management of the PCLNG storage tank base slab.

北海道電力(株) ○ 正 員 関口雄介 (Yusuke Sekiguchi)
正 員 服部 直 (Tadashi Hattori)
(株)大林組 正 員 柳瀬大輔 (Daisuke Yanase)
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、石狩湾新港に液化天然ガス(以下「LNG」という。)を燃料とするコンバインドサイクル発電方式を採用した総出力約171万kW(約57万kW×3機)の石狩湾新港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の大型構造物である(図-2)。

本稿では、平成29年5月13日から翌日5月14日にかけて一括打設を行ったNo.4貯槽基礎版(コンクリート量:約9,200m³、旭川市内での1ヶ月の平均打設量に匹敵)の施工管理について報告を行う。

2. 基礎版の概要

基礎版は、各荷重を支持する重要な構造物であり、その形状は直径91.9m、厚さが中央部1.2m、外周部1.8m、約9,200m³のコンクリート量を有する(図-3)。

基礎版コンクリートの仕様を表-1に示す。コンクリートの配合では、セメントの30%をフライアッシュ(ほくでんフライアッシュ、苫東厚真発電所4号機産JISⅡ種適合品)で置換し、有効活用している。

表-1 基礎版コンクリート仕様

項 目		仕 様
設計基準強度		30N/mm ²
セメント※	プレミックス	フライアッシュC種
	混和材	普通ポルトランドセメント +フライアッシュ
強度を保証する材齢		91日
フレッシュ	スランプ	18.0±2.5cm
性状	空気量	5.0±1.5%
塩化物イオン量		0.30kg/m ³ 以下

※ プラントによりフライアッシュの混合方式が異なる

基礎版コンクリートの施工方法には、外周部と中央部に分割施工する方法と、一括施工する方法がある。基礎版および防液堤の施工順序に関わる各検討項目を比較した結果、機械工事引き渡しまでの工期で有利であり、かつ基礎版上面を施工ヤードとして一定期間使用できる点

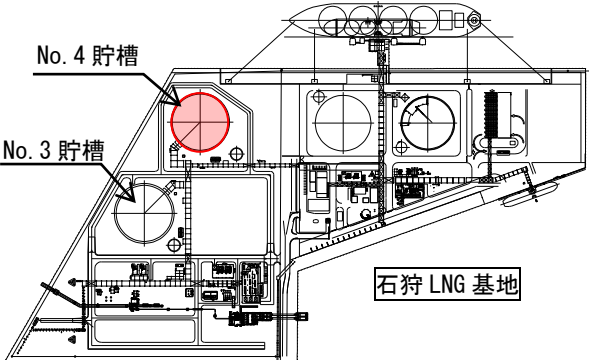


図-1 No. 4貯槽位置図

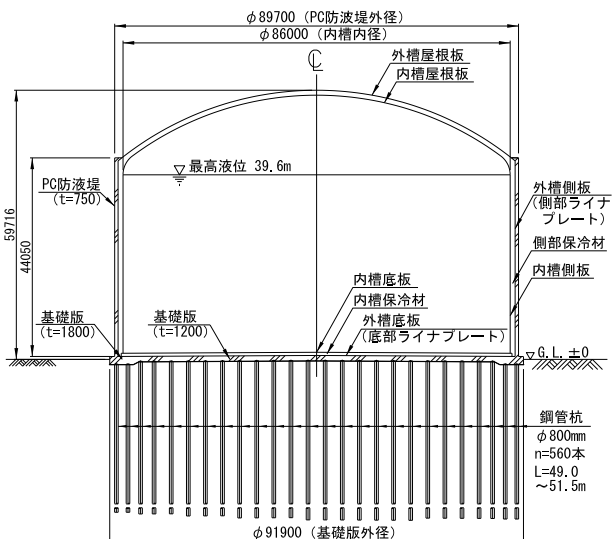


図-2 No. 4貯槽構造図

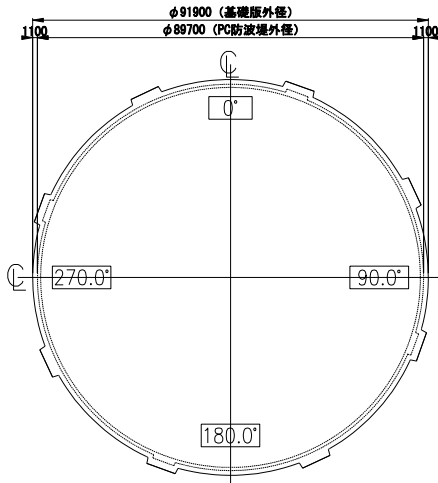


図-3 基礎版平面図

を考慮して、本工事においては一括打設を採用した。

3. 施工管理

(1)生コンクリートの供給計画

a. 生コンクリートの供給体制

生コンクリートを供給するプラントは、石狩市および隣接する札幌市からフレッシュ性状や出荷能力など所定の要件を満たす6社を選定した（表-2）。各プラントのフライアッシュの混合方法は、フライアッシュ専用のサイロのないプラントはプレミックスセメントを使用し、一方、専用サイロを有するプラントでは混和材として30%のフライアッシュを混合する計画とした。

プラントごとの計画出荷量は、万が一プラントが故障し供給が困難となった場合においても、残されたプラントの出荷量を増やすことにより、全体の計画打設量が確保できるよう、出荷能力の80%を上限として設定した。

b. プレミックスセメントの供給体制

プレミックスセメントは室蘭のセメント工場で製造、出荷される。いずれのプラントも事前に使用予定の全数量をサイロにストックできないため、不足分を打設当日に20t積み運搬車により適時運搬する計画とした。室蘭のセメント工場からプラントへの運搬時間は往復で最大10時間を要し、交通事情により運搬遅延もしくは不可となる事態が懸念された。このため、当日運搬を要する1,450tonのうち、6割に当たる870tonについては、札幌にある既設のサイロ（2基）を事前貯蔵の中継地点として利用し、また240tonについては運搬車に積載した状態でプラント内にて待機させることで、当日の運搬量を340tonまで大幅に縮減し、プレミックスセメントの供給体制を万全とした。

c. フライアッシュの供給体制

苫東厚真発電所4号機において発生したフライアッシュ（JISⅡ種適合品）は、苫小牧のサイロから全道に出荷される。苫小牧のサイロからプラントへの運搬時間は往復で最大4時間であり、当日の運搬量は320ton（運搬車延べ16台分）であることから、プレミックスセメントの運搬より運搬遅延や不可となる恐れは少ないと判断し、運搬車の台数に余裕を持つことでプラントへの供給を確実にする体制とした。

(2)コンクリートの打設計画

a. 打設体制

効率的な施工を考慮し、コンクリート打設班は10班とし、範囲は扇形に36°ずつ10分割とした（図-4）。作業員は昼夜2交代制としており、各班にポンプ車を1台配置し、1班の人員編成を昼夜とも打設指揮者1名、職長を含む打設作業員8名、左官工6名、圧送工2名の各17人体制とした。また打設班とは別に鉄筋工、型枠工（夜番のみ）、鍛冶工、電工、雑工および交通誘導員を配置し、バキューム車3台、クレーン3台、および予備のポンプ車を2台待機させ、総勢400人体制とすることで、約9,200m³のコンクリート打設を確実にする計画とした。

b. 打設方法

打設方法は図-5のように行い、打設範囲についてはポンプ車の配置に合わせて均等な形状の扇形とし、打設方向については中央部から外周部へ俵状に打重ねを行う計画とした。

打重ね時間は、後述する現場試験結果に基づき2.5時間以内とした。打設ブロックは打重ね時間間隔に基づく打設量により定め、高さ方向を中央部3層、外周部5層、半径方向を16ブロックに分割する計画とした。

打設は、コンクリートが1.5m以上の高さから自由落下しないように筒先が鉄筋内に挿入できる場所を選定し、円周方向に約3m間隔で上側鉄筋に明示した。各層の打込高さの目標とする部材、ならびに締固め時のポイントになる箇所のうち特に過密配置となる外周部については、打設指揮者および打設作業員に対して事前に現地での勉強会を実施することで、十分な周知徹底を図った。

c. 配車体制

基礎版工事では延べ2,300台ものミキサー車が常時約30秒に1台の間隔で搬入されることから、ミキサー車を各ポンプ車へ効率良く配車する必要があった。

検収所は、打設量および各班の打重ね時間の管理を行い、各プラントへの出荷量の指示、ならびに各ミキサー車に行先となるポンプ車を指示する司令塔となる。

各ポンプ車へのミキサー車の配車状況は、ミキサー車運行管理システムを活用した。このシステムではGPSを各ミキサーに搭載し、各班の総打設数量および各車両

表-2 生コンクリート供給計画

プラ ント	所在地	セメント※	運搬 距離 (km)	運搬 時間 (分)	生コン車 使用台数 (台)	供給 比率 (%)	数量 (m ³)	出荷 能力 (m ³ /h)	計画 出荷量 (m ³ /h)	フライアッシュ使用量 (ton)					
										前日運搬		当日運搬		計	
										FA	FC	FA	FC	FA	FC
A社	石狩	N+FA(30)	3	5	30	21.7	1,996	150	120	125	—	100	—	225	—
B社	石狩	FC	6	10	25	20.9	1,920	150	120	—	80	—	578	—	658
C社	札幌	FC	11	20	40	18.7	1,720	120	96	—	80	—	524	—	604
D社	札幌	FC	16	25	30	11.4	1,048	150	80	—	80	—	348	—	428
E社	札幌	N+FA(30)	17	40	45	16.0	1,472	150	92	25	—	140	—	165	—
F社	札幌	N+FA(30)	21	45	45	11.3	1,040	150	84	55	—	80	—	135	—
計	—	—	—	—	215	100	9,196	—	—	205	240	320	1,450	525	1,690
フライアッシュ合計														2,215	

※ N:普通ポルトランドセメント, FA(30):フライアッシュ 30%置換, FC:フライアッシュ C種セメント（プレミックス）

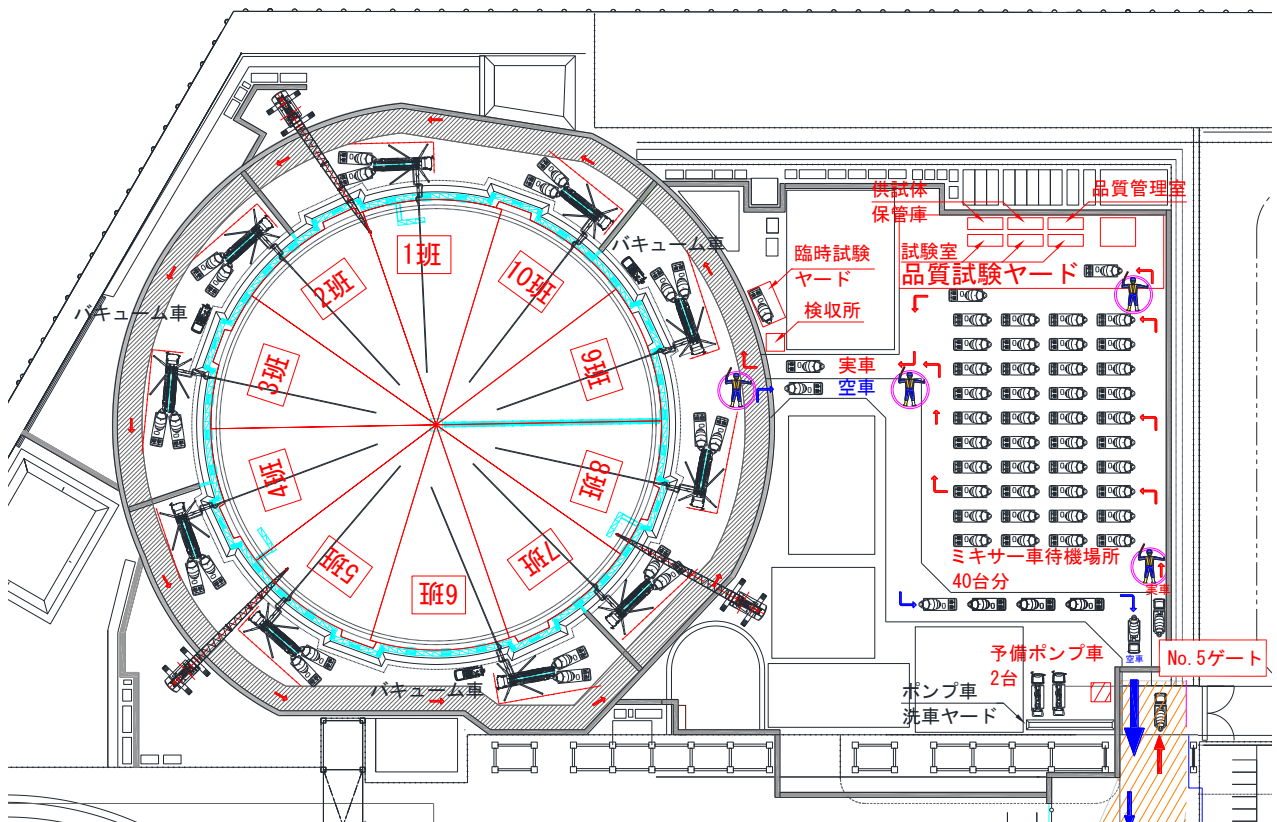


図-4 ヤード計画図

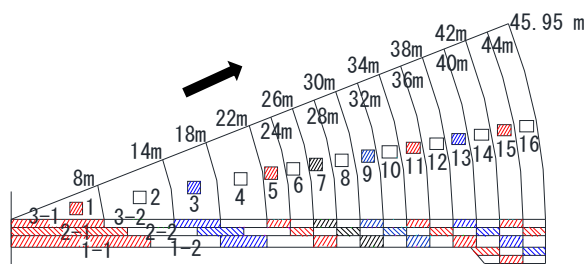


図-5 打設計画図



写真-1 ミキサー車運行管理システム

の位置情報がリアルタイムに把握できる（写真-1）。

出荷速度が打設速度を上回った場合、打設待ちのミキサー車が発生するため、一般道に影響がないようにヤード内に最大 40 台のミキサー車待機場所を確保した。また、現場までの距離が長いプラントのミキサー車は練混ぜから打込みまでの時間に余裕が少ないため、待機場所に留まらないよう品質管理者が適時巡回し必要に応じて順番を繰り上げる計画とした。

(3)コンクリートの品質計画

コンクリートの配合は全プラントで室内試験を実施し、所定の強度、ワーカビリティ、耐久性および温度ひび割れの観点から性能を満たす配合を設定した。

打設日の受入試験はプラントごとに 150m^3 に 1 回の頻度で行い、不合格の場合にはその後の 3 台を連続で追加試験し、性状に異常があると判断された場合には直ちに荷卸しを中止し出荷済み車両全車両の品質確認を行うこととした。

不測の事態により打設が中断した場合、練上がりから打ち終わりまでの時間限度、および打重ね時間間隔の限度を超える恐れがある。そのため実機試験を行い、所定の性状が確保される時間限度を予め確認した。

打重ね時間はプロクター貫入試験による凝結始発時間の確認により行い、コールドジョイントを発生させるプロクター貫入抵抗値を $0.1/\text{mm}^2$ として確認を行った。同時に簡易に試験可能な N 式貫入試験を並行して行いプロクター貫入試験との相関を確認することで、打設箇所で打重ねの可否判断が行うことができるようにした。

試験の結果、練混ぜから打ち終わりまでの許容時間については、2 時間 20 分後まで確保でき、コンクリート標準示方書（以下、コ示という。）に示される許容時間である 2 時間を満足していることを確認した。また、打重ね時間間隔の限度については、練り上がりから 4 時間 30 分後までとなり、コ示に示される練混ぜから打ち終わりまでの許容時間である 2 時間を控除し、打ち終わり

から 2 時間 30 分後までが許容打重ね時間として確保できることを確認した。

なお、プロクター貫入抵抗値に対応する N 式貫入試験での打重ね可能な貫入量は 11cm 以上であった。

スランプロスしたコンクリートに対する流動化剤の後添加による再流動化についても確認を行い、添加直後のフレッシュ性状が回復できることを確認した上で、打込み時間を超過した場合の対策の一つとした。

4. 打設実績

打設状況を写真-2～写真-4 に、打設実績を図-6 にそれぞれ示す。打設は 5 月 13 日午前 7 時に開始し、約 22.5 時間をかけて翌日 5 月 14 日午前 5 時 30 分に終了した。全プラントでトラブルなく、1 時間当り打設量は計画最大 480m³ に対して実績では最大 548m³ に達し、ほぼ計画通りに打設を完了した。

品質管理は、6 プラントで全 58 回の受入試験を実施し、フレッシュ性状のばらつきも少なく全試験合格の結果であった。また、打重ね時間についても、計画打設量を上回る速度で打設を終えたため、全ての打設ブロックにおいて、許容打重ね時間内に打設することができた。

5. おわりに

大量コンクリート打設に際して、材料の供給計画、打設計画、および品質管理計画を適切に行い、事前にリスクを洗い出し予め対策を講じることにより、無事にコンクリートの打設を終えることができた。

基礎版工事では、約 2,200ton のフライアッシュを活用し、フライアッシュ置換セメントの有効性を確認できた。今後も環境負荷低減の観点から積極的にフライアッシュの適用拡大を図っていきたい。



写真-2 打設状況 (13日 15時)



写真-3 打設状況 (14日 4時)



写真-4 打設完了 (14日 5時 30分)

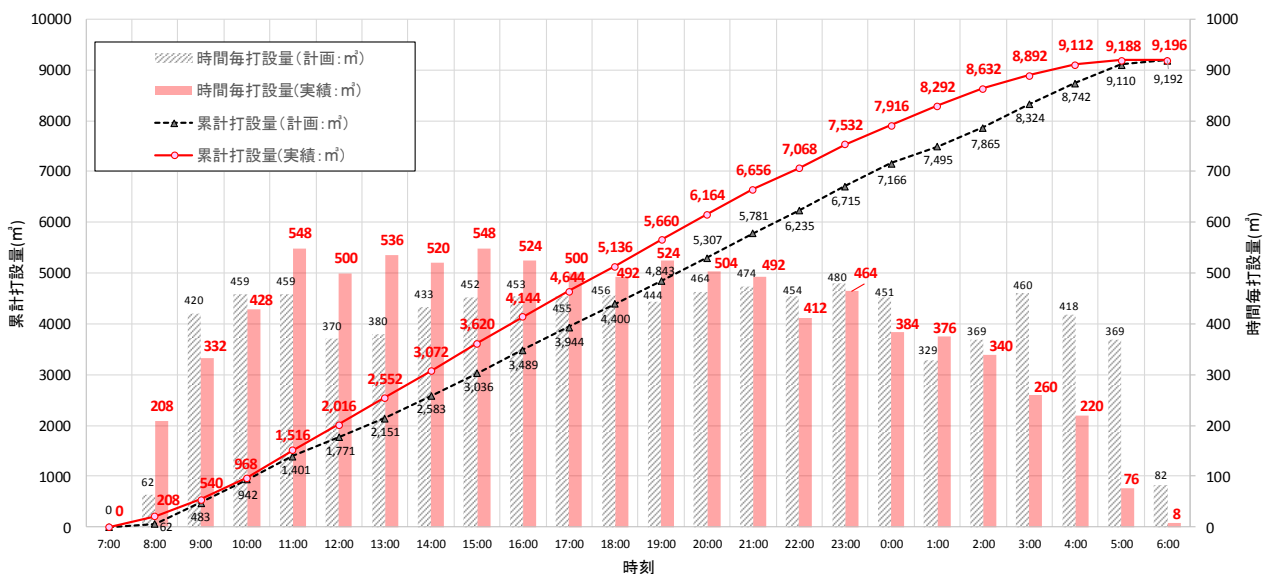


図-6 打設実績図