

③ 圏央道
圏央道は、都心から半径約40〜60kmの3環状の一番外側に位置する延長約300kmの環状道路で、横浜、厚木、八王子、川越、つくば、成田、木更津などの都市を連絡し、放射状に延びる各高速道路、東京湾アクアラインなどと一体となって首都圏の広域的

② 外環道
外環道は、都心から半径約15kmの中央環状と圏央道の間位置する延長約85kmの環状道路で、都心からの放射道路を相互に連絡し、都心方向に集中する交通を分散するとともに都心の通過交通をバイパスさせ、都心の渋滞緩和や環境改善を図ることが期待されています。

① 中央環状線
これまでに、約34kmが開通し、現在、三郷南ICから高谷JCT（仮称）までの約15kmの開通を目指し工事推進中です。また、東名JCT（仮称）から大泉JCTまでの約16kmの区間については、約40年にわたって計画が実質的に凍結されてきましたが、平成19年度に高架構造から大深度地下構造へ都市計画が変更され、平成21年度に事業化し、平成24年度には現地着工したところです。

な幹線道路網を形成し、首都圏全体の道路交通の円滑化、沿線の物流拠点などによる経済活動の活性化を図るほか、都心に集中する業務機能の分散化を図ることが期待されています。

現在までに全体の約6割にあたる約180kmが開通しており、今年6月には東名高速と中央道・関越道までの高速ネットワーク化が図られ、更には平成27年度頃までには、東北道常磐道などの主要な高速道路間が接続される予定です。

② 圏央道（八王子JCT〜あきる野IC）
平成22年3月の中央環状線大橋JCTから西新宿JCTまでの開通により、都心環状線三宅坂JCTから代官町ICまでの交通量が、開通前（平成20年4〜6月）と開通後（平成22年4〜6月）では約2割減少し、また、都心環状線全体の渋滞長は約3割（渋滞長：3.8km↓2.8km）減少しました。

③ 圏央道千葉区間（東金JCT〜木更津東IC）
平成25年4月に開通した千葉区間

八王子JCTからあきる野ICまでの開通により、既に開通済みの区間と合わせ、中央道、関越道が圏央道により連結されました。圏央道八王子JCT〜八王子西ICの断面平均交通量（約21700台/日）のうち、圏央道の区間を介して中央道と関越道を連続して利用する交通量（約9200台/日）が約4割を占めており、複数の放射方向の高速道路を連絡する環状道路としての利用がなされています（図1-2）。

① 更なる東京都心の交通混雑の緩和
東京都心（千代田区、中央区、港区）の平均旅行速度は全国平均の半分以下、時速16km（平成21年度）となっています。3環状が完成しますと、通過交通の都心部への流入の抑制、郊外から都心部への交通の分散導入などの機

② 今後期待される整備効果
① 更なる東京都心の交通混雑の緩和
東京都心（千代田区、中央区、港区）の平均旅行速度は全国平均の半分以下、時速16km（平成21年度）となっています。3環状が完成しますと、通過交通の都心部への流入の抑制、郊外から都心部への交通の分散導入などの機

③ 圏央道千葉区間（東金JCT〜木更津東IC）
平成25年4月に開通した千葉区間

八王子JCTからあきる野ICまでの開通により、既に開通済みの区間と合わせ、中央道、関越道が圏央道により連結されました。圏央道八王子JCT〜八王子西ICの断面平均交通量（約21700台/日）のうち、圏央道の区間を介して中央道と関越道を連続して利用する交通量（約9200台/日）が約4割を占めており、複数の放射方向の高速道路を連絡する環状道路としての利用がなされています（図1-2）。

① 更なる東京都心の交通混雑の緩和
東京都心（千代田区、中央区、港区）の平均旅行速度は全国平均の半分以下、時速16km（平成21年度）となっています。3環状が完成しますと、通過交通の都心部への流入の抑制、郊外から都心部への交通の分散導入などの機

② 今後期待される整備効果
① 更なる東京都心の交通混雑の緩和
東京都心（千代田区、中央区、港区）の平均旅行速度は全国平均の半分以下、時速16km（平成21年度）となっています。3環状が完成しますと、通過交通の都心部への流入の抑制、郊外から都心部への交通の分散導入などの機

#003 明日を築くプロジェクトの風景

首都圏3環状道路の整備効果と開通を迎える圏央道（相模原愛川IC〜高尾山IC）のPC技術

国土交通省 関東地方整備局 道路部長



後藤 貞二

* ※1の区間の開通時期については土地収用法に基づく手続きによる用地取得等が速やかに完了する場合
* 開通目標は2014年4月25日時点です



図1 首都圏3環状道路の開通目標

1. 背景

首都圏3環状道路（3環状）は、東京都心を囲む首都高速中央環状線（中央環状線）、東京外かく環状道路（外環道）、首都圏中央連絡自動車道（圏央道）の3路線の環状道路で構成されます（図1-1）。

首都圏の道路交通の骨格として、東名高速、中央道、関越道、東北道など放射方向の高速道路が整備される一方、環状方向の高速道路の整備がその後となった結果、都心に用のないクルマが都心環状線に集中し、慢性的な渋滞が発生しています。

3環状は、このような首都圏の交通状況を大きく改善する道路として計画され、長い年月を要して整備を進めてきたところですが、平成25年4月末現在で、全体の約6割が開通し、ようやくその概成が見え、整備効果が順次、発現されてきたところです。

① 中央環状線

中央環状線は、都心から半径約8kmの3環状の一番内側に位置する延長約47kmの環状道路で、新宿、渋谷、池袋などの副都心エリアを環状に連絡し、都心の機能強化を図り、首都高速都心環状線の慢性的な渋滞を緩和するとともに、周辺一般道からの交通転換などにより、都市交通の円滑化に資することが期待されています。現在までに約37kmが開通し、平成26

2. 3環状の整備効果事例
① 中央環状線（大橋JCT〜西新宿JCT）開通による都心環状線の渋滞緩和
平成22年3月の中央環状線大橋JCTから西新宿JCTまでの開通により、都心環状線三宅坂JCTから代官町ICまでの交通量が、開通前（平成20年4〜6月）と開通後（平成22年4〜6月）では約2割減少し、また、都心環状線全体の渋滞長は約3割（渋滞長：3.8km↓2.8km）減少しました。

八王子JCT〜八王子西IC間の断面平均交通量約21,700台/日（うち中央道〜関越道間の連続利用台数は、約9,200台/日（約4割））



図2 中央道〜関越道間の交通流動

参考データ
坂戸IC、川島ICから中央道間の連続利用台数は、約1,200台/日（H20.3.29〜H21.6.30の平均日交通量）
出典：NEXCOデータ
※平成19年7月〜平成21年6月の平均日交通量



図3 千葉圏中央道開通後の高速バス路線状況



図-8 相模原愛川IC完成予想模型

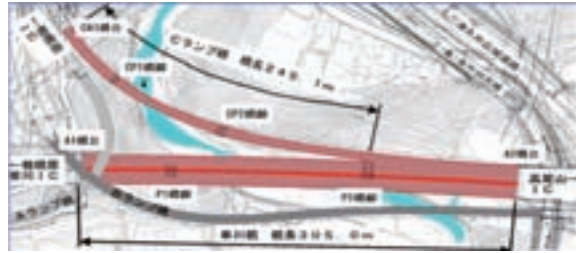


図-9 申川橋、Cランプ平面図

また、ランプ橋の下部工では、急峻な斜面上に施工するため、竹割り型構造物掘削工法を一部で採用しています。

当該区間には特殊な形状のPC橋梁があり、幾つか工夫を行った施工事例について紹介します。

相模原ICに隣接する申川橋は本線部分が上下線一体の構造となっており、さらに相模原ICから本線に合流するCランプ橋と接続する特殊な構造となっています。そのため、P2橋脚上

で3主箱桁から2主箱桁+単箱桁へ分岐する構造となっており、本線とCランプが一体構造となる部分では、幅員が31.5mから27.5mへ変形する構造となっています。また、申川橋の上空でAランプ

橋とBランプ橋と交差しており、3層構造となっています(図-9)。

幅員変化を伴う3主箱桁構造の間では、片持ち張出施工を可能にするため、幅員方向にスライド可能な拡幅対応型移動作業車を採用しています。また、接合部にあたるP2橋脚は3つの箱桁を支えるため、橋脚断面が非常に大きくなっていることから、コンクリート打設時の温度応力によるひび割れ防止を目的に、施工者の提案により橋脚内に送風機で空気を循環させるエアパイプクーリングを採用し品質確保に努めています(図-10、

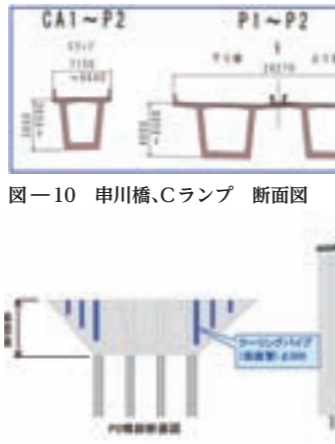


図-10 申川橋、Cランプ 断面図

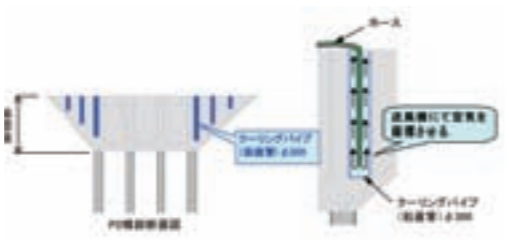


図-11 エアパイプクーリング概念図

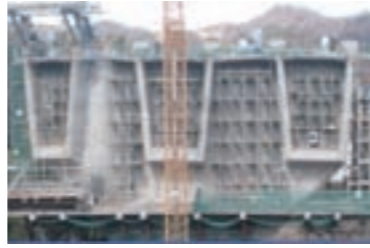


写真-1 柱頭部



写真-2 特殊移動作業車を用いた3層構造部の施工、アンバランスな張出施工に仮支柱を採用

写真-1、図-11)。

申川橋とAランプ橋、Bランプ橋が交差する3層構造部分では、Aランプ橋の桁高を4mから2mに、Bランプ橋の桁高を7mから3mに変化させることで建築限界を確保しています。工程調整により、最下段に位置する申川橋が最後の施工となりましたため、先に完成したAランプ橋、Bランプ橋に干渉しないよう、施工者の提案により、狭小な空間に対応できる特殊移動作業車を採用しました。

この他にも、支間長の違うアンバランスな張出施工には、一部仮支柱を設けて施工するなど、様々な工夫を行っています(写真-2)。

圏央道 相模原愛川IC～高尾山IC間はNEXCO中日本と連携しつつ、地元の皆様のご理解とご協力を賜り、本年6月の開通目標に向けて工事が安全に滞りなく進むよう、施工者と一体となって工事を推進してまいります。

4. 開通を迎える圏央道(相模原愛川IC～高尾山IC)の概要

平成26年6月の開通予定に向けて、圏央道 相模原愛川IC～高尾山IC間の工事が進んでいます。当該箇所は東京都八王子市と神奈川県相模原市、愛川町にまたがる、およそ14.8kmの区間です。地形的な特徴とし

ては都県境の山間部と相模川右岸沿いの丘陵部を南北に貫くように位置しており、トンネル構造が多く、延長2000mを超えるトンネルが3箇所位置していることが特徴です。

そういった地形条件の中、相模川水系の串川に隣接する急峻な台地の上に相模原IC(図-8)が計画されています。本線の路面高さが30m、60m程度となるため、相模原IC周辺の橋梁は施工性・経済性からPC張り出し架設工法が数多く採用されています。

今後の3環状整備により、周辺部から都心へ至る経路などのパターンが飛躍的に増加します。例えば、東名高速から東京都心へ向かうルートは、現在、首都高を経由する5ルートとなっていますが、3環状が完成すれば、1470ルートになると試算されます(図-5)。



図-4 輸送ルート(中央道・八王子JCT～横浜港)

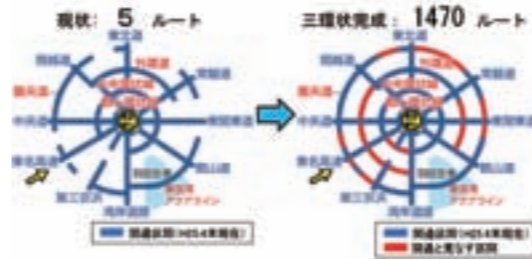


図-5 東名高速から東京都心へ向かうルート数(試算)

これにより、大規模災害時の救助支援や緊急物資輸送を支えるとともに、災害事故等で一部経路が通行止めとなっても別の経路を利用して、目的地へ到達することが可能と

能が発揮され、更なる東京都心の交通混雑の緩和が期待され、また、混雑による車両の走行速度の向上により、沿道大気などの環境面においても改善が期待されます。

②我が国の国際競争力の強化

3環状は、国際コンテナ戦略港湾の京浜港や成田国際空港、東京国際空港などの物流拠点と首都圏一円を結び、輸送時間の短縮、定時性の確保が期待されます。完成するとメーカーなどの企業は、安定した生産・輸送工程が確保することが実現可能となります。これにより、我が国の国際競争力の強化が期待されます。例えば、工場などの立地が進んでいる国道16号の八王子方面から横浜港への輸送ルートの場合(図-4)、現状の輸送時間の約6割が渋滞に起因する損失

③災害時等の迂回機能(リダンダンシー)の確保

時間です。国道16号經由ルートの混雑時には最大で約1時間(試算値)の到着遅れが発生するなど、到着時間が読めない状況となっています。圏央道の完成後は、輸送時間が短縮(約124分→約53分)されるなど、定時性の確保、効率的な輸送が期待されます。



図-6 圏央道沿線の企業立地状況

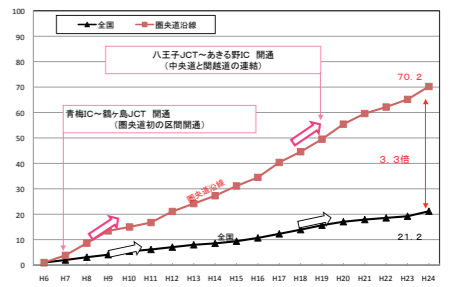


図-7 圏央道の開通と新規工場立地面積(累積)の推移

スリップフォーム工法によるPCLNGタンクの工期短縮



株式会社大林組
土木生産技術本部 設計第二部 前部長
阿久津 富弘



大阪ガス株式会社
エンジニアリング部 土木技術チーム 副課長
大西 俊輔



侵入を防止します。防液堤に接して設ける外側側部はライナ構造となり埋め込みアンカーにより防液堤に固定されます。プレストレストコンクリート構造の防液堤は、万一、内槽から内容液の漏洩が生じた場合に、貯蔵量全量を確実に貯留して外部への流出を防止するという防災上重要な役割を担っています。鉄筋コンクリート構造の基礎版は、タンクを安全に支持するとともに、漏えい時にはLNGを貯留して防液堤下部地盤から堤外への浸透を防止する役割を果たします。なお、基礎版内にはヒーターが設置され、LNGの冷熱による下部地盤の凍結を防止します。

PCLNG貯槽は、その高い安全性、土地の有効活用性、経済性が認められ、国内で33基のタンクが建設（建設中含む）されています。また、国内で2010年以降に建設された貯蔵容量1万m³以上のLNG貯槽のうち約9割がPCLNG貯槽になっています。そのうち約6割が容量18万m³以上であり、近年、スケールメリットを活かせる大容量タンクが主流になってきています。

大阪ガスは、1990年に泉北製造所第二工場において日本で初めて建設当時世界最大容量となる14万m³のPCLNGタンク実用化1号機の建設に着手し1993年に完成させました。引き続き、同容量の2

号機の建設を1993年、さらに高強度の自己充填コンクリートを用いて大容量化した世界最大18万m³の3号機の建設を1997年に着手しました。

1999年以降、ガスおよび電気事業に関する規制緩和が進んでエネルギー間競争が激しさを増したことから、PCLNG貯槽の建設にはより一層のコストダウン、運転開始までのリードタイムの短縮を図るため工期短縮が求められるようになりました。そのような中、姫路製造所において建設当時世界最大容量18万m³の4号機では高強度の自己充填コンクリートと自昇式足場・型枠工法を組み合わせた省力化・急速化施工により、2000年に建設を着手、2003年に完成させました。

2008年、LNG貯槽の設計安全率が合理的に見直されたことを受け、これまでのLNG貯槽に関する知見・経験をもとに安全性を確保しつつさらなる大容量化かつ、より一層の工期短縮を図り、泉北製造所第一工場に世界最大となる23万m³の5号機の建設を2012年に開始しました。

3. スリップフォーム工法による世界最大級のPCLNG貯槽の建設

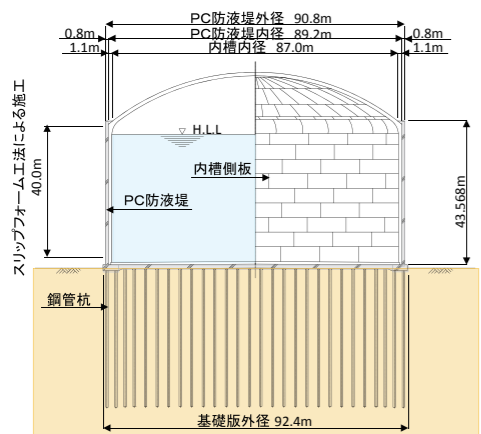
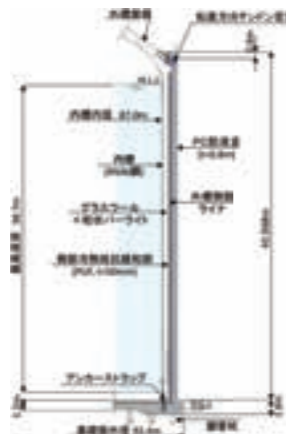


図-2



① PCLNG貯槽5号機の概要
泉北製造所第一工場で建設中のPCLNG貯槽（5号機）は、地上式として世界最大級の23万m³の容量を持ち、2012年に着工し2015年に完成予定です。その構造の概要を図-2に示します。プレストレストコンクリート構造の防液堤は外径90.8m、高さ43.568m、厚さ0.8mです。コンクリートの設計基準強度は、LNGが内槽から漏れ



写真-1

た状態における液圧に応じて、高さ方向に30、40、60N/mm²の3つの強度を使い分けています。

② スリップフォーム工法による急速化施工（写真-1）
今回、PCLNG貯槽（5号機）を建設するにあたり、大阪ガスはより一層の施工の合理化を目的として防液堤の高さ40mの区間の構築にスリップフォーム工法をPCLNG貯槽の工事として日本で初めて採用しました。スリップフォーム工法は、型枠・足場が一体となった装置を防液堤側面に配し、ジャッキにより装置全体を上昇させながら鉄筋組立とコン

1. はじめに

LNG（液化天然ガス）は、クリーンで熱効率がよく環境に優しいエネルギーとして、都市ガス用、発電用としての需要が増大しています。

大阪ガスは、総延長約6万6000kmのパイプラインネットワークで近畿2府4県、約712万戸のお客さまに安心な都市ガスを供給しています。昭和50年より供給ガスの天然ガスへの転換を進め、平成2年すべての転換を完了、このLNGをインドネシア、マレーシア、オーストラリア等、海外から導入しており、泉北製造所第二工場、同第二工場、姫路製造所のLNG基地に受け入れています。

LNGは約マイナス160℃の極低温に冷却して液化されたメタンを主成分とする可燃性の液化ガスで、LNGを安定して利用するため、その貯蔵施設には高い安全性と信頼性が求められます。最近では、土地の有効活用、そして経済性から、プレストレストコンクリート構造のPCLNG貯槽が地上式LNG貯槽の形式として主流になっていきます。

本稿では、PCLNG貯槽の概要、また現在、泉北製造所第一工場に建設中の世界最大級のPCLNG貯槽で行われたスリップフォーム工法による急速化施工技術を紹介いたします。

2. PCLNG貯槽の概要

PCLNG貯槽は、従来の金属二重殻LNG貯槽とPC製の防液堤を一体化した構造です（図-1）。万一、内槽からLNGが漏洩した場合にも流出範囲が局限化され保安レベルが高いこと、防液堤スペースが不要となり敷地の利用効率がよいこと、タンクと防液堤の基礎が共有でき外槽もライナ構造になることなど、合理的な構造です。

内槽は低温圧力容器用ニッケル鋼を用いた密閉自立構造で内槽と外槽の間には1.1mの保冷空間が設けられています。外槽は普通鋼を用いた密閉構造で保冷空間を乾燥状態に保つために封入する窒素ガスを保持するとともに、外部からの水分の

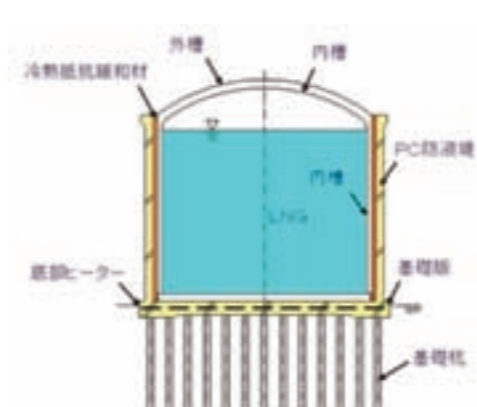


図-1

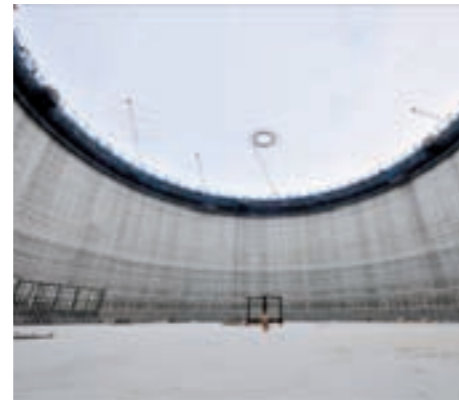


写真-2 スポークワイヤー



写真-3

とを確認し、スリップフォーム工法の適用が可能であると判断しました。また、コンクリートの配合設計やスリップフォーム装置の上昇速度は実際の施工や耐久性の観点から設定しました。脱型時に躯体コ

ンクリートを自立させるため、コンクリートには十分な圧縮強度の発現が求められます。また、塩害や中性化に対して、供用年数50年の耐久性も必要となります。これらを、実際の配合や壁厚を模擬したモデル供試体により暴露試験や耐久性照査を行い、強度及び耐久性の両方を満足できる、打設後12時間での脱型が可能となる上昇速度を決定しました。

⑤ 躯体の精度管理方法

従来工法では、レベル・トランシットを用いて防液堤の出来形、真円度の測定を行いましたが、常に型枠・足場が上昇するスリップフォーム工法ではこの測定方法を用いることが

できません。スリップフォーム工法は、コンクリートを連続で打設しなければならぬことから、十分な構築精度を確保するため、レーザ距離計等により中心偏位、水平性、真円度、回転等を計測し指令室にて一括集中管理しながら、油圧ジャッキの稼働制御やスポークワイヤーによる形状保持機構にリアルタイムに反映しました。なお、写真1-2に示す調整機構はスポークワイヤーと呼ばれるもので、ワイヤーの張力によりスリップフォーム装置全体の真円度を調整し、構築精度を確保する装置です。

5. おわりに
 本工事では、90分あたり高さ15cmのコンクリートを打設し、昼夜連続施工を行うことで、平成26年4月11日に工事を開始してからわずか20日間で高さ40mの防液堤の構築を完了することができました(写真1-3)。防液堤の構築期間全体として従来と比べ約7ヶ月工期を短縮するとともに、引続き実施される機械工事との輻輳作業が軽減され、PC L N G貯槽の全体の工事の安全性向上にも寄与しています。
 大阪ガスでは今後も積極的に新技術の開発・実用化を推進することで、L N Gタンクの業界に貢献していきたいと考えています。

クリート打設を平行して連続的に躯体を構築する工法です。石炭サイロや煙突などの縦長で円筒状の構造物を構築する方法として、多くの施工実績があります。近年では、海外のPC L N G貯槽でスリップフォーム工法を適用する工事が見られますが、本工事のように大容量・大口径のPC L N G貯槽に適用するのは世界で初めての試みです。

従来、泉北製造所第二工場で建設されたPC L N G貯槽(1・3号機)をはじめとして、防液堤の構築はジャンピングフォーム工法で行われていました。防液堤を高さ方向に約10段に分割して施工し、高さ約3〜4mの1段分を構築するたびに大型クレーンを用いて型枠・足場を分割して盛替えていました。そのため、ジャンピングフォーム工法では型枠・足場の組立・解体が各段で繰り返されるため、防液堤1段分の構築に1ヶ月を要し、高さ約40mの防液堤の構築には10か月前後の工期が必要でした。

一方、泉北製造所第一工場で現在建設中のPC L N G貯槽(5号機)では、コンクリートの打継ぎがなく、型枠・足場の盛替えが不要なスリップフォーム工法を採用することにより、これまで10か月前後必要でした防液堤の構築を20日

間と大幅に工期を短縮する計画としました。大阪ガスは、PC L N G貯槽の防液堤に日本で初めてスリップフォーム工法を採用するあたり事前に適用性評価を行い、実施工における検討を大林組とともに実施しました。

③ スリップフォーム装置の概要と防液堤の構築手順

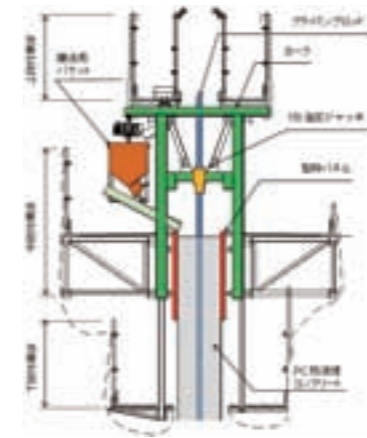


図-3



図-4

スリップフォーム装置の断面図とイメージを図1-3、4に、スリップフォーム工法による防液堤の構築手順を図1-5に示します。スリップフォーム装置は、型枠および型枠を保持するヨーク(鋼製門型フレーム)、装置を上昇させる15トン油圧ジャッキ、装置が上昇するための反力支持材となるクライミングロット、コンクリートを打込み箇所へ水平搬送するためのレールおよび搬送用バケット(容量0.5m³)などから構成されています。スリップフォーム装置は、90分ごとに15cmの上昇を基本とし、これに合わせて鉄筋・PCシース管の組立およびコンクリートの打込み作業を行う計画としました。このため、コンクリートの打上り高さは1層15cmとし、90分ごとにコンクリートを打ち重ねる計画としました。また、昼夜24時間の連続施工を行うため、現場内に設置したバッチャープラントでコンクリートを製造しました。

④ 実施工におけるコンクリート打設計画

スリップフォーム工法は、コンクリート打設から脱型されてコンクリート表面が露出する時間が非常に短いこと、養生期間が短いことによるコンクリートの組織形成や防液堤としての耐久性に影響を及ぼ

すことが懸念されました。早期脱型時の圧縮強度の発現、強度や養生期間の違いによるコンクリートの細孔構造の形成への影響、経年劣化の要因となる塩分の浸透特性等について、実際の配合や壁厚を模擬したモデル供試体により暴露試験や耐久性照査を行い耐久性に問題ないこ

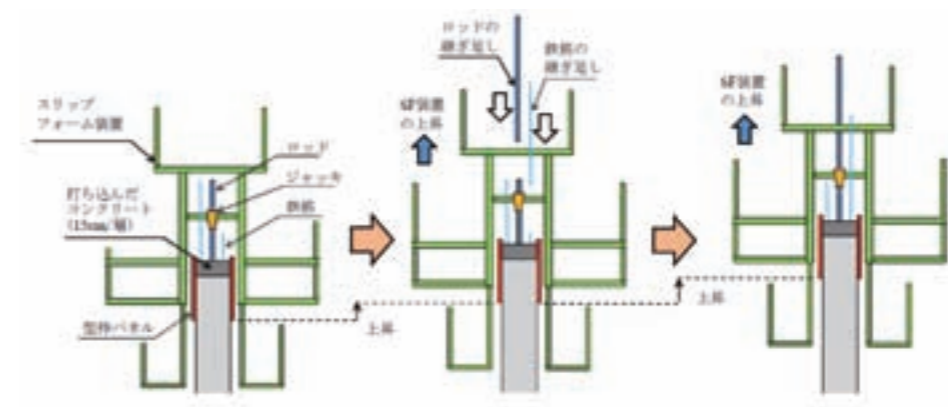


図-5