

# LNG 地上式貯槽 PC 防液堤建設の生産性向上を目的としたコンポジット工法の開発

|         |     |     |    |
|---------|-----|-----|----|
| 清水建設(株) | 正会員 | ○吉田 | 大起 |
| 清水建設(株) | 正会員 | 阿部  | 隆司 |
| 清水建設(株) | 正会員 | 伊藤  | 暁  |

## 1. はじめに

本事業は福島県相馬郡新地町（相馬港 4 号埠頭）の LNG 基地内に貯蔵容量 23 万 kL の世界最大級のプレストレスコンクリート造 PCLNG 地上式貯槽を建設するものである。

本工事では、LNG 地上式貯槽の PC 防液堤の施工において生産性向上を目的としてコンポジット工法を採用した。コンポジット工法とは、PC 防液堤内面に設置される外槽ライナー（内側型枠兼用）と PC 防液堤を構成する部材である内側鉄筋と PC シースを一体化して構築していくものである。本稿ではコンポジット工法による防液堤の構築概要、ならびに現場で実施した技術開発等について報告する。

本工事の施工位置図を図-1 に、完成イメージを図-2 に示す。



図-1 施工位置図(相馬港)



図-2 完成イメージ図

## 2. 工法概要

### (1) PC 防液堤の構造

LNG 貯槽の構造図を図-3 に示す。PC 防液堤は内径 88.2m、高さ 43.9m のプレストレス鉄筋コンクリート製円筒壁である。

PC 防液堤には、LNG 漏液時に内側から液圧が作用するが、それに抵抗するため円周方向に PC テンドンを設置し、円周プレストレス力を作用させる。一方、通常運転時には円周プレストレス力により PC 防液堤下端部に鉛直曲げモーメントが発生するが、それに抵抗するため鉛直方向に PC テンドンを設置し、鉛直プレストレス力を作用させる。

また、PC 防液堤の内側は保冷層となっているが、保冷層の気密性を確保するため、PC 防液堤と密着する形で外槽ライナーが設置される。

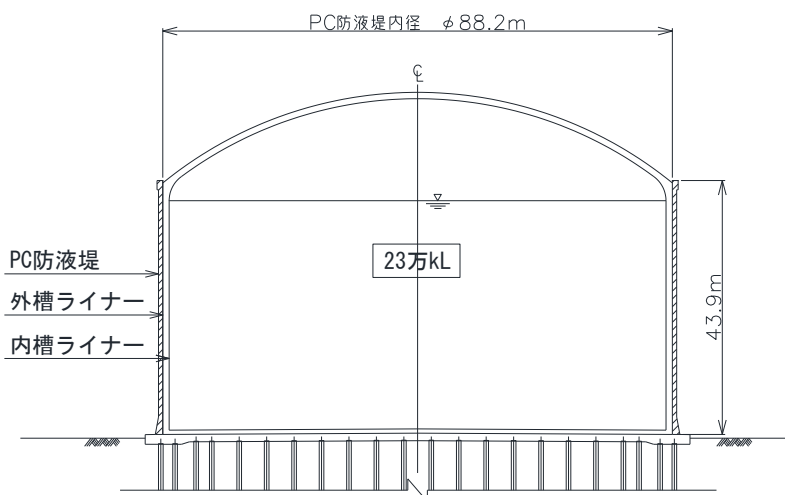


図-3 LNG 貯槽構造図

キーワード LNG 貯槽, PC 防液堤, コンポジット

連絡先 〒980-0801 宮城県仙台市青葉区木町通り一丁目 4 番 7 号 清水建設(株)東北支店 TEL 022-267-9176

## (2) PC 防液堤の施工

PC 防液堤は、躯体の形状や施工性等を考慮して決定したロットの高さでコンクリートを打設し、繰返し打ち重ねることで構築する。足場および型枠は、前ロットから反力を取り固定する。なお、外槽ライナーは内側型枠と兼用して使用する。

### 3. コンポジットの構造と製作

#### (1) コンポジット工法の概要

外槽ライナーを内側型枠として使用する場合は、通常工法の施工サイクルとコンポジット工法の施工サイクルの比較を図-4 に示す。コンポジット工法は、外槽ライナーおよび内側鉄筋、PC シースを一体化して地組したものの（コンポジット）を、施工箇所まで揚重して設置する工法である。

#### (2) コンポジットの構造

コンポジット 1 ユニットの写真を写真-1 に示す。コンポジット 1 ユニットの寸法は、鉛直方向はロット高さ 5.6m、円周方向は全周で 24 分割して 11.6m である。外槽ライナーには、コンクリート打設時の側圧に抵抗できるよう、補強材（H鋼 200×100）を鉛直方向に 1.15m 間隔で設置する。円周方向の内側鉄筋は、補強材のウェブに φ90 の孔をあけ、その孔に鉄筋を通すことにより設置する。また、円周方向の内側鉄筋の継手は、隣接するコンポジットとの接続を機械式継手（スリムスリーブ）により行う。コンポジットの構造図を図-5 に示す。

鉛直方向の接続は、補強材のフランジ面にカット T 型鋼を M16 ハイテンションボルトにて固定

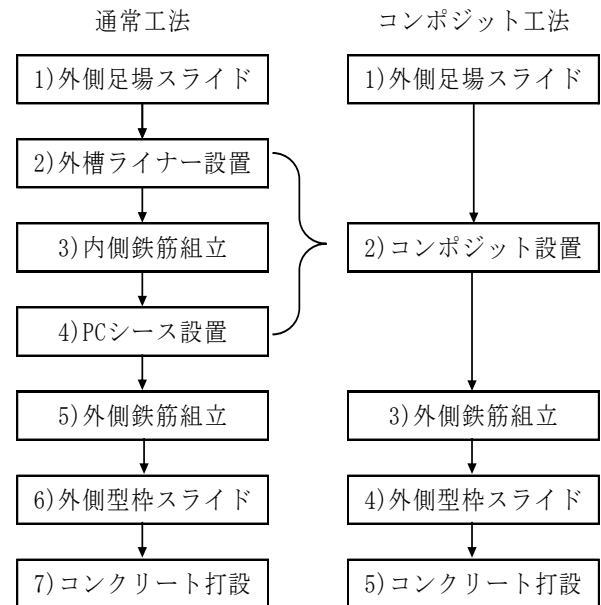


図-4 各施工サイクルの比較

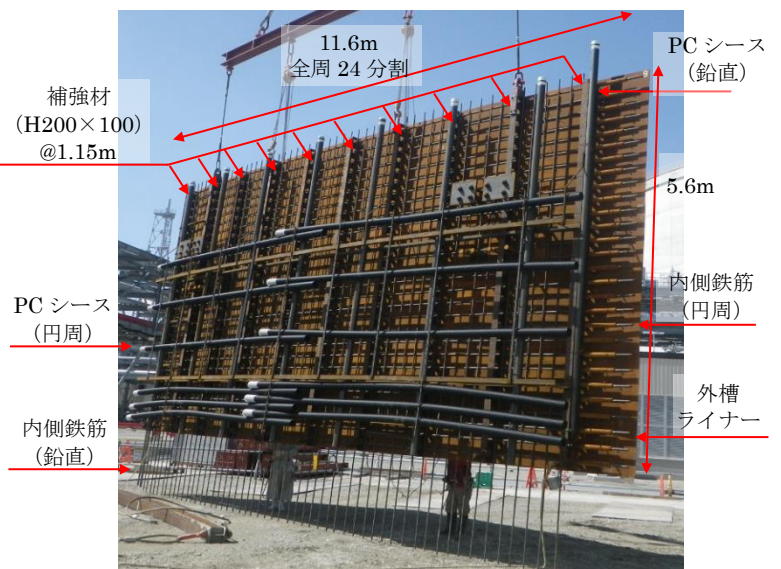


写真-1 コンポジット 1 ユニット

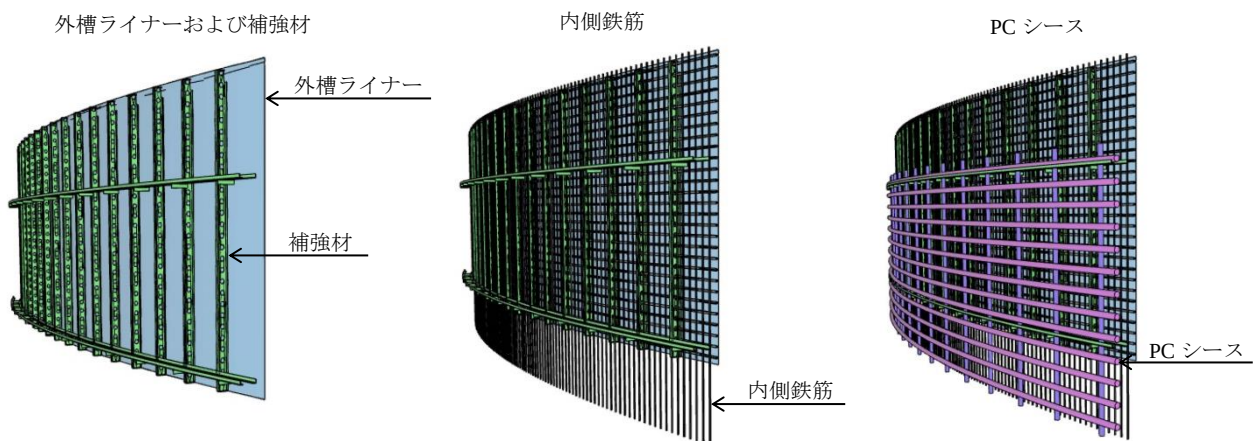


図-5 コンポジットの構造



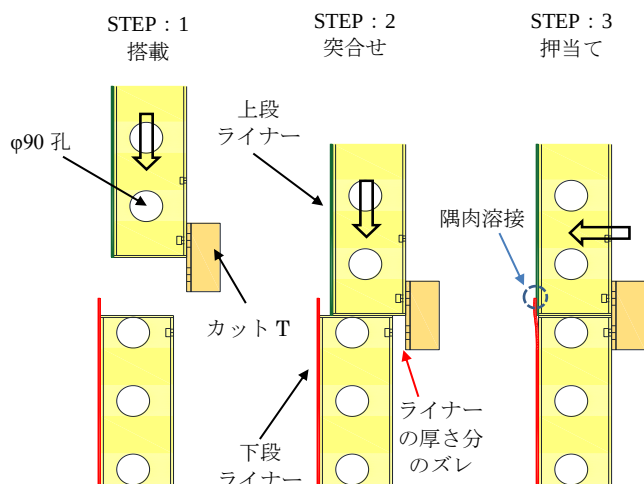


図-6 コンポジット接続ステップ

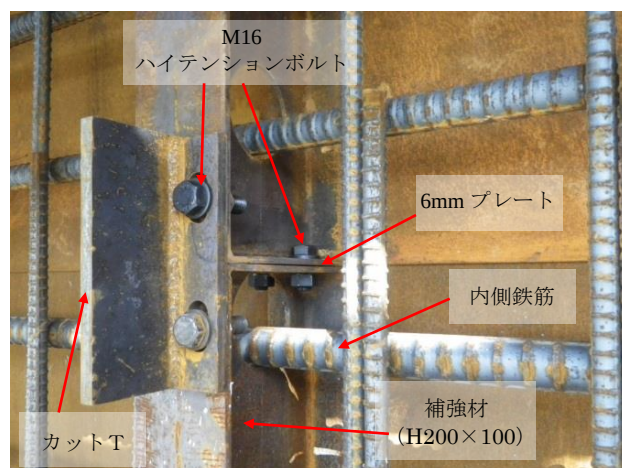


写真-2 カット T による固定

する。また、補強材の上下に 6mm のプレートを溶接し、外槽ライナー側の方に φ30 程度の長孔をあけ、M16 のハイテンションボルトにて鉛直方向の固定を行う。コンポジット接続ステップ図を図-6 に、カット T による固定状況の写真を写真-2 に示す。

### (3) コンポジットの製作

コンポジットの製作は、コンポジット製作用架台を使用し、コンポジット製作用架台の上に寝かせた状態で行う。コンポジット製作用架台の写真を写真-3 に示す。コンポジットの製作は、外槽ライナー→補強材→内側鉄筋→PC シースの順で組み立てる。内側鉄筋は単管と足場板にて内側鉄筋挿入用の架台を作成し、その架台に鉄筋を載せ、押し出すように鉄筋を補強材の φ90 の孔に通し設置していく。内側鉄筋組立後、コンポジット製作用架台からコンポジット仮置き架台に移動させ、PC シースの設置を行う。内側鉄筋の組立状況の写真を写真-4 に、コンポジット地組完成写真を写真-5 に示す。



写真-3 コンポジット製作用架台

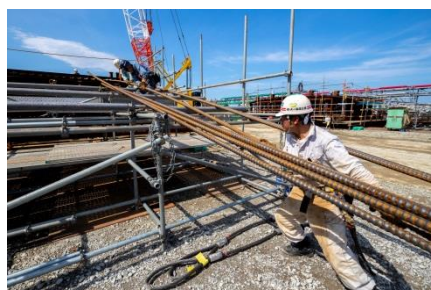


写真-4 内側鉄筋組立状況



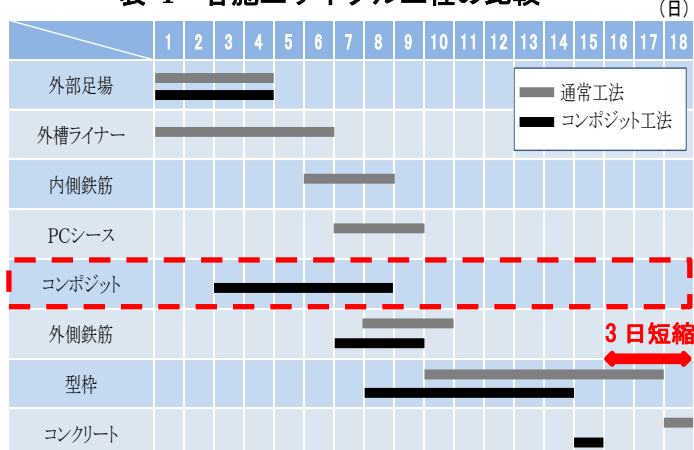
写真-5 コンポジット地組完成

## 4. コンポジット工法の効果

### (1) 工程短縮

通常工法及びコンポジット工法の一般部（ハンチ部、頂部を除く）1 ロット当たりの施工サイクル工程を表-1 に示す。PC 防液堤を 1 ロット構築するのに要する日数は、通常工法は 18 日であるのに対し、コンポジット工法では 15 日となり、3 日間短く施工が可能である。通常工法とコンポジット工法のロット構築高さの比較を表-2 に示す。コンポジット工法の場合は PC 防液堤を全 9 ロット中、一般部の 7 ロットで構築するため、3 日×7 ロット（一般部）=21 日の

表-1 各施工サイクル工程の比較



工程短縮となる。また、ロット構築高さの制限値の違いにより、通常工法では全 11 ロット（一般部ロット高さ 4.6m）であるのに対し、コンポジット工法では全 9 ロット（一般部ロット高さ 5.6m）となり、2 ロット少なく施工ができる。そのため、18 日×2 ロット=36 日の工程短縮となる。以上の効果により、PC 防液堤の施工工程を、合計で約 2 ヶ月短縮することが可能となる。

## (2) 高所作業における安全性の向上

PC 防液堤各ロットの上部作業に要する人工を表-3 に示す。コンポジット工法では、外槽ライナー及び内側鉄筋、PC シースを地組するため、地組時にコンポジットの継ぎ目以外の箇所は溶接作業を進めることができる。このことから、各ロット上部での溶接箇所が少なくなり鍛冶工の人工は 1 ロット当たり 26 人工低減される。

一方、PC 工はコンポジットが全周で 24 分割され、PC シースのジョイント作業が増加したため、各ロット上部構築に要する 1 ロット当たりの人工が 10 人工増加している。

全ての工種の人工をまとめると、各ロット上部構築に要する高所作業の人工は、通常工法に比べコンポジット工法の方が 48 人工少なくなる。PC 防液堤全体の構築で見ると、通常工法では 2,944 人に対しコンポジット工法では 2,240 人となり、PC 防液堤上部構築作業に要する高所作業の人工は約 24%軽減される。以上のことから、高所作業における危険のリスクが低減されることにより安全性の向上が期待できる。

## (3) クレーンワークの円滑化

通常工法およびコンポジット工法の 1 ロット当たりのクレーン荷上げ回数の比較表を表-4 に示す。コンポジット工法は、外槽ライナー及び内側鉄筋、PC シースを一体化するため、当然のようにクレーンによる荷上げ回数は削減する。1 ロット当たりのクレーン荷上げ回数は 40 回削減され、PC 防液堤全体の構築で見ると、通常工法では 992 回に対し、コンポジット工法では 588 回となり、クレーンによる荷上げ回数は約 40%削減される。

PC 防液堤の構築するにあたって、限られたヤード及びクレーン走路がある中で、円滑なクレーンワークは現場をスムーズに進めるための最優先事項となってくる。クレーン荷上げ回数を 40%削減することにより、PC 防液堤の構築におけるクレーンワークの円滑化が期待できる。

表-2 ロット構築高さの比較 (m)

|      | 通常工法   |      | コンポジット工法 |      |
|------|--------|------|----------|------|
| ヘンチ部 | #1ロット  | 3.0  | #1ロット    | 3.1  |
|      | #2ロット  | 2.5  | 削 減      |      |
| 一般部  | #3ロット  | 4.6  | #2ロット    | 5.6  |
|      | #4ロット  | 4.6  | #3ロット    | 5.6  |
|      | #5ロット  | 4.6  | #4ロット    | 5.6  |
|      | #6ロット  | 4.6  | #5ロット    | 5.6  |
|      | #7ロット  | 4.6  | #6ロット    | 5.6  |
|      | #8ロット  | 4.6  | #7ロット    | 5.6  |
|      | #9ロット  | 4.6  | #8ロット    | 5.6  |
|      | #10ロット | 4.6  | 削 減      |      |
| 頂部   | #11ロット | 1.6  | #9ロット    | 1.6  |
| 合計   |        | 43.9 |          | 43.9 |

表-3 PC 防液堤の各ロット上部構築作業の人工 (人)

|     | 通常工法 | コンポジット工法 | 差   |
|-----|------|----------|-----|
| 鍛冶工 | 74   | 48       | -26 |
| 薦工  | 78   | 80       | 2   |
| 鉄筋工 | 60   | 54       | -6  |
| PC工 | 20   | 30       | 10  |
| 大工  | 76   | 48       | -28 |
| 土工  | 60   | 60       | 0   |
| 合計  | 368  | 320      | -48 |

(人)

|      | 通常工法  | コンポジット工法 |
|------|-------|----------|
| 人工   | 368   | 320      |
| ロット数 | 8     | 7        |
| 合計   | 2,944 | 2,240    |

約 24%軽減

表-4 クレーン荷上げ回数の比較 (回)

|        | 通常工法 | コンポジット工法 | 差   |
|--------|------|----------|-----|
| 外部足場   | 40   | 40       | 0   |
| 外槽ライナー | 24   |          | -24 |
| 内側鉄筋   | 20   |          | -20 |
| PCシース  | 20   |          | -20 |
| コンポジット |      | 24       | 24  |
| 外側鉄筋   | 20   | 20       | 0   |
| 型枠     | 44   | 44       | 0   |
| 合計     | 124  | 84       | -40 |

|      | 通常工法 | コンポジット工法 |
|------|------|----------|
| 回数   | 124  | 84       |
| ロット数 | 8    | 7        |
| 合計   | 992  | 588      |

約 40%削減



## 5. まとめ

外槽ライナー，内側鉄筋，PC シースを一体化したコンポジット工法を用いることで，通常工法と比較して約2ヶ月の大幅な工程短縮が可能となる．また，高所作業での作業量の低減により高所作業における安全性が大幅に向上した．さらに，クレーン荷上げ回数の削減によりクレーンワークが円滑化し，PC 防液堤構築においてスムーズな施工が可能となった．

今後は，鉄筋及びPC シースのジョイント時間の削減や，地組作業の効率化を図っていくことが課題となる．また，今回は外槽ライナー，内側鉄筋，PC シースを一体化したが，これに外側鉄筋も一体化させることができれば，さらなる生産性の向上に繋がると考える．

なお，今回のコンポジット工法は現在特許取得中である．



写真-6 コンポジット搭載状況-1

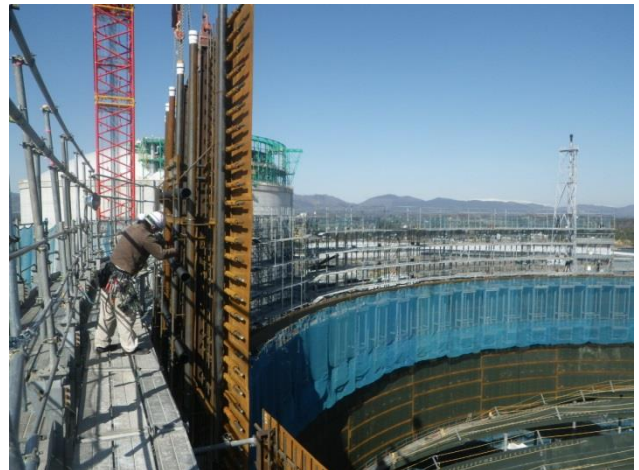


写真-7 コンポジット搭載状況-2

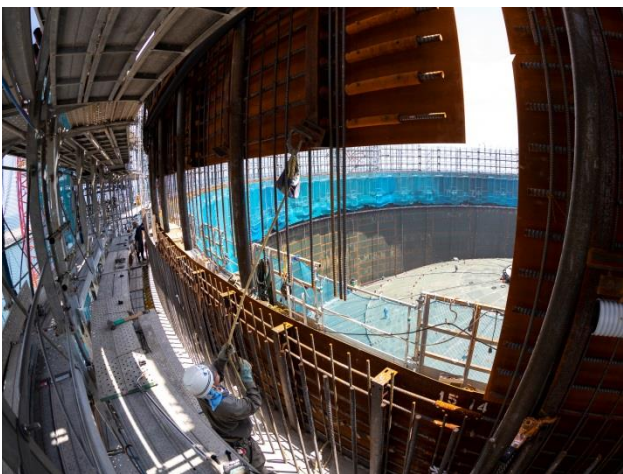


写真-8 コンポジット搭載状況-3



写真-9 コンポジット搭載状況-4

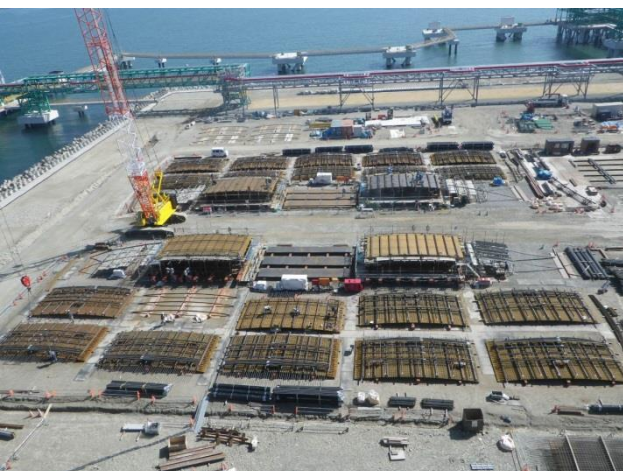


写真-10 コンポジット地組ヤード全景

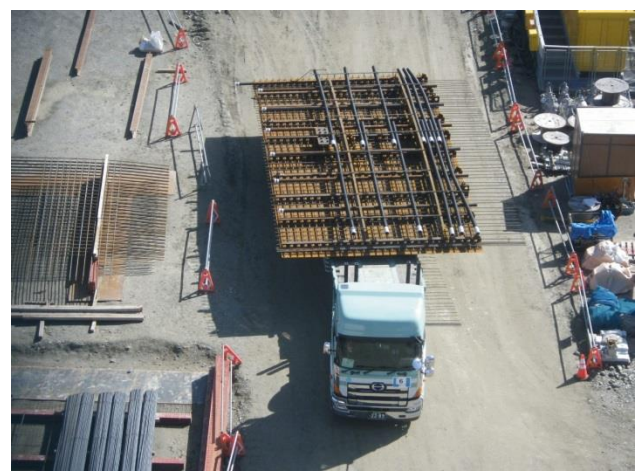


写真-11 コンポジット運搬状況