

# PC容器構造物における施工管理

今尾 勝治\*1・井手口 哲朗\*2

## 1. はじめに

旅行や出張中の車窓からふと外を眺めると、小高い山の中腹に色鮮やかなタンクを見かけることがある。上水道用の配水池である。この配水池をはじめとした円筒形の容器構造物は、1957年に岐阜県に国産第1号の上水道用のPCタンクが建設されて以来、上水道用のほかにも下水道用、農業用水用、工業用水用、各種サイロ用、液化ガス用、原子炉格納容器等と幅広い用途に用いられており、その実績は現在約7000件を超えているものと考えられる<sup>1)</sup>。これは、PC容器構造物の優れた性能、すなわち、高い液密性、耐久性、耐震性等が広く認められているためであろう。

しかしながら、これらの性能を満足させるためには、建設時における施工管理を十分に行う必要がある。

本文ではこれらのPC容器構造物について要求される性能を示し、一般的な構造および施工方法について概要を紹介し、その施工管理について述べる。

## 2. PC容器構造物の分類と要求性能

### 2.1 PC容器構造物の分類

PC容器構造物については多種多様なものがあり、その内容物や形状および設置する位置により分類することができる。まず、内容物について分類すると、上水道用や農業用水用の貯水槽、下水に使用される消化槽、粉体等を貯蔵するサイロ、LPGやLNGを貯蔵する液化ガスタンクおよび発電用原子炉を格納する原子炉格納容器等に分類できる。容器形状に着目して分類すると円筒形、長円形、卵形、角形(箱型)等に、また、設置位置について分類すると地上、地下、高架等に分類できる。

### 2.2 要求性能

PC容器構造物に要求される性能の基本は「内容物を想定する条件下において安全に容器の中に保持すること」であ

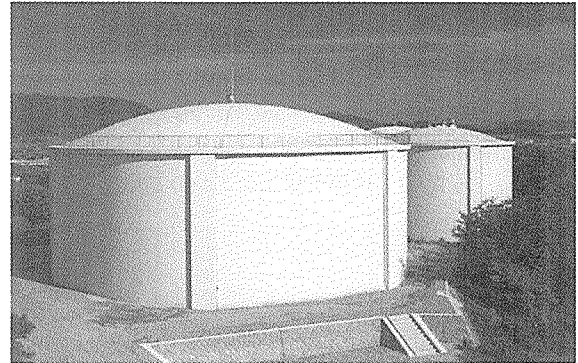


写真-1 配水池

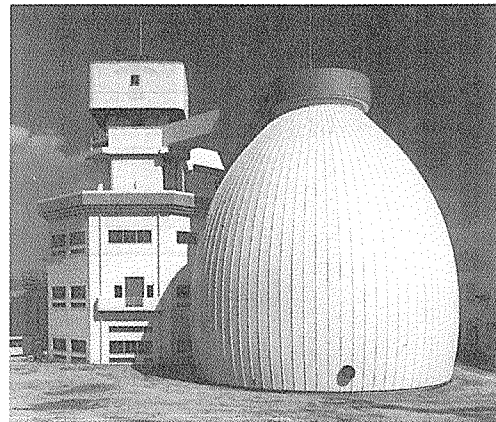


写真-2 卵形消化槽

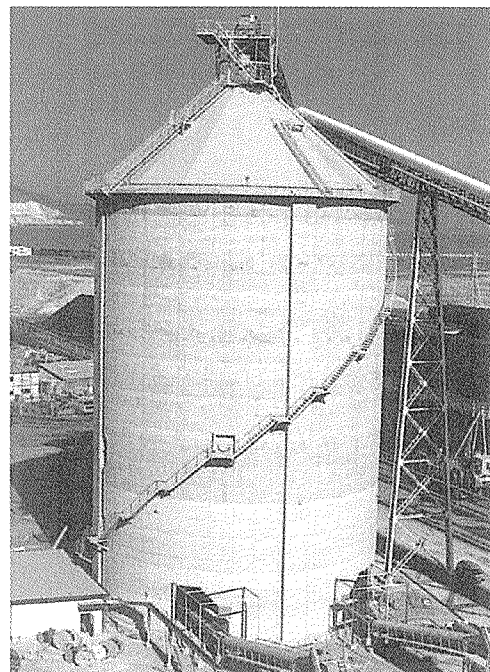
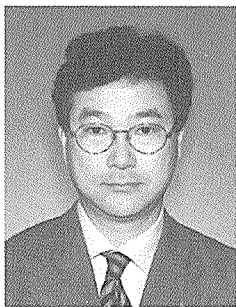
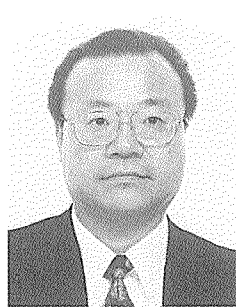


写真-3 サイロ



\*1 Katsuji IMAO

(株)安部工業所  
技術本部 技術部 部長



\*2 Tetsuro IDEGUCHI

(株)安部工業所  
九州支店 工務部 部長



写真-4 LNGタンク (液化ガスタンク)



写真-5 原子炉格納容器

る。よって、貯蔵される内容物ごとに要求性能が異なり、各内容物ごとに次のような性能が要求される。

貯水槽では上水用の配水池を例にとると、水が漏洩しない水密性及び異物が混入しない密閉性等が要求され、また、その設置場所によっては周辺環境と調和した景観も要求される<sup>2)</sup>。消化槽では水密性に加えて発生ガスの漏気を防ぐための気密性及び暖められた汚泥のエネルギーロスを抑制するための保温性、さらには汚泥の減量化や安定化のため攪拌効率の高い形状なども要求される。また、液化ガスタンクでは漏液時における衝撃荷重や温度荷重に対する安全性、形式によっては気密性が要求される。原子炉格納容器については炉心、圧力容器、高圧パイプ、熱交換器等の一次系機器を格納し、通常運転時はもとより、一次冷却材喪失事故が起こった場合においても、放射性物質を封じ込め、周辺住民等の安全性を確保するために設けられる容器であるため、事故時の内圧や温度上昇に耐える機能、漏洩防止機能、遮蔽体としての機能等が要求される<sup>3)</sup>。このほか、すべての容器構造物に対して、地震、風、積雪等に耐える性能も要求される。

### 2.3 構造および設計施工指針

#### (1) 構造

PC容器構造物の構造についてはほとんどの種類について基本的構造は共通しているため、PC容器実績のほぼ90%を占めている貯水槽<sup>1)</sup> (以下、「PCタンク」と称す) を例にと

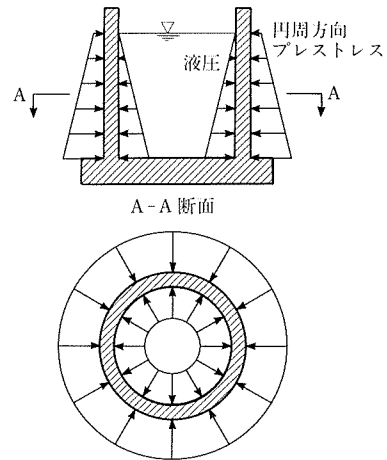


図-1 静水圧とプレストレス力の関係

り記述する。

PCタンクは円版状の底版、円筒状の側壁およびドーム形状の屋根からなり、底版および屋根はRC造、側壁はPC造が一般的である。円筒形の容器構造物がPCの利点を最も有効に利用した構造であると言われる理由は、梁構造にプレストレスを導入する場合、鉛直方向の荷重を水平方向のプレストレスで対処するのに対し、円筒形PCタンクでは円周方向に配置したPC鋼材を緊張することにより、静水圧荷重とバランスするように側壁にプレストレス力を導入できるからである。図-1に静水圧とプレストレスによる荷重の分布図を示す。

#### (2) 設計施工指針

当初PCタンクを設計・施工する場合、タンク固有の指針類がなかったため、1955年に土木学会より発行された「プレレストコンクリート設計施工指針」に基づいて設計・施工されてきた。そこで、1978年の宮城県沖地震を契機として基準整備の必要性が唱えられ、1979年に「水道施設耐震工法指針・解説」が、1980年には「水道用プレレストコンクリートタンク標準仕様書」が、日本水道協会から発表された。その後は主にこの仕様書に従って設計・施工されていたが、1995年に阪神大震災を経験したことにより耐震設計手法が各方面で見直され、日本水道協会においても1997年6月に「水道施設耐震工法指針・解説」を改訂し、この中で、PCタンクの耐震設計法も新しく規定された。さらに、「プレレストコンクリートタンク標準仕様書」についても、制定後17年経過したこと、阪神大震災により耐震設計手法が各方面で見直されたことなどにより、新技術を記載することおよび耐震設計を見直し、1998年5月に「水道用プレレストコンクリートタンク設計施工指針・解説」として改訂された。

このほか、設計に関しては1984年に日本建築学会より「容器構造設計指針・同解説」が刊行され、1996年に改訂されている。

### 3. 施工方法

前述のように、PC容器構造物の用途は多岐にわたり、その形状や規模もそれぞれの要求性能に合わせて多種多様になってきている。したがって、それらの施工方法には、経

済性や施工性を考慮したさまざまな技術や工法が開発されてきている。

標準的なPCタンクの施工方法や留意点については過去に多数報告されているので<sup>4), 5)</sup>, ここではその施工手順について紹介した後, その他の特殊な施工法についての例を紹介する。

### 3.1 PCタンクの施工法

標準的な円筒形PCタンクの施工手順を図-2に示す。要求される性能を満足させるためには, 施工計画の重要

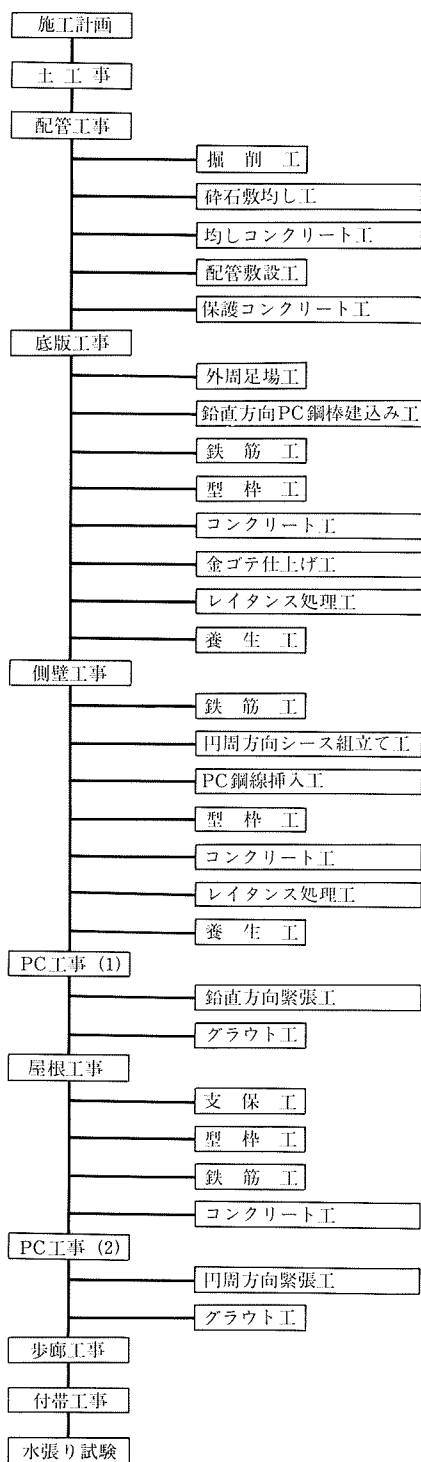


図-2 PCタンクの標準的な施工手順

性を認識し, 必ず個々の対象となる構造物の特徴を考慮した施工の順序, 方法, 工程, 使用材料等について詳細に検討する必要がある。適切な計画を立てることが, 施工管理のうえでも作業の円滑な進行を促し, 最終的に品質の確保や経済性に繋がることになる。

### 3.2 特殊な施工法

#### (1) スリップフォーム工法

スリップフォーム工法は, 生コンクリートを連続して打設してコンクリート躯体を形成しながら滑動上昇する型枠(および足場)を使用する工法で, 主に煙突や橋脚などの塔状構造物の建設に使用される例が多いが, 容器構造物においても比較的背の高いサイロや調圧槽, 高架水槽などに適用されている。型枠の滑動の速さはコンクリート自体がその自重を支え, その躯体を保つのに十分なだけの強度が発生したときに型枠の最下部が通過するように調整が必要となる。この工法の, 施工の速さは特筆すべきところであり, 煙突の場合は4m~9m/日, PC容器においても2m~5m/日程度の上昇が可能である<sup>6)</sup>。しかし, その機構上からコンクリートの連続打設が必要なため, 二交替や三交替制での施工体制が余儀なくされていたが, 最近では超遅延剤などのコンクリート混和剤の開発により一時的な休止も可能となっている。また, 型枠の変位をリアルタイムに計測し, 迅速に形状の修正を可能にするシステムの開発<sup>7)</sup>など施工管理上の技術も進歩してきている。この工法はスライディングフォーム工法とも呼ばれる場合があり, 国内では慣用的に, スリップフォーム工法については構造体の外径および内径と壁厚を自由に変えることができる工法, スライディングフォーム工法はその構造体の寸法を変えることなく滑動上昇する工法, と定義しているケースもある。

#### (2) ジャンピングフォーム工法

側壁部の型枠を大型にユニット化してコンクリート打設後の所要強度発現後にユニットごと脱型して上昇させていく工法で, クレーンにて上昇する工法と油圧ジャッキ等を用いた自昇式工法とがある。一般的には型枠と足場を一体化させたものが多いが, PCタンクでは仕上げの塗装工事や作業性等を考え, 型枠のみクレーンで上げる方法も採用されている。また, 型枠はクレーンで, 足場は自昇式で上昇させる工法も大型の卵形消化槽等で使用されている<sup>8)</sup>。

#### (3) 空気膜型枠(エアドーム)工法

この工法は, タンク内に供給する空気圧で支えられた膜材とその上に施工するモルタルシェルを型枠および支保工としてドームコンクリートを打設する工法で<sup>9)</sup>, PCタンクへの適用はこれまで115基を数える。膜材をドーム裏面に残すことで従来のエポキシ塗装が不要で, また, 支保工の組立て・解体がないので大幅な工期短縮が図れる。施工においては空気圧とドーム形状の管理が最も重要となる。

#### (4) プレキャスト工法

PCタンクの側壁や屋根部材を工場などでプレキャストパネルとして製作し, 現場にて組立て一体化する工法である。

底版は, 基礎との関係もあり一般に現場打設されるが,

生コンクリートの運搬ができない場所で、すべての部材をプレキャスト化した例もある<sup>10)</sup>。

プレキャストタンクでは、現場での施工が少なくなるため工期短縮が図れるが、施工管理上は、組立て精度や接合目地の水密性に注意しなければならない。

#### (5) 海外での事例

海外におけるPC容器構造物の特殊な施工法の事例としては、図-3に示すように高架水槽の塔身部を先に構築し、貯水槽部を地上で完成させた後に塔身頂部からジャッキとPC鋼材を用いて吊り上げる、いわゆるリフトアップ工法<sup>11)</sup>や、同様に貯水槽部を地上で完成させるが、塔身部が貯水槽部を持ち上げながら構築していく工法<sup>12)</sup>などがある。

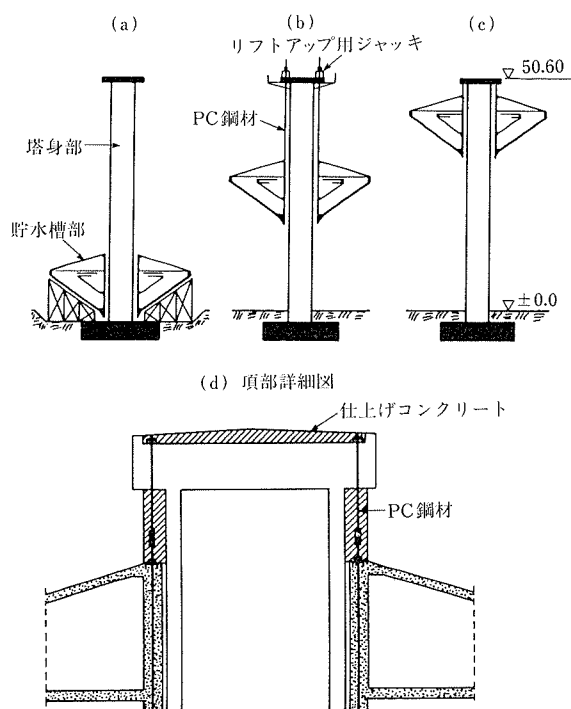


図-3 リフトアップ工法の事例

## 4. 施工管理

### 4.1 概要

施工管理とは建設工事において着手前に施工の計画を立て、着工後その計画をもとに工事を管理することであり、実際の進捗状況を常に施工計画と対比して、その実体を品質、工程、原価、安全の面から分析評価し、当初の施工計画の修正も含めて目的を達成する一連の管理活動が施工管理である<sup>13)</sup>。ここでは、貯水槽を例にとり完成後最も機能に影響を及ぼす品質管理に着目して、コンクリート工の管理、プレストレス導入時の緊張管理および出来形管理について述べる。

### 4.2 コンクリート工の管理

#### (1) ひび割れの防止

貯水槽では水を貯蔵するという目的から、漏水の原因となるようなひび割れを発生させないための管理が重要とな

る。

コンクリートに発生するひび割れのうち、施工段階で発生するコンクリートの温度応力や収縮に起因するひび割れ、水を溜めたことによる荷重作用に起因するひび割れおよびアルカリ骨材反応のように材料特性に起因するひび割れは、施工管理によりある程度防止することができる。

荷重作用によるひび割れに関しては、PCタンクでは実際に載荷される荷重が設計荷重を超える可能性は少ない。したがって、適切なプレストレス量が導入されていれば載荷荷重によるひび割れの発生の可能性は少ないため、緊張管理が最も重要となる。PCタンクの緊張管理については後述の「緊張管理」で詳しく述べる。

材料特性によるひび割れとしてはアルカリ骨材反応によるひび割れがある。これについてはJIS A 5308-1989にアルカリ骨材反応抑制対策の方法が規定されているので、納入するコンクリートがこれを満足していることを確認する必要がある。

次に、施工管理上、とくに留意しなければならない施工段階におけるひび割れを発生させないための対処方法について述べる。

施工段階におけるひび割れの主な要因は、コンクリート硬化時の水和熱に起因する温度応力や自己収縮、乾燥収縮であり、とくに大規模な底版および底版上に打設される側壁第1リフトに注意が必要である。底版は厚さの割に面積が広い、円盤状のコンクリートを基礎上に打設するものである。よって、一般に基礎からの拘束度が大きいものとなりやすい。また、側壁第1ロットについては、拘束度の高い底版上に壁状のコンクリートを打設するため、鉛直方向にひび割れが発生することがあり、このひび割れは断面を貫通するひび割れとなる可能性が高い。

これに対する対処としては、施工段階におけるひび割れ照査を行い、必要であれば以下に示すような対処方法を計画する。ひび割れの照査には土木学会「コンクリート標準示方書 施工編」が参考となる。

ここでは、一般的な対策として、①コンクリートの最高温度を抑制する方法、②拘束度を下げる方法、③収縮量を小さくする方法を紹介する。

コンクリートの最高温度を抑制する方法としては、まず水和熱による温度応力を減少させるため、水和熱の絶対量を少なくする目的で、低発熱型のセメントの使用および高性能AE減水剤の使用によるセメント量の低減が考えられる。また、コンクリートの最高温度を下げるためには、早朝打設による打込み温度の低減や練混ぜ前の骨材や練混ぜ水をあらかじめ冷却しておくプレクーリングの採用等がある。また、水和熱を強制的に外部へ放出する方法として、あらかじめ中空のパイプを設置しておき、コンクリート打設後にそのパイプに冷水または空気を送り、コンクリートの水和熱を外部へ逃がすパイプクーリングがある<sup>14), 15)</sup>。

外部からの拘束度を下げる方法としては、底版を分割して打設する方法や底版と基礎の摩擦係数を減少させるため

に底版と基礎の間にアスファルト乳剤やフィルムを敷設する方法も効果的である。側壁についても鉛直方向に目地部を設ける方法もあるが、打継目の止水に配慮が必要である。

コンクリートの収縮量を強制的に小さくする方法としては、水和熱抑制型の膨張材を使用する例も見られる。

また、複数の効果を期待した養生方法として遮光ネットによる直射日光の遮断の例もあり、最高温度の抑制のみでなく、コンクリート打設表面からの急激な乾燥の防止が期待できる。そのほか、最も一般的な湿潤養生などは効果的な養生方法の一つである。施工段階におけるひび割れと対処方法をまとめて表-1に示す。

表-1 施工段階におけるひび割れと対処方法一覧表

目的	対処方法	
コンクリートの最高温度の抑制	水和熱量の抑制	高性能AE減水剤によるセメント量の減少 低発熱セメントの使用
	コンクリート材料の冷却	プレクーリング 早朝打設
		遮光ネットによる養生
	水和熱の強制排出	パイプクーリング
拘束度の抑制	底版の分割打設 目地の設置	
	底版下にアスファルト乳剤等の敷設	
コンクリート収縮量の抑制	水和熱抑制型膨張材の活用	
	湿潤養生	
	遮光ネットによる養生	

### (2) コンクリート強度の管理

一般に行うべきコンクリートの品質管理のほかに、プレストレスによる荷重に対する安全性を確認するため、とくにプレストレス導入時におけるコンクリート強度を管理しなければならない。「水道用プレストレスコンクリートタンク設計施工指針・解説」では以下のように規定されている。「緊張作業を行ってよい時のコンクリートの圧縮強度は、プレストレスを与えた直後にコンクリートに起こる最大圧縮応力度の1.7倍以上でなくてはならない。緊張作業を行ってよいときの定着部付近のコンクリートの強度は、定着によって生じる力に耐える強度以上でなければならない」。よって、プレストレスの導入はコンクリート強度の発現を確認したうえで実施しなければならない。大型タンクで大容量の緊張材が集中するような箇所ではとくに注意が必要である。

### (3) 打継目の水密性

側壁の施工方法として一般には、一定の高さのコンクリートの打設を繰り返して立ち上げていく工法が用いられるため、水平打継目が発生する。この場合、打継目の止水性を高めるため、次のサイクルのコンクリートを打設する前にコンクリートの一体性を確保する目的でレイタンスや緩んだ骨材を確実に除去しておく必要がある。レイタンスを処理する方法としては、表面凝結遅延剤を塗布して高圧水にて洗い出す方法が一般的となってきたが、少しで

も取り残しがあればチッピング等による補助的な処理を行い、確実に取り除くように管理されているのが一般的である。

また、打継目を発生させない工法としては、前述のスリップフォーム工法や一度に側壁全高さを打設する工法等が考案されている<sup>16)</sup>。

### (4) その他

大型PC容器構造物のコンクリートに自己充填コンクリートを用いた例があるが、この場合、ごく一部でも自己充填性の劣るコンクリートを打設すると構造物全体としての品質を損なう可能性があるため、受入れ検査等による自己充填性の確認がとくに重要となる。このため、プラントでのワーカビリティの管理に加え、荷卸し段階での自己充填性の全量検査試験として、鉄筋障害物の通過状況を確認することによる管理が行われた例も見られる<sup>17)</sup>。

### 4.3 緊張管理

PCタンクは静水圧荷重を打ち消すように円周方向にプレストレスが与えられ、満水時には荷重がバランスし、最も安定した状態となる。一方、空水時には円周方向プレストレスが残り、側壁が下端固定の場合、鉛直方向の曲げモーメントが発生する。この断面力に対処するために側壁の鉛直方向にPC鋼材を配置し、プレストレスを与えるのが一般的である。

ここで、円周方向の緊張管理には「角変化摩擦係数による管理手法」が、鉛直方向の管理には「圧力計示度と伸びによる管理手法」が用いられることが多い。

#### (1) PC鋼材配置と緊張方法

PCタンク側壁については軸対称構造物であることから、円周方向全点が設計断面となる。

一方、円周方向にPC鋼材を配置する場合、もし1周を1本のPC鋼材で緊張すると、摩擦によるプレストレスロスが大きくなり、その結果、緊張位置と中央位置におけるPC鋼材の緊張力の差が大きくなる。摩擦によるロスを小さくするため、および緊張力を平均化する手法として、一般には直径に合わせて4本～8本の偶数本の定着柱を設けて1周に複数本のPC鋼材を配置する。

図-4は1周を2分割する場合のPC鋼材の配置例であるが、その場合でも定着柱を4本とし、上下で隣接するPC鋼材の定着を90度ずらし、全周にわたって導入されるプレストレスを平均化している。よって、設計に用いる円周方向PC鋼材導入緊張力は、一般にその円周にわたっての平均値を用いてよいことになっている<sup>3)</sup>。なお、緊張作業は、この場合4台のジャッキを用い、2本同時に両引きで行われる。

図-5に奇数段と偶数段のPC鋼材導入緊張力の分布図を示す。また、最近ではこれら複数台のジャッキを同時に作動させて、すべて自動で緊張管理を行うシステムも開発されている<sup>18)</sup>。

#### (2) 緊張管理方法

PC円形構造物の円周方向PC鋼材は、1本の導入緊張力の円周にわたっての平均値が設計緊張力以上となるように緊張管理されるのが一般的であった。しかし、この管

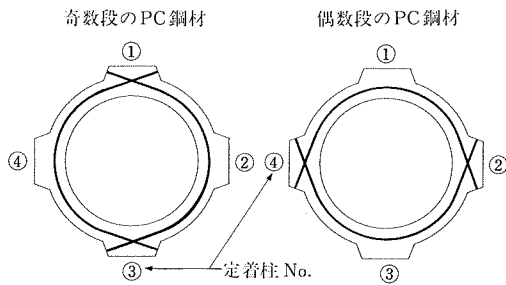


図-4 円周方向PC鋼材の配置例

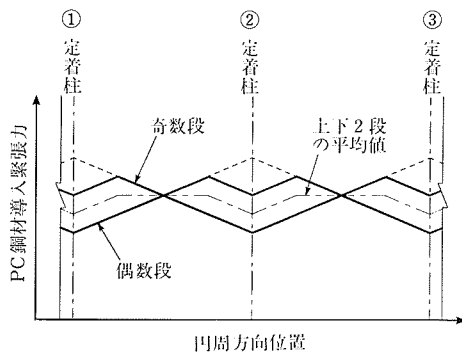


図-5 PC鋼材導入緊張力分布図

理手法によれば、上下で隣接する定着位置を円周方向に相互にずらした2段のPC鋼材の導入緊張力の上下にわたる平均値が、設計緊張力を下回る位置が生じる可能性がある。これを改善するため、上下2段の導入緊張力の平均値が円周にわたるすべての位置で設計緊張力を満足するようにPC鋼材を緊張管理するための緊張管理手法が提案されている<sup>19)</sup>。この手法によれば、円周方向すべての断面で設計におけるプレストレス力を満足するよう管理できる。

#### 4.4 出来形管理

PC容器構造物にとって各部材の出来形は、その構造に大きな影響を与えるため施工管理上の重要な管理項目の一つである。管理項目としては部材の断面厚、側壁の鉛直度や半径、真円度などがある。出来形の管理手法としては、以前からスケール（スチールテープ）や下げ振りが用いられているが、最近では形状が複雑になるとレーザーポインター（自動鉛直・水平器）や光波が使用されている。

海外の容器構造物に関する出来形管理の基準値としてはPCI (Precast/Prestressed Concrete Institute) で規定しているプレキャストタンクの指針<sup>20)</sup>があり、以下にその許容値を紹介する。

部材厚：±1/4 in. (6 mm)

鉛直度：高さ10 ft (3 m) につき±1/4 in. (6 mm)、全体で最大±3/4 in. (19 mm) まで

半径：半径50 ft (15 m) につき±1/2 in. (12.5 mm)、最大で±1 in. (25 mm) まで

真円度：円周10 ft (3 m) 間での半径の誤差±3/8 in. (10 mm)

一方、国内においては容器構造物の出来形管理指標とな

る許容値についての統一された基準はなく、海外の規準や他の類似した構造物の許容値から基準値を定めて、管理しているのが現状である。

また、容器構造物として最も重要な水密性を確認するための水張り試験も管理項目の一つとして捉えると、目視での外面からの漏洩はもちろん不合格であるが、管理基準の一例として、国内では日本下水道事業団の「土木工事共通仕様書」における消化槽の例が挙げられる。これによると、満水後24時間における液面低下を5 mm以内と規定している。前述のPCIの指針では、24時間での容量のロス0.05%以下としており、その最小試験時間として72時間を推奨している。容量5 000m<sup>3</sup>、直径30 mのタンクの場合で液面低下3.5 mm/日となる。

## 5. おわりに

PC容器構造物の水密性や耐久性といった要求性能を満足させるためには、施工管理が重要となる。そこで、本文では主に実績の最も多い貯水槽を例にとり、PC容器構造物の施工管理に関して記述した。PC容器全体の施工管理として見た場合、貯蔵される内容物により要求性能が異なるため、施工管理における留意点も多少は異なるものの、基本的なポイントは共通するものと考えられる。

また、「PC」が容器構造物に利用されはじめて約45年が経過しようとしており、御多分に漏れず維持管理の時代に突入したと言える。ここではとくに触れなかったが、PC容器構造物についても、とくに耐久性の面では鉄筋かぶりの十分な確保など施工の基本的事項を管理することが最も重要であると考えられる。

最近では、現場でのグラウト作業の省力化と摩擦係数の低減等を目的として開発されたアンボンドPC鋼材や、さらには工場で作られたグラウト材が時間経過とともに硬化するプレグラウトタイプのPC鋼材の活用が実施されはじめており、新しい工法、材料を使用した場合、それに応じた施工管理が必要となる<sup>21)</sup>。

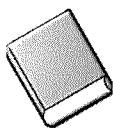
今後、さらに優れた工法や材料が開発され、PC容器構造物も持っている優れた特性に加え、的確な施工管理が行われることにより、社会基盤整備の一助となる、より優れたPC容器構造物が数多く建設されることを望みたい。

#### 参考文献

- 1) 横山, 西尾: PC容器の歴史について, プレストレストコンクリート, Vol.42, No.6, pp.66~71, 2000
- 2) 畑山, 井手口: 水道用PCタンクの新しい形態と技術動向, プレストレストコンクリート, Vol.38, No.6, pp.38~46, 1996
- 3) 池田: PC円形構造物の現況, 最近のプレレストレストコンクリート構造物と30年の歩み, pp.31~73, プレストレストコンクリート技術協会, 1986
- 4) 川中子: PCタンクの設計と施工(その2. PCタンク(水槽)の施工について), プレストレストコンクリート, Vol.31, No.3, pp.79~82, 1989
- 5) 浅香, 肥沼ほか: 35 000 t 円筒形PC水槽の建設と計測結果, プレストレストコンクリート, Vol.27, No.6, pp.79~88, 1985
- 6) 三浦, 田中ほか: 双曲面PC2階層式水槽の設計と情報化施工, コンクリート工学, Vol.24, No.10, pp.21~28, 1986
- 7) 今井: 大型サイロにおけるスリップフォーム計測管理システム, 測量, Vol.50, No.12, pp.21~24, 2000

- 8) 竹田, 百合山, 吉岡: PCタンクの設計と施工 (PC卵形消化槽の設計・施工), プレストレストコンクリート, Vol.31, No.4, pp.89~93, No.5, pp.98~103, No.6, pp.98~104, 1989
- 9) 塩谷, 井手口, 清水: 空気膜型枠工法 (エアドーム工法) によるPC配水池屋根工事, 第6回プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集, pp.197~204, 1996
- 10) 尾崎, 藤浦: プレキャストパネルを用いた水道用PCタンクの建設, 第42回全国水道研究発表会論文集, pp.417~419, 1991
- 11) H. Bomhard: Bauen mit Hubverfahren, Sonderdruck aus Vortrage Betontag 1975, DEUTCHER BETONVEREIN E.V.
- 12) F.K.K: フレシネー工法ニュース No.6 (プレストレストコンクリート製タンク特集), 1975
- 13) 土木学会 編: 土木用語大辞典, 技報堂出版
- 14) 井上, 下川ほか: 酷暑条件下における大型PCタンクの施工, 第9回プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集, pp.355~358, 1999
- 15) 出川, 波多野ほか: エジプトにおけるPCタンク築造工事のひび割れ制御について, 第10回プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集, pp.273~278, 2000
- 16) 横山, 村井, 坂本: プレストレストコンクリートタンク側壁を一度に施工した場合のコンクリート側圧, 第6回プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集, pp.205~208, 1996
- 17) 川島: PCLNG貯槽における高強度・自己充てんコンクリートの製造・施工管理, コンクリート工学年次論文報告集, Vol.21, No.2, pp.421~426, 1999
- 18) 横山, 野田, 中村: プレストレストコンクリートタンク横締め緊張作業の自動化, 第4回プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集, pp.201~204, 1996
- 19) 今尾, 西尾: PC円形構造物の上下隣接するPC鋼材を考慮した円周方向緊張管理手法について, 第4回プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集, pp.161~164, 1994
- 20) プレキャストPCタンク協会: プレキャストプレストレストコンクリート円形貯蔵タンク指針 (PCI編), プレストレストコンクリート, Vol.35, No.3, pp.59~77, 1993
- 21) 大館ほか: 新しい円周方向PCシステムの実用化, 第10回プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集, pp.279~284, 2000

【2001年9月25日受付】



刊行物案内

## PC構造物の耐震設計の現状

第27回PC技術講習会

(平成11年2月)

頒布価格: 5 000円 (送料500円)

社団法人 プレストレストコンクリート技術協会