

PCCV 施 工 上 の 特 徴

山 崎 坦*
加 賀 美 国 博**

PCCV の施工上の特徴に関して、1. コンクリート躯体施工について、および 2. プレストレス施工についての二つの分野から、現状の紹介と留意事項を添えて、述べさせていただきます。

1. PCCV のコンクリート躯体施工について

1.1 基礎底版

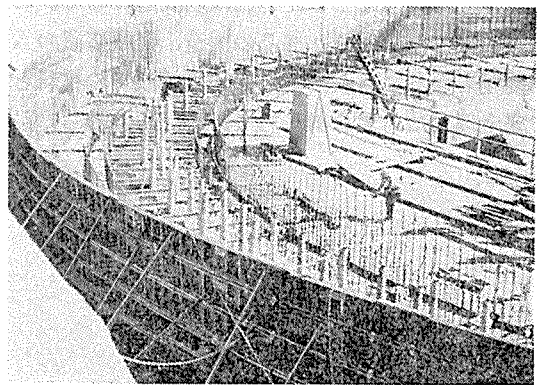
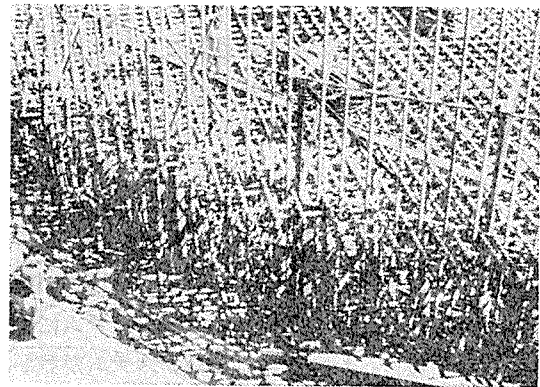
基礎底版は、コンクリートの打設計画に際して、平面上では1回の打設に適した面積を単位として区切り、打設リフト高さについては、1.5~3.0m 程度の間で各部の納まりに適した位置で基礎底版を水平に分割して、コンクリート打設ブロックを設け、個々の打設ブロックを組み合わせた結果として形成されるように計画する。

基礎底版中には、PCCV シリンダー部の鉛直テンドンをアンカーするための作業空間として、シリンダー部の下端に沿ってギャラリーが設けられるが、ギャラリーの床面には上部のシリンダー部躯体や鉛直テンドンほかを設置する基準マーキングを行い、その後の施工の位置基準とする。ギャラリーの内法は、幅約 2.5m×高さ約 3.0m 程度で、テンドンの引込み、挿入、緊張等の作業を行える空間を用意する。

ギャラリーの天井面は、シリンダー部鉛直テンドンのベアリングプレートの設置面となるため、施工精度に特に留意を要する。ギャラリーの両壁面のコンクリート打設完了後、トレンチ状になったギャラリー部の上部に、強固に支持した床型枠を設けてその上にベアリングプレートを設置するものや、ベアリングプレートと一体化した鋼製型枠を敷き並べてコンクリートを打ち込む方式、またはベアリングプレートを打ち込んだプレキャスト板を敷き並べるなどの形式が見られる。

基礎底版の上部は、底板ライナーとの取合い部となるため、ライナー取付け用アンカー鋼材の設置や、ライナーの溶接取付け作業との関連を検討したうえでコンクリート打設のレベルを決定する。また基礎底版の上面部では相当に多量の鉄筋が配置されることになるので、配筋とテンドンアンカー部トランプレートや、ライナーアン

カー類との納まりには十分な留意を要する（写真—1 参照）。



写真—1 基礎底版の配筋とトランプレート

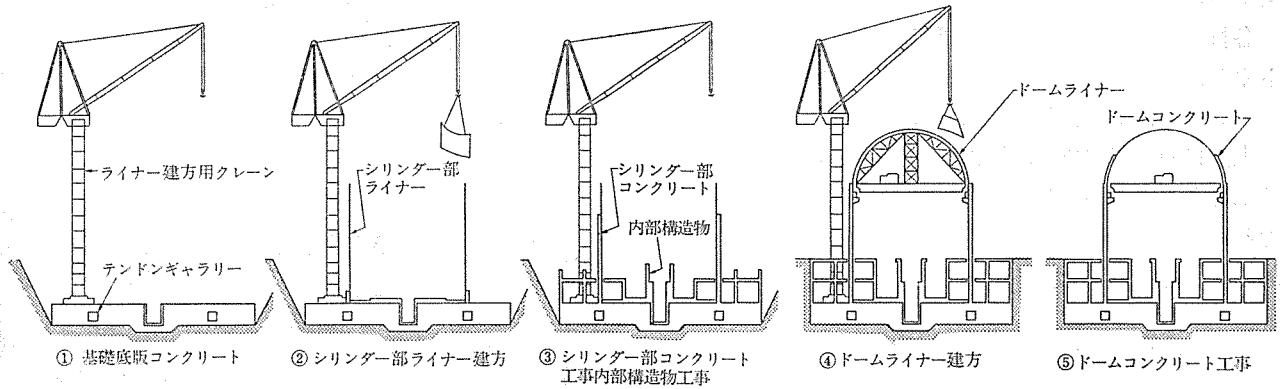
1.2 シリンダー部

鋼製ライナーを PCCV の内面に設置する場合は、ライナーを先行して組み立て、それを内側型枠として壁体のコンクリート躯体を施工する方法がとられる。シリンダーライナーの建込みから溶接作業が完了すると、後を追ってその直下の場所でコンクリート躯体作業が続けられるため、建て込んだライナーの3段ブロック程度の差を保ち幅そりを避け、かつなるべくタイムロスが生じないように対策をする。格納容器内部の構造物の施工は、シリンダー部の作業工程と並行して進められる。

ライナーには、ペネトレーション用のスリーブ、各種ハッチ類の開口枠等が先行して取り付けられており、シリンダー壁体の配筋やテンドンシースはこれらを利用して設置する。おおむねペネトレーション用のスリーブなど

* (株)大林組東京本社技術本部原子力部

** (株)大林組東京本社技術本部建築技術部



図一 PCCV 施工手順例

小開口類は、高さ位置をそろえて横列に数段を設置し、また縦方向にも位置をそろえ、配筋やシースの配置の便宜をはかる。

配筋やシースの支持は、補強およびアンカーの目的でライナーに取り付けたリブ鋼材に、ブラケット類を設置して位置を固定することが多い(写真-2 参照)。

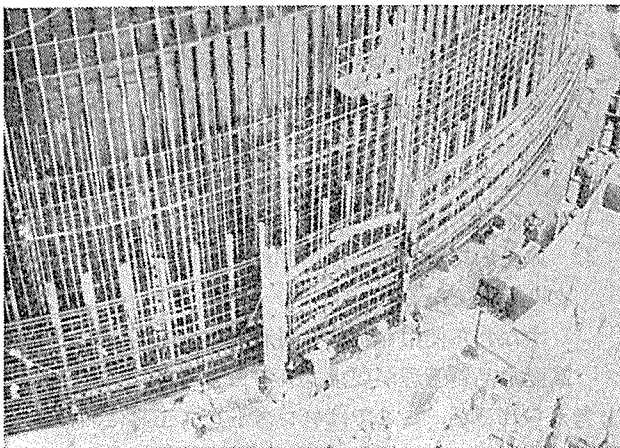


写真-2 シリンダー部配筋とテンドンシースの配置

コンクリート打設のリフト高さは、2~3mの範囲でほぼ等間隔に計画されるが、1打設リフトの高さを持つ足場付き大型型枠を、クレーン吊りまたはジャッキアップ等により順次せり上げて施工してゆく例が多い(写真-3 参照)。

コンクリート打設のリフト高さは、打設の側圧に対するライナーの耐力とバランスを保つ必要がある。またペネトレーションスリーブなど開口が集中した部分では、開口の周辺に補強鉄筋が密に配置され、さらにテンドンシースも開口を避けた位置に集中してくる関係で、打設時のコンクリートのまわりが悪いので、施工上注意を要する。組立て時のライナーの1ブロックの高さと大型型枠の高さをそろえて、繰り返して使用する大型型枠のセパレーターボルトの取付け納まりを、各段で同じ様式で施工できるようにしたものが多く見られる。

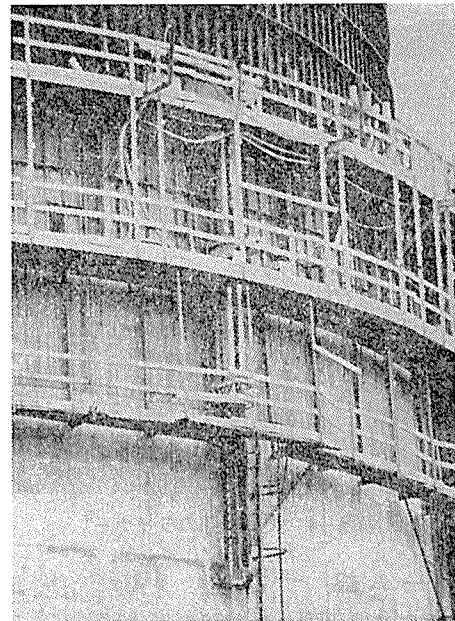


写真-3 ジャッキアップ(足場は大型型枠)

壁体のコンクリート打設については、ライナーへ過大な側圧がかからないよう、一度に速く打ち上げることをせず、一時の打込み高さは40~50cm程度に止めて、壁体全周にわたり均一レベルで打設するよう計画する。打設方法はバケット打ちまたはポンプ打ちが一般的であるが、ポンプ打ちの場合はポンプ配管の途中にゲートバルブを取り付けて、均一レベルの打込み対策として、各部への打設の配分処理を容易にするよう工夫した方法が見受けられる。

シリンダー部の施工手順はおおむね次のようである。

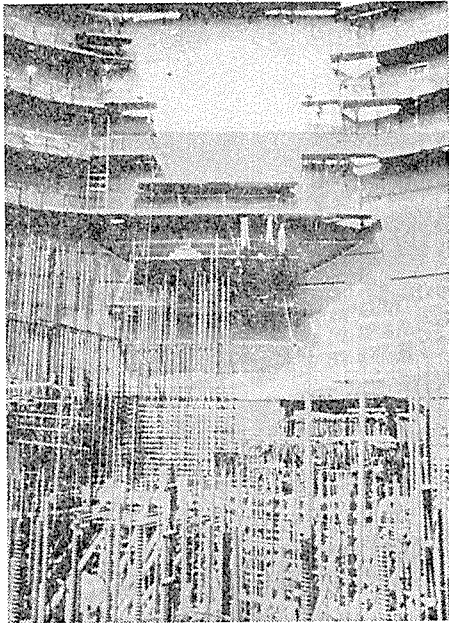
- 1) ライナー建込み、溶接
 - 2) 内側鉄筋組立て
 - 3) 鉛直テンドンシース取付け
 - 4) 水平テンドンシース取付け
 - 5) 外側鉄筋組立て、およびせん断補強筋取付け
 - 6) 型枠の設置
- 4),5) については納まりの関係で手順が逆になる場合

施 工

もある。

各打設リフト毎の水平打継ぎ面は、ウォータージェットまたはジェットエアによるグリーンカットや、ピックハンマーによる目荒し等入念に処理を施す。

大開口の周辺部では、補強のために大きな壁厚を要する部分も生ずるが、シリンダー部外面では型枠の形状をなるべく変えずに、壁厚のふくらみは内側のライナーをふくらませる形で処理するのが望ましい（写真—4 参照）。



写真—4 大開口部のライナー

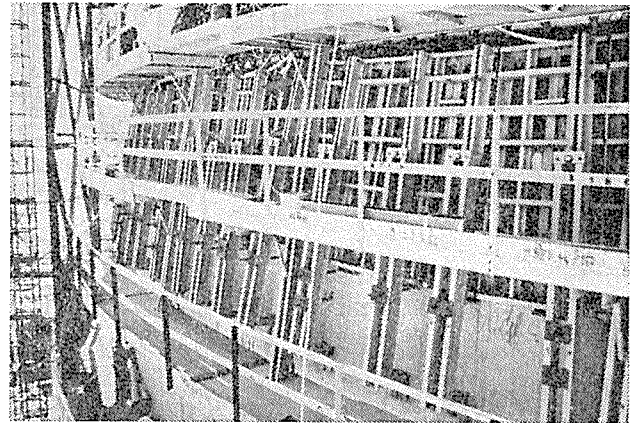
1.3 ドーム部

ドーム部には偏平型、半球型の形状種類があるが、いずれも鋼製ドームライナーを先行して組み立て、その上に配筋やテンドンシースの取付けを行いコンクリートを打設する。

偏平ドームの場合では、ドームライナーの外面に内側配筋を行い、次いで外側配筋との継ぎ鉄筋やテンドンシースの支持ブラケット等を取り付けた後、20 cm 程度にライナーの全面にコンクリートを打設し、この1層目コンクリートの強度発現を待って、テンドンシースと外側配筋を取り付け、2層目のコンクリートを打設する方法が見られる。偏平ドームでは、シリンダー上端に近い外縁部であっても、コンクリート表面の打込み勾配があまり急ではないので、ドーム表面の曲面をきめる定規金物を設けるだけで、型枠なしにコンクリートをこすり上げて施工する場合が多い。

半球ドームの場合では、ドーム中心からの円周角 50°～60° 程度までのドームの肩のあたりでは、ドーム曲面の接線勾配がかなり急で、外型枠が必要となる。1.5～2.0 m 程度の打設リフトでリング状に打ち上がるよう、

大型型枠を用いることが多いが、1打設リフト毎に型枠の設置勾配が変化し、さらに型枠貼付け面が縮小していくので、型枠にはこれに対応する工夫がなされる（写真—5 参照）。



写真—5 ドーム部型枠

2. PCCV のプレストレス導入施工について

PCCV 施工におけるプレストレス工事の特徴は、

- 1) 容量が 500～1 000 t という大容量テンドンを取り扱うこと。

すなわち関連 PS システム部品および取扱い機器が大容量であること。

- 2) 原子炉格納容器に使用されるプレストレストコンクリートであること。

すなわち使用される材料および施工機器に、より高度な品質管理が要求されること。

と考えられるが、ここではプレストレス工事における支圧板およびシースの据付けからテンドン挿入、緊張、防せい材注入までの各段階で工事の特徴および問題点について述べるものとする。

2.1 支圧板およびシースの据付け

支圧板の大きさ約 600×600 mm、厚さ 100 mm 程度となることが考えられ、重量約 300 kg にもなるため単体でも取扱いに揚重機を必要とすることになる。このため通常、シリンダー壁のバットレス部の支圧板の据付けは精度上の関係もあってコンクリートの打設高さ（2.5～3.0 m）に見合った数を、地上で1ユニットのフレームに組み合わせたものをセットしている。このフレームを一般にはバットレス部の端面型枠で兼用する方法が考えられており、アメリカでは鋼製型枠、フランスでは支圧板を打ち込んだプレキャストコンクリートパネルを使用している。またギャラリー内天井に埋め込まれる支圧板には鋼製型枠と一体となったものや、フランスのようにプレキャストコンクリートパネルを使用している例も

ある。

シースについては内径約 14 cm 程度という大口径となり、コルゲートシース（アメリカ）、またはスパイラルチューブ（フランス）が使用されているが、円周方向の曲がりと種々の配管貫通部に対する迂回配置によって生ずる 3 次元の複雑な曲げ配置に対する配慮が必要である。これに対して前者では主に固有のフレキシビリティを利用して現場で固定サポートになじませていく方法があり、後者では特に厚肉の場合、所定の形状に事前に曲げ加工したものを使用することになる。これらのシースを精度よく所定の位置に据え付けるためのサポートとしてアメリカでは主鉄筋を利用して固定している例もあるが、シースの固定および設置精度が、仮定摩擦損失量を勘案した設計どおりの緊張力を導入できるかどうかの大きな要素となるので、シースのサポートには鋼製フレームの利用が望ましい。

シースはカップラーによって接続されるが、そのジョイント部の止水性はセメントペーストの浸入からシース内空間を確保するという重要な意味があり、これを高めるためコンクリートの側圧に耐えるシールの使用が望まれる。このため、アメリカではコーキング剤と耐候性テープを使用している例もあり、フランスでは収縮性および融着性を持つ合成樹脂チューブ等によるシールを使用している。

2.2 テンドン挿入

在来のプレストレス工事では、比較的小容量のためテンドン配置はシース配置と同時に進行先入れ方式が一般的であるが、この大容量テンドンの場合はコンクリート打設後に行う後入れが原則となってくる。このためにシース内空間がテンドン挿入に支障がないかどうかコンクリート打設直後および挿入前に検査することが重要となる。欧米では通称「ラビット」、「マウス」（図-2 参照）というような名称で呼ばれている砲弾状の清掃具を、シース内に事前に通しておいたメッセンジャーワイヤーでシース内を引き通したり、圧縮空気で押し通してみるといったような方法で障害の有無を確認している。こ

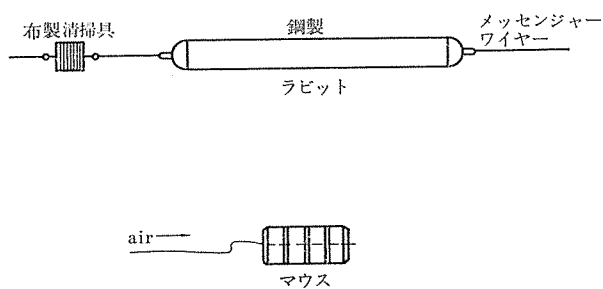


図-2

の清掃具の直径、長さはシース配置の最小曲げ半径、シースの内径およびテンドンの曲げ剛性等を考慮しテンドンの挿入が保証できるような寸法としておく必要がある。

テンドンの挿入は鋼線束またはストランド束（直径 10 cm ぐらいとなる）の引込み端にケラムスグリップ（図-3 参照）を装着し、これにより引込み挿入することが一般的であるが、半球ドーム型 PCCV の鉛直テンドン



図-3 ケラムスグリップ

（逆Uテンドン）の場合には、長さ約 140~160 m、重量約 7~8t にもなるため、テンドン先端にフックを溶着し、これを引き込むというような方法を講ずる必要が生じてくる（図-4 参照）。

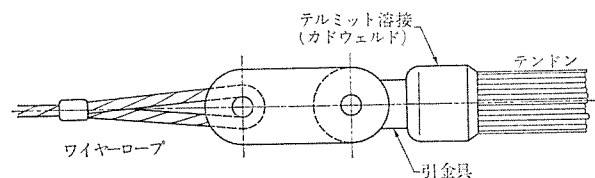


図-4 カドウェルド金具

テンドン挿入方法は、事前にテンドンを製作し、コイル状にしたものをアンコイラー（コイルを解く装置）にセットして引き出す方法（写真-6 参照）が一般的であるが、コイリングにもアンコイリングにもかなり大規模な設備を要することになる。ストランド方式の場合はストランド一本ずつを鋼線メーカーより直接サイトに搬入されたケーブルコイルよりプッシングマシンを使用して挿入する方法（写真-7 参照）もあるが、プッシングマシン方式は半球ドーム型 PCCV の逆Uテンドンへの使用例はない。

PCCV のプレストレス工事では、テンドン挿入には大容量のテンドンコイルとそのアンコイラーの重量に耐

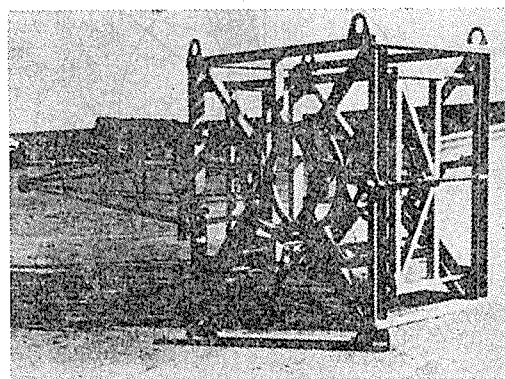


写真-6 ケーブルコイル引出し用ケージ（フレシネー方式）

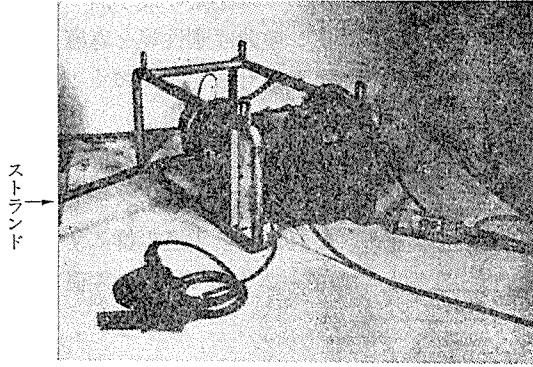


写真-7 ストランド挿入用プッシングマシン
(フレシナー方式)

え、これらを取り込み、充分作業のできる PCCV 全高にわたる足場を必要とする。これらの要求を満たすための足場として大容量の移動式プラットフォーム（ゴンドラ

ラ)を使用することになる。このゴンドラはテンドン挿入から防せい材注入までの作業を円滑に行うため欧米ではドーム形式により数種類のタイプが考えられている。

偏平ドーム型 PCCV ではシリンダー部水平テンドン、ドームテンドンの作業を行うための水平、垂直移動式ゴンドラ(図-5 参照)が、半球ドーム型 PCCV では水平テンドン、ドームフープテンドンの作業を行うためのガントリータイプのワイヤーサスペンション式ゴンドラ(図-6 参照)、据付け解体の容易なラックピニオン式ゴンドラ(図-7 参照)が使用されている。

いずれにしてもゴンドラは作業上、工程上重大な影響を及ぼす機械であるので、PCCV の設計段階より、供用期間中検査への使用、PS システムや作業工程を考慮して、その駆動方式、寸法、台数を検討し、建設時、供用期間中検査時に支障のないよう計画しておくことが重要

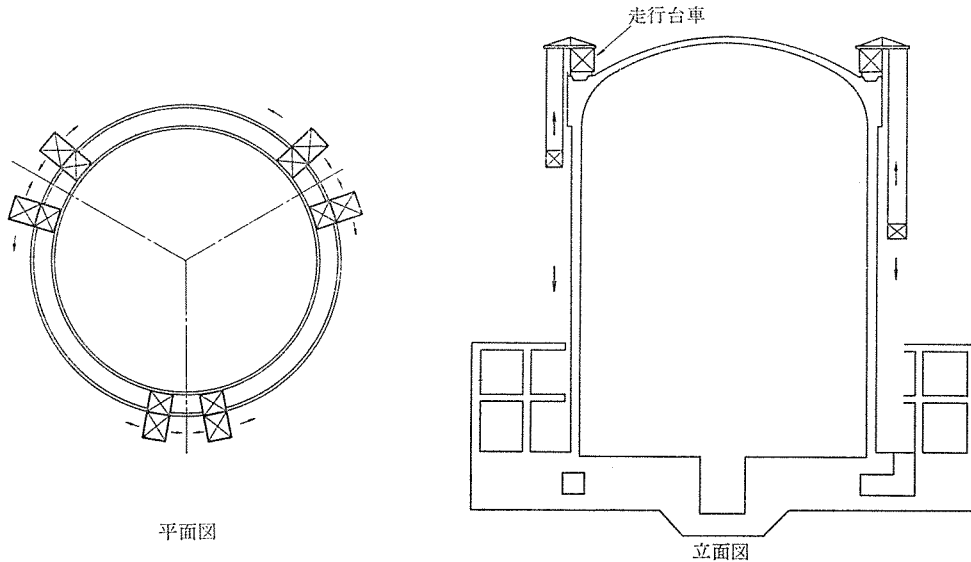


図-5 偏平ドーム型 PCCV に用いられる懸垂型ゴンドラ

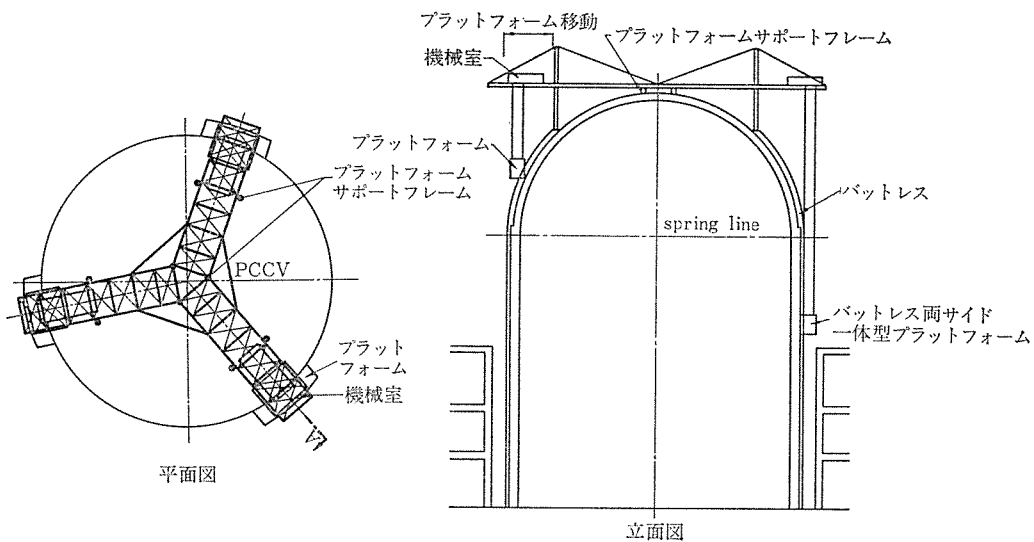


図-6 半球ドーム型 PCCV ガントリータイプ ワイヤーサスペンション式ゴンドラ

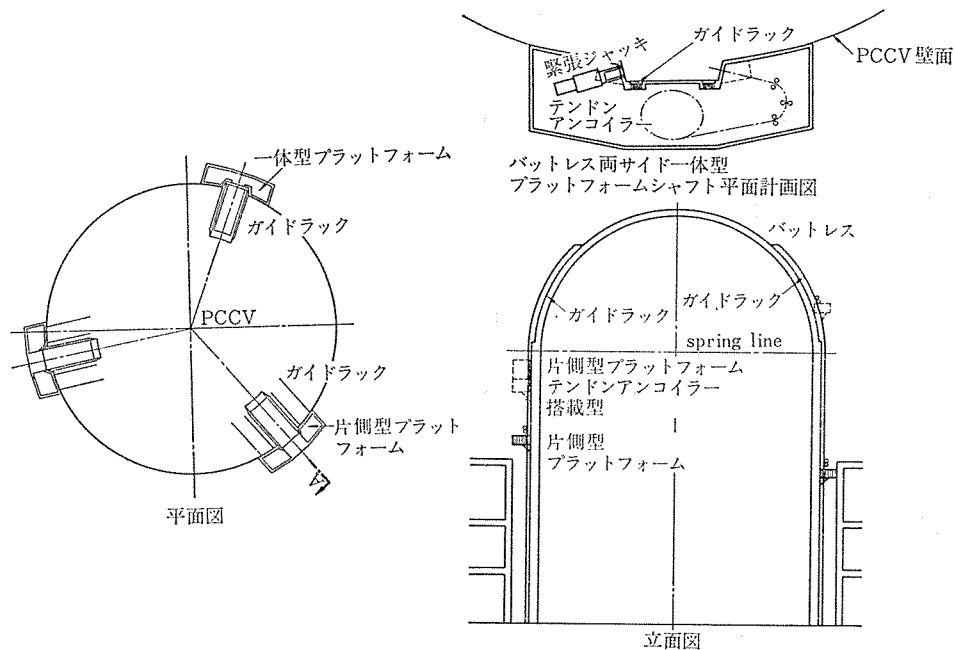


図-7 半球ドーム型 PCCV ラックピニオン式ゴンドラ

である。

2.3 テンドン緊張

テンドンの緊張は、1000t 容量のテンドンに約 800t の緊張力を導入するわけであるが緊張ジャッキも 1000t クラスとなるとその重量も約 3t となる。

緊張方法としては両引き、片引きの二つの方法がある。一般に偏平ドーム型 PCCV では比較的短く、直線的であるため摩擦損失が少ない、このため鉛直テンドンだけが片引きで緊張され、他の部位のテendonは両引きで緊張される(図-8 参照)。半球ドーム型 PCCV では曲率による摩擦損失が大きいためすべてのテendonが両引きで緊張される(図-9 参照)。また大きなプレスト

レス力導入であるため、緊張中の躯体への影響を最少とするよう緊張順序を決めておく必要がある。以上のことより緊張にあたっては、作業工程および緊張順序によるジャッキの移動回数を考慮して必要なジャッキ台数を確

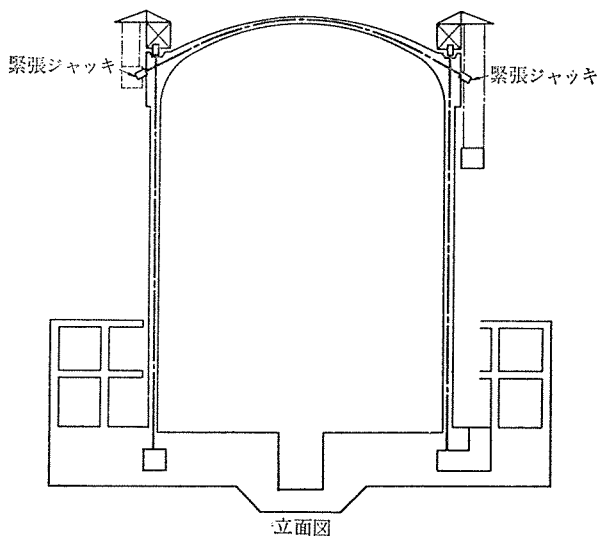


図-8 偏平ドーム型 PCCV ドームおよび鉛直テンドン緊張工事

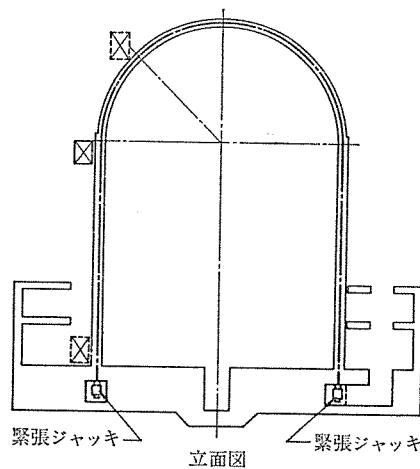


図-9 半球ドーム型 PCCV 逆Uテンドン緊張工事

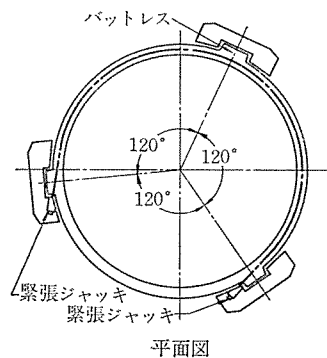


図-10 偏平および半球ドーム型 PCCV 水平テンドン緊張工事

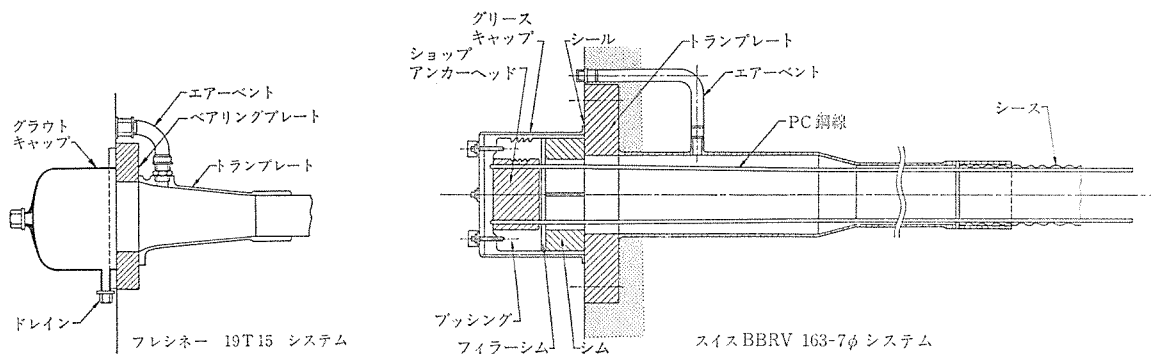


図-11 各システムのグラウトキャップ

保しておく必要がある。

緊張管理は、通常のプレストレス工事と同じく、伸び—緊張力管理図により行い、予測値と実測値との差が設定した許容値内におさまっていることを確認することになる。

緊張は摩擦損失による緊張力の減少を少なくするため、一たん緊張中に許容される張力まで緊張し、その後定着後の鋼線に許容される張力まで戻し定着する。この定着時の張力は PS システムによっては、再緊張によって確認するものもあるが、くさび定着形式のものでは、くさびによる定着ロスを考慮して定着荷重を確認する方法がとられている。

2.4 防せい材注入

緊張後、防せい材の注入を行うわけであるが、一般にアメリカの仕様では緊張後2週間以内に施工することが定められている。

防せい材の注入については、ここで述べるまでもなくボンド方式とアンボンド方式の二つの方式があり、両者

の間には大きな相違がある。

ボンド方式はセメントペーストを使用し、ヨーロッパで広く採用され、アンボンド方式はグリースを使用するものでアメリカで広く採用されている。どちらの方式を採用するかは供用期間中検査の考え方で大きく変わる。いずれの方式でも、アンカーヘッド部分も防せい材で被覆するためグラウトキャップを使用する必要がある(図-11 参照)。グリースの場合は特に粘性が高いため 100℃ 近くまでヒーターで加熱してから注入するため厳重なシールが要求される。

また防せい材注入の確認方法としては、シースの曲げ配置部分に取り付けられたドレーン管、ベント管およびグラウトキャップのベント管からの防せい材噴出で充填確認を通常行っている。

以上で PCCV 施工上の特徴と留意点につきご紹介させていただいたが、全般的に概略に触れたに留まり、説明不十分となった点が多々あることはお許し願いたい。