

プレキャストコンクリートサイロ

加藤 良 雄*
加藤 国 雄**

1. はじめに

近年、穀物輸入量の増加に伴い、穀物貯蔵用サイロの建設が日本各地で行われてきた。穀物用サイロの多くは鉄筋コンクリート製サイロで、そのほとんどが国の内外を問わずスライディングフォーム工法で施工されてきた。この工法は、油圧ジャッキを使い、毎時 30 cm 程度のスピードで、高さ約 1.2 m ほどの型枠を上方向に移動させながらコンクリートの打設と脱型とを同時に行う工法である。サイロの特質から筒体の気密保持が必要で、したがって、筒体施工時は昼夜連続作業となり、一時に多数の作業員、管理技術者が必要で、人員の確保が難しい。また、サイロの出来あがりには天候等の自然条件に左右される。本稿で紹介するプレキャストコンクリートサイロ (PC サイロ) は、これらの問題点を解決した工法である。



写真-1 完成した PC サイロ

2. PC サイロの概要

PC サイロは 図-1 に示すような構成となっている。穀物を貯蔵する筒身部に高さ方向約 2 m で、平面的には 1/4 円弧状の PC 板を使ったサイロである。PC 板は縦横とも PC 鋼棒により緊張され、サイロとして一体化されている。ホッパーは鋼板製、ホッパー下躯体は RC 構造としている。サイロの屋根スラブは、PC 板建方時作業床として使っていた鉄骨ステージを屋根部に固定し、その上に打設される鉄筋コンクリートとの複合スラブとしている。

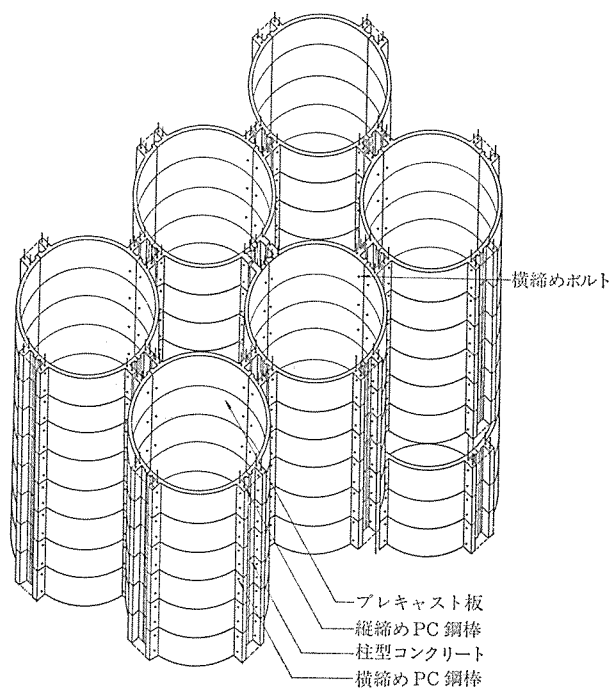


図-1 PC サイロ構成図

3. PC サイロの設計

3.1 サイロの内圧

サイロの設計には一般の建物設計においても考慮される固定荷重、積載荷重、風荷重、地震荷重などのほか、サイロ内に入る穀物の粉粒体圧がある。粉粒体圧は次に示すヤンセン式より求め、設計においては搬出入時の動圧力を考慮した修正係数を乗じ、サイロの特性を十分満足した値を採用している。

$$P_v = \frac{r \cdot R}{\mu_f \cdot K} \left(1 - e^{-\frac{\mu_f \cdot K \cdot x}{R}} \right) \dots\dots\dots \text{ヤンセン式}$$

$$P_h = K \cdot P_v$$

* 大成建設 (株) 建築本部設計部長

** 大成建設 (株) エンジニアリング部課長

建築構造物

- P_v : 垂直圧力
- r : かさ比重
- μ_f : 内容物と壁との摩擦係数
- R : 水圧半径 $R = \frac{A}{L}$
- A : 貯槽水平断面積
- L : 水平 (内面) 断面周長
- K : K 値 $K = \frac{1 - \sin \phi_i}{1 + \sin \phi_i}$
- ϕ_i : 内部摩擦角

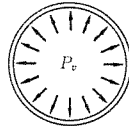
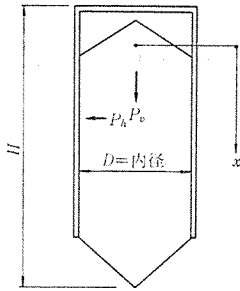


図-2

3.2 PC 板の設計

PC 板は、各段ごとに作用する粉粒体圧を計算し設計される。このとき主サイロ満杯かつ副サイロ空の場合と、副サイロ満杯かつ主サイロ空の場合について計算する。

$$T = C_d \cdot P_h \cdot r \cdot h_p$$

T : パネルの設計円周張力

P_h : 水平圧力

r : サイロ内半径

h_p : パネル高さ

C_d : 搬出入時修正係数

4. 接合部の設計

(1) 縦方向

サイロ槽壁の母線方向にプレストレス力を導入して、地震時継手部に引張力が生じないようにする。柱型コン

クリートに面する接合部には、シヤーコッターを設け、地震時、群サイロが一体となって働くようにする。

(2) 横方向

側圧により槽壁に生ずる周張力を、プレストレス力および、シヤーコッターにて伝達させる。地震時に生ずるせん断力に対しては、セグメント上端の敷きモルタルと、縦鋼棒導入圧力とによって一体化して抵抗させる。

5. PC サイロの施工

5.1 PC 板の製作工事

(1) PC 板の寸法

板の製作は既設 PC 工場で行われることが多い。したがって道路運搬上の制約を考慮して板の寸法を決める。また PC 板の重量は、PC 工場のクレーンおよび建方用クレーン能力により決まり、5t~6t/ピースが一般的である。

(2) 型 枠

型枠は鋼製を使用し、コンクリート打設および脱型が容易に行われるよう、堅打ち式を採用している。

(3) コンクリートの調合

PC 板に使用するコンクリートの設計強度は、350~400 kg/cm² である。調合の一例を 表-1 に示す。

(4) PC 板の製作

門型クレーンの走行するレールゲージ内に、型枠は 2 組宛向い合わせに直列配置される。PC 板の製作スピードは 1 日 1 サイクルを原則としているが、最近では 1 日 2 サイクルの場合もある。型枠の個数は現場での PC 板

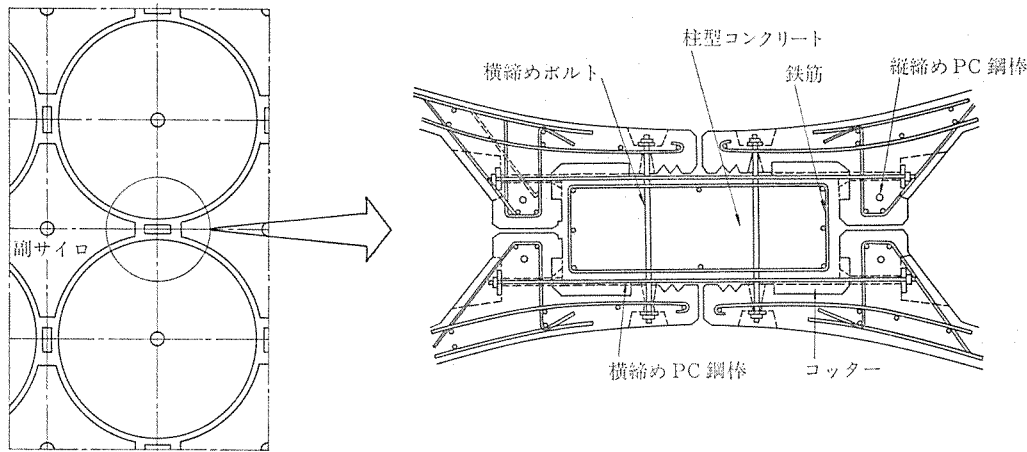


図-3 継手部詳細図

表-1 PC 板コンクリート調合

設計強度 (kg/cm ²)	調合強度 (kg/cm ²)	粗骨材寸法 (mm)	水セメント比 (%)	細骨材率 (%)	単位使用量 (kg/m ³)					スランブ (cm)
					セメント	水	細骨材	粗骨材	混和剤 (g/m ³)	
350	390	20	41	39	415	170	737	1153	1038	8

の建方工程と、ストックヤードの広さにより決める。

5.2 PC板の建方工事

PC板の建方は、タワークレーンまたはクローラーク

レーンを使用する。建方重機1台当たりのPC板建方スピードは、平均1日約10ピースである。

PC板の重ねジョイント部分は、上端凹状、下端凸状となっている。特殊目地モルタルをPC板上端の凹状部分に敷き、PC板の下端凸状で目地モルタルを押し出しながら上部PC板を据え付ける。据付けにはレベル位置調整金物が使われ、この金物は目地モルタルが所定の強度に達するまでPC板を支持することになる。PC板据付け後は柱型の鉄筋をセットし、コンクリートを打設する。

PC板建方の作業は各ビン内に架設した鉄骨ステージ上で行われる。ステージは、最終的には屋根として使用される。正確な積みあげを確保するため、1階の土間コンクリート上に、レーザーランシットを設置して、垂直度の基準としている。

5.3 プレストレス工事

(1) 横締め

横締め鋼棒は、PC板1段(約2m)3~4本で締め付

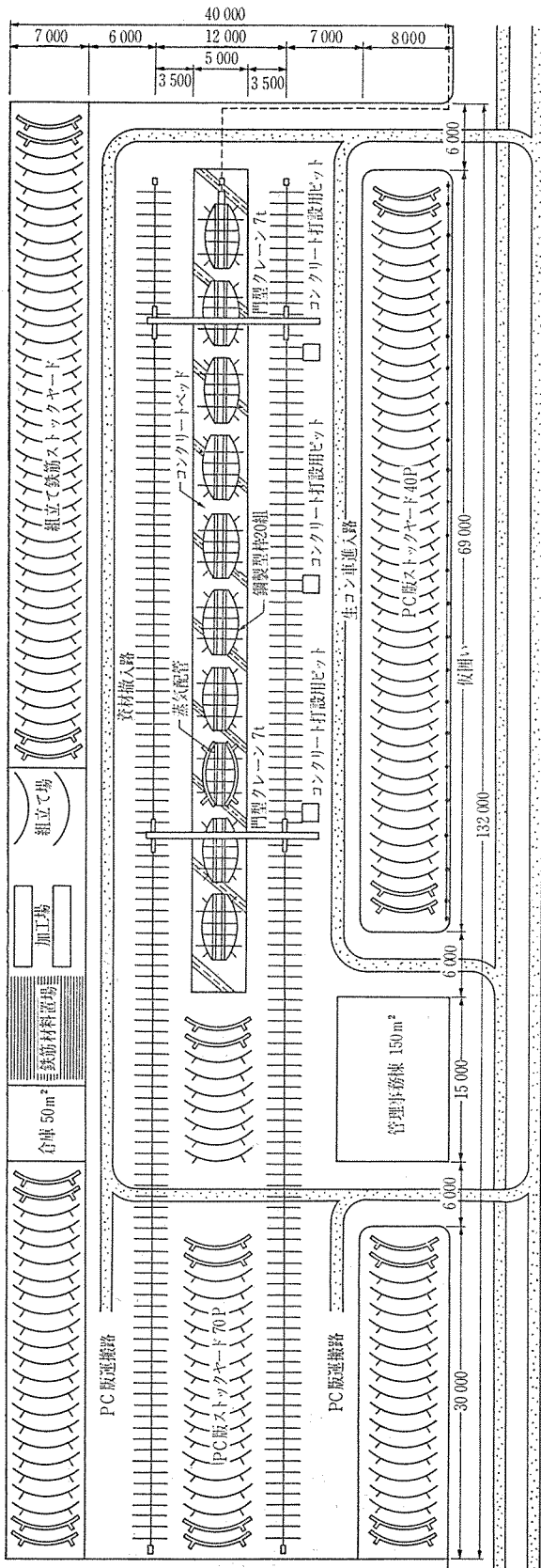


図-4 PC板製作工場の一例

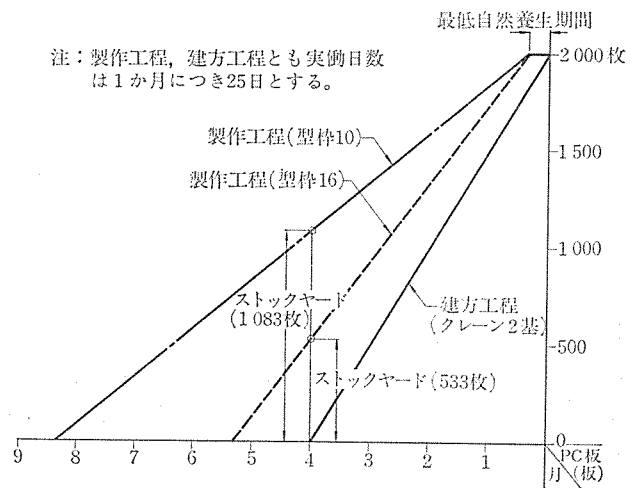


図-5 型枠数・建方工程・ストックヤードの関係

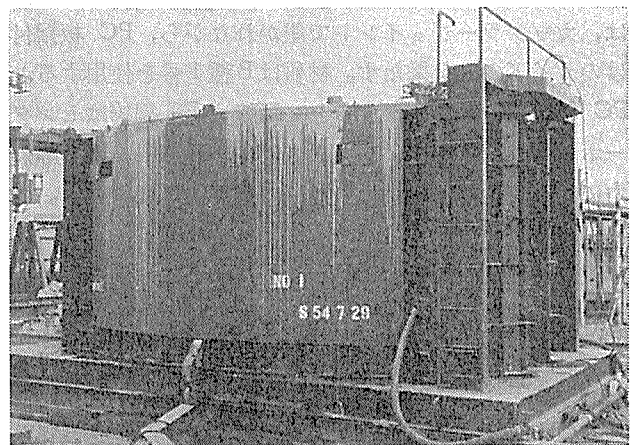


写真-2 PC板型枠

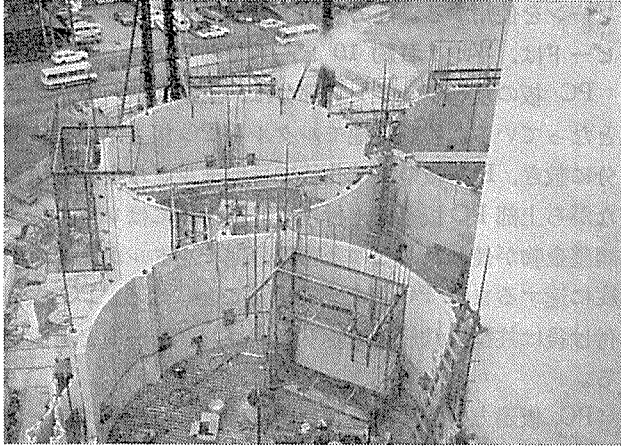


写真-3 建方中の PC サイロ

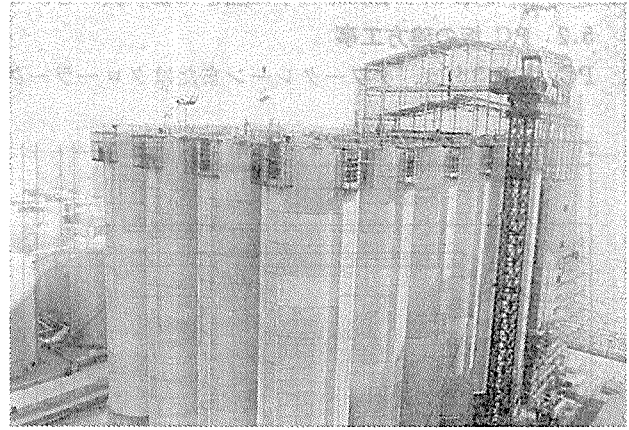


写真-4 建方中の PC サイロ

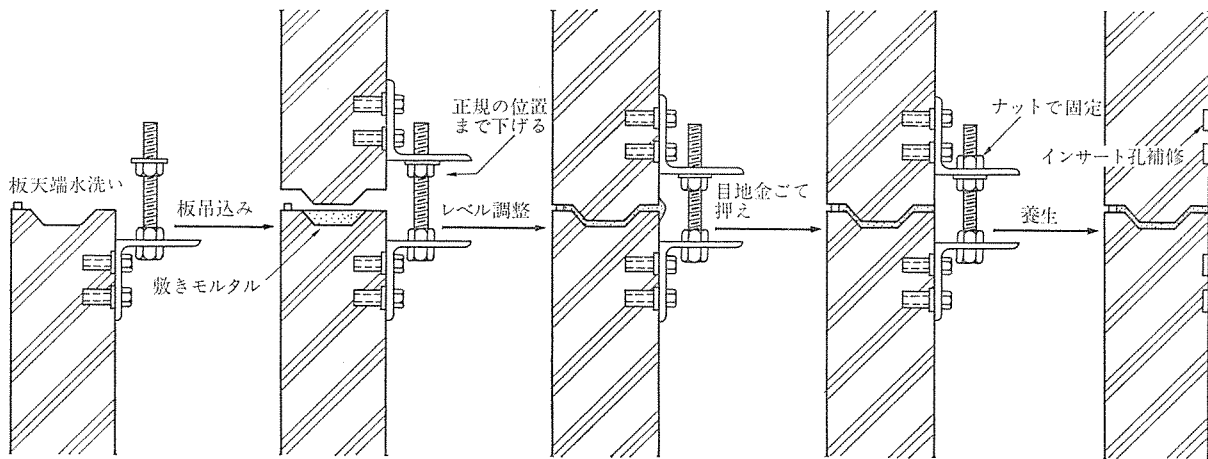


図-6 PC 板の据付け詳細

ける。横締め鋼棒は、柱型コンクリートに打ち込まれたあと緊張されるので、アンボンド処理したものを使用する。柱型コンクリートの圧縮強度が所定の値に達してから、油圧または電動のトルクコントロールレンチにより、所定導入力まで緊張される。

(2) 縦締め

縦締め鋼棒は、PC 板2段分の長さの物を使う。鋼棒は、カップラージョイントで継がれながら、PC 板据付けのガイドの役を果たす。材質はB種1号を使用する。PC 板の据付けが完了すると、縦締め PC 鋼棒はセンターホールジャッキにより緊張される。施工中、地震等外力に対し安全であるため、途中で何回か緊張される。

(3) グラウト

縦締め鋼棒の緊張力が終わると、すぐにグラウトが行われる。グラウトは、下から上に向け圧入する。

6. おわりに

この PC サイロは、昭和 45 年に第 1 号が完成して以

来、現在までに建設件数にして 9 件、穀物収容力合計では、12 万 t の実績がある。サイロに要求される気密性の判定は、サイロ内の圧力を 500 mmAq に上げて、20 分経過後の残圧を測定し行う。農林省 A 級サイロ合格残圧は 200 mmAq 以上である。最近建設した PC サイロの例では、20 分後の残圧が、全主ビン平均で 488 mmAq という高い気密性を得ている。

PC サイロは、今まで輸入穀物用サイロと、製粉、製油等工場のサイロに適用されてきたが、今後はカンントリーサイロや、鉱業、化学等の原料、製品サイロ等、各種の用途の貯槽にも実績をふやしていきたい。

参考文献および特許

- 1) 今村亮吉, 奥住悠夫: プレキャストコンクリートサイロ, 施工, 1970 年 11 月号
- 2) 加藤国雄, 田村嘉英: プレキャストコンクリートサイロ工法, 粉体と工業, 1980 年 1 月号
- 3) 大成建設(株)構造設計指針「PC サイロ」
- 4) 特許 706306, 858467, 実用新案 1030569