

小野田セメントKK 堺S.S.セメント サイロ新設工事概要

木 村 信 彦*

1. ま え が き

この工事報告は小野田セメントが大阪府堺市築港南町に、サービス・ステーションの新設に際し、容量 5500 t のセメント サイロ 2 基の築造を、国際コンクリートKKに命じたもので、国際コンクリート株式会社においては、その設計ならびに施工に従事し、昭和 37 年 5 月竣工したものである。

2. 工 事 の 特 徴

この工事の特徴は国際コンクリートKKが、米国のプレロード・インターナショナル社との技術提携によって、わが国に初めて導入された、プレストレスト コンクリートによる円形構造物の建設に関する、幾多の特許工法をふくむ新技術を、セメント サイロの設計と施工に取入れたことと、直線式プレストレスの導入には、国際コンクリートKKが開発した、わが国で最初の国産工法である。Tee. Pee. Cone を使用して、ストランドによって、プレストレスを導入する方法を採用したことである。

3. プレロード工法の概要

メリー ゴーランドと呼ばれるワイヤー ワインダーで知られているプレロード工法は、円周方向のプレストレスの導入に、最も合理的な方法を採用している。ダイスを通して、PCワイヤーの冷間引抜を現場で行なう、引抜きに必要な引張力を利用して、ワイヤーに引張力を生ぜしめて、そのまま周面に巻きつけ、コンクリートにプレストレスを導入するので、これ以外のものは、もともと直線式なプレストレスの導入方法を、円形構造物に流用する方法では、避け得られない、プレストレス導入時の摩擦抵抗による損失の問題がない。また連続的なワイヤーの使用によって、緊張部や定着部のワイヤーの損失がなく、ワイヤーを100%有効に使用できる。この点は工費の節約に大きな力をもつことになる。

比較的細いワイヤーを使用するので応力の分布が均一的であることも特徴の一つである。

引抜時の引張力および温度上昇が一定している関係からワイヤーに与えられる引張力が一定で施工時の誤差が小さいことは非常に都合のよいことである。

* 国際コンクリートKK技術課

以上はプレストレス導入に関する特徴であるが、このほかに、円形構造物の設計および施工の面で 1935 年以來の研究と経験による幾多の特許工法が含まれ、最も合理的な円形構造物の建造技術である。

4. Tee. Pee. Cone による Strand 工法の概要

これは全金属製のコーンによって、3本のストランドを同時に定着する方法で、わが国で実用に供されているただ一つの工法である。使用するストランドは、7本よりのものでφ16 mm, φ12.4 mm, φ10.8 mm, φ9.3 mm等のストランドを3本ずつ同時に定着するものである。わが国の特許をもつほか、目下諸外国の特許も出願中であり、最近海外から技術指導の申入れもあり、その実現も遠いことではないと思われる。わが国では、私鉄の高架橋を初め、府県庁市、道路公園、国鉄、等で採用されているものである。

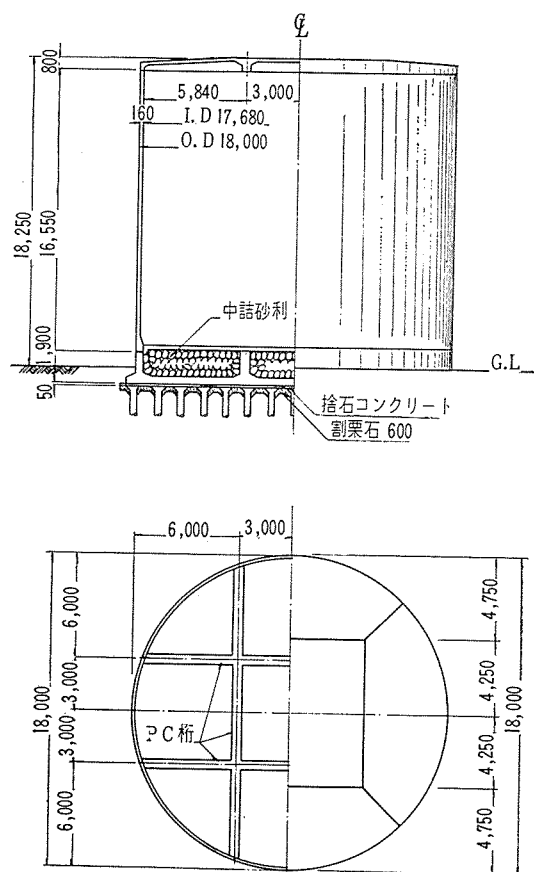
5. サイロの形状寸法

容量 5500 t のサイロ 2 基で、各個の寸法等は次のとおりである。

内径	17.60 m
高さ	18.20 m (地上高)
設計条件	
屋根上の荷重	180 kg/m ²
セメントの比重	1.45
地震係数	水平震度 0.2
	測圧係数 $\begin{cases} 0.31 \\ 0.12 \end{cases}$
材料	
PC用コンクリート	
圧縮強度	$\sigma_{28}=400 \text{ kg/cm}^2$
許容曲げ圧縮応力度	
プレストレス導入直後	180 kg/cm ²
設計荷重作用時	140 kg/cm ²
許容曲げ引張応力度	
プレストレス導入直後	-10 kg/cm ²
設計荷重作用時	0
許容支圧応力度	110 kg/cm ²
PC用コンクリート	
圧縮強度	$\sigma_{28}=300 \text{ kg/cm}^2$
許容曲げ圧縮応力度	60 kg/cm ²
許容せん断	7 kg/cm ²
許容付着	8 kg/cm ²

P C 鋼線			
プレロード ワイヤー直径	引抜前	ϕ 5 mm	
	引抜後	ϕ 4.5 mm	
初期引張応力度		105 kg/mm ²	
有効引張応力度		80 "	
引張強度		160 "	
0.1% 永久伸びに対する応力度		112 "	
0.2% 永久伸びに対する応力度		130 "	
P C ストランド			
1 ケーブル	3- ϕ 16 mm		
降伏荷重		63 t	
最大施工引張力		56.7 t	
鉄筋および構造用圧延鋼材			
材 質	SS 41		
許容引張応力度		1 400 kg/cm ²	
その他			
セメント息角		$\phi=40^\circ$	
セメントすべり角		$\delta=25^\circ$	

図-1 一般構造図



6. 構造の概要

(1) 基礎

サイロの建設位置は大阪湾に面した埋立地の一部で、地盤が軟弱な点では定評がある。長さ 30 m に近い杭打ちの必要があり、基礎杭としては現場打鉄筋コンクリート杭を使用した。直径 43 cm の杭 199 本をサイロの底版下の全面にわたって等間隔に打ち込んだ。P C サイロとして自重を軽くすることは、このような場所では特に有効である。

杭頂を所定の高さに切りそろえ杭間には、厚さに栗石を敷きつめ突固めたのち、杭頭を一枚のコンクリート板で継いだ。この板は正十二角形とした。

この工事によってこの部分の地耐力をサイロの重量に安全に耐えうるに十分な程度まで増強したのである。

(2) 下床版

下床版は 図-1 に示すような二重床版の形とした。下段の版は正十二角形とし、基礎板の上に砂を敷き、その上に紙を敷いてコンクリートを打ち、周囲部に円筒形の壁をめぐらし、その内部に 4 本の桁を井字形に設けた。

桁の中心間隔を 6 m とし、桁巾 50 cm、桁高 150 cm である。縦横に各 2 本の P C 桁 (逆 T 型) によって、上部の荷重を基礎板に伝えることにしたのである。

井字形の桁間には割栗石および砂を填充して十分に突固め、その上に鉄筋コンクリート板の蓋をのせて、セメントの重量を、填充材を通じて、下段板に直接伝える方法をとった。割栗石および砂の填充突固めには水じめと振動じめ方式を併用して、填充を完全なものとした。

上段鉄筋コンクリート版は、直接セメント荷重を受け

る版であり、その表面には、セメント取出し用のコンベヤーを配置する関係上溝形を設けたこと、またその高さはコンベヤーから直接運搬車にセメントを乗せるために必要な高さを確保したことはもちろんである。

この逆 T 型 P C 桁のプレストレス導入には、 ϕ 16 mm の 7 本よりストランド 3 本を 1 ケーブルとして、これを Tee. Pee. Cone で定着した。フレキシブル シースを使用し、その中にストランド ケーブルを通じ、プレストレスの導入後に、グラウトを行なうことはもちろんである。

下床版周囲部の円筒形壁は、直接サイロの壁を支持することになるので、プレロード、耐震ケーブルを埋め込み、またプレロード ラバーパッドの張つけを行なう。

(3) サイロの側壁

サイロの側壁は、内容物であるセメントにより、側壁には側圧が作用する。その側圧によって、円周方向のフープテンションが作用する。これによってコンクリートに水平方向の引張力が生じるが、コンクリートの引張強度には、依存することができないので、この引張力に打ち勝つだけの圧縮応力をあらかじめ与えておくことが必要で、このために P C ワイヤーを壁の外側に引張力を作用させながら巻きつけて、その反力としてコンクリートに圧縮応力を導入するのである。

側壁のコンクリート打ちを終ったのち、メリー ゴーランドを使用して、プレロードワイヤー $\phi 5\text{mm}$ のものを $\phi 4.5\text{mm}$ にダイスを通して、引き抜きを行ないながら巻きつけ工事を実施した。プレロードワイヤー1本の初張力は 1669kg で、これから、コンクリートのクリープワイヤーのレラクゼーション、弾性変形等による応力の減少と、さらに応力導入誤差等を考えに入れて1本の有効初張力を 1270kg として設計をする。必要な導入応力は高さによって変化するが、これに対してはワイヤーの間隔を増減して、これに対処することになっている。実用的には高さ 50cm ごとに、その 50cm の間に巻きつける本数できめることにしている。 50cm の間に巻きつける本数の、最小は 10 本程度とし、かりにそれだけは必要がない場合であっても 10 本は巻きつける。また最大本数は 40 本程度として、それ以上を必要とする場合は二段巻き、さらに三段巻きの方法を取る。このサイロの場合は一段巻きであった。プレストレスの導入および内圧の作用によって、壁下端が拘束されている場合は必然的に壁部に縦方向の曲げが生じることはもちろんで、これが壁厚を支配することにもなる。

プレロード工法では、この不利からのがれるために、独自の技術に属する、ラバーパッドを使用する。これによって、壁下端の拘束力をいちじるしく緩和する。その結果、縦方向のプレストレスの導入は不必要となるのが通例である。この場合もその必要はなかった。

ラバーパッド使用時の拘束力については、特定のラバーについての係数と、シェイプファクターによって、それを算出する独自の方法を用いることにしている。

次に考えるべき問題は温度応力の問題である。これについては、普通の鉄筋を使用して補強し、最大温度応力の生じた場合、これによるきれつが外側の鉄筋の面より内部へは入らないことを条件として設計し、補強鉄筋を配置することになっている。

ワイヤーの巻き初め、途中でのクランプワイヤーの接続、最終点の定着には、それぞれ独自の方法を実施している。また巻きつけたワイヤーの作用応力度は、測定器によって確認することになっているが、所定の応力は十分確保されているのが実状である。ワイヤーの巻きつけが完了すると、その上にニューマチックモルタルの吹きつけを行ない、ワイヤーの保護層をつくる。このモルタルの吹きつけについては、独自の研究と方法をもって行なうもので、モルタルの厚さは $2\sim 2.5\text{cm}$ とし、その圧縮強度は $500\sim 600\text{kg/cm}^2$ 程度のものである。

ワイヤーワインディングの作業とニューマチックモルタルの作業はプレロード工法の実施上、最も大切な作業に属するものなので、プレロード社の直接の指導のも

とで、研究と練習と訓練を実施し、国際コンクリート会社の職員の手で、直接実施することになっている。

(4) 屋 根

プレロードタンクではドームルーフを使用する場合が多く、それが経済的であるが、このサイロの場合、屋根上に、セメント投入設備を乗せる必要があるので、平屋根式を採用した。

壁の上に円筒形の壁部と4本の桁を井字型に設け、その上に床版を設けるT型桁4本の組合わせ型で、下床版と同一形式のものとした。このT型桁には下床版と同様 Tee. Pee. Cone を使用して $\phi 16\text{mm}$ のPCストランド3本を一ケーブルとしてプレストレスを導入し、定着したことも下床版と同様である。

なお側壁の頂部にはラバーパッドを置き、側壁下端と同様、壁と屋根床版とが互いに拘束し合うことを避け、同時にプレロード耐震ボルトを併用したことも同様である。

(5) 地震応力および温度応力

地震時の応力については水平震度を 0.2 として計算した屋根と壁、壁と下床版との間にはプレロードラバーパッドを使用し、お互いの間の拘束力を極度に減少する方法を採用したが、地震時の水平力の伝達にはラバーパッドを併用した。プレロード耐震ケーブルまたは耐震ボルトによって、これを伝達することにした。耐震ボルトまたはケーブルは、プレストレスの導入時あるいは荷重の作用時に相互間に拘束力をおよぼすことができるだけ軽減し、二次応力の発生を防止する方法を採用しており、地震時の水平力の伝達には、耐震ケーブルまたは耐震ボルトを併用しているが、このケーブルまたはボルトは、ラバーチューブとケーブルまたはボルトを組合わせて、これもまた拘束力を減少するとともに、必要な水平力はこれを伝達することのできる独特の構造方式である。

温度応力については、サイロの内外の温度差により、側壁コンクリートの内外面の温度差を算出し、この温度差による、内外面のコンクリートの伸びの差によって壁に生じる曲げモーメントおよび、これにともなう引張応力を算出し、これによるコンクリートのきれつの発生を考え、そのきれつが壁の深部におよぶことを防ぐため鉄筋をもって補強し、そのきれつが外側鉄筋の面でくい止められるように設計する。

以上がこのサイロの設計の概要である。

6. 施 工

同じ形状のサイロ2基が 2.5m の間隔で併設されることになるので、メリー ゴーランドの使用に必要な壁面

の外側に2m強の余地を残し、2基のサイロに最も近接した位置にコンクリートタワーを建てた。

(1) 基礎杭打ち

現場打ち鉄筋コンクリート杭は、1基あたり199本でそれぞれ所定の位置に等間隔に打込んだ。

(2) 掘方

杭間の掘方と杭頭の切りそろえは、人力とコンクリートブレイカーで行ない、掘削土の搬出にはコンベヤーを使用した。

(3) 栗石敷込みと突固め

掘方を終った杭間には栗石をコンベヤーで搬入し、これを突固めて基盤を造る。

(4) 基礎コンクリート打ち

基盤上に杭頭を継ぐ基礎コンクリートを打つ。小野田セメントの供給を受け隣接する八幡生コン工場で練った生コンを受け、コンベヤーを使用して搬入して、コンクリート打ちを行なった。

(5) 下床版コンクリート打ち

前に述べたとおり下床版は逆T桁型のPC構造なのでプレストレスの導入に際して基礎コンクリートがプレストレスの導入の障害となることをさけるために、できるだけ平滑に仕上げた。基礎コンクリートの表面に砂をまき、その上に紙を敷きつめ、その上に組立て鉄筋を組みフレキシブルシースにφ16mmストランド3本を組合わせたケーブルを配置し床版部分、桁部分および周囲の壁部分のコンクリート打ちを行なった。壁部分の頂部には耐震ケーブルの埋込みを行なう。

(6) 下床版のプレストレス導入

Tee. Pee. Cone用の特殊ダブルアクチングジャッキを使用して3本のストランドに引張力を与え、おすコーンを圧入して定着する。最張56.7t、めすコーンのめり込みは4mmを標準とした。再緊張を行なってめり込みの減少を計ることができる。おすコーンの圧入力は20tである。

(7) 中詰砂利の締固め

内容物のセメント荷重を下床版に直接つたえるために填充した砂利は、あとで圧密沈下が生じないようにバイブレーターおよび水締めを行ない、十分なる締固めを行なった。

(8) 中間床版

中詰砂利を締固めた上に中間床版のコンクリートの打設を行なった。

(9) 側壁

中間床版完成後、側壁のコンクリート打設を行なったが壁高が16.55mあるにもかかわらず壁厚が16cmであるので1回のコンクリートの打設高を最高1.5mと

し、12回に分けてコンクリートの打設を行なった。型わくは木製型わくを使用し、外側型わくはコンクリート打設時にリングテンションが働くので、それを50×50×4の鋼製バンドで受持たせるようにした。

内側型わくは外側型わくよりその位置を決定したコンクリート打設時には全円周にわたってコンクリートの打設高が常に一定になるように特に注意をした。これはコ

写真-1 壁部型わく

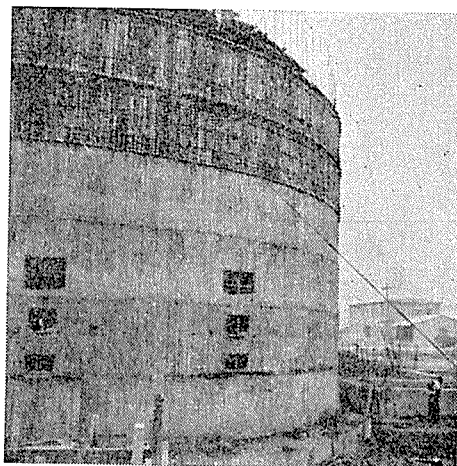


写真-2 ワイヤーワインディング

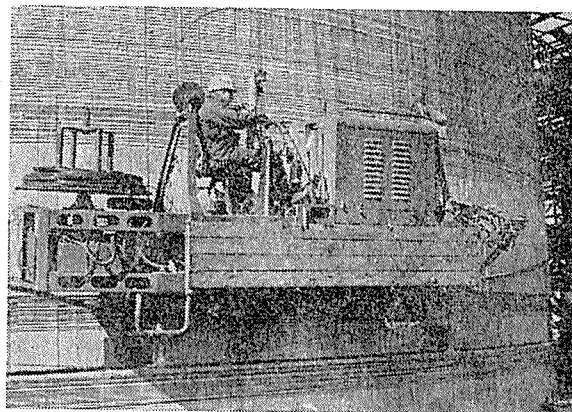


写真-3 完成したセメントサイロ

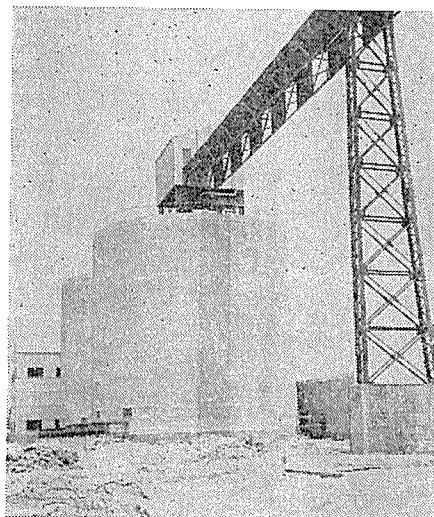
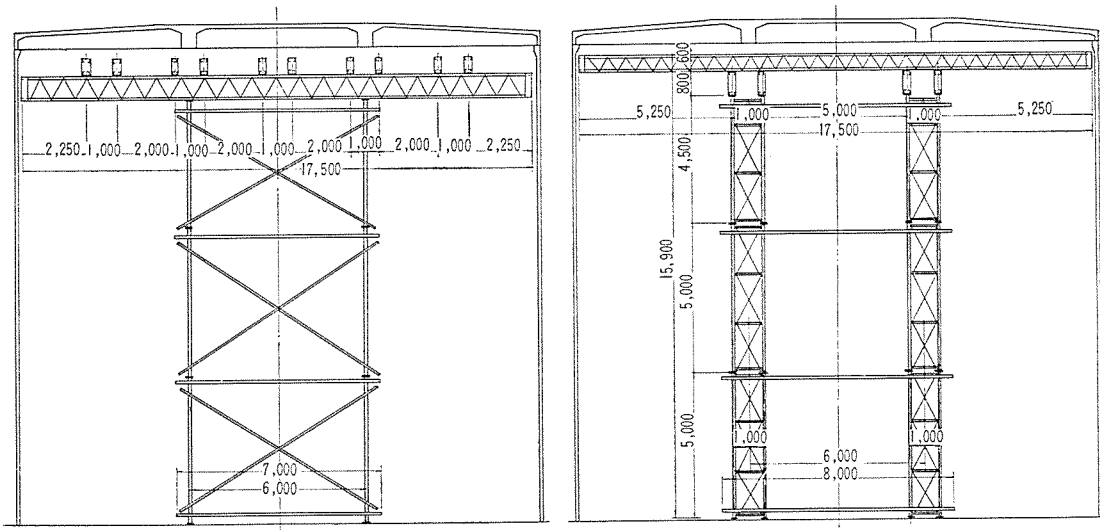


図-2 天井スラブ支保工図



ンクリートの打設高が一定でないとコンクリートの側圧の不均等によって型わくが変形するからである。

型わくは写真に示すように第一段、第二段のコンクリート打設後、第一段の型わくを取りはずし、第三段に使用し、順次これをくり返し 12 段のコンクリートの打設を行なった。

側壁のコンクリート打設後プレストレスの導入を行なった。プレストレスの導入方法は、前にも述べたようにメリーゴーランドと呼ばれるワイヤーワインダーで行なった。

プレストレスの導入後、巻つけたピアノ線の保護のために厚さ 2 cm でサイロ側壁全面にわたりニューマチックモルタルの吹つけを行なった。

10. 屋根

側壁の完成後、屋根コンクリートの打設を行なった。

支保工は図-2 に示すように 4 本の柱をサイロ内部にたて、その上に高さ 80 cm および 60 cm のトラスばりを置き、型わくおよびコンクリート荷重を受持たせるようにした。型わくは木製型わくを使用した。

コンクリートの打設は桁部および床版部を 1 日で打設した。プレストレスの導入は前にも述べたストランド工法によって行なったが、桁が井字型に配置されている関係上、プレストレス導入作業時における二次応力の発生に特に注意し、できるだけ二次応力が発生しないようにプレストレスの導入順序を定めて施工した。

むすび

屋根が完成してのち、内部付属機器および上部機械の取つけを行ない、昭和 37 年 5 月に 2 基のプレロード方式セメントサイロの完成をみた。 1963.7.9・受付



プレストレスト・コンクリート
各種製品
建設工事の設計・施工

住友電気横浜製作所
第2期工事

建築面積 10 000 m²



ピー・エス・コンクリート株式会社

取締役社長 石田 三朝

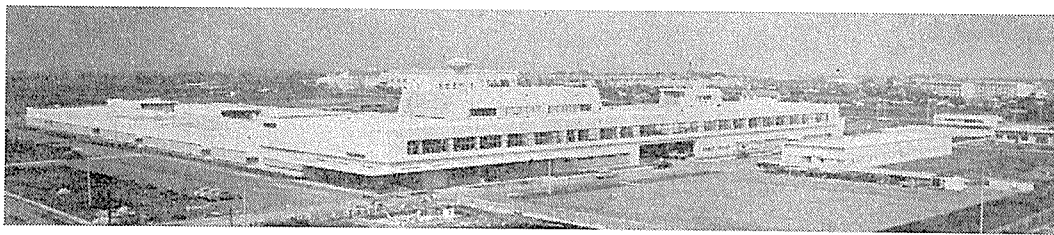
本社 東京都千代田区四番町5番地 東亜ビル1階 電話(332)6101~8
事務所 東京・大阪・福岡・名古屋・仙台
工場 七尾・鴨宮・水島・伊丹・北上・神町・水口



オリエンタルコンクリート株式会社

取締役会長 松井 春生

取締役社長 小林 郁文



小西六写真工業(株)八王子工場
平家建一部4階建 延 20,670 m²

プレストレスト コンクリート

製品の製造と建設工事設計施工

本社 東京都千代田区五番町5 TEL(331)1171(代表)
丸ビル事務所 東京都千代田区丸の内2の2(丸ビル513区) TEL(201)0653・3109
営業所 大阪・福岡 工場 多摩・尻無川・鳥栖・旭川
出張所 北海道(札幌市)・仙台・名古屋・広島・宮崎