

(67) 橋湾火力発電所 超大型石炭サイロPC工事の施工

(株)エスイー

正会員 ○大嶽昌之

電発石炭サイロJV工事事務所 サイロII工区(鹿島建設)

野崎信雄

電源開発(株)橋湾火力建設所 建築グループリーダー

石川時雄

はじめに

阿波の松島と呼ばれる風光明媚な景勝地橋湾に浮かぶ小勝島を一部埋め立て造成し、そこに自然環境を最大限に配慮し、自然に調和した色彩、形状を考慮した、石炭火力発電所を建設している。

日本最大となる石炭火力発電所は、電源開発と四国電力の両者を合わせて280万kwの総出力を有し、電源開発は、7万トン級の屋内貯炭施設を8基建設し、現存の石炭サイロの中では、日本最大級である。写真-1は施工全景である。

この、超大型石炭サイロを構築するにあたり、サイロII工区(4基施工)において施工された、リングビーム方式スリップフォーム工法(特許工法)による、PC工事鋼線同時配置(特許工法)の施工、そして、緊張・グラウトの施工について、種々の条件を克服しながら、工夫・改良を加え施工した結果、良好な結果が得られたので、ここにその経過を報告する。

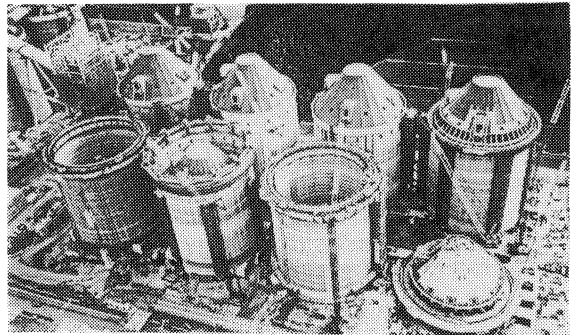


写真-1 電源開発石炭サイロ施工全景

1. 工事概要

工事場所 徳島県阿南市橋町小勝
 施主 電源開発株式会社
 設計 株式会社 開発設計
 施工 鹿島・熊谷・ハザマ共同企業体
 工期 自1996年11月1日
 至2000年 2月29日

主要構造 地業：直接基礎
 基礎：鉄筋コンクリートマットスラブ
 筒体：プレストレストコンクリート造
 屋根：鉄骨造

超大型石炭サイロ工作物は、図-1に示すように最高高さ74.5m、筒体高さ52.0mの容器構造物であり、サイロ1基当り貯炭容量7万トン、サイロ内径46.0m、筒体頂部壁厚50.0cm、筒体脚部壁厚130.0cmである。

そして、PCケーブルは、F100・F200合わせて、外壁側に93段を配している。

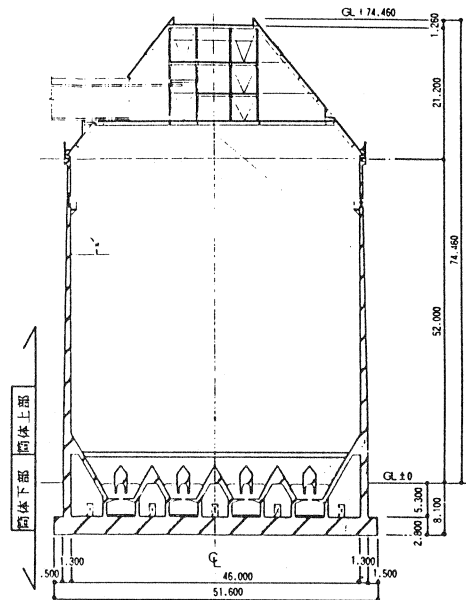


図-1 筒体断面図

当石炭サイロの施工フローは、以下とした。

[掘削工事] → [ラップルコンクリート工事] → [基礎盤工事] → [ホッパー躯体工事] → [屋根鉄骨地組工事] → [屋根葺工事] → [筒体躯体工事(PC鋼線同時配置)] → [屋根鉄骨リフトアップ工事] → [PC緊張工事(緊張・グラウト・後打)] → [仕上げ工事]

2. プレストレスト工事概要

筒体は、円周方向にプレストレスが導入され、静的な圧力に対しては、フルプレストレス、払出し動的な圧力に対しては、パーシャルプレストレス構造となっている。

PC工法は、ねじ式定着工法(SEE E工法)が採用され、下部でF200(19×φ9.5)、上部でF100(7×φ11)が

配置された。PC鋼線は図-2のようにグループ2(A-C, C-E, E-A)の配置とグループ1(B-D, D-F, F-B)の配置を交互に繰り返し配置される6ピラスタタイプである。

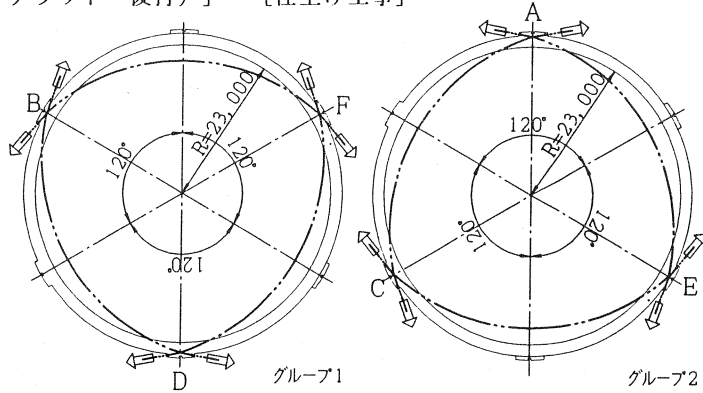


図-2 PC鋼線配置図

3. PC鋼線配置

3.1 スリップフォームPC鋼線同時配置施工時の検討事項として、特に次のことについて検討した。

- ①ヨーク、型枠、鉄筋の間を縫ってPC鋼線を配置出来ること。(クリアランス)
- ②スリップフォーム上昇時間にあわせ、非常に制限された時間内で、配置が完了すること。(時間制限)
- ③鉄筋配置、コンクリート打設等の他作業を邪魔しないこと(安全管理)
- ④配線装置が大規模とならないこと(重量制限)
- ⑤壁厚変化に対応すること(PC鋼線の長さ、位置)
- ⑥緊張作業や、グラウト注入に影響を及ぼすような、シースの潰れ、損傷を生じない施工が出来ること。(品質の確認)

3.2 PC鋼線の配置方法

前記の問題点を考慮し、以下の配置方法とした。

- ①ピラスター近くの水平ヨーク上にPC鋼線を送り出すためのステージを設けた。
- ②直径1.2mの径にシース付きで巻かれているケーブルを、ポピンと呼ばれる縦型機材に地上で装填し、クレーンでステージ上ポピン架台に揚重し、引き出し配線を行った。
- ③シース付きのケーブルをスムーズに配置するため、ローラー上を走行させた。円型である内側に寄らないように縦ローラーを設置した。
- ④横ローラーは、所定位置に移動後、ケーブルを取り外すようにスライド出来る構造となっている。
- ⑤水平ヨーク下のレールを走行するトロリーをウィンチで引き出し、ケーブル先端とエンドレスワイヤーを接続し、ケーブルを1本ずつ配置した。一連の作業図を図-3に示す。
- ⑥横ローラーは、壁厚が変化するため、本来、可動ヨークへ取り付けるべきであったが、レールの変化等不安定が予想されたため堅牢な内側の固定ヨークに取付けた。

ケーブルは、所定位置に移動後、仮置き用の滑走ジグに落とし込み、所定位置の外側へ移動した。

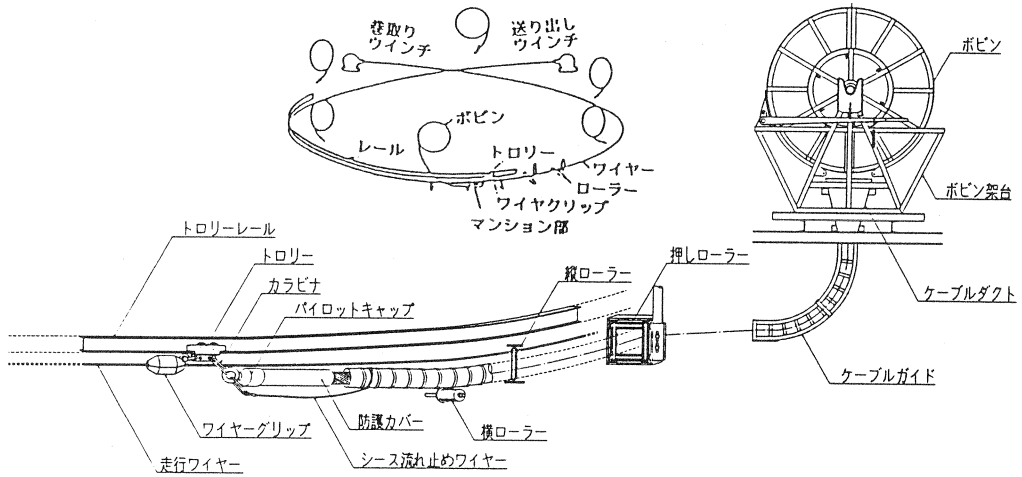


図-3 PC鋼線同時配置作業図

⑦鉄筋配置、コンクリート打設等の作業が交錯するステージ上で、PC鋼線の配置精度を上げるのは非常に困難なため、ジョイント式のマーキングポストを配置し、横ケーブルの位置を予め墨出ししておき、その位置に、ブラケットを取り付け、ケーブルを結束し、配置精度を上げた。図-4で、サイロ筒体部断面とボビン・ローラーの位置取り合いを示す。また、トローリ・縦横ローラー・滑走ジグの形状配置は写真-2に示す。

⑧ケーブルは、壁厚が変化するため、それぞれ各段毎にケーブル長さが変化する。ここでは、間違いを無くすように、各段毎に色分けをした。同じようにマーキングポストについても、各ピラスター間で色分けをした。

ケーブル配置は、上部工、地上工併せて、15~17人の体制で作業を行い、一日10~15本の配置を特に問題なくスピーディに行えた。

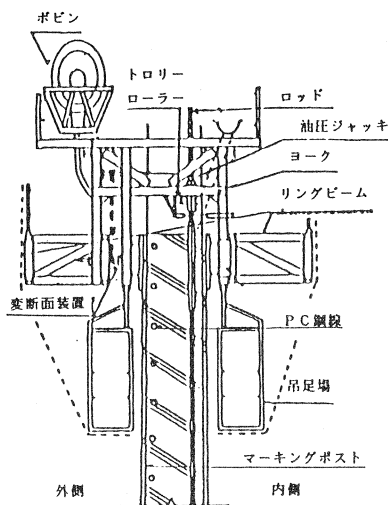


図-4 サイロ筒体部

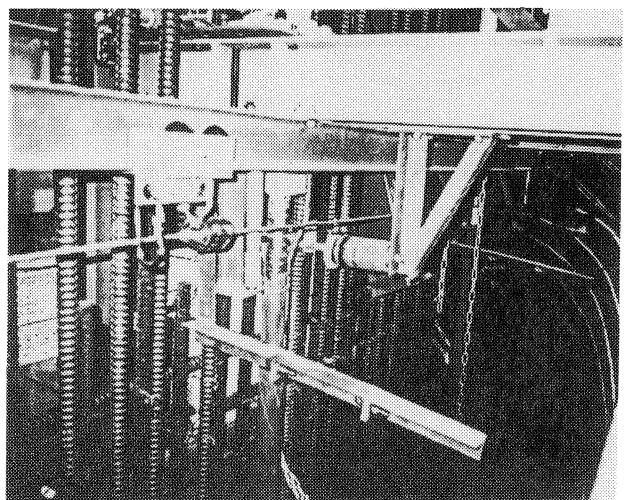


写真-2 トローリ・縦横ローラー・滑走ジグ

4. 緊張計画

4. 1 緊張順序は筒体に急激な応力が働くことを避けるため、図-2に示すように、グループ1、

グループ2に分け、弾性変形を考慮して、緊張順序を3段階に分けて、全体に徐々にコンプレッションが働くように行った。PC鋼線の緊張定着端部を、図-5に示す。

第一段階 グループ1を下段から1段置きに緊張を行う。

第二段階 グループ2を下段から連続で緊張を行う。

第三段階 グループ1の残りを緊張する。

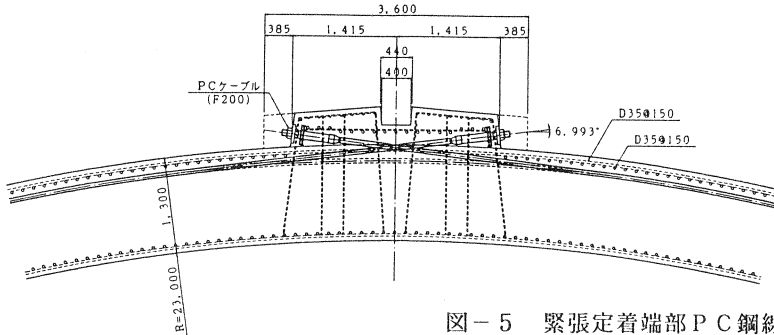


図-5 緊張定着端部PC鋼線配置図

4.2 基準応力度 σ_2

設計計算書では、設計緊張力として、端部緊張力 P_j を F 2 0 0 (134.56 t)、F 1 0 0 (67.20 t) とし、便宜上の有効係数 $\eta = 0.85$ (日本建築学会) で設計されている。

ここでは、摩擦損失による、応力のバラツキを出来るだけ小さくするために、図-6に示すような不動点 (σ_3) と緊張端 (P_j) の中間点を基準点 (σ_2) と決め、この点の応力を基準応力とした。

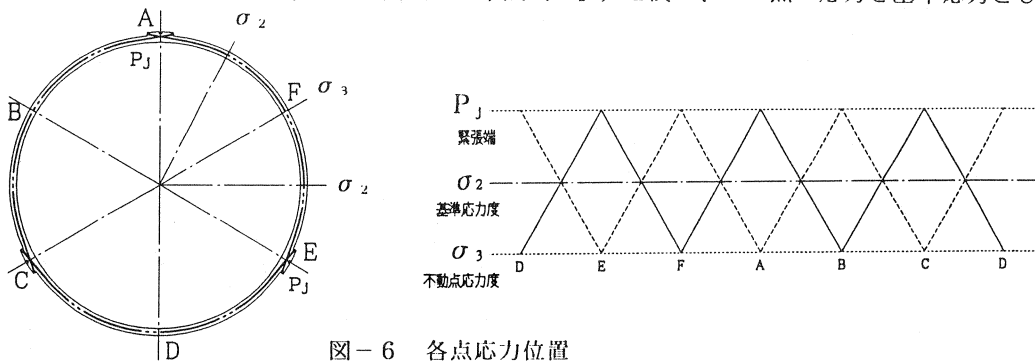


図-6 各点応力位置

4.3 弾性変形損失 $\Delta\sigma_p$

土木学会標準示方書により、各段階毎に弾性変形量を算出し、緊張材引張力の減少量を求めた。弾性変形損失の段階として、ここでは、緊張計画の3段階に分けた。又、壁厚が変化する事を考慮して、上下方向も3段階に分けた。

4.4 管理グラフの作成

日本道路協会「コンクリート道路橋施工便覧」に従って、試験緊張を行い、算出結果のPC鋼線弾性係数を使用し、基準点 (σ_2) より、弾性変形損失 $\Delta\sigma_p$ ・摩擦損失・リラクセーションを加え、端部緊張力 P_j を算出した。管理上、 $\mu = 0.4$ 、 $\lambda = 0.0064$ 及び $\mu = 0$ 、 $\lambda = 0$ についての予備計算を行い、ケーブル1本毎の管理グラフを作成した。

4.5 緊張力の導入

緊張は一周3本のケーブルを、6台のジャッキで同時緊張をおこなった。

1本毎の緊張管理図を作成し、3枚の管理図を μ 管理手法により作図し、比較することにより、ミス無くすようにした。

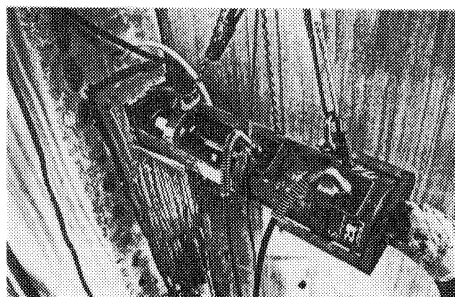


写真-3 緊張ジャッキ

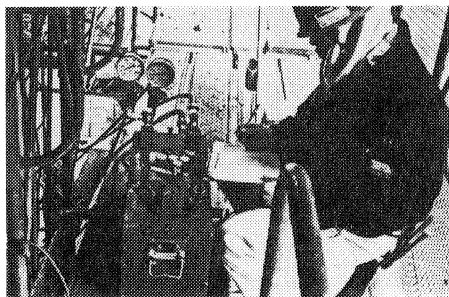


写真-4 緊張用ダブルポンプ

写真-3は、緊張ジャッキのセット状況であり、緊張用のダブルポンプを写真-4に示す。緊張結果については、表-1に示すように、摩擦係数が比較的小さく、変動が非常に小さいため、安定した、ケーブル配置であった事が判る。

表-1 緊張結果の一例

ケーブル 段No.		1層目		2層目		3層目	
		モニター数値 (kgf/cm ²)	摩擦係数 μ	モニター数値 (kgf/cm ²)	摩擦係数 μ	モニター数値 (kgf/cm ²)	摩擦係数 μ
C 1	F200	460	0.13	480	0.18	465	0.13
C 5	"	460	0.12	465	0.14	440	0.05
C 9	"	470	0.15	455	0.10	465	0.13
C13	"	460	0.12	470	0.13	470	0.15
C17	"	525	0.32	480	0.17	525	0.33
C21	"	490	0.20	460	0.12	480	0.17
C25	"	490	0.20	460	0.11	500	0.25
C29	"	490	0.22	480	0.18	480	0.17
C33	"	490	0.21	480	0.19	480	0.18
C37	"	500	0.25	450	0.07	470	0.13
C41	"	460	0.12	470	0.13	490	0.22
C45	"	470	0.13	470	0.12	470	0.13
C49	"	480	0.16	470	0.15	480	0.17
C53	"	500	0.23	450	0.09	470	0.15
C57	"	490	0.20	470	0.13	470	0.12
C61	F100	440	0.20	430	0.16	450	0.23
C65	"	450	0.22	420	0.11	410	0.09
C69	"	420	0.14	420	0.12	430	0.19
C73	"	440	0.20	420	0.12	450	0.22
C77	"	440	0.20	420	0.12	440	0.20
C81	"	450	0.25	430	0.15	430	0.14
C85	"	420	0.12	420	0.12	420	0.12
C89	"	420	0.12	430	0.15	440	0.22
C93	"	420	0.14	430	0.16	430	0.15
測定数			24		24		24
合計			4.35200		3.22000		4.04000
平均			0.18133		0.13417		0.16833
標準偏差			0.05343		0.02977		0.05851
		測定数	72	平均	0.16128	標準偏差	0.05217

5. グラウト計画

5. 1 グラウト混和材の選定

グラウト混和材は、

- ①従来タイプ
- ②ノンブリージングタイプ
- ③ノンブリージング粘性タイプ

を比較検討し、ノンブリージング低粘性タイプのGF1700を選定した。

これは、○ノンブリージングタイプであること

○水平グラウトであること

○50mと比較的長く、空隙率もそれ程大きくないこと、を考慮した。

施工に当たっては、表-2に示すように、事前に、水セメント比を変化させた、試験練りを行い、配合計画を行った。

表-2 グラウト配合試験 配合例

	セメント	水	混和材	W/C	流下時間
I	75 kg	33.74 kg	750 g	45%	2.55 sec
II	75 kg	32.25 kg	750 g	43%	3.01 sec
III	75 kg	31.50 kg	750 g	42%	3.24 sec

試験結果より、42%、43%、45%いずれも規定の規格を満足している。

ノンフリージングであることから、45%以下のグラウトを、流動化試験3~6 secで注入する事が望ましいと考えられる。ここで、施行に当たっては、最も良好な品質と考えられる、42%を毎朝施工前に混練し、流動化試験により確認した結果に従って、42%~45%の間で最も当日の気候・気温に適していると判断される配合を決定し、施工した。

5.2 グラウトの施工

グラウト注入は、2チームを編成し、注入前に、シース内を水で洗浄しておき、注入グラウトが、排出口のグラウト濃度とほぼ同じになる事を確認し注入を終了した。

今回のノンフリージングタイプは、従来タイプより注入圧力が高く、最上段部では、25 kgf/cm²を越える事もあった。又、凝結時間が長いことは、とくに高所施工には有利となり、しかも品質向上が計れる結果となった。

6. おわりに

スリップフォームPC鋼線同時配置ということで、特に限られた時間内に、PC鋼線・シース一体型を手際よく配置する事を考え、作業ステージ以外で出来る作業は、出来るだけ地上、あるいは製品製造工場で完了させることによって、作業工程も円滑に進行できた。このことは、事前に綿密な計画・検討を行うことによりなされた結果である。また、当リングビーム式スリップフォーム工法で象徴される各種の工法・手法の特徴が総て効率よく絡み合った結果、より高品質でスピーディかつ安全な施工が図れた。

今回のPC鋼線同時配置施工のポイントとして、次の事があげられる。

- 1日の施工高さ1.8~2.0mの上昇スピードに対応してPC鋼線を配置完了でき、さらに改良により、より多くのPC鋼線を配置することが可能であることを示していること。
- ケーブル位置を事前に墨出しする専用ジグとして、マーキングポストを使用した結果、前記の様に、PC鋼線の配置精度が増し、摩擦係数が安定して小さかった。
- グラウトの結果を見ても、これ程の急速施工で1,116本の配置施工にもかかわらず、シースの潰れ・損傷が見られなかった。これは、通常施工と比較して、非常に丁寧な施工であると言える。
- エンドレスワイヤーの張り方を工夫し、伸びが出た場合、簡単に調整を金車の移動で吸収できるようにしたため、弛みによるワイヤーのもつれ等も無く、いつも一定のスピードで作業ができた。
- 配線作業は工夫により、非常に洗練されたものとなり、事前の計画だけに囚われず、常に改良を加えた。この事により、他作業の邪魔することもなく、品質を確保しながら、スピーディでしかも、安全作業に貢献できた。

ここに、むすびに当たり、計画から施工に至るまで、充分な理解と配慮及び支援を戴いた、関連各位に厚く御礼申し上げます。