

法政大学工学部 正員 満木 泰郎
東京電力 清住 保人
ピー・エス 正員 藤元 安宏
ピー・エス 當真 正夫

1. まえがき：近年、コンクリート構造物の耐久性及び劣化度について社会的対応が話題になってきている。本報告は、建設後33年経過したプレストレストコンクリート製原水タンク（以下P Cタンクと呼ぶ）について以下の各種調査・試験を実施したので、その主な内容を報告する。調査したP Cタンク（円筒形タンク）の形状寸法は、タンク内径 $D=30\text{m}$ 、有効高さ $H=10\text{m}$ 、タンク壁厚 $t=30\text{cm}$ 、地中埋込高 $h=2\text{m}$ 、バットレス $n=6$ ヶ所、側壁の施工リフトは8段階である。

2. P Cタンク外観状況：ひびわれは、タンク頂部から鉛直方向に約 $20\text{cm}\sim 100\text{cm}$ の長さのものが $3\text{m}\sim 8\text{m}$ 間隔で見られ、表面に遊離石灰が浮き出ている(写真1)。側壁中間部にはひびわれは全く見られない。その他に側壁打継ぎ目(1回の打設高約 1.3m)に沿って、 $0.1\sim 0.25\text{mm}$ 程度のひびわれが確認された。

3. タンク側壁の温度及び表面ひずみの経時変化：タンク表面の上段、中段、下段位置の温度およびひずみの経時変化について図-1、2に示した。図-1より温度変化量を見ると、タンク上段で 11.2°C 、中段で 3.7°C 、下段で 3.5°C である。また、それに相当するひずみの変化量は上段より 145μ 、 45μ 、 30μ である。一方、有効プレストレスは上段で $16\text{kg}/\text{cm}^2$ 、中段で $36\text{kg}/\text{cm}^2$ 、下段で $53\text{kg}/\text{cm}^2$ となっている。

側壁コンクリートのヤング係数を $E=3.8\times 10^5\text{kg}/\text{cm}^2$ を使用してひずみを応力にすると、上段で $55.1\text{kg}/\text{cm}^2$ 、中段で $17.1\text{kg}/\text{cm}^2$ 、下段で $11.4\text{kg}/\text{cm}^2$ となる。よって、温度変化による応力の変動量が、タンク上段において著しく大きいことがわかる。長年にわたる、上記の応力変動により、2.のタンク側壁頂部の鉛直ひびわれが発生したものと考えられる。

4. コンクリート強度：シュミットハンマーによる側壁強度推定値は $\sigma_c=350\text{kgf}/\text{cm}^2$ を示した。また、側壁から切り出した 300×300 の矩形コアの表面より 2cm 程度内部の強度推定値は、 $\sigma_c=530\sim 570\text{kg}/\text{cm}^2$ であった。また、表面より $1\sim 2\text{cm}$ 程度内部の強度は約 $450\text{kg}/\text{cm}^2$ であった。一方、 $\phi 100\times 200$ の採取コアの圧縮強度試験結果は $\sigma_c=600\text{kg}/\text{cm}^2$ であり、この違いの主な理由としては、タンク表面の気象作用等が考えられる。側壁コア供試体の強度試験結果より圧縮強度、静弾性係数、引張強度の平均値は $\sigma_c=645\text{kgf}/\text{cm}^2$ 、 $E=3.8\times 10^5\text{kgf}/\text{cm}^2$ 、 $\sigma_t=49.9\text{kgf}/\text{cm}^2$ であった。

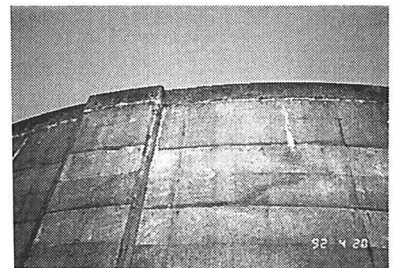


写真-1. タンク頂部のひびわれ

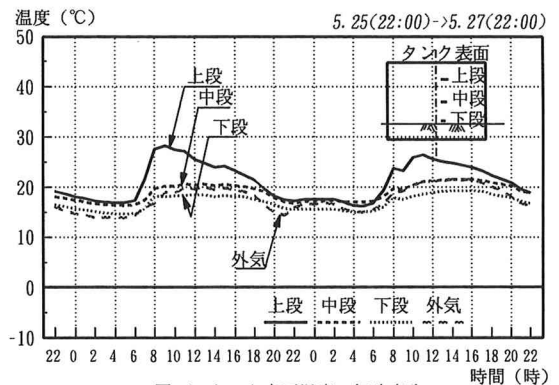


図-1. タンク表面温度の経時変化

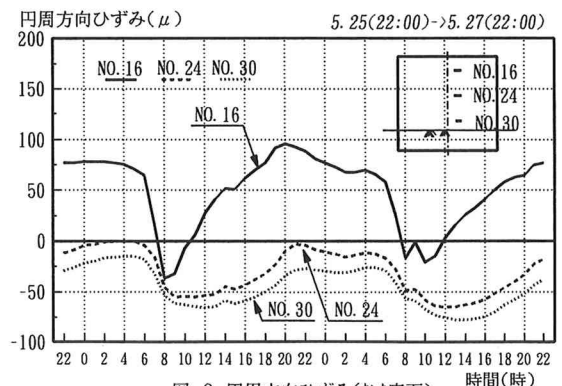


図-2. 円周方向ひずみ(タンク表面)

5. グラウトの充填性：グラウト充填性の測定は、タンク解体時、側壁から切り出した約 $2\text{m} \times 2\text{m}$ のコンクリート躯体2体について行った。円周方向PC鋼線 $12\phi 5$ については直交する方向に上記の躯体を 10mm 巾にスライス状に切断し、断面を目視により調査した。また、鉛直方向PC鋼棒 $\phi 23$ についても同様に調査した。その結果、グラウトの充填性は、ほぼ100%に近いものであった（写真-2）。なお、PC鋼線 $12\phi 5$ に関しては、外周中心部にセンターパドルが配置されていた。
6. PC鋼材の有効応力の測定：PCタンク解体前に、側壁を鉛直方向にPC鋼線を外側から溝状に研り出し、PC鋼線 $12\phi 5 \times 10\text{m}$ ケールを選定し、素線表面にゲージ長 1mm のひずみゲージを貼付後、PC鋼線切断時のひずみ変化を測定した。PC鋼棒についても、同様に2ヶ所貼付し、切断時のひずみ変化を測定した。測定結果を、設計張力／導入張力＝有効係数（ η ）で表すと、PC鋼線の場合、設計値 $\eta = 0.785 \sim 0.855$ に対し、実測値 $\eta = 0.729 \sim 0.863$ であり十分満足な結果であった。PC鋼棒については設計値よりやや低い値 $\eta \approx 0.8$ が計測された。

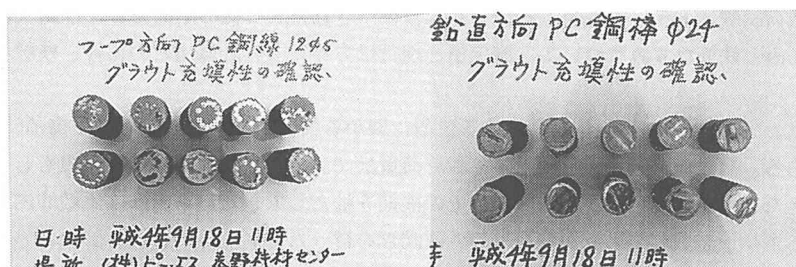


写真2. グラウトの充填性（左：円周方向、右：鉛直方向）

7. 中性化試験：PCタンクを平面的に6分割した各面について採取したコア $\phi 100 \times 300$ を使い中性化を調べた。タンク外面の中性化深さは $1\text{mm} \sim 3.1\text{mm}$ であり、単純平均すると 2.0mm であった。タンク内面については、 $3.5\text{mm} \sim 5.5\text{mm}$ であり、内面の方が中性化が進んでいるという結果であった。タンク内の水について分析したところ、 pH 値が8.02とやや高いアルカリ度を示している程度であった。

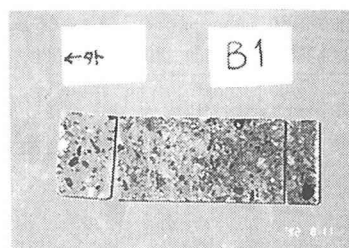


写真-3. 中性化試験

8. 塩分含有量試験：側壁から採取したコア $\phi 100 \times 300$ を使用し、表面から 10mm 、 $15\text{mm} \sim 25\text{mm}$ 、 $120\text{mm} \sim 130\text{mm}$ 間について調査した。南側面の塩分含有量が最も多く0.033（Wt%）で、北側面は0.018であった。その結果を表-1に示す。南側面には東京湾が広がっている。

9. まとめ

本PCタンクの構造性状調査の結果は設計値と良く一致しており、33年経過後も健全な状態であることが確認された。なお、温度変化の大きい側壁頂部のひびわれは、使用上特に支障は認められなかったが、今後の設計にあたっては留意することが必要と思われる。

採取場所	試験資料	NaCl (Wt%)		
		表面から 0~10mm	表面から 15~25mm	表面から 120~130mm
頂版	SE	0.025	—	—
側壁	WB	0.018	0.018	—
	WC	0.023	0.016	—
	WE	0.031	0.016	0.010
	WF	0.033	0.015	0.016

表-1. コア中の塩分含有量

【参考】飯島・荻原：新東京火力発電所7000t水槽の設計と施工について（フレストレストコンクリート VOL. 1, No4, Oct. 1959）