

電源開発(株) 正会員 和田滋郎 田中堅太郎 大西外朗 見満好則
 清水建設(株) 正会員 久富 洋 深田泰夫 立部正則

1. 実験の概要

本報告および「その2」の報告は、ガス冷却型原子炉用のプレストレストコンクリート製の压力容器(PCPV)模型実験に関するものである。本実験では、英国で建設中のヒンクレーポイントB発電所のPCPVを対象として選り、その模型も10分の1リニアスケールで製作した。

実験は次の2つの段階に分けて実施された。

- 1). 弾性領域内実験 (設計圧 43 kg/cm^2 まで)
- 2). 最終耐圧実験 (設計圧以上、破壊まで)

本実験の目的は、両段階を通じて次のとおりであるが、1)の実験ではこのうちa~cもその対象とした。

- a) PCPV設計理念の妥当性の確認
- b) 応用解析値と実験測定値との照合
- c) 模型製作を通して、施工上の問題点を表明すること
- d) PCPVが有する安全性の確認
- e) PCPVの破壊モードの検討

2. 模型体

模型体の形状・寸法、内部構造は写真1および図1~4に示すとおりである。支持方法、ボトムスラブおよび若干の細部構造を除いて、実物PCPVも正確に模擬したものである。プレストレスの工法はCCL工法を用いたもので、模型体壁面内のプレストレス tendon は互に交叉する2方向へリカルで上下のスラブでアンカーされている。

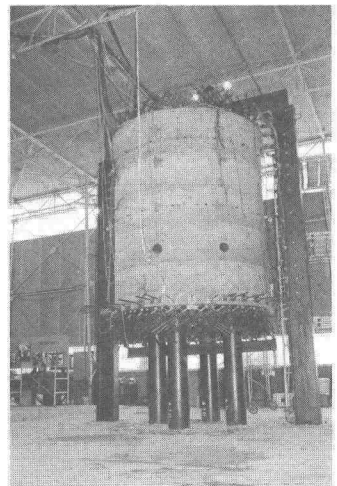


写真1. 模型体全景

模型体の材料はコンクリート、ライナー、PSシステムであり補強鉄筋は使用していない。コンクリートは設計基準強度 420 kg/cm^2 、スラブ: 5 cm (一般部) 7.5 cm (トップスラブ、プレキャスト部分) である。コンクリート配合およびコンクリート試験成績は表1、2に示す通りである。Tendon用ストランドは英国の実物PCPVに使用したものと同一のもので、素線7本を撚り合せて、直径 17.8 mm のダイフォームストランドとしたものを用いた。このストランドの降伏荷重は、 33 ton 、最大荷重は 38.8 ton であった。Tendonダクトには外径 25.4 mm 、肉厚 1.2 mm のコンジットチューブを用いた。ライナーは直径 $1,886 \text{ mm}$ 、肉厚 $1,937 \text{ mm}$ 、肉厚 3.2 mm の軟鋼製である。

3. 模型体の製作

必要は基礎工事の後、4本の鋼管柱を立て、梁台も設けて、下部型枠、下部アンカーもセットする。

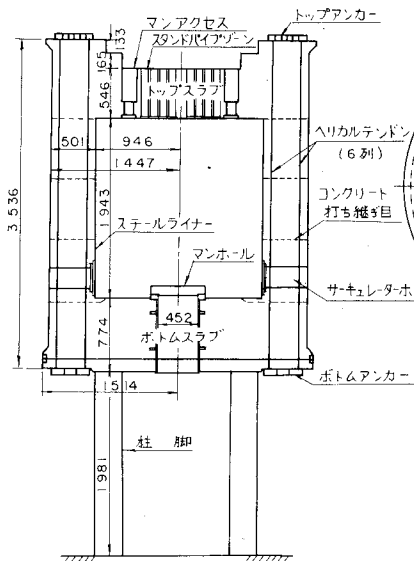


図-1 模型体断面

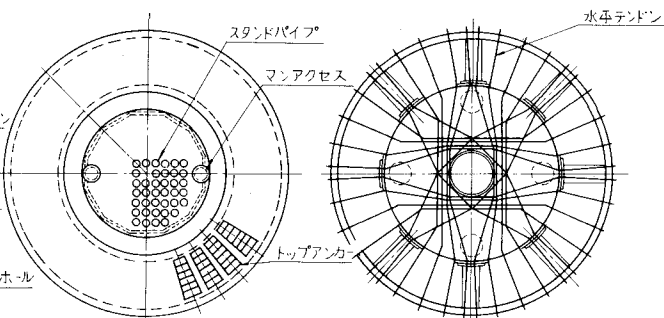


図-2 トップスラブ平面

図-3 ボトムスラブ水平テンドン配置

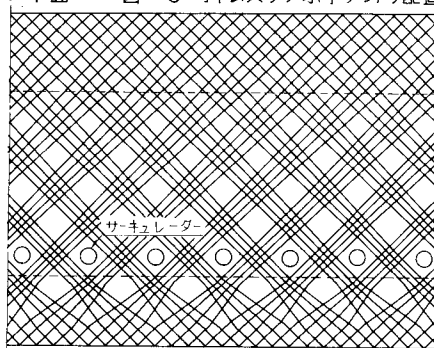


図-4 ヘリカルテンドン配置(展開)

サンプル 番号	打設位置	打設日 (月)	試 験 日 (日)	重量	圧縮強度 (kg/cm ²)	ヤング率 (kg/cm ²)	ポアソン比	害裂強度 (kg/cm ²)
NO. 1	ボトムスラブ	8/30	190	12.5	666	311,000	0.228	
NO. 2	"	"	"	"	533	290,000	0.168	
NO. 3	"	"	"	"	639	327,000	0.210	
NO. 4	側壁下部	9/13	175	12.5	571	300,000	0.193	
NO. 5	"	"	"	"	620	315,000	0.217	
NO. 6	"	"	"	12.3	525	299,000	0.208	
NO. 7	側壁中央	9/24	164	12.5	623	-	-	
NO. 8	"	"	"	12.3	555	306,000	0.182	
NO. 9	"	"	"	12.5	514	317,000	0.190	
NO. 10	ボトムスラブ	8/30	190	12.4				40.5
NO. 11	"	"	"	12.3				42.5
NO. 12	"	"	"	12.5				46.6
NO. 13	側壁下部	9/13	175	12.3				41.6
NO. 14	"	"	"	12.4				48.7
NO. 15	"	"	"	12.5				29.6*
NO. 16	側壁中央	9/24	165	12.4				39.9
NO. 17	"	"	"	"				38.8
NO. 18	"	"	"	12.5				31.1*
平均					583	308,000	0.200	42.7

試験体寸法 1500 x 300

表-2 コンクリート試験成績

種類	スラブ	セメント	細骨材	粗骨材	水	混和剤	備考
一般用	5.0	46.0	828	828	196	1.38	W/C=42.6%
プレキャスト用	7.5	47.6	811	811	203	1.43	S/A=51.0% Air=2.0%

表-1 コンクリート配合

その後、ボトムスラブ用鋼製型枠を組み立て、1段目ヘリカルダクトおよび水平ダクトも配置して、コンクリートを打設する。次に予め工場製作したライナーもセットし、テンドンジョースおよび埋設計器類も順次配置しつつ、5リフトに分けてコンクリートも打設し、壁体も打ち上げる。トップスラブ部分は、その中央部の100本の開孔を持つ部分のみは、別にプレキャストで製作しておき、所定位置に吊り込んだ後、最終リフトのコンクリートも打ち、壁体と一体化する。この後、上部アンカーもセットし、グラウトによって固定した。製作中の状況を、写真-2,3に示す。

4. 測定計器

計器はコンクリート歪用として、モールドゲージ50ヶ、カーソン歪計14ヶ、英国製バイブレーションワイヤー歪計11ヶ、表面ゲージ98ヶをセットした。変位測定用としては、模型体上面および側面に測定フレームを固定点とする43ヶのリングゲージおよびダイヤルゲージを取り付けた。さらに壁面に、3英、アンバー線による変位計も取付けた。テンドンの腐蝕については、6本のテンドンに対し、上下にセンターホール型ロードセルをつけて測定することとした。

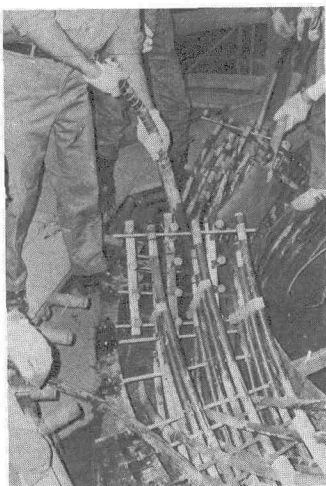


写真 2

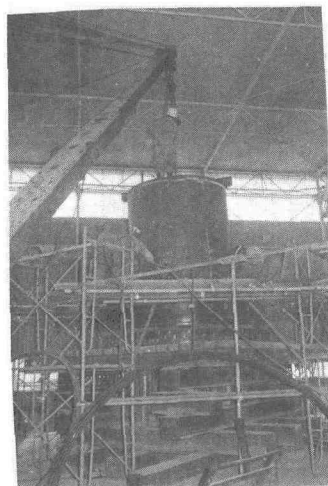


写真 3

5. プレストレス導入

採用した工法は実物のPCPVにも用いられているCCL工法のシングルストランドシステムである。写真4、5に使用した定着具とジャッキおよびポンプも示す。

模型体へのPS導入は、上下両方向からの同時緊張による1次緊張を行い、その後セット量の補正を行う手順も採った。1次緊張は30 tonで行い、定着具の残存緊張力が21～24 tonにおさまるようにした。この後シミングによって所要緊張力を得られる補正を行う。補正は、ケエアを介して、定着具を歯み合せたまま、再緊張して、定着具をアンカーより浮かせ、生じた隙間にシム板を挿入することによって行った。

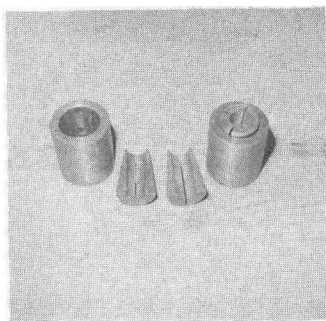


写真 4 C C L 定着具



写真 5 C C L ジャッキとポンプ

導入されたPS力の測定は、ロードセルにより直接測定する方法のほか、定着具とアンカーの間にセツト量補正も同じ方法で一定の空隙を生じさせ、そのために要する再緊張力をジャッキロードセルも、テンドンに装着されたロードセルとの相関に基いて計算し、PS力を測定する方法により全テンドンの緊張力を確認している。

5. プレストレス導入結果

上記の方法により測定した導入プレストレス力の平均値は次のとおりである。

ヘリカルテンドン 24.0 Ton

プレストレス導入作業は約3週間の工程を要し、その間、温度変動による膨張収縮、クリープ、乾燥収縮その他の影響が、各段階で模型体に加わったと考えられるため、PS導入終了後実測したコンクリート歪値も、計算により予測した歪値との間には、表-3に示すもあり、若干のばらつきが生じた。表-3は、計算値および実測値を、カールソン歪計の指示値について示したものである。また図-5は、計器位置も示す。全般に実測値が計算値を上まわる傾向を示しており、その原因の一つとして、コンクリートのクリープの影響が現われている見ることができる。クリープに関する本模型体の条件は、極めて複雑であり、さらにテンドン間隔もゲージ長との関連もあり、計算値からのずれも明解に説明するためには、今後さらに検討を要すると思われる。

その2で後述する通り、弾性領域内の内圧実験の結果では、解析予測値と実験測定値の間には、良好な一致性が認められており、模型製作技術上の難关はなかったも考えている。さらに本模型の製作により、施工上の諸問題に対する多くの経験も得た。

10⁻⁶ ストレイン

ゲージ位置	計 算 値		実 測 値			
	(A) A ₁ A ₂	Δ_1/A_2	(B) シミング前 (B/A ₁)	(C) PS完了時 (C/A ₁)		
C-72 Z	-247 -213	1.16	-210 0.85 0.98	-282 1.14 1.32		
C-72 θ	-252 -240	1.05	-379 1.50 1.58	-473 1.92 1.97		
C-74 Z	-141 -127	1.11	-136 0.96 1.07	-182 1.29 1.43		
C-74 θ	-437 -386	1.13	-553 1.27 1.43	-686 1.57 1.78		
C-62 Z	-185 -168	1.10	-203 1.10 1.21	-294 1.59 1.75		
C-62 θ	-179 -161	1.11	-260 1.45 1.61	-338 1.89 2.10		
C-64 Z	-239 -210	1.14	-275 1.15 1.31	-345 1.44 1.64		
C-64 θ	-254 -255	1.00	-326 1.28 1.28	-394 1.55 1.55		
C-23 Z	-207 -187	1.11	-199 0.96 1.06	-309 1.49 1.65		
C-23 θ	-153 -133	1.15	-104 0.68 0.78	-165 1.08 1.24		
C-27 r	-228 -208	1.10	-202 0.89 0.97	-281 1.23 1.35		
VER	-211 -191	1.10	-218 1.03 1.14	— — —		
H-T	-131 -118	1.11	-109 0.83 0.92	— — —		
H-W	-240 -218	1.10	-189 0.79 0.87	— — —		

A₁: 電 気, A₂: 清水建設

表-3 PS時の計算値実測値比較

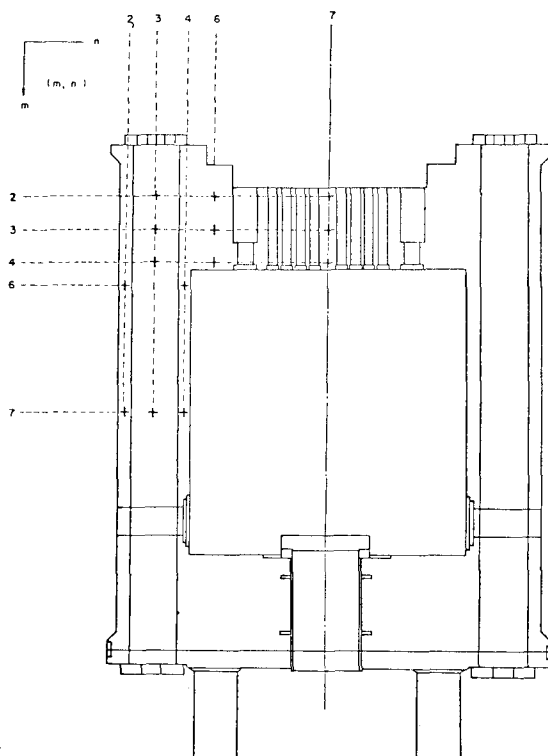


図-5 埋設ゲージ位置