

V-105 冷熱衝撃と引張荷重を受けるPC部材の挙動

大阪ガス 正会員 浅井 邦茂
大阪ガス 正会員 中島 一夫
大林組 正会員 小島 克朗
○大林組 正会員 野村 敏雄

1. まえがき

PC構造を低温貯槽に展開するにあたり、温度応力の評価と止液限界を確認することは重要である。本報告は、冷熱衝撃および液圧作用時を想定したPC貯槽一般部の挙動を把握するために、PCはり部材に拘束曲げモーメントにより温度応力を発生させる試験を行ったものであり、さらに、軸引張力により部材降伏に至らしめることにより止液限界も検討した。

2. 試験体

試験体は、想定される構造物の鉄筋比および液圧作用時の残留プレストレス量を考慮してパラメータを決定した4

体で、40cm×35cm×120cmの試験区間(冷却域)と、その両側に50cm×35cm×60cmの加力治具取付部を有する全長240cmのはりである。試験体の側面は断熱材で囲い熱の流入を遮断するとともに、気密性を確保し、側面からの液漏れを防止した。図-1に形状寸法と配筋を、表-1に試験体の種別を、表-2に使用材料の材料試験結果を示す。

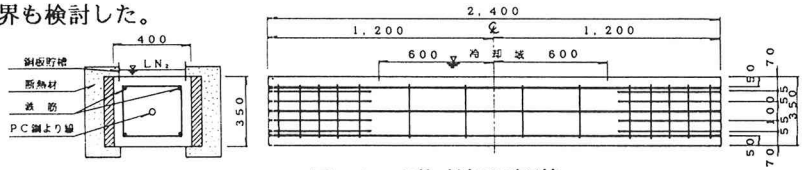


図-1 形状寸法及び配筋

表-1 試験体種別

No	試験体名	引張鉄筋比 A_s/bh (%)	導入プレストレス量 (kg/cm^2)	配筋
1	S 5-P10	0.55	10	
2	S10-P10	1.10	10	
3	S 5-P30	0.55	30	
4	S10-P30	1.10	30	

3. 試験方法

冷却は、試験体上面に設置した銅板槽内に液化窒素(-196℃)を直接注ぐことにより行った。曲げモーメントの载荷は、試験体両端部上下面に取付けた加力治具にPC鋼棒を介し、所定のジャッキで上面引張、下面圧縮による偶モーメントを与える方法で行い、引張载荷は温度分布が定常状態に達した後に、加力治具取付部上下面ともに引張荷重を载荷する方法で行った。また、引張载荷時の漏液確認は、試験体下面に10cmピッチで設置した熱電対による温度測定と、目視観察により行った。写真-1に試験状況を示す。

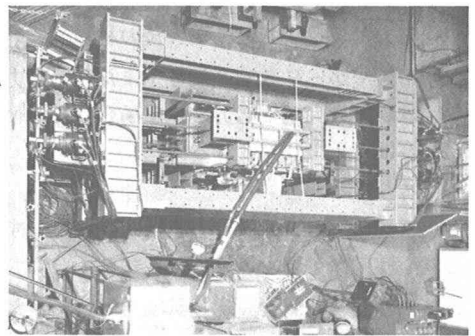


写真-1 試験状況

4. 試験結果と考察

(1) 冷熱衝撃性状: 冷却開始後まず試験体上部の急激な温度低下によりPCはりは温度応力による曲げ挙動を示したが、特異な挙動は示さなかった。その後全体的に冷却され温度は線形分布に近づき、本試験では冷却開始後24時間で定常状態とみなした。図-2に断面内温度分布を示す。

表-2 材料試験結果

試験温度	コンクリート				鉄筋 (SD30, D22)				PC鋼より線 (SWPR7B, 15.2mm)			
	圧縮強度 (kg/cm^2)	引張強度 (kg/cm^2)	弾性係数 $\times 10^4$ (kg/cm^2)	線膨張係数 $\times 10^{-4}$ $1/^\circ\text{C}$	引張強度 (kg/cm^2)	降伏強度 (kg/cm^2)	弾性係数 $\times 10^4$ (kg/cm^2)	線膨張係数 $\times 10^{-4}$ $1/^\circ\text{C}$	引張強度 (kg/mm^2)	降伏強度 (kg/mm^2)	弾性係数 $\times 10^4$ (kg/mm^2)	線膨張係数 $\times 10^{-4}$ $1/^\circ\text{C}$
所 属	411	24.2	2.61	9.8	5,592	3,803	1.85	10.7	200.2	178.1	2.18	14.1
0℃	420	26.7	2.60	9.8	5,738	3,822	1.83	10.7	199.7	178.0	2.18	14.1
-20℃	446	28.1	2.63	6.0	5,869	3,997	1.83	10.7	201.5	185.5	2.20	9.7
-60℃	661	56.1	2.90	6.0	6,256	4,439	1.89	8.9	208.0	195.1	2.24	9.7
-120℃	821	40.0	4.30	6.0	6,696	5,339	1.86	6.8	213.3	204.0	2.28	7.2
-164℃	832	42.1	3.91	6.0	7,152	6,964	1.84	6.8	213.8	206.9	2.34	7.2

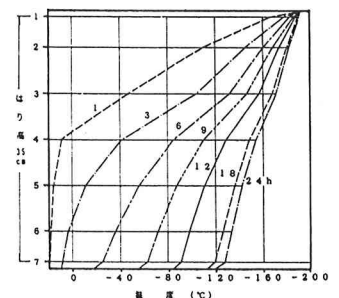


図-2 試験体温度分布の一例

図-3に試験体中心温度と曲げモーメントの関係、図-4に同温度と鉄筋およびストランドひずみの関係を解析結果と共に示す。なお、解析は低温物性を考慮したFEM非線形解析により行った。図-3において試験値と解析値は比較的良好な対応を示すが、試験値の方がやや大きい傾向を示している。これは図-4の引張鉄筋のひずみの相違からもわかるように、試験ではひびわれが分散して発生し、ひびわれ間のコンクリートが寄与すると考えられるのに対し、解析では一様にひびわれが発生すると仮定したことによる。なお、各試験体とも加力中、漏液は生じなかった。

各試験体の最大曲げモーメントを、常温物性を用いた弾性解析値で除した値(剛性残存率)を求めると、試験値では0.34~0.57、解析値では0.25~0.45となりそれぞれ引張鉄筋比およびプレストレス量が多いほど大きくなる。また、弾性解析値に低温物性を用いると試験値では0.40~0.65となるが、これは弾性係数の変化と比較して、線膨張係数の影響が大きいことによる。

(2) 引張挙動: 部材の降伏荷重は、試験値と解析値において良好な対応を示しており、これらの値は低温物性を考慮した素材の降伏強度を累加したものに一致し、常温物性を用いたその1.5倍程度である。

(3) 止液限界: 鉄筋比0.55%のものは、 $\sigma_o = 10\text{kg}/\text{cm}^2$ の場合111t、 $\sigma_o = 30\text{kg}/\text{cm}^2$ の場合138tでそれぞれ漏液を目視した。そのとき下段鉄筋のひずみは2,700 μ 、2,200 μ であった。また、図-5に示す試験体下面に取付けた熱電対の温度変化と下段鉄筋のひずみから判断すると、それぞれ2,500 μ 、1,900 μ であり目視確認よりやや先行して漏液を生じていることがわかる。一方、鉄筋比1.10%のものは、降伏後も漏液は生じず、下面温度の変化もわずかであった。

5. あとがき

冷熱衝撃および軸引張荷重を受けたPC部材の温度曲げ挙動、引張挙動、止液限界を検討した結果、曲げ加力時には漏液が生じないこと、温度曲げモーメントは従来の設計で用いられる値に近似すること、降伏強度は各素材の累加強度に一致すること、漏液は鉄筋のひずみが2,000 μ 程度で発生することなど、PC貯槽を設計する上で有益な資料を得ることができた。

なお、本試験は大阪ガスと大林組の共同研究として大林組技術研究所にて実施した。

参考文献 1) 大内、他: 鉄筋コンクリート製低温貯槽の終局挙動解析 R/C構造の有限要素法に関するコロキウム論文集 コンクリート工学協会 1984.12

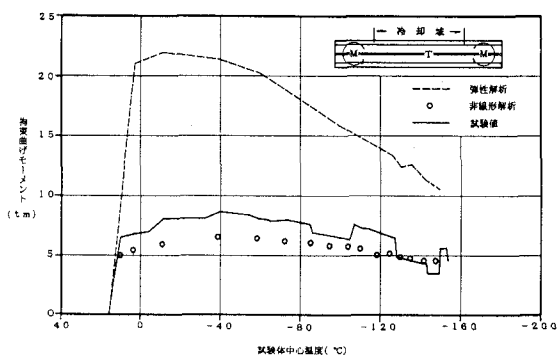


図-3 温度と曲げモーメントの関係 (S5-P10)

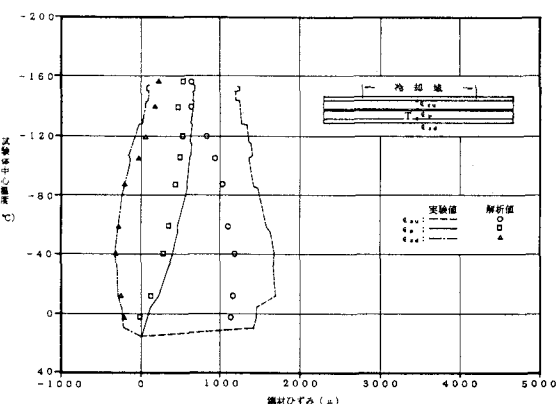


図-4 温度と鋼材ひずみの関係 (S5-P10)

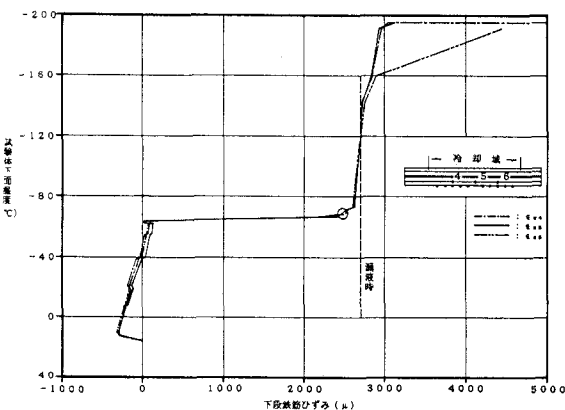


図-5 下面温度と下段鉄筋ひずみの関係 (S5-P10)