

大成建設(株) 土木設計部 正会員 ○ 貞光 誠人
 “ “ “ 渡部 昭一
 “ 技術開発部 野口 寛一

1. まえがき

低温液化ガス貯槽の外槽としてプレストレストコンクリート(PC)を用いる場合、漏液時の急冷、及び内外温度差により大きな温度応力を生じる。温度応力は通常の外力と異なり、ひび割れの発生によって低減するという自己制限的な性格を有し、その算定にあたっては、部材剛性の評価が重要な問題となってくる。

本報告は、PC外槽の一部を想定したはり状の供試体を用い、断面高さ方向に大きな温度勾配(約200℃)を与えながら、曲げ変形拘束試験、軸変形拘束試験、及び曲げ変形と軸変形を同時に拘束する試験を行ない、プレストレス量、引張鉄筋比、拘束条件、冷却方法、冷却温度の違いが部材剛性、終局耐力に及ぼす影響について検討したものである。

2. 実験概要

検討要因を組みあわせることにより表-1、図-1に示す計12体の供試体を製作した。B-1、B-2は試験区間はA-1~A-10と同じ断面(25cm×45cm)であるが、拘束方法が異なるために端部が特殊な形状をした

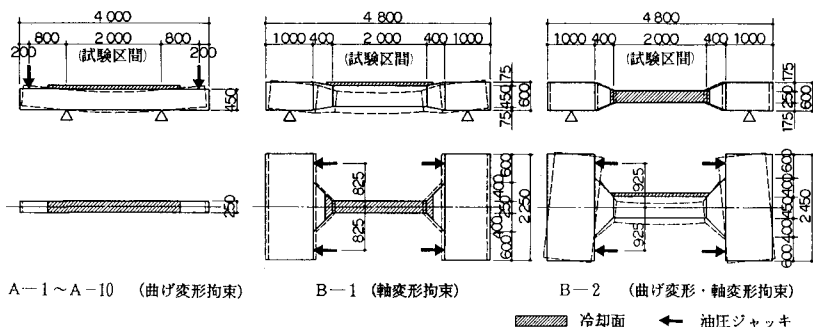


図-1 供試体寸法及び拘束方法

ものである。供試体のコンクリートは設計基準強度 400 kg/cm^2 に対し、圧縮強度 445 kg/cm^2 、引張強度 36 kg/cm^2 、ヤング係数 $2.8 \times 10^5\text{ kg/cm}^2$ であった。また鉄筋はSD35、PC鋼棒はSBPR110/125を使用した。

温度勾配の与え方は図-2に示すように、試験区間の片面に液体窒素(-196℃)又は冷却したメタノール(-45℃)を貯留する方法による。温度勾配により供試体は図-1の破線に示すような変形をしようとするが、両端に設置した油圧ジャッキでこの変形を拘束し、温度分布が定常状態になるまで拘束試験を続けた。その後、油圧ジャッキを更に加力し終局耐力の測定を行なった。

3. 実験結果と考察

急冷却時の断面内温度分布の一例を図-3に示す。冷却初期に表面付近に非常に大きな温度勾配が生じるが、徐々に全体に冷え、冷却開始後8時間をもって定常状態になったと判断した。この時の拘束荷重(油圧ジャッキ反力)は図-4に示すように4時間以降はほぼ一定になっている。定常状態における部材拘束力、剛性残存率、及び終局耐力の一覧を表-1に示す。ここにいう剛性残存率とは、上下縁温度差、線膨張係数と常温時の全断面有効剛性を用いて計算した拘束力で、実験値を除いた値である。

定常状態以降の荷重～スパン中央変位曲線を要因別に図-5(a)~(c)に示す。図-4 拘束荷重の経時変化(A-3)

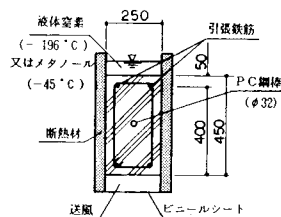


図-2 温度勾配の与え方

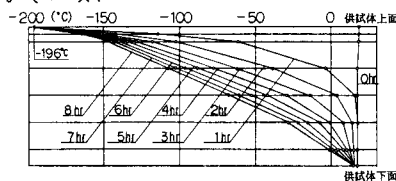


図-3 断面内温度分布(A-3)

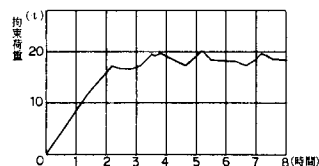
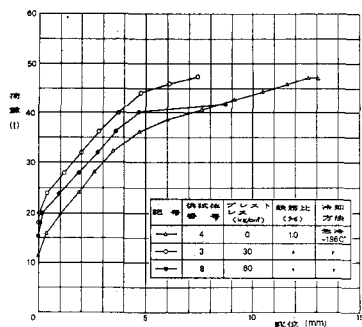
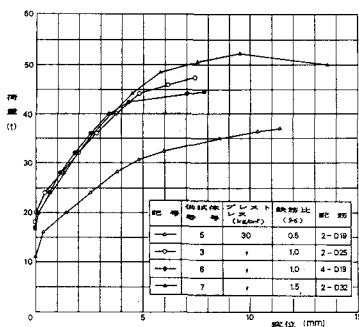


表-1 供試体及び実験結果一覧

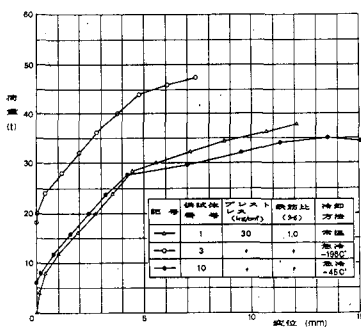
供試体番号	供 試 体 及 び 実 験 変 数						実 験 結 果			
	プレストレス量 (kg/cal)	引張鉄筋比 (%)	配 筋 本 数 一 径	拘束条件	冷却方法	冷却温度	温度分布定常状態		終 局 状 態	
							部材拘束力	剛性残存率	終局耐力	破 壊 性 状
A-1	3.0	1.0	2-D25	拘束なし	—	常 温	—	—	30.2 tm	支点付近のコンクリート圧壊
A-2	3.0	1.0	2-D25	"	急 冷	-19.6℃	—	—	36.3 tm	"
A-3	3.0	1.0	2-D25	曲げ変形	"	"	14.8 tm	0.70	38.2 tm	支点付近のコンクリート圧壊
A-4	0	1.0	2-D25	"	"	"	9.1 tm	0.44	37.6 tm	"
A-5	3.0	0.5	2-D19	"	"	"	9.0 tm	0.43	29.4 tm	"
A-6	3.0	1.0	4-D19	"	"	"	14.5 tm	0.70	35.6 tm	支点付近のコンクリート圧壊
A-7	3.0	1.5	2-D32	"	"	"	13.3 tm	0.65	41.7 tm	スパン中央部の コンクリート圧壊
A-8	6.0	1.0	2-D25	"	"	"	12.2 tm	0.59	33.5 tm	"
A-9	3.0	1.0	2-D25	"	徐 冷	"	12.6 tm	0.61	33.5 tm	"
A-10	3.0	1.0	2-D25	"	急 冷	-4.5℃	4.9 tm	0.90	27.8 tm	支点付近のコンクリート圧壊
B-1	3.0	1.0	2-D25	軸変形	"	-19.6℃	92.9 t	0.35	187.2 t	P C鋼線の降伏で載荷中止
B-2	3.0	1.0	2-D25	曲げ変形 及び軸変形	"	"	6.3 tm	0.32	17.2 tm	端部降伏により載荷不能
							86.9 t	0.32		



(a) プレストレスの影響



(b) 鉄筋の影響



(c) 冷却温度の影響

図-5 荷重～スパン中央変位曲線

実験結果及びその比較検討結果より次の点が明らかになった。

- ① 曲げ変形を拘束して断面内に約200℃の温度勾配を与えた時の曲げ剛性残存率は、プレストレス量、引張鉄筋比によって異なり、プレストレスがない場合、あるいは鉄筋比が0.5%の場合に極端に小さな値(0.43~0.44)を示したが、他の供試体ではほぼ0.6~0.7であった。
- ② 軸方向変形を拘束した場合、及び軸方向変形と曲げ変形を同時に拘束した場合の剛性残存率は、軸、曲げともに0.3程度で、剛性低下が大きかった。
- ③ L P G温度(-45℃)での温度勾配では微小なひび割れが発生しただけで、剛性残存率は0.9とほとんど剛性低下はみられなかった。なお、ひび割れ発生後の部材剛性、終局耐力は常温の場合とほぼ同じであった。
- ④ 温度荷重によるひび割れ発生後の部材剛性は鉄筋量の影響が顕著であり、プレストレス量の影響は少なかった。
- ⑤ 終局耐力は低温での鉄筋降伏点が高くなることにより、常温に比べ約20%の増加がみられた。なおプレストレス量の影響は少なかった。
- ⑥ 低温時に拘束なしで曲げ載荷試験を行なった時のひび割れ発生荷重は、常温時の約1.5倍、平均ひび割れ幅は常温時の1/2~1/3であり、低温によるコンクリート引張強度、鉄筋との付着強度の増加が確認された。

4. あとがき

本実験により低温領域で温度勾配を受けるP C部材の部材剛性、終局耐力に影響を与える要因について概括的に把握できた。実験値と数値解析結果の比較については別の報告で述べる。最後に、本実験を行なうにあたり適切な御助言をいただきました東北大学三浦尚教授に深く感謝の意を表します。

参考文献 (1)金津、青柳：低温領域で温度勾配を受ける鉄筋コンクリート部材の曲げ剛性とひびわれ性状

電力中央研究所報告 380018 昭和55年11月