

清水建設(株) 正〇塩屋 俊章

〃 〃 岡田 武=

1. まえがき

プレストレストコンクリート(P C)タンクへのプレストレス導入を分割方式とする場合、P C鋼材の定着部はコンクリート断面が急変することにより応力集中を受け、何らかの補強が必要である。本研究は、中間定着部を有するP C部材が曲げを受けた場合の、ひびわれ発生モーメント、破壊モーメントの算定法および補強効果について検討したものである。

2. 実験概要

試験体の形状、寸法、鋼材配置、載荷位置を図-1、2に示す。試験体は各2体、計8体である。プレストレスは載荷直前に、端部で約40 ton、中間定着部で約16 ton導入した。また、鉛直プレストレス(P V)は約22 ton導入した。また、L N G貯蔵用P Cタンクを想定して一部極低温下(-70°C ; PRF)で試験をした。実験に使用した材料、コンクリートの配合を表-1、2に示す。

3. 実験結果と考察

主な実験結果を表-3に示す。

図-3、4は隅部に貼った三方向ひずみゲージ値からP R、P Vについて、主応力を求めた例である。P RシリーズはP O、P R Fシリーズとほぼ同じ傾向であり、 σ_1 が始め少し圧縮になりモーメントが大きくなると、引張方向に徐々に大きくなるのに対し、P Vシリーズでは、急激に引張方向へ転進するという違いが認められる。その結果表-4に示すように σ_1 が0になるモーメントは、P Vシリーズが、かなり大きくその割合は、実験結果によれば、 $2.67/1.64 = 1.63$ 、F E M解によれば、 $2.7/2.2 = 1.23$ である。

したがって、フルプレストレッシングで設計する場合には、鉛直プレストレスによる補強

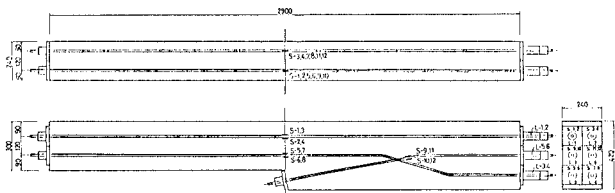


図-1 Location of P.C. Strands, Strain Gauges and Load-Cell

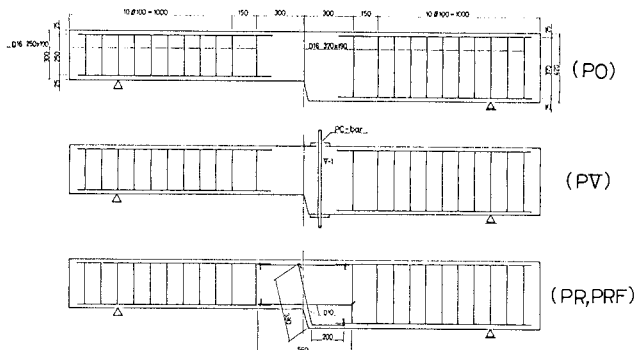


図-2 Location of Reinforcing Bars

表-1 使用材料

セメント	普通ポルトランドセメント	比重	3.16
細骨材	鬼怒川、木更津産	比重	2.60 粗粒率277
粗骨材	鬼怒川、青梅産	比重	2.64 粗粒率680
P C鋼線	神鋼々線 K K製	1T 15.2	Unbond Cable
鉄筋	SD35 D10		
P C鋼材	B種1号 $\phi 23\text{mm}$		
定着具	CCL シングル スtrandシステム		

表-3 実験結果一覧

試 験 体	材 令	圧縮強度	弾性係数	ポアソン比	ひびわれ幅				発生モーメント				破壊 モーメント
					0.1mm	0.2mm	0.3mm	0.5mm	0.1mm	0.2mm	0.3mm	0.5mm	
PO-1	105	452	2.78	0.175	3.47	4.00	4.55	4.90	5.50	7.18			
PO-2	92	452	2.78	0.175						5.95			
PV-1	108	452	2.78	0.175	3.85	3.90	4.60	4.80	5.20	6.70			
PV-2	113	452	2.78	0.175	3.68	3.90	4.50	4.70	5.05	6.67			
PR-1	118	492	2.81	0.188	3.15	4.00	5.00	5.70	6.30	7.67			
PR-2	121	492	2.81	0.188	4.03	4.00	5.00	5.60	6.30	7.53			
PRF-1	126	959	3.36	0.237	5.60	5.70	7.20	7.80	8.60	12.48			
PRF-2	120	959	3.36	0.237	4.90	5.60	6.70	7.20	7.80	12.65			

表-2 コンクリートの配合

σ _{ck}	Q _{max}	スランパ	W/C	W	C	S	G
kg/cm^2	mm	cm	%		kg/m^3		
400	25	8~12	38	152	400	642	1139

は、有効である。

図-5は隅角部ひびわれ幅と曲げモーメントの関係を各試験体について示したものである。隅角部のひびわれは、補強筋ならびに鉛直プレストレスの有無にかかわらず一定のモーメントで発生する。隅角部のひびわれ幅は一定断面部より極めて大きくなるが、ひびわれ幅は隅角部に補強筋を配置する事により制御できる。

表-5は、ひびわれ発生モーメントを①-様断面部材と仮定した場合の土木学会式②FEM解において σ_i がコンクリートの引張または曲げ引張強度に達したとき、ひびわれが入ると仮定して計算した値を比較したものである。表からFEM解による σ_i が、曲げ引張強度に達した場合ひびわれが入るとしてよいようである。

表-6は、一様断面部材と仮定し、破壊モーメントを、常温試験体で曲げ圧縮破壊ひずみ、 $\epsilon_{cu}=25 \times 10^{-3}$ 、低温試験体で $\epsilon_{cu}=38 \times 10^{-3}$ とし、補強筋は降伏しているものとして計算した値と実験値とを比較したものである。常温試験体は、計算値とほぼ一致しており、低温の場合は、実験値が大きく、やや安全側になるようである。破壊時の部材の釣合状態は隅角部の有無にかかわらず、同じであるから破壊モーメントは一様断面部材と仮定して計算してよいと考えられる。

4. まとめ

曲げを受けるPC中間定着部をフルプレストレスングで設計する場合には、鉛直プレストレスによる補強は有効である。隅角部における、ひびわれ幅は大きくなるが、補強筋を配置することにより制御できる。ひびわれは、隅角部の最大主応力 σ_i が、コンクリートの曲げ引張強度に達した時に入り、破壊モーメントは、一様断面部材と仮定して計算してよいと考えられる。

〈参考文献〉 今井 岡田 「低温下におけるコンクリート強度について」 土木学会第31回年次学術講演会概要集 V-38

表-5 実験値と各式の比較

試験体	ひびわれ発生モーメント M_{cr} (ton.m)							各式と実験値との比較					
	実験値	土木学会式	土木学会式	土木学会式	土木学会式	土木学会式	土木学会式	M_{cr}/M_{cr}	M_{cr}/M_{cr}	M_{cr}/M_{cr}	M_{cr}/M_{cr}	M_{cr}/M_{cr}	M_{cr}/M_{cr}
PO-1	3.47	4.36	3.14		3.14	3.95	1.26	0.90		0.90	1.14		
PR-1	3.15	3.47	3.14	3.40	3.19	4.03	1.10	1.00	1.08	1.01	1.28		
PR-2	4.03	3.47	3.14	3.40	3.19	4.03	0.86	0.78	0.79	0.79	1.00		
平均							1.07	0.89	0.94	0.90	1.14		
PRF-1	5.60	6.67	3.77	5.31	4.35	6.20	1.19	0.67	0.95	0.78	1.11		
PRF-2	4.90	6.67	3.77	5.31	4.35	6.20	1.36	0.77	1.08	0.89	1.27		
平均							1.28	0.72	1.02	0.84	1.19		
平均							1.18	0.81	0.98	0.87	1.17		

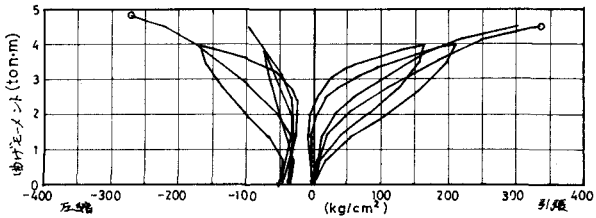


図-3 隅角部主応力 (PR-2)

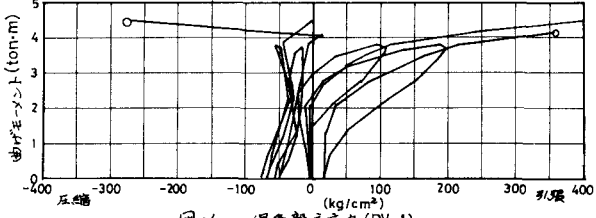


図-4 隅角部主応力 (PV-1)

表-4 実験による σ_i と隅角部引張ひずみが σ_i となるモーメント

試験体	PO		PR		PV		PRF	
	1	2	1	2	1	2	1	2
σ_i が σ_{ti} となるモーメント (ton.m)	1.15		1.70	2.08	2.70	2.63	2.74	2.44
隅角部引張ひずみが σ_{ti} となるモーメント (ton.m)	1.28		1.75	2.07	2.80	2.47	2.59	2.22
FEM解 (ton.m)			1.70		2.64		2.41	
FEM解 (ton.m)			2.20		2.70		2.20	
(σ_i が σ_{ti} となるモーメント) (FEM解)	0.62		0.77	0.95	1.00	0.97	1.25	1.11
平均			0.75		0.99		1.18	

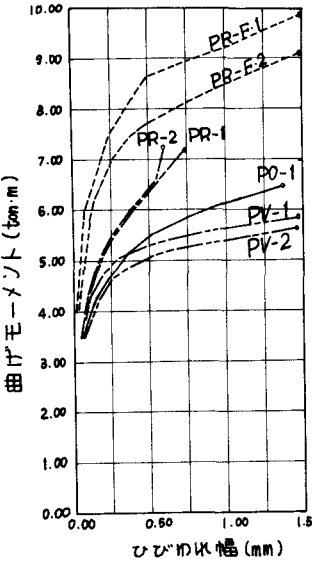


図-4

表-6 破壊モーメントの比較

試験体	破壊モーメント M_u (ton.m)		実験値との比較			
	実験値	常温の場合	M_u/σ_{ti}	M_u/σ_{ti}	M_u/σ_{ti}	M_u/σ_{ti}
PO-1	7.18	8.71	6.97	1.21	0.97	
PV-1	6.70	8.71	6.97	1.30	1.04	
PV-2	6.67	8.71	6.97	1.31	1.04	
PR-1	7.69	9.69	7.75	1.26	1.01	
PR-2	7.53	9.69	7.75	1.29	1.03	
PRF-1	13.48	13.66	10.93	1.01	0.81	
PRF-2	13.65	13.66	10.93	1.00	0.80	