

日本道路公団東京オニ建設局

正員

吉田 浩

同

酒井 秀昭

東急建設(株) 技術研究所

正員

○ 西岡 哲

同

前田 強司

1. まえがき

部材厚1m程度の比較的マッシアな壁体構造物において、温度ひびわれの発生が問題となっている。図1に示すようなU型擁壁を約2年間にわたり700mm程度施工した。本報告は、冬期施工と夏期施工時に実施した温度ひびわれ対策について各種測定を行い、温度ひびわれ対策効果を検討したものである。

2. 温度ひびわれ対策概要と測定項目

温度ひびわれ対策は、夏期に打設する壁体について次の3方法を試験的に行った(Case I, IIは無対策)。

① 温度用心筋の増筋(Case III)

収縮による引張応力を鉄筋に負担させてひびわれを分散させ、ひびわれ幅を抑える目的で、ACI 207 委報告に基づき配筋鉄筋量を高さ4mまで現状の0.33%から0.53%に増筋した。

② 水和熱抑制型膨張材の使用(Case IV)

膨張により化学的アレストレスを導入し、収縮による引張応力を抑制する目的で、水和熱抑制型膨張材をセメントの内割で30kg/m³置換した。

③ 低熱性セメントの使用(Case V)

温度上昇量を抑制する目的で、高炉セメントB種(セメント45%, 高炉スラグ55%)を使用した。

測定項目は、コンクリートの温度(CC熱電対)・ひびき(KM-200F)・応力(GK-60-505)および鉄筋のひびき(KS-16, 19, 22)である。

コンクリートの配合および圧縮強度 f_c ・引張強度 f_t ・弾性係数 E_c を表1.2に示す。なお擁壁コンクリートの打設は、床版打設の約1ヶ月後であった。

3. 測定結果および考察

(1) コンクリートの温度について 図1に示す測点No.2の温度履歴を図2に示す。最高温度上昇量は、無対策のCase IIと膨張材使用のCase IVはほぼ同程度であり、低熱性セメント使用のCase VはCase II, IVの2/3程度となった。また冬期施工のCase Iは、同一配合でも夏期施工の30%程度の温度上昇量となった。

(2) コンクリートひびきと応力について 測点No.2の

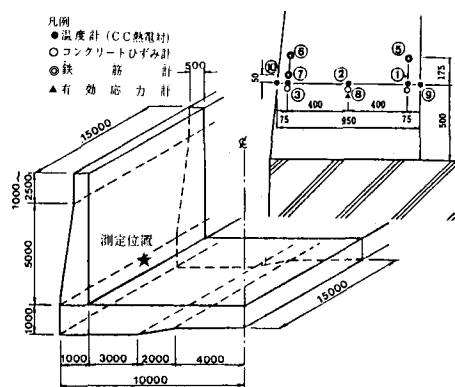


図1 構造物概要および測定位置

表1 コンクリート配合

Case	Gmax (mm)	w/c (%)	s/a (%)	Air (%)	単位量 (kg/m ³)				
					W	C	混和材	S	G
I	20	58.9	49.7	4±1	164	280	0	914	944
II, III	20	58.9	49.7	4±1	165	280	0	938	918
IV	20	57.1	48.2	4±1	160	250	(注1) 30	887	970
V	20	58.9	49.7	4±1	165	126	(注2) 154	913	943

スランブは全て8±2.5cm, (注1) 膨張材 (注2) 高炉スラグ

表2 コンクリートの性質

Case		材料									
		6h	12h	1d	3d	5d	7d	14d	28d	91d	
I	σ_c (kg/cm ²)	—	—	15.7	6.8	13.6	18.1	21.6	26.7	—	
	σ_t	—	—	2.81	7.38	13.7	16.8	21.4	22.1	—	
	E_c ($\times 10^5$)	—	—	—	1.3	—	2.0	—	2.2	—	
II	σ_c	5.8	22.7	55.6	150	206	22.8	27.4	30.5	34.4	
	σ_t	0.67	3.1	7.2	14.8	16.4	19.5	23.0	26.9	—	
	E_c	0.28	0.72	1.26	1.80	2.13	2.20	2.33	2.56	—	
III	σ_c	1.79	15.4	82.3	172	280	271	323	338	398	
	σ_t	0.59	2.0	10.3	15.8	20.2	21.8	25.7	25.6	—	
	E_c	—	0.48	1.34	2.27	2.31	2.37	2.44	2.89	—	
IV	σ_c	4.7	8.4	24.8	10.8	13.3	16.2	23.7	31.3	40.8	
	σ_t	0.40	0.93	2.6	8.3	11.6	13.3	20.9	26.3	—	
	E_c	—	0.34	0.76	1.54	1.79	1.90	2.20	2.48	—	

コンクリートひずみと応力の経時変化を図3,4に示す。ひずみは、無応力管内の温度とひずみの関係より求めた線膨張係数 α_c 、計器とコンクリートの線膨張係数差および計器の零点移動を補正した拘束ひずみである。応力は有初応力計の測定値である。初期値は打設後3時間（Case Iのみ9時間）とした。ひずみと応力はほぼ同様の挙動を示し、温度上昇に伴い圧縮側へ、温度低下に伴い引張側へ移行している。また材料令3日から6日の間でひずみと応力の急激な変化がみられるがこれはひびわれ発生による応力解放と考えられる。

(3) 温度ひびわれ対策効果について 施工記録およびひびわれ発生状況を表3に示す。表3からわかるように、無対策でも冬期施工Case I ではひびわれ発生していないが、夏期施工では対策したものを含め全てひびわれ発生している。これは、コンクリート打設温度・外気温が低い場合、コンクリート温度上昇量が小さくなる。発生温度応力が低く抑えられひびわれに対して有利となることを示している。温度ひびわれ対策の効果は、ひびわれ発生状況より判断すると、ひびわれが発生したもの効果は表われている。最も効果が表われたのは、①温度用心筋の増設で、つぎに③低熱性セメント使用であった。低熱性セメント使用は、温度上昇量は約2/3程度に低く抑えられたが、強度発現が遅く低応力でもひびわれが発生したものと考えられる。②水和熱抑制型膨張材の使用は、橋梁床版等においてはひびわれ対策として効果があるとの報告もあるが、本例では無対策とほぼ同様の結果となり効果が表われなかった。この原因として鉄筋量（配筋率 $\rho=0.33\%$ ）が少ないため、鉄筋の拘束によるケミカルプレストレスの導入がほとんどなかったことが考えられる。

4. あとがき

実構造物において、温度ひびわれ対策として3方法を試験的に実施し、その効果が確認された。しかしその効果は十分でなく、乾燥収縮や環境温度の年変化を考慮すると、伸縮継ぎ目を小さい間隔で入れる方法や設計材料を長期にわたる方法などさまざまな対策が必要になると考えられる。また、対策も単独でなく、複合的な対策が必要となろう。今後、さらにひびわれ対策の研究を行う必要がある。

またひびわれは、コンクリートの有する引張強度以下の応力で発生するようであるが、この点について実験的検討を行う予定である。

参考文献 たとえば 武田 昭彦他：膨張コンクリートによる鋼橋床版のひびわれ対策
コンクリート工学 Vol.21 No.3 1983.3

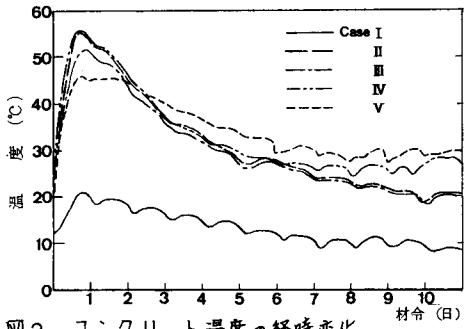


図2 コンクリート温度の経時変化

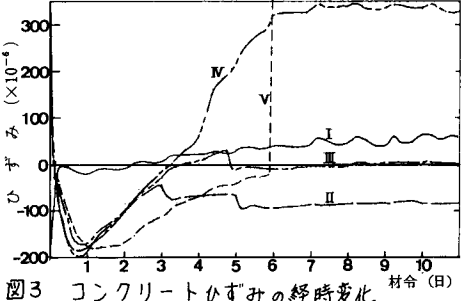


図3 コンクリートひずみの経時変化

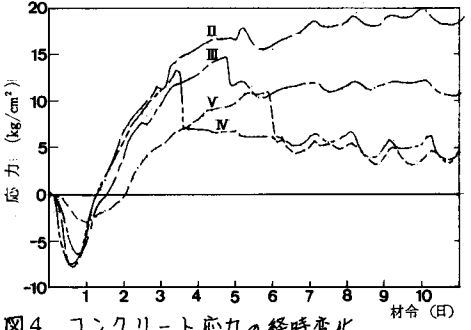


図4 コンクリート応力の経時変化

表3 施工記録およびひびわれ発生状況

Case	I	II	III	IV	V
ひびわれ対策	無対策	用心筋	膨張コンクリート	低熱性セメント	
打設日	1/22	6/29	6/29	7/18	7/20
外気温	9℃	24℃	24℃	23℃	22℃
打込み温度	12.9℃	25.0	24.0	26.0	26.0
最大温度	20.7℃	55.4	51.7	55.9	45.5
最大温度上昇量	8.7℃	30.4	27.7	29.9	19.5
表面との最大温度差	7.3℃	21.0	17.7	17.4	12.7
最大温度発生時間	19hr	18	20	17	34
ひびわれ発生時期	—	3日	5	4	6
平均ひびわれ幅	—	0.22mm	0.09	0.27	0.13
平均ひびわれ間隔	—	3.0m	3.75	5.0	3.0
概略図 (材料令85日前後)					
備考	材料令7日経過後にジェットビーターによる保温養生養生セメント	普通セメント	普通セメント	普通セメント + 膨張材	マスコン型高熱セメントB種