

日本道路公団 試験所

鬼丸 良雄

同 広島建設局 正員

後藤 茂司

東急建設(株) 技術研究所 ○正員

西岡 哲

同 上

正員 前田 強司

1. はじめに

温度ひびわれの発生有無を評価する方法の一つとして、最大主応力がコンクリートの引張強度 σ_{ct} を超えた場合にひびわれ発生有とする最大主応力説が広く使用されている。しかし、乾燥収縮拘束の場合 $\sigma/\sigma_{ct} = 1/2$ という報告¹⁾もあり、温度応力下における σ/σ_{ct} を検討しておく必要がある。本報は、コンクリートの最大温度上昇量、温度降下速度、拘束度をパラメータとして JIS 原案の「コンクリートの水和熱による温度ひびわれ試験方法(案)」に準じた試験を実施し、主として σ/σ_{ct} について検討したものである。

2. 試験装置

試験装置は図1に示すように、4本の拘束鋼管で2枚の反力鋼板を固定し、反力鋼板間に打ち込まれたコンクリートの温度変形をその時点から拘束する装置である。拘束钢管内は水を循環させ、その長さを制御することができる。本試験では、30°Cの恒温水を循環させた。コンクリートの応力は拘束钢管のひずみ計測によって求める。試験体寸法は 10 × 10 × 50 cm である。

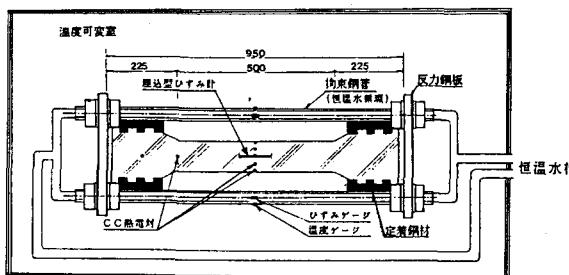


図1 温度ひびわれ試験装置

本装置は、JIS原案の装置を一部変更したものであり、以下に変更点を記す。

- ①拘束钢管：拘束度を2種類とするために、钢管を2種 ($A_s = 2.13 \text{ cm}^2/\text{本}, A_s = 7.30 \text{ cm}^2/\text{本}$ 各4本) 使用した。
- ②定着鋼材：試験体と反応鋼板間の力を伝達する機構を、コンクリートのせん断力に期待する方法とした。
- ③断熱板：拘束钢管と反応鋼板の結合部に使用する断熱板は、変形を抑制する目的で面積を拡大(約80%)した。

3. 試験方法

試験に用いたコンクリートの配合を表1に示す。

温度ひびわれ試験は、温度可変室内に設置した装置にコンクリートを打設し、マスコンクリートの内部を想定した所定の温度履歴で室温を上昇・降下(A~Hの8タイプ: 図2参照)させた。

表1 コンクリートの配合表

配合 合 No.	G max (mm)	S.L. (cm)	Air (%)	W/C (%)	S/a (%)	単位量 (kg/m³)				活性化 No.SL	FD.700	
						W	C	骨材 砂粒砂	S			
1	20	9 (15)	5	58.9	48.0	165	280	—	846	960	0.7	0.84
2	20	9	5	57.1	47.5	160	126	154	833	984	2.1	—

図2 試験体の温度履歴と破断時温度

着目した試験要因は、コンクリートの最大温度上昇量、温度降下速度、拘束度の3種類である。

539

4. 試験結果および考察

試験結果例として、図2に試験体温度履歴および破断時温度、図3, 4に温度と応力の関係、図5に引張強度と応力の経時変化を示す。

図3, 4より、温度応力はコンクリートの温度上昇量・降下量にほぼ比例して発生し、拘束が大きい程応力発生が大きくなる結果が得られた。

また温度ひびわれ対策として、コンクリートの温度降下速度をゆるやかにしてやろうとする考え方がある。これは、部材表面と中心部の温度差を小さくして内部拘束による応力発生を小さくするとともに、外部拘束による応力をゆるやかに発生させてコンクリートのクリアードに期待する方法と考えられる。本試験（一軸外部拘束試験）の結果では、図2に示すように温度降下速度にあまり関係なく、ほぼ同一温度でひびわれ発生した。また温度応力は、コンクリートの温度降下に伴い静弾性係数に対応する引張応力が生じ、図4に示すように温度降下速度がゆるやかなものほど大きくなつた。この原因として、コンクリートのクリアードによる応力緩和より静弾性係数の増大による応力増分の方が大きくなつたためと考えられる。

温度応力下におけるコンクリートのひびわれ発生時引張応力度 σ と同一養生された供試体割引張強度 σ_c の比は、表2および図6に示すように $\sigma/\sigma_c=0.83 \sim 1.06$ となり、温度応力下でのひびわれ発生時 σ は、割引張強度と純引張強度の差とも思われるが、 σ_c より若干小さいことが判明した。温度ひびわれの発生有無を評価する場合、割引張強度（供試体中10cm）の0.8程度の温度応力でひびわれ発生するとしてよいものと考えられる。

5.まとめ

- ①温度応力下でのひびわれ発生時引張応力度 σ は、割引張強度 σ_c より若干小さい。設計では、 $\sigma=0.8\sigma_c$ 程度としてよいと考えられる。
- ②最大温度上昇量・拘束度が大きくなる程、温度ひびわれは発生しやすくなることが試験的に確認された。
- ③本試験の範囲内では、温度降下速度の違いによる温度応力発生の差は小さいことがわかった。

表2 試験条件と試験体破断状況

記 号	セメント の 種類	合 成 比	温 度 条 件			温 度 降 下 速 度 (°C/day)	温 度 破 断 时 间 (day)	温 度 破 断 时 温 度 (°C)	温 度 破 断 时 引 张 应 力 (kg/cm²)	温 度 破 断 时 割 引 张 强 度 (kg/cm²)	温 度 破 断 时 屈 服 度 (kg/cm²)	温 度 破 断 时 塑 性 度 (kg/cm²)	温 度 破 断 时 塑 性 度 比 率	拘 束 度 (%)	拘 束 度 上 界 量 (°C)
			T ₀ (°C)	上 昇 速 度 (°C/day)	T _{max} (°C)										
A	I	普通	20	漸然	47.2	0.6	10/1	41.8 (9.7)	20.1	20.5	0.98	平安	8.2	拘束管 温度上界 量	
B	I	+	+	+	47.4	>	5/1	44.1 (13.8)	21.3	20.4	1.04	+	2.1	拘束管 温度上界 量	
C	I	+	+	+	48.9	>	25/1	44.1 (8.6)	23.4	23.8	0.98	局部	5.2	拘束管 温度上界 量	
D	I	+	+	+	60.2	1.9	10/1	47.5 (8.3)	26.3	29.5	0.89	局部	5.0	拘束管 温度上界 量	
E	I	+	+	+	60.5	>	5/1	48.5 (8.4)	31.1	0.86	中央	3.0	拘束管 温度上界 量		
F	I	+	+	+	60.7	>	25/1	48.8 (10.9)	29.5	33.1	0.89	局部	5.5	拘束管 温度上界 量	
G	I	+	25	漸然	59.4	0.8	37.3/8	52.6 (9.3)	25.0	30.2	0.83	+	—	拘束管 温度上界 量	
H	I	2	高炉	+	57.0	>	35.7/8	51.8 (8.8)	26.5	30.2	0.88	—	拘束管 温度上界 量		

注 * 打鍛温度 ** 応力が0になる温度 *** 割引張強度 () 内拘束管温度上界で破断

記号1：拘束度0.4程度 記号2：拘束度0.7程度

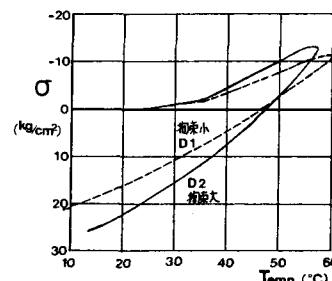


図3 温度と応力の関係

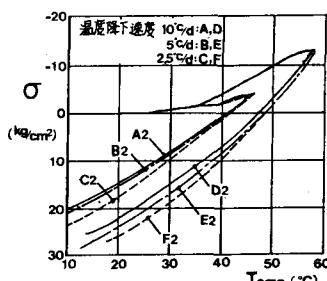


図4 温度と応力の関係

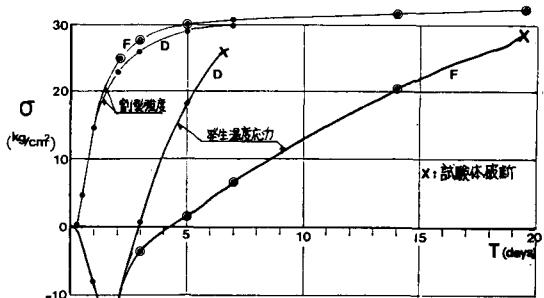


図5 割引張強度と温度応力の経時変化

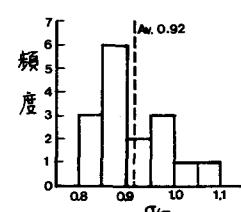


図6 σ₀/σヒストグラム

参考文献 1) 改良・徳光「コンクリートの乾燥収縮拘束とひびわれ発生に関する研究」セメント技術年報 34 1980
2) 田代・飯田「硬化時温応力発生メカニズムについて」マスコンクリートの温応力発生メカニズムに関するコロキウム 1982.8