

協大林組技術研究所 正会員 新 開 千 弘
 協大林組技術研究所 正会員 芳 賀 孝 成
 協大林組技術研究所 正会員 十 河 茂 幸

1. まえがき

鉄筋コンクリート構造物は、コンクリートと鉄筋の熱膨張係数がほぼ等しいため、温度変化による内部応力が生じないことが通説となっている。しかし、コンクリートの熱膨張係数は $6 \sim 13 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 、鉄は $11.7 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ で、大きい場合は $5 \sim 6 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ の差がある。そのため、マスコンクリートのように水和熱による温度上昇が大きなものでは、かなり大きな応力が若材令時に生じることになり無視できない。本研究は、鉄筋拘束がコンクリートに及ぼす影響について調べ、マッシブなRC構造物の温度ひびわれについて一考察を加えたものである。

表-1 コンクリートの配合

粗骨材の 最大寸法 (mm)	水セメント比 W/C (%)	細骨材率 s/a (%)	単 位 量 (kg/m³)					
			W	C	S	G		A/E
						川砂利	砕 石	
15	50	60	185	370	1002	501	208	0.805

2. 実験概要

2.1 使用材料とコンクリート配合 セメントは普通ポルトランドセメントを用いた。粗骨材は、富士川産川砂利と宇部産石灰石砕石を7:3に混合したものを用いた。細骨材は富士川産川砂と木更津産山砂の混合砂を用いた。コンクリートの配合は表-1に示す通りとし、鉄筋間隔を考慮して、粗骨材の最大寸法15mm、スランブ18cmとした。

2.2 実験方法 供試体はφ15×90cmのものとした。温度制御は図-1に示す養生槽を用い、材令32hrより10℃～60℃の範囲で、上昇4、下降2段階に分けて行った。試験の組合せは、表-2に示す4ケースとした。また、コンクリートの圧縮強度と静弾性係数は、同様の温度履歴で養生を行った供試体を用いて測定した。なお、比較のために標準養生の供試体についても試験を行った。

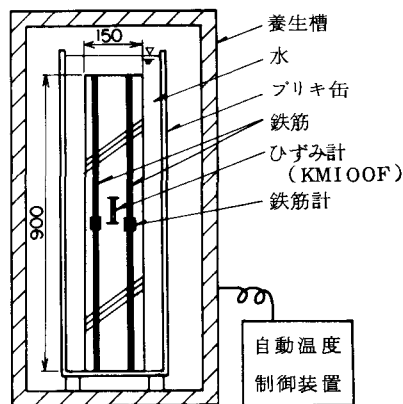


図-1 実験概略

3. 実験結果および考察

3.1 コンクリートの性質

コンクリートの圧縮強度および静弾性係数試験結果を表-3に示す。標準養生および同温養生における圧縮強度、静弾性係

表-2 実験項目

略 称	鉄筋比 (%)	使用鉄筋
f	0	無 筋
RC-1	4.86	D19×3 (本)
RC-2	9.73	D19×6 (本)
RC-3	17.98	D32×4 (本)

表-3 強度試験結果

	同 温 養 生			標 準 養 生		
材 令 (日)	1	3	7	1	3	7
圧 縮 強 度 (kg/cm ²)	48	220	353	48	166	306
静弾性係数 ×10 ⁴ (kg/cm ²)	1.24	2.28	2.75	1.24	2.20	2.61

数と積算温度 ($M = (T + 10) \times \Delta t$) の関係を図-2に示す。これらの関係は、養生条件に関係なく一本の曲線で示される。したがって、解析に用いる静弾性係数は、積算温度を考慮した値とした。

3.2 鉄筋コンクリートの熱膨張係数 各材令における熱膨張係数と鉄筋比の関係を図-3に示す。熱膨張係数の計算は、温度段階ごとに(1)式を用いて行った。また、(4)式より計算によって求めた鉄筋コンクリートの熱膨張係数を図-4に示す。

$$\alpha_{RC} = \epsilon_{RC} / \Delta T, \quad \alpha_f = \epsilon_f / \Delta T \quad \dots\dots\dots (1)$$

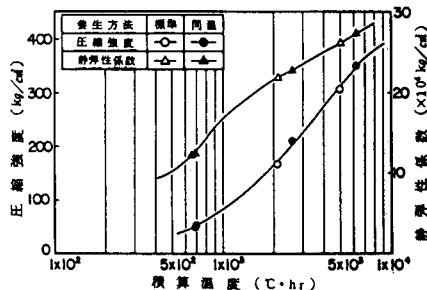


図-1 積算温度と σ_c , E_c の関係

$$\sigma_c = (\alpha_{RC} - \alpha_f) \cdot E'_c \cdot \Delta T \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$\sigma_c \cdot A_c + \sigma_s \cdot A_s = 0 \quad \dots\dots\dots (3)$$

(2),(3)より

$$\alpha'_{RC} = (E_s \cdot A_s \cdot \alpha_s + E_c \cdot A_c \cdot \alpha_f) / (E_s \cdot A_s + E_c \cdot A_c) \quad \dots\dots\dots (4)$$

ここに、 α_{RC}, α_f : 鉄筋およびコンクリートの熱膨張係数

$\epsilon_{RC}, \epsilon_f$: 鉄筋および無筋コンクリートのひずり

E'_c : 有効弾性係数 ($E'_c = 2/3 E_c$)

ΔT : 温度変化量

α'_{RC} : 計算によるコンクリートの熱膨張係数

図-3,4からわかるように、実測した熱膨張係数は各材令でかなり差があるが、ほぼ計算値と同じ傾向を示している。ただ、RC-3における実測値は、逆にRC-2と比較して小さな値となった。これらは、使用した鉄筋の違いによる付着面積の差の影響と思われる。

3.3 発生応力 (4)式により求めた各鉄筋比における温度応力の経時変化を図-5に示す。コンクリートに生じる引張応力は、 $\Delta T=50^\circ\text{C}$ で $15\sim 20\text{ kg/cm}^2$ 程度であり、鉄筋拘束により、コンクリートの引張強度($\sigma_t=1/10\cdot\sigma_c$)に近い応力が若材令時に生じていることがわかる。さらに、実測した鉄筋応力から、(3)式を用いて求めたコンクリート応力の結果を表-4に示す。鉄筋応力によって求めたコンクリート応力は、ひずみ計を用いた値に比べてかなり大きくなっている。このことは、若材令時の付着特性やクリープなどを考慮していないためと思われる。これらの点については、まだ不明な点も多く、今後さらに検討をする必要がある。

4. あとがき

マッシュなRC壁などのひびわれを制御する目的で、鉄筋を割増すことが考えられるが、コンクリート温度上昇過程では、鉄筋拘束による引張応力を生じさせることになり、かえって逆効果となることもある。特に、部材厚の大きい構造物の場合は、表層部分に鉄筋が集中し、局部的に見るとかなり大きな鉄筋比になり、かつ、コンクリート内外の温度差による引張応力も大きいため、ひびわれを生じる危険性が増加する。なお、本実験においては、部材断面が小さく計測器の占める割合が大きいこと、計測するひずみが小さいことなどから、十分な精度の値は得られなかったが、一般的傾向は十分把握できたと考えている。今後は、より大きなモデルを用い、実構造物に反映できる実験が必要であると思われる。

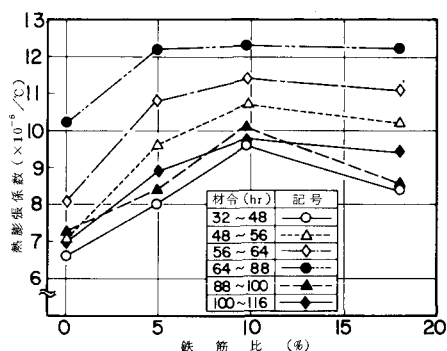


図-3 鉄筋比と熱膨張係数の関係(実測)

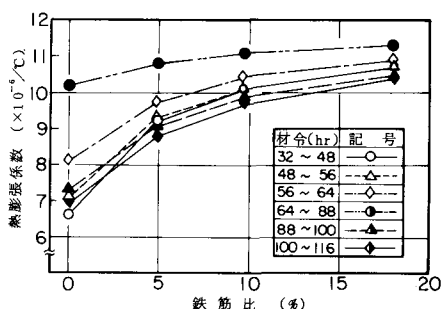


図-4 鉄筋比と熱膨張係数の関係(計算)

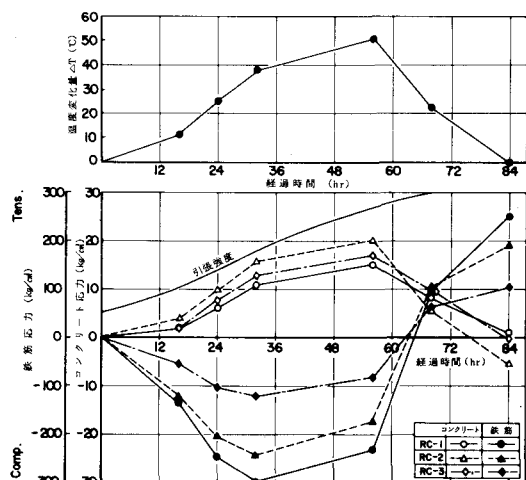


図-5 温度変化によるコンクリート応力と鉄筋応力

表-4 鉄筋計から求めた
コンクリート応力

経過時間 (hr)	コンクリート応力 (kg/cm ²)		
	RC-1	RC-2	RC-3
16	6.9	13.1	12.1
24	12.7	22.0	22.5
32	15.3	26.3	26.5
56	11.8	18.6	18.1
68	-4.8	-11.3	-13.7
84	-12.8	-20.6	-22.8