

大阪工業大学 正員 ○ 仁枝 保
大阪工業大学 正員 小林 和夫

1. まえがき マッシブなコンクリート構造物、近年大型化している橋脚やはり部材などの熱応力や温度ひわれ発生の取り扱いについては、コンクリートの強度や変形特性を断面内で便宜上一定とみなし標準養生下下での値を採用することが多いようである。しかし、セメントの水和発熱にともなう温度上昇は断面内の位置により相違するためコンクリートの強度の発現もそれに応じて特性に差が生じると推察される。本研究は中庸熱ポルトランドセメントを用いたコンクリート供試体に、図-1の温度履歴を与え、上昇温度20℃～60℃の範囲での実験を行い、強度・弾性係数の発現特性について比較検討を行ったものである。

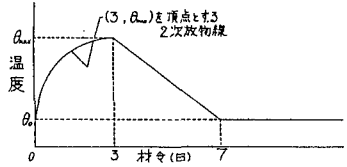


図-1 コンクリートに与える温度履歴

2. 実験概要 1) 使用材料 セメントは、A社中庸熱ポルトランドセメント。細骨材は淀川産川砂（比重2.59、粗粒率2.85）、粗骨材は高槻産砕石（比重2.71、最大寸法25mm）である。混和剤は、A E剤（ヴィンソル70LT、A E助剤）を用いた。2) コンクリートの配合 対象構造物をマッシブなものと想定し、普通露出状態で凍結融解がしばしば繰り返されるものとして、スランブ12cm、S/a42 %程度のものを選び、試し練りを行って表-1に示すものを用いた。3) 試験方法 コンクリートは、所定の配合に従い1バッチ量80ℓとし、傾動式ミキサーを用い練り混ぜを行った。排出後充分練り返しを行って

粗骨材の最大寸法 (mm)	スランブ (cm)	空気量 (%)	水セメント比 (%)	細骨材率 S/a (%)	単位量 (kg/m ³)				
					水 W	セメント C	細骨材 S	粗骨材 G	A E剤 (cc)
25	12	4	48	43.0	183	381	732	1016	114.3

の配合に従い1バッチ量80ℓとし、傾動式ミキサーを用い練り混ぜを行った。排出後充分練り返しを行ってJIS A 1132に準じφ10×20cmの円柱供試体（圧縮・引張・弾性係数測定用）を54本作成した。いずれの場合も、練り上がり温度θ。20℃とし、打ち込み後直ちに恒温恒湿器（タバイエスベックPR-4FW）に搬入しプログラム運転を行った。恒温恒湿器内の湿度は95%に保持し、最高到達温度θ_{max} 40℃～80℃まで2次放物線に近い小刻みの温度と履歴をあたえた。同時に、コンクリート供試体中心部に埋め込んだひずみ式温度計でプログラム状況をモニターした。供試体は材令7日以降恒温室（温度20±1℃、湿度90%）にて湿空養生を行った。温度履歴を受けたコンクリートの若材令時特性を含む、1, 3, 5, 14, 28日の所定材令日にJIS A 1108, JIS A1113に準じて強度試験を行った。静弾性係数試験は、コンプレッソメーター（測長100mm）によりひずみ測定を行って応力-ひずみ曲線から割線弾性係数E_{cg}を求めた。

表-2 試験結果一覧

		1 日		3 日		5 日		14 日		28 日	
20℃ 一定	σ _c	46.60	1.00	97.44	1.00	130.91	1.00	173.21	1.00	218.83	1.00
	σ _t	5.37	1.00	15.45	1.00	15.19	1.00	23.74	1.00	33.02	1.00
	E _c	1.23	1.00	1.94	1.00	2.31	1.00	2.63	1.00	3.57	1.00
θ _{max} 40℃	σ _c	72.85	1.56	150.47	1.54	154.09	1.18	191.51	1.11	256.60	1.17
	σ _t	6.90	1.28	14.55	0.94	21.47	1.41	20.07	0.85	21.67	0.66
	E _c	1.83	1.50	2.42	1.28	2.83	1.23	3.51	1.33	2.91	0.82
θ _{max} 60℃	σ _c	84.77	1.82	175.76	1.80	226.25	1.73	227.09	1.31	266.84	1.22
	σ _t	6.53	1.22	22.90	1.48	27.64	1.82	27.27	1.15	26.65	0.81
	E _c	1.84	1.50	2.78	1.43	3.02	1.31	3.33	1.27	3.20	0.90
θ _{max} 80℃	σ _c	111.88	2.40	212.99	2.19	215.45	1.65	150.22	0.87	193.62	0.88
	σ _t	9.81	1.83	18.04	1.17	19.41	1.28	23.71	1.00	23.55	0.71
	E _c	2.01	1.63	2.71	1.40	2.99	1.29	3.18	1.21	2.97	0.83

3. 実験結果および考察 圧縮強度、引張強度、弾性係数の測定値および20℃一定養生の値を基準1.00としたときの材令別のそれらの比を表-2に示す。練り上がり温度θ。は、最大20.4℃、最小19.0℃で平均19.7℃であった。スランブおよび空気量についても設定の範囲内にあった。θ_{max} =80℃の場合、20℃一定養生に対する圧縮強度の比は材令1日で2.40、3日で2.19と著しく大きい。引張強度の比は、材令1日で1.83、3日で1.17で圧縮強度と相関傾向が認められる。弾性係数の比は材令1日で1.63、3日で1.40を示し、圧縮強度、引張強度とは少し様相が異なる。θ_{max} =60℃および40℃の場合、θ_{max} =80℃に対し比率はθ_{max} に応じて小さくなり、傾向も異なるようである。材令28日で比較する限り、θ_{max} =40℃～60℃の履歴温

度が特性として顕著である。圧縮強度の比は1.17~1.22、引張強度の比は0.66~0.81、弾性係数の比は0.82~0.90の値を示す。これらのことから中庸熱ポ

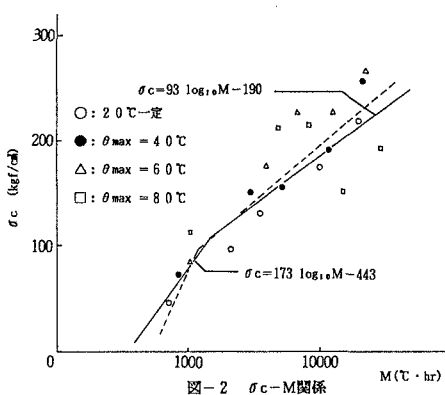


図-2 σ_c -M関係

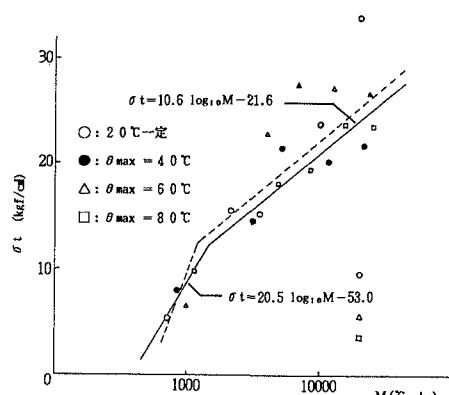


図-3 σ_t -M関係

ルトランドセメントを用いたマッシブなコンクリートの内部の水和発達に伴う若材令時のコンクリート特性は温度履歴によってかなり変化し、また圧縮強度、引張強度、弾性係数の各々についてもそれぞれの発現特性が異なることが示された。

温度履歴を受けたコンクリートの諸物性値については、第47回で材令のみの関数ではなく、材令と養生温度の両者を考慮した積算温度（ $M = \text{温度} \times \text{時間の和}$ ）の関数としてとらえるのが適当であるとしたが、表-2の各測定値とマチュリティMとの関係を図-2、3、4、に示す。図はそれぞれ、養生履歴温度 $\theta_{max} = 20^\circ\text{C} \sim 80^\circ\text{C}$ の範囲でのマチュリティM（対数表示）と圧縮強度、引張強度、弾性係数の関係を示している。いずれも $M < 30000$ （ $^\circ\text{C} \cdot \text{hr}$ ）の範囲においては、各物性値とMは近似的には一つの直線関係で表せるとみなしうるが、積算温度マチュリティ $M = 1500$ （ $^\circ\text{C} \cdot \text{hr}$ ）前後で勾配が変化すると考えるのが実情に則しているようである。図-2および図-3でそれが顕著である。他方図-4は、勾配が変化傾向は同様であるが明らかに使用セメントによる特性の変化がかなりの差として示しているようである。図中には各々の関係式を提示した。さらに図中に点線で示すのが引用文献¹⁾のものである。

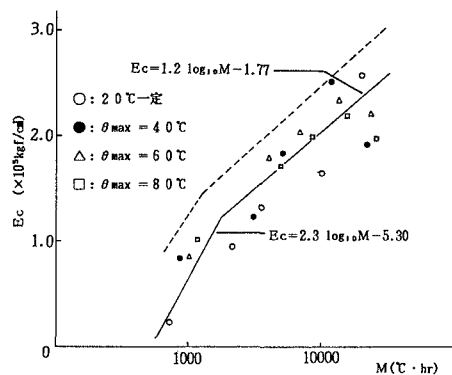


図-4 E_c -M関係

マッシブなコンクリート構造物の熱ひびわれ発生と関わりのある引張強度は重要であり、図-5には引張強度と圧縮強度の関係を示したが、圧縮強度と養生温度履歴を受けた引張強度との関係は点線近傍にばらつくのみで一義的のようである。しかし、圧縮強度150kgf/cm²以降域に引張強度の高いものがあり更に検討の余地があると思われる。

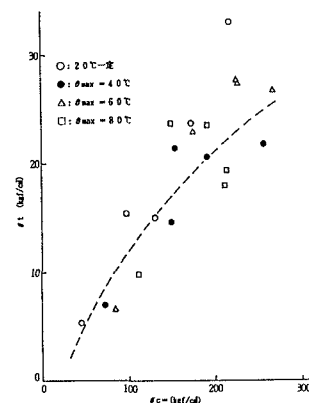


図-5 σ_t - σ_c 関係

4.まとめ (1) $\theta_{max} = 80^\circ\text{C}$ 以下の範囲内において、マッシブなコンクリート内部で予想される温度履歴により材令28日強度と弾性係数はかなり影響を受け、若材令特性は著しく変化する。(2) $\theta_{max} = 60^\circ\text{C}$ の材令28日強度と弾性係数は、 $\theta_{max} = 80^\circ\text{C}$ の材令28日のそれらを上回った。(3) コンクリートの圧縮強度、引張強度、弾性係数と積算温度マチュリティMとの関係は、温度履歴の影響に関係なく二本の直線関数で表示することが可能であり、弾性係数では顕著であった。

引用文献 1) 仁枝、小林「種々の温度履歴を受けるコンクリートの強度発現特性に関する基礎的研究」第47回年次講演概要集、平成4年9月、pp836-837