

名城大学 正員 杉山秋博

名古屋工業大学 正員 吉田弥智

名古屋工業大学 正員 赤井 登

1 目的

コンクリート構造物を建設する場合、コンクリートの打設箇所により設計基準強度が異なっているため、圧縮強度とセメント水比の関係式より必要な水セメント比を決定している。しかし、高熱地帯のコンクリート構造物の場合には、養生温度が高くコンクリートの強度特性も常温と異なり、従来からの強度とセメント水比との関係式が使用できない。このため、コンクリートが高温養生を受けた時の強度式を求めようとしたものである。

2 使用材料 および 実験方法

実験に使用したセメントは、普通セメントと耐熱性・耐久性に優れている高炉セメントB種を使用した。骨材は、長野県梓川産の川砂と一部碎石を含む最大寸法25mmの川砂利を使用し、表-1に物理的性質を示している。これらの材料を使用して、スランパ3cmとした水セメント比45・55・65%の配合を表-2の様に決定した。

供試体の養生方法は、20℃の標準養生と40・60・80℃の高温養生を3日間実施した後、所定材令まで20℃の水中養生を行なった。なお、高温養生中に供試体からの水分の蒸発を防ぐため、ポリエチレンの袋で上部を包い、打込み直後(0時間)と2・4時間後にも高温水槽に浸し、放置時間の影響を調べた。また、供試体の中心部温度は、各温度とも約40分で水温と一致することが認められた。

3 実験結果 および 考察

コンクリートの養生温度・セメントの種類・水セメント比・放置時間を変化させた場合の各圧縮強度を求め、図-1・図-2に0時間の圧縮強度結果を示している。

普通セメントを使用した場合、図-1から養生温度が40℃では、セメントの水和反応が促進され、初期材令では高い強度が得られたが、材令28日では80%程度の強度しか得られなかった。しかし、図-2表では示していないが、2・4時間のお置時間を設けた供試体では、水和反応が順調に進み標準養生強度の95%程度が得られた。養生温度が60℃の場合、40℃とよく似た傾向を示すが、温度上昇率も60%と高くなるため、初期強度や材令による強度の増加がやや低くなっている。さらに、養生温度が80℃では、高温で90%程度の急激な温度上昇により、材令初期にセメントの水和反応が急

表-1 骨材の物理的性質

	比重	吸水率 (%)	洗試験 (%)	単位重量 (kg/m ³)	F.M.
川砂	2.58	1.57	1.00	1620	2.85
川砂利	2.65	1.14	0.80	1600	7.28

表-2 配合表

	W/C %	S/a %	単位重量 kg/m ³			
			C	W	S	G
普通セメント	45	42	409	184	733	1039
	55	43	335	184	777	1057
	65	44	280	182	815	1068
高炉セメント	45	41	398	179	717	1057
	55	42	327	180	758	1076
	65	43	277	180	795	1083

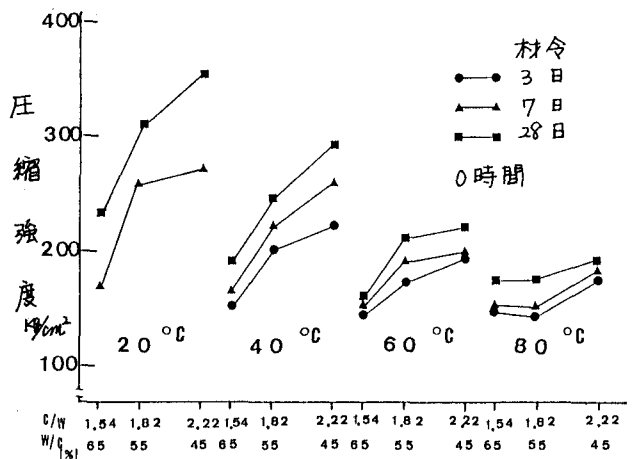


図-1 普通セメントの圧縮強度

敷に作用する結果、セメント粒子表面に水和物の緻密な層で覆われ、初期強度も低くその後の水和反応による強度の増加も期待できないため強度低下が著しいことが認められた。さらに、80℃の高温ではセメント粒子の一部分しか水和しないため、コンクリート強度に影響を与える要因として、単位セメント量その他、セメント粒子の分散状態も関係するため、水セメント比45%と65%の強度差が20%以下と少なくなったものと考えられる。また、放置時間を設けた供試体は、コンクリートの凝結が始まる時に急激な温度上昇により、材料間の熱膨張による内部クラックの発生等による悪影響を強く受けたため、0時間より強度低下を示したものと考えられる。

高炉セメントを使用した場合、普通セメントに比べ高炉スラグの潜在水硬性が現われるため、材令による強度の増加率が大きい。40℃の高温養生を受けた場合、セメントの水和反応と高炉スラグの水硬性が増加し、初期強度も高く長期材令でも標準養生強度以上の値が得られた。また、60℃では高炉スラグの水硬性反応が活発になり、材令7日で28日標準養生強度の80%程度の高強度が得られ、材令28日においても標準養生強度の値が得られた。しかし、80℃では普通セメントと同様に、初期強度も低く強度の増加も少ないため、強度低下が著しいことが認められた。また、2・4時間の放置時間を設けた場合普通セメントと同様な傾向を示している。

圧縮強度とセメント水比との関係式 $\sigma = A\% + B$ の係数を表-3に示している。普通セメントの材令28日の場合、標準養生20℃ではセメントの水和が進み、セメント水比に関係する係数Aも高い数値となっている。しかし、養生温度が高くなると係数Aも段階的に低下し、特に80℃では25.9~60.2と非常に小さくなりセメント水比の違いによる強度差が表われにくいことがわかる。高炉セメントの場合、高炉スラグの添加により40・60℃では、水硬性が活発されるため係数Aも20℃に比べ高い数値が見られた。しかし、80℃では高温養生の悪影響を強く受け係数Aも40・60℃の半分程度の低い数値となっている。

4 結 論

コンクリートが高温養生を受けた場合、普通セメントでは養生温度が高くなるにつれ強度低下が見られる。特に、急激な温度上昇を受ける80℃では、セメントの水和反応が材令初期で終わり、それ以後の強度の増加が少いため、水セメント比の違いによる圧縮強度差が表われにくい。さらに、放置時間を設けると養生温度が40・60℃の場合に効果が認められた。高炉セメントの場合、40・60℃の養生温度では各水セメント比とも高炉スラグの水硬性反応が活発になり、標準養生強度以上の強度が得られ養生温度の影響を受けにくいセメントといえるが、80℃の高温では普通セメントと同様に強度低下が著しいことが認められた。

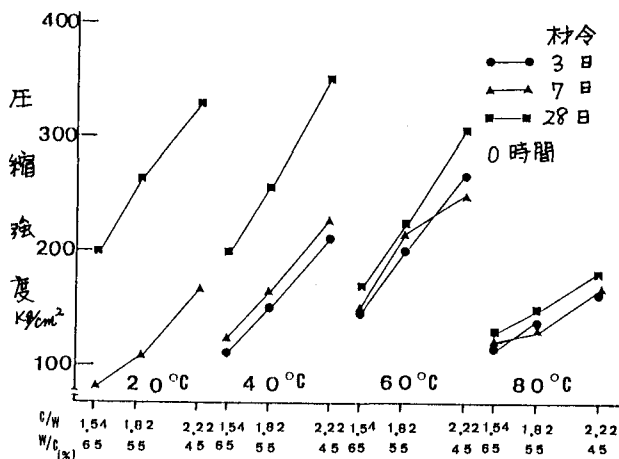


図-2 高炉セメントの圧縮強度

表-3 強度式 $\sigma = A \cdot B$ の係数

材令 (日)	温度 (°C)	放置 時間	普通セメント		高炉セメント	
			A	B	A	B
7	20	0	131.0	-13.0	127.9	-119.2
		4	134.5	-37.3	153.3	-113.5
	40	2	126.3	-8.3	163.9	-92.5
		4	163.9	-70.6	175.9	-116.3
	60	0	52.3	77.7	139.8	-54.4
		2	48.7	108.0	180.0	-108.5
		4	87.4	41.1	224.3	-176.7
	80	0	44.6	75.7	73.9	1.7
		2	59.2	52.6	82.3	-10.8
		4	66.0	39.7	112.5	-59.5
28	20	0	171.1	-20.2	192.3	-94.0
		4	145.0	-27.2	226.1	-150.5
	40	2	157.9	-10.4	81.4	139.3
		4	175.1	-55.6	187.9	-49.1
	60	0	85.1	38.6	204.6	-145.3
		2	67.3	89.5	177.6	-75.4
		4	91.3	70.1	236.4	-159.5
	80	0	25.9	131.3	75.5	13.3
		2	57.3	77.8	114.1	-50.9
		4	60.2	62.5	109.9	-42.5