

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
名城大学 正員 杉山 秋博

1 目的

火山地帯での山岳トンネルなどの高熱地帯にコンクリートを打設する場合、高温養生による強度低下が問題となる。また、掘削の進行状況によって地盤の温度も変化しているため、コンクリートの強度特性も養生温度の相異によって大きく変化することが考えられる。このため、養生温度を変化させた各種コンクリートの強度特性を調べたものである。

2 使用材料 および 実験方法

実験に使用したセメントは、地下水に含まれる塩類に対する化学抵抗性や、80℃高温養生を行なった強度特性などを考慮して、普通セメント・フライアッシュ（F.A.）を30%混合した中庸熱セメント・高炉B種セメント・高炉スラグを混合して特殊加工した耐熱耐酸セメントの4種類である。

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の川砂利を使用した。これらの材料を使用して、%55スランプ13cmの条件で試し練りの結果表-2の配合を決定した。

上記の配合で練り混ぜ、φ10×20cmの円柱型枠に詰め、標準養生の場合は直ちに20℃の恒温恒湿室に放置し、脱型後20℃の水槽で水中養生を実施した。高温養生の場合は、型枠に詰めた後水分の蒸発を防ぐため、ポリエチレンの袋で包い直ちに水温60・40℃の高温水槽に浸した。（以後、0時間と呼ぶ。）さらに、放置時間の影響を調べるために型枠に詰めてから2時間後にも高温水槽に浸した。（以後、2時間と呼ぶ。）これら高温水槽に浸した供試体の中心部温度の上昇の様子は、図-1に示し各温度とも約40分程度で水温と一致することが認められた。脱型は翌日おこない高温養生を3日間実施し、それ以後所定材令まで20℃の水中養生をおこなった。

3 実験結果 および 考察

各種セメントを使用したコンクリートを養生温度を80・60・40℃と変化させ養生方法・放置時間を変えた圧縮強度試験結果を図-2に示し、高温養生を受けた各コンクリートの強度特性について述べる。

普通セメントの場合、40℃ではセメントの水和反応が活発になり材令3日で250%程度の強度が得られた。また、材令による強度の増加もよく材令9日においても、標準養生に比べ90%程度の高い強度が得られた。しかし、養生温度が60・80℃と高くなるにつれ、急激な温度上昇

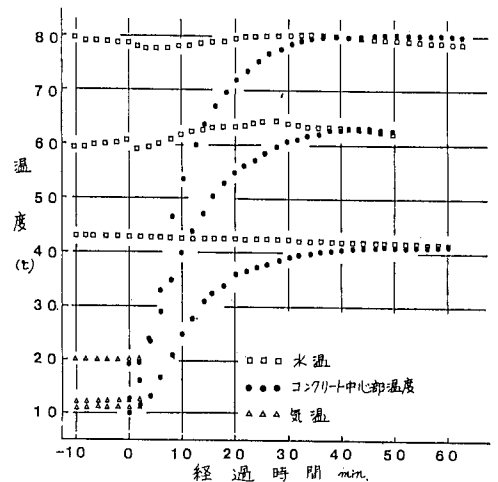
表-1 セメントの化学成分と物理的性質

	強熱減量 %	不溶残分 %	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	Fe ₂ O ₃ %	CaO %	MgO %	SO ₃ %	比重	ブレン値 cm ² /g
普通セメント	0.6	0.2	21.7	5.2	3.0	65.0	1.4	2.0	3.15	3300
高炉B種セメント	1.2	0.2	28.1	11.4	2.2	49.9	4.7	2.1	2.98	3780
中庸熱F.A.セメント	1.2	0.7	31.8	11.0	4.5	46.1	1.0	1.7	2.90	3260
耐熱耐酸セメント	0.5	0.3	26.9	11.3	1.1	49.4	4.8	4.3	2.92	3430

表-2 配合表

	W/C %	S/A %	単位重量 kg/m ³				
			W	C	F.A.	S	G
普通セメント	55	43	182	331		771	1050
高炉B種セメント	42	183	333			745	1057
中庸熱F.A.セメント	41	173	220		94	742	1096
耐熱耐酸セメント	42	183	333			745	1053

図-1 コンクリートの温度履歴



や高温の影響によりセメントの粒子表面にだけ水和が起き、緻密な層ができるため材令3日強度も低下し、それ以後の水和も少ないため、標準養生に比べ強度低下が著しく、養生温度の影響を一番強く受けている。

高炉B種セメントの場合、40℃では水反応が促進され初期強度も高く、材令3日以後の強度も高炉スラグの水硬性が発揮され標準養生に近い強度が得られた。また、養生温度が60・80℃になるとスラグの水硬性がさらに活発になり、40℃に比べ材令3日強度で30～10%高い値が得られた。しかし、それ以後の強度の伸びは少ないが、高炉スラグの添加によってある程度高温養生の悪影響を防ぐことができる。

中熱熟+FAセメントの場合、養生温度が40℃では、フライアッシュのポゾラン反応がほとんど促進されず材令による強度の増加もほぼ標準養生と同様である。しかし、養生温度が60・80℃と高くなるとポゾラン反応が促進され、材令3日で標準養生した材令28日強度程度の値が得られるが、それ以後の水和は少なく、特に80℃ではほとんど増加は認められなかった。

耐熱耐酸セメントは、耐熱性を考慮して製造されたセメントであるため、標準養生では高炉セメントに比べて低いが、高温養生を実施すると、材令3日強度では各温度ともほぼ等しい強度が得られ、それ以後の強度増加も40℃がやや良いが、60・80℃の高温でも標準養生強度の85%程度の高い強度が得られた。この耐熱耐酸セメントは養生温度の変化を最も受けにくいセメントと考えられる。

引張強度の場合、図-3に示すように圧縮強度に比べ各セメントともバラツキが見られる。しかし、高温養生がコンクリートの引張強度に及ぼす影響は、ほぼ圧縮強度と同様の傾向を示すが、60・80℃の高温養生を行っても圧縮強度の様に著しい強度低下は示さない。

4 結論

養生温度を40・60・80℃と変化した場合の強度特性について、40℃では水反応が促進され初期強度も比較的高く、それ以後の水和反応も活発であるため、標準養生に近い強度が得られた。しかし、60・80℃の高温養生では、急激な温度上昇や高温のため各セメントともごく初期に水和が急激におこり、それ以後の水和反応は少なく材令による強度の増加はあまり期待できない。しかし、普通セメントに比べ高炉スラグを混合したセメントは高温養生による強度低下をある程度防ぐことができると考えられる。

図-2 養生温度・養生方法を変化させたコンクリートの圧縮強度

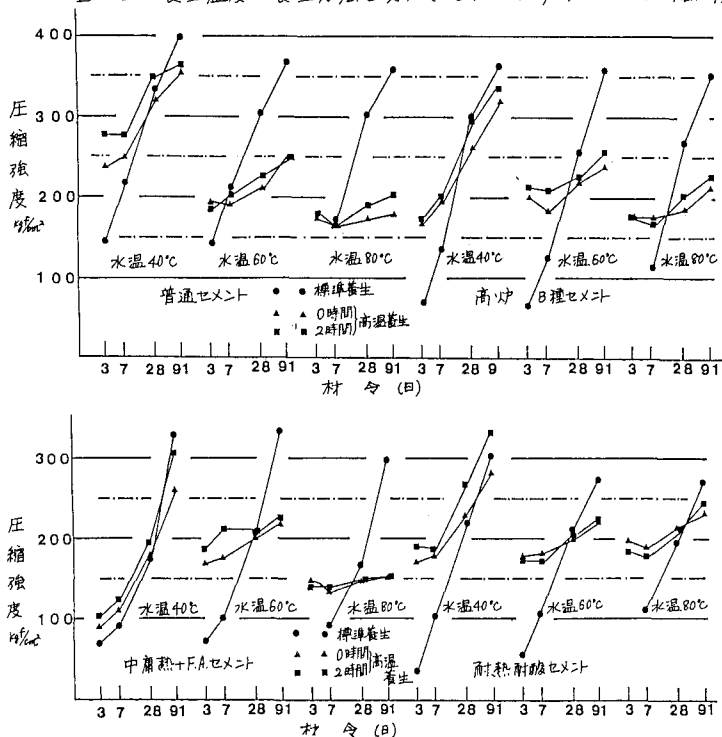


図-3 コンクリートの引張強度

