V-147　高温養生下におけるコンクリートの強度特性に関する基礎的研究

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

最近、火山地帯での山岳トンネルや地熱発電所の建設などの様に高熱地帯における構造物の建設がおこなわれようとしている。この様な高熱地帯でコンクリートを打設すると、高温養生されることによりコンクリートの強度などは、普通の場合と異なった特性を示すと考えられる。このため、各種セメントを使用して高温養生を受けた場合の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、高温養生下における強度特性や温泉に含まれる塩類に対する化学抵抗性を考慮して、普通セメント・中庸熱セメント，フライアッシュ（F.A.）を30%混合した普通＋F.A.・中庸熱＋F.A.セメント，高炉B種・C種セメント，さらにフライアッシュや高炉水さいスラグを含み特殊加工した耐熱耐酸No.1・No.2セメントの8種類で実施した。骨材は、長野県梓川産の川砂と一部砕石を含む川砂利を使用し、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、W/C 55%・スランプ13 cmで試し練りの結果表−2の様に配合を決定した。

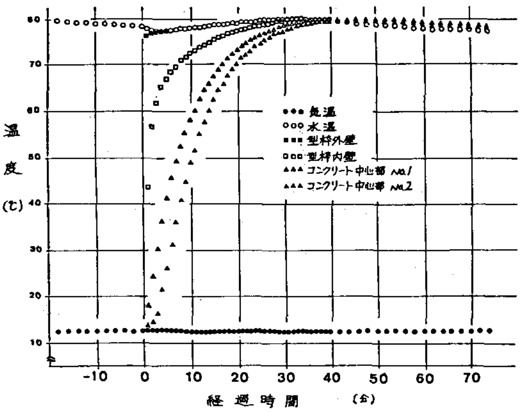
表−1　骨材の物理的性質

	比重	吸水率 %	F.M.	実積率 %	洗い試験 %	最大寸法 mm
細骨材	2.59	2.27	2.76	66.0	3.16	
粗骨材	2.68	1.33	7.02	61.2		25

表−2　配合表

	W/C %	s/a %	単位重量 kg/m³ W	C	FA	S	G	実測値 スランプ cm	空気量 %
普通セメント	55	42	188	342		749	1069	13.5	1.0
中庸熱セメント	55	42	176	320		790	1101	12.0	1.5
普通＋F.A.セメント	55	41	170	216	93	749	1115	12.5	0.8
中庸熱＋F.A.セメント	55	41	165	210	90	759	1128	12.0	0.9
高炉B種セメント	55	42	183	333		751	1072	11.8	0.7
高炉C種セメント	55	42	180	327		754	1077	11.4	0.7
耐熱耐酸No.1セメント	55	41	163	296		748	1115	11.3	0.9
耐熱耐酸No.2セメント	55	42	183	333		748	1068	13.5	0.8

図−1　コンクリート温度上昇履歴



上記の配合で練り混ぜ、φ10×20 cmの円柱型枠に詰め標準養生の場合直ちに20℃の恒温恒湿室に放置し、脱型後20℃の水槽で水中養生を行なった。高温養生の場合型枠に詰めた後、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80℃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温度は、図−1の様に約40分で水温と一致する事が認められた。脱型は翌日行ない高温養生を3日間実施し、それ以後20℃の水中養生を行なった。

圧縮強度試験はJIS A 1108の試験方法で行ない、高温養生供試体のキャピングはセメントペーストでなく試験前にイオウキャピングを実施した。引張強度試験は、JIS A 1113の試験方法で実施した。

3　実験結果　および　考察

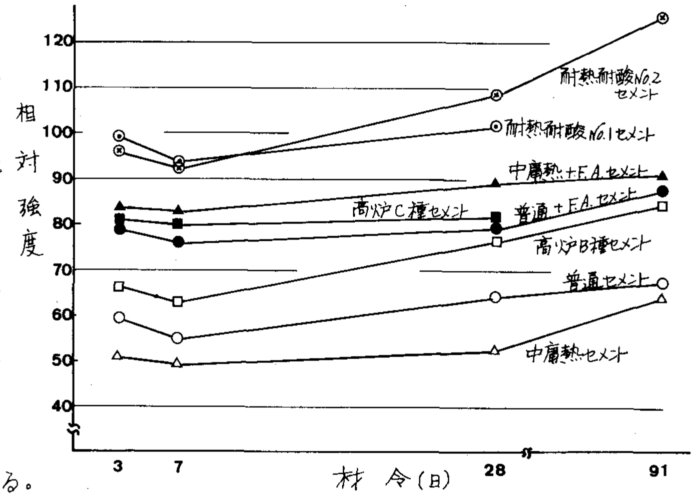
各種セメントを使用して養生方法・放置時間を変えた試験結果は、表−3に示した。標準養生を行なった場合

初期材令7日では、普通・中庸熱セメントの強度発現はよいが、長期材令になると混合セメントの強度増進率がよく混和材のポゾラン反応・潜在水硬性が表われたものと思われる。高温養生された場合、材令3日では平均162 kg/cm²となり材令28日では平均172 kg/cm²と材令に伴う強度の増加は非常に小さい。また、図－2に示すように標準養生された材令28日の圧縮強度を100とした相対強度で高温養生された各種セメントの強度を表わすと材令28日では普通・中庸熱セメントでは53～64%と強度低下が著しい。

表－3　コンクリートの強度試験結果

セメントの種類	養生方法	圧縮強度 kg/cm² 3	7	28	91	引張強度 kg/cm² 3	7	28	91
普通セメント	標準		170	302	358		20.2	26.1	29.9
	0 時間	175	163	175	179	21.4	20.3	20.5	22.1
	2 時間	178	165	194	204	24.8	20.1	24.5	22.0
中庸熱セメント	標準		139	235	325		14.7	23.8	29.2
	0 時間	125	128	132	146	19.6	20.3	20.8	21.8
	2 時間	119	116	124	151	20.0	19.6	20.5	21.8
普通+F.A.セメント	標準		111	201	277		13.0	22.5	28.5
	0 時間	158	154	158	170	22.9	23.8	21.6	25.2
	2 時間	157	152	159	175	23.8	25.6	25.7	24.1
中庸熱+F.A.セメント	標準		94	169	297		10.8	17.9	30.6
	0 時間	148	137	148	154	21.5	23.3	20.7	22.0
	2 時間	141	141	150	154	23.1	21.9	22.5	23.0
高炉B種セメント	標準		114	268	351		13.4	24.6	33.4
	0 時間	178	175	186	211	22.0	22.6	24.3	22.2
	2 時間	177	168	205	221	27.0	24.1	23.4	30.2
高炉C種セメント	標準		98	212			9.3	19.7	
	0 時間	155	158	173		24.4	24.6	26.5	
	2 時間	170	170	174		24.7	26.0	25.2	
耐熱耐酸No.1セメント	標準		106	172			11.4	15.9	
	0 時間	155	154	165		23.8	24.1	25.0	
	2 時間	170	159	175		19.7	26.4	25.8	
耐熱耐酸No.2セメント	標準		111	196	273		12.1	21.5	28.8
	0 時間	198	192	215	234	26.7	24.5	26.2	26.9
	2 時間	188	182	213	247	28.9	28.1	27.5	31.6

図－2　高温養生された圧縮強度の相対強度



フライアッシュを混入した場合79～89%、高炉水さいスラグを混入した場合は69～82%となり、混和材のポゾラン反応や潜在水硬性が高温養生されることにより活発になりコンクリートの強度低下をある程度防ぐことが出きるものと思われる。また、フライアッシュや高炉水さいスラグを混入し、耐熱耐酸性を考慮し特殊加工したセメントでは96～110%と高温養生されても強度低下がほとんど見られず中には強度が増加しているものもある。

引張強度は、材令28日の相対強度が78～162%の範囲にあり強度低下はあまり見られないが、圧縮強度と同様に材令に伴う強度の増加は少ない。また、セメントの種類による強度特性は圧縮強度と同様な傾向を示している。

放置時間の差による強度への影響は、初期材令においてはほとんど差がなくやや2時間の方が強度が大きい傾向を示しているが、材令91日では2時間の強度がかなり大きくなっており、長期材令では放置時間の長いものほど良好な結果が得られるものと考えられる。

4　結論

コンクリートが高温養生された場合、ごく初期に活発な水和反応がおこり、それ以後の水和反応は少なく、標準養生のように材令に伴う強度の増加は、あまり期待できない。また、コンクリートが高温養生をうける場合、セメントに混和材を混入して、その特性を有効に利用することにより強度低下を最少にすることができる。