

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
 名城大学 正員 飯坂 武男

1 目的

高温養生を受けたコンクリートの研究は、プレーンコンクリートに対して前養生時間・最高温度・養生期間などの条件を変化させた場合の強度特性を調べ、セメントの水和反応の面から強度低下の説明が数多くなされてきた。しかし、養生温度によってコンクリート中の空気泡が熱膨張し硬化コンクリート中の空気量・空隙量が増加することにより強度低下が考えられる。このため、コンクリート中に空気泡を増加したAEコンクリートを使用して強度と空気量の関係について研究を進めた。

2 使用材料 及び 実験方法

表-1 配合表

セメントは普通ポルトランドセメントを使用し、骨材は最大寸法25mmの天竜川産の川砂利とイビ川産の粗砂と木曽川産の細砂を3:1に混合した川砂を使用した。また

空気量 (%)	スランプ (cm)	W/C (%)	S/a (%)	単位重量 (kg/m ³)							AE.1	AE.2
				W	C	粗砂	細砂	砂利	AE.1	AE.2		
1	13	55	4.1	183	333	557	186	1093	---	---	---	---
3	13	55	4.1	165	300	563	188	1106	0.30	.0017	---	---
5	13	55	4.1	156	284	559	187	1097	.341	.010	---	---

AE剤はノニオン系のAE₁とAE助剤としてのAE₂を使用した。これらの材料を使用して、水セメント比55%・スランプ13cm・目標空気量を1・3・5%とした配合を表-1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℃の高温水槽で3日間養生したのち、所定材令まで20℃の水中養生を行なった。尚 高温養生を実施した供試体は、放置時間の影響を調べるために打ち込み直後(0時間)と2時間後に円柱型枠につめたまま、高温水槽に浸した。

圧縮強度試験はφ10×20cmの円柱供試体を使用して、JIS 1108に従って供試体3本の平均値で材令3・7・28日の圧縮強度を求めた。また、空気量の測定はASTM.C.457:71“顕微鏡による硬化コンクリートの気泡システムと空気量・比表面積および間隔係数の測定法”ポイントカウント法に従って供試体上部から1cm(上部)・5cm(中部)・15cm(下部)の位置の断面を測定した。

表-2 圧縮強度

3 実験結果 及び 考察

養生温度と空気量を変化させたAEコンクリートの圧縮強度結果を表-2に示した。

空気量が1%のプレーンコンクリートの場合、20℃の標準養生強度は133.3・219.5・295.2kg/cm²となり、材令による強度の増進も一般的な強度特性を示している。しかし、養生温度が40・60・80℃と高温になるにつれセメントの水和は材令初期において急激に反応し、その時の水和生成物がセメントの未水和粒子表面をち密な層で覆うため、材令による強度増加が少ない。また、80℃において3日強度が7日強度に較べ高い値を示しているのは、高温水槽から取り出した供試体を使用したため乾燥による一時的な強度増加が実験結果に表れたものと考えられる。

養生温度			20℃	40℃	60℃	80℃
目標 空気量	放置 時間	材令 (日)				
1	0	3	133.3	203.2	161.9	149.2
		7	219.5	212.5	167.9	122.2
		28	295.2	243.5	189.2	131.0
	2	3		206.8	176.8	145.0
		7		233.3	193.8	126.0
		28		251.8	222.0	142.5
3	0	3	134.4	175.8	119.5	63.6
		7	224.2	189.2	120.9	62.7
		28	293.5	206.3	135.8	69.5
	2	3		201.7	138.6	70.2
		7		215.4	135.6	63.4
		28		229.6	152.0	72.0
5	0	3	149.5	160.5	90.5	42.2
		7	216.8	175.4	91.7	37.8
		28	273.7	200.6	105.0	38.3
	2	3		175.1	98.6	47.7
		7		181.5	99.6	43.6
		28		191.1	110.3	52.3

空気量3%のAEコンクリートの場合、20℃ではプレーンコンクリートと同様な強度特性が得られた。しかし、養生温度が高くなるとセメントの水和反応が抑制される他、コンクリート中に含まれる空気泡が熱膨張を引き起こし空隙が増加するため、プレーンコンクリートに比べ強度が低くなり、材令28日で養生温度が80℃では20℃標準養生の24%程度しか強度が得られなかった。

空気量5%の場合、20・40℃の比較的低い養生温度では3%のAEコンクリートとよく似た強度特性を示している。しかし、高温度になるとコンクリート中に多量に含まれているエントレインドエアが著しく膨張することにより、気泡による跡が供試体表面に多数認められ供試体内部もポーラスな構造となり、養生温度が80℃・材令28日では38.3kg/cm³と20℃の14%程度と非常に低い値が測定された。

供試体の高さ位置による空気量の測定結果を表一3に示している。20℃の標準養生の場合、各空気量とも上部1cmの位置では打ち込み時の振動などにより上昇した大きな気泡が認められ、練り上がり空気量に比べ2割程度の増加が認められた。しかし、中部5cm・下部15cmの位置では0.07～0.5%程度と増加はわずかであった。養生温度が40℃では1・3%の供試体で空気量がやや増加しているのが認められたが、20℃とよく似た傾向を示している。しかし、60℃と養生温度が高くなると、上部では練り上がり空気量の2倍程度となり、空気泡が養生温度によってかなり膨張を受けたものと考えられる。次に、80℃では上部断面に熱膨張による多数の空気泡とブリージング水によると思われる空隙が見られ、空気量も2.2～3.7倍と大幅な増加が見られ、さらに中部・下部でも空気量の増加が認められた。

80℃で養生した供試体の高さ位置による比重と吸水率結果を表一4に示した。最上部（0～1cm）は上昇した大きな気泡やブリージング水の影響を大きく受けて、比重や吸水率の測定結果が大きく変化している。特に、空気量5%・80℃の場合に上部や中部・下部に比べ吸水率の増加や比重の低下が著しいのが認められ空気量試験結果と同様な傾向を示している。このようにAEコンクリートの場合、高温で養生された供試体上部は空気泡や空隙の占める割合が高く、モルタルや骨材によるち密な組織と成らず粗雑な構造となるためプレーンコンクリートに比べ大幅な強度低下となったものと考えられる。

4 結 論

高温養生を行なったAEコンクリートの強度特性や空気量は次の様である。

1) 養生温度が高くなるにつれセメントの水和反応の促進効果が薄れ初期材令強度も低くなる。また、長期強度も材令による水和反応が抑制されるため強度低下も著しい。

2) 0時間・2時間と放置時間の影響を調べたが温度上昇速度が非常に速いため強度増加は少なくなった。

3) コンクリート中の空気量が増加するにつれ、高温養生供試体中のエアが膨張し、特に供試体上部ではブリージング水の空隙も加わり粗い組織となり大幅な強度低下の原因と考えられる。

4) 供試体の中部（5cm）・下部（15cm）の断面位置では、高温になっても上部ほど空気量増加が認められなかった。

表一3 断面位置と空気量の関係

種類	上部	中部	下部	種類	上部	中部	下部
℃	§	§	§	℃	§	§	§
20 -1	1.23	1.19	1.19				
20 -3	3.64	3.30	3.07				
20 -5	6.66	6.35	6.16				
40 -1 -0	1.69	1.22	1.27	40 -1 -2	1.81	1.64	1.60
40 -3 -0	4.22	3.81	3.53	40 -3 -2	3.77	3.38	3.27
40 -5 -0	6.89	6.77	6.24	40 -5 -2	6.89	6.34	6.37
60 -1 -0	2.08	1.08	1.33	60 -1 -2	1.84	1.24	1.06
60 -3 -0	4.86	3.94	2.98	60 -3 -2	5.47	3.30	3.31
60 -5 -0	8.28	6.93	6.21	60 -5 -2	10.05	7.05	7.05
80 -1 -0	2.50	1.90	1.86	80 -1 -2	3.27	1.71	1.57
80 -3 -0	10.35	5.07	4.85	80 -3 -2	10.24	4.01	4.02
80 -5 -0	18.10	9.69	8.33	80 -5 -2	19.01	7.90	7.55

表一4 断面位置と比重・吸水率の関係

種類	位置	表乾比重	絶乾比重	吸水率	種類	位置	表乾比重	絶乾比重	吸水率
80℃	最上部	2.235	1.998	11.88	80℃	最上部	2.256	1.993	11.89
1§	上部	2.301	2.135	7.78	1§	上部	2.347	2.190	7.19
	中部	2.361	2.225	6.13		中部	2.378	2.243	6.02
	下部	2.383	2.260	5.45		下部	2.402	2.275	5.54
80℃	最上部	2.082	1.826	14.06	80℃	最上部	2.108	1.850	13.94
3§	上部	2.175	1.991	9.25	3§	上部	2.216	2.034	8.95
	中部	2.307	2.177	5.99		中部	2.332	2.201	5.94
	下部	2.373	2.258	5.09		下部	2.366	2.247	5.31
80℃	最上部	1.964	1.693	15.97	80℃	最上部	2.007	1.759	14.08
5§	上部	2.103	1.927	9.14	5§	上部	2.126	1.941	9.53
	中部	2.196	2.059	6.64		中部	2.244	2.109	6.42
	下部	2.299	2.182	5.35		下部	2.292	2.164	5.91