

大阪産業大学 正員 山路 文夫
正員 太田 充紀
正員 高見 新一

1. まえがき 誘電加熱温度が高くなるときセメントモルタルは熱膨張を生じ体積変化による密度、強さの減少がみられる。これらを補うために蒸気養生用混和材（以下混和材という）の使用が適切である。¹⁾

本報告は高周波誘電加熱養生保持温度66℃の場合、混和材の利用について適正条件と初期強さから材令28日強さを推定するための諸条件について検討する。

2. 実験概要 (1) 実験計画 誘電加熱（市販の電子レンジ 表-1）は高周波出力600W、温度制御66℃ができる。混和材（表-2）は、『セメント中のC₃A, C₄A Fなどアルミネート相と反応してエトリンガイトを生成し、蒸気養生中にその反応を完結するもので、エトリンガイト生成時にセメント中のカルシウムシリケート相の水和が促進され、セメントの水和量が増大し、空隙が減少するため強度の増進がえられる。』実験は、表-3に示すようなセメントモルタルの配合、前養生時間（モルタルのブリージングおよび凝結時間との相関から求めた時間）、誘電加熱温度（供試体中心温度）の保持時間の要因から適切な初期強さと試験材令28日の強さを考察してそれらの相関性を調べる。

モルタルの強さ試験は、図-1の作業順序によって行なう。誘電加熱養生以後のモルタル強さは、脱型以後におけるセメントの水和反応の伸びを考察するために試験材令まで標準水中養生（20±2℃）を行なうこととした。

表-1. 電子レンジの仕様

電 源	電 源	単相 100 V
	周 波 数	60 H z 専用
	消費 電力	1160 W
高周波	出 力	600 W
	周 波 数	2450 M H z
	加熱室有効寸法 (幅×奥行×高さ)	365×405 ×230 mm

表-2. 混和材の化学性状 (%)

Ig. loss	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	SO ₃
5以下	6~17	5以下	2以下	31~41	43~53

表-3. 実験計画

要 因	水 準	備 考
水セメント比 (%)	65, 54, 43	供試体寸法 4x4x16cm
—前養生時間 (分)	-120, -100, -90,	
養生温度保持時間 [66℃一定] (時間)	2.0, 2.5, 3.0, 4.0,	C: S=1:2 C=普通モルト S=豊浦: 相馬 =1:2
混和材 (%)	0, 7, 10,	
強さ試験材令 (日)	脱型時, 1, 2, 8,	混和材は内割

(2) 実験結果と考察

イ) 混和材の量と硬化モルタルの密度 混和材の適切な使用量はセメント量に対し8~13%が蒸気養生

に適し、4時間以上の蒸気養生中に水和反応を完結させる量ともいわれている。本研究は誘電加熱温度66℃の保持時間を変化させて混和材の量10%のとき表-4に示す結果を得た。

混和材の使用量を多くすると密度が大きくなり、誘電加熱温度の保持時間が長くなるほど、水セメント比が大きくなるほど脱水性状に増大傾向がみられる。そのため、硬化モルタルの脱型時の密度が小さくえられる。脱型時の密度が適正なものは、材令28日のモルタル強さが大きくえられる。

ロ) 誘電加熱温度保持時間と初期強さ

脱型時のモルタルの初期強さは誘電加熱保持時間が約4時間までは保持時間に伴い増加し、配合の水セメント比が小さいものほど増加率が

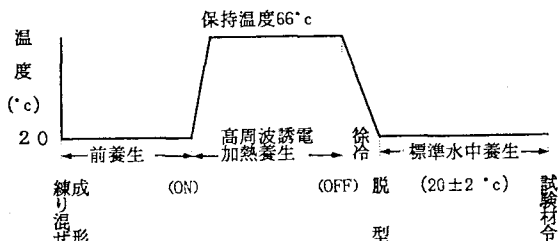


図-1. 高周波誘電加熱養生と強さ試験の作業順序

文献 1) 山路 他: 土木学会年次学術講演会概要集V部門 昭和59

表-4 試験結果表

Flow Test : Flow Cone; JIS R5201

Flow Table ; ASTM C124 , M : 積算温度(°C·h) , CV : 変動係数

フ ロ ー 値	水 セ メ ン ト 比 (%)	船 の 重 量 時 度 (g / cm ³)	標準水中養生 [20±2 °c]				高 周 波 誘 電 加 熱 養 生 [保持温度66°c]													
			1 日		2 8 日		前 20 ± 2 養生 時間 (min.)	混 和 材 (%)	保 持 時 間 (h)	船 の 重 量 時 度 (g / cm ³)	脱 型 時			1 日			2 8 日			
			σ_c (kgf/ cm ²)	C V (%)	σ_c (kgf/ cm ²)	C V (%)					M (°c·h)	σ_c (kgf/ cm ²)	C V (%)	M (°c·h)	σ_c (kgf/ cm ²)	C V (%)	M ($\times 10^3$ °c·h)	σ_c (kgf/ cm ²)	C V (%)	
348	65	2.13	4.9	3.7	42.1	3.0	120	10	2.0	2.14	224	5.3	8.4	812	9.6	6.0	20.3	21.9	4.5	
									2.5	2.10	262	7.5	7.5	835	11.5	5.5	20.3	30.0	4.7	
									3.0	2.07	300	9.5	6.4	858	13.3	5.0	20.3	35.9	4.7	
									4.0	2.06	376	11.6	5.7	904	12.3	5.4	20.3	28.0	5.4	
									7	4.0	2.06	376	8.1	6.5	904	11.5	6.0	20.3	26.8	5.7
									0	4.0	2.05	376	5.8	6.3	904	10.8	5.7	20.3	25.9	5.0
292	54	2.14	8.8	4.1	48.3	3.0	100	10	2.0	2.16	214	6.4	4.3	812	12.8	4.0	20.3	27.5	3.5	
									2.5	2.14	252	10.0	4.5	835	14.0	4.5	20.3	39.5	3.2	
									3.0	2.12	290	12.5	4.2	858	18.0	3.2	20.3	45.0	3.0	
									4.0	2.11	366	14.1	8.6	904	15.5	6.7	20.3	35.0	4.1	
									7	4.0	2.11	366	11.5	7.3	904	14.5	6.1	20.3	33.1	5.2
									0	4.0	2.10	366	10.3	6.4	904	13.8	5.4	20.3	30.2	5.0
245	43	2.15	15.0	4.5	56.0	3.5	90	10	2.0	2.17	209	7.4	4.1	812	15.7	2.8	20.3	32.1	6.6	
									2.5	2.16	247	14.5	5.3	835	20.7	5.0	20.3	51.2	4.6	
									3.0	2.15	285	17.0	6.0	858	22.7	6.2	20.3	40.0	5.4	
									4.0	2.14	361	18.7	8.1	904	22.2	4.4	20.3	38.0	4.3	
									7	4.0	2.14	361	15.5	7.3	904	18.0	5.7	20.3	36.2	5.1
									0	4.0	2.13	361	14.3	6.8	904	17.3	6.2	20.3	34.6	5.5

大きい。誘電加熱温度保持時間2～4時間の範囲内ではモルタルの積算温度で図示するとき曲線で表われる。

誘電加熱温度保持時間の適正值は水セメント比と相関が大きく、セメントモルタルの特質が明確となる。

また、そのときの密度と積算温度との関係は、実測値からも適正な誘電加熱保持時間が推定できるものと考ええる。この特徴は、モルタルの配合と前養生時間、および誘電加熱温度保持時間の組み合わせに適正な相関がみられた。従って、この適正条件はモルタルの特質として用途的活用ができるものと考えられる。

ハ) 誘電加熱養生モルタルの圧縮強さ 誘電加熱養生モルタルの材令28日の圧縮強さは、誘電加熱温度保持時間が異なるとき伸び率と関連して、モルタルの脱型時の密度および強さと密接に関連して材令28日圧縮強さが決定できるものと考えられる。促進養生法による材令28日圧縮強さの増進率が小さい場合は、セメントモルタルの促進養生を行なったために、セメント粒子の表面に早期に比較的緻密な水和物ができる。そのため、以後のセメント粒子内部への水和反応を遅らせることによるといわれている。また、その後の標準水中養生(20±2°C)を行なうことは、高周波誘電加熱養生後の水和反応を助長させることができる考えた。したがって促進養生後、標準水中養生を行なったモルタルの圧縮強さの増加率が大きいもの(表-4の右側に★印で示した条件)は、この実験における適正条件であり初期材令と材令28日圧縮強さの推定に役立てることができるものと判断する。

W/C=65%のとき $\sigma_c = -287 + 149 \log M$ (前養生 120min. 保持時間 3.0h)

W/C=54%のとき $\sigma_c = -333 + 181 \log M$ (" 100min. " 3.0h)

W/C=43%のとき $\sigma_c = -345 + 197 \log M$ (" 90min. " 2.5h)

また、誘電加熱養生温度の材令28日、それぞれの配合の適正条件について圧縮強さとセメント水比の関係式は

$$\sigma_c = 82 + 188C/W \quad (\text{高周波誘電加熱養生 } 66^\circ\text{C})$$

$$\sigma_c = 155 + 175C/W \quad (\text{標準水中養生 } 20 \pm 2^\circ\text{C}) \text{ で示される。}$$

3. あとがき 実験結果を要約すると、セメントモルタルの初期強さは積算温度で示すとき曲線関係で示される。その曲線の変曲点が誘電加熱温度保持の適正な養生条件であり、材令28日圧縮強さの伸び率が大きい。混和材の利用が同一促進養生条件下では、混和材を用いない場合に比べて材令28日強さ比率は1.08～1.16、標準水中養生に比べ0.85～0.93をえた。すなわち、水セメント比・前養生時間・誘電加熱保持時間などと相関性があるため実用化には考慮すべき要件である。