

種々の養生温度における種子結晶添加

セメントモルタルの圧縮強度と曲げ強度について

田代 忠一*・池田 攻*

The Strength of Cement Mortar Added with Seed Crystal at Various Temperatures of Curing

Chuichi TASHIRO and Ko IKEDA

Abstract

The present report gives data on compressive strength and bending strength of mortars added with seed crystal, at temperature of 3°C, 20°C and 40°C of curing. The seed crystal prepared from hydration of ordinary portland cement is respectively added to cements at the rate of 0.5%, 1% and 2%. The results obtained are summarized as follows.

- 1) Under addition of 0.5% to cement, strength of mortar increases as compared with plain mortar. At temperature of 20°C of curing, compressive strength increases up to 126% to plain mortar.
- 2) It seem that addition of seed crystal is applied to steam curing and produces strengthened mortar or concrete.

1. 緒 言

種子結晶添加セメントの硬化促進作用については、H. Funk¹⁾, H. Schnack²⁾, 渡辺³⁾, 筆者⁴⁾などの報告があり、種子結晶の種類、形態、粒度、添加量などを適当に選択することによって、かなりの硬化促進効果があるとされているが、その実用化には今後検討されなければならない幾つかの問題点があるように思われる。

本研究はこの実用化を進める手始めとして、普通ポルトランドセメントの水和物を種子結晶として、普通ポルトランドセメントに0.5%、1%、2%添加してモルタルとなし、3°C、20°Cおよび40°Cの各温度にて養生した場合の圧縮強度と曲げ強度について測定検討したものである。その結果、種子結晶添加の促進効果と養生温度との間に興味ある関係が得られたほか、本促進効果が蒸気高温養生でも期待され得るに至ったので、その概要を報告する。

2. 実験方法

種子結晶は普通ポルトランドセメントをサスペンシ

ョン状態にして、20°Cにて28日間水和させたもので、X線回折と検鏡によればおもにCSH(1)からなるCa-Si系水和物、Ca(OH)₂、Ettringite、Calcite、Ca-Al系水和物、Ca-Al系炭酸塩類、および未水和のBelitなどからなっている。X線回折図はFig. 1のようである。

実験に使用したセメントは市販普通ポルトランドセメントでその化学組成はTable 1に示した。モルタル配合、種子結晶添加条件および試験材令などはTable 2のようである。砂は豊浦標準砂を使用した。

養生条件はJISに準じて行なったが、3°C養生のものは3日間湿空養生後水中に投じた。養生温度の精度は±2°Cである。

試験体は1×1×4cmで、曲げ試験は3個、圧縮試験はその折片6個について試験を行ないその平均値を求めた。測定値の変動係数は10%以内であった。

種子結晶添加モルタルのフロー値はJISに準じた小型試験器を製作して測定した結果、0.5%から2%までの添加範囲ではほとんど差異が認められなかったが、試験器の性能上正確さを欠くおそれがあるので、本報告では省略する。

* 資源工学教室

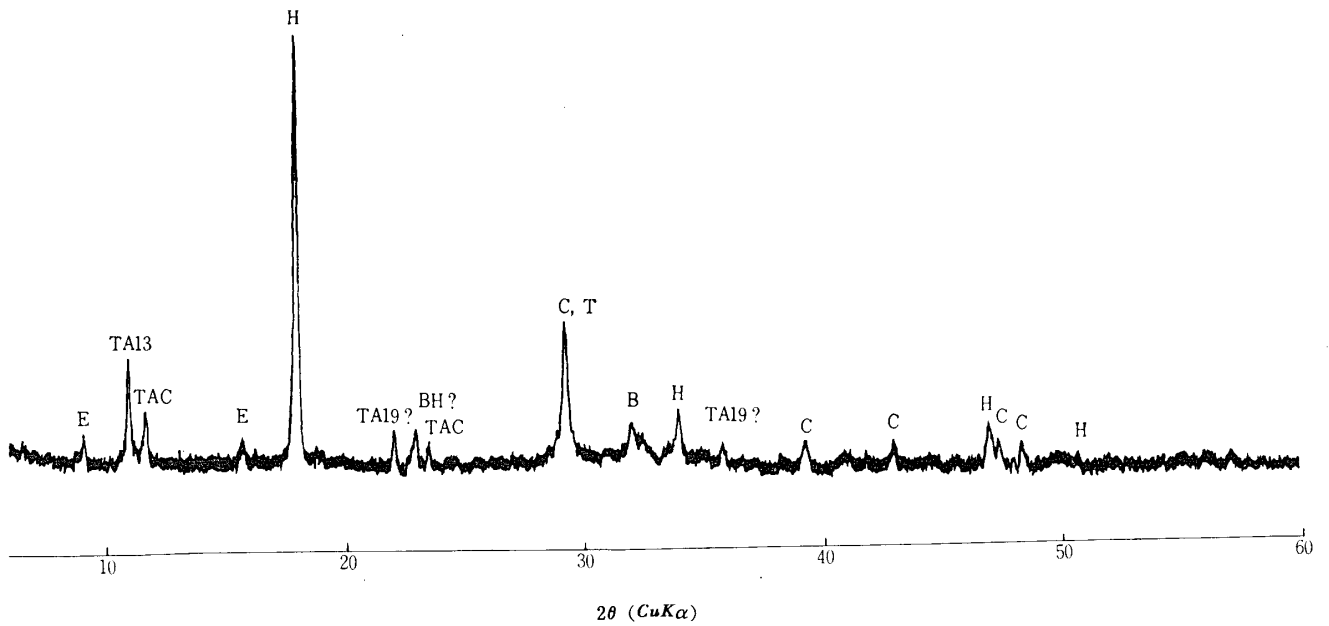


Fig. 1 X-ray diffraction pattern of seed crystal.

H ; Ca(OH)₂ C ; Calcite T ; CSH(I)
 E ; Ettringite TA13 ; C₄AH₁₃ TA19 ; C₄AH₁₉
 TAC ; C₃A · CaCO₃ · 12H₂O BH ; α-C₂S Hydrate
 B ; β Belit

Table 1 Chemical composition of cement

Ig. loss	Insol.	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	SO ₃	Total	H.M.	S.M.	I.M.
0.7	1.0	21.4	5.5	3.1	64.4	1.2	0.2	0.8	1.5	99.8	2.1	2.5	1.8

Table 2 Mix proportion of cement mortars added with seed crystal

Seed-cement ratio (%) (seed/seed+cement) × 100	Cement+seed Sand	Water-cement ratio (%)	Temperature of curing (°C)	Age of testing (days)
0.5 1.0 2.0	1 : 2	65	3	7, 14, 28
0.5 1.0 2.0	1 : 2	65	20	3, 7, 14, 28
0.5 1.0 2.0	1 : 2	65	40	1, 3, 7, 14, 28

3. 実験結果および考察

セメントモルタルの圧縮試験および曲げ試験結果は Fig. 2, 4, 6 および Fig. 3, 5, 7 に示した。また、標準無添加モルタルとの圧縮強度比、曲げ強度比は Table 3, 4, 5 のようである。

上記図表から明らかなように、種子結晶添加モルタルは 3°C 養生では 0.5% 添加、20°C では 0.5%, 1%, および 2% 添加が各材令において圧縮、曲げ強度の増進がみられ、とくに、20°C 養生、0.5% 添加の場合には圧縮強度 126%、曲げ強度 113% の増大がみられる。一方、40°C 養生では 3°C、20°C 養生の場合と

多少様子を異にするが、0.5% と 1% 添加が材令 1 日、3 日および 28 日で促進効果がみられる。これらを全体的にみると、添加量については 2% よりも 0.5% と 1%、また養生温度に関しては 3°C よりも 20°C、40°C が効果がある。つぎに、種子結晶添加による圧縮曲げ強度比への影響をみると、一般に標準モルタルのそれに比べてやや小となる傾向を有するが、20°C および 40°C 養生の 28 日材令ではむしろ大となっている。以上のように、硬化促進と種子結晶添加量の関係は養生温度によってかなり変化するが、これは種子結晶添加によって生成する水和物の種類、量、大きさ、組織さ

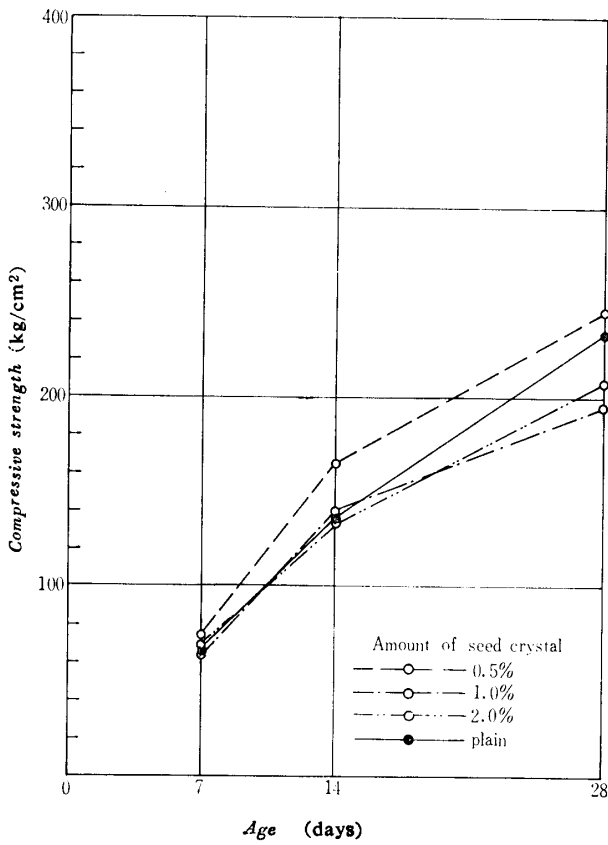


Fig. 2 Compressive strength of mortar cured at 3°C

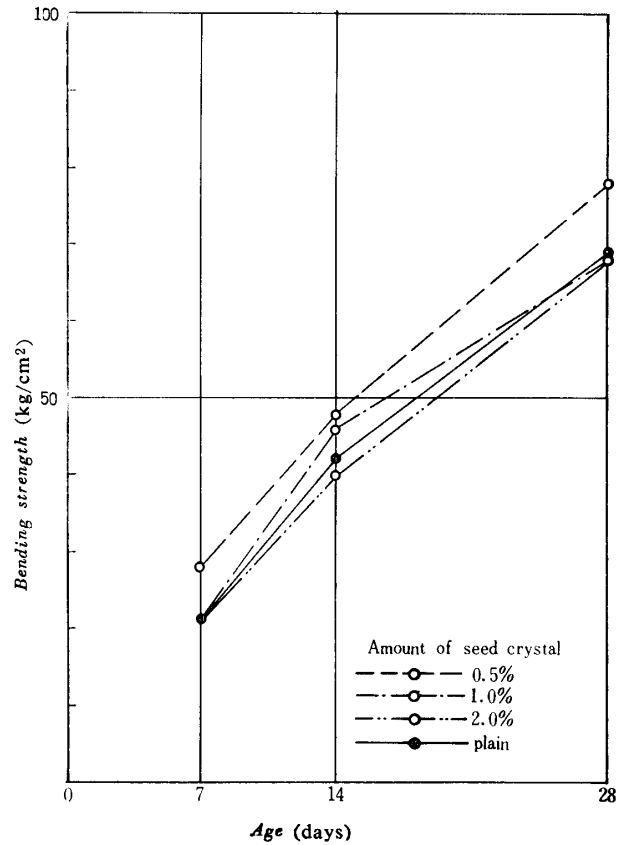


Fig. 3 Bending strength of mortar cured at 3°C

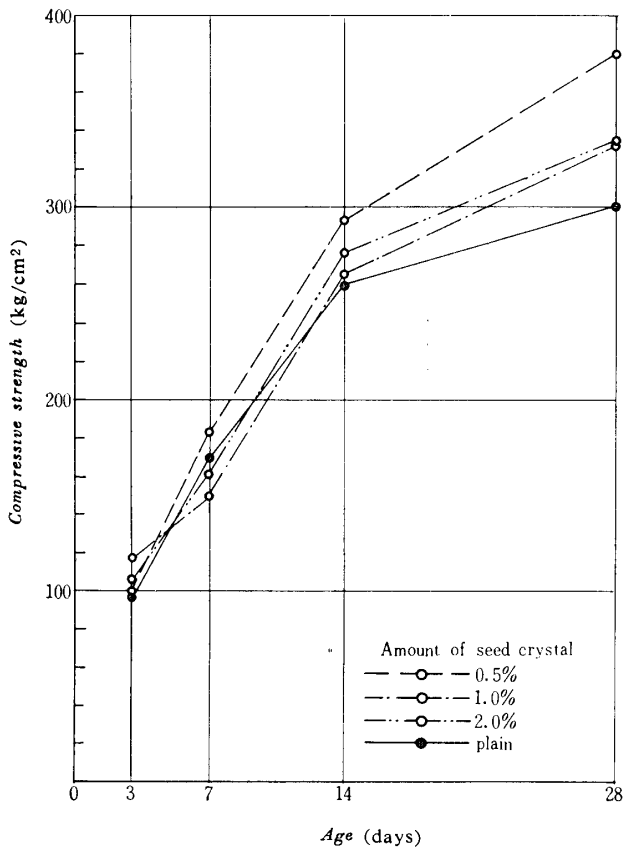


Fig. 4 Compressive strength of mortar cured at 20°C

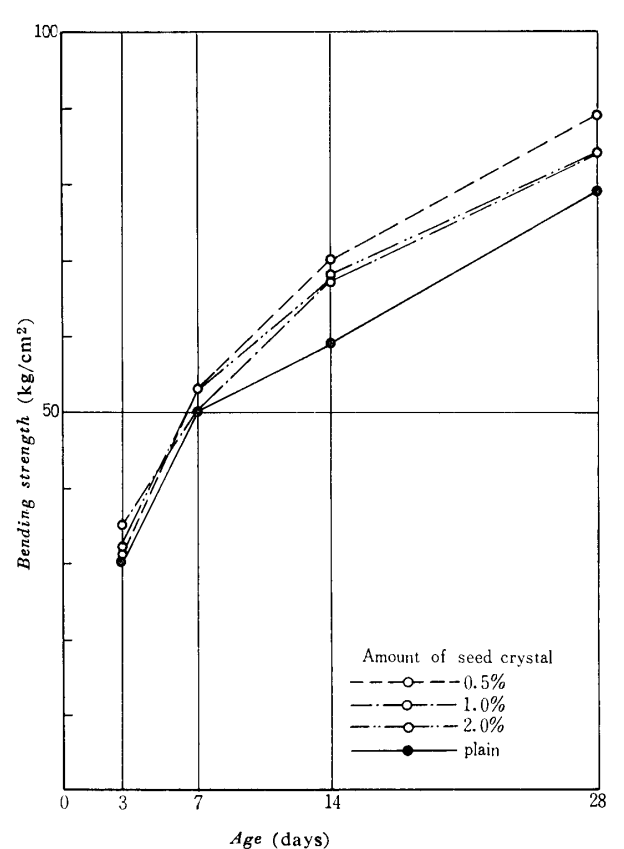


Fig. 5 Bending strength of mortar cured at 20°C

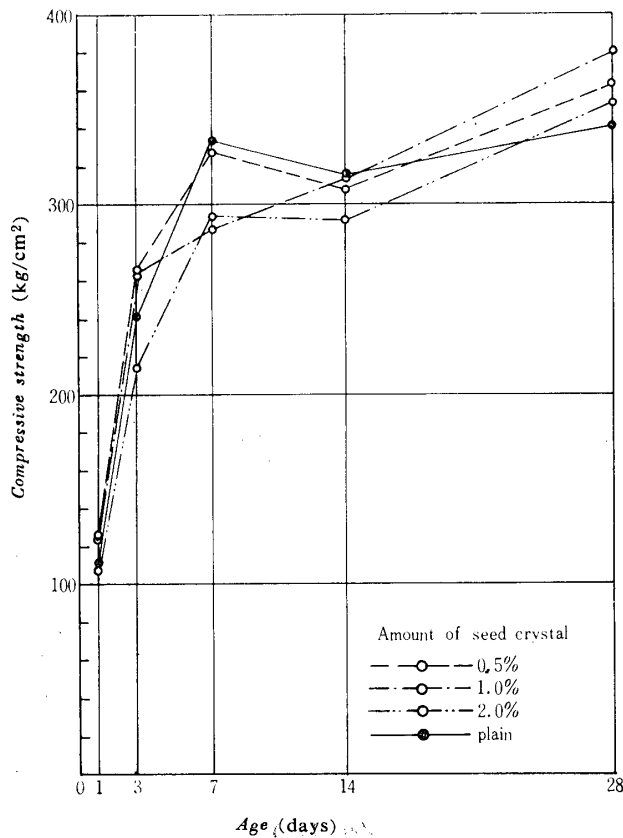


Fig. 6 Compressive strength of mortar cured at 40°C

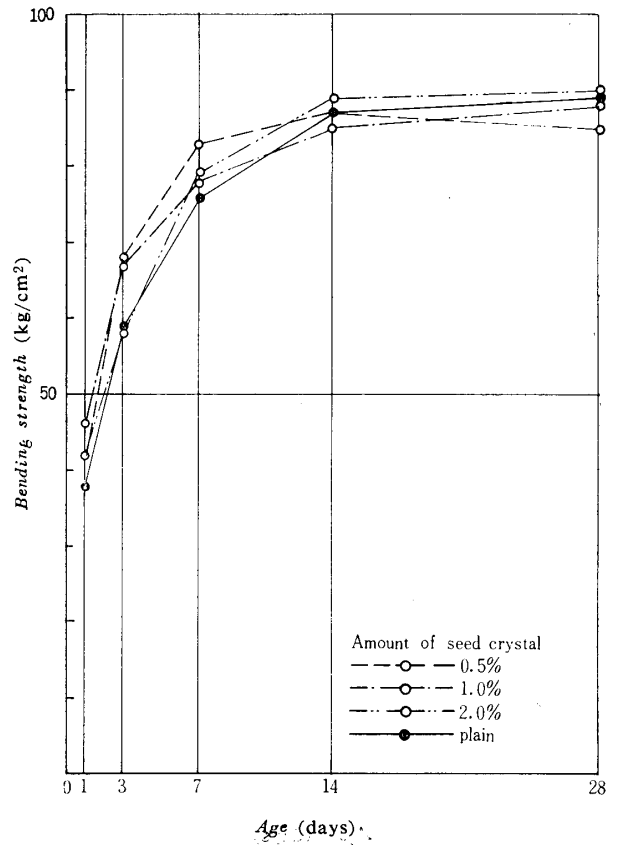


Fig. 7 Bending strength of mortar cured at 40°C

Table 3 Ratio of strength of mortar cured at 3°C

Age (days)	Ratio of compressive strength(%)				Ratio of bending strength (%)			
	3	7	14	28	3	7	14	28
Amount of seed crystal(%)								
0	—	100	100	100	—	100	100	100
0.5	—	110	120	105	—	133	114	113
1.0	—	93	102	84	—	100	110	99
2.0	—	103	99	89	—	100	95	99

Table 4 Ratio of strength of mortar cured at 20°C

Age (days)	Ratio of compressive strength (%)				Ratio of bending strength (%)			
	3	7	14	28	3	7	14	28
Amount of seed crystal (%)								
0	100	100	100	100	100	100	100	100
0.5	103	108	113	126	103	106	119	113
1.0	121	88	102	110	117	100	114	106
2.0	108	95	106	111	107	106	115	106

Table 5 Ratio of strength of mortar cured at 40°C

Age (days) Amount of seed crystal (%)	Ratio of compressive strength (%)					Ratio of bending strength (%)				
	1	3	7	14	28	1	3	7	14	28
0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.5	111	110	98	97	106	106	115	109	100	96
1.0	113	110	56	100	111	111	114	103	98	99
2.0	96	89	88	92	104	104	98	104	102	101

らにはクリンカー鉱物の水和などがそれぞれの温度依存性をもって複雑に影響してくるためと考えられる。

つぎに、各図表にみられるように、種子結晶添加による硬化促進が初期材令のみならず、28日材令についても観察されることは、種子結晶が水和初期における発熱水和速度の増大⁵⁾⁶⁾に寄与するのみならず、長期材令においてより好ましい水和物の構造形成に役立っていることを示している。このような現象は1日および3日材令で著しく硬化を来たす40°C養生の場合でも認められ、これは一般にポルトランドセメントに対していわれる初期水和の急速な促進による長期強度の低減性を破るものである。したがって、この種子結晶による硬化促進法をさらに拡大して蒸気高温養生に適用すれば、蒸気高温養生の本来の目的である初期強度の発現を一層促進させるのみならず、長期強度の低下⁷⁾⁸⁾をも改善する可能性があり、その意義は大きいものと考えられる。なお、蒸気高温養生における種子結晶添加の影響については今後引き続いて研究の予定である。

4. 結 言

普通ポルトランドセメント水和物を種子結晶として

普通ポルトランドセメントに0.5%、1%、2%添加して、モルタルとなし、3°C、20°Cおよび40°Cの温度で養生し、その圧縮強度、曲げ強度を測定した結果、各養生条件で硬化促進効果がみられ、とくに20°C養生0.5%の添加では圧縮強度126%、曲げ強度113%の増大がみられた。また、初期硬化の著しい40°C養生でも、1日、3日および28日材令で促進効果があり、これは種子結晶添加が蒸気高温養生の場合でも促進効果を与え得る可能性を示している。

終わりに本実験に当って種々御便宜を賜った当学 荻野正二教授、石原俊助教授に深謝する。

参 考 文 献

- 1) H. Funk: 4th Inter. Sympo. on the Chemistry of cement, Washington, 291 (1960)
- 2) H. Schnack: Silikattechn., 10, 7, 326 (1959)
- 3) 渡辺, 梶井, 小林: セメント, コンクリート, 206, 7 (1964)
- 4) 田代忠一, 池田攻: セメント技術年報, 24, 135 (1969)
- 5) H. N. Stein: J. Appl. Chem., 13, 228 (1963)
- 6) P. Seligmann, N. K. Greenberg: 5th Inter. Sympo. on the Chemistry of Cement, Tokyo (1968)
- 7) 河野, 江村, 木下: 小野田研究報告 17, 65, 206 (1965)
- 8) 平野生三郎, 山崎寛司: セメント技術年報, 8, 282 (1954)

(昭和44年12月15日受理)