

イオン化 Ca 混入による強化モルタル及びコンクリートに関する研究

森村 毅* , 野村正人**

Study on Influence Given to Mortar and Concrete Strength Outbreak Putting in Ionizing Ca

Tsuyoshi MORIMURA *, Masato NOMURA **

Abstract

This paper examined influence given to strength of mortar and concrete by the quantity of the ionizing calcium. As a result, as for examination body of mortar, the quantity of the ionizing calcium understood that strength rose without relation. Examination body of concrete of W/C=60% understood that a work, strength rose effectively by the quantity and the progress days of the calcium which ionized.

Keyword: strength of mortar and concrete, the quantity of the ionizing calcium, W/C, the progress days, Ca/C

1. はじめに

最近、我国をはじめ諸外国では、産業破棄物による環境汚染が進み、地球規模の自然破壊となって現われているが、それを解決するための研究が各研究者によって研究開発されつつある。その中の一つに火力発電所から多量に排出する石炭灰や高炉スラグ微粉末があり、それを解決する手段として石炭灰を多量に混入したコンクリートの開発が行われている。また、我国に豊富に存在する消石灰は、 CO_2 と反応して CaCO_3 となり硬化する特性を持っており、この特性を利用したものに漆喰があり壁材と

してよく用いられている。この消石灰に多種多様の産業破棄物を混入させて高加圧で成形し、それを強制的に炭酸化するすると強度発生を促し、非焼成のセラミック成形体としてブロックやタイルに適用できるリサイクル可能な自然に優しい研究開発がある。以上のように多方面からでる多種多様な産業破棄物を適切な方法で多量に処理できることは、今後問題解決する手段として益々重要となってくる。上述した問題と同種のものに貝殻処理の問題がある。後進国で一般的に行われている処理方法としては、食用後の貝殻を破棄物として川や海に棄てている

* 近畿大学工学部建築学科
** 近畿大学工学部生物化学科

Department of Architecture, School of Engineering, Kinki University
Department of Biotechnology and Chemistry, School of Engineering,
Kinki University

現状である。その行為が多くの場合、自然破壊の頑強となっている。

そこで筆者らは、その解決策として貝殻を1200℃で焼成してできる2価のイオン化カルシウムに目を付け、現在は化粧品や栄養剤などに使用されているが少量のため多量消費の候補として建築用材であるコンクリートやモルタルに混入して強度発生を促す研究に取り組んだので、それを報告するものである。

2. 実験概要

モルタル及びコンクリートに混入するイオン化カルシウムCaがモルタル及びコンクリートの強度発生に与える力学特性を見るために①②③の内容について強度試験を行った。なお、モルタルはセメント強度試験に準じた方法で作製し、コンクリートはJASSの規定に従って作製した。このうち①②はモルタル試験、③はコンクリート試験の内容である。

①材料の配合比一定すなわち水セメント比60%一定でセメントと砂の割合は1:2であり、混練の違いによる強度比較。

②①から得た最適な混練を用いて、各水セメント比によるセメントカルシウム比(Ca/C)0%~20%の3日、7日、28日の強度比較。

③水セメント比60%でセメントカルシウム比(Ca/C)0%~20%の3日、7日、28日の強度比較。

モルタルの試験体成形には3連型枠を、コンクリート試験体成形は円柱標準型枠を用いる。以下では上述した①②③の試験体作製について詳述する。

(1) 混練方法による試験体作製

上記①の試験体作製による混練方法は、下記に示す混練(1)から混練(3)の方法を用いた。それを図1に示した。

1) 混練(1)

容器Aに水とカルシウムCaを3分間充分練り混ぜ、別の容器Bにセメントと骨材を入れ3分間充分練り混ぜる。練り混ぜ後、容器Bの中に容器Aを静かに徐々に入れ全部入れ終わったら、それを5分間充分練り混ぜ、混練(1)のモルタルを作製する。そのモルタルの柔らかさをみるためにフロー試験を行い、そのモルタルを3練型枠内に2層に分けて流し込み、所定の突き棒で所定数だけ突き、残りのモルタルをその上に載せた。数時間後平行棒で上部のモルタルを除き成形した。

2) 混練(2)

まず、水・セメント・カルシウムCaを各々計量し、容

器Aに入れ3分間充分練り混ぜる。次に、容器Bに骨材を量り、その骨材Bに入った骨剤を容器Aに入れて5分間練り混ぜ混練(2)のモルタルを作製する。そのモルタルの柔らかさをみるために混練(1)同様フロー試験を行い、そのモルタルを3練型枠内に2層に分けて流し込み、所定の突き棒で所定数だけ突き、残りのモルタルをその上に載せた。数時間後平行棒で上部のモルタルを除き成形した。

3) 混練(3)

水・セメント・カルシウムCa及び骨材を各々計量し、計量した全ての材料を容器Aに入れてよく練り混ぜ、混練(3)のモルタルを作製する。そのモルタルの柔らかさをみるために混練(1)同様フロー試験を行い、そのモルタルを3練型枠内に2層に分けて流し込み、所定の突き棒で所定数だけ突き、残りのモルタルをその上に載せた。数時間後平行棒で上部のモルタルを除き成形した。

(2) 各水セメント比のカルシウムセメント比によるモルタル試験体作製

上記②の試験体作製による水セメント比(W/C)は40%~65%の5%刻みで6種類で、各水セメント比(W/C)ごとにカルシウムセメント比(Ca/C)0%~20%の中で13種類を取り上げて試験体を作製した。総計で234体である。それを表1及び表2に示す。

表1 混練の種類と方法

混練種類	W/C	容器A	容器B	混練方法
混練(1)	60%	Ca+W	S+C	A+B
混練(2)	60%	Ca+C+W	S	A+B
混練(3)	60%	Ca+C+S+W		A

表2 各モルタル試験体のW/C比とCa/C比

W/C	Ca/C(%)
40%	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,15,20
45%	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,15,20
50%	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,15,20
55%	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,15,20
60%	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,15,20
65%	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,15,20

(3) 水セメント比60%でCa/C比によるコンクリート試験体作製

上記③のコンクリート試験体作製は水セメント比(W/C)は60%で、カルシウムセメント比(Ca/C)は0%~20%の中で0%と20%を除いた奇数%1、3、5、7、9、15の6種類の計8種類を取り上げて試験体を作

製した。各カルシウムセメント比 (Ca/C) 時の試験体は混練 (1) と混練 (3) の2種類の圧縮試験体を作製し、総計で72体作製した。それ表3に示す。

表3 コンクリート試験体のW/C比とCa/C比

W/C	試験体種類	Ca/C (%)
60%	Ca	0,1,3,5,7,9,15,20
	Ca+H	0,1,3,5,7,9,15,20

但し、Caはセメント、水、骨材と一緒に練り混ぜる試験体。
Ca+Hは水とCaを充分混ぜ、その後セメント・骨材と混ぜる。

(4) 実験方法

1) 試験体及び寸法

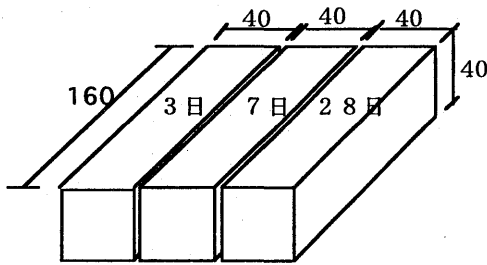


図1 試験体及び形状

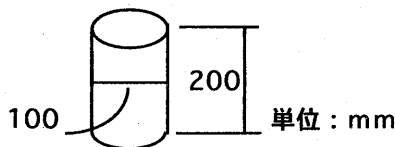


図2 円柱テストピースの形状

各種モルタルの試験体形状は図1のような40mm×40mm×160mmの寸法を持つ角柱で、各水セメント比1種類ごとに3日、7日、28日の3体ずつ、カルシウムセメント比 (Ca/C) の13種類、計39体作製した。同様に、コンクリートの試験体形状は図3のような直径φ100mm×高さ200mmの円柱テストピースを用い、各カルシウムセメント比ごとに混練 (1) と混練 (3) の2種類を3日、7日、28日、90日、1年の5種類に分けて2体ずつ作製、計20体ずつ作製した。

2) 荷重方法

①②のモルタル試験の荷重方法は図3に示すように、曲げ試験では図3 (a) のような2点支持中央集中荷重方式

で、また圧縮試験は図3 (b) のような1軸圧縮試験で行った。各経過日数ごとのモルタル試験体本数は曲げ試験1体、圧縮試験2体であった。それに対して、コンクリートの荷重方法は各経過日数ごとに図4のような1軸圧縮試験で行った。

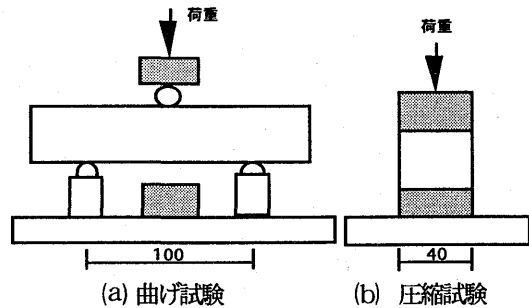


図3 荷重状態

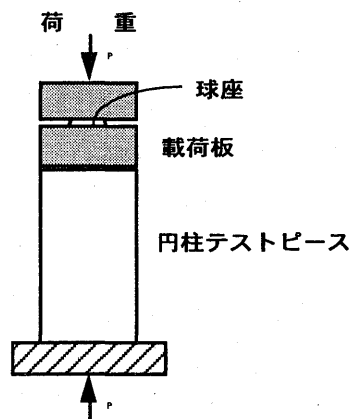


図4 コンクリート圧縮試験

3. 実験結果

以上のように荷重実験を行った結果、混練方法による混練 (1) ~混練 (3) の曲げ強度及び圧縮強度の実験結果は図5に示し、さらに混練方法によるフロー値についても表4に表した。

表4 モルタル試験体の混練方法によるフロー値

混練方法	1回目	2回目	フロー値(mm)
混練(1)	25.00	26.00	26.50
混練(2)	26.75	26.75	26.75
混練(3)	30.00	27.25	28.63

次に、混練 (1) を用いて各水セメント比でカルシウムセメント (Ca/C) による強度比較は図6、図7に示し

た。コンクリートの圧縮試験による実験結果は図8、図9に示した。またモルタルの曲げ強度については図10に示した。

圧縮・曲げ強度(N/mm²)

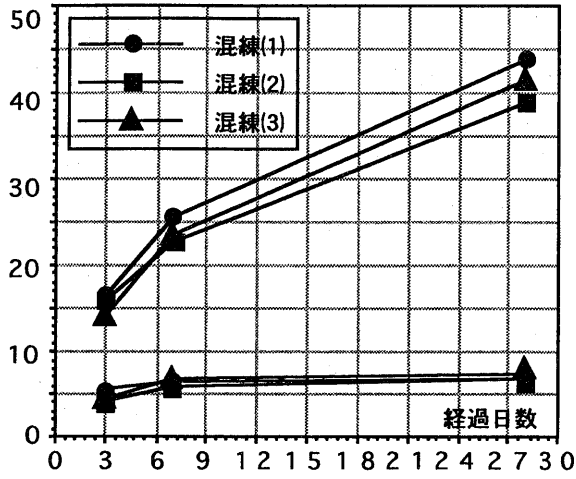


図5 混練方法による圧縮強度比較

4. 考察

4.1 混練(1)~(3)による強度比較

図5及び表3からわかるように、3日~28日も混練(1)による方法が混練(2)及び混練(3)より圧縮強度やフロー試験結果等に良好な結果が得られた。その要因として、水とカルシウムを十分混練することによってCaイオンが十分水中にとけこみ、それがセメント成分と結合してモルタル強度の上昇をもたらし、さらに、フロー試験値に粘りが出てきたと考えられる。曲げ強度比較では、混練(1)~混練(3)において、図5に示すように、その差はほとんどみられなかった。

以上のことから、混練方法によって圧縮強度に影響があり、混練(1)の方法が最適であることがわかった。

4.2 各水セメント比のカルシウムセメント比による強度比較

1) 圧縮強度比較

図6、図7は水セメント比(W/C)によるカルシウムセメント比(Ca/C)0%~20%の圧縮強度を比較したものである。この図6、図7から減水剤を用いないため試験体作製時に欠陥が生じたC/W比40%を除けば、全ての水セメント比(45%~65%)においてカルシウムセメント比混入の効果はみられた。その中で特に唯一減水剤を用いた水セメント比45%ではカルシウムセメント比(Ca/C)が1~5%の少量で10%~20%の強度上

昇を示した。それ以外では、水セメント比55%~60%ではほぼ全域に渡って10%程度の強度上昇がみられ、また、水セメント比50%と65%ではカルシウムセメント比(Ca/C)5%以上、8%以上の中程度の混入によって10%程度の強度上昇がみられた。

以上のことから、水セメント比に関係なくモルタル試験体は、カルシウムセメント比(Ca/C)の混入量によって10%~20%の強度上昇することがわかった。

圧縮強度比率

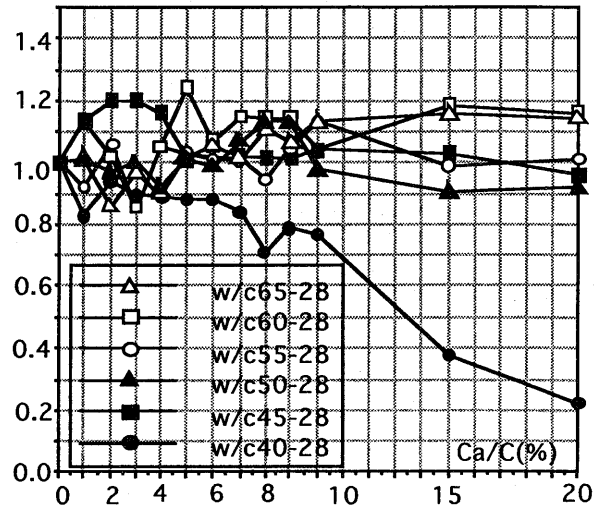


図6 各W/CによるCa/Cの圧縮強度比較

圧縮強度(N/mm²)

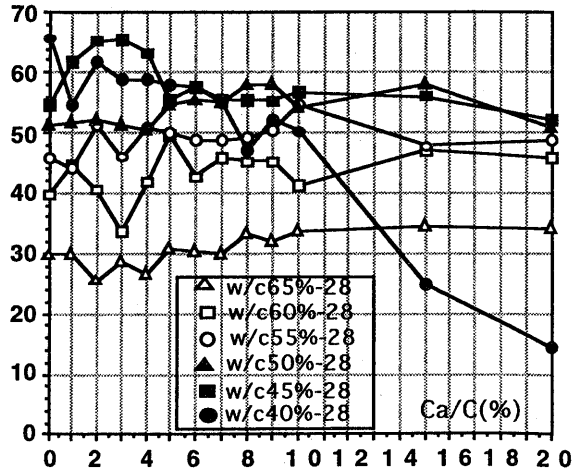


図7 各W/C比によるCa/Cの圧縮強度比較

2) 水セメント比による圧縮強度比較

図7から、カルシウムセメント比(Ca/C)に関係なく水セメント比(W/C)が65%~40%と小さくなるに従って、圧縮強度は大きくなる傾向を示した。これは水セメント比が小さくなると反応水以外の水分すなわち余剰

水がモルタル内部に閉じ込められるため、それが空隙となり、密実度に影響を与えるためであると考えられる。

3) モルタル試験体の曲げ強度比較

水セメント比40%を除けば、水セメント比が小さくなると曲げ強度は高くなる傾向がある。図10をみると水セメント比60%、65%と水セメント比45~55%の比較では2N/mm程度の差が見られた。この差は、曲げ強度からみると大きい。その原因は、圧縮強度が高いため、曲げ強度にも影響しているものと考えられる。

4. 3 水セメント比60%でカルシウムセメント比増加によるコンクリート強度の影響

図8、図9は、水セメント比60%でカルシウムセメント比をパラメータとしたときの強度比較図である。その図から以下のことがわかった。

1) コンクリートの圧縮強度

図9からコンクリートの圧縮強度は、カルシウムセメント比(Ca/C)が7%以上において10%以上の強度上昇することがわかった。特に、7%の28日では16%の強度上昇であり、90日では3%、9%で25~30%の強度上昇が見られ、経過日数がたてば強度上昇が期待でき、最適な混入量であると言える。

2) 経過日数と強度の関係

モルタル試験体と同様、コンクリート打込みから3、7、28、90日と時間がたてば、コンクリート強度は上昇する。これは時間とともにセメントと水との反応によって強度上昇するためである。

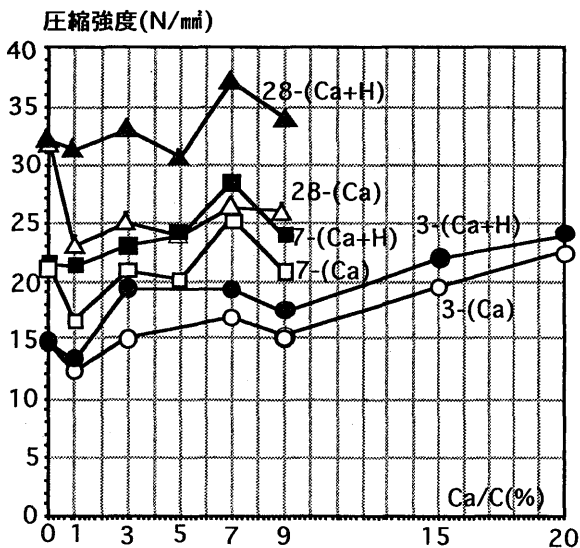


図8 W/C=60%でCa/C時のコンクリート強度比較

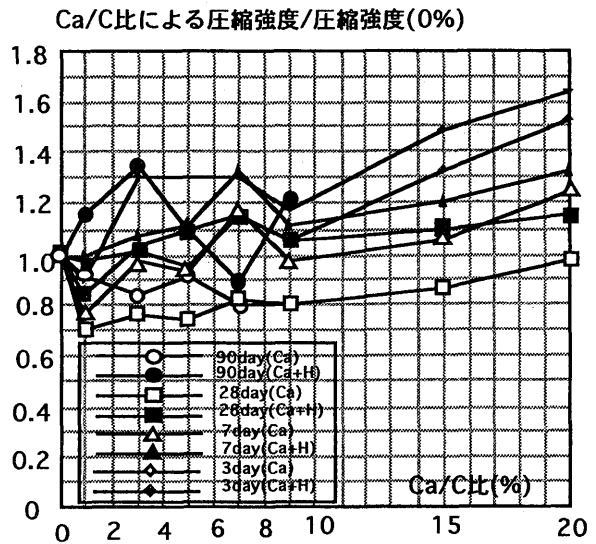


図9 W/C=60%でCa/C時と経過日数の強度比率

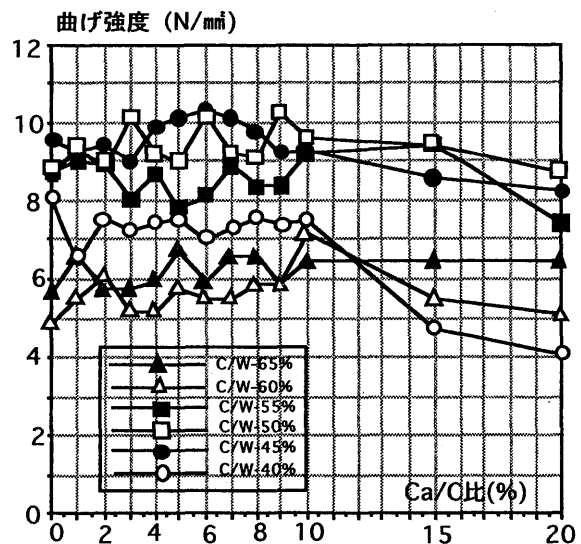


図10 モルタル各試験体の曲げ強度比較

3) 混練(1)と混練(3)の比較

混練(1)のCaと水を充分練り混ぜるとコンクリートのセメント成分と反応しやすくなるため、混練(1)は混練(3)よりも強度上昇する。特に、混練(3)は0%強度より低下する傾向がある。これはCaが充分セメントと反応していないためと考えられる。

以上のことから、コンクリートとカルシウム量の間には、予め、水とカルシウムを充分混練し、さらにカルシウムセメント比(Ca/C)が多くなれば、圧縮強度は大きくなる傾向がある。

5. 結び

以上のことを纏めると、次のようになる。

1) モルタル及びコンクリートにカルシウムCaを混入させる場合、混練(1)のように水によくカルシウムCaを溶かしておくことが強度発生に効果的であることがわかった。

2) モルタル試験体の場合、減水剤有の水セメント比45%は、1~5%で、減水剤無では水セメント比60%で大きな効果が見られた。これは水とCaの混練によって2価のイオンとして水中に溶込むため、セメント中の元素と化学反応を起し、これが強度上昇に繋がったものと考えられる。

3) コンクリートの場合、カルシウムセメント比の増加によってコンクリート強度上昇に繋がるが、さらに経過日数が増加すると、その効果は大きくなることがわかった。

4) モルタル試験体の水セメント比40%は、練り混ぜが難であったため、試験体中に気泡が閉じ込められ、それによって強度低下になった。そのため45%以下の場合、減水剤を用いた方が、効果は大きいと考えられる。それは水セメント45%のモルタルの試験体は、減水剤を使用することによって、カルシウムセメント比1%~5%で強度上昇がみられたことから言える。

これらのことから、モルタル及びコンクリートに関らず、カルシウムセメント比によって強度上昇することがわかった。その場合、モルタルでは水セメント比45%でカルシウムセメント比1%~5%の範囲で効果的であり、コンクリート水セメント比60%ではカルシウムセメント比3%および7%以上で効果的であることがわかった。

参考文献

- 1) 森村毅、野村正人：イオン化Ca混入によるモルタル強度発生に及ぼす影響に関する研究、日本建築学会大会学術講演会