

イオン化カルシウム水溶液を用いたコンクリートの圧縮、引張、 曲げによる強度の相関関係に関する研究

五百田 崇夫*、大田 和彦**、森村 毅**

Relationship among Compressive, Tensile and Flexural Strength of Concrete with Ionized Calcium Solution

Takao GOHYAKUDA*, Kazuhiko OHTA** and Tsuyoshi MORIMURA**

Synopsis

This paper has been discussed about the strength properties of the concrete with the ionized calcium solution. The improvement of the concrete by the ionized calcium solution has an effect on the tensile strength and the flexural strength to the compressive strength of the concrete. Particularly, with respect to the flexural strength of the concrete with the ionized calcium solution, the effect of the strength increase is remarkable as the water – cement ratio decreases.

Keyword: concrete, ionized calcium, tensile strength, flexural strength

1. 研究目的

本論文では、イオン化カルシウム水溶液を用いたコンクリートのこれまでの実験結果を用いて、イオン化カルシウム水溶液を用いることで、コンクリートの弾性係数にどのような影響を与えるのかを報告している。また、圧縮強度、引張強度および曲げ強度の相関関係を検討することで、普通コンクリートに比べて、イオン化カルシウム水溶液を用いたコンクリートでは、引張強度や曲げ強度にどのような効果を及ぼすのかを報告している。

2. 弾性係数について

2.1 実験資料について

最初に、弾性係数について論ずる。使用した試験体は、水セメント比 50%のもので、イオン化カルシウム水溶液を作成する際に、牡蠣殻を焼成したものと焼成しないものの2種類がある。

牡蠣殻を焼成したイオン化カルシウム水溶液を用いたコンクリートのイオン化カルシウム水溶液と水との重量比 (以下、単に原液比 [＝イオン化カルシウム水溶液 / (イオン化カルシウム水溶液＋水)]) は約 25%～70%である。

*近畿大学大学院システム工学研究科

**近畿大学工学部建築学科

Graduate School of Systems Engineering, Kinki University

Department of Architecture, Faculty of Engineering, Kinki University

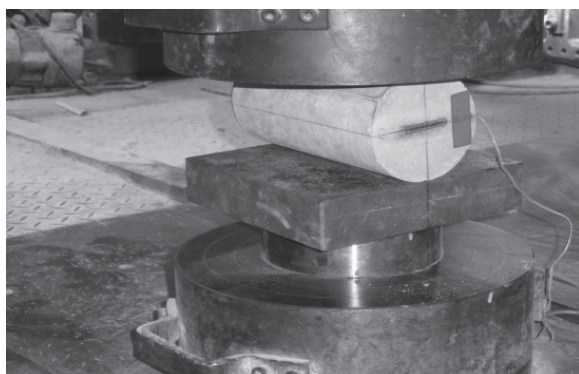


図1 引張加力試験と計測方法

牡蠣殻を焼成しなかったイオン化カルシウム水溶液を用いたコンクリートは、イオン化カルシウム水溶液を作成する際に、牡蠣殻の量を酢酸水溶液1ℓあたり20g～24g投入したものを用いて作成した。なお、原液比は25%～40%である。

2.2 弾性係数の算出について

圧縮弾性係数は、コンクリートシリンダ（直径10cm、高さ20cm）の圧縮試験によって求めた。シリンダ側面3カ所に縦ひずみゲージを貼付し、応力度とひずみ度の関係を計測し、原点付近の接線勾配を最小自乗法で求めた。

一方、引張弾性係数は、コンクリートシリンダの割裂試験によって求めた。ひずみの計測は図1に示すようにシリンダ両端面に一軸ひずみゲージを貼付して計測した。この場合、コンクリートには2軸応力が作用するので、引張弾性係数を算出するためには、ポアソン比が必要になる。そこで、ポアソン比については、コンクリートシリンダの圧縮試験時に横ひずみゲージをシリンダ側面2カ所に貼付し、得られた縦ひずみと横ひずみの値から算出している。

2.3 弾性係数に関する考察

図2は、圧縮弾性係数と引張弾性係数の関係を表したものである。横軸に圧縮弾性係数を、縦軸に引張弾性係数をプロットしている。

図より、イオン化カルシウム水溶液を使用したコンクリートにおいても、圧縮弾性係数と引張弾性係数はほぼ同じ程度であることがわかる。また、焼成牡蠣殻を使用して作成したイオン化カルシウム水溶液を用いたコンクリートの方が非焼成牡蠣殻を使用して作成したイオン化カルシウム水溶液を用いたコンクリートよりも、高い弾性係数を示した。これは、焼成牡蠣殻には、不純物が含まれていないためであると考えられる。

3. 圧縮強度、引張強度、曲げ強度の関係

3.1 普通コンクリートの場合

普通コンクリートでは、引張強度は圧縮強度の平方根の

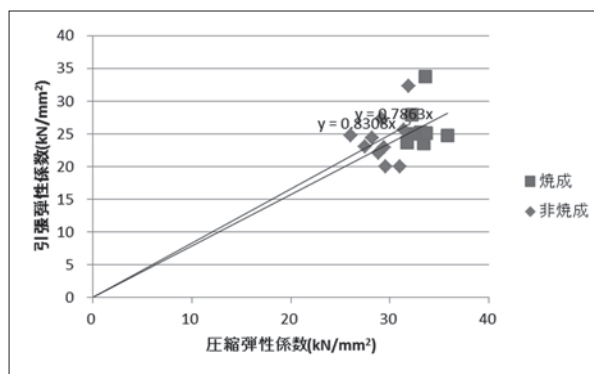


図2 弾性係数

0.33倍、曲げ強度は圧縮強度の平方根の0.56倍の関係が成り立つといわれている。したがって、曲げ強度は引張強度の1.7倍程度になる。この関係を基本に、イオン化カルシウム水溶液を用いたコンクリートの強度に関して、考察を展開する。

3.2 実験資料について

各強度は、コンクリートシリンダの圧縮試験、引張（割裂）試験およびコンクリート角柱（10cm×10cm×40cm）の曲げ試験（スパン長35cmの中央一点載荷）の結果を用いている。試験体は、焼成牡蠣殻を用いた原液比約25%～70%のイオン化カルシウム水溶液を作成し、水セメント比40%、45%、50%の調合でコンクリートを作成して、製作している。また、水セメント比50%については、非焼成牡蠣殻を用いて作成したイオン化カルシウム水溶液によるコンクリートのシリーズも合わせてプロットしている。

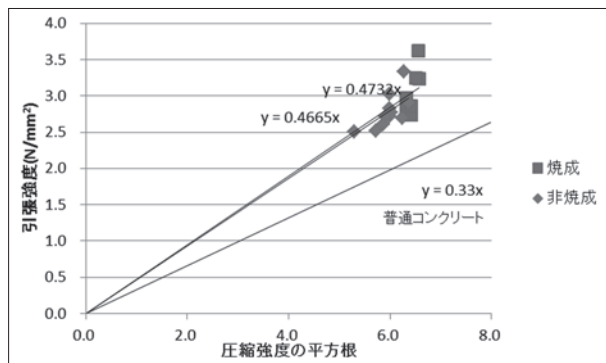
3.3 圧縮、引張、曲げ強度の相関関係

(1) 水セメント比50%の場合

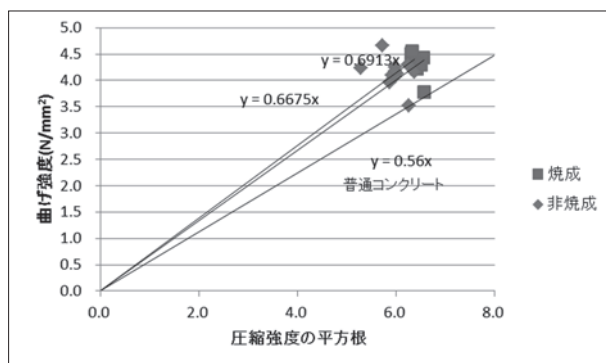
図3は、水セメント比50%のときの強度の相関関係を示している。図3(a)は圧縮強度の平方根と引張強度の関係を表したもので、図3(b)は、圧縮強度の平方根と曲げ強度の関係を表したものである。両図とも横軸に圧縮強度の平方根をとっている。図中には、焼成牡蠣殻による実験結果と非焼成牡蠣殻による実験結果を区別してプロットしている。

図3より、まず、焼成牡蠣殻を使用して作成したイオン化カルシウム水溶液を用いたコンクリートでは、引張強度は圧縮強度の平方根の0.47倍程度となり、普通コンクリートに比べて4割以上強度上昇している。また、曲げ強度においても、圧縮強度の平方根の0.67倍程度となり、普通コンクリートに比べて2割程度強度上昇している。結果として、曲げ強度は引張強度の1.42倍程度となっており、普通コンクリートに比べると15%程度低下する。

一方、非焼成牡蠣殻を使用し作成したイオン化カルシウム水溶液を用いたコンクリートにおいても、ほぼ同様の結

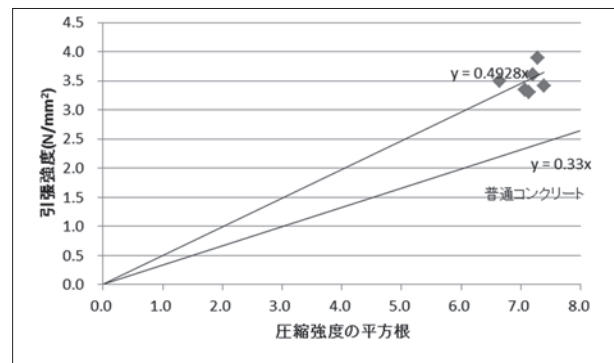


(a) 圧縮強度の平方根と引張強度の関係

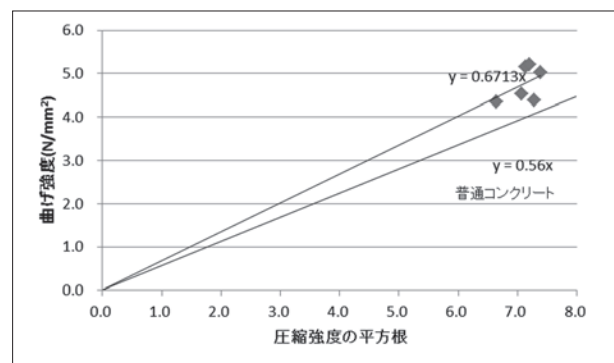


(b) 圧縮強度の平方根と曲げ強度の関係

図3 水セメント比 50%の強度関係



(a) 圧縮強度の平方根と引張強度の関係



(b) 圧縮強度の平方根と曲げ強度の関係

図4 水セメント比 45%の強度関係

果になっている。しかし、焼成牡蠣殻を用いた場合に比べると、各強度は若干低下する傾向にある。

(2) 水セメント比 45%

図4は、水セメント比 45%のときの強度の相関関係を示している。図4(a)は圧縮強度の平方根と引張強度の関係を表したもので、図4(b)は、圧縮強度の平方根と曲げ強度の関係を表したものである。両図とも横軸に圧縮強度の平方根をとっている。

図4より、水セメント比 50%のときとほぼ同様に、引張強度は圧縮強度の平方根の 0.49 倍程度となり、普通コンクリートに比べて 5 割近く強度上昇している。また、曲げ強度においても、圧縮強度の平方根の 0.67 倍程度となり、普通コンクリートに比べて 2 割程度強度上昇している。結果として、曲げ強度は引張強度の 1.37 倍程度となって、普通コンクリートに比べると 20%程度低下する。

(3) 水セメント比 40%

図5は、水セメント比 50%のときの強度の相関関係を示している。図5(a)は圧縮強度の平方根と引張強度の関係を表したもので、図5(b)は、圧縮強度の平方根と曲げ強度の関係を表したものである。両図とも横軸に圧縮強度の平方根をとっている。

図5より、水セメント比 40%においても、水セメント比

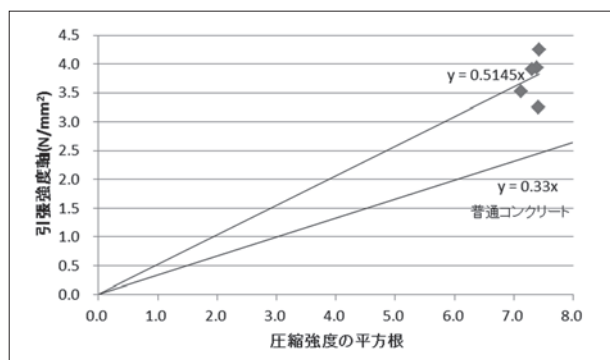
50%のときと同様の傾向があり、引張強度は圧縮強度の平方根の 0.51 倍程度となり、普通コンクリートに比べて 5 割以上強度上昇している。また、曲げ強度においても、圧縮強度の平方根の 0.71 倍程度となり、普通コンクリートに比べて 2 割以上強度上昇している。結果として、曲げ強度は引張強度の 1.27 倍程度となって、普通コンクリートに比べると 25%程度低下する。

(4) 水セメント比による影響

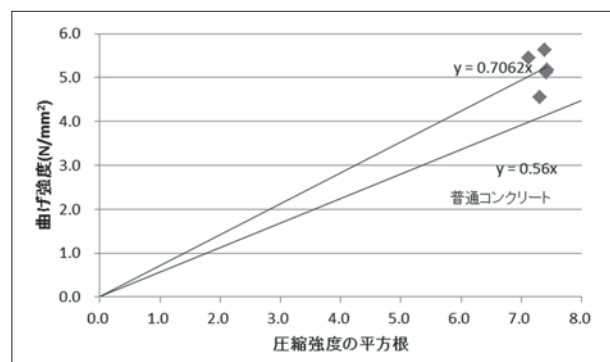
以上から、イオン化カルシウム水溶液を用いたコンクリートでは、引張強度、曲げ強度とも圧縮強度の平方根に対して、普通コンクリートよりも高くなっていることがわかる。

そこで、図6に普通コンクリートの倍率、すなわち、圧縮強度の平方根に対する引張強度の比 0.33 と、圧縮強度の平方根に対する曲げ強度の比 0.56 を基準にして、イオン化カルシウム水溶液を用いた場合にそれぞれの比率が普通コンクリートに比べて何倍になっているのかを、水セメント比別に示す。また、図7に、イオン化カルシウム水溶液を用いたコンクリートの引張強度に対する曲げ強度の効果を、普通コンクリートの場合の比率 (1.7) を基準にして示す。

最初に、図7より、イオン化カルシウム水溶液を使用し



(a) 圧縮強度の平方根と引張強度の関係



(b) 圧縮強度の平方根と曲げ強度の関係

図5 水セメント比 40%の強度関係

たコンクリートでは、水セメント比にかかわらず、普通コンクリートの引張強度に対する曲げ強度の比率に比べて2割程度低下することがわかる。

しかし、図6より、水セメント比が低くなるほど、イオン化カルシウム水溶液を用いたコンクリートでは、普通コンクリートに比べて、圧縮強度の平方根に対する引張強度と曲げ強度の倍率はともに高くなり、特にその効果は曲げ強度よりも引張強度の方が大きい。実際、その効果は、水セメント比 50%においても、圧縮強度の平方根に対する引張強度の比は、普通コンクリートに比べて4割程度高くなっている。

4. 結論

上述の考察から、イオン化カルシウム水溶液を用いたコンクリートの弾性係数と強度に関して、以下の知見を得た。

4.1 弾性係数に関して

- (1)イオン化カルシウム水溶液を用いたコンクリートでは、普通コンクリートに比べて、弾性係数が低下する。
- (2)イオン化カルシウム水溶液を用いたコンクリートにおいても、圧縮弾性係数と引張弾性係数はほぼ同じである。
- (3)牡蠣殻を焼成せずにイオン化カルシウム水溶液を作成した場合、コンクリートの弾性係数は、焼成した牡蠣殻を

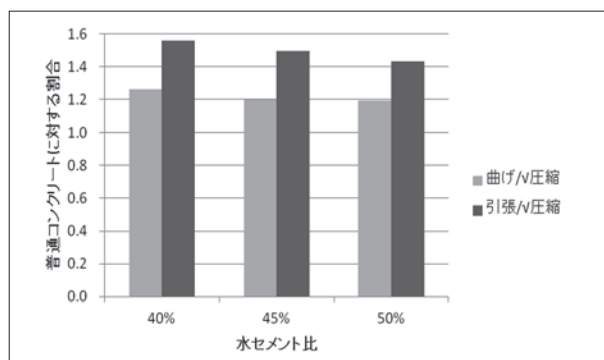


図6 イオン化カルシウム水溶液を用いたコンクリートの引張強度と曲げ強度に対する効果

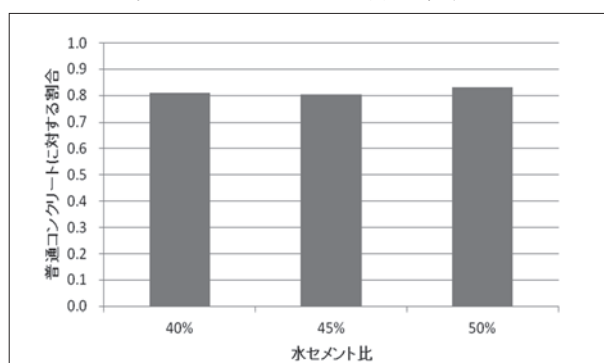


図7 イオン化カルシウム水溶液を用いたコンクリートの引張強度に対する曲げ強度の効果

用いて作成した水溶液のコンクリートに比べて、弾性係数が若干低下する傾向にある。

4.2 引張強度と曲げ強度に関して

- (1)イオン化カルシウム水溶液を用いたコンクリートでは、引張強度に対する曲げ強度の比率は1.4倍になる。これは、普通コンクリートに比べて約2割程度低下する結果となる。
- (2)イオン化カルシウム水溶液を用いたコンクリートでは、水セメント比が低くなるほど、普通コンクリートに比べて、圧縮強度の平方根に対する引張強度と曲げ強度の倍率はともに高くなり、特にその効果は曲げ強度よりも引張強度の方が大きい。
- (3)水セメント比 50%のイオン化カルシウム水溶液を用いたコンクリートでは、圧縮強度の平方根に対する引張強度の比は、普通コンクリートに比べて4割程度高い効果が得られる。

参考文献

- 1) 富田繁和：平成 22 年度卒業論文「イオン化カルシウム水溶液を用いたコンクリートの圧縮、割裂、曲げによる弾性係数および強度の相関関係に関する研究」