

高炉セメントを用いた若材齢コンクリートの強度におよぼすセメント量の影響

山口大学大学院 学生員 ○砂町康夫 山口小野田レミコン(株) 正会員 河野博幸
大鉄工業(株) 正会員 石川慶典 山口小野田レミコン(株) 正会員 北村耕平
山口小野田レミコン(株) 池永 厚 山口大学大学院 正会員 三村陽一
山口大学大学院 正会員 吉武 勇

1. はじめに

若材齢コンクリートは強度発現過程にあるため、初期ひび割れが発生しやすい。本研究では、初期ひび割れの抵抗性の指標となる若材齢コンクリートの強度特性を調べるため、土木構造物にしばしば用いられる高炉セメント B 種(BB)による若材齢コンクリートの強度特性を求めた。特に単位セメント量を主パラメータとして、圧縮強度試験および割裂引張強度試験を行うとともに、成長曲線による強度推定を試みた。

2. 実験方法

本実験では、表-1 に示すような材料を用い、水セメント比(W/C)を 49%、39%で一定として、単位セメント量を変化させた 3 水準の配合のコンクリートを作製した(表-2 参照)。これらのコンクリートの圧縮強度(材齢:2, 3, 7 日)ならびに割裂引張強度(材齢:1, 2, 3, 5, 7, 28 日)を、それぞれ圧縮強度試験(JIS A 1108)および割裂引張強度試験(JIS A 1113)に基づき求めた。

3. 実験結果および考察

セメント量が異なるコンクリート(W/C=49%)の圧縮強度および割裂引張強度をそれぞれ図-1、図-2 に示す。なお、これらの棒グラフ上の数値は、各セメント量の強度試験結果の最大値と最小値の差(単位:N/mm²)を表している。これらの結果に例示されるように、いずれの材齢においてもセメント量による明確な傾向はみられず、W/C と材齢に応じて概ね一定値を示した。これは、単位セメント量を少なくしても、適切な W/C により一定の圧縮強度および割裂引張強度を確保できることを意味する。すなわち、経済性や発熱特性などの観点も考慮すれば、ワーカビリティの許容範囲内で単位セメント量をできるだけ少なくしたほうが良いと考えられる。

4. 割裂引張強度と圧縮強度の関係

次に、若材齢コンクリートの引張強度が、圧縮強度の 1/2 乗¹⁾あるいは2/3 乗²⁾との関係式から推定できるものか確認するため、割裂引張強度と圧縮強度の関係について整理した。その結果、圧縮強度の 1/2 乗値、2/3 乗値ともに割裂引張強度と比例関係を示した(図-3、図-4 参照)。このことから、圧縮強度に基づき、引張強度を推定する方法を構築できる可能性

表-1 使用材料

種類	材料名	(表乾)密度
セメント C	高炉セメント B 種	3.04g/cm ³
水 W	上水道水	—
細骨材 S1	海砂	2.56g/cm ³
細骨材 S2	砕砂	2.66g/cm ³
粗骨材 G1	砕石 1505	2.73g/cm ³
粗骨材 G2	砕石 2015	2.74g/cm ³
混和剤 Ad	AE 減水剤	1.08g/cm ³

表-2 配合条件

W/C	単位量(kg/m ³)						
	C	W	S1	S2	G1	G2	Ad
39%	420	163	482	321	476	475	2.23
	375	146	505	337	499	499	2.06
	330	128	530	353	522	523	1.98
49%	375	184	490	326	460	461	1.88
	330	163	517	344	486	486	1.65
	285	140	545	364	513	513	1.42

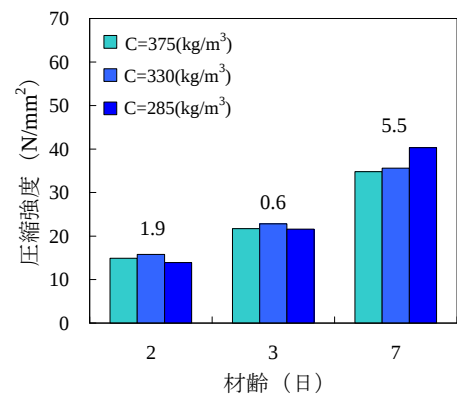


図-1 圧縮強度(W/C=49%)

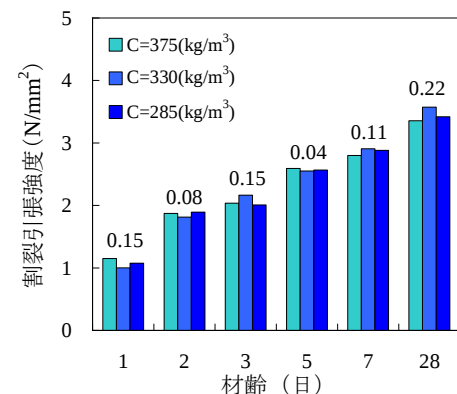


図-2 割裂引張強度(W/C=49%)

が窺える。また、一般的に若材齢コンクリートに用いられる 1/2 乗則に比べ、長期材齢コンクリートに用いられる 2/3 乗則が相関係数は高いものであった。このことから、2/3 乗値の方がより精度よい推定が行えるものと考えられる。

5. 成長曲線を用いた圧縮強度の推定

以上のことから若材齢コンクリートにおいても、圧縮強度は引張強度を予測する重要な因子となることが確認された。そこで、材齢 7, 28 日の圧縮強度を基に、成長曲線により若材齢期(材齢 1～6 日)の圧縮強度を推定し、実験値と比較を行った。なお、成長曲線³⁾は Goral 式と Gompertz 式を用いた。Goral 式と Gompertz 式の基本形をそれぞれ式(1)、(2)に示す。

$$f(t) = \frac{t}{a + b \cdot t} \quad (1)$$

$$f(t) = a(1 - e^{-bt}) \quad (2)$$

$a \cdot b$ は圧縮強度データから定まる実験定数、 t は材齢、 $f(t)$ は所定材齢 t における推定圧縮強度を表す。

材齢 1 日では両式ともに推定値が実験値より高い傾向を示したが、Goral 式では材齢 4 日以降、Gompertz 式においては材齢 2 日以降で推定値／実験値が概ね 1.0 となった(図-5, 図-6 参照)。各材齢および W/C において Gompertz 式は Goral 式よりも早い段階で推定値／実験値が 1.0 に近くなることから、若材齢コンクリートにおいて、Gompertz 式による強度評価が適しているものと推察される。

6. まとめ

本研究において得られた結論を以下に要約する。

- (1) W/C が等しい若材齢コンクリートでは、圧縮強度および割裂引張強度は単位セメント量による明確な傾向はみられず、概ね一定の値を示す。
- (2) (1)より、経済性・発熱特性・変形性能の観点から考慮し、適切な W/C でセメント量をできるだけ少なくすることが望ましいといえる。
- (3) 若材齢コンクリートにおける割裂引張強度も、圧縮強度の 2/3 乗値に基づいて推定できる可能性がある。
- (4) 少なくとも材齢 2 日以降の圧縮強度は、Gompertz 式により適切に推定できる。

【参考文献】

- 1) (社)土木学会:2002 年制定 コンクリート標準示方書【施工編】, 2002.3.
- 2) (社)土木学会:2002 年制定 コンクリート標準示方書【構造性能照査編】, 2002.3.
- 3) 氏家 勲, 大野浩二:各種成長曲線によるコンクリートの早期強度推定に関する検討, 土木学会論文集, No.798, VI-68, pp.51-61, 2005.9.

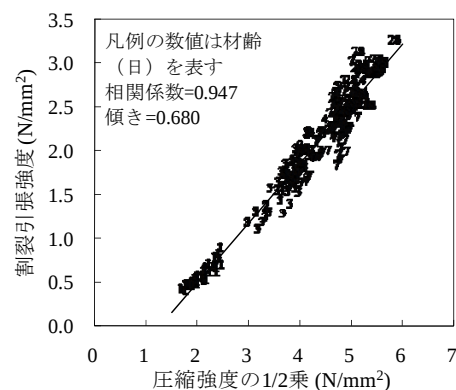


図-3 割裂引張強度－圧縮強度^{1/2}

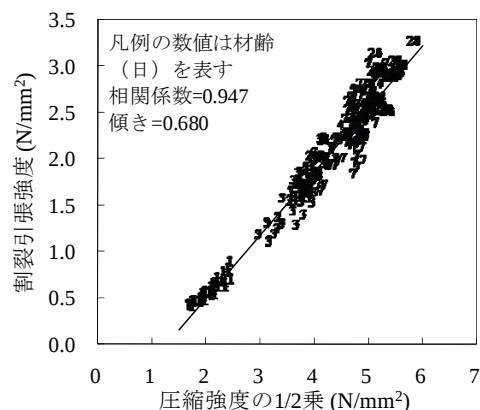


図-4 割裂引張強度－圧縮強度^{2/3}

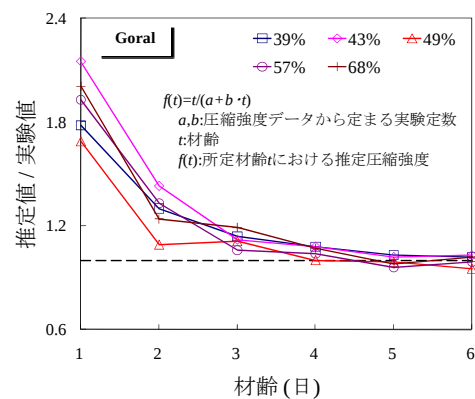


図-5 推定値／実験値 (Goral)

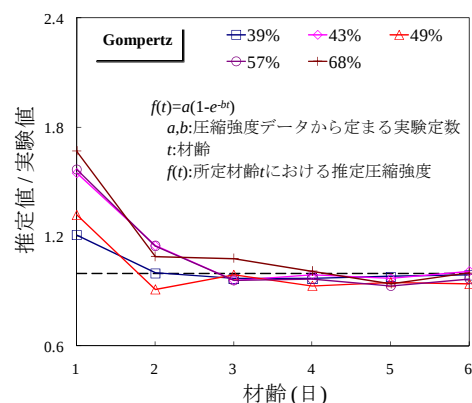


図-6 推定値／実験値 (Gompertz)