

V-517

ビーライトセメントの破壊挙動に対する破壊力学的検討

名古屋大学大学院 学生会員 松尾 豊史
 芝浦工業大学大学院 学生会員 小川 航司
 日本セメント株式会社 正会員 岡本 享久
 名古屋大学工学部 正会員 二羽 淳一郎

1. はじめに

一般に、セメントの強度発現は主としてエーライトとビーライトの水和反応に起因しており、ビーライトはエーライトに比べて水和反応に伴う発熱量が小さく長期の強度発現性に優れているが、初期の強度発現では劣っている。

近年、わが国ではコンクリート構造物の大型化に伴い、コンクリートの温度ひび割れを抑制する観点から、セメントの水和熱が小さい低発熱セメントが要望されるようになり、発熱量の小さいビーライトの含有量の多いセメントが製造されるようになってきた。

本研究では、ビーライトの含有量の少ない早強ポルトランドセメントと高ビーライト系のセメントの破壊挙動を破壊力学的な観点から検討するものである。

2. 実験概要

表1に示す2種類のセメントを用いて、骨材の粒径を変えたモルタル供試体を作成し、図1のような実験手法で、変位制御の曲げ試験を実施し、荷重(P)-変位(δ)関係、及び変位(δ)-ひび割れ幅(w)関係を計測し、破壊エネルギー G_F 、引張軟化曲線などを求めることとした。なお、供試体の試験時の材齢は28日である。

表1 供試体の分類

セメントの種類	ビーライトセメント		早強ポルトランドセメント	
W/C	0.5		0.5	
C:S	1:3		1:3	
混和剤	マイティ150		マイティ150	
骨材の粒径 (mm)	1.19 ~2.38	0.85 ~1.19	1.19 ~2.38	0.85 ~1.19
供試体No.	1	2	3	4

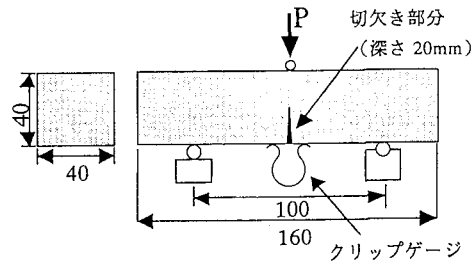


図1 実験装置

3. 検討結果

式(1)に示すRILEMの方法を用いて、荷重-変位曲線下の面積 W_0 から、供試体自重を補正し、破壊エネルギー G_F などを求めた。その結果を表2に示す。

$$G_F = \frac{W_0 + m \cdot \delta_0}{A_{lig}} \quad (\text{kgf/cm}) \quad (1)$$

W_0 ; 荷重-変位曲線下の面積

m ; 支点間のはりの重さであり、はりの重さに l/L （載荷スパンと供試体との長さとの比）をかけて計算する。

δ_0 ; はりの破断時の変位

A_{lig} ; はりの破断部分の面積であり、はり軸に垂直な平面に投影した破壊域の面積

一般に引張強度や圧縮強度が大きくなるほど、破壊エネルギーも大きくなる。従って、引張強度や圧縮強度が相当違うレベルで破壊エネルギーの絶対値を比較することは妥当ではない。CEBモデルコード²⁾によれば、コンクリートの破壊エネルギー G_F は、圧縮強度を用いて式(2)のように表せる。そこで、破壊エネルギーを圧縮強度の0.7乗で正規化した比例定数 A_0 を比較する。つまり、これを材料としての特性値と見なすこ

とにした。

$$G_F = A_0 \times f_c^{0.7}$$

(2)

表2 破壊エネルギーと A_0

実験 No.	セメント 種類	骨材 種類	はり重量 (kg)	圧縮強度 (kgf/cm ²)	破壊エネルギー (kgf/cm)	比例定数 A_0	
1	ビーライト	粗砂	0.541	249	0.0375	0.000790	平均値
2		中砂	0.502	216	0.0280	0.000650	0.000720
3	早強	粗砂	0.554	458	0.0426	0.000580	平均値
4		中砂	0.545	447	0.0562	0.000785	0.000685

六郷²⁾が提案した新 J 積分法を用いると、荷重(P)-変位(δ)関係、及び変位(δ)-ひび割れ幅(w)関係が計測されれば、引張軟化曲線を求めることができる。これに基づいて、計測結果より無次元化した引張軟化曲線を求めると、図2(a)(b)のようになる。

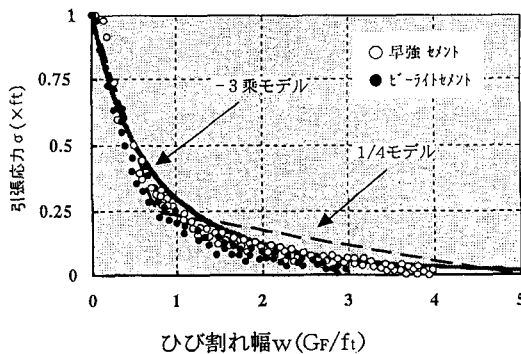


図2(a) 中砂を用いたモデルの引張軟化曲線

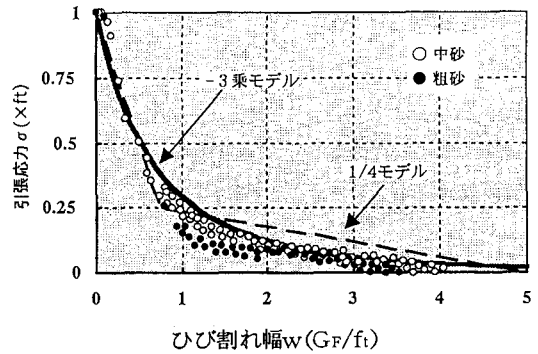


図2(b) 早強セメントを用いたモデルの引張軟化曲線

5. 考察及びまとめ

(1)材齢28日の段階で、破壊エネルギーについての比較を行うと、早強ポルトランドセメントの方がビーライトセメントよりも大きい。但し、圧縮強度による補正を行えば、すなわち A_0 について比較を行うと、粗砂の場合はビーライトが大きく、中砂の場合は少し小さくなる。平均値ではビーライトの方が多少大きくなっている。つまり、圧縮強度で正規化した場合は、ビーライトの破壊エネルギーは早強セメントに比べて同等またはそれ以上であると言える。

(2)図2より、引張軟化曲線のモデルとしては、 -3 乗モデルの方がより適当であると考えられる。

(3)実験データが引張軟化式よりも低めに出ているのは、RILEMの実験手法において求められる破壊エネルギーは、その推定式の性格上、スパン中央部以外の微細なひび割れの影響を含んでしまうためと考えられる。従って、より厳密に破壊エネルギーを求めるためには、供試体のスパンを長くするなどの考慮が必要であると思われる。

参考文献

(1) CEB-FIP Model Code 1990, Bulletin D'information No.213/214, 1993.5

(2) 六郷ら: コンクリートの曲げ強度の推定に関する破壊力学的検討, コンクリート工学論文集, JCI, 1992