

AEワイブル解析によるコンクリートの 一軸圧縮試験における破壊挙動の観察

国立大学法人熊本大学

学生会員 児玉健 学生会員 田邊武志 正会員 重石光弘

1. はじめに

一般的にコンクリート圧縮破壊に対する抵抗性は、一軸圧縮載荷試験によって得られる圧縮強度(圧縮強さ)で代表されてきた。また、圧縮荷重によって供試体が破壊に至るまでの変形過程も、ひずみ量そのものか、あるいは静弾性係数やポアソン比の変化で論じられる。しかしながら、コンクリートの圧縮破壊機構は、硬化セメントペーストの性質や骨材の種類、形状、コンクリート中の微細空隙構造、マイクロクラック、および欠陥の存在によって多様であると考えられる。

AE(アコースティック・エミッション)計測¹⁾は、材料中に生じる破壊事象を弾性波動として検出して、材料の破壊挙動を観察するのに適している。そこで本研究では、コンクリートの一軸圧縮試験時におけるAEの発生頻度解析により、粗骨材の品質の相違による圧縮破壊挙動の変化を観察した。特に故障頻度解析で知られるワイブル分布²⁾を内部が複合構造をなすコンクリート材料の破壊機構に適用することを試みた。

2. コンクリート一軸圧縮載荷

2. 1. コンクリート供試体

圧縮強度等の違いによる圧縮破壊挙動の比較のため、粗骨材に碎石を用いた供試体と、粗骨材に再生粗骨材(H,M,L)³⁾⁴⁾⁵⁾を用いた供試体の、計4種類を使用した。その配合を表-1に示す。

2. 2. 圧縮載荷とAE計測

打設した供試体を28日目、56日目にそれぞれ6本ずつ圧縮強度試験を行うと同時にAE計測を行った。

圧縮試験時には、縦ひずみと横ひずみを計測するために、2組のひずみゲージを接着剤で供試体側面中央部に対向して接着した。さらにエレクトロンワックス

表-2 実験に用いたコンクリート供試体と粗骨材

	供試体			粗骨材		
	強度 (MPa)	ヤング 係数 (GPa)	ポア ソン 比	表乾 密度 (g/cm ³)	絶乾 密度 (g/cm ³)	吸水 率 (%)
L	25.59	16.51	0.15	2.59	2.46	5.34
M	31.00	20.26	0.16	2.74	2.64	3.89
H	30.36	20.82	0.15	2.91	2.86	1.79
碎石	29.99	22.93	0.18	3.06	3.04	0.49

でAEセンサを接着してAE検出に用いた。

圧縮強度試験、ひずみ計測、AE計測により得られたコンクリート供試体の力学的諸特性と粗骨材の物理的性質を表-2に示す。

3. AE発生頻度解析

3. 1. AEレートプロセス解析

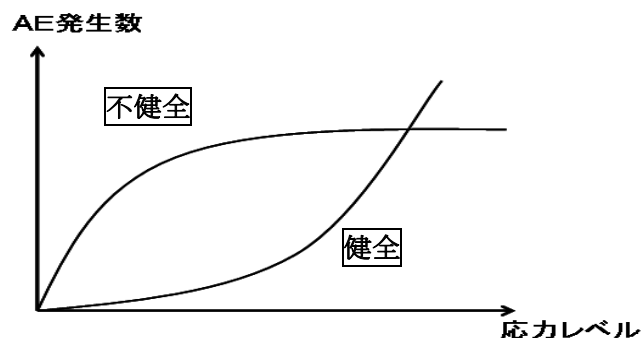


図-1 レートプロセス理論

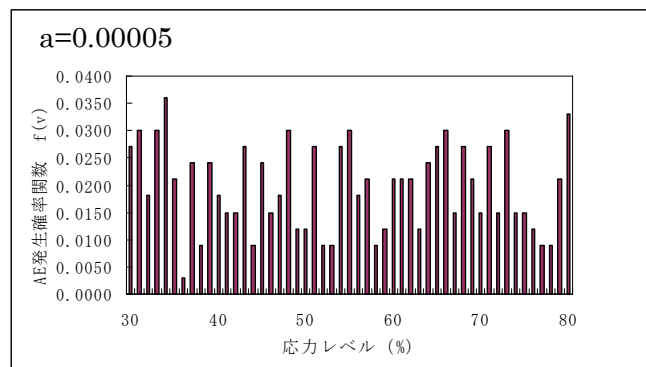
図-1のように、一般的に、健全なコンクリートでは載荷初期にAEの発生確率が低いのに対し、不健全なコンクリートでは初期から高くなる。そこで、レートプロセス理論では、AE発生確率関数 $f(V)$ に対し、次のような双曲線関数を仮定する。

表-1 コンクリート供試体示方配合

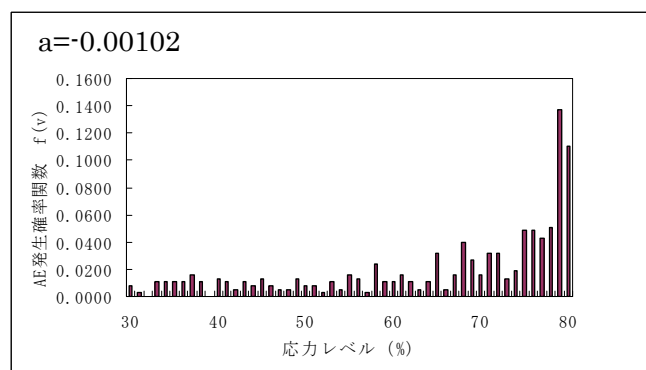
	最大寸法	スランプ	空気量	水セメント比	細骨材率	単位量(kg/m ³)				AE剤
	(mm)	(cm)	(%)	(%)	(%)	W	C	S	G	(g/m ³)
碎石	20	8.0	6.0	55	44	175	318	747	1137	104
L	20	8.0	6.0	55	44	175	318	747	962	104
M	20	8.0	6.0	55	44	175	318	747	1018	104
H	20	8.0	6.0	55	44	175	318	747	1081	104

$$f(v)dv = \frac{a}{V} + b \quad (1)$$

図一2はレートプロセス理論¹⁾に基づいて解析を行った結果である。今回は、再生粗骨材Lと砕石の2種類を比較した。(1)式の a 値が大きいほど品質の劣るコンクリートであると言える。



(a) 再生粗骨材 L



(b) 砕石

図一2 AE発生確率関数と応力レベル

3. 2. AE ワイブル解析

図一3はワイブル分布に基づいて解析を行った結果である。ワイブル分布は物体の破壊データ解析に用いられ、故障率を(2)式で表すことができる。

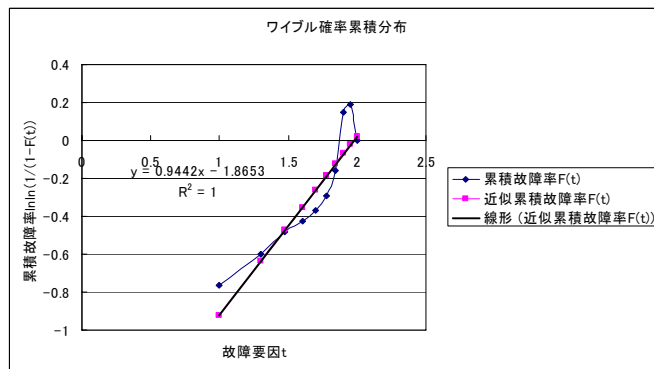
$$F(x) = 1 - e^{-\left(\frac{x^m}{\alpha}\right)} \quad (2)$$

本研究では $F(x)$ をAE発生確率関数、 x を応力レベルとする。(2)式の両辺において、二度対数をとると、次式で表すことができる。

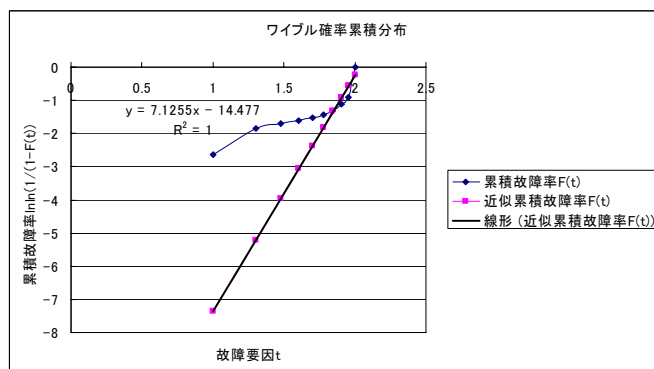
$$\log \left[\log \left\{ \frac{1}{(1-F(x))} \right\} \right] = m \log x - \log \alpha \quad (3)$$

(3)式より $Y=mX-\alpha$ の直線で近似し、縦軸(Y)はコンクリート供試体の破壊確率、横軸(X)は応力レベルを表している。 m 値が $m < 1$ の時「初期故障型」、 m

$=1$ の時「偶発故障型」、 $m > 1$ の時「磨耗故障型」となる。(a)は $m=0.9442$ 、(b)は $m=7.1255$ である。(b)は磨耗故障型であるのに対し、(a)が初期故障型であり、载荷初期からAEが多数発生していることを示すので、品質の劣るコンクリートと言える。



(a) 再生粗骨材 L



(b) 砕石

図一3 ワイブル確率紙

圧縮強度を比較した場合においても再生粗骨材Lの方が強度が弱いため品質の劣るコンクリートと言える。

参考文献

- 1) 大津政康:「アコースティック・エミッションの特性と理論」, pp.44-49, 2005.
- 2) 平林浩一:「疲労や破壊現象とワイブル分布」, 2002.
- 3) 日本規格協会: JIS A 5021「コンクリート用再生骨材H」, 2005.3
- 4) 日本規格協会: JIS A 5022「コンクリート用再生骨材M」, 2005.3
- 5) 日本規格協会: JIS A 5022「コンクリート用再生骨材L」, 2005.3