

AE事象率法によるコンクリートとモルタルの破壊エネルギーの解析

東北大学工学部 学生員○長田 隆信
東北大学工学部 正員 新関 茂

1. まえがき

近年、破壊力学をコンクリート工学に応用しようとする研究が行われるようになり、RILEM（材料と構造物試験研究機関国際連合）は、切欠き梁の3点曲げ試験によるコンクリートの破壊エネルギーの解析法に関する案を発表している。しかしながら、巨視的クラックが進展し始めるとコンクリートの荷重-変位関係は歪み軟化領域となり、従来の荷重制御型の試験機では、制御が困難となる。このような困難をさけるために、本研究では、AE事象率を基礎とする載荷法を用いて、従来の荷重制御型の万能試験機を制御して、歪み軟化領域を含む3点曲げ試験の荷重-変位関係を計測し、コンクリートの破壊エネルギー（ G_F ）を解析し、考察を行ったものである。

2. 破壊エネルギー

破壊エネルギー（ G_F ）は次式によって計算される¹⁾

$$G_F = \frac{W_0 + (m_1 + 2m_2) g \delta_0}{A_{11z}} \quad (N/m)$$

但し、 G_F は単位投影面積のひび割れ作成に必要なエネルギー(N/m)、 W_0 は荷重-変位曲線で囲まれる部分の面積(Nm)、 m_1 は支店間の梁の質量(kg)、 m_2 は試験機に取り付けておらず破断まで供試体に載っている治具の質量(kg)、 g は重力加速度($9.81m/s^2$)、 δ_0 は梁の破断時の変位(m)、 A_{11z} は梁の軸に垂直な平面に破壊域を投影した面積(m^2)である。

3. 実験方法

実験に使用した供試体の配合を表-1に示す。なお、セメントは早強ポルトランドセメントを使用し、打設1日後に6日間水中養生した後、2、3日間空中乾燥させた。また、供試体の寸法を図-1に示す。なお、ノッチは供試体打設時に、長さ1cmになるようプラスチック板を取り付け1日後型枠を取り外すときに一緒に取り外して形成した。

載荷方法は図-1に示すように3点曲げ載荷で、最初は荷重で制御し、AEが頻発する歪み軟化部分では、AE事象率によって載荷速度を制御した²⁾

4. 実験結果と考察

図-2は、実験中に記録した荷重、載荷点変位、クラック長、AE事象総数の関係を示したグラフの一例である。このグラフによると荷重、変位、クラック、AE事象総数がそれぞれよく対応してい

表-1 配合表

供試体	最大粒径 (mm)	W/C (%)	S/a (%)	単位量 (kg/m ³)			
				W	C	S	G
配合A	5	55	-	305	553	1249	-
配合B	10	50	50	205	410	815	920
配合C	15	50	50	205	410	815	920
配合D	20	55	50	205	373	839	938

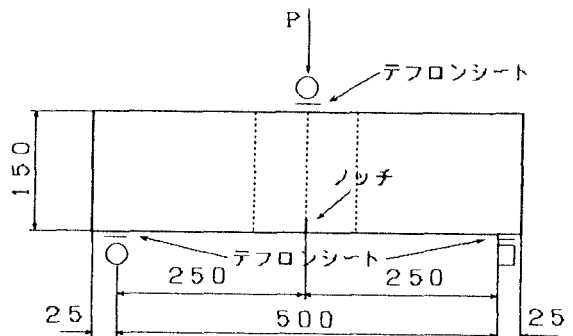


図-1 供試体の寸法及び載荷方法（単位mm）

るのがわかる。

図-3に、3次元位置標定結果の一例を正面、平面、側面の3方向に投影した図を示す。

図-4は、破壊進行領域の幅を観察するために、ノッチの位置を原点として位置標定可能であった全AE事象の統計的頻度分布を示したものである。比較するために配合Aを実線、配合Dを点線で表示した。この分布によると、最大粗骨材寸法が大きくなるにつれて破壊進行領域の幅が広がっていくことがよくわかる。

表-2は、破壊エネルギー G_F 、最大荷重以降の軟化域における荷重-変位曲線に囲まれた部分の面積 W_1 と全領域における面積 W_0 との比、位置標定率、供試体全体で発生したAEに対して巨視的クラック面を中心とする1cm幅内で発生したAE事象の割合 D_{max} 、 $G_F \times D_{max}$ を示した。この表によると、粗骨材粒径の増大に伴って破壊エネルギーと W_0/W_1 は、大きくなる傾向が見られる。 $G_F \times D_{max}$ は、参考までに表-2に載せた値であるが、 G_F が実験における総消費エネルギーによる値なのに対して、 $G_F \times D_{max}$ は巨視的クラック面を中心とする1cm幅内で消費されるエネルギーを表していると考えられる。

以上のことにより、粗骨材寸法が最大荷重以降の軟化域及び破壊エネルギー G_F に深く関連していることがわかった。また、本研究では、多種類の粗骨材粒径にわたり実験を行えなかったが、傾向は同じようなものだと考えられる。

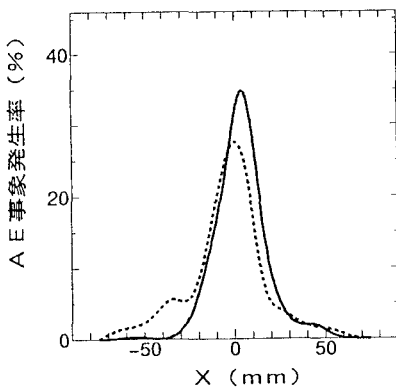


図-4 AE発生頻度分布

- <参考文献> 1) 50-FMC COMMITTEE FRACTURE MECHANICS OF CONCRETE : Determination of the fracture energy of mortar and concrete by means of three-point bend tests on notched beams
 2) 押永, 新関: AE事象率を基礎とする載荷法に関する研究, 平成6年度 土木学会東北支部技術研究発表会講演概要

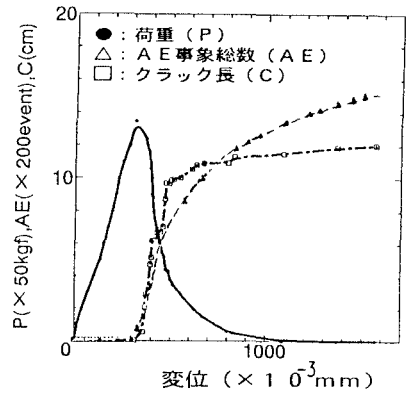


図-2 荷重-載荷点変位-AE事象総数-クラック長の関係

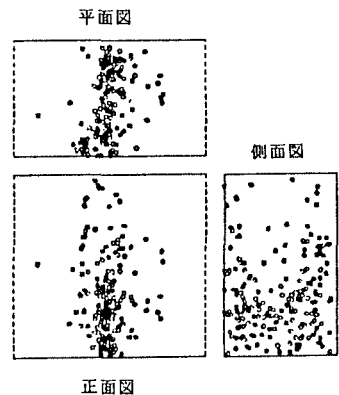


図-3 3次元位置標定結果

表-2 破壊エネルギーとその関連項目

	配合A	配合B	配合C	配合D
G_F (N/m)	106.2	164.4	199.2	230.0
W_1/W_0	0.41	0.42	0.48	0.50
位置標定率 (%)	36.7	52.0	38.7	21.8
D_{max}	0.41	0.41	0.35	0.33
$G_F \times D_{max}$ (N/m)	43.5	67.4	69.7	75.9