# コンクリート材料の曲げ破壊過程の AE 法による考察

熊本大学	正会員	〇大野	健太郎
熊本大学	学生会員	赤坊	反 康太
熊本大学	フェロー会	員 大海	聿 政康

## 1. はじめに

コンクリート中の微小ひび割れ(マイクロクラック) はアコースティック・エミッション (AE) 法により検出 可能であり、SiGMA (Simplified Green's functions for Moment tensor Analysis) 解析<sup>1)</sup>によりコンクリート中の破 壊進展状況が把握可能である。コンクリート中のひび割 れは、モルタル部と骨材部とでその進展速度が異なり、 両者のひび割れ進展機構が異なること考えられる。本研 究では、コンクリート角柱供試体とモルタル角柱供試体 の4点曲げ試験と同時にAE計測を行い、両供試体のひ び割れ発生時の AE 特性について考察を行った。

#### 2. 実験概要

実験に使用したコンクリートおよびモルタルの示方配 合を表-1、表-2に示す。実験は、100×100×400mmのコ ンクリート角柱供試体、モルタル角柱供試体の4点曲げ 載荷試験を図-1のように行い、ひび割れに伴い発生する AE 信号を AE センサにより記録した。AE センサは共振 周波数 150kHz の R15 (PAC 社製) を 8 個使用し、エレク トロンワックスにより供試体表面に貼付した。AE センサ で検出された AE 信号はプリアンプにて 20dB、メインア ンプにて 40dB 増幅され、AE 計測装置 DiSP (PAC 社製) に記録された。また、しきい値を 42dB と設定し、1MHz で信号波形を A/D 変換し、1 波形を 1042 個の振幅値とし てデータの記録を行った。

熊本大学	正会員	〇大野	健太郎
熊本大学	学生会員	赤	坂 康太
熊本大学	フェロー会	会员 大洋	律 政康

#### 3. SiGMA 解析理論

検出された AE 波形の信号到達時間および初動振幅値 を SiGMA 解析に適用することによって AE 源の幾何学的 諸量(発生位置、クラックの種類、方向)が同定可能で ある。AE 波動の基礎理論によれば、検出される AE 波の 第一波の初動振幅値A(x)は以下の式で表わされる。

$$A(x) = C_S \frac{\text{Ref}(s, \gamma)}{R} \cdot \gamma_p \gamma_q M_{pq} \cdot DA$$
(1)

ここで、Csはセンサ感度も含めた材料の物性値の係数、 RはAE発生源とセンサ間の距離、水、水はその方向余弦 を意味する。また、DA はクラック面の面積であり、Ref(s, y) はセンサ設置点での反射を考慮した反射係数である。AE 発生源は各センサでの信号到達時間の差より位置標定さ れ、その後式(1)に初動振幅値を代入することによって未 知数となるモーメントテンソル M<sub>pg</sub> を得る。このモーメ ントテンソル M<sub>pg</sub> は応力やひずみと同じく 2 階のテンソ ルであるので、この固有値解析を行えば、マイクロクラ ックの種類や方向を決定することができる。本研究では、 AE 波初動部(信号到達時間、初動振幅値)の読み取りに ついて、自動読み取り法<sup>2)</sup>を用いてSiGMA解析を行った。

#### 4. 結果および考察

図-2、図-3 にコンクリート供試体およびモルタル供試 体の4点曲げ試験時に検出された AE ヒット数と荷重の 時間的変化をそれぞれ示す。コンクリート供試体では 7,869 個の AE 信号が記録されたのに対し、モルタル供試



表-1 コンクリー	ト供試体の示方配合
-----------	-----------

粗骨材の 最大骨材寸法	スランプ	水セメント比 W/C	空気量	細骨材率 (s/a)	
(mm)	(cm)	(%)	(%)	(%)	
20	8.7	55	5.9	43.4	
単位量(kg/m <sup>3</sup> )					
水	セメント	細骨材	粗骨材	AE減水剤	AE助剤
W	С	S	G		
164	300	744	1178	1.08	0.012

表-2	モルタ	ル供試体の配合表	
1 4			

水セメント比	単位量(kg/m <sup>3</sup> )		売気量	フロー値	
W/C	水	セメント	細骨材	工八里	
(%)	W	С	S	(%)	(mm)
55	331	602	1204	2.3	250

キーワード アコースティック・エミッション、ひび割れ、粗骨材、AE 振幅値分布、SiGMA 解析 連絡先 〒860-8555 熊本市黒髪2丁目39番1号 熊本大学大学院自然科学研究科



図-2 コンクリート供試体のAEヒット数と荷 重の時間的変化



図-4 SiGMA 解析により同定された AE 源の最 大振幅値分布



図-6 コンクリート供試体の SiGMA 解析結果

体では2,445 個であり、粗骨材の存在により AE ヒット数 が大きくことなることがわかった。さらに、図-3 では図 -2 と比較して AE 発生頻度パターンが大きく異なり、モ ルタル供試体では最終的な破壊時のみに AE 信号が集中 的に検出されていることがわかる。図-4 に両供試体で SiGMA 解析により同定された AE 源の最大振幅値分布を 示す。図よりモルタル供試体では 62dB 以上の振幅値を持 っ AE 信号がほとんど検出されていないのに対して、コ ンクリート供試体では 76dB までの振幅値が断続的に検 出されていることがわかった。最大振幅値はその発生源 の規模を反映していると考えることができ、粗骨材の存 在により AE 発生源の規模は大きくなると考えられる。

次に、SiGMA 解析で使用したクラックモデルを図-5 に、 各供試体で検出された AE 波形を SiGMA 解析に適用した 結果を図-6、図-7 に示す。図-6 のひび割れ進展が目視確 認できたコンクリート供試体では 136 個の AE イベント が SiGMA 解析により同定され、最終的に形成されたひび 割れ面と AE 発生源が非常によく対応していることがわ



図-3 モルタル供試体の AE ヒット数と荷 重の時間的変化



図-5 SiGMA 解析で用いたクラックモデル



図-7 モルタル供試体の SiGMA 解析結果

かる。一方、図-7 のモルタル供試体では検出された AE ヒット数が少ないことから 35 個の AE イベントが同定さ れた。さらに、ひび割れ進展が目視確認できないまま瞬 時に破断した影響から、同定された AE 源のほとんどは 供試体底面に集中していることがわかり、これらの AE 源はせん断型クラックであることが確認された。

以上のことから、粗骨材の有無は AE ヒット数や AE イベント数に顕著な違いが現れることがわかり、さらに 振幅値分布の結果から粗骨材の存在により AE 発生源の 規模が大きくなることが明らかとなった。

### 参考文献

- 大津政康、重石光弘、湯山茂徳、岡本享久:AE モー メントテンソル解析のための SiGMA コードの開発、 非破壊検査、Vol.42、No.10、pp.570-575、1993.
- 大野健太郎、下薗晋一郎、沢田陽佑、大津政康: AE 波初動部の自動読み取りの開発による SiGMA 解析の 改良、非破壊検査、Vol.57、No.11、pp.531-536、2008.