

東北大学工学部 学生員 ○柏原資和

同上 正員 佐武正雄

同上 正員 新聞茂

1. まえがき

AE (アコースティック・エミッション) は、物体が破壊するときなどに、物体内部に貯えられていた歪エネルギーの一部が解放され、弾性波動として伝播する現象で、非破壊検査の一方法としての応用が期待され、単なる応用は現在すでに行われている。しかしながら、AEパラメータの物理的意味に不明なものが多く、応用の発展を防いでいる。本文は、種々の荷重レベルにおけるコンクリートの微視的破壊機構とAEエネルギー分布の対応について、フラクトグラフィー的な観点から研究を行ったものである。

2. 実験方法

実験に使用した供試体は、 $\phi 10\text{cm} \times 20\text{cm}$ で、表-1に示す配合により作成した。スランプは 8cm であった。この供試体を6日間水中養生した後に1日間空中養生を行って、荷重速度 20kg/sec で一軸圧縮試験を行った。ここで、供試体を打ち込むときに、 $\phi 5\text{mm}$ のアクリル棒を用いて、図-1に示すようにあらかじめ方向の細孔を設けておき、載荷時にこの細孔から赤インクを流し込むようにした。また載荷方法は、供試体端面にシリコングリースを塗布し、載荷板と供試体の間にテフロンシートとゴムシートを敷くことにより、間接載荷とした。

表-1 配合表

w/c (%)	s/a (%)	单 位 量 (kg/m³)						平均粒径 (mm)
		W	C	S (山砂)		G (碎石)		
				~0.84	0.84~5	5~10	10~15	
55	50	205	373	411	411	466	466	5.4

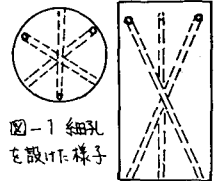


図-1 細孔を設けた様子

3. 実験結果

図2～5に最終的破壊(荷重レベル100%)に至った供試体から得られた、応力-ひずみ曲線、AE事象総数-荷重曲線、1事象あたりのAEエネルギー-計数-荷重の関係、及び荷重レベルの変化に伴うAEエネルギー分布の変化を示す。また、破壊に至る以前に除荷した供試体については、次の5つの荷重レベル、A(0～30%)、B(30～50%)、C(50～70%)、D(70～90%)、E(90～100%)に分けて、インクを乾燥させた後に割裂し、内部の微視的破壊状況を観察した。写真1～2に荷重レベル60%及び80%の供試体の破壊状況を示した(紙面の都合上、この2つにとどめた)。そして、このように各荷重レベルごとに供試体の破壊状況の観察を行った結果と、小阪と谷川が、本文とは異なる方法で微視的破壊機構を研究した結果とを総合的に検討し、表-2に示すようなコンクリートの内部クラックの発生状況と載荷応力比(破壊応力に対する載荷応力の比、以下、 $\% \sigma_u$ とする)の関係を得た。

4. AE特性と微視的破壊機構の対応

一般に、コンクリートに生じるクラックの発生機構は、骨材周辺に生じるボンドクラック、モルタル中に生じるモルタルクラック、近くにあるボンドクラックなどを接

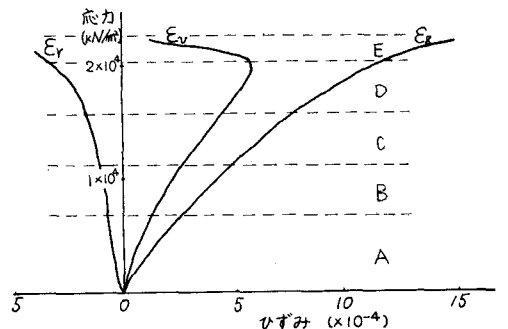


図-2 応力-ひずみ曲線

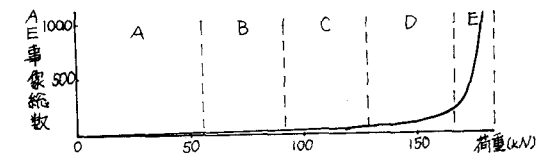


図-3 AE事象総数-荷重曲線

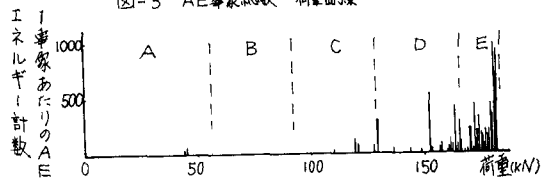


図-4 1事象あたりのAEエネルギー計数と荷重の関係

続するようにして生じるクラックの連結、及び骨材クラックに大別することができる。ここでは、このようなコンクリートの微視的破壊機構とAE特性、特にAEエネルギー分布との対応について考察を行う。図-2は、応力-ひずみ曲線であるが、これを見ると、 σ_{cu} が約90%のところで、ダイレタンシー現象がみられる。また、図-3、及び図-4を見ると、やはり σ_{cu} が90%付近で、AE事象総数は立ち上がりの傾向を示し、1事象あたりのAEエネルギー計数も大きいものが数多く発生している。これをコンクリートの微視的破壊機構と対応させてみると、上記の現象は、クラックの連結からさらに長大な連続クラックの発生に陥る段階に対応していると考えられる。

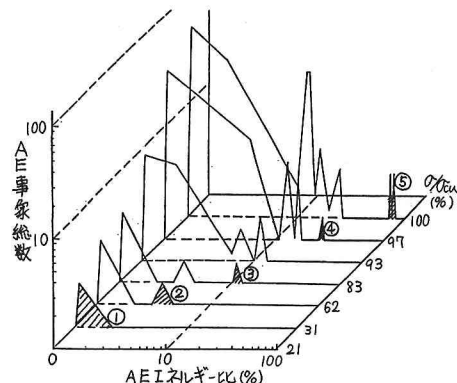


図-5 AEエネルギー分布

図-5は、荷重レベルの増加に伴うAEエネルギー分布の変化を示したものであるが、これを載荷応力比の低い方から順次考察すると、まず、 σ_{cu} が21%のところでは、AEの発生は全く見られず、 σ_{cu} が31%のところでは、エネルギー比のごく小さなAE事象(①のみ)が発生しているが、これはボンドクラックの発生に対応しているものと考えられる。 σ_{cu} が62%のところでは、先程よりも若干大きなエネルギー比をもつAE事象(②のみ)が発生し、これはモルタルクラックの発生に対応しているものと考えられる。以下同様に、 σ_{cu} の値が大きくなるにつれて、エネルギー比の大きいAEが新しく段階的に発生しているのがわかり、③のみは、モルタルクラックとボンドクラックの連結、④のみは、長大な連続クラックの発生、⑤のみは、骨材クラックの発生にそれぞれ対応していると考えられる。

表-2 破壊機構と載荷応力比の関係

荷重レベル σ_{cu} (%)	A 0 ~ 30	B 30 ~ 50	C 50 ~ 70	D 70 ~ 90	E 90 ~ 100
微視的 破壊機構	クラックほとんどなし	ボンドクラック発生	モルタルクラック発生	モルタルクラックとボンドクラックの連結	長大な連続クラック発生、一部骨材クラック

以上のように、ボンドクラックとモルタルクラックの発生、クラックの連結現象及び長大な連続クラック、骨材クラックの発生現象は、荷重レベルの増加に伴うAEエネルギー分布の変化と非常によく対応を示している。したがって、AEエネルギー分布の変化より、コンクリートの破壊レベルがある程度予測可能であるものと考えられる。

5. あとがき

コンクリートのAE特性と微視的破壊機構の対応について考察を行った。これより、コンクリートの微視的破壊機構とAE特性、特に、荷重レベルの増加に伴うAEエネルギー分布の変化は、非常によく対応しており、AEエネルギー分布特性から、コンクリートの破壊レベルを予測することも可能であると考えられる。なお、本研究について適切な御助言をいただいた本学教官石見政男氏、並びに、実験に御協力いただいた本学卒業生荒田正則氏に謝意を表します。

参考文献

- 1) 小阪敦夫、谷川恭雄：日本建築学会論文報告集 第231号 1975.5 PP. 1~11

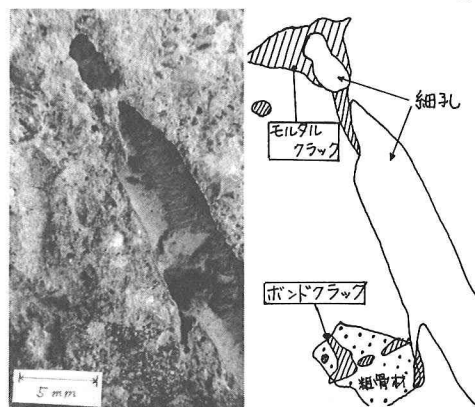


写真-1 供試体破壊状況 (σ_{cu} = 60%)

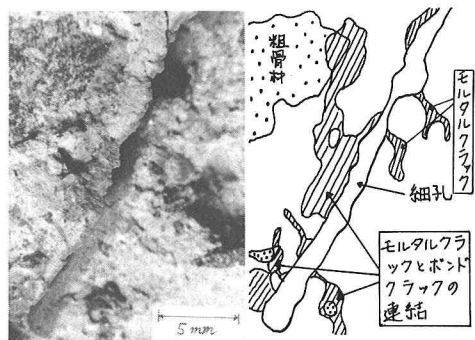


写真-2 供試体破壊状況 (σ_{cu} = 80%)

● インクのしみ
○ 骨材