

京都大学大学院 学生員 ○植野 良二
 京都大学工学部 正 員 丹羽 義次
 京都大学工学部 正 員 大津 政康

1. はじめに

AE現象は、材料や構造物の破壊過程に対応したあらゆる情報を含んでいる。この現象を分析し、諸特性を解明することにより材料試験や構造物の非破壊検査および健全度の推定などに応用することが期待される。最近、AE特性のパラメーターとして周波数が注目をあびるようになってきたが、本報告は、非破壊検査などに必要な基礎的研究の一環として、周波数分析によりAE波のスペクトルの破壊過程での変動、あわせて、Pageの非定常理論により個々のAE波のスペクトルの時間的変化を実験的に考察したものである。そのために、コンクリート、モルタルの一軸圧縮試験、割裂試験、および、はりの実験についても検討した。

2. 実験概要

一軸圧縮、割裂試験の供試体のコンクリートとモルタルの配合を以下に示す。

コンクリート 粗骨材の最大寸法 10 (mm), W/C 62.5 %, S/A 39 %

単位量 (kg/m³) 水: 199, セメント: 318, 砂: 720, じり: 1147

圧縮強度 332.3 kg/cm²

モルタル 水: セメント: 砂 = 0.6 : 1.0 : 2.0

圧縮強度 342.5 kg/cm²

実験装置は、変換子としては905Sを使用し、従来の装置を用いた。供試体の寸法は、一軸圧縮試験(φ10 cm x 20 cm)、割裂試験(φ15 cm x 15 cm)とし、実験方法は、一軸圧縮試験では1 t/40秒の速度で載荷し、1 tごとにAE波形を2個ずつ収録し、割裂試験では0.5 t/40秒の速度で載荷し、0.5 tごとにAE波形を2個ずつ収録した。AE波形は、1波形につき、サンプリング間隔1 μsecで1024個のデジタルデータとしてカセットテープに収録した。はりの実験としては、繰り返し載荷試験(RCばりの片振り試験、I種PCばりの片振り試験、Ⅲ種PCばりの両振り試験)とせん断試験を行なった。

3. 実験結果および考察

得られた結果より、破壊過程でのスペクトルの変動と個々のAE波のスペクトルの時間的変化を考察した。そのために、一軸圧縮試験においてAE発生挙動より、その破壊過程を4つの領域に分けた。割裂試験も、同様に分けた。そして、各領域において代表的だと思われる解析結果を1つずつ選り出して考察した。はりの実験結果については、荷重-変位曲線と対応させて考察した。

紙面の都合上、一軸圧縮試験のコンクリートの結果のみを載せる。図-1に応カーヒズミ曲線とAE発生挙動も載せる。AE Count Rateは10秒ごとの発生度数を表わす。領域は順に、(1)初期のAE頻度の多発終了時まで、(2)体積ひずみの比例限界まで、(3)体積ひずみのピークまで、(4)強度破壊時までとする。また、表-1に各AE波のピークをなす周波数をPeak、平均周波数をMeanとして表わす。ここで、Aを低周波領域の卓越したスペクトル、Bを低周波領域だけでなく、高周波成分も比較的多いスペクトルとした。A、Bの分類の際には、ピークをなす周波数と平均周波数を考慮した。すなわち、ピークをなす周波数が100 kHz以下のスペクトルで、平均周波数が100 kHz以下のものを低周波領域の卓越したものとし、100 kHzより大きいものを高周波成分の比較的多いものとした。また、ピークをなす周波数が100 kHzより大きいスペクトルは、平均周波数も100 kHzより大きいので高周波成分の多いものとした。なお、100 kHz前後で、ピークをなす周波数と平均周波数の差が小さいスペクトルは、他のスペクトルと見比べて分類した。次に、図-2に、表-1の(4)の解析結果を載せる。まず、

3次元的に表わした図がランニングスペクトルで、横軸に周波数、縦軸に強度、ななめの軸に時間をとった。ランニングスペクトルは、0～250, 0～500, 0～750, 0～1000 msecの4つの部分に分けて、それぞれ、250, 500, 750, 1000 msecの位置で表わした。次に右上の図が検出したAE波で、横軸に時間、縦軸に振幅をとった。右下の図がエネルギーの累積曲線で、横軸に時間、縦軸にその時刻までのトータルエネルギーをとった。

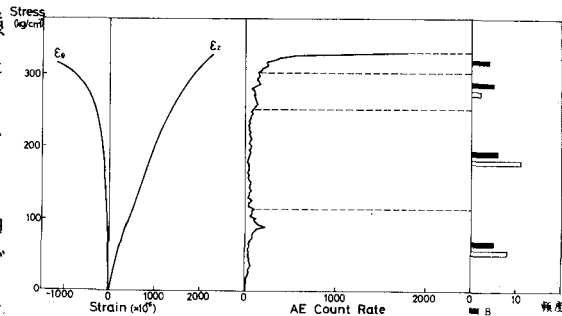


図-1 応カーヒずみ曲線とAE発生挙動

以上の結果より考察した。まず、図-1と表-1より、破壊過程でのスペクトルの変動をみると、破壊初期から中期にかけては、60 kHz～80 kHz付近にピークのある低周波領域の卓越したスペクトルが多いが、破壊後期では高周波成分の比較的多いスペクトルが多く現われている。コンクリートでは、(3)の領域までボンドクラックの発達の段階、(4)の領域でモルタルクラックが発達し、連結するとされているが、スペクトルの変動もこれに対応していると思われる。

次に、図-2のランニングスペクトルより、個々のAE波のスペクトルの時間的変化をみると、250 msecで低周波領域に初期のスペクトルが現われている。そして、500 msecでは低周波領域だけでなく、高周波成分も多いスペクトルとなる。750 msecでは、500 msecでのスペクトルと比べて尖鋭化するだけである。1000 msecでは、750 msecでのスペクトルとほとんど変わらない。他のAE波の場合、500 msecで低周波領域の卓越したスペクトルが現われると、以後は同様にスペクトルが尖鋭化するだけである。つまり、500 msecまででスペクトルの特徴が表

表-1

領域	A		Peak (kHz)	Mean (kHz)	Total Energy	領域	A		Peak (kHz)	Mean (kHz)	Total Energy
	Stress (N/cm ²)						Stress (N/cm ²)				
1	(1)	12.7	72	77	0.09	2		190.5	75	105	0.28
		25.4	68	75	0.12			203.2	60	112	0.18
		38.1	77	98	0.18		215.9	63	84	0.28	
		50.8	52	88	0.25		215.9	68	107	0.09	
		63.5	66	79	0.18		228.6	67	94	0.9	
		63.5	75	92	0.09		228.6	75	96	0.14	
		76.2	65	94	0.16		241.3	61	83	0.27	
		88.9	65	123	0.08	241.3	71	88	0.45		
		88.9	106	120	0.7	254.0	65	78	0.05		
		101.6	65	109	0.16	266.7	94	99	0.23		
	101.6	63	81	0.4	266.7	65	81	0.19			
	114.3	143	153	0.23	3		279.4	125	110	0.24	
	114.3	70	109	0.14		(3)	279.4	63	106	0.47	
						292.1	87	123	0.28		
						292.1	120	120	0.32		
2		127.0	90	108	0.14		304.8	65	100	0.23	
		139.7	69	91	0.09	4		317.5	151	137	0.28
		139.7	63	106	0.6			317.5	178	158	0.6
		152.4	70	92	0.39			330.2	78	123	0.12
		165.1	65	86	0.5		(4)	330.2	151	140	0.07
		165.1	82	93	0.48						
		177.8	87	107	0.1						
	190.5	63	87	0.18							

さらに、トータルエネルギーについて、図-2では300 msec～600 msecの間でエネルギーの変化は最も大きく、その後、弱まる傾向を示している。他のAE波動についても同じことと言える。これは、ランニングスペクトルでは250 msecと500 msecとでのスペクトルの強さが著しく違い、500 msec以後はほとんど変わらないことに対応していると考えられる。

なお、一軸圧縮試験のモルタル、割裂試験、はりの実験の結果、詳細については当日発表する。

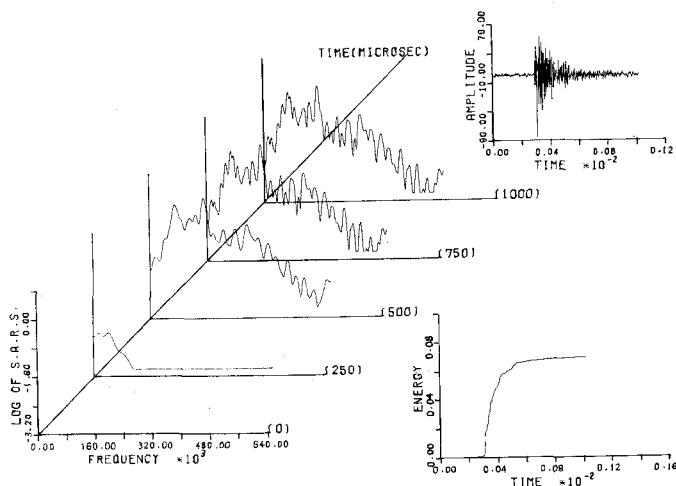


図-2 解析結果