

荷重下の鉄筋コンクリート梁からの *Acoustic Emission*

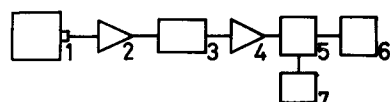
山口大学工学部 正会員 中川浩二 島根県 正会員 谷本 智
山口大学大学院 学生会員 入江純一 ○国 鉄 正会員 安田秀樹

1 はじめに

Acoustic Emission (以下A.Eと略) に関する研究は近年エレクトロニクス技術の進歩に伴って急速に進み、金属材料や、それから成る構造物のモニタリングあるいは非破壊試験においてはすでに実用の段階に入っている。ところが、コンクリート材料、鉄筋コンクリート構造においては、A.Eの発生は、古くから知られながら材料そのものの破壊機構の複雑さに加えコンクリートと鉄筋の複合作用等に基づく構造物としての破壊機構の複雑さの爲、ほとんど明らかにされていない。本研究は、鉄筋コンクリート構造物からのA.Eの発生特性を明らかにするための基礎的資料を得ることを目的としている。供試体としては、配筋状態の異なる鉄筋コンクリートはりを用い、それが一様増加荷重でせん断破壊、曲げ破壊を起すときのはりの破壊の機構とA.Eの発生特性とを比較した。

2. 実験装置、供試体

A.E計測装置は別に報告されたものとはほぼ同様であるのでここではそのブロックダイアグラムを図-1に示すにとどめる。載荷はてこ式の曲げ試験機を作製し梁の端に下げられた水槽に水を注ぎ込むことにより載荷した。載荷能力は最大アーム比20倍約10tonである。水の注入速度はできるだけ一定になるようにし載荷速度を一定に保つように努めた。また水槽及びてこ(Iビーム)の自重のため、アーム比によるが、水の注入開始時すでに0.5~1.5ton程度の荷重がはりに作用することになる。以下A.Eひん度図中にPaとあるのはこの水の注入開始時すでに作用している荷重のことである。供試体の形状及び代表的な配筋状態は図-2に示すとうりである。コンクリートの配合は表に示した。材料には、早強ポルランドセメント、海砂、碎石を用い打設後約36時間で脱型、約15℃の空气中に保存した後材令7日で試験を行なった。用いた鉄筋は、φ6(SR-24)、φ9(SR-24)、D10(SD-30)であり、スターラップにはφ6を用いている。又振動子(トランスデューサー)は、供試体中央側面の上部にスラットにより圧着している。



1. Transducer 2. Amplifier 3. H.P. Filter
5. Discriminator 6. Counter 7. Function Generator

図-1 ブロックダイアグラム

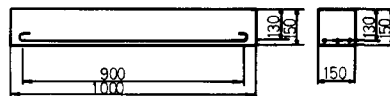


図-2 配筋状態

表 配合表

W/C %	s/a %	Kg/m ³				
		W	C	S	G 7mm ~19	
60	49	228	378	827	449	449

3. 実験結果と考察

9種類の配筋状態の鉄筋コンクリートはりについて実験を行なった。それぞれのバッチごとの標準供試体(各3本)の強度は、213~269kg/cm²であった。以下に典型的な破壊例とA.Eひん度との関係を述べる。

図-3, 図-4に曲げ破壊及びせん断破壊した梁のクラックパターンと観測されたA.Eひん度とを示している。いずれもせん断補強のない単鉄筋はりである。クラックパターン中に記された番号はA.Eひん度図中の番号に対応し、A.Eひん度図中の荷重で供試体表面に認められたクラックを示している。又同時に供試体圧縮線の歪(ε)及び支点と供試体中央の相対変位(δc)をX-Yレコーダーにより記録したものを示している。

図-3(鉄筋D10.2本、圧縮鉄筋、スターラップなし)では載荷開始後、A.Eひん度はいくつかの山は見られるが全体として梁の最終破壊に至るまで特に増加傾向はみられず、最終破壊直前に至って急激なA.Eひん度の増加

と、変形、歪の増加を示している。これに対し図-4(主鉄筋D10.3本、圧縮鉄筋、スターラップなし)では図-3に比しA.E.ひん度の傾向に大きな相違が見られる。すなわちこの梁では若干のばうつきはあるが最終破壊のかなり前より明確なA.E.ひん度の増加が見られる。しかし圧縮鉄の歪 ϵ_c については図-3、図-4で最終破壊直前に至るまで顕著な差は認められない。この図-3及び図-4の梁の破壊機構とA.E.ひん度との関係を推測すると次のような事が考えられる。すなわち図-3の梁では梁がひび割れ荷重に達した以後、少しづつ破壊の進行は見られるが(曲ゲクラックの発達)その進行は最終破壊に至るまで著しくなく、従ってA.E.ひん度の変化も大きくない。これに比し図-4の梁では荷重が4tonを過ぎるまでこのような比較的安定な状態が続くと思われる。しかし、このあたりからセン断スパンでの曲ゲクラックの発達により、梁のアーチ作用が顕著になり供試体内の力伝達の機構に変化が生じ、この機構変化に伴う供試体内の局部的な応力増加によりA.E.ひん度の増加が見られると考えられる。特に最終破壊の前の著しいA.E.ひん度の増加は供試体内の力伝達機構の急速な変化と、セン断クラックの発達など種々の要因により生じるものである。

この状態を検討するために次のような実験を行なった。すなわち図-5のように電気抵抗線ヒズミ計を3本梁のセン断スパンにはりつけ、それらの歪変化とA.E.ひん度との比較を行なった。用いた梁の配筋状態は主鉄筋φ9.4本、圧縮鉄筋、スターラップなしである。破壊の形式は図-6に見られるように明らかなセン断破壊を示している。A.E.ひん度と歪の対応では、ヒズミ計B及びCのヒズミ ϵ_B 、 ϵ_C の時間に対する勾配(荷重に対する勾配)は特によく対応しているといえよう。ところがこの段階での ϵ_B 、 ϵ_C の値はせいぜい 250×10^{-6} 程度であり、一軸圧縮載荷においてA.E.ひん度が顕著に大きくなり始める 800×10^{-6} 程度とくらべ十分に低い。このことから、歪の増加に対応したA.E.ひん度の増加は歪速度の増大の結果であると考えるのが妥当のように思われる。

又スターラップを有する梁の試験においてはA.E.ひん度がスターラップを有さない梁と比しかなり低く観測された。これはスターラップによる拘束の為、供試体内のクラックが大きく発達することなく、したがって、供試体内の力伝達の機構が大きく変化しにくいためであろうと考えられる。さらに異形鉄筋を用いた供試体の方が丸鋼を用いた供試体に比べて、A.E.ひん度に波が少なく安定したA.E.の発生特性を示しているが、これも大きな曲ゲクラックの発達の難易を考えれば納得できることと思われ。

参考資料: W. MARTIN 他 Acoustic Emission Behavior of concrete Laboratory Specimens

(A.C.I. Journal July 1976)

...etc

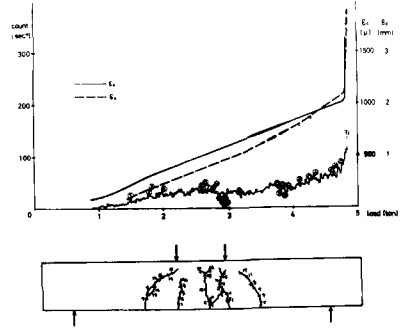


図-3 曲ゲ破壊例

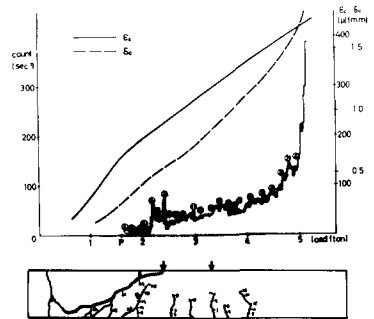


図-4 セン断破壊例

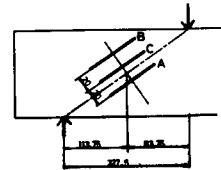


図-5 歪ゲージ位置

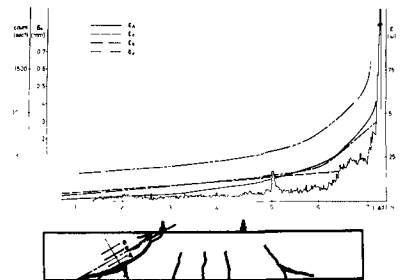


図-6 セン断部歪-A.E. count