

アコースティック・エミッション法による破壊特性の評価

京都大学 正会員○高谷 哲 正会員 山本 貴士 フェロー会員 宮川 豊章

1. 目的

コンクリートの場合、引張破壊を生じる場合の破壊エネルギーについては多くの研究が行われており、明らかになりつつあるが、せん断破壊など引張以外の破壊を生じる場合の破壊エネルギーについての研究は少なく、せん断破壊の破壊エネルギーは不明確な点が多い。そこで、引張破壊型とせん断破壊型の2種類の供試体について载荷試験を行い、せん断破壊の割合が破壊エネルギーに与える影響について検討した。

2. 実験概要

供試体は $100 \times 100 \times 400 \text{ mm}$ の角柱供試体とし、引張破壊型の供試体には図 1 (a) に示すように供試体中央に切欠きを設け、せん断破壊型の供試体には図 1 (b) に示すように供試体中央から 25 mm 離れた位置 2 か所に切欠きを設けた。切欠きは、引張破壊型試験とせん断破壊型試験で同じ面積のひび割れを生じる位置に設けた。引張破壊型では二等分点载荷試験を行い、せん断破壊型では長軸方向に圧縮試験を行った。各要因につき 3 体の供試体について試験を行った。载荷方向と予想されるひび割れ発生状況も図 1 に併せて示す。測定項目は、荷重、载荷方向の変位および AE とし、AE センサは図 1 に示す位置 4 か所に設置し、破壊時の AE の計測を行った。

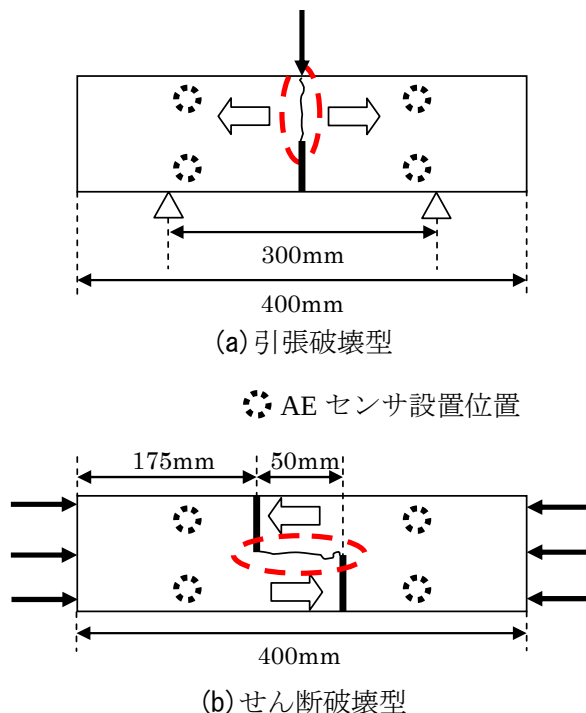


図 1 载荷方向と予想されるひび割れ状況

3. 実験結果および考察

3.1 破壊エネルギー

载荷試験の結果、概ね予想された箇所にひび割れが生じた。荷重-変位曲線の一例を図 2 に示す。引張破壊については、RILEM¹⁾により規定されている式を用いて、载荷試験の結果得られた荷重-変位曲線から破壊エネルギーを算出した。せん断破壊については規定されていないが、同様の方法により算出を行った。破壊エネルギー算出結果を表 1 に示す。引張破壊型の破壊エネルギーの平均値は 76.4 N/m 、せん断破壊型の破壊エネルギーの平均値は 239 N/m であった。本実験で使用したコンクリートの破壊エネルギーを CEB²⁾および土木学会³⁾により提案されている式を用いて推定したところ、それぞれ 69.9 N/m 、 71.1 N/m であった。これらの値は、引張により単位面積のひび割れを生じさせるのに必要なエネルギーを表している。本実験における引張破壊型の破壊エネルギーはこれらの推定値に近い値が得

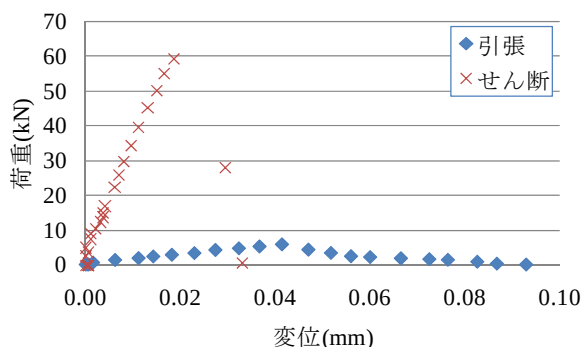


図 2 荷重-変位曲線の一例

表 1 各供試体の破壊エネルギー

	No.1	No.2	No.3	平均
引張	76.1	75.9	77.3	76.4
せん断	335	193	189	239
	N/m			

キーワード 引張破壊, せん断破壊, AE, 破壊エネルギー

連絡先 〒615-8540 京都市西京区京都大学桂 C1-454 TEL075-383-3173 FAX075-383-3177

られており、引張破壊型試験では概ね引張破壊を再現できたと考えられる。しかし、せん断破壊型ではばらつきが大きく、破壊モードを統一できなかった可能性がある。

3.2 ひび割れの種類

大津ら⁴⁾は、平均周波数(kHz)と RA 値(ms/V)を用いてひび割れの破壊モードを分類できると報告している。図3に引張破壊型試験とせん断破壊型試験で得られた AE の平均周波数と RA 値の関係の一例を示す。図を見ると、引張破壊型の AE は RA 値が小さく、平均周波数が大きい傾向にあり、一方せん断破壊型の AE は引張破壊型の AE と同じ傾向を示すものも見られるが、RA 値が大きく平均周波数が小さいものも多数見られる。 $k = \text{平均周波数} / \text{RA 値}$ とすると、引張破壊型試験の AE のほとんどは $k > 8$ であった。引張破壊型では概ね引張破壊となったと考えられることから、 $k = 8$ を引張破壊とせん断破壊の境界と定義し、 $k > 8$ ならば引張破壊、 $k < 8$ ならばせん断破壊と区分することとした。

3.3 せん断破壊の割合と破壊エネルギーの関係

せん断破壊に起因する AE エネルギーを全 AE エネルギーで除すことにより、せん断破壊の割合を算出した。得られたせん断破壊の割合と破壊エネルギーの関係を図4に示す。図を見ると、せん断破壊の割合が増加すると、破壊エネルギーは概ね線形に増加し、破壊エネルギーはせん断破壊の割合を用いて次式により表現できることが分かる。この近似直線の切片は、せん断破壊の割合(s/t)が 0%、つまり、純引張破壊の場合の G_F を表しており、切片の値として CEB の式により算出した破壊エネルギーの値を用いた。

$$G_F = 71.1 + 4.2s/t \quad (1)$$

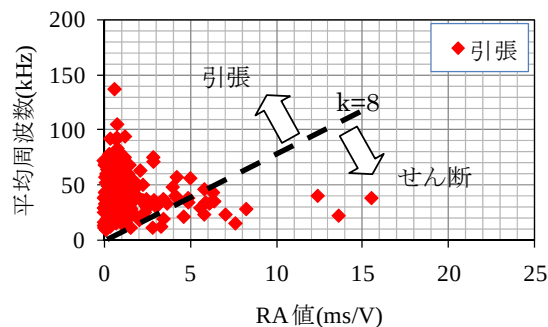
この式において、せん断破壊の割合を 100%とすると、破壊エネルギーは 491N/m となる。したがって、本実験で用いたコンクリートのせん断破壊エネルギーは約 500N/m と考えられる。

4. 結論

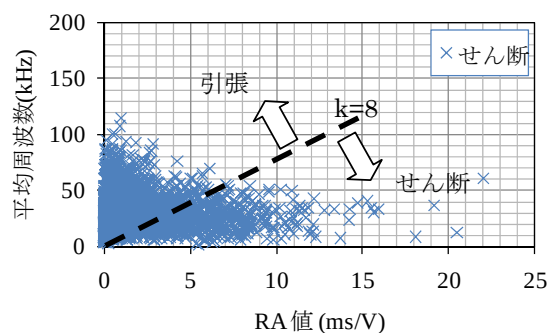
- 1) 平均周波数と RA 値の関係を用いてひび割れ発生モードの分類を行った結果、 $k = \text{平均周波数} / \text{RA 値}$ として、概ね $k = 8$ が引張破壊とせん断破壊の境界であると考えられる。
- 2) せん断破壊の割合と破壊エネルギーの関係を求めた結果、せん断破壊の割合が増加すると、破壊エネルギーは概ね線形に増加することが分かった。

5. 参考文献

- 1) RILEM Draft Recommendation (50-FMC) : Determination of the Fracture Energy of Mortar and Concrete by Means of Three-Point bend Tests on Notched Beams, Materials and Structures, Vol.18, No.106, pp.285-290, 1985
- 2) COMITE EURO-INTERNARIONAL DU BETON "CEB-FIP MODEL CODE 1990" Thomas Telford Services Ltd, 1993
- 3) 土木学会：2002 年版コンクリート標準示方書改訂資料，2002
- 4) Masayasu OHTSU, Yuichi TOMODA : Phenomenological Model of Corrosion Process in Reinforced Concrete Identified by Acoustic Emission, ACI Materials Journal, Vol.105, No.2, pp.194-199, 2008



(a) 引張破壊型



(b) せん断破壊型

図3 ひび割れの分類

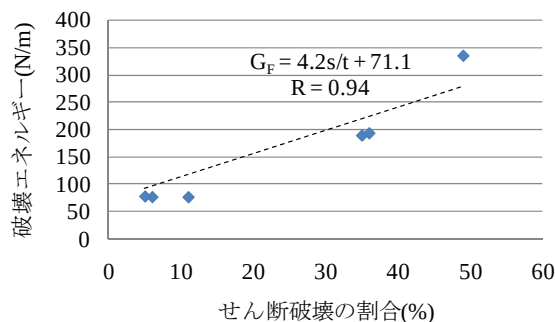


図4 せん断の割合と破壊エネルギー