

超高速ビデオカメラを用いた亀裂進展の画像解析

近畿大学 正員 沖中知雄

近畿大学 正員 江藤剛治

1. はじめに

土木分野において、岩やコンクリートの圧縮破壊、金属材料中での亀裂進展といった高速で進行する現象への対応の必要性が増している。中でも計算力学の分野においては、破壊問題、動的問題等が大きなテーマとなっている。これらの研究において、面的・動的に現象を記録する事のできるデジタル式ビデオカメラによる画像解析は、現象の解明と数値解析の検証に有効な手段であると思われる。

しかしながら、これらの研究においてデジタル式ビデオカメラを用いた画像解析の適用例は多いとは言いがたい。これは、対象としている現象が1~100 μ sといった短時間で進行し完了するため、毎秒数千枚オーダーという既存のデジタル式ビデオカメラの撮影速度では現象を記録するために十分ではない事が原因であると思われる。

そこで筆者等は、毎秒100万枚、連続100枚、上書き撮影可能なデジタル式ビデオカメラの開発に着手、平成13年度にその完成をみた。完成したビデオカメラは、約8万画素(256 \times 312)の解像度を持つ。このカメラの性能例として、毎秒100万枚の撮影速度を用いて秒速1km/sで進展する亀裂先端部を撮影した場合、亀裂進展が1mm毎に記録できることとなり、破壊現象の計測には十分な撮影速度と言う事

ができる。

本研究では、開発されたカメラを用いた画像解析のための基礎的研究として、錘落下試験による試験体中の亀裂進展を撮影、亀裂進展速度の計測を行った。尚、本研究では使用材料として石膏を採用しているが、これは試験体の作成と表面の形成が容易であるためである。

2. 試験概要

本研究では、40 \times 40 \times 160mmの角柱試験体を作成、5kgfの錘を75cmの高さから落下させる3点曲げ錘落下試験を行った。

試験体中の亀裂進展を、毎秒20万枚の撮影速度で撮影する。試験体位置に設置したスケールを別途に撮影、このスケールを試験結果の画像と重ね合わせる事により、亀裂長さを計測した。

材料の物性が亀裂進展速度に与える影響をみるため、普通石膏(Type-R)、ポリマー添加普通石膏(Type-P)、硬石膏(Type-H)の3種類の配合を使用した。各々の配合による石膏の物性を表-1に示す。特にType-Pでは、ポリマーの添加により引張伸びが大きく改善されている。

表-1：使用石膏の物性

	ヤング率 (GPa)	ポアソン比	密度 (g/cm ³)	圧縮強度 (MPa)	引張強度 (Mpa)	引張伸び (μ)
Type-R	8.83	0.27	0.33	12.33	1.74	92
Type-P	7.67	0.23	0.34	11.79	2.31	249
Type-H	10.38	0.26	0.36	17.43	1.45	127

キーワード：亀裂進展・画像解析・超高速ビデオカメラ

〒577-8502 東大阪市小若江 3-4-1 Tel:(06)6765-1830 Fax:(06)6721-2332

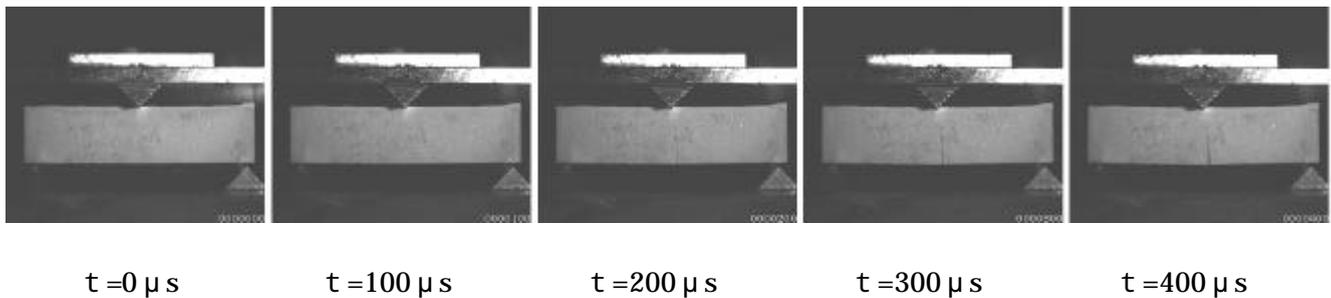


図-1 石膏試験体中の亀裂進展(Type-R)

3. 試験結果

3 種類の配合を用いた錘落下試験結果の中から、Type-R（ポリマー混入普通石膏）の試験結果を図-1 に示す。5 μs 毎に撮影された 100 枚の画像のうち、100 μs 毎に 5 枚の画像を抜き出している。試験体中央の下部から発生した亀裂が徐々に進展していく様子が観察される。実験では、図-1 に示された各々の画像の間に 20 枚が記録されており、亀裂の進展を詳細に検討する事が可能であった。

3 種類の配合について、亀裂長さと亀裂進展速度の関係を図-2 に示す。図-2 中で、グラフが亀裂長さ 0mm から始まっていないのは、目視できる長さの亀裂が試験体表面に現れてから、亀裂長さの計測を開始したためである。

各配合とも、亀裂長さ 20mm の近傍から進展速度が急速に低下しているが、これは試験体の破壊が全体に及んだためと思われる。進展速度の低下するまでの、比較的安定した部分での亀裂進展速度の平均値を V_c と定義し、これを

$$V_s = \sqrt{E/r}$$

で求められる、物体中の波動の伝播速度と比較した結果を表-2 に示す。Type-R と Type-H では、物性の違いに依らず V_s/V_c がほぼ一致しているのに対し、Type-P では大きく低下している。これはポリマーの添加により引張り靱性が向上したため、新たな亀裂

表-2 波動の伝播速度と亀裂進展速度の比較

	V_s (m/s)	V_c (m/s)	V_s/V_c
Type-R	2,970	442	6.72
Type-P	3,325	202	16.46
Type-H	3,306	416	7.95

面の生成に要するエネルギーが増大するとともに、亀裂の進展により解放されるエネルギーが減少したためと思われる。

4. 今後の課題

本研究では、超高速デジタル式ビデオカメラを用いて石膏試験片中での亀裂進展挙動の観察を行うことができた。

今後、より詳細かつ定量的な計測を行うためには、画像解析手法の確立が必要となる。画像解析の手法として、試験体表面にマーキングを施し、その変位を撮影画像から読み取る手法が多く用いられている。今回のカメラでこの手法を適用した場合、計測し得る変位は撮影領域の高さの 2500 分の 1 程度までが期待できると考えられる。この精度での、画像解析手法の確立が今後の課題であると言える。

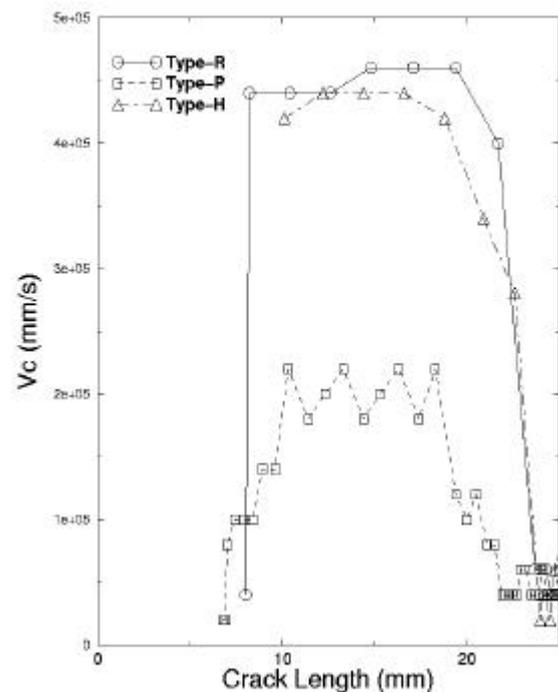


図-2 亀裂長さと亀裂進展速度