

曲げ荷重を受けるモルタル角柱の高速度載荷実験および解析

金沢大学大学院 学 川合 裕二

金沢大学工学部 正 榎谷 浩

金沢大学工学部 正 梶川 康男

1. はじめに

衝撃力を受けるRC構造物の挙動は非常に複雑であるが、このようになる誘因の一つにコンクリートの力学的特性がひずみ速度の影響を受けることが挙げられる。一般的にひずみ速度が増加するにつれてコンクリートの材料強度が増加することは知られている¹⁾。そこで本研究では基本的な応力試験として曲げ試験を載荷体の載荷速度を変化させて行い、ひずみ速度によるコンクリートの曲げ強度への影響を調べた。また、個別要素法による解析を行ない、本実験との比較を行うことにより本方法の定量的な面での検討を行った。

2. 実験概要

(1)実験供試体:供試体は図-1に示すように全長40cm、はり高10cm、はり幅10cmのモルタル角柱とした。このモルタル角柱には、曲げ荷重によってクラックがスパン中央に入るように深さ約2mmの切り欠きを設けている。モルタルの材料強度は圧縮強度423kgf/cm²、引張強度37kgf/cm²、弾性係数 2.21×10^5 kgf/cm²、ポアソン比は0.19であった。

(2)載荷方法:供試体はスパン長を30cmで両端を単純支持とし、スパン中央に一点集中荷重を作用させた。載荷速度は静的載荷および高速載荷(載荷体の速度、50mm/min, 200mm/min, 500mm/min)の4種類である。

(3)計測項目:実験では荷重、変位、ひずみを測定した。荷重は供試体のスパン中央上部にロードセルを設置し固定し、変位は、圧縮側の載荷点でストローク変位計で計測した。ひずみは、はりのスパン中央において圧縮側、中立軸、引張側にひずみゲージを貼り付けて計測した。

3. 実験結果および考察

実験での供試体の破壊状況は下端に設けた切り欠きからクラックが入りその後クラックはモルタルの強度が弱い部分を通りながら角柱の上部へと進展していった。載荷体の速度の違いによる明確な差は見られなかった。実験でのひずみの時間的な変化より求められたひ

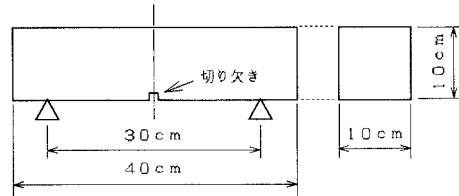


図-1 実験供試体

表-1 ひずみ速度、最大荷重及び曲げ強度

	ひずみ速度 (1/sec)	最大荷重 (kgf)	曲げ強度 (kgf/cm ²)
静的	4.91×10^{-6}	890	40.1
	2.55×10^{-6}	980	44.1
高速載荷 (50mm/min)	1.77×10^{-4}	1130	50.9
	1.70×10^{-4}	1020	45.9
高速載荷 (200mm/min)	2.53×10^{-3}	1070	48.2
	2.92×10^{-3}	1120	50.4
高速載荷 (500mm/min)	2.27×10^{-2}	1380	62.1
	1.41×10^{-2}	1130	50.9
	4.29×10^{-2}	960	43.2
	3.16×10^{-2}	980	44.1

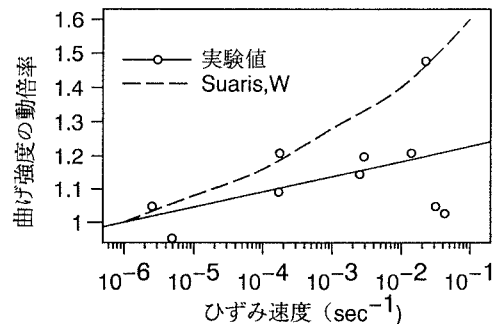


図-2 ひずみ速度と曲げ強度の動倍率

ずみ速度、および最大荷重と曲げ強度を表-1に示す。載荷体の速度の違いによってひずみ速度が変化することが確認された。

ひずみ速度と曲げ荷重の動的倍率を図-2に示した。なお、ひずみ速度は対数で表示し、SuarisとShahの実験結果²⁾を同時に載せてある。実験よりひずみ速度の増加に伴って曲げ強度が増加する傾向が得られた。

4. 解析の概要

個別要素法は要素を剛体とみなし、要素間の法線方向、接線方向にそれぞれバネとダッシュポットを挿入し、このバネ定数を変化させることで材料特性を表現している。バネ定数は

$$K_n = E d$$

$$K_s = K_n / 2 (1 + \nu)$$

と仮定した。 K_n は法線方向、 K_s は接線方向のバネ定数である。ここで d ははり幅、 ν はポアソン比である。各要素の変位は個々の要素の運動方程式を差分法により逐次計算して求めている。破壊基準にはモール・クーロンのモデルを用いており、圧縮、引張破壊後は軟化するものとした。ひずみ速度効果による材料特性への影響を考慮していない。

解析は載荷体の速度 500mm/min、最大荷重が980kgfのものを対象とした。解析モデルは供試体を半径0.25cmの要素を格子状に1701個（21段×81列）に要素分割した。解析は図-3に示すように実験から得られた荷重を三角形の荷重にモデル化し、はり中央上端の3個の要素に荷重の1/3の値を載荷させた。解析で用いた材料諸定数を表-2に示す。

5. 解析結果および考察

変位の時間的応答図を図-4に示す。解析では載荷後約9msec後に破壊することになりこれは実験と調和的となった。破壊時の変位は解析値が大きくなった。これは仮定したバネ定数が小さいためと思われる。

6. あとがき

今回の実験からひずみ速度が増加するとモルタルの曲げ強度が増加することが実験より得られた。また個別要素法による解析は実験と調和的な結果が得られたが定量的な解析については曲げ強度の増加やバネ定数の決定法についてさらに検討する必要がある。

<謝辞>実験の遂行にあたり岡田卓馬氏（金沢大学大学院）に協力頂いた。ここに深く感謝します。

<参考文献>

- 1) 井元勝慶, 原子力施設鉄筋コンクリート構造物の非線形挙動と衝撃挙動に関する研究, pp72-75, 1994
- 2) Suaris, W., Shah, S. P., " Constitutive model for dynamic loading of concrete ", J. of Structural engineering, ASCE, 111 (3), pp563-76, 1985

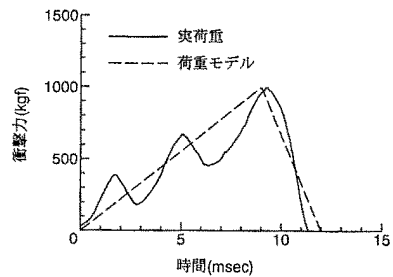


図-3 荷重のモデル化

表-2 解析に用いた材料諸定数

要素半径 r	0.25cm
要素質量 m_i	$5.57 \times 10^{-6} \text{ kgf} \cdot \text{s}^2/\text{cm}$
圧縮強度 σ_c	423 kgf/cm ²
引張強度 σ_t	37 kgf/cm ²
弾性係数 E	$2.21 \times 10^6 \text{ kgf/cm}^2$
ポアソン比 ν	0.19
粘着力 C	81.0 kgf/cm ²
内部摩擦角 ϕ	37°
減衰係数 h	0
時間増分 Δt	$1.76 \times 10^{-7} \text{ sec}$

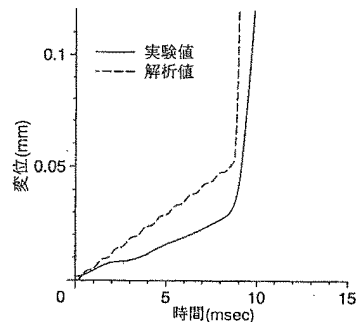


図-4 変位-時間曲線