

# RC 部材の 1 質点系振動実験によるひずみ速度効果による減衰の評価

— 試験装置の試作 —

正会員  
同

○島崎 和司\*1  
五十嵐 泉\*2

RC 部材            ひずみ速度   減衰  
振動台実験        ファイバーモデル

## 1. はじめに

建築構造物の減衰性能は、耐震性能の評価のため重要であるが、不明な点が多く、工学的判断により値が決められていた。RC 部材においては、鉄筋が降伏するまでに非線形を示し、エネルギー吸収を行うが、この評価はあいまいのままにされている。また、地震時には、材料のひずみ速度による影響があるが、静的加力下で得られた静的復元力特性と同一とみなして減衰値等を適宜変化させ、地震時における建築物の動的挙動を推定している。

著者等<sup>1)</sup>は、RC 壁構造の振動台実験結果のシミュレートとして図1に示した様な3要素 MAXWELL モデルを用いた解析を行い、材料のひずみ速度効果を考慮した解析が可能なことを示した。この3要素 MAXWELL モデルは、要素自体に減衰が含まれることになり、降伏以前の振幅においては、減衰を大きく評価し応答変位を過小評価していた。ひずみ速度の効果を考慮した研究<sup>2)</sup>では、鉄筋の剛性にはひずみ速度効果はなく、降伏強度のみが増大するモデルを用いており、鋼材の3要素 MAXWELL モデルによるモデル化は適切ではないと考えられる。

そこで本研究では、コンクリートを3要素 MAXWELL モデルで、鉄筋をひずみ速度で降伏強度が増大する図2に示したような応力-ひずみ関係を用いた断面解析により、ひずみ速度効果と減衰性能が評価することを目的として、解析モデルと検証用の1軸振動モデルを制作したので、その概要を報告する。

## 2. 実験装置概要

加振装置全体を図 3 に示す。振動台は固定台とリニアウェイでつなぎ、振動台に取り付けたアクチュエータを変位制御することで加振する。試験体部分は、ト型の試験体で柱を剛性の高い鋼製、梁を RC とし、柱脚部をピン支持、梁端部をクレビス支柱を用いたローラー支持とすることで 1 質点系の RC モデルとした。柱頭部に設置した重量 10kN のウエイトの慣性力によって柱-梁接合部に曲げモーメントが生じる。柱脚のピン支持点、図 3(b)に示すように、その下部にリニアウェイを取り付け、固定点との間にロードセルを設置して水平反力を計測できるようにした。また、梁端部のクレビス支柱にもロードセルを設置し、クレビス支柱に作用する軸力を計測できるようにした。1 質点系の基本的な運動方程式を

$$m\ddot{x} + c\dot{x} + F = -m\ddot{x}_g \dots\dots\dots (1)$$

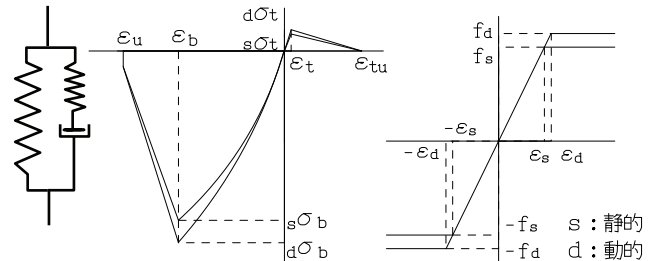


図 1 3 要素 MAXWELL モデル      a) コンクリート      b) 鉄筋  
図 2 材料応力-ひずみ関係      s: 静的      d: 動的

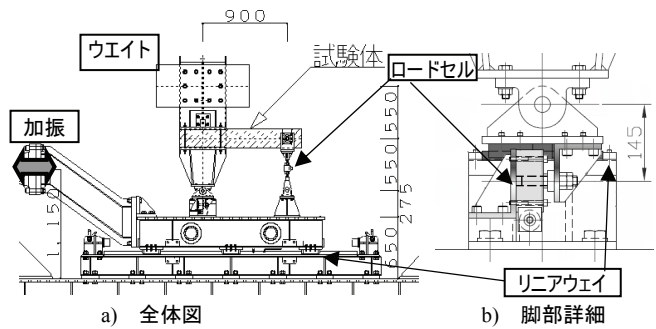


図 3 1 軸振動台概要

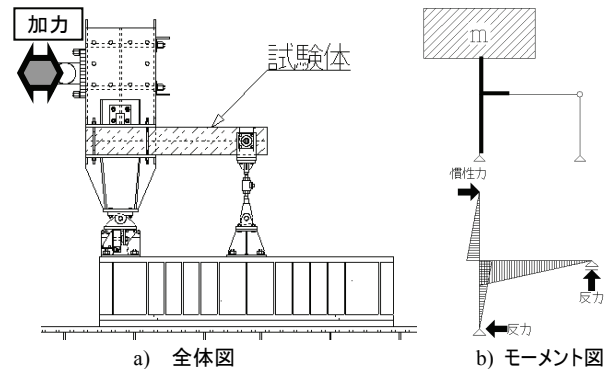


図 4 静的加力試験概要

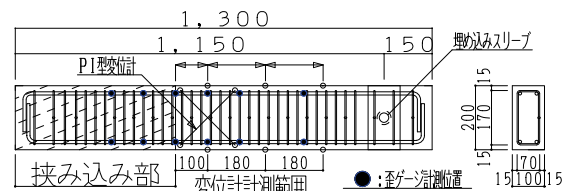


図 5 梁部試験体概要

表 1 使用材料特性

コンクリート	鋼材	D10	D4
圧縮強度 N/mm <sup>2</sup>	降伏強度 N/mm <sup>2</sup>	387	328
ヤング係数 10 <sup>3</sup> N/mm <sup>2</sup>	引張強度 N/mm <sup>2</sup>	594	498

とすると、反力  $F$  と慣性力  $m(\ddot{x} + \ddot{x}_g)$  の差が減衰力となる。これが成り立つためには、静的加力時に力学的釣り合

いの検証が必要であり、図 4 に示す装置により静的繰返し加力実験を行った。RC 梁部を図 5 に示す。断面は 100×200mm、全長 1300mm で、右端から 150mm の位置にクレビス支柱に接続するための埋め込みスリーブ（内径 30 mm）を有する。配筋は、主筋が上下 2-D10、せん断補強筋が D4@50 である。表 1 に使用材料特性を示した。

図 6 にアクチュエータ荷重と脚部水平反力ー梁回転角関係を示す。(a)の生データでは両者に相違があるが、(b)の梁反力による補正を行うと両者は一致する。図 7 は、柱せん断力による節点モーメントと梁反力によるモーメントを比較して示す。(a)は反力そのままのデータにアーム長を乗じて求めたモーメントであるが、モーメント 0 付近で両者に大きな差がある。これは、梁自重による梁反力の影響と思われる。これを考慮して補正したのが(b)である。モーメント 0 の部分は改善されたが、最大値付近で差が見られる。これは、モーメント 0 付近では梁の損傷による剛性低下により、梁自重が反力となって現れるが、最大値あたりでは梁の剛性が回復し、初期値がずれることの影響により差が生じたものと考えられる。

動的実験時には、梁自重による慣性力が作用すること、水平力によるモーメントと梁反力によるモーメントを比較する場合には、剛域部分の取り扱いによる変形モード、梁自重の影響を適切に評価する必要がある。

### 3. 動的実験結果

入力波は模擬地震動とし、入力保証は行っていない。レベル 2 相当の地震動を元に変位波形を作成し、0.05 倍、0.1 倍、0.3 倍を入力し、RC 試験体の履歴応答を測定した。これに加えて、0.3 倍時の時間軸を縮小することにより作用する慣性力を大きくし、梁が終局を迎えるまで加振した。図 7 に試験結果の一例として鉄筋が降伏する寸前の加振である 0.3 倍振幅、時間軸 1/2 の梁危険断面の鉄筋歪みから算出した曲率ーモーメント関係を図 7 に示す。(a)は、柱脚と梁端に取り付けたロードセルから算定したモーメントであり、静的実験の結果による補正を考慮している。両者の対応はよく、履歴減衰はほとんど無い。(b)の慣性力によるモーメントは(a)とは異なり大きな履歴を描いている。歪みのデータを 0.01 秒遅らせて、曲率ーモーメント関係を示すと図 9 の様になり、柱脚に取り付けたロードセルから算定したモーメントとの対応がよい。計測は同一のユニットで行っているが、歪みデータにローパスフィルターをかけており、このローパスフィルター IC の位相遅れの影響で時間差が生じた。この IC フィルターは、カットオフ周波数を 30Hz としたときに、今回の代表的な振動数 6Hz 付近で 25° の位相遅れがあり、これが 0.01 秒になる。計測時において、フィルターの設定の影響が無視できない。

図 10 は、危険断面位置 100mm 区間の変位計から求めた区間平均曲率とモーメントの関係である。平均曲率で

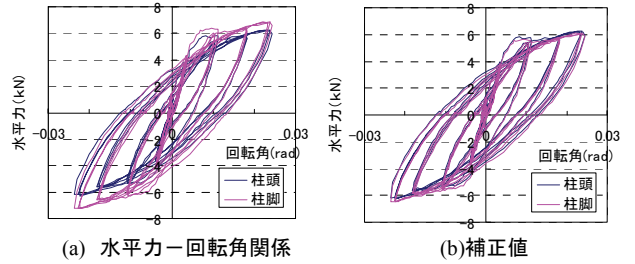


図 6 静的試験結果概要

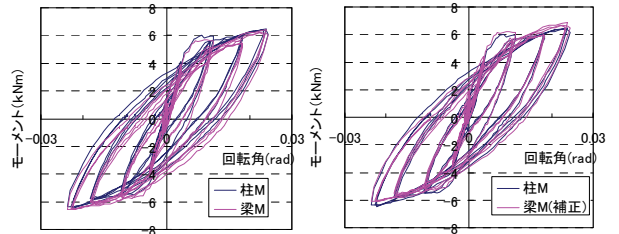


図 7 静的試験結果のモーメントー回転角関係の検討

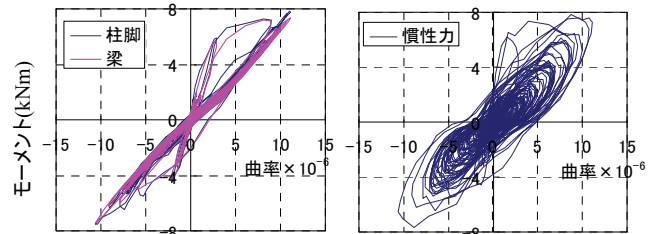


図 8 動的試験結果のモーメントー曲率関係

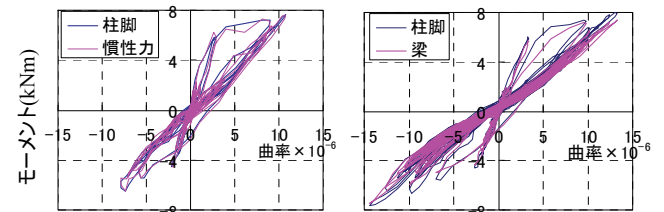


図 9 慣性力によるモーメントー曲率関係の補正

あるが、鉄筋歪みデータによる曲率より大きく、また履歴が原点指向に近い。これは、柱部分からの鉄筋の拔出しやせん断変形の影響を受けているものと思われる。

### 4. まとめ

試作した振動試験装置の特性を検討し、歪み速度効果の検証用データについての検討を行った。実験はせん断補強筋量を変えて行っており、今後は、振動台実験の曲率データの時刻歴による解析を行い、歪み速度効果と減衰について検討していく予定である。本研究は、神奈川大学建築学科重点配分予算の補助を受けました。

#### <参考文献>

- 1) Kazushi Shimazaki, Akira Wada : Dynamic Analysis of a Reinforced Concrete Shear Wall with Strain Rate Effect ACI Structural Journal, V.95, No.5, 1998.9-10
- 2) 細矢博他：ひずみ速度の影響を考慮したファイバーモデルによる鉄筋コンクリート部材の断面解析、AIJ 構造系論文集 第 482 号、83-92、1996 年 4 月

\*1 神奈川大学 工学部 建築学科 教授 博士 (工学)  
\*2 神奈川大学 工学部 建築学科 主任技術員

Professor, Kanagawa University, Dr. Eng.  
Chief Technician, Kanagawa University