

伝統的木造住宅の垂れ壁付き構面振動台実験
その2 柱脚の移動量とその予測方法

正会員 河合直人*1 同 和田幸子*2 同 中川貴文*3
同 五十田博*4 同 岡部実*5 同 箕輪親宏*6

摩擦係数 時刻歴応答計算 等価線形化法

1. はじめに

前報に引き続き、柱脚固定なしの場合の柱脚の移動量に関する実験結果と、簡易なモデルを用いた柱脚移動量の予測方法について述べる。

2. 実験結果

図1に柱脚固定なし(床有り)の試験体の、JMA 神戸 NS 25%を除く各地震波入力に対する実験結果として、振動台上の加速度及び柱脚移動量の時刻歴波形及び柱脚のせん断力 - 移動量関係を示す。柱脚の移動量は XIY1 柱(前報図1参照)の柱脚変位、荷重はロードセルによるせん断力測定値の和を用いており、1 構面当たりのせん断力 - 移動量の関係である。

図1の柱脚のせん断力 - 移動量関係から静止摩擦係数を越えたところで柱脚移動が始まり、移動中は動摩擦係数に移行する様子が見取れる。ばらつきはあるが、摩擦力は、静止から移動に移る時で 9~15kN 程度、移動時には正側 6~9kN 程度、負側 4~6kN 程度である。1 構面当たりの上部構造(天井、床、直交壁の半分を含み、柱脚まで)と錘の重量は 19.03kN である。これから、平均的な摩擦力を静止時 10kN、移動時正側 7.5kN、負側 5.5kN 程度として摩擦係数を算出すると、静止摩擦係数約 0.53、動摩擦係数正側約 0.39、同、負側約 0.29 と算出される。

なお、上部構造は JMA 神戸 NS 100%R の加振でも土壁周囲等のわずかな損傷のみで、ほぼ弾性応答であった。

3. 時刻歴応答計算

3-1. 計算方法

柱脚移動と上部構造をそれぞれせん断ばねで表した 2 質点系のモデル化を行い、振動台上の加速度記録を入力として線形加速度法による時刻歴応答計算を行った。図2にモデルを表1にモデルのパラメータを示す。

質量は 1 構面当たりで積算により求めた。上部構造は柱の曲げ変形による弾性応答と仮定し、加工前に測定した柱材のヤング係数の平均値 8.55×10^3 (kN/mm²) から剛性を算出した。柱脚滑りの復元力特性はバイリニアと仮定し、初期剛性は便宜上上部構造の 100 倍、2 次勾配はゼロとして、正側で摩擦係数 0.4、負側で摩擦係数 0.3 に対応するせん断力で降伏するものとしている。粘性減衰は、上部構造にのみ初期剛性比例で 2%として与えている。

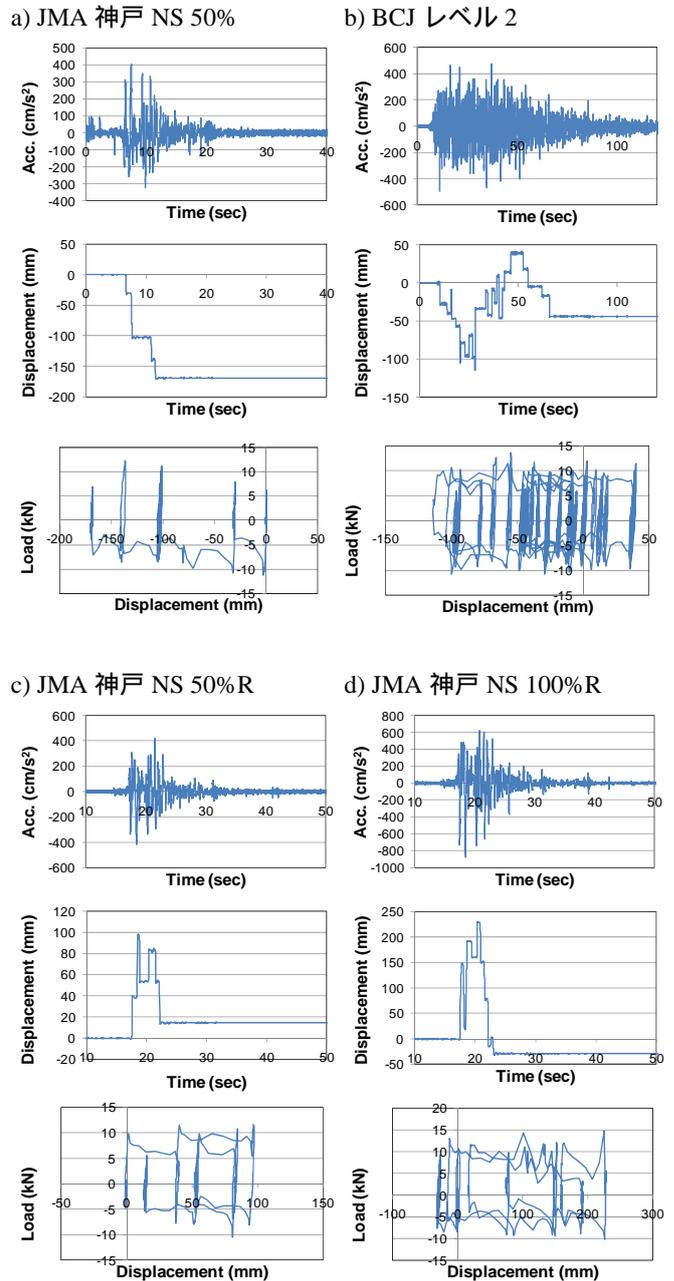


図1 柱脚固定なし(床有り)の実験結果
上から入力加速度、柱脚移動量、柱脚荷重変形

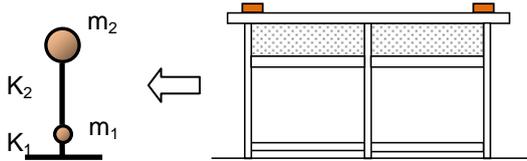


図2 2質点系振動モデル

3-2. 計算結果

図3に時刻歴応答計算結果の柱脚移動量の時刻歴を、表2に柱脚移動量の最大値を、実験結果と比較して示す。

3-3. 実験と計算の比較

BCJレベル2では計算結果と実験結果が相当異なるが、他は比較的良好的な適合を示している。ただし、JMA神戸NS 50%では、計算値が実験値に比べて負方向に3割程度大きく、また、JMA神戸NS 50%R及び100%Rでは、正側の最大移動量付近まではよく適合するが、その後の負方向への移動量が過小評価となっている。

実験と計算との差が生じる原因としては、計算では静止摩擦係数を考慮していないこと、実験の動摩擦係数が一定ではないこと、柱脚移動に復元力がないため、継続時間が長いと差が蓄積され易いこと、などが考えられる。

4. 等価線形化法の適用

4-1. 計算方法

時刻歴応答計算でのモデルを用い、JMA神戸NS 50%R及び100%Rの2加振について、等価線形化法による最大応答予測を行った。

増分解での外力分布は、簡単のため質量に比例するものとし、柱脚移動が生じたら頭打ちになるものとしている。また、上部構造の粘性減衰は2%とし、柱脚部はバイリニアの正負で非対象であるため、原点を通る線形応答を仮定して履歴減衰から等価粘性減衰を算出した。等価1自由度系の減衰は、これらを等価線形化法の位置エネルギーで重み付け平均した値の80%を用いた。

4-2. 計算結果

図4に等価線形化法のSa-Sd曲線を、表3に柱脚移動量及び上部層間変位の計算値を実験における最大応答と比較して示す。柱脚移動量の計算値は、実験値の約50%であり、上部層間変位も実験値に比べて小さい。柱脚移動の履歴をバイリニアとしたことにより、減衰が過大に評価されている可能性がある。

5. まとめ

柱脚固定がない場合の実験結果について述べるとともに、時刻歴応答計算及び等価線形化法による応答予測の可能性を検討した。

表1 振動モデルのパラメータ

パラメータ	m ₁	m ₂	K ₁			K ₂
			初期剛性	正側降伏耐力	負側降伏耐力	弾性剛性
単位	kg	kg	kN/cm	kN	kN	kN/cm
数値	200	1,741	277.5	7.612	5.709	2.775

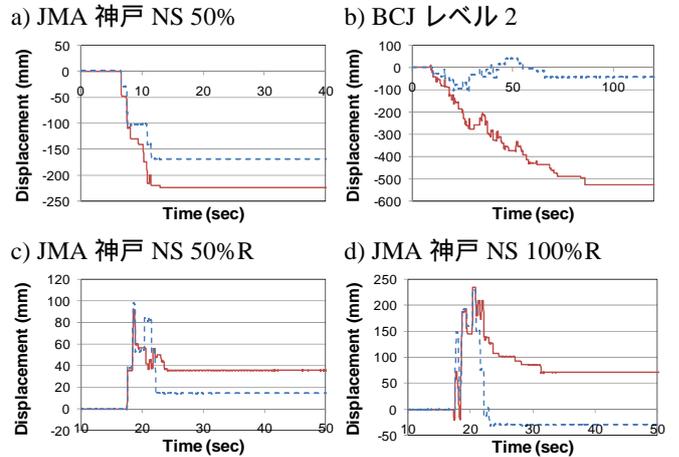


図3 時刻歴応答計算による移動量の時刻歴 (実線：計算結果 破線：実験結果)

表2 柱脚移動量の時刻歴応答計算による計算結果と実験値との比較 (mm)

入力波	JMA神戸NS 50%		BCJレベル2		JMA神戸NS 50%R		JMA神戸NS 100%R	
	正	負	正	負	正	負	正	負
計算値	0	223	10	527	92	0	234	19
実験値	1	170	40	114	97	1	228	32

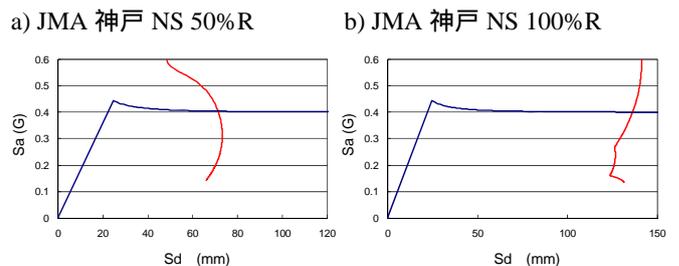


図4 等価線形化法による応答予測

表3 等価線形化法による柱脚移動量及び上部層間変位の計算結果と実験値との比較 (mm)

入力波	JMA神戸NS 50%R		JMA神戸NS 100%R	
	柱脚移動量	上部層間変位	柱脚移動量	上部層間変位
計算値	49	25	114	25
実験値	97	44	227	57

*1 建築研究所 構造研究グループ 上席研究員・工博

*2 信州大学大学院 修士課程

*3 建築研究所 材料研究グループ 研究員・博士(農学)

*4 信州大学工学部 准教授・博士(工学)

*5 ベターリビング つくば建築試験センター 主席試験研究員 農修

*6 防災科学技術研究所 研究参事

Chief Research Engineer, Dept. of Structural Engineering, BRI, Dr. Eng.

Graduate Student, Graduate School of Engineering, Shinshu Univ.

Research Engineer, Dept. of Building Materials and Components, BRI, Dr. Agr.

Associate Professor, Faculty of Engineering, Shinshu Univ., Dr. Eng.

Center for Better Living Tsukuba Building Research and Testing Lab., Ms. Agr.

Scientific Research Adviser, NIED, Dr. Eng.