

## 地盤の非線形性を考慮した基礎の回転変位の評価方法に関する研究

独立行政法人土木研究所 正員 田村敬一  
 " " 岡村未対  
 " " 小林 寛

## 1. はじめに

今後の長大橋梁は軟岩上に建設される場合も想定されるが、長大橋梁の耐震設計合理化の課題の1つとして基礎の安定性照査の問題がある。特に、長大橋梁の基礎については、小さな変位量であっても上部構造に大きな影響を及ぼすことが考えられる。このような観点から、本稿では、別途実施した人工軟岩上の直接基礎の動的遠心模型実験結果をもとに、地盤の非線形性を考慮した基礎の回転角の評価方法について検討した結果を報告する。

## 2. 動的遠心模型実験

解析対象とした遠心模型を図-1に示す<sup>1)</sup>。模型地盤は幅80cm、奥行き20cmの実験容器内に20cmの層厚となるように作成し、養生後に幅10cm、奥行き19cmの模型基礎を設置し、遠心加速度50G場にて容器を水平方向に加振した。基礎底面には鉛直及びせん断方向の荷重が測定できる2方向土圧計を5個取り付け、接地圧を測定した。本研究で対象とした実験ケースの条件を表-1に示す。実験では地盤条件を一定とし、基礎の重量を変えた2種類の模型に対し、それぞれ2回ずつ加振した。1回目の加振（ステップ1）では17.5G、50Hz（実物換算で350gal、1Hz）の正弦波を18波入力し、2回目の加振（ステップ2）では加振加速度を30G（同600gal）とした。

## 3. 基礎の回転角の評価方法

本研究では、次の4種類の方法により基礎の回転角を評価した。

## 1) 等価線形解析

図-2に示すモデルを用いて、二次元等価線形化手法（FLUSH）により基礎の回転角を求める。このとき、地盤剛性は加振による損傷を受けていない剛性とする。

## 2) 軟化剛性を用いた動的線形解析

図-2に示すモデルを用い、動的解析を行って基礎の回転角を求める。ここで用いる地盤の剛性は、地震応答解析とひずみ軟化理論により算定した加振後の軟化剛性とする<sup>2)</sup>。

## 3) 軟化剛性を用いた静的解析

図-2に示すモデルで、地盤剛性を加振後の軟化剛性とし、実験で測定された基礎の水平最大加速度に相当する慣性力を基礎に静的に作用させ、基礎の回転角を求める。

## 4) ジョイント要素を用いた動的解析

動的遠心模型実験では基礎底面で滑動や地盤との剥離が生じた場合が確認されているため、地盤剛性を低下させた上で、基礎底面にジョイント要素を設けた動的解析を実施した。ここで、ジョイント要素としては、次の3種類を考慮するものとした。a) ジョイント要素1：地盤の非排水強度をせん断強度とするせん断ジョイント要素。

表-1 動的遠心模型実験の条件

実験ケース	基礎の質量[kg]	基礎底面からの重心高さ[cm]	静的支持力安全率
3	17.9	6.3	1.9
4	6.4	5.3	5.5

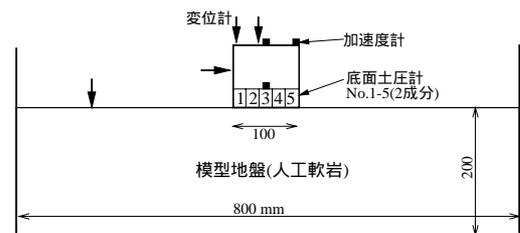


図-1 遠心模型

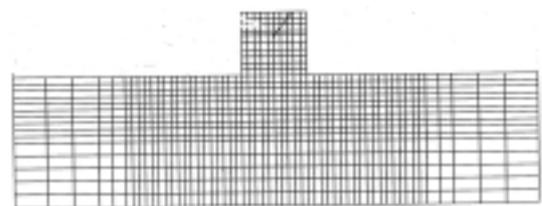


図-2 計算モデル

キーワード：長大橋梁、基礎、軟岩、非線形性、耐震設計

連絡先：〒305-8516 茨城県つくば市南原1-6 電話：0298-79-6770 FAX：0298-79-6735

b) ジョイント要素2：ジョイント要素の鉛直力Nに比例するせん断強度を有するせん断ジョイント要素。ただし、摩擦係数は  $\tan \phi = 0.4$  とする。c) ジョイント要素3：ジョイント要素2に加えて、引張り強度を0とするせん断及び直方向の両方向に機能するジョイント要素。

#### 4. 解析結果

図-3は、前述の1)～3)による解析から得られた基礎の最大回転角を実験結果と比較したものである。実験ケース3及び4のいずれについても、等価線形解析から得られた回転角は、加速度レベルによらず実験結果と比較して過小であることがわかる。また、ケース4では軟化剛性を用いた動的線形解析及び静的解析結果が実験結果と比較的よい対応を示している。しかし、ケース4のステップ2(600gal)に対する動的線形解析結果は、実験結果と比較して過大な回転角を与えている。この原因としては、実験で確認された基礎の滑動や浮上がり解析では考慮されていないことが考えられる。

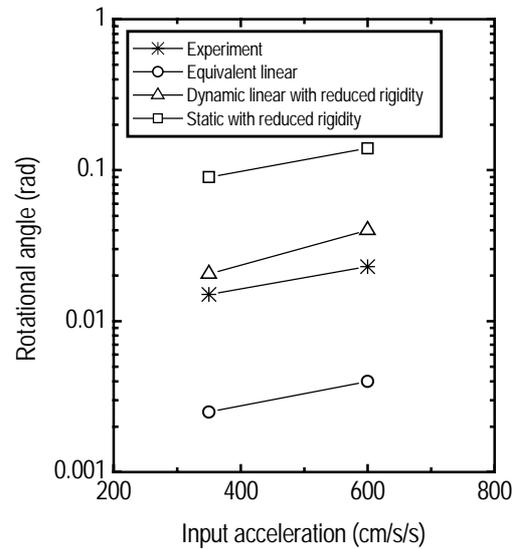
図-4は、実験ケース4について、ジョイント要素を用いた動的解析と実験結果を比較したものである。図中、白抜きの記号はそれぞれ加振ステップ1及び2終了時の軟化剛性を用いた結果であり、塗りつぶしの記号は加振ステップ1終了時の軟化剛性を用いて、ステップ2の回転角を推定した結果である。図-3(b)に示した軟化剛性を用いた動的解析の結果と比較して、ジョイント要素3を用いた動的解析は、実験結果に近い回転角を与えている。ただし、特に、ステップ2については解析結果は実験結果よりも過大となっており、この理由として、解析上、地盤の軟化剛性を過小に評価していることが考えられる。そこで、地盤の損傷が比較的小さいステップ1終了時の軟化剛性を用いた解析を行った結果、解析による回転角は実験値よりも大きいものの、一定の改善が認められた。

#### 5. まとめ

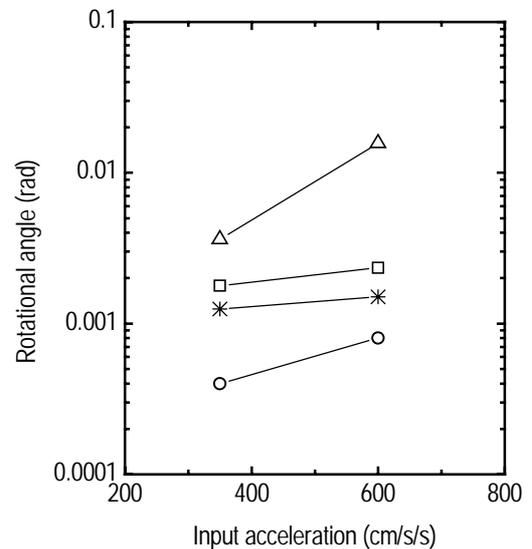
地盤剛性の劣化が顕著でない場合には、地盤の軟化を考慮した動的線形解析が基礎の回転角を比較的良好に再現できることが明らかになった。また、基礎の滑動や地盤との剥離が生じる場合には、地盤剛性を低下させた上で、ジョイント要素を用いた動的解析が有効であるが、地盤の軟化剛性の評価に関してはさらに検討が必要である。

#### 【参考文献】

- 岡村ほか：軟岩上直接基礎の地震時沈下量に関する遠心模型実験、第35回地盤工学研究発表会、2000
- 白井ほか：軟岩上直接基礎の地震時沈下量に関する簡易評価手法の適用性、第35回地盤工学研究発表会、2000



(a) 実験ケース3



(b) 実験ケース4

図-3 実験及び解析による基礎の最大回転角

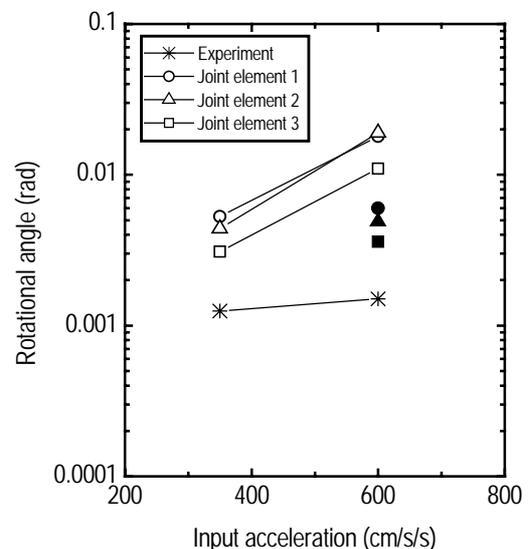


図-4 ジョイント要素を用いた動的解析