直接基礎の分布ばねモデルによる振動実験のシミュレーション

JR 総研エンジニアリング 鉄道総合技術研究所

正会員	〇西村	隆義,	西村	昭彦
正会員	西岡	英俊,	神田	政幸

1. はじめに

直接基礎の地震後の復旧性を考える上で,地震後の残留沈下あるいは残留 傾斜の評価が重要であるが,現行の回転ばねモデルでは,回転変形後の累積 的な沈下量を評価することが出来ない課題がある.そこで文献1)では,直接 基礎の鉛直方向地盤ばねを分割して分布させる「分布ばねモデル」を提案し, 模型基礎の静的載荷実験のシミュレーション解析を実施し提案モデルの妥 当性を確認した.本報では,模型基礎の振動台実験のシミュレーション解析 を実施して,提案モデルの動的解析での適用性について検討した.

2. 解析概要

文献 1)で提案している分布ばねモデルは,直接基礎底面の地盤抵抗を鉛直 地盤ばねとして、フーチング全面に分割して配置し、押込み方向には偏心・ 傾斜の影響を考慮して低減した鉛直支持力度で降伏し, 浮き上がり方向には 抵抗力を発揮しない非対称の骨格曲線となる非線形特性を持たせたモデル である.履歴特性は、押込み側の塑性ひずみを記憶する非対称の Slip 型とし ている.分布ばねモデルの概念図を図1に、各ばねの非線形特性および履歴 特性の概念図を図2に示す(詳細は文献1)を参照).このモデルの動的解析 での適用性を確認するため,土木研究所で実施された直接基礎模型の振動台 実験^{2),3)}を対象としたシミュレーション解析を実施した.図3に供試体の概 要と解析モデルを示す.実験供試体は高さ約750mm,フーチングは500mm ×500mm で、全体重量は 8.39(kN)である. 解析モデルは、実験における底 面ロードセルの分割数と同じ 11 分割として鉛直地盤ばねを分布させた.地 盤の条件は D,=80%で,別途実施された静的鉛直載荷実験⁴⁾での極限支持力 度(最大荷重強度)は979.2(kN/m²)である.フーチング部は剛な梁でモデル 化した.各地盤ばねの初期剛性となる鉛直地盤反力係数は,静的鉛直載荷実 験⁴⁾での最大荷重の約1/2の荷重レベルでの割線剛性として算出した.

解析は各鉛直地盤ばねの降伏点をパラメーターとして,表 1に示す2ケースについて実施した. Casel は,鉛直載荷実 験で得られた極限支持力度から,鉄道設計標準⁵⁾で定義され る最大抵抗モーメント *M_{md}*到達震度での偏心・傾斜の影響を

低減した鉛直支持力度を降伏点とした(詳細は文献 1)を参照).一方, Case2 は振動台実験での底面ロードセルの実 測値から降伏荷重を設定した.両者の違いは,偏心・傾斜の影響の評価精度や支持力の載荷速度依存性^のなどの影響による違いと考えられ, Case2 が実測値に対して Case1 は安全側の設計値と解釈することができる.解析モデルの主な入力値を表1にまとめて示す.実験では,兵庫県南部地震において神戸海洋気象台で観測された加速度波形

(NS 成分)の振幅を 80%に低減したものを振動台に入力している.本検討では,その時に地表面で得られた加速 度記録を入力地震動とし,フーチング底面に配したせん断ばね(鉛直ばね剛性の 1/3 として設定)より入力した. 減衰は,固有値解析を実施し得られた1次モード(7.55 (Hz))で減衰定数が3%となるように剛性比例で設定した.

キーワード:直接基礎,分布ばね,振動台実験

連絡先:〒185-0034 国分寺市光町2-8-38 Tel:042-501-2603 Fax:042-572-5471



図3 供試体の概要と解析モデル表1 地盤ばねの非線形特性

解析ケース	鉛直地盤反力係数	鉛直ばねの降伏点	M_{md}
Case 1	$107,700 \text{ kN/m}^3$	2.5 kN	1.46 kNm
Case 2	$107,700 \text{ kN/m}^3$	3.0 kN	1.56 kNm



3. 解析結果と考察

模型天端の水平変位,水平加速度および底面の鉛直変位に着目して解析結果を実 験結果と比較した.図4には Casel の解析結果,図5には Case2 の解析結果を示す. また図6には,底面反力による抵抗モーメント Mと回転角 θの関係を示した. Casel では,加速度応答は8秒付近まで実験と同様に挙動するがそれ以降の挙動が大きく 異なっており,水平変位も8秒以降で実験値よりも大きく応答している.鉛直変位 は,実験では11秒付近から沈下の累積傾向を示したのに対して,解析では8秒付 近から沈下し始めるものの,11秒以降の傾向は実験と同様であり,最終的な沈下 量は安全側の結果を示している. *M*- θ関係は,*M_{md}* 超過後の軌跡が大きく異なり, 解析では剛性が大きく低下している.この剛性低下が 8.0(sec)以降で水平変位が大 きく応答した要因と考えられる. Case2 では,加速度応答は解析結果のほうが若干 大きいものの,12.0(sec)付近まで実験とほぼ同等の結果が得られた.水平変位もよ い相関が得られており,10.5(sec)付近の最大値も同程度の結果を得た. *M*- θ関係も 全体的な挙動は実験と同様の結果が得られている.しかし鉛直変位はほとんど沈下 せず,過小評価となった.この要因の一つとして,振動実験での沈下量が静的実験



よりも揺すり込み沈下の影響で大きく生じている可能性があるのに対して、本手法では静的実験での沈下量しか考 慮していないことが挙げられる.

4. おわりに

本検討では、分布ばねモデルを用いた解析モデルについて、模型基礎の振動実験のシミュレーション解析を実施 して、動的解析にも適用可能であることを確認した.地盤ばねの降伏点を安全側に設定すれば沈下量を安全側に評 価可能であること、降伏点を実測値とすれば沈下量は過小評価したものの、動的挙動が比較的精度良く評価できる ことを確認した.今後はさらにモデルの適用性について検討進める予定である.

参考文献

¹⁾西村隆義,西村昭彦,西岡英俊,神田政幸,羽矢洋,舘山勝:直接基礎の地震時残留沈下量評価のための構造解析モデルの提案と試算例,第 43回地盤工学研究発表会(広島),(投稿中)2)福井次郎,中谷昌一,白戸真大,河野哲也,野々村佳哲,浅井隆一,斉藤隆:直接基礎の地震時応 答に関する振動台実験,土木研究所資料,第4028号,2007.2.3)白戸真大,河野哲也,中谷昌一:直接基礎の地震時挙動に関する数値モデルと 振動大実験結果,第42回地盤工学研究発表会(名古屋),pp.1669-1672,2007.7.4)福井次郎,中谷昌一,白戸真大,河野哲也,野々村佳哲,浅 井隆一:直接基礎の地震時残留変位に関する繰返し載荷実験,土木研究所資料,第4027号,2007.2.5)運輸省鉄道局監修,鉄道総合技術研究 所編:鉄道構造物等設計標準・同解説(基礎構造物)SI単位版,丸善,2000.6.6)渡邉康司,神田政幸,村田修,日下部治:砂地盤上直接基礎の支持力に与える載荷速度の影響,第41回地盤工学研究発表会(鹿児島),2006.7.