

I - B374

垂直ひずみによる剛性低下を考慮した
構造物―地盤相互作用解析に用いる地盤非線形履歴モデルの検討

大成建設（株） 正員○福岡研一 同 立石章 同 志波由紀夫

1. はじめに

有限要素法を用いて地盤の動的応答解析を行う際、応力～ひずみ関係の非線形性が強くなるときや、構造物との相互作用により局所的な非線形性が問題となる場合は、地盤要素に非線形構成則を取り入れたモデルを用いて計算が行われる。しかしながら、経験的な非線形履歴モデルの多くはせん断応力とせん断ひずみの関係を規定したものであるために、要素に垂直応力が作用するときの剛性低下の効果が表現されていない。本研究は、垂直ひずみによる剛性低下を表現できる簡便な非線形履歴モデルを用いて、構造物―地盤相互作用系の応答について検討を行った。

2. 検討方法

図1に示すようにせん断応力のみが作用する要素(a)と、水平方向と鉛直方向から相反する向きで垂直応力のみが作用する要素(b)において、その応力状態は両者とも(c)のようなモールの応力円¹⁾で表される。しかしながら、要素剛性の低下をせん断応力とせん断ひずみの関係で定義している非線形モデルでは、応力状態(b)の下での剛性低下を表現することが出来ない。この問題に対して、Shawkyは修正 Ramberg-Osgood モデル²⁾におけるせん断応力とせん断ひずみの関係をテンソル不変量 J_2 、 J_2' を用いて表記することにより、垂直ひずみによる剛性低下を表現する方法（以下、Shawky モデルと記述）を提案している³⁾。Shawky モデルによる繰返し荷重を受ける要素の J_2 と J_2' の関係は、図2に示すような Masing 基準に準拠する骨格曲線と履歴曲線で表される。

本検討は、地盤の構成則に修正 R-O モデルと Shawky モデルの2種類を使用して同一条件下での解析を行い、両者を比較することにより垂直ひずみによる剛性低下の影響を評価する。修正 R-O モデルは基準ひずみと最大減衰定数によりその骨格曲線を定義した。一方 Shawky モデルのパラメータは、地震時における自由地盤の応答が修正 R-O モデルの応答と等しくなるように、その骨格曲線を設定した。

検討モデルは図3のようなケーソン基礎により支持される橋脚とし、地盤は3層地盤を想定した。入力地震動は2Hzのsin波を用い、振幅は100Galと400Galに調整したものを基盤から入力した。計算結果は初期の過渡応答がなくなり、定常応答となった部分について整理している。

3. 検討結果

構造物上端位置における水平最大応答加速度と水平最大応答変位を表1にまとめた。Shawky モデルでは垂直ひずみによる剛性の低下が表現されるため、構造物周辺地盤の剛性が大きく低下し減衰が増加する。このため、構造物の応答は修正 R-O モデルと比較すると3割～4割程度小さくなる傾向にある。

図4に水平地震動として400Galを入力したことによって生じる地盤内の応力増分の分布を示す。水平方向土圧 σ_x に関しては、修正 R-O モデルでは広範囲にわたって構造物の影響が及んでいるのに対して、Shawky モデルでは応力の増加が構造物の近傍にとどまっている。これは、Shawky モデルを用いると地盤の非線形性が大きく算定されるために減衰が大きく評価され、相互作用力が遠方まで伝播しないためと考えられる。一方、せん断応力 τ_{xy} の分布については、 σ_x ほどの違いは現れずに3割程度の差になっている。ちなみに、 σ_x の増加がもっとも顕著に現れる時刻における解析モデルの変形を図5に示す。

図5に示した要素Aと要素Bの応力～ひずみの履歴曲線を図6に示す。図中の数値は繰返し荷重を受ける際に消失する履歴減衰の値であるが、修正 R-O モデルと比較して Shawky モデルのほうがエネルギー損失が大きく評価される。また、せん断剛性の低下についても Shawky モデルのほうが低下率が大きくなる。

4. まとめ

垂直ひずみによる地盤剛性の低下を考慮した構造物―地盤相互作用系の一例について検討を行った。その結果、垂直ひずみによる剛性低下を考慮する場合とそうでない場合で構造物と地盤の応答に差が認められた。この問題に関してはさらに定性的かつ定量的な評価を行う必要があり、今後も検討を進めていく予定である。

キーワード：地盤、修正 R-O モデル、動的な非線形解析、動的相互作用

連絡先：〒163-06 東京都新宿区西新宿1-25-1 TEL 03-5381-5289 FAX 03-3345-1914

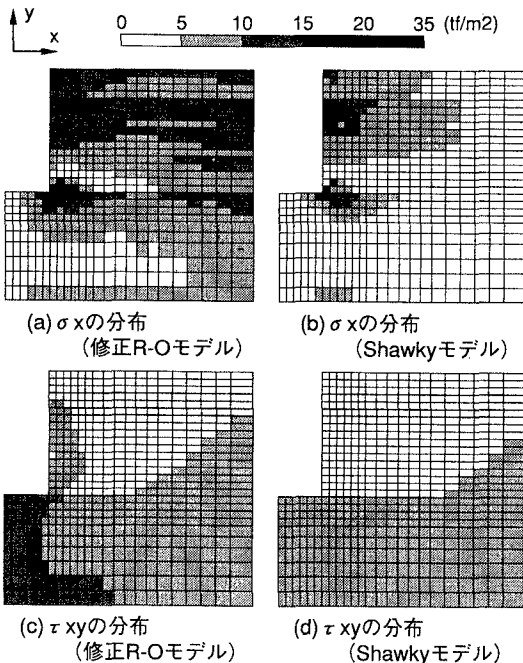
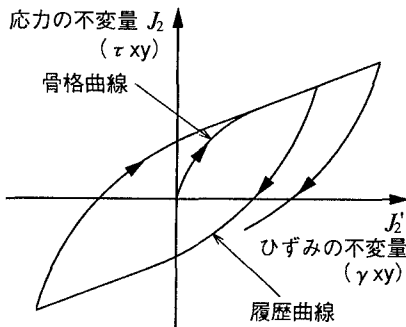
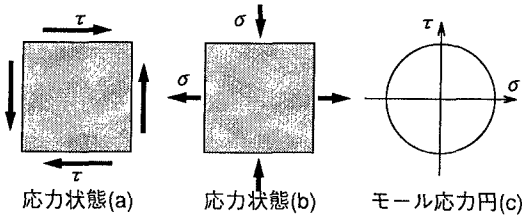


図4 地震時における地盤内応力増分値の分布

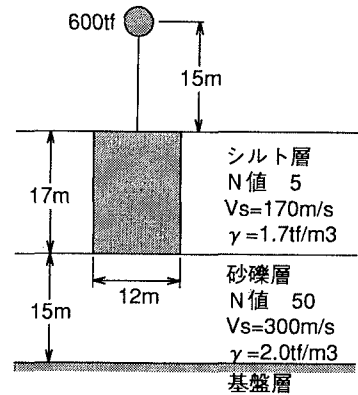
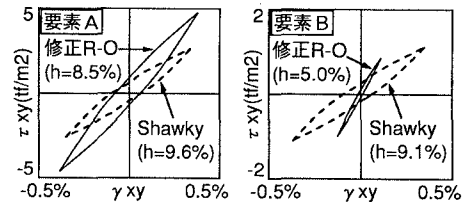
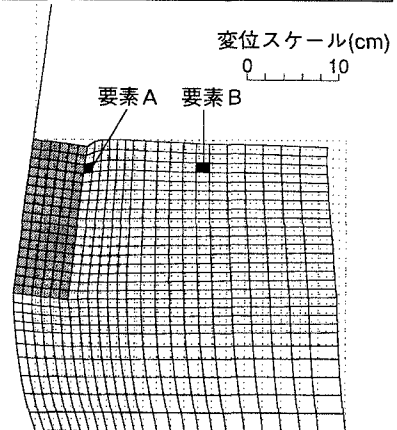


表1 構造物の最大応答値
(a) 加速度応答の最大値 (Gal)

	100 Gal	400 Gal
修正 R-O モデル	166	274
Shawky モデル	99	190

(b) 変位応答の最大値 (cm)

	100 Gal	400 Gal
修正 R-O モデル	1.44	3.30
Shawky モデル	0.80	2.26



参考文献 1)大崎順彦、原昭夫、清田芳治：「地盤振動解析のための土の動力学モデルの提案」、第13回土質工学研究発表会講演集 pp.1057～1060、1978。2)Ashraf Adel SHAWKY：“Nonlinear Static and Dynamic Analysis for Underground Reinforced Concrete”、東京大学博士論文、1994。