

1 - B 442

地下構造物近傍地盤のせん断弾性係数が静的 F E M による地盤バネ定数に及ぼす影響

戸田建設 正会員 村井和彦
九州大学 正会員 大塚久哲
九州大学 正会員 矢茸 亘

1. はじめに 大規模地震動時における地下構造物の耐震検討を行う場合に用いる地盤の物性値は、一次元重複反射理論に基づく地盤応答解析を行い、等価線形化法により得られた収束値とすることが多い。しかしながら、構造物と地盤をともにモデル化した二次元の等価線形化法による動的解析（以下動的解析）では、構造物と地盤の動的相互作用の影響で、近傍地盤における地盤の物性値が同じ深度の自由地盤の値とは異なることとなる。筆者らは、構造物と地盤の剛性や単位体積重量の相違をパラメータにした動的解析を実施¹⁾し、これらが近傍地盤のせん断弾性係数に及ぼす影響を明らかにした²⁾。本文では、これらのデータを用い、近傍地盤のせん断弾性係数の相違が静的 F E M による地盤バネ定数に及ぼす影響について検討する。

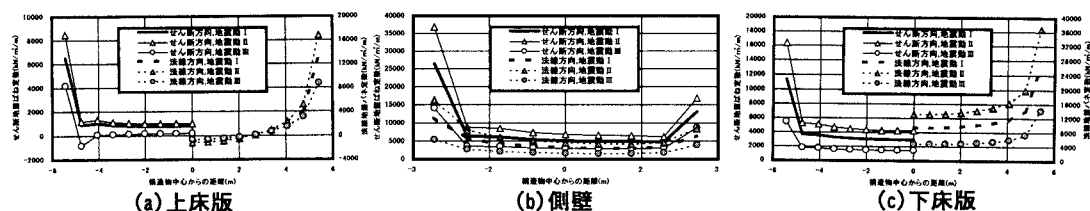
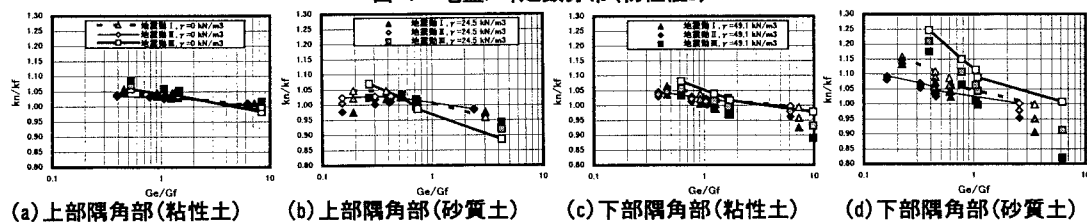
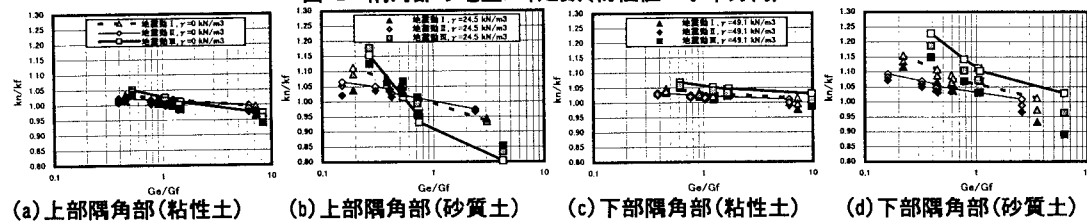
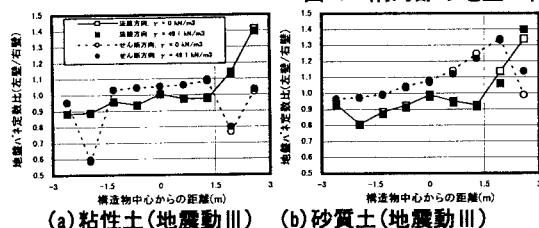
2. 解析方法および解析条件 地盤バネ定数の算定方法は、駐車場設計・施工指針³⁾（以下駐車場指針）に示されている静的 F E M を用いるものであり、解析は、文献¹⁾において実施した各解析ケース（地盤2種類、入力地震動3種類、構造物タイプ6種類、構造物の単位体積重量3種類）で得られた地盤のせん断弾性係数を地盤物性値として用いたもの（物性値A）と、一次元重複反射理論より得られた値を二次元解析領域の地盤物性値として用いたもの（物性値B）について実施した。

3. 解析結果 図-1は、入力地震動を兵庫県南部地震における神戸大学観測記録 NS 成分（地震動Ⅰ）、地震動Ⅰの半分（地震動Ⅱ）、同じく2倍（地震動Ⅲ）とし、物性値をBとした場合の構造物各部位位置における地盤バネ定数の分布を示したものである。図より、今回の手法で求めた地盤バネ定数は、隅角部で大きく部材中央部では小さい分布形状を示していることがわかる。各着目位置での地盤バネ定数と、同深度における自由地盤のせん断弾性係数とは、概ね正比例の関係となっている。

図-2および図-3は、文献¹⁾で実施した解析のうち、構造物が左右対称なケースを対象に、物性値をAとした場合の地盤バネ定数について、値の大きい隅角部位置に着目し、自由地盤の値を用いた場合との比（以下 kn/kf ）と、自由地盤のせん断弾性係数に対する構造物の見かけのせん断弾性係数の比（以下 Ge/Gf ）との関係を示したものである。これらより、 kn/kf は Ge/Gf の増加に応じて単調に減少する傾向が認められ、 Ge/Gf が1に近い場合は kn/kf も1に近い値となっていることがわかる。また、下部では、構造物の単位体積重量が大きくなると値が小さくなる傾向にあるのに対し、上部では、地盤条件により傾向が異なり、砂質土地盤では、 $Ge/Gf < 1$ では小さく $Ge/Gf > 1$ では大きくなるが、粘性土地盤では、 Ge/Gf によらず、水平方向は大きく鉛直方向は小さくなる傾向となっている。今回のケースにおける kn/kf の値は、 1 ± 0.2 程度の範囲である。これらの傾向は、粘性土地盤より砂質土地盤で、また、入力地震動が大きいほど顕著になる傾向にあり、文献²⁾に示した隅角部付近のせん断弾性係数の分布傾向と概ね対応している。このうち、地盤条件による相違は、せん断弾性係数のひずみ依存関係における応答ひずみレベル近傍での変化勾配や、ポアソン比の相違（粘性土 0.49、砂質土 0.4）に起因するものと考えられ、また、入力地震動に関する傾向は、上記ひずみ依存関係の影響に加え、地震動が大きいほど構造物の影響を受ける近傍地盤の領域が広くなることに起因している。一方、部材中央部に関しても、構造物条件に応じた kn/kf の相違があることを確認しているが、各部位における分布形状は図-1に示したものと概ね同じであり、値自体の差異は隅角部と比較して小さい。

図-4は、構造物の左下隅角部を著しい損傷が生じたと想定してピンにてモデル化したケースにおけるせん断弾性係数を用いた場合の左右側壁部の地盤バネ定数比を示したものである。図より、地盤バネ定数は、物

Keywords：地下構造物、近傍地盤、せん断弾性係数、地盤バネ、静的 F E M、動的相互作用
連絡先：〒104-8388 東京都中央区京橋 1-7-1 戸田建設土木設計室 Tel.03-3535-1607 Fax.03-3564-0475

図-1 地盤 β 定数分布(物性値B)図-2 隅角部の地盤 β 定数(物性値A:水平方向)図-3 隅角部の地盤 β 定数(物性値A:鉛直方向)図-4 側壁の地盤 β 定数比(構造物損傷, 物性値A)

性値の分布と相対し非対称となっているが、これは、構造物に損傷が生じた後の地盤 β 定数が損傷程度に応じて相違する可能性を示唆するものである。

4. 応答変位法への展開 応答変位法において用いる地盤 β 定数の算定を今回の方法で行う場合の地盤物性値は、上記計算結果より、 Ge/Gf が1に近い場合は、 kn/kf も1に近く、物性値をBとしても、A

とした場合との差は小さい。これに対して、 Ge/Gf と1との差が大きく、また入力地震動が大きい場合は、物性値Bを用いた地盤 β 定数は隅角部で20%程度の相違が生じ、より詳細に検討するためには、物性値Aを用いる必要がある。物性値Aに影響を及ぼす要因は、地盤条件、構造物と地盤の剛性や単位体積重量の相違、設置位置や着目位置、入力地震動、地盤物性のひずみ依存関係などである。

なお、ここで用いた地盤 β 定数の算定方法は、構造物を剛体として求めるものであるが、本来、地盤 β (相互作用 β)は、構造物の変形に相対して評価する必要がある。また、駐車場指針では、各部材で地盤 β を平均化しているが、計算結果では、隅角部の値が顕著に大きい分布となっている。さらに、地震動の大きさに応じて、せん断弾性係数とは逆に減衰定数は大きくなるが、これを考慮した場合、近傍地盤の物性値の相違は緩和される傾向にある。応答変位法への展開には、これらに着目した検討を行い、地盤 β 定数が計算結果に及ぼす影響を把握することも必要である。

5. まとめと今後の課題 本文では、地下構造物と地盤の動的相互作用に起因する近傍地盤のせん断弾性係数の相違が、静的FEMによる地盤 β 定数に及ぼす影響を検討し、両者の剛性や重量の相違が顕著なほど近傍地盤のせん断弾性係数を考慮する必要があることを明らかにした。今後は、動的解析による動的地盤 β 定数との比較などを行い、より精度の高い設定方法や応答変位法の適用限界を明らかにする必要がある。

参考文献: 1) 村井・大塚・矢住: 矩形断面を有する地下構造物の地震時挙動と変形特性, 構造工学論文集 Vol.43A. 2) 村井・大塚・矢住: 動的相互作用に起因する地下構造物近傍地盤のせん断弾性係数と地震時挙動, 第34回地盤工学研究発表会(投稿中). 3) 日本道路協会: 駐車場設計施工指針・同解説