

地下構造物の層せん断力と剛性比の関係に関する一考察

(株)日建設シビル 正会員 ○青木佑輔 西山誠治

1. はじめに

地震時の地下構造物の層間変位量は、同深度の自然地盤の層間変位量に地盤と構造物の剛性比に応じた係数を乗じて推定可能である^{1),2)}。この方法は、レベル2地震動に対し、変形性能に期待した安全性照査を変位を指標として行う場合に有用である。一方、レベル1地震動に対しては、一般に部材が降伏しない性能が求められ、構造物への作用力すなわち層せん断力が直接的に算出できれば有用である。層せん断力は、地下構造物の上面に作用するせん断力と、地下構造物の側壁への法線力の結果として定まる。上面のせん断力は、地下構造物上部の加速度に起因するため、地下街の天井部材の落下対策の観点からも把握できれば有用である。

そこで、本検討では2次元FEM弾性応答解析を用い、せん断力および加速度に対する地下構造物と自然地盤の関係性を剛性比をパラメータとして調査し、その基本的な性状を把握する。

2. 検討条件

検討対象は図1に示すように、都市部の地下街等を想定し、砂質土 $N=20$ 、 $\gamma=18\text{kN/m}^3$ 、層厚 50m の一様地盤とする。地下構造物は土被り 2m、高さ 8m とし躯体幅は 20m および 50m とし、簡単のため中実の平面ひずみ要素とする。その剛性は地盤と地下構造物の剛性比 ($=G_g/G_s$) に応じて設定し、単位重量は実例を参考に $\gamma=7.12\text{kN/m}^3$ とする。地震動は鉄道基準によるレベル2地震動スペクトル II を用いる。

3. 検討結果

検討結果の例として加速度分布およびせん断力分布を図2に示す。これらから、自然地盤の層間変形量 δ_g 、地下構造物の層間変形量 δ_s 、およびその比率 $\alpha (= \delta_s / \delta_g)$ を整理して図3に示す。構造物の層間変形量は、既往検討^{1),2)}同様に剛性比 (G_g/G_s) 1.0 では自然地盤と同程度で、剛性比に応じて変化する傾向が確認できる。躯体幅による相違は、幅が大きいほど地下構造物上部の地盤が自然地盤と異なる応答となることが影響していると考えられる。

自然地盤の地表面の加速度と地下構造物の各深度の加速度の関係を図4に示す。上床面加速度は、 $G_g/G_s > 1.0$ (構造剛性が小) では地表より 1.5~2 倍程度大きくなる可能性があること、下床版位置では概ね地表面と同程度の加速度となることが分かる。構造剛性が小さい場合、地下構造物は地盤よりも大きく変形する傾向にあるが、側壁がその変形に抵抗することで下床版位置の加速度は地表面程度に小さくなったと推定される。

自然地盤と地下構造物の各深度のせん断力の関係を図5に示す。上床面上では上載土からのせん断力は、 $G_g/G_s > 1.0$ (構造剛性が小) では自然地盤より大きい、下床版位置では自然地盤より小さいことが分かる。構造剛性 G_s が小さいため構造物変位 δ_s は大きくなるが、 $\tau = G_s \cdot \delta_s$ で考えた場合、構造剛性が小さい影響の方が支配的であったと考えられる。逆に、 $G_g/G_s < 1.0$ (構造剛性が大) では変位は小さくなるが、発生せん断力が大きくなることが分かる。

これより、加速度や層せん断力の観点から地下構造物の耐震設計を考えた場合、 $G_g/G_s \gg 1.0$ (構造剛性が小) では上床面から作用するせん断力は大きい、地盤との相互作用の影響が大きいことから地下構造物のせん断力は小さくなるという結果が確認された。これは地下構造物側面での相互作用力に起因するが、静的な震度法的な設計では表現しにくい性状といえる。

しかし、建築基準における地下構造物の設計等では、慣例的な震度法が採用されることも多く、上記の相互作用の影響を等価な水平震度等で表現できれば、精度が高まることも期待できる。等価水平震度を、層せん断

キーワード 地下構造物, 層せん断力, 剛性比

連絡先 〒541-8528 大阪府中央区高麗橋 4-6-2 (株)日建設シビル TEL06-6229-6372

力を上載土と躯体自重の総和で除した値とし、これと自然地盤の地表面の加速度との比を整理すると図6ようになる。Gs/Gg<1(躯体剛性が大)では周辺地盤からの地盤変位の作用で等価震度は大きく、Gg/Gs>1(躯体剛性が小)では、上床面位置での等価震度は自然地盤の地表面より大きい、下床版位置での等価震度は相対的に小さくなっている。今回限られたケースで基本的性状を確認したが、今後さらに検討を深めていきたい。

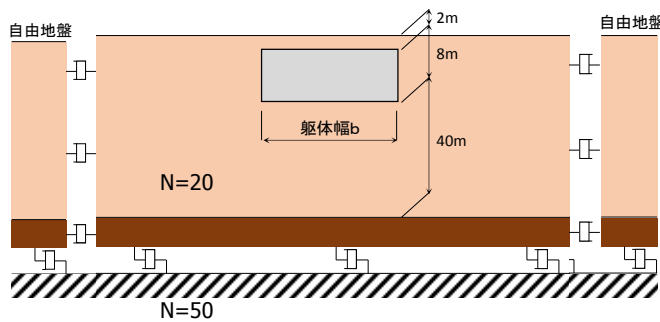


図1 解析モデル

表1 地下構造物のパラメータ

躯体幅b (m)	20 50
剛性(周辺地盤 に対する比率)	×0.2 ×0.5 ×1.0 ×5.0

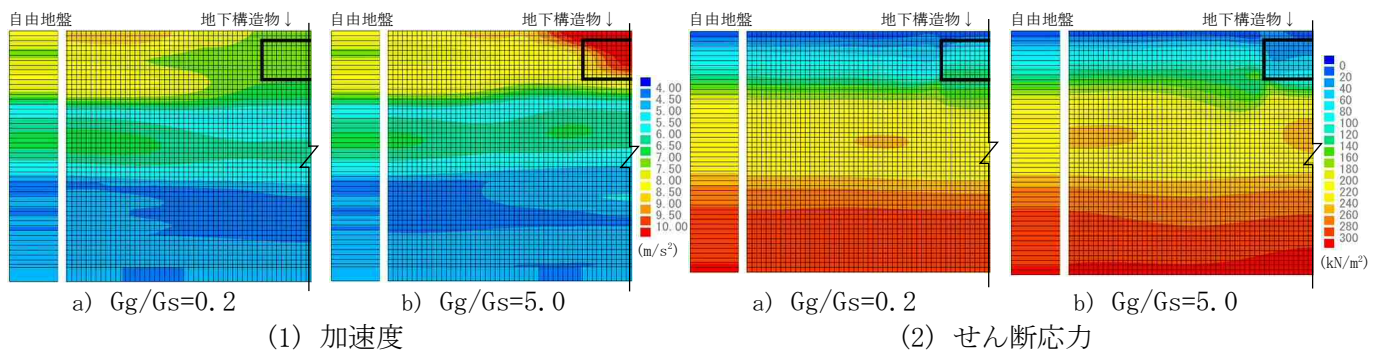


図2 解析結果例(躯体幅20m)

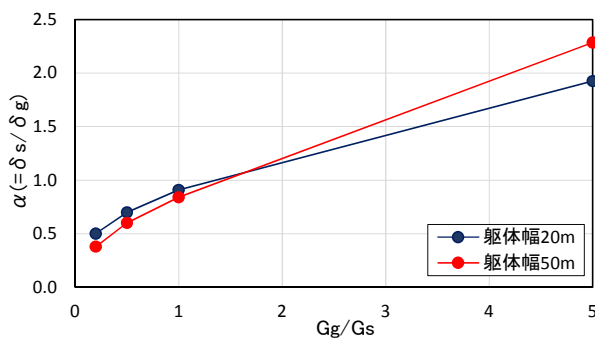


図3 自然地盤と地下構造物の層間変形量の比 α ($=\delta_s/\delta_g$) $\sim G_g/G_s$ の関係

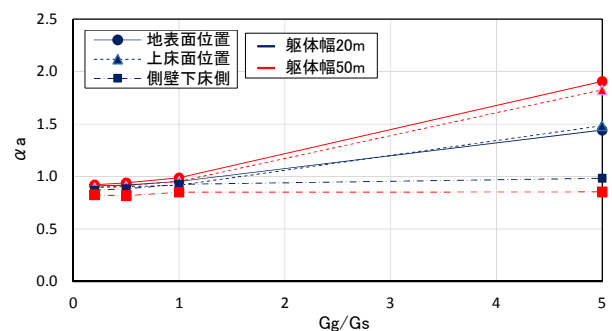


図4 地下構造物の各深度の加速度と
自然地盤地表加速度の比 $\alpha_a \sim G_g/G_s$ の関係

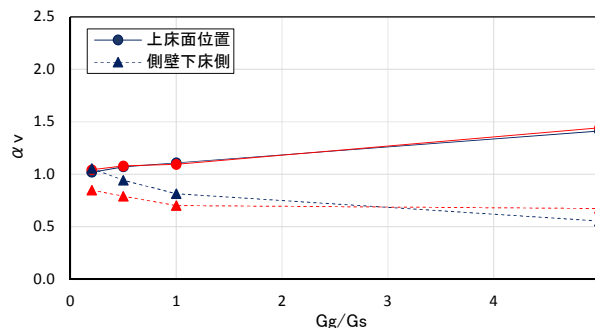


図5 自然地盤と地下構造物の各深度のせん断力の
比 $\alpha_v \sim G_g/G_s$ の関係

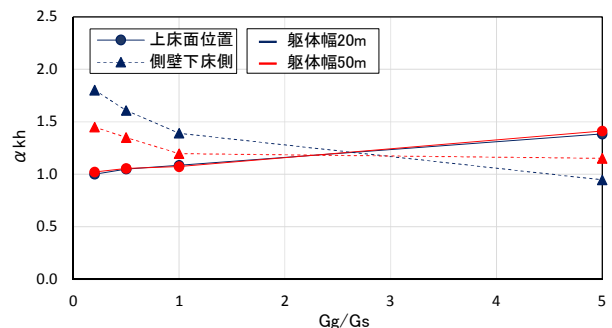


図6 地下構造物等価震度(層せん断力/全重量)と
自然地盤地表加速度の比 $\alpha_{kh} \sim G_g/G_s$ の関係

参考文献

- 1) 西山誠治ほか:地下構造物の簡易な応答値の推定法に関する一考察,土木学会第53回年次学術講演会,平成10年
- 2) 西岡 勉, 運上 茂樹:ひずみ伝達特性を用いた地中構造物のせん断変形量の推定, 土木学会論文集 2002, Vol.710