

I - B 374

地下構造物の簡易な応答値の推定法に関する一考察

(財)鉄道総合技術研究所 正会員 西山誠治 加藤淳一
同 上 正会員 室谷耕輔 羽矢 洋
同 上 正会員 西村昭彦

1. はじめに

開削トンネルなど地下構造物の地震時の挙動は、地盤の変形に追随するため、構造全体系としてせん断変形が卓越する。この観点より、構造物深度の自然地盤変形量を基に構造物上下床版間の相対変形量を推定する手法として応答係数法¹⁾がある。また、構造物を含む地盤要素を等価上要素として1次元のせん断柱としてモデル化する手法も考案されている²⁾。これらにより、構造物の応答値が算定できれば、別途骨組解析にて強制荷重を載荷することにより、部材レベルの安全性評価も可能となる³⁾。さらに簡易な構造物については、構造細目から最低限保証できる構造全体系の変形能との比較により、詳細な構造解析を行わなくとも耐震安全性が確認できる。

ここでは上記の応答係数法に着目する。文献1)では構造形態、構築位置に関係しない応答係数を提案しているが、ここでは詳細に構造形態、構築位置などのパラメータに応じた応答係数の設定を行い、その適用性について検討を行う。

2. 検討方法

応答係数を用いた耐震性検討概念を図1に示す。ここでは、図中の応答係数の定式化を目的として検討する。検討には2次元有限要素解析(FLUSH)を用い、図2に示すパラメータを変化させて解析を行い、フリーフィールドの自然地盤変形量 δg と構造側壁位置より求めた構造物の層間変形 δs の関係より応答係数 α ($=\delta s/\delta g$)の値を調査する。

入力地震動は、現象を単純化させるため、表層地盤の固有周期付近に卓越周期を有するRicker波を用いた。地盤は比較的軟弱な地盤を想定し $V_{sd}=50\sim 86\text{m/s}$ ($N=2\sim 10$ 程度の砂質土および $N=1\sim 5$ 程度の粘性土で非線型性を、せん断弾性波速度を初期の1/2倍として考慮した状態に相当)の弾性体とし、単位体積重量 $\gamma=1.6\text{tf/m}^3$ 、ポアソン比 $\nu=0.49$ とした。また、地盤と構造物の剛性比(Gg/Gs)は構造物の剛性を変化させて評価した。

検討構造物を図3および図4に示す。大開駅は基盤深度および表層を一定値として構築深度を変化させたケースについても検討を行った。

3. 解析結果

全ケースの解析結果を図5に示す。幅と高さの比(b/h)、構造物中心

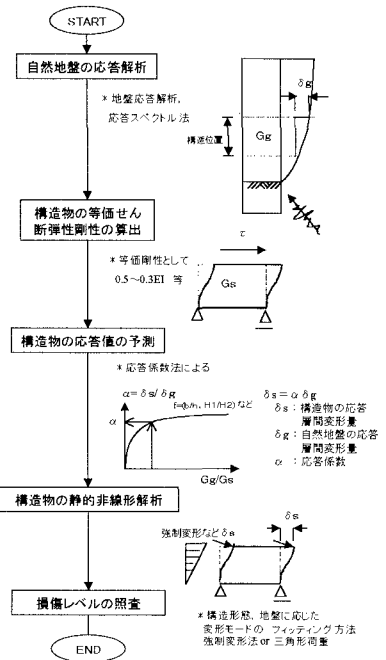
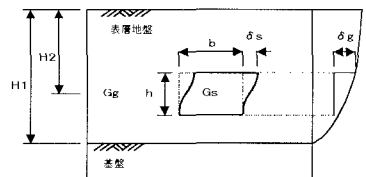


図1 応答係数法の耐震検討概念



$$\delta s = \alpha \delta g$$

δs : 構造物の応答層間変形量
 δg : 自然地盤の応答層間変形量 (構造物各層の深度に対応)
 α : 最上下部の床版間の応答係数
 $\alpha = 1.1 \times (a - \ln(Gg/Gs) + b)$
 提案式 $a = 0.091(b/h) + 0.053(H1/H2) - 0.07$
 $b = 0.036(b/h) + 0.040(H1/H2) + 0.92$
 Gg : 地盤のせん断弾性剛性
 Gs : 構造物の等価せん断弾性剛性
 $H1$: 地表面から基盤までの距離
 $H2$: 地表面から構造物中心位置までの距離

図2 検討概念および提案式

キーワード: 開削トンネル, 地中構造物, 耐震設計, 限界状態設計, 変形性能

連絡先: 〒185 東京都国分寺市光町2-8-38 TEL(042)573-7262 FAX(042)573-7248

位置に対する基盤深度の比($H1/H2$)が、 $\alpha (= \delta s / \delta g)$ に影響することが分かる。また、 Gg/Gs が大きくなると、つまり構造物の剛性が弱くなると、 $\delta s / \delta g$ が大きくなる事が分かる。

ここで、 α を重回帰分析により(Gg/Gs), (b/h), ($H1/H2$)で表現すると、図2に示す応答係数の提案式となる。すべてのケースを安全側に応答値を評価するために1.1倍の安全係数を考慮している。なお、本検討では多層構造物は等価な1層構造物として整理した。

4. 適用性の検討

提案式は理想化された状態で設定したものであるが、より現実に近い条件での適用性を検討する。検討は、FLUSHによる解析の結果求まる構造物の層間変形量と提案式によって求まる変形量を比較することにより行う。

構造物は、大開駅(基本)モデル(図3)とし、地盤は一様地盤および多層地盤の2種類とした。一様地盤では、初期のせん断弾性波速度が $V_s=200\text{m/s}$ の洪積粘性土を想定し、多層地盤では文献2)に準じたモデル化を行い、それぞれ地盤は G/G_0 , $h \sim \gamma$ 関係による非線形性を考慮した。地震波はともに神戸PI (GL-83m)の観測波を用いた。図6、図7に検討結果を示す。多層地盤の場合は、構造物の

等価剛性は地層によらず一定値とし、地盤物性は各層の値を用い、各層の地盤変位量にそれぞれ層ごとに求まる α を掛けて算出した δs の合計値を提案式による算出値とした。なお、図中の Gg は構造位置の収束剛性である。

これより、一様地盤ではFLUSH結果とよい一致が得られていること、多層地盤ではFLUSHよりも3割程度大きな値を示すが設計としては安全側であり、また、地盤変位よりも構造物の変位が小さいという傾向は表現できていることが分かる。

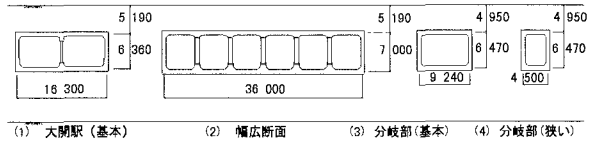


図3 幅に関する検討ケース

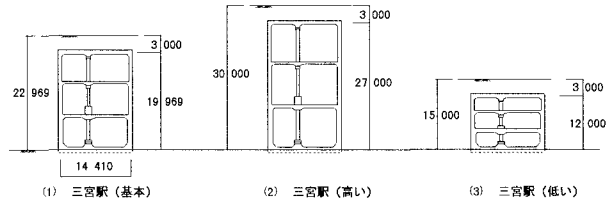


図4 高さに関する検討ケース

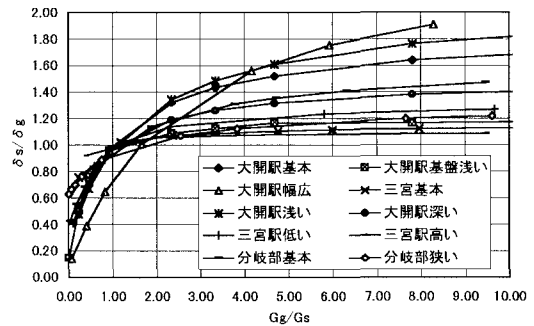


図5 解析結果一覧

大開駅(0.5EI) 一様地盤非線形(神戸PI波)

中央位置	
b=	16.31 (m)
h=	6.36 (m)
H1=	17.40 (m)
H2=	8.37 (m)
Gs=	1374 (tf/m ²)
Gg=	3022 (tf/m ²)
δg =	1.46 (cm)
δs =	1.87 (cm)
b/h=	2.56
H1/H2=	2.08
Gg/Gs=	2.20
a=	0.27
b=	0.91
α =	1.24
δs (簡易法)=	1.81 ($\alpha \delta g$; cm)

δs (簡易法)=	1.81 ($\alpha \delta g$; cm)
δs (FLUSH)=	1.67 (cm)
比率	0.97

図6 一様地盤検討結果

大開駅(0.5EI) 多層地盤非線形(側面埋戻有り(神戸PI波入力))

	(1)層	(2)層	(3)層
b=	16.31 (m)		
h=	6.36 (m)		
H1=	17.40 (m)		
H2=	8.37 (m)		
Gs=	1374 (tf/m ²)	1374 (tf/m ²)	1374 (tf/m ²)
各層Gg=	170	443	4191 (tf/m ²)
各層 δg =	0.97	2.69	0.31 (cm)
b/h=	2.56		
H1/H2=	2.08		
Gg/Gs=	0.12	0.32	3.05
a=	0.27	0.29	0.29
b=	0.91	0.93	0.93
α =	0.38	0.65	1.38
各層 δs (簡易法)=	0.37	1.76	0.43 ($\alpha \delta g$; cm)

$\Sigma \delta s$ (簡易法)=	2.58 (cm)
δs (FLUSH)=	1.98 (cm)
比率	1.29

図7 多層地盤検討結果

5. 今後の課題

今回の検討では、一層構造物について検討を行ない、応答係数法の適用性を確認した。今後、多層構造物などの検討を進め、応答係数算出式の精度向上と適用限界の検討を行う予定である。

参考文献 1)Jaw-Nan Wang: Seismic Design of Tunnels, Parsons Brickerhoff Inc., 1993 2)中村 晋: 1次元動的解析による地中構造物の水平変形の簡易推定法, 第32回地盤工学会研究発表会, 1997年7月 3)中村 晋: 地中構造物の変形能の評価方法, 第24回地震工学研究発表会講演論文集, 1997年7月

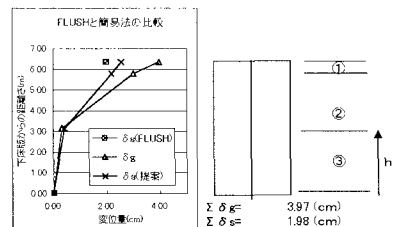


図8 多層地盤での変位分布