

1. はしがき

著者らは大型地下タンクの地震観測資料あるいは常時微動観測資料などを用いて地震波の入力損失効果について検討を進めてきている。対象とした地下タンクは剛にできており単位体積重量も 0.85 t/m^3 と小さいことから、構造物-地盤系の動的相互作用は小さく入力損失の効果を検討することができた。これらの検討結果として、地動を鉛直下方から入射するせん断波として、基礎側面の地盤で生じる地動の位相ずれを基礎側壁が拘束する効果が入力損失に強く関係することが明らかになった。本研究では、これらの成果をもとに作成した入力損失の効果を表す数値フィルターについて4つの構造物の実測資料を用いてその適用性を検討した¹⁾。

2. 入力損失の効果を表す数値フィルター

入力損失の効果を表す数値フィルターはすでにいくつか公表されている。これらのフィルターには以下の点が考慮されている。(1) 危険側の評価にならないこと、(2) 物理的な意味をもつ単純な関数形の採用、(3) 式の中の引数の数、(4) 基礎入力地動が簡単な計算によって評価できることなどである。しかしながら、入力損失効果は基礎の形状、地盤特性、入力地動の特性などに依存して全体では大変に複雑な現象になっていることから、これら全ての条件を満足することは現時点では大変むずかしい。このことから、本研究では、実測資料に基づくフィルターとして、次式で与えられる数値フィルターを検討することにした。

$$\left\{ \begin{aligned} |H(f)| &= \tilde{f}/(nf) \sin\{(nf)\tilde{f}\} & 0 \leq f \leq 0.71\tilde{f} \\ &= 0.35 & 0.71\tilde{f} \leq f \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

ここで、 $\tilde{f} = 1.408/\tau^* = 1.408/\{2.19(H/V_S) + 0.117\}$ (2) であり、 H および V_S は基礎の埋込み深さおよび基礎側面土の平均せん断波速度である。式(1)の第1式は基礎底面の入力損失効果を見出し、さらに地動を基礎真下から入射するせん断波として、基礎の動きを基礎側面における地動の平均値により与えられるとして誘導されている²⁾。また第2式は振幅比の下限値である。提案フィルターと地下タンクの実測資料による基礎/地盤(地表)の伝達関数との比較結果を図-1に示す。また図-2は数値フィルターの振幅比が最初に0.35となる周期 τ^* と (H/V_S) との関係を示している。式(2)は動的相互作用の効果が比較的小さいと判断した13の構造物の地震観測資料をもとに求めた回帰式である(図-2の破線)。

3. 数値フィルターの実測資料への適用

提案フィルターを地表の観測波形に作用させて求めた基礎入力地動と基礎上の観測波形とを減衰定数5%の速度応答スペクトルにおいて比較することにより、提案フィルターの適用

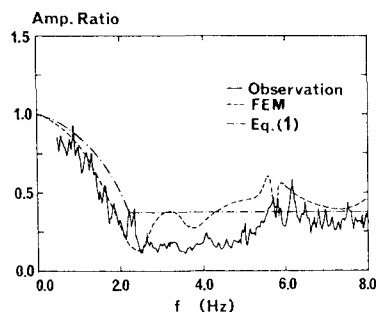


図-1 入力損失の効果を表す数値フィルター

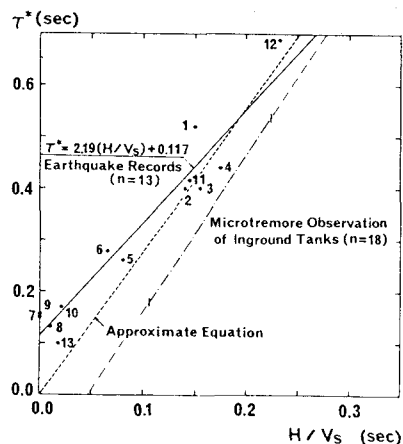
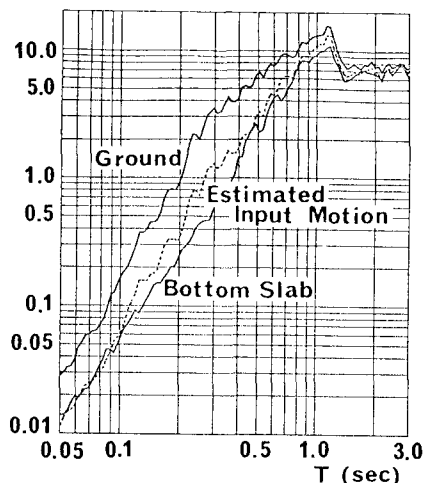
図-2 τ^* と (H/V_S) との関係 S_v (cm/sec)

図-3 応答スペクトル(大型LNG地下タンク)

性を検討した。

(1) 大型 LNG 地下タンク (図 - 3)

深い基礎の例として図 - 1 と同じ地下タンクについて検討を行った。タンクの幅は 67.9 m, 埋込み深さは 24.5 m, 側面土の平均せん断波速度は 163 m/sec である。計算による基礎入力地動は底版の観測波形と良く一致している。

(2) 製鉄所高炉基礎 (図 - 4)

深い基礎の例として, さらに製鉄所高炉基礎を検討した。基礎は鋼管矢板井筒であり, 幅 35.4 m, 深さ 19.4 m であり, 側面土の平均せん断波速度は 138 m/sec である。計算された基礎入力地動のスペクトル値は周期 0.5 sec 以上では基礎上の観測波形よりも幾分小さいが, 両者は良く一致している。

(3) Hollywood Storage Bldg. (図 - 5)

より一般的な例として 14 階建ての RC 造建物を検討した。平面寸法は 66.3 m × 15.5 m, 高さは 45.7 m であり, 杭基礎をもつ。埋込みが浅いことから $H = 0.0$ m として計算を行った。また検討方向は建屋長手方向である。計算による基礎入力地動は観測波形と大変良く一致している。

(4) 原子力発電所原子炉建屋 (図 - 6)

最後に, 原子炉建屋について検討した。建屋の幅は 67.0 m, 高さ 73.0 m, 基礎の埋込み深さ $H = 23.5$ m であり, 側面土の平均せん断波速度は 298 m/sec である。計算された基礎入力地動のスペクトル値は基礎上の観測波形よりも周期 0.5 sec 以下では大きくなっている。なお, 建屋の固有周期は約 0.3 sec であるが, 基礎上の観測波形の応答スペクトルには動的相互作用による変化は見られない。

4. あとがき

本研究では入力損失の効果を表す簡単な数値フィルターの適用性を実測資料に基づき確認した。この数値フィルターを地表の波形に作用させ基礎入力地動を推定して, これを新たな入力として質点系モデルの応答解析を行えば, 入力損失の効果は簡単に考慮できることになる。なお, 提案フィルターは実測資料をもとにしているのので, FEM 解析による評価と比べて振幅比が小さくなる場合があることが, いくつかの検討からわかってきた。このため FEM 解析結果と良く合う数値フィルターを別に検討している。これについては建築学会大会において発表を予定している。

参考文献 1) Ishii, K. 他, Proc. of 8th WCEE, (1984)

2) Harada, Kubo and Katayama, 東京大学, 生産研究, 29, (5), (1981)

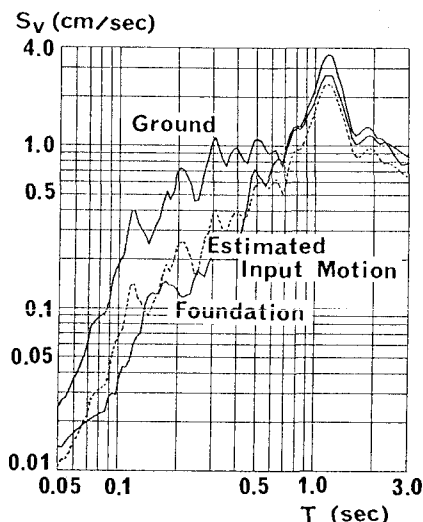


図 - 4 応答スペクトル (製鉄所高炉基礎)

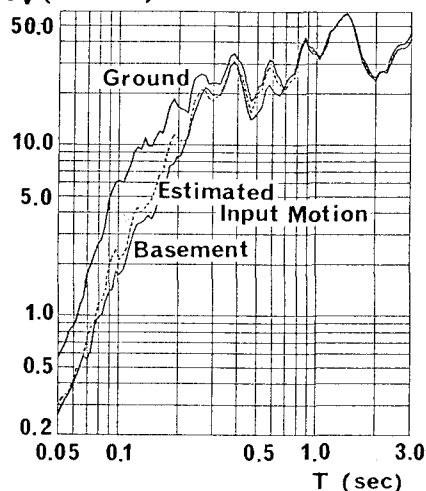


図 - 5 応答スペクトル (Hollywood Storage Bldg.)

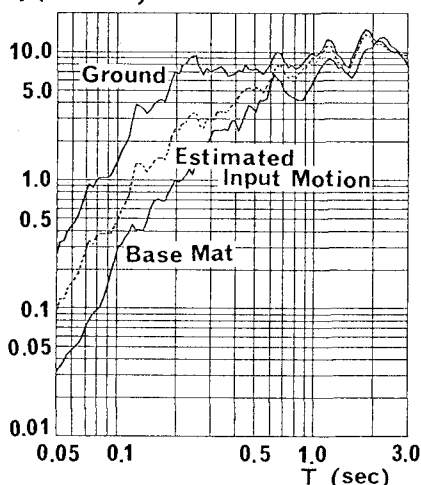


図 - 6 応答スペクトル (原子力発電所原子炉建屋)