

卵形PCタンクの免震に関する研究

山口大学工学部 ○学生員 山根 薫
 山口大学工学部 正会員 中村秀明
 山口大学工学部 正会員 浜田純夫
 浅野工事株式会社 正会員 森川慎吾

1. まえがき

下水道の汚泥処理施設の一部であるPC卵形消化タンクは、消化機能、機械設備、維持管理などの面で優れた特徴を有しており、わが国においても近年各地で建設されている。タンクは埋立地など地盤条件の悪いところに建設されることが多く、地震多発国であるわが国においては、耐震性に対して十分な配慮を払わなければならない、しかも経済性を損なわない合理的な設計が要求される。

地震に耐えるためには構造物の強度を増加させること他に地震による応力を低減させることの二つの方法がある。本研究では後者の地震による応力を低減させることを目的に、PC卵形消化タンクの免震を数値シミュレーションにより検討した。一般に構造物の固有周期を伸長すると慣性力は低減できるが、相対変位は増加する。ところがタンクなどのように配管その他の付帯設備を有する構造物にとってはあまり大きな変位がでることは好ましくない。PC卵形タンクに免震をほどこす場合は、相対変位を小さくし、慣性力をいかに低減するかが重要である。そこで本研究では、卵形PCタンクのタンク壁面とソリッド部分の境界に、コンクリートに比べて弾性係数の小さい免震材を導入し、コンクリートのみモデルと変位・応力等を比較・検討しようとするものである。

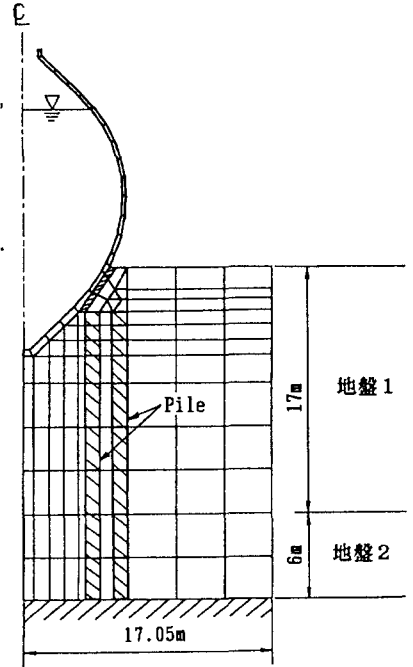


図-1 タンクの軸対称モデル

2. 解析方法

解析は、構造物を支える地盤の振動特性が全体の振動性状に及ぼす影響は大きいことが考えられるので、構造物・地盤連成系の振動性状に基づき動的相互作用を考慮にいたした解析を行った。解析に用いた卵形PCタンクの軸対称モデルを図-1に示す。タンクには図-1に示すように内容液が入っているものとする。タンクを構成する材料は全て一様とみなし、断面剛性の評価ではコンクリートの全断面積を有効とした。ただし、免震材導入モデルについては図-1のソリッド斜線部を免震材に変えて考えた。表-1にタンクの材料の各定数を示す。地盤は上層に軟弱な層のある2層からなるものとし、基礎形式は杭基礎を考えた。表-2に地盤の各定数を示す。杭基礎を表現するリング要素は、同心円上に杭と土が交互に存在する状態を等価な弾性定数で置き換える必要

表-1 タンクの材料定数

	PC部分	免震材
単位体積重量 γ	2.5	0.96 t/m ³
ヤング率 E	3.5×10^9	7.3×10^7 kgf/m ²
ポアソン比 ν	0.2	0.49
せん断波速度 V_s	2390.0	500.0 m/sec
減衰定数 h	0.05	0.15

表-2 地盤の材料定数

	地盤1	地盤2
単位体積重量 γ	1.6	1.8 t/m ³
ポアソン比 ν	0.4	0.4
せん断波速度 V_s	200.0	500.0 m/sec
減衰定数 h	0.10	0.10
弾性係数 E	1.3×10^8	1.8×10^7 kgf/m ²

がある。この場合には円周方向（θ方向）に異方性を持たせる必要がある。この方向の等価なヤング率Eは次式で与えられる。なお本研究では内容液とタンク壁面との連性は考慮していない。

$$E = \frac{E_p E_g A_p A_g}{E_p A_p + E_g A_g} \times \frac{1}{A_p + A_g}$$

ここに、添字pは杭を、gは土を表わす。応答計算には地表面の加速度である El Centro 地震波（NS成分、最大加速度326gal、継続時間10秒）を Deconvolution によって基盤面の波形に変換し、モデルの基盤より入力した。なお、数値計算は周波数領域で時間刻み0.02secで行った。

3. 解析結果

表-3にタンク上端部の最大加速・最大速度・最大変位を示す。モデルのソリッド部分の斜線部に免震材を導入した場合と、導入しない場合の結果を示す。免震材を導入した場合は、導入していない場合に比べて加速度・速度・変位すべてにおいて小さい値をとっている。特に変位においては65%の値に抑えられている。免震材によって加速度を小さくしようとすると、変位は大きくなると予想されたが変位も小さくなった。これらから頂部における変位と加速度を共に減少させることのできる免震材であったことがわかる。

表-3 頂部の加速度・速度・変位

	免震材なし(A)	免震材導入(B)	(B)/(A)
加速度 gal	4078.0	3293.0	0.81
速度 kine	31.1	17.5	0.56
変位 cm	0.78	0.50	0.65

表-4 応力の最大値 (kg/cm²)

応力	免震材なし (A)				免震材導入 (B)				応力比 (B)/(A)			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
σ	43.1	40.3	63.6	68.5	27.3	22.5	33.0	25.9	0.63	0.56	0.52	0.38
τ	43.8	27.7	47.6	39.8	24.1	14.5	24.0	15.1	0.55	0.52	0.50	0.38

表-4に応力が集中するであろうと予想されるタンク付け根部分、すなわちタンク壁面の地表に最も近い要素の最大主応力（σ）・最大せん断力（τ）を示す。表中1、2、3、4とあるのはガウスの積分点の番号である。表-4より主応力、せん断応力とも免震材導入後は約50%に抑えられていることがわかる。これは免震部に導入された免震材の弾性が、一点に応力が集中するのを防いでいるためである。ここでも免震材の効果が現われた。これらの結果は、地盤および杭基礎まで考慮に入れて解析を行ったため得られた結果である。

4. 結論

本研究では、卵形PCタンクにおいて地震時の応答、特にタンク頂部の変位とタンクとソリッド部分との境目の応力に注目して検討したものである。本解析によると、タンクとソリッド部分との境目にコンクリートに比べて弾性係数の小さい免震材を導入することによって、前記の加速度と応力とも抑えることができることがわかった。しかし、ここでの結果は一例にしかすぎず、今後は免震材の導入部分や免震材材料についての検討をするとともに、さらに多くの場合について解析を行う必要がある。

【参考文献】

- 1) 三浦房紀, 浜田純夫, 森川慎吾: 非軸対称荷重を受ける地盤-構造物相互作用系における粘性境界, 山口大学工学部研究報告, 1986, pp.67~76
- 2) 小坪清真, 高西照彦, 吉岡民夫, 鳥野 清: 卵形消化槽中の内容液による地震時壁面衝撃圧の一解法, 土木学会論文集第356号 I-3, 1985, pp.343~352