

制振効果を有する大型構造物基礎

(株)大林組 技術研究所 正会員 ○樋口 俊一

(株)大林組 技術研究所 正会員 松田 隆

1. はじめに

兵庫県南部地震における都市施設の大規模被災を契機として我が国の耐震基準が強化されてきたが、その一方、設計地震力の上昇は構造物断面の増大と、その結果として建設費用の増加を招くこととなった。

本研究は、地上式タンクに代表される大規模地上構造物の基礎において、地盤と基礎構造物の動的相互作用によるエネルギー逸散効果を応用した制振基礎を提案し、効果を検討したものである。

2. 制振基礎

地上式タンクにおける制振基礎は、コンクリートスラブとその直下の改良地盤で構成される(図1)。比較的硬い地盤(2種地盤¹⁾)においては杭基礎に置き換わる基礎として、軟弱な地盤(4種地盤)では杭基礎と併用して用いられることを想定している。制振基礎の制振効果は、軟らかい地盤中に硬い構造物が存在する場合の地震時相互作用である「埋込み効果」を利用したものである。

3. 検討方法

本研究では、制振基礎の効果を数値解析により検証した。解析方法として軸対称 FEM による等価線形動的解析を用いた。解析対象モデルとして、内容量 45,000kl の地上式 LNG タンク(図2)を選定した。タンクの固有周期は $T_s=7.36$ 秒、 $T_b=0.30$ 秒である。サイトの地盤条件は、2種地盤及び4種地盤を設定した(図3)。

4. 地盤改良体

地盤改良体の解析定数は森らの研究³⁾より、 $E=1000qu$

を用いて設定した。ここに、 E : 改良体のヤング率、 qu : 1 軸圧縮強度である。一般的な地盤改良では現場安全率 3 を用いることから、この解析ではそれを考慮して $qu=500\text{kN/m}^2$ の場合、 $E=1000 \times 500 \times 3 = 1500\text{MN/m}^2$ と設定した。

地盤改良深度は 2 種地盤、4 種地盤とも $GL=-13.0\text{m}$ とした。これは、埋込み効果の発現には根入れが必要なこと、常時の沈下等を考慮し、表層地盤と比較して硬い地盤に着底するほうが有利であると判断したからである。

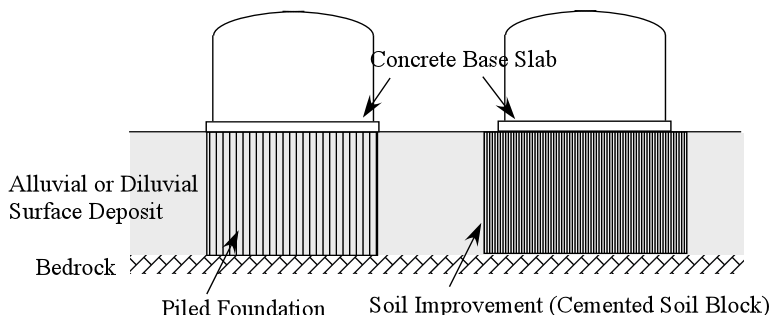


図1 杭基礎と制振基礎

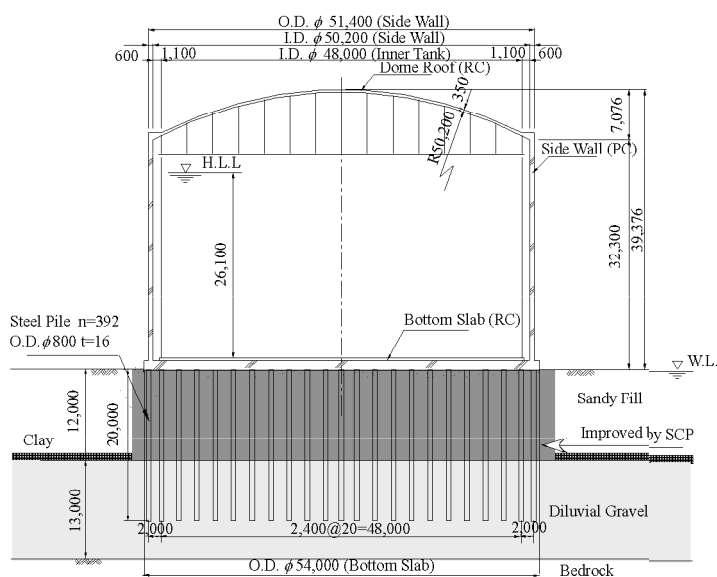


図2 モデルタンク

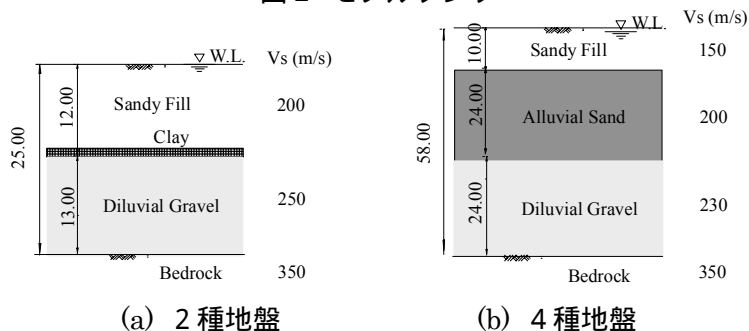


図3 モデル地盤

キーワード 耐震設計，直接基礎，動的相互作用

連絡先 〒204-8558 東京都清瀬市下清戸 4-640 (株)大林組技術研究所土木構造研究室 TEL 0424-95-0947

6．解析ケース

表1に解析ケースを示す．2種地盤では制振基礎の場合は杭基礎と置き換えとなる．表中で xr は半径方向の改良範囲を示し，スラブ外縁からリング状に地盤改良範囲を設定しモデル化している．また，比較のため，通常基礎（杭基礎）の解析も実施した．

表1 解析ケース

地盤モデル	地盤改良範囲				
	$0.1r$	$0.25r$	$0.5r$	$1.0r$	通常基礎
種	R2r01	R2r025	R2r05	R1	D1
種	-	P2r025	P2r05	P1	E1

入力地震動は2種，4種地盤でそれぞれ JMA KOBE (NS)，ポートアイランド波(EW)を用いた．

7．解析結果

図4に2種地盤における通常基礎（ケース D1）と制振基礎（ケース R1）のタンクと遠方地盤の伝達関数を比較した．通常基礎と比較して，制振基礎ではタンク - 基礎 - 地盤系の卓越周期が小さくなり，応答倍率も低減している．直接基礎のタンクの振動モードはスラブ上でのタンク単独の運動を示しているのに対し，制振基礎では地盤 - 基礎 - タンクの連成振動モードに移行し，卓越周期の伸長と減衰の増加を獲得したと考えられる．

この解析は FEM であるため，ここでは制振効果をタンクの応答震度（ベースシア）で評価する．また，入力地震動の最大加速度等が異なることから各ケースの解析結果を統一的に比較するため，通常基礎の応答震度で基準化した値（応答震度低減率）を用いる．表2に各解析ケースでの応答震度低減率を示す．

表2 応答震度低減率

地盤モデル	地盤改良範囲			
	$0.1r$	$0.25r$	$0.5r$	$1.0r$
種	R2r01	R2r025	R2r05	R1
	0.811	0.717	0.737	0.711
種	-	P2r025	P2r05	P1
	-	0.840	0.830	0.770

表2より，2種地盤の場合で通常基礎よりも最大30%程度，4種地盤の場合20%程度，上部構造物の応答震度を低減できることがわかる．また，地盤改良範囲もタンク下面を全面改良する必要はなく，タンク外縁から径の1/4（面積で50%）改良すれば効果があることがわかる．

まとめ．

地上式タンクの制振基礎に対し数値解析により効果を検証し，以下の知見を得た．

- ・制振基礎では地盤 - 基礎 - タンクの連成振動モードに移行し，卓越周期の伸長と減衰の増加を獲得した．
- ・2種地盤の場合で通常基礎よりも最大30%，4種地盤の場合20%程度，上部構造物の応答震度を低減できる．
- ・地盤改良範囲もタンク下面を全面改良する必要はなく，タンク外縁から径の1/4改良すれば効果がある．

参考文献

- 1) LNG 地上式貯槽指針，（社）日本ガス協会，2002．
- 2) 森他：セメント改良砂質土の変形強度特性，第47回土木学会年次学術講演会概要集，第 部門，pp.336-337．

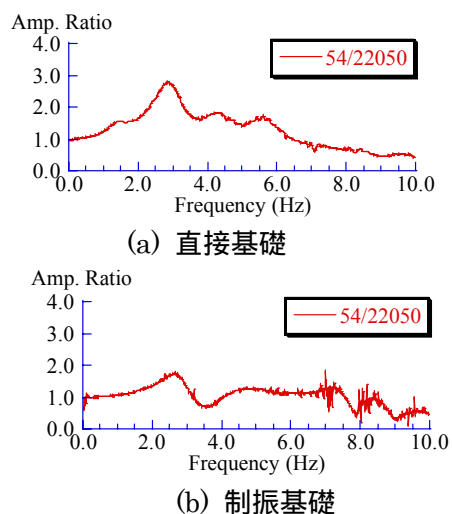


図4 タンクと遠方地盤の伝達関数