

岐阜県 〇正会 丹羽 哲郎
名古屋通商産業局 出村 嘉朗

1. はじめに 近年、各地にLNG(液化天然ガス)タンクの建設が行われてきているが、タンクの大型化に伴い安全性とコストの経済性の追求が問われてきている。本研究では、LNGタンクの基礎杭に着目し、各種の基礎データをもと、杭径、地盤反力係数などを因子として、必要杭量を求め、経済性を評価検討してものである。

2. 設計条件

(1) タンク様式および内容物物性

- ・タンク型式：2重殻金属式地上タンク
- ・容 量：8万kl
- ・外 径：61.5m
- ・内容物物性：比重 $\rho_L = 0.485$ 温度 $\theta_L = -164^\circ\text{C}$

(2) タンク基礎スラブ設計震度(コンクリート2重スラブ)

- ・上スラブ 水平震度 $K_{SH} = 0.60$ 鉛直震度 $K_{SV} = \pm 0.30$
- ・下スラブ 水平震度 $K_{SH} = 0.15$ 鉛直震度 $K_{SV} = \pm 0.30$

(3) 荷重の組合せ

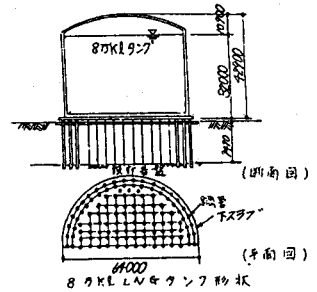


図-1

表-1

	タンク自重	スラブ自重	内容物重量	地震動入力	地震力
運転時	常時 $P=0.0$	〇	〇	〇	
	水張時 $P=0.03$	〇	〇	〇	
水張時	地震時 $P=0.03$	〇	〇	〇	
地震時	常時 $P=0.0$	〇	〇	〇	〇
	水張時 $P=0.03$	〇	〇	〇	〇
風荷重時	常時 $P=0.0$	〇	〇	〇	
	水張時 $P=0.03$	〇	〇	〇	

(4) 杭およびスラブの検討

上記(3)を具体的な数値にすると、下スラブ下面、上スラブ下面で、それぞれ表-2、表-3のようになる。

この数値を用いて、次の①～⑪の各項目について検討する。

(4) 下スラブ下面における杭の検討

i) 杭反力

①常時 ②水張時 ③地震時

ii) 杭たか度

④常時 ⑤水張時 ⑥地震時

(b) 下スラブコンクリートの検討

⑦水平圧縮たか度 ⑧軸力に対する杭と下スラブの結合

(c) 上スラブコンクリートの検討

⑨垂直圧縮たか度 ⑩押破きせん断たか度 ⑪水平圧縮たか度

3. 経済的設計検討 地震時に、タンクにかかるモーメントを、鉛直力として各杭に配分するために、杭の二次モーメント ΣZ^2 を知る必要がある。従って幾通りかの杭配置を例にとり、杭本数 N と、二次モーメント ΣZ^2 の間

表-2 下スラブ下面荷重表

	鉛直力 N(k)	水平力 H(k)	モーメント M(km)
常 時	6044	0	0
水 張 時	10160	0	0
地 震 時	26924 (30421)	17800	267040 30840
上スラブ	9711 (6329)	4482	235
下スラブ	12373 (6662)	1479	0.55
合 計	78575 (97012)	18710	315185

表-3 上スラブ下面荷重表

	鉛直力 N(k)	水平力 H(k)	モーメント M(km)
常 時	5720	0	0
水 張 時	7200	0	0
地 震 時	26924 (30421)	17800	267040 30840
上スラブ	9711 (6329)	4482	235
合 計	66206 (84650)	17800	281539

() 内は ΘK_{SV}

と $\Sigma \sigma = 249N + 16200$ の関係式を得た。この式を目安として杭本数 N に対する $\Sigma \sigma$ を仮定し、設計した。鋼管の厚さを 16mm に統一し、杭径は JIS 規格 ($\phi 609.6$), ($\phi 711.2$), ($\phi 812.8$), ($\phi 914.4$), ($\phi 1016.0$) の 5 種類とし、長さ 1m 当りの杭重量と比較検討した。

4. 結果および考察

(1) 図-2 より杭径と杭重量の関係は、地盤反力係数 K_H によって異なる関係になることが判る。これは上記①~⑩の許容値と比較することにより杭の本数を決定しているため、同一の許容値に支配されない限り、杭径と杭重量の間には、一定の関係が表われないのである。よって杭径と杭重量の関係を次に検討する。

(2) K_H を変化させることにより、杭重量が変化するのは、⑥下スラブ下面における地震時の杭なげ度と、⑦下スラブコンクリートの水平圧縮なげ度の 2 条件のみである。ここに⑥式および⑦式を示すと

$$\text{⑥式} \cdots \sigma_3 = P_3 / A + M_0 / Z < \sigma'_{ca}$$

$$P_3 = N_3 / n + M / \Sigma x^2 \cdot x_{max}$$

$$M_0 = H / 2\beta n Z, \quad \beta = (K_H D / 4EI)^{1/4}$$

ここで σ_3 : 地震時杭なげ度 P_3 : 地震時杭反力 M_0 : 杭頭モーメント β : 杭の特性値

$$\text{⑦式} \cdots \sigma_{ch} = H_0 / DL + 6M_0 / DL^2 < \sigma'_{ca}$$

ここで σ_{ch} : 水平圧縮なげ度 H_0 : 杭 1 本に作用する水平力 L : 下スラブ厚さ

図-5 より、地盤改良を行って地盤反力係数 K_H を 0.3 kg/cm^2 以上にしても、杭本数(杭重量)が、⑨の上スラブコンクリートの垂直圧縮なげ度によって決定されているため、経済的に無意味となる。このことより、上スラブコンクリートの垂直圧縮なげ度を増加させる工法を廃棄することによって、地盤改良する意味があり、設計も経済的になるであらう。

(3) 本研究では、上下スラブ厚さを、それぞれ 0.9m , 1.1m に固定したが、図3~5より、⑧軸力に対する杭と下スラブリの結合が⑨上スラブリコンクリートの垂直圧縮なげ度に次いで大きい。よって上スラブリコンクリートの垂直圧縮なげ度を増加させる工法を廃棄した場合には、スラブ厚さも含めた検討が必要であると思われる。

(4) 以上よりまとめると、経済的な基礎は、地盤反力係数、上スラブリの垂直圧縮なげ度、軸力に対する杭と下スラブリの結合を考慮する必要がある。本研究では必要杭重量によって杭基礎の経済性を検討したが実際には必要杭重量の他に、作業性もコストに大きく影響してくる。従って地盤改良を行って地盤反力係数 K_H を充分増やすことが出来れば、杭径による必要杭重量はほぼ変わらないので、入手しやすい杭径の鋼管杭で適切な杭打ち機、杭間隔で工事を推進すべきであらう。

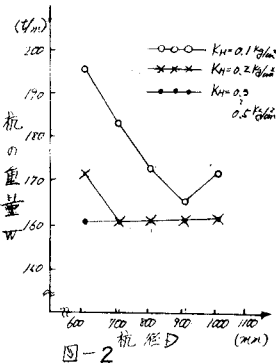


図-2

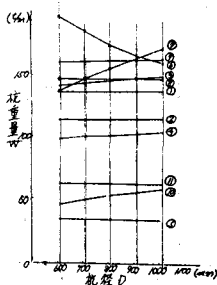


図-3 $K_H = 0.1 \text{ kg/cm}^2$

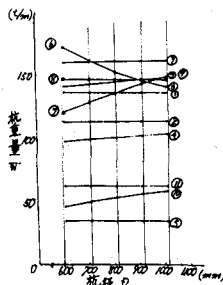


図-4 $K_H = 0.2 \text{ kg/cm}^2$

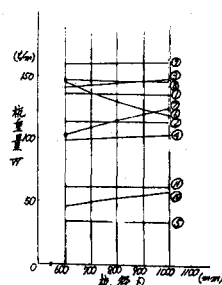


図-5 $K_H = 0.3 \sim 0.5 \text{ kg/cm}^2$