

関西電力(株)総合技術研究所 正員

阿部哲郎

関西電力(株)総合技術研究所

竹澤義徳

(株)総合技術コンサルタント 正員 〇 西森孝三

1. はじめに

地下式貯槽の耐震検討を行う際、S波による地動の応答を考慮した「変位入力による方法」が提案されている。

ここでは、この手法を表面波の場合に適用して1例を報告するものである。

2. モデル

地盤モデルとして図1に示すような表層を要する2種類の2層地盤を考える。タンクモデルとして図2に示す4万KL円筒型RC製貯槽を考え、側壁と底板との結合状態として、図1のピンを2種類を考える。

3. 表面波の分散性と変位モード

レーレー波とラフ波の分散曲線の基本モードを図3に示す。レーレー波に関しては、J. LysmerのFEMを用いる方法にて解析した。基本式を式(1)に示す。

$$|B(k) - \omega^2 E| = 0 \quad (1)$$

ここに、 B : 実対称行列、 E : 単位行列、 k : 波数、 ω : 円振動数
ラフ波に関しては式(2)の振動方程式を2層地盤に適用して求めた。

$$\nabla^2 w_i = \frac{1}{C_i^2} \cdot \frac{\partial^2 w_i}{\partial t^2} \quad (2)$$

ここに w_i : i 層の変位、 C_i : i 層の断波速度、 t : 時間。

分散性を考慮するため、タンク径(ϕ)の約1倍、6倍の2ケースの波長(L)を考える。

これらの波長に対する変位モードをレーレー波については図4に、ラフ波については図5に示す。図6はレーレー波のCASE120の $L/\phi=6$ について深層に至るモードを描いたものであり、これは半無限地盤のレーレー波のモードに近く、表層の影響が現れない場合があることを示している。

4. 入力地盤変位量と地盤バネ

表面波による地表近くの地盤ひずり量は $2 \sim 4 \times 10^{-4}$ との報告例があり、ここでは 10^{-3} とした。すなわち、図7を参照してレーレー波では ε_{xx} の、ラフ波では γ_{xz} の最大が 10^{-3} となる変位振幅を定めに(表1)。地表面における波動の進行方向モードとして、タン

CASE 120		CASE 70
$V_s = 120 \text{ m/s}$	22 m	70 m/s
$\nu = 0.49$		0.49
$\gamma = 1.61 \text{ t/m}^3$		1.61 t/m^3
$V_s = 300 \text{ m/s}$		300 m/s
$\nu = 0.49$		0.49
$\gamma = 1.72 \text{ t/m}^3$		1.72

図1 地盤モデル

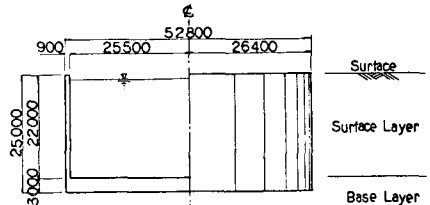


図2 タンク地盤モデル

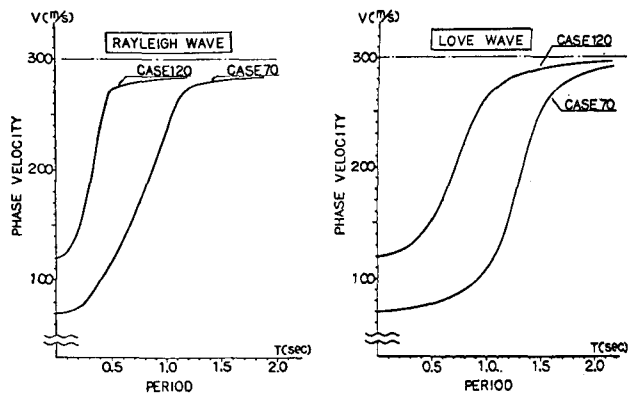


図3 分散曲線

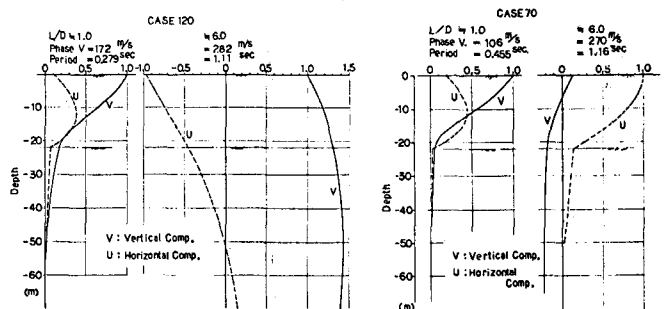


図4 レーレー波のモード

ク中央を原点に採り、水平動はSin型とし、レーレー波の上下動は、水平動に対し位相が90°ずれるため、Cos型とした。

地盤バネは、国鉄耐震設計指針(案) 556 に求めた。側壁に対する地盤バネとして、半径方向は水平反力係数から定め、接線方向は上下方向とは半径方向バネの1/2とした(表2)。

表1 水平変位振幅

	波	L/D	
		6	1
ケース120	レーレー	24.8	0.57
	ラブ	5.0	0.76
ケース70	レーレー	24.8	0.82
	ラブ	5.0	0.76

(単位 mm)

表2 地盤反力係数

地盤種別	せん断波速度(m/s)		
	300	120	70
鉛直反力係数 (k _v)	3.04	—	—
水平 " (k _h)	—	1.18	0.40
せん断 " (k _s)	0.87	—	—

(単位 kg/cm³)

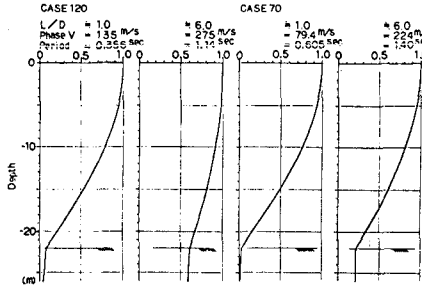


図5 ラブ波のモード

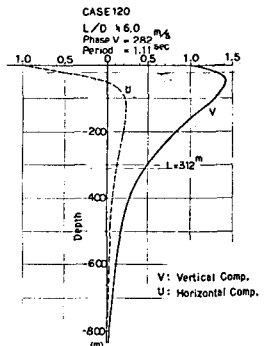


図6 レーレー波のモード

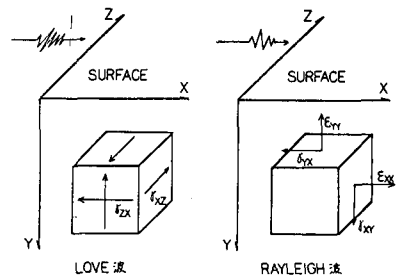


図7 表面波による土要素のひずみ

5. 結果とまとめ 側壁に発生した絶対値最大断面力を図8に示す。これらの図から、次のような傾向が認められる。

- 1) 波長の長い地動で、大きな軸力とせん断力とが生じる。ただし、せん断力については、波長の短いレーレー波でも大きい。
- 2) 側壁と底板との結合状態の差はレーレー波では小さく、ラブ波で大きい。ラブ波の場合ピン結合で応答が小さい。
- 3) 円周方向断面力と高さ方向断面力とは、前者が約2倍の応答を示す。
- 4) 地盤剛性の差は、同一ひずみの仮定のもとでは、堅い地盤の方が大きい応答を示す。

6. あとがき 表面波の影響を「変位入力による手法」で求めることの妥当性については、さらに詳細なデータや動的解析との対比が必要である。

参考文献

- 1) 地成野油施設技術指針(案), 555 土木学会
- 2) J. Lysmer: Lumped Mass Method for Rayleigh Waves, BSSA, Vol.60, No.1, Feb 1970
- 3) K. Toki: Proc. U.S. Japan Seminar on Life line System 1976
- 4) 神山真: 地震時における地盤内の応力ひずみの評価 土木学会 論文報告集, 250号, 1976

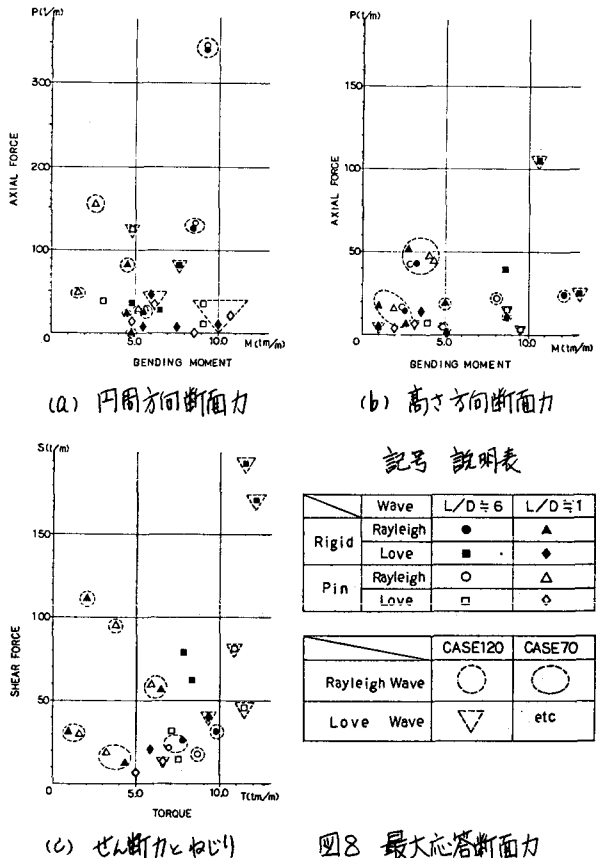


図8 最大応答断面力