

横浜大林組技術研究所 正員 中 村 嶽

横浜大林組技術研究所 伊 藤 雅 保

横浜大林組技術研究所 武 田 寿 一

1. 序 廃棄物の再資源化や有効利用の一つとして、下 wastewater 処理汚泥の再利用を目的とした下水処理施設の一部に消化槽があり、耐久性・断熱効果の利点からコンクリート造で、しかも、汚泥の消化を高効率に行なう卵形の消化槽が注目されている。¹⁾

一般に、タンクに関しては、地震時の容器と内容液との連成振動が大きな問題となる。特に、汚泥消化上の長所が多い卵形という独特の形状が、地震応答に与える影響を調べることを主眼に、コンクリート製卵形消化槽を想定して地震応答解析や応力解析を行ない、その結果を検討した。

2. コンクリート製卵形消化槽 想定した消化槽は、図-1の容量5,000 m³のRC製地上据置式消化槽で、卵形シェル構造を主体に、下部架構としてリング受梁・斜柱・バットレスを配した構造体である。なお、シェル部分とリング受梁については、リングテンションに対して長期引張応力をキャンセルするようなプレストレスの導入も考慮している。

3. 解析条件と解析手法

3.1 荷重 荷重は、固定荷重と地震荷重に分けて考える。

- 固定荷重として、構造体の自重と5,000 m³の内容物(汚泥:液体)による静水圧を考慮する。

- 地震荷重として、構造体に作用する慣性力と内容物による動水圧を考慮する。

荷重の組み合わせは、

- 長期荷重として、固定荷重(自重+静水圧)とする。

- 短期荷重として、固定荷重+地震荷重(慣性力+動水圧)とする。

3.2 解析手法 解析は概略以下の手順に従って行っている。

- ① 3次元架構である卵形消化槽の下部架構(受梁・斜柱・バットレス)を軸対称回転体シェル(図-2参照)に置換する。
- ② シェル構造物と内容物(液体の比重は1.0と仮定)との連成を考慮した軸対称回転体FEM²⁾により地震応答解析を行ない、応答加速度・動水圧を求める。
- ③ 構造体に作用する慣性力と動水圧を求め、擬似的な静的地震荷重を算定する。
- ④ 3次元架構(図-3参照)の静的解析により、断面力を算定する。

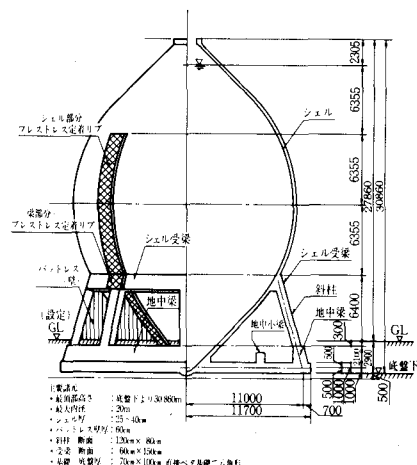


図-1 コンクリート製卵形消化槽

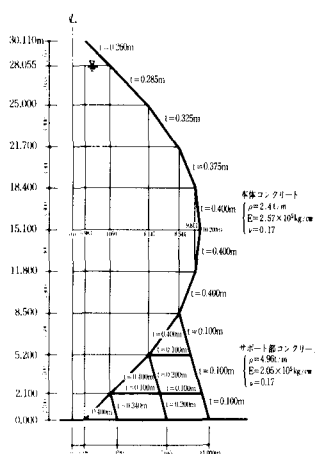


図-2 軸対称回転体モデル

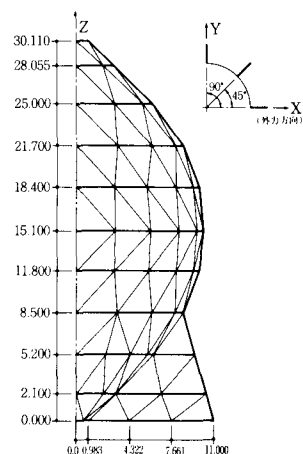


図-3 3次元立体架構モデル

表-1 固有値解析結果

空 の 場 合			貯 液 時		
次 数	T(sec)	f(Hz)	次 数	T(sec)	f(Hz)
—	—	—	スロッシング 1 次	1.865	0.536
—	—	—	スロッシング 2 次	1.217	0.822
1 次	0.1276	7.835	バルジ 1 次	0.2499	4.001
2 次	0.0336	29.81	バルジ 2 次	0.0559	17.88

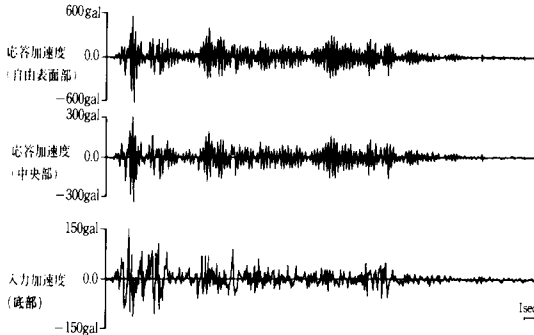


図-4 加速度波形 (El-Centro 150gal入力)

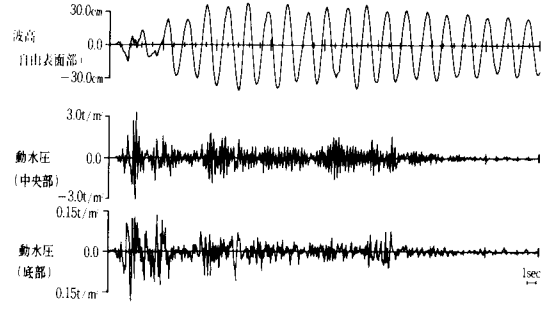


図-5 動水圧と波高の波形 (El-Centro 150gal入力)

4. 解析結果の検討

4.1 固有値解析 表-1に、回転体にモデル化した卵形消化槽の空の場合と貯液時 (水深28.055m) の固有振動数の結果をまとめる。空の場合の1次のモードの固有振動数7.835 Hzが、貯液時には4.001 Hz (バルジング1次) に低下している。貯液時のスロッシング1次の固有周期は1.885 秒である。

卵形消化槽の固有振動数が、空の場合に比べて貯液時に低下することより、1質点系に置換して略算的に検討すると、全貯液量のうちで約93%が固定水として作用することになる。

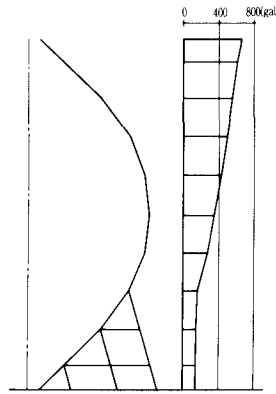


図-6 最大加速度分布

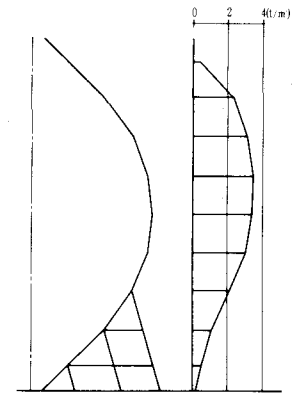


図-7 最大動水圧分布

表-2 卵形シェル部分の断面力

4.2 地震応答解析 貯液時の卵形消化槽について、最大入力加速度を150 gal としたランダム波 (El-Centro 1940 NS) 入力の地震応答解析結果をまとめる。

減衰定数はスロッシングが 0.5%、バルジングが 5%と仮定した。図-4に代表的な位置の加速度波形を、図-5に同じ位置の動水圧と波高の波形を示す。

波高の最大値は約40cmであるが、これを振動圧に換算すると0.40 ton/m²となり、同じ位置の衝撃圧0.14 ton/m²の約 2.8倍程度となり、スロッシングの影響は無視し得ないことが分かる。

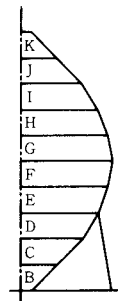
図-6に最大150gal入力時の最大加速度の高さ方向分布を、図-7に動水圧の最大値の高さ方向分布を示す。

動水圧分布は消化槽の底部が最小で0.19 ton/m²、中央部が最大で3.45 ton/m²となっている。これらの分布より構造体に作用する慣性力と動水圧を求め、擬似的な静的地震荷重とした。

4.3 静的解析 固定荷重と地震応答解析より求めた静的地震荷重に対する構造体の断面応力を算定するため、3次元架構 (図-3参照) としての静的解析を行なった。その結果、長期荷重による卵形シェル頂部の沈下量は約 2mm、短期荷重による卵形シェル頂部の水平変位は約 1.0cmを得た。また、表-2にシェル部分の円周方向力、上下方向力、せん断応力の値を示した。

文献1) 平岡他：下水汚泥の嫌気性消化システムに関する研究 (第2報)、環境技術、Vol.10 ,No.11,1981

2) 武田、中村：円筒タンクの地震応答に関する研究 (その2)、大林組技術研究所報、No.27,1983



シェル断面	円周方向力				上下方向力				せん断力	
	長期	短期	長期	短期	長期	短期	長期	短期	Q (t/m)	Q (t/m)
K	0.3	0.0	2.2	0.0	1.2	0.0	1.7	0.0	0.4	1.0
J	9.8	0.0	20.5	0.0	1.0	0.0	2.1	0.0	0.4	2.8
I	34.6	0.0	59.5	0.0	5.5	0.0	7.0	0.0	0.5	11.9
H	68.3	0.0	103.6	0.0	9.3	0.0	13.7	0.1	0.5	21.0
G	106.4	0.0	151.9	0.2	16.3	0.1	20.6	0.3	1.1	33.2
F	139.6	0.3	191.6	0.5	14.5	0.7	34.3	1.5	4.8	52.6
E	116.3	0.7	134.3	1.9	18.9	1.4	73.0	3.0	14.7	86.7
D	88.3	0.9	161.7	2.2	5.8	0.4	12.1	0.8	10.0	68.1
C	58.8	0.7	138.0	1.3	2.6	1.2	29.8	2.5	7.4	67.8
B	11.4	0.2	46.5	0.3	8.6	0.4	49.2	1.1	1.9	53.2