

横浜市下水道局 正員 片桐 晃
 鹿島建設(株) 情報システム部 吉清 孝
 鹿島建設(株) 土木設計本部 正員 ○ 山本 徹

1. はじめに 主に西ドイツを中心にヨーロッパで数多くの実績を持つPC卵形消化タンクを我が国のような地震国に導入するにあたっては、耐震性に対して十分な検討が必要となる。特に、杭で支持された構造の場合、躯体本体は球形に近い比較的剛な構造物であるのに反し、杭～地盤系は長周期となりその振動が躯体本体に大きな影響を与えると考えられる。そこで、本研究ではわが国で初めて建設された横浜市のPC卵形消化タンク ($V=6800m^3$) を例に取り、躯体～内容液～地盤を連成系とした動的解析を実施し、このような軟弱地盤上に杭支持されたPC卵形消化タンクの全体的耐震特性を把握するとともに、静的震度法との比較を行ない、耐震設計法について検討した。

2. 解析方法 動的解析結果を基に慣性力(応答加速度)・動水圧及び杭群に作用する荷重等を算定し、それらと震度法による荷重を対比するとともに、両者により躯体に生じる断面力を比較した。

1). 震度法 側壁・底版をシェル要素、リング基礎をソリッド要素とし、杭支持点をバネ支承とした軸対称有限要素モデルに、内容液を全て固定水と見なし、一様に水平震度 ($K_h=0.2$) を作用させる。^{1), 2)}

2). 動的解析 躯体～内容液～地盤を軸対称有限要素モデルとする。ただし、地中に打設された杭については、スウェイとロッキングに対する配慮として、杭部を図-1の着色部のようなメッシュに分割してスウェイに対するバネを一致させた後、さらに付加バネを杭頭部に設けロッキングに対しても一致させている。また、解析はモーダルアナリシスとし、減衰定数は全体系の振動が地盤で支配されるため地盤のひずみレベルを考慮して $\eta=10\%$ を採用することとした。なお、入力地震波は開北橋(1978, Tr)、EL-CENTRO(1940, NS) とし、入力加速度は事前に行なった地盤系のみ解析結果を基に、杭頭位置で200galとなるように基盤面最大入力加速度をを設定した。³⁾

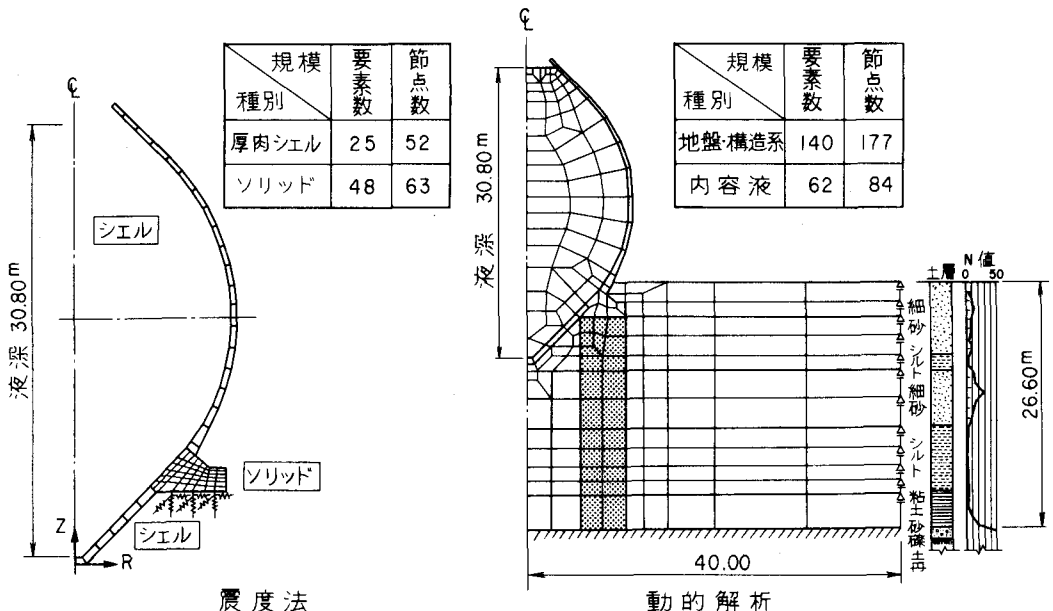


図-1 解析モデル図

3. 解析結果と考察

1). 固有値解析 構造系の地震時挙動に大きな影響を及ぼす代表的モードを図-2に示す。1次モードは地盤系のスウェイが、4次モードはロッキングが卓越している。また、流体系の振動は固有周期が $T_1=2.3$ 、 $T_2=1.4$ 秒と比較的長周期で、構造系と共振する可能性は小さい。

2). 時刻歴応答解析 図-3に躯体及び内容液の最大応答値分布を示す。躯体の最大応答加速度分布は頂部で最大値を示し、ここでもロッキングの影響が現われている。一方、最大動水圧を水平方向の加速度に換算すると、同図に示すとおり、躯体の加速度分布を平均化した分布となり、ロッキングの影響が少なくなっていることがわかる。

3). 震度法と動的解析の比較 地震時の荷重を震度法で評価した場合と動的解析による場合とで、PC卵形消化タンクの地震時断面力がどの程度異なるかを把握するために、常時(躯体自重と静水圧による)における断面力に、前項まで求めた地震時の荷重による断面力(NZ, NT)を重ね合わせて図-4に示す。これより、震度法と動的解析の差は、その最大の位置でも4t/m(NZ;41節点)であり曲げを考慮した上でこれを応力度に換算しても2kg/cmにしか達しない。また、杭群に作用する荷重も表-1に示すとおり大きな差異は認められない。これは、地震時荷重として躯体慣性力よりも動水圧の方が支配的となるが、動水圧の換算加速度分布が図-3に示すようにロッキングの影響が少なくその分布が一様に近いためと考えられる。

以上の解析により、今回のような条件・規模のような場合、その耐震設計を応力照査と全体の安定性のどちらに対しても、簡便な震度法により行えば動的解析による場合とほぼ同程度の安全性を確保できると考えられる。

表-1 杭群に作用する荷重

波		震度法	開北橋	EL-CENTRO
満液	1ton V	9.830	9.830	9.830
	1ton H	2.150	1.730	1.680
	1ton M	24.000	23.600	21.720
空液	1ton V	2.960	2.960	2.960
	1ton H	770	510	530
	1ton M	7.010	7.390	7.080

今後は、設計入力地震動に対する研究並びに他の基礎形式・地盤についての検討を行い、PC卵形消化タンクの耐震設計法の合理化を図っていきたい。

参考文献

- 1) 吉田・久保田等, 横浜市における卵形消化タンク, プレストレストコンクリート Vol. 26, No. 5
- 2) 吉田・山下等, 消化タンクの構造設計と施工計画, 下水道協会誌 Vol. 22, No. 250
- 3) 吉田・山下等, 横浜市における卵形消化タンク, 第22回下水道研究発表会講演集

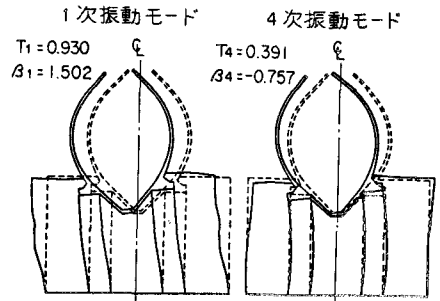


図-2 固有振動モード

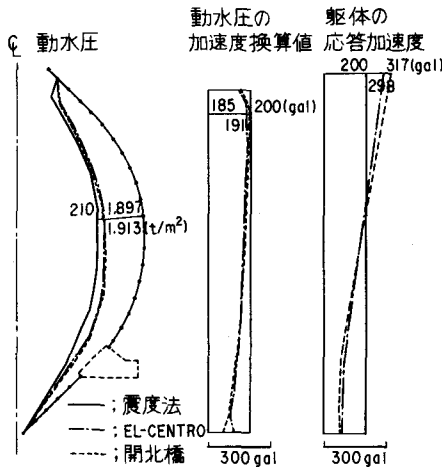


図-3 最大応答値分布

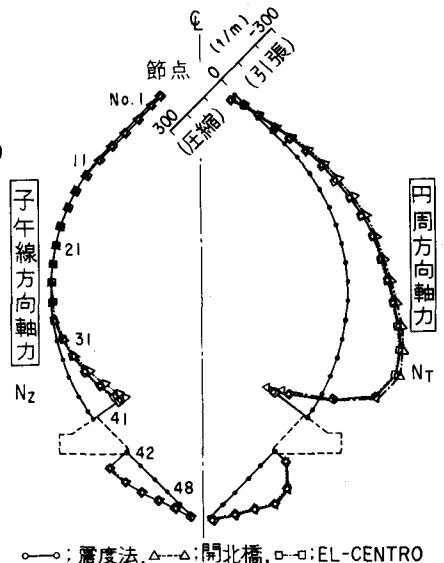


図-4 断面力図