

三井造船 正会員 ○今井兼久

遠山泰美

金広和彦

1. まえがき 大型海洋構造物の耐震性検討の一環として、石油生産用プラットフォームを対象に、詳細な固有振動解析や非線形な流体抵抗および bi-linear な基礎地盤の復元力特性を考慮した非線形系の時刻歴応答計算を試み、それらの非線形パラメータの地震応答への影響を調べた。

2. 数値解析モデル プラットホームの概略形状寸法を Fig. 1 に示す。計算における仮定は、1) 地盤の反力係数は、P-Y 曲線法および API で評価して bi-linear 形にあてはめ、固有振動計算には、弾性部分の値を用いた。2) 周辺流体の影響は、Morison 式で表わし、それらの係数の評価では部材間の干渉を無視しているが、部材の有限長さや自由表面効果は考慮している。

3. 線形系の振動特性 3次元 FEM による固有振動解析結果の一部を振動数、モードを Fig. 2 に、応答倍率および地震波の応答スペクトル曲線を Fig. 3, 4 に示す。結果によれば、1) 固有振動数は全体的に低く、2 次以上のものは振動数域が小さく、ジャケット中央や杭頭部に腹がみられ、杭頭部の曲率は過大である。地表面の Silty clay (0-24m) を無視すると、1 次はスウェイ振動、2 次は剛体的なロッキングに近くなり回転中心も下ってくる。2) 変位応答の応答倍率は、振動数に関しては 1 次 mode が大きく、高次になると低下する。Mud-line のものは 2 次で大きくなる。NF-2, NF-3 も同様であるが、基部の 2 次のもは NF-1 とは大幅に異なる。1~2 次の振動数は Fig. 4 の EL-centro 波に対しては

応答スペクトルの高い部分と一致しており、EL-centro 波の場合、1 次の振動数が若干下ると可成り高いピークを一致することがわかる。十勝沖地震波とは 1 次振動は、はずれている。

4. 応答計算 運動方程式を(1)式で表わす。

$$IM_s \ddot{x} + C_s \dot{x} + F_R = -IM_a \ddot{x}_a - \frac{1}{2} \rho_w C_D A |x_a| \dot{x}_a \quad (1)$$

ここで、 IM_s : 構造系の質量マトリクス、 C_s : 構造系の減衰係数

マトリクス、 F_R : 振動系の復元力マトリクス ($= K_E x - 4FR$)、

K_E : 振動系の弾性剛性マトリクス、 $4FR$: 弾性系と粘性系の復元力の差、 IM_a : 附加質量マトリクス、 ρ_w : 流体の密度、 C_D : 抗力係数マトリクス、 A : 投影面積マトリクス、 x_a : 構造系の絶対変位ベクトル ($= x + x_e$)、 x : 構造系の相対変位ベクトル、 x_e : 入力地震の変位ベクトル

(1) 式を整理すると(2)式のようになる。

$$IM \ddot{x} + C_s \dot{x} + K_E x = -(IM \ddot{x}_e + \frac{1}{2} \rho_w C_D A |x_a| \dot{x}_a - 4FR) \quad (2)$$

ここで、 $IM = IM_s + IM_a$

(2) 式の数値計算は、モーダル法を非線形系に近似的に適用して解く方法と Guyan Reduction による自由度の縮

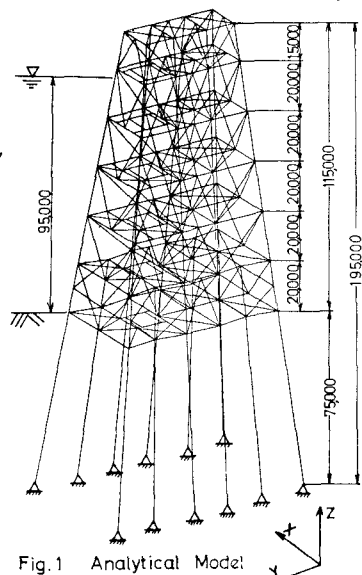


Fig. 1 Analytical Model

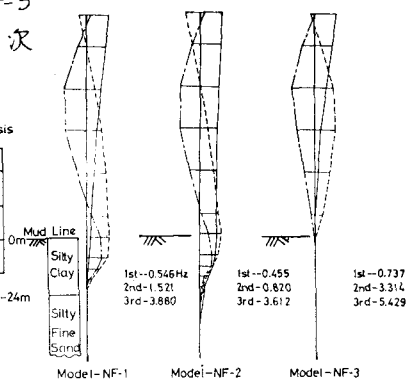


Fig. 2 Natural Mode of Bending Vibration (X-Direction)

約法を併用して行なった。計算は3-Case行ない、時刻歴中の最大応答の分布、時刻歴および応答波のスペクトル解析結果をFig. 5~8に示す。結果より次のことがわかる。①時刻歴中の最大応答は変位では頂部が最大、基部に向うにつれて小さくなっている。加速度ではMud-Line付近で最大になるものがみられる。計算のCase毎の差は、一部を除いてRe-1>Re-2>Re-3である。加速度応答に関してはRe-1と他の場合の差は顕著である。②時刻歴波形に示すように、全般的に波形のピークはRe-1に較べ他のものは鋭さがなくなっている。変位と加速度、計算のCase毎および入力地震波により最大振幅の発生する時刻が異なっており、ある時間ではRe-2, Re-3の方がRe-1に較べ大きい振幅を示すところもみられる。また、一度誘起された振動はRe-2, Re-3の方がRe-1に較べ速やかに早く減衰している。③応答波形の Power Spectral Density (以後、P.S.Dと略称する。)からわかるように変位応答は頂部では1次振動数が卓越しており、そのピークはRe-1, 2, 3の順に小さい。加速度は、1, 2次とも卓越しているが頂部では1次が大きく、Mud-Lineでは2次が大きい。特に、後者のP.S.Dのピークは、Re-2, 3がRe-1に較べ顕著に小さく、ピーク振動数も前者に若干低い。

5. あとがき 海洋構造物の地震応答解析の

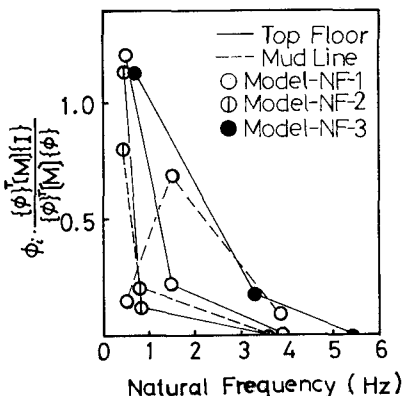


Fig. 3 Magnification Factor

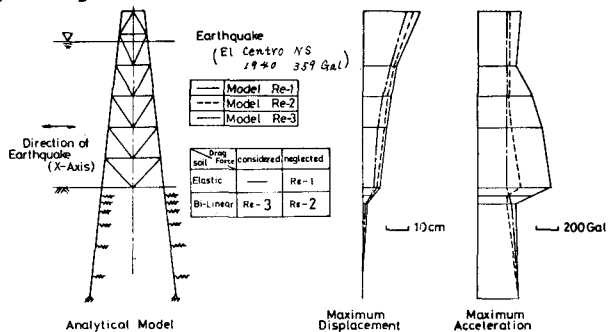


Fig. 5 Distribution of Maximum Displacement and Acceleration

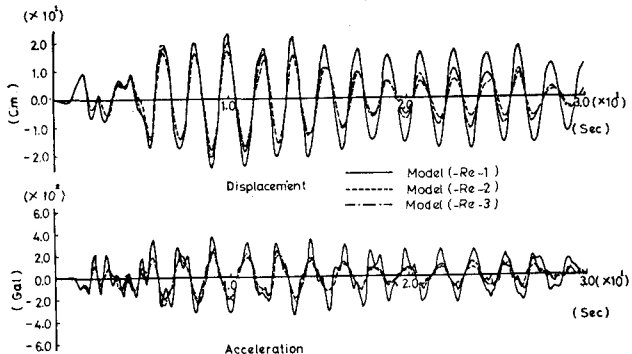


Fig. 6 Time History Response of Top-Floor

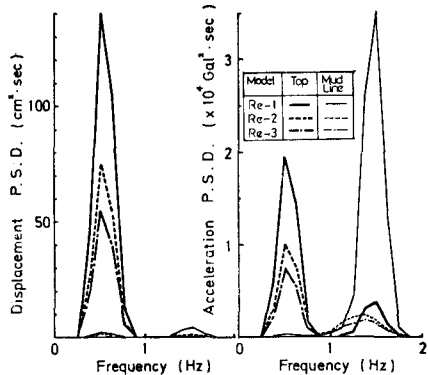


Fig. 8 Power Spectrum of Response

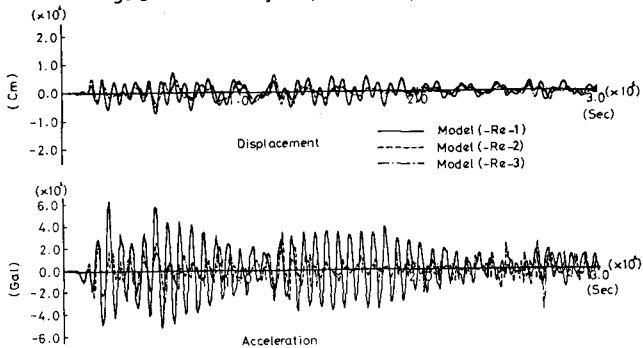


Fig. 7 Time History Response at Mud Line

一例を示したが、構造の振動特性と非線形性が応答に顕著に影響することがわかった。詳細は、当日紹介する。