

川崎製鉄株式会社 正員 三原重郎
同 正員 大方 茂

1. まえがき

本研究は石油生産プラットフォームやシーバース等の海洋構造物を短時間に設計するためのプログラム開発についてのものである。海洋構造物を設計する場合、波力の計算は非常に複雑で手数がかかるが、これをプログラム内で処理するため簡単に計算できる。また地盤の非線形性を考慮した場合でも、杭とジャケットを一体として解析できるなど、多くの特長を持たせた。

プログラムの構成は図-1にあるとおり、4つのサブシステムから構成されている。

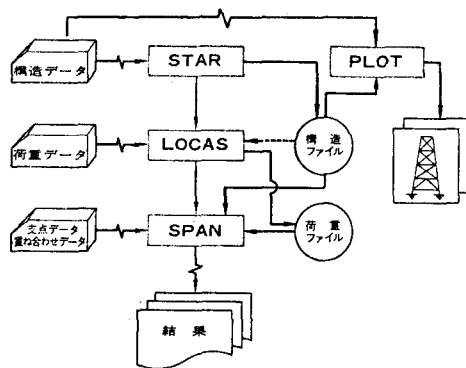


図-1 プログラム構成

2. 波力計算について

海洋構造物における最も重要な荷重は波力と考えられる。波力是一般的なモリソンの式を使用した。

$$F = \frac{w_0}{2g} C_D U |U| D + \frac{w_0}{g} C_M \frac{\partial U}{\partial t} \frac{\pi D^2}{4} - 1$$

管状部材に作用する波力は式-1で示される。

ここに、 U , $\frac{\partial U}{\partial t}$ は水粒子の速度、加速度であり、これらを算出するためには次のような波理論がある。

- 微小振幅波
- 第3次近似ストークス波
- 第5次近似ストークス波
- 第2次近似孤立波

これらの各式の適用範囲は異なるが、水面形状を比較するため1例をあげて計算した。その結果を図-2

に挙げる。孤立波については波の性質上、静水面より

全て上方に波形があるが、実際の適用に当つては質量輸送が起らないように見掛けの静水面を下げる必要がある。

構造物に作用する波力について、ある条件下においても各部材により最も危険側となる波の位相（波の峰の位置で代表される）により異なる。この波の進行についても考慮して反復計算をしなければならず、この波力の計算にはコンピューターを使用せざるを得ない。

3. 杭基礎の計算

杭基礎における水平抵抗の考え方は過去に多数の人々により提案されている。それらの考え方は表-1のように大別できる。

極限地盤反力法は剛体基礎を対象にしたものであり、弾性体である杭基礎には不都合な点がある。複合地盤反力法では地盤を塑性領域と弾性領域とに分けており、土の基本的性質からも問題があると思われる。特に軟弱地盤においては、土そのものが非線形性状を示し、土質調査結果を利用して杭の水平抵抗を計算する港研式やマトロックの方法は合理的と思われる。一方チャンの式で代表される線形弾性地盤反力法は計算の

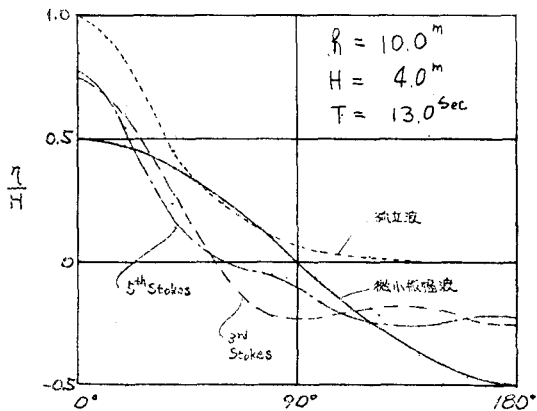


図-2 水面形状

容易さから広く利用されている。この式の場合、例えば地盤面変位を規制して $p-y$ 曲線の割線として地盤応力を線形化してもよく、実用的であるため広く使われている。より忠実にその挙動を追求する場合には杭基礎の $p-y$ 曲線を考慮して、非線形弾性地盤反力法により解析する必要がある。その代表的な構造物が固定式海洋構造物であろう。

杭の水平抵抗の基本式は下式である。

$$EI \frac{d^4 y}{dx^4} + PD = 0 \quad \text{--- 2}$$

軟弱粘性地盤の地盤反力は次式になる。

チャン式 $P = kR$

港研式 $P = k_c y^{\frac{1}{2}}$

マトロツク式 $P = k \times y^{\frac{1}{3}}$

一方2式の解法は現在ではコンピューターを利用することにより、比較的容易に計算可能となった。1例として鋼管杭の $\phi 1200 \times t$ $19 \times \phi 40000$ を上記各式で計算した。その結果を図-3に挙げる。

4. まとめ

最後に本プログラムを使用して、図-4に示すモデルと表-2に示す設計条件により仮想固定端法と本解析法との計算結果を表-3にまとめた。

結果からわかるとおり、仮想固定端法より曲げモーメントは減少している。本解法による効果が十分認められる。

従来は杭基礎を含む3次元骨組解析を杭部分にある深さの仮想地盤面を考え、固定端として処理する仮想固定端法が一般的であった。我々は前項で述べた非線形地盤においても上下部を一体として解析するため、杭と地盤とによつてできる剛性行列を総合マトリックスとして上部工下端に付けて上下部を一体として解析可能とした。

分類	主な提唱者	摘要
極限地盤反力法	物部	 $p = ax^2 + bx$
線形弾性地盤反力法	チャン	$EI \frac{d^4 y}{dx^4} + E_s y = 0$
非線形弾性地盤反力法	港研 マトロツク	$EI \frac{d^4 y}{dx^4} + k y^n = 0$
複合地盤反力法	ブロムス	 そ性領域 弾性領域

表-1 杭の水平抵抗の分類

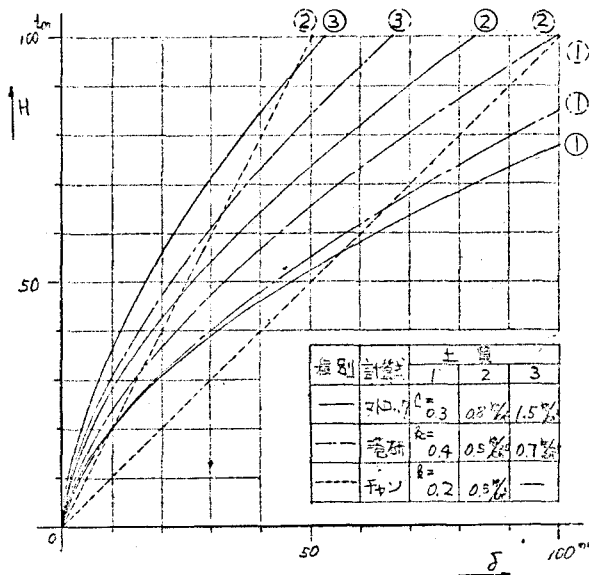


図-3 杭の水平抵抗の計算

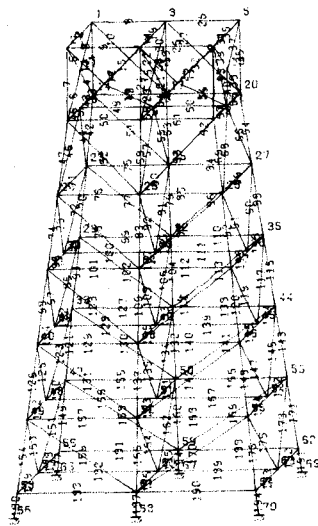


図-4 骨組プロット図

水深	$h = 55 \text{ m}$
	$H = 16 \text{ m}$
波	$T = 10^{\text{sec}}$ 5次ストークス
地盤	$k_R = 0.35 \text{ kg/cm}^3$

表-2 設計条件

種別	$\delta (\text{cm})$	$V (\text{t})$	$H_Y (\text{t})$	$H_Z (\text{t})$	$M_Y (\text{tm})$	$M_Z (\text{tm})$
本解法	7.0	226	21.3	42.3	154	76
固定端法	7.5	229	20.9	42.8	186	92

表-3 計算結果