

I-6 多柱基礎の荷重分配性状について

北海道大学工学部 正員 渡辺 昇
 函館工業高等専門学校 正員 三浦 登
 岩手大学工学部 正員 宮本 裕

1. まえがき

海洋構造物として多柱基礎形式が考えられるが、高次不静定構造で立体解析をしなければならない。その解析方法として、剛性マトリックスを用いた変形法に依って電子計算を行ってもよいが、電子計算においては数値解しが得られない。そこで、本論文では、応力法に依って仕事連立方程式を解き、代数式による解式を導いて、この多柱基礎の構造特性を理論式として考察することを試みた。

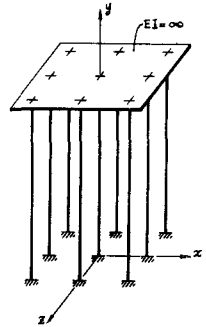


図-1

2. 理論解析

図-1のように9本柱で、柱頭は $EI = \infty$ の板に、下端は地盤に剛結されるものとする。静定基本系として中心柱1本をとり、他の8本の柱にはそれぞれ x, y, z 方向に力と回転モーメントから成る6箇の不静定力を導入して、各柱に働く不静定力と外力による仕事方程式を導くと(1)式になる。

$$\left. \begin{aligned}
 \delta_{11}^{11} X_{11} + \delta_{11}^{12} X_{12} + \delta_{11}^{13} X_{13} + \delta_{11}^{14} X_{14} + \delta_{11}^{15} X_{15} + \delta_{11}^{16} X_{16} + \dots &= -\delta_{11}^0 P - \delta_{11}^0 M \\
 \delta_{12}^{11} X_{11} + \delta_{12}^{12} X_{12} + \delta_{12}^{13} X_{13} + \delta_{12}^{14} X_{14} + \delta_{12}^{15} X_{15} + \delta_{12}^{16} X_{16} + \dots &= -\delta_{12}^0 P - \delta_{12}^0 M \\
 \delta_{21}^{11} X_{11} + \delta_{21}^{12} X_{12} + \delta_{21}^{13} X_{13} + \delta_{21}^{14} X_{14} + \delta_{21}^{15} X_{15} + \delta_{21}^{16} X_{16} + \dots &= -\delta_{21}^0 P - \delta_{21}^0 M
 \end{aligned} \right\} (1)$$

表-1

	m1	m2	m3	m4	m5	m6
n1	$\frac{bdh}{GJ} + \frac{h^3}{12EI}$		$-\frac{adh}{GJ}$		$\frac{dh}{GJ}$	
n2		$\frac{bdh}{EI} + \frac{ach}{EI} + \frac{h^3}{EA}$		$-\frac{dh}{EI}$		$\frac{ch}{EI}$
n3	$-\frac{bch}{GJ}$		$\frac{ach}{GJ} + \frac{h^3}{12EI}$		$-\frac{ch}{GJ}$	
n4		$-\frac{bh}{EI}$		$\frac{h}{EI}$		
n5	$\frac{bh}{GJ}$		$-\frac{ah}{GJ}$		$\frac{h}{GJ}$	
n6		$\frac{ah}{EI}$				$\frac{h}{EI}$

表-2

	P_x	P_y	P_z	M_x	M_y	M_z
m10	$-\frac{h^3}{12EI}$				$-\frac{bh}{GJ}$	
m20	$\frac{ah^2}{2EI}$	$-\frac{h}{EA}$	$\frac{bh^2}{2EI}$	$\frac{bh}{EI}$		$-\frac{ah}{EI}$
m30			$-\frac{h^3}{12EI}$		$\frac{ah}{GJ}$	
m40			$-\frac{h^2}{2EI}$	$-\frac{h}{EI}$		
m50					$-\frac{h}{GJ}$	
m60	$\frac{h^2}{2EI}$					$-\frac{h}{EI}$

ただし n=m のとき * のついている項の h と h³ を 2 倍にする

こゝで

$$\delta = \int \frac{M_x \bar{M}_x}{EI} dy + \int \frac{M_y \bar{M}_y}{EJ_T} dy + \int \frac{M_z \bar{M}_z}{EI} dy + \int \frac{N \bar{N}}{EA} dy \quad (2)$$

とする。

図-2 に第 m 番目の柱の不静定力区と外力 P 、 T の状態を示す。したがって (1) 式で δ_{11}^{12} とは、第 1 番目の柱の不静定力区 X_{11} と、第 1 番目の柱の X_{12} とでなす仕事である。また δ_{11}^0 とは、第 1 番目の柱の X_{11} と外力とでなす仕事を意味する。

一般に、第 m 番目の柱と第 n 番目の柱との間になす仕事方程式の係数は表-1 のようになる。さらに第 m 番目の柱と外力との間になす仕事は表-2 となる。

一例として、後に述べる模型の断面諸元を用い、 Z 方向の横力 P_z と、柱群重心軸のまわりの回転モーメント $T_y = 100 P_z$ ($\text{kg}\cdot\text{cm}$) とが同時に作用する場合について、柱軸方向歪測定位置に生ずる断面力 $Q_y = N$ と M_x の理論値は図-5 のようになる。また、図-3 には回転角 θ_y により生ずる変位 $\delta_{\theta, 100}$ と Z 軸方向のため δ_z の理論値(実線)を示す。

3. 模型および実験概要

図-4 に模型とその測定位置を示す。

上下固定板: SS-41 2@500×500×30 mm

柱: STPG. Sch. 80 9@34φ4.5×1210

$A = 4.1683 \text{ cm}^2$, $I = 4.6398 \text{ cm}^4$

$J_T = 2I = 9.2796 \text{ cm}^4$

$E = 2.1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$, $G = 8.1 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$

ナット: JIS B1181 M36相当

ねじ寸法: $D = 33.249$, $D_1 = 30.291$, $\theta = 55^\circ$

$P = 2.3091$, 精度 B 級

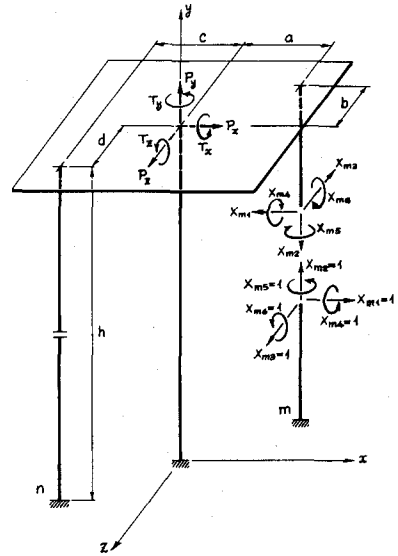


図-2

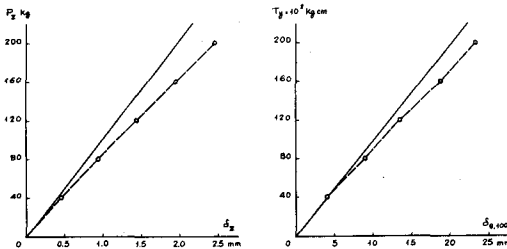


図-3

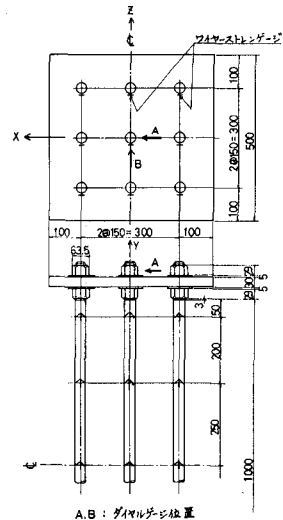


図-4

各柱には ロゼットゲージを接着してストレインゲージで測定し、中心柱頭のx, z方向の変位はダイヤルゲージで計測された。回転角 θ_y は上固定板にセットしたスパン100 cmの載荷用トラスアーム先端の変位 $\delta_{\theta,100}^{Exp}$ として読み取った。(写真-1)

載荷の種類は、(1) $P_z \leq 240$ kgのみ、(2) $T_y \leq 24000$ kg \cdot cmのみ、(3) $P_z \leq 200$ kgと $T_y \leq 20000$ kg \cdot cmの同時載荷とした。

4. 実験結果および考察

結果の一例として、荷重 $P_z = 160$ kgと $T_y = 16000$ kg \cdot cmの同時載荷時について、図-5のNおよび M_x から σ_y の理論値(実線)を算出し、実測値(破線)と共に図-6に示す。

$\delta_{\theta,100}^{Ex}$ と $\delta_{\theta,100}$ および δ_z^{Exp} と δ_z についても実測値は破線で理論値は実線で図-3のようになる。

この結果、理論値と実験値とはよく一致した。

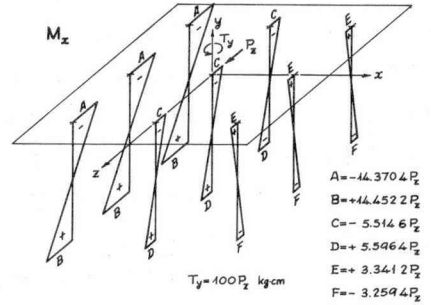
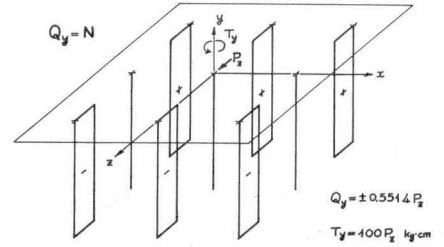


図-5

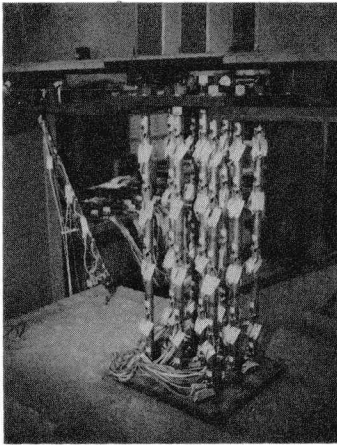


写真-1

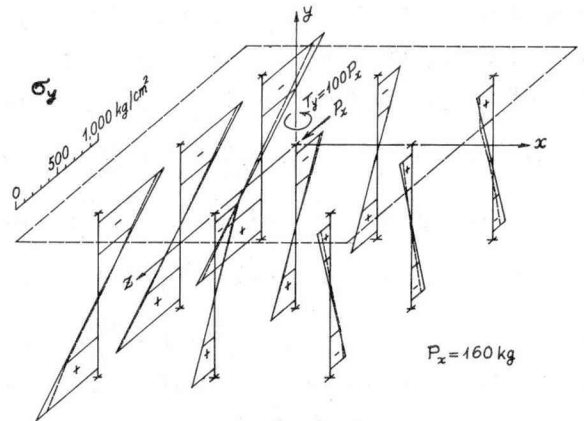


図-6

5. あとがき

以上のように、任意本数の多柱基礎の各柱の応力を求める理論式が得られたので、例えば、本州四国連絡橋の多柱基礎の各柱の応力解析や、柱の長さ、太さなどいろいろに変えた場合の多柱基礎の構造特性を検討することができるようになった。これらについて、いずれ発表したい。