

港湾技研資料

TECHNICAL NOTE OF
THE PORT AND HARBOUR RESEARCH INSTITUTE
MINISTRY OF TRANSPORT, JAPAN

No. 943 Sept. 1999

鋼直杭式棧橋の弾塑性解析による耐震性能照査および簡便照査法の提案

横	田	弘
川	端	之
芥	川	博
黒	崎	和
津	嶋	敏
原	田	典
矢	頭	明
		子

運輸省港湾技術研究所



目 次

要 旨	3
1. はじめに	4
2. 弾塑性解析の手法と解析プログラムの概要	4
2.1 概 要	4
2.2 解析機能および解析方法	5
2.3 解析定数	6
3. 弾塑性解析によるパラメータ解析	10
3.1 解析モデル	10
3.2 損傷イベント	11
3.3 仮想地表面の影響	12
3.4 上部工解析モデルの影響	12
3.5 許容塑性率	13
4. 簡便照査法の提案	13
4.1 弾性限度荷重の算定	13
4.2 許容塑性率の設定	13
4.3 照査手法の相違による影響	14
5. まとめ	14
参考文献	15
付 録 弾塑性解析プログラム N-Pier 利用マニュアル	

Verification of Seismic Performance of an Open Piled Pier by an Elasto-Plastic Method and a Simplified Method

Hiroshi YOKOTA*¹
Noriyuki KAWABATA*²
Hiroaki AKUTAGAWA*²
Kazuyasu KUROSAKI*²
Toshiaki TSUSHIMA*²
Noriyoshi HARADA*²
Akiko YATO*²

Synopsis

An open piled pier with steel piles has been widely used as a berthing facility in ports and harbors in Japan. The ductility design method has recently been introduced to make accurate assessment of structural performance of open piled piers during earthquakes. Since this verification method involves rather new ideas, a standard analytical program has to be developed and engineering information for analyzing this type of structure with this program has to be accumulated. The computer program in elasto-plastic basis has been developed by the authors and through parametric studies on the analyses, a simplified verification method has been also established. This technical note presents the theory of the verification method and evaluation of analytical results. Also the background for the simplified verification method is presented through parametric studies. A users' manual of the computer program is attached.

Key Words: Open piled pier, Earthquake resistant design, Elasto-plastic analysis, Simplified verification method

*1 Chief of Structural Mechanics Laboratory, Structural Engineering Division

1-1 Nagase 3-chome, Yokosuka 239-0826, Tel 0468(44)5031 Fax 0468(44)0255 E-mail hiroy@cc.phri.go.jp

*2 Technical Committee Member of Japan Association of Steel Pipe Piles

鋼直杭式棧橋の弾塑性解析による耐震性能照査 および簡便照査法の提案

横 田 弘*¹
川 端 規 之*²
芥 川 博 昭*²
黒 崎 和 保*²
津 嶋 敏 明*²
原 田 典 佳*²
矢 頭 明 子*²

要 旨

鋼直杭式横棧橋の耐震性能照査を行う手法として、弾塑性解析が新たに技術基準に取り入れられた。本手法を棧橋に適用するのは初めてであるために、解析の標準になるべきプログラムを開発する必要がある。また、その適用に際してのノウハウや知見をとりまとめておく必要がある。さらに、本プログラムを使用しなくても、簡便に耐震性能照査が行える手法を提案することは、実務者にとって有用である。このようなことから、弾塑性解析および簡便法による棧橋の耐震性能照査手法を検討した。

棧橋の耐震性能を簡便に照査する手法は、棧橋の杭列数、水深、表層地盤条件、クレーン荷重の有無等をパラメータとして行って得られた弾塑性解析結果を統計的に処理して提案した。なお、巻末に弾塑性解析プログラムの利用マニュアルを掲げた。

キーワード：鋼直杭式棧橋，耐震設計，弾塑性解析，簡便照査法

*1 構造部構造強度研究室長

239-0826 横須賀市長瀬3丁目1番1号 Tel 0468(44)5031 Fax 0468(44)0255 E-mail hiroy@cc.phri.go.jp

*2 鋼管杭協会技術委員

1. はじめに

鋼直杭式横棧橋は、わが国の港湾における係船施設の代表的な構造様式の1つで、特に水深の大きなバースなどで多く用いられている。この構造は、複数の鋼管杭を基礎構造とし、その上に鉄筋コンクリートあるいはプレストレストコンクリートの上部工を設けたものである。一般に、棧橋は斜面上に設けられるため、各々の杭の剛比が異なる。その結果、降伏あるいは塑性ヒンジ化等の損傷イベントが各杭で同時に生じなくなり、初期に部分的に損傷が生じた後も、全体系の崩壊に至るまでには構造的余裕が大きいものと考えられる。

棧橋本体の耐震性能照査は、港湾の施設の技術上の基準²⁾(以下、技術基準と称する)に基づいて行われるが、1999年4月より保有耐力法を骨子とした照査体系に改訂されている。保有耐力法は、地震時に構造物全体の崩壊に至らないものの局所的な損傷を許容し、棧橋の変形性能を指標として耐震性能を照査する手法である。ここでは、棧橋が地震動により弾性応答域を超えて塑性域に入ること前提としており、従来の弾性解析法をそのまま適用することができない。すなわち、地盤、鋼管杭、およびコンクリート上部工の非線形性を考慮した弾塑性解析手法を用いることが必要である。

このようなことから、本稿は、標準的な弾塑性解析手法およびこれに関する技術資料を作成することを目的にとりまとめたものである。同時に、これらの手法に基づく弾塑性解析プログラムN-Pierを新たに開発し、それを利用する際のマニュアルとして用いられることも目的としている。

また、標準的な棧橋断面を基に、構造諸元・寸法、地盤条件等を変えて弾塑性解析を行い、終局に至るまでの棧橋の荷重-変位関係を考察した。また、この結果に基づき、棧橋の水平変位に応じて耐震性能を検討できる簡便照査手法を提案した。

2. 弾塑性解析の手法と解析プログラムの概要

2.1 概要

本稿にて提案する鋼直杭式棧橋の弾塑性解析は、図-1に示す構造モデルにおいて、鋼管杭、コンクリート上部工、および地盤のそれぞれの材料非線形性を考慮するものである。

鋼管杭およびコンクリート上部工は非線形はり要素にモデル化する。地盤のうち、水平方向地盤反力を表現す

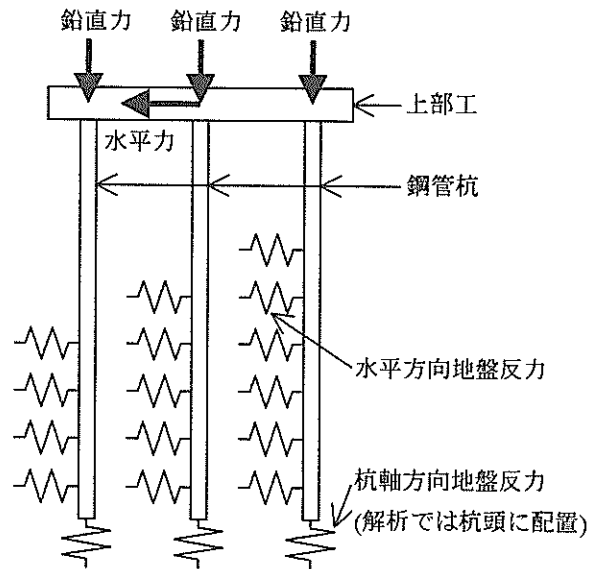


図-1 棧橋の弾塑性解析モデル

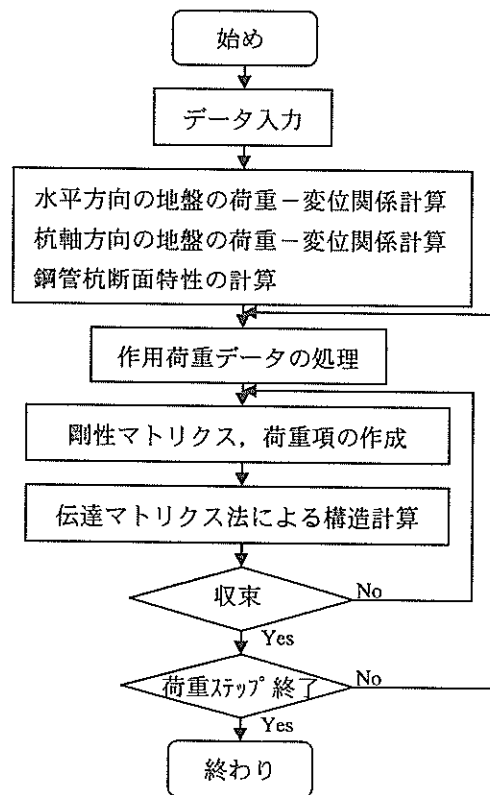


図-2 解析のフロー

る非線形バネ要素は、仮想地表面²⁾以深に付与する。鉛直方向地盤反力を表現するバネ要素は、鋼管杭の軸方向剛性と合成し、解析モデルでは杭頭部、すなわち上部工直下に付与する。これは、棧橋の鋼管杭が支持層に打ち

込まれ、かつ周辺地盤も軟弱であることが多いので、杭周囲の鉛直反力を考慮しなくても解析結果には大きな誤差が生じないと判断したことによる。また、地震力は上部工の重心位置に水平方向に作用すると考える。

解析のフローを図-2に示す。地震力に相当する水平荷重を増分荷重として与え、それぞれの荷重ステップにて収束計算を行い、2.2で述べるような判定基準により収束したと判断されれば、次の荷重ステップへと進む。損傷が進行し、収束しなくなった時点で解析が終了する。

2.2 解析機能および解析方法

(1) 解析機能

本弾塑性解析法に基づく解析プログラムN-Pierが有する機能を以下に示す。

- ・鋼管杭および床版の非線形性 ($M-P-\phi$ 関係) を考慮できる。ここで、 M : 曲げモーメント, P : 軸力, ϕ : 曲率である。
- ・地盤横抵抗の非線形性を考慮できる。
- ・杭軸方向の支持力特性として、押込み、引抜き支持力を限界値とした非線形性が考慮できる。
- ・床版と杭の結合条件として、固定、ピン、回転バネ支持を考慮することができる。
- ・荷重として、床版に作用する力および杭体に作用する力を考慮できる。
- ・軸力の影響として $P-\delta$ 効果を考慮できる。 $P-\delta$ 効果は、杭の水平変位に伴って付加される曲げモーメントのことである。
- ・増加荷重ステップを自動計算することができる。

(2) 解析方法

本解析手法における収束計算の手法を鋼管杭を事例にして述べる。鋼管杭の非線形モデルを考慮する場合、図-3に示すように、鋼管杭の $M-P-\phi$ 関係を考慮するために、鋼管杭の曲げ剛性を変化させて、剛性マトリクスを書き換えて構造計算をすることにより、収束計算を進めていく。

図-3での収束計算の関係は、式(1)で表すことができる。

$$\{EI\}^{(n+1)} = \frac{M}{\phi^{(n)}} \quad (1)$$

ここに、

- $\{EI\}^{(n+1)}$: $(n+1)$ 回目の収束計算で用いる曲げ剛性
- $\phi^{(n)}$: 収束計算 (n) 回目の曲率の計算値
- M : 曲率 $\phi^{(n)}$ における $M-P-\phi$ 関係から求められる曲

げモーメント

収束判定は、杭頭の鉛直変位の合計、杭頭の水平変位の合計、杭頭回転角の合計の各々に関して行い、式(2)~(4)に示す収束判定基準を用いる。

$$\left| \frac{V - V'}{V'} \right| < TOL_1 \quad (2)$$

$$\left| \frac{U - U'}{U'} \right| < TOL_2 \quad (3)$$

$$\left| \frac{\theta - \theta'}{\theta'} \right| < TOL_3 \quad (4)$$

ここに、

V : 新しく計算された杭頭の鉛直変位の合計

V' : 1回前の収束計算で計算された杭頭の鉛直変位の合計

U : 新しく計算された杭頭の水平変位の合計

U' : 1回前の収束計算で計算された杭頭の水平変位の合計

θ : 新しく計算された杭頭の回転角の合計

θ' : 1回前の収束計算で計算された杭頭の回転角の合計

TOL_i : 収束誤差

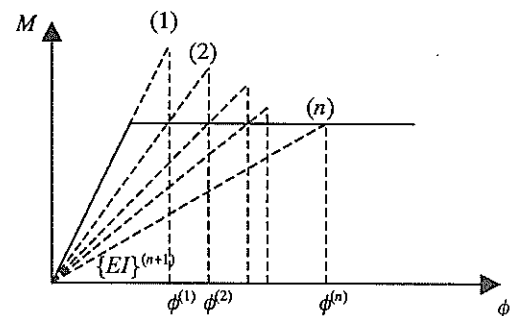


図-3 鋼管杭の非線形モデルの計算方法

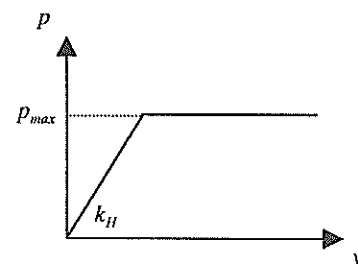


図-4 地盤の水平方向の荷重-変位関係

2.3 解析定数

(1) 水平方向の地盤の荷重-変位関係

地盤の水平方向の荷重-変位関係は、図-4に示すように、地盤反力最大値 p_{max} と水平方向地盤反力係数 k_H を設定するパイリニアモデルとする。

p_{max} および k_H の入力方法として、以下の3種類の方法がある。技術基準によれば、栈橋の地震時保有水平耐力設計では、現状では知見が十分でないので、③道路橋示方書³⁾に準拠する方法を用いることを標準として考えている。

① 直接入力による方法

p_{max} および k_H を別途求め、直接入力する。

② 技術基準に準拠する方法

土質条件から式(5)および式(6)により p_{max} を、式(7)により k_H を求める。

$$p_{max} = \alpha_p \left\{ K_p (\sum \gamma h + q) + 2c \sqrt{K_p} \right\} \quad (5)$$

$$K_p = \frac{\cos^2 \phi}{\cos \delta \left\{ 1 - \frac{\sin(\phi - \delta) \sin \phi}{\cos \delta} \right\}^2} \quad (6)$$

ここに、

p_{max} : 地盤反力最大値(kN/m²)

α_p : 受働土圧の増加係数

砂質地盤 : $\alpha_p = 3.0$

粘性土地盤 : $\alpha_p = 1.5(N > 2), 1.0(N \leq 2)$

N : 地盤の N 値

K_p : 受働土圧係数

γ : 土の単位体積重量(kN/m³)

h : 層厚(m)

q : 上載荷重(kN/m²)

c : 粘着力(kN/m²)

ϕ : 内部摩擦角(°)

δ : 壁面摩擦角(°)

$$k_H = 1.5N \quad (7)$$

ここに、

k_H : 水平方向地盤反力係数(kN/m³)

③ 道路橋示方書に準拠する方法

土質条件から式(5)および式(6)により p_{max} を求める。ただし、 p_{max} を求めるときの壁面摩擦角は式(8)を用いる。また、式(9)~(12)により k_H を求める。

$$\delta = -\frac{\phi}{6} \quad (8)$$

$$k_H = k_{Ho} \left(\frac{B_H}{0.3} \right)^{-\frac{3}{4}} \quad (9)$$

$$k_{Ho} = \frac{1}{0.3} \alpha E_o \quad (10)$$

$$B_H = \sqrt{\frac{D}{\beta}} \quad (11)$$

$$\beta = \sqrt[4]{\frac{k_H D}{4EI}} \quad (12)$$

ここに、

k_{Ho} : 直径30cmの剛体円板による平板載荷試験の値に相当する水平方向地盤反力係数(kN/m³)

α : 地盤反力の推定に用いる係数

E_o : 地盤の変形係数(kN/m²)

B_H : 換算載荷幅(m)

D : 杭径(m)

β : 杭の特性値(m⁻¹)

EI : 杭の曲げ剛性(kN・m²)

(2) 杭軸方向の地盤の荷重-変位関係

杭軸方向の地盤の荷重-変位関係は、杭の軸方向バネ定数 K_V と、押込み支持力の上限値 $P_{c,max}$ 、引抜き支持力の上限値 $P_{t,max}$ より、図-5に示す支持力モデルとする。

杭の軸方向バネ定数 K_V は、式(13)による。

$$\frac{1}{K_V} = \frac{L_1}{aA_p E_p} + \frac{L_2}{A_p E_p} \quad (13)$$

ここに、

K_V : 杭の軸方向バネ定数(kN/m)

A_p : 杭の純断面積(m²)

E_p : 杭体のヤング係数(kN/m²)

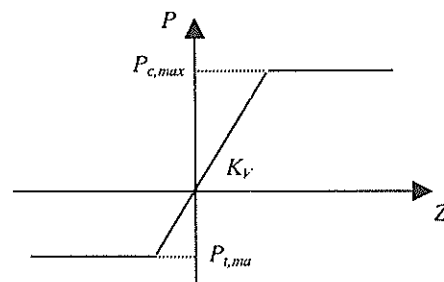


図-5 杭軸方向の地盤の荷重-変位関係

L_1 : 地中部の杭長(m)

L_2 : 突出部の杭長(m)

式(13)中の係数 a の算定方法には2種類あり、既往の載荷試験に基づく推定式³⁾を式(14)に、土質試験の結果による推定式³⁾を式(15)~(17)に示す。

a) 既往の載荷試験に基づく推定式

$$a = 0.014 \frac{L}{D} + 0.78 \quad (14)$$

b) 土質試験の結果による推定式

$$a = \frac{\lambda \tanh \lambda + \gamma}{\gamma \tanh \lambda + \lambda} \lambda \quad (15)$$

$$\gamma = \frac{A_i k_v L}{A_p E_p} \quad (16)$$

$$\lambda = L \sqrt{\frac{C_s U}{A_p E_p}} \quad (17)$$

ここに、

A_i : 杭の先端閉塞面積(m²)

U : 杭の周長(m)

C_s : 杭と周面地盤のすべり係数(kN/m³)

押込み支持力の上限値 $P_{c,max}$ 、および引抜き支持力の上限値 $P_{t,max}$ の算定式については、以下の2種類による。

① 港湾基準による方法

押込み支持力の上限値 $P_{c,max}$ は、式(18)により求める。

$$P_{c,max} = \min(R_U, R_{PU}) \quad (18)$$

ここに、

$P_{c,max}$: 押込み支持力の上限値(kN)

R_U : 地盤から決まる杭の極限支持力(kN)

R_{PU} : 杭体から決まる押込み支持力の上限値(kN)

R_U の算定は施工方法の違いを考慮する必要がある。打撃工法による打込み杭について、砂質土地盤の場合の算定式を式(19)および式(20)に、粘性土地盤の場合の算定式を式(21)に示す。

a) 打撃工法による打込み杭

・砂質土地盤 :

$$R_U = 300N A_p + 2\bar{N} A_s \quad (19)$$

$$N = \frac{N_1 + \bar{N}_2}{2} \quad (20)$$

・粘性土地盤 :

$$R_U = 8c_p A_p + c_a A_s \quad (21)$$

ここに、

A_s : 杭周面の表面積(m²)

\bar{N} : 杭根入れ全長に対する平均 N 値

N_1 : 杭先端位置での N 値

\bar{N}_2 : 杭先端より上方へ杭径の4倍までの範囲内の平均 N 値

c_p : 杭先端位置での粘着力(kN/m²)

c_a : 杭根入れ全長に対する平均付着力(kN/m²)
(≤ 100 kN/m²)

引抜き支持力の上限値 $P_{t,max}$ として、打撃工法による打込み杭について、砂質土地盤の場合の算定式を式(22)に、粘性土地盤の場合の算定式を式(23)に示す。

・砂質土地盤 :

$$P_{c,max} = 2\bar{N} A_s \quad (22)$$

・粘性土地盤 :

$$R_U = c_a A_s \quad (23)$$

② 道路橋示方書に準拠する方法

押込み支持力の上限値 $P_{c,max}$ は、式(24)および式(25)により、引抜き支持力の上限値 $P_{t,max}$ は、式(26)および式(27)により求める。

$$P_{c,max} = \min(R_U, R_{PU}) \quad (24)$$

$$R_U = q_d A + U \sum L_i f_i \quad (25)$$

ここに、

$P_{c,max}$: 押込み支持力の上限値(kN)

R_U : 地盤から決まる杭の極限支持力(kN)

R_{PU} : 杭体から決まる押込み支持力の上限値(kN)

q_d : 杭先端の単位面積当たりの極限支持力度(kN/m²)

U : 杭の周長(m)

L_i : 周面摩擦力を考慮する層の層厚(m)

f_i : 周面摩擦力を考慮する層の最大周面摩擦力
(kN/m²)

$$P_{t,max} = \min(P_U + W, P_{PU}) \quad (26)$$

$$P_U = U \sum L_i f_i \quad (27)$$

ここに、

$P_{t,max}$: 引抜き支持力の上限値(kN)

P_U : 地盤から決まる杭の極限引抜き力(kN)

W : 杭および杭内部の土の有効重量(kN)

P_{PU} : 杭体から決まる引抜き支持力の上限値(kN)

(3) 鋼管杭の非線形モデル

鋼管杭の材料モデルとしては、線形モデルと M - P - ϕ 関

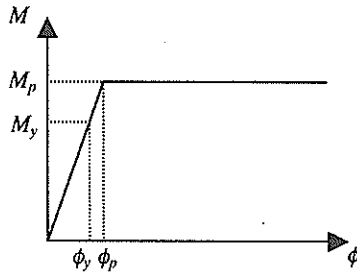


図-6 バイリニアモデルによるM-P-φ関係

係による非線形モデルが考慮できる。M-P-φ関係による鋼管杭の非線形モデルには、①バイリニアモデル、②トリリニアモデル、③Chenモデル、および④直接入力モデルがある。

① バイリニアモデル

バイリニアモデルによるM-P-φ関係を、図-6および式(28)に示す。

$$M = \begin{cases} EZ_c R \phi & (\phi \leq \phi_p) \\ M_p & (\phi > \phi_p) \end{cases} \quad (28)$$

ここに、

- M : 鋼管杭の曲げモーメント(kN・m)
- φ : 鋼管杭の曲率(m⁻¹)
- M_y : 鋼管杭の線部降伏曲げモーメント(kN・m)
- M_p : 鋼管杭の全塑性曲げモーメント(kN・m)
- φ_y : 鋼管杭の降伏時曲率(m⁻¹)
- φ_p : 鋼管杭の全塑性時曲率(m⁻¹)
- E : 鋼管杭のヤング係数(kN/m²)
- Z_c : 鋼管杭の断面係数(m³)
- R : 鋼管杭の半径(m)

鋼管杭の降伏曲げモーメントM_pは式(29)による。

$$M_y = \left(\sigma_y - \frac{N}{A} \right) Z_c \quad (29)$$

ここに、

- N : 鋼管杭に作用する軸力(kN)
- σ_y : 鋼管杭の降伏強度(kN/m²)
- A : 鋼管杭の断面積(m²)

鋼管杭の全塑性曲げモーメントM_pは式(30)~(34)による。

$$M_p = M_{po} \cos\left(\frac{\alpha\pi}{2}\right) \quad (30)$$

$$\alpha = \frac{N}{N_{yo}} \quad (31)$$

$$N_{yo} = \sigma_y A \quad (32)$$

$$M_{po} = Z_p \sigma_y \quad (33)$$

$$Z_p = \frac{4}{3} \left\{ R^3 - (R-t)^3 \right\} \quad (34)$$

ここに、

M_{po} : 軸力が無い場合の鋼管杭の全塑性曲げモーメント(kN・m)

N_{yo} : 鋼管杭の降伏軸力(kN)

Z_p : 鋼管杭の塑性断面係数(m³)

t : 鋼管杭の板厚(m)

φ_yおよびφ_pは、それぞれ式(35)および式(36)による。

$$\phi_y = \frac{M_y}{EI} \quad (35)$$

$$\phi_p = \frac{M_p}{M_y} \phi_y \quad (36)$$

② トリリニアモデル

トリリニアモデルによるM-P-φ関係を図-7および式(37)に示す。

$$M = \begin{cases} EZ_c R \phi & (\phi \leq \phi_y) \\ g\phi + h & (\phi_y < \phi \leq \phi_u) \\ M_p & (\phi > \phi_u) \end{cases} \quad (37)$$

ここで、gおよびhは式(38)~(42)による。

$$g = \frac{M_s - M_y}{\phi_s - \phi_y} \quad (38)$$

$$h = \frac{\phi_s M_y - \phi_y M_s}{\phi_s - \phi_y} \quad (39)$$

$$\frac{M_s}{M_{yo}} = 1 + 0.21\alpha - 1.05\alpha^2 \quad (40)$$

$$\phi_s = \frac{1}{1 - 1.395\alpha + 1.206\alpha^2} \quad (41)$$

$$\phi_u = \frac{\phi_s (M_p - M_y) + \phi_y (-M_p + M_s)}{M_s - M_y} \quad (42)$$

α=0のとき、gおよびhは式(43)~(45)による。

$$g = \frac{M_p - M_y}{\phi_u - \phi_y} \quad (43)$$

$$h = \frac{\phi_u M_y - \phi_y M_p}{\phi_u - \phi_y} \quad (44)$$

$$\phi_u = 2\phi_y \quad (45)$$

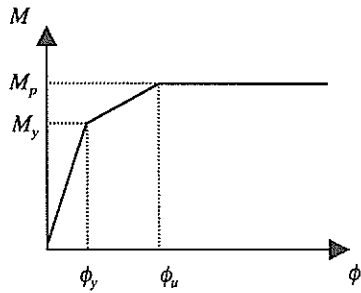


図-7 トリリニアモデルによる M - P - ϕ 関係

ここで、鋼管杭の局部座屈が発生するひずみは式(46)で求めることができる。

$$\varepsilon_{max} = 0.44 \frac{t}{D} \quad (46)$$

ここに、

ε_{max} : 局部座屈が発生するひずみ

局部座屈が発生するひずみ ε_{max} に対する曲率は式(47)

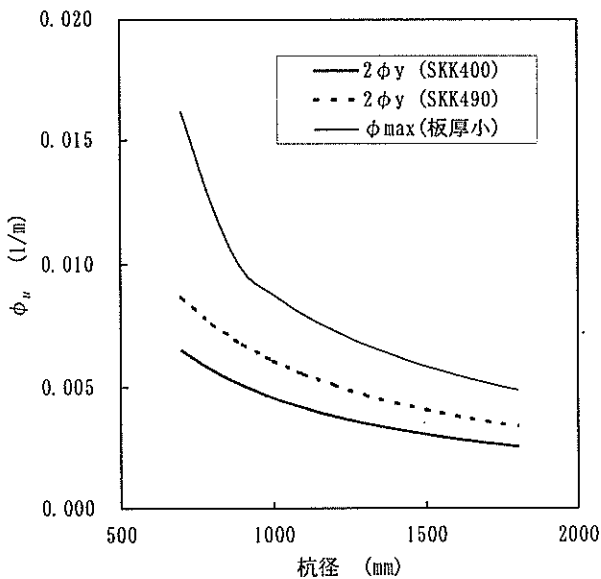


図-8 ϕ_u と ϕ_{max} の比較

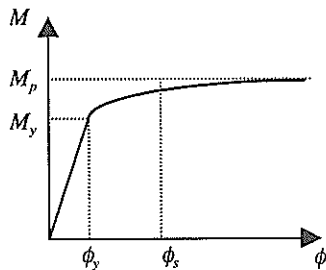


図-9 Chen モデルによる M - P - ϕ 関係

により求めることができる。

$$\phi_{max} = \frac{2\varepsilon_{max}}{D} \quad (47)$$

式(45)による ϕ_u と式(46)による ϕ_{max} との比較を図-8に示す。局部座屈が発生するひずみ ϕ_{max} は一般的に用いられる鋼管杭のうち最小板厚のものを対象とした。この場合、鋼管杭の最小板厚は杭径の1%が目安となる。

図-8より、鋼管杭の板厚が小さい場合においても、局部座屈が発生する曲率は、トリリニアモデルにける全塑性時の曲率より大きい。したがって、トリリニアモデルにおいて鋼管杭断面の全塑性化の照査を行えば、局部座屈に対しても、設計上十分な安全性を有するものと考えられる。

③ Chenモデル

Chenモデルによる M - P - ϕ 関係を図-9および式(48)に示す。

$$M = \begin{cases} EZ_e R \phi & (\phi \leq \phi_y) \\ b - c / \sqrt{\phi} & (\phi_y < \phi \leq \phi_u) \\ M_p - f / \phi^2 & (\phi > \phi_u) \end{cases} \quad (48)$$

ここで、 b 、 c 、 f は、それぞれ式(49)~(51)による。

$$b = \frac{\sqrt{\phi_s} M_s - \sqrt{\phi_y} M_y}{\sqrt{\phi_s} - \sqrt{\phi_y}} \quad (49)$$

$$c = \frac{M_s - M_y}{1/\sqrt{\phi_y} - 1/\sqrt{\phi_s}} \quad (50)$$

$$f = \frac{\phi_s^2}{M_p - M_y} \quad (51)$$

④ 直接入力モデル

直接入力による M - ϕ 関係を図-10に示す。これは、同図中の各変数を別途求め、その値を直接入力する方法である。直接入力による場合は、解析上、鋼管杭に作用する軸力の影響を直接考慮することはできない。

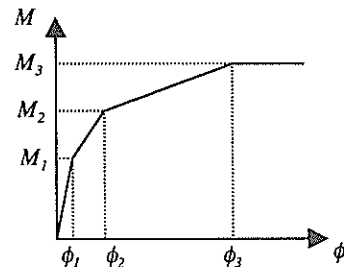


図-10 直接入力による M - ϕ 関係

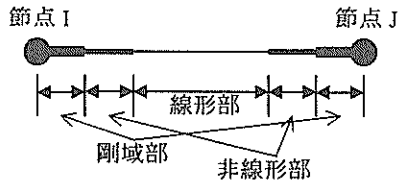


図-11 上部工の非線形はり要素モデル

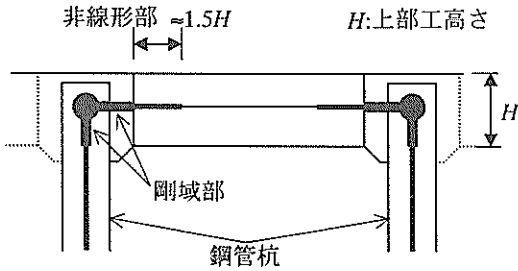


図-12 上部工と杭頭の接合部のモデル

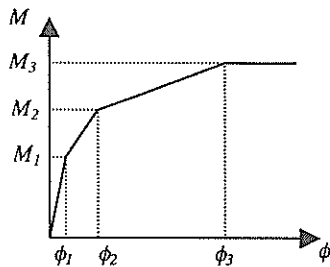


図-13 上部工非線形部の $M-\phi$ 関係

(4) 上部工の弾塑性モデル

上部工は、全スパン線形モデル、または図-11に示すような剛域部、非線形部、および線形部を有する非線形はりモデルとすることができる。

図-12に示すように、剛域部の長さは杭中心からはり高さ(上部工をはりモデルに置換した場合の高さ)の端部まで、非線形部の長さははり高さの1.5倍程度とすることを標準とする。上部工はり頭と杭頭との接合部として、杭頭の床版への埋込み部分は剛域として計算する。このときの埋込み長ははり高さの1/2として設定される。

非線形部は、図-13に示す $M-\phi$ 関係を考慮する。ここで、 M_1 、 M_2 、 M_3 は、それぞれ、ひび割れ発生モーメント、鉄筋降伏モーメント、終局モーメントを表す。これらの各変数は、限界状態設計法²⁾に基づいて算定し、設定する。

通常、上部工の耐力および上部工と杭頭との接合部の耐力は、鋼管杭の耐力よりも大きいため、このような場合は、上部工を線形モデルとして設計することも考えら

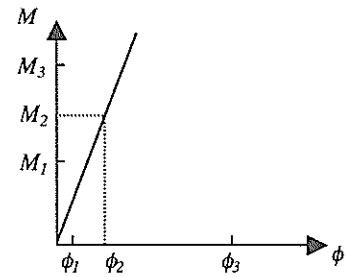


図-14 降伏剛性を用いる場合の $M-\phi$ 関係

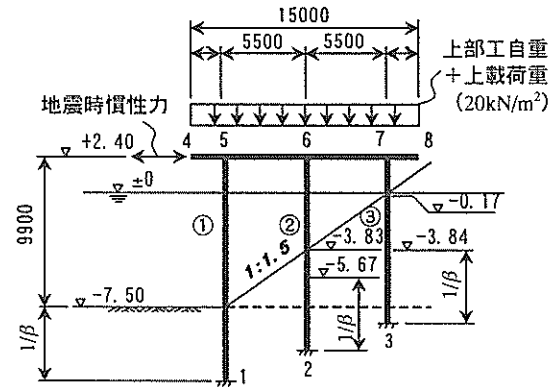


図-15 パラメータ解析モデル

れる。上部工を線形モデルとする場合は、図-14に示すように鉄筋降伏モーメントと降伏時曲率により規定される降伏剛性を用いることが一般的である。

3. 弾塑性解析によるパラメータ解析

3.1 解析モデル

2.で述べた手法に準じて、既往の栈橋の建設事例に基づき、標準的諸元を有する45ケースの栈橋の弾塑性解析を行った⁴⁾。表-1に各解析ケースの一覧を示す。構造諸元として、水深を-7.5~-15mに、また水深に応じて杭列数を3~5列に変えた5断面を抽出した。解析対象断面の一例として、水深-7.5m、杭列数3列の栈橋の解析モデルを図-15に示す。解析は、これらの各断面でそれぞれ、地盤条件を3段階に、また従来の設計震度に相当する基本設計震度(従前の許容応力度設計レベルでの設計震度)を3段階に変化させている。

地盤条件は、捨石層の N 値は5、海底面より深さ10mまでを表-1に示した N 値(表層 N 値)、さらにそれ以深10mをその N 値の2倍に、海底面より深さ20m以深は基盤層に設定した。また、各ケースとも、上部工の自重等として 20kN/m^2 の鉛直荷重を想定した他、水深-12mおよび-15m

表-1 計算ケース一覧

No.	水深 (m)	杭列数	表層 N 値	基本震度	直径 (m)	肉厚 (mm)		
1	-7.5	3	5	0.05	500	9		
2					700	9		
3					800	9		
4			10	0.10	15	0.15	500	9
5							700	9
6							800	9
7			15	0.15	15	0.15	500	9
8							700	9
9							800	9
10	-10	3	5	0.05	600	9		
11					800	9		
12					800	12		
13			10	0.10	15	0.15	600	9
14							800	9
15							800	12
16			15	0.15	15	0.15	600	9
17							700	9
18							800	12
19	-10	4	5	0.10	800	9		
20					800	12		
21					1000	12		
22			10	0.15	15	0.20	800	9
23							800	12
24							900	12
25			15	0.20	15	0.20	800	9
26							800	12
27							900	12
28	-12	4	5	0.10	1200	14-19		
29					1300	14-22		
30					1400	14-22		
31			10	0.15	15	0.20	1200	14-19
32							1300	14-22
33							1400	14-22
34			15	0.20	15	0.20	1200	14-19
35							1300	14-19
36							1400	14-22
37	-15	5	5	0.15	1300	14-16		
38					1400	14-19		
39					1500	16-22		
40			10	0.20	15	0.25	1200	14-19
41							1400	14-19
42							1500	16-22
43			15	0.25	15	0.25	1200	14-19
44							1400	14-19
45							1500	16-19

のモデルでは、ガントリークレーンに相当する荷重を上部工に分布荷重として載荷した。

鋼管の構成則は、図-6に示したように、初期剛性が全塑性モーメントまで継続するバイリニアモデルとし、降伏強度は235N/mm²とした。コンクリート上部工は、図-12に示したように、全断面有効の剛性を有する線形部、ひび割れおよび鉄筋降伏を考慮する非線形部、および剛域部にそれぞれモデル化した。

地盤は、杭に付与するバネとして、2.で述べた方法に基づいてモデル化した。なお、水平方向の地盤バネは、解析結果の比較のために、地表面以深に付与した場合と、仮想地表面以深に付与した場合の両者を考慮した。

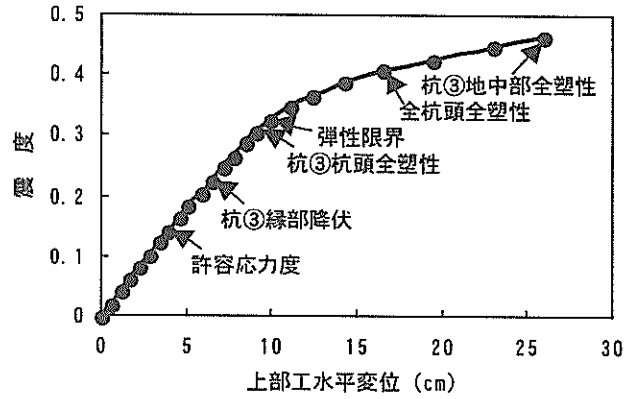


図-16 水平荷重と栈橋の水平変位の関係

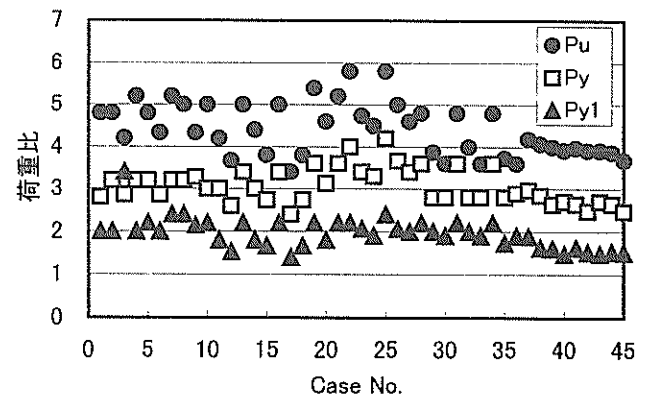


図-17 P_y, P_y, P_u に関する P_a との荷重比

3.2 損傷イベント

解析で得られた栈橋モデルの荷重と上部工の水平変位との関係の一例(Case No.3)を図-16に示す。ここで、水平荷重は震度で表示しているが、これは水平荷重を栈橋の自重等の鉛直荷重で除したものである。

いずれの解析結果においても、栈橋の終局状態に至るまでに、種々の損傷イベントを経た。このうち、杭縁部で最初に降伏した荷重 P_{y1} 、弾性限界の荷重 P_y 、杭地中部で最初に全塑性モーメントに達した(全塑性化)荷重 P_u と、許容応力度レベルの設計荷重 P_a とのそれぞれの比を図-17に示す。弾性限界の荷重 P_y は、栈橋の荷重-水平変位関係が線形と認められなくなった時点の荷重で、この関係を両対数グラフで整理した際に明確に現れる勾配変化点での荷重と定義した。また、地中部で最初に全塑性化した時点を、栈橋の終局状態であると考えた。これは、地中部が全塑性状態になり局部座屈が生じると、これの発見あるいは補修等がきわめて困難であるので、耐震性

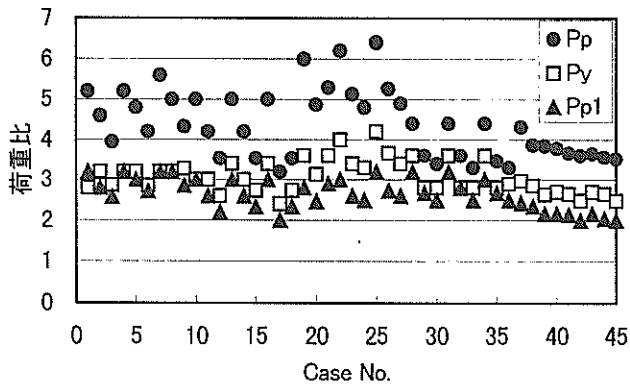


図-18 P_p, P_y, P_{pl} に関する荷重比

能上この状態を防ぐべきであるという考えに基づくものである。

P_y は P_a の2.5~4倍程度(平均3.0, 標準偏差0.41), P_u は3.5~6倍程度(平均4.4, 標準偏差0.62)となった。すなわち, 弾性限界および終局状態とも従前の許容応力度レベルの荷重と比較して, 耐力レベルではかなり大きな性能を有していると言える。

図-18に, 杭頭部で最初に全塑性化した荷重 P_{pl} とすべての杭の頭部において全塑性化した荷重 P_p と P_a とのそれぞれの比を示す。あわせて, 比較のために, 図-17で示した P_y についても再掲する。弾性限界は, いずれのケースでも, 杭頭部が全塑性化してから全杭の頭部が全塑性化するまでの間に位置していた。この結果, おおむね過半数の杭頭において全塑性化した時点が, ここで定義した弾性限界時点とほぼ対応する結果となった。また, 計算モデルによっては, 全杭頭での全塑性化よりも地中部の全塑性化, すなわち終局状態の方が早い場合もあった。

また, 杭の局部座屈は, 理論上は全塑性化状態の前に生じるが, 通常の栈橋鋼管杭では, 座屈荷重と全塑性荷重はほぼ同じであると考えられる。これらのことから, 部分的には鋼管は塑性状態に達している(塑性ヒンジの発生)が, 局所的な降伏あるいは全塑性化は構造全体の挙動に大きな影響を与えないので, この弾性限界荷重を耐震照査の1つの目安として採用できるものと考えられる。

3.3 仮想地表面の影響

3.2で述べた計算結果は, 実地表面に対する解析結果であったが, 仮想地表面を考慮した場合の P_y と P_u に関する同様の計算結果を図-19に示す。仮想地表面を考慮することにより, 杭の自由長が長くなったとともに, 各杭間で自由長の差が小さくなった結果, 両者の荷重比は(1)で示した結果よりも小さくなり, P_y では約1.5~3.0倍(平均2.2,

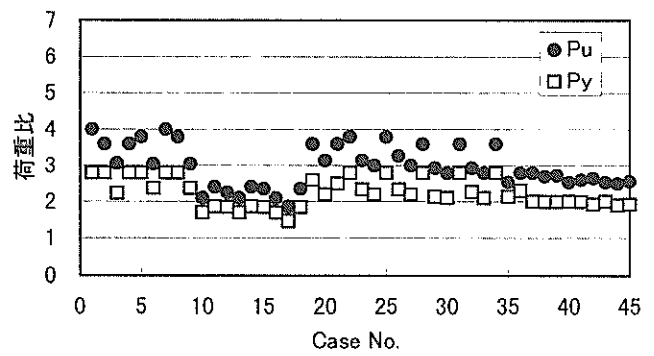


図-19 P_u および P_y の荷重比(仮想地表面考慮)

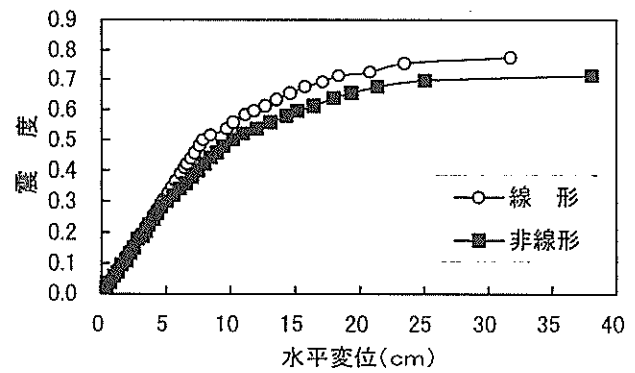


図-20 上部工のモデル化による相違

標準偏差0.39), P_u では約1.9~4.0倍(平均3.0, 標準偏差0.58)となった。Case10~18の水深-10m, 3列杭の解析結果が他のものより小さくなっているが, これは許容応力度レベルでの初期設定断面が他のものに比べてより余裕の少ないものであったためであると考えられる。

P_u の荷重比は, 基本設計震度が大きいほど小さくなる傾向があったが, 栈橋は終局状態に至るまで十分な耐力を有しているものといえる。

3.4 上部工解析モデルの影響

図-20に, Case No.5において, 上部工すべてを線形部材にモデル化した(剛域は考慮している)場合と, 図-11に示す方法で非線形(弾塑性)部材にモデル化した場合の荷重-変位関係を示す。上部工はコンクリート構造物であるので, ひび割れ発生などの非線形を示すのが一般的である。

上部工すべてを線形部材にモデル化した場合は, 非線形モデルの場合に比べて, 終局時に近づくにつれて10%程度の荷重の増大が見られた。栈橋模型を対象とした載荷実験からも杭頭部でひび割れや鉄筋あるいは鋼管の降伏に伴う回転変形が観察されており, 非線形挙動をすることは明白である。したがって, より精緻な解析のため

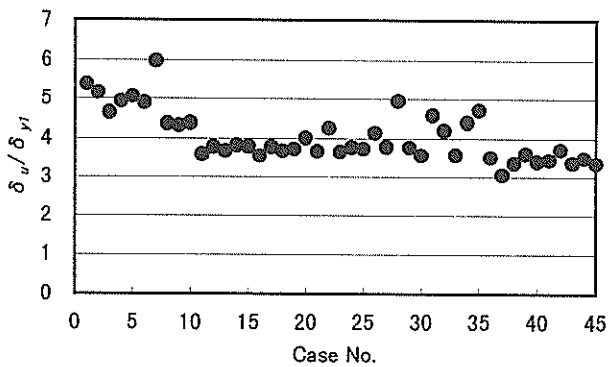


図-21 終局時の鋼管杭の塑性率

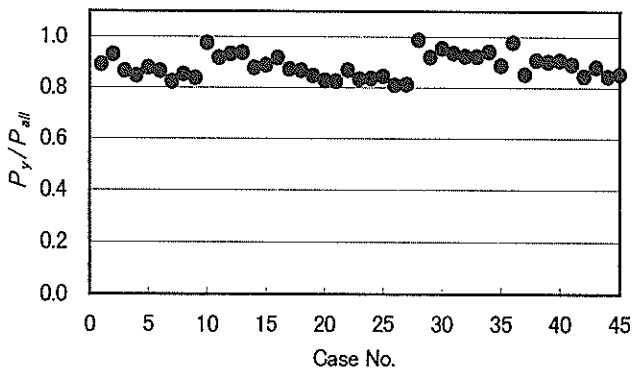


図-22 P_y と P_{all} との比

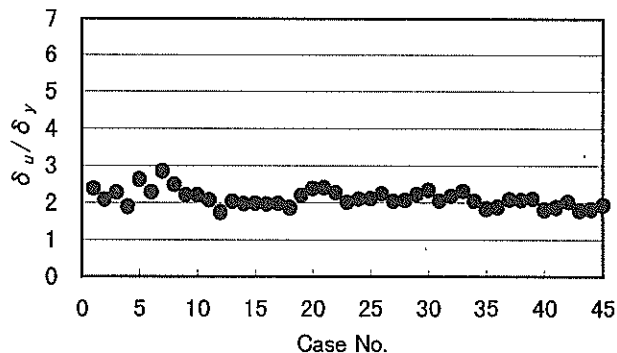


図-23 弾性限界に対する塑性率

には、上部工の非線形性を十分に考慮したモデル化を行う必要がある。

3.5 許容塑性率

終局荷重時の水平変位 δ_u と縁部降伏時の水平変位 δ_y との比(塑性率)の解析結果を図-21に示す。いずれのケースでも3.5~6程度となっており、計算上は終局時(最大荷重時)の塑性率は、少なくとも3.5程度は確保できる結果となった。 $t/D=0.022$ (t :杭の肉厚、 D :杭の径)の杭を用いた栈橋模型の荷重試験結果⁵⁾でも、最大荷重時の

塑性率は4程度であり、解析結果はおおむね妥当であるといえる。

4. 簡便照査法の提案

4.1 弾性限度荷重の算定

栈橋の弾性限度に相当する荷重は、過半数の杭頭において全塑性モーメントに達する時点である。この荷重は、コンクリート上部工が剛体であり、杭頭変位が各杭で同一であると仮定すれば、解析的に求めることができる。これに加えて、より簡便に算定する方法として、今回の解析結果に基づいて考察する。両端固定の長さ l の鋼管杭において、両固定端で全塑性モーメント M_p に達する際の水平荷重 P は、式(52)で求めることができる。

$$P = \frac{2M_p}{l} \quad (52)$$

前述の杭頭変位が同一であるとする仮定を用いれば、栈橋の全杭の杭頭部と地中部において全塑性モーメントに達する荷重 P_{all} は、式(52)をすべての杭で求めて、その総和をとればよい。前述の弾性限度荷重の解析結果 P_y と P_{all} との比を図-22に示す。若干のばらつきはあるものの、おおむね0.8~1.0程度になっている。45ケースの平均は0.88、標準偏差は0.05であった。そこで、簡便に弾性限界を算定する手法として式(53)を提案する。

$$P_y = 0.82P_{all} \quad (53)$$

この係数0.82は、平均値からの生存率90%を考慮して求めたものである。式(53)を用いることにより、一般的な諸元の栈橋の弾性限界荷重を簡便に推定できると考えられる。

4.2 許容塑性率の設定

解析結果に基づき、簡便照査法での許容塑性率を検討する。図-21で示した塑性率は、杭の縁部降伏荷重に対するものであったが、簡便照査法では、栈橋の弾性限界に対する塑性率を検討する必要がある。終局時の変位 δ_u と弾性限界時の変位 δ_y との比の解析結果を図-23に整理する。この結果を整理するに当たり、鋼管杭の局部座屈が l/D の一次関数で求められることや、塑性率も図-24に示すように、 l/D の値に依存し、栈橋杭の一般的な諸元では塑性率が2~4程度となること⁶⁾を考慮し、許容塑性率 μ の算定について式(54)を提案する。

$$\mu = 1.25 + 62.5 \frac{l}{D} \quad (54)$$

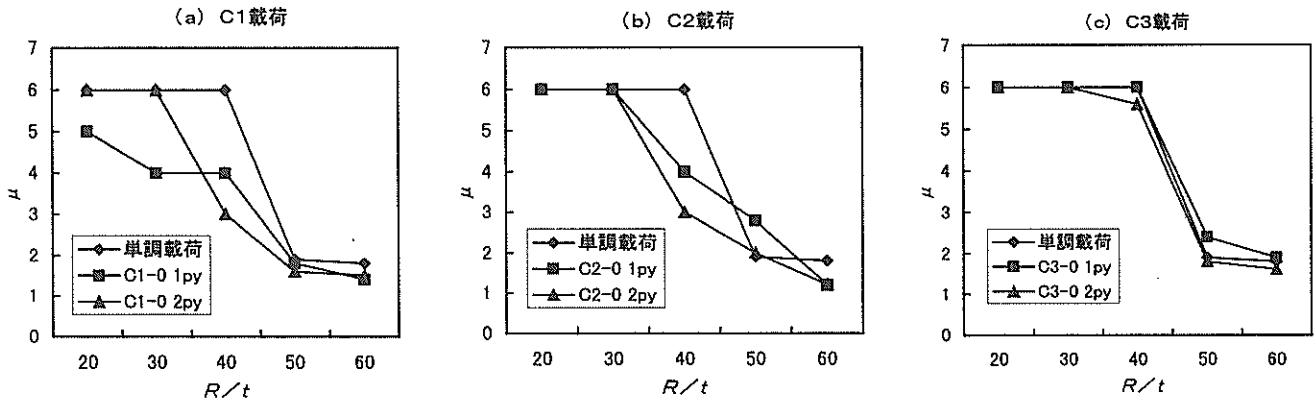


図-24 塑性率 μ に関する単杭の荷重試験結果⁶⁾

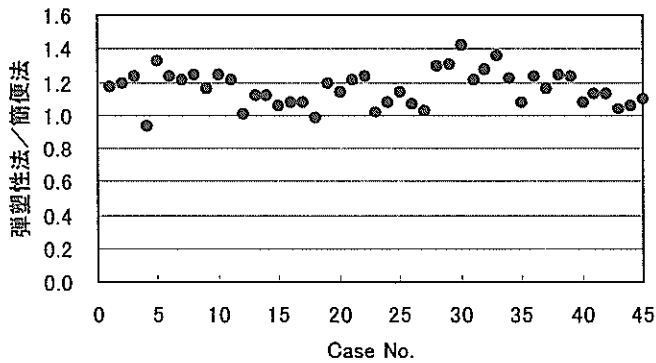


図-25 弾塑性法と簡便法による
保有耐力の計算結果の比較

ただし、鋼管杭単独の塑性率が4程度であることなどを考慮し、 μ の最大値は2.5とする。

4.3 照査手法の相違による影響

弾塑性解析より求まる栈橋の保有耐力と簡便法による求まる栈橋の保有耐力との相違について述べる。

弾塑性解析結果より栈橋の保有耐力を計算するには、解析より得られた水平力-水平変位関係より弾性限度に相当する荷重およびその時点の変位、および想定する終局状態（一般的には地中部で最初に塑性ヒンジが生じる状態としてよい）に相当する時点の荷重と変位を読みとる。これらの値を用いて、技術基準に示す方法で計算すればよい。

このように得られた保有耐力と簡便法により得られた保有耐力との比を図-25に示す。若干下回るケースがあるものの、簡便法は安全側の結果を算出することがわかる。簡便法は、あくまでも栈橋が水平変位をするという仮定の下で成立する手法であるので、この程度の差異が生じることになる。

簡便法を提案した趣旨は、設計時における複数断面の

検討における便を図ったものであるため、最終断面が決まった時点で弾塑性解析を行うことが望ましい。

5. まとめ

本資料の主要な結論は以下のとおりである。

- (1) 栈橋の弾塑性解析プログラムを開発・整備し、利用にあたっての技術的な知見およびノウハウをとりまとめた。
- (2) 鋼直杭式横栈橋を対象とした弾塑性解析の結果、栈橋の終局耐力は従前の許容応力度に達する荷重よりも3~5倍程度高く、また優れた変形性能を期待できることが確認された。
- (3) パラメータ解析により、標準的な諸元を有する栈橋の許容塑性率の設定手法および弾性限度荷重の簡易な計算法を提案した。

今回開発した弾塑性解析プログラム解析および栈橋の耐震性能の簡便照査法が、実務において効率的に設計・照査が行うために有用であることを期待する。今後、実験や動的非線形解析等をとおして、解析手法の精緻化を目指した検証を続けていきたいと考えている。

(1999年6月30日受付)

謝辞

本研究は運輸省港湾技術研究所と鋼管杭協会との共同研究の一環として実施したものである。研究の実施にあたっては、計画設計基準部山本修司室長および土質部菊池喜昭室長より貴重なご助言を賜りました。また、プログラム開発およびパラメータ解析にあたっては、前構造強度研究室研修生川崎進氏（現株式会社名村造船所）、鋼管杭協会栈橋WGメンバーの岩倉 肇、鈴木規彦、関

口宏二，武市泰樹，中川 敬，野路正浩各氏および株式会社海洋河川技術研究所松田英一氏のご協力を得ました。ここに記して感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 横田 弘，高橋邦夫，南兼一郎，川端規之，原田典佳：地震時における鋼管杭式栈橋の破壊メカニズムに関する解析的研究，第1回地震時保有耐力法に基づく橋梁の耐震設計に関するシンポジウム講演論文集，土木学会，pp.279～282，1998年1月
- 2) 運輸省港湾局監修：港湾の施設の技術上の基準・同解説(改訂版)，日本港湾協会，1999.
- 3) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説，IV下部構造編，1996.
- 4) 横田 弘，川崎 進，菅原 亮，川端規之：鋼管杭式横栈橋の地震時保有耐力設計法に関する解析的検討，第2回地震時保有耐力法に基づく橋梁の耐震設計に関するシンポジウム講演論文集，土木学会，1998年12月，pp. 65～68
- 5) 横田 弘，川崎 進，菅原 亮，Hazem El-Bakry，川端規之：鋼直杭式栈橋の地震時保有耐力に関する実験および解析，港湾技術研究所報告，第38巻，第2号，1999年6月
- 6) 池内智行：鋼材の塑性履歴構成式の定式化と繰り返し外力を受ける鋼構造物の変形能の評価への応用に関する研究，1997年度大阪大学学位論文，1998.

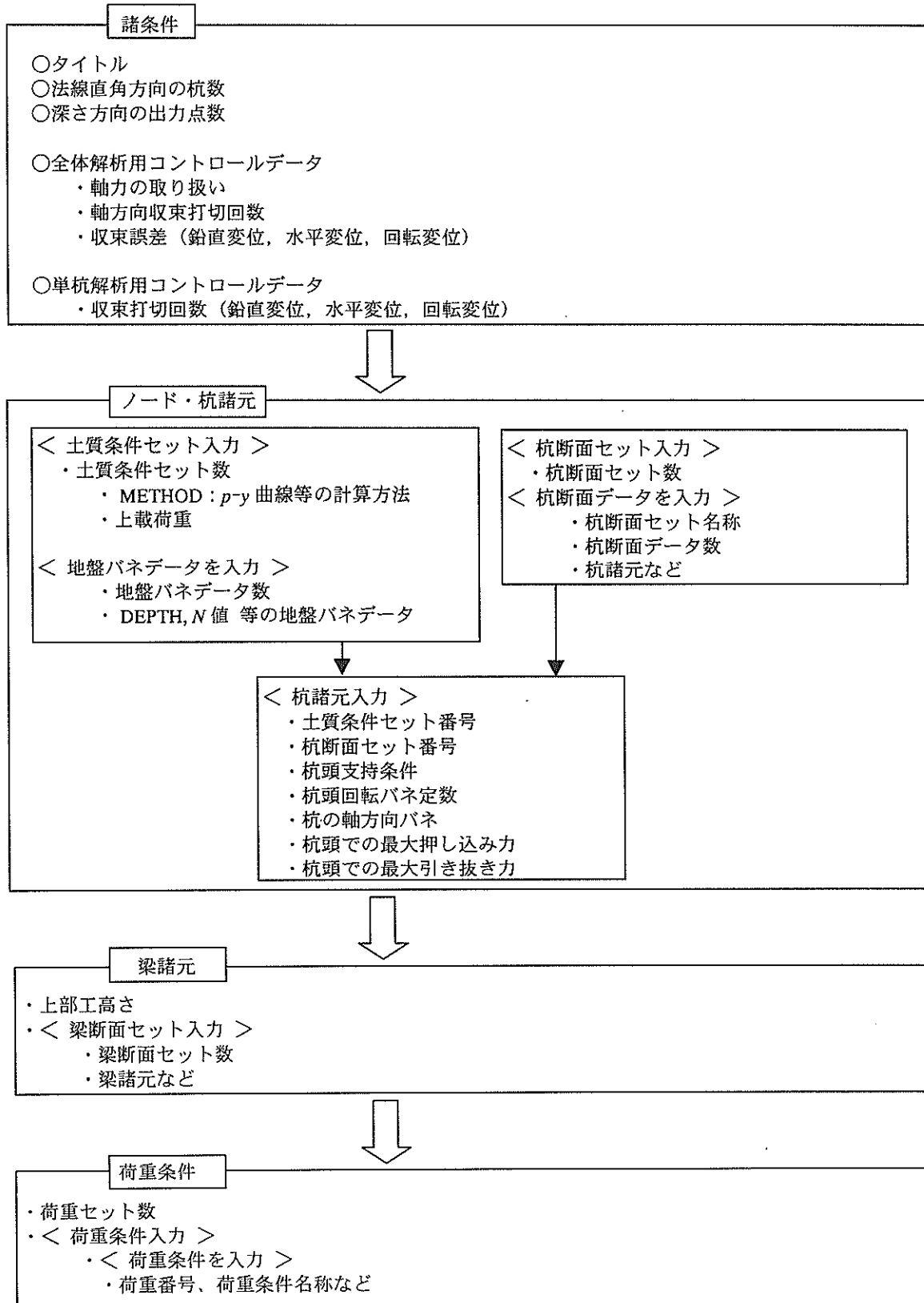
付 録

弾塑性解析プログラム N-PIER 利用マニュアル

1. 入力

1.1 入力の流れ

解析の際の入力フローは以下に示すとおりである。



1.2 初期画面



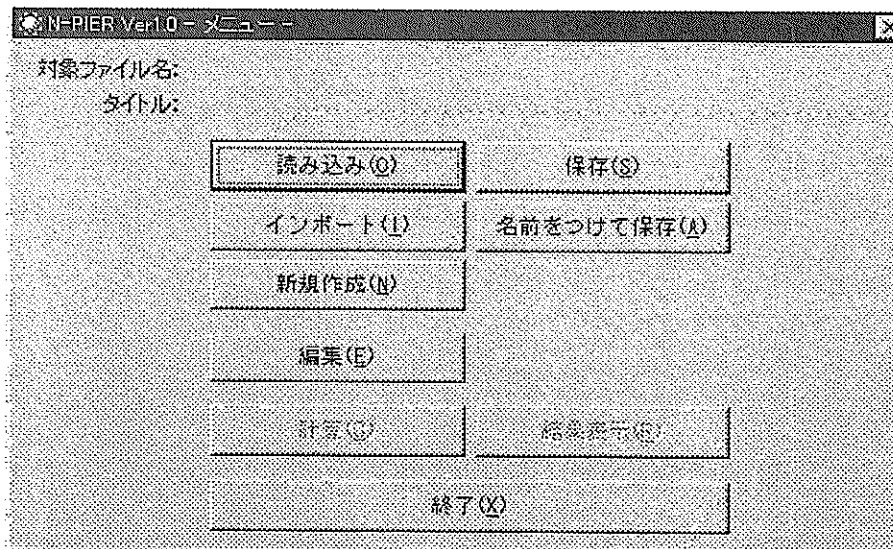
【画面の説明】

プログラム起動後の初期画面。

【操作方法】

〈プログラム開始〉をクリックすると、以下に進む。

1.3 コントロールデータの入力



【操作方法】

- 〈読み込み〉 : すでに本プログラムで作成したデータを基に解析を行う。
データファイルの拡張子は、NPDである。
- 〈保存〉 : データをファイルに上書き保存する。

- <インポート> : 鋼直杭式栈橋の基本設計プログラムの計算結果を入力条件として解析を行う。
インポートデータファイルの拡張子は、NPI である。
- <名前をつけて保存> : 作成したデータを別のファイルに保存する。
- <新規作成> : 新たにデータを作成する。 <新規作成(N)> をクリックした後、 <編集(E)> をクリックして、データ入力を行う。
- <編集> : ファイル読み込み後の修正・編集、あるいは新規データの作成を行う。
- <計算> : 解析を行う。
- <結果表示> : 解析結果を図化表示する。
- <終了> : プログラムの実行を終了する。

1.4 諸条件の入力

[画面の説明]

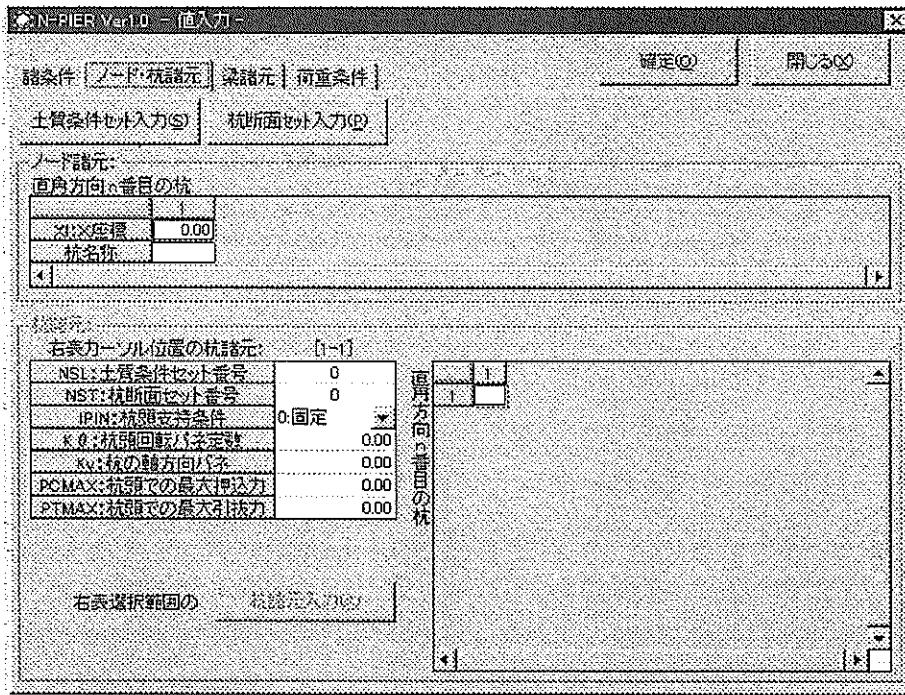
1.3 において、 <編集> をクリックした場合の画面。

[操作方法]

- タイトル : 解析ケースの名称 (任意) を入力する。
- 法線直角方向の杭数 : 法線直角方向の (解析対象断面での) 杭数を設定する。
- 深さ方向の出力数 : 杭深さ方向における解析結果の出力点数の最大値を設定する。
- 軸力の扱い : 通常は、 <P- δ 効果を考慮しない> を選択してよい。
- 軸方向収束打ち回数 : 軸方向の収束計算の打ち切り回数。通常は 100 程度を目安に設定する。
- 収束誤差 : 収束計算の許容誤差。通常は 0.01~0.05 程度を入力する。
- 収束打ち回数 : 収束計算の打ち切り回数。通常は 100 程度を入力する。

1.5 ノード・杭諸元の入力

(1) 基本入力



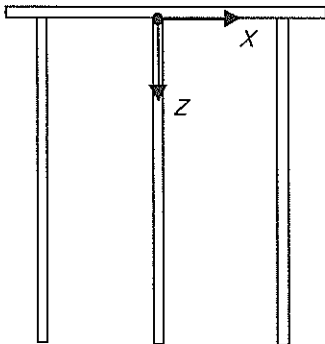
[画面の説明]

1.4において、<ノード・杭諸元>タブをクリックした場合の画面。

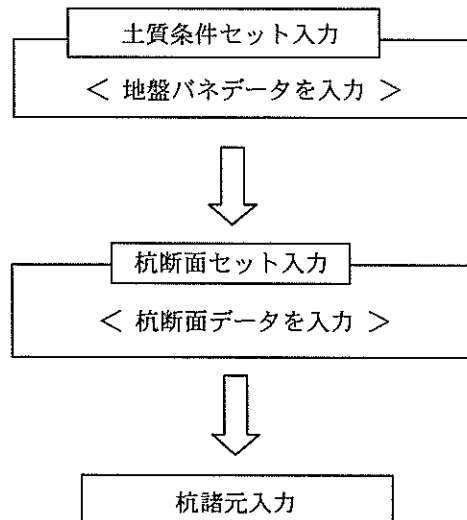
[操作方法]

- 土質条件セット入力 : 土質条件を入力する。
- 杭断面セット入力 : 杭の諸元を入力する。

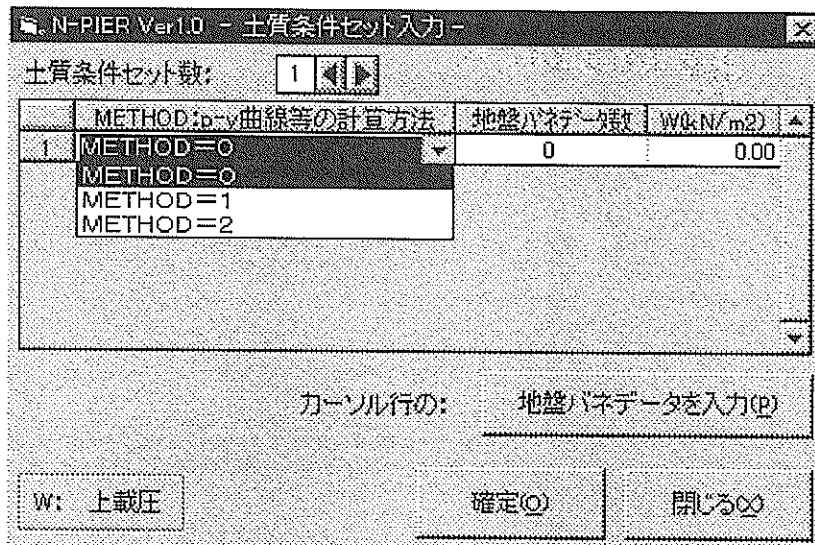
ノード・杭諸元の設定は、右図のフローのとおりである。



ノード諸元での杭の座標系



(2) 土質条件セット入力



[画面の説明]

1. 5(1)において、〈土質条件セット入力〉ボタンをクリックした後、土質条件セット数を「1」に設定した画面。

[操作方法]

土質条件セット数 : 土質条件数を設定する（通常は、杭列数と同じ値とする）。

〈地盤バネデータを入力〉 : 地盤バネデータを入力する。

METHOD : p-y 曲線などの入力方法あるいは計算方法を設定する。

METHOD=0 : 本文 2. 3①に述べた、 p_{max} と k_H を直接入力する方法。

METHOD=1 : 本文 2. 3②に述べた、技術基準に準拠する方法。

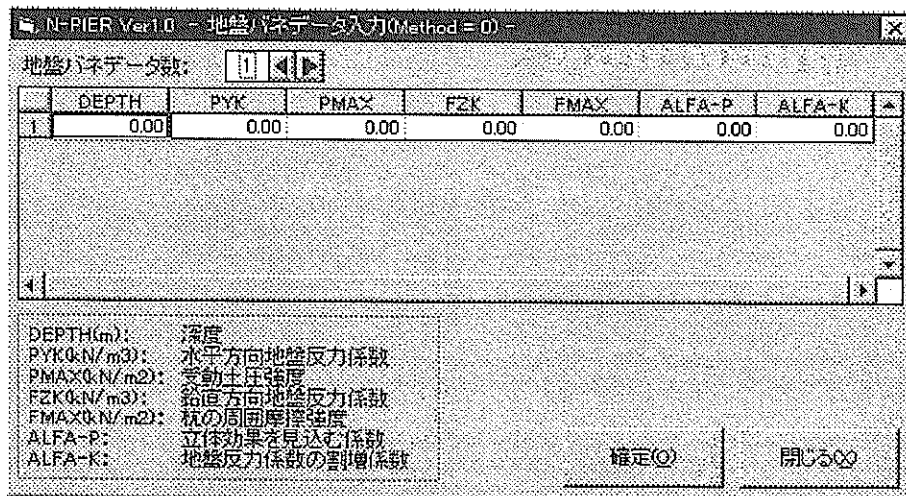
METHOD=2 : 本文 2. 3③に述べた、道路橋示方書に準拠する方法。

地盤バネデータ数 : 地盤バネデータ数を入力する。

W(kN/m²) : 上載荷重がある場合に、その値を入力する（通常は不要である）。

なお、手順として、最初に〈土質条件セット数〉を設定した後、地盤バネデータを入力することになる。

a) Method=0 の場合の入力



[画面の説明]

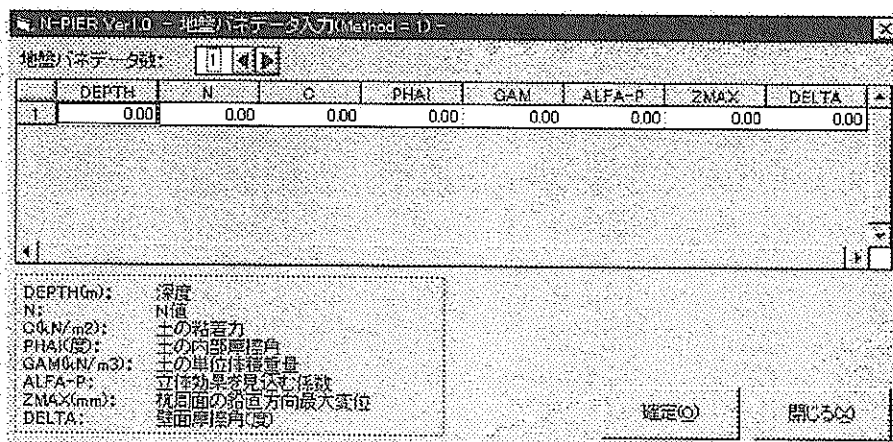
1.5(2)において、「METHOD=0」を選択して、「<地盤データを入力>」ボタンをクリックした後、地盤バネデータ数として「1」を設定した場合の画面。

[操作方法]

- DEPTH : 杭頭からの深度(m)を入力する。
- PYK : 水平方向地盤反力係数(N/m³)を入力する。
- PMAx : 受働土圧強度(kN/m²)を入力する。
- FZK : 未使用のため、入力不要（将来の拡張用）。
- FMAx : 同上。
- ALFA-P : 水平方向地盤反力の上限値の補正係数（=1.0とする）。
- ALFA-K : 水平方向地盤反力係数の補正係数（=1.0とする）。

DEPTH は杭頭部が 0 となる。また、杭の突出部は、地盤条件を 0 にして設定する必要がある。なお、解析結果に比較的大きな影響を与える地表面付近の解析モデル化については、地盤条件が同じでも DEPTH の入力点を多くする必要がある。たとえば、 $1/\beta$ の範囲では、杭径の 1~2 倍程度のピッチで入力することが望ましい。

b) Method=1 の場合の入力



[画面の説明]

1.5(2)において、「METHOD=1」を選択して、＜地盤データを入力＞ボタンをクリックした後、地盤バネデータ数として「1」を設定した場合の画面。

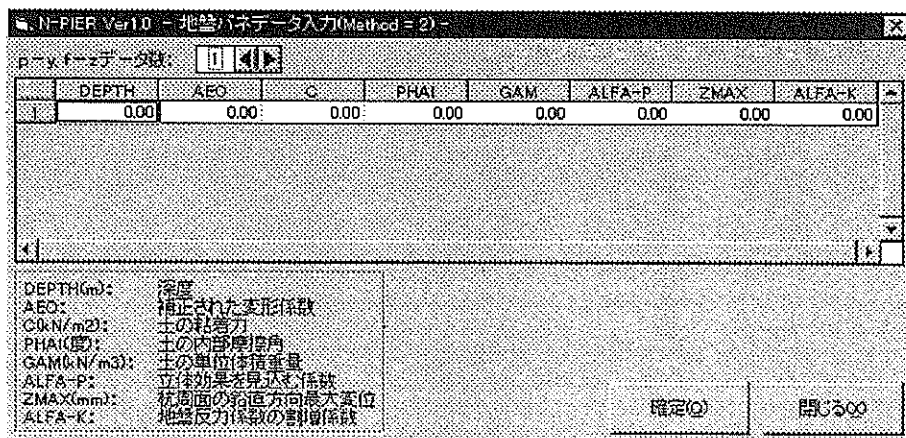
[操作方法]

- DEPTH : 杭頭からの深度(m)を入力する.
- N : 地盤の N 値を入力する.
- C : 土の粘着力(kN/m^2)を入力する.
- PHAI : 土の内部摩擦角($^\circ$)を入力する.
- GAM : 土の単位体積重量(kN/m^3)を入力する.
- ALFA-P : 水平方向地盤反力度の上限値の補正係数を入力する.
- ZMAX : 未使用のため、入力不要.
- DELTA : 壁面摩擦角($^\circ$)を入力する.

ALFA-P の標準値は、砂質土では 3.0, 粘性土では 1.5 とする。ただし、粘性土で N 値が 2 以下の場合は 1.0 とする。

DEPTH の入力に関しては、a) Method=0 の場合を参考とする。

c) Method=2 の場合の入力



[画面の説明]

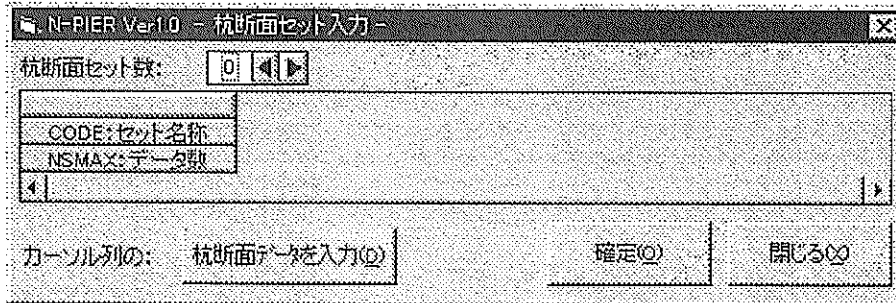
1.5(2)において、「METHOD=2」を選択して、＜地盤データを入力＞ボタンをクリックした後、地盤バネデータ数として「1」を設定した場合の画面。

[操作方法]

- DEPTH : 杭頭からの深度(m)を入力する.
- AEO : 補正された変形係数 (ただし、常時の値) を入力する.
- C : 土の粘着力(kN/m^2)を入力する.
- PHAI : 土の内部摩擦角($^\circ$)を入力する.
- GAM : 土の単位体積重量(kN/m^3)を入力する.
- ALFA-P : 水平方向地盤反力度の上限値の補正係数を入力する.
- ZMAX : 未使用のため、入力不要.
- ALFA-K : 水平方向地盤反力係数の補正係数を入力する.

DEPTHの入力に関しては、a) Method=0の場合を、ALFA-Pの標準値の入力に関しては、b) Method=1の場合を参考とする。また、ALFA-Kの標準値は、1.5とする。

(3) 杭断面セット入力



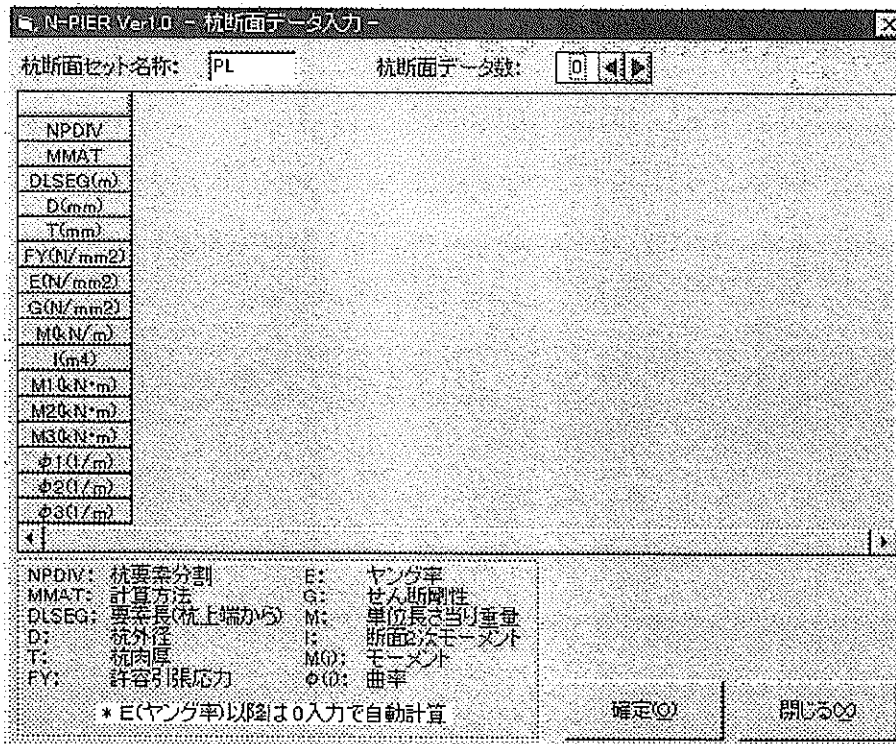
[画面の説明]

1. 5(1)で、<杭断面セット入力>ボタンをクリックした画面。

[操作方法]

- セット名称 : 任意のセット名称を入力する。
- データ数 : 杭のデータ数を入力する（通常は、杭列数と同じ値とする）。

(4) 杭断面データ入力



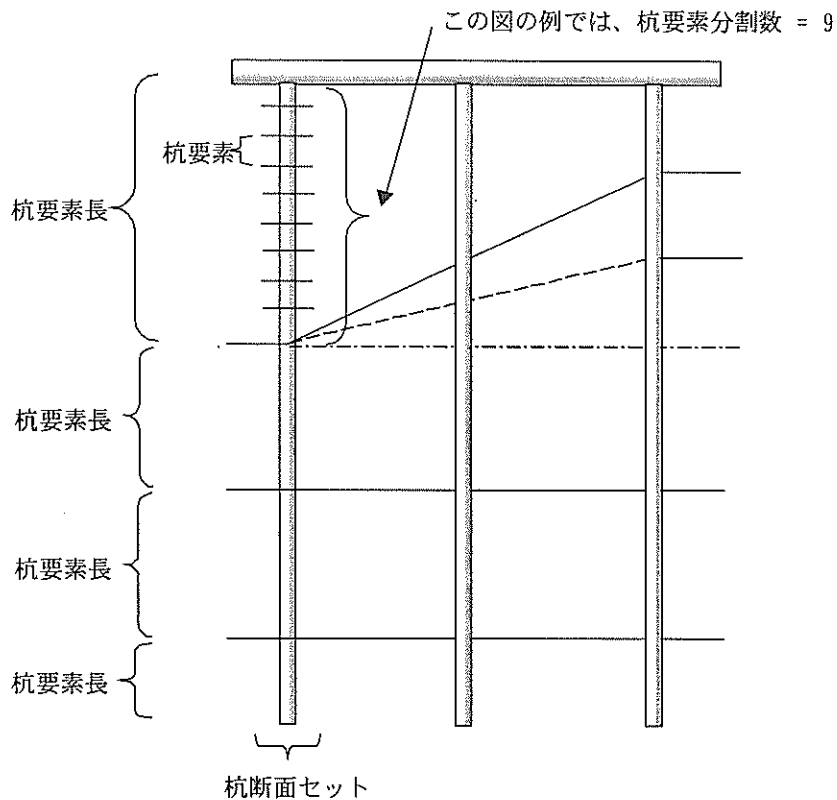
[画面の説明]

1. 5(3)で、<杭断面データを入力>ボタンをクリックした画面。

[操作方法]

NPDIV	: 杭要素の分割数を入力する (通常は, 要素サイズが 0.5m 程度になるよう分割する).
MMAT	: 本文 2. 3(3)で述べた計算方法を設定する. =0 : 線形 =1 : Chen の方法 =2 : バイリニア =3 : トリリニア =4 : 直接入力
DLSEG	: 杭要素の長さ(m)を上から順に入力する.
D	: 杭の外径(mm)を入力する.
T	: 杭の肉厚(mm)を入力する.
FY	: 杭の降伏応力度 (保証降伏点) (N/mm^2)を入力する.
E	: 杭のヤング率(N/mm^2)を入力する. 入力しない場合は, $200kN/mm^2$ が設定される.
G	: 杭のせん断剛性(N/mm^2)を入力する. 入力しない場合は, 内部で計算される.
M	: 杭の単位長さ当り重量(kN/m)を入力する. 入力しない場合は, 内部で計算される.
I	: 杭の断面 2 次モーメント(m^4)を入力する. 入力しない場合は, 内部で計算される.
M(i)	: MMAT=4 の場合に, 各モーメント値($kN \cdot m$)を入力する.
$\phi(i)$: MMAT=4 の場合に, 各曲率値($1/m$)を入力する.

なお, 杭断面セット数および杭要素分割数は, 以下の要領で入力する.



(5) 杭諸元入力

NSL:土質条件セット番号	0
NST:杭断面セット番号	0
IPIN:杭頭支持条件	0:固定
Kθ(kN·m/rad):杭頭回転バネ定数	0.00
Kv(kN/m):杭の軸方向バネ定数	0.00
PCMAX(kN):杭頭での最大押込力	0.00
PTMAX(kN):杭頭での最大引抜き力	0.00

[画面の説明]

土質条件と杭諸元の設定が終わると、<杭諸元入力>ボタンをクリックし、上図の各パラメータを設定する。

[操作方法]

- NSL : 土質条件セット番号を入力する。
- NST : 杭断面セット番号を入力する。
- IPIN : 杭頭支持条件を設定する。
=0: 固定
=1: ピン
- Kθ 杭頭回転バネ定数(kN·m/rad)を入力する。
- Kv 杭の軸方向バネ定数(kN/m)を入力する。
- PCMAX 杭の最大押し込み力(kN)を入力する。
- PTMAX 杭の最大引き抜き力(kN)を入力する。

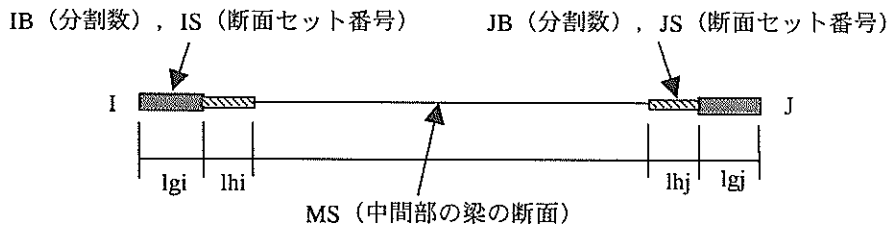
1.6 梁諸元データ入力

(1) 基本入力

lg(m): j剛梁長さ	
ls(m): j剛梁性長さ	
IS: j剛梁性梁断面セット番号	
IE: j剛梁性梁断面分割数	
JS: 中間部j剛梁断面セット番号	
JE: j剛梁性梁断面分割数	
IS: j剛梁性梁断面セット番号	
Ij(m): j剛梁性長さ	
Ij(m): j剛梁性長さ	

[画面の説明]

1.4において、<梁諸元>タブをクリックした際の画面。



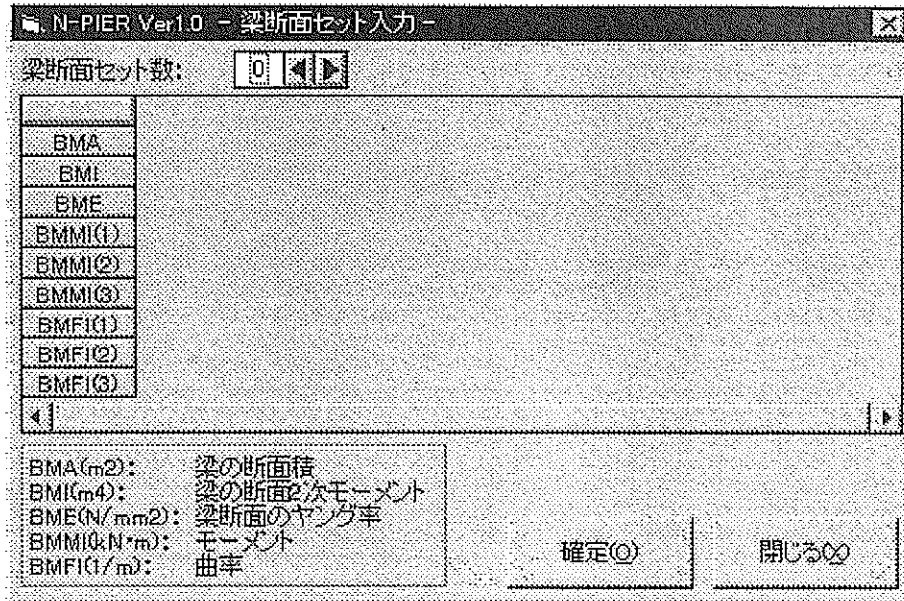
[操作方法]

- 上部工梁の全面高さ : 解析対象上部工を梁モデルに置換した場合の梁の高さ(m)を入力する。
- <梁断面セット入力> : 梁断面データを入力する。

他の入力データに関しては、以下のとおりである。

- 中間部の梁長さは自動計算される。
- 中間部の梁は線形梁とし、梁分割は1である。
- 弾塑性解析では、梁のI端およびJ端の塑性域の長さ l_{hi} および l_{hj} をそれぞれ、IB および JB に分割される。
- 変数 l_{gi} , l_{hi} , l_{hj} , および l_{gj} は0であってもよい。また、 l_{hi} および l_{hj} が0の場合には、IB, IS, JS, および JB は入力しない。
- l_{gi} : 剛域の長さ(m)を入力する。杭中心から梁端部程度までとする。
- l_{hi} : 塑性域の長さ(m)を入力する。梁高さの1.5倍程度を目安とする。

(2) 梁断面セット入力



[画面の説明]

1.6(1)において、<梁断面セット入力>をクリックした画面。

[操作方法]

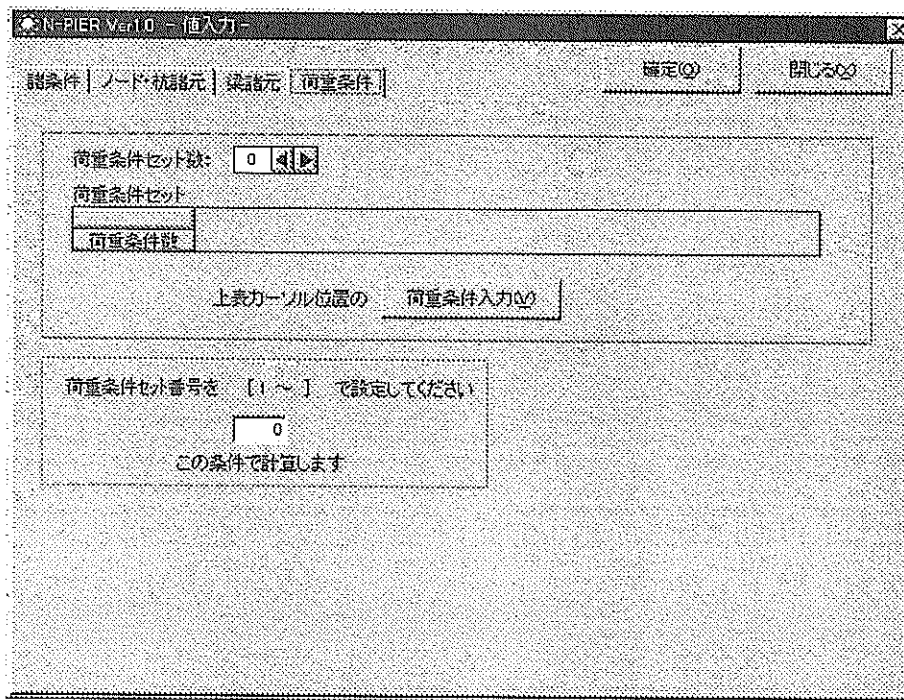
- BMA : 梁の断面積(m²)を入力する。
- BMI : 梁の断面2次モーメント(m⁴)を入力する。

- BME : 梁のヤング率(N/mm²)を入力する.
- BMMI(i) : 本文図-13 に示した M_1 , M_2 , M_3 にそれぞれ対応する曲げモーメント(kN·m)を入力する.
- BMFI(i) : 本文図-13 に示した ϕ_1 , ϕ_2 , ϕ_3 にそれぞれ対応する曲率(1/m)を入力する.

BMMI および BMFI が 0 の場合は、線形梁になる.

1.7 荷重条件入力

(1) 基本入力



[画面の説明]

1.4 において、<荷重条件>タブをクリックした画面.

[操作方法]

- 荷重条件セット数 : 荷重のパターン数を設定する。通常は、1である。
- 荷重条件数 : 増分解析の回数を入力する。

(2) 荷重条件データ

荷重条件番号	荷重条件タイトル	データ数	震度

[画面の説明]

1.7(1)において、＜荷重条件入力＞ボタンをクリックした画面。

(3) 荷重データ入力

[画面の説明]

1.7(1)において、＜荷重条件入力＞ボタンをクリックした画面。

[操作方法]

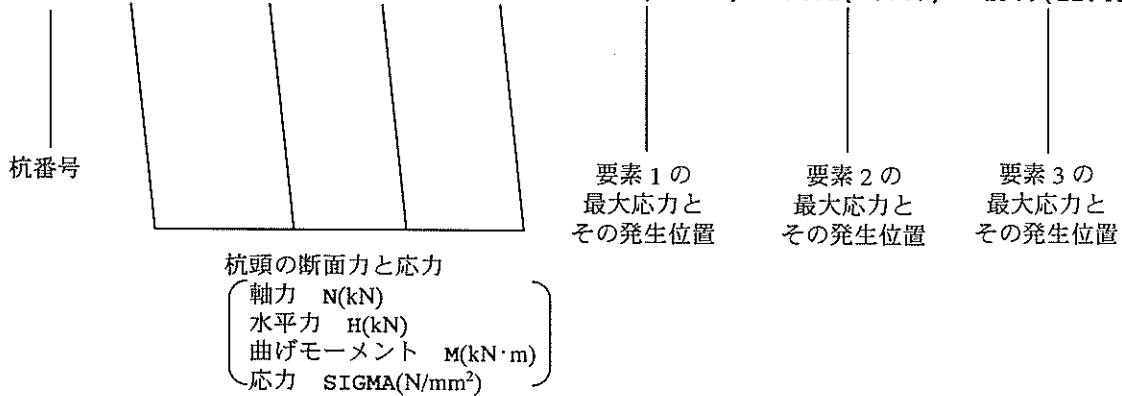
STOL : 各荷重レベルの収束誤差を入力する。「0.00」にすると、1.4の「全体解析用コントロールデータ」で入力した値が使用される。

荷重条件番号を1から連番で設定する。ただし、途中で番号が抜けた場合は、前後の荷重を用いて途中の荷重を自動計算する。たとえば、1番とNLOAD番の荷重だけを入力すると、途中の荷重はすべて線形補間によって自動計算される。この補間を用いる際は、前後のステップでの荷重データの枚数と入力順を一致させておく必要がある。

NO.	N(kN)	H(kN)	M(kN*m)	SIGMA	SIGMA(DEPTH)	SIGMA(DEPTH)	SIGMA(DEPTH)
1	-619.6	-5.7	47.2	-29.0	-29.0(0.00)	-25.6(13.40)	-21.1(23.40)
2	-721.6	-12.5	76.0	-37.5	-37.5(0.00)	-31.2(9.90)	-28.7(12.40)
3	-725.0	-32.9	125.7	-46.2	-46.2(0.00)	-34.2(6.40)	-25.4(12.40)
4	-573.9	-28.1	100.4	-36.7	-36.7(0.00)	-28.7(6.40)	-20.1(12.40)

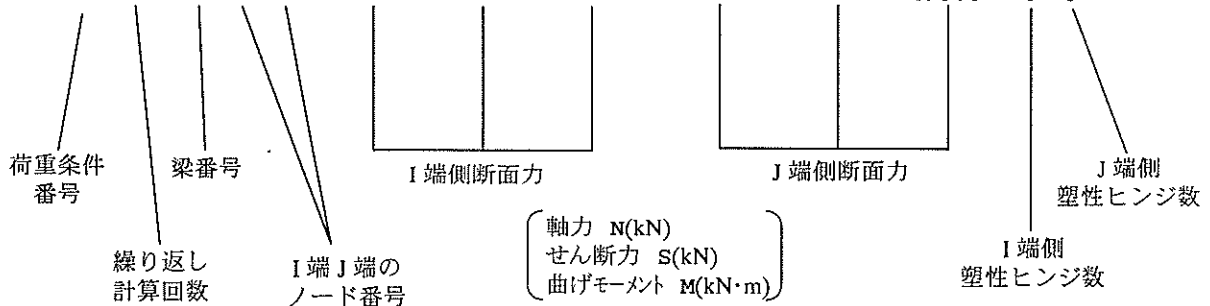
STEP= 3 F-H= -132.0(kN) ALF=0.050 DEL-B= -6.1(mm) THI= 0.00004(rad) DEL-U= -6.1(mm)

PILE	PILE TOP SECTION FORCE	PILE-TOP ELEMENT-1	ELEMENT-2	ELEMENT-3			
NO.	N(kN)	H(kN)	M(kN*m)	SIGMA	SIGMA(DEPTH)	SIGMA(DEPTH)	SIGMA(DEPTH)
1	-626.6	-8.8	71.0	-33.4	-33.4(0.00)	-28.7(13.40)	-21.5(23.40)
2	-728.3	-19.9	120.2	-45.4	-45.4(0.00)	-35.7(9.90)	-31.7(12.40)
3	-734.5	-55.2	212.6	-61.6	-61.6(0.00)	-41.0(6.40)	-26.3(12.40)
4	-550.6	-48.1	175.6	-49.0	-49.0(0.00)	-34.1(6.40)	-19.9(12.40)



(3) *.bem (集約された梁の断面力) ファイル

IL	ITER	I	J1-J2	S1	N1	M1	S2	N2	M2	YIERD
1	3	1	1 2	12.5	-3.9	-25.1	-12.5	3.9	-50.0	0 0
1	3	2	2 3	7.4	-5.5	15.0	-7.4	5.5	-59.3	0 0
1	3	3	3 4	2.8	-1.4	13.5	-2.8	1.4	-30.4	0 0
2	3	1	1 2	19.6	-14.1	-50.9	-19.6	14.1	-66.5	0 0
2	3	2	2 3	21.1	-21.4	-17.6	-21.1	21.4	-109.2	0 0
2	3	3	3 4	26.1	-8.3	-37.9	-26.1	8.3	-118.6	0 0
3	3	1	1 2	26.6	-24.2	-76.7	-26.6	24.2	-83.1	0 0
3	3	2	2 3	34.9	-37.3	-50.1	-34.9	37.3	-159.2	0 0
3	3	3	3 4	49.4	-15.1	-89.3	-49.4	15.1	-206.9	0 0
4	3	1	1 2	33.7	-34.4	-102.6	-33.7	34.4	-99.7	0 0
4	3	2	2 3	48.6	-53.2	-82.8	-48.6	53.2	-208.9	0 0
4	3	3	3 4	72.7	-22.1	-140.6	-72.7	22.1	-295.6	0 0



(4) *.mem (集約された各杭頭断面力) ファイル

memb. file=C:\#N-pier\設計例 (title)
計算例-1

Pier Hight= 0.00(m)
N-PIER V-1.1 1999/05/19

STEP	H-F(kN)	ALFA	N(1)	M(1)	N(2)	M(2)	N(3)	M(3)	N(4)	M(4)
1	-26.4	0.010	-612.5	23.3	-714.9	31.8	-715.4	38.9	-597.2	25.2
2	-79.2	0.030	-619.6	47.2	-721.6	76.0	-725.0	125.7	-573.9	100.4
3	-132.0	0.050	-626.6	71.0	-728.3	120.2	-734.5	212.6	-550.6	175.6
4	-184.8	0.070	-633.7	94.9	-734.9	164.6	-744.1	299.2	-527.3	251.2
5	-237.6	0.090	-641.4	120.5	-741.3	212.0	-753.7	386.1	-503.6	328.3

荷重条件
番号

震度*

杭1の
杭頭断面力

杭2の
杭頭断面力

杭3の
杭頭断面力

杭4の
杭頭断面力

総水平力(kN)

〔 軸力 N(kN)
曲げモーメント M(kN・m) 〕

*) 震度は、水平荷重を解析モデルでの鉛直荷重で除したもの。

(5) *.evt (集約されたイベント) ファイル

```

evnt. file=C:\%N-pier%設計例 (title)          Pier Height= 0.00(m)
計算例-1                                       N-PIER V-1.1 1999/05/19
STEP= 1  F-H= -26.4(kN)  ALF= 0.010  DEL-B= -1.3(mm)  THI= 0.00007(rad)
DEL-U= -1.3(mm)  ITER= 3  IFOOT= 0
PILE NO.= 1  EVENT= 0 0 0   -613.   7184.   1156. 0 0
PILE NO.= 2  EVENT= 0 0 0   -715.   7285.   1256. 0 0
PILE NO.= 3  EVENT= 0 0 0   -715.   7385.   1357. 0 0
PILE NO.= 4  EVENT= 0 0 0   -597.   7385.   1357. 0 0
STEP= 2  F-H= -79.2(kN)  ALF= 0.030  DEL-B= -3.7(mm)  THI= 0.00006(rad)
DEL-U= -3.7(mm)  ITER= 3  IFOOT= 0
PILE NO.= 1  EVENT= 0 0 0   -620.   7184.   1156. 0 0
PILE NO.= 2  EVENT= 0 0 0   -722.   7285.   1256. 0 0
PILE NO.= 3  EVENT= 0 0 0   -725.   7385.   1357. 0 0
PILE NO.= 4  EVENT= 0 0 0   -574.   7385.   1357. 0 0
.
STEP=33  F-H= -1716.0(kN) ALF= 0.650  DEL-B=-2721.7(mm) THI=-0.01989(rad)
DEL-U=-2721.7(mm) ITER= 74  IFOOT= 0
PILE NO.= 1  EVENT= 0 19 7   -1206.  7184.   1156. 2 2
PILE NO.= 2  EVENT= 0 16 10  -301.   7285.   1256. 2 2
PILE NO.= 3  EVENT= 0 14 6   -1279.  7385.   1357. 2 2
PILE NO.= 4  EVENT= 0 12 5    146.   7385.   1357. 2 2
STEP=34  F-H= -1768.8(kN) ALF= 0.670  DEL-B=-3485.1(mm) THI=-0.02883(rad)
DEL-U=-3485.1(mm) ITER= 55  IFOOT= 0
PILE NO.= 1  EVENT= 0 20 8   -1240.  7184.   1156. 2 2
PILE NO.= 2  EVENT= 0 15 8   -238.   7285.   1256. 2 2
PILE NO.= 3  EVENT= 0 15 8   -1375.  7385.   1357. 2 2
PILE NO.= 4  EVENT= 0 12 7    212.   7385.   1357. 2 2

```

杭番号

杭の支持力
照査結果

〔 0 : 許容値以内
-1 : 押込みオーバー
1 : 引抜きオーバー 〕

各杭の降伏
した点数

各杭の塑性化した点

杭頭の軸力(kN)
(- : 押込み)

極限引抜き力(kN)

極限押込み力(kN)

塑性ヒンジの発生状況

〔 0 : ヒンジなし
1 : 杭頭ヒンジ
2 : 2点ヒンジ
3 : 地中部ヒンジ 〕

塑性ヒンジの総数

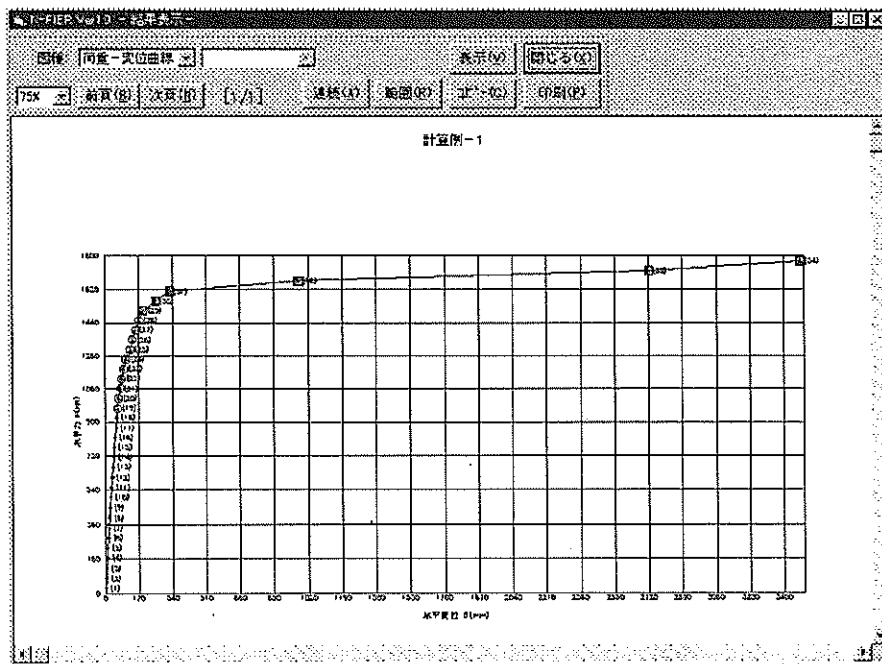
2.2 作図機能

N-Pier には計算結果図化機能があり、以下の解析結果の作図が可能である。

- ① 荷重－変位曲線
- ② 各杭の軸方向変位分布図
- ③ 各杭の軸力分布図
- ④ 各杭の水平変位図
- ⑤ 各杭の回転角図
- ⑥ 各杭の曲げモーメント分布図
- ⑦ 各杭のせん断力分布図
- ⑧ 各杭のひずみ分布図
- ⑨ 各杭の杭頭応力図

このうち②～⑨については、荷重ステップ毎の連続表示機能がある。

(1) 荷重－変位曲線の表示



【画面の説明】

＜図種＞のドロップダウンリストより、「荷重－変位曲線」を選択し、＜表示＞ボタンをクリックして出力される画面。

なお、塑性化の状況によって異なる記号によりプロットされる。プロット記号は以下のとおりである。

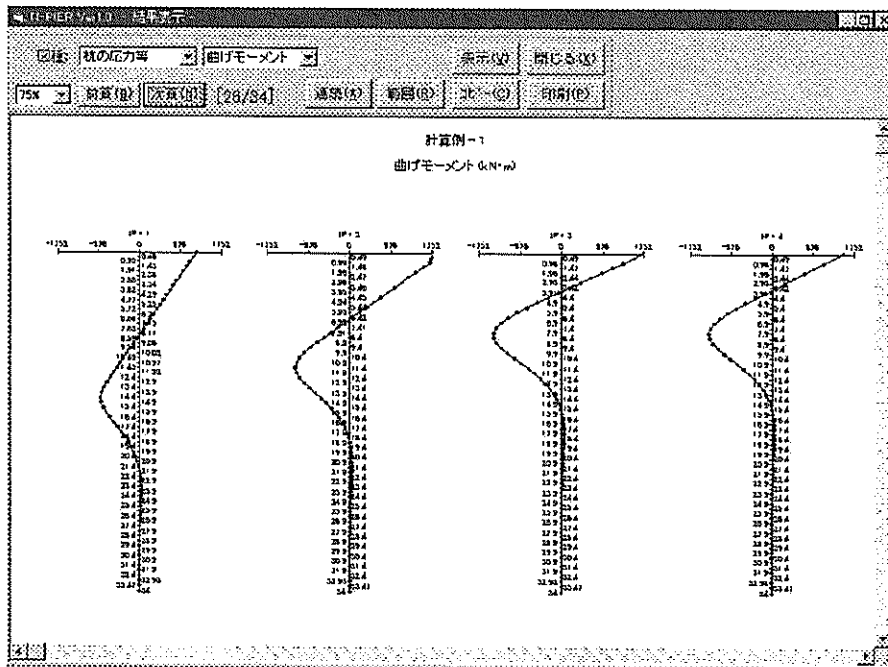
- △：押し込み力が極限
- ▽：引抜き力が極限
- ：杭頭部が塑性化
- ：杭地中部が塑性化
- ×：上部工梁が塑性化

たとえば、③(19)は、3番目の杭の頭部が19ステップ目で塑性化したことを示す。

[操作方法]

- <表示> : 荷重-変位曲線を表示する.
- <前頁> : 使用不可
- <次頁> : 使用不可
- <連続> : 使用不可
- <範囲> : 使用不可
- <コピー> : 表示した図をクリップボードにコピーする. 他のアプリケーションへ貼付が可能.
- <印刷> : 表示している図をプリンタで印刷する.
- <閉じる> : 結果表示画面を終了する.

(2) 杭の応力等分布図の表示



[画面の説明]

<図種>のドロップダウンリストより「杭の応力等」を選択し、次に表示したい項目を右のドロップダウンリストから選択した後に、<表示>ボタンをクリックして図示される画面。

ここでは、各荷重ステップ毎の各杭の応力等の分布図を表示することができる。なお、杭の深さ方向の出力点数に応じた点の計算結果がプロットされるが、杭が全塑性モーメントに達した部分については画面で赤色の点として表示される。

[操作方法]

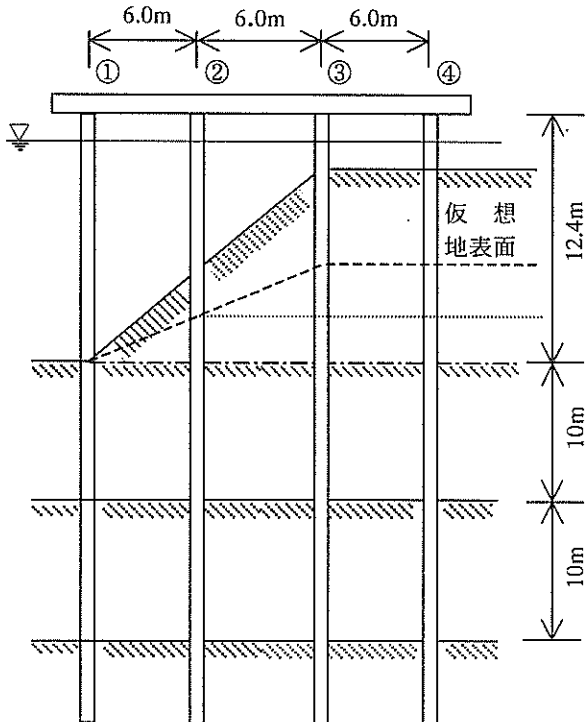
- <表示> : 分布図を表示する.
- <前頁> : 1つ前の荷重ステップの画面を表示する.
- <次頁> : 1つ次の荷重ステップの画面を表示する.
- <連続> : 各荷重ステップの画面を連続表示する.
- <範囲> : 横軸の表示範囲を変更する.
- <コピー> : 表示した図をクリップボードにコピーする. 他のアプリケーションへ貼付が可能.
- <印刷> : 表示している図をプリンタで印刷する.
- <閉じる> : 結果表示画面を終了する.

3. 解析事例

3.1 解析条件

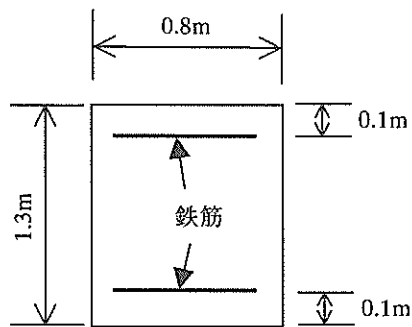
解析条件を以下に示す。また、解析対象は、下図に示す4列杭の栈橋である。

N-PIERタブ名称		諸元	単位	
諸条件		法線直角方向の杭本数	本	4
		解析条件	—	弾塑性解析
ノード 杭諸元	断面位置	設計水深	m	-10.0
		土留部前面水深	m	±0.0
		上部工下面高さ	m	±0.0
		土留部海底勾配	—	1:1.5
	土質条件	地盤反力係数	—	技術基準準拠
		N値	—	下図のとおり
	杭諸元	杭のヤング率	kN/mm ²	200
		杭の外径	mm	800
		杭の肉厚	mm	12.0
		腐食代	mm	考慮していない
杭の本数		—	4×n本	
杭の配置	—	下図のとおり		
梁諸元	上部工諸元	梁のヤング率	kN/mm ²	25
		上部工の大きさ	—	22.0m×6.0m
荷重条件		上部工の荷重		合計
		上載荷重	kN/m ²	19.6
		従前基本設計震度		0.15



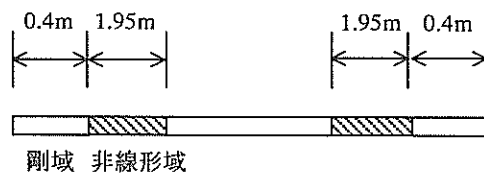
G.L. (m)	地盤厚 (m)	設計N値			
		①	②	③	④
+2.4	±0.0				
±0.0	-2.4				
-2.0	-4.4				
-6.0	-8.4			0	0
	-10.4		0		
-10.0	-12.4	0	5	5	5
-20.0	-22.4	5	5	5	5
-30.0	-32.4	10	10	10	10
-31.6	-34.0	50	50	50	50

栈橋上部工の諸元は以下のとおりである。



鋼管杭		上部工				
杭径(mm)	板厚(mm)	幅(m)	高さ(m)	断面積(m ²)	断面二次モーメント(m ⁴)	ヤング率(kN/mm ²)
800	12	0.8	1.3	1.04	0.1465	25

本文図-11に示す上部工梁の塑性域の設定は以下のとおりである。



また、本文図-13に示す上部工の非線形モデルは以下のとおりである。

曲げモーメント(kN・m)			曲率($\times 10^{-4}$ 1/m)		
M_1	M_2	M_3	ϕ_1	ϕ_2	ϕ_3
769.69	1382.49	2598.42	44.60	126.7	45654.3

M_1, ϕ_1 はひび割れ発生, M_2, ϕ_2 は鉄筋降伏, M_3, ϕ_3 は終局にそれぞれ相当する。

3.2 データ入力

データ入力時の画面を時系列的に以下に掲載する。

N-PIER Ver10 - 掘り方

諸条件 [ノード・杭設定] [梁設定] [荷重条件] 確定(O) 閉じる(O)

土質条件セット入力(O) 杭断面セット入力(O)

ノード設定:
直角方向 n 番目の杭

	1	2	3	4
X1: X座標	-9.00	-3.00	3.00	9.00
杭名称	PL-1	PL-2	PL-3	PL-4

杭設定:
右表カーソル位置の杭設定: [i=1]

NSL: 土質条件セット番号	1	1	1
NST: 杭断面セット番号	1	1	1
IRIN: 杭頭支持条件	0: 固定	1	1
Kθ: 杭頭回転バネ定数	0.00	0.00	0.00
Kv: 杭の軸方向バネ	240301.50	240301.50	240301.50
PCMAX: 杭の最大押込み力	7184.30	7184.30	7184.30
PTMAX: 杭の最大引抜き力	1155.50	1155.50	1155.50

右表選択範囲の 杭設定入力(O)

N-PIER Ver10 - 土質条件セット入力

土質条件セット数: 4 ◀▶

	METHOD: p-y 曲線等の計算方法	地盤パネデータ数	w(N/m ²)
1	METHOD=2	21	0.00
2	METHOD=2	25	0.00
3	METHOD=2	29	0.00
4	METHOD=2	29	0.00

カーソル行の: 地盤パネデータを入力(O)

w: 上載圧 確定(O) 閉じる(O)

N-PIER Ver10 - 地盤パネデータ入力(Method=2)

p-y パネデータ数: 21 ◀▶

	DEPTH	AEO	C	PHAI	GAM	ALFA-P	ZMAX	ALFA-K
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	12.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	12.40	14000.00	0.00	25.00	10.00	3.00	10.00	1.00
4	13.40	14000.00	0.00	25.00	10.00	3.00	10.00	1.00
5	14.40	14000.00	0.00	25.00	10.00	3.00	10.00	1.00
6	15.40	14000.00	0.00	25.00	10.00	3.00	10.00	1.00

DEPTH(m): 深度
AEO: 補正された変形係数
C(N/m²): 土の粘着力
PHAI(度): 土の内部摩擦角
GAM(N/m³): 土の単位体積重量
ALFA-P: 立体効果変形係数
ZMAX(mm): 杭断面の鉛直方向最大変位
ALFA-K: 地盤反力係数の割増係数

確定(O) 閉じる(O)

N-PIER Ver.1.0 - 値入力 -

ノード設定

直角方向n番目の杭

	1	2	3	4
X座標	-9.00	-3.00	3.00	9.00
杭名称	PL-1	PL-2	PL-3	PL-4

杭設定

右表でコントロール位置の杭設定: [1-1]

NSL:土質条件セット番号	1	直角方向の番号の杭	1
NST:杭断面セット番号	1	1	*
IPIN:杭頭支持条件	0:固定	2	*
Kθ:杭頭回転バネ定数	0.00	3	*
Kv:杭の軸方向バネ	240301.50	4	*
PCMAX:杭の最大押込力	7184.30		
PTMAX:杭の最大引張力	1155.50		

右表選択項目の

N-PIER Ver.1.0 - 杭設定入力 -

NSL:土質条件セット番号	1
NST:杭断面セット番号	1
IPIN:杭頭支持条件	0:固定
Kθ:杭頭回転バネ定数	0.00
Kv:杭の軸方向バネ	240301.50
PCMAX:杭の最大押込力	7184.30
PTMAX:杭の最大引張力	1155.50

N-PIER Ver.1.0 - 杭断面セット入力 -

杭断面セット数: [4]

	1	2	3	4
CODE:セット名称	PL-1	PL-2	PL-3	PL-4
NSMAX:データ数	4	5	5	5

カーソル列の:

N-PIER Ver.1.0 - 杭断面データ入力 -

杭断面セット名称: [PL-1] 杭断面データ数: [4]

	1	2	3	4
NPDIV	26	20	20	3
MMAT	2:ハイリニ	2:ハイリニ	2:ハイリニ	2:ハイリニ
DLSEG(m)	12.40	10.00	10.00	1.60
D(mm)	800.00	800.00	800.00	800.00
T(mm)	12.00	12.00	12.00	12.00
FY(N/mm ²)	235.00	235.00	235.00	235.00
E(N/mm ²)	0.0	0.0	0.0	0.0
G(N/mm ²)	0.0	0.0	0.0	0.0
M0(N/m)	0.00	0.00	0.00	0.00
I(m ⁴)	0.00	0.00	0.00	0.00
M1(N/m)	0.00	0.00	0.00	0.00
M2(N/m)	0.00	0.00	0.00	0.00
M3(N/m)	0.00	0.00	0.00	0.00
φ1(l/m)	0.00	0.00	0.00	0.00
φ2(l/m)	0.00	0.00	0.00	0.00
φ3(l/m)	0.00	0.00	0.00	0.00

NPDIV: 杭要素分割 E: ヤング率
 MMAT: 計算方法 G: せん断剛性
 DLSEG: 要素長(杭上端から) M: 単位長さ当り質量
 D: 杭外径 I: 断面二次モーメント
 T: 杭肉厚 M0: モーメント
 FY: 許容引張応力 φ0: 曲率

* E(ヤング率)以降は0入力で自動計算

N-PIER Ver.1.0 - 入力

諸条件 | ノード・柱諸元 | 梁諸元 | 荷重条件

確定 閉じる

梁断面セット入力 桁(m): 上部工梁の全面高さ 1.30

直角方向の各目のノード間の梁諸元:

	1	2	3
Li(m): J側梁長	0.40	0.40	0.40
Uli(m): J側梁長	1.95	1.95	1.95
IS: J側梁性梁断面外番号	1	1	1
IB: J側梁性梁断面分割数	5	5	5
IS: 中間部の梁断面外番号	2	2	2
UB: J側梁性梁断面分割数	5	5	5
US: J側梁性梁断面外番号	1	1	1
Li(m): J側梁長	1.95	1.95	1.95
Uli(m): J側梁長	0.40	0.40	0.40

N-PIER Ver.1.0 - 梁断面セット入力

梁断面セット数: 2

	1	2
BMA	1.04	1.04
BMI	0.147	0.147
BME	25000.0	25000.0
BMMI(1)	769.69	0.00
BMMI(2)	1382.49	0.00
BMMI(3)	2958.42	0.00
BMEI(1)	0.000446	0.000000
BMEI(2)	0.001267	0.000000
BMEI(3)	0.456543	0.000000

BMA(m²): 梁の断面積
 BMI(m⁴): 梁の断面2次モーメント
 BME(N/mm²): 梁断面のヤング率
 BMMI(N·m): モーメント
 BMEI(1/m): 曲率

確定 閉じる

NH-PIER Ver.10 - 個人入力

諸条件 | ノード・杭情報 | 梁諸元 | **荷重条件**

荷重条件セット数:

荷重条件セット

荷重条件数	38
-------	----

上表カーソル位置の

荷重条件セット番号を [1~1] で設定してください

この条件で計算します

NH-PIER Ver.10 - 荷重条件一覧

荷重条件セット番号 [1]

荷重条件番号	荷重条件タイトル	データ数	高度
1	KH=0.01	4	0.01
23	KH=0.45	4	0.45
38	KH=0.75	4	0.75

カーソル行の

NH-PIER Ver.10 - 荷重データ入力

荷重条件番号:

荷重条件名称:

SIND: 震度

STOL(O): 支承誤差

鉛直変位 水平変位 回転変位

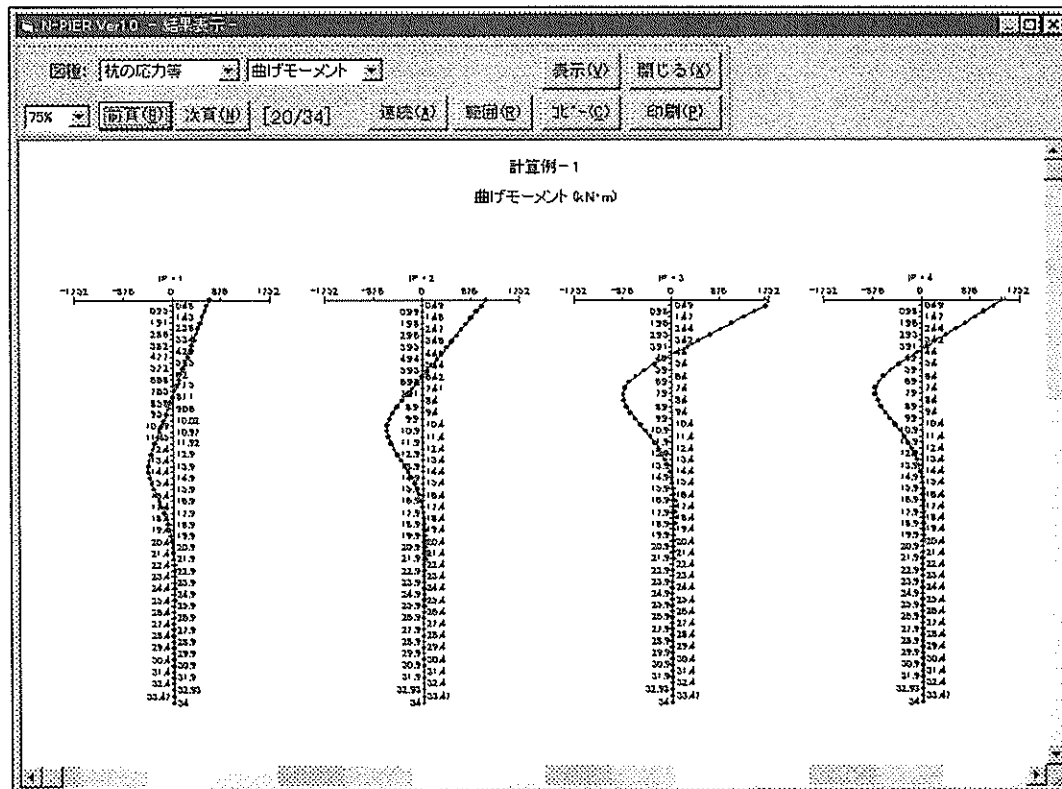
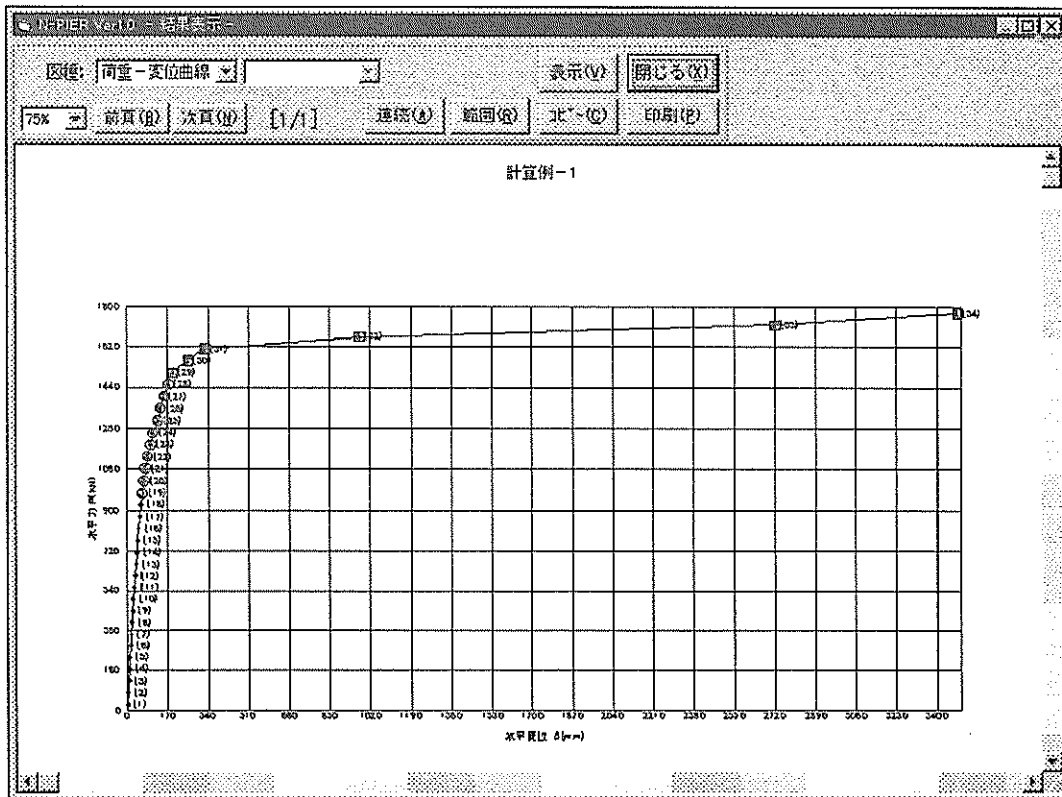
荷重データ数:

荷重データタイプ		1	2	3	4
ノードへの集中荷重		ノード集中	ノード集中	ノード集中	ノード集中
ノードへの集中荷重	起点ノード番号	1	2	3	4
	鉛直力(kN)	-600.00	-720.00	-720.00	-600.00
	水平力(kN)	-6.60	-6.60	-6.60	-6.60
	モーメント(kN・m)	0.00	0.00	0.00	0.00
ノード間の等分布荷重	終点ノード番号				
	等分布荷重(kN/m)				
間版の変位	水平方向強制変位(m)				
杭への分布荷重/強制変位	杭番号				
	荷重の作用方向とタイプ				
	始点までの距離(m)				
	始点の荷重(kN/m)/変位(m)				
	終点までの距離(m)				
	終点の荷重(kN/m)/変位(m)				

3.3 解析結果

(1) 出力図面

解析結果の画面表示の一例として、水平力-変位関係および杭の曲げモーメント図を示す。



(2) *.dis ファイル

disp. file=E:N-tes_01_ (title) Pier Hight= 0.00(m)

計算例-1

N-PIER V-1.1 1999/05/19

STEP	H-F(kN)	ALFA	DEL-B(mm)	THI(rad)	DEL-U(mm)	ITER
1	-26.4	0.010	-1.3	0.00007	-1.3	3
2	-79.2	0.030	-3.7	0.00006	-3.7	3
3	-132.0	0.050	-6.1	0.00004	-6.1	3
4	-184.8	0.070	-8.5	0.00003	-8.5	3
5	-237.6	0.090	-11.0	0.00001	-11.0	4
6	-290.4	0.110	-13.8	0.00000	-13.8	4
7	-343.2	0.130	-16.7	-0.00002	-16.7	4
8	-396.0	0.150	-19.9	-0.00004	-19.9	5
9	-448.8	0.170	-23.0	-0.00006	-23.0	5
10	-501.6	0.190	-26.2	-0.00008	-26.2	5
11	-554.4	0.210	-29.8	-0.00011	-29.8	6
12	-607.2	0.230	-33.5	-0.00013	-33.5	6
13	-660.0	0.250	-37.4	-0.00016	-37.4	7
14	-712.8	0.270	-41.4	-0.00018	-41.4	7
15	-765.6	0.290	-45.4	-0.00021	-45.4	7
16	-818.4	0.310	-49.6	-0.00024	-49.6	7
17	-871.2	0.330	-53.9	-0.00026	-53.9	7
18	-924.0	0.350	-58.3	-0.00029	-58.3	7
19	-976.8	0.370	-63.6	-0.00032	-63.6	16
20	-1029.6	0.390	-70.0	-0.00037	-70.0	16
21	-1082.4	0.410	-76.5	-0.00041	-76.5	11
22	-1135.2	0.430	-85.3	-0.00047	-85.3	11
23	-1188.0	0.450	-97.6	-0.00058	-97.6	17
24	-1240.8	0.470	-106.4	-0.00065	-106.4	56
25	-1293.6	0.490	-127.9	-0.00089	-127.9	23
26	-1346.4	0.510	-138.7	-0.00100	-138.7	15
27	-1399.2	0.530	-154.2	-0.00119	-154.2	16
28	-1452.0	0.550	-173.2	-0.00146	-173.2	17
29	-1504.8	0.570	-192.5	-0.00180	-192.5	17
30	-1557.6	0.590	-257.5	-0.00662	-257.5	45
31	-1610.4	0.610	-327.6	-0.01144	-327.6	38
32	-1663.2	0.630	-974.3	-0.02106	-974.3	75
33	-1716.0	0.650	-2721.7	-0.01989	-2721.7	74
34	-1768.8	0.670	-3485.1	-0.02883	-3485.1	55

(3) *.str ファイル

strs. file=E:N-tes_01_ (title) Pier Hight= 0.00(m)

計算例-1

N-PIER V-1.1 1999/05/19

STEP= 1 F-H= -26.4(kN) ALF=0.010 DEL-B= -1.3(mm) THI= 0.00007(rad) DEL-U= -1.3(mm)

PILE NO.	PILE TOP N(kN)	PILE TOP H(kN)	PILE TOP M(kN*m)	PILE-TOP FORCE SIGMA	ELEMENT-1 SIGMA(DEPTH)	ELEMENT-2 SIGMA(DEPTH)	ELEMENT-3 SIGMA(DEPTH)
----------	----------------	----------------	------------------	----------------------	------------------------	------------------------	------------------------

1	-612.5	-2.7	23.3	-24.7	-24.7(0.00)	-22.6(13.90)	-20.7(23.40)
2	-714.9	-5.1	31.8	-29.6	-29.6(0.00)	-26.7(9.90)	-25.8(12.40)
3	-715.4	-10.6	38.9	-30.8	-30.8(0.00)	-27.5(6.40)	-24.4(12.40)
4	-597.2	-8.0	25.2	-24.5	-24.5(0.00)	-23.3(6.40)	-20.3(12.40)

STEP= 2 F-H= -79.2(kN) ALF=0.030 DEL-B= -3.7(mm) THI= 0.00006(rad) DEL-U= -3.7(mm)

PILE NO.	PILE TOP N(kN)	SECTION H(kN)	FORCE M(kN*m)	PILE-TOP SIGMA	ELEMENT-1 SIGMA (DEPTH)	ELEMENT-2 SIGMA (DEPTH)	ELEMENT-3 SIGMA (DEPTH)
1	-619.6	-5.7	47.2	-29.0	-29.0(0.00)	-25.6(13.40)	-21.1(23.40)
2	-721.6	-12.5	76.0	-37.5	-37.5(0.00)	-31.2(9.90)	-28.7(12.40)
3	-725.0	-32.9	125.7	-46.2	-46.2(0.00)	-34.2(6.40)	-25.4(12.40)
4	-573.9	-28.1	100.4	-36.7	-36.7(0.00)	-28.7(6.40)	-20.1(12.40)

STEP= 3 F-H= -132.0(kN) ALF=0.050 DEL-B= -6.1(mm) THI= 0.00004(rad) DEL-U= -6.1(mm)

PILE NO.	PILE TOP N(kN)	SECTION H(kN)	FORCE M(kN*m)	PILE-TOP SIGMA	ELEMENT-1 SIGMA (DEPTH)	ELEMENT-2 SIGMA (DEPTH)	ELEMENT-3 SIGMA (DEPTH)
1	-626.6	-8.8	71.0	-33.4	-33.4(0.00)	-28.7(13.40)	-21.5(23.40)
2	-728.3	-19.9	120.2	-45.4	-45.4(0.00)	-35.7(9.90)	-31.7(12.40)
3	-734.5	-55.2	212.6	-61.6	-61.6(0.00)	-41.0(6.40)	-26.3(12.40)
4	-550.6	-48.1	175.6	-49.0	-49.0(0.00)	-34.1(6.40)	-19.9(12.40)

STEP= 4 F-H= -184.8(kN) ALF=0.070 DEL-B= -8.5(mm) THI= 0.00003(rad) DEL-U= -8.5(mm)

PILE NO.	PILE TOP N(kN)	SECTION H(kN)	FORCE M(kN*m)	PILE-TOP SIGMA	ELEMENT-1 SIGMA (DEPTH)	ELEMENT-2 SIGMA (DEPTH)	ELEMENT-3 SIGMA (DEPTH)
1	-633.7	-11.8	94.9	-37.8	-37.8(0.00)	-31.7(13.40)	-21.9(23.40)
2	-734.9	-27.4	164.6	-53.3	-53.3(0.00)	-40.2(9.90)	-34.6(12.40)
3	-744.1	-77.3	299.2	-76.9	-76.9(0.00)	-47.7(6.40)	-27.3(12.40)
4	-527.3	-68.3	251.2	-61.3	-61.3(0.00)	-39.5(6.40)	-19.7(12.40)

STEP= 5 F-H= -237.6(kN) ALF=0.090 DEL-B= -11.0(mm) THI= 0.00001(rad) DEL-U= -11.0(mm)

PILE NO.	PILE TOP N(kN)	SECTION H(kN)	FORCE M(kN*m)	PILE-TOP SIGMA	ELEMENT-1 SIGMA (DEPTH)	ELEMENT-2 SIGMA (DEPTH)	ELEMENT-3 SIGMA (DEPTH)
1	-641.4	-15.1	120.5	-42.5	-42.5(0.00)	-34.9(13.40)	-22.3(23.40)
2	-741.3	-35.4	212.0	-61.7	-61.7(0.00)	-45.1(9.90)	-37.7(12.40)
3	-753.7	-98.5	386.1	-92.3	-92.3(0.00)	-54.6(6.90)	-28.5(12.40)
4	-503.6	-88.2	328.3	-73.9	-73.9(0.00)	-45.2(6.40)	-19.6(12.40)

STEP= 6 F-H= -290.4(kN) ALF=0.110 DEL-B= -13.8(mm) THI= 0.00000(rad) DEL-U= -13.8(mm)

PILE NO.	PILE TOP N(kN)	SECTION H(kN)	FORCE M(kN*m)	PILE-TOP SIGMA	ELEMENT-1 SIGMA (DEPTH)	ELEMENT-2 SIGMA (DEPTH)	ELEMENT-3 SIGMA (DEPTH)
1	-649.8	-18.6	148.2	-47.6	-47.6(0.00)	-38.4(13.40)	-22.7(23.40)
2	-747.5	-44.0	263.2	-70.8	-70.8(0.00)	-50.2(9.90)	-41.1(12.40)
3	-763.1	-118.7	472.9	-107.7	-107.7(0.00)	-61.8(6.90)	-29.9(12.40)
4	-479.7	-107.1	405.7	-86.5	-86.5(0.00)	-50.8(6.40)	-19.8(12.40)

STEP= 7 F-H= -343.2(kN) ALF=0.130 DEL-B= -16.7(mm) THI=-0.00002(rad) DEL-U= -16.7(mm)

PILE NO.	PILE TOP N(kN)	SECTION H(kN)	FORCE M(kN*m)	PILE-TOP SIGMA	ELEMENT-1 SIGMA (DEPTH)	ELEMENT-2 SIGMA (DEPTH)	ELEMENT-3 SIGMA (DEPTH)
1	-658.6	-22.3	177.2	-52.9	-52.9(0.00)	-42.1(13.40)	-23.2(23.40)
2	-753.5	-52.8	316.1	-80.2	-80.2(0.00)	-55.6(9.90)	-44.6(12.40)
3	-772.2	-138.8	560.9	-123.3	-123.3(0.00)	-69.1(6.90)	-31.5(12.40)

4 -455.6 -125.6 483.2 -99.1 -99.1(0.00) -56.9(6.90) -20.1(12.40)

STEP= 8 F-H= -396.0(kN) ALF=0.150 DEL-B= -19.9(mm) THI=-0.00004(rad) DEL-U= -19.9(mm)

PILE NO.	PILE TOP N(kN)	SECTION H(kN)	FORCE M(kN*m)	PILE-TOP SIGMA	ELEMENT-1 SIGMA (DEPTH)	ELEMENT-2 SIGMA (DEPTH)	ELEMENT-3 SIGMA (DEPTH)
1	-668.3	-26.4	209.3	-58.8	-58.8(0.00)	-46.2(13.40)	-23.7(23.40)
2	-759.4	-62.3	373.3	-90.3	-90.3(0.00)	-61.4(9.90)	-48.6(12.40)
3	-781.2	-160.6	657.6	-140.3	-140.3(0.00)	-77.1(6.90)	-33.3(12.40)
4	-431.1	-145.4	568.2	-113.1	-113.1(0.00)	-63.5(6.90)	-20.7(12.40)

STEP= 9 F-H= -448.8(kN) ALF=0.170 DEL-B= -23.0(mm) THI=-0.00006(rad) DEL-U= -23.0(mm)

PILE NO.	PILE TOP N(kN)	SECTION H(kN)	FORCE M(kN*m)	PILE-TOP SIGMA	ELEMENT-1 SIGMA (DEPTH)	ELEMENT-2 SIGMA (DEPTH)	ELEMENT-3 SIGMA (DEPTH)
1	-677.4	-30.4	240.2	-64.5	-64.5(0.00)	-50.1(13.40)	-24.2(23.40)
2	-765.3	-70.8	426.1	-99.7	-99.7(0.00)	-66.8(9.90)	-52.7(12.40)
3	-790.9	-181.3	749.6	-156.6	-156.6(0.00)	-84.7(6.90)	-35.1(12.40)
4	-406.4	-164.6	650.1	-126.4	-126.4(0.00)	-69.8(6.90)	-21.1(12.40)

STEP=10 F-H= -501.6(kN) ALF=0.190 DEL-B= -26.2(mm) THI=-0.00008(rad) DEL-U= -26.2(mm)

PILE NO.	PILE TOP N(kN)	SECTION H(kN)	FORCE M(kN*m)	PILE-TOP SIGMA	ELEMENT-1 SIGMA (DEPTH)	ELEMENT-2 SIGMA (DEPTH)	ELEMENT-3 SIGMA (DEPTH)
1	-686.7	-34.5	271.9	-70.3	-70.3(0.00)	-54.2(13.40)	-24.7(23.40)
2	-771.3	-79.1	478.9	-109.0	-109.0(0.00)	-72.1(9.90)	-57.0(12.40)
3	-800.5	-202.0	842.5	-173.1	-173.1(0.00)	-92.4(6.90)	-36.9(12.40)
4	-381.5	-183.5	732.1	-139.8	-139.8(0.00)	-76.2(6.90)	-21.7(12.40)

STEP=11 F-H= -554.4(kN) ALF=0.210 DEL-B= -29.8(mm) THI=-0.00011(rad) DEL-U= -29.8(mm)

PILE NO.	PILE TOP N(kN)	SECTION H(kN)	FORCE M(kN*m)	PILE-TOP SIGMA	ELEMENT-1 SIGMA (DEPTH)	ELEMENT-2 SIGMA (DEPTH)	ELEMENT-3 SIGMA (DEPTH)
1	-696.8	-38.9	307.1	-76.7	-76.7(0.00)	-58.6(13.40)	-25.3(23.40)
2	-776.7	-88.1	536.6	-119.2	-119.2(0.00)	-77.8(10.40)	-61.9(12.40)
3	-810.6	-222.7	940.3	-190.4	-190.4(0.00)	-100.7(7.40)	-39.3(12.40)
4	-355.8	-203.4	820.1	-154.2	-154.2(0.00)	-83.0(6.90)	-22.6(12.40)

STEP=12 F-H= -607.2(kN) ALF=0.230 DEL-B= -33.5(mm) THI=-0.00013(rad) DEL-U= -33.5(mm)

PILE NO.	PILE TOP N(kN)	SECTION H(kN)	FORCE M(kN*m)	PILE-TOP SIGMA	ELEMENT-1 SIGMA (DEPTH)	ELEMENT-2 SIGMA (DEPTH)	ELEMENT-3 SIGMA (DEPTH)
1	-707.2	-43.4	342.5	-83.2	-83.2(0.00)	-63.2(13.40)	-25.9(23.40)
2	-782.2	-97.1	594.5	-129.4	-129.4(0.00)	-83.8(10.40)	-66.9(12.40)
3	-820.2	-243.0	1036.9	-207.4	-207.4(0.00)	-109.1(7.40)	-41.8(12.40)
4	-330.4	-222.0	903.5	-167.8	-167.8(0.00)	-89.6(6.90)	-23.6(12.40)

STEP=13 F-H= -660.0(kN) ALF=0.250 DEL-B= -37.4(mm) THI=-0.00016(rad) DEL-U= -37.4(mm)

PILE NO.	PILE TOP N(kN)	SECTION H(kN)	FORCE M(kN*m)	PILE-TOP SIGMA	ELEMENT-1 SIGMA (DEPTH)	ELEMENT-2 SIGMA (DEPTH)	ELEMENT-3 SIGMA (DEPTH)
1	-718.3	-48.1	379.9	-90.1	-90.1(0.00)	-67.9(13.90)	-26.5(23.40)
2	-787.3	-106.8	657.0	-140.5	-140.5(0.00)	-90.2(10.40)	-72.2(12.40)
3	-829.7	-263.9	1138.4	-225.4	-225.4(0.00)	-117.8(7.40)	-44.7(12.40)
4	-304.7	-240.6	988.3	-181.7	-181.7(0.00)	-96.9(7.40)	-24.9(12.40)

STEP=14 F-H= -712.8(kN) ALF=0.270 DEL-B= -41.4(mm) THI=-0.00018(rad) DEL-U= -41.4(mm)

PILE NO.	PILE TOP N(kN)	SECTION H(kN)	FORCE M(kN*m)	PILE-TOP SIGMA	ELEMENT-1 SIGMA (DEPTH)	ELEMENT-2 SIGMA (DEPTH)	ELEMENT-3 SIGMA (DEPTH)
----------	----------------	---------------	---------------	----------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------

NO.	N(kN)	H(kN)	M(kN*m)	SIGMA	SIGMA (DEPTH)	SIGMA (DEPTH)	SIGMA (DEPTH)
1	-729.2	-52.6	416.6	-96.8	-96.8 (0.00)	-72.7 (13.90)	-27.1 (23.40)
2	-792.5	-116.5	719.5	-151.5	-151.5 (0.00)	-96.7 (10.40)	-77.6 (12.40)
3	-839.1	-284.4	1238.8	-243.1	-243.1 (0.00)	-126.3 (7.40)	-47.6 (12.40)
4	-279.1	-258.5	1070.9	-195.1	-195.1 (0.00)	-104.0 (7.40)	-26.3 (12.40)
STEP=15 F-H= -765.6(kN) ALF=0.290 DEL-B= -45.4(mm) THI=-0.00021(rad) DEL-U= -45.4(mm)							
PILE NO.	PILE TOP SECTION FORCE	PILE-TOP	ELEMENT-1	ELEMENT-2	ELEMENT-3		
NO.	N(kN) H(kN) M(kN*m)	SIGMA	SIGMA (DEPTH)	SIGMA (DEPTH)	SIGMA (DEPTH)		
1	-740.4 -57.3 454.0	-103.7	-103.7 (0.00)	-77.6 (13.90)	-27.7 (23.40)		
2	-797.5 -126.2 782.4	-162.5	-162.5 (0.00)	-103.1 (10.40)	-83.1 (12.40)		
3	-848.8 -304.8 1339.8	-260.9	-260.9 (0.00)	-134.8 (7.40)	-50.6 (12.40)		
4	-253.3 -276.4 1153.4	-208.6	-208.6 (0.00)	-111.1 (7.40)	-27.8 (12.40)		
STEP=16 F-H= -818.4(kN) ALF=0.310 DEL-B= -49.6(mm) THI=-0.00024(rad) DEL-U= -49.6(mm)							
PILE NO.	PILE TOP SECTION FORCE	PILE-TOP	ELEMENT-1	ELEMENT-2	ELEMENT-3		
NO.	N(kN) H(kN) M(kN*m)	SIGMA	SIGMA (DEPTH)	SIGMA (DEPTH)	SIGMA (DEPTH)		
1	-751.6 -61.8 491.3	-110.5	-110.5 (0.00)	-82.3 (13.90)	-28.3 (23.40)		
2	-802.6 -136.1 846.6	-173.9	-173.9 (0.00)	-109.7 (10.40)	-88.9 (12.40)		
3	-858.6 -325.3 1442.4	-279.1	-279.1 (0.00)	-143.3 (7.40)	-53.9 (12.40)		
4	-227.2 -294.2 1236.3	-222.1	-222.1 (0.00)	-118.2 (7.40)	-29.4 (12.40)		
STEP=17 F-H= -871.2(kN) ALF=0.330 DEL-B= -53.9(mm) THI=-0.00026(rad) DEL-U= -53.9(mm)							
PILE NO.	PILE TOP SECTION FORCE	PILE-TOP	ELEMENT-1	ELEMENT-2	ELEMENT-3		
NO.	N(kN) H(kN) M(kN*m)	SIGMA	SIGMA (DEPTH)	SIGMA (DEPTH)	SIGMA (DEPTH)		
1	-763.1 -66.4 529.3	-117.5	-117.5 (0.00)	-87.2 (13.90)	-28.9 (23.40)		
2	-807.4 -146.0 911.8	-185.3	-185.3 (0.00)	-116.4 (10.40)	-94.8 (12.40)		
3	-868.7 -345.6 1544.9	-297.2	-297.2 (0.00)	-152.2 (7.90)	-57.3 (12.40)		
4	-200.8 -311.8 1319.6	-235.6	-235.6 (0.00)	-125.2 (7.40)	-31.2 (12.40)		
STEP=18 F-H= -924.0(kN) ALF=0.350 DEL-B= -58.3(mm) THI=-0.00029(rad) DEL-U= -58.3(mm)							
PILE NO.	PILE TOP SECTION FORCE	PILE-TOP	ELEMENT-1	ELEMENT-2	ELEMENT-3		
NO.	N(kN) H(kN) M(kN*m)	SIGMA	SIGMA (DEPTH)	SIGMA (DEPTH)	SIGMA (DEPTH)		
1	-774.7 -71.2 568.9	-124.7	-124.7 (0.00)	-92.2 (13.90)	-29.6 (23.40)		
2	-811.6 -155.7 976.7	-196.7	-196.7 (0.00)	-122.7 (10.40)	-101.1 (12.40)		
3	-880.0 -365.3 1647.5	-315.4	-315.4 (0.00)	-161.4 (7.90)	-61.2 (12.40)		
4	-173.7 -330.0 1404.7	-249.5	-249.5 (0.00)	-132.6 (7.40)	-33.1 (12.40)		
STEP=19 F-H= -976.8(kN) ALF=0.370 DEL-B= -63.6(mm) THI=-0.00032(rad) DEL-U= -63.6(mm)							
PILE NO.	PILE TOP SECTION FORCE	PILE-TOP	ELEMENT-1	ELEMENT-2	ELEMENT-3		
NO.	N(kN) H(kN) M(kN*m)	SIGMA	SIGMA (DEPTH)	SIGMA (DEPTH)	SIGMA (DEPTH)		
1	-788.5 -76.7 615.2	-133.2	-133.2 (0.00)	-98.0 (13.90)	-30.4 (23.40)		
2	-814.5 -167.0 1052.7	-210.0	-210.0 (0.00)	-130.1 (10.90)	-108.5 (12.40)		
3	-888.6 -388.3 1716.3	-327.6	-327.6 (0.00)	-172.1 (7.90)	-65.7 (12.40)		
4	-148.4 -345.1 1470.7	-260.1	-260.1 (0.00)	-140.1 (7.90)	-35.5 (12.40)		
STEP=20 F-H= -1029.6(kN) ALF=0.390 DEL-B= -70.0(mm) THI=-0.00037(rad) DEL-U= -70.0(mm)							
PILE NO.	PILE TOP SECTION FORCE	PILE-TOP	ELEMENT-1	ELEMENT-2	ELEMENT-3		
NO.	N(kN) H(kN) M(kN*m)	SIGMA	SIGMA (DEPTH)	SIGMA (DEPTH)	SIGMA (DEPTH)		
1	-805.9 -83.5 671.4	-143.6	-143.6 (0.00)	-105.1 (13.90)	-31.3 (23.40)		
2	-815.7 -180.2 1142.1	-225.5	-225.5 (0.00)	-139.3 (10.90)	-117.4 (12.40)		

3 -886.2 -414.2 1716.5 -327.5 -327.5(0.00) -183.3(7.90) -71.1(12.40)
4 -132.1 -352.6 1471.4 -259.6 -259.6(0.00) -149.2(7.90) -37.4(12.40)
STEP=21 F-H=-1082.4(kN) ALF=0.410 DEL-B=-76.5(mm) THI=-0.00041(rad) DEL-U=-76.5(mm)
PILE PILE TOP SECTION FORCE PILE-TOP ELEMENT-1 ELEMENT-2 ELEMENT-3
NO. N(kN) H(kN) M(kN*m) SIGMA SIGMA(DEPTH) SIGMA(DEPTH) SIGMA(DEPTH)
1 -823.8 -90.5 729.1 -154.2 -154.2(0.00) -112.4(13.90) -32.3(23.40)
2 -817.4 -193.4 1232.4 -241.3 -241.3(0.00) -148.5(10.90) -126.5(12.40)
3 -881.3 -440.7 1716.9 -327.4 -327.4(0.49) -194.6(7.90) -76.5(12.40)
4 -117.5 -359.3 1464.7 -258.0 -258.0(0.00) -158.4(7.90) -39.2(12.40)
STEP=22 F-H=-1135.2(kN) ALF=0.430 DEL-B=-85.3(mm) THI=-0.00047(rad) DEL-U=-85.3(mm)
PILE PILE TOP SECTION FORCE PILE-TOP ELEMENT-1 ELEMENT-2 ELEMENT-3
NO. N(kN) H(kN) M(kN*m) SIGMA SIGMA(DEPTH) SIGMA(DEPTH) SIGMA(DEPTH)
1 -848.2 -99.5 804.5 -168.1 -168.1(0.00) -121.9(13.90) -33.6(23.40)
2 -807.2 -210.7 1350.9 -261.5 -261.5(0.00) -160.1(10.90) -138.3(12.40)
3 -877.9 -457.5 1717.1 -327.4 -327.4(0.49) -207.3(8.40) -83.1(12.40)
4 -106.7 -368.0 1458.0 -256.5 -256.5(0.00) -170.5(7.90) -42.3(12.40)
STEP=23 F-H=-1188.0(kN) ALF=0.450 DEL-B=-97.6(mm) THI=-0.00058(rad) DEL-U=-97.6(mm)
PILE PILE TOP SECTION FORCE PILE-TOP ELEMENT-1 ELEMENT-2 ELEMENT-3
NO. N(kN) H(kN) M(kN*m) SIGMA SIGMA(DEPTH) SIGMA(DEPTH) SIGMA(DEPTH)
1 -882.7 -111.9 907.4 -187.1 -187.1(0.00) -135.6(14.40) -35.4(23.40)
2 -768.5 -233.4 1508.4 -287.5 -287.5(0.00) -174.5(10.90) -154.0(12.40)
3 -892.7 -458.9 1716.0 -327.7 -327.7(0.49) -224.6(8.40) -88.5(12.40)
4 -96.1 -383.8 1490.0 -261.7 -261.7(0.00) -186.4(7.90) -47.8(12.40)
STEP=24 F-H=-1240.8(kN) ALF=0.470 DEL-B=-106.4(mm) THI=-0.00065(rad) DEL-U=-106.4(mm)
PILE PILE TOP SECTION FORCE PILE-TOP ELEMENT-1 ELEMENT-2 ELEMENT-3
NO. N(kN) H(kN) M(kN*m) SIGMA SIGMA(DEPTH) SIGMA(DEPTH) SIGMA(DEPTH)
1 -906.0 -120.1 977.5 -200.0 -200.0(0.00) -144.8(14.40) -36.7(23.90)
2 -763.5 -249.7 1622.2 -307.0 -307.0(0.00) -185.5(10.90) -166.1(12.40)
3 -880.1 -484.7 1717.0 -327.4 -327.4(0.49) -239.4(8.40) -93.6(12.40)
4 -90.4 -400.1 1540.1 -270.1 -270.1(0.00) -200.6(7.90) -53.6(12.40)
STEP=25 F-H=-1293.6(kN) ALF=0.490 DEL-B=-127.9(mm) THI=-0.00089(rad) DEL-U=-127.9(mm)
PILE PILE TOP SECTION FORCE PILE-TOP ELEMENT-1 ELEMENT-2 ELEMENT-3
NO. N(kN) H(kN) M(kN*m) SIGMA SIGMA(DEPTH) SIGMA(DEPTH) SIGMA(DEPTH)
1 -964.8 -139.3 1140.8 -230.3 -230.3(0.00) -166.6(14.40) -39.8(23.90)
2 -664.8 -285.8 1731.6 -322.7 -322.7(0.49) -208.8(11.40) -191.7(12.40)
3 -922.1 -456.9 1713.6 -328.2 -328.2(0.00) -266.7(7.90) -100.3(12.40)
4 -88.3 -410.7 1487.6 -261.0 -261.0(0.00) -224.4(7.90) -61.6(12.40)
STEP=26 F-H=-1346.4(kN) ALF=0.510 DEL-B=-138.7(mm) THI=-0.00100(rad) DEL-U=-138.7(mm)
PILE PILE TOP SECTION FORCE PILE-TOP ELEMENT-1 ELEMENT-2 ELEMENT-3
NO. N(kN) H(kN) M(kN*m) SIGMA SIGMA(DEPTH) SIGMA(DEPTH) SIGMA(DEPTH)
1 -990.5 -148.9 1223.0 -245.4 -245.4(0.00) -177.1(14.40) -41.2(23.90)
2 -643.9 -304.6 1732.8 -322.2 -322.2(0.49) -221.6(11.40) -205.7(12.40)
3 -931.7 -467.9 1712.9 -328.4 -328.4(0.00) -281.0(7.90) -107.3(12.40)
4 -73.8 -426.0 1524.8 -266.9 -266.9(0.00) -238.3(7.90) -67.0(12.40)
STEP=27 F-H=-1399.2(kN) ALF=0.530 DEL-B=-154.2(mm) THI=-0.00119(rad) DEL-U=-154.2(mm)

PILE NO.	PILE TOP N(kN)	SECTION H(kN)	FORCE M(kN*m)	PILE-TOP SIGMA	ELEMENT-1 SIGMA (DEPTH)	ELEMENT-2 SIGMA (DEPTH)	ELEMENT-3 SIGMA (DEPTH)
1	-1017.3	-162.1	1335.8	-265.9	-265.9(0.00)	-191.4(14.40)	-42.9(23.90)
2	-608.6	-310.1	1734.8	-321.4	-321.4(0.49)	-232.9(11.40)	-218.6(12.40)
3	-955.4	-480.7	1710.9	-328.9	-328.9(0.00)	-302.5(8.40)	-117.1(12.40)
4	-58.7	-441.3	1541.1	-269.3	-269.3(0.00)	-256.0(7.90)	-75.0(12.40)

STEP=28 F-H=-1452.0(kN) ALF=0.550 DEL-B=-173.2(mm) THI=-0.00146(rad) DEL-U=-173.2(mm)

PILE NO.	PILE TOP N(kN)	SECTION H(kN)	FORCE M(kN*m)	PILE-TOP SIGMA	ELEMENT-1 SIGMA (DEPTH)	ELEMENT-2 SIGMA (DEPTH)	ELEMENT-3 SIGMA (DEPTH)
1	-1034.7	-177.3	1465.9	-289.1	-289.1(0.00)	-207.9(14.90)	-44.4(23.90)
2	-572.6	-309.6	1736.7	-320.5	-320.5(0.49)	-245.8(11.40)	-230.7(12.40)
3	-995.3	-500.0	1707.5	-329.6	-329.6(0.00)	-328.6(8.40)	-130.7(12.40)
4	-37.5	-460.0	1561.5	-272.1	-272.1(0.00)	-277.2(7.90)	-84.7(12.40)

STEP=29 F-H=-1504.8(kN) ALF=0.570 DEL-B=-192.5(mm) THI=-0.00180(rad) DEL-U=-192.5(mm)

PILE NO.	PILE TOP N(kN)	SECTION H(kN)	FORCE M(kN*m)	PILE-TOP SIGMA	ELEMENT-1 SIGMA (DEPTH)	ELEMENT-2 SIGMA (DEPTH)	ELEMENT-3 SIGMA (DEPTH)
1	-1059.5	-192.2	1592.1	-311.8	-311.8(0.00)	-225.4(14.90)	-46.1(23.90)
2	-533.3	-314.3	1738.6	-319.5	-319.5(0.00)	-260.0(11.40)	-245.0(12.40)
3	-1029.4	-519.9	1704.4	-330.3	-330.3(0.00)	-330.3(8.90)	-144.2(12.40)
4	-17.7	-478.5	1580.9	-274.8	-274.8(0.00)	-298.9(8.40)	-94.7(12.40)

STEP=30 F-H=-1557.6(kN) ALF=0.590 DEL-B=-257.5(mm) THI=-0.00662(rad) DEL-U=-257.5(mm)

PILE NO.	PILE TOP N(kN)	SECTION H(kN)	FORCE M(kN*m)	PILE-TOP SIGMA	ELEMENT-1 SIGMA (DEPTH)	ELEMENT-2 SIGMA (DEPTH)	ELEMENT-3 SIGMA (DEPTH)
1	-1092.3	-207.7	1613.1	-316.5	-316.5(0.00)	-262.8(14.90)	-49.1(24.40)
2	-437.9	-338.7	1742.7	-317.0	-317.0(0.00)	-309.2(11.40)	-296.9(12.40)
3	-1140.4	-520.4	1693.9	-332.2	-332.2(0.00)	-332.2(9.40)	-150.1(12.40)
4	30.7	-492.7	1682.5	292.8	292.8(0.00)	301.7(8.40)	98.0(12.40)

STEP=31 F-H=-1610.4(kN) ALF=0.610 DEL-B=-327.6(mm) THI=-0.01144(rad) DEL-U=-327.6(mm)

PILE NO.	PILE TOP N(kN)	SECTION H(kN)	FORCE M(kN*m)	PILE-TOP SIGMA	ELEMENT-1 SIGMA (DEPTH)	ELEMENT-2 SIGMA (DEPTH)	ELEMENT-3 SIGMA (DEPTH)
1	-1137.5	-226.4	1668.0	-327.6	-327.6(0.00)	-303.1(14.90)	-52.8(24.40)
2	-360.6	-359.6	1745.4	-314.9	-314.9(0.00)	-314.9(12.40)	-314.9(12.90)
3	-1186.6	-519.0	1689.2	-332.9	-332.9(0.00)	-332.9(8.90)	-149.5(12.40)
4	44.7	-503.8	1735.9	302.6	302.6(0.00)	304.9(7.90)	103.8(12.40)

STEP=32 F-H=-1663.2(kN) ALF=0.630 DEL-B=-974.3(mm) THI=-0.02106(rad) DEL-U=-974.3(mm)

PILE NO.	PILE TOP N(kN)	SECTION H(kN)	FORCE M(kN*m)	PILE-TOP SIGMA	ELEMENT-1 SIGMA (DEPTH)	ELEMENT-2 SIGMA (DEPTH)	ELEMENT-3 SIGMA (DEPTH)
1	-1213.8	-247.2	1686.3	-333.3	-333.3(0.00)	-333.3(15.90)	-57.5(24.40)
2	-201.8	-346.0	1749.4	-310.2	-310.2(0.00)	-310.2(11.90)	-307.6(12.40)
3	-1354.7	-504.5	1670.5	-335.3	-335.3(0.00)	-335.3(8.40)	-144.5(12.40)
4	130.2	-528.5	1750.4	308.0	308.0(0.00)	306.9(8.40)	113.2(12.40)

STEP=33 F-H=-1716.0(kN) ALF=0.650 DEL-B=-2721.7(mm) THI=-0.01989(rad) DEL-U=-2721.7(mm)

PILE NO.	PILE TOP N(kN)	SECTION H(kN)	FORCE M(kN*m)	PILE-TOP SIGMA	ELEMENT-1 SIGMA (DEPTH)	ELEMENT-2 SIGMA (DEPTH)	ELEMENT-3 SIGMA (DEPTH)
1	-1206.0	-244.8	1687.1	-333.2	-333.2(0.00)	-333.2(15.40)	-56.9(24.40)

2 -301.2 -372.9 1747.2 -313.2 -313.2(0.99) -313.2(12.40) -313.2(12.40)
 3 -1279.2 -542.9 1679.2 -334.3 -334.3(0.49) -334.3(8.90) -150.2(12.40)
 4 146.4 -552.2 1750.2 308.5 308.5(0.00) 307.3(8.40) 120.3(12.40)
 STEP=34 F-H=-1768.8(kN) ALF=0.670 DEL-B=-3485.1(mm) THI=-0.02883(rad) DEL-U=-3485.1(mm)

PILE NO.	PILE TOP N(kN)	PILE TOP H(kN)	PILE TOP SECTION FORCE M(kN*m)	PILE-TOP SIGMA	ELEMENT-1 SIGMA(DEPTH)	ELEMENT-2 SIGMA(DEPTH)	ELEMENT-3 SIGMA(DEPTH)
1	-1240.0	-251.9	1683.5	-333.7	-333.7(0.48)	-333.7(15.40)	-57.9(24.40)
2	-237.6	-360.0	1748.7	-311.3	-311.3(0.49)	-311.3(11.90)	-306.5(12.40)
3	-1374.8	-567.0	1668.1	-335.6	-335.6(0.49)	-335.6(9.40)	-165.7(12.40)
4	212.4	-583.8	1749.2	310.5	310.5(0.00)	309.0(7.90)	130.9(12.40)

(4)*.bem ファイル

IL	ITER	I	J1-J2	S1	N1	M1	S2	N2	M2	YIERD
1	3	1	1 2	12.5	-3.9	-25.1	-12.5	3.9	-50.0	0 0
1	3	2	2 3	7.4	-5.5	15.0	-7.4	5.5	-59.3	0 0
1	3	3	3 4	2.8	-1.4	13.5	-2.8	1.4	-30.4	0 0
2	3	1	1 2	19.6	-14.1	-50.9	-19.6	14.1	-66.5	0 0
2	3	2	2 3	21.1	-21.4	-17.6	-21.1	21.4	-109.2	0 0
2	3	3	3 4	26.1	-8.3	-37.9	-26.1	8.3	-118.6	0 0
3	3	1	1 2	26.6	-24.2	-76.7	-26.6	24.2	-83.1	0 0
3	3	2	2 3	34.9	-37.3	-50.1	-34.9	37.3	-159.2	0 0
3	3	3	3 4	49.4	-15.1	-89.3	-49.4	15.1	-206.9	0 0
4	3	1	1 2	33.7	-34.4	-102.6	-33.7	34.4	-99.7	0 0
4	3	2	2 3	48.6	-53.2	-82.8	-48.6	53.2	-208.9	0 0
4	3	3	3 4	72.7	-22.1	-140.6	-72.7	22.1	-295.6	0 0
5	4	1	1 2	41.4	-44.3	-130.3	-41.4	44.3	-117.9	0 0
5	4	2	2 3	62.7	-68.3	-117.1	-62.7	68.3	-259.0	0 0
5	4	3	3 4	96.4	-29.0	-191.9	-96.4	29.0	-386.4	0 0
6	4	1	1 2	49.8	-54.0	-160.3	-49.8	54.0	-138.3	0 0
6	4	2	2 3	77.2	-82.6	-153.5	-77.2	82.6	-309.8	0 0
6	4	3	3 4	120.3	-35.5	-243.4	-120.3	35.5	-478.5	0 0
7	4	1	1 2	58.6	-63.5	-191.7	-58.6	63.5	-159.8	0 0
7	4	2	2 3	92.1	-96.3	-191.1	-92.1	96.3	-361.6	0 0
7	4	3	3 4	144.4	-41.5	-295.5	-144.4	41.5	-570.6	0 0
8	5	1	1 2	68.3	-72.6	-226.5	-68.3	72.6	-183.4	0 0
8	5	2	2 3	107.7	-109.1	-231.0	-107.7	109.1	-415.1	0 0
8	5	3	3 4	168.9	-47.0	-348.8	-168.9	47.0	-664.7	0 0
9	5	1	1 2	77.4	-81.8	-260.0	-77.4	81.8	-204.4	0 0
9	5	2	2 3	122.7	-123.1	-268.4	-122.7	123.1	-468.0	0 0
9	5	3	3 4	193.6	-53.2	-402.2	-193.6	53.2	-759.6	0 0
10	5	1	1 2	86.7	-90.9	-294.3	-86.7	90.9	-225.7	0 0
10	5	2	2 3	138.0	-136.9	-306.1	-138.0	136.9	-521.6	0 0
10	5	3	3 4	218.5	-59.2	-456.1	-218.5	59.2	-854.8	0 0
11	6	1	1 2	96.8	-99.7	-332.4	-96.8	99.7	-248.6	0 0
11	6	2	2 3	153.6	-150.0	-345.7	-153.6	150.0	-575.8	0 0

11	6	3	3	4	243.7	-65.4	-510.1	-243.7	65.4	-952.2	0	1
12	6	1	1	2	107.2	-108.4	-370.8	-107.2	108.4	-272.4	0	0
12	6	2	2	3	169.4	-162.9	-385.9	-169.4	162.9	-630.2	0	0
12	6	3	3	4	268.6	-70.9	-565.7	-268.6	70.9	-1046.0	0	1
13	7	1	1	2	118.3	-116.9	-411.2	-118.3	116.9	-298.4	0	0
13	7	2	2	3	185.5	-175.0	-428.3	-185.5	175.0	-684.9	0	0
13	7	3	3	4	294.6	-75.9	-624.8	-294.6	75.9	-1142.7	0	1
14	7	1	1	2	129.2	-125.5	-450.9	-129.2	125.5	-324.5	0	0
14	7	2	2	3	201.8	-187.1	-470.9	-201.8	187.1	-739.6	0	0
14	7	3	3	4	320.3	-80.6	-684.3	-320.3	80.6	-1237.4	0	1
15	7	1	1	2	140.4	-134.1	-491.4	-140.4	134.1	-351.0	0	0
15	7	2	2	3	217.9	-199.2	-513.8	-217.9	199.2	-793.5	0	0
15	7	3	3	4	346.0	-85.3	-744.8	-346.0	85.3	-1331.2	0	1
16	7	1	1	2	151.6	-142.8	-531.7	-151.6	142.8	-378.0	0	0
16	7	2	2	3	234.2	-211.2	-557.5	-234.2	211.2	-847.5	0	0
16	7	3	3	4	372.2	-90.0	-806.9	-372.2	90.0	-1426.3	0	1
17	7	1	1	2	163.1	-151.4	-572.8	-163.1	151.4	-405.5	0	0
17	7	2	2	3	250.4	-223.0	-601.9	-250.4	223.0	-900.8	0	0
17	7	3	3	4	398.5	-94.5	-870.1	-398.5	94.5	-1520.9	0	1
18	7	1	1	2	174.7	-159.8	-615.5	-174.7	159.8	-432.8	0	0
18	7	2	2	3	266.3	-234.9	-646.1	-266.3	234.9	-951.9	0	1
18	7	3	3	4	424.4	-99.7	-932.9	-424.4	99.7	-1613.3	0	2
19	16	1	1	2	188.5	-167.5	-665.1	-188.5	167.5	-466.0	0	0
19	16	2	2	3	283.0	-244.6	-695.3	-283.0	244.6	-1002.7	0	1
19	16	3	3	4	447.3	-100.5	-1008.5	-447.3	100.5	-1675.4	0	2
20	16	1	1	2	205.9	-173.9	-725.7	-205.9	173.9	-509.8	0	0
20	16	2	2	3	301.6	-251.0	-749.6	-301.6	251.0	-1059.7	0	1
20	16	3	3	4	464.1	-93.9	-1106.8	-464.1	93.9	-1677.9	1	2
21	11	1	1	2	223.8	-180.1	-788.1	-223.8	180.1	-554.5	0	0
21	11	2	2	3	320.6	-257.1	-803.4	-320.6	257.1	-1120.2	0	1
21	11	3	3	4	480.6	-86.4	-1204.7	-480.6	86.4	-1679.0	1	2
22	11	1	1	2	248.2	-184.2	-869.7	-248.2	184.2	-619.5	0	0
22	11	2	2	3	334.9	-256.9	-869.2	-334.9	256.9	-1140.3	0	1
22	11	3	3	4	494.2	-81.7	-1277.8	-494.2	81.7	-1687.1	1	2
23	17	1	1	2	282.5	-185.1	-979.5	-282.5	185.1	-715.3	1	0
23	17	2	2	3	331.6	-248.5	-945.6	-331.6	248.5	-1044.0	0	1
23	17	3	3	4	501.4	-85.5	-1291.6	-501.4	85.5	-1717.1	1	2
24	56	1	1	2	305.6	-190.1	-1054.2	-305.6	190.1	-779.2	1	0
24	56	2	2	3	351.7	-250.5	-1009.2	-351.7	250.5	-1100.9	1	1
24	56	3	3	4	482.3	-85.7	-1226.2	-482.3	85.7	-1667.5	1	2
25	23	1	1	2	365.6	-184.1	-1233.6	-365.6	184.1	-960.1	1	0
25	23	2	2	3	310.8	-223.1	-1097.5	-310.8	223.1	-767.0	1	0
25	23	3	3	4	512.0	-87.2	-1308.6	-512.0	87.2	-1763.3	1	2
26	15	1	1	2	388.9	-187.6	-1313.9	-388.9	187.6	-1019.3	1	1
26	15	2	2	3	313.1	-224.4	-1136.2	-313.1	224.4	-742.3	1	0

26	15	3	3	4	521.5	-89.7	-1351.4	-521.5	89.7	-1777.8	1	2
27	16	1	1	2	414.6	-187.6	-1431.1	-414.6	187.6	-1056.4	1	1
27	16	2	2	3	304.8	-227.2	-1147.8	-304.8	227.2	-680.9	1	0
27	16	3	3	4	535.6	-92.0	-1414.4	-535.6	92.0	-1798.9	1	2
28	17	1	1	2	433.0	-185.6	-1574.8	-433.0	185.6	-1023.5	1	1
28	17	2	2	3	286.9	-238.7	-1100.2	-286.9	238.7	-621.1	1	0
28	17	3	3	4	559.1	-97.5	-1511.9	-559.1	97.5	-1842.9	1	2
29	17	1	1	2	452.3	-183.9	-1687.6	-452.3	183.9	-1026.1	1	1
29	17	2	2	3	273.1	-242.5	-1085.1	-273.1	242.5	-553.6	1	0
29	17	3	3	4	580.7	-102.3	-1600.5	-580.7	102.3	-1883.9	1	2
30	45	1	1	2	487.7	-181.5	-1730.7	-487.7	181.5	-1195.4	1	1
30	45	2	2	3	210.4	-231.3	-884.5	-210.4	231.3	-377.9	1	0
30	45	3	3	4	627.0	-97.9	-1782.8	-627.0	97.9	-1979.5	1	2
31	38	1	1	2	534.1	-176.1	-1803.2	-534.1	176.1	-1401.6	1	1
31	38	2	2	3	178.1	-218.1	-708.9	-178.1	218.1	-359.9	0	0
31	38	3	3	4	641.5	-99.7	-1791.6	-641.5	99.7	-2057.6	1	2
32	75	1	1	2	614.5	-164.2	-1946.3	-614.5	164.2	-1740.5	1	2
32	75	2	2	3	95.6	-229.4	-353.0	-95.6	229.4	-220.5	0	0
32	75	3	3	4	725.7	-133.8	-1925.9	-725.7	133.8	-2428.4	1	2
33	74	1	1	2	612.5	-183.3	-1932.4	-612.5	183.3	-1742.9	1	2
33	74	2	2	3	187.2	-238.8	-652.4	-187.2	238.8	-471.0	0	0
33	74	3	3	4	741.9	-123.9	-1959.0	-741.9	123.9	-2492.7	1	2
34	55	1	1	2	635.4	-189.7	-2027.5	-635.4	189.7	-1785.2	1	2
34	55	2	2	3	157.6	-270.4	-460.8	-157.6	270.4	-484.8	0	0
34	55	3	3	4	808.4	-144.6	-2095.7	-808.4	144.6	-2754.8	1	2

(5) *.mem ファイル

memb. file=E:\N-tes_01_ (title) Pier Hight= 0.00(m)

計算例-1

N-PIER V-1.1 1999/05/19

STEP	H-F(kN)	ALFA	N(1)	M(1)	N(2)	M(2)	N(3)	M(3)	N(4)	M(4)
1	-26.4	0.010	-612.5	23.3	-714.9	31.8	-715.4	38.9	-597.2	25.2
2	-79.2	0.030	-619.6	47.2	-721.6	76.0	-725.0	125.7	-573.9	100.4
3	-132.0	0.050	-626.6	71.0	-728.3	120.2	-734.5	212.6	-550.6	175.6
4	-184.8	0.070	-633.7	94.9	-734.9	164.6	-744.1	299.2	-527.3	251.2
5	-237.6	0.090	-641.4	120.5	-741.3	212.0	-753.7	386.1	-503.6	328.3
6	-290.4	0.110	-649.8	148.2	-747.5	263.2	-763.1	472.9	-479.7	405.7
7	-343.2	0.130	-658.6	177.2	-753.5	316.1	-772.2	560.9	-455.6	483.2
8	-396.0	0.150	-668.3	209.3	-759.4	373.3	-781.2	657.6	-431.1	568.2

9	-448.8	0.170	-677.4	240.2	-765.3	426.1	-790.9	749.6	-406.4	650.1
10	-501.6	0.190	-686.7	271.9	-771.3	478.9	-800.5	842.5	-381.5	732.1
11	-554.4	0.210	-696.8	307.1	-776.7	536.6	-810.6	940.3	-355.8	820.1
12	-607.2	0.230	-707.2	342.5	-782.2	594.5	-820.2	1036.9	-330.4	903.5
13	-660.0	0.250	-718.3	379.9	-787.3	657.0	-829.7	1138.4	-304.7	988.3
14	-712.8	0.270	-729.2	416.6	-792.5	719.5	-839.1	1238.8	-279.1	1070.9
15	-765.6	0.290	-740.4	454.0	-797.5	782.4	-848.8	1339.8	-253.3	1153.4
16	-818.4	0.310	-751.6	491.3	-802.6	846.6	-858.6	1442.4	-227.2	1236.3
17	-871.2	0.330	-763.1	529.3	-807.4	911.8	-868.7	1544.9	-200.8	1319.6
18	-924.0	0.350	-774.7	568.9	-811.6	976.7	-880.0	1647.5	-173.7	1404.7
19	-976.8	0.370	-788.5	615.2	-814.5	1052.7	-888.6	1716.3	-148.4	1470.7
20	-1029.6	0.390	-805.9	671.4	-815.7	1142.1	-886.2	1716.5	-132.1	1471.4
21	-1082.4	0.410	-823.8	729.1	-817.4	1232.4	-881.3	1716.9	-117.5	1464.7
22	-1135.2	0.430	-848.2	804.5	-807.2	1350.9	-877.9	1717.1	-106.7	1458.0
23	-1188.0	0.450	-882.7	907.4	-768.5	1508.4	-892.7	1716.0	-96.1	1490.0
24	-1240.8	0.470	-906.0	977.5	-763.5	1622.2	-880.1	1717.0	-90.4	1540.1
25	-1293.6	0.490	-964.8	1140.8	-664.8	1731.6	-922.1	1713.6	-88.3	1487.6
26	-1346.4	0.510	-990.5	1223.0	-643.9	1732.8	-931.7	1712.9	-73.8	1524.8
27	-1399.2	0.530	-1017.3	1335.8	-608.6	1734.8	-955.4	1710.9	-58.7	1541.1
28	-1452.0	0.550	-1034.7	1465.9	-572.6	1736.7	-995.3	1707.5	-37.5	1561.5
29	-1504.8	0.570	-1059.5	1592.1	-533.3	1738.6	-1029.4	1704.4	-17.7	1580.9
30	-1557.6	0.590	-1092.3	1613.1	-437.9	1742.7	-1140.4	1693.9	30.7	1682.5

31-1610.4 0.610 -1137.5 1668.0 -360.6 1745.4 -1186.6 1689.2 44.7 1735.9

32-1663.2 0.630 -1213.8 1686.3 -201.8 1749.4 -1354.7 1670.5 130.2 1750.4

33-1716.0 0.650 -1206.0 1687.1 -301.2 1747.2 -1279.2 1679.2 146.4 1750.2

34-1768.8 0.670 -1240.0 1683.5 -237.6 1748.7 -1374.8 1668.1 212.4 1749.2

(6)*.evt ファイル

evnt. file=E:\N-tes_01_ (title) Pier Hight= 0.00(m)

計算例-1

N-PIER V-1.1 1999/05/19

STEP= 1	F-H=	-26.4(kN)	ALF=	0.010	DEL-B=	-1.3(mm)	THI=	0.00007(rad)	DEL-U=	-1.3(mm)	ITER=	3	IFOOT=	0
PILE NO. = 1	EVENT=	0 0 0		-613.	7184.	1156.	0 0							
PILE NO. = 2	EVENT=	0 0 0		-715.	7285.	1256.	0 0							
PILE NO. = 3	EVENT=	0 0 0		-715.	7385.	1357.	0 0							
PILE NO. = 4	EVENT=	0 0 0		-597.	7385.	1357.	0 0							
STEP= 2	F-H=	-79.2(kN)	ALF=	0.030	DEL-B=	-3.7(mm)	THI=	0.00006(rad)	DEL-U=	-3.7(mm)	ITER=	3	IFOOT=	0
PILE NO. = 1	EVENT=	0 0 0		-620.	7184.	1156.	0 0							
PILE NO. = 2	EVENT=	0 0 0		-722.	7285.	1256.	0 0							
PILE NO. = 3	EVENT=	0 0 0		-725.	7385.	1357.	0 0							
PILE NO. = 4	EVENT=	0 0 0		-574.	7385.	1357.	0 0							
STEP= 3	F-H=	-132.0(kN)	ALF=	0.050	DEL-B=	-6.1(mm)	THI=	0.00004(rad)	DEL-U=	-6.1(mm)	ITER=	3	IFOOT=	0
PILE NO. = 1	EVENT=	0 0 0		-627.	7184.	1156.	0 0							
PILE NO. = 2	EVENT=	0 0 0		-728.	7285.	1256.	0 0							
PILE NO. = 3	EVENT=	0 0 0		-734.	7385.	1357.	0 0							
PILE NO. = 4	EVENT=	0 0 0		-551.	7385.	1357.	0 0							
STEP= 4	F-H=	-184.8(kN)	ALF=	0.070	DEL-B=	-8.5(mm)	THI=	0.00003(rad)	DEL-U=	-8.5(mm)	ITER=	3	IFOOT=	0
PILE NO. = 1	EVENT=	0 0 0		-634.	7184.	1156.	0 0							
PILE NO. = 2	EVENT=	0 0 0		-735.	7285.	1256.	0 0							
PILE NO. = 3	EVENT=	0 0 0		-744.	7385.	1357.	0 0							
PILE NO. = 4	EVENT=	0 0 0		-527.	7385.	1357.	0 0							
STEP= 5	F-H=	-237.6(kN)	ALF=	0.090	DEL-B=	-11.0(mm)	THI=	0.00001(rad)	DEL-U=	-11.0(mm)	ITER=	4	IFOOT=	0
PILE NO. = 1	EVENT=	0 0 0		-641.	7184.	1156.	0 0							
PILE NO. = 2	EVENT=	0 0 0		-741.	7285.	1256.	0 0							
PILE NO. = 3	EVENT=	0 0 0		-754.	7385.	1357.	0 0							
PILE NO. = 4	EVENT=	0 0 0		-504.	7385.	1357.	0 0							
STEP= 6	F-H=	-290.4(kN)	ALF=	0.110	DEL-B=	-13.8(mm)	THI=	0.00000(rad)	DEL-U=	-13.8(mm)	ITER=	4	IFOOT=	0
PILE NO. = 1	EVENT=	0 0 0		-650.	7184.	1156.	0 0							
PILE NO. = 2	EVENT=	0 0 0		-747.	7285.	1256.	0 0							
PILE NO. = 3	EVENT=	0 0 0		-763.	7385.	1357.	0 0							
PILE NO. = 4	EVENT=	0 0 0		-480.	7385.	1357.	0 0							
STEP= 7	F-H=	-343.2(kN)	ALF=	0.130	DEL-B=	-16.7(mm)	THI=-	0.00002(rad)	DEL-U=	-16.7(mm)	ITER=	4	IFOOT=	0
PILE NO. = 1	EVENT=	0 0 0		-659.	7184.	1156.	0 0							
PILE NO. = 2	EVENT=	0 0 0		-754.	7285.	1256.	0 0							
PILE NO. = 3	EVENT=	0 0 0		-772.	7385.	1357.	0 0							

PILE NO. = 4	EVENT= 0 0 0	-456.	7385.	1357.	0 0
STEP= 8	F-H= -396.0(kN)	ALF= 0.150	DEL-B= -19.9(mm)	THI=-0.00004(rad)	DEL-U= -19.9(mm) ITER= 5 IFOOT= 0
PILE NO. = 1	EVENT= 0 0 0	-668.	7184.	1156.	0 0
PILE NO. = 2	EVENT= 0 0 0	-759.	7285.	1256.	0 0
PILE NO. = 3	EVENT= 0 0 0	-781.	7385.	1357.	0 0
PILE NO. = 4	EVENT= 0 0 0	-431.	7385.	1357.	0 0
STEP= 9	F-H= -448.8(kN)	ALF= 0.170	DEL-B= -23.0(mm)	THI=-0.00006(rad)	DEL-U= -23.0(mm) ITER= 5 IFOOT= 0
PILE NO. = 1	EVENT= 0 0 0	-677.	7184.	1156.	0 0
PILE NO. = 2	EVENT= 0 0 0	-765.	7285.	1256.	0 0
PILE NO. = 3	EVENT= 0 0 0	-791.	7385.	1357.	0 0
PILE NO. = 4	EVENT= 0 0 0	-406.	7385.	1357.	0 0
STEP=10	F-H= -501.6(kN)	ALF= 0.190	DEL-B= -26.2(mm)	THI=-0.00008(rad)	DEL-U= -26.2(mm) ITER= 5 IFOOT= 0
PILE NO. = 1	EVENT= 0 0 0	-687.	7184.	1156.	0 0
PILE NO. = 2	EVENT= 0 0 0	-771.	7285.	1256.	0 0
PILE NO. = 3	EVENT= 0 0 0	-801.	7385.	1357.	0 0
PILE NO. = 4	EVENT= 0 0 0	-382.	7385.	1357.	0 0
STEP=11	F-H= -554.4(kN)	ALF= 0.210	DEL-B= -29.8(mm)	THI=-0.00011(rad)	DEL-U= -29.8(mm) ITER= 6 IFOOT= 0
PILE NO. = 1	EVENT= 0 0 0	-697.	7184.	1156.	0 0
PILE NO. = 2	EVENT= 0 0 0	-777.	7285.	1256.	0 0
PILE NO. = 3	EVENT= 0 0 0	-811.	7385.	1357.	0 0
PILE NO. = 4	EVENT= 0 0 0	-356.	7385.	1357.	0 0
STEP=12	F-H= -607.2(kN)	ALF= 0.230	DEL-B= -33.5(mm)	THI=-0.00013(rad)	DEL-U= -33.5(mm) ITER= 6 IFOOT= 0
PILE NO. = 1	EVENT= 0 0 0	-707.	7184.	1156.	0 0
PILE NO. = 2	EVENT= 0 0 0	-782.	7285.	1256.	0 0
PILE NO. = 3	EVENT= 0 0 0	-820.	7385.	1357.	0 0
PILE NO. = 4	EVENT= 0 0 0	-330.	7385.	1357.	0 0
STEP=13	F-H= -660.0(kN)	ALF= 0.250	DEL-B= -37.4(mm)	THI=-0.00016(rad)	DEL-U= -37.4(mm) ITER= 7 IFOOT= 0
PILE NO. = 1	EVENT= 0 0 0	-718.	7184.	1156.	0 0
PILE NO. = 2	EVENT= 0 0 0	-787.	7285.	1256.	0 0
PILE NO. = 3	EVENT= 0 0 0	-830.	7385.	1357.	0 0
PILE NO. = 4	EVENT= 0 0 0	-305.	7385.	1357.	0 0
STEP=14	F-H= -712.8(kN)	ALF= 0.270	DEL-B= -41.4(mm)	THI=-0.00018(rad)	DEL-U= -41.4(mm) ITER= 7 IFOOT= 0
PILE NO. = 1	EVENT= 0 0 0	-729.	7184.	1156.	0 0
PILE NO. = 2	EVENT= 0 0 0	-793.	7285.	1256.	0 0
PILE NO. = 3	EVENT= 0 1 0	-839.	7385.	1357.	1 0
PILE NO. = 4	EVENT= 0 0 0	-279.	7385.	1357.	0 0
STEP=15	F-H= -765.6(kN)	ALF= 0.290	DEL-B= -45.4(mm)	THI=-0.00021(rad)	DEL-U= -45.4(mm) ITER= 7 IFOOT= 0
PILE NO. = 1	EVENT= 0 0 0	-740.	7184.	1156.	0 0
PILE NO. = 2	EVENT= 0 0 0	-797.	7285.	1256.	0 0
PILE NO. = 3	EVENT= 0 2 0	-849.	7385.	1357.	1 0
PILE NO. = 4	EVENT= 0 0 0	-253.	7385.	1357.	0 0
STEP=16	F-H= -818.4(kN)	ALF= 0.310	DEL-B= -49.6(mm)	THI=-0.00024(rad)	DEL-U= -49.6(mm) ITER= 7 IFOOT= 0
PILE NO. = 1	EVENT= 0 0 0	-752.	7184.	1156.	0 0
PILE NO. = 2	EVENT= 0 0 0	-803.	7285.	1256.	0 0
PILE NO. = 3	EVENT= 0 2 0	-859.	7385.	1357.	1 0

PILE NO. = 4	EVENT= 0 0 0	-227.	7385.	1357.	0 0
STEP=17	F-H= -871.2(kN)	ALF= 0.330	DEL-B= -53.9(mm)	THI=-0.00026(rad)	DEL-U= -53.9(mm) ITER= 7 IFOOT= 0
PILE NO. = 1	EVENT= 0 0 0	-763.	7184.	1156.	0 0
PILE NO. = 2	EVENT= 0 0 0	-807.	7285.	1256.	0 0
PILE NO. = 3	EVENT= 0 3 0	-869.	7385.	1357.	1 0
PILE NO. = 4	EVENT= 0 1 0	-201.	7385.	1357.	1 0
STEP=18	F-H= -924.0(kN)	ALF= 0.350	DEL-B= -58.3(mm)	THI=-0.00029(rad)	DEL-U= -58.3(mm) ITER= 7 IFOOT= 0
PILE NO. = 1	EVENT= 0 0 0	-775.	7184.	1156.	0 0
PILE NO. = 2	EVENT= 0 0 0	-812.	7285.	1256.	0 0
PILE NO. = 3	EVENT= 0 3 0	-880.	7385.	1357.	1 0
PILE NO. = 4	EVENT= 0 1 0	-174.	7385.	1357.	1 0
STEP=19	F-H= -976.8(kN)	ALF= 0.370	DEL-B= -63.6(mm)	THI=-0.00032(rad)	DEL-U= -63.6(mm) ITER= 16 IFOOT= 0
PILE NO. = 1	EVENT= 0 0 0	-789.	7184.	1156.	0 0
PILE NO. = 2	EVENT= 0 0 0	-814.	7285.	1256.	0 0
PILE NO. = 3	EVENT= 0 4 1	-889.	7385.	1357.	1 1
PILE NO. = 4	EVENT= 0 1 0	-148.	7385.	1357.	1 0
STEP=20	F-H= -1029.6(kN)	ALF= 0.390	DEL-B= -70.0(mm)	THI=-0.00037(rad)	DEL-U= -70.0(mm) ITER= 16 IFOOT= 0
PILE NO. = 1	EVENT= 0 0 0	-806.	7184.	1156.	0 0
PILE NO. = 2	EVENT= 0 0 0	-816.	7285.	1256.	0 0
PILE NO. = 3	EVENT= 0 4 1	-886.	7385.	1357.	1 1
PILE NO. = 4	EVENT= 0 1 1	-132.	7385.	1357.	1 1
STEP=21	F-H= -1082.4(kN)	ALF= 0.410	DEL-B= -76.5(mm)	THI=-0.00041(rad)	DEL-U= -76.5(mm) ITER= 11 IFOOT= 0
PILE NO. = 1	EVENT= 0 0 0	-824.	7184.	1156.	0 0
PILE NO. = 2	EVENT= 0 1 0	-817.	7285.	1256.	1 0
PILE NO. = 3	EVENT= 0 5 2	-881.	7385.	1357.	1 1
PILE NO. = 4	EVENT= 0 1 1	-117.	7385.	1357.	1 1
STEP=22	F-H= -1135.2(kN)	ALF= 0.430	DEL-B= -85.3(mm)	THI=-0.00047(rad)	DEL-U= -85.3(mm) ITER= 11 IFOOT= 0
PILE NO. = 1	EVENT= 0 0 0	-848.	7184.	1156.	0 0
PILE NO. = 2	EVENT= 0 2 0	-807.	7285.	1256.	1 0
PILE NO. = 3	EVENT= 0 5 2	-878.	7385.	1357.	1 1
PILE NO. = 4	EVENT= 0 1 1	-107.	7385.	1357.	1 1
STEP=23	F-H= -1188.0(kN)	ALF= 0.450	DEL-B= -97.6(mm)	THI=-0.00058(rad)	DEL-U= -97.6(mm) ITER= 17 IFOOT= 0
PILE NO. = 1	EVENT= 0 0 0	-883.	7184.	1156.	0 0
PILE NO. = 2	EVENT= 0 3 0	-769.	7285.	1256.	1 0
PILE NO. = 3	EVENT= 0 4 2	-893.	7385.	1357.	1 1
PILE NO. = 4	EVENT= 0 1 1	-96.	7385.	1357.	1 1
STEP=24	F-H= -1240.8(kN)	ALF= 0.470	DEL-B= -106.4(mm)	THI=-0.00065(rad)	DEL-U= -106.4(mm) ITER= 56 IFOOT= 0
PILE NO. = 1	EVENT= 0 0 0	-906.	7184.	1156.	0 0
PILE NO. = 2	EVENT= 0 4 0	-764.	7285.	1256.	1 0
PILE NO. = 3	EVENT= 0 7 2	-880.	7385.	1357.	2 1
PILE NO. = 4	EVENT= 0 2 1	-90.	7385.	1357.	1 1
STEP=25	F-H= -1293.6(kN)	ALF= 0.490	DEL-B= -127.9(mm)	THI=-0.00089(rad)	DEL-U= -127.9(mm) ITER= 23 IFOOT= 0
PILE NO. = 1	EVENT= 0 0 0	-965.	7184.	1156.	0 0
PILE NO. = 2	EVENT= 0 5 2	-665.	7285.	1256.	1 1
PILE NO. = 3	EVENT= 0 9 1	-922.	7385.	1357.	2 1

PILE NO. = 4	EVENT= 0 1 0	-88.	7385.	1357.	1 0
STEP=26	F-H= -1346.4(kN)	ALF= 0.510	DEL-B= -138.7(mm)	THI=-0.00100(rad)	DEL-U= -138.7(mm) ITER= 15 IFOOT= 0
PILE NO. = 1	EVENT= 0 1 0	-991.	7184.	1156.	1 0
PILE NO. = 2	EVENT= 0 6 2	-644.	7285.	1256.	1 1
PILE NO. = 3	EVENT= 0 9 1	-932.	7385.	1357.	2 1
PILE NO. = 4	EVENT= 0 2 0	-74.	7385.	1357.	2 0
STEP=27	F-H= -1399.2(kN)	ALF= 0.530	DEL-B= -154.2(mm)	THI=-0.00119(rad)	DEL-U= -154.2(mm) ITER= 16 IFOOT= 0
PILE NO. = 1	EVENT= 0 3 0	-1017.	7184.	1156.	1 0
PILE NO. = 2	EVENT= 0 6 3	-609.	7285.	1256.	1 1
PILE NO. = 3	EVENT= 0 11 1	-955.	7385.	1357.	2 1
PILE NO. = 4	EVENT= 0 5 0	-59.	7385.	1357.	2 0
STEP=28	F-H= -1452.0(kN)	ALF= 0.550	DEL-B= -173.2(mm)	THI=-0.00146(rad)	DEL-U= -173.2(mm) ITER= 17 IFOOT= 0
PILE NO. = 1	EVENT= 0 4 0	-1035.	7184.	1156.	1 0
PILE NO. = 2	EVENT= 0 8 2	-573.	7285.	1256.	2 1
PILE NO. = 3	EVENT= 0 12 1	-995.	7385.	1357.	2 1
PILE NO. = 4	EVENT= 0 7 0	-37.	7385.	1357.	2 0
STEP=29	F-H= -1504.8(kN)	ALF= 0.570	DEL-B= -192.5(mm)	THI=-0.00180(rad)	DEL-U= -192.5(mm) ITER= 17 IFOOT= 0
PILE NO. = 1	EVENT= 0 5 0	-1060.	7184.	1156.	1 0
PILE NO. = 2	EVENT= 0 11 2	-533.	7285.	1256.	2 1
PILE NO. = 3	EVENT= 0 14 5	-1029.	7385.	1357.	2 2
PILE NO. = 4	EVENT= 0 9 0	-18.	7385.	1357.	2 0
STEP=30	F-H= -1557.6(kN)	ALF= 0.590	DEL-B= -257.5(mm)	THI=-0.00662(rad)	DEL-U= -257.5(mm) ITER= 45 IFOOT= 0
PILE NO. = 1	EVENT= 0 11 0	-1092.	7184.	1156.	2 0
PILE NO. = 2	EVENT= 0 14 1	-438.	7285.	1256.	2 1
PILE NO. = 3	EVENT= 0 14 7	-1140.	7385.	1357.	2 2
PILE NO. = 4	EVENT= 0 10 2	31.	7385.	1357.	2 3
STEP=31	F-H= -1610.4(kN)	ALF= 0.610	DEL-B= -327.6(mm)	THI=-0.01144(rad)	DEL-U= -327.6(mm) ITER= 38 IFOOT= 0
PILE NO. = 1	EVENT= 0 16 0	-1138.	7184.	1156.	2 0
PILE NO. = 2	EVENT= 0 16 8	-361.	7285.	1256.	2 2
PILE NO. = 3	EVENT= 0 14 7	-1187.	7385.	1357.	2 2
PILE NO. = 4	EVENT= 0 10 2	45.	7385.	1357.	2 3
STEP=32	F-H= -1663.2(kN)	ALF= 0.630	DEL-B= -974.3(mm)	THI=-0.02106(rad)	DEL-U= -974.3(mm) ITER= 75 IFOOT= 0
PILE NO. = 1	EVENT= 0 19 9	-1214.	7184.	1156.	2 2
PILE NO. = 2	EVENT= 0 14 7	-202.	7285.	1256.	2 2
PILE NO. = 3	EVENT= 0 13 5	-1355.	7385.	1357.	2 2
PILE NO. = 4	EVENT= 0 12 4	130.	7385.	1357.	2 2
STEP=33	F-H= -1716.0(kN)	ALF= 0.650	DEL-B= -2721.7(mm)	THI=-0.01989(rad)	DEL-U= -2721.7(mm) ITER= 74 IFOOT= 0
PILE NO. = 1	EVENT= 0 19 7	-1206.	7184.	1156.	2 2
PILE NO. = 2	EVENT= 0 16 10	-301.	7285.	1256.	2 2
PILE NO. = 3	EVENT= 0 14 6	-1279.	7385.	1357.	2 2
PILE NO. = 4	EVENT= 0 12 5	146.	7385.	1357.	2 2
STEP=34	F-H= -1768.8(kN)	ALF= 0.670	DEL-B= -3485.1(mm)	THI=-0.02883(rad)	DEL-U= -3485.1(mm) ITER= 55 IFOOT= 0
PILE NO. = 1	EVENT= 0 20 8	-1240.	7184.	1156.	2 2
PILE NO. = 2	EVENT= 0 15 8	-238.	7285.	1256.	2 2
PILE NO. = 3	EVENT= 0 15 8	-1375.	7385.	1357.	2 2

3.4 保有耐力の計算

港湾の施設の技術上の基準および本文 4.3 に基づき、本解析事例の栈橋の保有耐力を計算する。

弾性限度に相当する荷重 P_y は、水平力-水平変位関係において、勾配変化が顕著になる点であるので、ここでは載荷ステップ 20 の $P_y=1029.6\text{kN}$ と判定した。その時点の変位は $\delta_y=70.0\text{mm}$ である。また、栈橋の終局状態すなわち耐震性能上の許容限界を地中部における塑性ヒンジの発生時とすると、解析で得られた終局時の荷重および変位はそれぞれ、 $P_u=1557.6\text{kN}$ および $\delta_u=257.5\text{mm}$ である。

保有耐力 R_d の算定に必要な許容塑性率は、栈橋の要求性能によって異なるが、ここでは重要度 A 級の場合と特定（耐震強化施設）の場合について算定する。A 級栈橋の場合、許容塑性率 μ は 1.3 であるので、

$$R_d = \sqrt{2\mu - 1} P_y = \sqrt{2 \times 1.3 - 1} \times 1029.6 = 1302 \text{ kN}$$

となる。

一方、特定施設の場合には、許容塑性率を本文の式(54)に基づいて設定する。その結果、 $\mu = 1.25 + 62.5 \times 12 / 800 = 2.19$ と計算される。これを用いて保有耐力を計算する。

$$R_d = \sqrt{2\mu - 1 + \theta(\mu - 1)^2} P_y = \sqrt{2 \times 2.19 - 1 + 0.19 \times (2.19 - 1)^2} \times 1029.6 = 1967 \text{ kN}$$

ここで、

$$\theta = \frac{(1557.6 - 1029.6) \times 70}{(257.5 - 70) \times 1029.6} = 0.19$$

以上の方法で、弾塑性解析により栈橋の保有耐力が計算できる。

港湾技研資料 No. 943

1999. 9

編集発行人 運輸省港湾技術研究所

発行所 運輸省港湾技術研究所

横須賀市長瀬3丁目1番1号

印刷所 株式会社 あんざい

Published by the Port and Harbour Research Institute
Nagase, Yokosuka, Japan

Copyright © (1999) by P.H.R.I

All rights reserved. No part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted, nor translated into a machine language without the written permission of the Director General of P.H.R.I.

この資料は、港湾技術研究所長の承認を得て刊行したものである。したがって、本資料の全部又は一部の転載、複写は、港湾技術研究所長の文書による承認を得ずしてこれを行ってはならない。