

北上大氈柱基礎杭の設計（傾斜岩盤上にあける短杭の設計）

東北地建北上川下流工事事務所 正員 ○ 会 津 正 人
同 正員 尾 林 達 成

1. まえがき

北上大氈柱基礎杭のうち両岸の1号及び2号杭は地形地質条件により傾斜岩盤の短杭基礎となり、且大きな軸直角方向向杭先端に伝達される振動を基礎杭構造もある。本発表はこれ等の特殊な基礎杭構造を開塞効果の検証、弾性床土の果としての解法と短杭の弾性方程式を解く解法の合成法、及び変位を考慮に入れ計算等の適格検証結果をとりまとめたものである。

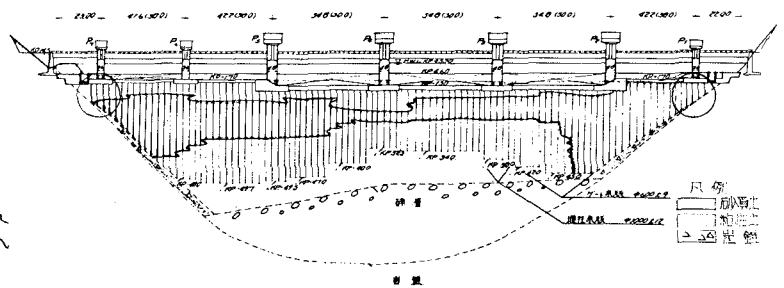
2. 北上大氈の概要

北上大氈はかんがの用水の確保、旧北上川との分岐、及び塩害防止等の目的で新北上川の河口より14.2Km地奥に建設される可動式堰水路のうち（スパン50m）高水路のうち（スパン38m）の連続長約335mの大規模河川構造物であり、このうち50mスパンのゲートはシエルタイプのローラーゲートとしは本邦最大の規模である。なお、北上大氈は昭和14年より昭和74年の年月を要して昭和74年に完成した飯野川可動式（北上大氈建設地より約2.4Km下流）が治水計画の変遷、並年月にわたる常朽化及びこれに伴う維持管理の困難等の理由により改築の必要が生じたもので、今回名称も新に北上大氈として昭和74年竣工し昭和79年に完成する予定である。

図-1 北上大氈位置図



図-2 北上大氈正面図



3. 地質概況

北上大氈設置地奥の地質構成は砂岩及び粘板岩の互層よりなる中生代三疊紀の福井層のU字型の基礎として広く分布し、その上部は第4紀で構成されている。第4紀は下部の砂礫土と上中部は粘土質土及び砂質土が分布している。断面構成の一般的特徴は基礎である福井層が急峻な谷を形成しそのまゝ緩やかな傾斜で深く河床に入りこんでいる。傾斜岩盤上には位置によって若干の相違はあるが、約10～20mの崖線層が広く分布しており、その上部地層は川の中上部では砂礫が優勢で左右岸付近は粘土質土が厚くなる傾向にある。これらの粘土質土及び砂質土は互層状あるいはブロック状に入り混り河川堆積物に特有な傾向である垂直方向の変化が激しい。上下流方向も砂質土中に粘土質土或は粘土質土に砂質土が層状に分布し、互層状に分布している。これらの粘土質土のN値は全20以下

であり特に河床附近の粘土層は殆んど零に近い軟弱地盤である。

4. 設計荷重と許容変位量

基礎杭設計の荷重条件は杭柱軸方向と垂直方向であるがニホリについて常時、地震時及び洪水時等の20ケースの計算を実施したがそのうち垂直力及び水平力の最大値を決定すると表-1のとおりである。許容変位量は構造物の重要性及び経済性等より決定されるものと考えられるが、可動の場合はゲートの操作維持の機能性を考慮したければならないので、これを繰り取り勘案し、水平変位を地震時25mm、常時15mm、垂直変位を15mmと決定した。なお、これらの許容変位量は内れ杭頭変位量である。

表-1. 1号杭柱の荷重

荷重条件	種別	垂直力		水平力		合成モーメント	e	B/6
		外力	内力	外力	内力			
水杭 方向	地震時+揚圧力100%	4,547	65,711	1,112	5,466	71,177	2,154	4.5
	洪水時+風時	6,215	84,744	36	475	85,219	0.211	"
水杭垂直 方向	地震時+揚圧力100%	4,547	29,250	1,020	5,411	34,611	1,600	2.0
	洪水時+風時	6,215	38,672	29	428	39,039	0.280	"

5. 横方向地盤係数の設計値

一般に杭の横方向の地盤係数は深さX、変位Y、杭幅Bのうちの因子に因る変数であり、一般に(1)式のように表される。 $K=f(X, Y, B) \dots (1)$

これらのK値決定法についてはまだオーソライズされた決め方は確立されていないが、本設計についてはY.L. Changの式と久保の式の両方を考慮し、又杭幅Bについては吉中の3乗に逆比例する考え方を採用して(2)式により設計K値を求めた。

$$K_0 = \frac{1}{1.2} E_p \sqrt{\frac{1}{B^3}}, \quad K_0 = \frac{1}{1.2} E_p \sqrt{\frac{1}{B^3}} \cdot \Delta^{-0.5}, \quad K_{02} = 1.5 K_0 \dots (2) \quad E_p: \text{土の変形係数}$$

以上の考え方より求めた設計K値は表-2のとおりである。

6. 傾斜岩盤における短杭の設計方法

傾斜岩盤上における短杭の設計項目

は下記のとおりである。

6-1. 設計計算項目

1). 閉塞効果の検討, 2). 円周方向座屈の検討 3). 岩盤貫入の検討 4). 弾性床上の梁としての解法と短杭としての弾性方程式を解く解法の合成法 5). 変位を考慮に入れた計算法。

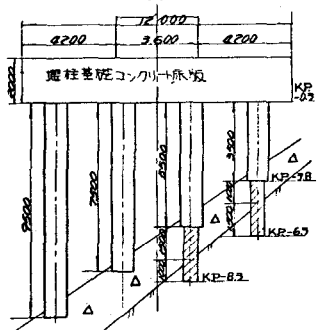
6-2. 閉塞効果の検討.

鋼管杭は一般に先端開口の状態で行われる。従来、支持杭の支持力計算は杭先端の支持面積として鋼材の断面積ではなく、杭断面そのものを用いている。この事は至極的り杭の中の土梗が有効に作用し充分な閉塞効果が得られるという考えである。しかし北土大堤1号及び7号杭柱の如く大径座の場合に土梗一杭入長の関係から充分検討が必要である。

表-2. 設計K値

杭柱NO	Name	Ep	φ800mm		備 考
			K ₀	K ₀₂	
1	b.8	44.8	1.1	1.3	Ep=2N/mm ² . a.bは最小=乗法により求める。

図-1 1号遷移基礎杭構造概要



杭の極限支持力 R_u は管内土による抵抗力 FX_1 と管外土による抵抗力 FX_2 の和であり (3) 式で表されることをいふ。

$$R_u = FX_1 + FX_2 \dots\dots (3)$$

$$FX_1 = \frac{\alpha U}{2} X^2 + (\gamma A + C_0 U) X$$

$$FX_2 = U \left\{ (C_0 X + \frac{\rho}{2} X^2) + \tan \phi \cdot \gamma \left(\frac{\rho}{2} X^2 + P_0 X \right) \right\}$$

(3) 式により基礎杭の土質条件より $b=40$, $\phi=800$, $\gamma=1,000 \text{ mm}$ について R_u を計算すると図-5のとおりである。

1号の比柱基礎杭の根入長は10m以下であり充分な側変動量は期待出来ず鉛直支持力の不足問題がある。この場合先端に荷をつけて施工するという方法があるが、打込の困難性から地盤擾乱による影響を考えると設計においては先端部に打込み、その後杭中の土砂を排除しコンクリートを充填するものがある。

6-3. 円筒圧入の検証。

本設計のように打込まれた鋼管内部の土砂を排除する場合において鋼管杭の円筒方向の圧入について検証する必要がある。鋼管が一様な外圧を受けた場合圧入を生ずる外圧は (4) 式で表される。

$$P_k = \frac{E}{4(1-\nu^2)} \left(\frac{r}{t} \right)^3 \dots\dots (4)$$

この P_k が杭側面に働く土圧 P より大であれば安全である。なお、地中にける土圧 P は (5) 式で表される。 $P = K_0 (\gamma H_1 + (\gamma - \gamma_w)(z - H_1)) + \gamma_w(z - H_1) \dots\dots (5)$ K_0 : 土圧係数

1号比柱の基礎杭の条件を考慮して P_k 及び P を計算すると $P_k \leq 150 \text{ t/m}^2$ であり、 P は杭径により異なるが $5 \text{ t/m}^2 \sim 15 \text{ t/m}^2$ 程度であり十分安全である。

6-4 岩盤貫入の検証。

杭長が短い場合、杭頭に働く水平力の相当量が杭先端に伝達されるので滑動防止のため先端に傾斜岩盤に貫入させる必要がある。杭先端剪断力による滑動防止については単位面積当たりの剪断力が許容剪断力以下であればよい。即ち $\tau_a \leq S/A$ の条件を満足すればよいのであるが、 τ_a は大正地質の岩の圧縮強さ試験結果及び四十四号の岩の圧縮強さ試験結果より判断すると $\tau_a = 2 \sim 3 \text{ kg/cm}^2$ 程度であると見られる。計算結果は $S/A = 0.8 \sim 1.0 \text{ kg/cm}^2$ であり十分安全である。

6-5. 弾性床の梁としての解法と矩形の弾性方程式を解く解法の合成

1号比柱の基礎杭は図-3のとおりであり、各杭共杭長が異なり杭先端の固定条件も異なるのである。表-3の解法を実施した。

表-3. 各杭別による解法

杭別	杭先端条件	岩盤貫入量 m	解法
N0.1 杭	岩盤貫入	1.50	① 弾性床の梁として。杭頭固定。杭先端傾斜 ② " " " " " " " " " " " "
N0.2	全上	1.50	① " " " " " " " " " " " " ② " " " " " " " " " " " "
N0.3	アンカなし	0	有限変位と弾性方程式を解く方法
N0.4	全上	0	" "

図-4 管内外土の支持力機構図

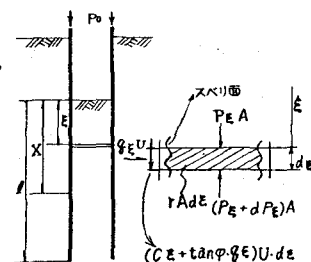


図-5 根入長-極限支持力

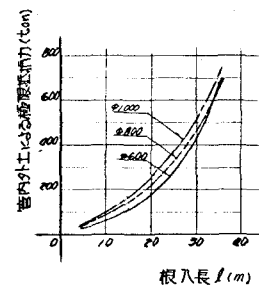
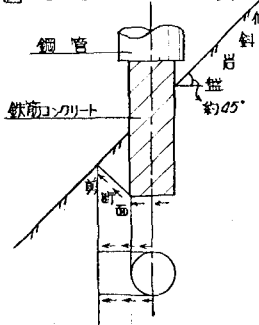


図-6 岩盤貫入モデル図



1). 弾性床土上の梁の解法.

横方向地置係数 K , 地下変位を y とする弾性床土上の梁としこの 図 ~ 6

微分方程式は一般に (6) 式で与えられる。

$$EI \frac{d^4 y}{dx^4} + K y = f(x) \dots (6)$$

右設計では $f(x) = 0$ であり, 又 $L = \sqrt{\frac{4EI}{KO}}$ とあると (6) 式の一般解は (7) 式で与えられる。

$$y = (a_1 e^{x/L} + a_2 e^{-x/L}) \cos \frac{x}{L} + (a_3 e^{x/L} + a_4 e^{-x/L}) \sin \frac{x}{L} \dots (7)$$

杭頭固定, 杭先端制約及び杭頭固定, 杭先端ヒンジの境界条件で積分定数 a_i を求めると (8) 及び (9) 式で表される。

(8) 式で表される。

$$\left. \begin{aligned} a_1 &= \frac{-\frac{P_0 L^3}{2EI} \{ e^{-\frac{2L}{L}} \{ 2 \sin^2(\frac{L}{L}) + (\sin \frac{L}{L} + \cos \frac{L}{L})^2 \} \}}{-4 \sinh(\frac{2L}{L}) - 4 \sin(\frac{2L}{L})} \\ a_2 &= \frac{-\frac{P_0 L^3}{2EI} \{ e^{\frac{2L}{L}} \{ 2 \sin^2(\frac{L}{L}) + (\sin \frac{L}{L} - \cos \frac{L}{L})^2 \} \}}{-4 \sinh(\frac{2L}{L}) - 4 \sin(\frac{2L}{L})} \\ a_3 &= \frac{\frac{P_0 L^3}{2EI} \{ e^{-\frac{2L}{L}} \{ 2 \sin^2(\frac{L}{L}) - (\sin \frac{L}{L} + \cos \frac{L}{L})^2 \} \}}{-4 \sinh(\frac{2L}{L}) - 4 \sin(\frac{2L}{L})} \\ a_4 &= \frac{-\frac{P_0 L^3}{2EI} \{ e^{\frac{2L}{L}} \{ 2 \cos^2(\frac{L}{L}) - (\sin \frac{L}{L} + \cos \frac{L}{L})^2 \} \}}{-4 \sinh(\frac{2L}{L}) - 4 \sin(\frac{2L}{L})} \end{aligned} \right\} (8)$$

$$\left. \begin{aligned} a_1 &= \frac{-\frac{P_0 L^3}{2EI} \{ 2 \cos^2 \frac{L}{L} - (\cos \frac{L}{L} - \sin \frac{L}{L})^2 + e^{-\frac{2L}{L}} \}}{4 (\cos \frac{2L}{L} - \sin \frac{2L}{L} + \cosh \frac{2L}{L})} \\ a_2 &= \frac{\frac{P_0 L^3}{2EI} \{ 2 \cos^2 \frac{L}{L} - (\cos \frac{L}{L} + \sin \frac{L}{L})^2 + e^{\frac{2L}{L}} \}}{4 (\cos \frac{2L}{L} - \sin \frac{2L}{L} + \cosh \frac{2L}{L})} \\ a_3 &= \frac{\frac{P_0 L^3}{2EI} \{ 2 \cos^2 \frac{L}{L} - (\cos \frac{L}{L} + \sin \frac{L}{L})^2 + e^{-\frac{2L}{L}} \}}{4 (\cos \frac{2L}{L} - \sin \frac{2L}{L} + \cosh \frac{2L}{L})} \\ a_4 &= \frac{-\frac{P_0 L^3}{2EI} \{ 2 \cos^2 \frac{L}{L} - (\cos \frac{L}{L} - \sin \frac{L}{L})^2 + e^{\frac{2L}{L}} \}}{4 (\cos \frac{2L}{L} - \sin \frac{2L}{L} + \cosh \frac{2L}{L})} \end{aligned} \right\} (9)$$

又変位量 y が求まれば撓み角, モーメント及び剪断力は (10) 式で表される。

$$\text{撓み角 } \theta = \frac{dy}{dx}, \text{ モーメント } M = -EI \frac{d^2 y}{dx^2}, \text{ 剪断力 } S = -EI \frac{d^3 y}{dx^3} \dots (10)$$

2) 有限長さとしての弾性方程式の解法

根入長が短い杭の杭頭は軸方向方向力を加えた場合, 無限長として解ける Y. L. Chang の結果より大きな変位及び断力を生ずる。即ち杭の根入長が $L < \frac{L}{8}$ の時は有限長の杭として取り扱わなければならない。よって $EI \frac{d^4 y}{dx^4} = P$ (地中部) と示される弾性方程式の境界条件を有限長として Y. L. Chang と同様に地盤が一様なものととして解くと撓み角, モーメント及び剪断力等は (11) 式で表される。

(杭頭固定部・地中部)

$$\left. \begin{aligned} \text{撓み曲線 } y &= e^{\beta x} (A \cos \beta x + B \sin \beta x) + e^{-\beta x} (C \cos \beta x + D \sin \beta x) \\ \text{地表面杭変位 } y_0 &= A + C \\ \text{撓み角 } \theta &= \beta \{ e^{\beta x} \{ (-A+B) \sin \beta x + (A+B) \cos \beta x \} + e^{-\beta x} \{ -(C+D) \sin \beta x + (C+D) \cos \beta x \} \} \\ \text{曲げモーメント } M &= 2EI\beta^2 \{ e^{\beta x} (-A \sin \beta x + B \cos \beta x) + e^{-\beta x} (C \sin \beta x - D \cos \beta x) \} \\ \text{剪断力 } S &= 2EI\beta^3 \{ e^{\beta x} \{ -(A+B) \sin \beta x + (-A+B) \cos \beta x \} + e^{-\beta x} \{ (-C+D) \sin \beta x + (C+D) \cos \beta x \} \} \end{aligned} \right\} (11)$$

しかし, A, B, C, D 等係数は下式の通りである。

$$\begin{aligned} A &= \frac{H}{2EI\beta^2 \Delta} \{ e^{2\beta L} (2\eta^2 - 2\xi\eta + 1) + 1 \} & B &= \frac{H}{2EI\beta^2 \Delta} \{ e^{-2\beta L} (2\xi^2 - 2\xi\eta - 1) - 1 \} \\ C &= \frac{H}{2EI\beta^2 \Delta} \{ e^{4\beta L} + e^{2\beta L} (2\eta^2 + 2\xi\eta + 1) \} & D &= \frac{H}{2EI\beta^2 \Delta} \{ e^{4\beta L} + e^{2\beta L} (2\xi\eta + 2\xi^2 - 1) \} \\ \Delta &= 2e^{4\beta L} + 8e^{2\beta L} \xi\eta - 2, & \xi &= \sin \beta L & \eta &= \cos \beta L \end{aligned}$$

3) 合成機の考え方

1) 断性数重分配率 R_c

前述の方法により各杭についての杭頭変位を計算すると, 各杭長が異なるので一般に杭頭変位が各

違ってくる。しかし実際には杭群係はフーチングを結合し、一体として変位するものという事は起り得ない。そこで杭頭変位が異なるという事はバネ定数が各々違うものと考え、即ち変位が異なるという事は横方向バネ定数が剛である事と同様であると考え。そこで各杭頭変位の逆数として横方向バネ定数とし水平変位を横方向のバネ定数の比に分配するものとする。そこで各杭頭変位の逆数の比を剛性荷重分配率 R_i と名づける。

ロ) 群杭効果荷重分配率: C_i

杭間隔を或程度以上密に打って打込んだ杭が相互に干渉してその効果も減る。本設計にありても群杭となるものごとの支持力低下を考慮しなければならぬ。従ってその支持力低下を横方向バネ定数の低下と考え、上と同様に水平変位と横方向バネ定数の比に分配するものとする。群杭効果については一列目 1.0, 二列目 0.8, 三列目以下 0.6 を用いる。

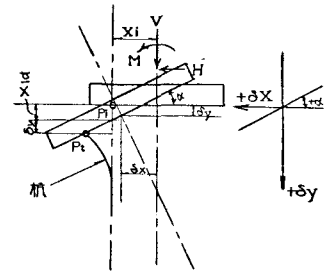
ハ) 組合せ荷重分配率: F_i

前述の剛性荷重分配率 R_i と群杭効果荷重分配率 C_i を組合せたものを組合せ荷重分配率 F_i と名づけ、水平荷重はこの組合せ荷重分配率を用いて 1) 及び 2) の計算より各杭に分配されるものとする。

6-6 変位を考慮に入れた計算法

変位を考慮に入れた計算法は杭基礎全体の変位を考えた力の釣合を成立させる考え方で、そのご杭軸方向力、軸直角方向力が求まると同時に変位も求まり最も理論的な計算法である。本設計の場合は前述の計算法で杭の設計としては目的を達しているが傾斜岩面上の短杭であるという特異な基礎構造であり又ゲート操作台の変位量も知る必要がある。この計算法を実施したものがある。なお、この計算法は杭頭剛結の場合は計算が非常に複雑になるものご建設所土研資料の O K I T A C 5070 H の面々計算表を使用したものである。

図-7



外力 M, V, H を与けたフーチング及び杭頭の変位は次の (12) 式で求める事が出来る。

$$\sum \{ (-K_1 X_i \cos \theta_i \sin \theta_i - K_2 \cos \theta_i + K_7 X_i \cos \theta_i \sin \theta_i) \alpha + (-K_1 \cos \theta_i \sin \theta_i + K_7 \cos \theta_i \sin \theta_i) \delta_y + (K_1 \cos^2 \theta_i + K_7 \sin^2 \theta_i) \delta_x \} = H$$

$$\sum \{ (K_1 X_i \sin^2 \theta_i + K_2 \sin \theta_i + K_7 X_i \cos^2 \theta_i) \alpha + (K_1 \sin^2 \theta_i + K_7 \cos^2 \theta_i) \delta_y + (-K_7 \sin \theta_i \sin \theta_i + K_7 \cos \theta_i \sin \theta_i) \delta_x \} = V$$

$$\sum \{ (K_1 X_i^2 \sin^2 \theta_i + K_2 X_i \sin \theta_i + K_7 X_i^2 \cos^2 \theta_i + K_3 X_i \sin \theta_i + K_4) \alpha + (K_1 X_i \sin^2 \theta_i + K_7 X_i \cos^2 \theta_i + K_3 \sin \theta_i) \delta_y + (-K_1 X_i \cos \theta_i \sin \theta_i + K_7 X_i \cos \theta_i \sin \theta_i - K_3 \cos \theta_i) \delta_x \} = M \quad \dots \dots (12)$$

$$\text{ただし } K_1 = \frac{K_{HH} K_{HH} K_{HH}}{K_{HH} K_{HH} - K_{HH} K_{HH}} \quad K_2 = \frac{K_{HH} K_{HH} K_{HH}}{K_{HH} K_{HH} - K_{HH} K_{HH}} \quad K_3 = \frac{K_{HH} K_{HH} K_{HH}}{K_{HH} K_{HH} - K_{HH} K_{HH}} \quad K_4 = \frac{K_{HH} K_{HH} K_{HH}}{K_{HH} K_{HH} - K_{HH} K_{HH}}$$

K_{HH} : 杭軸直角方向バネ定数 (t/cm) K_7 : 杭軸方向バネ定数

K_{HH} : 杭頭に単位回転角を生じさせる杭軸直角方向の力 (t/radian)

K_{HH} : 杭頭に単位回転角の杭軸直角方向の変位を生じさせるモーメント (t·cm/cm)

K_{HH} : 杭頭に単位回転角を生じさせる曲げモーメント (t·cm/radian)

杭な力は上式で求めた $\alpha, \delta_x, \delta_y$ を (12) 式に代入して求めればよい。

$$P_{0i} = K_0 (X_1 \times 100 \delta_{1i} + Y_1 \times 100 \delta_{2i} + Z_1 \times 100 \delta_{3i}), P_{Hi} = K_{HH} (-X_1 \times 100 \delta_{1i} - Y_1 \times 100 \delta_{2i} + Z_1 \times 100 \delta_{3i}) \dots (13)$$

但し、 K_{HH} 、 K_0 は昭和42年分に実施した水平及び垂直載荷試験の調査資料より求めたが、 K_{0H} 、 K_{HH} は K_{0M} に同じくは実験的に求めず、而是れが一般化し難い、実際上は不可能に近い。従ってこれより K_{0H} 、 K_{HH} は静力学的に求めず、是れを次の式で与えらる。

$$K_{HH} = 2EI/L^3, K_{0H} = 2EI/L^3, K_{HM} = 2EI/L^3, K_{0M} = EI/L^3 \dots (14)$$

従って K_1 、 K_2 、 K_3 、 K_4 は下記の通り与えらる。

$$K_1 = 4EI/L^3, K_2 = 2EI/L^3, K_3 = 2EI/L^3, K_4 = 2EI/L^3 \dots (15)$$

4) 計算結果

前述の方法により傾斜岩壁上の短杭の計算結果を次の表-4、5、6に示し、傾斜変位は傾斜杭計算表に示したとおり計算結果とある。

表-4 弾性度の梁の解法と有限長の杭の解法の合成計算結果

解法	杭番号	条件	杭頭部の変位	傾斜変位	Y_0	杭頭モーメント M_0	M_0	杭先端部のモーメント M_e	S_e
弾性度の梁の解法	No.1杭	杭頭固定	$P_0'_{max} = 272^t$	0.79	0.97	108.30	112.00	-26.4	-15.0
		杭頭固定 杭先端自由	"	1.15	"	116.49	"	-4.1	"
	No.2杭	杭頭固定	$P_0'_{max} = 23.1^t$	0.88	0.97	98.50	95.80	-9.3	-2.5
		杭頭固定 杭先端自由	"	1.05	"	93.17	"	+4.3	"
有限長の杭の解法	No.3杭	"	$P_0'_{max} = 39.9$	"	0.97	"	90.07	"	0.0
	No.4杭	"	$P_0'_{max} = 39.6$	"	0.97	"	87.62	"	+2.5

表-5 変位を考慮に入れた計算結果その1

解法	条件	荷重	α	δy	δx	杭番号	P_{0i}	P_{Hi}
変位を考慮した計算方法 但しバネ定数は一定	KH-32%	H=101.98	0.0001750	0.267035	0.072880	No.1	25.297	25.297
		V=539.07				No.2	162.148	"
		M=73303				No.3	102.871	"
		"				No.4	116.378	"
	KH-32%	"	0.0006419	0.245098	0.391995	No.1	220.174	"
		"				No.2	162.603	"
		"				No.3	116.372	"
		"				No.4	102.860	"
	KH-50%	"	0.0007813	0.267035	0.316432	No.1	219.314	"
		"				No.2	162.116	"
		"				No.3	102.819	"
		"				No.4	117.721	"
	KH-50%	"	0.0006173	0.245098	0.354558	No.1	216.847	"
		"				No.2	161.294	"
		"				No.3	105.740	"
		"				No.4	101.86	"

表-5 変位を考慮に入れた計算結果その2

解法	条件	$\alpha, \delta y, \delta x$	杭番号	M_{0i}	P_{0i}	P_{Hi}
変位を考慮した計算方法 但し、傾斜杭のバネ定数は一定	 $\alpha = 0.000233$ rad $\delta x = 0.0379$ cm $\delta y = 0.2232$ cm	No.1杭	30.57	23.1 ^c	-16.28 ^c	
		No.2	39.68	156	-23.27	
		No.3	46.86	95	-27.32	
		No.4	51.16	51	-33.11	
	 $\alpha = 0.000486$ rad $\delta x = 0.0877$ cm $\delta y = 0.2668$ cm	No.1	-20.93	34	15.97	
		No.2	-33.92	117	23.17	
		No.3	-41.12	172	29.46	
		No.4	-45.45	211	33.39	

8) 仮定

比土大抵の基礎杭設計のうち1/5程度の傾斜岩壁上の短杭の設計方法とその計算結果の概略を述べたのであるが、比の設計方法及び実際の施工性の検証をおこなって現在試験杭を実施中である。

本設計のよう、杭に巨大な水平力が加わり傾斜岩壁上の短杭の設計施工の実例は本邦にも極めて稀であり、これ等の設計の方法論樹立のため多くの文献を引用したが、その計算性検証については建設省土木研究所岩盤研究室より種々の御指導及び御助を頂いた。マシムに感謝の意を表する所である。