

井筒型基礎構造における継手効果に関する実験的研究

澤 田 知 之*・能 町 純 雄**

Experimental Study on the Joint-Effect for Well-form Foundation

Tomoyuki SAWADA and Sumio. G. NŌMACHI

要 旨

本報告は、井筒型基礎根造の模型を作製し実験を行なって継手の効果を確認、そのモデル化に対する理論解析値と比較し、さらに現行解析法及び他の解析値と比較検討を行ってよく一致する結果を得たので報告するものである。

Synopsis

In this statement, we make certain the Joint-Effect by Experiment of a scale-copy for well-foundation Structure. and so, it is described the good qualitative result which compared the Experimental value with the theoretic analysis, the present calculation method and Value of other study.

1. ま え が き

井筒型基礎構造は、基礎ケーソンに代るものとして地盤中に打ち込まれた鋼管を軸方向の継手によって互いに連結させ、鋼管矢板群を筒状に一体化させて外力に抵抗する構造となっており、橋梁や溶鉱炉等の大型構造物の基礎として用いられ、相当数の例を見ることが出来る。¹⁾²⁾また、今日の設計指針³⁾においては、鋼管矢板井筒を一体性のものと考え、各矢板の一体効果すなわち合成効率(μ)なる実験及び経験的常数を用いて設計しており、これは各種模型実験と実物実験を指針で定めた設計法と地盤反力係数の推定法をもとに解析した結果に安全率を考慮し、矢板式基礎が確保し得る最小限の値を暫定的に示された値で断面2次モーメントを換算して示される。(例えば、継手部をモルタル処理し、天端をコンクリートフーチングにより固定する場合は $\mu=0.5$ として全体の断面2次モーメントを減少換算させている。)この合成効率の値を用いて、構造全体を弾性床上の梁と

して解く方法は、その深さが構造全体の径に対して充分大きい場合には、大変有効な解法であるが、問題点として杭相互間の継手による力の伝達や、上端が自由な状態での個々の杭の局部的応力挙動を考えることができる。本論文では、この点を解明するため、互いに隣接する杭の継手に一種のパネ定数を考えて、個々の杭要素が受け持つ力をその継手に生ずる力と、その伝達を含めて評価する方法を取るものである。こうすることにより、杭の継手を節点とする節点力と節点変位および節点変位と杭変位の関係より、基本微分差分方程式が誘導できるが、これの差分方向に難散型のフーリエ定和分変換及び微分方向に有限フーリエ変換を行なって処理して求められた解によって議論を進めた。今回の報告は、荷重状態は水平載荷で、杭相互の継手は軸方向に自由の場合と拘束された場合すなわち、節点剪断力のない場合と存在する場合を論じたものである。換言すれば、施工時において継手処理の効果が未だ完全に現われない場合と継手効果が完全に現われた場合の比較を理論的、実験的に行なったものである。さらに、現行解析法及び他の文献による解析値と本解析値の比較を行なった結果、比較的よく一致したので報告

* 助教授 土木工学科

** 教授 北海道大学工学部 土木工学科

するものである。

2. 継手抵抗力の考え方

本基礎構造は、ケーソン基礎とくい基礎の中間の剛性を有する構造と見なされているが、両者の設計法は構造力学的に統一されているとは言い難い。又、構造的な弱点として継手が挙げられ、これにより一体性を持つ特色ある構造である為、この継手抵抗力の解明が重要な点と考えられる。本論では、著者等が既に発表した如く⁴⁾⁵⁾、杭は互いに一種のパネ定数である継手係数によって連結されていると考える。この概念は、山川、尾西、後藤⁶⁾等の水平鋼管矢板に、又峯本、日下部⁷⁾等のパイプビーム工法の理論解析にも見られる。

次に本解析を進めるにあたって導入した仮定を列挙する。

- ① 杭要素は各々継手により連結され、伝達される節点力は相互の杭のずれに比例するものとし、その比例定数を次の3種類の継手係数とする。
 K_T : 構造全体の接線方向のもの (kg/cm²)
 K_N : 構造全体の半径方向のもの (kg/cm²)
 K_S : 杭軸方向のもの (kg/cm²)
- ② 各杭要素の管厚は十分厚くその断面変形は考慮しないものとする。
- ③ 又、変位を生ずる際には、ベルヌーイ・オイラーの平面保持の仮定を満足するものとする。
- ④ 弾性床は、地盤反力係数 k (kg/cm³) による地盤の反力を持つものとし、各杭要素ごとの k 一値は変化出来るものとする。

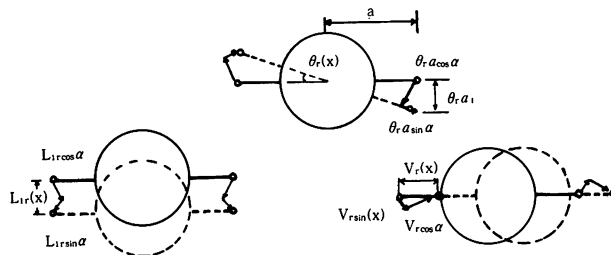


図-A

3. 継手係数を考慮した井筒基礎構造の基礎方程式

(1) 基本微分差分方程式

(1)-1 変位間の関係

第 r 番目の杭要素の鶴位を図-Aの様に定める。 X は軸方向に取り、節点変位の $V_r^L(x)$, $U_r^L(x)$, $V_r^R(x)$, $U_r^R(x)$ は、 $V_r(x)$, $U_r(x)$, $\theta_r(x)$ が決定されると定め得るこの関係は、

$$U_r^R(x) = \{ U_r(x) + \theta_r(x) \cdot a \} \cos \alpha - V_r(x) \cdot \sin \alpha \quad (1)$$

$$V_r^R(x) = \{ U_r(x) + \theta_r(x) \cdot a \} \sin \alpha + V_r(x) \cdot \cos \alpha \quad (2)$$

$$U_r^L(x) = \{ U_r(x) - \theta_r(x) \cdot a \} \cos \alpha + V_r(x) \cdot \sin \alpha \quad (3)$$

$$V_r^L(x) = \{ -U_r(x) + \theta_r(x) \cdot a \} \sin \alpha + V_r(x) \cdot \cos \alpha \quad (4)$$

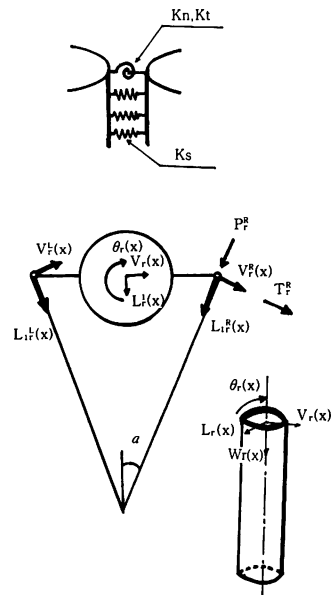


図-B 継手パネ係数と節点力図

(1)―2 節点力と節点変位

図-B より節点力 $P_{r\pm}(x)$, $T_{r\pm}(x)$ 及び軸方向力 S_r^R , S_r^L は継手のずれに比例して生ずると仮定する。即ち継手係数 K_N , K_T , K_S を比例定数として、

$$P_r^R = K_N [\{\Delta U_r(x) - \nabla \theta_r(x) \cdot a\} \cos \alpha + \nabla V_r(x) \cdot \sin \alpha] \quad (5)$$

$$P_r^L = K_N [\{\Delta U_{r-1}(x) - \Delta \theta_{r-1}(x) \cdot a + \cos \alpha + \Delta V_{r-1}(x) \cdot \sin \alpha\}] \quad (6)$$

$$T_r^R = K_T [\{\Delta U_r(x) + \Delta \theta_r(x) \cdot a\} \sin \alpha + \Delta V_r(x) \cdot \cos \alpha] \quad (7)$$

$$T_r^L = K_T [\{-\Delta U_{r-1}(x) + \Delta \theta_{r-1}(x) \cdot a\} \sin \alpha + \Delta V_{r-1}(x) \cdot \cos \alpha] \quad (8)$$

$$S_r^R = K_S \{\Delta W_r(x) + \Delta V_r(x) \cdot a\} \quad (9)$$

$$S_r^L = K_S \{\Delta W_{r-1}(x) + \Delta V_{r-1}(x) \cdot a\} \quad (10)$$

(1)―3 力の釣合い方程式

上述の式より変位と外力の関係は差分和分の表現を利用すれば次の四式で示される。

$$EI \cdot \ddot{U}_r(x) + KD U_r(x) = N_r(x) + K_N [\{\Delta^2 U_{r-1}(x) - \Delta \theta_r(x) \cdot a\} \cos \alpha + \Delta V_r(x) \cdot \sin \alpha] \cdot \cos \alpha + K_T [\{-\Delta^2 U_{r-1}(x) + 4U_r + 4U_r(x) + \Delta \theta_r(x) \cdot a\} \sin \alpha + \Delta V_r(x) \cos \alpha] \cdot \sin \alpha \quad (11)$$

$$EI \cdot \ddot{V}_r(x) + KD \cdot V_r(x) = T_r(x) - K_N [\{-\Delta U_r(x) - (\Delta^2 \theta_{r-1}(x) + 4\theta_r(x)) \cdot a\} \cos \alpha + (\Delta^2 V_{r-1}(x)) \cdot \sin \alpha] \cdot \sin \alpha + K_T [\{-\Delta U_r(x) + \Delta^2 \theta_{r-1}(x) \cdot a\} \sin \alpha + \Delta^2 V_{r-1}(x) \cos \alpha] \cdot \cos \alpha - K_S [\Delta \dot{W}_{r-1}(x) \cdot a + \{\Delta^2 \dot{V}_r(x) + 4 \cdot \dot{V}_r(x)\} \cdot a^2] \quad (12)$$

$$-GJ \cdot \dot{\theta}_r(x) = m_r(x) + K_N [\{\Delta U_r(x) - (\Delta^2 \theta_{r-1}(x) + 4\theta_r(x)) \cdot a\} \cdot \cos \alpha + (\Delta^2 V_{r-1}(x) + 4V_r(x)) \cdot \sin \alpha] \cdot a \cos \alpha + K_T [\{-\Delta U_r(x) + \Delta^2 \theta_{r-1}(x) \cdot a\} \sin \alpha + \Delta^2 V_{r-1}(x) \cdot \cos \alpha] a \sin \alpha \quad (13)$$

$$EA \cdot \dot{W}_r(x) = P P(x) + K_S [\Delta^2 w_{r-1}(x) + \Delta \dot{V}_r(x) \cdot a] \quad (14)$$

(2) 有限 Fourier 変換と有限 Fourier 定和分変換による基礎方程式の解

(2)―1 境界条件

井筒型構造においては軸対称構造と見なせる。然る時 1 番目と $n-1$ 番目の杭の変位には図で定義した変位の正の向き (右手系とした) から次の様な関係がある。

$$U_1(x) = U_{n-1}(x) \quad (15)$$

$$V_1(x) = -V_{n-1}(x) \quad (16)$$

$$\theta_1(x) = -\theta_{n-1}(x) \quad (17)$$

また 0 番目と n 番目の杭が一致することより、

$$U_0(x) = U_n(x) \quad (18)$$

$$V_0(x) = V_n(x) \quad (19)$$

$$\theta_0(x) = \theta_n(x) \quad (20)$$

今、一般的な例として構造全体が、天端で自由、低部で固定されている場合を考えると、

$$(i) \quad \ddot{U}_0(0) = \ddot{U}_n(0) = \frac{P}{EI} \quad (21)$$

$$(ii) \quad \dot{V}_r(0) = 0 \quad (22)$$

$$(iii) \quad V_r(l) = V_r(l) = \theta_r(l) = 0 \quad (23)$$

$$(iv) \quad \dot{U}_r(l) = \dot{V}_r(l) = 0 \quad (24)$$

(2)―2 基礎方程式の解

基本微分差方程式 (11)~(14) は井筒基礎構造の深さ方向 (軸方向) に連続関数、断面方向 (軸直角方向) には離散関数の変位で表わされた連立方程式であるので、軸方向に有限 Fourier 変換、軸直角方向に有限 Fourier 定和分変換を用いて解析を進めることができる。また、これら基礎方程式は、変換によって変位、ひずみの像関数についての多元 1 次連立方程式となるので、代数的に解くことが出来、各々有限 Fourier 逆変換、有限 Fourier 定和分逆変換によって、収束の速い簡単な形で解を得ることができる。

$$U = \frac{4}{l \cdot N} \sum_{m=1}^{\infty} \sum_{i=1}^n U_{mi}[I] \cdot \{Q_{ir}\} \cdot \sin \frac{m\pi}{l} x \quad (25)$$

但し $U_{mi} = U$ の Euler 係数、 $\{Q_{ir}\}^T = \{C_{ir}, S_{ir},$

$$S_{ir}, C_{ir}\}, C_{ir} = \cos \frac{i\pi}{n} r, S_{ir} = \frac{i\pi}{n} r$$

$$i = \text{even} \quad [I] = \text{Unit matrix}$$

(3) 軸方向力を考慮しない場合の基礎方程式の解

施工途中時における本基礎構造では、継手処理が完全に行なわれていない場合が、構造的にも不安全であり危険状態と考えられるが力学的には軸力は存在しないと見なされる。本解析においては

(11)~(13)式における $K_s = 0$, $W_r(x) = 0$ とおくことにより3本の基本微分差分方程式を解くことにより求めることができる。この解は次に示す(26)で示される。

ここで

$$\Delta = m^{10} + C3 \cdot m^8 + (a1 + b2)m^6 + \left\{ \begin{vmatrix} b2 & b3 \\ c2 & c3 \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} a1 & a3 \\ c1 & c3 \end{vmatrix} \right\} \cdot m + \begin{vmatrix} a1 & a2 \\ a1 & b2 \end{vmatrix} \cdot m^2 + \begin{vmatrix} a1 & a2 & a3 \\ b1 & b2 & b3 \\ c1 & c2 & c3 \end{vmatrix} \quad (26)$$

$$\begin{bmatrix} R_i [U_r(x)] \\ S_i [V_r(x)] \\ \lambda \mu B_i [a \theta_r x] \end{bmatrix} = \frac{2}{l} \sum_{m=1}^{\infty} \frac{-(l/\pi)^4}{\Delta} \begin{bmatrix} \Delta_{11} & \Delta_{21} & \Delta_{31} \\ \Delta_{12} & \Delta_{22} & \Delta_{32} \\ \Delta_{13} & \Delta_{23} & \Delta_{33} \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} R_i \left[\frac{-m\pi}{l} \{ (-D^m \dot{U}_r(l) - \dot{U}_r(0)) + (\frac{m\pi}{l})^3 \{ (-1)^m U_r(l) - U_r(l) \} \} - \frac{1}{EI} R_i [\tilde{N}_r] \right. \\ S_i \left[\frac{-m\pi}{l} \{ (-D^m \dot{V}_r(l) - \dot{V}_r(0)) + (\frac{m\pi}{l})^3 \{ (-1)^m V_r(l) - V_r(l) \} \} - \frac{1}{EI} S_i [\tilde{T}_r] \right. \\ \left. \frac{-\mu}{a} S_i \left[\frac{-m\pi}{l} \{ (-1)^m a \theta_r(l) - a \theta_r(0) \} \right] - \frac{1}{aEI} S_i [\tilde{m}_r] \right] \sin \frac{m\pi}{l} x$$

$$= \frac{-2}{l} (l/\pi)^4 \sum_{m=1}^{\infty} \frac{1}{\Delta} \begin{bmatrix} \Delta_{11} & \Delta_{21} & \Delta_{31} \\ \Delta_{12} & \Delta_{22} & \Delta_{32} \\ \Delta_{13} & \Delta_{23} & \Delta_{33} \end{bmatrix}$$

$$\times \begin{bmatrix} R_i \left[\frac{-m\pi}{l} \{ (-1)^m \dot{U}_r(l) - \dot{U}_r(0) \} + (\frac{m\pi}{l})^3 \{ (-1)^m U_r(l) - U_r(0) \} \right] \\ S_i \left[\frac{-m\pi}{l} \{ (-1)^m \dot{V}_r(l) - \dot{V}_r(0) \} + (\frac{m\pi}{l})^3 \{ (-1)^m V_r(l) - V_r(0) \} \right] \\ \frac{-\mu}{a^2} S_i \left[\frac{-m\pi}{l} \{ (-1)^m a \theta_r(l) - a \theta_r(0) \} \right] \end{bmatrix} \sin \frac{m\pi}{l} x$$

$$+ \frac{2}{l} (l/\pi)^4 \sum_{m=1}^{\infty} \frac{1}{\Delta} \begin{bmatrix} \Delta_{11} & \Delta_{21} & \Delta_{31} \\ \Delta_{12} & \Delta_{22} & \Delta_{32} \\ \Delta_{13} & \Delta_{23} & \Delta_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \frac{1}{EI} R_i [\tilde{N}_r] \\ \frac{1}{EI} S_i [\tilde{T}_r] \\ \frac{1}{aEI} S_i [\tilde{m}_r] \end{bmatrix} \sin \frac{m\pi}{l} x \quad (27)$$

$$a1 = \alpha \{ \gamma + \delta \cos^2 \alpha \cdot D_i + \sin^2 \alpha \cdot E_i \}$$

$$a2 = -\alpha (\delta + 1) \sin \alpha \cdot \cos \alpha 2 \sin \frac{i\pi}{n}$$

$$a3 = -\beta (-\delta \cos^2 \alpha + \sin^2 \alpha) 2 \sin \frac{i\pi}{n}$$

$$b1 = -\alpha (\delta + 1) \sin \alpha \cdot \cos \alpha 2 \sin \frac{i\pi}{n}$$

$$b2 = \alpha \{ \gamma + \delta \sin \alpha E_i + \cos^2 \alpha D_i \}$$

$$b3 = -\beta (\delta E_i - D_i) \sin \alpha \cdot \cos \alpha$$

$$c1 = -\alpha(-\delta \cos^2 \alpha + \sin^2 \alpha) 2 \sin \frac{i\pi}{n}$$

$$c2 = -\alpha(\delta E_i - D_i) \sin \alpha \cdot \cos \alpha$$

$$c3 = \beta(\delta \cos^2 \alpha \cdot E_i + \sin^2 \alpha D_i)$$

(4) 軸方向力を考慮した場合の基礎方増式の解
施工完成時においては、継手効果が十分期待でき、この一般解は次の如く示される。
ここで、

$$\begin{bmatrix} U_r(x) \\ Q_r(x) \\ V_r(x) \\ W_r(x) \end{bmatrix} = \frac{4}{l \cdot n} \sum_{m=1}^{\infty} \sum_{i=0}^n \frac{1}{D} |\Delta_{jk}| |K_{jt}|$$

$$\cdot [C_r] \{Q_{ir}\} \cdot [F_r] \quad (28)$$

Δ_{jk} : *adjoint matrix* (随伴行列で $j=1 \sim 4$, $k=1 \sim 4$)

K_{jt} : *Euler の係数 matrix* ($j=1 \sim 4$, $t=1 \sim 12$)
 $[C_r]^T = \{ \text{各々 } U, V, \theta, W \text{ の変位とびずみの境界値列 } 12 \text{ 個} \}$

$$[Q_{ir}]^T = \{ C_{ir}, S_{ir}, S_{in}, C_{ir} \}$$

$$[F_r]^T = \{ C_{ex}, S_{ex}, S_{ex}, C_{ex} \}$$

$$C_{rr} = \cos \frac{i\pi}{n} r$$

$$S_{rr} = \sin \frac{i\pi}{n} r$$

$$C_{lr} = \cos \frac{m\pi}{l} x$$

$$S_{lx} = \sin \frac{m\pi}{l} x$$

4. 実験と数値計算の検討

次に示す模型供試体を作製し、理論計算との比較を行なった。写真1～8に示すように継手の中15mmのパイプで中75mmのパイプ(各々鋼管、塩化ビニール、アクリル樹脂の3種類)12本を連続し、天端根入れ端をトルク・レンチにより締めつけ継手効果を示す様にした。

写真1, 2に示す如く、長さ80cmの供試体に天端より10cm置きにStrain-gageを貼った。継手はボルト・ナットをトルク・レンチにより一様に締めつけた。

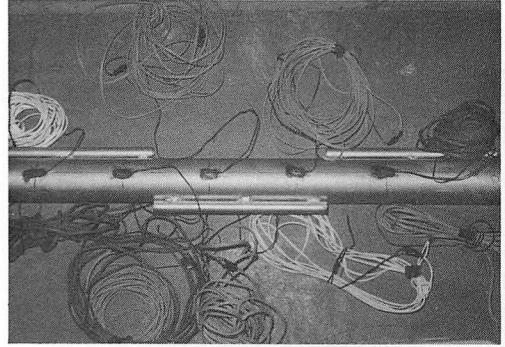


写真1 軸方向gage位置



写真2 断面方向

写真3, 4は建て込み状況を示す。根入れは、モルタルにより埋め込んだ。Dial-gageを天端に2個、設置して天端変位を測定した。

写真5, 6には中込めを行なって載荷の状態と外側にも外圧が作用する状態を示す。

写真7, 8は載荷状況と全体図を示す。載荷はスクリージャッキーにより、ロードセルによりその大きさを定めた。

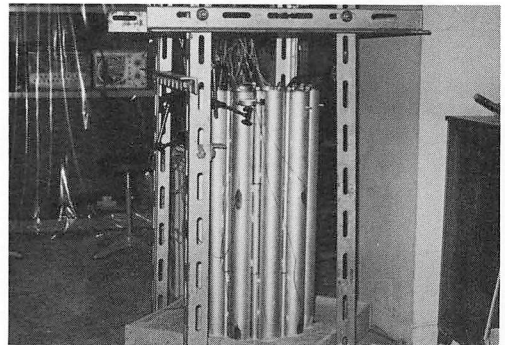


写真3 枠組み状況

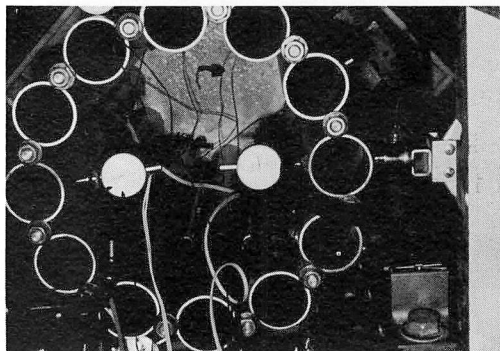


写真4 断面方向建て込み状況

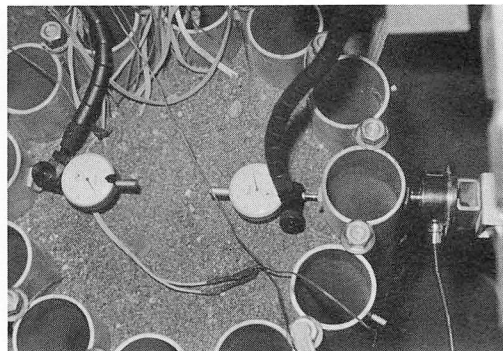


写真5 中込め状態

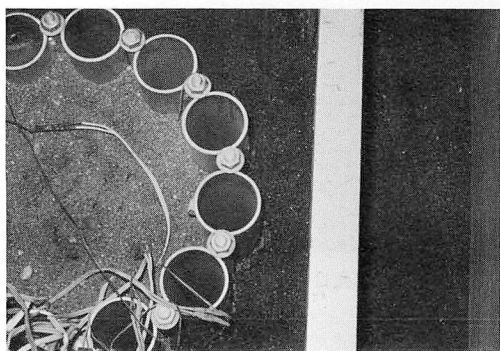


写真6 外圧作用状態

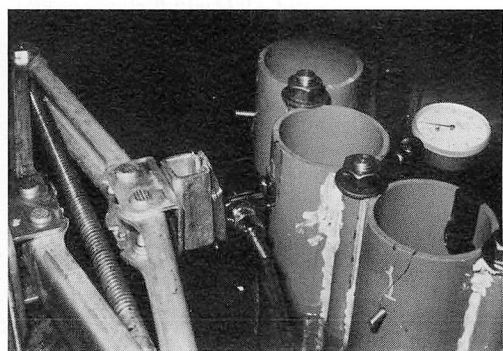


写真7 载荷状態

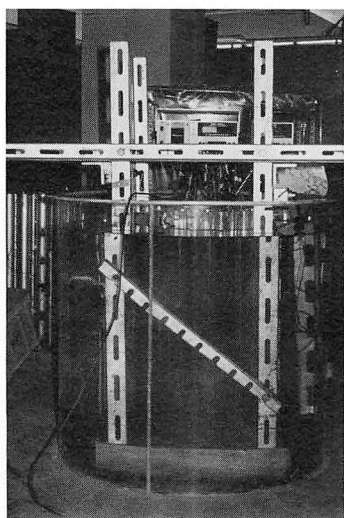
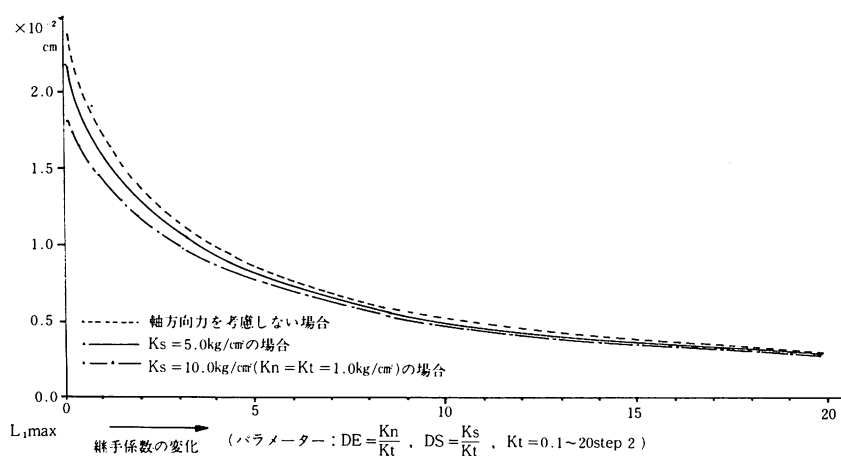


写真8 全体図

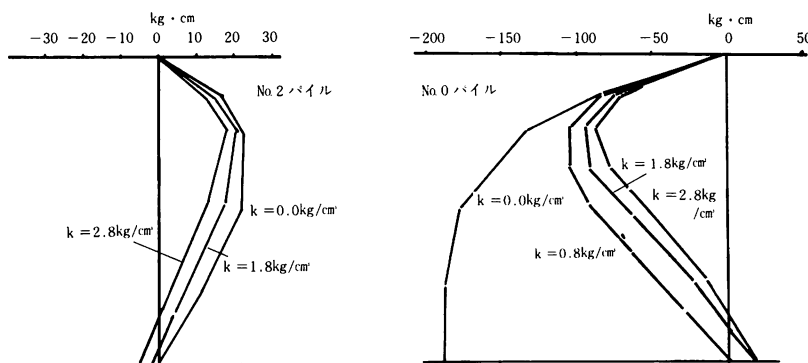
4-1 数値計算

図-1に示す様に、継手係数が大となると変位は小さくなり継手効果が見られる。又同じ大きさの継手係数であれば軸力方向の継手係数 K_s が大である方がより効果が大であり、軸方向力の存在が示されている。 K_N , K_T , K_s が大となるといずれの場合もケーソンとしての値へと収束する。

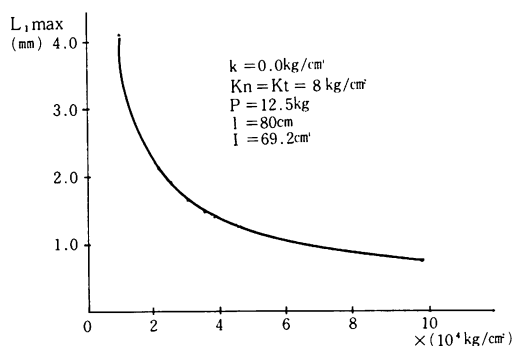
図-2に载荷パイプと1つおいた隣りのパイプにおける地盤反力の変化によるモーメント図を示す。これより地盤反力係数が大である程弾性床上の梁の形態を示し、極値を持つ。NO. 0とNO. 3は符号が異なり引張り圧縮の関係が逆になることを示している。



図－１ 継手の力学的バネ定数と最大変位の関係



図－２ パイル別による地盤変化によるモーメント図

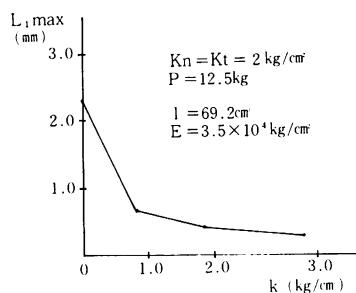


図－３ Young係数と最大変位

図－３、４には各々Yong 係数と、地盤反力係数における最大変位変化を示し、いずれも大きくなると変位は減少するという当な傾向を示す。

４－２ 実験との比較

図－５に実験値（アクリル材）と理論値の軸方向モーメントと最大変位の比較を示す。根入れ部



図－４ 地盤反力係数と最大変位

分では供試体の境界条件が理論を満足していない為に少し異なる値を示すが大体同傾向を示すと考えられ最大変位も近い値と考えられる。理論計算においては $K_N = K_T = K_S = 3.5 \text{ kg/cm}^2$ で計算を行っており、継手処理は不完全状態に匹敵すると考えられる。尚、地盤反力係数は 0.0 kg/cm^3 で計算を行ない実験も中込め土は入れておらず、この種の構造における継手係数の効果が認められる。

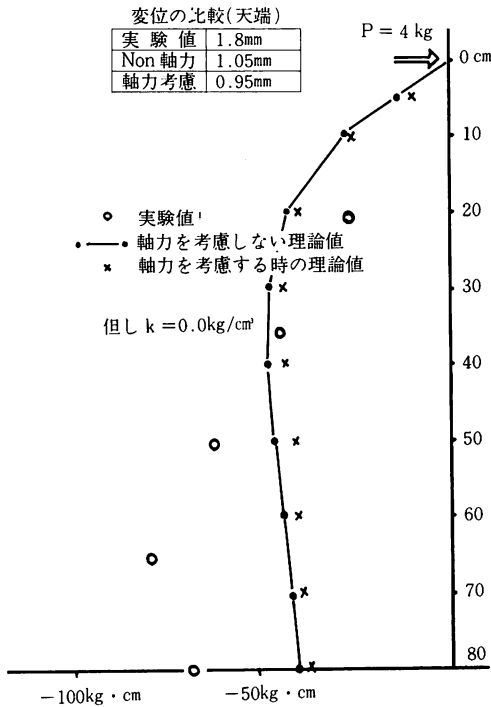


図-5 軸方向モーメント

図-6は、地盤反力係数の変化によるもので、実験供試体は剛材を用いて中込め地を入れて行なったものである。実験値は各々理論値と同傾向を示すが、上半分は土の k 一値を影響をかなり受

け下半分は土の影響はほとんど受けていない状況を示し二層に分けて k 一値の異なる理論計算を行なう必要を示している。又、天端の変位はよく一致しているが、これと土の k 一値との関係を言うには計算がまだ不足であり今後の検討課題と考えられる。

5. 本解析値と理行解析法及び他の解析法との比較

5-1

図-7に鋼材における実験値とそのDataによる本解析値との比較及び現行解析の値とを計算した結果である。これより実験と理論は同傾向を示している。軸力の存在もわずかであるが見られる。実験値も本解析値も現行解析値の最大変位より、いずれも大きな値を示し、一応安全側の計算結果と言えよう。

図-8に、有限要素法で解析を行なった。塩井・岡原両氏の計算値と比較したものを示す。曲げ応力の最大で2割弱大きく計算され、変位では1割程度大きく計算されるが、これは K_s を大きくするとよい精度で合致すると考えられ、軸方向分布傾向は同じである。一方図-9には本解析による節点力の分布図を示した。これは塩井・岡原の軸方向破壊剪断力の実験値より小さな値を示す。いずれの結果からも本解析は安全側の値を呈していると言える。半径方向、接線方向の節点力はきわめて小さい。

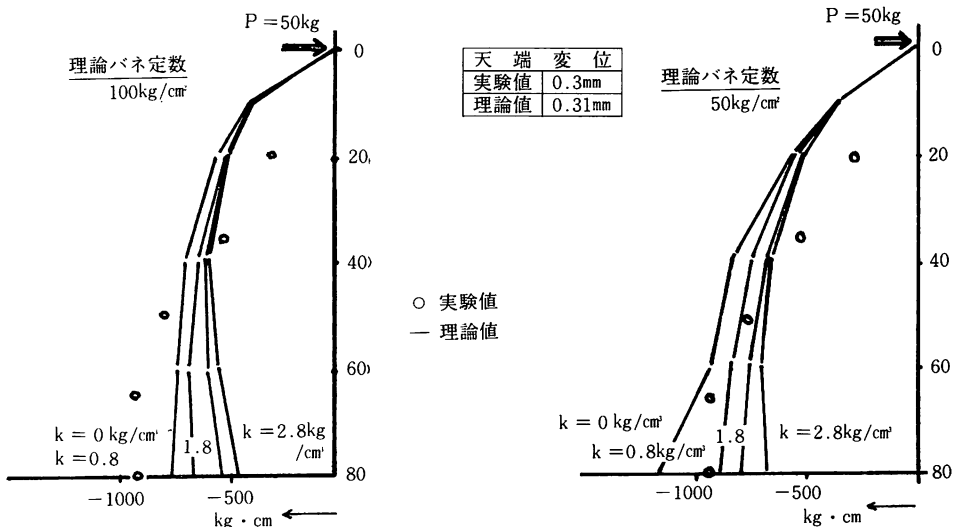
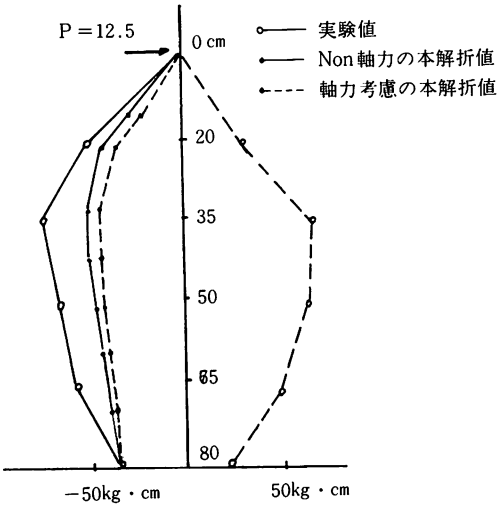
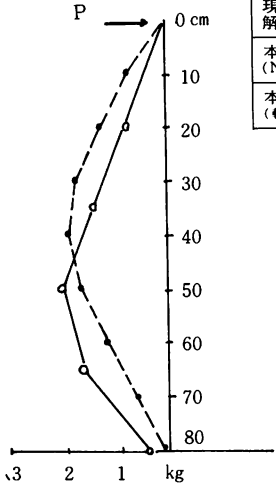


図-6 地盤反力係数の変化によるモーメント図

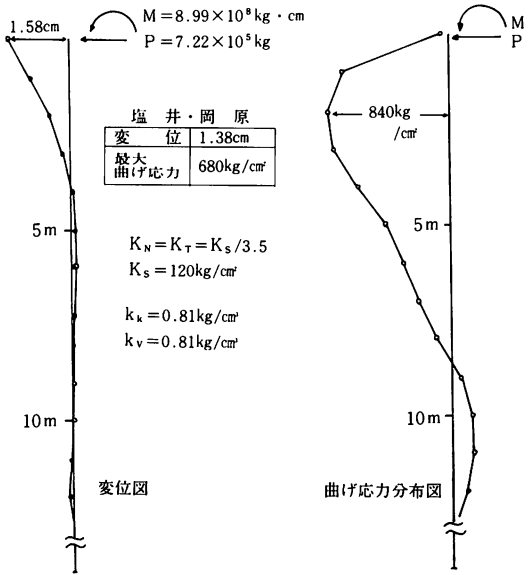


最大変位の比較

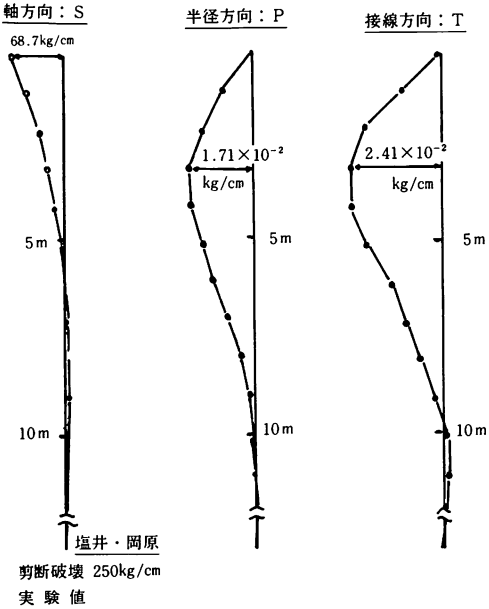
実験値	1.9mm
現行指針解折値	$\mu = 0$ 0.733mm
本解折値 (Non軸力)	1.65mm
本解折値 (軸力考慮)	1.09mm



図—7



図—8 塩井・岡原法との比較



図—9 節点力分布図

図-10 には、軸方向剪断バネ定数と最大変位の関係を本解析と塩井・岡原法と比較したものを示す。両者はよく一致し、大きくなるに従い現行法の $M=0.5$ (夫端・フーチング固定処理) の場合に近づく。

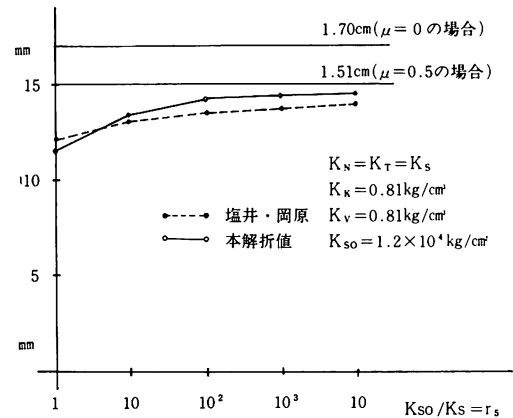


図-10 変位と軸方向剪断力との比較

表-1A

K _T	K _N	K _S
1.00	4.00	90.00
2.00	3.00	90.00
2.00	4.00	90.00
3.00	2.00	90.00
3.00	3.00	90.00
3.00	4.00	90.00
4.00	1.00	90.00
4.00	2.00	90.00
4.00	3.00	90.00

演算時間
12分19秒

表-1B

K _T	K _N	K _S
5.00	5.00	26.00
5.00	5.00	27.00
5.00	5.00	28.00
5.00	5.00	29.00
5.00	6.00	13.00
5.00	6.00	14.00
5.00	6.00	15.00
5.00	6.00	16.00
5.00	5.00	13.00
5.00	5.00	14.00
5.00	5.00	15.00
5.00	5.00	16.00

演算時間
45分38秒

本解析値

KAISEKI-C-1----->	0.4746366E-02	GOSA= 0.1936778E-04
KAISEKI-C-1----->	0.4746366E-02	GOSA= 0.1936778E-04
KAISEKI-C-1----->	0.4680339E-02	GOSA= 0.4665926E-04
KAISEKI-C-1----->	0.4746363E-02	GOSA= 0.1936406E-04
KAISEKI-C-1----->	0.4680336E-02	GOSA= 0.4666299E-04
KAISEKI-C-1----->	0.4744153E-02	GOSA= 0.1715496E-04
KAISEKI-C-1----->	0.4746366E-02	GOSA= 0.1936778E-04
KAISEKI-C-1----->	0.4680339E-02	GOSA= 0.4665926E-04
KAISEKI-C-1----->	0.4744150E-02	GOSA= 0.1715124E-04

現行法解析値

GENKO-C-1----->	0.4726999E-02	合成効率 (MIYU=1.0)
-----------------	---------------	-----------------

本解析値

KAISEKI-C-1----->	0.4767083E-02	GOSA= 0.4008412E-04
KAISEKI-C-1----->	0.4740819E-02	GOSA= 0.1382083E-04
KAISEKI-C-1----->	0.4714832E-02	GOSA= 0.1216680E-04
KAISEKI-C-1----->	0.4689127E-02	GOSA= 0.3787130E-04
KAISEKI-C-1----->	0.4770074E-02	GOSA= 0.4307553E-04
KAISEKI-C-1----->	0.4744001E-02	GOSA= 0.1700222E-04
KAISEKI-C-1----->	0.4718196E-02	GOSA= 0.8802861E-05
KAISEKI-C-1----->	0.4692659E-02	GOSA= 0.3433973E-04
KAISEKI-C-1----->	0.4770078E-02	GOSA= 0.4307926E-04
KAISEKI-C-1----->	0.4744001E-02	GOSA= 0.1700222E-04
KAISEKI-C-1----->	0.4718196E-02	GOSA= 0.8802861E-05
KAISEKI-C-1----->	0.4692666E-02	GOSA= 0.3433228E-04

現行法解析値

GENKU-C-1----->	0.4726999E-02	合成効率 (MIYU=1.0)
-----------------	---------------	-----------------

表-2A

K_I	K_N	K_S	本解析値		
1.00	4.00	8.00	KAISEKI-CFI----->	0.8873884E-02	GOSA= 0.6113201E-05
2.00	3.00	8.00	KAISEKI-CFI----->	0.8873884E-02	GOSA= 0.6113201E-05
3.00	2.00	8.00	KAISEKI-CFI----->	0.8873895E-02	GOSA= 0.6102026E-05
4.00	1.00	8.00	KAISEKI-CFI----->	0.8873884E-02	GOSA= 0.6113201E-05
			現行法解析値		
演算時間 12分41秒			GENKO-CFI----->	0.8879997E-02	合成効率 (MIYU=0.5)

表-2B

K_I	K_N	K_S	本解析値		
1.50	3.50	14.00	KAISEKI-CFI----->	0.8908197E-02	GOSA= 0.2820045E-04
2.00	2.50	14.00	KAISEKI-CFI----->	0.8908197E-02	GOSA= 0.2820045E-04
2.00	3.00	8.00	KAISEKI-CFI----->	0.8873884E-02	GOSA= 0.6113201E-05
2.50	2.00	14.00	KAISEKI-CFI----->	0.8908197E-02	GOSA= 0.2820045E-04
2.50	2.50	8.00	KAISEKI-CFI----->	0.8873884E-02	GOSA= 0.6113201E-05
2.50	3.00	2.00	KAISEKI-CFI----->	0.8836001E-02	GOSA= 0.4399568E-04
3.00	1.50	14.00	KAISEKI-CFI----->	0.8908197E-02	GOSA= 0.2820045E-04
3.00	2.00	8.00	KAISEKI-CFI----->	0.8873895E-02	GOSA= 0.6102026E-05
3.00	2.50	2.00	KAISEKI-CFI----->	0.8836001E-02	GOSA= 0.4399568E-04
			現行法解析値		
演算時間 1時間8分37秒			GENKO-CFI----->	0.8879997E-02	合成効率 (MIYU=0.5)

5-2 次に現行法による解析値と本解析値とが、有効数字3桁桁まで一致する時の継手係数の表を

- Case-1. 継手部が完全に剛に結合されたとする場合（現行解析の合成効率 $\mu=1.0$ の時）
- Case-2. 継手部モルタルグラフト、及び矢板頭部固定の場合（合成効率 $\mu=0.5$ の時）

Case-3. 矢板部固定のみの場合（合成効率 $\mu=0.3$ の時）

の各々のケースについて示すと表-1 A-3 Bの如くである。これより、軸方向 K_S が大となると各々、半径方向 K_N 、接線方向 K_T の継手係数は小となる。また、Case 1, Case 2, Case 3の順に、ケーソン基礎から群グイの弾性挙動を示すと考えられるが、比較的よく一致する。

表-3A

KT	KN	KS	本解析値		
1.00	1.00	2.00	KAISEKI-C-I----->	0.1702126E-01	GOSA= 0.2212599E-03
1.00	1.00	3.00	KAISEKI-C-I----->	0.1666375E-01	GOSA= 0.1362488E-03
1.00	1.00	4.00	KAISEKI-CH-I----->	0.1632137E-01	GOSA= 0.4786290E-03
			現行法解析値		合成効率
演算時間 11分44秒			GENKO-CH-I----->	0.1680000E-01	(MIYU=0.3)

表-3B

KT	KN	KS	本解析値		
0.50	0.50	14.00	KAISEKI-C-I----->	0.1712823E-01	GOSA= 0.3282353E-03
0.50	0.50	15.00	KAISEKI-CH-I----->	0.1676702E-01	GOSA= 0.3297254E-04
0.50	0.50	16.00	KAISEKI-CH-I----->	0.1642112E-01	GOSA= 0.3788769E-03
0.50	1.00	8.00	KAISEKI-CH-I----->	0.1708094E-01	GOSA= 0.2809390E-03
0.50	1.00	9.00	KAISEKI-CH-I----->	0.1672127E-01	GOSA= 0.7872283E-04
0.50	1.00	10.00	KAISEKI-CH-I----->	0.1637684E-01	GOSA= 0.4231595E-03
0.50	1.50	2.00	KAISEKI-CH-I----->	0.1702126E-01	GOSA= 0.2212599E-03
0.50	1.50	3.00	KAISEKI-CH-I----->	0.1666375E-01	GOSA= 0.1362488E-03
0.50	1.50	4.00	KAISEKI-CH-I----->	0.1632137E-01	GOSA= 0.4786290E-03
1.00	0.50	8.00	KAISEKI-CH-I----->	0.1708094E-01	GOSA= 0.2809390E-03
1.00	0.50	9.00	KAISEKI-CH-I----->	0.1672127E-01	GOSA= 0.7872656E-04
1.00	0.50	10.00	KAISEKI-CH-I----->	0.1637683E-01	GOSA= 0.4231669E-03
1.00	1.00	2.00	KAISEKI-CH-I----->	0.1702126E-01	GOSA= 0.2212599E-03
1.00	1.00	3.00	KAISEKI-CH-I----->	0.1666375E-01	GOSA= 0.1362488E-03
1.00	1.00	4.00	KAISEKI-CH-I----->	0.1632137E-01	GOSA= 0.4786290E-03
1.50	0.50	2.00	KAISEKI-CH-I----->	0.1702124E-01	GOSA= 0.2212450E-03
1.50	0.50	3.00	KAISEKI-CH-I----->	0.1666374E-01	GOSA= 0.1362562E-03
1.50	0.50	4.00	KAISEKI-CH-I----->	0.1632138E-01	GOSA= 0.4786216E-03
			現行法解析値		合成効率
演算時間 1時間10分35秒			GENKO-CH-I----->	0.1680000E-01	(MIYU=0.3)

尚、数値計算は、北大大型計算機センター HITAC M-100H 及び苫小牧高専 HITAC 8250 を利用して行なったことを付記する。

※参 考 文 献

1) 嶋・肱黒：橋梁基礎の新工法（仮締切兼用鋼管矢板井筒工法）（土木学会誌 Aug・1972）
2) 小松・肱黒：鋼管矢板ウェル基礎の鉛直方向支持力について—川鉄水島オ2溶鉱炉基礎の実施例—（土木学会誌 July, 1970）
3) 建設省・矢板構造委員会：矢板式基礎の計設計施工指針（1973）

4) 峯本・月下部等：鉄道・道路の輪荷重を受けるパイプ・ビーム工法の実験（上、下）（土木施工 20 巻 4 号～5 号 1979）
5) 能町・澤田：鋼管井筒基礎構造における継手効果の実験的研究について（第 13 回日本道路会議一般論文集 629 1979）
6) 藤田・木寺等：鋼管矢板井筒工法の施工および水平載荷試験（土と基礎、Vol 21, NO 12, 1973）
7) 能町・澤田：鍋管杭による井筒型基礎構造の実験的考察について（土木学会第 34 回年次学術講演会講演集 I—66）

（昭和 55 年 11 月 28 日受理）