

The Design of Bridge Foundation by Steel Pipe-Piled Well Method

(Fumio Shima)

(Chikao Kato)

(Masao Ishiwata)

(Jyuro Mihara)

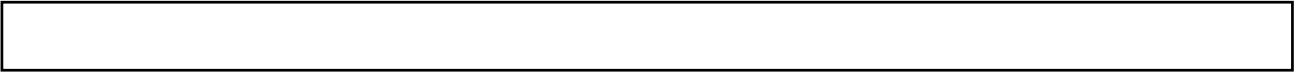
(Makoto Saito)

:

Synopsis :

The pipe-piled well method is a lately developed foundation building method, which is a sort of combination of the traditional piling method and the caisson method. However, as earlier executions of this new foundation method often presented some unknown factors, experiments were carried out largely in two ways, the one using Acrylite models (poly-methyl methacrylate pipe) and the other using a real base. The result of Acrylite model experiments showed that the horizontal resistance in the case of pipe-piling well was the same as in the ca

(c)JFE Steel Corporation, 2003



鋼管矢板井筒工法による橋梁基礎の設計

The Design of Bridge Foundation by Steel Pipe Sheet Pile Method

嶋 文 雄*

加 藤 親 男**

石 渡 正 夫***

三 原 重 郎****

Masao Ishiwata

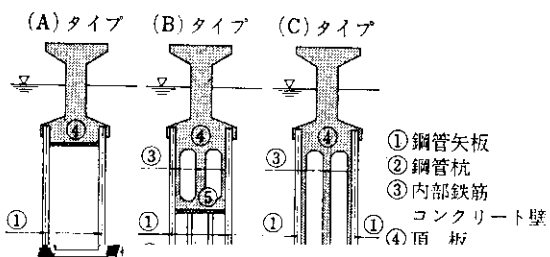
Jyuro Mihara

斎 藤 恂*****

Makoto Saito

層に盤着させる基礎を言い、オープンケーソンとニューマチックケーソンに分けられる。オープンケーソンは筒内部土砂を掘削機械により水中掘り

2. 構造形式と特長



(C)タイプの応用例としては、溶鉱炉基礎（水島製鉄所第1，第2，第3溶鉱炉基礎）がある。今後長大橋基礎，超大型基礎などへの応用が考えられる。

なお、(A)，(B)タイプについては、上部を井筒構造（下部を鋼管杭）として、基礎

十(a)タイプ)の鋼管矢板井筒基礎を対象として、種

型をつくり、その力学的特性を究明するための各

4. 実物実験と準実物実験

ここにそれらの研究の概要とその研究成果を簡
単に述べる。

メタアクリル酸樹脂(アクリライト)の杭部材

模型実験によって実物の鋼管矢板井筒の力学的
性状を同一に再現することは難かしいため、当社
水島製鉄所構内に鋼管矢板井筒でドルフィンを構
築し、井筒入仕の剛性上、応力性状を調査する

(2) 実験体

実験体は図-4.2 に示すように $\phi 762 \times 7.9 \times 23500$ の鋼管に $\phi 165 \times 6.4 \times 18000$ のジャンクシ
ンパイプが 2 本づつ溶接された鋼管矢板を直径

2 m 打設した状態となっている。

(3) 実験方法

実験は図-4.1 のように既設岸壁に反力を取り、
300 t オイルジャッキにより地表面より 50 cm 上

5140 mm の円形に 16 本打ち込んだもので、実際の
橋梁基礎として適用可能なものである。

った位置で水平加力を行ない、加力点の水平変位
と回転量、ドルフィン軸方向、横断面方向の鋼管
矢板応力を図-4.4 のごとき位置で測定した。

ーメント (M_T) を算定し、水平力との関係を描いたのが図-4.10 である。しかし S-3 実験体の歪

$$M_i/M_T=0.22\sim 0.23$$

ジャンクションパイプ固定

$$M_i/M_T=0.06\sim 0.08$$

M_i : 各くわに分担するモーメント

トラス 歪み実物実験データ

M_T : 鋼管井筒全体で分担するモーメント

S-1 実験体

$$M_i/M_T=0.26$$

(3) 実験方法

実験の実施に当っては、なるべく実際の荷重状態に近づけるべきであるが、室内実験上の都合から、図-4.12 のような単純な継手構造を採用した。

E : 鋼のヤング係数

I : みかけの断面二次モーメント

I_0 : 鋼管単体の断面二次モーメント

A : 鋼管断面積

を採用することとした。実験は清水建設(株)研究所 200 t 構造物試験機を用いた。各実験体のたわみ、および歪分布を測定するた

y : 鋼管中心間距離

したがって、継手のせん断抵抗が完全に発揮されて 2 本の鋼管が一体と考えられる時は $\mu=1.0$ と

めのゲージ取付位置を図-4.12 に示す。ダイヤルゲージは精度 1/100 mm のものを 9 カ所に設置

なり、バラバラに働く時は $\mu=0$ となる。

図-4.14 を集中荷重 P と継手効率 μ との関係で

し、各点のたわみ量を測定した。ストレインゲージ

示したのが図-4.15 である。この結果各実験体に

き 50 mm の厚さとした鋼板は、場合により、 $\sigma = 235 \text{ N/mm}^2$ の降伏強度を有する鋼材

モルタルを注入しない実験体 No. 10, No. 20, 分この点に留意しフーチングと鋼管矢板との結合

一定している。No. 20, No. 30 は端部補強プレートを取り付けない実験体 No. 10 に比較して中立軸が実験体中央に位置しており一体性の歪分布により近づいていることがわかる。また、図-4.17 よりモルタルを注入すればより一体化することが

ることが再確認された。

5. 設 計 法

ここでは前述の模型および実物実験の結果を参

(K_H) が存在し、また構造物の剛度 (EI) は一定とする。

外力としては、水平力 (H_0) モーメント (M_0) が作用する場合について論ずる。

(2) 梁の微分方程式

微分方程式は (5. 1) 式で与えられる。

$$EI \frac{d^4 y}{dx^4} + E_s y = 0 \quad \dots\dots\dots(5. 1)$$

x : 地表面からの深さ

$$A' = \frac{\alpha_H}{\Delta} (e^{2k} - e^{2k} \sin 2k - 1) \quad \dots\dots\dots(5. 10)$$

$$B' = -\frac{\alpha_H}{\Delta} \{e^{2k}(1 - \cos 2k)\} \quad \dots\dots\dots(5. 11)$$

$$C' = \frac{\alpha_H}{\Delta} (e^{4k} - e^{2k} - e^{2k} \sin 2k) \quad \dots\dots\dots(5. 12)$$

$$D' = B' \quad \dots\dots\dots(5. 13)$$

ii) M_0 が作用した場合

$$A' = \frac{\alpha_M}{\Delta} \{e^{2k}(\sin 2k - \cos 2k) + 1\} \quad \dots\dots\dots(5. 14)$$

EI : 剛度, $E_s = K_H D$
 K_H : 横方向地盤反力係数
 D : 載荷幅

この解は次のようになる。

$$y = e^{\beta x} (A' \cos \beta x + B' \sin \beta x) + e^{-\beta x} \cdot (C' \cos \beta x + D' \sin \beta x) \quad \dots\dots\dots(5. 2)$$

$$\theta_x = \beta \{e^{\beta x} (A' \cos \beta x + B' \sin \beta x - A' \sin \beta x + B' \cos \beta x) - e^{-\beta x} (C' \cos \beta x + D' \sin \beta x)$$

$$B' = \frac{-\alpha_M}{\Delta} \{e^{2k}(2 + \sin 2k - \cos 2k) - 1\} \quad \dots\dots\dots(5. 15)$$

$$C' = \frac{\alpha_M}{\Delta} \{e^{4k} + e^{2k}(\sin 2k - \cos 2k)\} \quad \dots\dots\dots(5. 16)$$

$$D' = B' - \alpha_M \quad \dots\dots\dots(5. 17)$$

ただし, $\Delta = e^{4k} - 2e^{2k}(2 - \cos 2k) + 1$
 $k = \beta L$

杭頭部回転角 θ_M を

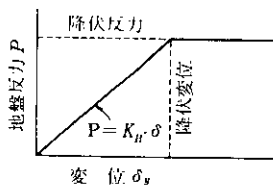
$$\begin{aligned} \theta_M = \theta_{x=0} &= -(A' + B' - C' + D')\beta = 2\phi_3\beta\alpha_M \\ &= \phi_3 \frac{4\beta^3 M_0}{E_S} \dots\dots\dots(5. 23) \end{aligned}$$

とおくと

$$\phi_2' = 1 + \frac{4}{A} e^{2k} (1 - \cos 2k) = \phi_2 \dots\dots(5. 24)$$

$$\phi_3 = 1 + \frac{2}{A} (e^{2k} \sin 2k - 2k) \dots\dots(5. 25)$$

いま土の抵抗要素として図-5.2に示すような変位と抵抗反力の関係を示す。



.....(5. 25)
 ここで、 ϕ_1 、 ϕ_2 、 ϕ_3 は有限長の特異係数として

(1) 力学モデルの仮定

式より

$$\delta_z = \phi_1 \frac{2\beta}{ES} H_z + \phi_2 \frac{2\beta^2}{ES} M_z \dots\dots\dots (5. 28)$$

$$\theta_z = \phi_2 \frac{2\beta^2}{ES} H_z + \phi_3 \frac{4\beta^3}{ES} M_z \dots\dots\dots (5. 29)$$

ϕ_1, ϕ_2, ϕ_3 : $\beta(L-z)$ における有限長特性係数

$$\left. \begin{aligned} \delta &= \delta_z + z\theta_z + \delta_0 \\ \theta &= \theta_z + \theta_0 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (5. 34)$$

5.3 有限長梁理論による脚付鋼管 矢板井筒の解法

井筒部分、群柱部分、基礎地盤中の有限長

$$M_x = -2E_n I_n \beta_n^2 \{ e^{\beta_n x} (B' \cos \beta_n x - A' \sin \beta_n x) + e^{-\beta_n x} (-D' \cos \beta_n x + C' \sin \beta_n x) \} \dots\dots\dots (5. 37)$$

$$S_x = -2F_n I_n \beta_n^3 \{ e^{\beta_n x} (B' - A') \cos \beta_n x \dots\dots\dots$$

$$\left. \begin{aligned} \Gamma_1 &= \sum_{i=1}^n \frac{1}{\alpha_{1i} \alpha_{3i} - \alpha_{2i}^2} \alpha_{1i} \\ \Gamma_2 &= \sum_{i=1}^n \frac{1}{\alpha_{1i} \alpha_{3i} - \alpha_{2i}^2} \alpha_{2i} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (5. 43)$$

ただし $k = \beta_n x$
 A', B', C', D' : 未定常数

とすると

$$\left. \begin{aligned} \Sigma H &= \Gamma_3 \delta_n - \Gamma_2 \theta_n \\ \Sigma M &= \Gamma_3 \delta_n + \Gamma_2 \theta_n \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (5. 44)$$

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

5.5 ま と め

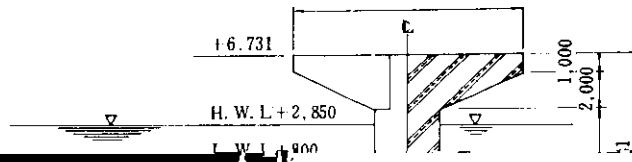
鋼管矢板井筒基礎の設計法は以上述べたように

表-6.1 工事概要

路 線 名	一般地方道成田小見川鹿島港線 千葉県香取郡小見川町
-------	------------------------------

弾性解法は 荷重-変位関係 が直線性を示し 中

状にそぐわぬ性状を示すが十分実用は供し ます



(6) 許容変位量

橋脚天端	$y=10\text{ cm}$
設計地表面	$\delta=3\text{ cm}$

(1) 概要

小見川橋に用いられた設計法は、5・3 で述べた弾性有限長梁による間付鋼管年板井筒の設計を基

(7) その他

本とし、地盤に応じた横方向地盤反力係数と井筒

(洪水時)

I W J Y. P. ±0.800 m

を定め、かつ地表面付近の土砂の塑性流動を考慮

1. 井筒の断面形状は変化するが、断面形状は断面を

力係数と等しい $K_v=3 \text{ kg/cm}^3$ とした。

(4) 設計結果

上記設計法に諸定数の仮定を行なって計算された結果を図-6.3に示す。

なお、脚付鋼管矢板井筒工法の妥当性を確認するため、図-6.1に示される P_1 ピアー（ニューマチックケーソン基礎）と P_2 ピアー（鋼管矢板井筒基礎）との過去に例のない水平加力実験を行なう予定である²⁴⁾。

i) 設計に用いる断面二次モーメントは、継手部のせん断ズレによる継手効率 μ を用いて、みかけの断面二次モーメントを計算する。

ii) 継手部にモルタルを注入し、フーチングを打設した継手効率は

弾性解法の場合 $\mu=0.5$

弾塑性解の場合 $\mu=0.75$

iii) 応力の算定は(5.47)式を使用すれば実

験結果より、設計モーメントが確認された。

上述の結果をまとめると次のとおりである。

注入は一体性を高める上で非常に効果のあることが確認された。

鋼管矢板井筒工法による橋梁基礎の設計 51

22) 今井常雄：土と基礎，17 (1969) 11, 13

23) 今井常雄：土と基礎，18 (1970) 1, 11

24) 藤川信之：橋梁，6 (1970) 11, 28

22) 今井常雄：土と基礎，17 (1969) 11, 13

23) 今井常雄：土と基礎，18 (1970) 1, 11

24) 藤川信之：橋梁，6 (1970) 11, 28