

III-14 矢板式基礎の継手のせん断特性について

建設省 土木研究所 正員 駒田 敬一
建設省 道路局 " 山川 朝生
建設省 土木研究所 " ○岡原 美知夫

1. まえがき

矢板式基礎は鋼管、H形矢板に継手をつけ円形、小判形、長方形等の閉鎖形状に打ち込み、頭部をフーチングで剛結し各矢板にある程度の一体性を持たせた構造体である。従って構造的にはクレーンと群ぐいの中間的なものであるといえる。この基礎に対して従来とられてきた設計法は継手効率係数を使い、全体の断面二次モーメントを低減してChangの式を用いて計算を行なう方法である。継手の評価を継手効率係数で表わすのだが、この定数は理論的に導き出されたのではなく経験と実験から決定されている。この方法は簡便であり使い易いのは事実であるが決して合理的な方法であるとは言い難い。本報告は継手部の特性を実験的に調べ、その結果を使って矢板式基礎の躯体応力分布を求め、従来の計算法、実験値と比較を行なった。また径の寸法効果の検討を行なった。

2. 継手強度試験

2.1 直接せん断試験

矢板の継手部にモルタルを充てんし図-1に示すように押し抜き荷重をかけ継手部のせん断強度を直接求めた。この場合のせん断抵抗は鋼材とモルタルの付着強度に支配される。継手形状はパイプ型であり継手部の破壊形状は図-2に示すように仮定すると継手部のせん断力 Q 、せん断強度 τ は次のように計算できる。

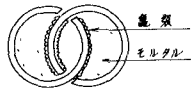


図-2 継手破壊面

$$Q \left(\frac{\text{Kg}}{\text{cm}} \right) = \frac{P_m}{2L} \quad D; \text{継手管径}$$
$$\tau \left(\frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} \right) = \frac{P_m}{2\pi DL} \quad L; \text{継手管長}$$

直接せん断試験の結果は図-3に示すように載荷荷重が約25tまではほぼ直接的に増加し、それ以後はパイプ継手とモルタルとの付着面にズレが生じ、ずれ変形量が急激に増加し載荷荷重 $P_m=50t$ で破壊に至る。最大せん断強度は約 $3.5 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$ ぐらいである。

2.2 重ね梁の曲げせん断試験

図-4のように2本の鋼管を継手を使って重ね梁として組み合わせ、単純梁として中央に集中荷重を載荷して試験を行なう。実験は計10例行なっている。そのうち本レポートでは1例についてのべる。継手形状については、パイプ型とCT型である。継手部にはモルタルをてん充する。実験結果より荷重～たわみ曲線、ひずみ分布等を求め、せん断力伝達係数 α と継手せん断度との関係を求める。

せん断力伝達係数 α について

(1) 荷重～たわみ曲線より求める方法

$A' I'$; 1本の矢板の断面積と断面2次モーメント

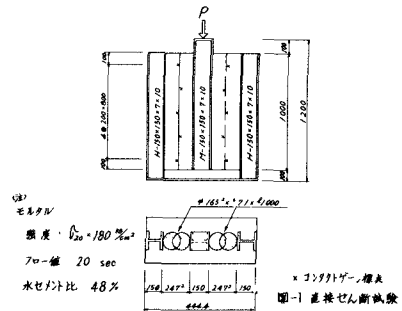


図-1 直接せん断試験

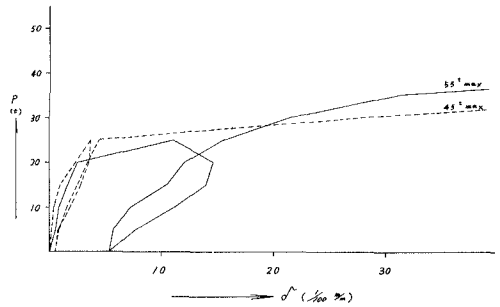


図-3 P-δ 曲線

$$I = 2 I' + 2 A' \left(\frac{d}{2} \right)^2 = \frac{3}{4} A' d^2 ; \quad \text{継手が完全剛結とした場合}$$

の矢板の断面 2 次モーメント

α をいま次のように定義する。

$$\tau = \alpha \tau' \quad (0 \leq \alpha \leq 1)$$

τ は継手が不完全剛結とした場合の継手のせん断強度であり、 τ' は継手が完全剛結した場合のそれである。

図-4 のように中央に集中荷重 P を載荷すると継手が不完全剛結の場合は、次のように求められる。

$$\delta = \frac{P \ell^3}{48 E I'} \cdot \beta \quad \beta = \frac{1}{2} - \frac{\alpha}{3}$$

継手のせん断力 Q は、

$$Q = \frac{P}{3} \cdot \alpha$$

(2) 荷重～ひずみ分布より次のようにして求めることができる。

$$Q \left(\frac{kg}{cm} \right) = \int_0^d E \epsilon dA$$

ひずみ分布より決定される α は次のように定義される。

$$\alpha = \frac{\int_0^d \epsilon' dA}{\int_0^d \epsilon dA}$$

以上のようにせん断力伝達係数 α は実験から 2 通りの方法で求めることができる。

図-6 に示すような試験体で実験を行なった。荷重～たわみ (中央) 曲線は図-7、管軸方向のずれ量は図-8、荷重ひずみ分布は図-9、のとおりである。これらの結果を用いて α と荷重の関係を求めると図-10 のようになる。スペースの関係で実験例の 1 つについてしか図を示すことができないが、10 種類の実験を行なったので、それら全部を通して曲げ試験結果による継手強度特性についてのべる。まず荷重～たわみ曲線では、鋼材の降伏値を $2100 \frac{kg}{cm^2}$ または $2400 \frac{kg}{cm^2}$ までの範囲と考えると、断面 2 次モーメント $I = 2 I_0$ (継手非合成) と $I = 2 I_0 + 2 A y^2$ (継手完全剛結) のほぼ中間にこの曲線がある。

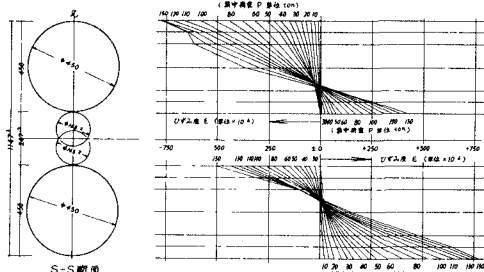


図-9 荷重～ひずみ分布

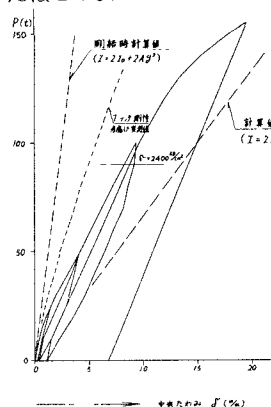


図-7 P-δ 曲線

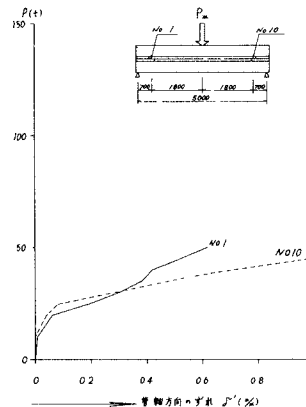
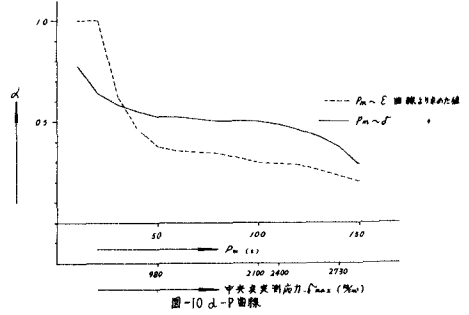


図-8 P-δ' 曲線 (管軸方向のずれ)

中央点ひずみ分布曲線については荷重が小さい場合継手合成の効果が出てひずみはほぼ平面保持に従う。しかし荷重が大きくなるにつれ継手部のひずみが大きくなりかなり単体的なひずみ分布となってくる。継手にモルタルをてん充しない実験も行なったが、これを見るとひずみ分布は完全に単体的となっている。荷重～ずれたわみ曲線については、 $P \sim \delta$ 曲線からと、 $P \sim \epsilon$ 曲線から求めた 2 種類ある。図-10 を見るとかな

り大きく食い違っている。他の実験例をも含めて傾向として $P \sim \varepsilon$ 曲線で求めた α の値はかなり小さく出ているようである。これらの曲線から継手の破壊面を仮定して $\alpha \sim \tau'$ (τ' は継手を完全剛結とした場合の継手のせん断強度) 曲線を求める。



3. $\alpha \sim \tau'$ 曲線を使った α -補間法について

図-11は前述の重ね梁の実験から求めた $\alpha \sim \tau'$ 曲線である。継手が完全剛結とした場合の継手のせん断強度 τ' を計算値より求めれば、この曲線から α の値を決定することができる。鋼管矢板式基礎の軀体応力をこの α -補間法を使って求めるのだが、この方法は継手が完全剛結とした場合の値と群ぐいとした場合の値とを α を使って線形配分することにより求める。

鋼管矢板式の断面力について

(1) 継手完全剛とした場合の断面力

$$I = n I_1 + \sum A_i y_i^2, \quad \beta_1 = \sqrt[4]{E s_1 / 4 E I}, \quad E s_1 = K H \cdot (D + d)$$

I = 全体の断面二次モーメント、 H_i = 矢板一本の断面二次モーメント、 A_i = 矢板一本の断面積
 y_i = i 番目の矢板の重心の全体の重心軸からの距離

矢板式基礎全体の任意点の断面力は、

$$M_1(z) = -\exp(-\beta_1 z) \left\{ M_0 (\cos \beta_1 z + \sin \beta_1 z) + \frac{H_0}{\beta_1} \sin \beta_1 z \right\}, \quad S_1(z) = \exp(-\beta_1 z) \left\{ H_0 (\cos \beta_1 z - \sin \beta_1 z) - 2 \beta_1 M_0 \sin \beta_1 z \right\}$$

矢板一本の曲げモーメント、軸力、せん断力は

$$M_{1i} = \frac{I_1}{I} M_1(z), \quad N_{1i} = \frac{1}{I} y_i A_i M_1(z), \quad S_{1i} = \frac{I_1 + k_i}{I} S_1(z); \quad K_i = A_i \left\{ \left(\frac{D}{2} \right)^2 - y_i^2 \right\}$$

(2) 継手非剛結とした場合の断面力

$$K_1 = 4 E I_1 \beta_2^3, \quad K_2 = 2 E I_1 \beta_2^2 = K_3, \quad K_4 = 2 E I_1 \beta_2, \quad K_5 = \frac{\pi}{4} d^2 \cdot K_v; \quad \beta_2 = \sqrt[4]{E s_1 / n (4 E I_1)}$$

$$\begin{Bmatrix} n k_1 & 0 & -n k_2 \\ 0 & n k_5 & 0 \\ -n k_3 & 0 & k_5 [y_i^2] + n k_4 \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} \delta_x \\ \delta_y \\ \alpha \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} H_0 \\ V_0 \\ M_0 \end{Bmatrix}$$

変位 $\{\delta\}$ を求めることによって矢板一本の任意点の断面力が求まる。

$$M_{2i} = -\exp(-\beta_2 z) \left\{ P M_0 (\cos \beta_2 z + \sin \beta_2 z) + \frac{P H_0}{\beta_2} \sin \beta_2 z \right\}, \quad N_{2i} = P N_0 \begin{cases} P H_0 = H_0 / n \\ P M_0 = -k_3 \delta_x + k_4 \alpha \\ P N_0 = k_5 (\delta_y + y_i \alpha) \end{cases}$$

$$S_{2i} = \exp(-\beta_2 z) \left\{ P H_0 (\cos \beta_2 z - \sin \beta_2 z) - 2 \beta_2 P M_0 \sin \beta_2 z \right\}$$

(3) 継手が不完全剛の場合の断面力

矢板一本の断面力は、

$$M_i = \alpha M_{1i} + (1-\alpha) M_{2i}, \quad N_i = \alpha N_{1i} + (1-\alpha) N_{2i}, \quad S_i = \alpha S_{1i} + (1-\alpha) S_{2i}$$

なお継手のせん断応力度の決定は断面のせん断流が放物線分布すると仮定し、最大せん断強度の $\frac{2}{3}$ とした。

4 軀体応力度の理論値と実験値の比較

矢板式基礎の横断面の軀体応力について理論と実験の比較を行なった。理論値については現行指針による方法 ($\mu = 0.5$, $\mu = 1.0$) 群ぐい法、それから前述した α -補間法の計4つの方法で求めた。実験値は5つの現場載荷試験例について調べたが、スペースの都合で水島製鉄所デタッドピア E についてのみ比較する。水平力が160 tの場合は図-12であり、水平力が250 tの場合は図-13である。他の比較例をも含めて、軀体応力値については従来の方法よりも α -補間法は実測値により近いといえる。

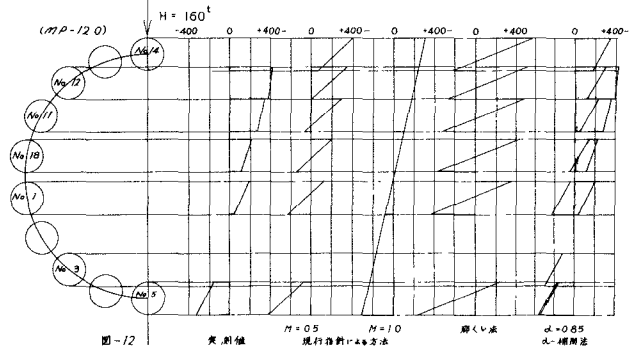


図-12

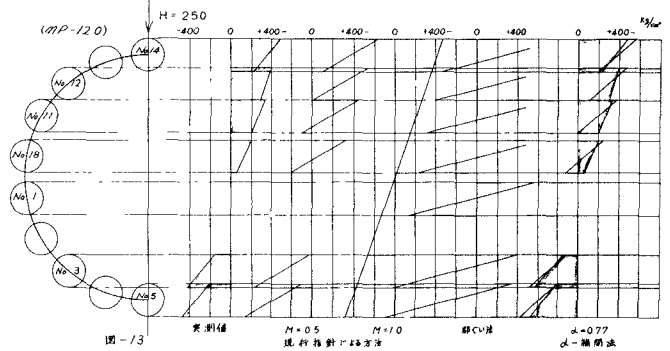


図-13

5 寸法比の異なる矢板式基礎の耐力の比較

矢板式基礎の径が10 m、20 m、30 mの3種類について耐力の比較を行なった。この場合使用する鋼管数は同じにしてある。つまり径が大きくなるにつれて継手部分が大きく開いていくことになる。前述の α -補間法で計算した。荷重～変位の曲線は図-14のとおりである。この図をみるかぎり径を大きくすれば水平力に対する耐力は比率的に大きくなるのがわかる。

6 結 論

矢板式基礎の継手強度試験はかなり数多く行なっているが、各実験の条件を同じに保つことがむずかしくなかなか統一的な結果としてまとめることは困難である。かなり割り切って $\alpha \sim \nu$ 曲線を求めたが現状ではしかたがないと思う。 α -補間法は矢板式基礎の耐力計算に対する一つの便宜的な方法に過ぎないと思うが、軀体応力分布等で見るとかなり精度よく計算されていると思われる。F. E. M等を使った計算法も行なわれているようだがまだ十分な成果をあげていない。継手の評価がうまくいっていないからである。寸法比の異なる矢板式基礎の耐力を簡単なモデルを使って比較したが α -補間法をかなり強引に適用したのでまだ検討しなければならない問題である。

〔参考文献〕

- 1) 矢板式基礎研究委員会：矢板式基礎の設計と施工指針

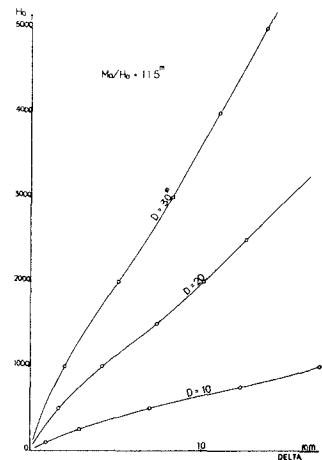


図-14 荷重～変位曲線