

矢板式井筒基礎の振動特性における継手の挙動

京都大学防災研究所 正会員 土岐 憲三
 京都大学防災研究所 正会員 三浦 房紀
 愛媛県 正会員 〇参川 好記

1. まえがき 長大な海峡連絡橋あるいは都市間大量輸送機関の橋脚や基礎として、矢板式井筒基礎が採用されるようになったが、基礎形式として比較的新しいこと、また、フーチング基礎、ケーソン基礎と比較した場合、形状が複雑であることなどより、いまだ明らかにされていない点もある。その1つが継手効率の問題である。そこで、本研究は継手の特性を生かした有限要素解析に立脚した井筒基礎のモデル化を提案しようとするものである。井筒基礎のような構造物は2次元解析では不十分であり、3次元解析を行なうことによりはじめてその挙動を明らかにすることができる。3次元解析では、計算に多大の時間を要することになり、疑似的な2次元解析が必要とされる。しかし、井筒基礎は、円周方向が鋼管矢板部分と継手部分という異なる材質から成っており、リング要素を用いることはできないため、有限帯板法を用いた。以下に鋼管矢板部分と継手部分の材料定数の設定、井筒基礎のモデル化、そのモデルに対する固有値解析について述べる。

2. プリズム要素および3次元有限要素のせん断振動への適用

有限帯板法および有限要素法をそれぞれ用いて定式化した、プリズム要素および3次元有限要素を用いて、せん断振動をする際の柱状構造物の固有値解析を行ない、弾性波動論から求まる1次固有振動数との比較をして、精度の検討を行なう。材料はコンクリートを用いており、せん断波速度 v_s が1600 m/sの場合には、厳密解は、40 Hzとなり、表-1の値とほぼ一致するので、固有値解析の精度は十分高いものと思われる。

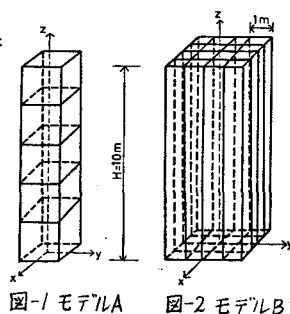


図-1 モデルA

図-2 モデルB

3. 材料定数の決定および井筒モデル (1) 鋼管矢板部分の定数

実際の鋼管矢板は、鋼管とコンクリートより成っているのであるが、均質な物質より成るものと仮定すれば、数値計算に用いる値は、密度 $\rho_1 = 254 \text{ kg/m}^3$ 、せん断弾性係数 $G_1 = 7.51 \times 10^8 \text{ kg/m}^2$ となる。

表-1 1次固有振動数(Hz)

モデル	1次固有振動数(Hz)
A	40.08
B	39.91

(2) 継手部分の定数 継手も鋼とモルタルより成っているのであるが、均質な物質より成ると仮定すれば、数値計算に用いる密度は、 $\rho_2 = 295 \text{ kg/m}^3$ となる。矢板式基礎の設計法に関する文献によると、継手の押し抜き試験の荷重-変形量曲線から得られた継手部分のせん断弾性係数は、 $G_2 = 1.2 \times 10^8 \text{ kg/m}^2$ であるが、現場の施工性と安全性を考慮して、本研究では、継手部分のせん断弾性係数として、 $1/10$ である $1.2 \times 10^7 \text{ kg/m}^2$ 、 $1.2 \times 10^8 \text{ kg/m}^2$ および鋼管矢板

部分と継手部分のせん断波速度が等しい場合の G_2 の3つを採用する。

(3) 井筒モデル 80要素(図-3)および40要素(図-4)の井筒モデルを考え、ポアソン比を0.2として固有値解析を行なった結果、1次固有振動数は、両モデルの間でほとんど相違がなかった。よって、計算時間短縮のため、40要素分割モデルを用いることにする。

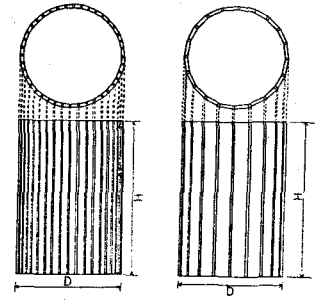


図-3 井筒モデル(80要素)

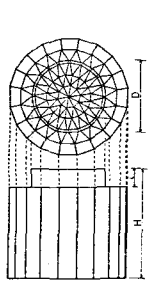


図-4 井筒モデル(40要素)

4. 結果と考察

(1) 地盤を考慮しない場合 表-2に、頂版のないモデル(図-4)と頂版をもつモデル(図-5)を用いて固有値解析を行なった結果を示す。それは継手部分のせん断弾性係数を低下させた場合の各1次固有振動数と、継手部分のせん断波速度が鋼管矢板部分のそれと等しいときの1次固有振動数との比である。1次固有振動数 f_1 の低下率を比較すると、頂版をもつ方が小さく、頂版の質量の継手部分の剛性の低下を強める効果が頭部剛結の効果を上回った結果と考えられる。表-3は井筒径 D を固定し継手長 H の影響を調べたものであり、 H が井筒基礎全体の剛性低下に強い影響を及ぼすことを示している。表-4は H/D を固定し H の影響を調べたものであり、 $H=45m$ の場合に継手の剛性低下の影響が大きく出ているので、 H が f_1 に大きな影響を与えていることがわかる。つぎに、 $H/D=2.0$ として H の影響を調べた結果を表-5に示す。 $H/D=1.5$ での $H=45m$ の場合と、 $H/D=2.0$ での $H=40m$ の場合とでは、 $H=45m$ の場合の方がその値が小さく、継手の剛性低下が f_1 に及ぼす影響は、 H/D よりも H に対して、より直接的に依存することがわかる。

表-2 1次固有振動数 $f_1(H_0)$

$G_2(\times 10^7 kg/m^2)$	頂版のない場合(図-4)		頂版をもつ場合(図-5)	
	$f_1(H_0)$	ξ	$f_1(H_0)$	ξ
87.27	14.71	1.0	9.895	1.0
12.0	14.00	0.952	9.293	0.939
1.2	13.88	0.944	9.116	0.921

表-3 1次固有振動数 f_1 (単位 $H_0, D=20m$)

$G_2(\times 10^7 kg/m^2)$	$H(m)$ 20		30		40	
	$f_1(H_0)$	ξ	$f_1(H_0)$	ξ	$f_1(H_0)$	ξ
87.27	15.53	1.0	9.895	1.0	7.523	1.0
12.0	15.12	0.974	9.293	0.939	6.773	0.900
1.2	14.97	0.964	9.116	0.921	6.691	0.889

表-4 1次固有振動数 f_1 (単位 $H_0, H/D=1.5$)

$G_2(\times 10^7 kg/m^2)$	H/D 30/20		45/30	
	$f_1(H_0)$	ξ	$f_1(H_0)$	ξ
87.27	9.895	1.0	6.247	1.0
12.0	9.293	0.939	5.583	0.873
1.2	9.116	0.921	4.903	0.785

(2) 地盤を考慮する場合 表-6に地盤を考慮しないモデル(図-5)と地盤を考慮するモデル(図-6)で数値解析を行なった結果を示す。地盤を考慮する場合には、地盤の存在のために、継手の剛性低下はほとんど f_1 に影響を及ぼさないことがわかる。

◎参考文献1)

建設省土木研究所; 矢板式基礎の設計法(491), 昭和52年2月

表-5 1次固有振動数 f_1 (単位 $H_0, H/D=2.0$)

$G_2(\times 10^7 kg/m^2)$	H/D 30/15		40/20	
	$f_1(H_0)$	ξ	$f_1(H_0)$	ξ
87.27	8.736	1.0	7.523	1.0
12.0	8.026	0.919	6.773	0.900
1.2	7.906	0.905	6.691	0.899

表-6 1次固有振動数 f_1 (単位 $H_0, H=30m, D=20m$)

$G_2(\times 10^7 kg/m^2)$	図-5のモデル		図-6のモデル	
	$f_1(H_0)$	ξ	$f_1(H_0)$	ξ
87.27	9.895	1.0	3.628	1.0
12.0	9.293	0.939	3.625	0.999
1.2	9.116	0.921	3.601	0.998