

5-3 栈橋構造計算結果

5-3-1 栈橋

5-3-1-1 防舷材の検討

1. 設計条件

項目	設計条件	単位
船種	ナクロマ	
重量トン数 (DWT)	287.00	(t)
総トン数 (GT)	1134.00	(t)
船長 (L)	46.76	(m)
垂線間長 (L_{pp})	41.33	(m)
型幅 (B)	12.00	(m)
型深さ (D)	10.00	(m)
満載喫水 (d)	2.42	(m)
接岸速度 (V)	0.35	(m/s)

2. 接岸エネルギーの算出

船舶の接岸エネルギーは、下記により算出します。

$$E_f = (M_s \cdot V^2 / 2) \times C_e \times C_m \times C_s \times C_o$$

ここに、

- E_f : 船舶の接岸エネルギー (kJ)
- M_s : 船舶の質量 (t)
- V : 船舶の接岸速度 (m/s)
- C_e : 偏心係数
- C_m : 仮想質量係数
- C_s : 柔軟性係数(1とします)
- C_o : バースの形状係数(1とします)

(1). 船舶の排水量 (M_s)

船舶の排水量は、下記の通りとする。

$$M_s = 925t$$

(2). 偏心係数

偏心係数は、下記の式により算出します。

$$C_e = 1 / [1 + (l/r)^2]$$

ここに、

- C_e : 偏心係数
- l : 船舶の接岸点から係留施設の法線に平行に測った当該船舶の重心までの距離 (m)
- r : 船舶の重心を通る鉛直軸回りの回転半径 (m)

回転半径は、下記の式より算出します。

$$\begin{aligned} r &= (0.19C_b + 0.11)L_{pp} \\ &= (0.19 \times 0.7518926 + 0.11) \times 41.33 \\ &= 10.45069 \end{aligned}$$

図1に示すように、船舶がP点で最も係船岸に近づき防舷材F1及びF2に接触するとき、係留施設に平行に測った接岸点から船舶重心までの距離 l は、下記の式によって求めます。ただし、 l は $k > 0.5$ のとき L_1 を、 $k < 0.5$ のときは L_2 を用います。 $k = 0.5$ のときは、 L_1 、 L_2 のうち、 C_e が大きくなる方の値をとります。

$$L_1 = [0.5\alpha + e(1-k)]L_{pp}\cos\theta$$

$$L_2 = [0.5\alpha - ek]L_{pp}\cos\theta$$

ここに、

L_1 : 船舶が防舷材F1に接触するときの係留施設に平行に測った接岸点から船舶の重心までの距離 (m)

L_2 : 船舶が防舷材F2に接触するときの係留施設に平行に測った接岸点から船舶の重心までの距離 (m)

θ : 接岸角度

e : 船の長手方向に測った防舷材間隔(20m)と垂線間長との比

$$e = 20/41.33$$

$$= 0.48391 \text{とします}$$

α : 防舷材との接岸点高さにおける船舶の側面の平行舷(パラレルサイド)の長さとの比

$$\alpha = 0.5 \text{とします}$$

k : 防舷材F1とF2の間において船舶と係船岸が最も近づく点を表すパラメーター

$$k = 0.5 \text{とします}$$

$k=0.5$ ですから、 l は L_1 、 L_2 のうち小さい方を用います。

$$L_1 = [0.5 \times 0.5 + 0.48391 \times (1 - 0.5)] \times 41.33 \times \cos(10^\circ)$$

$$= 20.0236$$

$$L_2 = [0.5 \times 0.5 - 0.48391 \times 0.5] \times 41.33 \times \cos(10^\circ)$$

$$= 0.3274492$$

したがって、 $l = 0.3274492$ とします。

よって、

$$C_e = 1 / [1 + (0.3274492 / 10.45069)^2]$$

$$= 0.9990192$$

(3). 仮想質量係数 (C_m)

船舶の仮想質量係数は、下記の式により算出します。

$$C_m = 1 + [\pi / (2 \cdot C_b)] (d/B)$$

ここに、

C_b : ブロック係数

$$C_b = \nabla / (L_{pp} B d)$$

∇ : 船舶の排水体積 (m^3)

$$\nabla = M_e / \omega_0$$

L_{pp} : 垂線間長 (m)

B : 型幅 (m)

d : 満載喫水 (m)

ω_0 : 海水の単位体積重量 ($1.025t/m^3$)

$$C_b = 925 / (41.33 \times 12 \times 2.42 \times 1.025)$$

$$= 0.7518926$$

$$C_m = 1 + [\pi / (2 \times 0.7518926)] \times (2.42 / 12)$$

$$= 1.421306$$

(4). 接岸エネルギー (E_f)

$$E_f = (925 \times 0.35^2 / 2) \times 0.9990192 \times 1.421306 \times 1 \times 1$$

$$= 80.44691 \text{ (kJ)}$$

1. 設計条件

項目	設計条件	単位
船種	ナクロマ2	
重量トン数 (DWT)	1050.00	(t)
総トン数 (GT)	2359.35	(t)
船長 (L)	67.30	(m)
垂線間長 (L_{pp})	61.20	(m)
型幅 (B)	16.00	(m)
型深さ (D)	8.90	(m)
満載喫水 (d)	3.30	(m)
接岸速度 (V)	0.35	(m/s)

2. 接岸エネルギーの算出

船舶の接岸エネルギーは、下記により算出します。

$$E_f = (M_s \cdot V^2 / 2) \times C_e \times C_m \times C_s \times C_o$$

ここに、

- E_f : 船舶の接岸エネルギー (kJ)
- M_s : 船舶の質量 (t)
- V : 船舶の接岸速度 (m/s)
- C_e : 偏心係数
- C_m : 仮想質量係数
- C_s : 柔軟性係数(1とします)
- C_o : パースの形状係数(1とします)

(1). 船舶の排水量 (M_s)

船舶の排水量は、下記の通りとする。

$$M_s = 2,503t$$

(2). 偏心係数

偏心係数は、下記の式により算出します。

$$C_e = 1 / [1 + (l/r)^2]$$

ここに、

- C_e : 偏心係数
- l : 船舶の接岸点から係留施設の法線に平行に測った当該船舶の重心までの距離 (m)
- r : 船舶の重心を通る鉛直軸回りの回転半径 (m)

回転半径は、下記の式より算出します。

$$\begin{aligned} r &= (0.19C_b + 0.11)L_{pp} \\ &= (0.19 \times 0.7557039 + 0.11) \times 61.2 \\ &= 6.732 \end{aligned}$$

図1に示すように、船舶がP点で最も係船岸に近づき防舷材F1及びF2に接触するとき、係留施設に平行に測った接岸点から船舶重心までの距離 l は、下記の式によって求めます。ただし、 l は $k > 0.5$ のとき L_1 を、 $k < 0.5$ のときは L_2 を用います。 $k = 0.5$ のときは、 L_1 、 L_2 のうち、 C_e が大きくなる方の値をとります。

$$L_1 = [0.5\alpha + e(1-k)]L_{pp}\cos\theta$$

$$L_2 = [0.5\alpha - ek]L_{pp}\cos\theta$$

ここに、

L_1 : 船舶が防舷材F1に接触するときの係留施設に平行に測った接岸点から船舶の重心までの距離 (m)

L_2 : 船舶が防舷材F2に接触するときの係留施設に平行に測った接岸点から船舶の重心までの距離 (m)

θ : 接岸角度

e : 船の長手方向に測った防舷材間隔(20m)と垂線間長との比

$$e = 20/61.2$$

$$= 0.326797 \text{とします}$$

α : 防舷材との接岸点高さにおける船舶の側面の平行舷(パラレルサイド)の長さとの比

$$\alpha = 0.5 \text{とします}$$

k : 防舷材F1とF2の間において船舶と係船岸が最も近づく点を表すパラメーター

$$k = 0.5 \text{とします}$$

$k=0.5$ ですから、 l は L_1 、 L_2 のうち小さい方を用います。

$$L_1 = [0.5 \times 0.5 + 0.3267974 \times (1 - 0.5)] \times 61.2 \times \cos(10^\circ)$$

$$= 24.91564$$

$$L_2 = [0.5 \times 0.5 - 0.3267974 \times 0.5] \times 61.2 \times \cos(10^\circ)$$

$$= 5.219481$$

したがって、 $l = 5.219481$ とします。

よって、

$$C_e = 1 / [1 + (5.219481/6.732)^2]$$

$$= 0.6245599$$

(3). 仮想質量係数 (C_m)

船舶の仮想質量係数は、下記の式により算出します。

$$C_m = 1 + [\pi / (2 \cdot C_b)] (d/B)$$

ここに、

C_b : ブロック係数

$$C_b = \nabla / (L_{pp} B d)$$

∇ : 船舶の排水体積 (m^3)

$$\nabla = M_s / \omega_0$$

L_{pp} : 垂線間長 (m)

B : 型幅 (m)

d : 満載喫水 (m)

ω_0 : 海水の単位体積重量 ($1.025t/m^3$)

$$C_b = 2503 / (61.2 \times 16 \times 3.3 \times 1.025)$$

$$= 0.7557039$$

$$C_m = 1 + [\pi / (2 \times 0.7557039)] \times (3.3/16)$$

$$= 1.428709$$

(4). 接岸エネルギー (E_f)

$$E_f = (2503 \times 0.35^2 / 2) \times 0.6245599 \times 1.428709 \times 1 \times 1$$

$$= 136.7996 \text{ (kJ)}$$

1. 設計条件

項目	設計条件	単位
船種	ポルトガルフェリー	
重量トン数 (DWT)	0.00	(t)
総トン数 (GT)	0.00	(t)
船長 (L)	71.30	(m)
垂線間長 (L_{pp})	59.34	(m)
型幅 (B)	12.60	(m)
型深さ (D)	10.00	(m)
満載喫水 (d)	3.70	(m)
接岸速度 (V)	0.35	(m/s)

2. 接岸エネルギーの算出

船舶の接岸エネルギーは、下記により算出します。

$$E_f = (M_s \cdot V^2 / 2) \times C_e \times C_m \times C_s \times C_o$$

ここに、

- E_f : 船舶の接岸エネルギー (kJ)
- M_s : 船舶の質量 (t)
- V : 船舶の接岸速度 (m/s)
- C_e : 偏心率
- C_m : 仮想質量係数
- C_s : 柔軟性係数(1とします)
- C_o : バースの形状係数(1とします)

(1). 船舶の排水量 (M_s)

船舶の排水量は、下記の通りとする。

$$M_s = 2,870t$$

(2). 偏心率

偏心率は、下記の式により算出します。

$$C_e = 1 / [1 + (l/r)^2]$$

ここに、

- C_e : 偏心率
- l : 船舶の接岸点から係留施設の法線に平行に測った当該船舶の重心までの距離 (m)
- r : 船舶の重心を通る鉛直軸回りの回転半径 (m)

回転半径は、下記の式より算出します。

$$\begin{aligned} r &= (0.19C_b + 0.11)L_{pp} \\ &= (0.19 \times 1.012134 + 0.11) \times 59.34 \\ &= 17.93881 \end{aligned}$$

図1に示すように、船舶がP点で最も係船岸に近づき防舷材F1及びF2に接触するとき、係留施設に平行に測った接岸点から船舶重心までの距離 l は、下記の式によって求めます。ただし、 l は $k > 0.5$ のとき L_1 を、 $k < 0.5$ のときは L_2 を用います。 $k = 0.5$ のときは、 L_1 、 L_2 のうち、 C_e が大きくなる方の値をとります。

$$L_1 = [0.5\alpha + e(1-k)]L_{pp}\cos\theta$$

$$L_2 = [0.5\alpha - ek]L_{pp}\cos\theta$$

ここに、

L_1 : 船舶が防舷材F1に接触するときの係留施設に平行に測った接岸点から船舶の重心までの距離 (m)

L_2 : 船舶が防舷材F2に接触するときの係留施設に平行に測った接岸点から船舶の重心までの距離 (m)

θ : 接岸角度

e : 船の長手方向に測った防舷材間隔(20m)と垂線間長との比

$$e = 20/59.34$$

= 0.337041とします

α : 防舷材との接岸点高さにおける船舶の側面の平行舷(パラレルサイド)の長さとの比

$$\alpha = 0.5とします$$

k : 防舷材F1とF2の間において船舶と係船岸が最も近づく点を表すパラメーター

$$k = 0.5とします$$

$k=0.5$ ですから、 l は L_1 、 L_2 のうち小さい方を用います。

$$L_1 = [0.5 \times 0.5 + 0.3370408 \times (1 - 0.5)] \times 59.34 \times \cos(10^\circ)$$

$$= 24.4577$$

$$L_2 = [0.5 \times 0.5 - 0.3370408 \times 0.5] \times 59.34 \times \cos(10^\circ)$$

$$= 4.761546$$

したがって、 $l = 4.761546$ とします。

よって、

$$C_e = 1 / [1 + (4.761546 / 17.93881)^2]$$

$$= 0.9341826$$

3). 仮想質量係数 (C_m)

船舶の仮想質量係数は、下記の式により算出します。

$$C_m = 1 + [\pi / (2 \cdot C_b)] (d/B)$$

ここに、

C_b : ブロック係数

$$C_b = \nabla / (L_{pp} B d)$$

∇ : 船舶の排水体積 (m^3)

$$\nabla = M_s / \omega_0$$

L_{pp} : 垂線間長 (m)

B : 型幅 (m)

d : 満載喫水 (m)

ω_0 : 海水の単位体積重量 ($1.025t/m^3$)

$$C_b = 2870 / (59.34 \times 12.6 \times 3.7 \times 1.025)$$

$$= 1.012134$$

$$C_m = 1 + [\pi / (2 \times 1.012134)] \times (3.7 / 12.6)$$

$$= 1.455735$$

4). 接岸エネルギー (E_f)

$$E_f = (2870 \times 0.35^2 / 2) \times 0.9341826 \times 1.455735 \times 1 \times 1$$

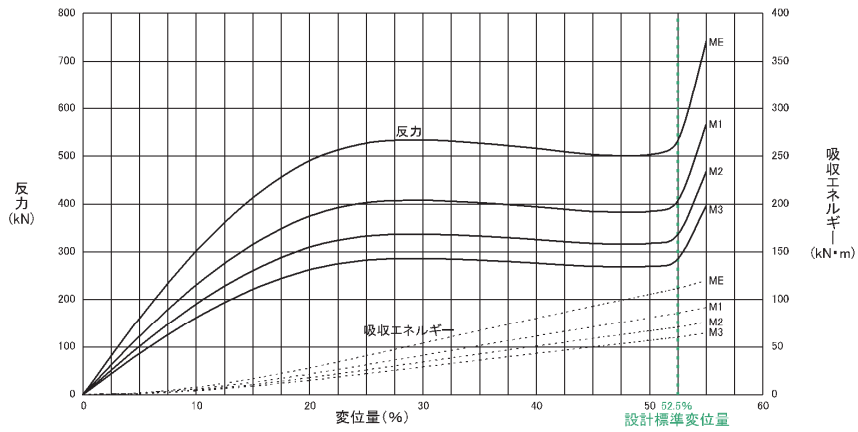
$$= 239.0574 (kJ)$$

■ DA-A500H圧縮性能

■性能グレード：Mシリーズ

性能グレード 設計標準変位量	ME		M1		M2		M3	
	52.5%		52.5%		52.5%		52.5%	
項目	反力 (kN)	吸収エネルギー (kN・m)	反力 (kN)	吸収エネルギー (kN・m)	反力 (kN)	吸収エネルギー (kN・m)	反力 (kN)	吸収エネルギー (kN・m)
長さ								
1000mm	534	112	408	85.7	337	70.9	286	60.2
1500mm	801	168	612	129	506	106	429	90.3
2000mm	1070	224	816	171	674	142	572	120
2500mm	1340	280	1020	214	843	177	715	151
3000mm	1600	336	1220	257	1011	213	858	181
3500mm	1870	392	1430	300	1180	248	1000	211

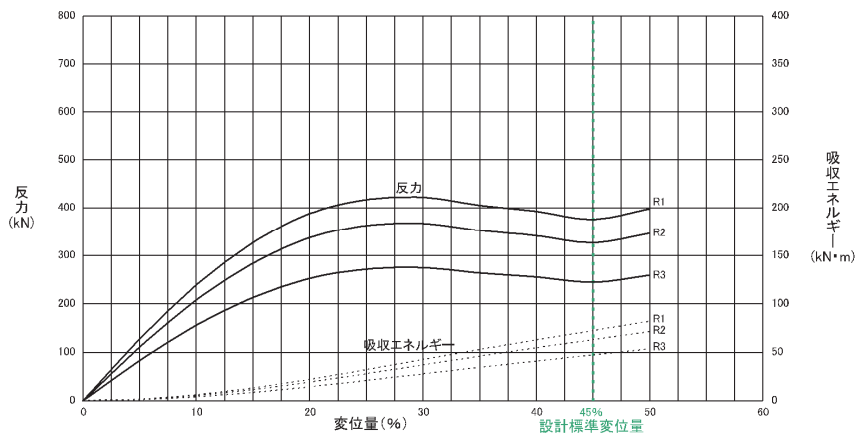
性能公差：反力+10%以下／吸収エネルギー-10%以上



■性能グレード：Rシリーズ

性能グレード 設計標準変位量	R1		R2		R3	
	45.0%		45.0%		45.0%	
項目	反力 (kN)	吸収エネルギー (kN・m)	反力 (kN)	吸収エネルギー (kN・m)	反力 (kN)	吸収エネルギー (kN・m)
長さ						
1000mm	422	72.5	367	63.1	275	47.3
1500mm	633	109	551	94.7	413	71.0
2000mm	844	145	734	126	550	94.6
2500mm	1060	181	918	158	688	118
3000mm	1270	218	1100	189	825	142
3500mm	1480	254	1280	221	963	166

性能公差：反力+10%以下／吸収エネルギー-10%以上



防舷材取り付け位置検討図

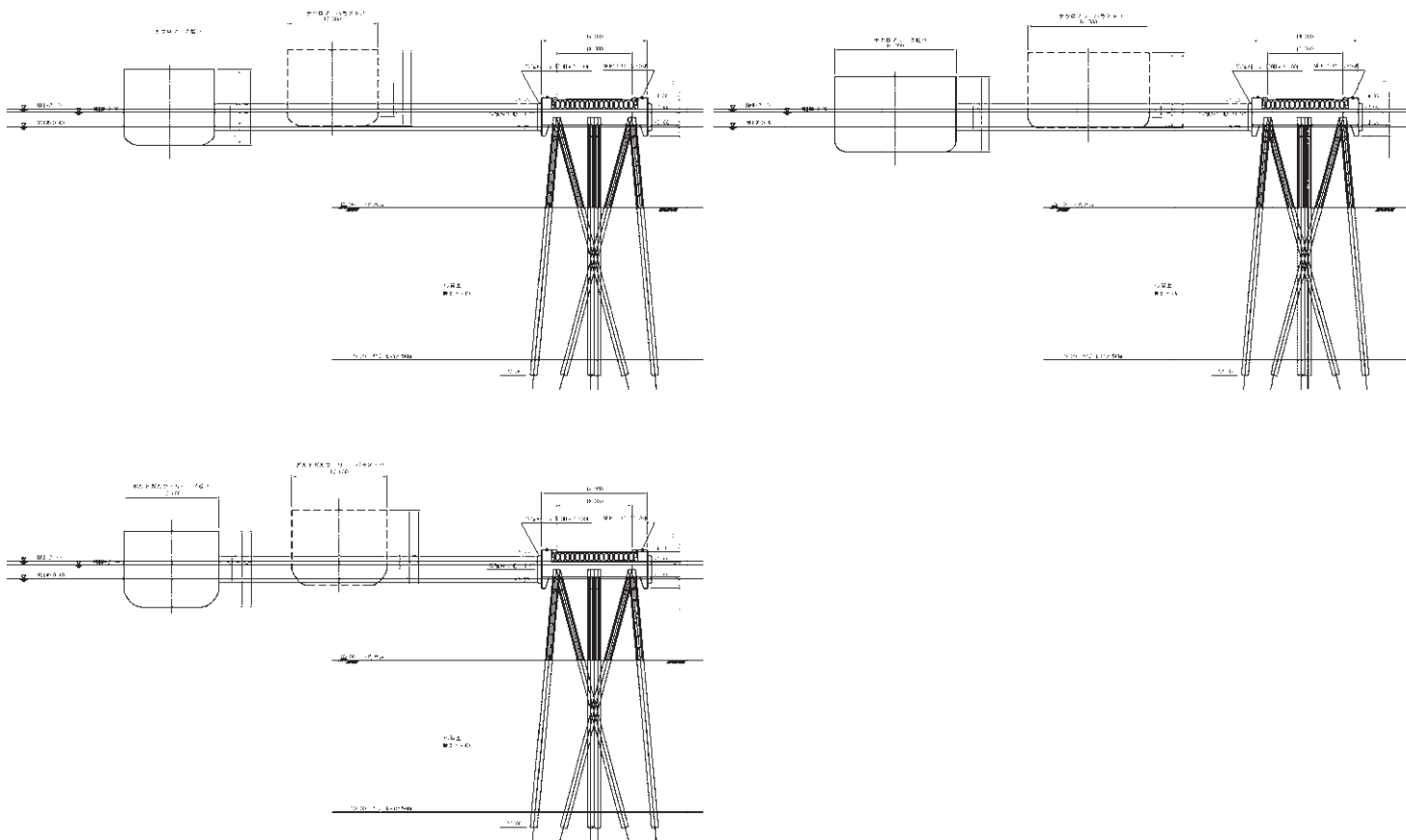


図 5-48 防舷材取り付け位置検討図

表 5-37(1/2) 耐力照査(BH-3、接岸時)

三次元杭基礎の設計

1. 入力条件

Ship

Xo= 818.000 kN

Yo= 17,648.000 kN

Zo= -2,045.000 kN

Mx= 2,751.000 kN-m

My= 0.000 kN-m

Mz= 493.000 kN-m

杭本数 n= 10

Kh= 4.930 N/cm³

有効座屈長 h

BD BH3 接岸時 (1/4)

Pile No.	x (m)	y (m)	z (m)	鉛直角 (°)	平面角 (°)	杭径 (m)	肉厚 (m)	腐食代 (m)	材質	突出長 (m)	全長 (m)
1	0.000	0.000	10.450	15.00	0.00	0.9000	0.012	0.0010	SKK400	13.257	38.900
2	0.000	0.000	9.550	15.00	180.00	0.9000	0.012	0.0010	SKK400	13.257	38.900
3	0.450	0.000	5.000	15.00	270.00	0.9000	0.012	0.0010	SKK400	13.257	38.900
4	-0.450	0.000	5.000	15.00	90.00	0.9000	0.012	0.0010	SKK400	13.257	38.900
5	0.000	0.000	0.450	15.00	180.00	0.9000	0.012	0.0010	SKK400	13.257	38.900
6	0.000	0.000	-0.450	15.00	0.00	0.9000	0.012	0.0010	SKK400	13.257	38.900
7	0.450	0.000	-5.000	15.00	270.00	0.9000	0.012	0.0010	SKK400	13.257	38.900
8	-0.450	0.000	-5.000	15.00	90.00	0.9000	0.012	0.0010	SKK400	13.257	38.900
9	0.000	0.000	-9.550	15.00	180.00	0.9000	0.012	0.0010	SKK400	13.257	38.900
10	0.000	0.000	-10.450	15.00	0.00	0.9000	0.012	0.0010	SKK400	13.257	38.900

2. バネ定数

BD BH3 接岸時 (2/4)

Pile No.	断面積 (cm ²)	断面係数 (cm ³)	断面2次モーメント (cm ⁴)	β (m ⁻¹)	K _{X1} (kN/m)	K _{Z1} (kN/m)	K _{X2} (kN/rad)	K _{Z2} (kN/rad)	K _{X4} (kN-m/rad)	K _{Z4} (kN-m/rad)	K _D (kN-m/rad)	K _V (kN/m)
1	306.53	6,715	301,502	0.2071	1,178.36	1,178.36	10,655.68	10,655.68	129,698.94	129,698.94	25,647.41	157,596.50
2	306.53	6,715	301,502	0.2071	1,178.36	1,178.36	10,655.68	10,655.68	129,698.94	129,698.94	25,647.41	157,596.50
3	306.53	6,715	301,502	0.2071	1,178.36	1,178.36	10,655.68	10,655.68	129,698.94	129,698.94	25,647.41	157,596.50
4	306.53	6,715	301,502	0.2071	1,178.36	1,178.36	10,655.68	10,655.68	129,698.94	129,698.94	25,647.41	157,596.50
5	306.53	6,715	301,502	0.2071	1,178.36	1,178.36	10,655.68	10,655.68	129,698.94	129,698.94	25,647.41	157,596.50
6	306.53	6,715	301,502	0.2071	1,178.36	1,178.36	10,655.68	10,655.68	129,698.94	129,698.94	25,647.41	157,596.50
7	306.53	6,715	301,502	0.2071	1,178.36	1,178.36	10,655.68	10,655.68	129,698.94	129,698.94	25,647.41	157,596.50
8	306.53	6,715	301,502	0.2071	1,178.36	1,178.36	10,655.68	10,655.68	129,698.94	129,698.94	25,647.41	157,596.50
9	306.53	6,715	301,502	0.2071	1,178.36	1,178.36	10,655.68	10,655.68	129,698.94	129,698.94	25,647.41	157,596.50
10	306.53	6,715	301,502	0.2071	1,178.36	1,178.36	10,655.68	10,655.68	129,698.94	129,698.94	25,647.41	157,596.50

3. 杭応力

BD BH3 接岸時 (3/4)

Pile No.	Px (kN)	Py (kN)	Pz (kN)	Mx (kN-m)	My (kN-m)	Mz (kN-m)	Me (kN-m)	l/r	σ_c σ_t (N/mm ²)	σ_{bc} σ_{bt} (N/mm ²)	σ_{ca} σ_{ta} (N/mm ²)	σ_{ba} σ_{ta} (N/mm ²)
1	16.812	2,058.323	-45.470	-407.924	-0.893	-183.118	447.140	42.27	67	67	202	235
2	-23.670	1,332.325	45.795	411.877	-2.025	245.131	479.306	42.27	43	71	202	235
3	40.586	3,306.366	20.763	218.295	4.731	-364.166	424.595	42.27	108	63	202	235
4	-47.704	214.166	-20.438	-214.341	-7.649	428.533	479.178	42.27	7	71	202	235
5	-24.516	1,428.662	45.795	411.877	-2.025	252.788	483.267	42.27	47	72	202	235
6	17.259	2,226.079	-45.470	-407.924	-0.893	-187.160	448.810	42.27	73	67	202	235
7	40.326	3,436.251	21.457	224.570	4.731	-361.813	425.854	42.27	112	63	202	235
8	-47.964	344.051	-21.132	-220.616	-7.649	430.886	484.111	42.27	11	72	202	235
9	-25.447	1,534.525	45.795	411.877	-2.025	261.202	487.721	42.27	50	73	202	235
10	17.669	2,379.984	-45.470	-407.924	-0.893	-190.868	450.369	42.27	78	67	202	235

表 5-37(2/2) 耐力照査(BH-3、接岸時)

4. 杭の応力判定及び変位量

BD BH3 接岸時 (4/4)

Pile No.	杭径 (m)	肉厚 (m)	応力比	X 方向変位 (m)	Y 方向変位 (m)	Z 方向変位 (m)
1	0.9000	0.0120	0.617	0.009016	0.011106	-0.039471
2	0.9000	0.0120	0.519	0.009069	0.011182	-0.039471
3	0.9000	0.0120	0.804	0.009337	0.011151	-0.039444
4	0.9000	0.0120	0.338	0.009337	0.011990	-0.039497
5	0.9000	0.0120	0.538	0.009605	0.011959	-0.039471
6	0.9000	0.0120	0.645	0.009658	0.012036	-0.039471
7	0.9000	0.0120	0.826	0.009926	0.012004	-0.039444
8	0.9000	0.0120	0.362	0.009926	0.012843	-0.039497
9	0.9000	0.0120	0.558	0.010194	0.012812	-0.039471
10	0.9000	0.0120	0.671	0.010247	0.012889	-0.039471

原点の変位			
x ₀ (m)	0.009632	α_0 (rad)	0.000085
y ₀ (m)	0.011997	β_0 (rad)	-0.000059
z ₀ (m)	-0.039471	γ_0 (rad)	-0.000933

三次元杭基礎の設計

1. 入力条件

L1

Xo= 0.000 kN
 Yo= 13,648.000 kN
 Zo= 2,047.000 kN

 Mx= -2,047.000 kN-m
 My= 0.000 kN-m
 Mz= 0.000 kN-m

 杭本数 n= 10
 Kh= 5.900 N/cm³
 有効座屈長 h

BD BH3 地震時_橋軸直角方向 (1/4)

Pile No.	x (m)	y (m)	z (m)	鉛直角 (°)	平面角 (°)	杭径 (m)	肉厚 (m)	腐食代 (m)	材質	突出長 (m)	全長 (m)
1	0.000	0.000	10.450	15.00	0.00	0.9000	0.012	0.0010	SKK400	13.257	38.900
2	0.450	0.000	9.550	15.00	180.00	0.9000	0.012	0.0010	SKK400	13.257	38.900
3	0.450	0.000	5.000	15.00	270.00	0.9000	0.012	0.0010	SKK400	13.257	38.900
4	-0.450	0.000	5.000	15.00	90.00	0.9000	0.012	0.0010	SKK400	13.257	38.900
5	0.000	0.000	0.450	15.00	180.00	0.9000	0.012	0.0010	SKK400	13.257	38.900
6	0.000	0.000	-0.450	15.00	0.00	0.9000	0.012	0.0010	SKK400	13.257	38.900
7	0.450	0.000	-5.000	15.00	270.00	0.9000	0.012	0.0010	SKK400	13.257	38.900
8	-0.450	0.000	-5.000	15.00	90.00	0.9000	0.012	0.0010	SKK400	13.257	38.900
9	0.000	0.000	-9.550	15.00	180.00	0.9000	0.012	0.0010	SKK400	13.257	38.900
10	0.000	0.000	-10.450	15.00	0.00	0.9000	0.012	0.0010	SKK400	13.257	38.900

2. パネ定数

BD BH3 地震時_橋軸直角方向 (2/4)

Pile No.	断面積 (cm ²)	断面係数 (cm ³)	断面2次モーメント (cm ⁴)	β (m ⁻¹)	K _{X1} (kN/m)	K _{Z1} (kN/m)	K _{X2} (kN/rad)	K _{Z2} (kN/rad)	K _{X4} (kN-m/rad)	K _{Z4} (kN-m/rad)	K _D (kN-m/rad)	K _V (kN/m)
1	306.53	6,715	301,502	0.2166	1,225.04	1,225.04	10,947.95	10,947.95	131,576.71	131,576.71	25,951.65	157,596.50
2	306.53	6,715	301,502	0.2166	1,225.04	1,225.04	10,947.95	10,947.95	131,576.71	131,576.71	25,951.65	157,596.50
3	306.53	6,715	301,502	0.2166	1,225.04	1,225.04	10,947.95	10,947.95	131,576.71	131,576.71	25,951.65	157,596.50
4	306.53	6,715	301,502	0.2166	1,225.04	1,225.04	10,947.95	10,947.95	131,576.71	131,576.71	25,951.65	157,596.50
5	306.53	6,715	301,502	0.2166	1,225.04	1,225.04	10,947.95	10,947.95	131,576.71	131,576.71	25,951.65	157,596.50
6	306.53	6,715	301,502	0.2166	1,225.04	1,225.04	10,947.95	10,947.95	131,576.71	131,576.71	25,951.65	157,596.50
7	306.53	6,715	301,502	0.2166	1,225.04	1,225.04	10,947.95	10,947.95	131,576.71	131,576.71	25,951.65	157,596.50
8	306.53	6,715	301,502	0.2166	1,225.04	1,225.04	10,947.95	10,947.95	131,576.71	131,576.71	25,951.65	157,596.50
9	306.53	6,715	301,502	0.2166	1,225.04	1,225.04	10,947.95	10,947.95	131,576.71	131,576.71	25,951.65	157,596.50
10	306.53	6,715	301,502	0.2166	1,225.04	1,225.04	10,947.95	10,947.95	131,576.71	131,576.71	25,951.65	157,596.50

表 5-38(1/2) 耐力照査(BH-3、橋軸直角方向地震時)

3. 杭応力

BD BH3 地震時_橋軸直角方向 (3/4)

Pile No.	Px	Py	Pz	Mx	My	Mz	Me	l/r	$\frac{\sigma c}{\sigma t}$	$\frac{\sigma bc}{\sigma bt}$	$\frac{\sigma ca}{\sigma ta}$	$\frac{\sigma ba}{\sigma ta}$
	(kN)	(kN)	(kN)	(kN-m)	(kN-m)	(kN-m)	(kN-m)		(N/mm ²)	(N/mm ²)	(N/mm ²)	(N/mm ²)
1	-19.298	1,624.393	48.603	432.213	-0.985	232.166	490.622	42.27	53	73	202	235
2	12.741	1,512.597	-48.499	-430.933	-0.031	-173.568	464.574	42.27	49	69	202	235
3	-50.131	-66.337	-15.180	-193.150	-12.394	445.614	485.753	42.27	2	72	235	235
4	44.052	2,973.954	15.294	194.530	11.379	-391.285	437.048	42.27	97	65	202	235
5	12.980	1,285.437	-48.488	-430.833	-0.031	-175.706	465.285	42.27	42	69	202	235
6	-18.791	1,515.522	48.603	432.213	-0.985	227.637	488.494	42.27	49	73	202	235
7	-49.906	-174.483	-14.931	-190.932	-12.394	443.601	483.026	42.27	6	72	235	235
8	44.277	2,865.809	15.046	192.312	11.379	-393.298	437.872	42.27	93	65	202	235
9	12.966	1,169.028	-48.488	-430.833	-0.031	-175.577	465.236	42.27	38	69	202	235
10	-18.326	1,415.641	48.603	432.213	-0.985	223.481	486.572	42.27	46	72	202	235

表 5-38(2/2) 耐力照査(BH-3、橋軸直角方向地震時)

4. 杭の応力判定及び変位量

BD BH3 地震時_橋軸直角方向 (4/4)

Pile No.	杭径	肉厚	応力比	X 方向変位	Y 方向変位	Z 方向変位
	(m)	(m)		(m)	(m)	(m)
1	0.9000	0.0120	0.574	0.002728	0.009940	0.040241
2	0.9000	0.0120	0.539	0.002746	0.010672	0.040250
3	0.9000	0.0120	0.317	0.002838	0.010349	0.040250
4	0.9000	0.0120	0.758	0.002838	0.008756	0.040231
5	0.9000	0.0120	0.503	0.002931	0.009229	0.040241
6	0.9000	0.0120	0.555	0.002949	0.009166	0.040241
7	0.9000	0.0120	0.330	0.003041	0.009639	0.040250
8	0.9000	0.0120	0.741	0.003041	0.008046	0.040231
9	0.9000	0.0120	0.484	0.003133	0.008519	0.040241
10	0.9000	0.0120	0.538	0.003151	0.008455	0.040241

原点の変位			
x ₀ (m)	0.002940	α ₀ (rad)	-0.000071
y ₀ (m)	0.009198	β ₀ (rad)	-0.000020
z ₀ (m)	0.040241	γ ₀ (rad)	0.001770

三次元杭基礎の設計

1. 入力条件

L1

Xo= 2,047.000 kN
 Yo= 13,648.000 kN
 Zo= 0.000 kN

 Mx= 0.000 kN-m
 My= 0.000 kN-m
 Mz= 2,047.000 kN-m

 杭本数 n= 10
 Kh= 5.900 N/cm³
 有効座屈長 h

BD BH3 地震時_橋軸方向 (1/4)

Pile No.	x (m)	y (m)	z (m)	鉛直角 (°)	平面角 (°)	杭径 (m)	肉厚 (m)	腐食代 (m)	材質	突出長 (m)	全長 (m)
1	0.000	0.000	10.450	15.00	0.00	0.9000	0.012	0.0010	SKK400	13.257	38.900
2	0.000	0.000	9.550	15.00	180.00	0.9000	0.012	0.0010	SKK400	13.257	38.900
3	0.450	0.000	5.000	15.00	270.00	0.9000	0.012	0.0010	SKK400	13.257	38.900
4	-0.450	0.000	5.000	15.00	90.00	0.9000	0.012	0.0010	SKK400	13.257	38.900
5	0.000	0.000	0.450	15.00	180.00	0.9000	0.012	0.0010	SKK400	13.257	38.900
6	0.000	0.000	-0.450	15.00	0.00	0.9000	0.012	0.0010	SKK400	13.257	38.900
7	0.450	0.000	-5.000	15.00	270.00	0.9000	0.012	0.0010	SKK400	13.257	38.900
8	-0.450	0.000	-5.000	15.00	90.00	0.9000	0.012	0.0010	SKK400	13.257	38.900
9	0.000	0.000	-9.550	15.00	180.00	0.9000	0.012	0.0010	SKK400	13.257	38.900
10	0.000	0.000	-10.450	15.00	0.00	0.9000	0.012	0.0010	SKK400	13.257	38.900

2. パネ定数

BD BH3 地震時_橋軸方向 (2/4)

Pile No.	断面積 (cm ²)	断面係数 (cm ³)	断面2次モーメント (cm ⁴)	β (m ⁻¹)	K _{X1} (kN/m)	K _{Z1} (kN/m)	K _{X2} (kN/rad)	K _{Z2} (kN/rad)	K _{X4} (kN-m/rad)	K _{Z4} (kN-m/rad)	K _D (kN-m/rad)	K _V (kN/m)
1	306.53	6,715	301,502	0.2166	1,225.04	1,225.04	10,947.95	10,947.95	131,576.71	131,576.71	25,951.65	157,596.50
2	306.53	6,715	301,502	0.2166	1,225.04	1,225.04	10,947.95	10,947.95	131,576.71	131,576.71	25,951.65	157,596.50
3	306.53	6,715	301,502	0.2166	1,225.04	1,225.04	10,947.95	10,947.95	131,576.71	131,576.71	25,951.65	157,596.50
4	306.53	6,715	301,502	0.2166	1,225.04	1,225.04	10,947.95	10,947.95	131,576.71	131,576.71	25,951.65	157,596.50
5	306.53	6,715	301,502	0.2166	1,225.04	1,225.04	10,947.95	10,947.95	131,576.71	131,576.71	25,951.65	157,596.50
6	306.53	6,715	301,502	0.2166	1,225.04	1,225.04	10,947.95	10,947.95	131,576.71	131,576.71	25,951.65	157,596.50
7	306.53	6,715	301,502	0.2166	1,225.04	1,225.04	10,947.95	10,947.95	131,576.71	131,576.71	25,951.65	157,596.50
8	306.53	6,715	301,502	0.2166	1,225.04	1,225.04	10,947.95	10,947.95	131,576.71	131,576.71	25,951.65	157,596.50
9	306.53	6,715	301,502	0.2166	1,225.04	1,225.04	10,947.95	10,947.95	131,576.71	131,576.71	25,951.65	157,596.50
10	306.53	6,715	301,502	0.2166	1,225.04	1,225.04	10,947.95	10,947.95	131,576.71	131,576.71	25,951.65	157,596.50

表 5-39(1/2) 耐力照査(BH-3、橋軸方向地震時)

3. 杭応力

BD BH3 地震時_橋軸方向 (3/4)

Pile No.	Px (kN)	Py (kN)	Pz (kN)	Mx (kN-m)	My (kN-m)	Mz (kN-m)	Me (kN-m)	l/r	$\frac{\sigma_c}{\sigma_t}$ (N/mm ²)	$\frac{\sigma_{bc}}{\sigma_{bt}}$ (N/mm ²)	$\frac{\sigma_{ca}}{\sigma_{ta}}$ (N/mm ²)	$\frac{\sigma_{ba}}{\sigma_{ta}}$ (N/mm ²)
1	-10.895	2,777.778	6.728	59.921	-1.928	240.098	247.466	42.27	91	37	202	235
2	4.777	121.047	-6.330	-55.141	-1.590	-185.424	193.452	42.27	4	29	202	235
3	-9.911	1,493.830	-4.268	-175.397	-30.176	87.725	197.265	42.27	49	29	202	235
4	3.873	1,366.706	4.665	180.176	26.658	-33.763	184.276	42.27	45	27	202	235
5	4.094	60.158	-6.330	-55.141	-1.590	-179.319	187.609	42.27	2	28	202	235
6	-9.903	2,767.242	6.728	59.921	-1.928	231.233	238.874	42.27	90	36	202	235
7	-9.831	1,455.542	-3.408	-167.714	-30.176	87.012	190.139	42.27	47	28	202	235
8	3.953	1,328.418	3.806	172.494	26.658	-34.476	176.909	42.27	43	26	202	235
9	3.343	-6.753	-6.330	-55.141	-1.590	-172.611	181.208	42.27	0	27	235	235
10	-8.993	2,757.577	6.728	59.921	-1.928	223.099	231.010	42.27	90	34	202	235

表 5-39(2/2) 耐力照査(BH-3、橋軸方向地震時)

4. 杭の応力判定及び変位置

BD BH3 地震時_橋軸方向 (4/4)

Pile No.	杭径 (m)	肉厚 (m)	応力比	X 方向変位 (m)	Y 方向変位 (m)	Z 方向変位 (m)
1	0.9000	0.0120	0.607	0.032493	0.009541	0.005547
2	0.9000	0.0120	0.142	0.032556	0.009519	0.005547
3	0.9000	0.0120	0.367	0.032875	0.011308	0.005579
4	0.9000	0.0120	0.338	0.032875	0.007500	0.005515
5	0.9000	0.0120	0.129	0.033195	0.009290	0.005547
6	0.9000	0.0120	0.599	0.033258	0.009267	0.005547
7	0.9000	0.0120	0.356	0.033577	0.011056	0.005579
8	0.9000	0.0120	0.327	0.033577	0.007249	0.005515
9	0.9000	0.0120	0.116	0.033896	0.009038	0.005547
10	0.9000	0.0120	0.593	0.033960	0.009016	0.005547

原点の変位			
x ₀ (m)	0.033226	α ₀ (rad)	-0.000025
y ₀ (m)	0.009278	β ₀ (rad)	-0.000070
z ₀ (m)	0.005547	γ ₀ (rad)	0.004231

三次元杭基礎の設計

1. 入力条件

Ship

Xo= 818.000 kN

Yo= 17,648.000 kN

Zo= -2,045.000 kN

Mx= 2,751.000 kN-m

My= 0.000 kN-m

Mz= 493.000 kN-m

杭本数 n= 10

Kh= 4.930 N/cm³

有効座屈長 h

BD BH4 接岸時 (1/4)

Pile No.	x (m)	y (m)	z (m)	鉛直角 (°)	平面角 (°)	杭径 (m)	肉厚 (m)	腐食代 (m)	材質	突出長 (m)	全長 (m)
1	0.000	0.000	10.450	15.00	0.00	0.9000	0.012	0.0010	SKK400	13.257	38.900
2	0.000	0.000	9.550	15.00	180.00	0.9000	0.012	0.0010	SKK400	13.257	38.900
3	0.450	0.000	5.000	15.00	270.00	0.9000	0.012	0.0010	SKK400	13.257	38.900
4	-0.450	0.000	5.000	15.00	90.00	0.9000	0.012	0.0010	SKK400	13.257	38.900
5	0.000	0.000	0.450	15.00	180.00	0.9000	0.012	0.0010	SKK400	13.257	38.900
6	0.000	0.000	-0.450	15.00	0.00	0.9000	0.012	0.0010	SKK400	13.257	38.900
7	0.450	0.000	-5.000	15.00	270.00	0.9000	0.012	0.0010	SKK400	13.257	38.900
8	-0.450	0.000	-5.000	15.00	90.00	0.9000	0.012	0.0010	SKK400	13.257	38.900
9	0.000	0.000	-9.550	15.00	180.00	0.9000	0.012	0.0010	SKK400	13.257	38.900
10	0.000	0.000	-10.450	15.00	0.00	0.9000	0.012	0.0010	SKK400	13.257	38.900

2. パネ定数

BD BH4 接岸時 (2/4)

Pile No.	断面積 (cm ²)	断面係数 (cm ³)	断面2次モーメント (cm ⁴)	β (m ⁻¹)	K _{X1} (kN/m)	K _{Z1} (kN/m)	K _{X2} (kN/rad)	K _{Z2} (kN/rad)	K _{X4} (kN-m/rad)	K _{Z4} (kN-m/rad)	K _D (kN-m/rad)	K _V (kN/m)
1	306.53	6,715	301,502	0.2071	1,178.36	1,178.36	10,655.68	10,655.68	129,698.94	129,698.94	25,647.41	157,596.50
2	306.53	6,715	301,502	0.2071	1,178.36	1,178.36	10,655.68	10,655.68	129,698.94	129,698.94	25,647.41	157,596.50
3	306.53	6,715	301,502	0.2071	1,178.36	1,178.36	10,655.68	10,655.68	129,698.94	129,698.94	25,647.41	157,596.50
4	306.53	6,715	301,502	0.2071	1,178.36	1,178.36	10,655.68	10,655.68	129,698.94	129,698.94	25,647.41	157,596.50
5	306.53	6,715	301,502	0.2071	1,178.36	1,178.36	10,655.68	10,655.68	129,698.94	129,698.94	25,647.41	157,596.50
6	306.53	6,715	301,502	0.2071	1,178.36	1,178.36	10,655.68	10,655.68	129,698.94	129,698.94	25,647.41	157,596.50
7	306.53	6,715	301,502	0.2071	1,178.36	1,178.36	10,655.68	10,655.68	129,698.94	129,698.94	25,647.41	157,596.50
8	306.53	6,715	301,502	0.2071	1,178.36	1,178.36	10,655.68	10,655.68	129,698.94	129,698.94	25,647.41	157,596.50
9	306.53	6,715	301,502	0.2071	1,178.36	1,178.36	10,655.68	10,655.68	129,698.94	129,698.94	25,647.41	157,596.50
10	306.53	6,715	301,502	0.2071	1,178.36	1,178.36	10,655.68	10,655.68	129,698.94	129,698.94	25,647.41	157,596.50

表 5-40(1/2) 耐力照査(BH-4、接岸時)

3. 杭応力

BD BH4 接岸時 (3/4)

Pile No.	Px (kN)	Py (kN)	Pz (kN)	Mx (kN-m)	My (kN-m)	Mz (kN-m)	Me (kN-m)	l/r	σ_c σ_t (N/mm ²)	σ_{bc} σ_{bt} (N/mm ²)	σ_{ca} σ_{ta} (N/mm ²)	σ_{ba} σ_{ta} (N/mm ²)
1	16.812	2,058.323	-45.470	-407.924	-0.893	-183.118	447.140	42.27	67	67	202	235
2	-23.670	1,332.325	45.795	411.877	-2.025	245.131	479.306	42.27	43	71	202	235
3	40.586	3,306.366	20.763	218.295	4.731	-364.166	424.595	42.27	108	63	202	235
4	-47.704	214.166	-20.438	-214.341	-7.649	428.533	479.178	42.27	7	71	202	235
5	-24.516	1,428.662	45.795	411.877	-2.025	252.788	483.267	42.27	47	72	202	235
6	17.259	2,226.079	-45.470	-407.924	-0.893	-187.160	448.810	42.27	73	67	202	235
7	40.326	3,436.251	21.457	224.570	4.731	-361.813	425.854	42.27	112	63	202	235
8	-47.964	344.051	-21.132	-220.616	-7.649	430.886	484.111	42.27	11	72	202	235
9	-25.447	1,534.525	45.795	411.877	-2.025	261.202	487.721	42.27	50	73	202	235
10	17.669	2,379.984	-45.470	-407.924	-0.893	-190.868	450.369	42.27	78	67	202	235

4. 杭の応力判定及び変位量

BD BH4 接岸時 (4/4)

Pile No.	杭径 (m)	肉厚 (m)	応力比	X 方向変位 (m)	Y 方向変位 (m)	Z 方向変位 (m)
1	0.9000	0.0120	0.617	0.009016	0.011106	-0.039471
2	0.9000	0.0120	0.519	0.009069	0.011182	-0.039471
3	0.9000	0.0120	0.804	0.009337	0.011151	-0.039444
4	0.9000	0.0120	0.338	0.009337	0.011990	-0.039497
5	0.9000	0.0120	0.538	0.009605	0.011959	-0.039471
6	0.9000	0.0120	0.645	0.009658	0.012036	-0.039471
7	0.9000	0.0120	0.826	0.009926	0.012004	-0.039444
8	0.9000	0.0120	0.362	0.009926	0.012843	-0.039497
9	0.9000	0.0120	0.558	0.010194	0.012812	-0.039471
10	0.9000	0.0120	0.671	0.010247	0.012889	-0.039471

原点の変位			
x ₀ (m)	0.009632	α ₀ (rad)	0.000085
y ₀ (m)	0.011997	β ₀ (rad)	-0.000059
z ₀ (m)	-0.039471	γ ₀ (rad)	-0.000933

三次元杭基礎の設計

1. 入力条件

L1

Xo= 0.000 kN
 Yo= 13,648.000 kN
 Zo= 2,047.000 kN

 Mx= -2,047.000 kN-m
 My= 0.000 kN-m
 Mz= 0.000 kN-m

 杭本数 n= 10
 Kh= 5.900 N/cm³
 有効座屈長 h

BD BH4 地震時_橋軸直角方向 (1/4)

Pile No.	x (m)	y (m)	z (m)	鉛直角 (°)	平面角 (°)	杭径 (m)	肉厚 (m)	腐食代 (m)	材質	突出長 (m)	全長 (m)
1	0.000	0.000	10.450	15.00	0.00	0.9000	0.012	0.0010	SKK400	13.257	38.900
2	0.450	0.000	9.550	15.00	180.00	0.9000	0.012	0.0010	SKK400	13.257	38.900
3	0.450	0.000	5.000	15.00	270.00	0.9000	0.012	0.0010	SKK400	13.257	38.900
4	-0.450	0.000	5.000	15.00	90.00	0.9000	0.012	0.0010	SKK400	13.257	38.900
5	0.000	0.000	0.450	15.00	180.00	0.9000	0.012	0.0010	SKK400	13.257	38.900
6	0.000	0.000	-0.450	15.00	0.00	0.9000	0.012	0.0010	SKK400	13.257	38.900
7	0.450	0.000	-5.000	15.00	270.00	0.9000	0.012	0.0010	SKK400	13.257	38.900
8	-0.450	0.000	-5.000	15.00	90.00	0.9000	0.012	0.0010	SKK400	13.257	38.900
9	0.000	0.000	-9.550	15.00	180.00	0.9000	0.012	0.0010	SKK400	13.257	38.900
10	0.000	0.000	-10.450	15.00	0.00	0.9000	0.012	0.0010	SKK400	13.257	38.900

2. バネ定数

BD BH4 地震時_橋軸直角方向 (2/4)

Pile No.	断面積 (cm ²)	断面係数 (cm ³)	断面2次モーメント (cm ⁴)	β (m ⁻¹)	K _{x1} (kN/m)	K _{z1} (kN/m)	K _{x2} (kN/rad)	K _{z2} (kN/rad)	K _{x4} (kN-m/rad)	K _{z4} (kN-m/rad)	K _D (kN-m/rad)	K _V (kN/m)
1	306.53	6,715	301,502	0.2166	1,225.04	1,225.04	10,947.95	10,947.95	131,576.71	131,576.71	25,951.65	157,596.50
2	306.53	6,715	301,502	0.2166	1,225.04	1,225.04	10,947.95	10,947.95	131,576.71	131,576.71	25,951.65	157,596.50
3	306.53	6,715	301,502	0.2166	1,225.04	1,225.04	10,947.95	10,947.95	131,576.71	131,576.71	25,951.65	157,596.50
4	306.53	6,715	301,502	0.2166	1,225.04	1,225.04	10,947.95	10,947.95	131,576.71	131,576.71	25,951.65	157,596.50
5	306.53	6,715	301,502	0.2166	1,225.04	1,225.04	10,947.95	10,947.95	131,576.71	131,576.71	25,951.65	157,596.50
6	306.53	6,715	301,502	0.2166	1,225.04	1,225.04	10,947.95	10,947.95	131,576.71	131,576.71	25,951.65	157,596.50
7	306.53	6,715	301,502	0.2166	1,225.04	1,225.04	10,947.95	10,947.95	131,576.71	131,576.71	25,951.65	157,596.50
8	306.53	6,715	301,502	0.2166	1,225.04	1,225.04	10,947.95	10,947.95	131,576.71	131,576.71	25,951.65	157,596.50
9	306.53	6,715	301,502	0.2166	1,225.04	1,225.04	10,947.95	10,947.95	131,576.71	131,576.71	25,951.65	157,596.50
10	306.53	6,715	301,502	0.2166	1,225.04	1,225.04	10,947.95	10,947.95	131,576.71	131,576.71	25,951.65	157,596.50

表 5-41(1/2) 耐力照査(BH-4、橋軸直角方向地震時)

3. 杭応力

BD BH4 地震時_橋軸直角方向 (3/4)

Pile No.	Px (kN)	Py (kN)	Pz (kN)	Mx (kN-m)	My (kN-m)	Mz (kN-m)	Me (kN-m)	l/r	σ_c σ_t (N/mm ²)	σ_{bc} σ_{bt} (N/mm ²)	σ_{ca} σ_{ta} (N/mm ²)	σ_{ba} σ_{ta} (N/mm ²)
1	-19.298	1,624.393	48.603	432.213	-0.985	232.166	490.622	42.27	53	73	202	235
2	12.741	1,512.597	-48.499	-430.933	-0.031	-173.568	464.574	42.27	49	69	202	235
3	-50.131	-66.337	-15.180	-193.150	-12.394	445.614	485.753	42.27	2	72	235	235
4	44.052	2,973.954	15.294	194.530	11.379	-391.285	437.048	42.27	97	65	202	235
5	12.980	1,285.437	-48.488	-430.833	-0.031	-175.706	465.285	42.27	42	69	202	235
6	-18.791	1,515.522	48.603	432.213	-0.985	227.637	488.494	42.27	49	73	202	235
7	-49.906	-174.483	-14.931	-190.932	-12.394	443.601	483.026	42.27	6	72	235	235
8	44.277	2,865.809	15.046	192.312	11.379	-393.298	437.872	42.27	93	65	202	235
9	12.966	1,169.028	-48.488	-430.833	-0.031	-175.577	465.236	42.27	38	69	202	235
10	-18.326	1,415.641	48.603	432.213	-0.985	223.481	486.572	42.27	46	72	202	235

4. 杭の応力判定及び変位量

BD BH4 地震時_橋軸直角方向 (4/4)

Pile No.	杭径 (m)	肉厚 (m)	応力比	X 方向変位 (m)	Y 方向変位 (m)	Z 方向変位 (m)
1	0.9000	0.0120	0.574	0.002728	0.009940	0.040241
2	0.9000	0.0120	0.539	0.002746	0.010672	0.040250
3	0.9000	0.0120	0.317	0.002838	0.010349	0.040250
4	0.9000	0.0120	0.758	0.002838	0.008756	0.040231
5	0.9000	0.0120	0.503	0.002931	0.009229	0.040241
6	0.9000	0.0120	0.555	0.002949	0.009166	0.040241
7	0.9000	0.0120	0.330	0.003041	0.009639	0.040250
8	0.9000	0.0120	0.741	0.003041	0.008046	0.040231
9	0.9000	0.0120	0.484	0.003133	0.008519	0.040241
10	0.9000	0.0120	0.538	0.003151	0.008455	0.040241

原点の変位			
x ₀ (m)	0.002940	α_0 (rad)	-0.000071
y ₀ (m)	0.009198	β_0 (rad)	-0.000020
z ₀ (m)	0.040241	γ_0 (rad)	0.001770

表 5-41(2/2) 耐力照査(BH-4、橋軸直角方向地震時)

三次元杭基礎の設計

1. 入力条件

L1

Xo= 2,047.000 kN
 Yo= 13,648.000 kN
 Zo= 0.000 kN

 Mx= 0.000 kN-m
 My= 0.000 kN-m
 Mz= 2,047.000 kN-m

杭本数 n= 10
 Kh= 5.900 N/cm³
 有効座屈長 h

BD BH4 地震時_橋軸方向 (1/4)

Pile No.	x (m)	y (m)	z (m)	鉛直角 (°)	平面角 (°)	杭径 (m)	肉厚 (m)	腐食代 (m)	材質	突出長 (m)	全長 (m)
1	0.000	0.000	10.450	15.00	0.00	0.9000	0.012	0.0010	SKK400	13.257	38.900
2	0.000	0.000	9.550	15.00	180.00	0.9000	0.012	0.0010	SKK400	13.257	38.900
3	0.450	0.000	5.000	15.00	270.00	0.9000	0.012	0.0010	SKK400	13.257	38.900
4	-0.450	0.000	5.000	15.00	90.00	0.9000	0.012	0.0010	SKK400	13.257	38.900
5	0.000	0.000	0.450	15.00	180.00	0.9000	0.012	0.0010	SKK400	13.257	38.900
6	0.000	0.000	-0.450	15.00	0.00	0.9000	0.012	0.0010	SKK400	13.257	38.900
7	0.450	0.000	-5.000	15.00	270.00	0.9000	0.012	0.0010	SKK400	13.257	38.900
8	-0.450	0.000	-5.000	15.00	90.00	0.9000	0.012	0.0010	SKK400	13.257	38.900
9	0.000	0.000	-9.550	15.00	180.00	0.9000	0.012	0.0010	SKK400	13.257	38.900
10	0.000	0.000	-10.450	15.00	0.00	0.9000	0.012	0.0010	SKK400	13.257	38.900

表 5-42(1/2) 耐力照査(BH-4、橋軸方向地震時)

2. バネ定数

BD BH4 地震時_橋軸方向 (2/4)

Pile No.	断面積 (cm ²)	断面係数 (cm ³)	断面2次モーメント (cm ⁴)	β (m ⁻¹)	K _{X1} (kN/m)	K _{Z1} (kN/m)	K _{X2} (kN/rad)	K _{Z2} (kN/rad)	K _{X4} (kN-m/rad)	K _{Z4} (kN-m/rad)	K _D (kN-m/rad)	K _V (kN/m)
1	306.53	6,715	301,502	0.2166	1,225.04	1,225.04	10,947.95	10,947.95	131,576.71	131,576.71	25,951.65	157,596.50
2	306.53	6,715	301,502	0.2166	1,225.04	1,225.04	10,947.95	10,947.95	131,576.71	131,576.71	25,951.65	157,596.50
3	306.53	6,715	301,502	0.2166	1,225.04	1,225.04	10,947.95	10,947.95	131,576.71	131,576.71	25,951.65	157,596.50
4	306.53	6,715	301,502	0.2166	1,225.04	1,225.04	10,947.95	10,947.95	131,576.71	131,576.71	25,951.65	157,596.50
5	306.53	6,715	301,502	0.2166	1,225.04	1,225.04	10,947.95	10,947.95	131,576.71	131,576.71	25,951.65	157,596.50
6	306.53	6,715	301,502	0.2166	1,225.04	1,225.04	10,947.95	10,947.95	131,576.71	131,576.71	25,951.65	157,596.50
7	306.53	6,715	301,502	0.2166	1,225.04	1,225.04	10,947.95	10,947.95	131,576.71	131,576.71	25,951.65	157,596.50
8	306.53	6,715	301,502	0.2166	1,225.04	1,225.04	10,947.95	10,947.95	131,576.71	131,576.71	25,951.65	157,596.50
9	306.53	6,715	301,502	0.2166	1,225.04	1,225.04	10,947.95	10,947.95	131,576.71	131,576.71	25,951.65	157,596.50
10	306.53	6,715	301,502	0.2166	1,225.04	1,225.04	10,947.95	10,947.95	131,576.71	131,576.71	25,951.65	157,596.50

3. 杭応力

BD BH4 地震時_橋軸方向 (3/4)

Pile No.	Px (kN)	Py (kN)	Pz (kN)	Mx (kN-m)	My (kN-m)	Mz (kN-m)	Me (kN-m)	l/r	σ_c σ_t (N/mm ²)	σ_{bc} σ_{bt} (N/mm ²)	σ_{ca} σ_{ta} (N/mm ²)	σ_{ba} σ_{ta} (N/mm ²)
1	-10.895	2,777.778	6.728	59.921	-1.928	240.098	247.466	42.27	91	37	202	235
2	4.777	121.047	-6.330	-55.141	-1.590	-185.424	193.452	42.27	4	29	202	235
3	-9.911	1,493.830	-4.268	-175.397	-30.176	87.725	197.265	42.27	49	29	202	235
4	3.873	1,366.706	4.665	180.176	26.658	-33.763	184.276	42.27	45	27	202	235
5	4.094	60.158	-6.330	-55.141	-1.590	-179.319	187.609	42.27	2	28	202	235
6	-9.903	2,767.242	6.728	59.921	-1.928	231.233	238.874	42.27	90	36	202	235
7	-9.831	1,455.542	-3.408	-167.714	-30.176	87.012	190.139	42.27	47	28	202	235
8	3.953	1,328.418	3.806	172.494	26.658	-34.476	176.909	42.27	43	26	202	235
9	3.343	-6.753	-6.330	-55.141	-1.590	-172.611	181.208	42.27	0	27	235	235
10	-8.993	2,757.577	6.728	59.921	-1.928	223.099	231.010	42.27	90	34	202	235

4. 杭の応力判定及び変位量

BD BH4 地震時_橋軸方向 (4/4)

Pile No.	杭径 (m)	肉厚 (m)	応力比	X 方向変位 (m)	Y 方向変位 (m)	Z 方向変位 (m)
1	0.9000	0.0120	0.607	0.032493	0.009541	0.005547
2	0.9000	0.0120	0.142	0.032556	0.009519	0.005547
3	0.9000	0.0120	0.367	0.032875	0.011308	0.005579
4	0.9000	0.0120	0.338	0.032875	0.007500	0.005515
5	0.9000	0.0120	0.129	0.033195	0.009290	0.005547
6	0.9000	0.0120	0.599	0.033258	0.009267	0.005547
7	0.9000	0.0120	0.356	0.033577	0.011056	0.005579
8	0.9000	0.0120	0.327	0.033577	0.007249	0.005515
9	0.9000	0.0120	0.116	0.033896	0.009038	0.005547
10	0.9000	0.0120	0.593	0.033960	0.009016	0.005547

原点の変位				
x ₀	(m)	0.033226	α ₀	(rad) -0.000025
y ₀	(m)	0.009278	β ₀	(rad) -0.000070
z ₀	(m)	0.005547	γ ₀	(rad) 0.004231

表 5-42(2/2) 耐力照査(BH-4、橋軸方向地震時)

表 5-43 BH-3 接岸時支持力算定結果

杭の静的最大軸方向押込み抵抗力及び静的最大引抜き抵抗力

1. 杭諸元

杭径(mm)	肉厚(mm)	斜角(°)	腐食代(mm)
900	12	15	0

2. 先端抵抗力 R_{pk}

$$R_{pk} = 300NA_p \alpha$$

$$R_{pk} = 6C_p A_p \alpha$$

N	Cp	A_p (m ²)	閉塞率(α)	R_{pk} (kN)
50		0.636	0.400	3,817.0

3. 周面抵抗力 R_{fk}

$$R_{fk} = \sum r_{fdi} A_{si}$$

$$r_{fdi} = 2N$$

$$r_{fdi} = C_a$$

No.	上端(m)	下端(m)	層厚		A_s (m ²)	N	C (kN/m ²)	2NA _s (kN)	C _a A _s (kN)
			li (m)	li/cos θ (m)					
①	-11.20	-14.40	3.20	3.31	9.367		35.0	0.0	327.8
②	-14.40	-18.00	3.60	3.73	10.538	4.0		84.3	0.0
③	-18.00	-33.80	15.80	16.36	46.249		65.0	0.0	3,006.2
④	-33.80	-36.00	2.20	2.28	6.440	50.0		644.0	0.0
⑤									
⑥									
⑦									
⑧									
⑨									
⑩									
R_{fk}, R_{tk}								4,062.3	

4. 静的最大軸方向押込み抵抗力

γ_a	$R_{td} = (\gamma_N, \gamma_c) \times (R_{pk} + R_{fk})$				$\gamma_a \cdot R_{td}$
0.66	1.0	×	(3,817.0 + 4,062.3) =	7,879.4	5,200.4

5. 静的最大引抜き抵抗力

γ_a	$R_{td} = (\gamma_N, \gamma_c) \times R_{fk}$			$\gamma_a \cdot R_{td}$	
0.40	1.0	×	4,062.3 =	4,062.3	1,624.9

表 5-44 BH-3 地震時支持力算定結果

杭の静的最大軸方向押し込み抵抗力及び静的最大引抜き抵抗力

1. 杭諸元

杭径(mm)	肉厚(mm)	斜角(°)	腐食代(mm)
900	12	15	0

2. 先端抵抗力 R_{pk}

$$R_{pk} = 300NA_p \alpha$$

$$R_{pk} = 6C_p A_p \alpha$$

N	C_p	A_p (m ²)	閉塞率(α)	R_{pk} (kN)
50		0.636	0.400	3,817.0

3. 周面抵抗力 R_{fk}

$$R_{fk} = \sum r_{fki} A_{si}$$

$$r_{fki} = 2N$$

$$r_{fki} = C_u$$

No.	上端 (m)	下端 (m)	層厚		A_s (m ²)	N	C (kN/m ²)	2NA _s (kN)	C _u A _s (kN)
			li (m)	li/cos θ (m)					
①	-11.20	-14.40	3.20	3.31	9.367		35.0	0.0	327.8
②	-14.40	-18.00	3.60	3.73	10.538	4.0		84.3	0.0
③	-18.00	-33.80	15.80	16.36	46.249		65.0	0.0	3,006.2
④	-33.80	-36.00	2.20	2.28	6.440	50.0		644.0	0.0
⑤									
⑥									
⑦									
⑧									
⑨									
⑩									
R_{fk}, R_{tk}								4,062.3	

4. 静的最大軸方向押し込み抵抗力

γ_a	$R_{td} = (\gamma_N, \gamma_c) \times (R_{pk} + R_{fk})$	$\gamma_a \cdot R_{td}$
0.66	$1.0 \times (3,817.0 + 4,062.3) = 7,879.4$	5,200.4

5. 静的最大引抜き抵抗力

γ_a	$R_{td} = (\gamma_N, \gamma_c) \times R_{fk}$	$\gamma_a \cdot R_{td}$
0.40	$1.0 \times 4,062.3 = 4,062.3$	1,624.9

表 5-45 BH-4 接岸時支持力算定結果

杭の静的最大軸方向押込み抵抗力及び静的最大引抜き抵抗力

1. 杭諸元

杭径(mm)	肉厚(mm)	斜角(°)	腐食代(mm)
900	14	15	0

2. 先端抵抗力 R_{pk}

$$R_{pk} = 300NA_p \alpha$$

$$R_{pk} = 6C_p A_p \alpha$$

N	C_p	A_p (m ²)	閉塞率(α)	R_{pk} (kN)
50		0.636	0.400	3,817.0

3. 周面抵抗力 R_{fk}

$$R_{fk} = \sum r_{fki} A_{si}$$

$$r_{fki} = 2N$$

$$r_{fki} = C_n$$

No.	上端 (m)	下端 (m)	層厚		A_s (m ²)	N	C (kN/m ²)	2NA _s (kN)	C _n A _s (kN)
			li (m)	li/cos θ (m)					
①	-21.60	-38.40	16.80	17.39	49.177		25.0	0.0	1,229.4
②	-38.40	-40.40	2.00	2.07	5.854	16.0		187.3	0.0
③	-40.40	-42.40	2.00	2.07	5.854	50.0		585.4	0.0
④									
⑤									
⑥									
⑦									
⑧									
⑨									
⑩									
R_{fk}, R_{tk}								2,002.2	

4. 静的最大軸方向押込み抵抗力

γ_a	$R_{td} = (\gamma_N, \gamma_c) \times (R_{pk} + R_{fk})$			$\gamma_a \cdot R_{td}$
0.66	1.0	\times	$(3,817.0 + 2,002.2) = 5,819.2$	3,840.7

5. 静的最大引抜き抵抗力

γ_a	$R_{td} = (\gamma_N, \gamma_c) \times R_{fk}$			$\gamma_a \cdot R_{td}$
0.40	1.0	\times	$2,002.2 = 2,002.2$	800.9

表 5-46 BH-4 地震時支持力算定結果

杭の静的最大軸方向押込み抵抗力及び静的最大引抜き抵抗力

1.杭諸元

杭径(mm)	肉厚(mm)	斜角(°)	腐食代(mm)
900	14	15	0

2.先端抵抗力 R_{pk}

$$R_{pk}=300NA_p \alpha$$

$$R_{pk}=6C_pA_p \alpha$$

N	C _p	A _p (m ²)	閉塞率(α)	R _{pk} (kN)
50		0.636	0.400	3,817.0

3.周面抵抗力 R_{fk}

$$R_{fk} = \sum r_{fki} A_{si}$$

$$r_{fki} = 2N$$

$$r_{fki} = C_a$$

No.	上端 (m)	下端 (m)	層厚		A _s (m ²)	N	C (kN/m ²)	2NA _s (kN)	C _a A _s (kN)
			li (m)	li/cos θ (m)					
①	-21.60	-38.40	16.80	17.39	49.177		25.0	0.0	1,229.4
②	-38.40	-40.40	2.00	2.07	5.854	16.0		187.3	0.0
③	-40.40	-42.40	2.00	2.07	5.854	50.0		585.4	0.0
④									
⑤									
⑥									
⑦									
⑧									
⑨									
⑩									
R _{fk} , R _{tk}								2,002.2	

4.静的最大軸方向押込み抵抗力

γ_a	$R_{td} = (\gamma_N, \gamma_c) \times (R_{pk} + R_{fk})$			$\gamma_a \cdot R_{td}$
0.66	1.0	×	(3,817.0 + 2,002.2) = 5,819.2	3,840.7

5.静的最大引抜き抵抗力

γ_a	$R_{td} = (\gamma_N, \gamma_c) \times R_{fk}$			$\gamma_a \cdot R_{td}$
0.40	1.0	×	2,002.2 = 2,002.2	800.9

表 5-47(1/4) 耐力照査(BH-2、法線直角方向地震時)

PL BH2 法線直角方向地震時 (1/4)											
Pile No.	x (m)	y (m)	z (m)	鉛直角 (°)	平面角 (°)	杭径 (m)	肉厚 (m)	腐食代 (m)	材質	突出長 (m)	全長 (m)
1	5.250	0.000	25.875	0.00	0.00	0.8000	0.012	0.0010	SKK400	10.400	34.800
2	0.500	0.000	25.875	0.00	0.00	0.8000	0.012	0.0010	SKK400	8.900	35.000
3	-4.250	0.000	25.875	0.00	0.00	0.8000	0.012	0.0010	SKK400	8.200	35.000
4	5.250	0.000	20.000	0.00	0.00	0.8000	0.012	0.0010	SKK400	10.400	34.800
5	0.500	0.000	20.000	0.00	0.00	0.8000	0.012	0.0010	SKK400	8.900	35.000
6	-4.250	0.000	20.000	0.00	0.00	0.8000	0.012	0.0010	SKK400	8.200	35.000
7	5.250	0.000	14.125	0.00	0.00	0.8000	0.012	0.0010	SKK400	10.400	34.800
8	0.500	0.000	14.125	0.00	0.00	0.8000	0.012	0.0010	SKK400	8.900	35.000
9	-4.250	0.000	14.125	0.00	0.00	0.8000	0.012	0.0010	SKK400	8.200	35.000
10	5.250	0.000	9.125	0.00	0.00	0.8000	0.012	0.0010	SKK400	10.400	34.800
11	0.500	0.000	9.125	0.00	0.00	0.8000	0.012	0.0010	SKK400	8.900	35.000
12	-4.250	0.000	9.125	0.00	0.00	0.8000	0.012	0.0010	SKK400	8.200	35.000
13	5.250	0.000	3.125	0.00	0.00	0.8000	0.012	0.0010	SKK400	10.400	34.800
14	0.500	0.000	3.125	0.00	0.00	0.8000	0.012	0.0010	SKK400	8.900	35.000
15	-4.250	0.000	3.125	0.00	0.00	0.8000	0.012	0.0010	SKK400	8.200	35.000
16	5.250	0.000	-3.125	0.00	0.00	0.8000	0.012	0.0010	SKK400	10.400	34.800
17	0.500	0.000	-3.125	0.00	0.00	0.8000	0.012	0.0010	SKK400	8.900	35.000
18	-4.250	0.000	-3.125	0.00	0.00	0.8000	0.012	0.0010	SKK400	8.200	35.000
19	5.250	0.000	-9.125	0.00	0.00	0.8000	0.012	0.0010	SKK400	10.400	34.800
20	0.500	0.000	-9.125	0.00	0.00	0.8000	0.012	0.0010	SKK400	8.900	35.000
21	-4.250	0.000	-9.125	0.00	0.00	0.8000	0.012	0.0010	SKK400	8.200	35.000
22	5.250	0.000	-14.125	0.00	0.00	0.8000	0.012	0.0010	SKK400	10.400	34.800
23	0.500	0.000	-14.125	0.00	0.00	0.8000	0.012	0.0010	SKK400	8.900	35.000
24	-4.250	0.000	-14.125	0.00	0.00	0.8000	0.012	0.0010	SKK400	8.200	35.000
25	5.250	0.000	-20.000	0.00	0.00	0.8000	0.012	0.0010	SKK400	10.400	34.800
26	0.500	0.000	-20.000	0.00	0.00	0.8000	0.012	0.0010	SKK400	8.900	35.000
27	-4.250	0.000	-20.000	0.00	0.00	0.8000	0.012	0.0010	SKK400	8.200	35.000
28	5.250	0.000	-25.875	0.00	0.00	0.8000	0.012	0.0010	SKK400	10.400	34.800
29	0.500	0.000	-25.875	0.00	0.00	0.8000	0.012	0.0010	SKK400	8.900	35.000
30	-4.250	0.000	-25.875	0.00	0.00	0.8000	0.012	0.0010	SKK400	8.200	35.000

三次元杭基礎の設計

1. 入力条件

Ship

Xo= 3,453.000 kN

Yo= 23,018.000 kN

Zo= 0.000 kN

Mx= 0.000 kN-m

My= 0.000 kN-m

Mz= 0.000 kN-m

杭本数 n= 30

Kh= 18.000 N/cm³

有効座屈長 h

2. バネ定数

PL BH2 法線直角方向地震時 (2/4)

Pile No.	断面積 (cm ²)	断面係数 (cm ³)	断面2次 モーメント (cm ⁴)	β (m ⁻¹)	K_{X1} (kN/m)	K_{Z1} (kN/m)	K_{X2} (kN/rad)	K_{Z2} (kN/rad)	K_{X4} (kN-m/rad)	K_{Z4} (kN-m/rad)	K_D (kN-m/rad)	K_V (kN/m)
1	271.97	5,278	210,602	0.3041	1,917.29	1,917.29	13,122.76	13,122.76	120,587.64	120,587.64	23,669.03	156,303.26
2	271.97	5,278	210,602	0.3041	2,685.62	2,685.62	16,367.37	16,367.37	134,306.28	134,306.28	26,581.82	155,410.10
3	271.97	5,278	210,602	0.3041	3,183.67	3,183.67	18,288.38	18,288.38	141,718.28	141,718.28	28,201.41	155,410.10
4	271.97	5,278	210,602	0.3041	1,917.29	1,917.29	13,122.76	13,122.76	120,587.64	120,587.64	23,669.03	156,303.26
5	271.97	5,278	210,602	0.3041	2,685.62	2,685.62	16,367.37	16,367.37	134,306.28	134,306.28	26,581.82	155,410.10
6	271.97	5,278	210,602	0.3041	3,183.67	3,183.67	18,288.38	18,288.38	141,718.28	141,718.28	28,201.41	155,410.10
7	271.97	5,278	210,602	0.3041	1,917.29	1,917.29	13,122.76	13,122.76	120,587.64	120,587.64	23,669.03	156,303.26
8	271.97	5,278	210,602	0.3041	2,685.62	2,685.62	16,367.37	16,367.37	134,306.28	134,306.28	26,581.82	155,410.10
9	271.97	5,278	210,602	0.3041	3,183.67	3,183.67	18,288.38	18,288.38	141,718.28	141,718.28	28,201.41	155,410.10
10	271.97	5,278	210,602	0.3041	1,917.29	1,917.29	13,122.76	13,122.76	120,587.64	120,587.64	23,669.03	156,303.26
11	271.97	5,278	210,602	0.3041	2,685.62	2,685.62	16,367.37	16,367.37	134,306.28	134,306.28	26,581.82	155,410.10
12	271.97	5,278	210,602	0.3041	3,183.67	3,183.67	18,288.38	18,288.38	141,718.28	141,718.28	28,201.41	155,410.10
13	271.97	5,278	210,602	0.3041	1,917.29	1,917.29	13,122.76	13,122.76	120,587.64	120,587.64	23,669.03	156,303.26
14	271.97	5,278	210,602	0.3041	2,685.62	2,685.62	16,367.37	16,367.37	134,306.28	134,306.28	26,581.82	155,410.10
15	271.97	5,278	210,602	0.3041	3,183.67	3,183.67	18,288.38	18,288.38	141,718.28	141,718.28	28,201.41	155,410.10
16	271.97	5,278	210,602	0.3041	1,917.29	1,917.29	13,122.76	13,122.76	120,587.64	120,587.64	23,669.03	156,303.26
17	271.97	5,278	210,602	0.3041	2,685.62	2,685.62	16,367.37	16,367.37	134,306.28	134,306.28	26,581.82	155,410.10
18	271.97	5,278	210,602	0.3041	3,183.67	3,183.67	18,288.38	18,288.38	141,718.28	141,718.28	28,201.41	155,410.10
19	271.97	5,278	210,602	0.3041	1,917.29	1,917.29	13,122.76	13,122.76	120,587.64	120,587.64	23,669.03	156,303.26
20	271.97	5,278	210,602	0.3041	2,685.62	2,685.62	16,367.37	16,367.37	134,306.28	134,306.28	26,581.82	155,410.10
21	271.97	5,278	210,602	0.3041	3,183.67	3,183.67	18,288.38	18,288.38	141,718.28	141,718.28	28,201.41	155,410.10
22	271.97	5,278	210,602	0.3041	1,917.29	1,917.29	13,122.76	13,122.76	120,587.64	120,587.64	23,669.03	156,303.26
23	271.97	5,278	210,602	0.3041	2,685.62	2,685.62	16,367.37	16,367.37	134,306.28	134,306.28	26,581.82	155,410.10
24	271.97	5,278	210,602	0.3041	3,183.67	3,183.67	18,288.38	18,288.38	141,718.28	141,718.28	28,201.41	155,410.10
25	271.97	5,278	210,602	0.3041	1,917.29	1,917.29	13,122.76	13,122.76	120,587.64	120,587.64	23,669.03	156,303.26
26	271.97	5,278	210,602	0.3041	2,685.62	2,685.62	16,367.37	16,367.37	134,306.28	134,306.28	26,581.82	155,410.10
27	271.97	5,278	210,602	0.3041	3,183.67	3,183.67	18,288.38	18,288.38	141,718.28	141,718.28	28,201.41	155,410.10
28	271.97	5,278	210,602	0.3041	1,917.29	1,917.29	13,122.76	13,122.76	120,587.64	120,587.64	23,669.03	156,303.26
29	271.97	5,278	210,602	0.3041	2,685.62	2,685.62	16,367.37	16,367.37	134,306.28	134,306.28	26,581.82	155,410.10
30	271.97	5,278	210,602	0.3041	3,183.67	3,183.67	18,288.38	18,288.38	141,718.28	141,718.28	28,201.41	155,410.10

表 5-47(2/4) 耐力照査(BH-2、法線直角方向地震時)

3. 杭応力

PL BH2 法線直角方向地震時 (3/4)

Pile No.	Px (kN)	Py (kN)	Pz (kN)	Mx (kN-m)	My (kN-m)	Mz (kN-m)	Me (kN-m)	l/r	σ_c σ_t (N/mm ²)	σ_{bc} σ_{bt} (N/mm ²)	σ_{ca} σ_{ta} (N/mm ²)	σ_{ba} σ_{ta} (N/mm ²)
1	84.843	868.529	0.000	0.000	0.000	-576.619	576.619	37.37	32	109	208	235
2	119.110	765.612	0.000	0.000	0.000	-721.325	721.325	31.98	28	137	216	235
3	141.347	667.658	0.000	0.000	0.000	-807.093	807.093	29.47	25	153	219	235
4	84.843	868.529	0.000	0.000	0.000	-576.619	576.619	37.37	32	109	208	235
5	119.110	765.612	0.000	0.000	0.000	-721.325	721.325	31.98	28	137	216	235
6	141.347	667.658	0.000	0.000	0.000	-807.093	807.093	29.47	25	153	219	235
7	84.843	868.529	0.000	0.000	0.000	-576.619	576.619	37.37	32	109	208	235
8	119.110	765.612	0.000	0.000	0.000	-721.325	721.325	31.98	28	137	216	235
9	141.347	667.658	0.000	0.000	0.000	-807.093	807.093	29.47	25	153	219	235
10	84.843	868.529	0.000	0.000	0.000	-576.619	576.619	37.37	32	109	208	235
11	119.110	765.612	0.000	0.000	0.000	-721.325	721.325	31.98	28	137	216	235
12	141.347	667.658	0.000	0.000	0.000	-807.093	807.093	29.47	25	153	219	235
13	84.843	868.529	0.000	0.000	0.000	-576.619	576.619	37.37	32	109	208	235
14	119.110	765.612	0.000	0.000	0.000	-721.325	721.325	31.98	28	137	216	235
15	141.347	667.658	0.000	0.000	0.000	-807.093	807.093	29.47	25	153	219	235
16	84.843	868.529	0.000	0.000	0.000	-576.619	576.619	37.37	32	109	208	235
17	119.110	765.612	0.000	0.000	0.000	-721.325	721.325	31.98	28	137	216	235
18	141.347	667.658	0.000	0.000	0.000	-807.093	807.093	29.47	25	153	219	235
19	84.843	868.529	0.000	0.000	0.000	-576.619	576.619	37.37	32	109	208	235
20	119.110	765.612	0.000	0.000	0.000	-721.325	721.325	31.98	28	137	216	235
21	141.347	667.658	0.000	0.000	0.000	-807.093	807.093	29.47	25	153	219	235
22	84.843	868.529	0.000	0.000	0.000	-576.619	576.619	37.37	32	109	208	235
23	119.110	765.612	0.000	0.000	0.000	-721.325	721.325	31.98	28	137	216	235
24	141.347	667.658	0.000	0.000	0.000	-807.093	807.093	29.47	25	153	219	235
25	84.843	868.529	0.000	0.000	0.000	-576.619	576.619	37.37	32	109	208	235
26	119.110	765.612	0.000	0.000	0.000	-721.325	721.325	31.98	28	137	216	235
27	141.347	667.658	0.000	0.000	0.000	-807.093	807.093	29.47	25	153	219	235
28	84.843	868.529	0.000	0.000	0.000	-576.619	576.619	37.37	32	109	208	235
29	119.110	765.612	0.000	0.000	0.000	-721.325	721.325	31.98	28	137	216	235
30	141.347	667.658	0.000	0.000	0.000	-807.093	807.093	29.47	25	153	219	235

表 5-47(3/4) 耐力照査(BH-2、法線直角方向地震時)

4. 杭の応力判定及び変位量

Pile No.	杭径 (m)	肉厚 (m)	応力比	X 方向変位 (m)	Y 方向変位 (m)	Z 方向変位 (m)
1	0.8000	0.0120	0.618	0.045160	0.005557	0.000000
2	0.8000	0.0120	0.712	0.045160	0.004926	0.000000
3	0.8000	0.0120	0.763	0.045160	0.004296	0.000000
4	0.8000	0.0120	0.618	0.045160	0.005557	0.000000
5	0.8000	0.0120	0.712	0.045160	0.004926	0.000000
6	0.8000	0.0120	0.763	0.045160	0.004296	0.000000
7	0.8000	0.0120	0.618	0.045160	0.005557	0.000000
8	0.8000	0.0120	0.712	0.045160	0.004926	0.000000
9	0.8000	0.0120	0.763	0.045160	0.004296	0.000000
10	0.8000	0.0120	0.618	0.045160	0.005557	0.000000
11	0.8000	0.0120	0.712	0.045160	0.004926	0.000000
12	0.8000	0.0120	0.763	0.045160	0.004296	0.000000
13	0.8000	0.0120	0.618	0.045160	0.005557	0.000000
14	0.8000	0.0120	0.712	0.045160	0.004926	0.000000
15	0.8000	0.0120	0.763	0.045160	0.004296	0.000000
16	0.8000	0.0120	0.618	0.045160	0.005557	0.000000
17	0.8000	0.0120	0.712	0.045160	0.004926	0.000000
18	0.8000	0.0120	0.763	0.045160	0.004296	0.000000
19	0.8000	0.0120	0.618	0.045160	0.005557	0.000000
20	0.8000	0.0120	0.712	0.045160	0.004926	0.000000
21	0.8000	0.0120	0.763	0.045160	0.004296	0.000000
22	0.8000	0.0120	0.618	0.045160	0.005557	0.000000
23	0.8000	0.0120	0.712	0.045160	0.004926	0.000000
24	0.8000	0.0120	0.763	0.045160	0.004296	0.000000
25	0.8000	0.0120	0.618	0.045160	0.005557	0.000000
26	0.8000	0.0120	0.712	0.045160	0.004926	0.000000
27	0.8000	0.0120	0.763	0.045160	0.004296	0.000000
28	0.8000	0.0120	0.618	0.045160	0.005557	0.000000
29	0.8000	0.0120	0.712	0.045160	0.004926	0.000000
30	0.8000	0.0120	0.763	0.045160	0.004296	0.000000

PL BH2 法線直角方向地震時 (4/4)

原点の変位			
x_0 (m)	0.045160	α_0 (rad)	0.000000
y_0 (m)	0.004860	β_0 (rad)	0.000000
z_0 (m)	0.000000	γ_0 (rad)	0.000133

表 5-47(4/4) 耐力照査(BH-2、法線直角方向地震時)

三次元杭基礎の設計

1. 入力条件

Ship

Xo= 0.000 kN

Yo= 23,018.000 kN

Zo= 3,453.000 kN

Mx= 0.000 kN-m

My= 0.000 kN-m

Mz= 0.000 kN-m

杭本数 n= 30

Kh= 18.000 N/cm³

有効座屈長 h

PL BH2 法線平行方向地震時 (1/4)

Pile No.	x (m)	y (m)	z (m)	鉛直角 (°)	平面角 (°)	杭径 (m)	肉厚 (m)	腐食代 (m)	材質	突出長 (m)	全長 (m)
1	5.250	0.000	25.875	0.00	0.00	0.8000	0.012	0.0010	SKK400	10.400	34.800
2	0.500	0.000	25.875	0.00	0.00	0.8000	0.012	0.0010	SKK400	8.900	35.000
3	-4.250	0.000	25.875	0.00	0.00	0.8000	0.012	0.0010	SKK400	8.200	35.000
4	5.250	0.000	20.000	0.00	0.00	0.8000	0.012	0.0010	SKK400	10.400	34.800
5	0.500	0.000	20.000	0.00	0.00	0.8000	0.012	0.0010	SKK400	8.900	35.000
6	-4.250	0.000	20.000	0.00	0.00	0.8000	0.012	0.0010	SKK400	8.200	35.000
7	5.250	0.000	14.125	0.00	0.00	0.8000	0.012	0.0010	SKK400	10.400	34.800
8	0.500	0.000	14.125	0.00	0.00	0.8000	0.012	0.0010	SKK400	8.900	35.000
9	-4.250	0.000	14.125	0.00	0.00	0.8000	0.012	0.0010	SKK400	8.200	35.000
10	5.250	0.000	9.125	0.00	0.00	0.8000	0.012	0.0010	SKK400	10.400	34.800
11	0.500	0.000	9.125	0.00	0.00	0.8000	0.012	0.0010	SKK400	8.900	35.000
12	-4.250	0.000	9.125	0.00	0.00	0.8000	0.012	0.0010	SKK400	8.200	35.000
13	5.250	0.000	3.125	0.00	0.00	0.8000	0.012	0.0010	SKK400	10.400	34.800
14	0.500	0.000	3.125	0.00	0.00	0.8000	0.012	0.0010	SKK400	8.900	35.000
15	-4.250	0.000	3.125	0.00	0.00	0.8000	0.012	0.0010	SKK400	8.200	35.000
16	5.250	0.000	-3.125	0.00	0.00	0.8000	0.012	0.0010	SKK400	10.400	34.800
17	0.500	0.000	-3.125	0.00	0.00	0.8000	0.012	0.0010	SKK400	8.900	35.000
18	-4.250	0.000	-3.125	0.00	0.00	0.8000	0.012	0.0010	SKK400	8.200	35.000
19	5.250	0.000	-9.125	0.00	0.00	0.8000	0.012	0.0010	SKK400	10.400	34.800
20	0.500	0.000	-9.125	0.00	0.00	0.8000	0.012	0.0010	SKK400	8.900	35.000
21	-4.250	0.000	-9.125	0.00	0.00	0.8000	0.012	0.0010	SKK400	8.200	35.000
22	5.250	0.000	-14.125	0.00	0.00	0.8000	0.012	0.0010	SKK400	10.400	34.800
23	0.500	0.000	-14.125	0.00	0.00	0.8000	0.012	0.0010	SKK400	8.900	35.000
24	-4.250	0.000	-14.125	0.00	0.00	0.8000	0.012	0.0010	SKK400	8.200	35.000
25	5.250	0.000	-20.000	0.00	0.00	0.8000	0.012	0.0010	SKK400	10.400	34.800
26	0.500	0.000	-20.000	0.00	0.00	0.8000	0.012	0.0010	SKK400	8.900	35.000
27	-4.250	0.000	-20.000	0.00	0.00	0.8000	0.012	0.0010	SKK400	8.200	35.000
28	5.250	0.000	-25.875	0.00	0.00	0.8000	0.012	0.0010	SKK400	10.400	34.800
29	0.500	0.000	-25.875	0.00	0.00	0.8000	0.012	0.0010	SKK400	8.900	35.000
30	-4.250	0.000	-25.875	0.00	0.00	0.8000	0.012	0.0010	SKK400	8.200	35.000

表 5-48(1/4) 耐力照査(BH-2、法線平行方向地震時)

2. パネ定数

PL BH2 法線平行方向地震時 (2/4)

Pile No.	断面積 (cm ²)	断面係数 (cm ³)	断面2次 モーメント (cm ⁴)	β (m ⁻¹)	K _{X1} (kN/m)	K _{Z1} (kN/m)	K _{X2} (kN/rad)	K _{Z2} (kN/rad)	K _{X4} (kN-m/rad)	K _{Z4} (kN-m/rad)	K _D (kN-m/rad)	K _V (kN/m)
1	271.97	5,278	210,602	0.3041	1,917.29	1,917.29	13,122.76	13,122.76	120,587.64	120,587.64	23,669.03	156,303.26
2	271.97	5,278	210,602	0.3041	2,685.62	2,685.62	16,367.37	16,367.37	134,306.28	134,306.28	26,581.82	155,410.10
3	271.97	5,278	210,602	0.3041	3,183.67	3,183.67	18,288.38	18,288.38	141,718.28	141,718.28	28,201.41	155,410.10
4	271.97	5,278	210,602	0.3041	1,917.29	1,917.29	13,122.76	13,122.76	120,587.64	120,587.64	23,669.03	156,303.26
5	271.97	5,278	210,602	0.3041	2,685.62	2,685.62	16,367.37	16,367.37	134,306.28	134,306.28	26,581.82	155,410.10
6	271.97	5,278	210,602	0.3041	3,183.67	3,183.67	18,288.38	18,288.38	141,718.28	141,718.28	28,201.41	155,410.10
7	271.97	5,278	210,602	0.3041	1,917.29	1,917.29	13,122.76	13,122.76	120,587.64	120,587.64	23,669.03	156,303.26
8	271.97	5,278	210,602	0.3041	2,685.62	2,685.62	16,367.37	16,367.37	134,306.28	134,306.28	26,581.82	155,410.10
9	271.97	5,278	210,602	0.3041	3,183.67	3,183.67	18,288.38	18,288.38	141,718.28	141,718.28	28,201.41	155,410.10
10	271.97	5,278	210,602	0.3041	1,917.29	1,917.29	13,122.76	13,122.76	120,587.64	120,587.64	23,669.03	156,303.26
11	271.97	5,278	210,602	0.3041	2,685.62	2,685.62	16,367.37	16,367.37	134,306.28	134,306.28	26,581.82	155,410.10
12	271.97	5,278	210,602	0.3041	3,183.67	3,183.67	18,288.38	18,288.38	141,718.28	141,718.28	28,201.41	155,410.10
13	271.97	5,278	210,602	0.3041	1,917.29	1,917.29	13,122.76	13,122.76	120,587.64	120,587.64	23,669.03	156,303.26
14	271.97	5,278	210,602	0.3041	2,685.62	2,685.62	16,367.37	16,367.37	134,306.28	134,306.28	26,581.82	155,410.10
15	271.97	5,278	210,602	0.3041	3,183.67	3,183.67	18,288.38	18,288.38	141,718.28	141,718.28	28,201.41	155,410.10
16	271.97	5,278	210,602	0.3041	1,917.29	1,917.29	13,122.76	13,122.76	120,587.64	120,587.64	23,669.03	156,303.26
17	271.97	5,278	210,602	0.3041	2,685.62	2,685.62	16,367.37	16,367.37	134,306.28	134,306.28	26,581.82	155,410.10
18	271.97	5,278	210,602	0.3041	3,183.67	3,183.67	18,288.38	18,288.38	141,718.28	141,718.28	28,201.41	155,410.10
19	271.97	5,278	210,602	0.3041	1,917.29	1,917.29	13,122.76	13,122.76	120,587.64	120,587.64	23,669.03	156,303.26
20	271.97	5,278	210,602	0.3041	2,685.62	2,685.62	16,367.37	16,367.37	134,306.28	134,306.28	26,581.82	155,410.10
21	271.97	5,278	210,602	0.3041	3,183.67	3,183.67	18,288.38	18,288.38	141,718.28	141,718.28	28,201.41	155,410.10
22	271.97	5,278	210,602	0.3041	1,917.29	1,917.29	13,122.76	13,122.76	120,587.64	120,587.64	23,669.03	156,303.26
23	271.97	5,278	210,602	0.3041	2,685.62	2,685.62	16,367.37	16,367.37	134,306.28	134,306.28	26,581.82	155,410.10
24	271.97	5,278	210,602	0.3041	3,183.67	3,183.67	18,288.38	18,288.38	141,718.28	141,718.28	28,201.41	155,410.10
25	271.97	5,278	210,602	0.3041	1,917.29	1,917.29	13,122.76	13,122.76	120,587.64	120,587.64	23,669.03	156,303.26
26	271.97	5,278	210,602	0.3041	2,685.62	2,685.62	16,367.37	16,367.37	134,306.28	134,306.28	26,581.82	155,410.10
27	271.97	5,278	210,602	0.3041	3,183.67	3,183.67	18,288.38	18,288.38	141,718.28	141,718.28	28,201.41	155,410.10
28	271.97	5,278	210,602	0.3041	1,917.29	1,917.29	13,122.76	13,122.76	120,587.64	120,587.64	23,669.03	156,303.26
29	271.97	5,278	210,602	0.3041	2,685.62	2,685.62	16,367.37	16,367.37	134,306.28	134,306.28	26,581.82	155,410.10
30	271.97	5,278	210,602	0.3041	3,183.67	3,183.67	18,288.38	18,288.38	141,718.28	141,718.28	28,201.41	155,410.10

表 5-48(2/4) 耐力照査(BH-2、法線平行方向地震時)

3. 杭応力

PL BH2 法線平行方向地震時 (3/4)

Pile No.	Px (kN)	Py (kN)	Pz (kN)	Mx (kN-m)	My (kN-m)	Mz (kN-m)	Me (kN-m)	l/r	$\frac{\sigma_c}{\sigma_t}$ (N/mm ²)	$\frac{\sigma_{bc}}{\sigma_{bt}}$ (N/mm ²)	$\frac{\sigma_{ca}}{\sigma_{ta}}$ (N/mm ²)	$\frac{\sigma_{ba}}{\sigma_{ta}}$ (N/mm ²)
1	-1.802	715.826	85.433	584.227	-0.966	7.283	584.273	37.37	26	111	208	235
2	-2.855	832.948	119.182	725.772	-1.085	11.727	725.867	31.98	31	138	216	235
3	-3.568	954.160	140.685	807.547	-1.151	14.475	807.677	29.47	35	153	219	235
4	-1.342	700.545	85.433	584.227	-0.966	4.136	584.242	37.37	26	111	208	235
5	-2.211	817.754	119.182	725.772	-1.085	7.801	725.814	31.98	30	138	216	235
6	-2.804	938.967	140.685	807.547	-1.151	10.088	807.611	29.47	35	153	219	235
7	-0.883	685.264	85.433	584.227	-0.966	0.988	584.229	37.37	25	111	208	235
8	-1.567	802.561	119.182	725.772	-1.085	3.876	725.783	31.98	30	138	216	235
9	-2.041	923.773	140.685	807.547	-1.151	5.702	807.568	29.47	34	153	219	235
10	-0.491	672.259	85.433	584.227	-0.966	-1.690	584.230	37.37	25	111	208	235
11	-1.019	789.630	119.182	725.772	-1.085	0.535	725.773	31.98	29	138	216	235
12	-1.391	910.842	140.685	807.547	-1.151	1.969	807.550	29.47	33	153	219	235
13	-0.022	656.653	85.433	584.227	-0.966	-4.905	584.248	37.37	24	111	208	235
14	-0.361	774.113	119.182	725.772	-1.085	-3.474	725.781	31.98	28	138	216	235
15	-0.611	895.325	140.685	807.547	-1.151	-2.511	807.552	29.47	33	153	219	235
16	0.468	640.397	85.433	584.227	-0.966	-8.253	584.286	37.37	24	111	208	235
17	0.324	757.950	119.182	725.772	-1.085	-7.651	725.813	31.98	28	138	216	235
18	0.201	879.162	140.685	807.547	-1.151	-7.177	807.579	29.47	32	153	219	235
19	0.937	624.791	85.433	584.227	-0.966	-11.467	584.340	37.37	23	111	208	235
20	0.982	742.433	119.182	725.772	-1.085	-11.660	725.866	31.98	27	138	216	235
21	0.981	863.645	140.685	807.547	-1.151	-11.657	807.632	29.47	32	153	219	235
22	1.329	611.786	85.433	584.227	-0.966	-14.146	584.399	37.37	22	111	208	235
23	1.530	729.502	119.182	725.772	-1.085	-15.001	725.928	31.98	27	138	216	235
24	1.631	850.714	140.685	807.547	-1.151	-15.390	807.694	29.47	31	153	219	235
25	1.788	596.505	85.433	584.227	-0.966	-17.294	584.484	37.37	22	111	208	235
26	2.174	714.308	119.182	725.772	-1.085	-18.926	726.019	31.98	26	138	216	235
27	2.395	835.521	140.685	807.547	-1.151	-19.776	807.790	29.47	31	153	219	235
28	2.248	581.224	85.433	584.227	-0.966	-20.441	584.585	37.37	21	111	208	235
29	2.819	699.115	119.182	725.772	-1.085	-22.852	726.132	31.98	26	138	216	235
30	3.158	820.327	140.685	807.547	-1.151	-24.163	807.909	29.47	30	153	219	235

表 5-48(3/4) 耐力照査(BH-2、法線平行方向地震時)

4. 杭の応力判定及び変位量

Pile No.	杭径 (m)	肉厚 (m)	応力比	X 方向変位 (m)	Y 方向変位 (m)	Z 方向変位 (m)
1	0.8000	0.0120	0.597	-0.002064	0.004580	0.044673
2	0.8000	0.0120	0.727	-0.002064	0.005360	0.044479
3	0.8000	0.0120	0.811	-0.002064	0.006140	0.044285
4	0.8000	0.0120	0.595	-0.001824	0.004482	0.044673
5	0.8000	0.0120	0.725	-0.001824	0.005262	0.044479
6	0.8000	0.0120	0.809	-0.001824	0.006042	0.044285
7	0.8000	0.0120	0.592	-0.001584	0.004384	0.044673
8	0.8000	0.0120	0.722	-0.001584	0.005164	0.044479
9	0.8000	0.0120	0.806	-0.001584	0.005944	0.044285
10	0.8000	0.0120	0.590	-0.001380	0.004301	0.044673
11	0.8000	0.0120	0.720	-0.001380	0.005081	0.044479
12	0.8000	0.0120	0.804	-0.001380	0.005861	0.044285
13	0.8000	0.0120	0.587	-0.001135	0.004201	0.044673
14	0.8000	0.0120	0.717	-0.001135	0.004981	0.044479
15	0.8000	0.0120	0.801	-0.001135	0.005761	0.044285
16	0.8000	0.0120	0.584	-0.000880	0.004097	0.044673
17	0.8000	0.0120	0.714	-0.000880	0.004877	0.044479
18	0.8000	0.0120	0.799	-0.000880	0.005657	0.044285
19	0.8000	0.0120	0.581	-0.000635	0.003997	0.044673
20	0.8000	0.0120	0.712	-0.000635	0.004777	0.044479
21	0.8000	0.0120	0.796	-0.000635	0.005557	0.044285
22	0.8000	0.0120	0.579	-0.000431	0.003914	0.044673
23	0.8000	0.0120	0.710	-0.000431	0.004694	0.044479
24	0.8000	0.0120	0.794	-0.000431	0.005474	0.044285
25	0.8000	0.0120	0.577	-0.000191	0.003816	0.044673
26	0.8000	0.0120	0.707	-0.000191	0.004596	0.044479
27	0.8000	0.0120	0.791	-0.000191	0.005376	0.044285
28	0.8000	0.0120	0.574	0.000049	0.003719	0.044673
29	0.8000	0.0120	0.705	0.000049	0.004499	0.044479
30	0.8000	0.0120	0.789	0.000049	0.005278	0.044285

PL BH2 法線平行方向地震時 (4/4)

原点の変位			
x_0 (m)	-0.001008	α_0 (rad)	-0.000017
y_0 (m)	0.005011	β_0 (rad)	-0.000041
z_0 (m)	0.044459	γ_0 (rad)	-0.000164

表 5-48(4/4) 耐力照査(BH-2、法線平行方向地震時)

表 5-49 BH-2 地震時支持力算定結果

杭の静的最大軸方向押し込み抵抗力及び静的最大引抜き抵抗力

1. 杭諸元

杭径(mm)	肉厚(mm)	斜角(°)	腐食代(mm)
800	12	0	0

2. 先端抵抗力 R_{pk}

$$R_{pk} = 300NA_p \alpha$$

$$R_{pk} = 6C_p A_p \alpha$$

N	C_p	A_p (m ²)	閉塞率(α)	R_{pk} (kN)
	78	0.503	0.000	0.0

3. 周面抵抗力 R_{fk}

$$R_{fk} = \sum r_{fki} A_{si}$$

$$r_{fki} = 2N$$

$$r_{fki} = C_a$$

No.	上端 (m)	下端 (m)	層厚		A_s (m ²)	N	C (kN/m ²)	2NA _s (kN)	C _a A _s (kN)
			li (m)	li/cos θ (m)					
①	-7.61	-13.10	5.49	5.49	13.798	12.0		331.1	0.0
②	-13.10	-17.30	4.20	4.20	10.556		45.0	0.0	475.0
③	-17.30	-22.70	5.40	5.40	13.572	17.0		461.4	0.0
④	-22.70	-28.00	5.30	5.30	13.320		77.5	0.0	1,032.3
⑤									
⑥									
⑦									
⑧									
⑨									
⑩									
R_{fk}, R_{tk}								2,299.9	

4. 静的最大軸方向押し込み抵抗力

γ_a	$R_{td} = (\gamma_N, \gamma_c) \times (R_{pk} + R_{fk})$	$\gamma_a \cdot R_{td}$
0.50	1.0 × (0.0 + 2,299.9) = 2,299.9	1,150.0

5. 静的最大引抜き抵抗力

γ_a	$R_{td} = (\gamma_N, \gamma_c) \times R_{fk}$	$\gamma_a \cdot R_{td}$
0.40	1.0 × 2,299.9 = 2,299.9	920.0

5-3-2-2 PHC 杭部

5-3-2-2-1 設計条件

(1) 一般事項

- ・データファイル名 : PL PHC. F8F
- ・タイトル : プラットホーム

(2) 杭の条件

- ・杭種 : PHC杭 (スパイラル鉄筋を考慮する)
- ・施工工法 : 打込み杭 (打撃)
- ・杭頭接合条件 : 剛結・ヒンジ
- ・杭先端条件 : ヒンジ
- ・杭の種類 : 摩擦杭
- ・杭の許容変位量 常時 : 50.0 (mm)
- 地震時 : 100.0 (mm)
- ・杭体のヤング係数 : 4.00×10^4 (N/mm²)
- ・杭本数 : 50 (本)
- ・杭径 : 800.0 (mm)
- ・厚さ : 110.0 (mm)
- ・設計杭長, 種類 : 31.00 (m) C種

(3) 適用基準及び参考文献

- ・道路橋示方書 I 共通編 (平成24年3月)
- ・道路橋示方書 III コンクリート橋編 (平成24年3月)
- ・道路橋示方書 IV 下部構造編 (平成24年3月)
- ・道路橋示方書 V 耐震設計編 (平成24年3月)
- ・杭基礎設計便覧 (平成19年1月)
- ・道路橋の耐震設計に関する資料 (平成9年3月)

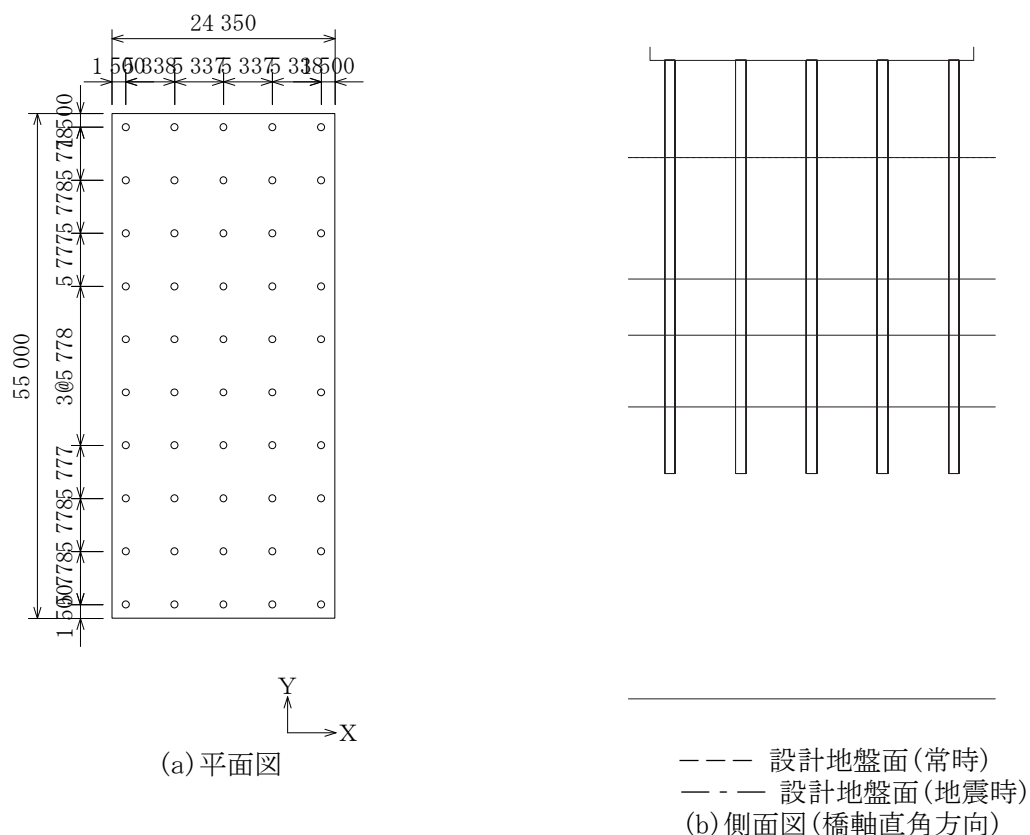
(4) 使用材料および許容応力度

設計基準強度 $\sigma_{ck} = 80.00$ (N/mm²)

単位 : N/mm²

No	割増係数	許容曲げ圧縮応力度 σ_{ca}	許容曲げ引張応力度 σ_{ta}		許容せん断応力度 τ_a
			$\sigma_{ce} < 7.8$	$\sigma_{ce} \geq 7.8$	
1	1.50	40.00	3.00	5.00	1.275

(5) 杭配置図・側面図



杭頭座標 (m)

X方向(橋軸直角方向)

No	1	2	3	4	5
座標	-10.675	-5.337	0.000	5.337	10.675

Y方向(橋軸方向)

No.	1	2	3	4	5	6	7	8
座標	26.000	20.222	14.444	8.667	2.889	-2.889	-8.667	-14.444
No	9	10						
座標	-20.222	-26.000						

※各方向の座標の向きは図中(a)に示す。

(6) 地層データ

層No	層種	層厚(m)		平均N値	$\alpha \cdot E_0$ (kN/m ²)		γ (kN/m ³)		f(kN/m ²)	
		常時	地震時		常時	地震時	γ	γ'	f	fn
*	—	7.300	7.300	—	—	—	—	—	—	—
1	砂質土	9.100	9.100	12.0	33,600	67,200	18.00	9.90	24.0	24.0
2	粘性土	4.200	4.200	10.0	28,000	56,000	15.00	4.90	45.0	45.0
3	砂礫土	5.400	5.400	17.0	47,600	95,200	15.00	4.90	34.0	34.0
4	粘性土	5.000	5.000	22.0	61,600	123,200	15.00	4.90	77.5	77.5

*は突出部を表わす。

(7) ばね定数，許容支持力・引抜力，断面二次モーメント

・杭軸方向ばね定数 K_v (kN/m)

常時	456,671
地震時	456,671

・許容支持力・引抜力 (kN/本)

許容支持力	常時	756
	地震時	1,152
許容引抜力	常時	528
	地震時	938

・水平方向地盤反力係数 k_H (kN/m³)

層No	層厚(m)		橋軸直角方向		橋軸方向	
	常時	地震時	常時	地震時	常時	地震時
突出部	7.300	7.300	—	—	—	—
1	9.100	9.100	32,377	64,754	32,377	64,754
2	4.200	4.200	26,981	53,962	26,981	53,962
3	5.400	5.400	45,868	91,735	45,868	91,735
4	5.000	5.000	59,358	118,716	59,358	118,716

・杭体断面二次モーメント I (m⁴)

第1断面	0.014551221
------	-------------

※断面の取扱い：総断面

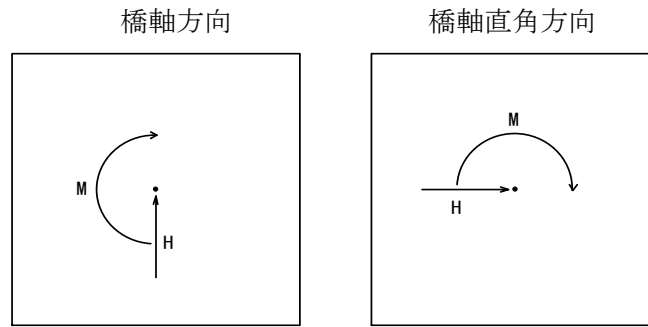
(8) 作用力

(a) 橋軸直角方向

No	荷重ケース名称	割増係数	鉛直力 V(kN)	水平力 H(kN)	モーメント M(kN.m)
1	地震時	1.50	41,517.00	6,228.00	0.00

(b) 橋軸方向

No	荷重ケース名称	割増係数	鉛直力 V(kN)	水平力 H(kN)	モーメント M(kN.m)
1	地震時	1.50	41,517.00	6,228.00	0.00



5-3-2-2-2 安定計算

(1) 杭軸直角方向ばね定数

橋軸直角方向

杭頭剛結

	単位	常 時	地震時
K1	kN/m	5,936	6,972
K2	kN/rad	30,807	34,472
K3	kN.m/m	30,807	34,472
K4	kN.m/ra d	215,956	229,308

橋軸方向

杭頭剛結

	単位	常 時	地震時
K1	kN/m	5,936	6,972
K2	kN/rad	30,807	34,472
K3	kN.m/m	30,807	34,472
K4	kN.m/ra d	215,956	229,308

(2) 杭基礎の剛性行列

1. 変位法による底版中心の変位と外力の関係

$$\begin{bmatrix} V \\ H \\ M \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_{zz} & A_{zx} & A_{za} \\ A_{xz} & A_{xx} & A_{xa} \\ A_{az} & A_{ax} & A_{aa} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \delta z \\ \delta x \\ \alpha \end{bmatrix}$$

2. 剛性行列要素

$$\begin{aligned} A_{zz} &= \Sigma (K_v \cdot \cos^2 \theta + K1 \cdot \sin^2 \theta) \quad i \\ A_{zx} = A_{xz} &= \Sigma (K_v \cdot \cos \theta \cdot \sin \theta - K1 \cdot \sin \theta \cdot \cos \theta) \quad i \\ A_{za} = A_{az} &= \Sigma (K_v \cdot X \cdot \cos^2 \theta + K1 \cdot X \cdot \sin^2 \theta + K2 \cdot \sin \theta) \quad i \\ A_{xx} &= \Sigma (K_v \cdot \sin^2 \theta + K1 \cdot \cos^2 \theta) \quad i \\ A_{xa} = A_{ax} &= \Sigma (K_v \cdot X \cdot \sin \theta \cdot \cos \theta - K1 \cdot X \cdot \sin \theta \cdot \cos \theta - K2 \cdot \cos \theta) \quad i \\ A_{aa} &= \Sigma \{ K_v \cdot X^2 \cdot \cos^2 \theta + K1 \cdot X^2 \cdot \sin^2 \theta + (K2 + K3) \cdot X \cdot \sin \theta + K4 \} \quad i \end{aligned}$$

ここに、 A_{zz} : 鉛直方向ばね(kN/m)
 $A_{zx} = A_{xz}$: 鉛直と水平の連成ばね(kN/m)

$A_{za}=A_{az}$: 鉛直と回転の連成ばね (kN/rad, kN. m/m)
 A_{xx} : 水平方向ばね (kN/m)
 $A_{xa}=A_{ax}$: 水平と回転の連成ばね (kN/rad, kN. m/m)
 A_{aa} : 回転ばね (kN. m/rad)
 V : 原点に作用する鉛直力 (kN)
 H : 原点に作用する水平力 (kN)
 M : 原点に作用するモーメント (kN. m)
 K_{vi} : 杭軸方向ばね定数 (kN/m)
 $K1_i \sim K4_i$: 杭軸直角方向ばね定数 (kN/m, kN/rad, kN. m/m, kN. m/rad)
 X_i : 杭頭の水平座標 (m)
 θ_i : 杭軸が鉛直軸となす角度 (rad)
 δ_z : 原点鉛直変位 (m)
 δ_x : 原点水平変位 (m)
 α : 原点回転角 (rad)

注) 式中のiはi番目の杭を示す。

(a) 橋軸直角方向

杭頭剛結

常時

$$\begin{bmatrix} A_{zz} & A_{zx} & A_{za} \\ A_{xz} & A_{xx} & A_{xa} \\ A_{az} & A_{ax} & A_{aa} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 22833550 & 0 & 0 \\ 0 & 296801 & -1540329 \\ 0 & -1540329 & 1311754814 \end{bmatrix}$$

地震時

$$\begin{bmatrix} A_{zz} & A_{zx} & A_{za} \\ A_{xz} & A_{xx} & A_{xa} \\ A_{az} & A_{ax} & A_{aa} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 22833550 & 0 & 0 \\ 0 & 348583 & -1723608 \\ 0 & -1723608 & 1312422418 \end{bmatrix}$$

(b) 橋軸方向

杭頭剛結

常時

$$\begin{bmatrix} A_{zz} & A_{zx} & A_{za} \\ A_{xz} & A_{xx} & A_{xa} \\ A_{az} & A_{ax} & A_{aa} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 22833550 & 0 & 0 \\ 0 & 296801 & -1540329 \\ 0 & -1540329 & 6299256291 \end{bmatrix}$$

地震時

$$\begin{bmatrix} A_{zz} & A_{zx} & A_{za} \\ A_{xz} & A_{xx} & A_{xa} \\ A_{az} & A_{ax} & A_{aa} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 22833550 & 0 & 0 \\ 0 & 348583 & -1723608 \\ 0 & -1723608 & 6299923895 \end{bmatrix}$$

(3) 杭反力及び変位の計算

$$\begin{bmatrix} \text{PN} \\ \text{PH} \\ \text{Mt} \end{bmatrix}_i = \begin{bmatrix} K_v \cdot \cos \theta & K_v \cdot \sin \theta & K_v \cdot X \cdot \cos \theta \\ -K_1 \cdot \sin \theta & K_1 \cdot \cos \theta & -K_1 \cdot X \cdot \sin \theta - K_2 \\ K_3 \cdot \sin \theta & -K_3 \cdot \cos \theta & K_3 \cdot X \cdot \sin \theta + K_4 \end{bmatrix}_i \begin{bmatrix} \delta z \\ \delta x \\ \alpha \end{bmatrix}_o$$

$$\delta z_i = (\delta z + \alpha \cdot X_i) \cdot \cos \theta_i + \delta x \cdot \sin \theta_i$$

$$\delta x_i = -(\delta z + \alpha \cdot X_i) \cdot \sin \theta_i + \delta x \cdot \cos \theta_i$$

ここに、

PN_i : 杭軸方向反力(kN/本)

PH_i : 杭軸直角方向反力(kN/本)

Mt_i : 杭頭モーメント(kN.m/本)

K_{vi} : 杭軸方向ばね定数(kN/m)

$K_{1i} \sim K_{4i}$: 杭軸直角方向ばね定数(kN/m, kN/rad, kN.m/m, kN.m/rad)

X_i : 杭頭座標(m)

θ_i : 杭軸が鉛直軸となす角度(rad)

δ_z : 原点鉛直変位(m)

δ_x : 原点水平変位(m)

α : 原点回転角(rad)

δz_i : 杭頭の杭軸方向変位(m)

δx_i : 杭頭の杭軸直角方向変位(m)

杭頭での鉛直反力 V_i 、及び水平反力 H_i は、次式による。

$$V_i = \text{PN}_i \cdot \cos \theta_i - \text{PH}_i \cdot \sin \theta_i$$

$$H_i = \text{PN}_i \cdot \sin \theta_i + \text{PH}_i \cdot \cos \theta_i$$

注) 式中の*i*は番目の杭を示す。

(a) 橋軸直角方向

杭頭剛結

地震時

・原点作用力

$$V_o = 41,517.00 \text{ (kN)}$$

$$H_o = 6,228.00 \text{ (kN)}$$

$$M_o = 0.00 \text{ (kN.m)}$$

・原点変位

$$\delta_z = 1.82 \text{ (mm)}$$

$$\delta_x = 17.98 \text{ (mm)}$$

$$\alpha = 0.00002362 \text{ (rad)}$$

・杭反力

N _o	X(m)	本数	PN(kN)	PH(kN)	M _i (kN.m)	V _i (kN)	H _i (kN)	δf _x (mm)
1	-10.675	10	715.20	124.56	-614.51	715.20	124.56	3.56
2	-5.337	10	772.78	124.56	-614.51	772.78	124.56	3.56
3	0.000	10	830.34	124.56	-614.51	830.34	124.56	3.56
4	5.337	10	887.90	124.56	-614.51	887.90	124.56	3.56
5	10.675	10	945.48	124.56	-614.51	945.48	124.56	3.56

$$\text{PN}_{\max} = 945.48 \text{ (kN)} \leq R_a = 1,152.00 \text{ (kN)} : \text{OK}$$

$$\text{PN}_{\min} = 715.20 \text{ (kN)} \geq P_a = -938.00 \text{ (kN)} : \text{OK}$$

$$\delta_f = 3.56 \text{ (mm)} \leq \delta_a = 100.00 \text{ (mm)} : \text{OK}$$

(b) 橋軸方向

杭頭剛結

地震時

・原点作用力

$$V_o = 41,517.00 \text{ (kN)}$$

$$H_o = 6,228.00 \text{ (kN)}$$

$$M_o = 0.00 \text{ (kN.m)}$$

・原点変位

$$\delta_z = 1.82 \text{ (mm)}$$

$$\delta_x = 17.89 \text{ (mm)}$$

$$\alpha = 0.00000489 \text{ (rad)}$$

・杭反力

N o	Y(m)	本数	PN(kN)	PH(kN)	M _t (kN.m)	V _i (kN)	H _i (kN)	δf _x (mm)
1	26.000	5	888.46	124.56	-615.61	888.46	124.56	3.55
2	20.222	5	875.54	124.56	-615.61	875.54	124.56	3.55
3	14.444	5	862.63	124.56	-615.61	862.63	124.56	3.55
4	8.667	5	849.71	124.56	-615.61	849.71	124.56	3.55
5	2.889	5	836.80	124.56	-615.61	836.80	124.56	3.55
6	-2.889	5	823.88	124.56	-615.61	823.88	124.56	3.55
7	-8.667	5	810.97	124.56	-615.61	810.97	124.56	3.55
8	-14.444	5	798.05	124.56	-615.61	798.05	124.56	3.55
9	-20.222	5	785.14	124.56	-615.61	785.14	124.56	3.55
10	-26.000	5	772.22	124.56	-615.61	772.22	124.56	3.55

$$PN_{\max} = 888.46 \text{ (kN)} \leq R_a = 1,152.00 \text{ (kN)} : \text{OK}$$

$$PN_{\min} = 772.22 \text{ (kN)} \geq P_a = -938.00 \text{ (kN)} : \text{OK}$$

$$\delta_f = 3.55 \text{ (mm)} \leq \delta_a = 100.00 \text{ (mm)} : \text{OK}$$

5-3-2-2-3 断面計算

(1) 杭体断面力

表 5-50 杭体断面力(橋軸直角方向 地震時)

	杭頭剛結			杭頭ヒンジ		
杭頭作用力 H (kN) M (kN.m)	124.56 -614.51			124.56 0.00		
杭軸直角方向ばね定数 K1(kN/m) K2(kN/rad) K3(kN.m/m) K4(kN.m/rad)	6,972 34,472 34,472 229,308			1,789 0 0 0		
M_t (kN.m) M_{max} (kN.m) Z (m) $1/2M_{max}$ (kN.m) S (kN)	-614.51 344.32 8.181 466.14 124.56			0.00 932.28 7.688 466.14 -221.84		
Z (m)	δx (mm)	M (kN.m)	S (kN)	δx (mm)	M (kN.m)	S (kN)
0.000	17.983	-614.51	124.56	69.609	0.00	124.56
0.500	17.844	-552.23	124.56	64.381	62.28	124.56
1.000	17.468	-489.95	124.56	59.180	124.56	124.56
1.500	16.881	-427.67	124.56	54.033	186.84	124.56
2.000	16.110	-365.39	124.56	48.965	249.12	124.56
2.500	15.182	-303.11	124.56	44.005	311.40	124.56
3.000	14.125	-240.83	124.56	39.179	373.68	124.56
4.000	11.725	-116.27	124.56	30.034	498.24	124.56
5.000	9.127	8.29	124.56	21.745	622.80	124.56
6.000	6.542	132.85	124.56	14.527	747.36	124.56
7.000	4.185	257.41	124.56	8.592	871.92	124.56
7.300	3.555	294.78	124.56	7.094	909.29	124.56
8.000	2.268	342.58	19.80	4.150	919.73	-76.94
9.000	0.923	316.50	-60.36	1.257	763.47	-210.63
10.000	0.114	240.27	-85.15	-0.335	536.48	-229.67
11.000	-0.282	156.32	-79.34	-1.002	322.84	-191.90
12.000	-0.408	85.83	-60.57	-1.107	158.69	-135.54
13.000	-0.384	35.85	-39.61	-0.931	50.68	-82.02
14.000	-0.295	5.50	-21.87	-0.662	-9.47	-40.63
15.000	-0.195	-9.60	-9.20	-0.403	-35.29	-13.23
16.000	-0.110	-14.53	-1.41	-0.203	-39.94	2.19
16.400	-0.082	-14.68	0.57	-0.142	-38.31	5.74
17.000	-0.048	-13.80	2.24	-0.069	-33.97	8.43
18.000	-0.011	-10.83	3.43	0.006	-24.68	9.61
19.000	0.009	-7.34	3.41	0.039	-15.51	8.51
20.000	0.015	-4.18	2.85	0.045	-7.93	6.61
20.600	0.016	-2.59	2.45	0.042	-4.31	5.47
21.000	0.015	-1.70	2.00	0.038	-2.36	4.29
22.000	0.011	-0.20	1.05	0.026	0.69	1.96

※ M_{max} :地中部最大モーメント, $1/2M_{max} = 1/2 \cdot \max(M_{max}, M_t)$, M_t :杭頭モーメント

表 5-51 杭体断面力(橋軸方向 地震時)

	杭頭剛結			杭頭ヒンジ		
杭頭作用力						
H (kN)	124.56			124.56		
M (kN.m)	-615.61			0.00		
杭軸直角方向ばね定数						
K1(kN/m)	6,972			1,789		
K2(kN/rad)	34,472			0		
K3(kN.m/m)	34,472			0		
K4(kN.m/rad)	229,308			0		
M_t (kN.m)	-615.61			0.00		
M_{max} (kN.m)	343.32			932.28		
Z (m)	8.182			7.688		
$1/2M_{max}$ (kN.m)	466.14			466.14		
S (kN)	124.56			-221.84		
Z (m)	δx (mm)	M (kN.m)	S (kN)	δx (mm)	M (kN.m)	S (kN)
0.000	17.891	-615.61	124.56	69.609	0.00	124.56
0.500	17.761	-553.33	124.56	64.381	62.28	124.56
1.000	17.393	-491.05	124.56	59.180	124.56	124.56
1.500	16.814	-428.77	124.56	54.033	186.84	124.56
2.000	16.051	-366.49	124.56	48.965	249.12	124.56
2.500	15.131	-304.21	124.56	44.005	311.40	124.56
3.000	14.080	-241.93	124.56	39.179	373.68	124.56
4.000	11.693	-117.37	124.56	30.034	498.24	124.56
5.000	9.104	7.19	124.56	21.745	622.80	124.56
6.000	6.528	131.75	124.56	14.527	747.36	124.56
7.000	4.178	256.31	124.56	8.592	871.92	124.56
7.300	3.549	293.68	124.56	7.094	909.29	124.56
8.000	2.265	341.55	19.98	4.150	919.73	-76.94
9.000	0.922	315.70	-60.09	1.257	763.47	-210.63
10.000	0.115	239.73	-84.89	-0.335	536.48	-229.67
11.000	-0.281	156.02	-79.14	-1.002	322.84	-191.90
12.000	-0.407	85.70	-60.43	-1.107	158.69	-135.54
13.000	-0.383	35.83	-39.53	-0.931	50.68	-82.02
14.000	-0.295	5.53	-21.84	-0.662	-9.47	-40.63
15.000	-0.195	-9.55	-9.19	-0.403	-35.29	-13.23
16.000	-0.109	-14.49	-1.42	-0.203	-39.94	2.19
16.400	-0.082	-14.64	0.56	-0.142	-38.31	5.74
17.000	-0.048	-13.76	2.23	-0.069	-33.97	8.43
18.000	-0.011	-10.80	3.42	0.006	-24.68	9.61
19.000	0.009	-7.32	3.40	0.039	-15.51	8.51
20.000	0.015	-4.17	2.85	0.045	-7.93	6.61
20.600	0.016	-2.58	2.44	0.042	-4.31	5.47
21.000	0.015	-1.70	2.00	0.038	-2.36	4.29
22.000	0.011	-0.20	1.04	0.026	0.69	1.96

※ M_{max} :地中部最大モーメント, $1/2M_{max} = 1/2 \cdot \max(M_{max}, M_t)$, M_t :杭頭モーメント

(2) 断面力図

橋軸直角方向 地震時

杭 径 $D = 800.0$ (mm)

杭 長 $L = 31.00$ (m)

【杭頭剛結】

$H = 124.56$ (kN) $M = -614.51$ (kN.m)

【杭頭ヒンジ】

$H = 124.56$ (kN)

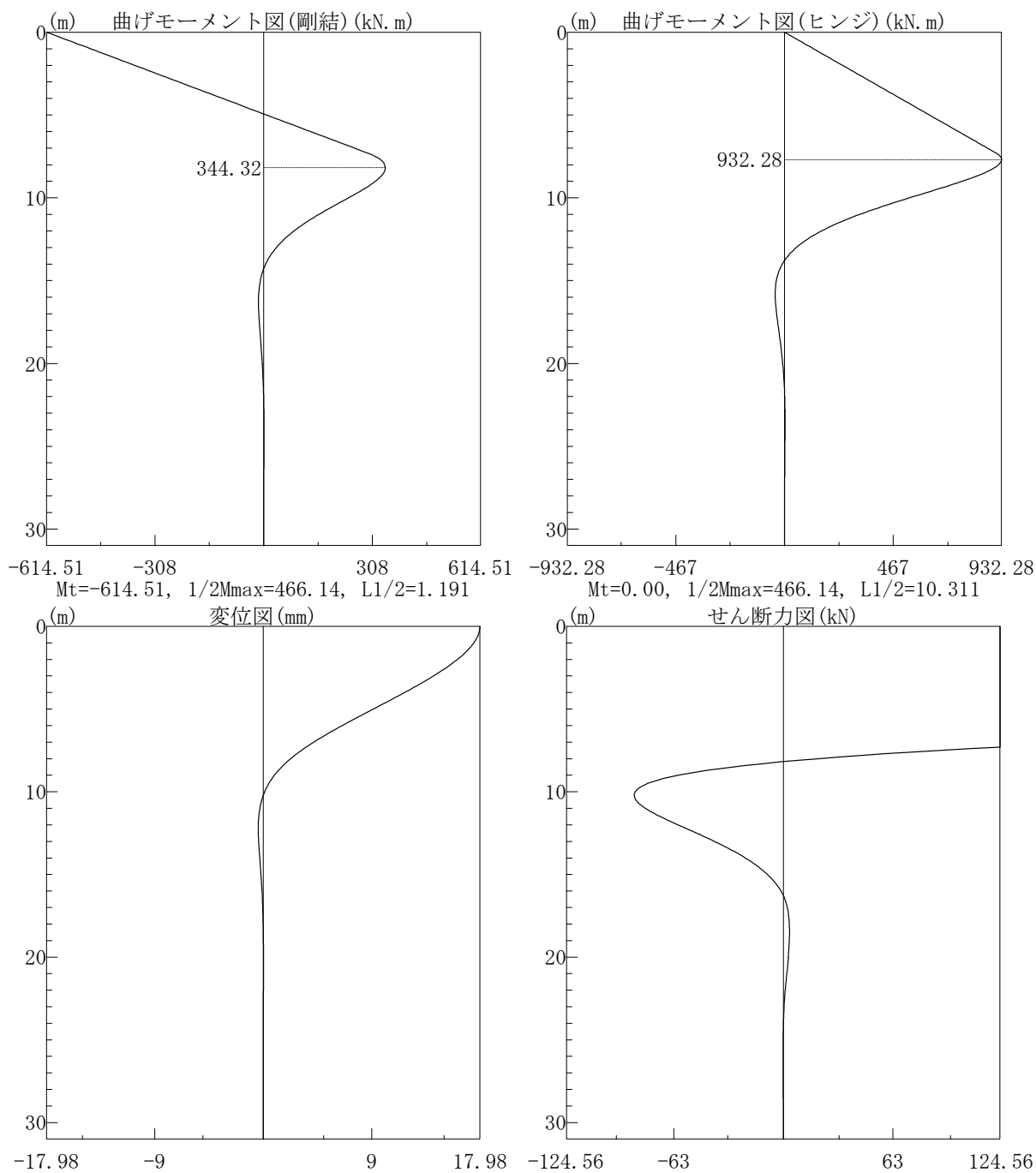


図 5-49 断面力図(橋軸直角方向、地震時)

2) 橋軸方向 地震時

杭 径 $D = 800.0$ (mm)

杭 長 $L = 31.00$ (m)

【杭頭剛結】

$H = 124.56$ (kN) $M = -615.61$ (kN.m)

【杭頭ヒンジ】

$H = 124.56$ (kN)

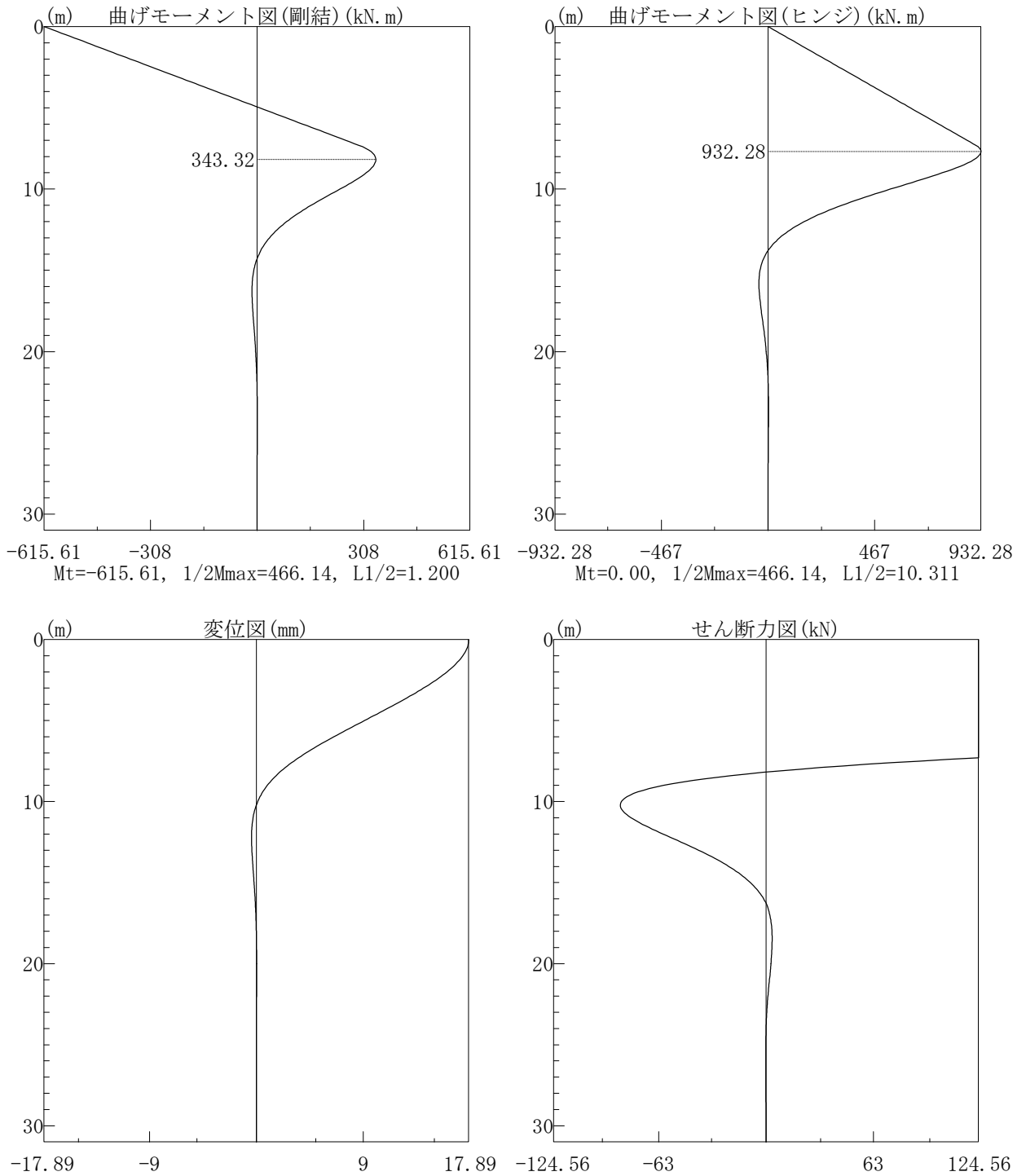


図 5-50 断面力図(橋軸方向、地震時)

(3) 杭体応力度

PHC杭

第1断面

杭外径 $D = 800.0(\text{mm})$ 厚さ $t = 110.0(\text{mm})$

種別 C種

有効プレストレス $\sigma_{ce} = 10.000(\text{N}/\text{mm}^2)$

換算断面積 $A_e = 2512.00 \times 10^2(\text{mm}^2)$

換算断面係数 $Z_e = 38,340.00 \times 10^3(\text{mm}^3)$

曲げ応力度の照査

$$\sigma = \sigma_{ce} + \frac{N}{A_e} \pm \frac{M}{Z_e}$$

(a) 橋軸直角方向

No	荷重名略称	着目杭行 列		M (kN.m)	N (kN)	σ_c, σ_{ca} (N/mm ²)	σ_t, σ_{ta} (N/mm ²)	M _r (kN.m) M _{r_L} (m)
1	地震時	1	5	614.51	945.48	29.79 40.00	-2.26 -5.00	719.41 —
		1	1	614.51	715.20	28.88 40.00	-3.18 -5.00	684.26 —

上段がN_{max}、下段がN_{min}を示す。M_{r_L}はM_rと実モーメントとの交点深度を示す。

(b) 橋軸方向

No	荷重名略称	着目杭行 列		M (kN.m)	N (kN)	σ_c, σ_{ca} (N/mm ²)	σ_t, σ_{ta} (N/mm ²)	M _r (kN.m) M _{r_L} (m)
1	地震時	1	1	615.61	888.46	29.59 40.00	-2.52 -5.00	710.70 —
		10	1	615.61	772.22	29.13 40.00	-2.98 -5.00	692.96 —

上段がN_{max}、下段がN_{min}を示す。M_{r_L}はM_rと実モーメントとの交点深度を示す。

せん断応力度の照査

コンクリートのみでせん断力を負担する場合

$$\tau = \frac{S}{b \cdot d} \leq \tau_a$$

$$\tau_a = CN \cdot \tau_{a1}$$

ここに、

S : せん断力(kN)

b : 部材断面幅 (等積箱形断面の腹部の合計幅とする) b = 195 (mm)

d : 部材断面の有効高 (等積箱形断面の有効高とする) d = 710 (mm)

r_s : 部材軸方向鉄筋の配置半径 r_s = 395.0 (mm)

τ_a : 軸方向圧縮力により割増しされた許容せん断応力度 (N/mm²)

τ_{a1} : コンクリートのみでせん断力を負担する場合の許容せん断応力度 (N/mm²)

CN : 軸方向圧縮力による補正係数

$$CN = 1 + \frac{M_o}{M} \quad \text{ただし、} 1 \leq CN \leq 2$$

M_o : 軸方向圧縮力によりコンクリートの応力度が部材引張縁で零となる
曲げモーメント(kN.m)

$$M_o = \left(\sigma_{ce} + \frac{N}{A_c} \right) \cdot \frac{I_c}{y}$$

N : 部材断面に作用する軸方向圧縮力(kN)

σ_{ce} : 有効プレストレス $\sigma_{ce} = 10.00$ (N/mm²)

A_c : 部材断面積 $A_c = 2,384.4689 \times 10^2$ (mm²)

I_c : 部材断面の図心軸に関する断面二次モーメント $I_c = 1,455,122.1741 \times 10^4$ (mm⁴)

y : 部材断面の図心より部材引張縁までの距離 $y = 400$ (mm)

斜引張鉄筋(スパイラル鉄筋)と共同してせん断力を負担する場合

$$P_s = S_c + S_s$$

$$S_c = \tau_{al} \cdot CN \cdot b \cdot d$$

$$S_s = \frac{A_w \cdot \sigma_{sa} \cdot d \cdot (\sin \theta + \cos \theta)}{1.15 \cdot s}$$

$$S \leq P_s$$

ここに、

P_s : 許容せん断力 (kN)

S_c : コンクリートの負担するせん断力 (kN)

S_s : 斜引張鉄筋の負担するせん断力 (kN)

τ_{al} : コンクリートのみでせん断力を負担する場合の許容せん断応力度 (N/mm²)

b : 部材断面幅(等積箱形断面の腹部の合計幅とする) (mm)

d : 部材断面の有効高(等積箱形断面の有効高とする) (mm)

A_w : 間隔 s および角度 θ で配筋される斜引張鉄筋の断面積 $A_w = 0.000 \times 10^2$ (mm²)

σ_{sa} : 斜引張鉄筋の許容引張応力度 $\sigma_{sa} = 50.00$ (N/mm²)

〃 (地震時の基本値) $\sigma_{sa} = 50.00$ (N/mm²)

s : 斜引張鉄筋の部材軸方向の間隔 (mm) $s = 80$ (mm)

θ : 斜引張鉄筋が部材軸方向となす角度 (90°とする)

(a) 橋軸直角方向

No	荷重名略称	着目杭 行 列		M (kN.m)	N (kN)	M _o (kN.m) CN	S _c (kN) S _s (kN)	τ (N/mm ²) τ_a (N/mm ²)	S (kN) P _s (kN)
1	地震時	1	5	614.51	945.48	508.02 1.827	322.46 0.00	0.900 2.329	124.56 322.46
		1	1	614.51	715.20	472.89 1.770	312.37 0.00	0.900 2.256	124.56 312.37

上段が N_{max} , 下段が N_{min} を示す。

(b) 橋軸方向

No	荷重名略称	着目杭 行 列		M (kN.m)	N (kN)	M _o (kN.m) CN	S _c (kN) S _s (kN)	τ (N/mm ²) τ_a (N/mm ²)	S (kN) P _s (kN)
1	地震時	1	1	615.61	888.46	499.33 1.811	319.71 0.00	0.900 2.309	124.56 319.71
		10	1	615.61	772.22	481.59 1.782	314.62 0.00	0.900 2.272	124.56 314.62

上段が N_{max} , 下段が N_{min} を示す。

5-3-2-2-4 基礎杭計算結果一覧表

(1) 橋軸直角方向

表 5-52 基礎杭計算結果一覧表(橋軸直角方向)

荷重ケースNo. 略称		1	
原点作用力		地震時	
Vo	kN	41,517.0	
Ho	kN	6,228.0	
Mo	kN.m	0.0	
原点変位			
δ_x	mm	17.98	
δ_z	mm	1.82	
α	rad	0.00002362	
δ_f, δ_a	mm	$3.56 \leq 100.00$	
抽出杭番号	行,列	(1, 1)	
鉛直反力			
PN_{max}, R_a	kN	$945.48 \leq 1,152.00$	
抽出杭番号	行,列	(1, 5)	
PN_{min}, P_a	kN	$715.20 \geq -938.00$	
抽出杭番号	行,列	(1, 1)	
水平反力			
PH	kN	124.56	
抽出杭番号	行,列	(1, 1)	
杭作用モーメント			
杭頭 M_t	kN.m	-614.51	
抽出杭番号	行,列	(1, 1)	
地中部 M_m	kN.m	932.28	
抽出杭番号	行,列	(1, 1)	
杭体応力度			
1 断面	σ_c, σ_{ca}	N/mm ²	$29.79 \leq 40.00$
	抽出杭	行,列	(1, 5)
	σ_t, σ_{ta}	N/mm ²	$-3.18 \geq -5.00$
	抽出杭	行,列	(1, 1)
	τ, τ_a	N/mm ²	$0.900 \leq 2.256$
抽出杭	行,列	(1, 1)	
S, P _s	kN	$124.56 \leq 312.37$	
抽出杭	行,列	(1, 1)	
判定		OK	

杭 種 : 打込み杭打撃工法 PHC杭
 杭 径 : $\phi = 800.0$ (mm)
 厚 さ : $t = 110.0$ (mm)
 杭 長 : $L = 31.00$ (m)
 種 類 : C種

(2) 橋軸方向

表 5-53 基礎杭計算結果一覧表(橋軸方向)

荷重ケースNo. 略称		1 地震時	
原点作用力			
V_o	kN	41,517.0	
H_o	kN	6,228.0	
M_o	kN.m	0.0	
原点変位			
δ_x	mm	17.89	
δ_z	mm	1.82	
α	rad	0.00000489	
δ_f, δ_a	mm	3.55 \leq 100.00	
抽出杭番号	行,列	(1, 1)	
鉛直反力			
PN_{max}, R_a	kN	888.46 \leq 1,152.00	
抽出杭番号	行,列	(1, 1)	
PN_{min}, P_a	kN	772.22 \geq -938.00	
抽出杭番号	行,列	(10, 1)	
水平反力			
PH	kN	124.56	
抽出杭番号	行,列	(1, 1)	
杭作用モーメント			
杭頭 M_t	kN.m	-615.61	
抽出杭番号	行,列	(1, 1)	
地中部 M_m	kN.m	932.28	
抽出杭番号	行,列	(1, 1)	
杭体応力度			
1 断面	σ_c, σ_{ca}	N/mm ²	29.59 \leq 40.00
	抽出杭	行,列	(1, 1)
	σ_t, σ_{ta}	N/mm ²	-2.98 \geq -5.00
	抽出杭	行,列	(10, 1)
	τ, τ_a	N/mm ²	0.900 \leq 2.272
抽出杭	行,列	(10, 1)	
S, P _s	kN	124.56 \leq 314.62	
抽出杭	行,列	(10, 1)	
判定		OK	

杭 種 : 打込み杭打撃工法 PHC杭

杭 径 : $\phi = 800.0$ (mm)厚 さ : $t = 110.0$ (mm)杭 長 : $L = 31.00$ (m)

種 類 : C種

5-3-2-2-5 予備計算

(1) 水平方向地盤反力係数

杭外径		D = 0.8000	(m)
杭体ヤング係数		E = 4.00 × 10 ⁷	(kN/m ²)
杭体断面二次モーメント		I = 0.014551221	(m ⁴)
杭の特性値(換算載荷幅算出)	常時	β = 0.324771	(m ⁻¹)
	地震時	β = 0.324771	(m ⁻¹)
水平抵抗に関する 地盤の深さ	常時	1/β = 3.0791	(m)
	地震時	1/β = 3.0791	(m)

$$\frac{1}{\beta} \text{の範囲の平均 } \alpha \cdot E_o = \frac{\sum (\alpha \cdot E_{oi} \cdot L_i)}{1/\beta} = 33600.0 \text{ (kN/m}^2\text{) (常時)}$$

$$= 33,600.0 \text{ (kN/m}^2\text{) (地震時)}$$

$$\text{杭の換算載荷幅 } BH = \sqrt{\frac{D}{\beta}} = 1.5695 \text{ (m) (常時)}$$

$$= 1.5695 \text{ (m) (地震時)}$$

$$kH_o = \frac{1}{0.3} \cdot \alpha \cdot E_o = 112000.0 \text{ (kN/m}^3\text{) (常時)}$$

$$= 112,000.0 \text{ (kN/m}^3\text{) (地震時)}$$

$$kH = kH_o \cdot \left(\frac{BH}{0.3}\right)^{-\frac{3}{4}}$$

$$\beta = \sqrt[4]{\frac{kH \cdot D}{4 \cdot E \cdot I}} = 0.324771 \text{ (m}^{-1}\text{) (常時), } 0.324771 \text{ (m}^{-1}\text{) (地震時)}$$

※地震時BH算出時の $\alpha \cdot E_o$ の取扱い：地震時の1/2

層No	層厚(m)		$\alpha \cdot E_o$ (kN/m ²)		k_H (kN/m ³)	
	常時	地震時	常時	地震時	常時	地震時
突出部	7.300	7.300	—	—	—	—
1	9.100	9.100	33,600	67,200	32,377	64,754
2	4.200	4.200	28,000	56,000	26,981	53,962
3	5.400	5.400	47,600	95,200	45,868	91,735
4	5.000	5.000	61,600	123,200	59,358	118,716

(2) 杭軸方向鉛直ばね定数

$$K_v = a \cdot \frac{A_p \cdot E_p}{L}$$

杭 種：PHC杭
工 法：打込み杭打撃工法

$$a = 0.014 \cdot (L'/D) + 0.72 = 1.1348$$

A_p ：杭の純断面積 = 0.23845 (m²)
 E_p ：杭体のヤング係数 = 4.00×10^7 (kN/m²)
 L ：杭長 = 23.700 (m)
 L' ：杭長（補正係数 a 算出用） = 23.700 (m)
 D ：杭径 = 0.8000 (m)

$$K_v = 456,671 \text{ (kN/m)}$$

(3) 最大周面摩擦力度

杭周面に働く最大周面摩擦力度を以下に示す。

(a) 最大周面摩擦力度の推定方法

	砂質土	粘性土
打込み杭工法	2N (≦100)	cまたは10N (≦150)

※Nは各層のN値、cは地盤の粘着力(kN/m²)を示す。

※粘性土の最大周面摩擦力度は、N値および粘着力cから推定した結果のうち小さい方を採用する。

※N値から推定する場合、N値が5未満となる軟弱層の最大周面摩擦力度は0とする。

(b) 最大周面摩擦力度

層No	標高(m)	層厚(m)	土質	平均N値	粘着力c(kN/m ²)	f _i (kN/m ²)
1	-4.000 -13.100	9.100	砂質	12.0	0.0	24.0
2	-13.100 -17.300	4.200	粘性	10.0	45.0	45.0
3	-17.300 -22.700	5.400	砂礫	17.0	0.0	34.0
4	-22.700 -44.600	21.900	粘性	22.0	77.5	77.5

※現地盤面から全層の最大周面摩擦力度を示す。

(4) 許容支持力の計算

(a) 杭の諸元

杭種 : PHC杭 φ 800.0 (mm)
 工法 : 打込み杭 (打撃)
 設計杭長 : L = 31.000 (m)
 突出杭長 : Lo = 7.300 (m) (現地盤面から上を示す)
 杭の種類 : 摩擦杭

(b) 軸方向許容押込み支持力の計算

$$R_a = \frac{\gamma}{n} \cdot (R_u - W_s) + W_s - W$$

$$R_u = U \cdot \Sigma(L_i \cdot f_i) \quad (\text{常時}), (\text{地震時(液無)})$$

$$R_u = U \cdot \Sigma(L_i \cdot f_i \cdot DE_i) \quad (\text{地震時(液有)})$$

R_a : 杭頭における杭の軸方向許容押込み支持力 (kN)

n : 安全率 3.0 (常時)

2.0 (地震時)

γ : 安全率の補正係数 = 1.0

R_u : 地盤から決まる杭の極限支持力 (kN)

U : 杭の周長(m)

$$U = \pi \cdot 0.8000 = 2.513 \text{ (m)}$$

L_i : 層厚(m)

f_i : 層の最大周面摩擦力度(kN/m²)

DE_i : 土質定数の低減係数 (地震時のみ)

W_s : 杭で置き換えられる部分の土の有効重量(kN)

$$W_s = A_p \cdot \Sigma(\gamma_i \cdot L_i)$$

γ_i : 土の有効単位重量(kN/m³)

周面摩擦力および杭で置き換えられる部分の土の有効重量
 ・常時

層No	土質	平均N値	粘着力(kN/m ²)	層厚L _i (m)	γ_i (kN/m ³)	W _s (kN)	f _i (kN/m ²)	L _i ・f _i (kN/m)
1	砂質	12.0	0.0	9.100	9.90	45.28	24.0	218.40
2	粘性	10.0	45.0	4.200	4.90	10.34	45.0	189.00
3	砂礫	17.0	0.0	5.400	4.90	13.30	34.0	183.60
4	粘性	22.0	77.5	5.000	4.90	12.32	77.5	387.50
計				23.700		81.24		978.50

・地震時(液無)

層No	土質	平均N値	粘着力(kN/m ²)	層厚L _i (m)	γ_i (kN/m ³)	W _s (kN)	f _i (kN/m ²)	L _i ・f _i (kN/m)
1	砂質	12.0	0.0	9.100	9.90	45.28	24.0	218.40
2	粘性	10.0	45.0	4.200	4.90	10.34	45.0	189.00
3	砂礫	17.0	0.0	5.400	4.90	13.30	34.0	183.60
4	粘性	22.0	77.5	5.000	4.90	12.32	77.5	387.50
計				23.700		81.24		978.50

地盤から決まる極限支持力

常 時

$$R_u = U \cdot \Sigma(L_i \cdot f_i) \\ = 2.513 \cdot 978.5 = 2,459 \text{ (kN)}$$

地震時(液無)

$$R_u = U \cdot \Sigma(L_i \cdot f_i) \\ = 2.513 \cdot 978.5 = 2,459 \text{ (kN)}$$

W : 杭の有効重量(kN)

$$W = \Sigma(W'' \cdot L + W_o \cdot L_o) \text{ (kN)}$$

W'' : 水中部単位長重量 (kN/m)

L : 水中部杭長 (m)

W_o : 水位上部単位長重量(kN/m)

L_o : 水位上部杭長 (m)

断面 No	W'' (kN/m)	L (m)		W _o (kN/m)	L _o (m)		W _i (kN)	
		常時	地震時		常時	地震時	常時	地震時
1	3.672	29.100	29.100	6.080	1.900	1.900	118.398	118.398
計							118.398	118.398

許容支持力

$$\text{常 時} \quad R_a = \frac{1.0}{3.0} \cdot (2459 - 81.2) + 81.2 - 118.4 = 756 \text{ (kN)}$$

$$\text{地震時(液無)} \quad R_a = \frac{1.0}{2.0} \cdot (2459 - 81.2) + 81.2 - 118.4 = 1152 \text{ (kN)}$$

(c) 軸方向許容引抜き抵抗力の計算

$$P_a = \frac{1}{n} \cdot P_u + W$$

$P_u = U \cdot \Sigma(L_i \cdot f_i)$ (常 時), (地震時(液無))

$P_u = U \cdot \Sigma(L_i \cdot f_i \cdot DE_i)$ (地震時(液有))

P_a : 杭頭における杭の軸方向許容引抜き抵抗力 (kN)

n : 安全率 6.0 (常 時)

3.0 (地震時)

P_u : 地盤から決まる杭の極限引抜き抵抗力 (kN)

$$P_u = 2.513 \cdot 978.5 = 2,459 \text{ (kN)} \text{ (常 時)}$$

$$P_u = 2.513 \cdot 978.5 = 2,459 \text{ (kN)} \text{ (地震時(液無))}$$

W : 杭の有効重量 118.4 (kN) (常 時)

118.4 (kN) (地震時)

許容引抜き力

$$\text{常 時} \quad P_a = \frac{1}{6.0} \cdot 2459 + 118.4 = 528 \text{ (kN)}$$

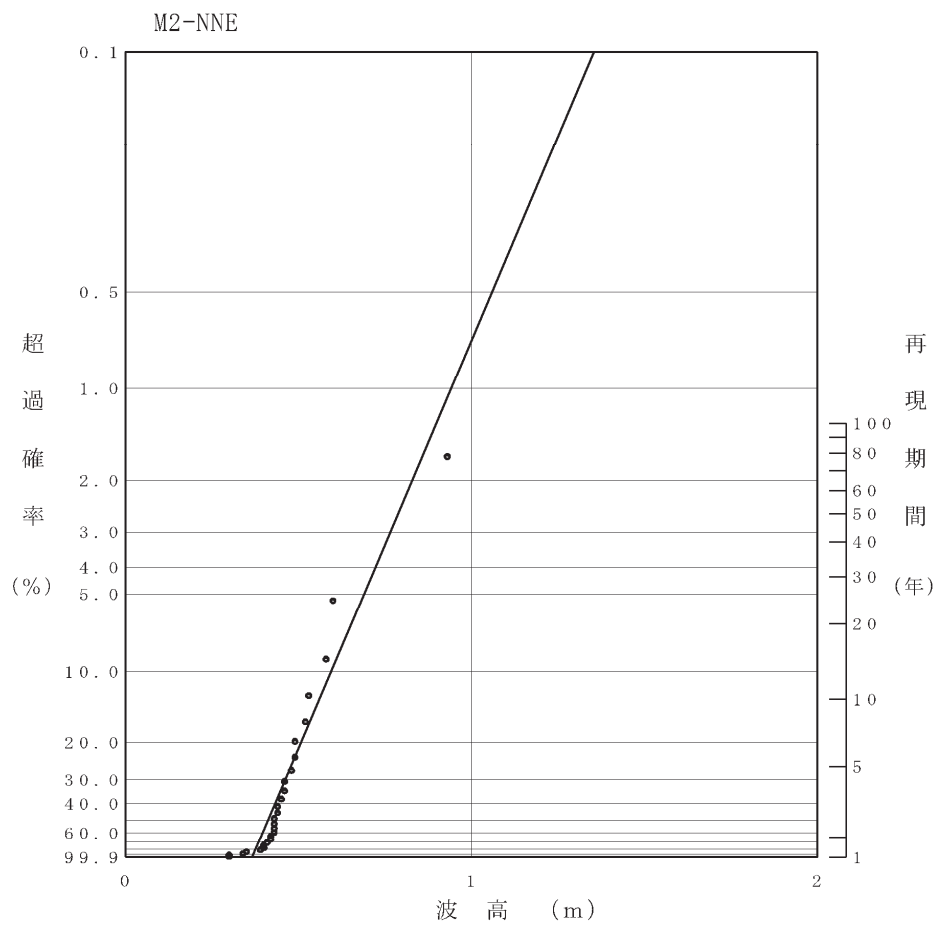
$$\text{地震時(液無)} \quad P_a = \frac{1}{3.0} \cdot 2459 + 118.4 = 938 \text{ (kN)}$$

(d) 計算結果一覽

(kN/本)

許容支持	常 時	756
	地震時(液無)	1,152
許容引拔力	常 時	528
	地震時(液無)	938

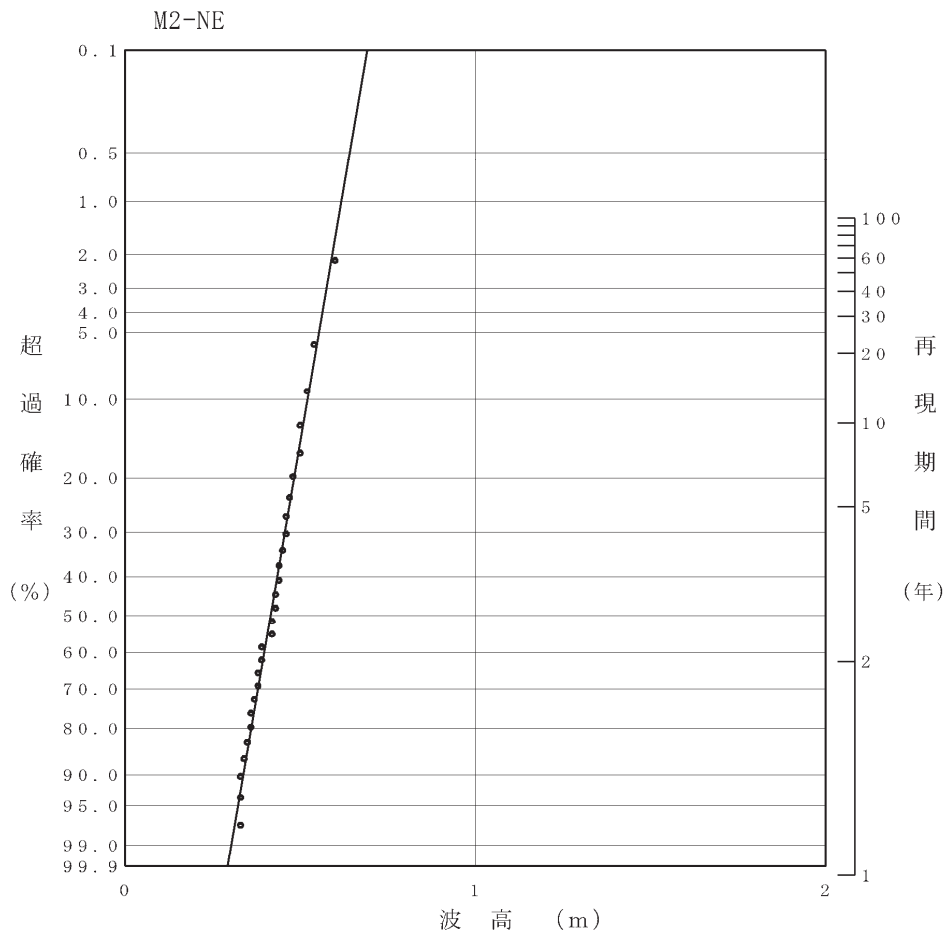
付属資料 1 確率波高算出結果



データ数 27 (35年)
 最適関数 WEIBULL分布
 (k=0.75)
 相関係数 0.955

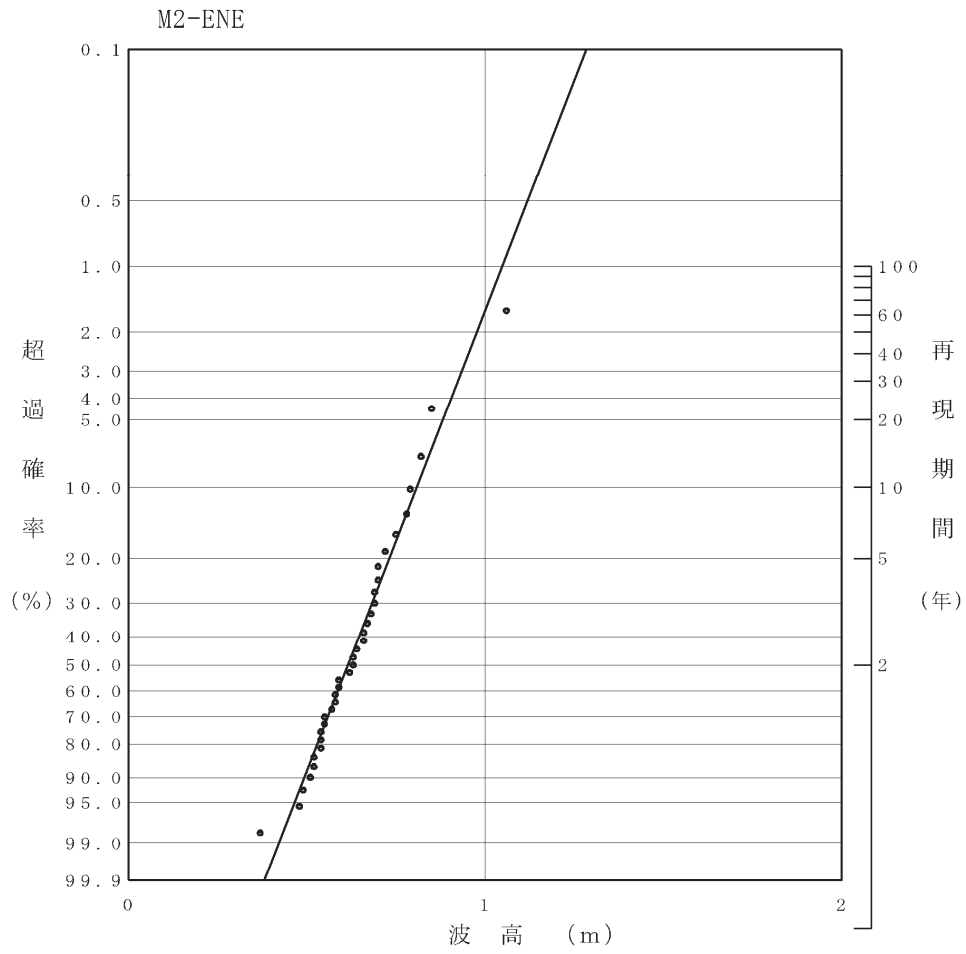
確率年	期待値
5	0.48
10	0.56
20	0.65
30	0.71
40	0.75
50	0.79
60	0.82

図1 M2地点(NNE)確率波高



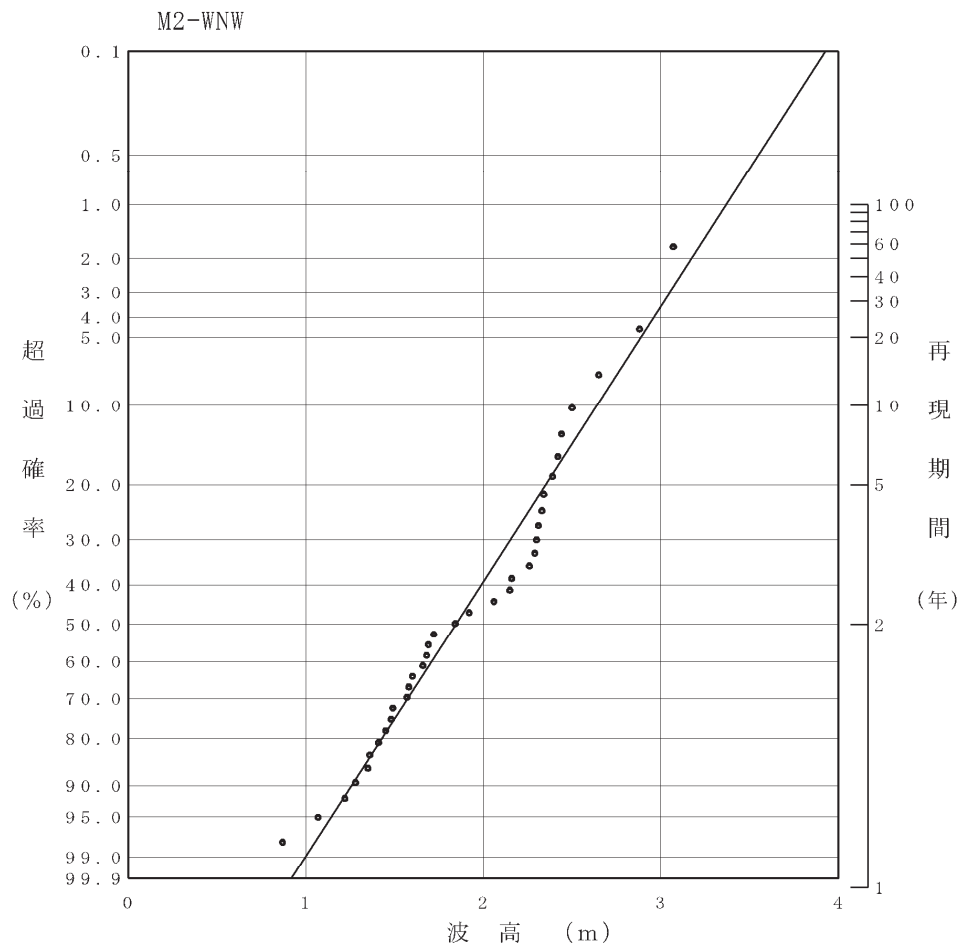
データ数	28 (35年)
最適関数	WEIBULL分布 ($k=2.00$)
相関係数	0.994
確率年	期待値
5	0.47
10	0.51
20	0.54
30	0.56
40	0.57
50	0.58
60	0.59

図2 M2地点(NE)確率波高



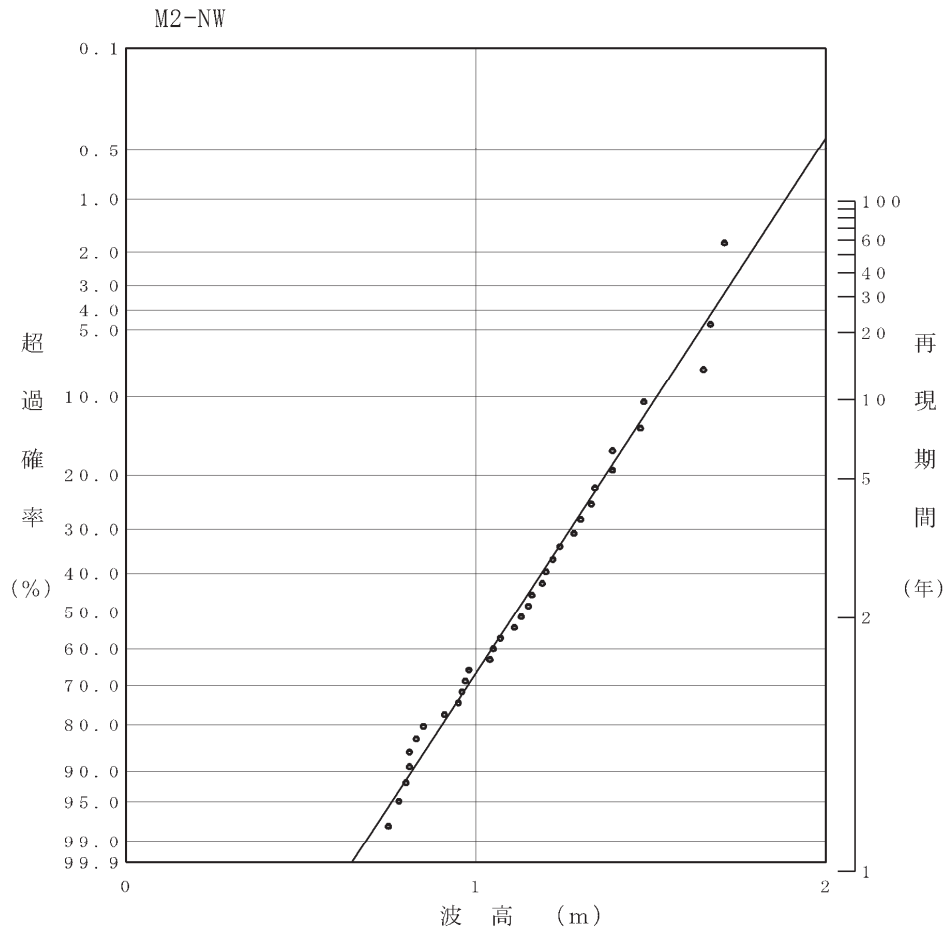
データ数	35 (35年)
最適関数	GUMBEL分布
相関係数	0.988
確率年	期待値
5	0.73
10	0.81
20	0.88
30	0.92
40	0.95
50	0.98
60	1.00

図3 M2地点(ENE)確率波高



データ数	35 (35年)
最適関数	WEIBULL分布 ($k=2.00$)
相関係数	0.984
確率年	期待値
5	2.35
10	2.64
20	2.89
30	3.02
40	3.11
50	3.17
60	3.23

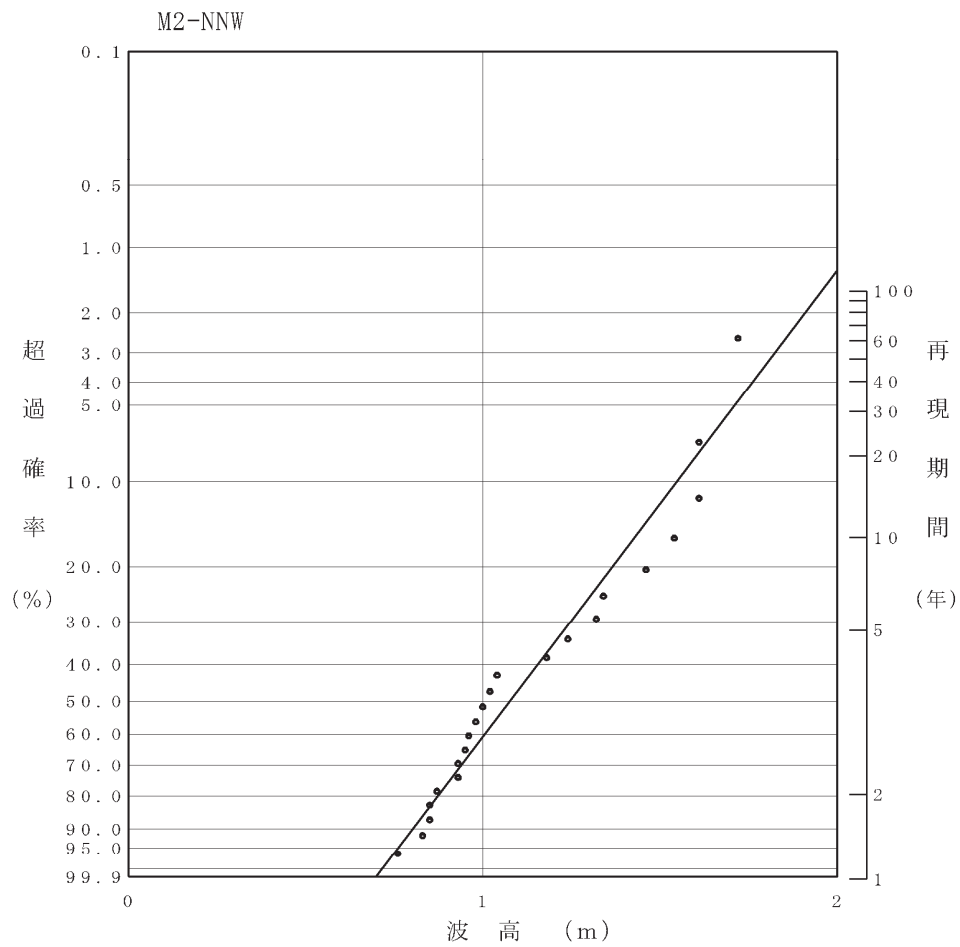
図4 M2地点(WNW)確率波高



データ数 34 (35年)
 最適関数 WEIBULL分布
 (k=2.00)
 相関係数 0.993

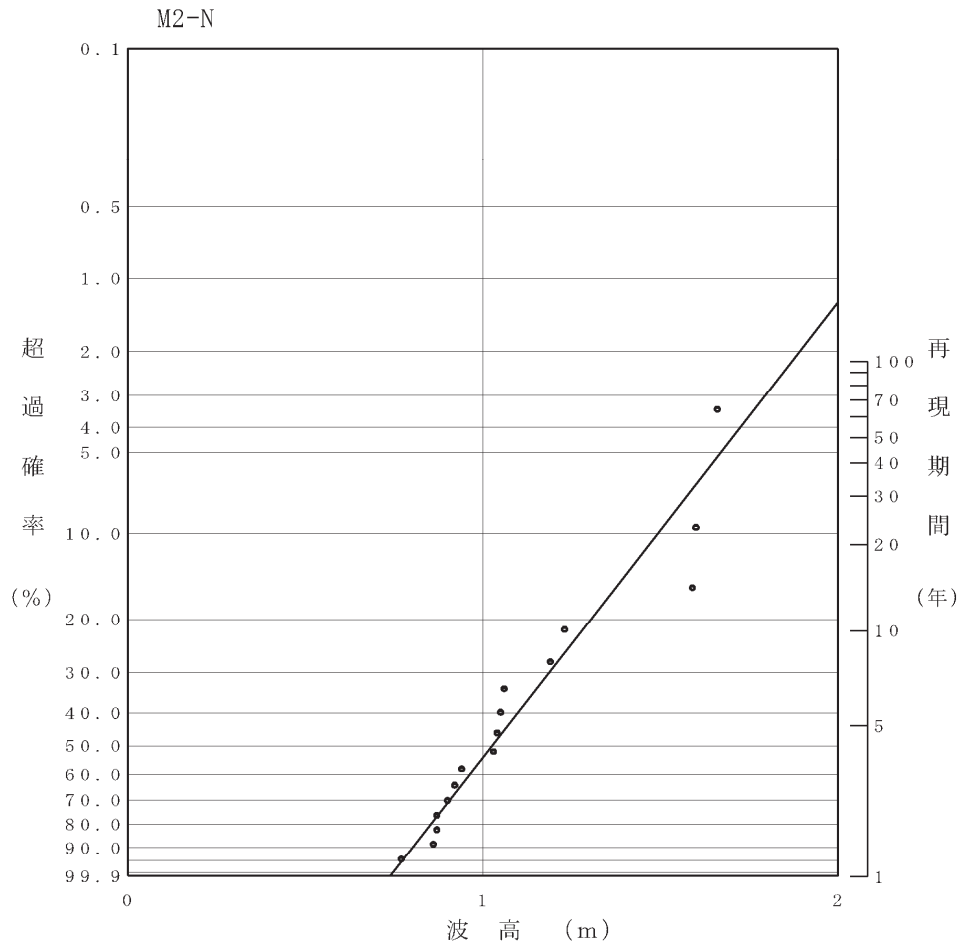
確率年	期待値
5	1.36
10	1.51
20	1.64
30	1.70
40	1.75
50	1.78
60	1.81

図5 M2地点(NW)確率波高



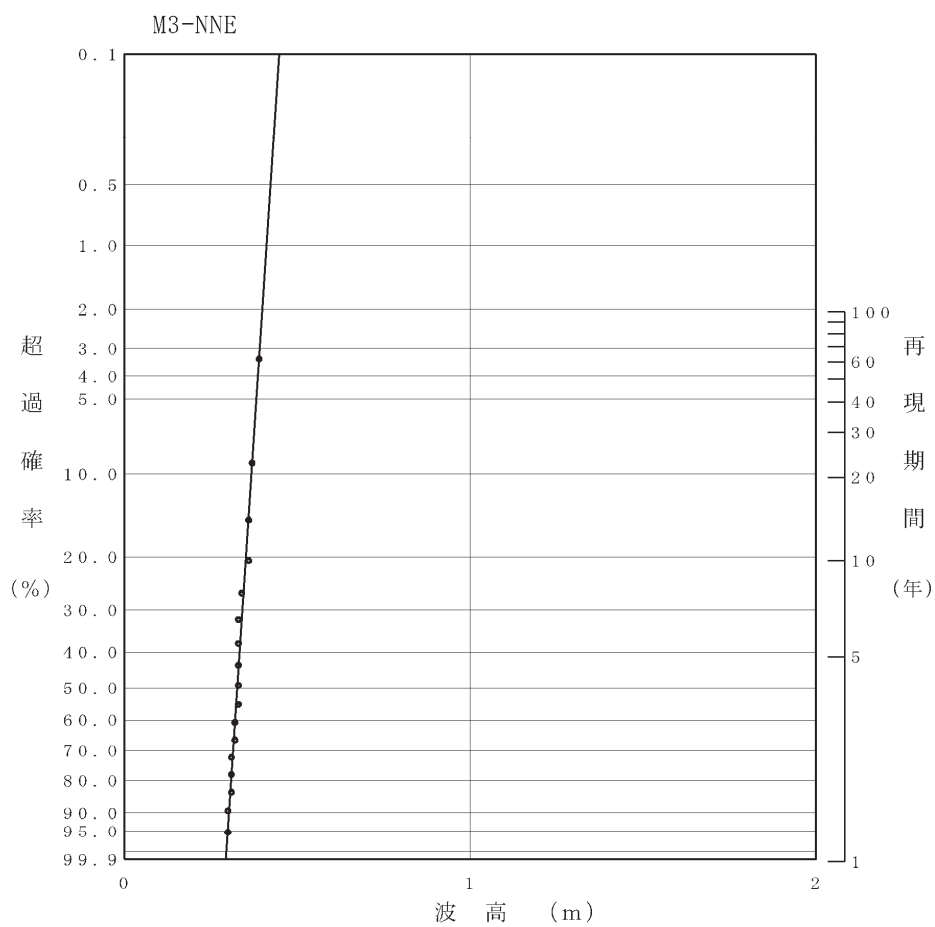
データ数	22 (35年)
最適関数	WEIBULL分布 ($k = 1.50$)
相関係数	0.977
確率年	期待値
5	1.23
10	1.43
20	1.60
30	1.70
40	1.76
50	1.81
60	1.85

図6 M2地点(NNW)確率波高



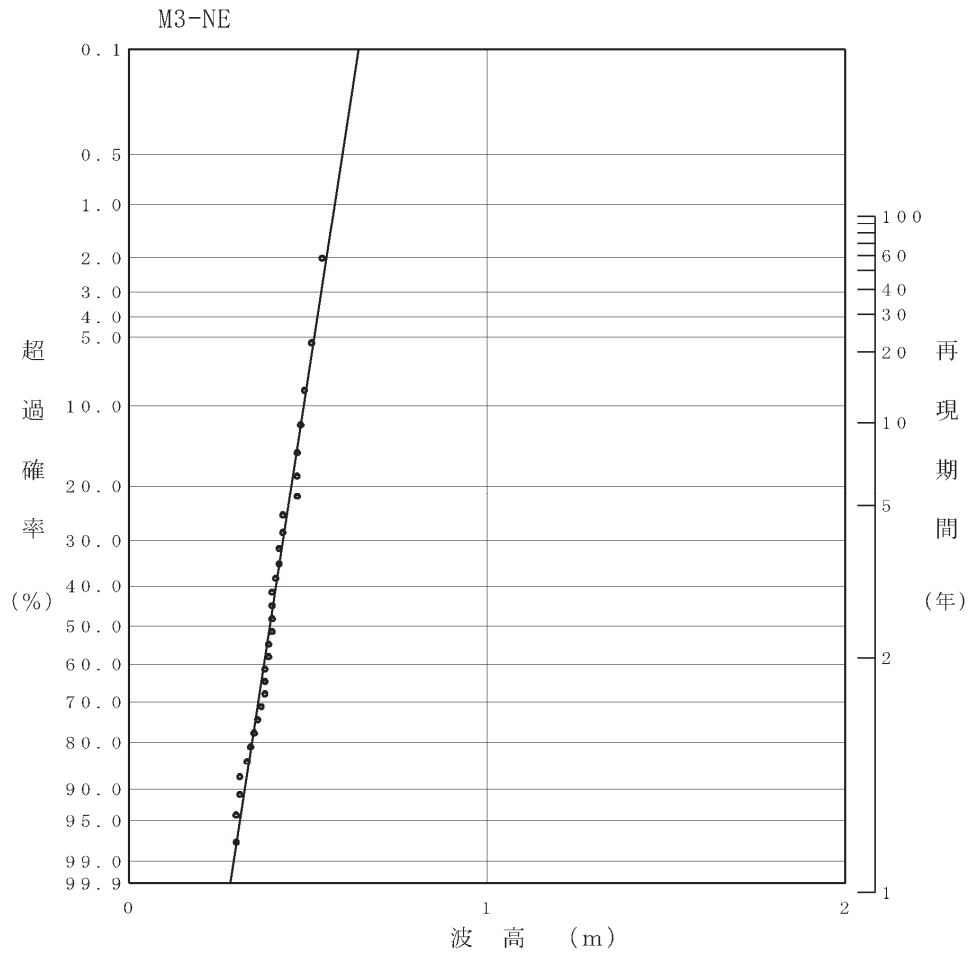
データ数	16 (35年)
最適関数	WEIBULL分布 ($k=1.25$)
相関係数	0.964
確率年	期待値
5	1.07
10	1.28
20	1.47
30	1.57
40	1.65
50	1.70
60	1.75

図7 M2地点(N)確率波高



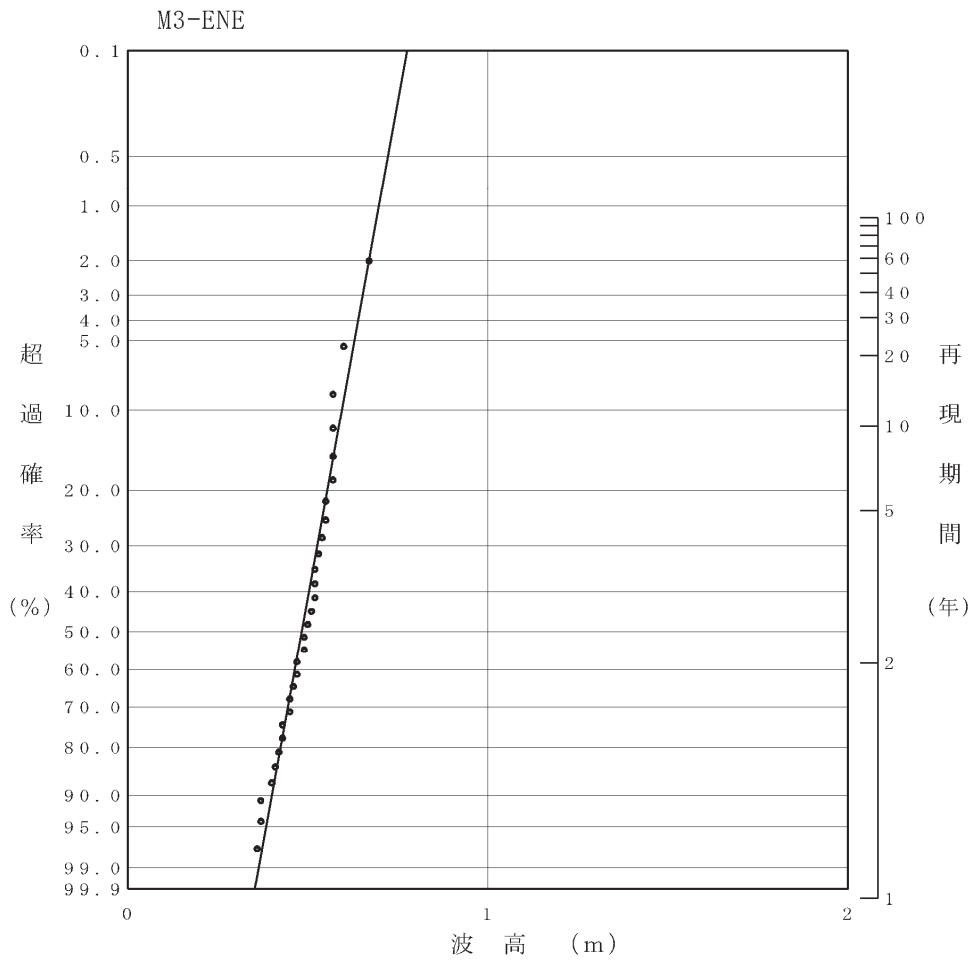
データ数	17 (35年)
最適関数	WEIBULL分布 ($k=1.50$)
相関係数	0.984
確率年	期待値
5	0.33
10	0.35
20	0.37
30	0.38
40	0.38
50	0.39
60	0.39

図8 M3地点(NNE)確率波高



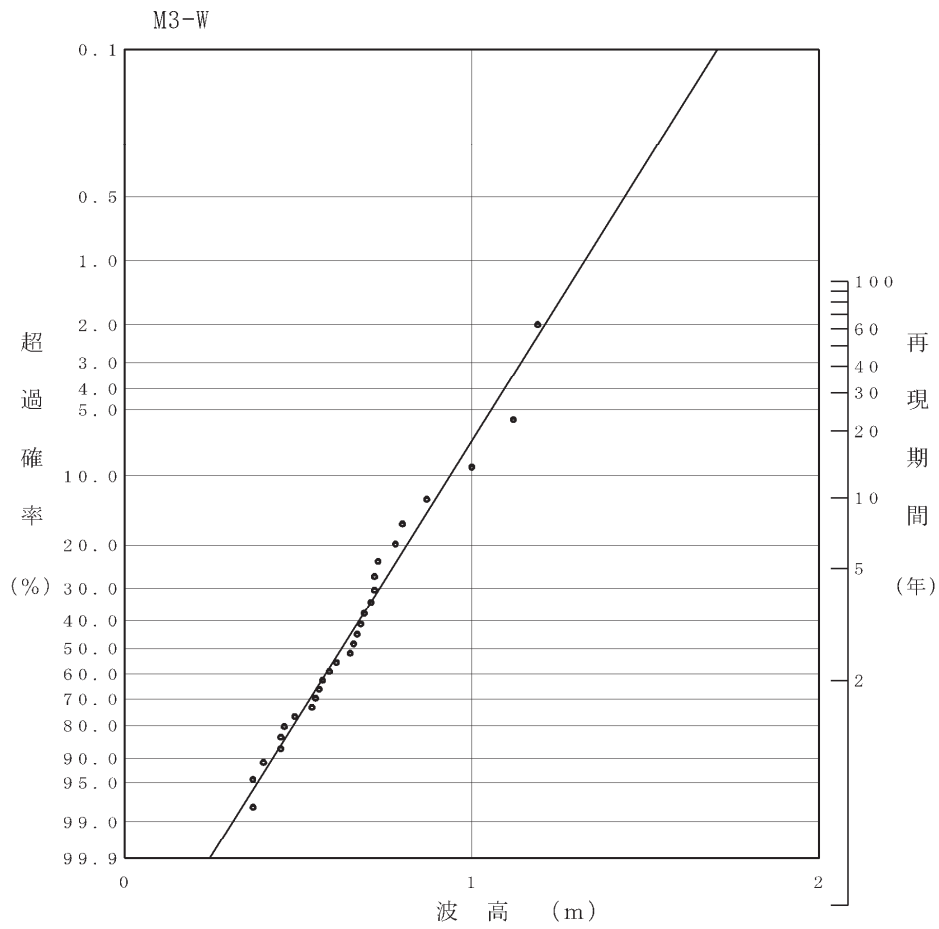
データ数 30 (35年)
 最適関数 WEIBULL分布
 (k=2.00)
 相関係数 0.989
 確率年 期待値
 5 0.45
 10 0.48
 20 0.51
 30 0.53
 40 0.54
 50 0.55
 60 0.55

図9 M3地点(NE)確率波高



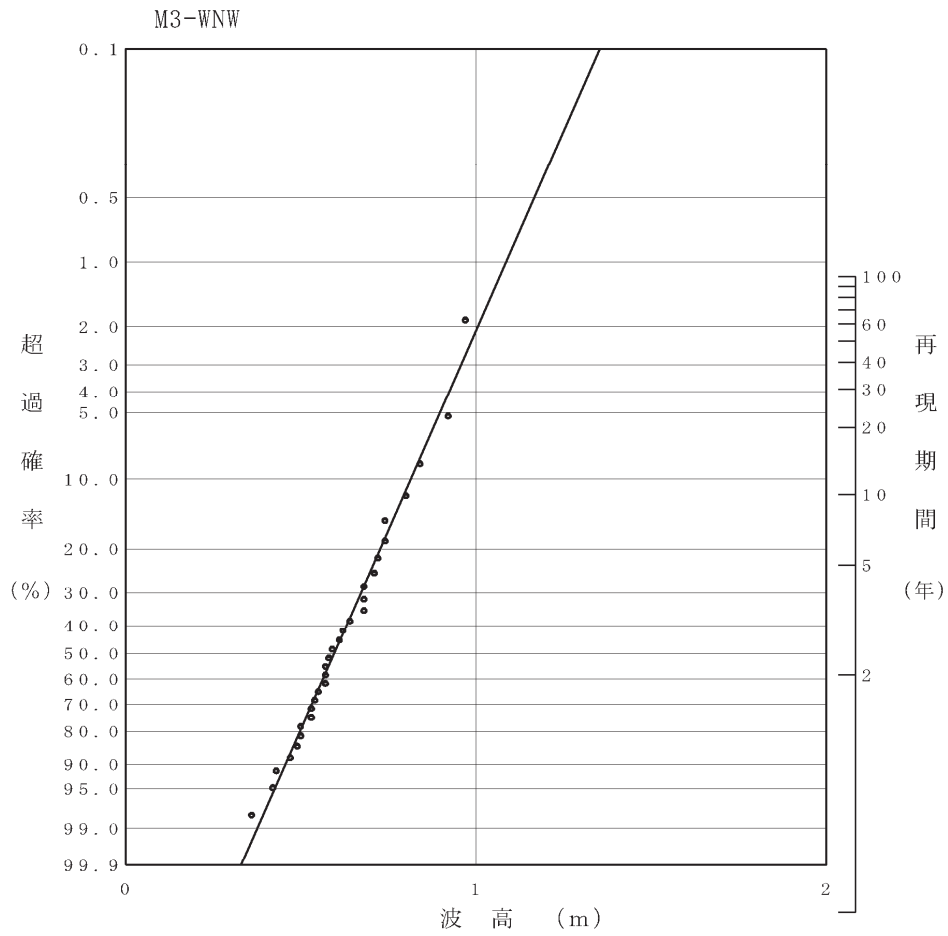
データ数	30 (35年)
最適関数	WEIBULL分布 ($k=2.00$)
相関係数	0.983
確率年	期待値
5	0.54
10	0.59
20	0.62
30	0.64
40	0.65
50	0.66
60	0.67

図10 M3地点(ENE)確率波高



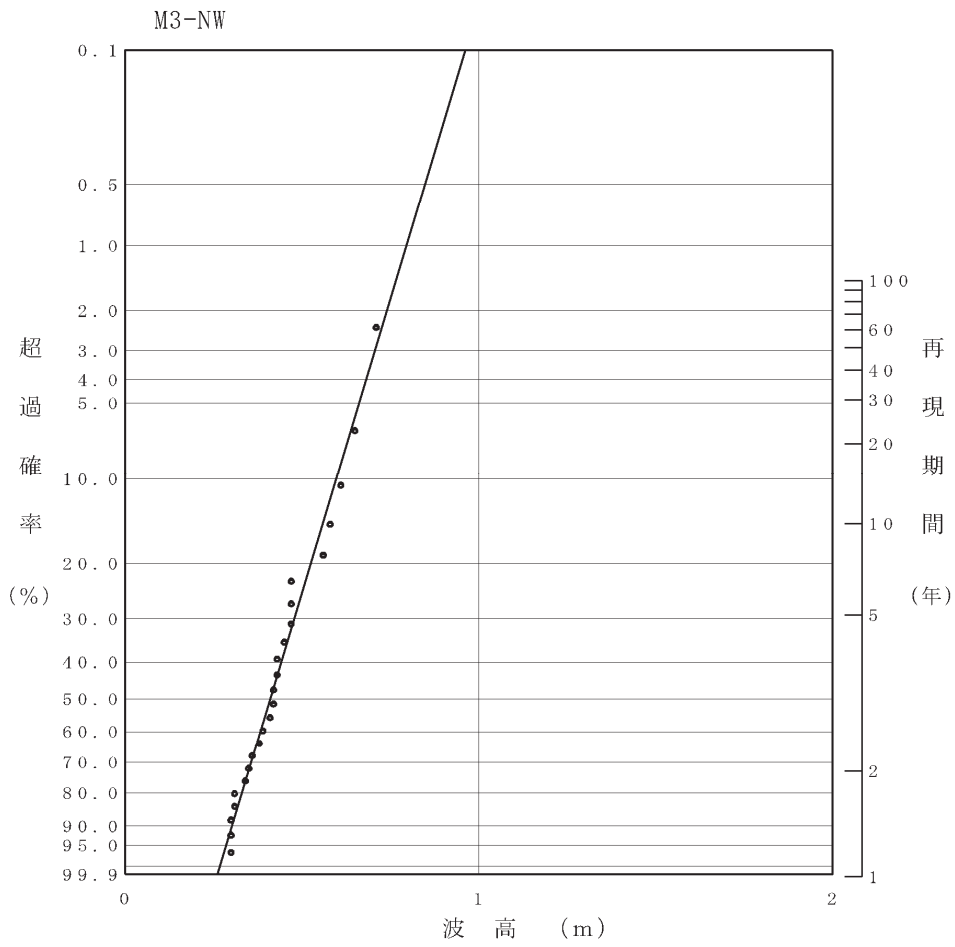
データ数	28 (35年)
最適関数	GUMBEL分布
相関係数	0.989
確率年	期待値
5	0.77
10	0.90
20	1.02
30	1.09
40	1.13
50	1.17
60	1.20

図11 M3地点(W)確率波高



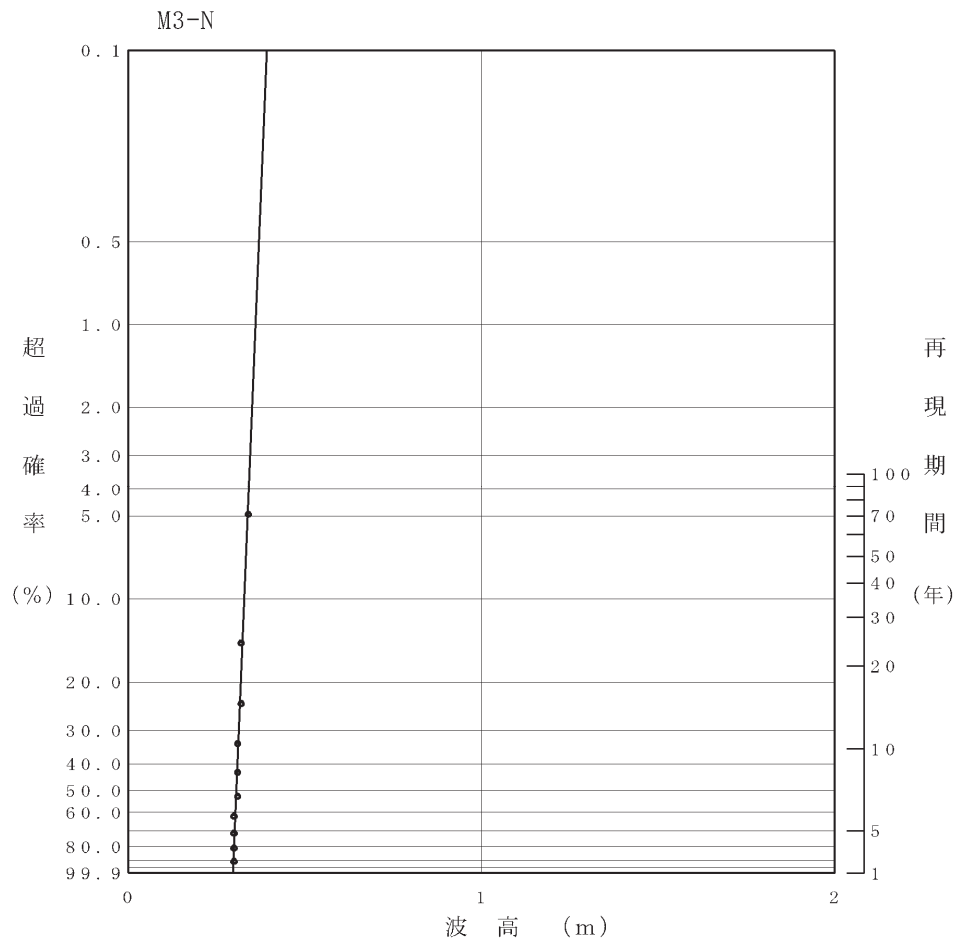
データ数	30 (35年)
最適関数	GUMBEL分布
相関係数	0.994
確率年	期待値
5	0.71
10	0.79
20	0.88
30	0.93
40	0.96
50	0.99
60	1.01

図12 M2地点(WNW)確率波高



データ数	24 (35年)
最適関数	WEIBULL分布 ($k=1.50$)
相関係数	0.990
確率年	期待値
5	0.48
10	0.56
20	0.63
30	0.66
40	0.69
50	0.71
60	0.72

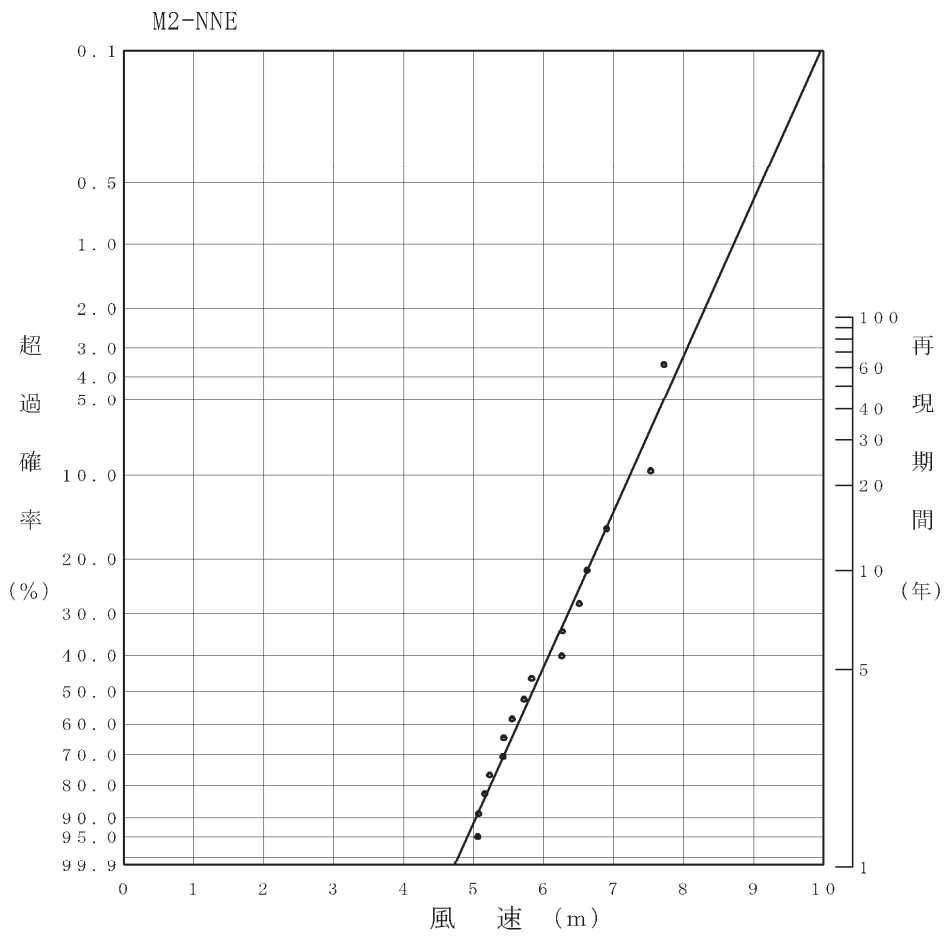
図13 M3地点(NW) 確率波高



データ数	10 (35年)
最適関数	WEIBULL分布 ($k=1.00$)
相関係数	0.977
確率年	期待値
5	0.30
10	0.31
20	0.32
30	0.33
40	0.33
50	0.33
60	0.34

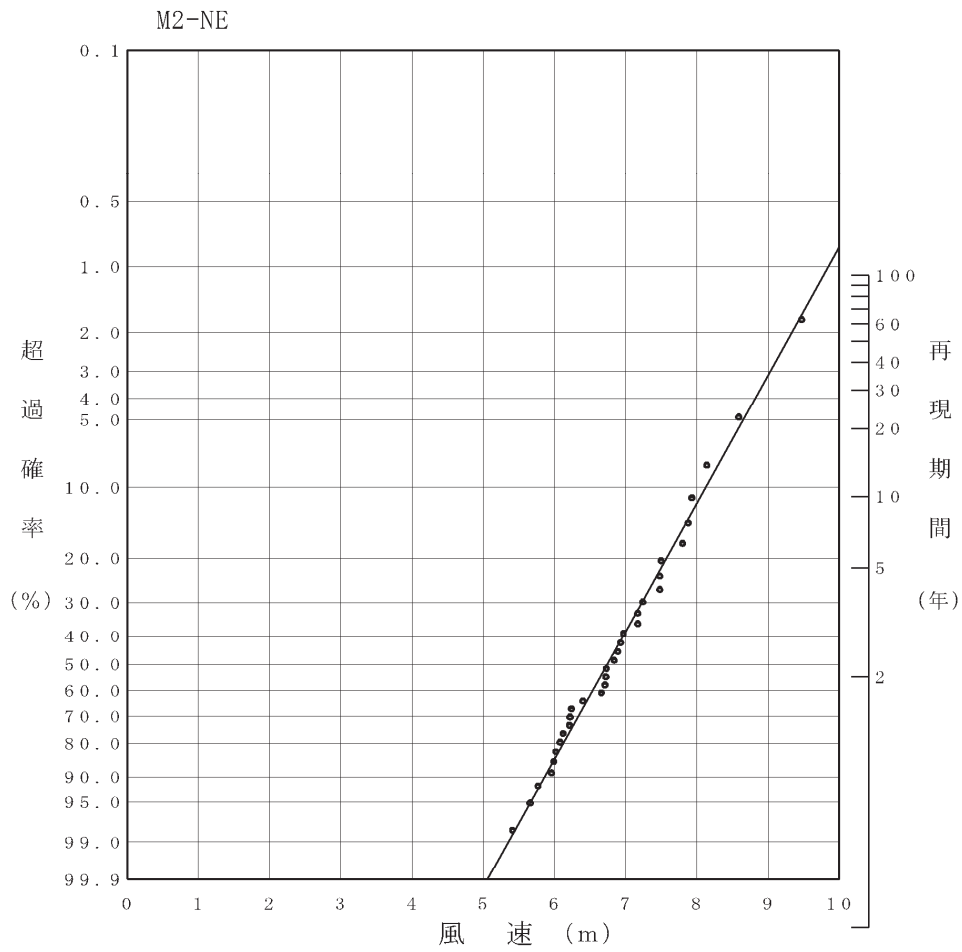
図14 M3地点(N) 確率波高

付属資料 2 確率風速算出結果



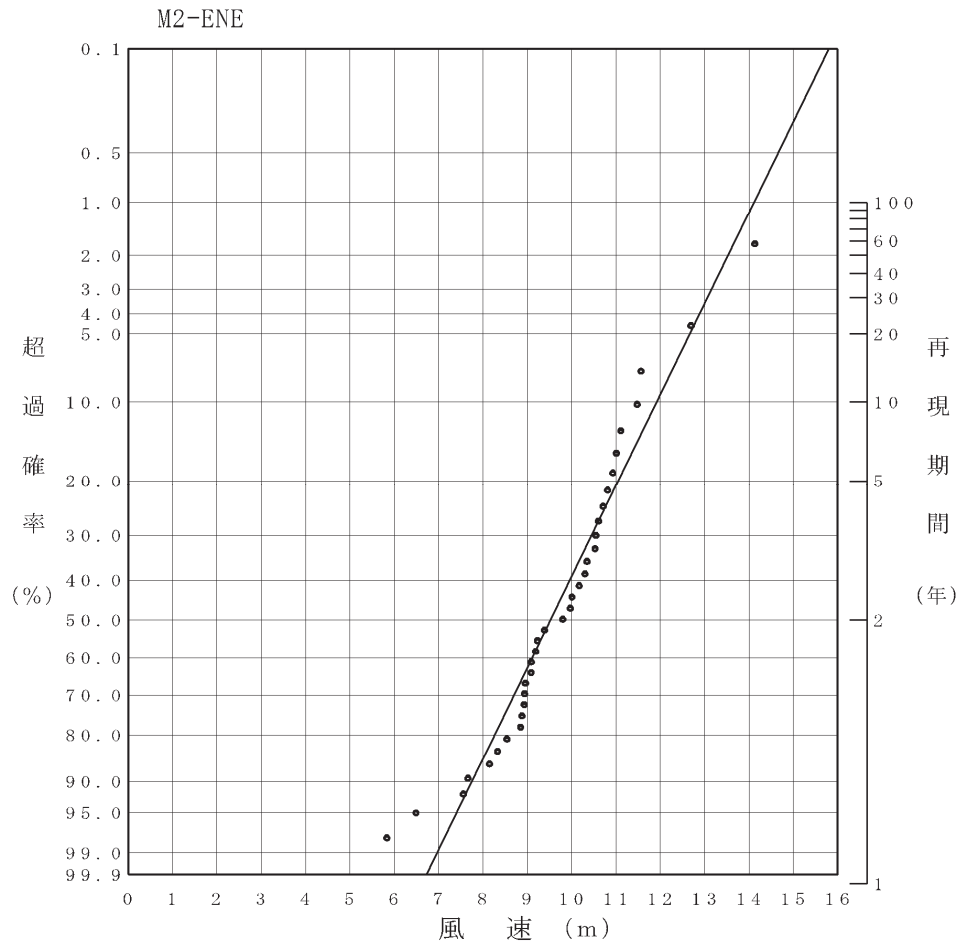
データ数 16 (35年)
 最適関数 WEIBULL分布
 (k=1.50)
 相関係数 0.989
 確率年 期待値
 5 5.98
 10 6.62
 20 7.17
 30 7.46
 40 7.66
 50 7.80
 60 7.92

図1 M2地点(NNE)確率風速



データ数	32 (35年)
最適関数	GUMBEL分布
相関係数	0.996
確率年	期待値
5	7.50
10	8.05
20	8.58
30	8.89
40	9.10
50	9.27
60	9.40

図2 M2地点(NE)確率風速



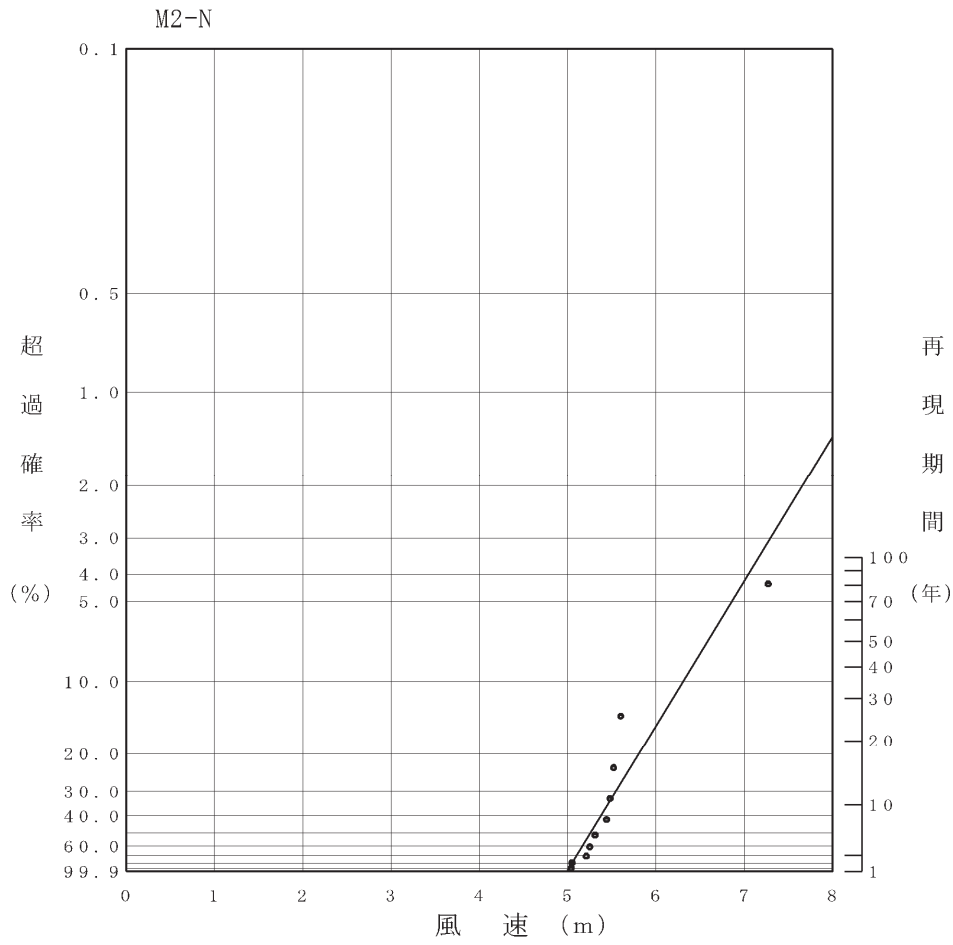
データ数 35 (35年)
 最適関数 WEIBULL分布
 (k=2.00)

相関係数 0.971

確率年 期待値

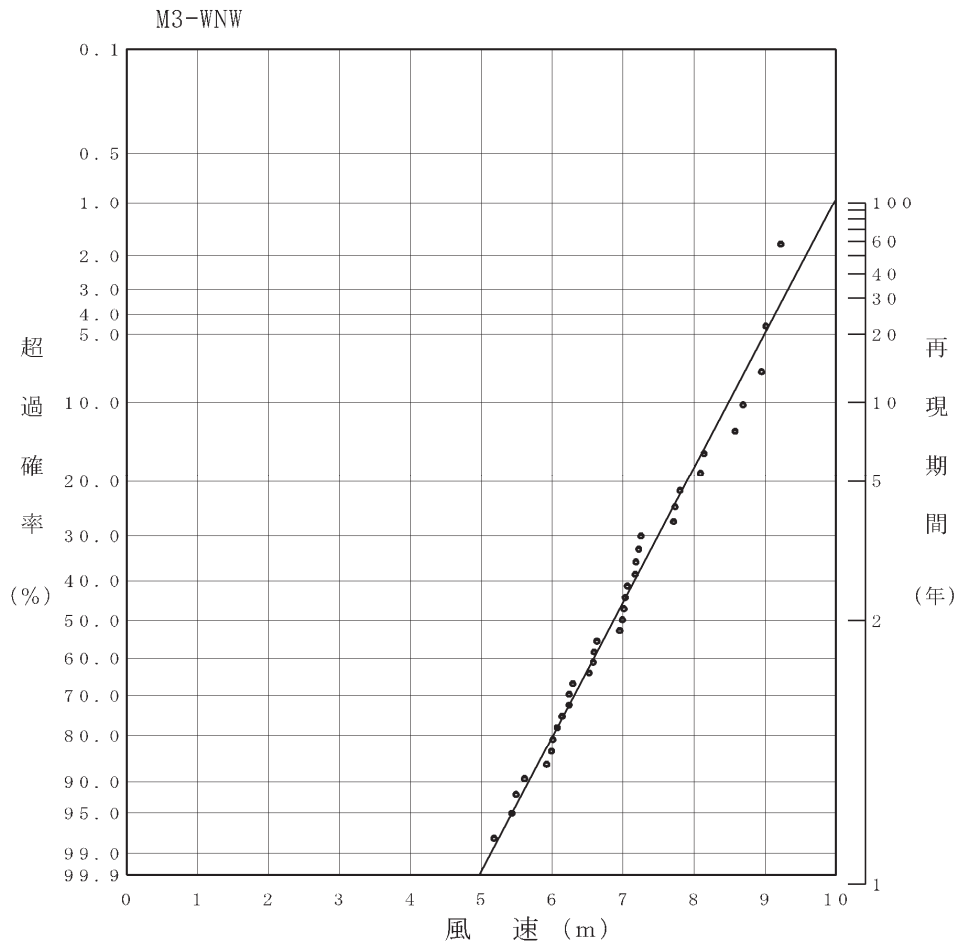
5	11.05
10	11.92
20	12.66
30	13.06
40	13.33
50	13.53
60	13.68

図3 M2地点(ENE)確率風速



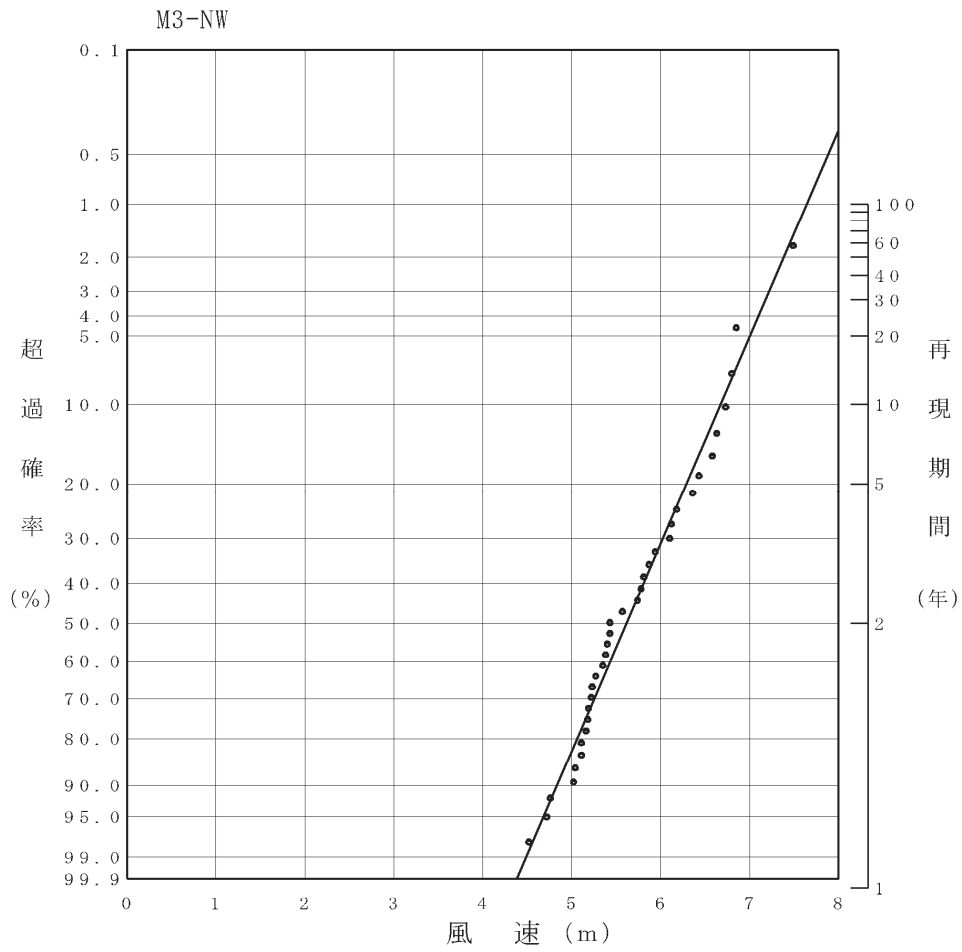
データ数	10 (35年)
最適関数	WEIBULL分布 (k=0.75)
相関係数	0.949
確率年	期待値
5	5.10
10	5.45
20	5.90
30	6.19
40	6.41
50	6.58
60	6.73

図4 M2地点(N)確率風速



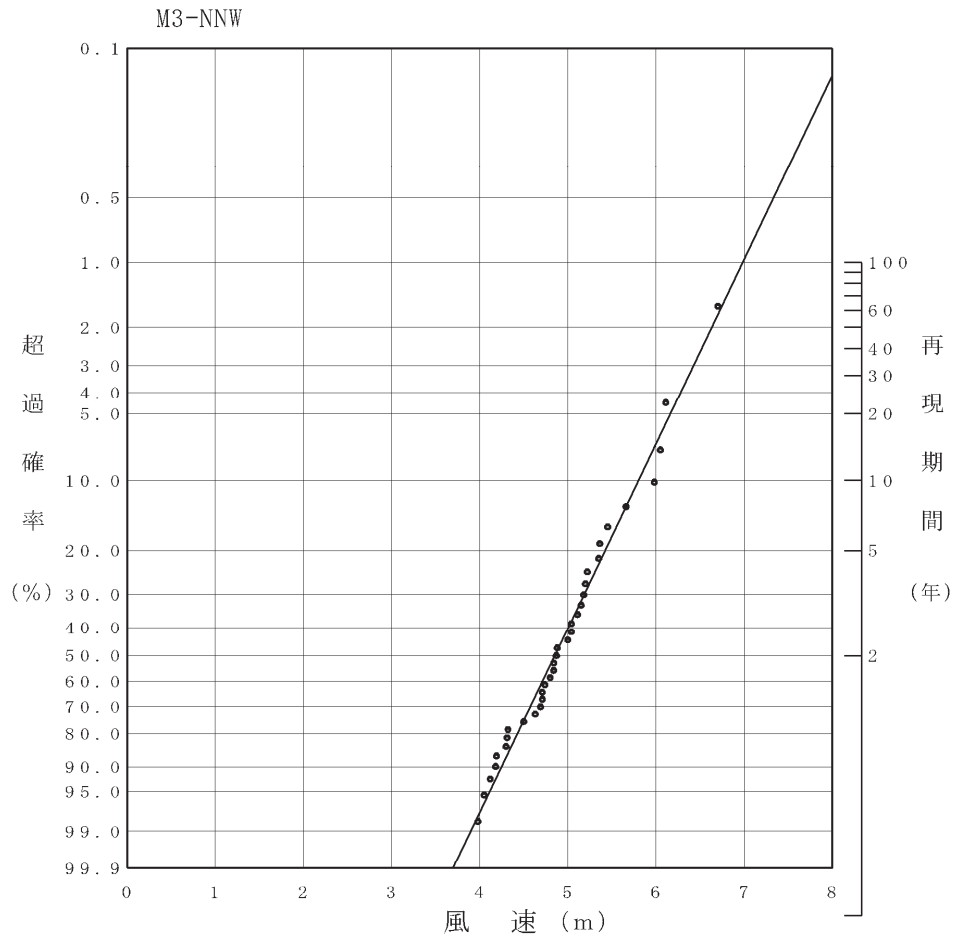
データ数 35 (35年)
 最適関数 WEIBULL分布
 (k=2.00)
 相関係数 0.992
 確率年 期待値
 5 7.90
 10 8.48
 20 8.99
 30 9.26
 40 9.44
 50 9.57
 60 9.68

図5 M3地点(WNW)確率風速



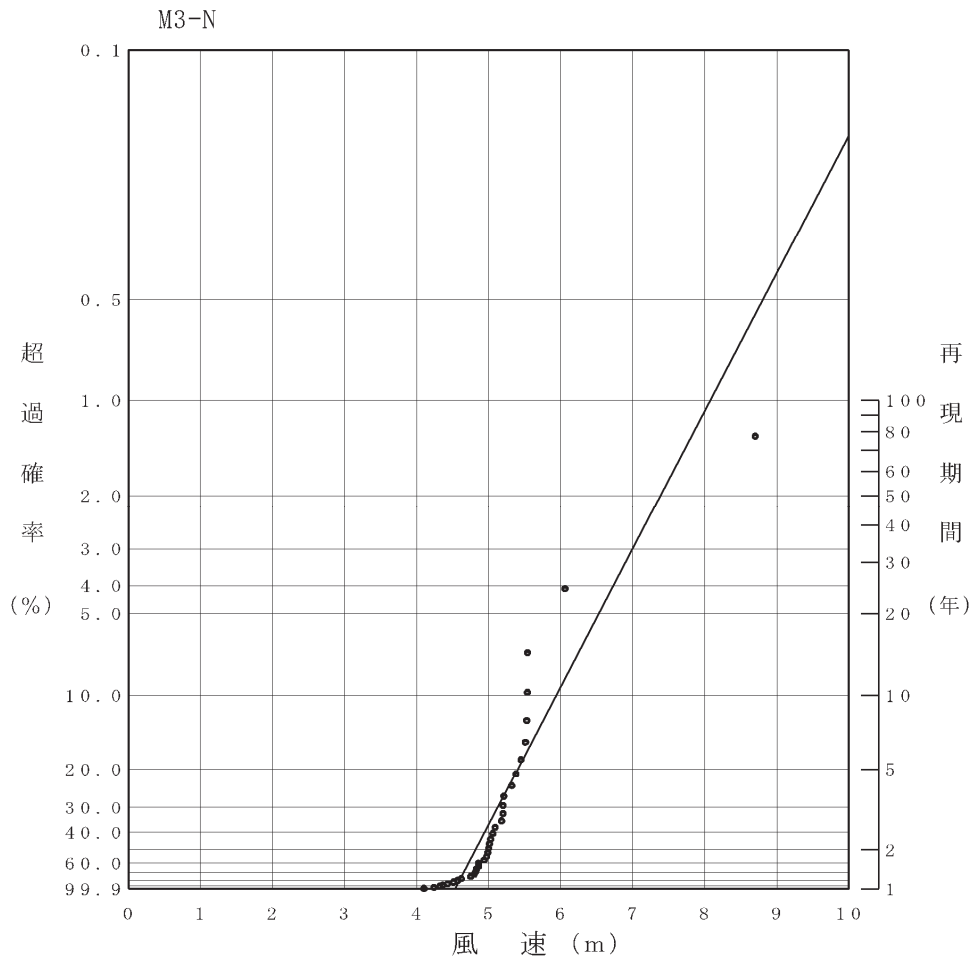
データ数	35 (35年)
最適関数	WEIBULL分布 ($k=2.00$)
相関係数	0.991
確率年	期待値
5	6.29
10	6.67
20	7.00
30	7.18
40	7.29
50	7.38
60	7.45

図6 M3地点(NW)確率風速



データ数	35 (35年)
最適関数	GUMBEL分布
相関係数	0.993
確率年	期待値
5	5.42
10	5.80
20	6.16
30	6.37
40	6.52
50	6.63
60	6.72

図7 M3地点(NNW)確率風速



データ数	35 (35年)
最適関数	WEIBULL分布 ($k=0.75$)
相関係数	0.928
確率年	期待値
5	5.40
10	5.94
20	6.53
30	6.90
40	7.17
50	7.38
60	7.56

図8 M3地点(N) 確率風速

付属資料 3 エネルギー平衡方程式

エネルギー平衡方程式基礎方程式

波の不規則性を考慮したエネルギー平衡方程式に基づく計算法は、沖側での波浪諸元(スペクトル形を含む)を与え、これが水深変化に伴って変形する過程を次式のエネルギー平衡方程式を数値的に解くことによって求め、対象地点での換算沖波波高等を算定するものである。

$$\frac{\partial}{\partial x}(C_g \cos \theta \cdot D) + \frac{\partial}{\partial y}(C_g \sin \theta \cdot D) + \frac{\partial}{\partial \theta} \left(\frac{C_g}{C} \left(\frac{\partial C}{\partial x} \sin \theta - \frac{\partial C}{\partial y} \cos \theta \right) D \right) = 0 \quad (3.1)$$

ここで、 x, y は座標、 D は方向スペクトル、 C_g は群速度、 C は波速である。

計算法の詳細は以下の通りである。

方向スペクトルを D とし、外部エネルギーの授受を Q 、エネルギー伝播速度ベクトルを \vec{V} とすると、エネルギー平衡方程式は次のように表される。

$$\frac{\partial D}{\partial t} + \nabla \cdot (D \vec{V}) + Q = 0 \quad (3.2)$$

ここに、

$$\left. \begin{aligned} \nabla &= \left(\frac{\partial}{\partial x}, \frac{\partial}{\partial y}, \frac{\partial}{\partial f}, \frac{\partial}{\partial \theta} \right) \\ \vec{V} &= \begin{Bmatrix} V_x \\ V_y \\ V_f \\ V_\theta \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} C_g \cos \theta \\ C_g \sin \theta \\ \frac{\partial f}{\partial t} \\ \frac{C_g}{C} \left(\frac{\partial C}{\partial x} \sin \theta - \frac{\partial C}{\partial y} \cos \theta \right) \end{Bmatrix} \\ C_g &= \frac{C}{2} \left(1 + \frac{2kd}{\sinh 2kd} \right) \end{aligned} \right\} \quad (3.3)$$

C_g は群速度、 C は速度、 k は波数、 d は水深 である。

ここで、①波は時間的に変化しない、②成分波の周期は変化しない、③外部からはエネルギーを受けないと仮定すると式(3.1)は次のように書き直せる。

$$\frac{\partial(DV_x)}{\partial x} + \frac{\partial(DV_y)}{\partial y} + \frac{\partial(DV_\theta)}{\partial \theta} = 0 \quad (3.4)$$

式(3.4)を D について解けば、ある地点における波の状態がわかることになる。しかし、一般に、式(3.4)を解析的に解くことは困難なため、実際には各項について差分法を使用して式(3.4)は解かれる。

すなわち、対象領域を一定間隔の格子網で覆い各格子点で水深等の条件を与え地形を格子で近似して計算を行う。

計算は、まず、最も沖側格子行でその地点の方向スペクトルが提案方向スペクトル(通常は深海波のスペクトル)に等しいという条件を与える。沖側境界以降は、各行ごとにエネルギー平衡方程式(式(3.4))を差分法で解き方向スペクトルの分布を求める。この各行毎の計算を沖から岸側に向かって順次進め、対象領域内すべての格子点における方向スペクトルの分布が求められる。

この際の側方の境界条件は、海域側と陸域側を分けて次のような条件とする。

- ・海域側：内外のスペクトルを同一とする
- ・陸域側：波のエネルギーは陸部で吸収されるものとする

このようにして、ある地点の方向スペクトルが求めれば、それから屈折・浅水変形後の波浪諸元が求まることになる。また、島や構造物背後の遮蔽効果は、島、構造物よりエネルギーの流入が無いものとする方向分散効果が考慮される。

不規則波のスペクトル形としては、周波数スペクトルとしてブレットシュナイダー・光易型を、方向分布関数には光易型を用いる。

$$\left. \begin{aligned} S(f) &= 0.257 H_{1/3}^2 T_{1/3} (T_{1/3} f)^{-5} \exp[-0.103 (T_{1/3} f)^{-4}] \\ G(f, \theta) &= G_0 \cos^{2s}(\theta/2) \quad , \quad G_0 = \left[\int_{\theta_{\min}}^{\theta_{\max}} \cos^{2s}(\theta/2) d\theta \right]^{-1} \\ S &= \begin{cases} S_{\max} (f/f_p)^{-2.5} & (f > f_p) \\ S_{\max} (f/f_p)^5 & (f < f_p) \end{cases} \\ f_p &= 1/(1.05 T_{1/3}) \end{aligned} \right\} \quad (3.5)$$

ここで、 S_{\max} は方向集中度を示すパラメータで、スペクトルのピーク周波数における S の値である。

a) 浅水変形

微小振幅波理論による浅水変形は、次式で計算する。

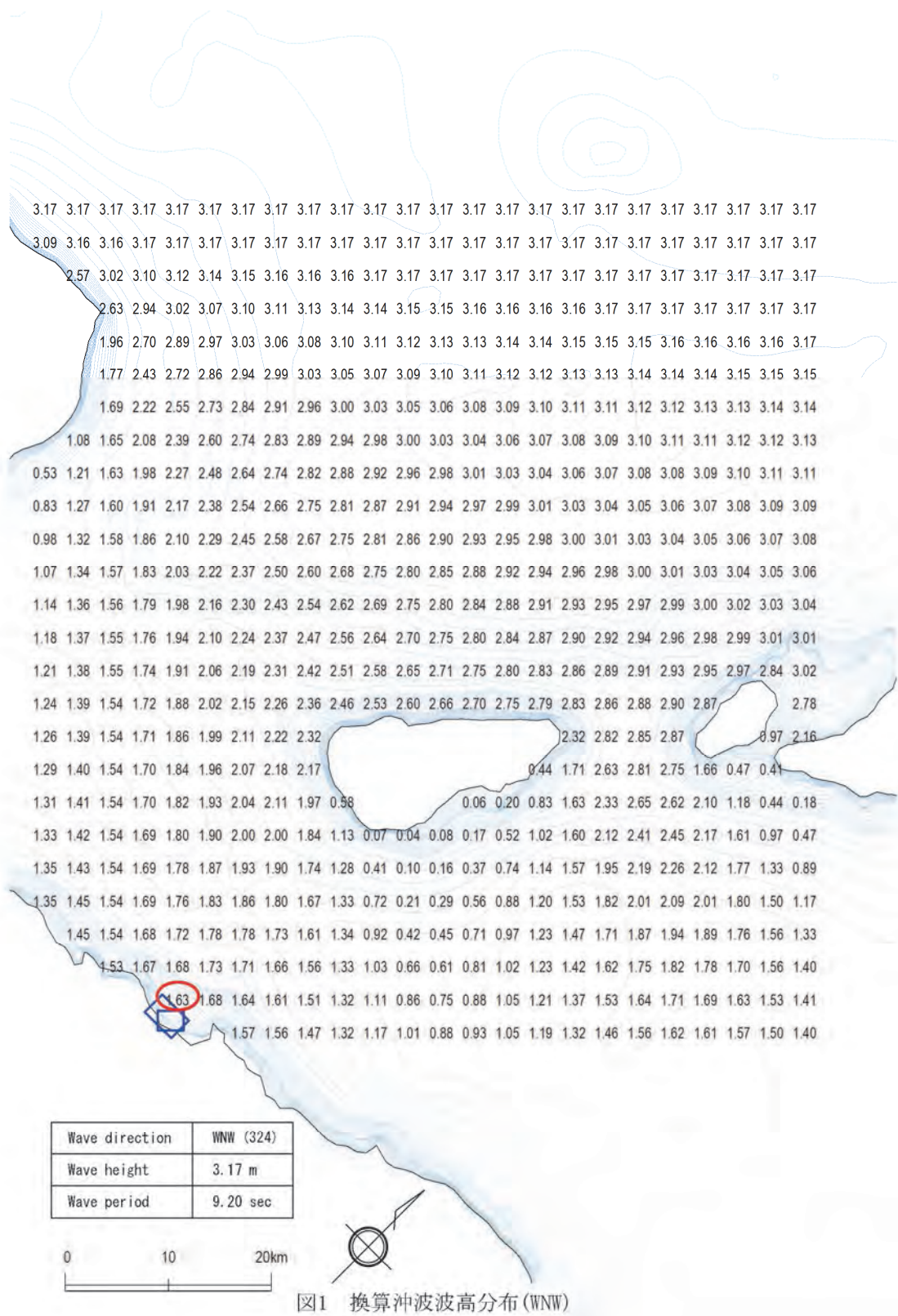
$$\left. \begin{aligned} K_s &= \frac{H}{H_0} = \sqrt{\frac{1}{2n} \frac{C_0}{C}} \\ n &= \frac{1}{2} \left\{ 1 + \frac{4\pi h/L}{\sinh(4\pi h/L)} \right\} \\ C_0 &= \frac{g}{2\pi} T \\ C &= \frac{L}{T} = \sqrt{\frac{gL}{2\pi} \tanh \frac{2\pi h}{L}} \end{aligned} \right\} \quad (3.6)$$

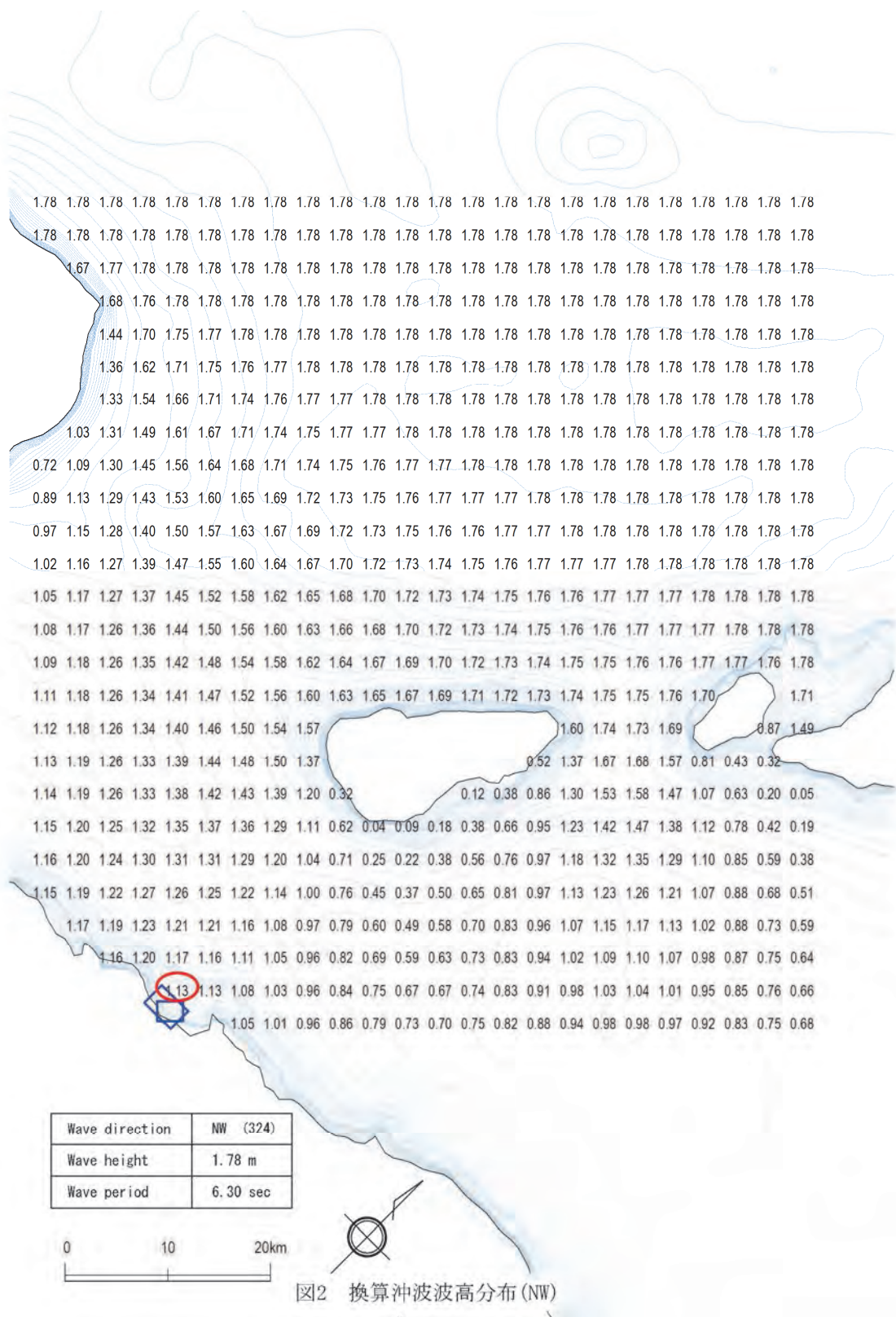
ここで、 K_s は浅水係数、 H は水深 h における波高、 H_0 は換算沖波波高、 C_0 は深海での波速、 C は水深 h における波速、 L は水深 h における波長である。

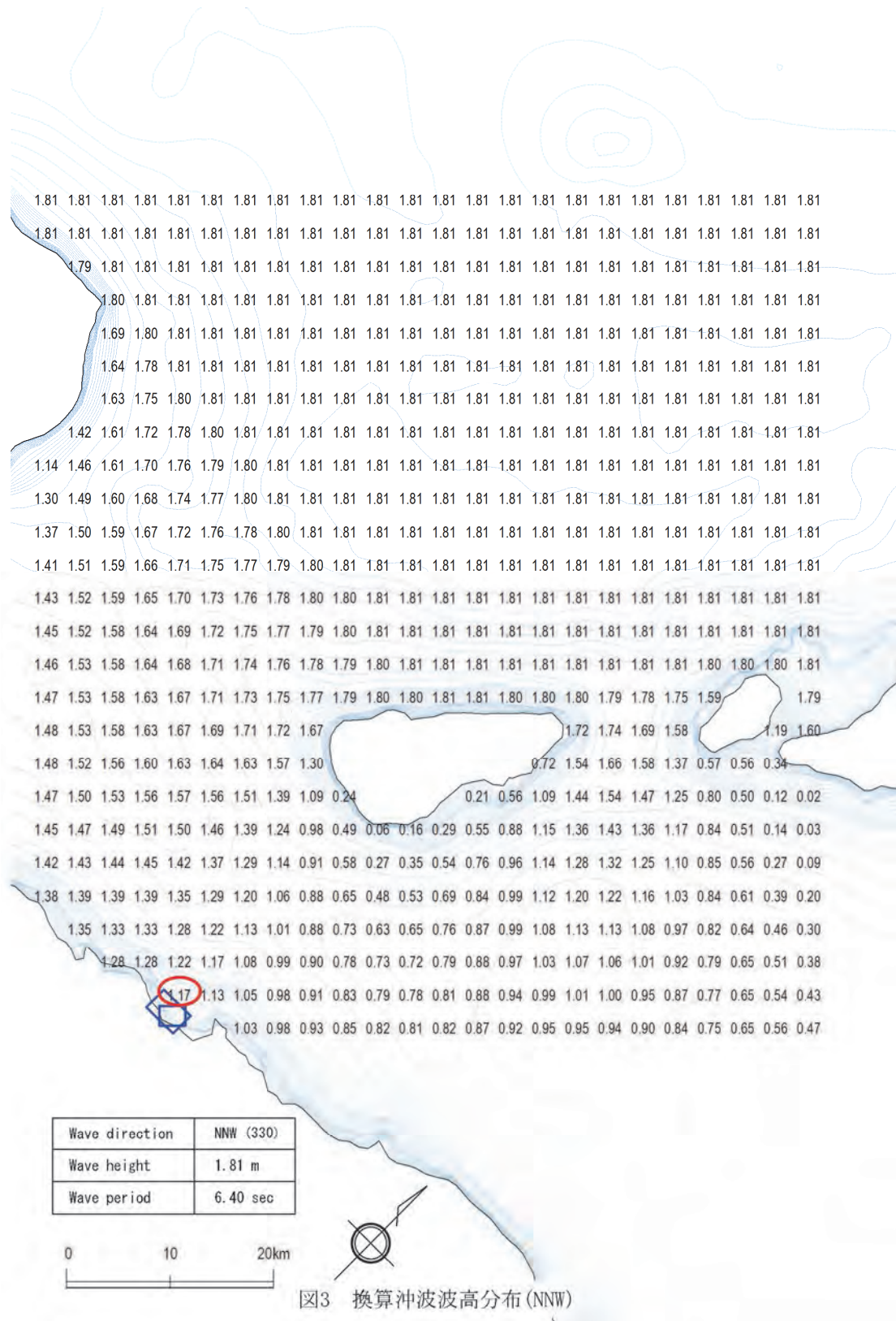
上記の浅水変形に関する式は、浅海域を進行した波が砕波点に近づき、波形勾配が大きくなるとこの式が成り立たなくなるため、次に示す非線形長波理論による浅水変形を考慮する。

$$\left. \begin{aligned} K_s &= \frac{1}{\sqrt{\left\{ 1 + \frac{4\pi h/L}{\sinh(4\pi h/L)} \tanh \frac{2\pi h}{L} \right\}}} & \left(\frac{gHT^2}{h^2} \leq 30 \right) \\ Hh^{2/7} &= const. & \left(30 \leq \frac{gHT^2}{h^2} < 50 \right) \\ Hh^{5/2} \left\{ \sqrt{gHT^2/d^2 - 2/\sqrt{3}} \right\} &= const. & \left(50 \leq \frac{gHT^2}{h^2} \right) \end{aligned} \right\} \quad (3.7)$$

付属資料 4 DILI 港付近の設計波計算結果







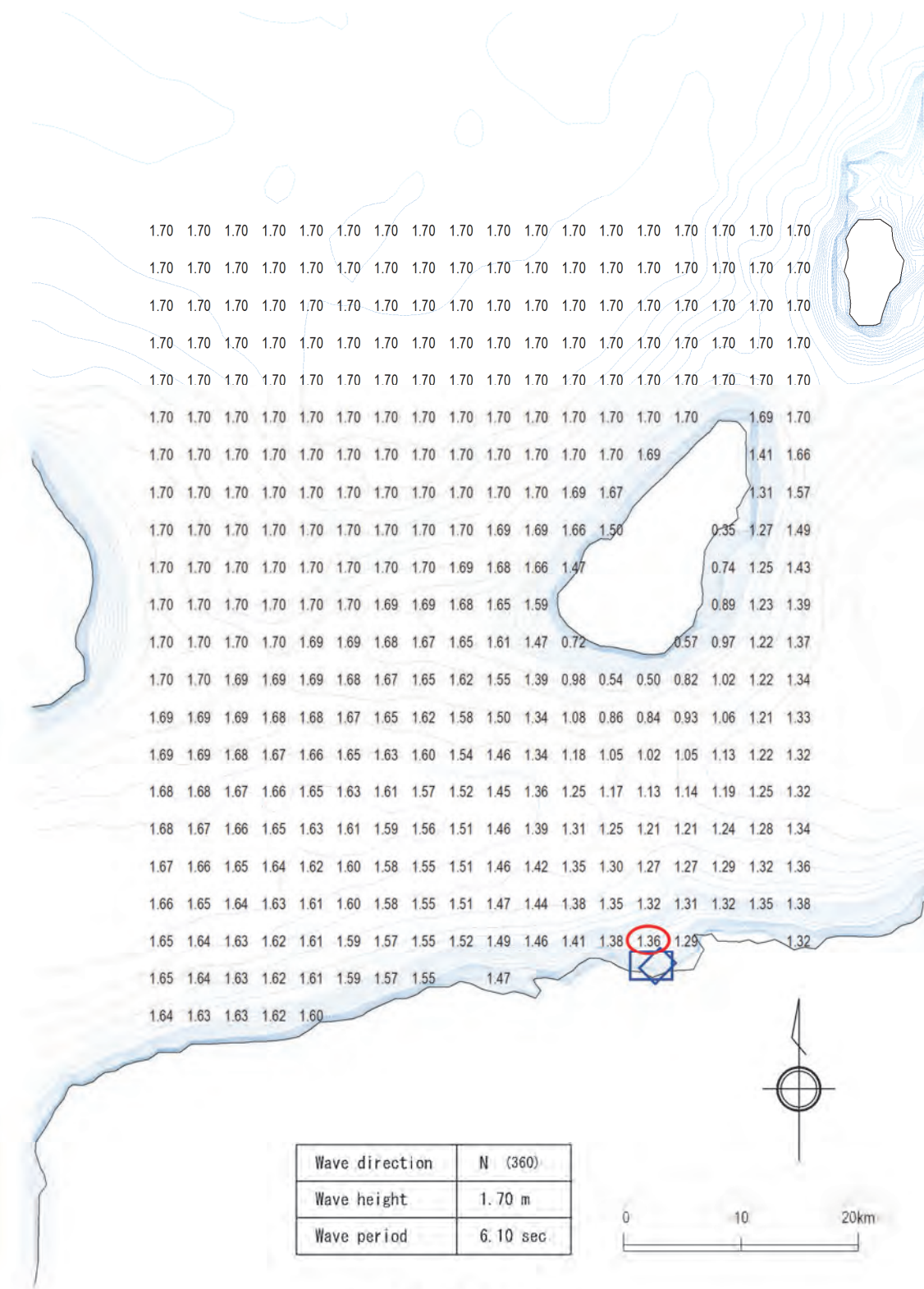
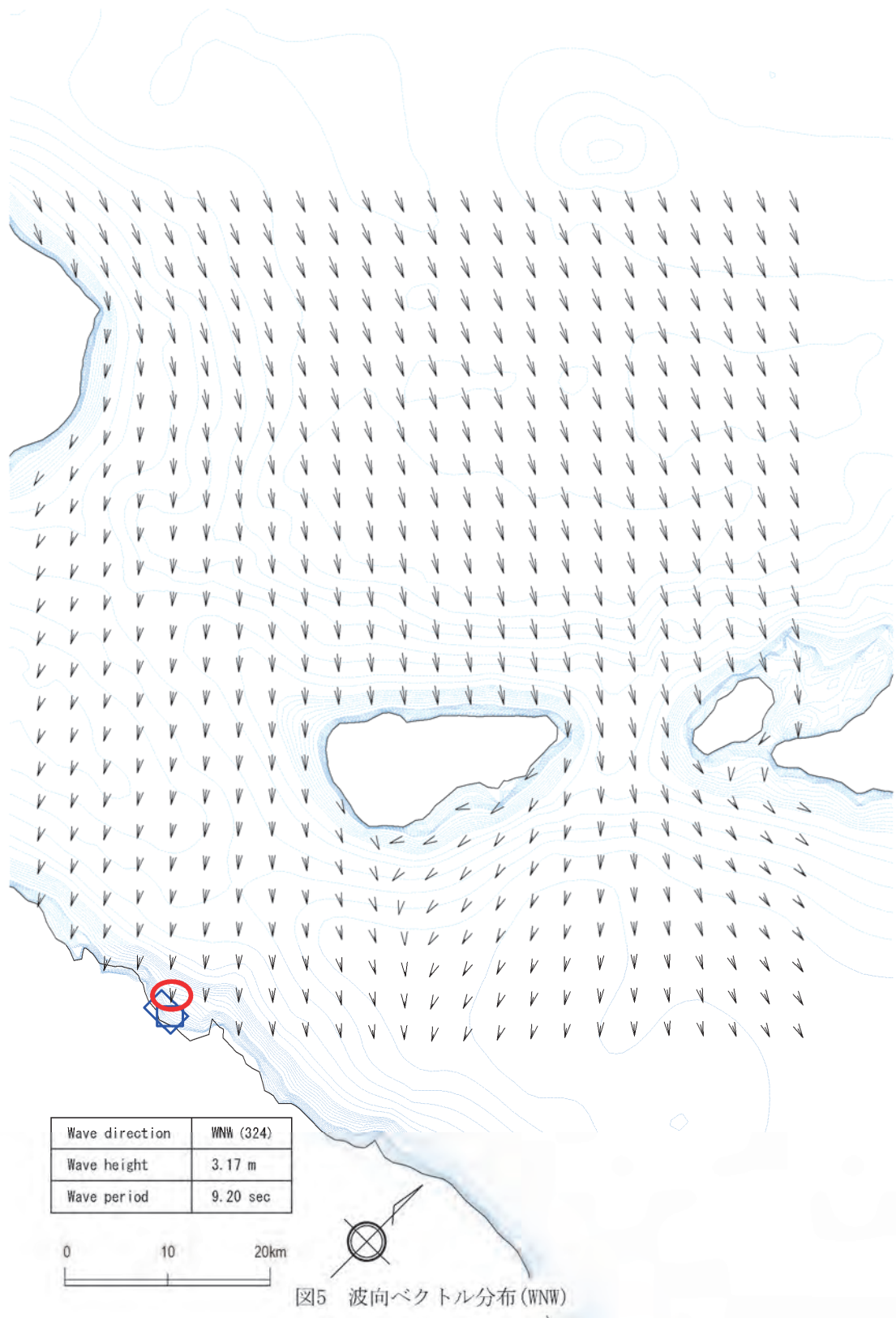
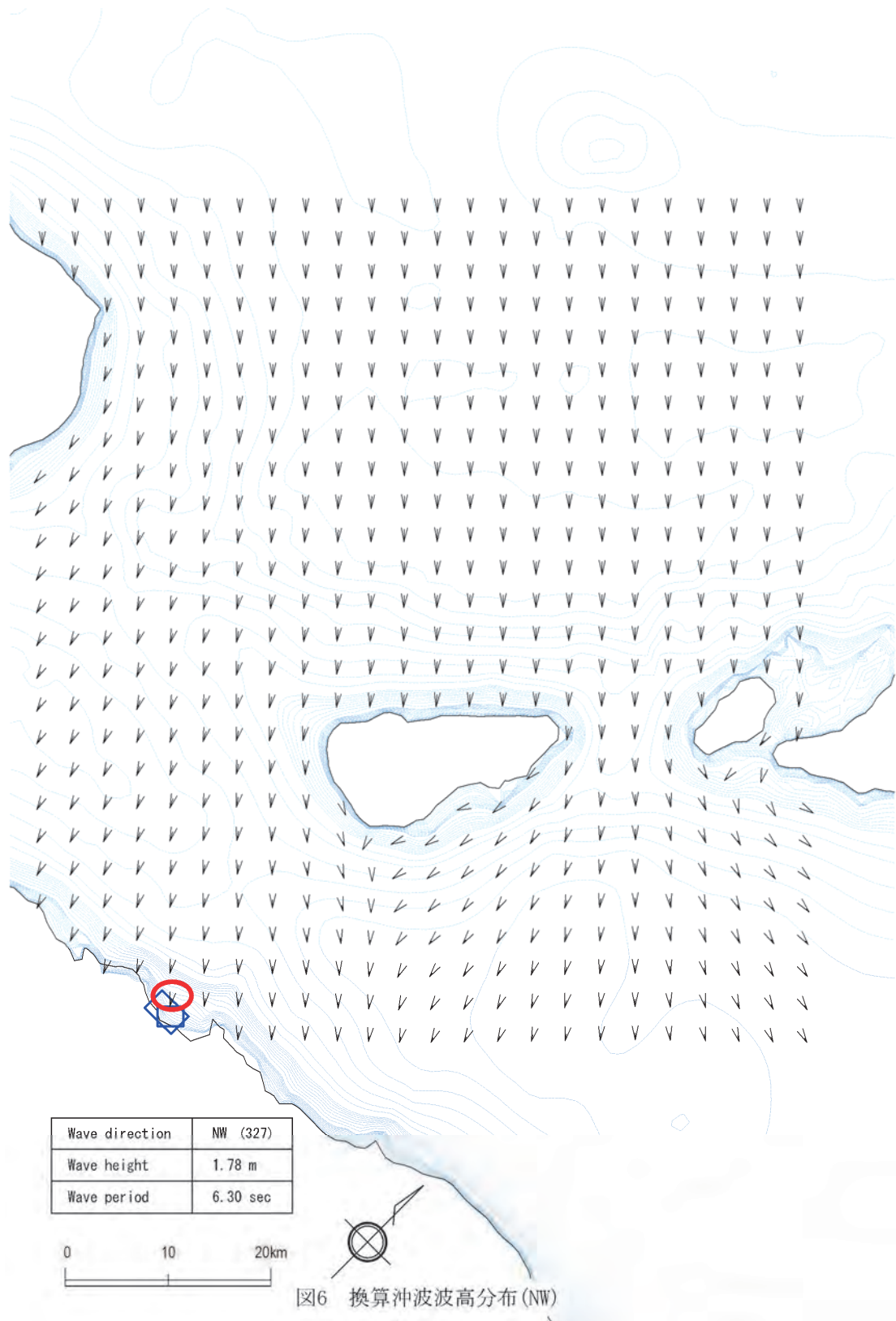
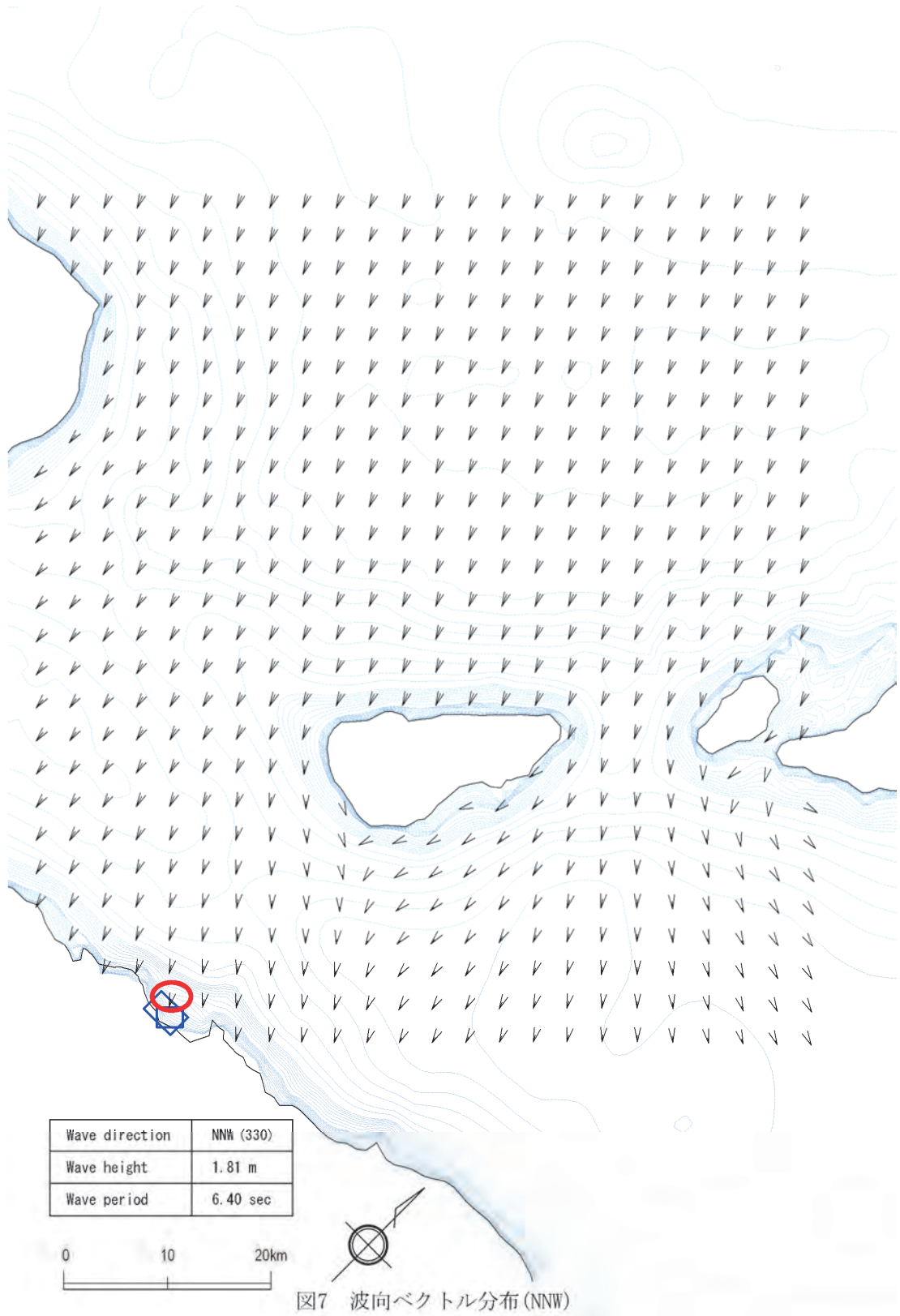


图4 换算冲波波高分布(N)







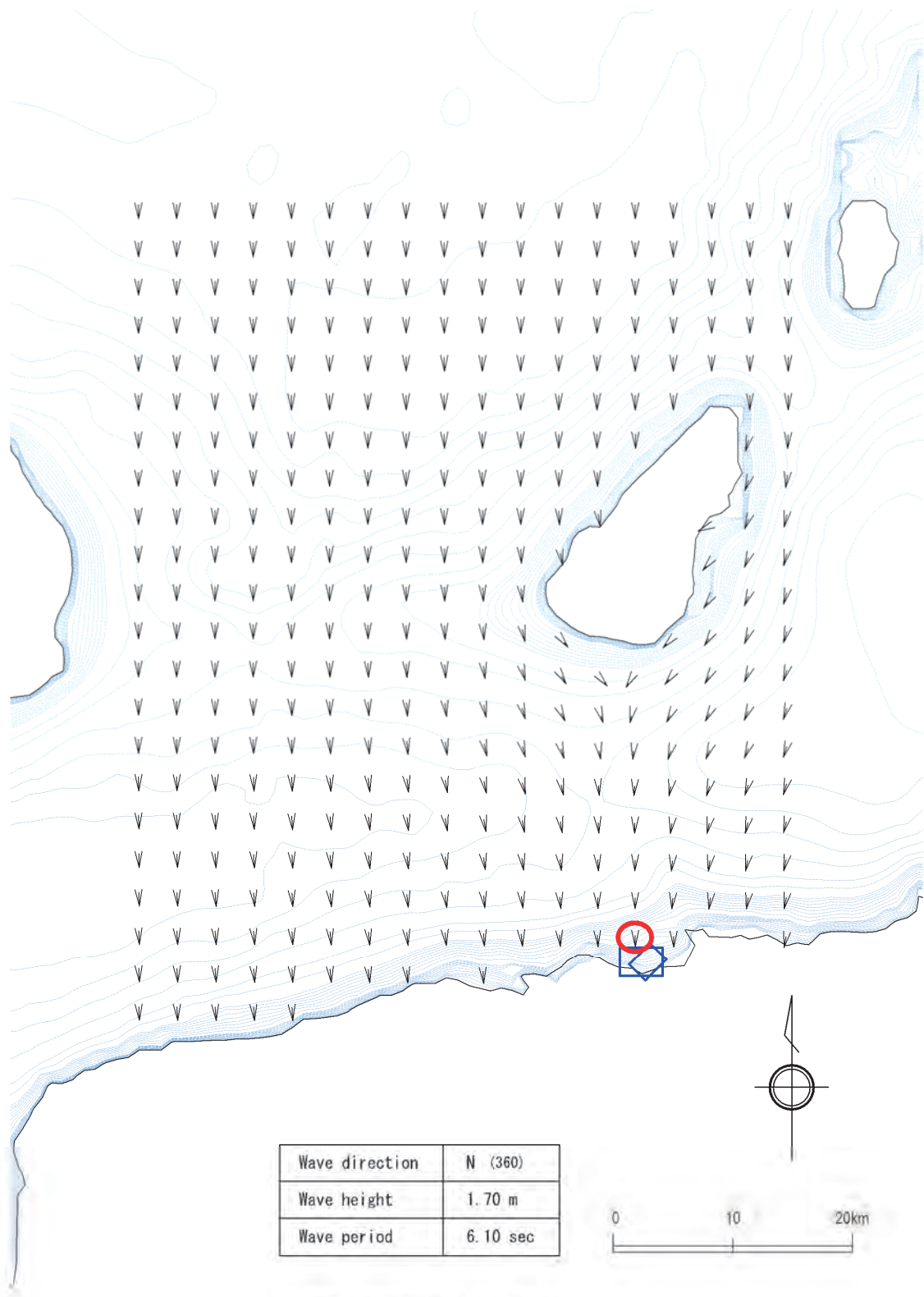
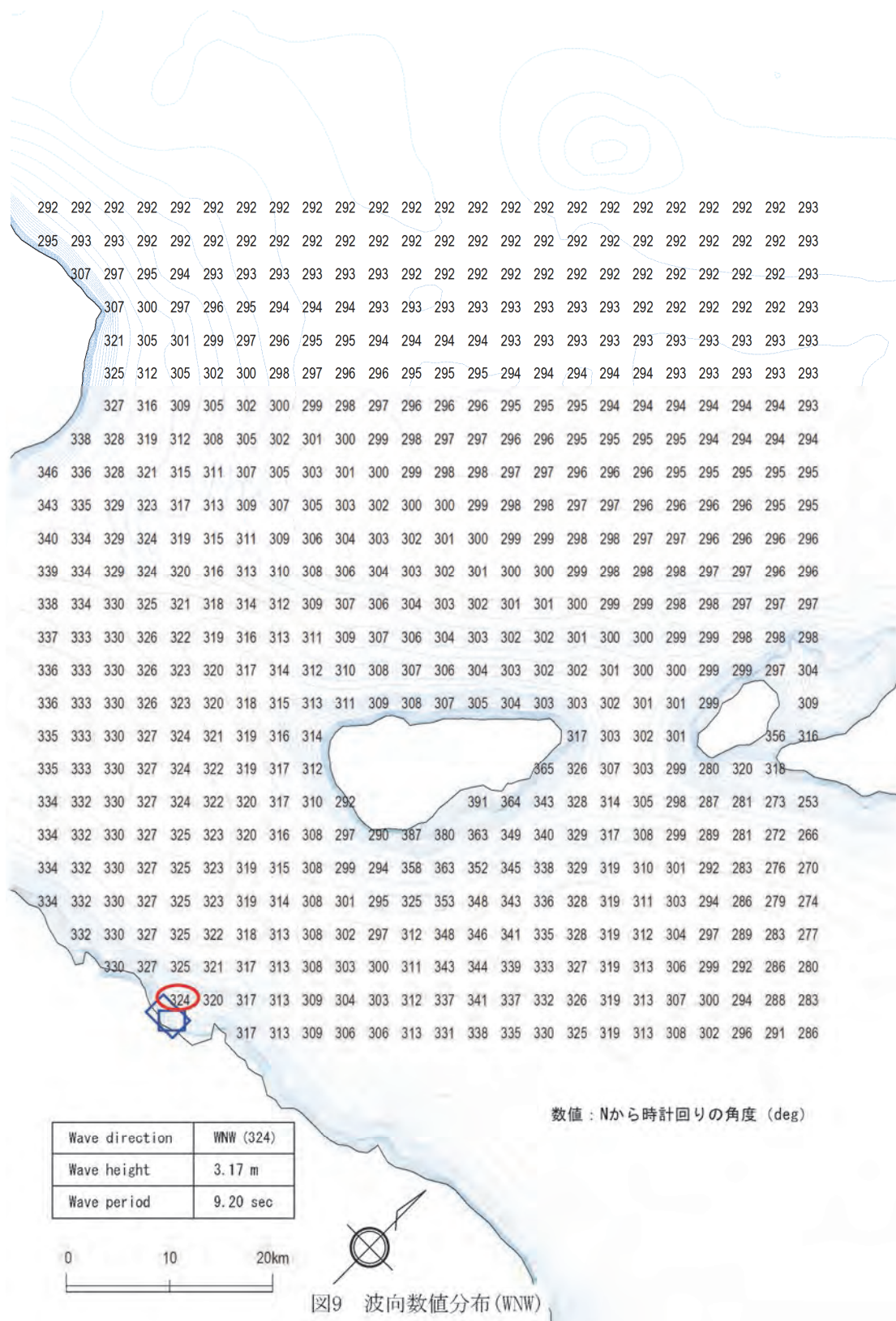


図8 波向ベクトル分布(N)



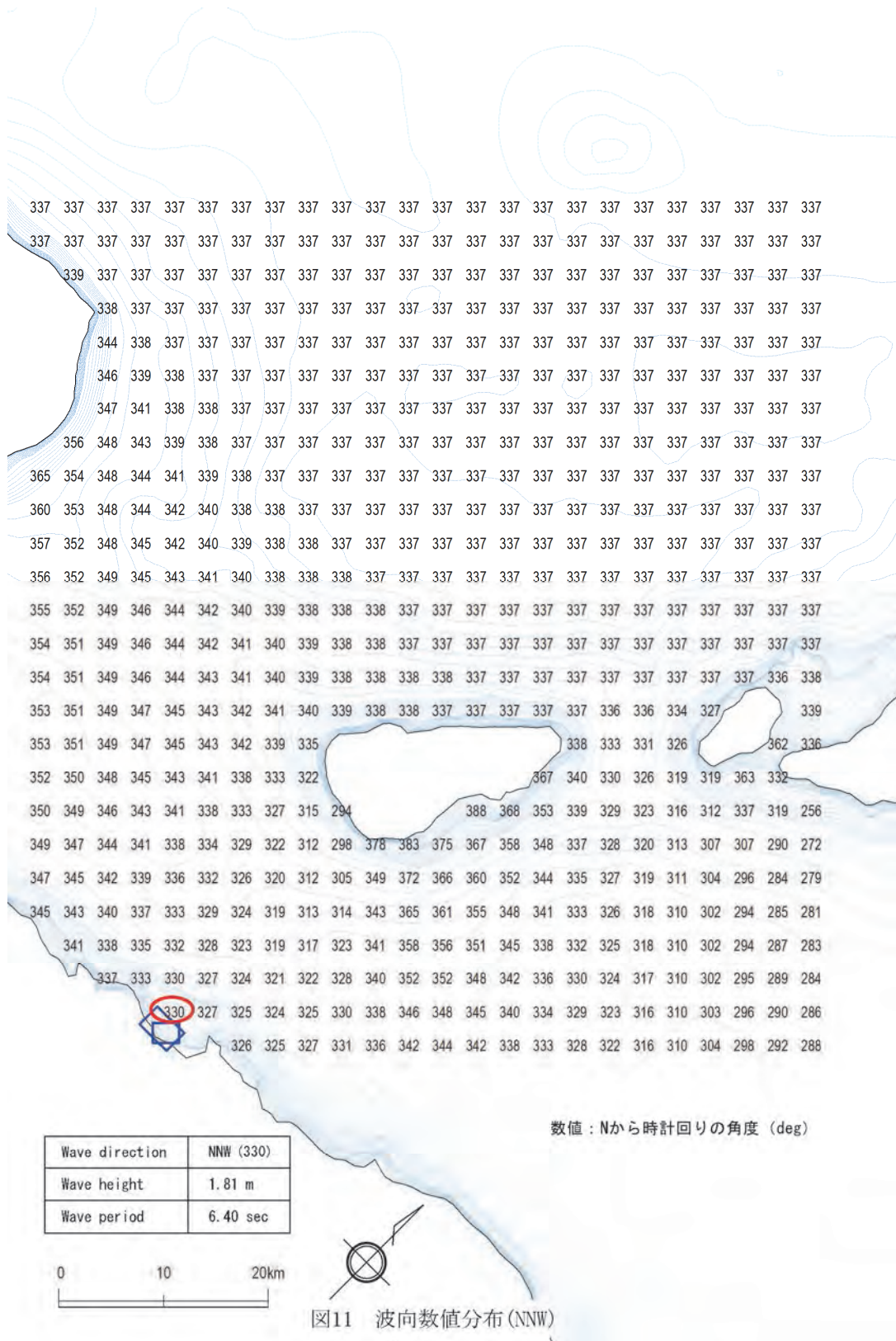


図11 波向数値分布 (NNW)

付属資料 5 対象地点の設計波計算結果

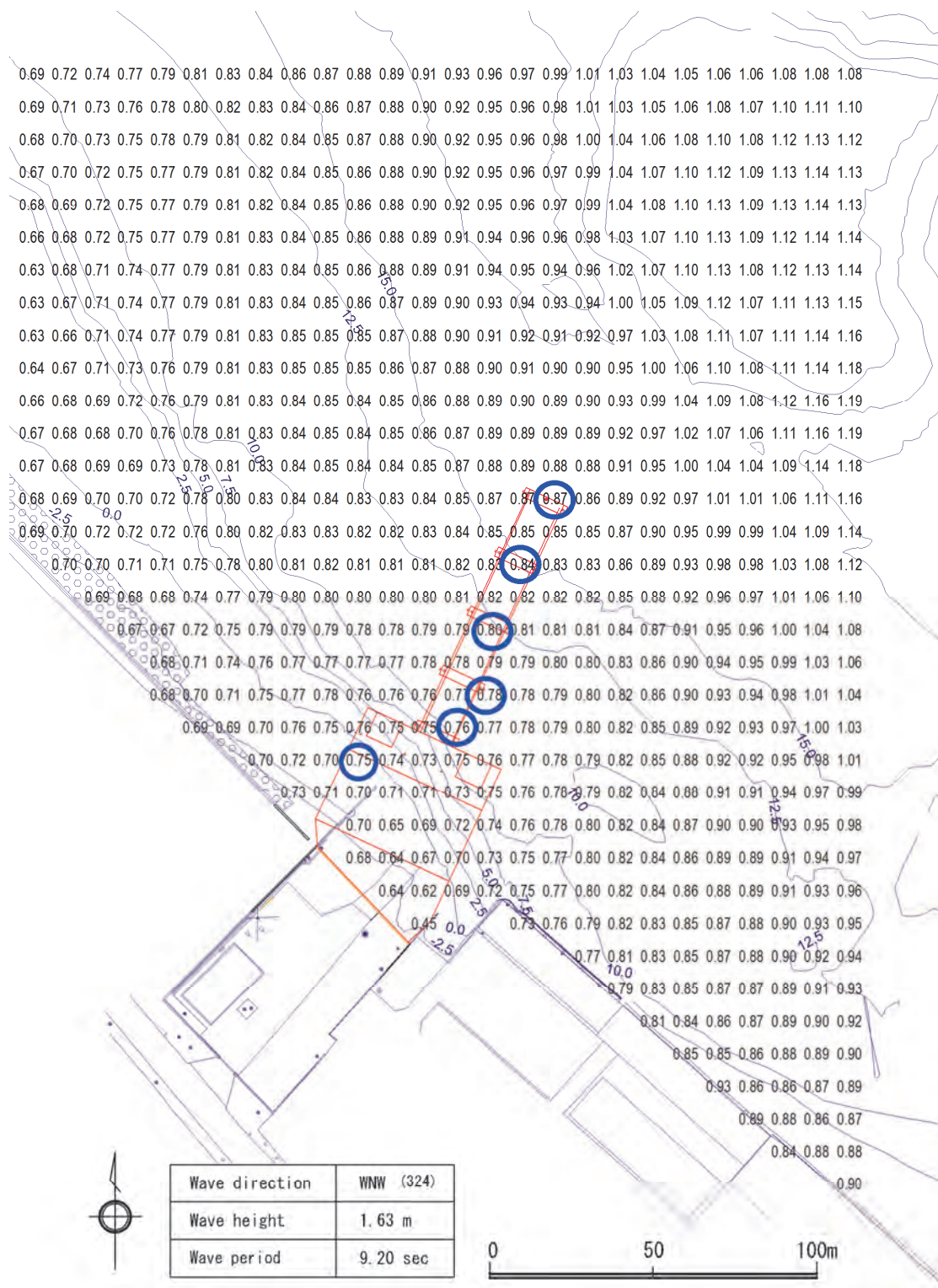


图1 换算冲波波高分布(WNN)

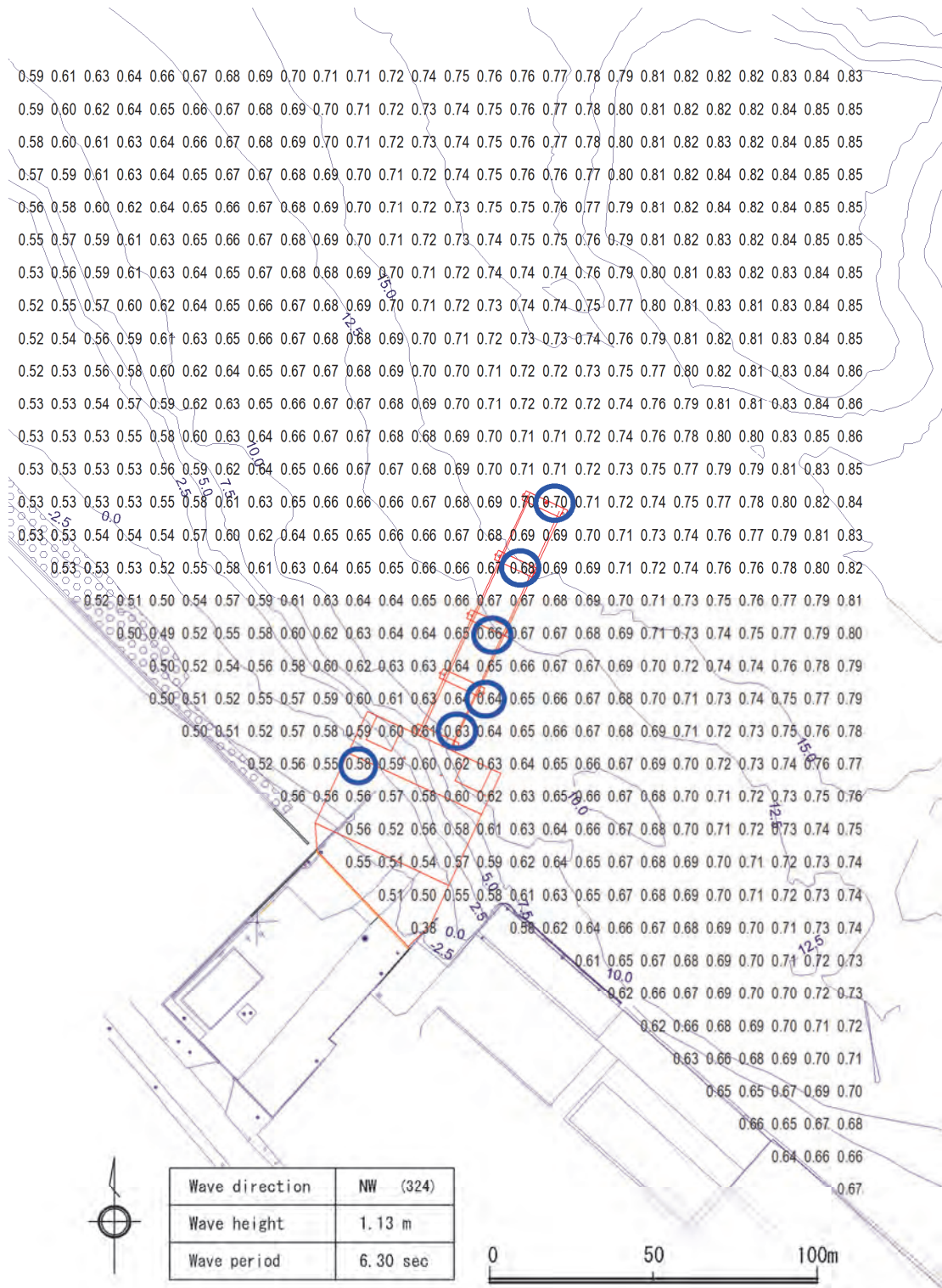


图2 换算冲波波高分布(NW)

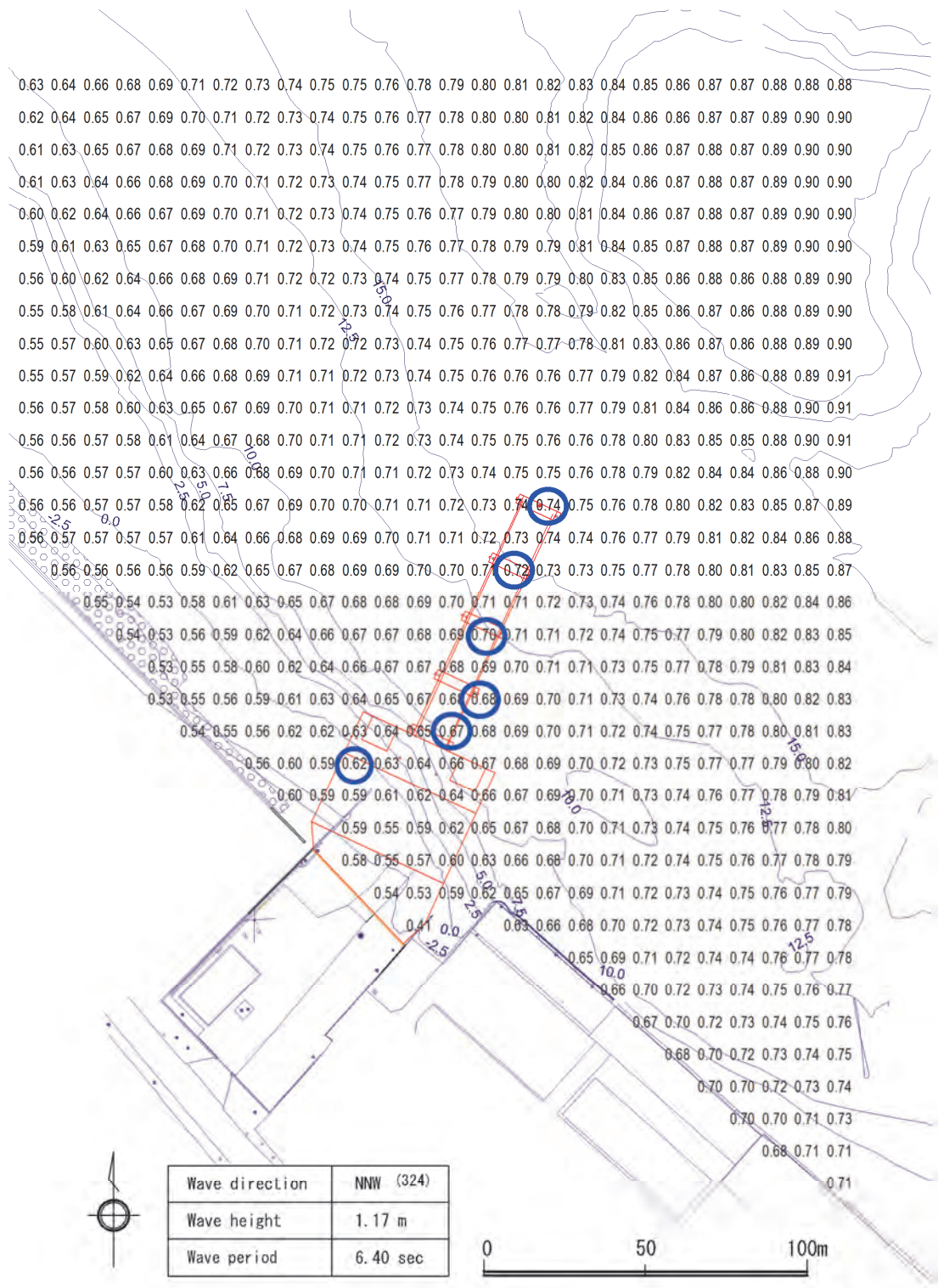


图3 换算冲波波高分布 (NNW)

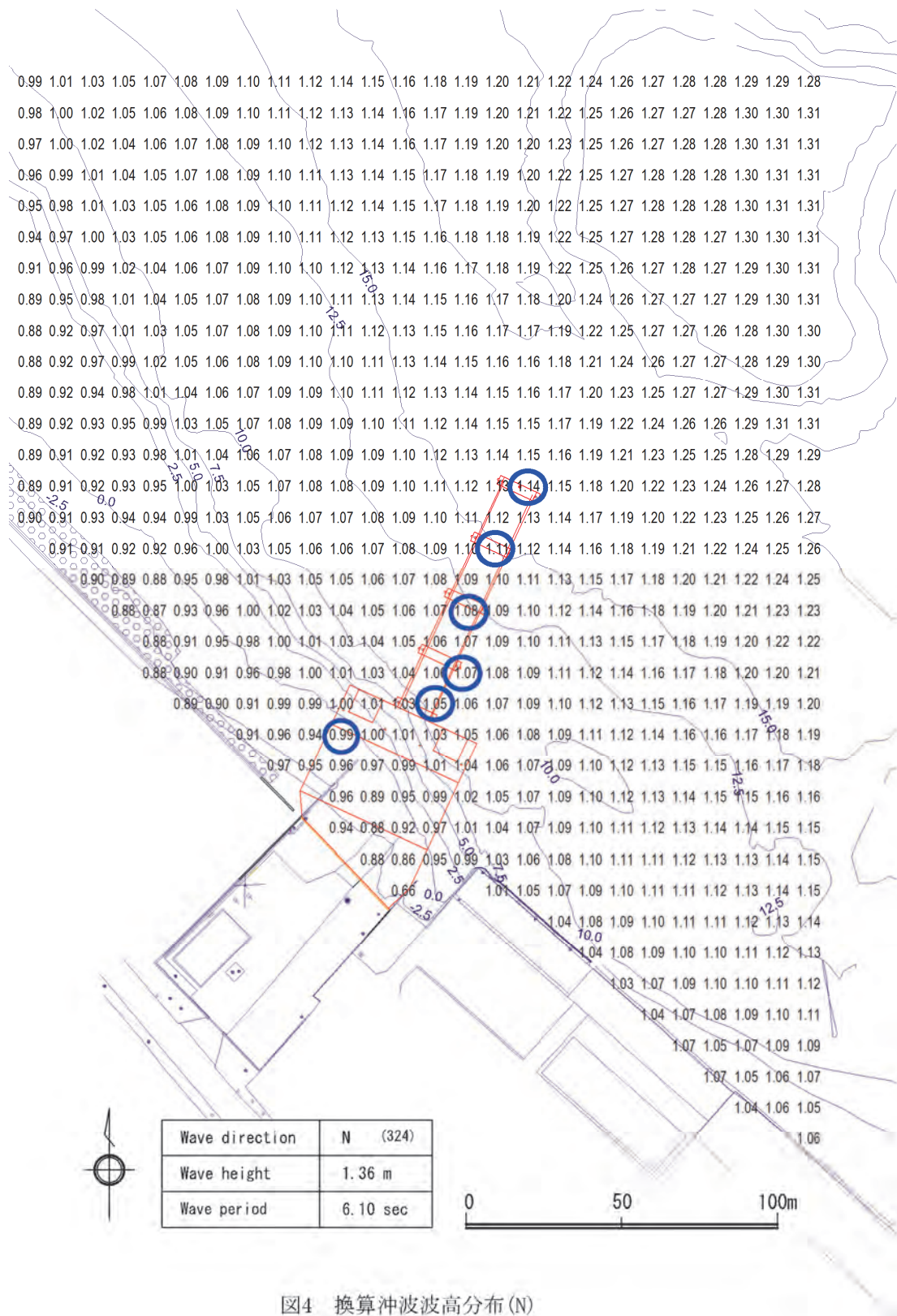


图4 换算冲波波高分布(N)

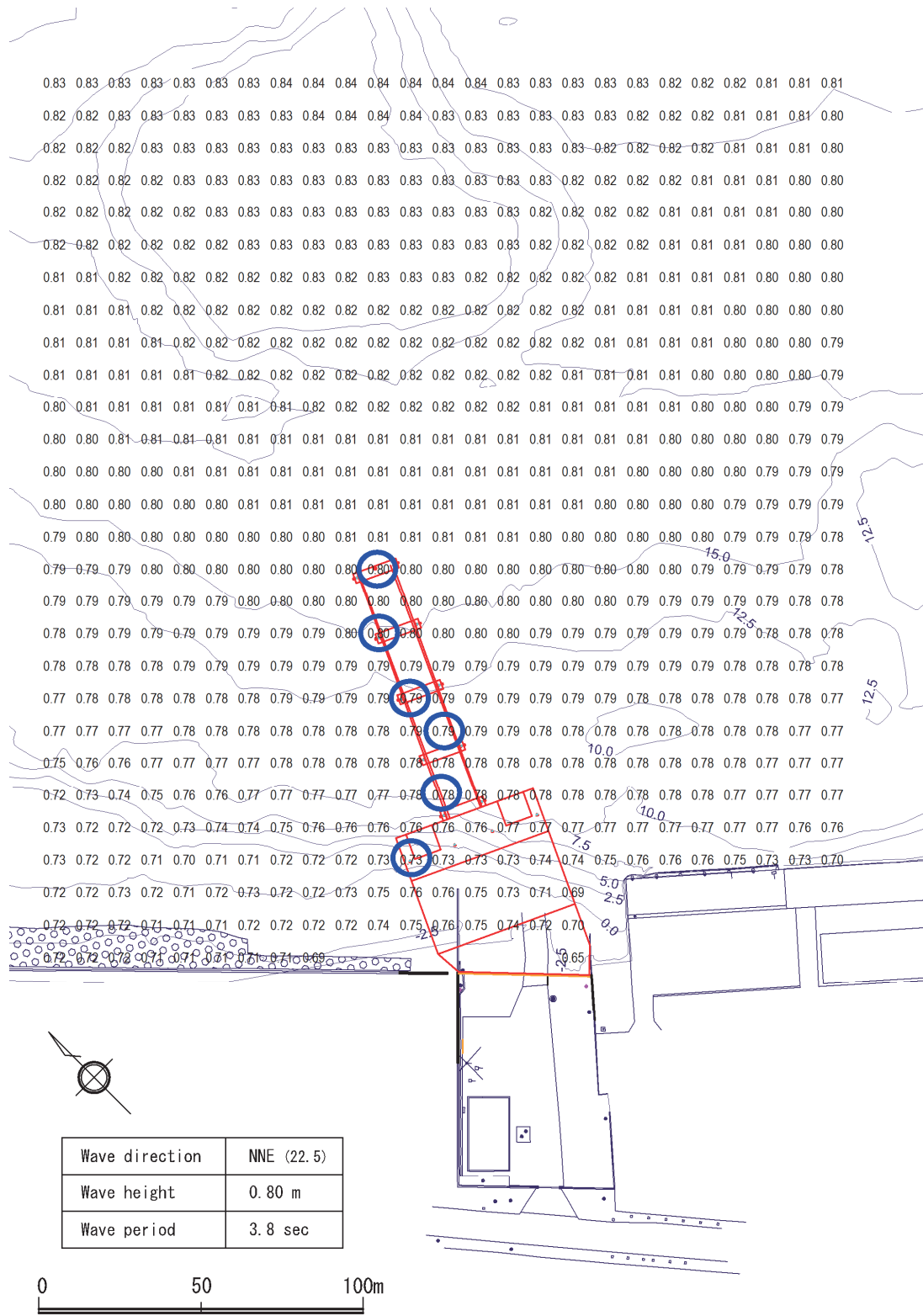


图5 换算冲波波高分布 (NNE)

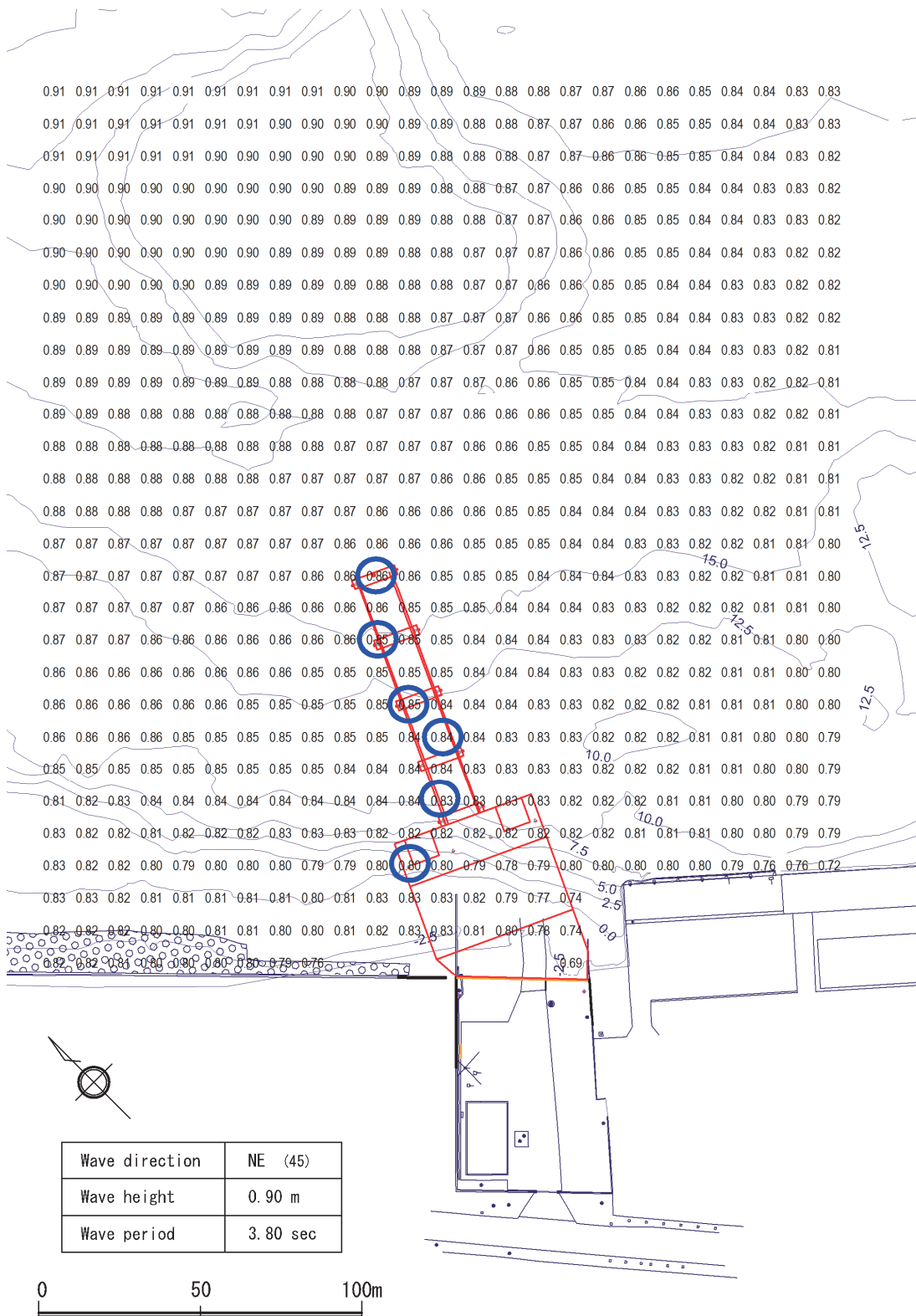


图6 换算冲波波高分布 (NE)

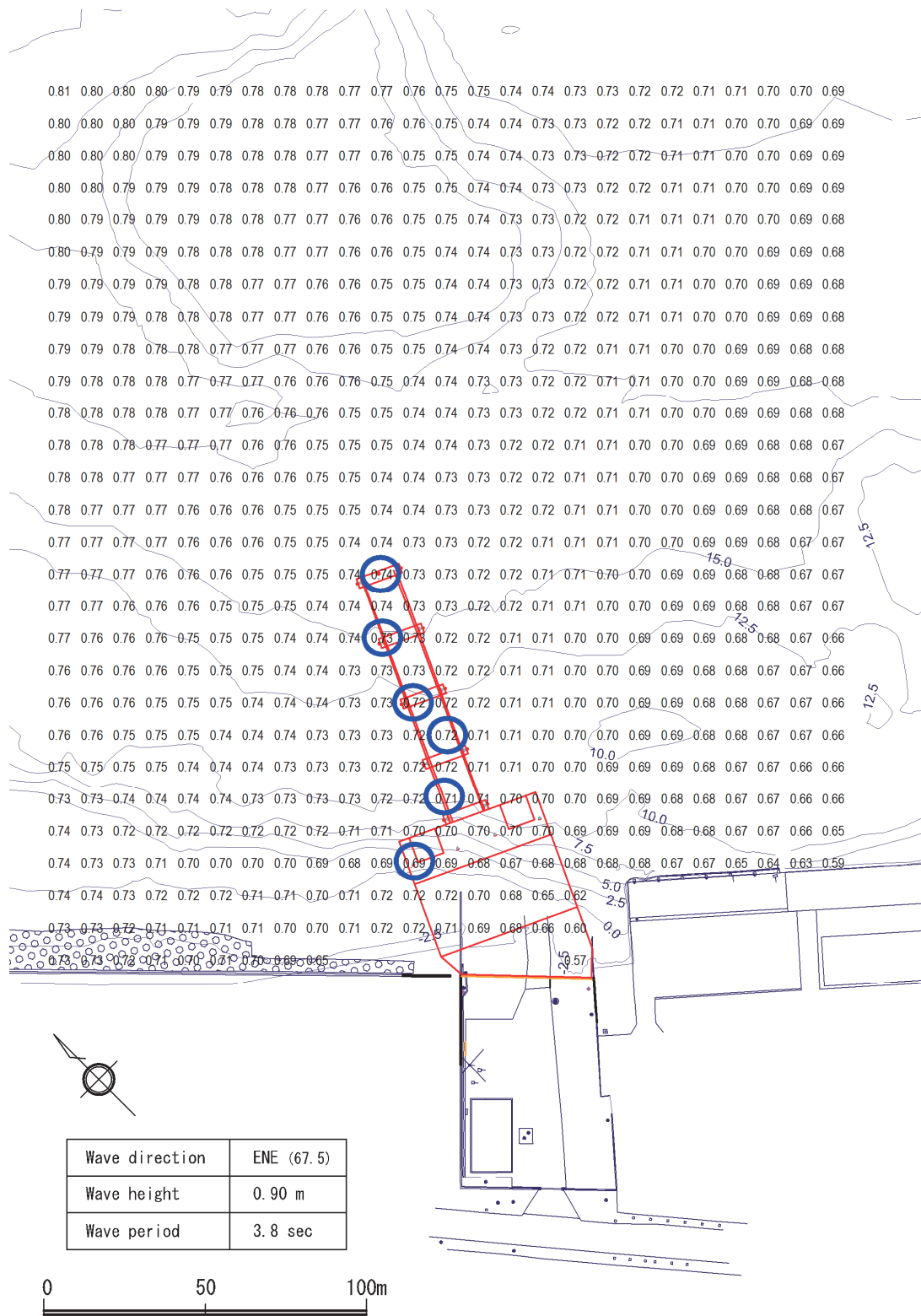


图7 换算冲波波高分布(ENE)

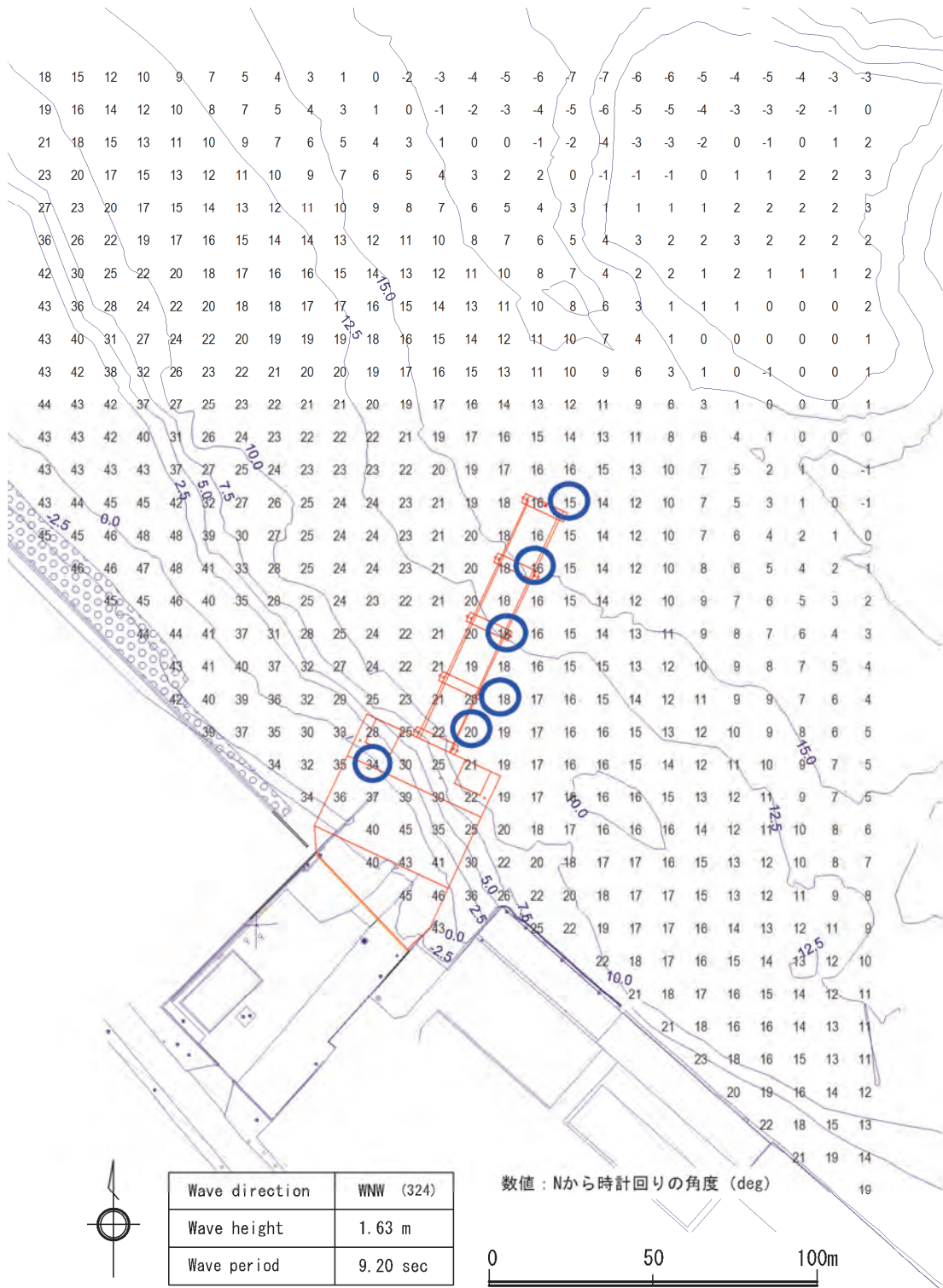


図8 波向数値分布(WNW)

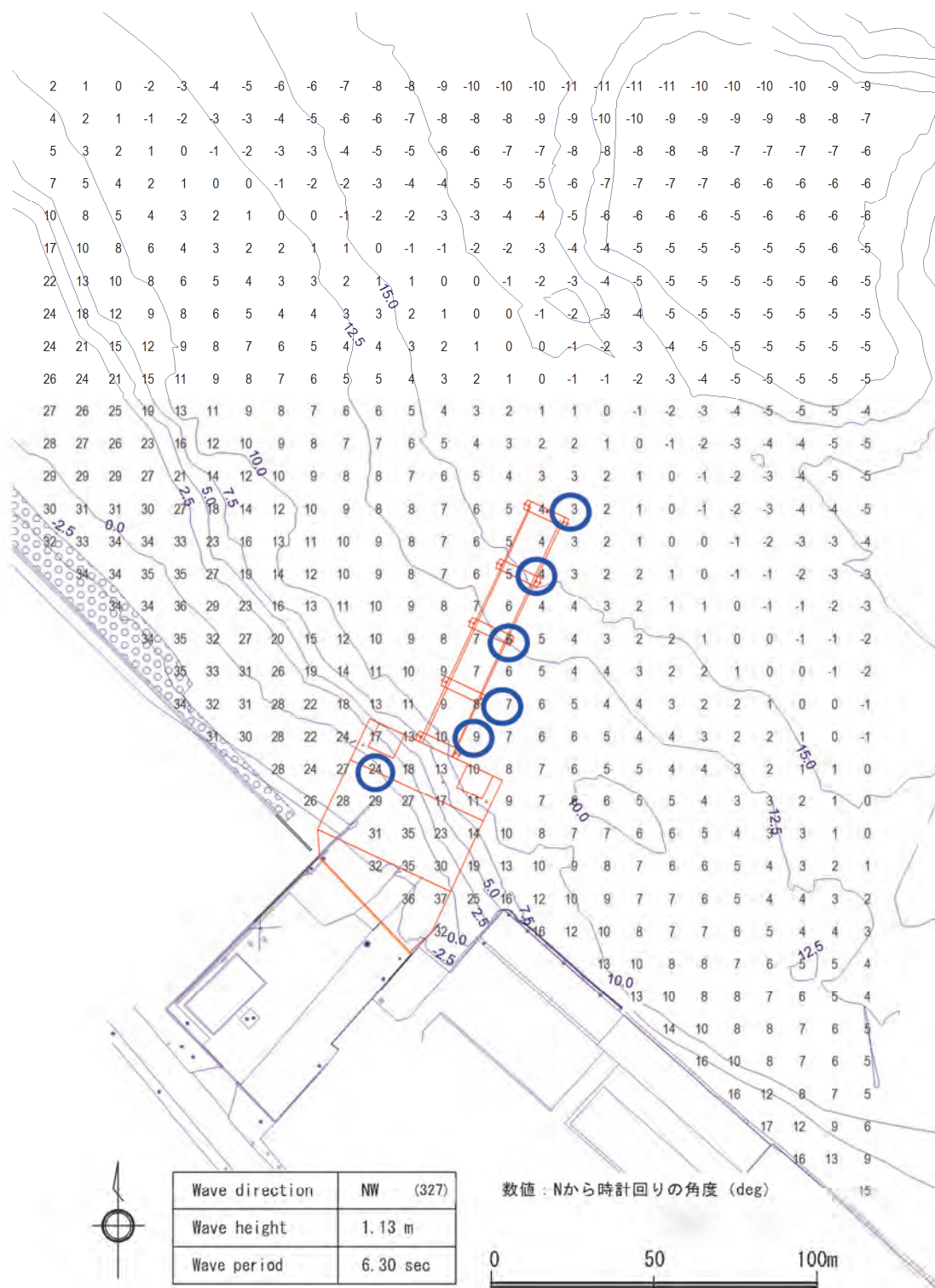


図9 波向数值分布(NW)

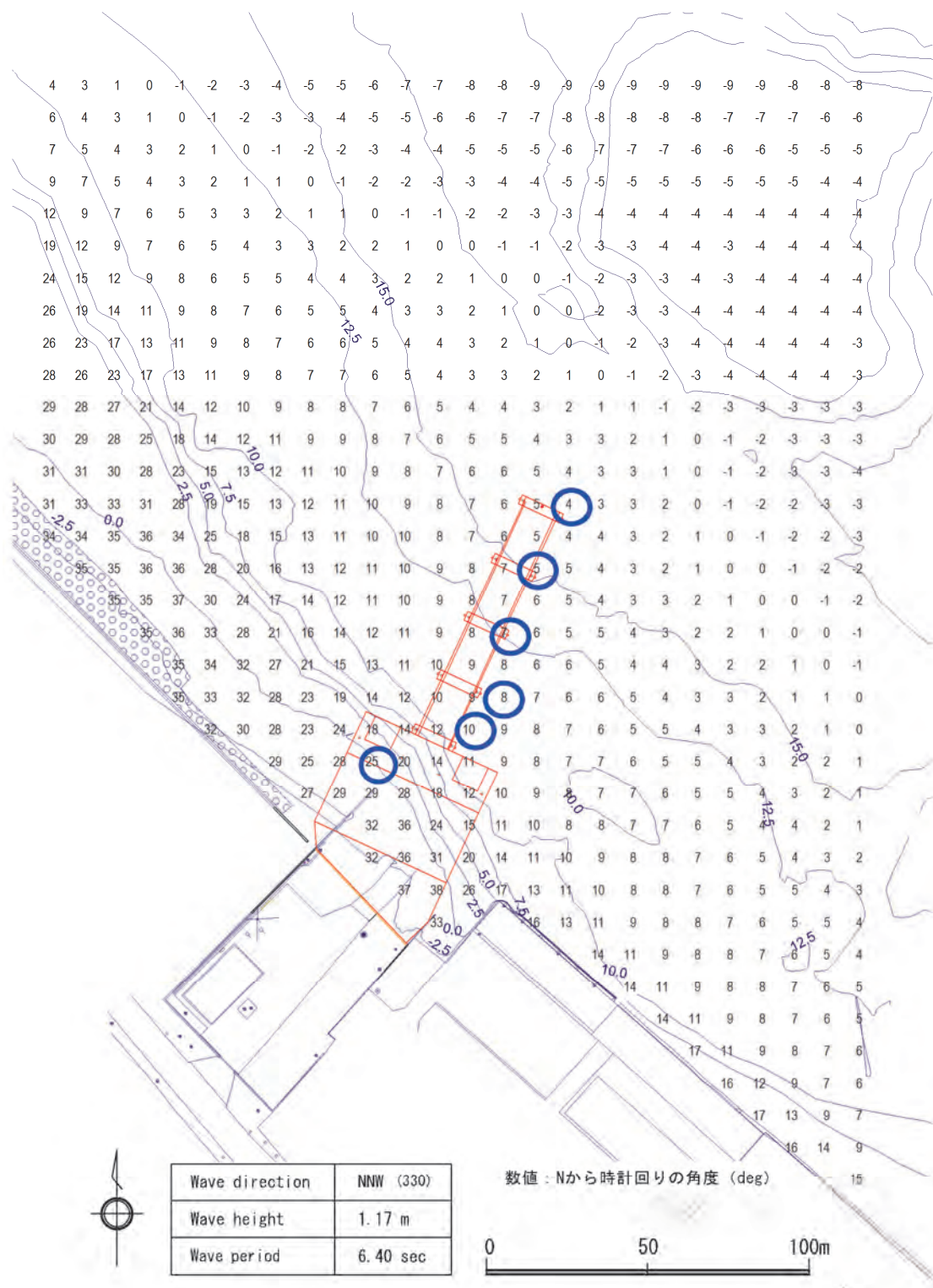


図10 波向数値分布(NNW)

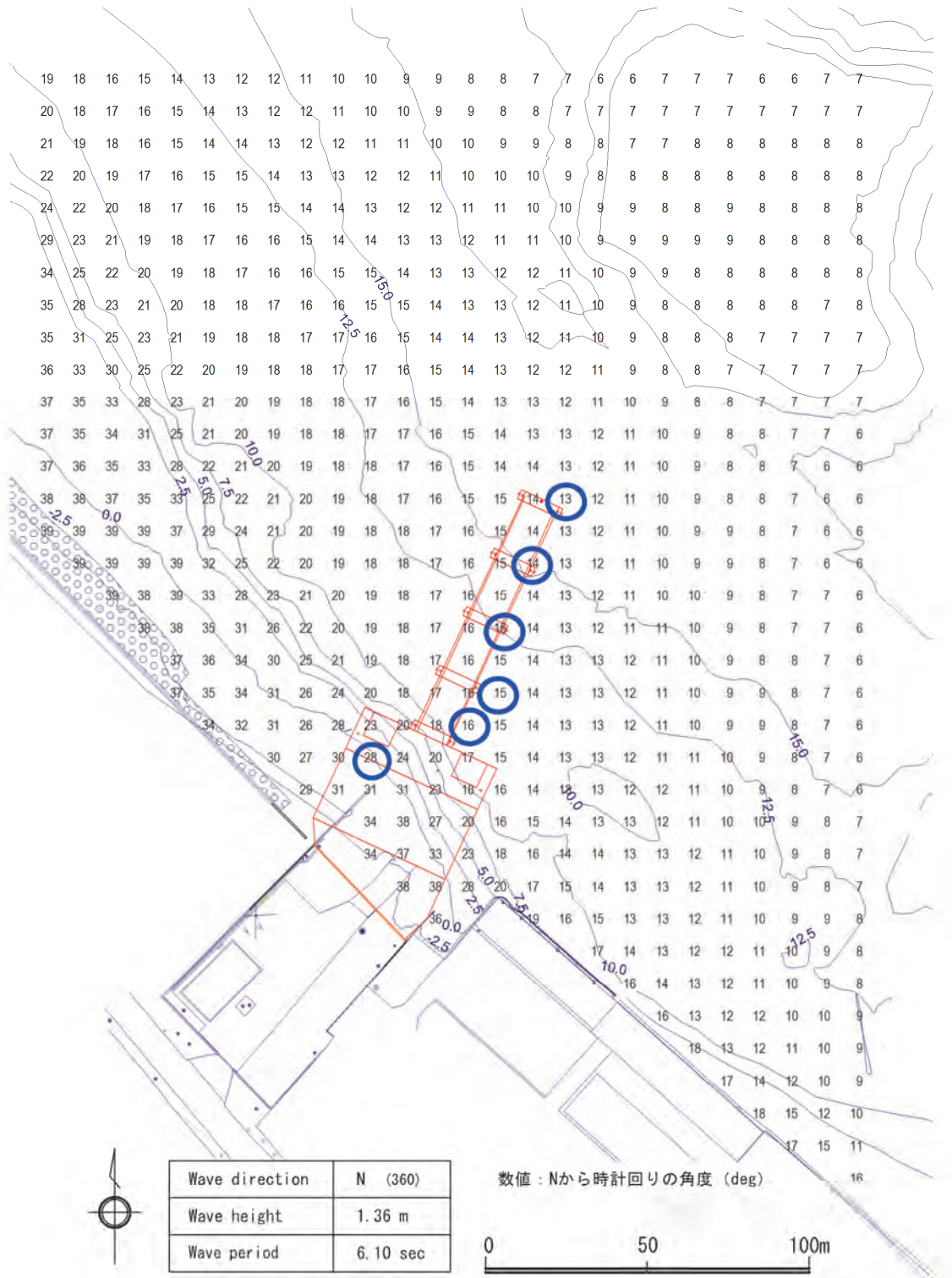


図11 波向数値分布(N)

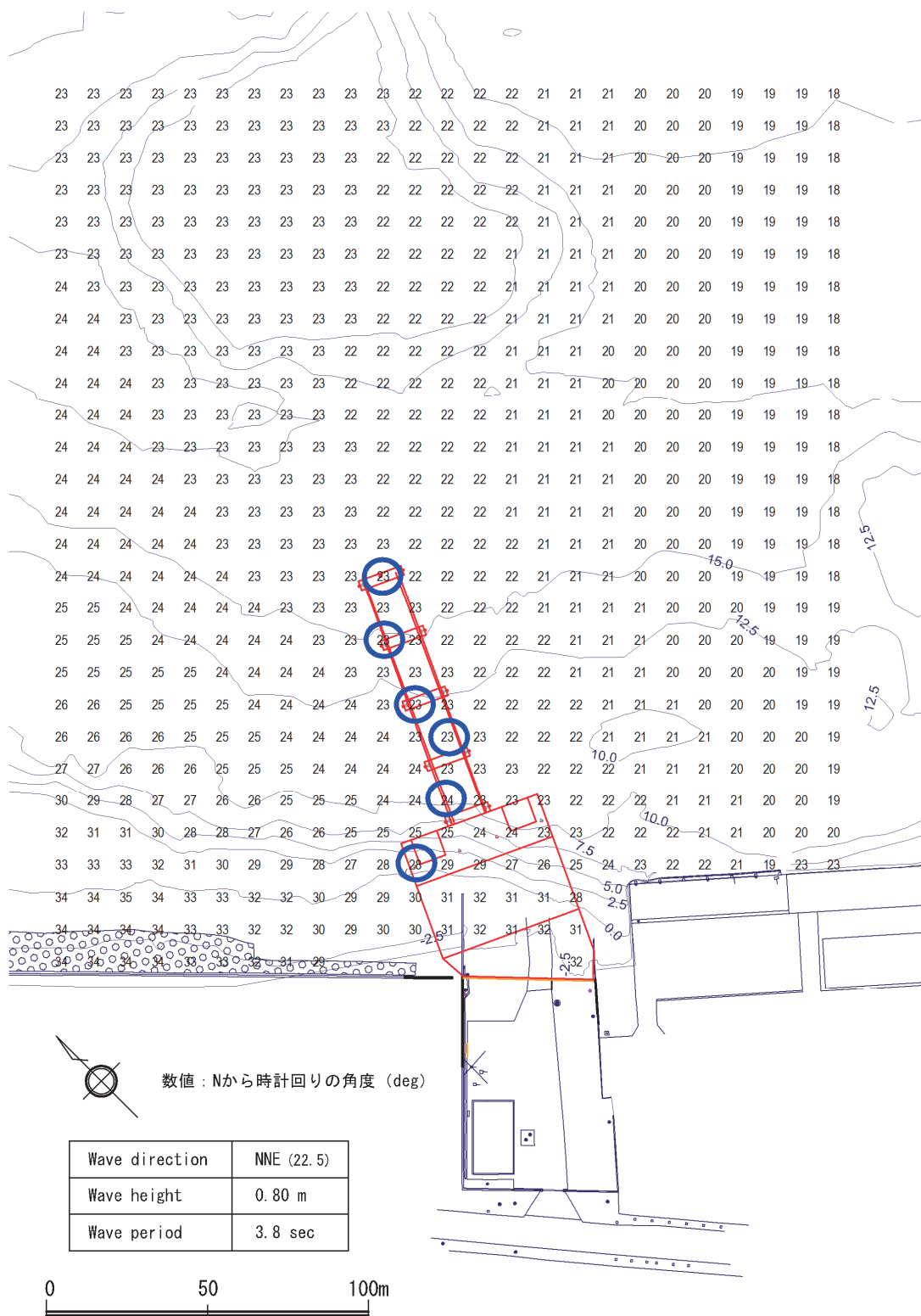


図12 波向数值分布 (NNE)

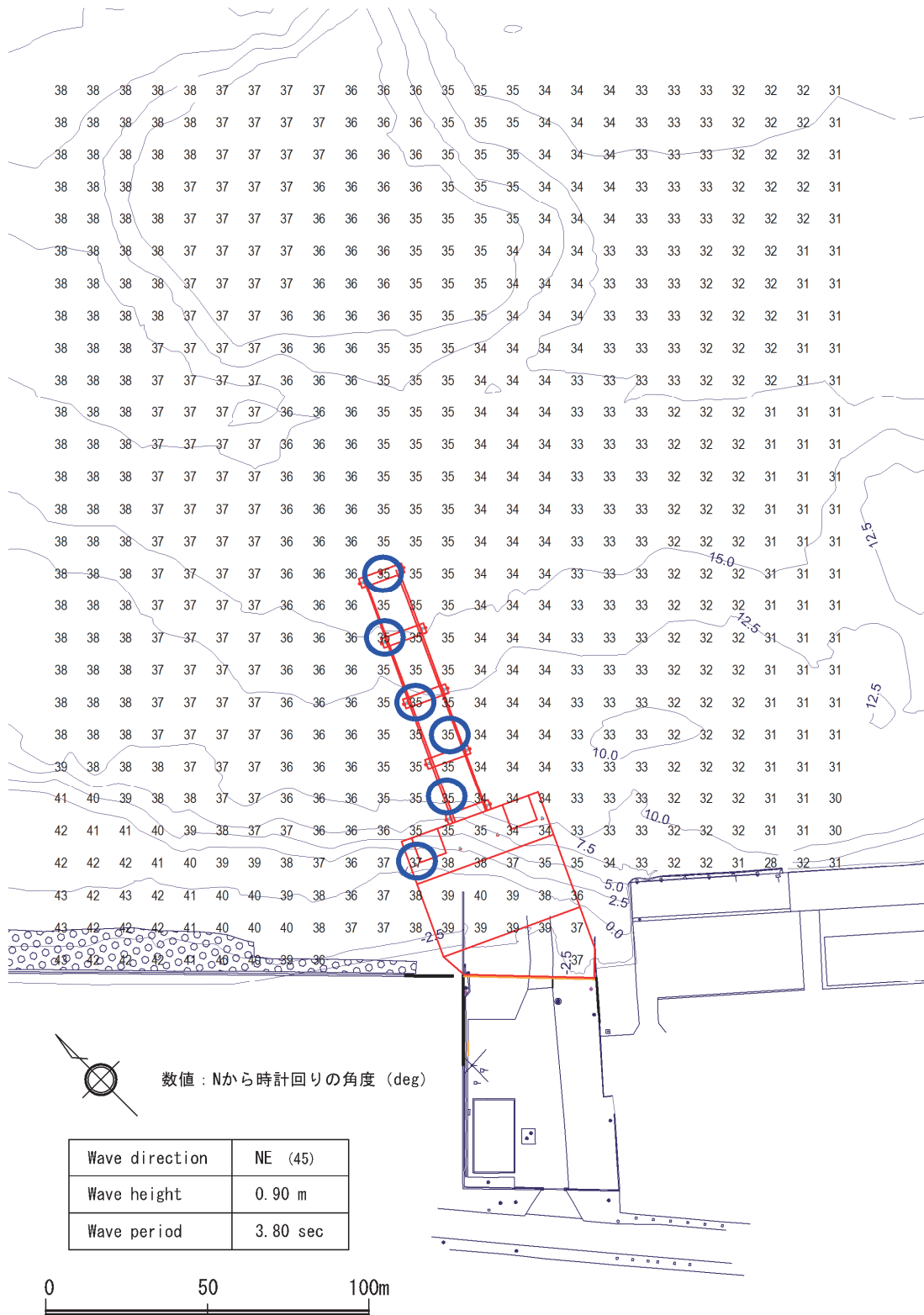


図13 波向数值分布 (NE)

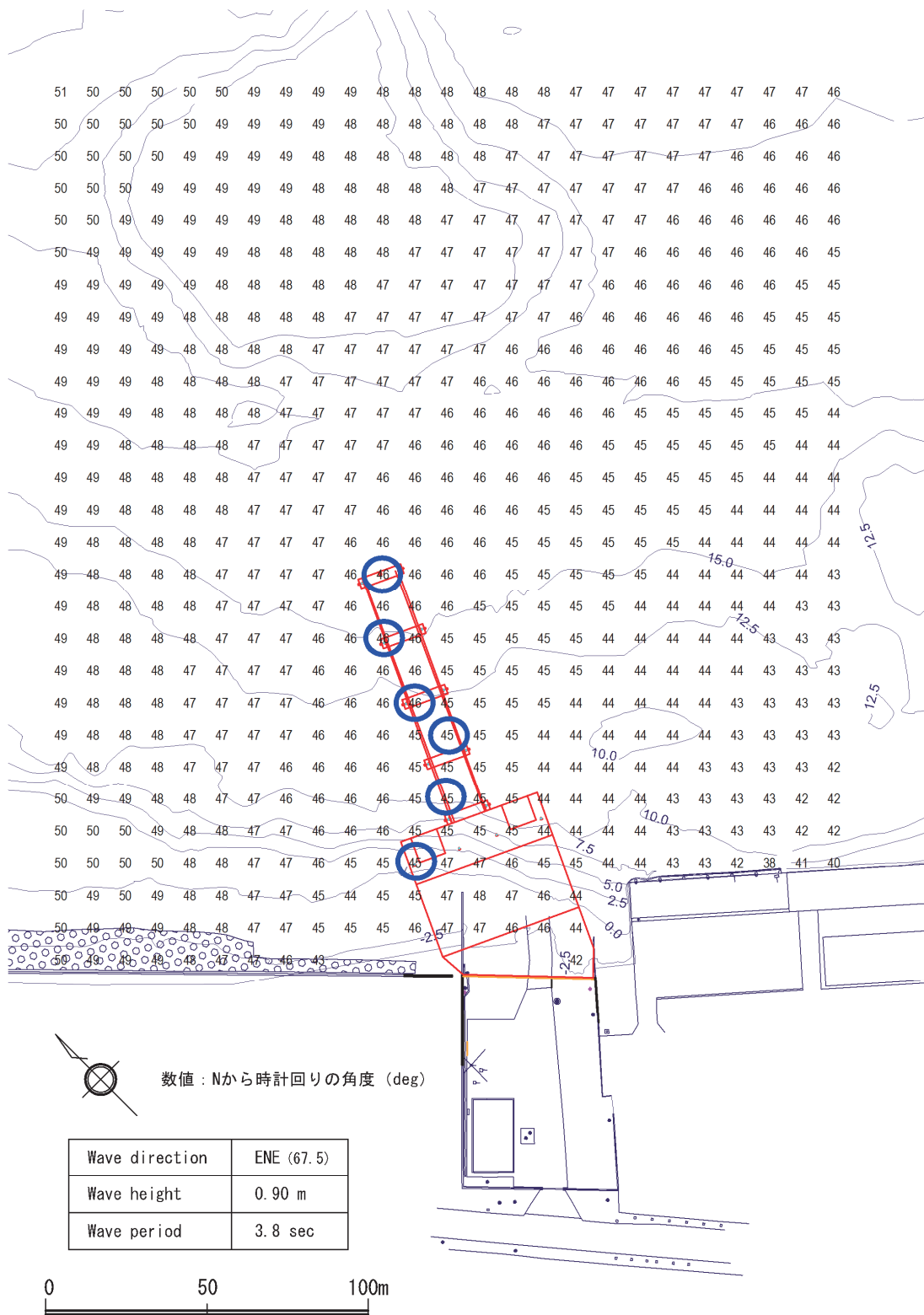


図14 波向数值分布(ENE)

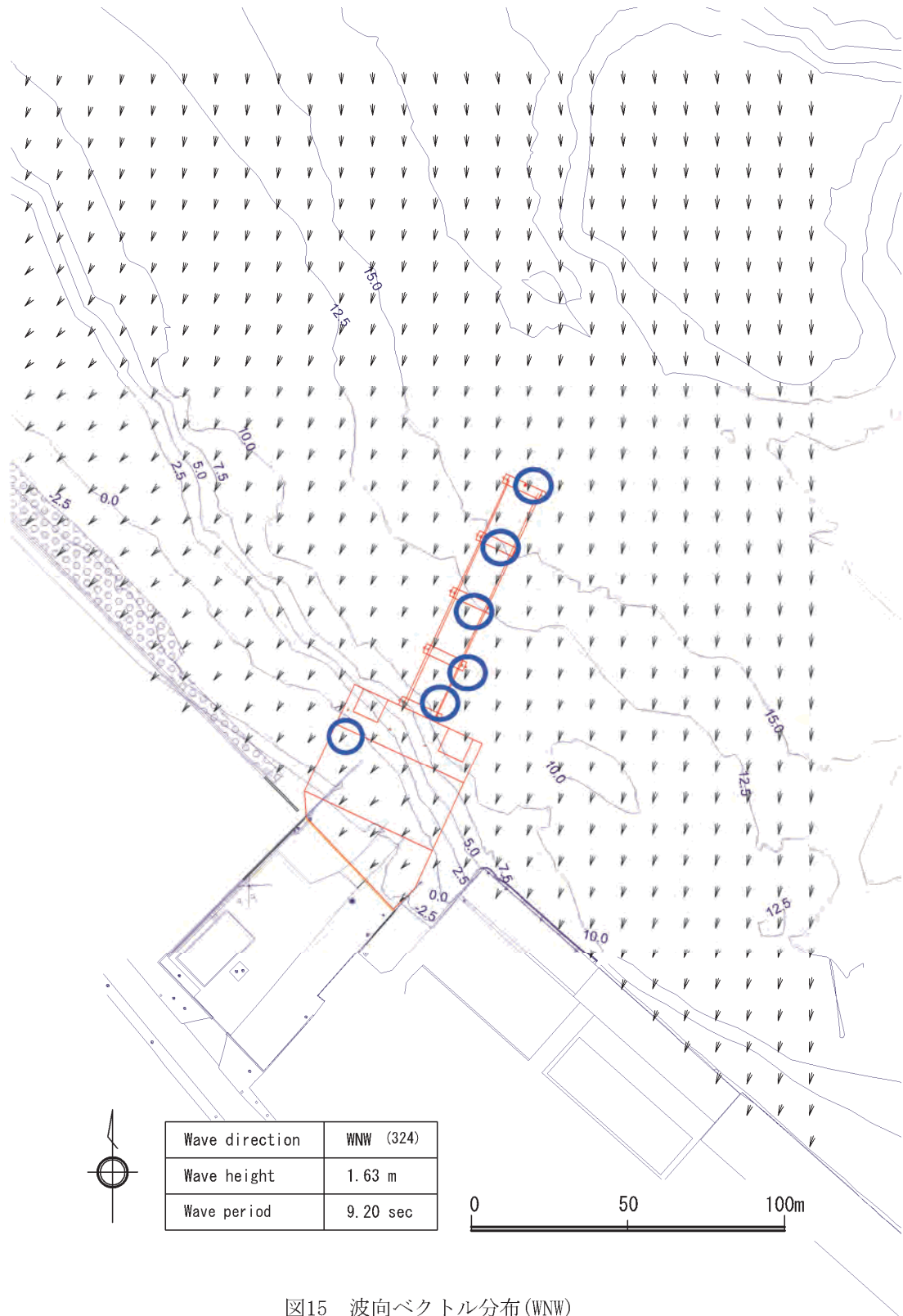


図15 波向ベクトル分布(WNW)

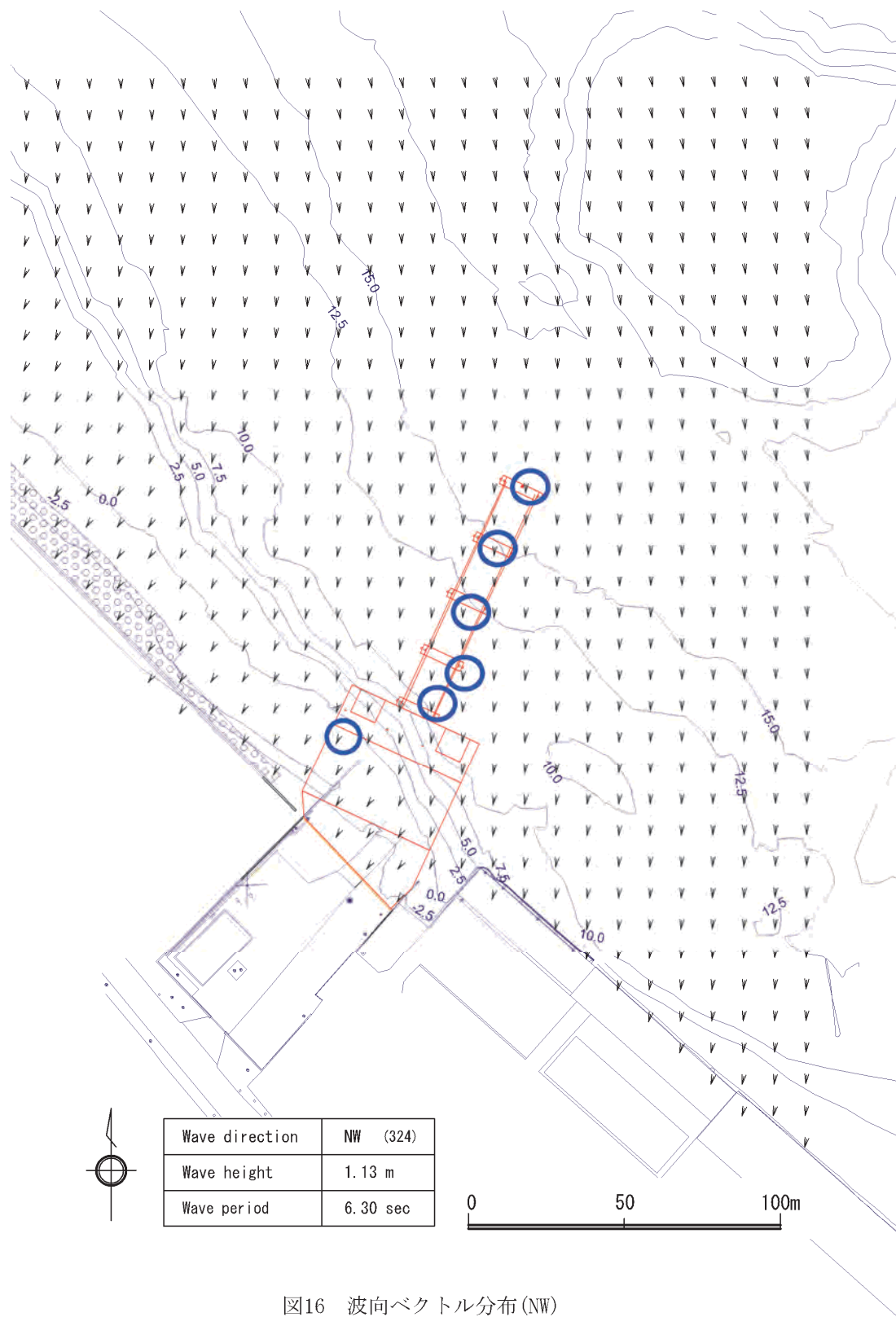


図16 波向ベクトル分布 (NW)

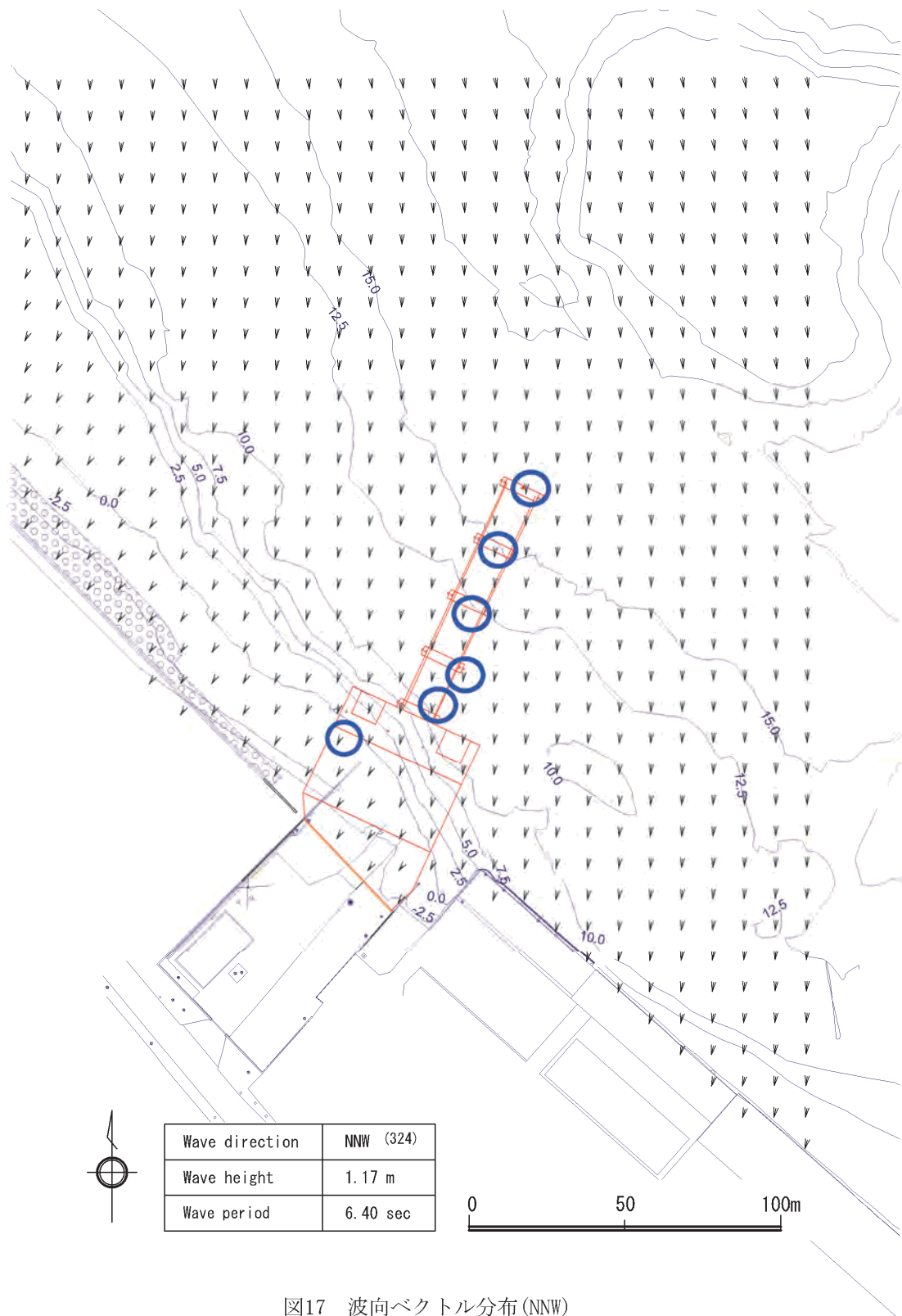


図17 波向ベクトル分布 (NNW)

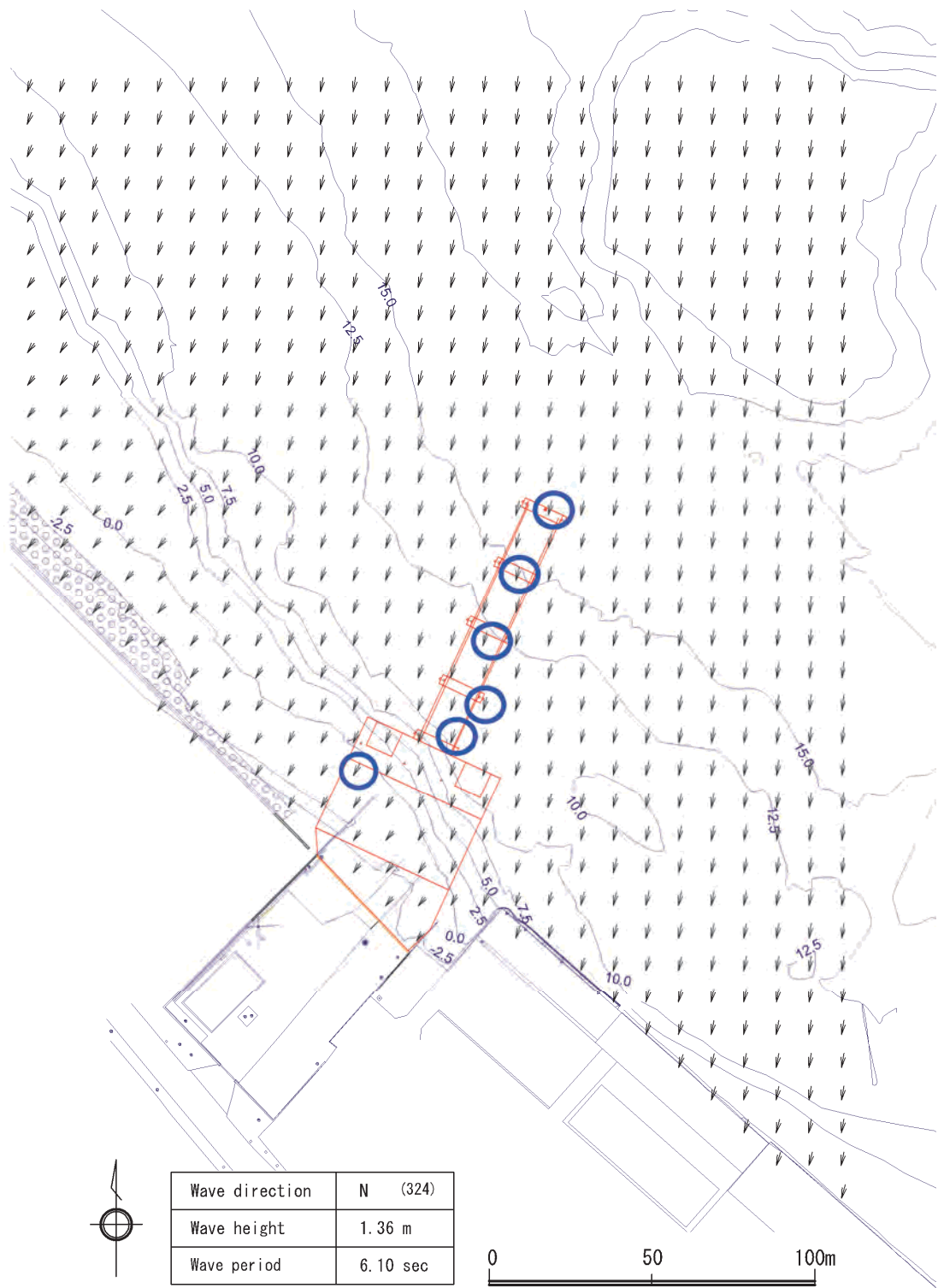


図18 波向ベクトル分布(N)

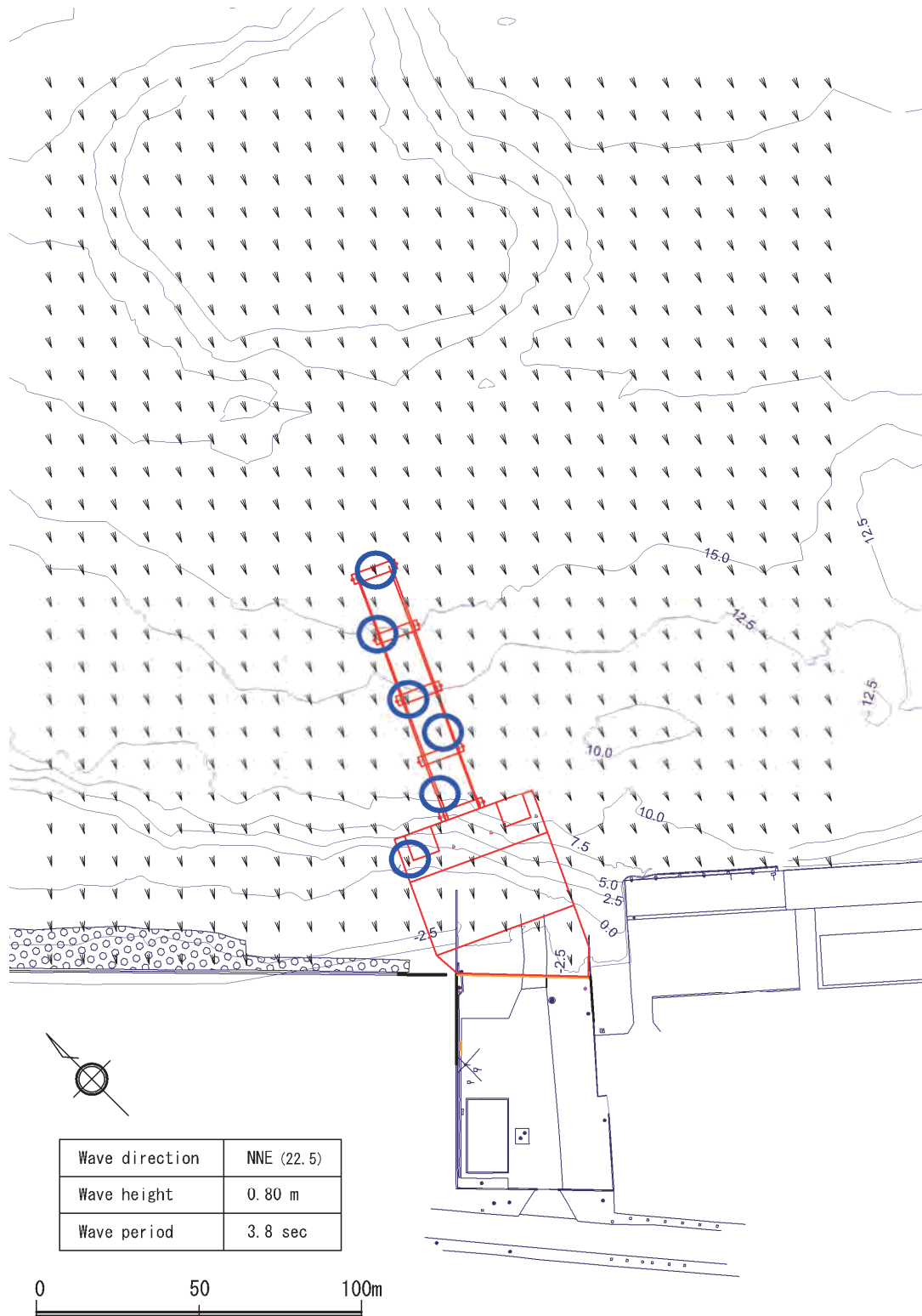


図19 波向ベクトル分布 (NNE)

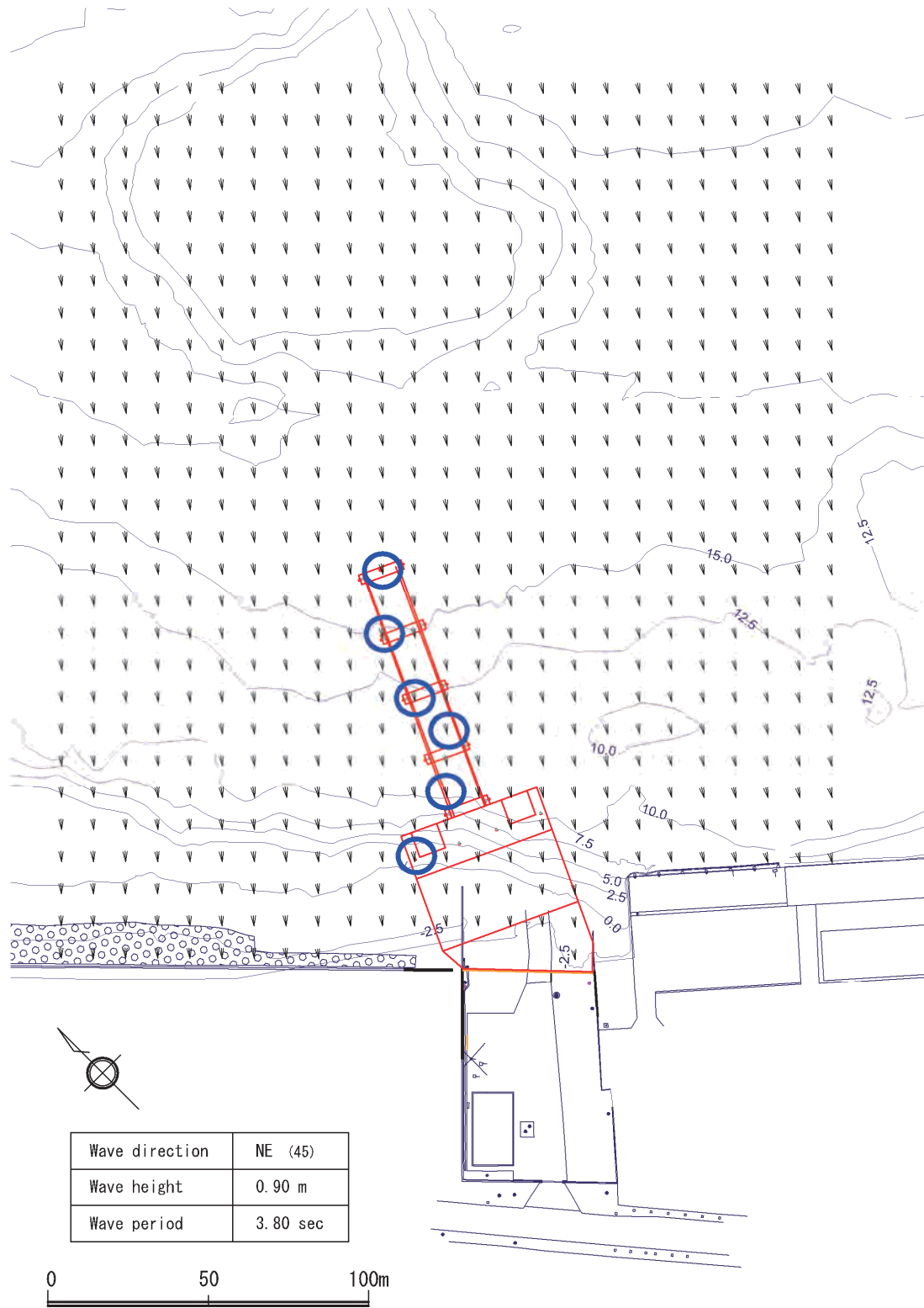


図20 波向ベクトル分布 (NE)

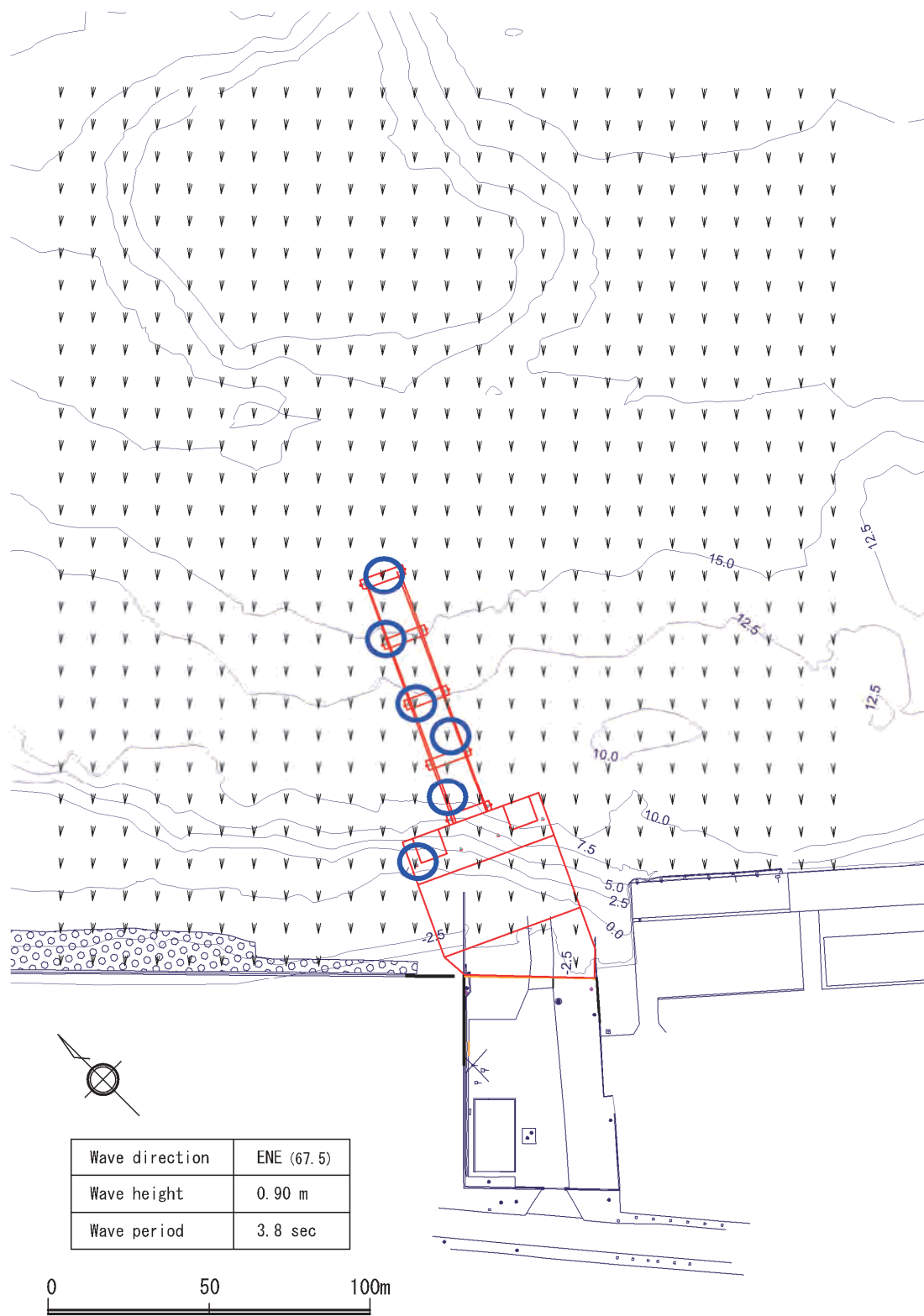


図21 波向ベクトル分布(ENE)

付属資料 6 稼働率計算結果

