

# キャプテンパイル工法

(場所打ち杭用杭頭半固定工法)

地盤変位を考慮した設計例 Ver1.1

(対象地盤：軟弱地盤)

2025 年 9 月

キャプテンパイル協会

## はじめに

本資料は、キャブテンパイル工法を採用する際に作成することになる「計算書」について、一例を示すことで工法の普及を図ることを目的に作成しました。

キャブテンパイル工法の設計例としては、既に地震時慣性力のみを考慮したものが整備されています。一方、近年では杭の設計に際して地震時慣性力だけでなく、地盤変位を考慮することを求められる場合もあり、キャブテンパイル工法においても地盤変位を考慮した設計例の作成が望まれていました。

そこで、キャブテンパイル協会では地盤変位も考慮したキャブテンパイル工法の設計例の作成に取組み、地盤性状が異なる2つの設計例を作成しました。本設計例が、キャブテンパイル工法の更なる普及の一助になれば幸いです。

なお、本設計例は検討方法の一例を示したものに過ぎず、キャブテンパイル協会として推奨する設計法を示したという位置づけの資料ではありませんのでご注意ください。実設計の際には、物件毎に設計者が適切に判断して検討を進めて下さい。

本書の構成

本計算例は、原則として以下の図に示すように頁の左側に本文、右側に必要に応じて解説を記載する構成としています。

1. 設計方針等	
1.1 建物概要	
用途	:
規模	: X 方向 5 スパン (32.5m) Y 方向 2 スパン (14m)
階数	: 地上 15 階、地下なし
構造種別	: 鉄筋コンクリート造
構造形式	: X 方向純ラーメン構造 Y 方向純ラーメン構造
基礎工法	: 杭基礎

バージョン	項目	年月
1.0	・初版発行	2024/6
1.1	・外部公開用に体裁修正	2025/9

～目次～

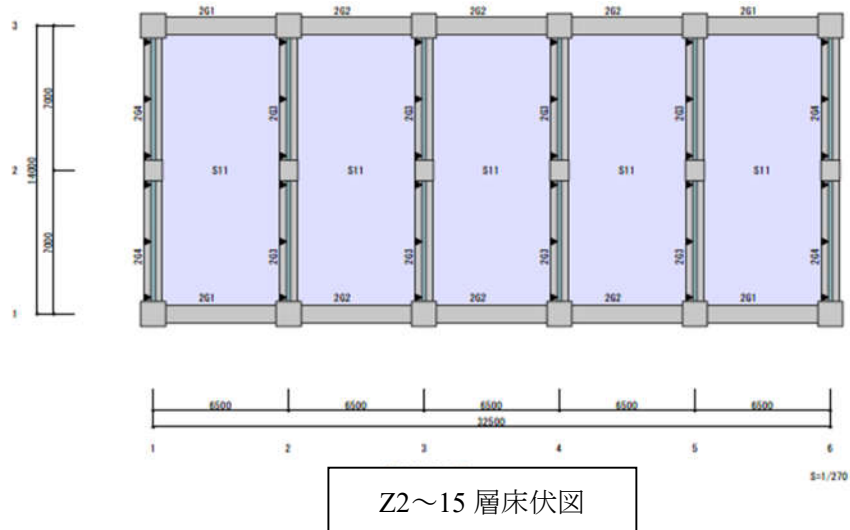
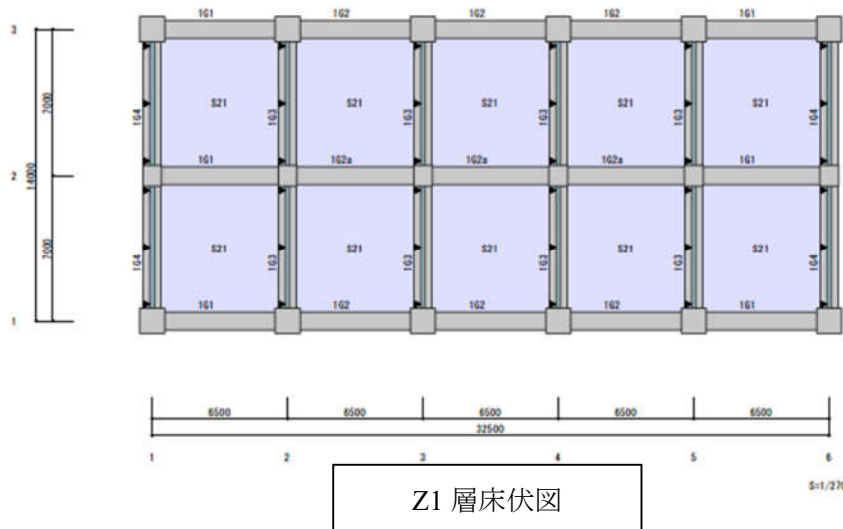
1. 設計方針等	
1.1 建物概要	・ ・ ・ ・ ・ 1
1.2 設計目標（クライテリア）	・ ・ ・ ・ ・ 3
1.3 設計概要・仮定条件	・ ・ ・ ・ ・ 4
1.4 キャプテンパイル工法概要	・ ・ ・ ・ ・ 4
1.5 準拠図書・評定書	・ ・ ・ ・ ・ 5
2. 使用材料	
2.1 使用材料	・ ・ ・ ・ ・ 6
2.2 許容応力度	・ ・ ・ ・ ・ 7
3. 地盤概要	
3.1 敷地地盤の概要	・ ・ ・ ・ ・ 8
3.2 液状化の有無について	・ ・ ・ ・ ・ 9
3.3 検討に用いる地盤ばねについて	・ ・ ・ ・ ・ 10
4. 設計外力	
4.1 上部構造による軸方向力	・ ・ ・ ・ ・ 11
4.2 地震時慣性力	・ ・ ・ ・ ・ 12
4.3 地盤変位	・ ・ ・ ・ ・ 13
5. 杭の検討	
5.1 計算準備	・ ・ ・ ・ ・ 18
5.2 外力に対する検討	・ ・ ・ ・ ・ 20
(1) 軸方向力（引抜含む）に対する検討	・ ・ ・ ・ ・ 21
(2) 地震時慣性力および地盤変位に対する検討	・ ・ ・ ・ ・ 27
(3) 断面算定結果（杭リスト含む）	・ ・ ・ ・ ・ 75
6. パイルキャップの検討	・ ・ ・ ・ ・ 107
【付属資料】	
・ 杭頭固定杭との比較結果	・ ・ ・ ・ ・ 108
・ コスト試算結果	・ ・ ・ ・ ・ 110

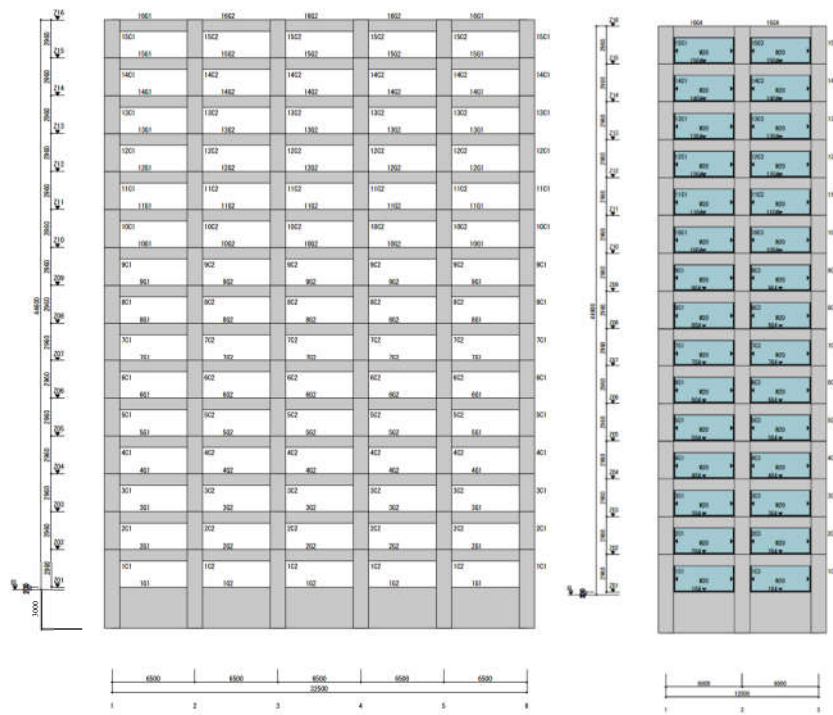
## 1. 設計方針等

### 1.1 建物概要

用途 : 共同住宅  
規模 : X 方向 5 スパン (32.5m) Y 方向 2 スパン (14m)  
階数 : 地上 15 階、地下なし  
構造種別 : 鉄筋コンクリート造  
構造形式 : X 方向純ラーメン構造 Y 方向純ラーメン構造  
基礎工法 : 杭基礎

CTP 工法の適用範囲には、建物規模や構造形式による制限はありません。





Y1 フレーム略軸組図

X1 フレーム略軸組図

基礎梁せいは、  
建物高さの約 7%  
(3m)としています。

## 1.2 設計目標（クライテリア）

各部位における設計目標（クライテリア）は下記とする。

### (1)杭体

短期) 短期応力  $\leq$  短期許容応力

杭頭変位  $\leq$  50mm（目安）

終局) 終局時応力  $\leq$  終局耐力

杭頭変位  $\leq$  150mm（目安）

### (2)杭頭接合部

短期) 短期曲げモーメント  $\leq$  短期許容曲げモーメント

終局) 杭頭回転角  $\leq$  0.04rad

### (3)PC リング

短期) 短期せん断力  $\leq$  短期許容せん断力

終局) 終局時せん断力  $\leq$  終局せん断耐力

### (4)引張鉄筋（杭頭部）

短期) 短期引抜き力  $\leq$  短期許容引張力

終局) 終局時引抜き力  $\leq$  終局引張耐力

### (5)支持力

長期) 長期軸方向力  $\leq$  長期許容支持力

短期) 短期軸方向力  $\leq$  短期許容支持力

終局) 終局時軸方向力  $\leq$  極限支持力

クライテリアは、  
物件毎に設計者が  
適切に定めて下さ  
い。

杭頭変位は、CTP  
工法でよく用いら  
れる目安の数値で  
す。

CTP 工法では、支  
持力に関する決め  
事はありません。  
支持力に関しては、  
設計者が適切な設  
定を行って算定し  
て下さい。



### 1.3 設計概要・仮定条件

#### (1) 支持力について

国土交通省告示 1113 号による。

#### (2) 水平力のレベル

短期：上部構造水平力 ( $C0=0.2$ ) + 基礎水平震度 ( $k=0.1$ )

終局：上部構造水平力 ( $DS=0.3$  相当) + 基礎水平震度 ( $k=0.3$ )

#### (3) 地盤変位の考慮方法

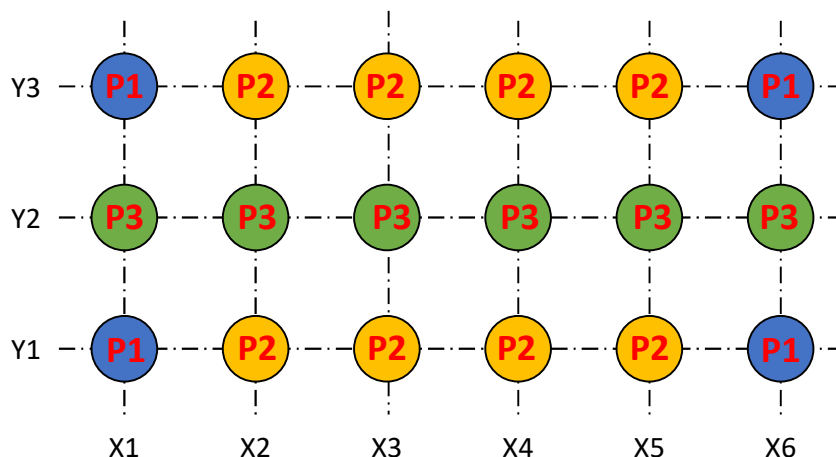
建築基礎構造設計指針(2019)に準拠して検討する。

#### (4) 杭頭曲げの考慮について

杭頭曲げによる付加軸力を考慮する。なお、杭頭曲げの検討は 1 回とする。

#### (5) 杭配置について

杭は 3 種類とし、以下のような配置とする。



### 1.4 キャプテンパイル工法概要

#### (1) 工法概要

本建物では杭頭と基礎の接合に「キャプテンパイル工法」(BCJ 評定-FD0230-04)と呼ばれる場所打ち杭用の杭頭半固定工法を用いる。本工法は図 1.4-1 に示すように杭頭接合部に PC リングと呼ばれるせん断力伝達部材を有し、杭頭と基礎との接合部で曲げに対する回転拘束だけを緩める工法となる。杭天端の緩衝材(絞り部)や引張定着筋の有無により、杭頭固定度を調整することができる。

杭頭接合部における、応力伝達機構を図 1.4-2 に示す。

キャプテンパイル工法のより詳細な内容については、「キャプテンパイル工法の設計施工マニュアル」を参照されたい。

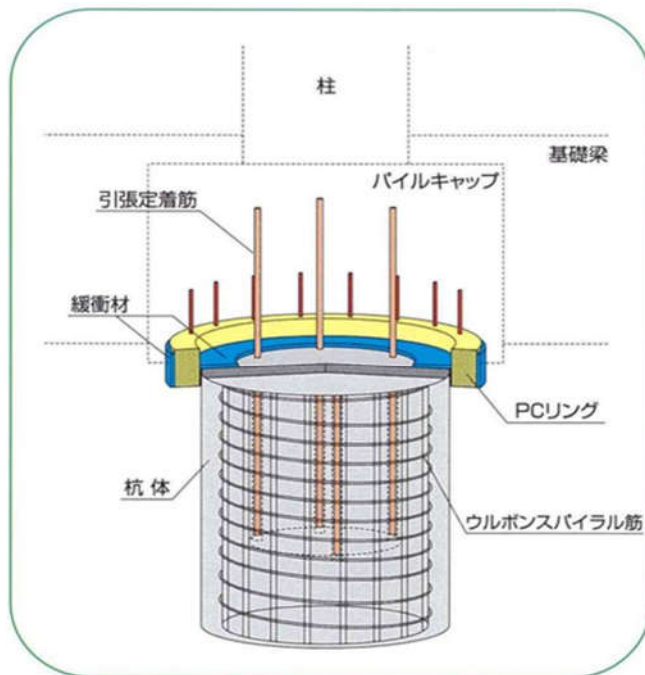


図 1.4-1 キャプテンパイル工法説明図

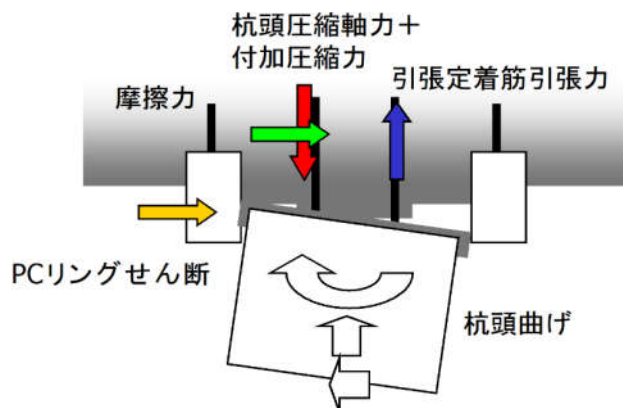


図 1.4-2 杭頭接合部の応力伝達

## 1.5 準拠図書・評定書

### (1) 準拠図書

- ・国土交通省国土技術政策総合研究所・国立研究開発法人建築研究所：2020年版 建築物の構造関係技術基準解説書
- ・日本建築学会：建築基礎構造設計指針(2019)
- ・キャプテンパイル協会：キャプテンパイル工法設計施工マニュアル第5版，2021.4

### (2) 採用杭工法 評定書

### (3) キャプテンパイル工法評定書

必要な評定所等を添付する。

## 2. 使用材料

### 2.1 使用材料

#### (1) パイルキャップ

コンクリート :  $F_c=36$  (N/mm<sup>2</sup>)

#### (2) 杭体

コンクリート :  $F_c=36$  (N/mm<sup>2</sup>)

主筋強度 : SD390

主筋径 : D38 まで使用可

束ね筋 : 2 段まで可

フープ筋 : SBPD1275/1420

: SD295

#### (3) PC リング

コンクリート :  $F_c=36$  (N/mm<sup>2</sup>)

定着筋 : SD390

スパイラル筋 : SBPD1275/1420

鋼板 : SM490A

#### (4) 杭頭接合部

引張定着筋 : SD490

杭頭部モルタル :  $F_c=36$  (N/mm<sup>2</sup>)以上

## 2.2 許容応力度

### (1)コンクリート（パイルキャップおよびPCリング）

	種 類	長期に生ずる力に対する許容応力度 (単位 N/mm <sup>2</sup> )				短期に生ずる力に対する 許容応力度(単位 N/mm <sup>2</sup> )			
		圧縮	せん断	付着		圧縮	せん断	付着	
				上端筋	その他の鉄筋			上端筋	その他の鉄筋
上部構造	Fc30	10	0.79	0.88	1.10	20	1.19	1.32	1.65
	Fc33	11	0.82	0.92	1.15	22	1.23	1.38	1.73
	Fc36	12	0.85	0.96	1.20	24	1.28	1.44	1.80
	Fc42	14	0.91	1.04	1.30	28	1.37	1.56	1.95
	Fc48	16	0.97	1.12	1.40	32	1.46	1.68	2.10
基礎	Fc30	10	0.79	0.88	1.10	20	1.19	1.32	1.65
	Fc33	11	0.82	0.92	1.15	22	1.23	1.38	1.73
	Fc36	12	0.85	0.96	1.20	24	1.28	1.44	1.80

### (2)コンクリート（杭体）

	種 類	長期に生ずる力に対する 許容応力度(単位 N/mm <sup>2</sup> )			短期に生ずる力に対する 許容応力度(単位 N/mm <sup>2</sup> )		
		圧縮	せん断	付着	圧縮	せん断	付着
杭	Fc36	9	0.64	2.09	18	0.96	3.14

### (3)鉄筋の許容応力度

	種 類	長期に生ずる力に対する 許容応力度 (単位 N/mm <sup>2</sup> )			短期に生ずる力に対する 許容応力度 (単位 N/mm <sup>2</sup> )			基準強度 (単位 N/mm <sup>2</sup> )	備 考
		圧縮	引張り	せん断	圧縮	引張	せん断		
上部構造	SD295A	195	195	195	295	295	295	295	D10,13,16
	SD345	215	215	195	345	345	345	345	D19,22,25
	SD390	195	195	195	390	390	390	390	D29,32,35,38
	SHD685	-	-	195	-	-	590	685	UHD13,16
基礎・杭	SD295A	195	195	195	295	295	295	295	D10,13,16
	SD345	215	215	195	345	345	345	345	D19,22,25
	SD390	195	195	195	390	390	390	390	D29,32,35,38
	SD490	195	195	195	490	490	490	490	D29,32,35,38
	SBPD1275/1420	-	-	195	-	-	585	1275	U15

### 3. 地盤概要

#### 3.1 敷地地盤の概要

図 3.1-1 に当該敷地の土質柱状図，表 3.1-1 に地層ごとの地盤定数示す。同図には PS 検層により得られたせん断波速度  $V_s$  の深度分布も併記する。本敷地は，表層に N 値 15～25 程度の細砂が 15m 程度，その下部に軟弱なシルト層が堆積し，GL-35m 程度で N 値が 60 を超える砂礫層が現れる地層構成となっている。地下水位は GL-1.4m である。細砂層およびシルト層の  $V_s$  は 200m/s 未満と小さい。なお，シルト層の圧密沈下は過圧密である。

表 3.1-1 に室内土質試験結果を示す。シルト層の 3 深度において一軸圧縮試験を実施している。

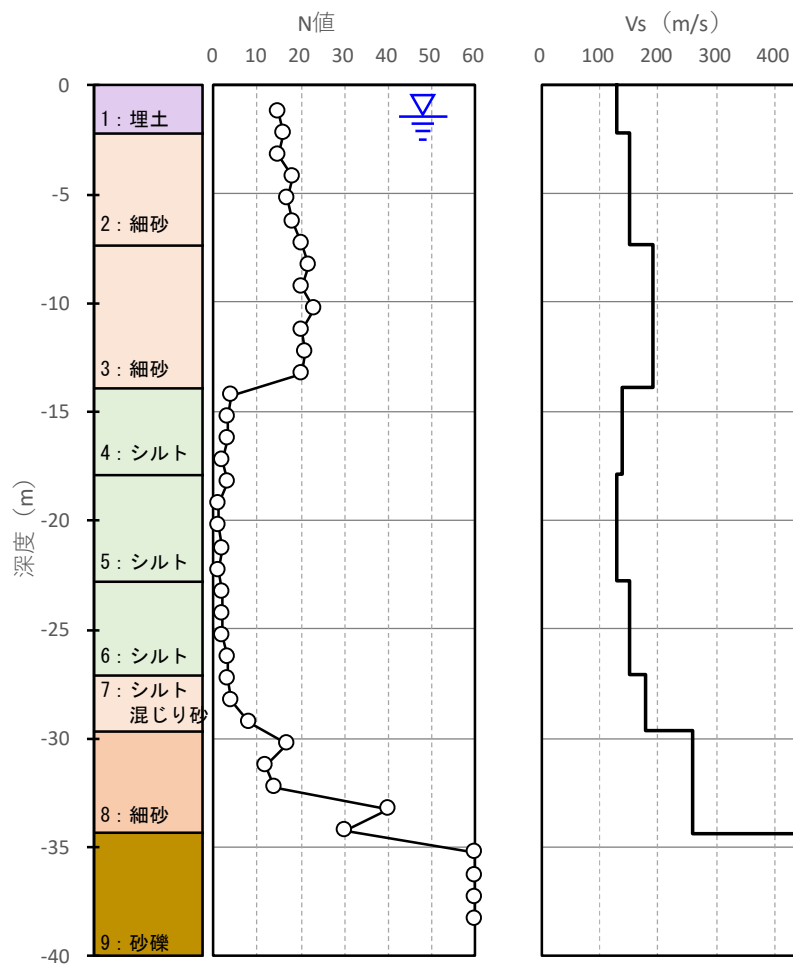


図 3.1-1 土質柱状図

表 3.1-1 地盤定数一覧

深度 (m)	土質 区分	層厚 (m)	単位体積 重量 (kN/m <sup>3</sup> )	平均N値	Vs (m/s)	ポアソン 比 $\nu_d$
0.00 ~ -2.20	埋土 (砂質土主体)	2.20	17.0	15	130	0.496
-2.20 ~ -7.40	細砂	5.20	17.0	17	150	0.495
-7.40 ~ -13.95	細砂	6.55	17.0	21	190	0.492
-13.95 ~ -17.90	シルト	3.95	16.0	3	140	0.495
-17.90 ~ -22.80	シルト	4.90	16.0	1	130	0.496
-22.80 ~ -27.10	シルト	4.30	16.0	2	150	0.495
-27.10 ~ -29.70	シルト混じり砂	2.60	17.5	5	180	0.493
-29.70 ~ -34.35	細砂	4.65	18.5	23	260	0.487
-34.35 ~ -38.38	砂礫	4.03	21.0	99	440	0.465

表 3.1-2 一軸圧縮試験結果

サンプリング深度 (m)	土質 区分	一軸圧縮 強さ $q_u$ (kN/m <sup>2</sup> )	変形係数 $E_{50}$ (kN/m <sup>2</sup> )
-15.50 ~ -16.50	シルト	124	6750
-19.80 ~ -20.80	シルト	160	10600
-24.40 ~ -25.40	シルト	192	7200

### 3.2 液状化の有無について

表 3.2-1 に液状化判定結果を示す。液状化安全率  $F_l$  は L1, L2 とともに全層で 1 を超える結果であり、同敷地における液状化の可能性は低い。

本検討の液状化抵抗比は、旧版の建築基礎設計例集を参考に設定した。

表 3.2-1 液状化判定結果

深度 (m)	N値	細粒分 含有率 $F_c$ (%)	全応力 $\sigma_z$ (kN/m <sup>2</sup> )	有効応力 $\sigma_z'$ (kN/m <sup>2</sup> )	換算N値 $N_1$	補正N値 増分 $\Delta N_f$	補正N値 $N_a$	液状化 抵抗比 $\tau_1/\sigma_z'$	L1 (200gal)		L2 (350gal)	
									繰返しせん断 応力比 $\tau_d/\sigma_z'$	安全率 $F_l$	繰返しせん断 応力比 $\tau_d/\sigma_z'$	安全率 $F_l$
2.0	16	10	41.1	32.1	28.0	6.0	34.0	0.60	0.16	3.66	0.29	2.09
3.0	15	10	57.5	38.5	23.9	6.0	29.9	0.60	0.19	3.19	0.33	1.82
4.0	18	10	73.5	44.5	26.7	6.0	32.7	0.60	0.20	2.93	0.36	1.67
5.0	17	10	89.5	50.5	23.7	6.0	29.7	0.60	0.22	2.77	0.38	1.58
6.0	18	10	105.5	56.5	23.7	6.0	29.7	0.60	0.22	2.68	0.39	1.53
7.0	20	10	121.5	62.5	25.0	6.0	31.0	0.60	0.23	2.61	0.40	1.49
8.0	22	10	137.5	68.5	26.3	6.0	32.3	0.60	0.23	2.57	0.41	1.47
9.0	20	10	153.5	74.5	22.9	6.0	28.9	0.60	0.24	2.55	0.41	1.46
10.0	23	10	169.8	80.8	25.3	6.0	31.3	0.60	0.24	2.55	0.41	1.45
11.0	20	10	187.8	88.8	21.0	6.0	27.0	0.60	0.23	2.58	0.41	1.47
12.0	21	10	205.8	96.8	21.1	6.0	27.1	0.60	0.23	2.61	0.40	1.49
13.0	20	10	222.6	103.6	19.5	10.5	30.0	0.60	0.23	2.63	0.40	1.50
14.0	4	45	238.6	109.6	—	—	—	—	—	—	—	—
15.0	3	45	254.6	115.6	—	—	—	—	—	—	—	—

### 3.3 検討に用いる地盤ばねについて

表 3.3-1 に杭の水平地盤ばね算定に用いる地盤定数一覧を示す。  
一軸圧縮試験が実施されているシルト層は  $E_{50}$ 、それ以外の砂質土層は 700N より算定した。

表 3.3-1 地盤の変形係数

深度 (m)	土質 区分	層厚 (m)	単位体積 重量 ( $\text{kN/m}^3$ )	平均N値	$V_s$ (m/s)	ポアソン 比 $\nu_d$	内部 摩擦角 ( $^\circ$ )	粘着力 c ( $\text{kN/m}^2$ )	変形係数 E ( $\text{kN/m}^2$ )
0.00 ~ -2.20	埋土 (砂質土主体)	2.20	17.0	15	130	0.496	40.0	0.0	10500
-2.20 ~ -7.40	細砂	5.20	17.0	17	150	0.495	40.0	0.0	11760
-7.40 ~ -13.95	細砂	6.55	17.0	21	190	0.492	39.9	0.0	14600
-13.95 ~ -17.90	シルト	3.95	16.0	3	140	0.495	0.0	62.0	6750
-17.90 ~ -22.80	シルト	4.90	16.0	1	130	0.496	0.0	80.0	10600
-22.80 ~ -27.10	シルト	4.30	16.0	2	150	0.495	0.0	96.0	7200
-27.10 ~ -29.70	シルト混じり砂	2.60	17.5	5	180	0.493	30.5	0.0	3500
-29.70 ~ -34.35	細砂	4.65	18.5	23	260	0.487	36.2	0.0	15820
-34.35 ~ -38.38	砂礫	4.03	21.0	99	440	0.465	40.0	0.0	68950

#### 4. 設計外力

##### 4.1 上部構造による軸方向力

###### (1)長期軸方向力

No.	杭位置	長期軸力	パイルキャップ重量						
			寸法 [m]			単位重量	重量 [kN]		
			Dx	Dy	Df		算定値	⇒	採用値
1	X1-Y1	5380	2.5	2.5	2.5	20	312.5	⇒	320
2	X2-Y1	7560	2.5	2.5	2.5	20	312.5	⇒	320
3	X3-Y1	7490	2.5	2.5	2.5	20	312.5	⇒	320
4	X4-Y1	7490	2.5	2.5	2.5	20	312.5	⇒	320
5	X5-Y1	7560	2.5	2.5	2.5	20	312.5	⇒	320
6	X6-Y1	5380	2.5	2.5	2.5	20	312.5	⇒	320
7	X1-Y2	7100	2.5	2.5	2.5	20	312.5	⇒	320
8	X2-Y2	9621	2.5	2.5	2.5	20	312.5	⇒	320
9	X3-Y2	9563	2.5	2.5	2.5	20	312.5	⇒	320
10	X4-Y2	9563	2.5	2.5	2.5	20	312.5	⇒	320
11	X5-Y2	9621	2.5	2.5	2.5	20	312.5	⇒	320
12	X6-Y2	7100	2.5	2.5	2.5	20	312.5	⇒	320
13	X1-Y3	5380	2.5	2.5	2.5	20	312.5	⇒	320
14	X2-Y3	7560	2.5	2.5	2.5	20	312.5	⇒	320
15	X3-Y3	7490	2.5	2.5	2.5	20	312.5	⇒	320
16	X4-Y3	7490	2.5	2.5	2.5	20	312.5	⇒	320
17	X5-Y3	7560	2.5	2.5	2.5	20	312.5	⇒	320
18	X6-Y3	5380	2.5	2.5	2.5	20	312.5	⇒	320

###### (2)地震時軸方向力

No.	杭位置	[kN]							
		短期				終局時			
		X正	X負	Y正	Y負	X正	X負	Y正	Y負
1	X1-Y1	-8106	8106	-7636	7636	-12521	13782	-11202	12235
2	X2-Y1	-952	952	-7985	7985	-747	-452	-11631	12544
3	X3-Y1	-264	264	-8056	8056	-136	75	-11708	12628
4	X4-Y1	264	-264	-8056	8056	75	-136	-11708	12628
5	X5-Y1	952	-952	-7985	7985	-452	-747	-11631	12544
6	X6-Y1	8106	-8106	-7636	7636	13782	-12521	-11202	12235
7	X1-Y2	-2662	2662	0	0	-4474	4777	-1035	-1035
8	X2-Y2	-424	424	0	0	-171	-103	-911	-911
9	X3-Y2	-122	122	0	0	-64	35	-922	-922
10	X4-Y2	122	-122	0	0	35	-64	-922	-922
11	X5-Y2	424	-424	0	0	-103	-171	-911	-911
12	X6-Y2	2662	-2662	0	0	4777	-4474	-1035	-1035
13	X1-Y3	-8106	8106	7636	-7636	-12521	13782	12235	-11202
14	X2-Y3	-952	952	7985	-7985	-747	-452	12548	-11631
15	X3-Y3	-264	264	8056	-8056	-136	75	12628	-3272
16	X4-Y3	264	-264	8056	-8056	75	-136	12628	-11708
17	X5-Y3	952	-952	7985	-7985	-452	-747	12544	-3489
18	X6-Y3	8106	-8106	7636	-7636	13782	-12521	12235	-11202

※パイルキャップ重量は土とコンクリートの平均単位重量として20kN/m<sup>3</sup>より算出しています。実際の検討の際には、設計者が適切に判断してください。

※終局時の数値は、Ds 算定時＝保有水平耐力時の設定で計算し、その時の支点反力から長期軸力を引いたものとしています。



### (3)上部構造による軸方向力

[kN]										
No.	杭位置	長期	短期				終局時			
			X正	X負	Y正	Y負	X正	X負	Y正	Y負
1	X1-Y1	5700	-2406	13806	-1936	13336	-6821	19482	-5502	17935
2	X2-Y1	7880	6928	8832	-105	15865	7133	7428	-3751	20424
3	X3-Y1	7810	7546	8074	-246	15866	7674	7885	-3898	20438
4	X4-Y1	7810	8074	7546	-246	15866	7885	7674	-3898	20438
5	X5-Y1	7880	8832	6928	-105	15865	7428	7133	-3751	20424
6	X6-Y1	5700	13806	-2406	-1936	13336	19482	-6821	-5502	17935
7	X1-Y2	7420	4758	10082	7420	7420	2946	12197	6385	6385
8	X2-Y2	9941	9517	10365	9941	9941	9770	9838	9030	9030
9	X3-Y2	9883	9761	10005	9883	9883	9819	9918	8961	8961
10	X4-Y2	9883	10005	9761	9883	9883	9918	9819	8961	8961
11	X5-Y2	9941	10365	9517	9941	9941	9838	9770	9030	9030
12	X6-Y2	7420	10082	4758	7420	7420	12197	2946	6385	6385
13	X1-Y3	5700	-2406	13806	13336	-1936	-6821	19482	17935	-5502
14	X2-Y3	7880	6928	8832	15865	-105	7133	7428	20428	-3751
15	X3-Y3	7810	7546	8074	15866	-246	7674	7885	20438	4538
16	X4-Y3	7810	8074	7546	15866	-246	7885	7674	20438	-3898
17	X5-Y3	7880	8832	6928	15865	-105	7428	7133	20424	4391
18	X6-Y3	5700	13806	-2406	13336	-1936	19482	-6821	17935	-5502

## 4.2 地震時慣性力

### (1)設計用地震力

杭設計用の地震力は直上階の水平力と基礎部の重量に水平震度を乗じた値の和とし、水平震度は短期で 0.1、終局時で 0.3 を採用する。

[kN]			
短期	直上階水平力		21800
	基礎部	重量	15000
		水平震度	0.1
	設計用地震力		23300
[kN]			
終局	直上階水平力		32700
	基礎部	重量	15000
		水平震度	0.3
	設計用地震力		37199.7

※終局時水平震度は 0.3 としていますが、設計者が適切に判断してください。

### 4.3 地盤変位

#### (1) 地盤変位の評価方法

対象地盤の地震応答を一次元波動論に基づく等価線形解析 (SHAKE) で求め、地盤変位を評価した。なお、動的変形特性は告示モデルとした。検討対象とした地盤概要を図 4.3-1 および表 4.3-1 に、動的変形特性を図 4.3-2 に示す。動的変形特性は HD モデルとし、基準せん断歪み  $\gamma_{0.5}$  は粘性土 0.18%・砂質土 0.10%、最大減衰定数  $h_{\max}$  は粘性土 17%・砂質土 21%と仮定した。各層の変位応答は、各評価深度で得られた加速度応答を 2 階積分して評価し、最下層からの相対変位は各深度の応答変位波形から最下層の応答変位波形を引いて求めた。

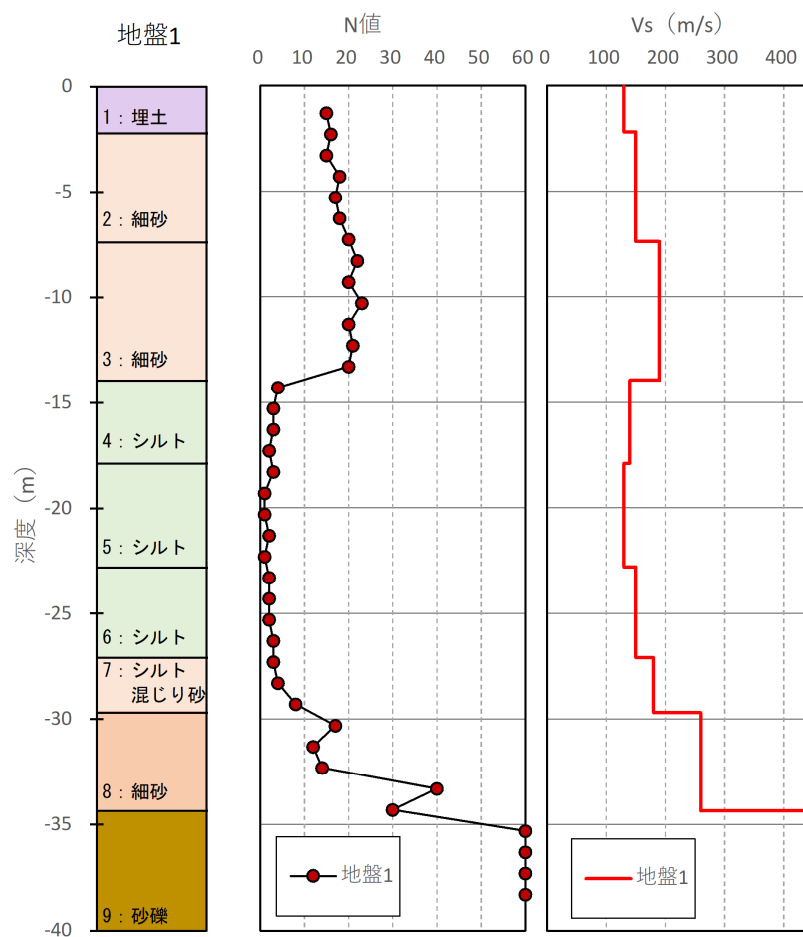


図 4.3-1 検討対象地盤概要

表 4.3-1 地盤 1 の諸元 (1 次周期 : 0.75s)

深度 (m)	土質 区分	層厚 (m)	単位体積 重量 (kN/m <sup>3</sup> )	平均N値	Vs (m/s)	ポアソン 比 $\nu_d$
-3.00 ~ -7.40	細砂	5.20	17.0	17	150	0.495
-7.40 ~ -13.95	細砂	6.55	17.0	21	190	0.492
-13.95 ~ -17.90	シルト	3.95	16.0	3	140	0.495
-17.90 ~ -22.80	シルト	4.90	16.0	1	130	0.496
-22.80 ~ -27.10	シルト	4.30	16.0	2	150	0.495
-27.10 ~ -29.70	シルト混じり砂	2.60	17.5	5	180	0.493
-29.70 ~ -34.35	細砂	4.65	18.5	23	260	0.487
-34.35 ~ -38.38	砂礫	4.03	21.0	99	440	0.465

※橙枠は粘性土、緑枠は砂質土として評価

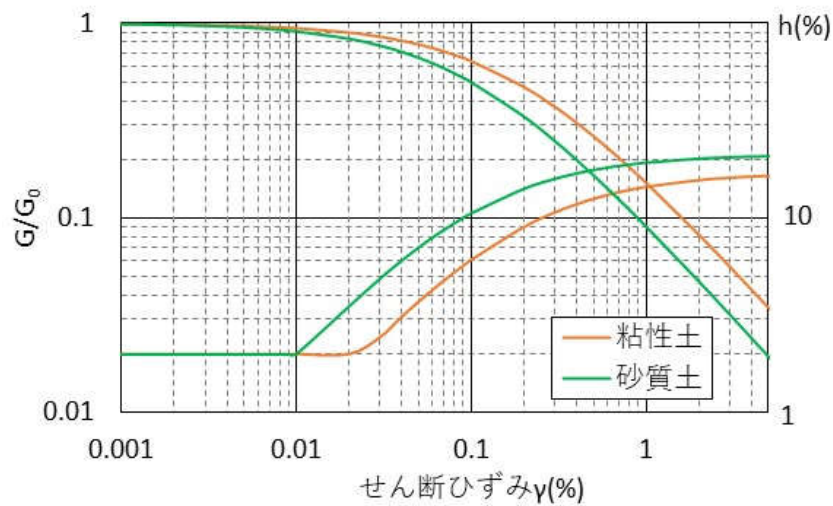
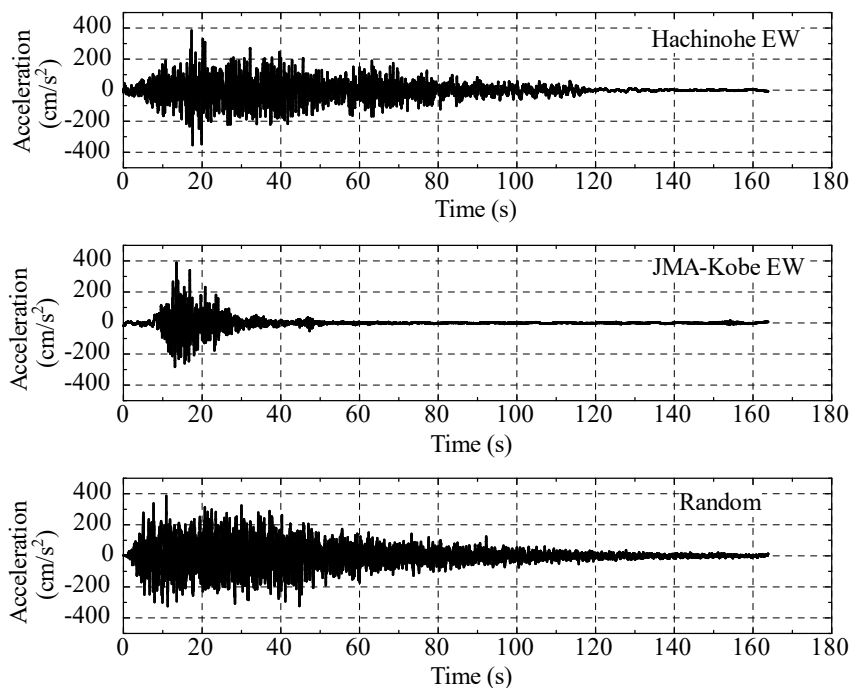


図 4.3-2 動的変形特性 (HD モデル)

(2)入力地震動

建設省告示第 1461 号で提示された解放工学的基盤で規定される「極めて稀に発生する地震動（以下、L2）」の加速度応答スペクトルに基づき、入力地震動として告示波八戸(EW)位相、告示波 JMA 神戸(EW)位相、告示波ランダム位相の 3 波を作成した。稀に発生する地震動（以下、L1）は L2 の 1/5 倍とした。図 4.3-3 に告示波（L2）の時刻歴波形を、図 4.3-4 に疑似速度応答スペクトルを示す。



	八戸(EW) 位相	JMA 神戸 (EW)位相	ランダム 位相
最大加速度 (cm/s <sup>2</sup> )	384.9	387.7	386.9
最大速度 (cm/s)	41.4	51.7	46.8
A/V 比	9.2	7.5	8.3

図 4.3-3 加速度時刻歴波形（L2）と諸元

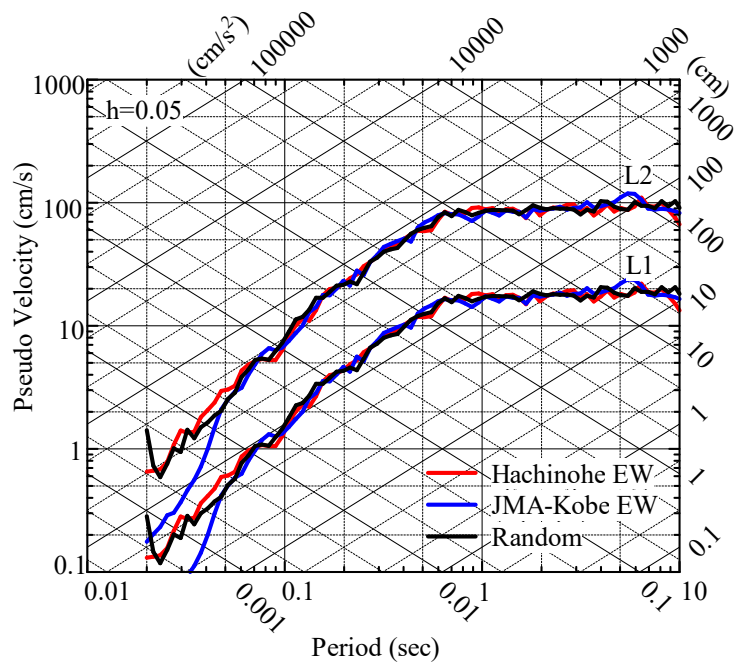


図 4.3-4 疑似速度応答スペクトル

### (3)計算結果

図 4.3-5～6 に最大地盤変位分布および最大変位時のせん断ひずみ分布を、表 4.3-2 に各応答後の地盤周期を示す。最大地盤変位は各評価点の最大値としており、発生時刻が異なるがそのずれはごくわずかである。比較のため AIJ 基礎指針（2019）の手法で求めた地盤変位もあわせて示す。

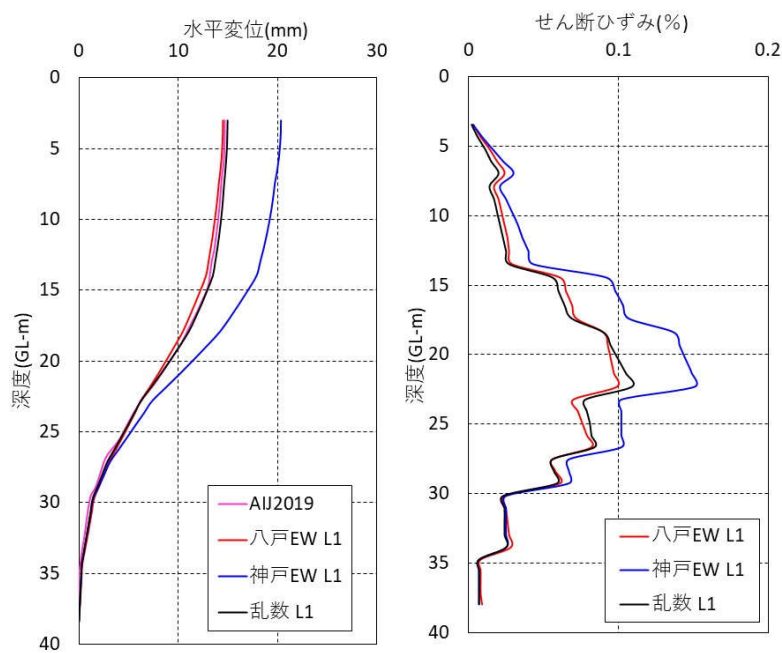


図 4.3-5 稀に発生する地震動（L1）に対する地盤応答

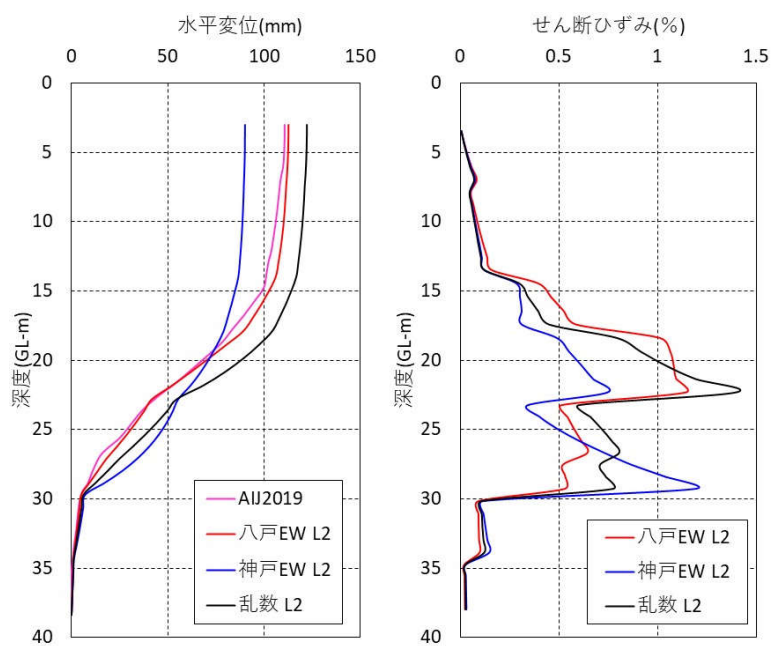


図 4.3-6 極稀に発生する地震動 (L2) に対する地盤応答

表 4.3-2 地盤の固有周期 (sec)

		L1			L2		
	初期(sec)	八戸 EW	神戸 NS	乱数	八戸 EW	神戸 NS	乱数
地盤 1	0.763	0.867	0.910	0.871	1.489	1.425	1.546

5. 杭の検討

5.1 計算準備

(1) 地盤変位の考慮方法

地盤変位の考慮は、建築基礎構造設計指針(2019)に準拠して行う。そのために、まず建物の固有周期を求める必要がある。ここでは、一般的に用いられる略算式を用いて検討した。

$T_b=0.02h$  より算定

$h=44.6\text{m}$  なので

$T_b=0.892(\text{s})$

次に、4.3 節で検討した地盤変位のうち、いずれの地盤変位を設計に用いるかを決定する必要がある。本設計では、杭頭部で地盤変位の値が一番大きくなっている結果（AIJ2019 を除く）を用いるものとする。検討に用いる地盤変位をまとめて表 5.1-1 に示す。

表 5.1-1 検討に用いる地盤変位

検討レベル	稀に発生する地震動 (L1)	極めて稀に発生する 地震動(L2)
使用する 地盤変位	神戸位相の結果	乱數位相の結果

建築基礎構造設計指針(2019)による検討では、建物の固有周期と地盤の固有周期の関係が重要となる。建物と地盤の固有周期を纏めて表 5.1-2 に示す。なお、建物の固有周期は建築基礎構造設計指針(2019)の記載に基づき略算式で算定した値である。また、地盤の固有周期は文献<sup>1)</sup>の記述を参考に、地盤の非線形化を考慮した応答後の周期とした。

表 5.1-2 建物と地盤の固有周期

$T_b(\text{s})$	$T_g(\text{L1})(\text{s})$	$T_g(\text{L2})(\text{s})$
0.892	0.910 [神戸位相]	1.546 [乱數位相]

検討に用いる地盤変位の選定は、設計者が適切に行って下さい。

固有周期の算定方法は、設計者が適切に判断して下さい。

文献<sup>1)</sup>  
日本建築学会関東支部：基礎構造の設計－学びやすい構造設計－，2023.3

地震時慣性力と地盤変位の位相については、建物と地盤の固有周期の関係性から、建築基礎構造設計指針(2019)に定められている。建築基礎構造設計指針(2019)に定められている内容を表 5.1-3 に示す。

表 5.1-3 地震時慣性力と地盤変位の位相（基礎指針）

	建物の固有周期が短い	低減係数	図 6.6.6 の線種	上部構造慣性力と地盤変位の位相 (基礎部慣性力は地盤変位と同方向)
(A)	$T_b/T_f < 1$	$\alpha_1=\beta_1=\beta_2=1$	実線	上部構造慣性力と地盤変位は同方向で杭に載荷
(B)	$T_b/T_f \approx 1$	地盤変位が卓越 $\alpha_1=\beta_2=1, 0.5 < \beta_1 < 1$	実線	上部構造慣性力と地盤変位は同方向および逆方向で杭に載荷し、各深度で杭応力の大きい方を採用
		上部構造慣性力が卓越 $\beta_1=1, 0.5 < \alpha_1=\beta_2 < 1$	破線	
(C)	$T_b/T_f > 1$ 建物の固有周期が長い	地盤変位が卓越 $\alpha_1=\beta_2=1, \beta_1=0.5$	実線	上部構造慣性力と地盤変位は同方向および逆方向で杭に載荷し、各深度で杭応力の大きい方を採用
		上部構造慣性力が卓越 $\beta_1=1, \alpha_1=\beta_2=0.5$	破線	

本設計例の建物と地盤の固有周期から、表 5.1-3 に基づき検討方針を表 5.1-4 のように定めた。具体的には、表 5.1-3 に示される低減係数および載荷方向の規定を用いて検討を行った。

表 5.1-4 本設計例での検討方針

検討レベル	稀に発生する地震動	極めて稀に発生する地震動
Tb/Tg	0.98	0.57
検討方法	上記表中の(B)の 検討 地盤変位卓越： $\beta_1=0.75$ 慣性力卓越： $\alpha_1=\beta_2=0.75$	上記表中の(A)の 検討

※稀に発生する地震動の検討に用いる係数は、設定根拠が明確ではないため許容される数値の中間値を今回は採用する。

(2) 設計応力の割り増し等

(短期) 曲げモーメント：1.0

せん断力：1.0

(短期) 曲げモーメント：1.0

せん断力：1.0

(3) 杭頭曲げモーメント低減率：0.85



## 5.2 外力に対する検討

外力による検討は、検討プログラムを用いて行うこととする。本設計例では、(株)タカミヤが開発した「CP・CTP プログラム」を用いることとした。

以降、計算結果を示すこととするが、設計例を省力的にまとめるために、プログラムから出力される計算書のフォーマットを抜粋して示すことにした。

具体的には、以下の項目を順に示している。

### ■軸方向力（引抜含む）に対する検討＜短期時＞

// <終局時＞

### ■地震時慣性力および地盤変位に対する検討＜短期時＞M 図

// <短期時＞Q 図  
// <短期時＞変位図  
// <終局時＞M 図  
// <終局時＞Q 図  
// <終局時＞変位図

### ■断面算定結果（杭リスト含む）＜短期時＞M に対する検定

// <短期時＞Q に対する検定  
// <短期時＞杭頭接合部の検定  
// <短期時＞引張定着筋の検定  
// <短期時＞杭頭回転角、PC リング  
検定  
// <短期時＞杭頭回転ばね  
// <終局時＞M に対する検定  
// <終局時＞Q に対する検定  
// <終局時＞引張定着筋の検定  
// <終局時＞杭頭回転角、PC リング  
検定  
// <終局時＞杭頭回転ばね  
// 杭リスト

使用プログラムの  
選定は、設計者が  
適切に行い、計算  
結果の確認も十分  
に行って下さい

本設計例では、稀に発生する地震動に対しては、上部構造慣性力が卓越し上部構造慣性力と地盤変位は同方向載荷の場合（ $\beta_1=1$ ,  $\alpha_1=\beta_2=0.75$ ）の検討結果を、極めて稀に発生する地震動に対しては、上部構造慣性力と地盤変位は同方向で各低減係数は1の場合（ $\alpha_1=\beta_1=\beta_2=1$ ）の検討結果を抜粋して示す。

(1) 軸方向力（引抜含む）に対する検討  
＜短期時＞

地盤による支持力  $R_{a0}$

(1) 極限先端支持力  $R_p$

杭符号	杭軸径 (拡底径) (mm)	地盤 符号	算定用パラメータ			採用範囲 の 平均 N 値 $N_{av}$	杭先端の 全断面積 $A_p$ ( $m^2$ )	極限先端 支持力 $R_p$ ( $kN / 本$ )
			$\alpha$	$\beta$	$\gamma$			
P1	2000(2000)	S01	150	3.3	0.5	60	3.142	28274
P2	2000(2200)	S01	150	3.3	0.5	60	3.801	34212
P3	2000(2400)	S01	150	3.3	0.5	60	4.524	40715

(2) 極限周面摩擦力  $R_f$

杭符号	杭軸径 (拡底径) (mm)	地盤 符号	周長 $\phi$ (m)	層厚(m)		$\Sigma(\tau_i \cdot L_i)(kN/m)$		極限周面 摩擦力 $R_f$ ( $kN / 本$ )
				砂質土 $\Sigma L_s$	粘性土 $\Sigma L_c$	砂質土 $\tau_s \cdot L_s$	粘性土 $\tau_c \cdot L_c$	
P1	2000(2000)	S01	6.28	9.40	9.20	608.69	804.80	8881.19
P2	2000(2200)	S01	6.28	8.93	9.20	562.11	804.80	8588.54
P3	2000(2400)	S01	6.28	8.46	9.20	515.53	804.80	8295.90

(3) 地盤による許容支持力

杭符号	杭軸径 (拡底径) (mm)	地盤 符号	極限先端 支持力 $R_p$ ( $kN / 本$ )	極限周面 摩擦力 $R_f$ ( $kN / 本$ )	杭の 自重 $W_p$ ( $kN / 本$ )
P1	2000(2000)	S01	28274	8881	855
P2	2000(2200)	S01	34212	8589	855
P3	2000(2400)	S01	40715	8296	855

杭体の圧縮耐力  $N_a$

杭符号	杭軸径 (拡底径) (mm)	杭 全長 $L$ (m)	コンクリートの 長期許容 圧縮応力度 $f_{lc}$ ( $N/mm^2$ )	断面積 $A$ ( $mm^2$ )	長さ 径比 $L/d$	長さ 径比 による 低減率 $\alpha$	杭体の 長期 許容耐力 $lNa$ ( $kN / 本$ )	杭体の 短期 許容耐力 $sNa$ ( $kN / 本$ )
P1	2000(2000)	34	9.00	3141593	17.00	0.00	28274	56549
P2	2000(2200)	34	9.00	3141593	17.00	0.00	28274	56549
P3	2000(2400)	34	9.00	3141593	17.00	0.00	28274	56549

設計に用いる支持力

杭符号	杭軸径 (拡底径) (mm)	地盤 符号	長期許容支持力(kN / 本)			短期許容支持力(kN / 本)		
			地盤 <sub>L</sub> Ra	杭体 <sub>L</sub> Na	採用 <sub>L</sub> Rad	地盤 sRa	杭体 sNa	採用 sRad
P1	2000 (2000)	S01	11530	28270	11530	23910	56540	23910
P2	2000 (2200)	S01	13400	28270	13400	27670	56540	27670
P3	2000 (2400)	S01	15460	28270	15460	31800	56540	31800

設計用長期軸力の算出

軸位置	長期軸力 LP (kN)	基礎 重量 wf (kN)	設計用 長期軸力 NL (kN)
X1-Y1	5700	0	5700
X2-Y1	7880	0	7880
X3-Y1	7810	0	7810
X4-Y1	7810	0	7810
X5-Y1	7880	0	7880
X6-Y1	5700	0	5700
X1-Y2	7420	0	7420
X2-Y2	9941	0	9941
X3-Y2	9883	0	9883
X4-Y2	9883	0	9883
X5-Y2	9941	0	9941
X6-Y2	7420	0	7420
X1-Y3	5700	0	5700
X2-Y3	7880	0	7880
X3-Y3	7810	0	7810
X4-Y3	7810	0	7810
X5-Y3	7880	0	7880
X6-Y3	5700	0	5700

設計用短期軸力の算出

軸位置	設計用 長期軸力 NL (kN)	地震時 軸力 (kN) 上段：L→R 下段：R→L		地震時 付加軸力 (kN) 上段：L→R 下段：R→L		設計用 最大 短期軸力 (kN)	設計用 最小 短期軸力 (kN)
		X 方向	Y 方向	X 方向	Y 方向		
X1-Y1	5700	-8106 8106	-7636 7636	-857 1406	-771 0	15212	-3263
X2-Y1	7880	-952 952	-7985 7985	82 -643	-827 0	15865	-932
X3-Y1	7810	-264 264	-8056 8056	-41 51	-827 0	15866	-1073
X4-Y1	7810	264 -264	-8056 8056	51 -41	-827 0	15866	-1073
X5-Y1	7880	952 -952	-7985 7985	-643 865	-827 0	15865	-932
X6-Y1	5700	8106 -8106	-7636 7636	1406 -857	-771 0	15212	-3263
X1-Y2	7420	-2662 2662	0 0	-1036 1277	-527 -527	11359	3722
X2-Y2	9941	-424 424	0 0	238 -483	-564 -564	9941	9377
X3-Y2	9883	-122 122	0 0	-44 48	-563 -563	10053	9320
X4-Y2	9883	122 -122	0 0	48 -44	-563 -563	10053	9320
X5-Y2	9941	424 -424	0 0	-483 238	-564 -564	9941	9377
X6-Y2	7420	2662 -2662	0 0	1277 -1036	-527 -527	11359	3722
X1-Y3	5700	-8106 8106	7636 -7636	-857 1406	1298 -771	15212	-3263
X2-Y3	7880	-952 952	7985 -7985	82 -643	1391 -827	17256	-932
X3-Y3	7810	-264 264	8056 -8056	-41 51	1390 -827	17256	-1073
X4-Y3	7810	264 -264	8056 -8056	51 -41	1390 -827	17256	-1073
X5-Y3	7880	952 -952	7985 -7985	-643 82	1391 -827	17256	-932
X6-Y3	5700	8106 -8106	7636 -7636	1406 -857	1298 -771	15212	-3263

長期許容支持力の検討

杭符号	杭軸径 (拡底径) (mm)	本 数	長期許容 支持力 (kN / 本)	長期許容 支持力 (kN)	設計用 長期許容 支持力 (kN)	設計用 長期軸力 (kN)	安 全 率	判 定
P1	2000 (2000)	1	11530	11530	11530	5700	0.49	OK
P2	2000 (2200)	1	13400	13400	13400	7880	0.59	OK
P3	2000 (2400)	1	15460	15460	15460	9941	0.64	OK

短期許容支持力の検討

杭符号	杭軸径 (拡底径) (mm)	本 数	短期許容 支持力 (kN / 本)	短期許容 支持力 (kN)	設計用 短期許容 支持力 (kN)	設計用 短期軸力 (kN)	安 全 率	判 定
P1	2000(2000)	1	23910	23910	23910	15212	0.64	OK
P2	2000(2200)	1	27670	27670	27670	17256	0.62	OK
P3	2000(2400)	1	31800	31800	31800	11359	0.36	OK

短期許容引抜き耐力

杭符号	杭軸径 (拡底径) (mm)	地盤 符号	周長 $\phi$ (m)	層厚(m)		$\Sigma(\tau_i \cdot L_i)$ (kN/m)		杭の 自重 Wp (kN)	短期許 容引抜 き耐力 tFas (kN / 本)
				砂質 土 $\Sigma L_s$	粘性土 $\Sigma L_c$	砂質土 $\tau_s \cdot L_s$	粘性土 $\tau_c \cdot L_c$		
P1	2000(2000)	S01	6.283	9.90	9.20	665	805	855	5779
P2	2000(2200)	S01	6.283	9.90	9.20	665	805	855	5779
P3	2000(2400)	S01	6.283	9.90	9.20	665	805	855	5779

短期許容引抜き耐力の検討

杭符号	杭軸径 (拡底径) (mm)	本 数	短期許容引抜き耐力(kN / 本)			設計用 短期許容 引抜き耐力 tFes (kN)	設計用 短期 引抜き力 (kN)	安 全 率	判 定
			地盤 tRas	杭材 tNas	短期 tFas				
P1	2000(2000)	1	5779	16049	5779	5770	3263	0.57	OK
P2	2000(2200)	1	5779	14556	5779	5770	1073	0.19	OK
P3	2000(2400)	1	5779	10450	5779	5770	----	----	----

<終局時>

設計に用いる支持力

杭符号	杭軸径 (拡底径) (mm)	地盤 符号	終局支持力(kN / 本)		
			地盤 sRa	杭体 sNa	採用 sRad
P1	2000 (2000)	S01	36301	113090	36300
P2	2000 (2200)	S01	41941	113090	41940
P3	2000 (2400)	S01	48143	113090	48140

設計用終局軸力の算出

軸位置	設計用 長期軸力 NL (kN)	終局時 軸力 (kN) 上段：L→R 下段：R→L		終局時 付加軸力 (kN) 上段：L→R 下段：R→L		設計用 最大 終局軸力 (kN)	設計用 最小 終局軸力 (kN)
		X 方向	Y 方向	X 方向	Y 方向		
X1-Y1	5700	-12521 13782	-11202 12235	-441 998	-309 941	20480	-7262
X2-Y1	7880	-747 -452	-11631 12544	-82 -698	-285 1010	21434	-4036
X3-Y1	7810	-136 75	-11708 12628	-32 255	-285 960	21398	-4183
X4-Y1	7810	75 -136	-11708 12628	255 -32	-285 1009	21447	-4183
X5-Y1	7880	-452 -747	-11631 12544	-698 -82	-285 954	21378	-4036
X6-Y1	5700	13782 -12521	-11202 12235	998 -441	-309 938	20480	-7262
X1-Y2	7420	-4474 4777	-1035 -1035	-613 847	-645 -636	13044	2333
X2-Y2	9941	-171 -103	-911 -911	102 -369	-737 -752	9872	8278
X3-Y2	9883	-64 35	-922 -922	-20 47	-736 -463	9965	8225
X4-Y2	9883	35 -64	-922 -922	47 -20	-736 -749	9965	8212
X5-Y2	9941	-103 -171	-911 -911	-369 102	-737 -440	9872	8293
X6-Y2	7420	4777 -4474	-1035 -1035	847 -613	-645 -621	13044	2333
X1-Y3	5700	-12521 13782	12235 -11202	-441 998	955 -304	20480	-7262
X2-Y3	7880	-747 -452	12548 -11631	-82 -698	1017 -258	21445	-4009
X3-Y3	7810	-136 75	12628 -3272	-32 255	1021 -8934	21459	-4396
X4-Y3	7810	75 -136	12628 -11708	255 -32	1021 -260	21459	-4158
X5-Y3	7880	-452 -747	12544 -3489	-698 -82	1021 -8657	21445	-4266
X6-Y3	5700	13782 -12521	12235 -11202	998 -441	955 -316	20480	-7262

終局支持力の検討

杭符号	杭軸径 (拡底径) (mm)	本 数	終局 支持力 (kN / 本)	終局 支持力 (kN)	設計用 終局 支持力 (kN)	設計用 終局軸力 (kN)	余 裕 率	判 定
P1	2000(2000)	1	36300	36300	36300	20480	1.77	OK
P2	2000(2200)	1	41940	41940	41940	21459	1.95	OK
P3	2000(2400)	1	48140	48140	48140	13044	3.69	OK

(1) 終局引抜き耐力

杭符号	杭軸径 (拡底径) (mm)	地盤 符号	周長 $\phi$ (m)	層厚(m)		$\Sigma(\tau_i \cdot L_i)$ (kN/m)		杭の 自重 Wp (kN)	終局 引抜き 耐力 tFau (kN / 本)
				砂質 土 $\Sigma L_s$	粘性土 $\Sigma L_c$	砂質土 $\tau_s \cdot L_s$	粘性土 $\tau_c \cdot L_c$		
P1	2000(2000)	S01	6.283	9.90	9.20	665	805	0	8242
P2	2000(2200)	S01	6.283	9.90	9.20	665	805	0	8242
P3	2000(2400)	S01	6.283	9.90	9.20	665	805	0	8242

(2) 終局引抜き耐力の検討

杭符号	杭軸径 (拡底径) (mm)	本 数	終局引抜き耐力 (kN / 本)			設計用 終局 引抜き耐力 tFeu (kN)	設計用 終局 引抜き力 (kN)	余 裕 率	判 定
			地盤 tRau	杭材 tNau	短期 tFau				
P1	2000(2000)	1	8242	17654	8242	8240	7262	1.13	OK
P2	2000(2200)	1	8242	16012	8242	8240	4396	1.87	OK
P3	2000(2400)	1	8242	11495	8242	8240	----	----	----

(2) 地震時慣性力および地盤変位に対する検討

<短期時>

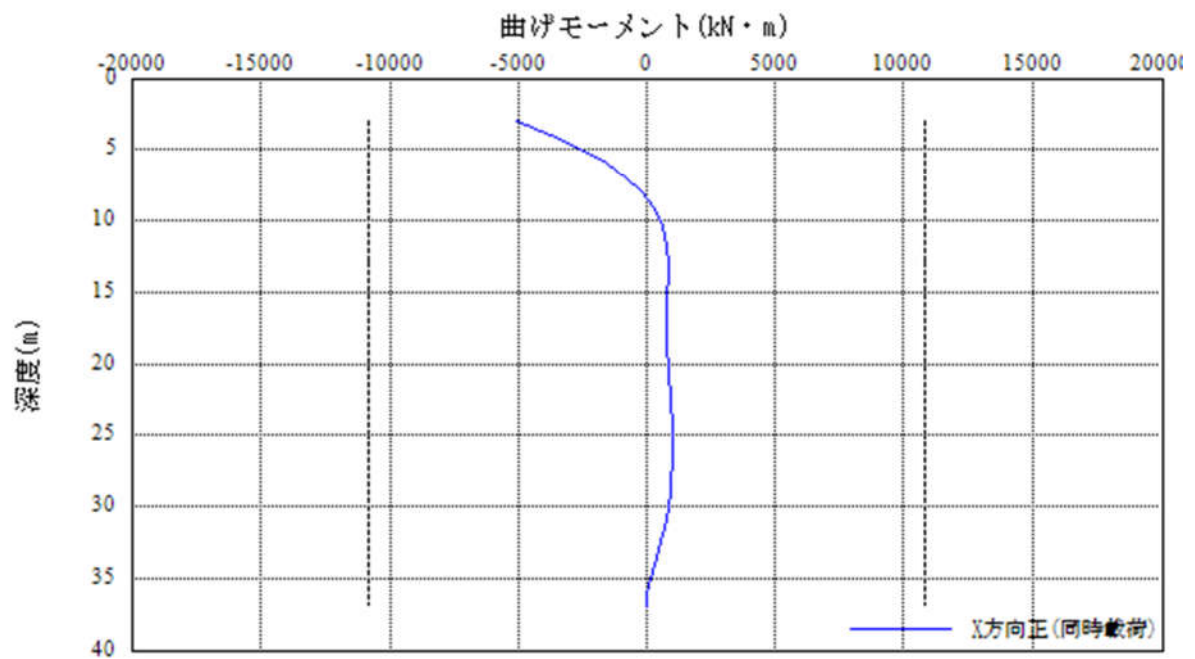
曲げモーメント分布図

※符号毎、最大検定値となる基礎位置を出力。

※破線は短期許容曲げ耐力、実線は曲げ応力を示す。

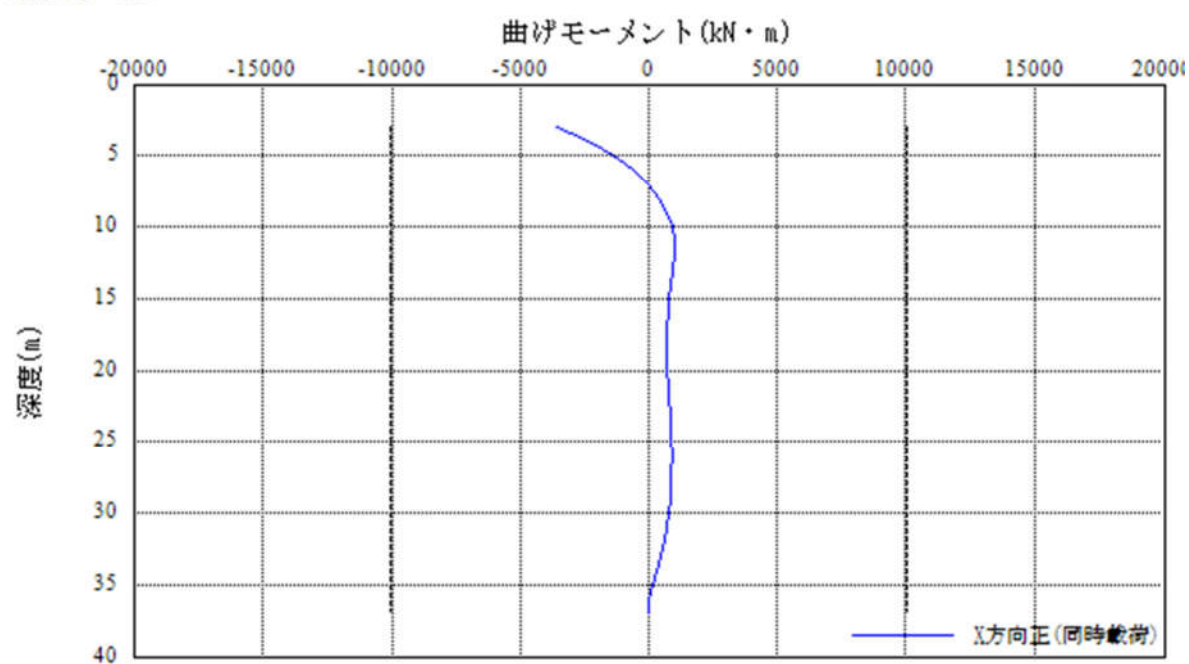
X 方向正

基礎位置: X6-Y1  
杭番号: P1  
地盤番号: S01

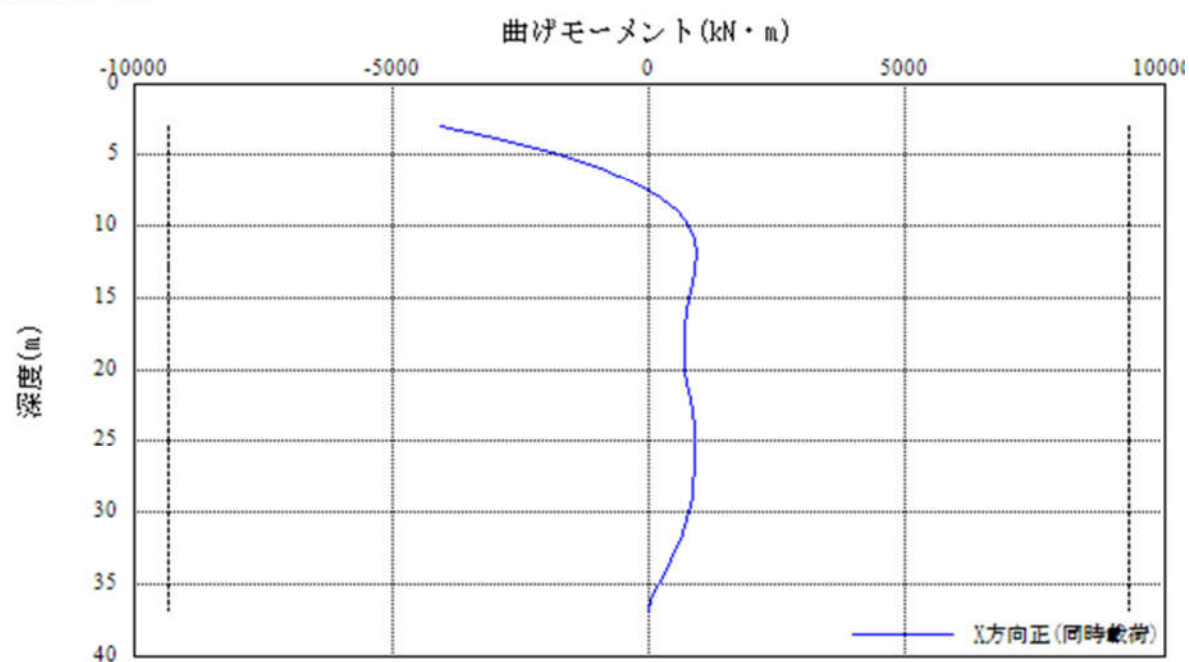




基礎位置: X5-Y1  
杭符号: P2  
地盤符号: S01

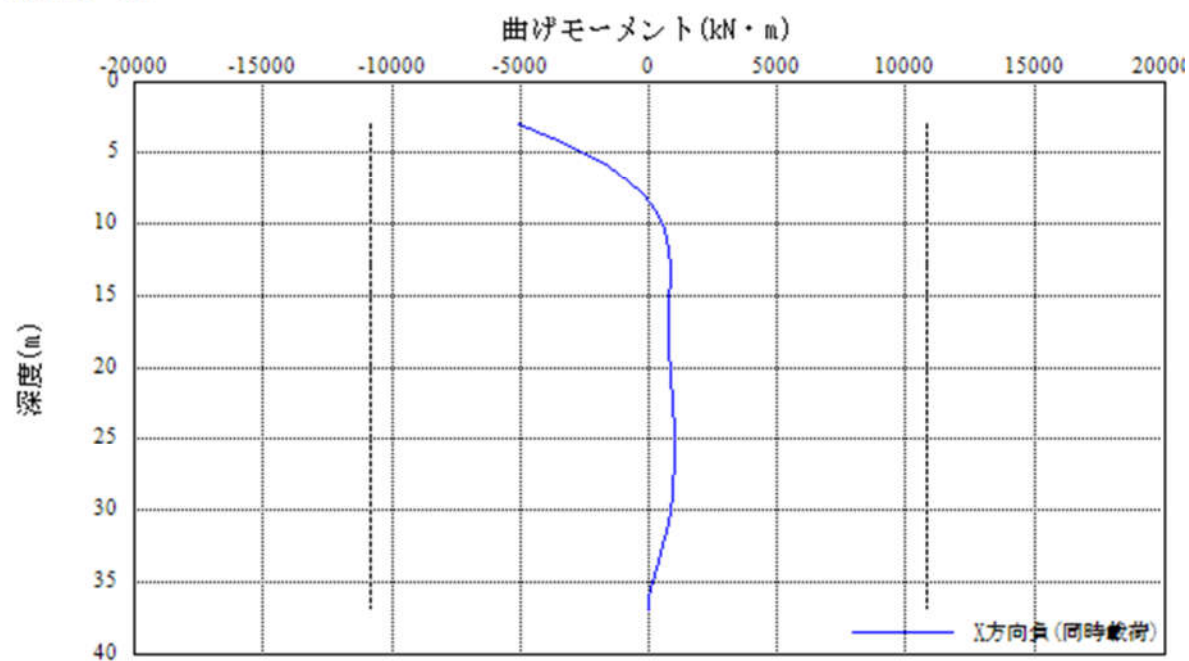


基礎位置: X6-Y2  
杭符号: P3  
地盤符号: S01

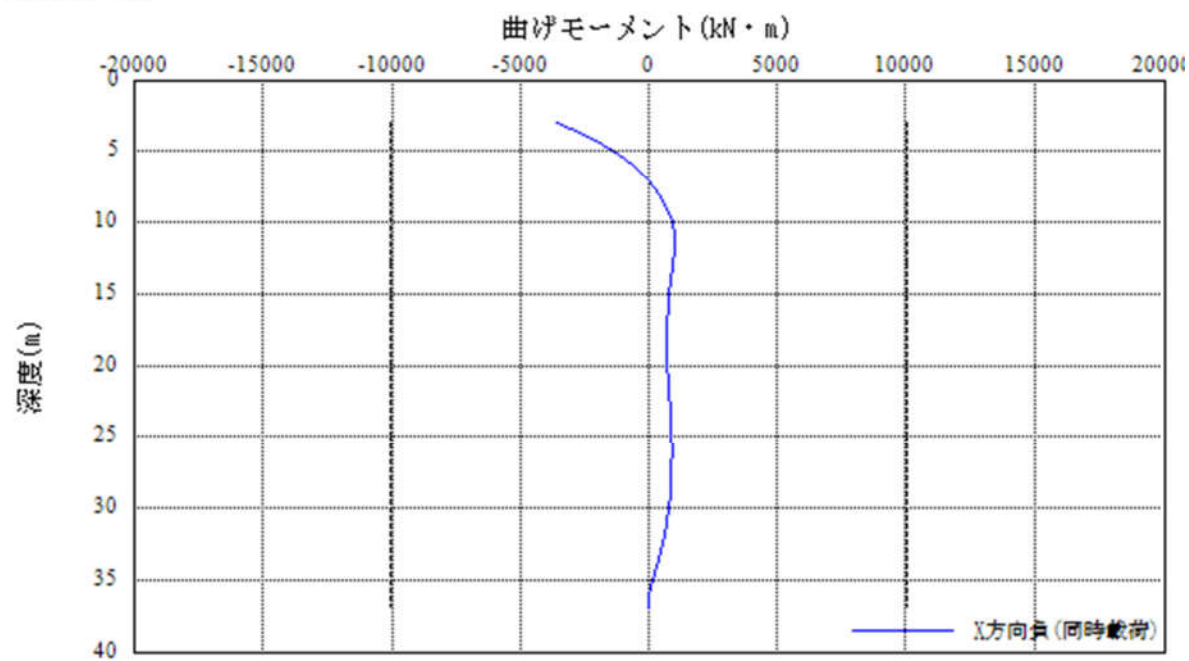


X 方向負

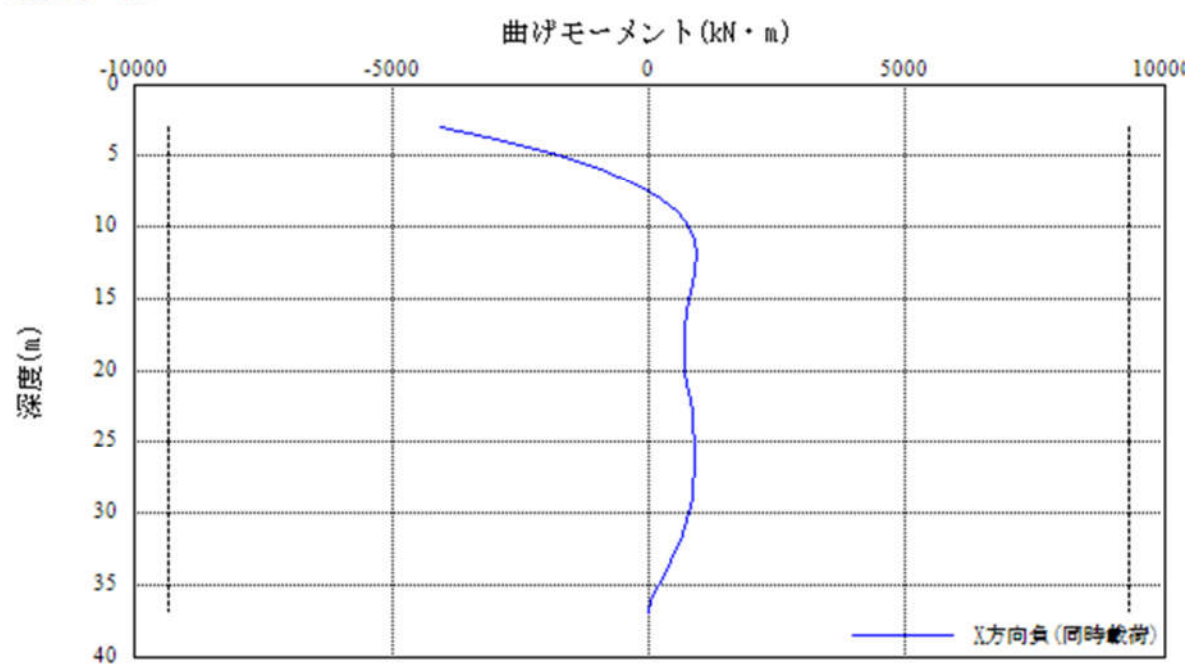
基礎位置: X1-Y1  
杭符号: P1  
地盤符号: S01



基礎位置: X2-Y1  
杭符号: P2  
地盤符号: S01

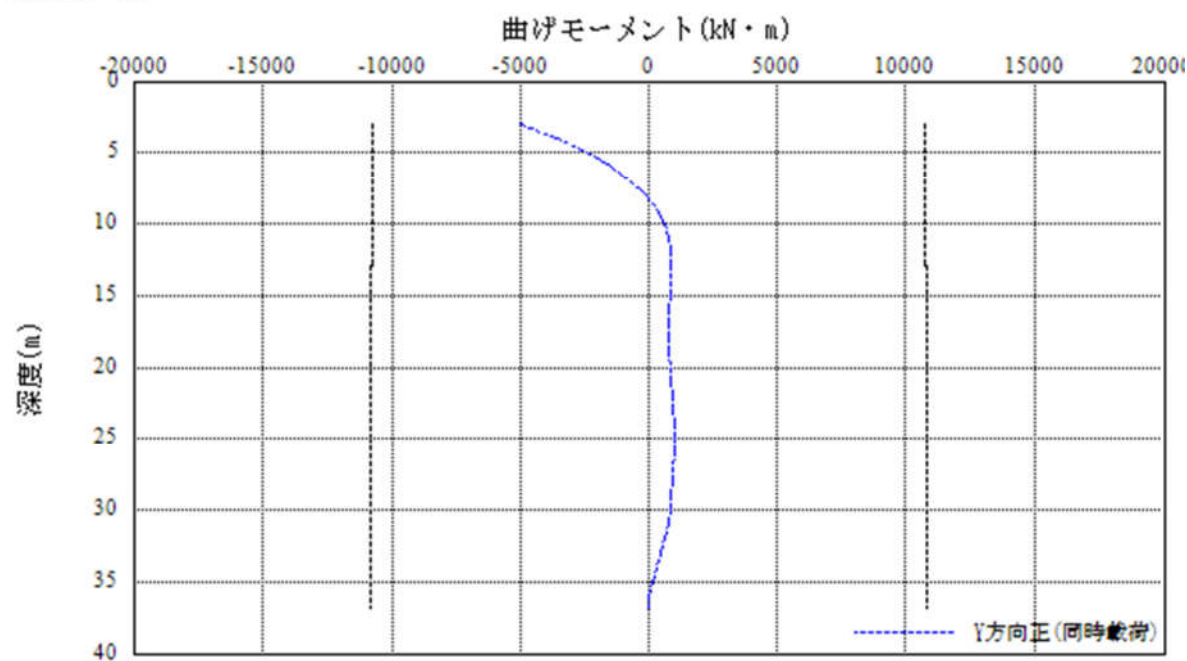


基礎位置: X1-Y2  
杭符号: P3  
地盤符号: S01

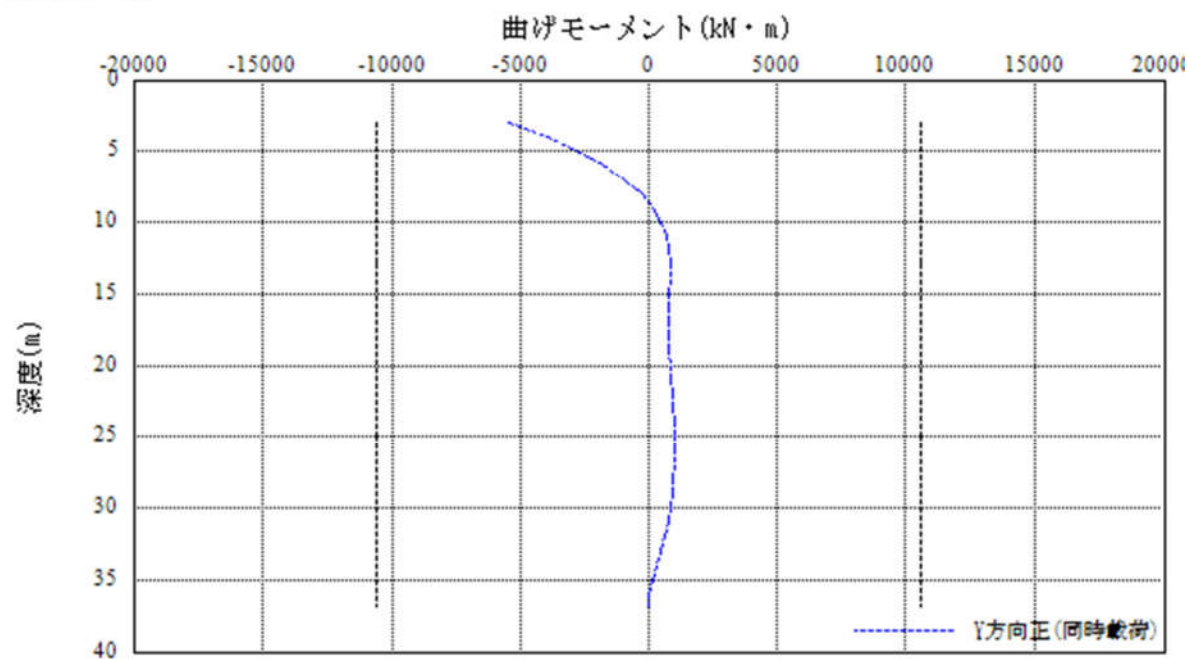


Y 方向正

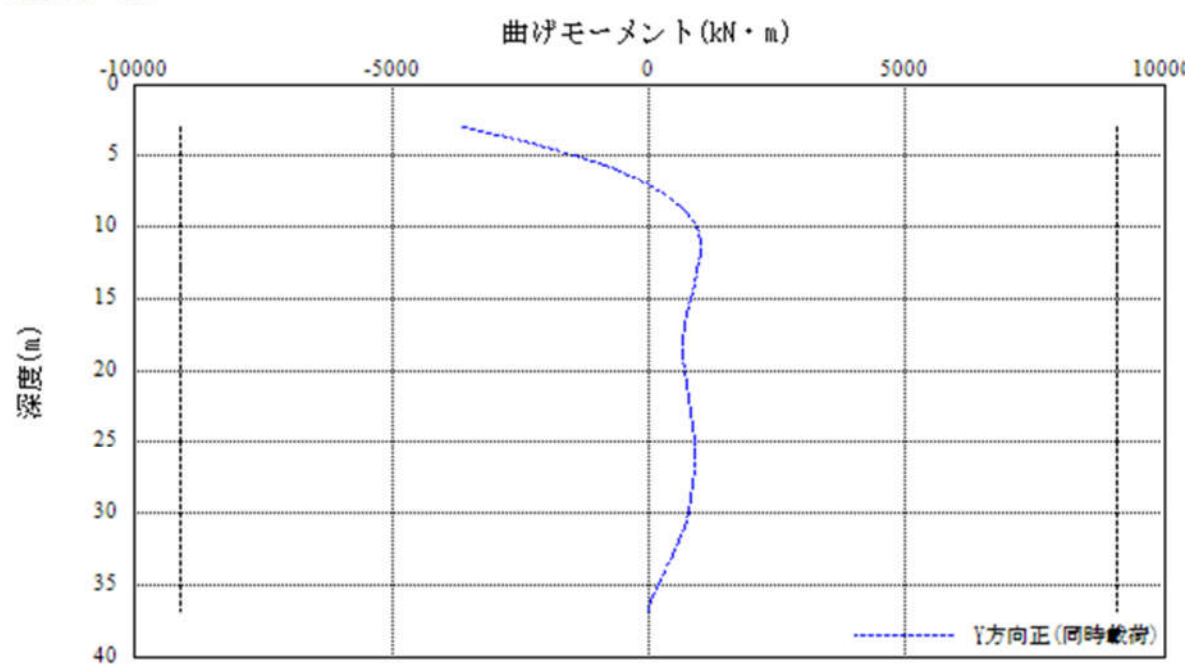
基礎位置: X1-Y3  
杭符号: P1  
地盤符号: S01



基礎位置: X2-Y3  
杭符号: P2  
地盤符号: S01

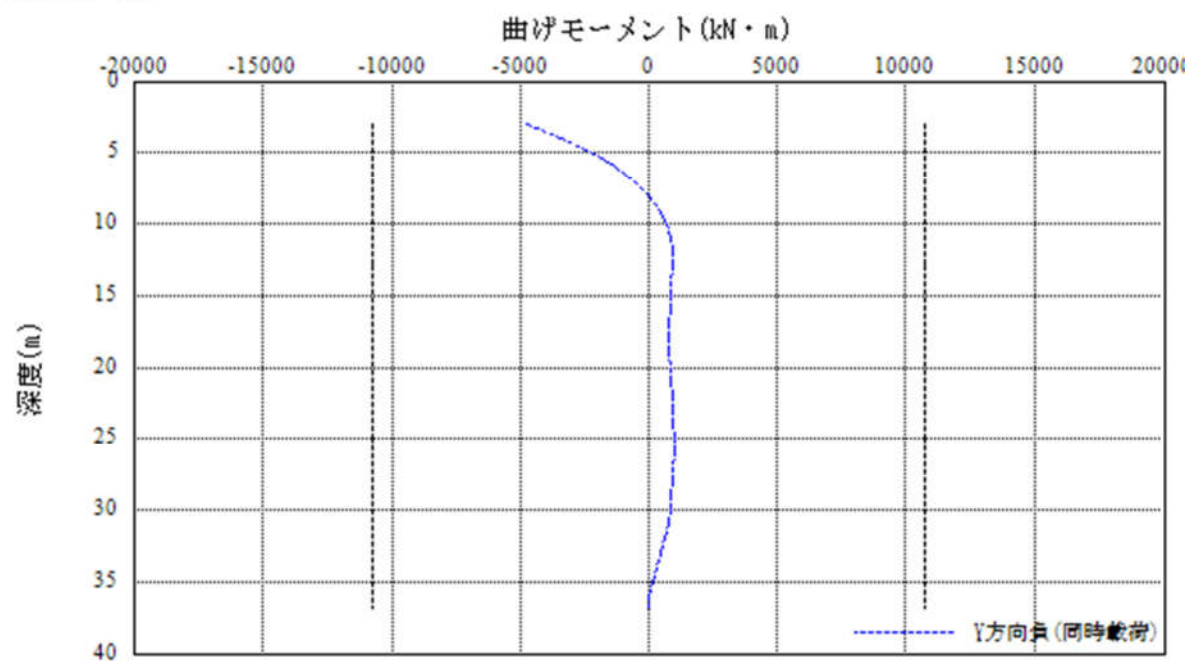


基礎位置: X2-Y2  
杭符号: P3  
地盤符号: S01

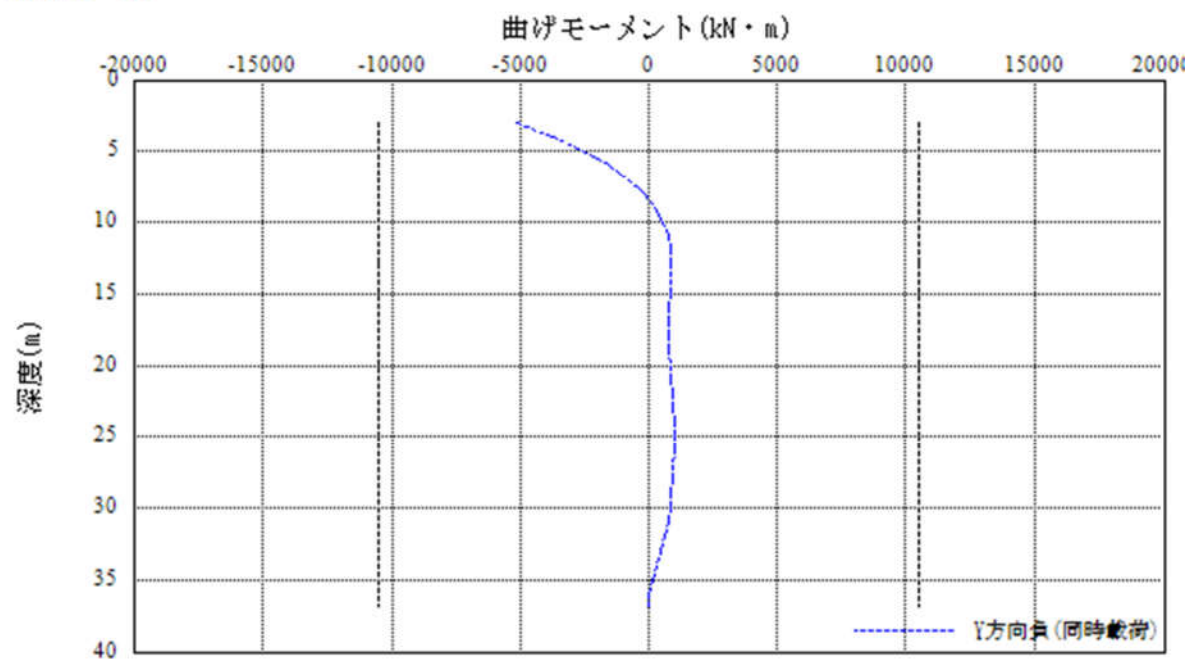


Y 方向負

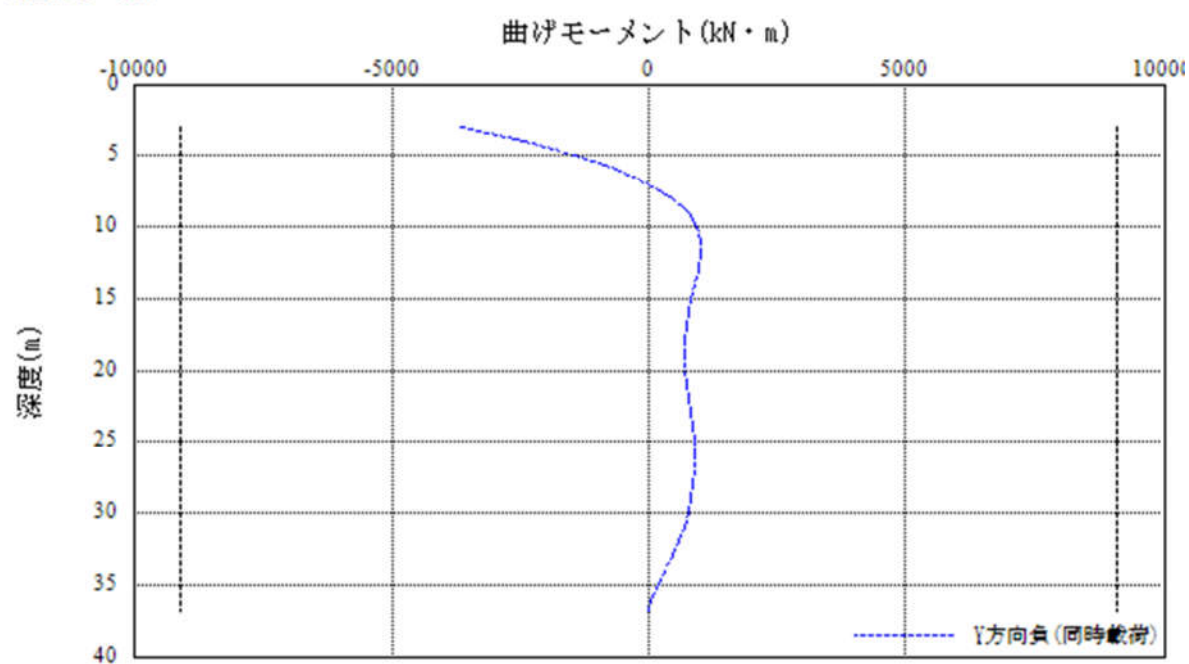
基礎位置: X1-Y1  
杭符号: P1  
地盤符号: S01



基礎位置: X3-Y1  
杭符号: P2  
地盤符号: S01



基礎位置: X2-Y2  
杭符号: P3  
地盤符号: S01



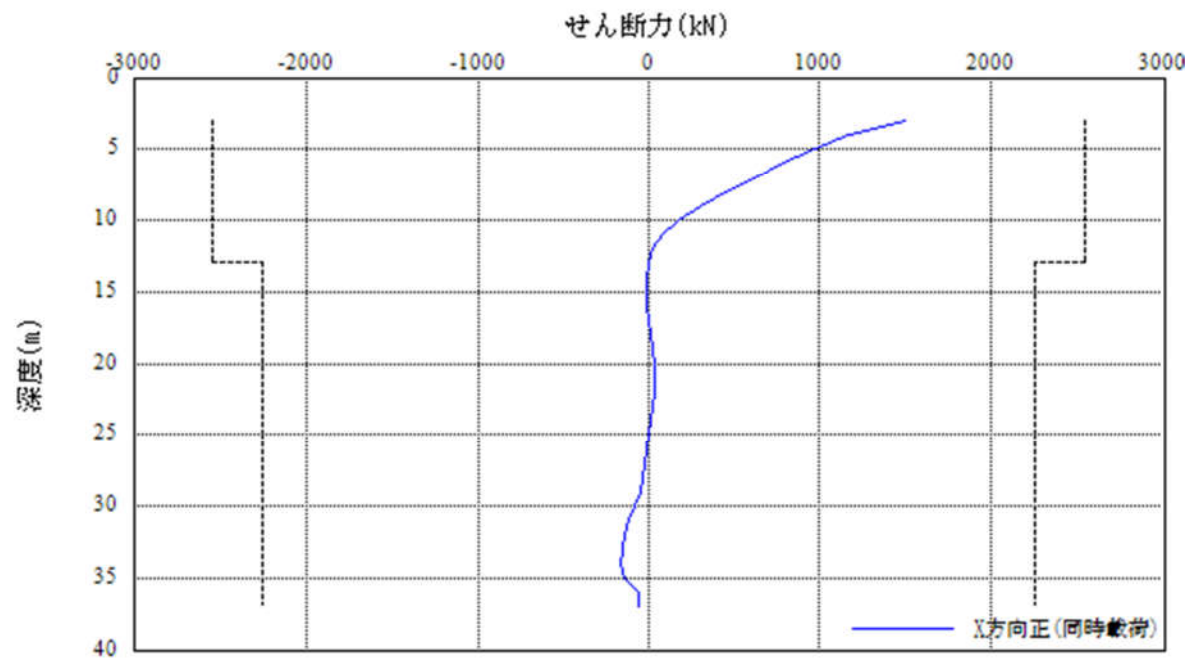
### せん断力分布図

※符号毎、最大検定値となる基礎位置を出力。

※破線は短期許容せん断耐力、実線はせん断応力を示す。

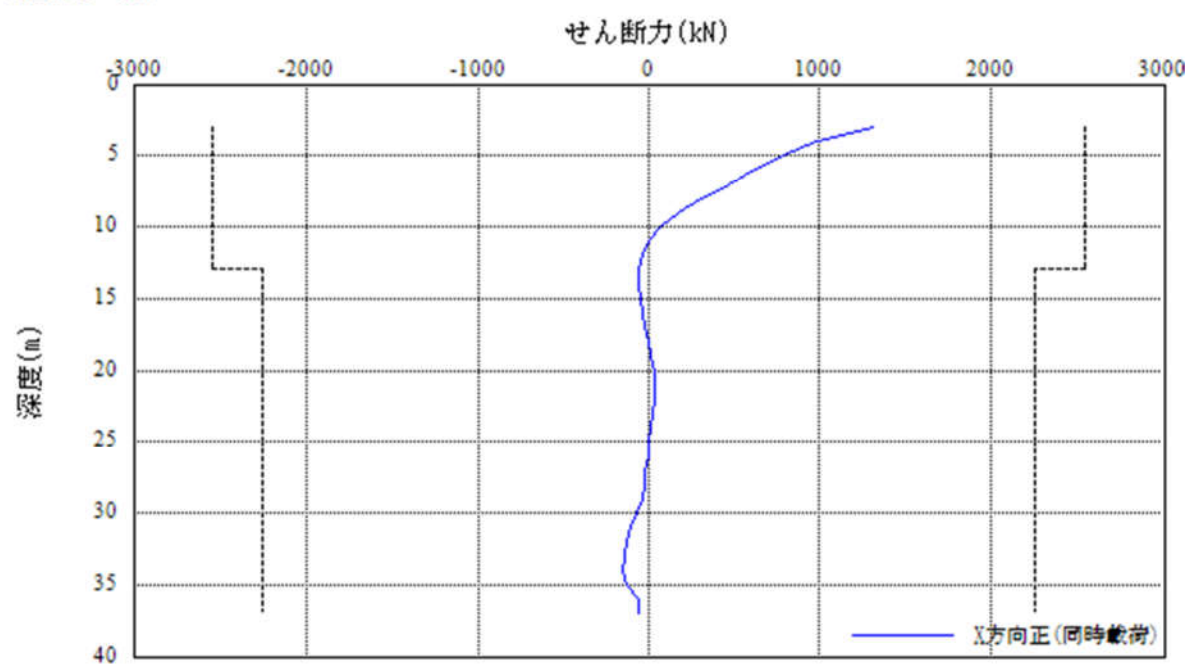
X 方向正

基礎位置: X6-Y1  
杭符号: P1  
地盤符号: S01

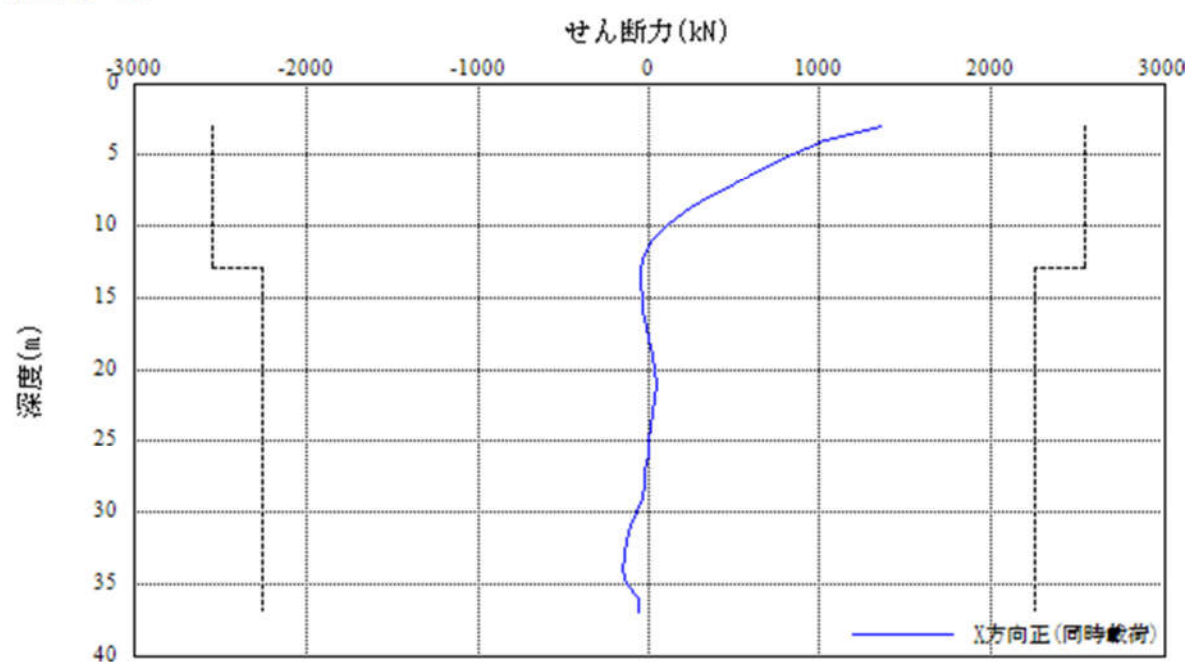




基礎位置: X5-Y1  
杭符号: P2  
地盤符号: S01

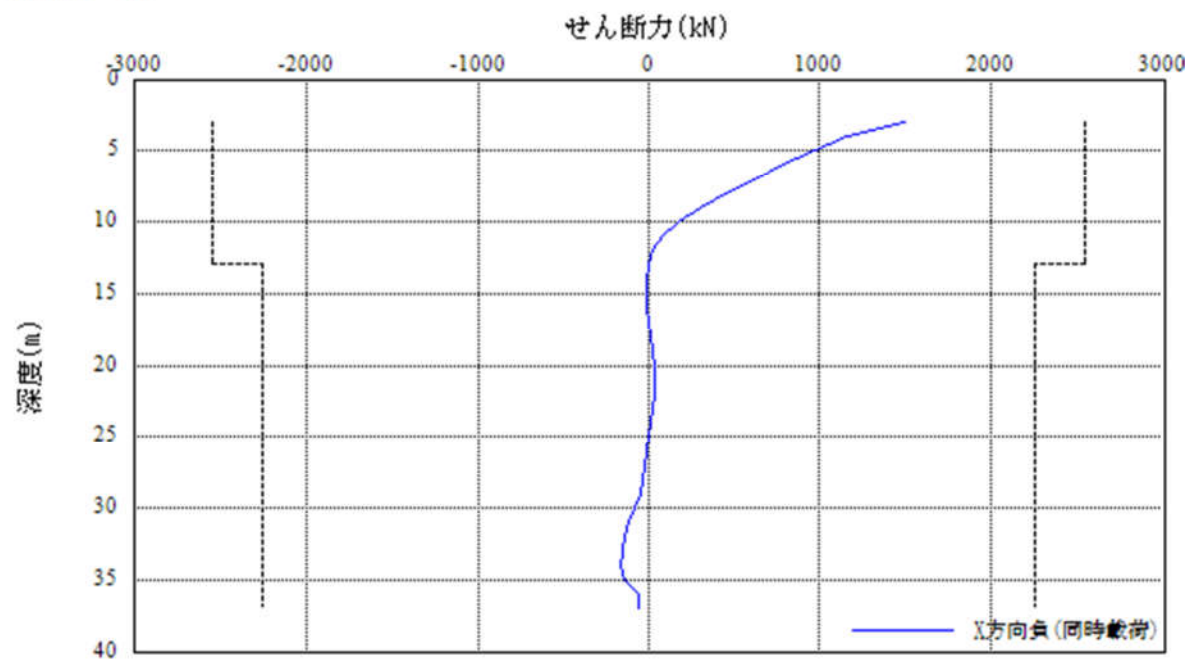


基礎位置: X6-Y2  
杭符号: P3  
地盤符号: S01

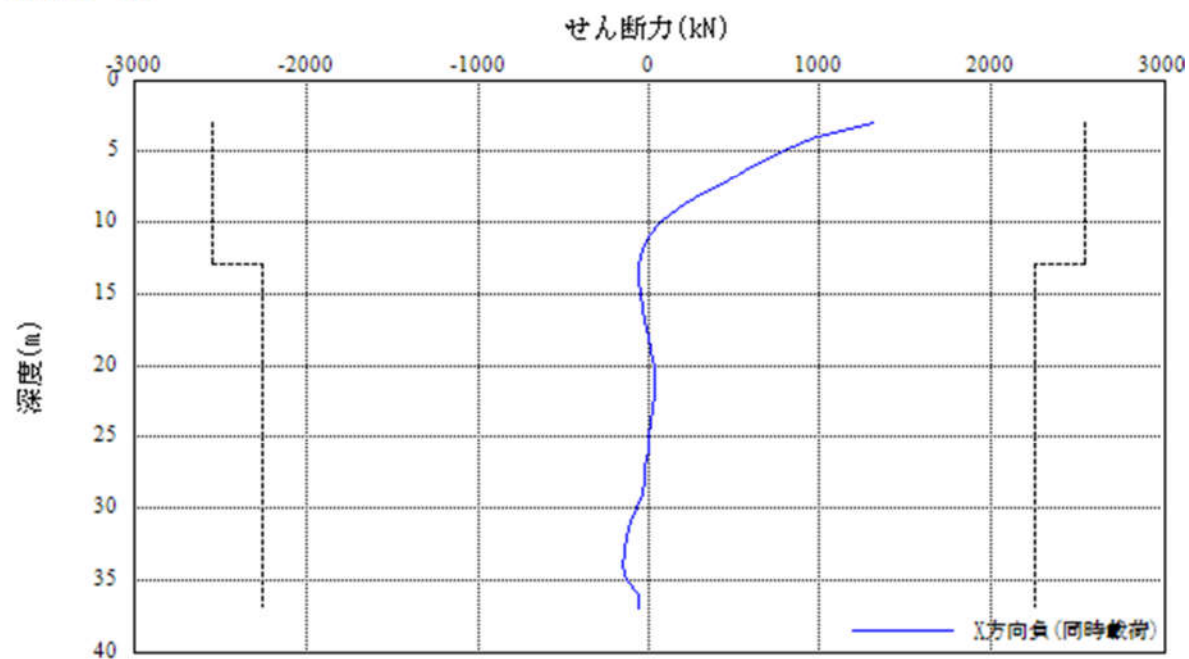


X 方向負

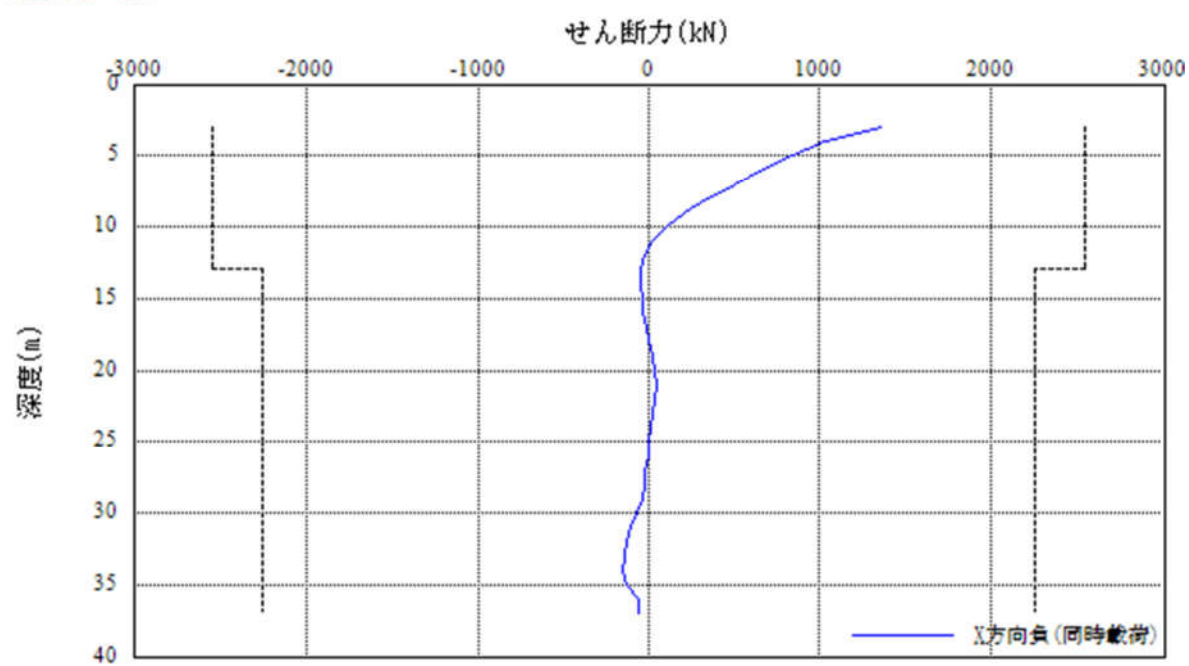
基礎位置: X1-Y1  
杭符号: P1  
地盤符号: S01



基礎位置: X2-Y1  
杭符号: P2  
地盤符号: S01

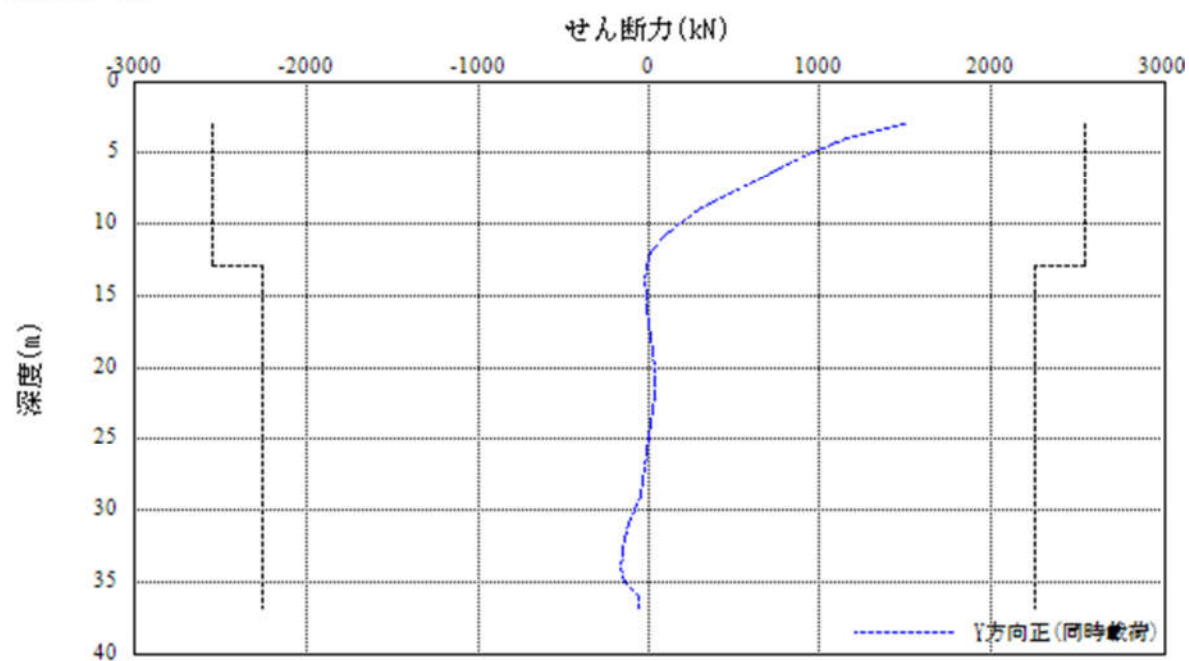


基礎位置: X1-Y2  
杭符号: P3  
地盤符号: S01

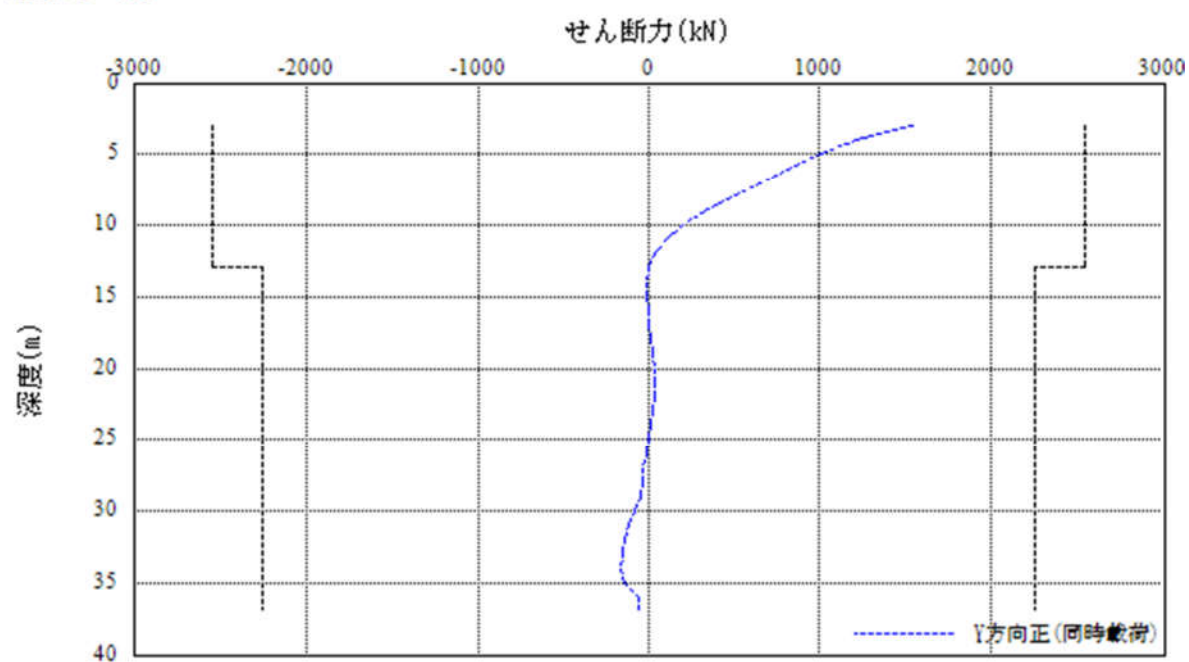


Y 方向正

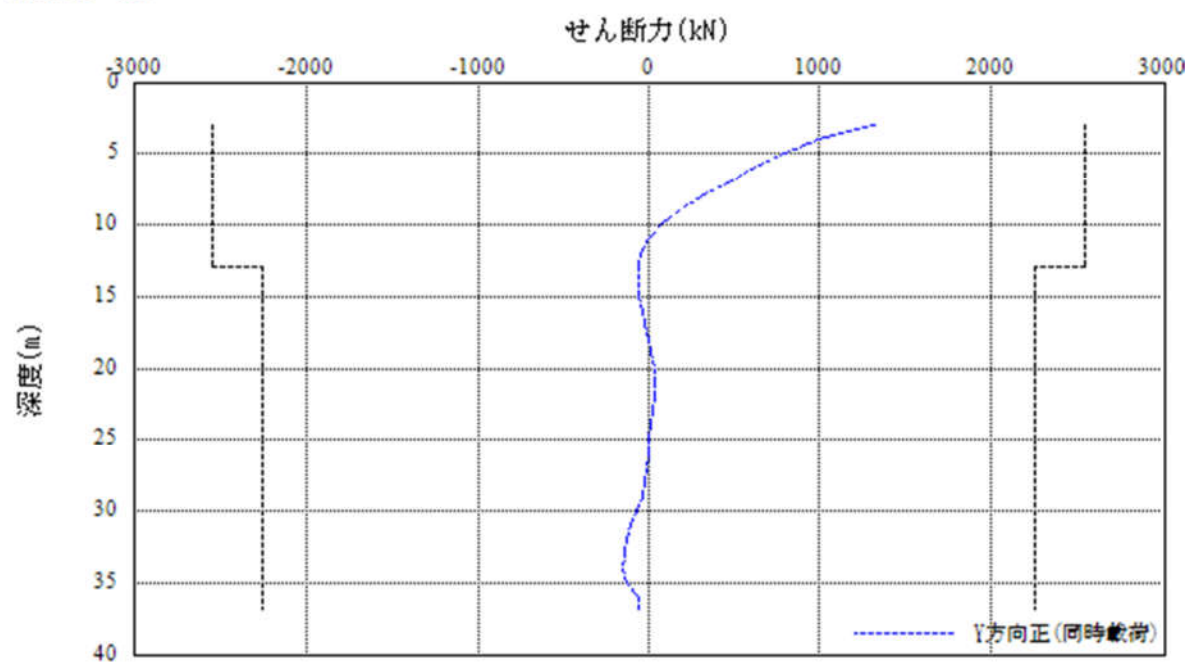
基礎位置: X1-Y3  
杭符号: P1  
地盤符号: S01



基礎位置: X2-Y3  
杭符号: P2  
地盤符号: S01

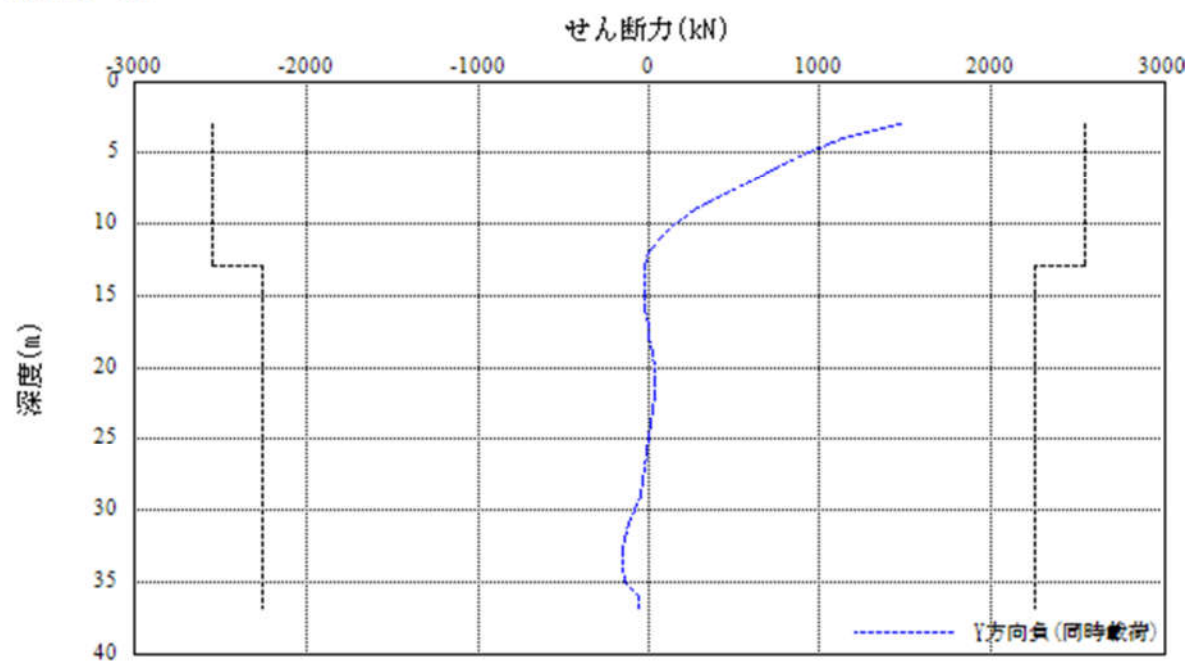


基礎位置: X2-Y2  
杭符号: P3  
地盤符号: S01

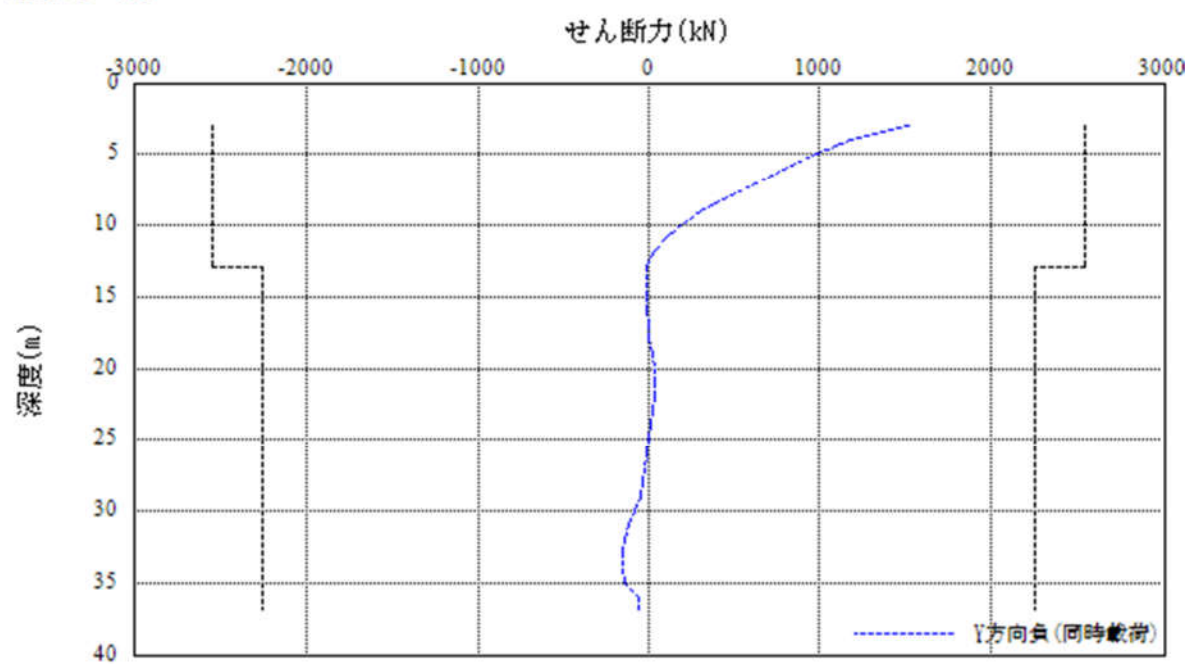


Y 方向負

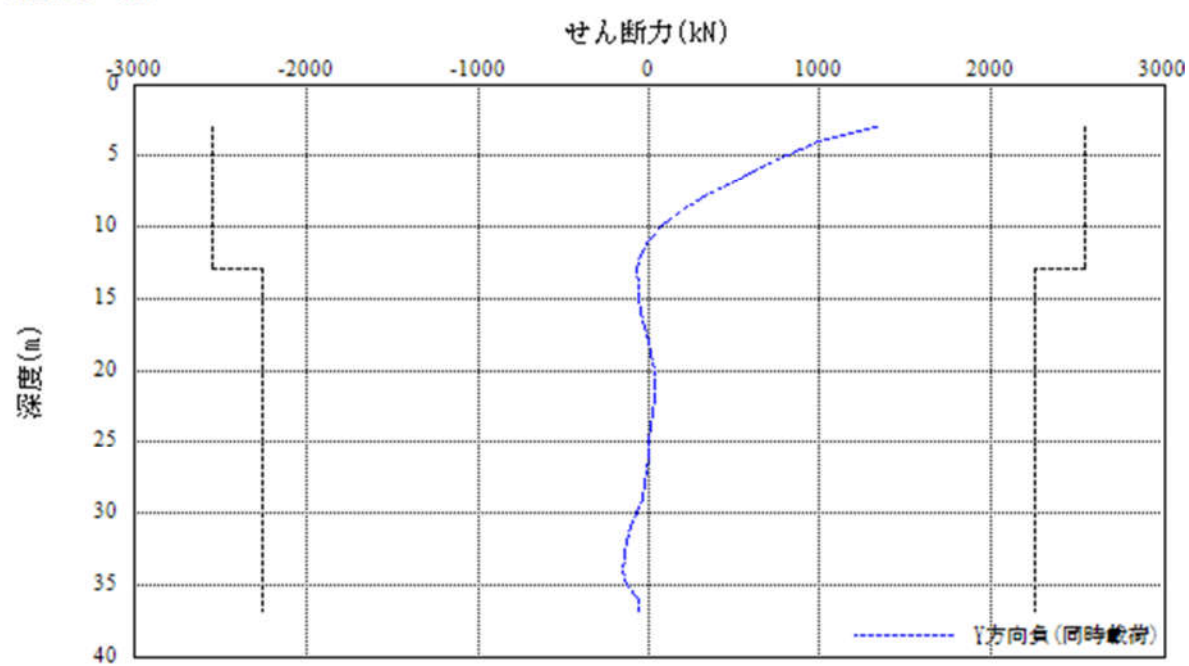
基礎位置: X1-Y1  
杭符号: P1  
地盤符号: S01



基礎位置: X3-Y1  
杭符号: P2  
地盤符号: S01



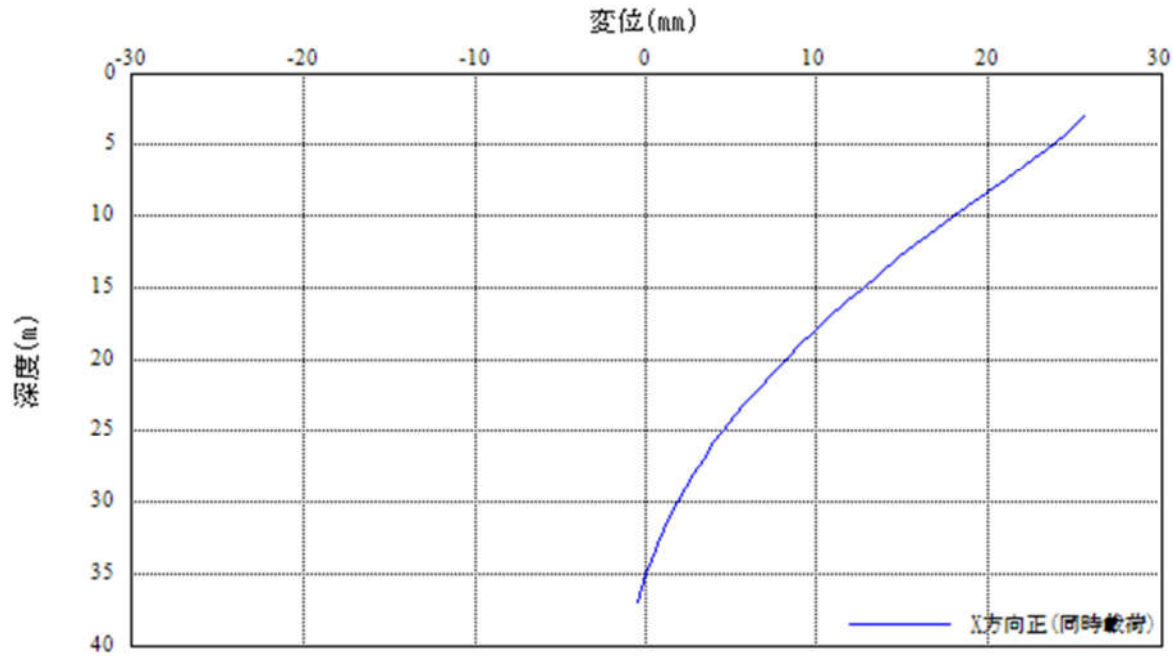
基礎位置: X2-Y2  
杭符号: P3  
地盤符号: S01



变位分布图

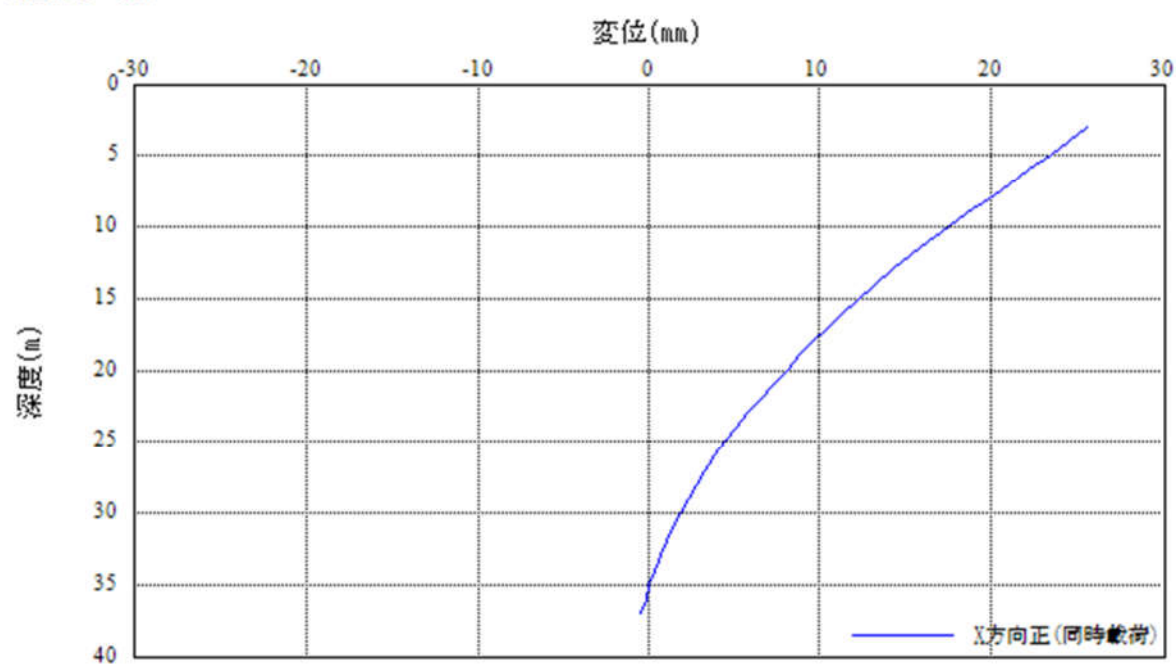
X 方向正

基础位置: X6-Y1  
桩符号: P1  
地盤符号: S01

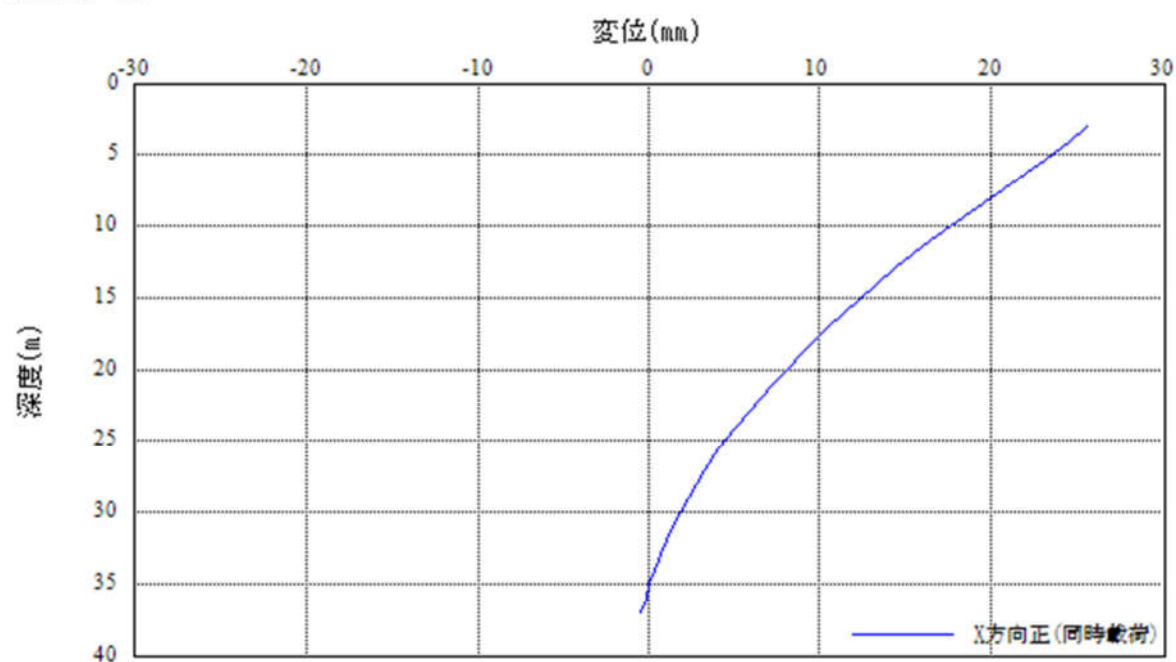




基础位置: X5-Y1  
 杭符号: P2  
 地盤符号: S01

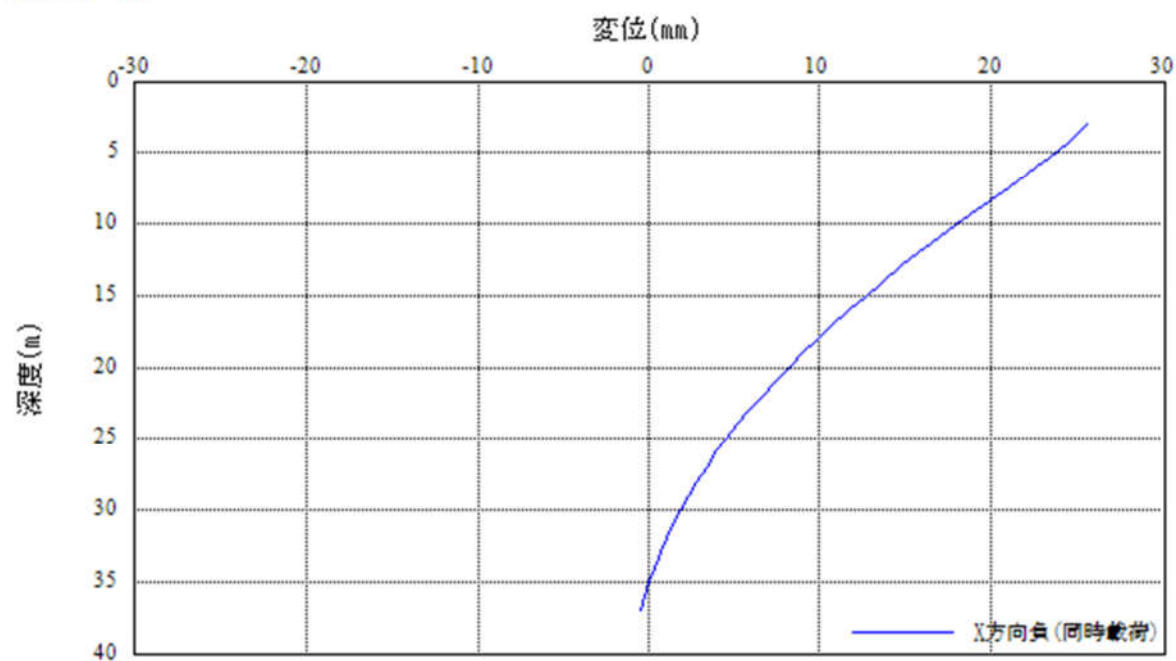


基础位置: X6-Y2  
 杭符号: P3  
 地盤符号: S01

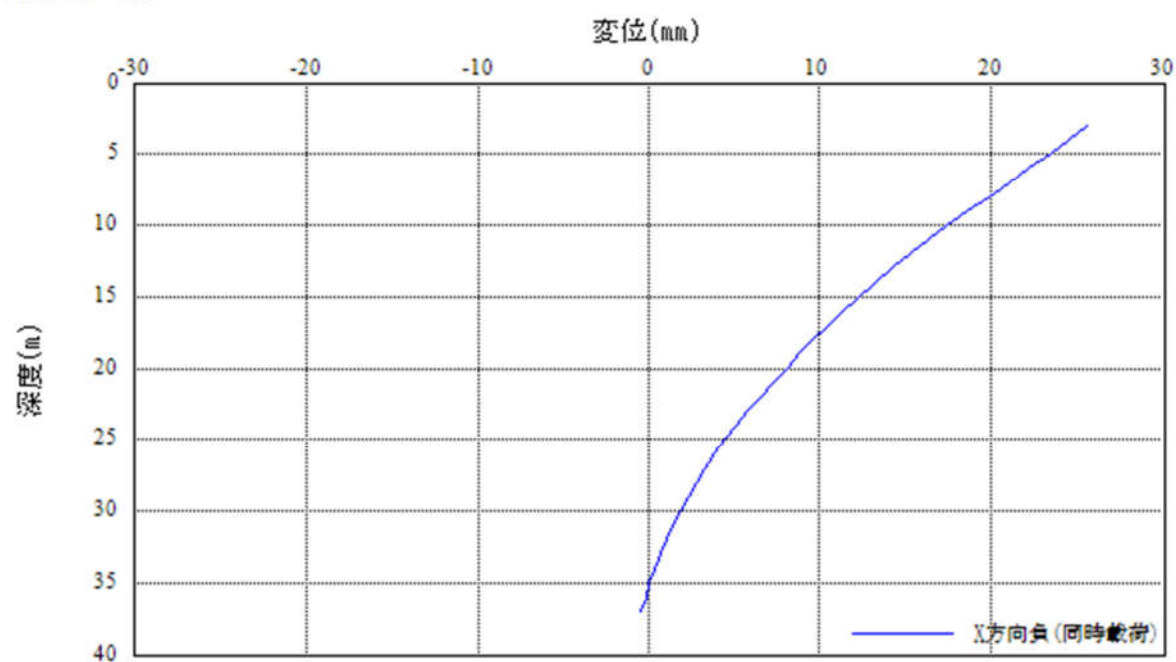


X 方向負

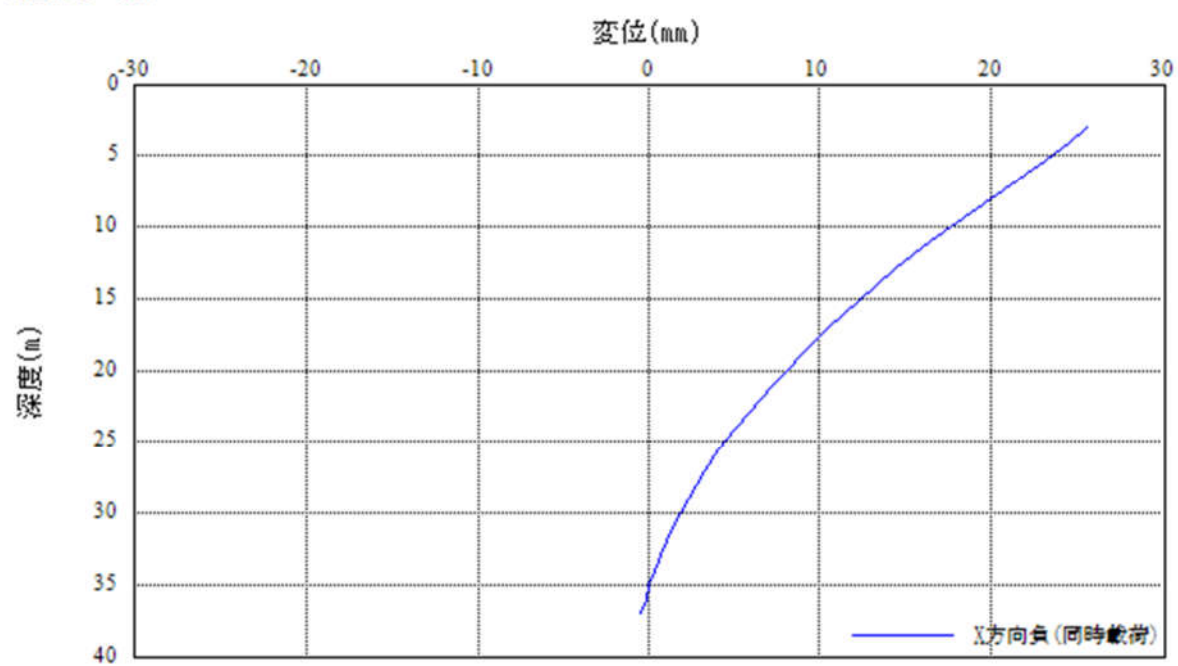
基礎位置: X1-Y1  
杭符号: P1  
地盤符号: S01



基礎位置: X2-Y1  
杭符号: P2  
地盤符号: S01

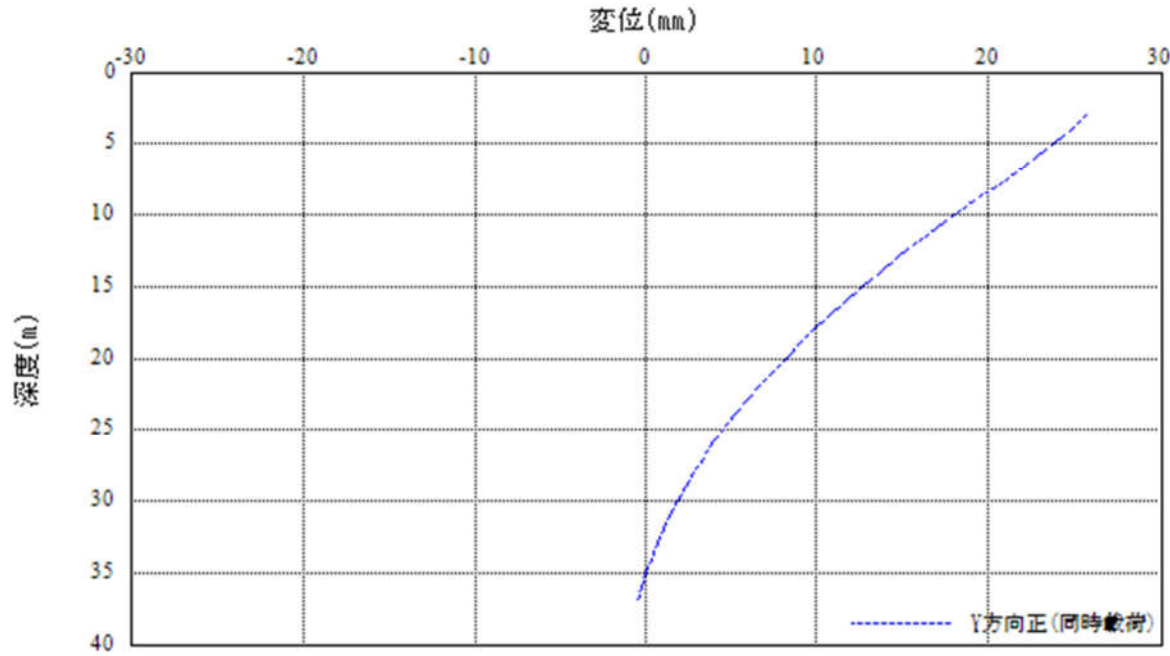


基礎位置: X1-Y2  
杭符号: P3  
地盤符号: S01

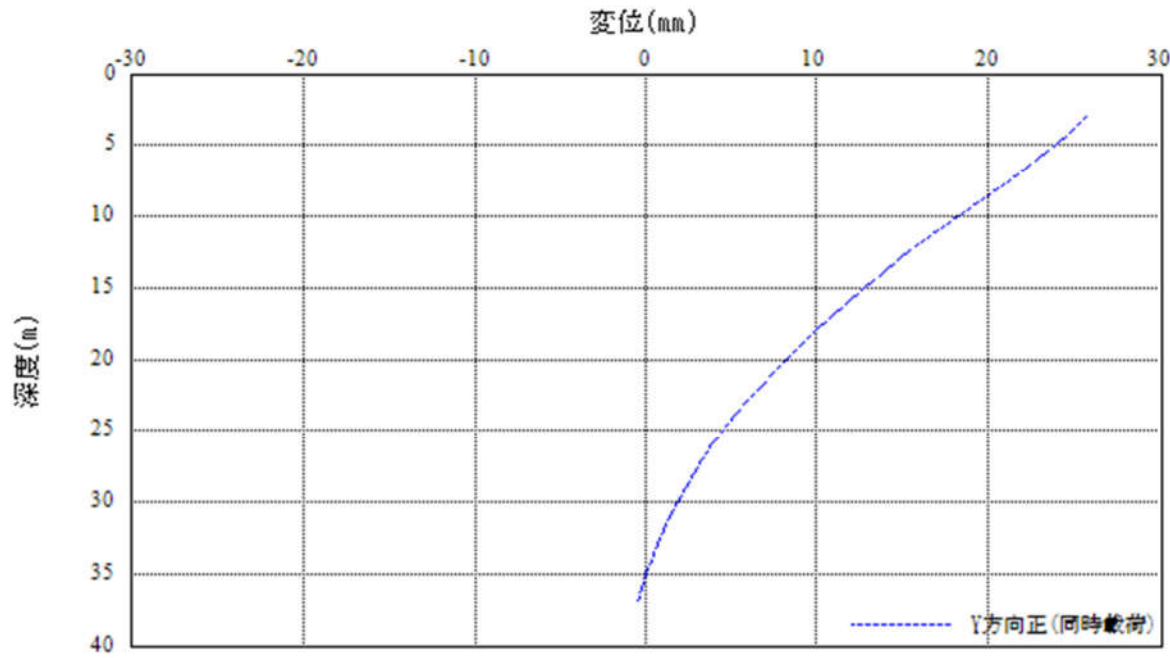


Y 方向正

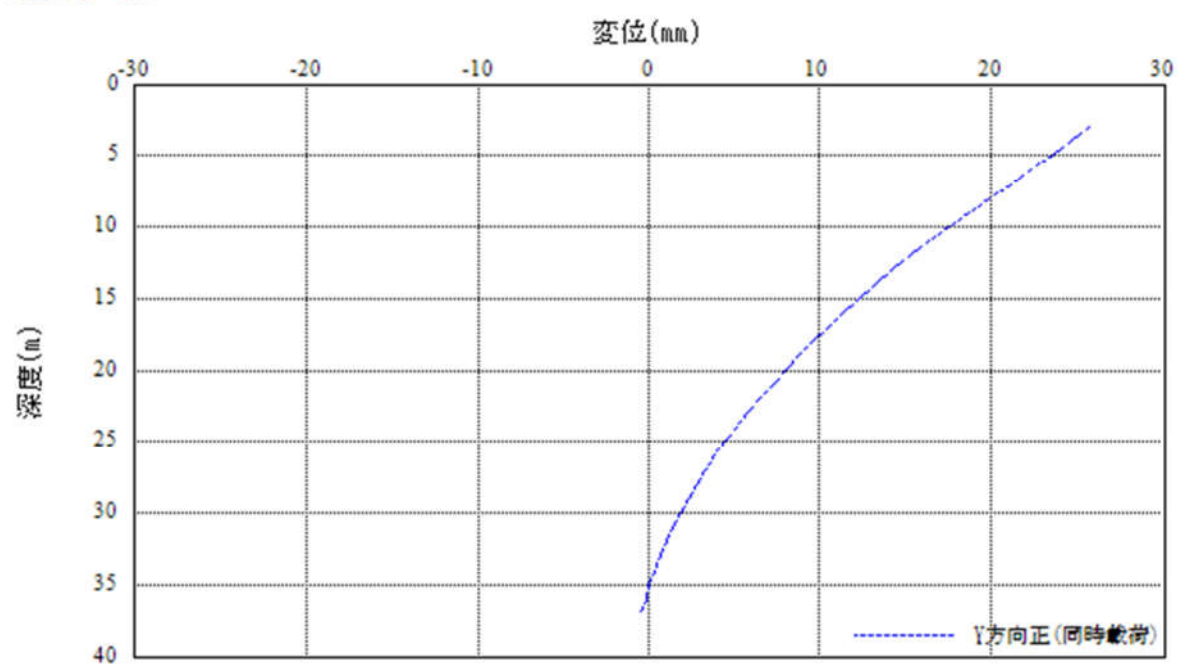
基礎位置: X1-Y3  
杭符号: P1  
地盤符号: S01



基礎位置: X2-Y3  
杭符号: P2  
地盤符号: S01

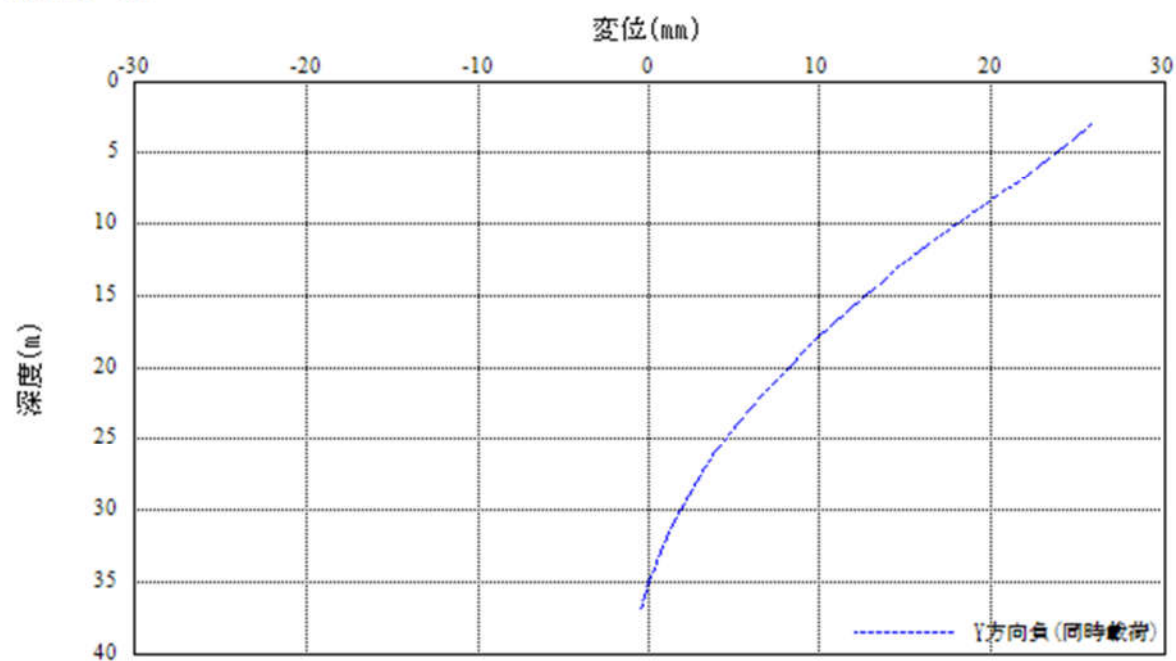


基础位置: X2-Y2  
抗符号: P3  
地盤符号: S01

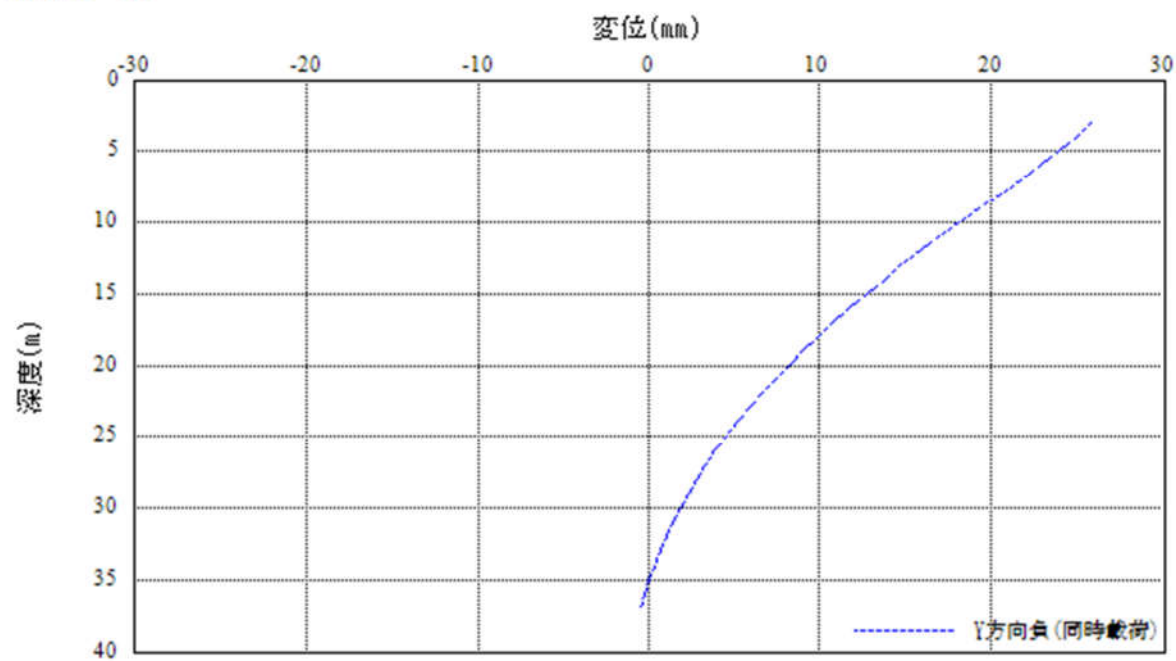


Y 方向負

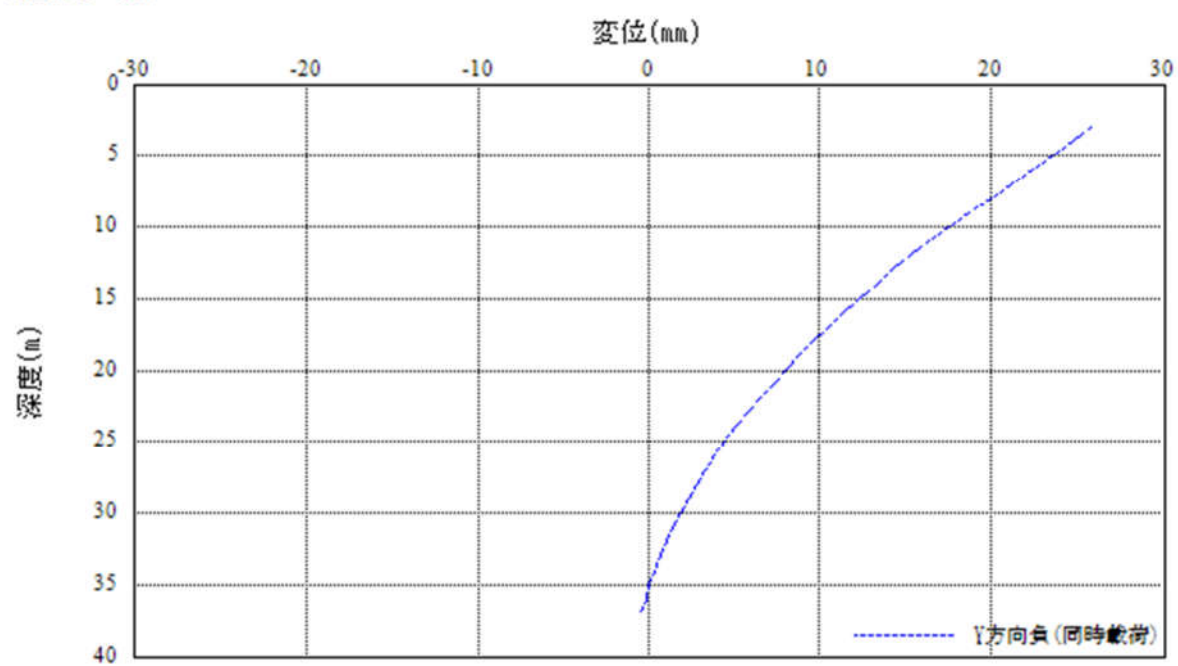
基礎位置: X1-Y1  
杭符号: P1  
地盤符号: S01



基礎位置: X3-Y1  
杭符号: P2  
地盤符号: S01



基礎位置: X2-Y2  
杭符号: P3  
地盤符号: S01



＜終局時＞

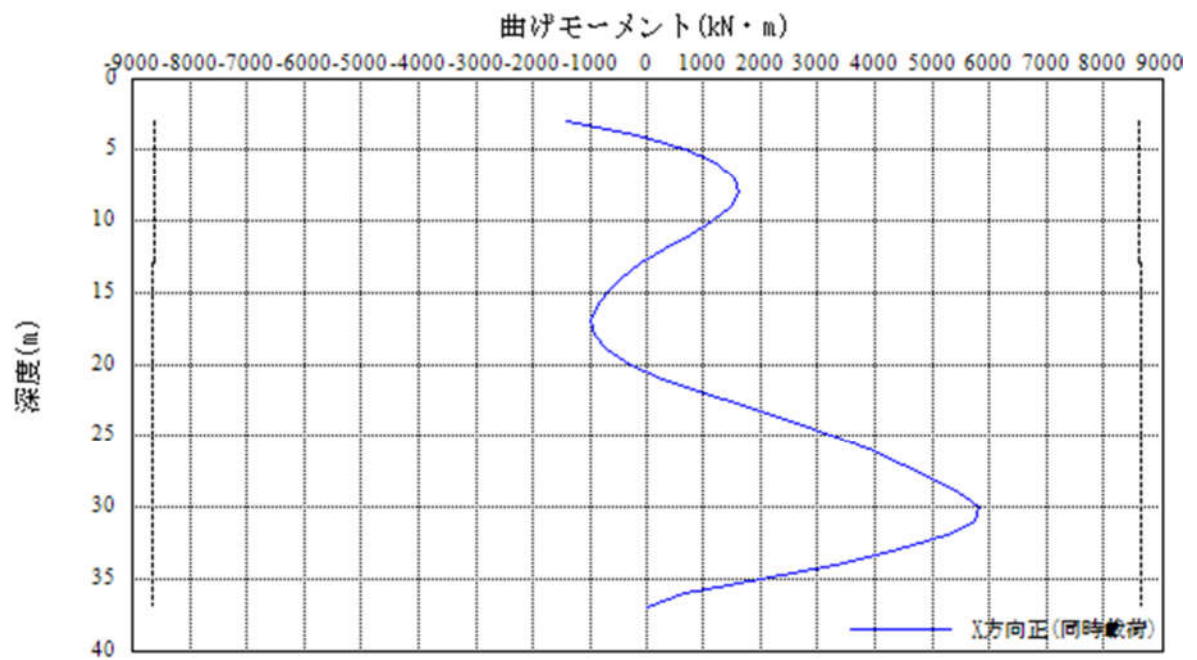
曲げモーメント分布図

※符号毎、最小余裕度となる基礎位置を出力。

※破線は終局曲げ耐力、実線は曲げ応力を示す。

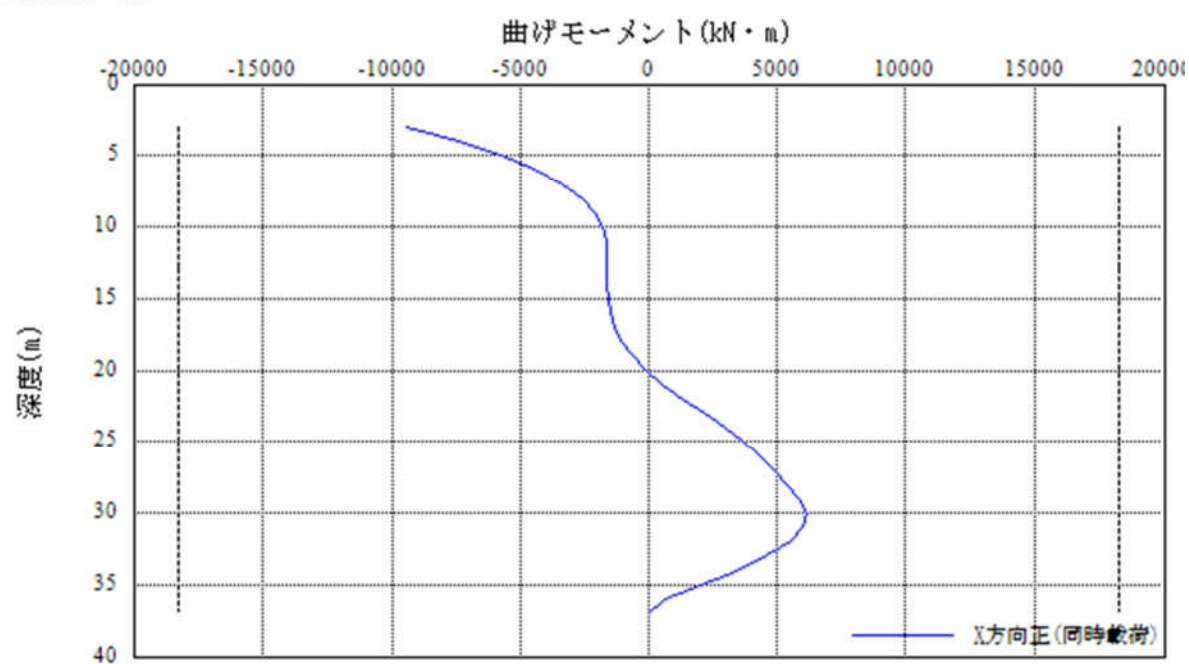
X 方向正

基礎位置: X1-Y1  
杭符号: P1  
地盤符号: S01

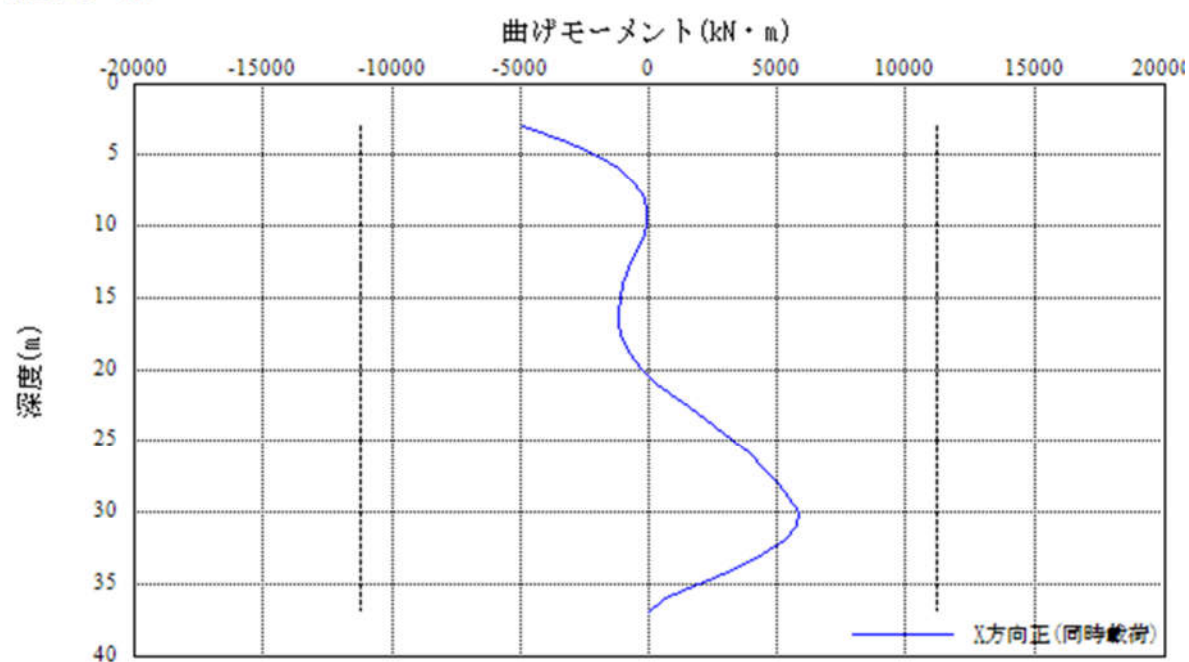




基礎位置: X4-Y1  
杭符号: P2  
地盤符号: S01

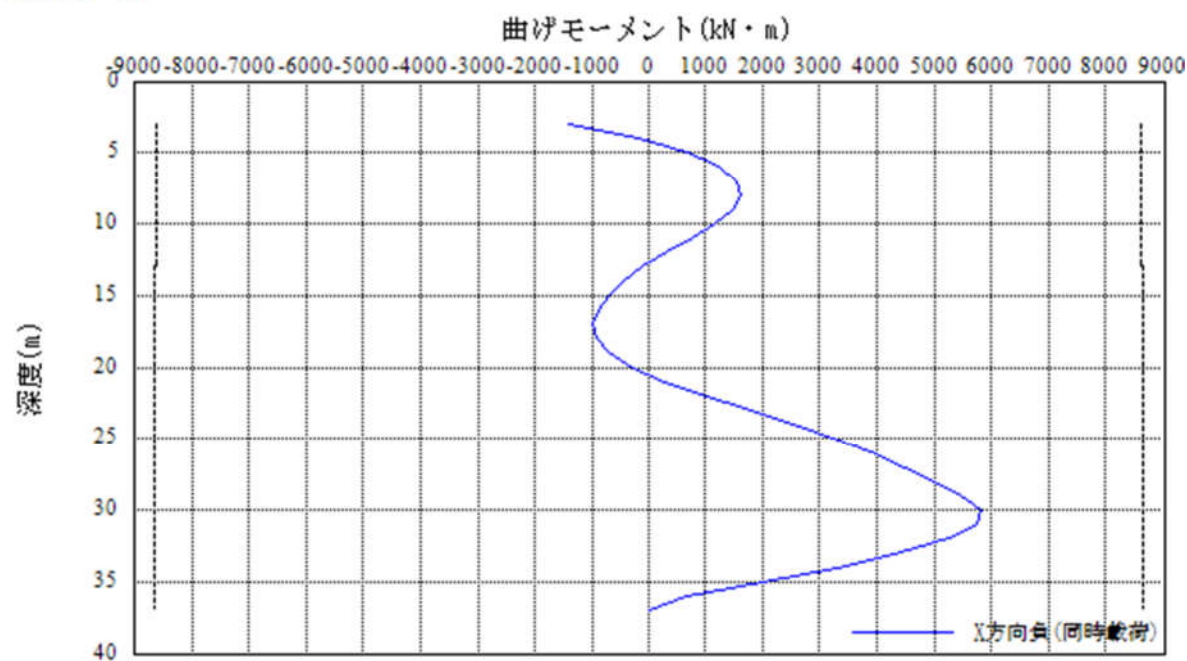


基礎位置: X1-Y2  
杭符号: P3  
地盤符号: S01

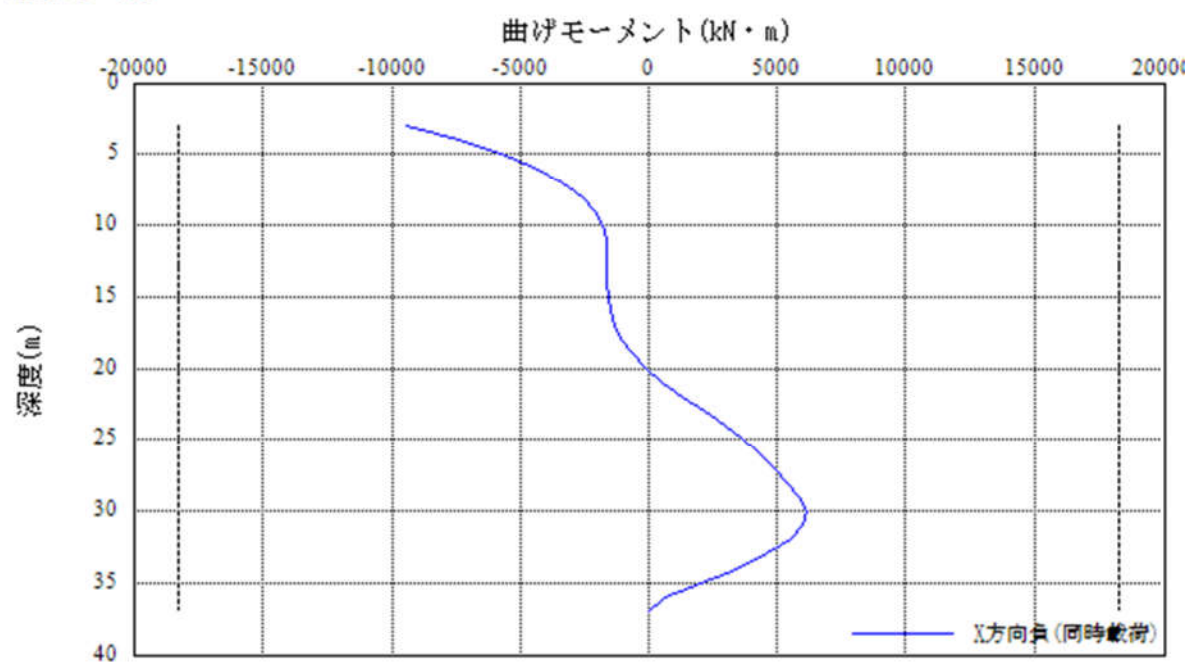


X 方向負

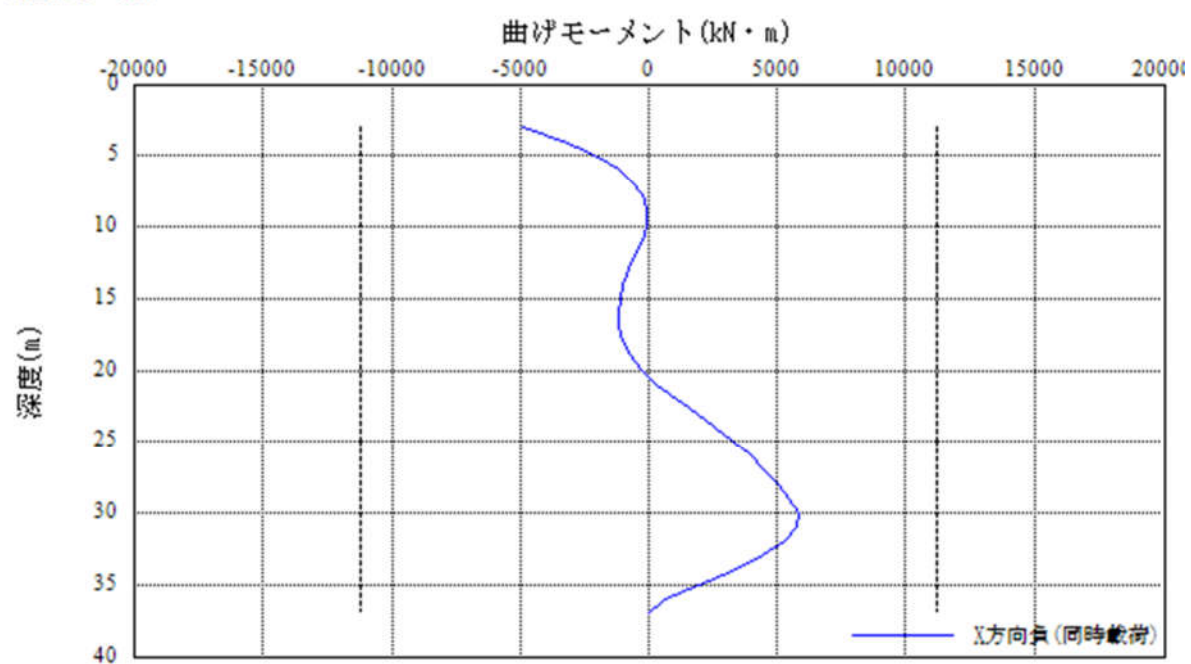
基礎位置: X6-Y1  
杭符号: P1  
地盤符号: S01



基礎位置: X3-Y1  
杭符号: P2  
地盤符号: S01

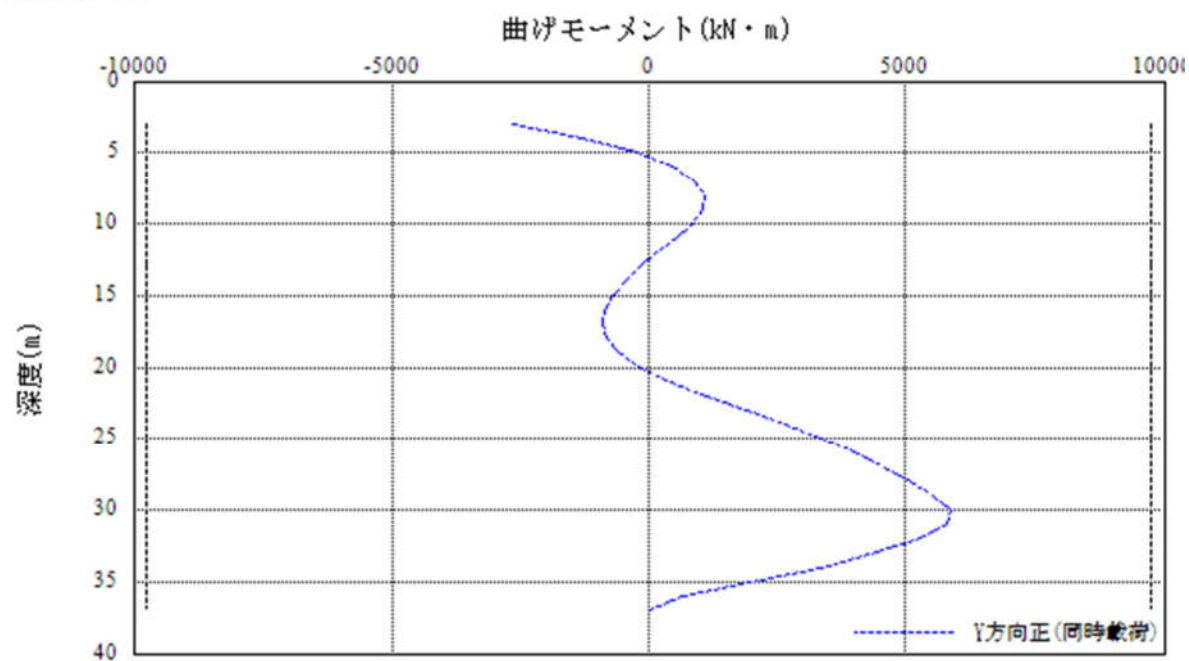


基礎位置: X6-Y2  
杭符号: P3  
地盤符号: S01

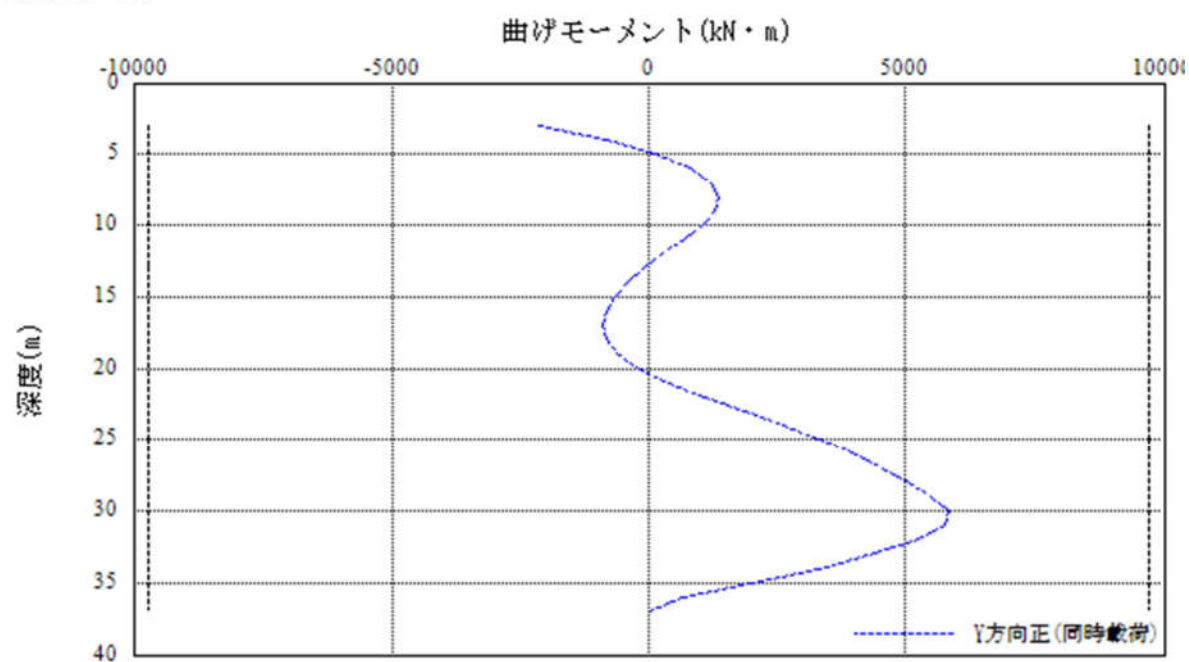


Y 方向正

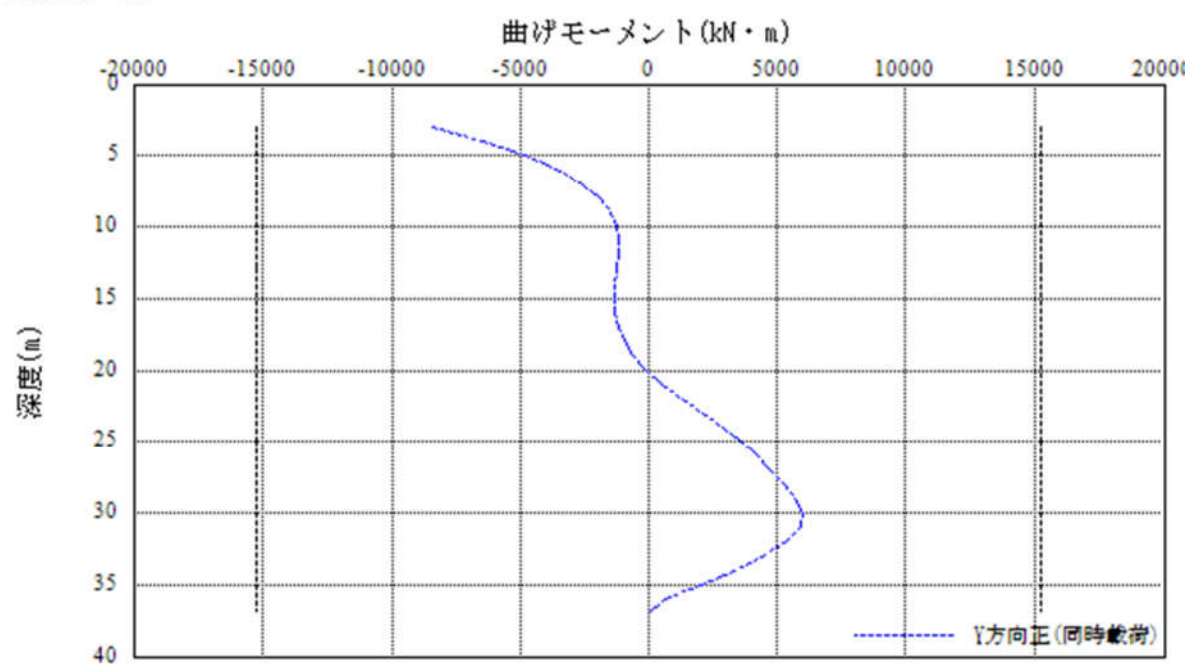
基礎位置: X1-Y1  
杭符号: P1  
地盤符号: S01



基礎位置: X3-Y1  
杭符号: P2  
地盤符号: S01

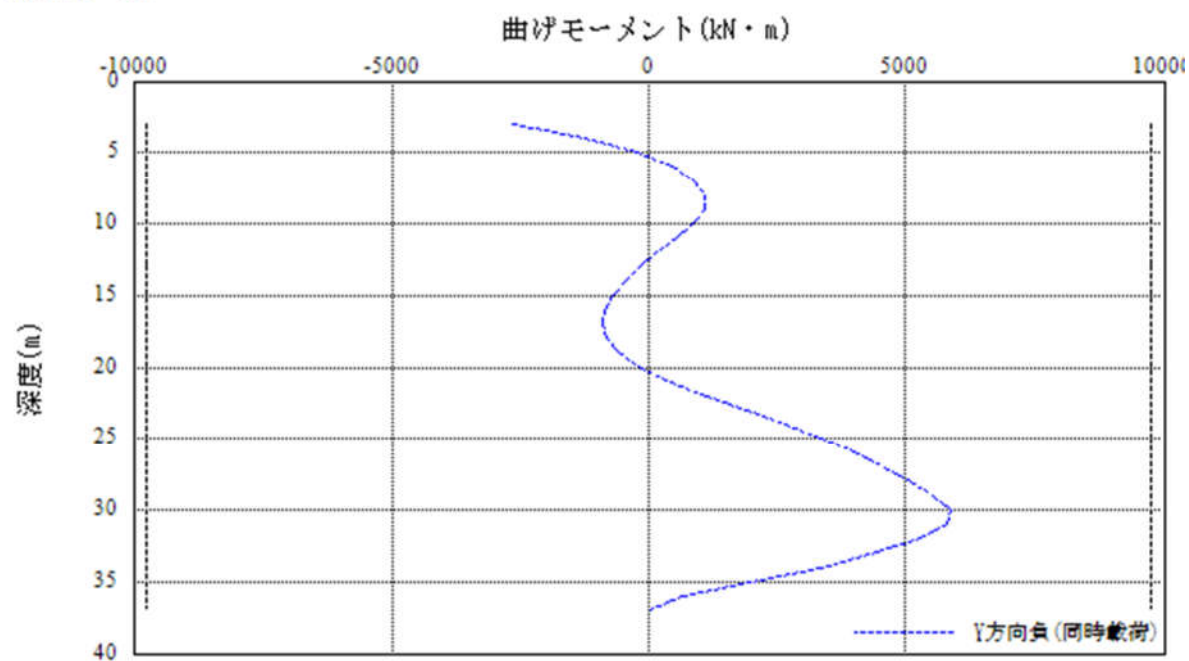


基礎位置: X2-Y2  
杭符号: P3  
地盤符号: S01

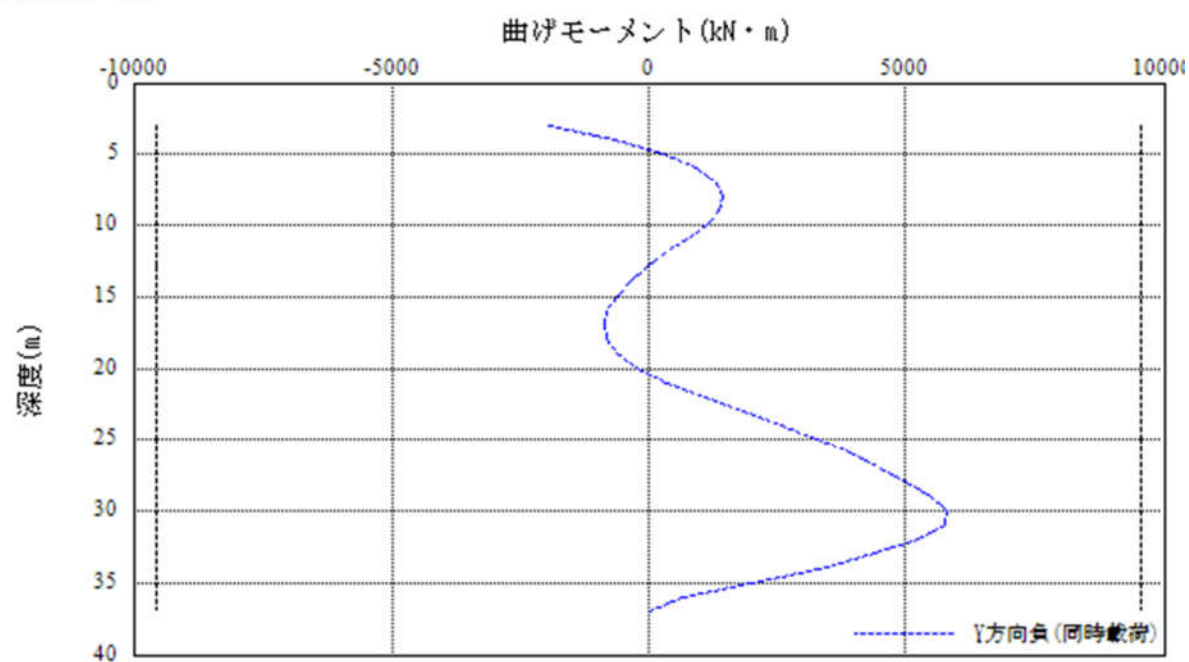


Y 方向負

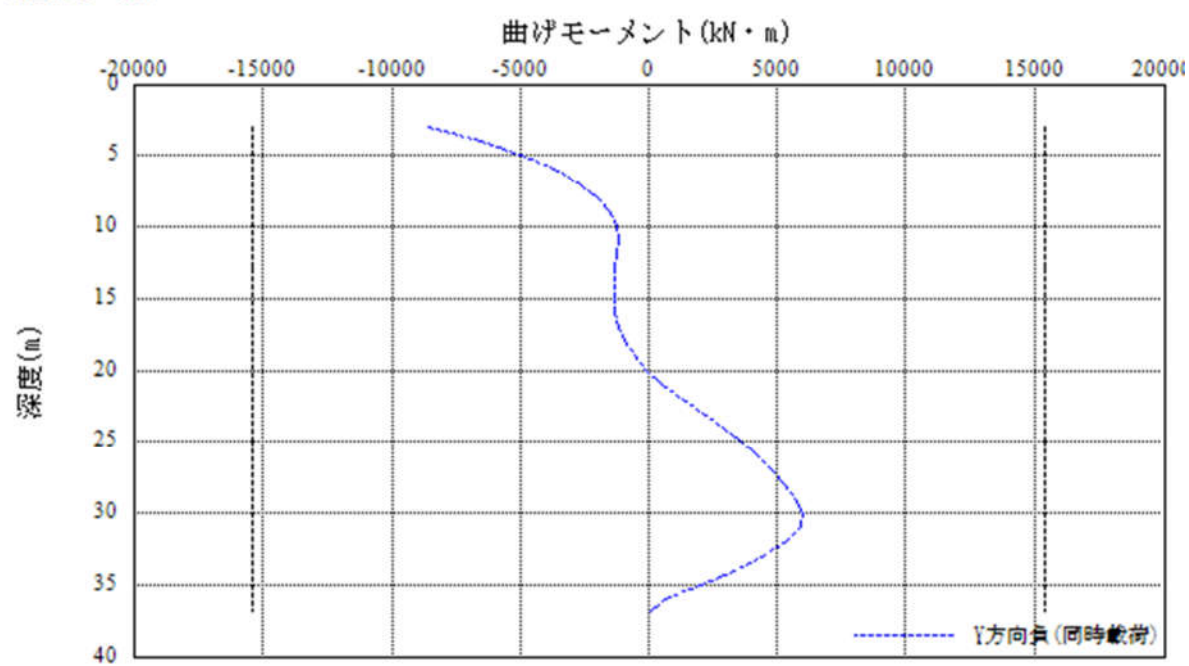
基礎位置: X6-Y3  
杭符号: P1  
地盤符号: S01



基礎位置: X3-Y3  
杭符号: P2  
地盤符号: S01



基礎位置: X5-Y2  
 杭符号: P3  
 地盤符号: S01





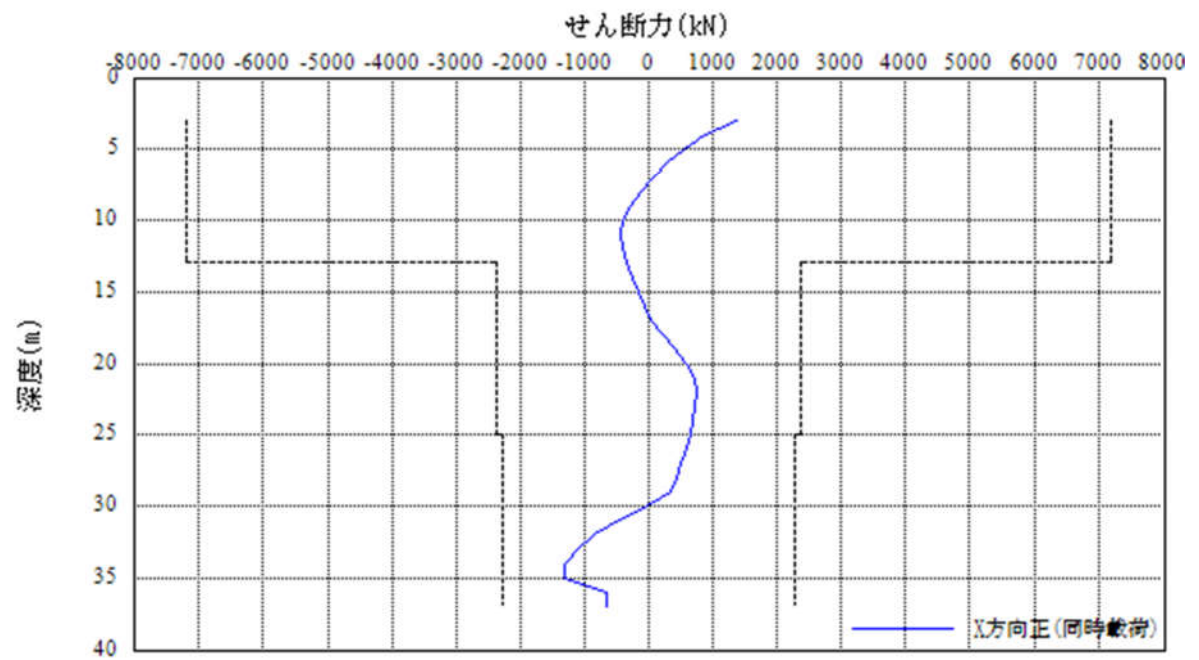
## せん断力分布図

※符号毎、最小余裕度となる基礎位置を出力。

※破線は終局せん断耐力、実線はせん断応力を示す。

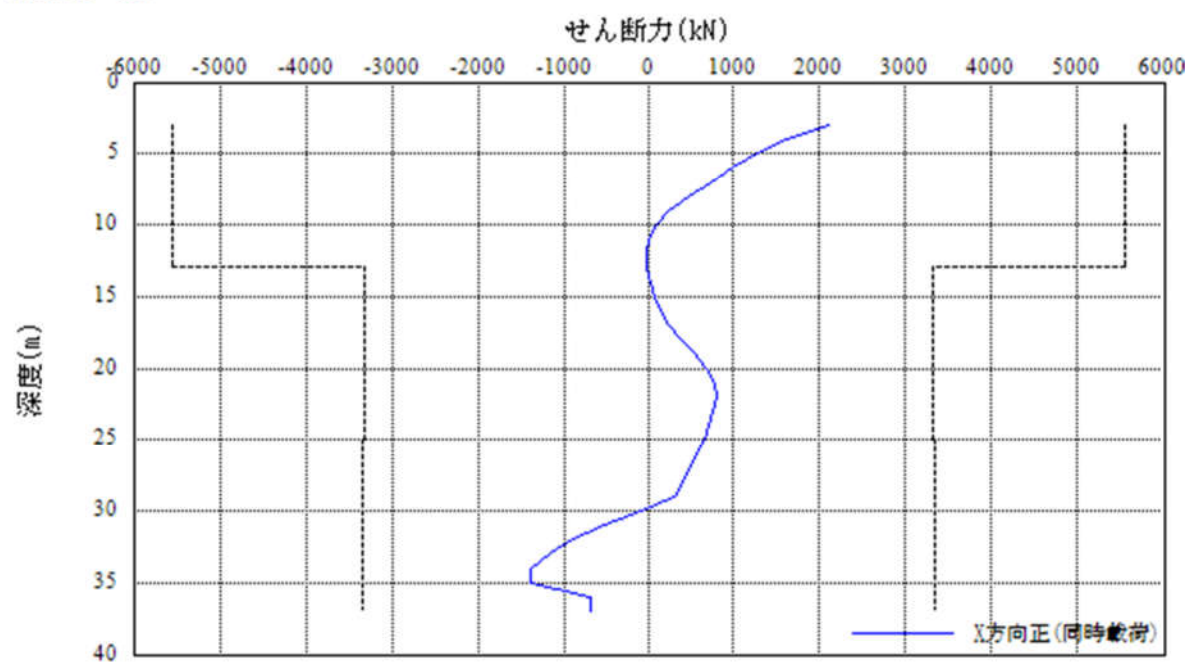
X 方向正

基礎位置: X1-Y1  
杭符号: P1  
地盤符号: S01

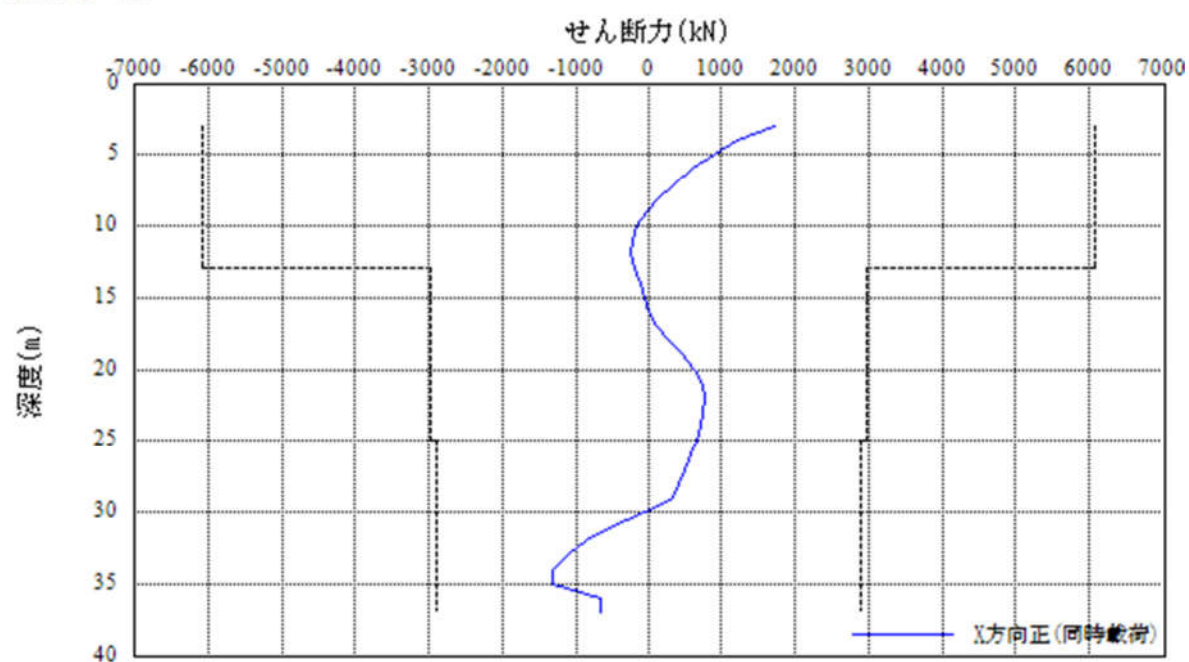




基礎位置: X5-Y1  
杭符号: P2  
地盤符号: S01

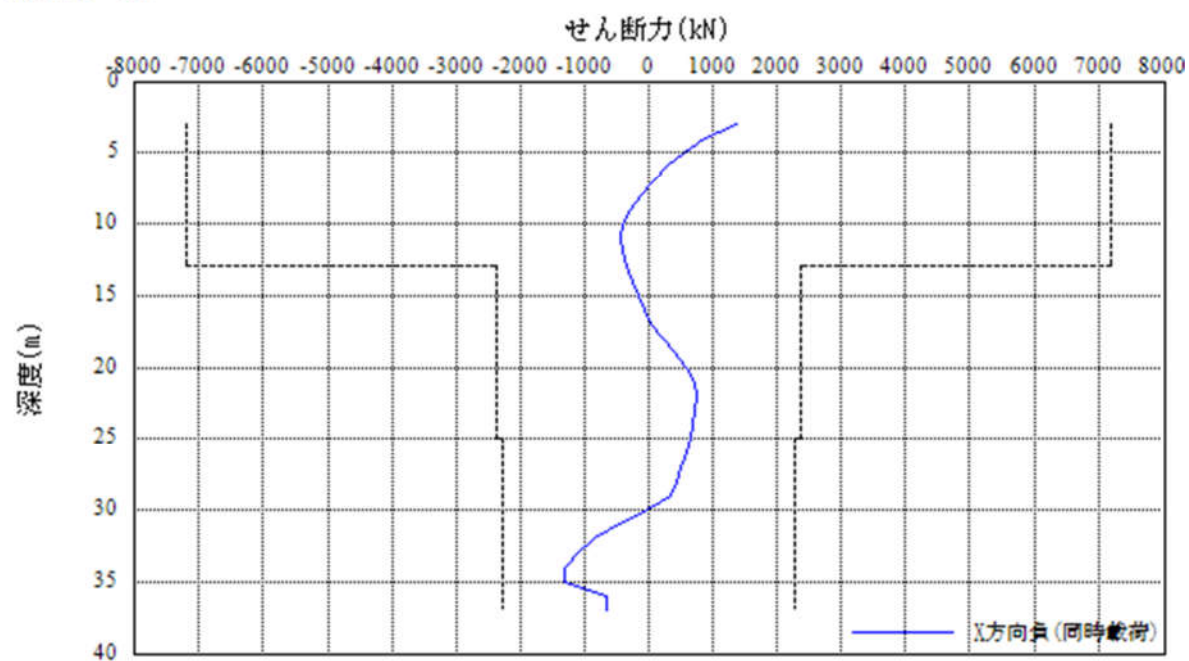


基礎位置: X1-Y2  
杭符号: P3  
地盤符号: S01

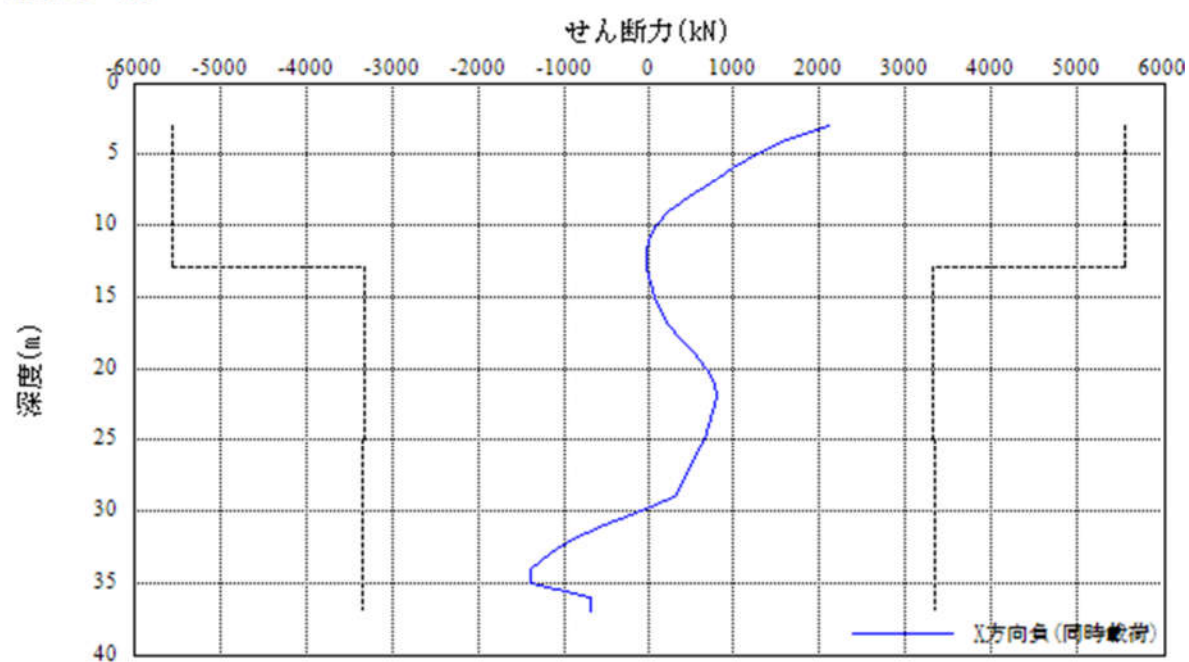


X 方向負

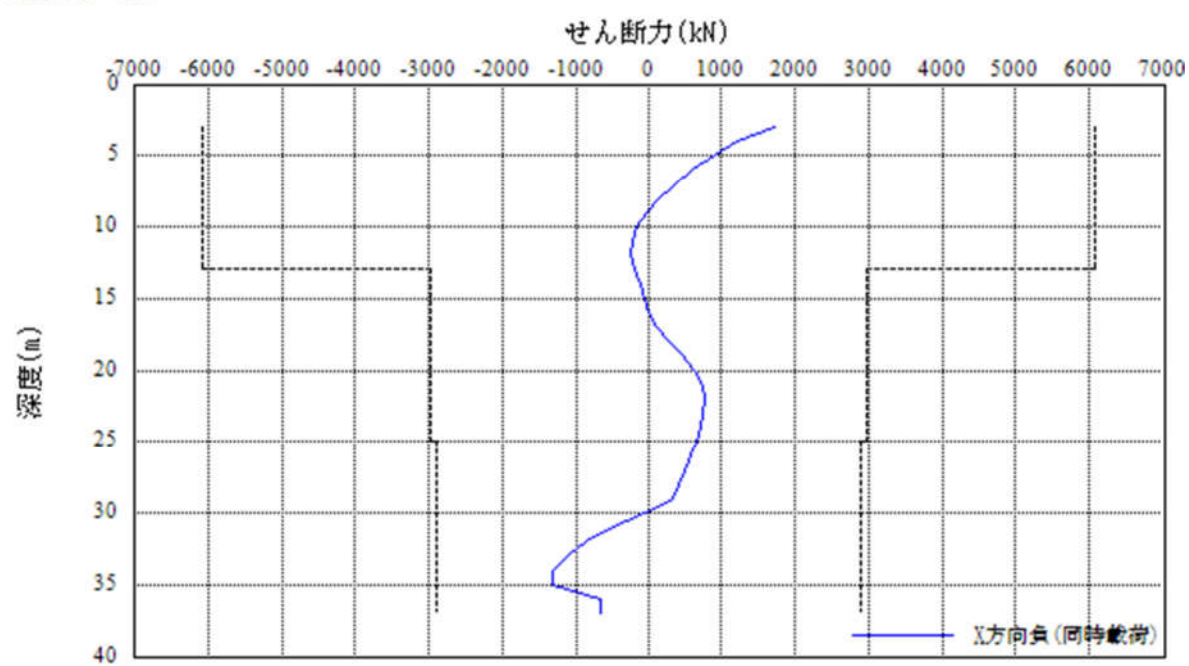
基礎位置: X6-Y1  
杭符号: P1  
地盤符号: S01



基礎位置: X2-Y1  
杭符号: P2  
地盤符号: S01

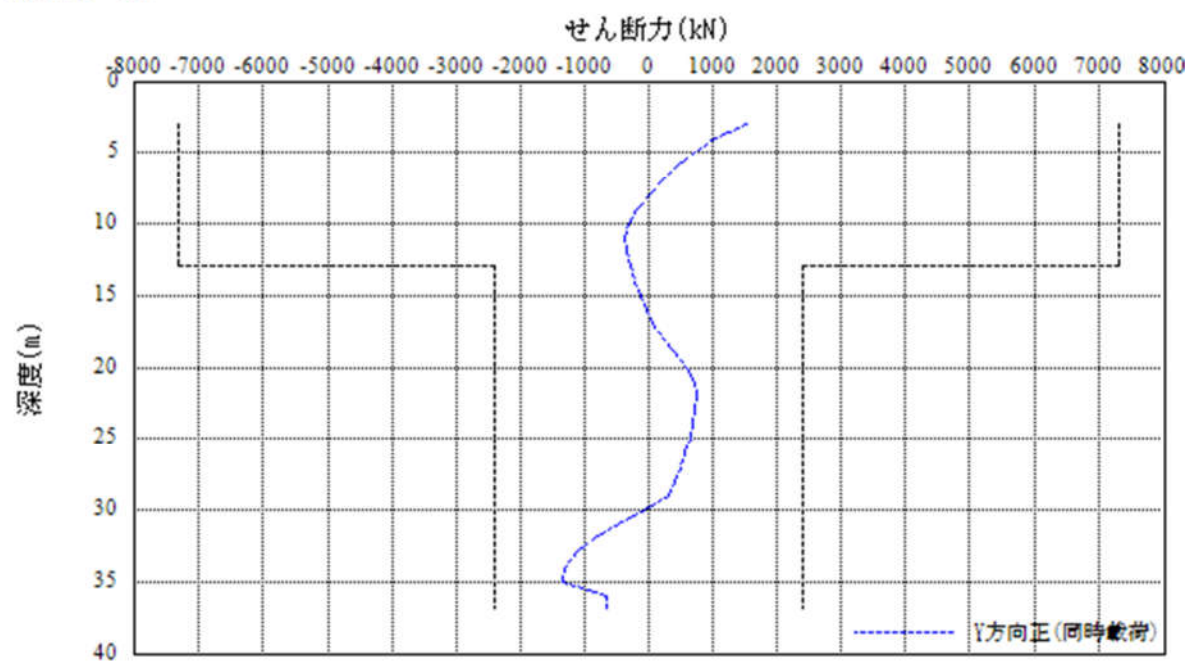


基礎位置: X6-Y2  
杭符号: P3  
地盤符号: S01

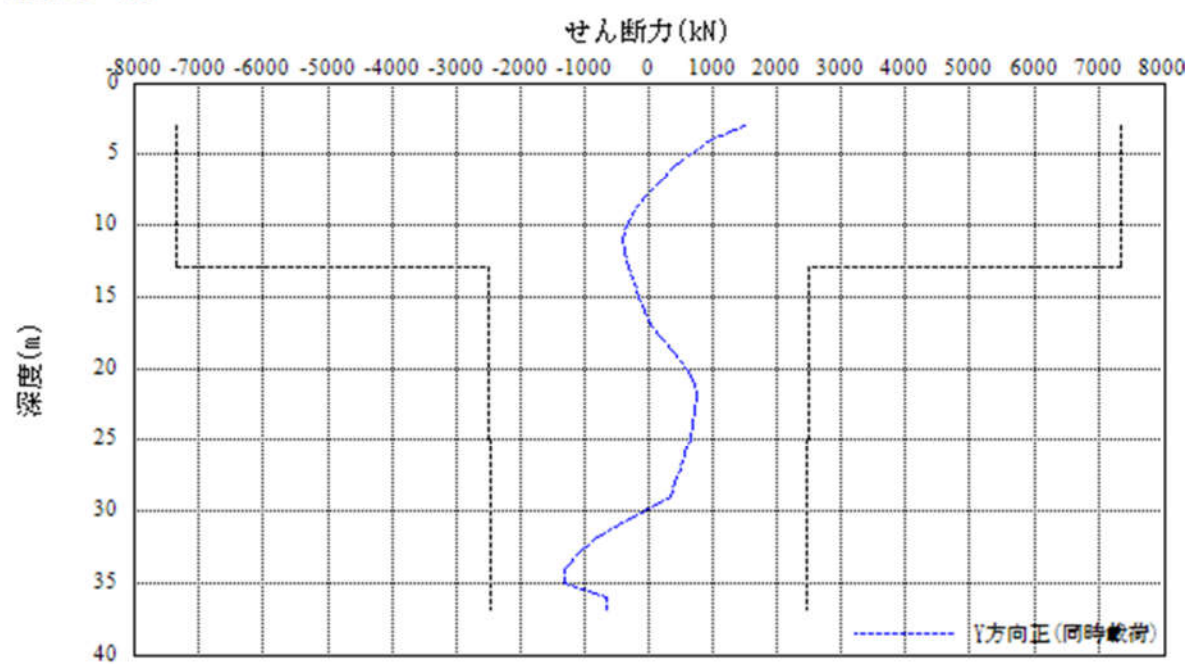


Y 方向正

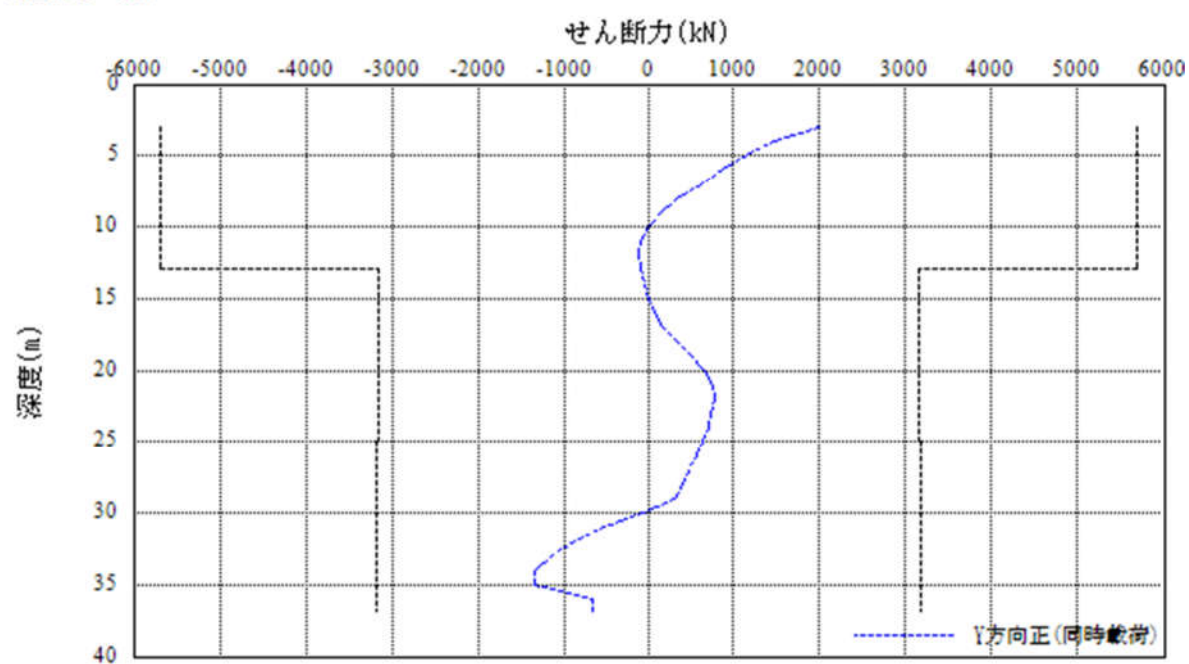
基礎位置: X1-Y1  
杭符号: P1  
地盤符号: S01



基礎位置: X3-Y1  
杭符号: P2  
地盤符号: S01



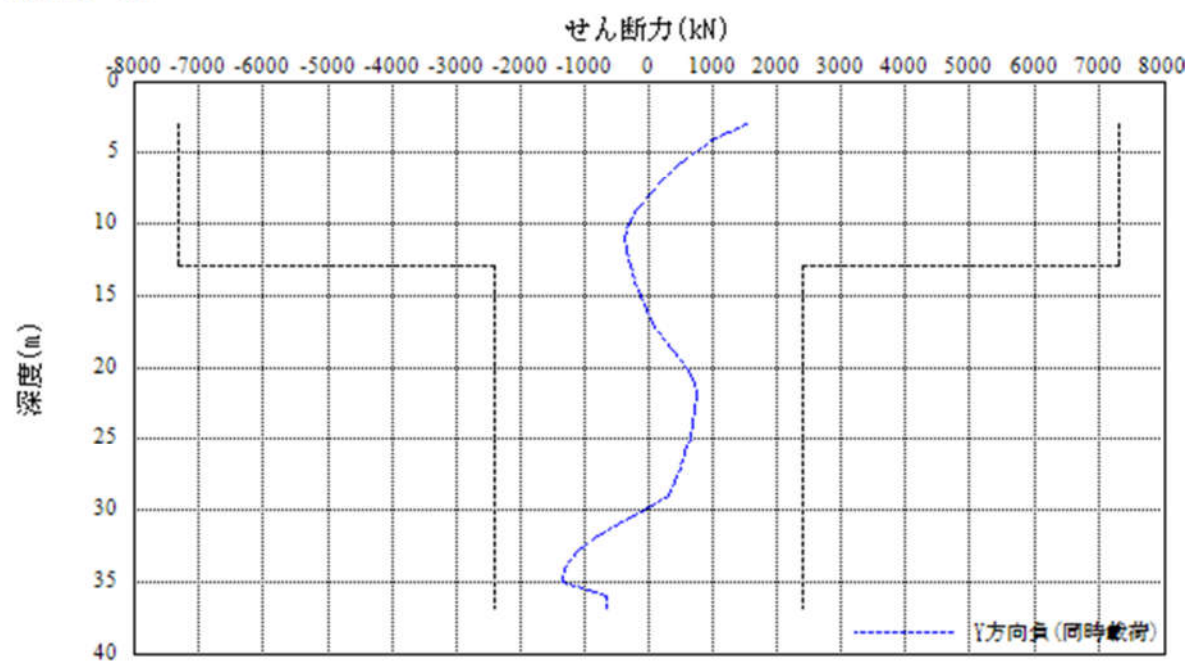
基礎位置: X1-Y2  
 杭符号: P3  
 地盤符号: S01



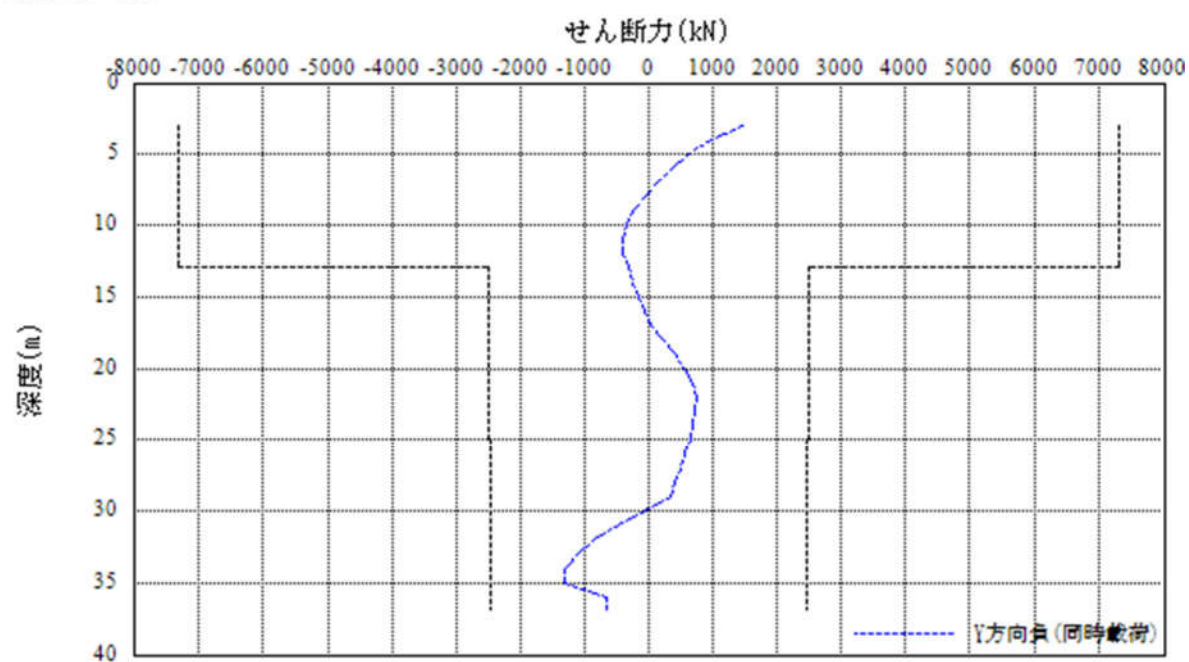


Y 方向負

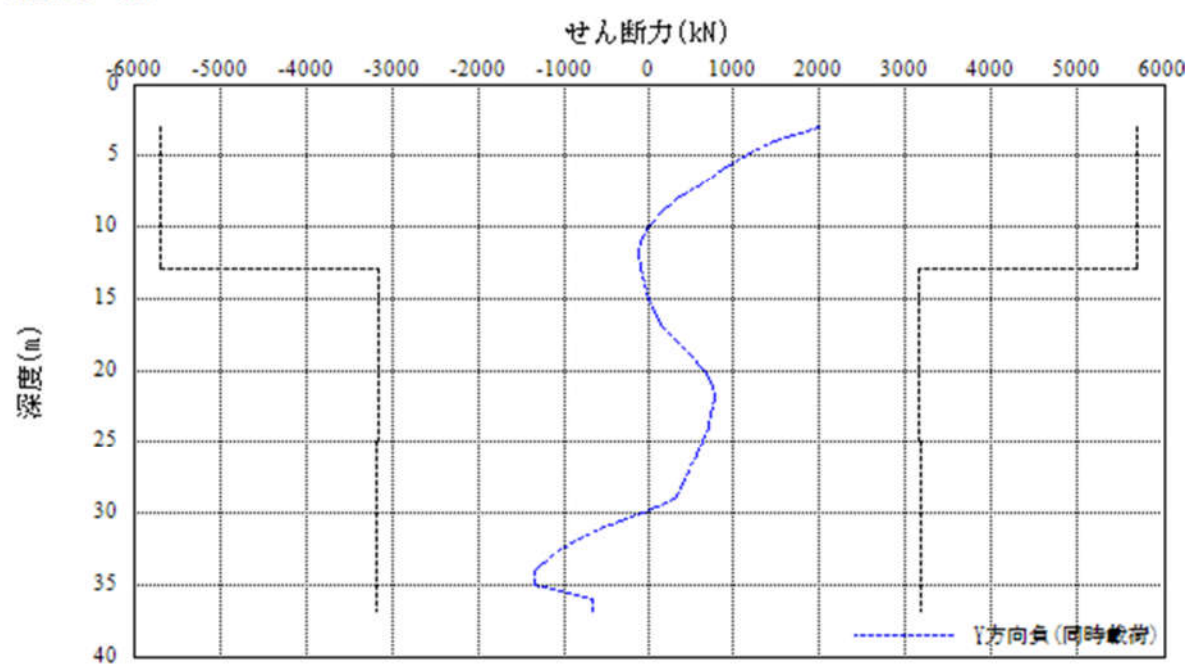
基礎位置: X6-Y3  
杭符号: P1  
地盤符号: S01



基礎位置: X3-Y3  
杭符号: P2  
地盤符号: S01



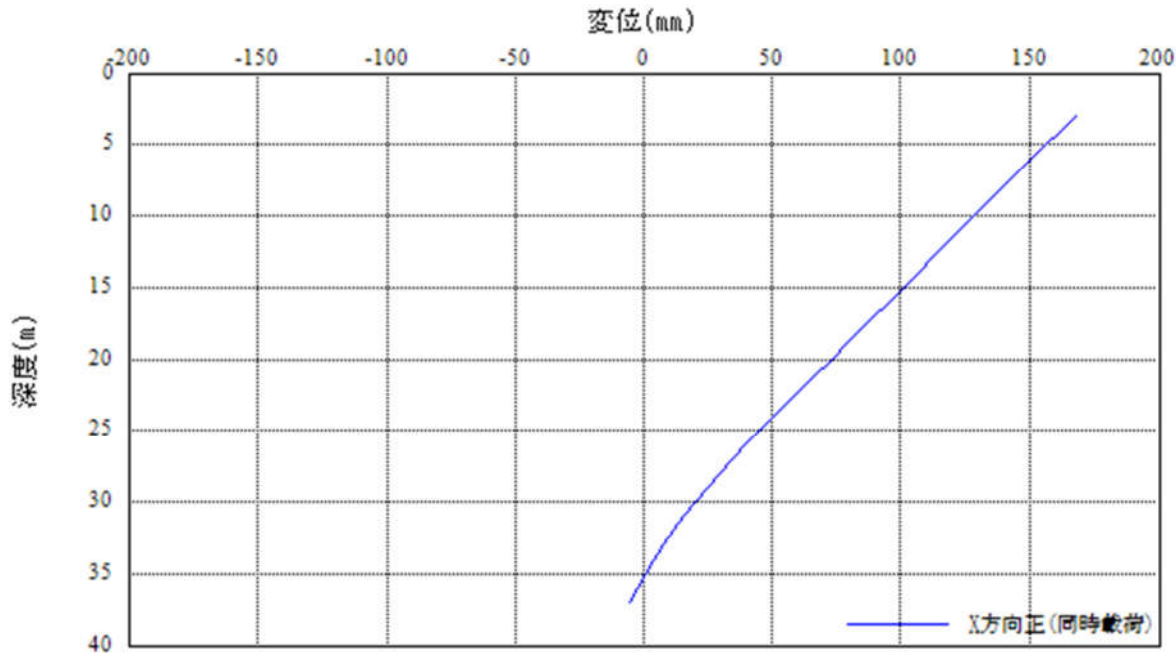
基礎位置: X1-Y2  
杭符号: P3  
地盤符号: S01



变位分布图

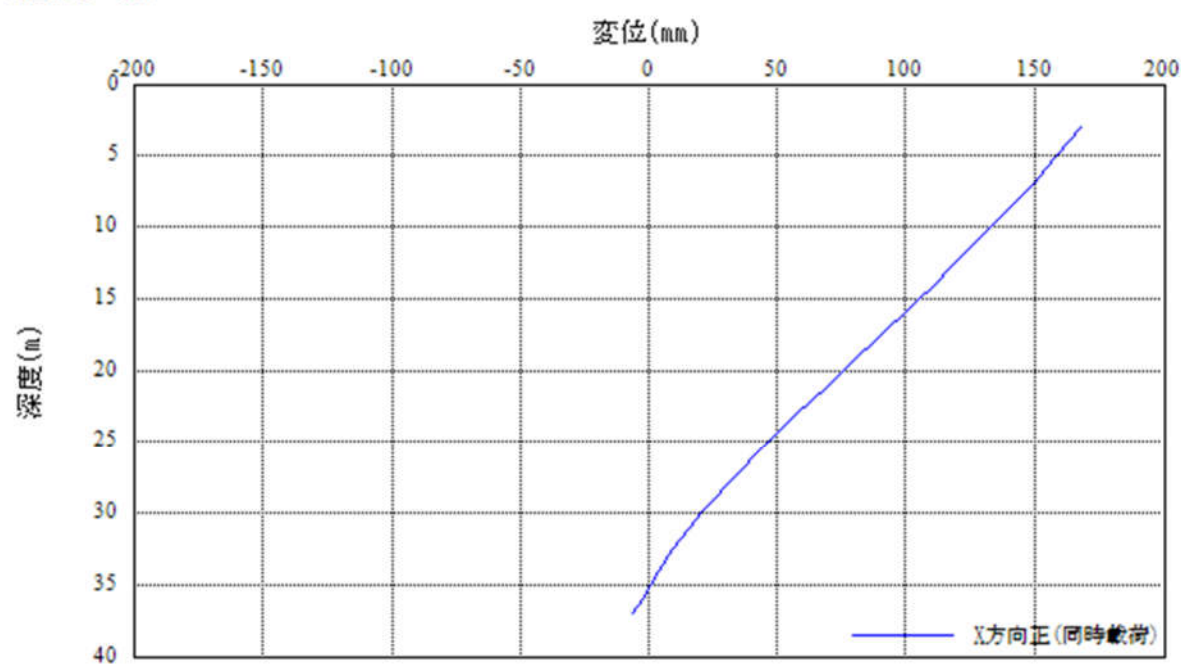
X 方向正

基准位置: X1-Y1  
杭符号: P1  
地盤符号: S01

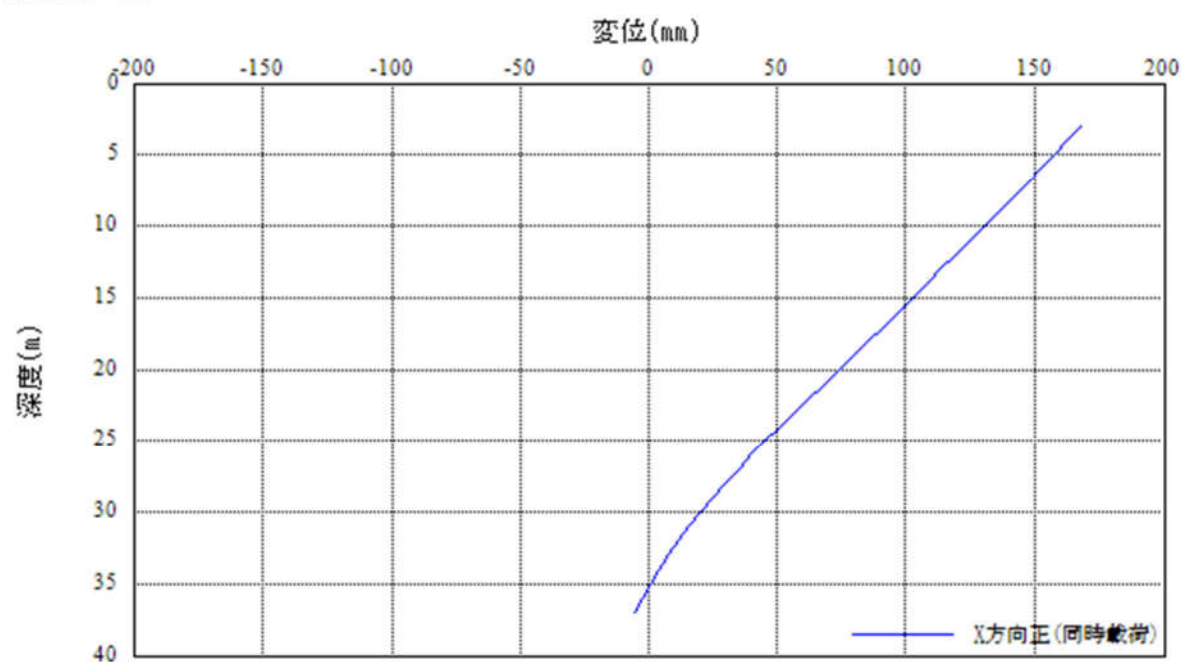




基础位置: X4-Y1  
 桩符号: P2  
 桩号符号: S01

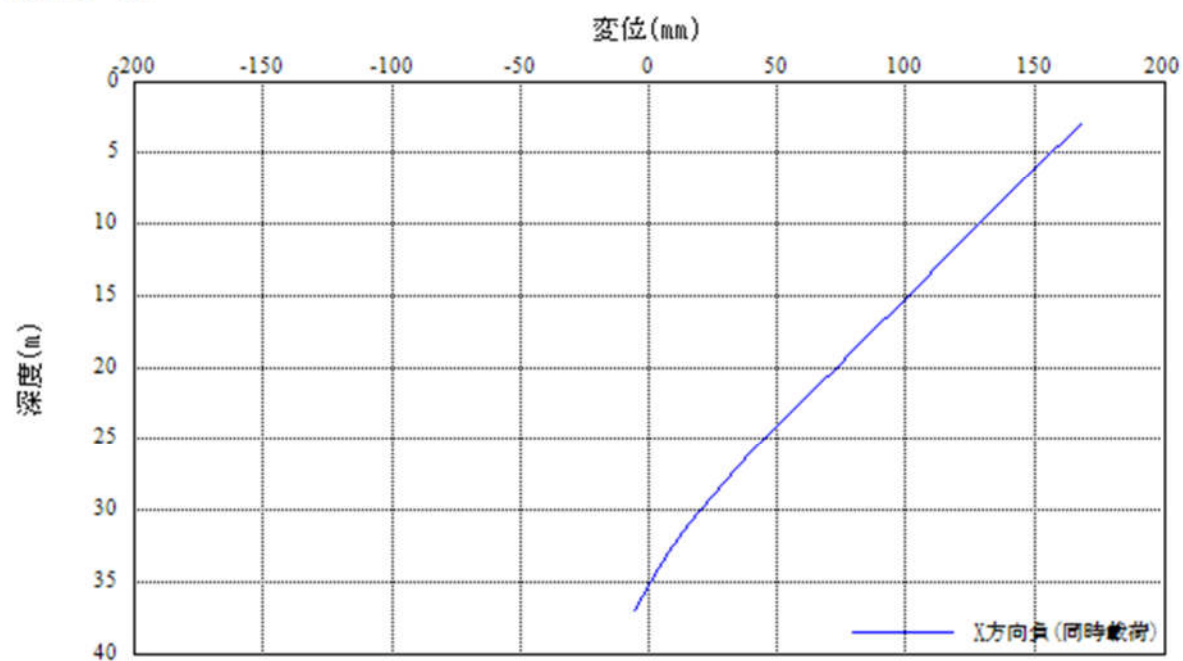


基础位置: X1-Y2  
 桩符号: P3  
 桩号符号: S01

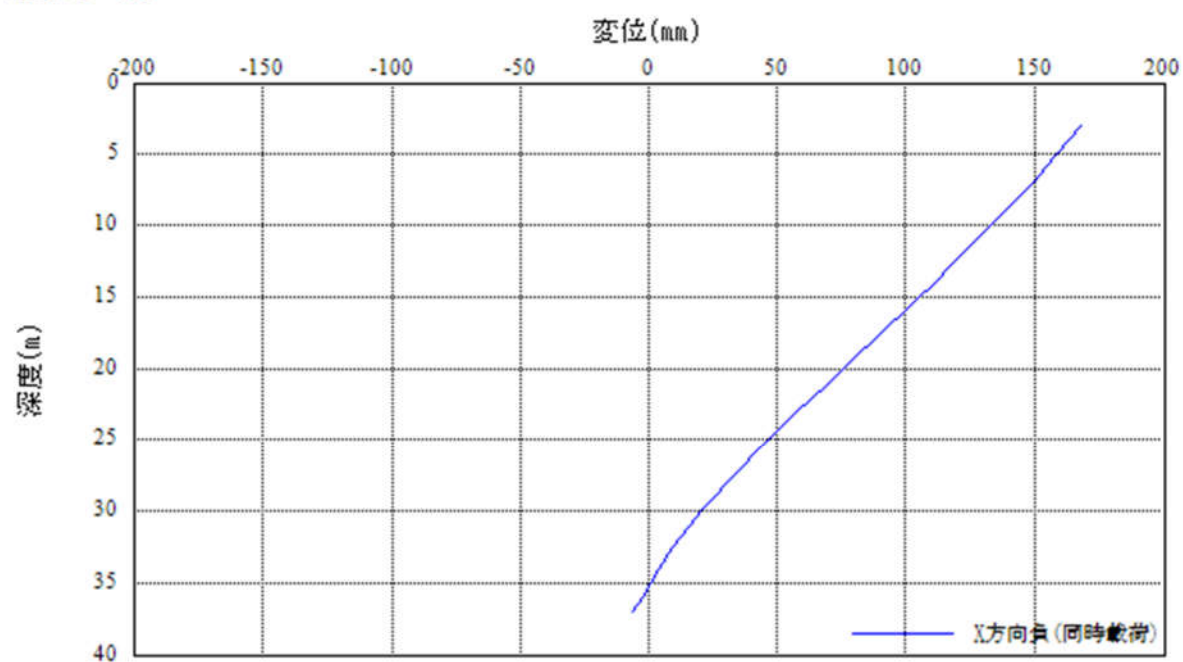


X 方向負

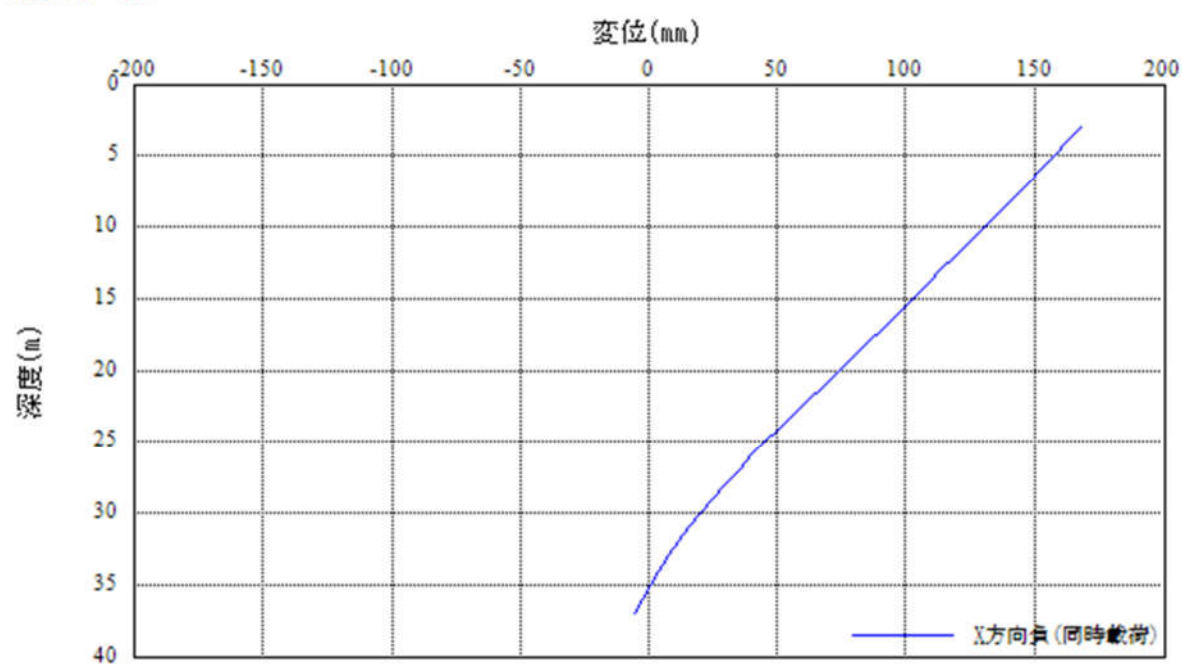
基礎位置: X6-Y1  
杭符號: P1  
地盤符號: S01



基礎位置: X3-Y1  
杭符號: P2  
地盤符號: S01

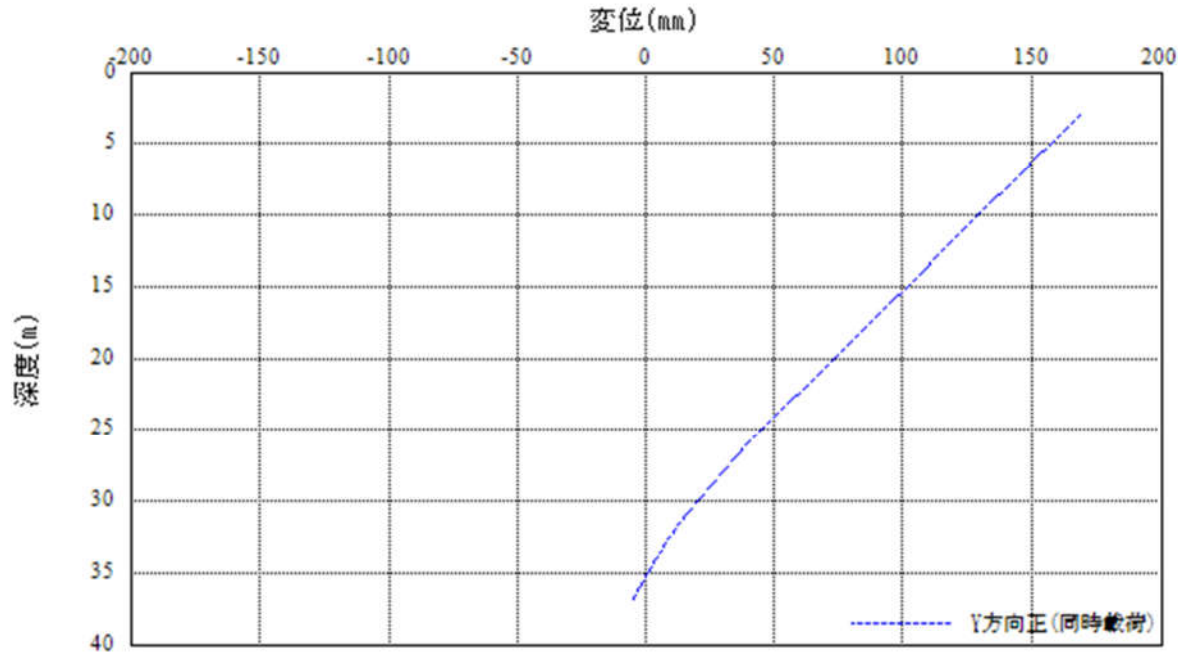


基礎位置: X6-Y2  
杭符号: P3  
地盤符号: S01

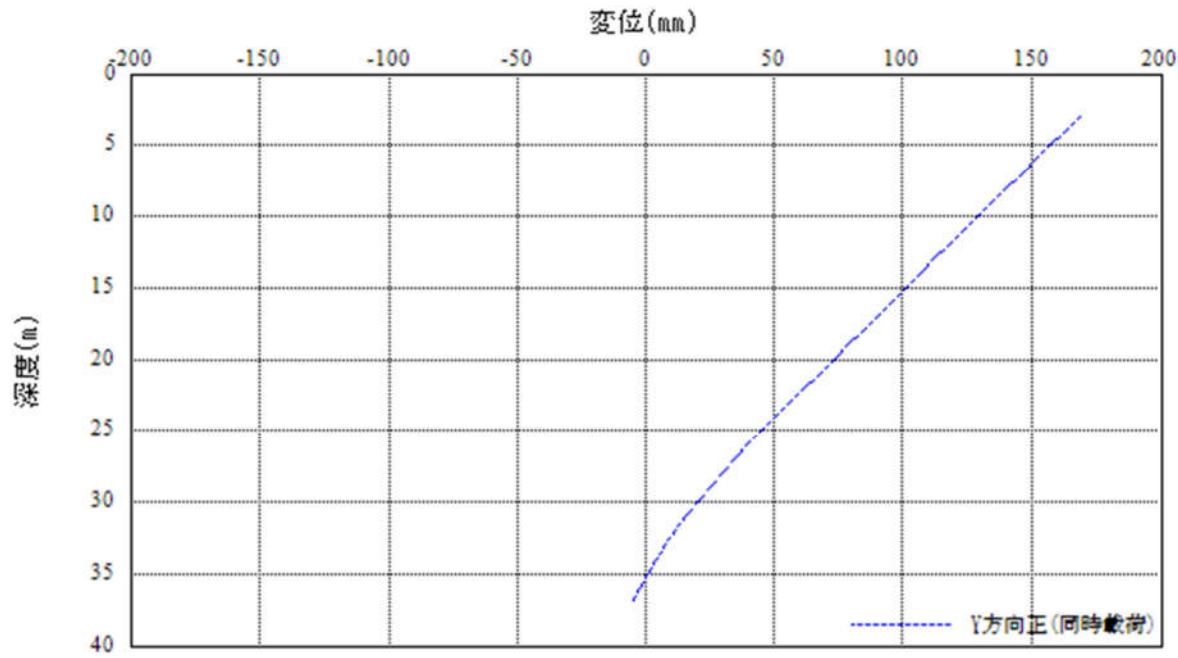


Y 方向正

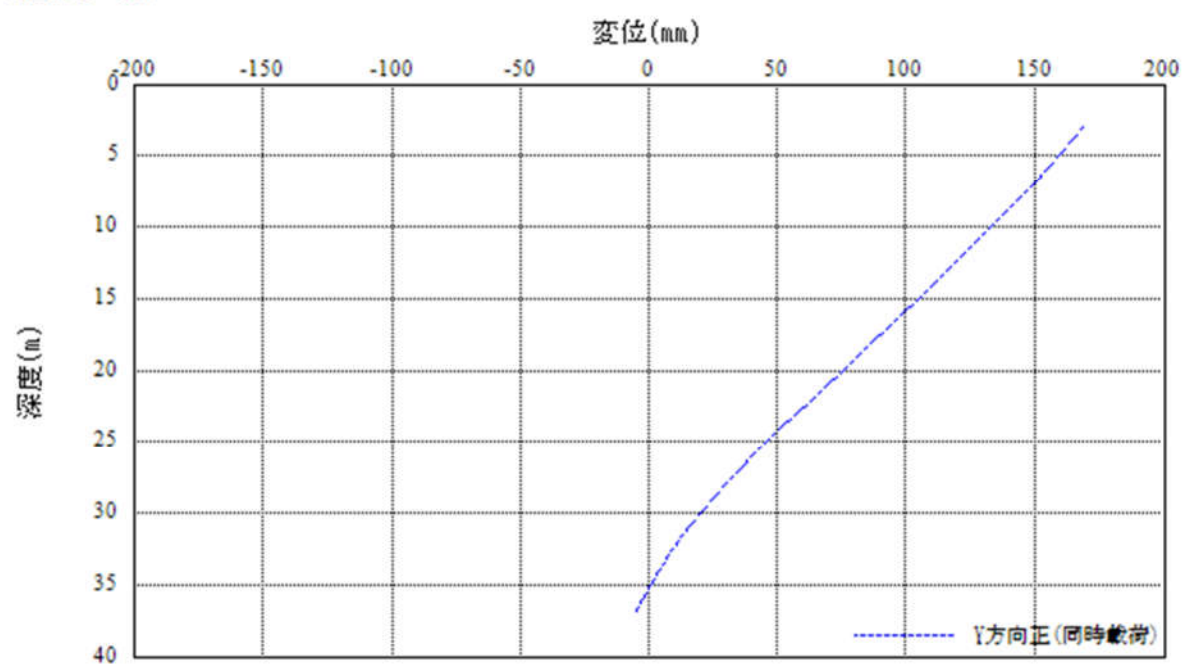
基礎位置: X1-Y1  
杭符号: P1  
地盤符号: S01



基礎位置: X3-Y1  
杭符号: P2  
地盤符号: S01

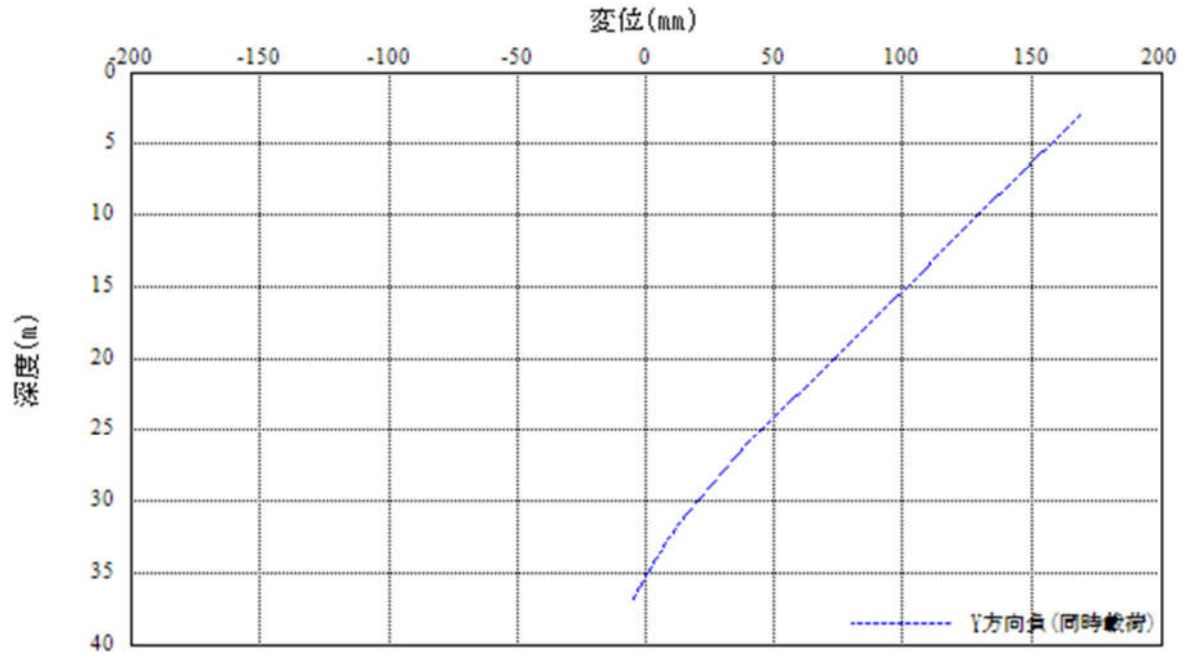


基础位置: X2-Y2  
杭符号: P3  
地盤符号: S01

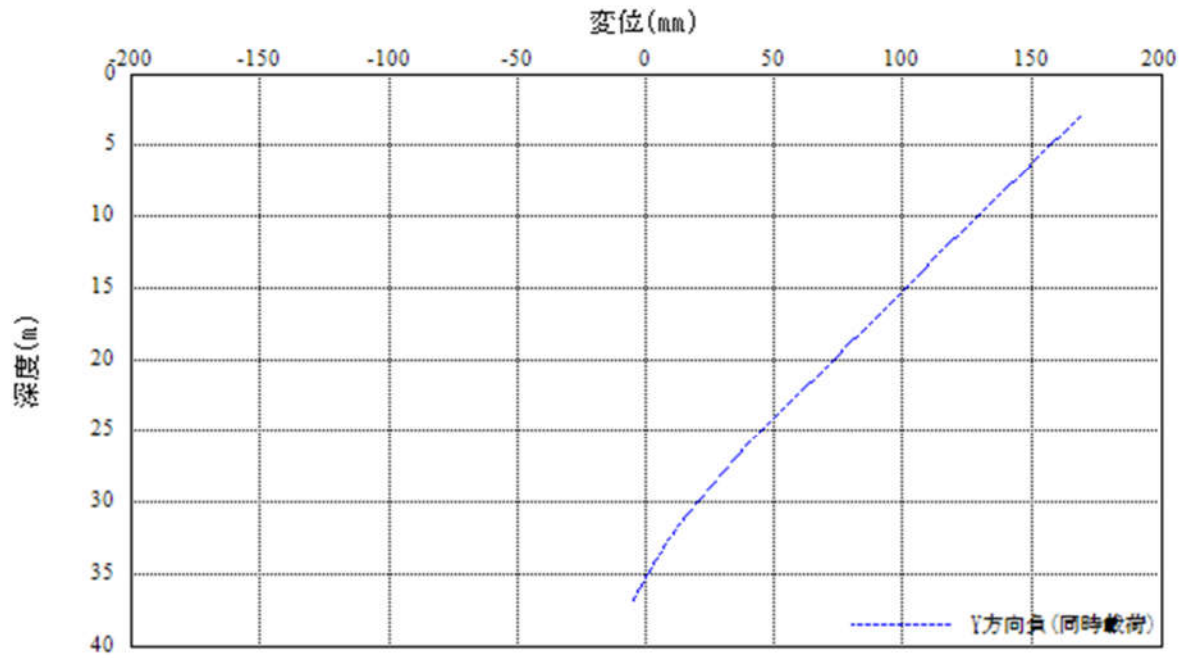


Y 方向負

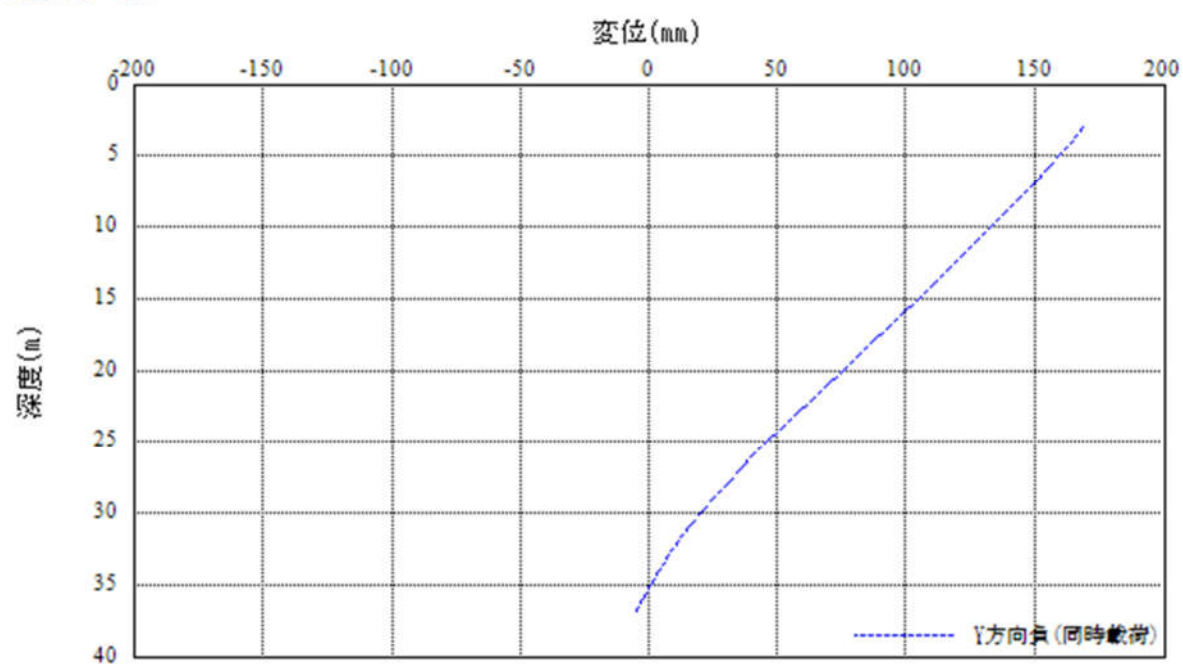
基礎位置: X6-Y3  
杭符號: P1  
地盤符號: S01



基礎位置: X3-Y3  
杭符號: P2  
地盤符號: S01



基础位置: X5-Y2  
 桩号: P3  
 桩号: S01



(3) 断面算定結果（杭リスト含む）

<短期時>

杭材の曲げモーメント検定

※各杭符号の検定比最大箇所の値（杭一本あたり）を記載

X 方向正

杭 符 号	位 置	杭 本 数	断 面	軸 径  mm	軸 力  kN/本	設計曲げ モーメント Md kN・m/本	短期許容曲げ モーメント Ma kN・m/本	検定比 Md/Ma	判 定	発生 位置  m
P1	X6-Y1	1	1	2000	15212	4343	10813	0.40	OK	0.00
			2	2000	15212	1030	10818	0.10	OK	22.00
			3	2000	15212	1030	10818	0.10	OK	22.00
			4							
			5							
P2	X5-Y1	1	1	2000	8189	3057	10078	0.30	OK	0.00
			2	2000	8189	981	10084	0.10	OK	10.00
			3	2000	8189	939	10084	0.09	OK	23.00
			4							
			5							
P3	X6-Y2	1	1	2000	11359	3448	9340	0.37	OK	0.00
			2	2000	11359	914	9344	0.10	OK	22.00
			3	2000	11359	922	9344	0.10	OK	23.00
			4							
			5							

X 方向負

杭 符 号	位 置	杭 本 数	断 面	軸 径  mm	軸 力  kN/本	設計曲げ モーメント Md kN・m/本	短期許容曲げ モーメント Ma kN・m/本	検定比 Md/Ma	判 定	発生 位置  m
P1	X1-Y1	1	1	2000	15212	4341	10813	0.40	OK	0.00
			2	2000	15212	1029	10818	0.10	OK	22.00
			3	2000	15212	1029	10818	0.10	OK	22.00
			4							
			5							
P2	X2-Y1	1	1	2000	8189	3056	10078	0.30	OK	0.00
			2	2000	8189	979	10084	0.10	OK	10.00
			3	2000	8189	939	10084	0.09	OK	23.00
			4							
			5							
P3	X1-Y2	1	1	2000	11359	3446	9340	0.37	OK	0.00
			2	2000	11359	914	9344	0.10	OK	22.00
			3	2000	11359	922	9344	0.10	OK	23.00
			4							
			5							



Y 方向正

杭 符 号	位置	杭 本 数	断 面	軸 径  mm	軸 力  kN/本	設計曲げ モーメント Md kN・m/本	短期許容曲げ モーメント Ma kN・m/本	検定比 Md/Ma	判 定	発生 位置  m
P1	X1-Y3	1	1	2000	14634	4267	10792	0.40	OK	0.00
			2	2000	14634	1027	10797	0.10	OK	22.00
			3	2000	14634	1027	10797	0.10	OK	22.00
			4							
			5							
P2	X2-Y3	1	1	2000	17256	4628	10585	0.44	OK	0.00
			2	2000	17256	1036	10590	0.10	OK	22.00
			3	2000	17256	1036	10590	0.10	OK	22.00
			4							
			5							
P3	X2-Y2	1	1	2000	9377	3092	9095	0.34	OK	0.00
			2	2000	9377	967	9099	0.11	OK	10.00
			3	2000	9377	903	9099	0.10	OK	23.00
			4							
			5							

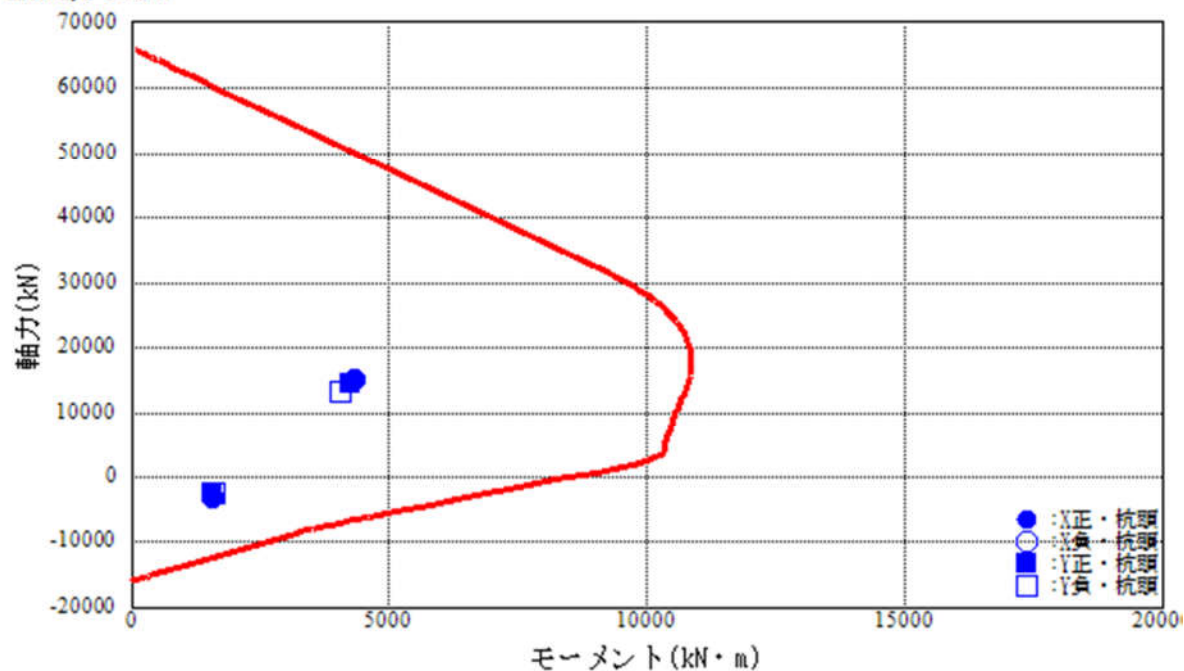
Y 方向負

杭 符 号	位置	杭 本 数	断 面	軸 径  mm	軸 力  kN/本	設計曲げ モーメント Md kN・m/本	短期許容曲げ モーメント Ma kN・m/本	検定比 Md/Ma	判 定	発生 位置  m
P1	X1-Y1	1	1	2000	13336	4072	10738	0.38	OK	0.00
			2	2000	13336	1017	10744	0.09	OK	22.00
			3	2000	13336	1017	10744	0.09	OK	22.00
			4							
			5							
P2	X3-Y1	1	1	2000	15866	4413	10547	0.42	OK	0.00
			2	2000	15866	1024	10552	0.10	OK	22.00
			3	2000	15866	1024	10552	0.10	OK	22.00
			4							
			5							
P3	X2-Y2	1	1	2000	9377	3105	9095	0.34	OK	0.00
			2	2000	9377	988	9099	0.11	OK	10.00
			3	2000	9377	906	9099	0.10	OK	23.00
			4							
			5							

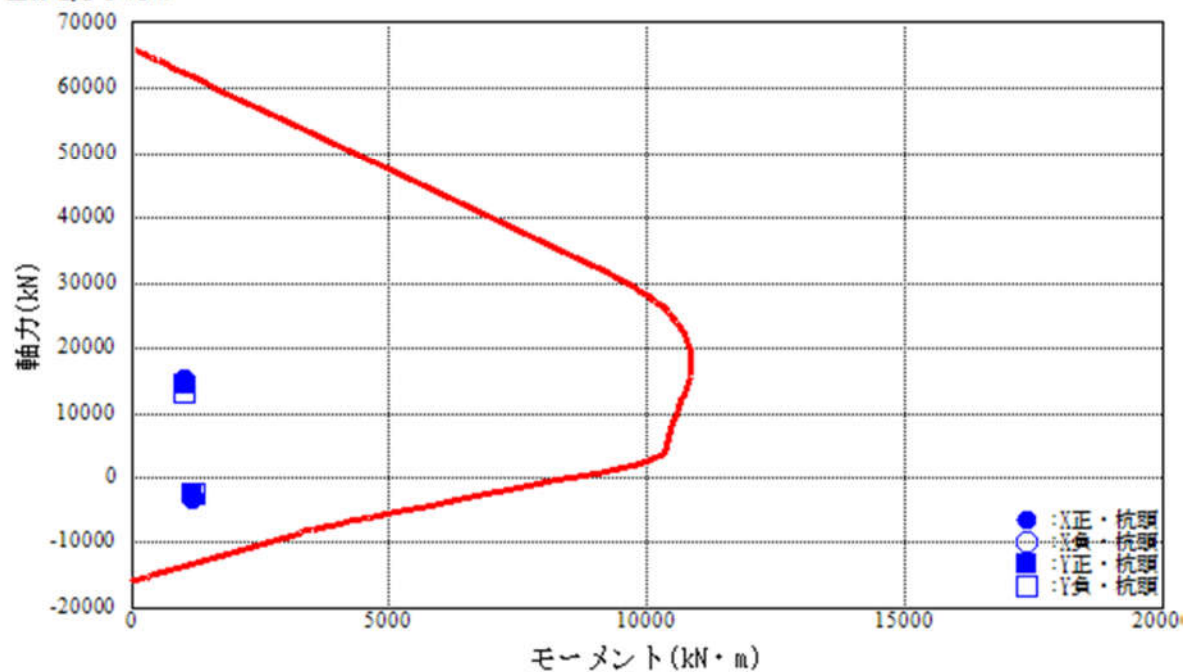
# 杭材 MN 相関図（短期）

※各符号、全ての杭の全方向の設計曲げモーメントをプロットしています。

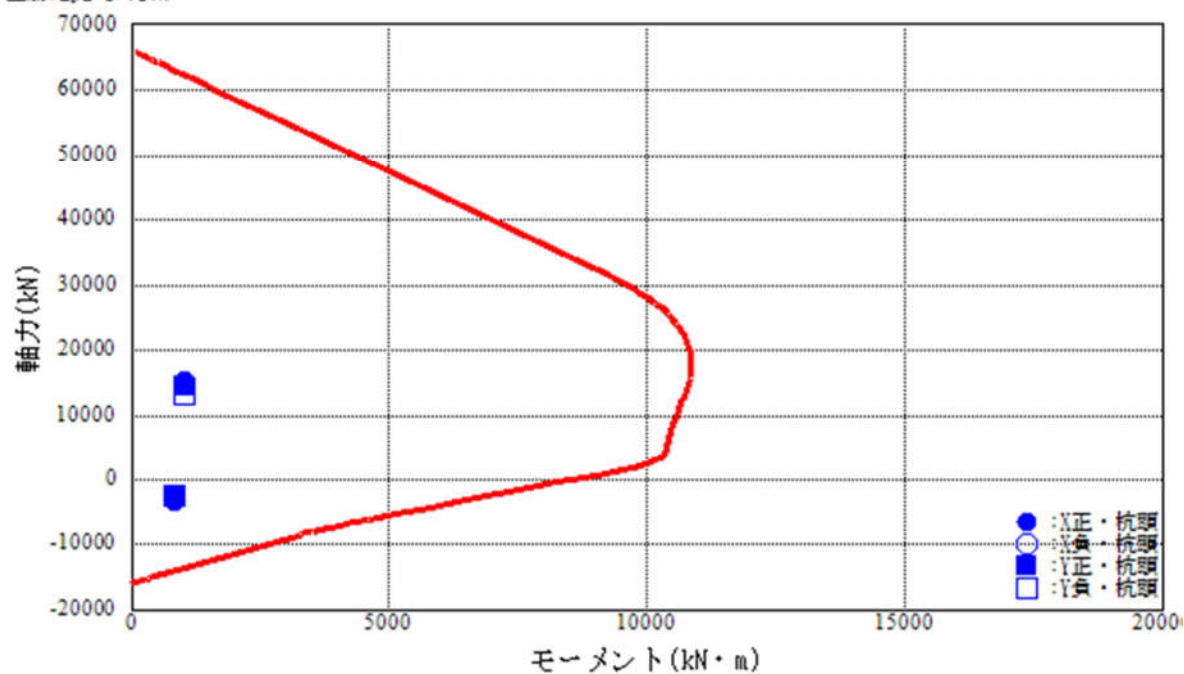
杭符号：P1  
断面位置：1  
主筋配筋：SD390-D35-43本  
主筋比 $\rho_g=1.310\%$



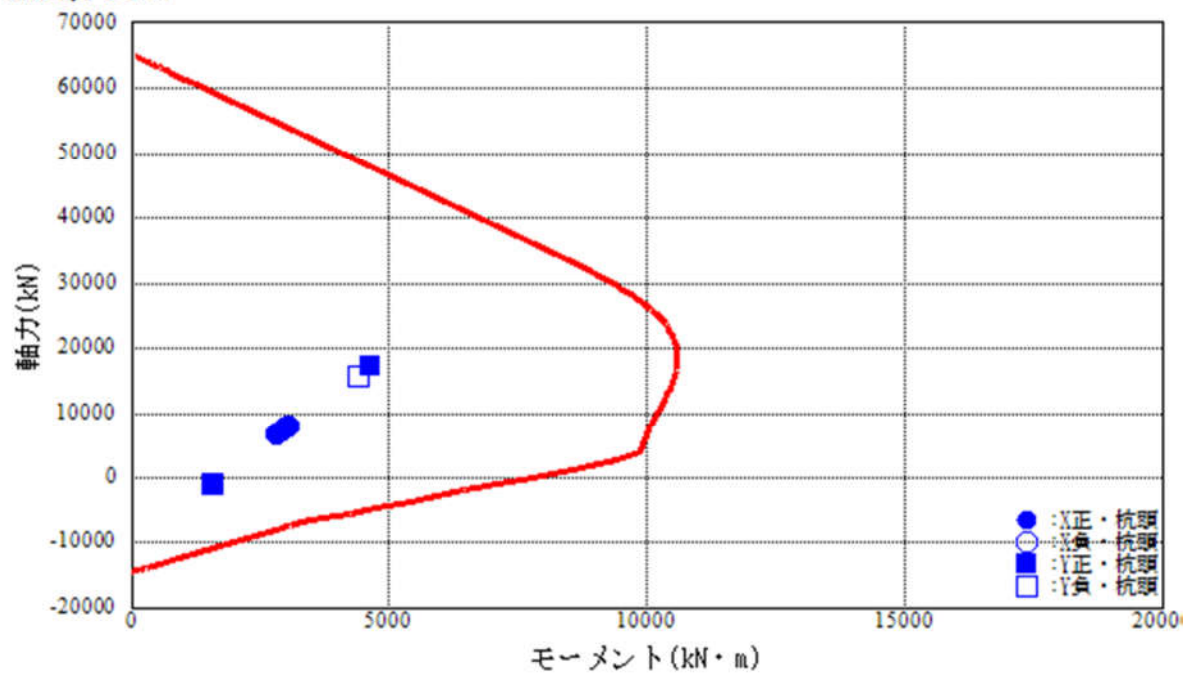
杭符号：P1  
断面位置：2  
主筋配筋：SD390-D35-43本  
主筋比 $\rho_g=1.310\%$



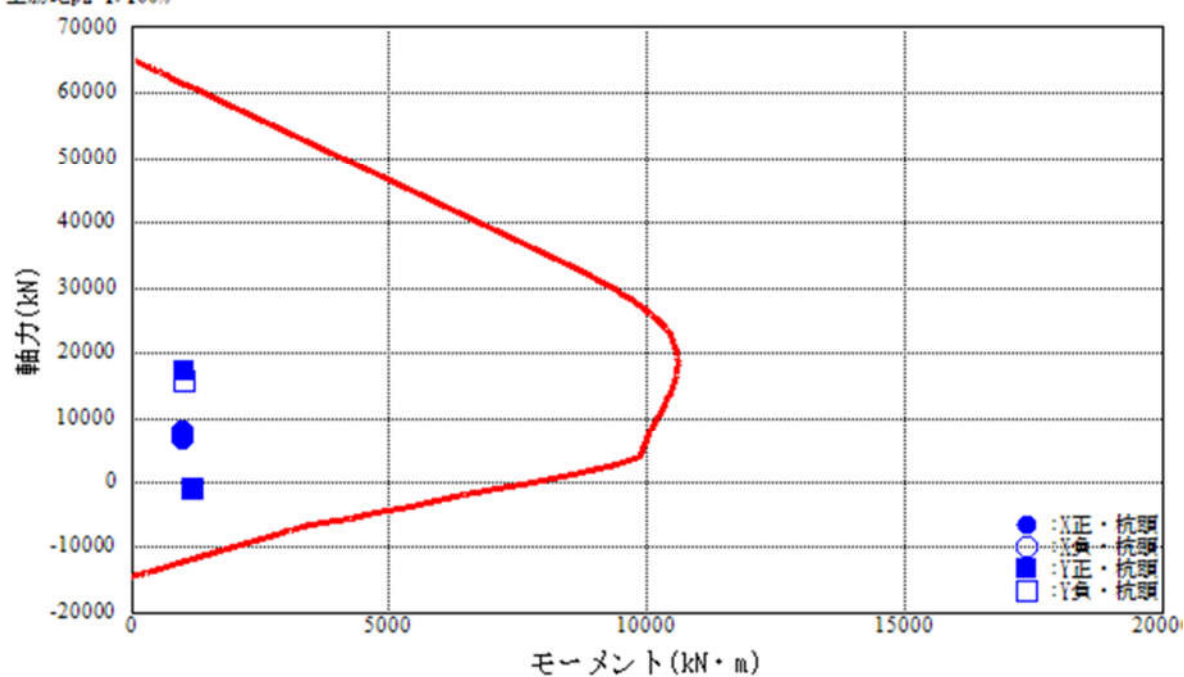
杭番号: P1  
断面位置: 3  
主筋配筋: SD390-D35-43本  
主筋比 $\rho_s=1.310\%$



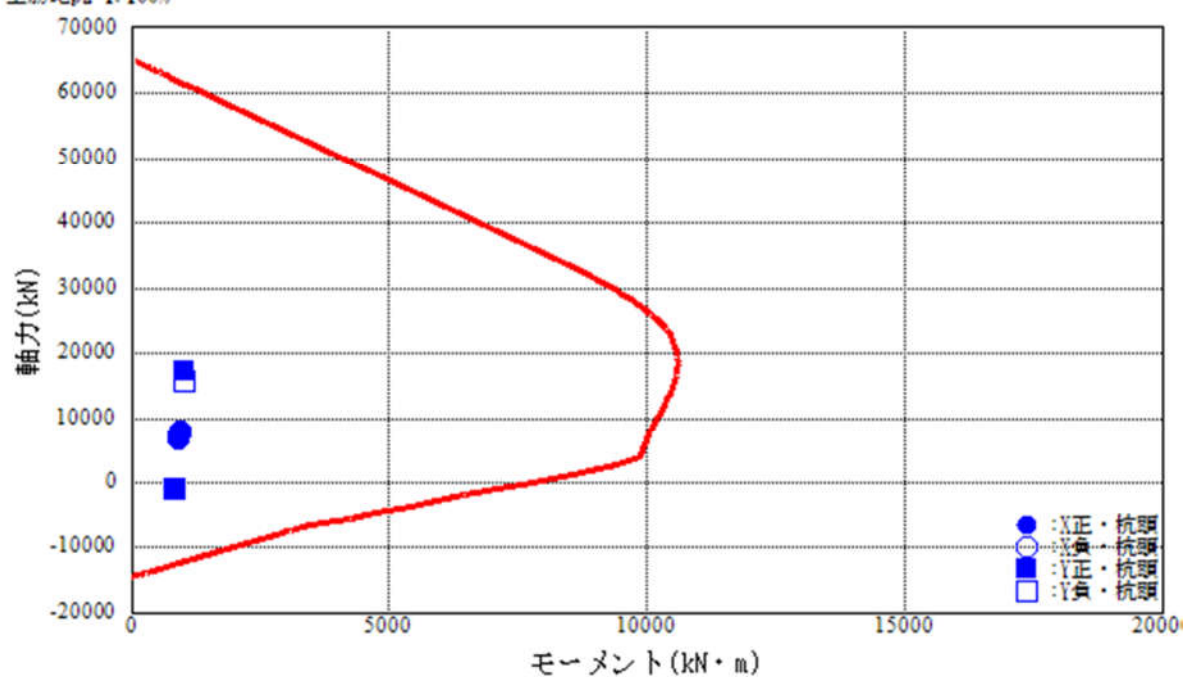
杭番号: P2  
断面位置: 1  
主筋配筋: SD390-D35-39本  
主筋比 $\rho_s=1.188\%$



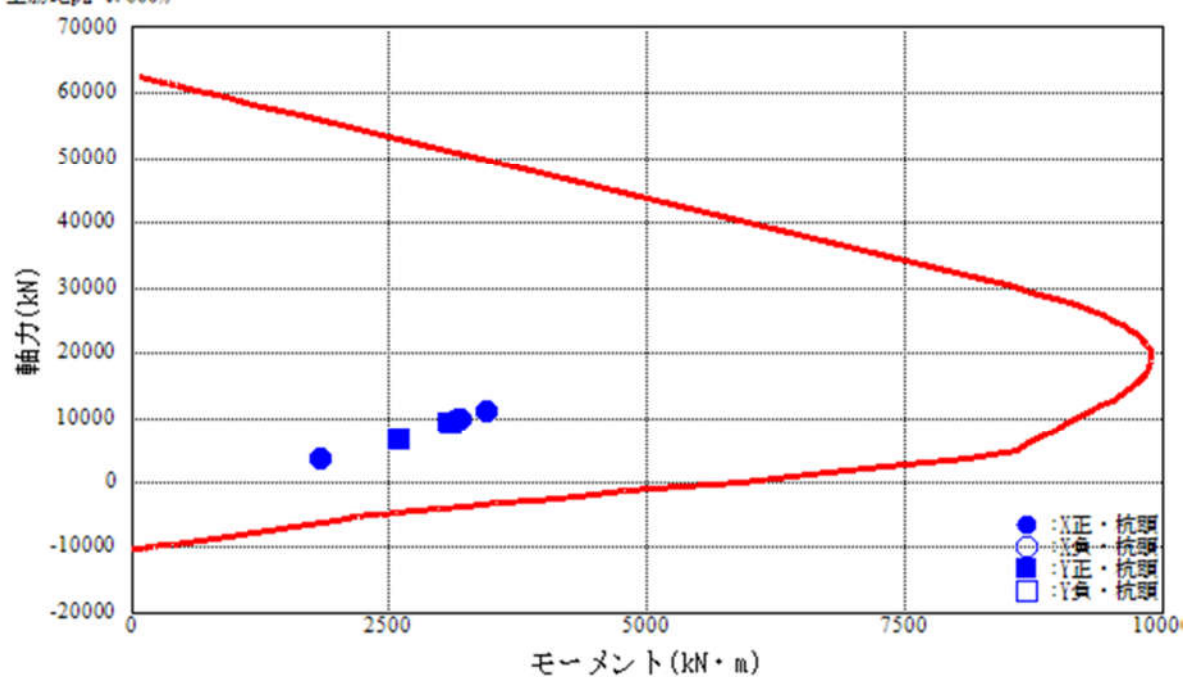
杭符号: P2  
断面位置: 2  
主筋配筋: SD390-D35-39本  
主筋比 $\rho_s=1.188\%$



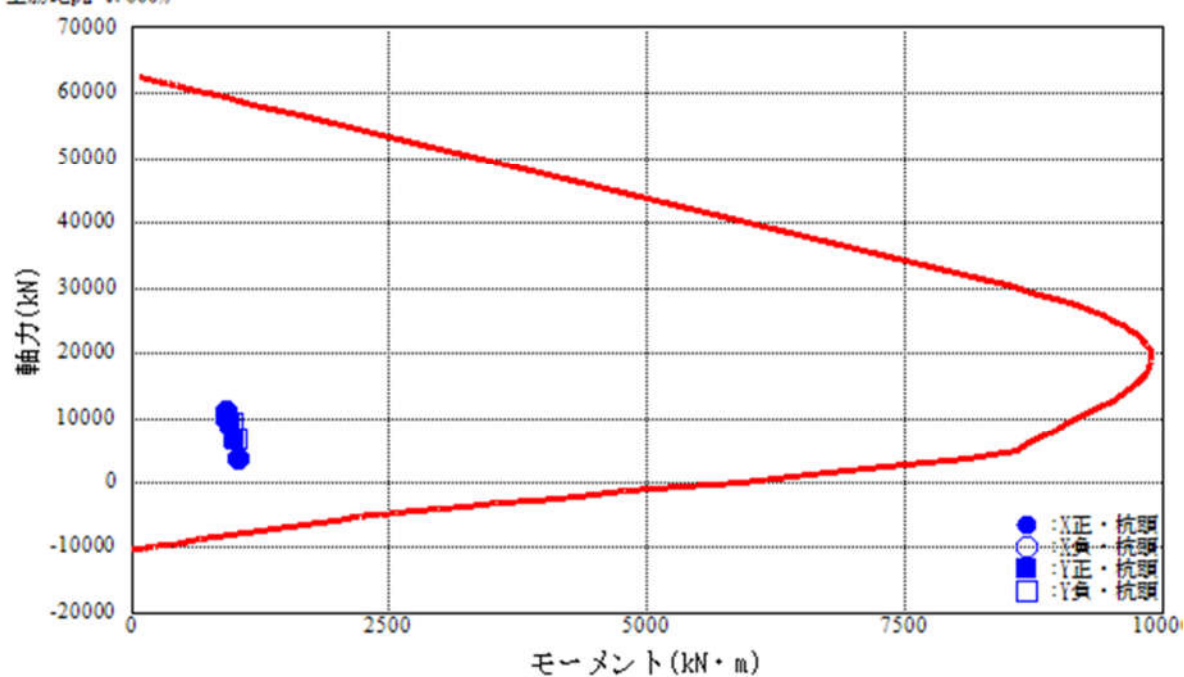
杭符号: P2  
断面位置: 3  
主筋配筋: SD390-D35-39本  
主筋比 $\rho_s=1.188\%$



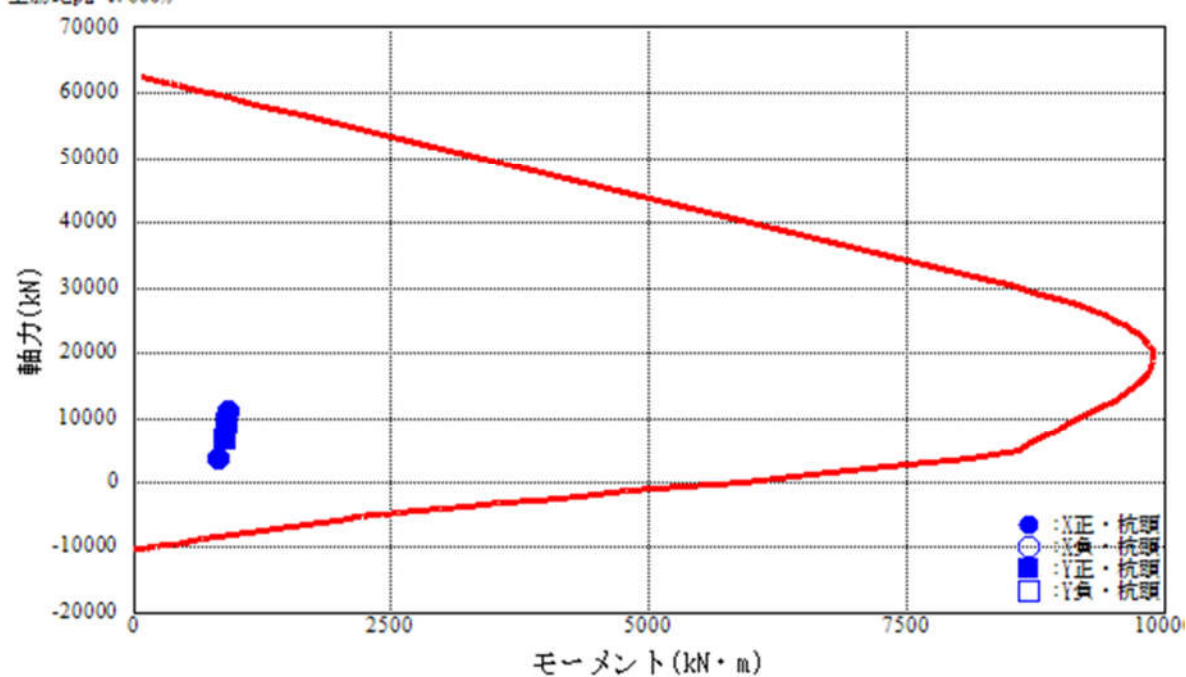
杭番号: P3  
 断面位置: 1  
 主筋配筋: SD390-D35-28本  
 主筋比 $\rho_s=0.853\%$



杭番号: P3  
 断面位置: 2  
 主筋配筋: SD390-D35-28本  
 主筋比 $\rho_s=0.853\%$



杭番号: P3  
 断面位置: 3  
 主筋配筋: SD390-D35-28本  
 主筋比 $\rho_s=0.853\%$



### 杭材のせん断検定

※各杭符号の検定比最大箇所の値（杭一本あたり）を記載

#### X 方向正

杭符号	位置	杭 本 数	断 面	軸径 mm	軸力 kN・m/ 本	せん断 力 kN/本	設計 せん断力 Qd kN/本	短期許容 せん断力 Qa kN/本	検定比 Qd/Qa	判定	発生 位置 m
P1	X6-Y1	1	1	2000	15212	1494	1494	2550	0.59	OK	0.00
			2	2000	15212	46	46	2253	0.02	OK	18.00
			3	2000	15212	164	164	2253	0.07	OK	31.00
			4								
			5								
P2	X5-Y1	1	1	2000	8189	1308	1308	2550	0.51	OK	0.00
			2	2000	8189	66	66	2253	0.03	OK	10.00
			3	2000	8189	156	156	2253	0.07	OK	31.00
			4								
			5								
P3	X6-Y2	1	1	2000	11359	1361	1361	2550	0.53	OK	0.00
			2	2000	11359	52	52	2253	0.02	OK	11.00
			3	2000	11359	153	153	2253	0.07	OK	31.00
			4								
			5								

#### X 方向負

杭符号	位置	杭 本 数	断 面	軸径 mm	軸力 kN・m/ 本	せん断 力 kN/本	設計 せん断力 Qd kN/本	短期許容 せん断力 Qa kN/本	検定比 Qd/Qa	判定	発生 位置 m
P1	X1-Y1	1	1	2000	15212	1493	1493	2550	0.59	OK	0.00
			2	2000	15212	47	47	2253	0.02	OK	18.00
			3	2000	15212	164	164	2253	0.07	OK	31.00
			4								
			5								
P2	X2-Y1	1	1	2000	8189	1306	1306	2550	0.51	OK	0.00
			2	2000	8189	66	66	2253	0.03	OK	10.00
			3	2000	8189	156	156	2253	0.07	OK	31.00
			4								
			5								
P3	X1-Y2	1	1	2000	11359	1360	1360	2550	0.53	OK	0.00
			2	2000	11359	52	52	2253	0.02	OK	11.00
			3	2000	11359	153	153	2253	0.07	OK	31.00
			4								
			5								

Y 方向正

杭符号	位置	杭 本 数	断 面	軸径 mm	軸力 kN・m/ 本	せん断 力 kN/本	設計 せん断力 Qd kN/本	短期許容 せん断力 Qa kN/本	検定比 Qd/Qa	判定	発生 位置 m
P1	X1-Y3	1	1	2000	14634	1494	1494	2550	0.59	OK	0.00
			2	2000	14634	45	45	2253	0.02	OK	18.00
			3	2000	14634	164	164	2253	0.07	OK	31.00
			4								
			5								
P2	X2-Y3	1	1	2000	17256	1545	1545	2550	0.61	OK	0.00
			2	2000	17256	45	45	2253	0.02	OK	18.00
			3	2000	17256	164	164	2253	0.07	OK	31.00
			4								
			5								
P3	X2-Y2	1	1	2000	9377	1319	1319	2550	0.52	OK	0.00
			2	2000	9377	69	69	2253	0.03	OK	10.00
			3	2000	9377	152	152	2253	0.07	OK	31.00
			4								
			5								

Y 方向負

杭符号	位置	杭 本 数	断 面	軸径 mm	軸力 kN・m/ 本	せん断 力 kN/本	設計 せん断力 Qd kN/本	短期許容 せん断力 Qa kN/本	検定比 Qd/Qa	判定	発生 位置 m
P1	X1-Y1	1	1	2000	13336	1474	1474	2550	0.58	OK	0.00
			2	2000	13336	43	43	2253	0.02	OK	18.00
			3	2000	13336	163	163	2253	0.07	OK	31.00
			4								
			5								
P2	X3-Y1	1	1	2000	15866	1523	1523	2550	0.60	OK	0.00
			2	2000	15866	43	43	2253	0.02	OK	18.00
			3	2000	15866	162	162	2253	0.07	OK	31.00
			4								
			5								
P3	X2-Y2	1	1	2000	9377	1330	1330	2550	0.52	OK	0.00
			2	2000	9377	71	71	2253	0.03	OK	10.00
			3	2000	9377	151	151	2253	0.07	OK	31.00
			4								
			5								



# 杭頭接合部検定

## <短期時>

※各杭符号の検定比最大箇所の値（杭一本あたり）を記載

### X 方向正

杭符号	位置	軸径 mm	軸力 kN/本	変位 mm	設計曲げ モーメント kN・m/本	短期許容曲げ モーメント kN・m/本	検定比	判定
P1	X6-Y1	2000	15212	25.6	5109	10944	0.47	OK
P2	X5-Y1	2000	8189	25.6	3597	8737	0.41	OK
P3	X6-Y2	2000	11359	25.6	4056	8681	0.47	OK

### X 方向負

杭符号	位置	軸径 mm	軸力 kN/本	変位 mm	設計曲げ モーメント kN・m/本	短期許容曲げ モーメント kN・m/本	検定比	判定
P1	X1-Y1	2000	15212	25.6	5107	10944	0.47	OK
P2	X2-Y1	2000	8189	25.6	3595	8737	0.41	OK
P3	X1-Y2	2000	11359	25.6	4054	8681	0.47	OK

### Y 方向正

杭符号	位置	軸径 mm	軸力 kN/本	変位 mm	設計曲げ モーメント kN・m/本	短期許容曲げ モーメント kN・m/本	検定比	判定
P1	X1-Y3	2000	14634	25.7	5020	10834	0.46	OK
P2	X2-Y3	2000	17256	25.7	5445	10918	0.50	OK
P3	X1-Y2	2000	6893	25.7	3040	6673	0.46	OK

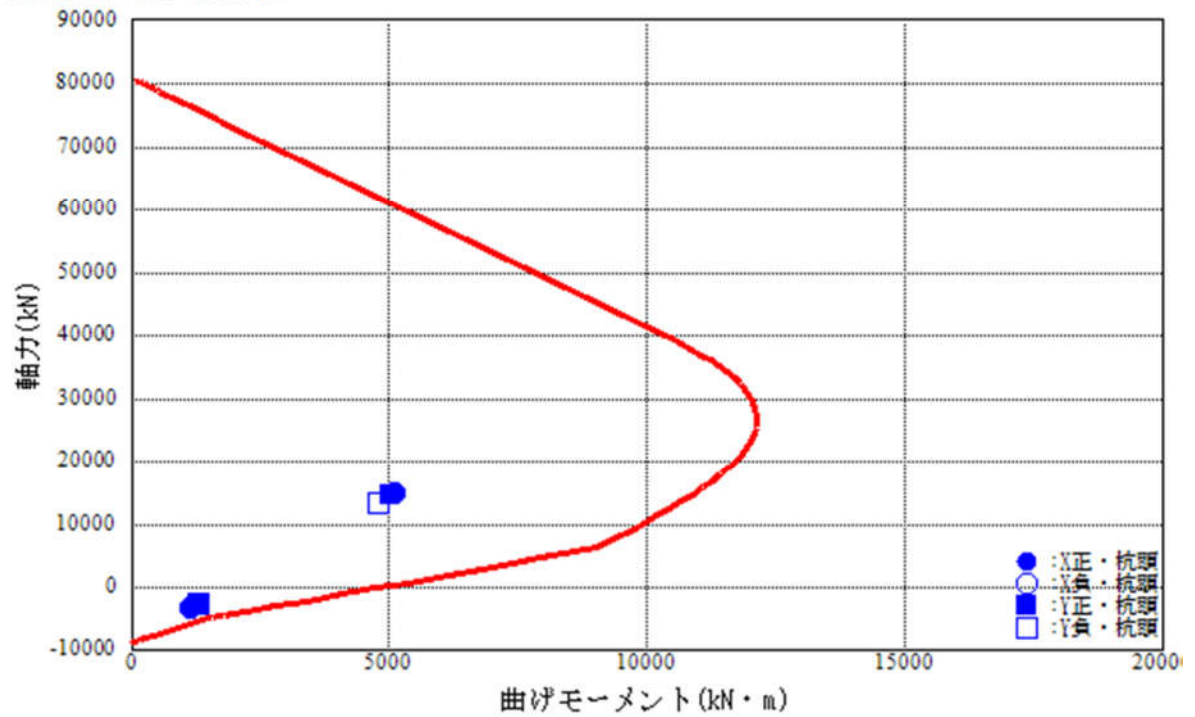
### Y 方向負

杭符号	位置	軸径 mm	軸力 kN/本	変位 mm	設計曲げ モーメント kN・m/本	短期許容曲げ モーメント kN・m/本	検定比	判定
P1	X1-Y1	2000	13336	25.8	4790	10575	0.45	OK
P2	X3-Y1	2000	15866	25.8	5191	10645	0.49	OK
P3	X1-Y2	2000	6893	25.8	3055	6673	0.46	OK

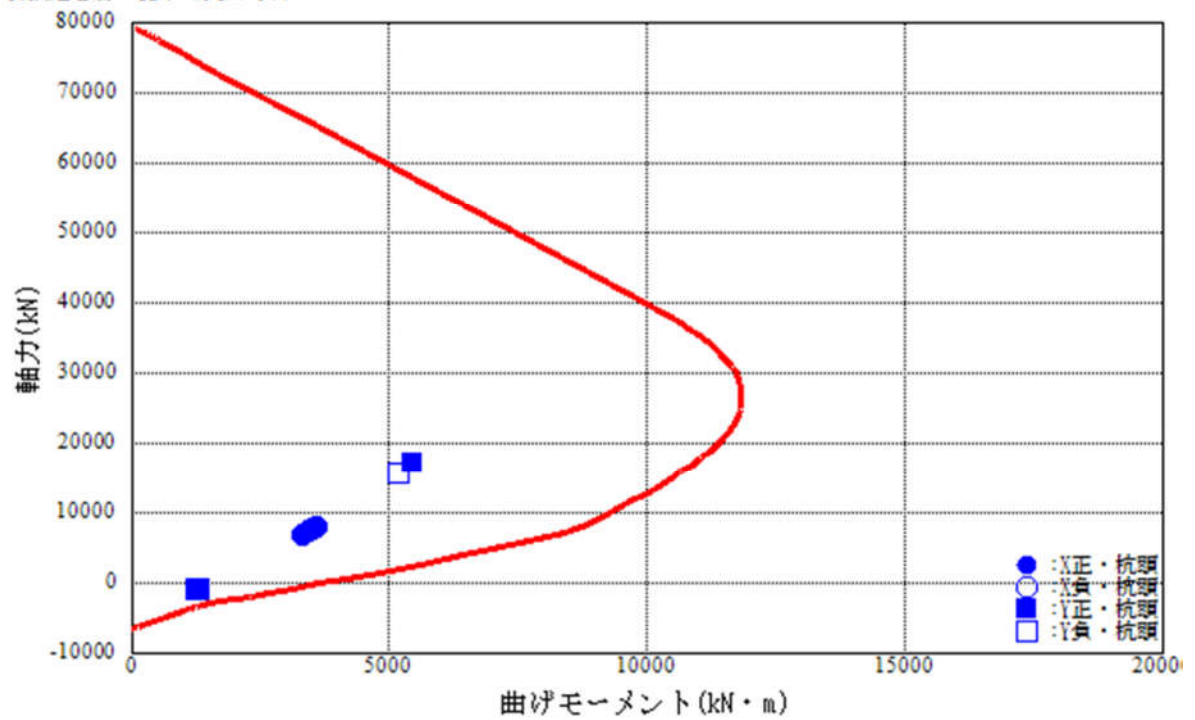
# 杭頭接合部 MN 相関図（短期）

※各符号、全ての杭の全方向の設計曲げモーメントをプロットしています。

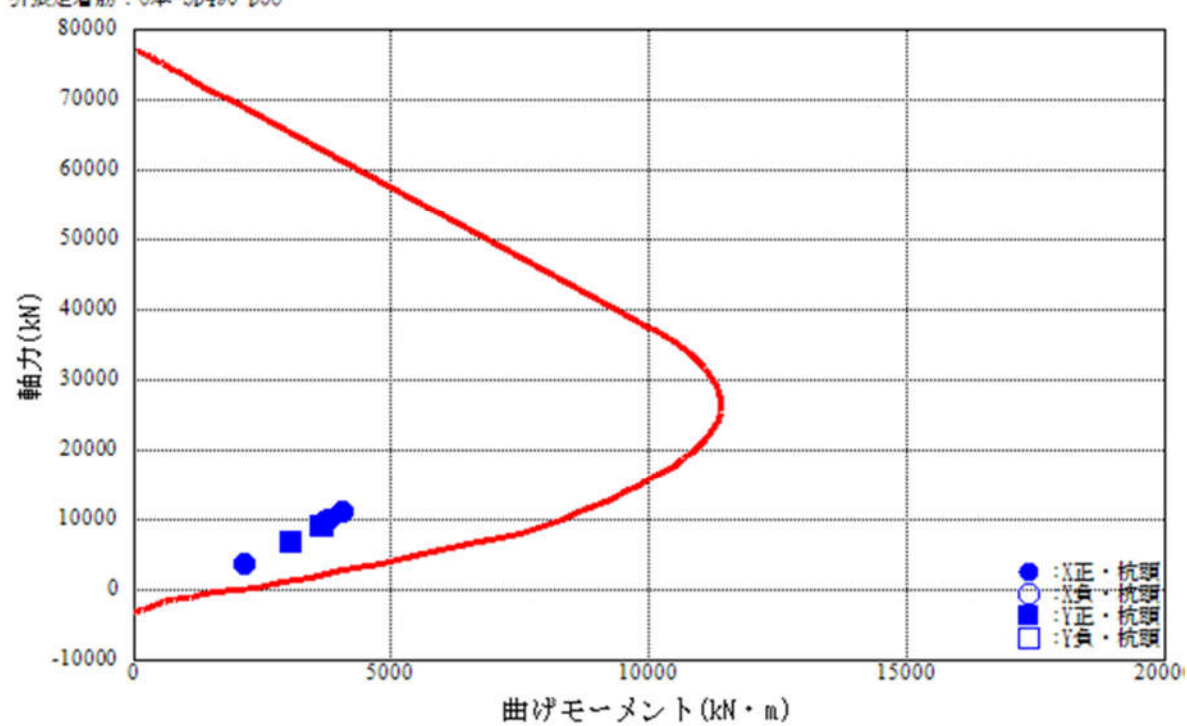
杭符号：P1  
引張定着筋：16本-SD490 D38



杭符号：P2  
引張定着筋：12本-SD490 D38



杭符号: P3  
引張定着筋: 6本-SD490 D38



# 杭頭引張定着筋検定

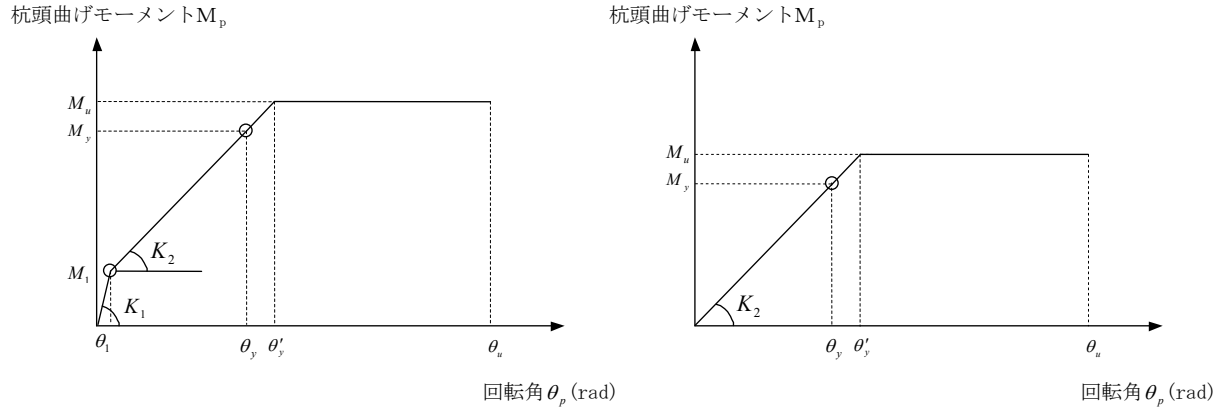
杭 符号	位置	杭径	引張定着筋					杭 本数	引張定着筋の引張耐力			最大 引張 荷重 kN	検定比	判 定
			配置 径 tD mm	本 数	鉄筋 強度	鉄筋径	鉄筋長 mm		降伏点 kN	鉄筋の 短期許容 付着力 kN	鉄筋の 短期許容荷重 kN			
P1	X1- Y1	2000	1530	16	SD490	D38	2400	1	490	-	8938	-3263	0.37	OK
P2	X2- Y1	2000	1530	12	SD490	D38	2400	1	490	-	6703	-932	0.14	OK
P2	X3- Y1	2000	1530	12	SD490	D38	2400	1	490	-	6703	-1073	0.16	OK
P2	X4- Y1	2000	1530	12	SD490	D38	2400	1	490	-	6703	-1073	0.16	OK
P2	X5- Y1	2000	1530	12	SD490	D38	2400	1	490	-	6703	-932	0.14	OK
P1	X6- Y1	2000	1530	16	SD490	D38	2400	1	490	-	8938	-3263	0.37	OK
P3	X1- Y2	2000	1530	6	SD490	D38	2400	1	490	-	3352	0	-	-
P3	X2- Y2	2000	1530	6	SD490	D38	2400	1	490	-	3352	0	-	-
P3	X3- Y2	2000	1530	6	SD490	D38	2400	1	490	-	3352	0	-	-
P3	X4- Y2	2000	1530	6	SD490	D38	2400	1	490	-	3352	0	-	-
P3	X5- Y2	2000	1530	6	SD490	D38	2400	1	490	-	3352	0	-	-
P3	X6- Y2	2000	1530	6	SD490	D38	2400	1	490	-	3352	0	-	-
P1	X1- Y3	2000	1530	16	SD490	D38	2400	1	490	-	8938	-3263	0.37	OK
P2	X2- Y3	2000	1530	12	SD490	D38	2400	1	490	-	6703	-932	0.14	OK
P2	X3- Y3	2000	1530	12	SD490	D38	2400	1	490	-	6703	-1073	0.16	OK
P2	X4- Y3	2000	1530	12	SD490	D38	2400	1	490	-	6703	-1073	0.16	OK
P2	X5- Y3	2000	1530	12	SD490	D38	2400	1	490	-	6703	-932	0.14	OK
P1	X6- Y3	2000	1530	16	SD490	D38	2400	1	490	-	8938	-3263	0.37	OK

杭頭回転角、PC リング 検定表

基礎 No	位置	杭 符 号	軸径  mm	杭頭設計用 せん断力				PC リ ン グ タ イ プ	パイル キャ ップ 最小 へりあ き  mm	PC リング 短期許 容 せん断 耐力  kN	検 定 比 最 大 値	判 定	杭頭回転角			検 定 比 最 大 値	判 定	固定度			
				X 正	X 負	Y 正	Y 負						X 方向 加力時最 大	Y 方向 加力時最 大	限界 回転角			X 正	X 負	Y 正	Y 負
				kN	kN	kN	kN						rad	rad	rad						
1	X1-Y1	P1	2000	1008	1493	1035	1474	N	300	2060	0.72	OK	0.00133	0.00132	0.04	0.03	OK	0.219	0.697	0.240	0.661
2	X2-Y1	P2	2000	1275	1306	1033	1523	N	300	2060	0.74	OK	0.00099	0.00133	0.04	0.03	OK	0.524	0.554	0.242	0.701
3	X3-Y1	P2	2000	1289	1305	1029	1523	N	300	2060	0.74	OK	0.00097	0.00133	0.04	0.03	OK	0.537	0.552	0.237	0.701
4	X4-Y1	P2	2000	1306	1288	1029	1523	N	300	2060	0.74	OK	0.00097	0.00133	0.04	0.03	OK	0.552	0.537	0.237	0.701
5	X5-Y1	P2	2000	1308	1296	1033	1523	N	300	2060	0.74	OK	0.00096	0.00133	0.04	0.03	OK	0.554	0.544	0.242	0.701
6	X6-Y1	P1	2000	1494	1007	1035	1474	N	300	2060	0.73	OK	0.00133	0.00132	0.04	0.03	OK	0.697	0.219	0.240	0.661
7	X1-Y2	P3	2000	1123	1360	1245	1255	N	300	2060	0.66	OK	0.00117	0.00105	0.04	0.03	OK	0.377	0.616	0.498	0.497
8	X2-Y2	P3	2000	1317	1320	1319	1330	N	300	2060	0.65	OK	0.00092	0.00096	0.04	0.02	OK	0.578	0.582	0.567	0.566
9	X3-Y2	P3	2000	1316	1325	1318	1329	N	300	2060	0.64	OK	0.00092	0.00096	0.04	0.02	OK	0.577	0.586	0.566	0.564
10	X4-Y2	P3	2000	1326	1315	1318	1329	N	300	2060	0.64	OK	0.00092	0.00096	0.04	0.02	OK	0.586	0.578	0.566	0.564
11	X5-Y2	P3	2000	1321	1316	1319	1330	N	300	2060	0.65	OK	0.00092	0.00096	0.04	0.02	OK	0.581	0.578	0.567	0.566
12	X6-Y2	P3	2000	1361	1122	1245	1255	N	300	2060	0.66	OK	0.00117	0.00105	0.04	0.03	OK	0.616	0.377	0.498	0.497
13	X1-Y3	P1	2000	1008	1493	1494	1046	N	300	2060	0.73	OK	0.00133	0.00134	0.04	0.03	OK	0.219	0.697	0.685	0.240
14	X2-Y3	P2	2000	1275	1306	1545	1043	N	300	2060	0.75	OK	0.00099	0.00134	0.04	0.03	OK	0.524	0.554	0.726	0.243
15	X3-Y3	P2	2000	1289	1305	1545	1039	N	300	2060	0.75	OK	0.00097	0.00134	0.04	0.03	OK	0.537	0.552	0.726	0.237
16	X4-Y3	P2	2000	1306	1288	1545	1039	N	300	2060	0.75	OK	0.00097	0.00134	0.04	0.03	OK	0.552	0.537	0.726	0.237
17	X5-Y3	P2	2000	1308	1274	1545	1043	N	300	2060	0.75	OK	0.00099	0.00134	0.04	0.03	OK	0.554	0.525	0.726	0.243
18	X6-Y3	P1	2000	1494	1007	1494	1046	N	300	2060	0.73	OK	0.00133	0.00134	0.04	0.03	OK	0.697	0.219	0.685	0.240

## 杭頭回転ばね（場所打ち杭）

杭頭回転特性は、下図に示す杭頭曲げモーメント と回転角 の関係により評価する。



(a)圧縮軸力時

(b)引張軸力時

杭頭曲げモーメント  $M_p$  と回転角  $\theta_p$  の関係

ここに、  $K_1$  :杭頭接合部の等価初期回転剛性

$K_2$  :杭頭接合部の圧縮軸力時における 2 次回転剛性  $K_2 = \frac{M_y - M_1}{\theta_y - \theta_1}$

あるいは、引張軸力時における初期回転剛性  $K_2 = \frac{M_y}{\theta_y}$

$M_1$  :離間時曲げモーメント

$M_y$  :降伏時曲げモーメント

$M_u$  :終局時曲げモーメント

$\theta_1$  :離間時回転角

$\theta_y$  :降伏時回転角

$\theta_y$  :終局時回転角

$\theta_u$  :限界回転角 (=0.04rad)

基礎 No.ごとの杭頭回転特性を以下に示す。

基礎 No.	位置	杭 符 号	杭 本 数	方向		軸力  kN/本	初期 回轉剛性  kN・m/rad	離間時  M  kN・m	二次 回轉剛性  kN・m/rad	降伏時  M  kN・m	降伏時 回轉角  rad	終局時  M  kN・m
1	X1-Y1	P1	1	X	正	-3263	19928242	0	870372	2753	0.003	4722
					負	15212	19928242	3803	2457376	13778	0.004	17014
				Y	正	-2707	19928242	0	978296	3168	0.003	5159
					負	13336	19928242	3334	2315381	13170	0.004	16022
2	X2-Y1	P2	1	X	正	7010	19928242	1753	1753771	8651	0.004	10724
					負	8189	19928242	2047	1830564	9380	0.004	11495
				Y	正	-932	19928242	0	977842	3252	0.003	4848
					負	15865	19928242	3966	2302294	13242	0.004	16038
3	X3-Y1	P2	1	X	正	7505	19928242	1876	1786494	8958	0.004	11050
					負	8125	19928242	2031	1826766	9341	0.004	11454
				Y	正	-1073	19928242	0	950924	3148	0.003	4735
					負	15866	19928242	3967	2302394	13242	0.004	16039
4	X4-Y1	P2	1	X	正	8125	19928242	2031	1826766	9341	0.004	11454
					負	7505	19928242	1876	1786494	8958	0.004	11050
				Y	正	-1073	19928242	0	950924	3148	0.003	4735
					負	15866	19928242	3967	2302394	13242	0.004	16039
5	X5-Y1	P2	1	X	正	8189	19928242	2047	1830564	9380	0.004	11495
					負	7793	19928242	1948	1805303	9136	0.004	11237
				Y	正	-932	19928242	0	977842	3252	0.003	4848
					負	15865	19928242	3966	2302294	13242	0.004	16038
6	X6-Y1	P1	1	X	正	15212	19928242	3803	2457376	13778	0.004	17014
					負	-3263	19928242	0	870372	2753	0.003	4722
				Y	正	-2707	19928242	0	978296	3168	0.003	5159
					負	13336	19928242	3334	2315381	13170	0.004	16022
7	X1-Y2	P3	1	X	正	3722	19928242	931	1085471	4841	0.004	5995
					負	11359	19928242	2840	1680029	9754	0.004	11360
				Y	正	6893	19928242	1723	1373258	6986	0.004	8375
					負	6893	19928242	1723	1373258	6986	0.004	8375
8	X2-Y2	P3	1	X	正	9755	19928242	2439	1580883	8789	0.004	10316
					負	9882	19928242	2471	1588964	8865	0.004	10399
				Y	正	9377	19928242	2344	1556643	8561	0.004	10070
					負	9377	19928242	2344	1556643	8561	0.004	10070
9	X3-Y2	P3	1	X	正	9717	19928242	2429	1578459	8766	0.004	10291
					負	10053	19928242	2513	1599795	8969	0.004	10510
				Y	正	9320	19928242	2330	1552964	8526	0.004	10033
					負	9320	19928242	2330	1552964	8526	0.004	10033
10	X4-Y2	P3	1	X	正	10053	19928242	2513	1599795	8969	0.004	10510
					負	9717	19928242	2429	1578459	8766	0.004	10291
				Y	正	9320	19928242	2330	1552964	8526	0.004	10033
					負	9320	19928242	2330	1552964	8526	0.004	10033
11	X5-Y2	P3	1	X	正	9882	19928242	2471	1588964	8865	0.004	10399
					負	9755	19928242	2439	1580883	8789	0.004	10316

				Y	正	9377	19928242	2344	1556643	8561	0.004	10070
					負	9377	19928242	2344	1556643	8561	0.004	10070
12	X6-Y2	P3	1	X	正	11359	19928242	2840	1680029	9754	0.004	11360
					負	3722	19928242	931	1085471	4841	0.004	5995
				Y	正	6893	19928242	1723	1373258	6986	0.004	8375
					負	6893	19928242	1723	1373258	6986	0.004	8375
13	X1-Y3	P1	1	X	正	-3263	19928242	0	870372	2753	0.003	4722
					負	15212	19928242	3803	2457376	13778	0.004	17014
				Y	正	14634	19928242	3659	2405877	13631	0.004	16710
					負	-2707	19928242	0	978296	3168	0.003	5159
14	X2-Y3	P2	1	X	正	7010	19928242	1753	1753771	8651	0.004	10724
					負	8189	19928242	2047	1830564	9380	0.004	11495
				Y	正	17256	19928242	4314	2437522	13636	0.004	16767
					負	-932	19928242	0	977842	3252	0.003	4848
15	X3-Y3	P2	1	X	正	7505	19928242	1876	1786494	8958	0.004	11050
					負	8125	19928242	2031	1826766	9341	0.004	11454
				Y	正	17256	19928242	4314	2437522	13636	0.004	16767
					負	-1073	19928242	0	950924	3148	0.003	4735
16	X4-Y3	P2	1	X	正	8125	19928242	2031	1826766	9341	0.004	11454
					負	7505	19928242	1876	1786494	8958	0.004	11050
				Y	正	17256	19928242	4314	2437522	13636	0.004	16767
					負	-1073	19928242	0	950924	3148	0.003	4735
17	X5-Y3	P2	1	X	正	8189	19928242	2047	1830564	9380	0.004	11495
					負	7010	19928242	1753	1753771	8651	0.004	10724
				Y	正	17256	19928242	4314	2437522	13636	0.004	16767
					負	-932	19928242	0	977842	3252	0.003	4848
18	X6-Y3	P1	1	X	正	15212	19928242	3803	2457376	13778	0.004	17014
					負	-3263	19928242	0	870372	2753	0.003	4722
				Y	正	14634	19928242	3659	2405877	13631	0.004	16710
					負	-2707	19928242	0	978296	3168	0.003	5159



<終局時>

杭材の曲げモーメント検定

※各杭符号の余裕度最小箇所の値（杭一本あたり）を記載

X 方向正

杭符号	位置	杭 本 数	断 面	軸径 mm	軸力 kN/本	設計曲げ モーメント kN・m/本	終局曲げ モーメント kN・m/本	余裕度	判定	発生位置 m
P1	X1-Y1	1	1	2000	-7262	1622	8630	5.32	OK	5.00
			2	2000	-7262	3248	8633	2.66	OK	22.00
			3	2000	-7262	5813	8633	1.49	OK	27.00
			4							
			5							
P2	X4-Y1	1	1	2000	8140	8019	18266	2.28	OK	0.00
			2	2000	8140	3681	18271	4.96	OK	22.00
			3	2000	8140	6147	18271	2.97	OK	27.00
			4							
			5							
P3	X1-Y2	1	1	2000	2333	4171	11208	2.69	OK	0.00
			2	2000	2333	3332	11211	3.37	OK	22.00
			3	2000	2333	5849	11211	1.92	OK	27.00
			4							
			5							

X 方向負

杭符号	位置	杭 本 数	断 面	軸径 mm	軸力 kN/本	設計曲げ モーメント kN・m/本	終局曲げ モーメント kN・m/本	余裕度	判定	発生位置 m
P1	X6-Y1	1	1	2000	-7262	1622	8630	5.32	OK	5.00
			2	2000	-7262	3248	8633	2.66	OK	22.00
			3	2000	-7262	5813	8633	1.49	OK	27.00
			4							
			5							
P2	X3-Y1	1	1	2000	8140	8019	18266	2.28	OK	0.00
			2	2000	8140	3681	18271	4.96	OK	22.00
			3	2000	8140	6147	18271	2.97	OK	27.00
			4							
			5							
P3	X6-Y2	1	1	2000	2333	4171	11208	2.69	OK	0.00
			2	2000	2333	3332	11211	3.37	OK	22.00
			3	2000	2333	5849	11211	1.92	OK	27.00
			4							
			5							

Y 方向正

杭符号	位置	杭 本 数	断 面	軸径 mm	軸力 kN/本	設計曲げ モーメント kN・m/本	終局曲げ モーメント kN・m/本	余裕度	判定	発生位置 m
P1	X1-Y1	1	1	2000	-5811	2268	9759	4.30	OK	0.00
			2	2000	-5811	3373	9763	2.89	OK	22.00
			3	2000	-5811	5886	9763	1.66	OK	27.00
			4							
			5							
P2	X3-Y1	1	1	2000	-4183	1838	9743	5.30	OK	0.00
			2	2000	-4183	3309	9747	2.95	OK	22.00
			3	2000	-4183	5831	9747	1.67	OK	27.00
			4							
			5							
P3	X2-Y2	1	1	2000	8293	7178	15253	2.12	OK	0.00
			2	2000	8293	3589	15256	4.25	OK	22.00
			3	2000	8293	6025	15256	2.53	OK	27.00
			4							
			5							

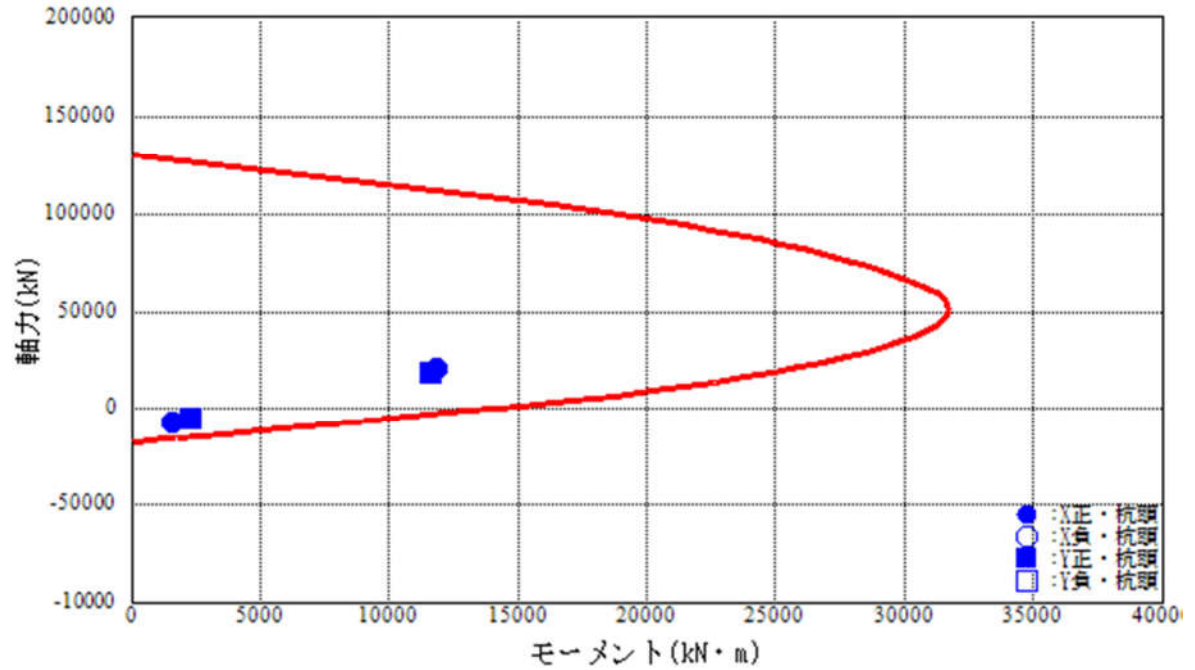
Y 方向負

杭符号	位置	杭 本 数	断 面	軸径 mm	軸力 kN/本	設計曲げ モーメント kN・m/本	終局曲げ モーメント kN・m/本	余裕度	判定	発生位置 m
P1	X6-Y3	1	1	2000	-5818	2263	9754	4.31	OK	0.00
			2	2000	-5818	3373	9757	2.89	OK	22.00
			3	2000	-5818	5886	9757	1.66	OK	27.00
			4							
			5							
P2	X3-Y3	1	1	2000	-4396	1682	9576	5.69	OK	0.00
			2	2000	-4396	3299	9579	2.90	OK	22.00
			3	2000	-4396	5823	9579	1.65	OK	27.00
			4							
			5							
P3	X5-Y2	1	1	2000	8590	7285	15437	2.12	OK	0.00
			2	2000	8590	3597	15440	4.29	OK	22.00
			3	2000	8590	6031	15440	2.56	OK	27.00
			4							
			5							

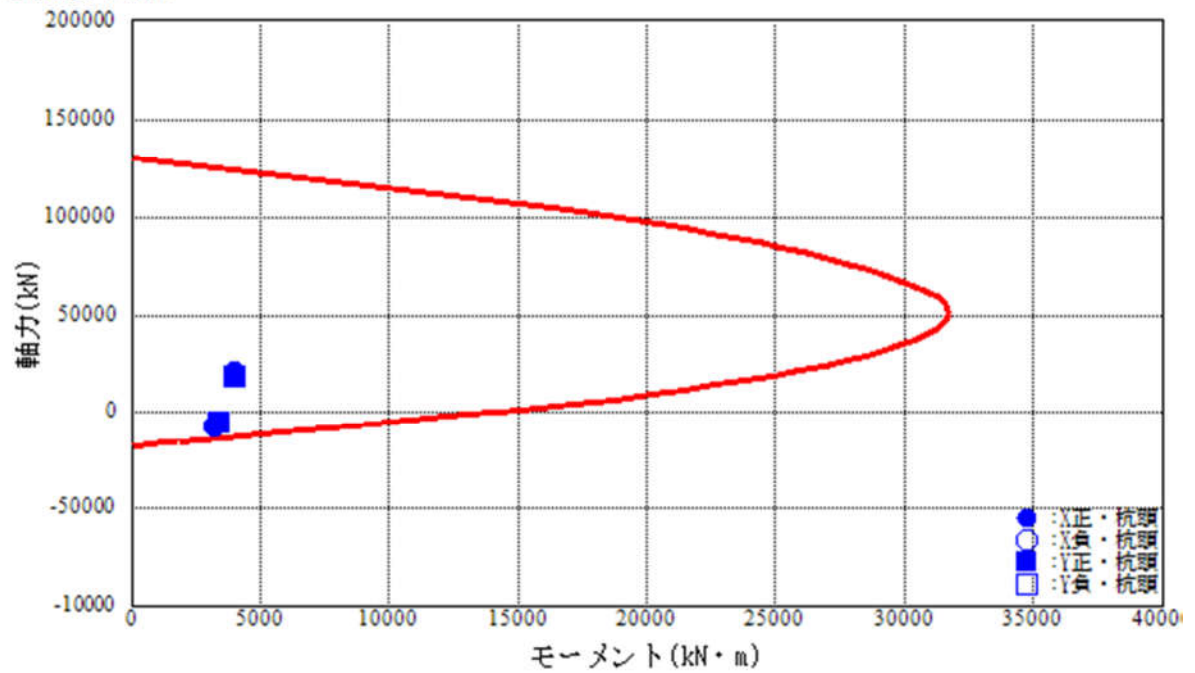
# 杭材 MN 相関図（終局）

※各符号、全ての杭の全方向の設計曲げモーメントをプロットしています。

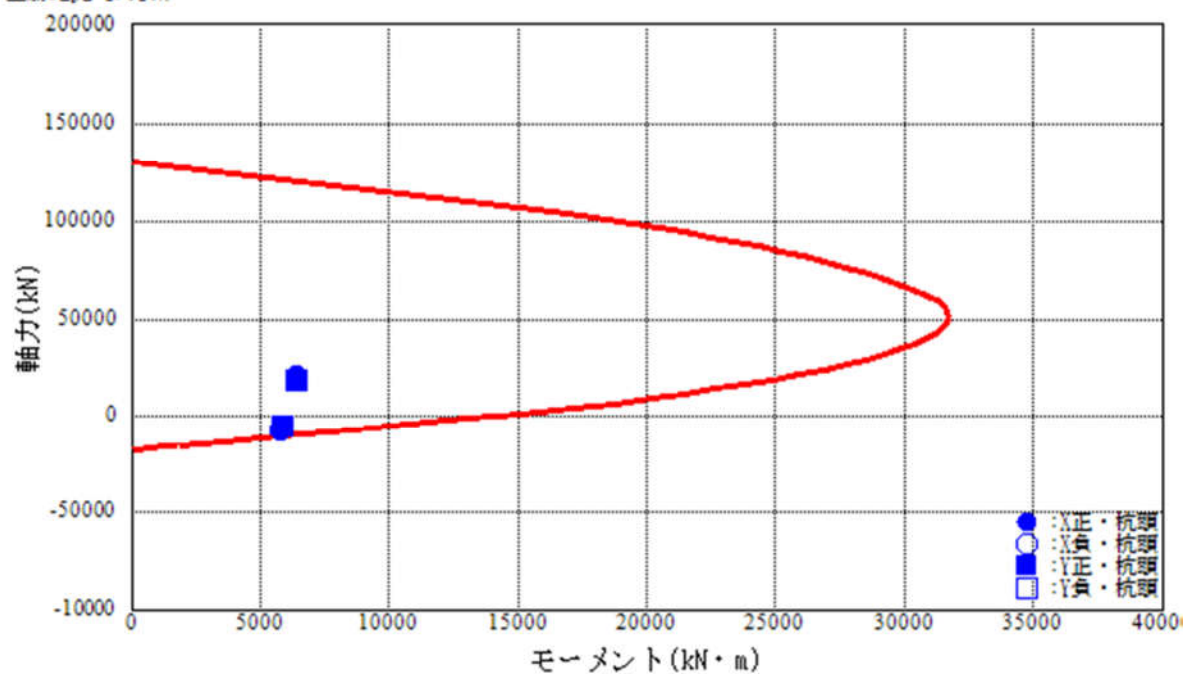
杭符号 : P1  
断面位置 : 1  
主筋配筋 : SD390-D35-43本  
主筋比 $\rho_g=1.310\%$



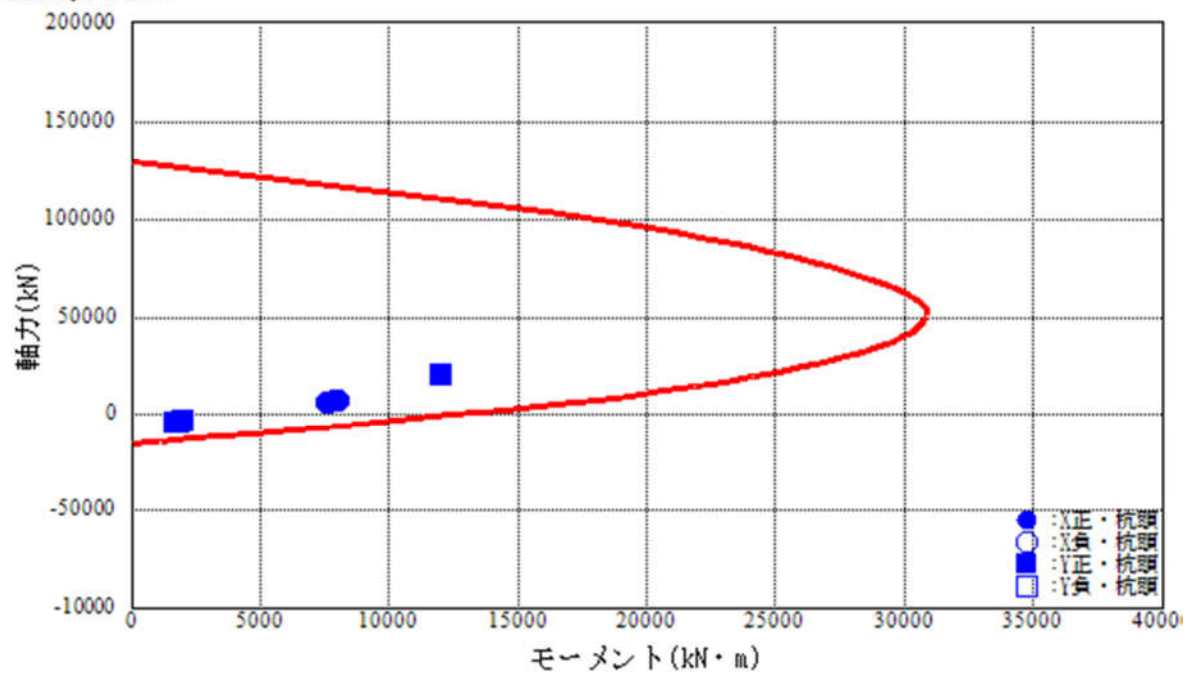
杭符号 : P1  
断面位置 : 2  
主筋配筋 : SD390-D35-43本  
主筋比 $\rho_g=1.310\%$



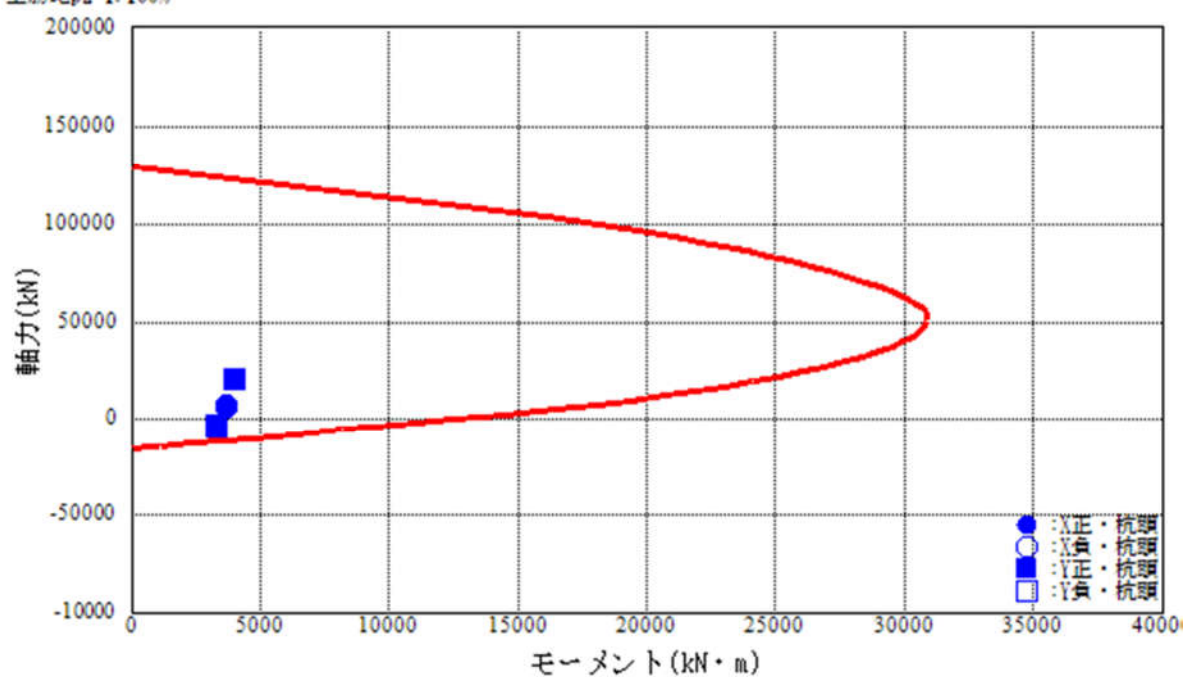
杭符号: P1  
 断面位置: 3  
 主筋配筋: SD390-D35-43本  
 主筋比 $\rho_s=1.310\%$



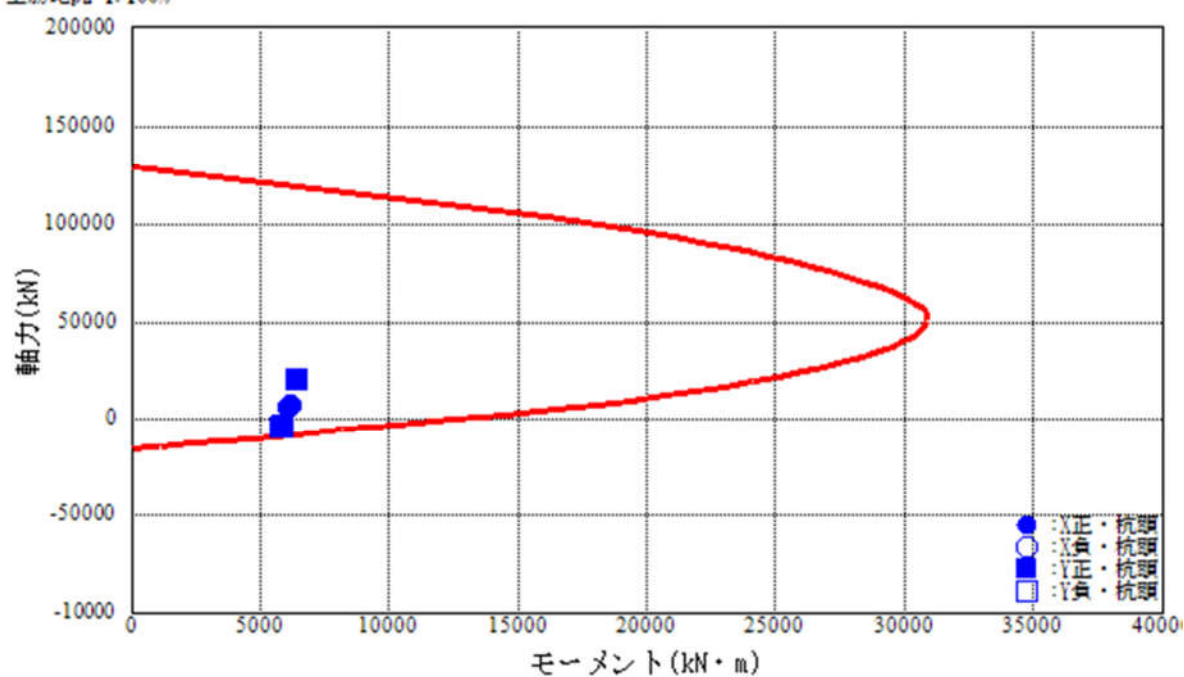
杭符号: P2  
 断面位置: 1  
 主筋配筋: SD390-D35-39本  
 主筋比 $\rho_s=1.188\%$



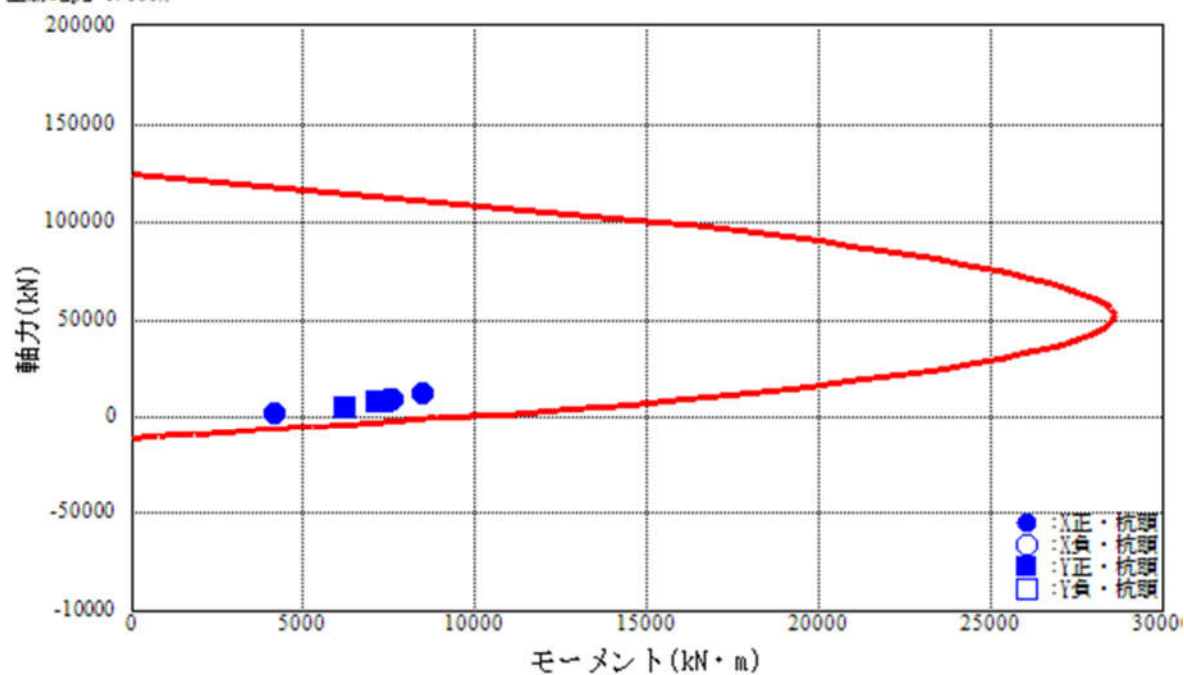
杭符号: P2  
 断面位置: 2  
 主筋配筋: SD390-D35-39本  
 主筋比 $p_g=1.188\%$



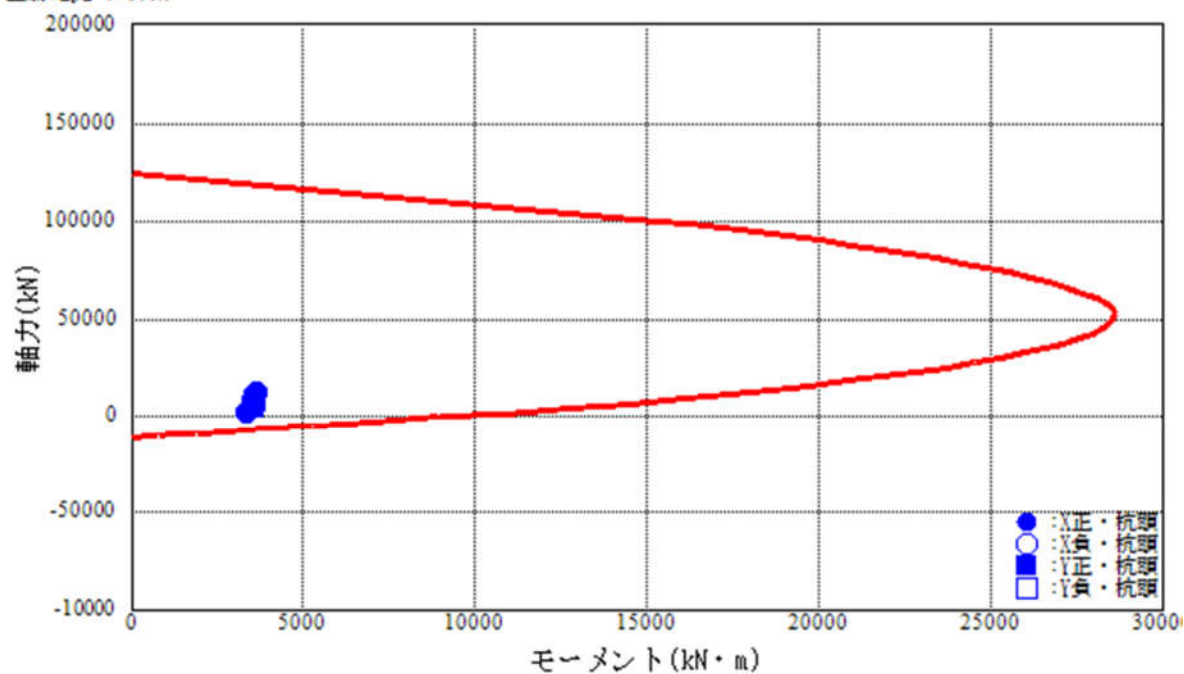
杭符号: P2  
 断面位置: 3  
 主筋配筋: SD390-D35-39本  
 主筋比 $p_g=1.188\%$



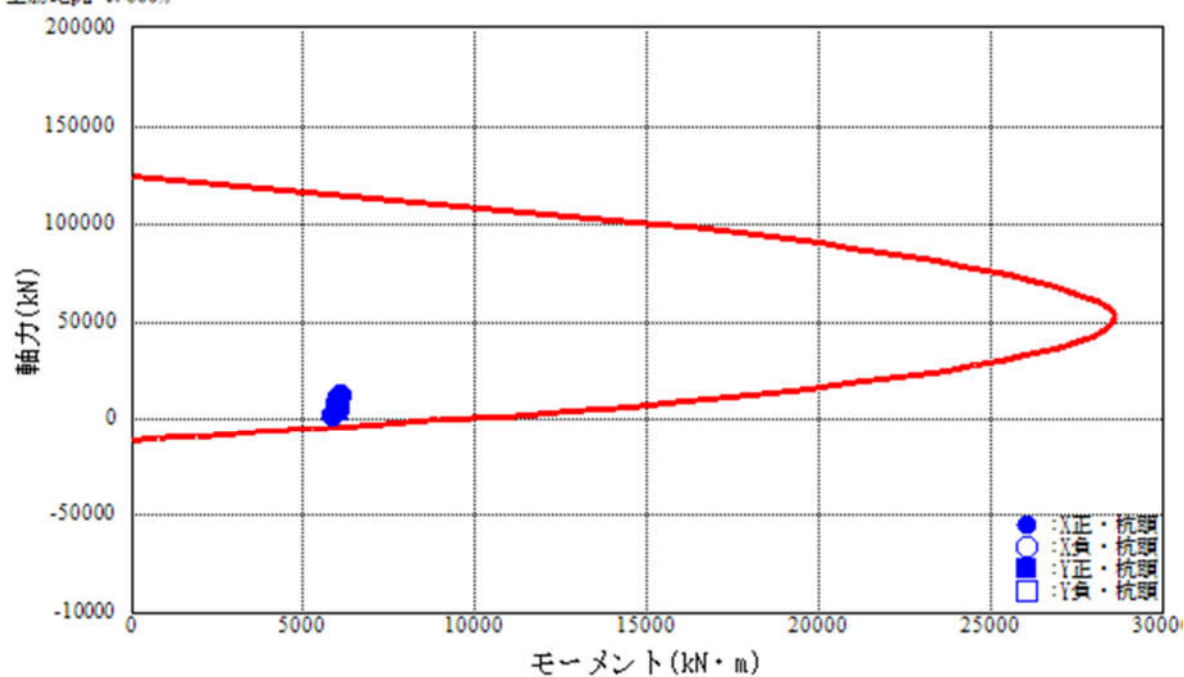
杭符号: P3  
 断面位置: 1  
 主筋配筋: SD390-D35-28本  
 主筋比 $p_g=0.853\%$



杭符号: P3  
 断面位置: 2  
 主筋配筋: SD390-D35-28本  
 主筋比 $p_g=0.853\%$



杭符号: P3  
 断面位置: 3  
 主筋配筋: SD390-D35-28本  
 主筋比 $\rho_s=0.853\%$



### 杭材のせん断検定

※各杭符号の余裕度最小箇所の値（杭一本あたり）を記載

#### X 方向正

杭符号	位置	杭 本 数	断 面	軸径 mm	軸力 kN・m/ 本	せん断 力 kN/本	設計 せん断力 kN/本	終局 せん断力 kN/本	余裕 度	判定	発生位置 m
P1	X1-Y1	1	1	2000	-7262	1371	1371	7202	5.25	OK	0.00
			2	2000	-7262	771	771	2363	3.06	OK	19.00
			3	2000	-7262	1329	1329	2288	1.72	OK	32.00
			4								
			5								
P2	X5-Y1	1	1	2000	6730	2115	2115	5550	2.62	OK	0.00
			2	2000	6730	813	813	3325	4.09	OK	19.00
			3	2000	6730	1381	1381	3349	2.42	OK	31.00
			4								
			5								
P3	X1-Y2	1	1	2000	2333	1719	1719	6072	3.53	OK	0.00
			2	2000	2333	783	783	2970	3.79	OK	19.00
			3	2000	2333	1327	1327	2904	2.19	OK	31.00
			4								
			5								

#### X 方向負

杭符号	位置	杭 本 数	断 面	軸径 mm	軸力 kN・m/ 本	せん断 力 kN/本	設計 せん断力 kN/本	終局 せん断力 kN/本	余裕 度	判定	発生位置 m
P1	X6-Y1	1	1	2000	-7262	1371	1371	7202	5.25	OK	0.00
			2	2000	-7262	771	771	2363	3.06	OK	19.00
			3	2000	-7262	1329	1329	2288	1.72	OK	32.00
			4								
			5								
P2	X2-Y1	1	1	2000	6730	2115	2115	5550	2.62	OK	0.00
			2	2000	6730	813	813	3325	4.09	OK	19.00
			3	2000	6730	1381	1381	3349	2.42	OK	31.00
			4								
			5								
P3	X6-Y2	1	1	2000	2333	1719	1719	6072	3.53	OK	0.00
			2	2000	2333	783	783	2970	3.79	OK	19.00
			3	2000	2333	1327	1327	2904	2.19	OK	31.00
			4								
			5								



Y 方向正

杭符号	位置	杭 本 数	断 面	軸径 mm	軸力 kN・m/ 本	せん断 力 kN/本	設計 せん断力 kN/本	終局 せん断力 kN/本	余裕 度	判定	発生位置 m
P1	X1-Y1	1	1	2000	-5811	1543	1543	7320	4.74	OK	0.00
			2	2000	-5811	769	769	2400	3.12	OK	19.00
			3	2000	-5811	1338	1338	2393	1.79	OK	32.00
			4								
			5								
P2	X3-Y1	1	1	2000	-4183	1491	1491	7341	4.92	OK	0.00
			2	2000	-4183	764	764	2512	3.29	OK	19.00
			3	2000	-4183	1327	1327	2483	1.87	OK	32.00
			4								
			5								
P3	X1-Y2	1	1	2000	5740	2002	2002	5690	2.84	OK	0.00
			2	2000	5740	787	787	3153	4.01	OK	19.00
			3	2000	5740	1348	1348	3170	2.35	OK	31.00
			4								
			5								

Y 方向負

杭符号	位置	杭 本 数	断 面	軸径 mm	軸力 kN・m/ 本	せん断 力 kN/本	設計 せん断力 kN/本	終局 せん断力 kN/本	余裕 度	判定	発生位置 m
P1	X6-Y3	1	1	2000	-5818	1543	1543	7319	4.74	OK	0.00
			2	2000	-5818	769	769	2398	3.12	OK	19.00
			3	2000	-5818	1337	1337	2392	1.79	OK	32.00
			4								
			5								
P2	X3-Y3	1	1	2000	-4396	1474	1474	7323	4.97	OK	0.00
			2	2000	-4396	763	763	2497	3.27	OK	19.00
			3	2000	-4396	1326	1326	2467	1.86	OK	32.00
			4								
			5								
P3	X1-Y2	1	1	2000	5749	2004	2004	5690	2.84	OK	0.00
			2	2000	5749	787	787	3153	4.01	OK	19.00
			3	2000	5749	1348	1348	3171	2.35	OK	31.00
			4								
			5								

# 杭頭引張定着筋検定

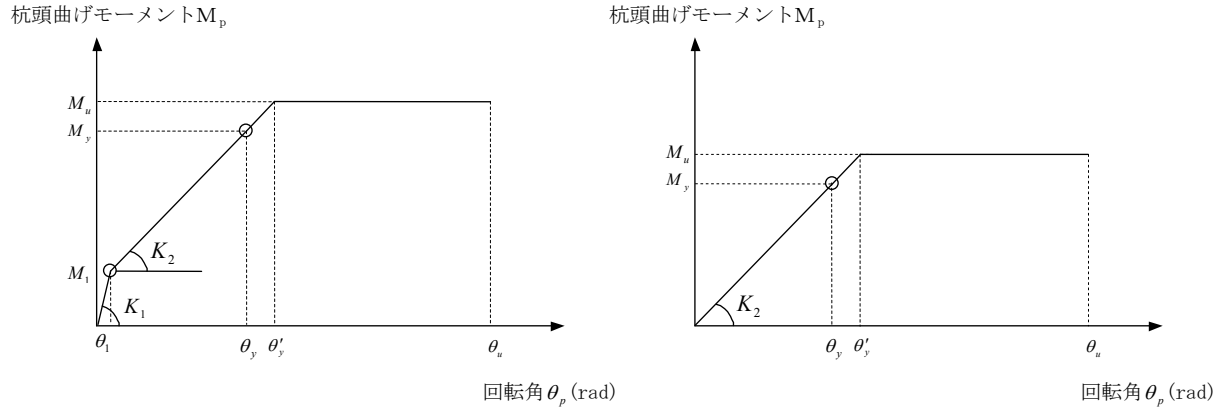
杭 符号	位置	杭径	引張定着筋					杭 本数	引張定着筋の引張耐力			最大 引張 荷重 kN	余裕度	判 定
			配置 径 tD mm	本 数	鉄筋 強度	鉄筋径	鉄筋長 mm		降伏点 kN	鉄筋の 終局 付着力 kN	鉄筋の 終局 荷重 kN			
P1	X1- Y1	2000	1530	16	SD490	D38	2400	1	490	-	8938	-7262	1.23	OK
P2	X2- Y1	2000	1530	12	SD490	D38	2400	1	490	-	6703	-4036	1.66	OK
P2	X3- Y1	2000	1530	12	SD490	D38	2400	1	490	-	6703	-4183	1.60	OK
P2	X4- Y1	2000	1530	12	SD490	D38	2400	1	490	-	6703	-4183	1.60	OK
P2	X5- Y1	2000	1530	12	SD490	D38	2400	1	490	-	6703	-4036	1.66	OK
P1	X6- Y1	2000	1530	16	SD490	D38	2400	1	490	-	8938	-7262	1.23	OK
P3	X1- Y2	2000	1530	6	SD490	D38	2400	1	490	-	3352	0	-	-
P3	X2- Y2	2000	1530	6	SD490	D38	2400	1	490	-	3352	0	-	-
P3	X3- Y2	2000	1530	6	SD490	D38	2400	1	490	-	3352	0	-	-
P3	X4- Y2	2000	1530	6	SD490	D38	2400	1	490	-	3352	0	-	-
P3	X5- Y2	2000	1530	6	SD490	D38	2400	1	490	-	3352	0	-	-
P3	X6- Y2	2000	1530	6	SD490	D38	2400	1	490	-	3352	0	-	-
P1	X1- Y3	2000	1530	16	SD490	D38	2400	1	490	-	8938	-7262	1.23	OK
P2	X2- Y3	2000	1530	12	SD490	D38	2400	1	490	-	6703	-4009	1.67	OK
P2	X3- Y3	2000	1530	12	SD490	D38	2400	1	490	-	6703	-4396	1.52	OK
P2	X4- Y3	2000	1530	12	SD490	D38	2400	1	490	-	6703	-4158	1.61	OK
P2	X5- Y3	2000	1530	12	SD490	D38	2400	1	490	-	6703	-4266	1.57	OK
P1	X6- Y3	2000	1530	16	SD490	D38	2400	1	490	-	8938	-7262	1.23	OK

杭頭回転角、PC リング 検定表

基礎 No.	位置	杭 符号	軸 径  m	杭頭設計用 せん断力				PC リン グ タイ プ	パイ ル キャ ップ 最小 へり あき  m	PC リン グ 終局 せん断 耐力  kN	余 裕 度 最 小 値	判 定	杭頭回転角			余 裕 度 最 小 値	判 定	固定度			
				X 正	X 負	Y 正	Y 負						X 方向 加力時 最大	Y 方向 加力時 最大	限界 回転 角			X 正	X 負	Y 正	Y 負
				kN	kN	kN	kN						rad	rad	rad						
1	X1-Y1	P1	2000	1371	2610	1543	2629	S1	300	3490	1.33	OK	0.00576	0.00561	0.04	12.24	OK	0.096	0.562	0.170	0.529
2	X2-Y1	P2	2000	2127	2115	1504	2674	S1	300	3490	1.31	OK	0.00425	0.00569	0.04	12.09	OK	0.285	0.278	0.149	0.556
3	X3-Y1	P2	2000	2149	2166	1491	2672	S1	300	3490	1.31	OK	0.00419	0.00571	0.04	12.08	OK	0.296	0.305	0.142	0.556
4	X4-Y1	P2	2000	2166	2149	1491	2674	S1	300	3490	1.31	OK	0.00419	0.00571	0.04	12.09	OK	0.305	0.296	0.142	0.556
5	X5-Y1	P2	2000	2115	2127	1504	2672	S1	300	3490	1.31	OK	0.00425	0.00569	0.04	12.07	OK	0.278	0.285	0.149	0.555
6	X6-Y1	P1	2000	2610	1371	1543	2629	S1	300	3490	1.33	OK	0.00576	0.00561	0.04	12.24	OK	0.562	0.096	0.170	0.529
7	X1-Y2	P3	2000	1719	2230	2002	2004	N	300	2590	1.16	OK	0.00503	0.00464	0.04	10.08	OK	0.129	0.362	0.213	0.213
8	X2-Y2	P3	2000	2123	2108	2119	2119	N	300	2590	1.22	OK	0.00422	0.00440	0.04	9.54	OK	0.304	0.296	0.269	0.268
9	X3-Y2	P3	2000	2120	2126	2116	2128	N	300	2590	1.22	OK	0.00420	0.00440	0.04	9.56	OK	0.303	0.306	0.267	0.273
10	X4-Y2	P3	2000	2126	2120	2116	2117	N	300	2590	1.22	OK	0.00420	0.00441	0.04	9.56	OK	0.306	0.303	0.267	0.267
11	X5-Y2	P3	2000	2108	2123	2119	2132	N	300	2590	1.21	OK	0.00422	0.00440	0.04	9.54	OK	0.296	0.304	0.269	0.275
12	X6-Y2	P3	2000	2230	1719	2002	2004	N	300	2590	1.16	OK	0.00503	0.00464	0.04	10.08	OK	0.362	0.129	0.213	0.213
13	X1-Y3	P1	2000	1371	2610	2628	1544	S1	300	3490	1.33	OK	0.00576	0.00561	0.04	12.24	OK	0.096	0.562	0.529	0.170
14	X2-Y3	P2	2000	2127	2115	2673	1507	S1	300	3490	1.31	OK	0.00425	0.00568	0.04	12.09	OK	0.285	0.278	0.556	0.151
15	X3-Y3	P2	2000	2149	2166	2673	1474	S1	300	3490	1.31	OK	0.00419	0.00575	0.04	12.10	OK	0.296	0.305	0.557	0.131
16	X4-Y3	P2	2000	2166	2149	2673	1494	S1	300	3490	1.31	OK	0.00419	0.00571	0.04	12.10	OK	0.305	0.296	0.557	0.143
17	X5-Y3	P2	2000	2115	2127	2673	1485	S1	300	3490	1.31	OK	0.00425	0.00573	0.04	12.09	OK	0.278	0.285	0.556	0.138
18	X6-Y3	P1	2000	2610	1371	2628	1543	S1	300	3490	1.33	OK	0.00576	0.00561	0.04	12.24	OK	0.562	0.096	0.529	0.169

## 杭頭回転ばね（場所打ち杭）

杭頭回転特性は、下図に示す杭頭曲げモーメント と回転角 の関係により評価する。



(a)圧縮軸力時

(b)引張軸力時

杭頭曲げモーメント  $M_p$  と回転角  $\theta_p$  の関係

ここに、  $K_1$  :杭頭接合部の等価初期回転剛性

$K_2$  :杭頭接合部の圧縮軸力時における 2 次回転剛性  $K_2 = \frac{M_y - M_1}{\theta_y - \theta_1}$

あるいは、引張軸力時における初期回転剛性  $K_2 = \frac{M_y}{\theta_y}$

$M_1$  :離間時曲げモーメント

$M_y$  :降伏時曲げモーメント

$M_u$  :終局時曲げモーメント

$\theta_1$  :離間時回転角

$\theta_y$  :降伏時回転角

$\theta_y$  :終局時回転角

$\theta_u$  :限界回転角 (=0.04rad)

基礎 No.ごとの杭頭回転特性を以下に示す。

基礎 No.	位置	杭 符 号	杭 本 数	方向		軸力  kN/本	初期 回轉剛性 kN・m/rad	離間時 M kN・m	二次 回轉剛性 kN・m/rad	降伏時 M kN・m	降伏時 回轉角 rad	終局時 M kN・m
1	X1-Y1	P1	1	X	正	-7262	19928242	0	547068	641	0.001	1407
					負	20480	19928242	5120	2934785	15040	0.004	19596
				Y	正	-5811	19928242	0	547068	1196	0.002	2647
					負	18876	19928242	4719	2789628	14675	0.004	18843
2	X2-Y1	P2	1	X	正	7051	19928242	1763	1756501	8676	0.004	10752
					負	6730	19928242	1683	1735038	8478	0.004	10532
				Y	正	-4036	19928242	0	410301	1020	0.002	2272
					負	21434	19928242	5359	2843993	14720	0.004	18796
3	X3-Y1	P2	1	X	正	7642	19928242	1911	1795462	9042	0.004	11139
					負	8140	19928242	2035	1827657	9350	0.004	11463
				Y	正	-4183	19928242	0	410301	964	0.002	2147
					負	21398	19928242	5350	2840636	14712	0.004	18780
4	X4-Y1	P2	1	X	正	8140	19928242	2035	1827657	9350	0.004	11463
					負	7642	19928242	1911	1795462	9042	0.004	11139
				Y	正	-4183	19928242	0	410301	964	0.002	2147
					負	21447	19928242	5362	2845207	14723	0.004	18801
5	X5-Y1	P2	1	X	正	6730	19928242	1683	1735038	8478	0.004	10532
					負	7051	19928242	1763	1756501	8676	0.004	10752
				Y	正	-4036	19928242	0	410301	1020	0.002	2272
					負	21378	19928242	5345	2838775	14707	0.004	18772
6	X6-Y1	P1	1	X	正	20480	19928242	5120	2934785	15040	0.004	19596
					負	-7262	19928242	0	547068	641	0.001	1407
				Y	正	-5811	19928242	0	547068	1196	0.002	2647
					負	18873	19928242	4718	2789342	14674	0.004	18841
7	X1-Y2	P3	1	X	正	2333	19928242	583	935613	3846	0.004	4894
					負	13044	19928242	3261	1770621	10726	0.004	12388
				Y	正	5740	19928242	1435	1276945	6228	0.004	7529
					負	5749	19928242	1437	1277750	6234	0.004	7536
8	X2-Y2	P3	1	X	正	9872	19928242	2468	1588329	8859	0.004	10392
					負	9469	19928242	2367	1562569	8616	0.004	10130
				Y	正	8293	19928242	2073	1480117	7882	0.004	9337
					負	8278	19928242	2070	1479031	7872	0.004	9327
9	X3-Y2	P3	1	X	正	9799	19928242	2450	1583686	8815	0.004	10345
					負	9965	19928242	2491	1594228	8915	0.004	10453
				Y	正	8225	19928242	2056	1475190	7839	0.004	9290
					負	8498	19928242	2125	1494904	8010	0.004	9478
10	X4-Y2	P3	1	X	正	9965	19928242	2491	1594228	8915	0.004	10453
					負	9799	19928242	2450	1583686	8815	0.004	10345
				Y	正	8225	19928242	2056	1475190	7839	0.004	9290
					負	8212	19928242	2053	1474246	7831	0.004	9281
11	X5-Y2	P3	1	X	正	9469	19928242	2367	1562569	8616	0.004	10130
					負	9872	19928242	2468	1588329	8859	0.004	10392

				Y	正	8293	19928242	2073	1480117	7882	0.004	9337
					負	8590	19928242	2148	1501508	8068	0.004	9541
12	X6-Y2	P3	1	X	正	13044	19928242	3261	1770621	10726	0.004	12388
					負	2333	19928242	583	935613	3846	0.004	4894
				Y	正	5740	19928242	1435	1276945	6228	0.004	7529
					負	5764	19928242	1441	1279090	6244	0.004	7547
13	X1-Y3	P1	1	X	正	-7262	19928242	0	547068	641	0.001	1407
					負	20480	19928242	5120	2934785	15040	0.004	19596
				Y	正	18890	19928242	4723	2790963	14678	0.004	18849
					負	-5806	19928242	0	547068	1198	0.002	2651
14	X2-Y3	P2	1	X	正	7051	19928242	1763	1756501	8676	0.004	10752
					負	6730	19928242	1683	1735038	8478	0.004	10532
				Y	正	21445	19928242	5361	2845020	14723	0.004	18800
					負	-4009	19928242	0	410301	1031	0.003	2295
15	X3-Y3	P2	1	X	正	7642	19928242	1911	1795462	9042	0.004	11139
					負	8140	19928242	2035	1827657	9350	0.004	11463
				Y	正	21459	19928242	5365	2846329	14726	0.004	18806
					負	-4396	19928242	0	410301	883	0.002	1965
16	X4-Y3	P2	1	X	正	8140	19928242	2035	1827657	9350	0.004	11463
					負	7642	19928242	1911	1795462	9042	0.004	11139
				Y	正	21459	19928242	5365	2846329	14726	0.004	18806
					負	-4158	19928242	0	410301	974	0.002	2169
17	X5-Y3	P2	1	X	正	6730	19928242	1683	1735038	8478	0.004	10532
					負	7051	19928242	1763	1756501	8676	0.004	10752
				Y	正	21445	19928242	5361	2845020	14723	0.004	18800
					負	-4266	19928242	0	410301	932	0.002	2077
18	X6-Y3	P1	1	X	正	20480	19928242	5120	2934785	15040	0.004	19596
					負	-7262	19928242	0	547068	641	0.001	1407
				Y	正	18890	19928242	4723	2790963	14678	0.004	18849
					負	-5818	19928242	0	547068	1193	0.002	2641

# 杭リスト

杭符号		P1	P2	P3
杭本数		4	8	6
杭頭レベル(m)		-3.00	-3.00	-3.00
杭長(m)		34.0	34.0	34.0
拡底径(mm)		2000	2200	2400
杭頭接合部	PC リング (径・タイプ)	2000-N	2000-N	2000-N
	引張定着筋配置径(mm)	1530	1530	1530
	絞り率・絞り部径(mm)	1.00-2000	1.00-2000	1.00-2000
	引張定着筋 (本数・径・材質)	16-D38-SD490	12-D38-SD490	6-D38-SD490
	引張定着筋 パイルキャップ定着長(mm) tL1	1250	1250	1250
	引張定着筋 杭体定着長(mm) tL2	1150	1150	1150
杭断面1	杭径(mm)	2000	2000	2000
	杭区間長(m)	10.00	10.00	10.00
	鋼管厚(mm)	0	0	0
	主筋 (本数・径・材質)	43-D35-SD390	39-D35-SD390	28-D35-SD390
	帯筋 1D 部 (径・間隔・材質)	U15-100-SBPD1275/1420	U15-100-SBPD1275/1420	U15-100-SBPD1275/1420
	帯筋 1D 部 せん断補強筋比 pw(%)	0.170	0.170	0.170
	帯筋 1D 部以外 (径・間隔・材質)	U15-150-SBPD1275/1420	U15-150-SBPD1275/1420	U15-150-SBPD1275/1420
	帯筋 1D 部以外 せん断補強筋比 pw(%)	0.113	0.113	0.113
杭断面2	杭径(mm)	2000	2000	2000
	杭区間長(m)	12.00	12.00	12.00
	主筋 (本数・径・材質)	43-D35-SD390	39-D35-SD390	28-D35-SD390
	帯筋 (径・間隔・材質)	D13-300-SD295A	D13-300-SD295A	D13-300-SD295A
杭断面3	杭径(mm)	2000	2000	2000
	杭区間長(m)	12.00	12.00	12.00
	主筋 (本数・径・材質)	43-D35-SD390	39-D35-SD390	28-D35-SD390
	帯筋 (径・間隔・材質)	D13-300-SD295A	D13-300-SD295A	D13-300-SD295A

## 6. パイルキャップの検討

杭体と上部構造をつなぐ部材であるパイルキャップの検討を適切に行う必要がある。

なお、本設計例では紙面の都合で検討結果の掲載を割愛する。

実設計におけるパイルキャップの検討は、設計者が適切に判断して行って下さい。



## 【付属資料】

### ・杭頭固定杭との比較結果

本設計例は、地盤変位を考慮した杭頭半剛接工法（CTP 工法）杭について纏めたものである。一方、現状では杭頭を固定として設計することも非常に多い。

そこで、同じ建物・地盤条件において、杭頭接合条件のみを変化させた場合に杭の設計結果にどのような影響があるのかを把握しておくことは有意義であると考えられるので、比較結果を以下に示す。

- ・ 総じて、杭頭固定杭の方が CTP 工法杭と比較して軸径が 400mm 大きくなっている。

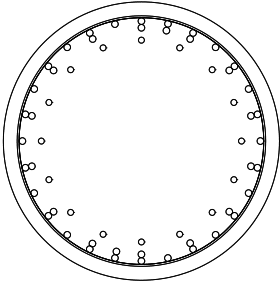
【地盤1（軟弱地盤）】

同時載荷重組み合わせ

	ファイル名	$\alpha 1$	$\beta 1$	$\beta 2$	検討レベル	断面決定
1	試設計(地盤1CTP-1+、地盤1固定-1+)	1.0	0.75	1.0	稀に発生する地震動	
2	試設計(地盤1CTP-1-、地盤1固定-1-)	1.0	-0.75	1.0	稀に発生する地震動	
3	試設計(地盤1CTP-2+、地盤1固定-2+)	0.75	1.0	0.75	稀に発生する地震動	
4	試設計(地盤1CTP-2-、地盤1固定-2-)	0.75	-1.0	0.75	稀に発生する地震動	
5	試設計(地盤1CTP-3、地盤1固定-3)	1.0	1.0	1.0	極めて稀に発生する地震動	●

CTP杭

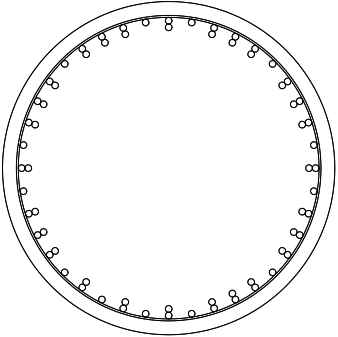
杭符号	杭径	拡底径	杭長	主筋径	材種	主筋本数	フープ径	フープ@	引張定着筋径	引張定着筋本数
P1	2000	2000	10	D35	SD390	28+16	U15	150(1Dは100)	D38	16
			12	D35	SD390	28+16	D13	300		
			12	D35	SD390	28+16	D13	300		
P2	2000	2200	10	D35	SD390	28+12	U15	150(1Dは100)	D38	12
			12	D35	SD390	28+12	D13	300		
			12	D35	SD390	28+12	D13	300		
P3	2000	2400	10	D35	SD390	28	U15	150(1Dは100)	D38	6
			12	D35	SD390	28	D13	300		
			12	D35	SD390	28	D13	300		



P1

固定杭

杭符号	杭径	拡底径	杭長	主筋径	材種	主筋本数	フープ径	フープ@
P1	2400	2400	12	D41	SD490	40+28	D16	150
			12	D41	SD490	40	D16	300
			10	D41	SD490	40	D16	300
P2	2400	2400	12	D41	SD490	40+24	D16	150
			12	D41	SD490	36	D16	300
			10	D41	SD490	36	D16	300
P3	2400	2400	12	D38	SD390	40+28	D16	150
			12	D38	SD390	36	D16	300
			10	D38	SD390	30	D16	300



P1

## ・コスト試算結果

本設計例で示した CTP 杭のコスト試算結果を以下に示す。なお、コスト試算は CTP 協会技術部会 設計支援 WG で使用している共通フォーマットを用いた。

また、比較のため前述した杭頭固定杭でのコスト試算結果も示す。

- ・ CTP 工法杭/杭頭固定杭の比率は、0.77 となる。

注：昨今、単価の変動が激しいためコストについては資料作成時(2024/6)時点の参考値

### 【CTP 工法杭】

#### ■杭工事コスト

単位：万円

コスト	掘削		3,669.2	51.5 %	
	コンクリート		2,018.1	28.3 %	
	鉄筋	主筋	887.1	12.5 %	
		引張定着筋	54.1	0.8 %	
		帯筋	SBPD1275	114.7	1.6 %
			SD295	66.4	0.9 %
		合計	1,122.3	15.8 %	
	PCリング		237.8	3.3 %	
	杭頭接合部設置		72.0	1.0 %	
	合計		7,119.5	100.0 %	

### 【杭頭固定杭】

#### ■杭工事コスト

単位：万円

コスト	掘削		5,117.8	55.5 %	
	コンクリート		2,814.8	30.5 %	
	鉄筋	主筋	1,160.8	12.6 %	
		引張定着筋		0.0	0.0 %
		帯筋	SBPD1275	0.0	0.0 %
			SD295	133.1	1.4 %
	合計		1,293.9	14.0 %	
	PCリング		0.0	0.0 %	
	杭頭接合部設置		0.0	0.0 %	
合計		9,226.5	100.0 %		