

キャブテンパイル工法

(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 : やや硬質地盤)

2025年9月

キャブテンパイル協会

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下さい。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	本文	解説
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～

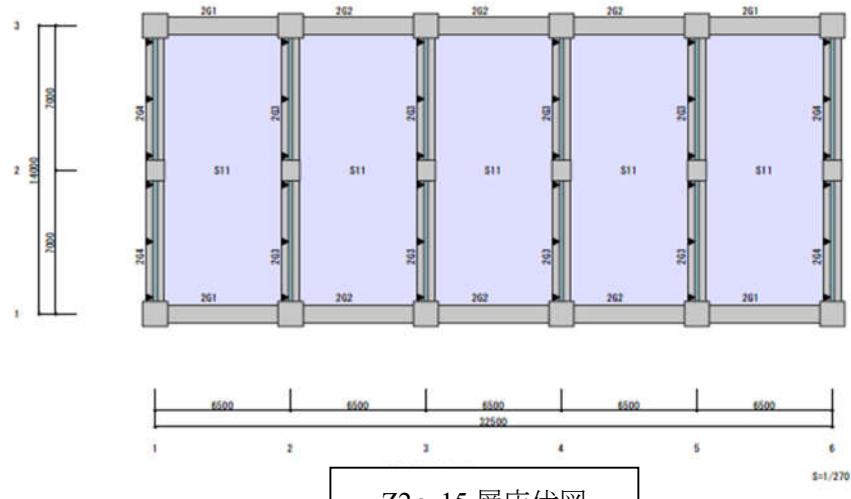
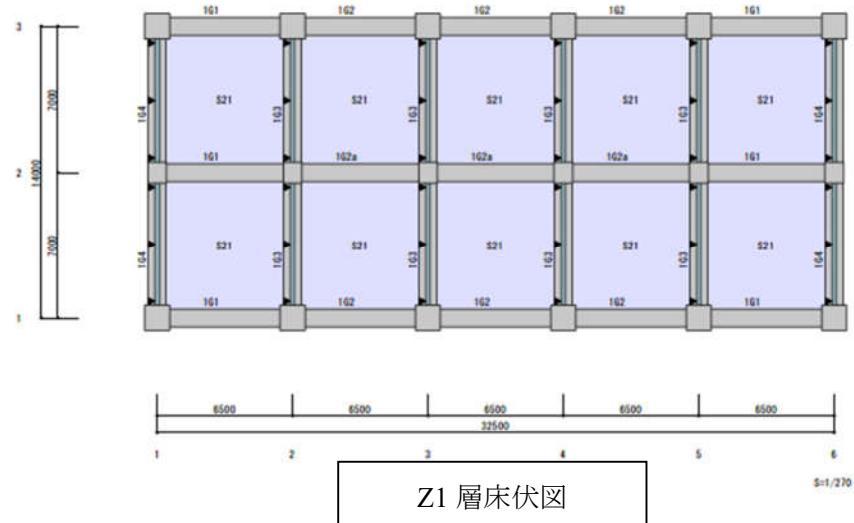
1. 設計方針等	1
1.1 建物概要	1
1.2 設計目標（クライテリア）	3
1.3 設計概要・仮定条件	4
1.4 キャプテンパイル工法概要	4
1.5 準拠図書・評定書	5
2. 使用材料	6
2.1 使用材料	6
2.2 許容応力度	7
3. 地盤概要	8
3.1 敷地地盤の概要	8
3.2 液状化の有無について	9
3.3 検討に用いる地盤ばねについて	10
4. 設計外力	11
4.1 上部構造による軸方向力	11
4.2 地震時慣性力	12
4.3 地盤変位	13
5. 杣の検討	18
5.1 計算準備	18
5.2 外力に対する検討	20
(1) 軸方向力（引抜含む）に対する検討	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 : 杣基礎

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。





基礎梁せいは、
建物高さの約 7%
(3m) としていま
す。

Y1 フレーム略軸組図

X1 フレーム略軸組図

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)

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。

(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

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 ($C_0=0.2$) + 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

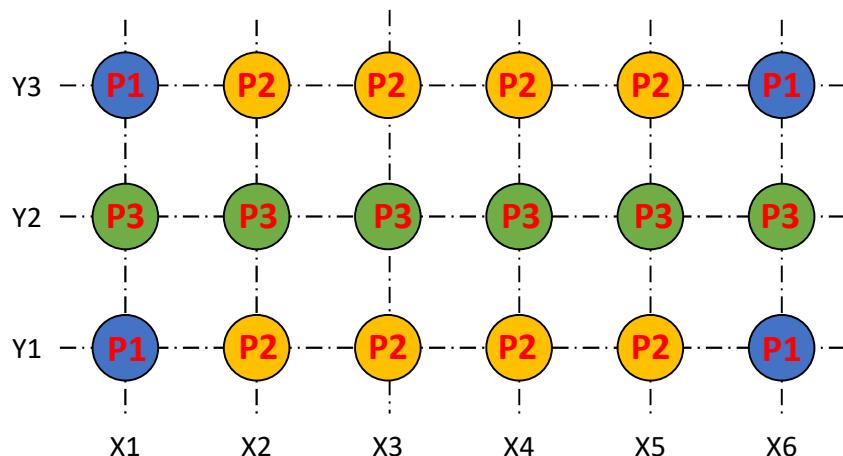
建築基礎構造設計指針(2019)に準拠して検討する。

(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」を参考されたい。

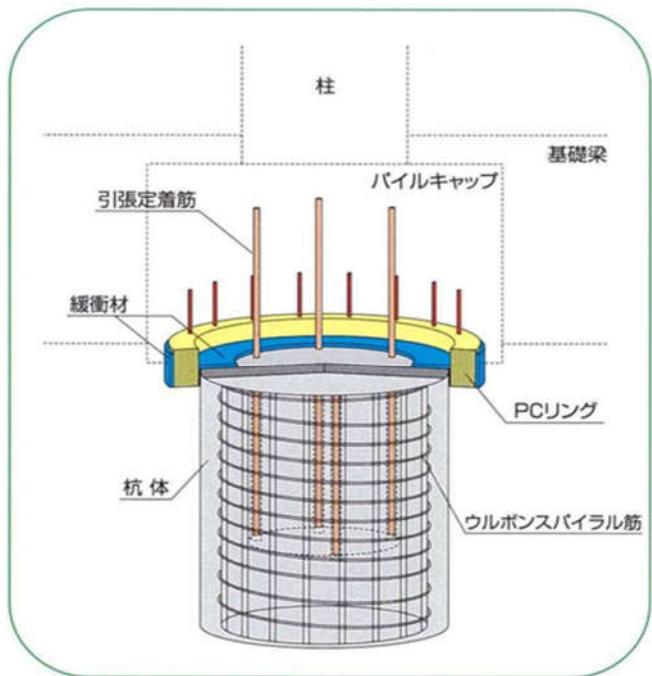


図 1.4-1 キャプテンパイル工法説明図

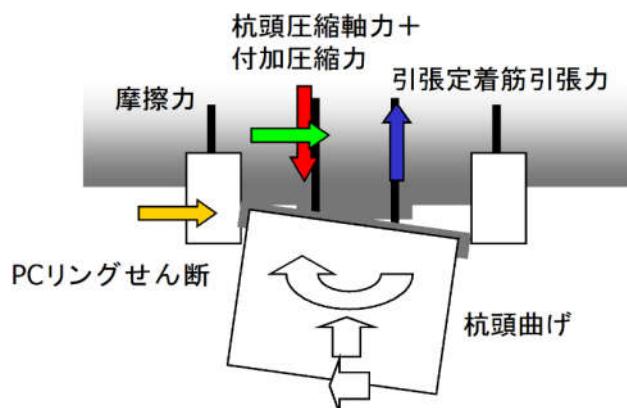


図 1.4-2 杭頭接合部の応力伝達

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

必要な評定所等を添付する。

(3) キャプテンパイル工法評定書

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 : $F_c=36 \text{ (N/mm}^2\text{)}$

(2) 杭体

コンクリート : $F_c=36 \text{ (N/mm}^2\text{)}$

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 : $F_c=36 \text{ (N/mm}^2\text{)}$

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 : $F_c=36 \text{ (N/mm}^2\text{)}$ 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	圧縮	長期に生ずる力に対する許容応力度 (単位 N/mm ²)			短期に生ずる力に対する 許容応力度(単位 N/mm ²)				
		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	圧縮	長期に生ずる力に対する 許容応力度(単位 N/mm ²)			短期に生ずる力に対する 許容応力度(単位 N/mm ²)		
		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	圧縮	長期に生ずる力に対する 許容応力度 (単位 N/mm ²)			短期に生ずる力に対する 許容応力度 (単位 N/mm ²)			基準強度 (単位 N/mm ²)	備考
		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	U12.5

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 Vs の深度分布も併記する。本敷地は、表層に N 値 30 程度の砂礫層が堆積し、GL-10m 程度にシルト層、以下細砂層、砂礫層、シルト層、細砂層と続き、GL-35m 程度で N 値 60 を超える細砂層が出現する地層構成となっている。地下水位は GL-1.0m である。せん断波速度 Vs は表層の砂礫層から 200m/s を超えており、やや硬質な地盤といえる。

表 3.1-2 に室内土質試験結果を示す。GL-10.3～14.4m の砂質シルト層および GL-23.9～26.8m のシルト層において資料をサンプリングし、三軸圧縮試験を実施している。

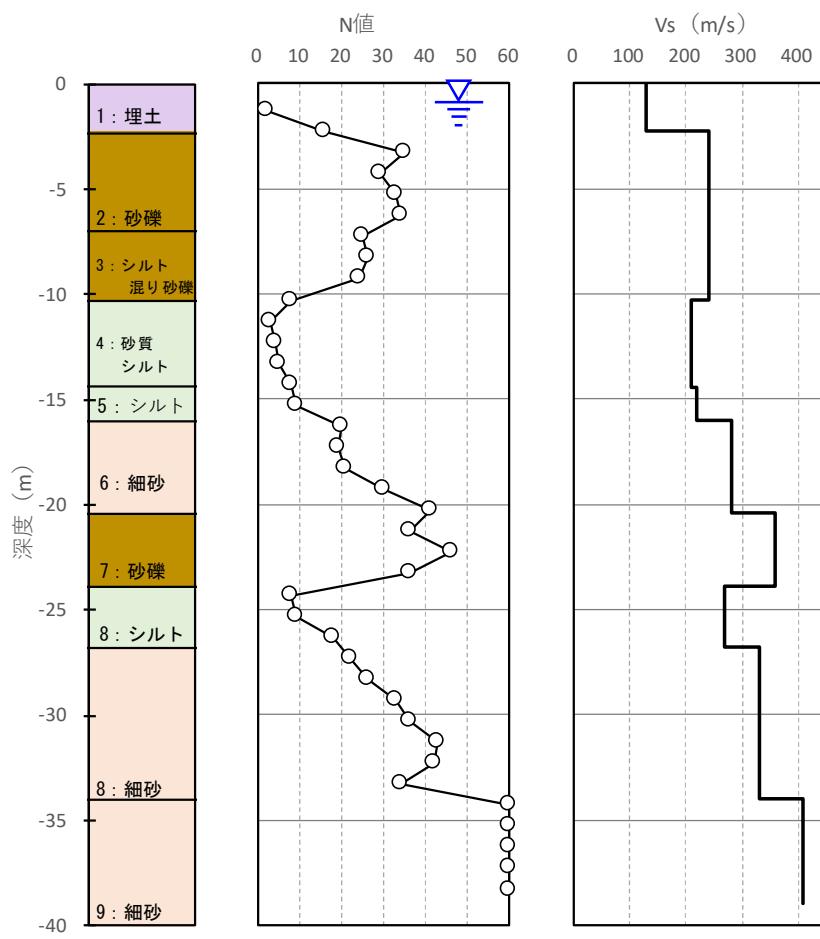


図 3.1-1 土質柱状図

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 ³)	平均N値	V _s (m/s)	ポアソン 比 v_d
0.00 ~ -2.30	埋土 (粘性土主体)	2.30	16.0	9	130	0.496
-2.30 ~ -7.00	砂礫	4.70	20.0	33	240	0.489
-7.00 ~ -10.30	シルト混じり砂礫	3.30	19.0	25	240	0.489
-10.30 ~ -14.40	砂質シルト	4.10	17.0	6	210	0.491
-14.40 ~ -16.00	シルト	1.60	18.0	9	220	0.490
-16.00 ~ -20.40	細砂	4.40	18.0	29	280	0.485
-20.40 ~ -23.90	砂礫	3.50	20.0	41	360	0.476
-23.90 ~ -26.80	シルト	2.90	17.0	12	270	0.486
-26.80 ~ -34.00	細砂	7.20	19.0	34	330	0.480
-34.00 ~ -39.00	細砂	5.00	19.0	80	410	0.470

表 3.1-2 三軸圧縮試験結果

サンプリング深度 (m)	土質 区分	粘着力 (kN/m ²)	変形係数 (kN/m ²)
-11.00 ~ -11.90	砂質シルト	82.9	10780
-26.00 ~ -26.70	シルト	154.8	17450

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 σ_z (kN/m ²)	有効応力 σ'_z (kN/m ²)	換算N値 N_1	補正N値 増分 ΔN_f	補正N値 Na	液状化 抵抗比 τ_f / σ'_z	L1		L2	
									繰返せん断 応力比 τ_d / σ'_z	安全率 F_l	繰返せん断 応力比 τ_d / σ'_z	安全率 F_l
2.0	16	80	41.2	28.2	29.8	0.0	29.8	0.60	0.19	3.21	0.33	1.83
3.0	35	0	57.7	34.7	58.8	0.0	58.8	0.60	0.21	2.86	0.37	1.64
4.0	29	0	73.7	40.7	45.0	0.0	45.0	0.60	0.22	2.67	0.39	1.53
5.0	33	0	89.7	46.7	47.8	0.0	47.8	0.60	0.23	2.56	0.41	1.46
6.0	34	0	105.7	52.7	46.4	0.0	46.4	0.60	0.24	2.49	0.42	1.42
7.0	25	0	121.7	58.7	32.3	0.0	32.3	0.60	0.24	2.45	0.43	1.40
8.0	26	0	137.7	64.7	32.0	0.0	32.0	0.60	0.25	2.43	0.43	1.39
9.0	24	0	153.7	70.7	28.3	0.0	28.3	0.60	0.25	2.42	0.43	1.38
10.0	8	0	169.7	76.7	—	—	—	—	—	—	—	—
11.0	3	50	187.1	84.1	—	—	—	—	—	—	—	—

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。
 三軸圧縮試験が実施されているシルト層は E_{50} , GL-14.4m～16.0m の
 シルト層は Vs より算定($E_{ps}/30$: E_{ps} は Vs から算定した微小ひずみの
 変形係数)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 (kN/m ³)	平均N値	Vs (m/s)	ポアソン 比 v_d	内部 摩擦角 ϕ (°)	粘着力 c (kN/m ²)	採用E (kN/m ²)
0.00 ~ -2.30	埋土(粘性土主体)	2.30	16.0	9	130	0.496	35.0	0.0	6300
-2.30 ~ -7.00	砂礫	4.70	20.0	33	240	0.489	40.0	0.0	22925
-7.00 ~ -10.30	シルト混じり砂礫	3.30	19.0	25	240	0.489	40.0	0.0	17500
-10.30 ~ -14.40	砂質シルト	4.10	17.0	6	210	0.491	0.0	82.9	10780
-14.40 ~ -16.00	シルト	1.60	18.0	9	220	0.490	0.0	(56.3)	8650
-16.00 ~ -20.40	細砂	4.40	18.0	29	280	0.485	38.6	0.0	20300
-20.40 ~ -23.90	砂礫	3.50	20.0	41	360	0.476	40.0	0.0	28700
-23.90 ~ -26.80	シルト	2.90	17.0	12	270	0.486	0.0	154.8	17450
-26.80 ~ -34.00	細砂	7.20	19.0	34	330	0.480	39.2	0.0	23600
-34.00 ~ -39.00	細砂	5.00	19.0	80	410	0.470	40.0	0.0	55720

※粘着力 c の () 付の数値は N 値より推定

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	短期				終局時				[kN]
		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/m³ 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

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。

短期	[kN]		
	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 ⇒ 23500
終局	[kN]		
	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 ⇒ 37500

※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。

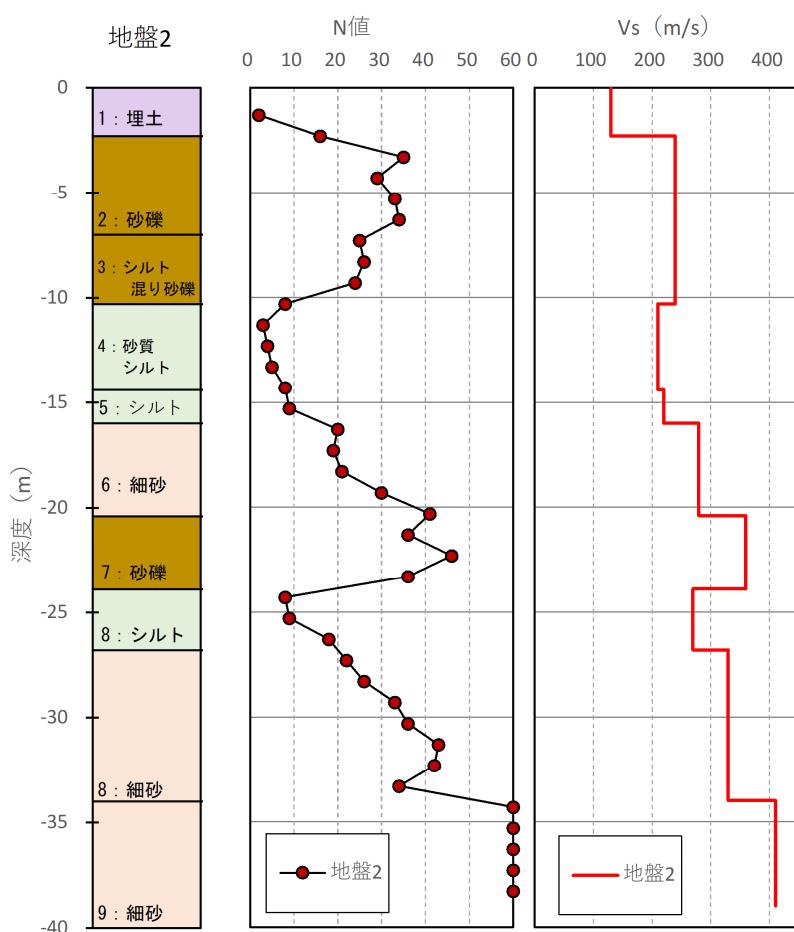


図 4.3-1 検討対象地盤概要

表 4.3-1 地盤の諸元 (1 次周期 : 0.39s)

深度 (m)	土質 区分	層厚 (m)	単位体積 重量 (kN/m ³)	平均N値	V _s (m/s)	ボアソン 比 v_d
-3.00 ~ -7.00	砂礫	4.70	20.0	33	240	0.489
-7.00 ~ -10.30	シルト混じり砂礫	3.30	19.0	25	240	0.489
-10.30 ~ -14.40	砂質シルト	4.10	17.0	6	210	0.491
-14.40 ~ -16.00	シルト	1.60	18.0	9	220	0.490
-16.00 ~ -20.40	細砂	4.40	18.0	29	280	0.485
-20.40 ~ -23.90	砂礫	3.50	20.0	41	360	0.476
-23.90 ~ -26.80	シルト	2.90	17.0	12	270	0.486
-26.80 ~ -34.00	細砂	7.20	19.0	34	330	0.480
-34.00 ~ -39.00	細砂	5.00	19.0	80	410	0.470

※橙枠は粘性土、緑枠は砂質土として評価

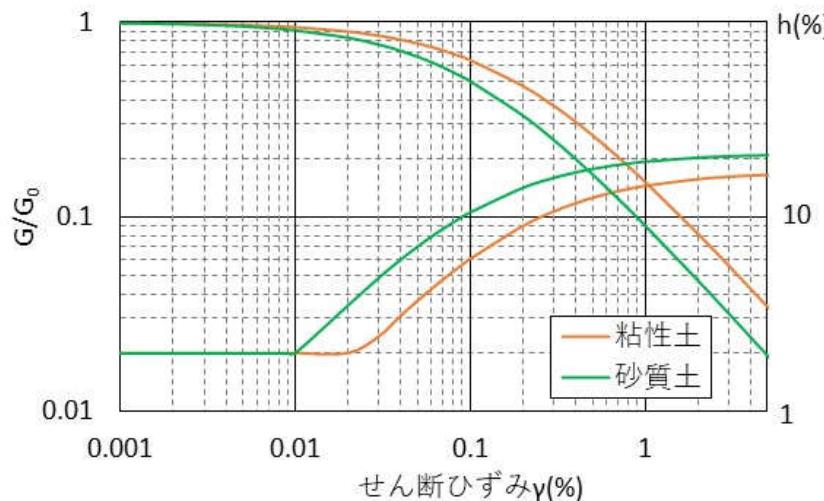
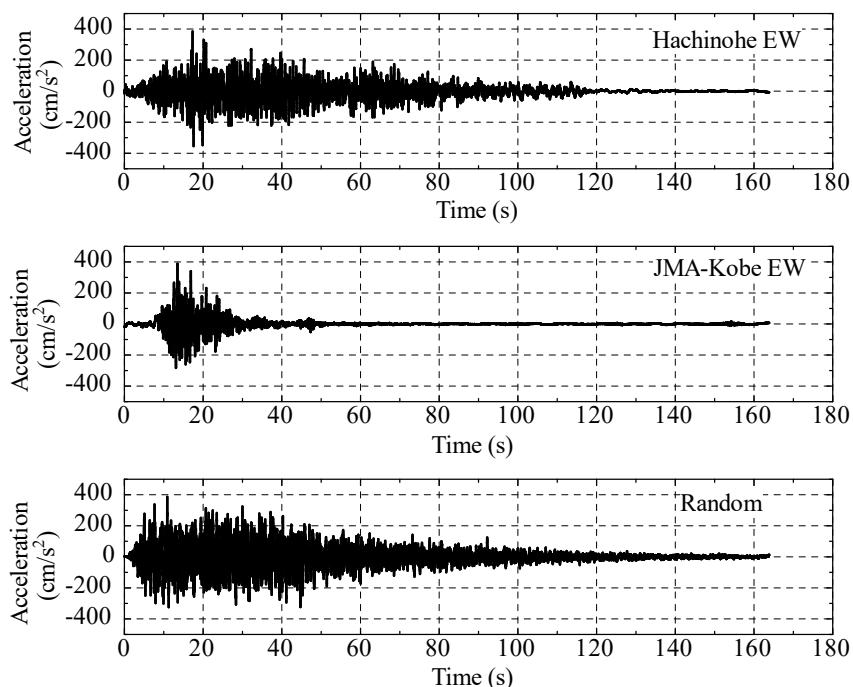


図 4.3-2 動的変形特性 (HD モデル)

(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^2)	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

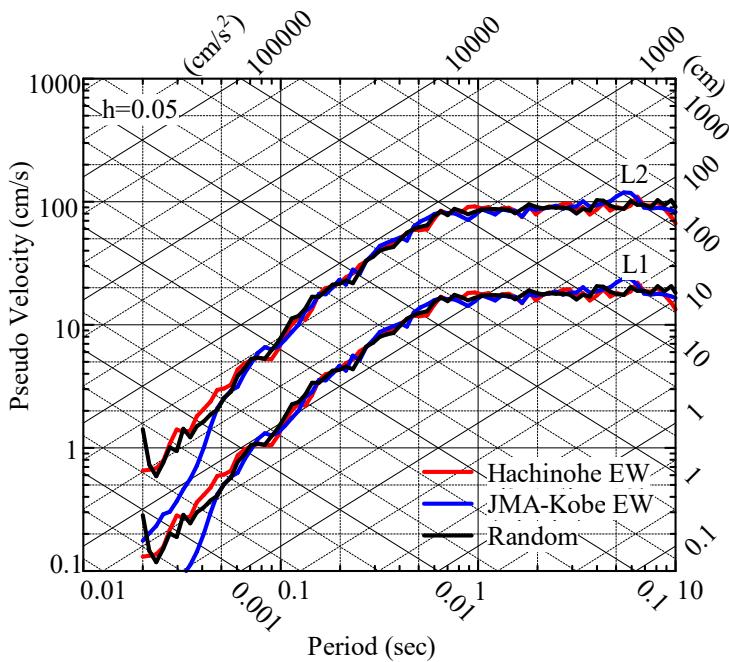


図 4.3-4 疑似速度応答スペクトル

(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。

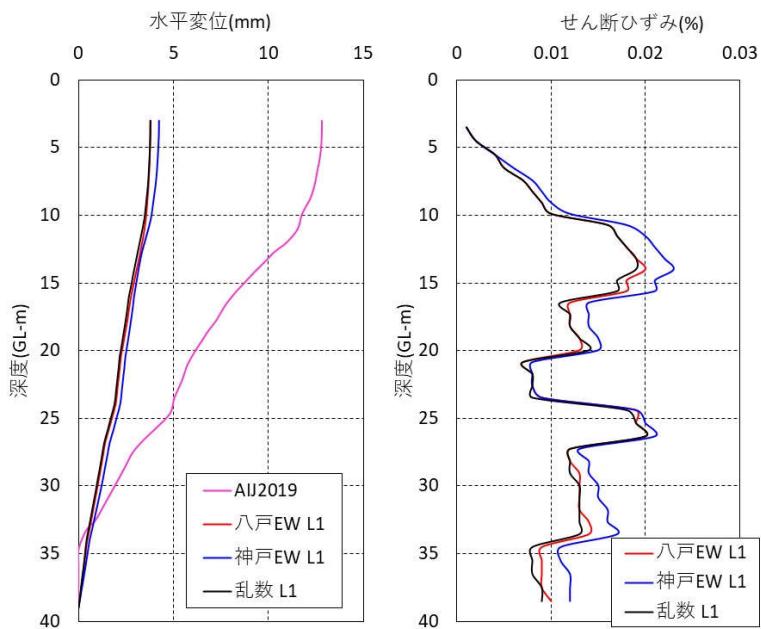


図 4.3-5 稀に発生する地震動 (L1) に対する地盤応答

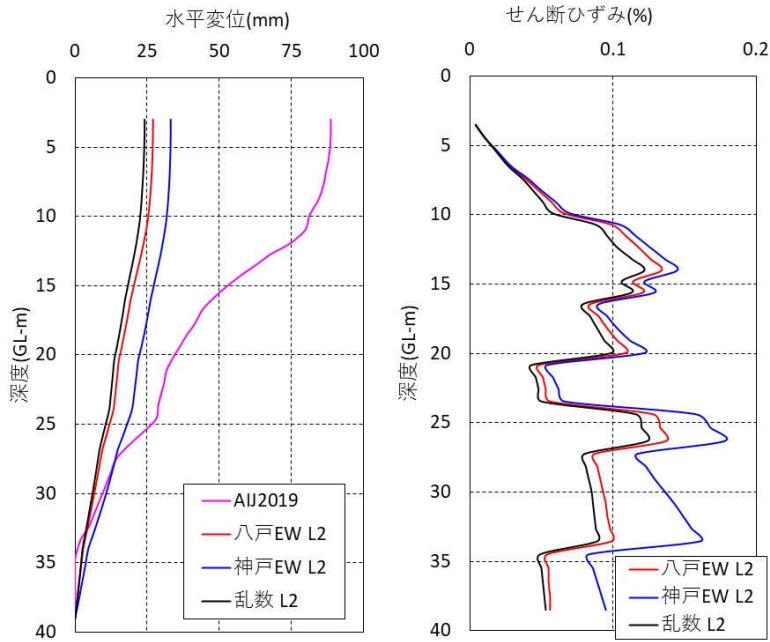


図 4.3-6 極稀に発生する地震動 (L2) に対する地盤応答

表 4.3-2 地盤の固有周期 (sec)

	初期(sec)	L1			L2		
		八戸 EW	神戸 NS	乱数	八戸 EW	神戸 NS	乱数
地盤 2	0.386	0.407	0.411	0.406	0.541	0.587	0.528

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

$h=44.6m$ なので

$$T_b=0.892(s)$$

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。

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。

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	神戸位相の結果

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¹⁾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。

固有周期の算定方法は、設計者が適切に判断して下さい。

表 5.1-2 建物と地盤の固有周期

$T_b(s)$	$T_g(L1) (s)$	$T_g(L2) (s)$
0.892	0.411 [神戸位相]	0.587 [神戸位相]

文献¹⁾

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)

	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) $T_b/T_g < 1$	$\alpha_1 = \beta_1 = \beta_2 = 1$	実線	上部構造慣性力と地盤変位は同方向で杭に載荷
(B) $T_b/T_g \approx 1$	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) $T_b/T_g > 1$	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
T_b/T_g	2.17	1.52
検討方針	表 5.1-3 の(C)の検討	表 5.1-3 の(C)の検討

(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とした。

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、地震時慣性力が卓越する場合の杭応力が、地盤変位が卓越する場合の杭応力より大きい結果となった。地震時慣性力が卓越する場合の杭応力に対する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 Ra0

極限先端支持力 Rp

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)
			α	β	γ			
P1	1600(1600)	S02	150	3.3	0.5	60	2.011	18096
P2	1600(2000)	S02	150	3.3	0.5	60	3.142	28274
P3	1600(2300)	S02	150	3.3	0.5	60	4.155	37393

極限周面摩擦力 Rf

杭 符号	杭軸径 (拡底径) (mm)	地盤 符号	周長 ϕ (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 ΣL_s	粘性土 ΣL_c	砂質土 $\tau_s \cdot L_s$	粘性土 $\tau_c \cdot L_c$	
P1	1600(1600)	S02	5.03	17.60	4.50	1727.88	291.15	10148.75
P2	1600(2000)	S02	5.03	16.66	4.50	1634.73	291.15	9680.52
P3	1600(2300)	S02	5.03	15.95	4.50	1564.86	291.15	9329.35

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	1600(1600)	S02	18096	10149	547
P2	1600(2000)	S02	28274	9681	547
P3	1600(2300)	S02	37393	9329	547

杭体の圧縮耐力 Na

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 σ_{fc} (N/mm ²)	断面積 A (mm ²)	長さ 径比 L / d	杭体の 長期 許容耐力 σ_{Na} (kN / 本)	杭体の 短期 許容耐力 s_{Na} (kN / 本)
P1	1600(1600)	34	9.00	2010619	21.25	18096	36191
P2	1600(2000)	34	9.00	2010619	21.25	18096	36191
P3	1600(2300)	34	9.00	2010619	21.25	18096	36191

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 LRa	杭体 LNa	採用 LRad	地盤 sRa	杭体 sNa	採用 sRad
P1	1600(1600)	S02	8860	18090	8860	18280	36190	18280
P2	1600(2000)	S02	12090	18090	12090	24740	36190	24740
P3	1600(2300)	S02	15000	18090	15000	30570	36190	30570

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	-758 1268	-654 1151	15074	-3164
X2-Y1	7880	-952 952	-7985 7985	130 -655	-623 1233	17098	-728
X3-Y1	7810	-264 264	-8056 8056	-48 63	-616 1232	17098	-862
X4-Y1	7810	264 -264	-8056 8056	63 -48	-616 1232	17098	-862
X5-Y1	7880	952 -952	-7985 7985	-655 130	-623 1233	17098	-728
X6-Y1	5700	8106 -8106	-7636 7636	1268 -758	-654 1151	15074	-3164
X1-Y2	7420	-2662 2662	0 0	-926 1163	-498 -498	11245	3832
X2-Y2	9941	-424 424	0 0	233 -476	-610 -610	9941	9331
X3-Y2	9883	-122 122	0 0	-45 51	-616 -616	10056	9267
X4-Y2	9883	122 -122	0 0	51 -45	-616 -616	10056	9267
X5-Y2	9941	424 -424	0 0	-476 233	-610 -610	9941	9331
X6-Y2	7420	2662 -2662	0 0	1163 -926	-498 -498	11245	3832
X1-Y3	5700	-8106 8106	7636 -7636	-758 1268	1151 -654	15074	-3164
X2-Y3	7880	-952 952	7985 -7985	130 -655	1233 -623	17098	-728
X3-Y3	7810	-264 264	8056 -8056	-48 63	1232 -616	17098	-862
X4-Y3	7810	264 -264	8056 -8056	63 -48	1232 -616	17098	-862
X5-Y3	7880	952 -952	7985 -7985	-655 130	1233 -623	17098	-728
X6-Y3	5700	8106 -8106	7636 -7636	1268 -758	1151 -654	15074	-3164

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	1600(1600)	1	8860	8860	8860	5700	0.64	OK
P2	1600(2000)	1	12090	12090	12090	7880	0.65	OK
P3	1600(2300)	1	15000	15000	15000	9941	0.66	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	1600(1600)	1	18280	18280	18280	15074	0.82	OK
P2	1600(2000)	1	24740	24740	24740	17098	0.69	OK
P3	1600(2300)	1	30570	30570	30570	11245	0.37	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 ϕ (m)	層厚(m)		$\Sigma (\tau i \cdot L_i)(kN/m)$		杭の 自重 W_p (kN)	短期許容 引抜き 耐力 $tFas$ (kN /本)
				砂質土 ΣL_s	粘性土 ΣL_c	砂質土 $\tau_s \cdot L_s$	粘性土 $\tau_c \cdot L_c$		
P1	1600(1600)	S02	5.027	18.10	4.50	1795	291	547	6140
P2	1600(2000)	S02	5.027	18.10	4.50	1795	291	547	6140
P3	1600(2300)	S02	5.027	18.10	4.50	1795	291	547	3716

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	1600(1600)	1	6140	10450	6140	6140	3164	0.52	OK
P2	1600(2000)	1	6140	7432	6140	6140	862	0.14	OK
P3	1600(2300)	1	6140	3716	3716	3710	----	----	----

<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	1600(1600)	S02	27697	72380	27690
P2	1600(2000)	S02	37397	72380	37390
P3	1600(2300)	S02	46149	72380	46140

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	-1142 2063	-963 1839	21545	-7963
X2-Y1	7880	-747 -452	-11631 12544	158 -1185	-854 1933	22357	-4605
X3-Y1	7810	-136 75	-11708 12628	-58 164	-836 1888	22326	-4734
X4-Y1	7810	75 -136	-11708 12628	164 -58	-836 1931	22369	-4734
X5-Y1	7880	-452 -747	-11631 12544	-1185 158	-854 1890	22314	-4605
X6-Y1	5700	13782 -12521	-11202 12235	2063 -1142	-963 1837	21545	-7963
X1-Y2	7420	-4474 4777	-1035 -1035	-1355 1823	-907 -895	14020	1591
X2-Y2	9941	-171 -103	-911 -911	307 -828	-1112 -1084	10077	7918
X3-Y2	9883	-64 35	-922 -922	-55 108	-1130 -669	10026	7831
X4-Y2	9883	35 -64	-922 -922	108 -55	-1130 -1087	10026	7831
X5-Y2	9941	-103 -171	-911 -911	-828 307	-1112 -671	10077	7918
X6-Y2	7420	4777 -4474	-1035 -1035	1823 -1355	-907 -882	14020	1591
X1-Y3	5700	-12521 13782	12235 -11202	-1142 2063	1869 -944	21545	-7963
X2-Y3	7880	-747 -452	12548 -11631	158 -1185	1966 -850	22394	-4601
X3-Y3	7810	-136 75	12628 -3272	-58 164	1966 -1220	22404	3318
X4-Y3	7810	75 -136	12628 -11708	164 -58	1966 -845	22404	-4743
X5-Y3	7880	-452 -747	12544 -3489	-1185 158	1966 -1219	22390	3172
X6-Y3	5700	13782 -12521	12235 -11202	2063 -1142	1869 -955	21545	-7963

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	1600(1600)	1	27690	27690	27690	21545	1.29	OK
P2	1600(2000)	1	37390	37390	37390	22404	1.67	OK
P3	1600(2300)	1	46140	46140	46140	14020	3.29	OK

終局引抜き耐力

杭 符 号	杭軸径 (拡底径) (mm)	地盤 符 号	周長 ϕ (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 ΣL_s	粘性土 ΣL_c	砂質土 $\tau_s \cdot L_s$	粘性土 $\tau_c \cdot L_c$		
P1	1600(1600)	S02	5.027	18.10	4.50	1795	291	0	8937
P2	1600(2000)	S02	5.027	18.10	4.50	1795	291	0	8175
P3	1600(2300)	S02	5.027	18.10	4.50	1795	291	0	4088

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	1600(1600)	1	8937	11495	8937	8930	7963	1.12	OK
P2	1600(2000)	1	8937	8175	8175	8170	4743	1.72	OK
P3	1600(2300)	1	8937	4088	4088	4080	----	----	----

(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

※符号毎に最大検定値となる基礎位置を出力。

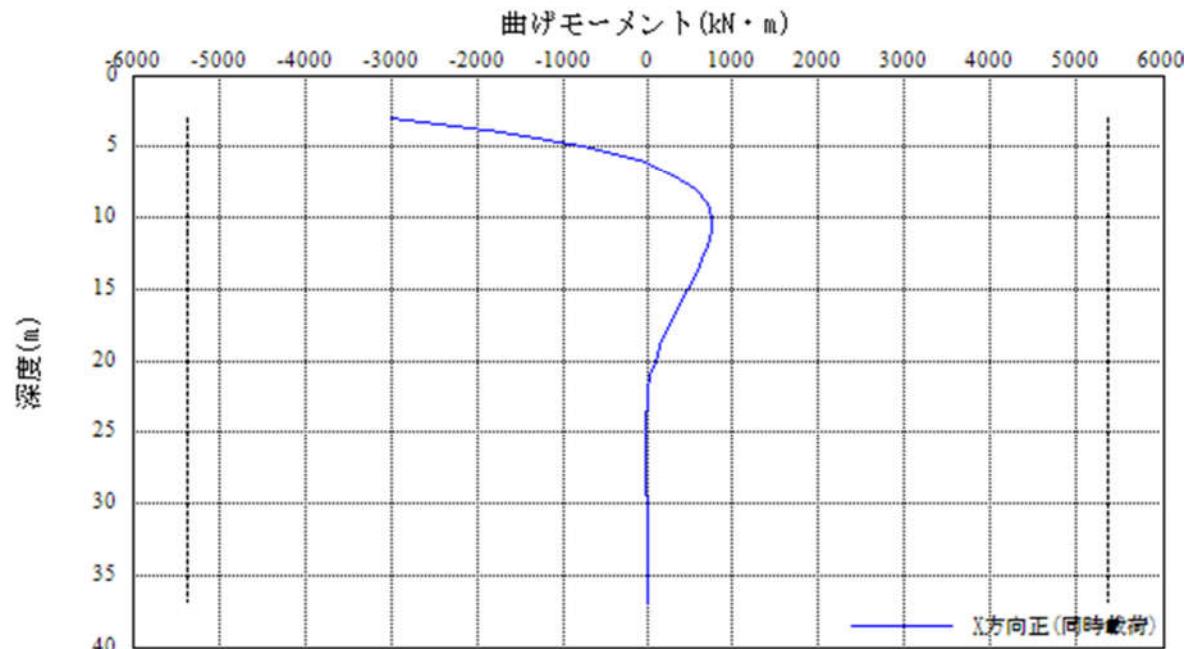
※破線は短期許容曲げ耐力、実線は曲げ応力を示す。

X 方向正

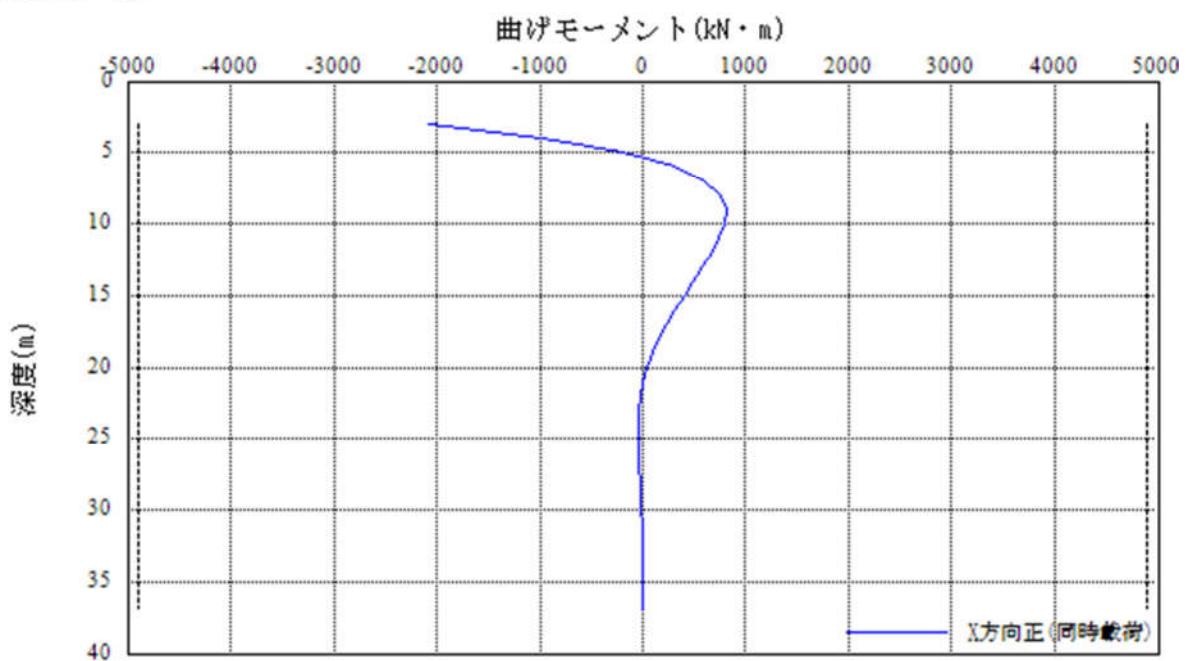
基礎位置: X6-Y1

杭行号: P1

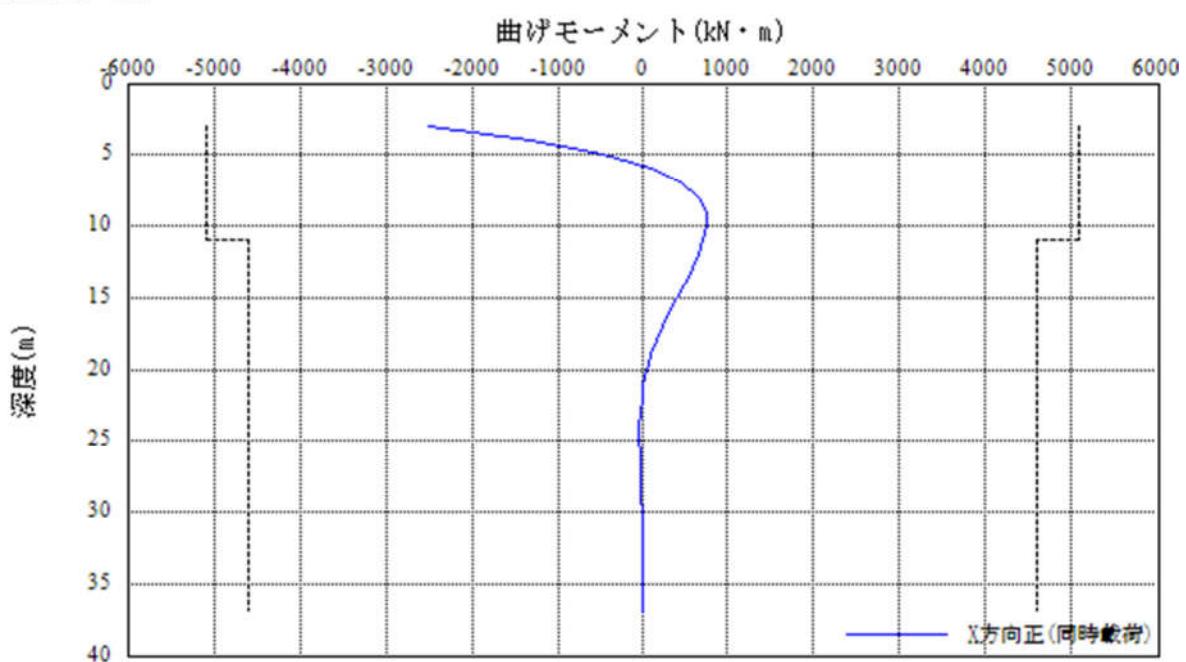
地盤行号: S02



基礎位置: X5-Y1
杭号: P2
地盤符号: S02

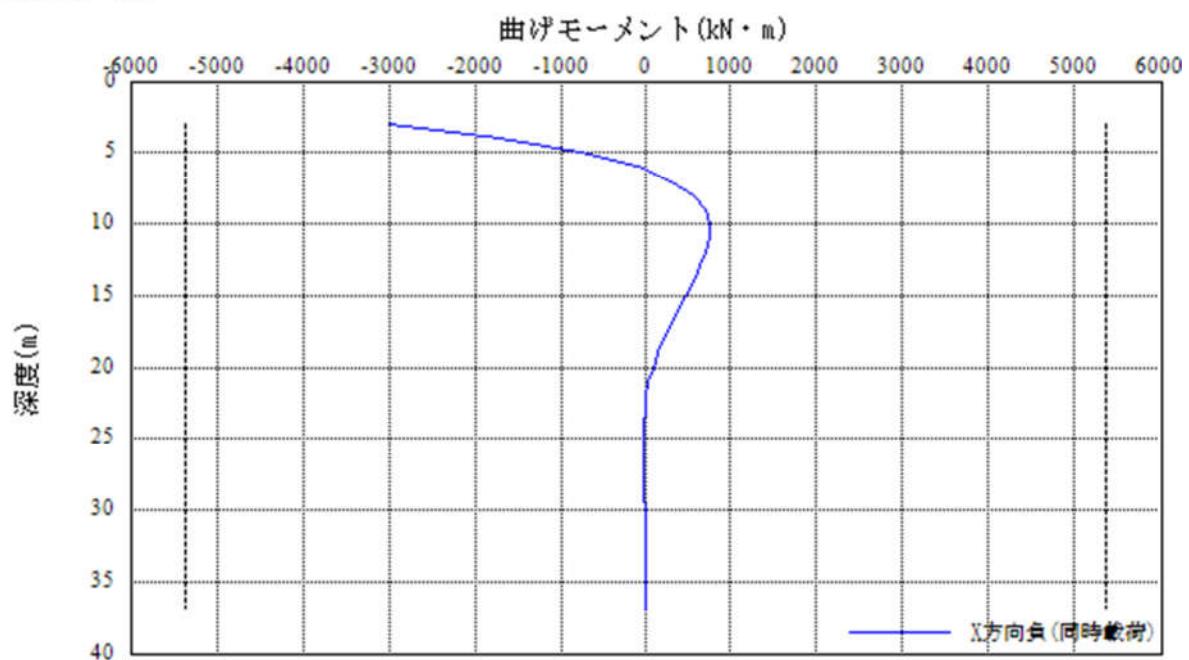


基礎位置: X6-Y2
杭号: P3
地盤符号: S02

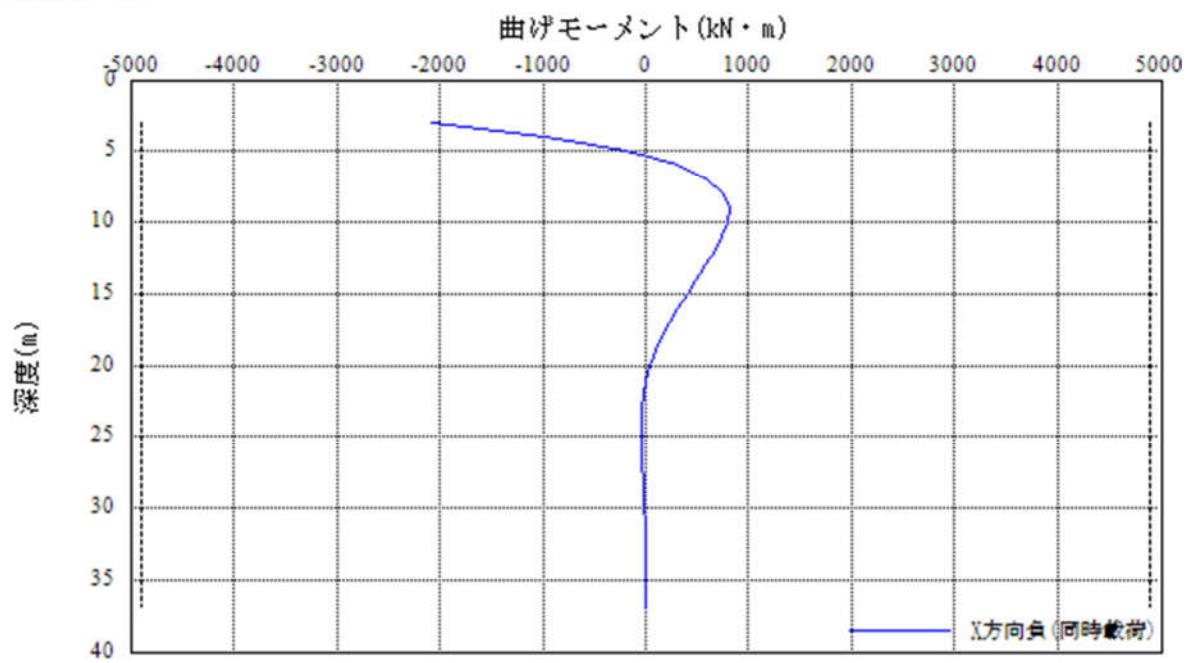


X 方向負

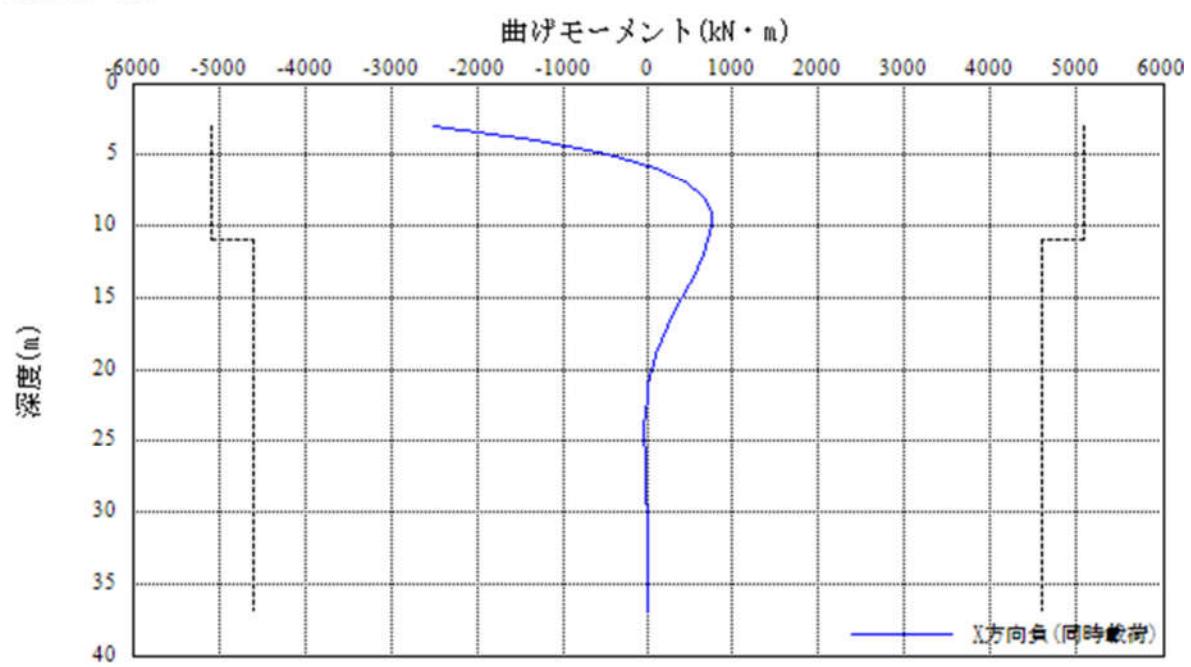
基礎位置: X1-Y1
杭符号: P1
地盤符号: S02



基礎位置: X2-Y1
杭符号: P2
地盤符号: S02

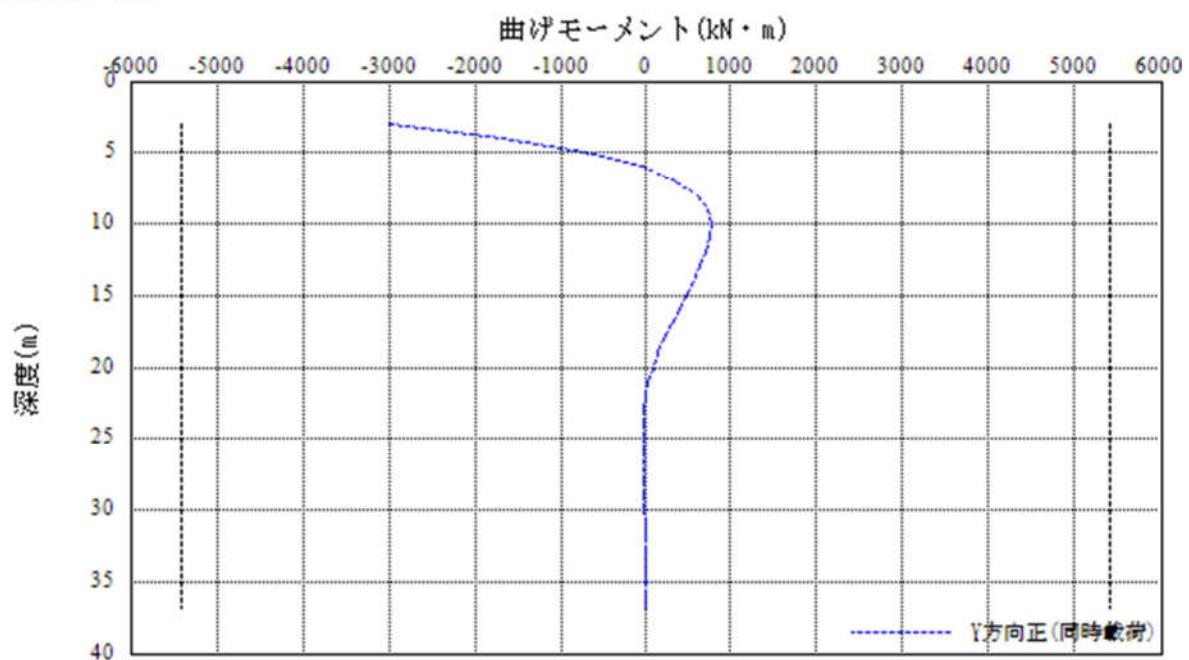


基礎位置: X1-Y2
杭符号: P3
地盤符号: S02

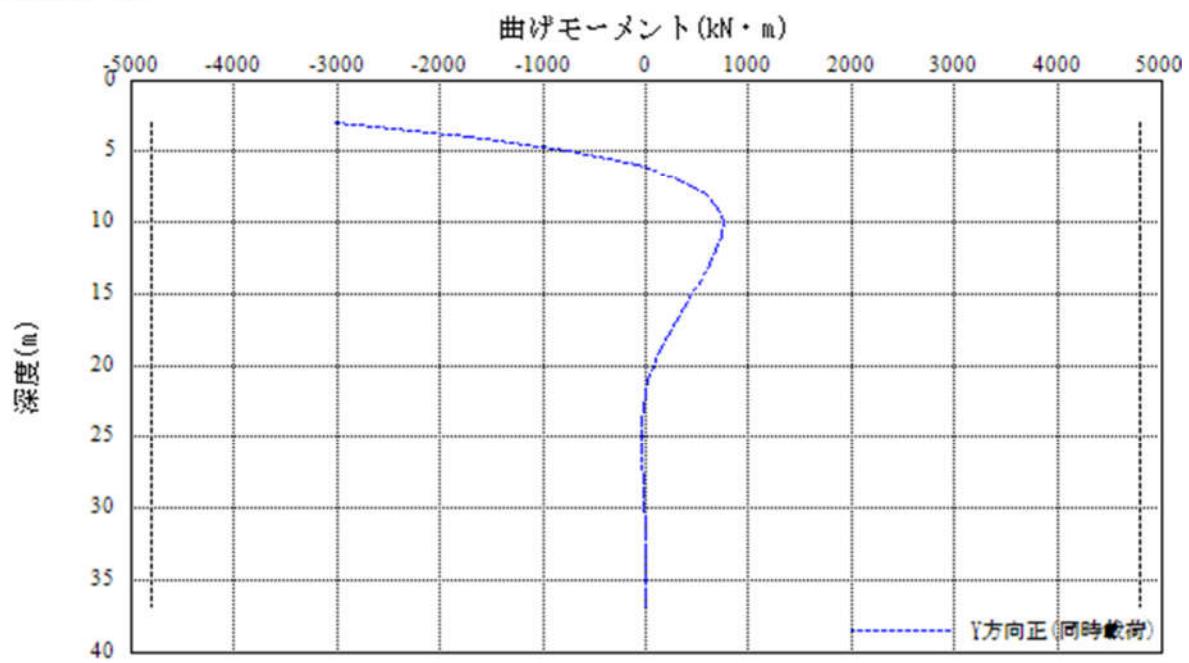


Y 方向正

基礎位置: X1-Y3
杭符号: P1
地盤符号: S02



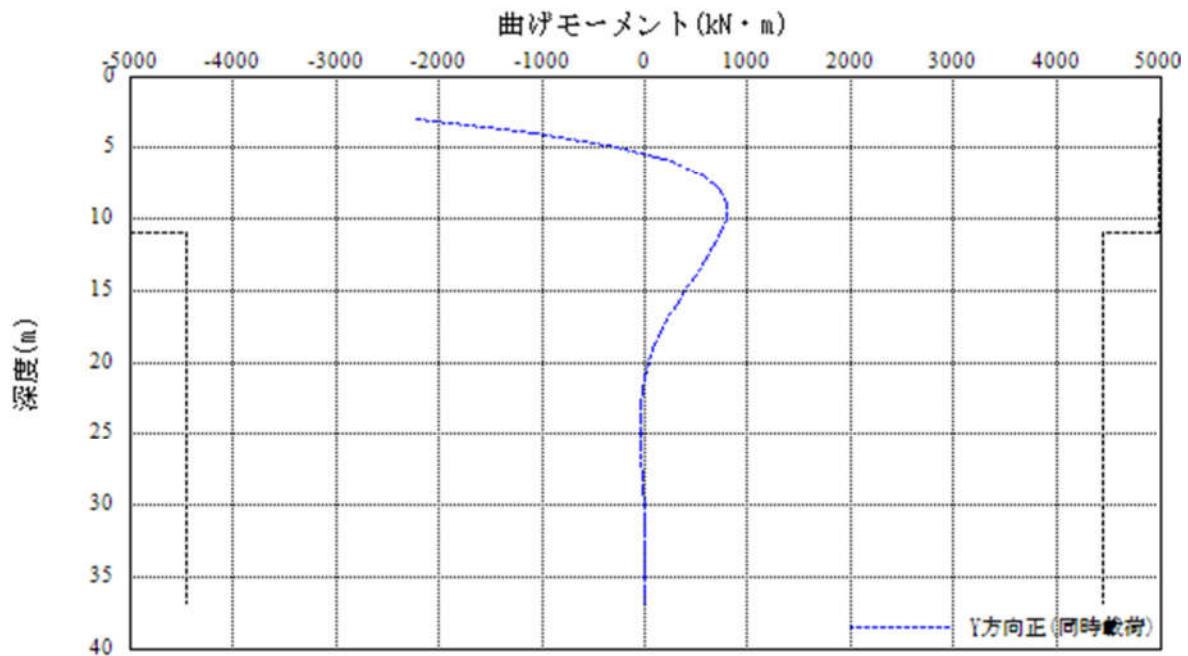
基礎位置: X2-Y3
杭符号: P2
地盤符号: S02



基準位置: X2-Y2

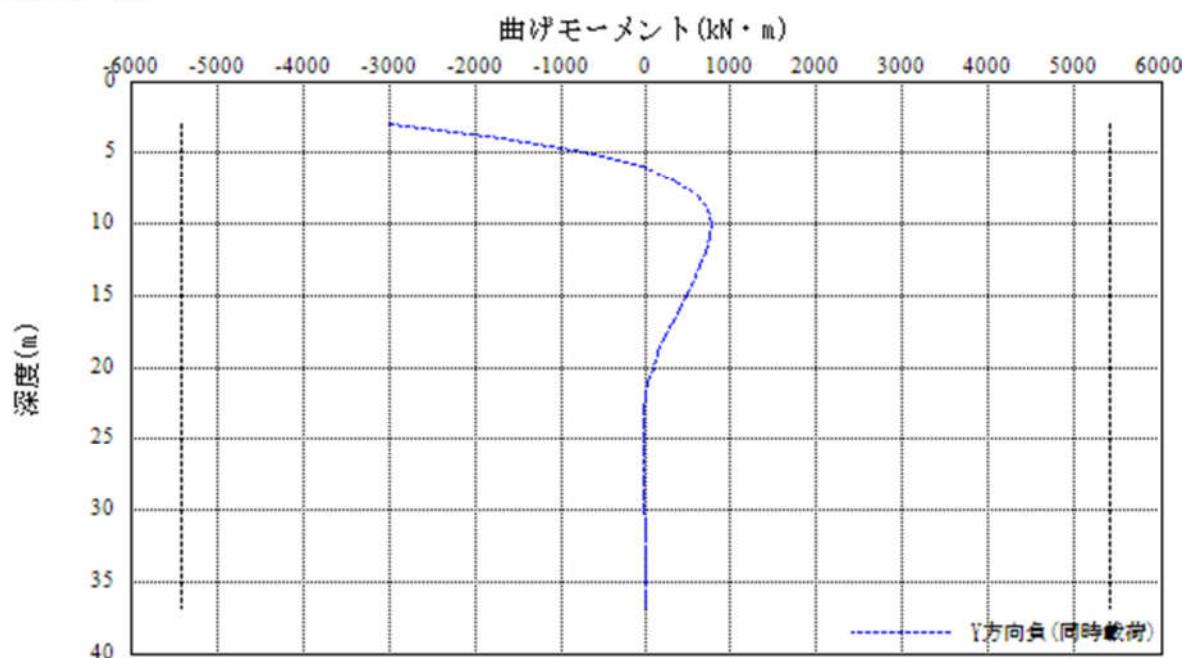
杭行号：P3

地盤行號：S02

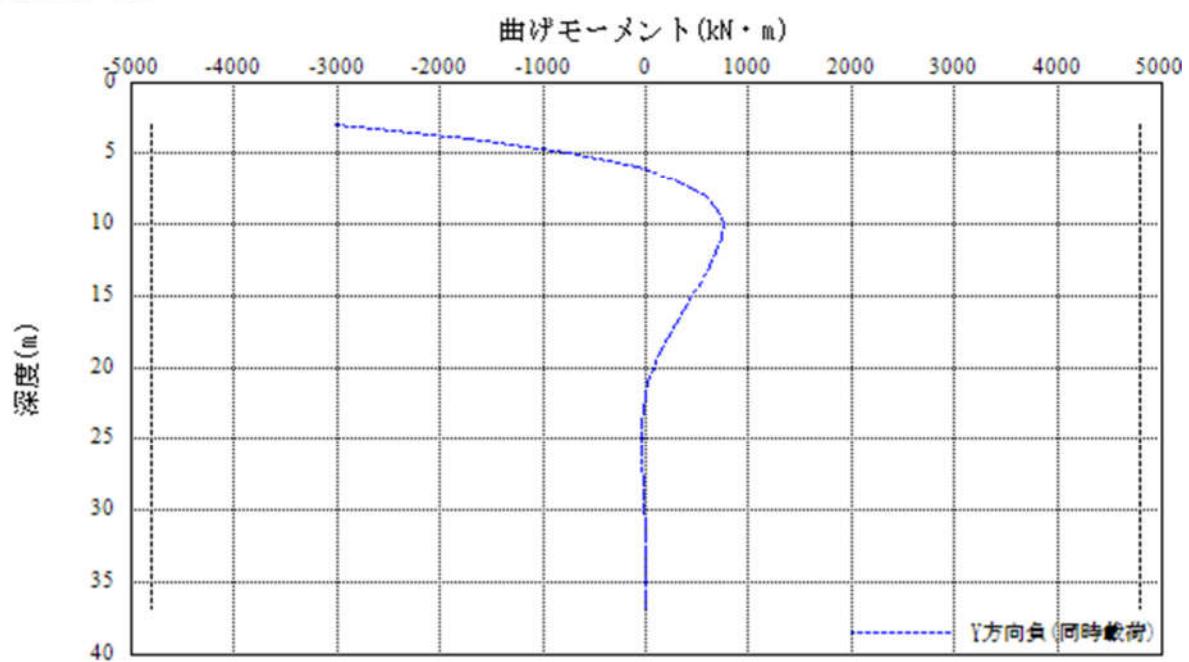


Y方向負

基礎位置: X1-Y1
杭符号: P1
地盤符号: S02



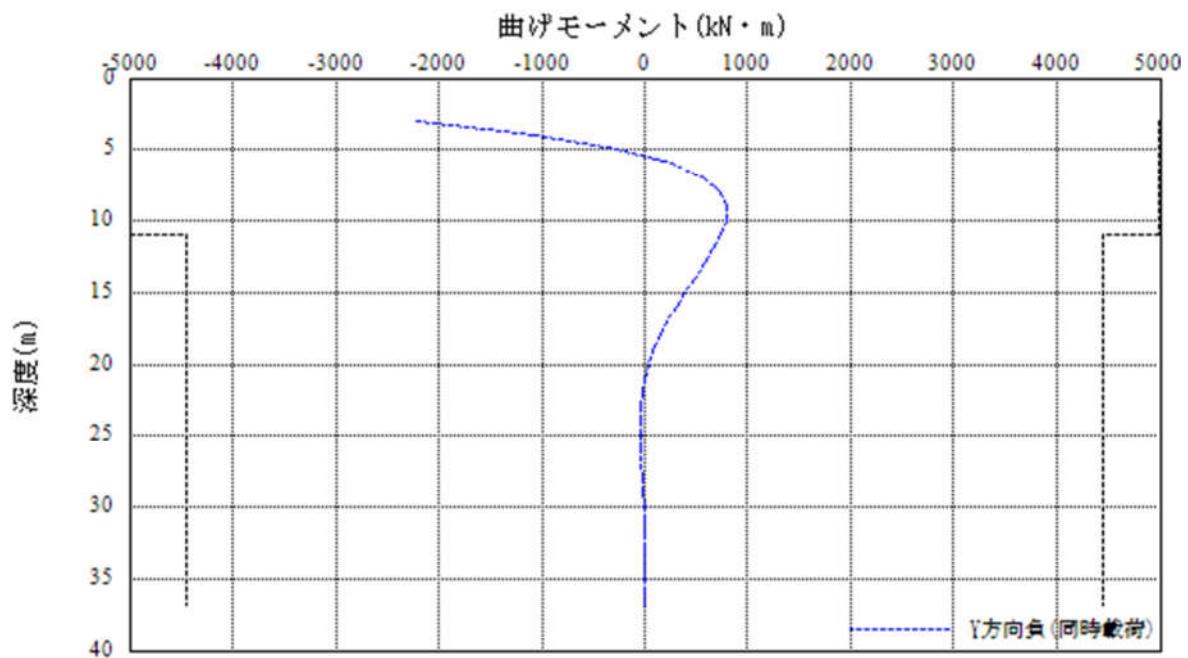
基礎位置: X2-Y1
杭符号: P2
地盤符号: S02



基準位置: X2-Y2

航符號：P3

地盤行號：S02



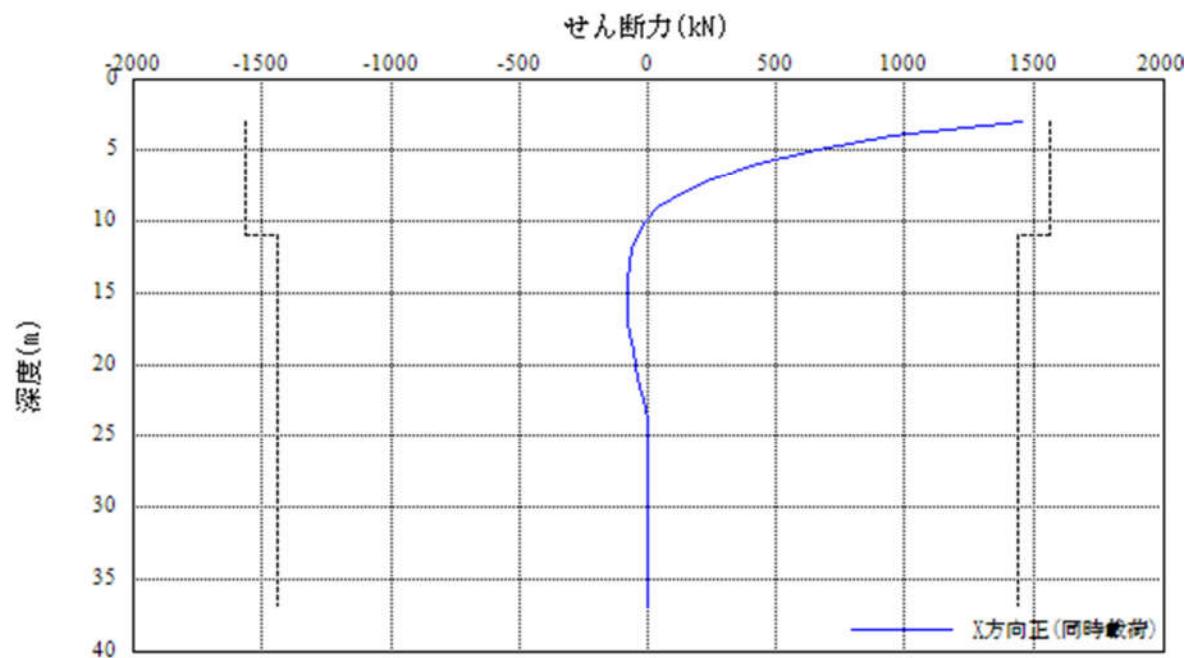
せん断力分布図

※符号毎に最大検定値となる基礎位置を出力。

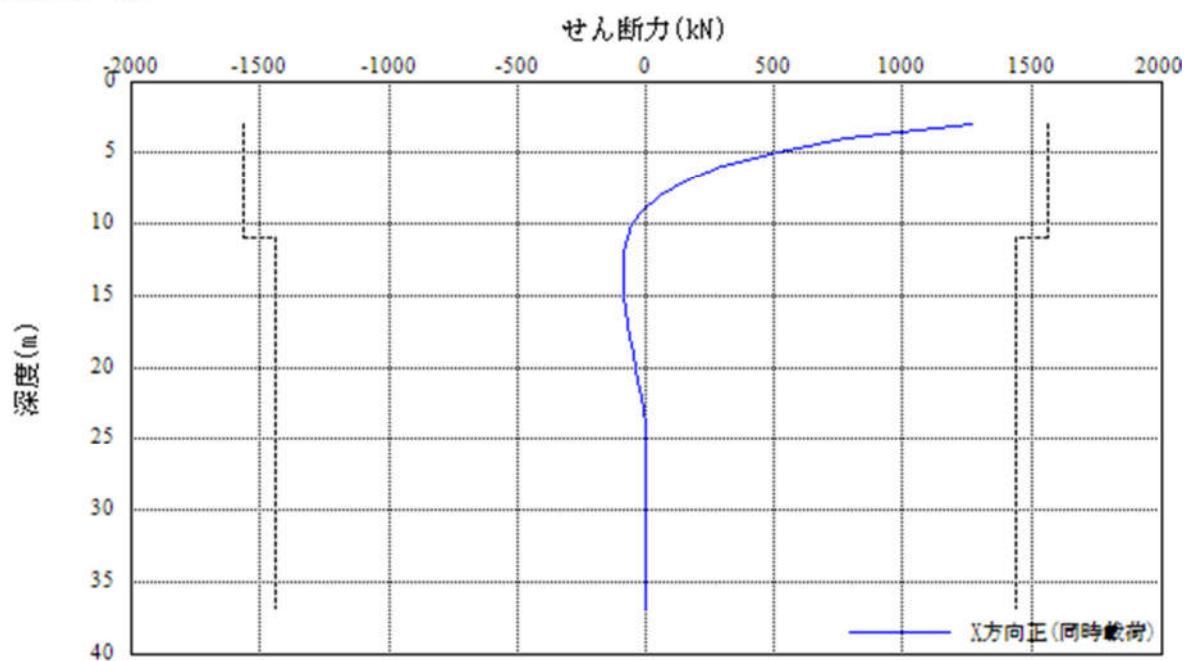
※破線は短期許容せん断耐力、実線はせん断応力を示す。

X 方向正

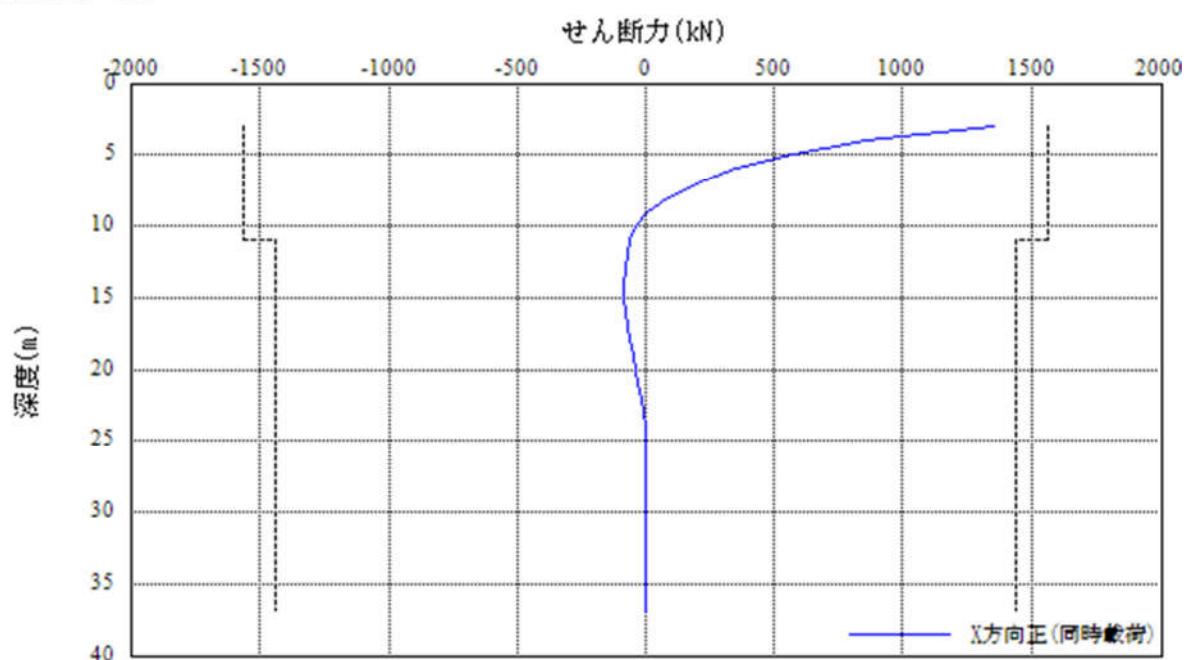
基礎位置: X6-Y1
杭符号: P1
地盤符号: S02



基礎位置: X6-Y1
杭符号: P2
地盤符号: S02

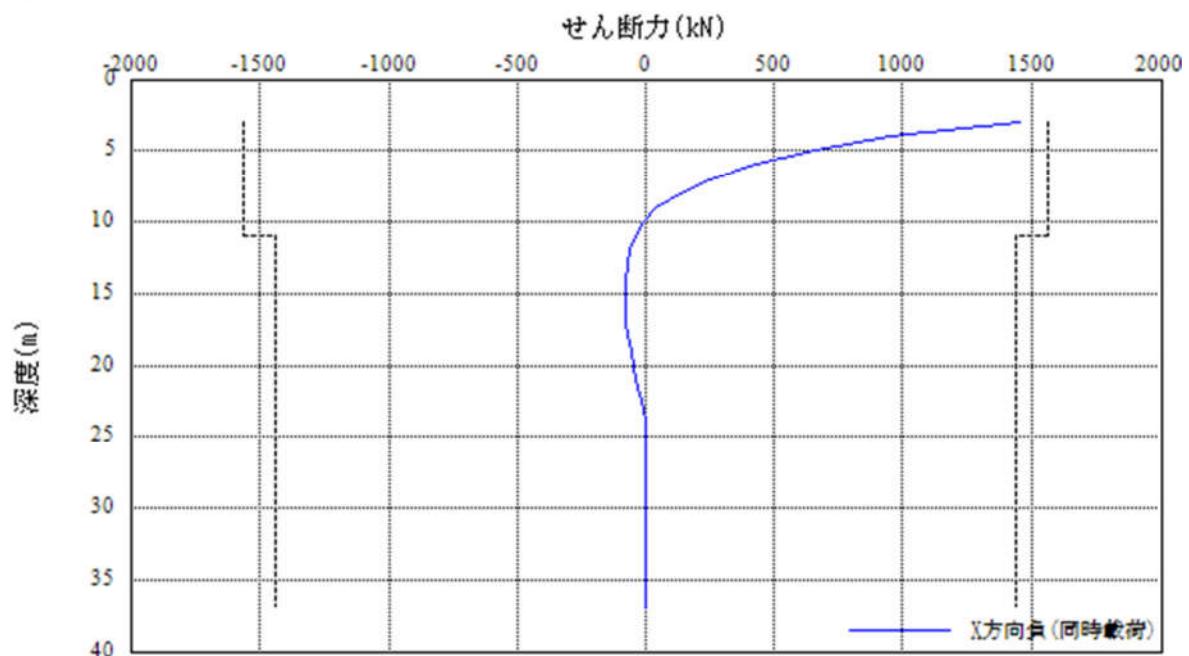


基礎位置: X6-Y2
杭符号: P3
地盤符号: S02

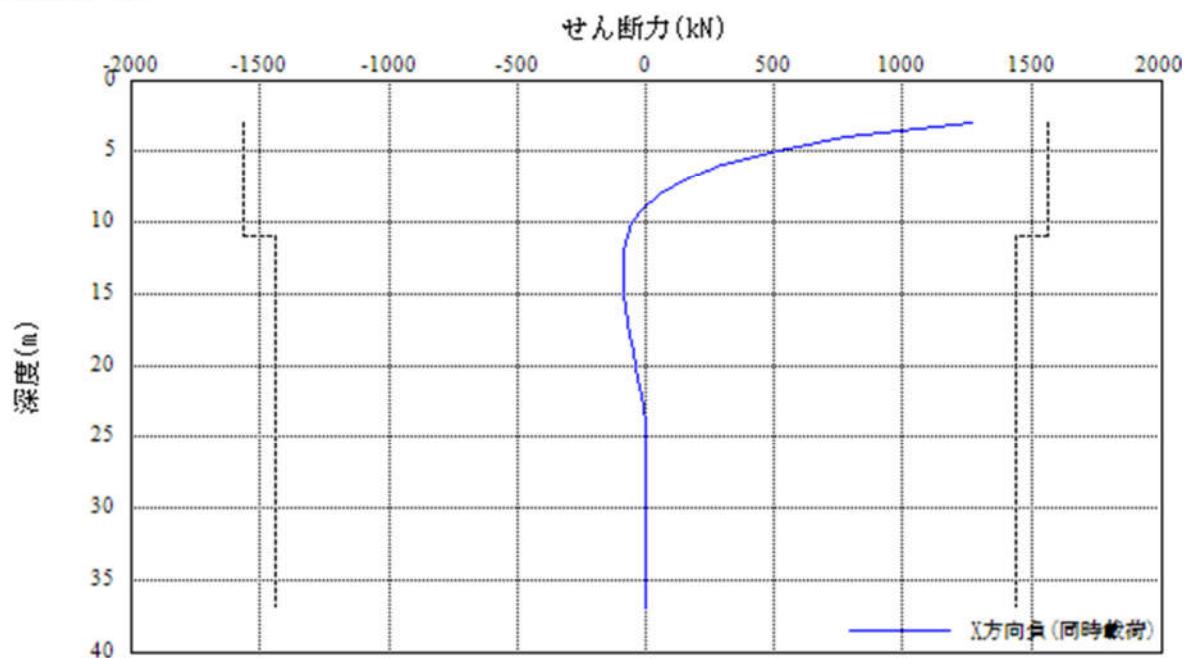


X 方向負

基礎位置: X1-Y1
杭符号: P1
地盤符号: S02



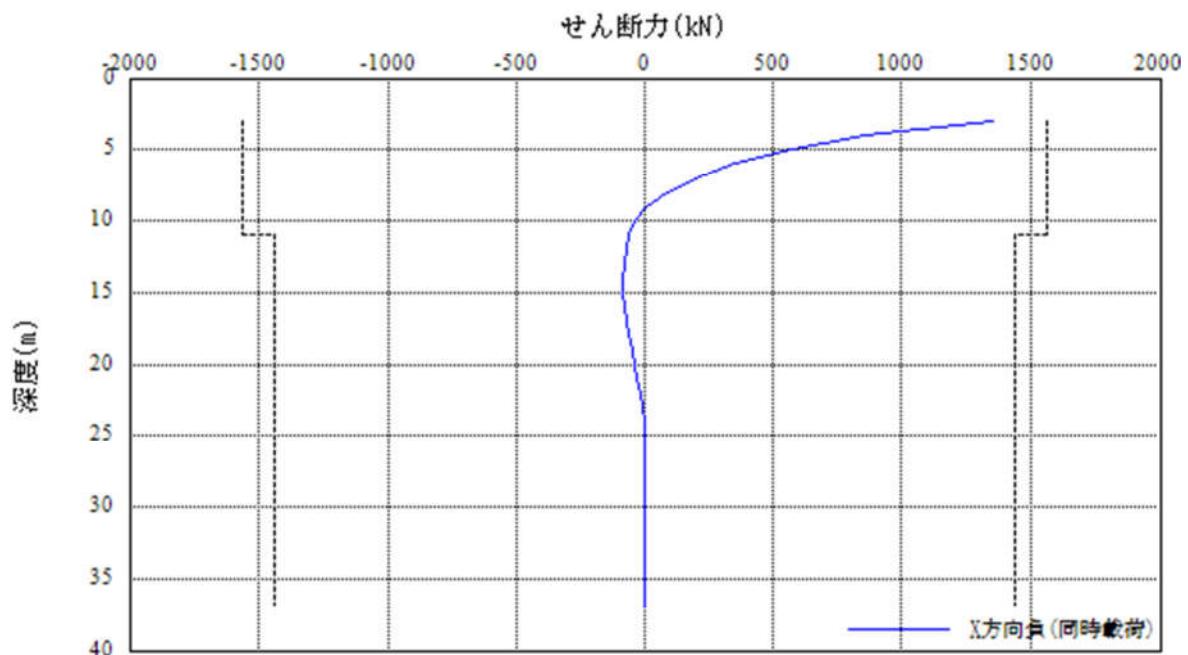
基礎位置: X2-Y1
杭符号: P2
地盤符号: S02



蓋罐位置：X1-Y2

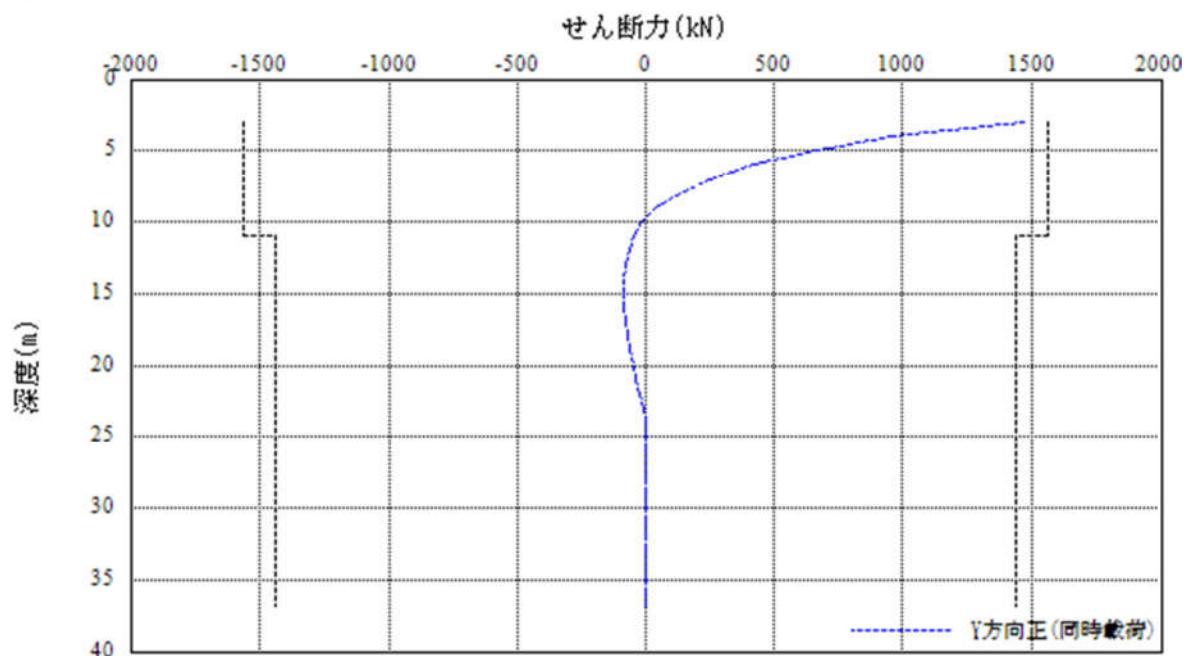
杭行号：P3

地盤荷重：502

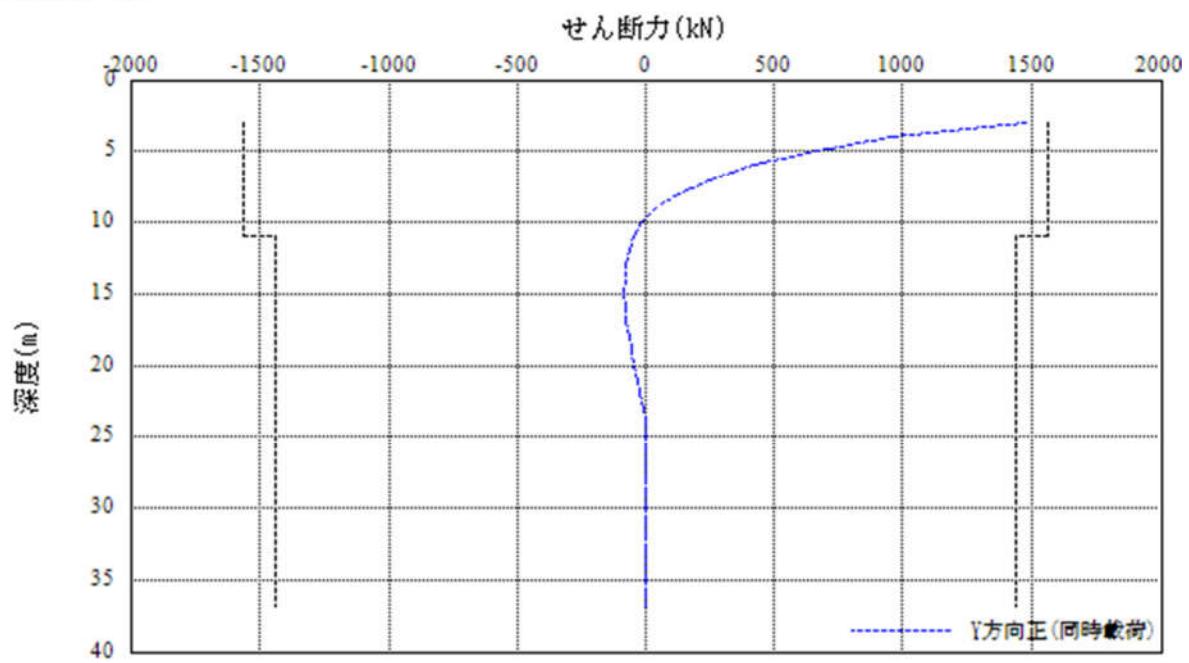


Y 方向正

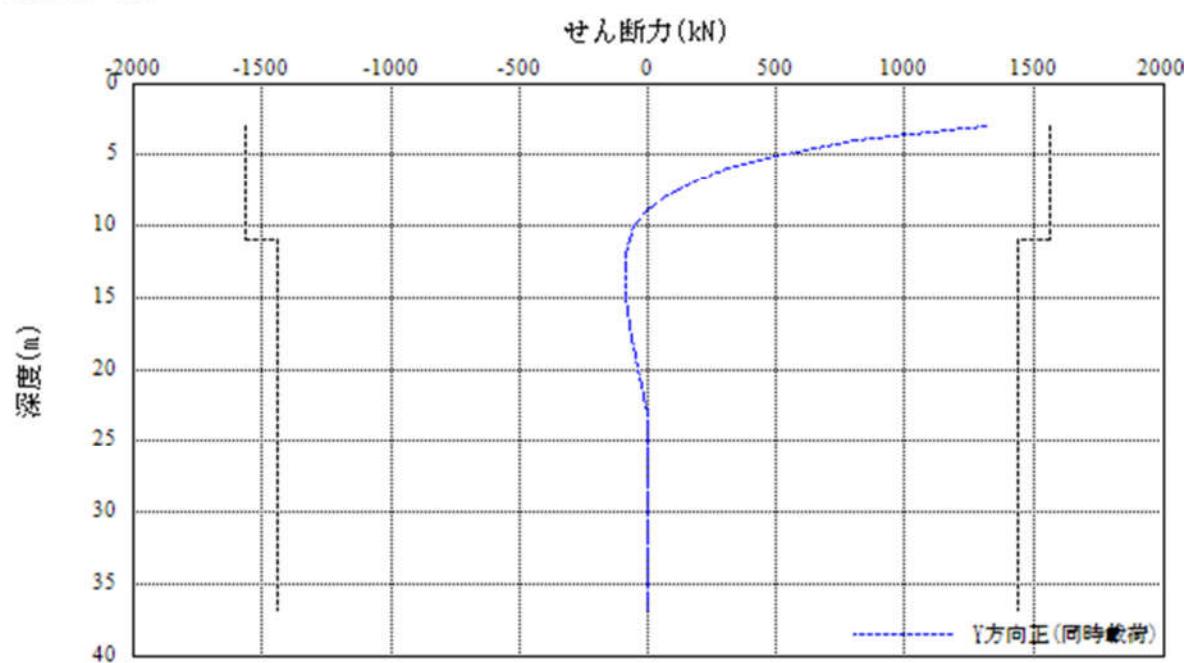
基礎位置: X1-Y3
杭号: P1
地盤号: S02



基礎位置: X2-Y3
杭号: P2
地盤号: S02

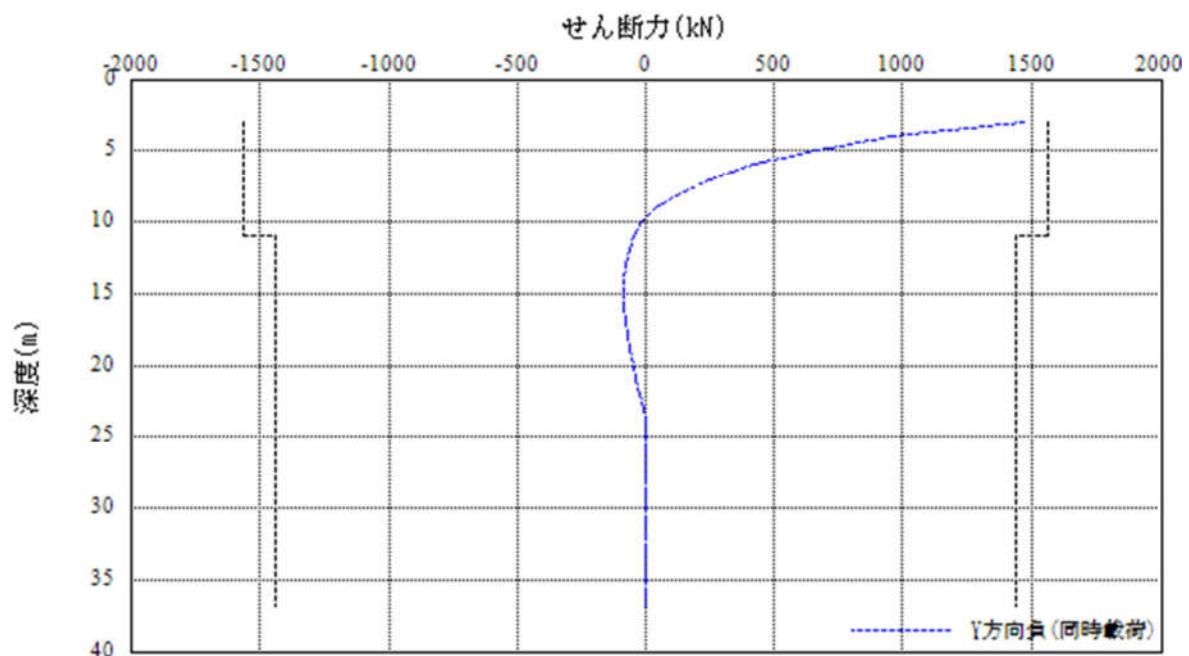


基礎位置: X2-Y2
杭符号: P3
地盤符号: S02

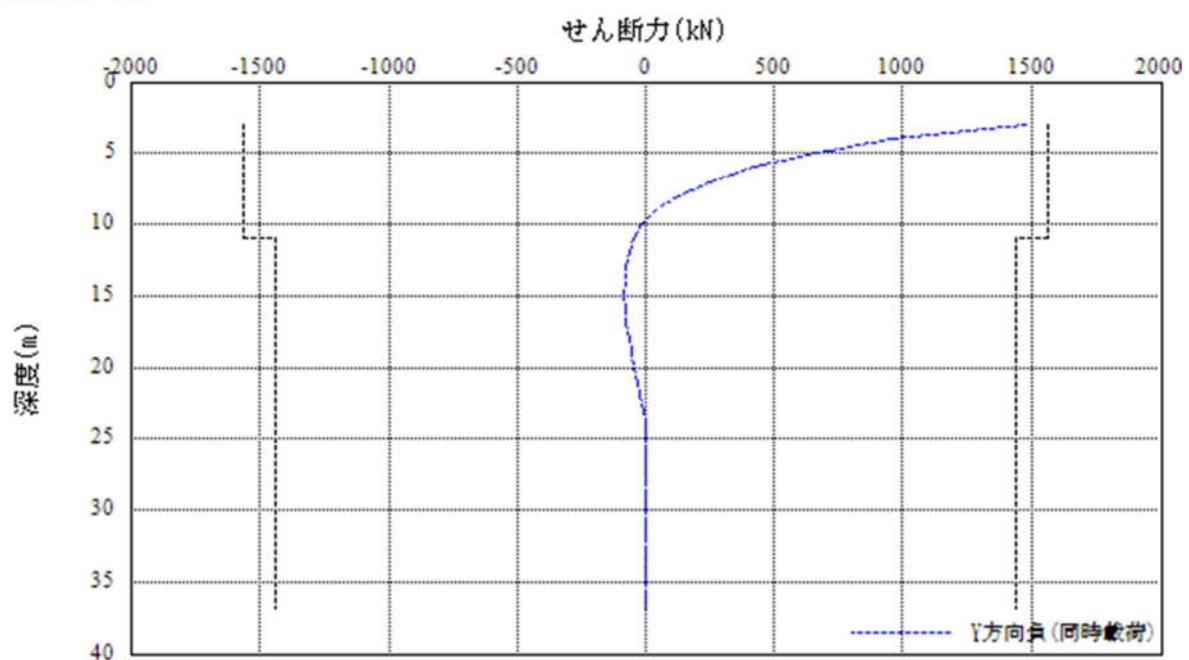


Y 方向負

基礎位置: X1-Y1
杭符号: P1
地盤符号: S02



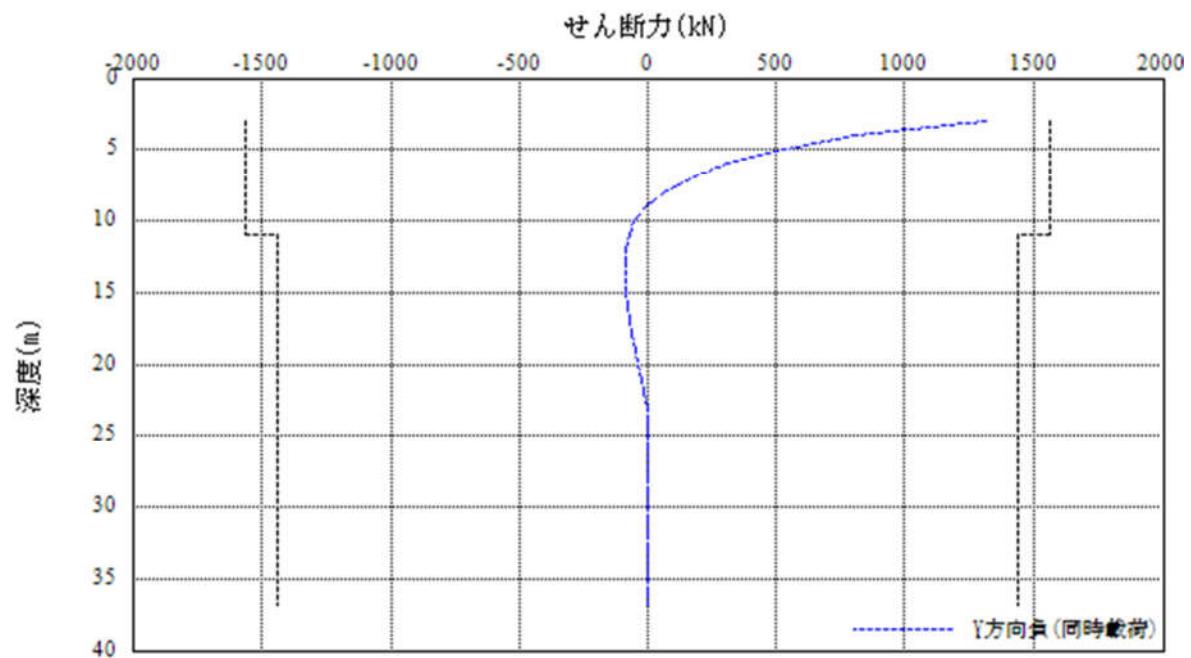
基礎位置: X2-Y1
杭符号: P2
地盤符号: S02



基準位置: X2-Y2

杭行号：P3

地盤行號：S02



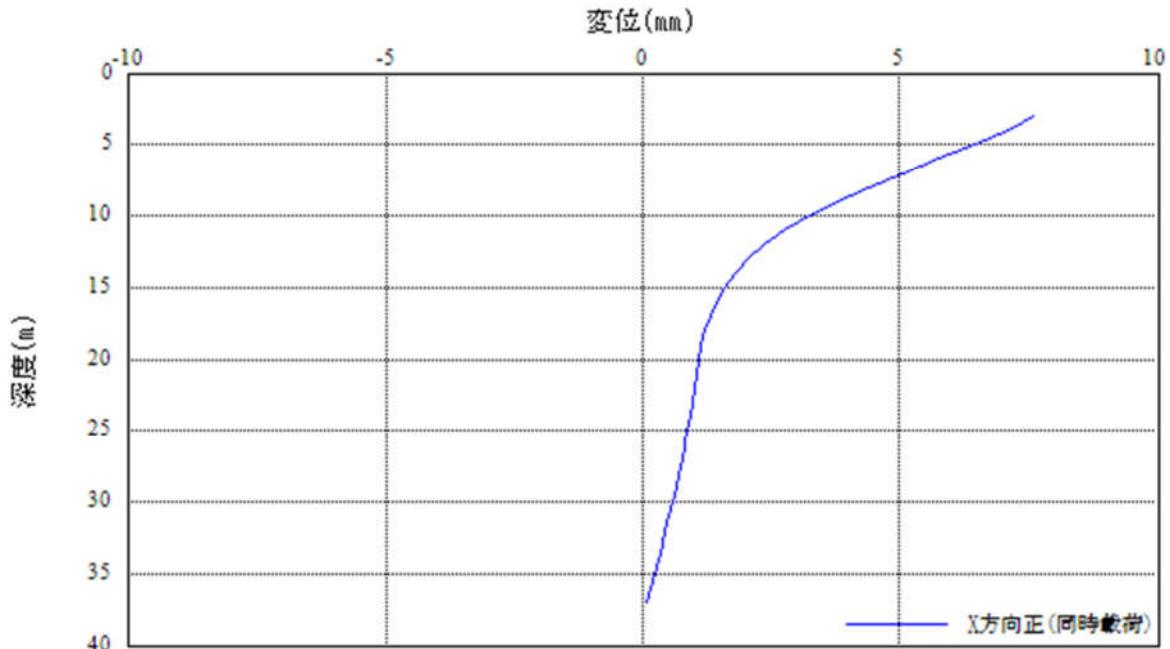
変位分布図

X 方向正

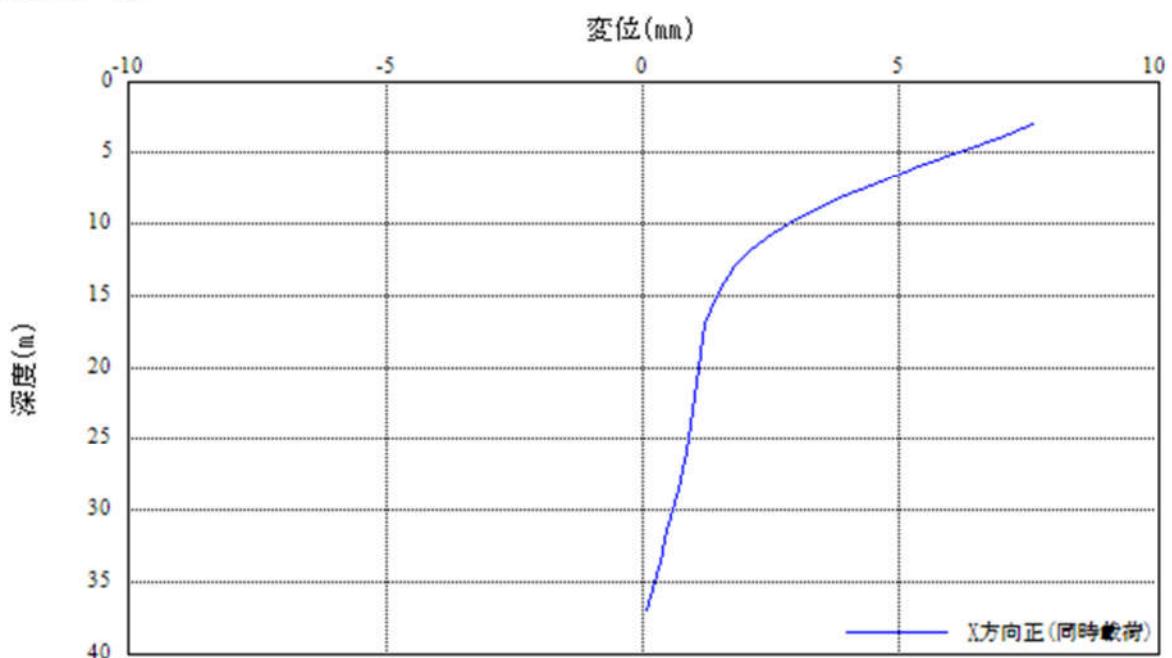
基礎位置: X6-Y1

杭符号: P1

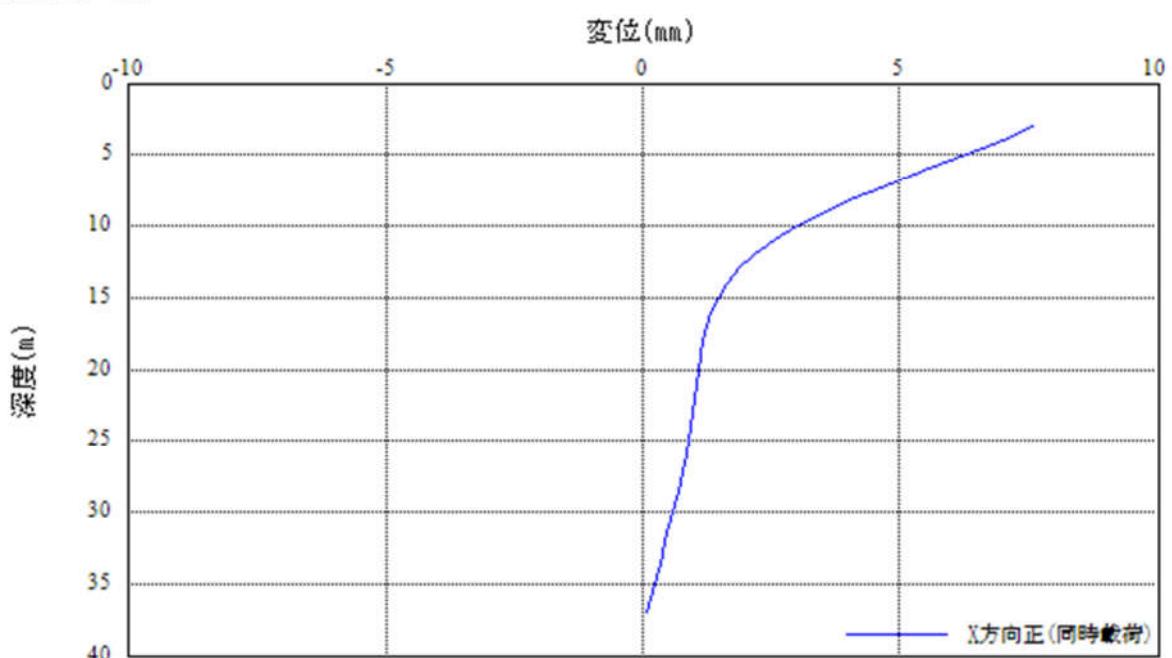
地盤符号: S02



基础位置: X6-Y1
杭符号: P2
地盤符号: S02

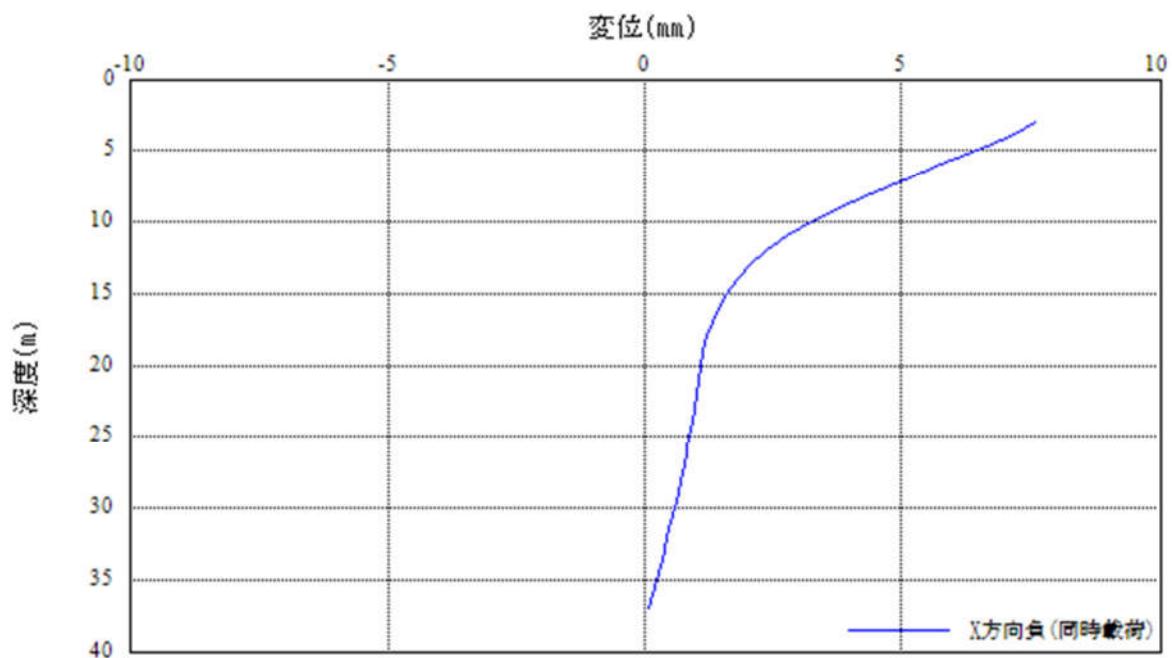


基础位置: X6-Y2
杭符号: P3
地盤符号: S02

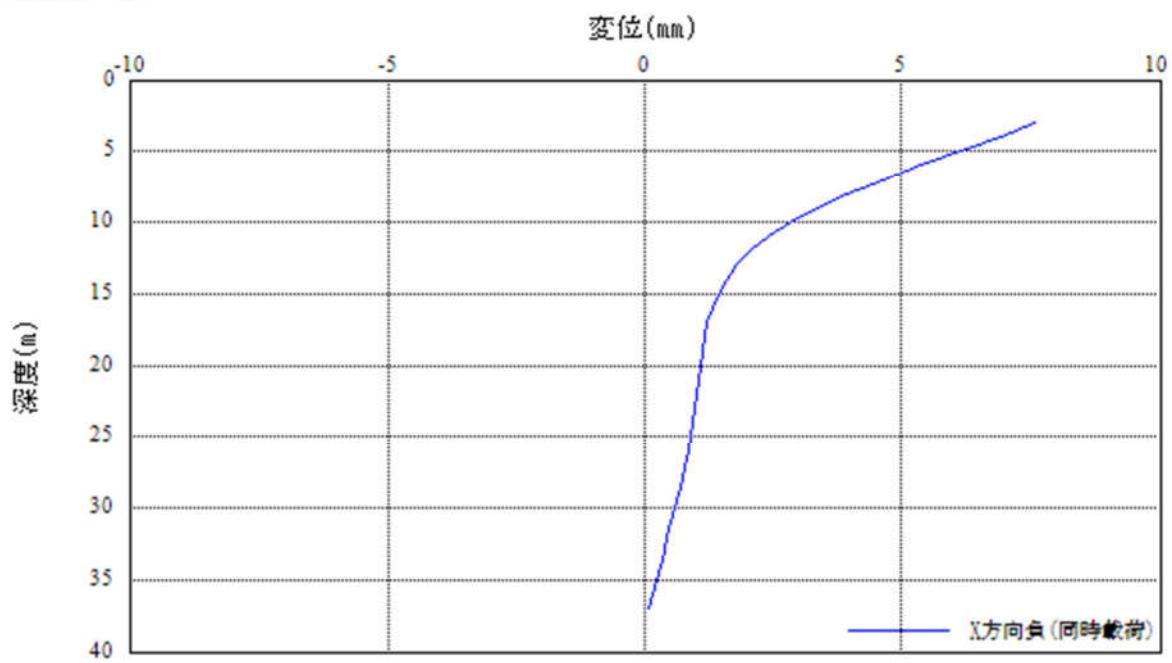


X 方向负

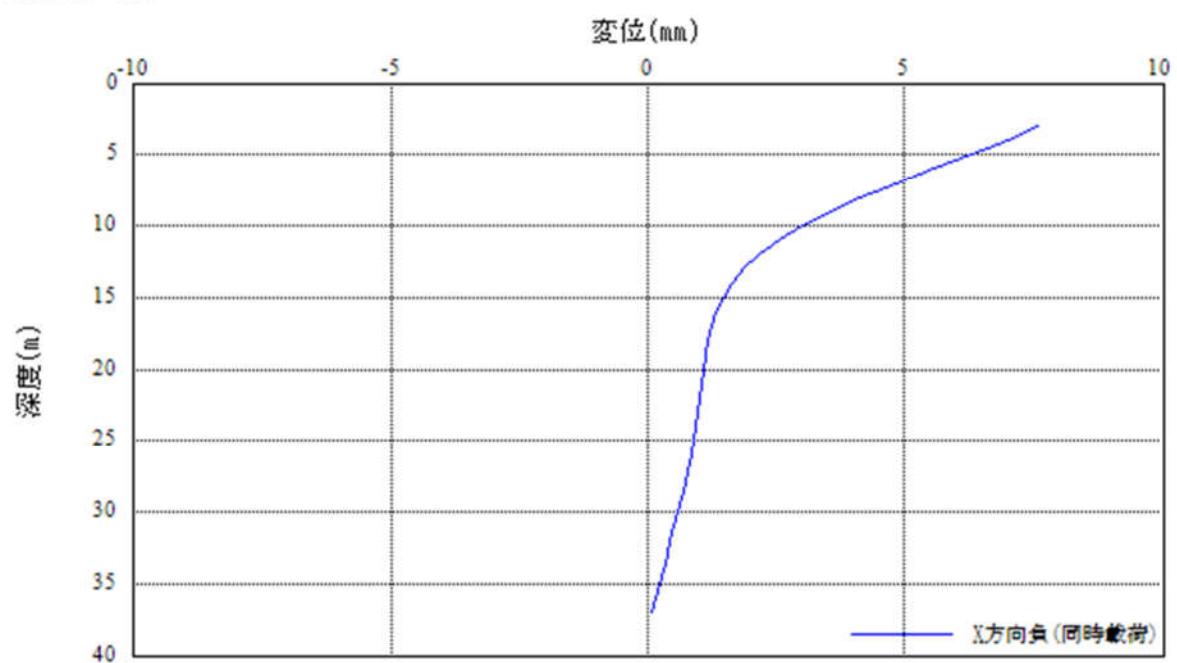
基础位置: X1-Y1
杭符号: P1
地盤符号: S02



基础位置: X2-Y1
杭符号: P2
地盤符号: S02

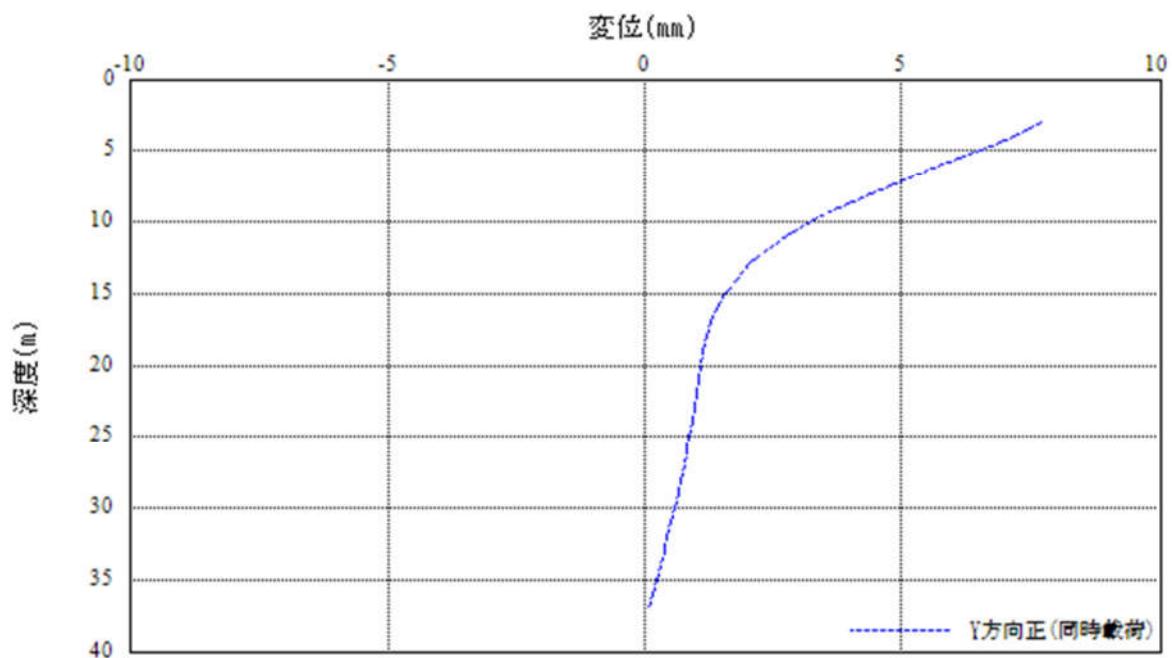


基础位置: X1-Y2
杭符号: P3
地盤符号: S02

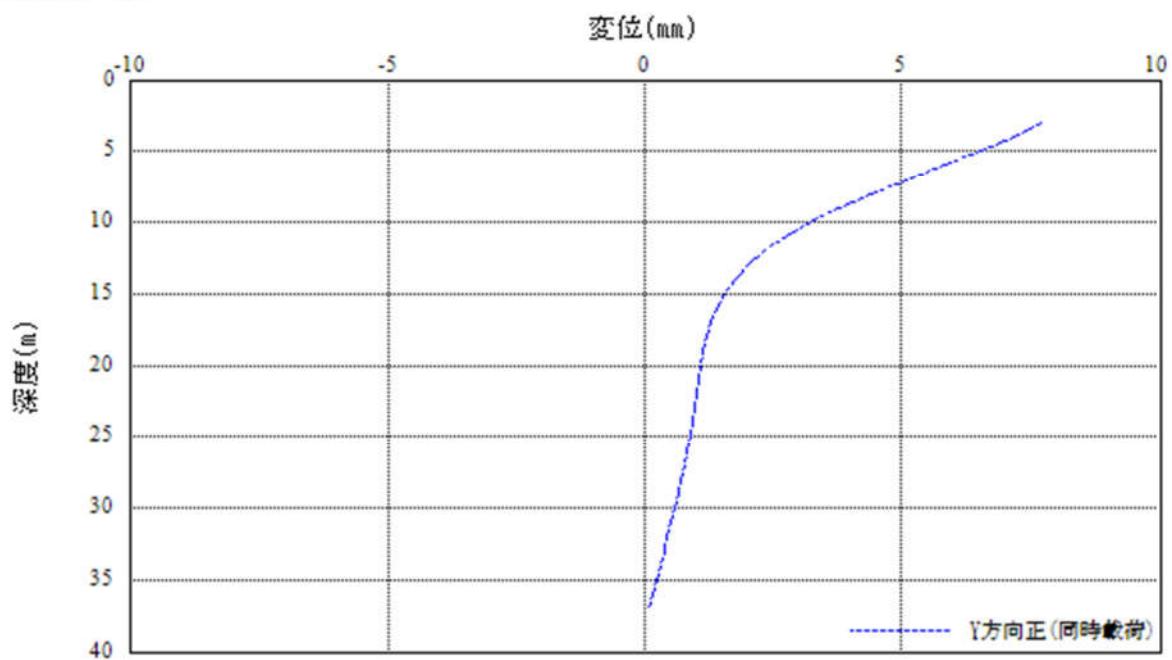


Y 方向正

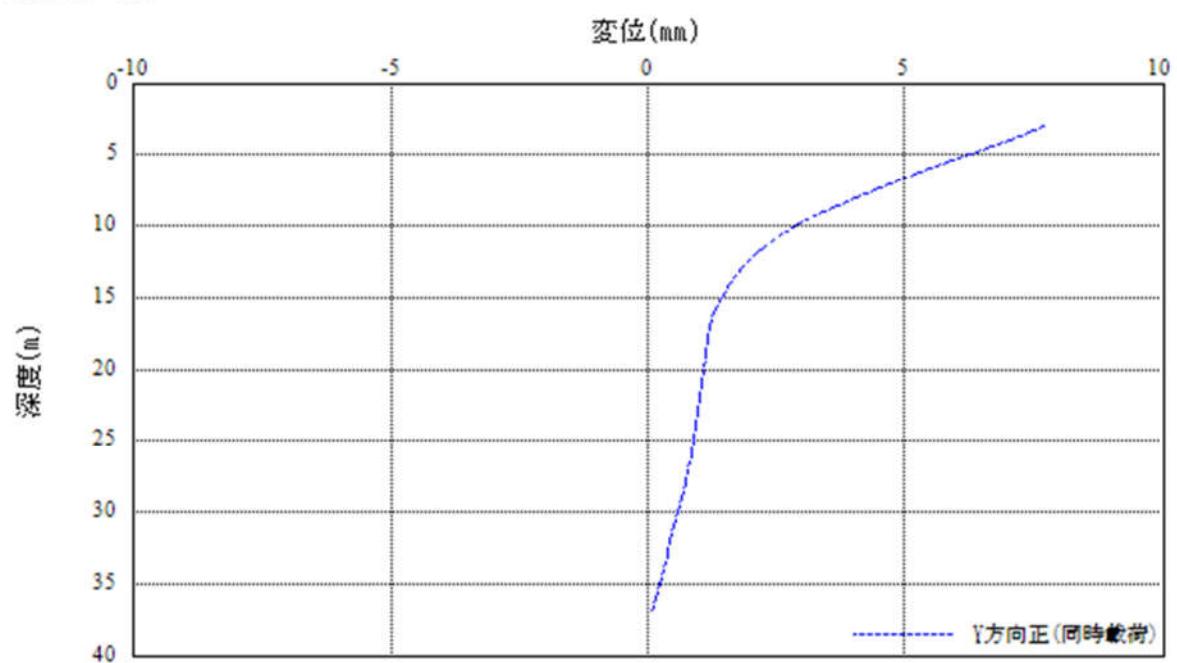
基础位置: X1-Y3
杭符号: P1
地盤符号: S02



基础位置: X2-Y3
杭符号: P2
地盤符号: S02

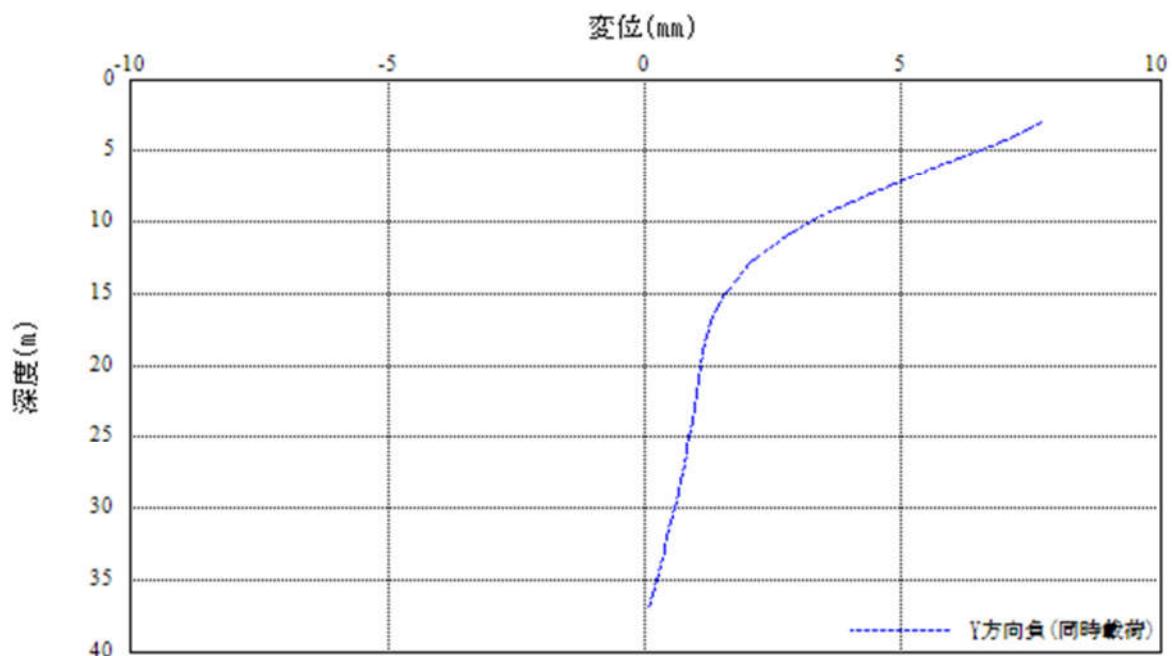


基础位置: X2-Y2
杭符号: P3
地盤符号: S02

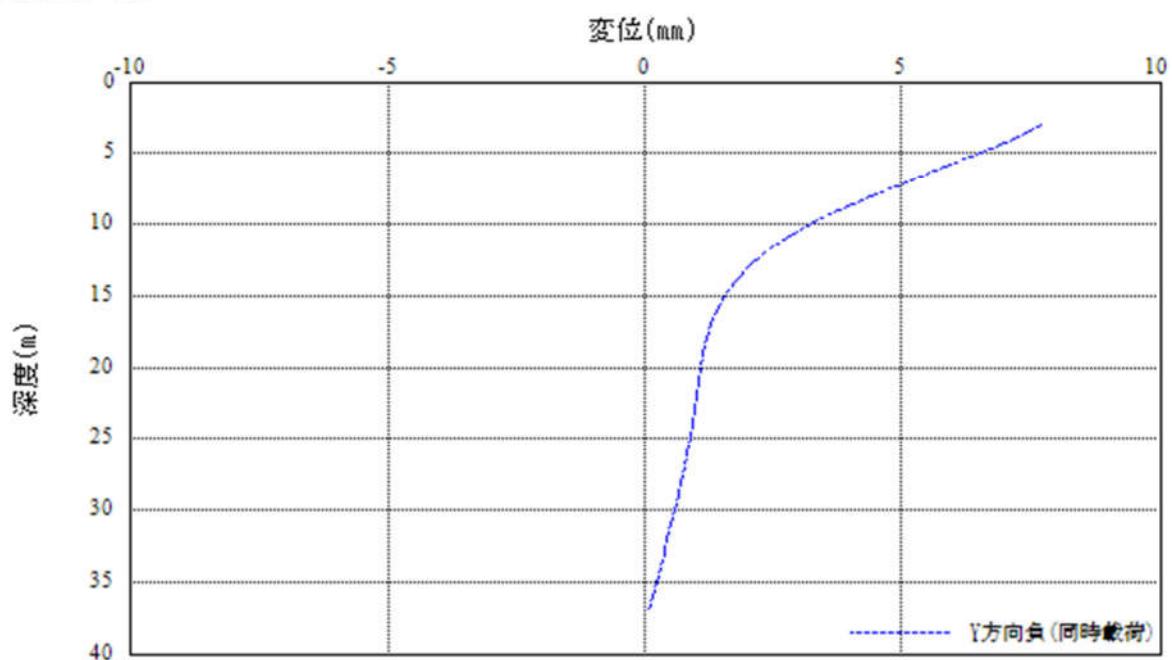


Y 方向负

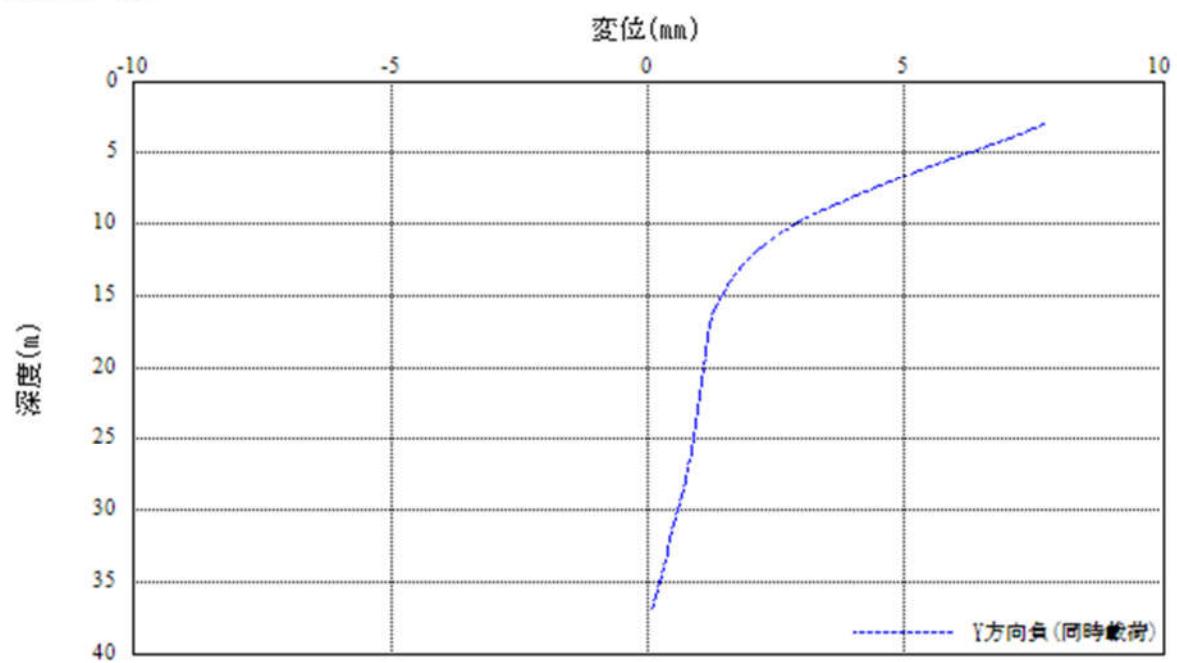
基础位置: X1-Y1
杭符号: P1
地盤符号: S02



基础位置: X2-Y1
杭符号: P2
地盤符号: S02



基础位置: X2-Y2
杭符号: P3
地盤符号: S02



<終局時>

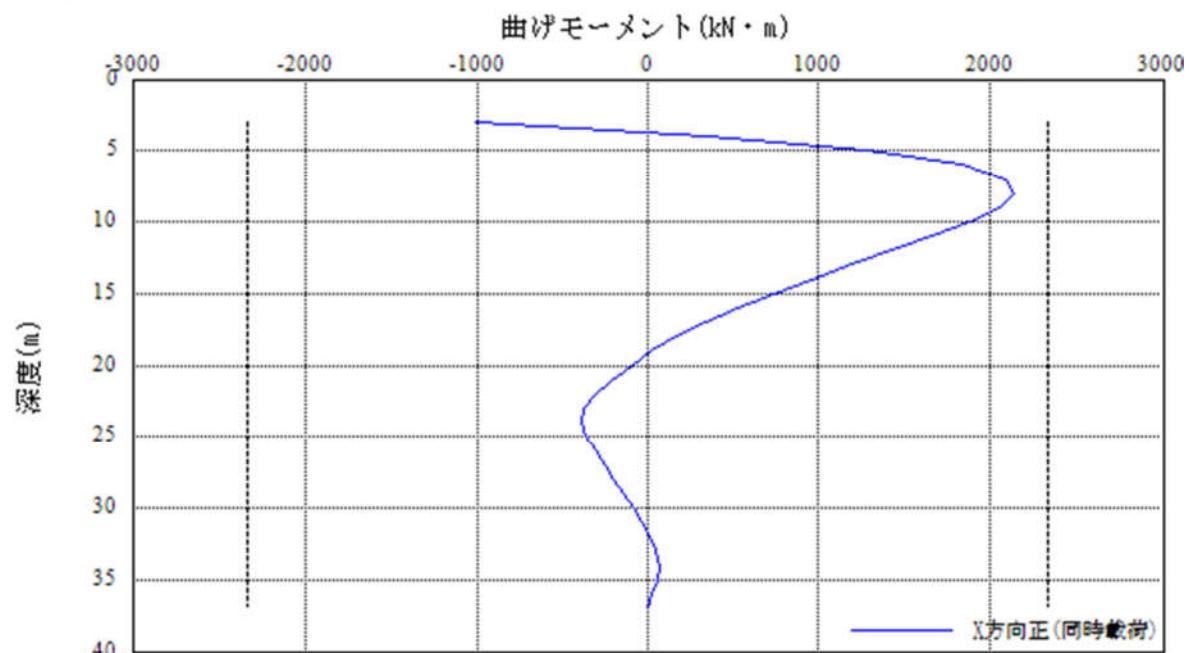
曲げモーメント分布図

※符号毎に最小余裕度となる基礎位置を出力。

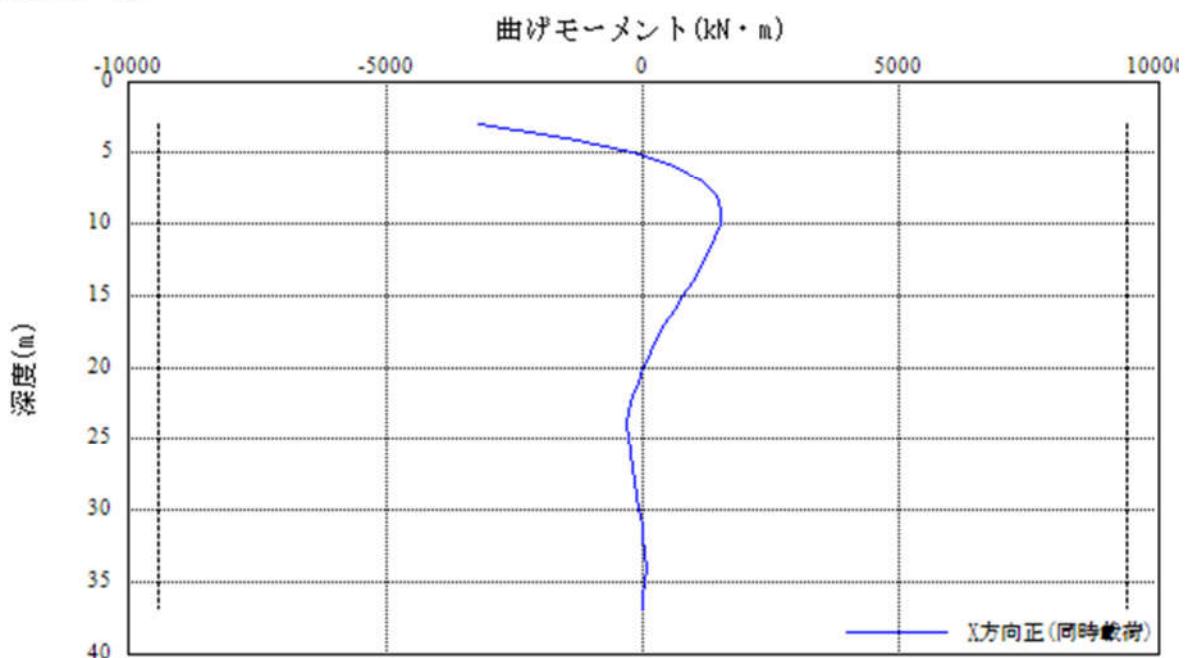
※破線は終局曲げ耐力、実線は曲げ応力を示す。

X 方向正

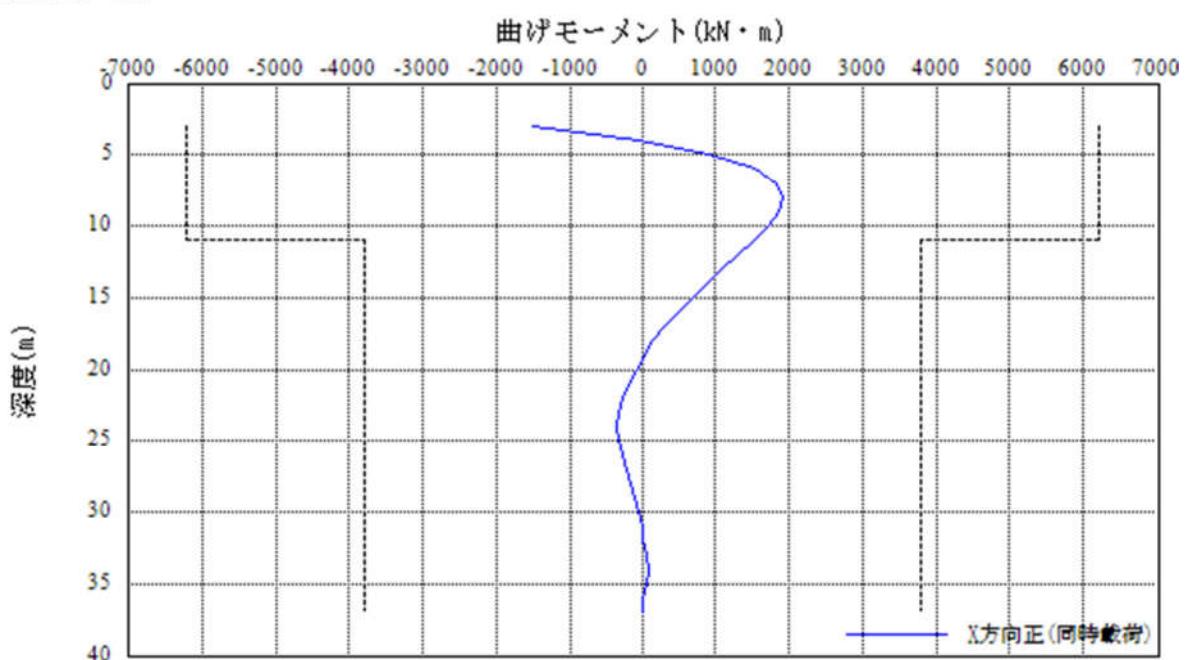
基礎位置: X1-Y1
杭符号: P1
地盤符号: S02



基礎位置: X4-Y1
杭符号: P2
地盤符号: S02

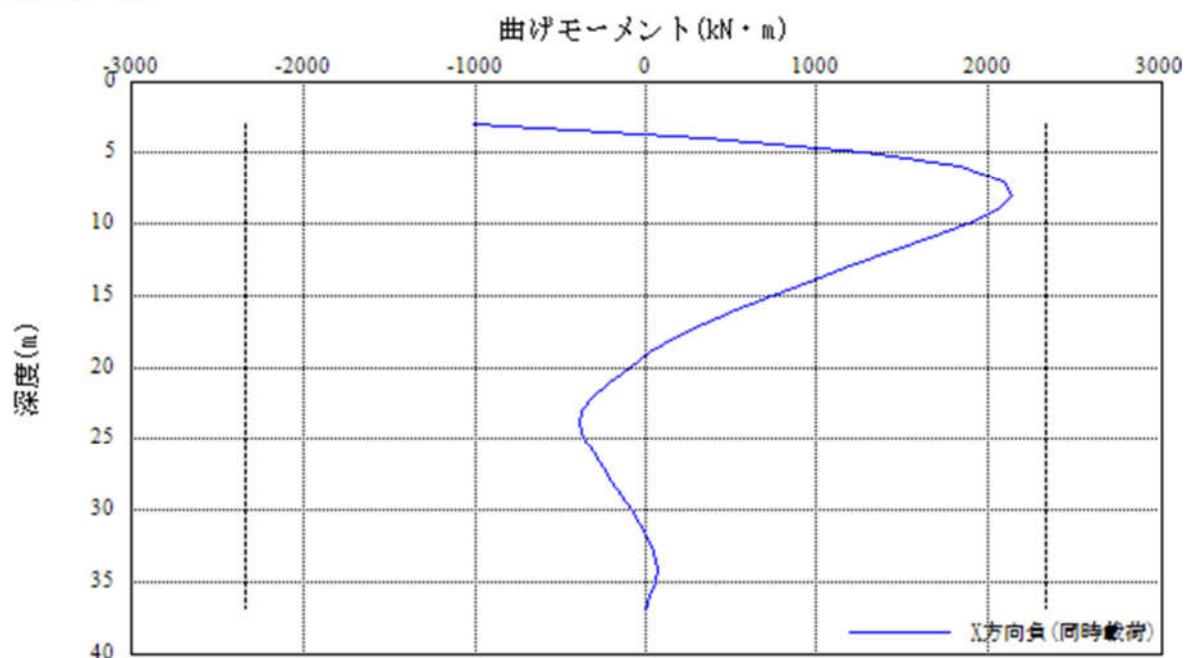


基礎位置: X1-Y2
杭符号: P3
地盤符号: S02

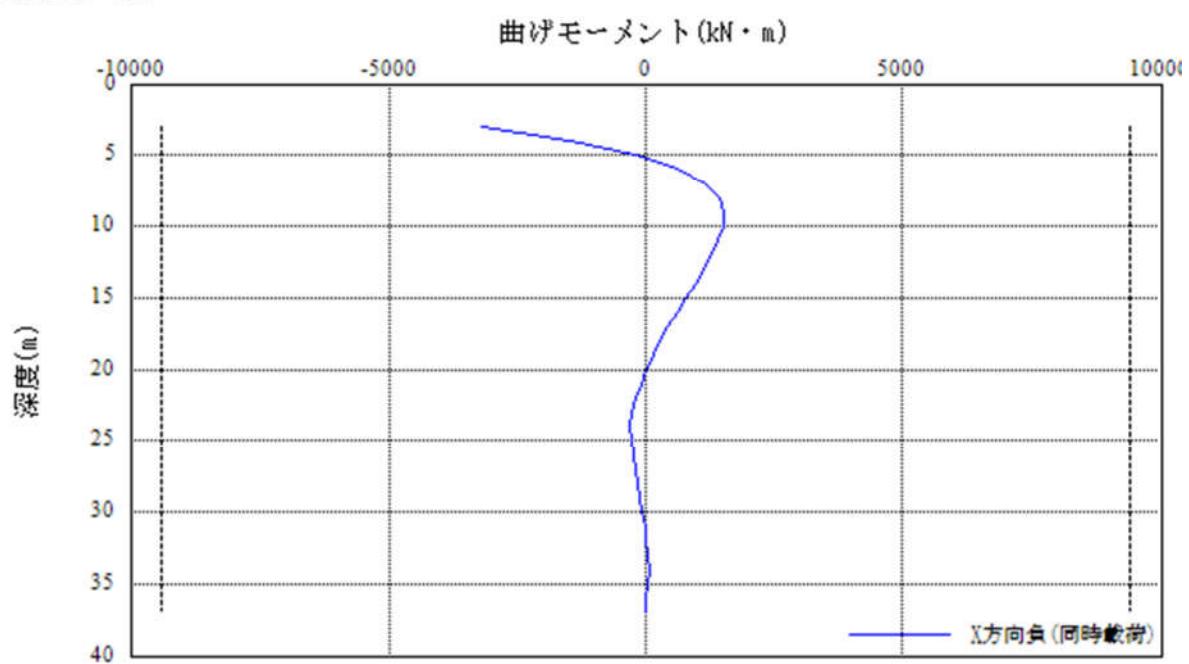


X 方向負

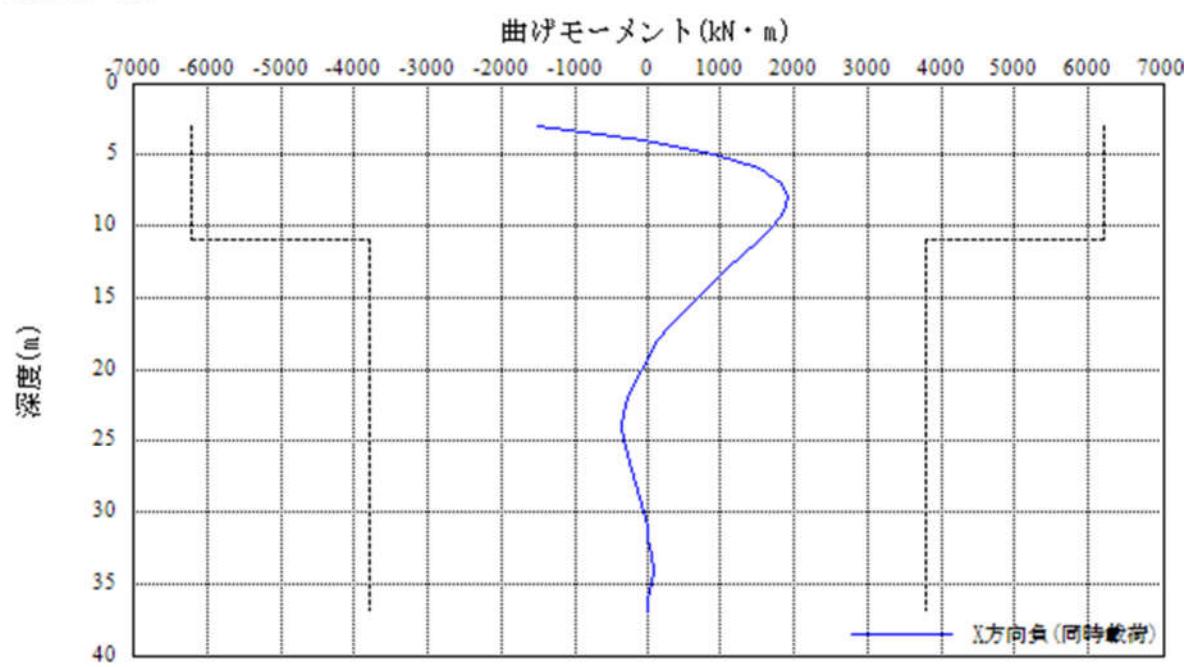
基礎位置: X6-Y1
杭号: P1
地盤号: S02



基礎位置: X3-Y1
杭号: P2
地盤号: S02

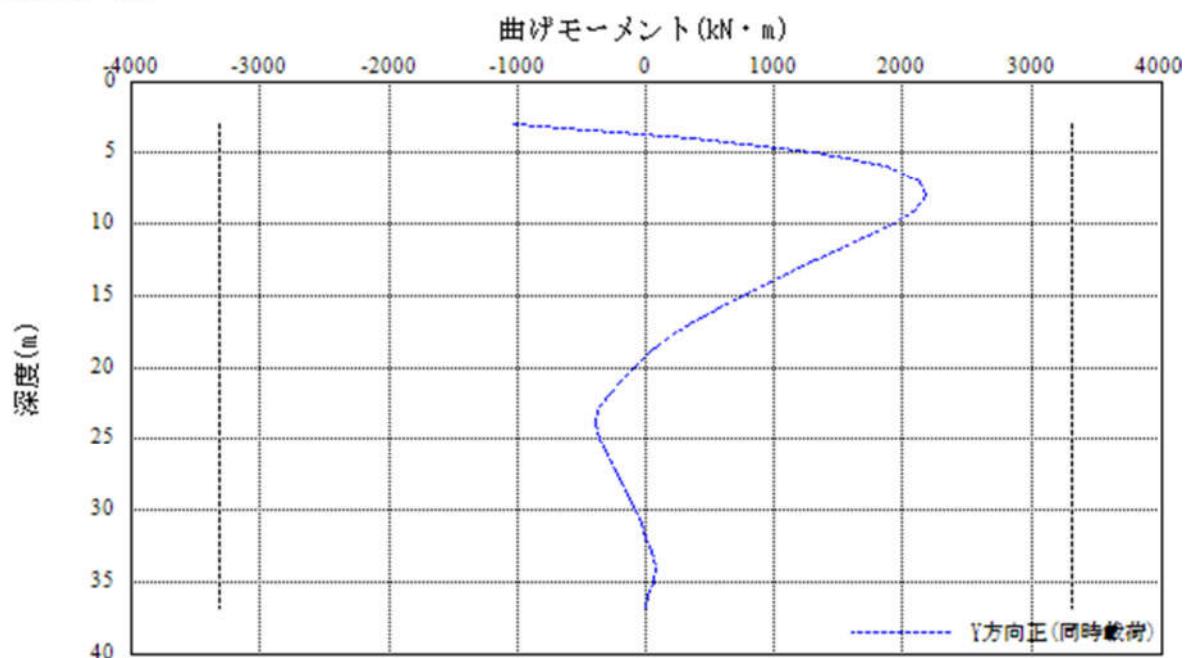


基礎位置: X6-Y2
杭符号: P3
地盤符号: S02

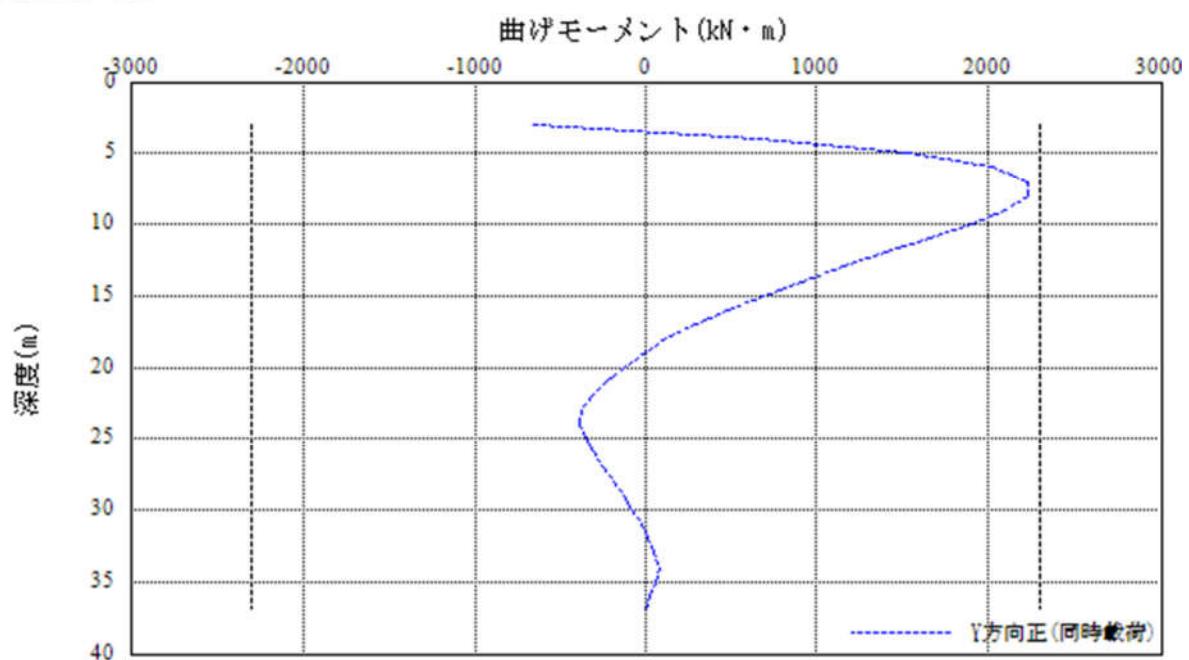


Y 方向正

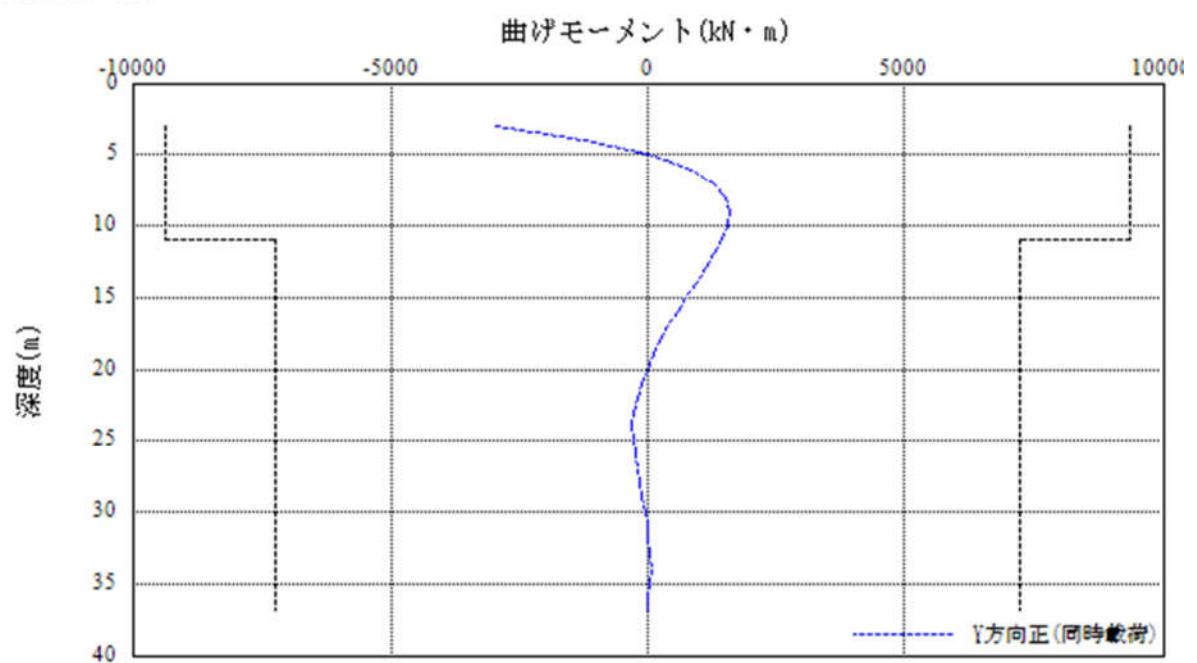
基礎位置: X1-Y1
杭符号: P1
地盤符号: S02



基礎位置: X3-Y1
杭符号: P2
地盤符号: S02



基礎位置: X2-Y2
杭符号: P3
地盤符号: S02

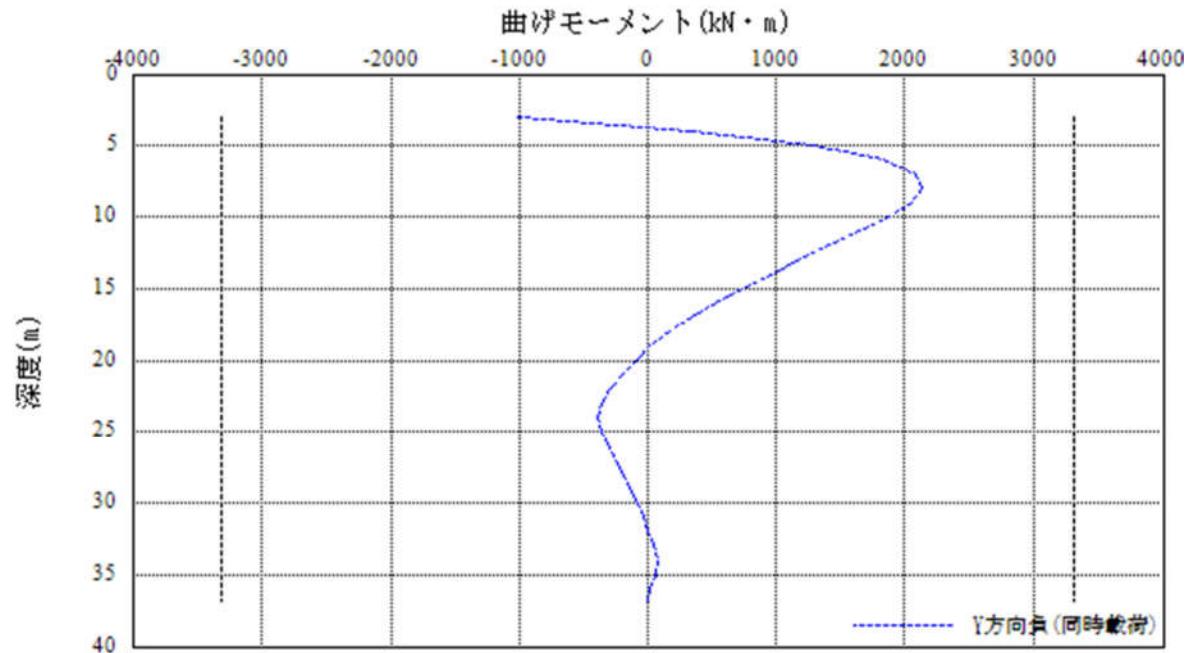


Y方向負

基礎位置: X6-Y3

杭符号: P1

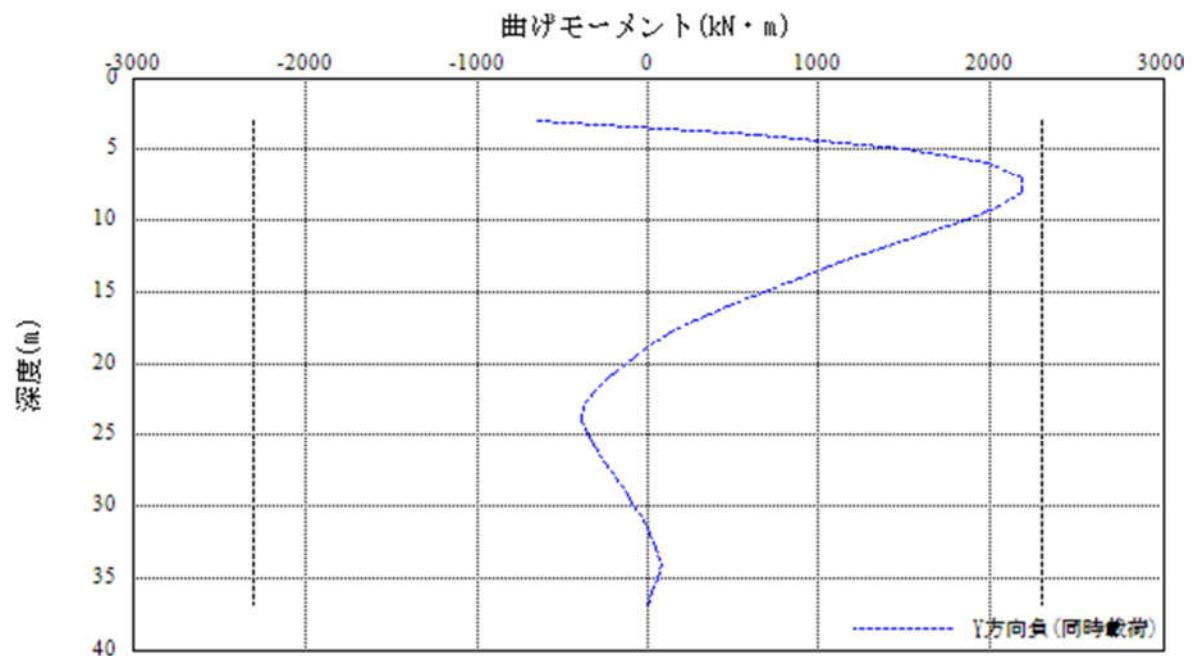
地盤符号: S02



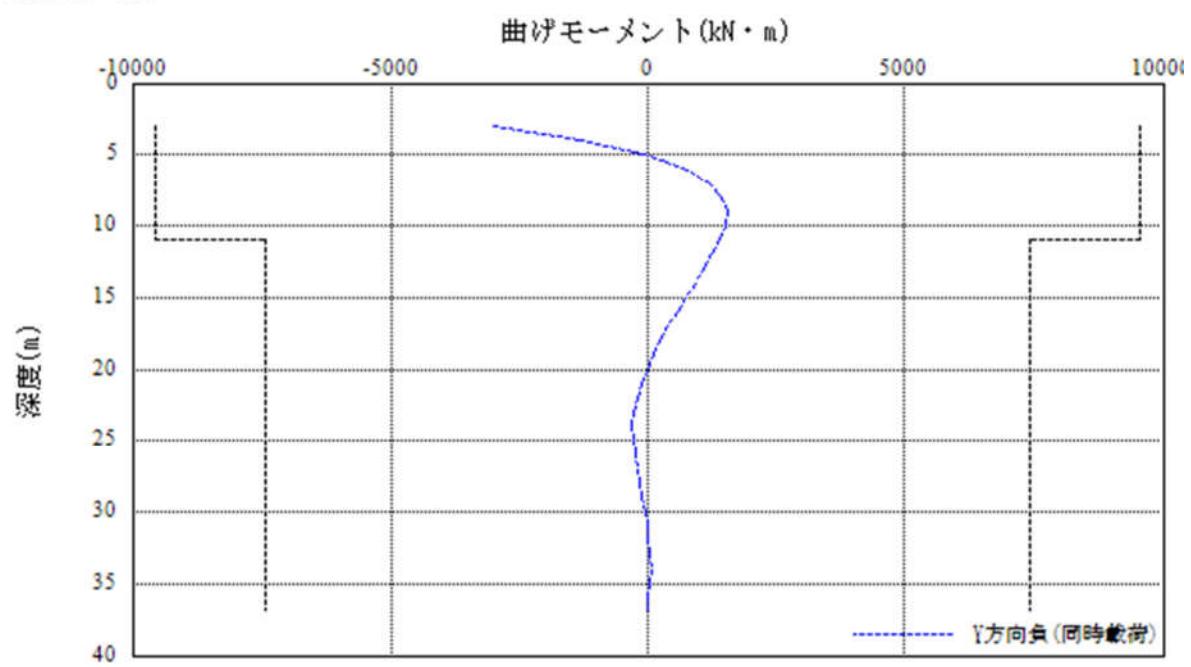
基礎位置: X4-Y3

杭符号: P2

地盤符号: S02



基礎位置: X5-Y2
杭符号: P3
地盤符号: S02

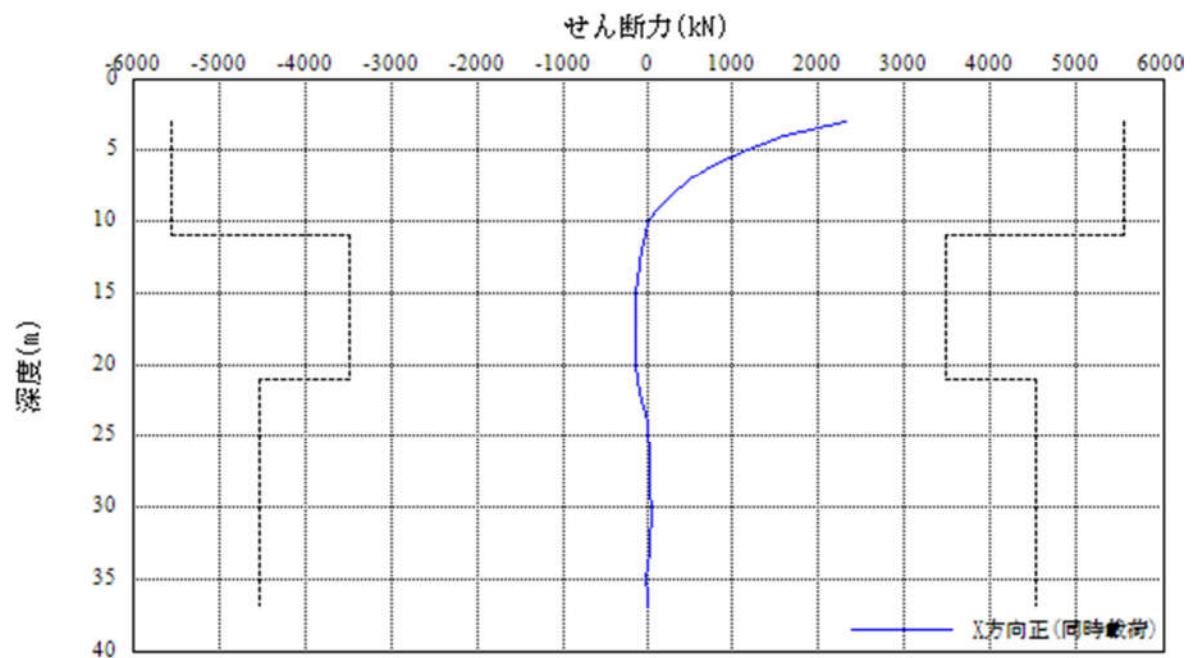


せん断力分布図

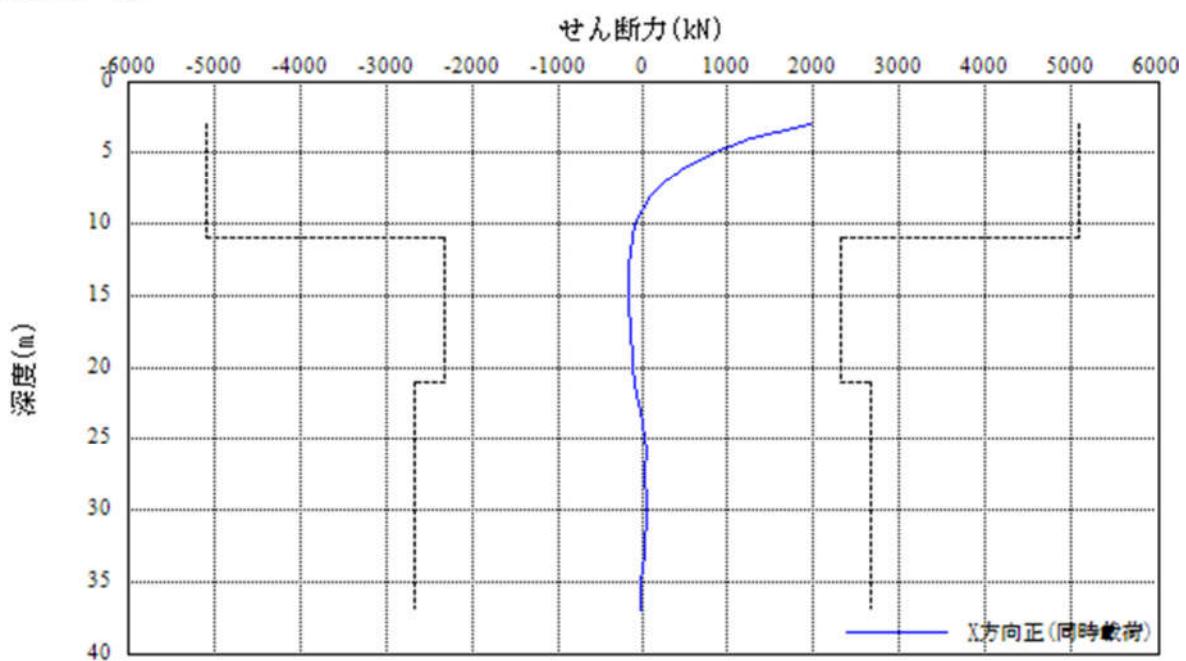
※符号毎に最小余裕度となる基礎位置を出力。
※破線は終局せん断耐力、実線はせん断応力を示す。

X 方向正

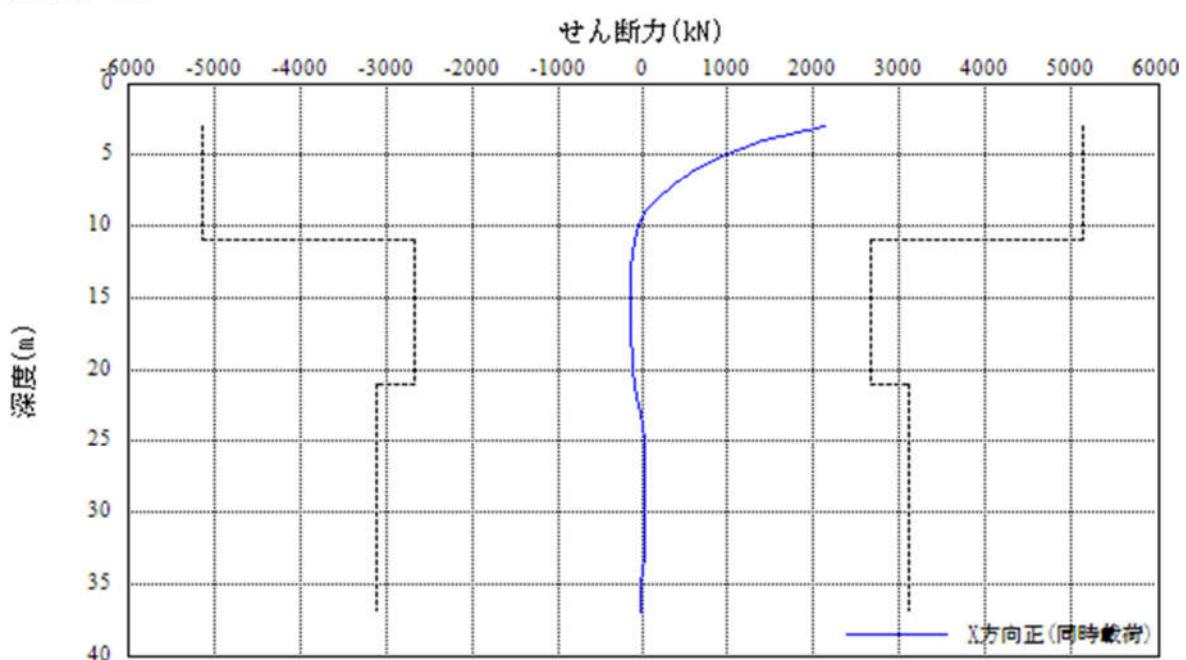
基礎位置: X6-Y1
杭符号: P1
地盤符号: S02



基礎位置: X4-Y1
杭号: P2
地盤符号: S02

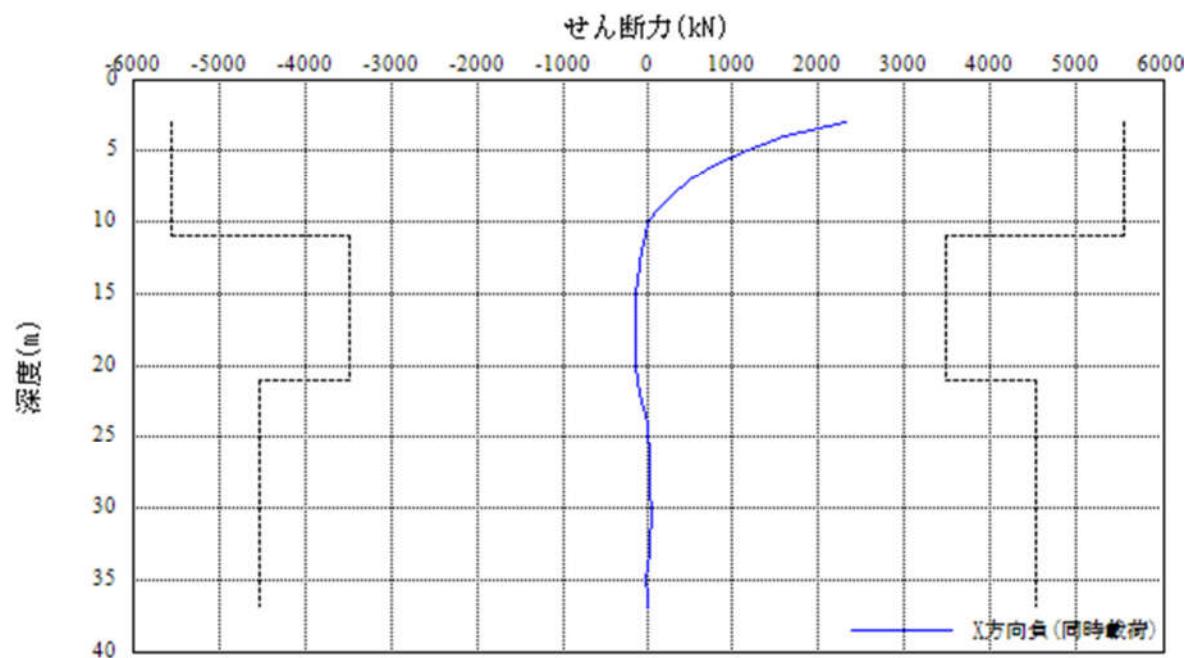


基礎位置: X6-Y2
杭号: P3
地盤符号: S02

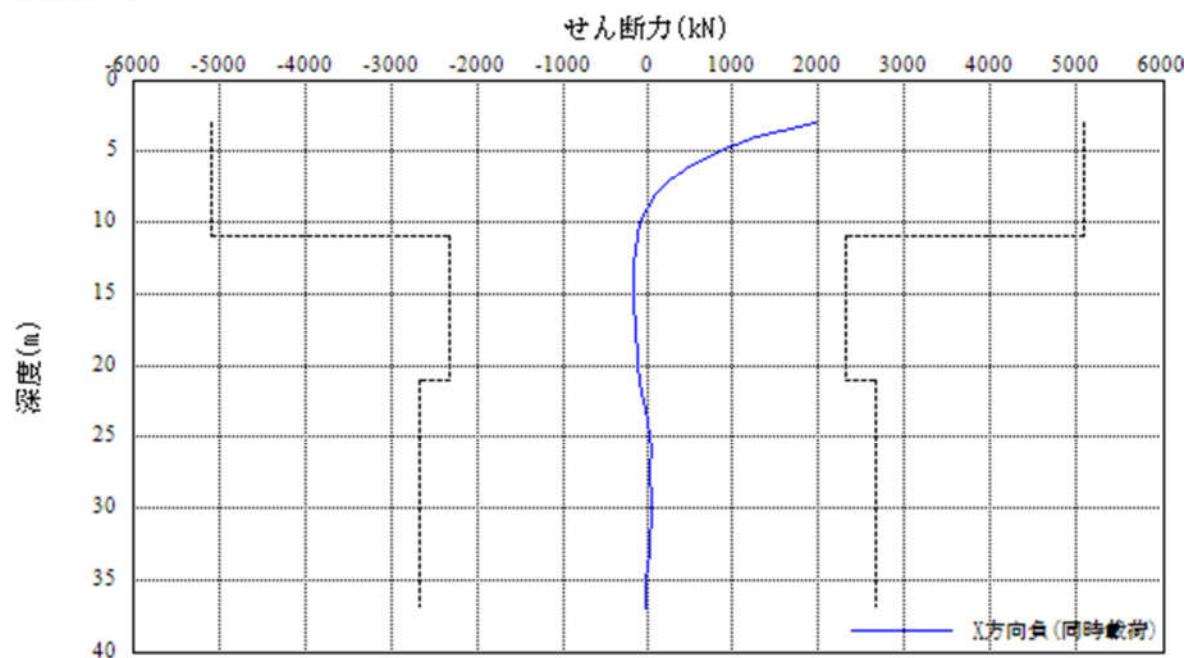


X 方向負

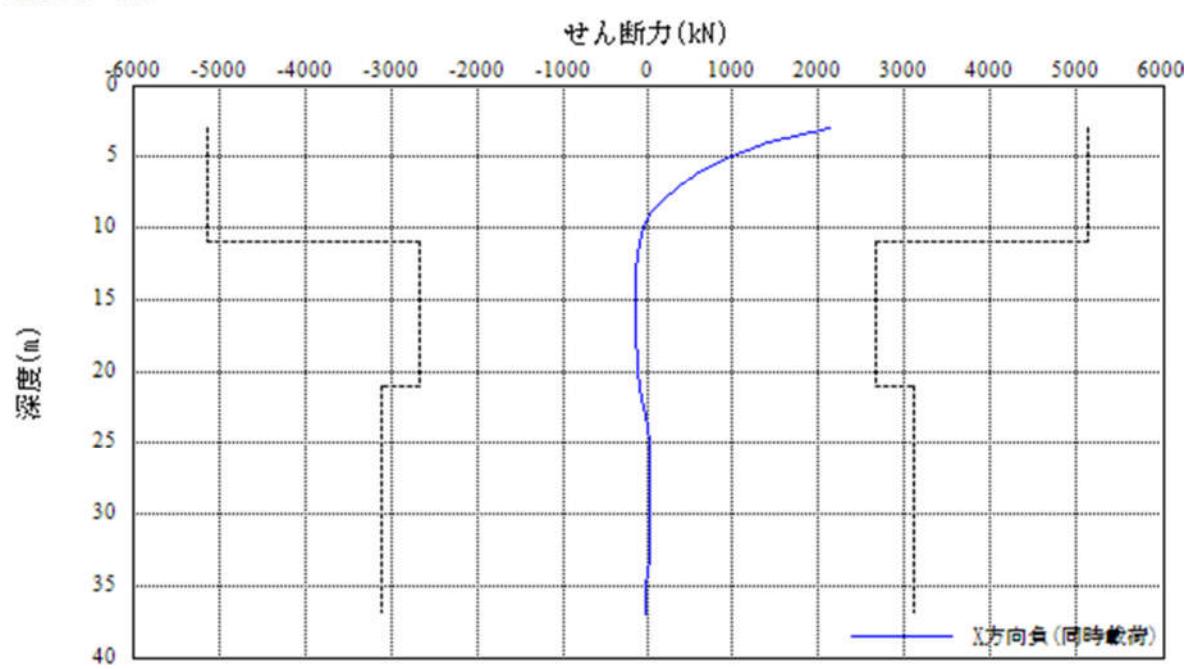
基础位置: X1-Y1
杭符号: P1
地盤符号: S02



基础位置：X3-Y1
杭符号：P2
地盤符号：S02

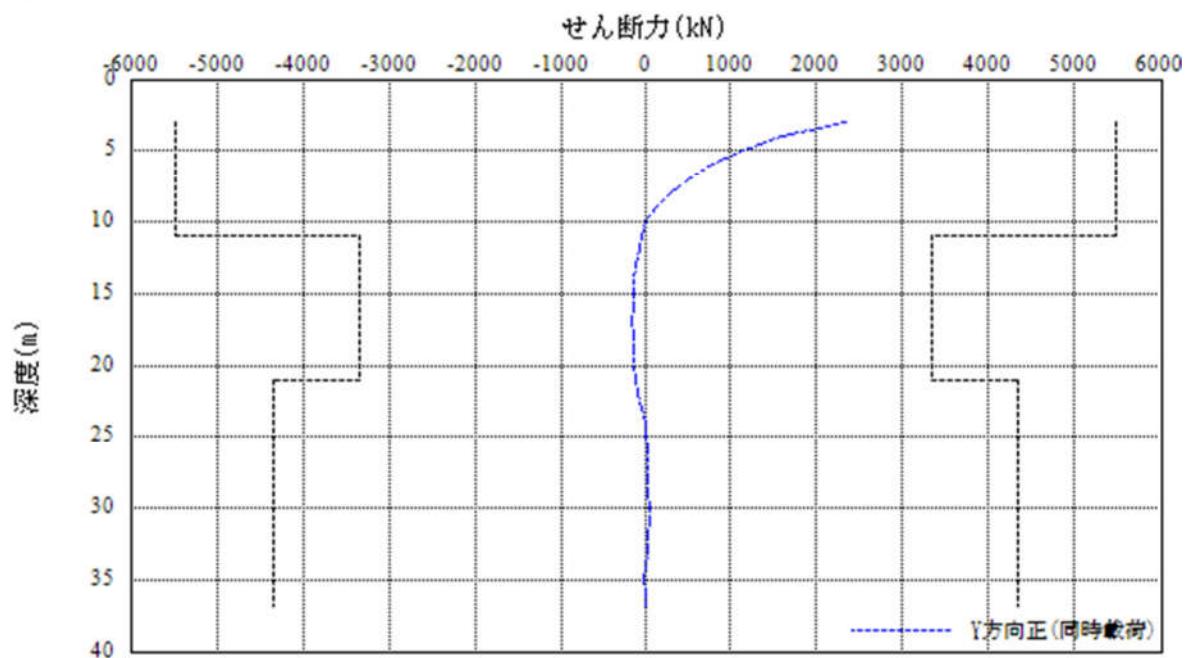


基礎位置: X1-Y2
杭符号: P3
地盤符号: S02

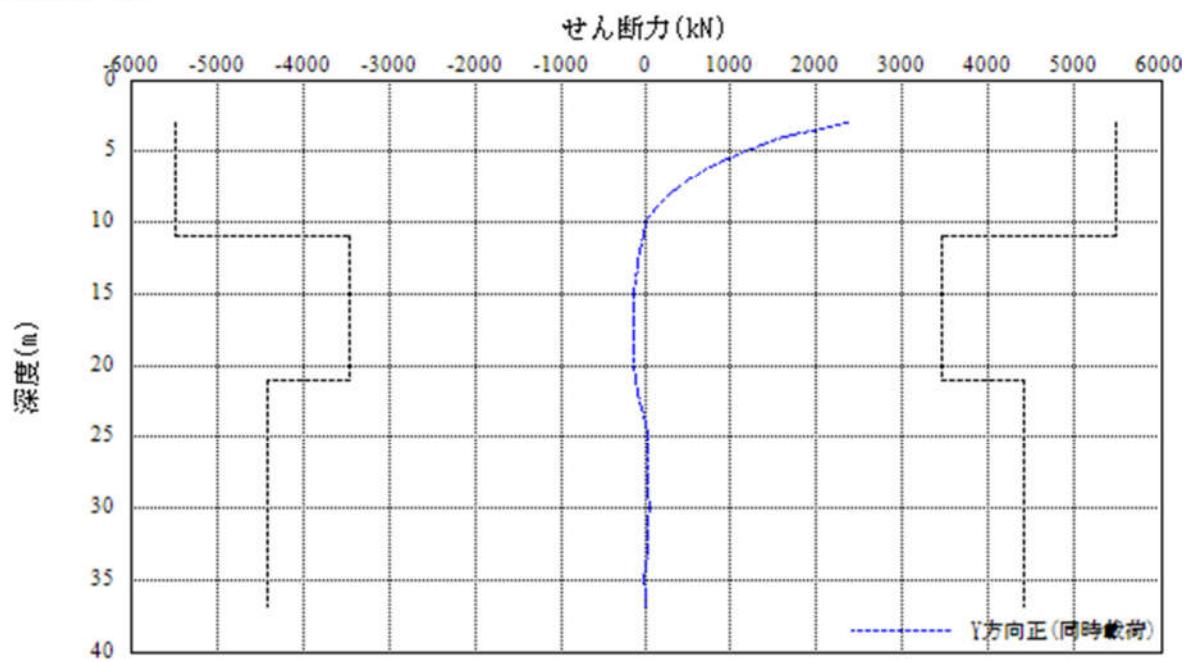


Y 方向正

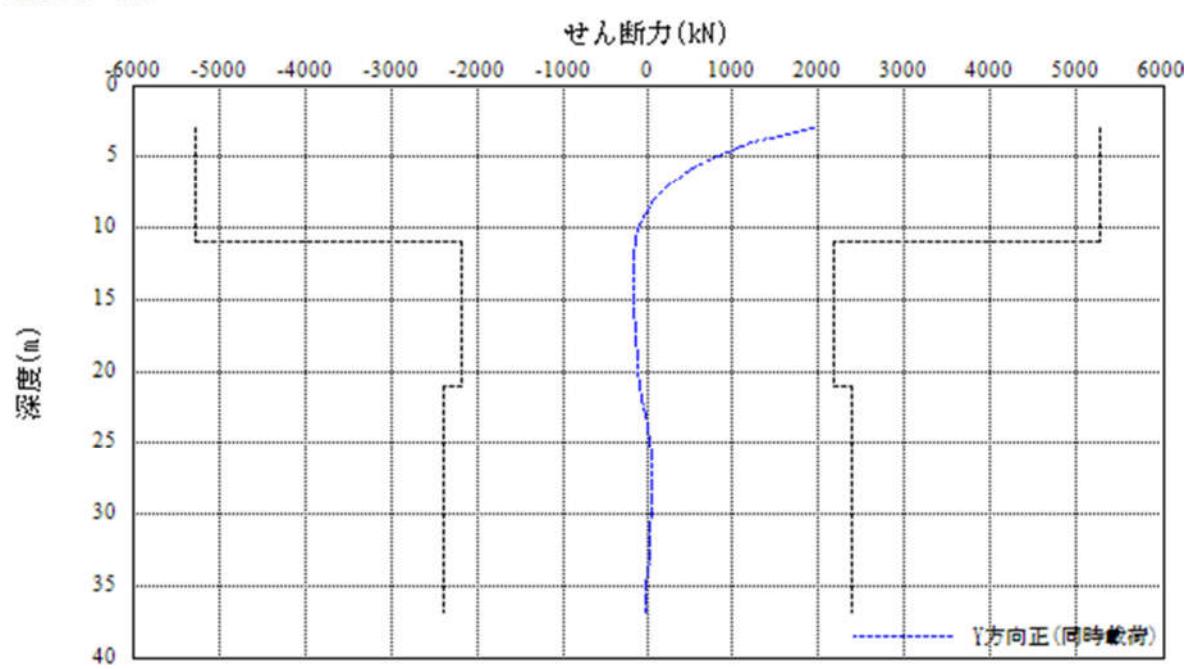
基礎位置: X1-Y3
杭符号: P1
地盤符号: S02



基礎位置: X5-Y3
杭符号: P2
地盤符号: S02

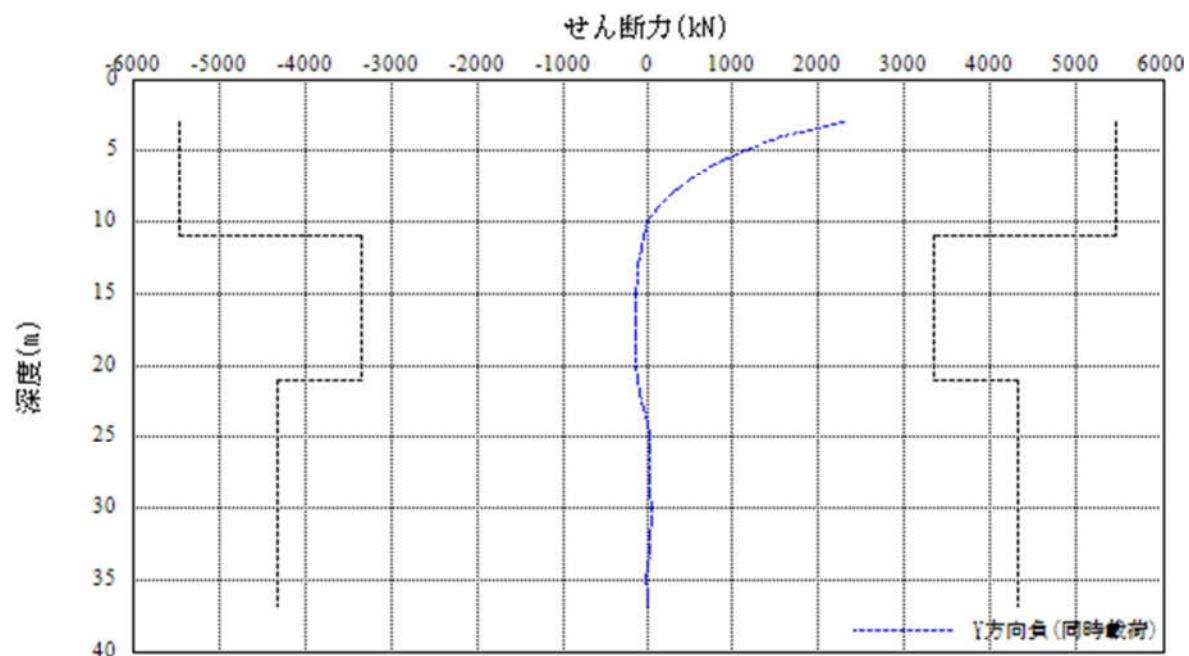


基礎位置: X2-Y2
杭符号: P3
地盤符号: S02

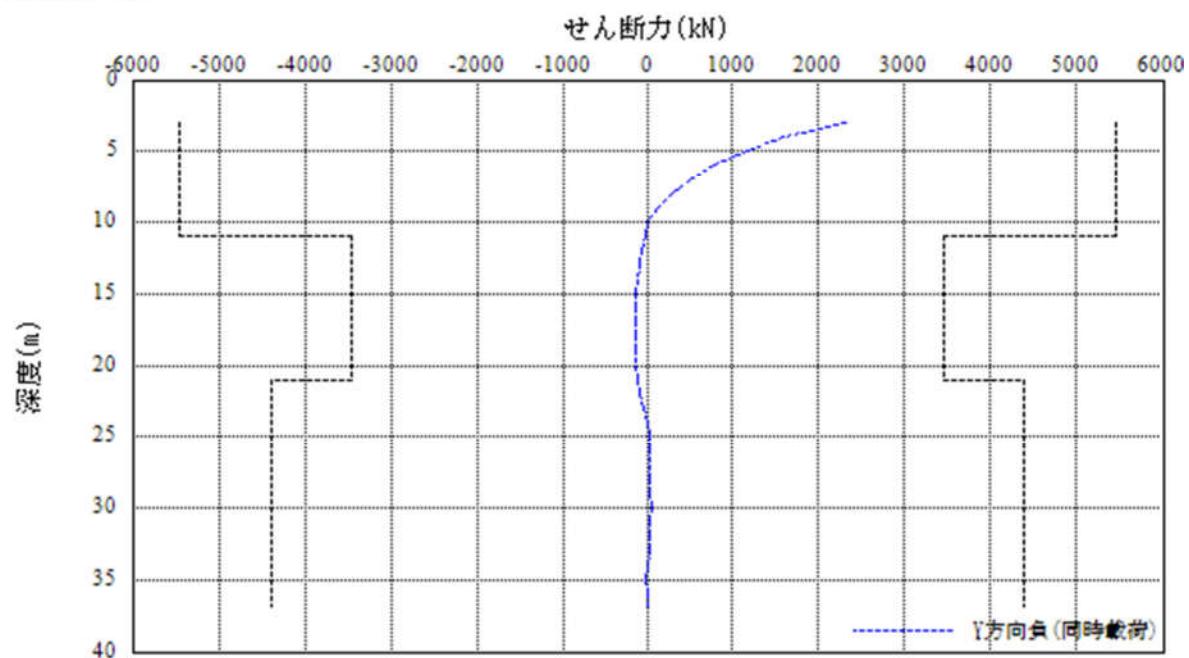


Y 方向負

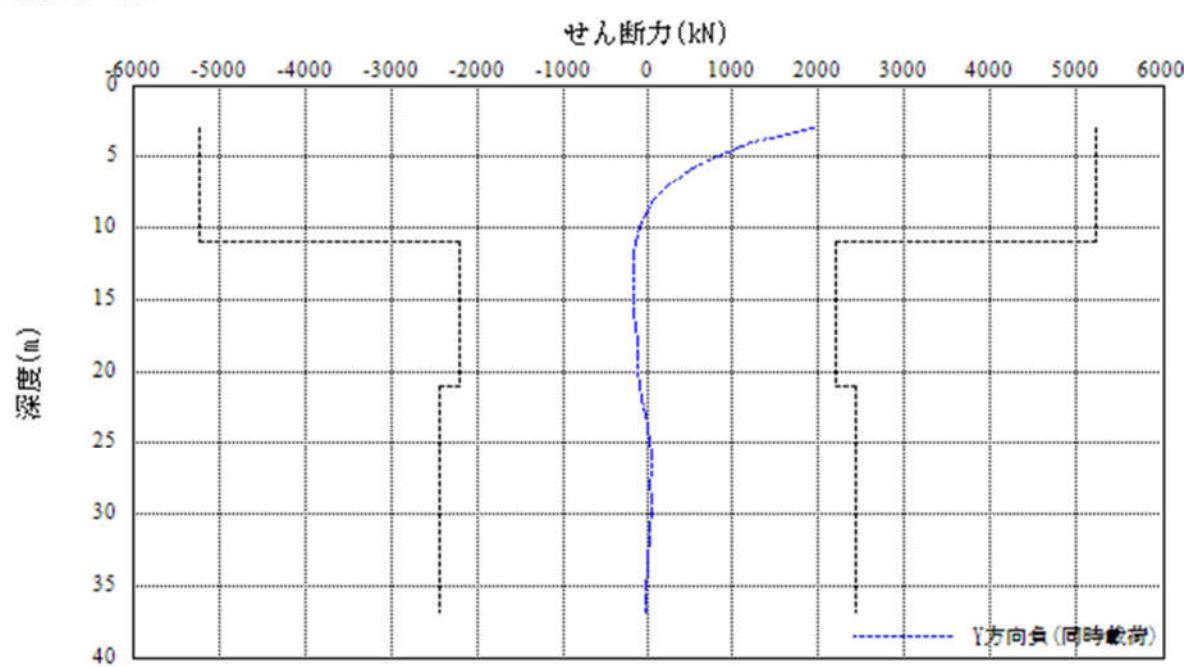
基础位置：X6-Y1
杭符号：P1
地盤符号：S02



基礎位置：X5-Y1
杭符号：P2
地盤符号：S02



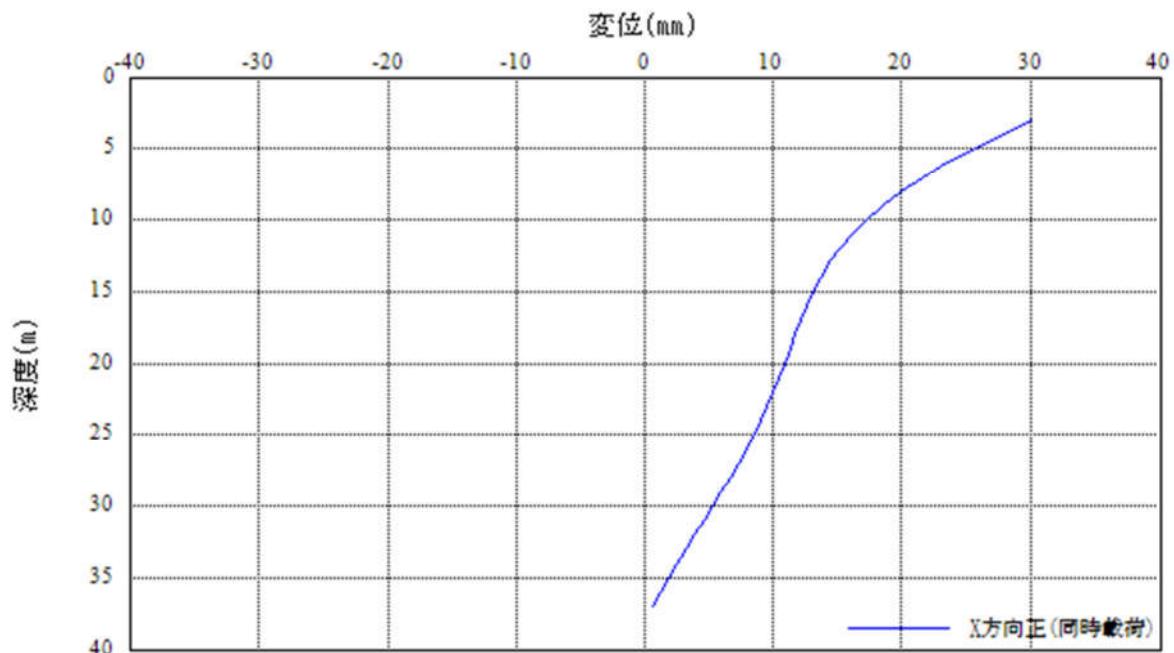
基礎位置: X5-Y2
杭符号: P3
地盤符号: S02



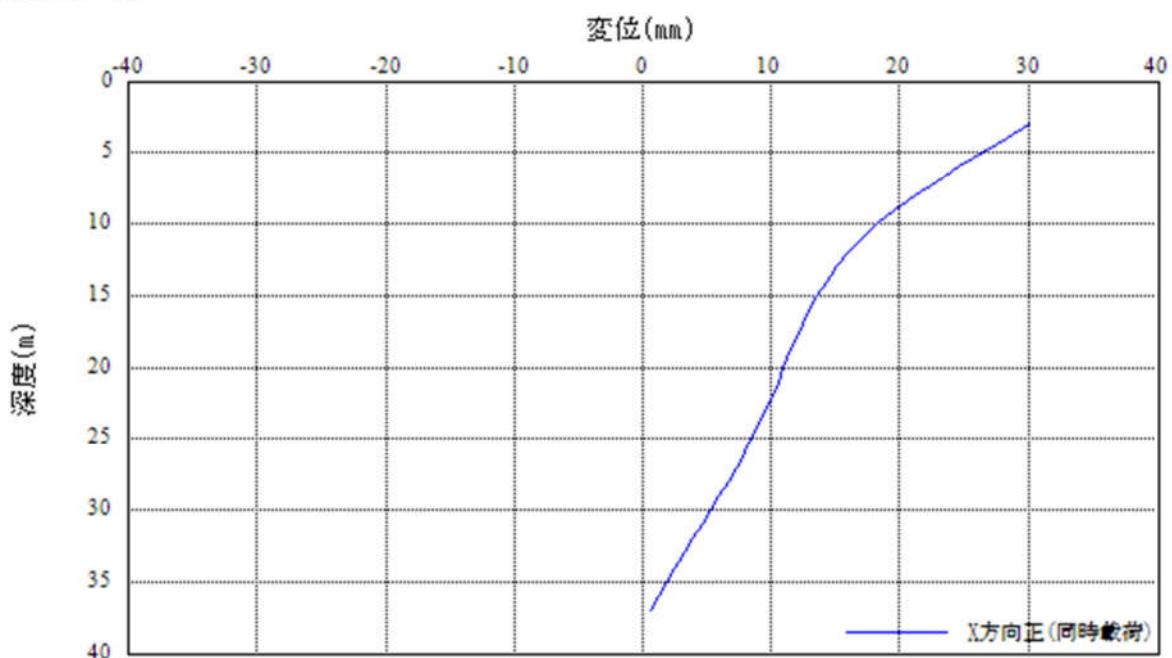
変位分布図

X 方向正

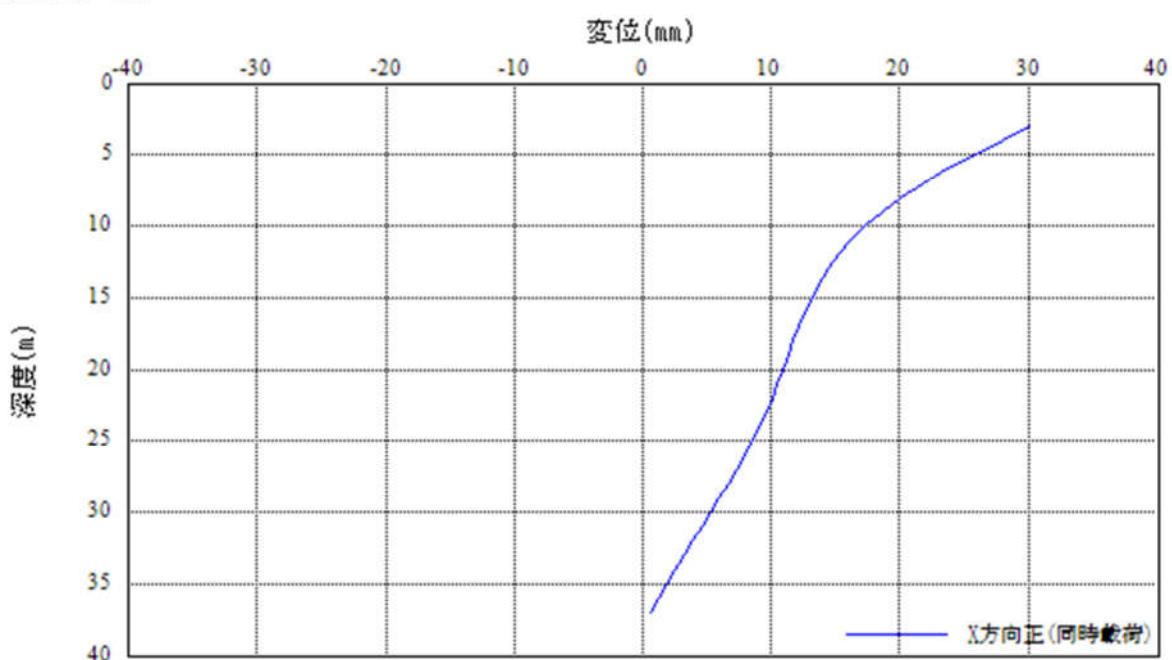
基礎位置: X1-Y1
杭符号: P1
地盤符号: S02



基础位置: X4-Y1
杭号: P2
地盤符号: S02

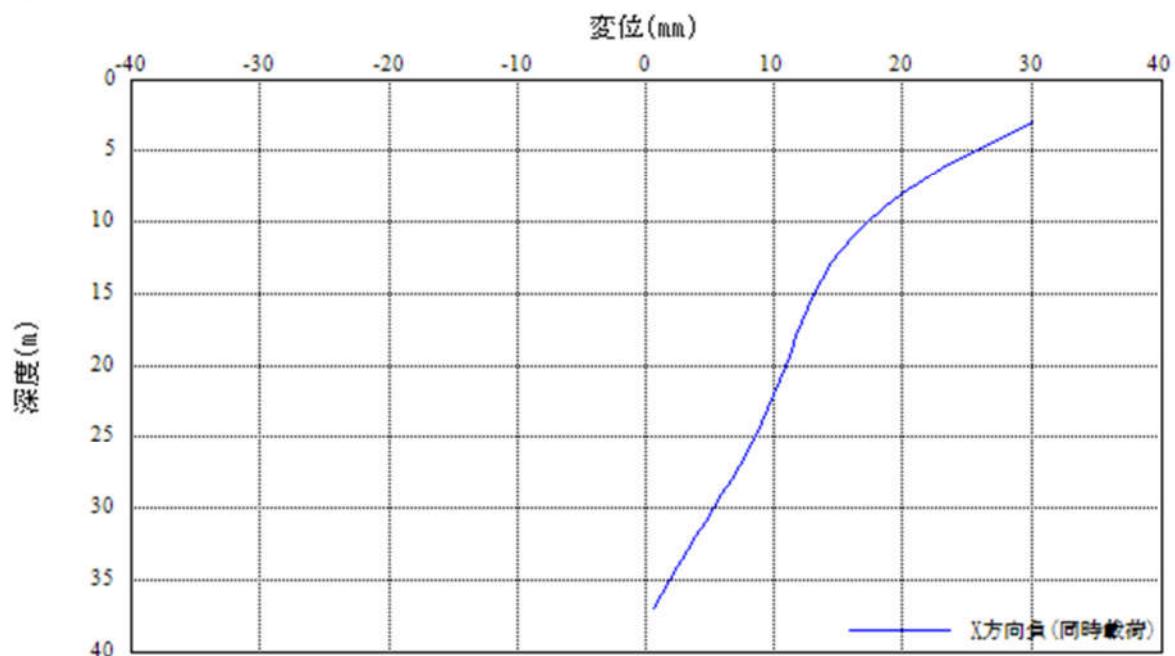


基础位置: X1-Y2
杭号: P3
地盤符号: S02

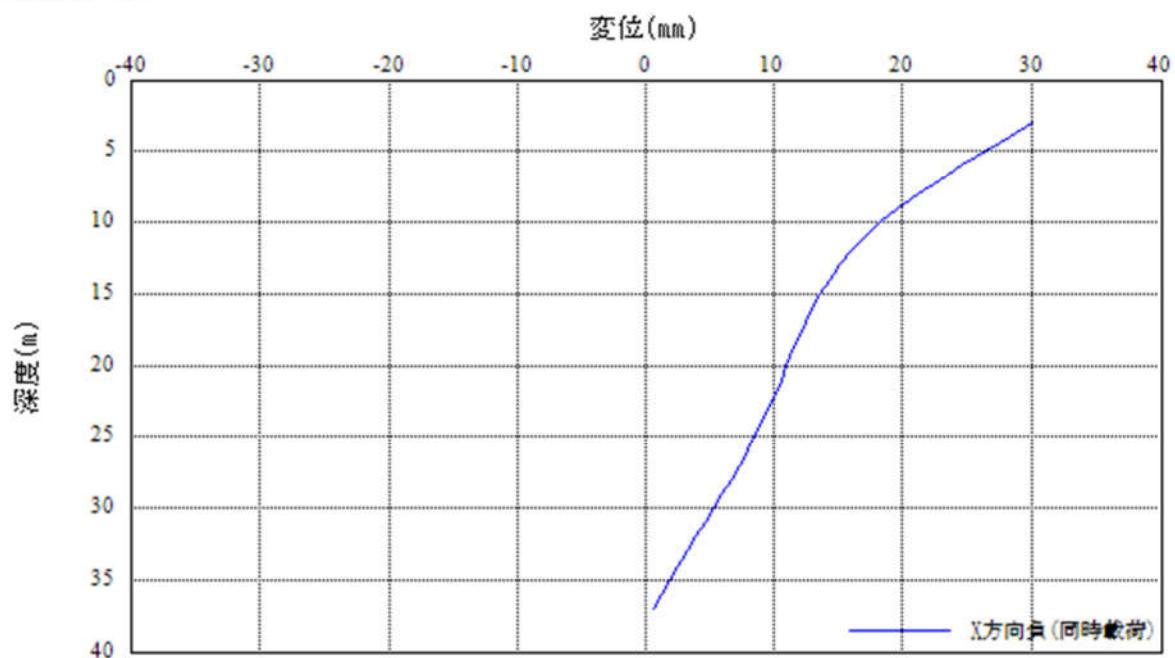


X 方向负

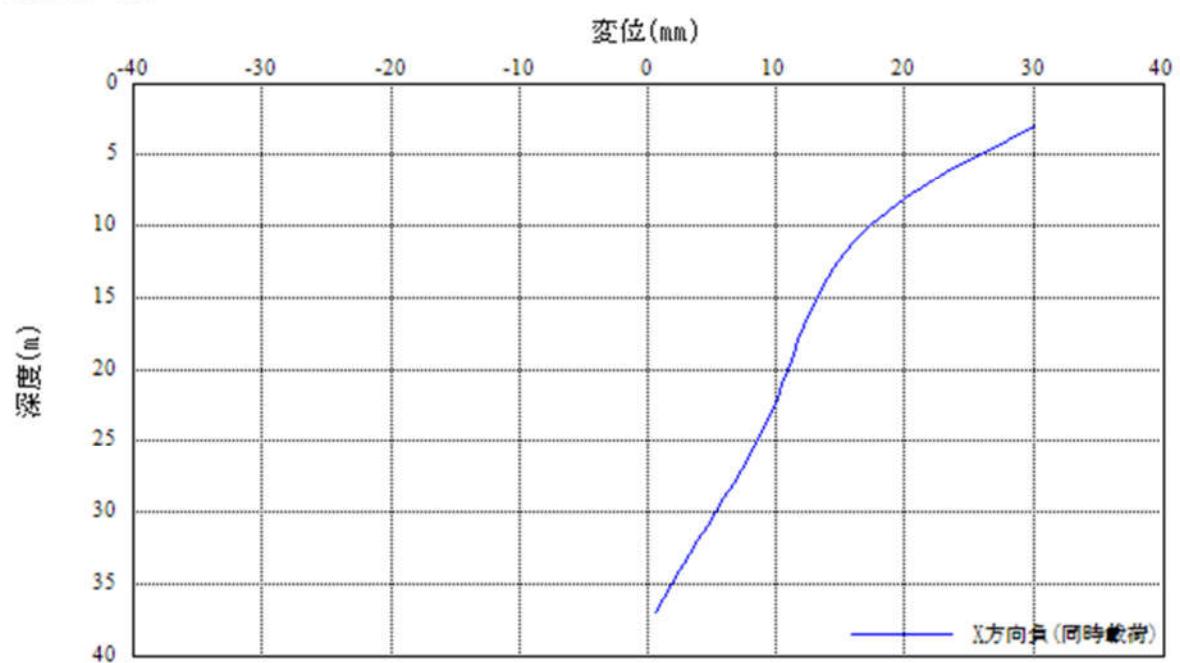
基础位置: X6-Y1
杭符号: P1
地盤符号: S02



基础位置: X3-Y1
杭符号: P2
地盤符号: S02

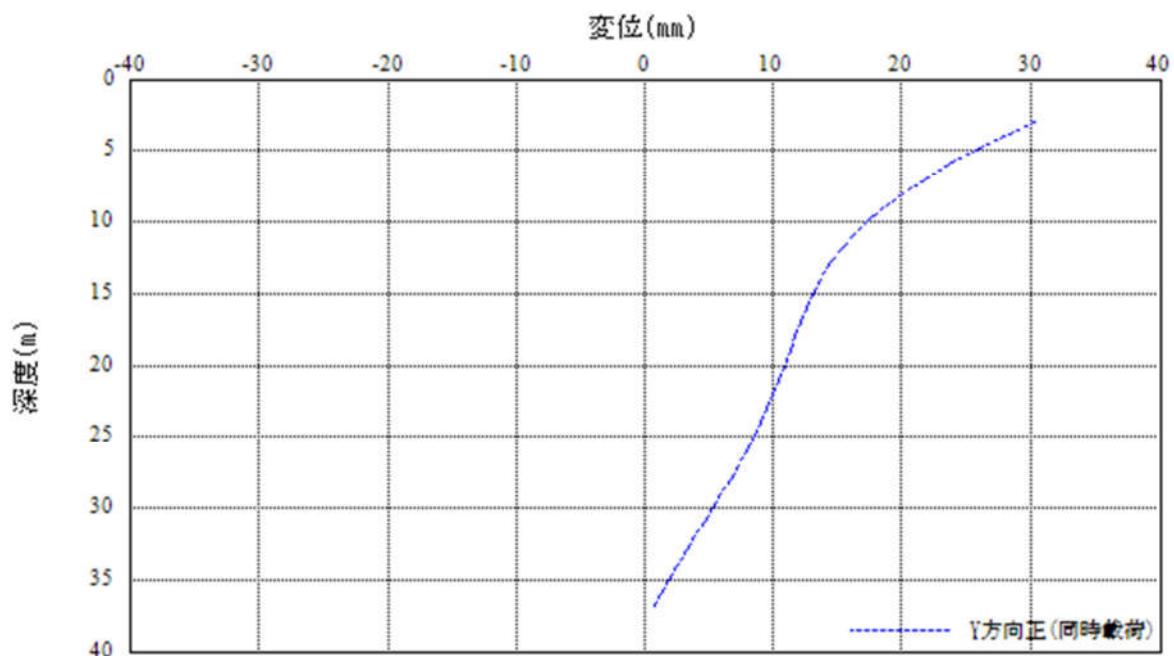


基础位置: X6-Y2
杭符号: P3
地盤符号: S02

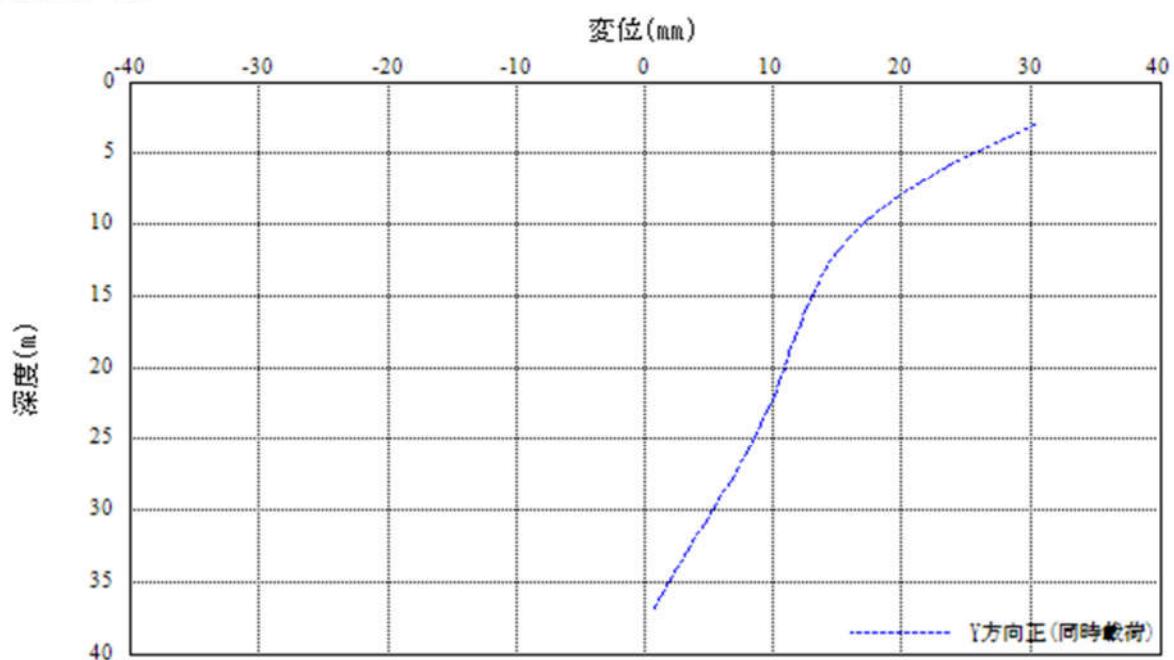


Y 方向正

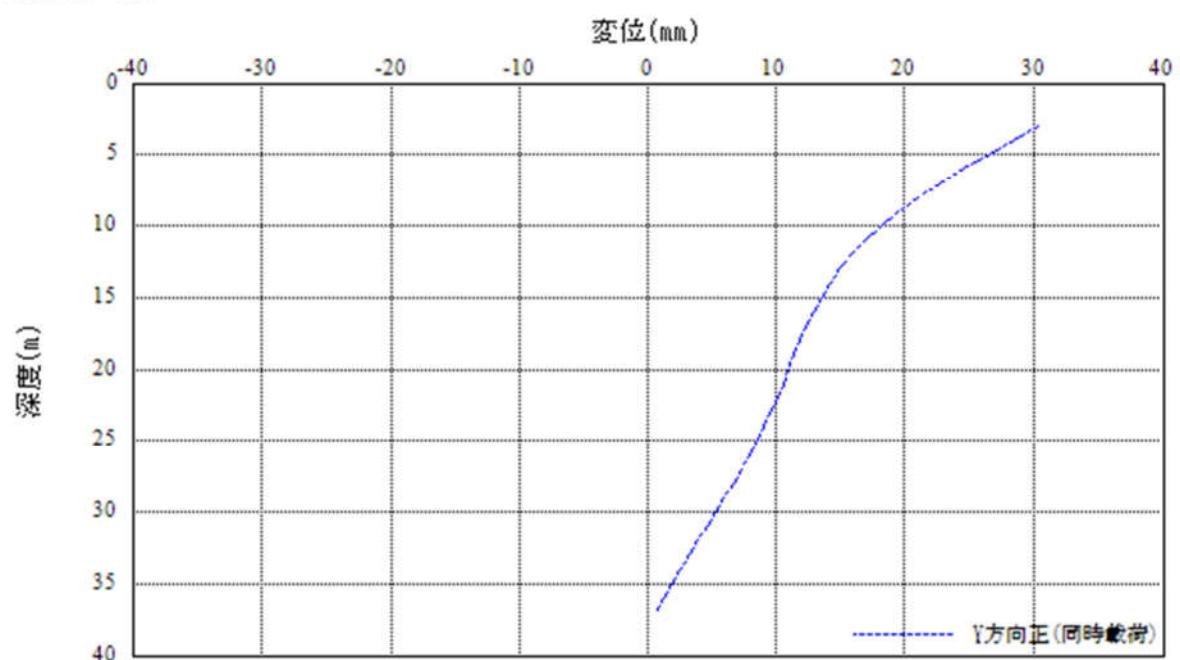
基础位置: X1-Y1
杭符号: P1
地盤符号: S02



基础位置: X3-Y1
杭符号: P2
地盤符号: S02

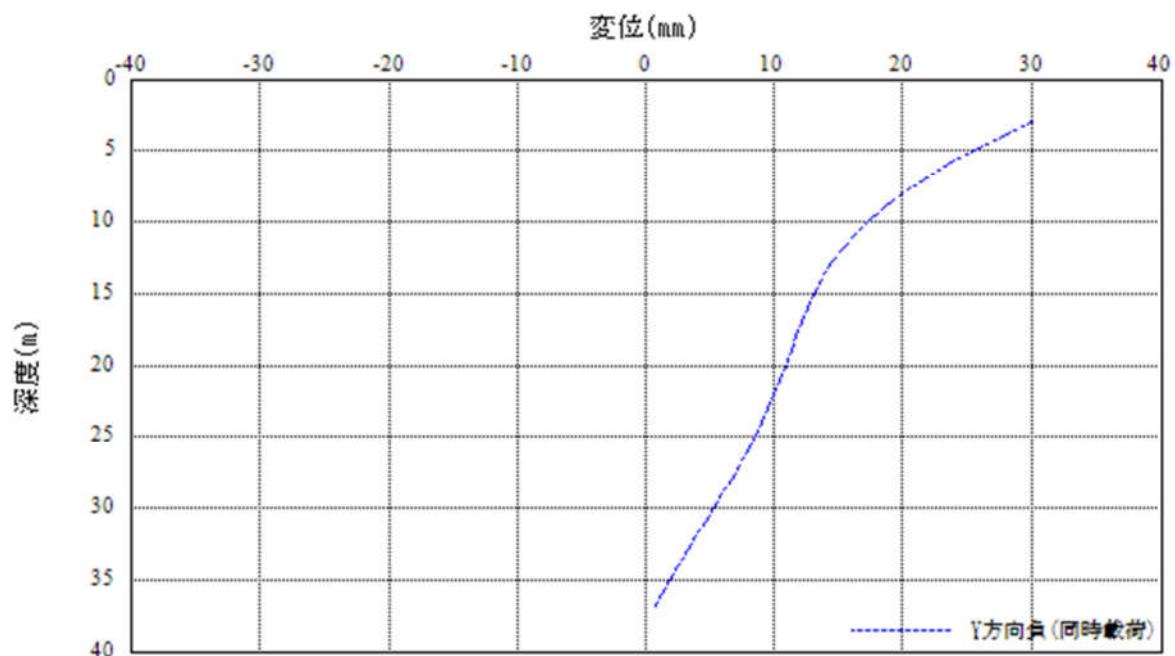


基础位置: X2-Y2
杭符号: P3
地盤符号: S02

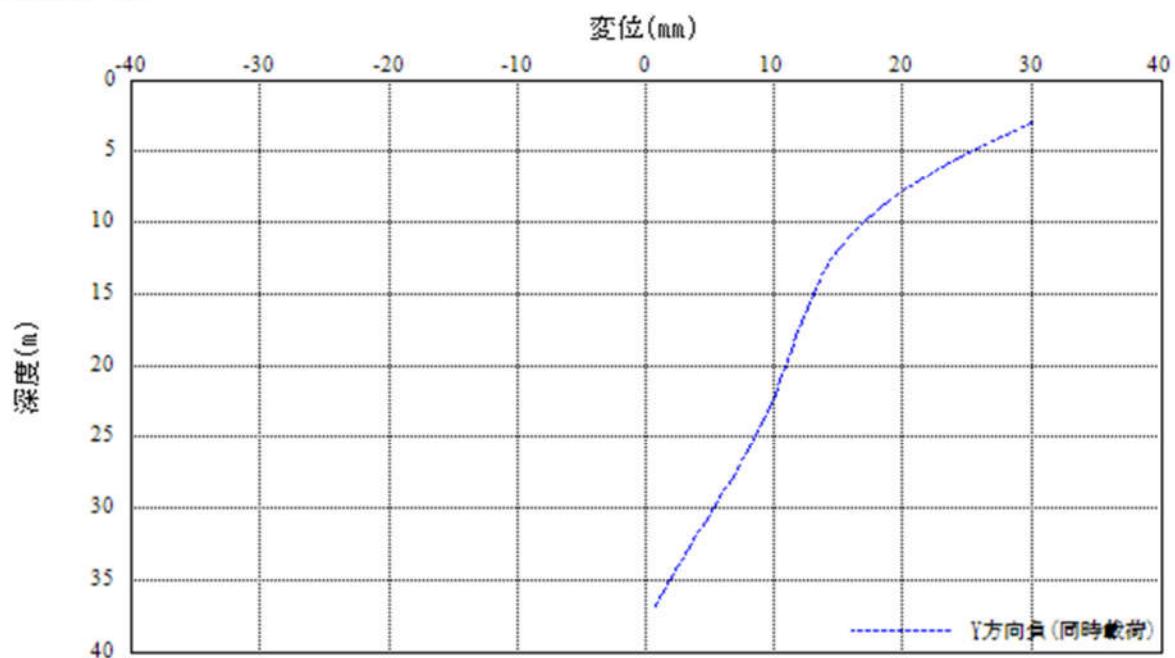


Y 方向負

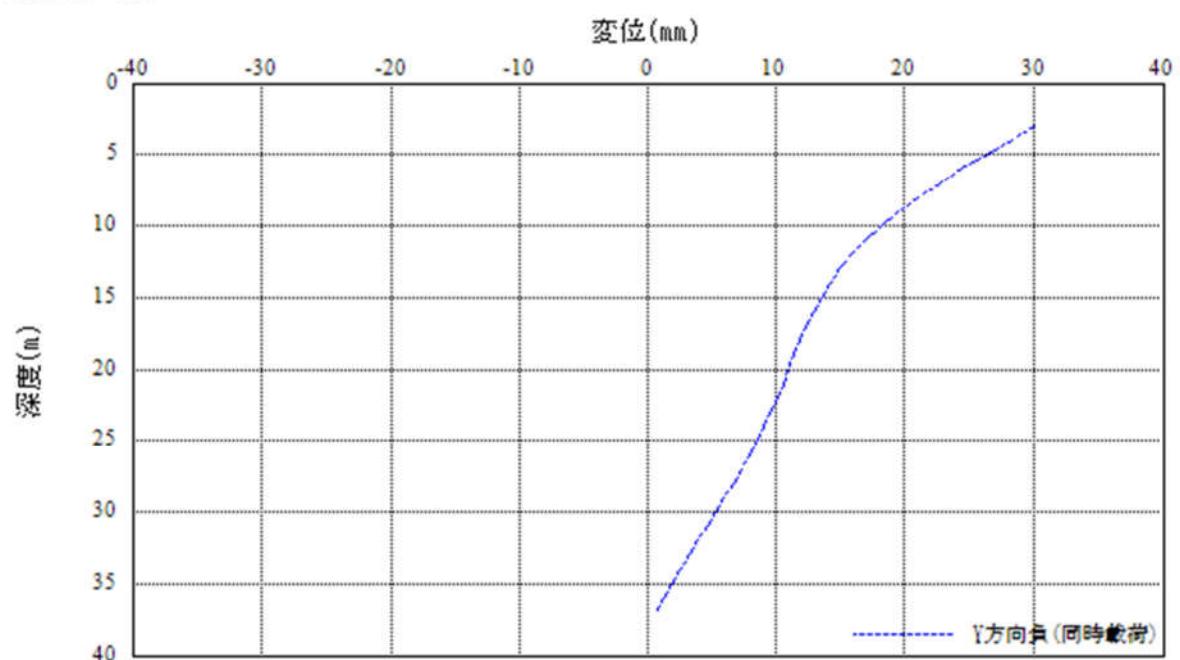
基礎位置: X6-Y3
杭符号: P1
地盤符号: S02



基礎位置: X4-Y3
杭符号: P2
地盤符号: S02



基础位置: X5-Y2
杭符号: P3
地盤符号: S02



(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	1600	15074	2553	5381	0.47	OK	0.00
			2	1600	15074	747	5376	0.14	OK	8.00
			3	1600	15074	47	5376	0.00	OK	18.00
			4							
			5							
P2	X5-Y1	1	1	1600	8177	1770	4909	0.36	OK	0.00
			2	1600	8177	755	4904	0.15	OK	8.00
			3	1600	8177	55	4904	0.01	OK	21.00
			4							
			5							
P3	X6-Y2	1	1	1600	11245	2123	5085	0.42	OK	0.00
			2	1600	11245	721	4610	0.16	OK	8.00
			3	1600	11245	49	4610	0.01	OK	22.00
			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	1600	15074	2553	5381	0.47	OK	0.00
			2	1600	15074	747	5376	0.14	OK	8.00
			3	1600	15074	47	5376	0.00	OK	18.00
			4							
			5							
P2	X2-Y1	1	1	1600	8177	1770	4909	0.36	OK	0.00
			2	1600	8177	755	4904	0.15	OK	8.00
			3	1600	8177	55	4904	0.01	OK	21.00
			4							
			5							
P3	X1-Y2	1	1	1600	11245	2123	5085	0.42	OK	0.00
			2	1600	11245	721	4610	0.16	OK	8.00
			3	1600	11245	49	4610	0.01	OK	22.00
			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	1600	14487	2537	5416	0.47	OK	0.00
			2	1600	14487	766	5411	0.14	OK	8.00
			3	1600	14487	45	5411	0.00	OK	18.00
			4							
			5							
P2	X2-Y3	1	1	1600	17098	2565	4807	0.53	OK	0.00
			2	1600	17098	740	4804	0.15	OK	8.00
			3	1600	17098	44	4804	0.00	OK	22.00
			4							
			5							
P3	X2-Y2	1	1	1600	9331	1886	4994	0.38	OK	0.00
			2	1600	9331	749	4456	0.17	OK	8.00
			3	1600	9331	55	4456	0.01	OK	21.00
			4							
			5							

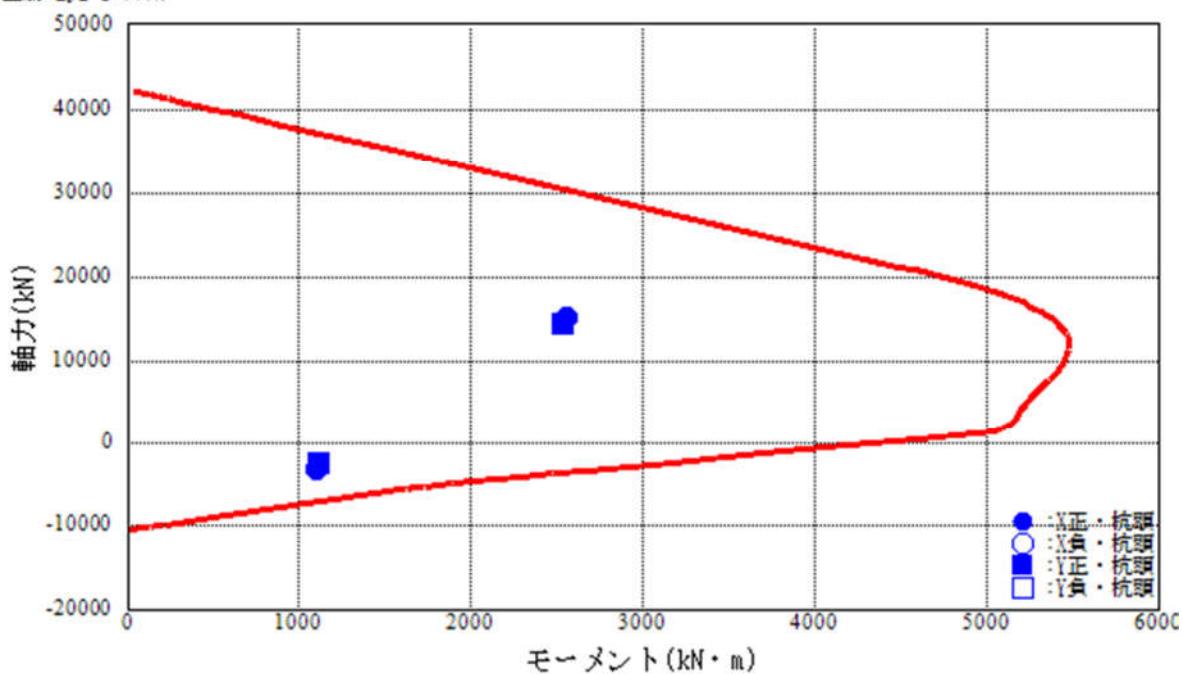
Y 方向負

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	1600	14487	2537	5416	0.47	OK	0.00
			2	1600	14487	766	5411	0.14	OK	8.00
			3	1600	14487	45	5411	0.00	OK	18.00
			4							
			5							
P2	X2-Y1	1	1	1600	17098	2565	4807	0.53	OK	0.00
			2	1600	17098	740	4804	0.15	OK	8.00
			3	1600	17098	44	4804	0.00	OK	22.00
			4							
			5							
P3	X2-Y2	1	1	1600	9331	1886	4994	0.38	OK	0.00
			2	1600	9331	749	4456	0.17	OK	8.00
			3	1600	9331	55	4456	0.01	OK	21.00
			4							
			5							

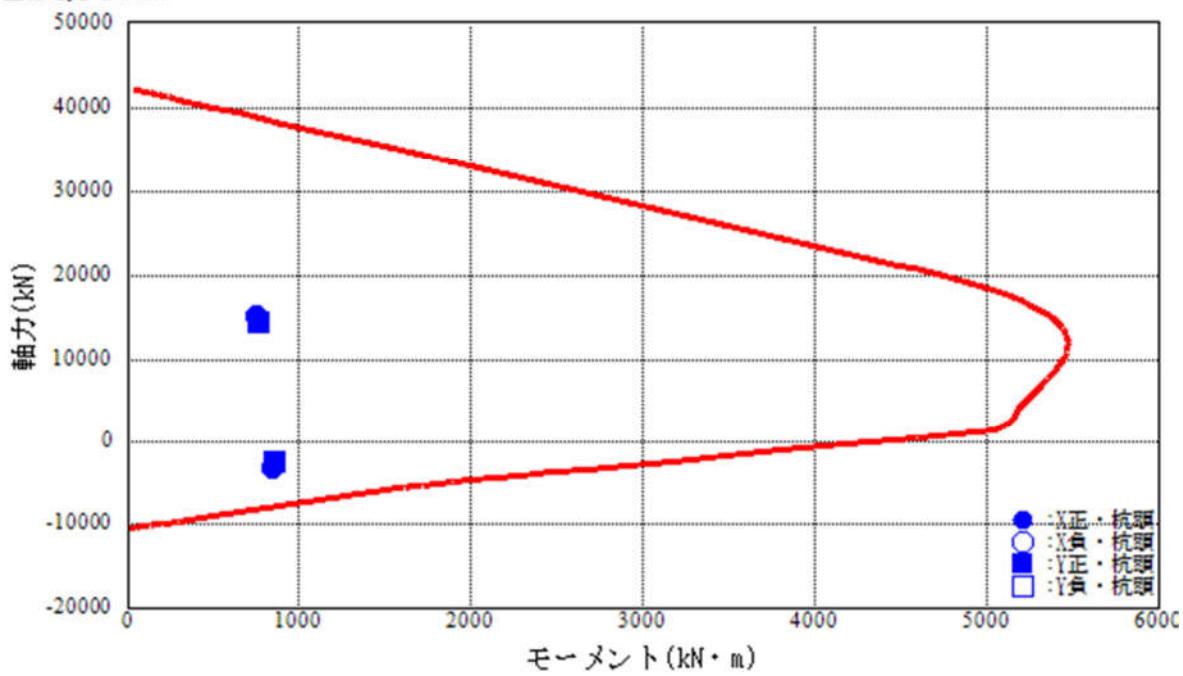
杭材 MN 相関図（短期）

※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。

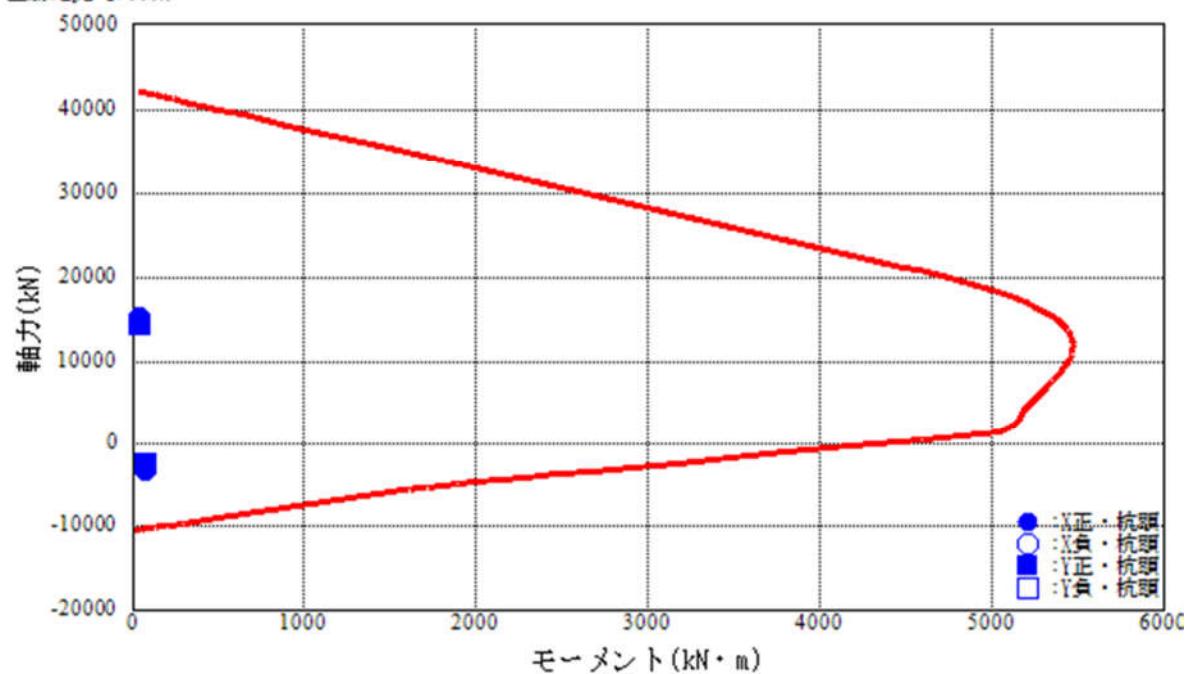
杭符号 : P1
断面位置 : 1
主筋配筋 : SD390-D35-28本
主筋比 $p_{sr} = 1.333\%$



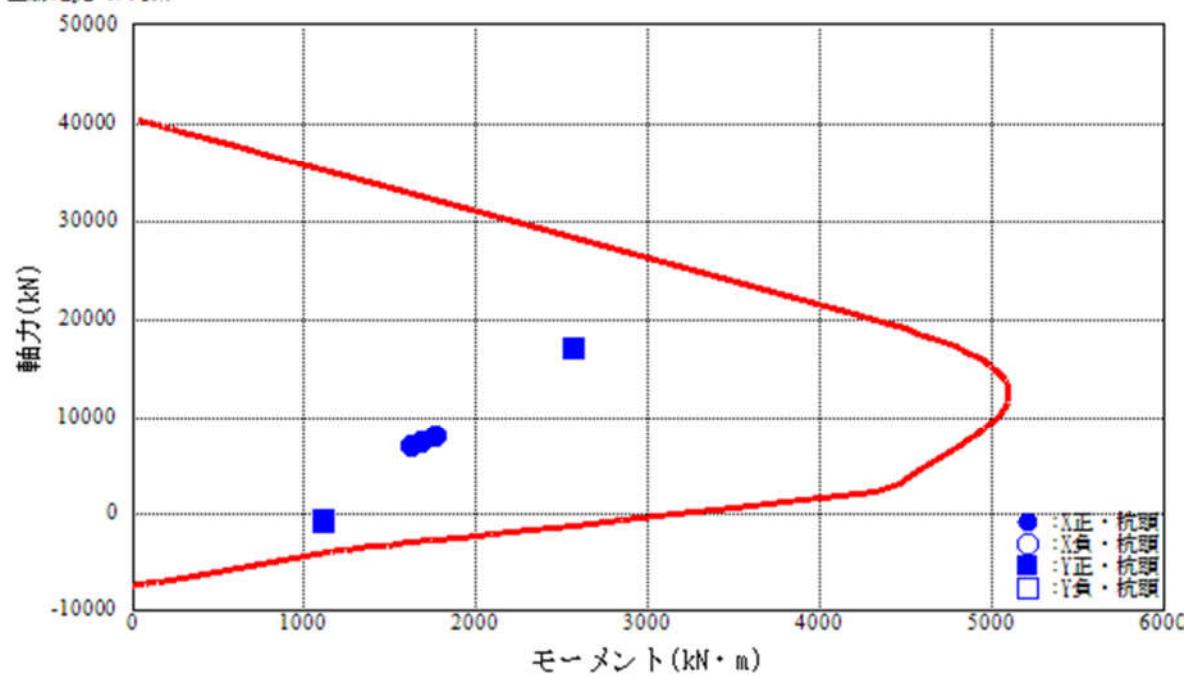
杭符号 : P1
断面位置 : 2
主筋配筋 : SD390-D35-28本
主筋比 $p_{sr} = 1.333\%$



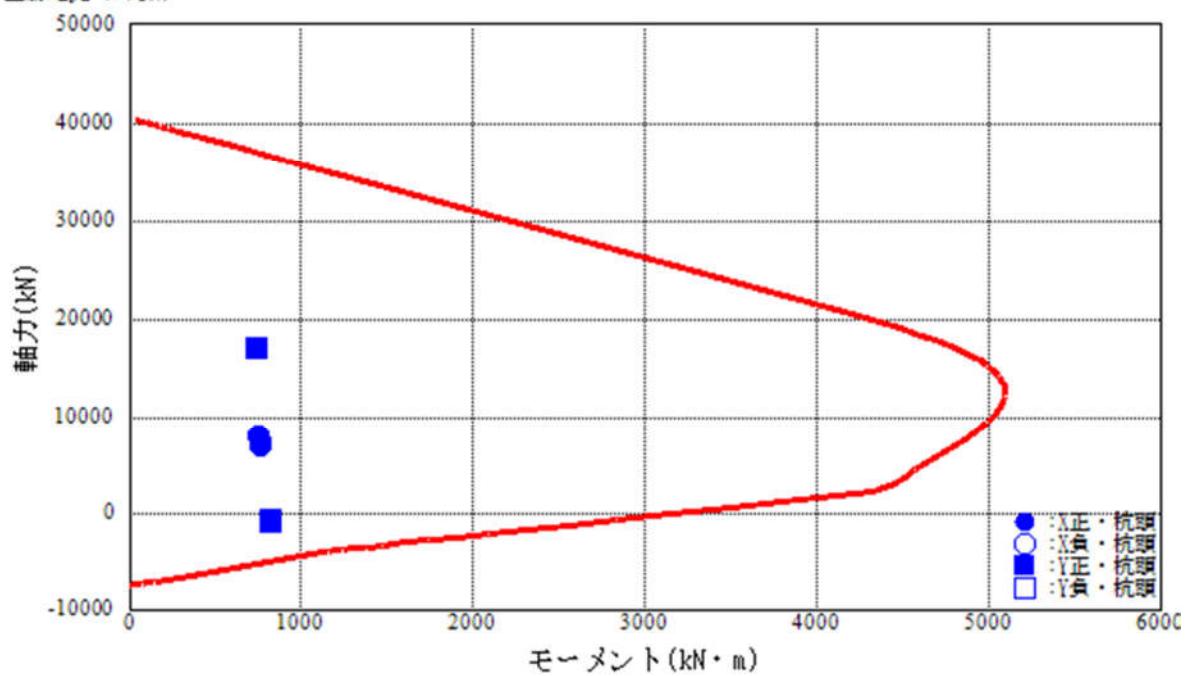
杭符号 : P1
断面位置 : 3
主筋配筋 : SD390-D35-28本
主筋比 $p_a = 1.333\%$



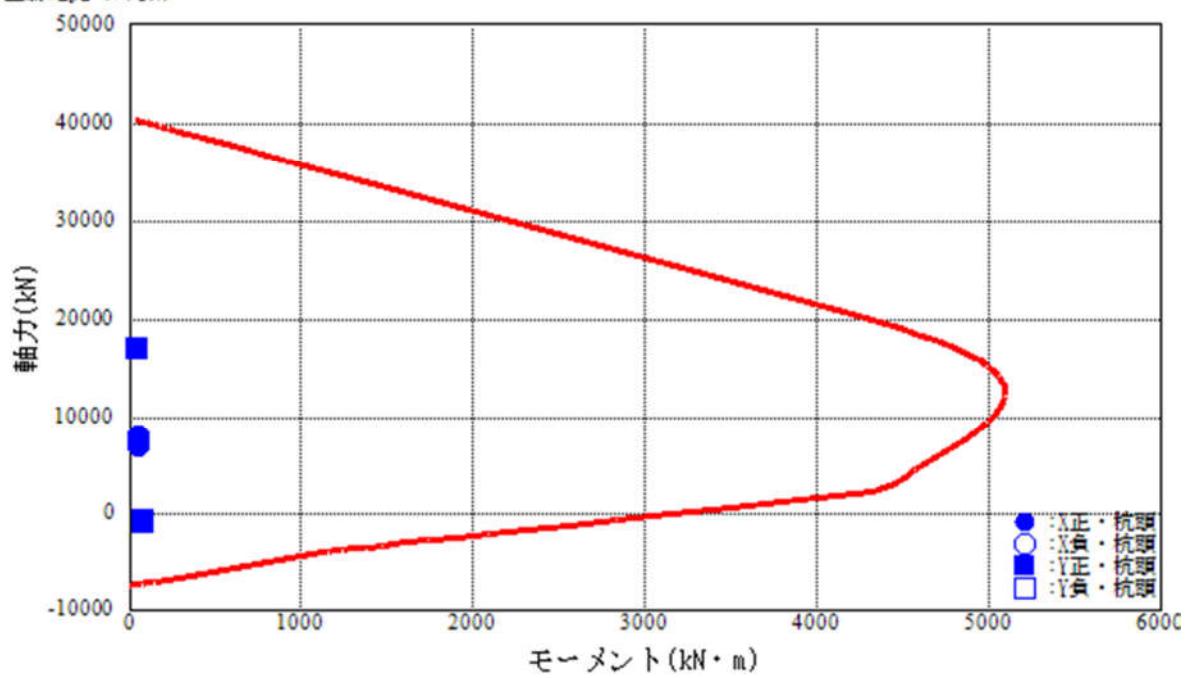
杭符号 : P2
断面位置 : 1
主筋配筋 : SD390-D32-24本
主筋比 $p_a = 0.948\%$



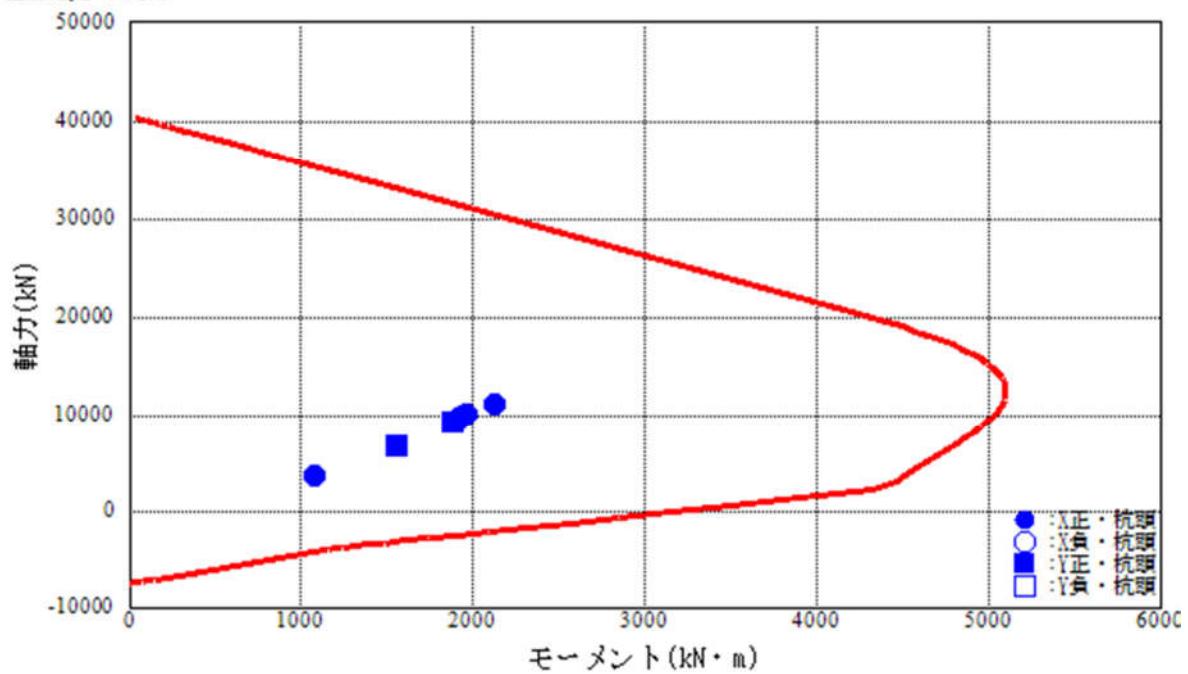
杭符号 : P2
断面位置 : 2
主筋配筋 : SD390-D32-24本
主筋比 $p_a = 0.948\%$



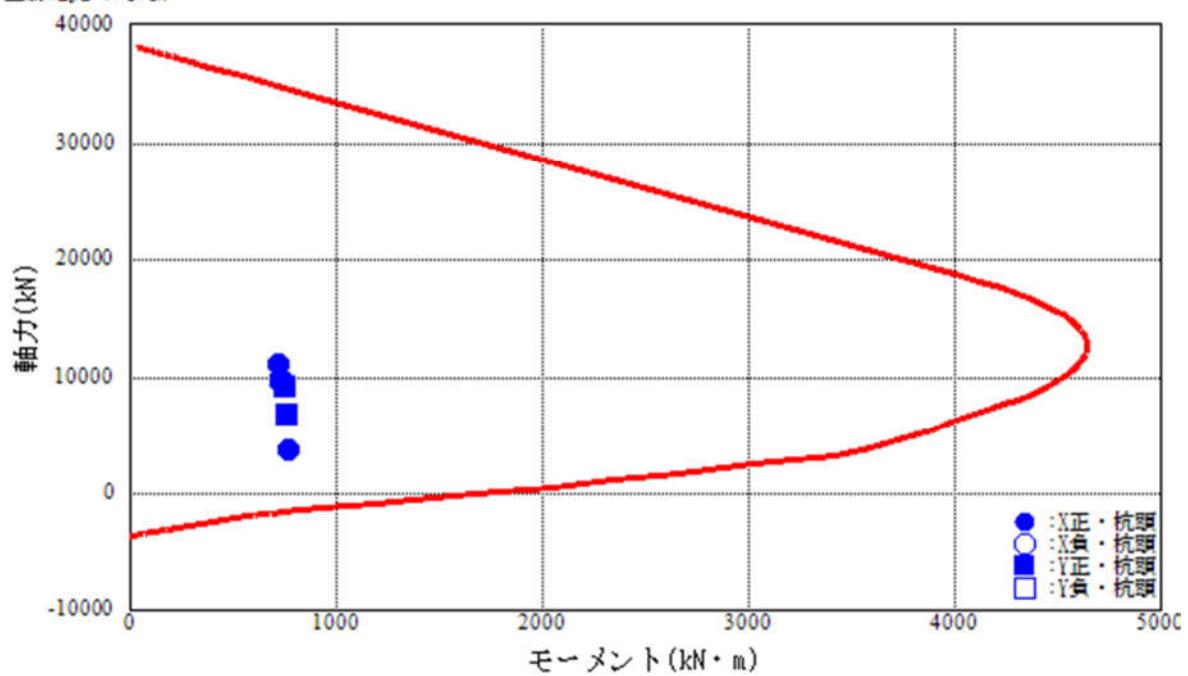
杭符号 : P2
断面位置 : 3
主筋配筋 : SD390-D32-24本
主筋比 $p_a = 0.948\%$



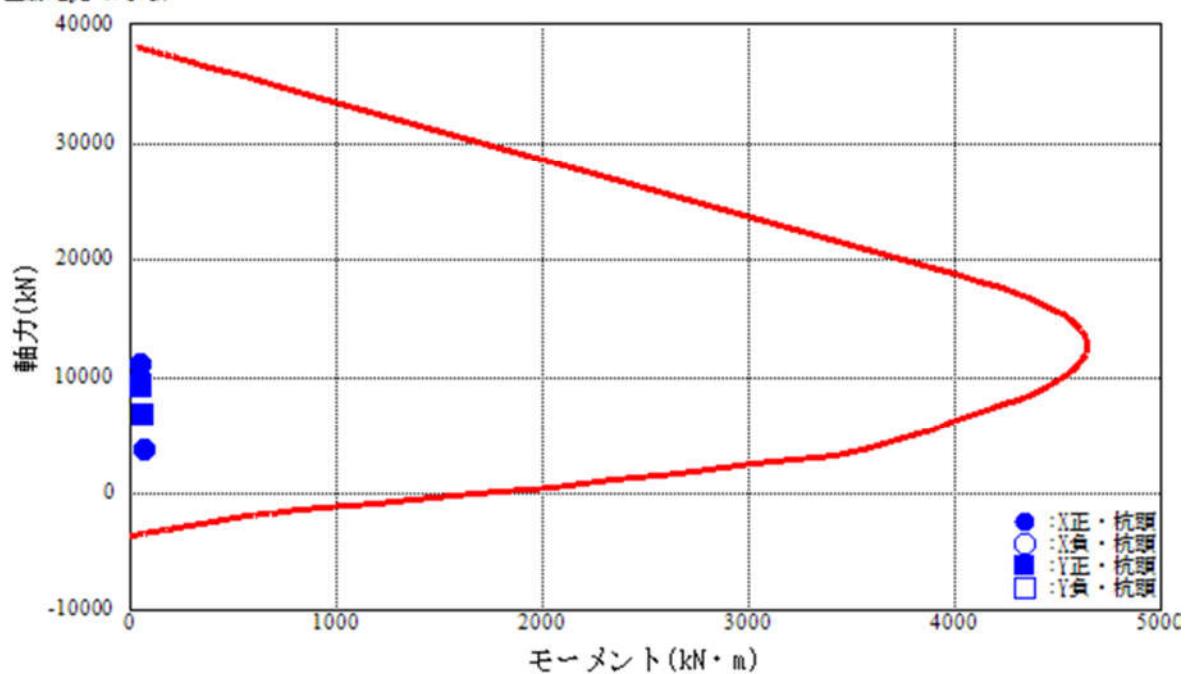
杭符号 : P3
断面位置 : 1
主筋配筋 : SD390-D32-24本
主筋比 $p_a = 0.948\%$



杭符号 : P3
断面位置 : 2
主筋配筋 : SD390-D32-12本
主筋比 $p_a = 0.474\%$



杭符号 : P3
断面位置 : 3
主筋配筋 : SD390-D32-12本
主筋比 $p_s = 0.474\%$



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	1600	15074	1458	1458	1563	0.93	OK	0.00
			2	1600	15074	85	85	1442	0.06	OK	12.00
			3	1600	15074	40	40	1442	0.03	OK	18.00
			4								
			5								
P2	X5-Y1	1	1	1600	8177	1274	1274	1565	0.81	OK	0.00
			2	1600	8177	92	92	1442	0.06	OK	11.00
			3	1600	8177	31	31	1442	0.02	OK	18.00
			4								
			5								
P3	X6-Y2	1	1	1600	11245	1353	1353	1565	0.86	OK	0.00
			2	1600	11245	87	87	1442	0.06	OK	11.00
			3	1600	11245	32	32	1442	0.02	OK	18.00
			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	1600	15074	1458	1458	1563	0.93	OK	0.00
			2	1600	15074	85	85	1442	0.06	OK	12.00
			3	1600	15074	40	40	1442	0.03	OK	18.00
			4								
			5								
P2	X2-Y1	1	1	1600	8177	1274	1274	1565	0.81	OK	0.00
			2	1600	8177	92	92	1442	0.06	OK	11.00
			3	1600	8177	31	31	1442	0.02	OK	18.00
			4								
			5								
P3	X1-Y2	1	1	1600	11245	1353	1353	1565	0.86	OK	0.00
			2	1600	11245	87	87	1442	0.06	OK	11.00
			3	1600	11245	32	32	1442	0.02	OK	18.00
			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	1600	14487	1473	1473	1563	0.94	OK	0.00
			2	1600	14487	88	88	1442	0.06	OK	12.00
			3	1600	14487	40	40	1442	0.03	OK	18.00
			4								
			5								
P2	X2-Y3	1	1	1600	17098	1476	1476	1565	0.94	OK	0.00
			2	1600	17098	86	86	1442	0.06	OK	12.00
			3	1600	17098	38	38	1442	0.03	OK	18.00
			4								
			5								
P3	X2-Y2	1	1	1600	9331	1317	1317	1565	0.84	OK	0.00
			2	1600	9331	92	92	1442	0.06	OK	11.00
			3	1600	9331	30	30	1442	0.02	OK	18.00
			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	1600	14487	1473	1473	1563	0.94	OK	0.00
			2	1600	14487	88	88	1442	0.06	OK	12.00
			3	1600	14487	40	40	1442	0.03	OK	18.00
			4								
			5								
P2	X2-Y1	1	1	1600	17098	1476	1476	1565	0.94	OK	0.00
			2	1600	17098	86	86	1442	0.06	OK	12.00
			3	1600	17098	38	38	1442	0.03	OK	18.00
			4								
			5								
P3	X2-Y2	1	1	1600	9331	1317	1317	1565	0.84	OK	0.00
			2	1600	9331	92	92	1442	0.06	OK	11.00
			3	1600	9331	30	30	1442	0.02	OK	18.00
			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	1600	15074	7.6	3003	6578	0.46	OK
P2	X5-Y1	1600	8177	7.6	2082	5368	0.39	OK
P3	X6-Y2	1600	11245	7.6	2498	5423	0.46	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	1600	15074	7.6	3003	6578	0.46	OK
P2	X2-Y1	1600	8177	7.6	2082	5368	0.39	OK
P3	X1-Y2	1600	11245	7.6	2498	5423	0.46	OK

Y 方向正

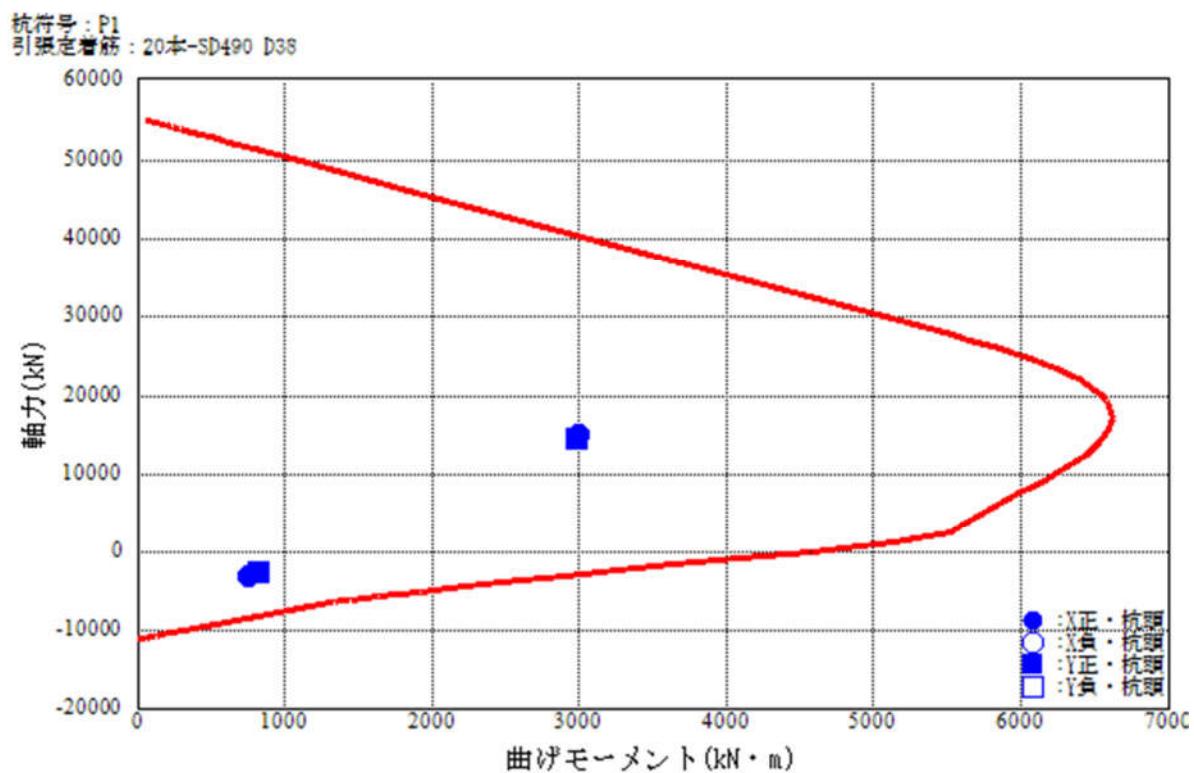
杭符号	位置	軸径 mm	軸力 kN/本	変位 mm	設計曲げ モーメント kN・m/本	短期許容曲げ モーメント kN・m/本	検定比	判定
P1	X1-Y3	1600	14487	7.7	2984	6553	0.46	OK
P2	X2-Y3	1600	17098	7.7	3017	6212	0.49	OK
P3	X2-Y2	1600	9331	7.7	2219	5075	0.44	OK

Y 方向負

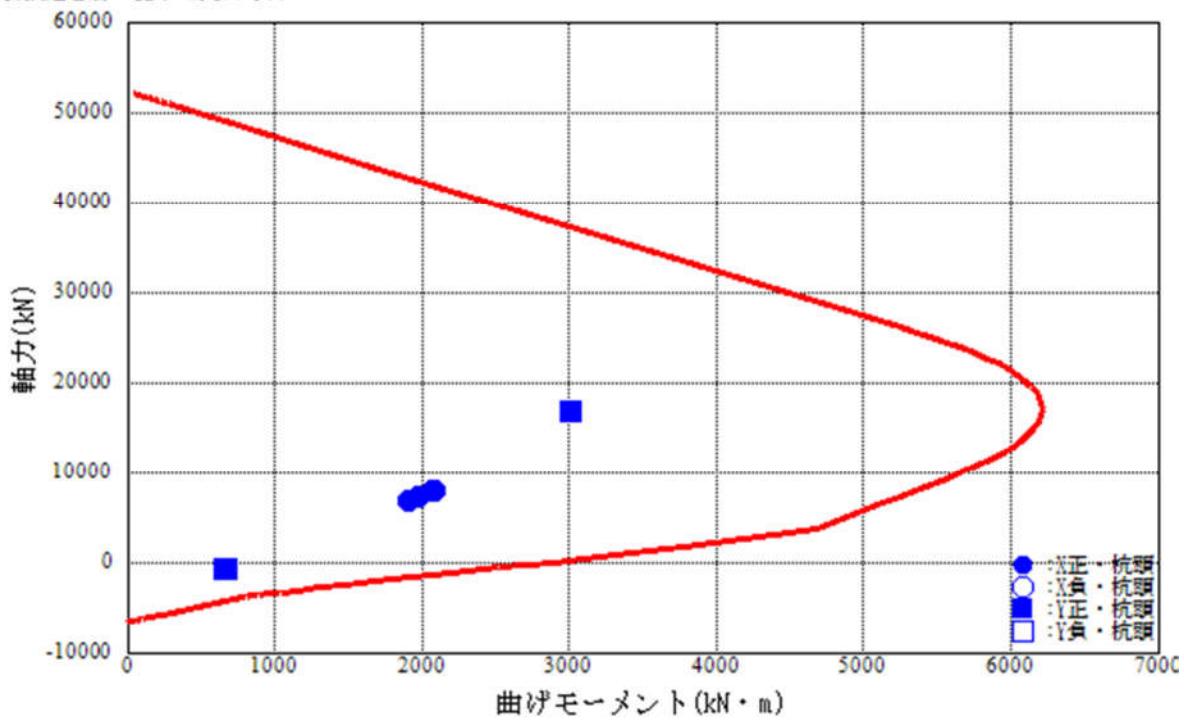
杭符号	位置	軸径 mm	軸力 kN/本	変位 mm	設計曲げ モーメント kN・m/本	短期許容曲げ モーメント kN・m/本	検定比	判定
P1	X1-Y1	1600	14487	7.7	2984	6553	0.46	OK
P2	X2-Y1	1600	17098	7.7	3017	6212	0.49	OK
P3	X2-Y2	1600	9331	7.7	2219	5075	0.44	OK

杭頭接合部 MN 相関図（短期）

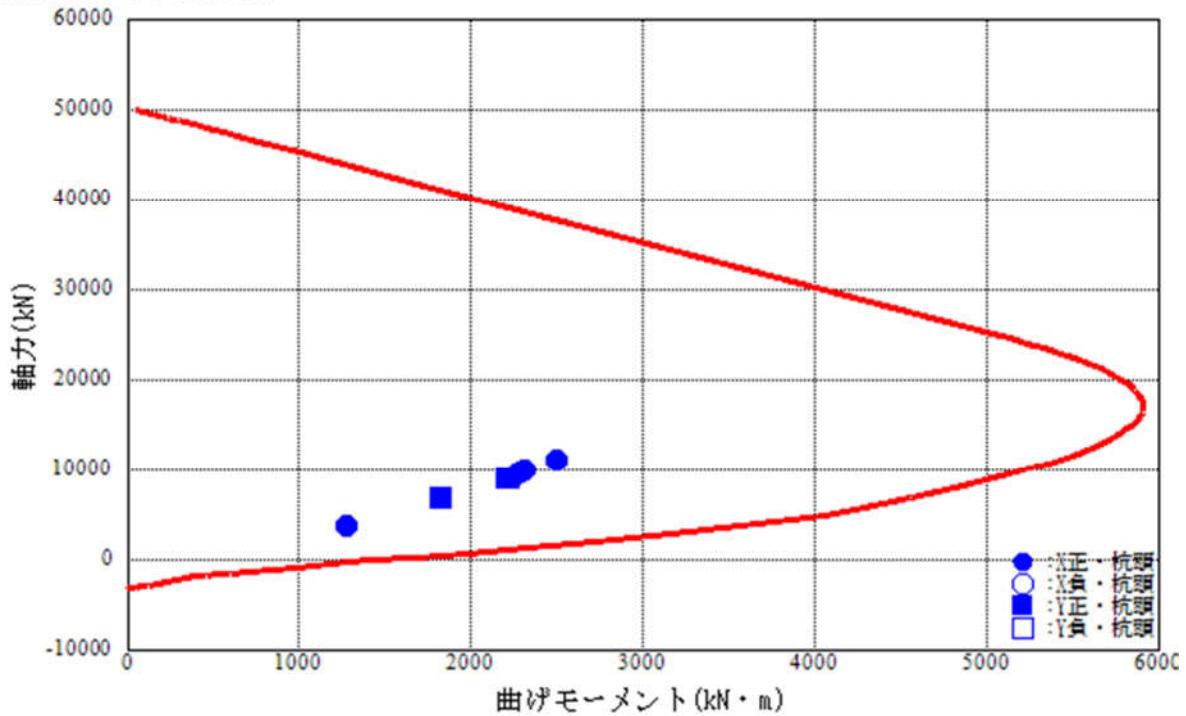
※各符号、全ての杭の全方向の設計曲げモーメントをプロットしています。



杭符号 : 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			
P 1	X1-Y1	1600	1130	20	SD49 0	D38	2400	1	490	-	11172	-3164	0.28	OK
P 2	X2-Y1	1600	1130	12	SD49 0	D38	2400	1	490	-	6703	-728	0.11	OK
P 2	X3-Y1	1600	1130	12	SD49 0	D38	2400	1	490	-	6703	-862	0.13	OK
P 2	X4-Y1	1600	1130	12	SD49 0	D38	2400	1	490	-	6703	-862	0.13	OK
P 2	X5-Y1	1600	1130	12	SD49 0	D38	2400	1	490	-	6703	-728	0.11	OK
P 1	X6-Y1	1600	1130	20	SD49 0	D38	2400	1	490	-	11172	-3164	0.28	OK
P 3	X1-Y2	1600	1130	6	SD49 0	D38	2400	1	490	-	3352	0	-	-
P 3	X2-Y2	1600	1130	6	SD49 0	D38	2400	1	490	-	3352	0	-	-
P 3	X3-Y2	1600	1130	6	SD49 0	D38	2400	1	490	-	3352	0	-	-
P 3	X4-Y2	1600	1130	6	SD49 0	D38	2400	1	490	-	3352	0	-	-
P 3	X5-Y2	1600	1130	6	SD49 0	D38	2400	1	490	-	3352	0	-	-
P 3	X6-Y2	1600	1130	6	SD49 0	D38	2400	1	490	-	3352	0	-	-
P 1	X1-Y3	1600	1130	20	SD49 0	D38	2400	1	490	-	11172	-3164	0.28	OK
P 2	X2-Y3	1600	1130	12	SD49 0	D38	2400	1	490	-	6703	-728	0.11	OK
P 2	X3-Y3	1600	1130	12	SD49 0	D38	2400	1	490	-	6703	-862	0.13	OK
P 2	X4-Y3	1600	1130	12	SD49 0	D38	2400	1	490	-	6703	-862	0.13	OK
P 2	X5-Y3	1600	1130	12	SD49 0	D38	2400	1	490	-	6703	-728	0.11	OK
P 1	X6-Y3	1600	1130	20	SD49 0	D38	2400	1	490	-	11172	-3164	0.28	OK

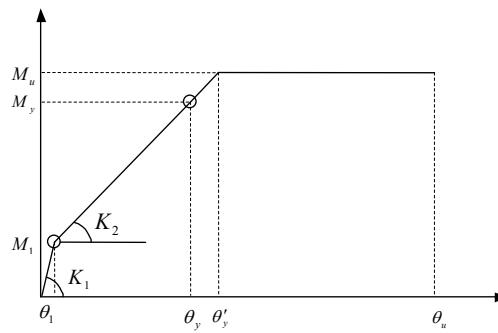
杭頭回転角、PC リング 検定表

基礎 No.	位置	杭 符 号	軸 径 m 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	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 kN	X 負 kN	Y 正 kN	Y 負 kN						X 方向 加力時 最大 rad	Y 方向 加力時 最大 rad	限界 回転角 rad	X 正		X 負	Y 正	Y 負	
1	X1-Y1	P1	1600	1023	1458	1053	1473	S1	300	2410	0.61	OK	0.00089	0.00090	0.04	0.02	OK	0.292	0.830	0.307	0.815
2	X2-Y1	P2	1600	1240	1274	1014	1476	S1	300	2410	0.61	OK	0.00058	0.00095	0.04	0.02	OK	0.624	0.662	0.264	0.836
3	X3-Y1	P2	1600	1253	1273	1011	1476	S1	300	2410	0.61	OK	0.00056	0.00095	0.04	0.02	OK	0.639	0.661	0.259	0.836
4	X4-Y1	P2	1600	1273	1253	1011	1476	S1	300	2410	0.61	OK	0.00056	0.00095	0.04	0.02	OK	0.661	0.639	0.259	0.836
5	X5-Y1	P2	1600	1274	1240	1014	1476	S1	300	2410	0.61	OK	0.00058	0.00095	0.04	0.02	OK	0.662	0.624	0.264	0.836
6	X6-Y1	P1	1600	1458	1023	1053	1473	S1	300	2410	0.61	OK	0.00089	0.00090	0.04	0.02	OK	0.830	0.292	0.307	0.815
7	X1-Y2	P3	1600	1112	1353	1239	1239	N	300	1800	0.75	OK	0.00076	0.00063	0.04	0.02	OK	0.458	0.749	0.595	0.595
8	X2-Y2	P3	1600	1308	1312	1317	1317	N	300	1800	0.73	OK	0.00048	0.00052	0.04	0.01	OK	0.702	0.707	0.682	0.682
9	X3-Y2	P3	1600	1307	1317	1315	1315	N	300	1800	0.73	OK	0.00048	0.00052	0.04	0.01	OK	0.701	0.712	0.680	0.680
10	X4-Y2	P3	1600	1317	1307	1315	1315	N	300	1800	0.73	OK	0.00048	0.00052	0.04	0.01	OK	0.712	0.701	0.680	0.680
11	X5-Y2	P3	1600	1312	1308	1317	1317	N	300	1800	0.73	OK	0.00048	0.00052	0.04	0.01	OK	0.707	0.702	0.682	0.682
12	X6-Y2	P3	1600	1353	1112	1239	1239	N	300	1800	0.75	OK	0.00076	0.00063	0.04	0.02	OK	0.749	0.458	0.595	0.595
13	X1-Y3	P1	1600	1023	1458	1473	1053	S1	300	2410	0.61	OK	0.00089	0.00090	0.04	0.02	OK	0.292	0.830	0.815	0.307
14	X2-Y3	P2	1600	1240	1274	1476	1014	S1	300	2410	0.61	OK	0.00058	0.00095	0.04	0.02	OK	0.624	0.662	0.836	0.264
15	X3-Y3	P2	1600	1253	1273	1476	1011	S1	300	2410	0.61	OK	0.00056	0.00095	0.04	0.02	OK	0.639	0.661	0.836	0.259
16	X4-Y3	P2	1600	1273	1253	1476	1011	S1	300	2410	0.61	OK	0.00056	0.00095	0.04	0.02	OK	0.661	0.639	0.836	0.259
17	X5-Y3	P2	1600	1274	1240	1476	1014	S1	300	2410	0.61	OK	0.00058	0.00095	0.04	0.02	OK	0.662	0.624	0.836	0.264
18	X6-Y3	P1	1600	1458	1023	1473	1053	S1	300	2410	0.61	OK	0.00089	0.00090	0.04	0.02	OK	0.830	0.292	0.815	0.307

杭頭回転ばね（場所打ち杭）

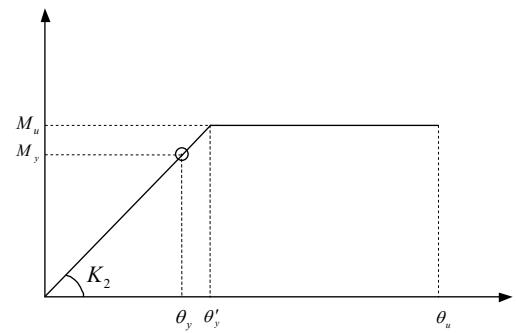
杭頭回転特性は、下図に示す杭頭曲げモーメントと回転角の関係により評価する。

杭頭曲げモーメント M_p



(a)圧縮軸力時

杭頭曲げモーメント M_p



(b)引張軸力時

杭頭曲げモーメント M_p と回転角 θ_p の関係

ここに、 K_1 :杭頭接合部の等価初期回転剛性

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

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

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

θ_1 :離間時回転角

θ_y :降伏時回転角

θ'_y :終局時回転角

θ_u :限界回転角 ($= 0.04\text{rad}$)

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 回転剛性 kN・m/rad	離間時 M kN・m	二次 回転剛性 kN・m/rad	降伏時 M kN・m	降伏時 回転角 rad	終局時 M kN・m
1	X1-Y1	P1	1	X	正 -3164	10085293	0	852722	3064	0.004	4936
					負 15074	10085293	3015	1868088	8671	0.003	12622
				Y	正 -2590	10085293	0	917259	3370	0.004	5255
					負 14487	10085293	2897	1835308	8604	0.003	12459
2	X2-Y1	P2	1	X	正 7058	10085293	1412	1126009	6444	0.005	7865
					負 8177	10085293	1635	1180916	6784	0.005	8353
				Y	正 -728	10085293	0	708671	2584	0.004	3833
					負 17098	10085293	3420	1771405	8304	0.003	11474
3	X3-Y1	P2	1	X	正 7498	10085293	1500	1139875	6640	0.005	8060
					負 8137	10085293	1627	1178419	6775	0.005	8336
				Y	正 -862	10085293	0	692044	2509	0.004	3752
					負 17098	10085293	3420	1771405	8304	0.003	11474
4	X4-Y1	P2	1	X	正 8137	10085293	1627	1178419	6775	0.005	8336
					負 7498	10085293	1500	1139875	6640	0.005	8060
				Y	正 -862	10085293	0	692044	2509	0.004	3752
					負 17098	10085293	3420	1771405	8304	0.003	11474
5	X5-Y1	P2	1	X	正 8177	10085293	1635	1180916	6784	0.005	8336
					負 7058	10085293	1412	1126009	6444	0.005	7865
				Y	正 -728	10085293	0	708671	2584	0.004	3833
					負 17098	10085293	3420	1771405	8304	0.003	11474
6	X6-Y1	P1	1	X	正 15074	10085293	3015	1868088	8671	0.003	12622
					負 -3164	10085293	0	852722	3064	0.004	4936
				Y	正 -2590	10085293	0	917259	3370	0.004	5255
					負 14487	10085293	2897	1835308	8604	0.003	12459
7	X1-Y2	P3	1	X	正 3832	10085293	766	738272	3723	0.004	4617
					負 11245	10085293	2249	1169576	6706	0.004	8110
				Y	正 6922	10085293	1384	892369	5247	0.004	6218
					負 6922	10085293	1384	892369	5247	0.004	6218
8	X2-Y2	P3	1	X	正 9750	10085293	1950	1046696	6324	0.004	7490
					負 9889	10085293	1978	1057768	6361	0.004	7548
				Y	正 9331	10085293	1866	1013383	6210	0.004	7311
					負 9331	10085293	1866	1013383	6210	0.004	7311
9	X3-Y2	P3	1	X	正 9716	10085293	1943	1044016	6315	0.004	7476
					負 10056	10085293	2011	1071326	6404	0.004	7618
				Y	正 9267	10085293	1853	1008300	6192	0.004	7283
					負 9267	10085293	1853	1008300	6192	0.004	7283
10	X4-Y2	P3	1	X	正 10056	10085293	2011	1071326	6404	0.004	7618
					負 9716	10085293	1943	1044016	6315	0.004	7476
				Y	正 9267	10085293	1853	1008300	6192	0.004	7283
					負 9267	10085293	1853	1008300	6192	0.004	7283
11	X5-Y2	P3	1	X	正 9889	10085293	1978	1057768	6361	0.004	7548
				X	負 9750	10085293	1950	1046696	6324	0.004	7490

				Y	正	9331	10085293	1866	1013383	6210	0.004	7311
				Y	負	9331	10085293	1866	1013383	6210	0.004	7311
12	X6-Y2	P3	1	X	正	11245	10085293	2249	1169576	6706	0.004	8110
					負	3832	10085293	766	738272	3723	0.004	4617
				Y	正	6922	10085293	1384	892369	5247	0.004	6218
					負	6922	10085293	1384	892369	5247	0.004	6218
13	X1-Y3	P1	1	X	正	-3164	10085293	0	852722	3064	0.004	4936
					負	15074	10085293	3015	1868088	8671	0.003	12622
				Y	正	14487	10085293	2897	1835308	8604	0.003	12459
					負	-2590	10085293	0	917259	3370	0.004	5255
14	X2-Y3	P2	1	X	正	7058	10085293	1412	1126009	6444	0.005	7865
					負	8177	10085293	1635	1180916	6784	0.005	8353
				Y	正	17098	10085293	3420	1771405	8304	0.003	11474
					負	-728	10085293	0	708671	2584	0.004	3833
15	X3-Y3	P2	1	X	正	7498	10085293	1500	1139875	6640	0.005	8060
					負	8137	10085293	1627	1178419	6775	0.005	8336
				Y	正	17098	10085293	3420	1771405	8304	0.003	11474
					負	-862	10085293	0	692044	2509	0.004	3752
16	X4-Y3	P2	1	X	正	8137	10085293	1627	1178419	6775	0.005	8336
					負	7498	10085293	1500	1139875	6640	0.005	8060
				Y	正	17098	10085293	3420	1771405	8304	0.003	11474
					負	-862	10085293	0	692044	2509	0.004	3752
17	X5-Y3	P2	1	X	正	8177	10085293	1635	1180916	6784	0.005	8353
					負	7058	10085293	1412	1126009	6444	0.005	7865
				Y	正	17098	10085293	3420	1771405	8304	0.003	11474
					負	-728	10085293	0	708671	2584	0.004	3833
18	X6-Y3	P1	1	X	正	15074	10085293	3015	1868088	8671	0.003	12622
					負	-3164	10085293	0	852722	3064	0.004	4936
				Y	正	14487	10085293	2897	1835308	8604	0.003	12459
					負	-2590	10085293	0	917259	3370	0.004	5255

<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	1600	-7963	2138	2336	1.09	OK	5.00
			2	1600	-7963	1663	2334	1.40	OK	8.00
			3	1600	-7963	390	2334	5.98	OK	21.00
			4							
			5							
P2	X4-Y1	1	1	1600	8049	2719	9435	3.47	OK	0.00
			2	1600	8049	1436	9430	6.57	OK	8.00
			3	1600	8049	322	9430	29.32	OK	21.00
			4							
			5							
P3	X1-Y2	1	1	1600	1591	1914	6213	3.25	OK	5.00
			2	1600	1591	1528	3786	2.48	OK	8.00
			3	1600	1591	356	3786	10.63	OK	21.00
			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	1600	-7963	2138	2336	1.09	OK	5.00
			2	1600	-7963	1663	2334	1.40	OK	8.00
			3	1600	-7963	390	2334	5.98	OK	21.00
			4							
			5							
P2	X3-Y1	1	1	1600	8049	2719	9435	3.47	OK	0.00
			2	1600	8049	1436	9430	6.57	OK	8.00
			3	1600	8049	322	9430	29.32	OK	21.00
			4							
			5							
P3	X6-Y2	1	1	1600	1591	1914	6213	3.25	OK	5.00
			2	1600	1591	1528	3786	2.48	OK	8.00
			3	1600	1591	356	3786	10.63	OK	21.00
			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	1600	-6465	2184	3317	1.52	OK	5.00
			2	1600	-6465	1703	3315	1.95	OK	8.00
			3	1600	-6465	392	3315	8.46	OK	21.00
			4							
			5							
P2	X3-Y1	1	1	1600	-4734	2229	2303	1.03	OK	5.00
			2	1600	-4734	1659	2301	1.39	OK	8.00
			3	1600	-4734	392	2301	5.88	OK	21.00
			4							
			5							
P3	X2-Y2	1	1	1600	7918	2515	9378	3.73	OK	0.00
			2	1600	7918	1459	7243	4.97	OK	8.00
			3	1600	7918	323	7243	22.42	OK	21.00
			4							
			5							

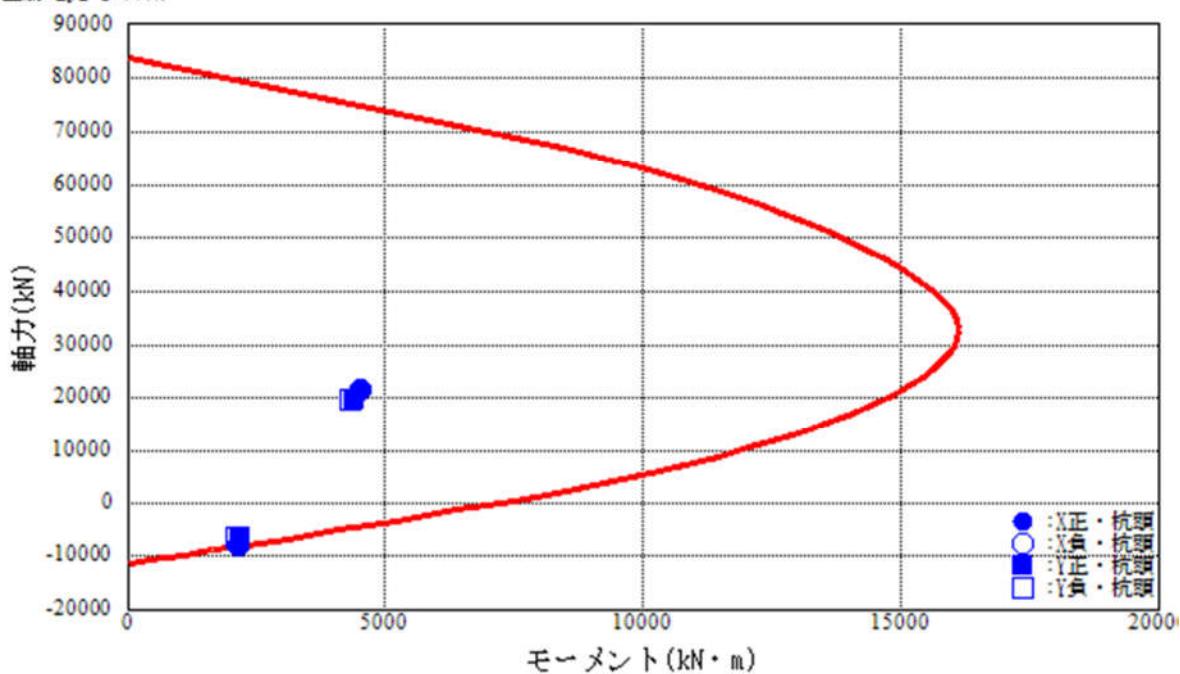
Y 方向負

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	1600	-6457	2135	3323	1.56	OK	5.00
			2	1600	-6457	1661	3320	2.00	OK	8.00
			3	1600	-6457	390	3320	8.51	OK	21.00
			4							
			5							
P2	X4-Y3	1	1	1600	-4743	2179	2297	1.05	OK	4.00
			2	1600	-4743	1619	2295	1.42	OK	8.00
			3	1600	-4743	389	2295	5.90	OK	21.00
			4							
			5							
P3	X5-Y2	1	1	1600	8359	2553	9571	3.75	OK	0.00
			2	1600	8359	1415	7448	5.26	OK	8.00
			3	1600	8359	320	7448	23.31	OK	21.00
			4							
			5							

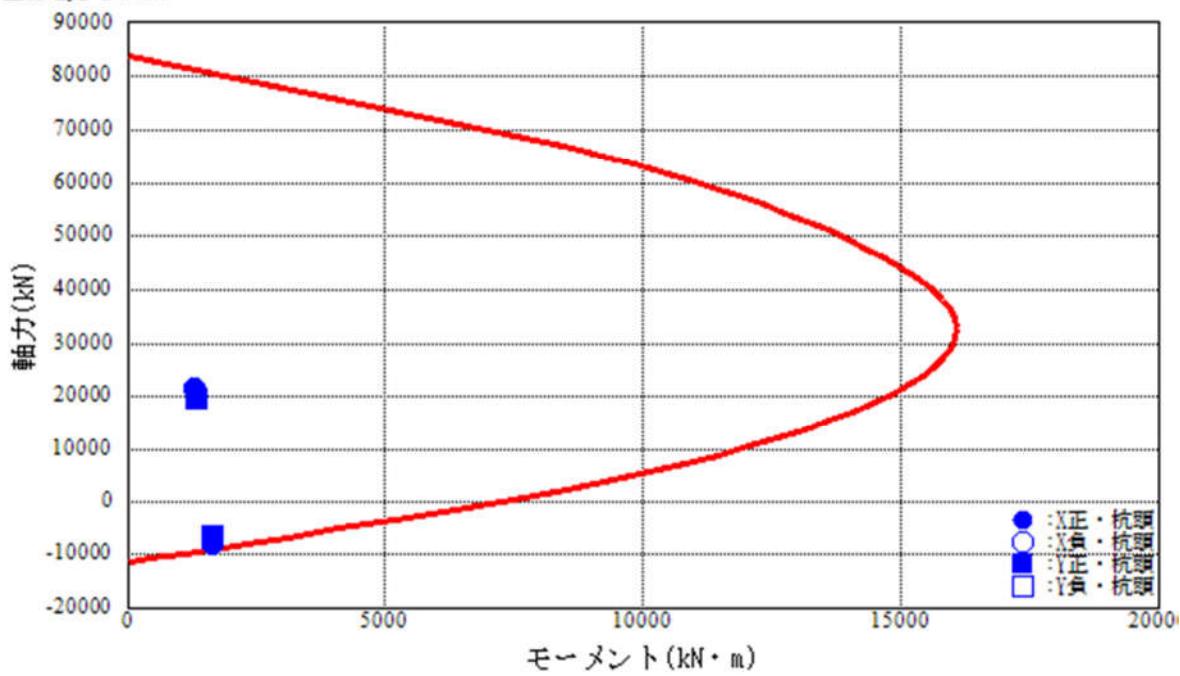
杭材 MN 相関図（終局）

※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。

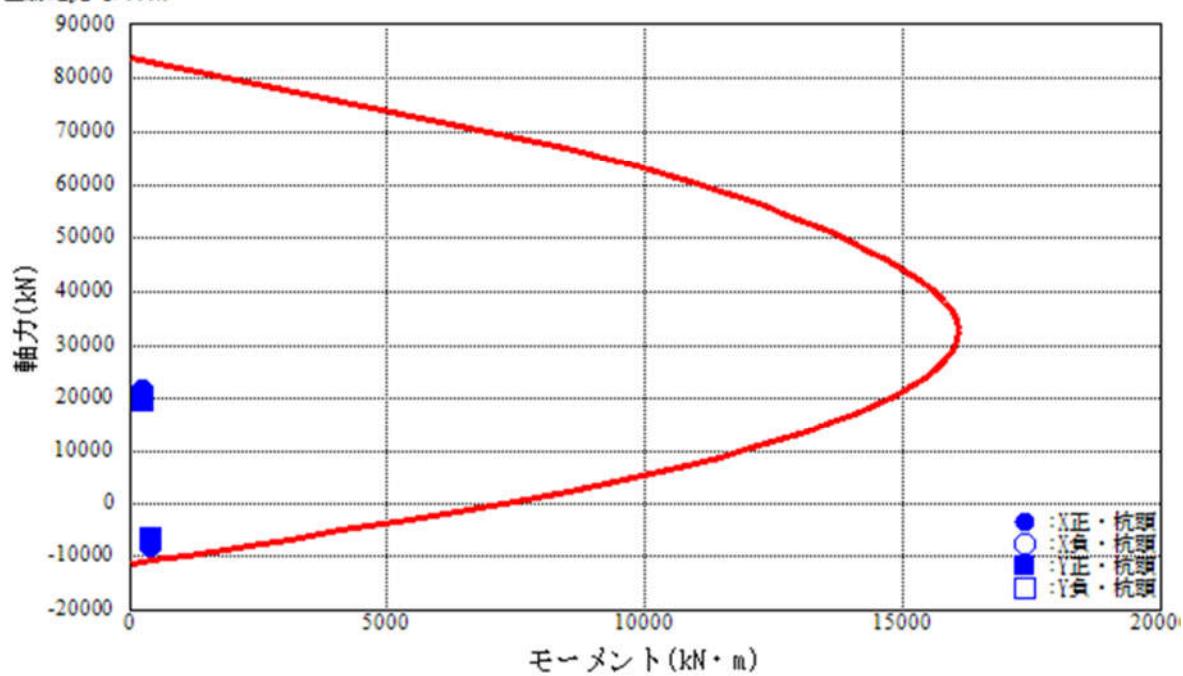
杭符号 : P1
断面位置 : 1
主筋配筋 : SD390-D35-28本
主筋比 $p_s = 1.333\%$



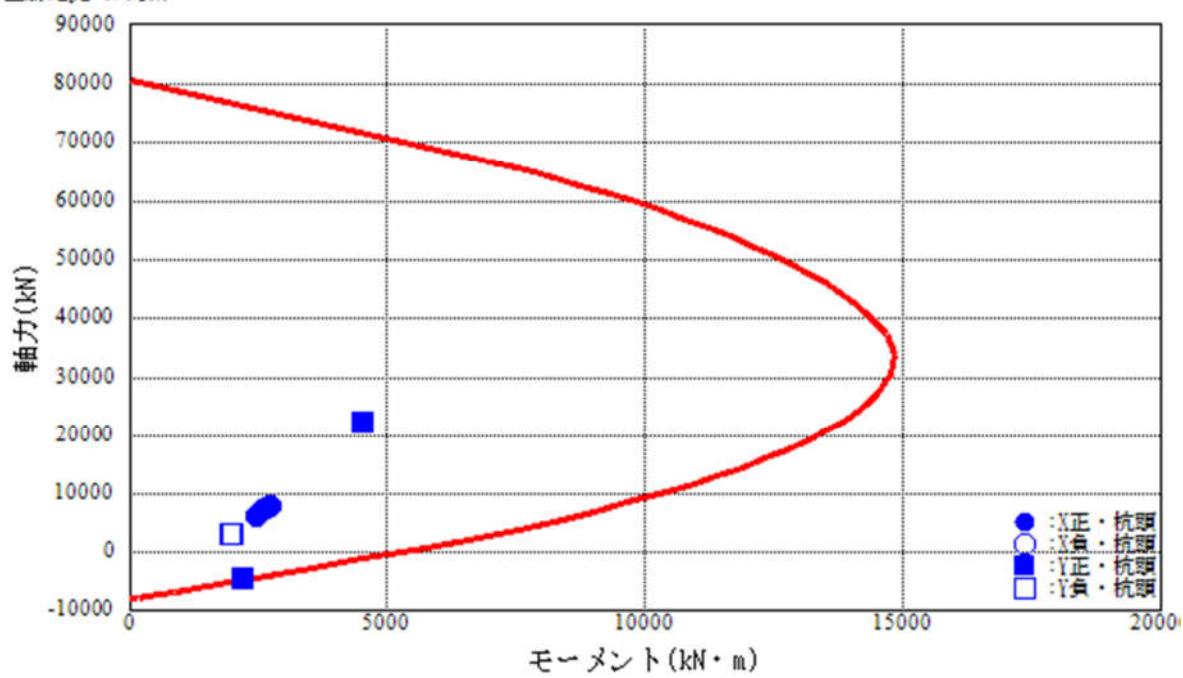
杭符号 : P1
断面位置 : 2
主筋配筋 : SD390-D35-28本
主筋比 $p_s = 1.333\%$



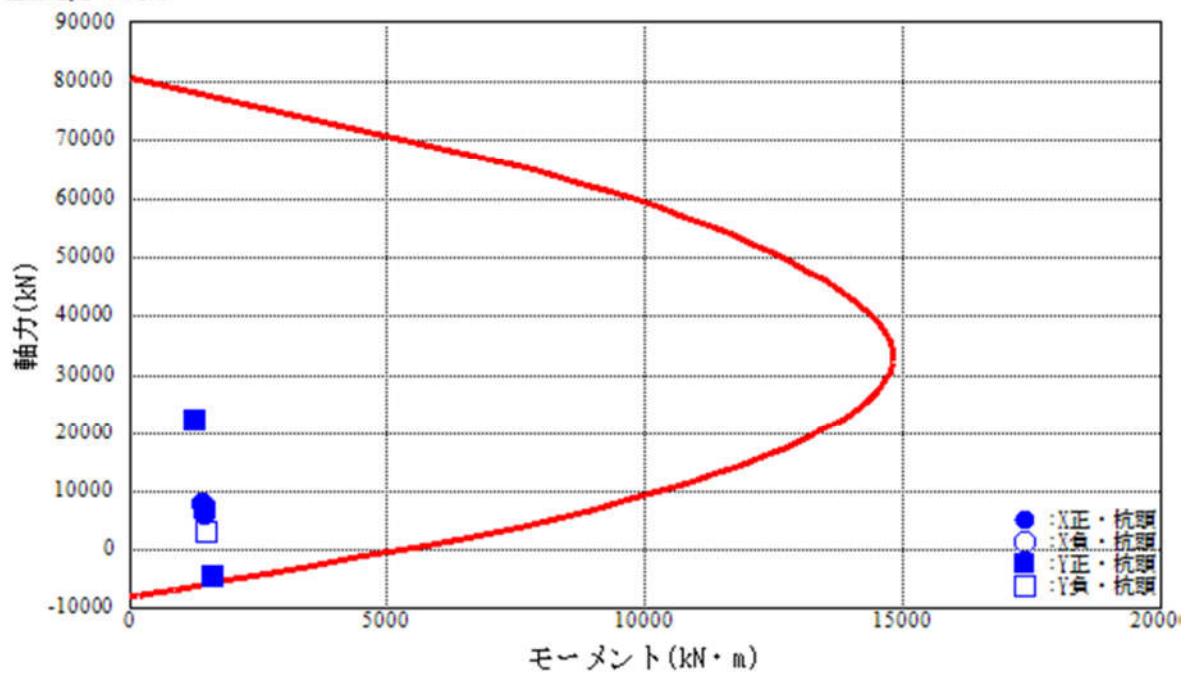
杭符号 : P1
断面位置 : 3
主筋配筋 : SD390-D35-28本
主筋比 $p_a = 1.333\%$



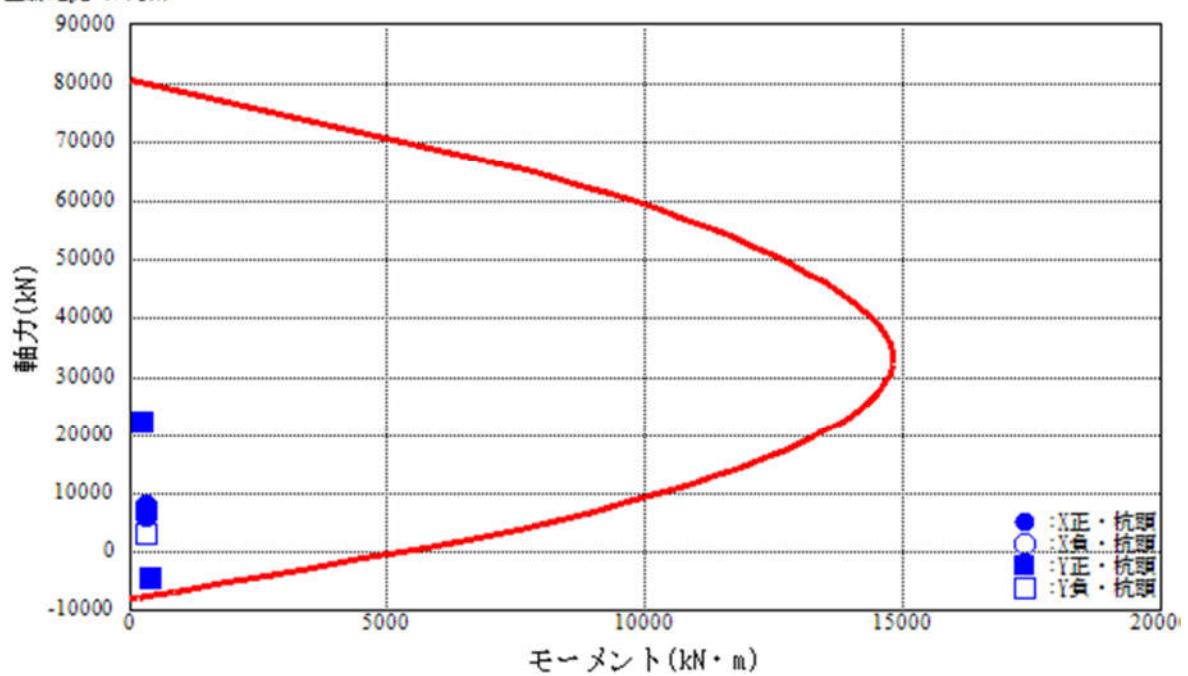
杭符号 : P2
断面位置 : 1
主筋配筋 : SD390-D32-24本
主筋比 $p_a = 0.948\%$



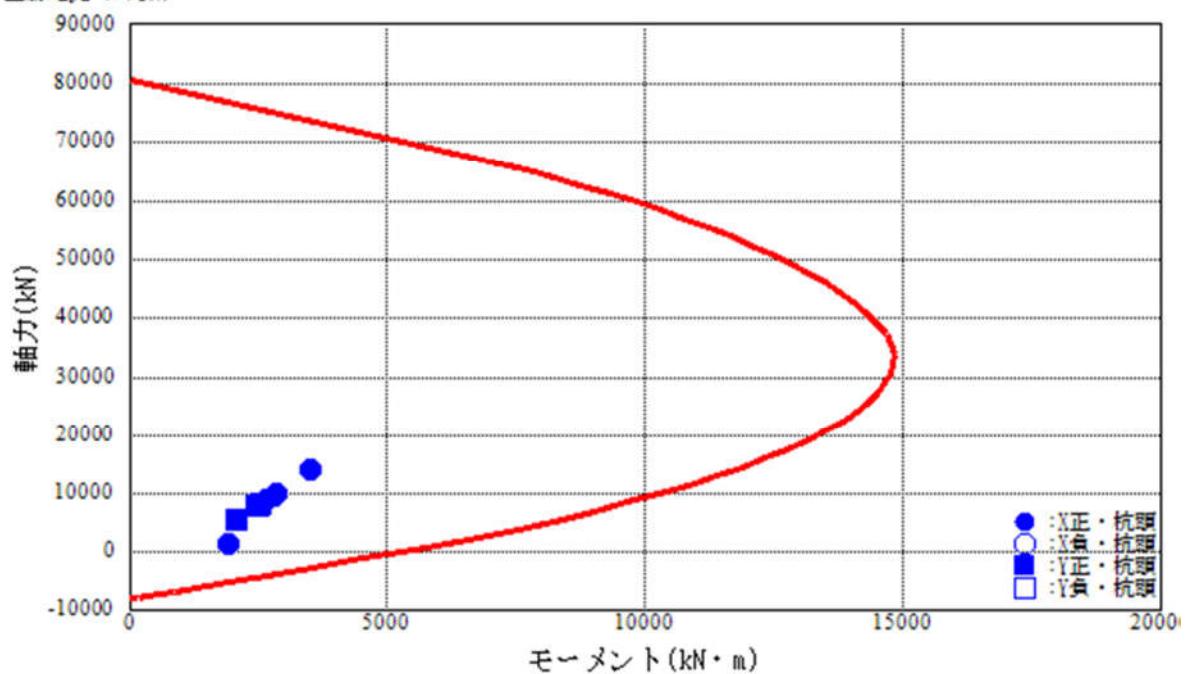
杭符号 : P2
断面位置 : 2
主筋配筋 : SD390-D32-24本
主筋比 $p_a = 0.948\%$



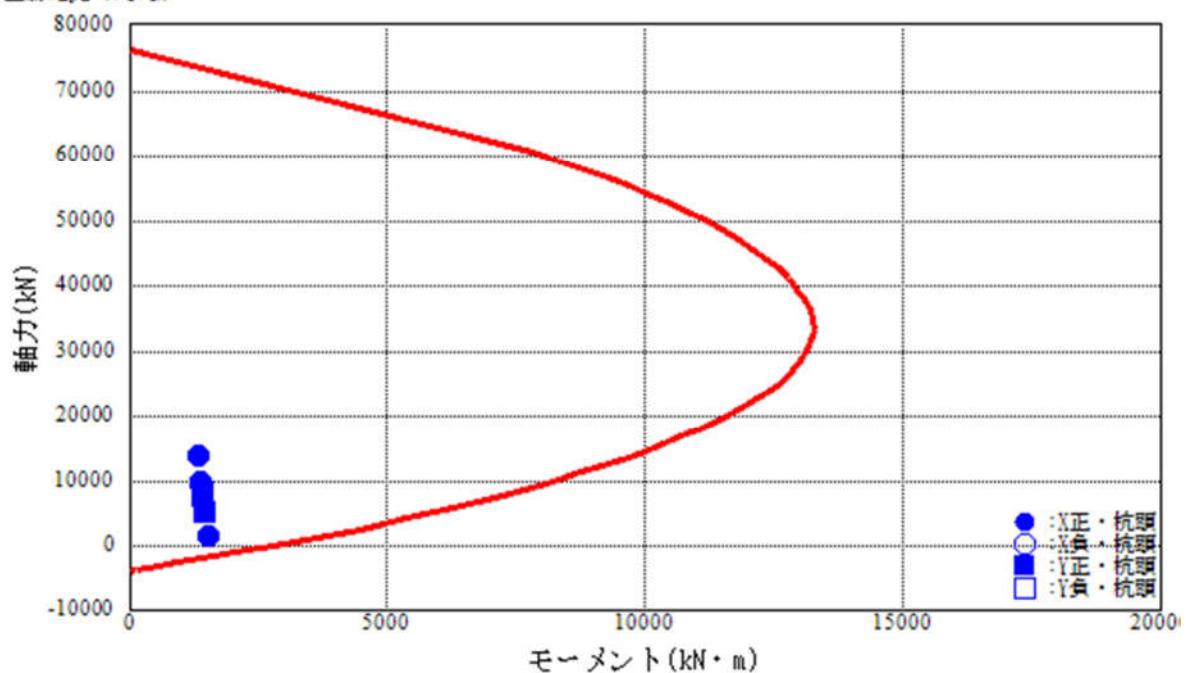
杭符号 : P2
断面位置 : 3
主筋配筋 : SD390-D32-24本
主筋比 $p_a = 0.948\%$



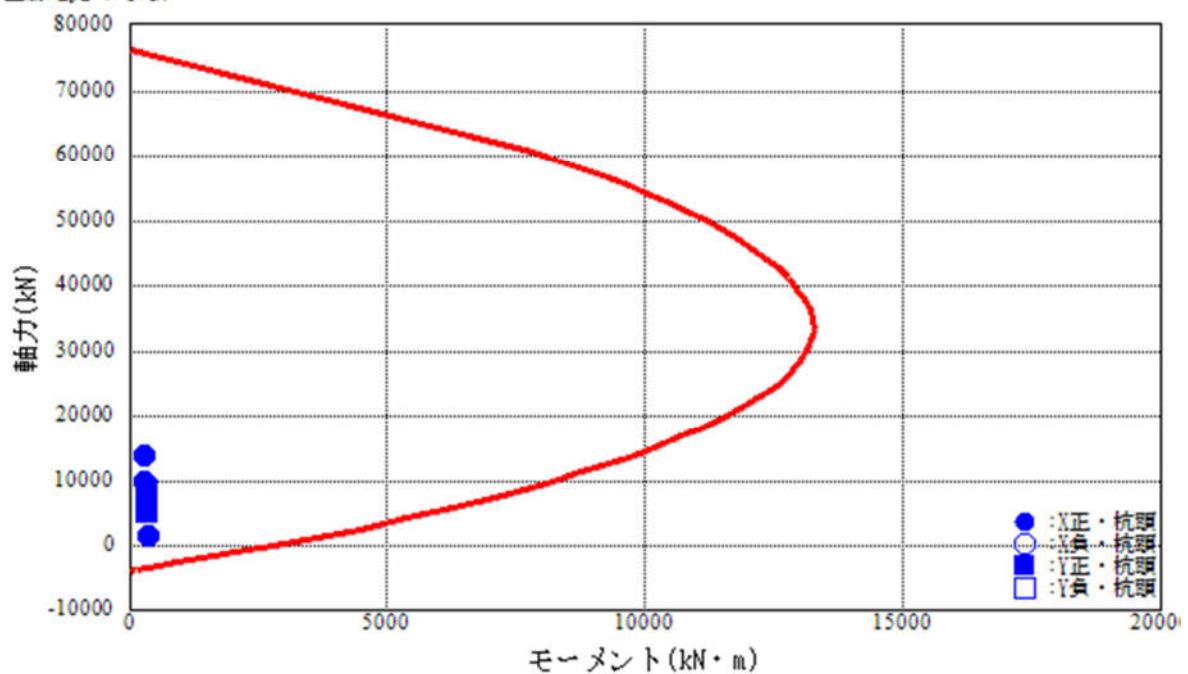
杭符号 : P3
断面位置 : 1
主筋配筋 : SD390-D32-24本
主筋比 $p_a = 0.948\%$



杭符号 : P3
断面位置 : 2
主筋配筋 : SD390-D32-12本
主筋比 $p_a = 0.474\%$



杭符号 : P3
断面位置 : 3
主筋配筋 : SD390-D32-12本
主筋比 $p_s = 0.474\%$



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	X6-Y1	1	1	1600	21545	2330	2330	5559	2.39	OK	0.00
			2	1600	21545	160	160	3473	21.73	OK	14.00
			3	1600	21545	135	135	4539	33.53	OK	18.00
			4								
			5								
P2	X4-Y1	1	1	1600	8049	1973	1973	5097	2.58	OK	0.00
			2	1600	8049	172	172	2322	13.48	OK	12.00
			3	1600	8049	110	110	2663	24.15	OK	18.00
			4								
			5								
P3	X6-Y2	1	1	1600	14020	2124	2124	5138	2.42	OK	0.00
			2	1600	14020	159	159	2661	16.73	OK	13.00
			3	1600	14020	113	113	3121	27.63	OK	18.00
			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	X1-Y1	1	1	1600	21545	2330	2330	5559	2.39	OK	0.00
			2	1600	21545	160	160	3473	21.73	OK	14.00
			3	1600	21545	135	135	4539	33.53	OK	18.00
			4								
			5								
P2	X3-Y1	1	1	1600	8049	1973	1973	5097	2.58	OK	0.00
			2	1600	8049	172	172	2322	13.48	OK	12.00
			3	1600	8049	110	110	2663	24.15	OK	18.00
			4								
			5								
P3	X1-Y2	1	1	1600	14020	2124	2124	5138	2.42	OK	0.00
			2	1600	14020	159	159	2661	16.73	OK	13.00
			3	1600	14020	113	113	3121	27.63	OK	18.00
			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-Y3	1	1	1600	19804	2332	2332	5481	2.35	OK	0.00
			2	1600	19804	164	164	3335	20.34	OK	14.00
			3	1600	19804	135	135	4353	32.21	OK	18.00
			4								
			5								
P2	X5-Y3	1	1	1600	22390	2358	2358	5485	2.33	OK	0.00
			2	1600	22390	159	159	3460	21.76	OK	14.00
			3	1600	22390	131	131	4407	33.55	OK	18.00
			4								
			5								
P3	X2-Y2	1	1	1600	7918	1954	1954	5269	2.70	OK	0.00
			2	1600	7918	180	180	2177	12.07	OK	11.00
			3	1600	7918	103	103	2394	23.19	OK	18.00
			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-Y1	1	1	1600	19772	2295	2295	5470	2.38	OK	0.00
			2	1600	19772	160	160	3332	20.79	OK	14.00
			3	1600	19772	133	133	4329	32.46	OK	18.00
			4								
			5								
P2	X5-Y1	1	1	1600	22314	2321	2321	5472	2.36	OK	0.00
			2	1600	22314	155	155	3454	22.22	OK	14.00
			3	1600	22314	130	130	4383	33.80	OK	18.00
			4								
			5								
P3	X5-Y2	1	1	1600	8359	1935	1935	5237	2.71	OK	0.00
			2	1600	8359	174	174	2212	12.69	OK	11.00
			3	1600	8359	103	103	2436	23.71	OK	18.00
			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	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	1600	1130	20	SD490	D38	2400	1	490	-	11172	-7963	1.40	OK
P2	X2-Y1	1600	1130	12	SD490	D38	2400	1	490	-	6703	-4605	1.46	OK
P2	X3-Y1	1600	1130	12	SD490	D38	2400	1	490	-	6703	-4734	1.42	OK
P2	X4-Y1	1600	1130	12	SD490	D38	2400	1	490	-	6703	-4734	1.42	OK
P2	X5-Y1	1600	1130	12	SD490	D38	2400	1	490	-	6703	-4605	1.46	OK
P1	X6-Y1	1600	1130	20	SD490	D38	2400	1	490	-	11172	-7963	1.40	OK
P3	X1-Y2	1600	1130	6	SD490	D38	2400	1	490	-	3352	0	-	-
P3	X2-Y2	1600	1130	6	SD490	D38	2400	1	490	-	3352	0	-	-
P3	X3-Y2	1600	1130	6	SD490	D38	2400	1	490	-	3352	0	-	-
P3	X4-Y2	1600	1130	6	SD490	D38	2400	1	490	-	3352	0	-	-
P3	X5-Y2	1600	1130	6	SD490	D38	2400	1	490	-	3352	0	-	-
P3	X6-Y2	1600	1130	6	SD490	D38	2400	1	490	-	3352	0	-	-
P1	X1-Y3	1600	1130	20	SD490	D38	2400	1	490	-	11172	-7963	1.40	OK
P2	X2-Y3	1600	1130	12	SD490	D38	2400	1	490	-	6703	-4601	1.46	OK
P2	X3-Y3	1600	1130	12	SD490	D38	2400	1	490	-	6703	0	-	-
P2	X4-Y3	1600	1130	12	SD490	D38	2400	1	490	-	6703	-4743	1.41	OK
P2	X5-Y3	1600	1130	12	SD490	D38	2400	1	490	-	6703	0	-	-
P1	X6-Y3	1600	1130	20	SD490	D38	2400	1	490	-	11172	-7963	1.40	OK

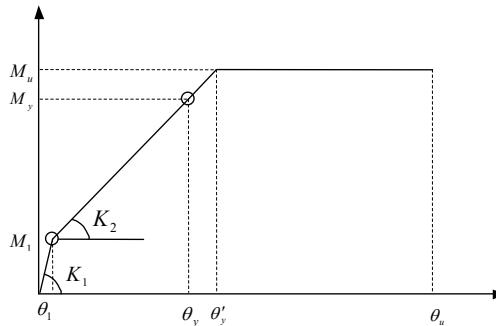
杭頭回転角、PC リング 検定表

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 ブ	パイル キヤッ ブ 最 小 へりあ き m	PC リ ン グ 終 局 せん 断 耐 力 kN	余 裕 度 最 小 限 界 X 方 向 加 力 時 最 大 rad	Y 方 向 加 力 時 最 大 rad	杭頭回転角		余 裕 度 最 小 限 界 X 方 向 加 力 時 最 大 rad	固定度					
				X 正	X 負	Y 正	Y 負					X 方 向 加 力 時 最 大 rad	Y 方 向 加 力 時 最 大 rad	X 正 負 Y 正 負	X 正 負 Y 正 負						
				kN	kN	kN	kN					rad	rad								
1	X1-Y1	P1	1600	1621	2330	1651	2295	S1	300	3140	1.35	OK	0.00217	0.00221	0.04	45.64	OK	0.206	0.769	0.206	0.751
2	X2-Y1	P2	1600	1950	1920	1572	2322	S1	300	3140	1.35	OK	0.00161	0.00235	0.04	47.20	OK	0.518	0.491	0.140	0.783
3	X3-Y1	P2	1600	1959	1973	1572	2321	S1	300	3140	1.35	OK	0.00154	0.00235	0.04	47.14	OK	0.528	0.547	0.140	0.783
4	X4-Y1	P2	1600	1973	1959	1572	2322	S1	300	3140	1.35	OK	0.00154	0.00235	0.04	47.22	OK	0.547	0.528	0.140	0.783
5	X5-Y1	P2	1600	1920	1950	1572	2321	S1	300	3140	1.35	OK	0.00161	0.00235	0.04	47.11	OK	0.491	0.518	0.140	0.783
6	X6-Y1	P1	1600	2330	1621	1651	2295	S1	300	3140	1.35	OK	0.00217	0.00221	0.04	45.64	OK	0.769	0.206	0.206	0.751
7	X1-Y2	P3	1600	1683	2124	1874	1842	N	300	2330	1.10	OK	0.00204	0.00178	0.04	32.87	OK	0.239	0.662	0.399	0.405
8	X2-Y2	P3	1600	1997	1959	1954	1922	N	300	2330	1.17	OK	0.00153	0.00163	0.04	27.46	OK	0.563	0.520	0.477	0.484
9	X3-Y2	P3	1600	1986	1995	1952	1933	N	300	2330	1.17	OK	0.00148	0.00164	0.04	27.40	OK	0.551	0.561	0.475	0.493
10	X4-Y2	P3	1600	1995	1986	1952	1920	N	300	2330	1.17	OK	0.00148	0.00164	0.04	27.40	OK	0.561	0.551	0.475	0.482
11	X5-Y2	P3	1600	1959	1997	1954	1935	N	300	2330	1.17	OK	0.00153	0.00163	0.04	27.46	OK	0.520	0.563	0.477	0.495
12	X6-Y2	P3	1600	2124	1683	1874	1843	N	300	2330	1.10	OK	0.00204	0.00178	0.04	32.87	OK	0.662	0.239	0.399	0.405
13	X1-Y3	P1	1600	1621	2330	2332	1620	S1	300	3140	1.35	OK	0.00217	0.00217	0.04	45.64	OK	0.206	0.769	0.748	0.206
14	X2-Y3	P2	1600	1950	1920	2358	1542	S1	300	3140	1.33	OK	0.00161	0.00230	0.04	45.64	OK	0.518	0.491	0.780	0.140
15	X3-Y3	P2	1600	1959	1973	2359	1829	S1	300	3140	1.33	OK	0.00154	0.00178	0.04	45.66	OK	0.528	0.547	0.780	0.400
16	X4-Y3	P2	1600	1973	1959	2359	1542	S1	300	3140	1.33	OK	0.00154	0.00230	0.04	45.66	OK	0.547	0.528	0.780	0.140
17	X5-Y3	P2	1600	1920	1950	2358	1824	S1	300	3140	1.33	OK	0.00161	0.00179	0.04	45.64	OK	0.491	0.518	0.779	0.395
18	X6-Y3	P1	1600	2330	1621	2332	1620	S1	300	3140	1.35	OK	0.00217	0.00217	0.04	45.64	OK	0.769	0.206	0.748	0.206

杭頭回転ばね（場所打ち杭）

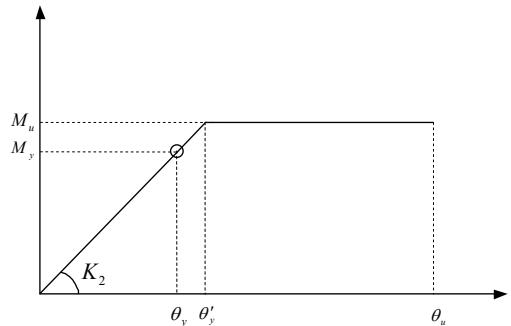
杭頭回転特性は、下図に示す杭頭曲げモーメントと回転角の関係により評価する。

杭頭曲げモーメント M_p



回転角 θ_p (rad)

杭頭曲げモーメント M_p



回転角 θ_p (rad)

(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 θ_p の関係

ここに、 K_1 :杭頭接合部の等価初期回転剛性

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

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

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

θ_1 :離間時回転角

θ_y :降伏時回転角

θ_u :終局時回転角

θ_u :限界回転角 ($= 0.04\text{rad}$)

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 回転剛性 kN·m/rad	離間時 M kN·m	二次 回転剛性 kN·m/rad	降伏時 M kN·m	降伏時 回転角 rad	終局時 M kN·m
1	X1-Y1	P1	1	X	正 -7963	10085293	0	466268	907	0.002	2064
					負 21545	10085293	4309	2144017	9168	0.003	14085
				Y	正 -6465	10085293	0	467651	1332	0.003	2997
					負 19774	10085293	3955	2089809	9081	0.003	13753
2	X2-Y1	P2	1	X	正 7291	10085293	1458	1133383	6548	0.005	7968
					負 6243	10085293	1249	1099652	6080	0.005	7505
				Y	正 -4605	10085293	0	279761	593	0.002	1397
					負 22357	10085293	4471	1986794	8726	0.003	12721
3	X3-Y1	P2	1	X	正 7616	10085293	1523	1146797	6665	0.005	8112
					負 8049	10085293	1610	1172962	6757	0.005	8299
				Y	正 -4734	10085293	0	279761	556	0.002	1312
					負 22326	10085293	4465	1986117	8724	0.003	12714
4	X4-Y1	P2	1	X	正 8049	10085293	1610	1172962	6757	0.005	8299
					負 7616	10085293	1523	1146797	6665	0.005	8112
				Y	正 -4734	10085293	0	279761	556	0.002	1312
					負 22369	10085293	4474	1987057	8726	0.003	12723
5	X5-Y1	P2	1	X	正 6243	10085293	1249	1099652	6080	0.005	7505
					負 7291	10085293	1458	1133383	6548	0.005	7968
				Y	正 -4605	10085293	0	279761	593	0.002	1397
					負 22314	10085293	4463	1985855	8724	0.003	12712
6	X6-Y1	P1	1	X	正 21545	10085293	4309	2144017	9168	0.003	14085
					負 -7963	10085293	0	466268	907	0.002	2064
				Y	正 -6465	10085293	0	467651	1332	0.003	2997
					負 19772	10085293	3954	2089725	9081	0.003	13752
7	X1-Y2	P3	1	X	正 1591	10085293	318	587979	2516	0.004	3299
					負 14020	10085293	2804	1395622	7334	0.004	9171
				Y	正 5478	10085293	1096	827094	4554	0.004	5500
					負 5490	10085293	1098	827696	4560	0.004	5506
8	X2-Y2	P3	1	X	正 10077	10085293	2015	1073051	6410	0.004	7627
					負 9010	10085293	1802	988272	6120	0.005	7171
				Y	正 7918	10085293	1584	930635	5704	0.005	6689
					負 7946	10085293	1589	931669	5716	0.005	6702
9	X3-Y2	P3	1	X	正 9764	10085293	1953	1047802	6328	0.004	7496
					負 10026	10085293	2005	1068869	6396	0.004	7606
				Y	正 7831	10085293	1566	927414	5664	0.005	6648
					負 8292	10085293	1658	944338	5874	0.005	6857
10	X4-Y2	P3	1	X	正 10026	10085293	2005	1068869	6396	0.004	7606
					負 9764	10085293	1953	1047802	6328	0.004	7496
				Y	正 7831	10085293	1566	927414	5664	0.005	6648
					負 7874	10085293	1575	929008	5684	0.005	6668
11	X5-Y2	P3	1	X	正 9010	10085293	1802	988272	6120	0.005	7171
					負 10077	10085293	2015	1073051	6410	0.004	7627

				Y	正	7918	10085293	1584	930635	5704	0.005	6689
					負	8359	10085293	1672	946769	5904	0.005	6886
12	X6-Y2	P3	1	X	正	14020	10085293	2804	1395622	7334	0.004	9171
					負	1591	10085293	318	587979	2516	0.004	3299
				Y	正	5478	10085293	1096	827094	4554	0.004	5500
					負	5503	10085293	1101	828348	4567	0.004	5512
13	X1-Y3	P1	1	X	正	-7963	10085293	0	466268	907	0.002	2064
					負	21545	10085293	4309	2144017	9168	0.003	14085
				Y	正	19804	10085293	3961	2091064	9083	0.003	13759
					負	-6446	10085293	0	467962	1338	0.003	3009
14	X2-Y3	P2	1	X	正	7291	10085293	1458	1133383	6548	0.005	7968
					負	6243	10085293	1249	1099652	6080	0.005	7505
				Y	正	22394	10085293	4479	1987605	8727	0.003	12728
					負	-4601	10085293	0	279761	594	0.002	1399
15	X3-Y3	P2	1	X	正	7616	10085293	1523	1146797	6665	0.005	8112
					負	8049	10085293	1610	1172962	6757	0.005	8299
				Y	正	22404	10085293	4481	1987824	8728	0.003	12730
					負	3318	10085293	664	981601	4703	0.004	6082
16	X4-Y3	P2	1	X	正	8049	10085293	1610	1172962	6757	0.005	8299
					負	7616	10085293	1523	1146797	6665	0.005	8112
				Y	正	22404	10085293	4481	1987824	8728	0.003	12730
					負	-4743	10085293	0	279761	554	0.002	1306
17	X5-Y3	P2	1	X	正	6243	10085293	1249	1099652	6080	0.005	7505
					負	7291	10085293	1458	1133383	6548	0.005	7968
				Y	正	22390	10085293	4478	1987517	8727	0.003	12728
					負	3172	10085293	634	974703	4631	0.004	6007
18	X6-Y3	P1	1	X	正	21545	10085293	4309	2144017	9168	0.003	14085
					負	-7963	10085293	0	466268	907	0.002	2064
				Y	正	19804	10085293	3961	2091064	9083	0.003	13759
					負	-6457	10085293	0	467782	1335	0.003	3002

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)		1600	2000	2300
杭頭接合部	PC リング (径・タイプ)	1600-S1	1600-S1	1600-N
	引張定着筋配置径(mm)	1130	1130	1130
	絞り率・絞り部径(mm)	1.00-1600	1.00-1600	1.00-1600
	引張定着筋 (本数・径・材質)	20-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)	1600	1600	1600
	杭区間長(m)	8.00	8.00	8.00
	鋼管厚(mm)	0	0	0
	主筋 (本数・径・材質)	28-D35-SD390	24-D32-SD390	24-D32-SD390
	帯筋 1D 部 (径・間隔・材質)	U12.6-100- SBPD1275/1420	U12.6-100- SBPD1275/1420	U12.6-100- SBPD1275/1420
	帯筋 1D 部 せん断補強筋比 pw(%)	0.156	0.156	0.156
	帯筋 1D 部以外 (径・間隔・材質)	U12.6-150- SBPD1275/1420	U12.6-150- SBPD1275/1420	U12.6-150- SBPD1275/1420
	帯筋 1D 部以外 せん断補強筋比 pw(%)	0.104	0.104	0.104
杭断面2	杭径(mm)	1600	1600	1600
	杭区間長(m)	10.00	10.00	10.00
	主筋 (本数・径・材質)	28-D35-SD390	24-D32-SD390	12-D32-SD390
	帯筋 (径・間隔・材質)	D13-300-SD295A	D13-300-SD295A	D13-300-SD295A
杭断面3	杭径(mm)	1600	1600	1600
	杭区間長(m)	16.00	16.00	16.00
	主筋 (本数・径・材質)	28-D35-SD390	24-D32-SD390	12-D32-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 300mm 大きくなっている。

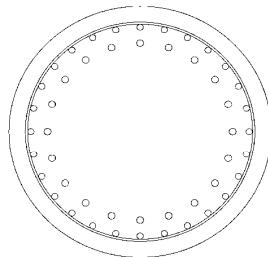
【地盤2（硬い地盤）】

同時載荷荷重組み合わせ

	ファイル名	$\alpha 1$	$\beta 1$	$\beta 2$	断面決定
1	試設計（地盤2CTP-1、地盤2固定-1）	1.0	0.5	1.0	
2	試設計（地盤2CTP-2、地盤2固定-2）	0.5	1.0	0.5	●

CTP杭

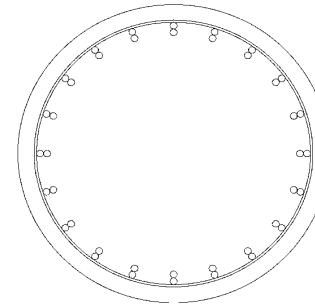
杭符号	杭径	拡底径	杭長	主筋径	材種	主筋本数	フープ径	フープ@	引張定着筋径	引張定着筋本数
P1	1600	1600	8	D35	SD390	28	U12.6	150(1Dは100)	D38	20
			10	D35	SD390	28	D13	300		
			16	D35	SD390	28	D13	300		
P2	1600	2000	8	D32	SD390	24	U12.6	150(1Dは100)	D38	12
			10	D32	SD390	24	D13	300		
			16	D32	SD390	24	D13	300		
P3	1600	2300	8	D32	SD390	24	U12.6	150(1Dは100)	D38	6
			10	D32	SD390	12	D13	300		
			16	D32	SD390	12	D13	300		



P1 (杭頭部)

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	1900	1900	9.5	D38	SD490	20+20	D13	150
			10	D38	SD490	20	D13	300
			14.5	D38	SD490	20	D13	300
P2	1900	2000	9.5	D38	SD490	18+18	D13	150
			10	D38	SD490	18	D13	300
			14.5	D38	SD490	18	D13	300
P3	1900	2300	9.5	D35	SD390	24	D13	150
			10	D35	SD390	12	D13	300
			14.5	D35	SD390	12	D13	300



P1 (杭頭部)

・コスト試算結果

本設計例で示した CTP 杣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 %	
		帶筋	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 %	
		帶筋	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 %		