

鹿児島県立博物館考古資料館耐震診断・補強計画策定業務(主屋部)

(住所 : 鹿児島県鹿児島市城山町1-1)

**アルファフォースパイル工法検討書**  
**「国土交通大臣認定工法」**

ご注意: 本検討条件は、貴社よりの検討条件をもとに弊社にて検討を行ったものです。  
参考資料としてご利用くださいますようお願いいたします。



**アルファフォースパイル工法技術協会**

**施工店名: 報国エンジニアリング株式会社**



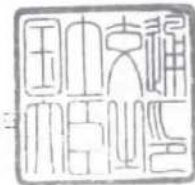
## 認定書

国住指第1284-1号  
平成 18年 10月 26日

エイチ・ジー・サービス株式会社  
代表取締役 樋口 雅久 様

有限会社天王重機  
代表取締役 山本 健一 様

国土交通大臣 冬柴 鐵三



下記の構造方法又は建築材料については、建築基準法第68条の26第1項(同法第85条第1項において準用する場合を含む。)の規定に基づき、同法施行規則第1条の3第1項本文の規定に適合するものであることと認めらる。

### 記

1. 認定番号  
TACP-0240
2. 認定をした構造方法又は建築材料の名称  
アルファ フォース パイル工法「先端地盤(砂質地盤(礫質地盤を含む。))」
3. 認定をした構造方法又は建築材料の内容  
別添の通り

(注意) この認定書は、大切に保存しておいてください。

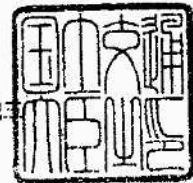


## 指 定 書

国住指第1284-2号  
平成 18年 10月 26日

エイチ・ジー・サービス株式会社  
代表取締役 樋口 雅久 様  
有限会社天王重機  
代表取締役 山本 健一 様

国土交通大臣 冬柴 鐵三



下記の建築基準法施行規則第1条の3第1項本文の国土交通大臣の認定を受けた構造方法について、同項本文の規定に基づき、下記の通り確認申請書に添える図書から除かれる図書を指定する。

### 記

1. 認定番号

TACI-0240

2. 認定をした構造方法又は建築材料の名称

アルファ フォース パイル工法「先端地盤:砂質地盤(礫質地盤を含む)」

3. 確認申請書に添える図書から除かれるものとして指定する図書

建築基準法施行規則第1条の3第1項表の(一)項及び(二)項の構造計算の計算書のうち、平成13年国土交通省告示第1113号第6第一号の表中に掲げる式における $\alpha$ 、 $\beta$ 及び $\gamma$ の数値の設定方法

(注意)この指定書は、大切に保存しておいてください。

## 1. 設計概要

物件名 鹿児島県立博物館考古資料館耐震診断・補強計画策定業務(主屋部)

住所 鹿児島県鹿児島市城山町1-1

支持層 支持層種 砂質土

杭先端平均N値 平均N値 20

杭長 2.34 m

杭仕様

杭番号	杭径(mm)	軸部板厚(mm)	先端翼径(mm)	先端翼厚(mm)	先端翼規格	set数
P2671	267.4	9.3	600	22	SS400	44
合計						44

## 2. 工法概要

軟弱な地盤中に一般構造用炭素鋼管を回転させながら貫入し、所定の深さに打設する工法で、低振動・低騒音で施工できる。杭先端N値5～46の良好な地盤に設置し、支える工法である。

## 3. 検討に要する資料

- 1) 敷地及び周辺の状況(敷調の平面図)
- 2) 標準貫入試験(ボーリング調査)位置及びデータ
- 3) 建物概要、建設地、建物構造計算書
- 4) 平面図、立面図、基礎形状、杭頭位置
- 5) その他資料

## 4. 検討前提条件

- 1) 本工法を国土交通大臣認定工法として取り扱うためには土質調査は標準貫入試験を前提とし許容支持力を算定すること。
- 2) 使用鋼管杭 JIS G 3444 一般構造炭素鋼管(STK) に規定される。  
軸部径の範囲はφ89.1～267.4mmで、鋼管厚は軸部径により3.5～12.7mm  
先端翼径の厚みは9mm～28mm STK400およびSTK490を使用
- 3) 腐食代は鋼管の外側1mmを考慮する。
- 4) 杭配置時のへりあき(縁端距離)は、1.25D以上を原則とする。
- 5) 杭配置時の杭間隔は、2Dw以上を原則とする。
- 6) 最大施工深さは軸部杭径の130倍以下とすること。

## 5. 適用指針、参考文献

- ・2007年版 建築物の構造関係技術基準解説書 国土交通省住宅局建築指導課他 監修
- ・建築基礎構造設計指針 日本建築学会(2001)
- ・建築構造設計指針 (社)東京都建築士事務所協会(2001)
- ・地震力に対する建築物の基礎の設計指針 (財)日本建築センター(1984)
- ・道路橋示方書・同解説 IV下部構造編 (社)日本道路協会(2002)
- ・杭基礎設計便覧 (社)日本道路協会(2006)
- ・鋼管杭-その設計と施工- 鋼管杭協会(2000)

設計条件

杭先端部分は、地盤調査データの GL- 4.00 mとする。

杭先端部平均(上下1dw部)N値は 20 とする。

杭の摩擦力を考慮する土質、区間長、quおよびN値は下記の通りとする。

粘性土と接する部分	0.00	m	平均qu	0.0	kN/m <sup>2</sup>
砂質土と接する部分	0.00	m	平均N値	0	

計算条件として周面摩擦力は 考慮しないものとする。

① 杭の許容支持力

①-1 地盤から定まる長期許容支持力算定式 (Ra1 kN)

$$Ra1 = 1/3 \{ \alpha \cdot N \cdot Ap + (\beta \cdot Ns \cdot Ls + \gamma \cdot qu \cdot Lc) \cdot \psi \}$$

- Ra1: 地盤から決まる長期許容支持力(kN)
- $\alpha$ : 先端支持力係数 300
- N: 先端N値 (上下1Dw区間の平均)
- Ap: 杭先端有効断面積(m<sup>2</sup>)
- Ap=(AP'+0.43(Aw-AP'))
- Aw: 先端翼有効断面積(m<sup>2</sup>)
- Ap': 杭軸部の閉塞断面積(m<sup>2</sup>)
- $\beta$ : 砂質土地盤摩擦係数  $\beta = 2.0$
- Ns: 杭の周囲の地盤のうち砂質土のN値の平均 (5 ≤ Ns ≤ 22)
- Ls: 砂質土部分長さ(m)
- $\psi$ : 杭軸部周長(m)
- $\gamma$ : 粘性土地盤摩擦係数  $\gamma = 0.2$
- qu: 杭の周囲の地盤のうち粘性土の一軸圧縮強度の平均 (20 ≤ qu ≤ 150)(kN/m<sup>2</sup>)
- Lc: 粘性土部分長さ(m)

以上より算定する。

杭番号	杭径(mm)	先端翼径(mm)	Ap (m <sup>2</sup> )	第1項	第2項	第3項	Ra1 (kN)
P2671	267.4	600	0.15359	921.54	0.00	0.00	307.18

①-2 杭材から求まる長期許容支持力 (Ra2 kN)

$$Ra2 = F^* / 1.5 \cdot Ae \cdot (1 - \alpha 1 - \alpha 2)$$

F\* : 杭材の許容圧縮応力度(N/mm<sup>2</sup>)

$$F^* = (0.8 + 2.5t/r) \cdot F \text{ かつ } F^* \leq F$$

F: 設計基準強度(N/m 材料の規格 STK 490

$$F = 325 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

r: 杭半径(mm)

t: 腐食代(外面1mm)を除いた厚さ(mm)

Ae: 杭の純断面積(mm<sup>2</sup>)

α1: 継手による低減率(1箇所当5%を低減する)

α2: 細長比による低減率

$$\alpha 2 = (L/D - 100) / 100$$

L: 杭長(m) L = 2.34 (m)

D: 杭径(m)

以上より算定する。

腐食代外側1.0mm考慮

杭番号	F* (N/mm <sup>2</sup> )	t (mm)	r (mm)	Ae (mm <sup>2</sup> )	α1	α2	Ra2 (kN)
P2671	310.8	9.3	132.70	6704	0.00	0.00	1389.16

①-3 長期許容支持力 (Ra kN)

$$Ra = \min(Ra1, Ra2) \quad \text{※地盤と杭材の長期支持力を比較し最小値を採用}$$

以上より算定する。

杭番号	杭径(mm)	先端翼規格	先端翼径(mm)	Ra1 (kN)	Ra2 (kN)	Ra (kN)
P2671	267.4	SS400	600	307.18	1389.16	307.18

①-4 短期許容支持力 (kN)

$$sRa = \min(sRa1, sRa2) \quad \text{※地盤と杭材の長期支持力を比較し最小値を採用}$$

$$sRa1 = 2 \times Ra1$$

$$sRa2 = 1.5 \times Ra2$$

以上より算定する。

杭番号	杭径(mm)	先端翼規格	先端翼径(mm)	sRa1(kN)	sRa2(kN)	sRa (kN)
P2671	267.4	SS400	600	614.36	2083.73	614.36

②-1 長期軸力表および杭配置、長期支持力の検定

長期軸力 (kN)

	AX1	AX2	AX3	AX4					
Y3	783.00	784.00	784.00	783.00					
Y1	742.00	746.00	746.00	742.00					

杭本数 (本)

合計本数 44 (本)

位置	AX1	AX2	AX3	AX4					
Y3	5.0	6.0	6.0	5.0					
Y1	5.0	6.0	6.0	5.0					

フーチング自重 (kN)

自重合計 2008.00 (kN)

位置	AX1	AX2	AX3	AX4					
Y3	251.00	251.00	251.00	251.00					
Y1	251.00	251.00	251.00	251.00					

1本当長期杭反力 (kN/本) ※上記フーチング自重を含む。

	AX1	AX2	AX3	AX4					
Y3	206.80	172.50	172.50	206.80					
Y1	198.60	166.17	166.17	198.60					

杭種 ※符号の詳細は「1. 設計概要の項」参照

	AX1	AX2	AX3	AX4					
Y3	P2671	P2671	P2671	P2671					
Y1	P2671	P2671	P2671	P2671					

杭番号	杭径(mm)	軸部板厚(mm)	本数	長期最大軸力	Ra(kN)	検定値	判定
P2671	267.4	9.3	44	206.80	307.18	0.673	OK
		合計本数	44				

③ 杭に作用する鉛直力・水平力・曲げモーメント等 短期荷重に対する杭の検討

③-1 短期支持力の検定 ※各支点反力の詳細は③-10を参照

位置	杭番号	杭径(mm)	軸部板厚(mm)	短期最大軸力	sRa(kN)	検定値	判定
	P2671	267.4	9.3	340.40	614.36	0.554	OK

③-2 杭に作用する全水平力  $\Sigma Q = 2342.2$  (kN)

③-3 杭1本あたりの水平力Q

$$Q = \Sigma Q / n$$

n: 杭本数

杭種が1つの場合。複数種の場合は杭の特性値 $I\beta^3$ にて比例配分を行う。

③-4 水平方向地盤反力係数

$$Kh' = \{ (\alpha \times 10^{-2} \cdot \beta (rK) \cdot E_o \cdot (D/10)^{-3/4} ) / 10 \text{ (N/mm}^3\text{)} \}$$

・・・杭頭変位量10mm(1.0cm)を基準とした値

Kh値の評価法による係数  $\alpha = 80$

杭頭付近平均N値  $N = 1.0$

$E_o$  : 杭頭付近の地盤の変形係数

$$E_o = 700 \cdot N = 700 \text{ (kN/m}^2\text{)} \rightarrow 0.70 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

液状化による地盤変形係数の低減率  $\beta (rK) = 1.00$

D : 杭径 (mm)  $D = 267.4$  (mm)

なお、杭頭変位量が10mmを超える場合は水平方向地盤反力係数を以下の式にて低減する。

その場合、

$$kh = kh' \cdot y_0^{-1/2} \text{ .....①}$$

ここに、kh: 杭頭変位量を考慮した水平方向地盤反力係数(N/mm<sup>3</sup>)

kh': 水平変位量10mm(1.0cm)での基準となる基準水平方向地盤反力係数(N/mm<sup>3</sup>)

$y_0$ : 杭頭に発生する変位量(cm)

以上より計算をする。

位置	杭番号	$E_o$ (N/mm <sup>2</sup> )	D (mm)	$Kh'$ (N/mm <sup>3</sup> )	変位量(cm)	Kh(低減後)
	P2671	0.700	267.4	0.004762	1.65	0.003707

③-5 杭の特性値

$$\beta = \sqrt[4]{\frac{kh \cdot D}{4 \cdot E \cdot I}} \cdot 1000 \text{ (m}^{-1}\text{)}$$

ここで

E : 鋼管のヤング係数 =  $2.05 \times 10^5$  (N/mm<sup>2</sup>)

I : 杭の断面2次モーメント (mm<sup>4</sup>)

Kh : 水平方向地盤反力係数 (N/mm<sup>3</sup>)

D : 杭径 (mm)

以上より計算をする。

位置	杭番号	Kh (N/mm <sup>3</sup> )	杭径 D(mm)	鋼管板厚 t(mm)	E(N/mm <sup>2</sup> ) $\times 10^5$	I(mm <sup>4</sup> ) $\times 10^6$	$\beta$ (m <sup>-1</sup> )
	P2671	0.003707	267.4	9.3	2.05	55.4494	0.384



③-6 杭の長杭・短杭の判定

$$\beta \cdot L \geq 3.00 \quad (\text{長杭})$$

以上より計算をする。

位置	杭番号	杭径(mm)	先端翼規格	先端翼径(mm)	$\beta \text{ m}^{-1}$	L m	判定
	P2671	267.4	SS400	600	0.384	2.34	短杭

③-7 杭1本当たりの水平力

杭1本当たりの水平力Qを求める。

なお、同一構造物内に杭長が複数種ある場合、杭頭変位 $y_0$ を等しくする条件から杭の各杭種の $R_{y0}$ に比例して水平力Qを求める。

以上より計算をする。

$$\text{杭に作用する全水平力} \quad \Sigma Q = 2342.2 \quad (\text{kN})$$

位置	杭番号	杭径(mm)	杭長(m)	本数 n	$R_{y0}$	配分水平力(kN)	Q (kN/本)
	P2671	267.4	2.34	44	0.683	2342.15	53.24
				計		2342.2	

③-8 杭頭部水平変位量  $y_0$

$$y_0 = \frac{Q}{4 \cdot E \cdot I \cdot (\beta / 1000)^3} \cdot R_{y0}$$

$$\alpha r = 1.00 \quad \text{杭頭固定, 杭先端ピン}$$

以上より計算をする。

位置	杭番号	杭径 (mm)	Q (N)	E(N/mm <sup>2</sup> ) × 10 <sup>5</sup>	I(mm <sup>4</sup> ) × 10 <sup>6</sup>	$\beta$ (m <sup>-1</sup> )	$R_{y0}$	$y_0$ (mm)
	P2671	267.4	53240	2.05	55.4494	0.384	0.683	14.1

③-9 曲げモーメントの算定

$$M_o = \frac{Q}{2\beta} \cdot R_{mo} \quad (\text{kN} \cdot \text{m})$$

$$M_{\max} = \frac{Q}{2\beta} \cdot R_{\max} \quad (\text{kN} \cdot \text{m})$$

$$M_d = \max(M_o, M_{\max}) \quad (\text{kN} \cdot \text{m})$$

$M_o$ : 杭頭曲げモーメント(kN・m)

$M_{\max}$ : 地中部最大曲げモーメント(kN・m)

$M_d$ :  $M_o$ と $M_{\max}$ の大きい方(kN・m)

$$\alpha r = 1.00 \quad \text{杭頭固定, 杭先端ピン}$$

以上より計算をする。

位置	杭番号	杭径(mm)	軸部板厚(mm)	Q (kN)	$\beta \text{ (m}^{-1}\text{)}$	$R_{mo}$	$M_o \text{ (kN} \cdot \text{m)}$	$R_{\max}$	$M_{\max} \text{ (kN} \cdot \text{m)}$	$M_d \text{ (kN} \cdot \text{m)}$
	P2671	267.4	9.3	53.24	0.384	1.360	94.210	0.000	0.000	94.210

③-10 鋼管本体の短期応力検討

$$\frac{N_{max}}{A_e} + \frac{M_d}{I} \cdot r \leq F^*$$

- Nmax: 短期最大軸力 (kN)  
 Ae: 杭の純断面積 (mm<sup>2</sup>)  
 Md: 曲げモーメント(kN・m)  
 I: 杭の断面2次モーメント (mm<sup>4</sup>)  
 r: 杭の半径(mm) ※いずれも腐食代外側1mm考慮

短期軸力分布 (kN) ※「長期軸力+短期軸力変動値(方向加力)の絶対値で最大数値」なお、フーチング自重は含まない。

	AX1	AX2	AX3	AX4					
Y3	1451.0	1679.0	1679.0	1451.0					
Y1	1409.0	1643.0	1643.0	1409.0					

1本当短期杭反力 (kN/本) ※フーチング自重を含む。

	AX1	AX2	AX3	AX4					
Y3	340.4	321.7	321.7	340.4					
Y1	332.0	315.7	315.7	332.0					

杭種

	AX1	AX2	AX3	AX4					
Y3	P2671	P2671	P2671	P2671					
Y1	P2671	P2671	P2671	P2671					

短期における杭本体(鋼管)に発生する曲げ圧縮応力度の安全照査

位置	杭番号	杭径 (mm)	最大軸力 (kN)	Ae (mm <sup>2</sup> )	Md (N・mm) × 10 <sup>6</sup>	I (mm <sup>4</sup> ) × 10 <sup>6</sup>	r (mm)	応力度 (N/mm <sup>2</sup> )
	P2671	267.4	340.4	6704	94.210	55.4494	132.70	276.3

位置	杭番号	杭径(mm)	軸部板厚(mm)	材料規格	発生応力度	F*(N/mm <sup>2</sup> )	検定値	判定
	P2671	267.4	9.3	STK490	276.3	310.8	0.889	OK

$$F^* = (0.8 + 2.5 \cdot \frac{t_e}{r}) \cdot F_b \quad (\text{N/mm}^2) \quad \text{※圧縮局部挫屈による低減を考慮}$$

ここに

te: 軸部の有効管厚 8.3 (mm)  
 F: 設計基準強度 材料の規格 STK 490  
 F= 325 (N/mm<sup>2</sup>)

③-11 せん断に対する検討

$$\frac{2Q}{f_s \cdot A_e} \leq 1$$

ここに、

f<sub>s</sub> : 鋼材の許容せん断応力度 188 (N/mm<sup>2</sup>)  
 鋼管の規格 STK 490  
 A<sub>e</sub> : 杭の純断面積 (mm<sup>2</sup>)

以上より計算をする。

短期における杭本体(鋼管)に発生するせん断力の安全照査

位置	杭番号	杭径(mm)	軸部板厚(mm)	Ae mm <sup>2</sup>	Q N	f <sub>s</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	検定値	判定
	P2671	267.4	9.3	6704	53240	188	0.085	OK

鹿児島県立博物館考古資料館耐震診断・補強計画策定業務(ポーチ部)

(住所 : 鹿児島県鹿児島市城山町1-1)

**アルファフォースパイル工法検討書**  
**「国土交通大臣認定工法」**

ご注意: 本検討条件は、貴社よりの検討条件をもとに弊社にて検討を行ったものです。  
参考資料としてご利用くださいますようお願いいたします。



**アルファフォースパイル工法技術協会**

**施工店名: 報国エンジニアリング株式会社**



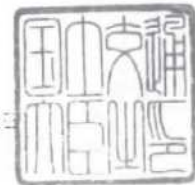
## 認定書

国住指第1284-1号  
平成 18年 10月 26日

エイチ・ジー・サービス株式会社  
代表取締役 樋口 雅久 様

有限会社天王重機  
代表取締役 山本 健一 様

国土交通大臣 冬柴 鐵三



下記の構造方法又は建築材料については、建築基準法第68条の26第1項(同法第85条第1項において準用する場合を含む。)の規定に基づき、同法施行規則第1条の3第1項本文の規定に適合するものであることと認めらる。

### 記

1. 認定番号  
TACP-0240
2. 認定をした構造方法又は建築材料の名称  
アルファ フォース パイル工法「先端地盤(砂質地盤(礫質地盤を含む。))」
3. 認定をした構造方法又は建築材料の内容  
別添の通り

(注意) この認定書は、大切に保存しておいてください。

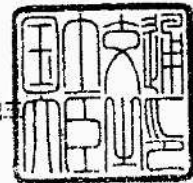


## 指 定 書

国住指第1284-2号  
平成 18年 10月 26日

エイチ・ジー・サービス株式会社  
代表取締役 樋口 雅久 様  
有限会社天王重機  
代表取締役 山本 健一 様

国土交通大臣 冬柴 鐵三



下記の建築基準法施行規則第1条の3第1項本文の国土交通大臣の認定を受けた構造方法について、同項本文の規定に基づき、下記の通り確認申請書に添える図書から除かれる図書を指定する。

### 記

1. 認定番号

TACI-0240

2. 認定をした構造方法又は建築材料の名称

アルファ フォース パイル工法「先端地盤:砂質地盤(礫質地盤を含む)」

3. 確認申請書に添える図書から除かれるものとして指定する図書

建築基準法施行規則第1条の3第1項表二の(一)項及び(二)項の構造計算の計算書のうち、平成13年国土交通省告示第1113号第6第一号の表中に掲げる式における $\alpha$ 、 $\beta$ 及び $\gamma$ の数値の設定方法

(注意)この指定書は、大切に保存しておいてください。

# 1. 設計概要

物件名 鹿児島県立博物館考古資料館耐震診断・補強計画策定業務(ポーチ部)

住所 鹿児島県鹿児島市城山町1-1

支持層 支持層種 砂質土

杭先端平均N値 平均N値 20

杭長 3.40 m

杭仕様

杭番号	杭径(mm)	軸部板厚(mm)	先端翼径(mm)	先端翼厚(mm)	先端翼規格	set数
P1394	139.8	6.6	350	12	SS400	8
合計						8

# 2. 工法概要

軟弱な地盤中に一般構造用炭素鋼管を回転させながら貫入し、所定の深さに打設する工法で、低振動・低騒音で施工できる。杭先端N値5～46の良好な地盤に設置し、支える工法である。

# 3. 検討に要する資料

- 1) 敷地及び周辺の状況(敷調の平面図)
- 2) 標準貫入試験(ボーリング調査)位置及びデータ
- 3) 建物概要、建設地、建物構造計算書
- 4) 平面図、立面図、基礎形状、杭頭位置
- 5) その他資料

# 4. 検討前提条件

- 1) 本工法を国土交通大臣認定工法として取り扱うためには土質調査は標準貫入試験を前提とし許容支持力を算定すること。
- 2) 使用鋼管杭 JIS G 3444 一般構造炭素鋼管(STK) に規定される。  
軸部径の範囲はφ89.1～267.4mmで、鋼管厚は軸部径により3.5～12.7mm  
先端翼径の厚みは9mm～28mm STK400およびSTK490を使用
- 3) 腐食代は鋼管の外側1mmを考慮する。
- 4) 杭配置時のへりあき(縁端距離)は、1.25D以上を原則とする。
- 5) 杭配置時の杭間隔は、2Dw以上を原則とする。
- 6) 最大施工深さは軸部杭径の130倍以下とすること。

# 5. 適用指針、参考文献

- ・2007年版 建築物の構造関係技術基準解説書 国土交通省住宅局建築指導課他 監修
- ・建築基礎構造設計指針 日本建築学会(2001)
- ・建築構造設計指針 (社)東京都建築士事務所協会(2001)
- ・地震力に対する建築物の基礎の設計指針 (財)日本建築センター(1984)
- ・道路橋示方書・同解説 IV下部構造編 (社)日本道路協会(2002)
- ・杭基礎設計便覧 (社)日本道路協会(2006)
- ・鋼管杭-その設計と施工- 鋼管杭協会(2000)

設計条件

杭先端部分は、地盤調査データの GL- 4.00 mとする。

杭先端部平均(上下1dw部)N値は 20 とする。

杭の摩擦力を考慮する土質、区間長、quおよびN値は下記の通りとする。

粘性土と接する部分	0.00	m	平均qu	0.0	kN/m <sup>2</sup>
砂質土と接する部分	0.00	m	平均N値	0	

計算条件として周面摩擦力は 考慮しないものとする。

① 杭の許容支持力

①-1 地盤から定まる長期許容支持力算定式 (Ra1 kN)

$$Ra1 = 1/3 \{ \alpha \cdot N \cdot Ap + (\beta \cdot Ns \cdot Ls + \gamma \cdot qu \cdot Lc) \cdot \psi \}$$

- Ra1: 地盤から決まる長期許容支持力(kN)
- $\alpha$ : 先端支持力係数 300
- N: 先端N値 (上下1Dw区間の平均)
- Ap: 杭先端有効断面積(m<sup>2</sup>)
- Ap=(AP'+0.43(Aw-AP'))
- Aw: 先端翼有効断面積(m<sup>2</sup>)
- Ap': 杭軸部の閉塞断面積(m<sup>2</sup>)
- $\beta$ : 砂質土地盤摩擦係数  $\beta = 2.0$
- Ns: 杭の周囲の地盤のうち砂質土のN値の平均 ( $5 \leq Ns \leq 22$ )
- Ls: 砂質土部分長さ(m)
- $\psi$ : 杭軸部周長(m)
- $\gamma$ : 粘性土地盤摩擦係数  $\gamma = 0.2$
- qu: 杭の周囲の地盤のうち粘性土の一軸圧縮強度の平均 ( $20 \leq qu \leq 150$ )(kN/m<sup>2</sup>)
- Lc: 粘性土部分長さ(m)

以上より算定する。

杭番号	杭径(mm)	先端翼径(mm)	Ap (m <sup>2</sup> )	第1項	第2項	第3項	Ra1 (kN)
P1394	139.8	350	0.05012	300.72	0.00	0.00	100.24



①-2 杭材から求まる長期許容支持力 (Ra2 kN)

$$Ra2 = F^* / 1.5 \cdot Ae \cdot (1 - \alpha 1 - \alpha 2)$$

F\* : 杭材の許容圧縮応力度(N/mm<sup>2</sup>)

$$F^* = (0.8 + 2.5t/r) \cdot F \text{ かつ } F^* \leq F$$

F: 設計基準強度(N/m 材料の規格 STK 490

$$F = 325 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

r: 杭半径(mm)

t: 腐食代(外面1mm)を除いた厚さ(mm)

Ae: 杭の純断面積(mm<sup>2</sup>)

α1: 継手による低減率(1箇所当5%を低減する)

α2: 細長比による低減率

$$\alpha 2 = (L/D - 100) / 100$$

L: 杭長(m) L = 3.40 (m)

D: 杭径(m)

以上より算定する。

腐食代外側1.0mm考慮

杭番号	F* (N/mm <sup>2</sup> )	t (mm)	r (mm)	Ae (mm <sup>2</sup> )	α1	α2	Ra2 (kN)
P1394	325.0	6.6	68.90	2326	0.10	0.00	453.57

①-3 長期許容支持力 (Ra kN)

$$Ra = \min(Ra1, Ra2) \quad \text{※地盤と杭材の長期支持力を比較し最小値を採用}$$

以上より算定する。

杭番号	杭径(mm)	先端翼規格	先端翼径(mm)	Ra1 (kN)	Ra2 (kN)	Ra (kN)
P1394	139.8	SS400	350	100.24	453.57	100.24

①-4 短期許容支持力 (kN)

$$sRa = \min(sRa1, sRa2) \quad \text{※地盤と杭材の長期支持力を比較し最小値を採用}$$

$$sRa1 = 2 \times Ra1$$

$$sRa2 = 1.5 \times Ra2$$

以上より算定する。

杭番号	杭径(mm)	先端翼規格	先端翼径(mm)	sRa1(kN)	sRa2(kN)	sRa (kN)
P1394	139.8	SS400	350	200.48	680.36	200.48

②-1 長期軸力表および杭配置、長期支持力の検定

長期軸力 (kN)

	BX1	BX2							
BY2	180.00	180.00							
BY1	180.00	180.00							

杭本数 (本)

合計本数 8 (本)

位置	BX1	BX2							
BY2	2.0	2.0							
BY1	2.0	2.0							

フーチング自重 (kN)

自重合計 0.00 (kN)

位置	BX1	BX2							
BY2	0.00	0.00							
BY1	0.00	0.00							

1本当長期杭反力 (kN/本) ※上記フーチング自重を含む。

	BX1	BX2							
BY2	90.00	90.00							
BY1	90.00	90.00							

杭種 ※符号の詳細は「1. 設計概要の項」参照

	BX1	BX2							
BY2	P1394	P1394							
BY1	P1394	P1394							

杭番号	杭径(mm)	軸部板厚(mm)	本数	長期最大軸力	Ra(kN)	検定値	判定
P1394	139.8	6.6	8	90.00	100.24	0.898	OK
合計本数			8				

③ 杭に作用する鉛直力・水平力・曲げモーメント等 短期荷重に対する杭の検討

③-1 短期支持力の検定 ※各支点反力の詳細は③-10を参照

位置	杭番号	杭径(mm)	軸部板厚(mm)	短期最大軸力	sRa(kN)	検定値	判定
	P1394	139.8	6.6	169.00	200.48	0.843	OK

③-2 杭に作用する全水平力  $\Sigma Q = 111.2$  (kN)

③-3 杭1本あたりの水平力Q

$$Q = \Sigma Q/n$$

n: 杭本数

杭種が1つの場合。複数種の場合は杭の特性値 $I\beta^3$ にて比例配分を行う。

③-4 水平方向地盤反力係数

$$Kh' = \{ (\alpha \times 10^{-2} \cdot \beta (rK) \cdot E_o \cdot (D/10)^{-3/4} ) / 10 \text{ (N/mm}^3\text{)}$$

・・・杭頭変位置10mm(1.0cm)を基準とした値

Kh値の評価法による係数  $\alpha = 80$

杭頭付近平均N値  $N = 1.0$

$E_o$  : 杭頭付近の地盤の変形係数

$$E_o = 700 \cdot N = 700 \text{ (kN/m}^2\text{)} \rightarrow 0.70 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

液状化による地盤変形係数の低減率  $\beta (rK) = 1.00$

D : 杭径 (mm)  $D = 139.8$  (mm)

なお、杭頭変位置が10mmを超える場合は水平方向地盤反力係数を以下の式にて低減する。  
その場合、

$$kh = kh' \cdot y_0^{-1/2} \text{ .....①}$$

ここに、kh: 杭頭変位置を考慮した水平方向地盤反力係数(N/mm<sup>3</sup>)

kh': 水平変位置10mm(1.0cm)での基準となる基準水平方向地盤反力係数(N/mm<sup>3</sup>)

$y_0$ : 杭頭に発生する変位置(cm)

以上より計算をする。

位置	杭番号	$E_o$ (N/mm <sup>2</sup> )	D (mm)	$Kh'$ (N/mm <sup>3</sup> )	変位置(cm)	Kh(低減後)
	P1394	0.700	139.8	0.007746	1.00(cm)	0.007746

③-5 杭の特性値

$$\beta = \sqrt[4]{\frac{kh \cdot D}{4 \cdot E \cdot I}} \cdot 1000 \text{ (m}^{-1}\text{)}$$

ここで

E : 鋼管のヤング係数 =  $2.05 \times 10^5$  (N/mm<sup>2</sup>)

I : 杭の断面2次モーメント (mm<sup>4</sup>)

Kh : 水平方向地盤反力係数 (N/mm<sup>3</sup>)

D : 杭径 (mm)

以上より計算をする。

位置	杭番号	Kh (N/mm <sup>3</sup> )	杭径 D(mm)	鋼管板厚 t(mm)	E(N/mm <sup>2</sup> ) $\times 10^5$	I(mm <sup>4</sup> ) $\times 10^6$	$\beta$ (m <sup>-1</sup> )
	P1394	0.007746	139.8	6.6	2.05	5.0900	0.714

③-6 杭の長杭・短杭の判定

$$\beta \cdot L \geq 3.00 \quad (\text{長杭})$$

以上より計算をする。

位置	杭番号	杭径(mm)	先端翼規格	先端翼径(mm)	$\beta \text{ m}^{-1}$	L m	判定
	P1394	139.8	SS400	350	0.714	3.395	短杭

③-7 杭1本当たりの水平力

杭1本当たりの水平力Qを求める。

なお、同一構造物内に杭長が複数種ある場合、杭頭変位 $y_0$ を等しくする条件から杭の各杭種の $R_{y0}$ に比例して水平力Qを求める。

以上より計算をする。

$$\text{杭に作用する全水平力} \quad \Sigma Q = 111.2 \quad (\text{kN})$$

位置	杭番号	杭径(mm)	杭長(m)	本数 n	$R_{y0}$	配分水平力(kN)	Q (kN/本)
	P1394	139.8	3.395	8	1.015	111.17	13.9
				計		111.2	

③-8 杭頭部水平変位量  $y_0$

$$y_0 = \frac{Q}{4 \cdot E \cdot I \cdot (\beta / 1000)^3} \cdot R_{y0}$$

$$\alpha r = 1.00 \quad \text{杭頭固定, 杭先端ピン}$$

以上より計算をする。

位置	杭番号	杭径 (mm)	Q (N)	E(N/mm <sup>2</sup> ) × 10 <sup>5</sup>	I(mm <sup>4</sup> ) × 10 <sup>6</sup>	$\beta$ (m <sup>-1</sup> )	$R_{y0}$	$y_0$ (mm)
	P1394	139.8	13900	2.05	5.0900	0.714	1.015	9.3

③-9 曲げモーメントの算定

$$M_o = \frac{Q}{2\beta} \cdot R_{m0} \quad (\text{kN} \cdot \text{m})$$

$$M_{\text{max}} = \frac{Q}{2\beta} \cdot R_{\text{max}} \quad (\text{kN} \cdot \text{m})$$

$$M_d = \max(M_o, M_{\text{max}}) \quad (\text{kN} \cdot \text{m})$$

$M_o$ : 杭頭曲げモーメント(kN・m)

$M_{\text{max}}$ : 地中部最大曲げモーメント(kN・m)

$M_d$ :  $M_o$ と $M_{\text{max}}$ の大きい方(kN・m)

$$\alpha r = 1.00 \quad \text{杭頭固定, 杭先端ピン}$$

以上より計算をする。

位置	杭番号	杭径(mm)	軸部板厚(mm)	Q (kN)	$\beta \text{ (m}^{-1}\text{)}$	$R_{m0}$	$M_o \text{ (kN} \cdot \text{m)}$	$R_{\text{max}}$	$M_{\text{max}} \text{ (kN} \cdot \text{m)}$	$M_d \text{ (kN} \cdot \text{m)}$
	P1394	139.8	6.6	13.90	0.714	0.983	9.580	0.191	1.860	9.580

③-10 鋼管本体の短期応力検討

$$\frac{N_{max}}{A_e} + \frac{M_d}{I} \cdot r \leq F^*$$

- Nmax: 短期最大軸力 (kN)  
 Ae: 杭の純断面積 (mm<sup>2</sup>)  
 Md: 曲げモーメント(kN・m)  
 I: 杭の断面2次モーメント (mm<sup>4</sup>)  
 r: 杭の半径(mm) ※いずれも腐食代外側1mm考慮

短期軸力分布 (kN) ※「長期軸力+短期軸力変動値(方向加力)の絶対値で最大数値」なお、フーチング自重は含まない。

	BX1	BX2								
BY2	338.0	338.0								
BY1	338.0	338.0								

1本当短期杭反力 (kN/本) ※フーチング自重を含む。

	BX1	BX2								
BY2	169.0	169.0								
BY1	169.0	169.0								

杭種

	BX1	BX2								
BY2	P1394	P1394								
BY1	P1394	P1394								

短期における杭本体(鋼管)に発生する曲げ圧縮応力度の安全照査

位置	杭番号	杭径 (mm)	最大軸力 (kN)	Ae (mm <sup>2</sup> )	Md (N・mm) × 10 <sup>6</sup>	I (mm <sup>4</sup> ) × 10 <sup>6</sup>	r (mm)	応力度 (N/mm <sup>2</sup> )
	P1394	139.8	169	2326	9.580	5.0900	68.90	202.4

位置	杭番号	杭径(mm)	軸部板厚(mm)	材料規格	発生応力度	F*(N/mm <sup>2</sup> )	検定値	判定
	P1394	139.8	6.6	STK490	202.4	325.0	0.623	OK

$$F^* = (0.8 + 2.5 \cdot \frac{t_e}{r}) \cdot F_b \quad (\text{N/mm}^2) \quad \text{※圧縮局部挫屈による低減を考慮}$$

ここに

te: 軸部の有効管厚 5.6 (mm)  
 F: 設計基準強度 材料の規格 STK 490  
 F = 325 (N/mm<sup>2</sup>)

③-11 せん断に対する検討

$$\frac{2Q}{f_s \cdot A_e} \leq 1$$

ここに、

f<sub>s</sub> : 鋼材の許容せん断応力度 188 (N/mm<sup>2</sup>)  
 鋼管の規格 STK 490  
 A<sub>e</sub> : 杭の純断面積 (mm<sup>2</sup>)

以上より計算をする。

短期における杭本体(鋼管)に発生するせん断力の安全照査

位置	杭番号	杭径(mm)	軸部板厚(mm)	Ae mm <sup>2</sup>	Q N	f <sub>s</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	検定値	判定
	P1394	139.8	6.6	2326	13900	188	0.064	OK

表CS 梁端溶接部諸元表 (1/10)  
400N級鋼

●仕口部 (一様H形鋼)

質量	軸力	曲げ(強軸)	せん断力	曲げ(弱軸)	全塑性モーメント	その他の諸元				部材種別		断面寸法		仕口部				仕口呼称								
						$A_f$	$Z_x$	$Z_y$	$A_{w0}$	$Z_x$	$Z_y$	$Z_{xx}$	$Z_{yy}$	梁	柱	$L_1$	$L_2$		S	$M_s$	$Z$	せん断力	軸力	保有耐力		
16.9	507	1771	756	683	203	864	418	249	275	344	FA	FA	423	163	5	160	683	358	438	1864	302	1.4	0.87	CSW-4X-J1010-0609		
23.5	705	3000	1100	943	357	152	329	313	345	384	FA	FA	532	254	5	284	1250	732	549	2340	533	1.4	0.76	CSW-4X-J1510-0609		
20.7	619	2635	818	706	301	381	517	239	271	436	FA	FA	407	153	5											
31.1	931	3965	508	216	1230	910	1760	751	871	243	FA	FA	641	245	5											
40.4	1200	5143	777	331	1530	1148	2640	1150	876	370	FA	FA	744	275	5											
20.9	626	2657	424	181	1370	1012	628	287	182	206	FA	FA	58	109	5											
29.9	895	3811	636	271	1430	1056	1586	676	707	301	FA	FA	620	174	5											
49.0	1491	6353	1100	472	1910	1408	3760	1606	1230	525	FA	FA	854	309	5											
29.0	668	3637	745	317	1880	1392	1100	470	841	358	FA	FA	480	143	5											
43.6	1390	5549	1160	405	2160	1534	2640	1120	1290	550	FA	FA	620	174	5											
71.8	2146	9143	2026	800	2710	1938	6850	2920	2230	953	FA	FA	1074	359	5											
36.7	1090	4678	1120	481	2430	1832	1590	677	1270	542	FA	FA	506	113	5											
55.8	1660	7105	1770	736	2930	2160	3760	1970	1600	842	FA	FA	808	206	5											
93.0	2780	11830	3180	1530	3680	2700	10500	4500	3480	1480	FA	FA	1284	375	5											
49.4	1470	6291	1810	771	3110	2296	2610	1120	2030	864	FA	FA	673	138	5											
78.1	2330	9933	2930	1250	3800	2868	6850	2920	3240	1380	FA	FA	1030	258	5											
135.0	4030	17199	5350	2280	5070	3744	18200	7760	5910	2520	FA	FA	1512	475	5											
65.4	1950	8327	2750	1170	4050	2992	4670	1740	3080	1310	FA	FA	776	183	5											
105.0	3130	13320	4560	1940	4850	3580	11200	4960	5030	2140	FA	FA	1250	308	5											
172.0	5130	21870	7820	3530	6310	4654	26300	11200	8630	3670	FA	FA	1721	525	5											
232.0	6946	29549	10500	4920	8740	6344	36600	15300	11800	5030	FA	FA	1743	687	5											
282.0	8470	36070	13060	5870	1160	8540	48400	19300	14800	6310	FA	FA	1776	689	5											
71.9	2240	96580	3430	1480	5150	3738	4390	1870	3880	1650	FA	FA	751	156	5											
121.0	3910	15330	5340	2480	6930	5444	26000	8470	6470	2769	FA	FA	1234	307	5											
188.0	5440	23130	13200	5640	11500	8476	16900	7210	14800	6340	FA	FA	1192	258	5											
207.0	6190	26530	16800	7160	14200	10470	18600	7810	19300	7310	FA	FA	1125	241	5											
210.0	6270	26680	17800	7010	17100	12660	16100	6870	20500	8750	FA	FA	1163	244	5											
246.0	7180	30680	21100	8990	18300	13500	19700	8420	21100	10200	FA	FA	1214	277	5											
283.0	8460	36010	25300	10900	20600	15190	24300	10400	28900	11300	FA	FA	1121	282	5											
304.0	9100	38730	27400	11700	21700	16040	26600	11400	31400	13400	FA	FA	1134	306	5											

建築構造設計指針 2019

表CS 梁端溶接部諸元表 (6/10) 490N級鋼

●仕口部 (一般H形鋼)

部材断面寸法	母材										仕口部									
	質量 kg/m	軸力 N <sub>t</sub> kN	曲げモーメント M <sub>b</sub> kNm	せん断力 Q <sub>d</sub> kN	曲げモーメント M <sub>b</sub> kNm	せん断力 A <sub>w</sub> cm <sup>2</sup>	全塑性モーメント M <sub>pl</sub> kNm	その他の諸元 f <sub>a</sub> , f <sub>y</sub> , f <sub>t</sub> , η	部材種別 梁, 柱	補脚長さ L <sub>1</sub> , L <sub>2</sub> m	スリット 寸法 mm	隅肉 mm	曲げモーメント M <sub>b</sub> kNm	せん断力 Q <sub>d</sub> kN	軸力 N <sub>t</sub> kN	軸力 σ <sub>t</sub> N/mm <sup>2</sup>	保有耐力 M <sub>b</sub> , σ <sub>t</sub> kNm, N/mm <sup>2</sup>	仕口呼称		
H-100×100×6×8	169	701	21.59	24.5	87	267	240	36.4	41.8	249	275	3.44	3.44	3.44	3.44	3.44	3.44	CSW-5X-1010・0608		
H-125×125×6.5×9	236	975	30.00	43.6	152	469	49.3	152	52.9	313	345	3.84	3.84	3.84	3.84	3.84	3.84	CSW-5X-1510・0609		
H-148×100×6×9	207	856	26.35	44.0	98	301	50.0	154	61.7	239	271	4.06	4.06	4.06	4.06	4.06	CSW-5X-1510・0609			
H-150×150×7×10	311	1280	39.95	70.2	216	1700	91.0	243	640	377	415	4.15	4.15	4.15	4.15	4.15	CSW-5X-1510・0609			
H-175×175×7.5×11	404	1670	51.33	107.0	331	2150	114.8	365	750	437	480	4.36	4.36	4.36	4.36	4.36	CSW-5X-2010・0609			
H-200×100×5.5×8	209	866	26.67	53.6	181	1890	101.2	87	257	65.6	65.7	5.57	5.57	5.57	5.57	5.57	CSW-5X-2010・0609			
H-194×150×6×9	289	1230	38.11	87.9	271	1980	105.6	218	678	97.8	301	830	365	409	5.87	240	142	CSW-5X-2015・0609		
H-200×200×8×12	409	2060	63.53	153.0	472	2640	140.8	520	1600	1700	520	550	469	587	6.00	6.00	CSW-5X-2512・0612			
H-250×125×6×9	210	1200	36.97	103.0	317	2610	139.2	152	470	1160	368	330	233	233	2.33	2.33	CSW-5X-2512・0612			
H-244×175×7×11	436	1800	55.49	160.0	495	2910	155.4	365	1120	1780	550	1040	421	472	5.69	5.69	CSW-5X-2517・0612			
H-250×250×9×14	718	2970	91.43	279.0	860	3740	199.8	948	2920	3030	963	1030	632	631	4.93	4.93	CSW-5X-2517・0612			
H-300×150×6.5×9	367	1520	46.78	156.0	481	3430	183.3	218	677	1760	542	1240	329	367	6.61	6.61	CSW-5X-3015・0619			
H-294×200×8×12	558	2200	71.05	245.0	756	4050	216.0	520	1610	2730	812	1250	473	535	6.59	6.59	CSW-5X-3020・0912			
H-306×306×10×15	930	3840	118.50	437.0	1350	5050	270.0	1460	4500	4820	1480	1310	758	828	6.29	6.29	CSW-5X-3617・0612			
H-350×175×7×11	481	2040	62.91	250.0	771	4300	223.6	363	1120	2890	864	1460	345	460	6.26	6.26	CSW-5X-3617・0612			
H-340×250×9×14	781	3230	98.53	405.0	1250	5250	283.8	948	2820	4490	1330	1460	605	678	6.00	6.00	CSW-5X-3625・0916			
H-350×350×12×19	1350	5580	171.90	740.0	2280	7750	374.4	524	1750	8170	2320	1520	838	971	6.11	6.11	CSW-5X-4020・0912			
H-400×200×8×13	654	2700	83.37	381.0	1170	5910	295.2	564	1740	4260	1310	1830	458	529	6.13	6.13	CSW-5X-4020・0912			
H-300×300×10×16	1050	4330	133.30	631.0	1940	6710	358.6	650	1960	6950	2140	1830	735	819	6.66	6.66	CSW-5X-4030・0916			
H-400×400×13×21	1720	7100	218.70	1080.0	3330	8730	465.4	3640	11200	11500	3070	1750	1010	1100	6.25	6.25	CSW-5X-4030・0916			
H-414×405×18×28	2320	9600	295.40	1450.0	4490	12000	644.4	4970	15300	16300	5030	1770	1020	1120	6.40	6.40	CSW-5X-4529・0916			
H-428×407×20×35	2830	11700	360.70	1810.0	5570	13460	710.0	6280	19300	20500	6310	1830	1040	1140	6.42	6.42	CSW-5X-4529・0916			
H-450×200×9×14	749	3100	95.33	475.0	1460	7130	375.8	607	1870	5360	1650	1860	443	523	6.40	6.40	CSW-5X-4529・0916			
H-440×300×11×18	1210	5000	153.90	808.0	2490	8330	414.4	1750	5400	8950	2780	1830	726	816	6.55	6.55	CSW-5X-4529・0916			
H-500×200×10×16	881	3840	112.50	608.0	1870	8780	432.0	694	2140	6920	2130	2040	436	520	6.13	6.13	CSW-5X-4529・0916			
H-488×300×11×18	1250	5170	158.20	917.0	2820	9320	487.2	1750	5400	10100	3130	2030	714	810	7.32	7.32	CSW-5X-4529・0916			
H-600×200×11×17	1030	4280	131.70	818.0	2520	11600	622.0	739	2270	9430	2900	2430	416	509	6.98	6.98	CSW-5X-4529・0916			
H-583×300×12×20	1470	6080	187.30	1360.0	3890	12300	657.6	1950	6010	15100	4590	2470	844	801	7.85	7.85	CSW-5X-4529・0916			
H-700×300×13×24	1820	7520	221.50	1383.0	5640	15900	847.6	2940	7210	20500	6340	2920	883	796	7.73	7.73	CSW-5X-4529・0916			
H-800×300×14×26	2400	9300	305.80	1920.0	8990	25300	1047.0	3530	7810	26300	8100	3300	867	787	8.98	8.98	CSW-5X-4529・0916			
H-890×298×15×23	2100	8670	286.80	2470.0	7610	23700	1366.0	2230	6870	28400	8730	3530	620	739	8.83	8.83	CSW-5X-4529・0916			
H-900×300×16×28	2400	9300	305.80	1920.0	8990	25300	1047.0	3530	7810	26300	8100	3300	867	787	8.98	8.98	CSW-5X-4529・0916			
H-912×302×18×34	3230	11700	380.10	2350.0	10900	28500	1511.0	3360	10400	40000	12300	3630	790	740	9.64	9.64	CSW-5X-4529・0916			
H-918×303×19×37	3040	12500	387.40	2790.0	11700	30000	1614.0	3690	11400	42400	13400	3720	827	786	9.52	9.52	CSW-5X-4529・0916			

建築構造設計指針 2019



資料 8 引張筋かい設計図表

ここでは、通常用いられる接合部仕様の例を示す。

8.1 引張筋かいの計算図表 (JIS ターンバックル筋かい (JIS A 5540)) 鋼材: SS400級、高力ボルト: F10T

使用部材	サイズ (ネジの呼び)	高力ボルト		JIS筋かいの性能		高力ボルト		ガセットプレート		ガセットプレート		③ガセットプレート		④必要溶接長さ		④必要溶接長さ $l$ (mm)	TYPE③ $\rho$	TYPE② $\rho$	TYPE① $\rho$	
		本数	断面積 $A_f$ (cm <sup>2</sup> )	ピッチ $p$ (mm)	引張荷重 (短期) $P_s$ (kN)	引張荷重 (長期) $P_L$ (kN)	厚さ $\times$ 幅 $g \times B$ (mm)	ボルト 孔径 (mm)	許容耐力 $N/A \times B$ (kN)	溶接長さ $el$ (mm)	①接合 ボルト $P1$ (kN)	はしあき $GPL$ (mm)	② $P2$ (kN)	はしあき $P3$ (kN)	③ガセット プレート $P3$ (kN)					サイズ $S$
JIS ター ン バ ッ ク ル 筋 か い	M12	1-M16	2.01	20.7	35.2	6×60	18	59.2	60	150	40	96	101	6	60	60	42	54	54	
	M14	1-M16	2.01	28.4	48.4	6×60	18	59.2	60	150	40	96	101	6	61	61	43	55	55	
	M16	1-M16	2.01	38.3	65.2	9×70	18	110	80	150	40	108	187	8	80	80	56	72	72	
	M18	1-M20	3.14	47.6	81.1	9×70	22	102	102	80	235	40	144	173	8	80	80	56	72	72
	M20	1-M20	3.14	60.2	103	9×80	22	123	102	90	235	40	144	209	8	97	97	65	81	81
	M22	1-M22	3.80	74.3	126	12×80	24	158	102	100	285	40	192	269	10	100	100	70	90	90
	M24	2-M20	3.14	86.3	148	12×90	22	192	102	100	470	40	360	326	10	112	112	76	96	96
	M27	2-M20	3.14	60	112	12×90	22	192	102	130	470	40	360	326	10	145	145	115	113	113
	M30	2-M22	3.80	60	138	12×100	24	211	102	160	570	40	384	365	10	177	177	109	129	129
	M33	2-M22	3.80	60	170	12×110	24	243	200	200	570	40	384	413	10	217	217	129	149	149
	羽子板ボルトの形状及び寸法																			
	ターンバックル ( $d$ )	M12	M14	M16	M18	M20	M22	M24	M27	M30	M33							TYPE①	TYPE②	TYPE③
断面積 ( $A_b$ ) (cm <sup>2</sup> )	0.88	1.21	1.63	2.03	2.56	3.16	3.69	4.79	5.87	7.23	$\rho \geq \rho_e$							$\rho \geq \frac{\rho_e}{2} + 2.5$	$\rho_e, \rho \geq \frac{\rho_e}{4} + 2.5$	
耐力 ( $L1 \cdot Ab \cdot F$ ) (kN)	22.7	31.3	42.1	52.4	66.1	81.7	95.4	124	152	187							TYPE①	TYPE②	TYPE③	
調整ねじの長さ $SS$	100	115	125	140	150	165	175	200	200	225							$\rho \geq \rho_e$	$\rho \geq \frac{\rho_e}{2} + 2.5$	$\rho_e, \rho \geq \frac{\rho_e}{4} + 2.5$	
取付ボルト穴径 $R$	17	17	17	21.5	21.5	23.5	21.5	21.5	23.5	23.5							TYPE①	TYPE②	TYPE③	
はしあき (最小) $el$	40	40	45	50	50	55	50	50	55	55							$\rho \geq \rho_e$	$\rho \geq \frac{\rho_e}{2} + 2.5$	$\rho_e, \rho \geq \frac{\rho_e}{4} + 2.5$	
切板厚	6	6	6	9	9	9	9	9	12	12							TYPE①	TYPE②	TYPE③	
へりあき幅 $el2$	28	28	28	34	34	38	38	45	45	50							$\rho \geq \rho_e$	$\rho \geq \frac{\rho_e}{2} + 2.5$	$\rho_e, \rho \geq \frac{\rho_e}{4} + 2.5$	
平鋼製	25	25	25	32.5	32.5	37.5	37.5	45	45	50							TYPE①	TYPE②	TYPE③	
へりあき幅 $el2$	70	70	70	85	85	90	90	95	110	110							$\rho \geq \rho_e$	$\rho \geq \frac{\rho_e}{2} + 2.5$	$\rho_e, \rho \geq \frac{\rho_e}{4} + 2.5$	
ボルト端から取付ボルト穴の中心までの長さ $el3$	52	52	59	66	66	73	70	72	83	90							TYPE①	TYPE②	TYPE③	
溶接長さ (最小) $el4$	40	50	55	60	75	85	85	90	95	110							$\rho \geq \rho_e$	$\rho \geq \frac{\rho_e}{2} + 2.5$	$\rho_e, \rho \geq \frac{\rho_e}{4} + 2.5$	
取付ボルト	M16	M16	M16	M20	M20	M22	M20	M20	M22	M22							TYPE①	TYPE②	TYPE③	
本数	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2							$\rho \geq \rho_e$	$\rho \geq \frac{\rho_e}{2} + 2.5$	$\rho_e, \rho \geq \frac{\rho_e}{4} + 2.5$	

(注) タイプ③の溶接長は筋かいの角度に応じて、 $\rho_e$ 、 $\rho$ を適切に分配した値以上とする。

■アンカーボルトの検討

壁体石材と補強鉄骨架構を接合するアンカーボルト

(貫通ボルトおよびあと施工アンカーボルト)の検討を行う。

①壁体面外方向応力に対して：アンカーボルトの引張抵抗

②壁体面内方向応力に対して：アンカーボルトのせん断抵抗

にて抵抗するものとする。(①②各方向について検討し、同時作用は考慮しない)

壁面に作用する地震力を伝達できることを確認する

日本建築学会 各種合成構造設計指針に基づき耐力算定する

・作用する地震力が大きくなる $t=500\text{mm}$ の石材に対して検討する

耐力評価 ( $A_c$ 算定) に用いる埋め込み長さを石材高さ $300\text{mm}$ の $1/2=150\text{mm}$

とすることで壁体石材の厚さやボルトの形式 (貫通ボルト、あと施工アンカー)

あと施工アンカーボルトの埋め込み深さを $200\text{mm}>150\text{mm}$ とする。

・アンカーボルトに作用する荷重が短期許容耐力以内であることを確認する

□設計条件

短期 検討

壁厚	500 mm	0.5 m
壁の単位重量 $\rho$	22 kN/m <sup>3</sup>	
水平震度 面内方向 $K_i$	0.6	一次設計C0の2倍程度を想定
面外方向 $K_o$	1.0	
負担高さ $h$ RF	2.25 m	
2F	4.5 m	
アンカーボルト径	16 mm	
有効断面積	163 mm <sup>2</sup>	
$\sigma_y$	235 N/mm <sup>2</sup>	$\tau_y$ 135.7 N/mm <sup>2</sup>
RFボルト間隔 $p_r$	600 mm	0.6 m
2Fボルト間隔 $p_2$	400 mm	0.4 m

※ボルト間隔は石材の高さ $300\text{mm}$ を最小とする

石材圧縮強度  $F_c$  28.6 N/mm<sup>2</sup> 圧縮試験最小値

$E_c$  6000 N/mm<sup>2</sup> 組積造指針参照

□①面外力に対する検討 アンカー引き抜きに対しての検討

$$p_a = \min(p_{a1}, p_{a2}) = 38.31 \text{ kN/本}$$

$$p_{a1} = \phi_1 \cdot s \cdot \sigma_{pa} \cdot s_{ca} \quad \text{ボルトで決まる耐力}$$

$$= 38.305 \text{ kN/本} \quad \phi_1 = 1.00$$

$$p_{a2} = \phi_2 \cdot c \cdot \sigma_t \cdot A_c \quad \text{コーン破壊で決まる耐力}$$

$$= 70.31 \text{ kN/本} \quad \phi_2 = 0.667$$

※ $c \cdot \sigma_t$ の算定においては $0.31 \cdot 0.9 \cdot \sqrt{F_c}$ を用いる

$$c \cdot \sigma_t = 0.31 \cdot 0.9 \cdot \sqrt{F_c} = 1.492 \text{ N/mm}^2$$

$A_c$ 算定に用いる $l_{ce}$ は、石材の高さを直径の上限とし

$$2l_{ce} = 300 \text{ mm} \quad \text{を用いる}$$

$$A_c = 70685.8 \text{ mm}^2$$

支圧に対する検討

$A_0 = 7652.92 \text{ mm}^2$

$D = 100 \text{ mm}$ 以上とする

$\sqrt{(A_c/A_0)} = 3.0$  ※6を上限とする

$f_n = 171.6 \text{ N/mm}^2$

$p_a/A_c = 5.01 \text{ N/mm}^2 < f_n$ よりOK

ボルト一本に作用する地震力

RF:  $F = K_i \cdot p_r \cdot h \cdot \rho = 14.85 \text{ kN/本} < p_a$ よりOK

---

検定比 0.39

2F:  $F = K_i \cdot p_2 \cdot h \cdot \rho = 19.8 \text{ kN/本} < p_a$ よりOK

---

検定比 0.52

□②面内力に対する検討 アンカーせん断に対しての検討

$q_a = \min(q_{a1}, q_{a2}, q_{a3}) = 22.12 \text{ kN/本}$

---

$q_{a1} = \phi_1 \cdot s \cdot \sigma_{qa} \cdot s_{ca}$  ボルトで決まる耐力

$= 22.12 \text{ kN/本} \quad \phi_1 = 1.000$

$q_{a2} = \phi_2 \cdot c \cdot \sigma_{qa} \cdot s_{ca}$  石材支圧で決まる耐力

$= 22.51 \text{ kN/本} \quad \phi_2 = 0.667$

$c \cdot \sigma_{qa} = 207.12 \text{ N/mm}^2$

$q_{a3} = \phi_2 \cdot c \cdot \sigma_t \cdot A_{qc}$  石材コーン状破壊で決まる耐力

$= 35.16 \text{ kN/本} \quad \phi_2 = 0.667$

はし空きは石材高さの1/2を上限とする

$A_{qc} = 0.5 \cdot \pi \cdot c^2 = 35342.92 \text{ mm}^2$

有効埋め込み長さの確認 ① < ②でOK

①  $s \cdot \sigma_{qa} \cdot s_{ca} = 22115$

②  $c \cdot \sigma_t \cdot A_c = 105468$  OK

ボルト一本に作用する地震力

RF:  $F = K_i \cdot p_r \cdot h \cdot \rho = 8.91 \text{ kN/本} < p_a$ よりOK

---

検定比 0.40

2F:  $F = K_i \cdot p_2 \cdot h \cdot \rho = 11.88 \text{ kN/本} < p_a$ よりOK

---

検定比 0.54

以上より、石材との固定は

RFボルト間隔  $p_r = 600 \text{ mm}$

2Fボルト間隔  $p_2 = 400 \text{ mm}$  とする