

2. 工法標準仕様

2.1 使用材料及び材料強度

(1) 使用材料

- a. 基礎部コンクリート : 設計基準強度 $F_c \geq 21 \text{ N/mm}^2$
- b. 杭頭中詰めコンクリート : 設計基準強度 $F_c \geq 24 \text{ N/mm}^2$
- c. PC リング
 - ①コンクリート : 設計基準強度 $F_c \geq 36 \text{ N/mm}^2$
 - ②定着筋 : SD390 (D13~D19) (JIS G 3112)
 - ③スパイラル筋 : ウルボンスパイラル筋 (国土交通大臣認定品 : MSRB-9009)
 - ④鋼板 : SS400 (JIS G 3101)、SM490 (JIS G 3106)
- d. 杭頭接合部
 - ① 引張定着筋 : SD345、SD390
 - ② 定着工法 : FRIP 定着工法 (日本建築総合試験所技術審査証明書取得)

(2) 材料強度

a) コンクリートの材料強度

平成12年建設省告示1450号による (N/mm^2)			
	圧縮	せん断	付着
普通 コンクリート	F_c	$3 \times (0.49 + F_c/100)$	$3 \times (1.35 + F_c/25)$

ただし F_c は設計基準強度

b) 鋼材の材料強度

建築基準法施行令第96条による (N/mm^2)			
圧縮	引張	曲げ	せん断
F	F	F	$F/\sqrt{3}$

ただし F は基準強度

c) 鉄筋の材料強度

圧縮	引張	
	せん断補強筋以外に用いる場合	せん断補強筋に用いる場合
異形鉄筋	F	F (当該数値が390を超える場合は390)

ただし F は基準強度

(3) 基準強度

a) 鋼材

平成13年国土交通省告示第1639号による (N/mm²)

種類			基準強度
鋼材	SS400	板厚が40mm以下	235
	SM490	板厚が40mm以下	325

鋼材の材料強度の基準強度は、表中の数値とする。ただし、JIS適合品についてはそれぞれの1.1倍以下の数値とすることができます。

b) 鉄筋

平成12年建設省告示2464号、平成13年国土交通省告示第1024号による (N/mm²)

種類			基準強度
異形鉄筋	SD345		345
	SD390		390
ウルボン筋		SBPD1275/1420	1275

異形鉄筋の材料強度の基準強度は、表中の数値とする。ただし、JIS適合品についてはそれぞれの1.1倍以下の数値とすることができます。

(4) 許容応力度

a) コンクリートの許容応力度

①基礎及びPC リング

建築基準法施行令第91条、平成12年建設省告示第1450号による (N/mm²)

長期				短期			
圧縮	引張	せん断	付着	圧縮	引張	せん断	付着
Fc/3	0.49+Fc/100		1.35+Fc/25				長期の2倍

Fcは設計基準強度

②杭頭部中詰めコンクリート

平成13年建設省告示第1113号第8第一号による (N/mm²)

	長期			短期		
	圧縮	せん断	付着	圧縮	せん断	付着
掘削時に水、泥水を使用しない場合	Fc/4	Fc/40 かつ 3/4×(0.49+Fc/100) 以下	3Fc/40 かつ 3/4×(1.35+Fc/25) 以下	長期の2倍	長期の1.5倍	

Fcは設計基準強度

b) 鋼材の許容応力度

建築基準法施行令第90条による (N/mm²)

長期				短期
圧縮	引張	曲げ	せん断	
F/1.5	F/1.5	F/1.5	F/1.5√3	長期の1.5倍

Fは設計基準強度

c) 鉄筋の許容応力度

建築基準法施行令第 90 条、平成 12 年建設省告示第 2464 号による (N/mm²)

種類	長期			短期		
	圧縮 ※1	引張		圧縮	引張	
		せん断補強筋 以外に用いる 場合 ※1	せん断補強筋 に用いる場合		せん断補強筋 以外に用いる 場合	せん断補強筋 に用いる場合
SD295A	195	195	195	295	295	295
SD345	215	215	195	345	345	345
SD390	215	215	195	390	390	390
SBPD1275 /1420	—	—	—	—	—	585

※1 径 28 mm 以下のもの

2.2 PC リング仕様

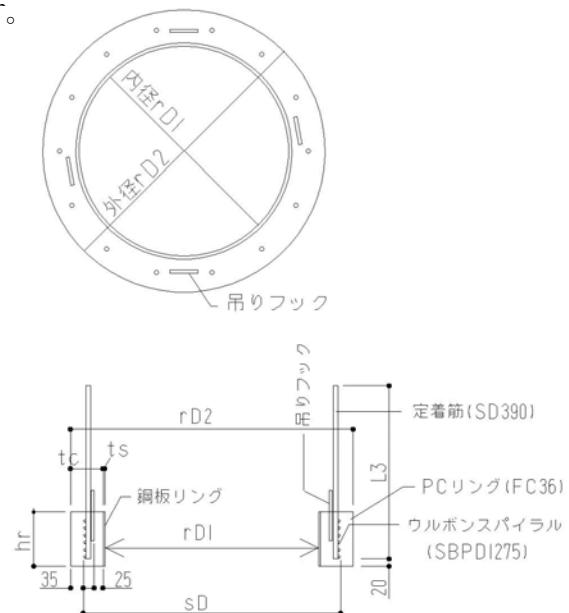
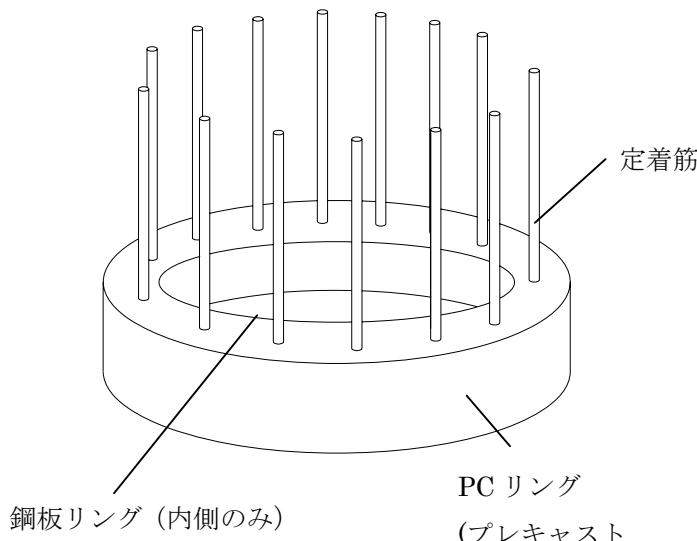
(1) PC リング概要

杭頭部でせん断力を負担させる PC リングは杭種および杭径に合わせて用意されている。対応する杭径は 300 φ ~ 1200 φ で、杭径ごとに許容せん断力の異なる 3 種類ずつ (N, S1, S2) が対応している。

PC リングは、主にコンクリートで構成されており、断面内には高強度せん断補強筋、PC リング内側には鋼板リングが設置されており、高いせん断耐力と韌性を確保している。また、PC リングから上方に向けて定着筋が配筋され、基礎とは一体化する。

なお、PC リングのせん断耐力（短期及び終局）の算定法は、原則として既評定（B C J 評定 – FD0060-01）にて示された方法に従って行うが、2005 年 12 月に評定取得（B C J 評定 – FD0230-01）した場所打ち杭用杭頭半固定工法（キャブテンパイル工法）における算定法も加味して行うものとする。

図 2-1 に PC リング概要図を、図 2-2 に平面断面概要図を示す。



(2) PC リングの短期許容せん断力の算定方法

1) PC リングの短期許容せん断力

PC リングの短期許容せん断力 Q_r は、図 2-3 に示すように杭頭せん断力を受ける加力前面のせん断抵抗力 R_a と加力側面のせん断抵抗力 R_b に分けて算定した和とする。

$$Q_r = R_a + R_b \quad \text{----- (2-1)}$$

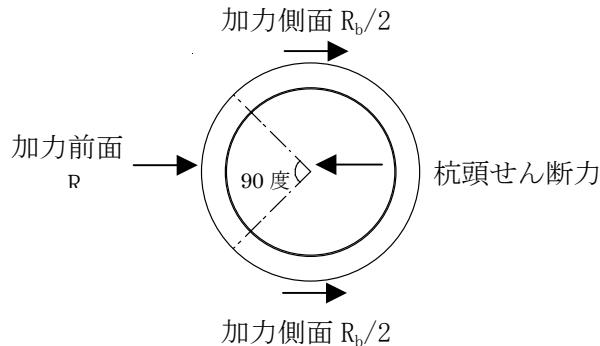


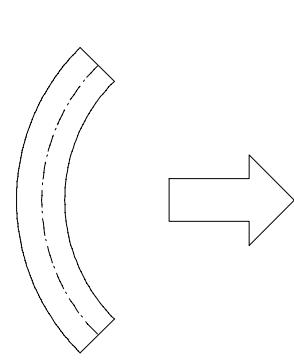
図 2-3 PC リングのせん断抵抗力

① 加力前面のせん断抵抗力 R_a

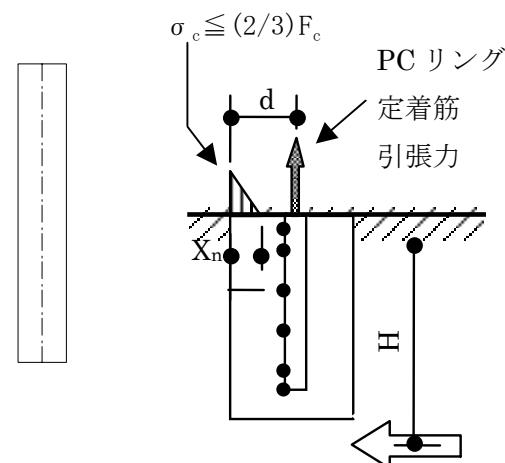
加力前面の部分は円弧形であるが、図 2-4 に示すように円弧の中心線を長辺とする等価な矩形断面に置き換え、(2-2)式で R_a を算定する。なお、鋼板リングは無視する。

$$R_a = n_a \cdot \min[T_y, T_{b1}, T_{b2}, T_c] \cdot (d - X_n/3) / H_a \quad \text{----- (2-2)}$$

右辺は PC リング定着筋による水平抵抗力を表す。 n_a は加力前面の PC リング定着筋本数、 X_n はコンクリート圧縮縁から中立軸までの距離、 H_a は PC リングせいである。 T_y は短期許容引張力、 T_{b1} は PC リング内短期許容付着力、 T_{b2} はパイルキャップ内短期許容付着力、 T_c はコンクリート圧縮応力度が短期許容値に達する時の引張力であり、これらの最小値が PC リング定着筋の引張力である。



(加力前面部分)



(等価断面)

図 2-4 加力前面の等価断面置換

図 2-5 第一項

② 加力側面のせん断抵抗力 R_b

加力側面では、杭体からの水平力が鋼板リング及びスパイラル筋の引張力で側面に伝達 (R_{b1}) した後、PC リング定着筋のだぼ効果及び PC リング内コンクリートのせん断によってパイルキャップへ伝達 (R_{b2}) されるとし、両者の小さな値を R_b とする。

$$R_b = \min[R_{b1}, R_{b2}] \quad (2-3)$$

$$R_{b1} = 2 (\sigma_p \cdot t_s \cdot H_s + N_u \cdot \sigma_u \cdot a_u) \quad (2-4)$$

$$R_{b2} = 0.7 \cdot n_b \cdot \min[T_y, T_{b1}, T_{b2}, T_c] + (3/4) \tau_c \cdot A_c \quad (2-5)$$

ここで、 H_s は PC リングの高さ、 σ_p は鋼板リングの短期許容引張応力度、 N_u は H_s 範囲におけるウルボンスパイラル筋量、 σ_u はウルボンスパイラル筋の応力度で σ_p とする。 a_u はウルボンスパイラル筋の断面積である。

n_b は加力側面の定着筋本数、 τ_c はパイルキャップコンクリートの短期許容せん断応力度、 A_c は PC リング内径を直径とする円の面積である。なお、(2-5)式の 3/4 は形状係数である。

コンクリートのせん断

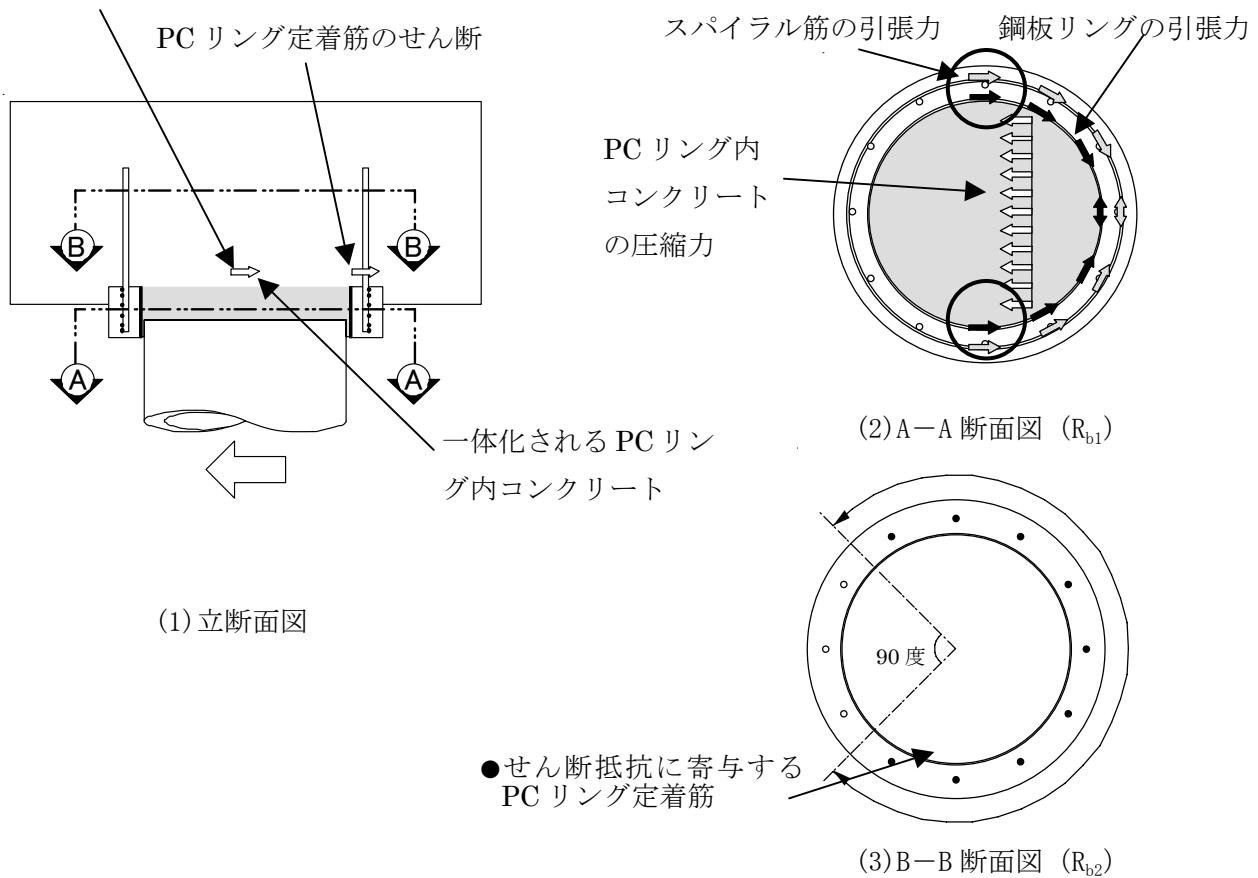


図 2-6 R_b の評価モデル

2) 終局せん断耐力 (参考)

終局時のせん断耐力は、鋼板リング及び PC リング定着筋では短期許容引張応力度を引張強度に、コンクリートは短期許容応力度を圧縮強度に、ウルボンスパイラル筋の引張応力度を降伏点強度に読み替えて算定する。

2.3 引張定着筋仕様

(1) 検討方針

引張抵抗力の評価は、定着筋の引張抵抗力 (T_1, T_2) により評価し、杭頭接合部の短期引張抵抗力 (T_a) は、下式で与える。

$$T_a = \text{MIN}[T_1, T_2]$$

① 鉄筋の短期許容引張力

$$T_1 = f_t \cdot \Sigma a_s \quad (2-6)$$

f_t : 鉄筋の短期許容引張応力度

a_s : 鉄筋の断面積

② 鉄筋の短期許容付着力 (告示式)

$$T_2 = f_b \cdot \Sigma (\phi \cdot \lambda_r) \quad (2-7)$$

$f_b = 3/4 \times (1.35 + F_c/25) \times 1.5 \text{ (N/mm}^2\text{)}$

ϕ : 鉄筋の周長

λ_r : 鉄筋の中詰めコンクリート部への打込み長さ

但し、中詰めコンクリート長さは下式(2-8)を満足させるものとする。

$$\lambda_p \geq T_a / (f_{is} \cdot p \phi) \quad (2-8)$$

f_{is} : 短期せん断抵抗応力度 ($= 0.67 \text{ N/mm}^2$)

$p \phi$: 杭の内面周長

λ_p : 中詰めコンクリートの埋込み長さ

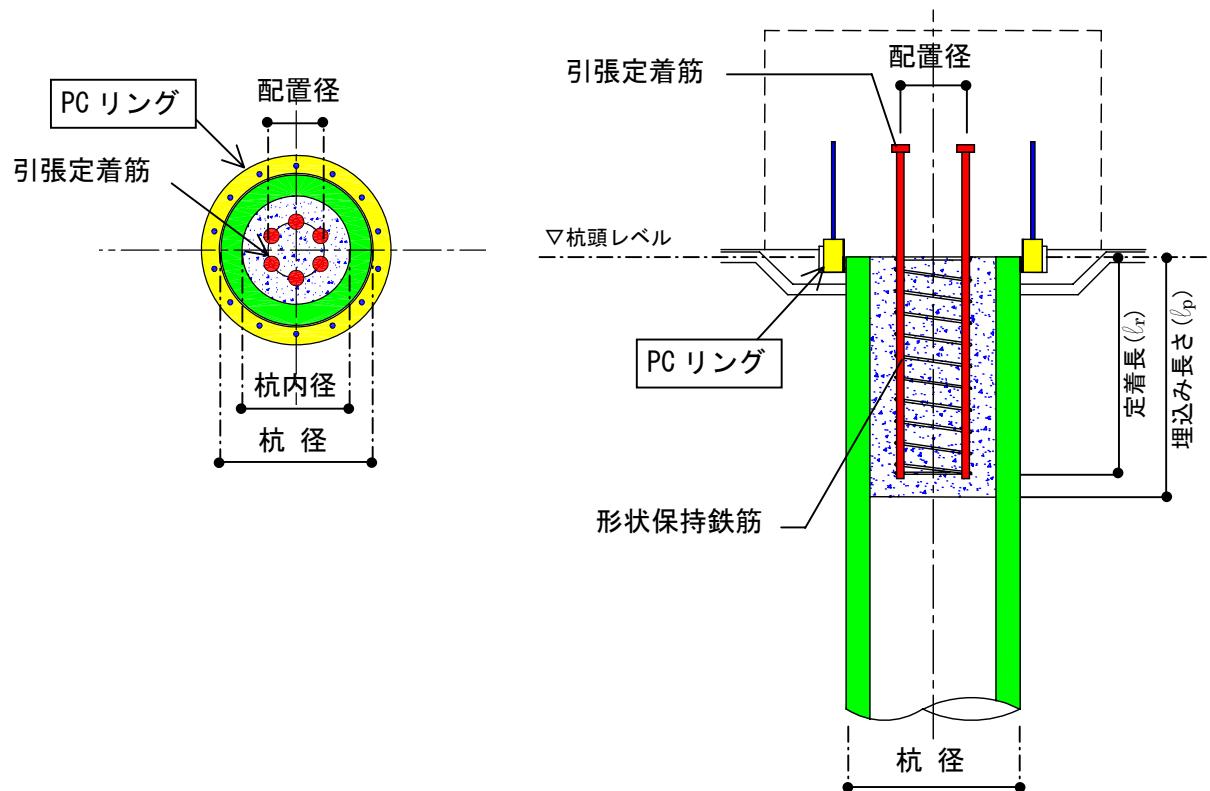


図 2-8 杭頭接合部配筋要領図

(2) 検討条件

- ① 対象杭径 : $300 \phi \sim 1200 \phi$
- ② 鉄筋タイプ : No. 1～No. 10
- ③ 鉄筋の種類 : SD345, SD390
- ④ 中詰めコンクリート強度 : $F_c \geq 24 \text{ N/mm}^2$

(3) 検討結果

短期設計用引張抵抗力 (kN)				
No.	配筋	引張抵抗力 (kN)		適用杭径
		SD345	SD390	
1	3-D19	297	335	$300 \phi \sim 1200 \phi$
2	4-D19	395	447	$400 \phi \sim 1200 \phi$
3	5-D19	494	559	$450 \phi \sim 1200 \phi$
4	6-D19	593	670	$600 \phi \sim 1200 \phi$
5	4-D25	699	791	$600 \phi \sim 1200 \phi$
6	5-D25	874	988	$700 \phi \sim 1200 \phi$
7	6-D25	1049	1186	$800 \phi \sim 1200 \phi$
8	5-D32	1370	1549	$900 \phi \sim 1200 \phi$
9	6-D32	1644	1858	$1100 \phi \sim 1200 \phi$
10	5-D38	1964	—	1200ϕ

注) シアプレート機能：杭頭接合部の引張抵抗力及び曲げ回転性能の安定性確保の為、
フェールセイフとして、杭頭端板の幅を、杭内面へ、15mm
～25mm、突出させる仕様とする。(基準図参照のこと)

定着板仕様：引張定着筋のパイルキャップへの定着には、定着板方式の定着工法 (FRIP 定着工法) を用いる。

FRIP 定着板の形状は下記とする。尚、材質は非調質高強度鋼とする。

形状 鉄筋	D19	D25	D32	D38
直径 (mm)	50	60	80	95
厚さ (mm)	16	20	26	31

(基準図参照のこと)

(4) 引張定着筋一覧

注) 表中の数字は T_a (kN) を示し、 $T_a = T_1$ ($T_1 < T_2$) とする。

No	SD345									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
配筋	3-D19	4-D19	5-D19	6-D19	4-D25	5-D25	6-D25	5-D32	6-D32	5-D38
断面積	860	1146	1433	1719	2027	2534	3040	3971	4765	5700
蒂筋外径	150	220	220	220	280	280	280	360	360	420
定着長さ(上)	500	500	500	500	600	600	600	750	750	800
定着長さ(下)	800	800	800	800	950	950	950	1200	1200	1450
上十下	1300	1300	1300	1300	1550	1550	1550	1950	1950	2250
300 (180)	297									
350 (230)	297									
400 (270)	297	395								
450 (310)	297	395	494							
500 (340)	297	395	494							
600 (420)	297	395	494	593	699					
700 (500)	297	395	494	593	699	874				
800 (580)	297	395	494	593	699	874	1049			
900 (660)	297	395	494	593	699	874	1049	1370		
1000 (740)	297	395	494	593	699	874	1049	1370		
1100 (820)	297	395	494	593	699	874	1049	1370	1644	
1200 (900)	297	395	494	593	699	874	1049	1370	1644	1964

No	SD390									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
配筋	3-D19	4-D19	5-D19	6-D19	4-D25	5-D25	6-D25	5-D32	6-D32	5-D38
断面積	860	1146	1433	1719	2027	2534	3040	3971	4765	5700
蒂筋外径	150	220	220	220	280	280	280	360	360	420
定着長さ(上)	500	500	500	500	600	600	600	750	750	800
定着長さ(下)	800	800	800	800	950	950	950	1200	1200	1450
上十下	1300	1300	1300	1300	1550	1550	1550	1950	1950	2250
300 (180)										
350 (230)	335									
400 (270)	335	447								
450 (310)	335	447								
500 (340)	335	447	559							
600 (420)	335	447	559	670	791					
700 (500)	335	447	559	670	791					
800 (580)	335	447	559	670	791	988				
900 (660)	335	447	559	670	791	988	1186			
1000 (740)	335	447	559	670	791	988	1186	1549		
1100 (820)	335	447	559	670	791	988	1186	1549		
1200 (900)	335	447	559	670	791	988	1186	1549	1858	

(5) パイルキャップへの定着検討

1) 検討方針

- ・パイルキャップへの定着には、定着板方式の定着工法 (FRIP 工法) を用いる。
- ・定着耐力は引張定着筋の引張強度を上回る耐力を確保する。

2) 検討方法

付着耐力とシアコーン耐力の両方を満足する付着長さを確保する。すなわち付着耐力上、必要な定着長さを求めた後、シアコーン耐力が引張定着筋の引張強度を上回っていることを確認する。

付着耐力によって求まる定着長さは下式とする。

$$r\lambda_F = \text{MAX} [r\lambda_1, r\lambda_2]$$

$$\text{ここで、 } r\lambda_1 = 0.3 \cdot ft \cdot at / (f_r \cdot \phi_r)$$

$$r\lambda_2 = 12\text{db} \quad (\text{FRIP の構造規定}) \quad \text{とする。}$$

但し、 $ft = 345$ 及び 390 とする。

シアコーン耐力の評価には、「各種合成構造設計指針」に準拠した下式を用いる。

$$T_c = 0.313A_c \sqrt{F_c} \times 10^{-3} \cdot \phi_1 \quad \text{kN}$$

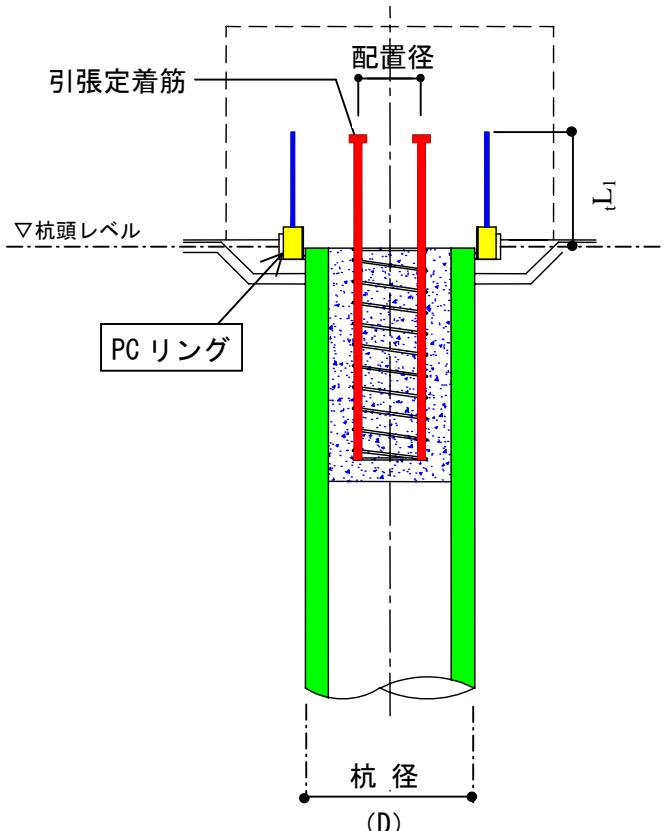
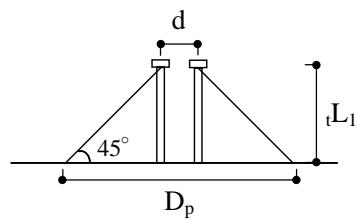
この T_c の値が T_l を上回っていることを確認する。ここで、 $F_c \geq 24$ とし、計算上は $F_c = 24 \text{ N/mm}^2$ とする。また、 $\phi_1 = 0.6$ (短期用低減係数) とする。

すなわち、 $T_c \geq T_l$

A_c の定義は下式とする。

$$A_c = \left(\frac{D_p}{2} \right)^2 \cdot \pi$$

$$D_p = d + 2, L_1$$



3) 算定結果

鉄筋径	tL1
D19	500
D25	600
D32	750
D38	800