

多数アンカー式補強土壁工法
設計・施工マニュアル
第3版

追記（鋼材規格）

平成18年7月
財団法人 土木研究センター

目次

1. 鋼材規格(SN 鋼材)	...1
2. 許容応力度	...1
3. 部材規格	...2
(1) ロッド(丸鋼)	...3
(2) 接続ロッドアイ	...4
(3) ターンバックル	...4
(4)カプラー	...5
(5) アンカープレート、サブプレート	...5
(6) コネクター	...6
【設計計算例】	...9

多数アンカー式補強土壁設計・施工マニュアル
追記(鋼材規格)の発刊にあたって

多数アンカー式補強土壁工法については、「道路土工 擁壁工指針」の内容を受けて、「多数アンカー式補強土壁設計・施工マニュアル第3版」(平成14年10月)が財団法人土木研究センターから発行されています。このマニュアルでは、使用する部材の標準が明確にされ、それらを組み合わせて構築される多数アンカー式補強土壁の設計・施工の標準的な手法が示されています。

一方、特に建築分野に用いられる鋼材について、部材の塑性変形能力の確保や、部材の要求性能を十分発揮させるための接合部耐力の確保が求められ、鋼板、鋼帯、形鋼及び平鋼を対象に新しい建築構造用鋼材の規格(JIS G 3136:SN規格)が1994年に、また棒鋼を対象に建築構造物用棒鋼の規格(JIS G 3138:SN規格)が1996年に制定されました。このSN規格は、建築分野のみでなく土木分野でも普及しつつあります。

このような中で、アンカー式補強土壁研究委員会(委員長:日本大学理工学部 巻内勝彦教授)では、性能規定化の流れに応じ、平成14年度からより効率的、より経済的で、性能を十分に説明しうる設計法を確立する目的で検討を進めてきました。同委員会では、SN規格を勘案して多数アンカー式補強土壁の補強材としての鋼製部材の規格も検討を行い、この度とりまとめることができました。この「追記(鋼材規格)」は、多数アンカー式補強土壁に使用するタイバーやアンカープレート等の主要な補強材の材料としてSN鋼材を追加するとともにこれらの鋼製部材の新しい標準仕様を示したものです。ここで示した鋼製部材は、「多数アンカー式補強土壁設計・施工マニュアル第3版」に示されている部材と同様に、用いることが可能なものであり、これらの適用により多数アンカー式補強土壁が建設工事の品質向上とコスト縮減に資するものとなれば幸いです。

平成18年7月

アンカー式補強土壁工法研究委員会
委員長 巻内勝彦

1. 鋼材規格(SN 鋼材)

建築構造物に用いられる鋼材は、弾性強度だけではなく、終局強度と変形能力との相関により評価されることが規定として盛り込まれたことから、SS400 材(一般構造用圧延鋼材)に代わるものとして SN400 材、SM490A 材(溶接構造用圧延鋼材)に代わるものとして SN490 材が「建築構造用圧延鋼材 (JIS G 3136:SN 鋼材) -1994」として制定された。「建築構造用圧延鋼材 (JIS G 3136:SN 鋼材)」の特長はつぎのとおりである¹⁾。

塑性変形能力の保持

溶接性の確保

板厚方向性能の確保

公称断面寸法の確保

使用部位を考慮した最適な鋼種選定

また、SN 規格の棒鋼(SNR 鋼材)については、「建築構造用圧延棒鋼(JIS G 3138-1996)」に規定されている。降伏点又は耐力、引張強さ、降伏比は、SN 規格と同じであり、降伏点又は耐力と降伏比に上限が規定されている。SNR490B の降伏点又は耐力、引張強さ、降伏比は表 1 のとおりである。

表 1 SNR490B の降伏点又は耐力、引張強さ、降伏比

記号	降伏点又は耐力 N/mm ²			引張強さ N/mm ²	降伏比 %	
	6 以上 12 未満	12 以上 40 未満	40 を超え 100 以下		6 以上 12 未満	12 を超え 100 以下
SNR490B	325 以上	325 以上 445 以下	295 以上 415 以下	490 以上 610 以下		80 以下

2. 許容応力度

SN490 材は SM490A 材に代わるものとして制定されている²⁾。多数アンカー式補強土壁のタイバーとして用いる SNR490B の引張応力度は SM490 の許容応力度³⁾と同等として扱うこととした。

表 2 SNR490B の許容応力度

応力度の種類	引張	圧縮	せん断
長期許容応力度[N/mm ²]	185	185	105
短期許容応力度[N/mm ²]	277	277	157

3. 部材規格

多数アンカー式補強土壁に用いる鋼製部材の形状および寸法の標準として以下の規格を追加する。

- (a) ロッド(SNR490B 棒鋼)
 - ・ 直径：16mm，18mm，20mm，22mm，25mm
- (b) 接続ロッドアイ(SNR490B)
 - ・ 寸法：M18，M20，M22，M24，M27
- (c) ターンバックル
 - ・ 寸法：M18，M20，M22，M24，M27
- (d) カプラー
 - ・ 寸法：M18，M20，M22，M24，M27
- (e) アンカープレート・サブプレート
 - ・ 追加なし
- (f) アンカープレート止めナット
 - ・ 寸法：M18，M20，M22，M24，M27
- (g) コネクター
 - ・ 追加なし

追加した鋼製部材は表 3 に示す規格に適合するものを標準とする。

表 3 鋼製部材の規格

				備考
タイ バ ー	ロッド(丸鋼)	JIS G 3138 建築構造用圧延棒鋼	SNR490B 溶融亜鉛メッキ JIS H 8641 HDZ55	
	接続ロッドアイ	JIS G 3138 建築構造用圧延棒鋼	SNR490B 溶融亜鉛メッキ JIS H 8641 HDZ55	
	ターンバックル	JIS G 3475 建築構造用炭素鋼管	STKN400W、B、STKN490B 溶融亜鉛メッキ JIS H 8641 HDZ55	
	カプラー	JIS G 4051 機械構造用炭素鋼鋼材	S45C 溶融亜鉛メッキ JIS H 8641 HDZ55	
	アンカープレート サブプレート	JIS G 3101 一般構造用圧延鋼材	SS400 溶融亜鉛メッキ JIS H 8641 HDZ55	従来とおり
	コネクター	JIS G 3101 一般構造用圧延鋼材	SS400 溶融亜鉛メッキ JIS H 8641 HDZ55	従来とおり
	ボルト	JIS B 1180 六角ボルト	仕上げ程度 中、ねじの等級 6g 溶融亜鉛メッキ JIS H 8641 HDZ55	従来とおり
	ナット	JIS B 1181 六角ナット	仕上げ程度 並、ねじの等級 7H 溶融亜鉛メッキ JIS H 8641 HDZ55	アンカープレ ート止めナッ ト：S45C

鋼製各部材の標準形状寸法を以下に示す。

(1) ロッド (丸鋼)

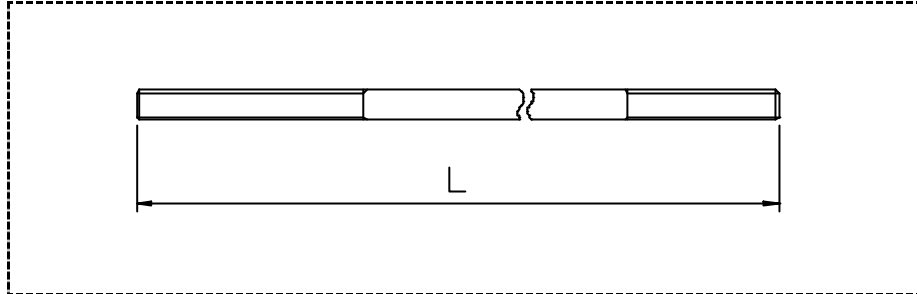


図1 ロッドの標準図

表4 ロッドの種類および形状寸法

呼称	M18	M20	M22	M24	M27
丸鋼径 (mm)	16	18	20	22	25

(2) 接続ロッドアイ

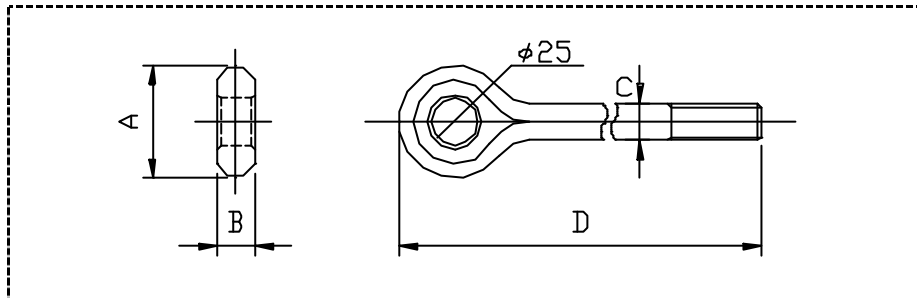


図2 接続ロッドアイの形状

表5 接続ロッドアイの種類と寸法

呼称	A(mm)	B(mm)	C(mm)	D(mm)
M18	52	16	16	465
M20	60	20	18	465
M22	60	20	20	465
M24	62	22	22	465
M27	70	25	25	445

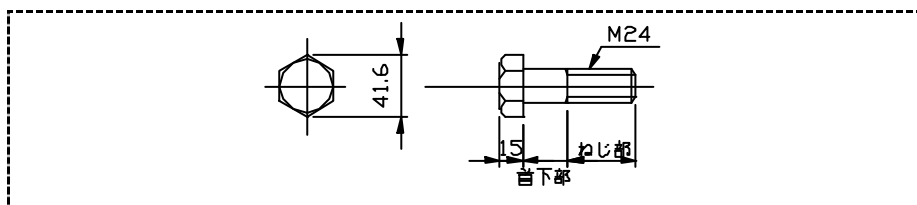


図3 接続ロッドアイ止めボルトの標準図

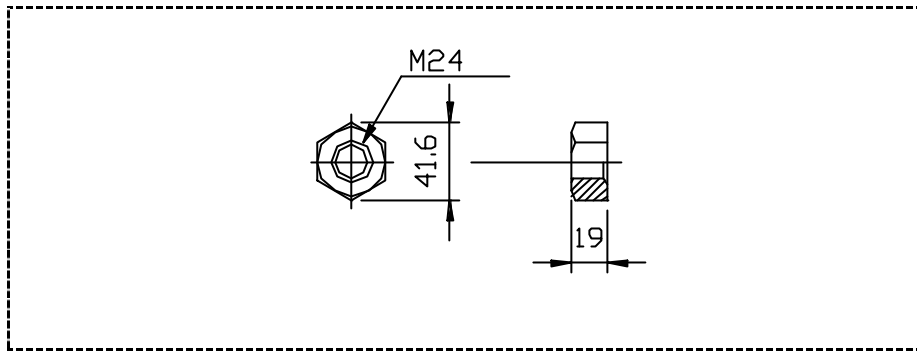


図4 接続ロッドアイ止めナットの標準図

表6 接続ロッドアイ止めボルトの種類

呼 称	規格	首下部 (mm)	ねじ部 (mm)	強度区分
M18～M22用	M24×75	30	45	8.8
M24～M27用	M24×75	30	45	10.9

(3) ターンバックル

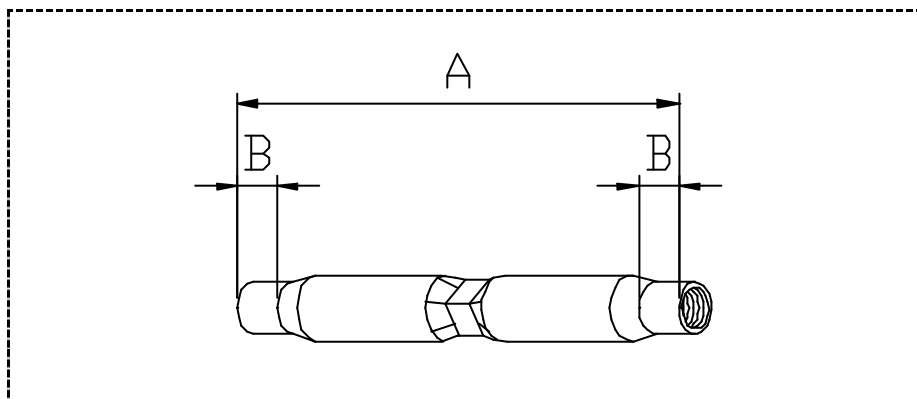


図5 ターンバックルの形状

表7 ターンバックルの種類と寸法

呼 称	A (mm)	B (mm)	保証荷重(kN)
M18	280	27	62.4
M20	280	27	79.6
M22	280	30	98.5
M24	280	32	115.0
M27	300	37	149.0

(4)カプラー

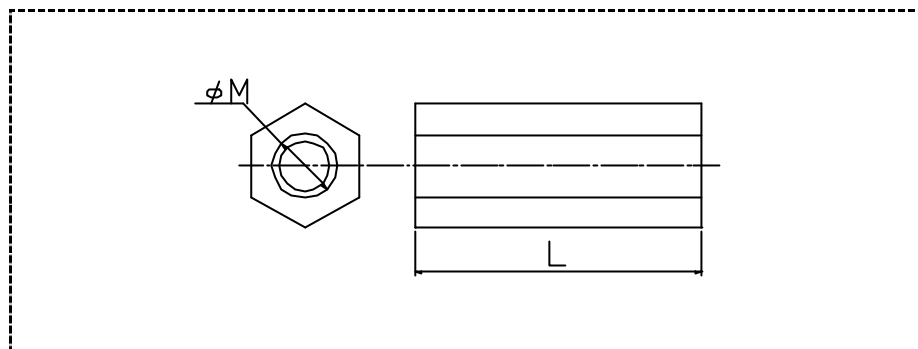


図 6 カプラーの標準図

表 8 カプラーの種類と寸法

種 類	カプラー-呼称	L(mm)
M18 用	六角カプラー(M18 用)	80
M20 用	六角カプラー(M20 用)	80
M22 用	六角カプラー(M22 用)	80
M24 用	六角カプラー(M24 用)	80
M27 用	六角カプラー(M27 用)	90

(5) アンカープレート、サブプレート

アンカープレートおよびサブプレートは、併用することを標準とし、必要な引抜き抵抗力に応じて選定する。ただし、M18 のタイバーを用いる場合のアンカープレートには、引抜き抵抗力が小さいためにサブプレートを併用する必要はない。

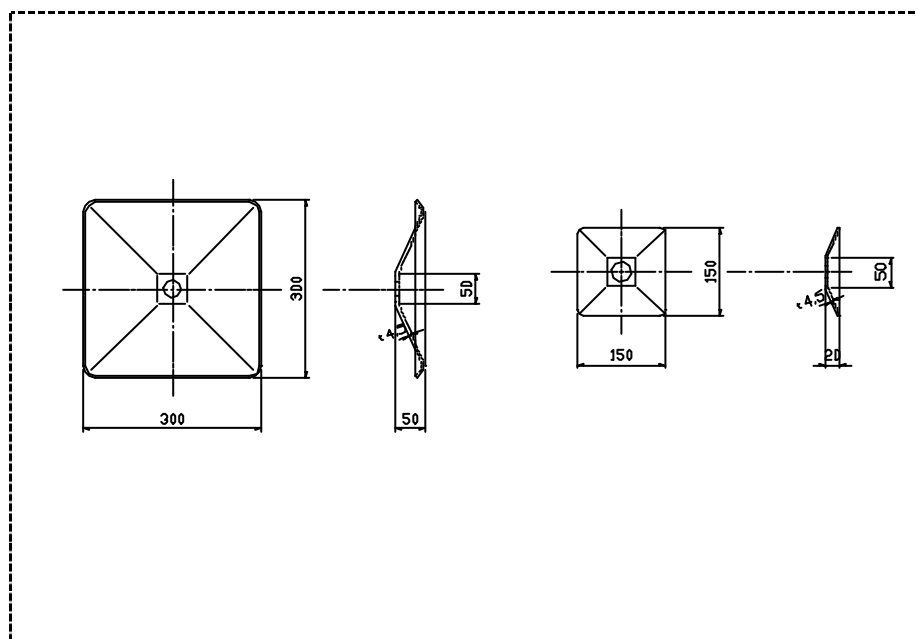


図 7 アンカープレート、サブプレートの形状と寸法

表9 アンカープレートの諸元

名称	規格寸法(mm)	板厚(mm)	質量(kg)
アンカープレート	300×300	4.5	3.8
	400×400	4.5	6.8
サブプレート	150×150	4.5	0.8

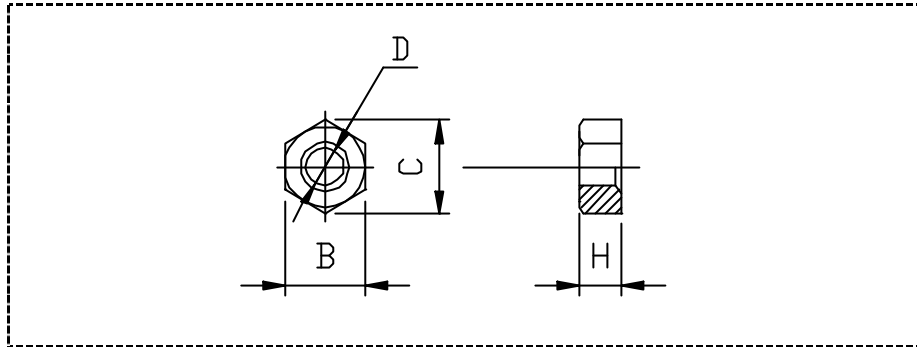


図8 アンカープレート止めナット標準図

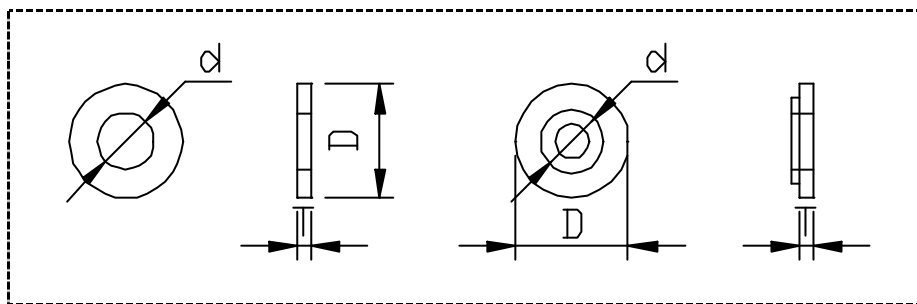


図9 アンカープレート止めワッシャー標準図

表10 アンカープレート止めナット・ワッシャーの種類と寸法

種類 ねじ寸法	ワッシャー (t × d × D) (mm)	ナット (H × B × C) (mm)	縁付ワッシャー (t × d × D) (mm)
M18	3.2 × 20 × 34	15 × 27 × 31.2	4.0 × 19 × 50
M20	—	16 × 30 × 34.6	4.0 × 21 × 50
M22	—	18 × 32 × 37.0	4.0 × 23 × 50
M24	—	19 × 36 × 41.6	4.5 × 25 × 50
M27	—	22 × 41 × 47.3	4.5 × 28 × 50

(6) コネクター

コンクリート製壁面材とタイバーを連結するために用いる構成部材でダブルコネクターとシングルコネクターの2種類がある。ダブルコネクターは、上下2枚の壁面材を接続する場合に用いる。また、シングルコネクターは、Tタイプの最上段、最下段に用いる。

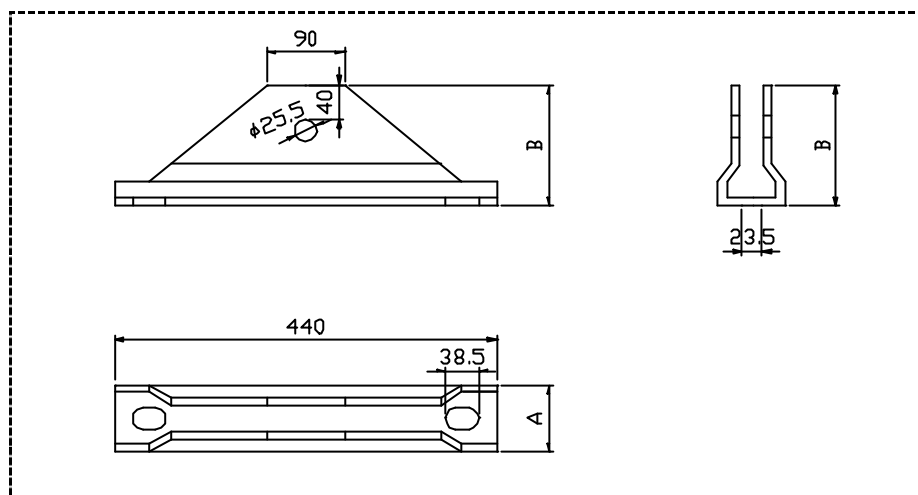


図 10 ダブルコネクターの標準図

表 11 ダブルコネクターの規格寸法

呼称	厚さ t (mm)	長さ (mm)	A (mm)	B (mm)
4.5D	4.5	440.0	69.0	134.5
6.0D	6.0	440.0	72.0	136.0
9.0D	9.0	440.0	78.0	139.0

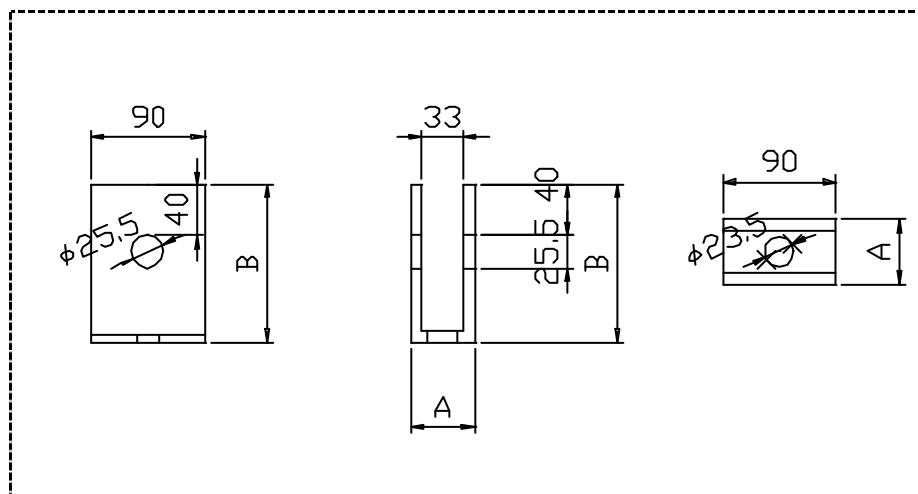


図 11 シングルコネクターの標準図

表 12 シングルコネクターの規格寸法

呼 称	厚さ t (mm)	長さ (mm)	A (mm)	B (mm)
4.5S	4.5	90.0	42.0	110.0
6.0S	6.0	90.0	45.0	111.5
9.0S	9.0	90.0	51.0	124.5

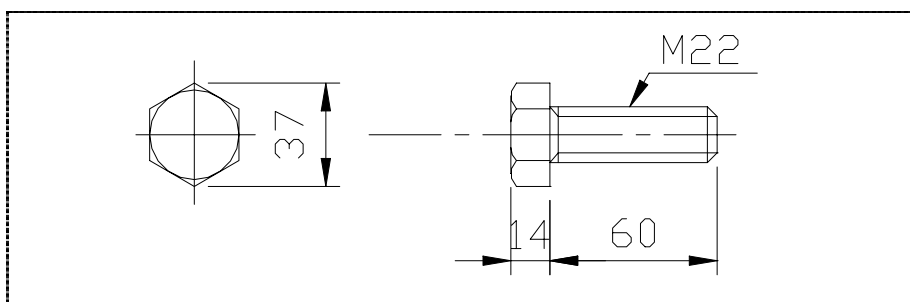


図 12 コネクター止めボルト標準図

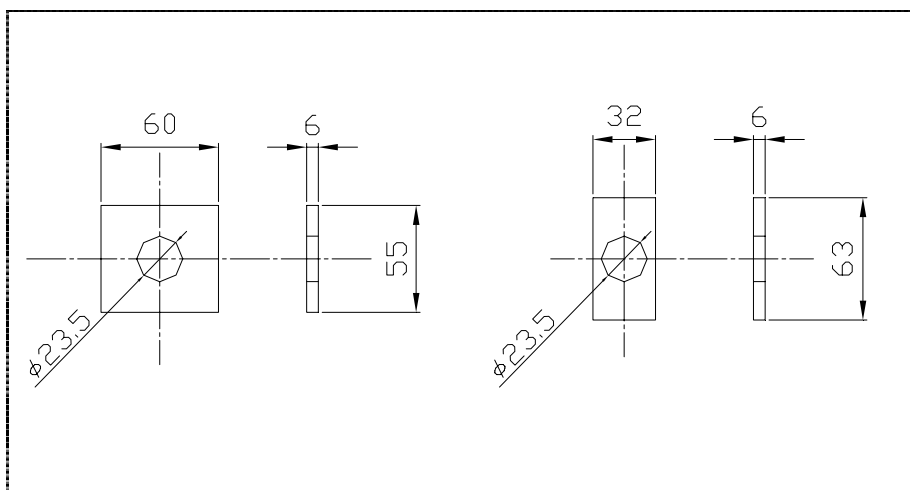


図 13 コネクター止めワッシャー標準図

表 13 コネクター止めボルトの種類と寸法

種 類	ボルト寸法	強度区分
シングル用	M22 × 60	4.6
ダブル用	M22 × 60	4.6

- 1) 建築構造用圧延鋼材(SN 鋼材): 社団法人鋼材倶楽部(建設省住宅局建築指導課監修), 1996.10
- 2) 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・日本建築主事会議・財団法人日本建築センター編集, 2001.6
- 3) 道路橋示方書・同解説: 社団法人日本道路協会, 2002.3

材質 SNR490B のタイバー用いた多数アンカー式補強土壁設計計算例

1. 補強土壁形状

補強土壁および地盤の形状は下図の通りである。

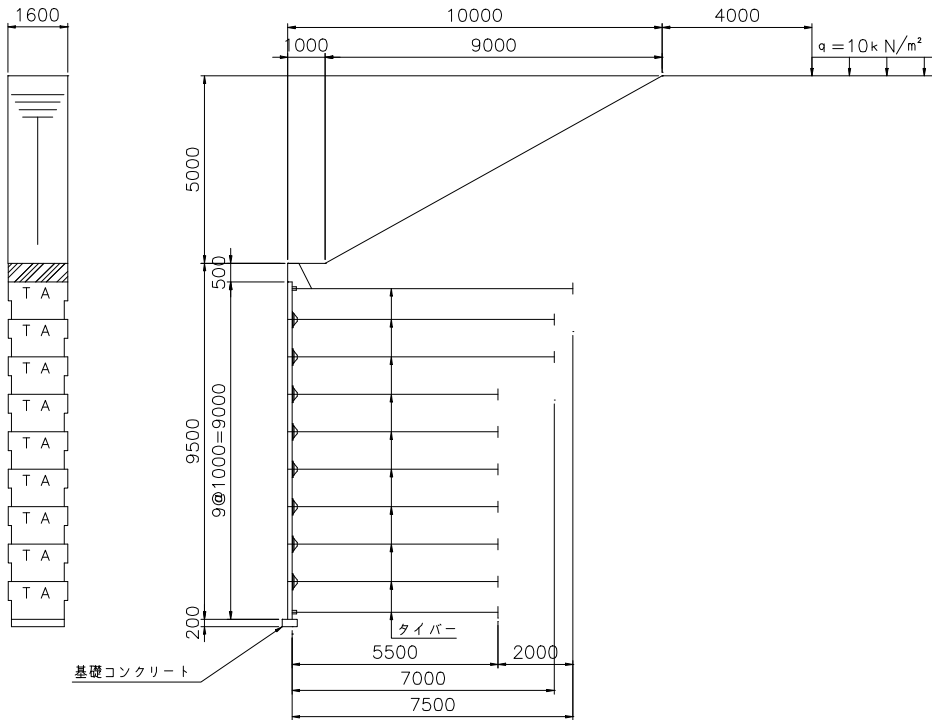


図 1 - 2 計算対象の多数アンカー式補強土壁

2. 設計条件

2.1 盛土材および基礎地盤の土質定数

土層番号	(kN/m^3)	' (kN/m^3)	C (kN/m^2)	($^{\circ}$)
盛土材	19.0	19.0	0.0	30.0
基 - 1	18.0	18.0	50.0	30.0

: 土の単位体積重量 (kN/m^3)

' : 土の水中単位体積重量 (kN/m^3)

C : 土の粘着力 (kN/m^2)

: 土の内部摩擦角 ($^{\circ}$)

注) ' = の時、土層は水位より上である。

2.2 施工形状

- (1) 補強土壁の全高 : $H = 9.0$ (m)
 (2) 壁面材の段数 : $N = 9$ (段)
 (3) 最上段壁面材の有効高さ : $H_0 = 1.000$ (m)
 (4) 壁面材の種類 : コンクリート製
 (5) 壁面材 1m^2 当たりの重量 : $W_{\text{wu}} = 2.61$ (kN/m²)
 (6) かさ石コンクリートの高さ : $H_k = 0.500$ (m)
 (7) 上載盛土高さ : $H_1 = 5.00$ (m); 1 : 1.8

2.3 設計外力

- (1) 分布荷重

上載荷重 番号	のり肩部 位置番号	離れ	荷重幅	常時	地震時
		B_G (m)	B_L (m)	q (kN/m ²)	q (kN/m ²)
荷 - 1	2	4.0	15.0	10.0	0.0

2.4 設計水平震度

$$kh = 0.15$$

2.5 基礎地盤への有効根入れ長および基礎地盤の土質定数

基礎地盤	有効根入れ長 (m)	(kN/m ³)	C (kN/m ²)	(°)
補強土壁の基礎地盤	$D_f = 0.500$	18.000	50.00	30.0
壁面直下の基礎地盤	$D_{fB} = 0.700$	18.000	50.00	30.0

2.6 基礎コンクリート

基礎工の種類	幅 b_c (m)	高さ h_c (m)	単位重量 c (kN/m ³)
布状基礎	0.400	0.200	23.0

2.7 設計安全率

安全率の種類	設計安全率	
	常時	地震時
アンカープレートの引抜きに対する安全率	Fs 3.0	Fs 2.0
滑動に対する安全率	Fs 1.5	Fs 1.2
支持力に対する安全率	Fs 2.0	Fs 1.5
円弧すべりに対する安全率	Fs 1.2	Fs 1.0

2.8 許容引張力一覧

単位：kN/本

項目	部材規格		適用 タイバー	常時		地震時	
				腐食代 0mm	腐食代 1.0mm	腐食代 0mm	腐食代 1.0mm
タイバー	M18			35.6	31.2	53.3	46.7
	M20			45.3	40.3	67.8	60.3
	M22			56.1	50.6	84.0	75.7
	M24			65.2	59.2	97.6	88.6
	M27			85.0	78.1	127.0	117.0
アンカー プレート	サブプレート 無し, 有り		M18	33.7 (無し)	26.2 (無し)	50.5 (無し)	39.3 (無し)
	サブプレート 有り		M20	74.7	58.1	112.0	87.2
			M22	79.9	62.2	120.0	93.2
			M24	89.9	69.9	135.0	105.0
			M27	102.0	79.5	153.0	119.0
コネクター	シングル コネクター	4.5S	M18	50.4	38.2	75.6	57.3
		6.0S	M20	67.2	54.6	101.0	81.9
			M22				
		9.0S	M24	101.0	87.4	151.0	131.0
	M27						
	ダブル コネクター	4.5D	M18	47.4	36.3	71.1	54.4
		6.0D	M20	64.0	52.4	96.1	78.6
			M22				
9.0D		M24	98.5	86.0	148.0	129.0	
	M27						
接続ロッドアイ 止めボルト	シングル コネクター用	8.8T	M18	59.2	50.6	88.8	75.8
			M20				
			M22				
		10.9 T	M24	77.3	66.0	116.0	99.0
	M27						
	ダブル コネクター用	8.8T	M18	81.4	68.8	122.0	103.0
			M20				
			M22				
10.9 T		M24	87.9	74.8	132.0	112.0	
	M27						
コネクター 止めボルト	シングル コネクター用	4.6T	M18	42.5	38.3	63.7	57.4
			M20				
			M22				
			M24				
			M27				
	ダブル コネクター用	4.6T	M18	85.0	76.5	127.0	115.0
			M20				
			M22				
			M24				
			M27				

3. 常時の内的安定の検討

3.1 タイバーに作用する引張力の算出

(1) 壁面における主動土圧係数

内的安定計算の土圧には下記の式を用いる。

$$K_A = \frac{\cos^2}{\cos \cdot \left\{ 1 + \sqrt{\frac{\sin(\delta + d)\sin\alpha}{\cos d}} \right\}^2} = 0.297$$

ただし、

K_A : 主動土圧係数

α : 盛土材の内部摩擦角 = 30.0 (°)

δ : 構造物背面と土との壁面摩擦角 (°)

$$= 2/3 = 20.0 (°)$$

(2) 盛土の主動崩壊角

$$\cot A = \sec(\alpha + \delta) \sqrt{\frac{\cos \alpha \cdot \sin(\alpha + \delta)}{\sin \alpha}} - \tan(\alpha + \delta) = 0.675$$

$$A = 56.0 (度)$$

(3) 上載盛土の荷重換算高

荷重換算高を主動崩壊角よりもとめる。

$$H_2 = 3.319 (m)$$

(4) 上載盛土が壁面に影響する範囲

上載荷重の影響線より下方について荷重の影響を考慮する。

上載荷重 番号	のり肩部 位置番号	離れ	荷重幅	上載荷重	鉛直距離
		$B_G (m)$	$B_L (m)$	$q (kN/m^2)$	$z_q (kN/m^2)$
荷 - 1	2	4.000	15.000	10.000	23.000

ただし、

z_q : 壁面天端より上載荷重が壁面に影響する点までの鉛直距離 (m)

B_G : のり肩から荷重までの水平距離 (m)

(5) タイバーに作用する引張力

1) 壁面に作用する土圧強度

内的安定計算においては、 $H + H_2$ を仮定の壁高として土圧強度を算出する。

$$p_i = K_A \cdot \gamma \cdot (z + H_2) + K_A \cdot q$$

ただし、

p_i : z 深さにおける壁面の主働土圧強度 (kN/m²)

K_A : 主働土圧係数 = 0.297

γ : 盛土材の単位体積重量 = 19.000 (kN/m³)

z : 補強土壁天端からの深さ (m)

H_2 : 上載盛土の荷重換算高さ = 3.319 (m)

q : 影響範囲内の上載荷重 (kN/m²)

2) 壁面に作用する土圧力

$$P_i = \{p_{(i)} + p_{(i+1)}\} / 2$$

i	z_i (m)	z (m)	q (kN/m ²)	p_i (kN/m ²)	P_i (kN/m ²)
1	0.175	0.000	0.000	18.75	20.16
		0.500	0.000	21.57	
2	1.000	0.500	0.000	21.57	24.40
		1.500	0.000	27.22	
3	2.000	1.500	0.000	27.22	30.05
		2.500	0.000	32.87	
4	3.000	2.500	0.000	32.87	35.70
		3.500	0.000	38.52	
5	4.000	3.500	0.000	38.52	41.34
		4.500	0.000	44.17	
6	5.000	4.500	0.000	44.17	46.99
		5.500	0.000	49.82	
7	6.000	5.500	0.000	49.82	52.64
		6.500	0.000	55.47	
8	7.000	6.500	0.000	55.47	58.29
		7.500	0.000	61.12	
9	8.000	7.500	0.000	61.12	63.94
		8.500	0.000	66.77	
10	8.815	8.500	0.000	66.77	68.18
		9.000	0.000	69.59	

ただし、

P_i : i 段目のタイバー位置壁面に作用する土圧強度 (kN/m²)

z_i : 壁面天端より i 段目のタイバーまでの深さ (m)

z : i 段目のタイバーが受け持つ範囲 (m)

3) 壁面に作用する土圧力

$$P_{hi} = P_i \cdot \cos \theta \cdot H_i \cdot L_i$$

$$T_i = P_{hi}$$

ただし、

P_{hi} : i 段目のタイバー位置壁面に作用する水平土圧力 (kN/本)

P_i : i 段目のタイバー位置壁面に作用する土圧強度 (kN/m²)

θ : 壁面摩擦角 = 20.0 (°)

H_i : タイバーの鉛直方向の間隔 (m)

L_i : タイバーの水平方向の間隔 (m)

T_i : i 段目のタイバーに作用する引張力 (kN/本)

z_i : 壁面天端より i 段目のタイバーまでの深さ (m)

i	z_i (m)	P_i (kN/m ²)	$\cos \theta$	H_i (m)	L_i (kN/本)	P_{hi} (kN/本)	T_i (kN/本)
1	0.175	20.16	0.940	0.500	0.750	7.10	7.10
2	1.000	24.40	0.940	1.000	0.750	17.19	17.19
3	2.000	30.05	0.940	1.000	0.750	21.18	21.18
4	3.000	35.70	0.940	1.000	0.750	25.16	25.16
5	4.000	41.34	0.940	1.000	0.750	29.14	29.14
6	5.000	46.99	0.940	1.000	0.750	33.12	33.12
7	6.000	52.64	0.940	1.000	0.750	37.10	37.10
8	7.000	58.29	0.940	1.000	0.750	41.08	41.18
9	8.000	63.94	0.940	1.000	0.750	45.06	45.06
10	8.815	68.18	0.940	0.500	0.750	24.02	24.02

4. 部材の選定

材質 SNR490B のタイバーを用いた場合の部材選定

i	引張力	タイバー	コネクター	アンカープレート	接続ロッド・アイ止ボルト
	Ti (kN/本)	呼称径 (許容引張力)	サイズ (許容引張力)	規格 (許容引張力)	ボルト強度 (許容引張力)
1	7.10	M18	4.5S	サブなしM18	呼称8.8S用
		(31.2)	(38.2)	(26.2)	(50.6)
2	17.19	M18	4.5D	サブなしM18	呼称8.8D用
		(31.2)	(36.3)	(26.2)	(68.8)
3	21.18	M18	4.5D	サブなしM18	呼称8.8D用
		(31.2)	(36.3)	(26.2)	(68.8)
4	25.16	M18	4.5D	サブなしM18	呼称8.8D用
		(31.2)	(36.3)	(26.2)	(68.8)
5	29.14	M20	6.0D	サブありM20	呼称8.8D用
		(40.3)	(52.4)	(58.1)	(68.8)
6	33.12	M20	6.0D	サブありM20	呼称8.8D用
		(40.3)	(52.4)	(58.1)	(68.8)
7	37.10	M20	6.0D	サブありM20	呼称8.8D用
		(40.3)	(52.4)	(58.1)	(68.8)
8	41.08	M22	6.0D	サブありM22	呼称8.8D用
		(50.6)	(52.4)	(62.2)	(68.8)
9	45.06	M22	6.0D	サブありM22	呼称8.8D用
		(50.6)	(52.4)	(62.2)	(68.8)
10	24.02	M22	6.0S	サブありM22	呼称8.8S用
		(50.6)	(54.6)	(62.2)	(50.6)

【参考：材質 SS400 のタイバーを用いた場合の部材選定】

i	引張力	タイバー	コネクター	アンカープレート	接続ロッド・アイ止ボルト
	Ti (kN/本)	呼称径 (許容引張力)	サイズ (許容引張力)	規格 (許容引張力)	ボルト強度 (許容引張力)
1	7.10	M20	4.5S	サブなしM20	呼称8.8S用
		(30.5)	(38.2)	(29.1)	(50.6)
2	17.19	M20	4.5D	サブなしM20	呼称8.8D用
		(30.5)	(36.3)	(29.1)	(68.8)
3	21.18	M20	4.5D	サブなしM20	呼称8.8D用
		(30.5)	(36.3)	(29.1)	(68.8)
4	25.16	M20	4.5D	サブなしM20	呼称8.8D用
		(30.5)	(36.3)	(29.1)	(68.8)
5	29.14	M22	6.0D	サブありM22	呼称8.8D用
		(38.3)	(52.4)	(62.2)	(68.8)
6	33.12	M22	6.0D	サブありM22	呼称8.8D用
		(38.3)	(52.4)	(62.2)	(68.8)
7	37.10	M22	6.0D	サブありM22	呼称8.8D用
		(38.3)	(52.4)	(62.2)	(68.8)
8	41.08	M24	6.0D	サブありM24	呼称8.8D用
		(44.8)	(52.4)	(69.9)	(68.8)
9	45.06	M27	9.0D	サブありM27	呼称10.9D用
		(59.1)	(86.0)	(79.5)	(74.8)
10	24.02	M27	9.0S	サブありM27	呼称10.9S用
		(59.1)	(87.4)	(79.5)	(66.0)

5. タイバーの必要長さ（アンカープレート埋設位置）の検討

設計タイバー長は主働崩壊線より所定の定着長を確保し、施工性を考慮して決定する。

$$L_{ri} = L_{r1i} + L_{r2i}$$

ただし、

L_{ri} : タイバーの必要長さ (m)

L_{r1i} : i 段目タイバーの高さで壁背面から主働崩壊線までの距離 (m)

L_{r2i} : 定着長 (m)

h : 壁下面からの距離 (m)

A : 盛土材の主働崩壊角 = 56.0 (°)

i	h (m)	L_{r1i} (m)	L_{r2i} (m)	必要長 L_{ri} (m)	設計長 L_i (m)
1	8.825	5.956	1.200	7.156	7.500
2	8.000	5.399	1.200	6.599	7.000
3	7.000	4.724	1.200	5.924	7.000
4	6.000	4.049	1.200	5.249	5.500
5	5.000	3.375	1.200	4.575	5.500
6	4.000	2.700	1.200	3.900	5.500
7	3.000	2.025	1.200	3.225	5.500
8	2.000	1.350	1.200	2.550	5.500
9	1.000	0.675	1.200	1.875	5.500
10	0.185	0.125	1.200	1.325	5.500

6. アンカープレートの引抜きに対する検討

6.1 アンカープレート周りの拘束圧

$$q_{pi} = K_A \cdot \gamma \cdot (H_{pi} + z_i + H_k) + K_A \cdot q_i$$

ただし、

q_{pi} : i 段目のタイバーのアンカープレート周りの拘束力 (kN/ m²)

K_A : 主働土圧係数 = 0.2973

γ : 盛土材の単位体積重量 = 19.000 (kN/ m³)

H_{pi} : アンカープレートの埋設位置での上載盛土高さ (m)

z_i : 壁面天端より i 段目のタイバーまでの深さ (m)

H_k : かさ石コンクリート高さ = 0.500(m)

q_i : アンカープレート位置での上載荷重 (kN/ m²)

i	z _i (m)	H _{pⁱ} (m)	q _i (kN/m ²)	q _{pⁱ} (kN/m ²)
1	0.175	3.611	0.000	24.21
2	1.000	3.333	0.000	27.30
3	2.000	3.333	0.000	32.95
4	3.000	2.500	0.000	33.89
5	4.000	2.500	0.000	39.54
6	5.000	2.500	0.000	45.19
7	6.000	2.500	0.000	50.84
8	7.000	2.500	0.000	56.49
9	8.000	2.500	0.000	62.14
10	8.815	2.500	0.000	66.74

6.2 アンカープレートの許容引抜き抵抗力

(1) 壁面に作用する土圧強度

$$Q_{pui} = C \cdot N_c + q_{pi} \cdot N_q - q_{pi}$$

ただし、

Q_{pui} : アンカープレートの極限引抜き抵抗力 (kN/m²)

q_{pi} : アンカープレート周りの拘束圧 (kN/m²)

C : 盛土材の粘着力 = 0.0 (kN/m²)

: 盛土材の内部摩擦角 = 30.0 (°)

N_c : 引抜き支持力係数 = 73.0

(多数アンカー設計施工マニュアル支持力係数表より)

N_q : 引抜き支持力係数 = 40.5

(多数アンカー設計施工マニュアル支持力係数表より)

(2) アンカープレートの許容引抜き抵抗力

$$T_{ai} = Q_{pui} \cdot A_{pi} / F_{pu}$$

ただし、

T_{ai} : i 段目タイバー位置でのアンカープレート許容引抜き抵抗力 (kN/本)

Q_{pui} : アンカープレートの極限引抜き抵抗力 (kN/m²)

b_i : アンカープレートの全幅の 1/2 (m)

A_{pi} : i 段目タイバーのアンカープレートの面積 (m^2)

F_{Pu} : アンカープレートの極限引抜き抵抗に対する安全率 = 3.000

i	$2 \cdot b_i$ (m)	A_{pi} (m^2)	q_{pi} (kN/m^2)	Q_{pui} (kN/m^2)	T_{ai} ($kN/本$)
1	0.300	0.090	24.21	956.38	28.69
2	0.300	0.090	27.30	1078.48	32.35
3	0.300	0.090	32.95	1301.62	39.05
4	0.300	0.090	33.89	1338.80	40.16
5	0.300	0.090	39.54	1561.94	46.86
6	0.300	0.090	45.19	1785.07	53.55
7	0.300	0.090	50.84	2008.21	60.25
8	0.300	0.090	56.49	2231.34	66.94
9	0.300	0.090	62.14	2454.47	73.63
10	0.300	0.090	66.74	2636.33	79.09

(3) アンカープレートの許容引抜き抵抗力

$T_i \quad T_{ai} \quad \dots \quad OK (\quad)$

ただし、

T_i : アンカープレートに作用する引抜き力 ($kN/本$)

T_{ai} : アンカープレートの許容引抜き抵抗力 ($kN/本$)

b_i : アンカープレートの全幅の $1/2$ (m)

L_i : タイバーの水平方向の間隔 (m)

L_i : 壁面から i 段目の仮想背面 (アンカープレート位置) までの距離 (m)

i	2・b _i (m)	L _i (m)	L _i (m)	T _i (kN/本)	T _{ai} (kN/本)	判定
1	0.300	0.750	7.500	7.10	28.69	
2	0.300	0.750	7.000	17.19	32.35	
3	0.300	0.750	7.000	21.18	39.05	
4	0.300	0.750	5.500	25.16	40.16	
5	0.300	0.750	5.500	29.14	46.86	
6	0.300	0.750	5.500	33.12	53.55	
7	0.300	0.750	5.500	37.10	60.25	
8	0.300	0.750	5.500	41.08	66.94	
9	0.300	0.750	5.500	45.06	73.64	
10	0.300	0.750	5.500	24.02	79.09	

7. 常時の外的安定検討

7.1 滑動に対する安定

(1) 補強土壁の背面に作用する土圧力

仮想背面に作用する土圧を試行くさび法により計算する。

B : 擬似擁壁の幅 (補強領域の長さ) = 5.500 (m)

h₀ : すべり基準高さ = 0.000 (m)

: 盛土材の単位体積重量 = 19.0 (kN/m³)

c : 盛土材の粘着力 = 0.00 (kN/m²)

: 盛土材の内部摩擦角 = 30.0 (°)

': 擬似擁壁背面と盛土材との摩擦角 = 29.1 (°)

W₁ : 擬似擁壁の自重 = 1099.62 (kN/m)

W_q : 擬似擁壁上の載荷重 = 0.000 (kN/m)

: すべり線と水平面のなす角度 = 52.2 (°)

L_s : すべり線の長さ = 18.361 (m)

W₂ : くさびの自重 + くさび上の載荷重 = 1472.32 (kN/m)

P : 背面土圧 = 559.45 (kN/m)

P_H : 土圧 P の水平方向成分 = P · cos = 488.83 (kN/m)

P_V : 土圧 P の鉛直方向成分 = P · sin = 272.08 (kN/m)

$$P = \frac{\{-C \cdot L_s \cdot \cos \quad - W_2 \cdot \sin(\quad - \quad)\}}{\cos(\quad + \quad - \quad)}$$

ただし、

P : 土圧計算するくさびブロックから受働側仮想面に作用する土圧合力 (背面土圧)

' : 土圧計算するくさびブロックの受働側および主働側仮想面の壁面摩擦角

W₂ : 土圧計算するくさびブロックの自重

L_s, : 土圧計算するくさびブロックのすべり線の長さおよびすべり線が水平線となす角

(2) 滑動に作用する安定

擬似擁壁の滑動に対して安全率を求める。

$$F_s = \frac{C \cdot B + \mu \cdot V}{H}$$

$$= \frac{C \cdot B + \mu \cdot (P_v + W_r)}{P_H} = 1.62 \quad F_{sa} = 1.500 \cdots \text{安定している}$$

ただし、

F_s : 滑動に対する安全率

F_{sa} : 滑動に対する許容安全率

V : 擬似擁壁の底面における全鉛直荷重 = 1371.70 (kN/m)

H : 擬似擁壁の底面における全水平荷重 = 488.83 (kN/m)

B : 擬似擁壁の幅 (補強領域の長さ) = 5.500 (m)

C : 擬似擁壁底面と基礎地盤との間の付着力 = 0.00 (kN/m²)

μ : 擬似擁壁の底面と基礎地盤との摩擦係数 = 0.577

W_r : 擬似擁壁の自重および上載荷重の合計 (kN/m)

$$W_r = W_1 + W_q = 1099.63 + 0.000 = 1099.63 \text{ (kN/m)}$$

7.2 基礎地盤（補強土壁全幅）に対する検討

擬似擁壁底面に作用する自重、上載荷重、並びに仮想背面の土圧による地盤反力度を考慮する。

(1) 基礎地盤の極限支持力度

$$Q_u = k \cdot C' \cdot N'_c + k \cdot \gamma' \cdot D_f \cdot N'_q + \gamma' \cdot B \cdot N'_r / 2 = 944.50 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

ただし、

Q_u : 基礎地盤の極限支持力度 (kN/m²)

k : 根入れ効果に対する割増し係数

$$k = 1 + 0.3 \cdot D_f / B = 1.011$$

D_f : 基礎地盤への有効根入れ深さ = 0.5 (m)

B : 擬似擁壁の幅 (補強領域の長さ) = 5.500 (m)

γ' : 基礎地盤の単位体積重量 = 18.000 (kN/m³)

C' : 基礎地盤の粘着力 = 50.000 (kN/m²)

γ' : 基礎地盤のせん断抵抗角 = 30.0 (°)

N'_c : 支持力係数 = 14.024

N'_q : 支持力係数 = 8.138

N'_r : 支持力係数 = 3.010

$\tan \delta$: 荷重の傾斜 = $H / V = 0.356$

V : 擬似擁壁の底面における全鉛直荷重

$$V = P_V + W_r = 272.08 + 1099.62 = 1371.70 \text{ (kN/m)}$$

H : 擬似擁壁の底面における全水平荷重

$$H = P_H = 488.83 \text{ (kN/m)}$$

(2) 補強土壁全幅の支持力に関する検討

$$Q = \frac{V}{B} = 249 \quad Q_a = 472 \text{ (kN/m}^2\text{)} \cdots \text{満足している}$$

ただし、

Q : 地盤反力度 (kN/m²)

Q_a : 地盤の許容支持力度 (kN/m²)

$$Q_a = Q_u / F_s = 472 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

Q_u : 地盤の極限支持力度 = 944.56 (kN/m²)

F_s : 地盤の支持に対する安全率 = 2.000

V : 擬似擁壁の底面における全鉛直荷重 = 1371.70 (kN/m)

B : 擬似擁壁の幅 (補強領域の長さ) = 5.500 (m)

7.3 基礎地盤 (壁面直下) に関する検討

基礎上に作用する壁面材重量、土圧鉛直成分等による地盤反力度を考慮する。

(1) 壁面に作用する鉛直土圧

$$P_v = P_i \cdot \sin \cdot H_i = 135.96 \text{ (kN/m)}$$

ただし、

P_v : 土圧の鉛直分力 (kN/m)

P_i : 壁面土圧強度 (kN/m²)

: 壁面摩擦角 = 20.0 (°)

H_i : 鉛直方向の間隔 (m)

i	Z_i (m)	P_i (kN/m ²)	sin	H_i (m)	P_{vi} (kN/m)
1	0.175	20.16	0.342	0.500	3.45
2	1.000	24.40	0.342	1.000	8.34
3	2.000	30.05	0.342	1.000	10.28
4	3.000	35.70	0.342	1.000	12.21
5	4.000	41.34	0.342	1.000	14.14
6	5.000	46.99	0.342	1.000	16.07
7	6.000	52.64	0.342	1.000	18.00
8	7.000	58.29	0.342	1.000	19.94
9	8.000	63.94	0.342	1.000	21.87
10	8.815	68.18	0.342	0.500	11.66
				$P_v=135.96$	

(2) 基礎コンクリート下部に作用する鉛直荷重

$$V_B = W_w + W_c + P_v = 162.60 \text{ (kN/m)}$$

ただし、

V_B : 壁面直下において基礎地盤に作用する全鉛直荷重 (kN/m)

W_w : 壁面材自重 (kN/m)

$$W_w = W_{wu} \cdot H = 24.80 \text{ (kN/m)}$$

W_{wu} : 壁面材 1m²あたりの重量 = 2.61 (kN/m²)

H : 補強土壁の全高 = 9.500 (m)

W_c : 基礎コンクリート自重による鉛直力 (kN/m)

$$W_c = \gamma_c \cdot b_c \cdot h_c = 1.840 \text{ (kN/m)}$$

γ_c : 基礎コンクリートの単位体積重量 = 23.000 (kN/m³)

b_c : 基礎コンクリートの幅 = 0.400 (m)

h_c : 基礎コンクリートの高さ = 0.200 (m)

P_v : 壁面に働く鉛直土圧 = 135.96 (kN/m)

(3) 基礎地盤の極限支持力度

$$Q_{uB} = k_B \cdot C' \cdot N'_c + k_B \cdot \gamma' \cdot D_{fB} \cdot N'_q + \gamma' \cdot b_c \cdot N'_r / 2 = 2703.92 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

ただし、

Q_{uB} : 基礎地盤の極限支持力度 (kN/m²)

k_B : 根入れ効果に対する割増し係数

$$k_{aB} = 1 + 0.3 \cdot D_{fB} / b_c = 1.525$$

D_{fB} : 基礎地盤への有効根入れ深さ

$$D_{fB} = D_f + h_c = 0.700 \text{ (m)}$$

b_c : 基礎コンクリートの幅 = 0.400 (m)

h_c : 基礎コンクリートの高さ = 0.200 (m)

C' : 基礎地盤の粘着力 = 50.000 (kN/m²)

γ' : 基礎地盤の単位体積重量 = 18.000 (kN/m³)

$\tan \delta$: 荷重の傾斜 = 0.000

N'_c : 支持力係数 = 30.140

N'_q : 支持力係数 = 18.401

N'_r : 支持力係数 = 14.500

(4) 壁面直下の支持力に対する検討

$$Q_B = \frac{V_B}{b_c} = 406 \quad Q_{Ba} = 1352 \text{ (kN/m}^2\text{)} \cdots \text{満足している}$$

ただし、

Q_B : 地盤反力度 (kN/m²)

Q_{Ba} : 地盤の許容支持力度 (kN/m²)

$$Q_{Ba} = Q_{uB} / F_s = 1352 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

Q_{uB} : 地盤の極限支持力度 = 2703.92 (kN/m²)

F_s : 地盤の支持に対する安全率 = 2.000

V_B : 壁面直下において基礎地盤に作用する全鉛直荷重 = 162.60 (kN/m)

b_c : 基礎コンクリートの幅 (補強領域の長さ) = 0.400 (m)

7.4 転倒に対する検討

転倒に対する検討結果

$$e = B / 2 - d = 0.183 \quad B / 6 = 0.917 \quad \dots \quad \text{OK}$$

ただし、

B : 擬似擁壁の幅 (補強領域の長さ) (m)

d : 補強土壁つま先から合力作用点までの距離 (m)

$$d = \frac{\sum M}{\sum V}$$

ただし、

M : つま先まわりのモーメント = 4063.69 (kN・m/m)

V : 擬似擁壁の底面における全鉛直荷重 = 1582.82 (kN・m/m)

8 . 常時の円弧すべりによる安定検討

8.1 各段に発生する補強せん断強度増分

常時のアンカープレートの引抜き抵抗力から補強効果によるせん断力増分を求める。

$$r_i = \frac{T_{pi}}{2 \times H_i \times L_i} \times \sqrt{K_p}$$

但し、

$$K_p = 3.00$$

$$= 30^\circ$$

$$T_{pi} = \text{Min}(T_{ai}, R_{ti})$$

ただし、

r_i : 盛土の補強せん断強度増分 (kN/m²)

T_{pi} : 常時の補強材の最小許容引張力 (kN/本)

R_{ti} : 降伏点強度による補強材の引張強さ (kN/本)

H_i : 鉛直方向の間隔 (m)

L_i : タイバーの水平方向の間隔 (m)

T_{ai} : i 段目タイバー位置でのアンカープレート許容引抜き抵抗 (kN/本)

F_s : 鋼材許容応力の降伏点強度に対する安全率 = 1.68(SS400) , 1.76(SN)

z_i : 壁面天端より i 段目のタイバーまでの深さ (m)

i	z_i (m)	H_i (m)	L_i (m)	T_{ai} (kN/ 本)	R_{ri} (kN/ 本)	T_{pi} (kN/ 本)	r_i (kN/ m ²)
1	0.175	(1.000)	0.750	28.69	44.02	28.69	33.13
2	1.000	1.000	0.750	32.35	44.02	32.35	37.36
3	2.000	1.000	0.750	39.05	44.02	39.05	45.09
4	3.000	1.000	0.750	40.16	44.02	40.16	46.38
5	4.000	1.000	0.750	46.86	70.93	46.86	54.11
6	5.000	1.000	0.750	53.55	70.93	53.55	61.84
7	6.000	1.000	0.750	60.25	70.93	60.25	69.57
8	7.000	1.000	0.750	66.94	89.06	66.94	77.30
9	8.000	1.000	0.750	73.63	89.06	73.63	85.03
10	8.815	(1.000)	0.750	79.09	89.06	79.09	91.33

8.2 補強土壁の円弧すべり安定計算

(1) 補強土壁の内的安定に対する計算式

$$F_s = \frac{R (c_i l_i + W_i \cdot \cos \theta_i \cdot \tan \phi_i)}{R - W_i \cdot \sin \theta_i}$$

ただし、

F_s : 円弧すべりに対する安全率

R : すべり円弧の半径 (m)

c_i : 土の粘着力、または補強せん断強度増分 c_r (kN/m²)

l_i : スライス底面の長さ (m)

W_i : スライスの全重量 (kN/m)

θ_i : スライス底面が水平面となす角度 (°)

i : 内部摩擦角 (°)

(2) 補強時の円弧すべり安定計算結果

項目	記号	単位	常時
最小安全率	F_{Smin}		1.57
	F_{sa}		(1.20)
抵抗モーメント	$M_R + M_T$	kN · m /m	34227.7
起動モーメント	M_D		21770.8
円中心X座標	X	m	0.000
円中心Y座標	Y		14.5
半径	R	m	15.58

() 内は許容値

9 . 地震時の内的安定の検討

9.1 タイバーに作用する引張力の算出

(1) 壁面における主動土圧係数

地震時の内的安定計算の土圧には下記の式を用いる。

$$K_{AE} = K_A + \frac{k_h}{\tan A} = 0.399$$

ただし、 $\delta < 0$ の場合には、 $\sin(\delta) = 0$ とする。

A : 常時主動崩壊角 = 56.0 (°)

K_A : 常時の主動土圧係数 = 0.297

k_h : 設計水平震度 = 0.15

(2) タイバーに作用する引張力

1) 壁面に作用する土圧強度

内的安定計算においては、 $H + H_2$ を仮定の壁高として土圧強度を算出する。

$$p_i = K_{AE} \cdot \gamma \cdot (z + H_2) + K_{AE} \cdot q$$

ただし、

p_i : z 深さにおける壁面の主動土圧強度 (kN/m²)

K_{AE} : 主動土圧係数 = 0.399

- : 盛土材の単位体積重量 = 19.0 (kN/m³)
- z : 壁面天端からの深さ (m)
- H₂ : 上載盛土の荷重換算高さ = 3.319 (m)
- q : 影響範囲内の上載荷重 (kN/m²)

2) 壁面に作用する土圧力

$$P_i = \{p_{(i)} + p_{(i+1)}\} / 2$$

ただし、

- P_i : i 段目のタイバー位置壁面に作用する土圧強度 (kN/m²)
- z_i : 壁面天端より i 段目のタイバーまでの深さ (m)
- z : i 段目のタイバーが受け持つ範囲 (m)

i	z _i (m)	z (m)	q (kN/m ²)	p _i (kN/m ²)	P _i (kN/m ²)
1	0.175	0.000	0.000	25.13	27.03
		0.500	0.000	28.92	
2	1.000	0.500	0.000	28.92	32.71
		1.500	0.000	36.49	
3	2.000	1.500	0.000	36.49	40.28
		2.500	0.000	44.06	
4	3.000	2.500	0.000	44.06	47.85
		3.500	0.000	51.64	
5	4.000	3.500	0.000	51.64	55.42
		4.500	0.000	59.21	
6	5.000	4.500	0.000	59.21	63.00
		5.500	0.000	66.78	
7	6.000	5.500	0.000	66.78	70.57
		6.500	0.000	74.35	
8	7.000	6.500	0.000	74.35	78.14
		7.500	0.000	81.93	
9	8.000	7.500	0.000	81.93	85.71
		8.500	0.000	89.50	
10	8.815	8.500	0.000	89.50	91.39
		9.000	0.000	93.29	

3) 壁面に作用する水平土圧力

$$P_{hi} = P_i \cdot \cos \theta \cdot H_i \cdot L_i$$

ただし、

- P_{hi} : i 段目のタイバー位置壁面に作用する水平土圧力 (kN/本)

P_i : i 段目のタイバー位置壁面に作用する土圧強度 (kN/m²)
 : 壁面摩擦角 = 15.0 (°)
 H_i : タイバーの鉛直方向の間隔 (m)
 L_i : タイバーの水平方向の間隔 (m)

4) 壁面に作用する設計水平震度による水平力

$$W_{hi} = W_{wu} \cdot kh \cdot H_i \cdot L_i$$

ただし、

W_{hi} : 設計水平震度による壁面材の水平力 (kN/本)

H_i : タイバーの鉛直方向の間隔 (m)

L_i : タイバーの水平方向の間隔 (m)

W_{wu} : 壁面材 1m² の重量 = 2.61 (kN/m²)

kh : 設計水平震度 = 0.15

5) タイバーに作用する引張力

$$T_i = P_{hi} + W_{hi}$$

ただし、

T_i : i 段目のタイバーに作用する引張力 (kN/本)

P_{hi} : i 段目のタイバー位置壁面に作用する水平土圧力 (kN/本)

W_{hi} : 設計水平震度による壁面材の水平力 (kN/本)

i	z_i (m)	P_i (kN/m ²)	cos (m)	H_i (m)	L_i (kN/本)	P_{hi} (kN/本)	W_{hi} (kN/本)	T_i (kN/本)
1	0.175	27.03	0.966	0.500	0.750	9.79	0.15	9.94
2	1.000	32.71	0.966	1.000	0.750	23.69	0.29	23.99
3	2.000	40.28	0.966	1.000	0.750	29.18	0.29	29.47
4	3.000	47.85	0.966	1.000	0.750	34.67	0.29	34.96
5	4.000	55.42	0.966	1.000	0.750	40.15	0.29	40.44
6	5.000	63.00	0.966	1.000	0.750	45.64	0.29	45.93
7	6.000	70.57	0.966	1.000	0.750	51.12	0.29	51.42
8	7.000	78.14	0.966	1.000	0.750	56.61	0.29	56.90
9	8.000	85.71	0.966	1.000	0.750	62.09	0.29	62.39
10	8.815	91.39	0.966	0.500	0.750	33.10	0.15	33.25

9.2 部材の選定

材質 SNR490B のタイバーを用いた場合の部材選定

i	引張力	タイバー	コネクタ	アンカープレート	接続ロッド・アイ止ボルト
	Ti (許容引張力)	呼称径 (許容引張力)	サイズ (許容引張力)	規格 (許容引張力)	ボルト強度 (許容引張力)
1	9.94	M18	4.5S	サブなしM18	呼称8.8S用
		(46.7)	(57.3)	(39.3)	(75.8)
2	23.99	M18	4.5D	サブなしM18	呼称8.8D用
		(46.7)	(54.4)	(39.3)	(103.2)
3	29.47	M18	4.5D	サブなしM18	呼称8.8D用
		(46.7)	(54.4)	(39.3)	(103.2)
4	34.96	M18	4.5D	サブなしM18	呼称8.8D用
		(46.7)	(54.4)	(39.3)	(103.2)
5	40.44	M20	6.0D	サブありM20	呼称8.8D用
		(60.3)	(78.6)	(87.1)	(103.2)
6	45.93	M20	6.0D	サブありM20	呼称8.8D用
		(60.3)	(78.6)	(87.1)	(103.2)
7	51.42	M20	6.0D	サブありM20	呼称8.8D用
		(60.3)	(78.6)	(87.1)	(103.2)
8	56.90	M22	6.0D	サブありM22	呼称8.8D用
		(75.7)	(78.6)	(93.2)	(103.2)
9	62.39	M22	6.0D	サブありM22	呼称8.8D用
		(75.7)	(78.6)	(93.2)	(103.2)
10	33.25	M22	6.0S	サブありM22	呼称8.8S用
		(75.7)	(81.9)	(93.2)	(75.8)

【参考：材質 SS400 のタイバーを用いた場合の部材選定】

i	引張力	タイバー	コネクタ	アンカープレート	接続ロッド・アイ止ボルト
	Ti (許容引張力)	呼称径 (許容引張力)	サイズ (許容引張力)	規格 (許容引張力)	ボルト強度 (許容引張力)
1	9.94	M20	4.5S	サブなしM20	呼称8.8S用
		(45.7)	(57.3)	(43.6)	(75.8)
2	23.99	M20	4.5D	サブなしM20	呼称8.8D用
		(45.7)	(54.4)	(43.6)	(103.2)
3	29.47	M20	4.5D	サブなしM20	呼称8.8D用
		(45.7)	(54.4)	(43.6)	(103.2)
4	34.96	M20	4.5D	サブなしM20	呼称8.8D用
		(45.7)	(54.4)	(43.6)	(103.2)
5	40.44	M22	6.0D	サブありM22	呼称8.8D用
		(57.4)	(78.6)	(93.2)	(103.2)
6	45.93	M22	6.0D	サブありM22	呼称8.8D用
		(57.4)	(78.6)	(93.2)	(103.2)
7	51.42	M22	6.0D	サブありM22	呼称8.8D用
		(57.4)	(78.6)	(93.2)	(103.2)
8	56.90	M24	6.0D	サブありM24	呼称8.8D用
		(67.2)	(78.6)	(104.8)	(103.2)
9	62.39	M27	9.0D	サブありM27	呼称10.9D用
		(88.7)	(129.0)	(119.2)	(112.2)
10	33.25	M27	9.0S	サブありM27	呼称10.9S用
		(88.7)	(131.0)	(119.2)	(99.0)

9.3 タイバーの必要長さ（アンカープレート埋設位置）の検討

設計タイバー長は主働崩壊線より所定の定着長を確保し、施工性を考慮して決定する。

$$L_{ri} = L_{r1i} + L_{r2i}$$

ただし、

L_{ri} : タイバーの必要長さ (m)

L_{r1i} : i 段目タイバーの高さで壁背面から主働崩壊線までの距離 (m)

L_{r2i} : 定着長 (m)

h : 壁下面からの距離 (m)

K_{AE} : 盛土の主働崩壊角 = 56.0 (°)

i	h (m)	L_{r1i} (m)	L_{r2i} (m)	必要長 L_{ri} (m)	設計長 L_i (m)
1	8.825	5.956	1.200	7.156	7.500
2	8.000	5.399	1.200	6.599	7.000
3	7.000	4.724	1.200	5.924	7.000
4	6.000	4.049	1.200	5.249	5.500
5	5.000	3.375	1.200	4.575	5.500
6	4.000	2.700	1.200	3.900	5.500
7	3.000	2.025	1.200	3.225	5.500
8	2.000	1.350	1.200	2.550	5.500
9	1.000	0.675	1.200	1.875	5.500
10	0.185	0.125	1.200	1.325	5.500

9.4 アンカープレートの引抜きに対する検討

(1) アンカープレート周りの拘束圧

$$q_{pi} = K_{AE} \cdot \gamma \cdot (H_{pi} + Z_i) + K_{AE} \cdot q_i$$

ただし、

q_{pi} : i 段目のタイバーのアンカープレート周りの拘束力 (kN/m²)

K_{AE} : 主働土圧係数 = 0.399

γ : 盛土材の単位体積重量 = 19.000 (kN/m³)

H_{pi} : アンカープレートの埋設位置での上載盛土高さ (m)

Z_i : 壁面天端より i 段目のタイバーまでの深さ (m)

q_i : アンカープレート位置での上載荷重 (kN/m²)

(2) アンカープレートの許容引抜き抵抗力

1) 壁面に作用する土圧強度

$$Q_{pui} = C \cdot N_c + q_{pi} \cdot N_q - q_{pi}$$

ただし、

Q_{pui} : アンカープレートの極限引抜き抵抗 (kN/ m²)

i	z_i (m)	H_{pi} (m)	q_i (kN/ m ²)	q_{pi} (kN/ m ²)
1	0.175	3.611	0.000	32.46
2	1.000	3.333	0.000	36.60
3	2.000	3.333	0.000	44.17
4	3.000	2.500	0.000	45.43
5	4.000	2.500	0.000	53.01
6	5.000	2.500	0.000	60.58
7	6.000	2.500	0.000	68.15
8	7.000	2.500	0.000	75.72
9	8.000	2.500	0.000	83.30
10	8.815	2.500	0.000	89.47

q_{pi} : アンカープレート周りの拘束力 (kN/ m²)

C : 盛土材の粘着力 = 0.00 (kN/ m²)

: 盛土材の内部摩擦角 = 30.0 (°)

N_c : 引抜き支持力係数 = 73.0

[多数アンカー設計施工マニュアル支持力係数表より]

N_q : 引抜き支持力係数 = 40.5

[多数アンカー設計施工マニュアル支持力係数表より]

2) アンカープレートの許容引抜き抵抗

$$T_{ai} = Q_{pui} \cdot A_{pi} / F_{pu}$$

ただし、

T_{ai} : i 段目タイバー位置でのアンカープレート許容引抜き抵抗 (kN/本)

Q_{pui} : アンカープレートの極限引抜き抵抗 (kN/ m²)

b_i : アンカープレートの全幅の 1/2 (m)

A_{pi} : i 段目タイバーのアンカープレートの面積 (m²)

F_{pu} : アンカープレートの極限引抜き抵抗に対する安全率 = 2.000

3) アンカープレートの許容引抜き抵抗

$$T_i = T_{ai} \cdot \dots \text{OK ()}$$

ただし、

T_i : アンカープレートに作用する引抜力 (kN/本)

T_{ai} : アンカープレートの許容引抜き抵抗 (kN/本)

i	$2 \cdot b_i$ (m)	L_i (m)	L_i (m)	T_i (kN/本)	$T_{\rho i}$ (kN/本)	判定
1	0.300	0.750	7.500	9.94	57.69	
2	0.300	0.750	7.000	23.99	65.06	
3	0.300	0.750	7.000	29.47	78.52	
4	0.300	0.750	5.500	34.96	80.76	
5	0.300	0.750	5.500	40.44	94.22	
6	0.300	0.750	5.500	45.93	107.68	
7	0.300	0.750	5.500	51.42	121.14	
8	0.300	0.750	5.500	56.90	134.60	
9	0.300	0.750	5.500	62.39	148.06	
10	0.300	0.750	5.500	33.25	159.03	

10 . 地震時の外的安定検討

10.1 滑動に関する安定

(1) 補強土壁の背面に作用する土圧力

多数アンカー式補強土壁の外部安定の検討では、補強領域の自重に起因する地震時慣性力と背面土の地震時土圧が同時に作用することはないとして、どちらか大きい方の値で影響を考慮する。

ここでは、補強領域の自重に起因する地震時慣性力と常時土圧の組合せによる計算例を示す。

(2) 滑動に作用する安定

擬似擁壁の滑動に対して安全率を求める。

$$F_s = \frac{C \cdot B + \mu \cdot V}{H}$$
$$= \frac{C \cdot B + \mu \cdot (P_v + W_r)}{k_h \cdot W_1 + P_H} = 1.22 \quad F_{sa} = 1.200 \cdots \text{安定している}$$

ただし、

F_s : 滑動に対する安全率

F_{sa} : 滑動に対する許容安全率

V : 擬似擁壁の底面における全鉛直荷重 = 1366.84 (kN/m)

H : 擬似擁壁の底面における全水平荷重 = 645.04 (kN/m)

B : 擬似擁壁の幅 (補強領域の長さ) = 5.500 (m)

C : 擬似擁壁底面と基礎地盤との間の付着力 = 0.000 (kN/m²)

μ : 擬似擁壁の底面と基礎地盤との摩擦係数 = 0.577

W_r : 擬似擁壁 = 1099.62 (kN/m)

10.2 基礎地盤 (補強土壁全幅) に関する検討

擬似擁壁底面に作用する自重、上載荷重、並びに仮想背面の土圧による地盤反力度を考慮する。

(1) 基礎地盤の極限支持力度

$$Q_u = k \cdot C' \cdot N'_c + k \cdot \gamma' \cdot D_f \cdot N'_q + \gamma' \cdot B \cdot N'_r / 2 = 659.81 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

ただし、

Q_u : 基礎地盤の極限支持力度 (kN/m^2)

k : 根入れ効果に対する割増し係数

$$k = 1 + 0.3 \cdot D_f / B = 1.027$$

D_f : 基礎地盤への有効根入れ深さ = 0.5 (m)

B : 擬似擁壁の幅 (補強領域の長さ) = 5.500 (m)

' : 基礎地盤の単位体積重量 = 18.000 (kN/m^3)

C' : 基礎地盤の粘着力 = 50.000 (kN/m^2)

' : 基礎地盤のせん断抵抗角 = 30.0 ($^\circ$)

N'_c : 支持力係数 = 10.423

N'_q : 支持力係数 = 5.551

N'_r : 支持力係数 = 1.477

\tan : 荷重の傾斜 = $H / V = 0.472$

V : 擬似擁壁の底面における全鉛直荷重

$$V = P_V + W_r = 267.22 + 1099.62 = 1366.84 \text{ (kN/m)}$$

H : 擬似擁壁の底面における全水平荷重 (kN/m)

$$H = P_H = 645.04 \text{ (kN/m)}$$

(2) 基礎支持力に対する検討

$$Q = \frac{V}{B} = 249 \quad Q_a = 440 \text{ (kN/m}^2 \text{)} \cdot \cdot \cdot \text{満足している}$$

ただし、

Q : 基礎地盤反力度 (kN/m^2)

Q_a : 基礎地盤の許容支持力度 (kN/m^2)

$$Q_a = Q_u / F_s = 440 \text{ (kN/m}^2 \text{)}$$

Q_u : 基礎地盤の許容支持力度 = 659.81 (kN/m^2)

F_s : 地盤の支持に対する安全率 = 1.500

V : 擬似擁壁の底面における全鉛直荷重 = 1366.84 (kN/m)

B : 擬似擁壁の幅 (補強領域の長さ) = 5.500 (m)

10.3 基礎地盤（壁面直下）に関する検討

基礎上に作用する壁面材重量、土圧鉛直成分等による地盤反力度を考慮する。

(1) 壁面に作用する鉛直土圧

$$P_v = P_i \cdot \sin \theta \quad \cdot \quad H_i = 137.92 \text{ (kN/m)}$$

ただし、

P_v : 土圧の鉛直分力 (kN/m)

P_i : 壁面土圧強度 (kN/m²)

θ : 壁面摩擦角 = 15.0 (°)

H_i : 鉛直方向の間隔 (m)

i	Z_i (m)	P_i (kN/m ²)	$\sin \theta$	H_i (m)	P_{vi} (kN/m)
1	0.175	27.03	0.259	0.500	3.50
2	1.000	32.71	0.259	1.000	8.46
3	2.000	40.28	0.259	1.000	10.42
4	3.000	47.85	0.259	1.000	12.38
5	4.000	55.42	0.259	1.000	14.34
6	5.000	63.00	0.259	1.000	16.30
7	6.000	70.57	0.259	1.000	18.26
8	7.000	78.14	0.259	1.000	20.22
9	8.000	85.71	0.259	1.000	22.18
10	8.815	91.39	0.259	0.500	11.88
				$P_v=137.92$	

(2) 基礎コンクリート下部に作用する鉛直荷重

$$V_B = W_w + W_c + P_v = 164.56 \text{ (kN/m)}$$

ただし、

V_B : 壁面直下において基礎地盤に作用する全鉛直荷重 (kN/m)

W_w : 壁面材自重 (kN/m)

$$W_w = W_{wu} \cdot H = 24.80 \text{ (kN/m)}$$

W_{wu} : 壁面材 1m²あたりの重量 = 2.61 (kN/m²)

- H : 補強土壁の全高 = 9.500 (m)
 W_c : 基礎コンクリート自重による鉛直力 (kN/m)
 $W_c = \gamma_c \cdot b_c \cdot h_c = 1.840$ (kN/m)
 γ_c : 基礎コンクリートの単位体積重量 = 23.000 (kN/m³)
 b_c : 基礎コンクリートの幅 = 0.400 (m)
 h_c : 基礎コンクリートの高さ = 0.200 (m)
 P_v : 壁面に働く鉛直土圧 = 137.92 (kN / m)

(3) 基礎地盤の極限支持力度

$$Q_{uB} = k_B \cdot C' \cdot N'_c + k_B \cdot \gamma' \cdot D_{fB} \cdot N'_q + \frac{\gamma' \cdot b_c \cdot N'_r}{2} = 2703.92 \text{ (kN/m}^2 \text{)}$$

ただし、

- Q_{uB} : 基礎地盤の極限支持力度 (kN/m²)
 k_B : 根入れ効果に対する割増し係数
 $k_{aB} = 1 + 0.3 \cdot D_{fB} / b_c = 1.525$
 D_{fB} : 基礎地盤への有効根入れ深さ
 $D_{fB} = D_f + h_c = 0.400$ (m)
 b_c : 基礎コンクリートの幅 = 0.400 (m)
 h_c : 基礎コンクリートの高さ = 0.200 (m)
 C' : 基礎地盤の粘着力 = 50.000 (kN/m²)
 γ' : 基礎地盤の単位体積重量 = 18.000 (kN/m³)
 $\tan \alpha$: 荷重の傾斜 = 0.000
 N'_c : 支持力係数 = 30.140
 N'_q : 支持力係数 = 18.401
 N'_r : 支持力係数 = 14.500

(4) 壁面直下の支持力に対する検討

$$Q_B = \frac{V_B}{b_c} = 411 \quad Q_{Ba} = 1803 \text{ (kN/m}^2 \text{)} \cdot \cdot \cdot \text{満足している}$$

ただし、

- Q_B : 地盤反力度 (kN/m²)
 Q_{Ba} : 地盤の許容支持力度 (kN/m²)
 $Q_{Ba} = Q_{uB} / F_s = 1803$ (kN/m²)

Q_{uB} : 地盤の極限支持力度 = 2703.92 (kN/m²)

F_s : 地盤の支持に対する安全率 = 1.500

V_B : 壁面直下において基礎地盤に作用する全鉛直荷重 = 164.56 (kN/m)

b_c : 基礎コンクリートの幅 (補強領域の長さ) = 0.400 (m)

10.4 転倒に関する検討

転倒に対する検討結果

$$e = B / 2 - d = 0.918 \quad B / 6 = 1.833 \quad \dots \quad \text{OK}$$

ただし、

B : 擬似擁壁の幅 (補強領域の長さ) (m)

d : 補強土壁つま先から合力作用点までの距離 (m)

$$d = \frac{\sum M}{\sum V}$$

ただし、

M : つま先まわりのモーメント = 2891.11 (kN・m/m)

V : 擬似擁壁の底面における全鉛直荷重 = 1577.96 (kN/m)

11. 地震時の円弧すべりによる安定検討

11.1 各段に発生する補強せん断強度増分

地震時のアンカープレートの引抜き抵抗力から補強効果によるせん断力増分を求める。

$$r_i = \frac{T_{pi}}{2 \times H_i \times L_i} \times \sqrt{K_p}$$

ただし、

r_i : 盛土の補強せん断強度増分 (kN/m²)

T_{pi} : 地震時の補強材の最小許容引張力 (kN/本)

R_{ti} : 降伏点強度による補強材の引張強さ (kN/本)

H_i : 鉛直方向の間隔 (m)

L_i : タイバーの水平方向の間隔 (m)

T_{ai} : i 段目タイバー位置でのアンカープレート許容引抜き抵抗力 (kN/本)

F_s : 鋼材許容応力の降伏点強度に対する安全率 = 1.68(SS400) , 1.76(SN)

i	Z_i (m)	H_i (m)	L_i (m)	T_{ai} (kN/ 本)	R_{ri} (kN/ 本)	T_{pi} (kN/ 本)	r_i (kN/ m ²)
1	0.175	(1.000)	0.750	57.69	44.02	44.02	50.83
2	1.000	1.000	0.750	65.06	44.02	44.02	50.83
3	2.000	1.000	0.750	78.52	44.02	44.02	50.83
4	3.000	1.000	0.750	80.76	44.02	44.02	50.83
5	4.000	1.000	0.750	99.22	70.93	70.93	81.90
6	5.000	1.000	0.750	107.08	70.93	70.93	81.90
7	6.000	1.000	0.750	121.14	70.93	70.93	81.90
8	7.000	1.000	0.750	134.60	89.06	89.06	102.84
9	8.000	1.000	0.750	148.06	89.06	89.06	102.84
10	8.815	(1.000)	0.750	159.03	89.06	89.06	102.84

11.2 補強土壁の円弧すべり安定計算

(1) 補強土壁の内的安定に対する計算式

$$F_s = \frac{R \{c_i l_i + (W_i \cdot \cos \alpha_i - kh \cdot W_i \cdot \sin \alpha_i) \tan \alpha_i\}}{(RW_i \cdot \sin \alpha_i + kh \cdot W_i \cdot y_G)}$$

ただし、

F_s : 円弧すべりに対する安全率

R : すべり円弧の半径 (m)

c_i : 土の粘着力、または補強せん断強度増分 c_r (kN/m²)

l_i : スライス底面の長さ (m)

W_i : スライスの全重量 (kN/m)

α_i : スライス底面が水平面となす角度 (度)

δ_i : 内部摩擦角 (度)

kh : 設計水平震度 = 0.15

y_G : 円弧中心から分割片重心までの鉛直距離 (m)

(2) 補強時の円弧すべり安定計算結果

項目	記号	単位	常時
最小安全率	F_{Smin}		1.28
	F_{sa}		(1.00)
抵抗モーメント	$M_R + M_T$	kN・m/m	37209.5
起動モーメント	M_D		29099.6
円中心X座標	X	m	0.00
円中心Y座標	Y		16.000
半径	R	m	16.919

()内は許容値