

設計条件及び計算結果

[共-1 U型側溝]

[適用] U型溝は、主として車道に平行に設置するものとして、次の計算例を紹介する。またこの場合、交通荷重(歩道除雪車含む)の影響を考慮するものとする。

1 設計条件

主として車道に平行に設置するものとして計算を行う。

1) 使用材料の強度

コンクリート

設計基準強度 : $\sigma_{ck} = 30$ (N/mm²)

許容曲げ圧縮応力度 : $\sigma_{ca} = 11.0$ (N/mm²)

許容せん断応力度 : $\tau_a = 0.5$ (N/mm²)

鉄 筋

許容引張応力度(SR235) : $\sigma_{sa} = 137$ (N/mm²)

許容引張応力度(SD295) : $\sigma_{sa} = 176$ (N/mm²)

備考 1. 普通鉄線の許容引張応力度は、SR235 の値を準用。

2) コンクリートの単位容積重量 : $\gamma_c = 24.0$ (kN/m³)

3) 土の諸定数

土の単位容積重量 : $\gamma_t = 19.0$ (kN/m³)

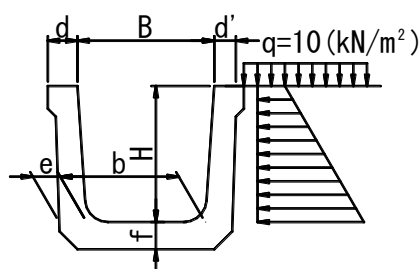
土の内部摩擦角 : $\phi = 30$ (°)

壁面と土との間の壁面摩擦角 : $\delta = \frac{2}{3} \phi$ (°)

4) 活荷重

側溝に作用する活荷重は、車両制限令に定める総重量 25 トントラックとする。なお、輪荷重は、等分布荷重 10 kN/m² とする。

2 断面形状及び計算モデル

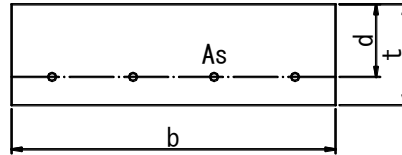


側溝の形状及び土圧分布

側溝の寸法				単位(m)		
呼び名	B	H	B	d	d'	e, f
300	0.300	0.300	0.260	0.065	0.050	0.060
450	0.450	0.450	0.400	0.075	0.055	0.070
600	0.600	0.600	0.540	0.090	0.070	0.080

縦方向の計算は、製品両端を支点とする単純梁として計算する。

4 計算結果



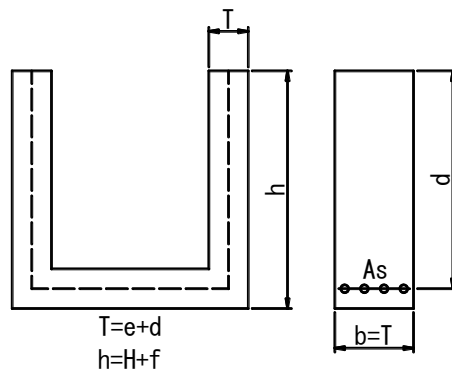
側壁の応力度

(単位長さ当り)

呼び名	M (kN・m)	S (kN)	b (cm)	t (cm)	d (cm)	As (cm ²)	p	k	j	σ_c (N/mm ²)	σ_s (N/mm ²)	τ (N/mm ²)
300	0.159	1.15	100	6.00	4.50	$\phi 4-8$ =1.000	0.0022	0.227	0.924	0.75	38.3	0.03
450	0.387	1.91		7.00	5.50	$\phi 5-13$ =2.548	0.0046	0.310	0.897	0.92	30.8	0.03
600	0.739	2.80		8.00	6.00	D6-13 =4.117	0.0069	0.362	0.879	1.29	34.0	0.05

5 縦方向の計算 (製品長さ $L_1=5.00\text{m}$ の場合)

製品両端を支点とする単純梁として計算する。



本体の応力度

呼び名	W (kN/m)	M (kN・m)	S (kN)	h (cm)	b (cm)	d (cm)	As (cm ²)	p	k	j	σ_c (N/mm ²)	σ_s (N/mm ²)	τ (N/mm ²)
300	1.33	4.17	3.33	36.0	11.0	34.00	$\phi 6-4$ =1.132	0.0030	0.259	0.914	2.77	118.5	0.09
450	2.26	7.05	5.64	52.0	12.5	49.95		0.0018	0.208	0.931	2.34	133.9	0.09
600	3.49	10.91	8.73	68.0	15.0	65.40	$\phi 6-5$ =1.415	0.0014	0.188	0.937	1.93	125.8	0.09

[共-2 道路用側溝（車道用）、（歩道用）]

[適用] 道路用側溝（車道用）は、車両（後輪一輪 50kN 以下）が隣接して走行することはまれで、走行することがあっても一時待避などで低速で走行するような場所に平行に設置するものとして、次の計算例を紹介する。またこの場合、交通荷重(歩道除雪車含む)の影響を考慮するものとする。

道路用側溝（歩道用）は、主として歩道に設置するものとして、次の計算例を紹介する。

1 道路用側溝（車道用）本体

1-1 設計条件

1) 使用材料の強度

コンクリート

設計基準強度 : $\sigma_{ck} = 30$ (N/mm²)

許容曲げ圧縮応力度 : $\sigma_{ca} = 16.5$ (N/mm²)

許容せん断応力度 : $\tau_a = 0.75$ (N/mm²)

鉄 筋

許容引張応力度(SR235) : $\sigma_{sa} = 205$ (N/mm²)

許容引張応力度(SD295) : $\sigma_{sa} = 264$ (N/mm²)

備考 1. 普通鉄線の許容引張応力度は、SR235 の値を準用。

備考 2. 許容応力度は、”道路橋示方書同解説Ⅲコンクリート橋編”に準拠して、輪荷重の作用頻度が少ないことを考慮し、1.50 倍の割増しを行うものとする。

2) コンクリートの単位容積重量 : $\gamma_c = 24.0$ (kN/m³)

3) 土の諸定数

土の単位容積重量 : $\gamma_t = 19.0$ (kN/m³)

土の内部摩擦角 : $\phi = 30$ (°)

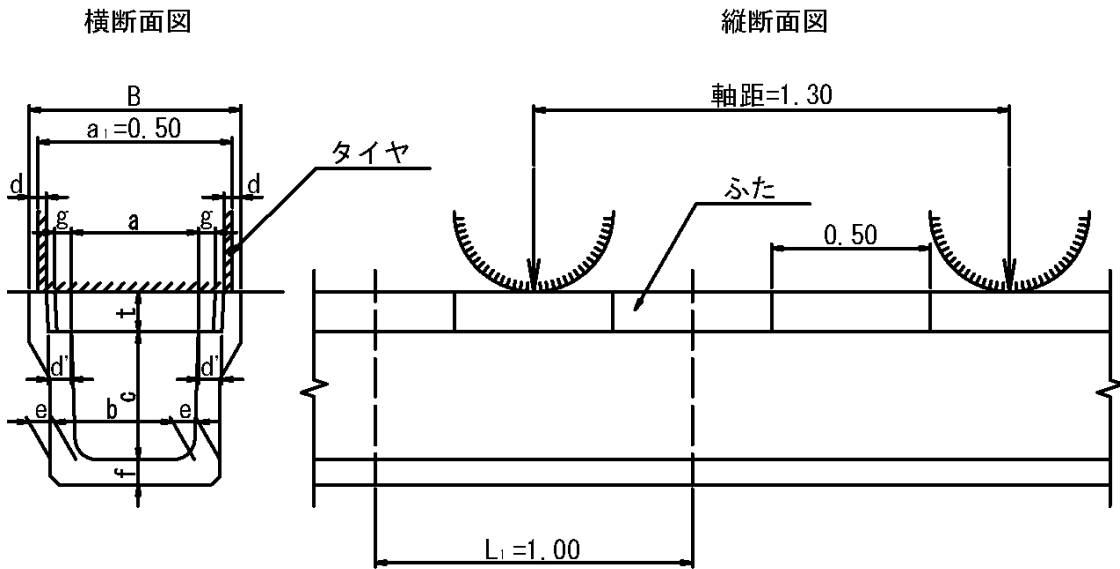
壁面と土との間の壁面摩擦角 : $\delta = \frac{2}{3} \phi$ (°)

4) 活荷重

側溝に作用する活荷重は、車両制限令に定める総重量 25 トントラックとする。ただし、側溝は、道路端の路肩に使用されるもので、車両は、側溝上又は側溝に隣接して走行することは少なく、一時退避などの場合にだけ、低速で走行するものとする。なお、輪荷重は、後輪一輪の 50.0kN とする。

5) 衝撃係数 : $i = 0.1$

1-2 断面形状及び計算モデル



側溝の形状及び活荷重載荷

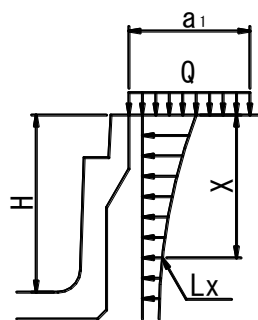
側溝の寸法

単位 (m)

呼び名	B	a	b	c	d	d'	e, f	g	t
300	0.520	0.300	0.280	0.300	0.050	0.055	0.070	0.050	0.095
400	0.630	0.400	0.370	0.400	0.055				0.110
500	0.750	0.500	0.460	0.500	0.060	0.060	0.080	0.055	0.125

1) 側壁 (Case1)

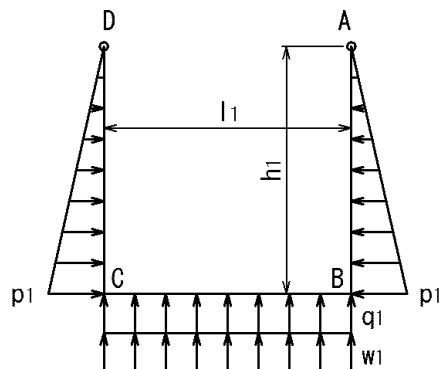
側壁に作用する輪荷重による荷重強度、曲げモーメント及びせん断力は、車両の片側の後輪一軸による輪荷重が、製品 1m (有効長) 当りに作用する帯荷重と考え、それによって求める。



- Q : 輪荷重 (50 kN)
- i : 衝撃係数 (0.1)
- L_1 : 有効長 (1.0 m)
- a_1 : 接地幅 (0.5 m)
- X : 地表からの深さ (m)
- H : 側壁高さ (m)

2) 底版及び側壁 (Case2)

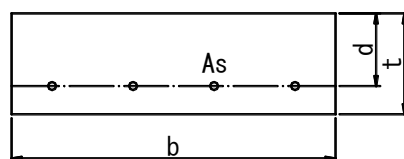
側溝上には、車両の片側の後輪一軸による輪荷重が、製品 1m (有効長) 当りに作用するものとする。
また、側溝ふた掛り部は、ふた上の輪荷重によって移動が規制されることから、この場合の本体は、
ふた掛り部をヒンジとする門型ラーメンとして計算する。



注 支点 A, D における側圧は、
微少であるため 0 とする。

縦方向の計算は、製品両端を支点とする単純梁として計算する。

1-3 計算結果



本体の側壁及び底版外側の応力度 (Case1)

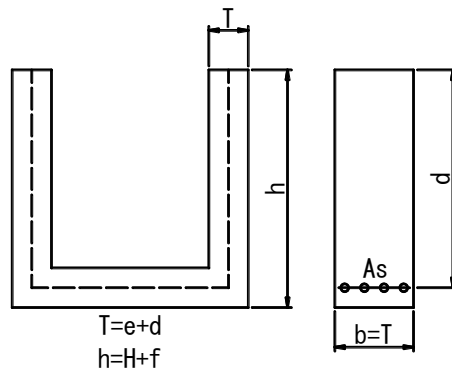
(単位長さ当り)

呼び名	$M_{\max 1}$ (kN・m)	$S_{\max 1}$ (kN)	b (cm)	t (cm)	d (cm)	As (cm ²)	p	k	j	σ_c (N/mm ²)	σ_s (N/mm ²)	τ (N/mm ²)
300	2.100	9.96	100	7.00	5.00	$\phi 5-12.0$ =2.352	0.0047	0.312	0.896	6.02	199.3	0.20
400	3.356	12.23		7.00	5.00	D6-11.5	0.0073	0.371	0.876	8.26	210.3	0.24
500	4.851	14.36		8.00	6.00	=3.642	0.0061	0.345	0.885	8.82	250.9	0.24

本体底版内側の応力度 (Case2)

(単位長さ当り)

呼び名	$M_{\max 2}$ (kN・m)	S_{BC} (kN)	b (cm)	t (cm)	b (cm)	As (cm ²)	p	k	j	σ_c (N/mm ²)	σ_s (N/mm ²)	τ (N/mm ²)
300	1.653	28.40	100	7.00	5.00	$\phi 5-12.0$ =2.352	0.0047	0.312	0.896	4.74	156.9	0.57
400	2.130	28.74		7.00	5.00	D6-6	0.0038	0.285	0.905	6.60	247.8	0.57
500	2.689	29.23		8.00	6.00	=1.900	0.0032	0.264	0.912	6.20	258.7	0.49



本体の応力度

呼び名	W (kN/m)	M (kN・m)	S (kN)	h (cm)	b (cm)	d (cm)	As (cm ²)	p	k	j	σ_c (N/mm ²)	σ_s (N/mm ²)	τ (N/mm ²)
300	2.06	6.44	5.15	46.5	12.0	43.95	$\phi 6-5$ =1.415	0.0027	0.246	0.918	2.46	112.7	0.10
400	2.53	7.91	6.33	58.0	12.5	55.40		0.0020	0.219	0.927	2.03	108.8	0.09

2. 道路用側溝（車道用）ふた

2-1 設計条件

1) 使用材料の強度

コンクリート

設計基準強度 : $\sigma_{ck} = 30$ (N/mm²)

許容曲げ圧縮応力度 : $\sigma_{ca} = 16.5$ (N/mm²)

許容せん断応力度 : $\tau_a = 0.75$ (N/mm²)

鉄筋

許容引張応力度(SD295) : $\sigma_{sa} = 264$ (N/mm²)

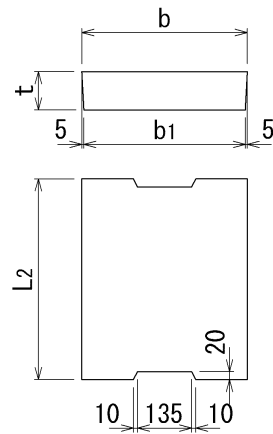
備考1. 許容応力度は、”道路橋示方書同解説Ⅲコンクリート橋編”に準拠して、輪荷重の作用頻度が少ないことを考慮し、1.50倍の割増しを行うものとする。

2) 活荷重

輪荷重は、後輪一輪の50.0kNとする。

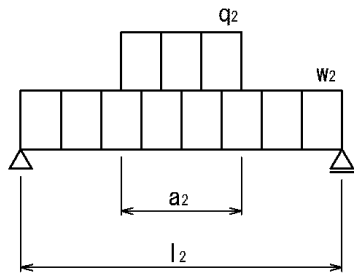
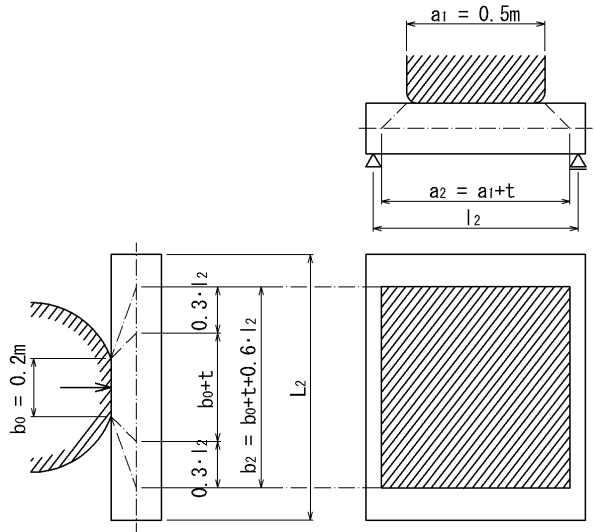
3) 衝撃係数 : $i = 0.1$

2-2 断面形状及び計算モデル



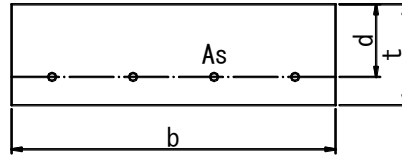
ふたの形状及び寸法

ふたの寸法				単位 (m)
呼び名	b	b ₁	t	L ₂
250	0.362	0.352	0.090	0.500
300	0.412	0.402	0.095	
400	0.512	0.502	0.110	
500	0.622	0.612	0.125	



ふたの設計モデル

2-4 計算結果



ふたの応力度

呼び名	M_{max3} (kN・m)	S_{max3} (kN)	b (cm)	t (cm)	d (cm)	A_s (cm ²)	p	k	j	σ_c (N/mm ²)	σ_s (N/mm ²)	τ (N/mm ²)
250用	1.249	16.65	46.0	9.00	7.0	D6-6.0 =1.900	0.0059	0.341	0.886	3.66	105.9	0.52
300用	1.700	19.43		9.50		D10-4.0 =2.853	0.0089	0.400	0.867	4.36	98.2	0.60
400用	2.815	25.02		11.0	8.5	D10-5.0 =3.567	0.0091	0.404	0.865	4.85	107.3	0.64
500用	3.869	27.88		12.5	10.0	D10-6.0 =4.280	0.0093	0.407	0.864	4.78	104.6	0.61

3. 道路用側溝（歩道用）本体

3-1 設計条件

1) 使用材料の強度

コンクリート

設計基準強度 : $\sigma_{ck} = 30$ (N/mm²)

許容曲げ圧縮応力度 : $\sigma_{ca} = 11.0$ (N/mm²)

許容せん断応力度 : $\tau_a = 0.5$ (N/mm²)

鉄筋

許容引張応力度(SR235) : $\sigma_{sa} = 137$ (N/mm²)

許容引張応力度(SD295) : $\sigma_{sa} = 157$ (N/mm²)

備考1. 普通鉄線の許容引張応力度は、SR235の値を準用。

2) コンクリートの単位容積重量 : $\gamma_c = 24.0$ (kN/m³)

3) 土の諸定数

土の単位容積重量 : $\gamma_t = 19.0$ (kN/m³)

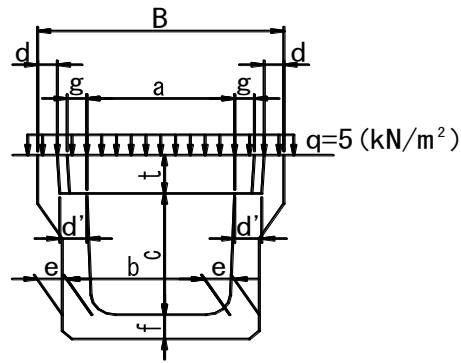
土の内部摩擦角 : $\phi = 30$ (°)

壁面と土との間の壁面摩擦角 : $\delta = \frac{2}{3} \phi$ (°)

4) 群集荷重

群集荷重 : $q = 5.0$ (kN/m²)

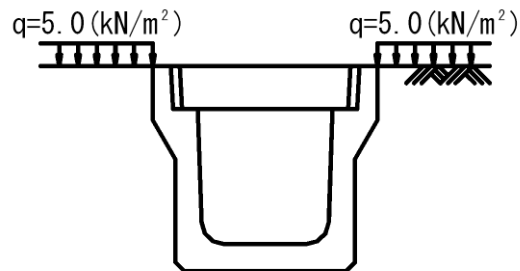
3-2 断面形状及び設計モデル



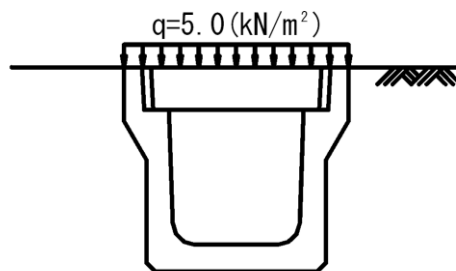
側溝の形状及び設計モデル

側溝の寸法								単位 (m)	
呼び名	B	a	b	c	d	d'	e, f	g	t
250	0.450	0.250	0.230	0.250	0.040	0.055	0.055	0.050	0.090
300	0.500	0.300	0.280	0.300			0.060		0.095
400	0.600	0.400	0.370	0.400			0.065		0.110
500	0.720	0.500	0.460	0.500	0.045	0.060	0.070		0.125

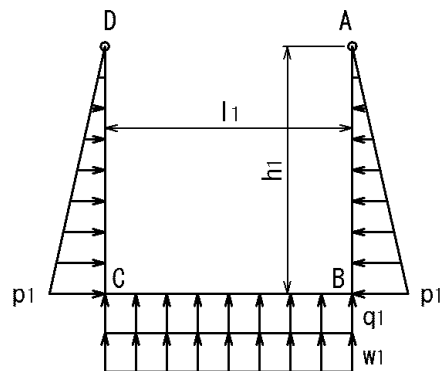
1) - 1 側壁に作用する荷重 (Case1)



2) - 1 底版及び側壁に作用する荷重 (Case2)



2) - 2 ラーメン寸法及び荷重

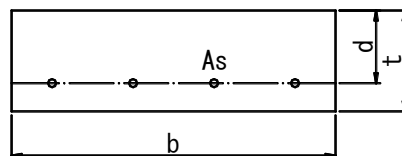


注 支点 A, D における側圧は、
微少であるため 0 とする。

ラーメン寸法及び荷重

縦方向の計算は、製品両端を支点とする単純梁として計算する。

3 - 4 計算結果



本体の側壁及び底版外側の応力度 (Case1)

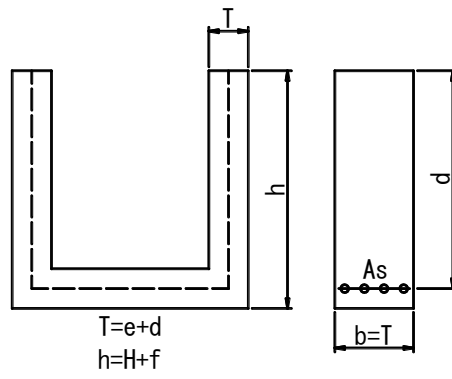
(単位長さ当り)

呼び名	M_{max1} (kN・m)	S_{max1} (kN)	b (cm)	t (cm)	d (cm)	A_s (cm ²)	p	k	j	σ_c (N/mm ²)	σ_s (N/mm ²)	τ (N/mm ²)
250	0.123	0.83	100	5.50	3.50	$\phi 4-5$	0.0018	0.206	0.931	1.05	60.3	0.02
300	0.174	1.03		6.00	4.00	$=0.625$	0.0016	0.194	0.935	1.20	74.4	0.03
400	0.318	1.49		6.50	4.50	$\phi 5-5$	0.0022	0.225	0.925	1.51	78.0	0.03
500	0.520	2.03		7.00	5.00	$=0.980$	0.0020	0.215	0.928	2.09	114.4	0.04

本体底版内側の応力度 (Case2)

(単位長さ当り)

呼び名	M_{max2} (kN・m)	S_{BC} (kN)	b (cm)	t (cm)	d (cm)	A_s (cm ²)	p	k	j	σ_c (N/mm ²)	σ_s (N/mm ²)	τ (N/mm ²)
250	0.059	1.41	100	5.50	2.00	$\phi 4-5$	0.0031	0.263	0.912	1.23	51.7	0.07
300	0.086	1.71		6.00	2.00	$=0.625$	0.0031	0.263	0.912	1.79	75.3	0.09
400	0.149	2.31		6.50	2.00	$\phi 5-5$	0.0049	0.317	0.894	2.64	85.3	0.12
500	0.236	2.99		7.00	2.00	$=0.980$	0.0049	0.317	0.894	4.17	134.8	0.15



本体の応力度

呼び名	W (kN/m)	M (kN・m)	S (kN)	h (cm)	b (cm)	d (cm)	As (cm ²)	p	k	j	σ_c (N/mm ²)	σ_s (N/mm ²)	τ (N/mm ²)
250	1.43	4.47	3.58	39.5	9.5	37.00	$\phi 6-4$ $=1.132$	0.0032	0.266	0.911	2.84	117.2	0.10
300	1.71	5.33	4.27	45.5	10.0	43.00		0.0026	0.244	0.919	2.57	119.3	0.10
400	2.24	6.99	5.59	57.5	10.5	54.95		0.0020	0.215	0.928	2.21	121.0	0.10
500	2.90	9.07	7.26	69.5	11.5	66.95		0.0015	0.189	0.937	1.99	127.7	0.09

[共—4 側溝再生用蓋]

[適用] 側溝再生蓋は、車両（後輪一輪 50kN 以下）が隣接して走行することはまれで、走行することがあっても一時待避などで低速で走行するような場所に平行に設置するものとして、次の計算例を紹介する。

I 型

1 設計条件

1) 使用材料の強度

コンクリート

設計基準強度 $\sigma_{ck} = 30 \quad (\text{N/mm}^2)$

許容曲げ圧縮応力度 $\sigma_{ca} = 16.5 \quad (\text{N/mm}^2)$

許容せん断応力度 $\tau_a = 0.75 \quad (\text{N/mm}^2)$

鉄 筋

許容引張応力度 (SD295) $\sigma_{sa} = 264 \quad (\text{N/mm}^2)$

備考：許容応力度は、「道路橋示方書・同解説 III コンクリート橋編」に準拠して、輪荷重の作用頻度が少ないことを考慮し、1.50 倍の割増しを行うものとする。

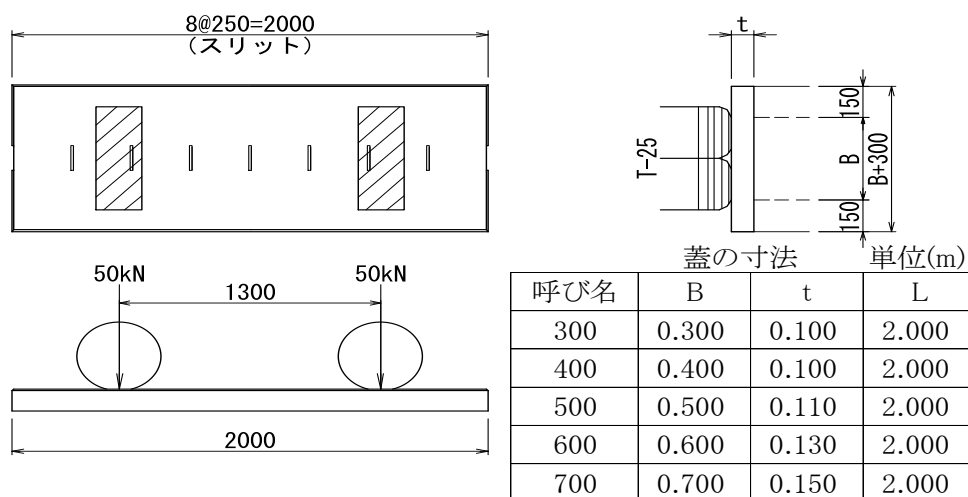
2) コンクリートの単位体積重量 $\gamma_c = 24.5 \quad (\text{kN/m}^3)$

3) 活荷重 $P_L = 50 \quad (\text{kN})$

側溝に作用する活荷重は、車両制限令に定める総重量 25 トントラックとする。ただし、側溝は、道路端の路肩に使用されるもので、車両は、側溝上又は側溝に隣接して走行することは少なく、一時退避などの場合にだけ、低速で走行するものとする。なお、輪荷重は、後輪一輪の 50 kN とする。

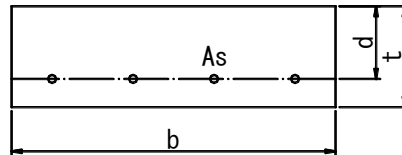
4) 衝撃係数 $i = 0.1$

2 断面形状及び設計モデル



蓋の形状及び载荷モデル

3 計算結果



側溝蓋の応力度

呼び	M (kN・m/m)	S (kN/m)	b (b') (cm)	t (cm)	d (cm)	As (cm ²)	p	k	j	σ_c (N/mm ²)	σ_s (N/mm ²)	τ (N/mm ²)
300	4.123	41.231	90 (100)	10.0	7.5	D10-8 =5.706	0.00845	0.393	0.869	4.8	110.8	0.55
400	5.806	46.446								6.7	156.1	0.62
500	6.329	41.502		11.0	8.5		0.00746	0.374	0.875	5.9	149.1	0.49
600	7.462	36.970		13.0	10.5		0.00604	0.345	0.885	5.1	144.1	0.35
700	8.726	33.539		15.0	12.5		0.00507	0.321	0.893	4.3	137.0	0.27

II 型

1 設計条件

1) 使用材料の強度

コンクリート

設計基準強度 : $\sigma_{ck} = 30$ (N/mm²)

許容曲げ圧縮応力度 : $\sigma_{ca} = 16.5$ (N/mm²)

許容せん断応力度 : $\tau_a = 0.75$ (N/mm²)

鉄筋

許容引張応力度(SD295) : $\sigma_{sa} = 264$ (N/mm²)

備考：許容応力度は、「道路橋示方書・同解説 III コンクリート橋編」に準拠して、輪荷重の作用頻度が少ないことを考慮し、1.50 倍の割増しを行うものとする。

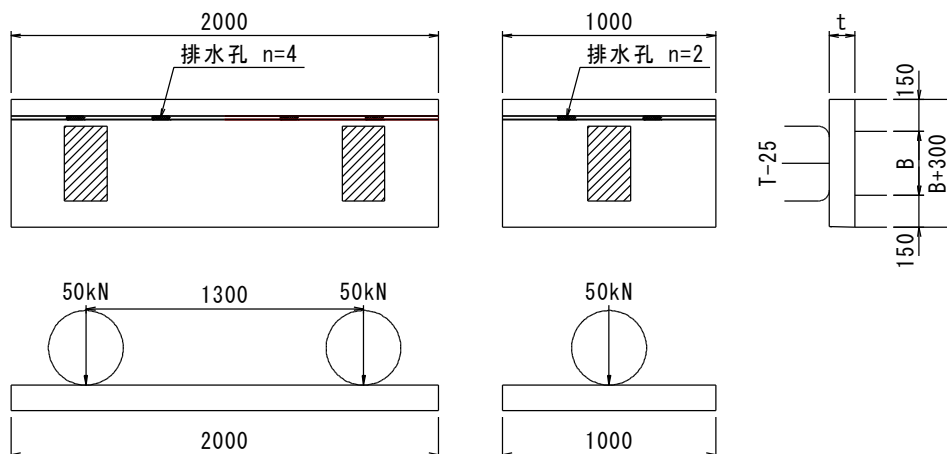
2) コンクリートの単位体積重量 : $\gamma_c = 24.5$ (kN/m³)

3) 活荷重 : $P_L = 50$ (kN)

側溝に作用する活荷重は、車両制限令に定める総重量 25 トントラックとする。ただし、側溝は、道路端の路肩に使用されるもので、車両は、側溝上又は側溝に隣接して走行することは少なく、一時退避などの場合にだけ、低速で走行するものとする。なお、輪荷重は、後輪一輪の 50 kN とする。

4) 衝撃係数 : $i = 0.1$

2 断面形状及び設計モデル

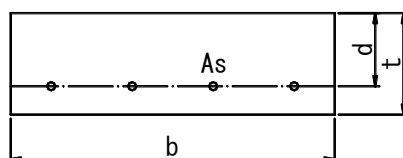


蓋の寸法 単位(m)

呼び名	B	t	L
300	0.300	0.120	2.000
400	0.400	0.120	2.000
500	0.500	0.120	2.000
600	0.600	0.150	1.000
700	0.700	0.150	1.000
800	0.800	0.150	1.000
900	0.900	0.150	1.000
1000	1.000	0.150	1.000

蓋の形状及び載荷モデル

3 計算結果



側溝蓋の応力度

呼び	M (kN・m/m)	S (kN/m)	b (b') (cm)	t (cm)	d (cm)	As (cm ²)	p	k	j	σ_c (N/mm ²)	σ_s (N/mm ²)	τ (N/mm ²)
300	4.79	42.61	80 (100)	12.0	9.5	D10-9 =6.420	0.0084	0.392	0.869	3.90	90.40	0.56
400	5.93	43.12			9.0	D13-7 =8.869	0.0123	0.450	0.850	4.78	87.40	0.60
500	6.74	39.69								5.44	99.30	0.55
600	7.56	35.76		15.0	12.0	D13-8 =10.136	0.0106	0.427	0.858	3.58	72.40	0.37
700	8.73	33.54								4.14	83.70	0.35
800	9.76	31.64								4.63	93.50	0.33
900	10.68	29.99								5.06	102.30	0.31
1000	11.95	29.62								5.66	114.50	0.31

[共—5 ベンチフリューム]

[適用] ベンチフリュームは、主として、法尻側溝、法面上の集排水、用排水路などに設置されるものとして、次の計算例を紹介する。また、この場合、交通荷重の影響を考慮するものとする。

1 設計条件

1) 使用材料の強度

コンクリート

設計基準強度 : $\sigma_{ck} = 30$ (N/mm²)

許容曲げ圧縮応力度 : $\sigma_{ca} = 11.0$ (N/mm²)

許容せん断応力度 : $\tau_a = 0.5$ (N/mm²)

鉄 筋

許容引張応力度(SR235) : $\sigma_{sa} = 137$ (N/mm²)

許容引張応力度(SD295) : $\sigma_{sa} = 176$ (N/mm²)

備考 1. 普通鉄線の許容引張応力度は、SR235 の値を準用。

2) コンクリートの単位容積重量 : $\gamma_c = 24.0$ (kN/m³)

3) 土の諸定数

土の単位容積重量 : $\gamma_t = 18.0$ (kN/m³)

土の内部摩擦角 : $\phi = 25$ (°)

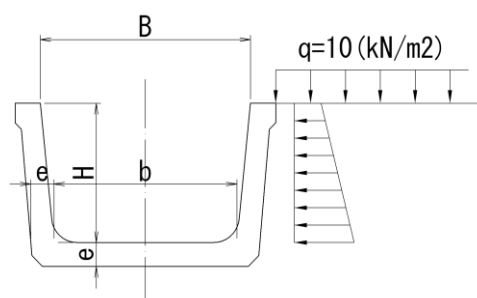
土圧係数 $C = 0.406$

4) 活荷重

ベンチフリュームに作用する活荷重は、車両制限令に定める総重量 25 トントラックとする。

なお、輪荷重は、等分布荷重 10 kN/m² とする。

2 断面形状及び計算モデル



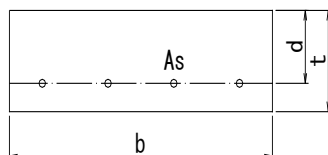
側溝の形状及び土圧分布

I 型の寸法 単位(mm)				
呼び名	寸 法			
	B	H	b	e
300	300	200	260	40
400	400	260	345	50
500	500	320	435	55
600	600	380	520	60
800	800	490	695	75
1000	1000	600	875	90

II型の寸法 単位(mm)				
呼び名	寸 法			
	B	H	b	e
300	300	300	260	45
400	400	400	340	50
500	500	500	430	60
600	600	600	520	70
800	800	800	690	90
1000	1000	1000	870	110

縦方向の計算は、製品両端を支点とする単純梁として計算する。

3 計算結果



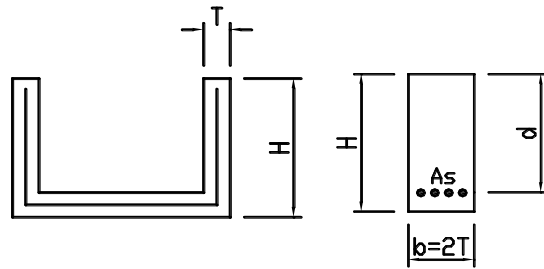
I 型 側壁の応力度												
呼び名	t mm	d mm	鉄 筋		P	k	j	M kN・m	S kN	σ_c N/mm ²	σ_s N/mm ²	τ N/mm ²
			径-本数	mm ²								
300	40	20.0	φ 3.2-10	80.42	0.0040	0.292	0.903	0.091	0.958	1.7	62.7	0.05
400	50	25.0	φ 4.0-10	125.7	0.0050	0.320	0.893	0.159	1.303	1.8	56.6	0.06
500	55	27.5	φ 4.0-11	138.2	0.0050	0.320	0.893	0.248	1.673	2.3	73.1	0.07
600	60	30.0	φ 5.0-10	196.4	0.0065	0.356	0.881	0.360	2.070	2.6	69.3	0.08
800	75	37.5	φ 6.0-10	282.7	0.0075	0.376	0.875	0.631	2.867	2.7	68.0	0.09
1000	90	45.0	φ 6.0-12	339.2	0.0075	0.376	0.875	0.994	3.752	3.0	74.4	0.10

注) b=1.00m で計算。

Ⅱ型 側壁の応力度

呼び名	t mm	d mm	鉄 筋		P	k	j	M kN・m	S kN	σ_c N/mm ²	σ_s N/mm ²	τ N/mm ²
			径-本数	mm ²								
300	45	30	φ4.0-9	113.1	0.0038	0.284	0.905	0.216	1.547	1.9	70.3	0.06
400	50	35	φ5.0-9	176.8	0.0051	0.321	0.893	0.403	2.209	2.3	72.9	0.07
500	60	45	φ6.0-8	226.2	0.0050	0.320	0.893	0.660	2.944	2.3	72.6	0.07
600	70	55	φ6.0-10	282.7	0.0051	0.323	0.892	0.994	3.752	2.3	71.6	0.08
800	90	75	φ9.0-7	445.3	0.0059	0.342	0.886	1.923	5.586	2.3	65.0	0.08
1000	110	95	φ9.0-9	572.6	0.0060	0.344	0.885	3.248	7.714	2.4	67.5	0.09

注) b=1.00m で計算。



縦方向の断面モデル

Ⅰ型 本体縦断方向の応力度

呼び名	H mm	b mm	d mm	As mm ²	P	k	j	M kN・m	σ_c N/mm ²	σ_s N/mm ²
300	240	70	220	84.81	0.0055	0.332	0.889	2.188	4.4	131.8
400	310	90	285	113.1	0.0044	0.304	0.899	3.625	3.6	125.1
500	375	100	350	113.1	0.0032	0.267	0.911	4.875	3.3	135.2
600	440	105	415	113.1	0.0026	0.243	0.919	5.938	2.9	137.6
800	585	125	540	141.4	0.0021	0.221	0.926	9.375	2.5	132.6
1000	690	145	660	169.6	0.0018	0.206	0.931	13.625	2.3	130.7

Ⅱ型 本体縦断方向の応力度

呼び名	H mm	b mm	d mm	As mm ²	P	k	j	M kN・m	σ_c N/mm ²	σ_s N/mm ²
300	345	80	325	84.81	0.0033	0.268	0.911	3.000	2.9	119.5
400	450	90	430	84.81	0.0022	0.226	0.925	4.375	2.5	129.7
500	560	105	535	113.1	0.0020	0.217	0.928	6.563	2.2	116.9
600	670	120	640	113.1	0.0015	0.189	0.937	8.938	2.1	131.8
800	890	150	860	141.4	0.0011	0.166	0.945	15.000	1.7	130.6
1000	1110	190	1080	169.6	0.0008	0.146	0.951	23.625	1.5	135.6

[共-8 小断面ボックスカルバート]

[適用] 小断面ボックスカルバートは、Ⅰ型とⅡ型の２種類あるがⅡ型は主として水路などの暗渠として設置される。以下計算例を紹介する。

Ⅰ 型

1 設計条件

1) 一般条件

土被り $D = 0.200\text{m} \sim 3.000\text{m}$

舗装厚 $T_a = 0.200\text{m}$ 。ただし、土被りが 0.200m 以下の場合は土被りを舗装厚とする。

地下水位 $H_w =$ 地下水位無し 又は $GL - 0.200\text{m}$ 。ただし、地下水位は舗装厚以下とする。

2) 部材の許容応力度

コンクリートの設計基準強度 $\sigma_{ck} = 35.0 \text{ N/mm}^2$

許容曲げ圧縮応力度 $\sigma_{ca} = 12.0 \text{ N/mm}^2$

許容せん断応力度 $\tau_a = 0.50 \text{ N/mm}^2$

(端部は、 1.00 N/mm^2)

鉄筋の許容引張応力度 (SD295A) $\sigma_{sa} = 160.0 \text{ N/mm}^2$

3) 単位体積重量

鉄筋コンクリート $\gamma_c = 24.5 \text{ kN/m}^3$

アスファルト $\gamma_a = 22.5 \text{ kN/m}^3$

土 地下水位以上 $\gamma = 18.0 \text{ kN/m}^3$

地下水位以下 $\gamma' = 9.0 \text{ kN/m}^3$

水 $\gamma_w = 10.0 \text{ kN/m}^3$

4) 静止土圧係数

$K_o = 0.5$

5) 活荷重

T-25

(PL: 後輪一輪荷重 $PL = 100 \text{ kN}$)

6) 衝撃係数

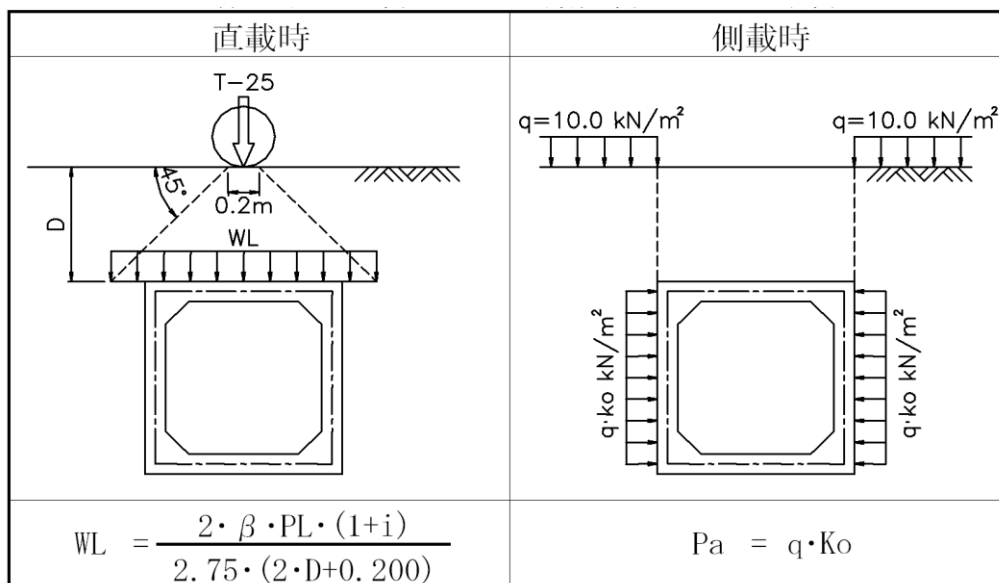
$i = 0.30$

7) 低減係数

$\beta = 0.9$

8) 活荷重

カルバートに作用する活荷重による鉛直荷重及び水平荷重

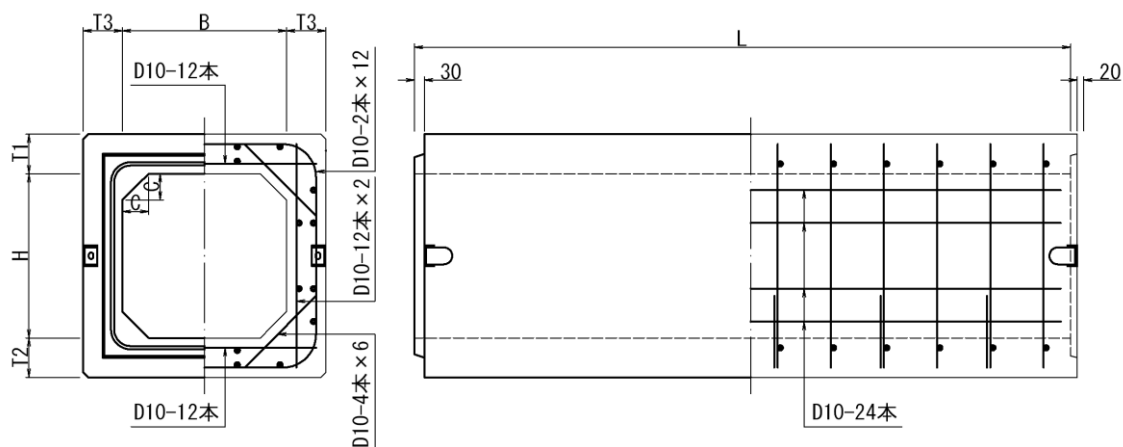


9) 鉛直土圧係数

$$\alpha = 1.0$$

2. 断面形状及び計算モデル

ボックスカルバートの形状、寸法は次のとおりとする。



土被り (m)	呼び名 B × H	寸法 (mm)							参考質量 (kg)
		B	H	T1	T2	T3	C	L	
0.2~3.0	300 × 300	300	300	100	100	100	50	2000	800
	400 × 400	400	400	100	100	100	50	2000	990
	500 × 500	500	500	120	120	120	80	2000	1,510
許容差		±4		+4, -2			-	+10, -5	-

荷重の組合せは、次の8ケースとする。

地下水位

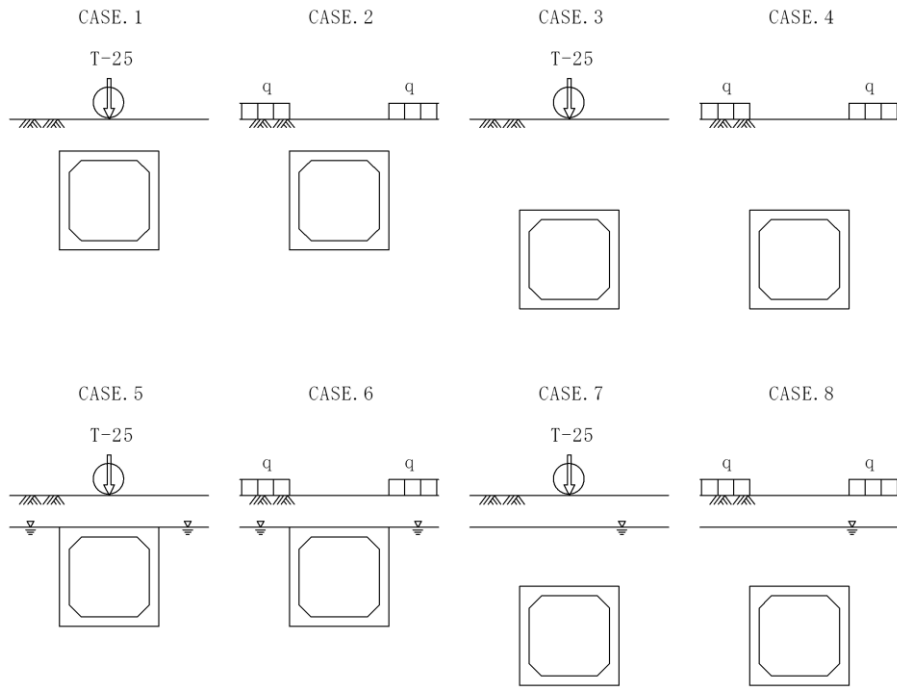
CASE 1~4 : Hw = 0.0 m

CASE 5~8 : Hw = 0.2 m

土被り

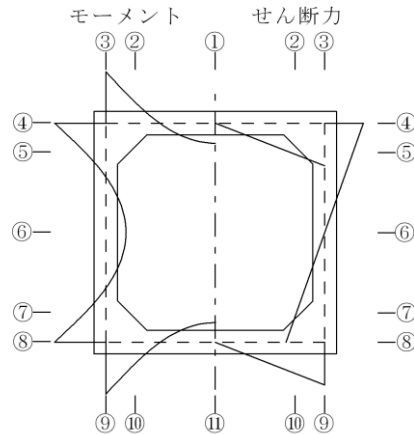
CASE 1, 2, 5, 6 :D = 0.2m

CASE 3, 4, 7, 8 :D = 3.0m



$q = 10.0 \text{ (kN/m}^2\text{)}$

3. 計算結果



呼び名	部材	検討位置	M (kN・m)	N (kN)	S (kN)	Ap (cm ²)	T (cm)	D (cm)	σ (N/mm ²)		τ (N/mm ²)	M 算出 CASE	S 算出 CASE	判定
									σ_c 圧縮側	σ_s 引張側				
300	頂版	①	1.96	- 0.64	-	4.28	10.0	7.0	2.6	72.0	-	1	-	OK
		②	0.29	- 0.64	8.93	4.28	10.0	7.0	0.4	10.0	0.13	1	1	OK
		③	-1.01	- 0.70	29.75	4.28	11.6	8.6	1.0	29.6	0.43	5	1	OK
	側壁	④	-1.01	-29.75	9.63	4.28	11.6	8.6	0.8	1.6	0.14	5	8	OK
		⑤	-0.98	-29.88	2.92	4.28	10.0	7.0	1.1	3.2	0.04	1	8	OK
		⑥	-0.95	-30.23	-	4.28	10.0	7.0	1.0	2.3	-	1	-	OK
		⑦	-1.02	-30.67	- 3.06	4.28	10.0	7.0	1.1	3.5	0.04	1	8	OK
		⑧	-1.07	-30.80	-10.30	4.28	11.6	8.6	0.8	1.9	0.15	5	8	OK
	底盤	⑨	-1.07	- 1.27	30.80	4.28	11.6	8.6	1.0	30.6	0.44	5	1	OK
		⑩	0.28	- 1.16	9.24	4.28	10.0	7.0	0.4	8.9	0.13	1	1	OK
		⑪	2.01	- 1.16	-	4.28	10.0	7.0	2.7	73.6	-	1	-	OK
400	頂版	①	3.06	- 0.88	-	4.28	10.0	7.0	4.0	112.2	-	1	-	OK
		②	-0.46	-12.16	16.37	4.28	10.0	7.0	0.5	2.7	0.23	8	1	OK
		③	-1.59	- 0.99	37.19	4.28	11.6	8.6	1.5	46.6	0.53	5	1	OK
	側壁	④	-1.59	-37.19	12.16	4.28	11.6	8.6	1.3	7.4	0.17	5	8	OK
		⑤	-1.55	-37.32	5.45	4.28	10.0	7.0	1.8	12.1	0.08	5	8	OK
		⑥	-1.47	-37.80	-	4.28	10.0	7.0	1.7	9.6	-	1	-	OK
		⑦	-1.60	-38.35	- 5.67	4.28	10.0	7.0	1.8	12.7	0.08	1	8	OK
		⑧	-1.68	-38.48	-13.12	4.28	11.6	8.6	1.4	8.3	0.19	5	8	OK
	底盤	⑨	-1.68	- 1.83	38.48	4.28	11.6	8.6	1.6	48.3	0.55	5	1	OK
		⑩	-0.49	-13.12	16.93	4.28	10.0	7.0	0.5	2.8	0.24	8	1	OK
		⑪	3.14	- 1.60	-	4.28	10.0	7.0	4.1	114.9	-	1	-	OK
500	頂版	①	4.70	- 1.35	-	4.28	12.0	8.5	4.4	138.2	-	1	-	OK
		②	0.75	- 1.35	20.90	4.28	12.0	8.5	0.7	21.1	0.25	1	1	OK
		③	-2.48	- 1.56	44.85	4.28	14.6	11.1	1.5	54.6	0.53	5	1	OK
	側壁	④	-2.48	-44.85	15.25	4.28	14.6	11.1	1.3	9.1	0.18	5	8	OK
		⑤	-2.37	-45.11	7.04	4.28	12.0	8.5	1.9	16.5	0.08	1	8	OK
		⑥	-2.22	-45.87	-	4.28	12.0	8.5	1.8	12.6	-	1	-	OK
		⑦	-2.38	-46.58	- 7.40	4.28	12.0	8.5	1.9	15.5	0.09	1	8	OK
		⑧	-2.54	-46.83	-16.72	4.28	14.6	11.1	1.3	8.8	0.20	5	8	OK
	底盤	⑨	-2.54	- 2.55	46.83	4.28	14.6	11.1	1.6	55.2	0.55	5	1	OK
		⑩	0.74	- 2.11	21.15	4.28	12.0	8.5	0.7	19.7	0.25	1	1	OK
		⑪	4.74	- 2.11	-	4.28	12.0	8.5	4.5	139.7	-	1	-	OK

Ⅱ 型

1. 設計条件

1) 一般条件

土被り $D = 0.200\text{m} \sim 3.000\text{m}$

舗装厚 $T_a = 0.200\text{m}$ 。ただし、土被りが 0.200m 以下の場合は土被りを舗装厚とする。

地下水位 $H_w =$ 地下水位無し 又は $GL - 0.200\text{m}$ 。ただし、地下水位は舗装厚以下とする。

2) 部材の許容応力度

コンクリートの設計基準強度 $\sigma_{ck} = 30.0 \text{ N/mm}^2$
 許容曲げ圧縮応力度 $\sigma_{ca} = 11.0 \text{ N/mm}^2$
 許容せん断応力度 $\tau_a = 0.50 \text{ N/mm}^2$
 (端部は、 1.00 N/mm^2)

鉄筋の許容引張応力度 (SD295A) $\sigma_{sa} = 160.0 \text{ N/mm}^2$

3) 単位体積重量

鉄筋コンクリート $\gamma_c = 24.5 \text{ kN/m}^3$

アスファルト $\gamma_a = 22.5 \text{ kN/m}^3$

土 地下水位以上 $\gamma = 18.0 \text{ kN/m}^3$

地下水位以下 $\gamma' = 9.0 \text{ kN/m}^3$

水 $\gamma_w = 9.8 \text{ kN/m}^3$

4) 静止土圧係数

$K_o = 0.5$

5) 活荷重

T-25 (PL: 後輪一輪荷重 $PL = 100\text{kN}$)

6) 衝撃係数

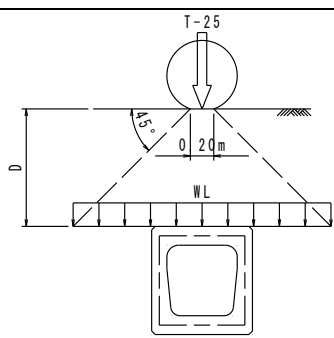
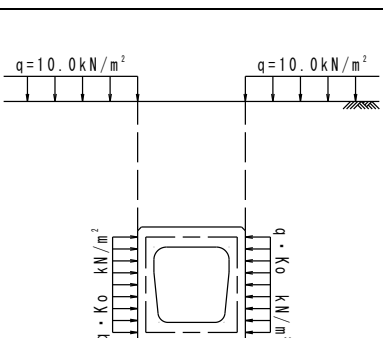
$i = 0.30$

7) 低減係数

$\beta = 0.9$

8) 活荷重

カルバートに作用する活荷重による鉛直荷重及び水平荷重

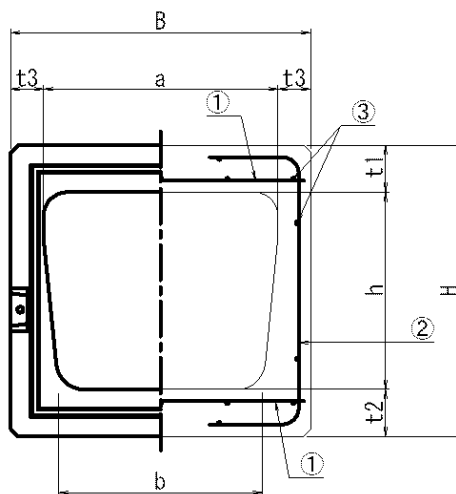
直載時	側載時
	
$WL = \frac{2 \times \beta \times PL \times (1 + i)}{2.75 \times (2 \times D + 0.20)}$	$P_a = q \times K_o$

9) 鉛直土圧係数

$\alpha = 1.0$

2. 断面形状及び計算モデル

ボックスカルバートの形状、寸法は次のとおりとする。



呼び名	寸法 (mm)									鉄筋						参考 質量 (Kg)
										①		②		③		
	a	b	h	t1	t2	t3	B	H	L	径	本数	径	本数	径	本数	
300	300	260	300	80	80	65	430	460	2000	D10	18	D10	18	φ 6	12	540
400	400	345	360	90	90	70	540	540	2000	D10	20	D10	20	φ 6	16	748
500	500	435	420	100	100	70	640	620	2000	D13	14	D13	14	φ 6	18	954
許容差	±4			+4, -2			-		+10, -5	-						-

荷重の組合せは、次の8ケースとする。

地下水位

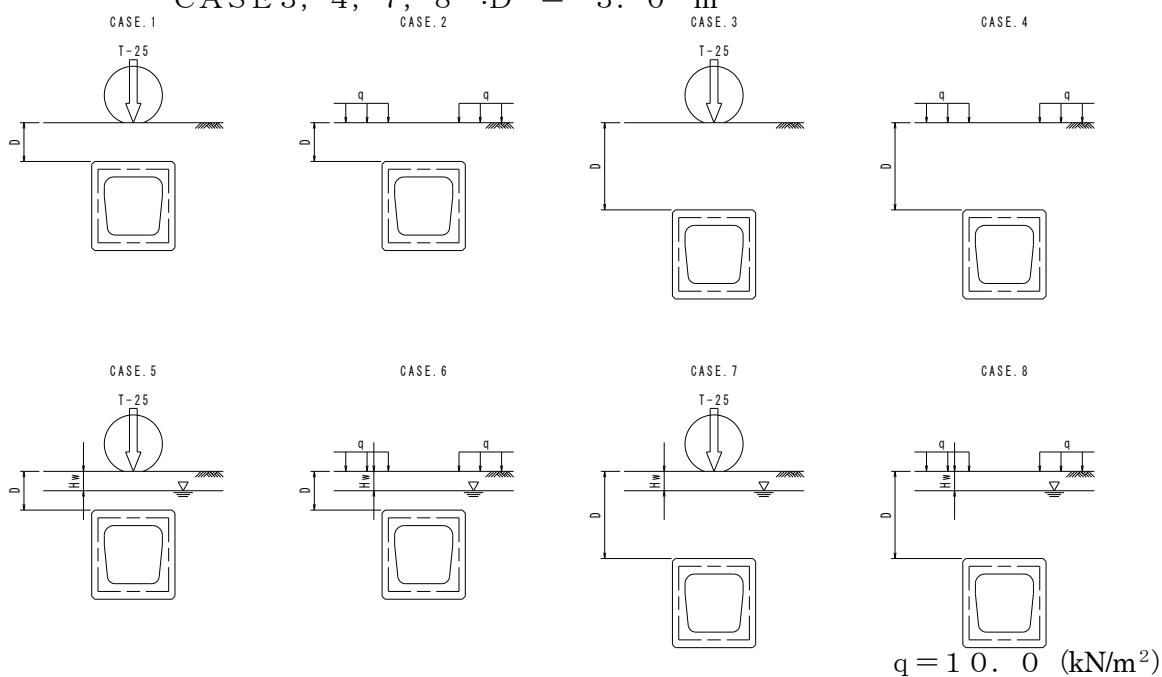
CASE 1～4 : $H_w = 0.0 \text{ m}$

CASE 5～8 : $H_w = 0.2 \text{ m}$

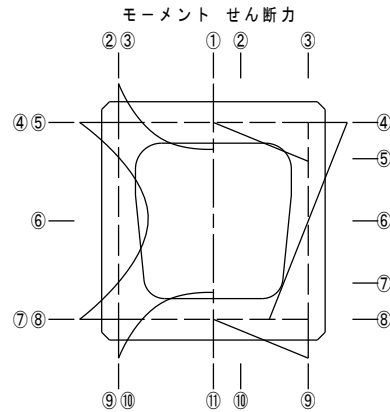
土被り

CASE 1, 2, 5, 6 : $D = 0.2 \text{ m}$

CASE 3, 4, 7, 8 : $D = 3.0 \text{ m}$



3. 計算結果



呼び名	部材	検討位置	M (kN・m)	N (kN)	S (kN)	Ap (cm ²)	T (cm)	d (cm)	σ (N/mm ²)		τ (N/mm ²)	M 算出 CASE	S 算出 CASE	判定
									σ_c 圧縮側	σ_s 引張側				
300	頂版	①	1.88	0.66	-	12.839	8.0	5.5	3.30	61.83	-	1	-	OK
		②	-0.66	8.54	10.75	12.839	8.0	5.5	1.11	14.56	0.20	7	1	OK
		③	-0.66	8.54	27.06	12.839	8.0	5.5	1.11	14.56	0.49	7	1	OK
	側壁	④	-0.66	14.30	-9.49	12.839	6.5	4.0	1.89	15.61	0.24	7	8	OK
		⑤	-0.66	14.30	-5.57	12.839	6.5	4.0	1.89	15.61	0.14	7	8	OK
		⑥	0.27	12.04	-	12.839	6.5	4.0	0.82	-1.17	-	8	-	OK
		⑦	-0.68	14.78	5.69	12.839	6.5	4.0	1.95	16.13	0.14	7	8	OK
		⑧	-0.68	14.78	9.96	12.839	6.5	4.0	1.95	16.13	0.25	7	8	OK
	底盤	⑨	-0.68	9.01	-27.54	12.839	8.0	5.5	1.15	14.90	0.50	7	1	OK
		⑩	-0.68	9.01	-10.94	12.839	8.0	5.5	1.15	14.90	0.20	7	1	OK
		⑪	1.90	0.98	-	12.839	8.0	5.5	3.34	62.29	-	1	-	OK
400	頂版	①	3.16	0.83	-	14.266	9.0	6.5	4.04	78.86	-	1	-	OK
		②	-0.99	10.20	15.59	14.266	9.0	6.5	1.21	17.80	0.24	7	1	OK
		③	-0.99	10.20	34.90	14.266	9.0	6.5	1.21	17.80	0.54	7	1	OK
	側壁	④	-0.99	18.28	-11.32	14.266	7.0	4.5	2.33	20.63	0.25	7	8	OK
		⑤	-0.99	18.28	-6.90	14.266	7.0	4.5	2.33	20.63	0.15	7	8	OK
		⑥	0.33	15.37	-	14.266	7.0	4.5	0.75	-3.21	-	8	-	OK
		⑦	-1.03	18.90	7.08	14.266	7.0	4.5	2.42	21.44	0.16	7	8	OK
		⑧	-1.03	18.90	11.97	14.266	7.0	4.5	2.42	21.44	0.27	7	8	OK
	底盤	⑨	-1.03	10.85	-35.52	14.266	9.0	6.5	1.25	18.26	0.55	7	1	OK
		⑩	-1.03	10.85	-15.87	14.266	9.0	6.5	1.25	18.26	0.24	7	1	OK
		⑪	3.20	1.28	-	14.266	9.0	6.5	4.09	79.48	-	1	-	OK
500	頂版	①	4.87	1.02	-	17.738	10.0	7.5	4.58	85.34	-	1	-	OK
		②	-1.33	11.89	20.08	17.738	10.0	7.5	1.16	17.18	0.27	7	1	OK
		③	-1.33	11.89	42.40	17.738	10.0	7.5	1.16	17.18	0.57	7	1	OK
	側壁	④	-1.33	22.03	13.19	17.738	7.0	4.5	3.02	24.72	0.29	7	8	OK
		⑤	-1.33	22.03	-8.75	17.738	7.0	4.5	3.02	24.72	0.19	7	8	OK
		⑥	0.43	18.48	-	17.738	7.0	4.5	1.11	-2.49	-	8	-	OK
		⑦	-1.38	22.75	9.04	17.738	7.0	4.5	3.14	25.75	0.20	7	8	OK
		⑧	-1.38	22.75	14.03	17.738	7.0	4.5	3.14	25.75	0.31	7	8	OK
	底盤	⑨	-1.38	12.73	-43.12	17.738	10.0	7.5	1.20	17.62	0.57	7	1	OK
		⑩	-1.38	12.73	-20.42	17.738	10.0	7.5	1.20	17.62	0.27	7	1	OK
		⑪	4.93	1.60	-	17.738	10.0	7.5	4.64	86.00	-	1	-	OK

[共-9 勾配対応型横断側溝]

[適用] 勾配対応型横断側溝は、主として車道を横断する側溝として設置されるものとして、次の計算例を紹介する。

1. 設計条件

1) 単位体積重量及び土質係数

コンクリートの単位体積重量	γ_c	=	24.5	kN/m ³
土の単位体積重量	γ_s	=	18	kN/m ³
土の内部摩擦角	ϕ	=	25°	
壁面と土との間の壁面摩擦角	δ	=	$2/3\phi =$	16.667°

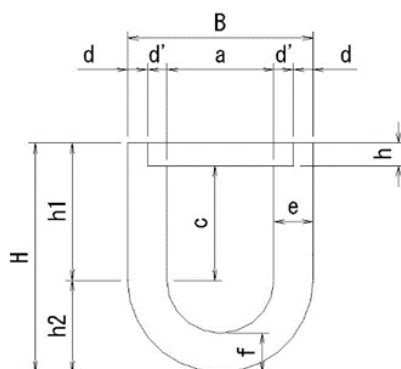
2) 許容応力度

コンクリートの設計基準強度	σ_{ck}	=	30 N/mm ²
コンクリートの許容曲げ圧縮応力度	σ_{ca}	=	11 N/mm ²
コンクリートの曲げ引張応力度	σ_{bt}	=	3 N/mm ²
鉄筋の許容引張応力度(SR235)	σ_{sa1}	=	140 N/mm ²
鉄筋の許容引張応力度(SD295A)	σ_{sa2}	=	180 N/mm ²
ヤング係数比(E_s/E_c)	n_1	=	15 (応力度の計算に用いる場合)
	n_2	=	7.1 (弾性変形に用いる場合)
コンクリートのヤング係数比	m	=	0.5

3) 荷重

後輪荷重	Q	=	100 kN
衝撃係数	i	=	0.3
等分布荷重	q	=	10 kN/m ²

2. 形状寸法



規格	B	H	a	c	e	f	d	d'	h	h1	h2
250	460	455	250	170	105	100	50	55	60	230	225
300A	520	525	300	205	110	105	55	55	65	270	255
300B	520	625	300	305	110	105	55	55	65	370	255
300C	520	725	300	405	110	105	55	55	65	470	255
400A	630	650	400	260	115	110	60	55	80	340	310
500A	750	785	500	330	125	120	70	55	85	415	370

(mm)

3. 側圧作用時の抵抗モーメントの計算

平成13年12月農林水産省農村振興局監修・土地改良事業標準設計図面集「鉄筋コンクリート二次製品」利用の手引きを参考とした。

(旧JIS A 5372 推奨仕様 6-1に適合したJIS協議会規格 JPCS-RC7261より引用した内容と同様)

抵抗モーメントは次に示す3種類を計算し、これらの計算結果を比較して得られる最小の値を許容抵抗モーメントとして採用する。

1) コンクリートの許容圧縮応力度 σ_{ca} から求まる抵抗モーメント(M_{rc})

$$M_{rc} = 1/2 \cdot \sigma_{ca} \cdot k \cdot j \cdot b \cdot d^2$$

$$p = \frac{A_s}{b \cdot d} \quad k = \sqrt{2 \cdot n_1 \cdot p + (n_1 \cdot p)^2} - n_1 \cdot p \quad j = 1 - \frac{k}{3}$$

ここに、 M_{rc} : コンクリートの許容圧縮応力度 σ_{ca} から求まる抵抗モーメント(kN・m/m)

A_s : 鉄筋量(mm²)

b : 有効幅(mm)

d : 有効高(mm)

n_1 : 鉄筋とコンクリートのヤング係数比

p : 鉄筋比

k : 中立軸比

j : コンクリートの圧縮応力の合力から鉄筋断面の図心までの距離と有効高さとの比

2) 鉄筋の許容引張応力度 σ_{sa} から求まる抵抗モーメント(M_{rs})

$$M_{rs} = \sigma_{sa} \cdot A_s \cdot j \cdot d$$

ここに、 M_{rs} : 鉄筋の許容引張応力度 σ_{sa} から求まる抵抗モーメント(kN・m/m)

3) コンクリートの曲げ引張強度 σ_{bt} から求まる抵抗モーメント(M_{cr})

$$M_{cr} = \frac{\sigma_{bt} \cdot I_g}{m \cdot (t-x)}$$

$$x = \sqrt{\left\{ \frac{m \cdot b \cdot t + n_2 \cdot A_s}{b \cdot (1-m)} \right\}^2 + \frac{m \cdot b \cdot t^2 + 2n_2 \cdot A_s \cdot d}{b \cdot (1-m)}} - \frac{m \cdot b \cdot t + n_2 \cdot A_s}{b \cdot (1-m)}$$

$$I_g = \frac{b}{3} \cdot \{x^3 + m \cdot (t-x)^3\} + n_2 \cdot A_s \cdot (d-x)^2$$

ここに、 M_{cr} : コンクリートの曲げ引張強度 σ_{bt} から求まる抵抗モーメント(kN・m/m)

I_g : 全断面を有効とした換算断面二次モーメント(mm⁴)

x : 圧縮縁より中立軸までの距離(mm)

m : コンクリートのヤング係数比

t : 部材厚(mm)

n_2 : 鉄筋とコンクリートのヤング係数比

4) 計算結果

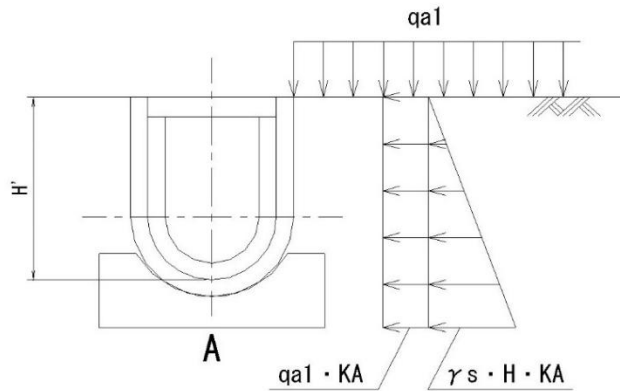
呼び名	鉄筋			d (mm)	b (mm)	p	k	j
	径	本数	As(mm ²)					
250	D 6	10	316.700	75	1000	0.00422	0.29810	0.90063
300A	D 6	12	380.040	80	1000	0.00475	0.31291	0.89570
300B	D 10	8	570.640	80	1000	0.00713	0.36775	0.87742
300C	D 10	10	713.300	80	1000	0.00892	0.40052	0.86649
400A	D 10	8	570.640	85	1000	0.00671	0.35917	0.88028
500A	D 10	10	713.300	95	1000	0.00751	0.37519	0.87494

呼び名	x (mm)	I _g (mm ⁴)	M _{rc} (kN・m/m)	M _{rs} (kN・m/m)	M _{cr} (kN・m/m)	M _{ra} (kN・m/m)
250	44.42	68372417	8.3060	3.8506	6.7718	3.8506
300A	46.71	79213963	9.8656	4.9018	7.5096	4.9018
300B	47.26	80688727	11.3580	7.2099	7.7165	7.2099
300C	47.66	81761343	12.2160	8.9002	7.8692	7.8692
400A	49.40	92369429	12.5638	7.6855	8.4484	7.6855
500A	54.10	120652108	16.2944	10.6720	10.2103	10.2103

M_{ra}: 製品の許容抵抗モーメント。 1)～3)で求めたモーメントのうち、最小値を許容抵抗モーメントとする。

4. 許容等分布荷重の計算

側圧に対してA点で支持される片持ち曲げ梁として抵抗させることとし、そのモーメントを求め許容抵抗モーメント M_{ra} と対比させ検討する。



$$M_{ra} = \frac{1}{2} \cdot q_{a1} \cdot K'_A \cdot H'^2 + \frac{1}{6} \cdot K'_A \cdot \gamma s \cdot H'^3$$

$$\therefore q_{a1} = \frac{2 \cdot (M_{ra} - 1/6 \cdot K'_A \cdot \gamma s \cdot H'^3)}{K'_A \cdot H'^2} > q(10 \text{ kN/m}^2)$$

ここに、 q_{a1} : 許容抵抗モーメントから求まる許容等分布荷重(kN/m²)

M_{ra} : 許容抵抗モーメント(kN・m/m)

H' : 側壁の高さ(m)

K_A : 主動土圧係数

K'_A : K_A の水平成分

ただし、

$$K_A = \frac{\sin^2(\theta + \phi)}{\sin^2 \theta \cdot \sin(\theta - \delta) \cdot \left\{ 1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \cdot \sin(\phi - i)}{\sin(\theta - \delta) \cdot \sin(\theta + i)}} \right\}^2} = 0.3608$$

$$K'_A = K_A \cdot \cos \delta = 0.3456$$

$$\delta: \text{壁背面と土砂との壁面摩擦角} = 16.667^\circ$$

$$\phi: \text{壁背面土砂の内部摩擦角} = 25^\circ$$

$$\theta: \text{壁の傾斜角} = 90^\circ$$

$$i: \text{背面土の盛土傾斜角} = 0^\circ$$

規格	H' (m) ($H-f/2$)	q_{a1} (kN/m ²)	q (kN/m ²)	判定
250	0.4050	133.425	10	OK
300A	0.4725	124.225		OK
300B	0.5725	123.867		OK
300C	0.6725	96.659		OK
400A	0.5950	122.060		OK
500A	0.7250	108.064		OK

5. 車両直載時の検討

「コンクリート製品 設計・施工要覧 全国コンクリート製品協会編」より、1.鉄筋コンクリート管 3.8.2 外圧と管体に生ずる曲げモーメント(P41)を参照し、モーメントの算出を行う。

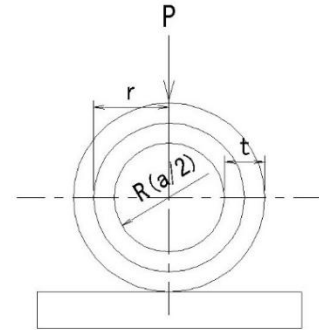
1) 荷重

$$P = \frac{2 \cdot Q \cdot (1 + i)}{2.75} = 94.545 \quad \text{kN/m}$$

$$r = a/2 + f/2$$

$$r = \begin{pmatrix} 250: & 0.1750 & \text{m} \\ 300A: & 0.2025 & \text{m} \\ 300B: & 0.2025 & \text{m} \\ 300C: & 0.2025 & \text{m} \\ 400A: & 0.2550 & \text{m} \\ 500A: & 0.3100 & \text{m} \end{pmatrix}$$

$$t = f$$

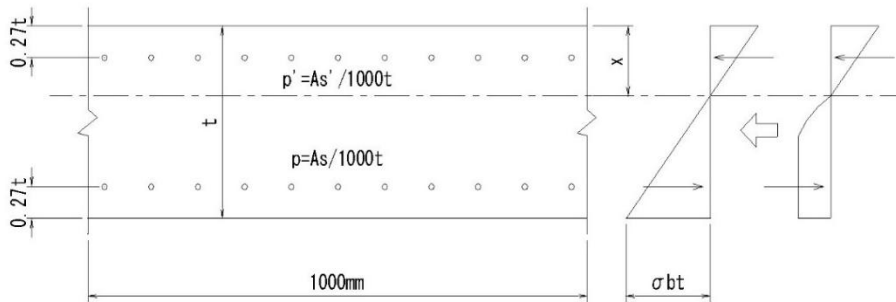


2) 最大曲げモーメント

$$+M_{\max} = 0.318 \cdot P \cdot r \quad \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$-M_{\max} = -0.182 \cdot P \cdot r \quad \text{kN} \cdot \text{m}$$

3) 鉄筋量の算定



$$x = \frac{t}{1-m} \left[\sqrt{[m + n \cdot (p+p')]^2 + (1-m) \cdot \{ 2n \cdot (0.73p + 0.27p') + m \}} - [m + n \cdot (p+p')] \right]$$

$$A = \frac{1000}{m \cdot (t-x)} \left\{ \frac{x^3}{3} + m \frac{(t-x)^3}{3} + n \cdot p \cdot t \cdot (0.73t-x)^2 + n \cdot p' \cdot t \cdot (x-0.27t)^2 \right\}$$

ここに、 x: 中立軸の位置

(mm)

t: 管厚

(mm)

Es: 鉄筋のヤング係数

2×10^5

(kN/mm²)

Ecc: コンクリートの圧縮ヤング係数

2×10^4

(kN/mm²)

Ect: コンクリートの引張ヤング係数

1×10^4

(kN/mm²)

$$n: Es/Ecc = 10$$

$$n': Es/Ect = 20$$

$$m: Ect/Ecc = 0.5$$

p: 内螺旋の鉄筋比 $As/1000t$ (As : 内螺旋の断面積)

p': 外螺旋の鉄筋比 $As'/1000t$ (As' : 外螺旋の断面積)

ひびわれ抵抗モーメントは次式のようになる。

$$M_r = \frac{I}{m \cdot (t-x)} = A \cdot \sigma_{bt} > M_{\max}$$

ここに、 M_r : ひびわれ抵抗モーメント

I : 断面2次モーメント

σ_{bt} : コンクリートの曲げ引張強度

4) 計算結果

規格	t (mm)	内螺筋				外螺筋			
		径	本数	As(mm ²)	p	径	本数	As'(mm ²)	p'
250	100	D 6	10	316.7	0.00317	D 6	10	316.7	0.00317
300A	105	D 6	12	380.04	0.00362	D 6	12	380.04	0.00362
300B	105	D 10	8	570.64	0.00543	D 10	8	570.64	0.00543
300C	105	D 10	10	713.3	0.00679	D 10	10	713.3	0.00679
400A	110	D 10	8	570.64	0.00519	D 10	8	570.64	0.00519
500A	120	D 10	10	713.3	0.00594	D 10	10	713.3	0.00594

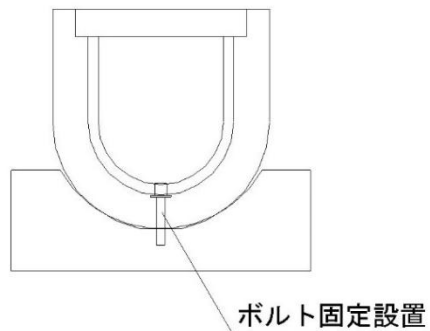
規格	x (mm)	A (mm ²)	Mr (N・mm)	+Mmax (N・mm)	-Mmax (N・mm)	判定
250	42.782	2162258	6486774	5261429	-3011258	OK
300A	44.327	2346973	7040919	6088225	-3484456	OK
300B	44.687	2442541	7327623	6088225	-3484456	OK
300C	44.938	2513832	7541496	6088225	-3484456	OK
400A	46.767	2666854	8000562	7666654	-4387833	OK
500A	51.181	3225261	9675783	9320246	-5334229	OK

6. 配筋表

規格	内側主鉄筋		配力筋	
	径	本数	径	本数
250	D 6	10	φ 4.0	9
300A	D 6	12	φ 4.0	9
300B	D 10	8	φ 5.0	11
300C	D 10	10	φ 5.0	11
400A	D 10	8	φ 5.0	9
500A	D 10	10	φ 5.0	11

規格	外側主鉄筋		配力筋	
	径	本数	径	本数
250	D 6	10	φ 4.0	9
300A	D 6	12	φ 4.0	11
300B	D 10	8	φ 5.0	11
300C	D 10	10	φ 5.0	11
400A	D 10	8	φ 5.0	11
500A	D 10	10	φ 5.0	11

7. 固定ボルトの照査



側溝は専用受台に設置し施工する。受台と側溝はボルトにて固定し、車両通過時における後輪荷重により作用する荷重をボルト部における水平荷重に置き換え、せん断耐力の照査を行う。

1) 荷重

$$P = \frac{2 \cdot Q \cdot (1+i)}{2.75} = 94.545 \quad \text{kN/m}$$

1m当りボルトを2本使用する場合の1本当りせん断力

$$N = \frac{94.545}{2} = 47.273 \quad \text{kN/本}$$

高力ボルト(B10T)の許容せん断力

規格	有効断面積 (mm ²)	長期許容 せん断応力 (N/mm ²)	せん断耐力 (kN)	判定
M16	157	190	29.83	OUT
M18	192	190	36.48	OUT
M20	245	190	46.55	OUT
M22	303	190	57.57	OK
M24	353	190	67.07	OK
M27	459	190	87.21	OK

※ボルトの長期許容応力は、道路土工「仮設構造物工指針」の許容応力度(短期)を1.5で除した値とする。

上記結果より、側溝の固定には高力ボルト(B10T) M22を採用する。

【共-44 貯水用L型ブロック】

〔適用〕 貯水用L型ブロックは、主としてオープン式調整池として設置されるものとして、次の計算例を紹介する。

【I 型】

1 設計条件

1) 使用材料の強度

プレキャスト部材

コンクリートの設計基準強度	:	$\sigma_{ck} = 40.0$	(N/mm ²)
コンクリートの許容曲げ圧縮応力度	:	$\sigma_{ca} = 14.0$	(N/mm ²)
コンクリートの許容せん断応力度*	:	$\tau_a = 0.27$	(N/mm ²)
鉄筋の許容引張応力度	:	$\sigma_{sa} = 160$	(N/mm ²)

現場打ち部材

コンクリートの設計基準強度	:	$\sigma_{ck} = 24.0$	(N/mm ²)
コンクリートの許容曲げ圧縮応力度	:	$\sigma_{ca} = 8.0$	(N/mm ²)
コンクリートの許容せん断応力度*	:	$\tau_a = 0.23$	(N/mm ²)
鉄筋の許容引張応力度	:	$\sigma_{sa} = 160$	(N/mm ²)

※ せん断の許容応力度については、「道路土工 擁壁工指針（平成24年度版）」に準拠し、

部材断面の影響及び軸方向引張鉄筋比の影響による割増しを考慮する。

2) 単位体積重量

鉄筋コンクリート	:	$\gamma_c = 24.5$	(kN/m ³)
無筋コンクリート	:	$\gamma_c = 23.0$	(kN/m ³)
土	:	$\gamma_s = 19.0$	(kN/m ³) (砂質土)
水	:	$\gamma_w = 9.8$	(kN/m ³)

3) 土質条件

土の内部摩擦角	:	$\phi = 30.0^\circ$	(砂質土)
地盤とコンクリートの摩擦係数	:	$\mu = 0.6$	(砂質土)
壁面と土の摩擦角	:	$\delta = 2/3 \cdot \phi^\circ$	

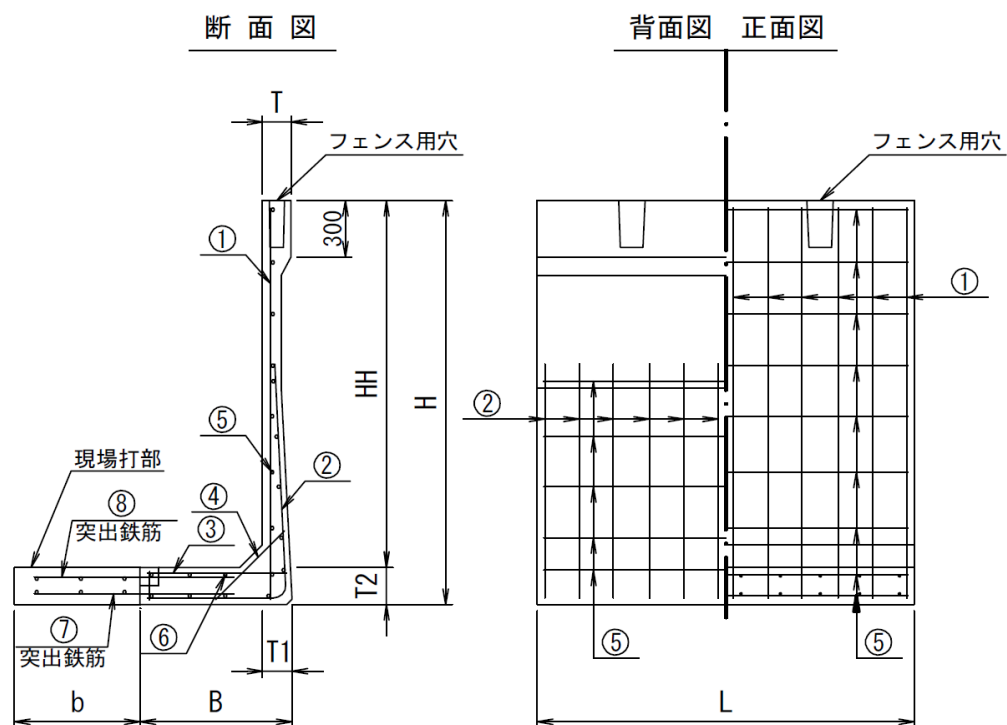
4) 上載荷重

:	$Q = 10$	(kN/m ²)
---	----------	----------------------

5) 土圧算定法

試行くさび法（道路土工 擁壁工指針 準拠）

2 断面形状及び計算モデル



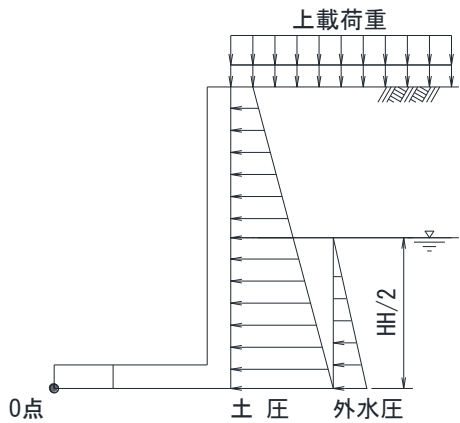
呼び名	寸 法 (mm)									参考質量 (kg)
	H	HH	B	T	T1	T2	L	b		
								タイプA	タイプB	
1000	1100	1000	655	150	100	100	2000	500	500	840
1500	1630	1500	807	150	150	130	2000	550	600	1440
2000	2150	2000	808	150	150	150	2000	1000	1100	1790
2500	2700	2500	913	150	200	200	2000	1300	1500	2585
3000	3250	3000	1119	150	250	250	2000	1600	1800	3660
許容差	+10 -5		+5 -2				+10 -5	—		—

注) 通常条件では、b=タイプ A。背面土が無い場合は、b=タイプ Bとする。

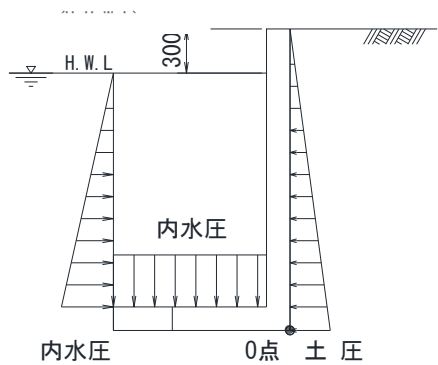
注) 突出鉄筋が複鉄筋の規格は、底版先端部に切欠が付く。

荷重の組合せは、次のケースとする。

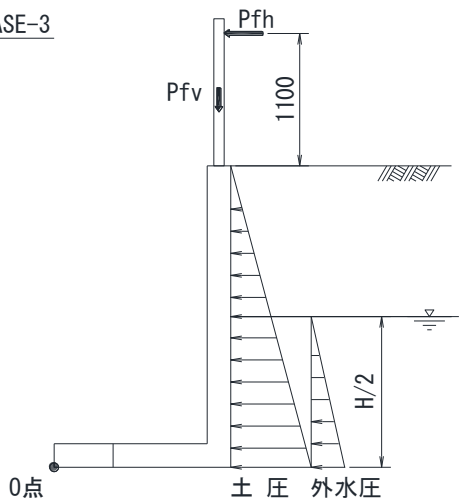
CASE-1



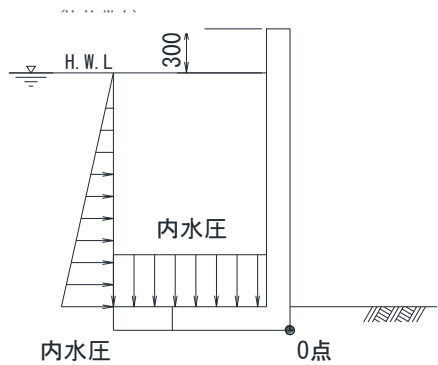
CASE-2



CASE-3



CASE-4



貯水用L型ブロックの荷重の組合せ

タイプ A、B の適用範囲は下表のとおりとする。

貯水用L型ブロックの適用	
記 号	適用荷重
タイプ A	荷重の組合せ：CASE1～3 (通常条件)
タイプ B	荷重の組合せ：CASE1～4 (背面土が無い場合)

3 計算結果

1) 安定検討

・滑動に対する検討

$$F_s = (V \cdot \mu + 0.5 \cdot P_p) / H < F_{sa}$$

・転倒に対する検討

偏心距離

$$|e| = BB/2 - (M_r \cdot M_o) / V < BB/6$$

ここに、
 V : 鉛直合力 (kN)
 H : 水平合力 (kN)
 BB : 底版幅 (mm)
 M_r : 抵抗モーメント (kN・m)
 M_o : 作用モーメント (kN・m)

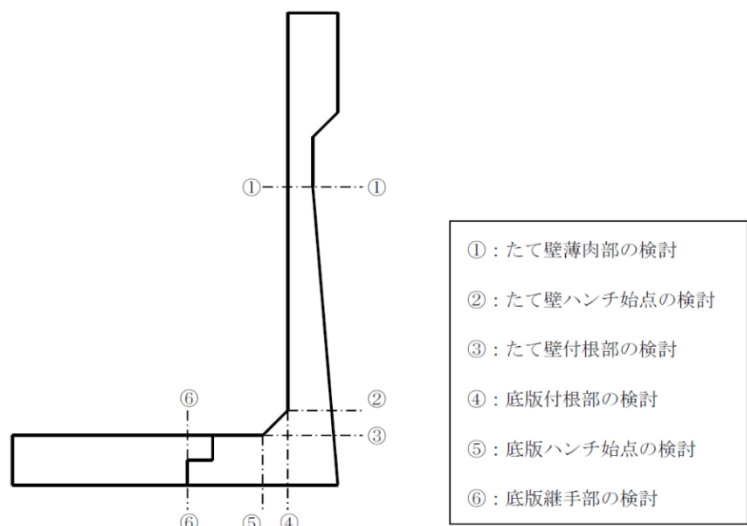
呼び名	荷重の 組合せ	タイプ A				タイプ B			
		滑動		転倒		滑動		転倒	
		F_s	F_{sa}	$ e $	$BB/6$	F_s	F_{sa}	$ e $	$BB/6$
1000	CASE1	—	—	0.026	0.193	—	—	0.026	0.193
	CASE2	10.3	1.5	0.098	0.193	10.3	1.5	0.098	0.193
	CASE3	—	—	0.021	0.385	—	—	0.021	0.385
	CASE4	—	—	—	—	3.2	1.5	0.146	0.193
1500	CASE1	—	—	0.110	0.226	—	—	0.092	0.234
	CASE2	3682.9	1.5	0.130	0.226	3789.5	1.5	0.132	0.234
	CASE3	—	—	0.068	0.452	—	—	0.051	0.469
	CASE4	—	—	—	—	2.0	1.5	0.230	0.234
2000	CASE1	—	—	0.216	0.301	—	—	0.180	0.318
	CASE2	14.2	1.5	0.181	0.301	14.8	1.5	0.182	0.318
	CASE3	—	—	0.149	0.603	—	—	0.115	0.636
	CASE4	—	—	—	—	1.8	1.5	0.309	0.318
2500	CASE1	—	—	0.311	0.369	—	—	0.240	0.402
	CASE2	9.6	1.5	0.232	0.369	10.3	1.5	0.230	0.402
	CASE3	—	—	0.231	0.738	—	—	0.165	0.804
	CASE4	—	—	—	—	1.7	1.5	0.386	0.402
3000	CASE1	—	—	0.363	0.453	—	—	0.294	0.486
	CASE2	8.1	1.5	0.285	0.453	8.6	1.5	0.281	0.486
	CASE3	—	—	0.277	0.906	—	—	0.213	0.973
	CASE4	—	—	—	—	1.7	1.5	0.466	0.486

※ タイプ A の CASE4 については、荷重の組合せにないため省略する。

※ CASE1、3 においては、調整池の底面およびつま先側にインバートコンクリートを施すことによって背面土圧による水平力に抵抗することとし、滑動に対する安全性を確保するため、滑動の検討を省略する

2) 断面検討

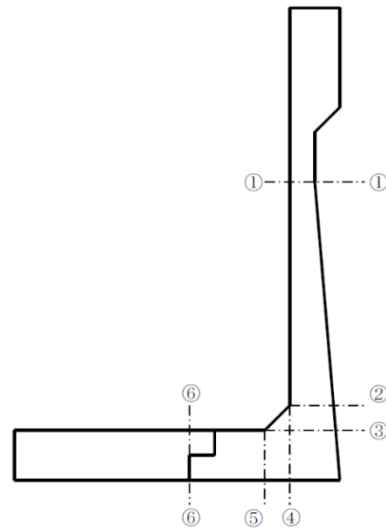
【タイプA】



呼び名	部材	検討位置	M kN・m	S kN	As mm ²	T mm	d mm	σ_c N/mm ²	σ_s N/mm ²	τ N/mm ²	M 抽出 ケース	S 抽出 ケース
1000	縦壁	①	0.53	2.64	285.32	80.00	45.00	1.68	46.45	0.06	case1	case1
		②	1.47	5.26	285.32	95.00	60.00	2.91	95.83	0.09	case1	case1
		③	1.96	6.44	285.32	133.33	98.33	1.74	76.53	0.07	case1	case1
	底版	④	1.96	4.51	285.32	133.33	98.33	1.74	76.53	0.05	case1	case1
		⑤	1.94	4.01	285.32	100.00	65.00	3.37	116.34	0.06	case1	case1
	打継	⑥	1.28	1.93	633.50	100.00	65.00	1.69	35.95	0.03	case1	case1
1500	縦壁	①	0.34	2.06	633.50	100.00	50.00	0.71	12.78	0.04	case1	case1
		②	4.39	10.47	633.50	144.00	94.00	3.14	83.83	0.11	case1	case1
		③	5.61	12.46	633.50	190.00	140.00	2.08	70.41	0.09	case1	case1
	底版	④	5.61	8.72	633.50	170.00	120.00	2.68	82.76	0.07	case1	case1
		⑤	5.58	8.31	633.50	130.00	80.00	5.22	126.22	0.10	case1	case1
	打継	⑥	4.32	5.27	760.20	130.00	80.00	3.81	82.30	0.07	case1	case1
2000	縦壁	①	1.82	5.45	1191.60	100.00	50.00	3.19	37.48	0.11	case1	case1
		②	10.02	17.81	1191.60	144.00	94.00	5.88	105.48	0.19	case1	case1
		③	12.10	20.40	1191.60	190.00	140.00	3.61	83.45	0.15	case1	case1
	底版	④	12.10	12.75	1191.60	190.00	140.00	3.61	83.45	0.09	case1	case1
		⑤	12.09	12.61	1191.60	150.00	100.00	6.37	119.10	0.13	case1	case1
	打継	⑥	11.17	10.50	993.00	150.00	100.00	6.22	130.62	0.11	case1	case1
2500	縦壁	①	1.82	5.45	760.20	100.00	50.00	3.57	56.98	0.11	case1	case1
		②	18.26	26.12	1191.60	190.00	155.00	4.59	113.13	0.17	case1	case1
		③	22.13	30.05	1191.60	250.00	215.00	3.23	97.16	0.14	case1	case1
	底版	④	22.13	18.79	1191.60	250.00	215.00	3.23	97.16	0.09	case1	case1
		⑤	22.12	18.78	1191.60	200.00	165.00	5.02	128.34	0.11	case1	case1
	打継	⑥	21.14	16.79	1432.50	200.00	135.00	6.33	127.46	0.12	case1	case1
3000	縦壁	①	1.82	5.45	993.00	100.00	50.00	3.33	44.41	0.11	case1	case1
		②	31.05	36.87	1390.20	238.75	203.75	4.70	124.63	0.18	case1	case1
		③	36.51	41.53	1390.20	300.00	265.00	3.58	111.19	0.16	case1	case1
	底版	④	36.51	25.68	1390.20	300.00	265.00	3.58	111.19	0.10	case1	case1
		⑤	36.51	25.67	1390.20	250.00	215.00	5.06	138.50	0.12	case1	case1
	打継	⑥	34.88	22.93	1719.00	250.00	185.00	5.80	126.90	0.12	case1	case1

※ 検討位置③、④については、ハンチ厚を考慮する。

【タイプB】



- ①：たて壁薄肉部の検討
 ②：たて壁ハンチ始点の検討
 ③：たて壁付根部の検討
 ④：底版付根部の検討
 ⑤：底版ハンチ始点の検討
 ⑥：底版継手部の検討

呼び名	部材	検討位置	M kN・m	S kN	As mm ²	T mm	d mm	σ_c N/mm ²	σ_s N/mm ²	τ N/mm ²	M 抽出 ケース	S 抽出 ケース
1000	縦壁	①	0.53	2.64	285.32	80.00	45.00	1.68	46.45	0.06	case1	case1
		②	1.47	5.26	285.32	95.00	60.00	2.91	95.83	0.09	case1	case1
		③	1.96	6.44	285.32	133.33	98.33	1.74	76.53	0.07	case1	case1
	底版	④	1.96	4.51	285.32	133.33	98.33	1.74	76.53	0.05	case1	case1
		⑤	1.94	4.01	285.32	100.00	65.00	3.37	116.34	0.06	case1	case1
	打継	⑥	1.28	1.93	633.50	100.00	65.00	1.69	35.95	0.03	case1	case1
1500	縦壁	①	0.34	2.06	633.50	100.00	50.00	0.71	12.78	0.04	case1	case1
		②	4.39	10.47	633.50	144.00	94.00	3.14	83.83	0.11	case1	case1
		③	-2.82	12.46	633.50	190.00	50.00	5.85	105.04	0.09	case4	case1
	底版	④	-2.82	8.62	633.50	170.00	50.00	5.85	105.04	0.07	case4	case1
		⑤	5.58	8.16	633.50	130.00	80.00	5.22	126.16	0.10	case1	case1
	打継	⑥	4.37	5.19	760.20	130.00	80.00	3.86	83.19	0.06	case1	case1
2000	縦壁	①	1.82	5.45	1390.20	100.00	50.00	3.08	32.48	0.11	case1	case1
		②	-6.44	17.81	1390.20	144.00	50.00	10.92	115.23	0.19	case4	case1
		③	-8.02	20.40	1390.20	190.00	50.00	13.60	143.53	0.15	case4	case1
	底版	④	-8.02	12.55	506.80	190.00	155.00	2.74	112.17	0.08	case4	case1
		⑤	-7.90	12.29	506.80	150.00	115.00	4.38	150.72	0.11	case4	case1
	打継	⑥	11.16	10.09	1390.20	150.00	85.00	7.45	113.14	0.12	case1	case1
2500	縦壁	①	1.82	5.45	993.00	100.00	50.00	3.33	44.41	0.11	case1	case1
		②	-14.07	26.12	993.00	190.00	140.00	4.46	115.33	0.17	case4	case1
		③	-17.39	30.05	993.00	250.00	200.00	3.05	97.98	0.14	case4	case1
	底版	④	-17.39	18.25	760.20	250.00	215.00	2.99	117.23	0.08	case4	case1
		⑤	-17.15	17.95	760.20	200.00	165.00	4.54	152.42	0.11	case4	case1
	打継	⑥	21.06	15.69	1432.50	200.00	135.00	6.31	126.95	0.12	case1	case1
3000	縦壁	①	1.82	5.45	1191.60	100.00	50.00	3.19	37.48	0.11	case1	case1
		②	-27.08	36.87	1191.60	238.75	188.75	4.91	136.35	0.18	case4	case1
		③	-32.15	41.53	1191.60	300.00	250.00	3.67	120.51	0.16	case4	case1
	底版	④	-32.15	25.04	1191.60	300.00	265.00	3.33	113.37	0.09	case4	case1
		⑤	-31.86	24.77	1191.60	250.00	215.00	4.66	139.87	0.12	case4	case1
	打継	⑥	-26.55	21.68	1191.60	250.00	185.00	4.98	136.54	0.12	case4	case1

※ 検討位置③、④については、ハンチ厚を考慮する。

[道-13 置式防護柵基礎]

[適用] 置き式防護柵基礎は、主として車道用防護柵の置き式連続基礎として設置されるものとして、次の計算例を紹介する。

I 型

1. 設計条件

1) 単位体積重量

$$\text{鉄筋コンクリートの単位体積重量} \quad \gamma_{c1} = 24.5 \text{ kN/m}^3 \quad (2.50 \text{ tf/m}^3)$$

$$\text{無筋コンクリートの単位体積重量} \quad \gamma_{c2} = 23.0 \text{ kN/m}^3 \quad (2.35 \text{ tf/m}^3)$$

2) 使用材料

$$\text{コンクリートの設計基準強度} \quad \sigma_{ck} = 30 \text{ N/mm}^2 \quad (300 \text{ kgf/cm}^2)$$

$$\text{鉄筋の許容引張応力度 (SD295A)} \quad \sigma_{sa1} = 160 \text{ N/mm}^2 \quad (1600 \text{ kgf/cm}^2)$$

3) 荷重

$$\text{ガードレールの衝突荷重} \quad P = 55 \text{ kN} \quad (5.5 \text{ tf})$$

(車両用防護柵標準仕様・同解説より、A種の衝突荷重を採用)

$$\text{支持の最大支持力} \quad P_{\max} = 50 \text{ kN} \quad (5.0 \text{ tf})$$

(車両用防護柵標準仕様・同解説より、A種の最大支持力を採用)

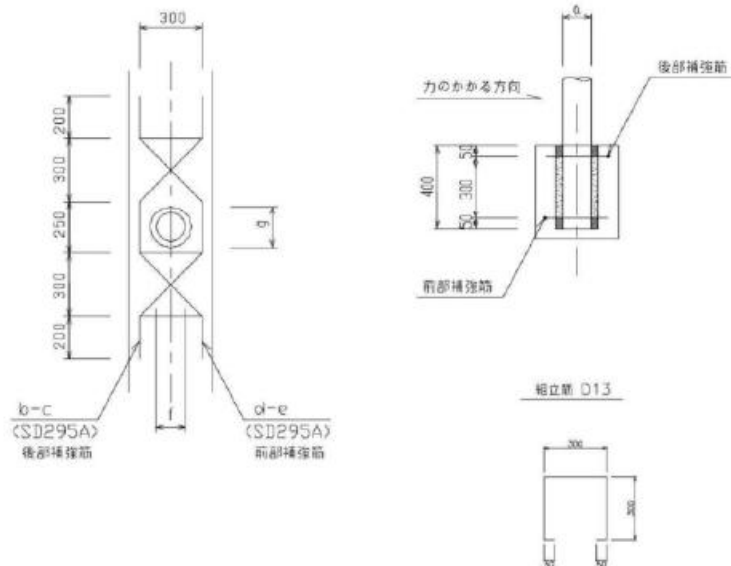
※防護柵建て込み穴の補強鉄筋の検討時は支持の最大支持力 $P_{\max}$ を採用し、
連結部(ボルト、補強筋)の検討時は衝突荷重 P を採用する。

2. ガードレール補強鉄筋

1) 置き式防護柵基礎 I-A及び I-Bは、下表により補強鉄筋を配置する。

社団法人日本道路協会「車両用防護柵標準仕様・同解説」(平成16年3月)
P-107、表-1.7 各仕様における補強鉄筋の形状(埋め込み深さ400mmの場合)より引用

仕 様 記 号	Gr-A-2B Gr-A-4B Gr-A-2B Gp-Ap-2B	Gr-C-2B Gr-C-2B2 Gr-B-2B Gr-Cm-2B Gr-Bm-2B Gr-Am-2B Gc-C-4B Gc-B-4B Gc-Bm-4B Gp-C-2B Gp-B-2B Gp-B-2B3 Gp-B-2B4 Gp-Cp-2B Gp-Bp-2B Gp-Bp-2B3 Gp-Bp-2B4	
	a	ϕ -139.8×4.5	ϕ -114.3×4.5
	b	1	1
	c	D13	D13
	d	1	1
	e	D13	D13
	f	ϕ 200	ϕ 180
	g		

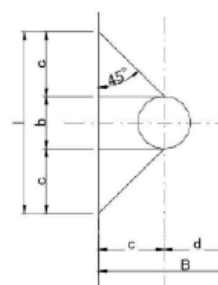
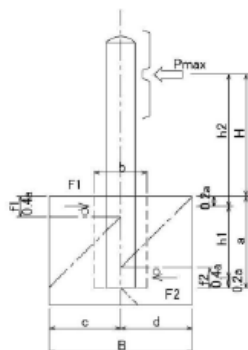


※分離帯での使用を想定し、左右対称に配置する。

防護柵建て込み穴の補強鉄筋の検討【I-A】

(社)日本道路協会の防護柵の設置基準・同解説(平成28年12月)より、152～159ページ「1.5定着部の強度」の「1.5.2V型補強鉄筋を使用の場合」を参照し、補強鉄筋の妥当性の確認を行う。

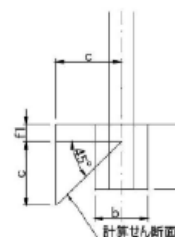
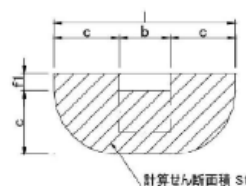
$$\begin{aligned} P_{\max} &= 50000 \text{ N} \\ H &= 600 \text{ mm} \\ a &= 400 \text{ mm} \\ B &= 630 \text{ mm} \\ b &= 200 \text{ mm} \\ f_1 (0.4a) &= 160 \text{ mm} \\ f_2 (0.4a) &= 160 \text{ mm} \\ h_1 &= 240 \text{ mm} \\ h_2 &= 680 \text{ mm} \\ c &= 315 \text{ mm} \\ d &= 315 \text{ mm} \end{aligned}$$



($P_{\max}$:車両用防護柵標準仕様・同解説 P109 表-1.9 コンクリートに設置する支柱の最大支持力 より、支柱形状 $\phi 139.8 \times 4.5$ の数値を引用)

・ 後部地覆に作用する反力: F_1

$$\begin{aligned} F_1 &= (h_1 + h_2) / h_1 \cdot P_{\max} \\ &= 191667 \text{ N} \end{aligned}$$



コンクリートが受け持つ荷重(コンクリートの押抜きせん断抵抗): R_c

コンクリートの計算せん断面積: S

$$\begin{aligned} S_1 &= c \cdot (2 \cdot f_1 + b + \pi \cdot c / 2) \\ &= 319583 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

径	本	$A_s (\text{mm}^2)$
D 13	1	126.70

$$R_{c1} = n_c \cdot \tau_{pa} \cdot S_1 \quad n_c: \text{割増係数 } 1.5$$

$$= 479375 \text{ N} \quad \tau_{pa}: \text{許容押抜きせん断応力度 } 1.0 \text{ N/mm}^2$$

(コンクリート標準示方書より、コンクリートの設計基準強度 $\sigma_{ck} = 30 \text{ N/mm}^2$ の場合)

$R_{c1} > F_1$ となり、コンクリートのみで衝突荷重を支持できる。

補強鉄筋として、(社)「車両用防護柵標準仕様・同解説」(平成16年3月) P-107、表-1.7 各仕様における補強鉄筋の形状(埋め込み深さ400mmの場合)に準拠し、鉄筋を配置する。

・ 前部基礎に作用する反力: F_2

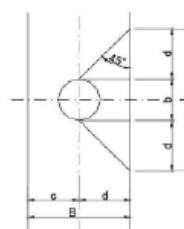
$$\begin{aligned} F_2 &= h_2 / h_1 \times P_{\max} \\ &= 141667 \text{ N} \end{aligned}$$

コンクリートが受け持つ荷重

(コンクリートの押抜きせん断抵抗): R_{c2}

コンクリートの計算せん断面積: S_2

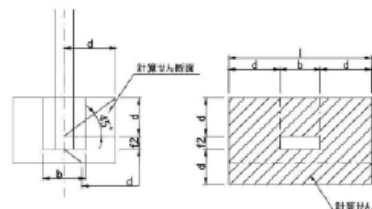
$$\begin{aligned} S_2 &= (f_2 + 2 \cdot d) \cdot (b + 2 \cdot d) - (f_2 \cdot b) \\ &= 623700 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$



$$R_{c2} = n_c \cdot \tau_{pa} \cdot S_2 \quad n_c: \text{割増係数 } 1.5$$

$$= 935550 \text{ N} \quad \tau_{pa}: \text{許容押抜きせん断応力度 } 1.0 \text{ N/mm}^2$$

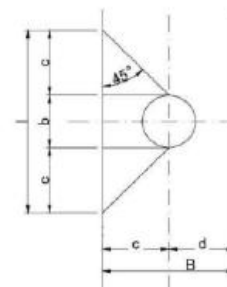
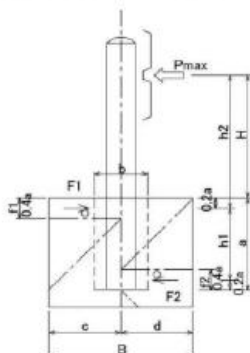
$R_{c2} > F_2$ となりコンクリートのみにて衝突荷重を支持できる。
従って、前部補強鉄筋として後部補強筋と同様に鉄筋を配置する。



防護柵建て込み穴の補強鉄筋の検討 【I-B】

(社)日本道路協会の防護柵の設置基準・同解説(平成28年12月)より、152～159ページ「1.5定着部の強度」の「1.5.2V型補強鉄筋を使用の場合」を参照し、補強鉄筋の妥当性の確認を行う。

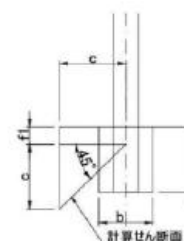
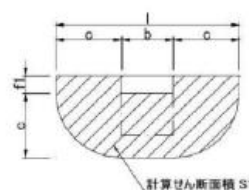
$$\begin{aligned} P_{\max} &= 50000 \text{ N} \\ H &= 600 \text{ mm} \\ a &= 400 \text{ mm} \\ B &= 400 \text{ mm} \\ b &= 200 \text{ mm} \\ 1(0.4a) &= 160 \text{ mm} \\ 2(0.4a) &= 160 \text{ mm} \\ h_1 &= 240 \text{ mm} \\ h_2 &= 680 \text{ mm} \\ c &= 200 \text{ mm} \\ d &= 200 \text{ mm} \end{aligned}$$



($P_{\max}$: 車両用防護柵標準仕様・同解説 P109 表-1.9 コンクリートに設置する支柱の最大支持力 より、支柱形状 $\phi 139.8 \times 4.5$ の数値を引用)

後部地覆に作用する反力: F_1

$$\begin{aligned} F_1 &= (h_1 + h_2) / h_1 \cdot P_{\max} \\ &= 191667 \text{ N} \end{aligned}$$



コンクリートが受け持つ荷重(コンクリートの押抜きせん断抵抗): R_c

コンクリートの計算せん断面積: S

$$\begin{aligned} S_1 &= c \cdot (2 \cdot f_1 + b + \pi \cdot c / 2) \\ &= 166800 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

径	本	$A_s (\text{mm}^2)$
D 13	1	126.70

$$R_{c1} = n_c \cdot \tau_{pa} \cdot S_1 \quad n_c: \text{割増係数 } 1.5$$

$$= 250200 \text{ N} \quad \tau_{pa}: \text{許容押抜きせん断応力度 } 1.0 \text{ N/mm}^2$$

(コンクリート標準示方書より、コンクリートの設計基準強度 $\sigma_{ck} = 30 \text{ N/mm}^2$ の場合)

$R_{c1} > F_1$ となり、コンクリートのみで衝突荷重を支持できる。

補強鉄筋として、(社)「車両用防護柵標準仕様・同解説」(平成16年3月) P-107、表-1.7 各仕様における補強鉄筋の形状(埋め込み深さ400mmの場合)に準拠し、鉄筋を配置する。

前部基礎に作用する反力: F_2

$$\begin{aligned} F_2 &= h_2 / h_1 \times P_{\max} \\ &= 141667 \text{ N} \end{aligned}$$

コンクリートが受け持つ荷重

(コンクリートの押抜きせん断抵抗): R_{c2}

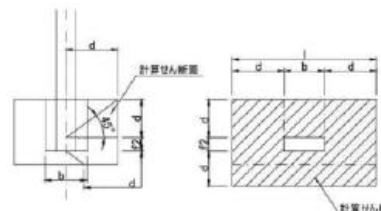
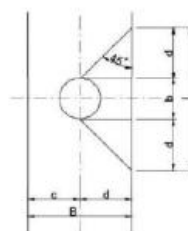
コンクリートの計算せん断面積: S_2

$$\begin{aligned} S_2 &= (f_2 + 2 \cdot d) \cdot (b + 2 \cdot d) - (f_2 \cdot b) \\ &= 304000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$R_{c2} = n_c \cdot \tau_a \cdot S_2 \quad n_c: \text{割増係数 } 1.5$$

$$= 456000 \text{ N} \quad \tau_a: \text{許容押抜きせん断応力度 } 1.0 \text{ N/mm}^2$$

$R_{c2} > F_2$ となりコンクリートのみにて衝突荷重を支持できる。
従って、前部補強鉄筋として後部補強筋と同様に鉄筋を配置する。



3. ボルトのせん断耐力の計算

$$Q_R = n \cdot A \cdot \frac{\sigma_y}{\sqrt{3}}$$

$$Q_R \text{ (ボルトのせん断耐力)} = 55 \text{ kN}$$

n (ボルトのせん断断面数)

A (ボルトの有効断面積)

$$55 = 1 \cdot A \cdot \frac{17.5}{\sqrt{3}}$$

$$\sigma_y \text{ (SS 330の耐力)} = 17.5 \text{ kN/cm}^2$$

通常はSS400を使用する。

(SS400の耐力は21.5kN/cm²)

$$A = 55 \cdot \frac{\sqrt{3}}{17.5} = 5.444 \text{ (cm}^2\text{)}$$

$$r = \sqrt{\frac{A}{\pi}} = \sqrt{\frac{5.444}{\pi}} = 1.316 \text{ (cm)}$$

$$R = 2r = 2.632 \text{ (cm)}$$

よって、M27を使用する。

照査

M27の引張破断強度は193kNであり、一般にせん断強度は引張強度の60%～80%であるので

$$193 \times 0.60 = 115.8 \text{ kN}$$

短期安全率を2として

$$115.8 \div 2 = 57.9 \text{ kN} > 55 \text{ kN} \quad \dots \text{ok}$$

4. ボルトの補強鉄筋の計算

最も断面形状の小さいB型にて検討し、A型はこれに準ずる。

①ボルト部に作用する反力 F_1

$$F_1 = 55 \text{ kN}$$

②上部ブロックのコンクリートが受け持つ荷重(コンクリートの押し抜きせん断抵抗) R_c

コンクリートの計算せん断面積 S

$$\begin{aligned} S &= (c+c) \times 18.3 \\ &= (12.87 + 12.87) \times 18.3 \\ &= 471.04 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

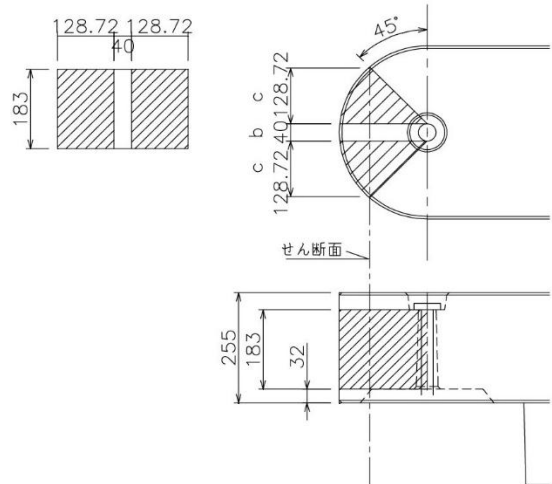
$$c = 12.87 \text{ cm}$$

$$b = 4.0 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} R_c &= n_c \cdot \tau_{pa} \cdot S \\ &= 1.5 \times 100 \times 471.04 \\ &= 70656 \text{ N} \\ &= 70.66 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$n_c \text{ (割増係数)} = 1.5$$

$$\tau_{pa} \text{ (許容押し抜きせん断応力度)} = 100 \text{ N/cm}^2$$



③上部ブロックの照査

$R_c > F_1$ となり、コンクリートのみにてボルトに作用する反力を支持できるが、D6の補強鉄筋を、コンクリート標準示方書により定着長20φで配置する。

④下部ブロックのコンクリートが受け持つ荷重(コンクリートの押し抜きせん断抵抗) R_c

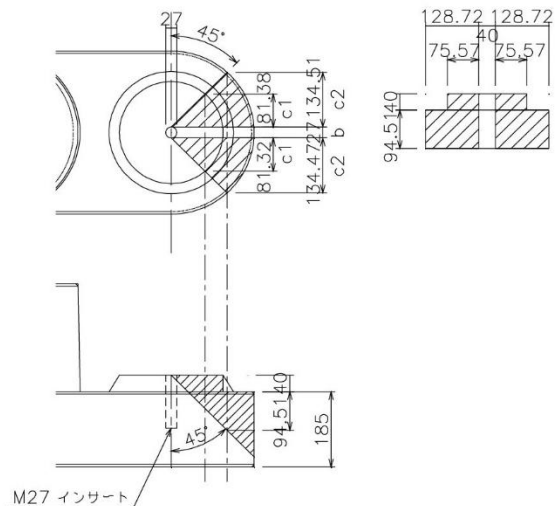
コンクリートの計算せん断面積 S

$$\begin{aligned} S &= (c1+c1) \times 4.0 + (c2+c2) \times 9.37 \\ &= (8.14 + 8.14) \times 4.0 + (13.45 + 13.45) \times 9.45 \\ &= 319.33 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$c1 = 8.14 \text{ cm}$$

$$c2 = 13.45 \text{ cm}$$

$$b = 2.7 \text{ cm}$$



$$\begin{aligned} R_c &= n_c \cdot \tau_{pa} \cdot S \\ &= 1.5 \times 100 \times 319.33 \\ &= 47900 \text{ N} \\ &= 47.90 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$n_c (\text{割増係数}) = 1.5$$

$$\tau_{pa} (\text{許容押し抜きせん断応力度}) = 100 \text{ N/cm}^2$$

$$\begin{aligned} R_s &= 2 \cdot k \cdot A_s \cdot \sigma_{sy} \cdot \cos \theta \\ &= 2 \times 1.0 \times 31.67 \times 295 \times \cos 0^\circ \\ &= 18685 \text{ N} \\ &= 18.685 \text{ kN} \end{aligned}$$

A型はこれに準ずる。

k (形状係数) = 1.0 (防護柵設置基準・同解説より、U型鉄筋の形状係数を引用)

A_s (補強鉄筋の公称断面積 (D6)) = 31.67 mm²

σ_{sy} (補強鉄筋の耐力値 (SD295)) = 295 N/mm²

θ (荷重方向とせん断面のなす角 (U型)) = 0°

⑤下部ブロックの照査

$$R = R_c + R_s = 66.59 \text{ kN} > F1 = 55 \text{ kN} \quad \dots \text{ok}$$

D6の補強鉄筋を、コンクリート標準示方書により定着長20φで配置する。

Ⅱ 型

1. 設計条件

1) 単位体積重量

鉄筋コンクリートの単位体積重量 $\gamma_{c1} = 24.5 \text{ kN/m}^3 \quad (2.50 \text{ tf/m}^3)$

無筋コンクリートの単位体積重量 $\gamma_{c2} = 23.0 \text{ kN/m}^3 \quad (2.35 \text{ tf/m}^3)$

2) 使用材料

コンクリートの設計基準強度 $\sigma_{ck} = 30 \text{ N/mm}^2 \quad (306 \text{ kgf/cm}^2)$

鉄筋の許容引張応力度 (SD295A) $\sigma_{sa1} = 160 \text{ N/mm}^2 \quad (1632 \text{ kgf/cm}^2)$

3) 荷重

ガードレールの衝突荷重 その1 $P = 30 \text{ kN} \quad (3.1 \text{ tf})$

(車両用防護柵標準仕様・同解説 P133 より、B 種・C 種の衝突荷重を採用)

ガードレールの衝突荷重 その2 $P = 55 \text{ kN} \quad (5.6 \text{ tf})$

(車両用防護柵標準仕様・同解説 P133 より、A 種の衝突荷重を採用)

※1. 支柱建て込み穴及び連結部のコンクリートの検討は最大荷重である 55kN にて検討を行う。

※2. 連結金具の検討は使用ボルトが異なる為 B 種・C 種それぞれ行う。

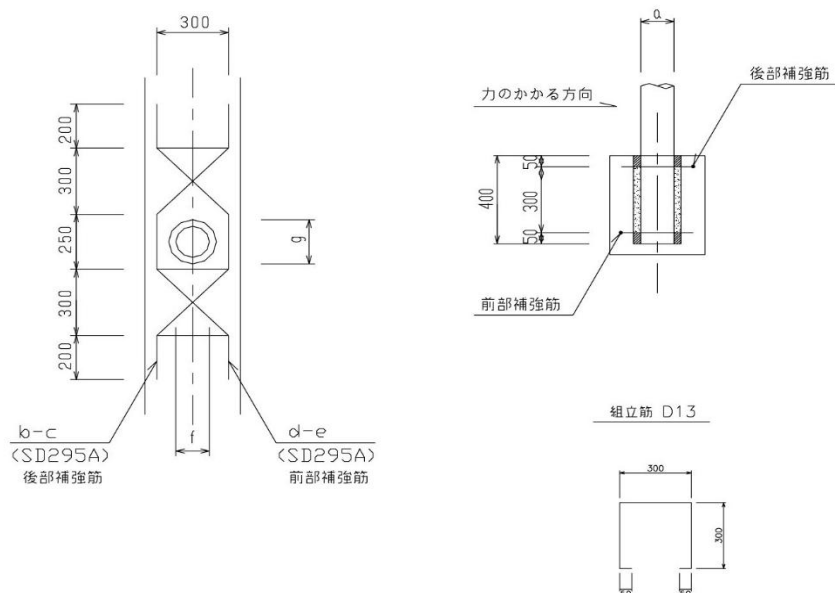
2. ガードレールの補強鉄筋

1) 置き式防護柵基礎Ⅱ-A、Ⅱ-B、Ⅱ-Cは、下表により補強鉄筋を配置する。

社団法人日本道路協会「車両用防護柵標準仕様・同解説」（平成16年3月）

P-107、表-1. 7 各仕様における補強鉄筋の形状（埋め込み深さ400mmの場合）より引用

仕 様 記 号	Gr-A-2B	Gr-C-2B
	Gr-A-4B	Gr-C-2B2
	Gr-A-2B	Gr-B-2B
	Gp-Ap-2B	Gr-Cm-2B
		Gr-Bm-2B
		Gr-Am-2B
		Gc-C-4B
		Gc-B-4B
		Gc-Bm-4B
		Gp-C-2B
		Gp-B-2B
		Gp-B-2B3
		Gp-B-2B4
		Gp-Cp-2B
		Gp-Bp-2B
		Gp-Bp-2B3
		Gp-Bp-2B4
a	$\phi-139.8 \times 4.5$	$\phi-114.3 \times 4.5$
b	1	1
c	D13	D13
d	1	1
e	D13	D13
f	$\phi 200$	$\phi 180$
g		



※分離帯での使用を想定し、左右対称に配置する。

防護柵建て込み穴の補強鉄筋の検討【Ⅱ-A】

(社) 日本道路協会の防護柵の設置基準・同解説（平成 28 年 11 月）より、152～159 ページ「1.5 定着部の強度」の「1.5.2 V 型補強鉄筋を使用の場合」を参照し、補強鉄筋の妥当性の確認を行う。

1. 設計条件

1) 作用荷重・各寸法

$$P'_{\max} = 55000 \text{ N}$$

$$H = 150 \text{ mm}$$

$$a = 400 \text{ mm}$$

$$0.4a = 160 \text{ mm}$$

$$0.2a = 80 \text{ mm}$$

$$h1 = 240 \text{ mm}$$

$$h2 = 230 \text{ mm}$$

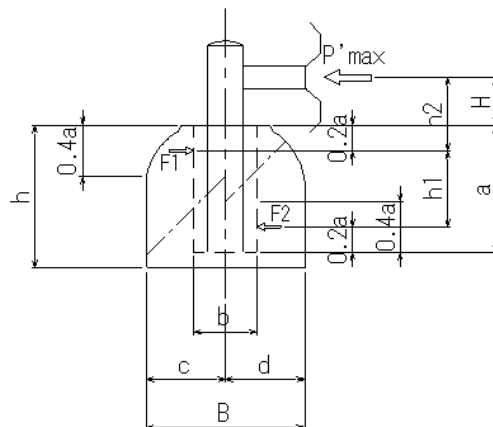
$$B = 400 \text{ mm}$$

$$b = 180 \text{ mm}$$

$$c = 200 \text{ mm}$$

$$d = 200 \text{ mm}$$

$$h = 450 \text{ mm}$$



2) コンクリートの設計基準強度

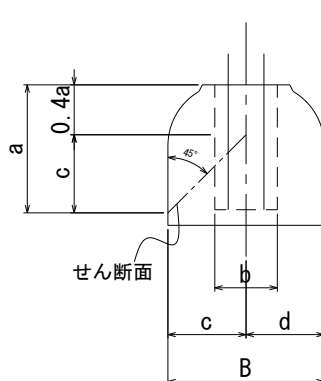
$$\sigma_{ck} = 30 \text{ N/mm}^2$$

2. 後部地覆のコンクリートと補強鉄筋の協働作用

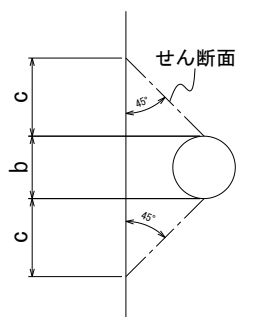
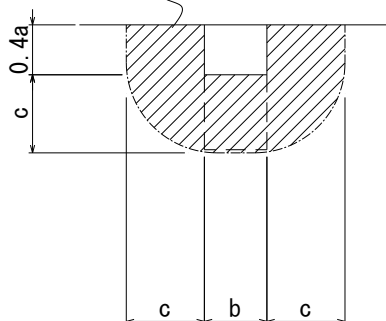
1) 後部地覆に作用する反力 : F1

$$F1 = (h1 + h2) / h1 \cdot P'_{\max} = 107708 \text{ N}$$

2) コンクリートが受け持つ荷重（コンクリートの押抜きせん断抵抗）: Rc1



計算せん断面積 : S1



コンクリートの計算せん断面積 : S1

$$S1 = c \cdot (0.8a + b + \pi c / 2) = 162800 \text{ mm}^2$$

$$Rc1 = nc \cdot \tau_{pa} \cdot S1 = 244200 \text{ N}$$

$$nc : \text{割り増し係数} = 1.5$$

$$\tau_{pa} : \text{許容押抜きせん断応力度} = 1.0 \text{ N/mm}^2$$

3) 照査

$$\therefore F1 = 107708 \text{ N} < Rc1 = 244200 \text{ N} \quad \dots \text{OK}$$

$Rc1 > F1$ となり、コンクリートのみにて車両の衝突荷重を支持できる。

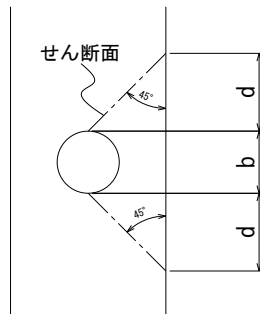
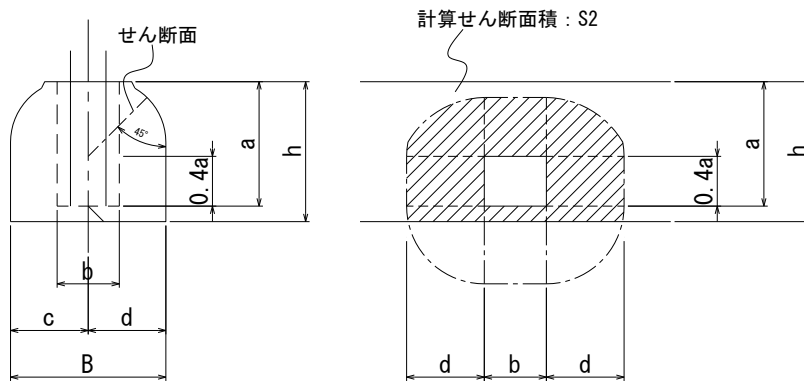
従って、用心鉄筋を配置する。

3. 前部地覆のコンクリートと補強鉄筋の協働作用

1) 前部地覆に作用する反力 : F2

$$F2 = h2/h1 \cdot P'_{\max} = 52708 \text{ N}$$

2) コンクリートが受け持つ荷重（コンクリートの押抜きせん断抵抗）: Rc2



コンクリートの計算せん断面積 : S2

CAD 計測により

$$S2 = 259000 \text{ mm}^2$$

$$Rc2 = nc \cdot \tau_{pa} \cdot S = 388500 \text{ N}$$

$$nc : \text{割り増し係数} = 1.5$$

$$\tau_{pa} : \text{許容押抜きせん断応力度} = 1.0 \text{ N/mm}^2$$

3) 照査

$$\therefore F2 = 52708 \text{ N} < Rc2 = 388500 \text{ N} \quad \dots \text{OK}$$

Rc2 > F2 となりコンクリートのみにて車両の衝突荷重を支持できる。
従って、用心鉄筋を配置する。

防護柵建て込み穴の補強鉄筋の検討【Ⅱ-B】

(社) 日本道路協会の防護柵の設置基準・同解説（平成 28 年 12 月）より、152～159 ページ「1.5 定着部の強度」の「1.5.2 V 型補強鉄筋を使用の場合」を参照し、補強鉄筋の妥当性の確認を行う。

1. 設計条件

1) 作用荷重・各寸法

$$P'_{\max} = 55000 \text{ N}$$

$$H = 150 \text{ mm}$$

$$a = 400 \text{ mm}$$

$$0.4a = 160 \text{ mm}$$

$$0.2a = 80 \text{ mm}$$

$$h1 = 240 \text{ mm}$$

$$h2 = 230 \text{ mm}$$

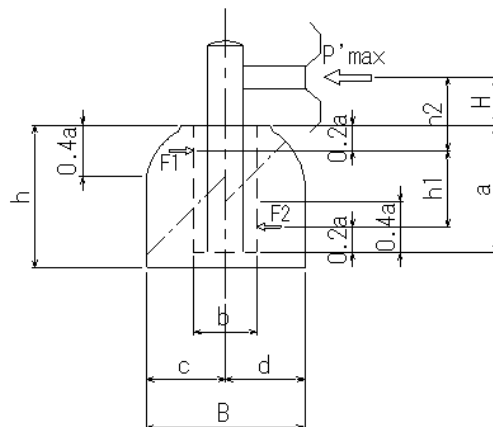
$$B = 500 \text{ mm}$$

$$b = 180 \text{ mm}$$

$$c = 250 \text{ mm}$$

$$d = 250 \text{ mm}$$

$$h = 450 \text{ mm}$$



2) コンクリートの設計基準強度

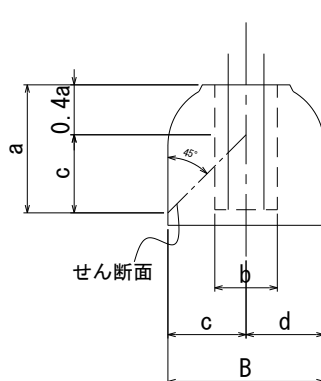
$$\sigma_{ck} = 30 \text{ N/mm}^2$$

2. 後部地覆のコンクリートと補強鉄筋の協働作用

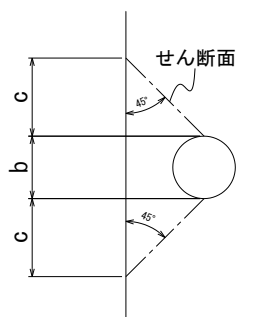
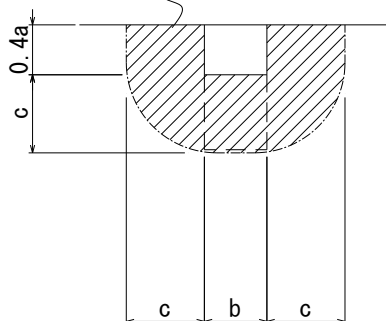
1) 後部地覆に作用する反力 : F1

$$F1 = (h1 + h2) / h1 \cdot P'_{\max} = 107708 \text{ N}$$

2) コンクリートが受け持つ荷重（コンクリートの押抜きせん断抵抗）: Rc1



計算せん断面積 : S1



コンクリートの計算せん断面積 : S1

$$S1 = c \cdot (0.8a + b + \pi c / 2) = 223125 \text{ mm}^2$$

$$Rc1 = nc \cdot \tau_{pa} \cdot S1 = 334688 \text{ N}$$

$$nc : \text{割り増し係数} = 1.5$$

$$\tau_{pa} : \text{許容押抜きせん断応力度} = 1.0 \text{ N/mm}^2$$

3) 照査

$$\therefore F1 = 107708 \text{ N} < Rc1 = 334688 \text{ N} \dots \text{OK}$$

Rc1 > F1 となり、コンクリートのみにて車両の衝突荷重を支持できる。

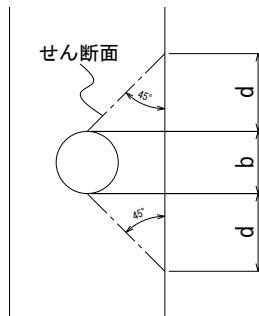
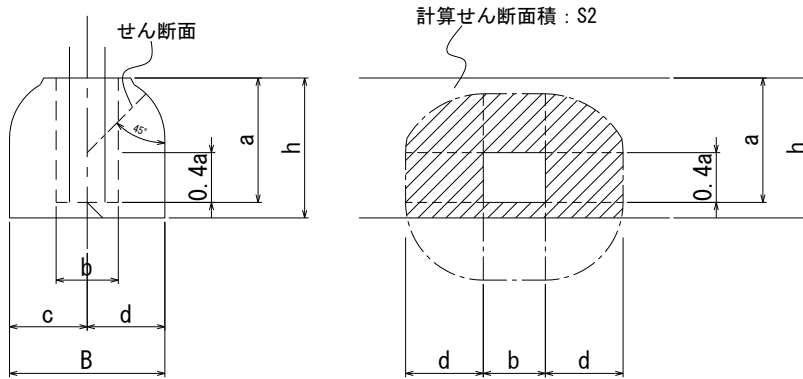
従って、用心鉄筋を配置する。

3. 前部地覆のコンクリートと補強鉄筋の協働作用

1) 前部地覆に作用する反力 : F2

$$F2 = h2/h1 \cdot P'_{\max} = 52708 \text{ N}$$

2) コンクリートが受け持つ荷重 (コンクリートの押抜きせん断抵抗) : Rc2



コンクリートの計算せん断面積 : S2

CAD 計測により

$$S2 = 317000 \text{ mm}^2$$

$$Rc2 = nc \cdot \tau_{pa} \cdot S = 475500 \text{ N}$$

$$nc : \text{割り増し係数} = 1.5$$

$$\tau_{pa} : \text{許容押抜きせん断応力度} = 1.0 \text{ N/mm}^2$$

3) 照査

$$\therefore F2 = 52708 \text{ N} < Rc2 = 475500 \text{ N} \quad \dots \text{OK}$$

Rc2 > F2 となりコンクリートのみにて車両の衝突荷重を支持できる。
従って、用心鉄筋を配置する。

防護柵建て込み穴の補強鉄筋の検討【Ⅱ-C】

(社) 日本道路協会の防護柵の設置基準・同解説（平成 28 年 12 月）より、152～159 ページ「1.5 定着部の強度」の「1.5.2 V 型補強鉄筋を使用の場合」を参照し、補強鉄筋の妥当性の確認を行う。

1. 設計条件

1) 作用荷重・各寸法

$$P'_{\max} = 55000 \text{ N}$$

$$H = 150 \text{ mm}$$

$$a = 400 \text{ mm}$$

$$0.4a = 160 \text{ mm}$$

$$0.2a = 80 \text{ mm}$$

$$h1 = 240 \text{ mm}$$

$$h2 = 230 \text{ mm}$$

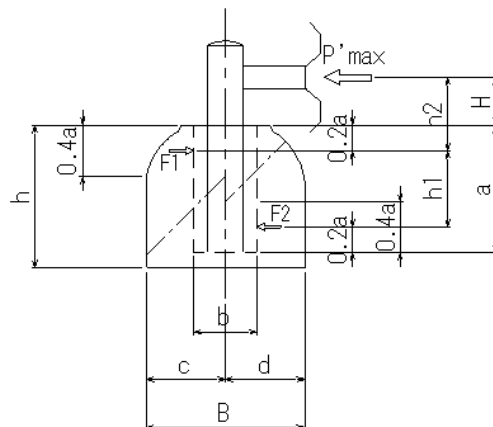
$$B = 600 \text{ mm}$$

$$b = 180 \text{ mm}$$

$$c = 300 \text{ mm}$$

$$d = 300 \text{ mm}$$

$$h = 450 \text{ mm}$$



2) コンクリートの設計基準強度

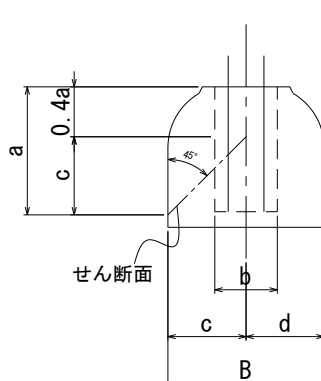
$$\sigma_{ck} = 30 \text{ N/mm}^2$$

2. 後部地覆のコンクリートと補強鉄筋の協働作用

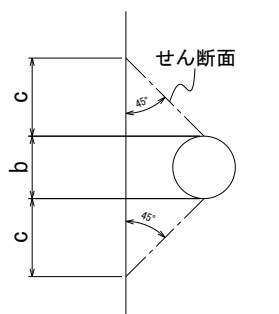
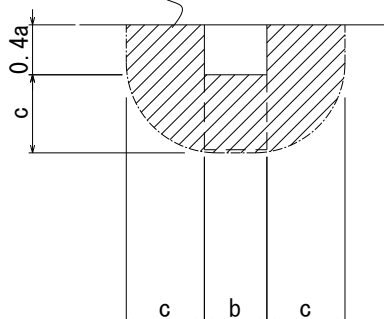
1) 後部地覆に作用する反力 : F1

$$F1 = (h1 + h2) / h1 \cdot P'_{\max} = 107708 \text{ N}$$

2) コンクリートが受け持つ荷重（コンクリートの押抜きせん断抵抗）: Rc1



計算せん断面積 : S1



コンクリートの計算せん断面積 : S1

$$S1 = c \cdot (0.8a + b + \pi c / 2) = 291300 \text{ mm}^2$$

$$Rc1 = nc \cdot \tau_{pa} \cdot S1 = 436950 \text{ N}$$

$$nc : \text{割り増し係数} = 1.5$$

$$\tau_{pa} : \text{許容押抜きせん断応力度} = 1.0 \text{ N/mm}^2$$

3) 照査

$$\therefore F1 = 107708 \text{ N} < Rc1 = 436950 \text{ N} \quad \dots \text{OK}$$

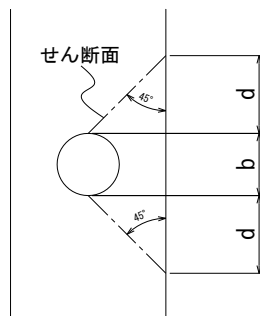
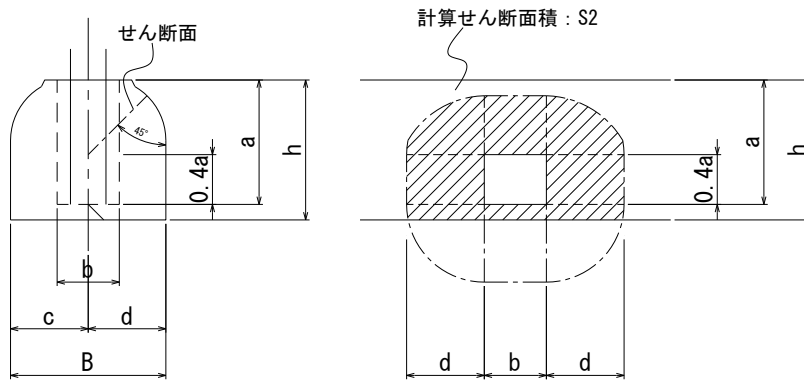
$Rc1 > F1$ となり、コンクリートのみにて車両の衝突荷重を支持できる。
従って、用心鉄筋を配置する。

3. 前部地覆のコンクリートと補強鉄筋の協働作用

1) 前部地覆に作用する反力 : F_2

$$F_2 = h_2 / h_1 \cdot P'_{\max} = 52708 \text{ N}$$

2) コンクリートが受け持つ荷重 (コンクリートの押抜きせん断抵抗) : R_{c2}



コンクリートの計算せん断面積 : S_2

CAD 計測により

$$S_2 = 326000 \text{ mm}^2$$

$$R_{c2} = n_c \cdot \tau_{pa} \cdot S = 489000 \text{ N}$$

$$n_c : \text{割り増し係数} = 1.5$$

$$\tau_{pa} : \text{許容押抜きせん断応力度} = 1.0 \text{ N/mm}^2$$

3) 照査

$$\therefore F_2 = 52708 \text{ N} < R_{c2} = 489000 \text{ N} \quad \dots \text{OK}$$

$R_{c2} > F_2$ となりコンクリートのみにて車両の衝突荷重を支持できる。
従って、用心鉄筋を配置する。

3. ガードレール基礎の連結部コンクリートの検討

1. 設計条件

最も断面形状が小さくなり不利な条件となる 400 型のみ検討を行う。

1) 作用荷重

$$\begin{aligned} \text{衝突荷重} \quad P &= 55000 \text{ N} \\ \text{1 箇所作用する荷重} \quad F &= P / n \quad n: \text{オス側とメス側の 2 箇所} \\ &= 55000 / 2 \\ &= 27500 \text{ N} \end{aligned}$$

2) コンクリートの設計基準強度

$$\sigma_{ck} = 30 \text{ N/mm}^2$$

2. コンクリートが受け持つ荷重（コンクリートの押抜きせん断抵抗）: R_c

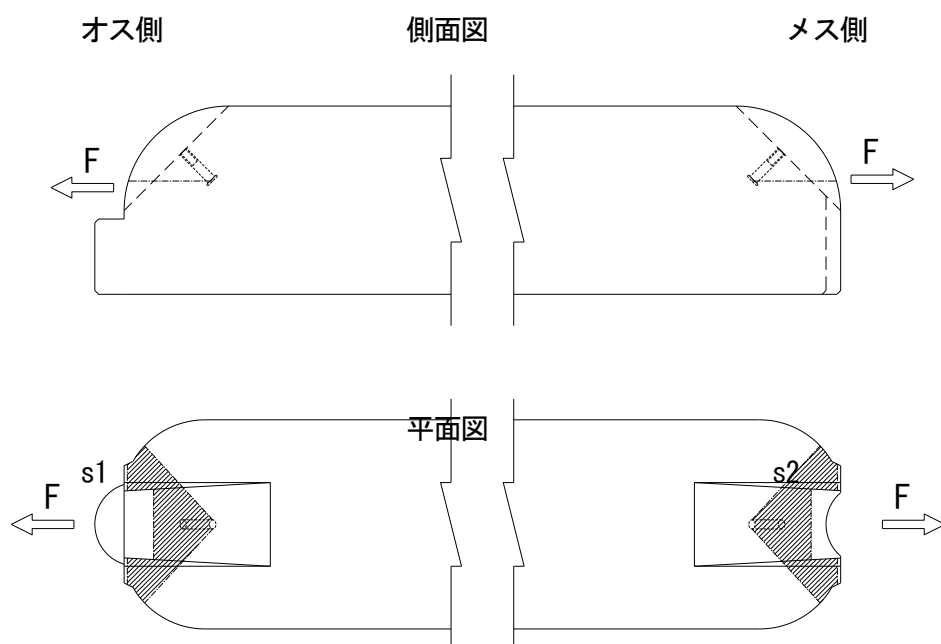
コンクリートの計算せん断面積: S

CAD 計測により

$$\text{オス側: } s1 = 346 \text{ cm}^2$$

$$\text{メス側: } s2 = 346 \text{ cm}^2$$

$$S = 34600 \text{ mm}^2 \cdots s1 = s2$$



$$R_c = n_c \cdot \tau_{pa} \cdot S = 51900 \text{ N}$$

$$n_c: \text{割り増し係数} = 1.5$$

$$\tau_{pa}: \text{許容押抜きせん断応力度} = 1.0 \text{ N/mm}^2$$

3. 照査

$$F = 27500 \text{ N} < R_c = 51900 \text{ N} \cdots \text{OK}$$

4. ガードレール基礎の連結金具の検討

1. 設計条件その1 (P = 30 KN)

1) 作用荷重

衝突荷重 $P = 30000 \text{ N}$

2) 使用鋼材

連結金具 b t
100 × 6

連結金具の基準強度

$F = 235 \text{ N/mm}^2$ (SS400、 $6 \text{ mm} \leq t \leq 16 \text{ mm}$)

連結ボルト M16

(有効断面積: 157 mm^2)

連結ボルトの基準強度

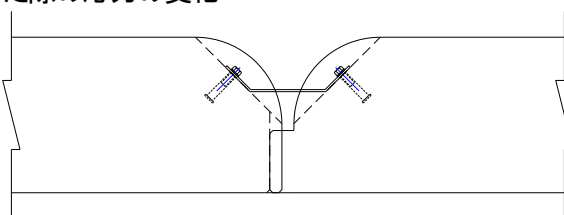
$F = 240 \text{ N/mm}^2$ (強度区分: 4.6)

短期許容せん断応力度

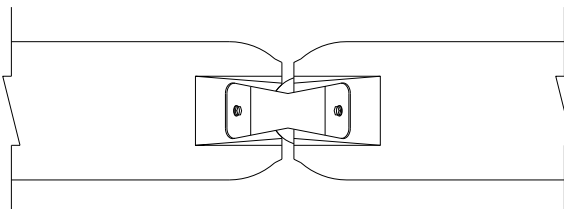
$$\tau_a = F / \sqrt{3} = 240 / \sqrt{3} = 138 \text{ N/mm}^2$$

3) 車両が衝突した際の応力の変化

側面図

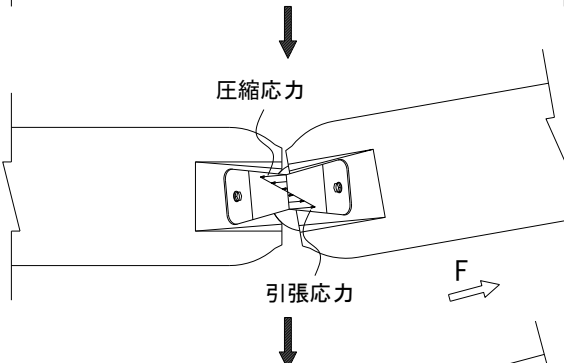


平面図



平常時

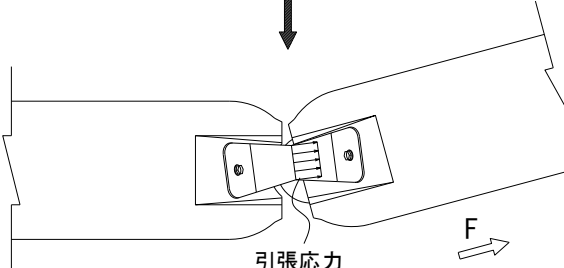
平面図



衝突時①

衝突直後は、圧縮と引張の
応力が作用する。

平面図



衝突時②

その後は、引張のみの応力
へと変化していく。

2. 金具の引張応力・圧縮応力の照査（衝突時①）

$$\begin{aligned}\sigma &= P / A \\ &= 30000 / 100 \times 6 / 2 \\ &= 100 \text{ N/mm}^2 < \sigma_a = 235 \text{ N/mm}^2 \quad \dots \text{OK}\end{aligned}$$

3. 金具の引張応力照査（衝突時②）

$$\begin{aligned}\sigma &= P / A \\ &= 30000 / 100 \times 6 \\ &= 50 \text{ N/mm}^2 < \sigma_a = 235 \text{ N/mm}^2 \quad \dots \text{OK}\end{aligned}$$

4. ボルトのせん断照査

1箇所作用する荷重

$$\begin{aligned}F &= P / n \quad n: \text{オス側とメス側の2箇所} \\ &= 30000 / 2 \\ &= 15000 \text{ N}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\tau &= F / A \\ &= 15000 / 157 \\ &= 96 \text{ N/mm}^2 < \tau_a = 138 \text{ N/mm}^2 \quad \dots \text{OK}\end{aligned}$$

1. 設計条件その2 (P = 55 KN)

1) 作用荷重

衝突荷重 P = 55000 N

2) 使用鋼材

連結金具 b t
100 × 6

連結金具の基準強度

$F = 235 \text{ N/mm}^2$ (SS400、 $6 \text{ mm} \leq t \leq 16 \text{ mm}$)

連結ボルト M16

(有効断面積: 157 mm^2)

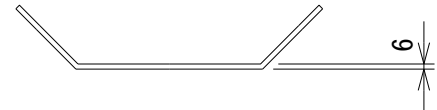
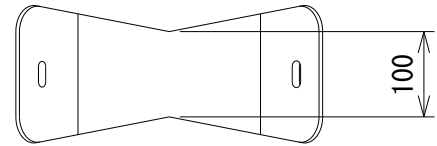
連結ボルトの基準強度

$F = 640 \text{ N/mm}^2$ (強度区分: 8.8)

短期許容せん断応力度

$$\tau_a = F / \sqrt{3} = 640 / \sqrt{3} = 369 \text{ N/mm}^2$$

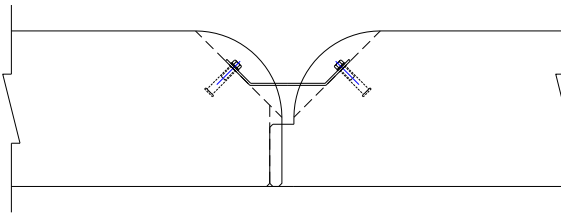
平面図



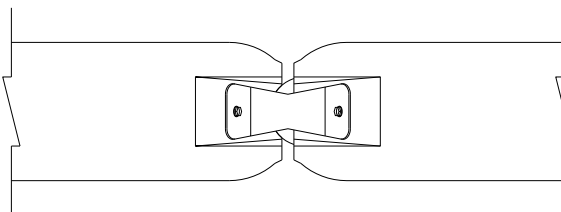
側面図

3) 車両が衝突した際の応力の変化

側面図

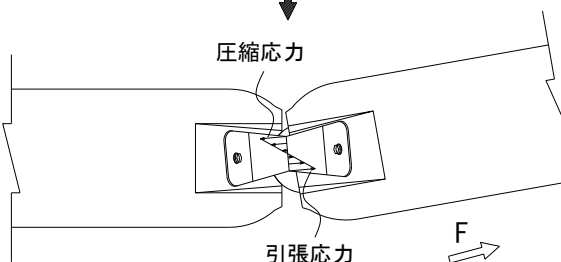


平面図



平常時

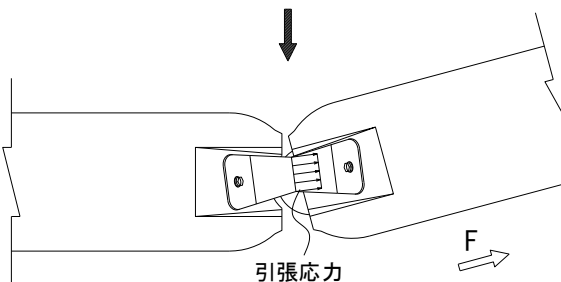
平面図



衝突時①

衝突直後は、圧縮と引張の応力が作用する。

平面図



衝突時②

その後は、引張のみの応力へと変化していく。

2. 金具の引張応力・圧縮応力の照査（衝突時①）

$$\begin{aligned}\sigma &= P / A \\ &= 55000 / 100 \times 6 / 2 \\ &= 183 \text{ N/mm}^2 < \sigma_a = 235 \text{ N/mm}^2 \quad \dots \text{OK}\end{aligned}$$

3. 金具の引張応力照査（衝突時②）

$$\begin{aligned}\sigma &= P / A \\ &= 55000 / 100 \times 6 \\ &= 92 \text{ N/mm}^2 < \sigma_a = 235 \text{ N/mm}^2 \quad \dots \text{OK}\end{aligned}$$

4. ボルトのせん断照査

1箇所作用する荷重

$$\begin{aligned}F &= P / n \quad n: \text{オス側とメス側の2箇所} \\ &= 55000 / 2 \\ &= 27500 \text{ N}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\tau &= F / A \\ &= 27500 / 157 \\ &= 175 \text{ N/mm}^2 < \tau_a = 369 \text{ N/mm}^2 \quad \dots \text{OK}\end{aligned}$$

Ⅲ 型

1. 設計条件

1) 単位体積重量

$$\text{鉄筋コンクリートの単位体積重量} \quad \gamma_{c1} = 24.5 \text{ kN/m}^3$$

$$\text{無筋コンクリートの単位体積重量} \quad \gamma_{c2} = 23.0 \text{ kN/m}^3$$

2) 使用材料

$$\text{コンクリートの設計基準強度} \quad \sigma_{ck} = 30 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{鉄筋の許容引張応力度 (SD295)} \quad \sigma_{sa1} = 160 \text{ N/mm}^2$$

3) 荷重

$$\text{ガードレールの衝突荷重 (B・C 種)} \quad P1 = 30 \text{ kN}$$

(車両用防護柵標準仕様・同解説 P133 より、B 種・C 種の衝突荷重を採用)

$$\text{ガードレールの衝突荷重 (A 種)} \quad P2 = 55 \text{ kN}$$

(車両用防護柵標準仕様・同解説 P133 より、A 種の衝突荷重を採用)

※1. 防護柵建て込み穴および連結部のコンクリートは、【Ⅲ-A】 55kN、【Ⅲ-B】 30kN にて検討する。

※2. 連結部のボルトは、衝突荷重により使用するボルトが異なるため A 種、B・C 種それぞれ検討する。

※3. 連結金具は、最大荷重である 55kN にて検討する。

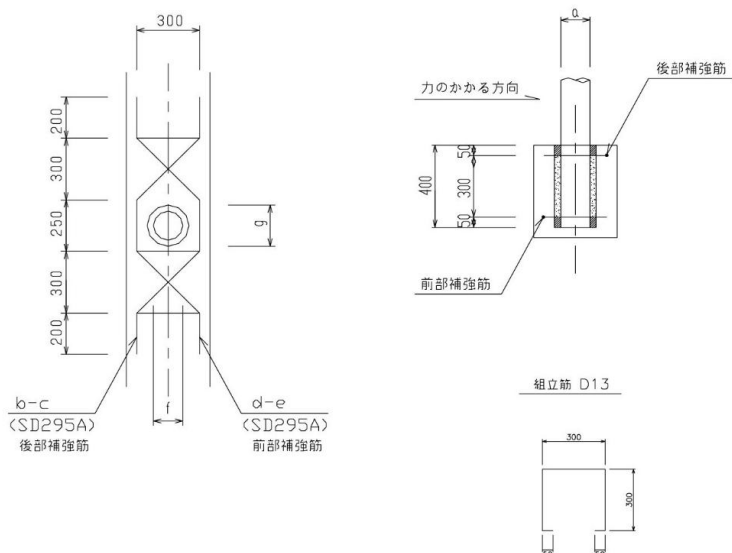
2. ガードレールの補強鉄筋

1) 置き式防護柵基礎Ⅲ-A、Ⅲ-Bは、下表により補強鉄筋を配置する。

社団法人日本道路協会「車両用防護柵標準仕様・同解説」（平成16年3月）

P-107、表-1. 7 各仕様における補強鉄筋の形状（埋め込み深さ400mmの場合）より引用

仕 様 記 号	Gr-A-2B Gc-A-4B Gp-A-2B Gp-Ap-2B	Gr-C-2B Gr-C-2B2 Gr-B-2B Gr-Cm-2B Gr-Bm-2B Gr-Am-2B Gc-C-4B Gc-B-4B Gc-Bm-4B Gp-C-2B Gp-B-2B Gp-B-2B3 Gp-B-2B4 Gp-Cp-2B Gp-Bp-2B Gp-Bp-2B3 Gp-Bp-2B4
a	ϕ -139.8×4.5	ϕ -114.3×4.5
b	1	1
c	D13	D13
d	1	1
e	D13	D13
f	ϕ 200	ϕ 180
g		



※分離帯での使用を想定し、左右対称に配置する。

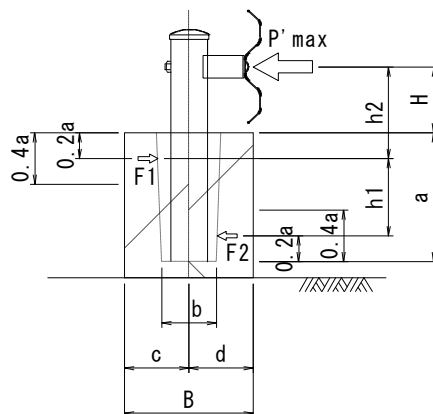
防護柵建て込み穴の補強鉄筋の検討【Ⅲ-A】

(公社)日本道路協会の防護柵の設置基準・同解説(令和3年3月)より、158～165 ページ「1.5 定着部の強度」の「1.5.2V型補強鉄筋を使用の場合」を参照し、補強鉄筋の妥当性の確認を行う。

1. 設計条件

1) 作用荷重・各寸法

$$\begin{aligned} P'_{\max} &= 55000 \text{ N} & B &= 630 \text{ mm} \\ H &= 150 \text{ mm} & b &= 205 \text{ mm} \\ a &= 400 \text{ mm} & c &= 315 \text{ mm} \\ 0.4a &= 160 \text{ mm} & d &= 315 \text{ mm} \\ 0.2a &= 80 \text{ mm} \\ h_1 &= 240 \text{ mm} \\ h_2 &= 230 \text{ mm} \end{aligned}$$



2) コンクリートの設計基準強度

$$\sigma_{ck} = 30 \text{ N/mm}^2$$

2. 後部地覆のコンクリートと補強鉄筋の協働作用

1) 後部地覆に作用する反力：F1

$$F1 = (h_1 + h_2) / h_1 \cdot P'_{\max} = 107708 \text{ N}$$

2) コンクリートが受け持つ荷重(コンクリートの押抜きせん断抵抗)：Rc1

コンクリートの計算せん断面積：S1

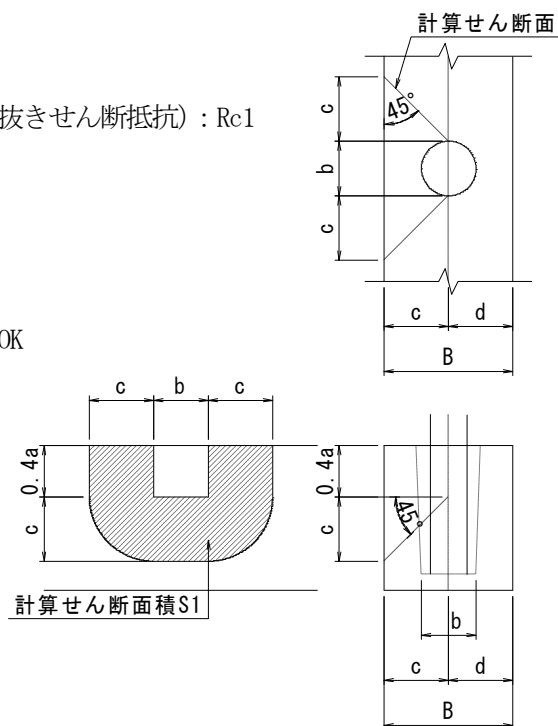
$$S1 = c \cdot (0.8a + b + \pi \cdot c / 2) = 321237 \text{ mm}^2$$

コンクリートの押抜きせん断抵抗：Rc1

$$Rc1 = n_c \cdot \tau_{pa} \cdot S1 = 481856 \text{ N} > F1 \quad \dots \text{OK}$$

n_c ：割増係数 $= 1.5$

τ_{pa} ：許容押抜きせん断応力度 $= 1.0 \text{ N/mm}^2$



$Rc1 > F1$ となり、コンクリートのみで車両の衝突荷重を支持できる。

従って補強鉄筋として、(公社)日本道路協会「車両用防護柵標準仕様・同解説」(平成16年3月)P-107、表-1.7 各仕様における補強鉄筋の形状(埋め込み深さ400mmの場合)に準拠し鉄筋を配置する。

3. 前部地覆のコンクリートと補強鉄筋の協働作用

1) 前部地覆に作用する反力：F2

$$F2 = h2/h1 \cdot P'_{\max} = 52708 \text{ N}$$

2) コンクリートが受け持つ荷重（コンクリートの押抜きせん断抵抗）：Rc2

コンクリートの計算せん断面積：S2

CAD 計測により

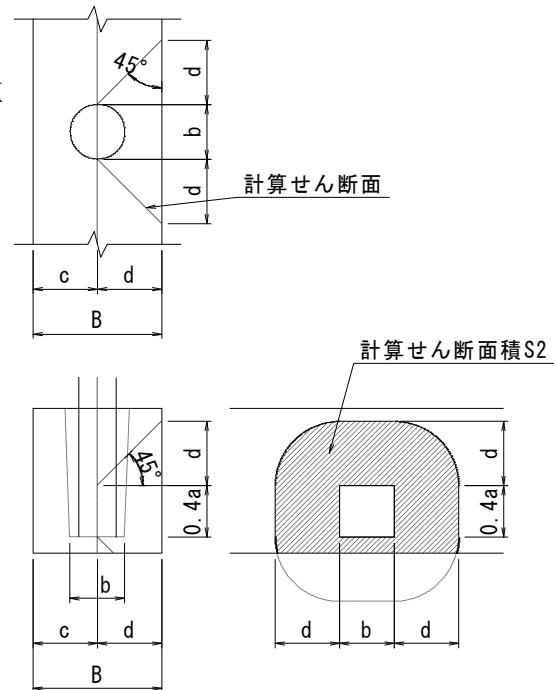
$$S2 = 326536 \text{ mm}^2$$

コンクリートの押抜きせん断抵抗：Rc2

$$Rc2 = n_c \cdot \tau_{pa} \cdot S2 = 489804 \text{ N} > F2 \quad \dots \text{OK}$$

$$n_c : \text{割増係数} = 1.5$$

$$\tau_{pa} : \text{許容押抜きせん断応力度} = 1.0 \text{ N/mm}^2$$



Rc2 > F2 となり、コンクリートのみで車両の衝突荷重を支持できる。

従って補強鉄筋として、(公社)日本道路協会「車両用防護柵標準仕様・同解説」(平成 16 年 3 月)P-107、表-1. 7 各仕様における補強鉄筋の形状（埋め込み深さ 400mm の場合）に準拠し鉄筋を配置する。

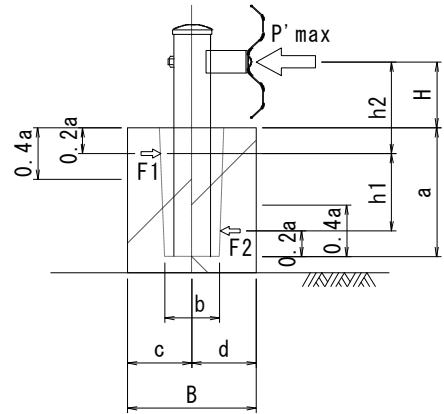
防護柵建て込み穴の補強鉄筋の検討【Ⅲ-B】

(公社)日本道路協会の防護柵の設置基準・同解説(令和3年3月)より、158～165 ページ「1.5 定着部の強度」の「1.5.2V型補強鉄筋を使用の場合」を参照し、補強鉄筋の妥当性の確認を行う。

1. 設計条件

1) 作用荷重・各寸法

$$\begin{aligned} P'_{\max} &= 30000 \text{ N} & B &= 400 \text{ mm} \\ H &= 150 \text{ mm} & b &= 185 \text{ mm} \\ a &= 400 \text{ mm} & c &= 200 \text{ mm} \\ 0.4a &= 160 \text{ mm} & d &= 200 \text{ mm} \\ 0.2a &= 80 \text{ mm} \\ h1 &= 240 \text{ mm} \\ h2 &= 230 \text{ mm} \end{aligned}$$



2) コンクリートの設計基準強度

$$\sigma_{ck} = 30 \text{ N/mm}^2$$

2. 後部地覆のコンクリートと補強鉄筋の協働作用

1) 後部地覆に作用する反力：F1

$$F1 = (h1 + h2) / h1 \cdot P'_{\max} = 107708 \text{ N}$$

2) コンクリートが受け持つ荷重(コンクリートの押抜きせん断抵抗)：Rc1

コンクリートの計算せん断面積：S1

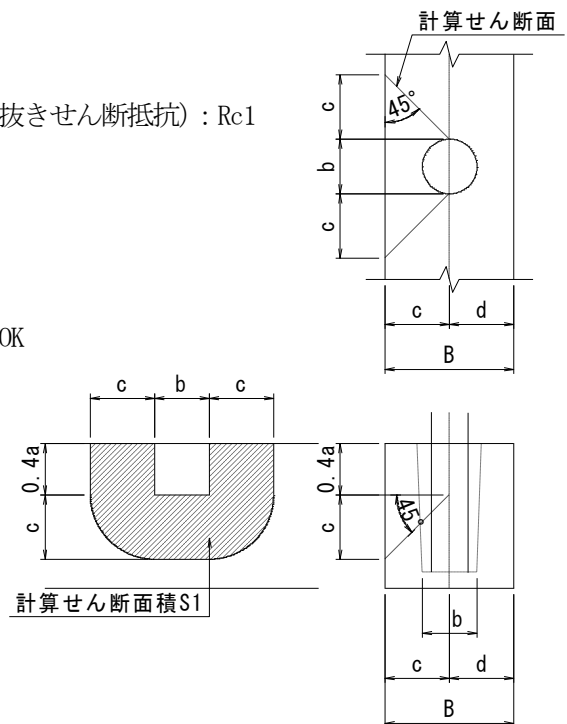
$$S1 = c \cdot (0.8a + b + \pi \cdot c / 2) = 163832 \text{ mm}^2$$

コンクリートの押抜きせん断抵抗：Rc1

$$Rc1 = nc \cdot \tau_{pa} \cdot S1 = 245748 \text{ N} > F1 \quad \dots \text{OK}$$

nc：割増係数 = 1.5

τ_{pa} ：許容押抜きせん断応力度 = 1.0 N/mm^2



$Rc1 > F1$ となり、コンクリートのみで車両の衝突荷重を支持できる。

従って補強鉄筋として、(公社)日本道路協会「車両用防護柵標準仕様・同解説」(平成16年3月)P-107、表-1.7 各仕様における補強鉄筋の形状(埋め込み深さ400mmの場合)に準拠し鉄筋を配置する。

3. 前部地覆のコンクリートと補強鉄筋の協働作用

1) 前部地覆に作用する反力：F2

$$F2 = h2/h1 \cdot P'_{\max} = 28750 \text{ N}$$

2) コンクリートが受け持つ荷重（コンクリートの押抜きせん断抵抗）：Rc2

コンクリートの計算せん断面積：S2

CAD 計測により

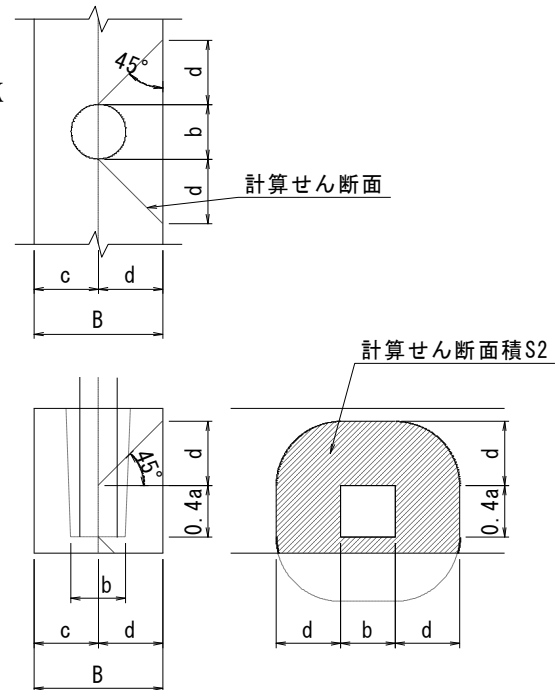
$$S2 = 192872 \text{ mm}^2$$

コンクリートの押抜きせん断抵抗：Rc2

$$Rc2 = n_c \cdot \tau_{pa} \cdot S2 = 289308 \text{ N} > F2 \quad \dots \text{OK}$$

$$n_c : \text{割増係数} = 1.5$$

$$\tau_{pa} : \text{許容押抜きせん断応力度} = 1.0 \text{ N/mm}^2$$



Rc2 > F2 となり、コンクリートのみで車両の衝突荷重を支持できる。

従って補強鉄筋として、(公社)日本道路協会「車両用防護柵標準仕様・同解説」(平成 16 年 3 月)P-107、
表-1. 7 各仕様における補強鉄筋の形状（埋め込み深さ 400mm の場合）に準拠し鉄筋を配置する。

3. ボルトのせん断耐力の検討

1. ガードレールの衝突荷重 (A 種) $P_2=55 \text{ kN}$

1) A 種の衝突荷重 : P_2

$$P_2 = 55000 \text{ N}$$

2) ボルトの呼び径 : M27

3) ボルトのせん断耐力 : QR2

$$QR_2 = n \cdot A \cdot \sigma_y / \sqrt{3} = 62276 \text{ N} > P_2 \quad \dots \text{OK}$$

$$n : \text{ボルトの本数} = 1.0$$

$$A : \text{ボルトの有効断面積 (M27)} = 459 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_y : \text{ボルトの耐力 (SS400)} = 235 \text{ N/mm}^2$$

よって、A 種の衝突荷重 $P_2=55\text{kN}$ に対し M27 ボルトは照査を満足する。

2. ガードレールの衝突荷重 (B・C 種) $P_1=30 \text{ kN}$

1) B・C 種の衝突荷重 : P_1

$$P_1 = 30000 \text{ N}$$

2) ボルトの呼び径 : M22

3) ボルトのせん断耐力 : QR1

$$QR_1 = n \cdot A \cdot \sigma_y / \sqrt{3} = 41110 \text{ N} > P_1 \quad \dots \text{OK}$$

$$n : \text{ボルトの本数} = 1.0$$

$$A : \text{ボルトの有効断面積 (M22)} = 303 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_y : \text{ボルトの耐力 (SS400)} = 235 \text{ N/mm}^2$$

よって、B・C 種の衝突荷重 $P_1=30\text{kN}$ に対し M22 ボルトは照査を満足する。

4. 連結部コンクリートの検討

1. 【Ⅲ-A】 ガードレールの衝突荷重 (A 種) $P_2=55 \text{ kN}$

1) ボルト部に作用する反力 : F_3

$$F_3 = P_2 = 55000 \text{ N}$$

2) コンクリートの計算せん断面積 : S_3

CAD 計測により

$$\begin{aligned} S_3 &= S_{3a} + S_{3b} \\ &= 37936 + 39042 \\ &= 76978 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

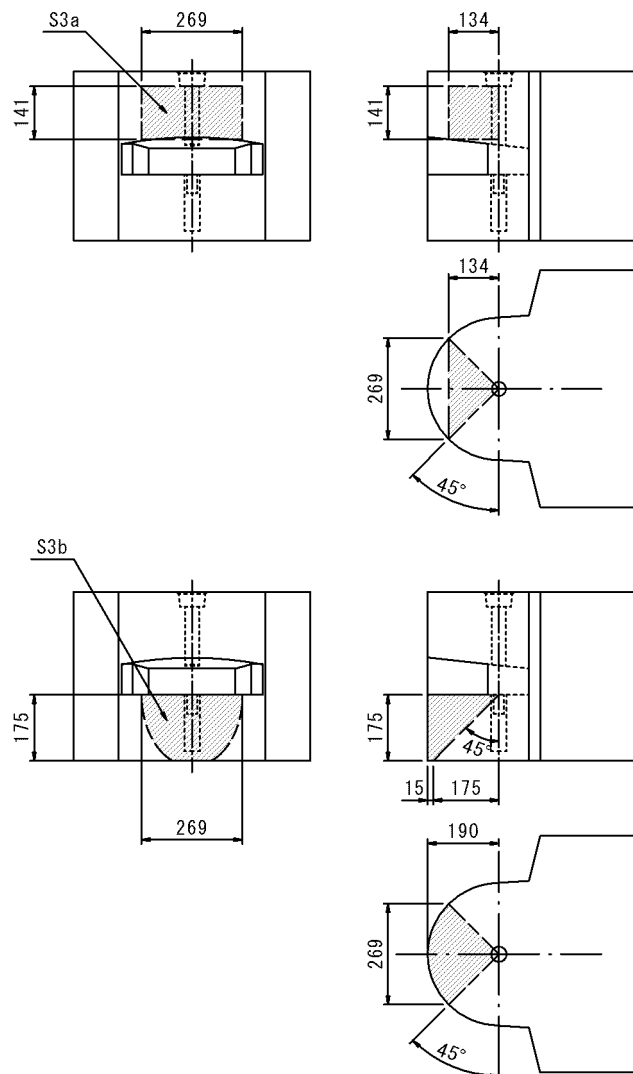
3) コンクリートの押抜きせん断抵抗 : R_{c3}

$$\begin{aligned} R_{c3} &= n_c \cdot \tau_{pa} \cdot S_3 \\ &= 115467 \text{ N} > F_3 \quad \dots \text{OK} \end{aligned}$$

$$n_c : \text{割増係数} = 1.5$$

$$\tau_{pa} : \text{許容押抜きせん断応力度} = 1.0 \text{ N/mm}^2$$

$R_{c3} > F_3$ となり、コンクリートのみでボルトに作用する反力を支持できる。
但し D13 の補強鉄筋を配置する。



2. 【Ⅲ-B】 ガードレールの衝突荷重 (B・C 種) $P1=30 \text{ kN}$

1) ボルト部に作用する反力 : $F4$

$$F4 = P1 = 30000 \text{ N}$$

2) コンクリートの計算せん断面積 : $S4$

CAD 計測により

$$\begin{aligned} S4 &= S4a + S4b \\ &= 22718 + 13440 \\ &= 36158 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

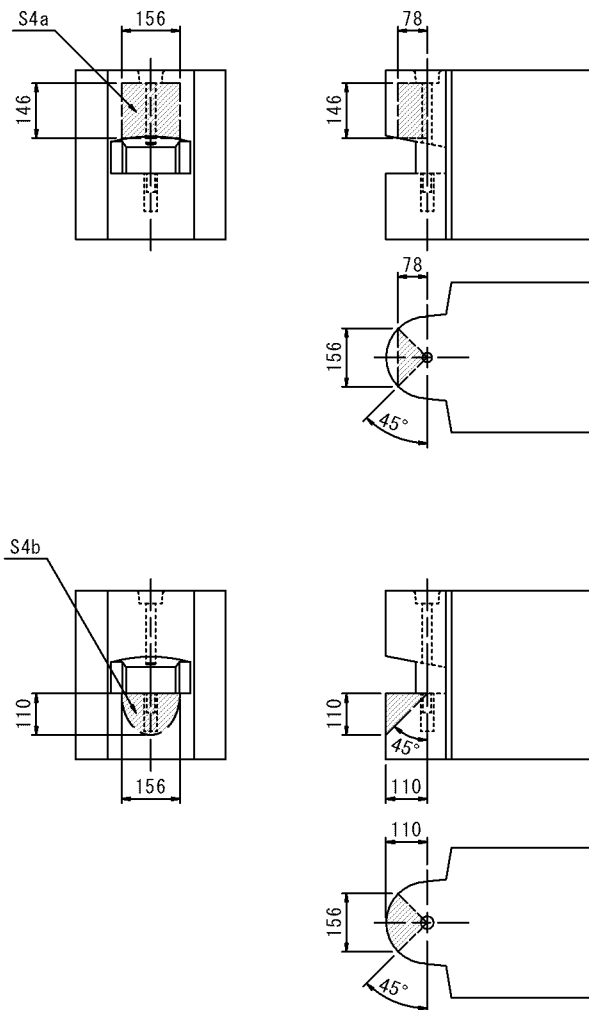
3) コンクリートの押抜きせん断抵抗 : $Rc4$

$$\begin{aligned} Rc4 &= nc \cdot \tau_{pa} \cdot S4 \\ &= 54237 \text{ N} > F4 \quad \dots \text{OK} \end{aligned}$$

$$nc : \text{割増係数} = 1.5$$

$$\tau_{pa} : \text{許容押抜きせん断応力度} = 1.0 \text{ N/mm}^2$$

$Rc4 > F4$ となり、コンクリートのみでボルトに作用する反力を支持できる。
但し D13 の補強鉄筋を配置する。



5. 連結金具の検討

A 種にて検討し、B・C 種はこれに準ずる。

1) 作用荷重

A 種の衝突荷重 : P2

$$P2 = 55000 \text{ N}$$

2) 連結金具の呼び径: Φ

$$\Phi = 19 \text{ mm}$$

3) 連結金具の基準強度: σ_y

$$\sigma_y = 235 \text{ N/mm}^2 (\text{SS400})$$

4) 連結金具のせん断耐力: QR3

$$QR3 = n \cdot A \cdot \sigma_y / \sqrt{3} = 76929 \text{ N} > P2 \quad \dots \text{OK}$$

$$n : \text{荷重を受け持つ連結金具断面} = 2.0$$

$$A : \text{連結金具の有効断面積}(\Phi 19) = 283.5 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_y : \text{連結金具の基準強度}(\text{SS400}) = 235 \text{ N/mm}^2$$

5) 連結金具の引張耐力: Rm

$$Rm = n \cdot A \cdot \sigma_y = 66623 \text{ N} > P2 \quad \dots \text{OK}$$

$$n : \text{荷重を受け持つ連結金具断面} = 1.0$$

$$A : \text{連結金具の有効断面積}(\Phi 19) = 283.5 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_y : \text{連結金具の基準強度}(\text{SS400}) = 235 \text{ N/mm}^2$$

6. 連結金具の埋込長の検討

A 種にて検討し、B・C 種はこれに準ずる。

1) 埋込部に作用する反力 : F5

A 種の衝突荷重 : P2

$$F5 = P2/n = 27500 \text{ N}$$

$$n : \text{荷重を受け持つ箇所数} = 2.0$$

2) 連結金具の呼び径: Φ

$$\Phi = 19 \text{ mm}$$

3) 埋込長: La

$$La = F5 / (\pi \cdot \Phi \cdot n_c \cdot \tau_{oa}) = 341.3 \text{ mm}$$

$$n_c : \text{割増係数} = 1.5$$

$$\tau_{oa} : \text{許容付着応力度} = 0.9 \text{ N/mm}^2$$

したがって埋込長を 342mm 以上とする。

[道-2 トンネル用路面排水側溝]

1 設計条件

1) 上載荷重

群集荷重 : $q = 3.5$ (kN/m²)

自動車活荷重 : $q = 10$ (kN/m²)

2) 側溝背面の土質条件

土のせん断抵抗角 : $\phi = 30.0$ (°)

土の単位体積重量 : $\gamma = 19.0$ (kN/m³)

3) 支持地盤の定数

側溝底面と基礎地盤の間の摩擦係数 : $\mu = 0.6$

側溝底面と基礎地盤の粘着力 : $C = 0.0$ (kN/m²)

許容地盤反力度 : $q_a = 30$ (kN/m²)以上必要

4) 安定条件

滑動に対する検討 滑動安全率 $F_s \geq 1.50$

転倒に対する検討 転倒安全率 $F_s \geq 1.50$

5) 材料強度及び許容応力度

コンクリートの設計基準強度 : $\sigma_{ck} = 30.0$ (N/mm²)

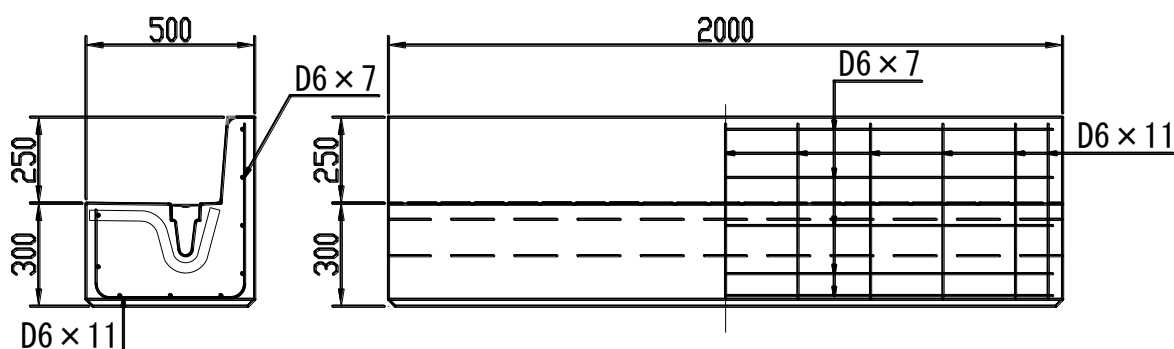
コンクリートの許容曲げ圧縮応力度 : $\sigma_{ca} = 10.0$ (N/mm²)

コンクリートの許容せん断応力度※ : $\tau_a = 0.25$ (N/mm²)

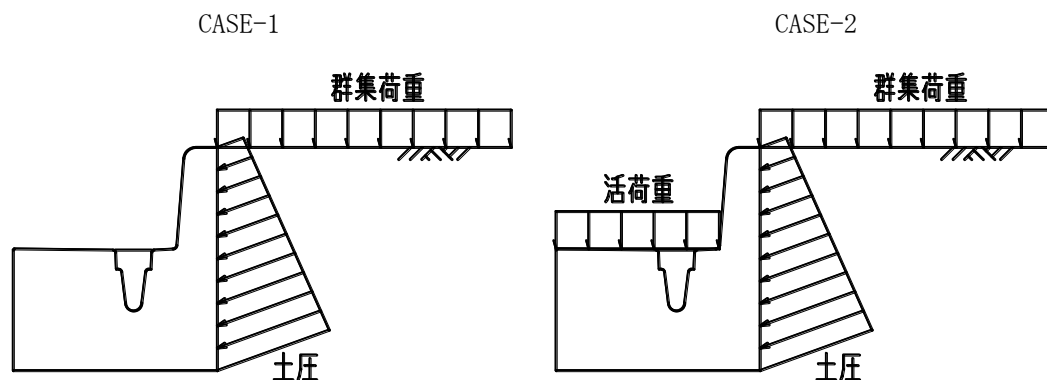
鉄筋の許容引張応力度 : $\sigma_{sa} = 160$ (N/mm²)

6) 土圧算定法 クーロン公式による土圧

2 断面形状



3 計算モデル



4 計算結果

1) 安定検討

- ・ 滑動に対する検討

$$F_s = \Sigma V \cdot \mu / \Sigma H < F_{sa}$$

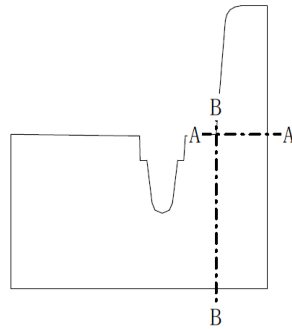
- ・ 転倒に対する検討

$$F_s = \Sigma M_r / \Sigma M_o < F_{sa}$$

ここに、
 ΣV : 全鉛直荷重 (kN)
 ΣH : 全水平荷重 (kN)
 μ : 側溝底面と基礎地盤の間の摩擦係数
 ΣM_r : 抵抗モーメント (kN・m)
 ΣM_o : 転倒モーメント (kN・m)

荷重CASE	鉛直荷重 ΣV (kN)	水平荷重 ΣH (kN)	滑 動 安全率 F_s	転 倒 安全率 F_s	地盤反力度 q_{max} (kN/m ²)
CASE-1	4.20	1.33	1.89	4.38	10.11
CASE-2	8.20	1.33	3.70	7.14	22.89
許 容 値			1.50	1.50	

2) 断面検討



【歩車道境界（たて壁 A-A）】

荷重CASE	部 材	M (kN・m)	S (kN)	As (mm ²)	t (mm)	d (mm)	σ_c (N/mm ²)	σ_s (N/mm ²)	τ (N/mm ²)
CASE-1 CASE-2	たて壁	0.04	0.41	174	100	70	0.07	3.6	0.01

【側溝（底版 B-B）】

荷重CASE	部 材	M (kN・m)	S (kN)	As (mm ²)	t (mm)	d (mm)	σ_c (N/mm ²)	σ_s (N/mm ²)	τ (N/mm ²)
CASE-1	底 版	0.04	0.96	174	300	122	0.03	2.0	0.01
CASE-2		0.04	0.54	174	300	122	0.03	2.0	0.00

[道-54 張出式車道拡幅ブロック]

〔適用〕 張出式車道拡幅ブロックは、主として車道拡幅するために設置されるものとして、次の計算例を紹介する。

張出幅 1000

1. 設計条件

1.1 荷重

1) 単位体積重量

コンクリートの単位体積重量 $\gamma_c = 24.5 \text{ (kN/m}^3\text{)}$

アスファルト舗装の単位体積重量 $\gamma_s = 22.5 \text{ (kN/m}^3\text{)}$

2) 載荷重

死荷重など(群集) [] $q_d = 0 \text{ (kN/m}^2\text{)}$

活荷重(群集) $q = 10 \text{ (kN/m}^2\text{)}$

活荷重(T荷重) $T = 250 \text{ (kN)}$

後輪荷重 道路構造令より $Q_1 = 50 \text{ (kN/輪)}$

前輪荷重 $Q_2 = 0.1T$ $Q_2 = 25 \text{ (kN/輪)}$

タイヤの接地幅 $b_t = 0.5 \text{ (m)}$

衝撃係数 $i = 0.4$

3) 防護柵荷重 [車両用防護柵]

最大支持力 $P_{max} = 30 \text{ (kN)}$

衝突荷重作用高さ $h = 0.600 \text{ (m)}$

静荷重試験時における荷重高さ $H_0 = 0.800 \text{ (m)}$

防護柵の主要横梁中心高さ $H = 0.450 \text{ (m)}$

防護柵鉛直荷重 $W_p = 0.2 \text{ (kN)}$

設置位置(原点からの水平距離) $x_p = 0.800 \text{ (m)}$

1.2 許容応力度

コンクリートの設計基準強度 $\sigma_{ck} = 40 \text{ (N/mm}^2\text{)}$

コンクリートの許容曲げ圧縮応力度 $\sigma_{ca} = 14 \text{ (N/mm}^2\text{)}$

コンクリートの許容せん断応力度 $\tau_{ca} = 0.55 \text{ (N/mm}^2\text{)}$

鉄筋の許容曲げ引張応力度 [常時] $\sigma_{sa} = 120 \text{ (N/mm}^2\text{)}$

[防護柵荷重作用時] $\sigma_{sa} = 180 \text{ (N/mm}^2\text{)}$

防護柵荷重作用時の割増し 1.5

1.3 参考文献および基準

- ・防護柵の設置基準・同解説 日本道路協会
- ・車両用防護柵標準仕様・同解説 日本道路協会
- ・道路橋示方書・同解説 日本道路協会
- ・道路構造令の解説と運用 日本道路協会

2. 寸法、輪荷重作用位置

2.1 輪荷重載荷位置

原点から後輪荷重載荷位置までの距離	$xt_1 =$	0.350 (m)
原点から前輪荷重載荷位置までの距離	$xt_2 =$	0.800 (m)

2.2 張出部寸法

部材幅	$b =$	1.000 (m)
有効部材幅	$b' =$	0.800 (m)

断面寸法 (m)

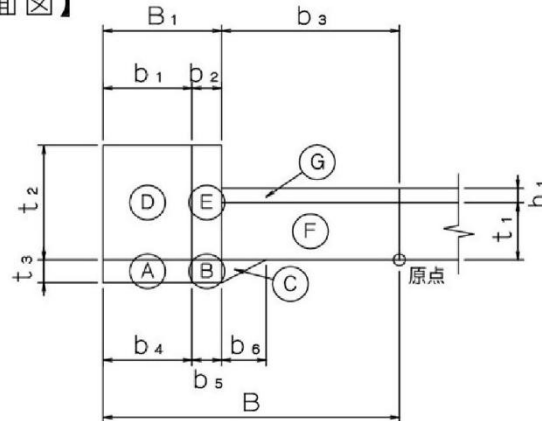
h_1	t_1	t_2	t_3	b_1	b_2	b_3	b_4
0.050	0.220	0.420	0.060	0.300	0.100	0.600	0.300
b_5	b_6	B	B_1				
0.100	0.150	1.000	0.400				

製品長: $L = b =$ 1.000 (m)

部材長(L') (m)

Ⓐ	Ⓑ	Ⓒ	Ⓓ	Ⓔ	Ⓕ	Ⓖ
0.450	0.500	0.500	0.450	1.000	1.000	1.000

【側面図】



2.3 張出部の自重集計

1) コンクリート

部材長(L')は製品長(L)当たりの長さとする

$$A = A' \cdot L' / L$$

記号	面積 A' (m^2)	部材長 L' (m)	面積 A (m^2/m)	重心位置 x (m)	断面1次モーメント $A \cdot x$ (m^3)
Ⓐ	0.018	0.450	0.008	0.850	0.007
Ⓑ	0.006	0.500	0.003	0.650	0.002
Ⓒ	0.005	0.500	0.003	0.550	0.002
Ⓓ	0.126	0.450	0.057	0.850	0.048
Ⓔ	0.042	1.000	0.042	0.650	0.027
Ⓕ	0.132	1.000	0.132	0.300	0.040
合計 Σ			0.245		0.126

・鉛直荷重

$$V_c = \Sigma A \cdot \gamma_c = 6.003 \text{ (kN/m)}$$

・作用位置

$$x_c = \Sigma A \cdot x / \Sigma A = 0.514 \text{ (m)}$$

2)ブロック上載土

記号	面積 A (m ²)	重心位置 x (m)	断面1次モーメント A・x (m ³)
G	0.030	0.300	0.009
合計 Σ	0.030		0.009

・鉛直荷重

$$V_s = \Sigma A \cdot \gamma a = 0.675 \text{ (kN/m)}$$

・作用位置

$$x_s = x = 0.300 \text{ (m)}$$

3. 荷重の集計

3.1 自重

$$W_1 = V_c = 6.003 \text{ (kN)}$$

$$W_2 = V_s = 0.675 \text{ (kN)}$$

3.2 載荷重

1) 死荷重など(群集荷重)

$$q_d' = q_d \cdot L = 0 \text{ (kN/m)}$$

2) 活荷重(群集荷重)

$$q' = q \cdot L = 10 \text{ (kN/m)}$$

3) 後輪荷重

$$Q_1 = 50 \text{ (kN)}$$

$$Q_1' = Q_1 \cdot (1+i)$$

$$= 70 \text{ (kN)}$$

4) 前輪荷重

$$Q_2 = 25 \text{ (kN)}$$

$$Q_2' = Q_2 \cdot (1+i)$$

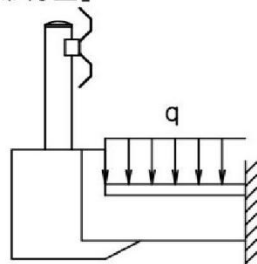
$$= 35 \text{ (kN)}$$

3.3 衝突荷重

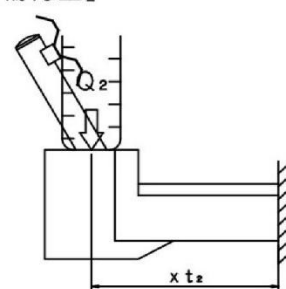
$$P'_{\max} = H_0/H \cdot P_{\max}$$

$$= 53.3 \text{ (kN)}$$

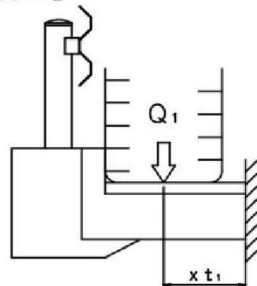
【等分布荷重】



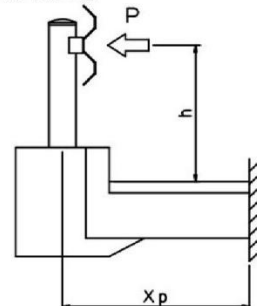
【前輪荷重】



【後輪荷重】



【防護柵荷重】



4. 床版部付根の検討 (A-A断面)

4.1 曲げモーメント(M)、せん断力(S)の算出

1) 自重による曲げモーメント(M₁)とせん断力(S₁)

$$\begin{aligned} M_1 &= W_1 \cdot xc + W_2 \cdot xs &= & 3.288 \text{ (kN} \cdot \text{m)} \\ S_1 &= W_1 + W_2 &= & 6.678 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

2) 死荷重(群集荷重)による曲げモーメント(M₂)とせん断力(S₂)

$$\begin{aligned} M_2 &= qd' \cdot b_3^2 / 2 &= & 0.000 \text{ (kN} \cdot \text{m)} \\ S_2 &= qd' \cdot b_3 &= & 0.000 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

3) 活荷重(群集荷重)による曲げモーメント(M₃)とせん断力(S₃)

$$\begin{aligned} M_3 &= q' \cdot b_3^2 / 2 &= & 1.800 \text{ (kN} \cdot \text{m)} \\ S_3 &= q' \cdot b_3 &= & 6.000 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

4) 後輪荷重による曲げモーメント(M₄)とせん断力(S₄)

$$\begin{aligned} M_4' &= Q_1 \cdot xt_1 / (1.3 \cdot xt_1 + 0.25) &= & 24.823 \text{ (kN} \cdot \text{m)} & \text{[道路橋示方書算出式]} \\ M_4'' &= Q_1' \cdot xt_1 &= & 24.500 \text{ (kN} \cdot \text{m)} \\ M_4' &> M_4'' \text{より} \\ M_4 &= & 24.823 \text{ (kN} \cdot \text{m)} \\ S_4 &= Q_1' &= & 70.000 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

5) 前輪荷重による曲げモーメント(M₅)とせん断力(S₅)

$$\begin{aligned} M_5' &= Q_2 \cdot xt_2 / (1.3 \cdot xt_2 + 0.25) &= & 15.504 \text{ (kN} \cdot \text{m)} & \text{[道路橋示方書算出式]} \\ M_5'' &= Q_2' \cdot xt_2 &= & 28.000 \text{ (kN} \cdot \text{m)} \\ M_5' &< M_5'' \text{より} \\ M_5 &= & 28.000 \text{ (kN} \cdot \text{m)} \\ S_5 &= Q_2' &= & 35.000 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

6) 衝突荷重による曲げモーメント(M₆)

$$M_6 = P'_{\max} \cdot (h + h_1 + t_1 / 2) = 40.508 \text{ (kN} \cdot \text{m)}$$

7) 防護柵鉛直荷重による曲げモーメント(M₇)とせん断力(S₇)

$$\begin{aligned} M_7 &= W_p \cdot xp &= & 0.160 \text{ (kN} \cdot \text{m)} \\ S_7 &= W_p &= & 0.200 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

4.2 最大曲げモーメントと最大せん断力

1) 常時

ケース1(群集荷重作用時)

$$\begin{aligned} \Sigma M_1 &= M_1 + M_2 + M_3 + M_7 &= & 5.248 \text{ (kN} \cdot \text{m)} \\ \Sigma S_1 &= S_1 + S_2 + S_3 + S_7 &= & 12.878 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

ケース2(輪荷重作用時)

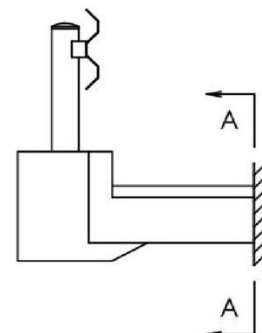
$$\begin{aligned} \Sigma M_2 &= M_1 + M_2 + M_4 + M_7 &= & 28.271 \text{ (kN} \cdot \text{m)} \\ \Sigma S_2 &= S_1 + S_2 + S_4 + S_7 &= & 76.878 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

ケース1および2より最大曲げモーメントと最大せん断力は

$$\begin{aligned} M_{\max 1} &= 28.271 \text{ (kN} \cdot \text{m)} \\ S_{\max 1} &= 76.878 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

2) 防護柵荷重作用時

$$\begin{aligned} M_{\max 2} &= M_1 + M_2 + M_5 + M_6 + M_7 &= & 71.956 \text{ (kN} \cdot \text{m)} \\ S_{\max 2} &= S_1 + S_2 + S_5 + S_7 &= & 41.878 \text{ (kN)} \end{aligned}$$



4.3 応力度計算

1) 常時

部材厚	t =	220.0 (mm)
有効幅	b =	1000.0 (mm)
有効部材幅	b' =	800.0 (mm)
部材の有効高	d =	185.0 (mm)
鉄筋径	D1 =	19 (mm)
鉄筋本数	N1 =	8.0 (本)
鉄筋径	D2 =	19 (mm)
鉄筋本数	N2 =	0.0 (本)
鉄筋量	As =	2292.0 (mm ²)
鉄筋被り	c =	35.0 (mm)
コンクリートの許容曲げ圧縮応力度	σ ca =	14 (N/mm ²)
コンクリートの許容せん断応力度	τ ca =	0.55 (N/mm ²)
鉄筋の許容曲げ引張応力度	σ sa =	120 (N/mm ²)
曲げモーメント	M =	28.271 (kN・m)
せん断力	S =	76.878 (kN)

$$\begin{aligned}
 p &= A_s / (b' \cdot d) \\
 &= 2292 / (800.0 \times 185.0) \\
 &= 0.0155 \\
 k &= \sqrt{2 \cdot n \cdot p + (n \cdot p)^2} - n \cdot p \quad (n = 15) \\
 &= \sqrt{2 \times 15 \times 0.0155 + (15 \times 0.0155)^2} - 15 \times 0.0155 \\
 &= 0.488 \\
 j &= 1 - k / 3 \\
 &= 1 - 0.488 / 3 \\
 &= 0.837
 \end{aligned}$$

コンクリートの圧縮応力度

$$\begin{aligned}
 \sigma_c &= 2 \cdot M / (k \cdot b' \cdot j \cdot d^2) \\
 &= 2 \times 28271000 / (0.488 \times 800.0 \times 0.837 \times 185.0^2) \\
 &= 5.056 \text{ (N/mm}^2\text{)} < \sigma_{ca} = 14 \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad \dots \text{OK}
 \end{aligned}$$

鉄筋の引張応力度

$$\begin{aligned}
 \sigma_s &= M / (A_s \cdot j \cdot d) \\
 &= 28271000 / (2292 \times 0.837 \times 185.0) \\
 &= 79.658 \text{ (N/mm}^2\text{)} < \sigma_{sa} = 120 \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad \dots \text{OK}
 \end{aligned}$$

コンクリートのせん断応力度

$$\begin{aligned}
 \tau_c &= S / (b' \cdot d) \\
 &= 76878 / (800.0 \times 185.0) \\
 &= 0.519 \text{ (N/mm}^2\text{)} < \tau_{ca} = 0.55 \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad \dots \text{OK}
 \end{aligned}$$

2) 防護柵荷重作用時 [短期設計]

部材厚	t =	220.0 (mm)
有効幅	b =	1000.0 (mm)
有効部材幅	b' =	800.0 (mm)
部材の有効高	d =	185.0 (mm)
鉄筋径	D1 =	19 (mm)
鉄筋本数	N1 =	8.0 (本)
	D2 =	19 (mm)
	N2 =	0.0 (本)
鉄筋量	As =	2292.0 (mm ²)
鉄筋被り	c =	35.0 (mm)
コンクリートの許容曲げ圧縮応力度	σ _{ca} =	21 (N/mm ²)
コンクリートの許容せん断応力度	τ _{ca} =	0.825 (N/mm ²)
鉄筋の許容曲げ引張応力度	σ _{sa} =	270 (N/mm ²)
曲げモーメント	M =	71.956 (kN・m)
せん断力	S =	41.878 (kN)

$$\begin{aligned}
 p &= A_s / (b' \cdot d) \\
 &= 2292 / (800.0 \times 185.0) \\
 &= 0.0155 \\
 k &= \sqrt{2 \cdot n \cdot p + (n \cdot p)^2} - n \cdot p \quad (n = 15) \\
 &= \sqrt{2 \times 15 \times 0.0155 + (15 \times 0.0155)^2} - 15 \times 0.0155 \\
 &= 0.488 \\
 j &= 1 - k / 3 \\
 &= 1 - 0.488 / 3 \\
 &= 0.837
 \end{aligned}$$

コンクリートの圧縮応力度

$$\begin{aligned}
 \sigma_c &= 2 \cdot M / (k \cdot b' \cdot j \cdot d^2) \\
 &= 2 \times 71956000 / (0.488 \times 800.0 \times 0.837 \times 185.0^2) \\
 &= 12.868 \text{ (N/mm}^2\text{)} < \sigma_{ca} = 21 \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad \dots \text{OK}
 \end{aligned}$$

鉄筋の引張応力度

$$\begin{aligned}
 \sigma_s &= M / (A_s \cdot j \cdot d) \\
 &= 71956000 / (2292 \times 0.837 \times 185.0) \\
 &= 202.747 \text{ (N/mm}^2\text{)} < \sigma_{sa} = 270 \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad \dots \text{OK}
 \end{aligned}$$

コンクリートのせん断応力度

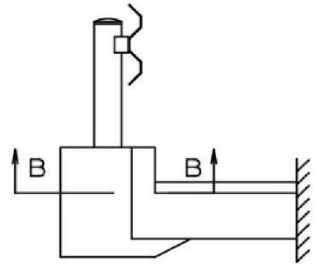
$$\begin{aligned}
 \tau_c &= S / (b' \cdot d) \\
 &= 41878 / (800.0 \times 185.0) \\
 &= 0.283 \text{ (N/mm}^2\text{)} < \tau_{ca} = 0.825 \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad \dots \text{OK}
 \end{aligned}$$

5. 支柱部付根の検討 (B-B断面)

5.1 曲げモーメント(M)、せん断力(S)の算出

1) 衝突荷重による曲げモーメント(M_6)とせん断力(S_6)

$$\begin{aligned} M_6 &= P'_{\max} \cdot (h+h_1) &= & 34.645 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \\ S_6 &= P'_{\max} &= & 53.300 \text{ (kN)} \end{aligned}$$



5.2 応力度計算

1) 防護柵荷重作用時 [短期設計]

部材厚	$t =$	115.0 (mm)
有効幅	$b =$	1000.0 (mm)
有効部材幅	$b' =$	1000.0 (mm)
部材の有効高	$d =$	85.0 (mm)
鉄筋径	$D1 =$	16 (mm)
鉄筋本数	$N1 =$	11 (本)
鉄筋径	$D2 =$	16 (mm)
鉄筋本数	$N2 =$	0 (本)
鉄筋量	$A_s =$	2184.6 (mm ²)
鉄筋被り	$c =$	30 (mm)
コンクリートの許容曲げ圧縮応力度	$\sigma_{ca} =$	21 (N/mm ²)
コンクリートの許容せん断応力度	$\tau_{ca} =$	0.825 (N/mm ²)
鉄筋の許容曲げ引張応力度	$\sigma_{sa} =$	270 (N/mm ²)
曲げモーメント	$M =$	34.645 (kN $\cdot$ m)
せん断力	$S =$	53.300 (kN)

$$\begin{aligned} p &= A_s / (b' \cdot d) \\ &= 2184.6 / (1,000.0 \times 85.0) \\ &= 0.0257 \\ k &= \sqrt{2 \cdot n \cdot p + (n \cdot p)^2} - n \cdot p \quad (n = 15) \\ &= \sqrt{2 \times 15 \times 0.0257 + (15 \times 0.0257)^2} - 15 \times 0.0257 \\ &= 0.573 \\ j &= 1 - k/3 \\ &= 1 - 0.573/3 \\ &= 0.809 \end{aligned}$$

コンクリートの圧縮応力度

$$\begin{aligned} \sigma_c &= 2 \cdot M / (k \cdot b' \cdot j \cdot d^2) \\ &= 2 \times 34645000 / (0.573 \times 1,000.0 \times 0.809 \times 85.0^2) \\ &= 20.689 \text{ (N/mm}^2\text{)} < \sigma_{ca} = 21 \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad \cdots \text{OK} \end{aligned}$$

鉄筋の引張応力度

$$\begin{aligned} \sigma_s &= M / (A_s \cdot j \cdot d) \\ &= 34645000 / (2184.6 \times 0.809 \times 85.0) \\ &= 230.622 \text{ (N/mm}^2\text{)} < \sigma_{sa} = 270 \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad \cdots \text{OK} \end{aligned}$$

コンクリートのせん断応力度

$$\begin{aligned} \tau_c &= S / (b' \cdot d) \\ &= 53300 / (1,000.0 \times 85.0) \\ &= 0.627 \text{ (N/mm}^2\text{)} < \tau_{ca} = 0.825 \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad \cdots \text{OK} \end{aligned}$$

張出幅 1500

1. 設計条件

1.1 荷重

1) 単位体積重量

コンクリートの単位体積重量	$\gamma_c =$	24.5 (kN/m ³)
アスファルト舗装の単位体積重量	$\gamma_s =$	22.5 (kN/m ³)

2) 載荷重

死荷重など(群集) []	$q_d =$	0 (kN/m ²)
活荷重(群集)	$q =$	10 (kN/m ²)
活荷重(T荷重)	$T =$	250 (kN)
後輪荷重 道路構造令より	$Q_1 =$	50 (kN/輪)
前輪荷重 $Q_2 = 0.1T$	$Q_2 =$	25 (kN/輪)
タイヤの接地幅	$b_t =$	0.5 (m)
衝撃係数	$i =$	0.4

3) 防護柵荷重 [車両用防護柵]

最大支持力	$P_{max} =$	30 (kN)
衝突荷重作用高さ	$h =$	0.600 (m)
静荷重試験時における荷重高さ	$H_0 =$	0.800 (m)
防護柵の主要横梁中心高さ	$H =$	0.450 (m)
防護柵鉛直荷重	$W_p =$	0.2 (kN)
設置位置(原点からの水平距離)	$x_p =$	1.350 (m)

1.2 許容応力度

コンクリートの設計基準強度	$\sigma_{ck} =$	40 (N/mm ²)
コンクリートの許容曲げ圧縮応力度	$\sigma_{ca} =$	14 (N/mm ²)
コンクリートの許容せん断応力度	$\tau_{ca} =$	0.55 (N/mm ²)
鉄筋の許容曲げ引張応力度 [常時]	$\sigma_{sa} =$	120 (N/mm ²)
[防護柵荷重作用時]	$\sigma_{sa} =$	180 (N/mm ²)
防護柵荷重作用時の割増し		1.5

1.3 参考文献および基準

・防護柵の設置基準・同解説	日本道路協会
・車両用防護柵標準仕様・同解説	日本道路協会
・道路橋示方書・同解説	日本道路協会
・道路構造令の解説と運用	日本道路協会

2. 寸法、輪荷重作用位置

2.1 輪荷重載荷位置

原点から後輪荷重載荷位置までの距離	$xt_1 =$	0.900 (m)
原点から前輪荷重載荷位置までの距離	$xt_2 =$	1.350 (m)

2.2 張出部寸法

部材幅	$b =$	1.000 (m)
有効部材幅	$b' =$	0.800 (m)

断面寸法 (m)

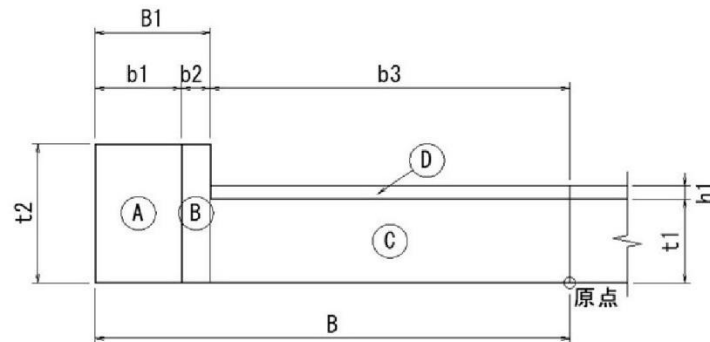
h_1	t_1	t_2	b_1	b_2	b_3	B_1	B
0.050	0.280	0.480	0.300	0.100	1.150	0.400	1.550

製品長: $L = b =$ 1.000 (m)

部材長(L') (m)

Ⓐ	Ⓑ	Ⓒ	Ⓓ
0.450	1.000	1.000	1.000

【側面図】



2.3 張出部の自重集計

1) コンクリート

部材長(L')は製品長(L)当たりの長さとする

$$A = A' \cdot L' / L$$

記号	面積 A' (m^2)	部材長 L' (m)	面積 A (m^2/m)	重心位置 x (m)	断面1次モーメント $A \cdot x$ (m^3)
Ⓐ	0.144	0.450	0.065	1.400	0.091
Ⓑ	0.048	1.000	0.048	1.200	0.058
Ⓒ	0.322	1.000	0.322	0.575	0.185
合計 Σ			0.435		0.334

・鉛直荷重

$$V_c = \Sigma A \cdot \gamma_c = 10.658 \text{ (kN/m)}$$

・作用位置

$$x_c = \Sigma A \cdot x / \Sigma A = 0.768 \text{ (m)}$$

2) ブロック上載土

記号	面積 A (m^2)	重心位置 x (m)	断面1次モーメント $A \cdot x$ (m^3)
Ⓓ	0.058	0.575	0.033
合計 Σ	0.058		0.033

・鉛直荷重

$$V_s = \Sigma A \cdot \gamma_a = 1.305 \text{ (kN/m)}$$

・作用位置

$$x_s = x = 0.575 \text{ (m)}$$

3. 荷重の集計

3.1 自重

$$W_1 = V_c = 10.658 \text{ (kN)}$$

$$W_2 = V_s = 1.305 \text{ (kN)}$$

3.2 載荷重

1) 死荷重など(群集荷重)

$$q_d' = q_d \cdot L = 0 \text{ (kN/m)}$$

2) 群集荷重

$$q' = q \cdot L = 10 \text{ (kN/m)}$$

3) 後輪荷重

$$Q_1 = 50 \text{ (kN)}$$

$$Q_1' = Q_1 \cdot (1+i)$$

$$= 70 \text{ (kN)}$$

4) 前輪荷重

$$Q_2 = 25 \text{ (kN)}$$

$$Q_2' = Q_2 \cdot (1+i)$$

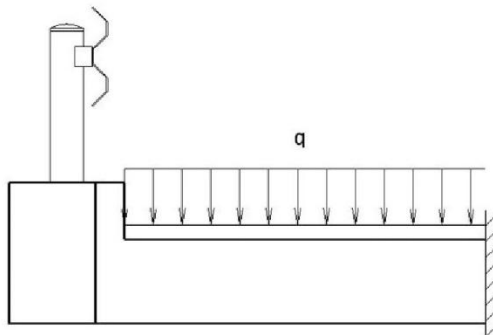
$$= 35 \text{ (kN)}$$

3.3 衝突荷重

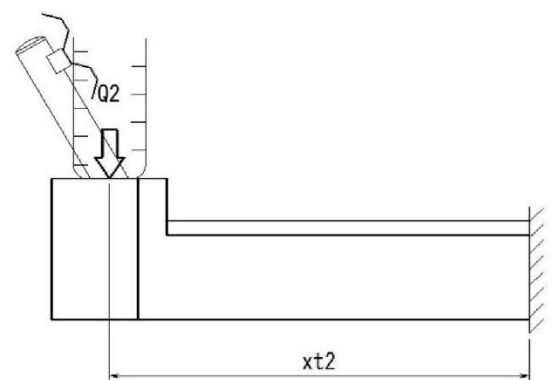
$$P'_{\max} = H_0/H \cdot P_{\max}$$

$$= 53.3 \text{ (kN)}$$

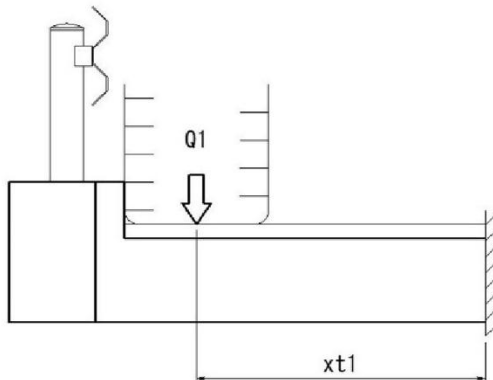
【等分布荷重】



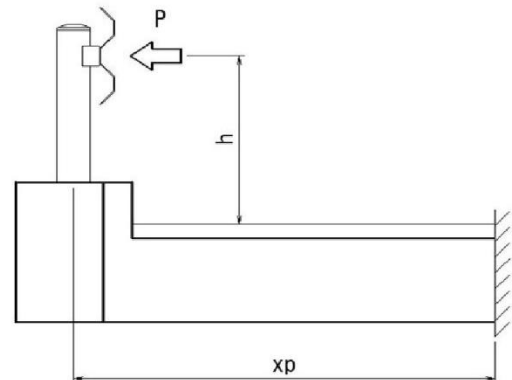
【前輪荷重】



【後輪荷重】

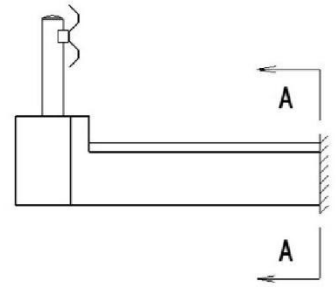


【防護柵荷重】



4. 床版部付根の検討 (A-A断面)

4.1 曲げモーメント(M)、せん断力(S)の算出



1) 自重による曲げモーメント(M₁)とせん断力(S₁)

$$\begin{aligned} M_1 &= W_1 \cdot xc + W_2 \cdot xs &= & 8.936 \text{ (kN} \cdot \text{m)} \\ S_1 &= W_1 + W_2 &= & 11.963 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

2) 死荷重(群集荷重)による曲げモーメント(M₂)とせん断力(S₂)

$$\begin{aligned} M_2 &= qd' \cdot b_3^2 / 2 &= & 0.000 \text{ (kN} \cdot \text{m)} \\ S_2 &= qd' \cdot b_3 &= & 0.000 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

3) 群集荷重による曲げモーメント(M₃)とせん断力(S₃)

$$\begin{aligned} M_3 &= q' \cdot b_3^2 / 2 &= & 6.613 \text{ (kN} \cdot \text{m)} \\ S_3 &= q' \cdot b_3 &= & 11.500 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

4) 後輪荷重による曲げモーメント(M₄)とせん断力(S₄)

$$\begin{aligned} M_4' &= Q_1 \cdot xt_1 / (1.3 \cdot xt_1 + 0.25) &= & 31.690 \text{ (kN} \cdot \text{m)} & \text{[道路橋示方書算出式]} \\ M_4'' &= Q_1' \cdot xt_1 &= & 63.000 \text{ (kN} \cdot \text{m)} \\ M_4' &< M_4'' \text{より} \\ M_4 &= &= & 63.000 \text{ (kN} \cdot \text{m)} \\ S_4 &= Q_1' &= & 70.000 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

5) 前輪荷重による曲げモーメント(M₅)とせん断力(S₅)

$$\begin{aligned} M_5' &= Q_2 \cdot xt_2 / (1.3 \cdot xt_2 + 0.25) &= & 16.833 \text{ (kN} \cdot \text{m)} & \text{[道路橋示方書算出式]} \\ M_5'' &= Q_2' \cdot xt_2 &= & 47.250 \text{ (kN} \cdot \text{m)} \\ M_5' &< M_5'' \text{より} \\ M_5 &= &= & 47.250 \text{ (kN} \cdot \text{m)} \\ S_5 &= Q_2' &= & 35.000 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

6) 衝突荷重による曲げモーメント(M₆)

$$M_6 = P'_{\max} \cdot (h + h_1 + t_1 / 2) = 42.107 \text{ (kN} \cdot \text{m)}$$

7) 防護柵鉛直荷重による曲げモーメント(M₇)とせん断力(S₇)

$$\begin{aligned} M_7 &= W_p \cdot xp &= & 0.270 \text{ (kN} \cdot \text{m)} \\ S_7 &= W_p &= & 0.200 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

4.2 最大曲げモーメントと最大せん断力

1) 常時

ケース1 (群集荷重作用時)

$$\begin{aligned} \Sigma M_1 &= M_1 + M_2 + M_3 + M_7 &= & 15.819 \text{ (kN} \cdot \text{m)} \\ \Sigma S_1 &= S_1 + S_2 + S_3 + S_7 &= & 23.663 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

ケース2 (輪荷重作用時)

$$\begin{aligned} \Sigma M_2 &= M_1 + M_2 + M_4 + M_7 &= & 72.206 \text{ (kN} \cdot \text{m)} \\ \Sigma S_2 &= S_1 + S_2 + S_4 + S_7 &= & 82.163 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

ケース1および2より最大曲げモーメントと最大せん断力は

$$\begin{aligned} M_{\max 1} &= 72.206 \text{ (kN} \cdot \text{m)} \\ S_{\max 1} &= 82.163 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

2) 防護柵荷重作用時

$$\begin{aligned} M_{\max 2} &= M_1 + M_2 + M_5 + M_6 + M_7 &= & 98.563 \text{ (kN} \cdot \text{m)} \\ S_{\max 2} &= S_1 + S_2 + S_5 + S_7 &= & 47.163 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

4.3 応力度計算

1) 常時

部材厚	t =	280.0 (mm)
有効幅	b =	1000.0 (mm)
有効部材幅	b' =	800.0 (mm)
部材の有効高	d =	240.0 (mm)
鉄筋径	D1 =	22 (mm)
鉄筋本数	N1 =	8.0 (本)
鉄筋径	D2 =	22 (mm)
鉄筋本数	N2 =	0.0 (本)
鉄筋量	As =	3096.8 (mm ²)
鉄筋被り	c =	40.0 (mm)
コンクリートの許容曲げ圧縮応力度	σ ca =	14 (N/mm ²)
コンクリートの許容せん断応力度	τ ca =	0.55 (N/mm ²)
鉄筋の許容曲げ引張応力度	σ sa =	120 (N/mm ²)
曲げモーメント	M =	72.206 (kN・m)
せん断力	S =	82.163 (kN)

$$\begin{aligned}
 p &= A_s / (b' \cdot d) \\
 &= 3096.8 / (800.0 \times 240.0) \\
 &= 0.0161 \\
 k &= \sqrt{2 \cdot n \cdot p + (n \cdot p)^2} - n \cdot p \quad (n = 15) \\
 &= \sqrt{2 \times 15 \times 0.0161 + (15 \times 0.0161)^2} - 15 \times 0.0161 \\
 &= 0.494 \\
 j &= 1 - k/3 \\
 &= 1 - 0.494/3 \\
 &= 0.835
 \end{aligned}$$

コンクリートの圧縮応力度

$$\begin{aligned}
 \sigma_c &= 2 \cdot M / (k \cdot b' \cdot j \cdot d^2) \\
 &= 2 \times 72206000 / (0.494 \times 800.0 \times 0.835 \times 240.0^2) \\
 &= 7.598 \text{ (N/mm}^2\text{)} < \sigma_{ca} = 14 \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad \dots \text{OK}
 \end{aligned}$$

鉄筋の引張応力度

$$\begin{aligned}
 \sigma_s &= M / (A_s \cdot j \cdot d) \\
 &= 72206000 / (3096.8 \times 0.835 \times 240.0) \\
 &= 116.349 \text{ (N/mm}^2\text{)} < \sigma_{sa} = 120 \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad \dots \text{OK}
 \end{aligned}$$

コンクリートのせん断応力度

$$\begin{aligned}
 \tau_c &= S / (b' \cdot d) \\
 &= 82163 / (800.0 \times 240.0) \\
 &= 0.428 \text{ (N/mm}^2\text{)} < \tau_{ca} = 0.55 \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad \dots \text{OK}
 \end{aligned}$$

2) 防護柵荷重作用時 [短期設計]

部材厚	t =	280.0 (mm)
有効幅	b =	1000.0 (mm)
有効部材幅	b' =	800.0 (mm)
部材の有効高	d =	240.0 (mm)
鉄筋径	D1 =	22 (mm)
鉄筋本数	N1 =	8.0 (本)
	D2 =	22 (mm)
	N2 =	0.0 (本)
鉄筋量	As =	3096.8 (mm ²)
鉄筋被り	c =	40.0 (mm)
コンクリートの許容曲げ圧縮応力度	σ ca =	21 (N/mm ²)
コンクリートの許容せん断応力度	τ ca =	0.825 (N/mm ²)
鉄筋の許容曲げ引張応力度	σ sa =	270 (N/mm ²)
曲げモーメント	M =	98.563 (kN・m)
せん断力	S =	47.163 (kN)

$$\begin{aligned}
 p &= A_s / (b' \cdot d) \\
 &= 3096.8 / (800.0 \times 240.0) \\
 &= 0.0161 \\
 k &= \sqrt{2 \cdot n \cdot p + (n \cdot p)^2} - n \cdot p \quad (n = 15) \\
 &= \sqrt{2 \times 15 \times 0.0161 + (15 \times 0.0161)^2} - 15 \times 0.0161 \\
 &= 0.494 \\
 j &= 1 - k / 3 \\
 &= 1 - 0.494 / 3 \\
 &= 0.835
 \end{aligned}$$

コンクリートの圧縮応力度

$$\begin{aligned}
 \sigma_c &= 2 \cdot M / (k \cdot b' \cdot j \cdot d^2) \\
 &= 2 \times 98563000 / (0.494 \times 800.0 \times 0.835 \times 240.0^2) \\
 &= 10.371 \text{ (N/mm}^2\text{)} < \sigma_{ca} = 21 \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad \dots \text{OK}
 \end{aligned}$$

鉄筋の引張応力度

$$\begin{aligned}
 \sigma_s &= M / (A_s \cdot j \cdot d) \\
 &= 98563000 / (3096.8 \times 0.835 \times 240.0) \\
 &= 158.819 \text{ (N/mm}^2\text{)} < \sigma_{sa} = 270 \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad \dots \text{OK}
 \end{aligned}$$

コンクリートのせん断応力度

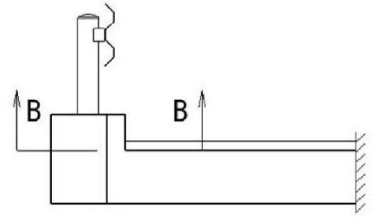
$$\begin{aligned}
 \tau_c &= S / (b' \cdot d) \\
 &= 47163 / (800.0 \times 240.0) \\
 &= 0.246 \text{ (N/mm}^2\text{)} < \tau_{ca} = 0.825 \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad \dots \text{OK}
 \end{aligned}$$

5. 支柱部付根の検討 (B-B断面)

5.1 曲げモーメント(M)、せん断力(S)の算出

1) 衝突荷重による曲げモーメント(M_g)とせん断力(S_g)

$$\begin{aligned} M_g &= P'_{\max} \cdot (h+h_1) &= 34.645 \text{ (kN} \cdot \text{m)} \\ S_g &= P'_{\max} &= 53.300 \text{ (kN)} \end{aligned}$$



5.2 応力度計算

1) 防護柵荷重作用時 [短期設計]

部材厚	t =	115.0 (mm)
有効幅	b =	1000.0 (mm)
有効部材幅	b' =	1000.0 (mm)
部材の有効高	d =	85.0 (mm)
鉄筋径	D1 =	19 (mm)
鉄筋本数	N1 =	8 (本)
鉄筋径	D2 =	16 (mm)
鉄筋本数	N2 =	0 (本)
鉄筋量	As =	2292.0 (mm ²)
鉄筋被り	c =	30 (mm)
コンクリートの許容曲げ圧縮応力度	σ _{ca} =	21 (N/mm ²)
コンクリートの許容せん断応力度	τ _{ca} =	0.825 (N/mm ²)
鉄筋の許容曲げ引張応力度	σ _{sa} =	270 (N/mm ²)
曲げモーメント	M =	34.645 (kN·m)
せん断力	S =	53.300 (kN)

$$\begin{aligned} p &= A_s / (b' \cdot d) \\ &= 2292 / (1,000.0 \times 85.0) \\ &= 0.027 \\ k &= \sqrt{2 \cdot n \cdot p + (n \cdot p)^2} - n \cdot p \quad (n = 15) \\ &= \sqrt{2 \times 15 \times 0.027 + (15 \times 0.027)^2} - 15 \times 0.027 \\ &= 0.582 \\ j &= 1 - k/3 \\ &= 1 - 0.582/3 \\ &= 0.806 \end{aligned}$$

コンクリートの圧縮応力度

$$\begin{aligned} \sigma_c &= 2 \cdot M / (k \cdot b' \cdot j \cdot d^2) \\ &= 2 \times 34645000 / (0.582 \times 1,000.0 \times 0.806 \times 85.0^2) \\ &= 20.444 \text{ (N/mm}^2\text{)} < \sigma_{ca} = 21 \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad \dots \text{OK} \end{aligned}$$

鉄筋の引張応力度

$$\begin{aligned} \sigma_s &= M / (A_s \cdot j \cdot d) \\ &= 34645000 / (2292 \times 0.806 \times 85.0) \\ &= 220.634 \text{ (N/mm}^2\text{)} < \sigma_{sa} = 270 \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad \dots \text{OK} \end{aligned}$$

コンクリートのせん断応力度

$$\begin{aligned} \tau_c &= S / (b' \cdot d) \\ &= 53300 / (1,000.0 \times 85.0) \\ &= 0.627 \text{ (N/mm}^2\text{)} < \tau_{ca} = 0.825 \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad \dots \text{OK} \end{aligned}$$

張出幅 1750

1. 設計条件

1.1 荷重

1) 単位体積重量

コンクリートの単位体積重量	$\gamma_c =$	24.5 (kN/m ³)
アスファルト舗装の単位体積重量	$\gamma_s =$	22.5 (kN/m ³)

2) 載荷重

死荷重など(群集) []	$q_d =$	0 (kN/m ²)
活荷重(群集)	$q =$	10 (kN/m ²)
活荷重(T荷重)	$T =$	250 (kN)
後輪荷重 道路構造令より	$Q_1 =$	50 (kN/輪)
前輪荷重 $Q_2 = 0.1T$	$Q_2 =$	25 (kN/輪)
タイヤの接地幅	$b_t =$	0.5 (m)
衝撃係数	$i =$	0.4

3) 防護柵荷重 [車両用防護柵]

最大支持力	$P_{max} =$	30 (kN)
衝突荷重作用高さ	$h =$	0.600 (m)
静荷重試験時における荷重高さ	$H_0 =$	0.800 (m)
防護柵の主要横梁中心高さ	$H =$	0.450 (m)
防護柵鉛直荷重	$W_p =$	0.2 (kN)
設置位置(原点からの水平距離)	$x_p =$	1.600 (m)

1.2 許容応力度

コンクリートの設計基準強度	$\sigma_{ck} =$	40 (N/mm ²)
コンクリートの許容曲げ圧縮応力度	$\sigma_{ca} =$	14 (N/mm ²)
コンクリートの許容せん断応力度	$\tau_{ca} =$	0.55 (N/mm ²)
鉄筋の許容曲げ引張応力度 [常時]	$\sigma_{sa} =$	120 (N/mm ²)
[防護柵荷重作用時]	$\sigma_{sa} =$	180 (N/mm ²)
防護柵荷重作用時の割増し		1.5

1.3 参考文献および基準

・防護柵の設置基準・同解説	日本道路協会
・車両用防護柵標準仕様・同解説	日本道路協会
・道路橋示方書・同解説	日本道路協会
・道路構造令の解説と運用	日本道路協会

2.3 張出部の自重集計

1)コンクリート

部材長(L')は製品長(L)当たりの長さとする

$$A = A' \cdot L' / L$$

記号	面積 A' (m ²)	部材長 L' (m)	面積 A (m ² /m)	重心位置 x (m)	断面1次モーメント A・x (m ³)
Ⓐ	0.144	0.450	0.065	1.650	0.107
Ⓑ	0.048	1.000	0.048	1.450	0.070
Ⓒ	0.392	1.000	0.392	0.700	0.274
Ⓓ	0.018	1.000	0.018	0.117	0.002
合計 Σ			0.523		0.453

・鉛直荷重

$$V_c = \Sigma A \cdot \gamma_c = 12.814 \text{ (kN/m)}$$

・作用位置

$$x_c = \Sigma A \cdot x / \Sigma A = 0.866 \text{ (m)}$$

2)ブロック上載土

記号	面積 A (m ²)	重心位置 x (m)	断面1次モーメント A・x (m ³)
Ⓔ	0.070	0.700	0.049
合計 Σ	0.070		0.049

・鉛直荷重

$$V_s = \Sigma A \cdot \gamma_a = 1.575 \text{ (kN/m)}$$

・作用位置

$$x_s = x = 0.700 \text{ (m)}$$

3. 荷重の集計

3.1 自重

$$W_1 = V_c = 12.814 \text{ (kN)}$$

$$W_2 = V_s = 1.575 \text{ (kN)}$$

3.2 載荷重

1) 死荷重など(群集荷重)

$$q_d' = q_d \cdot L = 0 \text{ (kN/m)}$$

2) 群集荷重

$$q' = q \cdot L = 10 \text{ (kN/m)}$$

3) 後輪荷重

$$Q_1 = 50 \text{ (kN)}$$

$$Q_1' = Q_1 \cdot (1+i)$$

$$= 70 \text{ (kN)}$$

4) 前輪荷重

$$Q_2 = 25 \text{ (kN)}$$

$$Q_2' = Q_2 \cdot (1+i)$$

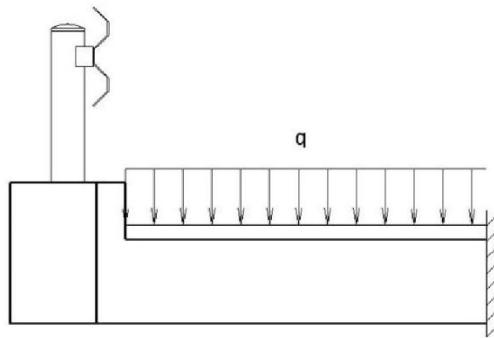
$$= 35 \text{ (kN)}$$

3.3 衝突荷重

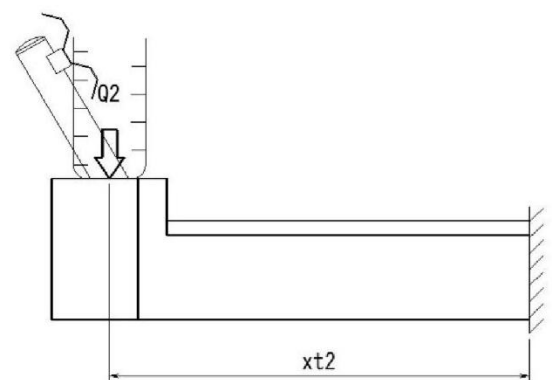
$$P'_{\max} = H_0/H \cdot P_{\max}$$

$$= 53.3 \text{ (kN)}$$

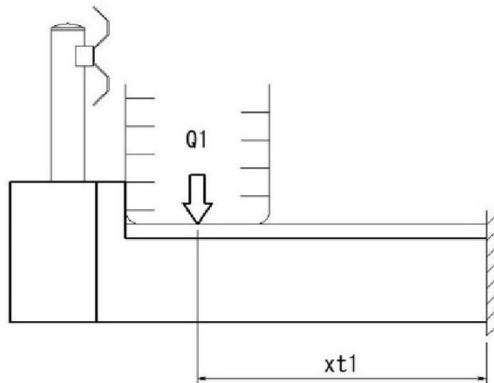
【等分布荷重】



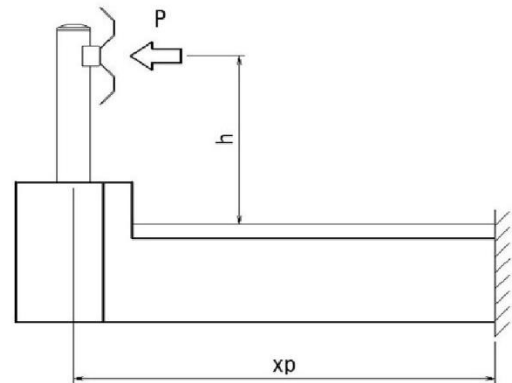
【前輪荷重】



【後輪荷重】

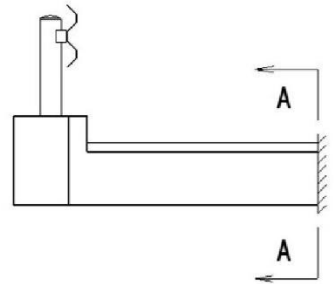


【防護柵荷重】



4. 床版部付根の検討 (A-A断面)

4.1 曲げモーメント(M)、せん断力(S)の算出



1) 自重による曲げモーメント(M₁)とせん断力(S₁)

$$\begin{aligned} M_1 &= W_1 \cdot xc + W_2 \cdot xs &= 12.199 \text{ (kN} \cdot \text{m)} \\ S_1 &= W_1 + W_2 &= 14.389 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

2) 死荷重(群集荷重)による曲げモーメント(M₂)とせん断力(S₂)

$$\begin{aligned} M_2 &= qd' \cdot b_3^2 / 2 &= 0.000 \text{ (kN} \cdot \text{m)} \\ S_2 &= qd' \cdot b_3 &= 0.000 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

3) 群集荷重による曲げモーメント(M₃)とせん断力(S₃)

$$\begin{aligned} M_3 &= q' \cdot b_3^2 / 2 &= 9.800 \text{ (kN} \cdot \text{m)} \\ S_3 &= q' \cdot b_3 &= 14.000 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

4) 後輪荷重による曲げモーメント(M₄)とせん断力(S₄)

$$\begin{aligned} M_4' &= Q_1 \cdot xt_1 / (1.3 \cdot xt_1 + 0.25) &= 32.951 \text{ (kN} \cdot \text{m)} &[\text{道路橋示方書算出式}] \\ M_4'' &= Q_1' \cdot xt_1 &= 80.500 \text{ (kN} \cdot \text{m)} \\ M_4' &< M_4'' \text{より} \\ M_4 &= &80.500 \text{ (kN} \cdot \text{m)} \\ S_4 &= Q_1' &= 70.000 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

5) 前輪荷重による曲げモーメント(M₅)とせん断力(S₅)

$$\begin{aligned} M_5' &= Q_2 \cdot xt_2 / (1.3 \cdot xt_2 + 0.25) &= 17.167 \text{ (kN} \cdot \text{m)} &[\text{道路橋示方書算出式}] \\ M_5'' &= Q_2' \cdot xt_2 &= 56.000 \text{ (kN} \cdot \text{m)} \\ M_5' &< M_5'' \text{より} \\ M_5 &= &56.000 \text{ (kN} \cdot \text{m)} \\ S_5 &= Q_2' &= 35.000 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

6) 衝突荷重による曲げモーメント(M₆)

$$M_6 = P'_{\max} \cdot (h + h_1 + t_2 / 2) = 44.772 \text{ (kN} \cdot \text{m)}$$

7) 防護柵鉛直荷重による曲げモーメント(M₇)とせん断力(S₇)

$$\begin{aligned} M_7 &= W_p \cdot x_p &= 0.320 \text{ (kN} \cdot \text{m)} \\ S_7 &= W_p &= 0.200 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

4.2 最大曲げモーメントと最大せん断力

1) 常時

ケース1 (群集荷重作用時)

$$\begin{aligned} \Sigma M_1 &= M_1 + M_2 + M_3 + M_7 &= 22.319 \text{ (kN} \cdot \text{m)} \\ \Sigma S_1 &= S_1 + S_2 + S_3 + S_7 &= 28.589 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

ケース2 (輪荷重作用時)

$$\begin{aligned} \Sigma M_2 &= M_1 + M_2 + M_4 + M_7 &= 93.019 \text{ (kN} \cdot \text{m)} \\ \Sigma S_2 &= S_1 + S_2 + S_4 + S_7 &= 84.589 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

ケース1および2より最大曲げモーメントと最大せん断力は

$$\begin{aligned} M_{\max 1} &= 93.019 \text{ (kN} \cdot \text{m)} \\ S_{\max 1} &= 84.589 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

2) 防護柵荷重作用時

$$\begin{aligned} M_{\max 2} &= M_1 + M_2 + M_5 + M_6 + M_7 &= 113.291 \text{ (kN} \cdot \text{m)} \\ S_{\max 2} &= S_1 + S_2 + S_5 + S_7 &= 49.589 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

4.3 応力度計算

1) 常時

部材厚	t =	380.0 (mm)
有効幅	b =	1000.0 (mm)
有効部材幅	b' =	800.0 (mm)
部材の有効高	d =	340.0 (mm)
鉄筋径	D1 =	22 (mm)
鉄筋本数	N1 =	8.0 (本)
鉄筋径	D2 =	22 (mm)
鉄筋本数	N2 =	0.0 (本)
鉄筋量	As =	3096.8 (mm ²)
鉄筋被り	c =	40.0 (mm)
コンクリートの許容曲げ圧縮応力度	σ _{ca} =	14 (N/mm ²)
コンクリートの許容せん断応力度	τ _{ca} =	0.55 (N/mm ²)
鉄筋の許容曲げ引張応力度	σ _{sa} =	120 (N/mm ²)
曲げモーメント	M =	93.019 (kN・m)
せん断力	S =	84.589 (kN)

$$\begin{aligned}
 p &= A_s / (b' \cdot d) \\
 &= 3096.8 / (800.0 \times 340.0) \\
 &= 0.0114 \\
 k &= \sqrt{2 \cdot n \cdot p + (n \cdot p)^2} - n \cdot p \quad (n = 15) \\
 &= \sqrt{2 \times 15 \times 0.0114 + (15 \times 0.0114)^2} - 15 \times 0.0114 \\
 &= 0.438 \\
 j &= 1 - k / 3 \\
 &= 1 - 0.438 / 3 \\
 &= 0.854
 \end{aligned}$$

コンクリートの圧縮応力度

$$\begin{aligned}
 \sigma_c &= 2 \cdot M / (k \cdot b' \cdot j \cdot d^2) \\
 &= 2 \times 93019000 / (0.438 \times 800.0 \times 0.854 \times 340.0^2) \\
 &= 5.378 \text{ (N/mm}^2\text{)} < \sigma_{ca} = 14 \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad \dots \text{OK}
 \end{aligned}$$

鉄筋の引張応力度

$$\begin{aligned}
 \sigma_s &= M / (A_s \cdot j \cdot d) \\
 &= 93019000 / (3096.8 \times 0.854 \times 340.0) \\
 &= 103.448 \text{ (N/mm}^2\text{)} < \sigma_{sa} = 120 \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad \dots \text{OK}
 \end{aligned}$$

コンクリートのせん断応力度

$$\begin{aligned}
 \tau_c &= S / (b' \cdot d) \\
 &= 84589 / (800.0 \times 340.0) \\
 &= 0.311 \text{ (N/mm}^2\text{)} < \tau_{ca} = 0.55 \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad \dots \text{OK}
 \end{aligned}$$

2) 防護柵荷重作用時 [短期設計]

部材厚	t =	380.0 (mm)
有効幅	b =	1000.0 (mm)
有効部材幅	b' =	800.0 (mm)
部材の有効高	d =	340.0 (mm)
鉄筋径	D1 =	22 (mm)
鉄筋本数	N1 =	8.0 (本)
	D2 =	22 (mm)
	N2 =	0.0 (本)
鉄筋量	As =	3096.8 (mm ²)
鉄筋被り	c =	40.0 (mm)
コンクリートの許容曲げ圧縮応力度	σ ca =	21 (N/mm ²)
コンクリートの許容せん断応力度	τ ca =	0.825 (N/mm ²)
鉄筋の許容曲げ引張応力度	σ sa =	270 (N/mm ²)
曲げモーメント	M =	113.291 (kN・m)
せん断力	S =	49.589 (kN)

$$\begin{aligned}
 p &= A_s / (b' \cdot d) \\
 &= 3096.8 / (800.0 \times 340.0) \\
 &= 0.0114 \\
 k &= \sqrt{2 \cdot n \cdot p + (n \cdot p)^2} - n \cdot p \quad (n = 15) \\
 &= \sqrt{2 \times 15 \times 0.0114 + (15 \times 0.0114)^2} - 15 \times 0.0114 \\
 &= 0.438 \\
 j &= 1 - k / 3 \\
 &= 1 - 0.438 / 3 \\
 &= 0.854
 \end{aligned}$$

コンクリートの圧縮応力度

$$\begin{aligned}
 \sigma_c &= 2 \cdot M / (k \cdot b' \cdot j \cdot d^2) \\
 &= 2 \times 113291000 / (0.438 \times 800.0 \times 0.854 \times 340.0^2) \\
 &= 6.55 \text{ (N/mm}^2\text{)} < \sigma_{ca} = 21 \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad \dots \text{OK}
 \end{aligned}$$

鉄筋の引張応力度

$$\begin{aligned}
 \sigma_s &= M / (A_s \cdot j \cdot d) \\
 &= 113291000 / (3096.8 \times 0.854 \times 340.0) \\
 &= 125.993 \text{ (N/mm}^2\text{)} < \sigma_{sa} = 270 \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad \dots \text{OK}
 \end{aligned}$$

コンクリートのせん断応力度

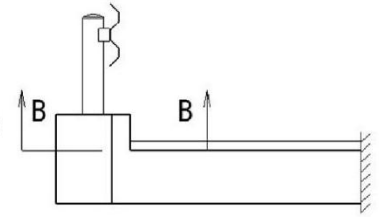
$$\begin{aligned}
 \tau_c &= S / (b' \cdot d) \\
 &= 49589 / (800.0 \times 340.0) \\
 &= 0.182 \text{ (N/mm}^2\text{)} < \tau_{ca} = 0.825 \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad \dots \text{OK}
 \end{aligned}$$

5. 支柱部付根の検討 (B-B断面)

5.1 曲げモーメント(M)、せん断力(S)の算出

1) 衝突荷重による曲げモーメント(M₆)とせん断力(S₆)

$$\begin{aligned} M_8 &= P'_{\max} \cdot (h+h_1) &= 34.645 \text{ (kN} \cdot \text{m)} \\ S_8 &= P'_{\max} &= 53.300 \text{ (kN)} \end{aligned}$$



5.2 応力度計算

1) 防護柵荷重作用時 [短期設計]

部材厚	t =	115.0 (mm)
有効幅	b =	1000.0 (mm)
有効部材幅	b' =	1000.0 (mm)
部材の有効高	d =	85.0 (mm)
鉄筋径	D1 =	19 (mm)
鉄筋本数	N1 =	8 (本)
鉄筋径	D2 =	16 (mm)
鉄筋本数	N2 =	0 (本)
鉄筋量	As =	2292.0 (mm ²)
鉄筋被り	c =	30 (mm)
コンクリートの許容曲げ圧縮応力度	σ _{ca} =	21 (N/mm ²)
コンクリートの許容せん断応力度	τ _{ca} =	0.825 (N/mm ²)
鉄筋の許容曲げ引張応力度	σ _{sa} =	270 (N/mm ²)
曲げモーメント	M =	34.645 (kN·m)
せん断力	S =	53.300 (kN)

$$\begin{aligned} p &= A_s / (b' \cdot d) \\ &= 2292 / (1,000.0 \times 85.0) \\ &= 0.027 \\ k &= \sqrt{2 \cdot n \cdot p + (n \cdot p)^2} - n \cdot p \quad (n = 15) \\ &= \sqrt{2 \times 15 \times 0.027 + (15 \times 0.027)^2} - 15 \times 0.027 \\ &= 0.582 \\ j &= 1 - k/3 \\ &= 1 - 0.582/3 \\ &= 0.806 \end{aligned}$$

コンクリートの圧縮応力度

$$\begin{aligned} \sigma_c &= 2 \cdot M / (k \cdot b' \cdot j \cdot d^2) \\ &= 2 \times 34645000 / (0.582 \times 1,000.0 \times 0.806 \times 85.0^2) \\ &= 20.444 \text{ (N/mm}^2\text{)} < \sigma_{ca} = 21 \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad \dots \text{OK} \end{aligned}$$

鉄筋の引張応力度

$$\begin{aligned} \sigma_s &= M / (A_s \cdot j \cdot d) \\ &= 34645000 / (2292 \times 0.806 \times 85.0) \\ &= 220.634 \text{ (N/mm}^2\text{)} < \sigma_{sa} = 270 \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad \dots \text{OK} \end{aligned}$$

コンクリートのせん断応力度

$$\begin{aligned} \tau_c &= S / (b' \cdot d) \\ &= 53300 / (1,000.0 \times 85.0) \\ &= 0.627 \text{ (N/mm}^2\text{)} < \tau_{ca} = 0.825 \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad \dots \text{OK} \end{aligned}$$

[道-55 トンネル用監視員通路擁壁]

1. 設計条件

1) 車両の衝突荷重	$P1$	=	20.00	kN/m	(CASE. 1)
2) 裏込め土の単位体積重量	γ_s	=	20	kN/m ³	
3) 裏込め土の内部摩擦角	ϕ	=	35	°	
4) 使用材料の強度特性					
コンクリートの設計基準強度	σ_{ck}	=	35	N/mm ²	
〃 の許容曲げ圧縮応力度	σ_{ca}	=	12.0	N/mm ²	(CASE. 2)
		=	18.0 [※]	N/mm ²	(CASE. 1)
〃 の許容せん断応力度	τ_a	=	0.52	N/mm ²	(CASE. 2)
		=	0.78 [※]	N/mm ²	(CASE. 1)
鉄 筋 の許容引張応力度 (SD295A)	σ_{sa}	=	176.0	N/mm ²	(CASE. 2)
		=	264.0 [※]	N/mm ²	(CASE. 1)

※衝突荷重時の許容応力度は常時の50%割増しとする。

上記の値については下記文献より引用しています。

$P1$: 設計便覧(案) 第3編 道路 第8章 P8-60

γ_s : 道路土工 擁壁工指針 社団法人日本道路協会 P20

ϕ : 道路土工 擁壁工指針 社団法人日本道路協会 P19

σ_{ck} : 当社にて決定

σ_{ca} : コンクリート標準示方書 構造性能照査編 社団法人土木学会 P243

τ_a : コンクリート標準示方書 構造性能照査編 社団法人土木学会 P243

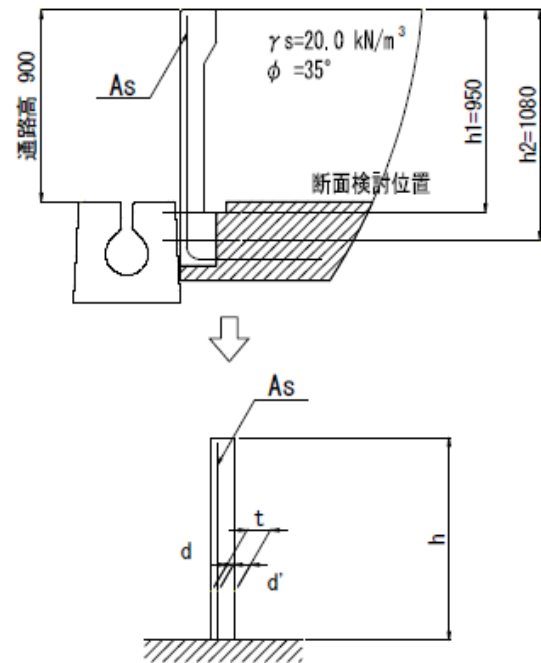
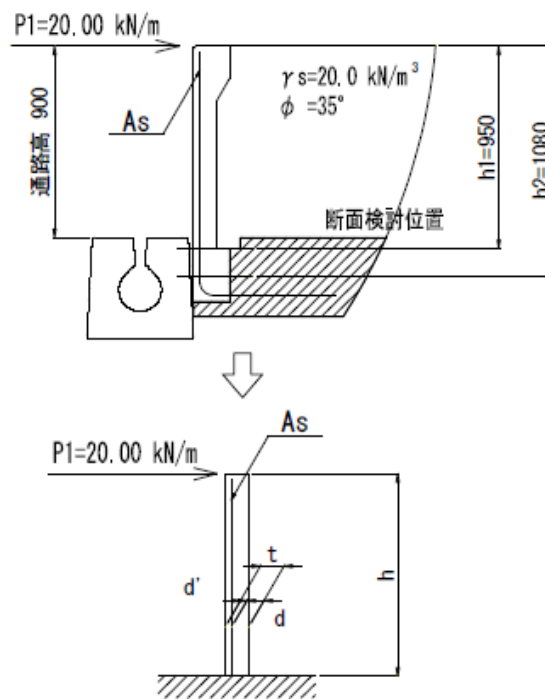
σ_{sa} : コンクリート標準示方書 構造性能照査編 社団法人土木学会 P246

5) 設計断面

監視員通路側壁は下図に示すように側溝と底版コンクリートで固定された片持ち梁として検討する。

CASE. 1

CASE. 2



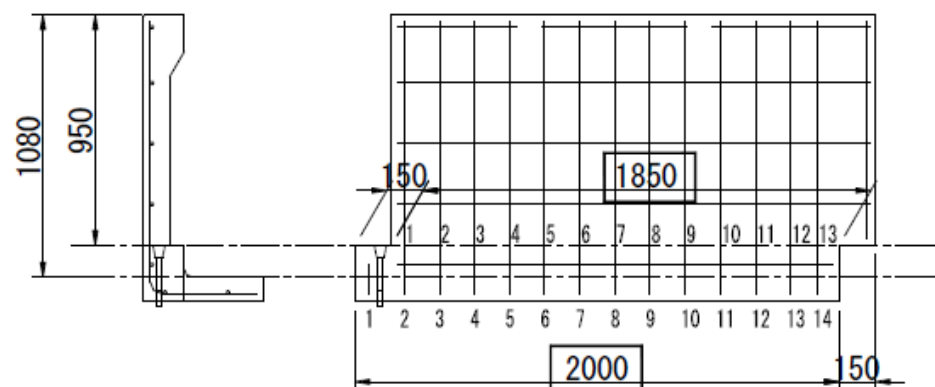
(mm) 単位m当り

	As	b	t	d	d'
h1	D16-6.5本	925	110	80	30
h2	D16-7.0本	1000	170	140	30

(mm) 単位m当り

	As	b	t	d	d'
h1	D16-6.5本	925	110	30	80
h2	D16-7.0本	1000	170	30	140

【参考】 As及びbについて



以後、単位m当りにて計算を行う。基本製品長が2mである為、鉄筋本数及び有効長bは2で除する。

2. 作用断面力及び断面計算 (CASE. 1-h1)

1) 作用断面力

1-1) 作用曲げモーメント

$$\begin{aligned} M &= P1 \cdot h1 \\ &= 20.00 \times 0.950 \\ &= 19.000 \quad \text{kN} \cdot \text{m/m} \end{aligned}$$

1-2) 作用せん断力

$$\begin{aligned} S &= P1 \\ &= 20.000 \quad \text{kN/m} \end{aligned}$$

2) 断面計算

2-1) 鉄筋量

$$\text{引張鉄筋} : D16-6.5 = 12.909 \quad \text{cm}^2$$

2-2) 中立軸の位置

$$\begin{aligned} X &= (n \cdot A_s / b) \cdot \left[-1 + \sqrt{1 + 2 \cdot b \cdot d / (n \cdot A_s)} \right] \\ &= (15 \times 12.909 / 92.5) \times \left[-1 + \sqrt{1 + 2 \times 92.5 \times 8.0 / (15 \times 12.909)} \right] \\ &= 4.061 \quad \text{cm} \end{aligned}$$

ここに

$$\begin{aligned} d &: \text{有効高} = t - d' = 11.0 - 3.0 = 8.0 \quad \text{cm} \\ b &: \text{有効長} = 92.5 \quad \text{cm} \\ d' &: \text{かぶり} = 3.0 \quad \text{cm} \\ n &: \text{ヤング係数比} = 15 \end{aligned}$$

土木構造物設計マニュアル(案)に係る設計・施工の手引き(案) P123
社団法人全日本技術協会

2-3) 応力度

$$\begin{aligned} \sigma_c &= 2 \cdot M / \{ b \cdot X \cdot (d - X/3) \} \\ &= 2 \times 19000000 / \{ 925.0 \times 40.6 \times (80.0 - 40.6/3) \} \\ &= 15.2 \quad \text{N/mm}^2 < 18.0 \quad \text{N/mm}^2 \quad \text{O. K.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_s &= n \cdot \sigma_c \cdot (d - X) / X \\ &= 15 \times 15.2 \times (80.0 - 40.6) / 40.6 \\ &= 221.5 \quad \text{N/mm}^2 < 264.0 \quad \text{N/mm}^2 \quad \text{O. K.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \tau &= S / (b \cdot d) \\ &= 20000 / (925.0 \times 80.0) \\ &= 0.27 \quad \text{N/mm}^2 < 0.78 \quad \text{N/mm}^2 \quad \text{O. K.} \end{aligned}$$

3. 作用断面力及び断面計算 (CASE. 1-h2)

1) 作用断面力

1-1) 作用曲げモーメント

$$\begin{aligned} M &= P1 \cdot h2 \\ &= 20 \times 1.080 \\ &= 21.600 \text{ kN} \cdot \text{m/m} \end{aligned}$$

1-2) 作用せん断力

$$\begin{aligned} S &= P1 \\ &= 20.000 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

2) 断面計算

2-1) 鉄筋量

$$\text{引張鉄筋} : D16-7 = 13.902 \text{ cm}^2$$

2-2) 中立軸の位置

$$\begin{aligned} X &= (n \cdot A_s / b) \cdot \left[-1 + \sqrt{1 + 2 \cdot b \cdot d / (n \cdot A_s)} \right] \\ &= (15 \times 13.902 / 100.0) \times \left[-1 + \sqrt{1 + 2 \times 100.0 \times 14.0 / (15 \times 13.902)} \right] \\ &= 5.835 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ここに } d &: \text{有効高} = t - d' = 17.0 - 3.0 = 14.0 \text{ cm} \\ b &: \text{有効長} = 100.0 \text{ cm} \\ d' &: \text{かぶり} = 3.0 \text{ cm} \\ n &: \text{ヤング係数比} = 15 \end{aligned}$$

土木構造物設計マニュアル(案)に係る設計・施工の手引き(案) P123
社団法人全日本技術協会

2-3) 応力度

$$\begin{aligned} \sigma_c &= 2 \cdot M / \{b \cdot X \cdot (d - X/3)\} \\ &= 2 \times 21600000 / \{1000.0 \times 58.4 \times (140.0 - 58.4/3)\} \\ &= 6.1 \text{ N/mm}^2 < 18.0 \text{ N/mm}^2 \quad \text{O. K.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_s &= n \cdot \sigma_c \cdot (d - X) / X \\ &= 15 \times 6.1 \times (140.0 - 58.4) / 58.4 \\ &= 128.9 \text{ N/mm}^2 < 264.0 \text{ N/mm}^2 \quad \text{O. K.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \tau &= S / (b \cdot d) \\ &= 20000 / (1000.0 \times 140.0) \\ &= 0.14 \text{ N/mm}^2 < 0.78 \text{ N/mm}^2 \quad \text{O. K.} \end{aligned}$$

4. 作用断面力及び断面計算 (CASE. 2-h1)

1) 作用断面力

1-1) 作用曲げモーメント

$$\begin{aligned}
 M &= (1/6 \cdot \gamma_s \cdot h_1^3) \cdot KaH && \text{ここに} \\
 &= (1/6 \times 20.0 \times 0.950^3) \times 0.244 && KaH: \text{土圧係数 (カーン土圧)} \\
 &= 0.697 \quad \text{kN} \cdot \text{m/m}
 \end{aligned}$$

1-2) 作用せん断力

$$\begin{aligned}
 S &= (1/2 \cdot \gamma_s \cdot h_1^2) \cdot KaH \\
 &= (1/2 \times 20.0 \times 0.950^2) \times 0.244 \\
 &= 2.202 \quad \text{kN/m}
 \end{aligned}$$

2) 断面計算

2-1) 鉄筋量

$$\text{引張鉄筋} : D16-6.5 = 12.909 \quad \text{cm}^2$$

2-2) 中立軸の位置

$$\begin{aligned}
 X &= (n \cdot As / b) \cdot \left[-1 + \sqrt{1 + 2 \cdot b \cdot d / (n \cdot As)} \right] \\
 &= (15 \times 12.909 / 92.5) \times \left[-1 + \sqrt{1 + 2 \times 92.5 \times 3.0 / (15 \times 12.909)} \right] \\
 &= 2.023 \quad \text{cm}
 \end{aligned}$$

ここに

$$\begin{aligned}
 d &: \text{有効高} = t - d' = 11.0 - 8.0 = 3.0 \quad \text{cm} \\
 b &: \text{有効長} = 92.5 \quad \text{cm} \\
 d' &: \text{かぶり} = 8.0 \quad \text{cm} \\
 n &: \text{ヤング係数比} = 15
 \end{aligned}$$

土木構造物設計マニュアル(案)に係る設計・施工の手引き(案) P123
 社団法人全日本技術協会

2-3) 応力度

$$\begin{aligned}
 \sigma_c &= 2 \cdot M / [b \cdot X \cdot (d - X/3)] \\
 &= 2 \times 697332 / [925.0 \times 20.2 \times (30.0 - 20.2/3)] \\
 &= 3.2 \quad \text{N/mm}^2 < 12.0 \quad \text{N/mm}^2 \quad \text{O. K.} \\
 \sigma_s &= n \cdot \sigma_c \cdot (d - X) / X \\
 &= 15 \times 3.2 \times (30.0 - 20.2) / 20.2 \\
 &= 23.2 \quad \text{N/mm}^2 < 176.0 \quad \text{N/mm}^2 \quad \text{O. K.} \\
 \tau &= S / (b \cdot d) \\
 &= 2202 / (925.0 \times 30.0) \\
 &= 0.08 \quad \text{N/mm}^2 < 0.52 \quad \text{N/mm}^2 \quad \text{O. K.}
 \end{aligned}$$

5. 作用断面力及び断面計算 (CASE. 2-h2)

1) 作用断面力

1-1) 作用曲げモーメント

$$\begin{aligned}
 M &= (1/6 \cdot \gamma_s \cdot h^3) \cdot KaH \\
 &= (1/6 \times 20.0 \times 1.080^3) \times 0.244 \\
 &= 1.025 \quad \text{kN} \cdot \text{m/m}
 \end{aligned}$$

ここに
KaH : 土圧係数 (クーロン土圧)

1-2) 作用せん断力

$$\begin{aligned}
 S &= (1/2 \cdot \gamma_s \cdot h^2) \cdot KaH \\
 &= (1/2 \times 20.0 \times 1.080^2) \times 0.244 \\
 &= 2.846 \quad \text{kN/m}
 \end{aligned}$$

2) 断面計算

2-1) 鉄筋量

$$\text{引張鉄筋} : D16-7 = 13.902 \quad \text{cm}^2$$

2-2) 中立軸の位置

$$\begin{aligned}
 X &= (n \cdot A_s / b) \cdot \left[-1 + \sqrt{1 + 2 \cdot b \cdot d / (n \cdot A_s)} \right] \\
 &= (15 \times 13.902 / 100.0) \times \left[-1 + \sqrt{1 + 2 \times 100.0 \times 3.0 / (15 \times 13.902)} \right] \\
 &= 2.021 \quad \text{cm}
 \end{aligned}$$

ここに

$$\begin{aligned}
 d &: \text{有効高} = t - d' = 17.0 - 14.0 = 3.0 \quad \text{cm} \\
 b &: \text{有効長} = 100.0 \quad \text{cm} \\
 d' &: \text{かぶり} = 14.0 \quad \text{cm} \\
 n &: \text{ヤング係数比} = 15
 \end{aligned}$$

土木構造物設計マニュアル(案)に係る設計・施工の手引き(案) P123
社団法人全日本技術協会

2-3) 応力度

$$\begin{aligned}
 \sigma_c &= 2 \cdot M / [b \cdot X \cdot (d - X/3)] \\
 &= 2 \times 1024566 / [1000.0 \times 20.2 \times (30.0 - 20.2/3)] \\
 &= 4.4 \quad \text{N/mm}^2 < 12.0 \quad \text{N/mm}^2 \quad \text{O. K.}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \sigma_s &= n \cdot \sigma_c \cdot (d - X) / X \\
 &= 15 \times 4.4 \times (30.0 - 20.2) / 20.2 \\
 &= 31.7 \quad \text{N/mm}^2 < 176.0 \quad \text{N/mm}^2 \quad \text{O. K.}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \tau &= S / (b \cdot d) \\
 &= 2846 / (1000.0 \times 30.0) \\
 &= 0.09 \quad \text{N/mm}^2 < 0.52 \quad \text{N/mm}^2 \quad \text{O. K.}
 \end{aligned}$$