無圧トンネル構造計算システム

Ver1.2

適用基準

○「土地改良事業計画設計基準 設計『水路トンネル』基準書 技術書」（H26/7）
○「土地改良事業計画設計基準 設計『水路工』基準書 技術書」（H26/3）

出力例

標準馬蹄形 2r タイプの計算書

（等流計算/トンネル断面サイズ算出）

開発・販売元

(株)SIP システム　お問合せ先　：堺事務所（技術サービス）
〒591-8002　大阪府堺市北区北花田町 3 丁-17-24-303
TEL：072-268-5181　FAX：072-268-5182
https://www.sipc.co.jp　　mail@sipc.co.jp

SIP (株)SIPシステム

無圧トンネル構造計算システム

Ver1.0

適用基準

○「土地改良事業計画設計基準 設計『水路トンネル』基準書 技術書」（H8/10）
○「土地改良事業計画設計基準 設計『水路工』基準書 技術書」（H13/2）

出力例

標準馬蹄形 2r タイプの計算書

（等流計算/トンネル断面サイズ算出）

開発・販売元

株式会社 SIP システム

本　　店（開発・商品管理）
〒599-8128
大阪府堺市中茶屋 77-1-401
TEL:072-237-1474　FAX:072-237-1041

大阪事務所（業務・技術サービス）
〒542-0081
大阪府大阪市中央区南船場 1-18-24-501
TEL:06-6125-2232　FAX:06-6125-2233

http://www.sipc.co.jp　　mail@sipc.co.jp

SIP（株）SIPシステム

入力データ印刷

1. 設計条件

1.1 単位体積重量

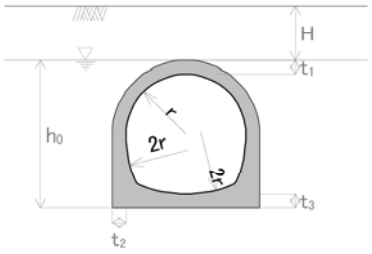
項　　目	記号	値	単位	備　考
鉄筋コンクリート	γ_c	24.500	kN/m³	
湿　潤　土	γ_a	18.000	kN/m³	
飽　和　土	γ_s	20.000	kN/m³	
水	γ_w	9.800	kN/m³	

1.2 断面形状

構造寸法一覧表

躯体形状タイプ		円形断面		3rほろ形断面		1円弧ほろ形
	○	標準馬蹄形(2r)		標準馬蹄形(3r)		標準馬蹄形(4r)

項　　目	記号	値	単位	備　考
トンネルの内径	r	1.100	m	
ライニングの部材厚	t_1	0.250	m	クラウン部
サイド部の部材厚	t_2	0.250	m	
インバート部の部材厚	t_3	0.250	m	
地　下　水　位	h_0	2.700	m	
圧　力　水　頭	h_p	―――	m	管中心に作用する静水圧
土　か　ぶ　り	H	1.000	m	



1.3 荷重条件

項　　目	記号	値	単位	備　考
土　圧　係　数	k	0.500		

自動車荷重		考慮しない			○	考慮する	
前輪の影響		考慮しない			○	考慮する	
道路の状態		未舗装道路			○	コンクリート及びアスファルト舗装道路	
荷重タイプ		T-25	○	T-14		T-10	任意

項　　目	記号	値	単位	備　考
後　輪　荷　重	P_1	55.000	kN	任意の場合手入力
衝　撃　係　数	i	0.300		任意の場合手入力
低　減　係　数	β	1.000		任意の場合手入力
後　輪　荷　重	P_2	13.500	kN	任意の場合で前輪の影響考慮時手入力
軸　間　距　離	L	4.000	m	任意の場合で前輪の影響考慮時手入力
群集荷重の荷重強度	P_Q	2.000	kN/m²	

1.4 荷重の組み合わせ（荷重ケース）

荷重＼項目		荷重組合わせ						備　考
		I	II	III	IV	V	VI	
検討の有無		考慮	考慮	考慮	－	－	－	
自重		○	○	○	○	○	○	
鉛直荷重	湿潤土	○	○	○	○	○	○	
	飽和土							
	外水圧			○				
	輪荷重	○	○					
	群集荷重	○	○					
水平荷重	湿潤土	○	○	○	○	○	○	
	飽和土							
	外水圧			○				
	輪荷重							
	群集荷重							
充満水による静水圧		○		○	○			
圧力水による静水圧					○			

計算書印刷

1. 設計条件

1.1 単位体積重量

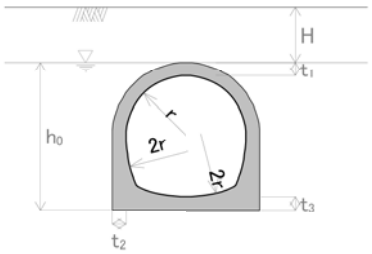
項　　目	記号	値	単位	備　考
鉄筋コンクリート	γ_c	24.500	kN/m³	
湿　潤　土	γ_a	18.000	kN/m³	
飽　和　土	γ_s	20.000	kN/m³	
水	γ_w	9.800	kN/m³	

1.2 断面形状

構造寸法一覧表

躯体形状タイプ		円形断面		3rほろ形断面		1円弧ほろ形
	○	標準馬蹄形(2r)		標準馬蹄形(3r)		標準馬蹄形(4r)

項　　目	記号	値	単位	備　考
トンネルの内径	r	1.100	m	
クラウン部の部材厚	t_1	0.250	m	
サイド部の部材厚	t_2	0.250	m	
インバート部の部材厚	t_3	0.250	m	
地　下　水　位	h_0	2.700	m	
土　か　ぶ　り	H	1.000	m	



1.3 荷重条件

項　　目	記号	値	単位	備　考
土　圧　係　数	k	0.500		

自動車荷重		考慮しない			○	考慮する	
前輪の影響		考慮しない			○	考慮する	
道路の状態		未舗装道路			○	コンクリート及びアスファルト舗装道路	
荷重タイプ		T-25	○	T-14		T-10	任意

項　　目	記号	値	単位	備　考
後　輪　荷　重	P_1	55.000	kN	
衝　撃　係　数	i	0.300		
低　減　係　数	β	1.000		
後　輪　荷　重	P_2	13.500	kN	
軸　間　距　離	L	4.000	m	
群集荷重の荷重強度	P_Q	2.000	kN/m²	

1.4 部材条件

項　　目	記号	値	単位	備　考
曲げ圧縮応力	σ_{ca}	9.000	N/mm²	
せん断応力度	τ_a	0.450	N/mm²	
付着応力度	τ_{ca}	1.600	N/mm²	
鉄筋引張応力度	σ_{sa}	176.000	N/mm²	
ヤング係数比	n	15.000		

せん断力の算出方法		平均せん断力	○	最大せん断力
鉄筋かぶり (mm)				
アーチ部	内　側	60.0	外　側	60.0
インバート部	内　側	60.0	外　側	60.0

2 断面に作用する荷重の計算

2.1 土圧

水路トンネル（以下暗渠）に作用する土圧は、一般に示す土圧公式を使用し鉛直土圧と水平土圧を算出する。
その際、水平土圧は等分布水平荷重と三角形水平荷重と分けて算出する。

$W_v = \gamma \cdot H$　　（鉛直土圧公式）
$P_h = k \cdot \gamma \cdot h$　（静止土圧公式）
$T = k \cdot \gamma$

ここに、
W_v：暗渠頂版に作用する鉛直土圧(kN/m²)
P_h：ｈの位置に作用する等分布水平荷重(kN/m²)
Ｔ　：単位深さ当りの水平荷重強度の増加量(kN/m²)
γ　：土の単位体積重量(kN/m³)
Ｈ　：土かぶり高さ(m)
ｋ　：土圧係数[0.500]
ｈ　：地表面から照査位置までの深さ(m)

$W_v = \gamma_a \cdot H = 18.000 \times 1.000 = 18.000$(kN/m²)
$P_h = k \cdot \gamma_a (H + t_1/2) = 0.500 \times 18.000 \times (1.000 + 0.250/2) = 10.125$(kN/m²)
$T = k \cdot \gamma_a = 0.500 \times 18.000 = 9.000$(kN/m²)

2.2 自動車荷重

自動車荷重は、輪荷重が接地幅0.2mで支間方向にのみ45°に分布する分散荷重とみなして計算を行う。また、自動車は暗渠の縦断方向に制限無く載荷されるものとする。
ただし、応力計算が係数表を基に計算されるため、暗渠への鉛直荷重は暗渠軸間距離での等分布荷重として計算を行う。そのため後輪荷重の分布幅が、暗渠軸間距離よりも小さい場合には、軸間距離が分布幅になるものとして計算を行う。
また後輪荷重の分布幅が暗渠外径を越える場合には、管体中央に載荷した状態で左右それぞれに水平荷重を考慮する。

$P_w = (2 \times$輪荷重$) /$車両占有幅$\times (1 + i)$
$q_1 = P_w \cdot \beta / W = P_w \cdot \beta / (2h + 0.2)$

ここに、
P_w：車両占有幅(2.75m)当たりの輪荷重(kN/m)
i　：衝撃係数
q_1：輪荷重による荷重強度(kN/m²)
β　：断面力の低減係数
Ｗ　：後輪荷重の分布幅か、暗渠軸間距離の何れか大きい方(m)
ｈ　：土かぶり(m)

後輪荷重P_1の載荷位置を支間中央とした場合、前輪荷重P_2による分布荷重を載荷する。

土かぶり深さ(m) / 道路の状態	衝撃係数 i		
	1.5未満	1.5～2.5未満	2.5以上
未舗装道路	0.4	0.3	0.2
コンクリート及びアスファルト舗装道路	0.3	0.2	0.1

荷重条件	総重量(kN)	前輪荷重(kN)	後輪荷重(kN)	低減係数 β	
T-25	245	22.5	100	1.0 土かぶり＜1mかつ 内空幅≧4m	0.9 (左記以外)
T-14	137	13.5	55	1.0	
T-10	98	10.0	39		

土かぶりＨ＝1.000(m)＜1.500(m)であり、さらに道路の状態が、「コンクリート及びアスファルト舗装道路」であることから、
衝撃係数i＝0.300とする。

荷重条件が、「T-14」であるため
低減係数β＝1.000とする。

P_w＝2×55.000／2.75×(1+0.300)＝52.000(kN/m)
Ｗ ＝2×1.000＋0.2＝2.200(m)
暗渠軸間距離 B_1'＝2ｒ＋t_2＝2×1.100＋0.250＝2.450(m)
上記により、輪荷重の分布幅は「暗渠軸間距離」を用いて計算を行う。

q_1＝52.000×1.000／2.450＝21.224(kN/m²)

暗渠幅 B_1＝2(ｒ＋t_2)＝2×(1.100＋0.250)＝2.700(m)
W_2＝B_1／2＋Ｈ－(Ｌ－0.1)＝2.700／2＋1.000－(4.000－0.1)＝-1.550(m)
W_3＝2Ｈ＋0.2－W_2＝2×1.000＋0.2－(-1.550)＝3.750(m)

前輪による鉛直荷重強度q_2(kN/m²)はq_1に準じて求める。
$q_{2'}$＝2P_2／車両占有幅×(1＋i)／(2Ｈ＋0.2)＝2×13.500／2.75×(1＋0.300)／(2×1.000＋0.2)＝5.802(kN/m²)

W_2≦0であるため、前輪の荷重強度は鉛直荷重としては考慮しない。
W_3＞0であるため、水平荷重を考慮する。
水平荷重 q_{h2}＝ｋ・$q_{2'}$＝0.500×5.802＝2.901(kN/m²)

2.3 外水圧

水路トンネル（以下暗渠）に作用する外水圧は、水路頂版を越えた分を鉛直荷重として計上する。
また、水平荷重は等分布水平荷重と三角形水平荷重と分けて算出する。
但し、地下水位が頂版部材厚の中心よりも低い場合には、外水圧の作用範囲をインバート部の部材中心から頂版部材厚の中心までとした三角形荷重として水平荷重強度の増加量を算出する。

W_w＝γ_w(H_0－(2ｒ＋t_1＋t_3))
P_w＝γ_w(H_0－(2ｒ＋t_1／2＋t_3))
T_w＝γ_w
地下水位が頂版部材中心よりも低い場合には
T_w＝γ_w(H_0－t_3/2)²／(2ｒ＋(t_1＋t_3)／2)²

ここに、
W_w：暗渠頂版に作用する鉛直荷重(kN/m²)
P_w：頂版部材中心に作用する等分布水平荷重(kN/m²)
T_w：単位深さ当りの水平荷重強度の増加量(kN/m²)
γ_w：水の単位体積重量(kN/m³)
H_0：暗渠底からの地下水位(m)
ｒ ：トンネル内径(m)
t_1：頂版(クラウン部)部材厚(m)
t_3：インバート部部材厚(m)

全高 H_1＝2ｒ＋t_1＋t_3＝2×1.100＋0.250＋0.250＝2.700(m)
地下水位[H_0＝2.700(m)]が暗渠全高以下のため鉛直荷重を考慮しない。

頂版中心位置 H_2＝H_1－t_1／2＝2.700－0.250／2＝2.575(m)
地下水位[H_0＝2.700(m)]が頂版中心位置を越えているため等分布水平荷重を算出する。
P_w＝γ_w(H_0－H_2)＝9.800×(2.700－2.575)＝1.225(kN/m²)
T_w＝γ_w＝9.800(kN/m²)

2.4 荷重一覧表

荷重名称	鉛直荷重 (kN/㎡)	等分布水平荷重 (kN/㎡)	水平荷重増加量 (kN/㎡)	備　考
土　圧	18.000	10.125	9.000	
外 水 圧	0.000	1.225	9.800	
後輪荷重	21.224	0.000	―――	
前輪荷重	0.000	2.901	―――	
群集荷重	2.000	0.000	―――	

3 部材断面の検討

3.1 荷重の組み合わせ（荷重ケース）

荷重＼項目		荷重組合わせ			備　考
		Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	
自　　重		○	○	○	
鉛直荷重	湿　潤　土	○	○	○	
	飽　和　土				
	外　水　圧			○	
	輪　荷　重	○	○		
	群集荷重	○	○		
水平荷重	湿　潤　土	○	○	○	
	飽　和　土				
	外　水　圧			○	
	輪　荷　重				
	群集荷重				
充満水による静水圧		○		○	

3.2 荷重ケースⅠ（荷重組合最大）

荷重集計表

項　　目	鉛直荷重(kN/m²)			水平荷重(kN/m²)				
	要否	計算値	採用値	要否	等分布		三角形	
					計算値	採用値	計算値	採用値
湿　潤　土	○	18.000	18.000	○	10.125	10.125	9.000	9.000
飽　和　土		20.000	―――		11.250	―――	10.000	―――
外　水　圧		0.000	―――		1.225	―――	9.800	―――
輪　荷　重	○	21.224	21.224		2.901	―――	―――	―――
群集荷重	○	2.000	2.000		0.000	―――	―――	―――
合　　計		p ＝ 41.224			w ＝ 10.125		T ＝ 9.000	

M, N, S基準値の計算

(a) 自重

$M = \gamma_c \cdot t_1 \cdot r^2 = 24.500 \times 0.250 \times 1.100^2 = 7.411\,(kN \cdot m)$

$N、S = \gamma_c \cdot t_1 \cdot r = 24.500 \times 0.250 \times 1.100 = 6.738\,(kN)$

(b) 等分布垂直荷重

$M = p \cdot r^2 = 41.224 \times 1.100^2 = 49.881\,(kN \cdot m)$

$N、S = p \cdot r = 41.224 \times 1.100 = 45.346\,(kN)$

(c) 等分布水平荷重

$M = w \cdot r^2 = 10.125 \times 1.100^2 = 12.251\,(kN \cdot m)$

$N、S = w \cdot r = 10.125 \times 1.100 = 11.138\,(kN)$

(d) 三角形水平荷重

$M = T \cdot r^3 = 9.000 \times 1.100^3 = 11.979\,(kN \cdot m)$

$N、S = T \cdot r^2 = 9.000 \times 1.100^2 = 10.890\,(kN)$

(e) 充満水による静水圧

$M = \gamma_w \cdot r^3 = 9.800 \times 1.100^3 = 13.044\,(kN \cdot m)$

$N、S = \gamma_w \cdot r^2 = 9.800 \times 1.100^2 = 11.858\,(kN)$

曲げモーメント集計表

位置	(a) 7.411		(b) 49.881		(c) 12.251		(d) 11.979		(e) 13.044		合計
	係数	M	係数	M	係数	M	係数	M	係数	M	
1	0.385	2.853	0.220	10.974	-0.247	-3.026	-0.217	-2.599	0.198	2.583	10.784
2	-0.007	-0.052	-0.042	-2.095	0.027	0.331	-0.005	-0.060	0.001	0.013	-1.863
3	-0.585	-4.336	-0.266	-13.268	0.288	3.528	0.324	3.881	-0.282	-3.678	-13.873
4	-0.559	-4.143	-0.095	-4.739	-0.084	-1.029	-0.037	-0.443	0.052	0.678	-9.676
5	-0.604	-4.476	-0.077	-3.841	-0.260	-3.185	-0.273	-3.270	0.286	3.731	-11.042
6	-0.604	-4.476	-0.077	-3.841	-0.260	-3.185	-0.273	-3.270	0.286	3.731	-11.042
7	-0.048	-0.356	0.080	3.990	-0.260	-3.185	-0.273	-3.270	0.266	3.470	0.649
8	1.122	8.315	0.428	21.349	-0.356	-4.361	-0.411	-4.923	0.351	4.578	24.958

軸力集計表

位置	(a) 6.738		(b) 45.346		(c) 11.138		(d) 10.890		(e) 11.858		合計
	係数	N	係数	N	係数	N	係数	N	係数	N	
1	-0.244	-1.644	0.096	4.353	1.034	11.516	0.695	7.569	-0.704	-8.348	13.446
2	0.442	2.978	0.608	27.571	0.511	5.691	0.457	4.977	-0.524	-6.214	35.003
3	1.773	11.946	1.089	49.382	0.000	0.000	0.009	0.098	-0.283	-3.356	58.070
4	3.092	20.832	0.982	44.530	0.086	0.958	0.110	1.198	-0.239	-2.834	64.684
5	3.508	23.635	0.996	45.165	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.131	-1.553	67.247
6	0.244	1.644	-0.096	-4.353	1.047	11.661	1.471	16.019	-1.462	-17.336	7.634
7	0.529	3.564	0.014	0.635	1.042	11.605	1.464	15.943	1.466	17.384	13.094
8	0.244	1.644	-0.096	-4.353	1.136	12.652	1.653	18.001	-1.462	-17.336	10.608

せん断力集計表

位置	(a) 6.738		(b) 45.346		(c) 11.138		(d) 10.890		(e) 11.858		合計
	係数	S	係数	S	係数	S	係数	S	係数	S	
1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2	-0.787	-5.302	-0.472	-21.404	0.511	5.691	0.457	4.977	-0.404	-4.791	-20.829
3	-0.387	-2.607	0.009	0.408	-0.041	-0.457	0.117	1.274	-0.104	-1.233	-2.615
4	0.063	0.424	0.194	8.797	-0.859	-9.567	-1.100	-11.979	1.078	12.783	0.458
5	-0.244	-1.644	0.096	4.353	-1.047	-11.661	-1.471	-16.019	1.462	17.336	-7.634
6	3.509	23.642	0.996	45.165	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.131	-1.553	67.254
7	2.859	19.263	0.828	37.547	-0.104	-1.158	-0.145	-1.579	0.037	0.439	54.511
8	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

3.3 荷重ケースⅡ(Case-2)

荷重集計表

項　　目	鉛直荷重(kN/m²)			水平荷重(kN/m²)				
	要否	計算値	採用値	要否	等分布		三角形	
					計算値	採用値	計算値	採用値
湿　潤　土	○	18.000	18.000	○	10.125	10.125	9.000	9.000
飽　和　土		20.000	―――		11.250	―――	10.000	―――
外　水　圧		0.000	―――		1.225	―――	9.800	―――
輪　荷　重	○	21.224	21.224		2.901	―――	―――	―――
群集荷重	○	2.000	2.000		0.000	―――	―――	―――
合　　計	p = 41.224			w = 10.125			T = 9.000	

M, N, S基準値の計算

(a) 自重

$M = \gamma_c \cdot t_1 \cdot r^2 = 24.500 \times 0.250 \times 1.100^2 = 7.411\,(kN \cdot m)$

$N、S = \gamma_c \cdot t_1 \cdot r = 24.500 \times 0.250 \times 1.100 = 6.738\,(kN)$

(b) 等分布垂直荷重

M ＝ p・r^2 ＝ 41.224×1.100^2 ＝ 49.881(kN・m)

N、S ＝ p・r ＝ 41.224×1.100 ＝ 45.346(kN)

(c) 等分布水平荷重

M ＝ w・r^2 ＝ 10.125×1.100^2 ＝ 12.251(kN・m)

N、S ＝ w・r ＝ 10.125×1.100 ＝ 11.138(kN)

(d) 三角形水平荷重

M ＝ T・r^3 ＝ 9.000×1.100^3 ＝ 11.979(kN・m)

N、S ＝ T・r^2 ＝ 9.000×1.100^2 ＝ 10.890(kN)

(e) 充満水による静水圧

この荷重ケースでは、考慮しないためM、N、S＝0.0とする。

曲げモーメント集計表

位置	(a)7.411		(b)49.881		(c)12.251		(d)11.979		(e)0.000		合計
	係数	M	係数	M	係数	M	係数	M	係数	M	
1	0.385	2.853	0.220	10.974	-0.247	-3.026	-0.217	-2.599	0.198	0.000	8.202
2	-0.007	-0.052	-0.042	-2.095	0.027	0.331	-0.005	-0.060	0.001	0.000	-1.876
3	-0.585	-4.336	-0.266	-13.268	0.288	3.528	0.324	3.881	-0.282	0.000	-10.194
4	-0.559	-4.143	-0.095	-4.739	-0.084	-1.029	-0.037	-0.443	0.052	0.000	-10.354
5	-0.604	-4.476	-0.077	-3.841	-0.260	-3.185	-0.273	-3.270	0.286	0.000	-14.773
6	-0.604	-4.476	-0.077	-3.841	-0.260	-3.185	-0.273	-3.270	0.286	0.000	-14.773
7	-0.048	-0.356	0.080	3.990	-0.260	-3.185	-0.273	-3.270	0.266	0.000	-2.821
8	1.122	8.315	0.428	21.349	-0.356	-4.361	-0.411	-4.923	0.351	0.000	20.380

軸力集計表

位置	(a)6.738		(b)45.346		(c)11.138		(d)10.890		(e)0.000		合計
	係数	N	係数	N	係数	N	係数	N	係数	N	
1	-0.244	-1.644	0.096	4.353	1.034	11.516	0.695	7.569	-0.704	0.000	21.794
2	0.442	2.978	0.608	27.571	0.511	5.691	0.457	4.977	-0.524	0.000	41.217
3	1.773	11.946	1.089	49.382	0.000	0.000	0.009	0.098	-0.283	0.000	61.426
4	3.092	20.832	0.982	44.530	0.086	0.958	0.110	1.198	-0.239	0.000	67.518
5	3.508	23.635	0.996	45.165	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.131	0.000	68.800
6	0.244	1.644	-0.096	-4.353	1.047	11.661	1.471	16.019	-1.462	0.000	24.971
7	0.529	3.564	-0.014	-0.635	1.042	11.605	1.464	15.943	-1.466	0.000	30.478
8	0.244	1.644	-0.096	-4.353	1.136	12.652	1.653	18.001	-1.462	0.000	27.944

せん断力集計表

位置	(a)6.738		(b)45.346		(c)11.138		(d)10.890		(e)0.000		合計
	係数	S	係数	S	係数	S	係数	S	係数	S	
1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2	-0.787	-5.302	-0.472	-21.404	0.511	5.691	0.457	4.977	-0.404	0.000	-16.038
3	-0.387	-2.607	0.009	0.408	-0.041	-0.457	0.117	1.274	-0.104	0.000	-1.382
4	0.063	0.424	0.194	8.797	-0.859	-9.567	-1.100	-11.979	1.078	0.000	-12.324
5	-0.244	-1.644	0.096	4.353	-1.047	-11.661	-1.471	-16.019	1.462	0.000	-24.971
6	3.509	23.642	0.996	45.165	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.131	0.000	68.807
7	2.859	19.263	0.828	37.547	-0.104	-1.158	-0.145	-1.579	0.037	0.000	54.072
8	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

3.4 荷重ケースⅢ(Case-3)

荷重集計表

項　　目	鉛直荷重(kN/m²)			水平荷重(kN/m²)				
	要否	計算値	採用値	要否	等分布		三角形	
					計算値	採用値	計算値	採用値
湿　潤　土	○	18.000	18.000	○	10.125	10.125	9.000	9.000
飽　和　土		20.000	―――		11.250	―――	10.000	―――
外　水　圧	○	0.000	0.000	○	1.225	1.225	9.800	9.800
輪　荷　重		21.224	―――		2.901	―――	―――	―――
群集荷重		2.000	―――		0.000	―――	―――	―――
合　　計	p ＝ 18.000			w ＝ 11.350			T ＝ 18.800	

M, N, S 基準値の計算

(a) 自重

$M = \gamma_c \cdot t_1 \cdot r^2 = 24.500 \times 0.250 \times 1.100^2 = 7.411\,(kN \cdot m)$

$N、S = \gamma_c \cdot t_1 \cdot r = 24.500 \times 0.250 \times 1.100 = 6.738\,(kN)$

(b) 等分布垂直荷重

$M = p \cdot r^2 = 18.000 \times 1.100^2 = 21.780\,(kN \cdot m)$

$N、S = p \cdot r = 18.000 \times 1.100 = 19.800\,(kN)$

(c) 等分布水平荷重

$M = w \cdot r^2 = 11.350 \times 1.100^2 = 13.734\,(kN \cdot m)$

$N、S = w \cdot r = 11.350 \times 1.100 = 12.485\,(kN)$

(d) 三角形水平荷重

$M = T \cdot r^3 = 18.800 \times 1.100^3 = 25.023\,(kN \cdot m)$

$N、S = T \cdot r^2 = 18.800 \times 1.100^2 = 22.748\,(kN)$

(e) 充満水による静水圧

$M = \gamma_w \cdot r^3 = 9.800 \times 1.100^3 = 13.044\,(kN \cdot m)$

$N、S = \gamma_w \cdot r^2 = 9.800 \times 1.100^2 = 11.858\,(kN)$

曲げモーメント集計表

位置	(a) 7.411		(b) 21.780		(c) 13.734		(d) 25.023		(e) 13.044		合計
	係数	M	係数	M	係数	M	係数	M	係数	M	
1	0.385	2.853	0.220	4.792	-0.247	-3.392	-0.217	-5.430	0.198	2.583	1.405
2	-0.007	-0.052	-0.042	-0.915	0.027	0.371	-0.005	-0.125	0.001	0.013	-0.708
3	-0.585	-4.336	-0.266	-5.793	0.288	3.955	0.324	8.107	-0.282	-3.678	-1.745
4	-0.559	-4.143	-0.095	-2.069	-0.084	-1.154	-0.037	-0.926	0.052	0.678	-7.613
5	-0.604	-4.476	-0.077	-1.677	-0.260	-3.571	-0.273	-6.831	0.286	3.731	-12.825
6	-0.604	-4.476	-0.077	-1.677	-0.260	-3.571	-0.273	-6.831	0.286	3.731	-12.825
7	-0.048	-0.356	0.080	1.742	-0.260	-3.571	-0.273	-6.831	0.266	3.470	-5.546
8	1.122	8.315	0.428	9.322	-0.356	-4.889	-0.411	-10.284	0.351	4.578	7.042

軸力集計表

位置	(a) 6.738		(b) 19.800		(c) 12.485		(d) 22.748		(e) 11.858		合計
	係数	N	係数	N	係数	N	係数	N	係数	N	
1	-0.244	-1.644	0.096	1.901	1.034	12.909	0.695	15.810	-0.704	-8.348	20.628
2	0.442	2.978	0.608	12.038	0.511	6.380	0.457	10.396	-0.524	-6.214	25.578
3	1.773	11.946	1.089	21.562	0.000	0.000	0.009	0.205	-0.283	-3.356	30.357
4	3.092	20.832	0.982	19.444	0.086	1.074	0.110	2.502	-0.239	-2.834	41.018
5	3.508	23.635	0.996	19.721	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.131	-1.553	41.803
6	0.244	1.644	-0.096	-1.901	1.047	13.072	1.471	33.462	-1.462	-17.336	28.941
7	0.529	3.564	-0.014	-0.277	1.042	13.009	1.464	33.303	-1.466	-17.384	32.216
8	0.244	1.644	-0.096	-1.901	1.136	14.183	1.653	37.602	-1.462	-17.336	34.192

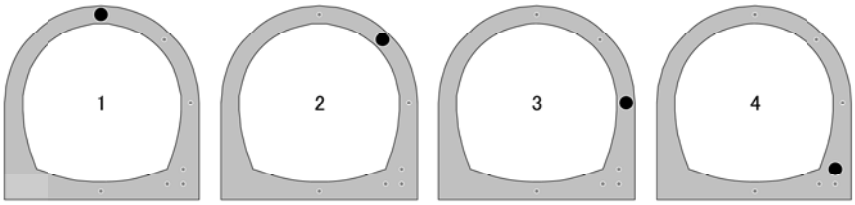
せん断力集計表

位置	(a) 6.738		(b) 19.800		(c) 12.485		(d) 22.748		(e) 11.858		合計
	係数	S	係数	S	係数	S	係数	S	係数	S	
1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2	-0.787	-5.302	-0.472	-9.346	0.511	6.380	0.457	10.396	-0.404	-4.791	-2.663
3	-0.387	-2.607	0.009	0.178	-0.041	-0.512	0.117	2.662	-0.104	-1.233	-1.513
4	0.063	0.424	0.194	3.841	-0.859	-10.725	-1.100	-25.023	1.078	12.783	-18.699
5	-0.244	-1.644	0.096	1.901	-1.047	-13.072	-1.471	-33.462	1.462	17.336	-28.941
6	3.509	23.642	0.996	19.721	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.131	-1.553	41.809
7	2.859	19.263	0.828	16.394	-0.104	-1.298	-0.145	-3.298	0.037	0.439	31.499
8	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

4 鉄筋量の計算

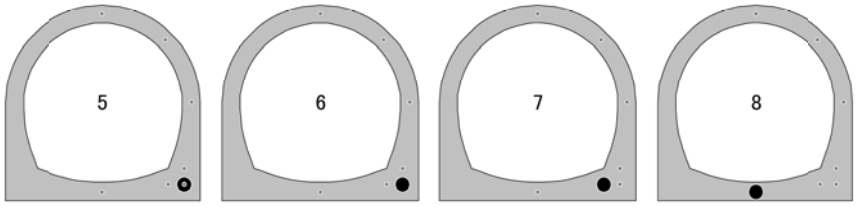
4.1 荷重ケースⅠ(荷重組合最大)

項　　目					1	2	3	4
曲げモーメント		M		(kN・m)	10.784	-1.863	-13.873	-9.676
軸　　力		N		(kN)	13.446	35.003	58.070	64.684
せん断力		S		(kN)	0.000	-20.829	-2.615	0.458
部材厚		h		(mm)	250.0	250.0	250.0	444.5
有効部材厚		d		(mm)	190.0	190.0	190.0	384.5
鉄筋かぶり(圧縮側)		d_1		(mm)	60.0	60.0	60.0	60.0
鉄筋かぶり(引張側)		d_2		(mm)	60.0	60.0	60.0	60.0
偏心距離		e		(mm)	802.048	53.223	238.897	149.583
$0.5h-d_2$			(N<0の時)	(mm)				
$h/2-d/3$			(N≧0の時)	(mm)	61.667	61.667	61.667	94.090
$h/2-k\cdot d/3$			(N≧0の時)	(mm)	97.508	97.508	97.508	166.630
判　　定					CASE-2-A	CASE-1-B	CASE-2-A	CASE-3
		M_1	$M+N(d-h/2)$	(kN・m)	11.658	4.138	17.647	20.172
		M_2	$0.5\sigma_{ca}\cdot k\cdot j\cdot b\cdot d^2$	(kN・m)	60.313	60.313	60.313	247.056
		M_3	M_1-M_2	(kN・m)	-48.655	-56.175	-42.666	-226.884
必要有効部材厚		d_N	$C_1\cdot(M_1\cdot b)^{0.5}$	(mm)				
CASE-1	圧縮鉄筋不要	①	$0.5h-d_1-e$	(mm)				
		②	$0.5h-d_1+e$	(mm)				
		③	N/σ_{sa}					
		A_s	①×②/(d－d_1)	(N/mm^2)				
		A_s'	①×③/(d－d_1)	(N/mm^2)				
CASE-1-A	引張鉄筋不要	σ_{c1}	$N/b\cdot h(1+6e/h)$	(N/mm^2)				
		σ_{c2}	$N/b\cdot h(1-6e/h)$	(N/mm^2)				
CASE-1-B		σ_{c1}	$4/3\cdot N/b(h-2e)$	(N/mm^2)		0.325		
CASE-2-A 圧縮鉄筋不要 $M_1\leqq M_2$	引張鉄筋必要	④	$M_1/(\sigma_{sa}\cdot j\cdot d)$		407.6		617.0	
		⑤	N/σ_{sa}		76.4		329.9	
		A_s	④－⑤	(mm^2)	331.2		287.1	
CASE-2-B 圧縮鉄筋必要 $M_1>M_2$		⑥	$M_2/(\sigma_{sa}\cdot j\cdot d)$					
		⑦	$M_3/(\sigma_{sa}(d-d_1))$					
		⑧	N/σ_{sa}					
		⑨	$d(1-k)/(k\cdot d-d_1)$					
		A_s	⑥+⑦－⑧	(mm^2)				
		圧縮	⑦×⑨×n/(n－1)	(mm^2)				
必要鉄筋量		A_s		(mm^2)	331.2		287.1	



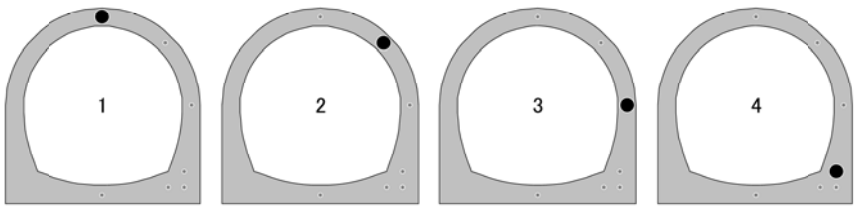
4.2 荷重ケースⅠ(荷重組合最大)

項　　目					5	5	6	7
曲げモーメント		M		(kN・m)	-11.042	-11.042	0.649	24.958
軸　　力		N		(kN)	67.247	7.634	13.094	10.608
せ ん 断 力		S		(kN)	-7.634	67.254	54.511	0.000
部　材　厚		h		(mm)	444.8	444.8	444.5	250.0
有効部材厚		d		(mm)	384.8	384.8	384.5	190.0
鉄筋かぶり(圧縮側)		d_1		(mm)	60.0	60.0	60.0	60.0
鉄筋かぶり(引張側)		d_2		(mm)	60.0	60.0	60.0	60.0
偏 心 距 離		e		(mm)	164.206	1446.378	49.551	2352.832
$0.5h-d_2$			(N<0の時)	(mm)				
$h/2-d/3$			(N≧0の時)	(mm)	94.139	94.139	94.090	61.667
$h/2-k\cdot d/3$			(N≧0の時)	(mm)	166.735	166.735	166.630	97.508
判　　定					CASE-3	CASE-2-A	CASE-1-A	CASE-2-A
		M_1	$M+N(d-h/2)$	(kN・m)	21.964	12.282	2.774	25.648
		M_2	$0.5\sigma_{ca}\cdot k\cdot j\cdot b\cdot d^2$	(kN・m)	247.435	247.435	247.056	60.313
		M_3	M_1-M_2	(kN・m)	-225.470	-235.152	-244.282	-34.666
必要有効部材厚		d_N	$C_1\cdot(M_1\cdot b)^{0.5}$	(mm)				
CASE-1	圧縮鉄筋不要	①	$0.5h-d_1-e$	(mm)				
		②	$0.5h-d_1+e$	(mm)				
		③	N/σ_{sa}					
		A_s	①×②/(d－d_1)	(N/mm^2)				
		A_s'	①×③/(d－d_1)	(N/mm^2)				
CASE-1-A	引張鉄筋不要	σ_{c1}	$N/b\cdot h(1+6e/h)$	(N/mm^2)			0.049	
		σ_{c2}	$N/b\cdot h(1-6e/h)$	(N/mm^2)			0.010	
CASE-1-B		σ_{c1}	$4/3\cdot N/b(h-2e)$	(N/mm^2)				
CASE-2-A 圧縮鉄筋不要 $M_1\leqq M_2$	引張鉄筋必要	④	$M_1/(\sigma_{sa}\cdot j\cdot d)$			212.0		896.7
		⑤	N/σ_{sa}			43.4		60.3
		A_s	④－⑤	(mm^2)		168.6		836.4
CASE-2-B 圧縮鉄筋必要 $M_1>M_2$		⑥	$M_2/(\sigma_{sa}\cdot j\cdot d)$					
		⑦	$M_3/(\sigma_{sa}(d-d_1))$					
		⑧	N/σ_{sa}					
		⑨	$d(1-k)/(k\cdot d-d_1)$					
		A_s	⑥+⑦－⑧	(mm^2)				
		圧縮	⑦×⑨×n/(n－1)	(mm^2)				
必要鉄筋量		A_s		(mm^2)		168.6		836.4



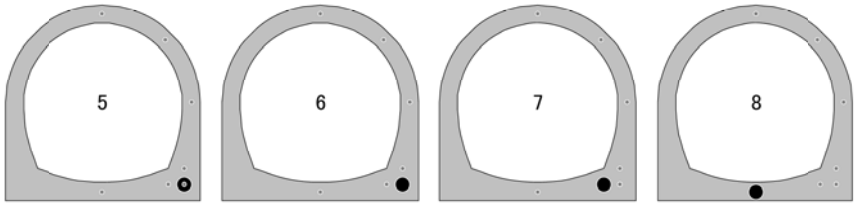
4.3 荷重ケースⅡ(Case-2)

項　　目					1	2	3	4
曲げモーメント		M		(kN･m)	8.202	-1.876	-10.194	-10.354
軸　　力		N		(kN)	21.794	41.217	61.426	67.518
せ ん 断 力		S		(kN)	0.000	-16.038	-1.382	-12.324
部　材　厚		h		(mm)	250.0	250.0	250.0	444.5
有効部材厚		d		(mm)	190.0	190.0	190.0	384.5
鉄筋かぶり(圧縮側)		d_1		(mm)	60.0	60.0	60.0	60.0
鉄筋かぶり(引張側)		d_2		(mm)	60.0	60.0	60.0	60.0
偏 心 距 離		e		(mm)	376.326	45.516	165.962	153.350
$0.5h-d_2$			(N<0の時)	(mm)				
$h/2-d/3$			(N≧0の時)	(mm)	61.667	61.667	61.667	94.090
$h/2-k\cdot d/3$			(N≧0の時)	(mm)	97.508	97.508	97.508	166.630
判　　定					CASE-2-A	CASE-1-B	CASE-2-A	CASE-3
		M_1	$M+N(d-h/2)$	(kN･m)	9.618	4.555	14.187	21.310
		M_2	$0.5\sigma_{ca}\cdot k\cdot j\cdot b\cdot d^2$	(kN･m)	60.313	60.313	60.313	247.056
		M_3	M_1-M_2	(kN･m)	-50.695	-55.758	-46.126	-225.746
必要有効部材厚		d_N	$C_1\cdot(M_1\cdot b)^{0.5}$	(mm)				
CASE-1	圧縮鉄筋不要	①	$0.5h-d_1-e$	(mm)				
		②	$0.5h-d_1+e$	(mm)				
		③	N/σ_{sa}					
		A_s	①×②/(d－d_1)	(N/mm^2)				
		A_s'	①×③/(d－d_1)	(N/mm^2)				
CASE-1-A	引張鉄筋不要	σ_{c1}	$N/b\cdot h(1+6e/h)$	(N/mm^2)				
		σ_{c2}	$N/b\cdot h(1-6e/h)$	(N/mm^2)				
CASE-1-B		σ_{c1}	$4/3\cdot N/b(h-2e)$	(N/mm^2)		0.346		
CASE-2-A 圧縮鉄筋不要 $M_1\leqq M_2$	引張鉄筋必要	④	$M_1/(\sigma_{sa}\cdot j\cdot d)$		336.3		496.0	
		⑤	N/σ_{sa}		123.8		349.0	
		A_s	④－⑤	(mm^2)	212.5		147.0	
CASE-2-B 圧縮鉄筋必要 $M_1>M_2$		⑥	$M_2/(\sigma_{sa}\cdot j\cdot d)$					
		⑦	$M_3/(\sigma_{sa}(d-d_1))$					
		⑧	N/σ_{sa}					
		⑨	$d(1-k)/(k\cdot d-d_1)$					
		A_s	⑥+⑦－⑧	(mm^2)				
		圧縮	⑦×⑨×n/(n－1)	(mm^2)				
必要鉄筋量		A_s		(mm^2)	212.5		147.0	



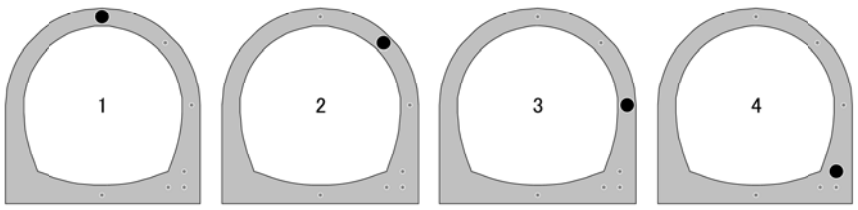
4.4 荷重ケースⅡ(Case-2)

項　　目					5	5	6	7
曲げモーメント		M		(kN･m)	-14.773	-14.773	-2.821	20.380
軸　　力		N		(kN)	68.800	24.971	30.478	27.944
せ ん 断 力		S		(kN)	-24.971	68.807	54.072	0.000
部　材　厚		h		(mm)	444.8	444.8	444.5	250.0
有効部材厚		d		(mm)	384.8	384.8	384.5	190.0
鉄筋かぶり(圧縮側)		d_1		(mm)	60.0	60.0	60.0	60.0
鉄筋かぶり(引張側)		d_2		(mm)	60.0	60.0	60.0	60.0
偏 心 距 離		e		(mm)	214.721	591.603	92.555	729.303
$0.5h-d_2$			(N<0の時)	(mm)				
$h/2-d/3$			(N≧0の時)	(mm)	94.139	94.139	94.090	61.667
$h/2-k\cdot d/3$			(N≧0の時)	(mm)	166.735	166.735	166.630	97.508
判　　定					CASE-2-A	CASE-2-A	CASE-1-B	CASE-2-A
		M_1	$M+N(d-h/2)$	(kN･m)	25.947	18.829	7.766	22.196
		M_2	$0.5\sigma_{ca}\cdot k\cdot j\cdot b\cdot d^2$	(kN･m)	247.435	247.435	247.056	60.313
		M_3	M_1-M_2	(kN･m)	-221.487	-228.606	-239.289	-38.117
必要有効部材厚		d_N	$C_1\cdot(M_1\cdot b)^{0.5}$	(mm)				
CASE-1	圧縮鉄筋不要	①	$0.5h-d_1-e$	(mm)				
		②	$0.5h-d_1+e$	(mm)				
		③	N/σ_{sa}					
		A_s	①×②/(d－d_1)	(N/mm^2)				
		A_s'	①×③/(d－d_1)	(N/mm^2)				
CASE-1-A	引張鉄筋不要	σ_{c1}	$N/b\cdot h(1+6e/h)$	(N/mm^2)				
		σ_{c2}	$N/b\cdot h(1-6e/h)$	(N/mm^2)				
CASE-1-B		σ_{c1}	$4/3\cdot N/b(h-2e)$	(N/mm^2)			0.157	
CASE-2-A 圧縮鉄筋不要 $M_1\leqq M_2$	引張鉄筋必要	④	$M_1/(\sigma_{sa}\cdot j\cdot d)$		447.9	325.0		776.0
		⑤	N/σ_{sa}		390.9	141.9		158.8
		A_s	④－⑤	(mm^2)	57.0	183.1		617.2
CASE-2-B 圧縮鉄筋必要 $M_1>M_2$		⑥	$M_2/(\sigma_{sa}\cdot j\cdot d)$					
		⑦	$M_3/(\sigma_{sa}(d-d_1))$					
		⑧	N/σ_{sa}					
		⑨	$d(1-k)/(k\cdot d-d_1)$					
		A_s	⑥+⑦－⑧	(mm^2)				
		圧縮	⑦×⑨×n/(n－1)	(mm^2)				
必要鉄筋量		A_s		(mm^2)	57.0	183.1		617.2



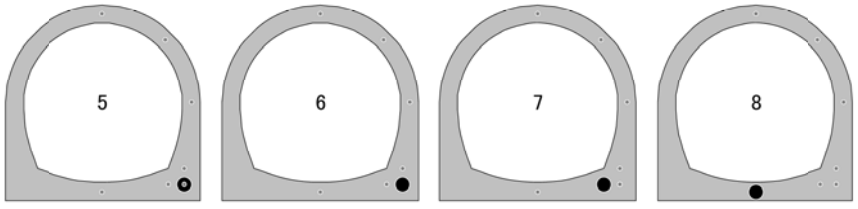
4.5 荷重ケースⅢ(Case-3)

項　　目					1	2	3	4
曲げモーメント		M		(kN･m)	1.405	-0.708	-1.745	-7.613
軸　　力		N		(kN)	20.628	25.578	30.357	41.018
せ ん 断 力		S		(kN)	0.000	-2.663	-1.513	-18.699
部　材　厚		h		(mm)	250.0	250.0	250.0	444.5
有効部材厚		d		(mm)	190.0	190.0	190.0	384.5
鉄筋かぶり(圧縮側)		d_1		(mm)	60.0	60.0	60.0	60.0
鉄筋かぶり(引張側)		d_2		(mm)	60.0	60.0	60.0	60.0
偏 心 距 離		e		(mm)	68.134	27.676	57.476	185.606
$0.5h-d_2$			(N<0の時)	(mm)				
$h/2-d/3$			(N≧0の時)	(mm)	61.667	61.667	61.667	94.090
$h/2-k\cdot d/3$			(N≧0の時)	(mm)	97.508	97.508	97.508	166.630
判　　定					CASE-3	CASE-1-A	CASE-1-B	CASE-2-A
		M_1	$M+N(d-h/2)$	(kN･m)	2.746	2.371	3.718	14.269
		M_2	$0.5\sigma_{ca}\cdot k\cdot j\cdot b\cdot d^2$	(kN･m)	60.313	60.313	60.313	247.056
		M_3	M_1-M_2	(kN･m)	-57.567	-57.943	-56.596	-232.787
必要有効部材厚		d_N	$C_1\cdot(M_1\cdot b)^{0.5}$	(mm)				
CASE-1	圧縮鉄筋不要	①	$0.5h-d_1-e$	(mm)				
		②	$0.5h-d_1+e$	(mm)				
		③	N/σ_{sa}					
		A_s	①×②/(d－d_1)	(N/mm^2)				
		A_s'	①×③/(d－d_1)	(N/mm^2)				
CASE-1-A	引張鉄筋不要	σ_{c1}	$N/b\cdot h(1+6e/h)$	(N/mm^2)		0.170		
		σ_{c2}	$N/b\cdot h(1-6e/h)$	(N/mm^2)		0.034		
CASE-1-B		σ_{c1}	$4/3\cdot N/b(h-2e)$	(N/mm^2)			0.300	
CASE-2-A 圧縮鉄筋不要 $M_1\leqq M_2$	引張鉄筋必要	④	$M_1/(\sigma_{sa}\cdot j\cdot d)$					246.5
		⑤	N/σ_{sa}					233.1
		A_s	④－⑤	(mm^2)				13.4
CASE-2-B 圧縮鉄筋必要 $M_1>M_2$		⑥	$M_2/(\sigma_{sa}\cdot j\cdot d)$					
		⑦	$M_3/(\sigma_{sa}(d-d_1))$					
		⑧	N/σ_{sa}					
		⑨	$d(1-k)/(k\cdot d-d_1)$					
		A_s	⑥+⑦－⑧	(mm^2)				
		圧縮	⑦×⑨×n/(n－1)	(mm^2)				
必要鉄筋量		A_s		(mm^2)				13.4



4.6 荷重ケースⅢ(Case-3)

項　　目					5	5	6	7
曲げモーメント		M		(kN・m)	-12.825	-12.825	-5.546	7.042
軸　　力		N		(kN)	41.803	28.941	32.216	34.192
せ ん 断 力		S		(kN)	-28.941	41.809	31.499	0.000
部　材　厚		h		(mm)	444.8	444.8	444.5	250.0
有効部材厚		d		(mm)	384.8	384.8	384.5	190.0
鉄筋かぶり(圧縮側)		d_1		(mm)	60.0	60.0	60.0	60.0
鉄筋かぶり(引張側)		d_2		(mm)	60.0	60.0	60.0	60.0
偏 心 距 離		e		(mm)	306.796	443.140	172.141	205.958
$0.5h-d_2$			(N<0の時)	(mm)				
$h/2-d/3$			(N≧0の時)	(mm)	94.139	94.139	94.090	61.667
$h/2-k\cdot d/3$			(N≧0の時)	(mm)	166.735	166.735	166.630	97.508
判　　定					CASE-2-A	CASE-2-A	CASE-2-A	CASE-2-A
		M_1	$M+N(d-h/2)$	(kN・m)	19.614	17.525	10.773	9.265
		M_2	$0.5\sigma_{ca}\cdot k\cdot j\cdot b\cdot d^2$	(kN・m)	247.435	247.435	247.056	60.313
		M_3	M_1-M_2	(kN・m)	-227.820	-229.909	-236.282	-51.049
必要有効部材厚		d_N	$C_1\cdot(M_1\cdot b)^{0.5}$	(mm)				
CASE-1	圧縮鉄筋不要	①	$0.5h-d_1-e$	(mm)				
		②	$0.5h-d_1+e$	(mm)				
		③	N/σ_{sa}					
		A_s	①×②/(d－d_1)	(N/mm^2)				
		A_s'	①×③/(d－d_1)	(N/mm^2)				
CASE-1-A	引張鉄筋不要	σ_{c1}	$N/b\cdot h(1+6e/h)$	(N/mm^2)				
		σ_{c2}	$N/b\cdot h(1-6e/h)$	(N/mm^2)				
CASE-1-B		σ_{c1}	$4/3\cdot N/b(h-2e)$	(N/mm^2)				
CASE-2-A 圧縮鉄筋不要 $M_1\leqq M_2$	引張鉄筋必要	④	$M_1/(\sigma_{sa}\cdot j\cdot d)$		338.6	302.5	186.1	323.9
		⑤	N/σ_{sa}		237.5	164.4	183.0	194.3
		A_s	④－⑤	(mm^2)	101.1	138.1	3.1	129.6
CASE-2-B 圧縮鉄筋必要 $M_1>M_2$		⑥	$M_2/(\sigma_{sa}\cdot j\cdot d)$					
		⑦	$M_3/(\sigma_{sa}(d-d_1))$					
		⑧	N/σ_{sa}					
		⑨	$d(1-k)/(k\cdot d-d_1)$					
		A_s	⑥+⑦－⑧	(mm^2)				
		圧縮	⑦×⑨×n/(n－1)	(mm^2)				
必要鉄筋量		A_s		(mm^2)	101.1	138.1	3.1	129.6



4.7 必要鉄筋量集計表

	内側(mm^2)				外側(mm^2)			
	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	最大値	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	最大値
1	331.2	212.5	0.1	331.2	0.0	0.0	———	0.0
2	———	———	———	0.0	———	———	———	0.0
3	0.0	0.0	———	0.0	287.1	147.0	———	287.1
4	———	———	0.0	0.0	0.1	0.1	13.4	13.4
5	———	0.0	0.0	0.0	0.1	57.0	101.1	101.1
6	0.0	0.0	0.0	0.0	168.6	183.1	138.1	183.1
7	———	———	0.0	0.0	———	———	3.1	3.1
8	836.4	617.2	129.6	836.4	0.0	0.0	0.0	0.0

4.8 配筋設定

	内　側					外　側				
	必要鉄筋量 (mm^2)	呼び径	断面積 (mm^2)	ピッチ (mm)	鉄筋量 (mm^2)	必要鉄筋量 (mm^2)	呼び径	断面積 (mm^2)	ピッチ (mm)	鉄筋量 (mm^2)
1	331.2	D19	286.5	250.0	1,146.0	0.0	D19	286.5	250.0	1,146.0
2	0.0	D19	286.5	250.0	1,146.0	0.0	D19	286.5	250.0	1,146.0
3	0.0	D19	286.5	250.0	1,146.0	287.1	D19	286.5	250.0	1,146.0
4	0.0	D19	286.5	250.0	1,146.0	13.4	D19	286.5	250.0	1,146.0
5	0.0	D19	286.5	250.0	1,146.0	101.1	D19	286.5	250.0	1,146.0
6	0.0	D19	286.5	250.0	1,146.0	183.1	D19	286.5	250.0	1,146.0
7	0.0	D19	286.5	250.0	1,146.0	3.1	D19	286.5	250.0	1,146.0
8	836.4	D19	286.5	250.0	1,146.0	0.0	D19	286.5	250.0	1,146.0

5 応力度計算表

5.1 荷重ケースⅠ(荷重組合最大)

		許容値	1	2	3	4	5	6	7	8
断面力	曲げモーメント M (kN･m)		10.784	-1.863	-13.873	-9.676	-11.042	-11.042	0.649	24.958
	軸　　力 N (kN)		13.446	35.003	58.070	64.684	67.247	7.634	13.094	10.608
	せん断力 S (kN)		0.000	-20.829	-2.615	0.458	-7.634	67.254	54.511	0.000
部材	単位部材幅 b (mm)		1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
	部材厚 h (mm)		250	250	250	445	445	445	445	250
配筋計画	引張側 かぶり c (mm)		0	0	0	0	0	0	0	0
	引張側 鉄筋・ピッチ		D19@250	D19@250	D19@250	D19@250	D19@250	D19@250	D19@250	D19@250
	圧縮側 鉄筋・ピッチ		D19@250	D19@250	D19@250	D19@250	D19@250	D19@250	D19@250	D19@250
	断面力方向及び引張鉄筋　内・外		外側	内側	内側	内側	内側	内側	外側	外側
データ	引張側 鉄筋断面積 As (mm²)		1146	1146	1146	1146	1146	1146	1146	1146
	圧縮側 鉄筋断面積 As' (mm²)		1146	1146	1146	1146	1146	1146	1146	1146
	鉄筋周長 U (mm)		240	240	240	240	240	240	240	240
	有効部材厚 d (mm)		190	190	190	385	385	385	385	190
係数	引張鉄筋比 p		0.00603	0.00603	0.00603	0.00298	0.00298	0.00298	0.00298	0.00603
	中立軸比 k		0.37429	1.10441	0.45714	0.70014	0.64635	0.28543	1.32033	0.35431
	応力軸比 j		0.87500	0.63200	0.84800	0.76700	0.78500	0.90500	0.56000	0.88200
	偏心距離 eo (mm)		802.048	53.223	238.897	149.583	164.206	1446.378	49.551	2352.832
	圧縮端からの偏心距離 e' (mm)		677.048	-71.777	113.897	-72.688	-58.213	1223.959	-172.720	2227.832
	中立軸の位置 χ (mm)		71.11	209.84	86.86	269.23	248.74	109.84	507.72	67.32
計算結果	曲げ圧縮応力度 σc (N/mm²)	9.000	1.972	0.329	2.523	0.508	0.585	0.642	0.051	4.547
	引張応力度 σs (N/mm²)	176.000	49.451	-0.467	44.942	3.264	4.801	24.108	-0.186	124.296
	せん断応力度 τ (N/mm²)	0.450	0.000	0.173	0.016	0.002	0.025	0.193	0.253	0.000
	付着応力度 τo (N/mm²)	1.600	0.000	0.723	0.068	0.006	0.105	0.805	1.055	0.000
判　　定			OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK

5.2 荷重ケースⅡ(Case-2)

		許容値	1	2	3	4	5	6	7	8
断面力	曲げモーメント M (kN･m)		8.202	-1.876	-10.194	-10.354	-14.773	-14.773	-2.821	20.380
	軸　　力 N (kN)		21.794	41.217	61.426	67.518	68.800	24.971	30.478	27.944
	せん断力 S (kN)		0.000	-16.038	-1.382	-12.324	-24.971	68.807	54.072	0.000
部材	単位部材幅 b (mm)		1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
	部材厚 h (mm)		250	250	250	445	445	445	445	250
配筋計画	引張側 かぶり c (mm)		0	0	0	0	0	0	0	0
	引張側 鉄筋・ピッチ		D19@250	D19@250	D19@250	D19@250	D19@250	D19@250	D19@250	D19@250
	圧縮側 鉄筋・ピッチ		D19@250	D19@250	D19@250	D19@250	D19@250	D19@250	D19@250	D19@250
	断面力方向及び引張鉄筋　内・外		外側	内側	内側	内側	内側	内側	内側	外側
データ	引張側 鉄筋断面積 As (mm²)		1146	1146	1146	1146	1146	1146	1146	1146
	圧縮側 鉄筋断面積 As' (mm²)		1146	1146	1146	1146	1146	1146	1146	1146
	鉄筋周長 U (mm)		240	240	240	240	240	240	240	240
	有効部材厚 d (mm)		190	190	190	385	385	385	385	190
係数	引張鉄筋比 p		0.00603	0.00603	0.00603	0.00298	0.00298	0.00298	0.00298	0.00603
	中立軸比 k		0.41158	1.20976	0.52058	0.68525	0.52167	0.33090	1.01020	0.37741
	応力軸比 j		0.86300	0.59700	0.82600	0.77200	0.82600	0.89000	0.66300	0.87400
	偏心距離 eo (mm)		376.326	45.516	165.962	153.350	214.721	591.603	92.555	729.303
	圧縮端からの偏心距離 e' (mm)		251.326	-79.484	40.962	-68.921	-7.698	369.185	-129.716	604.303
	中立軸の位置 χ (mm)		78.20	229.85	98.91	263.51	200.76	127.34	388.46	71.71
計算結果	曲げ圧縮応力度 σc (N/mm²)	9.000	1.501	0.350	1.827	0.545	0.813	0.864	0.157	3.727
	引張応力度 σs (N/mm²)	176.000	32.189	-0.910	25.238	3.755	11.182	26.206	-0.024	92.221
	せん断応力度 τ (N/mm²)	0.450	0.000	0.141	0.009	0.042	0.079	0.201	0.212	0.000
	付着応力度 τo (N/mm²)	1.600	0.000	0.589	0.037	0.173	0.327	0.837	0.884	0.000
判　　定			OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK

5.3 荷重ケースⅢ(Case-3)

			許容値	1	2	3	4	5	6	7	8
断面力	曲げモーメント	M (kN･m)		1.405	-0.708	-1.745	-7.613	-12.825	-12.825	-5.546	7.042
	軸　　力	N (kN)		20.628	25.578	30.357	41.018	41.803	28.941	32.216	34.192
	せん断力	S (kN)		0.000	-2.663	-1.513	-18.699	-28.941	41.809	31.499	0.000
部材	単位部材幅	b (mm)		1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
	部材厚	h (mm)		250	250	250	445	445	445	445	250
配筋計画	引張側 かぶり	c (mm)		0	0	0	0	0	0	0	0
	引張側 鉄筋・ピッチ			D19@250	D19@250	D19@250	D19@250	D19@250	D19@250	D19@250	D19@250
	圧縮側 鉄筋・ピッチ			D19@250	D19@250	D19@250	D19@250	D19@250	D19@250	D19@250	D19@250
断面力方向及び引張鉄筋　内・外				外側	内側	内側	内側	内側	内側	内側	外側
データ	引張側 鉄筋断面積	A_s (mm²)		1146	1146	1146	1146	1146	1146	1146	1146
	圧縮側 鉄筋断面積	A_s' (mm²)		1146	1146	1146	1146	1146	1146	1146	1146
	鉄筋周長	U (mm)		240	240	240	240	240	240	240	240
	有効部材厚	d (mm)		190	190	190	385	385	385	385	190
係数	引張鉄筋比	p		0.00603	0.00603	0.00603	0.00298	0.00298	0.00298	0.00298	0.00603
	中立軸比	k		0.92912	1.47873	1.05023	0.58327	0.41958	0.36012	0.62071	0.47905
	応力軸比	j		0.69000	0.50700	0.65000	0.80600	0.86000	0.88000	0.79300	0.84000
	偏心距離	e_0 (mm)		68.134	27.676	57.476	185.606	306.796	443.140	172.141	205.958
	圧縮端からの偏心距離	e' (mm)		-56.866	-97.324	-67.524	-36.665	84.378	220.722	-50.130	80.958
	中立軸の位置	χ (mm)		176.53	280.96	199.54	224.29	161.47	138.59	238.69	91.02
計算結果	曲げ圧縮応力度	σ_c (N/mm²)	9.000	0.237	0.175	0.302	0.411	0.734	0.747	0.296	1.275
	引張応力度	σ_s (N/mm²)	176.000	0.271	-0.850	-0.217	4.405	15.230	19.909	2.713	20.798
	せん断応力度	τ (N/mm²)	0.450	0.000	0.028	0.012	0.060	0.087	0.123	0.103	0.000
	付着応力度	τ_0 (N/mm²)	1.600	0.000	0.115	0.051	0.251	0.364	0.514	0.430	0.000
判　　定				OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK

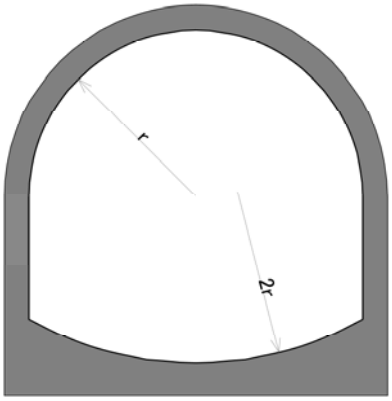
補助計算機能（等流計算）

§ 計算条件

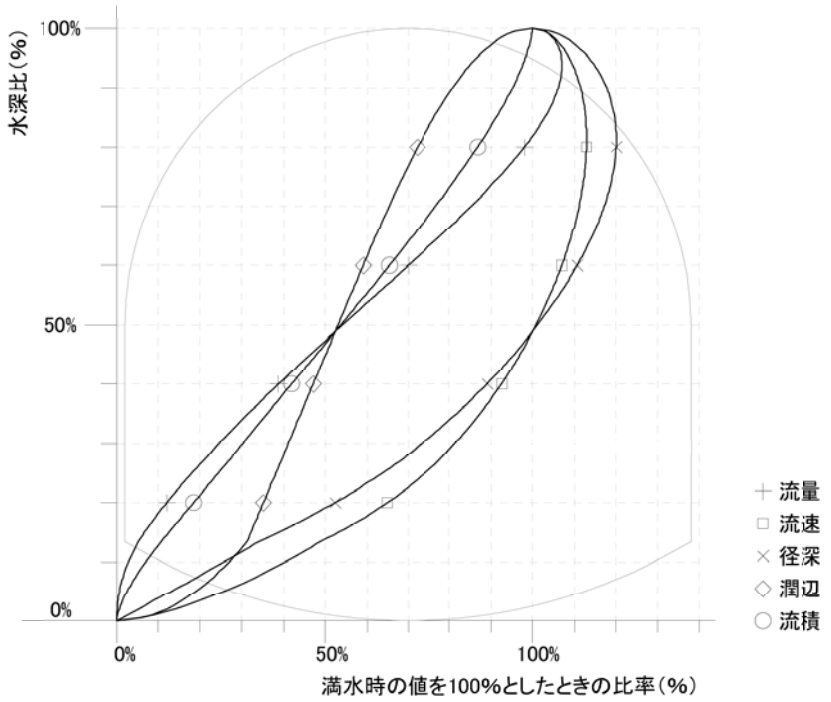
形状タイプ		円形断面	○	ほろ形断面		馬蹄形断面
計算種別		流量算出(水深と勾配指定)	○	勾配算出(水深と流量指定)		
		水深算出(勾配と流量指定)		限界水深算出(流量指定)		
水理公式	○	マニング		クッタ		

項　目	記号	値	単位	備　考
トンネル形状		2		2rほろ形断面
トンネル内径	r	0.950	(m)	
粗度係数	n	0.015		

項　目		開　始	終　了	間　隔	単位
計算範囲	水　深	80.000	90.000	1.000	(%)
	勾　配	------	------	------	
	流　量	2.500	3.000	0.100	(m^3/s)



水理特性曲線



Q=2.500(m3/s)										
水深(%)	水深(m)	勾配(1/n)	流量(m^3/s)	潤辺(m)	断面積(m^2)	径深(m)	流速(m/s)	水面幅(m)	水理水深(m)	フルード数
80.0	1.520	1/2429	2.500	4.603	2.662	0.578	0.939	1.520	1.752	0.243
81.0	1.539	1/2482	2.500	4.651	2.691	0.579	0.929	1.491	1.805	0.239
82.0	1.558	1/2534	2.500	4.700	2.719	0.578	0.919	1.460	1.862	0.235
83.0	1.577	1/2584	2.500	4.750	2.746	0.578	0.910	1.427	1.924	0.232
84.0	1.596	1/2631	2.500	4.801	2.773	0.578	0.901	1.393	1.991	0.228
85.0	1.615	1/2675	2.500	4.854	2.799	0.577	0.893	1.357	2.063	0.224
86.0	1.634	1/2717	2.500	4.908	2.825	0.576	0.885	1.319	2.142	0.221
87.0	1.653	1/2755	2.500	4.963	2.849	0.574	0.877	1.278	2.230	0.218
88.0	1.672	1/2789	2.500	5.021	2.873	0.572	0.870	1.235	2.327	0.215
89.0	1.691	1/2820	2.500	5.080	2.896	0.570	0.863	1.189	2.436	0.212
90.0	1.710	1/2846	2.500	5.142	2.918	0.568	0.857	1.140	2.560	0.209

Q=2.600(m3/s)										
水深(%)	水深(m)	勾配(1/n)	流量(m^3/s)	潤辺(m)	断面積(m^2)	径深(m)	流速(m/s)	水面幅(m)	水理水深(m)	フルード数
80.0	1.520	1/2246	2.600	4.603	2.662	0.578	0.977	1.520	1.752	0.253
81.0	1.539	1/2295	2.600	4.651	2.691	0.579	0.966	1.491	1.805	0.249
82.0	1.558	1/2343	2.600	4.700	2.719	0.578	0.956	1.460	1.862	0.245
83.0	1.577	1/2389	2.600	4.750	2.746	0.578	0.947	1.427	1.924	0.241
84.0	1.596	1/2432	2.600	4.801	2.773	0.578	0.938	1.393	1.991	0.237
85.0	1.615	1/2473	2.600	4.854	2.799	0.577	0.929	1.357	2.063	0.233
86.0	1.634	1/2512	2.600	4.908	2.825	0.576	0.920	1.319	2.142	0.230
87.0	1.653	1/2547	2.600	4.963	2.849	0.574	0.912	1.278	2.230	0.227
88.0	1.672	1/2579	2.600	5.021	2.873	0.572	0.905	1.235	2.327	0.224
89.0	1.691	1/2607	2.600	5.080	2.896	0.570	0.898	1.189	2.436	0.221
90.0	1.710	1/2631	2.600	5.142	2.918	0.568	0.891	1.140	2.560	0.218

Q=2.700(m3/s)										
水深(%)	水深(m)	勾配(1/n)	流量(m^3/s)	潤辺(m)	断面積(m^2)	径深(m)	流速(m/s)	水面幅(m)	水理水深(m)	フルード数
80.0	1.520	1/2082	2.700	4.603	2.662	0.578	1.014	1.520	1.752	0.263
81.0	1.539	1/2128	2.700	4.651	2.691	0.579	1.003	1.491	1.805	0.258
82.0	1.558	1/2172	2.700	4.700	2.719	0.578	0.993	1.460	1.862	0.254
83.0	1.577	1/2215	2.700	4.750	2.746	0.578	0.983	1.427	1.924	0.250
84.0	1.596	1/2255	2.700	4.801	2.773	0.578	0.974	1.393	1.991	0.246
85.0	1.615	1/2293	2.700	4.854	2.799	0.577	0.965	1.357	2.063	0.242
86.0	1.634	1/2329	2.700	4.908	2.825	0.576	0.956	1.319	2.142	0.239
87.0	1.653	1/2362	2.700	4.963	2.849	0.574	0.948	1.278	2.230	0.235
88.0	1.672	1/2391	2.700	5.021	2.873	0.572	0.940	1.235	2.327	0.232
89.0	1.691	1/2418	2.700	5.080	2.896	0.570	0.932	1.189	2.436	0.229
90.0	1.710	1/2440	2.700	5.142	2.918	0.568	0.925	1.140	2.560	0.226

補助計算機能（トンネル断面サイズ算出）

1 条　件

断 面 形 状	2R標準馬蹄形			
項　　目	記号	値	単位	備　考
計画最大流量	Q	3.600	m^3/s	
粗 度 係 数	n	0.015		
水深・直径比	d/D	0.830		ただし、(D-d)≧0.300(m)
水 路 勾 配	I	1/2800	1/n	

2 断面の概定

等流水深の直接計算法を用いてトンネルの断面を概定する。
α、βの値は、トンネル半径を1.0mで求めた断面積と径深をそれぞれ用いる。

$$r^{8/3}=Q\cdot n/(I^{1/2}\cdot\alpha\cdot\beta^{2/3})$$

$\alpha=2.9632$
$\beta=0.6130$

$\alpha\cdot\beta^{2/3}=2.9632\times0.6130^{2/3}=2.1383$
$r^{8/3}=3.600\times0.015/((1/2800)^{1/2}\times2.1383)=1.3363$
$r=1.115(m)$

また、必要余裕高と水深・直径比から求まる最小半径は、
$r_{min}=(D-d)/(2(1-(d/D)))=0.300/(2\times(1-0.830))$
$=0.883(m)$

したがって、$r=1.115(m)$