



無圧トンネル構造計算システム

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 (平成26年7月) 価格 ¥121,000- (税+HASP 込)

本商品を別保有 HASP に追加登録する場合、価格は¥110,000- (税込) となります。

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」(平成26年7月)
- 「土地改良事業計画設計基準 設計『水路工』基準書 技術書」(平成26年3月)

構造型式

- 円形断面
- ほろ形断面 (3r 形, 1 円弧形)
- 馬蹄形断面 (2r 形, 3r 形, 4r 形)

計算範囲

1. 部材断面の応力度計算 (常時)

- ・アーチ部
- ・インバート部

2. 活荷重の考慮

- ・輪荷重の後輪・前輪の考慮
- ・群集荷重の考慮
- ・荷重範囲を考慮した鉛直荷重
- ・荷重範囲を考慮した水平荷重

3. 荷重条件の組み合わせ

- ・最大6 ケースの対応
- ・自動設定+任意荷重の指定

4. 配筋の検計

- ・断面部の内側/外側かぶり指定
- ・必要鉄筋量の計算
- ・配筋の自動計算+編集機能

5. 印刷出力 (プレビュー表示)

- ・入力データ+計算書印刷
- ・水理特性曲線図を作成印刷
- ・Word 変換出力と電子納品対応



補助計算機能

- ① 等流計算機能
- ② トンネル断面サイズ算出機能

設計条件

単位体積重量 (kN/m³)
 $\gamma_o = 24.500$ (参照: 土地改良...)
 $\gamma_a = 18.000$ (参照: 土質改良...)
 $\gamma_s = 20.000$
 $\gamma_w = 9.800$

土砂条件

土圧条件
 土圧係数 $k = 0.500$
 土かぶり $H = 1.000$ (m)

活荷重

輸荷重
 自動車荷重を計算する
 踏切道路
 後輪荷重 $P_1 = 95.000$ (kN)
 前輪荷重 $P_2 = 19.500$ (kN)
 軸間距離 $L = 4.000$ (m)
 前輪の影響を考慮する
 群集荷重
 荷重強度 $P_q = 2.000$ (kN/m²)

断面寸法

形状: 標準馬蹄形断面(4r形)
 内径 $r = 1.100$ (m)
 部材厚 $t_1 = 0.250$ (m)
 部材厚 $t_2 = 0.250$ (m)
 部材厚 $t_3 = 0.250$ (m)
 地下水位 $h_0 = 2.700$ (m)
 圧力水頭 $h_2 =$ (m)

等流計算

トンネル内径 $r = 1.15$ (m) 形
 トンネルの形状: β ほろ形断面()
 計算種別
 流量算出
 水深算出
 境界水深
 マニング C クッタ
 フルード数の算出に水理水深を用
 粗度係数 $n = 0.015$
 計画最大流量 $Q = 2500$ (m³/s)
 粗度係数 $n = 0.015$ 形状確認
 単位 最小値 最大値 水深・直径比 $d/D = 0.830$
 水深 (%) 80 90
 水径 1/n
 必要余裕高 (D-d) ≥ 0.300 (m)
 流量 (m³) 25 30
 計算実行: 水理特性曲線...

トンネル断面サイズ算出

トンネルの内径 $r = 0.883$ (m)

等流計算結果

項目	記号	単位	計算値	許容値	判定
曲げモーメント	M	kN·m	-16.445		
軸力	N	kN	26.307		
せん断力	S	kN	69.088		
部材厚	b	mm	382.293		
引張鉄筋			D13@300		
引張鉄筋量	A _s	mm ²	422.000		
鉄筋かぶり	d'	mm	-60.000		
有効部材厚	d	mm	302.293		
偏心距離	e ₀	mm	649.824		
中立軸	x	mm	68.190		
中立軸比	k		0.2267		
応力軸比	j		0.9260		
曲げ圧縮応力	σ_{ca}	N/mm ²	0.247	9000	OK
鉄筋引張応力	σ_{sa}	N/mm ²	105.413	176000	OK
鉄筋圧縮応力	σ_{sc}	N/mm ²	0.000	176000	OK
せん断応力	τ	N/mm ²	0.247	0.450	OK
付着応力	τ_0	N/mm ²	1.858	1600	OUT

水理特性曲線図

馬蹄形(=1.140m) マニング

水深比 (%)

満水時の建設100%比とときの比率 (%)

部材条件

コンクリート許容応力度 (N/mm²)
 土地改良基準 道路土工指針 コンクリート標準
 曲げ圧縮 $\sigma_{ca} = 9.000$ 付着応力度 $\tau_{ca} = 1.500$
 剪断応力度 $\tau_s = 0.420$ 平均せん断 最大せん断
 鉄筋許容応力度 (N/mm²)
 土地改良基準 道路土工指針 コンクリート標準
 引張応力 $\sigma_{sa} = 176.000$ 圧縮応力 $\sigma_{sc} = 176.000$
 その他
 ヤング係数比 $n = 15.0$
 鉄筋かぶり (mm)
 アーチ インバート
 内側 80.0 80.0
 外側 80.0 80.0

お問合せ

CONTACT (TEL) : 06-6125-2232 (FAX) : 06-6125-2233

株式会社 SIP システム

〒542-0081

大阪府大阪市中央区南船場 1-18-24-501 (大阪事務所)

TEL : 06-6125-2232 FAX : 06-6125-2233

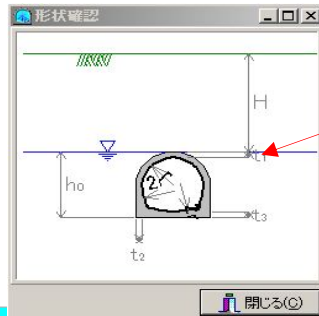
ご案内

- ・本商品に関するご質問、資料請求、見積依頼等につきましては、お電話、メール等にて弊社「大阪事務所」迄お問い合わせ下さい。
- ・弊社ホームページより各商品概要のリーフレット、出力例等のダウンロードや体験版プログラムのお申込み等が可能です。

システム概要

構造形式入力から印刷まで

形式	選択可能形状
円形断面	-
（まる形）断面	「3r（まる形）断面」 「1円弧（まる形）断面」
馬蹄形断面	「2r馬蹄形断面」「3r馬蹄形断面」 「4r馬蹄形断面」



断面寸法

形状: 標準馬蹄形断面(4r形)

内径 $r = 1.100$ (m)

部材厚 $t_1 = 0.250$ (m)

部材厚 $t_2 = 0.250$ (m)

部材厚 $t_3 = 0.250$ (m)

地下水位 $h_0 = 2.700$ (m)

圧力水頭 $h_p =$ (m)

基本条件 部材条件と必要鉄筋量

形状設計条件入力

組合せ荷重の設定

組合せ荷重の設定

自動・配筋の設定

ケース名称

ケース名称を入力してください。

Case-1

OK キャンセル

自動車荷重を検討する 輪荷重を考慮する際にチェックマークを付けてください。

荷重の規模を設定します。
「任意」を選択時には、下記項目の入力が必須です。

項目	記号	単位	内容
後輪荷重	P1	kN	後輪荷重は一般に総重量の約40%が設定されています。 「任意」以外を選択時でさらに、土かぶりか一定値より深い場合には、一定の値を活荷重として頂版上面に一律に裁荷させます。
衝撃係数	i		土被りによって変わりますが0が一般的です。
低減係数	β		荷重強度を算出する際に輪荷重に乗じる値です。 一般的には1.0又は3.0が用いられます。 「任意」以外を選択時には、条件によって自動的に判定します。

前輪の影響を考慮する際にチェックマークを付けてください。
自動車荷重を検討する際にチェックマークがある場合のみ選択可能になります。
荷重の規模で「任意」が選択されている場合には、下記項目の入力が必須です。

項目	記号	単位	内容
前輪荷重	P2	kN	前輪荷重は一般に総重量の約10%が設定されています。 「任意」以外を選択時でさらに、土かぶりか一定値より深い場合には、考慮しません。
軸間距離	L	m	前輪と後輪との車軸間の距離を入力します。 「任意」以外を選択時には、自動的に値が設定されます。

活荷重

輪荷重

自動車荷重を検討する

T-25 T-14 T-10

任意 舗装道路

後輪荷重 $P_1 = 55.000$ (kN)

衝撃係数 $i = 0.100$

低減係数 $\beta = 1.000$

前輪の影響を考慮する

前輪荷重 $P_2 = 13.500$ (kN)

軸間距離 $L = 4.000$ (m)

群集荷重

荷重強度 $P_Q = 2.000$ (kN/m²)

荷重条件組合せ

ケース番号	I	II	III	IV	V	VI
検討の有無	有効	有効	無効	無効	無効	無効
自重	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
鉛直荷重						
湿潤土	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
飽和土	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
外水圧	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
輪荷重	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
群集荷重	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
水平荷重						
湿潤土	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
飽和土	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
外水圧	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
輪荷重	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
群集荷重	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
充滿水による静水圧	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
圧力水による静水圧	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

標準馬蹄形2R形

配筋設定

自動計算

鉄筋ピッチ優先

鉄筋ピッチを固定する。(mm)

ピッチ(内側) 250

ピッチ(外側) 250

最小ピッチ

最大ピッチ

ピッチの変更量

鉄筋本数優先 (本)

最少本数

最多本数

最小鉄筋呼び径: D19

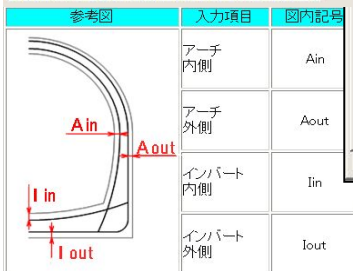
最大鉄筋呼び径: D22

必要周長を考慮する。

計算実行

位置	内側鉄筋			外側鉄筋		
	必要As (mm ²)	呼び径	ピッチ (mm)	必要As (mm ²)	呼び径	ピッチ
1	331.7	D19	250.0	1,146.0	0.0	D19
2	0.0	D19	250.0	1,146.0	0.0	D19
3	0.0	D19	250.0	1,146.0	259.6	D19
4	0.0	D19	250.0	1,146.0	76.8	D19
5	0.0	D19	250.0	1,146.0	168.7	D19
6	0.0	D19	250.0	1,146.0	0.0	D19

位置	M (kN-m)	N (kN)	S (kN)
1	10.859	14.061	0
2	-1.584	35.424	-20
3	-13.087	58.066	0
4	-11.362	65.301	-2
5	-12.454	0	0
6	-12.454	0	0
7	-3.090	0	0
8	25.131	0	0



無圧トンネル構造計算システム

計算内容確認

項目	M (kN-m)	N (kN)	S (kN)
自重	2.794	-1.253	0.000
等分布垂直荷重	11.323	4.172	0.000
等分布水平荷重	-3.234	11.884	0.000
三角形水平荷重	-2.815	7.939	0.000
充滿水による水圧	2.791	-8.680	0.000
圧力水による静水圧	0.000	0.000	0.000
合計	10.859	14.061	0.000

項目	記号	単位	計算値	許容値	判定
曲げモーメント	M	kN-m	10.859		
軸力	N	kN	14.061		
部材厚	h	mm	250.000		
有効部材厚	d	mm	190.000		
偏心距離	e	mm	77.220		
判定条件	M ₁	kN-m	11.773		
判定条件	M ₂	kN-m	50.630		
ケース判定条件			N(14.061) > 0 e(77.220) > 99.324 M1(11.773) ≤ M2(50.630)		
判定			CASE-2-A		
引張鉄筋	A _s	mm ²	3272		

プレビュー印刷

Word 変換出力

計算結果と判定

項目	記号	単位	計算値	許容値	判定
曲げ圧縮応力	σ_{ca}	N/mm ²	0.247	9.000	OK
鉄筋引張応力	σ_{sa}	N/mm ²	105.413	176.000	OK
鉄筋圧縮応力	σ_{sa}	N/mm ²	0.000	176.000	OK
せん断応力	τ	N/mm ²	0.247	0.450	OK
付着応力	τ_c	N/mm ²	1.568	1.600	OUT

補助計算機能 (単独)

トンネル断面の等流計算

補助計算機能は、「データ保存機能」がありません。
また、本体システムから補助計算の印刷はできません。
よって、必要に応じて補助計算機能から印刷出力します。

水深(%)	水深(m)	勾配(%)	流量(m³)	満辺(m)	断面積(m²)	径深(m)	流速(m/s)	水面幅(m)	水理水深(m)	フルード数
80.0	1.824	0.163	2500	5.334	3.730	0.699	0.670	1.824	2.045	0.150
82.0	1.870	0.156	2500	5.451	3.811	0.699	0.656	1.752	2.176	0.142
84.0	1.915	0.150	2500	5.572	3.889	0.698	0.643	1.672	2.327	0.135

トンネル断面サイズの計算

- 1 最小施行断面のトンネル、不等流のトンネルでは標準よりも大きな余裕高を取ることが出来る。
導水トンネルのように途中からの洪水流入が大きい場合で
- 2 1) 流量に変動が大きい
2) 急な湾曲等がなぐ流れに乱れが大きい
3) 粗度係数の推定が正しく、悪化のおそれがない
上記条件では、 $d/D=0.9$ 程度をとることができる。

項目	記号	単位	内容						
計画最大流量	Q	m³/s	トンネル内径を半径で入力してください。						
粗度係数	n		水路トンネル内の粗度係数を入力してください。						
水深・直径比	d/D		水路トンネル直径に対しての水深を比率で入力してください。 基準書では、運用9-5にて下記のように記されています。						
			<table border="1"> <thead> <tr> <th>条件</th> <th>水深・直径比</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>設計流量に対して</td> <td>0.80~0.83</td> </tr> <tr> <td>洪水を流入させる場合</td> <td>0.90~0.93</td> </tr> </tbody> </table>	条件	水深・直径比	設計流量に対して	0.80~0.83	洪水を流入させる場合	0.90~0.93
条件	水深・直径比								
設計流量に対して	0.80~0.83								
洪水を流入させる場合	0.90~0.93								
水路勾配	I	‰, %, 1/n	水路勾配を入力してください。 勾配の単位は、3種類の中から選択が出来ます。						
必要余裕高 (D-d)		m	安全性確保のため設計水面上に必要な余裕高を入力してください。 基準書では、運用9-5にて下記のように記されています。						
			<table border="1"> <thead> <tr> <th>条件</th> <th>水深・直径比</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>設計流量に対して</td> <td>0.30</td> </tr> <tr> <td>洪水を流入させる場合</td> <td>-</td> </tr> </tbody> </table>	条件	水深・直径比	設計流量に対して	0.30	洪水を流入させる場合	-
条件	水深・直径比								
設計流量に対して	0.30								
洪水を流入させる場合	-								

- ① 設計条件入力/計算実行
- ② トンネル断面サイズ (内径 r) を算出して表示
- ③ 計算書出力 (Word 変換)

システム環境

CONTACT (TEL) : 06-6125-2232

(FAX) : 06-6125-2233

- 基本OS : Windows8 (32bit&64bit)、Windows10&11 (64bit)
- ハード環境 : HD 容量 500MB 以上、メモリ容量 4GB 以上
- プロテクト方式 : HASP (USB) 方式、オンライン (IN) 方式、ネット認証システム (Lan 対応版)

土木設計「排水構造物設計シリーズ」のご案内



土木・土地改良設計業務に携わる皆様への「排水構造物設計シリーズ」のご案内です。

土地改良基準「水路工」に準拠した「水路設計計算システム」、柵構造の計算を行う「集水柵構造計算システム」また、水路の蓋版や底版の杭基礎スラブ板の解析が可能な「長方形板の計算システム」および「杭基礎スラブ板の検討システム」等、設計業務の身近な設計ソフトウェアとしてご検討頂ければ幸いです。 (株) S I Pシステム



＜ 水路設計計算システム / ¥209,000 (税+HASP込) ＞

- ①水路工の常時・地震時の安定計算および部材断面照査を行い、左右側壁の高さが異なる偏土圧の検討も可能。
- ②浮上の検討では、必要フーチング幅を自動計算。
- ③滑動の検討で安全率を満足しない場合反力を考慮して検討。
- ④地震の検討時、内外水位に対し動水圧を考慮可能。
- ⑤水路上面の蓋版等の上面荷重を考慮可能。
- ⑥無筋・鉄筋コンクリートの断面応力度照査が可能。
- ⑦計算書は、プレビュー表示後印刷、Word出力も可能。



＜ 集水柵構造計算システム / ¥220,000 (税+HASP込) ＞

- ①柵構造(鉄筋・無筋コンクリート)の常時・地震時の部材断面検討および浮力、地盤支持力の検討が可能。
- ②側壁は「水平応力解析」「三辺固定スラブ法」「両端固定梁+三辺固定版」、底版は「四辺固定スラブ法」で解析。
- ③水平応力解析では、側壁に対する軸力の考慮が可能。
- ④側壁(前面・側面)底版の全12断面の応力度照査が可能。また、開口部の指定や L_y/L_x 比を超える計算も可能。
- ⑤計算書は、プレビュー表示後印刷、Word出力も可能。

＜ 長方形板の計算システム / ¥121,000 (税+HASP込) ＞

RC、鋼板の「有限要素法」および「級数解」による板の解析プログラム

＜ 無圧トンネル構造計算システム / ¥1121,000 (税+HASP込) ＞

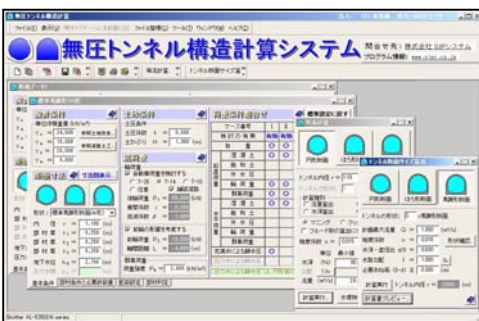
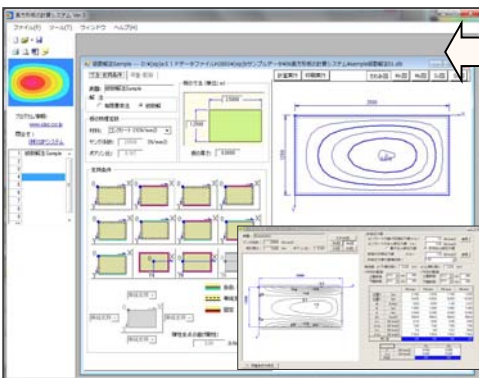
「水路トンネル」準拠した「円形・ほろ形・馬蹄形」の断面検討プログラム

＜ 杭基礎スラブ板の検討システム / ¥115,000 (税+HASP込) ＞

水路、柵等で、杭が配置される長方形板(スラブ)の断面検討プログラム

＜ RC水路橋構造計算システム / ¥121,000 (税+HASP込) ＞

鉄筋コンクリート水路橋について単純支持・連続支持の検討可能なプログラム



その他商品の紹介

1. 「洪水吐水理計算システム」(¥341,000)、「堤体の安定計算システム」(¥198,000)、「不等流水路水面追跡計算システム」(¥121,000)
2. 「管網計算システム」(¥319,000) + 「上水道給水量計算システム」(¥55,000) + 「DXFファイルコンバータ」(¥110,000)
3. 「無筋擁壁設計システム」「RC擁壁設計システム」「ボックスカルバート設計システム」など

(HASP+税込価格で表示)

株式会社 S I Pシステム

〒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

OS : Windows8、Windows10&11 (32bit&64bit) 対応

HD : 500MB以上。USBポート&DVD-ROM 必須。

プロテクト方式 : HASP方式 (USB) またはオンライン方式

＜お問い合わせは大阪事務所まで＞

・商品に関するお問合せは、お電話メール等でお受けしております。
(受付時間 平日 9:00~17:00)

・商品の詳細は、弊社ホームページでもご確認いただけます。

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

1. 設計条件

1.1 単位換算表

項目	記号	値	単位
基礎コンクリート	V_c	24,000	kg/m ³
土	γ_s	18,000	kg/m ³
水中土	γ_w	10,000	kg/m ³
水	γ_w	9,800	kg/m ³

1.2 形状

項目	記号	値	単位	備考
基礎高 (右側)	H_R	2100	mm	
基礎高 (左側)	H_L	1500	mm	
基礎厚	T	200	mm	
基礎厚上縁 (右側)	T_{R1}	200	mm	
基礎厚上縁 (左側)	T_{L1}	200	mm	
基礎厚下縁 (右側)	T_{R2}	200	mm	
基礎厚下縁 (左側)	T_{L2}	200	mm	
高さ	H	300	mm	
ハンプ高 (高さ) (右側)	T_{R3}	100	mm	
ハンプ高 (高さ) (左側)	T_{L3}	100	mm	
基礎中心	H_c	1500	mm	
地下水位 (右側)	H_{Rw}	1500	mm	
地下水位 (左側)	H_{Lw}	1500	mm	

・右側水のみに検討可能。内側はなしとする。
・左側水のみに検討可能。内側はなしとする。

2 荷重データ

2.1 地形土質

項目	記号	値	単位	備考
コンクリート	γ_c	24,000	kg/m ³	
土	γ_s	18,000	kg/m ³	
水中土	γ_w	10,000	kg/m ³	
水	γ_w	9,800	kg/m ³	
基礎土質係数	k	2,000	kg/m ³	標準土質係数(1)標準
基礎土質係数	k_1	5,000	kg/m ³	標準土質係数(2)標準
基礎土質係数	k_2	7,000	kg/m ³	標準土質係数(3)標準

・標準土質係数 $k = \text{コンクリート土質係数} \times \frac{1}{1.5} + \frac{1}{1.5} \times 1,000$
・標準土質係数 $k_1 = \text{土質係数} \times \frac{1}{1.5} + \frac{1}{1.5} \times 1,000$
・標準土質係数 $k_2 = \text{土質係数} \times \frac{1}{1.5} + \frac{1}{1.5} \times 1,000$

2.2 断面力に対する検討

1) 断面力

項目	記号	値	単位	備考
基礎土質係数	k	2,000	kg/m ³	
基礎土質係数	k_1	5,000	kg/m ³	
基礎土質係数	k_2	7,000	kg/m ³	

2) 内側水圧を考慮する断面力

項目	記号	値	単位	備考
基礎土質係数	k	2,000	kg/m ³	
基礎土質係数	k_1	5,000	kg/m ³	
基礎土質係数	k_2	7,000	kg/m ³	

2.3 断面力

3 断面力

3.1 断面力

1) 断面力

2) 断面力

4 断面力

4.1 断面力

4.2 断面力

●水路設計計算の出力

- 1) 入力データ
- 2) 安定/部材断面計算
- 3) 設計水平震度
- 4) 許容地盤支持力
- 5) 鉄筋組立図

5 断面力

5.1 断面力

5.2 断面力

6 断面力

6.1 断面力

6.2 断面力

7 断面力

7.1 断面力

7.2 断面力

●集水桝構造計算の出力

- 1) 入力データ
- 2) 桝断面照査計算書
- 3) 浮き上がり
- 4) 地盤支持力

8 断面力

8.1 断面力

8.2 断面力

9 断面力

9.1 断面力

9.2 断面力

●杭基礎スラブ板の検討システム

- 1) 作用荷重の入力方法
- 2) 計算書 (プレビュー表示)

5. 断面設計

5.1 計算式

記号説明

- h: 部材厚
- b: 部材幅
- d: 有効深
- n: コンクリート比 = 15
- A: 引張鉄筋断面積
- p: 引張鉄筋比 = $A_s / b \cdot d$
- k: 中立軸位置
- $k = \sqrt{np \cdot \rho_p} \cdot \rho_p$
- x: 中心軸 = $k \cdot d$

・コンクリートの曲げ圧縮応力 σ_c

$$\sigma_c = \frac{2 \cdot M}{x \cdot d \cdot x \cdot 3}$$

・鉄筋の引張応力 σ_s

$$\sigma_s = \frac{M}{A_s \cdot d \cdot x \cdot 3}$$

・コンクリートの平均せん断応力 τ

$$\tau = \frac{V}{b \cdot d}$$

・コンクリートの最大せん断応力 τ_{max}

$$\tau_{max} = \frac{V}{b \cdot d} \cdot \frac{d}{3}$$

5.2 曲げモーメントに対する照査

引張側	Y (mm)	X方向		Y方向	
		下側	上側	下側	上側
応力	X (mm)	2,158	1,295	1,777	1,295
曲げモーメント	M (kNm)	0.825	-0.110	0.825	-0.110
引張鉄筋	A (mm ²)	1,000	1,000	1,000	1,000
鉄筋比	p (%)	0.200	0.200	0.200	0.200
せん断係数	d (mm)	15	15	15	15
鉄筋量	As (mm ²)	285.3	285.3	285.3	285.3
平均せん断応力	τ (N/mm ²)	0.19	0.18	0.20	0.21
許容せん断応力	τ _c (N/mm ²)	7.00	7.00	7.00	7.00
鉄筋引張応力	σ _s (N/mm ²)	18.8	8.8	22.5	49.8

6. 断面設計

6.1 計算式

断面力

項目	記号	値	単位	備考
基礎土質係数	k	2,000	kg/m ³	
基礎土質係数	k_1	5,000	kg/m ³	
基礎土質係数	k_2	7,000	kg/m ³	

6.2 断面力

6.3 断面力

7. 断面設計

7.1 計算式

断面力

項目	記号	値	単位	備考
基礎土質係数	k	2,000	kg/m ³	
基礎土質係数	k_1	5,000	kg/m ³	
基礎土質係数	k_2	7,000	kg/m ³	

7.2 断面力

7.3 断面力

●長方形板の計算の出力

- 1) 有限要素法解析
- 2) 級数解法解析
- 3) 鉄筋コンクリート
- 4) 鋼、鋳鋼、鋳鉄
- 5) 断面力/応力度評価

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 お問い合わせ先 : 大阪事務所 (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

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

1. 設計条件

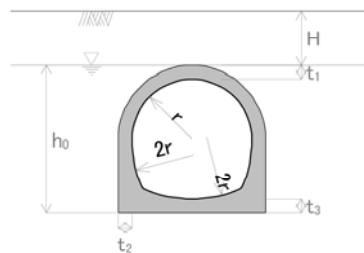
1.1 単位体積重量

項目	記号	値	単位	備考
鉄筋コンクリート	γ_c	24.500	kN/m ³	
湿潤土	γ_a	18.000	kN/m ³	
飽和土	γ_s	20.000	kN/m ³	
水	γ_w	9.800	kN/m ³	

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		<input type="radio"/> 考慮する
前輪の影響		考慮しない		<input type="radio"/> 考慮する
道路の状態		未舗装道路		<input type="radio"/> 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	<input type="radio"/> 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/m ²	

1.4 荷重の組み合わせ（荷重ケース）

荷重	項目	荷重組み合わせ						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							
	充滿水による静水圧	○		○	○			
	圧力水による静水圧				○			

1. 設計条件

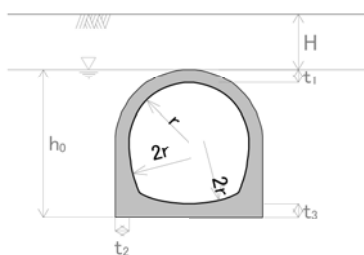
1.1 単位体積重量

項目	記号	値	単位	備考
鉄筋コンクリート	γ_c	24.500	kN/m ³	
湿潤土	γ_a	18.000	kN/m ³	
飽和土	γ_s	20.000	kN/m ³	
水	γ_w	9.800	kN/m ³	

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/m ²		

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/mm ²	
せん断応力度	τ_a	0.450	N/mm ²	
付着応力度	τ_{ca}	1.600	N/mm ²	
鉄筋引張応力度	σ_{sa}	176.000	N/mm ²	
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。

$$W_v = \gamma \cdot H \quad (\text{鉛直土圧公式})$$

$$P_h = k \cdot \gamma \cdot h \quad (\text{静止土圧公式})$$

$$T = k \cdot \gamma$$

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)

$$W_v = \gamma_a \cdot H = 18.000 \times 1.000 = 18.000 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$P_h = k \cdot \gamma_a (H + t_1/2) = 0.500 \times 18.000 \times (1.000 + 0.250/2) = 10.125 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$T = k \cdot \gamma_a = 0.500 \times 18.000 = 9.000 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

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。

$$P_w = (2 \times \text{輪荷重}) / \text{車両占有幅} \times (1 + i)$$

$$q_1 = P_w \cdot \beta / W = P_w \cdot \beta / (2h + 0.2)$$

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。

道路の状態	土かぶり深さ (m)		
	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 (左記以外)
T-14	137	13.5	55	1.0	
T-10	98	10.0	39		

土かぶり $H=1.000(\text{m}) < 1.500(\text{m})$ 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 $\beta=1.000$ とする。

$$P_w = 2 \times 55.000 / 2.75 \times (1 + 0.300) = 52.000 (\text{kN/m})$$

$$W = 2 \times 1.000 + 0.2 = 2.200 (\text{m})$$

$$\text{暗渠軸間距離 } B_1' = 2r + t_2 = 2 \times 1.100 + 0.250 = 2.450 (\text{m})$$

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。

$$q_1 = 52.000 \times 1.000 / 2.450 = 21.224 (\text{kN/m}^2)$$

$$\text{暗渠幅 } B_1 = 2(r + t_2) = 2 \times (1.100 + 0.250) = 2.700 (\text{m})$$

$$W_2 = B_1 / 2 + H - (L - 0.1) = 2.700 / 2 + 1.000 - (4.000 - 0.1) = -1.550 (\text{m})$$

$$W_3 = 2H + 0.2 - W_2 = 2 \times 1.000 + 0.2 - (-1.550) = 3.750 (\text{m})$$

前輪による鉛直荷重強度 $q_2 (\text{kN/m}^2)$ は q_1 に準じて求める。

$$q_2 = 2P_w / \text{車両占有幅} \times (1 + i) / (2H + 0.2) = 2 \times 13.500 / 2.75 \times (1 + 0.300) / (2 \times 1.000 + 0.2) = 5.802 (\text{kN/m}^2)$$

$W_2 \leq 0$ 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。

$$\text{水平荷重 } q_{h2} = k \cdot q_2 = 0.500 \times 5.802 = 2.901 (\text{kN/m}^2)$$

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。

$$W_w = \gamma_w (H_0 - (2r + t_1 + t_3))$$

$$P_w = \gamma_w (H_0 - (2r + t_1 / 2 + t_3))$$

$$T_w = \gamma_w$$

地下水位が頂版部材中心よりも低い場合には

$$T_w = \gamma_w (H_0 - t_3 / 2)^2 / (2r + (t_1 + t_3) / 2)^2$$

ここに、

W_w : 暗渠頂版に作用する鉛直荷重 (kN/m^2)

P_w : 頂版部材中心に作用する等分布水平荷重 (kN/m^2)

T_w : 単位深さ当りの水平荷重強度の増加量 (kN/m^2)

γ_w : 水の単位体積重量 (kN/m^3)

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 : インバート部材厚 (m)

$$\text{全高 } H_1 = 2r + t_1 + t_3 = 2 \times 1.100 + 0.250 + 0.250 = 2.700 (\text{m})$$

地下水位 [$H_0 = 2.700(\text{m})$] が暗渠全高以下のため鉛直荷重を考慮しない。

$$\text{頂版中心位置 } H_2 = H_1 - t_1 / 2 = 2.700 - 0.250 / 2 = 2.575 (\text{m})$$

地下水位 [$H_0 = 2.700(\text{m})$] 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。

$$P_w = \gamma_w (H_0 - H_2) = 9.800 \times (2.700 - 2.575) = 1.225 (\text{kN/m}^2)$$

$$T_w = \gamma_w = 9.800 (\text{kN/m}^2)$$

2.4 荷重一覧表

荷重名称	鉛直荷重 (kN/m ²)	等分布水平荷重 (kN/m ²)	水平荷重増加量 (kN/m ²)	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	荷重組み合わせ			備考
		I	II	III	
鉛直荷重	自重	○	○	○	
	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				
充滿水による静水圧		○		○	

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/m ²)			水平荷重 (kN/m ²)				
	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

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

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

(b) 等分布垂直荷重

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

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

(c) 等分布水平荷重

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

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

(d) 三角形水平荷重

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

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

(e) 充滿水による静水圧

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

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

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/m ²)			水平荷重(kN/m ²)				
	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

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

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

(b) 等分布垂直荷重

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

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

(c) 等分布水平荷重

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

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

(d) 三角形水平荷重

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

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

(e) 充滿水による静水圧

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/m ²)			水平荷重 (kN/m ²)				
	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

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

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

(b) 等分布垂直荷重

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

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

(c) 等分布水平荷重

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

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

(d) 三角形水平荷重

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

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

(e) 充滿水による静水圧

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

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

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

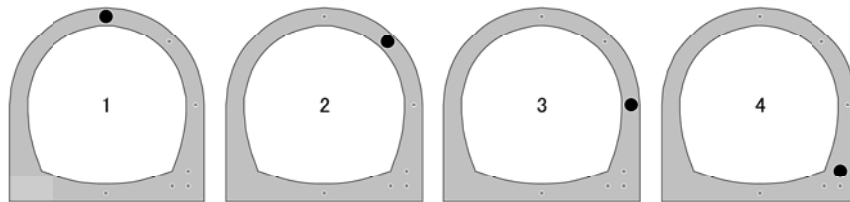
せん断力集計表

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

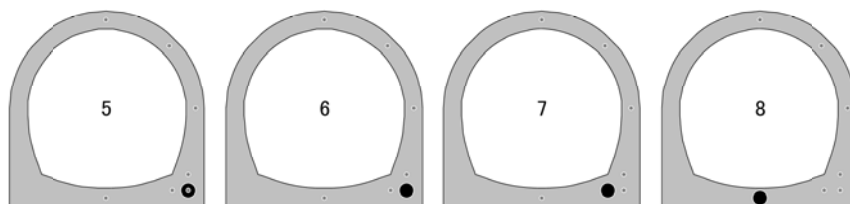
4.1 荷重ケース I (荷重組合最大)

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 \geq 0の時)	(mm)	61.667	61.667	61.667	94.090
$h/2 - k \cdot d/3$	(N \geq 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	$① \times ② / (d - d_1)$ (N/mm ²)			
		A_s	$① \times ③ / (d - d_1)$ (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 $M_1 \leq M_2$	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 $M_1 > M_2$	引張鉄筋必要	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 \times ⑨ \times n / (n - 1) (mm ²)				
必要鉄筋量	A_s	(mm ²)	331.2		287.1	



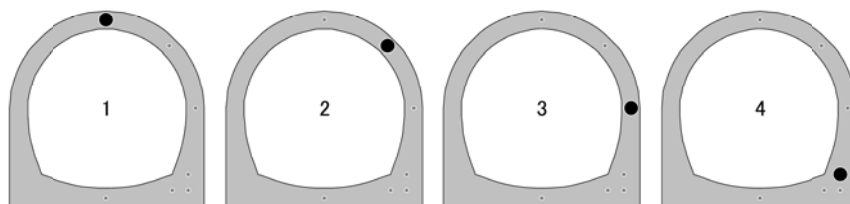
4.2 荷重ケース I (荷重組合最大)

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・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 0.5σ _{ca} ・k・j・b・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 ・(M ₁ ・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・h (1+6e/h)	(N/mm ²)		0.049	
		σ _{c2} N / b・h (1-6e/h)	(N/mm ²)		0.010	
CASE-1-B		σ _{c1} 4/3・N / b (h-2e)	(N/mm ²)			
CASE-2-A 圧縮鉄筋不要 M ₁ ≤ M ₂	引張鉄筋必要	④ M ₁ / (σ _{sa} ・j・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	引張鉄筋必要	⑥ M ₂ / (σ _{sa} ・j・d)				
		⑦ M ₃ / (σ _{sa} (d - d ₁))				
		⑧ N / σ _{sa}				
		⑨ d (1 - k) / (k・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	



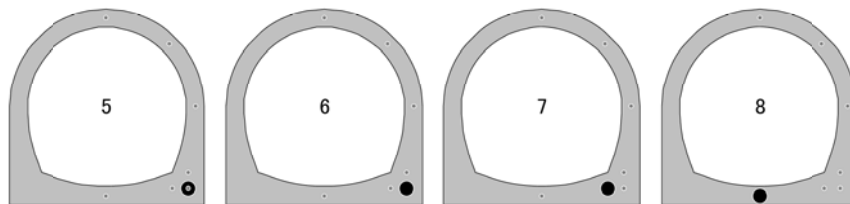
4.3 荷重ケースⅡ (Case-2)

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・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 0.5σ _{ca} ・k・j・b・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 ・(M ₁ ・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・h (1+6e/h)	(N/mm ²)			
		σ _{c2} N / b・h (1-6e/h)	(N/mm ²)			
CASE-1-B		σ _{c1} 4/3・N / b (h-2e)	(N/mm ²)	0.346		
CASE-2-A 圧縮鉄筋不要 M ₁ ≤ M ₂	引張鉄筋必要	④ M ₁ / (σ _{sa} ・j・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	引張鉄筋必要	⑥ M ₂ / (σ _{sa} ・j・d)				
		⑦ M ₃ / (σ _{sa} (d - d ₁))				
		⑧ N / σ _{sa}				
		⑨ d (1 - k) / (k・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	



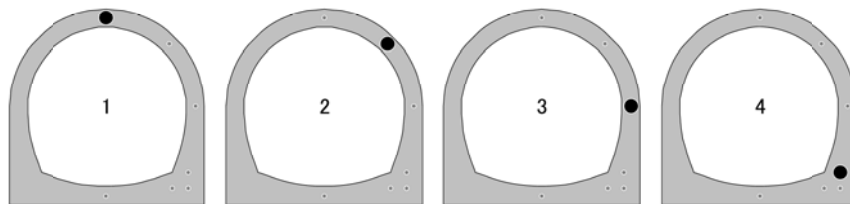
4.4 荷重ケースⅡ (Case-2)

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・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 0.5σ _{ca} ・k・j・b・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 ・(M ₁ ・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・h (1+6e/h)	(N/mm ²)			
		σ _{c2} N / b・h (1-6e/h)	(N/mm ²)			
CASE-1-B		σ _{c1} 4/3・N / b (h-2e)	(N/mm ²)		0.157	
CASE-2-A 圧縮鉄筋不要 M ₁ ≤ M ₂	引張鉄筋必要	④ M ₁ / (σ _{sa} ・j・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	引張鉄筋必要	⑥ M ₂ / (σ _{sa} ・j・d)				
		⑦ M ₃ / (σ _{sa} (d - d ₁))				
		⑧ N / σ _{sa}				
		⑨ d (1 - k) / (k・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



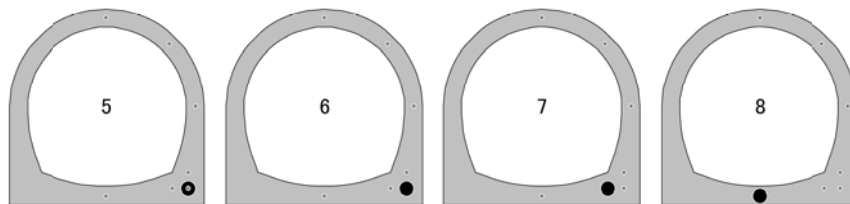
4.5 荷重ケースⅢ (Case-3)

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・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 0.5σ _{ca} ・k・j・b・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 ・(M ₁ ・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・h (1+6e/h)	(N/mm ²)	0.170			
		σ _{c2} N / b・h (1-6e/h)	(N/mm ²)	0.034			
CASE-1-B		σ _{c1} 4/3・N / b (h-2e)	(N/mm ²)		0.300		
CASE-2-A 圧縮鉄筋不要 M ₁ ≤ M ₂	引張鉄筋必要	④ M ₁ / (σ _{sa} ・j・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	引張鉄筋必要	⑥ M ₂ / (σ _{sa} ・j・d)					
		⑦ M ₃ / (σ _{sa} (d - d ₁))					
		⑧ N / σ _{sa}					
		⑨ d (1 - k) / (k・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・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 0.5σ _{ca} ・k・j・b・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 ・(M ₁ ・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・h (1+6e/h)	(N/mm ²)				
		σ _{c2} N/b・h (1-6e/h)	(N/mm ²)				
CASE-1-B		σ _{c1} 4/3・N/b (h-2e)	(N/mm ²)				
CASE-2-A 圧縮鉄筋不要 M ₁ ≤ M ₂	引張鉄筋必要	④ M ₁ /(σ _{sa} ・j・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	引張鉄筋必要	⑥ M ₂ /(σ _{sa} ・j・d)					
		⑦ M ₃ /(σ _{sa} (d - d ₁))					
		⑧ N/σ _{sa}					
		⑨ d(1-k)/(k・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 A_s (mm ²)		1146	1146	1146	1146	1146	1146	1146	1146
	圧縮側 鉄筋断面積 A_s' (mm ²)		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 ρ		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 e_o (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 σ_c (N/mm ²)	9.000	1.972	0.329	2.523	0.508	0.585	0.642	0.051	4.547
	引張応力度 σ_s (N/mm ²)	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/mm ²)	0.450	0.000	0.173	0.016	0.002	0.025	0.193	0.253	0.000
	付着応力度 τ_o (N/mm ²)	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)

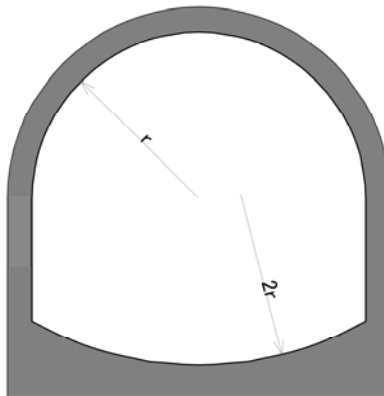
		許容値	1	2	3	4	5	6	7	8
断面力	曲げモーメント M (kN・m)		8.202	-1.876	-10.194	-10.354	-14.773	-14.773	-2.821	20.380
	軸力 N (kN)		21.794	41.217	61.426	67.518	68.800	24.971	30.478	27.944
	せん断力 S (kN)		0.000	-16.038	-1.382	-12.324	-24.971	68.807	54.072	0.000
部材	単位部材幅 b (mm)		1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
	部材厚 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 A_s (mm ²)		1146	1146	1146	1146	1146	1146	1146	1146
	圧縮側 鉄筋断面積 A_s' (mm ²)		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 ρ		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 e_o (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 σ_c (N/mm ²)	9.000	1.501	0.350	1.827	0.545	0.813	0.864	0.157	3.727
	引張応力度 σ_s (N/mm ²)	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/mm ²)	0.450	0.000	0.141	0.009	0.042	0.079	0.201	0.212	0.000
	付着応力度 τ_o (N/mm ²)	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)

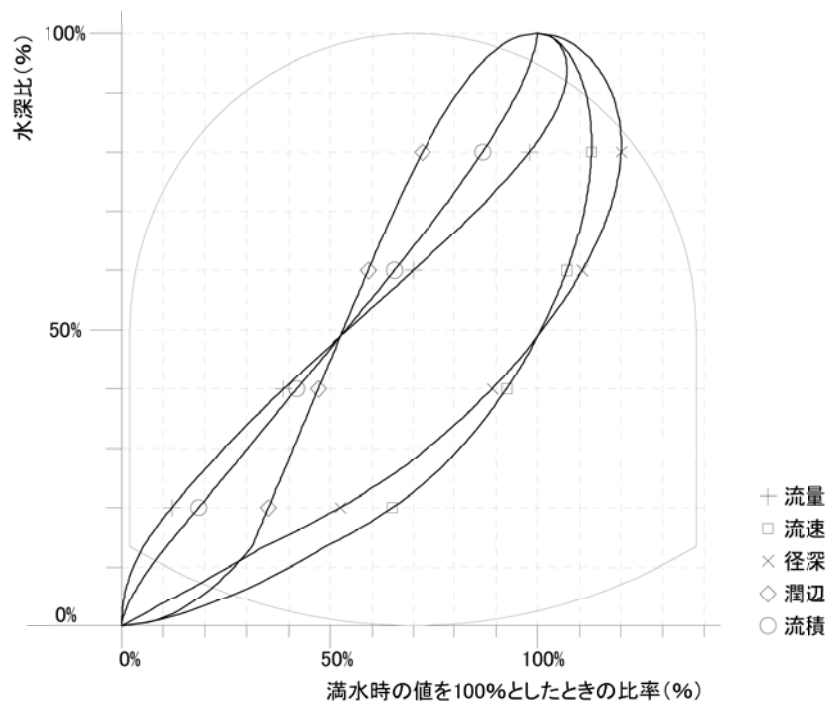
		許容値	1	2	3	4	5	6	7	8
断面力	曲げモーメント M (kN・m)		1.405	-0.708	-1.745	-7.613	-12.825	-12.825	-5.546	7.042
	軸力 N (kN)		20.628	25.578	30.357	41.018	41.893	28.941	32.216	34.192
	せん断力 S (kN)		0.000	-2.663	-1.513	-18.699	-28.941	41.809	31.499	0.000
部材	単位部材幅 b (mm)		1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
	部材厚 h (mm)		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 (mm ²)		1146	1146	1146	1146	1146	1146	1146	1146
	圧縮側 鉄筋断面積 A_s' (mm ²)		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 ρ		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_o (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/mm ²)	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/mm ²)	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/mm ²)	0.450	0.000	0.028	0.012	0.060	0.087	0.123	0.103	0.000
	付着応力度 τ_o (N/mm ²)	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

§ 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	○	マンニング		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

1 条 件

補助計算機能（トンネル断面サイズ算出）

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。

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

$$\alpha = 2.9632$$

$$\beta = 0.6130$$

$$\alpha \cdot \beta^{2/3} = 2.9632 \times 0.6130^{2/3} = 2.1383$$

$$r^{8/3} = 3.600 \times 0.015 / ((1/2800)^{1/2} \times 2.1383) = 1.3363$$

$$r = 1.115(\text{m})$$

また、必要余裕高と水深・直径比から求まる最小半径は、

$$r_{\min} = (D-d) / (2(1-(d/D))) = 0.300 / (2 \times (1-0.830)) = 0.883(\text{m})$$

したがって、r = 1.115(m)