# 9　排 水 施 設 工

# 9　排　水　施　設　工


９－１　一　　般……設、排－１
９－２　排水施設の区分……設、排－１
　１　地表排水施設……設、排－１
　２　地下水排水施設……設、排－１
　３　法面排水施設……設、排－１
　４　集水桝及び流末処理……設、排－１
９－３　溝きょ……設、排－１
　９－３－１　一　　般……設、排－１
　９－３－２　適用条件……設、排－１
　１　開　き　ょ……設、排－２
　２　暗　き　ょ……設、排－２
　３　洗　越　工……設、排－２
　９－３－３　溝きょの設置……設、排－２
９－４　溝きょの種類と構造……設、排－３
　９－４－１　開　き　ょ……設、排－３
　１　開きょの種類……設、排－３
　２　適用条件……設、排－３
　３　設置における留意事項……設、排－３
　９－４－２　暗　き　ょ……設、排－４
　１　暗きょの種類……設、排－４
　２　適用条件……設、排－４
　３　設置における留意事項……設、排－４
　９－４－３　洗　越　工……設、排－５
　１　洗越工の構造……設、排－５
　２　設置における留意事項……設、排－５
９－５　暗渠(コンクリート管)設計条件……設、排－６
　９－５－１　荷　　重……設、排－６
　１　死　荷　重……設、排－６
　２　活　荷　重……設、排－６
　３　衝 撃 荷 重……設、排－７
　４　鉛 直 土 圧……設、排－７
　５　基礎地盤反力……設、排－８
　６　基礎形式と支持角係数……設、排－８

7　安　全　率……設、排－9
9－5－2　沈　下　比……設、排－9
9－5－3　埋 設 形 式……設、排－10
1　溝　型……設、排－10
2　突　出　形……設、排－10
9－5－4　基 礎 形 式……設、排－11
1　基礎形式の選定……設、排－11
9－5－5　基礎形式の区分……設、排－11
1　コンクリート基礎……設、排－11
2　砂・砂利(砕石)基礎……設、排－12
3　コンクリート高圧管及びコンクリート台付管……設、排－12
9－5－6　許容応力度……設、排－15
1　鉄筋コンクリート……設、排－15
9－5－7　ひび割れ荷重……設、排－16
9－5－8　土 か ぶ り……設、排－16
1　土かぶり厚……設、排－16
2　ボックス及びパイプカルバートの断面変化……設、排－17
9－5－9　　暗渠工(コンクリート管等)設計上の留意事項……設、排－18
9－5－10　面壁標準設計……設、排－18
1　設 計 条 件……設、排－18
2　設置条件　……設、排－18
3　面壁断面一覧表……設、排－19
9－5－11　呑口、吐口の構造……設、排－19
1　コンクリート面壁……設、排－19
2　落口桝)……設、排－20
3　カラマツ材等を利用した面壁及び水叩き……設、排－20
4　植生土のうによる吐口保護……設、排－20
9－5－12　鉄筋コンクリートアーチカルバート……設、排－20
1　設 置 箇 所……設、排－20
2　設 計 上 の 留 意 事 項……設、排－20
9－6　コルゲートパイプカルバート……設、排－20
9－6－1　設 置 箇 所……設、排－20
9－6－2　コルゲートパイプの特性……設、排－20
9－6－3　荷重及び設計計算……設、排－21
1　活　荷　重……設、排－21
2　鉛 直 土 圧……設、排－21
3　水 平 土 圧……設、排－21
9－6－4　型式と種類……設、排－22
9－6－5　形式の選定……設、排－22
9－6－6　標 準 板 厚……設、排－24

９－６－７　基 礎 構 造……設、排－28
９－６－８　支　保　工……設、排－29
９－６－９　裏　込　め……設、排－29
９－６－10　埋　戻　し……設、排－30
９－６－11　呑、吐口構造……設、排－31
９－７　ボックスカルバート……設、排－32
９－７－１　ボックスカルバートの適用……設、排－32
９－７－２　荷重及び設計計算……設、排－33
１　荷重条件……設、排－33
２　材料強度及び許容応力度……設、排－36
９－７－３　基　礎　工……設、排－36
９－７－４　縦方向の設計……設、排－39
９－７－５　斜角部の配筋……設、排－40
１　斜角の呑吐口……設、排－40
９－７－６　継　　手……設、排－41
９－７－７　最小土かぶり圧……設、排－42
９－７－８　ウイングの構造及び止水壁……設、排－42
１　ウイングの構造……設、排－42
２　カルバート端部の処理……設、排－43
９－８　横断溝……設、排－45
９－８－１　設置箇所……設、排－45
９－８－２　横断工の構造……設、排－45
９－８－３　踏掛版の構造……設、排－46
１　踏掛版の長さ……設、排－46
２　踏掛版の幅……設、排－46
９－８－４　設 置 間 隔……設、排－48
９－８－５　横断排水工……設、排－48
９－９　側　　溝……設、排－48
９－９－１　側溝の種類と構造……設、排－48
１　素 堀 側 溝……設、排－48
２　緑化側溝……設、排－49
３　コンクリート側溝……設、排－49
４　鋼 製 側 溝……設、排－49
５　Ｌ 型 側 溝……設、排－50
９－９－２　　設計上の留意事項……設、排－50
９－10　地下排水工……設、排－50
９－10－１　路 床 排 水……設、排－50
９－10－２　遮断式暗渠工……設、排－51
９－10－３　舗装工の地下排水……設、排－51
９－11　法面排水工……設、排－53

９－11－１　設 計 一 般……設、排－53
９－11－２　法面の地下排水施設……設、排－53
１　暗　渠……設、排－53
２　水平排水層……設、排－54
９－12　呑口工及び吐口工……設、排－54
９－12－１　呑口工……設、排－54
９－12－２　吐口工……設、排－56
９－13　集水桝工及び流末処理工……設、排－57
９－13－１　集水桝工……設、排－57
９－13－２　流末処理工……設、排－57

# 9　排　水　施　設　工

## 9－1　一　　般

1　排水施設は、林道敷地外からの流入水、湧水、路面水等の状況、石礫等の流下状況、維持管理の方法等を十分に考慮し、集水区域の面積、気象、地形、地質、土質、水利等の条件及び経済性に適合した工種、工法を選定して設置する。

## 9－2　排水施設の区分

排水施設工の区分は次のとおりとする。

1　地表排水施設

地表排水施設は、降雨、降雪等による路面水及び斜面から流入する地表水を排除する施設で、溝きょ、側溝、横断溝及び横断排水工に区分する。

溝きょは、開きょ、暗きょ及び洗越工とし、これらに付帯する呑口工及び吐口工を含む。なお、呑口工は、集水工、流木除け工、土砂止め、落差工に区分し、吐口工には洗掘防止工を含める。

2　地下水排水施設

地下水排水施設は、路面下の地下水位を低下させるほか、林道に隣接する斜面等から浸透してくる水を排除する施設で、切土部地下排水工、盛土部地下排水工、切盛境地下排水工及び路床内排水工に区分する。

3　法面水排水施設

法面水排水施設は、雨水等の法面への浸透防止又は法面を流下する雨水や法面内の地下水を安全に法面外に排除する施設で、法頭排水工、小段排水工及び縦排水工に区分する。

4　集水桝及び流末処理

集水桝は、各排水施設の流水、局所的な凹地形に滞水している地表水を集水し、安全に排水するための施設である。流末処理は、排水施設の流水を侵食等のおそれのない地山や渓流に安全に導水して処理するための施設で、水路工及び水叩工に区分する。

## 9－3　溝きょ

### 9－3－1　一般

1　溝きょは、林道が沢、谷等の水系を横断する場合に、流水等を路体に支障がないよう流下させることを目的として設置する。

2　溝きょは、開きょ、暗きょ及び洗越工に区分し、各施設は、集水区域の面積、渓流等の勾配、石礫等の状況、気象条件及び雨水流出量等の条件に応じ、流水等を安全に流下させる機能を有するものでなければならない。

### 9－3－2　適用条件

溝きょは、それぞれの特性に応じ、次のような条件の箇所に設置する。

1　開きょ

（1）集水区域の面積が比較的小さく、雨水流出量及び石礫等の流出量が少ない渓流等を横断する箇所

（2）施工基面と渓床等の比高が小さい箇所

（３）暗きょに比べて通水断面が小さい箇所
（４）暗きょの設置に必要な土かぶり厚を確保できない箇所
（５）流下する石礫の径が小さい箇所
（６）溝きょの流路部や呑口付近に土石等の堆積が生じやすく、堆積物の除去等の維持管理を頻繁に実施する必要のある箇所

２　暗きょ
（１）集水区域面積が比較的大きく、雨水流出量及び石礫等の流出量が多い渓流等を横断する箇所
（２）施工基面と渓床等の比高が大きい箇所
（３）大きな通水断面とする必要のある箇所
（４）必要な土かぶり厚の確保が可能な箇所
（５）石礫を流下させることが可能な箇所
（６）敷設延長が著しく長くならない箇所
（７）路体（待避所及び車廻しを含む。）を除き、大きな盛土や残土処理場とならない箇所
（８）溝きょの流路部や呑口付近に土石等の堆積が生じにくく、堆積物の除去等の維持管理を頻繁に実施する必要のない箇所

３　洗越工
（１）集水区域の面積が比較的小さく通常時の流量は少ないが、雨水流出量、石礫等の流出量が多い渓流等を横断する箇所
（２）施工基面と渓床等の比高が小さく、河床路のような形態となる箇所
（３）開きょに比べて通水断面が大きい箇所
（４）暗きょの設置に必要な土かぶり厚を確保できない箇所
（５）流下する石礫の径が比較的大きい箇所
（６）堆積した土石の除去等の維持管理が主として豪雨等の発生後となる箇所

9－3－3　溝きょの設置

溝きょの設置に当たっては、次の事項に留意するものとする。

１　溝きょは、林道の中心線と直交させて設置すると最も延長を短くできるが、渓流等の流心方向と林道の中心線が直交しない場合には、設置方向を渓流等の下流側流心方向に合致させる。

ただし、溝きょの設置方向を渓流等の下流側流心方向に合致させると設置延長が相当長くなる場合であって、渓岸侵食を生じさせない範囲又は護岸等の対策を講じることにより、渓流等の流路を修正することが可能な場合には、可能な限り林道の中心線と渓流等の下流側流心方向が直交する位置に近づくように渓流等の流路を修正することができる。

なお、暗きょの設置箇所には、盛土構造の林業作業用施設や残土処理場は設置しないことを基本とするが、現地の地形条件から設置しなければならない場合には、呑口の閉塞による越流水で林業作業用施設等の崩壊が生じないよう、十分な対策を行う。

２　溝きょの設置勾配は、溝きょを設置する箇所の渓床勾配等に合致させることを基本とし、設置勾配が30％程度を超える場合には、突起、支保工等によるすべり止め対策を行う。

## ９－４　溝きょの種類と構造

### 9－4－1　開きょ

開きょは、設置箇所の雨水流出量、石礫等の流下状況、交通荷重の有無等の条件に応じた適切な部材、工法を選定して設置する。

１　開きょの種類

開きょは、部材の材料又は構造により、次のとおり区分する。

（１）鉄筋コンクリートフリューム

（２）鋼製のフリューム

（３）合成樹脂のフリューム

（４）現場打ちコンクリートの側壁２面又は側壁と底面の３面による構造

２ 適用条件

（１）鉄筋コンクリートフリュームは、次のような条件の箇所に適用する。

ア　交通荷重の生じる箇所

イ　石礫等の流下が想定される箇所

ウ　生コンクリートの運搬ができない箇所

（２）鋼製のフリュームは、次のような条件の箇所に適用する。

ア　交通荷重の生じない箇所

イ　流下する石礫の径が小さく、量が少ない箇所

ウ　流水等が酸性でない箇所

（３）合成樹脂のフリュームは、次のような条件の箇所に適用する。

ア　交通荷重の生じない箇所

イ　石礫等の流下が極めて少ない箇所

ウ　流水等が酸性でない箇所

エ　紫外線の影響を受けにくい箇所

（４）現場打ちコンクリートの開きょは、次のような条件の箇所に適用する。

ア　２面構造

（ア）交通荷重の生じる箇所

（イ）流路底面となる基礎地盤が岩盤、侵食されにくい礫等である箇所

（ウ）流下する石礫の径が比較的大きい箇所

（エ）鉄筋コンクリートフリュームを適用できない箇所

（オ）水生動物の生息に配慮する必要のある箇所

イ　３面構造

（ア）交通荷重の生じる箇所

（イ）流下する石礫の径が比較的大きい箇所

（ウ）流路底面となる基礎地盤の侵食が想定される箇所

（エ）鉄筋コンクリートフリュームや現場打ち２面構造を適用できない箇所

３　設置における留意事項

（１）鉄筋コンクリートフリューム及び現場打ちコンクリートの開きょに蓋を用いる場合は、交通荷重に対応したものを用いる。

（２）交通荷重の生じる箇所に設置する場合は、不等沈下等が生じないよう適切に基礎を構築する。

（３）現場打ちコンクリートの開きょの構造は、基礎部の確実な岩着や壁体の強度を確保するための鉄筋について検討を行って安定した構造とするとともに、流路底面及び壁体の安定を図る必要がある場合には、帯工等を設置する。

（４）設置にクレーンを用いる場合には、クレーンの作業場所を適切に確保する。

９－4－2　暗きょ

暗きょは、設置箇所の雨水流出量、石礫等の流下状況等の条件に応じた適切な部材、工法を選定して設置する。

１　暗きょの種類

暗きょは、部材の材料及び構造等により次のとおり区分する。

（１）　剛性カルバート

ア　コンクリート二次製品のボックスカルバート

イ　コンクリート二次製品のパイプカルバート

（２）　たわみ性カルバート

ア　鋼製パイプカルバート

鋼製パイプカルバートはコルゲートパイプ（アーチ型を除く）を標準とする。

イ　合成樹脂管

合成樹脂管は、その構造から耐圧ポリエチレンリブ管とその他に区分する。

２　適用条件

（１）剛性ボックスカルバートは、次のような箇所に適用する。

ア　雨水流出量が多い箇所

イ　比較的大きな径の石礫等が相当量流下することが想定される箇所

ウ　基礎地盤が地山の箇所

（２）剛性パイプカルバートは、次のような箇所に適用する。

ア　石礫等の流下が想定される箇所

イ　基礎地盤が地山の箇所

（３）コルゲートパイプは、次のような箇所に適用する。

ア　流下する石礫の径が小さい箇所

イ　基礎地盤が地山又は盛土の箇所

（４）合成樹脂管（耐圧ポリエチレンリブ管）は、次のような箇所に適用する。

ア　石礫等の流下が極めて少ない箇所

イ　基礎地盤が地山又は盛土である箇所

（５）合成樹脂管（耐圧ポリエチレンリブ管以外）は、次のような箇所に適用する。

ア　石礫等の流下が極めて少ない箇所

イ　交通荷重の生じない箇所

ウ　基礎地盤が地山又は盛土の箇所

３　設置における留意事項

（１）剛性のボックスカルバートやパイプカルバートは、不等沈下等が生じないよう適切に基礎を構築する。

（２）たわみ性パイプカルバートを盛土内に設置する場合は、盛土の確実な締固め、基礎の適切な構築及び裏込めの確実な締固めを行い、不等沈下による滞水、呑口及び吐口の損

傷等が生じないようにする。

（３）パイプカルバートは最小径を0.6mとするが、雨水等の流出量に大きな変動がなく、0.6m未満の径で排水が可能な場合には、設計計算により算出された径とし、その場合の最小径は0.45cmとし、取扱いについては次のとおりとする。

ア　集水桝に接続の暗きょ（側溝水の水抜き等）・・・・φ450

イ　水路用暗きょ（沢に設置する場合）・・・φ600

（４）剛性ボックスカルバートを現場打ちコンクリートで設置する場合は、設計計算を行って土圧及び交通荷重に対して安全な構造とする。

（５）暗きょの設置にクレーンを必要とする場合には、クレーンの作業場所を適切に確保する。

（６）各暗きょの土被り厚は下記を標準とするが、基礎形式、管径等に応じて必要な土被り厚を確保する。

ア　剛性ボックスカルバート　0.5m以上

イ　剛性パイプカルバート　0.5m以上

ウ　コルゲートパイプ　0.6m以上

エ　合成樹脂管　0.6m以上

９－4－3　洗越工

洗越工は、設置箇所の通常時の流量と雨水流出量との差や石礫等の流下状況等の条件に応じて適切な構造により設置する。

１　洗越工の構造

洗越工は、呑口側及び吐口側の擁壁又は止水工、コンクリート等による路面工、常水排水用の開きょ又は暗きょを組み合わせ、降雨時には路面を流路とする構造とし、具体的には次のとおりとする。

（１）降雨時に流路とする路面の延長は、雨水流出量のほか、洪水痕跡に応じた通水断面の確保が可能な長さとする。

（２）路面は、コンクリート舗装、水叩き構造等として洪水流等による破壊や洗掘が生じない構造とする。

（３）縦断線形は渓流等の流心付近を最低部とする凹形の縦断曲線とし、縦断曲線の半径は林道規程第21 条の規定に従って設定する。

（４）呑口側及び吐口側の擁壁又は止水工は、降雨時の流水により路体の破壊や洗掘が生じない厚さ及び根入れを確保した構造とする。

（５）常水排水用の開きょ又は暗きょは、常水を確実に排水する通水断面を有し、常水の流下による路体の侵食や洗掘が生じない構造とする。

２　設置における留意事項

（１）降雨時に流路とする路面は、降雨時の流水の状況に応じてコンクリート舗装、コンクリート水叩き又は岩砕等による路面を適切に選定する。

（２）呑口側及び吐口側の擁壁又は止水工は、雨水流出量や石礫の径、流水の状況等に応じてコンクリート構造、木製構造等を適切に選定する。

（３）常水排水用の開きょ又は暗きょは、通常時の流量及び降雨時の流水の状況等に応じてコンクリート二次製品のフリューム、ボックスカルバート又はパイプカルバート、合成

樹脂管、木製構造等から適切に選定して設置する。

## ９－５　暗渠（コンクリート管）設置条件

### ９－５－１　荷　　重

暗渠に作用する荷重は、死荷重、活荷重、衝撃、土圧及び地盤反力とし、暗きょの種類に応じた外力により設計計算を行う。

１　死　荷　重

死荷重は、暗渠の自重とし、材料の単位体積重量の標準は次のとおりである。

表９－５－１　材料の単位堆積重量

| 材　　料　　名 | 鉄筋コンクリート | コンクリート | ｱｽﾌｧﾙﾄｺﾝｸﾘｰﾄ | 土　　砂 |
|---|---|---|---|---|
| 単位体積重量(kN/m³) | 24.5 | 23.0 | 22.5 | 18.0 |

２　活　荷　重

$$q_1 = \frac{2 \cdot P\,(1+i) \cdot \beta}{2.75\,(0.2+2h)}$$

ここに　$q_1$　：活荷重による鉛直荷重（kN/m²）

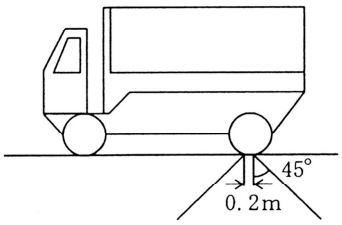
P　：１後輪荷重(kN)＝100kN（10tf）

i　：衝撃係数で、下表による。

β　：断面力の低減係数で0.9とする。

| | 土被りｈ≦１ｍかつ<br>内径≧４ｍの場合 | 左記以外の場合 |
|---|---|---|
| β | １．０ | ０．９ |

h　：土かぶり（m）



3　衝 撃 荷 重

| 暗　　渠　　の　　種　　類 | 土かぶり（h） | 衝撃係数 |
|---|---|---|
| 剛性ボックスカルバート<br>・ボックスカルバート<br>・アーチカルバート<br>・門型カルバート | h＜4m | 0.3 |
| たわみ性パイプカルバート<br>・コルゲートメタルカルバート | 4m≦h | 0 |
| 剛性パイプカルバート<br>・コンクリート製パイプカルバート | h＜1.5m | 0.5 |
| たわみ性パイプカルバート<br>・硬質塩化ビニールパイプカルバート<br>・強化プラスチック複合パイプカルバート<br>・合成樹皮管 | 1.5m≦h＜6.5m | 0.65－0.1h |
| | 6.5m≦h | 0 |

4　鉛 直 土 圧

鉛直土圧は、埋設方法により異なり、次式によって求める。

突　出　型

$q_d = C_c \cdot r_s \cdot B_c$

ここに　$q_d$　：鉛直土圧（kN/㎡）

$B_c$　：管外径（m）＝管内径＋２×（管厚＋カバーコート厚）

（カバーコート厚は25㎜とし、コア式プレストレストコンクリート管のみ考慮する）

$r_s$　：埋戻し土の単位重量（kN/㎥）

$C_c$　：鉛直土圧係数で次の条件によって区分する

$$h \leqq h_e \text{の場合、} C_c = \frac{\exp\left[K \cdot \frac{h}{B_c}\right] - 1}{K}$$

$$h > h_e \text{の場合、} C_c = \frac{\exp\left[K \cdot \frac{h_e}{B_c}\right] - 1}{K} + \left[\frac{h - h_e}{B_c}\right] \exp\left[K \cdot \frac{h_e}{B_c}\right]$$

ここに　K　：土質定数で砂質土0.4、粘性土0.8とする

$B_c$　：管外径（m）

h　：土かぶり（m）

$h_e$　：等沈下面の高さ（m）で次式により求める

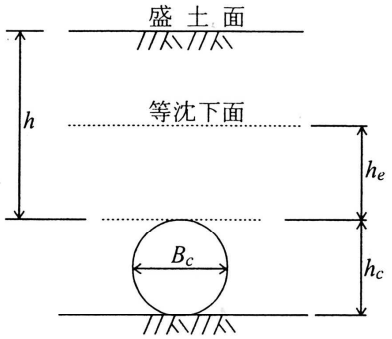
$$\exp\left[K \cdot \frac{h_e}{B_c}\right] - K \cdot \frac{h_e}{B_c} = K \cdot r_{sd} \cdot \overline{p} + 1$$

$r_{sd}$　：沈下比で0.7とする

$\overline{p}$　：突出比（＝$h_c$ ／$B_c$）

なお、$\overline{p}$＝１、ｒsd ＝0.7とした場合の砂質土及び粘性土の等沈下面の高さは次のようになる。

砂質土：$h_e$＝1.66385$B_c$、粘性土：$h_e$＝1.12534$B_c$




5　基礎地盤反力

基礎地盤に作用する反力は、基礎工の自重を含めた荷重に対して、次式によって求める。

$q = (q_d \cdot B_c + q_1 \cdot B_c + W \cdot V + W_p) / B$

ここに　q　：地盤反力度（kN/㎡）

$q_d$　：鉛直土圧（kN/㎡）

$B_c$　：管外径（m）

$q_1$　：活荷重による鉛直荷重（kN/㎡）

W　：基礎工材料の単位重量（kN/㎥）

V　：基礎材料の単位体積（㎥/m）

$W_p$　：管の自重（kN/m）

B　：基礎底面幅（m）ただし、地山基礎の場合は、$B = B_c \cdot \sin 45°$

6　基礎形式と支持角係数（ｋ値）

コンクリート管に作用する荷重は、基礎によって支持され、反力として基礎地盤に伝達される。コンクリート管の基礎は、地山基礎、砂・砂利（砕石）基礎、コンクリート基礎の３タイプに分けられ、設計計算上は、地山基礎、砂・砂利（砕石）基礎を自由支承とし、コンクリート基礎を固定基礎とした円形アーチとして解法することにより､断面力を求めることができる。

表9－5－2有効支承角に対する係数（ｋ値）

| 基礎形式 | 地山基礎 | | 砂・砂利（砕石）基礎 | | | コンクリート基礎 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 有効支承角 | 0° | 30° | 60° | 90° | 120° | 90° | 120° | 180° |
| 係　　数 | 0.587 | 0.468 | 0.378 | 0.314 | 0.275 | 0.303 | 0.243 | 0.220 |

1）最大曲げモーメント

コンクリート管本体に作用する荷重は、鉛直土圧並びに活荷重の合力を考える。

$M = k\ (q_d + q_1)\ r^2$

ここに M　：最大曲げモーメント（kN・m）

k　：有効支承角に対する係数（k 値）

$q_d$　：鉛直土圧（kN/㎡）

$q_1$　：活荷重による鉛直荷重(kN/㎡)

r　：管厚中心半径（m）

2）許容曲げモーメント

管頂及び管底に集中線荷重を載荷して、管体に0.05㎜幅のひび割れを生ずるときの管底におけるモーメントを許容曲げモーメントとして、次式により求める。

$M_r = 0.318 \cdot P_r \cdot r + 0.239 \cdot W_p \cdot r$

ここに　$M_r$　：許容曲げモーメント（kN・m）

$P_r$　：ひび割れ荷重（kN／m）

r　：管厚中心半径（m）

$W_p$　：管の自重（kN／m）

7　安　全　率

コンクリート管は、最大曲げモーメントが許容曲げモーメントに対して1.25以上の安全率を確保しなければならない。安全率は次式によって照査する。

$F = M_r / M \geqq 1.25$

ここに、　F　：安全率

$M_r$　：許容曲げモーメント（kN・m）

M　：最大曲げモーメント（kN・m）

## 9－5－2　沈　下　比

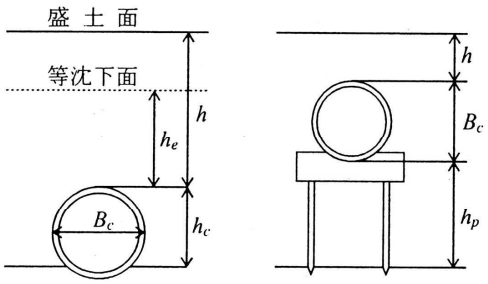
1　コンクリート管の設計では、突出型において等沈下面の高さを求めることとしており、これに必要な沈下比と突出比の値を次のとおりとしている。

1）沈下比（$r_{sd}$）は、管頂面と同一水平面上の周辺部分との相対変位を表す数値で、次のような値が用いられている。標準設計では、普通地盤を対象と考えて0.7とした。

表９－５－3　沈下比の値

| 地盤条件 | 岩盤・硬質地盤及び杭基礎 | 普　通　地　盤 | 軟 弱 な 地 盤 |
|---|---|---|---|
| 沈下比（$r_{sd}$） | 1.0 | 0.5～0.8 | 0～0.5 |

(2) 突出比（$\overline{p}$＝ｈｃ／Ｂｃ）は、基礎地盤上の管頂面の高さが、その外径に占める割合を表すもので、軟弱地盤上に杭で支持されるような管の場合は次式で求められるが、標準設計においては、基礎地盤とほぼ同じ高さに据付けられるものとして、$\overline{p}$＝１を使用している。




$$\overline{p} = \frac{hp + Bc}{Bc}$$

ここに　ｈｐ　：管底の基礎地盤上の高さ（m）
　　Ｂｃ　：管外径（m）

### ９－５－３　埋 設 形 式

管体に作用する土圧は、管の埋設方法によって大きく異なる。このため、埋設方法は、溝型、突出型として土圧の計算方法もそれぞれ区分する。

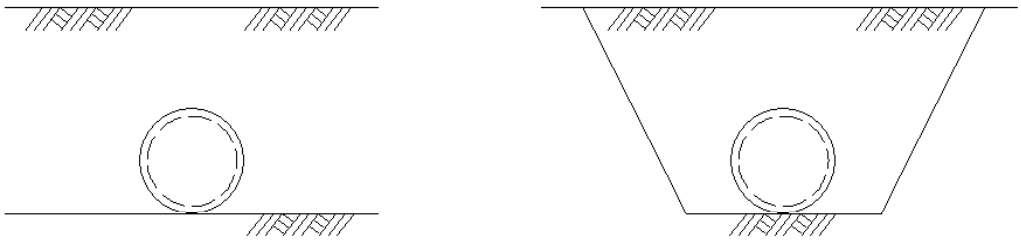
1　溝　型

溝型は、基礎地盤又はよく締め固められた盛土に溝を掘削して管等を設置し、裏込め、盛土を行う形式をいう。

2　突　出　型

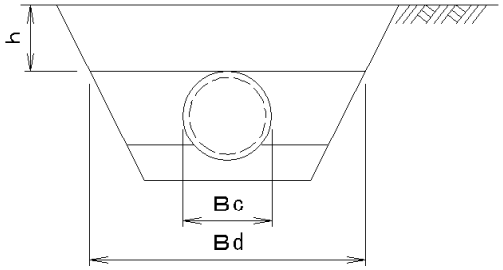
突出型は、地山基礎又はよく締め固められた地盤上に管等を設置し、裏込め、盛土を行う形式をいう。

図９－５－１　埋設形式

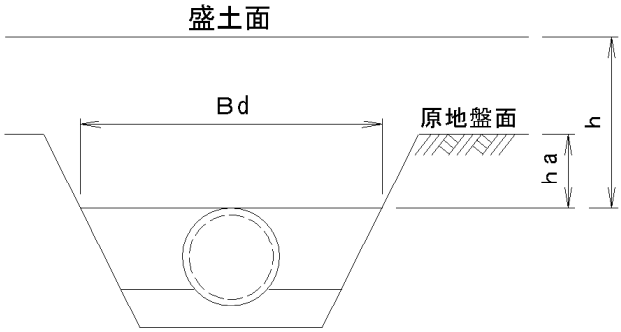


（ａ）突出型　　（ｂ）溝型

なお、下図に示すように溝幅が管の外径の２倍以上ある場合、および下図ｃに示すように地盤からの土被りｈａが溝幅の１／２以下の場合は、突出型とする。




（ａ）溝が広い場合（Ｂｃ≧２Ｂｃ）
またはｈがＢｄ／２以下の場合




（ｂ）ｈａがＢｄ／２以下の場合

## 9－5－4　基 礎 形 式

1　基礎形式の選定

コンクリート管の基礎は、管本体の強度の確保と不等沈下等の防止を目的とするため、基礎の設計は、管本体の強度を基に行われる。したがって、基礎形式は、管本体に作用する外力に抵抗できるものでなければならない。

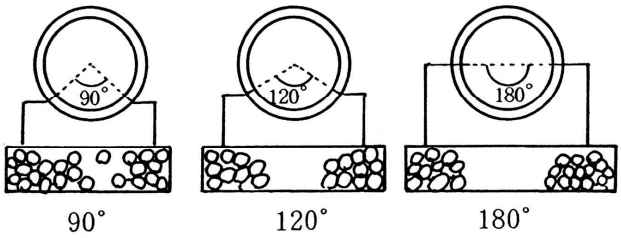
基礎形式の種類は、砂・砂利（砕石）基礎及びコンクリート基礎に区分し、さらに管体の支持面積によって細分する。また、これらの各基礎における地盤反力度は、基礎面下の地盤の許容支持力度を検討するものとし、不等沈下等のおそれがある場合はコンクリート基礎とする。

## 9－5－5　基礎形式の区分

1　コンクリート基礎

コンクリート基礎の寸法は「森林土木構造物、標準設計」によること。

図９－５－２　コンクリート基礎

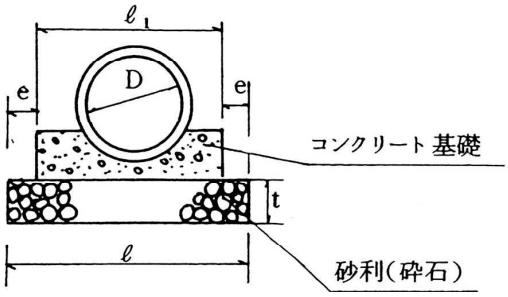



1）基礎材の寸法

コンクリート基礎施工箇所の地盤を砂利（砕石）基礎により置換える必要のある場合は、次を標準とする。

基礎材料は、0～80㎜級以下を標準とする。

図９－５－３　砂利（砕石）置換




2）地盤を砂利（砕石）基礎に置換える場合は、呑口部にコンクリート等による止水壁を設けて流水の侵入を防ぐ。

表９－５－４　砂利（砕石）置換寸法

| 管径（㎜） | 寸　法　表（㎜） | | | 備　　考 |
|---|---|---|---|---|
| | e | t | ℓ | |
| 300～900 | 100 | 250 | e×２＋ℓ1 | |
| 1,000以上 | 100 | 300 | e×２＋ℓ1 | |

2　砂・砂利（砕石）基礎

1）砂・砂利（砕石）基礎は、基礎地盤上に厚さ20cm又は管外径の１/５のいずれか大きい値以上の基床をを設ける。また、支持角が60°以上の砂・砂利（砕石）基礎については、次に示す区分によって管底面より上部を砂礫等で裏込めし、基床厚と併せて基礎厚とする。

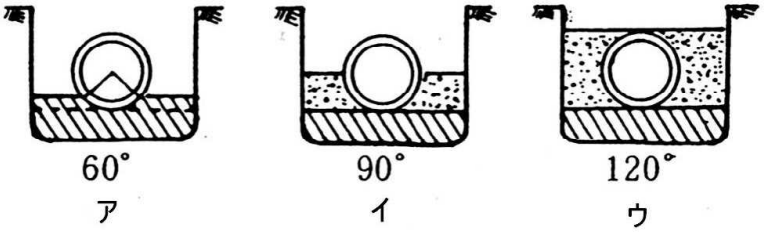
なお、基礎の幅は、管外径1.5倍又は、管外径に60cmを加えた値のいずれか小さい値とする。

ア　支持角が60°の基礎は、管底の底面の90°範囲まで裏込めする。

イ　支持角が90°の基礎は、管外形の半分まで裏込めする。

ウ　支持角が120°の基礎は、管頂面まで砂利（砕石）を裏込めする。

図９－５－４　砂・砂利（砕石）基礎




2）砂・ 砂利（砕石）基礎呑口部の側面は粘土等のてん充によって不透水層を設け、流水の侵入を防止する。

3）砂・砂利（砕石）基礎、コンクリート基礎等に用いる材料の最大粒径は、0～40mm級とする。

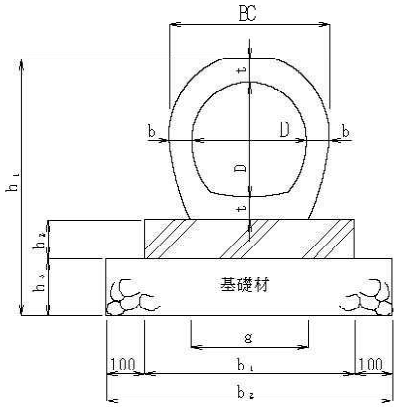
3　コンクリート高圧管及びコンクリート台付管

コンクリート高圧管及びコンクリート台付管（以下台付管）を適用する場合は、底面が平らであり相応の強度を有していることから、道路本体内でも砂利基礎を標準とする。

なお、不等沈下等に対して対策が必要な箇所はコンクリート基礎（ベース板）を設置する。

（１）鉄筋コンクリート高圧管

鉄筋コンクリート高圧管の設計は、設計荷重により管に生じる最大曲げモーメント（M）を求め、管体の許容曲げモーメント（Mra）と比べ安全（M≦Mra）となるように管種および基礎条件を選定する。




基礎コンクリート有り：固定
基礎コンクリート無し：自由

1)　管体の許容曲げモーメント

管頂および管底に集中線荷重を載荷し、管体に0.05mm幅のひび割れの生じるときの荷重をＰｒとすると、管の最大曲げモーメントMrは管底において生じ、その値は次式で計算する。

Mr＝ｋ１・Ｐｒ・ｒ＋ｋ３・Ｗ・ｒ

ここに、ｋ１・ｋ３：基礎形式および管種に対する係数

Ｐｒ　：ひび割れ荷重（KN/m）

ｒ　：管厚中心半径(m)

Ｗ　：管の自重（KN/m）

管厚中心半径、自重

| 呼び径 | 内径(m) | 管厚中心半径ｒ(m) | 自重W(KN/m) |
|---|---|---|---|
| 450 | 0.45 | 0.2570 | 2.92 |
| 500 | 0.50 | 0.2825 | 3.38 |
| 600 | 0.60 | 0.3325 | 4.05 |
| 700 | 0.70 | 0.3875 | 5.70 |
| 800 | 0.80 | 0.4425 | 7.27 |
| 900 | 0.90 | 0.4975 | 9.40 |
| 1000 | 1.00 | 0.5525 | 11.87 |
| 1100 | 1.10 | 0.6075 | 14.08 |
| 1200 | 1.20 | 0.6625 | 16.48 |

許容曲げモーメントは、ひび割れに対して１．２５の安全率をとるものとする。

したがって、許容曲げモーメントMraは次式により求める。

Mra＝Mr／１．２５（KN・m）

2)　管に生じる最大曲げモーメント

鉛直土圧および活荷重による鉛直土圧によって管に生じる最大曲げモーメントMは、次式で計算する。

$M = k2(q_d + q_1)\ r^2$（KN・m）

ここに、ｋ2：基礎形式および管種に対する係数

$q_d$：鉛直土圧(KN/㎡)

$q_1$：活荷重による鉛直荷重(KN/㎡)

ｒ：管中心半径(m)

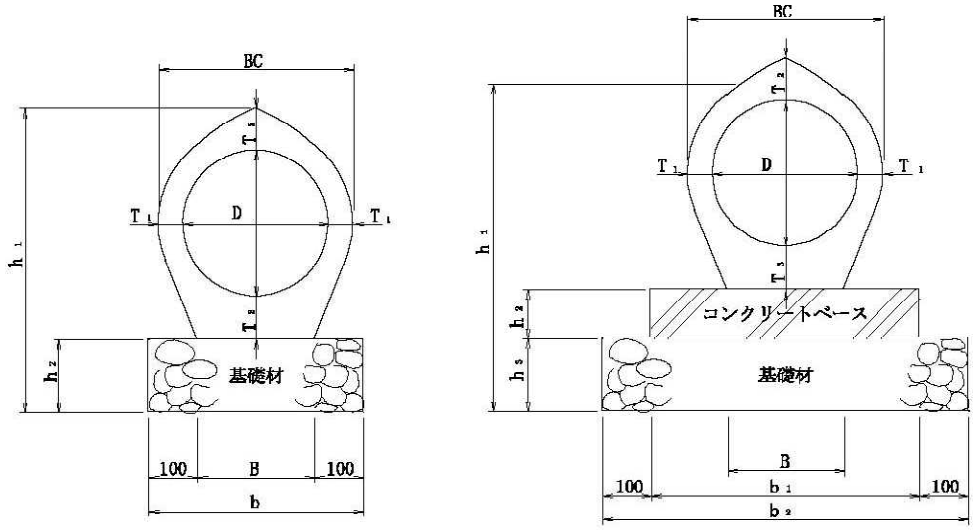
基礎形式および管種に対する係数（ｋ値）

| 管径 | １種 | | | | ２種 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ｋ１ | ｋ２ 基礎コンクリート | | ｋ３ | ｋ１ | ｋ２ 基礎コンクリート | | ｋ３ |
| | | 有り | 無し | | | 有り | 無し | |
| 450 | 0.222 | 0.200 | 0.321 | 0.043 | 0.222 | 0.200 | 0.323 | 0.043 |
| 500 | 0.235 | 0.211 | 0.309 | 0.046 | 0.235 | 0.211 | 0.307 | 0.046 |
| 600 | 0.248 | 0.210 | 0.320 | 0.046 | 0.244 | 0.219 | 0.254 | 0.049 |
| 700 | 0.285 | 0.254 | 0.355 | 0.055 | 0.278 | 0.250 | 0.342 | 0.055 |
| 800 | 0.289 | 0.245 | 0.333 | 0.054 | 0.281 | 0.249 | 0.335 | 0.054 |
| 900 | 0.283 | 0.260 | 0.359 | 0.058 | 0.295 | 0.262 | 0.352 | 0.058 |
| 1000 | 0.290 | 0.269 | 0.381 | 0.058 | 0.304 | 0.271 | 0.374 | 0.059 |
| 1100 | 0.294 | 0.271 | 0.372 | 0.057 | 0.303 | 0.267 | 0.372 | 0.059 |
| 1200 | 0.338 | 0.306 | 0.372 | 0.056 | 0.302 | 0.262 | 0.363 | 0.057 |

注）ｋ2のみ基礎コンクリートの有無によるｋ値の変更あり。

（２）鉄筋コンクリート台付管

鉄筋コンクリート台付管の設計は、設計荷重により生じる最大曲げモーメント（M）を求め、管体の許容曲げモーメント（Mra）と比べ安全（M≦Mra）となるように管種および基礎条件を選定する。




1)　管体の許容曲げモーメント

管頂および管底に集中線荷重を載荷し、管体に0.05mm幅のひび割れの生じるときの荷重をＰｒとすると、管の最大曲げモーメントMrは管底において生じ、その値は次式で計算する。

Mr＝０．３０５Ｐｒ・ｒ＋０．０６７Ｗ・ｒ

ここに、Ｐｒ：ひび割れ荷重（KN/m）

ｒ：管厚中心半径(m)

Ｗ：管の自重（KN/m）

管厚中心半径、自重

| 呼び径 | 内径(m) | 管厚中心半径ｒ(m) | 自重W(KN/m) |
|---|---|---|---|
| 450 | 0.45 | 0.2560 | 3.32 |
| 500 | 0.50 | 0.2825 | 3.91 |
| 600 | 0.60 | 0.3355 | 5.03 |
| 700 | 0.70 | 0.3885 | 6.27 |
| 800 | 0.80 | 0.4415 | 7.68 |
| 900 | 0.90 | 0.4945 | 9.24 |
| 1000 | 1.00 | 0.5475 | 10.91 |
| 1100 | 1.10 | 0.6005 | 12.69 |
| 1200 | 1.20 | 0.6535 | 14.68 |

許容曲げモーメントは、ひび割れに対して１．２５の安全率をとるものとする。
したがって、許容曲げモーメントMraは次式により求める。

$$Mra = Mr / 1.25 \quad (KN \cdot m)$$

2)　管に生じる最大曲げモーメント

鉛直土圧および活荷重による鉛直土圧によって管に生じる最大曲げモーメントMは、次式で計算する。

$$M = 0.282 (q_d + q_1) r^2 \quad (KN \cdot m)$$

ここに、$q_d$ ：鉛直土圧(KN/㎡)

$q_1$ ：活荷重による鉛直荷重(KN/㎡)

ｒ：管中心半径(m)

### ９－５－６　許容応力度

ボックスカルバートの応力度の検討などに用いられる許容応力度は、森林土木事業における現地諸条件等を考慮して、コンクリートの設計基準強度を21N/㎟とし、コンクリート標準示方書にならい、次の値を求めて適用する。

1　鉄筋コンクリート

1）許容曲げ圧縮応力度

$\sigma ca = 7$ N/㎟

2）許容せん断応力度

コンクリートのみでせん断力を負担する場合

$\tau al = 0.36$N/㎟

ただし、接点においては$\tau al = 0.36 \times 2 = 0.72$N/㎟

3）許容付着応力度

異形棒鋼を対象とする

$\tau oa = 1.4$N/㎟

4）鉄筋の許容引張応力度

異形棒鋼の一般部材の場合を対象とする。

$\sigma sa = 180$N/㎟

### 9－5－7　ひび割れ荷重

表９－５－５　管種別強度単位：kN／m

| 管種 / 管径（mm） | 鉄筋ｺﾝｸﾘｰﾄ管 | | 遠心力鉄筋ｺﾝｸﾘｰﾄ管 | | ﾌﾟﾚｽﾄﾚｽﾄｺﾝｸﾘｰﾄ管 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | １種 | ２種 | １種 | ２種 | １種 | ２種 | ３種 |
| 450 | 16 | 26 | 23.6 | 36.3 | | | |
| 500 | 17 | 28 | 25.6 | 41.3 | 112 | 97 | 80 |
| 600 | 19 | 30 | 29.5 | 49.1 | 110 | 95 | 78 |
| 700 | 23 | 33 | 32.4 | 54.0 | 113 | 96 | 79 |
| 800 | 26 | 36 | 35.4 | 58.9 | 120 | 102 | 84 |
| 900 | 27 | 39 | 38.3 | 63.8 | 130 | 110 | 88 |
| 1000 | 29 | 42 | 41.3 | 68.7 | 138 | 117 | 94 |
| 1100 | 30 | 44 | 43.2 | 72.6 | 144 | 121 | 100 |
| 1200 | 31 | 46 | 45.2 | 75.6 | 151 | 128 | 105 |

単位：kN／m

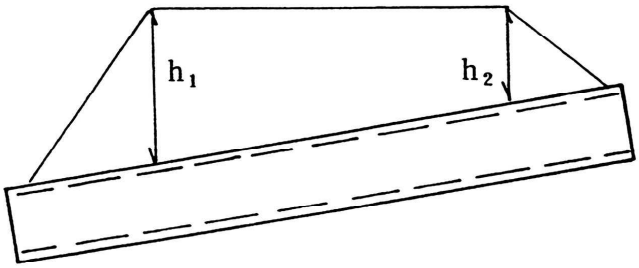
| 管種 / 管径（mm） | 鉄筋コンクリート高圧管 | | | 鉄筋コンクリート台付管 |
|---|---|---|---|---|
| | １種 | ２種 | ３種 | |
| 450 | 46.0 | 55.0 | 60.0 | 71.6 |
| 500 | 40.0 | 50.0 | 55.0 | 72.6 |
| 600 | 40.0 | 50.0 | 55.0 | 73.6 |
| 700 | 46.0 | 58.0 | 65.0 | 76.5 |
| 800 | 53.0 | 67.0 | 75.0 | 77.5 |
| 900 | 57.0 | 77.0 | 85.0 | 79.5 |
| 1000 | 61.0 | 80.0 | 94.0 | 81.5 |
| 1100 | 65.0 | 85.0 | 100.0 | 82.4 |
| 1200 | 69.0 | 93.0 | 109.0 | 84.4 |

### 9－5－8　土 か ぶ り

1　土かぶり厚

土かぶり厚さは、管又はボックスカルバートの頂面から路肩までの高さとし、暗きょの種類により次を標準とする。管きょの土かぶりが変化する場合の管頂の設計荷重については、最小土かぶりと最大土かぶりの活荷重を含む荷重強度により大きい値を計算上の土かぶり厚とする。

図９－５－５　土かぶり厚




**$h_1$ ：最大土かぶり厚**
**$h_2$ ：最小土かぶり厚**

2　ボックス及びパイプカルバートの断面変化

一般的な土かぶり１０ｍ以下のボックスカルバートでは、法肩より４５°の範囲について同一とした場合と、各ブロックの最大土かぶりで設計した場合とで工事費に大差の無いことから、下記のとおり法肩から４５°の勾配の線より外側に入るスパンについて断面の変更を検討する。

ただし、継手を設ける場合等連続性ががない場合において不経済となる場合には、部材厚は同一とし鉄筋量で調節する方法としてもよい。

なお、パイプカルバートについても、各土かぶりにおいて法肩から４５°の勾配の線より外側に入るスパンについて断面を検討する。

(1) 断面の変化は、目地割で区分された１スパン単位で考える。

(2) 法面上の雪荷重は考慮する。ただし、活荷重は考慮しない。

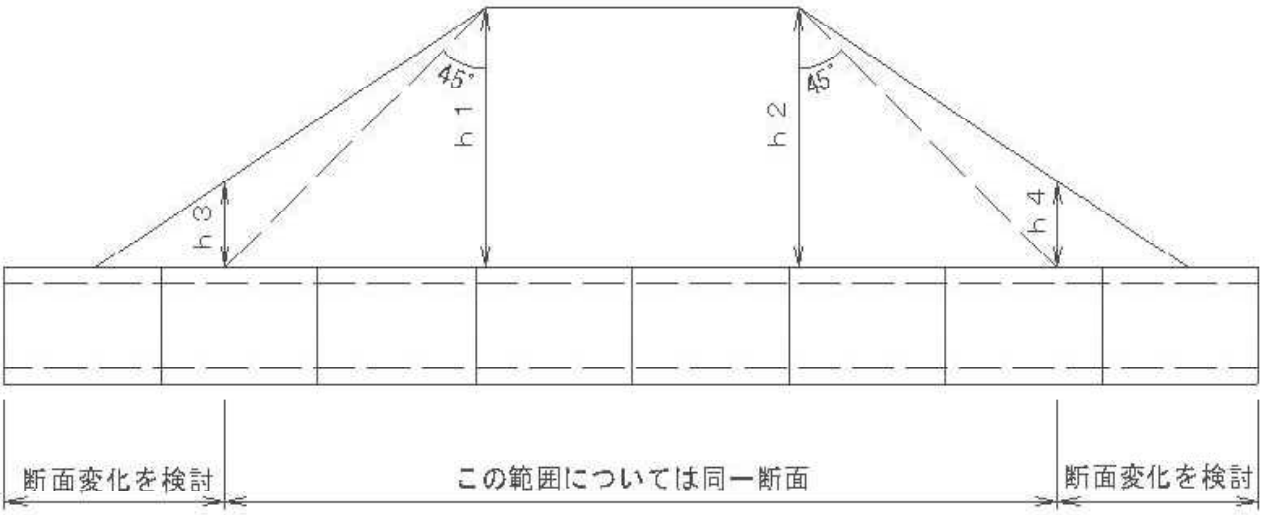
雪荷重　ＳＷ＝Ｐ・Ｚｓ

Ｐ：雪の単位体積重量　3.5KN／m3

Ｚｓ：再現期間10年間に相当する年最大積雪深

年最大積雪深は、独立行政法人土木研究所　寒地土木研究所 道路吹雪対策マニュアル　http://www2.ceri.go.jp/fubuki_manual/192.htmによる。

図９－５－５（１）　断面変化



## 9－5－9　暗渠工（コンクリート管等）設計上の留意事項

1　基礎地盤が軟弱で支持力に乏しい場合は、置換基礎、木杭又は梯子土台基礎工を検討する。

2　吐口部には篭類による水叩を設け、流水で浸食を受けないようにする。

3　管類は流水の急激な変化により、洗掘、堆積が生じないよう渓床勾配に合わせる。

4　管体の滑動防止を図るため各管種における基礎形式及び管勾配は次を標準とする。

(1)コンクリート管 ── 砂・砂利基礎 ── 傾斜角 10% 未満に適用

　　└ コンクリート基礎 ── 傾斜角 30% 未満に適用

　　└ 傾斜角 30% 以上は滑動防止を設ける

(2)高圧管、台付管 ── 傾斜角 10% 未満に適用

5　地形、地質などの自然条件及び林況、保全施設などの施設計画、又、過去の災害の発生状況を考慮し、土砂流などのおそれのある渓床については土砂止め工を設置する。

6　管呑口が切取となる場合は、桝を設け集水するものとする。

7　基礎地盤が岩石の箇所は、基礎砂利を省略し、均しコンクリートとする。

## 9－5－10　面壁標準設計

1　設 計 条 件

1）一　　般

森林土木構造物標準設計に準ずる。

2）天　端　幅

天端幅は30cmとする。

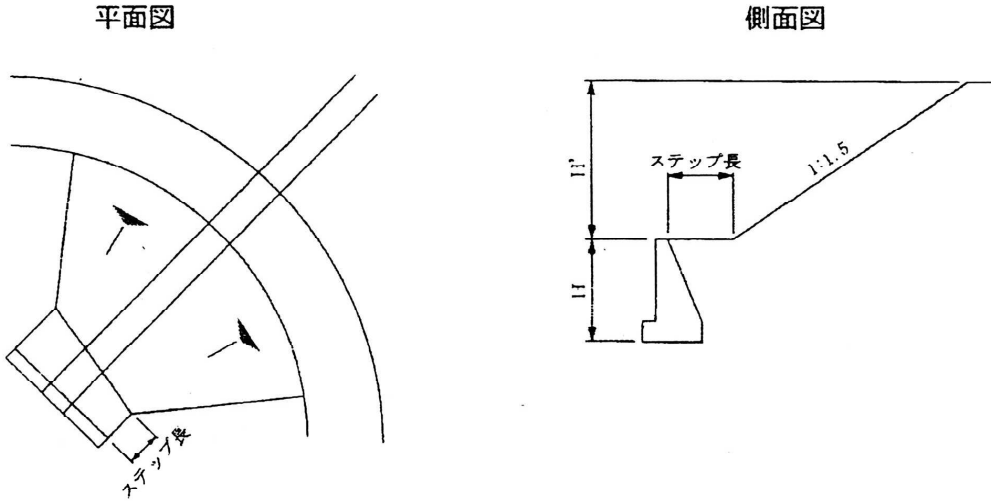
3）形状寸法の決定

本標準設計では、擁壁の背面に水平のステップを1.5mに設定して背面土圧の軽減を図った上で、最小形状となるＧＷ－1.5－Ｌを採用する。

2　設 置 条 件

面壁天端から盛土法尻までのステップ長は1.5m以上確保するものとし図９－５－６による。ただし、ボックスカルバートの設置箇所・路側擁壁と兼ねる箇所・地山勾配が急峻で現地状況を考慮すると面壁標準設計（面壁タイプ）より森林土木構造物標準設計（擁壁タイプ）の方が有利と判断される場合は適用しない。

図９－５－６



3　面壁断面一覧表

| 設計区分 | | | | 寸法 (mm) | | | | | 材料 (m当り) | | | | 地盤反力(KN/m²) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| H(m) | H'(m) | A | B | n | B | h | b | a | ｺﾝｸﾘｰﾄ | 型枠 | 端型枠 | 敷礫 | $q_1$ | $q_2$ |
| 2.00 | 5≧ | a | S.R | 0.05 | 0.685 | 0.300 | 0.300 | 0.300 | 0.788 | 3.40 | 1.58 | 0.11 | 53 | 12 |
| | 5＜ | | S.R | 0.05 | 0.685 | 0.300 | 0.300 | 0.300 | 0.788 | 3.40 | 1.58 | 0.11 | 53 | 12 |
| | 5≧ | b | S.R | 0.05 | 0.785 | 0.300 | 0.400 | 0.300 | 0.818 | 3.40 | 1.64 | 0.12 | 46 | 12 |
| | 5＜ | | S.R | 0.05 | 0.785 | 0.300 | 0.400 | 0.300 | 0.818 | 3.40 | 1.64 | 0.12 | 46 | 12 |
| | 5≧ | c | S.R | 0.10 | 0.860 | 0.400 | 0.400 | 0.300 | 0.952 | 3.21 | 1.90 | 0.13 | 63 | 2 |
| | 5＜ | | S.R | 0.10 | 0.860 | 0.400 | 0.400 | 0.300 | 0.952 | 3.21 | 1.90 | 0.13 | 63 | 2 |
| 2.50 | 5≧ | a | S.R | 0.10 | 0.910 | 0.400 | 0.400 | 0.300 | 1.215 | 4.21 | 2.43 | 0.13 | 65 | 13 |
| | 5＜ | | S.R | 0.10 | 0.910 | 0.400 | 0.400 | 0.300 | 1.215 | 4.21 | 2.43 | 0.13 | 65 | 13 |
| | 5≧ | b | S.R | 0.15 | 1.015 | 0.400 | 0.400 | 0.300 | 1.367 | 4.22 | 2.73 | 0.14 | 75 | 6 |
| | 5＜ | | S.R | 0.15 | 1.015 | 0.400 | 0.400 | 0.300 | 1.367 | 4.22 | 2.73 | 0.14 | 75 | 6 |
| | 5≧ | c | S.R | 0.30 | 1.300 | 0.500 | 0.400 | 0.300 | 1.850 | 4.09 | 3.70 | 0.17 | 86 | 13 |
| | 5＜ | | S.R | 0.30 | 1.300 | 0.500 | 0.400 | 0.300 | 1.850 | 4.09 | 3.70 | 0.17 | 86 | 13 |
| 3.00 | 5≧ | a | S.R | 0.15 | 1.075 | 0.500 | 0.400 | 0.300 | 1.756 | 5.03 | 3.51 | 0.15 | 97 | 2 |
| | 5＜ | | S.R | 0.15 | 1.075 | 0.500 | 0.400 | 0.300 | 1.756 | 5.03 | 3.51 | 0.15 | 97 | 2 |
| | 5≧ | b | S.R | 0.25 | 1.325 | 0.500 | 0.400 | 0.300 | 2.194 | 5.08 | 4.39 | 0.17 | 107 | 3 |
| | 5＜ | | S.R | 0.25 | 1.325 | 0.500 | 0.400 | 0.300 | 2.194 | 5.08 | 4.39 | 0.17 | 107 | 3 |
| | 5≧ | c | S.R | 0.40 | 1.700 | 0.500 | 0.400 | 0.300 | 2.850 | 5.19 | 5.70 | 0.21 | 108 | 22 |
| | 5＜ | | S.R | 0.40 | 1.700 | 0.500 | 0.400 | 0.300 | 2.850 | 5.19 | 5.70 | 0.21 | 108 | 22 |

## 9－5－11　呑口、吐口の構造

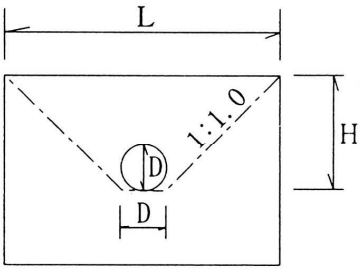
1　コンクリート面壁

河川及び常水のある沢に設置する暗きょ工の呑口・吐口については、コンクリート面壁を標準とする。なお、常水のある場合でも現地状況により次の２～４を適用することができる。

1）面壁タイプ

排水施設の直線形コンクリート面壁の長さは、次式により算出した長さを標準とする。

Ｌ＝２（Ｈ・1.0）＋Ｄ




Ｌ：面壁延長

Ｈ：管底面から天端までの高さ

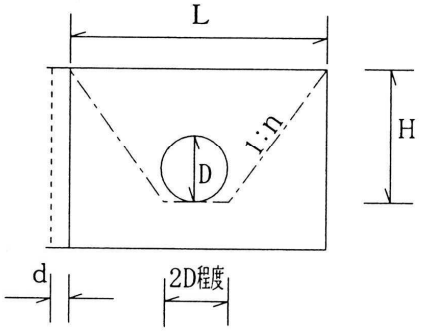
ｎ：法勾配（＝1：1.0）

Ｄ：管　径

2）擁壁タイプ

排水施設の直線形コンクリート面壁の長さは、次式により算出した長さを標準とする。ただし、必要に応じて袖部のかぶりを各0.5m加えることができる。

Ｌ＝２（Ｈ・ｎ）＋２Ｄ




Ｌ：面壁延長
Ｈ：管底面から天端までの高さ
ｎ：のり勾配
Ｄ：管　径
ｄ：袖部のかぶり（0.5mを標準）

2　落口桝

落口桝の設置基準は、下記を標準とする。

なお、適用についてはアを除きイからオの要件すべてを満たさなければならない。

ア　河川の護岸（連結ブロック）と接続する場合

イ　林道と直交する暗きょ工の場合

ウ　暗きょ工の設置勾配が、１０％未満の場合。

エ　落口桝を現況地盤より掘り下げず設置できる場合。

オ　盛土法面より突出しない位置に設置できる場合。

3　カラマツ材等を利用した面壁及び水叩き

集水桝に接続する暗きょ工は、カラマツ材等を利用した面壁を標準とする。

4　植生土のうによる吐口保護

吐口部が全断面現況地盤より掘り下がり水路により流水する場合は、植生土のうにより吐口部を保護する。

## 9－5－12　鉄筋コンクリートアーチカルバート

1　設 置 箇 所

アーチカルバートは、次のような箇所に用いるものとする。

1）高盛土の箇所において他の暗渠等との比較の結果、経済的に有利となる場合

2　設計上の留意事項

1）設置位置が高盛土の箇所となるため、基礎地盤の確認等について十分に検討を行う。

1）設置箇所の横断勾配が17％(10°)を超える場合には、管体に滑動防止の措置を行うものとし、横断勾配が20％を超える場合には、管体の滑動防止工と基礎コンクリートにも突起等による滑り止めを設ける。

## ９－６　コルゲートパイプカルバート

### ９－６－１　設 置 箇 所

たわみ性暗渠は、次のような箇所に用いるものとする。

1　アーチ形を除き、土石の流入しない箇所

2　作業工程等の関係で他の暗渠材の運搬が困難な箇所

3　基礎地盤の許容支持力が小さく、不等沈下を生ずるおそれのある箇所

### ９－６－２　コルゲートパイプの特性

コルゲートメタルカルバートが上載荷重に耐えて使用されているのは、コルゲートのわずかな変形によって、直ちに大きな抵抗土圧を発揮して、その変形の増大を阻止し得る良く締固められた良質の砂・切込砂利（砕石）からなる裏込めの効用がある。この裏込めとの相互作用によって断面形状の保持、荷重の分散が行われ、剛性に富んだ鉄筋コンクリートカルバートに匹敵する耐荷性を発揮している。

### ９－６－３　荷重及び設計計算

設計荷重としては、活荷重と盛土荷重による鉛直土圧、水平土圧及び内部からの圧力等を考える（図９－６－１）

1　活　荷　重

活荷重は45°に分布すると考える。なお、図９－６－２に示すように、土かぶりが少ない場合は活荷重の影響が大きい。

図９－６－１　たわみ性管の場合の荷重分布

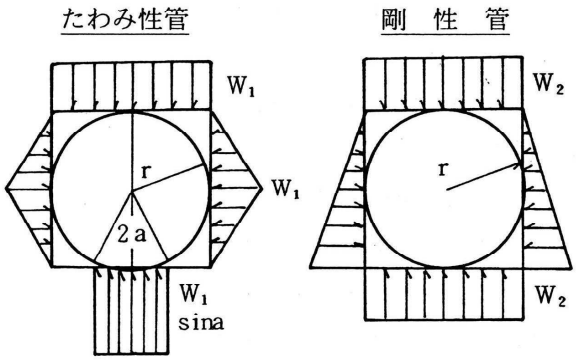
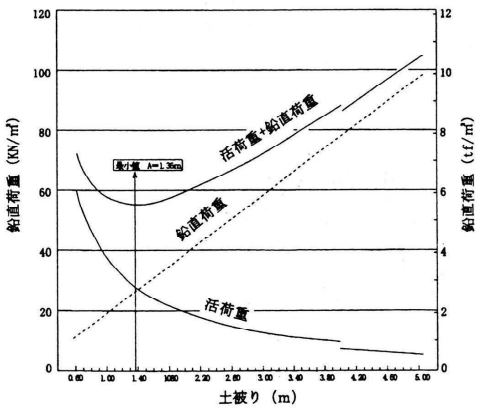



図９－６－２　土かぶり厚と荷重の関係




2　鉛 直 土 圧

鉛直土圧は管渠上方の盛土荷重によって定まるが、普通マーストン、Ａ・Ａ、スパングラー、Ｍ．Ｇ式によって求める。

3　水 平 土 圧

スパングラーは土を弾性体として基礎反力は中心角２α間に一様に分布し、水平土圧は中心角100°の間に放物線分布する（図９－６－３）と考え、次の式を求めた。

$$Mh = k\frac{\triangle}{2}$$

ただし、　Ｗｈ　：水平土圧の最大値（kgf/cm²）

△　：パイプの水平方向の変形量（cm）

ｋは水平方向地盤反力係数で次式により求められる。

$$k = \frac{Es}{2(1-\upsilon^2)r}$$

ただし、　ｋ　：水平方向地盤反力係数（kgf/cm²）

Ｅｓ　：土の変形係数（kgf/cm²）

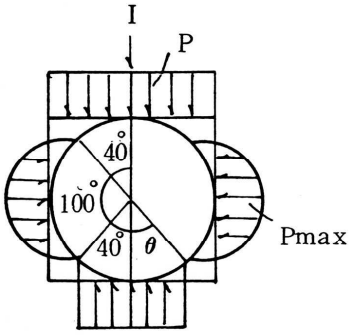
ｒ　：パイプの半径（cm）

υ　：土のポアソン比（通常＝0.5）

$$\Delta(\eta) = Fd \cdot Fk\frac{Wr^3}{EI + 0.061E'r^3}$$

$$E' = \frac{Es}{2(1-\upsilon^2)}$$

図９－６－３　スパングラーの水平土圧分布




Δ（η）　：水平方向のたわみ量（cm）

Ｆｄ　：土の経過変化（クリープ）係数

Ｆｋ　：据付角による定数

ｒ　：パイプの呼称半径又はスパンの１／２（cm）

Ｅ　：鋼の弾性係数（kgf/cm²）

Ｉ　：パイプの壁体断面の二次モーメント（cm⁴/cm）

Ｗ　：パイプ単位長当りの鉛直荷重＝2･γ（ＷＤ＋ＷＬ）（kgf/cm²）

ＷＤ　：土かぶり重量＝γ・ｈ（kgf/cm²）

ＷＬ　：上載荷重による圧力（kgf/cm²）

γ　：土の単位体積重量（kgf/cm³）

ｈ　：パイプ頂部からの土かぶり（cm）

ηａ　水平方向の許容たわみ量（cm）

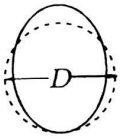
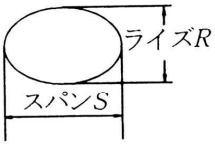
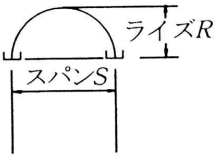
円形１形・円形２形・パイプアーチ形＝直径の５％以内

エロンゲーション形＝直径の10％以内

### ９－６－４　型式と種類

コルゲートパイプの形式は次表による。

表９－６－１　コルゲートパイプの形式

| 断　面　形　状 | 波形 | 寸法範囲(㎜) | 使用板厚(㎜) | 継手形式 | 摘要 |
|---|---|---|---|---|---|
| 円　　形 | １形 | D400<br>～D1,800 | 1.6、2.0、2.7、3.2、4.0 | フランジ型<br>ボルト締め | |
| | ２形 | D1,250<br>～D4,500 | 2.7、3.2、4.0、4.5、5.3、6.0、7.0 | ラ ッ プ 型<br>ボルト締め | |
| エロンゲーション形   | ２形 | D1,330<br>～D4,500 | 2.7、3.2、4.0、4.5、5.3、6.0、7.0 | ラ ッ プ 型<br>ボルト締め | 鉛直方向に５％伸ばす形 |
| パ イ プ<br>ア ー チ 形   | ２形 | S2,000<br>×R1,500<br>～<br>S5,800<br>×R3,200 | 2.7、3.2、4.0、4.5、5.3、6.0、 | ラ ッ プ 型<br>ボルト締め | |
| ア ー チ 形   | ２形 | S1,500<br>×R810<br>～<br>S7,000<br>×R3,560 | 2.7、3.2、4.0、4.5、5.3、6.0、7.0、 | ラ ッ プ 型<br>ボルト締め | |

### ９－６－５　型式の選定

コルゲートパイプの形式は、原則として次によって選定する。

1　円形１形は、1,350㎜以下の径の場合に適用する。

2　円形２形は、1,500㎜以下の径の場合に適用する。

3　エロンゲーション形は、円形２形適用箇所で良質の裏込材の入手が困難な場合で、高盛土箇所又は大径管を用いる場合に適用する。

4　パイプアーチ形は、円形２形の適用箇所で断面積に対して最小土かぶり厚の確保が困難な場合に適用する。

5　アーチ形は、内空断面のうち、主として大きな高さを必要とする箇所又は土石流が流下、堆積する箇所に適用する。

### 9－6－6　標 準 板 厚

コルゲートパイプの板厚は、標準板厚を適用することとし、特別な場合以外は設計計算を行わない。なお、舗装した林道の最小土かぶり厚は、舗装厚に30cmを加えた値以上とする。

表９－６－２　円形１形

（板厚の単位：mm）

| 直径（mm） | 最小土被り（m） | 土被り（m） | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ～1.5 | ～3.0 | ～4.5 | ～6.0 | ～7.5 | ～9.0 | ～10.5 | ～12.0 | ～13.5 |
| 400 | 0.4 | 1.6 | 1.6 | 1.6 | 1.6 | 1.6 | 1.6 | 1.6 | 1.6 | 1.6 |
| 600 | 0.6 | 1.6 | 1.6 | 1.6 | 1.6 | 1.6 | 1.6 | 2.0 | 2.7 | 2.7 |
| 800 | 0.6 | 2.0 | 1.6 | 1.6 | 2.0 | 2.0 | 2.7 | 2.7 | 3.2 | 3.2 |
| 1,000 | 0.6 | 2.7 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.7 | 2.7 | 3.2 | 4.0 | 4.0 |
| 1,200 | 0.6 | 2.7 | 2.0 | 2.0 | 2.7 | 2.7 | 3.2 | 4.0 | (4.0) | |
| 1,350 | 0.6 | 2.7 | 2.0 | 2.0 | 2.7 | 3.2 | 4.0 | (4.0) | | |
| 1,500 | 0.6 | 3.2 | 2.7 | 2.7 | 3.2 | 4.0 | 4.0 | | | |
| 1,650 | 0.6 | 4.0 | 2.7 | 2.7 | 3.2 | 4.0 | | | | |
| 1,800 | 0.6 | 4.0 | 3.2 | 3.2 | 3.2 | 4.0 | | | | |

| 直径（mm） | 最小土被り（m） | 土被り（m） | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ～15.0 | ～16.5 | ～18.0 | ～21.0 | ～24.0 | ～27.0 | ～30.0 | ～33.0 | ～36.0 |
| 400 | 0.4 | 2.0 | 2.0 | 2.7 | 2.7 | 3.2 | 3.2 | 4.0 | 4.0 | 4.0 |
| 600 | 0.6 | 2.7 | 3.2 | 3.2 | 4.0 | (4.0) | | | | |
| 800 | 0.6 | 4.0 | (4.0) | (4.0) | | | | | | |
| 1,000 | 0.6 | | | | | | | | | |
| 1,200 | 0.6 | | | | | | | | | |
| 1,350 | 0.6 | | | | | | | | | |
| 1,500 | 0.6 | | | | | | | | | |
| 1,650 | 0.6 | | | | | | | | | |
| 1,800 | 0.6 | | | | | | | | | |

（注）範囲Ａ（ゴシック体で示す部分）
　　範囲Ｂ（普通字体で示す部分）
　　範囲Ｃ（普通字体に（　）を付けた部分）

表９－６－３　円形２形

（板厚の単位：mm）

| 直径（mm） | 最小土被り（m） | 土被り（m） | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ～1.5 | ～3.0 | ～4.5 | ～6.0 | ～7.5 | ～9.0 | ～10.5 | ～12.0 | ～13.5 | ～15.0 | ～16.5 | ～18.0 |
| 1,250 | 0.6 | 2.7 | 2.7 | 2.7 | 2.7 | 2.7 | 2.7 | 2.7 | 2.7 | 2.7 | 2.7 | 3.2 | 3.2 |
| 1,500 | 0.6 | 2.7 | 2.7 | 2.7 | 2.7 | 2.7 | 2.7 | 2.7 | 2.7 | 3.2 | 4.0 | 4.0 | 4.0 |
| 1,750 | 0.6 | 2.7 | 2.7 | 2.7 | 2.7 | 2.7 | 2.7 | 2.7 | 3.2 | 4.0 | 4.0 | 4.5 | 5.3 |
| 2,000 | 0.6 | 2.7 | 2.7 | 2.7 | 2.7 | 2.7 | 2.7 | 3.2 | 4.0 | 4.0 | 4.5 | 5.3 | 6.0 |
| 2,500 | 0.6 | 2.7 | 2.7 | 2.7 | 2.7 | 3.2 | 4.0 | 4.0 | 4.5 | 5.3 | 6.0 | (6.0) | (6.0) |
| 3,000 | 0.6 | 3.2 | 3.2 | 3.2 | 3.2 | 4.0 | 4.5 | 5.3 | 5.3 | 6.0 | (6.0) | (6.0) | (6.0) |
| 3,500 | 0.8 | 3.2 | 3.2 | 3.2 | 4.0 | 4.5 | 5.3 | 6.0 | 6.0 | 6.0 | (6.0) | (6.0) | (7.0) |
| 4,000 | 0.8 | 4.0 | 4.0 | 4.0 | 4.5 | 4.5 | 5.3 | 6.0 | 6.0 | (6.0) | (6.0) | (7.0) | (7.0) |
| 4,500 | 0.8 | 4.5 | 4.5 | 4.5 | 5.3 | 6.0 | 6.0 | 6.0 | 6.0 | (7.0) | (7.0) | (7.0) | |

| 直径（mm） | 最小土被り（m） | 土被り（m） | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ～21.0 | ～24.0 | ～27.0 | ～30.0 | ～33.0 | ～36.0 | ～39.0 | ～42.0 | ～45.0 | ～51.0 | ～60.0 |
| 1,250 | 0.4 | 4.0 | 4.5 | 5.3 | 5.3 | 6.0 | 6.0 | 6.0 | 6.0 | 6.0 | 7.0 | (7.0) |
| 1,500 | 0.6 | 5.3 | 5.3 | 6.0 | 6.0 | 7.0 | (7.0) | (7.0) | (7.0) | | | |
| 1,750 | 0.6 | 6.0 | 6.0 | (6.0) | (6.0) | (7.0) | | | | | | |
| 2,000 | 0.6 | (6.0) | (6.0) | (6.0) | (7.0) | | | | | | | |
| 2,500 | 0.6 | (6.0) | (6.0) | | | | | | | | | |
| 3,000 | 0.6 | (7.0) | | | | | | | | | | |
| 3,500 | 0.6 | (7.0) | | | | | | | | | | |
| 4,000 | 0.6 | | | | | | | | | | | |
| 4,500 | 0.6 | | | | | | | | | | | |

（注）範囲Ａ（ゴシック体で示す部分）

範囲Ｂ（普通字体で示す部分）

範囲Ｃ（普通字体に（　）を付けた部分）

表９－６－４　エロンゲーション形

（板厚の単位：㎜）

| 直径（㎜） | 最小土被り（m） | 土被り（m） | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ～1.5 | ～3.0 | ～4.5 | ～6.0 | ～7.5 | ～9.0 | ～10.5 | ～12.0 | ～13.5 | ～15.0 | ～16.5 | ～18.0 | ～21.0 |
| 1,330 | 0.6 | 2.7 | 2.7 | 2.7 | 2.7 | 2.7 | 2.7 | 2.7 | 2.7 | 2.7 | 3.2 | 3.2 | 4.0 | 4.0 |
| 1,500 | 0.6 | 2.7 | 2.7 | 2.7 | 2.7 | 2.7 | 2.7 | 2.7 | 2.7 | 3.2 | 4.0 | 4.0 | 4.0 | 5.3 |
| 1,750 | 0.6 | 2.7 | 2.7 | 2.7 | 2.7 | 2.7 | 2.7 | 2.7 | 3.2 | 4.0 | 4.0 | 4.5 | 5.3 | 6.0 |
| 2,000 | 0.6 | 2.7 | 2.7 | 2.7 | 2.7 | 2.7 | 2.7 | 3.2 | 4.0 | 4.0 | 4.5 | 5.3 | 6.0 | 6.0 |
| 2,500 | 0.6 | 2.7 | 2.7 | 2.7 | 2.7 | 3.2 | 4.0 | 4.0 | 4.5 | 5.3 | 6.0 | 6.0 | 6.0 | 6.0 |
| 3,000 | 0.6 | 3.2 | 3.2 | 3.2 | 3.2 | 4.0 | 4.5 | 5.3 | 5.3 | 6.0 | 6.0 | 6.0 | 6.0 | 7.0 |
| 3,500 | 0.8 | 3.2 | 3.2 | 3.2 | 4.0 | 4.5 | 5.3 | 6.0 | 6.0 | 6.0 | 6.0 | 6.0 | 7.0 | 7.0 |
| 4,000 | 0.8 | 4.0 | 4.0 | 4.0 | 4.5 | 4.5 | 5.3 | 6.0 | 6.0 | 6.0 | 6.0 | 7.0 | 7.0 | |
| 4,500 | 0.8 | 4.5 | 4.5 | 4.5 | 5.3 | 6.0 | 6.0 | 6.0 | 6.0 | 7.0 | 7.0 | | | |

| 直径（㎜） | 最小土被り（m） | 土被り（m） | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ～24.0 | ～27.0 | ～30.0 | ～33.0 | ～36.0 | ～39.0 | ～42.0 | ～45.0 | ～48.0 | ～51.0 | ～54.0 | ～57.0 |
| 1,330 | 0.4 | 4.5 | 5.3 | 6.0 | 6.0 | 6.0 | 6.0 | 6.0 | 6.0 | 6.0 | 6.0 | 7.0 | 7.0 |
| 1,500 | 0.6 | 5.3 | 6.0 | 6.0 | 6.0 | 6.0 | 6.0 | 6.0 | 7.0 | 7.0 | 7.0 | | |
| 1,750 | 0.6 | 6.0 | 6.0 | 6.0 | 6.0 | 6.0 | 7.0 | | | | | | |
| 2,000 | 0.6 | 6.0 | 6.0 | 6.0 | 7.0 | 7.0 | | | | | | | |
| 2,500 | 0.6 | 6.0 | 7.0 | 7.0 | | | | | | | | | |
| 3,000 | 0.6 | 7.0 | | | | | | | | | | | |
| 3,500 | 0.6 | | | | | | | | | | | | |
| 4,000 | 0.6 | | | | | | | | | | | | |
| 4,500 | 0.6 | | | | | | | | | | | | |

（注）範囲Ａ（ゴシック体で示す部分）

範囲Ｂ（普通字体で示す部分）

表９－６－５　パイプアーチ形

（板厚の単位：mm）

| 呼称径（mm） | 最小土被り（m） | 土被り（m） | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ～1.0 | ～1.5 | ～2.0 | ～2.5 | ～3.0 | ～3.5 | ～4.0 | ～4.5 | ～5.0 |
| 2,000 | 0.6 | 2.7(1) | 2.7(1) | 2.7(1) | 2.7(1) | 2.7(1) | 2.7(1) | 2.7(1) | 3.2(1) | 3.2(2) |
| 2,300 | 0.6 | 2.7(1) | 2.7(1) | 2.7(1) | 2.7(1) | 2.7(1) | 2.7(1) | 3.2(1) | 3.2(2) | 3.2(2) |
| 2,700 | 0.6 | 3.2(2) | 3.2(1) | 3.2(1) | 3.2(1) | 3.2(2) | 3.2(2) | 3.2(2) | 3.2(2) | 4.0(2) |
| 3,000 | 0.6 | 3.2(2) | 3.2(1) | 3.2(1) | 3.2(1) | 3.2(2) | 3.2(2) | 3.2(2) | 4.0(2) | 4.0(3) |
| 3,700 | 0.6 | 4.0(2) | 4.0(2) | 4.0(2) | 4.0(2) | 4.0(2) | 4.0(2) | 4.0(3) | 4.5(3) | 5.3(3) |
| 4,400 | 0.7 | 4.5(3) | 4.5(2) | 4.5(2) | 4.5(2) | 4.5(3) | 4.5(3) | 4.5(3) | 5.3(4) | 5.3(4) |
| 5,100 | 0.7 | 5.3(3) | 5.3(3) | 4.5(3) | 4.5(3) | 5.3(3) | 5.3(4) | 5.3(4) | 5.3(4) | |
| 5,800 | 0.9 | 6.0(4) | 6.0(3) | 6.0(3) | 6.0(3) | 6.0(4) | 6.0(4) | | | |

（注）範囲Ａ（ゴシック体で示す部分）

表中の（　）内は、コーナー部の土の支持力が、(1)は0.20MN/㎡（2.0kgf/㎠）以上、(2)は0.29MN/㎡（3.0kgf/㎠）以上、(3)は0.39MN/㎡（4.0kgf/㎠）以上、(4)は0.49MN/㎡（5.0kgf/㎠）以上必要である。したがって、コーナー部については、それに見合う材料の選定及び締固めが必要である。

表９－６－６　アーチ形（道路下）〈本設用〉

（板厚の単位：mm）

| 呼称径（mm） | 最小土被り（m） | 土被り（m） | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ～1.0 | ～1.5 | ～2.0 | ～2.5 | ～3.0 | ～3.5 | ～4.0 | ～4.5 | ～5.0 | ～5.5 | ～6.0 |
| 1,500～3,000 | 0.8 | 4.0 | 4.0 | 3.2 | 3.2 | 3.2 | 3.2 | 4.5 | 5.3 | 6.0 | 6.0 | 7.0 |
| 3,500 | 0.8 | 4.0 | 4.0 | 3.2 | 3.2 | 3.2 | 4.0 | 4.5 | 5.3 | 6.0 | 7.0 | 7.0 |
| 4,000 | 0.8 | 4.5 | 4.5 | 4.0 | 4.0 | 4.0 | 4.5 | 5.3 | 6.0 | 7.0 | 7.0 | |
| 4,500 | 0.8 | 5.3 | 5.3 | 4.5 | 4.5 | 4.5 | 5.3 | 6.0 | 7.0 | 7.0 | | |
| 5,000 | 0.8 | 6.0 | 5.3 | 4.5 | 4.5 | 5.3 | 6.0 | 7.0 | 7.0 | | | |
| 5,500 | 0.8 | 6.0 | 6.0 | 5.3 | 5.3 | 6.0 | 7.0 | 7.0 | | | | |
| 6,000 | 0.8 | 7.0 | 6.0 | 6.0 | 6.0 | 7.0 | 7.0 | | | | | |
| 6,500 | 0.9 | 7.0 | 7.0 | 7.0 | (7.0) | (7.0) | | | | | | |
| 7,000 | 0.9 | 7.0 | 7.0 | (7.0) | (7.0) | | | | | | | |

（注）範囲Ａ（ゴシック体で示す部分）、範囲Ｂ（普通字体で示す部分）、範囲Ｃ（普通字体に（　）を付けた部分）

この表は、ライズとスパン比0.3～0.5の範囲に適用する。

## ９－６－７　基 礎 構 造

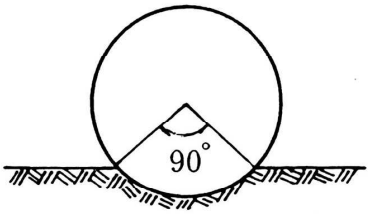
1　基礎の材料は、砂、砂質土又は粒径10cm程度以下の砂利・砕石等の良質材を用いた基床を設ける。

2　基床の形状及び大きさは、基礎地盤の状況に応じて次のようにする。

1）良質な地盤の場合

基礎地盤が基床と同程度の土質の場合は、図９－６－４に示すように１／４が管底面として基礎地盤に直接支持されるようにし、基床は設けない。

図９－６－４　良質な地盤を成形して設置する場合




2）通常の地盤の場合

図９－６－５のような基床を設け厚さは表９－６－７を標準とする。

図９－６－５　通常の地盤を作って設置する場合

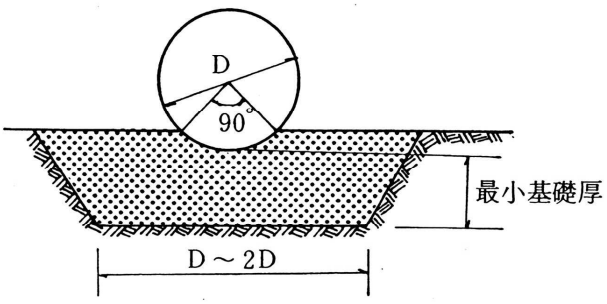


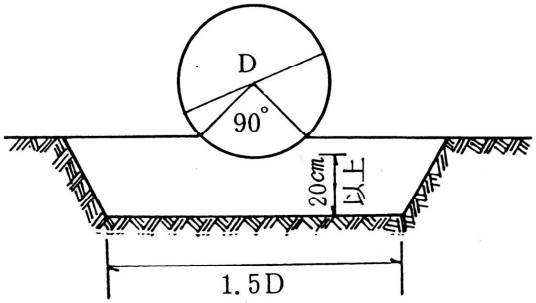

表９－６－７　通常の地盤における最小基礎厚

| 直　径（mm） | 最小基礎厚（cm） |
|---|---|
| 900　以下 | 20 |
| 900～2000 | 30 |
| 2000 以上 | 0.2D |

3）岩盤の場合

図９－６－６のようにパイプの下部から20cm、幅1.5Dに切取り、基床を十分に締固める。

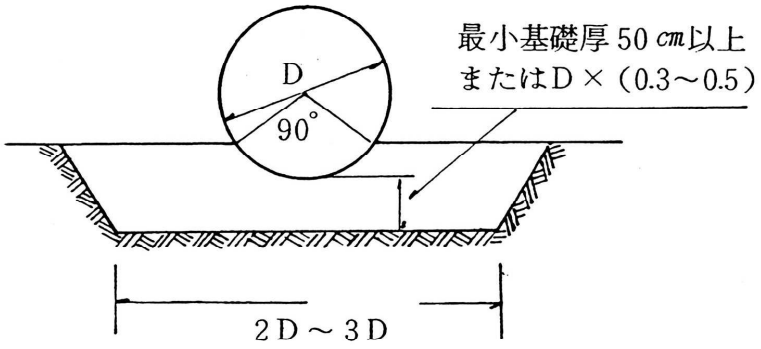
図９－６－６　岩盤に基床を作って設置する場合



4）軟弱地盤の場合

通常図９－６－７のように管外形の２倍以上、50cm以上又は管外形に0.3～0.5を乗じた値以上の厚さで基床を設ける。ただし基床厚は最大1.0mとする。

図９－６－７　軟弱地盤に基礎を作って設置する場合

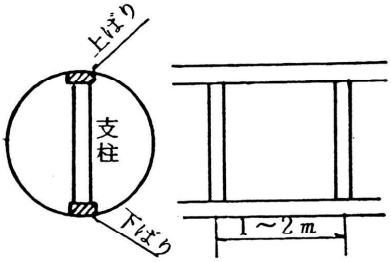



## ９－６－８　支　保　工

1　良質の裏込め材が得られない場合又は大きな盛土等の場合は、支保工を設けるものとする。

2　支保工は、頂面と底面のはりに、１％程度の上げ越し高を持つ支柱を挿入して固定し、裏込め被覆等の施工後できるだけ速やかに撤去する。なお、支柱の挿入間隔は、はり材の寸法又は盛土高等によって決定するものとするが、10を盛土高（m）で除した値程度として、最低1.0m、最高2.0mを限度とする。

図９－６－８




## ９－６－９　裏　込　め

1　裏込めに使用する材料は、表９－６－8による。又、最大粒径は10cm以上の切込砂利を含まないものとし、両側の埋め戻し高さが常に同じようになるように30cm程度の層厚で締固める。

表９－６－8　裏込め材料の種類

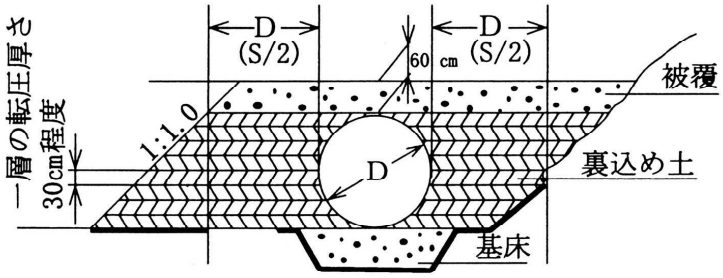
| 範　　囲 | 裏込め変形係数<br>($10^3$kN/㎡) {kgf/㎠} | 裏込め材料とその締固め度 |
|---|---|---|
| 範囲Ａ<br>ゴシック体で<br>示す部分 | 7.4～14.7<br>{75～150} | 砂又は切込砂利を用いるのが望ましいが、若干細粒分のある山砂でも、最大乾燥密度の90%以上に締固めればよい。 |
| 範囲Ｂ<br>普通字体で示す部分 | 14.7～24.5<br>{150～250} | 砂又は切込砂利を用い、最大乾燥密度の95％以上に締固める。 |
| 範囲Ｃ<br>普通字体に（ ）を<br>付けた部分 | 24.5以上<br>{250以上} | 特に粒度の良い切込砂利などを指定して、十分な施工管理のもとで最大乾燥密度の95％以上に締固める。 |

（注）裏込めの締固め度は、JIS A 1210-1990（突固めによる土の締固め試験法）に規定するうち、突固め方法のＥ－ａによって求めた最大乾燥密度を基準とした百分率により、その一般的基準を示したものである。

また、裏込めの変形係数による現場管理値については、JIS A 1211-1993（CBR試験方法）よりCBR試験値を室内及び室外試験で求め、$E_0$ {kgf/㎠}（土の変形係数）＝{40}×CBRによって求めることもできる。

2　裏込め範囲は図９－６－９のようにパイプの左右に少なくともそのパイプ径に相当する範囲を必要とし、高さはパイプの頂部までとする。アーチ形の場合は水平方向にアーチ支承部の外面より左右にＳ/２以上(Ｓはスパン)の締固め施工が容易にできる範囲とし、高さはアーチ形頂部までとする。

図９－６－９




（注）アーチの場合は、片側の裏込め範囲はS/2とする。
Ｄ:パイプ径、Ｓ:スパン

3　被覆は、裏込めの施工後に行い、上載荷重に対しコルゲートメタルカルバートとしての機能を確保するため、裏込め材料と同じ良質なものを用いる。範囲は図９－６－９に示すものを標準とし、厚さはコルゲートメタルカルバート頂部から原則として60cm以上とする。

## ９－６－10　埋　戻　し

1　コルゲートパイプの埋設方法は、できるだけ溝型又は~~半~~溝型が望ましい。

2　埋設に当たっては、盛土高、土質、基礎地盤等に応じ、管軸方向に延長の１％程度を限度とした上げ越しを行うものとする。ただし、基礎地盤に基床工を設けない場合又は岩盤の場合を除くものとする。

## 9－6－11　呑・吐口構造

1　端部の処理

盛土を斜めに横断して管きょを設置する場合、その斜角に応ずる端部の処理は図９－６－10に示すようにするのが望ましい。

又、コルゲートパイプの端部でコンクリート部分と接する所は、図９－６－11に示すようにエラスタイト等により縁切りをしなければならない。

図９－６－10　端部の処理

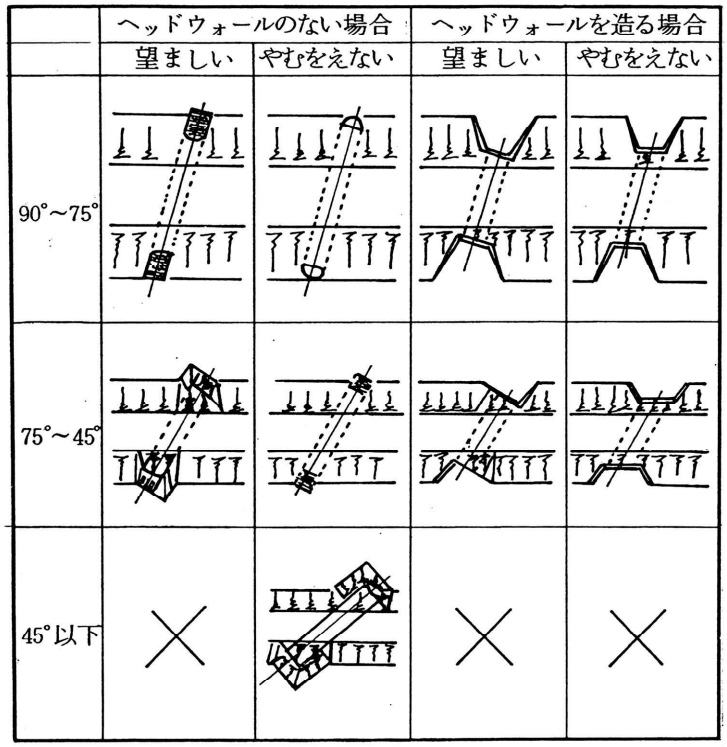
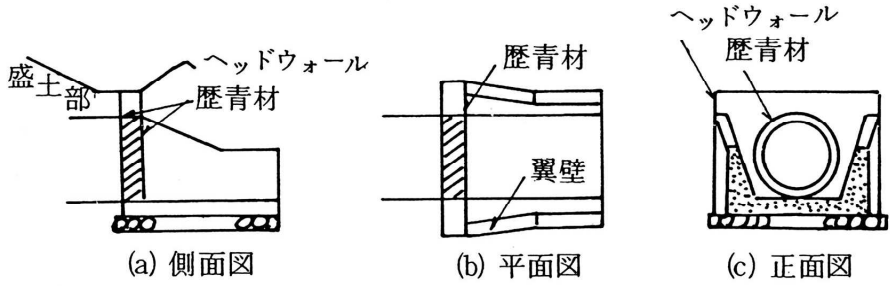



図９－６－11　コルゲートパイプ端部の縁切り




2　コンクリート（重力式）による面壁構造については、前直を標準とする。

3　背面材及び排水孔については擁壁工に準ずる。