

## 第11章 カルバート工

### 主な関係図書

図 書 名	発行年月	発 行
道路土工構造物技術基準・同解説	H29.3	(公社) 日本道路協会
道路土工 カルバート工指針(平成21年度版)	H22.3	(社) 日本道路協会
道路土工要綱	H21.6	//
道路土工 軟弱地盤対策工指針	H24.8	//
道路土工 切土工・斜面安定工指針	H21.6	//
道路土工 盛土工指針	H22.4	//
道路土工 擁壁工指針(平成24年度版)	H24.7	//
道路土工 仮設構造物工指針共同溝設計指針	H11.3	//
設計要領 第二集 擁壁・カルバート編	R1.7	東日本高速道路株式会社 中日本高速道路株式会社 西日本高速道路株式会社
土木構造物設計ガイドライン	H14.1	(社) 全日本建設技術協会
土木構造物設計マニュアル(案)	H13.12	//
土木構造物設計マニュアル(案)に係る設計・施工の手引き(案)	H13.12	//
土木構造物標準設計第1巻(側こう類・暗きよ類)	H12.9	//
PCボックスカルバート道路埋設指針	H3.10	日本PCボックスカルバート製品協会

### 11-1 概 説

一般にカルバートは、道路の下を横断する道路排水路などの空間を確保するため盛土あるいは原地盤内に設けられる構造をいう。したがって、その計画に当っては、まずカルバートが必要になる理由を明確にし、その目的に十分対応できる計画を立てなければならない。

また、カルバートの設計に当っては、道路の計画あるいは設計の中でカルバートを単に構造物として考えるのではなく道路の一部であると考え、道路の設計・施工に適し、かつ経済性に有利であるものを計画しなくてはならない。カルバートを合理的かつ経済的に計画、設計、施工を行うためには、地形および地質、土質、周辺構造物、施工条件などについて調査を行い、必要な資料を得なくてはならない。

ここでは、一般的なカルバート工の設計手順を記述しているが、詳細については、上記関係図書を参考に十分な検討をすること。また、道路縦断方向に設置する場合で、輪荷重の影響を受ける場合などについては、「共同溝設計指針」を参考にすること。

なお、道路の下を横断する道路や水路等の空間を確保するために、盛土あるいは地盤内に設けられる構造で、外寸2m以上かつ土被り1m未満のボックスカルバートのことを溝橋という。溝橋に該当する場合、各道路管理者が行う道路橋の定期点検の対象となるため、各要領に則り適切に点検を実施する必要がある。

## 11-2 対象とするカルバートの種類

カルバートの種類は、カルバート本体に使用される材料からみた場合、構造形式からみた場合及び使用目的からみた場合によって分類されるが、本指針で対象とするものは図 11-2-1 及び図 11-2-2 のとおりである。

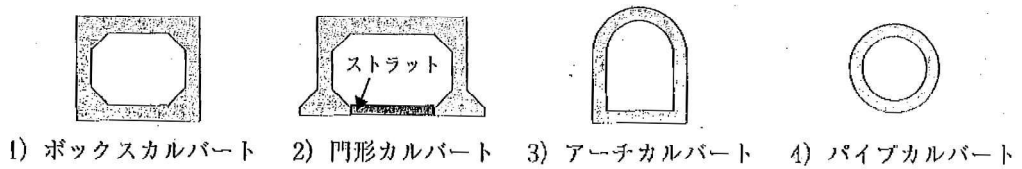
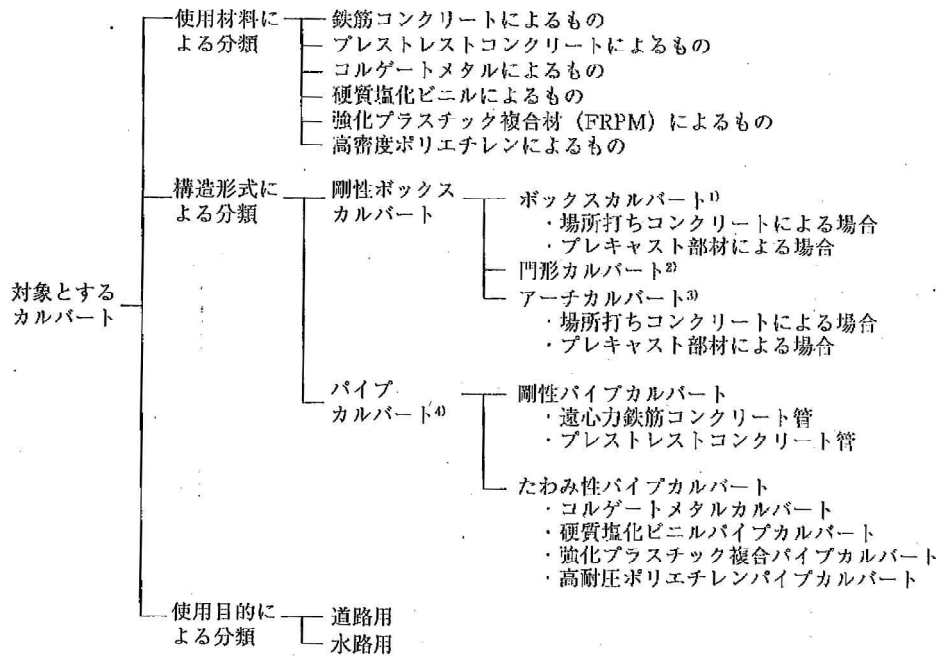


図 11-2-1 対象とするカルバートの種類

出典：道路土工 カルバート工指針 p.7

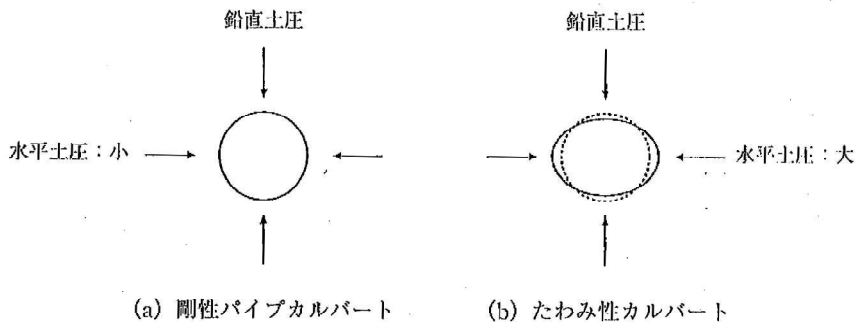


図 11-2-2 剛性パイプカルバートとたわみ性パイプカルバートの特性の違い

出典：道路土工 カルバート工指針 P7

### 11-3 適用条件の範囲

対象とするカルバートの一般的な土かぶりおよび断面の大きさは表 11-3-1 のとおりである。ただし、地盤条件などによって、表 11-3-1 の適用範囲を超える場合には詳細な検討を加え、合理的な設計を行うことが必要である。

表 11-3-1 従来型カルバートの適用範囲

カルバートの種類		項目	適用土かぶり (m) 注1)	断面の大きさ (m)
剛性ボックスカルバート	ボックスカルバート	場所打ちコンクリートによる場合	0.5 ~ 20	内空幅 B : 6.5 まで 内空高 H : 5 まで
		プレキャスト部材による場合	0.5 ~ 6 注2)	内空幅 B : 5 まで 内空高 H : 2.5 まで
	門形カルバート		0.5 ~ 10	内空幅 B : 8 まで
	アーチカルバート	場所打ちコンクリートによる場合	10 以上	内空幅 B : 8 まで
プレキャスト部材による場合		0.5 ~ 14 注2)	内空幅 B : 3 まで 内空高 H : 3.2 まで	
剛性パイプカルバート	遠心力鉄筋コンクリート管		0.5 ~ 20 注2)	3 まで
	プレストレストコンクリート管		0.5 ~ 31 注2)	3 まで
たわみ性パイプカルバート	コルゲートメタルカルバート		(舗装厚 + 0.3) または 0.6 の大きい方 ~ 60 注2)	4.5 まで
	硬質塩化ビニルパイプカルバート (円形管 (VU) の場合) 注3)		(舗装厚 + 0.3) または 0.5 の大きい方 ~ 7 注2)	0.7 まで
	強化プラスチック複合パイプカルバート		(舗装厚 + 0.3) または 0.5 の大きい方 ~ 10 注2)	3 まで
	高耐圧ポリエチレンパイプカルバート		(舗装厚 + 0.3) または 0.5 の大きい方 ~ 26 注2)	2.4 まで
注1) 断面の大きさ等により、適用土かぶりの大きさは異なる場合もある。				
注2) 規格化されている製品の最大土かぶり。				
注3) 硬質塩化ビニルパイプカルバートには、円形管 (VU, VP, VM)、リップ付き円形管 (PRP) があるが、主として円形管 (VU) が用いられる。				

出典：道路土工 カルバート工指針 P10

### 11-4 調査・計画の手順

カルバート工を合理的かつ経済的に実施するためには、地形および地質、土質、周辺構造物、施工条件等について調査を行い、必要な資料を得なければならない。カルバートは道路建設に付帯して計画されるため、道路建設の進捗状況に応じて必要な調査を進める必要がある。道路建設の計画から調査、設計、施工、維持管理段階の関連する項目は「道路土工要綱基本編 第2章 道路土工の基本的考え方」を参考にされたい。

調査の一般的な手順としては、まず、カルバートの設置目的、設置位置や規模等を明確にする必要がある。次に計画予定区域の近傍で行われた地形・地質調査、ボーリング等の既存資料を収集・検討して概略の地層構成を把握し、地盤調査を行う際の参考資料とする。また、周辺構造物の調査を行い、その基礎形式や変状の有無を調べることにより、地層、地盤の支持力および基礎地盤の対策に関するある程度の検討が可能となる。同時にその施工記録を調べることにより、施工方法、施工時期、使用材料の検討を行うことができる。

これらの既存資料の調査と併せて、次の事項について調査を行い、さらに詳細な資料を得たうえで、それらを総合的に勘案のうえカルバートの計画、設計、施工を進めるとよい。

- ① 地層の性状及び傾斜
- ② 地表水の状況、地下水の有無、伏流水の系統、方向、水量等
- ③ 基礎地盤の支持力
- ④ カルバートの設置が計画される原地盤または盛土を構成する土の性質
- ⑤ 裏込めに用いる盛土材の特性

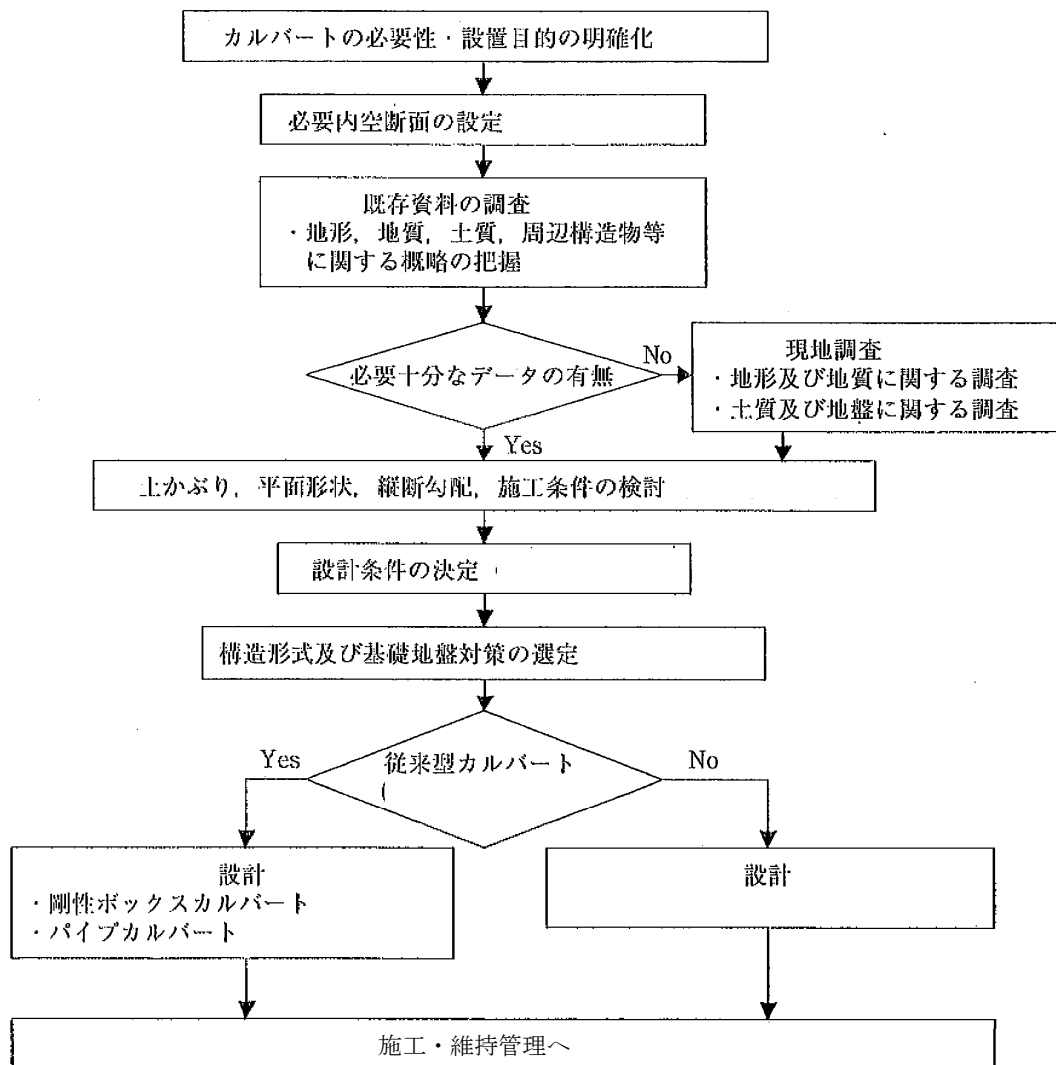


図11-4-1 カルバート工に関する計画・調査・設計の流れ

出典：道路土工 カルバート工指針 P22

## 11-5 カルバートの計画

カルバートの計画では、カルバートの目的、地盤条件、施工条件に応じて、必要な内空断面、土かぶり、平面形状、縦断勾配を設定するとともに、カルバートの構造形式および基礎地盤対策を選定する。

### (1) 内空断面等の設定

#### 1) 内空断面

##### ① 道路用カルバート

###### a. 所要の建築限界以上の空間の確保

舗装及び排水工等を施工した後に、その道路の所要の建築限界を満足する空間を確保することが必要である。また、将来的に道路の拡幅や舗装のオーバーレイが予想される場合等は、その影響も加味しておく必要がある。また、照明、通信等の添架物や上下水道等の埋設管を設置する必要がある場合には、そのための空間を確保することも必要となる。

###### b. 視距の確保

道路用カルバートの場合、「道路構造令」に準じて必要な視距を確保する。

###### c. 路面排水への配慮

都市部における道路用カルバート（例えばアンダーパス等）は、カルバート内部の路面がその前後の路面より低く、強制排水を必要とする場合が多いことから、内空断面の設定においてもその影響を加味しておく必要がある。

##### ② 水路用カルバート

一般に、水路あるいは溪流地点にカルバートを設置して流水断面がカルバートとその前後で変化する場合、流れの状況がカルバート及びその上下流部で急激に変化することがあるので、内空断面の設定は慎重に行う必要がある。

###### a. 計画流量を安全に通水し得る断面の確保

水路の所要の計画流量を安全に通水し得る空間を確保することが必要である。計画流量は、「道路土工要綱共通編 第2章 排水」によって計算するものとする。

###### b. 所要の余裕高を確保する

カルバートの設置地点、種類、形状寸法及び水路の性状等により、管理者の定めた余裕高を確保するよう内空高を決定しなければならない。

カルバートの通水断面については、「道路横断排水カルバートの計画上の留意事項」を参考に、「道路土工要綱共通編 第2章 排水」もしくは水路管理者の定めた設計計算法によって計算するものとする。

また、維持管理や保守点検に必要な内空高を確保することが望ましい。清掃その他の保守点検のため人が入る必要のある場合は、1.8m以上の内空高を確保することが望ましい。延長が短いこと等から人が入る必要がない場合であっても、土砂堆積等により予想される断面減少分を考慮して、60cm以上の内空高さを確保するのが望ましい。

##### ③ 軟弱地盤上のカルバート

カルバートが軟弱地盤上に設置される場合、プレロードによりあらかじめ地盤を沈下させ圧密を図った場合でも、供用開始後も含めた長期に渡り沈下が発生することが少なくない。このため、機能的に支障が生じてはならないようなカルバートでは、沈下が生じても対処できるよう内空断面の余裕を確保したり（図 11-5-1）、上げ越し施工するのが望ましい。

なお、上げ越し量の設定、プレロードとの併用の有無や土かぶりに応じた上げ越し方法等、詳細については「道路土工―軟弱地盤対策工指針」を参考にされたい。

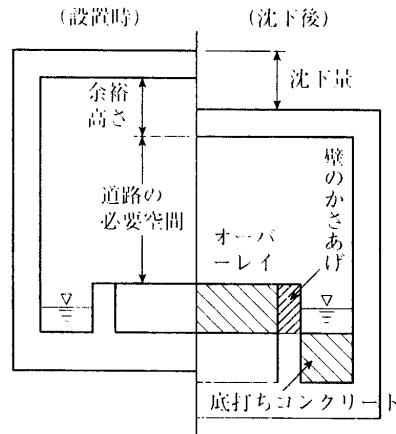


図 11-5-1 内空断面の余裕確保による沈下対策

出典：道路土工 カルバート工指針 P32

## 2) 土かぶり

一般にカルバートの土かぶりは、上部道路の線形条件や、縦断勾配も考慮の上、道路地下占用物（地下電線、水道管、ガス管、下水道管、石油管等）の埋設空間を確保できるように検討する。

土かぶりは、裏込め土の沈下等によるカルバートへの影響や舗装面の不陸を防ぐため 50cm 以上を確保するのが望ましい。ただし、土かぶりの確保がこれによりがたい場合には、舗装およびカルバートに対する影響について検討を行う。

寒冷地においては、土かぶりが薄い場合、路面とカルバート内側の両方から冷却されて、凍上が起きやすくなるので予防対策を行うのが望ましい。凍上対策の詳細は、「道路土工要綱 共通編 第3章 凍上対策」による。

一方、当初の地形や盛土形状に合わせると土かぶりが大きくなると予想される場合については、カルバートの構造形式、盛土取付部の構造変更の難易、維持管理の難易等を考慮した総合的な検討（図 11-5-2）を行い、適切な土かぶりを検討することが必要である。検討の結果、適切な土かぶりの設定が困難な場合は、橋梁等、他の構造物を計画する。

盛土高さが大きく盛土中段にカルバートを構築する場合には、盛土の残留沈下も考慮した検討を行う。

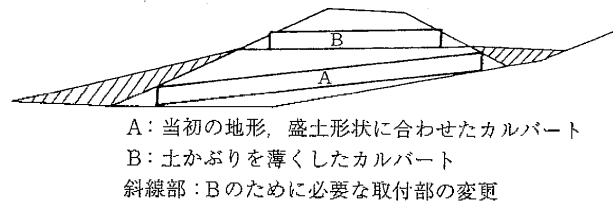


図 11-5-2 土かぶりの検討例

出典：道路土工 カルバート工指針 P32

### 3) 平面形状及び縦断勾配

#### ① 平面形状

カルバートの平面形状は、内部空間の機能を満足し、かつ上部道路との平面交差角が大きく（直角に近く）なるように形状および交差位置を選定する。カルバートが道路に対して斜交すると、長さが増大して不経済であるばかりでなく、この部分が上部道路の弱点になりやすいので、可能な限り上部道路に直角方向とするのが望ましい。その他、道路用カルバート及び水路用カルバートの平面形状の検討に当たり配慮すべき事項は以下に示すとおりである。

##### a. 道路用カルバート

道路用カルバートの場合は、道路構造令に準じて必要な視距が確保される平面形状とする。

##### b. 水路用カルバート

水路の流速が大きい場合には、水路の方向の急変も避けなければならない。水路用カルバートの勾配、底面の高さ及び幅は、土砂の堆積や侵食を防止するため、なるべく既設の水路と一致させるのが原則である。

また、沢部を埋めた盛土を横断する水路カルバートの場合、既設の水路であった旧沢筋に沿って地下排水工を設置する必要がある。

#### ② 縦断勾配

道路用カルバート及び水路カルバートの縦断勾配の検討に当たっては、以下に示す事項に配慮する。

##### a. 道路用カルバート

道路構造令に定める勾配以下でかつ排水勾配を有する必要がある。

##### b. 水路用カルバート

カルバートの流出入口は、なるべく水路の底部と同一高さとし、かつ勾配は入口と出口の勾配になるべく近づけて勾配の急変を避ける。射流が発生する限界勾配以上になる場合は、カルバートの流出入口の洗掘を防ぐよう配慮する必要がある。

また、維持管理上で、かつ多量の土砂堆積を生じないように勾配を有することが望ましい。溪流のような勾配が極めて急な地点にカルバートを設置するに当たり、施工上の問題、すべりの問題、土砂による摩擦の問題等が生じるおそれのある場合には、カルバートの勾配を10%程度以内にするのが望ましい。

以上を考慮した結果、カルバートの幅が上流側水路の幅に比べて小さくなるようなときには、水路幅の急縮によりカルバート直上流の水位をせき上げるので、カルバート全体あるいは流入口の幅をできるだけ広くし、上流側水路に滑らかにすり付かせるものとする。

### 4) 施工条件

カルバートの構造形式、基礎地盤対策の選定に際しては、以下に示すような施工条件も考慮する必要がある。

- ① 既設の構造物及び埋設物による制約条件
- ② 水路、道路の切廻しの条件
- ③ 施工中の仮排水の条件
- ④ カルバートの施工時期、工程、使用機材
- ⑤ 作業空間、作業足場
- ⑥ 資材の搬入、搬出
- ⑦ 騒音、振動等周辺環境への影響

## 5) その他

地下水位以下に設置する道路用カルバートには、原則として防水工を施し、地下水の浸透を防止する。なお、詳細は「共同溝設計指針」によるものとする。

### (2) 構造形式の選定

カルバートの構造形式の選定に当たっては、その特徴を理解し、使用目的、内空断面や土かぶり他、設置箇所の地形・地質、土質・地盤、施工条件等を考慮のうえ、合理的かつ経済的となるよう選定するものとする。

各構造形式の特徴と一般的な使用方法は以下のとおりである。

#### 1) 剛性ボックスカルバート

##### ① 場所打ちボックスカルバート

場所打ちボックスカルバートは、大きさによっては数カ月の施工期間が必要になるが、任意の断面形状が施工でき、設計荷重や縦断勾配等の現地条件に応じた設計・施工が可能である。なお、内型枠の脱型の施工性を考えると、内空断面の大きさは 1m 程度以上が望ましい。

##### ② プレキャストボックスカルバート

プレキャストボックスカルバートは、現場施工期間を短縮することができるとともに、工場製品であるため品質が安定している特徴がある。

国土交通省では、生産性向上を進めるため i-Construction の推進を打ち出し、コンクリート工の標準化に取り組むとしている。このため、プレキャスト/現場打ちコンクリートそれぞれの特徴を生かし、現場条件や仮設費等を含めた経済性等について比較検討を行い、採用を検討するなど適材適所に活用していくものとする。

##### ③ 門形カルバート

門形カルバートは現地の状況から底版の設置が困難な場合や内空幅が大きい場合に有利となる。ただし、他の形式のカルバートと比較して地盤反力度が大きくなることと、閉合断面でないため全体剛性が低く変形しやすいので、基礎地盤の良好な場所に設置するのが一般的である。また、設計時には規模に関係なく地震時の影響を考慮する必要がある。

##### ④ アーチカルバート

アーチカルバートは、頂版が曲面となっており、上載土による土圧をアーチ効果によりカルバートの曲げモーメントと軸力で支持することから、カルバートの土かぶりが大きくなるとボックスカルバートよりも経済性において有利となる傾向にある。

その反面、地盤の傾斜等による不同沈下や地形及び盛土の材料や施工の相違による偏土圧生じさせないこと、設計上十分と考えられる水平土圧を確保することが条件となる。また、頂版が曲面であり、アーチ部分の型枠及びコンクリートの施工が難しくなるので、選定に当たっては十分な検討を行われなければならない。

アーチカルバートについてもボックスカルバートと同様に、現場打ちアーチカルバートとプレキャストアーチカルバートがある。現場打ちアーチカルバートは、プレキャスト製品で対応ができないような大断面の場合や高土かぶりの場合に用いられる。

#### 2) 剛性パイプカルバート

剛性パイプカルバートは、材料や強度、管径、継手の構造等の異なる管種があるため、土かぶりや荷重の作用状況により、適切なものを選定する必要がある。一般に、プレストレストコンクリートパイプは主に土かぶりの大きい場合に用いられる。



### 3) たわみ性パイプカルバート

たわみ性パイプカルバートの採用に当たっては、管が鉛直土圧によってたわみ、管両側の土砂を圧縮する際の反力として生じる水平土圧を受けて、管に加わる外圧を全周にわたり均等化して抵抗するという特性から、十分な側方受働土圧抵抗を発揮できる施工を行うことが前提となる。具体的には、側方受働土圧抵抗を妨げない掘削幅を確保することや裏込め材や埋戻し材の締固めを十分に行うこと等が必要となる。

#### ① コルゲートメタルカルバート

コルゲートメタルカルバートは、これを構成する板状のコルゲートセクションが軽量であるため、運搬や施工が容易である。このため、山間部や高盛土や軟弱地盤に用いられることが多い。しかし、強酸性や強アルカリ性等の環境で用いられる際は、亜鉛めっきが腐食しやすくなるため、耐食性を向上させる対策が必要となる。

#### ② 硬質塩化ビニルパイプカルバート

硬質塩化ビニルカルバートには、円形管、リップ付円形管等がある。硬質塩化ビニルパイプカルバートは、軽量であるため長尺で扱うことができるとともに、酸やアルカリに強い性質を持っている。ただし、寒冷地で使用する場合は剛性が上がるため、施工中に衝撃が加わらないようにするなど、取扱いに注意する必要がある。

#### ③ 強化プラスチック複合パイプカルバート

強化プラスチック複合パイプカルバートは、ポリエステル樹脂と細骨材によるプラスチックモルタルを高強度のガラス繊維強化プラスチック（FRP）で補強したパイプであり、その成形法には、フィラメントワインディング成形法と遠心力成形法がある。

強化プラスチック複合パイプカルバートは、硬質塩化ビニルパイプカルバートとほぼ同様の性質を持つが、内径が大きく、かつ高強度が求められる用途に適する。

#### ④ 高耐圧ポリエチレンパイプカルバート

高耐圧ポリエチレンパイプカルバートは、高密度ポリエチレン樹脂を用い異形壁を形成して芯金に巻き付けて形成するスパイラルワインディング押出成形法を応用したパイプである。

高耐圧ポリエチレンパイプカルバートは、硬質塩化ビニルパイプカルバートとほぼ同様の性質を持つが、耐摩擦性が求められる用途に適する。

### (3) 基礎地盤対策の選定

カルバートの基礎形式は、カルバート頂部と裏込め部の間に不同沈下が生じるのを避けるため、カルバートと周辺地盤が一体として挙動する直接基礎とするのが望ましい。対策をせずに直接基礎を適用するのが困難な場合は、設置個所の地形や地盤条件、環境条件、施工条件及びカルバートの構造形式等を総合的に検討し、最適な基礎地盤対策を選定する。

軟弱地盤等の特殊な条件下においては次に示す事項に留意する必要がある。

- 1) 軟弱地盤にカルバートを設置する場合は、盛土各部の沈下量を計算によって推定し、それにより上げ越し量を決めて、施工時以降の沈下に対応する。もしくは、プレロード工法により残留沈下量がカルバートの機能上支障とならない沈下量となってからカルバートの施工を行う。

なお、プレロード工法や上げ越しとの併用時の留意点等、詳細については「道路土工—軟弱地盤対策工指針」を参考にされたい。

- 2) 地表近くに軟弱層がある場合、不同沈下が生じるおそれがあるので、良質材料での置換えや土質安定処理により改良地盤を形成して、これを支持地盤とする。

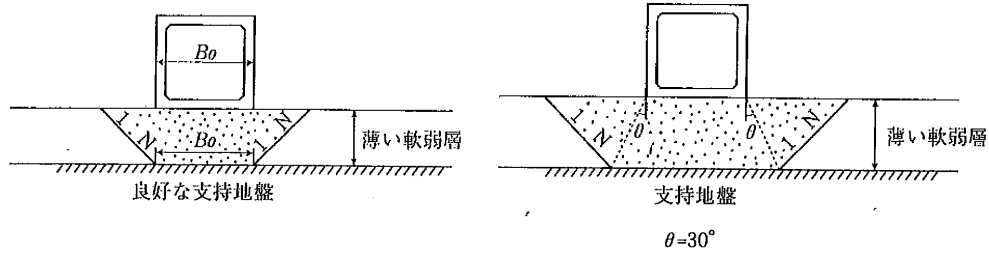
その形状は図 11-5-3 または図 11-5-4 を標準とする。ただし、図 11-5-3 または図 11-5-4 における (a) または (b) の形状については、改良地盤下の地盤の支持力を

照査して選定する。

こうした地盤改良を行った場合、盛土荷重を含む安定の検討を行うとともに、改良地盤自体についても支持力の照査が必要である。

地下水位が高い場合には、周辺地盤とともに置換え材が液状化しないよう注意を払う必要がある。

なお、水路カルバート等で機能面から沈下が許されない場合や軟弱地盤で残留沈下が大きくプレロードの効果があまり期待できない等の理由で、やむを得ず杭基礎のような大きな沈下量を許容しない構造を用いた場合には、周辺盛土及び地盤の沈下に伴う鉛直土圧の増加と道路面の不同沈下について十分な検討を行い、対策を講じておく必要がある。



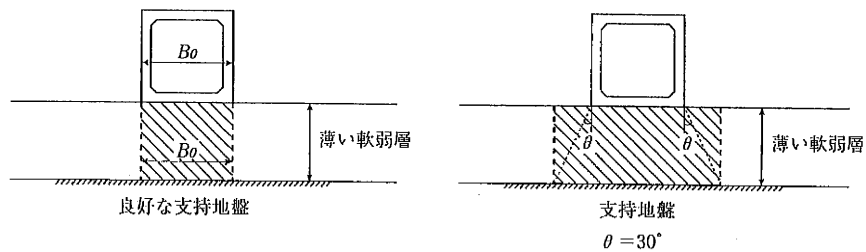
N：土質条件により算出

(a) 軟弱層の下に底版面積と同面積で支持できる地盤がある場合

(b) 荷重の分散を考えた方が妥当な場合

図 11-5-3 置換え基礎の形状

出典 道路土工 カルバート工指針 P40



N：土質条件により算出

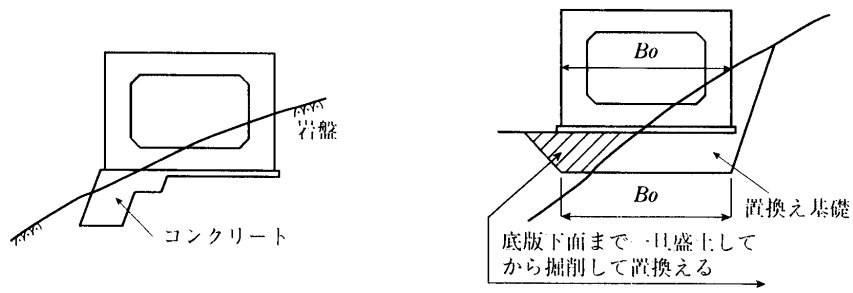
(a) 軟弱層の下に底版面積と同面積で支持できる地盤がある場合

(b) 荷重の分散を考えた方が妥当な場合

図 11-5-4 改良地盤の形状

出典 道路土工 カルバート工指針 P40

3) 支持層が傾斜している場合や、カルバートの横断方向及び縦断方向（構造物軸方向）で極端に支持力の異なる地盤がある場合は、不同沈下を生じカルバートに大きな力が作用することがあるので、図 11-5-5 および図 11-5-6 に示すように置き換えコンクリートを施すか、硬い地盤を一部かきほぐすなどして緩和区間を設け、地盤全体がほぼ均一な支持力を持つようにするのがよい。

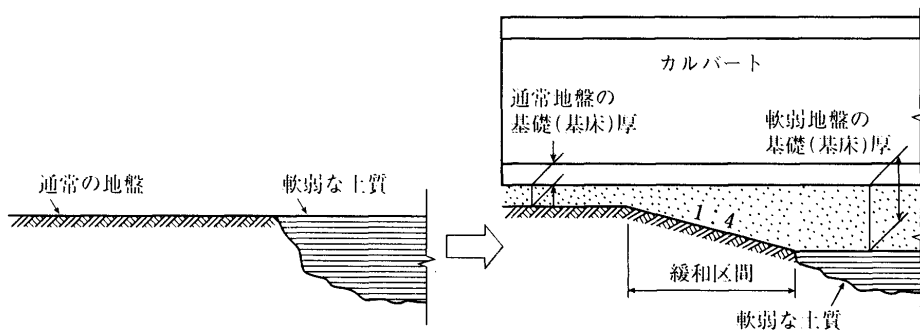


(a) 置換えコンクリート

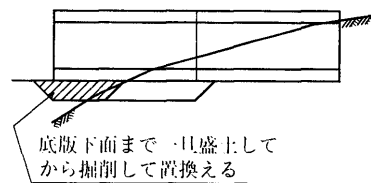
(b) 置換え基礎

図 11-5-5 横断方向に地盤が変化している場合の対策

出典 道路土工 カルバート工指針 P41



(a) 緩和区間を設置する場合



(b) 置換え基礎の場合

図 11-5-6 縦断方向に地盤が変化している場合の対策

出典 道路土工 カルバート工指針 P41