

第2章 ボックスカルバート

1. まえがき

「道路土工・カルバート工指針（平成22年3月，（社）日本道路協会）」では，性能設計の枠組みを導入したことにより，要求する事項を満足する範囲で従来の方法によらない，解析手法，設計方法，材料，構造等を採用する際の基本的な考え方を整理して示している。なお，要求する事項を満足するか否かの判断が必要となるが，その判断としては，論理的な妥当性を有する方法や実験等による検証がなされた手法，これまでの経験・実績から妥当と見なせる手法等，適切な知見に基づいて行うことを基本としている。

なお，「道路土工・カルバート工指針」では，従来から多数構築されてきたカルバートについては「従来型カルバート」と定義し，慣用的に使用されてきた設計・施工法があり，長年の経験の蓄積により，所定の構造形式や材料・規模の範囲内であれば所定の性能を確保するとみなすことができるとされている。

第2章ボックスカルバートに当たってもこの考え方を踏襲し，従来型カルバートの設計においては，これまでの経験・実績等を踏まえて設計・施工し，「道路土工・カルバート工指針」に基づいて維持管理を行えば，所定の性能を満たしているものとする。

【参考】道路土工・カルバート工指針，P.49，平成22年3月，（社）日本道路協会

2. 適用

第2章 ボックスカルバートは，道路及び水路としての用途を有し，主に道路の下を横断するカルバートの計画・調査・設計に適用する。設計においては，**1. まえがき**に示す従来型カルバートに対して適用する慣用的に使用されてきた設計法（慣用設計法）を対象とする。道路と平行に設置するカルバートについては，従来型カルバートの場合は「共同溝設計指針（昭和61年3月，（社）日本道路協会）」を参照するものとし，従来型カルバート以外の場合は性能規定の考え方に基づき，適切な方法で設計を行うものとする。性能規定の考え方に基づいた設計法については，事業課と相談するものとする。

道路と平行に設置するカルバートへの「共同溝設計指針」の適用にあたり，当指針は昭和60年度に発行されており，設計自動車荷重が総重量245kNに対応していないため，鉛直荷重の算出及び前後輪間距離の設定等において注意するものとする。設計においては，**5.2 荷重 5.2.3 活荷重**に示す留意事項を考慮するものとする。

表 2.1 参考とする基準・指針類

基準・指針類	発刊期	発刊者
道路構造令の解説と運用	H16.2	(社) 日本道路協会
道路土工要綱	H21.6	(社) 日本道路協会
道路土工・盛土工指針（平成22年度版）	H22.4	(社) 日本道路協会
道路土工・切土工・斜面安定工指針	H21.6	(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・擁壁工指針	H11.3	(社) 日本道路協会
道路土工・仮設構造物工指針	H11.3	(社) 日本道路協会
道路土工・軟弱地盤対策工指針	S61.11	(社) 日本道路協会
道路橋示方書・同解説 I～V 編	H14.3	(社) 日本道路協会
共同溝設計指針	S61.3	(社) 日本道路協会
2007年制定コンクリート標準示方書	H20.3	(社) 土木学会
道路設計要領設計編	H20.8	国土交通省中部地方整備局
土木構造物標準設計	H12.9	(社) 全日本建設技術協会
土木構造物設計ガイドライン 土木構造物設計マニュアル（案） 土木構造物設計マニュアル（案）に係わる設計・施工の手引き（案）	H11.11	(社) 全日本建設技術協会
プレキャストボックスカルバート設計・施工マニュアル	H17.5	全国ボックスカルバート協会
日本PCボックスカルバート製品協会規格	H13.6	日本PCボックスカルバート製品協会
アーチカルバート設計施工要覧	H16	日本アーチカルバート工業会

3. カルバートの種類と適用範囲

3.1 カルバートの種類

カルバートとは、道路の下を横断する道路や水路等の空間を得るために盛土あるいは地盤内に設けられる構造物であり、その構造形式から剛性ボックスカルバート、パイプカルバートに大別される。

第2章 ボックスカルバートにおいては、主に剛性ボックスカルバートを対象とし、ボックスカルバート、門形カルバート、アーチカルバートについて示すものとする。構造形式の選定は、**4.3 構造形式の選定**に基づき行うものとする。

パイプカルバートについては、**第1章 排水 4.管渠**を参照するものとする。**図3.1**に構造形式による分類を示す。

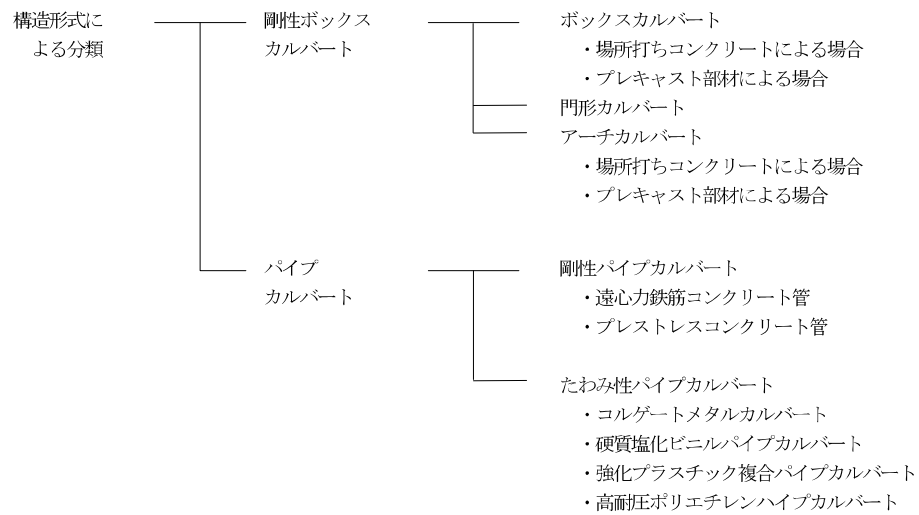


図 3.1 構造形式による分類

【参考】道路土工・カルバート工指針，P.6，7，平成22年3月，(社)日本道路協会

3.2 従来型カルバートの適用範囲

従来型カルバートの適用範囲は、**表 3.1** に示す適用範囲内であるとともに、以下の条件①～⑦に適合している必要がある。ただし、従来の経験に基づいて一定の性能が担保されるとみなされる従来型カルバートの適用範囲は必ずしも明確ではなく、従来型カルバートの適用範囲と大きく異ならない範囲で従来型カルバートと同様の材料特性や構造特性を有すると認められる場合には、慣用設計法の適用を妨げるものではない。

従来型カルバートと大きく異ならず、慣用設計法が適用できる範囲については、過去の被災事例、材料特性、構造特性を考慮し、事業課と相談するものとする。

表 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
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 内空幅 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 内空幅 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 内空幅 H:3.2 まで
注1) 断面の大きさ等により、適用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かぶり。				

- ・ 裏込め・埋戻し材料は土であること
- ・ カルバートの縦断方向勾配が 10%程度以内であること
- ・ 本体断面にヒンジがないこと
- ・ 単独で設置されること
- ・ 直接基礎により支持されること
- ・ 中柱によって多連構造になっていないこと
- ・ 土かぶり 50cm を確保すること

【参考】 道路土工・カルバート工指針, P.5~11, 平成 22 年 3 月, (社)日本道路協会

3.3 従来型以外のカルバート

構造形式や材料, 規模, 土かぶり等が従来型カルバートの適用範囲を大きく超えるカルバートについては, 原則として「道路土工・カルバート工指針 第4章 設計に関する一般事項」に示す性能規定の考え方にに基づき, 適切な方法で設計を行うこととする。性能規定の考え方による設計手法については, 構造物の重要度に基づく要求性能を満足することを照査するものとし, 他機関で実施されている設計手法を参考として事業課と相談するものとする。

また, 「従来型カルバート」の適用範囲を特に大きく超える大規模なカルバートは, 「道路土工・カルバート工指針」についても適用範囲外となるため, 採用にあたり注意するものとする。

【参考】 道路土工・カルバート工指針, P.6, 12~13, 平成 22 年 3 月, (社)日本道路協会

4. 設計計画

4.1 調査

カルバートの設計にあたり、以下の項目について必要に応じて調査を行うものとする。

- (1) 地形・地質及び地表水・地下水に関し、以下の項目について調査を行う。
 - ・ 地層の性状及び傾斜
 - ・ 地表水の状況、地下水の有無、伏流水の系統、方向、水量等
- (2) 土質及び地盤に関し、以下の項目について調査を行う。
 - ・ 土圧の計算及び土質特性の確認に必要な設計定数
 - ・ 基礎地盤の支持力の計算に必要な設計定数
 - ・ 圧密沈下の検討に必要な設計定数
- (3) 周辺構造物がある場合には、周辺構造物の構造形式・健全度等の状況、設計図書・施工記録等の資料について調査を行う。

地盤調査について、一般的に行われる試験項目を表4.1に示すが、特殊な構造及び施工に際しては、必要に応じて他の試験項目も適宜追加して検討を加えるものとする。

表 4.1 地盤調査の種類

試験の項目	試料採取		室内試験							原位置試験						得られる定数	調査頻度		
										サウディング									
	ボーリング	サンプリング	土粒子の密度試験	含水比試験	粒度試験	土の縮固試験	液性・塑性限界試験	一軸圧縮試験	三軸圧縮試験	圧密試験	土の湿潤密度試験	平板載荷試験	横方向K値測定	標準貫入試験	静的コーン貫入試験	サウディング	スエーデン式		
調査の目的																			
土圧の計算及び土質特性の確認			○	○	○	○	○	○	○	◎								$\gamma, c, \phi, w, w_L, w_p$	両端で各1箇所程度
基礎地盤の支持力の計算	◎	◎	○								◎	○	◎	△	△		c, ϕ, q_u, N 値		
圧密沈下の検討	◎	◎	○	◎			◎		◎						△	△	C_c, C_u, m_u		
試料の種類			乱した	乱した	乱した	乱した・粘性土	乱した・粘性土	粘性土		粘性土									

注) ◎：特に有効な調査方法
 ○：有効な調査方法
 △：場合によっては用いられる調査方法

【適用】 道路土工・カルバート工指針, P.25~29, 平成22年3月, (社)日本道路協会

4.2 内空断面等の設定

4.2.1 内空断面

(1) 道路用

- ・ ボックスカルバートの断面は、在来通路の幅員、交通量、水路の有無、舗装厚、将来計画等により検討するものとし、ボックス内に水路が必要な場合は、車道幅員に含めないほうが望ましい。
- ・ 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。
- ・ 「道路構造令」に準じて必要な視距を確保する。
- ・ 内空は照明、通信等の添架物や上下水道等の埋設管及び建築限界等の必要な空間を確保することが必要であるが、やむを得ない場合は道路管理者と協議のうえ通行制限等により対応することができる。
- ・ 都市部において、カルバート内部の路面が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。
- ・ 農道等の場合は通行車両の車種、利用状況及び将来の利用形態を考慮し内空断面を決定するものとする。
- ・ 自転車、歩行者専用のボックスカルバートは、**第6編 交通安全 3. 立体横断施設**による。

(2) 水路用

- ・ ボックスカルバートの通水断面は、設計流量を安全に通水させるに必要な断面であることとし、一般の水路においては勾配、底面の高さ及び幅について土砂の堆積や浸食防止のため、なるべく既設の水路と一致させるのが原則である。
- ・ 内空高さは、カルバートの設置地点、種類、形状寸法及び河川または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に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、「道路土工・カルバート工指針 3-3-2 道路横断排水カルバートの計画上の留意点」を参考に、「道路土工要綱（平成21年6月、(社)日本道路協会） 共通編 第2章排水」もしくは水路管理者の定めた設計算法によって算出するものとする。
- ・ カルバートの内空高さは、通常の土砂堆積による通水断面の縮小を考慮して、設計流量から求められた水深に対して30%の余裕を考慮するか、または、設計流量に30%の余裕を考慮して計算した水深とするか、いずれかにより設定するものとする。また、豪雨の際に、大量に土砂及び流木などが流入するおそれがある場合には、通常の土砂堆積による余裕量にさらに20%の余裕を加えるものとする。さらに、沢、溪流等において土石流が発生する危険性が高い場合、「道路土工・切土工・斜面安定工指針（平成21年6月、(社)日本道路協会） 第12章土石流対策」に基づき、土石流対策工を含めて検討を行うものとする。

① 水深に余裕を考慮する場合

$$D = (1 + a_1 + a_2) \cdot h$$

D：内空高さ

h：設計流量 Q から求められた水深

a₁：通常の土砂堆積による通水断面の縮小を考慮する余裕（＝30%）

a₂：豪雨の際に大量の土砂・流木等が流入するおそれのある場合に考慮する余裕（＝20%）

② 流量に余裕を考慮する場合

$$Q_1 = (1 + a_1 + a_2) \cdot Q$$

Q：設計流量

Q₁：内空高さ算出上の流量

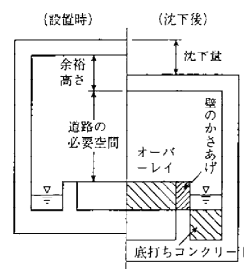
a₁：通常の土砂堆積による通水断面の縮小を考慮する余裕（＝30%）

a₂：豪雨の際に大量の土砂・流木等が流入するおそれのある場合に考慮する余裕（＝20%）

- ・ 河川に設置するカルバートの内空高さは、**4.2.5 河川に設置するボックスカルバート**に基づき、所定の余裕高を確保するものとする。
- ・ 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以上の内空高を有することが望ましい。延長が短いことなどから人が入る必要の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

軟弱地盤上にカルバートを構築する場合、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、構築後の沈下に対処できるよう上げ越しや内空断面に余裕をとることが望ましい。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（昭和61年11月、（社）日本道路協会）」を参考にするものとする。



【適用】道路土工・カルバート工指針，P. 32，平成 22 年 3 月，（社）日本道路協会

図 4.1 内空断面の余裕確保による沈下対策

【参考】道路土工・カルバート工指針，P. 30～32，P. 42～P. 47，P. 328～347，平成 22 年 3 月，（社）日本道路協会

4.2.2 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車道下で 50cm 以上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、舗装及びカルバートに対する影響について検討を行う。

【適用】道路土工・カルバート工指針，P. 32，33，平成 22 年 3 月，（社）日本道路協会

4.2.3 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）なるように形状及び交差位置を選定する。
- ・ 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。
- ・ 水路用カルバートの場合は、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。
- ・ 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。

【適用】道路土工・カルバート工指針，P. 33，平成 22 年 3 月，（社）日本道路協会

4.2.4 縦断勾配

- ・ カルバートの縦断勾配は、カルバート上部の安定及びコンクリート打設時の施工性を考慮して、10%程度以内にするのが望ましい。
- ・ 道路用カルバートにおいて、「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。
- ・ 水路用カルバートにおいて、維持管理上安全で、かつ多量の土砂堆積を生じないような勾配を有することが望ましい。また、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。

【参考】道路土工・カルバート工指針, P.33, 34, 平成22年3月, (社)日本道路協会

4.2.5 河川に設置するボックスカルバート

道路等が河川を渡河する場合、小規模河川であっても「河川管理施設等構造令」により橋梁構造としているケースが一般的であった。平成14年1月に「鉄道・道路等が河川を渡河するために設置する函渠（樋門・樋管を除く）の構造上の基準」の通達を受け条件整理がされたことから、河川にボックスカルバートを設置する場合は、これに準拠して計画するものとする。

計画における留意事項を以下に示す。

- ・ 函渠は、計画高水位（高潮区間にあつては、計画高潮位）以下の水位の流水の作用に対して安全な構造とし、「河川管理施設等構造令」第65条に基づき、必要に応じて護床工や護岸等を設置するものとする。
- ・ 函渠の設置にあたって、流木による堰上げ等の影響を考慮し、原則一径間の構造とするものとする。
- ・ 管理用通路については、「河川管理施設等構造令」第66条に定める管理用通路の規定に準拠するものとする。
- ・ 河床の変動が大きい河道又は河床が低下傾向にある河道、狭窄部・水衝部・支派川の分合流部、基礎地盤が軟弱な箇所、堤防又は基礎地盤に漏水の恐れがある箇所においては、原則として函渠を設置してはならない。
- ・ 函渠の底版上面は、河床の表面から原則として深さ2m以上の部分に設けるものとする。ただし、計画高水流量100m³/s未満の小河川にあつては、「河川管理施設等構造令」第76条に基づき「2m」を「1m」と読み替えて適用してもよい。また、河床の変動が極めて小さいと認められる等、河川の状況によりやむを得ないと認められるときは、現地河床の地質条件等を十分調査して、適切に設定することができるものとする。
- ・ 函渠の側壁の内面は、原則として河岸又は堤防の法線に対して平行に接続するものとし、表法肩より表の部分に設けてはならない。
- ・ 函渠の頂版の下面の高さは、「河川管理施設等構造令」第64条の規定（桁下高等）と同様に取り扱うものとする。

4.3 構造形式の選定

4.3.1 各構造形式の特徴と一般的使用方法

(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か月の施工期間が必要になるが、任意の断面形状で施工でき、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。

(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長がある。現場で工場製品を敷設、連結する方法には、継手部の凹凸を利用して接合する方法や、P C鋼材または効力ボルト等で連結する方法があり、設置条件に適した方法を用いる。また、現地の条件や用途に応じた種類及び規格を適切に選定して用いる必要があるため、適用条件と現地条件の相違を確認し、必要に応じて照査を行う必要がある。

場所打ちとプレキャストの使い分けについては、**4.3 構造形式の選定 4.3.2 場所打ちボックスカルバートとプレキャストボックスカルバートの使い分け**を参考にするとよい。

(3) 門型カルバート

門型カルバートは、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を生じさせないこと、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、場所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ため、現場条件に合わせて選定する必要がある。場所打ちアーチカルバートは、プレキャスト製品で対応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。

【参考】道路土工・カルバート工指針, P.35, 36, 平成22年3月, (社)日本道路協会

4.3.2 場所打ちボックスカルバートとプレキャストボックスカルバートの使い分け

- ・ 内空断面2.0m×2.0m以下はプレキャスト製品の採用を基本とする。内空断面2.0m×2.0mをこえるものについては経済性を検討の上、場所打ちとプレキャスト製品の採用を決定するものとする。
- ・ 現道拡幅工事、市街地工事及び農業用水路の付替え等、工期の短縮を図る必要のある工事についてはプレキャスト製品を使用してもよい。
- ・ プレキャスト製品の選定場所はできるだけ不等沈下がなく、斜角の大きい場所とし、特にウイングの必要となる場所、また山岳地等傾斜の大きい場所は場所打ちボックスカルバートを採用することが望ましい。

4.4 基礎地盤対策の選定

4.4.1 基礎形式の選定

- ・ カルバートの基礎は直接基礎とすることが望ましい。
- ・ 水路カルバート等で機能上から沈下が許されない場合や軟弱地盤で残留沈下等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、やむをえず杭基礎のような大きな沈下を許容しない構造を用いた場合には、周辺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検討し、対策を講じておく必要がある。
- ・ 杭基礎とした場合、従来型カルバートの適用外となることに留意し、設計方法について事業課と相談するものとする。

【参考】 道路土工・カルバート工指針, P.37, 38, 平成22年3月, (社)日本道路協会

4.4.2 基礎地盤対策工法の選定

基礎地盤対策工法について、選定フローに基づき、設置箇所の地形や地盤条件、環境条件、施工条件、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。

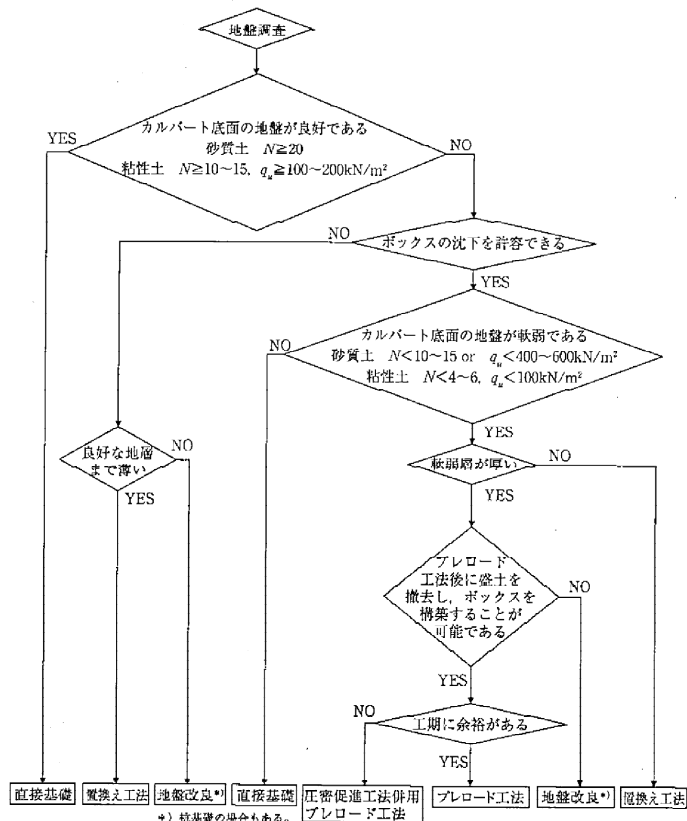
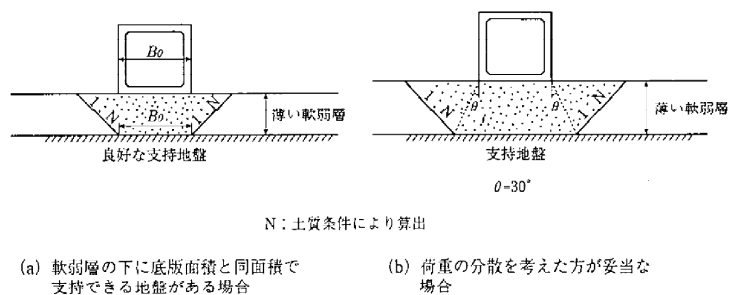


図 4.2 ボックスカルバート基礎地盤対策選定フローの例

【適用】 道路土工・カルバート工指針, P.37~39, 平成22年3月, (社)日本道路協会

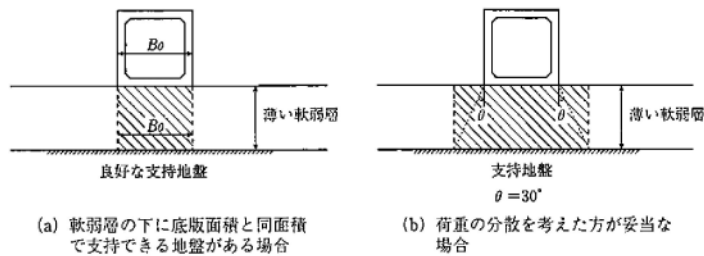
4.4.3 特殊条件下での留意事項

- ・ 軟弱地盤にカルバートを設置する場合、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。プレロード工法や上げ越しについては、「道路土工・軟弱地盤対策工指針」を参考とするものとする。
- ・ 地表近くに軟弱層がある場合は、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 4.3** または **図 4.4** を標準とする。ただし、**図 4.3** または **図 4.4** 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、置き換え材が液状化しないよう注意を払う必要がある。



【適用】道路土工・カルバート工指針, P. 40, 平成 22 年 3 月, (社) 日本道路協会

図 4.3 置換え基礎の形状

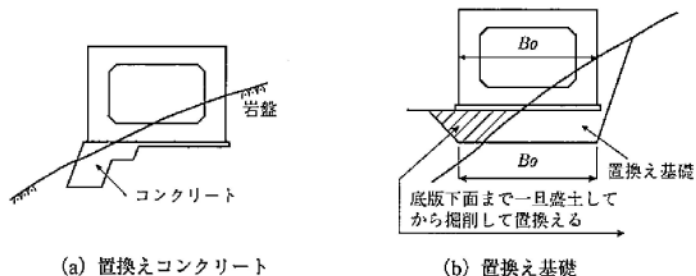


【適用】道路土工・カルバート工指針, P. 40, 平成 22 年 3 月, (社) 日本道路協会

図 4.4 改良地盤の形状

- ・ 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 4.5** 及び **図 4.6** に示すように置換えコンクリートを行うか、硬い地盤を一部かき起こ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。

・ 図4.5に示す置換えコンクリートの勾配については偏心荷重が作用しない通常のボックスカルバートである。偏心荷重が作用する特殊な場合は、置換えコンクリートの安定計算により前面勾配を決定するものとする。

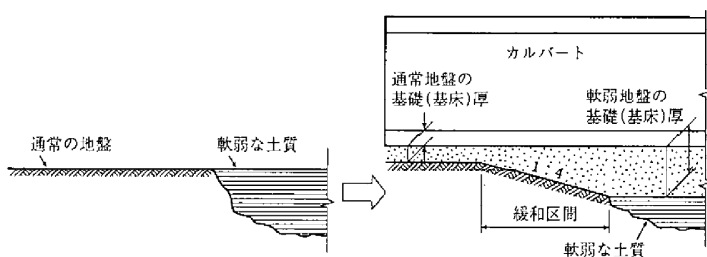


(a) 置換えコンクリート

(b) 置換え基礎

【適用】 道路土工・カルバート工指針, P. 41, 平成 22 年 3 月, (社) 日本道路協会

図 4.5 横断方向に地盤が変化している場合の対策



(a) 緩和区間を設置する場合

(b) 置換え基礎の場合

【適用】 道路土工・カルバート工指針, P. 41, 平成 22 年 3 月, (社) 日本道路協会

図 4.6 縦断方向に地盤が変化している場合の対策

【適用】 道路土工・カルバート工指針, P. 37~41, 平成 22 年 3 月, (社) 日本道路協会

5. 設計一般

5.1 設計一般は、従来型剛性ボックスカルバートに適用する。

5.1 基本方針

5.1.1 設計断面

- 剛性ボックスカルバートの設計は、横断方向（構造物軸直角方向）、縦断方向（構造物軸方向）について行う。ただし、基礎地盤が良好で、継手間隔が10～15m以下で、横断方向の主鉄筋に見合う配力鉄筋を配置した場合には、縦断方向の検討を省略してよい。
- 継手間隔を15m以上とする場合や次に示す条件に該当する場合は、縦断方向の検討を行わなければならない。
 - カルバートの縦断方向に荷重が大きく変化する場合
 - 基礎地盤が軟弱で、カルバートの縦断方向に不同沈下が生じる可能性が高い場合
 - カルバートの縦断方向に沿って地盤条件が急変する場合
- 縦断方向の検討を行う場合は、原則として地盤ばねで支持された弾性体として構造解析するものとする。
- 5.1.1 設計断面は、道路と平行に設置するカルバートにおいても適用するものとする。

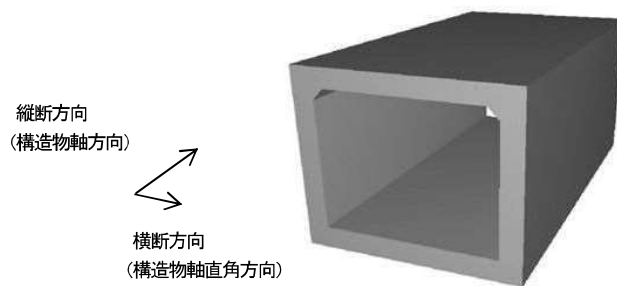


図 5.1 設計断面方向

【参考】道路土工・カルバート工指針，P.91，92，127，平成22年3月，（社）日本道路協会

5.1.2 土かぶり

- カルバート上の土かぶりが変化する場合は、以下のような考え方も含め、カルバートの規模、延長等に応じた設計を行うものとする。ただし、施工性からカルバートの部材厚は揃えておくのが望ましい。
 - 最小土かぶりの場合と最大土かぶりの場合とで、それぞれ活荷重による土圧も含めてカルバートに作用する荷重を求め、大きな値となる方を計算上の土かぶりとし、これで定まった断面を全体に用いる。
 - 継手を設ける場合で、土かぶりが極端に変化する場合は、それぞれのブロックに対する土かぶりですりごみのような検討を行い、断面設計を行う。

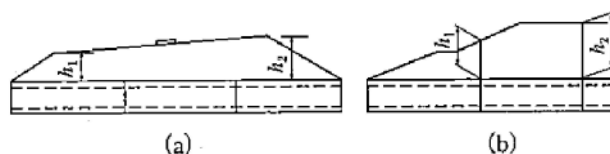


図 5.2 土かぶりの変化

【適用】道路土工・カルバート工指針，P.92，平成22年3月，（社）日本道路協会

5.1.3 照査項目

剛性ボックスカルバートの照査項目は、表 5.1 に示すとおりとする。照査は、「道路土工・カルバート工指針 第5章 剛性ボックスカルバートの設計」に基づく従来型カルバートに適用される慣用設計法により行うことを原則とする。なお、照査の前提条件として、「道路土工・カルバート工指針 第7章 施工、第8章 維持管理」に示されている施工、施工管理、維持管理行われていることとする。

表 5.1 剛性ボックスカルバートの照査項目

構成要素	照査項目	照査手法	従来型剛性ボックスカルバートの照査項目 ^{注)}			適用
			ボックスカルバート	門形カルバート	アーチカルバート	
カルバート及び基礎地盤	変形	変形照査	△	△	△	基礎地盤に問題がない場合には省略可
	安定性	安定照査・支持力照査	△	○	△	門形カルバート以外の従来型剛性ボックスカルバートで偏荷重や基礎地盤に問題ない場合には省略可
カルバートを構成する部材	強度	断面力照査	○	○	○	門形カルバート以外の従来型剛性ボックスカルバートでは地震動の作用に対する照査は省略可
継手	変位	変位照査	×	×	×	手引きに示す継手構造を採用した従来型剛性カルバートで省略可

注) ○：実施する △：条件により省略可 ×：一般に省略可

【適用】道路土工・カルバート工指針，P.93，平成22年3月，(社)日本道路協会

(1) カルバート及び基礎地盤

安定性の検討

- ・ 門型カルバートを除く剛性ボックスカルバートで、偏荷重や基礎地盤に問題ない場合は、一般的には安定性に関する検討は省略してもよい。
- ・ 門型カルバートでは、常時及び地震時の設計で考慮する荷重に対し、支持及び滑動に対して安定であることを照査する。安定性の照査を行う場合においても、従来型剛性ボックスカルバートで基礎地盤が良好な場合には、圧密沈下等による基礎地盤の沈下がカルバートに及ぼす影響は少ないため、基礎地盤の変形の照査を省略してもよい。
- ・ 斜角があり、偏土圧によってカルバートが回転移動を起こす可能性がある場合には、回転に対する照査を行う。

高盛土・軟弱地盤の場合の検討

- ・ 高盛土の場合や基礎地盤が軟弱で、沈下の影響が剛性ボックスカルバート及び上部道路路面に影響を与えると想定される場合、「道路土工・軟弱地盤対策工指針」に従い、基礎地盤の沈下に対する照査を行う。
- ・ 厚い軟弱地盤にカルバートを設置する場合は、プレロード工法により残留沈下が小さくなってからカルバートの施工を行うことを原則とするが、実施できない場合は、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のとする。プレロード工法、残留沈下量の算出方法の詳細については、「道路土工・軟弱地盤対策工指針」を参照する。
- ・ 地下水位が高い軟弱地盤で基礎地盤の置換えを行う場合には、地震時に基礎地盤の置換え砂が液状化してカルバートの過大な沈下が生じるのを防ぐために、置換え砂の安定処理や地盤改良等、置換え部に液状化が生じないような処理を施すことを原則とする。

浮上がりの検討

- ・ 地下水位以下に剛性ボックスカルバートを埋設する場合は、浮上がりに対する安定の検討を行わなければならない。
- ・ 周辺地盤に液状化の発生が予想される場合には、門型カルバート以外の従来型ボックスカルバートにおいても、液状化に伴う過剰間隙水圧を考慮して浮上がりに対する安定の検討を行うのがよい。ただし、ある程度の鉛直変位が生じ

てもカルバートや上部道路の機能に大きな影響を与えない、あるいは機能の速やかな回復が著しく困難とならないと判断される場合や、構造形式上大きな変位が生じないと判断される場合等には、地震時の浮上がりに対する検討を省略してよい。

- ・ 常時及び地震時の浮上がりに対する安定の検討をする場合は、「共同溝設計指針 5.1.12 浮力に対する検討」「共同溝設計指針 6.3 周辺地盤の液状化の判定及び対策」に準拠すればよい。なお、地震時の浮上がりに対する検討は、レベル1地震動に対して行えばよい。

(2) カルバートを構成する部材

- ・ カルバートを構成する部材の照査は、5.2 荷重に示す荷重及び荷重の組合せに対して、カルバートを構成する部材に生じる断面力が許容値以下であることを照査する。

【適用】道路土工・カルバート工指針，P.92～95，105～107，平成22年3月，(社)日本道路協会

5.1.4 地震動の作用に対する照査

- ・ 従来型剛性ボックスカルバートでは、門型カルバートを除き、地震動の作用に対する照査を省略してもよい。
- ・ 門型カルバートについてはレベル1地震動の作用に対する照査を行えば、レベル2地震動に対する照査を省略してよい。

【適用】道路土工・カルバート工指針，P.93～95，105～107，平成22年3月，(社)日本道路協会

5.2 荷重

5.2.1 設計に用いる荷重

- ・ 設計に用いる荷重は、主として死荷重、活荷重、土圧、地盤変位等、並びに必要な応じて地震の影響を適切に考慮するものとする。
- ・ 設計において考慮する荷重は、表5.2に示す荷重のうち、現地条件及び施工条件等を考慮して、最も不利となる条件により照査を行わなければならない。
- ・ 施工工法によっては、土留め材の撤去時におけるカルバートへの付加応力等があるため注意する必要がある。
- ・ 施工時に片方のみ埋め戻しを行う場合や、その他の事情により偏土圧を受ける場合には、設計にその偏荷重を考慮しなければならない。

表 5.2 剛性ボックスカルバートの設計に用いる荷重

荷重		剛性ボックスカルバート			
		ボックスカルバート	アーチカルバート	門形カルバート	
主荷重	死荷重	カルバート構成部材の重量	○	○	○
		カルバート内の水の重量	△	△	×
	活荷重	カルバート上の活荷重	○	○	○
		カルバート内の活荷重	△	△	△
		衝撃	○	○	○
	土圧	鉛直土圧	○	○	○
		水平土圧	○	○	○
		活荷重による土圧	○	○	○
	水圧	△	△	△	
	浮力	△	△	×	
コンクリートの乾燥収縮の影響	×	×	△		
従荷重	温度変化の影響	△	△	△	
	地震の影響	△	△	○	
主荷重に相当する特殊荷重	地盤変位の影響	×	×	×	

注)○：必ず考慮する荷重

△：その荷重による影響が特にある場合を除いて、一般には考慮する必要のない荷重

×：考慮する必要のない荷重

【適用】道路土工・カルバート工指針，P.95，96，平成22年3月，(社)日本道路協会

5.2.2 死荷重

カルバートの構造設計に用いる死荷重は、構造物の種類を考慮して適切に設定すること。死荷重算定に用いる単位体積重量は、次の値を用いてもよいものとし、実際の単位体積重量が明らかなものはその値を用いるものとする。

表 5.3 単位重量

材料	単位重量 (kN/m ³)
鋼・鋳鋼・鍛鋼	77.0
鉄筋コンクリート	24.5
プレストレストコンクリート	24.5
コンクリート	23.0
アスファルト舗装	22.5
コンクリート舗装	23.0

【適用】 道路土工・カルバート工指針，P.61，平成22年3月，(社)日本道路協会

5.2.3 活荷重

- ・ 剛性ボックスカルバートの設計計算において、上部道路を走行する自動車からの載荷重として活荷重を考慮するものとし、載荷に際しては衝撃を考慮するものとする。
- ・ 設計計算上、活荷重は、活荷重による土圧として考慮するものとする。
- ・ カルバートが道路と平行に設置される場合の活荷重の計算方法は、「共同溝設計指針 5.1.3 活荷重」を参照するものとし、適用にあたり **5.2.3 活荷重 (4) 道路と平行に設置するカルバートにおける留意事項**に留意するものとする。

(1) 活荷重

活荷重としては「車両制限令」を基に、後輪の影響を考慮するほか、必要に応じて前輪の影響を考慮する。また、カルバート縦断方向（上部道路横断方向）には範囲を限定せず載荷させるものとし、カルバート縦断方向単位長さ当たりの荷重は、**式 5.1**、**式 5.2**により計算してよい。

$$\begin{aligned} \text{後輪：} P_{11} \text{ (kN/m)} &= \frac{2 \times \text{輪荷重}}{\text{車両 1 組の占有幅}} \times (1+i) \\ &= \frac{2 \times 100 \text{ (kN)}}{2.75 \text{ (m)}} \times (1+i) \dots\dots\dots \text{ (式 5.1)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{前輪：} P_{12} \text{ (kN/m)} &= \frac{2 \times \text{輪荷重 (kN)}}{\text{車両 1 組の占有幅 (m)}} \times (1+i) \\ &= \frac{2 \times 25 \text{ (kN)}}{2.75 \text{ (m)}} \times (1+i) \dots\dots\dots \text{ (式 5.2)} \end{aligned}$$

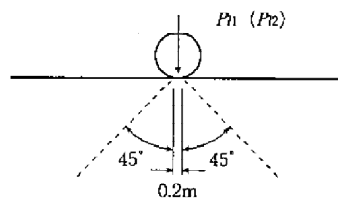
なお、この場合の衝撃係数 i は、土かぶりに応じて表 5.4 に示す値を用いてよい。

表 5.4 衝撃係数

カルバートの種類	土かぶり (h)	衝撃係数
・ボックスカルバート ・アーチカルバート ・門形カルバート ・コルゲートメタルカルバート	$h < 4\text{m}$	0.3
	$4\text{m} \leq h$	0

【参考】 道路土工・カルバート工指針, P. 63, 平成 22 年 3 月, (社)日本道路協会

また、活荷重の分布は、図 5.3 に示すように接地幅 0.2m で車両進行方向にのみ 45° で分布するものとしてよい。



【適用】 道路土工・カルバート工指針, P. 63, 平成 22 年 3 月, (社)日本道路協会

図 5.3 活荷重の分布

(2) 活荷重による鉛直土圧

土かぶり 4m 未満の場合

後輪及び前輪による鉛直荷重 P_{v11} , P_{v12} はそれぞれ式 5.3, 式 5.4 により計算する。なお、後輪の載荷位置は支間中央としてよい。

前輪の影響が無い場合は図 5.4(a) に示す鉛直荷重を、前輪の影響を考える場合は図 5.4(b) に示す後輪と前輪がカルバートにかかる部分の鉛直荷重を載荷させればよい。また、 W_3 の部分による影響は、水平荷重 ($p_h = p_{v1} \cdot k_0$) として考慮するとよい。

$$p_{v11} = \frac{P_{11} \cdot \beta}{W_1} = \frac{P_{11} \cdot \beta}{2h + 0.2} \text{ (kN/m}^2\text{)} \dots\dots\dots \text{(式 5.3)}$$

$$p_{v12} = \frac{P_{12}}{W_2} = \frac{P_{12}}{2h + 0.2} \text{ (kN/m}^2\text{)} \dots\dots\dots \text{(式 5.4)}$$

ここに P_{11} : カルバート縦断方向単位長さ当たりの後輪荷重で (式 5.1)

より求める。(kN/m)

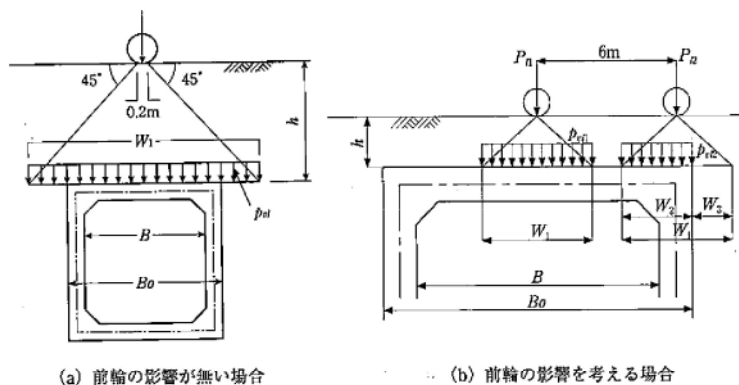
P_{12} : カルバート縦断方向単位長さ当たりの前輪荷重で (式 5.2)

より求める。(kN/m)

W_1 : 後輪荷重の分布幅 (m)

W_2 : 前輪荷重の分布幅 ($B_0/2 + h - 5.9$) (m)

β : 断面力の低減係数で 表 5.5 の値とする。



【適用】 道路土工・カルバート工指針, P. 102, 平成 22 年 3 月, (社)日本道路協会

図 5.4 活荷重

表 5.5 断面力の低減係数

	土かぶり $h \leq 1\text{m}$ かつ 内空幅 $\beta \geq 4\text{m}$ の場合	左記以外の場合
β	1.0	0.9

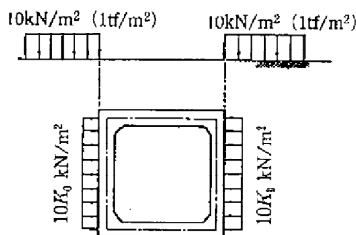
【適用】 道路土工・カルバート工指針, P. 103, 平成 22 年 3 月, (社)日本道路協会

土かぶり 4m 以上の場合

土かぶり 4m 以上の場合は、活荷重による鉛直土圧として頂版上面に一様に 10kN/m^2 の荷重を考えるものとする。

(3) 活荷重による水平土圧

カルバートに作用する活荷重による水平土圧としては、深さに関係なく $10 \cdot K_0$ (kN/m^2) をカルバートの両側面に同時に作用させるものとする。静止土圧係数 K_0 は、通常の砂質土や粘性土 ($w_L < 50\%$) に対しては 0.5 と考えてよい。

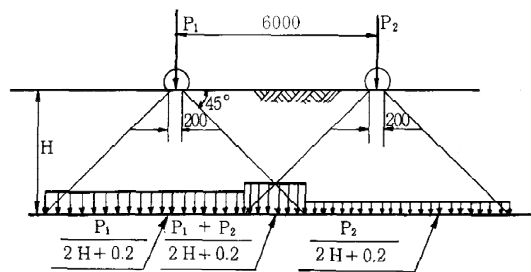


【適用】 道路土工・カルバート工指針, P. 103, 平成 22 年 3 月, (社)日本道路協会

図 5.5 活荷重による水平土圧

(4) 道路と平行に設置するカルバートにおける留意事項

- ・ カルバートが道路と平行に設置される場合、カルバート縦断方向（構造物軸方向）と車両進行方向が同一であるため、前輪の影響による荷重の重なりを考慮して横断方向（構造物軸直角方向）の単位長さ当たりの荷重を算出するものとする。また、活荷重荷幅において、カルバート横断方向には範囲を限定せずに載荷させるものとする。
- ・ 荷重の載荷方法について、カルバートと車道位置の関係を考慮して設定するものとする。また、将来車道が拡幅される場合や、駐車場への乗入れに対処する場合、自動車荷重を考慮した設計を標準とする。
- ・ 設計に用いる自動車荷重は、**5.2.3 活荷重の式 5.1、式 5.2**により単位長さ当たりの荷重を算出するものとする。なお、**5.2.3 活荷重**は道路を横断するカルバートを想定して記述しているため、適用にあたり「縦断方向」と「横断方向」を読み替えるものとする。
- ・ 衝撃係数は、**5.2.3 活荷重の表 5.4**を参照するものとする。
- ・ 前後輪間距離は、「車両制限令」及び「道路土工・カルバート工指針」より6mとするものとする。また、鉛直荷重は、土かぶり厚と前後輪間距離より、前後輪荷重の重なりを考慮して決定するものとする。



【参考】共同溝設計指針，P. 22～24，昭和61年3月，（社）日本道路協会

図 5.6 道路と平行に設置するカルバートの鉛直荷重

【参考】道路土工・カルバート工指針，P. 62～63，P. 101～103，平成22年3月，（社）日本道路協会

5.2.4 土圧

(1) 鉛直土圧

カルバート上載土の重量により、カルバート上面に作用する鉛直土圧 P_{vd} は、以下によるものとする。カルバート上部の土の単位体積重量は、**5.3.2 土の単位体積重量**に示すとおりとし、舗装部分の単位体積重量も近似的に土と同等とみなしてよいものとする。ただし、舗装のみの場合は、その単位体積重量を用いるものとする。

$$P_{vd} = \alpha \cdot \gamma \cdot h \quad (\text{kN/m}^2) \quad \dots\dots\dots \text{(式 5.5)}$$

ここに、 α ：鉛直土圧係数（土かぶり、基礎の支持条件に応じて**表 5.6**に示す）

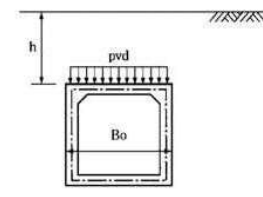
γ ：カルバート上部の土の単位体積重量（ kN/m^3 ）

h ：設計するカルバートの土かぶり（m）

（舗装表面よりカルバート上面までの距離）

表 5.6 鉛直土圧係数 α

条 件	鉛直土圧係数 α	
	次の条件のいずれかに該当する場合 ・良好な地盤上(置換え基礎も含む)に設置する直接基礎のカルバートで、土かぶりが10m以上でかつ内空高が3mを越える場合 注3) ・杭基礎等で盛土の沈下にカルバートが抵抗する場合 注1)	$h/Bo < 1$
	$1 \leq h/Bo < 2$	1.2
	$2 \leq h/Bo < 3$	1.35
	$3 \leq h/Bo < 4$	1.5
	$4 \leq h/Bo$	1.6
上記以外の場合 注2)	1.0	



注1) セメント安定処理のような剛性の高い地盤改良をカルバート外幅程度に行う場合もこれを含む。

注2) 盛土の沈下とともにカルバートが沈下する場合も含む。

注3) 良好な地盤とは、砂質地盤では $N \geq 20$ 程度とし、粘性土では $N \geq 10 \sim 15$ 程度の場合とする。

【参考】道路土工・カルバート工指針, P. 97, 98, 平成22年3月, (社)日本道路協会

(2) 水平土圧

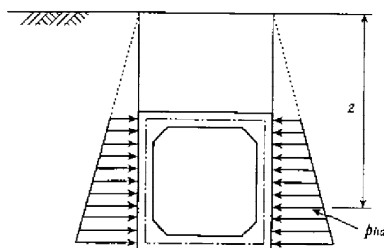
カルバート側方の土による水平土圧 p_{hd} は、式5.6によって計算する。静止土圧係数 K_0 は、土質や締固めの方法によって異なり0.4~0.7程度であるとされているが、通常の砂質土や粘性土($w_L < 50\%$)に対しては0.5と考えてよい。

$$P_{hd} = K_0 \cdot \gamma \cdot z \quad (\text{kN/m}^2) \quad \dots \dots \dots \text{ (式 5.6)}$$

ここに、 K_0 : 静止土圧係数

γ : 土の単位体積重量 (kN/m³)

z : 地表面より任意点までの深さ (m)



【適用】道路土工・カルバート工指針, P. 101, 平成22年3月, (社)日本道路協会

図 5.7 側方の土の重量による水平土圧

【適用】道路土工・カルバート工指針, P. 97~101, 平成22年3月, (社)日本道路協会

5.2.5 水圧と浮力

地下水位の高い地盤中に埋設する剛性ボックスカルバートでは、水圧及び浮力の影響を考慮するものとする。

【適用】道路土工・カルバート工指針, P. 103, 平成22年3月, (社)日本道路協会

5.2.6 温度変化及び乾燥収縮の影響

剛性ボックスカルバートでは、一般に土かぶりが50cm以上となるため、温度変化及び乾燥収縮の影響は一般に考えなくてもよい。

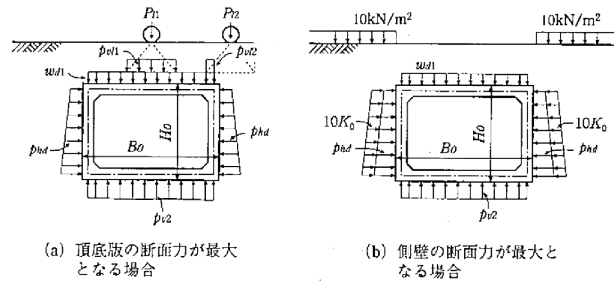
【適用】道路土工・カルバート工指針, P. 104, 平成22年3月, (社)日本道路協会

5.2.7 断面力計算に用いる荷重の組合せ

カルバートの断面力の計算に用いる荷重の組合せは、以下によってもよい。

(1) 土かぶり4m未満の場合

土かぶり4m未満の場合には、**図5.8**に示す(a)及び(b)の2通りの組合せについて計算を行う。



ここに w_{d1} : 頂版に作用する死荷重 (kN/m²)

$$w_{d1} = p_{vd} + w_{t1}$$

p_{vd} : カルバート上載土による鉛直土圧 (kN/m²)

w_{t1} : 頂版死荷重 (kN/m²)

p_{vr1}, p_{vr2} : 頂版に作用する活荷重による鉛直土圧 (kN/m²)

p_{v2} : 底版に作用する反力 (kN/m²)

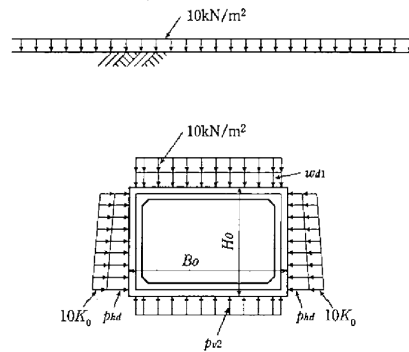
p_{hd} : カルバート側方の土による水平土圧 (kN/m²)

$10K_0$: 活荷重による水平土圧 (kN/m²)

図 5.8 土かぶり4m未満の場合の荷重の組合せ

(2) 土かぶり4m以上の場合

土かぶり4m以上の場合には、**図5.9**に示す組合せについて計算を行う。



ここに w_{d1} : 頂版に作用する死荷重 (kN/m²)

$$w_{d1} = p_{vd} + w_{t1}$$

p_{vd} : カルバート上載土による鉛直土圧 (kN/m²)

w_{t1} : 頂版死荷重 (kN/m²)

p_{v2} : 底版に作用する反力 (kN/m²)

p_{hd} : カルバート側方の土による水平土圧 (kN/m²)

$10K_0$: 活荷重による水平土圧 (kN/m²)

図 5.9 土かぶり4m以上の場合の荷重の組合せ

(3) 踏掛版を設置する場合

踏掛版を設置する場合には、踏掛版からカルバートに作用する支点反力のカルバート部材への影響を考慮して設計するものとし、支点反力及び側壁に作用する水平土圧の荷重方法は、**図 5.10** に示す(a)、(b)及び(c)の3通りについて行うとよい。

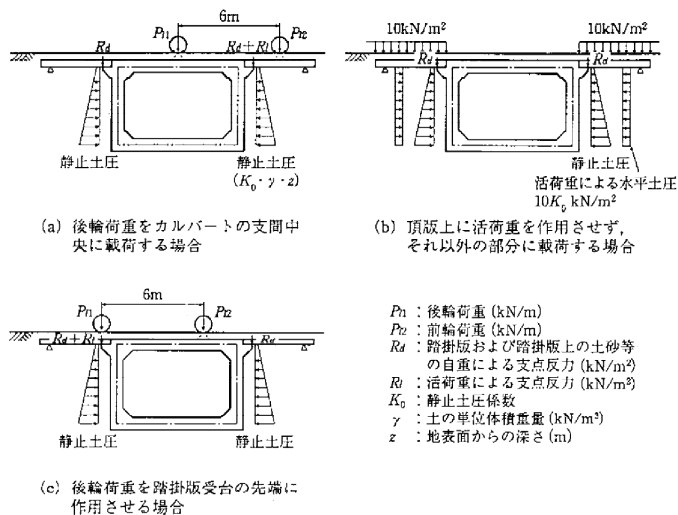


図 5.10 踏掛版からの荷重の載荷方法

【適用】 道路土工・カルバート工指針, P.111~113, 平成 22 年 3 月, (社)日本道路協会

5.3 土の設計諸定数

カルバートの設計に用いる土の設計諸定数は、原則として **4.1 調査**の土質及び地盤に関する調査で実施する土質試験及び現位置試験等の結果を総合的に判断し、施工条件等も十分に考慮して設定するものとする。

5.3.1 土の強度定数

カルバートの設計で検討する土圧や基礎地盤の支持力を算定する際の土の強度定数（粘着力 c 、せん断抵抗角 ϕ ）を求める方法を次に示す。

(1) 三軸圧縮試験

裏込め土については付き固めた試料、基礎地盤材料については乱さない試料を基に三軸圧縮試験を行い、 c 、 ϕ を求めるのが望ましい。

(2) 一軸圧縮試験

基礎地盤が粘性土の場合、一軸圧縮試験によって粘着力 c を求めてもよい。

$$c = \frac{1}{2} q_u \dots\dots\dots \text{(式 5.7)}$$

ここに c : 粘着力 (kN/m²)

q_u : 一軸圧縮強さ (kN/m²)

(3) N値による推定

標準貫入試験によるN値から**式 5.8~式 5.11**により経験的に推定した値を用いてもよい。

粘性土の粘着力 c

$$c = 6N \sim 10N \text{ (kN/m}^2\text{)} \dots\dots\dots \text{(式 5.8)}$$

砂質土のせん断抵抗角 ϕ

$$\phi = 4.8 \log N_1 + 21 \quad \text{ただし、} N > 5 \quad \log \text{は自然対数} \dots\dots\dots \text{(式 5.9)}$$

$$N_1 = \frac{170N}{\sigma'_v + 70} \dots\dots\dots \text{(式 5.10)}$$

$$\sigma'_v = \gamma_{t1} h_w + \gamma'_{t2} (x - h_w) \dots\dots\dots \text{(式 5.11)}$$

ここに c : 粘着力 (kN/m²)

ϕ : せん断抵抗角 (°)

σ'_v : 有効上載圧 (kN/m²) で、標準貫入試験を実施した地点の値

N_1 : 有効上載圧10.0kN/m²相当に換算したN値。ただし、原位置の σ'_v が $\sigma'_v < 50\text{kN/m}^2$ である場合には、 $\sigma'_v = 50\text{kN/m}^2$ として算出する。

N : 標準貫入試験から得られるN値

γ_{t1} : 地下水位面より浅い位置での土の単位体積重量 (kN/m³)

γ'_{t2} : 地下水位面より深い位置での土の単位体積重量 (kN/m³)

x : 地表面からの深さ (m)

h_w : 地下水位の深さ (m)

(4) 土質分類による推定

裏込め土について、土質試験を行うことが困難な場合は、経験的に推定した表5.7の値を用いてもよい。

表 5.7 裏込め土のせん断強さ定数

裏込め土の種類	せん断抵抗角 (ϕ)	粘着力 (c) ^{注2)}
礫質土 ^{注1)}	35°	—
砂質土	30°	—
粘土土 (ただし $w_L < 50\%$)	25°	—

注1) 細粒分が少ない砂は礫質土の値を用いてもよい。

注2) 土質定数をこの表5.7から推定する場合、粘着力cを無視する。

【適用】 道路土工・カルバート工指針, P. 70~73, 平成22年3月, (社)日本道路協会

5.3.2 土の単位体積重量

土圧の計算に用いる土の単位体積重量 γ (kN/m³) は、裏込め・埋戻し土、盛土に使用する土質試料を用いて求めるものとするが、土質試験を行うことが困難な場合は、表5.8の値を用いてもよい。

表 5.8 土の単位体積重量 (kN/m³)

地盤	裏込め土の種類	緩いもの	密なもの
自然地盤	砂及び砂礫	18	20
	砂質土	17	19
	粘性土	14	18
盛土	砂及び砂礫	20	
	砂質土	19	
	粘性土	18	

注) 地下水位以下にある土の単位体積は、それぞれ表5.8の値から9kN/m³を差し引いた値としてよい。

【適用】 道路土工・カルバート工指針, P. 73, 平成22年3月, (社)日本道路協会

5.3.3 地盤の支持力

カルバートの支持力の検討を行う場合は、表5.9に示す許容鉛直支持力度を使用してもよい。なお、この値は常時のものであり、地震時にはこの1.5倍の値としてよい。

表 5.9 支持地盤の種類と許容支持力度 (常時値)

支持地盤の種類		許容鉛直支持力度 q_a (kN/m ²)	目安とする値	
			一軸圧縮強度 q_a (kN/m ²)	N値
岩盤	亀裂の少ない均一な硬岩	1000	10000以上	—
	亀裂の多い硬岩	600	10000以上	—
	軟岩・土丹	300	1000以上	—
礫層	密なもの	600	—	—
	密でないもの	300	—	—
砂質地盤	密なもの	300	—	30~50
	中位なもの	200	—	20~30
粘性土地盤	非常に堅いもの	200	200~400	15~30
	堅いもの	100	100~200	10~15

【適用】 道路土工・カルバート工指針, P. 74~75, 平成22年3月, (社)日本道路協会

5.3.4 基礎底面と地盤との間の摩擦角 ϕ_B と付着力 C_B

- ・ カルバートの底版と基礎地盤の間のせん断抵抗力は、基礎底面と地盤との間の摩擦角 ϕ_B と付着力 C_B を「道路土工・カルバート工指針 4-3 土の設計定数 (4)基礎底面と地盤との間の摩擦角 ϕ_B と付着力 C_B 」に基づき設定するものとする。
- ・ 土質試験を行うことが困難な場合には、表 5.10 の値を用いてもよい。基礎底面の摩擦角 ϕ_B は、地震時と常時で同じであると考えてよい。

表 5.10 基礎底面との間の摩擦係数と付着力

せん断の条件	支持地盤の種類	摩擦係数 $\mu = \tan \phi_B$	付着力 c_B
岩または礫とコンクリート	岩盤	0.7	考慮しない
	礫層	0.6	考慮しない
土と基礎のコンクリートの間に割り 栗石又は碎石を敷く場合	砂質土	0.6	考慮しない
	粘性土	0.5	考慮しない

注) プレキャストコンクリートでは、基礎底面が岩盤であっても摩擦係数は0.6を越えないものとする。

【適用】道路土工・カルバート工指針, P.76, 平成22年3月, (社)日本道路協会

5.4 耐久性の検討

5.4.1 塩害に対する検討

(1) 塩害の影響に対する最小かぶり

- ・ 塩害の影響が懸念される地域に建設される剛性ボックスカルバートでは、十分なかぶりを確保するなどの対策を行う。
- ・ 塩害対策の考え方は、「道路橋示方書・同解説 IV下部構造編」の「6.2 塩害に対する検討」や、「道路橋示方書・同解説 IIIコンクリート橋編」の「5.2 塩害に対する検討」を参考にしてよい。なお、「道路橋示方書・同解説 IIIコンクリート橋編」の「表-5.2.1 塩害の影響による最小かぶり」に記載の数値は、死荷重の影響及びひびひ割れの進展等の懸念から、最小かぶりを70mmとしていることに留意すること。
- ・ 剛性ボックスカルバートを構成する部材のうち、直接外気に接する鉄筋コンクリート部材は、表 5.11 に示す塩害の影響度合いによる対策区分に基づき、十分なかぶりを確保したり、塗装鉄筋、コンクリート塗装、埋設型枠等を併用することにより、所要の耐久性を確保できるとみなしてよいものとする。

(2) 土中・水中部材の対応

- ・ 常に土中または水中にあり、外気に接していない部位は、気中にある部材に比べて酸素の供給が少ないため、塩分の影響は小さいと考えられることから、表 5.11 に示す対策区分Ⅲとみなしてよいものとする。

(3) 路面凍結防止剤散布地域の対応

- ・ 鉄筋コンクリート部材表面に供給される塩分には、海洋から飛来する塩分の他に、路面凍結防止剤（融雪剤）として散布されるものがある。路面凍結防止剤を使用することが予想される場合は、同等の条件下における既設構造物の損傷状況等を十分把握し、適切な対策区分を想定して必要な最小かぶりを確保する必要がある。一般には表 5.11 に示す対策区分Ⅰ相当の最小かぶりを確保するのが望ましい。

表 5.11 塩害の影響度合いと対策区分

地域区分	地域	海岸線からの距離	塩害の影響度合いと対策区分	
			対策区分	影響度合い
C	愛知県	海上部及び海岸線から20mまで	S	影響が激しい
		20mをこえて50mまで	I	影響を受ける
		50mをこえて100mまで	II	
		100mをこえて200mまで	III	

【参考】道路土工・カルバート工指針，P.117～121，平成22年3月，(社)日本道路協会

5.4.2 化学的侵食に対する検討

設置地点が温泉地域等に近接する場合には、化学的侵食に対する対策が必要となることがある。このような地域では、コンクリートの侵食の程度は、土中と気中との境界付近が最も大きく、次に土中部が大きくなる。

コンクリートが侵食して断面が減少しても必要な断面が確保できるように侵食しろを見込んでかぶりを増やしたり、コンクリート表面の防護等を行うなどの検討を行うことが望ましい。

【適用】道路土工・カルバート工指針，P.118，平成22年3月，(社)日本道路協会

5.4.3 磨耗等の作用に対する検討

水路カルバートにおいては、砂粒を含む流水、砂礫を含む波浪による磨耗等の作用を受けることがある。そのような現象が危惧される場合には、流水の速度、底面地盤の状況等の周辺環境を十分に把握したうえで、鉄筋のかぶりを増やしたり、コンクリート表面の防護等を行うことが望ましい。

【適用】道路土工・カルバート工指針，P.118，平成22年3月，(社)日本道路協会