

第6章 ボックスカルバート

1 適用基準

ボックスカルバートの設計は本章によるものとするが、記述のないものについては表1の関係図書他によるものとする。

表1 関係図書

関係図書	発行年月	発行者
道路土工—カルバート工指針	H22. 3	日本道路協会
道路土工要綱	H21. 6	日本道路協会
道路土工構造物技術基準・同解説	H29. 3	日本道路協会
道路橋示方書・同解説 IV 下部構造編	H24. 3	日本道路協会
土木構造物設計マニュアル(案) 〔土木構造物・橋梁編〕	H11. 11	全日本建設技術協会
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) 〔ボックスカルバート・擁壁編〕	H11. 11	全日本建設技術協会
PCボックスカルバート道路埋設指針	H 3. 10	国土開発技術センター
プレキャストボックスカルバート設計・施工 マニュアル(鉄筋コンクリート製・プレストレストコンクリート製)	H13. 3	全国ボックスカルバート協会
土木構造物標準設計 第1巻	H12. 9	全日本建設技術協会

(注)使用にあたっては最新版を使用するものとする。

2 カルバート一般

2-1 定義

カルバートとは、道路の下に、水路、通路など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、その力学的特性から剛性とたわみ性カルバートがある。対象とするカルバートの種類を図2-1に示す。

本章はそれらの内で主にボックスカルバートについて示すものである。

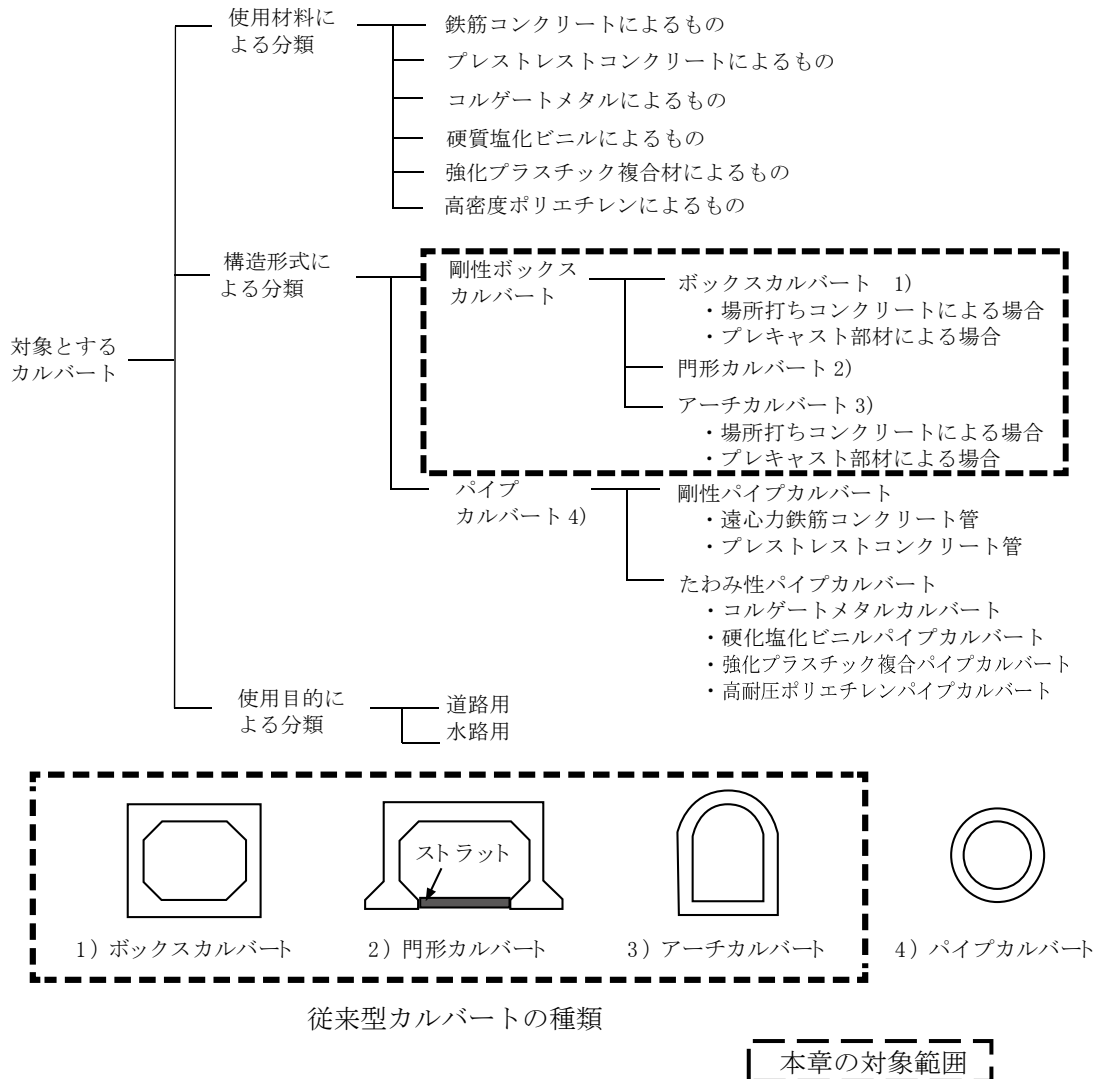


図2-1 カルバートの種類

2-2 従来型カルバート

2-2-1 従来型カルバート

従来型カルバートを図2-1に示したが、従来より多数構築されてきたカルバートについては、慣用されてきた固有の設計・施工法がある。これにより設計した場合は、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「4 設計に関する一般事項」に示す所定の性能を確保するとみなせる。

このことから、便宜上このようなカルバートを「従来型カルバート」とする。

2-2-2 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を表2-1に示す。また、(1)に示す①～⑦の条件に適合している必要がある。

カルバート工指針
(H22.3) P10

表2-1 カルバートの一般的な適用範囲

カルバートの種類		項目	適用土被り (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) 断面の大きさなどにより、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)リブ付き円形管(PRP)があるが、主として円形管(VU)が用いられる。				

本章の適用範囲

(1) 材料特性や構造特性における適用条件

- ① 裏込め・埋め戻し材料は土であること。
- ② カルバートの縦断勾配が10%程度以下であること。
- ③ 本体断面にヒンジがないこと。
- ④ 単独で設置されること
- ⑤ 直接基礎により指示されること
- ⑥ 中柱によって多連構造になっていないこと
- ⑦ 土かぶり50cm以上を確保すること。

2-3 従来型以外のカルバート等

表2-1に示す従来型カルバートの適用範囲外である場合や、①～⑦の各条件を満たしていない場合には、原則として「4 設計に関する一般事項」に従い、カルバート要求性能が満足されることを照査することとする。なお、その詳細については「道路土工—カルバート工指針」を参照すること。

ただし、適用範囲を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。

なお、従来型カルバートの適用範囲を大きく超える大規模なカルバートについては適用範囲外とする。

2-4 カルバート工の基本的な考え方

調査結果やカルバート内部空間の機能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及び基礎地盤対策を選定する。

図2-2にカルバート工に関する計画・調査・設計の流れを示す。

カルバート工の実施に当たっては、「道路土工—カルバート工指針 1-3 カルバートの概要」に述べてあるカルバート工の一般的特性、及びカルバートの生じる変状・損傷等を十分に踏まえたうえで、計画・調査・設計・施工・維持管理を適切に行わなければならない。

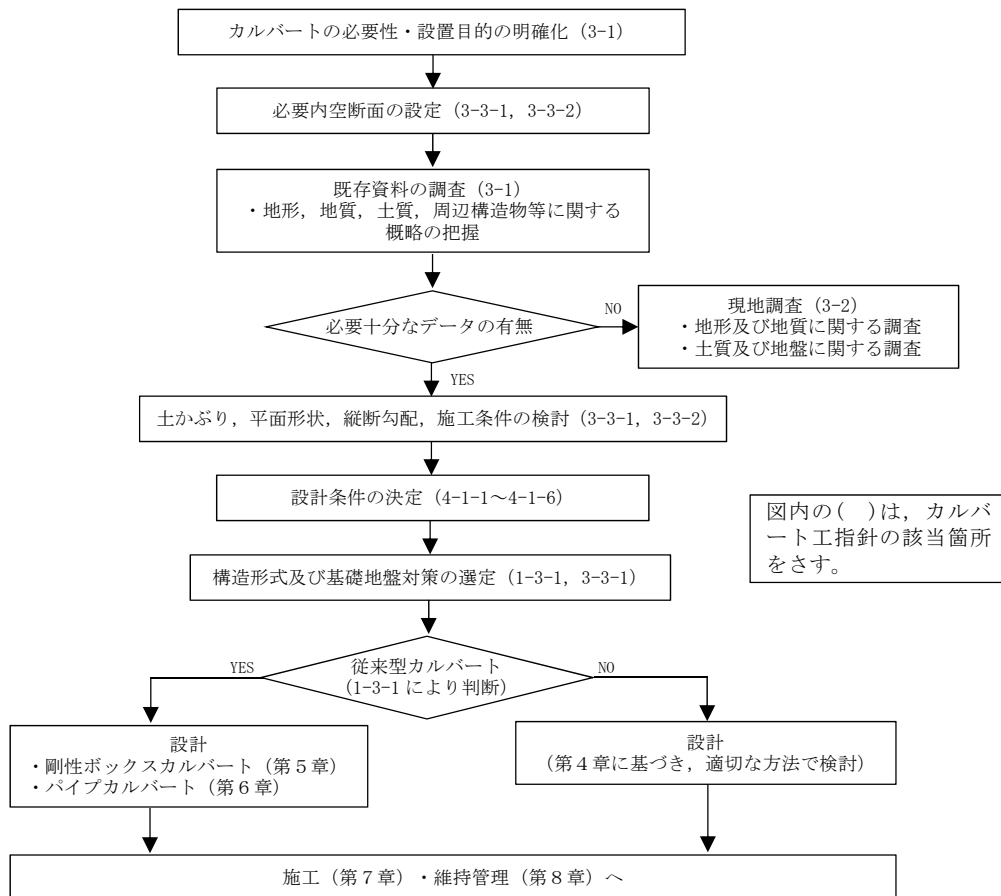


図2-2 カルバート工に関する計画・調査・設計の流れ

2-5 調査・計画

一般にカルバートは、道路の下を横断する道路、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物をいう。したがって、その計画に当たっては、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たっては、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分であると考え、道路の設計・施工に適し、かつ経済的に有利であるものを計画しなくてはならない。

したがって、カルバートの計画は、下記の事項について調査・検討を行い、それらを総合的に勘案のうえ進める。

- | | |
|---------|---------|
| ①必要内空断面 | ⑤地形及び地質 |
| ②平面形状 | ⑥周辺構造物 |
| ③縦断勾配 | ⑦施工条件 |
| ④土被り | |

2-6 構造形式の選定

剛性ボックスカルバートを選定するに当たっては、内空断面や土被りのほか、設置場所の地形・地質、迂回路や周辺構造物等の施工条件等に関する検討や工費比較などを行い、その使用目的にあった構造形式を選定する必要がある。

各構造形式の特徴と一般的な使用法は、以下のとおりである。

(1) 場所打ちボックスカルバート

現場において、鉄筋の加工・組立、コンクリートの打設・養生などを行うもので、数か月の施工期間が必要である。任意の断面形状が施工でき、土被り荷重等の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。ただし、内型枠の脱型作業を考えると、比較的断面の大きい方が有利であり、内空断面の大きさとしては1 m程度以上が望ましい。また、内空幅が大きくなる場合には、中間に隔壁を設置し二連構造とすることもある。

(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、工場で作られた製品を現場に搬入し設置するもので、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。しかし、断面が大きくなると、運搬における制約から部材を2分割、4分割など多分割化する必要がある。その場合は現場での接合方法および接合位置について検討し、組立処理などについても十分注意しなければならない。

構造的には、鉄筋コンクリート（RC）構造とポストテンション方式によるプレストレストコンクリート（PC）構造があり、規格化された製品の適用できる最大土被りは、RC構造が3 m、PC構造は6 mで、最大内空幅については、RC構造が3.5 m、PC構造が5 mとなっている。

なお、構造の選定に際しては、構造の特質、経済性などの検討を行う必要がある。

カルバート工指針
(H22.3) P30~34

カルバート工指針
(H22.3) P35

(3) 門形カルバート

門形カルバートは、底版がなく、側壁の下端にフーチングを設置した構造であり、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異なり、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、このような構造的な理由から、地震の影響を考慮する必要がある。

(4) アーチカルバート

カルバートの土被りが大きくなると、ボックスカルバートよりもアーチカルバートが一般的に経済性において有利となる。施工性においては場所打ちの場合、アーチ部分の型枠およびコンクリートの施工が難しくなるものの、施工例は数多く見られる。従来は図2-3(a)に示す構造が多く採用されてきているが、底版を薄くするために図2-3(b)の構造も近年採用されはじめている。

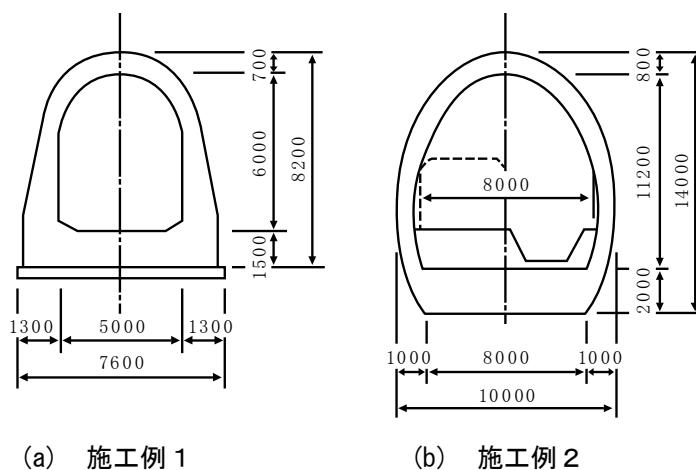


図2-3 アーチカルバートの一般的形状

アーチカルバートは、鉛直土圧と水平土圧のバランスに大きく左右される構造であることから、地盤の傾斜などによる不同沈下や、地形およ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が条件となるので、選定に当たっては、十分な検討を行わなければならない。

また、アーチカルバート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に分けられる。プレキャストアーチカルバートもプレキャストボックスカルバートと同様に断面が大きくなると、工場で上下に分割で製作され現場で組立てる構造や、ヒンジ式アーチ工法などがある。

3 基礎地盤対策の選定

カルバートの基礎地盤は、カルバートの著しい沈下等を生じないように設計する。そのために、カルバートの基礎形式は、カルバート頂部と裏込め部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には、設置箇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。図3-1に選定フローの例を示す。

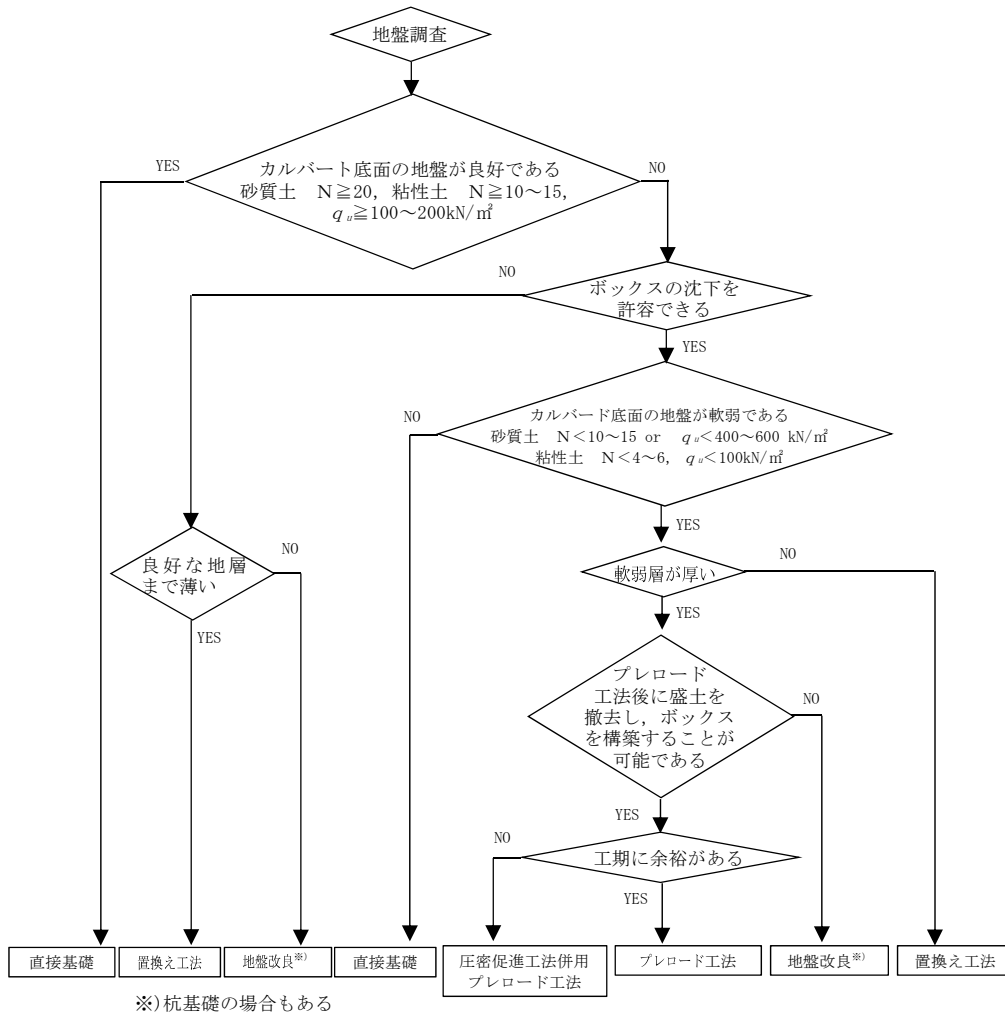


図3-1 ボックスカルバート基礎地盤対策選定フロー例

3-1 直接基礎

基礎底面の処理は図3-2を標準とする。ただし、地質が砂、砂れき、岩盤および置換え基礎の場合は、基礎材を除くものとする。

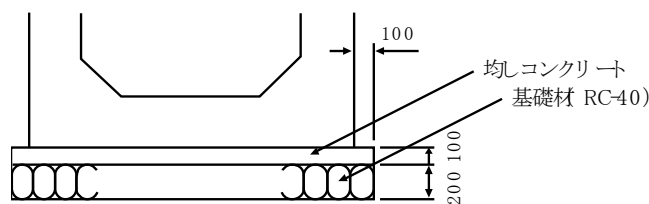


図3-2 基礎底面の処理例

3-2 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、施工時以降の沈下量に対応する。もしくは、プレロード工法などの対策を行う。

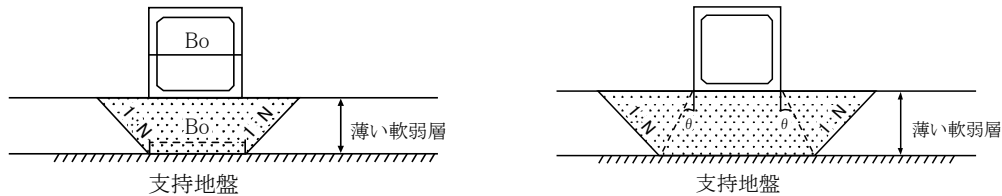
なお、その詳細については「道路土工—軟弱地盤対策工指針」を参照すること。

3-3 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3-3または図3-4を標準とする。ただし、(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。

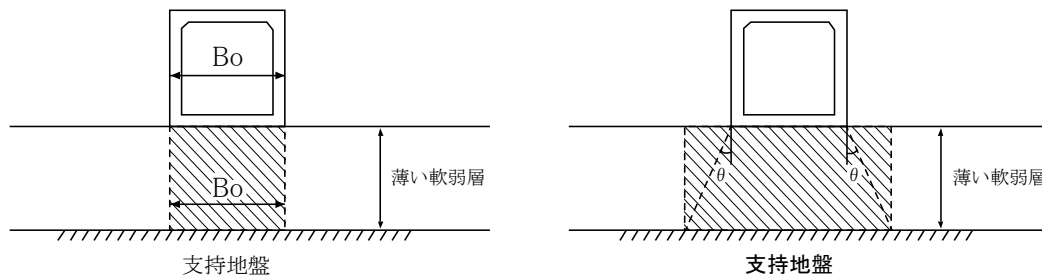
地下水位が高い場合には、周辺地盤とともに、置換え材が液状化しないよう、注意を払う必要がある。



(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3-3 置換え材の形状



(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3-4 改良地盤の形状

3-4 杭基礎

杭基礎の設計は、「道路橋示方書・同解説VI下部構造編」に準じて行う。

3-5 支持層が傾斜している場合やカルバートの縦断方向で極端に支持力の異なる地盤がある場合

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3-5**及び**図3-6**に示すように置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。

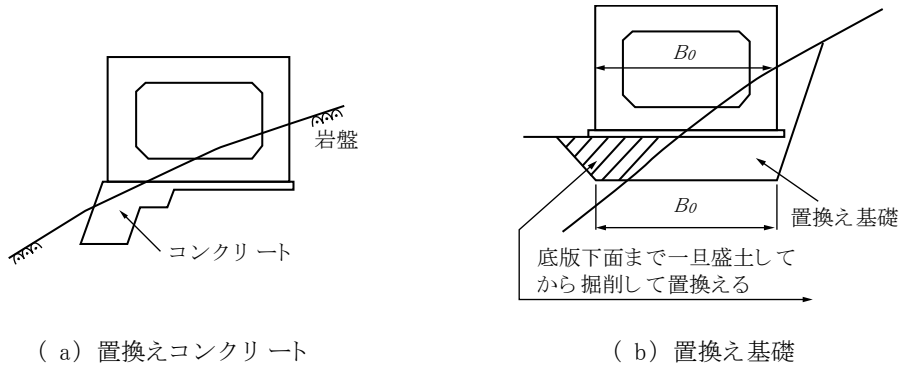


図3-5 横断方向に地盤が変化している場合の対策

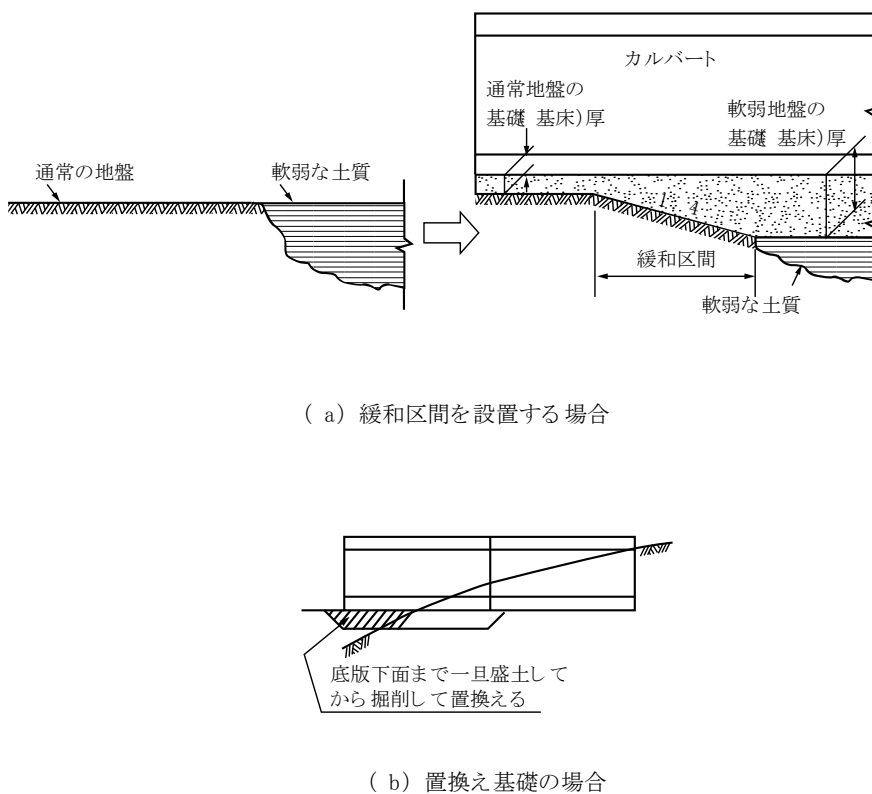


図3-6 縦断方向に地盤が変化している場合の対策

3-6 プレローディング工法（参考）

軟弱地盤上に基礎杭で支持されていないカルバートボックスの沈下，舗装面でのカルバート前後の段差など種々の支障に対処するため，構造物などによって軟弱地盤層が受ける荷重よりも大きい荷重をあらかじめ軟弱層に加えて圧密させ，構造物などの施工後に生じる沈下を減少させるとともに，基礎地盤の強度増加を図る必要がある。この工法がプレローディング工法である。

3-6-1 プレロードの高さ及び範囲

- (1) 载荷盛土の高さ (H_{pre}) は，現在迄の実績では計画高 (H) + 2.0m が一般に用いられる。
- (2) プレロード天端幅 (B) は，ボックスカルバート等では $B = B_1 + 2Z$ または最小 $B = B_1 + 20m$ 程度が望ましい。
また可能な場合には，前面に余裕幅を確保することが望ましい。

B_1 : ボックスカルバートの幅(m)

Z = 軟弱層厚 (m)

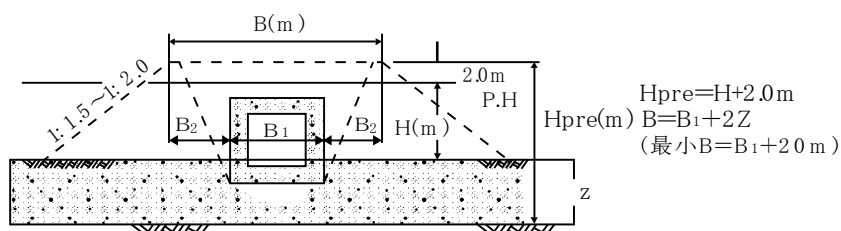


図3-7 ボックスカルバートのプレロード

3-6-2 放置期間

プレロードは，原則として载荷盛土終了後6ヶ月以上放置する。ただし，軟弱層厚が10m以上の場合などで動態観測結果から盛土を取除いてよいと判断される場合は放置期間を短くしてよい。

プレローディング工法により，カルバート等を施工する場合の作業順序及びその場合の沈下の時間的経過を，図3-8に示す。

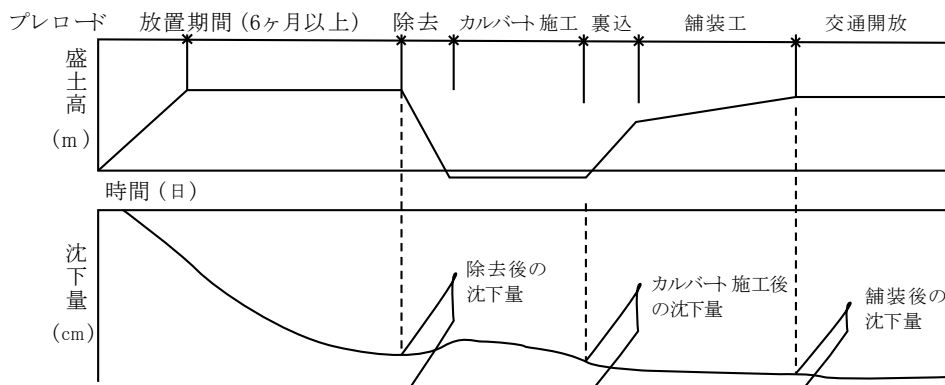


図3-8 プレロードの施工順序

4 設計に関する一般事項

4-1 設計の基本

(1) カルバートの設計は、常時の作用として、死荷重、活荷重・衝撃、土圧、水圧及び浮力等を考慮する。さらに、地震動の作用のほか、塩害の影響、酸性土壌中での腐食等の特殊な環境により耐久性に影響する作用等、カルバートの設置箇所等の諸条件によって適宜選定するものとする。

カルバート工指針
(H22.3) P50～51

地震動の作用としては、レベル1地震動及びレベル2地震動の2種類の地震動を想定する。

(2) カルバートの要求性能は、「第1編 道路設計 第2章 土工 4-3 道路土工構造物の要求性能」に示す重要度の区分に応じて、想定する作用に対して安全性、使用性、修復性の観点から設定する。さらに、要求性能の設定にあたっては、対象とするカルバートに連続又は隣接する構造物等がある場合はその要求性能や相互の構造物に及ぼす影響を考慮する。

カルバート工指針
(H22.3) P53

また、要求性能の照査は、理論的で妥当性を有する方法や実験等による検証がなされた方法、これまでの経験・実績から妥当とみなせる方法等により行う。

一般的には、カルバートの要求性能は表4-1を目安とし設定する。性能は、図4-1、図4-2にカルバートの要求性能のイメージを参考に示す。

表4-1 カルバートの要求性能

想定する作用		重要度	
		重要度1	重要度2
常時の作用		性能1	性能1
地震動の作用	レベル1地震動	性能1	性能2
	レベル2地震動	性能2	性能3

(3) これまでの経験・実績から妥当とみなせる方法として、従来型カルバートの慣用設計法等の「道路土工-カルバート工指針」に示される方法により設計を行う場合は、一般的に表4-1の性能を満たすと考えて差し支えない。

カルバート工指針
(H22.3) P54

(4) カルバートの裏込め・埋戻しには、締固めが容易で、圧縮性が小さく、透水性があり、かつ水の浸入によっても強度の低下が少ないような安定した材料を用い、十分に締固めを行うとともに、必要に応じて裏込め部に地下排水溝を設置する。

カルバート工指針
(H22.3) P78～79

また、裏込め部に流入した雨水や湧水等をカルバート内空に流入させず、速やかに排除するため、カルバート相互の一体性や継手部の止水性を確保する。

(5) カルバートの基礎地盤は、カルバートの著しい沈下等を生じないように設計する。

(6) カルバートは維持管理に配慮して、供用中の日常点検、材料の状況の調査、補修作業等が容易に行えるような構造とする。また、必要に応じて計測機器の設置の検討を行う。例えば、圧密沈下が生じるようなカルバートは、計測の容易性向上のために沈下計などを設置するなどの検討を行う。

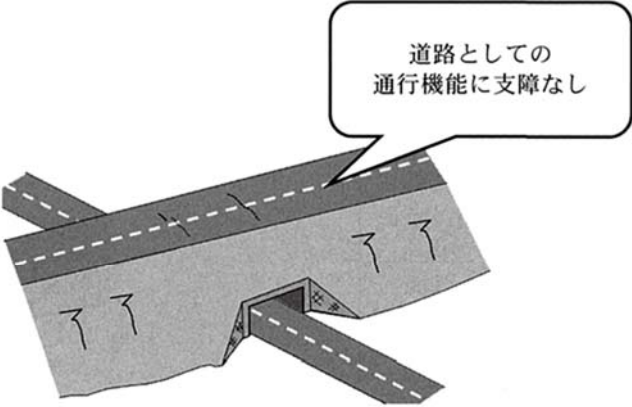
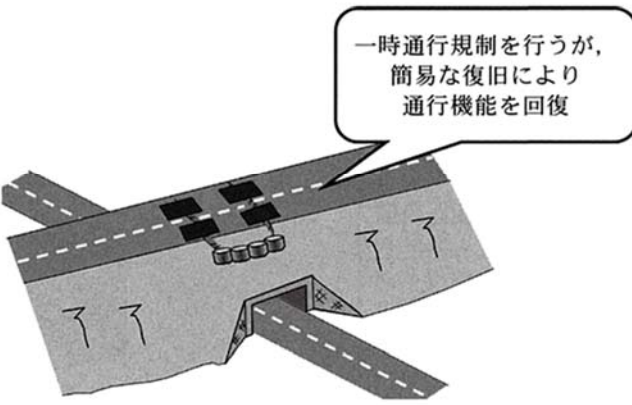
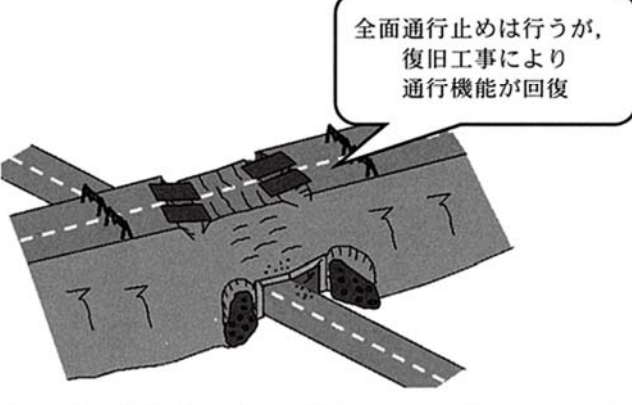
性能	損傷イメージ
<p>性能 1</p> <p><u>道路土工構造物は健全である,又は,道路土工構造物は損傷するが,当該道路土工構造物の存する区間の道路としての機能に支障を及ぼさない性能</u></p>	 <p>道路としての 通行機能に支障なし</p>
<p>性能 2</p> <p><u>道路土工構造物の損傷が限定的なものにとどまり,当該道路土工構造物の存する区間の道路の機能の一部に支障を及ぼすが,すみやかに回復できる性能</u></p>	 <p>一時通行規制を行うが, 簡易な復旧により 通行機能を回復</p>
<p>性能 3</p> <p><u>道路土工構造物の損傷が,当該道路土工構造物の存する区間の道路の機能に支障を及ぼすが,当該支障が致命的なものとならない性能</u></p>	 <p>全面通行止めは行うが, 復旧工事により 通行機能が回復</p>

図 4 - 1 カルバート（上部道路）の要求性能のイメージ

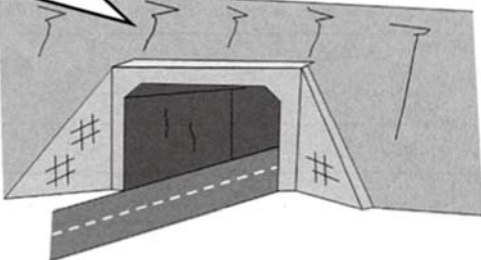
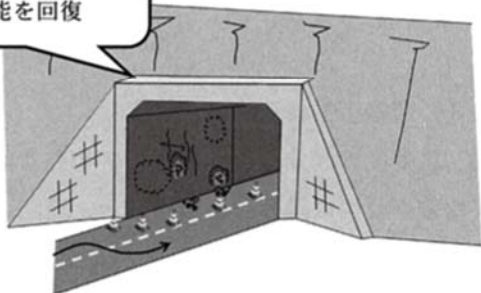
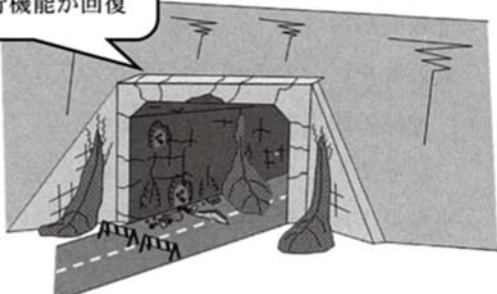
性 能	損傷イメージ
<p>性能 1</p> <p><u>道路土工構造物は健全である, 又は, 道路土工構造物は損傷するが, 当該道路土工構造物の存する区間の道路としての機能に支障を及ぼさない性能</u></p>	<p>道路としての 通行機能に支障なし</p> 
<p>性能 2</p> <p><u>道路土工構造物の損傷が限定的なものにとどまり, 当該道路土工構造物の存する区間の道路の機能の一部に支障を及ぼすが, すみやかに回復できる性能</u></p>	<p>一時通行規制を行うが, 簡易な復旧により 通行機能を回復</p> 
<p>性能 3</p> <p><u>道路土工構造物の損傷が, 当該道路土工構造物の存する区間の道路の機能に支障を及ぼすが, 当該支障が致命的なものとならない性能</u></p>	<p>全面通行止めは行うが, 支保工設置等により 道路の通行機能が回復</p> 

図 4-2 カルバート（内空道路）の要求性能のイメージ

4-2 地震動の作用に対する照査方法

地震動の作用に対する照査方法としては、大きく分けて、動的照査法と静的照査法に大別される。

カルバートのような盛土または地盤中に設けられる地中構造物では、一般に、カルバート周辺の盛土・地盤の慣性力や挙動が影響する。周辺の盛土・地盤の影響の考え方として地震時土圧を考慮する手法と盛土・地盤の変位を考慮した手法がある。

後者については、「共同溝設計指針」や「駐車場設計施工指針」に示される地盤の変位を考慮した応答変位法や近年地下構造物の耐震設計への適用事例が多い応答震度法を始めとするFEM系静的解析手法がある。

ただし、地盤定数の設定や適用条件について、十分な検討を行うことが重要である。

また、性能2、性能3に対する照査で、カルバートの塑性化を考慮する場合には、「道路橋示方書・同解説」を参考に塑性化を考慮した手法により照査を行うのがよい。

4-3 地盤の支持力

カルバートの支持力の検討を行う場合には、表4-2に示される許容鉛直支持力度を使用してよい。なお、表4-2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。

ただし、下記のようなカルバートの地盤の支持力については原位置試験等により慎重に検討を行わなければならない。

- (1) 門型カルバート等の底版を有さないカルバートで規模の大きいもの
- (2) 大規模なカルバート
- (3) 特殊な構造形式のカルバート
- (4) 特殊な施工条件となるカルバート
- (5) 重機等により供用後に比べて施工時におおきな上載荷重が加わるようなカルバート
- (6) ゆるい砂地盤上あるいは軟らかい粘性地盤上のカルバートで変位の制限が厳しいカルバート

表4-2 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 _u (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

4-4 許容応力度

4-4-1 許容応力度の割増し

温度変化の影響、地震の影響を考慮する場合の許容応力度の割増し係数を表 4-3 に示す。

カルバート工指針
(H22.3) P82

表 4-3 許容応力度の割増し係数

荷重の組合せ	割増し係数
温度変化の影響を考慮する場合	1.15
地震の影響を考慮する場合	1.50

4-4-2 コンクリートの供用応力度

鉄筋コンクリート部材におけるコンクリートの許容圧縮応力度及び許容せん断応力度は表 4-4 とする。

カルバート工指針
(H22.3) P83

表 4-4 コンクリートの許容圧縮応力度及び許容せん断応力度 (N/mm²)

コンクリートの設計基準 強度 (σ_{ck})		21	24	37	30	36	40	50
		応力度の種類						
曲げ圧縮応力度		7.0	8.0	9.0	10.0	12.0	14.0	16.0
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 τ_{a1}	0.22	0.23	0.24	0.25	0.26	0.27	0.27
	斜引張鉄筋と協働して負担する場合 τ_{a2}	1.6	1.7	1.8	1.9	2.2	2.4	2.4

コンクリートのみでせん断力を負担する場合の許容せん断応力と τ_{a1} は、次の影響を考慮して補正を行う。

① 部材断面の有効高 d の影響

表 4-5 に示す部材断面の有効高 d に関する補正係数 C_e を τ_{a1} に乗じる。

表 4-5 部材断面の有効高 d に関する補正係数 C_e

有効高 d (mm)	300 以下	1,000	3,000	5,000	10,000 以上
C_e	1.4	1.0	0.7	0.6	0.5

カルバート工指針
(H22.3) P83

② 軸方向引張鉄筋比 p_t の影響

表 4-6 に示す軸方向引張鉄筋比 p_t に関する補正係数 C_{pt} を τ_{a1} に乗じる。

ここで、 p_t は中立軸よりも引張側にある軸方向鉄筋の断面積の総和を bd で除して求める。

表 4-6 軸方向引張鉄筋比 p_t に関する補正係数 C_{pt}

軸方向引張鉄筋比 p_t (%)	0.1	0.2	0.3	0.5	1.0 以上
C_{pt}	0.7	0.9	1.0	1.2	1.5

③ 軸方向圧縮力が大きな部材の場合、式(4-1)により計算される軸方向圧縮力による補正係数 c_N を τ_{a1} に乗じる。

$$c_N = 1 + \frac{M_0}{M} \quad \text{ただし, } 1 \leq c_N \leq 2 \dots \dots \text{式(4-1)}$$

ここに,

c_N : 軸方向圧縮力による補正係数

M_0 : 軸方向圧縮力によりコンクリートの応力度が部材引張縁で零となる曲げモーメント (N・mm)

$$M_0 = \frac{N}{A} \cdot \frac{I_c}{y} \dots \dots \text{式(4-2)}$$

M: 部材断面に作用する曲げモーメント (N・mm)

N: 部材断面に作用する軸方向圧縮力 (N)

I_c : 部材断面の図心軸に関する断面二次モーメント (mm⁴)

A_c : 部材断面積 (mm²)

y: 部材断面の図心より部材引張縁までの距離 (mm)

4-4-3 鉄筋の許容応力度

鉄筋コンクリート部材及びプレストレスコンクリート部材における鉄筋の許容応力度は、直径51mm以下の鉄筋に対して表4-7の値とする。

表4-7 鉄筋の許容応力度 (N/mm²)

応力度, 部材の種類		鉄筋の種類	SD295A	SD345
		SD295B		
引張 応 力 度	荷重組合せに衝突荷重あるいは地震の影響を含まない場合	1) 一般の部材	180	180
		2) 水中あるいは地下水位以下に設ける部材	160	160
	荷重の組合せに衝突荷重あるいは地震の影響を含む場合の許容応力度の基本値		180	200
	鉄筋の重ね継手長あるいは定着長を算出する場合の許容応力度の基本値		180	200
圧縮応力度			180	200

*一般的に、カルバートの用途に合わせて下記のように設定するのがよい。ただし、周辺状況や地下水位等に応じて適切に設定すること。

- ・道路用カルバートは、一般部材とし 180 N/mm²
- ・水路用カルバートは、水中部材とし 160 N/mm²
- ・道路水路併用カルバートは、頂版は一般部材とし 180 N/mm²
側壁、底版は水中部材とし 160 N/mm²

4-5 鉄筋コンクリートの構造細目

カルバートの鉄筋コンクリート部材の構造細目の具体的な寸法、数量、方法は「道路橋示方書・同解説 IV下部構造編」に準じてよい。

また、鉄筋のかぶりは、塩害の影響を受けない地域における鉄筋の最小かぶりを鉄筋の直径以上、かつ、を表4-8に示す値以上とする。

なお、工場で製作されるプレキャストコンクリート構造については、「道示 IIIコンクリート橋編」に準じて25mmとしてよい。また、塩害の影響が想定される場合は、「第2編 橋梁設計 第2章 橋梁設計 5-1-10 PC工法の耐久性向上について」によるものとする。

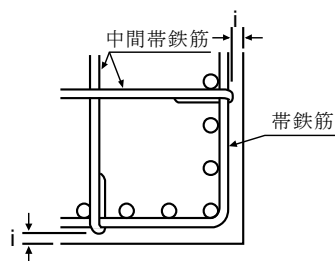
カルバート工指針
(H22.3) P122

カルバート工指針
(H22.3) P151

道示IV
(H24.3) P187

表4-8 鉄筋の最少かぶり(mm)

部材の種類 現場条件	はり	柱, 壁	フーチング
	大気中の場合	35	40
水中及び土中の場合	—	70	70



ここに、i: かぶり

図4-3 鉄筋のかぶり

4-6 配筋方法

4-6-1 配筋仕様

施工性を考慮し、以下のとおりとする。

- (1) 重ね継手長や調整できる鉄筋は原則として、定尺鉄筋(50cmピッチ)を使用する。ただし、スターラップ、組立筋、ハンチ筋はこの限りではない。また、鉄筋のフック長による調整は、鉄筋の加工作業を煩雑にさせるため行わないのがよい。
- (2) 頂版、底版および側壁の配力鉄筋は主鉄筋の外側に配置する。ただし、土留め壁との間隔が狭い場合や、鉄筋を組む前に型枠を設置する場合には、配筋の順序を考慮し、決めなければならない。

4-6-2 配筋規定

- (1) 主鉄筋の鉄筋径と配筋間隔は、表4-9の組み合わせを標準とする。なお、鉄筋本数の低減を目的とし、応力度や鉄筋の定着などに支障のない限り配筋間隔を250mmとすることが望ましい。
- (2) 主鉄筋と配力鉄筋の関係は、表4-10の組み合わせを標準とする。なお、圧縮鉄筋および配力鉄筋などの部材設計から算出できない鉄筋については、引張側主鉄筋または軸方向鉄筋の1/6以上の鉄筋量を配置する。

土木構造物設計
マニュアル(案)
ボックスカルバート編
(H11.11) P32~33

(3) 重ね継手長は以下の式により求めた値以上とする。

$$l_a = \sigma_{sa} / (4 \times \tau_{oa}) \times \phi \quad \dots \dots \text{式 (4-3)}$$

ここに、

l_a : 重ね継手長 (10mm 単位に切上げ) mm(cm)

σ_{sa} : 鉄筋の重ね継手長を算出する際の許容引張応力度 : 200 (N/mm²)

τ_{oa} : コンクリートの許容付着応力度 : 1.6 (N/mm²)

ϕ : 鉄筋の直径 mm(cm)

エポキシ樹脂塗装鉄筋を使用する場合は、「エポキシ樹脂塗装鉄筋を用いる鉄筋コンクリートの設計施工指針」(土木学会 H15. 11)を参考にするとよい。

(4) 鉄筋の定尺長は、 $L_{max}=12.0m$ とする。

(5) カルバート外周鉄筋の重ね継手は、一断面に集中(イモ継ぎ)させないように、重ねた鉄筋の端部どうしを鉄筋直径の25倍程度ずらすのが望ましい。ただし、これによって重ねた鉄筋の端部が応力レベルの高い(一般には頂版上面または底版下面からカルバート全高の1/4程度の隅角部の範囲を避ける)箇所となる場合にはその限りではない。

(6) ラーメン隅角部における鉄筋中心の曲げ半径は、鉄筋直径の10.5倍の値を10mm単位に切り上げる。

土木構造物設計
マニュアル(案)
擁壁編
(H11. 11) P25

エポキシ樹脂塗装鉄筋
を用いる鉄筋コンクリ
ートの設計施工指針
(H22. 7) P7

土木構造物設計
マニュアル(案)
ボックスカルバート編
(H11. 11) P82

土木構造物設計
マニュアル(案)
ボックスカルバート編
(H11. 11) P82

表 4-9 主鉄筋の鉄筋径と配筋間隔の組み合わせ

配筋間隔 \ 径	D13	D16	D19	D22	D25	D29	D32
	125mm				○	○	○
250mm	○	○	○	○	○	○	○

土木構造物設計
マニュアル(案)
擁壁編
(H11. 11) P42

表 4-10 主鉄筋と配力鉄筋の組み合わせ

主鉄筋 \ 配筋間隔	D13	D16	D19	D22	D25	D29	D32	D22	D25	D29	D32
	250mm							125mm			
D13ctc250mm	○	○	○	○	○	○					
D16ctc250mm							○	○	○		
D19ctc250mm										○	○

カルバート外周鉄筋の重ね継手位置を応力レベルの高い箇所とならないようにしたのは、重ね継手による鉄筋を応力レベルの高い隅角部付近で定着すると、コンクリートに鉄筋の端部からひび割れが発生する恐れがあり、それを避けることを優先したものである。

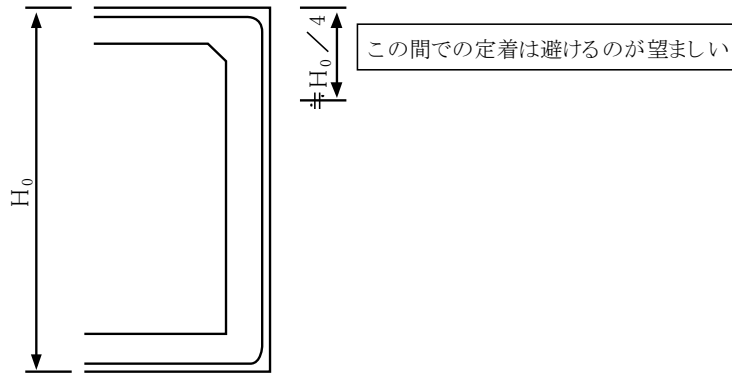


図 4-4 鉄筋定着を避ける範囲

4-6-3 ハンチの省略

下側ハンチは設けない。側壁下端と底版端部において、ハンチ無しの影響を考慮してコンクリートの曲げ圧縮応力度が許容応力度の3/4程度となる部材厚にする。

4-7 耐久性の検討

4-7-1 塩害に対する検討

表 4-11に示す地域における剛性ボックスカルバートにおいては、十分なかぶりを確保するなどの対策を行うことにより、塩害により所要の耐久性が損なわれないものとみなしてよい。

表 4-11 塩害の影響地域

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
A	沖縄県	海上部及び海岸線から 100mまで	S	影響が激しい
		100mを超えて 300mまで	I	影響を受ける
		上記以外の範囲	II	
B	図 4-5 及び表 4-12 に示す地域	海上部及び海岸線から 100mまで	S	影響が激しい
		100mを超えて 300mまで	I	影響を受ける
		300mを超えて 500mまで	II	
		500mを超えて 700mまで	III	
C	上記以外の地域	海上部及び海岸線から 20mまで	S	影響が激しい
		20mを超えて 50mまで	I	影響を受ける
		50mを超えて 100mまで	II	
		100mを超えて 200mまで	III	

土木構造物設計
マニュアル（案）
ボックスカルバート編
(H11.11) P28

カルバート工指針
(H22.3) P119~120

道示IV
(H24.3) P180

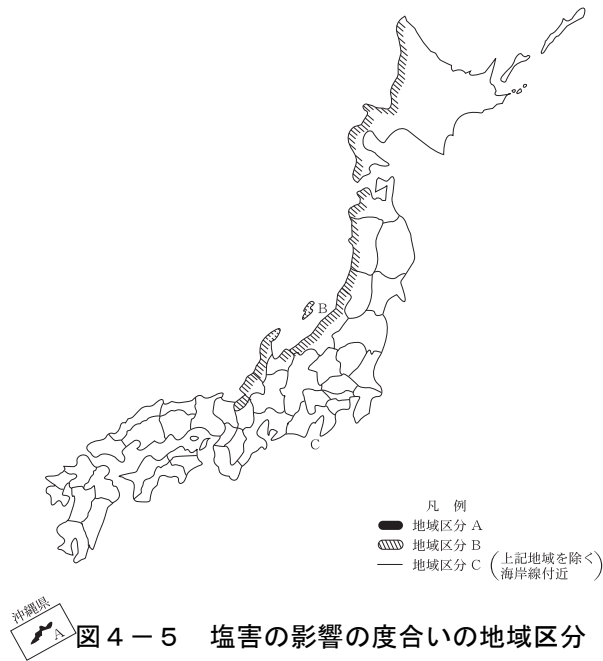


図 4-5 塩害の影響の度合いの地域区分

表 4-12 地域区分 B とする地域

北海道のうち、宗谷総合振興局の稚内市・猿払村・豊富町・礼文町・利尻町・利尻富士町・幌延町、留萌振興局、石狩振興局、後志総合振興局、檜山振興局、渡島総合振興局の松前町・八雲町（旧熊石町の地区に限る。）
 青森県のうち、今別町、外ヶ浜町（東津軽郡）、北津軽郡、西津軽郡、五所川原市（旧市浦村の地区に限る。）、むつ市（旧脇野沢村の地区に限る。）、つがる市、大間町、佐井村、秋田県、山形県、新潟市、富山県、石川県、福井県

4-7-2 塩害の影響を考慮したかぶり

十分なかぶりを確保するなどの対策の詳細は「道路橋示方書・同解説 III コンクリート橋編, IV 下部構造編」を参照すること。「道路橋示方書・同解説 IV 下部構造編」におけるかぶりの最小値を表 4-13 に示す。

表 4-13 塩害の影響による最少かぶり (mm)

塩害の影響の度合い	部材の種類	
	対策区分	はり, 柱, 壁
影響が激しい	S	90※
影響を受ける	I	90
	II	70
	III	50

※) 塗装鉄筋, コンクリート塗装等を併用

ただし, 水中又は土中にある部材のかぶりは表 4-8 による。

カルバート工指針
(H22.3) P119~121

道示 IV
(H24.3) P179

5 剛性カルバートの設計

5-1 従来型剛性ボックスカルバートの設計

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、縦断方向（構造物軸方向）について行う。ただし、基礎地盤が良好であり、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。

継手間隔が15m以上となる場合や、下記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。

- (1) カルバートの縦断方向に荷重が大きく変化する場合。
- (2) 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。
- (3) 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。

5-1-2 土かぶり

- (1) ボックスカルバートの土かぶり厚は、車道下で舗装厚以上又は50cm程度以上が得られるように当初から計画しておくことが望ましい。
- (2) カルバート上の土かぶりが増減する場合（図5-1）その差が著しく変化する以外は、大きい方の土かぶりによって決定される断面を全体に用いてよい。ただし、継手を設ける場合等連続性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整する方法としてもよい。

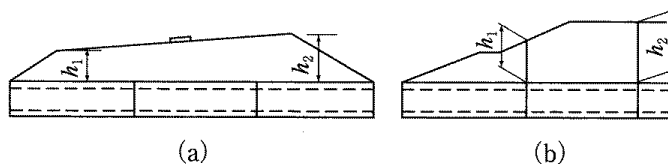


図5-1 土かぶりの変化

カルバート工指針
(H22.3) P91～92

カルバート工指針
(H22.3) P92

5-1-3 照査項目

剛性ボックスカルバートの照査項目を表5-1示す。照査の具体的な内容は、「道路土工—カルバート工指針」を参照するものとする。

カルバート工指針
(H22.3) P93

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)}			摘要
			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基礎地盤に問題が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	×	×	×	カルバート工指針に示す継手構造を採用した従来型剛性カルバートでは省略可

注) ○：実施する
△：条件により省略可
×：一般に省略可

5-2 設計に用いる荷重

剛性ボックスカルバートの設計に用いる荷重の種類を表5-2に示す。詳細については「道路土工—カルバート工指針」を参照するものとする。

カルバート工指針
(H22.3) P96

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) ○：必ず考慮する必要がある
△：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

5-3 土圧

土圧には、カルバート上載土や側方の土の重量による土圧及び活荷重による土圧がある。

(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} (図5-2) は、式(5-1)によって算出される値とする。

$$P_{vd} = \alpha \times \gamma \times h \quad (\text{kN/m}^2) \quad \dots \text{式(5-1)}$$

ここに、 P_{vd} : カルバート上載土の重量による鉛直土圧 (kN/m^2)

α : 鉛直土圧係数で表5-3による。

γ : カルバート上部の土の単位体積重量。 (kN/m^3)

h : カルバートの土かぶり (m)

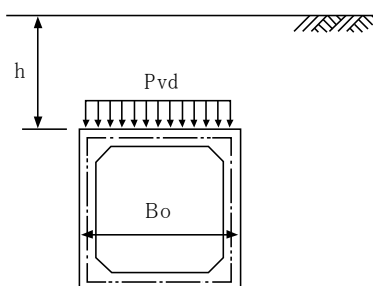


図5-2 土の重量による鉛直土圧

表5-3 鉛直土圧係数

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	$h/B_o < 1$	1.0
	$1 \leq h/B_o < 2$	1.2
	$2 \leq h/B_o < 3$	1.35
	$3 \leq h/B_o < 4$	1.5
	$4 \leq h/B_o$	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に含む。

注2) 盛土の沈下とともにカルバートが沈下する場合で軟弱地盤上に設置する場合も含む。

※地盤改良の場合、沈下を許容する場合には、 $\alpha = 1.0$ とする。

(2) 水平土圧

カルバート側方の土による水平土圧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_{hd} (図5-3) は、下式によって算出される値とする。

$$P_{hd} = K_o \times \gamma \times z \quad (\text{kN/m}^2) \quad \dots \text{式(5-2)}$$

ここに、 P_{hd} : カルバート側方の土による水平土圧 (kN/m^2)

K_o : 静止土圧係数で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。

z : 地表面より任意点までの深さ (m)

カルバート工指針
(H22.3) P97

カルバート工指針
(H22.3) P98

カルバート工指針
(H22.3) P101

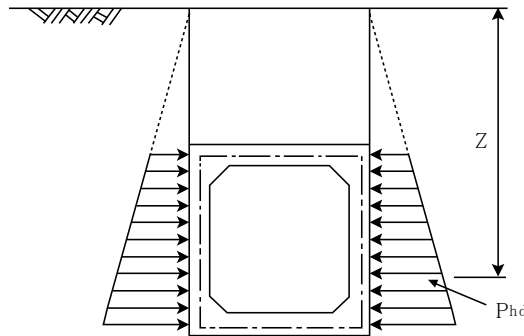


図5-3 側方の土の重量による水平土圧

5-4 活荷重

自動車はボックスカルバート縦方向（道路横断方向）には制限なく載荷させる。したがって、ボックスカルバート縦方向単位長さ当たりの荷重は、T-25 荷重の場合では次のようになる。

$$\text{後輪： } P_{e1} = \frac{2 \times \text{後輪荷重 (kN)}}{\text{車両占有面積 (m}^2\text{)}} \times (1 + \text{衝撃係数}) \dots \text{式 (5-3)}$$

$$= \frac{2 \times 100}{2.75} \times (1 + i) \text{ (kN/m)}$$

$$\text{前輪： } P_{e2} = \frac{2 \times 25}{2.75} \times (1 + i) \text{ (kN/m)} \dots \text{式 (5-4)}$$

なお、この場合の衝撃係数 i は、表5-4の値とする。

表5-4 衝撃係数 i

土かぶり (h_1)	4.0m未満	4.0m以上
衝撃係数	0.3	0

また、活荷重の分布は図5-4に示すように接地幅0.2mで支間方向にのみ45°に分布するものとする。したがって、ボックスカルバート上面に作用する活荷重による鉛直荷重 P_{v0} は次式によって計算する。

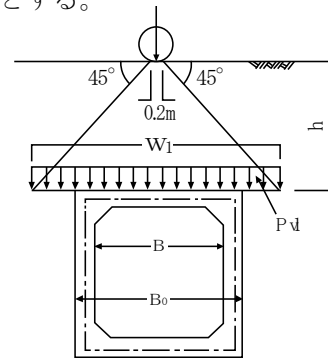


図5-4 活荷重
(前輪の影響がない場合)

(1) 土かぶり 4.0m未満の場合の活荷重による鉛直荷重

$$P_{v01} = \frac{P_{e1} \times \beta}{W_1} = \frac{P_{e1} \times \beta}{2hi + 0.2} \text{ (kN/m}^2\text{)} \dots \text{式 (5-5)}$$

ここに、 P_{v01} ：後輪荷重による鉛直荷重 (kN/m²)

W_1 ：後輪荷重の分布幅 (m)

β ：断面力の低減係数で表5-5による。

表 5-5 断面力の低減係数

	土被り $h \leq 1$ mかつ 内空幅 $B > 4$ mの場合	左記以外の場合
β	1.0	0.9

(2) 土かぶり 4.0m未満の場合の活荷重による鉛直荷重（前輪の影響を考慮する場合）

カルバート工指針
(H22.3) P101~102

この場合、後輪荷重 $P_{\ell 1}$ の載荷位置は支間中央とし、前輪荷重 $P_{\ell 2}$ による分布荷重のボックスカルバートにかかる部分を載荷する（図 5-5）。

載荷幅 W_2 は

$$W_2 = \frac{B_0}{2} + h - 5.9 \text{ (m)} \dots\dots\dots \text{式 (5-6)}$$

後輪による鉛直荷重 $P_{v\ell 2}$ は

$$P_{v\ell 2} = \frac{P_{\ell 2}}{W_2 + W_3} \text{ (k N/m}^2\text{)} \dots\dots\dots \text{式 (5-7)}$$

となる。

また、 W_3 の部分による影響は、水平荷重（ $Ph' = P_{v\ell 2} \cdot K_0$ ）として考慮する。

- ここに、 $P_{v\ell 2}$ ：前輪荷重による鉛直荷重（k N/m²）
- W_2 ：後輪荷重の分布幅（載荷部分）（m）
- W_3 ：後輪荷重の分布幅（非載荷部分）（m）

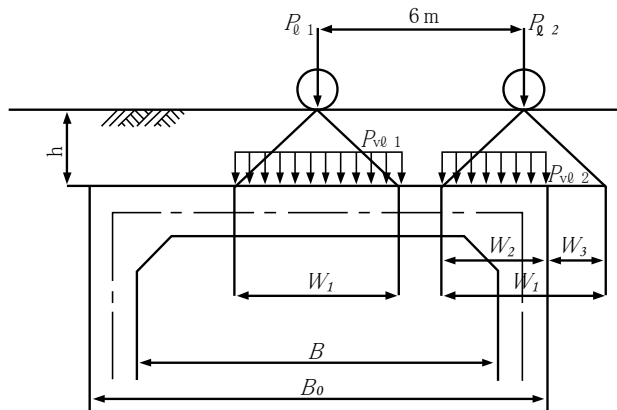


図 5-5 活荷重
(前輪の影響を考える場合)

(3) 土かぶり 4.0m以上の場合の活荷重による鉛直荷重

土かぶり 4.0m以上の場合には、鉛直方向活荷重として頂版上面に一様に 10 k N/m²の荷重を考えるものとする。

カルバート工指針
(H22.3) P103

5-5 荷重の組合せ

ボックス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。なお、以下に示す荷重の組合せは、前輪の影響を無視した場合である。

カルバート工指針
(H22.3) P111~112

(1) 土かぶり 4.0m未満の場合

土かぶり 4.0m未満の場合は、図5-6に示す(a), (b)の2通りの組合せについて計算を行い、求まった各点の曲げモーメントおよびせん断力のうち、大きな曲げモーメントおよびせん断力で断面計算を行う。

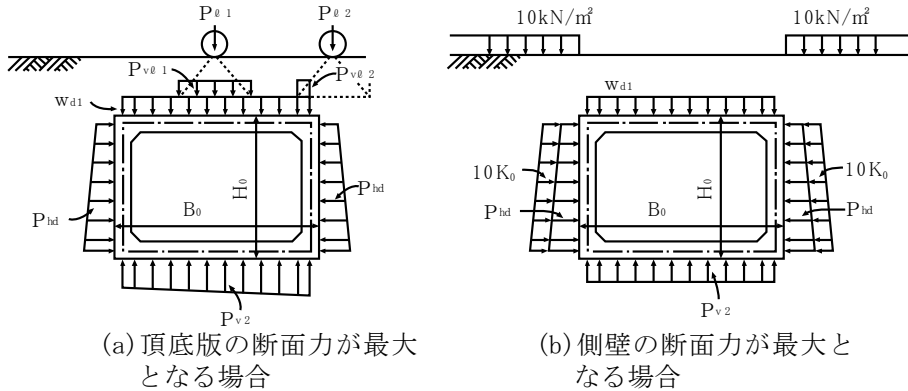


図5-6 荷重の組合せ（土かぶり 4.0m未満）

ここに、 w_{d1} ：頂版に作用する死荷重（ kN/m^2 ）

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

P_{vd} ：カルバート上載土による鉛直土圧（ kN/m^2 ）

w_{t1} ：頂版死荷重（ kN/m^2 ）

P_{v01} , P_{v02} ：頂版に作用する活荷重による鉛直土圧（ kN/m^2 ）

P_{v2} ：底盤に作用する反力（ kN/m^2 ）

P_{hd} ：カルバート側方の土による水平土圧（ kN/m^2 ）

$10K_0$ ：活荷重による水平土圧（ kN/m^2 ）

(2) 土かぶり 4.0m以上の場合

土かぶり 4.0m以上の場合には、図5-7の荷重の組合せで断面計算を行う。

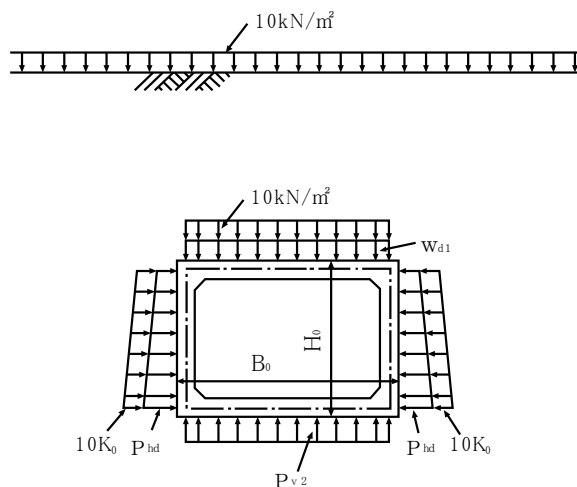


図5-7 荷重の組合せ（土かぶり 4.0m以上）

ここに、 w_{d1} ：頂版に作用する死荷重（ $k N/m^2$ ）

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

P_{vd} ：カルバート上載土による鉛直土圧（ $k N/m^2$ ）

w_{t1} ：頂版死荷重（ $k N/m^2$ ）

P_{v2} ：底盤に作用する反力（ $k N/m^2$ ）

P_{hd} ：カルバート側方の土による水平土圧（ $k N/m^2$ ）

$10K_0$ ：活荷重による水平土圧（ $k N/m^2$ ）

5-6 地震の影響

地震の影響として、次のものを考慮するものとする。

- (1) カルバートの自重に起因する地震時慣性力
- (2) 地震時土圧
- (3) 地震時の周辺地盤の変位または変形
- (4) 地盤の液状化の影響

カルバートの地震動の作用に対する照査において考慮する地震の影響の種類は地盤条件、構造条件、解析モデルに応じて適切に選定するものとする。

① カルバートの自重に起因する地震時慣性力について

慣性力は水平方向のみ考慮し、一般に鉛直方向の慣性力の影響は考慮しなくてよい。

設計水平震度の値については、地震動レベル、構造形式、カルバートの設置位置の諸条件に応じて適切に設定する。

動的解析により照査を行う場合には時刻歴で与えられる入力地震動が必要なる場合、「道路橋示方書・同解析 V耐震設計編」を参照すること。

② 地震時土圧について

地震時土圧の大きさは構造物の種類、土質条件、設計地震動のレベル、地盤の動的挙動を考慮して適切に設定するものとする。

一般には、地震時土圧は、「道路橋示方書・同解析 V耐震設計編」に示される地震時土圧を参考に設定してよい。

③ 地震時の周辺地盤の変位または変形について

地震動による作用を地震時の周辺地盤の変位または変形として与える場合には、地震動レベル、地盤条件、解析方法に応じてその影響を適切に設定する。

その詳細については、「共同溝設計指針」や「駐車場設計施工指針」等を参照すること。

④ 地盤の液状化の影響について

カルバートが地下水位以下に埋設される場合で周辺地盤が液状化する可能性がある場合には、過剰間隙水圧による浮力を考慮して浮上がりに対するカルバートの安定性を検討する。周辺地盤の液状化の可能性の判定は、「道路土工—軟弱地盤対策工指針」に従えばよい。

6 内空断面

カルバートの内空断面の決定に際しては、次の条件を満足しなければならない。

6-1 道路用カルバート

(1) 所要の建築限界以上の空間を確保すること。

舗装および排水工などを施工した後に、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、補修（オーバーレイ）等を考慮し、20cm程度余裕をとっておくこと。

(2) 埋設管などの設置空間を確保すること。

照明、通信などの添架物や上・下水道などの埋設管を設置する必要がある場合は、それらの設置空間が必要となる。

(3) 歩行者および自転車の通行を対象とする場合

① 幅員

幅員は設計歩行者数に応じ、表6の値を標準とする。自転車の通行を考慮する場合は、表6の値に0.3mを加えた値を標準とする。ただし、地形の状況その他特別の理由によりやむを得ない場合は別途考慮するものとする。

② 内空高等

地下道の内空高は路面から天井までのクリアーを言い、2.5mとする。その他各部寸法は図6-1に示す値を標準とする。

表 6

幅員 (m)	設計歩行者数 (人/分)
2.50	80 未満
3.25	80 以上 120 未満
4.00	120 " 160 "
4.75	160 " 200 "
5.50	200 " 240 "

将来の交通量を考慮した値を採用すること

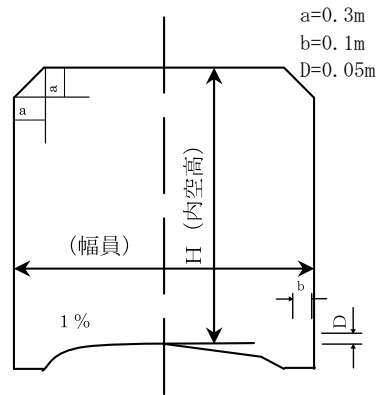


図 6-1

(4) 車両の通行を対象とする場合

「第1編 道路設計 第1章 道路設計 1-7-3 交差道路」によることとする。

6-2 水路用カルバート

(1) 計画流量を安全に通水しうる断面であること。

カルバートの計画流量は、「道路土工要綱共通編 第2章排水」または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。

(2) 内空高さは、所要の余裕高を確保すること。

内空高さは、カルバートの設置地点、種類、形状寸法および水路の性状などにより、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。また、カルバートの通水断面は、「道路土工要綱共通編 第2章排水」または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。

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。

延長が短いことなどから、人が入る必要のない場合であっても、沈泥などにより予想される断面減少分を考慮して、60 cm以上の内空高を確保するのが望ましい。

カルバート工指針
(H22.3) P31~32

6-3 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は、構築後の沈下に対処できる余裕を確保することが望ましい。

軟弱地盤にカルバートを構築する場合には、杭基礎などによりカルバートの沈下を抑えるものを除き、カルバートの沈下が生じる。

この沈下に対処するには一般に上げ越し施工が行われる。上げ越し量の設定にあたっては、十分な調査、検討を行って決定しなければならないが、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、沈下が生じてもある程度対処できるよう断面の余裕を確保するのが望ましい。図6-2に断面の余裕を確保する例を示す。

カルバート工指針
(H22.3) P32~33

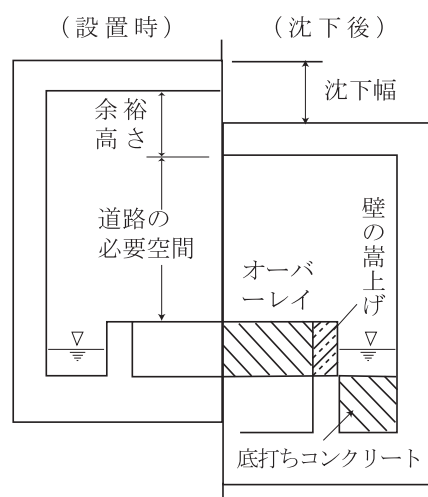


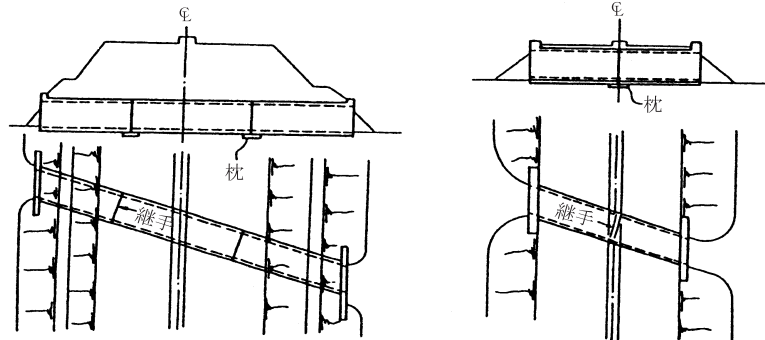
図6-2 断面の余裕確保による沈下対策

7 構造細目

7-1 継手

(1) 継手の位置

- ① 一般的な継手位置を示すと図7-1のようになる。なお、斜角のあるボックスカルバートにおける伸縮継手の方向は図7-1(a)に示すように原則として側壁に直角とする。また、土被りの小さい場合は、図7-1(b)に示すように中央分離帯の位置に設けるのがよい。
- ② 伸縮目地の間隔は10~15m程度とする。
- ③ 伸縮目地の間隔を15m以上とする場合は縦方向の検討をする。



(a) 土被りが1mを超える場合

(b) 土被りが1m以下の場合

図7-1 ボックスカルバートの継手の位置と方向

(2) 継手の構造

- ① 継手の構造は図7-2に示すようなものが用いられており、施工条件によって表7のように組合わされている。

ア カルバートが強固な地盤に支持され、沈下のない場合はI型（止水板-A）を用いる。

イ カルバートが良好な基礎の上に支持されているが、沈下が極めて小さいと予想される場合はI型（止水板-B）を用いる。

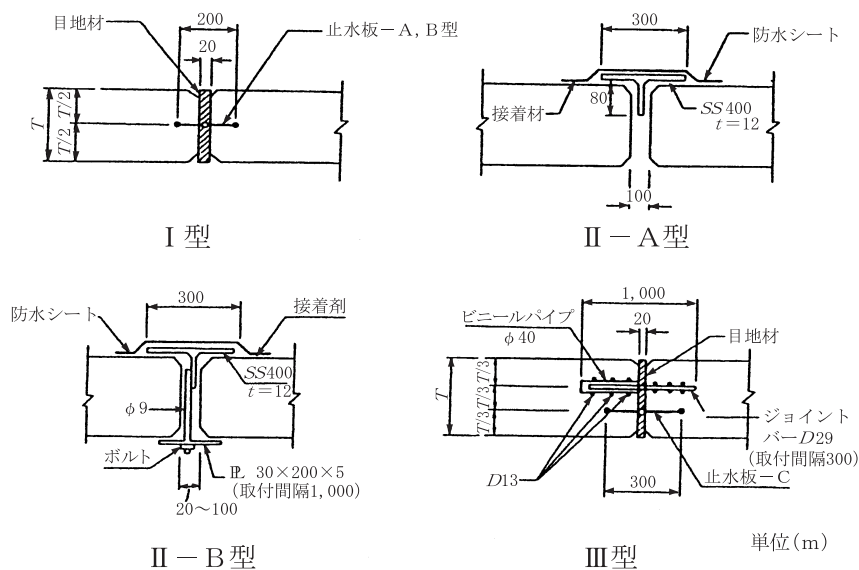


図7-2 継手の構造の例

表7 継手構造の組合せ

適用箇所	頂版	側壁	底版
通常の場合	I 型	I 型	I 型 (III 型) 注)
上げ越しを行う場合	II-A型	II-B型	III型

注) () は土被りが1 m以下の場合、また段落ち防止枕を設けない場合

② ボックスカルバートはなるべく伸縮継手間のコンクリートを1日で打設するのが望ましいが、形状寸法が大きい場合はどうしても施工目地を入れなければならない場合がある。このような場合の施工目地は図7-3を標準とする。

また、継手位置の段落ちを防止する目的で、原則として枕を設ける。ただし、底版下面が岩盤の場合や杭基礎とした場合は、段落ち防止枕は設けない。その標準を図7-4に示す。なお、枕の配筋はボックスカルバート底版の配筋量以上 (cm^2/m^2) を、軸方向、軸直角方向に等量に配筋すればよい。

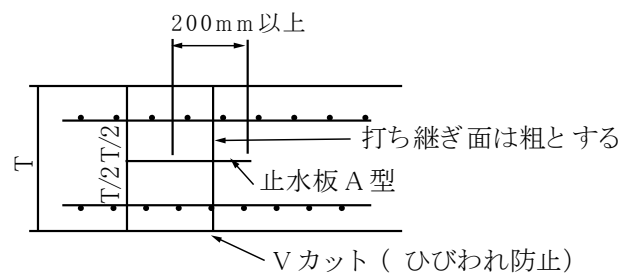
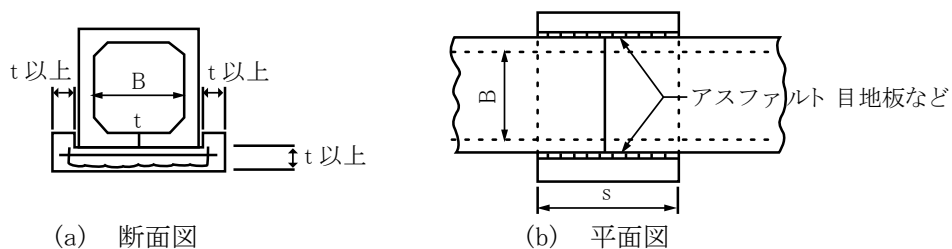
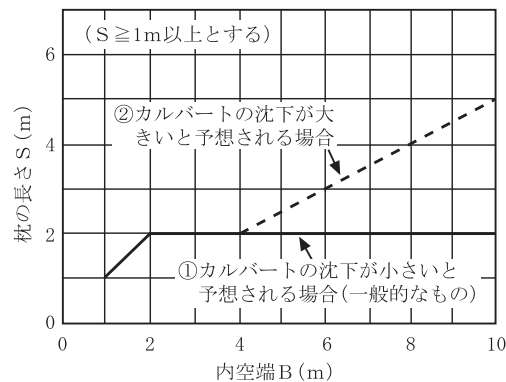


図7-3 施工目地



(a) 断面図

(b) 平面図



(c) 内空寸法と枕の長さの関係

図7-4 段落ち防止用枕

7-2 地覆およびウイング

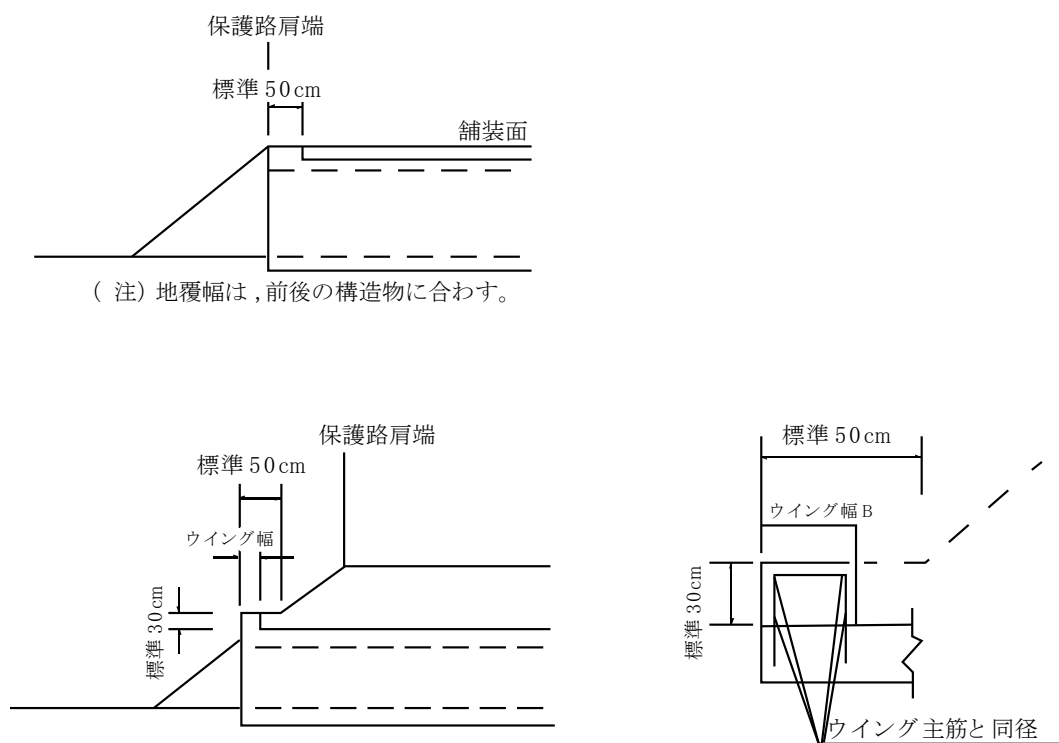
7-2-1 地覆の形状

(1) 土被りのない場合

地覆の幅は路肩構造物（防護柵等）の設置に必要な幅をとる。ただし、ウイングの厚さ以下となってはならない。また構造上地覆の高さが高くなり、設計計算上から厚さが決定される場合は、カルバート本体の頂版厚より厚くなる高さをとってはならない。

(2) 盛土の途中からカルバートが出る場合は、地覆高さの標準は30 cmとし、幅はウイングの幅と同一とするが、最低幅については50 cmを標準とする。

(3) 一般的な地覆の形状を図7-5に示す。



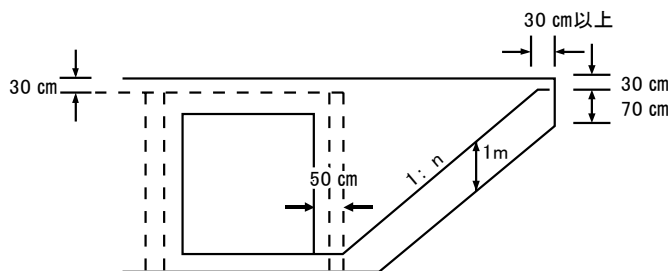
カルバート工指針
(H22.3) P135

図7-5 一般的な地覆の形状

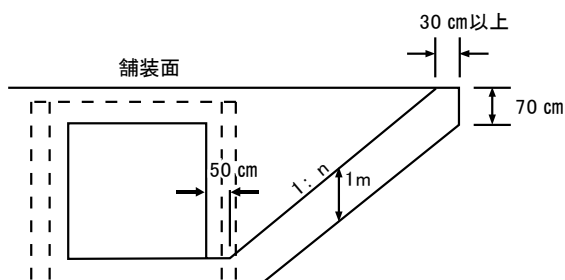
7-2-2 ウイングの形状

(1) ウイングの形状は原則として平行ウイングとする。

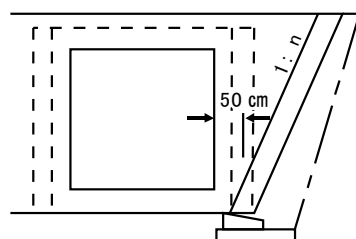
(2) ウイングの構造寸法は図7-6を標準とする。



(a) 盛土の途中から出る場合



(b) 路面とウイング天端が一致する場合



(c) 翼壁石積の場合

図 7-6 ウイングの形状寸法

7-2-3 パラレルウイングの計算

ウイングの計算方法及び図表は土木構造物標準設計第1巻を参照する。

7-2-4 ウイング配筋

(1) ウイングと躯体の取り付け部は原則として下図のように配筋する。

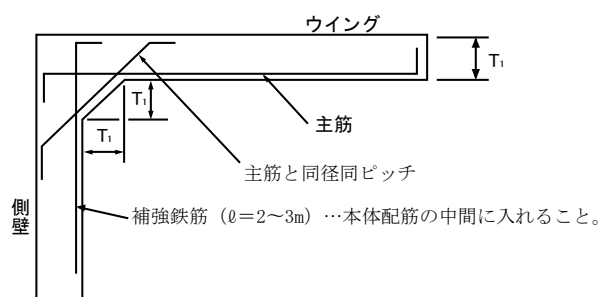


図 7-7 ウイング取り付け部の配筋

- (2) ウイングの厚さは変化させない。
- (3) ウイングの長さは、その厚さが本体側壁の厚さ以上にならないように決定する。
- (4) ウイングが長くなりボックスカルバート本体に影響を与えることが予想される場合には、ブロック積みの併用を考慮する。

7-3 止水壁

水路用ボックスカルバートの場合は、下流端に洗掘防止のための止水壁を設ける。止水壁の深さは図7-8に示す取り付け水路の護岸の根入れ h 以上を標準とする。

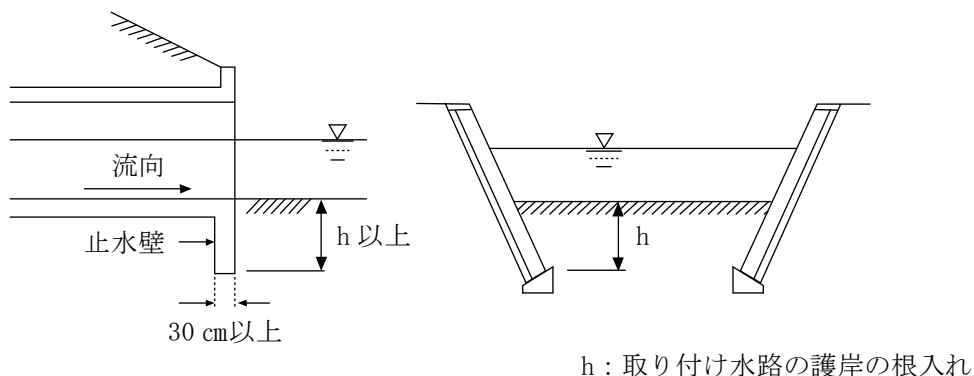


図7-8 止水壁

7-4 既設ボックスカルバート継足部の継手構造 (参考)

既設ボックスカルバート継足部の継手構造は、下図を参考に主務課と協議を行い、継ぎ手方法を決定する。

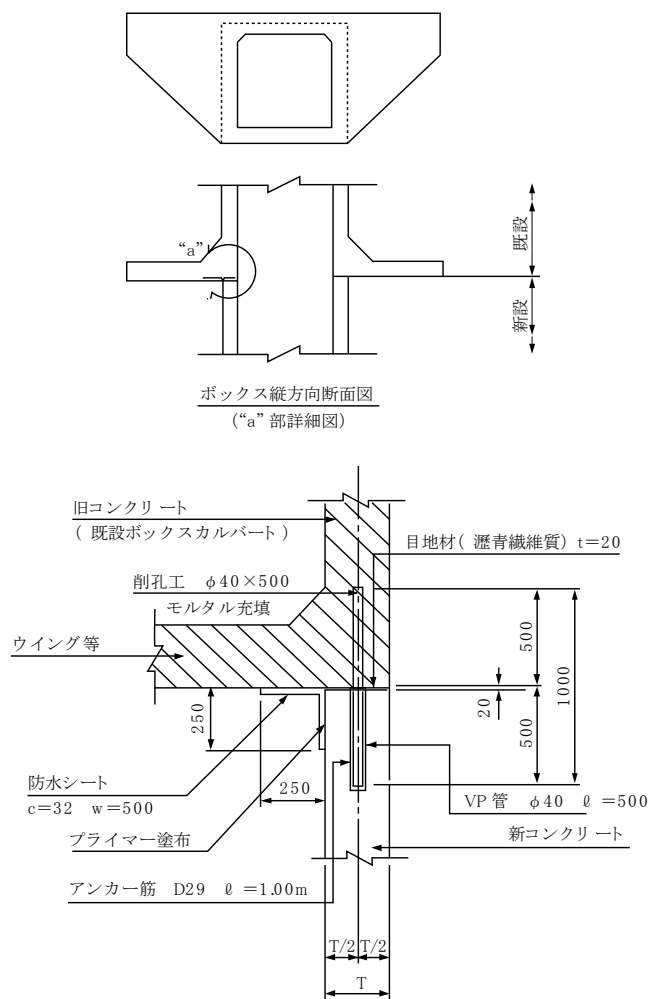


図7-9 a部詳細図 (参考)

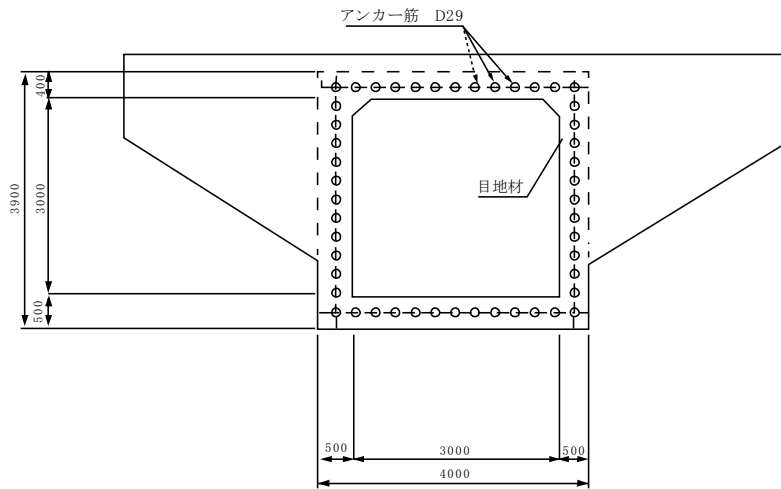


図 7-10 継目工詳細図 (参考)

7-5 軟弱地盤用段差継手

軟弱地盤上に設置するボックスカルバートで土かぶりが薄い場合には、端部ブロックがウイングの死荷重およびウイングの作用土圧により回転して、外側が大きく沈下し易い。これを防止するために側壁の継手部に段差を設けて、中央ブロックの重量が端部ブロックに加わるようにする必要がある場合がある。図 7-11 にその参考例を示す。

カルバート工指針
(H22.3) P134

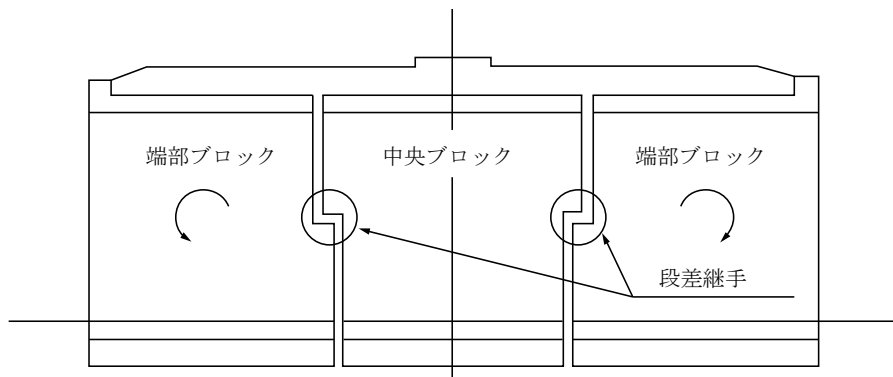


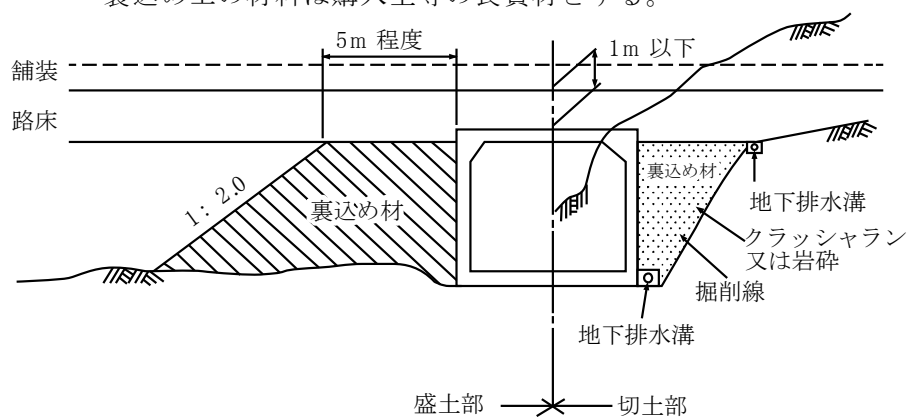
図 7-11 段差継手の例

8 背面の設計（参考）

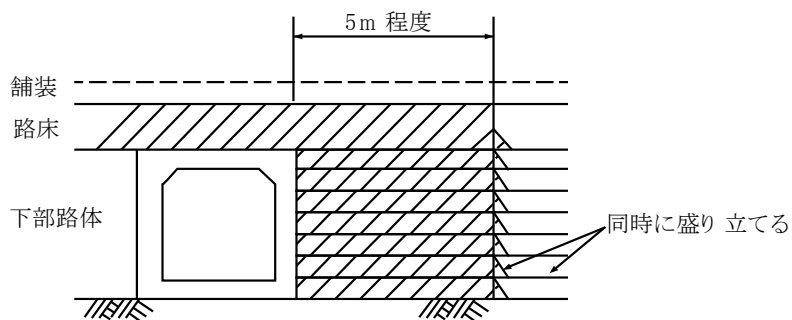
8-1 裏込め工

裏込め工の施工には盛土との同時進行，裏込めの先行，及び裏込めの後施工があるが，土被りが1m以下（路床面と頂版上面間とする）で背面の盛土の沈下により路面の不陸が考えられる場合，盛土においては，裏込め工を先行して施工するのが望ましい。ただし，裏込め工が先行できない場合は同時に立ち上げるのが良い。（図8-1）

裏込め工の材料は購入土等の良質材とする。



a 裏込め先行の場合



b 同時進行の場合

図8-1 裏込工の施工例

8-2 排水工

カルバートの裏込め部は、雨水や湧水等を速やかに排除する構造となるよう設計する。そのため、盛土における構造物の裏込め部あるいは、切土における埋戻し部には、良質の材料を使用し、十分な排水を考慮して入念な施工を行わなければならない。

盛境や沢部に設置されたカルバートでは、**図8-2**に示すように、地下排水溝等を十分に設置し、排水を行うことが望ましい。

供用後の裏込め部沈下の原因は、裏込め部の含水比上昇による場合が多い。特に、切盛境や沢部に設置されたカルバートについては、上記のように配慮することとした。

なお、この場合地下排水溝の流末について考慮すること。

また、通常、フィルターを設置は不要であるが、盛土材によってはフィルターの設置を考えること。

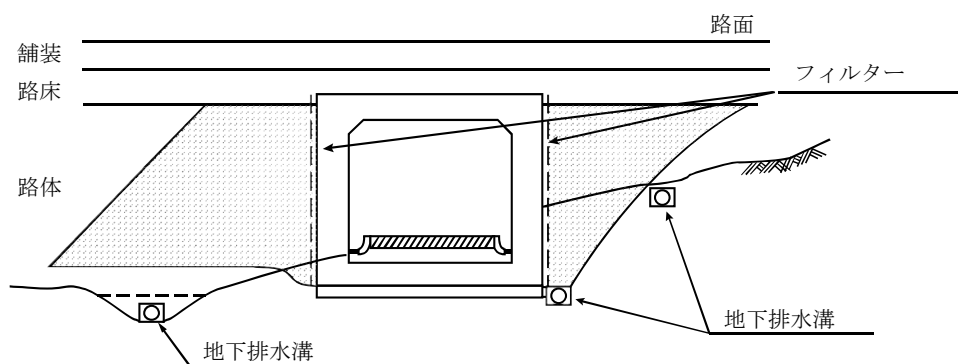


図8-2 ボックスカルバートの裏込め排水工の例

傾斜地や沢部等で湧水が多い箇所に設置されるカルバートでは、地下は排水溝に加えて透水性が高い粗砂、切込砕石等を用いたフィルター層を設置することが望ましい。裏込め排水工の例を**図8-3**に示す。

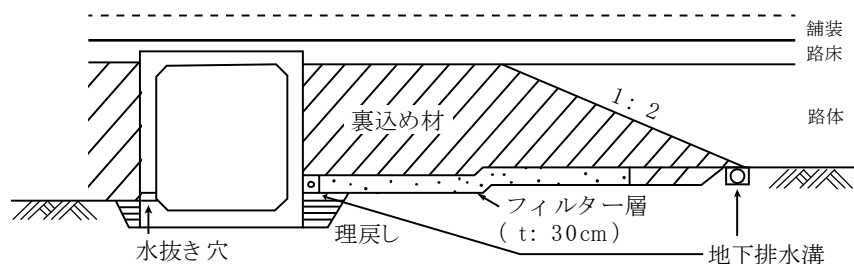


図8-3 湧水が多い場合のボックスカルバート裏込め排水工の例

8-3 踏掛版

(1) 踏掛版の設置

① 下記のア～ウの3条件を全て満足する場合に踏掛版を設置する。

(図8-4) なお、下記3条件を全て満足しても、函渠が直接基礎の場合に限り、盛土完了後、舗装施工まで長期間自然転圧が行われ、沈下が極めて少ないと判断される場合や特別な沈下対策を行う場合は設置しなくてもよい。

ア $W \geq 3 \text{ m}$

イ $h_1 \text{ (最小値)} \leq 1 \text{ m}$

ウ $h_2 \geq 3 \text{ m}$

② 踏掛版を設置する場合は、函渠本体に踏掛版の反力を考慮する。なお、プレキャスト製品などで設置できない場合は、裏込材は、良質土またはセメント系改良を用い、沈下の生じないようにする。

③ その他、踏掛版の設置については、「第2編 橋梁設計 第1章 橋梁計画 4-4-4 踏掛版」によるものとする。

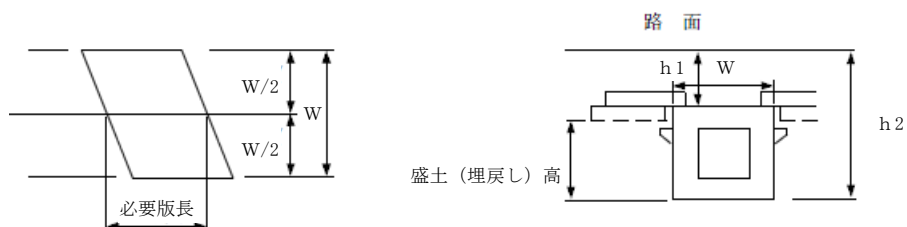


図8-4 ボックスカルバートの踏掛版の設置

(2) 踏掛版の設計法

構造細目は、「第2編 橋梁設計 第1章 橋梁計画 4-4-4 踏掛版」による。

9 傾斜のつくボックスカルバート

原則として斜角はつけないものとするが、やむを得ず斜角をつける場合でも5度ラウンドとすることが望ましい。

道路または水路の管理者の条件や地域住民の条件、避けがたい物件の存在などにより、やむを得ず斜角をつけなければならない場合がある。このようなボックスカルバートの設計は、「道路土工カルバート工指針」を参照されたい。

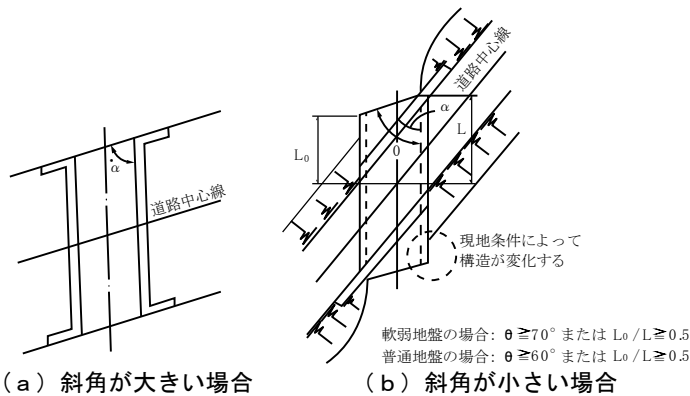
角度 α が表9に示す値以上の場合は、ボックスカルバート両端部は、道路中心線の方向と平行とし、図9-1(a)、それ以外の場合は図9-1(b)のような形状とする。

※斜角のつくボックスカルバート

斜角のついたボックスカルバートの端部は斜め方向を支間として設計する。

表9
基礎地盤と角度の関係

地盤	角度 α
軟弱地盤	70°
通常地盤	60°



(a) 斜角が大きい場合 (b) 斜角が小さい場合
図9-1 斜角がつくボックスカルバートの端部形状

「道路土工カルバート工指針」では、「端部三角部分の鉄筋量は、斜め方向を支間と考えて計算し検証しておかなければならない」と規定されているため、必ず斜め方向を支間と考えて計算し検証をすること。

なお、函渠端部がバチ型の場合は、上記と同様のことから最大支間で設計すること。また、斜角が小さく、特に杭基礎とする場合や、軟弱地盤上に設ける場合には、回転移動を起こすおそれがあるので、偏土圧や地盤の側方流動について検討を行っておくことが望ましい。斜角が小さい場合とは、軟弱地盤の場合 $\theta \geq 70^\circ$ または $L_0/L \geq 0.5$ とし、普通地盤の場合 $\theta \geq 60^\circ$ または $L_0/L \geq 0.5$ とする。

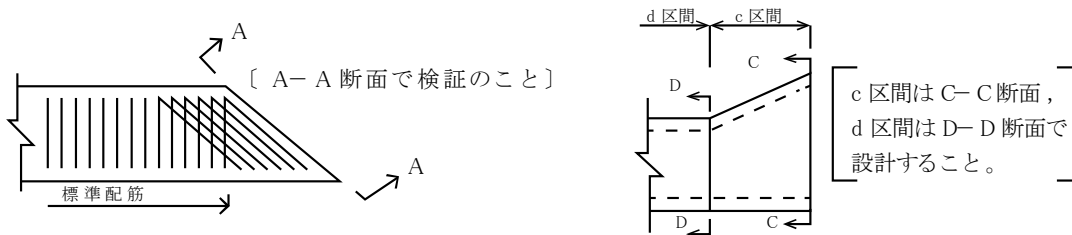


図9-2 計算断面位置

10 ボックスカルバートの上げ越し（参考）

ボックスカルバートの設置箇所では構築後に沈下が予想される場合は、上げ越しして施工するものとする。

10-1 残留沈下量

ボックスカルバート設置箇所では沈下が予想される場合は、残留沈下量を出るだけ小さくすることが望ましいが、やむをえない場合でも 30 cm 以下を目標に載荷重工法等を実施してあらかじめ沈下させておくものとする。

10-2 沈下量の推定

ボックスカルバート設置時の盛土中央部の残留沈下量 ΔS は、「道路土工—軟弱地盤対策工指針」を参照し求める。設置時には土質試験等の値をもとに概略値を求めておき、載荷重工法等の実測沈下結果より、将来の沈下量を推定する

10-3 上げ越し量

上げ越しは、ボックスカルバート縦断方向に一律に行うことを原則とする。

ただし、軟弱層厚が縦断方向で大きく異なる場合や、プレロードを行うことが出来ずボックスカルバートを盛土に先行して施工する場合においては、中央部の圧密を推定して端部の上げ越し量を図 10 より沈下比率を乗じて決めるものとする。

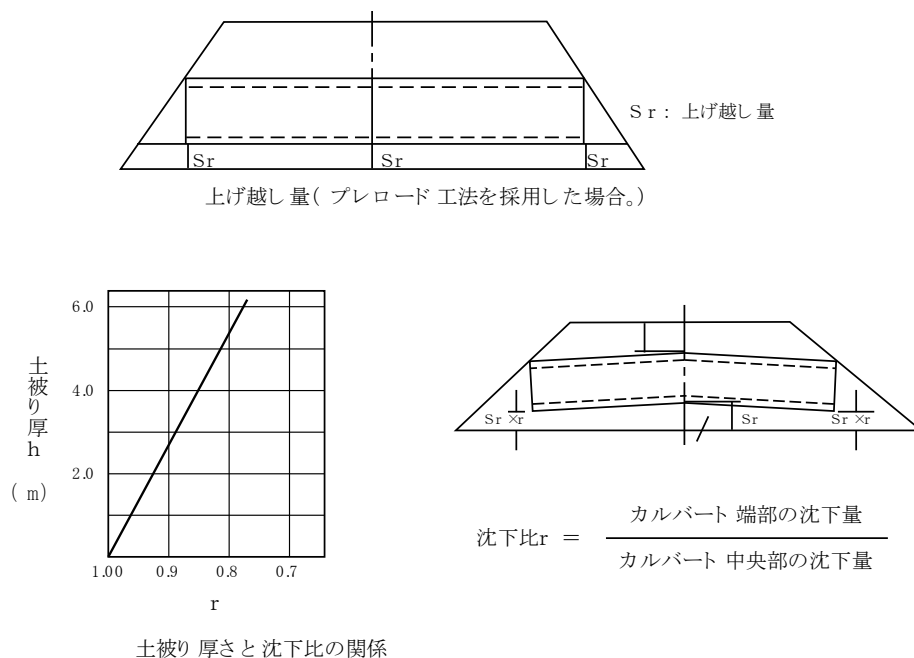


図 10 土被りと上げ越し量

11 プレキャストボックスカルバート

11-1 プレキャストボックスカルバートの設計

プレキャストボックスカルバートには、鉄筋コンクリート構造（以下「RC構造」という）と、プレストレストコンクリート構造（以下「PC構造」という）の2種類があり、適用土被りは、RC構造で最大3m、PC構造で最大6mまで規格化されている。プレキャストボックスカルバートの設計は、「カルバート工指針」によるものとするが、「PCボックスカルバート道路埋設指針」ないし「プレキャストボックスカルバート設計・施工マニュアル」に準拠する。

- (1) 現場条件を考慮し、プレキャストボックスを使用してもよい。
- (2) プレキャストボックスの使用については場所打ちボックスと経済比較を行い使用するものとする。
- (3) 次のような場合には、ボックスカルバートの縦方向の連結を行うことが望ましく、検討を行う。
 - ① 地下水位が高く止水を考える場合。
 - ② カルバートの縦方向に荷重が大きく変化する場合。
 - ③ 地盤が良くない場合。
 - ④ 基礎地盤の支持力が変化すると予測される場合。
- (4) 基礎形式の選定
 - ① 直接基礎とする場合 無筋コンクリート基礎を標準とするが、必要に応じてプレキャスト板および鉄筋コンクリート基礎を用いる

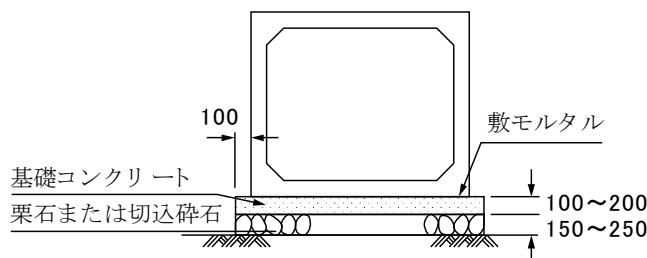


図 11-1 直接基礎の例

② 杭基礎とする場合

杭基礎の設計は、「道路橋示方書・同解説 IV 下部構造編」に準じるものとする。

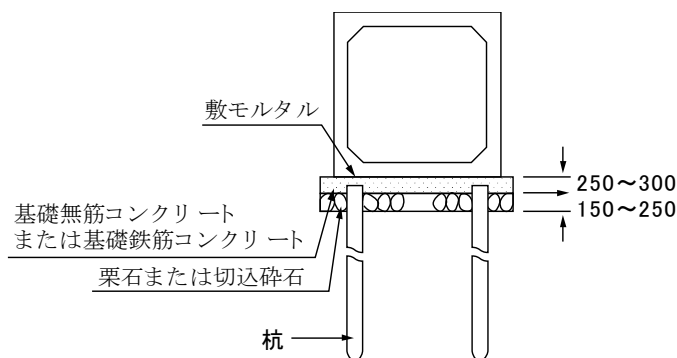


図 11-2 杭基礎の例

- (1) プレキャストボックスカルバートの製作に用いるコンクリートの設計基準強度は、RCボックスカルバートでは35N/mm²以上、PCボックスカルバートでは40N/mm²以上を標準とする。
- (2) プレキャストボックスカルバートの断面設計は、以下に示すとおりとする。
- ① コンクリートに引張応力が生じる部材には、引張鉄筋を配置する。
この場合の荷重の組合せは、つぎのとおりとする。
死荷重+1.35×(活荷重+衝撃)+有効プレストレス力
 - ② 終局限界状態の計算に用いる荷重の組合せは、つぎのとおりとし、計算の結果の大きい方の組合せを用いる。
 - ア 1.3×死荷重+2.5×(活荷重+衝撃)
 - イ 1.0×死荷重+2.5×(活荷重+衝撃)
 - ウ 1.7×(死荷重+活荷重+衝撃)
- (3) 鉄筋かぶりの最小値は、腐食性環境にある工場製品として「コンクリート標準示方書 設計編」に準じて、次式により2.5cmとする。

$$C_{min} = \alpha \cdot K \cdot C_0 \dots \dots \dots \text{式 (11-1)}$$

$$= 0.8 \times 0.8 \times 4.0 = 2.5 \text{ cm}$$

C_{min} : 鉄筋の最小かぶり (cm)

α : コンクリートの設計基準強度による係数

K : 工場製品に対するかぶりの低減率

C_0 : 基本かぶり (cm)

12 アーチカルバート

アーチカルバートの設計は、「道路土工—カルバート工指針 5-10 場所打ちアーチカルバートの設計」を参照ものとする。

12-1 土被りと部材断面

アーチカルバートの設計に用いる土被りは、**図 12-1** に示す各カルバートブロックの最大土被りを使用する。

アーチ部材は、型枠（セントル）の使用などの施工性を考慮し、原則として全区間同一断面とする。土被りによる荷重の違いは鉄筋量にて調整する。底板部材は、応力に応じて厚さを変えてもよい。

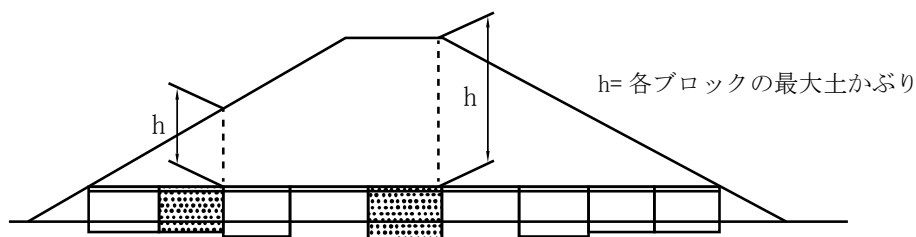


図 12-1 土被りの考え方

12-2 設計に用いる荷重

(1) 鉛直土圧

鉛直土圧は、式（カルバート工指針 P97（式解 5-1））によるものとし、その作用位置については設計の便宜上、**図 12-2** に示すとおりアーチ天端に作用するものとしてよい。

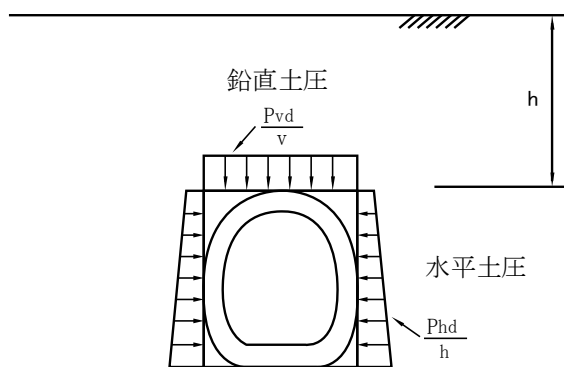
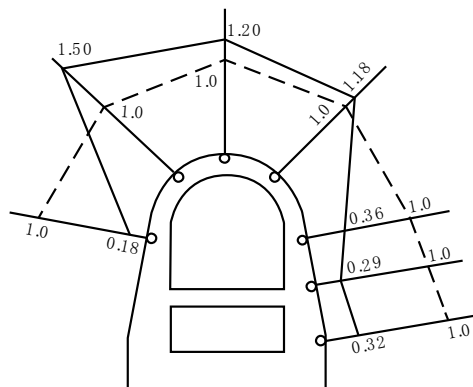


図 12-2 土圧の作用

(2) 水平土圧

任意点のカルバート側面に作用する水平土圧は式「道路土工—カルバート工指針 P101 (式解 5-2)」によるが、土圧係数 K_0 の値として0.2～0.4程度の低い値が観測された例(図12-3)があるので、通常の土質の場合、アーチ部の設計上、安全側となるよう $K_0=0.3$ 程度をとるのがよい。水平土圧の作用位置については、鉛直土圧と同様に、設計の便宜上、図12-2に示すとおりカルバート最外縁に対し鉛直な面に対して水平に作用するものとする。



— 実測土圧 (数字は土被り荷重との比)
---- 土かぶり荷重 ($\gamma \cdot h$)

図12-3 アーチカルバートの土圧実測例 (土被り 24m)

12-3 断面力の計算

(1) 荷重の計算には外側寸法線 (B_0 , H_0) を用い、応力計算に対するラーメン軸線として各部材の中心軸寸法線 (B_s , H_s) を用いる。

(図12-4)。

(2) 応力度の計算に当たって、全部材に軸力を考慮する。

(3) アーチ部材は、施工中の荷重や偏土圧を受けた場合においても安全であるよう余裕をもった部材厚とすることが必要であり、側壁部材とのバランスを考慮して決めるのが望ましい。今までの施工例では、部材厚を60cm程度以上としているものが多い。

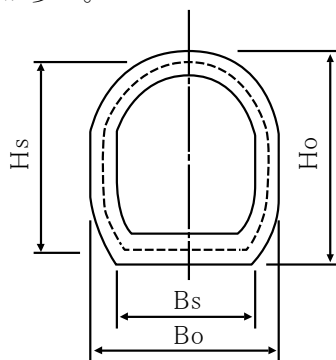


図12-4 アーチカルバートのラーメン軸線

13 記録の保存

13-1 設計条件の明記

全体一般図には、下記に示す設計条件を必ず明示する。

ただし、現地施工において変更があった場合は、修正したものを保存する。

函渠工設計条件

項 目		単 位	条 件
形 式	本 体 (内空幅×内空高さ)	m	×
	基 礎 の 種 類	—	直接・杭・地盤改良 ()
設 計 土 か ぶ り			
単 位 体 積 重 量	鉄筋コンクリート	/m ³	
	アスファルト舗装	kN/m ³	
	土	kN/m ³	
水 位 (底版底面からの高さ)	外水位	m	
コンクリートの 設 計 基 準 強 度	σ_{ck}	N/m ²	
鉄 筋 の 種 類	SD	—	
最大地盤反力度 (許容支持力度)	$Q \leq Q_a$	kN/m ²	\leq

* 杭及び地盤改良の地盤反力度は、最大地盤反力度の箇所に記載すること。

13-2 記録の活用

維持管理においては、維持管理性を向上させるために調査から施工段階までにおける構造図、配筋図、地質・土質等のデータ、点検結果および補修・補強履歴等の維持管理上必要となる情報を長期間に渡って保存し、活用していくことが重要である。

その詳細については、「道路土工—カルバート工指針」を参照すること。

特に、供用中に不測の沈下が生じた場合の対策工の検討を行う際には、地質・土質等のデータに加えて、地盤改良の情報が重要となる。

また、変形・ひび割れ等が生じた場合の対策工の検討を行う際には、構造図、配筋図、コンクリートの品質試験結果が重要となる。

13-3 記録の例

ボックスカルバートの点検記録を図13に示す。

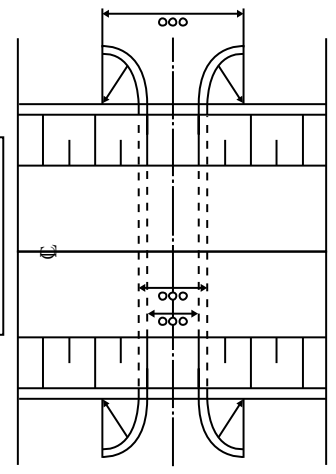
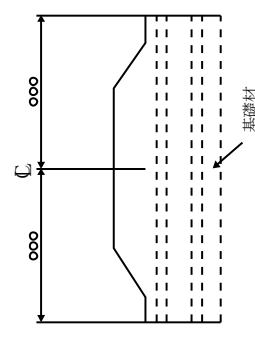
年度	整理番号 (月)・(日)・(NO.)	処理方針	(1) 応急処置 (2) 緊急補修 (3) 臨時点検			(4) 調査 (5) 観測 (6) 補修			区分	区		間	上下の別		位置	点検項目	判定	処理方針
			細目	区分	種別	種別												
									〇	〇	△		上	下	〇	〇		
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> 位置図  </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> 横断面または断面図  </div> </div>										<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> 損傷記号列 ひびわれ-Hi はく離-Ha 鉄筋露出-T 漏水-R </div>		<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> 状況のスケッチおよび写真 B: 損傷は小さいが補修するか否かの検討が必要 </div>		<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> 状況の概要 頂版および側壁にひびわれ、はく離、鉄筋の露出あり、ウイングにも縦方向のひびわれ、鉄筋の露出あり </div>				
										<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> 状況のスケッチおよび写真 B: 損傷は小さいが補修するか否かの検討が必要 </div>		<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> 状況の概要 頂版および側壁にひびわれ、はく離、鉄筋の露出あり、ウイングにも縦方向のひびわれ、鉄筋の露出あり </div>						
										<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> 損傷記号列 ひびわれ-Hi はく離-Ha 鉄筋露出-T 漏水-R </div>		<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> 状況のスケッチおよび写真 B: 損傷は小さいが補修するか否かの検討が必要 </div>		<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> 状況の概要 頂版および側壁にひびわれ、はく離、鉄筋の露出あり、ウイングにも縦方向のひびわれ、鉄筋の露出あり </div>				
										<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> 損傷記号列 ひびわれ-Hi はく離-Ha 鉄筋露出-T 漏水-R </div>		<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> 状況のスケッチおよび写真 B: 損傷は小さいが補修するか否かの検討が必要 </div>		<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> 状況の概要 頂版および側壁にひびわれ、はく離、鉄筋の露出あり、ウイングにも縦方向のひびわれ、鉄筋の露出あり </div>				

図13 点検記録の例

13-4 参考

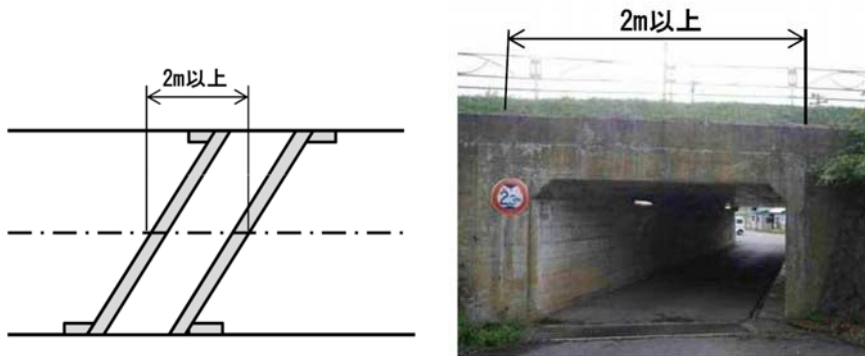
[橋長2m以上かつ土被り1m未満の溝橋(カルバート)を橋梁として取り扱う考え方]

事務連絡：溝橋(カルバート)の取扱いについて(H26.12.18)
九州地方整備局道路部
地域道路課長

※橋梁として取り扱う溝橋(カルバート)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とし、剛性ボックスカルバート(矩形(ボックス型))を対象とするものとする。

(1) 橋長2m以上の考え方

橋長として取り扱う溝橋(カルバート)の橋長は、外寸2m以上とし、カルバート上部道路の道路軸方向(斜角考慮)の長さを計測した値とする。



(2) 土被り1m未満の考え方

溝橋(カルバート)の天端から、歩車道等の上面の厚さが1m未満のもの。

※土被り厚が測定的位置で異なる場合(車道部・歩道部等)は、最小値となる位置で判断するものとする。

