

第5章 ボックスカルバート

第5章 ボックスカルバート

第1節 設計一般（標準）

この設計便覧は国土交通省近畿地方整備局管内のボックスカルバートの設計に適用する。ボックスカルバートの設計は示方書及び通達がすべてに優先するので、示方書類の改訂、新しい通達などにより内容が便覧と異なった場合は便覧の内容を読み変えること。

また、内容の解釈での疑問点などはその都度担当課と協議すること。

表 5-1-1 示方書等の名称

示方書・指針等	発刊年月	発刊者
道路土工-カルバート工指針（平成21年度版）	平成22年3月	日本道路協会
道路土工要綱	平成21年6月	〃
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・橋梁編〕 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〕	平成11年11月	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	平成3年10月	国土開発技術センター
鉄筋コンクリート製プレキャストボックスカルバート道路埋設指針	平成3年7月	〃
道路橋示方書・同解説 IV下部構造編	平成14年3月	日本道路協会
国土交通省制定 土木構造物標準設計第1巻、同解説書	平成12年9月	全日本建設技術協会
共同溝設計指針	昭和61年3月	日本道路協会
駐車場設計・施工指針同解説	平成4年11月	〃

注）道路橋示方書・同解説（H24.4以降に改訂版発刊予定）の改訂内容は反映されていないため、内容が便覧と異なった場合は便覧の内容を読み替えること。

第2節 カルバート一般（標準）

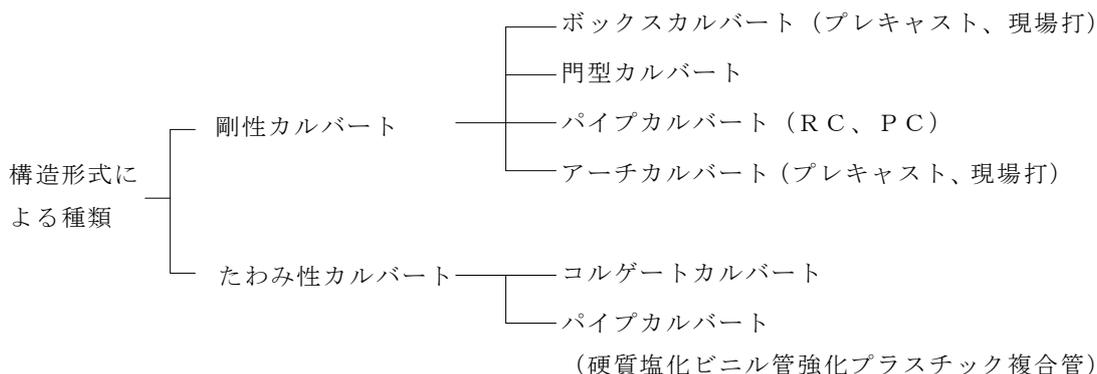
1. 定義

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。

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とする。

なお、パイプカルバートについては、「第4章排水」、道路横断ボックスカルバートの付属施設物は「第12章立体横断施設」を参照されたい。

出典：[1]
道路土工-カルバート工指針（平成21年度版）（H22.3）P7
一部加筆



2. 適用の範囲

2-1 適用の範囲

従来より多数構築されてきたカルバートは、慣用されてきた固有の設計・施工方法がある。従来の設計手法である「慣用設計法」により設計した場合は、長年の蓄積により所定の性能を確保するとみなせる。このようなカルバートを「従来型カルバート」と呼ぶこととし、従来型カルバートの適用範囲は下表の通りであるとともに、以下の条件に適合する必要がある。

表 5-2-1 従来型カルバートの適用範囲

カルバートの種類		適用土被り	断面の大きさ
ボックスカルバート	現場打ち	0.5～20m	内空幅B:6.5mまで 内空高H:5.0mまで
	プレキャスト	0.5～6m	内空幅B:5.0mまで 内空高H:2.5mまで
門型カルバート		0.5～10m	内空幅B:8.0mまで
アーチカルバート	現場打ち	10m以上	内空幅B:8.0mまで
	プレキャスト	0.5～14m	内空幅B:3.0mまで 内空高H:3.2mまで
遠心力鉄筋コンクリート管		0.5～20m	3000mmまで
プレストレストコンクリート管		0.5～31m	3000mmまで
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～60m	4500mmまで
硬質塩化ビニルパイプカルバート		(舗装厚+0.3)または 0.5の大きい方～7m	700mm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～10m	3000mm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～26m	2400mmまで

従来型カルバート（慣用設計法による）の適用条件

- ①裏込め、埋戻し材料は土であること。
- ②カルバートの縦断方向勾配が10%程度以内であること。
- 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。（複数のカルバートが近接して連続的に設置されないこと）
- ⑤直接基礎により支持されること。
- 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を確保すること。

表 5-2-1 に示す従来型ボックスカルバートの適用範囲外である場合や、構造形式や規模、材料、土かぶりが全て適用範囲内であっても上記慣用設計法の適用条件を満たしていない場合は、「道路土工-カルバート工指針(平成21年度版)第4章 設計に関する一般事項」に従い、カルバートの要求性能が満足されることを照査する。ただし、適用範囲と大きく異なる範囲で、従来型ボックスカルバートと同様な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、従来型ボックス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については本便覧の適用範囲外とする。

出典：[2-1]
道路土工-カルバート
工指針(平成21年度
版)(H22.3) P5
一部加筆

出典：[表 5-2-1]
道路土工-カルバート
工指針(平成21年度
版)(H22.3) P10～P12
一部加筆

2-2 計画・調査・設計の流れ

カルバート工の計画・調査・設計の流れを下図に示す。

出典：[2-2]
道路土工-カルバート
工指針(平成 21 年度
版)(H22.3) P22
一部加筆

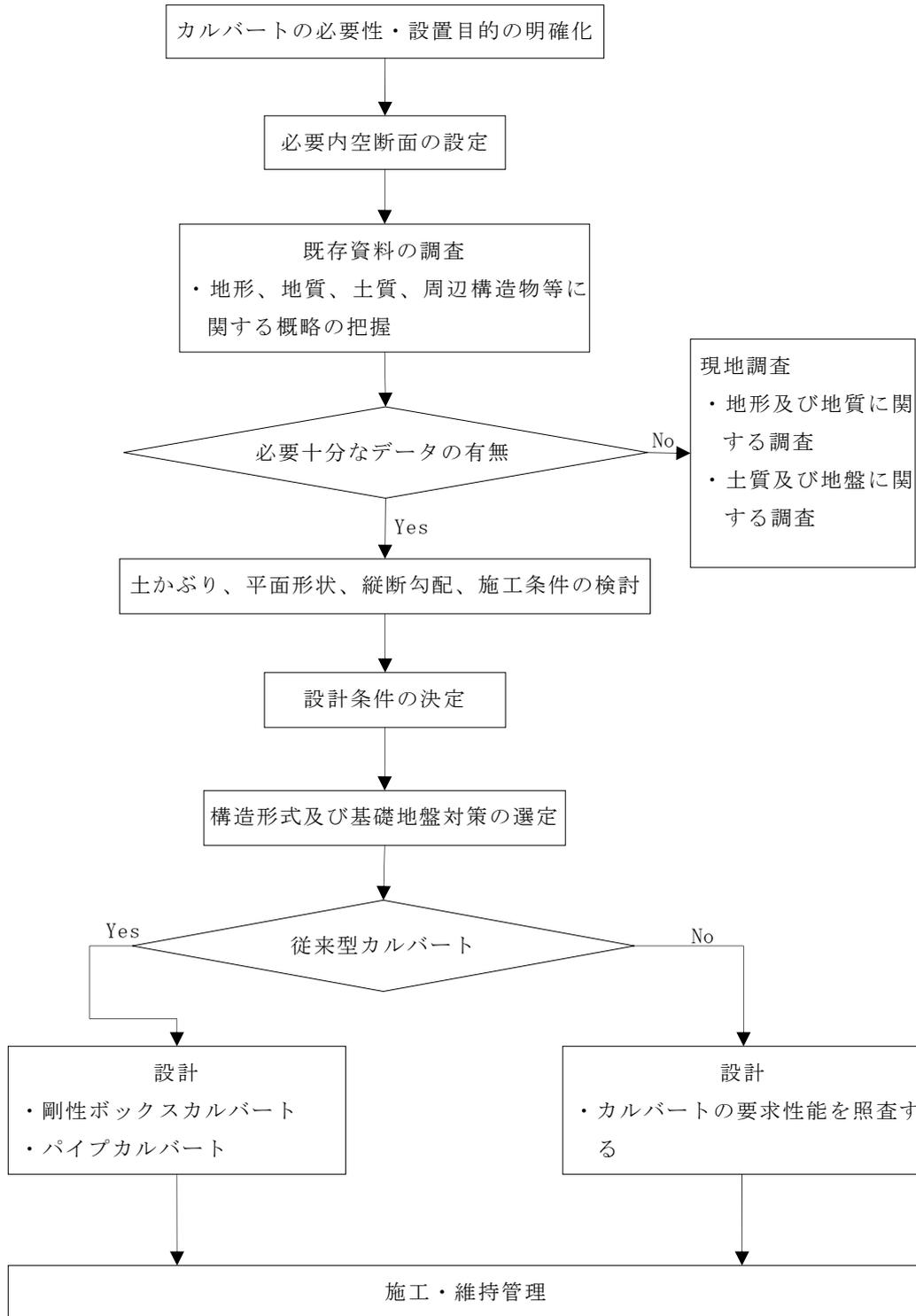


図 5-2-1 カルバート工に関する計画・調査・設計の流れ

3. カルバートの要求性能

カルバートに想定する作用に対して、使用目的との適合性、構造物の安全性について、安全性、供用性、修復性の観点から以下に要求性能を設定する。

(1)カルバートの設計に当たっては、使用目的の整合性、構造物の安全性について、安全性、供用性、修復性の観点から次の(2)～(4)に従って要求性能を設定することを基本とする。

(2)カルバートの要求性能の水準は、以下を基本とする。

性能 1：想定する作用によってカルバートとしての健全性を損なわない性能

性能 2：想定する作用による損傷が限定的なものにとどまり、カルバートとしての機能の回復を速やかに行い得る性能

性能 3：想定する作用による損傷が、カルバートとして致命的とならない性能

(3)カルバートの重要区分は以下を基本とする。

重要度 1：万一損傷すると交通機能に著しい影響を与える場合、あるいは隣接する施設に重大な影響を与える場合

重要度 2：上記以外の場合

(4)カルバートの要求性能は、想定する作用とカルバートの重要度に応じて、上記(2)に示す要求性能の水準から適切に選定する。

カルバートの設計で考慮する要求性能は、想定する作用とカルバートの重要度に応じて上記(2)に示す性能の水準から適切に選定する。一般的には、カルバートの要求性能は表 5-2-2 を目安とする。

表 5-2-2 カルバートの要求性能の例

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

4. カルバートの限界状態と性能照査

カルバートの設計に当たっては、原則として、要求性能に応じて限界状態を設定し、想定する作用に対するカルバートの状態が限界状態を超えないことを照査する。

表 5-2-3 カルバートの限界状態と照査項目 (例)

要求性能	カルバートの限界状態	構成要素	構成要素の限界状態	照査項目	照査手法
性能 1	カルバートの機能を確保でき得る限界の状態	カルバート及び基礎地盤	カルバートが安定であるとともに、基礎地盤の力学特性に大きな変化が生じず、かつ基礎地盤の変形がカルバート本体及び上部道路に悪影響を与えない限界の状態	変形	変形照査
				安定性	安定性照査・支持力照査
		カルバートを構成する部材	力学特性が弾性域を超えない限界の状態	強度	断面力照査
性能 2	カルバートに損傷が生じるが、損傷の修復を容易に行い得る限界の状態	カルバート及び基礎地盤	復旧に支障となるような過大な変形や損傷が生じない限界の状態	変形	変形照査
				安定性	支持力照査
		カルバートを構成する部材	損傷の修復を容易に行い得る限界の状態	強度・変形	断面力照査・変形照査
性能 3	カルバートの変形・損傷が内部空間及び隣接する施設等への甚大な影響を防止し得る限界の状態	カルバート及び基礎地盤	隣接する施設等へ甚大な影響を与えるような過大な変形や損傷が生じない限界の状態	変形	変形照査
				安定性	支持力照査
		カルバートを構成する部材	カルバートの耐力が大きく低下し始める限界の状態	強度・変形	断面力照査・変形照査
		継手	継手としての機能を失い始める限界の状態	変位	変位照査

5. カルバート形式の選定基準

カルバートの形式選定に当たっては、道路の設計、施工に適した構造でかつ経済的に有利なものを計画しなければならない。

したがって、カルバートの形状選定においては下記の事項について調査、検討を行い決定するのが望ましい。なお、コルゲートメタルカルバートについては、維持管理等を考慮した上で採用を検討すること。

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

また、連続するアーチカルバート構造を採用する場合は、盛土材や基礎地盤に留意し、必要に応じて本局担当課と協議すること。

第3節 設計（標準）

1. 荷 重

設計に用いる荷重は、鉛直土圧、水平土圧、活荷重を考慮し荷重は左右対象と考え、施工時に偏圧を受ける場合は、設計に考慮しなければならない。

出典：[1]
道路土工-カルバート
工指針(平成21年度
版)(H22.3) P62、P97、
P101 一部加筆

表 5-3-1 ボックスカルバートの設計に用いる荷重

荷 重		一 般 式	備 考
鉛直土圧		$P_{va} = \alpha \cdot \gamma \cdot h_1$	注) α : 鉛直土圧を求めるための係数 γ : 上部の土の単位体積重量 (kN/m^3) h_1 : 頂版上の土被り (m)
水平土圧		$P_{ha} = k \cdot \gamma \cdot h_1$	$k=0.5$ …静止土圧係数 h_1 : 土圧力を求める点の土被り (m)
活 荷 重	輪 荷 重	$P_{(1+i)} = \frac{2P(1+i)}{2.75}$	P:T 荷重とし、前輪は 25kN 後輪は 100kN i : 衝撃係数 (表 5-3-3)
	鉛直荷重	換算等分布荷重 $q_{u1} = \frac{P_{(1+i)}}{2h_1 + 0.2}$	$h_1 = 4.0$ 以上は $q_{u1} = 10\text{kN}/\text{m}^2$
	水平荷重	$P_v = q_{vti} \cdot k$	q_{vti} : 水平荷重を求める点の換算等分布荷重

注 1) いかなる種別の道路においてもカルバートの設計における活荷重の取り扱いは同じとする。

注 2) 水平土圧の軽減が見込める場合は、あわせて検討する必要がある。

注 3) 土の単位体積重量は周辺状況により決定する。

注 4) 擁壁等に近接する場合、整合を図る。

1-1 鉛直土圧の考え方

係数 α はボックスカルバートの規模、土被り、基礎の支持条件に応じて表 5-3-2 に示す値を用いるものとする。

表 5-3-2 係数 α

条 件	鉛直土圧係数 α	
次のいずれかに該当する場合 ・良好な地盤上（置き換え基礎も含む）に設置する直接基礎のカルバートで、土被りが 10m 以上でかつ内空高が 3m を越える場合 ・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)	$h/B_0 < 1$	1.0
	$1 \leq h/B_0 < 2$	1.2
	$2 \leq h/B_0 < 3$	1.35
	$3 \leq h/B_0 < 4$	1.5
	$4 \leq h/B_0$	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。

出典：[表 5-3-2]
道路土工-カルバート
工指針(平成21年度
版)(H22.3) P98

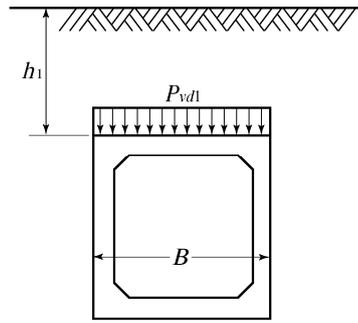


図 5-3-1 鉛直土圧

1-2 活荷重の考え方

自動車はボックスカルバート縦方向（道路横断方向）には制限なく载荷させる。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 荷重の場合ではつぎのようになる。

$$\begin{aligned}
 \text{後輪：} P_{1+i} &= \frac{2 \times \text{後輪荷重 (kN)}}{\text{車両占有幅 (m)}} \times (1 + \text{衝撃係数}) \\
 &= \frac{2 \times 100}{2.75} \times (1 + i) \text{ (kN/m)} \quad \dots\dots\dots (5-3-1)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{前輪：} P_{1+i}' &= \frac{2 \times \text{前輪荷重 (kN)}}{\text{車両占有幅 (m)}} \times (1 + \text{衝撃係数}) \\
 &= \frac{2 \times 25}{2.75} \times (1 + i) \text{ (kN/m)} \quad \dots\dots\dots (5-3-2)
 \end{aligned}$$

なお、この場合の衝撃係数 i は表 5-3-3 の値とする。

表 5-3-3 衝撃係数 i

カルバートの種類	土被り (h)	衝撃係数
・ボックスカルバート ・アーチカルバート ・門型カルバート ・コルゲートメタルカルバート	$h < 4\text{m}$ $4\text{m} \leq h$	0.3 0
・コンクリート製パイプカルバート ・硬質塩化ビニルパイプカルバート ・強化プラスチック複合パイプカルバート ・高耐圧ポリエチレンパイプカルバート	$h < 1.5\text{m}$ $1.5\text{m} \leq h < 6.5\text{m}$ $6.5\text{m} \leq h$	0.5 0.65 - 0.1h 0

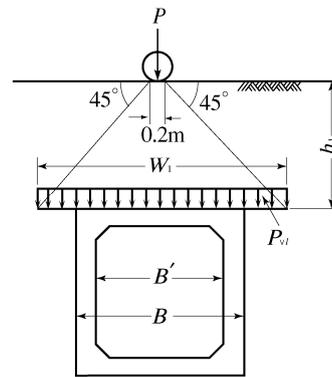


図 5-3-2 活荷重

また、活荷重の分布は、図 5-3-2 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_{v1} は次項によって計算する。

(1) 土被り 4.0m 未満の場合

$$P_{v1} = \frac{P_{1+i} \times \beta}{W_1} = \frac{P_{1+i} \times \beta}{2 h_1 + 0.2} \text{ (kN/m}^2\text{)} \quad \dots\dots\dots (5-3-3)$$

出典：[1-2]
道路土工-カルバート
工指針(平成 21 年度
版)(H22.3) P62
一部加筆

出典：[表 5-3-3]
道路土工-カルバート
工指針(平成 21 年度
版)(H22.3) P63

出典：[(1)]
道路土工-カルバート
工指針(平成 21 年度
版)(H22.3) P101
一部加筆

ここに、 W_1 :活荷重の分布幅 (m)

β :断面力の低減係数で表 5-3-4 による。

表 5-3-4 断面力の低減係数

	土被り $h \leq 1\text{m}$ 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

出典：[表 5-3-4]
道路土工-カルバート
工指針(平成 21 年度
版)(H22.3) P103
一部加筆

(2)土被り 4.0m 以上の場合

土被りが 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 $10\text{kN}/\text{m}^2$ の荷重を考えるものとする。

出典：[(2)]
道路土工-カルバート
工指針(平成 21 年度
版)(H22.3) P102

(3)前輪の影響を考える場合

この場合、後輪荷重 P の載荷位置は支間中央とし、前輪荷重 P' 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 5-3-3)。

出典：[(3)]
道路土工-カルバート
工指針(平成 21 年度
版)(H22.3) P102

載荷幅 W_2 は、

$$W_2 = \frac{B}{2} + h_1 - 5.9(\text{m}) \quad \dots\dots\dots (5-3-4)$$

前輪による鉛直荷重 P_{v1}' は、

$$P_{v1}' = \frac{P_{1+i}'}{W_2} = \frac{P_{1+i}'}{2 h_1 + 0.2} \quad (\text{kN}/\text{m}^2) \quad \dots\dots\dots (5-3-5)$$

となる。

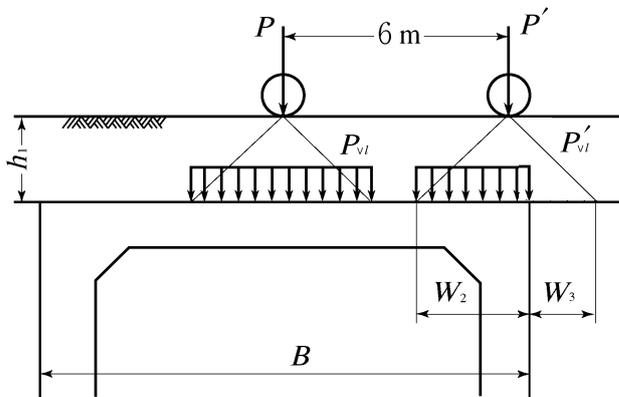


図 5-3-3 前輪の影響

(4) 踏掛版からの荷重

踏掛版を設置する場合は、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する。踏掛版からカルバートに作用する支点反力の計算方法については、「道路橋示方書・同解説IV下部構造編」によるものとする。

踏掛版からのカルバートに作用する支点反力および側壁に作用する水平土圧の荷重方法は、図 5-3-4 に示す (a)、(b) および (c) の 3 とおりについて行うとよい。なお、この場合の活荷重および側壁に作用する水平土圧は、踏掛版を設けない場合と同様である。

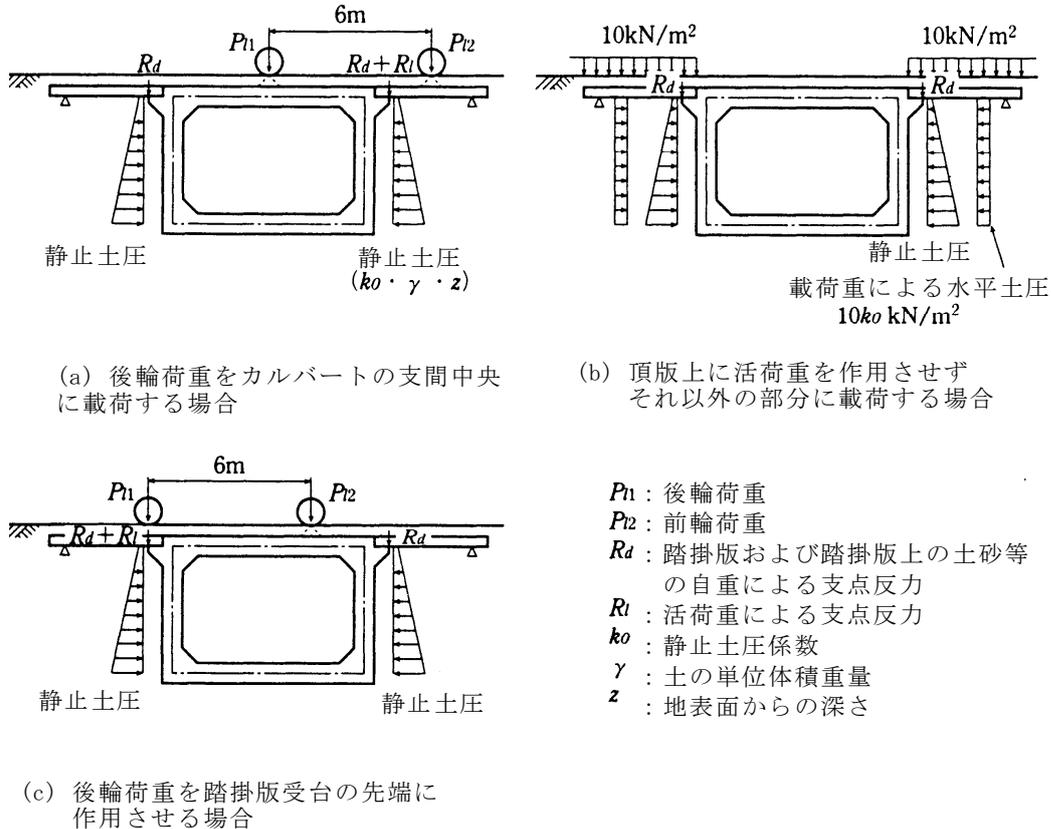


図 5-3-4 踏掛版からの荷重の荷重方法

1-3 水圧及び浮力

水圧は、地盤条件や地下水位の変動等を考慮して適切に設定する。カルバートが地下水位以下に設置される場合には、断面設計にあたり水圧を考慮する。ただし円形カルバートで全周面に水圧が作用する場合にはそれによる曲げ応力の増加が小さいため省略してもよい。

浮力は、カルバートが地下水位以下に設置される場合に、カルバートの浮上りに対する安定照査において考慮しなければならない。間隙水や地下水位の変動等を考慮して適切に設定するものとする。浮力は上向きに作用するものとし、カルバートに最も不利になるように載荷する。

1-4 コンクリートの乾燥収縮の影響

コンクリート部材から構成されるカルバートで、乾燥収縮の影響によりカルバートの構造や施工条件等に応じて、コンクリートの乾燥収縮の影響を考慮する。乾燥収縮の影響によりカルバートの健全性に影響を与えるおそれがある場合には、必要に応じてコンクリートの乾燥収縮の影響を考慮するものとする。この場合、「道路橋示方書・同解説 I 共通編」に準じる。

従来型剛性ボックスカルバートにおいては、土被りが一般的に 50cm 以上となるため乾燥収縮の影響は考えなくてもよい。土被りが薄いなどの理由により乾燥収縮の影響を考慮する場合は、乾燥収縮度は 15×10^{-5} とする。

出典：[(4)]
 道路土工-カルバート
 工指針(平成 21 年度
 版)(H22.3)
 P112~P113

出典：[1-3]
 道路土工-カルバート
 工指針(平成 21 年度
 版)(H22.3) P66~P67
 一部加筆

出典：[1-4]
 道路土工-カルバート
 工指針(平成 21 年度
 版)(H22.3) P67, P104
 一部加筆

1-5 温度変化の影響

寒冷地で土被りが薄く、路盤や路床の凍上による変状・損傷が懸念される場合には温度変化の影響を考慮する。温度変化を考慮する場合には「道路橋示方書・同解説 I 共通編」に準じる。

従来型剛性ボックスカルバートにおいては、土被りが一般的に 50cm 以上となるため温度変化の影響は考えなくてもよい。

土被りが薄いなどの理由により温度変化の影響を考慮する場合は、温度差は±15℃とする。

出典：[1-5]
道路土工-カルバート工指針(平成 21 年度版)(H22.3) P67～68, P104 一部加筆

1-6 地震の影響

地震の影響として一般的に以下のものを考慮する。

- 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

なお、従来型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することができる。ただし門型カルバート以外の従来型剛性ボックスカルバートであっても、カルバートが地下水位以下に埋設され、周辺地盤の液状化の発生が想定される場合には、必要に応じて液状化に伴う過剰間隙水圧を考慮して浮上りに対する検討を行う。

また、従来型ボックスカルバートの適用範囲を超える剛性ボックスカルバートや特殊な構造形式のカルバートについては、道路土工-カルバート工指針(平成 21 年度版)第 4 章に示す性能規定的な考えに基づき、地震動に対する照査の必要性も含めて適切な検討を行うものとする。

門型カルバートの地震動に対する照査では、カルバート及び上載土の重量に起因する慣性力と地震時土圧を考慮する。その他の方法として、「駐車場設計施工指針」に示される地盤の変形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はじめとする FEM 系静的解析手法等もある。この場合設計地震動、地盤定数の設定や解析手法の適用条件について、十分な検討を行う必要がある。

カルバートが地下水位以下に埋設される場合で、周辺地盤の液状化の発生が想定される場合には、必要に応じて液状化に伴う過剰間隙水圧を考慮して浮き上がりに対する検討を行う。この場合、地盤の液状化の判定については「道路土工-軟弱地盤対策工指針」に、過剰間隙水圧の設定については「共同溝設計指針」に従ってよい。

出典：[1-6]
道路土工-カルバート工指針(平成 21 年度版)(H22.3) P68, P94～P95, P104 一部加筆

2. 許容応力度

コンクリート及び鉄筋の許容応力度は、表 5-3-5、表 5-3-6 のとおりである。

表 5-3-5 コンクリートの許容応力度 (N/mm²)

設計基準強度	許容曲げ圧縮応力度	許容付着応力度	許容せん断応力度
24	8.0	1.60	0.23

ただし、地震時の許容応力度は 50%、温度変化の影響を考慮する場合は 15%を表 5-3-5 の値から割増するものとする。

出典：[表 5-3-5]
道路土工-カルバート工指針(平成 21 年度版)(H22.3) P82～P84 一部加筆

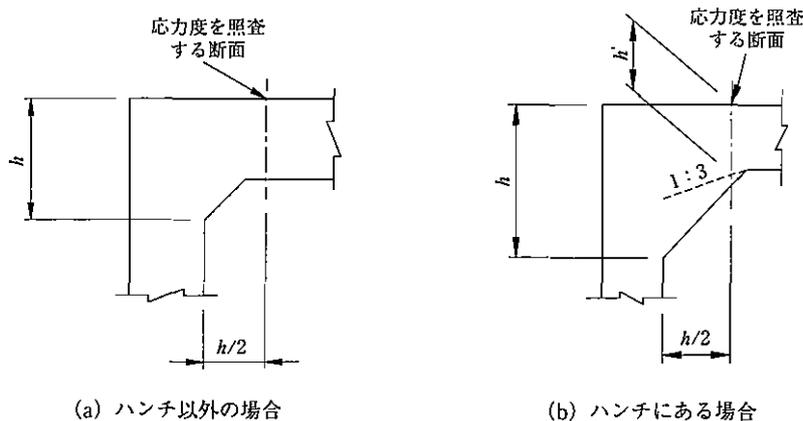


図 5-3-5 応力度照査位置

表 5-3-6 鉄筋の許容引張応力度 (N/mm²)

応力度、部材の種類		鉄筋の種類	SD345
引張 応力 度	荷重の組合せに衝突荷重あるいは地震の影響を含まない場合	一般の部材	180
		水中あるいは地下水位以下に設ける部材	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		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		200

出典：[表 5-3-6]
道路土工-カルバート
工指針(平成 21 年度
版)(H22.3) P89
一部加筆

3. 耐久性の検討

3-1 一般

剛性ボックスカルバートの設計にあたっては、経年的な劣化による影響を考慮するものとする。特に鉄筋コンクリート部材におけるコンクリートの劣化、鉄筋の腐食等に伴う損傷により、所要の性能が損なわれないように耐久性の検討を行うものとする。

一般に鉄筋コンクリート部材が所要耐久性を確保するためには、中性化、塩化物イオンの浸透(塩害)による鉄筋の腐食、アルカリシリカ反応、凍結融解作用、流水等による磨耗、科学的侵食を考慮する必要がある。塩害に対しては、「3-2 塩害に対する検討」に示す。これ以外の耐久性は「道路土工-カルバート工指針(平成 21 年度版)」における「4-4 使用材料」、「第 7 章 施工」によることにより検討を省略することができる。しかし、環境条件が特に厳しい場合等には、耐久性も検討することが望ましい。

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。

出典：[3-1]
道路土工-カルバート
工指針(平成 21 年度
版)(H22.3) P117~
P118 一部加筆

3-2 塩害に対する検討

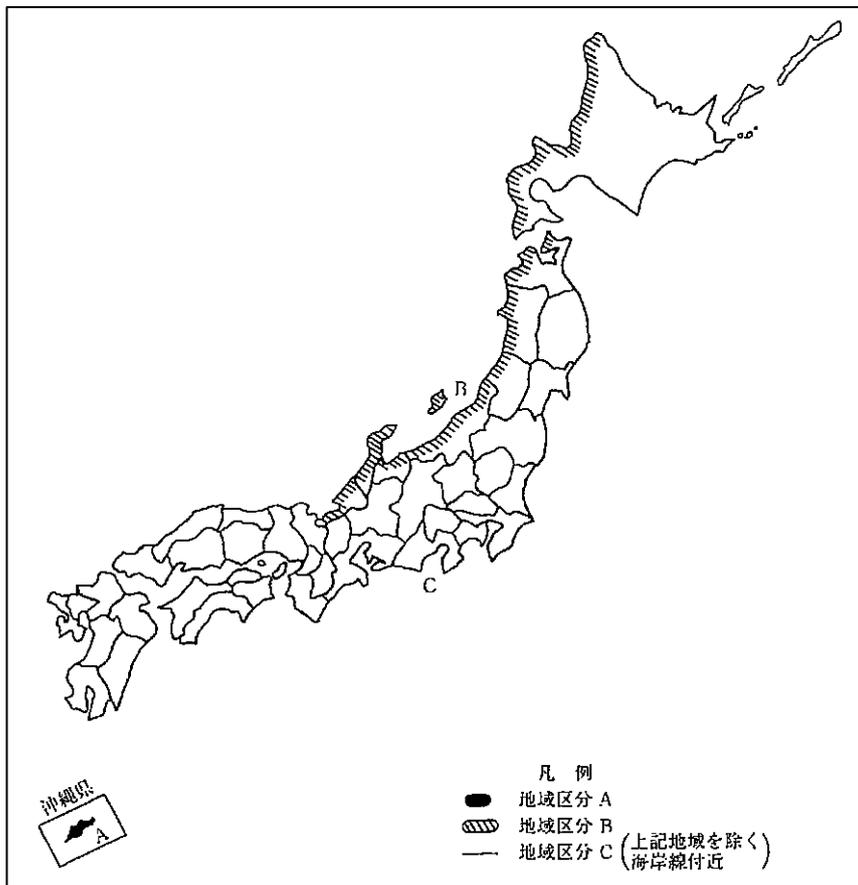
- (1) 剛性ボックスカルバートは、塩害により所要の耐久性が損なわれてはならない。
- (2) 表 5-3-7 に示す地域における剛性ボックスカルバートにおいては、十分なかぶりを確保するなどの対策を行うことにより、(1)を満足するとみなしてよい。

出典：[3-2]
道路土工-カルバート
工指針(平成 21 年度
版)(H22.3) P119
一部加筆

表 5-3-7 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 をこえて 300m まで	I	影響を受ける
		上記以外の範囲	II	
B	図 5-3-6 及び表 5-3-9 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 をこえて 300m まで	I	影響を受ける
		300m をこえて 500m まで	II	
		500m をこえて 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	

表 5-3-7 に示す地域における鉄筋かぶりの最小値について、「道路橋示方書・同解説 IV 下部構造編」に示される値を表 5-3-9 に示す。なお、「III コンクリート橋編」を参照してもよい。



出典：[図 5-3-6]
道路土工-カルバート
工指針(平成 21 年度
版)(H22.3) P120

図 5-3-6 塩害の影響度合いの地域区分

表 5-3-8 地域区分 B とする地域

北海道のうち、宗谷支庁の礼文町・利尻富士町・利尻町・稚内市・猿払村・豊富町、 留萌支庁、石狩支庁、後志支庁、檜山支庁、渡島支庁の松前町 青森県のうち、蟹田町、今別町、平舘村、三厩村（東津軽郡）、北津軽郡、西津軽郡、 大間町、佐井村、脇野沢村（下北郡） 秋田県、山形県、新潟県、富山県、石川県、福井県

出典：[表 5-3-8]
 道路土工-カルバート
 工指針(平成 21 年度
 版)(H22.3) P120

表 5-3-9 塩害の影響による最小かぶり (mm)

塩害の 影響の度合	構造	剛性ボックス カルバート
	対策区分	
影響が激しい	S	90※1
影響を受ける	I	90
	II	70
	III	50

出典：[表 5-3-9]
 道路橋示方書・同解説
 IV 下部構造編
 (H14.3) P169
 一部加筆

※1 塗装鉄筋の使用又はコンクリート塗装、埋設型枠等を併用

3-3 具体的な塩害対策

- (1) 常に水中または土中にあり、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、対策区分Ⅲとみなしてもよい。
- (2) 路面凍結防止剤（融雪剤）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十分なかぶりを確保する必要がある。一般には対策区分Ⅰとする。

出典：[3-3(1), (2)]
 道路土工-カルバート
 工指針(平成 21 年度
 版)(H22.3) P121
 一部加筆

4. コンクリート部材の構造細目

4-1 最小部材厚

最小部材厚は表 5-3-10 のとおりである。部材の形状は等厚の矩形断面とする。

表 5-3-10 部材厚の規格

	最小厚	ピッチ
部材厚	0.3m	0.1m

出典：[4-1]
 土木構造物設計マニ
 ュアル(案)-土工構造
 物・橋梁編(H11.11)
 P29 一部加筆

4-2 最小鉄筋量

- (1) 曲げを受ける部材では、コンクリートのひびわれとともに耐力が減じて急激に破壊することのないように、軸方向鉄筋を配置するものとする。
- (2) 軸方向力が支配的な部材においては、想定した以上の偏心荷重が作用した場合にも部材がぜい性破壊しないように、軸方向鉄筋を配置するものとする。
- (3) コンクリートに局所的な弱点があっても、その部分の応力を分散できるように必要な量の軸方向鉄筋を配置するものとする。
- (4) 乾燥収縮や温度勾配等による有害なひびわれが発生しないように、鉄筋を配置するものとする。

出典：[4-2]
 道路土工-カルバート
 工指針(平成 21 年度
 版)(H22.3) P122

4-3 最大鉄筋量

曲げを受ける部材では、鉄筋の降伏よりもコンクリートの破壊が先行するぜい性的な破壊が生じないように、軸方向の引張鉄筋を配置するものとする。

4-4 鉄筋のかぶり

- (1) コンクリートと鉄筋との付着を確保し、鉄筋の腐食を防ぎ、水流や火災に対して鉄筋を保護するなどのために必要なかぶりを確保するものとする。
- (2) 水中または土中にある部材については、維持管理の困難さも考慮し、必要なかぶりを確保するものとする。
- (3) 水中で施工する鉄筋コンクリート部材については、コンクリートの品質、締固めの困難さ、施工精度等も考慮し、必要なかぶりを確保するものとする。

鉄筋かぶりは主鉄筋中心からコンクリート表面までの距離で表示している。

表 5-3-11 鉄筋かぶり

形式	鉄筋かぶり
ボックスカルバート	頂版・側壁 : 10cm
	底版 : 11cm

鉄筋のかぶりは、頂版・側壁の各部材については 4 cm、底版については 7 cm 以上とした。配力鉄筋を主鉄筋の外側に配置することより、配力鉄筋の位置および、組立筋を考慮して、頂版・側壁については 10 cm、底版については 11 cm を標準値とする。

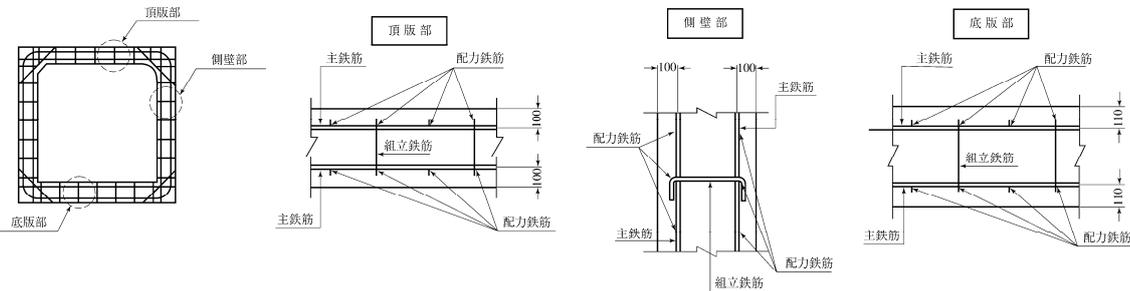


図 5-3-7 鉄筋かぶり概略図

4-5 鉄筋のあき

- (1) 鉄筋の周囲にコンクリートが十分にいきわたり、かつ、確実にコンクリートを締め固められるように鉄筋のあきを設けるものとする。
- (2) コンクリートと鉄筋とが十分に付着し、両者が一体となって働くために必要な鉄筋のあきを確保するものとする。

4-6 鉄筋の定着

鉄筋の端部は、鉄筋とコンクリートが一体となって働くように、確実に定着させる。

出典：[4-3]
道路土工-カルバート
工指針(平成 21 年度
版)(H22.3) P123

出典：[4-4]
道路土工-カルバート
工指針(平成 21 年度
版)(H22.3) P123

出典：[表 5-3-11]
土木構造物設計マニ
ュアル(案)-土工構
造物・橋梁編(H11.11)
P30~P31 一部加筆

出典：[4-5]
道路土工-カルバート
工指針(平成 21 年度
版)(H22.3) P124

出典：[4-6]
道路土工-カルバート
工指針(平成 21 年度
版)(H22.3) P124

4-7 鉄筋のフック及び曲げ形状

- (1)鉄筋の曲げ形状は、加工が容易にでき、かつ、鉄筋の材質が傷まないような形状とする。
- (2)鉄筋の曲げ形状は、コンクリートに大きな支圧応力を発生させないように形状とするものとする。

出典：[4-7]
道路土工-カルバート
工指針(平成 21 年度
版)(H22.3) P124

4-8 鉄筋の継手

鉄筋に継手を設ける場合は、部材の弱点とならないようにするものとする。

出典：[4-8]
道路土工-カルバート
工指針(平成 21 年度
版)(H22.3) P124

4-9 せん断補強鉄筋

せん断補強を目的としてせん断補強鉄筋を配置する場合には、有効に働くように配置するものとする。

出典：[4-9]
道路土工-カルバート
工指針(平成 21 年度
版)(H22.3) P125

4-10 配力鉄筋及び圧縮鉄筋

- (1)剛性ボックスカルバートは構造物軸方向に連続しており、断面や地盤が変化することから、十分な量の配力鉄筋を配置する。
- (2)各部材において圧縮側となる軸方向鉄筋は、引張側の軸方向鉄筋量に応じ、十分な量の圧縮鉄筋を配置するものとする。

配力鉄筋(構造物軸方向)の配筋量は、軸方向鉄筋量×1/6以上とする。ただし、構造物軸方向に地盤が変化し、詳細な応力を検討する必要がある場合や、集中荷重が載荷される場合はこの限りではない。

圧縮側の軸方向鉄筋(圧縮鉄筋)の配筋量は引張側の軸方向鉄筋(主鉄筋)の1/6以上とする。

出典：[4-10]
道路土工-カルバート
工指針(平成 21 年度
版)(H22.3) P125

5. 配筋方法

施工性を考慮し、配筋仕様は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(50 cm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。

出典：[5]
土木構造物設計マニ
ュアル(案)-土工構造
物・橋梁編(H11.11)
P30~P32 一部加筆

鉄筋の配筋規定は、下記の通りとする。

- 1) 主鉄筋の鉄筋径と配筋間隔は、表 5-3-12 の組み合わせを標準とする。

表 5-3-12 主鉄筋の鉄筋径と配筋間隔の組み合わせ

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

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 250 mm とすることが望ましい。

2) 主鉄筋と配力鉄筋の関係は、表 5-3-13 の組み合わせを標準とする。

表 5-3-13 主鉄筋と配力鉄筋の組み合わせ

主鉄筋 \ 配力鉄筋	D13	D16	D19	D22	D25	D29	D32	D22	D25	D29	D32
	250 mm						125 mm				
D13ctc250 mm	○	○	○	○	○	○	—	—	—	—	—
D16ctc250 mm	—	—	—	—	—	—	○	○	○	—	—
D19ctc250 mm	—	—	—	—	—	—	—	—	—	○	○

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。

3) 重ね継手長は以下の式により求めた値以上とする。

$$l_a = \frac{\sigma_{sa}}{4 \cdot \tau_{oa}} \cdot \phi$$

ここに、 l_a : 重ね継手長 (10 mm 単位に切り上げ) [mm]

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

τ_{oa} : コンクリートの許容付着応力度 [1.6N/mm²]

ϕ : 鉄筋の直径 [mm]

4) 鉄筋の定尺長

$L_{max} = 12.0m$ とする。

5) カルバート外周鉄筋

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板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。これは、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。

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 10 mm 単位に切り上げる。

出典: [5]
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
[ボックスカルバート・擁壁編] (H11.11)
P92 一部加筆

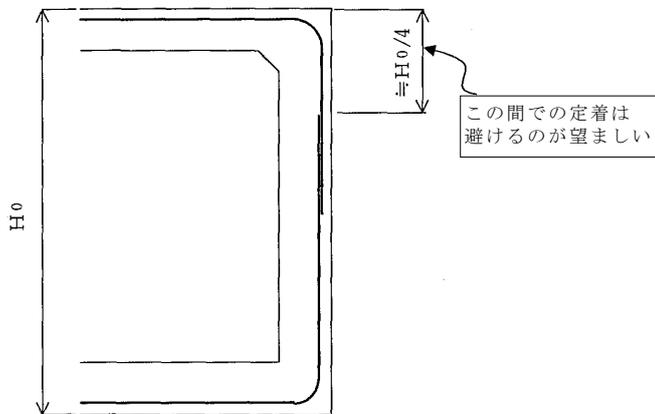


図 5-3-8 鉄筋定着を避ける範囲

6. 土被り厚さ

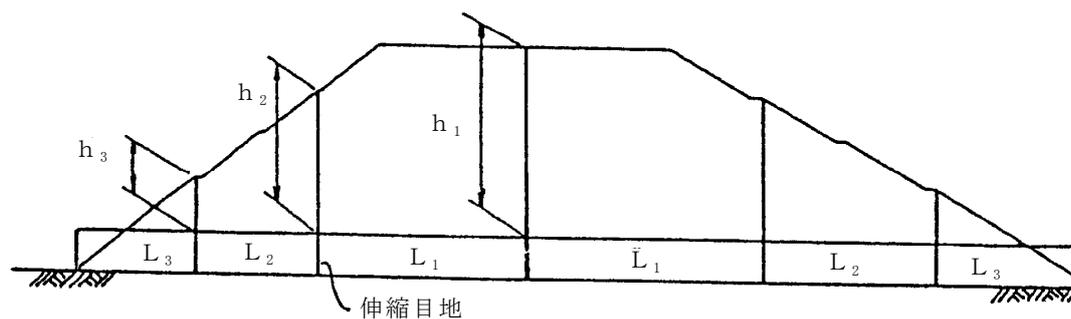
6-1 最小土被り厚

ボックスカルバートの土被り厚は、車道下で舗装厚以上又は 50 cm 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。

6-2 土被りが変化する場合

ボックス上の土被りが変化する場合、大きい方の土被りによって決定される断面を全体に用いてもよい。ただし、部材厚は同一として鉄筋量で調整するものとする。

設計計算は各区間の最大土被り厚 (h_1 、 h_2 、 h_3) で行うものとする。但し、部材厚は最大土被り量 (h_1) で求めた断面を用いるものとする。



注) 目地間隔は、10~15m とする。

図 5-3-9 土被りの考え方

7. 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。

第4節 基礎（標準）

カルバートの基礎は直接基礎を標準とするが、用水路カルバート等でやむをえず杭基礎としカルバートの沈下を許さない構造にあつては、周辺地盤の沈下に伴う上載荷重の増加と道路面の不陸発生について十分検討することとする。

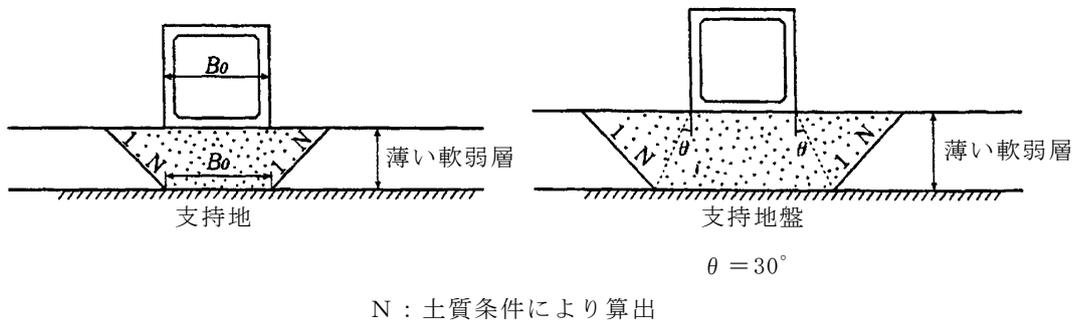
カルバートの基礎形式はカルバート頂部と裏込め部の間に不同沈下が生じるのを避けるため、カルバートと周辺地盤が一体として挙動する直接基礎とするのが望ましい。

対策をせず、直接基礎を適用するのが困難な場合は、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。

1. 置換基礎、改良地盤

軟弱層が地表近くでかつ厚さが薄い（2m程度）場合や、部分的に軟弱層がある場合、それを除去して良質な材料で置換（図5-4-1）又は土質安定処理（図5-4-2）を行うものとする。

出典：[1]
道路土工-カルバート
工指針（平成21年度
版）（H22.3）P37～P41
一部加筆



(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5-4-1 置換基礎の形状

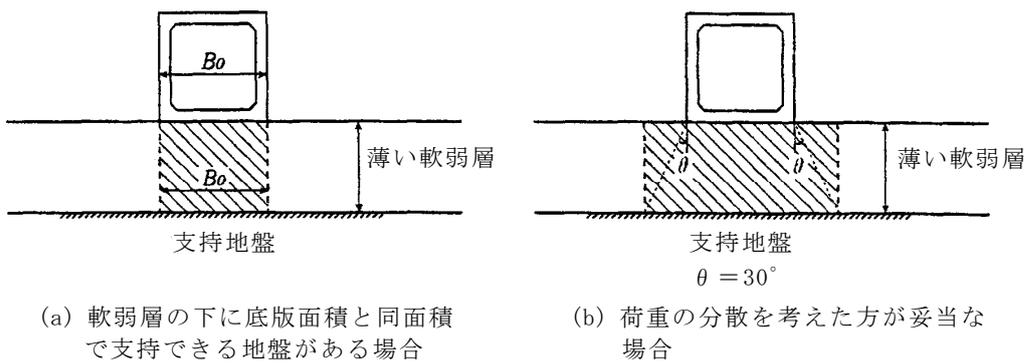


図5-4-2 改良地盤の形状

2. 杭基礎

杭基礎の設計は「道路橋示方書・同解説IV下部構造編」に準じて行う。カルバートの杭基礎としての留意点を以下に示す。

- (1)カルバート横方向(支間方向)の断面力は、杭を含めた全体構造で計算しなければならない。
- (2)杭種はRC杭、PHC杭が一般的に用いられる。
- (3)設計は常時のみとする。
- (4)杭頭部はカルバートに50mm以上埋込むものとする。また、杭に作用するせん断力に対応できる埋込み深さを確保するものとする(図5-4-3)。
- (5)杭頭の結合部の応力照査は、床版コンクリートの鉛直方向支圧力度、押抜きせん断応力およびせん断力が生じる場合には、水平方向支圧応力度・水平方向押抜きせん断応力度について行うものとする。
- (6)杭の配置は、鉛直荷重をスムーズかつ均等に受け取るようにするものとし、図5-4-3のように2列配置の場合は側壁軸近くに配置するのが望ましい。

3. 基礎底面の処理

基礎底面の処理は、図5-4-3、図5-4-4を標準とする。

ただし、地質が砂、砂礫、岩盤及び置換基礎の場合は、基礎材は除くものとする。

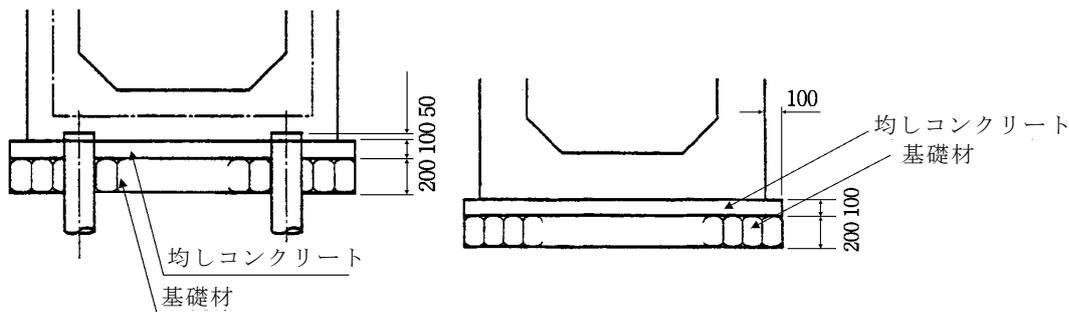


図5-4-3 杭基礎(2列配置)の例

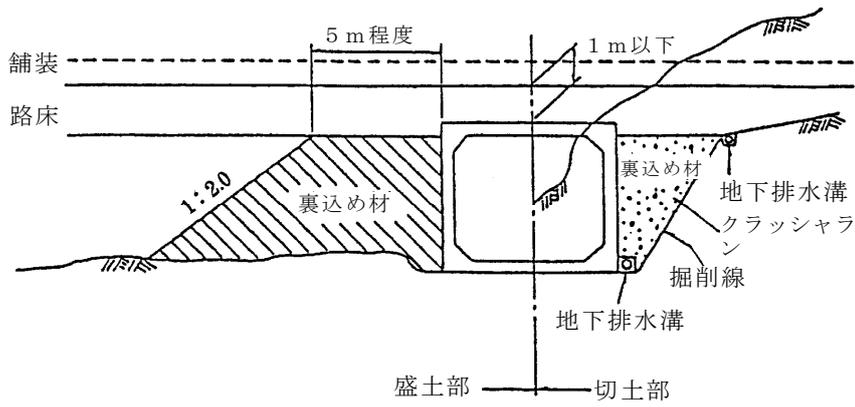
図5-4-4 基礎底面の処理例

第5節 背面の設計(参考)

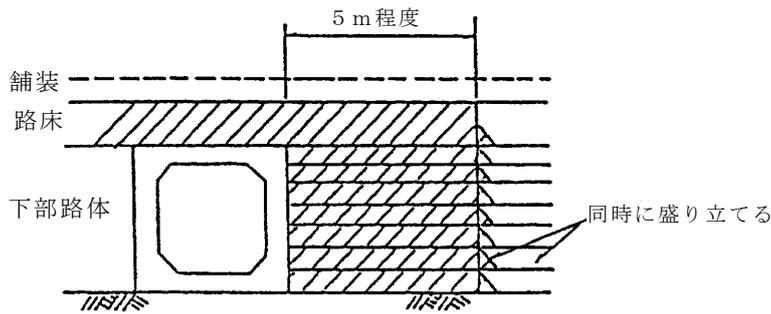
1. 裏込め工

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5-5-1)裏込め工の材料は購入土等の良質材とする。

出典：[1]
道路土工-カルバート
工指針(平成21年度
版)(H22.3) P128~
P130 一部加筆



(a) 裏込め先行の場合



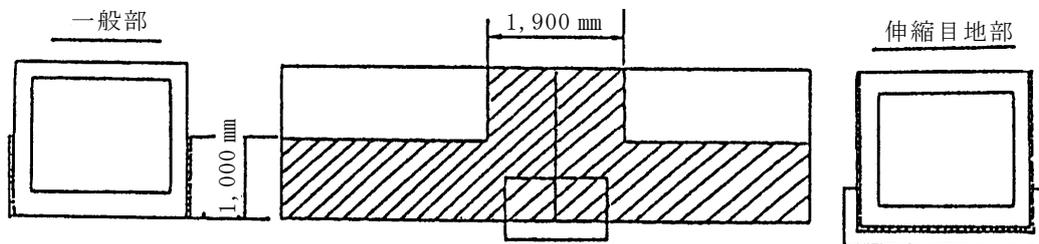
(b) 同時進行の場合

図 5-5-1 裏込めの施工例

2. 防水処理

- (1) 地下水位の影響を受けるおそれのある道路 BOX は、原則として防水処理を行うこと。
- (2) 防水処理は一般に、底版と側壁の打ち継ぎ目付近、伸縮目地の周囲（図 5-5-2 を参照）に行うものとするが、市街地、地下水位等で、全面行う必要のある場合はこの限りでない。

一般図



詳細図

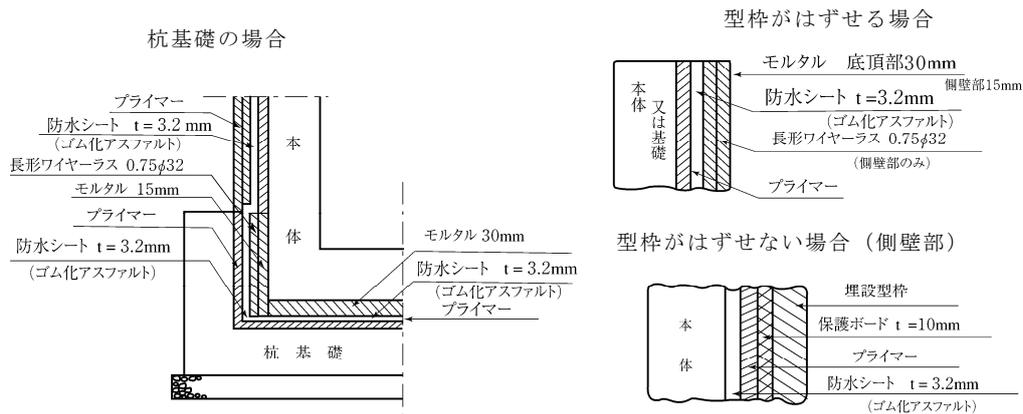


図 5-5-2 防水処理

3. 排水工

供用後の裏込め部の沈下の原因は、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では図 5-5-3 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。

なお、この場合地下排水工の流末について考慮すること。

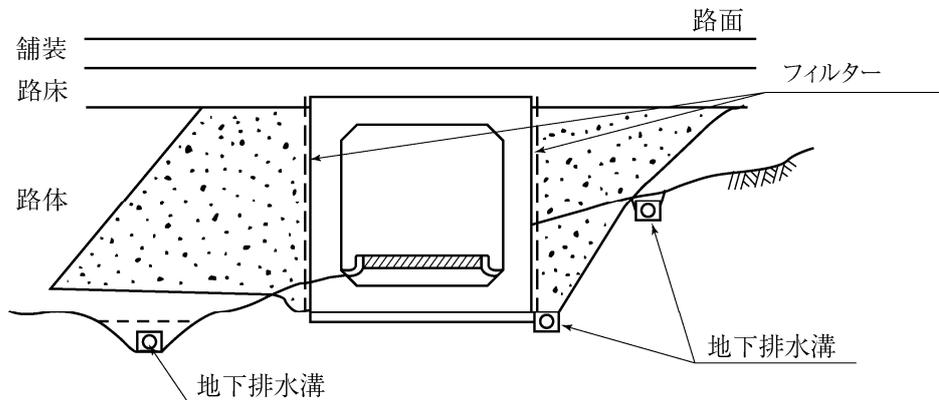


図 5-5-3 ボックスカルバートの裏込め排水工の例

4. 踏掛版

4-1 踏掛版の設置

- (1) プレキャストの場合は設置できないため、裏込材は、良質土・セメント系改良を用い、沈下の生じないようにする。
- (2) 現場打ちの場合は、経済性・施工性を考慮して、設置を行う。
 - (a) 設置する場合は、踏掛版の荷重を考慮した構造検討を行う。
 - (b) 設置しない場合は、裏込材にプレキャストと同じ考えを用いる。
- (3) 土被りが舗装厚以上確保できた場合は設置しない。

4-2 踏掛版の設計法

構造細目は、「第 7 章 橋梁下部工」第 2 節橋台・橋脚 2-13 踏掛版による。

第6節 斜角のつくボックスカルバート（標準）

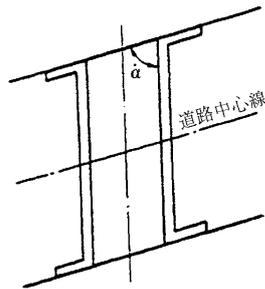
出典：[第6節]
道路土工-カルバート
工指針(平成21年度
版)(H22.3)
P136~P138 一部加筆

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、避けたい物件の存在などにより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。

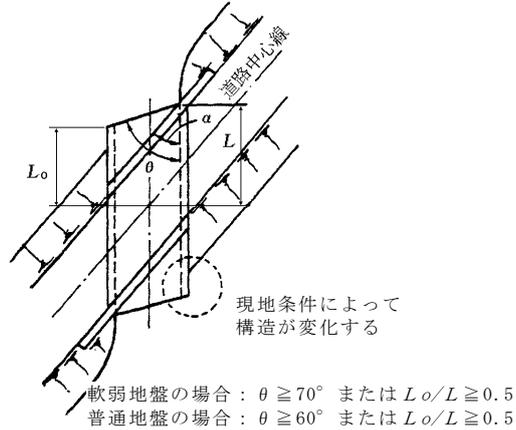
角度 α が表5-6-1に示す値以上の場合は、ボックスカルバート両端部は、道路中心線の方と平行とし（図5-6-1(a)）、それ以外の場合は図5-6-1(b)のような形状とする。

表5-6-1
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5-6-1 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。

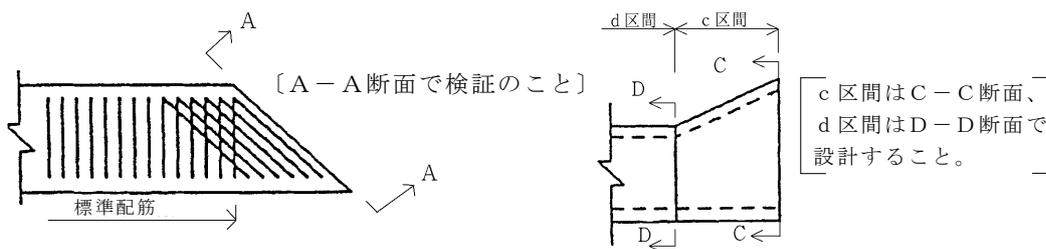


図5-6-2 計算断面位置

第7節 縦断勾配の大きいボックスカルバート（標準）

1. ボックスカルバートの最急勾配

ボックスカルバートの最急勾配は、ボックスカルバート上部の盛土の安定及びコンクリート打設時の施工性を考慮し、10%程度にすることが望ましい。

ボックスカルバートの構造寸法は勾配直角方向（図5-7-1におけるh）で決定し、応力計算及び配筋は鉛直方向（図5-7-1におけるh'1）で行う。

なお、縦断勾配が10%以下の場合には、h方向によって計算した鉄筋をh'1方向に配筋してよい。

出典：[1]
道路土工-カルバート
工指針(平成21年度
版)(H22.3) P10
一部加筆

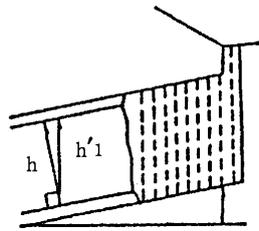


図 5-7-1 配筋図

2. 滑り止工

縦断勾配が 10% をこえるボックスカルバートの場合は、図 5-7-2 のような滑り止を設けるのがよい。

なお、滑り止工は枕梁と兼用できるものとし、配筋方法は枕梁に準じて決定するが、滑りに対する鉄筋のせん断についても検証するものとする。

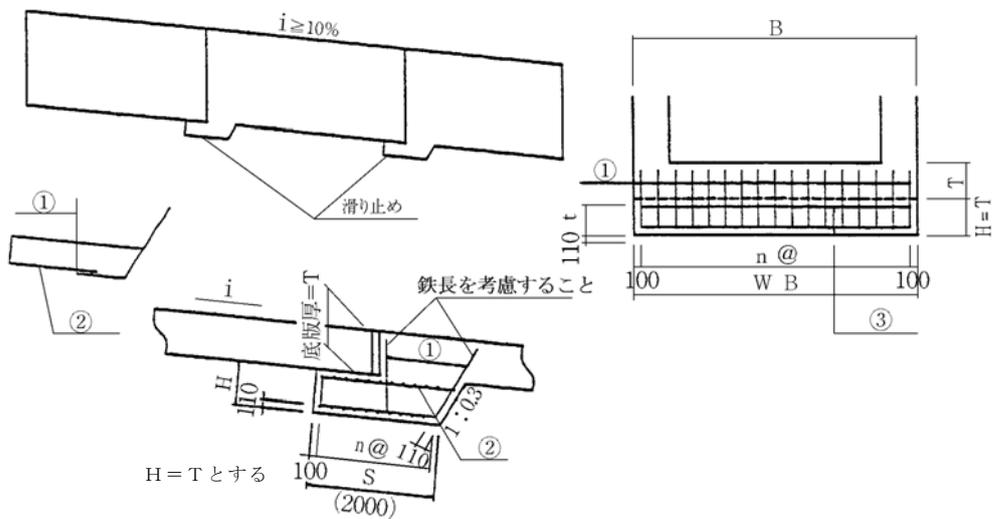


図 5-7-2 滑り止めの例

第 8 節 水路カルバート（標準）

1. 水路カルバートの断面決定

水路カルバートの断面を設計する場合は原則として計算によって求めた最大通水量(満流々量)の 80% をとって設計通水量とする。ただし、但し山地において土石流、流木等の流入が予想される場合には計算上必要断面の 3 倍を限度に断面を大きくすることができる。なお、河川管理より断面を指定された場合はこの限りではない。

また、上流側に泥だめ、落差工等を設けることが望ましい。

2. 止水壁

水路用函渠の上、下流及び取付水路の先端部には、止水壁を設けるものとする。なお止水壁の厚さは 30 cm 以上とする。

出典：[2]
道路土工-カルバート
工指針(平成 21 年度
版)(H22.3) P141
一部加筆

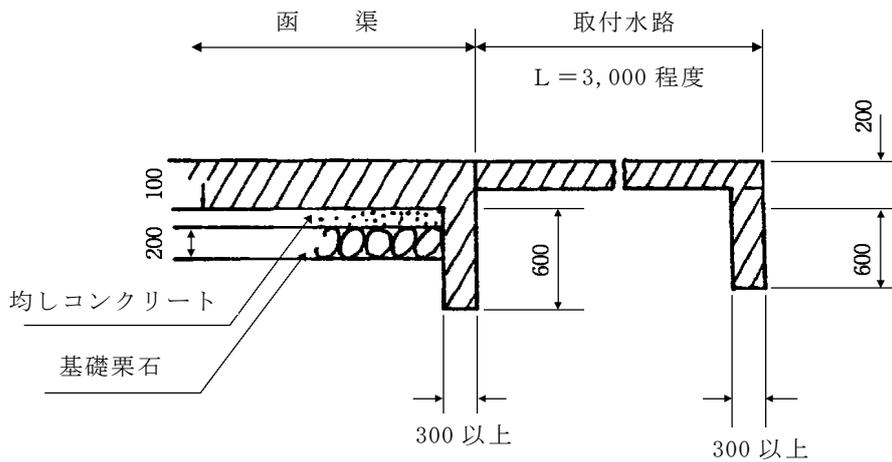


図 5-8-1 止水壁

注) 河川の場合で条件等により止水壁、矢板が必要な場合は別に考慮する。

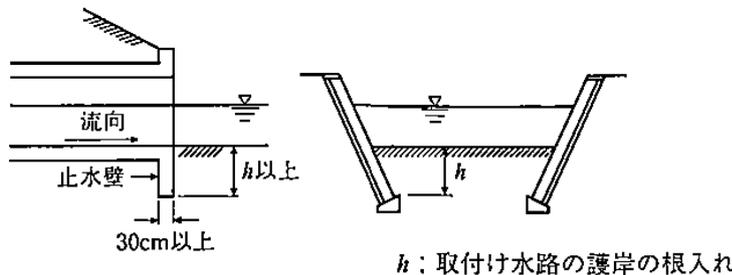


図 5-8-2 止水壁 (参考)

出典：[図 5-8-2]
道路土工-カルバート
工指針(平成 21 年度
版)(H22.3) P141

第 9 節 ボックスカルバートの継手 (標準)

1. 伸縮継手の位置及び間隔

縦方向応力に対する安全のため、および施工完了後盛土にいたる間の温度変化、乾燥収縮によるクラックを防止するため、断面の大きさにより 10~15m 程度の間隔に伸縮継手を設けることを原則とする。また、このように伸縮目地の間隔を定めた場合には一般に縦方向の計算は行わなくてもよいが、長さを 15m 以上とする場合や基礎地盤が良くない場合などでは縦方向の検討を行うこととする。

一般的な継手位置を示せば図 5-9-1 のようになる。

なお、斜角のあるカルバートにおける伸縮継手の方向は図 5-9-1(a)に示すように原則として側壁に直角とするが、土被りの小さい場合(土被り 1m 以下)は、図 5-9-1(b)に示すように中央分離帯の位置内に設けるのがよい。やむを得ず斜角となる場合は、斜角の影響を考慮するものとする。

出典：[1]
道路土工-カルバート
工指針(平成 21 年度
版)(H22.3)
P130~P131 一部加筆

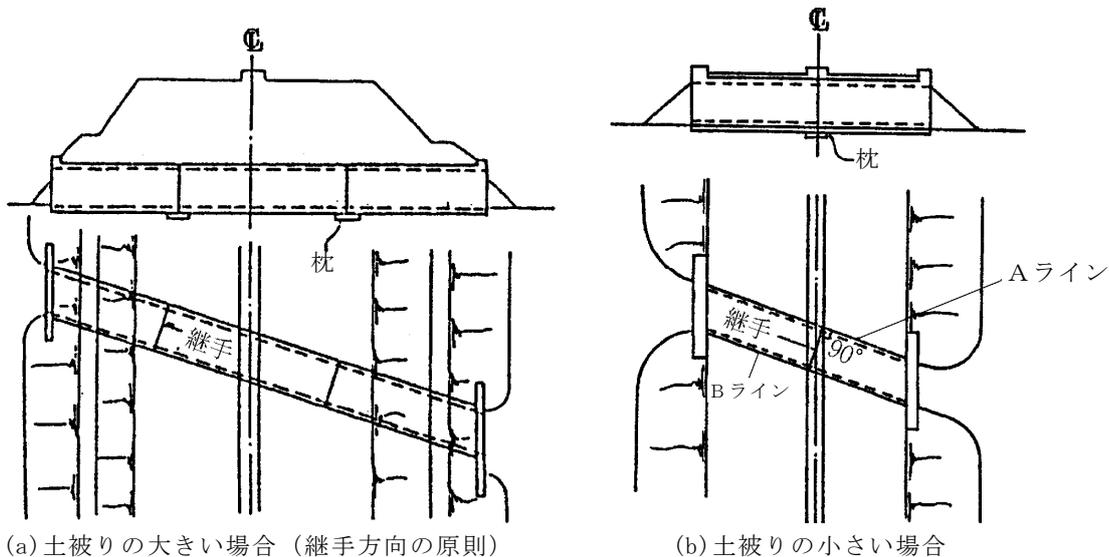


図 5-9-1 ボックスカルバートの継手の位置と方向

2. 伸縮継手の構造、施工目地

カルバートに設ける継手は、構造上安全であると共に十分な防水処理を施さなければならない。継手の構造は図 5-9-2 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 5-9-1 のように組合せられている。

- (1)カルバートが強固な基礎に支持され、沈下のない場合は I 型（止水板-A）を用いる。
- (2)カルバートが良好な基礎の上に支持されているが、沈下がきわめて小さいと予想される場合は I 型（止水板-B）を用いる。
- (3)施工目地を入れなければならない場合は図 5-9-3 を標準とする。

出典：[2]
道路土工-カルバート
工指針(平成 21 年度
版)(H22.3) P130、
P132~P133 一部加筆

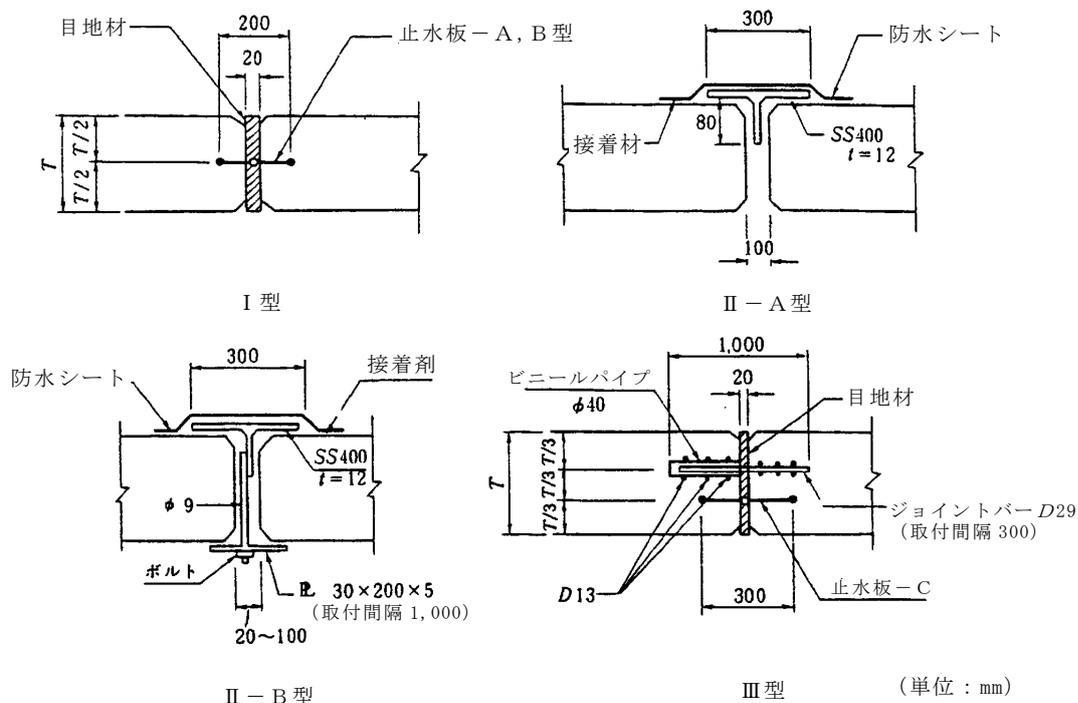


図 5-9-2 継手の構造

表 5-9-1 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) 土かぶりが 1m 以下の場合

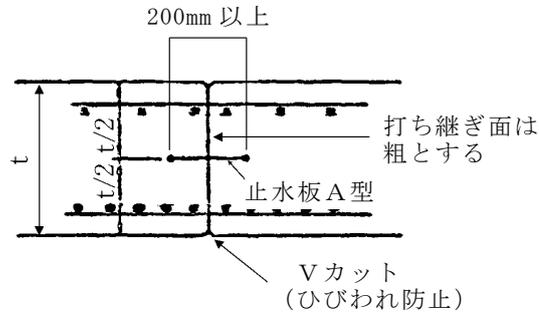


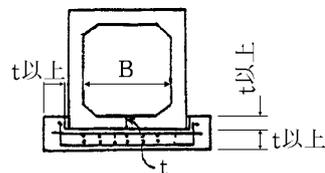
図 5-9-3 施工目地の構造

表 5-9-2 ボックスカルバート用止水板の標準 (mm)

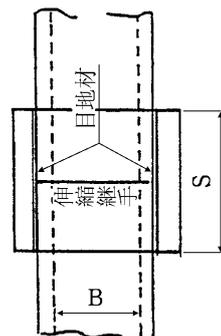
型 式	厚 さ	幅	摘 要
A 型	5 以上	200 以上	フラット型
B 型	5 以上	200 以上	センターバルブまたは半センターバルブ型
C 型	5 以上	300 以上	センターバルブまたは半センターバルブ型

3. 継手部の補強

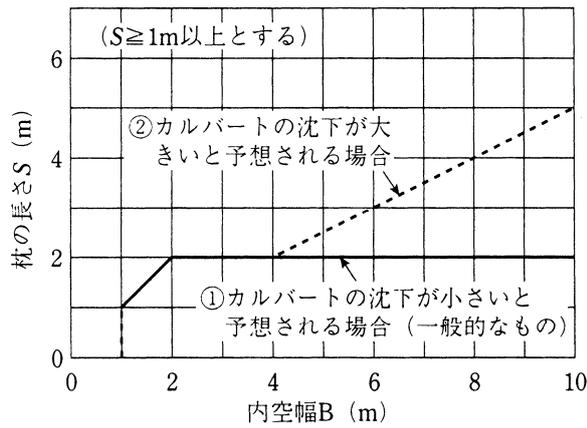
- (1) 継手位置の段落防止のために枕梁を設ける場合は、図 5-9-4 を標準とする。
- (2) 枕梁の配筋方法は、函渠本体底版の鉄筋量(縦横の合計量)を縦方向、横方向に等分して配筋するものとする。
- (3) 置換工及び地盤改良上に施工する段落防止用枕の枕長 (S) について
置換工上に施工する段落防止用枕の枕長 (S) は沈下量が小さい場合として設計する。
- (4) 段落防止用枕基礎を施工しない場合の支持地盤について
N 値が 30 以上の砂質層及び N 値が 15 以上の洪積粘土層の支持地盤上に施工する函渠工の枕基礎は、原則として施工しない。



杭基礎の場合
段落防止用枕は一般的に設けない。

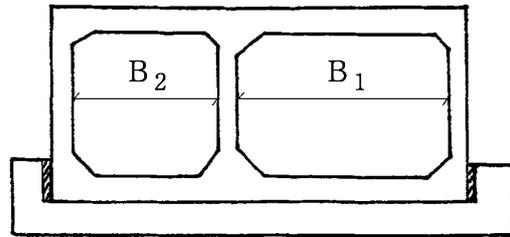


出典：[3]
道路土工-カルバート
工指針(平成 21 年度
版)(H22.3) P130、
P131、P133 一部加筆



内空寸法と枕の長さの関係

図 5-9-4(a) 段落ち防止用枕の標準



$B_1 \geq B_2$ の場合 B_1 を上記の B として設計する。

図 5-9-4(b)

[段落防止用枕の設計例]

下記のもは一例であり、函渠の断面により異なるので注意すること。

B 3,000×H 3,000 土被り 4.2m の場合

段落防止枕の長さ (S) 沈下が小さいとする (一般的なもの) $\therefore S = 2.0\text{m}$

底板鉄筋量 (1 m²当) の算出

「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)」2.2 設計計算例における配筋の場合、

$$\text{主鉄筋 } F_1 \quad D22 \cdots 4 \text{ 本} \quad 4 \text{ 本} \times 3.871\text{cm}^2 \times 1.0\text{m} = 15.484\text{cm}^2$$

$$F_2 \quad D19 \cdots 4 \text{ 本} \quad 4 \text{ 本} \times 2.865\text{cm}^2 \times 1.0\text{m} = 11.460\text{cm}^2$$

$$\text{配力筋 } F_{4\sim 7} \quad D13 \cdots 8 \text{ 本} \quad 8 \text{ 本} \times 1.267 \text{ cm}^2 \times 1.0\text{m} = 10.136\text{cm}^2$$

$$\therefore 1 \text{ m}^2 \text{ 当鉄筋量} (15.484 + 11.460 + 10.136) / (1.0 \times 1.0) = 37.080\text{cm}^2 / \text{m}^2$$

枕の鉄筋量は、縦横等分とするので 1 m² のうち片側の鉄筋量は上記の 1/2 となる。

$$\therefore 37.080 \times 1/2 = 18.540\text{cm}^2$$

$$D16 \text{ とすれば} \quad 1.986\text{cm}^2 \times 2 \times 1.0\text{m} / 18.540\text{cm}^2 = 0.214\text{m} \text{ 以下} \quad \therefore 20 \text{ cm ピッチ}$$

第 10 節 ボックスカルバートの地覆及びウイングの設計（標準）

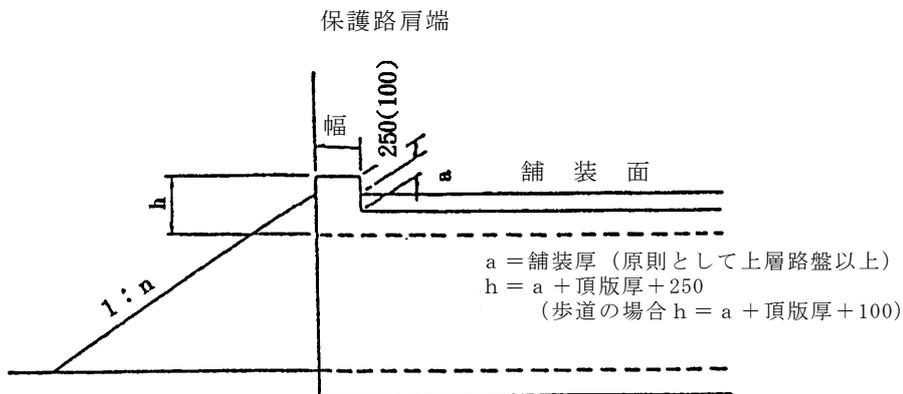
1. 地覆の形状

(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、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。（図 5-10-1）

(2) 盛土の途中からカルバートが出る場合、地覆の高さは 50 cm を標準とし、それ以上となる場合は別途検討を行う。幅はウイングの幅と同一とする。（図 5-10-2）また、ウイングの応力計算は、地覆の高さを 30 cm として設計を行う。

(3) 水路ボックスは、地覆の高さを 30 cm とする。※印部は考慮しない。



地覆幅は路肩構造物の設置に必要な幅
(ガードレール設置の場合は 35 cm)

図 5-10-1 土被りのない場合

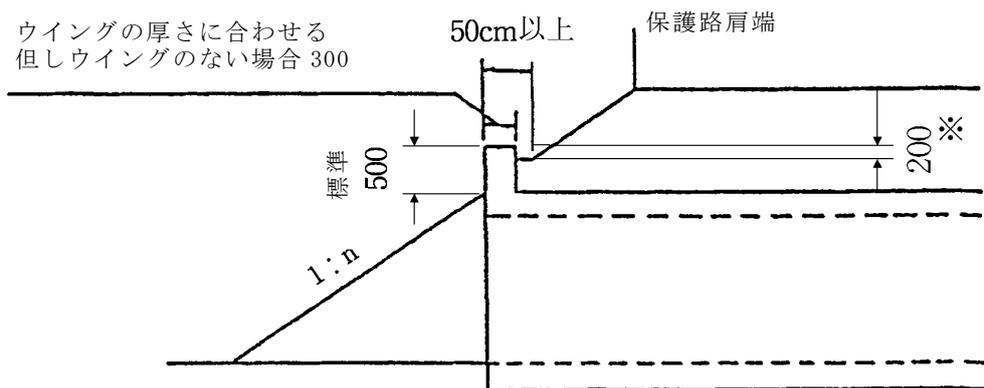


図 5-10-2 土被りのある場合

2. ウイングの形状

(1) ウイングは原則として平行ウイングとする。

(2) ウイングのり面の巻込み盛土の勾配は 1:1.5 を標準とし、ウイングの根入れ深さは鉛直で 1m とする。

ウイング端部は、巻込み盛土の上部に水平部分が 30 cm 以上出来るように（鉛直深さ 70 cm 確保）する。

(3) 本線に縦断勾配がある場合には、ウイングは縦断勾配に合わせてよい。

なお、土被りが高くウイング天端が路面より低い場合は水平にする。

ただし、土被りが高くなる場合、カルバートを延長するか擁壁等で取付ウイングを短くする。

(4) ウイングの厚さは、30cm 以上とし、最大でも側壁厚を超えないものとする。

ただし、土被りのない場合において、ウイングの前面は本線の保護路肩の位置に合わせてもよい。

(5) ウイングの長さは ($L \leq 1.5 H$ とし) 最大 8.0m とする。

ただし、のりがおさまらない場合は、のり留（コンクリート擁壁等）で処置する。

出典：〔(4) (5)〕
道路土工-カルバート
工指針(平成 21 年度
版)(H22. 3)
P134 一部加筆

(土被りのない場合)

(土被りのある場合)

(路面より上げる場合)

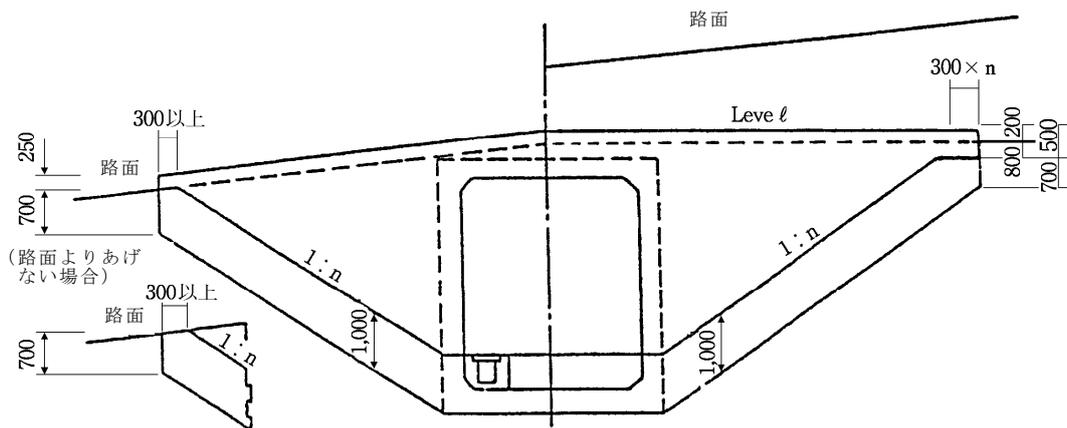


図 5-10-3 ウイングの形状

3. 平行ウイングの計算

(1) ウイングに作用する水平土圧は静止土圧とし、土圧係数は 0.5 を標準とする。

(2) ウイングは、カルバートを固定端とする片持ばりとして、ウイング取り付け部全幅で設計する。

(3) 根入れ 1m の前面部分の土圧は考えないものとする。なお根入れ 1m は盛土の場合であり、擁壁で巻きたてる場合はその形状寸法にあわせて適当に定める。

出典：〔3〕
道路土工-カルバート
工指針(平成 21 年度
版)(H22. 3)
P134

4. ウイングの配筋

(1) ウイング取り付け部のハンチは原則として、ウイングの厚さと等しくする。

(2) ウイングの土押さえの部分の配筋は図 5-10-4 に示すようにする。

(3) ウイングに作用する土圧力によって、ボックスカルバートの側壁に曲げモーメント及びせん断力が生じるので、側壁の配力鉄筋を補強しなければならない。（図 5-10-5）。

出典：〔4〕
道路土工-カルバート
工指針(平成 21 年度
版)(H22. 3)
P134~P136 一部加筆

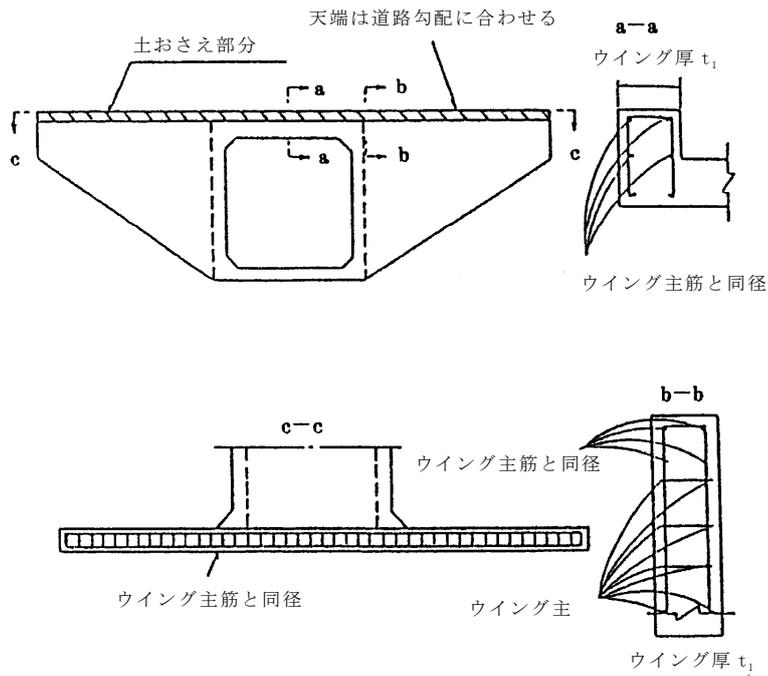


図 5-10-4 土押さえ部の配筋方法

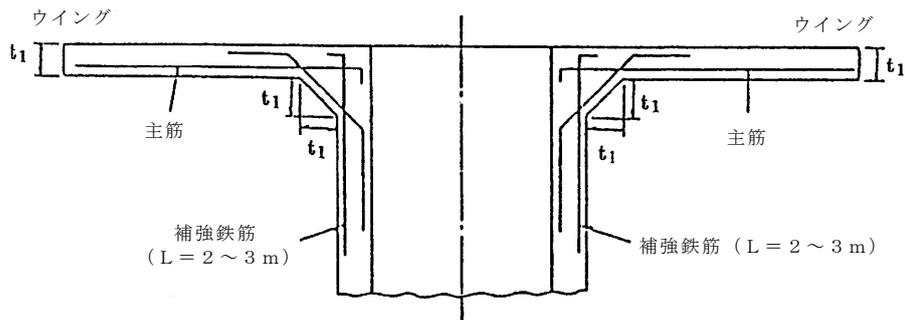


図 5-10-5 ウイングの壁厚と配筋方法

第 11 節 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。

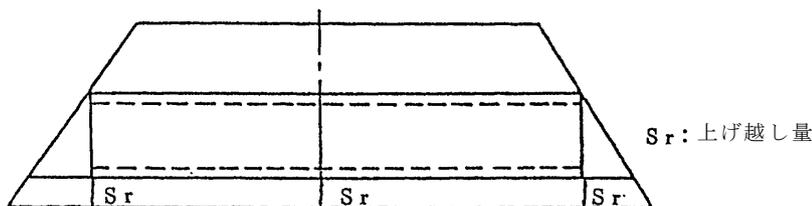
2. 沈下量の推定

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 を、「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。

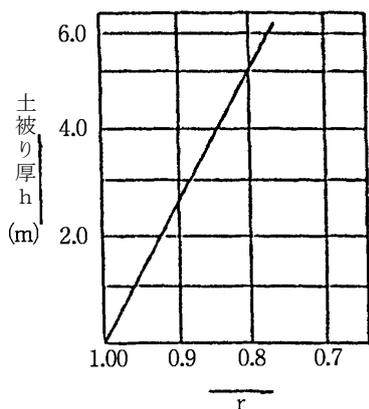
3. 上げ越し量

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。

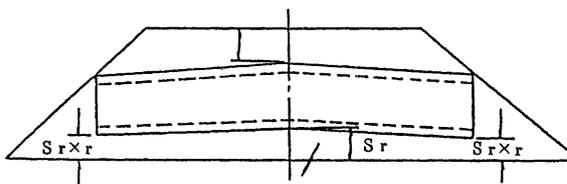
ただし、軟弱層厚が縦断方向で大きく異なる場合や、プレロードを行うことが出来ずボックスカルバートを盛土に先行して施工する場合には、中央部の圧密を推定して端部の上げ越し量を図 5-12-1 より沈下比率を乗じて決めるものとする。



上げ越し量（プレロード工法を採用した場合。）



土被り厚さと沈下比の関係



$$\text{沈下比 } r = \frac{\text{カルバート端部の沈下量}}{\text{カルバート中央部の沈下量}}$$

図 5-12-1 土被りと上げ越し量

第 13 節 プレキャストボックスカルバート

1. 種類と規格

(1) プレキャストボックスカルバートは、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。

内空断面 2.5m×2.5m 以下は、プレキャスト製品を使用することを標準とする。なお、それ以上の内空断面についても採用の検討をすることが望ましい。

(2) プレキャスト製品は、RC と PC 構造があり、選定に当たっては、運搬あるいは施工性・経済性等、それぞれの特性を考慮して決めるものとする。

一般的に RC 構造の 1 種は主として通路および一般水路に、2 種は腐食性環境の水路に使用する。PC 構造は、土被りに応じた 150 型、300 型及び 600 型の 3 種類がある。

出典：[1]
道路土工-カルバート
工指針(平成 21 年度
版)(H22. 3)
P142~P143 一部加筆

表 5-13-1 プレキャストボックスカルバートの種類

種類		呼び寸法 B×H (mm)	適用土被り (m)
R C 構造	1 種	600×600～3500×2500	0.5 ～3
	2 種	900×900～3500×2500	
P C 構造	150 型	600×600～5000×2500	0.5 ～1.5
	300 型		1.51～3
	600 型		3.01～6

- (3) 設置場所は、できるだけ不同沈下のない場所とする。
- (4) 斜角は、斜角ボックスカルバートの範囲内 (60° 以上) とする。
- (5) ウイングは、擁壁または補強土擁壁にて土留壁を構築する。ただし、ごく小規模なウイングは埋込鉄筋または埋込インサートとネジ付鉄筋によるカルバートとの一体構造とする。
- (6) 縦断勾配が 10% 以上となる場所は採用を避ける。

2. 敷設方法

敷設方法には、図 5-13-1～図 5-13-3 に示すとおり、通常敷設型と縦方向連結型がある。次のような条件の場合は、縦方向連結型とする。なお、曲線部敷設の場合には高力ボルトによる連結方法を用いる。

- (1) 地下水位が高く止水を考える場合。
- (2) 道路を横断して設置する場合。
- (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。

出典：[2]
道路土工-カルバート
工指針(平成 21 年度
版)(H22.3)P148
一部加筆

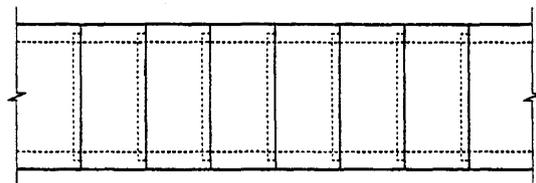


図 5-13-1 通常敷設型の敷設方法

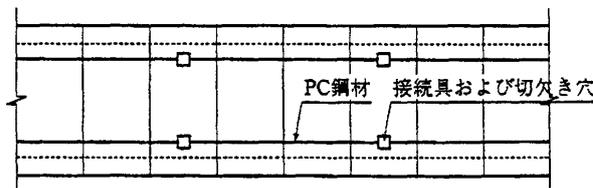


図 5-13-2 PC 鋼材による縦方向連結型の敷設方法

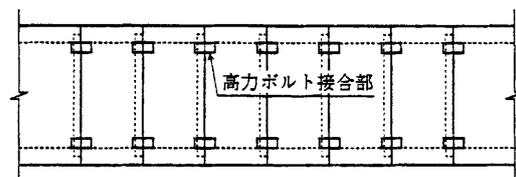


図 5-13-3 高力ボルトによる縦方向連結型の敷設方法

3. 基礎形式の選定

(1) 直接基礎とする場合は、無筋コンクリート基礎を標準とする。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。基礎底面の処理は図 5-13-4 を標準とする。

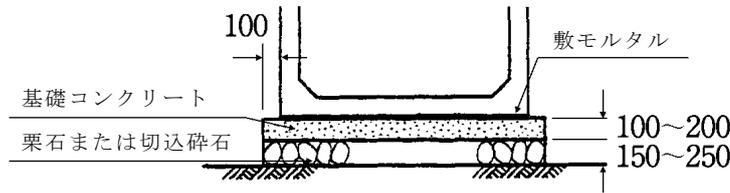


図 5-13-4 直接基礎の例

(2) 杭基礎とする場合は、その設計は「道路橋示方書・同解説IV下部構造編」に準じるものとする。杭頭部の処理は基礎無筋コンクリートまたは基礎鉄筋コンクリート内で行うものとして検討する。(図 5-13-5)

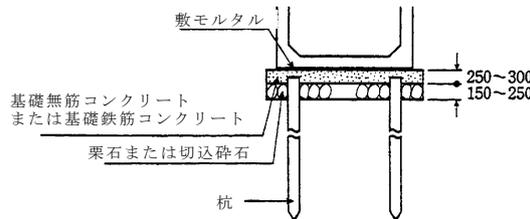


図 5-13-5 杭基礎の例

4. 設 計

(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/mm^2 以上、PC ボックスカルバートでは 40N/mm^2 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。

(a) 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。

$$\text{死荷重} + 1.35 \times (\text{活荷重} + \text{衝撃}) + \text{有効プレストレス力}$$

(b) 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。

① $1.3 \times \text{死荷重} + 2.5 \times (\text{活荷重} + \text{衝撃})$

② $1.0 \times \text{死荷重} + 2.5 \times (\text{活荷重} + \text{衝撃})$

③ $1.7 \times (\text{死荷重} + \text{活荷重} + \text{衝撃})$

(3) 鉄筋かぶりの最小値は、「道路橋示方書・同解説 III コンクリート橋編」に準じて 25mm とし、また塩害が想定される場合は「第 3 節 3. 塩害対策」によるものとする。

(鉄筋かぶり参考式)

$$C_{min} = \alpha \cdot K \cdot C_0$$

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

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)

出典：[3]
道路土工-カルバート
工指針(平成 21 年度
版)(H22.3)P152
一部加筆

出典：[4]
道路土工-カルバート
工指針(平成 21 年度
版)(H22.3)
P149~P152

第 14 節 門型カルバート

出典：[第 14 節]
道路土工-カルバート
工指針(平成 21 年度
版)(H22.3)
P154～P158 一部加筆

1. 荷 重

門型カルバートは、常時及び地震時での死荷重、活荷重、土圧、地盤反力度、地震の影響等により、設計上最も不利となる状態を考慮して設計するものとする。

荷重は第 3 節 1. 荷重に示す荷重及び地震の影響として以下に示す荷重を考慮する。

地震の影響

地震の簡便性より表 5-14-1 に示す設計水平震度に対して「道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編」に規定する地震時水平土圧（修正物部・岡部式）と死荷重、慣性力を作用させて、カルバートを構成する部材の応力度が許容応力度以下となること及び基礎が安定であることを照査する。また、「第 3 節 1. 荷重 1-6 地震の影響」に示す地盤の変形を考慮した手法をもちいてもよい。

門型カルバートの設計に用いる水平震度は、以下に示す式により算出される値とする。

$$k_h = c_z \cdot k_{h0} \quad \dots\dots\dots (5-14-1)$$

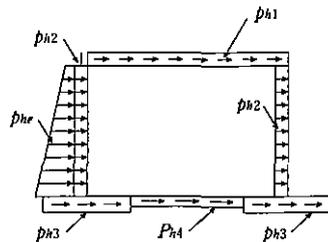
- ここに k_h ：設計水平震度（小数点以下 2 桁に丸める）
- k_{h0} ：設計水平震度の標準値で表 5-14-1 による。
- c_z ：地域別補正係数

地域別補正係数の値及び耐震設計の地盤種別の算出方法については、「道路土工要綱 資料 -1 地震動の作用」によるものとする。

表 5-14-1 設計水平震度の標準値 k_{h0}

	地盤種別		
	I 種	II 種	III 種
設計水平震度の標準値 k_{h0}	0.16	0.20	0.24

上表に示す設計水平震度の標準値は、地震の影響として地震時土圧と慣性力を作用させ、許容応力度法で照査する場合を前提として設定したものである。このため、構造物の塑性化を考慮する場合には上表の値を用いてはならない。



- p_{h1} ：頂版及び上載土の慣性力 (kN/m²)
- p_{h2} ：側壁の慣性力 (kN/m²)
- p_{h3} ：フーチングの慣性力 (kN/m²)
- P_{h4} ：ストラットの慣性力 (kN/m²)
- p_{he} ：地震時水平土圧 (kN/m²)

図 5-14-1 地震時の断面力計算における作用水平力

2. 構造設計

2-1 構造解析

門形カルバートの横断方向の断面力の計算を行う場合、構造解析モデルのラーメン軸線は図5-14-2に示す部材中心軸間の寸法（Bs、Hs）を用いる。フーチング及びストラットは弾性床上的のりとする。

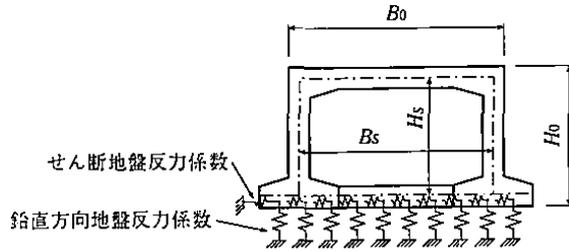


図 5-14-2 ラーメン軸線と計算モデル

2-2 縦断方向の設計

門形カルバートの縦断方向（構造物軸方向）の設計は「道路土エーカルバート工指針（平成21年度版）（H22.3）5-7 場所打ちボックスカルバートの設計（P126）」に準じる。

2-3 ストラットの設計

門型カルバートでは、フーチングの滑動によるラーメン隅角部の破壊を防ぐためストラットを設けるのを原則とする。

ストラットの設計では、次のような事項を考慮すればよい。

- (1) ストラットは矩形断面とし、フーチングに剛結する。
- (2) ストラットは、フーチングに剛結された弾性床上的のりとして設計する。
- (3) ストラット上面に作用する1輪あたりの活荷重 p_{1st} は、式(5-14-2)より計算する(図5-14-4)。活荷重は、断面応力が最大となる位置に載荷する。

$$p_{1st} = \frac{T(1+i)}{W_4} \quad (\text{kN/m}) \quad \dots\dots\dots (5-14-2)$$

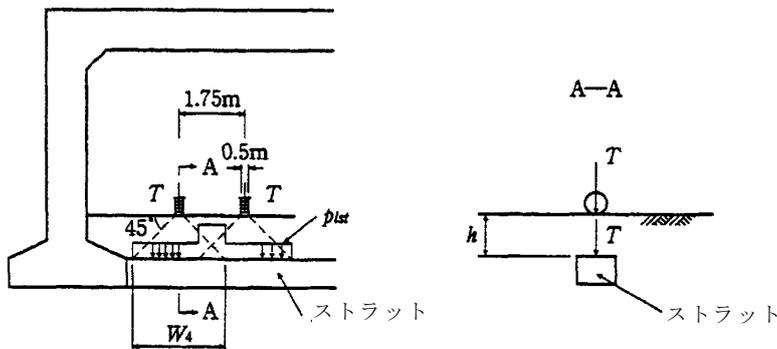
ここに、T：100kN

h：土被り（m）

W₄：活荷重の分布幅（m）

$$W_4 = 2h + 0.5$$

i：衝撃係数



(a) カルバート内空幅方向の分布

(b) カルバート縦方向の分布

図 5-14-3 活荷重の分布

ただし、図 5-14-4 に示すように基礎地盤が軟岩あるいはそれ以上に良好でフーチング前面の埋戻しをコンクリートで施工することによって滑動を防止した場合はストラットを省略することができる。

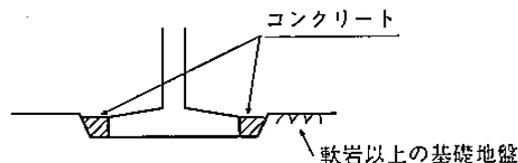
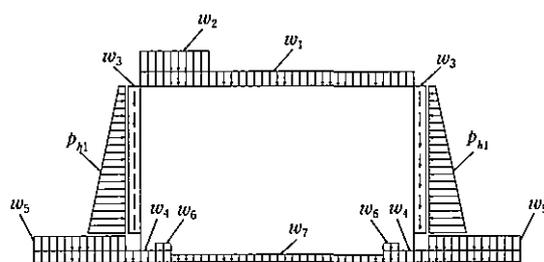


図 5-14-4 コンクリートによる埋戻し

3. 安定性の照査

3-1 支持力に対する安定の照査

図 5-14-5 に示す荷重を考慮するラーメン構造解析により求められる基礎の地盤反力に基づいて、指示力に対する安定照査を行うものとする。なお、地震時の場合は、ラーメン構造解析に当たり図 5-14-1 に示す荷重も含めて考慮する。支持力の照査は、基礎の最大地盤反力度が「道路土工-カルバート工指針（平成 21 年度版）4-3 土の設計諸定数 P70」に示される許容地盤反力度以下であることを照査する。



- ここに
- w_1 : 頂版死荷重, 鉛直土圧 (kN/m)
 - w_2 : 頂版上面に作用する活荷重 (kN/m)
 - w_3 : 側壁死荷重 (kN/m)
 - w_4 : 底版死荷重 (kN/m)
 - w_5 : 底版載荷土砂荷重 (kN/m)
 - w_6 : 底版載荷土砂荷重 (kN/m)
 - w_7 : ストラット死荷重, 載荷土砂荷重 (kN/m)
 - p_{h1} : 水平土圧 (kN/m)

図 5-14-5 安定計算に用いる荷重

3-2 滑動に対する安定の照査

カルバート内に設けられる工作物等への生涯からストラットが設けられない場合や、基礎地盤が軟岩以上でも滑動防止しない場合は、滑動に対する安定度の照を行わなければならない。滑動に対する安定の照査は、「道路土工-擁壁工指針」に準じて行う。