

ボックスカルバート編

平成 1 5 年 4 月 【初版】

平成 1 9 年 4 月 【改訂】

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四国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

道路土工 - カルバート工指針	平成11年3月	日本道路協会
道路土工 - 排水工指針	昭和62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 下部構造編	平成14年3月	日本道路協会
土木構造物標準設計第1巻 及び 同解説書	平成12年9月	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	平成17年5月	全国ボックスカルバート協会

現場打ちボックスカルバートの設計は、「土木構造物設計マニュアル(案)平成11年11月」により設計するものとする。参照

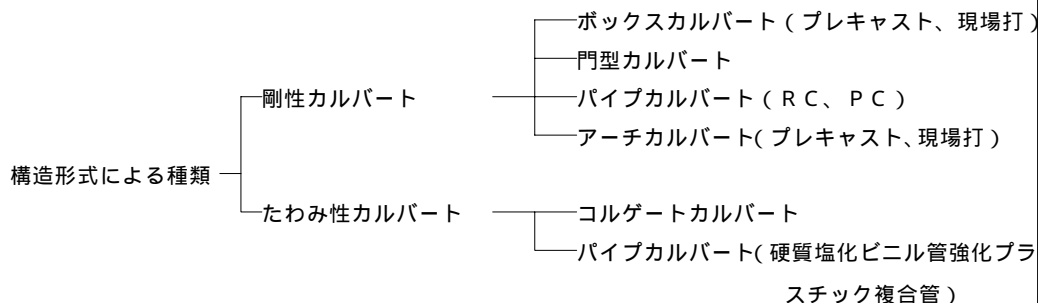
第2節 カルバート一般（標準）

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附属施設物は「第12章立体横断施設」を参照されたい。参照



出典：道路土工 - カルバート工指針 H11.3 P4

2. 適用の範囲

道路を横断して設ける水路、通路として施工するカルバートの標準的な範囲は表5-2-1の通りである。

プレキャストボックスカルバートの適用に当たっては、同章第13節を参照されたい。参照

表5-2-1 カルバートの一般的な適用範囲

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	(舗装厚または0.5) ~ 20m	1 x 1 m ~ 6.5 x 5 m
	プレキャスト	(舗装厚または0.5) ~ 6 m	0.6 x 0.6m ~ 5 x 2.5m
門型カルバート		(舗装厚または0.5) ~ 10m	内空幅 3 ~ 8 m
アーチカルバート	現場打ち	10m以上	内空幅 3 ~ 8 m
	プレキャスト	(舗装厚または0.5) ~ 16m	0.8 x 0.56m ~ 3 x 3.2m
鉄筋コンクリートパイプカルバート		(舗装厚または0.5) ~ 20m	150mm ~ 3000mm
プレストレストコンクリートパイプカルバート		(舗装厚または0.5) ~ 20m	500mm ~ 3000mm
セラミックパイプカルバート		(舗装厚または0.5) ~ 9 m	100mm ~ 600mm
コルゲートメタルカルバート		(舗装厚 + 0.3) ~ 30m	300mm ~ 4500mm
硬質塩化ビニルパイプカルバート		(舗装厚 + 0.3) ~ 7 m	100mm ~ 800mm
強化プラスチック複合パイプカルバート		(舗装厚 + 0.3) ~ 10m	200mm ~ 3000mm

出典：道路土工 - カルバート
土工指針 H11.3 P6

たわみ性カルバートの使用に当たっては、維持管理、経済性、施工効果等十分に検討の上使用する。

アーチカルバートの使用に当たっては、維持管理、経済性、施工効果等十分に検討の上使用する。

3. カルバート形状の選定基準

カルバートの形状選定に当たっては、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。

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。検討事項

- 必要内空断面
- 平面形状
- 縦断勾配
- 土被り
- 地形及び地質
- 周辺構造物
- 施工条件

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。検討事項

表5 - 3 - 1 カルバートの一般的な適用範囲

出典：道路土工 - カルバート工指針 H11.3 P26

カルバートの種類 荷重		剛性カルバート			たわみ性カルバート		
		ボックス, アーチカルバート	門形 カルバート	パイプ カルバート	コルゲート メタルカルバート	パイプ カルバート	
主 荷 重	死荷重	自重			×	×	
		カルバート内の水		×			
	活荷重	カルバート上の活荷重					
		カルバート内の活荷重			×	×	×
		活荷重による側圧			×	×	
	衝撃						
	土圧	鉛直土圧					
		水平土圧			×		
	水圧				×	×	×
	浮力または揚圧力			×	×	×	
	乾燥収縮の影響		×		×	×	×
地盤（基礎）反力							
従荷重	温度変化の影響		×	×	×	×	
	地震の影響		×	×	×	×	

注1) : 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、一般的には考慮する必要のない荷重

× : 考慮する必要のない荷重

注2) ボックスカルバート底面の地盤反力を算出する際や断面力を算出する際のカルバート内の死荷重または活荷重は、「道路土工 - カルバート工指針」により設計するものとする。参照

表 5 - 3 - 2 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	$P_{vd} = \dots \cdot h_1$	注) : 鉛直土圧を求めるための係数 : 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	$P_{hd} = k \cdot \dots \cdot h_i$	$k = 0.5 \dots$ 静止土圧係数 h_i : 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 - 4)
	換算等分布荷重 $q_{u1} = \frac{P(1+i)}{2h_1+0.2}$	$h_1 = 4.0$ 以上は $q_{u1} = 10\text{kN/m}^2$
	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) 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。

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。

土の単位体積重量は周辺状況により決定する。

擁壁等に近接する場合、整合を図る。

1) 鉛直土圧の考え方

係数 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 - 3 に示す値を用いるものとする。

表 5 - 3 - 3 係数

条 件	鉛直土圧係数	
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)	$h / B < 1$	1.0
	1 $h / B < 2$	1.2
	2 $h / B < 3$	1.35
	3 $h / B < 4$	1.5
	4 h / B	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: 道路土工 - カルバート工指針 H11.3 P45

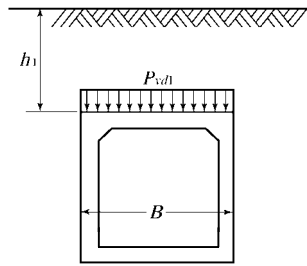


図 5 - 3 - 1 鉛直土圧

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）には制限なく載荷させる。
 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。

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。

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

$$\text{前輪：} P_{1+i}' = \frac{2 \times 25}{2.75} \times (1 + i) \text{ (kN/m)} \dots\dots\dots (3-4)$$

なお、この場合の衝撃係数 i は表 5 - 3 - 4 の値とする。

表 5 - 3 - 4 衝撃係数 i

カルバートの種類	土被り (h ₁)	衝撃係数
・ボックスカルバート ・アーチカルバート	h ₁ < 4 m	0.3
・門型カルバート ・コルゲートメタルカルバート	4 m ≤ h ₁	0
・コンクリート製パイプカルバート ・セラミックパイプカルバート	h ₁ < 1.5 m	0.5
・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	1.5 m ≤ h ₁ < 6.5 m	0.65 - 0.1 h ₁
	6.5 m ≤ h ₁	0

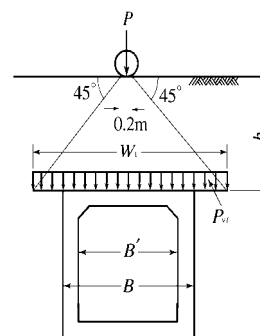


図 5 - 3 - 2 活荷重

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_v は次項によって計算する。

出典：道路土工 - カルバート工指針 H11.3 P27

出典：道路土工 - カルバート工指針 H11.3 P48

() 土被り 4.0m未満の場合

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

ここに、 W_1 : 活荷重の分布幅 (m)
 : 断面力の低減係数で表 5 - 3 - 5 による。

表 5 - 3 - 5 断面力の低減係数

	土被り h_1 1 m かつ 内空幅 B 4 m の場合	左記以外の場合
	1.0	0.9

() 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 10kN/m^2 の荷重を考えるものとする。

() 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パートにかかる部分を載荷する (図 5 - 3 - 3)。

載荷幅 W_2 は

$$W_2 = \frac{B}{2} h_1 - 5.9(\text{m}) \quad \dots\dots\dots (3-6)$$

前輪による鉛直荷重 $P_{\nu 1}'$ は

$$P_{\nu 1}' = \frac{P_{1+i}'}{W_2 + W_3} \quad (\text{kN/m}^2) \quad \dots\dots\dots (3-7)$$

となる。

また、 W_3 の部分による影響は、水平荷重 ($P_{h1}' = P_{\nu 1}' \cdot k_o$) として考慮する。

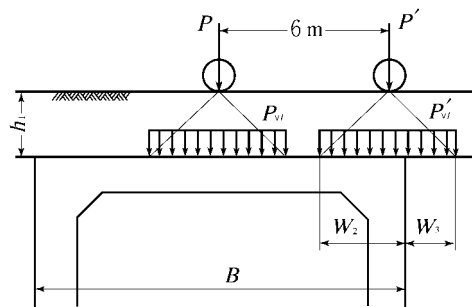


図 5 - 3 - 3 前輪の影響

() 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 下部構造編」によるものとする。参照

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。

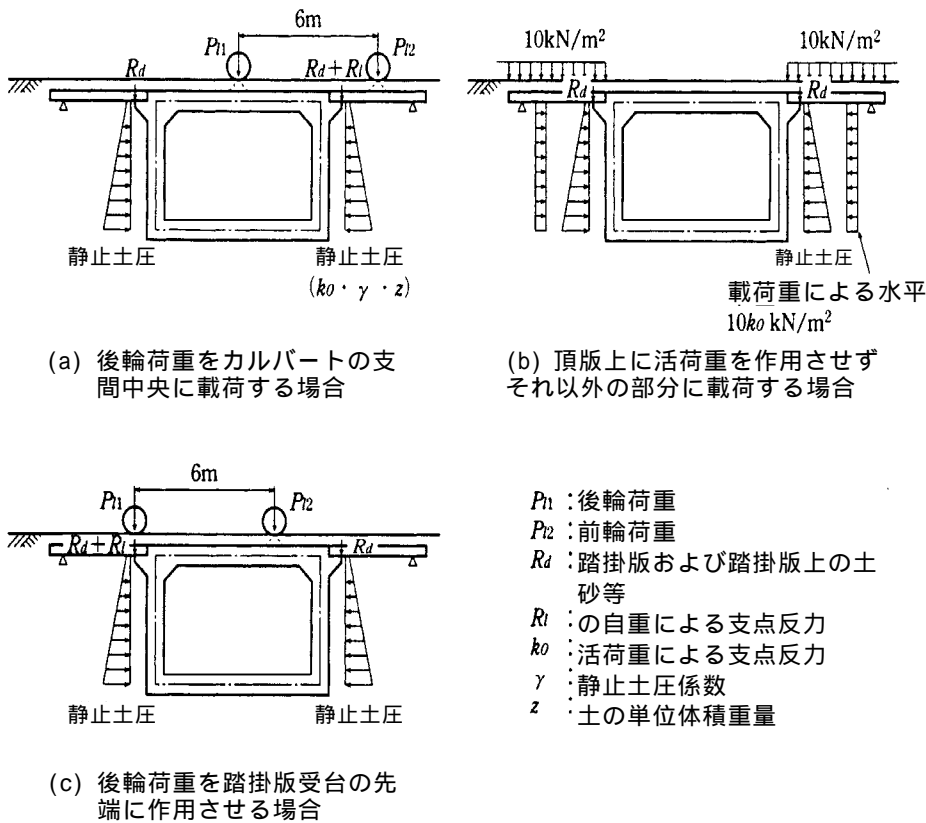


図5-3-4 踏掛版からの荷重の荷重方法

2. 許容応力度

コンクリート及び鉄筋の許容応力度は、表5-3-6、表5-3-7のとおりとする。

表5-3-6 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	0.39

ただし、地震時の許容応力度は、表5-3-6の値を50%割増するものとする。

出典：道路土工 - カルバート工指針 H11.3 P55

出典：道路土工 - カルバート工指針 H11.3 P41～P42

表 5 - 3 - 7 鉄筋の許容引張応力度 (N/mm²)

出典：道路土工 - カルバート工指針 H11.3 P42

応力度、部材の種類		鉄筋の種類	S D345
引張	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 注 1)	180
		厳しい環境下の部材 注 2)	160
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		200

注 1) 通常的环境や常時水中、土中の場合。

注 2) 一般的环境に比べて乾湿の繰り返しが多い場合や有害な物質を含む地下水位以下の土中の場合 (海洋環境などでは別途かぶりなどについて考慮する。)

3. 最小部材厚及び鉄筋かぶり

最小部材厚及び鉄筋かぶりは表 5 - 3 - 8 のとおりとする。
部材の形状は等厚の矩形断面とする。

表 5 - 3 - 8 最小部材厚及び鉄筋かぶり

型 式	最 小 部 材 厚	鉄 筋 か ぶ り
ボックスカルバート	0.3m ピッチ : 0.1m	頂版・側壁 : 10 cm 底版 : 11 cm

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。

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。

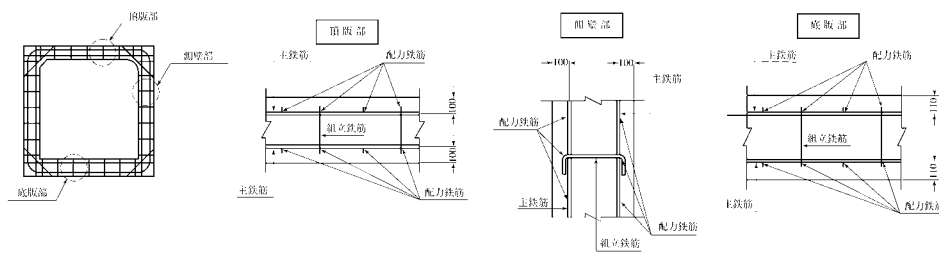


図 5 - 3 - 5 鉄筋かぶり概略図

出典：土木構造物設計ガイドライン H11.11 P73

4. 配筋方法

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(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筋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。

2) 配筋規定

- (1) 主鉄筋の鉄筋径と配筋間隔は、表5-3-9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250 mmとすることが望ましい。
- (2) 主鉄筋と配筋鉄筋の関係は、表5-3-10の組み合わせを標準とする。なお、圧縮鉄筋および配筋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。

$$l_a = \frac{s_a}{4 \cdot o_a} \cdot$$

ここに、 l_a : 重ね継手長(10 mm単位に切り上げ)〔mm〕

s_a : 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〕

o_a : コンクリートの許容付着応力度〔1.6 N/mm²〕

: 鉄筋の直径〔mm〕

- (4) 鉄筋の定尺長は、 $L_{max} = 12.0\text{m}$ 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10 mm単位に切り上げる。

表5-3-9 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							

出典: 土木構造物設計ガイドライン H11.11 P32

表 5 - 3 - 1 0 主鉄筋と配力鉄筋の組み合わせ

主鉄筋 \ 配力鉄筋	D 13	D 16	D 19	D 22	D 25	D 29	D 32	D 22	D 25	D 29	D 32
		250 mm						125 mm			
D 13ctc250 mm											
D 16ctc250 mm											
D 19ctc250 mm											

出典：土木構造物設計ガイドライン H11.11 P32

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。

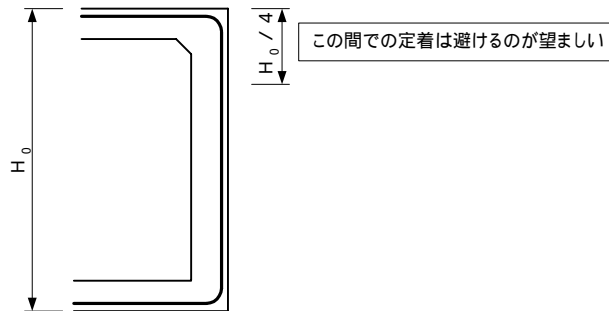


図 5 - 3 - 6 鉄筋定着を避ける範囲

5. 土被り厚さ

5 - 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。

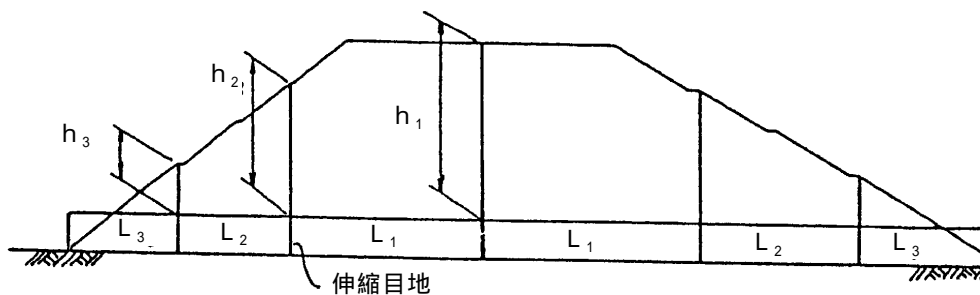
5 - 2 土被りが変化する場合

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厚 (h_1) で求めた断面を用いるものとする。

カルバートの縦方向に荷重が大きく変化する場合、縦方向の検討を行うこととする。なお、縦方向の設計は原則として“弾性床のはり”として解析するものとする。



注) 目地間隔は、10~15mとする。

図 5 - 3 - 7 土被りの考え方

6. 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。

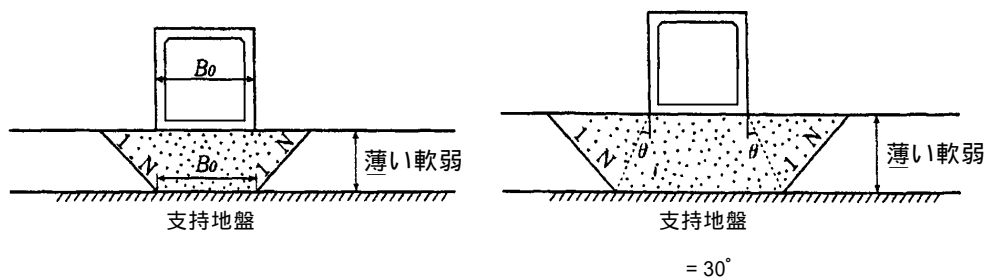
第4節 基礎（標準）

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。 **検討事項**

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。
また、置換え厚さは0.5m単位とし、置換え厚が2mを越える場合は別途考慮するものとする。

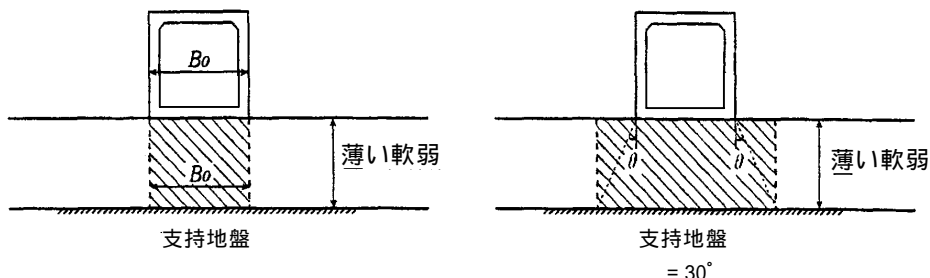
出典：道路土工 - カルバート工指針 H11.3 P21



N：土質条件により算出

- (a) 軟弱層の下に底版面積と同面積で支持できる地盤がある場合
- (b) 荷重の分散を考えた方が妥当な場合

図5-4-1 置換基礎の形状



- (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 下部構造編」に準じて行う。**参照**

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。

出典:道路土工-カルバート工指針 H11.3 P59

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。

なお、プレキャストボックスカルバートについては、「第13節プレキャストボックスカルバート」を参照されたい。**参照**

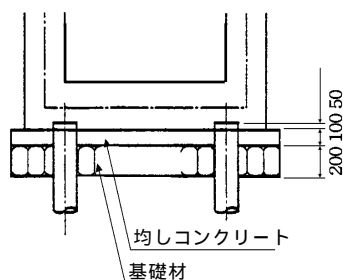


図5-4-3 杭基礎(2列配置)の例

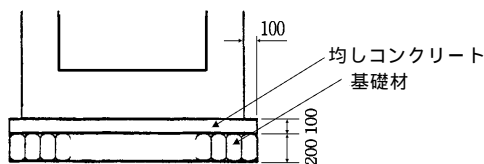


図5-4-4 基礎底面の処理例

出典:道路土工-カルバート工指針 H11.3 P58~59

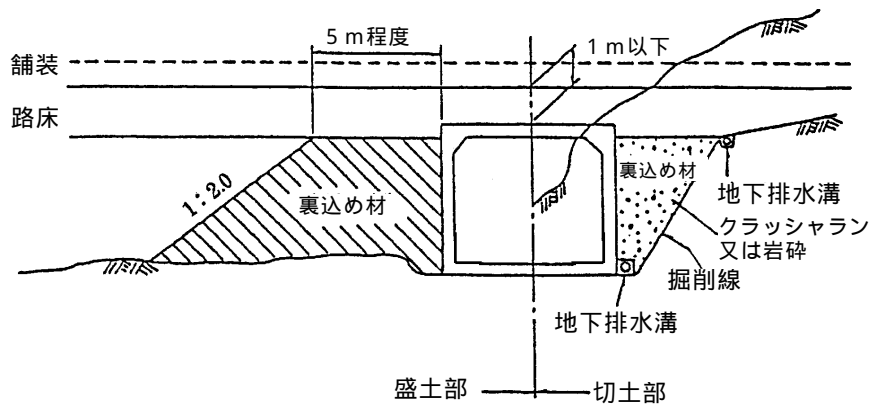
第5節 背面の設計(参考)

1. 裏込め工

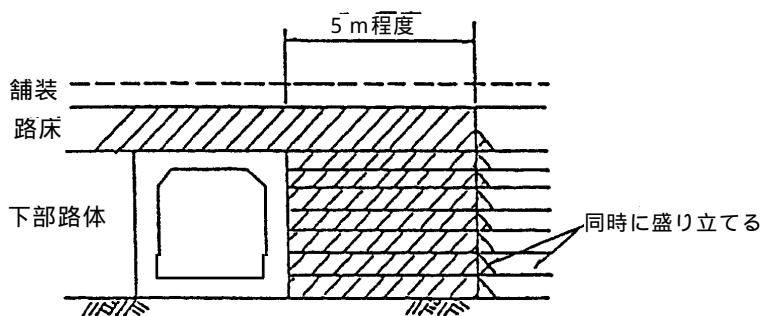
裏込め工の施工には盛土との同時進行、裏込めの先行、及び裏込めの後施工があるが、土被りが1m以下(路床面と頂版上面間とする)で背面の盛土の沈下により路面の不陸が考えられる場合、盛土においては、裏込め工を先行して施工するのが望ましい。

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。



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. 排水工

切盛境や沢部に設置されたカルバートでは、図5-5-2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、フィルターの設定は不要であるが、盛土材によってはフィルターの設置を考えること。

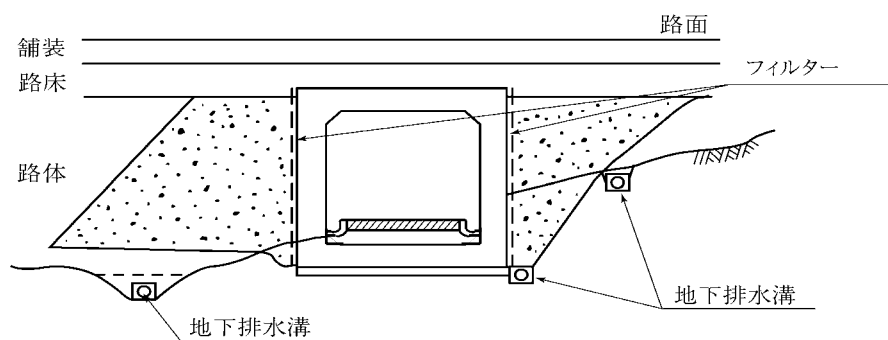


図5-5-2 ボックスカルバートの裏込め排水工の例

3. 踏掛版

1) 踏掛版の設置

(1)下記の3条件を全て満足する場合に踏掛版を設置する。(図5-5-3)なお,下記3条件を全て満足しても、函梁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。

$$W \geq 3 \text{ m}$$

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

$$h_2 \geq 3 \text{ m}$$

(2)踏掛版を設置する場合は、函梁本体に踏掛版の反力を考慮する。なお、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。

(3)その他、踏掛版の設置については、「第7章 橋梁下部工編、第2節 橋台・橋脚、2. 橋台・橋脚の設計、2-11 踏掛版」によるものとする。参照

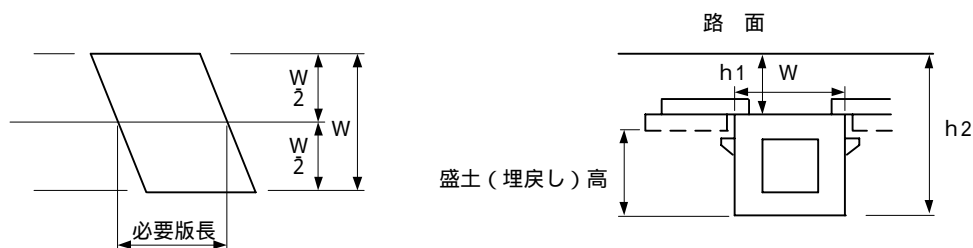


図5-5-3 ボックスカルバートの踏掛版の設置

2) 踏掛版の設計法

構造細目は、「第7章 橋梁下部工編、第2節 橋台・橋脚、2. 橋台・橋脚の設計、2-12 踏掛版」による。参照

第6節 斜角のつくボックスカルバート（標準）

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。参照

角度 が表5 - 6 - 1に示す値以上の場合、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。

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5 - 6 - 1

基礎地盤と角度の関係

地盤	角度
軟弱地盤	70°
通常地盤	60°

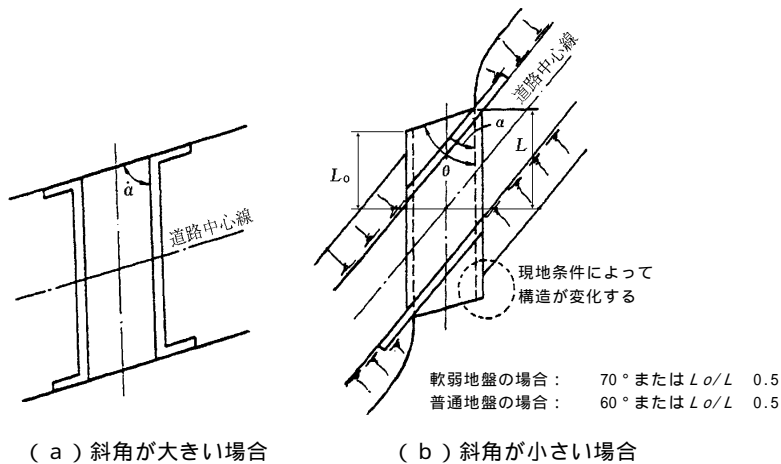


図5 - 6 - 1 斜角がつくボックスカルバートの端部形状

「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。検討事項

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 70°またはL₀/L ≥ 0.5とし、普通地盤の場合 60°またはL₀/L ≥ 0.5とする。検討事項

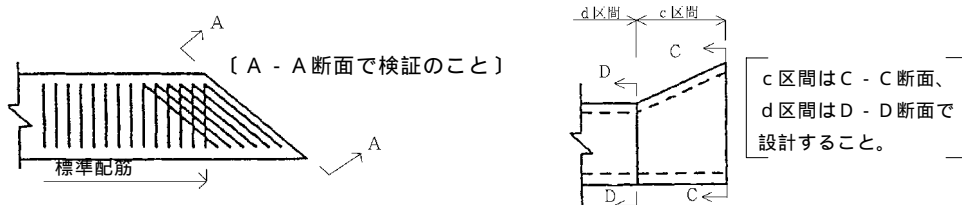


図5 - 6 - 2 計算断面位置

出典：道路土工 - カルバート工指針 H11.3 P65

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。

地形上やむなく10%以上となる箇所については、有効断面の計算は h を用いるものとし、応力計算では h' を用い、配筋を図5-7-1のように鉛直方向に入れるものとする。

なお、縦断勾配が10%以下の場合は、 h 方向によって応力計算した鉄筋を h 方向に配筋してよい。

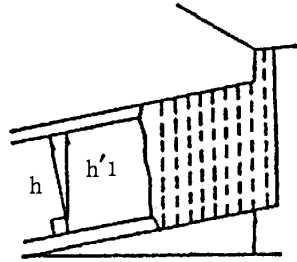


図5-7-1 配筋図

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。 **検討事項**

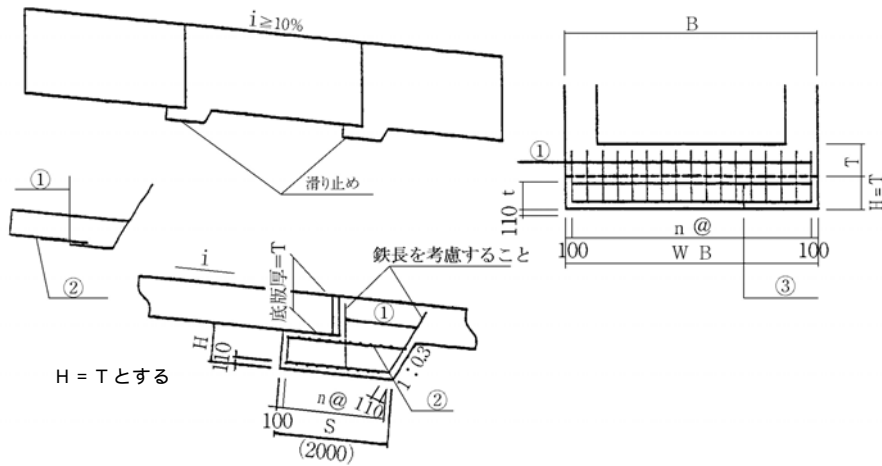


図5-7-2 滑り止めの例

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。

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、上流側にどろ溜、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。

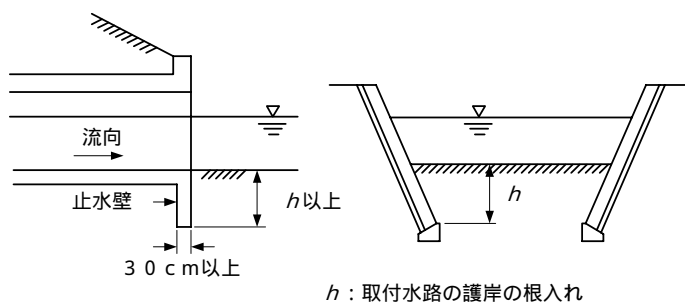


図5-8-1（参考）

出典：道路土工 - カルバート工指針 H11.3 P71

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入れることが望ましい。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。 **検討事項**

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。 **弾力的運用**

構造細目

ボックスカルバートの継手

横断ボックスの目地の位置は原則として車道部に設けず、中央分離帯・歩車道境界に設けるものとする。

また、止水板は人道・水路ボックスにかかわらず全周設置するものとする。

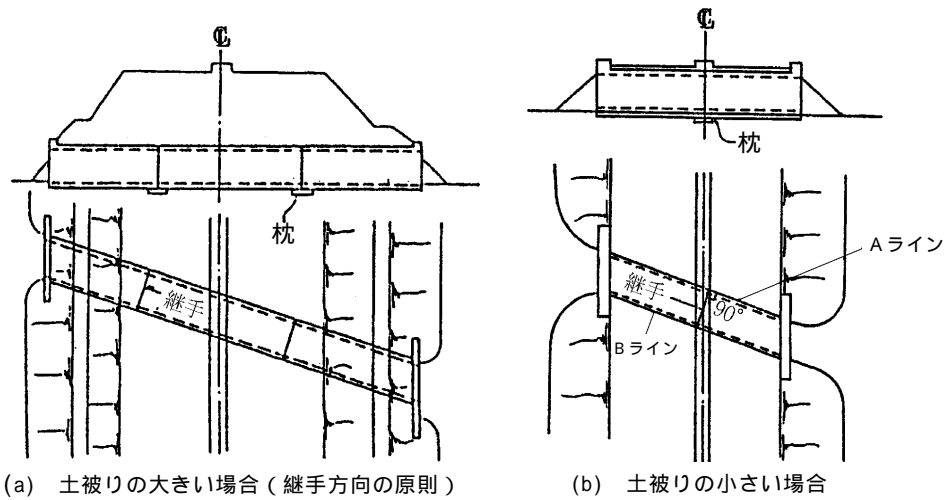


図 5 - 9 - 1 ボックスカルバートの継手の位置と方向

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。

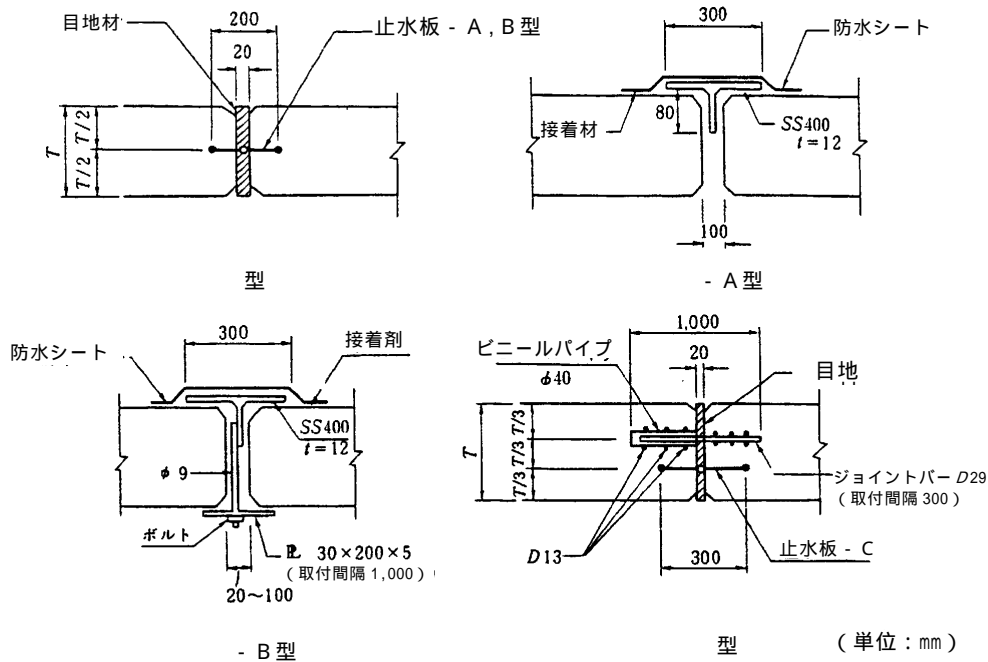


図 5 - 9 - 2 継手の構造

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	型	型	型 (型)
上げ越しを行う場合	- A 型	- B 型	型

注) () 書は枕を設けない場合

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) 継手位置の段落ち防止のために枕梁を設ける場合は、図 5 - 9 - 3 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) は、沈下量が小さい場合として設計する。
- (4) 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、原則として段落防止用枕基礎を施工しない。

杭基礎の場合、段落防止用枕は一般的に設けない。

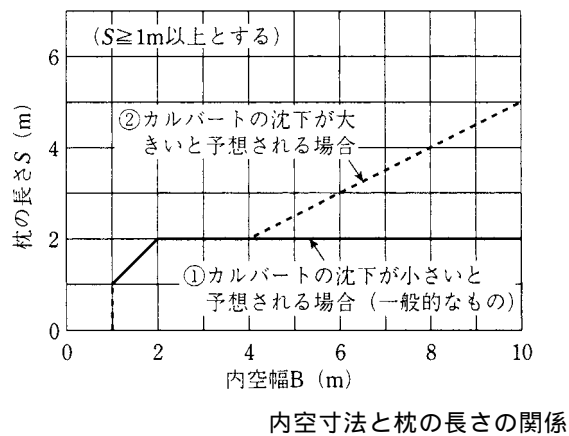
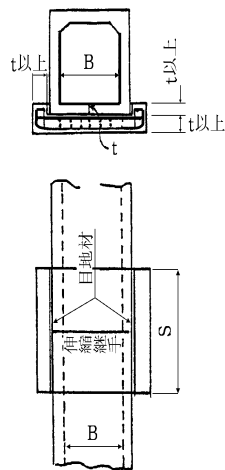


図 5 - 9 - 3 段落ち防止用枕の標準

構造細目

段落ち防止用枕の設計

「道路土工 - カルバート工指針」及び「標準設計解説書」の「枕の配筋はボックスカルバート底版の配筋量 (cm^2 / m^2) 以上を軸方向、軸直角方向、に等量に配筋すればよい。」との記述により設計されているが、その内容は、枕は版構造であり、版理論で解析する必要があるが、この解析を省略し、ボックス主体と同程度の剛性を確保するように定めたもので、その主旨は下記のとおりである。

- a 「ボックスカルバート底版の配筋量 (cm² / m²) とは、底版を上から見た 1 m² 内に配筋されている引張・圧縮側の主鉄筋及びその配力筋の合計鉄筋量 A s (cm²) を意味する。
- b 「軸方向、軸直角方向に等量に配筋すればよい。」とは a で得られた鉄筋量 A s を軸方向、軸直角方向各々に「A s / 2」ずつ等量に配筋するという主旨であり、上下 2 段配筋とする場合は、上段の軸方向は「A s / 4」の鉄筋量以上を配筋すれば良いこととなる。
- c 枕の立ち上がり部は b と同じ配筋とする。

〔段落防止用枕の設計例〕

下記のものは一例であり、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) S = 2.0m

底版鉄筋量 (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)」の計算例より

主鉄筋 F₁ D22... 4 本 4 本 × 3.04kgf × 1.0m = 12.16kgf

F₂ D19... 4 本 4 本 × 2.25kgf × 1.0m = 9.00kgf

配力筋 F₄₋₇ D13... 8 本 8 本 × 0.995kgf × 1.0m = 7.96kgf

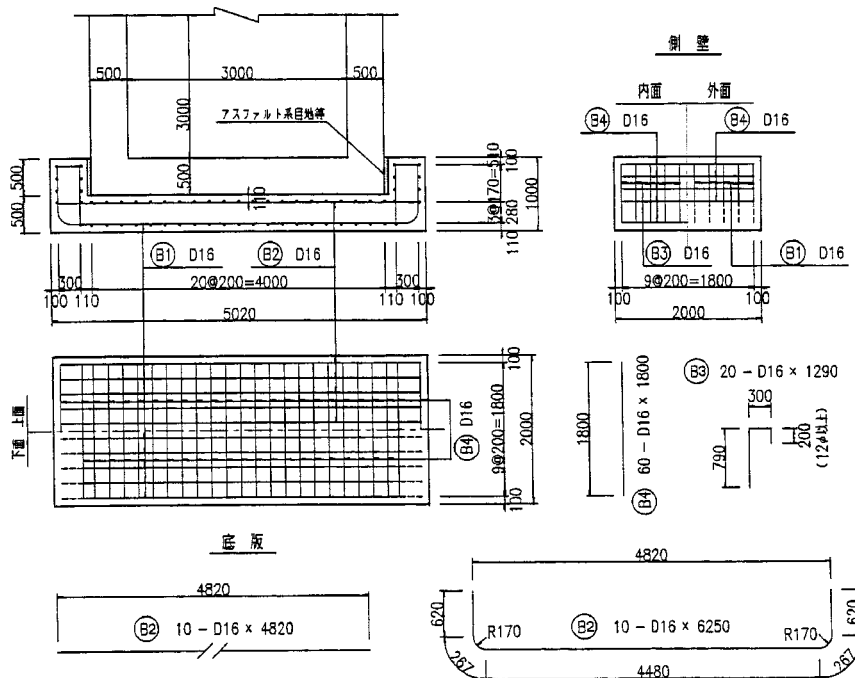
1 m² 当鉄筋量 (12.16 + 9.00 + 7.96) / (1.0 × 1.0) = 29.12kgf / m²

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。

29.12 × 1/2 = 14.56 kg f / m²

D16 とすれば 1.56 kg f × 2 × 1.0 / 14.56 = 0.214m 以下 20 cm ピッチ

(配筋図)



() 組立筋は、函渠の底板と同様に配筋の事

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、下図を参考に担当課と協議を行い、継ぎ手方法を決定する。

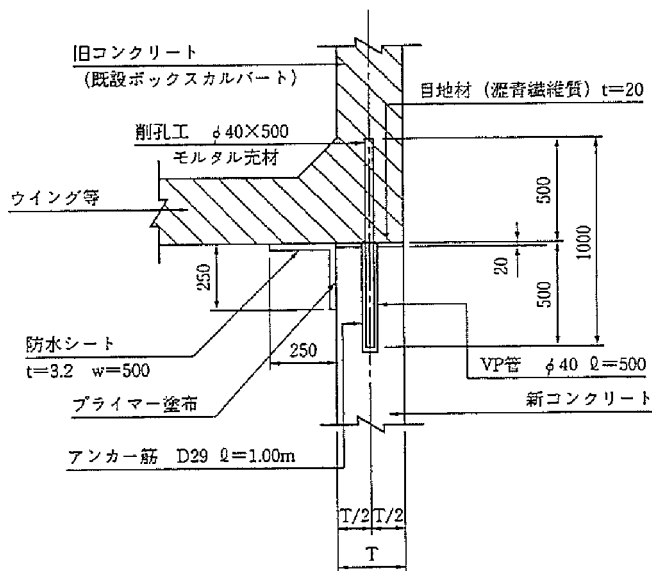
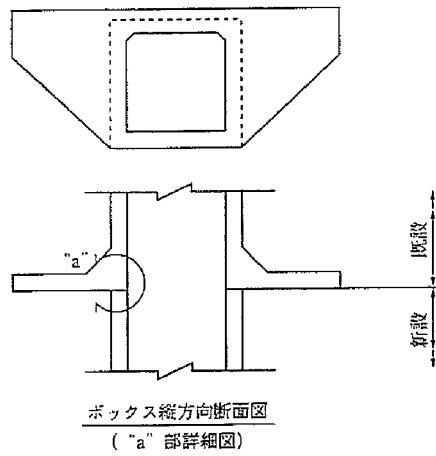


図 5 - 9 - 4 a部詳細図（参考）

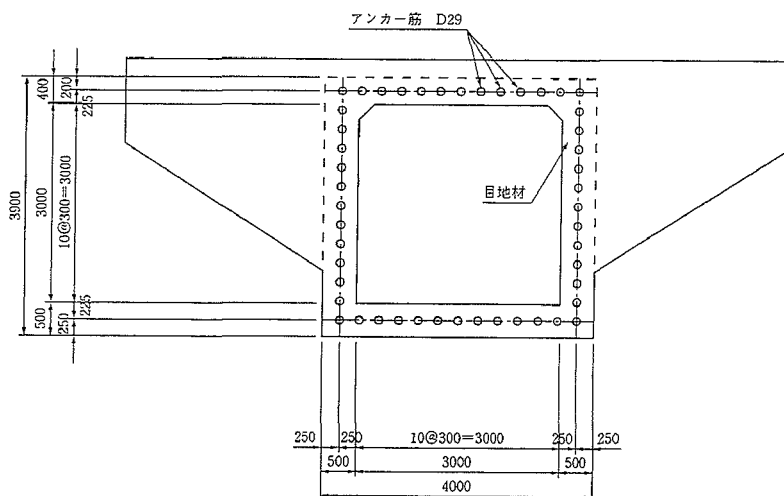


図 5 - 9 - 5 継目工詳細図（参考）

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。

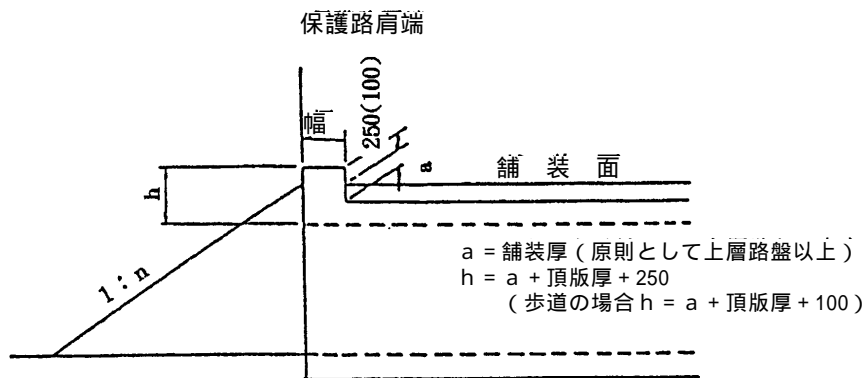
構造上地覆の高さが高くなり設計計算上から厚さが決定される場合、カルバート本体の頂版厚より厚くなる高さをとってはならない。（図 5 - 10 - 1）

(2) 盛土の途中の場合

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。 **検討事項**

(3) 水路ボックスの場合

水路ボックスは、地覆の高さを 30 cm とする。なお、図 5 - 10 - 2 の 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

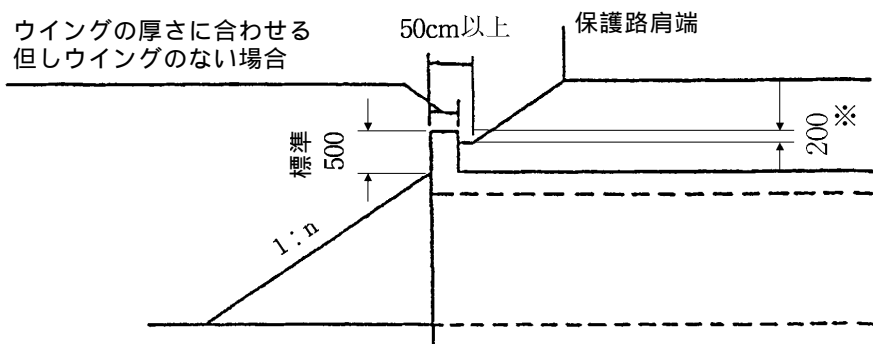


図 5 - 10 - 2 土被りのある場合

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 1 m 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、原則として 30 cm 以上とし、最大でも本体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 ($L = 1.5 H$ とし) 最大値は 8.0 m 程度とする。
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。

(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)

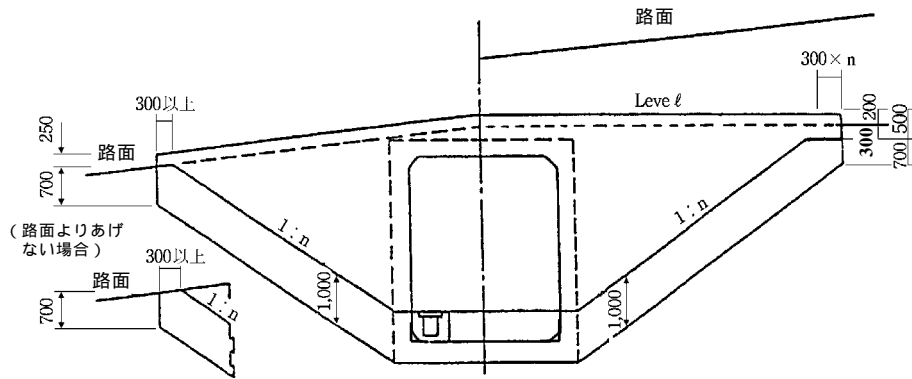


図 5 - 10 - 3 ウイングの形状

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、カルバート本体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 1 m の前面部分の土圧は考えなくてよいものとする。なお根入れ 1 m 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。

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) 一般にウイングの鉄筋は、本体の主鉄筋を上回らないこと。
- 4) ウイングに作用する土圧力によって、カルバート本体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)。
- 5) ウイング長がやむを得ず $L = 8$ m 以上となる場合は、2 辺固定版として設計するとともに、補強筋を追加すること。

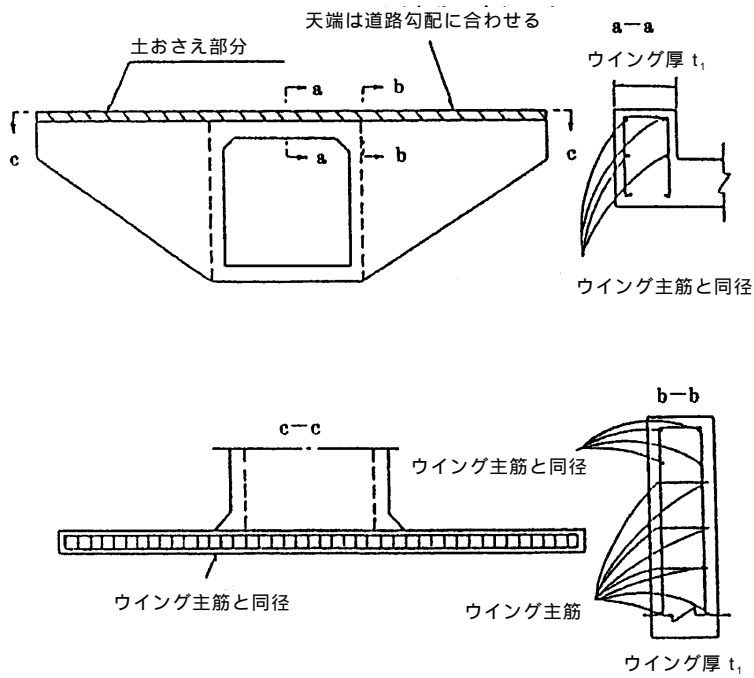


図 5 - 10 - 4 土押さえ部の配筋方法

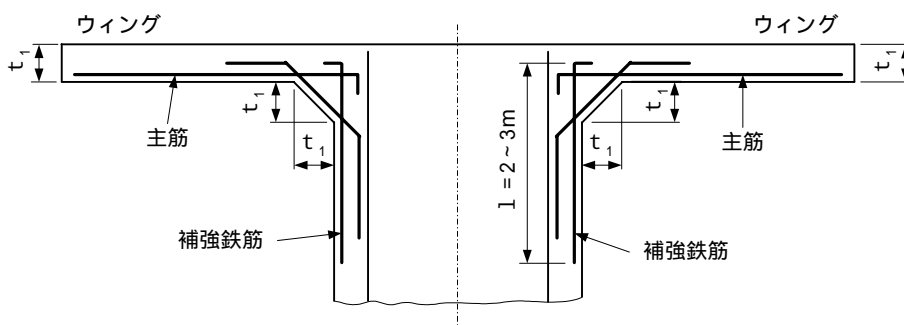


図 5 - 10 - 5 ウイングの壁厚と配筋方法

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。

1. プレロードの高さ及び範囲

- ・ 荷重盛土の高さ (Hpre) は、現在迄の実績では計画高 (H) + 2.0m が一般に用いられる。
 - ・ 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)

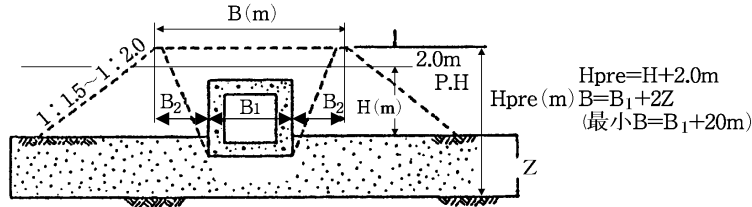


図 5 - 11 - 1 ボックスカルバートのプレロード

2. 放置期間

プレロードは、原則として荷重盛土終了後 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ともよい。

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 5 - 11 - 2 に示す。

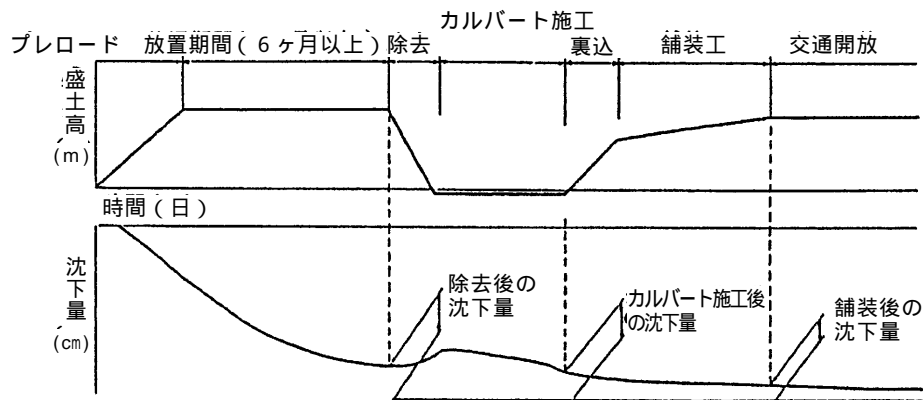


図 5 - 11 - 2 プレロードの施工順序

第 12 節 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構築後に沈下が予想される場合は、上げ越して施工するものとする。

1. 残留沈下量

ボックスカルバート設置箇所で沈下が予想される場合は、残留沈下量を出来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 以下を目標に荷重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。

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 S は、「道路土工 - 軟弱地盤対策工指針」を参照し求める参照。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、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。

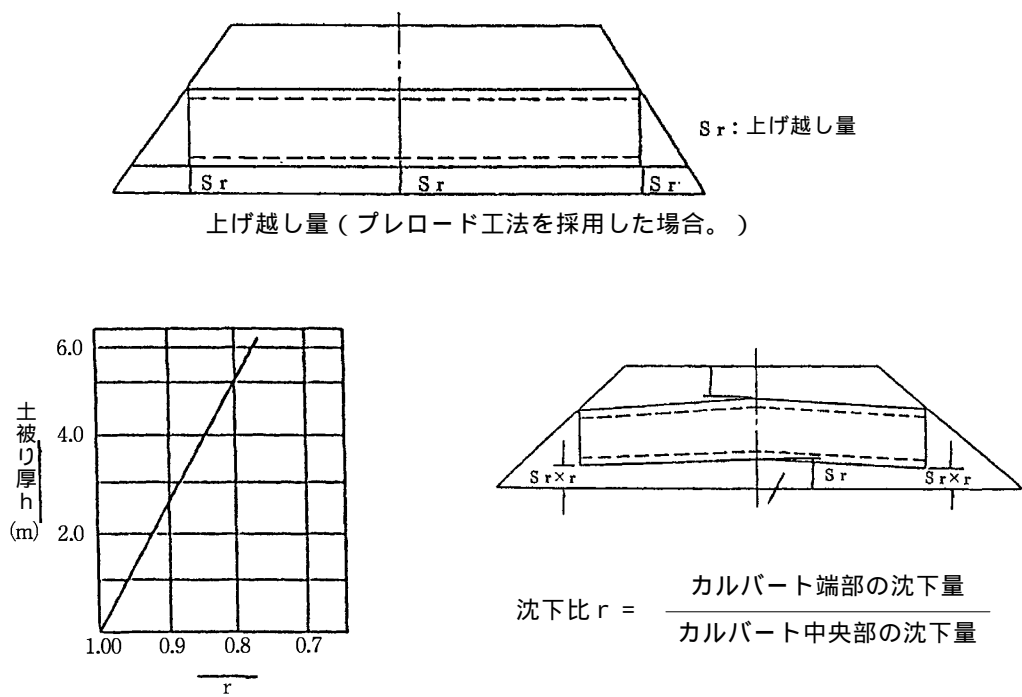


図5-12-1 土被りと上げ越し量

第13節 プレキャストボックスカルバート

1. 選定基準

- 1) 内空断面 2.5m x 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。検討事項
- 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。検討事項

- 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。

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。

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)
RC 構造	1種	600 × 600 ~ 3500 × 2500	0.5 ~ 3
	2種	1000 × 800 ~ 3500 × 2500	
PC 構造	150型	600 × 600 ~ 5000 × 2500	0.5 ~ 1.5
	300型		1.5 ~ 3
	600型		3.0 ~ 6

出典：道路土工 - カルバート工指針 H11.3 P72

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とがある。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。

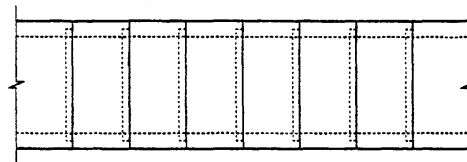


図5-13-1 通常敷設型の敷設方法

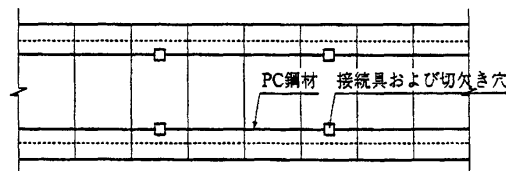


図5-13-2 PC鋼材による縦方向連結型の敷設方法

出典：道路土工 - カルバート工指針 H11.3 P78

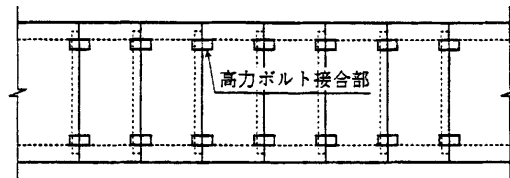


図 5 - 13 - 3 高力ボルトによる縦方向連結型の敷設方法

〔PC 鋼材を用いる場合のプレストレス直後の緊張力〕

PC 鋼材を用いて、縦連結を行う場合は、次式により製品本数及び PC 鋼材の種類を決定する。なお、緊張は、上部および下部について 2 本同時に行うものとする。

$$P_t = \frac{\mu \times W \times N}{2}$$

P_t : プレストレス直後の緊張力 (KN)

μ : 摩擦係数 (1.0)

W : 製品 1 本の重量 (KN)

N : 1 つの連結区間における製品本数

3. 基礎形式の選定

(1) 直接基礎とする場合

直接基礎とする場合は、均し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。

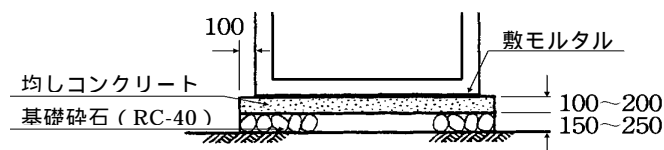


図 5 - 13 - 4 直接基礎の例

(2) 杭基礎とする場合

杭基礎とする場合の設計は、「道路橋示方書・同解説 下部構造編」に準じるものとする参照。

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)

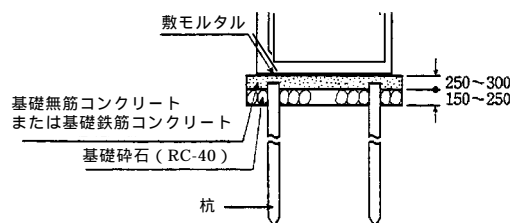


図 5 - 13 - 5 杭基礎の例

(3) 置換基礎

同章「第 4 節基礎 1. 置換基礎、改良地盤」による参照。

出典：道路土工 - カルバート工指針 H11.3 P82

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。

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

)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。

$1.3 \times$ 死荷重 + $2.5 \times$ (活荷重 + 衝撃)

$1.0 \times$ 死荷重 + $2.5 \times$ (活荷重 + 衝撃)

$1.7 \times$ (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2.5とする。

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

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

C_{min} : 鉄筋の最小かぶり (cm)

: 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

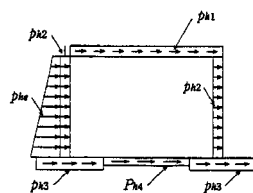
C_0 : 基本かぶり (cm)

第 14 節 門型カルバート

1. 荷 重

(1)土被りが1m以下の場合は、温度変化および乾燥収縮の影響を考慮するものとする。この場合温度差は ± 15 、乾燥収縮度は 15×10^{-5} としてよい。

(2)規模が大きい場合は、地震の影響を考慮するのがよい。この場合の計算方法は、設計の簡便性より「道路橋示方書・同解説 耐震設計編」に規定する地震時の水平土圧(物部・岡部式)と死荷重慣性力を作用させて計算するのを原則とする(図5-14-1)。**参照**



p_{n1} : 頂版自重および上載土による地震時水平力(kN/m²)

p_{n2} : 側壁自重による地震時水平力 (kN/m²)

p_{n3} : フーチング自重による地震時水平力 (kN/m²)

P_{n4} : ストラット自重による地震時水平力 (kN/m²)

p_{n5} : 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

出典: 道路土工 - カルバート工指針 H11.3 P83

2. 設 計

支間方向の計算を行う場合のラーメンの軸線は、各部材の軸線寸法を用い、フーチングおよびストラットは弾性床土上の梁とする（図5-14-2）。

フーチングの設計は「道路橋示方書・同解説 下部構造編」に準じる。**参照**

また、フーチングの滑動によるラーメンの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。ただし、図5-14-3に示すように基礎地盤が軟岩以上で、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省略することができる。

カルバート内に設けられる工作物などへ障害からストラットが設けられない場合は、滑動に対する安定度の照査を行わなければならない。

ストラットの設計は、次のような事項を考慮すればよい。

ストラットは矩形断面とし、フーチングに剛結する。

ストラット上面に作用する1輪当たりの活荷重 p_{lst} は、式(5-14-1)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。

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

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

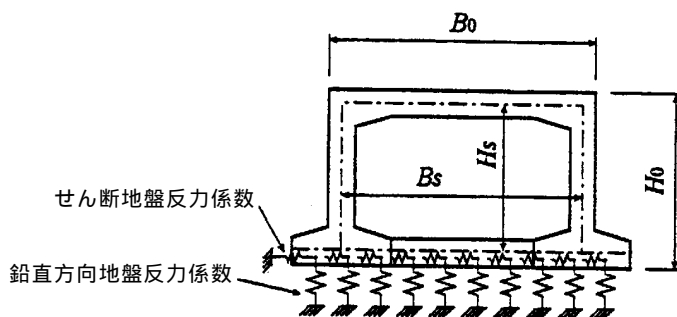


図5-14-2 ラーメンの軸線と計算モデル

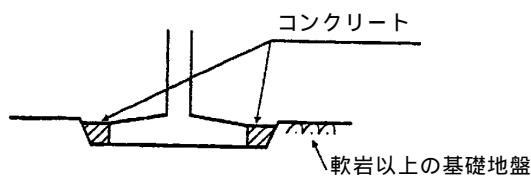


図5-14-3 コンクリートによる埋戻し

出典：道路土工 - カルバート工指針 H11.3 P84

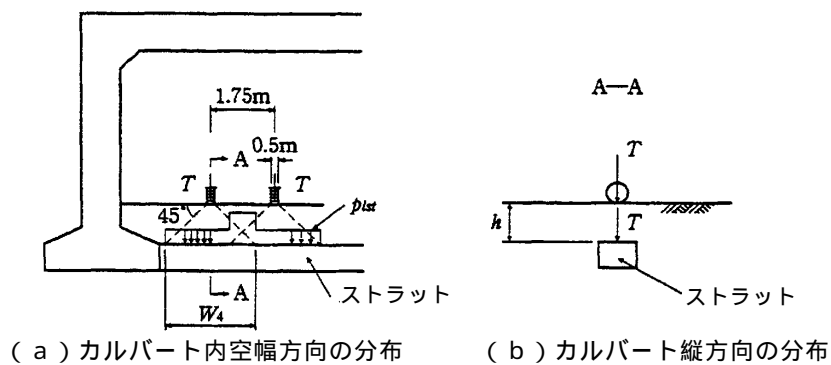


図 5 - 14 - 4 活荷重の分布

3. 地震の影響

通常のカルバートについては地震の影響を考慮しなくてもよい。ただし、門形カルバートで規模が大きい場合には、地震の影響を考慮するのがよい。 **検討事項**

カルバートのような比較的規模の小さな地中構造物は、地震時には周辺の地盤や盛土の変形に追従して一体となって挙動するため、地震の影響により函体本体に作用する曲げやせん断は小さいものと考えられる。

第 15 節 アーチカルバート

アーチカルバートの設計は、現場打ちボックスカルバートに準じて行うものとする。