

第 4 章 ボックスカルバート

目 次

・ 総 則

第 1 節 適用の範囲	4 - 1
第 2 節 定義	4 - 1
1 . 定義	4 - 1
2 . カルバートの一般的な適用範囲	4 - 2

・ 設計のための基本的事項

第 1 節 カルバートの調査・計画、設計	4 - 3
1 . カルバートの平面形状・内空断面	4 - 3
2 . 場所打ち方式によるボックスカルバートの設計	4 - 5
3 . プレキャストボックスカルバートの設計	4 - 9
第 2 節 荷重及びボックス本体の設計	4 - 1 1
1 . 荷重の取り扱いについて	4 - 1 1
2 . 場所打ちボックスカルバート本体の設計	4 - 1 2
3 . 土かぶり厚さ	4 - 1 3

・ 技術指針

第 1 節 設計上の留意事項	4 - 1 4
1 . 基礎工の設計	4 - 1 4
2 . ボックスカルバートの背面の設計	4 - 1 6
3 . 踏掛版	4 - 1 7
4 . 斜角のあるボックスカルバート	4 - 1 8
5 . 縦断勾配の大きいボックスカルバート	4 - 1 9
6 . ボックスカルバートの継手	4 - 2 0
7 . ボックスカルバートの地覆及びウイング	4 - 2 3
8 . ボックスカルバートの止水壁	4 - 2 5
9 . ボックスカルバート内の水路	4 - 2 5
1 0 . ボックスカルバートの上げ越し	4 - 2 6
1 1 . アーチカルバートの選定	4 - 2 6
1 2 . ボックスカルバートの段階施工	4 - 2 7
1 3 . 現道拡幅等による既設ボックスカルバート継足部の継手構造 (参考)	4 - 2 7

参考資料

1 . 活荷重の考え方	4 - 2 8
-------------	---------

総 則

第1節 適用の範囲

この要領はボックスカルバートの設計に適用するが、定めのない事項については、表1 - 1に示す指針等によるものとする。

表1 - 1

指 針 等	発行年	発行者
道路構造令の解説と運用	H16年2月	日本道路協会
2002年制定コンクリート標準示方書	H15年7月	土木学会
道路土工要綱	H2年8月	日本道路協会
道路土工 土質調査指針	S61年11月	日本道路協会
道路土工 施工指針	S61年11月	日本道路協会
道路土工 - 擁壁工指針	H11年3月	日本道路協会
道路土工 - のり面工・斜面安定工指針	H11年3月	日本道路協会
道路土工 - カルバート工指針	H11年3月	日本道路協会
道路土工 - 仮設構造物工指針	H11年3月	日本道路協会
道路土工 - 排水工指針	S62年6月	日本道路協会
道路土工 軟弱地盤対策工指針	S61年11月	日本道路協会
道路橋示方書・同解説 ~ 編	H14年3月	日本道路協会
土木構造物標準設計1、2	H12年9月	全日本建設技術協会
中部地区コンクリート2次製品構造規格 問合せ先：国土交通省中部整備局 中部技術事務所 技術課	H12年4月	中部地区コンクリート2次製品 構造規格検討委員会
共同溝設計指針	S61年	日本道路協会
土木構造物設計ガイドライン	H11年10月	全日本建設技術協会
土木構造物設計マニュアル(案)	H11年10月	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)	H11年11月	全日本建設技術協会

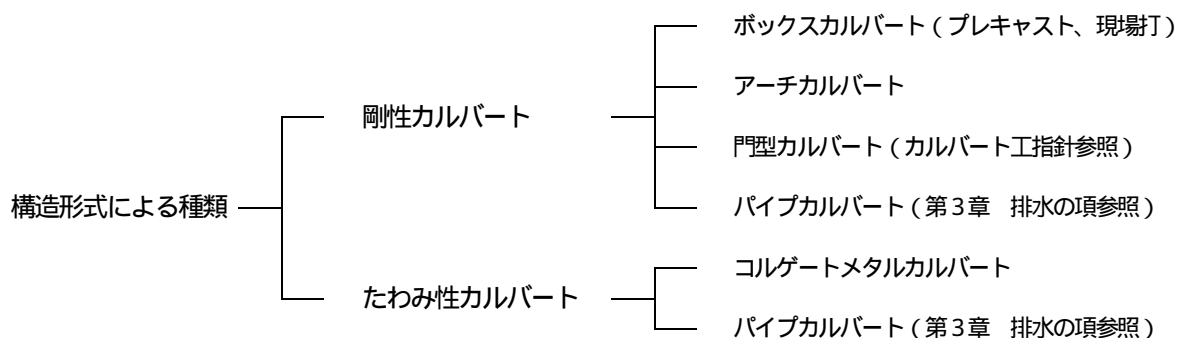
第2節 定義

1. 定義

カルバートとは、道路の下に、水路等の空間を得るために盛土あるいは原地盤内に設けられる構造物であり、その力学的特性から剛性カルバートとたわみ性カルバートがある。

本章はそれらの内で、主に剛性カルバートについて示すものとする。表1 - 2に構造形式による分類を示す。

表1 - 2 構造形式による分類



ただし、道路下に埋設される上・下水道管、共同溝などについては、夫々それらの技術基準によるものとする。

なお、道路横断ボックスカルバートの附属施設物は第9章「立体横断施設」を参照されたい。

2. カルバート形状の一般的な適用範囲

カルバート形状の一般的な適用範囲を表1 - 3で示す。

ただし、地盤条件 及び 必要内空断面などにより、表1 - 3の一般的な適用範囲をこえる必要がある場合には、「道路土工 カルバート工指針」の主旨をよく理解し「同指針」に準じ別途に詳細な検討を加え、合理的な設計を行うことが必要である。なお、圧力水路については適用除外とする。

表1 - 3 カルバートの一般的な適用範囲

カルバートの種類		適用土かぶり 注1)	断面の大きさ (B × H)(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	~ 2.0m 注5)
		プレキャスト部材 (PC) による場合	~ 6m 注2)注5)
		プレキャスト部材 (RC) による場合	~ 3m 注2)注5)
	アーチ カルバート	場所打ちコンクリートによる場合	1.0m以上
		プレキャスト部材 (PC) による場合	~ 1.6m 注2)注5)
	門型カルバート	~ 1.0m 注5)	

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) 剛性パイプカルバート及び、たわみ性カルバートについては「道路土工 - カルバート工指針」による。

注4) カルバートを道路縦断方向に設置する場合で、輪荷重の影響を受ける場合は「共同溝設計指針」に準ずるものとする。

注5) 最小土かぶりは「舗装厚+0.5m」またはたわみ量制限 (10mm以下) による土かぶりのうち、いずれか大きい値とする。

設計のための基本的事項

第1節 カルバートの調査・計画・設計

カルバートの調査・計画・設計に当っては、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、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。詳細については「道路土工 カルバート工指針」による。

形状選定に必要な調査・検討項目

必要内空断面

土かぶり

平面形状

縦断勾配

地形及び地質

施工条件

1. カルバートの平面形状、内空断面

カルバートの計画にあたっては、現地の状況により道路管理者及び水路管理者と協議して決めるものとするが、出来るだけ平面交差角が大きく（90°近く）なるよう決定するのが望ましい。

また、軟弱地盤上にカルバートを構築する場合で、構築後の沈下による支障（建築限界の不足、水路断面の不足等）が予測され、かつ上げ越し施工で対処できない場合には、カルバートの内空高さに余裕をとるものとし、水路壁をあらかじめ嵩上げし、施工しておくことが望ましい。（図2 - 1）

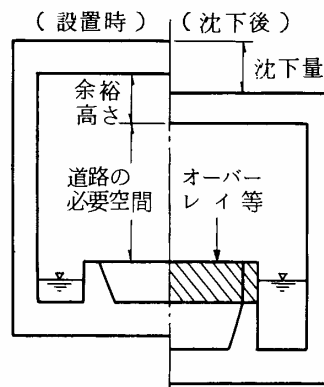
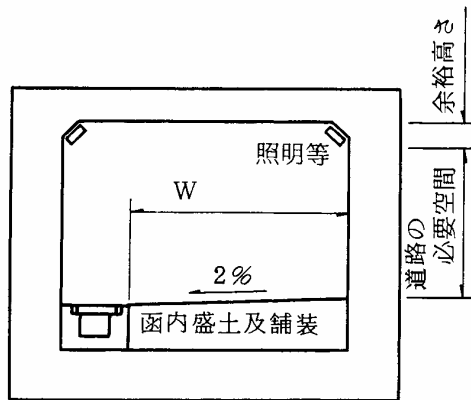


図2 - 1 断面余裕による沈下対策

1 - 1 通路用

- 1) ボックスカルバートの断面については、在来通路の幅員、交通量、水路の有無、舗装厚、将来計画等を検討するものとしボックスカルバート内に水路が必要な場合は、道路幅員（W）に含めないほうが望ましい。
- 2) 農道等の場合は、通行車両の車種、利用状況及び将来の利用形態を考慮し、内空断面を決定する。
- 3) ボックスカルバートの内空は照明、占用物件及び建築限界等の必要な空間を有するものとするが、やむをえず建築限界等の基準値が確保できない場合は通行制限等により対応するものとする。
- 4) 建築限界については「道路構造令第3章3 - 12」によるがボックスカルバートのハンチを考慮する。
- 5) 自転車、歩行者専用のボックスカルバートは第9章「立体横断施設」による。
- 6) ボックスカルバートの通路部は維持管理上必要に応じて高さ、幅について余裕を見込むのが望ましい。



Wについても必要に応じて余裕幅を考慮するものとする。

図2 - 2 余裕高さ及び余裕幅

1 - 2 水路用

ボックスカルバートの通水断面は、設計流量を安全に通水させるに必要な断面であることとし、一般の水路においては勾配、底面高及び幅について土砂の堆積や浸食防止のためなるべく従来水路と一致させるのを原則とする。

1) ボックスカルバートの通水断面決定に対する基本的事項

設計流量Qの算出に使用する降雨強度は、10年確率を使用するが計画流量が定まっている場合は、その値を考慮して決定するものとする。ボックス内空の余裕については、2)に示す余裕率を使用するものとする。ただしボックス内に管理用通路を計画する場合については、水路管理者との協議により決定するが、最小高は1.8m以上とする。

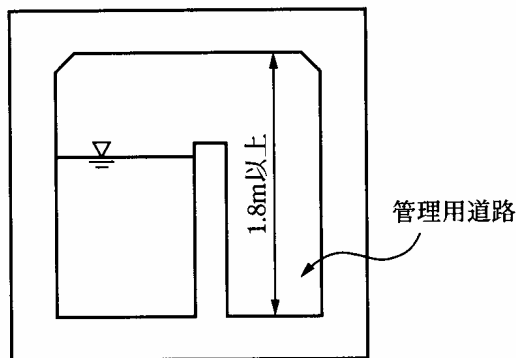


図2 - 3 管理用道路の最小高さ

2) 設計流量及び余裕率

等流計算が可能な場合.....排水工指針 P208 6 - 1 - 1 (a)とし、

$$\text{設計流量 } Q = A \times v = (A / n) \times R^{2/3} \times S_0^{1/2}$$

ここに、高さの余裕率 $\gamma_1 = 30\%$ (排水編と整合する)
 $\gamma_2 = 0\%$

- A : 流水断面積
- v : 流速
- n : 上下流水路の粗度係数
- R : 径深
- S_0 : 上下流水路の勾配

等流計算が不適当な場合...排水工指針 P209 6-1-2(b)とし、

$$\text{設計流量 } Q = (1 / 3.6) \times C \times I \times A \quad (\text{ラショナル式})$$

ここに、高さの余裕率 $\gamma_1 = 30\%$

$\gamma_2 =$ 適宜検討して決定するか最小値として20%とする。

C : 流出係数

I : 流達時間内の降雨強度

A : 集水面積

土石流、流木等が発生する

危険性が高いと判断される場合...法面工・斜面工指針 P377 3-9 土石流対策により検討を行い

ボックスカルバート対応と判断される場合は、排水工指針

P209 6-1-1(a)とし、

高さ余裕率 $\gamma_1 = 30\%$ とする

$\gamma_2 =$ 土石流総量等により別途決定する。

2. 場所打ち方式によるボックスカルバートの設計

2-1 ボックスカルバートの計画・設計・施工

ボックスカルバートの計画にあたっては、設計・施工の省力化の促進を念頭において、以下の事項を配慮しなければならない。

- ・構造物形状の単純化
- ・使用材料及び主要部材の標準化・規格化
- ・構造物のプレキャスト化

2-2 使用材料の標準化・規格化

1) 使用するコンクリート(プレキャスト製品は除く)の設計基準強度は、 24 N/mm^2 を標準とする。

ただし、無筋コンクリートは 18 N/mm^2 を標準とする。

2) 使用する鉄筋の材質は、SD345(プレキャスト製品は除く)を標準とする。

3) コンクリートおよび鉄筋の許容応力度は、表2-1、2によるものとする。

ただし、プレキャスト製品については、本編、第2節、に定めるものとする。

表2-1 コンクリートの許容応力度 (N/mm^2)

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	
			コンクリートのみでせん断力を負担する場合	斜引張鉄筋と共同して負担する場合
24	8.0	1.6	コンクリートのみでせん断力を負担する場合	0.39
			斜引張鉄筋と共同して負担する場合	1.7

ただし、地震時の許容応力度は、上表の値を50%割増すものとする。

表2-2 鉄筋の許容引張応力度 (N/mm^2)

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(通常的环境や、常に水中または土中にある部材)	180
		厳しい環境下の部材(一般の環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) 注1)	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		200

注1) 海洋環境などでは別途かぶりなどについて考慮する。

2 - 3 構造物・主要部材の形状

- 1) 構造物形状は、ボックスカルバートを標準とする。
- 2) 斜角は原則として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。
- 3) ボックスカルバートにおける型枠の製作・設置・撤去の省力化を目的に、下側のハンチは設けない形状とする。このとき、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、コンクリートの圧縮応力度を許容応力度の3/4程度となる部材厚にすることとする。
- 4) 主要部材の標準化・規格化については、部材の形状は等厚の矩形断面とする。また、標準化・規格化を目的に部材厚の最小厚さを0.3m、部材厚のピッチを0.1m単位で厚くする。
- 5) ハンチの大きさは、側壁(T1)及び頂版(T2)を比較し厚い部材厚の0.5Tを標準とする。(図2-4)
また、ハンチを設けない箇所の隅角部は、図2-5に示すような用心鉄筋を配置する。このとき、断面の余裕として、コンクリートの曲げ圧縮応力度を許容応力度の3/4以下となる部材厚にすることとする。

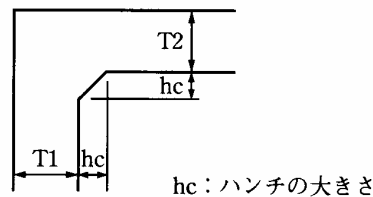


図2-4 ハンチの形状図

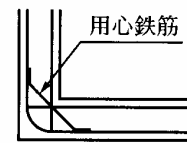


図2-5 ハンチを設けない隅角部の用心鉄筋

2 - 4 主要部材の標準化・規格化

1) 配筋仕様の標準化

ボックスカルバートの施工性を考慮し、配筋仕様は以下のとおりとする。

- (1) プレキャスト製品を除くボックスカルバートの鉄筋加工の単純化をはかるため、定尺鉄筋(50cmピッチ)の使用を原則とし、重ね継手長を長くすることで調整することとする。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。

ユニット鉄筋を使用しない場合の鉄筋の重ね継手長は以下に示す値以上とする。

$$a = (s_a / (4 \cdot \sigma_a)) \cdot$$

ここに、 a : 重ね継手長(10mm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(200N/mm²)

σ_a : コンクリートの許容付着応力度(1.6N/mm²)

d : 鉄筋の直径(継手する径の大きい方とする。)(mm)

ここで、鉄筋(SD345)の重ね継手長は以下の計算によって求められる。

$$\begin{aligned} a &= s_a / (4 \cdot \sigma_a) \cdot d \\ &= 200 / (4 \times 1.6) \cdot \\ &= 31.25 \cdot \end{aligned}$$

重ね継手長で調整して定尺鉄筋を用いた場合には、重ね継手長 a 以上と設計図に図示する。

- (2) 頂版、底版及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、外型枠が埋め殺し型枠の場合や、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。

- (3) 鉄筋の純かぶりには、頂版・側壁で40mm以上、底版で70mm以上とし、主鉄筋中心からコンクリート表面までの距離は100mm、底版については110mmを標準とする。

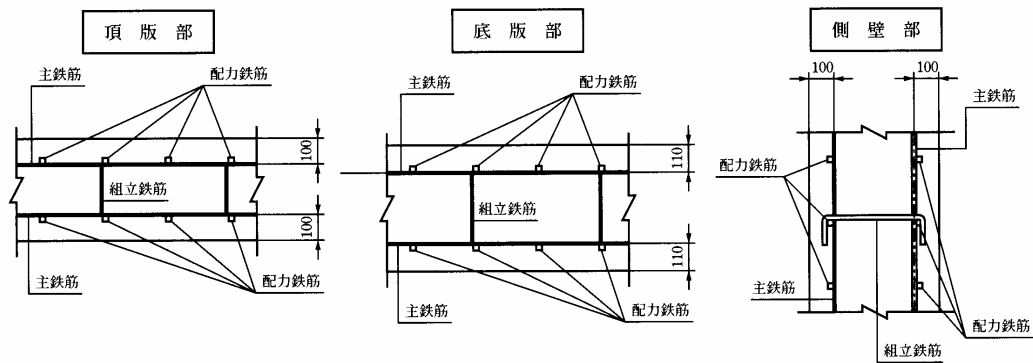
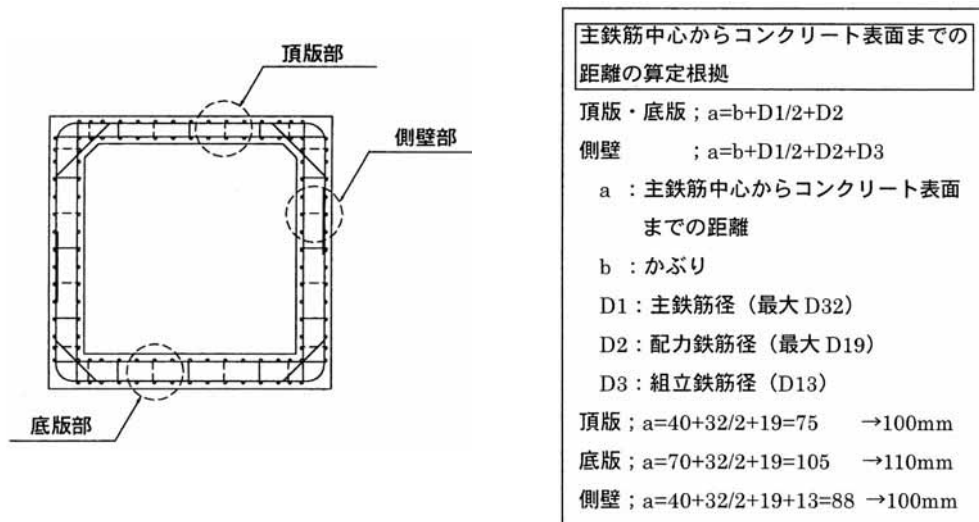


図 2 - 6 頂版、底版及び側壁のは主鉄筋及び配力鉄筋

2) 配筋の標準化

ユニット鉄筋を使用しない場合の主鉄筋径と配筋間隔、主鉄筋と配力鉄筋との関係を標準化するものとする。

(1) 主鉄筋の鉄筋径と配筋間隔は、表 2 - 3 の組合せを標準とする。

表 2 - 3 主鉄筋の鉄筋径と配筋間隔の組み合わせ

径 \ 配筋間隔	D 13	D 16	D 19	D 22	D 25	D 29	D 32
125mm							
250mm							

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。

従来の配筋方法

配筋方法

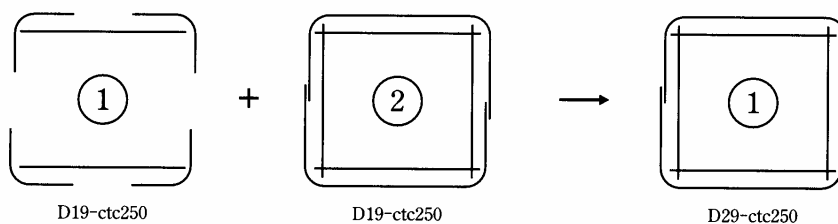


図 2 - 7 主鉄筋本数の低減

(2) 主鉄筋と配力鉄筋の関係は、表2 - 4の組合せを標準とする。

表2 - 4 主鉄筋と配力鉄筋の組み合わせ

主鉄筋径 配力鉄筋	D13	D16	D19	D22	D25	D29	D32	D22	D25	D29	D32
		2 5 0 mm						1 2 5 mm			
D13ctc250mm											
D16ctc250mm											
D19ctc250mm											

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ものとして標準化したものである。

3) ユニット鉄筋の使用

- (1) 主鉄筋の鉄筋径はD16 ~ D38とする。
- (2) 主鉄筋の配置間隔は250mmとする。
- (3) ユニット鉄筋は面材ユニットを原則とする。
- (4) ユニット鉄筋の継手

ユニット鉄筋の主鉄筋及び配力鉄筋は重ね継手とする。

配力鉄筋の重ね継手長は200とする。

- (5) 主鉄筋と配力鉄筋の結束方法は専門工場における自動点溶接を標準とする。
- (6) 配力鉄筋の径は主鉄筋の1 / 2以上とし、最小径はD16とする。
- (7) 配力鉄筋の配置間隔は300mmとする。

2 - 5 縦方向の設計が必要な場合など

ボックスカルバートには、基礎の条件のいかんにかかわらず10 ~ 15m程度の間隔に伸縮目地を入れることを原則とする。このように伸縮目地の間隔を定め、横方向の主鉄筋にみあう配力鉄筋を考慮した場合には、一般にボックスカルバートの縦方向の応力計算は行わなくて良いものとする。ただし、ボックスカルバートの長さを15m以上とする場合や次に示す条件に該当する場合は縦方向の検討を行うこととする。

- 1) カルバートの縦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) カルバートの縦方向に沿って地盤条件が急変する場合。

なお、縦方向の設計は原則として“弾性床上の梁”として解析するものとする。

2 - 6 ボックスカルバートのプレキャスト化

1) プレキャスト部材の適用

- (1) 上・下床版と側壁を分割したプレキャスト部材として、現場にて一体とする工法については、様々な分割方法、継手構造が多岐に渡るため、ここでは横断方向に一体とすることを標準とする。なお、分割型を採用する場合は、継手構造の安全性等について確認する必要がある。
- (2) プレキャスト部材は工場製作を前提としているため、製品の断面寸法及び1ブロックの重量は、輸送条件及び現場条件等を勘案して決定するものとする。

プレキャスト部材については、前記の2 - 3 構造物・主要部材の形状、2 - 4 主要部材の標準化・規格化の項を適用しない。

2) コンクリートの設計基準強度

プレキャスト部材の製作は、工場製作を前提としているため、使用するコンクリートの設計基準強度は、30 ~ 40N/mm²以上を標準とする。

3) プレキャスト部材の接合

プレキャスト部材の縦断方向の接合は、特に継手部の止水性を確保したい場合や土かぶりが大きく変化する場合などには、PC鋼材または高力ボルトにより連結する。

縦締めPC鋼材に対しては、施工時におけるプレキャスト部材の引き込み力に対する検討、並びに止水性を確保するための緊張力の検討を行うものとする。

3 . プレキャストボックスカルバートの設計

3 - 1 採用について

プレキャストボックスカルバートの採用は、地域の状況、現場の施工条件及び設計条件などと以下に示す1)～4)の各事項を配慮し、最も合理的な設計・施工となるようにするものとする。

- 1) 内空断面2.0m×2.0m以下は原則としてプレキャスト製品を使用することを標準とする。
- 2) プレキャスト製品はRCとPC構造の2種類があり、それぞれの特性を考慮して決めるものとする。
- 3) 選定場所は出来るだけ不同沈下のなく、斜角の大きい場所とし、特にウイングの必要となる場所、又、山岳地等傾斜の大きい場所は採用をひかえることが望ましいが、採用する場合は、十分検討を行うものとする。
- 4) 設計及び構造細目については、「カルバート工指針」プレキャストボックスカルバートの項、または「中部地区 コンクリート2次製品構造規格」によることができるものとする。活荷重の考え方については、本章0.第3節によるものとする。

3 - 2 コンクリートの許容応力度

1) プレキャストRCボックスカルバートの許容応力度

表2 - 5 プレキャストRCボックスカルバートの許容応力度、最小かぶり

項 目	コンクリートの設計基準強度 c_k	
	35	40
許容せん断応力度 (N/mm ²)	0.5	0.55
許容圧縮応力度 (N/mm ²)	12	14
鉄筋の最小かぶり (mm)	25	25

鉄筋の許容応力度については本章 第1節2を参照

2) プレストレストコンクリートの許容応力度は表2 - 6の値とする。

表2 - 6 プレストレストコンクリートの許容応力度 (N/mm²)

応力度の種類		コンクリートの設計基準強度 c_k		
		40	50	
プレストレッシング直後	曲げ圧縮応力度	長方形断面の場合	19.0	21.0
		T型および箱型断面の場合	18.0	20.0
	曲げ引張応力度		1.5	1.8
	軸圧縮応力度		14.5	16.0
設計荷重作用時	曲げ圧縮応力度	長方形断面の場合	15.0	17.0
		T型および箱型断面の場合	14.0	16.0
	曲げ引張応力度		1.5	1.8
	軸圧縮応力度		11.0	13.5
死荷重作用時	曲げ引張応力度		0.0	0.0

「中部地区 コンクリート2次製品構造規格」による。

3 - 4 敷設方法

表 2 - 7 敷設方法

	RC BOX			PC BOX		
	連結の有無	連結材料	適用条件	連結の有無	連結材料	適用条件
通常敷設型	無		基礎地盤良好の場合			
縦方向連結型	有	PC鋼材 高力ボルト	水密性が必要な場合 活荷重による影響が著しい場合 基礎地盤が良くない場合 基礎地盤の支持力で変化すると予測される場合	有	PC鋼材 高力ボルト	

曲部における縦方向の連結はRC BOX、PC BOXとも高力ボルトを原則とする。

4 - 5 基礎形式

表 2 - 8 基礎形式

敷設方法	地盤条件	基礎形式	
		基礎形式	標準図
通常敷設型 縦方向連結型	土丹、 軟岩以上	直接基礎	
通常敷設型	普通地盤		
縦方向連結型	普通地盤		
通常敷設型 縦方向連結型	軟弱地盤	置換え基礎、 地盤改良基礎、 杭基礎 等	「道路土工 擁壁工指針」並びに「道路設計要領」第2章、 第5章により、検討し決定する。

1) 杭基礎とする場合

杭基礎の設計は「道路橋示方書・同解説 下部構造編」および「道路土工 擁壁工指針」に準ずるものとする。
 杭基礎とする場合の留意点については、本編 7.2 杭基礎に準じるものとし、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2-8)。
 基礎コンクリートについては押し抜きせん断等の照査を行うものとする。

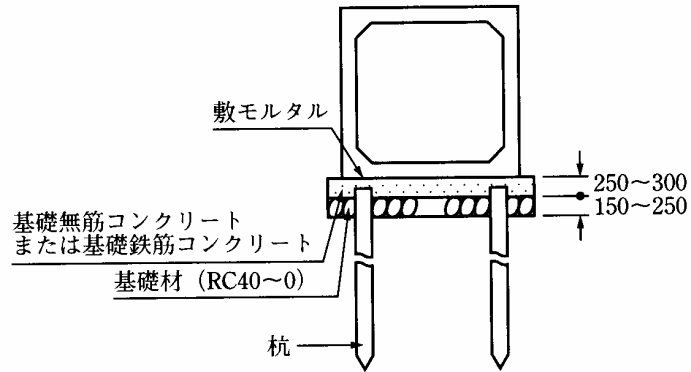


図2-8 杭基礎の例

第2節 荷重及びボックス本体の設計

1. 荷重の取り扱いについて

1-1 設計に用いる荷重

設計に用いる荷重は、鉛直土圧、水平土圧、活荷重を考慮し、土かぶり高が2.0m以下について計画するものとし、荷重は左右対象と考える。設計に用いる荷重の詳細は、「道路土工 カルバート工指針」第3章によるものとする。

表2-9 カルバートの設計に用いる荷重

荷 重		カルバートの種類		剛性カルバート	
		ボックス、アーチカルバート	門形カルバート	ボックス、アーチカルバート	門形カルバート
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 *注2)			
	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) 施工時に偏圧を受ける場合やボックスカルバート側面の埋め戻しの形状及び埋め戻しの施工方法など、ボックスカルバート本体の設計に影響を及ぼすと考えられる場合には、設計時に別途考慮するものとする。

1) 鉛直土圧

ボックスカルバートの上面に作用する鉛直土圧は、「道路土工 カルバート工指針」第3章3-1-1(4)及び同3-2-1(2)によるものとする。

鉛直土圧は、次式により求められるが下記条件により係数及びを補正し設計土かぶり厚を決定するものとする。

$$P_{vd} = \cdot \cdot h \quad (\text{kN/m}^2)$$

ここに、 : 鉛直土圧係数(土かぶり、基礎の支持条件に応じて表3-1に示す)

: カルバート上部の土の単位体積重量 (kN/m^3 (tf/m^3))

h : 設計するカルバートの土かぶり (m)

(舗装表面よりカルバート上面までの距離)

表2-10 鉛直土圧係数

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



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

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。

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

2) 水平土圧

ボックスカルバートの側壁面に作用する水平土圧は静止土圧とし、土圧係数は通常の砂質土や粘性土($w_L < 50\%$)に対しては、 $K_0 = 0.5$ と考えてよい。

ただし、施工後の初期段階や周辺状況によっては土圧係数が小さくなることが考えられる。土圧係数が小さいことは頂版、側壁にとって危険側となることがあるので留意すること。

なお、水平土圧についての詳細は、「道路土工 カルバート工指針」第3章3-1-1(4)及び同3-2-1(2)によるものとする。

3) 地震の影響

ボックスカルバート、アーチカルバート、門型カルバートの設計では、一般に地震の影響は考えなくてよい。

ただし、アーチカルバート、門型カルバートなどで規模が大きい場合については地震の影響を考慮するのがよい。

なお、緊急時などの重要な路線などに設けられる大断面構造のボックスカルバート、アーチカルバート、門型カルバートで、地震の被害を受けたときの社会的影響が極めて大きいと考えられる場合は、致命的な被害を防止することを目的にレベル2地振対応の耐震設計を行うことが望ましい。

4) 浮力

浮力に対する安全率は「共同溝設計指針」に準拠し $F_s = 1.2$ 以上とするものとする。

2. 場所打ちボックスカルバート本体の設計

2-1 一般

場所打ちボックスカルバート本体の設計の詳細は「道路土工 カルバート工指針」第3章3-2-2によるものとする。

2-2 標準設計を使用する場合の注意事項

1) 適用条件

標準設計は、良質な地盤上で、1ブロック長1.5m未満における設計のため、使用にあたっては適用条件など十分留意すること。

また、1ブロック長1.5m以上の場合、基礎地盤が不良な場合、又は荷重変化の著しい場合などには、「弾性床の上のはり」として別途設計を行い所要鉄筋量の見直しをする必要がある。

2) 鉛直土圧

・鉛直土圧の算定式 $q = \gamma \cdot h$ (kN/m^3) において
 $\gamma = 1.0$ 、 $\gamma = 18$ (kN/m^3) としているので、以下により補正する。

$$h = (\gamma / 18) \times h_1$$

ここに、 h : 単位重量補正土かぶり厚 (m)

γ : 施工する現地砂の単位重量 (kN/m^3)

h_1 : 施工する土かぶり厚 (m)

上記補正 h と支持条件により支持条件係数 C を決める。

3. 土かぶり厚さ

3 - 1 最小土かぶり厚

ボックスカルバートの土かぶり厚は、車道面下で舗装厚以上又は 0.5 m 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。

3 - 2 土かぶりが変化する場合

カルバート上の土かぶりが変化する場合その差が著しく変化する以外 (1 ランク程度) 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。



(a) 継手を設けない場合

(b) 継手を設ける場合

図2 - 9 ボックスカルバートの継手

技術指針

第1節 設計上の留意事項

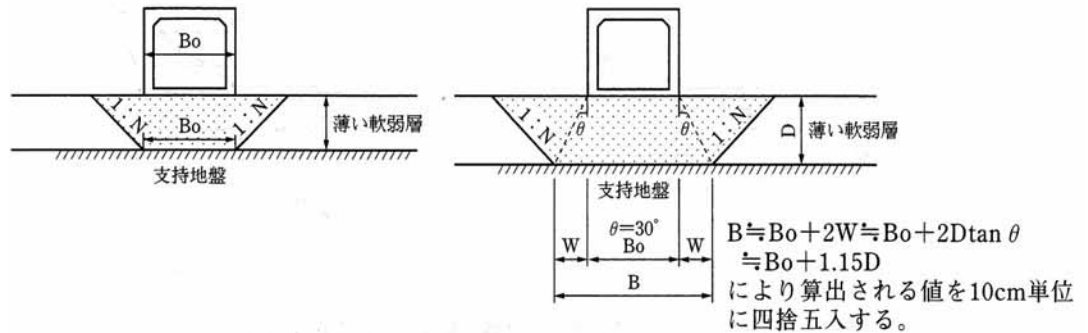
1. 基礎工の設計

1-1 直接基礎及び置き換え基礎

カルバートの基礎形式は直接基礎を原則とする。ただし、水路カルバートなどで機能上から沈下が許されない場合や、軟弱地盤で残留沈下量が大きくプレローディングの効果があまり期待できない場合で、やむを得ず杭基礎などとした構造にあっては、周辺盛土および地盤の沈下に伴い、鉛直土圧の増加と道路面の不陸発生について十分な検討を行い、対策を講じておく必要がある。また、軟弱地盤などの特殊な条件下においては、次に示す事項に留意する必要がある。

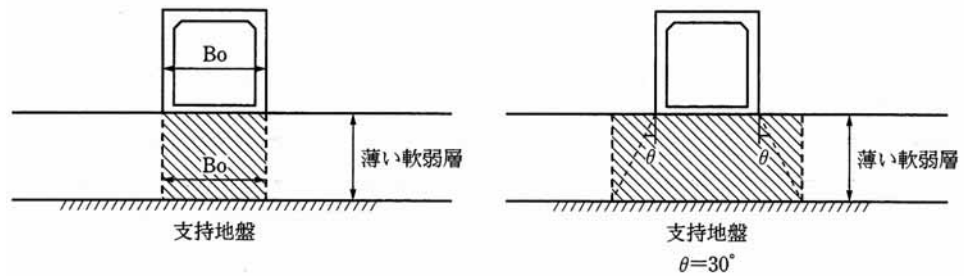
ボックスカルバートの直接基礎の支持力の考え方は、平板載荷試験を実施し、地盤の極限支持力が設計地盤反力以上であることを確認するものとする。

- 部分的に軟弱層がある場合、不同沈下が生じる恐れがあるので、軟弱層が地表近くでかつ厚さが薄い場合には、土質安定処理や良質な材料で置換えて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3-1および図3-2を標準とする。ただし、図3-1および図3-2における(a)または(b)の形状については、軟弱地盤下の地盤の支持力を照査して選定する。



(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3-1 置き換え基礎の形状



(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3-2 改良地盤の形状

- 以上の4タイプを計算して、経済性・施工性を考慮して使い分けるものとする。
- N：数量算出要領による

- 軟弱層の厚さが厚い軟弱地盤にカルバートを設置する場合は、盛土各部の沈下量を計算によって推定し、それにより上げ越し量を決めて、施工時以降の沈下に対応するものとする。ただし、沈下量が多い場合には、プレローディング工法により、残留沈下量がカルバートの機能上支障とならない沈下量となってからカルバートの施工を行うことがある。なお、プレローディング工法の詳細については「道路土工・軟弱地盤対策工指針」を参考にされたい。

3) 全体的に岩盤など良質な地盤であっても、支持層が傾斜している場合など、カルバートの横断および縦断方向で極端に支持力の異なる地盤がある場合は、不同沈下を生じカルバートに大きな力が作用することがあるので、図3-3および図3-4に示すように置換えコンクリートを行うか、硬い地盤を一部かき起こすなどして緩和区間を設け、地盤全体がほぼ均一な支持力を持つようにするのがよい。

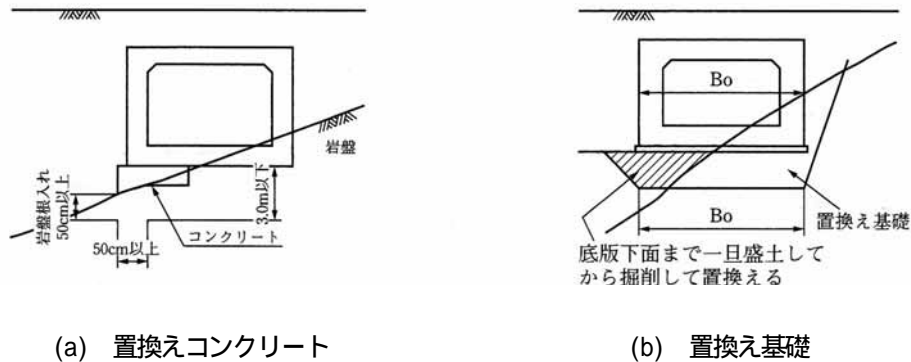


図3-3 横断方向に地盤が変化している場合の対策

置換え基礎は、不良地盤の基礎底面に占める割合が大きいと基礎地盤としては不適當であると考えられるため置換え基礎を以下のように制限している例が多い。

- ・一方向の場合：1 / 3 (置換え面積と基礎面積の比) 以下
- ・二方向の場合：1 / 4 (置換え面積と基礎面積の比) 以下
- ・置換えコンクリートの全高は3.0m以下とし、段差は1段までとする。

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

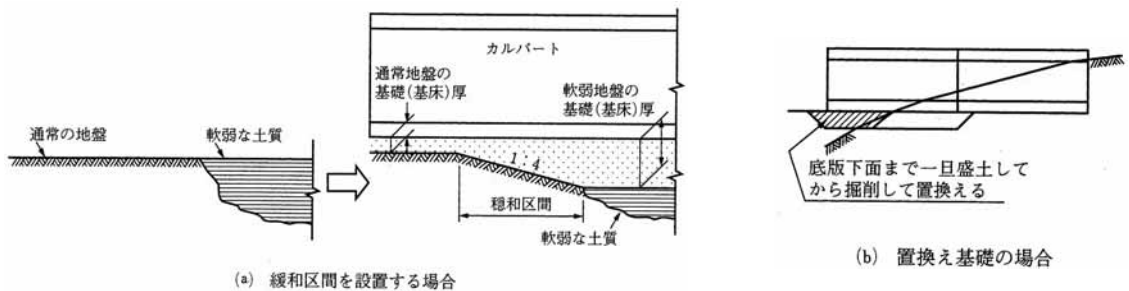


図3-4 縦断方向に地盤が変化している場合の対策

1-2 杭基礎

杭基礎の設計は「道路土工 - カルバート工指針」によるものとする。

なお、設計の対象とする杭種及び杭の施工については、「杭基礎設計便覧」, 「杭基礎施工便覧」によるものとする。

また、杭基礎の場合は枕梁の省略を標準とする。

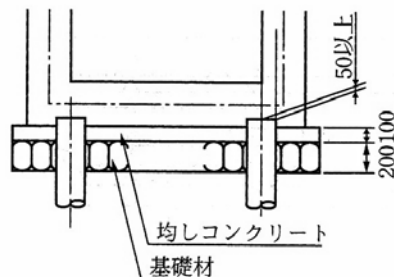


図3-5 杭基礎(2列配置)の例

1 - 3 基礎底面の処理

基礎底面の処理は、図3 - 6を標準とする。

ただし、地質が砂、砂礫、岩盤及び置き換え基礎の場合は、基礎材は除くものとする。

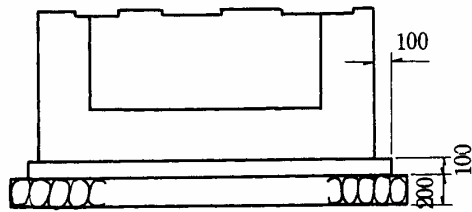


図3 - 6 基礎底面の処理

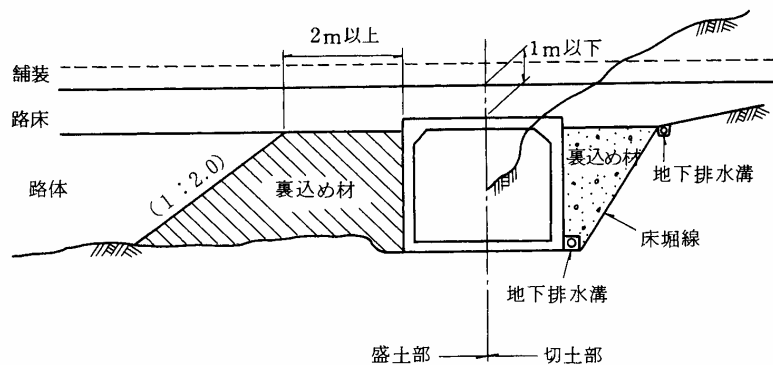
2 . ボックスカルバートの背面の設計

2 - 1 裏込め工

1) 裏込め工の設計に当たっては、機械施工を考慮するものとし、材料は良質材とするが、量的にも多くなるので、現地発生材を有効に利用できるよう心掛けると共に、裏込め材も、路床部分と路体部分等で、それぞれ使いわけ、経済性も十分考慮した設計を行う必要がある。

2) 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、土かぶり高が1 m以下（路床面と頂版上面間とする）でカルバートボックスの背面の盛土の沈下により路面の不陸が考えられる場合は、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よい。（図3 - 7）



(a) 裏込め先行の場合

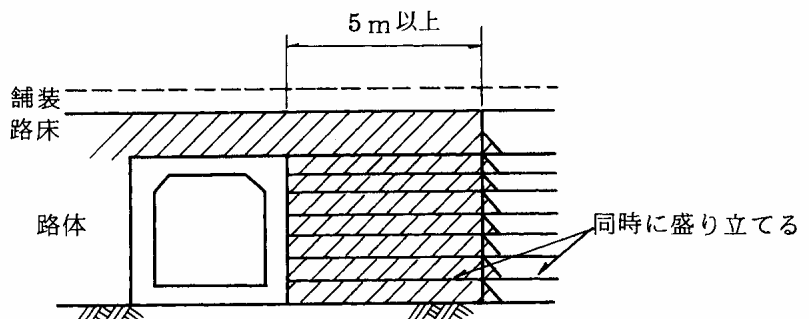


図3 - 7 裏込め工の施工例

2 - 2 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3 - 8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、この場合地下排水溝の流末について考慮すること。

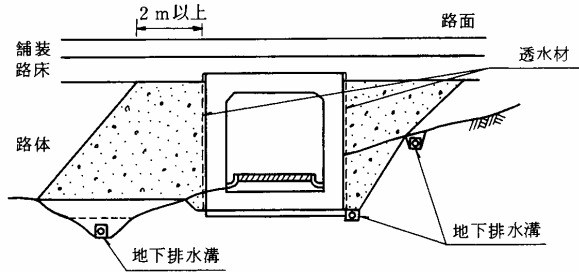


図3 - 8 ボックスカルバートの裏込め排水工の例

3. 踏掛版

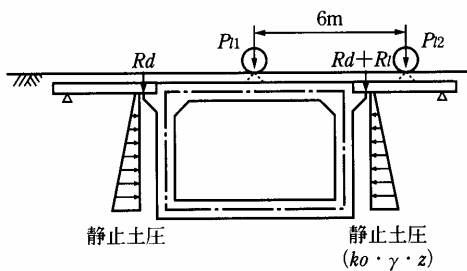
踏掛版は、ボックスカルバート前後の取付盛土の沈下による段差が生ずると思われ、段差をやわらげる必要がある場合に設置する。

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。

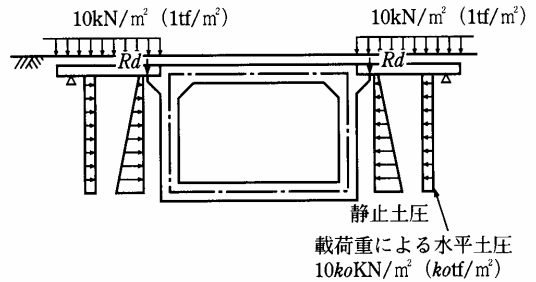
踏掛版からのカルバートに作用する支点反力および側壁に作用する水平土圧の載荷方法は、図3 - 9に示す(a)、(b)および(c)の3とおりについて行うとよい。なお、この場合の活荷重および側壁に作用する水平土圧の計算は、踏掛版を設けない場合と同様である。

踏掛版のコンクリート設計基準強度は、 $24 \text{ (N/mm}^2\text{)}$ とし、使用鉄筋はSD345とする。

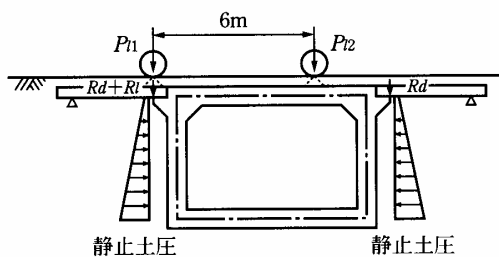
(a) 後輪荷重をカルバートの支間中央に載荷する場合



(b) 頂版上の活荷重を作用させず、それ以外の部分に載荷する場合



(c) 後輪荷重を踏掛版受台の先端に作用させる場合



- P_{11} : 後輪荷重
- P_{12} : 前輪荷重
- R_d : 踏掛版および踏掛版上の土砂等の自重による支点反力
- R_l : 活荷重による支点反力
- k_o : 静止土圧係数
- γ : 土の単位体積重量
- z : 地表面からの深さ

図3 - 9 踏掛版からの荷重の載荷方法

4. 斜角のあるボックスカルバート

ボックスカルバートの斜角は原則としてつけないものとするが、河川又は道路管理者の条件や地域住民の条件、避けがたい物件の存在等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では次のような事項を考慮すること。

1) やむをえず斜角をつける場合でも次のような形状にするのが望ましい。

角度 が表3-1に示す値以上の場合は、ボックスカルバート両端部は、道路中心線方向と平行とする(図3-10(a))

角度 が表3-1に示す値未満の場合は、ボックスカルバート両端部を図3-10(b)のような形状とする。

表3-1 基礎地盤と角度の関係

地盤	角度
軟弱地盤	70°
普通地盤	60°

は5°ラウンドとするのが望ましい。

(a) 斜角が大きい場合

(b) 斜角が小さい場合

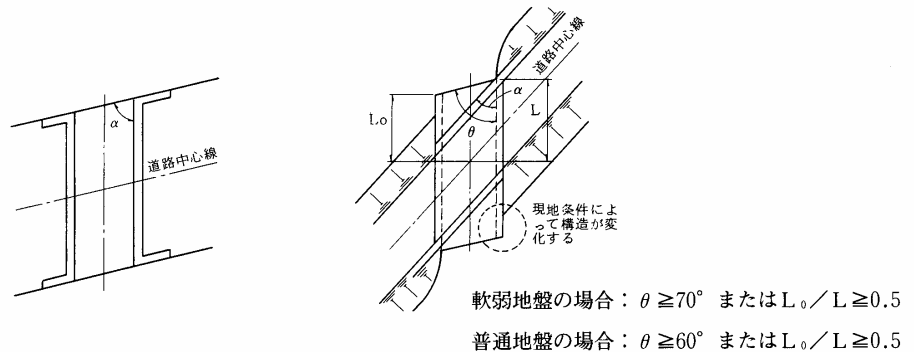


図3-10 斜角がつくボックスカルバートの端部形状

2) 主鉄筋は、図3-11に示すように、ボックスカルバートの側壁に直角方向に配筋するのを原則とするが、端部の三角部分の配筋は、三角部分のみ斜めに入れるものとする。

なお、このように配筋された鈍角部分(図3-11のA部)では、鉄筋が上、下面とも3段以上となり、これにウイングなどがあればさらに複雑な配筋状態となるので、必要な鉄筋かぶり確保されるよう配慮する必要がある。

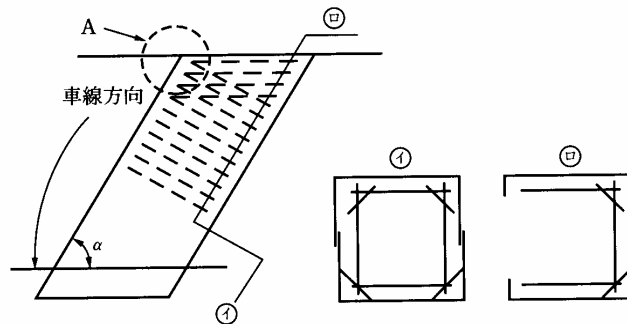


図3-11 斜角部の配筋

3) 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て検証しておかなければならない。

4) 次のような条件においては、偏土圧や地盤の側方流動によって回転移動を起こすおそれがあるので、それらについて検討を行っておくことが望ましい。

斜角が小さく、特に杭基礎とする場合
軟弱地盤上に設ける場合

5. 縦断勾配の大きいボックスカルバート

5 - 1 ボックスカルバートの縦断勾配

ボックスカルバートの縦断勾配は、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%以下を標準とする。しかし地形上やむなく10%を超える箇所については、配筋を図3 - 12のように鉛直方向に入れるものとし、有効断面の計算は h を、応力計算では h' を用いるものとする。
 なお、縦断勾配が10%以下の場合は、 h 方向によって計算した鉄筋を h' 方向に配筋してよい。

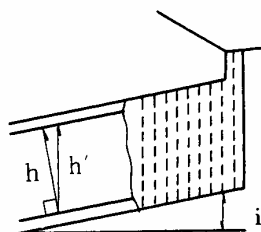


図3 - 12 配筋図

5 - 2 水路ボックスカルバートの摩耗対策

水路ボックスカルバートの摩耗対策は、所定の鉄筋かぶりに摩耗層として+1 cm程度を設けることを標準とする。

なお、山岳部の土砂が流れる水路に設けるボックスカルバート（土石流の発生が予想されるボックスカルバート）は、摩耗層として+2 cm程度を設けることが望ましいが、河川管理者等と協議し、決定する場合はこの限りではない。

5 - 3 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3 - 13のような滑り止めを設けるのがよい。なお滑り止工は枕梁と兼用できるものとし図3 - 13を標準とする。

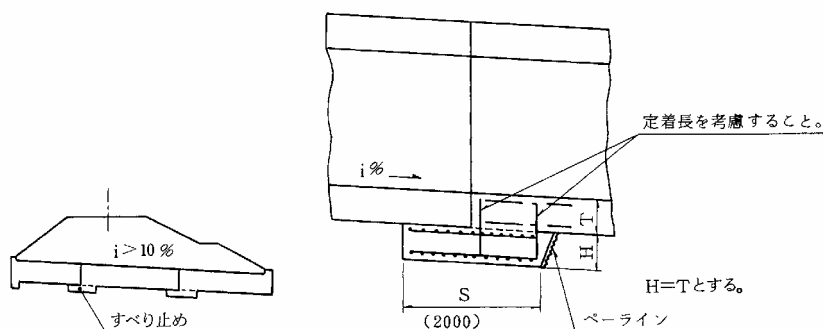


図3 - 13 滑り止

5 - 4 付属施設物

水路ボックスカルバートの上下流には、取付水路及び洗掘等を考慮し必要に応じて落差工、泥だめを設けることが望ましい。また流速を減少させるために水制工を設けることができる。（図3 - 14）

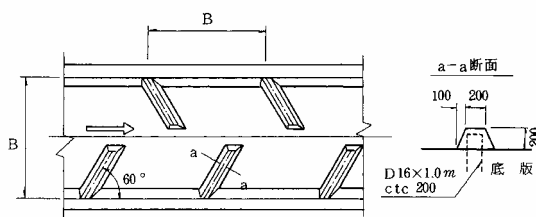


図3 - 14 水制工の例

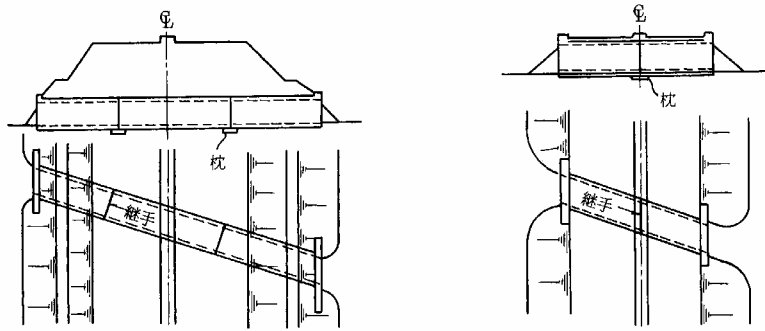
6. ボックスカルバートの継手

6-1 伸縮継手の位置及び間隔

ボックスカルバートの継手の位置及び間隔は、ボックスカルバートの長さ、基礎形式、縦方向筋の配筋の要否の有無、上げ越し量及び上げ越しに伴う継手部の開口寸法等によって決定する。原則として、道路中心線等に設けるがボックスカルバート延長が長い場合の間隔は、縦方向応力を考慮して1.5m以下に設置することとする。なお、長さ1.5m以上とする場合や基礎地盤がよくない場合等では、縦方向の検討を行うこととする。この場合、縦方向の設計は原則として“弾性床の上のはり”として解析するものとする。(参照：建設省制定土木構造物標準設計第1巻 - 解説書 -)

一般的な継手位置を示すと図3-15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3-15に示すように原則として側壁に直角とする。また、土かぶりの小さい場合は、図3-15(b)に示すように中央分離帯の位置に設けるのがよい。

ただし、中央分離帯に入らない場合は、中央分離帯幅に入る範囲で角度をつけるものとする。



(a) 土かぶりが1mを超える場合 (b) 土かぶりが1m以下の場合

図3-15 ボックスカルバートの継手の位置と方向

6-2 伸縮継手の構造

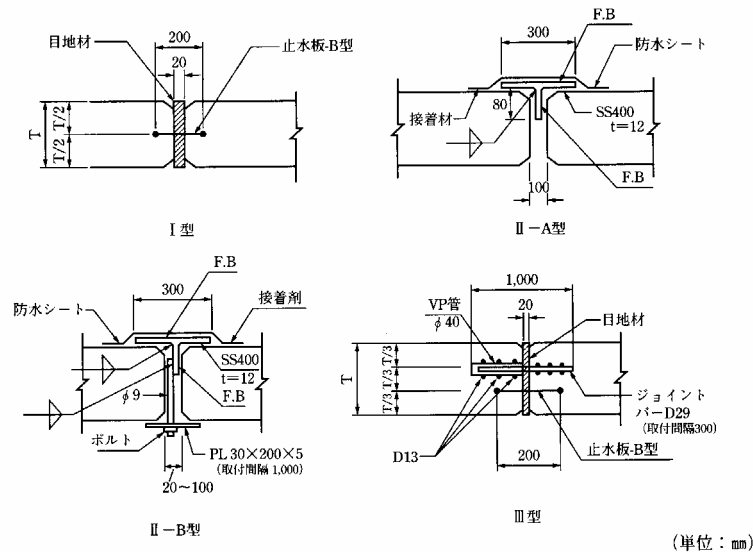
伸縮継手の構造は、施工条件によって表3-2及び図3-16を標準とする。

ボックスカルバート本体に収縮クラックの発生が懸念される場合には、ひび割れ誘発目地材の設置を考慮するものとする。

表3-2 継手構造の組合せ

適用箇所	頂版	側壁	底版	防水処理
通常の場合	型	型	型 * (型)	止水板による防水処理を標準とする。
上げ越を行う場合	A型	B型	型	止水板、防水シート及び鋼材(F.B)の組合せ等による十分な防水処理を施すものとする。

* () は段落ち防止枕を設けない場合



(単位: mm)

図3-16 継手の構造の例

6 - 3 止水板

ボックスカルバート用止水板は合成ゴム、塩化ビニール等柔軟で伸縮可能な材料で、表3 - 3に示す寸法を標準とする。

表3 - 3 ボックスカルバート用止水板の標準

形 式	厚さ (mm)	幅 (mm)	摘 要
A型	5以上	200以上	フラット型
B型	5以上	200以上	センターバルブ型又は半センターバルブ型
C型	5以上	300以上	センターバルブ型又は半センターバルブ型

注1) C型 (W=300mm) は鉄筋と干渉するおそれがあるため、採用にあたっては留意すること。

注2) 特に防水性能を要求される箇所に設ける場合は、ゴム系のスパンシール付と同等品以上のものを採用することができる。

6 - 4 継手の補強

1) 直接基礎、置換え基礎の場合

継手位置の段落ちを防止することから、枕梁を設けることができる。その標準的な長さは図3 - 17に示す。

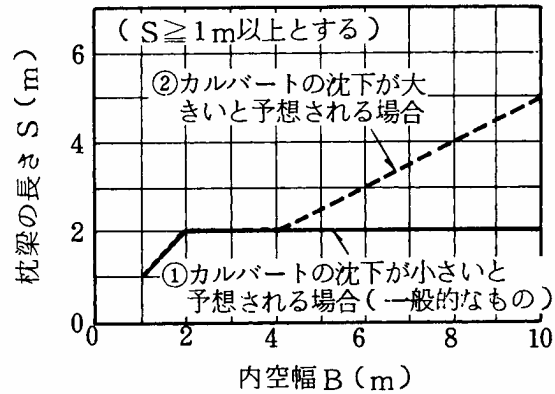


図3 - 17 段落ち防止用の枕梁

沈下きわめて小さい場合は図3 - 18を用いる。

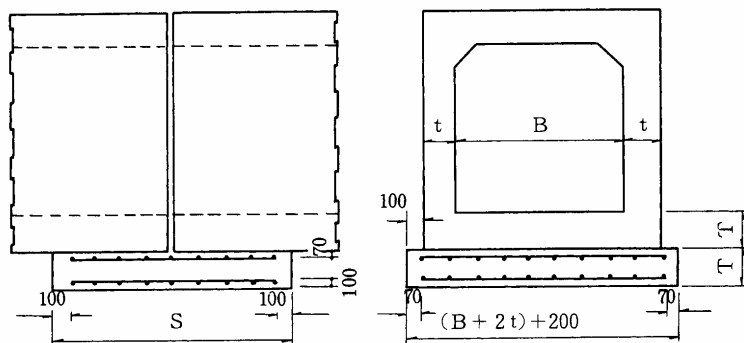


図3 - 18 枕梁詳細

注) 枕梁の鉄筋は、上面・下面とも同一の配筋とし、一方向当たりの鉄筋量は、底版鉄筋量 (縦・横それぞれの上筋・下筋の鉄筋量を m^2 あるいは m^2 に換算) の総和の1/4以上を標準とする。

ボックスカルバートの沈下が予測され上げ越しをする場合は図3 - 19を用いる。
 なお、斜角が小さい(60°以下)場合、又は、横方向にずれが生じると予測される場合も同様とする。鉄筋量は の場合と同様とするがハンチ筋は入れるものとする。

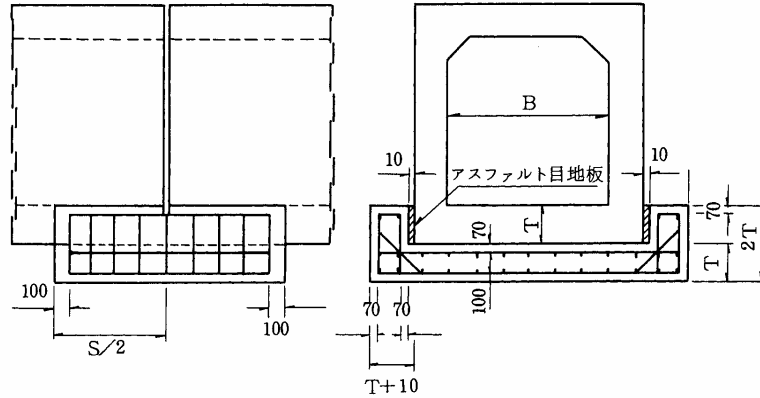


図3 - 19 枕梁詳細

軟弱地盤上に設置するボックスカルバートで土かぶり薄い場合には、端部ブロックがウイングの自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場合がある。図3 - 20にその参考例を示す。

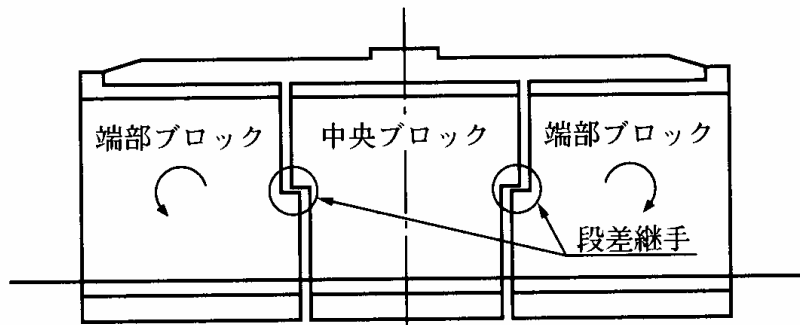


図3 - 20 段差継手の例

6 - 6 打継目

通路等で漏水が懸念される場合は打継目に止水板を設置する。

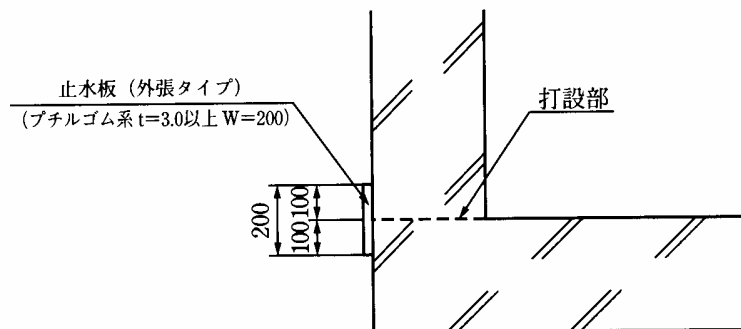


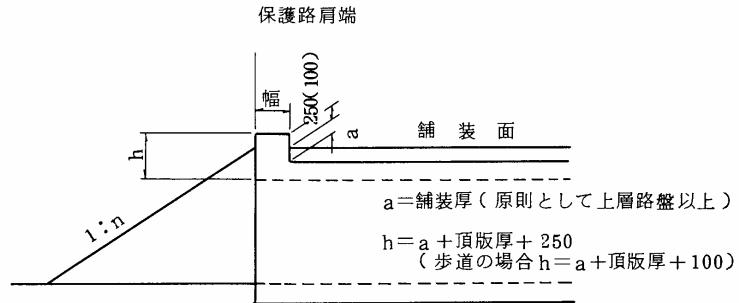
図3 - 21 施工目地の構造

7. ボックスカルバートの地覆及びウイング

7 - 1 地覆の形状

1) 土かぶりのない場合

地覆は、路肩構造物（防護柵等）に設置し必要な高さ及び幅をとるものとする。



地覆幅は路肩構造物の設置に必要な幅とする。(ガードレール設置の場合は40cm)

地覆幅は路肩構造物の設置に必要な幅とする。(車両用防護柵を設置する場合は400mmを標準とする)

図3 - 22 土かぶりのない場合

2) 土かぶりのある場合

胸壁の上のり面がある場合の胸壁の幅は、ウイングの幅と同一とする。また高さは500mmを標準とし、平場幅は $500 \times n$ とする。

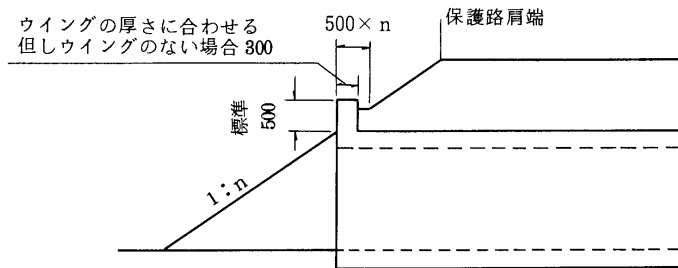


図3 - 23 土かぶりのある場合

7 - 2 ボックスカルバートのウイングの形状

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前後の盛土勾配を標準とし、ウイングの根入れ深さは鉛直で1mとする。(図3 - 24)

ウイング端部は、巻込み盛土の上部に水平部分が30cm以上出来るように(鉛直深さ70cm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、土かぶ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。(図3 - 24)

ただし、土かぶりが高くなる場合、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か経済比較を行うこと。

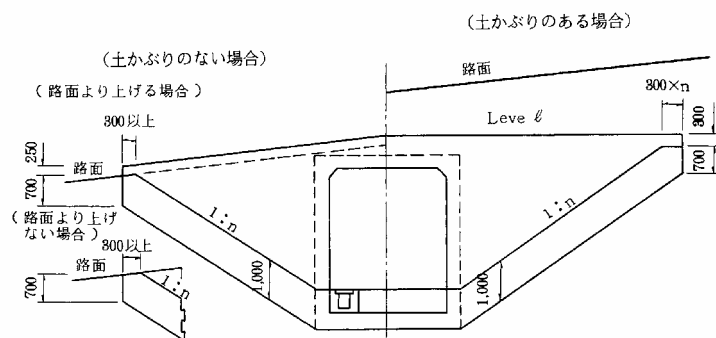


図3 - 24 ウイングの形状

- 4) ウイング厚さは30cm以上とし、最大でも本体側壁厚を越えないものとする。
 5) ウイングの最大長さは8.0mとする。
 ただし、法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。(図3-25)

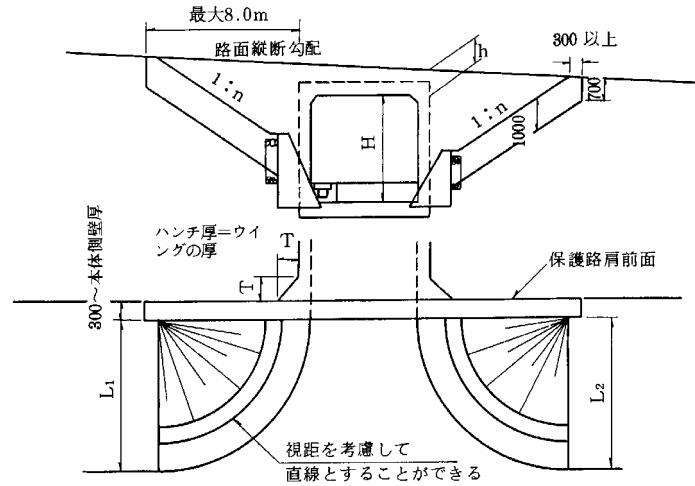


図3-25 ウイング及びのり留

- 6) ウイング取り付け部のハンチ厚は原則として、ウイングの厚さと等しくする。
 7) ウイングの土押さえ部分の配筋は図3-26に示すようにする。
 8) 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、側壁の配筋鉄筋を補強しなければならない。(図3-27)
 計算方法は「道路橋示方書 下部工編」を参照とする。
 ただし、平行ウイングの場合の水平土圧は静止土圧とし、土圧係数は0.5を標準とする。

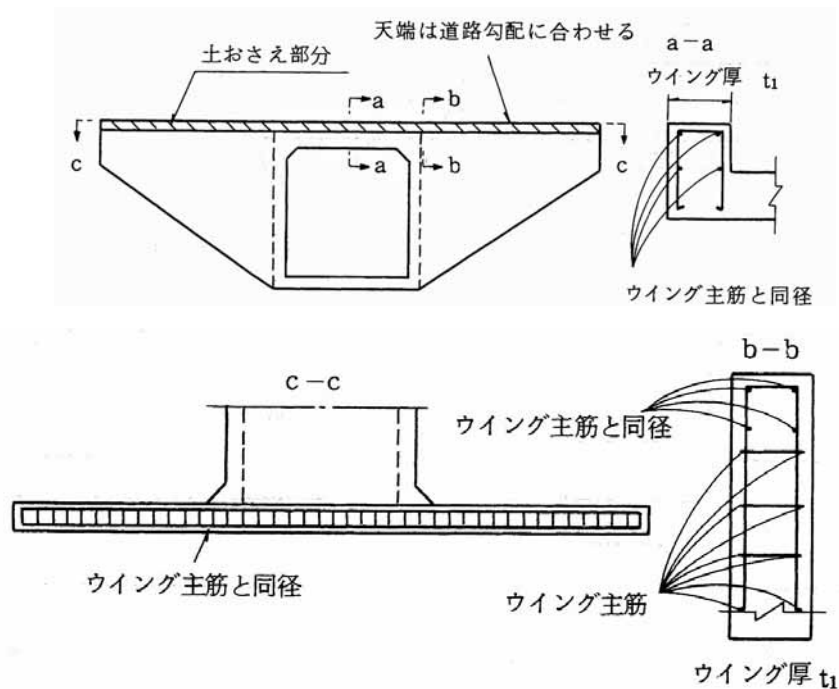


図3-26 土押さえ部の配筋方法

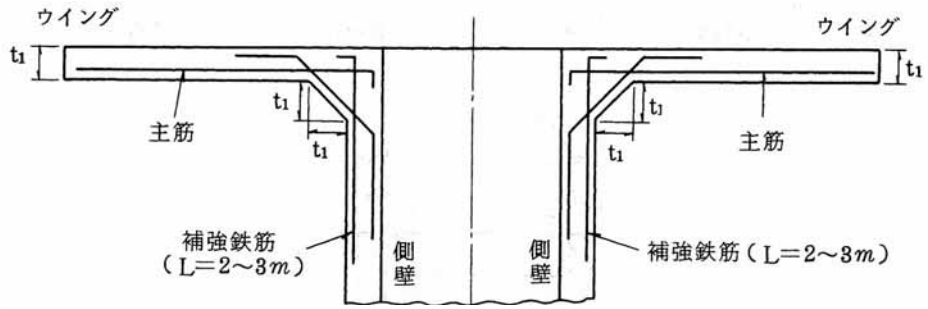


図3 - 27 ウイングの壁厚と配筋方法

8. ボックスカルバートの止水壁

水路用ボックスカルバートの場合は、下流側に洗掘防止のため止水壁を設ける。止水壁の深さは図3 - 28に示す取付け水路の護岸の根入れ h （河川管理者等と協議し決定するのが望ましい。）以上とする。

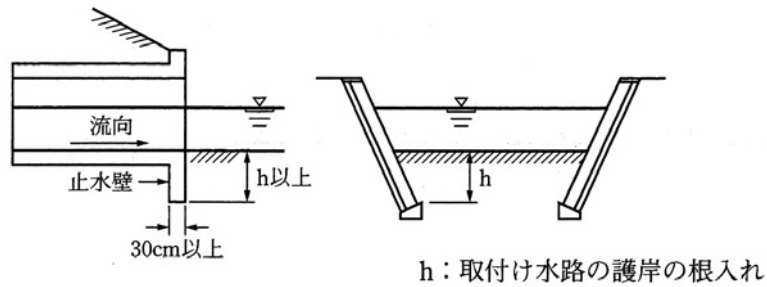


図3 - 28 止水壁一般

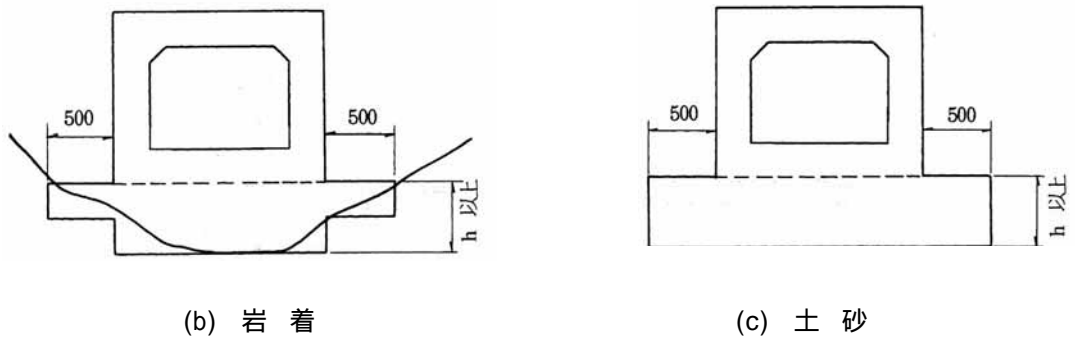


図3 - 29 止水壁構造の例

9. ボックスカルバート内の水路

ボックスカルバートに水路が必要で現場打とする場合の構造は図3 - 30を標準とする。

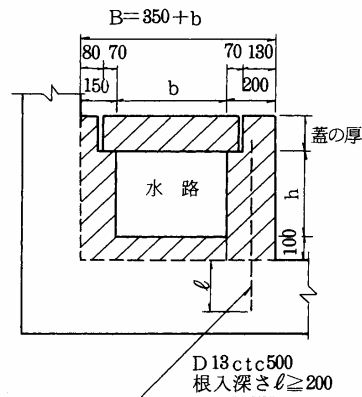


図3 - 30 ボックスカルバート内水路

10. ボックスカルバートの上げ越し

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30cm以下を目標に載荷重工法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の設置時の盛土中央部の残留沈下量 S を軟弱地盤対策工指針を参照して求める。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のがよい。

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、中央部に圧密を推定して端部の上げ越し量を図3-31より沈下比率を乗じて決めるものとする。

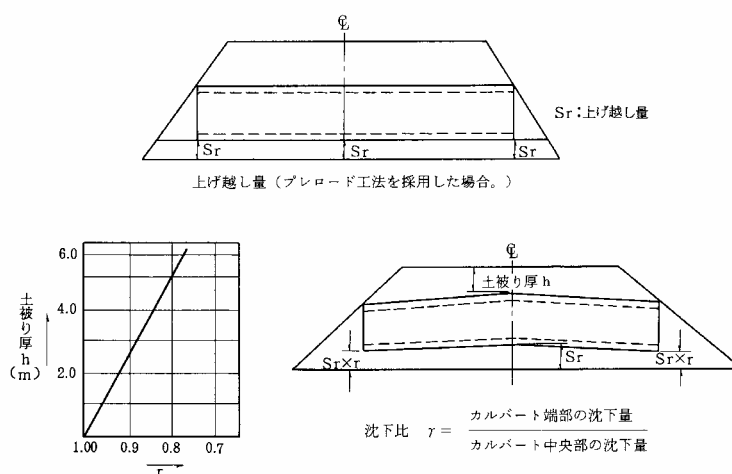


図3-31 土かぶりと上げ越し量

11. アーチカルバートの選定

土かぶりが大きくなると、アーチカルバートはボックスカルバートに比べて一般に経済的となるが、採用に当たっては、地盤の傾斜等による不同沈下が生じないこと、地形及び盛土材料の相異による偏土圧が生じないことが条件となるので、選定に当たっては注意すること。

11-1 設計上の注意事項

1) 土かぶりと部材断面

アーチカルバートの設計に用いる土かぶりは、下図に示す各カルバートブロックの最大土かぶりを使用する。

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。土かぶ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。

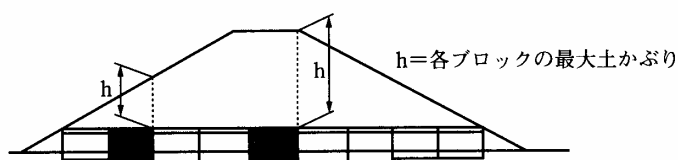


図3-32 土かぶりの考え方

2) 設計詳細について

「道路土工-カルバート工指針」アーチカルバートの項によるものとする。

3) プレキャストアーチカルバートの種類及び設計

プレキャストアーチカルバートには、標準形、直載形、曲管、マンホール部の4種類がある。接合形式はゴム輪接合方式を用いるが、基礎基盤の良くない場合のみPC鋼材による縦方向連結方式を用いる。

なお、プレキャストアーチカルバートの設計は、本体については本項に、縦方向、ウイングおよび基礎工については第2節プレキャストボックスカルバートの設計に、裏込め工の設計は、場所打ちボックスカルバートの裏込め工の設計に準じて行うものとする。また、コンクリートの設計基準強度は30~40N/mm²を標準とする。

1.2. ボックスカルバートの段階施工

剛性カルバートの場合で、やむを得ず段階施工を実施する場合には、図3-18、3-19に示すとおりあらかじめ段落ち防止用枕や段差継手(図3-20)を設置するなどの方法により、継目に対しては将来問題が起こらない構造とし、また止水板を設けておくのが望ましい。

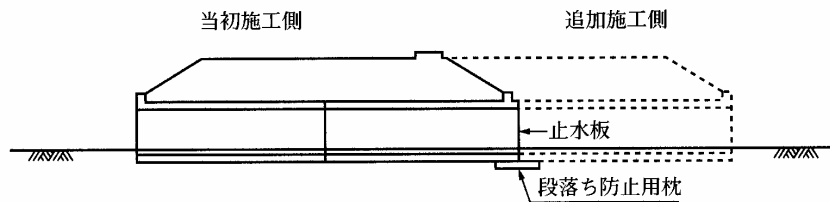
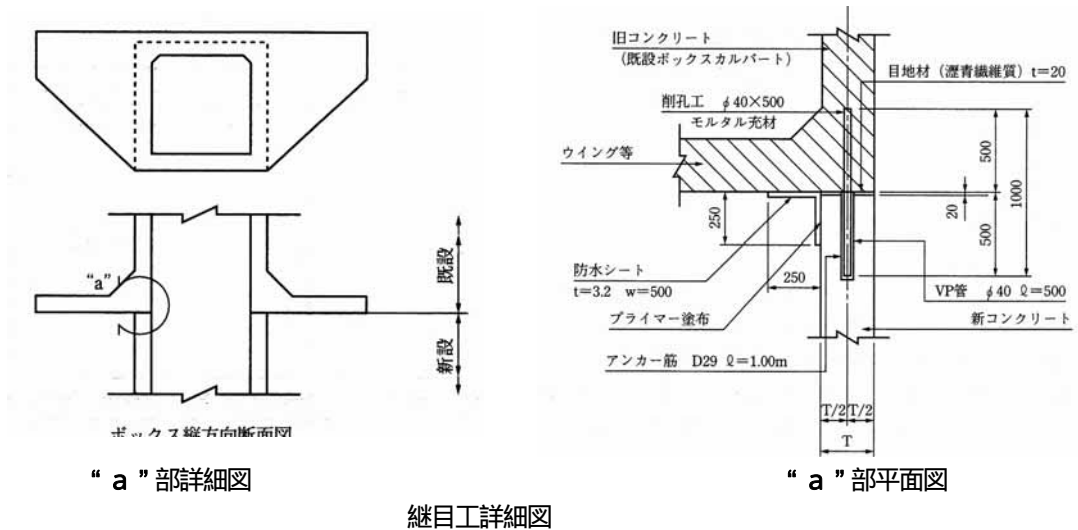


図3-33 段階施工の例

1.3. 現道拡幅等による既設ボックスカルバート縦足部の継手構造(参考)



“a”部詳細図

継目工詳細図

“a”部平面図

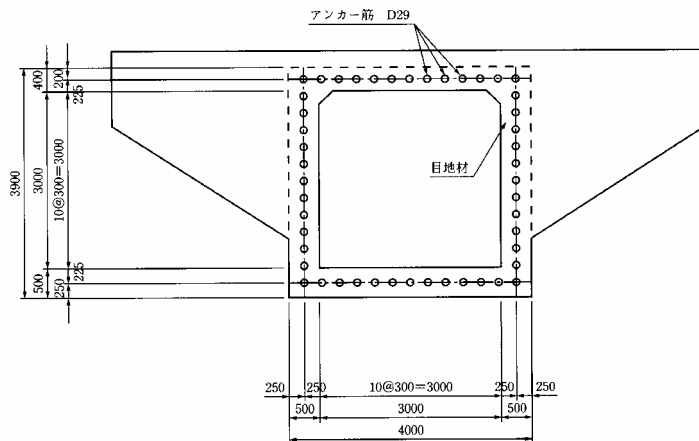


図3-34 既設ボックスカルバート縦足部の継手構造

参考資料

1. 活荷重の考え方

ボックスカルバートの部材設計における荷重のとり方、設計上の留意点は次に示すところによる。

1-1 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荷重の場合ではつぎのようになる。

$$\begin{aligned} \text{後輪: } P_1 &= (2 \times \text{後輪荷重 (kN (tf))}) / (\text{T荷重1組の占有幅 (m)}) \times (1 + \text{衝撃係数}) \\ &= 2 \times 100 (10) / 2.75 \times (1 + i) \text{ (kN/m (tf/m))} \dots\dots (3-1) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{前輪: } P_2 &= (2 \times \text{前輪荷重 (kN (tf))}) / (\text{T荷重1組の占有幅 (m)}) \times (1 + \text{衝撃係数}) \\ &= (2 \times 25 (2.5)) / 2.75 \times (1 + i) \text{ (kN/m (tf/m))} \dots\dots (3-2) \end{aligned}$$

なお、この場合の衝撃係数*i*は、表 参-1の値とする。

表 参 1 衝撃係数*i*

土かぶり (h_1)	4.0m未満	4.0m以上
衝撃係数 <i>i</i>	0.3	0

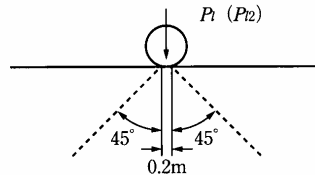


図 参 1 活荷重の分布

また、活荷重の分布は、図 参 1に示すように接地幅0.2mで車両進行方向にのみ45°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_v は次式によって計算する。

1) 土かぶり4.0m未満の場合

後輪および前輪による鉛直荷重 p_{v1} 、 p_{v2} はそれぞれ式(3-3)、式(3-4)により計算する。なお、後輪の載荷位置は支間中央としてよい。

前輪の影響が無い場合は図 参-2に示す鉛直荷重を、前輪の影響を考える場合は図 参 2(b)に示す後輪と前輪がカルバートにかかる部分の鉛直荷重を載荷させればよい。また、 W_3 の部分による影響は、水平荷重($p_h = p_v \cdot k_0$)として考慮する。

$$p_{v1} = (P_1 \cdot \quad) / W_1 = (P_1 \cdot \quad) / (2h + 0.2) \quad (\text{kN/mm}^2) \dots\dots (3-3)$$

$$p_{v2} = (P_2 \cdot \quad) / W_1 = (P_2 \cdot \quad) / (2h + 0.2) \quad (\text{kN/mm}^2) \dots\dots (3-4)$$

ここに P_1 (kN/m): カルバート縦方向単位長さ当たりの後輪荷重で式(3-1)より求める。

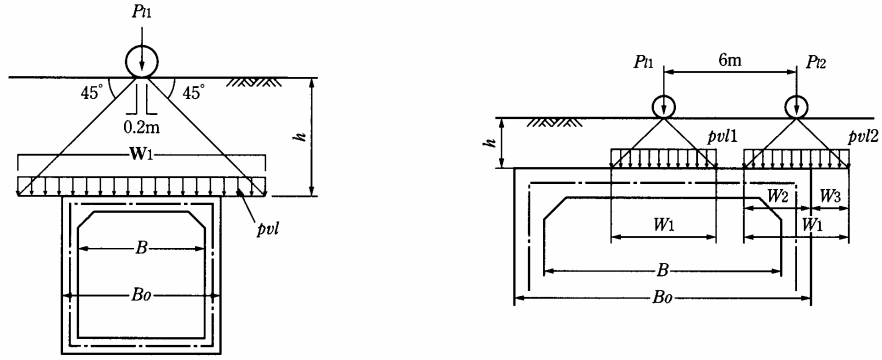
P_2 (kN/m): カルバート縦方向単位長さ当たりの前輪荷重で式(3-2)より求める。

W_1 : 後輪荷重の分布幅 (m)

W_2 : 前輪荷重の載荷幅 ($B_0 / 2 + h - 5.9$) (m)

: 断面力の低減係数で表 参-2の値とする。

この低減係数は、T荷重によって算出される断面力を車両制限令に基づく後輪荷重によって算出される断面力に換算する係数である。活荷重の大きさと、活荷重によりカルバートに生じる断面力の大きさは正比例するので、設計時に用いる荷重に低減係数を乗じるものとする。



(a) 前輪の影響を考える場合 (b) 前輪の影響が無い場合

図 参 2 活荷重

表 参 2 断面力の低減係数

	土かぶり h 1 m かつ 内空幅 B 4 m の場合	左記以外の場合
	1.0	0.9

2) 土かぶり 4.0 m 以上の場合

土かぶり 4.0 m 以上の場合には、鉛直方向活荷重として頂版上面に一樣に、 1.0 kN/m^2 (1 tf/m^2) の荷重を考えるものとする。

3) カルバートが道路と平行に設置される場合

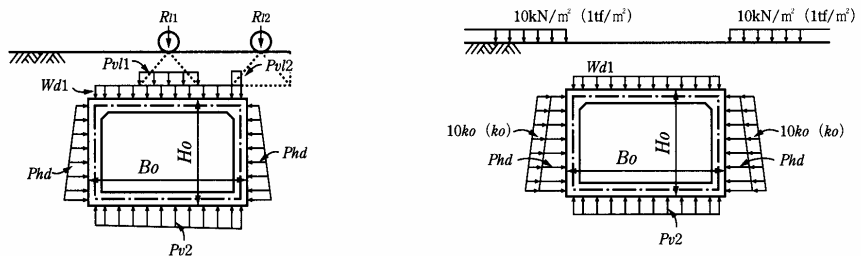
カルバートが道路と平行に設置される場合の活荷重の計算方法は、「共同溝設計指針」に準じるものとする。

1 - 2 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。

1) 土かぶり 4.0 m 未満の場合

土かぶり 4.0 m 未満の場合には、図 参 - 3 に示す(a)、(b)の2通りの組合せについて計算を行い、求め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。



(a) 頂底版の断面力が最大となる場合 (b) 側壁の断面力が最大となる場合

図 参 3 土かぶり 4 m 未満の荷重の組合せ

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} : カルバート上面に作用する鉛直土圧 (kN/m^2)

w_{t1} : 頂版自重 (kN/m^2)

p_{v1} 、 p_{v2} : 頂版に作用する活荷重による鉛直荷重 (kN/m^2)

p_{v2} : 底版に作用する反力 (kN/m^2)

p_{hd} : 水平土圧 (kN/m^2)

$10k_0$ (k_0) : 活荷重による水平荷重 (kN/m^2)

2) 土かぶり 4.0 m 以上の場合

土かぶり 4.0 m 以上の場合には、図 参 - 4 の荷重状態で断面計算を行う。

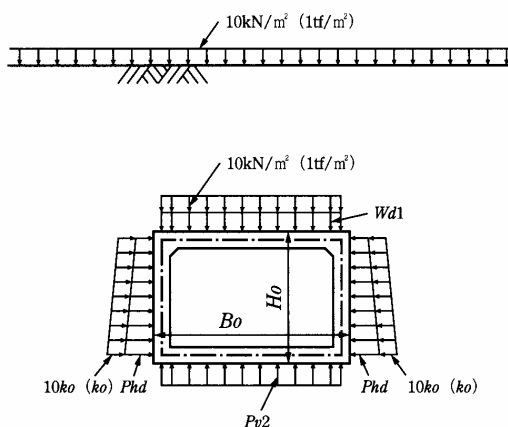


図 参 4 土かぶり 4 m 以上の荷重の組合せ

ここに w_d : 頂版に作用する死荷重 (kN/m^2)

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

p_{vd} : カルバート上面に作用する鉛直土圧 (kN/m^2)

w_{t1} : 頂版自重 (kN/m^2)

p_{v2} : 底版に作用する反力 (kN/m^2)

p_{hd} : 水平土圧 (kN/m^2)

$10k_0$ (k_0): 活荷重による水平荷重 (kN/m^2)