

第 4-4 章

ボックスカルバート

第4-4章 ボックスカルバート 目次

第1節 総 則	1
1. 適用の範囲	1
2. 定義	1
3. 分類	2
4. 従来型カルバートの適用範囲	3
5. 従来型以外のカルバート	3
第2節 調査・計画	4
1. 基礎地盤と許容支持力度	4
2. 内空断面	4
2.1 道路用カルバート	4
2.2 水路用カルバート	5
2.3 軟弱地盤上のカルバート	5
第3節 設計一般	6
1. 荷重	6
1.1 荷重の種類と組合せ	6
1.2 材料の単位体積重量	6
1.3 土の単位体積重量	6
1.4 地盤の支持力	7
1.5 鉛直土圧	8
1.6 水平土圧	9
1.7 活荷重	9
1.8 カルバート底面の地盤反	11
1.9 活荷重による水平荷重	12
1.10 荷重の組合せ	13
1.11 踏掛版からの荷重	14
2. 許容応力度	15
2.1 コンクリートの許容応力度	15
2.2 鉄筋の許容応力度	16
3. 土かぶり	17
3.1 最小土かぶり厚	17
3.2 土かぶりが変化する場合	17
第4節 剛性ボックスカルバートの設計	18
1. 本体の設計	18
1.1 構造設計	18
1.2 部材形状	18
2. 基礎工の設計	18
2.1 直接基礎	18
2.2 軟弱地盤の場合の置き換え基礎	22
2.3 杭基礎	24

3. 裏込めの設計	25
4. 踏掛版	25
5. ボックスカルバートの継手	26
5.1 継手の位置および間隔	26
5.2 継手の構造	27
5.3 枕梁	28
6. 斜角のつくボックスカルバート	29
6.1 形状	29
6.2 鉄筋の配置	30
7. 急勾配のボックスカルバー	30
7.1 最急勾配および応力計算の断面	30
7.2 滑り止工	31
8. 水路ボックスカルバート	31
8.1 摩耗対策	31
8.2 水制工等	31
8.3 止水壁	32
10. ボックス頂版部の水切り	33
11. 地覆およびウイング	33
11.1 地覆の形状	33
11.2 ウイングの設計	34
12. ボックスカルバートの上げ越し	36
13. ボックスカルバートの配筋	37
第5節 プレキャストボックスカルバートの設計	40
1. プレキャストボックスカルバートの選定	40
2. 敷設方法	41
3. 基礎形式	41
第6節 アーチカルバート	43
1. アーチカルバートの選定	43
2. 設計詳細について	43
3. プレキャストアーチカルバート	43
第7節 段階施工	44
第8節 既設ボックスカルバート継足部の継手構造	45
第9節 標準設計	46
1. 標準設計の適用	46
2. 標準設計の集録範囲	46
3. 標準設計を使用する場合の注意事項	46

第1節 総 則

1. 適用の範囲 (岐阜県独自)

この要領はボックスカルバートの設計に適用するが、本要領に定めていない事項については、下記の指針等によるものとする。

指 針 等	略 号	発行年月	発 行 者
道路土工要綱	土工、要綱	H21 年 6 月	日本道路協会
道路土工－擁壁工指針	土工、擁壁	H24 年 7 月	日本道路協会
道路土工－切土工・斜面安定工指針	土工、斜面	H21 年 6 月	日本道路協会
道路土工－カルバート工指針	土工、カル	H22 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
共同溝設計指針		S61 年 3 月	日本道路協会
建設省制定土木構造物標準設計 第1巻（側こう類・暗きょ類）	建 標	H12 年 9 月	全日本建設技術協会
土木構造物標準設計 1		H12 年 9 月	建設省
中部地区 コンクリート二次製品構造規格（案）		H12 年 4 月	中部地区コンクリート二次 製品構造規格検討委員会
土木構造物設計ガイドライン 土木構造物設計マニュアル(案)	ガイドライン	H11 年 11 月	全日本建設技術協会
土木構造物設計ガイドライン 土木構造物設計マニュアル(案)に係る 設計・施工の手引き(案)	ガイドライン	H11 年 11 月	全日本建設技術協会
道路設計要領(設計編)	中部地整	H26 年 3 月	国土交通省中部地方整備局道路部

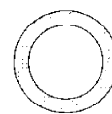
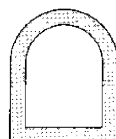
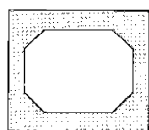
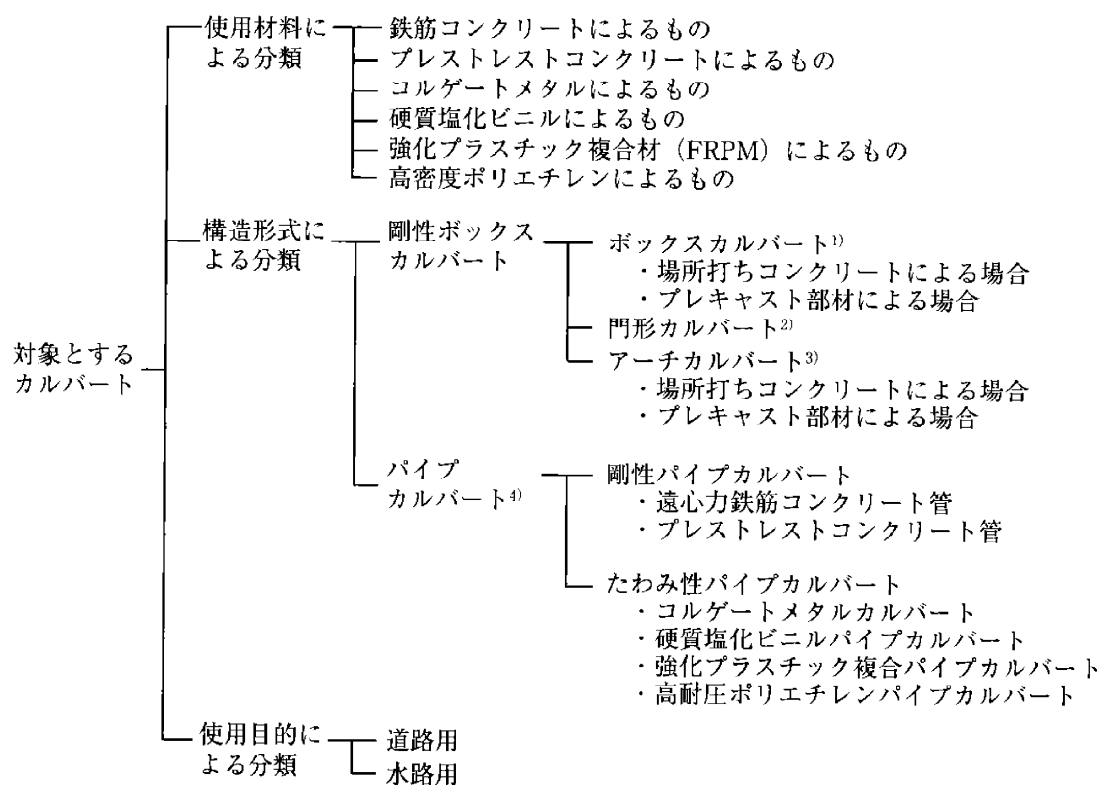
2. 定義 (土工、カル H22 p4～7)

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

本章はそれらの内で主に剛性ボックスカルバートについて示すものとする。

3. 分類 (土工、カル H22 p7)

カルバートは図4.4.1のように分類される。



1) ボックスカルバート 2) 門形カルバート 3) アーチカルバート 4) パイプカルバート

図4.4.1 カルバートの分類

4. 従来型カルバートの適用範囲 (土工、カル H22 p5～11, 49)

従来より多数構築されてきたカルバートについては、慣用的に使用されてきた設計・施工法（慣用設計法）があり、これにより設計した場合は、長年の経験の蓄積により、所定の構造形式や材料・規模の範囲内であれば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」と呼ぶこととする。

従来、カルバートの設計に当たっては、一般に地震の影響を考慮してこなかった。これは、従来型カルバートではこれまでの実績から、特に地震の影響を考慮しなくても過去の地震において目立った損傷が生じなかったためである。今後もこの考え方を踏襲し、常時の作用に対する照査を行えば、地震の影響を考慮した解析を行わなくても地震動の作用に対する所定の性能を満たしているとみなせるものとした。

従来型カルバート（剛性ボックスカルバート）の適用範囲を表4.4.1に示す。

表4.4.1 従来型カルバートの適用範囲

カルバートの種類			項目	適用土かぶり (m) 注1)	断面の大きさ (m)
剛性ボックス カルバート	ボックスカルバート	場所打ちコンクリートによる場合		0.5～20	内空幅 B:6.5 まで 内空高 H:5 まで
		プレキャスト部材による場合		0.5～6 注2)	内空幅 B:5 まで 内空高 H:2.5 まで
	アーチカルバート	場所打ちコンクリートによる場合		10 以上	内空幅 B:8 まで
		プレキャスト部材による場合		0.5～14 注2)	内空幅 B:3 まで 内空高 H:3.2 まで

注1) 断面の大きさ等により、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。

慣用設計法を適用するに当たっては、原則として表4.4.1に示す範囲であるとともに、以下の条件(1)～(7)に適合している必要がある。

- (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%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
- (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 を確保することが望ましい

5. 従来型以外のカルバート (土工、カル H22 p12)

表4.4.1に示す従来型カルバートの適用範囲外である場合や、構造形式や材料、規模、土かぶりがすべて表4.4.1に示す適用範囲内であっても、4.の(1)～(7)に示す条件を満たしていない場合は、原則として「土工、カ 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こととする。

第2節 調査・計画

1. 基礎地盤と許容支持力度

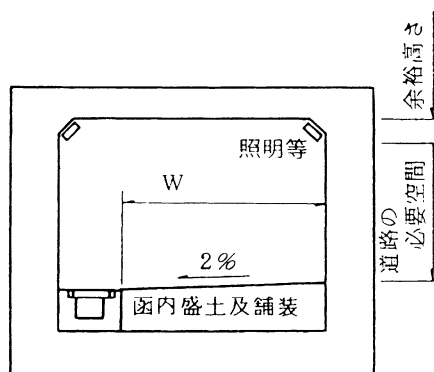
一般的な構造物に対する地盤の許容支持力度は、「土、カル」p75 解表 4-7 の値を目安に定めてよい。

2. 内空断面 (土工、カル H22 p30)

ボックスカルバートの内空断面の決定は、下記事項を考慮して行うものとする。

2.1 道路用カルバート

- (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)に含めない方が望ましい。
- (2) 道路構造令に準じて必要な視距を確保する。
- (3) 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。
- (4) 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。
- (5) 建築限界については「道路構造令第 12 条」によるがボックスカルバートのハンチを考慮する。
- (6) 自転車、歩行者専用のボックスカルバートは、第7章「立体横断施設」による。
- (7) 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。
- (8) 都市部における道路用カルバート（例えばアンダーパス等）は、カルバート内部の路面がその前後の路面より低く、強制排水を必要とする場合が多いことから、内空断面の設定においてもその影響を加味しておく必要がある。



※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4.4.2

2.2 水路用カルバート (土工、カル H22 p30, 31, 33)

- (1) 水路用カルバートの勾配、底面の高さ及び幅は、土砂の堆積や浸食を防止するため、なるべく既設の水路と一致させるのが原則である。
- (2) ボックスカルバートの通水断面は、所要の計画流量を安全に通水し得る空間を確保することが必要である。
- (3) カルバートの設置地点、種類、形状寸法及び水路の性状等により、管理者の定めた余裕高を確保するよう内空高を決定しなければならない。
- (4) 計画流量は、第 4-3 排水編もしくは水路管理者の定めた設計計算法によって計算するものとする。
- (5) 豪雨の際に、大量の土砂等が流入する恐れのある場合には、通常の沈泥砂、浮遊物等による余裕量に加え、さらに十分な通水断面積を考慮しておくのが良い。(道路土工要綱 P141)
- (6) 沢、溪流等において土石流が発生する危険性が高い場合、「土工、切土工・斜面 第 12 章土石流対策」に基づき、土石流対策工を含めて検討を行うものとする。
- (7) 清掃その他の保守点検のため、人が入る必要のある場合は、1.8m 以上の内空高を有することが望ましい。延長が短いことなどから人が入る必要のない場合であっても、土砂堆積等により予想される断面減少分を考慮して 60 cm 以上の内空高さを確保するのが望ましい。

2.3 軟弱地盤上のカルバート (土工、カル H22 p31)

カルバートが軟弱地盤上に設置される場合、プレロードによりあらかじめ地盤を沈下させ、圧密を図った場合でも、供用開始後も含めた長期にわたり沈下が発生することが少なくない。このため、機能的に支障が生じてはならないようなカルバートでは、沈下が生じても対処できるように内空断面の余裕を確保したり、上げ越し施工をするのが望ましい。

なお、上げ越し量の設定、プレロードとの併用の有無や土かぶりに応じた上げ越し方法等詳細については「道路土工―軟弱地盤対策工指針（平成 24 年 8 月、(社)日本道路協会)」を参考にするものとする。

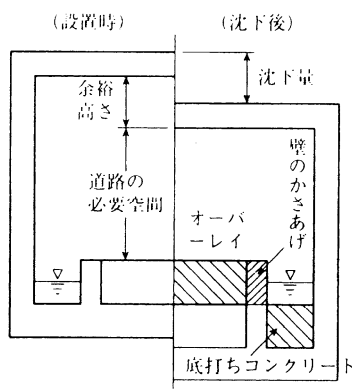


図4.4.3 内空断面の余裕確保による沈下対策

第3節 設計一般

1. 荷重 (土工、カル H22 p96)

設計において考慮する荷重は、表4.4.2に示す荷重のうち、カルバートの設置地点の諸条件、構造形式等を考慮して、最も不利となる条件により照査を行わなければならない。施工工法によっては、土留め材の撤去時におけるカルバートへの付加応力等があるため注意する必要がある。施工時に片方のみ埋め戻しを行う場合や、その他の事情により偏土圧を受ける場合には、設計にその偏荷重を考慮しなければならない。

1.1 荷重の種類と組合せ (土工、カル H22 p96)

設計に当たって考慮すべき荷重を表4.4.2に示す。

表4.4.2 剛性ボックスカルバートの設計に用いる荷重

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

注) ○：必ず考慮する荷重

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

×：考慮する必要のない荷重

1.2 材料の単位体積重量 (土工、カル H22 p61)

死荷重の算出に用いる材料の単位体積重量は次の値を用いてもよい。

鋼・鋳鋼・鍛鋼	77kN/m ³
鉄筋コンクリート	24.5kN/m ³
プレストレストコンクリート	24.5kN/m ³
コンクリート	23kN/m ³
アスファルト舗装	22.5kN/m ³
コンクリート舗装	23kN/m ³

1.3 土の単位体積重量 (土工、カル H22 p66, p73)

表4.4.3 土圧の計算に用いる土の単位体積重量 γ (kN/m³)は、裏込め・埋戻し土、盛土に使用する土質資料を用いて求めるものとする。カルバート単体で設計する際に設計段階で盛土の性質を明らかにできない場合は、18kN/m³を採用する。近接して擁壁を施工する場合は、

擁壁の設計条件に合わせる。土質試験を行うことが困難な場合は、表 4.4.3 の値を用いてもよい。

表4.4.4 土の単位体積重量 (kN/m³)

地盤	裏込め土の種類	kN/m ³
盛土	砂及び砂礫	20
	砂質土	19
	粘性土	18

注) 地下水位以下にある土の単位体積重量は、9kN/m³ を差し引いた値としてよい。

1.4 地盤の支持力 (土工、カル H22 p74, 75)

カルバートを地中に埋設する場合は基礎地盤に作用する鉛直荷重が施工前の先行荷重よりも小さく、盛土内に設置する場合でも周囲の盛土と比較して増加荷重は小さいため、盛土の沈下に比べてカルバートの沈下が大きくなることは一般的にはない。このため、設計時にカルバートの支持力の検討を行う場合は、一般的には基礎地盤の支持力について室内試験や原位置試験により調べる必要はなく、表4.4.6に示す許容鉛直支持力度を使用してよい。なお、表4.4.6の値は常時のものであり、地震時にはこの 1.5 倍の値としてよい。

ただし、門型カルバート等の底版を有しないカルバートで規模が大きいもの、大規模なカルバート、特殊な構造形式、施工条件となるカルバート、重機等により供用後に比べて施工時に大きな上載荷重が加わるようなカルバート、ゆるい砂質地盤上あるいは軟らかい粘性地盤上のカルバートで変位の制限が厳しい場合については、地盤の支持力について原位置試験等により慎重に検討する必要がある。

なお、施工時においては、原則、原位置試験（平板載荷試験）等を行い、その結果から得られる極限支持力を載荷面積及び表4.4.5の安全率で除した値を、地盤の許容鉛直支持力度とし、その許容鉛直支持力度が、設計地盤反力以上であることを確認するものとする。

ただし、目視で岩等を確認できれば試験は省略可能とする。

表4.4.5 安全率

常時	地震時
3	2

表4.4.6 支持地盤の種類と許容支持力度

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

1.5 鉛直土圧 (土工、カル H22 p97, 98)

カルバート上載土の重量により、カルバート上面に作用する鉛直土圧 p_{vd} は、次式によって算出される値とする。

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

ここに α : 鉛直土圧係数

カルバートの規模、土かぶり、基礎の支持条件に応じて表4.4.7に示す値を用いることができる。

γ : カルバート上部の土の単位体積重量 (kN/m^3)

土の単位体積重量は第3節 1.3 に示す値とする。一般に舗装の部分の単位体積重量も近似的に土と同等とみなしてよいが、舗装のみの場合には、その単位体積重量を用いる。

h : カルバートの土かぶり (舗装表面よりカルバート上面までの距離) (m)

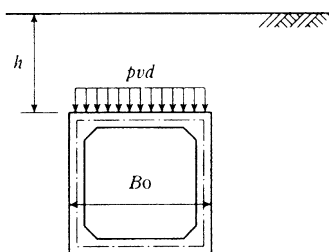


図4.4.4 鉛直土圧

表4.4.7 鉛直土圧係数

条 件	鉛直土圧係数 α	
次の条件のいずれかに該当する場合 ・良好な地盤上(置換え基礎も含む)に設置する直接基礎のカルバートで、土かぶりが 10m 以上でかつ内空高が 3m を超える場合 ・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。

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

1.6 水平土圧

カルバート側面に作用する土圧 p_{hd} は、次式によって計算する。

$$p_{hd} = K_0 \cdot \gamma \cdot z \quad (\text{kN/m}^2)$$

ここに K_0 ：静止土圧係数で、 K_0 は土質や締固めの方法によって異なり 0.4～0.7 程度であるといわれているが、通常の砂質土や粘性土 ($\omega_L < 50\%$) に対しては、 $K_0 = 0.5$ と考えてよい。

z ：地表面より任意点までの深さ (m)

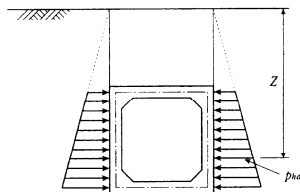


図4.4.5 水平土圧

1.7 活荷重 (土工、カル H22 p62, 101～103)

剛性ボックスカルバートの設計計算において、上部道路を走行する自動車からの載荷重として活荷重を考慮するものとし、載荷に際しては衝撃を考慮するものとする。

設計計算上、活荷重は、カルバート縦断方向には範囲を限定せず載荷させるものとする。

カルバートが道路と平行に設置される場合の活荷重の計算方法は、「共同溝設計指針 5.1.3 活荷重」を参照するものとする。

$$\text{後輪：} P_{11} (\text{kN/m}) = \frac{2 \times \text{輪荷重}}{\text{車両1組の占有幅}(m)} \times (1 + i)$$

$$= \frac{2 \times 100 (\text{kN})}{2.75 (m)} \times (1 + i) \quad \cdots (5-1)$$

$$\text{前輪：} P_{12} (\text{kN/m}) = \frac{2 \times \text{輪荷重}}{\text{車両1組の占有幅}(m)} \times (1 + i)$$

$$\frac{2 \times 25 (\text{kN})}{2.75 (m)} \times (1 + i) \quad \cdots (5-2)$$

なお、この場合の衝撃係数 i は表4.4.8のカルバートの種類及び土かぶりに応じた値を用いてよい。

表4.4.8 衝撃係数

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

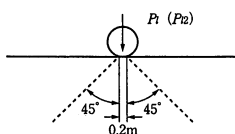


図4.4.6 活荷重の分布

また、活荷重の分布は、図4.4.6に示すように接地幅 0.2m で車輛進行方向にのみ 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土圧 P_{v1} は次式によって計算する。

(1) 土かぶり 4m 未満の場合

後輪および前輪による鉛直土圧 p_{v11} 、 p_{v12} はそれぞれ次式により計算する。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4.4.7 (a)に示す鉛直土圧を、前輪の影響を考える場合は図4.4.7 (b)に示す後輪と前輪がカルバートにかかる部分の鉛直土圧を載荷させればよい。

$$p_{v11} = \frac{P_{l1} \cdot \beta}{W_1} = \frac{P_{l1} \cdot \beta}{2h + 0.2} \quad (\text{kN/m}^2)$$

$$p_{v12} = \frac{P_{l2}}{W_2} = \frac{P_{l2}}{2h + 0.2} \quad (\text{kN/m}^2)$$

ここに P_{l1} : カルバート縦断方向単位長さ当たりの後輪荷重で式(5-1)より求める。
(kN/m)

P_{l2} : カルバート縦断方向単位長さ当たりの前輪荷重で式(5-2)より求める。
(kN/m)

W_1 : 後輪荷重の分布幅 (m)

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

β : 断面力の低減係数で表4.4.9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。

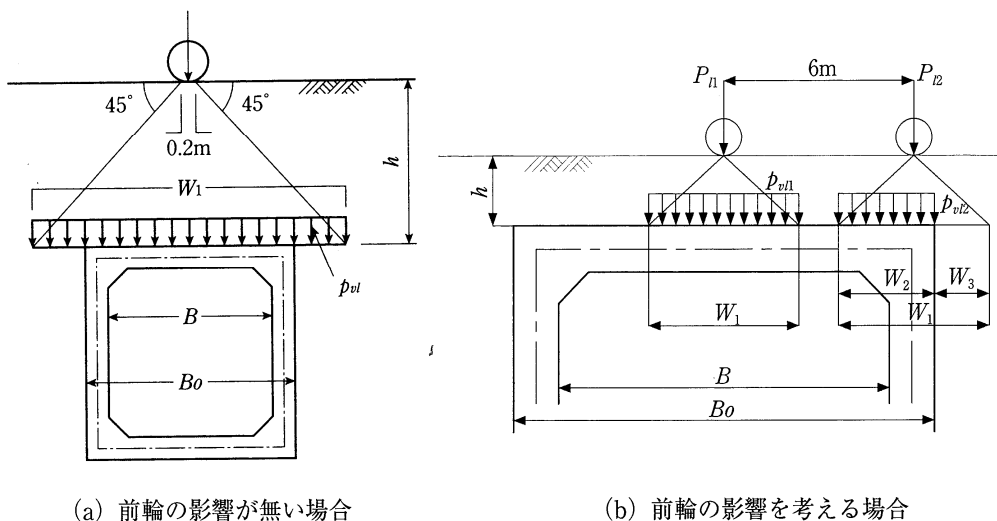


図4.4.7 活荷重

表4.4.9 断面力の低減係数

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

(2) 土かぶり 4m 以上の場合

土かぶり 4m 以上の場合は、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。

(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。

1.8 カルバート底面の地盤反力 (土工、カル H22 p108~111)

- (1) カルバート底面の地盤反力を計算する場合に用いる底版反力 $P_{vl\max}$, $P_{vl\min}$ は、図 4.4.8に示すとおりであり、次式によって計算してよい。

$$p_{vl\max} = \frac{(p_{vd} \cdot B_0 + Q + D + E)}{B_0} \times \left(1 + \frac{6 \cdot e}{B_0}\right) \quad (\text{kN/m}^2)$$

$$p_{vl\min} = \frac{(p_{vd} \cdot B_0 + Q + D + E)}{B_0} \times \left(1 - \frac{6 \cdot e}{B_0}\right) \quad (\text{kN/m}^2)$$

ここに、 p_{vd} :カルバート上面に作用する土の重量による鉛直土圧 (kN/m^2)

Q :カルバート上面に作用する単位長さ当たりの活荷重合計 (kN/m)

$$Q = P_{vl1} \cdot W_1 + P_{vl2} \cdot W_2$$

W_1 :後輪荷重の分布幅 (m)

W_2 :前輪荷重の分布幅 ($B_0/2 + h - 5.9$) (m)

B_0 :カルバートの外幅 (m)

D :カルバートの単位長さ当たりの重量 (kN/m)

E :カルバート内の死荷重または活荷重 (kN/m)

e :構造中心線から作用する荷重合計の重心までの水平距離 (m)

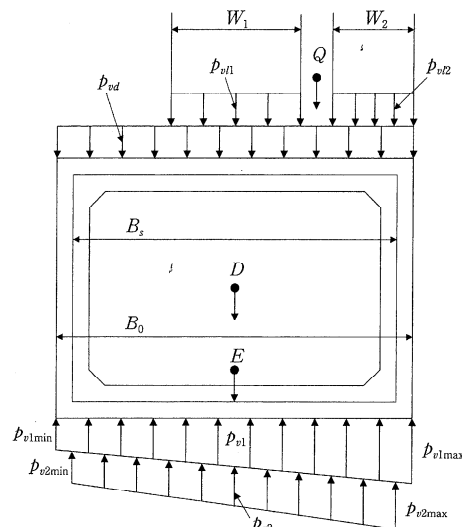


図4.4.8 カルバート底面の地盤反力

- (2) ボックスカルバート底面の地盤反力を計算する方法で、(1)以外の方法として、カルバートの部材および基礎地盤の弾性変位を考慮するものがある(図4.4.9)。この方法により地盤反力を計算する場合には、基礎地盤の反力係数の大きさにより地盤反力が変化するため、十分注意しなければならない。地盤反力係数は「道路橋示方書・同解説Ⅳ下部構造編」に準じることができる。

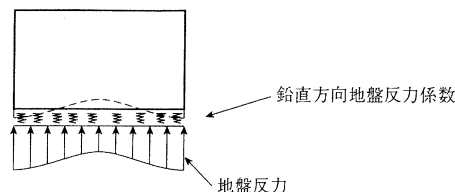


図4.4.9 カルバートの部材および基礎地盤の弾性変位を考慮する方法

- (3) 断面力を計算する場合に用いる底版反力 P_{v2max} , P_{v2min} は、図4.4.8の示すとおりであり、次式によって計算してよい。ただし、底版厚を等厚とした場合には、底版死荷重が等分布荷重となり、これによる底版反力とは相殺することになるので、カルバート内の死荷重及び活荷重を含めなくてもよい。

$$p_{v2max} = \frac{(p_{vd} \cdot B_s + Q + D_0)}{B_s} \times \left(1 + \frac{6 \cdot e}{B_s}\right) \quad (\text{kN/m}^2)$$

$$p_{v2min} = \frac{(p_{vd} \cdot B_s + Q + D_0)}{B_s} \times \left(1 - \frac{6 \cdot e}{B_s}\right) \quad (\text{kN/m}^2)$$

ここに、 p_{vd} ：カルバート上載土による鉛直土圧 (kN/m^2)

Q ：カルバート上面に作用する単位長さ当たりの活荷重合計 (kN/m)

$$Q = p_{vl1} \cdot W_1 + p_{vl2} \cdot W_2$$

W_1 ：後輪荷重の分布幅 (m)

W_2 ：前輪荷重の分布幅 ($B_0/2 + h - 5.9$) (m)

土かぶり高が4 m以上の場合は、鉛直方向活荷重として、頂版上面へ一様に 10kN/m^2 の荷重を考える

D_0 ：底版を除いたカルバートの単位長さ当たりの重量 (kN/m)

B_s ：カルバートの軸線間距離 (m)

1.9 活荷重による水平土圧 (土工、カル H22 p103)

ボックスカルバート側面に作用する活荷重による水平土圧としては、深さに関係なく $10 \cdot K_0$ (kN/m^2)を両側面に同時にかけるものとする。これは載荷重を 10kN/m^2 とし、これに静止土圧係数 K_0 をかけて $10 \cdot K_0\text{kN/m}^2$ としたものである(図4.4.10)。

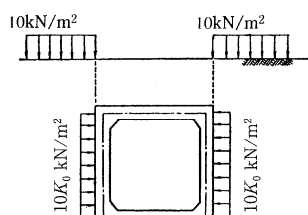


図4.4.10 活荷重による水平土圧

1.10 荷重の組合せ (土工、カル H22 p111,112)

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。

(1) 土かぶり 4m 未満の場合

土かぶり 4m 未満の場合には、図4.4.11に示す(a)および(b)の2通りの組合せについて計算を行う。

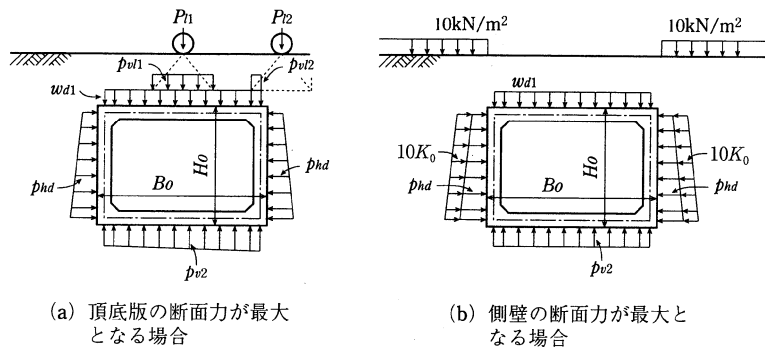


図4.4.11 土かぶり 4m 未満の荷重の組合せ

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} : カルバート上載土による鉛直土圧 (kN/m^2)

w_{t1} : 頂版死荷重 (kN/m^2)

p_{v11} , p_{v12} : 頂版に作用する活荷重による鉛直土圧 (kN/m^2)

p_{v2} : 底版に作用する反力 (kN/m^2)

p_{hd} : カルバート側方の土による水平土圧 (kN/m^2)

$10K_0$: 活荷重による水平土圧 (kN/m^2)

(2) 土かぶり 4m 以上の場合

土かぶり 4m 以上の場合には、図4.4.12の荷重の組合せで断面計算を行う。

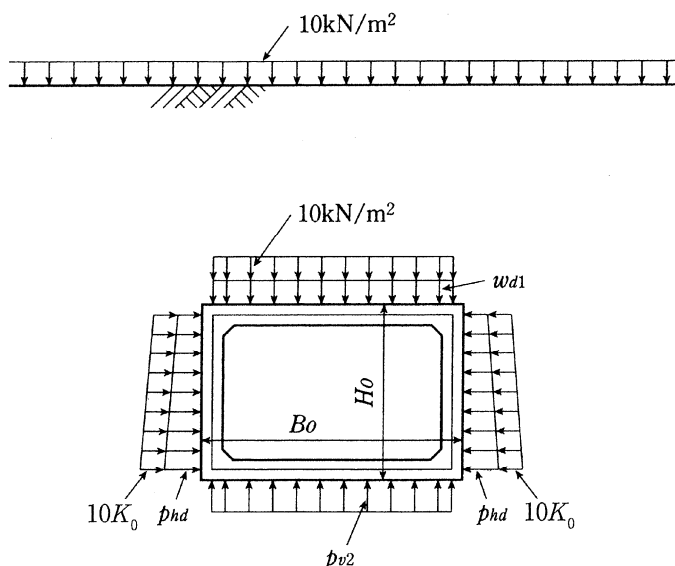


図4.4.12 土かぶり 4m 以上の荷重の組合せ

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} : カルバート上載土による鉛直土圧 (kN/m^2)

w_{t1} : 頂版死荷重 (kN/m^2)

p_{v2} : 底版に作用する反力 (kN/m^2)

p_{hd} : カルバート側方の土による水平土圧 (kN/m^2)

$10K_0$: 活荷重による水平土圧 (kN/m^2)

1.11 踏掛版からの荷重 (土工、カル H22 p112, 盛土 H22 p183)

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IV下部構造編」によるものとする。

踏掛版からカルバートに作用する支点反力および側壁に作用する水平土圧の載荷方法は、図4.4.13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。

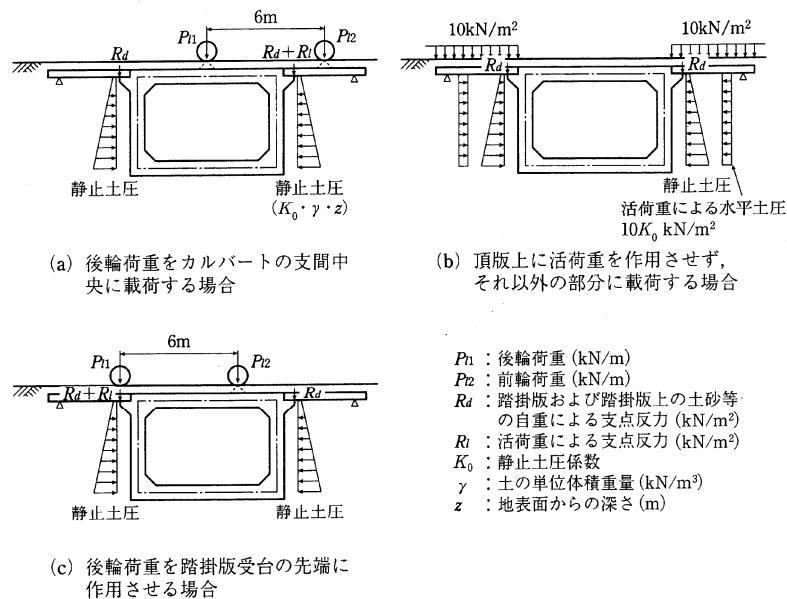


図4.4.13 踏掛版からの荷重の載荷方法

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

2. 許容応力度

2.1 コンクリートの許容応力度 (土工、カル H22 p83,84)

ボックスカルバート、アーチカルバートにおける許容応力度は表4.4.10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章第5節に定めるものとする。

表4.4.10 コンクリートの許容応力度 (N/mm²)

コンクリートの設計基準強度 (σ_{ck})		21	24	27	30	36	40	50
応力度の種類								
曲げ圧縮応力度		7.0	8.0	9.0	10.0	12.0	14.0	16.0
せん断応力度	コンクリートのみでせん断力を負担する場合 τ_{a1}	0.22	0.23	0.24	0.25	0.26	0.27	0.27
	斜引張鉄筋と協働して負担する場合 τ_{a2}	1.6	1.7	1.8	1.9	2.2	2.4	2.4

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

(1) 部材断面の有効高 d の影響

表4.4.11に示す部材断面の有効高 d に関する補正係数 C_e を τ_{a1} に乗ずる。

表4.4.11 部材断面の有効高 d に関する補正係数 C_e

有効高 d (mm)	300 以下	300 以上～1000 以下	1000 以上～3000 以下
補正係数 C_e	1.4	$1.4 - 5.714 \times 10^{-4} \times (d - 300)$	$1.0 - 1.5 \times 10^{-4} \times (d - 1000)$

(2) 軸方向引張鉄筋比 P_t の影響

表4.4.12に示す軸方向引張鉄筋比 P_t に関する補正係数 C_{pt} を τ_{a1} に乗じる。ここで、 P_t は中立軸よりも引張側にある軸方向鉄筋の断面積の総和を bd で除して求める。

表4.4.12 軸方向引張鉄筋比 P_t に関する補正係数 C_{pt}

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

(3) 軸方向に圧縮力の影響

軸方向圧縮力が大きな部材の場合、次式により計算される軸方向圧縮力による補正係数 c_N を τ_{al} に乗じる。

$$c_N = 1 + M_0 / M \quad \text{ただし, } 1 \leq c_N \leq 2$$

ここに,

c_N : 軸方向圧縮力による補正係数

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

$$M_0 = \frac{N}{A_c} \cdot \frac{I_c}{y}$$

M : 部材断面に作用する曲げモーメント (N・mm)

N : 部材断面に作用する軸方向圧縮力 (N)

I_c : 部材断面の図心軸に関する断面二次モーメント (mm⁴)

A_c : 部材断面積 (mm²)

y : 部材断面の図心より部材引張縁までの距離 (mm)

(4) コンクリートの許容付着応力度は、直径 51 mm 以下の鉄筋に対して表 4. 4. 13 の値とする。

表 4. 4. 13 コンクリートの許容付着応力度 (N/mm²)

鉄筋の種類	コンクリートの設計基準強度 (σ_{ck})					
	21	24	27	30	40	50
異形棒鋼	1.4	1.6	1.7	1.8	2.0	2.0

2. 2 鉄筋の許容応力度 (土工、カル H22 p89)

表 4. 4. 14 鉄筋の許容引張応力度 (N/mm²)

鉄筋の種類			SD345
応力度、部材の種類			
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場合	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

3. 土かぶり

3.1 最小土かぶり厚 (土工、カル H22 p32)

ボックスカルバートの土かぶり厚は、裏込め土の沈下等によるカルバートへの影響や舗装面の不陸を防ぐため 50 cm 以上を確保するのが望ましい。

3.2 土かぶりが増える場合 (土工、カル H22 p92)

カルバートの土かぶりが増える場合は、以下のような考え方を含め、カルバートの規模、延長等に応じた設計を行うものとする。ただし、施工性からカルバートの部材厚は揃えておくのが望ましい。

- (1) 最小土かぶりの場合と最大土かぶりの場合とでそれぞれ、活荷重による土圧を含めてカルバートに作用する荷重を求め、大きな値となる方を計算上の土かぶりとし、これで定まった断面を全体に用いる。
- (2) 継手を設ける場合で、土かぶりが極端に変化する場合は、それぞれのブロックに対する土かぶりで上記(1)のような検討を行い、断面設計を行う。

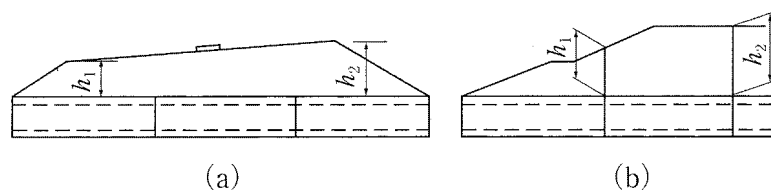


図4.4.14 土かぶりの変化

第4節 剛性ボックスカルバートの設計

1. 本体の設計

1.1 構造設計 (土工、カル H22 p126)

詳細は「土工、カル」構造設計 P126～P128 によるものとする。

注意事項

標準設計は、良質な地盤以上で、1ブロック長 15m 未満における設計のため、使用にあたっては注意を要する。

内空断面が大きい場合や土かぶりが多い場合（標準設計の範囲外）で部材が厚くなる場合は以下に示す方法によって設計してもよい。

- ① 部材接合部の剛域を考慮する方法
- ② 斜引張鉄筋と協働してせん断力を負担する設計方法

1.2 部材形状 (中部地整 H26 P4-67) (土工、カル H22 p140)

部材の形状は、側壁・頂底板各々が等厚の矩形断面とする。最小部材厚は 0.3m とし、0.1m ピッチで厚くする。

型枠の製作・設置・撤去の省力化を目的に、下側ハンチは設けないものとする。

ハンチの大きさは部材厚 (T) の $0.4T \sim 0.5T$ 程度が用いられている。また、ハンチを設けない場合、部材断面に十分な余裕を与えると同時に、隅角部に用心鉄筋を配置する。このとき、断面余裕として、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のが望ましい。

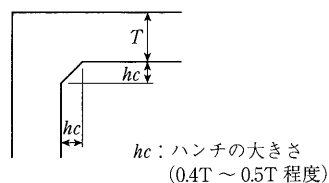


図4.4.15 ハンチの形状

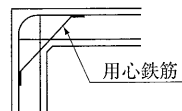


図4.4.16 ハンチを設けない隅角部の用心鉄筋

2. 基礎工の設計

2.1 直接基礎 (中部地整 H26 P4-63) (土工、カル H22 p37, 38)

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。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ドの効果があまり期待できない等の理由で、やむを得ず杭基礎のような大きな沈下量を許容しない構造を用いた場合には、周辺盛土および地盤の沈下に伴う鉛直土圧の増加と道路面の不同沈下について十分な検討を行い、対策を講じておく必要がある。

基礎底面の処理は図4.4.17を標準とする。ただし、地質が砂、砂れき、岩盤および置換え基礎の場合は、基礎材を除くものとする。

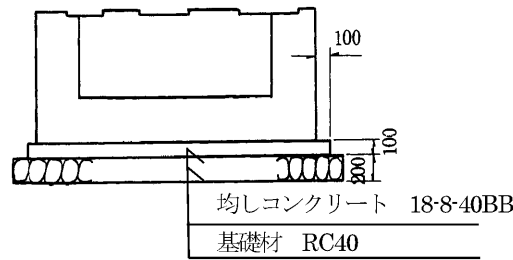


図4.4.17 基礎底面の処理例

ボックスカルバートの直接基礎の支持力の考え方は、第3節 1.4による。

2.2 軟弱地盤の場合の置き換え基礎 (中部地整 H26 P4-63) (土工、カル H22 p38)

(1) 軟弱層が地表近くでかつ厚さが薄い場合

部分的に軟弱層がある場合、不同沈下が生ずる恐れがあるので、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。その形状は施工の現実性を考慮して、分散角 30° として「荷重の分散を考える」ことを標準とする。なお、薄い軟弱層とは、2m～3m 程度以下をいう。

置換えおよび改良については、経済性・施工性を考慮して使い分けるものとする。

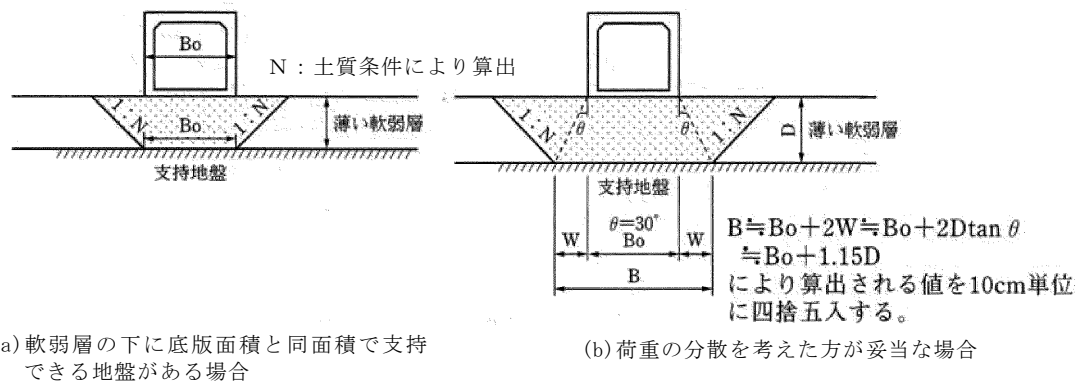


図4.4.18 置き換え基礎の形状

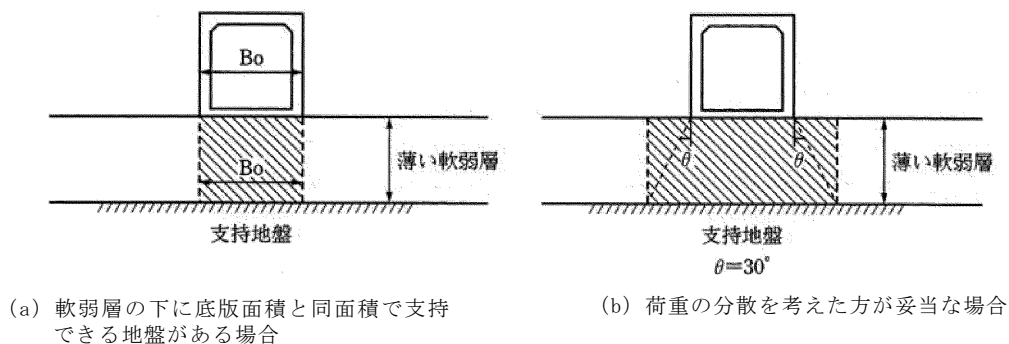


図4.4.19 改良地盤の形状

(2) 軟弱層の厚さが厚い場合 (岐阜県独自)

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、沈下量が大きい場合には、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。ボックスの沈下が許容できない場合は、地盤改良（杭基礎の場合を含む）を行う。

(3) 支持層が傾斜している場合 (中部地整 H26 P4-64) (土工、カル H22 p40, 41)

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4.4.20に示すように置換えコンクリートを行うか、硬い地盤を一部かき起こすなどして緩和区間を設け、地盤全体がほぼ均一な支持力を持つようにするのがよい。

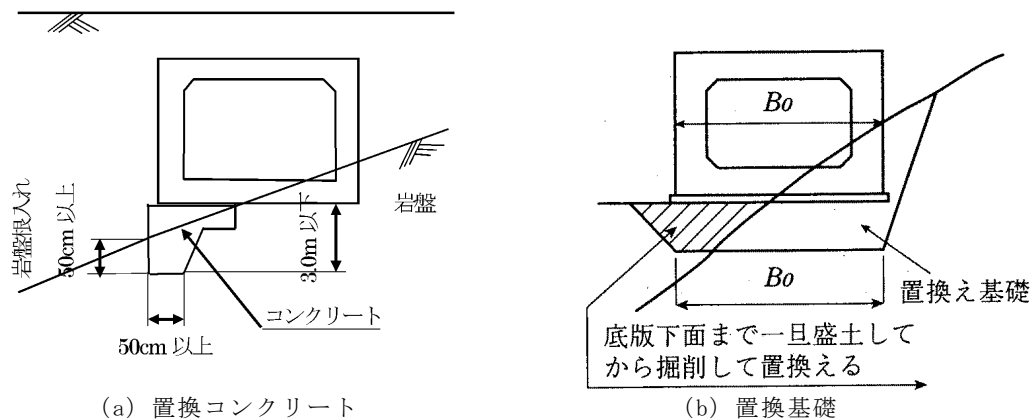
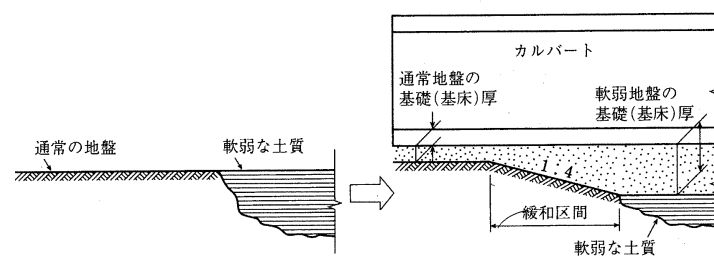


図4.4.20 横断方向に地盤が変化している場合の対策

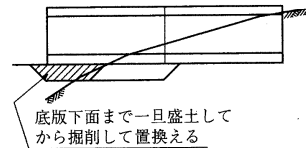
置き換え基礎は、不良地盤の基礎底面に占める割合が大きいと基礎地盤としては不適當であると考えられるため、置き換え基礎を以下のように制限している例が多い。

- ・一方向の場合：1/3（置き換え面積と基礎面積の比）以下
- ・二方向の場合：1/4（置き換え面積と基礎面積の比）以下
- ・置き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4.4.20に示す置き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、置き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。



(a) 緩和区間を設置する場合



(b) 置換え基礎の場合

図4.4.21 縦断方向に地盤が変化している場合の対策

2.3 杭基礎 (土工、カル H22 P105)

剛性ボックスカルバートの基礎としては、直接基礎、置換え基礎、杭基礎等が考えられるが、設計実績ではその多くは直接基礎である。特に、土かぶりが小さい場合には、供用後におけるカルバート上の路面の平坦性を考慮し、カルバートと盛土を一体に沈下させる直接基礎で対応する工法を用いることが望ましい。杭基礎等を用いてカルバートに沈下が生じない構造とする場合には、盛土の沈下により路面に段差等が生じるため、慎重な検討が必要である。

3. 裏込めの設計 (土工、カル H22 p128, 129, 130)

- (1) 裏込めは、機械施工を基本とする。裏込材も現地発生材を有効に利用するよう心掛けると共に、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) 盛土部においては、裏込めを先行して施工するのが望ましいが、先行できない場合は、図 4. 4. 22 (b) のように同時に締固めるのが良い。

また、工事中、裏込め部分の排水が悪く、水がたまって施工不可能となったり、含水比が大きくなって締固めができないなど、工事の進行に支障をきたすことがあるので、排水には十分留意しなければならない。必要に応じて地下排水溝を設置したり、カルバート本体の側壁やウイングに水抜き孔を設けるなどの配慮をしなければならない。

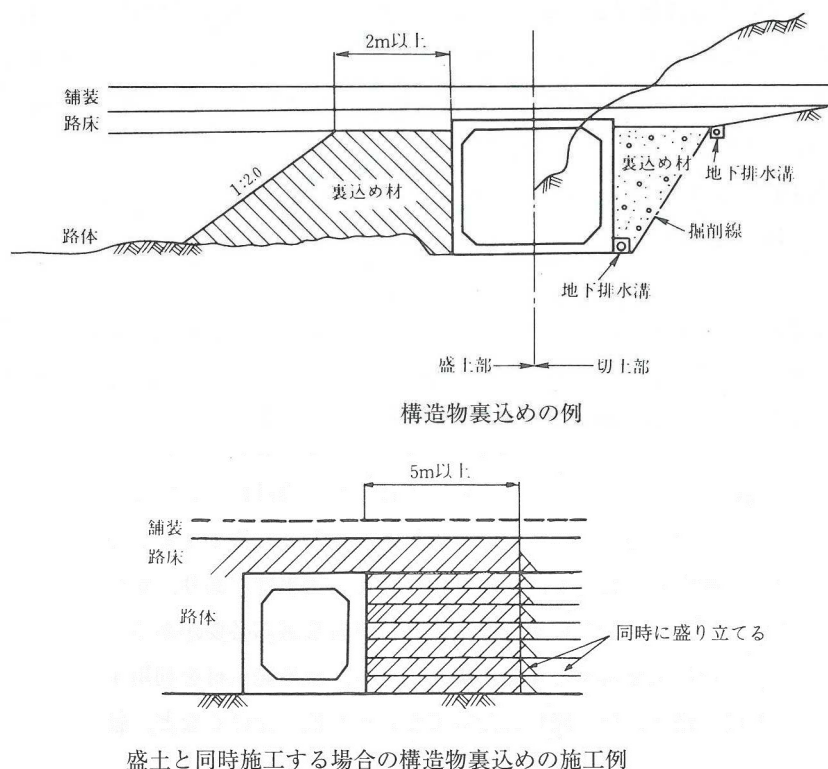


図4. 4. 22 裏込め工の施行例

4. 踏掛版 (岐阜県独自)

土被り 2m 以下かつ、橋梁として管理する延長（橋長）2m 以上のボックスカルバートについて、盛土部の沈下が予想される場合においては、必要に応じて対策（踏掛版等）を検討すること。

5. ボックスカルバートの継手

5.1 継手の位置および間隔 (中部地整 H26 P4-64) (土工、カル H22 p130, 131)

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 15m 以下に設置することとする。なお、長さ 15m 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“弾性床土のはり”として解析するものとする。

剛性ボックスカルバートには、コンクリートの乾燥収縮や不同沈下等によるひびわれを防止する目的により、基礎の条件にかかわらず 10～15m 程度の間隔に継手を設けることを原則とする。継手の位置及び遊間は、カルバートの長さ、土かぶり、基礎形式、上げ越し量等を考慮して決定するが、主な留意点は次のとおりである。

一般的な継手位置を示すと図4.4.23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4.4.23(a)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4.4.23(b)に示すように中央分離帯幅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。

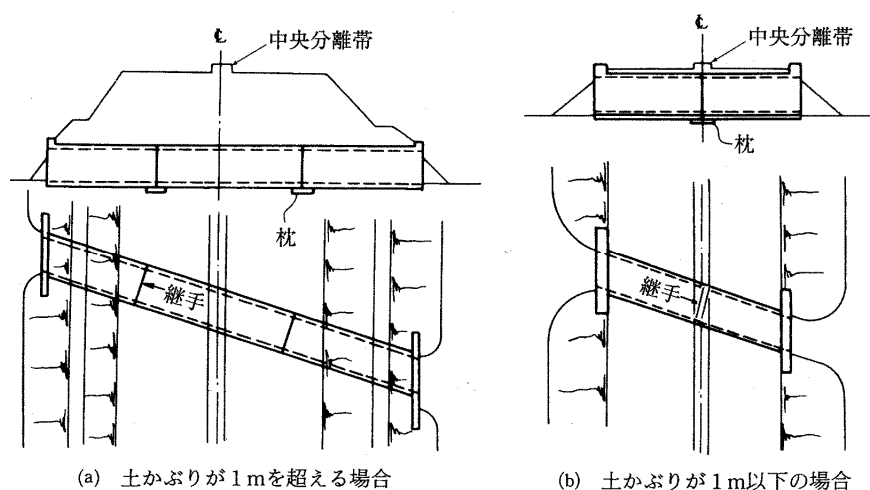


図4.4.23 ボックスカルバートの継手の位置と方向

5.2 継手の構造 (中部地整 H26 P4-65) (土工、カル H22 p132)

伸縮継手は、十分な防水処理を施すのを原則とし、その構造は、施工条件によって表 4. 4. 15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。

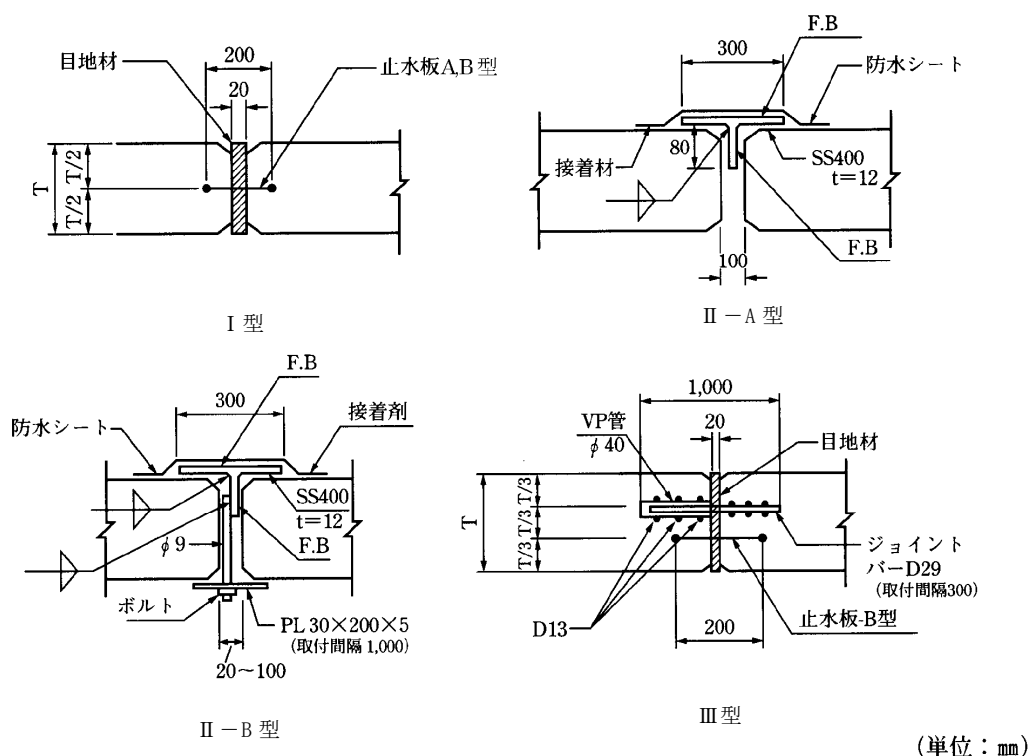


図4. 4. 24 継手の構造の例

表4. 4. 15 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	I 型	I 型	I 型 (III 型) 注)	止水版による防水処理を標準とする。
上げ越しを行う場合	II-A 型	II-B 型	III 型	止水版、防水シート及び鋼材 (FB) の組み合わせ等による十分な防水処理を施すものとする。

注) () は段落ち防止枕を設けない場合

また、ボックスカルバート用止水板は合成ゴム、塩化ビニルなど柔軟で伸縮可能な材料を用いるのがよく、表4. 4. 16にその標準寸法を示す。

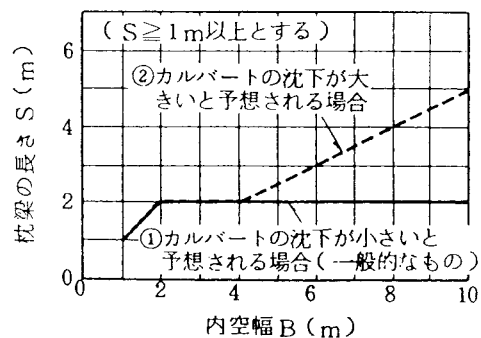
表4. 4. 16 ボックスカルバート用止水板の標準

型式	厚さ (mm)	幅 (mm)	摘 要	形 状
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	

注 1) 特に防水性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。

5.3 枕梁 (岐阜県独自)

継手位置の段落ち防止のために、必要に応じて枕梁を設ける。その長さは、図4.4.25に示すものを標準とする。



内空寸法と枕梁の長さの関係

図4.4.25 段落ち防止用の枕梁

枕梁の構造は、以下のとおりとする。

- ① 沈下がきわめて小さい場合は図4.4.26を用いる。

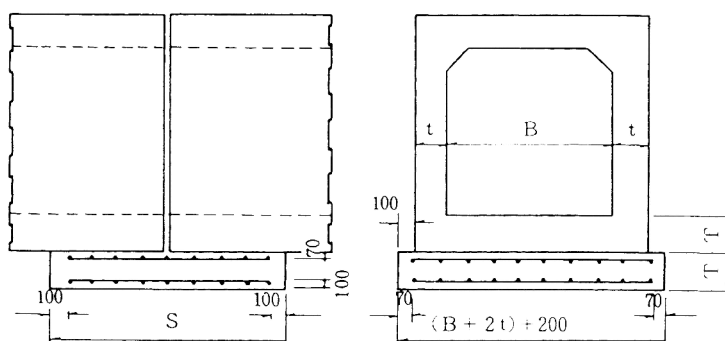


図4.4.26 枕梁詳細

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 cm^2 あるいは m^2 に換算）の総和の1/4以上を標準とする。

- ② 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4.4.27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。

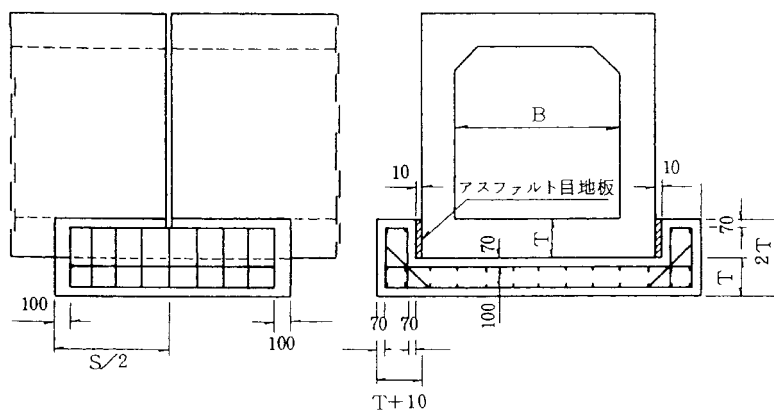


図4.4.27 枕梁詳細

鉄筋量は①の場合と同様とするがハンチ筋はいれるものとする。

- ③ 軟弱地盤上に設置するボックスカルバートで土かぶりが薄い場合には、端部ブロックがウイングの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4.4.28にその参考例を示す。

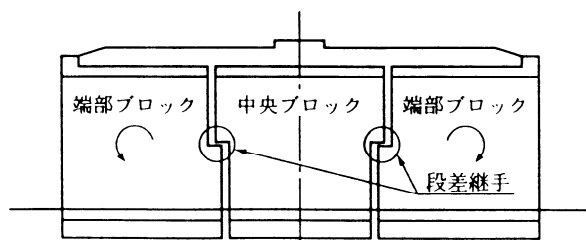


図4.4.28 段差継手の例

6. 斜角のつくボックスカルバート (土工、カル H22 p137)

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、河川また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ものとする。

6.1 形状

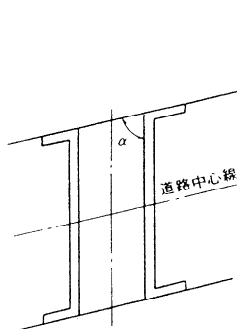
やむを得ず斜角をつける場合でも次のような形状にするのが望ましい。

- ① 角度 α が表4.4.17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する（図4.4.29(a)）。
- ② 角度 α が表4.4.17に示す値未満の場合、ボックスカルバート両端部を図4.4.29(b)のような形状とする。

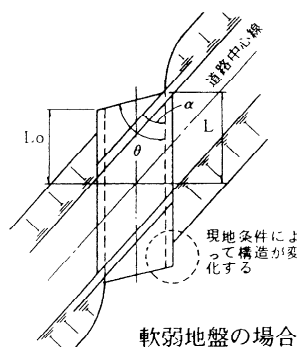
表4.4.17 基礎地盤と角度の関係

地盤	角度 α
軟弱地盤	70°
通常地盤	60°

※ α は 5° ラウンドとするのが望ましい。



(a) 斜角が大きい場合



軟弱地盤の場合： $\theta \geq 70^\circ$ または $L_0/L \geq 0.5$

普通地盤の場合： $\theta \geq 60^\circ$ または $L_0/L \geq 0.5$

(b) 斜角が小さい場合

図4.4.29 斜角がつくボックスカルバートの端部形状

6.2 鉄筋の配置 (土工、カル H22 p138)

- (1) 主鉄筋は、図4.4.30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4.4.30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、必要な鉄筋かぶりが確保されるよう配慮する必要がある。

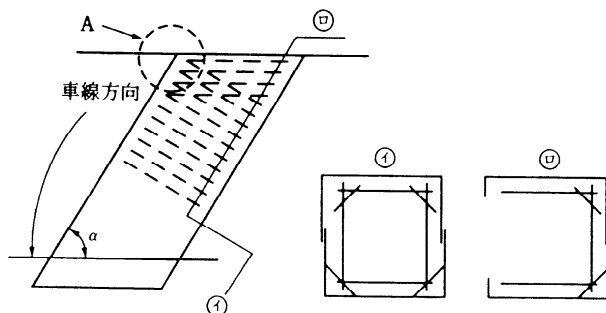


図4.4.30 斜角部の配筋

- (2) 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。
- (3) 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。
- ① 図4.4.30に示す斜角が小さい場合
 - ② 軟弱地盤上に設ける場合

7. 急勾配のボックスカルバート (岐阜県独自)

7.1 最急勾配および応力計算の断面

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。しかし地形上やむなく10%をこえる箇所については、配筋を図4.4.31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' 方向に配筋してもよい。

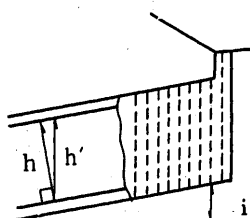


図4.4.31 配筋図

7.2 滑り止工 (中部地整 H26 P4-66)

縦断勾配が 10%をこえるボックスカルバートの場合は図4.4.32 (a)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4.4.32 (b)を標準とする。

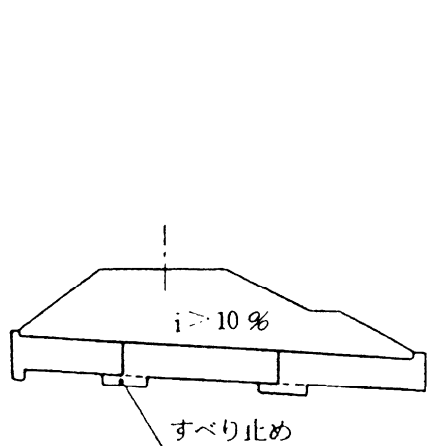


図4.4.32 (a) 滑りに対する処置

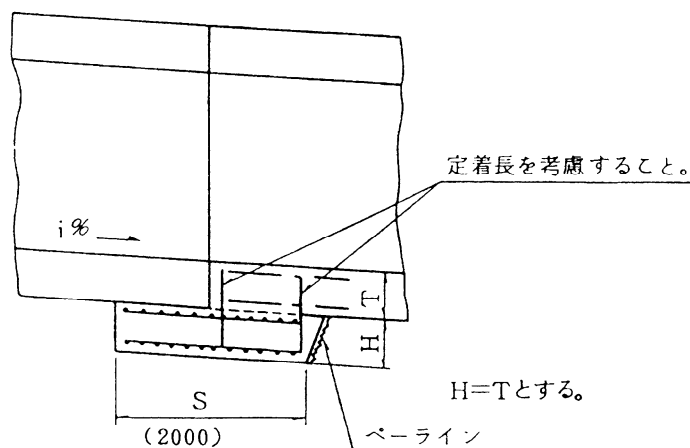


図4.4.32 (b) 滑り止工

8. 水路ボックスカルバート (中部地整 H26 P4-67)

8.1 摩耗対策

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は所定の鉄筋かぶりに、摩耗層として+2cm 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ない。

8.2 水制工等 (中部地整 H26 P4-67)

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。又流速を減少させるために水制工を設けることができる。

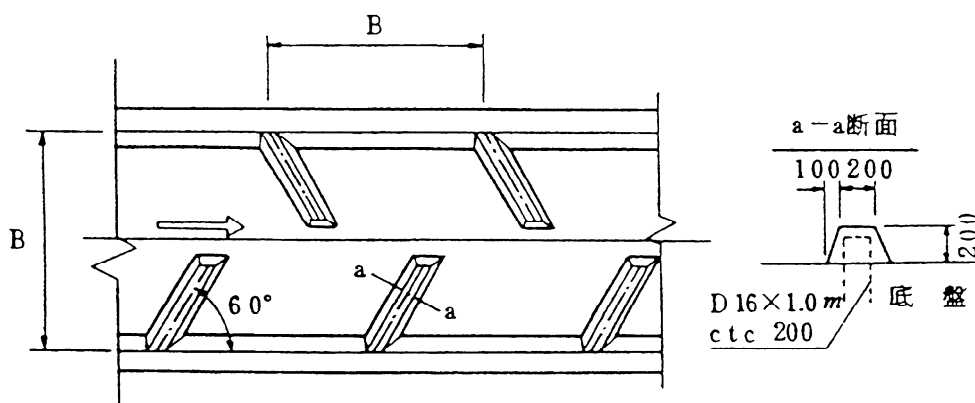


図4.4.33 水制工の例

8.3 止水壁 (土工、カル H22 p141)

水路用ボックスカルバートの場合は、下流端に洗掘防止のため止水壁を設ける。止水壁の深さは図4.4.34 (a)に示すとおりで、取付け水路の護岸の根入れ h (河川管理者と協議し決定するのが望ましい。) 以上を標準とする。

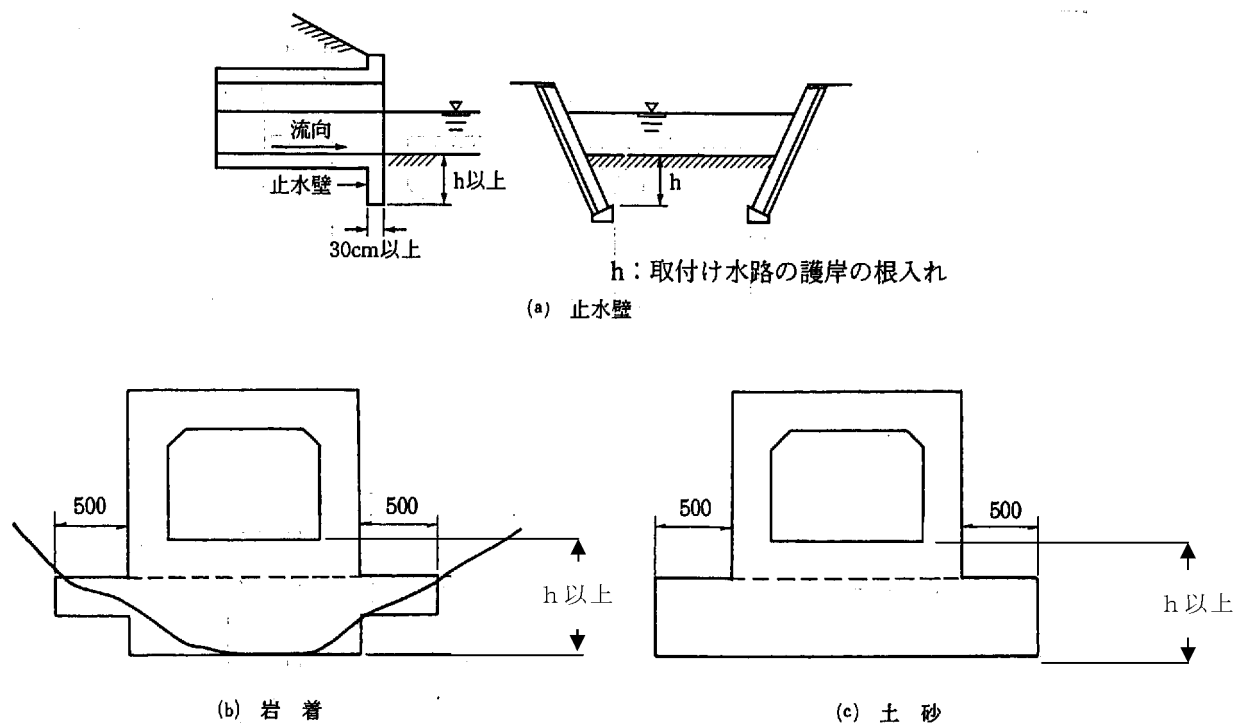


図4.4.34 止水壁

10. ボックス頂版部の水切り (岐阜県独自)

ボックスカルバート内を供用する場合に限り、頂版からの水たれ対策として、水切り処理を検討する。

11. 地覆およびウイング

11.1 地覆の形状 (中部地整 H26 P4-66)

(1) 土かぶりのない場合

地覆は、路肩構造物（防護柵等）の設置に必要な高さおよび幅をとるものとする。

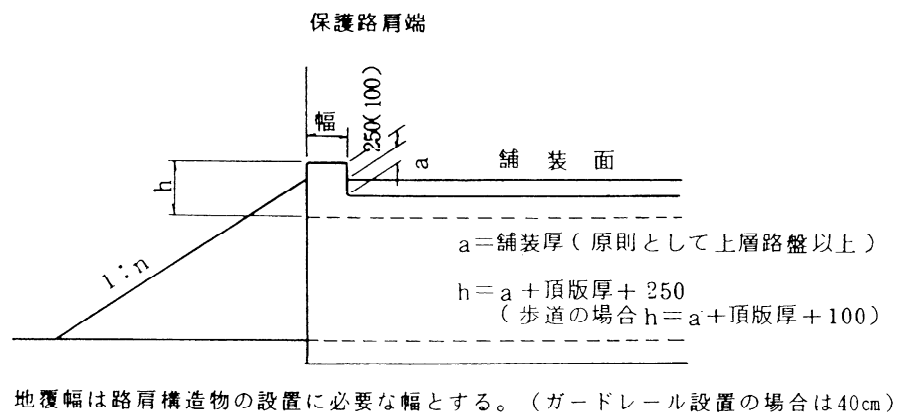


図4.4.35 土かぶりのない場合

(2) 土かぶりのある場合

胸壁の上に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50cmを標準とし、平場幅は $500 \times n$ とする。

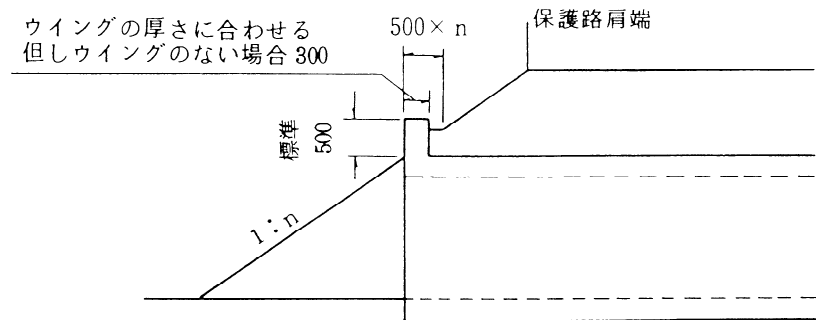


図4.4.36 土かぶりのある場合

11.2 ウイングの設計 (土工、カル H22 p134~136)

カルバートのウイングは、パラレルウイングが一般的であるが、比較的規模の小さい水路ボックスや歩道ボックスにはU型擁壁等をカルバート前面に取り付ける形式が用いられる場合がある。その他にも、盛土部が補強土擁壁等の場合もある。

ウイングの形状寸法に関する標準的な事項について図4.4.38に示す。また、パラレルウイングの設計は、以下の手順によって行えばよい。

- (1) カルバート外壁からウイング先端までの長さは最大8mとし、ウイング表面の先端の高さは、土かぶりが厚い場合は1m、薄い場合は70cmとする。
- (2) ウイング厚は側壁厚を超えないものとする。また、ハンチの大きさは原則としてウイングの厚さ(t_1)と等しくする。(図4.4.38)
- (3) 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。
- (4) ウイング天端に防護柵や遮音壁を設置する場合は、その荷重を考慮する。
- (5) ウイングは、カルバートを固定端とする片持ばりとして、ウイング取付け部全幅で設計する。
- (6) 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、擁壁で巻き立てる場合はその形状寸法にあわせて適当に定める。
- (7) ウイング取付け部およびウイング配力筋は、図4.4.39及び図4.4.40に示すようにする。

また、ウイングに作用する土圧によって、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4.4.40)。これは、カルバートの側壁外面の構造物軸方向に引張応力が発生することになることから、鉄筋の定着長および影響範囲を考慮し、補強鉄筋の範囲を $l=2\sim3m$ と決定した。

なお、ウイングが長くなり、側壁厚よりウイング厚が大きくなることが予想される場合には、ブロック積等を併用する方法もある。

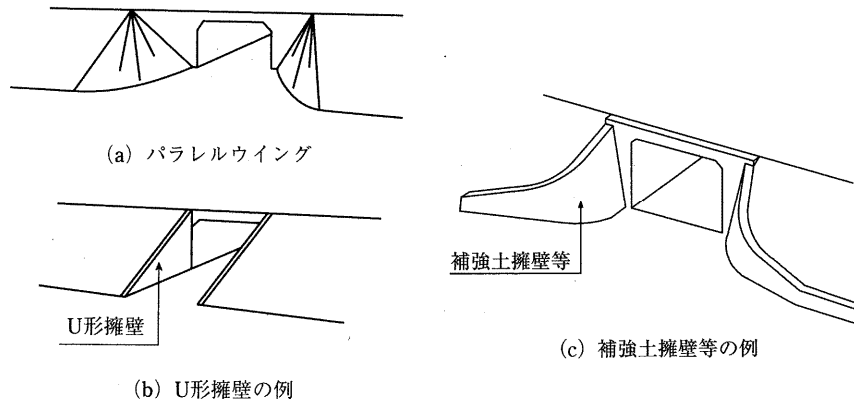


図4.4.37 ウイング等の形式例

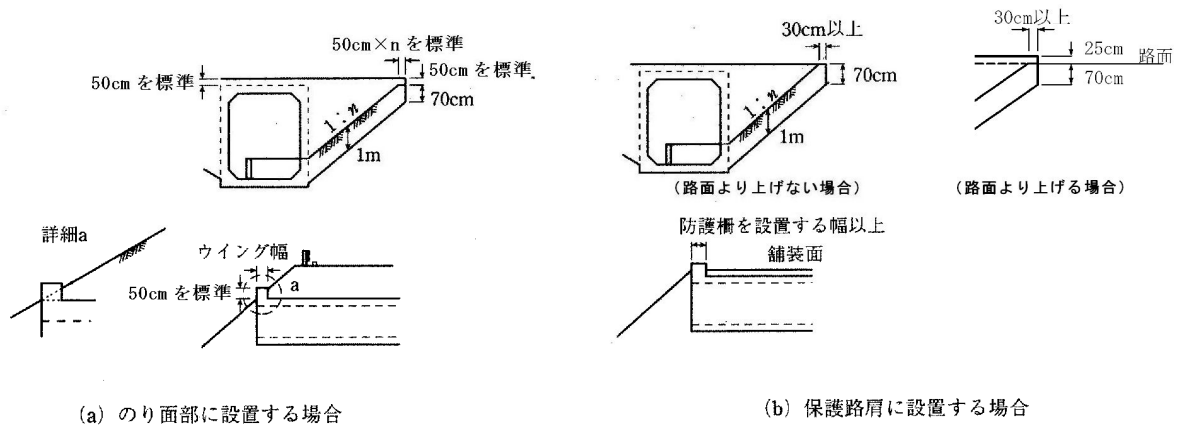


図4.4.38 ウイングの形状寸法

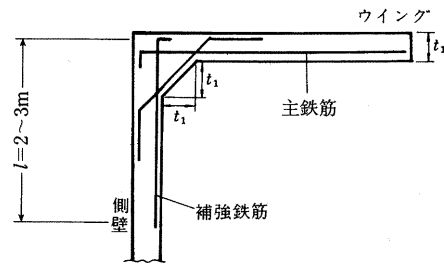


図4.4.39 ウイング取付部の補強

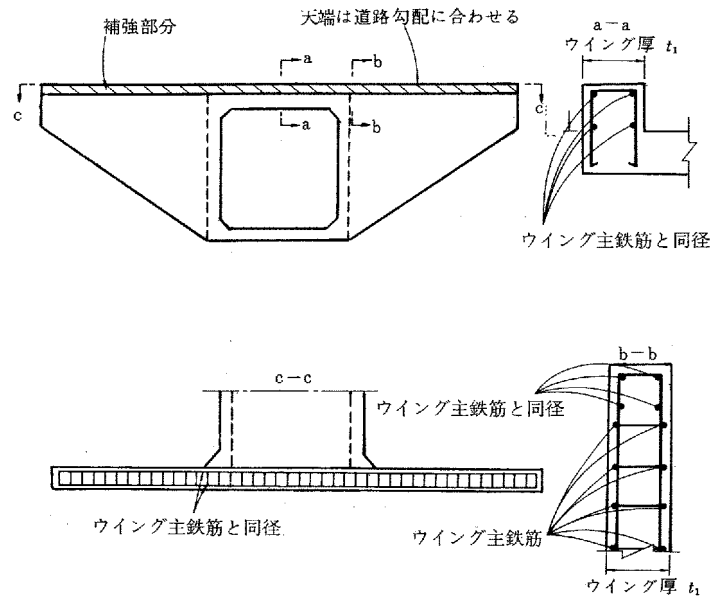


図4.4.40 ウイングの配筋

12. ボックスカルバートの上げ越し (土工、カル H22 p31)

上げ越し量の設定、プレロードとの併用の有無や土かぶりに応じた上げ越し方法等、詳細については、「道路土工―軟弱地盤対策工指針（平成 24 年 8 月，（社）日本道路協会）」を参考にするものとする。

13. ボックスカルパートの配筋 (ガイドライン P30～32)

配筋細目は次の通りとする。ただしユニット鉄筋については適用対象外とする。

(1) 鉄筋の純かぶりと芯かぶり (中部地整 H26 p1-23)

かぶりと表記されていても、2 種類の意味があることに注意して、適切に使い分けることが重要である。

平成 8 年 6 月に土木構造物施工の生産性を一層向上させるための計画・設計に対する基本理念を、「土木構造物設計ガイドライン」(平成 8 年 6 月 27 日建設省技調発第 126 号)として通知されたところであるが、種々の技術基準の改訂と整合させて掲載するとともに、併せて鉄筋コンクリートに係る基本事項を掲載した。

1) 鉄筋の純かぶりと芯かぶり

かぶりと表記されていても、2 種類の意味があることに注意して、適切に使い分けることが重要である(図-1-6 参照)。

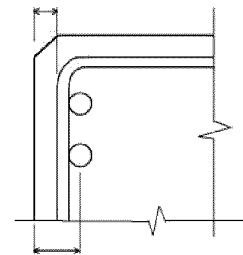
(1) 純かぶり：示方書・基準類に示すかぶりをいう。

コンクリートに配置されている鉄筋の最外面からコンクリートの表面までの距離のこと。

(2) 芯かぶり：配筋図や設計計算書に示すかぶりをいう。

設計図面に示される主鉄筋の芯(中心)からコンクリートの表面までの距離のこと。

純かぶり(鉄筋のかぶり)



芯かぶり
(主鉄筋までの距離)

図-1-6 かぶり説明図

※中部地整 H26 p1-23 より抜粋

(2) 主鉄筋の鉄筋径と配筋間隔は、表4. 4. 18の組合わせを標準とする。

表4. 4. 18 主鉄筋の鉄筋径と配筋間隔の組み合わせ

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

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。

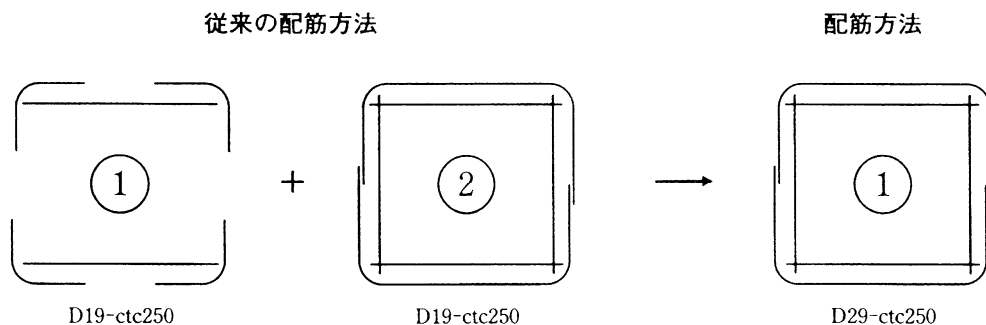


図4. 4. 41 主鉄筋本数の低減

(3) 主鉄筋と配力鉄筋の関係は、表4.4.19の組合わせを標準とする。

表4.4.19 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
	250mm							125mm			
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。

鉄筋の重ね継手長は以下の計算によって求められる。

$$l_a = \sigma_{sa} / (4 \tau_{0a}) \cdot \phi$$

l_a : 重ね継手長 (10 mm 単位に切り上げ) (mm)
 $\sigma_{sa} = 200$ (N/mm²) : 鉄筋の重ね継手長を算出する際の許容引張応力度
 $\tau_{0a} = 1.6$ (N/mm²) : コンクリートの許容付着応力度
 ϕ : 鉄筋の直径 (継手する径の大きい方とする。)

計算によると継手長は 31.25 ϕ となり、標準値として 31.3 ϕ を用いる。

頂版、底版及び側壁の配力鉄筋は主鉄筋の外側に配置する。

重ね継手長や定着長で調整できる鉄筋は、定尺鉄筋 (50cm ピッチ) を用いるのを原則とする。(ただし、スターラップ・組立筋・ハンチ筋は除く。)

鉄筋の純かぶりは、頂版・側壁で 4cm 以上、底版で 7cm 以上とし、主鉄筋中心からコンクリートの表面までのかぶりを頂版・側壁で 10cm、底版については 11cm を標準値とする。

【解説】

「土木構造物設計ガイドライン」は、地盤面より上の盛土は、地下水が滞水しないことを想定した函渠工を想定している。そのことより、現地盤に根入れされる底版部は、「土中及び地下水位以下に設ける部材」としてかぶり 70mm 以上、それ以外の盛土中の部材は「大気中」としてかぶり 40mm とする。

したがって、地盤面以下に構築される函渠工は、常時地下水位以下となる可能性が高い。したがって、側壁、頂版についても、「土中及び地下水位以下に設ける部材」として、かぶり 70mm 以上を確保することに留意すること。

※中部地整 H26 p1-27 より抜粋

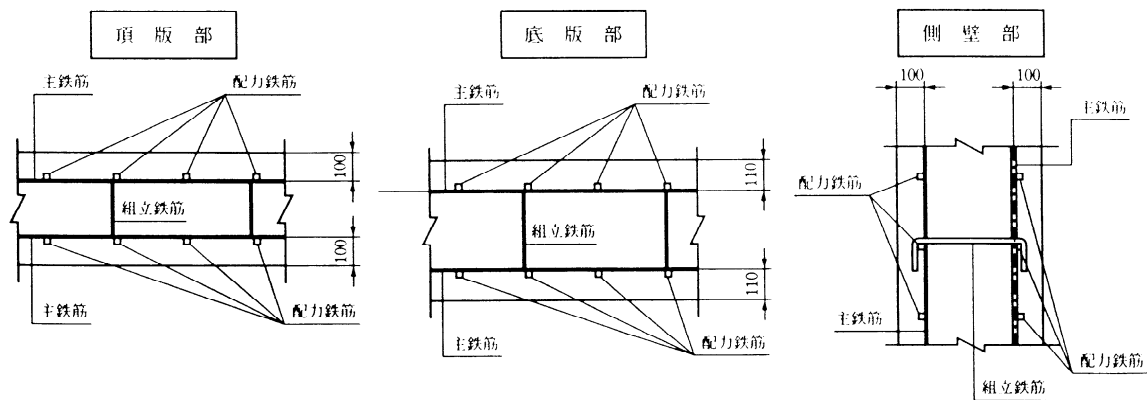


図4.4.42

(4) 鉄筋の定尺長 (中部地整 H26 p1-27)

鉄筋の最大定尺長は製作における最大ロール長より 12.0m を標準とする。切梁を設けた仮土留め工等、狭隘な箇所の構造物は、施工性に考慮して、定尺長を決定する。

(5) ひび割れ誘発目地 (参考) (中部地整 H26 p1-28)

ひび割れ誘発目地の設置が必要と判断された場合の検討については、中部地整 H26 p 1-28 を参考に行うものとする。

第5節 プレキャストボックスカルバートの設計

1. プレキャストボックスカルバートの選定 (中部地整 H26 P4-67)

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、プレキャスト製品を使用することを標準とする。
- (2) 現場打ちとプレキャスト素材を比較する際は、「役物」の使用も考慮すること。
- (3) 現場打ちとプレキャスト素材は、各々の特性を活かして比較すること。
- (4) 比較に際しては、材料単体で比較するのではなく、仮設工等も加味して全体で経済比較すること。
- (5) プレキャストコンクリート部材を採用する際は、前提となる設計条件や仕様が「道路土工、カルバート工指針（平成 21 年度版）H22.3 日本道路協会」コンクリート標準示方書及び道路設計要領のカルバート工に示す考え方に適合していることを確認しなければならない。

プレキャスト RC ボックスカルバートの許容応力度は、本章第 3 節・2 を参照。

鉄筋の最小かぶり厚は、2.5 cm とする。(土工、カル P152)

プレストレストコンクリートの許容応力度は表 4.4.20 の値とする。

表 4.4.20 コンクリートの許容応力度 (N/mm²)

コンクリートの設計基準強度			40	50
応力度の種類				
プレストレスト後	曲げ圧縮 応 力 度	長方形断面の場合	19.0	21.0
		T 形および箱形断面の場合	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 形および箱形断面の場合	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

※「中部地区 コンクリート 2 次製品構造規格」による。

2. 敷設方法 (岐阜県独自)

表4.4.21

	R C BOX			P C BOX		
	連結の有無	連結材	適用条件	連結の有無	連結材	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。

3. 基礎形式 (岐阜県独自)

表4.4.22

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」並びに擁壁編、橋梁編により、検討し決定する。

杭基礎とする場合 **(岐阜県独自)**

杭基礎の設計は「道路橋示方書・同解説Ⅳ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。 **(土工、擁壁 H24 p200)**

杭基礎とする場合の留意点については、第 4 節 2-2.3 に準ずるものとし、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4. 4. 43）。

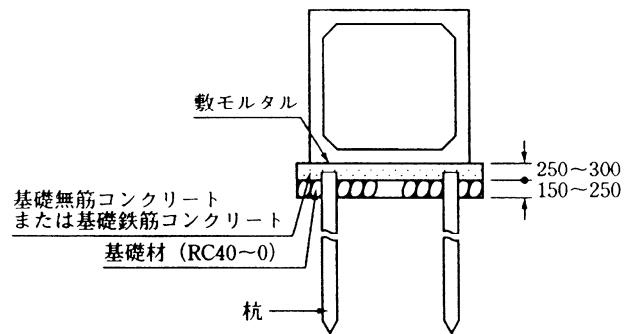


図4. 4. 43 杭基礎の例

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。

第6節 アーチカルバート

1. アーチカルバートの選定 (中部地整 H26 P4-68)

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、下記の条件を満足すること。

- (1) 地盤の傾斜等による不同沈下の恐れがないこと。
- (2) 地形、斜角及び盛土材料の相違等による偏土圧が生じる恐れがないこと。

2. 設計詳細について

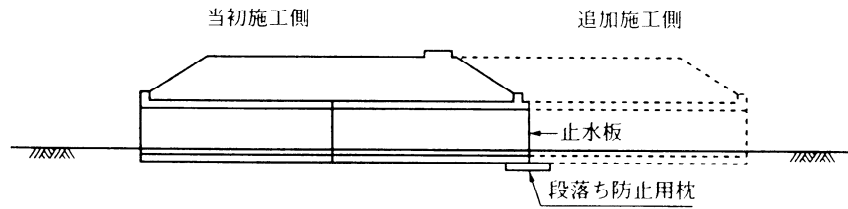
「土工、カル」アーチカルバートの項（P. 159～161）によるものとする。

3. プレキャストアーチカルバート

プレキャストコンクリート部材を採用する際は、前提となる設計条件や仕様が、「道路土工、カルバート工指針（平成 21 年度版）H22.3 日本道路協会」及び本道路設計要領のカルバート工に示す考え方に適合していることを確認しなければならない

第7節 段階施工 (土工、カル H22 p264～265)

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、あらかじめ段落ち防止用枕や段差継手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。



第8節 既設ボックスカルバート継足部の継手構造

(岐阜県独自)

現道拡幅等により既設ボックスカルバートを継ぎ足しする場合における継手部の構造について、参考図を次に示す。

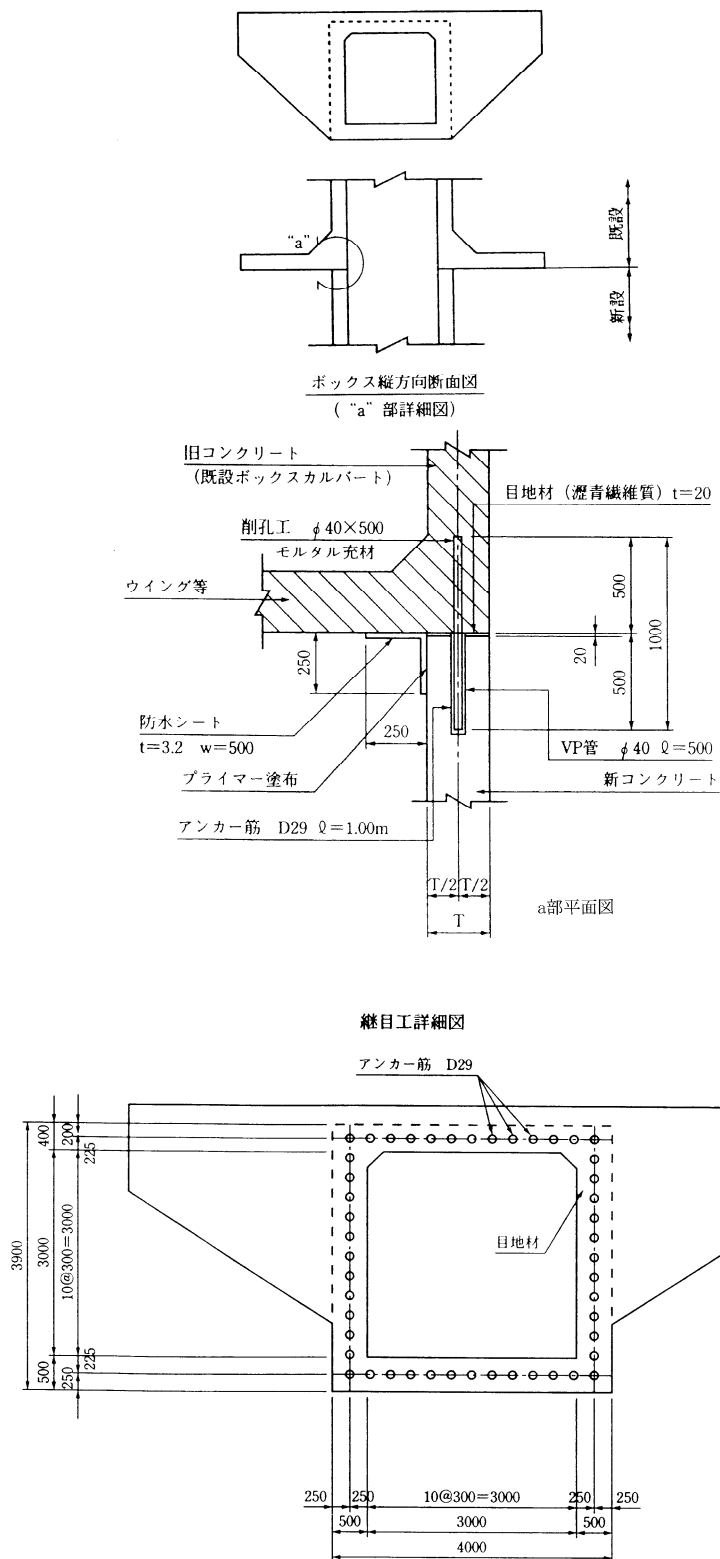


図4.45 既設ボックスカルバート継足部の継手構造(参考図)

第9節 標準設計

1. 標準設計の適用

ボックスカルバートについては、「土木構造物標準設計 第1巻」（（社）全日本建設技術協会、平成12年9月）に標準設計が収録されているので、極力これを使用することとする。なお、使用にあたっては、設計・適用条件を十分に理解し、適正に使用しなければならない。

2. 標準設計の集録範囲

ボックスカルバートの集録断面寸法は、図4.4.46に示す52断面である。

また、それぞれの断面に対する適用土かぶりは、内空高 $H \leq 4.0\text{m}$ が $D = 0.5 \sim 6.0\text{m}$ 、 $H > 4.0\text{m}$ が $D = 0.5 \sim 3.0\text{m}$ である。

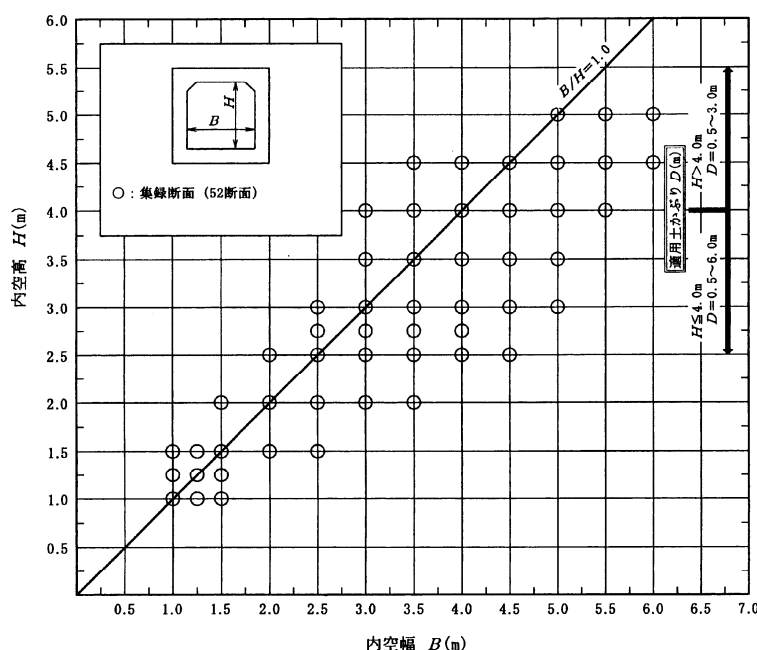


図4.4.46 ボックスカルバートの集録断面と適用土かぶり

3. 標準設計を使用する場合の注意事項

(1) 土の単位体積重量が異なる場合

鉛直土圧の算定式 $q = \alpha \cdot \gamma \cdot h$ (kN/m^2) において $\alpha = 1.0$ 、 $\gamma = 18$ (kN/m^3) としているので以下により補正する。

$$h = (\gamma / 18 \{1.8\}) \times h_1$$

ただし、 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)

上記補正值 h と支持条件により支持条件係数 α を決める。

(2) 本体の長さが 15m 以上の場合、基礎地盤が不良な場合等

標準設計は良質な地盤上で、1ブロック長 15m 未満における設計のため、本体の長さが 15m 以上の場合、基礎地盤が不良な場合、または荷重の変化がいちじるしい場合などには、「弾性床の上のはり」として別途設計し、鉄筋量を検討し直す必要がある。