

第9章 附帯構造物の設計

第9章 附帯構造物の設計 目次

9.1 擁壁	9-1
9.1.1 総則	9-1
9.1.2 擁壁	9-1
9.1.3 適用範囲	9-1
9.1.4 擁壁形式の選定	9-2
9.1.5 擁壁の設計	9-7
9.1.6 耐久性の検討	9-9
9.1.7 設計に用いる荷重	9-11
9.1.8 自重	9-11
9.1.9 載荷重	9-11
9.1.10 土圧	9-12
9.1.11 地震の影響	9-15
9.1.12 水圧	9-16
9.1.13 浮力	9-17
9.1.14 雪荷重	9-17
9.1.15 風荷重	9-18
9.1.16 衝突荷重	9-19
9.1.17 荷重の組合せと許容応力度の割り増し	9-20
9.1.18 許容応力度	9-20
9.1.19 安定に対する検討	9-21
9.1.20 基礎工一般	9-22
9.1.21 直接基礎	9-22
9.1.22 杭基礎	9-24
9.1.23 環境との調和や景観に配慮した擁壁設計の留意事項	9-25
9.2 暗渠（カルバート）	9-29
9.2.1 総則	9-29
9.2.2 暗渠	9-29
9.2.3 適用範囲	9-29
9.2.4 暗渠形式の選定	9-30
9.2.5 断面形状の決定	9-34
9.2.6 カルバートの断面変化	9-37
9.2.7 ボックスカルバートの設計	9-38
9.2.8 パイプカルバートの設計	9-56
9.2.9 動物の移動のための横断工	9-83
9.3 落石対策施設	9-85
9.3.1 総則	9-85
9.3.2 落石対策施設の特徴	9-85
9.3.3 落石対策工の選定	9-86

9.4	取付道路工	9-87
9.4.1	総則	9-87
9.4.2	取付道路区分別基準	9-87
9.4.3	取付道路舗装構成	9-90
9.4.4	取付道路舗装延長	9-91
9.4.5	取付道路横断管渠	9-92

第9章 附帯構造物の設計

9.1 擁壁

9.1.1 総則

擁壁の設計に当たっては、当該農道の規模、重要度、環境条件等を考慮し、安全かつ経済的なものとしなければならない。

9.1.2 擁壁

擁壁は、用地や地形条件等により道路土工規定どおりの盛土や切土が行えない場合、もしくは長大盛土法面による地形の改変を回避する場合等に土留めの目的で設ける。

擁壁の設計施工に際しては、下記の事項を総合的に検討の上進める必要がある。

- 1) 設置目的
- 2) 設置箇所の地形、地質、土質
- 3) 周辺構造物との相互影響
- 4) 施工性及び施工条件
- 5) 経済性、構造的安定性
- 6) 環境との調和及び景観

擁壁の設計に当たっては、当該農道の規模、重要度、環境条件等を考慮し、安全かつ経済的なものとするが、生物の生息・生育環境の保全や景観の観点から植栽ブロックの設置やツタ類等の植栽を検討することが望ましい。

9.1.3 適用範囲

設計活荷重を245kNで計画される農道に併設される擁壁については、本指針、「道路土工・擁壁工指針」（日本道路協会）及び、「土木構造物設計マニュアル(案)、設計・施工の手引き(案)」に準拠する。ただし、特に規模の大きな擁壁、軟弱地盤や急傾斜地等特殊な現場条件の場合は、別途検討を行わなければならない。

上記以外の農道に併設される擁壁については、「土地改良事業計画設計基準 設計「農道」（平成17年3月）に拠ることとする。

- 1) 農道に併設される擁壁とは、土留めの目的で設ける擁壁のうち主として、「道路土工・擁壁工指針」に記載されているコンクリート擁壁、補強土壁、軽量材を用いた擁壁及びその他の擁壁として山留め式擁壁、深礎杭式擁壁の設計に適用する。
- 2) 特に規模の大きな擁壁や特殊な現場条件での擁壁については、この指針の規定以外に、別途検討が必要になることを明確にしている。

9.1.4 擁壁形式の選定

擁壁形式の選定に当たっては、現地条件から複数の形式を選定し、最も経済性・安定性・施工性に優れた形式を選定しなければならない。

1) 擁壁は、主要部材の材料や形状、力学的な安定のメカニズムなどによりさまざまに分類されるが、主にその構造形式や設計方法の相違により分類すると、**図-9.1.1** に示すように、コンクリート擁壁、補強土壁、軽量材を用いた擁壁及びその他の擁壁に大別される。

コンクリート擁壁は、さらに力学的な特性から重力式擁壁、ブロック積擁壁、片持ばり式擁壁、U型擁壁、井げた組擁壁に分類される。重力式擁壁は、重力式擁壁、もたれ式擁壁、半重力式擁壁に細分され、ブロック積擁壁はブロック積（石積）擁壁と大型ブロック積擁壁とに細分されるが、大型ブロック積擁壁も構造形式によってはもたれ式擁壁と同様の力学的な特性を持つものもある。また、片持ばり式擁壁は逆T型擁壁、L型擁壁、逆L型擁壁、控え壁式擁壁、支え壁式擁壁に、U型擁壁は掘割式U型擁壁、中詰め式U型擁壁に、それぞれ細分される。

補強土壁は、補強材の使用材料によって帯鋼補強土壁、アンカー補強土壁、ジオテキスタイル補強土壁等に細分される。

軽量材を用いた擁壁において用いられる軽量材には、発砲スチロールブロックや気泡混合土等がある。

その他の擁壁には、山留め式擁壁、深礎杭式擁壁等がある。

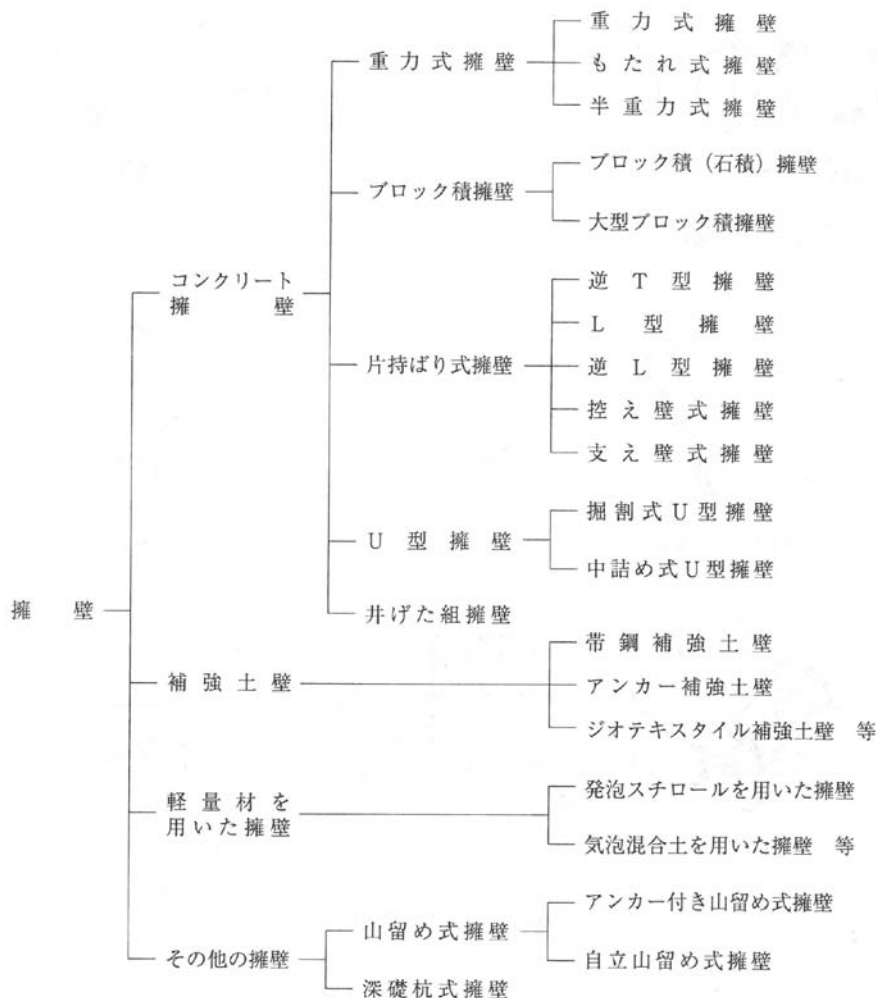
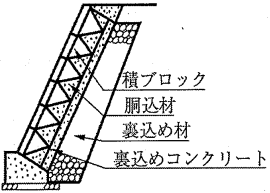
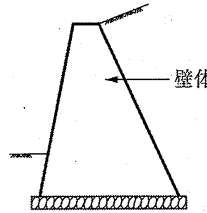
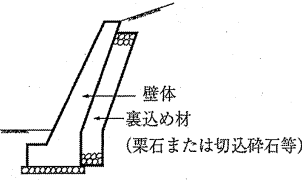
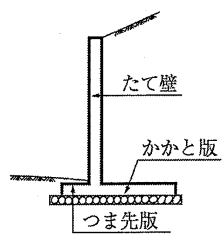


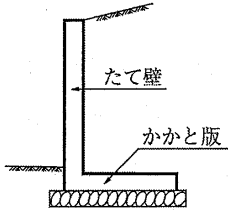
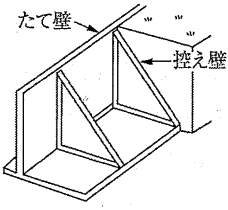
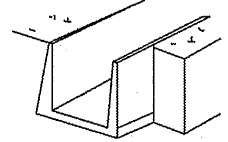
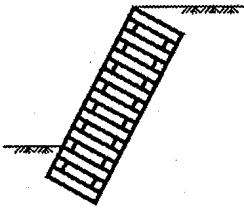
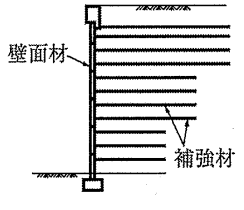
図-9.1.1 擁壁の分類

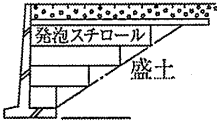
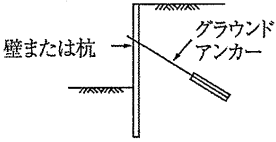
道路土工擁壁工指針より

主な擁壁の特徴を表-9.1.1に示す。

表-9.1.1 擁壁の特徴

分類	概要図	一般的な適用高さ	特徴
ブロック積み擁壁	 <p>積ブロック 胴込材 裏込め材 裏込めコンクリート</p>	7m 以下	<ul style="list-style-type: none"> ・ ブロック積擁壁は、法勾配が 1 : 1.0 より急な法面（一般に、1 : 0.3 ~ 1 : 0.6）で、主として法面の安定や保護の目的で用いられる。 ・ 他のコンクリート擁壁に比べて強度が小さいので、背面の地山が安定しているか、盛土部にあってはよく締固められる土質の場合に適用される。 ・ 練積は空積に比べて信頼性が高く、裏込めコンクリートで補強することにより壁高7m程度まで使用される。 ・ 最近は施工性や経済性の面から壁高 15m 程度まで使用可能な大型ブロックもある。
重力式擁壁	 <p>壁体</p>	5m 程度以下	<ul style="list-style-type: none"> ・ 重力式擁壁は自重によって土圧を支持する型式であるから、壁高が高くなれば擁壁規模も飛躍的に大きくなる傾向にある。 ・ 擁壁の自重が大きいため基礎地盤が堅固な場所で用いられ、地盤支持力の不足によって不同沈下が予想される場合は、別途基礎工を検討した上で使用する。
もたれ式擁壁	 <p>壁体 裏込め材 (栗石または切込砕石等)</p>	10m 程度以下	<ul style="list-style-type: none"> ・ もたれ式擁壁は壁自体が地山、裏込め材料等に支えられながら自重によって土圧に抵抗する型式である。 ・ 地山、裏込めに変形がなく地盤が堅固な場合に使用される。
逆T型擁壁	 <p>たて壁 かかと版 つま先版</p>	3m ~ 10m 程度	<ul style="list-style-type: none"> ・ つま先版とかかと版を有する片持ばり式擁壁で、鉄筋コンクリートを使用することにより部材を薄くして自重を小さくするとともに、かかと版を広くとり、その上の土砂重量を含めて土圧に抵抗する型式である。 ・ 重力式に比べてコンクリート量が少なく軽いため、基礎地盤に与える影響が少ない。 ・ 壁高が変化する場合にもたて壁及びかかと版の寸法の増減により比較的簡単に対応できる利点がある。

分類	概要図	一般的な適用高さ	特徴
L型擁壁		3m 程度以下	<ul style="list-style-type: none"> 片持ばり式擁壁の一種で、構造的にはつま先版がないので用地界等に設ける擁壁に適している。 つま先版がないことは擁壁の安定条件としては不利で、一般に壁高 3m 程度以下で使用される。
控え壁式擁壁		10m 程度以上	<ul style="list-style-type: none"> たて壁と底版間の剛性を控え壁で保った擁壁。控え壁式擁壁は、控え壁がたて壁の背面側にあるもの、支え壁式擁壁は、控え壁がたて壁の前面側にあるものをいう。
U型擁壁		—	<ul style="list-style-type: none"> 掘割道路や立体交差の取付部などに設けられる擁壁。 側壁と底版が一体となり、U字型またはそれに類似の形状を有する擁壁。
井げた組擁壁		15m 程度以下	<ul style="list-style-type: none"> 井げた組擁壁は透水性に優れ、かつ柔構造であるため、湧水斜面の法止めや地すべり地帯の土留め工によく利用される。 ある程度の地盤変化にも対応できるので、安定性が確保できれば基礎地盤の強度も特に堅固である必要はない。このことから、大きな盛土斜面の法止め工に使用されたり、谷止め工等にも利用される。 井げた組擁壁の設計はもたれ式擁壁に準じて行い、必要に応じて断面（連）を 1 連から 2 連、3 連へと増やせばよい。なお、使用する部材の強度についても十分な検討を加える必要がある。
補強土壁		3m～15m 程度	<ul style="list-style-type: none"> 盛土の中に挿入した補強材で、盛土そのものを補強して土留め構造物とするものである。 補強土工法にはテールアルメ、ジオテキスタイル等の方法がある。 適用高さについては、道路土工擁壁工指針では 18m 程度まで適用高さの目安が記載されている。 適用にあたっては、地形、地質、土質、施工条件等に対し総合的な検討が必要である。

分類	概要図	一般的な適用高さ	特徴
軽量材を用いた擁壁		—	<ul style="list-style-type: none"> 発泡スチロールブロックや発泡スチロールの粒子、気泡等を混練した軽量の土を裏込め材に用いて、壁体に作用する土圧を少なくする形式の擁壁。
山留め式擁壁		—	<ul style="list-style-type: none"> 壁面の曲げ剛性と、主に根入れ部の水平抵抗によって安定を保つ形式の擁壁。 自立山留め式擁壁は、根入れ部の水平抵抗のみで安定を保つ形式の擁壁。 アンカー付き山留め式擁壁は、地山に設けたアンカー体の抵抗を加味して安定を保つ擁壁。
その他の擁壁		—	<ul style="list-style-type: none"> 地形、地質・土質、施工条件、周辺環境、その他各種の制約条件等に応じて適宜採用される。

2) 構造形式の選定

擁壁の構造形式としては、上記で示したように種々の形式がある。形式の選定に当たっては、現地の土質や用地界などの諸条件を勘案した上で、設置目的に合致した機能と安全性を有し、かつ、経済的なものを採用しなければならない。一般的な条件下での擁壁形式選定の目安と各形式別の適用壁高は表-9.1.2、表-9.1.3のとおりである。

表-9.1.2 擁壁形式選定の目安

種類	項目	直接基礎	背面状態		施工性
			切土	盛土	
重力式		○	◎	◎	◎
もたれ式		◎	◎	△	○
逆T型		◎	△	◎	◎
L型		◎	△	◎	◎
ブロック積		◎	◎	○	◎
補強土壁		◎	×	◎	◎
井げた組擁壁		◎	◎	◎	◎

注) ◎：適応 ○：やや適 △：やや不適 ×：不適

表-9.1.3 各種擁壁の使用範囲の目安

型式	H (m)							
	2	4	6	8	10	12	14	16
重力式	—————		⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
もたれ式	—————					⋮	⋮	⋮
逆T型	⋮	—————				⋮	⋮	⋮
L型	—————		- - - - -			⋮	⋮	⋮
ブロック積	—————				⋮	⋮	⋮	⋮
補強土壁	⋮	—————						
井げた組擁壁	⋮	⋮	—————					⋮

9.1.5 擁壁の設計

- (1) 擁壁の設計に当たっては、使用目的との適合性、構造物の安全性、耐久性、施工品質の確保、維持管理の容易さ、環境との調和、経済性を考慮しなければならない。
- (2) 擁壁の設計に当たっては、原則として想定する作用に対して要求性能を設定し、それを満足することを照査する。
- (3) 擁壁の設計は、論理的な妥当性を有する方法や実験等による検証がなされた手法、これまでの経験・実績から妥当とみなせる手法等、適切な知見に基づいて行うものとする。

(2) 要求性能と照査

擁壁の設計に当たっては、使用目的と適合性、構造物の安全性について、「想定する作用」に対して安全性、供用性、修復性の観点から要求性能を設定し、擁壁がそれらの要求性能を満足することを照査する。要求性能は、本指針 9.1.11 地震の影響及び擁壁工指針を参考に適切に設定する。

(3) 設計手法

H24 改訂の擁壁工指針では、性能設計の枠組みを導入したことにより、性能照査による方法を主体とした記述構成となっている。性能設計は、要求する事項を満足する範囲で従来の方法によらない解析手法、設計方法、材料、構造等を採用する際の基本的な考え方を示すものであり、要求する事項を満足するか否かの判断が必要となる。その判断は、論理的な妥当性を有する方法や実験等による検証がなされた手法、これまでの経験・実績等から妥当とみなせる手法等、適切な知見に基づいて行うことを基本としている。また、従来から多数構築されてきた構造形式の擁壁については、慣用的に使用されてきた設計方法・施工方法があり、長年の経験の蓄積により、所定の規模の範囲内であれば一定の性能を確保するとみなすことができる。

以上のことから、当指針は、9.1.3 で記載しているように道路土工擁壁工指針に準拠することとしていることから、所定の規模の範囲内であれば従来通り許容応力度法により設計を行うものとする。

なお、土地改良事業計画設計基準設計「農道」（平成 17 年 3 月）では、擁壁の構造設計は、橋梁上・下部工及び暗渠（カルバート）と同様、「原則として限界状態設計法を適用して行うこととするが、これにより難しい場合は許容応力度法を適用して行うことも妨げないこととする。」としている。限界状態設計法では、①設計対象とする構造物の設計供用期間の設定、②限界状態の設定、③信頼性の検証方法等の基本的な考え方を示す必要があり、また、部分安全係数など設計者が本質を理解していないと設計基準等の意図と異なる設計となるおそれがあることから慎重に検討する必要がある。

擁壁を設計する場合の一般的な手順を示す。

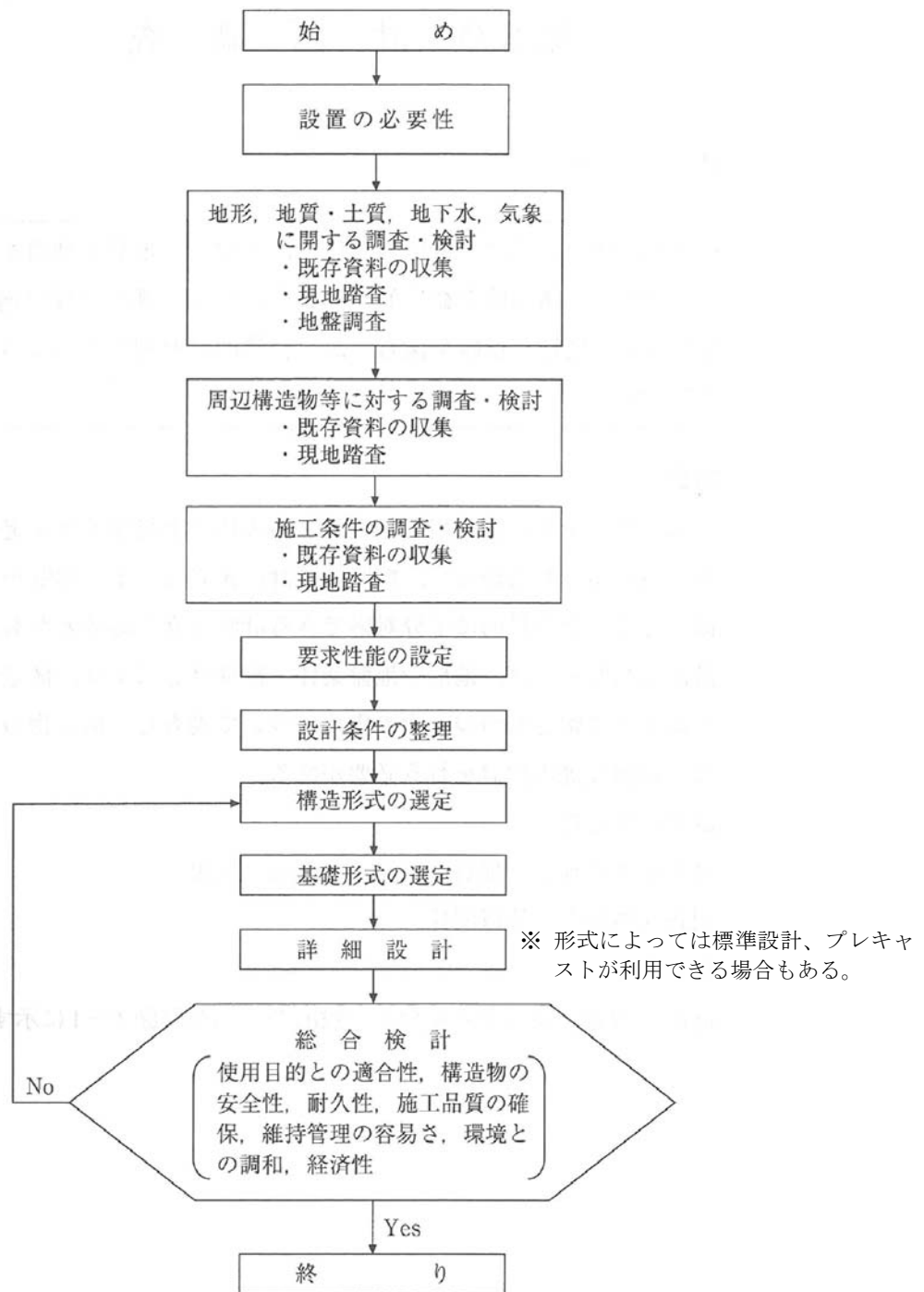


図-9.1.2 擁壁を計画・調査・設計する場合の一般的な手順

道路土工 擁壁工指針より

9.1.6 耐久性の検討

コンクリート擁壁の設計に当たっては、経年劣化に対して十分な耐久性が保持できるように配慮しなければならない。

一般に、鉄筋コンクリート部材が所要の耐久性を確保するためには、中性化に対する抵抗性、塩害に対する抵抗性、凍結融解に対する抵抗性、化学的腐食に対する抵抗性等を考慮する必要があるが、塩害に対する抵抗性以外については、これまでの損傷実態を踏まえると、一般的な環境条件では十分な施工の品質が確保される場合には特に問題となることはないと考えられる。

塩害は、鉄筋の腐食によって、かぶりコンクリートの剥落等が生じ、第三者に危害が及ぶことも考えられる。

塩害に対する耐久性の検討にあたっては、**表-9.1.4**、**表-9.1.5**、**表-9.1.6**及び**図-9.1.3**による。

- 1) コンクリート擁壁の鉄筋コンクリート部材は、塩害により所要の耐久性が損なわれてはならない。
- 2) **表-9.1.5** 及び**図-9.1.3** に示す地域における擁壁の鉄筋コンクリート部材においては、十分なかぶりを確保するなどの対策を行うことにより、1)を満足するとみなしてよい。

表-9.1.4 塩害の影響による最小かぶり (mm)

塩害の影響度合い	構造	鉄筋コンクリート構造
	対策区分	
影響が激しい	S	70※
影響を受ける	I	70※
	II	70
	III	50

※ 塗装鉄筋の使用または、コンクリート塗装を併用
道路橋示方書Ⅲより

表-9.1.5 塩害の影響地域

地域区分	地域	海岸線からの距離	塩害の影響度合いと対策区分	
			対策区分	影響度合い
B	図-9.1.3 表-9.1.6 に示す地域	海上部及び海岸線から 100m まで	S	影響が激しい
		100m をこえて 300m まで	I	影響を受ける
		300m をこえて 500m まで	II	
		500m をこえて 700m まで	III	
C	上記以外の地域	海上部及び海岸線から 20m まで	S	影響が激しい
		20m をこえて 50m まで	I	影響を受ける
		50m をこえて 100m まで	II	
		100m をこえて 200m まで	III	

道路土工 擁壁工指針より



図-9.1.3 塩害の影響度合いの地域区分

表-9.1.6 地域区分 B とする地域

北海道のうち、宗谷総合振興局の礼文町・利尻富士町・利尻町・稚内市・猿払村・ 豊富町・幌延町、留萌振興局、石狩振興局、後志総合振興局、檜山振興局、渡島 総合振興局の松前町・旧熊石町(八雲町)
--

注) 市町村名は、平成 25 年 12 月現在(179 市町村)の市町村名で記載している。

道路土工 擁壁工指針より

9.1.7 設計に用いる荷重

擁壁の設計には、自重、載荷重、土圧、地震の影響、水圧及び浮力、雪荷重、風荷重、衝突荷重などのうち、設置箇所の諸条件や構造形式により適宜考慮する。

9.1.8 自重

設計に用いる自重は、躯体の重量のほか、逆T型、L型擁壁などの場合は、かかと版の載荷土を躯体の一部とみなし、土の重量を含めたものとする。

逆T型擁壁などのつま先版上の土砂は、有無の影響について検討する。

- 1) つま先版の土砂は、通常、転倒及び支持に対しては不利となり、滑動に対しては有利となる。
- 2) 躯体自重の算出に用いる鉄筋コンクリートおよびコンクリートの単位体積重量は、次の値を用いてもよい。
 鉄筋コンクリート 24.5kN/m³
 コンクリート 23.0kN/m³
- 3) 土の単位体積重量は、土質試験結果によるのが望ましいが、高さ8m以下の擁壁では表-9.1.7の値を用いてよい。

表-9.1.7 土の単位体積重量(kN/m³)

地盤	土質	緩いもの	密なもの
自然地盤	砂及び砂礫	18	20
	砂質土	17	19
	粘性土	14	18
裏込め土・盛土	砂及び砂礫	20	
	砂質土	19	
	粘性土(ただしw _L <50%)	18	

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

道路土工 擁壁工指針より

9.1.9 載荷重

設計に用いる載荷重として活荷重等を考慮するものとし、その値は一般にq=10 kN/m²とする。また、自動車荷重の影響を受けない歩道に面した場所に設置される擁壁は、群集荷重としてq=3.5 kN/m²を考慮する。

載荷重の載荷方法の一例を示す。

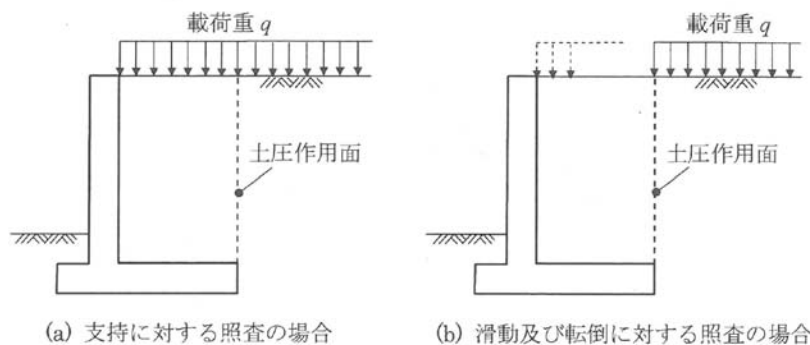


図-9.1.4 載荷重の載荷方法の例

道路土工 擁壁工指針より

9.1.10 土圧

土圧には、擁壁の変位に応じて主働土圧、静止土圧、受働土圧の状態があり、構造形式に応じ適切な土圧を用いる。

土圧の算定は「道路土工 擁壁工指針」による。

1) せん断定数

① 一軸圧縮試験によるせん断定数

粘性土の場合、一軸圧縮試験によって粘着力 c を求めてもよい。

$$c = \frac{1}{2} q_u \quad \dots\dots\dots (式-9.1.1)$$

ここに c : 粘着力 (kN/m²)
 q_u : 一軸圧縮強さ (kN/m²)

② 三軸圧縮試験によるせん断定数

基礎地盤については乱さない試料、裏込め土については突き固めた試料をもとに三軸圧縮試験を行い、 c 、 ϕ を求めるのが望ましい。

$$s = c + \sigma \tan \phi \quad \dots\dots\dots (式-9.1.2)$$

ここに s : せん断強さ (kN/m²)
 σ : せん断面に作用する全垂直応力 (kN/m²)
 c : 土の粘着力 (kN/m²)
 ϕ : 土のせん断抵抗角 (°)

③ 標準貫入試験による N 値から推定するせん断定数

標準貫入試験による N 値から下記の式によって、経験的に推定した値を用いてもよい。
 粘性土の粘着力 c

$$c = 6N \sim 10N \text{ (kN/m}^2\text{)} \quad \dots\dots\dots (式-9.1.3)$$

砂質土のせん断抵抗角 ϕ

$$\phi = 4.8 \log N_1 + 21 \quad \text{ただし、} N > 5 \dots\dots\dots (式-9.1.4)$$

$$N_1 = \frac{170 N}{\sigma'_v + 70} \quad \dots\dots\dots (式-9.1.5)$$

$$\sigma'_v = \gamma_{t1} h_w + \gamma'_{t2} (x - h_w) \quad \dots\dots\dots (式-9.1.6)$$

ここに c : 粘着力 (kN/m²)
 ϕ : せん断抵抗角 (°)
 σ'_v : 標準貫入試験を実施した地点の有効上載圧 (kN/m²)
 N_1 : 有効上載圧 100kN/m² 相当に換算した N 値。ただし、原位置の σ'_v が $\sigma'_v < 50\text{kN/m}^2$ である場合には、 $\sigma'_v = 50\text{kN/m}^2$ として算出する。
 N : 標準貫入試験から得られる N 値
 γ_{t1} : 地下水位面より浅い位置での土の単位体積重量 (kN/m³)
 γ'_{t2} : 地下水位面より深い位置での土の単位体積重量 (kN/m³)
 x : 標準貫入試験を実施した地点の原地盤面からの深さ (m)
 h_w : 地下水位の深さ (m)

④ 土質分類別に推定したせん断定数

高さ8 m以下の擁壁で土質試験を行うことが困難な場合は、経験的に推定した表-9.1.8 の値を用いてもよい。

表-9.1.8 裏込め土・盛土の強度定数

裏込め土・盛土の種類	内部摩擦角 (ϕ)	粘着力 (c) 注2)
礫質土	35°	—
砂質土 注1)	30°	—
粘性土 (ただし, $W_L < 50\%$)	25°	—

注1) 細粒分が少ない砂は、礫質土の値を用いてよい。

W_L : 液性限界

2) 土質定数を上表から推定する場合、粘着力 c を無視する。

道路土工 擁壁工指針より

2) 土圧の作用面と壁面摩擦角

表-9.1.9 主働土圧の算定に用いる壁面摩擦角

擁壁の種類	検討項目	土圧作用面の状態	壁面摩擦角	
			常時 (δ)	地震時 (δ_E)
重力式擁壁等	擁壁自体の安定性	土とコンクリート	$2\phi/3$	$\phi/2$
	部材の安全性			
片持ばり式擁壁等	擁壁自体の安定性	土と土	β 注)	式(解5-8)による。
	部材の安全性	土とコンクリート	$2\phi/3$	

注) 土圧作用面の状態が土と土の場合は、壁面摩擦角に代って仮想のり面傾斜角 β' (土圧作用方向) を用いるものとする。ただし $\beta' > \phi$ のときは $\delta = \phi$ とする。

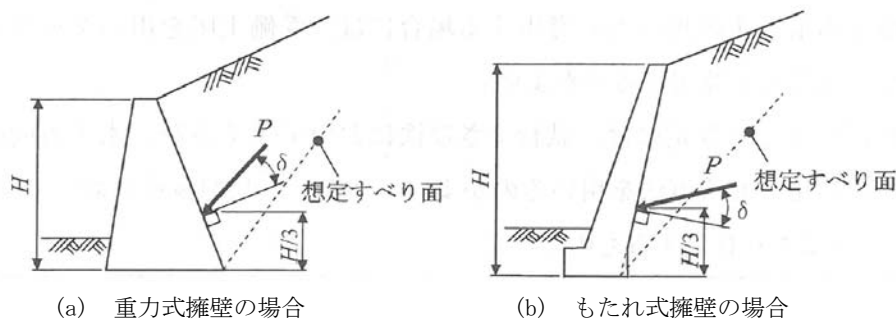


図-9.1.5 重力式擁壁等の土圧作用面

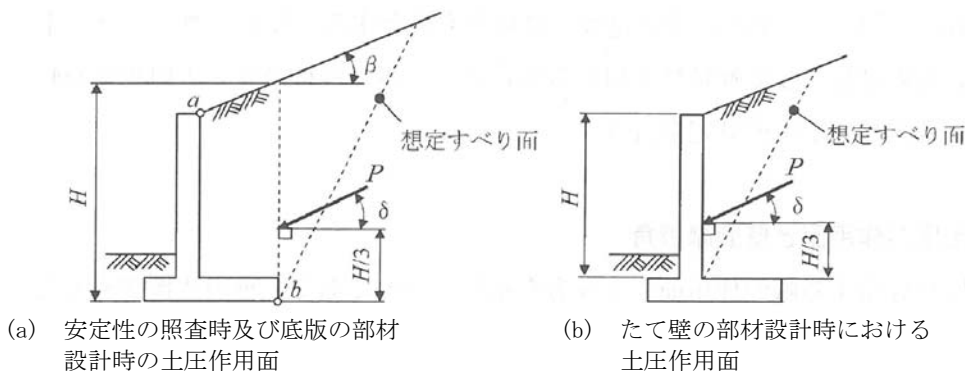
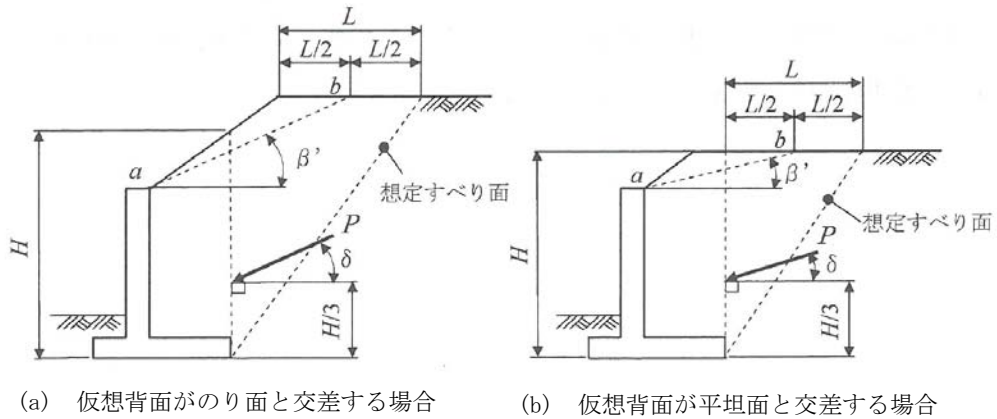


図-9.1.6 片持ばり式擁壁等の土圧作用面

道路土工 擁壁工指針より



(a) 仮想背面がのり面と交差する場合 (b) 仮想背面が平坦面と交差する場合

図-9.1.7 嵩上げ盛土形状が変化する場合の β' の設定方法

道路土工 擁壁工指針より

3) 盛土部擁壁に作用する主働土圧

盛土部擁壁に作用する土圧は、現場条件に応じて背面の盛土形状が異なるので、試行くさび法により算出するのがよい。

作用位置は、土圧分布の重心位置とする。一般的に、土圧分布は三角形分布と仮定することができ、この場合の作用位置は、擁壁下端から土圧作用高 H の $1/3$ としてよい。

具体的な計算方法は道路土工擁壁工指針による。

4) 切土部擁壁に作用する主働土圧

擁壁の背後に切土のり面または、地山斜面等が近接し、擁壁に作用する主働土圧がこれらの存在によって影響を受け、通常の盛土部擁壁に作用する主働土圧とは異なる場合は、切土部擁壁として設計する。

また、切土のり面等の長期的な安定が確保できない場合は、切土のり面等を含んだ全体について主働土圧を検討する必要がある。

具体的な計算方法は道路土工擁壁工指針による。

5) 静止土圧

U型擁壁のように、常時の作用において土圧による水平方向の変位がほとんど生じないと考えられる場合は、静止土圧が作用すると考える。静止土圧係数は、通常の砂質土や粘性土($w < 50\%$)に対しては、 $K_0 = 0.5$ としてよい。

ここに、 w :液性限界

具体的な計算方法は道路土工擁壁工指針による。

6) 地震時主働土圧

地震時主働土圧の算定には、試行くさび法において土くさびに水平方向の慣性力を作用させる方法を用いるのがよい。

具体的な計算方法は道路土工擁壁工指針による。

9.1.11 地震の影響

地震動の作用に対する照査は、震度法等の静的照査法に基づいて行ってよい。静的照査法による場合には、地震の影響として考慮する慣性力及び地震時土圧は、設計水平震度を用いて算出してよい。

これまでの経験によれば、道路土工擁壁工指針「5-7 各種構造形式のコンクリート擁壁の設計」に示される構造形式の擁壁の場合は、地震動の作用に対する照査が行われていなくても常時の作用に対する照査を満足し、施工を綿密に行っておけば被害が限定的であり、ある程度の地震動に耐え得ることが認められている。このような実績を踏まえて道路土工擁壁工指針「5-2-3 地震の影響」を考慮して、道路土工擁壁工指針 5-2 から 5-10 までに示す事項に従えば土工擁壁工指針「5-7 各種構造形式のコンクリート擁壁の設計」に示す構造形式の擁壁について以下のようにみなせる。

- ① レベル 1 地震動に対する設計水平震度に対して、道路土工擁壁工指針 5-3 及び 5-4 に従い擁壁の安定性と部材の安全性を満足する場合には、レベル 1 地震動に対して性能 1 を、レベル 2 地震動に対して性能 3 を満足する。
- ② レベル 2 地震動に対する設計水平震度に対して、道路土工擁壁工指針 5-3 及び 5-4 に従い擁壁の安定性と部材の安全性を満足する場合には、レベル 2 地震動に対して性能 2 を満足する。
- ③ 高さ 8m 以下の擁壁で常時の作用に対して、道路土工擁壁工指針 5-3 及び 5-4 に従い擁壁の安定性と部材の安全性を満足する場合には、地震動の作用に対する照査を行わなくてもレベル 1 地震動に対して性能 2 を、レベル 2 地震動に対して性能 3 を満足する。

1) 擁壁の要求性能

擁壁の設計に当たっては、使用目的と適合性、構造物の安全性について、安全性、供用性、修復性の観点から次の 2) ～ 4) に従って要求性能を設定することを基本とする。

2) 擁壁の要求性能の水準は、以下を基本とする。

性能 1：想定する作用によって擁壁としての健全性を損なわない性能

性能 2：想定する作用による損傷が限定的なものにとどまり、擁壁としての機能の回復が速やかに
行い得る性能

性能 3：想定する作用による損傷が擁壁として致命的とならない性能

3) 擁壁の重要度の区分は、以下を基本とする。

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

重要度 2：上記以外の場合

重要度の区分は、擁壁が損傷した場合の道路の交通機能への影響と、隣接する施設等に及ぼす影
響の重要性を総合的に勘案して定めることとした。

擁壁が損傷した場合の道路の交通機能への影響は、必ずしも道路の規格による区分を指すものでは
なく、迂回路の有無や緊急輸送道路であるか否か等、万一損傷した場合に道路ネットワークとしての
機能に与える影響の大きさを考慮して判断することが望ましい。

4) 擁壁の要求性能は、想定する作用と擁壁の重要度に応じて、上記 2) に示す要求性能の水準から適切に選定する。

表-9.1.10 擁壁の要求性能の例

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

道路土工 擁壁工指針より

5) 設計水平震度は、次式を用いてよい。

$$kh = C_z \cdot k_h \dots \dots \dots \text{(式-9.1.7)}$$

ここに kh : 設計水平震度 (小数点以下 2 けたに丸める)

k_h : 設計水平震度の標準値で、表-9.1.11 を用いてよい。

C_z : 地域別補正係数 (「道路土工要綱 巻末資料 資料-1」による。) ただし、擁壁の設置地点が地域の境界線上にある場合は、係数の大きい方とするものとする。

表-9.1.11 設計水平震度の標準値 k_h

	地盤種別		
	I 種	II 種	III 種
レベル 1 地震動	0.12	0.15	0.18
レベル 2 地震動	0.16	0.20	0.24

9.1.12 水圧

水圧は、地盤条件や水位の変動等を考慮して適切に設定するものとする。

擁壁の安定性については、裏込め土や背面盛土への浸透水による水圧が大きく影響するため、擁壁の設計に当たっては、排水工を適切に設置することによりこれらの影響を軽減することが基本である。このため、排水工を適切に設置することを前提として、一般的な擁壁では、水圧の影響を考慮しなくてもよい。

ただし、地下水位以下に設置される U 型擁壁や河川の水際に設置される擁壁のように壁の前後で水位差が生じるような場合は、この水位差に伴う水圧を考慮する必要がある。

$$P_w = \gamma_w \cdot h \dots \dots \dots \text{(式-9.1.8)}$$

ここに、 P_w : 水面より深さ h における静水圧 (kN/m²)

γ_w : 水の単位体積重量 (9.8kN/m³)

h : 水面からの深さ (m)

9.1.13 浮力

浮力は、間隙水や水位の変動等を考慮して適切に設定するものとする。また、浮力は鉛直方向に作用するものとする。

擁壁が河川等の水際や地下水位以下に設置される場合には、**図-9.1.8**に示す擁壁の底面に作用する上向きの水圧によって生じる浮力を考慮する必要がある。

浮力は、水位の変動が著しい箇所においては擁壁に最も不利となるように載荷するものとする。例えば、滑動や転倒に対する安定を照査する場合には浮力を考慮し、支持に対する安定を照査する場合には浮力を無視する場合がある。

擁壁底面の地盤が粘性土層や亀裂の少ない岩盤等の不透水性層の場合でも、経年的な水の浸透等によって浮力が作用する場合がある。このような場合には、擁壁の長期的な安定性を照査するため、浮力を考慮する。

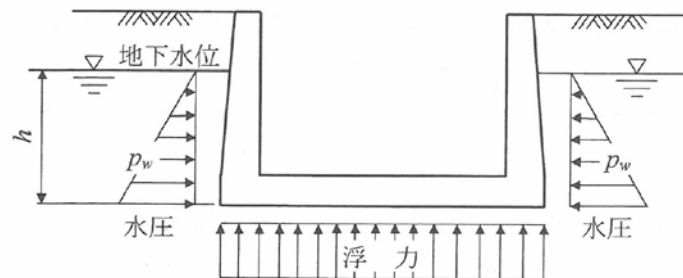


図-9.1.8 地下水位以下に設置されるU型擁壁に作用する水圧及び浮力

道路土工 擁壁工指針より

9.1.14 雪荷重

雪荷重は、擁壁の設置地点の実状に応じて適切な値を定めるものとする。また、雪荷重の影響については、擁壁形状、背面形状に応じて有無を検討すること。

盛土のり面下に設置されるのり面上の雪荷重については、一般的な逆T式擁壁、L型擁壁などの安定計算では、かかと版上の重量が増えるため安全側に働く場合が多い。断面計算上では、土圧が大きくなるため危険側に働く場合が多い。また、逆L型擁壁、U壁擁壁については安定計算、断面計算共に危険側に働く場合が多い。

雪荷重の適切な値は下記によるものとする。

- 1) 十分に圧縮された雪の上を車輛が通行する場合

規定の載荷重の他に雪荷重として 1.0kN/m^2 (圧縮された雪で約15cm厚) を考慮するものとする。

- 2) 雪だけが荷重としてかかる場合

雪荷重は、下記の式により算出するものとする。

$$SW=P \cdot Z_s \dots \dots \dots \text{(式-9.1.9)}$$

ここに SW : 雪荷重 (kN/m^2)

P : 雪の平均単位体積重量 (kN/m^3)

Z_s : 設計積雪深 (m)

雪の平均単位体積重量は地方や季節などにより異なるが、多雪地域においては一般に 3.5 kN/m^3 としてよい。

設計積雪深は、通常の場合には設置地点における 10 年確率最大積雪深線図を参考にするものとする。また、地震時との組み合わせを行う場合の雪荷重は、積雪深を $1/2$ とする。

9.1.15 風荷重

擁壁の遮音壁等に作用する風荷重は、擁壁の設置位置、地形及び地表条件、道路の形状、擁壁の構造等を考慮して適切に設定するものとする。

擁壁の頂部に高さ 5m 以下の遮音壁等を直接設ける場合、部材の安全性の照査には遮音壁等に作用する風荷重を考慮するものとし、擁壁自体の安定性の照査には考慮しなくてもよい。ただし、高さが 2m 以下の重力式擁壁等に直接設置する場合または、遮音壁等の高さが 5m 以上になる場合には、風荷重により擁壁自体の安定性が左右されることがあるので、風荷重を考慮して擁壁自体の安定性の照査を行う必要がある。

遮音壁等に作用する風荷重は、遮音壁の側面に直角に作用する水平荷重とし、その大きさは次の値を用いてもよい。

風上側 2kN/m^2

風下側 1kN/m^2

ここで、風上側とは、**図-9.1.9(a)**に示すように遮音壁が道路の片側にのみ設置される場合で、土圧の作用方向と同じ方向に直接風荷重が作用する場合である。**図-9.1.9(b)**に示すように遮音壁が道路の両側に設置される場合には風下側の風荷重の値を用いればよい。

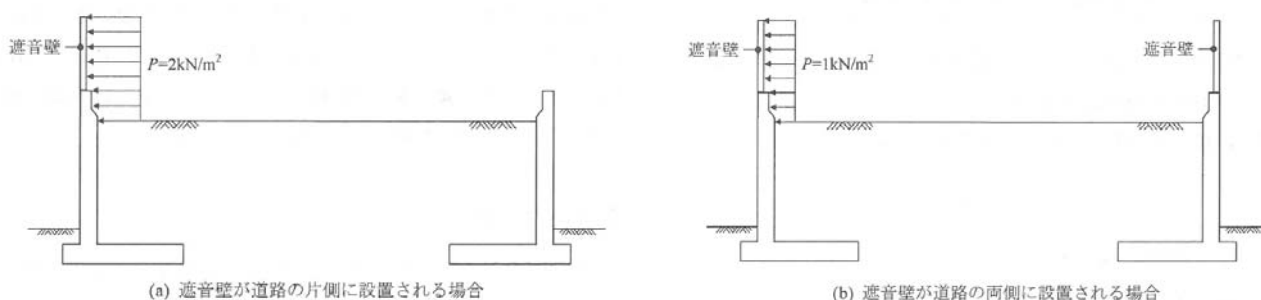


図-9.1.9 風荷重の載荷方法

道路土工 擁壁工指針より

9.1.16 衝突荷重

擁壁の頂部に設置する車両用防護柵に車両が衝突した際に作用する衝突荷重は、擁壁や防護柵の設置条件等を考慮して適切に設定するものとする。

擁壁の頂部に車両用防護柵を直接設ける場合には、原則として擁壁自体の安定性の照査及び部材の安全性の照査には防護柵に作用する衝突荷重を考慮するものとする。

防護柵への衝突荷重は、防護柵の側面に直角に作用する水平荷重とし、数台の車両が同時に防護柵に衝突する可能性が低いことから、擁壁1ブロック当たり1箇所に作用するものとしてよい。

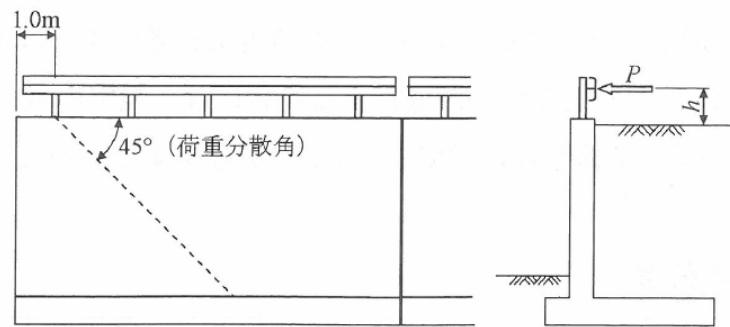
擁壁自体の安定性の照査に当たっては、衝突荷重を1ブロック全体で受け持つものとして計算を行うものとする。また、たて壁の部材設計に当たっては、荷重の分散範囲が擁壁の端部付近では中央部に比較して小さくなることから、**図-9.1.10**に示すように擁壁端部から1mの位置に作用する衝突荷重が45°の角度で荷重分散するものとして部材の有効幅を考え、鉄筋量は全断面にわたって同一としてよい。

ここで、1ブロックとは通常のコングリート擁壁では伸縮目地で区切られた延長方向の単位を表す。

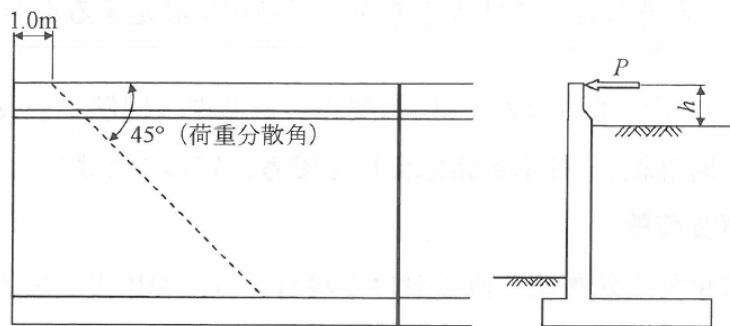
表-9.1.12 たわみ性防護柵の衝突荷重

防護柵の種別	衝突荷重 P (kN)		擁壁天端からの作用高さ h (m)
	砂詰め固定	モルタル固定	
B, C	30	40	0.6

道路土工 擁壁工指針より



(a) たわみ性防護柵の場合



(b) 剛性防護柵の場合

図-9.1.10 擁壁に作用する衝突荷重

道路土工 擁壁工指針より

9.1.17 荷重の組合せと許容応力度の割り増し

荷重の組合せと許容応力度の割り増しは、表-9.1.13による。荷重は、最も不利となる状態に載荷する。

表-9.1.13 荷重の組合せと許容応力度の割り増し

荷重状態	荷重組み合わせ								割り増し係数
	自重	載荷重	土圧	水圧 (浮力)	雪荷重	風荷重	衝突荷重	地震の影響	
常時	○	○	○	○	○				1.00
風荷重時	○	○	○	○	○	○			1.25
衝突荷重時	○	○	○	○	○		○		1.50
地震時	○		○	○	1/2			○	1.50

開発局道路設計要領より

9.1.18 許容応力度

躯体の設計を行う場合の許容応力度は以下を基本とする。

- 1) 使用するコンクリートの設計基準強度は、 24N/mm^2 を標準とする。

表-9.1.14 コンクリートの許容応力度 (N/mm^2)

応力度の種類		コンクリートの設計基準強度 (σ_{ck})				
		21	24	27	30	40
圧縮応力度	曲げ圧縮応力度	7.0	8.0	9.0	10.0	14.0
	軸圧縮応力度	5.5	6.5	7.5	8.5	11.0
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	0.27
	斜引張鉄筋と共同して負担する場合 (τ_{a2})	1.6	1.7	1.8	1.9	2.4
	押抜きせん断応力度 (τ_{a3})	0.85	0.90	0.95	1.00	1.20
付着応力度	異形棒鋼に対して	1.4	1.6	1.7	1.8	2.0

道路土工 擁壁工指針より

また、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、道路土工擁壁工指針 4-5-2(1)1)①～③の影響を考慮して補正を行う。

- 2) 使用する鉄筋の材質は、SD345 を標準とする。また、鉄筋の許容応力度は技術向上委員会報告 (H14.1)を参考に部材全てにおいて $\sigma_{sa}=160\text{N/mm}^2$ とする。

表-9.1.15 鉄筋の許容応力度 (N/mm^2)

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

道路土工 擁壁工指針より

9.1.19 安定に対する検討

擁壁の安定性の検討に当たっては、作用する荷重によって、擁壁が転倒、滑動、地盤支持力に対してそれぞれの安定条件を満足するようにしなければならない。

1) 滑動に対する安定

滑動安全率 常 時 1.5 以上 地震時 1.2 以上

なお、風荷重時、衝突荷重時の安定を行う場合は、地震時に準ずる。

2) 転倒に対する安定

底版中心から作用荷重の合力作用点までの偏心距離(e)は、下記とする。

常 時 $|e| \leq B/6$ B:底版幅

地震時 $|e| \leq B/3$

なお、風荷重時、衝突荷重時の安定を行う場合は、地震時に準ずる。

3) 支持地盤の支持力に対する安定

安全率 常 時 3 以上 地震時 2 以上

なお、風荷重時、衝突荷重時の安定を行う場合は、地震時に準ずる。

4) 全体の安定

軟弱地盤を含む地盤上の擁壁や斜面上の擁壁および長大のり面を有する擁壁などを設ける場合は、個々の擁壁の安定を検討するとともに、地盤の変位や斜面全体の安定についても検討する。

5) 浮き上がりに対する安定

地下水位の高い箇所に掘割式U型擁壁を有する場合は、浮き上がりに対する安定を確保する。

安全率 常 時 1.1 以上（側面の摩擦抵抗は無視する）

地震時 1.0 以上（液状化しない場合は、側面の摩擦抵抗を考慮してよい）

6) 一般の積みブロック擁壁に当たっては、経験に基づく設計法であり、主としてのり面保護を目的に用いられる。このため、背面の地山が締まっている切土、比較的良質な裏込め材料で十分な締固めがされる盛土等、土圧が小さい場合に適用できる。また、重要な場所への適用に当たっては、現況を十分把握し、裏込め土の土質条件や施工条件等を綿密に検討したうえで採用する必要がある。

9.1.20 基礎工一般

擁壁の基礎形式は、直接基礎と杭基礎に大別される。直接基礎は良質な支持層上に設けるのが基本であるが、支持地盤の条件などによっては安定処理や置き換えを行った改良地盤に直接基礎を設ける場合がある。また、地表近くに支持地盤がない場合は杭基礎を設ける場合がある。杭基礎の形式は摩擦杭と支持杭に大別される。

9.1.21 直接基礎

擁壁の直接基礎は、良質な支持層に支持させることを基本とする。

- 1) 表層は軟弱であるが比較的浅い位置に良質な支持層がある場合には、支持層まで根入れさせる方法のほか、安定処理や良質土による置き換えを行い、改良地盤を形成してこれを支持地盤とし、その上に擁壁を設けることもある。しかし、この場合の安定性の照査は、良質な支持層に直接的に擁壁を支持させる場合に比べて、地盤の抵抗機構やその評価は明らかではなく、採用に当たっては十分な検討を行わなければならない。

また、軟弱地盤上で地下水位が高い場合には、置換え砂や埋戻し土の安定処理を行う、碎石等の透水性の高い材料を用いる、十分な締固めを行うなどの液状化が生じないような処理を施すことを原則とする。

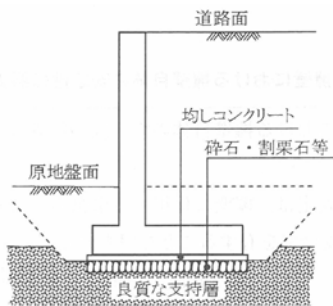


図-9.1.11 一般的な擁壁の直接基礎

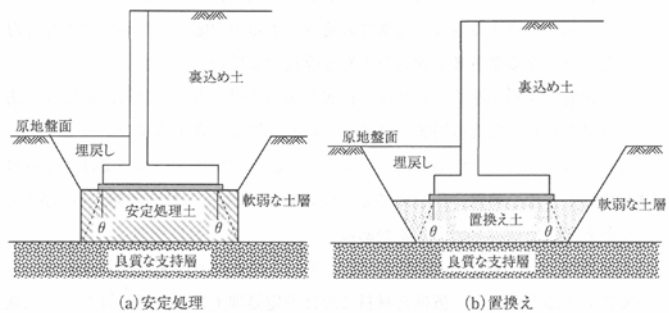


図-9.1.12 改良地盤上の直接基礎

道路土工 擁壁工指針より

- 2) 斜面上や 傾斜した支持層等に直接基礎を設ける場合は、図-9.1.13 に示すように、基礎地盤として不適な地盤を掘削しコンクリートで置き換える場合や掘削土量を削減するために置換えコンクリート基礎や擁壁の底版に段差を設ける場合がある。

具体的な計算方法は道路土工擁壁工指針による。

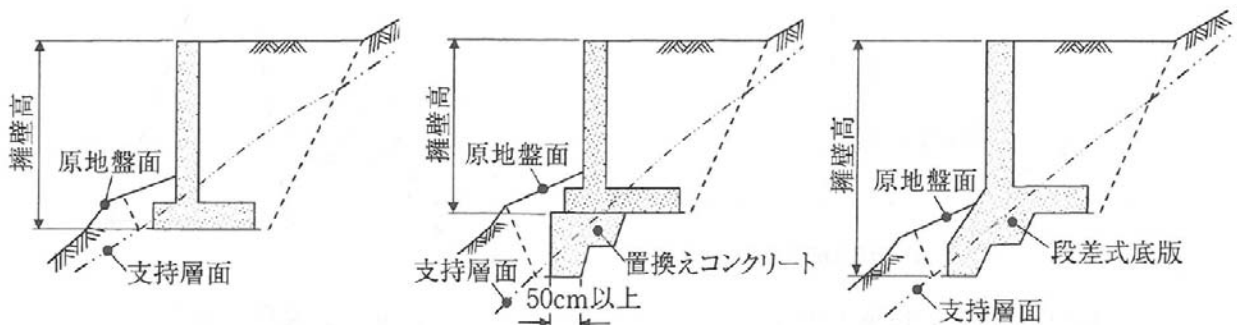


図-9.1.13 斜面上や傾斜した支持層での直接基礎の例

道路土工 擁壁工指針より

3) 擁壁の直接基礎の根入れ深さ D_f は、原地盤面あるいは計画地盤面から擁壁底面までの深さとし、原則として 50cm 以上は確保するものとする。

直接基礎の根入れ深さは、風化作用による地盤の劣化や将来予想される地盤の洗掘や掘削（既設構造物の維持補修や改築、新規構造物の施工等）の影響を考慮する必要がある、特に、河川や海岸等の浸水域内に直接基礎を設ける場合には、河床低下や洗掘について十分検討したうえで根入れ深さを決めなければならない。

なお、片持ばり式擁壁等のように底版を有する形式の擁壁においては、**図 9.1.14(a)**に示すように原則として底版厚さに 50cm 以上を加えた根入れ深さを確保するものとする。また、重力式擁壁の場合には、**図 9.1.14(b)**に示すように 50cm 以上の根入れ深さを確保し、中位の砂質地盤において高さ 2.5m 以上の重力式擁壁を設ける場合には、擁壁高の 0.2 倍以上の十分な根入れ深さを確保することが望ましい。通常のブロック積擁壁においては、**図 9.1.14(c)**に示すように積みブロック 1 個以上が土中に没する程度の根入れを確保すればよい。大型ブロック積擁壁や井げた組擁壁の根入れ深さは、原則として基礎コンクリート天端までの深さを 50cm 以上確保するものとする。

また、**図 9.1.14(d)**に示すように、擁壁に接して河床低下や洗掘のおそれのないコンクリート水路を設ける場合の根入れ深さは、原則として水路底面より 30cm 以上確保するものとする。

ただし、いずれも擁壁底面は、凍結作用の受けない深さを確保する必要がある。

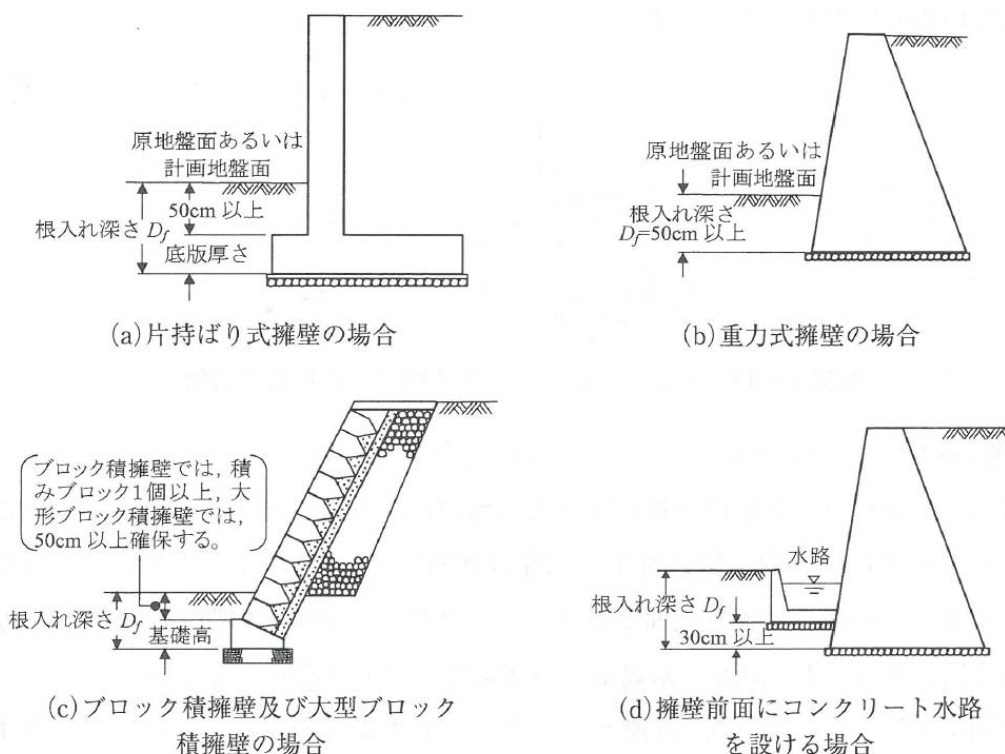


図-9.1.14 擁壁の直接基礎の根入れ深さ

道路土工 擁壁工指針より

9.1.22 杭基礎

- (1) 杭基礎の擁壁における擁壁自体の安定性の照査は、次によるものとする。
- 1) 鉛直方向の安定性については、各杭頭部の軸方向反力が杭の許容支持力以下であることを照査する。
 - 2) 水平方向の安定性については、杭基礎の変位が道路土工擁壁工指針 5-3-1 に示す許容変位以下であることを照査する。
- (2) 杭の許容支持力は、杭の極限支持力及び沈下量を考慮して求めるものとする。

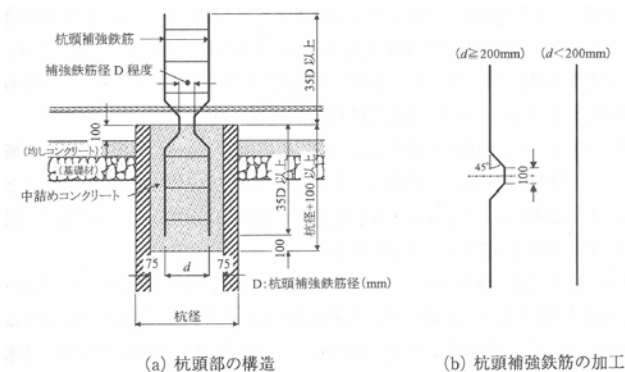
杭基礎の擁壁における擁壁自体の安定性の照査は、「道路橋示方書・同解説IV下部構造編及び杭基礎設計便覧」を参考とする。

なお、杭と底版の結合方法及び杭頭結合部の設計は以下によるものとし、具体的な設計方法は道路土工擁壁工指針による。

① 杭と底版の結合方法及び杭頭結合部の設計

杭頭と底版の結合方法は、一般に剛結合とヒンジ結合があり、擁壁への適用に当たっては、擁壁の重要度、変位に対する制約、杭体の強度、経済性等を考慮して決定しなければならない。

なお、地震時の影響を考慮する場合や変位量を制限する必要がある場合、軟弱地盤上に擁壁を設置する場合等は剛結合とするのがよい。

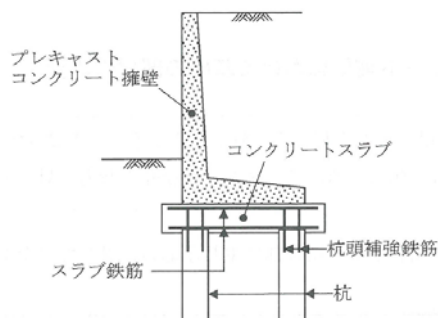


道路土工 擁壁工指針より

図-9.1.15 ヒンジ結合の杭頭部構造の例

② プレキャストコンクリート擁壁への構造対応

プレキャストコンクリート擁壁は、そのままでは底版と杭頭との結合が困難であるため、杭基礎には適用しないことが望ましい。しかし前後の連続性等から使用せざる得ない場合は、図-9.1.16 に示すようにプレキャスト製品の擁壁の下にコンクリートスラブを設置し、これに杭頭補強鉄筋を配筋するなど、杭頭結合が確実にできる構造とし、コンクリートスラブの設計に当たっては、杭反力が作用する版として行う。また、プレキャスト製品の擁壁は、コンクリートスラブを基礎地盤に置換え、滑動及び転倒に対する安定について照査する。



道路土工 擁壁工指針より

図-9.1.16 プレキャスト製品のコンクリート擁壁に杭基礎を用いた場合の例

9.1.23 環境との調和や景観に配慮した擁壁設計の留意事項

擁壁の設計に当たっては、当該農道の規模、重要度、環境条件等を踏まえて、生物環境の保全や景観の観点から検討することが望ましい。擁壁は垂直に近い面として現れ、視覚的影響が大きい。また、コンクリート擁壁の場合、固く、冷たい印象を受ける。このため、景観に配慮する必要がある場所では、周囲に馴染むような処理が必要になる。

擁壁に関わる維持管理としては、緑化型擁壁に関する植栽の維持管理・育成と、構造の破損、欠損等に対する処理等が考えられる。また、デザインウォール等造形的な処理を施したものには、特殊な維持管理が必要となるものがあり、維持管理者と十分な協議が必要となる。

1) コンクリート擁壁

① 表面処理

コンクリートの表面処理は比較的容易に行えるという利点があり、目地や凹凸等を工夫して単一な壁面に変化をつけることができる。

コンクリートの持つ特性を積極的に活かせば、レリーフのような造形的なデザインも検討できる。ただし、汚れや色あせ等の経年変化を考慮し、特殊な維持管理等が必要なものは避けるべきである。

コンクリートの表面処理は、擁壁の規模、視点の種類を考慮し、全体のバランスや視覚的効果が適切に得られるように検討する必要がある。

② 緑化

植栽を併用することにより、コンクリートの冷たい印象を緩和することができる。植栽による擁壁の遮蔽方法としては、つる性植物及び前面植栽等による被覆が効果的である。

(a) つる性植物による緑化

(i) つる性植物の分類

つる性植物のタイプとして、大きく次の4タイプがある。

i) 巻きひげによるもの

巻きひげによってからみついていくもので、緑化の利用に際しては、金網、ネットフェンス等が必要である。

ii) 巻きつるによるもの

つるが他のものに巻きつき絡みついていくもので、緑化の利用に際しては、金網、支柱等、巻ける形態の構造物に支持させなければならない。

iii) 気根・付着根によるもの

地上の部分に出る根を総称して気根と呼び、その気根が壁に密着しながら登っていくものである。主に壁面等面的な部分に用いられる他、金網やネット等でも緑化が可能である。

iv) 吸盤によるもの

気根、巻きひげなどが変化した吸盤により吸着して登っていくもので、壁面、法面、その他金網などでも利用できる。

緑化用として使用可能なつる性植物を生育行動別にまとめると、**表-9.1.16** のようになる。

表-9.1.16 つる植物の登攀*タイプと代表例

落葉	巻きつる型	巻きひげ	エビヅル、ノブドウ、ヤマブドウ、ブドウ
		巻きつる	スイカズラ、ツキヌキニンドウ、フジ
		巻葉柄	クレマチス類
	吸着型	気根・付着根	ツルアジサイ、イワガラミ、ツタウルシ
		吸盤	ナツツタ

環境との調和に配慮した農道整備の手引きより北海道生息種のみ記載

※登攀(トウハン)・・・高い山などを攀(よ)じ登ること

(ロ) コンクリート擁壁面の緑化手法

コンクリート擁壁面をつる性植物で緑化する手法としては、以下のものがある。

i) 登攀法

コンクリート擁壁の裾に吸着型のつる植物を植栽し、つるをコンクリート擁壁面に直接、吸着、登攀させ、緑化を図る方法である。

ii) 補助資材法

コンクリート擁壁面の前面に、ネットや格子等の補助資材を取付け、補助資材に巻つる型のつる性植物を絡ませ、緑化を図る。

iii) 下垂法

コンクリート擁壁の天端に、下垂型のつる性植物を植栽し、つるを下垂させ、緑化を図る方法である。

(ハ) つる性植物を用いる利点

つる性植物を用いて擁壁を緑化する手法には、以下のような利点がある。

i) 擁壁の持つ固さ、重厚さ、冷たさを和らげ、周囲の環境に対する違和感を和らげる。

ii) 擁壁の反射光は、快適性を阻害するだけでなく、運転者の安全走行からも問題となる場合が多い。つる性植物で緑化することで、反射光は防止できる。

(ニ) つる性植物を用いる場合の留意点

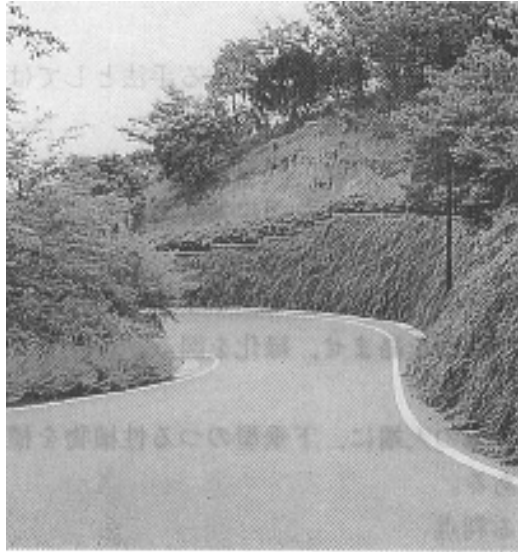
i) 壁面の保守点検

壁面は、機能維持や安全性確保のために、定期的に保守点検を行う必要がある。

つる性植物が壁面を被覆すると、壁面の目視が困難になり、保守点検に支障をきたすおそれがある。

ii) 植物による表面の腐食

つる性植物は、根の先端から酸を分泌して表面を溶かし、割れ目をつくって根を割り込ませるといった作業を繰り返して繁殖していく。このため、時間が経過すると擁壁の表面がぼろぼろになるおそれがあり、モルタル吹付けの法面に用いることは、危険である。



山間を通過することから、擁壁が多く用いられ、その処理に工夫をこらしている。
ここでは、つる性植物を用い、人工的な構造物を見せることなく、周囲の自然景観に調和させている。

図-9.1.17 つる性植物による壁面緑化の例

(b) 前面植栽による緑化

前面植栽を行うに当たっては、擁壁の基礎部分は高木植栽が困難であり、あらかじめ植栽のための用地幅を確保しておく必要がある。

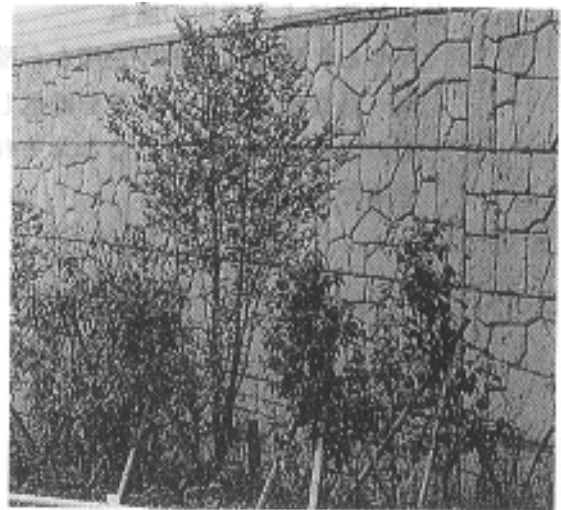
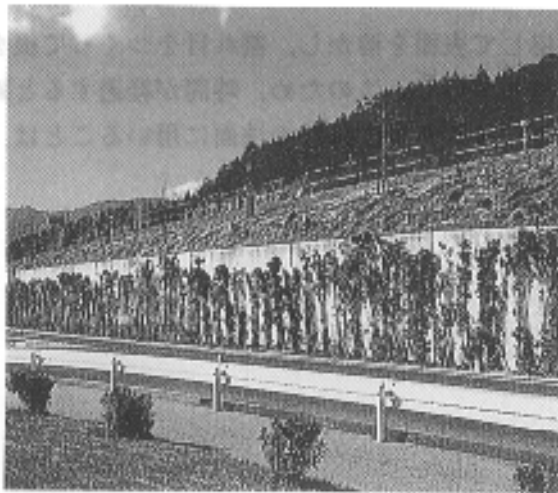


図-9.1.18 擁壁前面の植栽による緑化手法

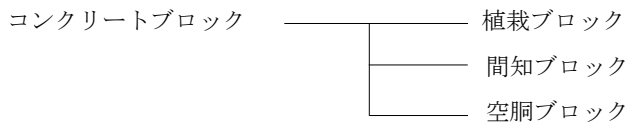
(2) ブロック積擁壁

ブロック積み擁壁は、擁壁の高さに限界があり使用の範囲に制約があるが、ブロックの素材や組み方を検討することにより、表面に変化をつけることができる。

ブロックには、植栽を目的とした緑化ブロックも多く用いられている。また、同様なブロック積み擁壁が長く続くと単調さを生じるので、植栽の併用等により変化をつけることが望ましい。

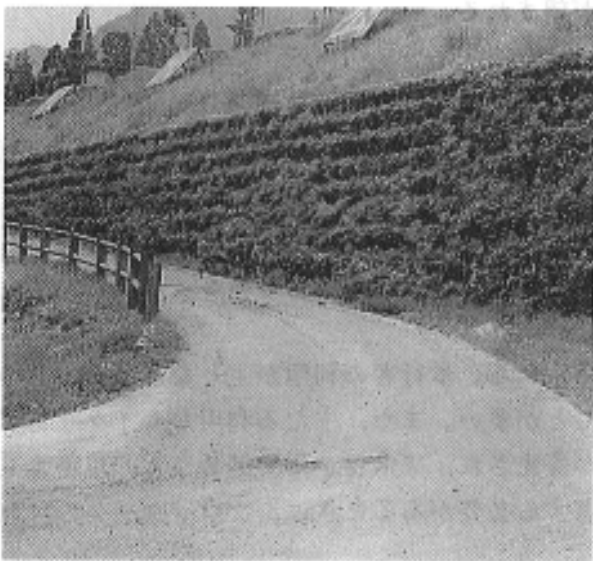
最近では、石張りブロック、石積みブロック等さまざまなブロックが開発され、景観、施工法、経済性の向上が図られている。

コンクリートブロックには、以下のような種類がある。



現在は、コンクリートブロックの表面に擬石や擬木等の仕上げを行ったものや、石張りブロック等の製品も数多く製造されている。

植栽ブロックによる緑化事例



公園の横を通過する農道で、植栽ブロックに花木を植栽した事例。

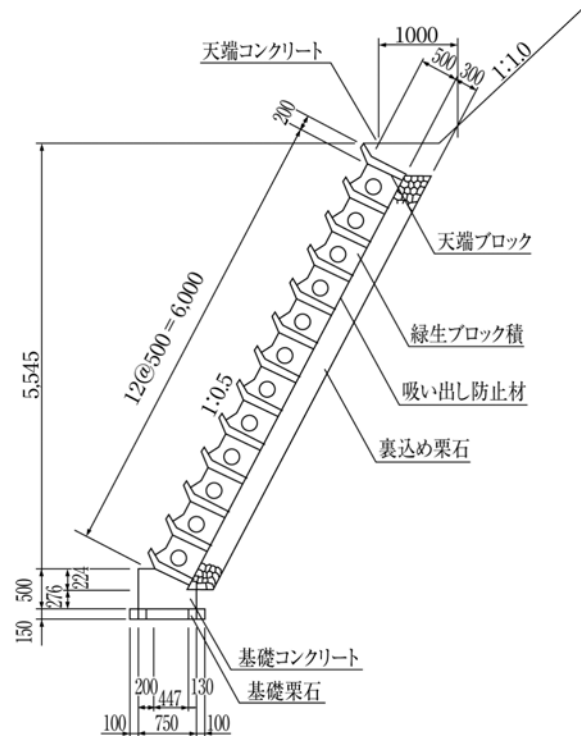


図-9.1.19 植栽ブロックによる緑化

9.2 暗渠（カルバート）

9.2.1 総則

暗渠の設計に当たっては、当該農道の規模、重要度、環境条件等を考慮し、安全かつ経済的なものとしなければならない。

9.2.2 暗渠

農道用地内外において、降雨や融雪等により生じた表面排水を安全に流下させるため、農道を横断する暗渠を設置する。

暗渠の設計施工に際しては、下記の事項を総合的に勘案の上進める必要がある。

- 1) 設置目的
- 2) 設置箇所の地形、地質、土質
- 3) 周辺構造物との相互影響
- 4) 施工条件
- 5) 経済性
- 6) 環境との調和及び景観

9.2.3 適用範囲

設計活荷重を 245kN で計画される農道下に設置される暗渠については、本指針、「道路土工・カルバート工指針」（日本道路協会）及び、「土木構造物設計マニュアル(案)、設計・施工の手引き(案)」に準拠する。ただし、特に規模の大きなカルバートや軟弱地盤等の特殊な現場条件の場合は別途検討が必要である。

上記以外の農道については、「土地改良事業計画設計基準 設計「農道」（平成 17 年 3 月）に拠ることとする。

- 1) 農道下に設置される暗渠とは、一般的な水路用（河川も含む）暗渠のうち、ボックスカルバートとパイプカルバートの設計に適用する。
- 2) 特殊な構造のものや特に大規模なものについては、この指針の規定以外に、別途検討が必要になることを明確にしている。

9.2.4 暗渠形式の選定

暗渠形式の選定に当たっては、内空断面や土かぶりの他、設置場所の地形・地質や周辺構造物の施工条件等に関する検討を行い、最も経済的なものを選定しなければならない。

暗渠の種類は図-9.2.1に示すように、①カルバート本体に使用される材料からみた場合、②構造形式からみた場合、③使用目的からみた場合に分類される。

構造特性からは、外力に変形することなく抵抗する剛性カルバートと、変形しながら抵抗するたわみ性カルバートがある。

これらはさらに形状の違いから、ボックスカルバートや門形、アーチカルバートと、パイプカルバートに分けられる。ボックスカルバートや門形、アーチカルバートは剛性カルバートであり、パイプカルバートには両者がある。

これらの中からカルバートを選定するに当たっては、内空断面や土被りのほか、設置場所の地形・地質、周辺構造物等の条件に関する検討や工事費の比較等を行い、その使用目的にあった構造形式を選定することが重要である。

各種構造形式の特徴と一般的な使用法は、以下のとおりである。

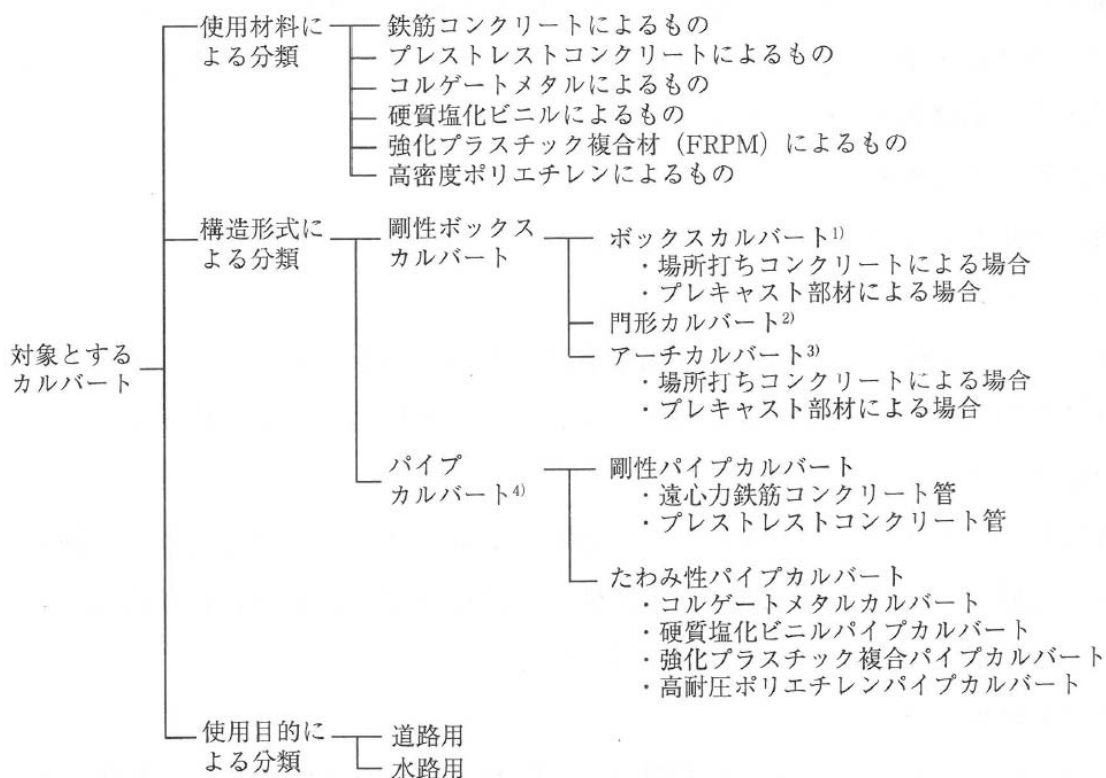
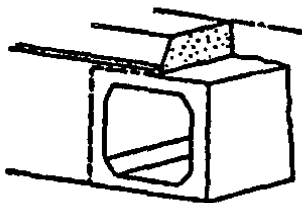
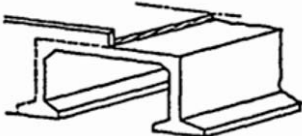
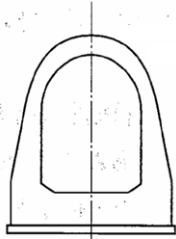
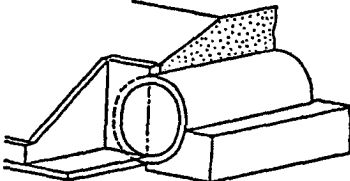
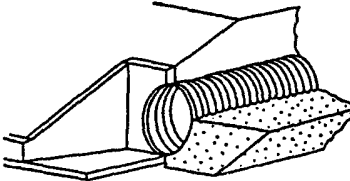


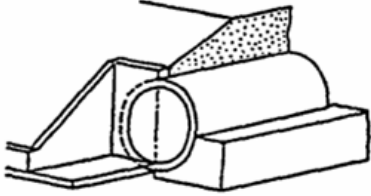
図-9.2.1 対象とする暗渠の種類

道路土工カルバート工指針より

表-9.2.1 暗渠の分類と特徴

分類	概要図	特徴
剛性カルバート ボックスカルバート		1) 場所打ちボックスカルバート <ul style="list-style-type: none"> 現場において、鉄筋の加工・組立、コンクリートの打設・養生を行うもので、数ヶ月の施工期間が必要である。 任意の断面形状が施工でき、土被り荷重等設計荷重や縦断勾配等の現地条件に応じた設計・施工が可能である。 内側型枠の脱型作業を考えると、比較的断面の大きい方が有利であり、内空断面の大きさとしては1m程度以上が望ましい。また、内空幅が大きくなる場合には、中間に隔壁を設置し二連構造とすることも可能である。 2) プレキャストボックスカルバート <ul style="list-style-type: none"> プレキャストボックスカルバートは、工場で作られた製品を現場に搬入し、設置するものであるため、現場施工期間を短縮することができる。 工場製品であるため品質が安定している。 断面が大きくなると、運搬における制約から部材を2分割、4分割等、多分割化する必要がある。その場合は現場での接合方法及び接合位置について検討し、組立処理等についても十分注意しなければならない。 構造的には、鉄筋コンクリート（RC）構造とポストテンション方式によるプレストレストコンクリート（PC）構造がある。 規格化された製品の適用できる最大土被りは、RC構造が3m、PC構造は6mで最大内空幅については、RC構造が3.5m、PC構造が5mとなっている。 <p>なお、構造の選定に際しては、構造の特質、経済性の検討を行う必要がある。</p>
	門型カルバート	

剛性カルバート	アーチカルバート		<ul style="list-style-type: none"> カルバートの土被りが大きくなると、ボックスカルバートよりもアーチカルバートが一般的に経済性において有利となる。 アーチカルバートは鉛直土圧と水平土圧のバランスに大きく左右される構造であることから、地盤の傾斜などによる不同沈下や、地形、盛土材料、施工の相違等による偏土圧を生じさせないことが条件となるので、選定に当たっては十分な検討を行わなければならない。 アーチカルバートにもボックスカルバートと同じくプレキャストがあり、断面が大きくなると工場で上下に分割し現場で組立てる構造や、ヒンジ式アーチ工法などがある。
	コンクリート製パイプカルバート		<ul style="list-style-type: none"> コンクリート製パイプカルバートは、強度の異なる管種があるため、土被りや荷重の作用状況により、適切なものを選定する必要がある。 一般にコンクリート製パイプカルバートに用いる管種は、鉄筋コンクリート管、プレストレストコンクリート管があり、このうちプレストレストコンクリート管は土被りの大きい場合に用いられる。
セラミックパイプカルバート	<ul style="list-style-type: none"> セラミックパイプカルバートには、円形管と卵形管の2種類があり、耐酸性・耐アルカリ性に優れている。 強度的には、鉄筋コンクリート管の一種管と同等の外圧強さを有している。一方、衝撃に弱く一定限度を超える荷重が作用するとひび割れの発生と同時に破壊する特性があるため、埋設時及び再掘削時の取扱いには十分な注意が必要である。 		
たわみ性カルバート	コルゲートメタルカルバート		<ul style="list-style-type: none"> コルゲートメタルカルバートは、構成するコルゲートセクションが軽量であるため、運搬施工に際し大がかりな施設や機械を必要としない。 適用個所としては山間部の高盛土や軟弱地盤上に用いられることが多い。 コルゲートメタルカルバートは、亜鉛メッキされているが、高酸性等の腐食環境での使用は好ましくない。
	硬質塩化ビニルパイプカルバート		<ul style="list-style-type: none"> 硬質塩化ビニル管は、軽量であるため長尺で扱うことができ、酸やアルカリにも強い性質を持っている。 管に衝撃が加わらないよう注意する必要がある。

たわみ性カルバート	強化プラスチック複合パイプカルバート		<ul style="list-style-type: none"> 強化プラスチック複合パイプカルバートは、硬質塩化ビニル管とほぼ同様の性質を持つとともに、内径が大きく、かつ高強度の特徴を有している。 特に内径の大きな強化プラスチック複合管を埋設した後に管の側部付近を再掘削した場合は、管側部に作用する水平方向の受働土圧が減少し、管に過大な変形やたわみが生じることがある。 近接個所で掘削工事を行うことが予想されるような場所で強化プラスチック複合管を使用する場合には、管側部付近の掘削の影響について十分な検討を行う必要がある。
	耐圧ポリエチレンリブパイプカルバート		<ul style="list-style-type: none"> 耐圧ポリエチレンリブパイプカルバートは、軽量で施工性がよく、耐薬品性、耐衝撃性に優れ、軟弱地盤にも適用できる。 強化プラスチック複合パイプカルバートと同様に管側部に作用する受働土圧が減少しないよう十分な検討を行うとともに、埋戻しの際、十分な締固めを行う必要がある。

9.2.5 断面形状の決定

カルバートの内空断面の決定に際しては、使用目的に応じた内空断面を確保するとともに、軟弱地盤上などでは構築後の沈下に対処できる余裕を確保するのが望ましい。

1) 道路用カルバート

① 所要の建築限界以上の空間を確保すること。

舗装及び排水工などを施工した後に、その道路の所要の建築限界を満足する空間を確保することが必要である。また、将来、舗装のオーバーレイが予想される場合には、その影響も加味しておく必要がある。

② 埋設管などの設置空間を確保すること。

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

2) 水路用カルバート

① 計画流量を安全に通水しうる断面であること。

カルバートの計画流量は、「道路土工要綱 共通編 第2章排水」または管理者の定めた設計計算法によって計算するものとする。

② 内空高さは、所要の余裕高を確保すること。

内空高さは、カルバートの設置地点、種類、形状寸法及び水路の性状などにより、管理者の定めた余裕高を確保するように決定しなければならない。また、カルバートの通水断面については、「道路土工要綱 共通編 第2章排水」または管理者の定めた設計計算法によって計算するものとする。

清掃その他の保守点検のため、人が入る必要のある場合は、1.8m以上の内空高を確保することが望ましい。

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

③ 水路用カルバートの断面は下記により決定しなければならない。

(a) 河川協議の必要が無い場合

カルバートの内空断面は、設計水深の20%増しの水深で設計する。ただし、円形断面は9.2.8パイプカルバートの設計による。なお、特に大量の土砂・流木などが流入する恐れがある場合には、さらに十分な通水断面積を考慮しておくのがよい。

(b) 河川協議の必要がある場合

河川協議を必要とする河川を対象とし、橋梁工と比較して経済的に優位性が認められる場合で、河川管理者との協議の結果、カルバート構造とすることができ了解された場合につき適用する。

(イ) 流出量の計算

橋梁と同一手法とする。

(ロ) 基準断面

求められた流量を流下させ得るカルバート断面を次式により計算する。

$$Qa = A_o \cdot V = A_o \cdot 1/n \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2} \dots \dots \dots \text{(式-9.2.1)}$$

ここに Qa : カルバートの基準流下流量 (m³/sec)
 A_o : " 基準断面積 (m²)
 n : 粗度係数
 R : 径深 (m)
 I : カルバート施工位置上・下流の勾配

前式において粗度係数 n の値は次の表に示す値を標準とする。

表-9.2.2 粗度係数

カルバート箇所下流側の形態		粗度係数 (n)
一般河道	護岸工有り	0.030
	護岸工無し	0.035
コンクリートブロック三面張水路		0.025
コンクリート製水路		0.020

開発局道路設計要領より

(ハ) 設計断面

ボックスカルバートの設計断面は基準断面に余裕高を加えて決定する。

(i) カルバートの余裕高

流出量に応じて余裕高を見込むことになるが、200m³/sec 未満の場合 60cm とする。

(ii) 設計断面の決定

設計断面の決定は、「鉄道・道路等が河川を渡河するために設置する函渠（樋門・樋管を除く。）の構造上の基準」（北海道版）についてを参考とし、施設管理者との協議により決定するものとする。

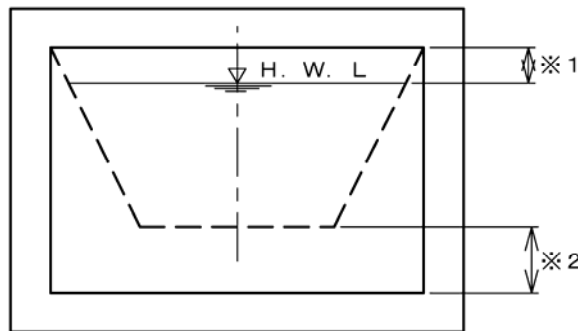


図-9.2.2 設計断面の決定

- ※1 (1) 函渠の側壁の内面は、原則として河岸または、堤防(計画横断形が定められている場合には、計画堤防。以下同じ)の法線に対して平行で滑らかに接続することとする。
 (2) 函渠の側壁の内面は、河岸または、堤防の表法肩より表側の部分に設けてはならない。
- ※2 函渠の底版上面は、河床(計画横断形が定められている場合には、当該計画横断形に係る河床を含む。以下同じ)の表面から原則として深さ2m以上の部分に設けるものとする。ただし、河床の変動が極めて小さいと認められる等、河川の状況によりやむを得ないと認められるときは、生物の生息・生育環境等に十分配慮の上、河床から底版上面までの深さを適切に設定することができるものとする。
 これは、河川管理上支障がある場合を除き、計画高水流量100m³/s未満の小河川にあつては、令第76条(小河川の特例)に準じて「2m」を「1m」と読み替えて適用することは可能であるが、この特例の適用にあたっては、現地状況等、十分勘案のうえ行うこと。

3) 軟弱地盤上のカルバート

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渡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(図-9.2.3)、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」を参考とする。

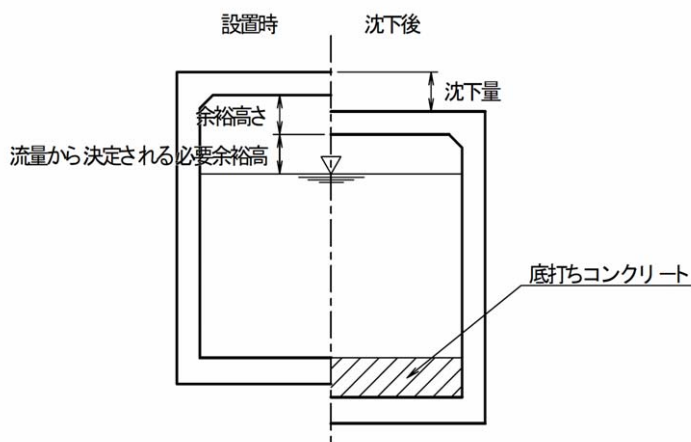


図-9.2.3 断面の余裕確保による沈下対策例

道路土工カルバート工指針を参考

9.2.6 カルバートの断面変化

カルバート上の土かぶり厚が変化する場合、その差が著しく変化する以外は、大きい方の土かぶりによって決定される断面を全体に用いてよい。ただし、継手を設ける場合等連続性がない場合において不経済となる場合には、部材厚は同一とし鉄筋量で調節する方法としてもよい。



図-9.2.4 カルバートの土かぶり

開発局道路設計要領より

- 1) 高盛土においては、中央部と端部の土かぶり厚の差が著しく、同一断面で全延長にわたって適用することは不経済である。
- 2) 断面の変化は、目地割で区分された1スパン単位で考える。
- 3) 法面上の雪荷重は考慮する。ただし、活荷重は考慮しない。なお、パイプカルバートの設計は管種基礎形式選定表を使用するが、土かぶりは雪荷重を考慮した換算土かぶりを算出してから行うこととする。

雪荷重 $SW = P \cdot Z_s \dots \dots \dots$ (式-9.2.2)

ここに P : 雪の単位体積重量 3.5 kN/m^3 とする。

Z_s : 再現期間 10 年間に相当する年最大積雪深

- 4) 一般的な土かぶり 10m 以下のボックスカルバートではのり肩より 45° の範囲について同一とした場合と各ブロックの最大土かぶり厚で設計した場合とで工費に大差がないことから、下記のとおりのはり肩から 45° の勾配の線より外側の範囲に入るスパンについて断面の変更を検討する。

H_1 : A 部の計算土かぶり

H_2 : B 部の計算土かぶり

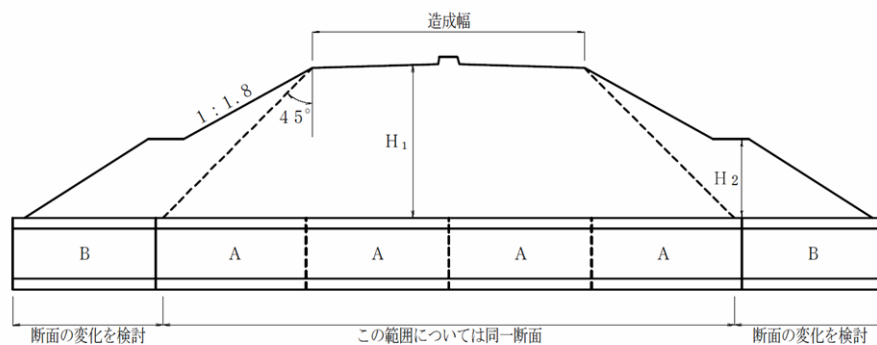


図-9.2.5 ボックスカルバートの断面変化

開発局道路設計要領より

- 5) パイプカルバートについては、各土かぶり厚においてのり肩から 45° の勾配の線より外側の範囲に入るスパンについて断面の変更を検討する。

9.2.7 ボックスカルバートの設計

- (1) カルバートの設計に当たっては、使用目的との適合性、構造物の安全性、耐久性、施工品質の確保、維持管理の容易さ、環境との調和、経済性を考慮しなければならない。
- (2) カルバートの設計に当たっては、原則として想定する作用に対して要求性能を設定し、それを満足することを照査する。
- (3) カルバートの設計は、論理的な妥当性を有する方法や実験等による検証がなされた手法、これまでの経験・実績から妥当とみなせる手法等、適切な知見に基づいて行うものとする。

(2) 要求性能と照査

カルバートの設計に当たっては、使用目的と適合性、構造物の安全性について、「想定する作用」に対して安全性、供用性、修復性の観点から要求性能を設定し、カルバートがそれらの要求性能を満足することを照査する。要求性能は、カルバート工指針を参考に適切に設定する。

(3) 設計手法

H21 改訂のカルバート工指針では、性能設計の枠組みを導入したことにより、性能照査による方法を主体とした記述構成となっている。性能設計は、要求する事項を満足する範囲で従来の方法によらない解析手法、設計方法、材料、構造等を採用する際の基本的な考え方を示すものであり、要求する事項を満足するか否かの判断が必要となる。その判断は、論理的な妥当性を有する方法や実験等による検証がなされた手法、これまでの経験・実績等から妥当とみなせる手法等、適切な知見に基づいて行うことを基本としている。また、従来から多数構築されてきた従来型カルバートについては、慣用的に使用されてきた設計・施工法があり、長年の経験の蓄積により、所定の構造形式や規模の範囲内であれば所定の性能を確保するとみなすことができる。

以上のことから、当指針は、9.2.3 で記載しているように道路土工カルバート工指針に準拠することとしていることから、所定の規模の範囲内であれば従来通り許容応力度法により設計を行うものとする。

なお、土地改良事業計画設計基準設計「農道」（平成 17 年 3 月）では、暗渠の構造設計は、橋梁上・下部工及び擁壁と同様、「原則として限界状態設計法を適用して行うこととするが、これにより難しい場合は許容応力度法を適用して行うことも妨げないこととする。」としている。限界状態設計法では、①設計対象とする構造物の設計供用期間の設定、②限界状態の設定、③信頼性の検証方法等の基本的な考え方を示す必要があり、また、部分安全係数など設計者が本質を理解していないと設計基準等の意図と異なる設計となるおそれがあることから慎重に検討する必要がある。

1) ボックスカルバートを設計する場合の一般的な手順を示す。

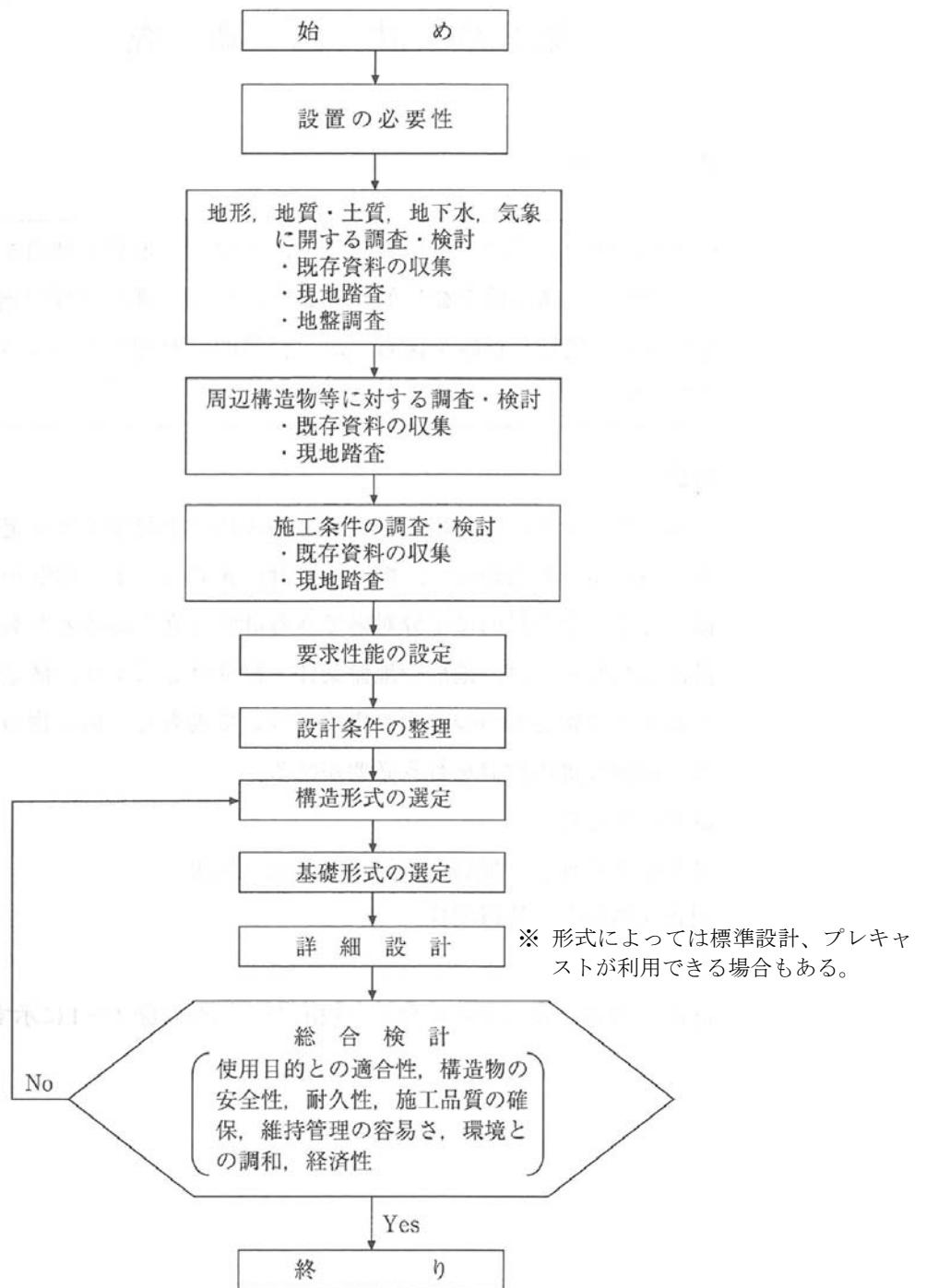


図-9.2.6 ボックスカルバートの設計手順

道路土工 擁壁工指針より準用

2) 一般事項

剛性ボックスカルバートの設計において留意すべき事項は、次のとおりである。

① 縦断方向(構造物軸方向)の検討

基礎地盤が良好であり、継手間隔が 10m～15m 以下で、横断方向の主鉄筋に見合う配力鉄筋を配置した場合には、縦断方向の検討を省略してよい。したがって、継手間隔が 15m 以上となる場合や、次に示す条件に該当する場合は、縦断方向の検討を行わなければならない。

- (a) カルバートの縦断方向に荷重が大きく変化する場合
- (b) 基礎地盤が軟弱で、カルバートの縦断方向に不同沈下が生じる可能性が高い場合
- (c) カルバートの縦断方向に沿って地盤条件が急変する場合
- (d) 広域的な地盤沈下地帯に属し、縦断方向に軟弱地盤の層厚が変化する場合

なお、縦断方向の設計は原則として地盤ばねで支持された弾性体として構造解析するものとする。

プレキャストボックスカルバートの場合、上記に示す(a)～(d)に該当する場合は、現場打ちカルバートと同様に縦断方向の検討を行う。縦断方向の設計は原則として“弾性床のほり”と考え、縦断方向に生じる断面力に対して、コンクリートとPC鋼材の応力度、目地部の変位量及び止水性について検討する。検討の結果、安全性が確保されない場合は、本体構造を見直すか、地盤改良等の対策工を行うものとする。

② 地震の影響

所定の規模の範囲内である従来型剛性ボックスカルバートでは、門形カルバートを除き、地震動の作用に対する照査を省略してもよい。門形カルバートについてはレベル1地震動の作用に対する照査を行えばレベル2地震動に対する照査を省略してよい。ただし、従来型の剛性ボックスカルバートであっても、カルバートが地下水位以下に埋設され、周辺地盤の液状化の発生が想定される場合には、必要に応じて液状化に伴う過剰間隙水圧を考慮して浮き上がりに対する検討を行う。

詳細は道路土工カルバート工指針（平成 22 年 3 月）による。

9.2.7.1 耐久性の検討

剛性ボックスカルバートの設計に当たっては、経年劣化に対して十分な耐久性が保持できるように配慮しなければならない。

一般に、鉄筋コンクリート部材が所要の耐久性を確保するためには、中性化、塩化物イオンの浸透（塩害）による鉄筋の腐食、アルカリシリカ反応、凍結融解作用、流水等による摩耗、化学的侵食を考慮する必要がある。塩害に対する抵抗性以外については、これまでの損傷実態を踏まえると、一般的な環境条件では十分な施工の品質が確保される場合には特に問題となることはないと考えられる。

塩害は、鉄筋の腐食によって、かぶりコンクリートの剥落等が生じ、第三者に危害が及ぶことも考えられる。

塩害に対する耐久性の検討にあたっては、表-9.2.3、表-9.2.4 及び図-9.2.7 による。なお、塩害の影響を考慮した最小かぶりの考え方は、道路橋示方書・同解説IV下部構造編や道路橋示方書・同解説IIIコンクリート橋編の塩害に対する検討を参考にしてよい。

- 1) 剛性ボックスカルバートは、塩害により所要の耐久性が損なわれてはならない。
- 2) 表-9.2.3 及び図 9.2.7 示す地域における剛性ボックスカルバートにおいては、十分なかぶりを確保するなどの対策を行うことにより、1)を満足するとみなしてよい。

表-9.2.3 塩害の影響地域

地域区分	地域	海岸線からの距離	塩害の影響度合いと対策区分	
			対策区分	影響度合い
B	図-9.2.7 表-9.2.4 に示す地域	海上部及び海岸線から 100m まで	S	影響が激しい 影響を受ける
		100m をこえて 300m まで	I	
		300m をこえて 500m まで	II	
		500m をこえて 700m まで	III	
C	上記以外の地域	海上部及び海岸線から 20m まで	S	影響が激しい 影響を受ける
		20m をこえて 50m まで	I	
		50m をこえて 100m まで	II	
		100m をこえて 200m まで	III	

道路土工 カルバート工指針より



図-9.2.7 塩害の影響度合いの地域区分

表-9.2.4 地域区分 B とする地域

北海道のうち、宗谷総合振興局の礼文町・利尻富士町・利尻町・稚内市・猿払村・豊富町・幌延町、留萌振興局、石狩振興局、後志総合振興局、檜山振興局、渡島総合振興局の松前町・旧熊石町(八雲町)

注) 市町村名は、平成 25 年 12 月現在(179 市町村)の市町村名で記載している。

道路土工 カルバート工指針より

9.2.7.2 設計に用いる荷重

設計に用いる荷重は、主として死荷重、鉛直土圧、水平土圧、活荷重、地盤変位等並びに必要な応じて地震の影響を考慮するものとする。また、冬期間に関しては雪荷重を考慮する必要がある。函内荷重（水重量等）については、検討項目別に考慮しなければならない。

カルバートの規模、土被り、基礎の支持条件に応じて設計を行うものとする。

9.2.7.3 死荷重

ボックスカルバートの設計に用いる鉄筋コンクリートの単位体積重量は $\gamma=24.5 \text{ kN/m}^3$ を標準とする。また、函内荷重（水重量等）がある場合については適宜考慮する。

函内荷重（水重量等）は最も不利となる状態に載荷する。以下に一例を示す。

安定計算時 : 考慮する。

応力計算時(底版) : 考慮しない。

9.2.7.4 土圧

ボックスカルバートは、土と接して構築される構造物であり、ボックスカルバート上面には鉛直方向の土圧が作用し、ボックスカルバート側壁には水平方向の壁面土圧が作用するものとして設計を行う。

1) 鉛直土圧

ボックスカルバート上面に作用する鉛直土圧 p_{vd} は次式により計算する。

$$p_{vd} = \alpha \cdot \gamma \cdot h \quad (\text{kN/m}^2) \quad \dots\dots\dots \text{(式-9.2.3)}$$

ここに、 γ : ボックスカルバート上部の土の単位体積重量 (kN/m^3)

- ① 土の単位体積重量は一般に 18 kN/m^3 としてよい。ただし、これは一般的な土砂の場合であり、この値と大きく異なる盛土材、埋戻し材を用いる場合は締固め試験などによって定めなければならない。
- ② 地下水位以下にある土の単位体積重量は 9 kN/m^3 を差引いた値とする。
- ③ 一般に舗装の部分の単位体積重量も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 : ボックスカルバートの土被り

(舗装表面よりボックスカルバート上面までの距離 : m)

α : 鉛直土圧係数

係数 α はボックスカルバートの支持条件及び h/B_0 の値に応じて表-9.2.5 の値を用いるものとする。

表-9.2.5 鉛直土圧係数

条 件	鉛直土圧係数 α	
	次の条件のいずれかに該当する場合	$h/B_0 < 1$
・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、土かぶり高が10m以上かつ内空高が3mを超える場合	$1 \leq h/B_0 < 2$	1.2
	$2 \leq h/B_0 < 3$	1.35
	$3 \leq h/B_0 < 4$	1.5
・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)}	$4 \leq h/B_0$	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。

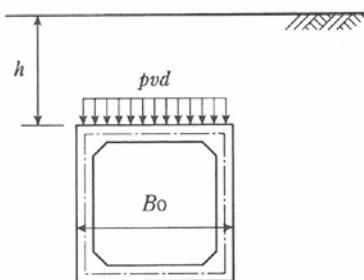


図-9.2.8 鉛直土圧

2) 水平土圧

ボックスカルバート側壁に作用する水平土圧 P_{hd} は次式により計算する。

$$P_{hd} = k_0 \cdot \gamma \cdot z \quad \dots\dots\dots (式-9.2.4)$$

ここに、 k_0 : 静止土圧係数で、通常の砂質土や粘性土 ($w_L < 50\%$) に対しては $k_0 = 0.5$ と考えてよい。

ただし、アーチカルバートの静止土圧係数は $k_0 = 0.3$ 程度とするのがよい。

z : 地表面より任意点までの深さ (m)

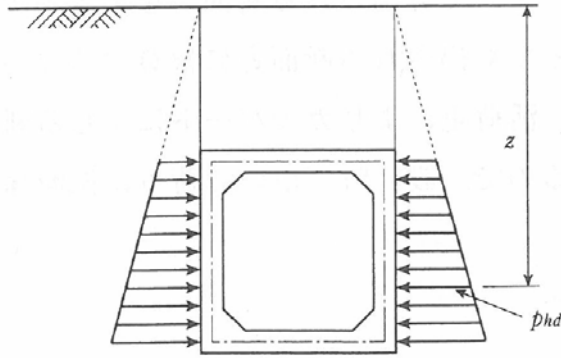


図-9.2.9 側方の土の重量による水平土圧

道路土工カルバート工指針より

9.2.7.5 活荷重

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。活荷重の載荷に際しては、衝撃を考慮するものとする。

活荷重としては車両制限令を基に、後輪の影響を考慮するほか、必要に応じて前輪の影響を考慮するものとする。

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して、カルバート縦断方向単位長さ当たりの活荷重は次式により計算してよい。

- 1) ボックスカルバートの縦断方向単位長さ当たりの荷重は以下による。

$$\text{後輪： } P_{\ell 1} = \frac{2 \times \text{後輪荷重 (kN)}}{\text{車両 1 組の占有幅 (m)}} \times (1 + \text{衝撃係数}) \quad (\text{kN/m}) \cdots \cdots \text{(式-9.2.5)}$$

$$\text{前輪： } P_{\ell 2} = \frac{2 \times \text{前輪荷重 (kN)}}{\text{車両 1 組の占有幅 (m)}} \times (1 + \text{衝撃係数}) \quad (\text{kN/m}) \cdots \cdots \text{(式-9.2.6)}$$

ここに、後輪荷重：100kN (250kN × 0.4)

前輪荷重：25kN (250kN × 0.1)

車両 1 組の占有幅：2.75m

衝撃係数： $h < 4\text{m}$ $i = 0.3$

$4\text{m} \leq h$ $i = 0$

- 2) 土かぶり 4m 未満の場合

後輪および前輪による鉛直荷重 $P_{v\ell 1}$ 、 $P_{v\ell 2}$ は以下による。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-9.2.10(a)** に示す鉛直荷重を、前輪の影響を考える場合は **図-9.2.10(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。

$$P_{v\ell 1} = \frac{P_{\ell 1} \times \beta}{W_1} = \frac{P_{\ell 1} \times \beta}{2h + 0.2} \quad (\text{kN/m}^2) \cdots \cdots \text{(式-9.2.7)}$$

$$P_{v\ell 2} = \frac{P_{\ell 2}}{W_2} = \frac{P_{\ell 2}}{2h + 0.2} \quad (\text{kN/m}^2) \cdots \cdots \text{(式-9.2.8)}$$

ここに、 $P_{\ell 1}$ ：カルバート縦断方向単位長さ当たりの後輪荷重(kN/m)

$P_{\ell 2}$ ：カルバート縦断方向単位長さ当たりの前輪荷重(kN/m)

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)

β ：断面力の低減係数

表-9.2.6 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

道路土工カルバート工指針より

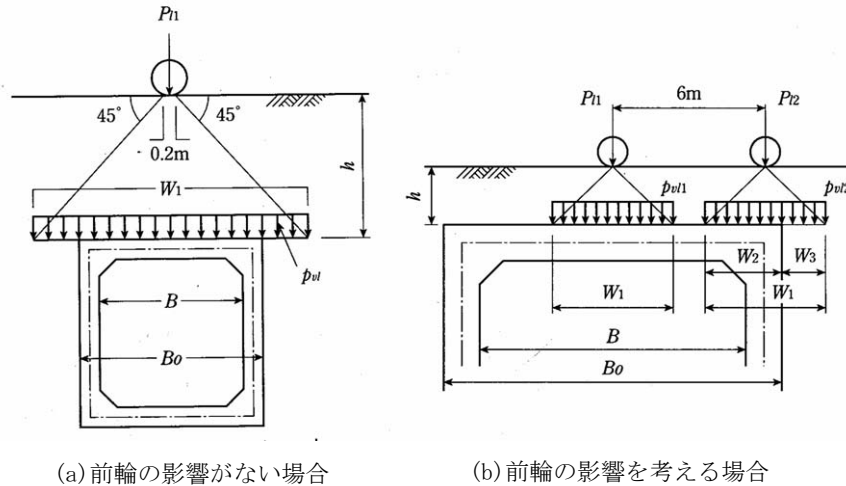


図-9.2.10 活荷重

道路土工カルバート工指針より

3) 土かぶり 4m 以上の場合

土かぶり 4m 以上の場合、活荷重による鉛直土圧として頂版上面に一様に 10kN/m^2 の荷重を考慮するものとする。

4) カルバートに作用する活荷重による水平荷重

深さに関係なく $10\text{kN/m}^2 \times k_0$ をカルバートの両側面に同時に作用させるものとする。

9.2.7.6 雪荷重

雪荷重は、ボックスカルバートの設置地点の実状に応じて適切な値を定めるものとする。

1) 積雪がとくに多くて自動車交通が不能となる場合（非除雪路線含む）

既往の最大積雪深、積雪の頻度、雪の性質を考慮して適切な雪荷重を決定する。資料がない場合は第3章 10年確率最大積雪等深線図を参考にするものとする。この場合の積雪の密度は、一般に 3.5kN/m^3 とする。

2) 圧雪し交通が可能な場合（除雪路線含む）

地域によって積雪深は多少異なるが積雪がある程度以上になれば規定の自動車が通行する機会は極めて少なくなるので、規定の活荷重の外にとるべき雪荷重としては、 1kN/m^2 （圧縮された雪で 15cm 厚）程度をみておけば十分と考え、路面に載荷させる。

9.2.7.7 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、土かぶり高に応じて以下によるものとする。なお、雪荷重、函内荷重（水重量等）がある場合は、適宜以下の組合せに付加させるものとする。

1) 土かぶり 4m 未満の場合

土かぶり 4m 未満の場合には、**図-9.2.11** (a) および (b) の 2 通りの組合せについて計算を行う。

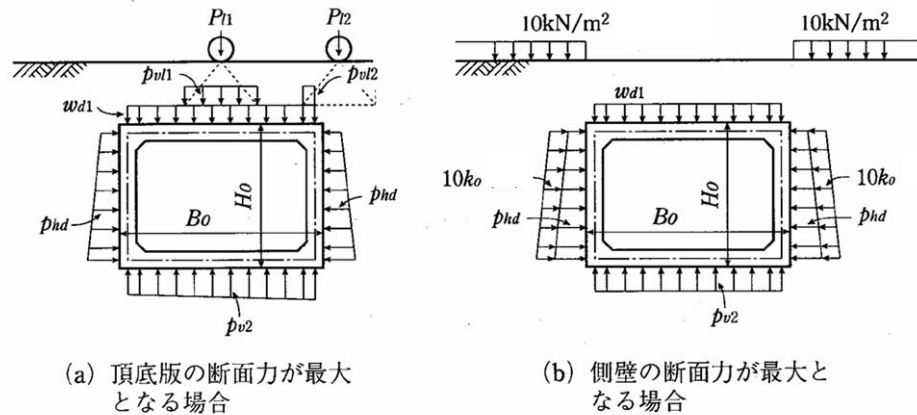


図-9.2.11 土かぶり 4m 未満の場合の荷重の組合せ

道路土工カルバート工指針より

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_{vl1} 、 P_{vl2} : 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)

$10k_o$: 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-9.2.12 の荷重の組合せで断面計算を行う。

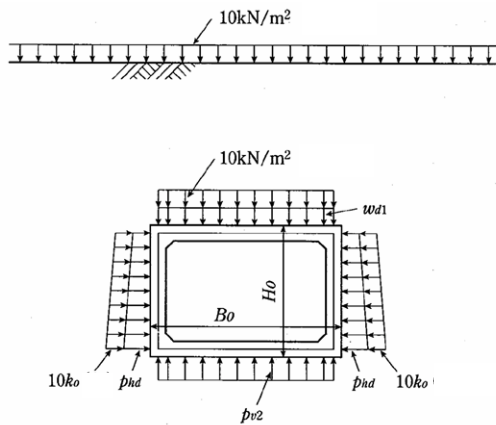


図-9.2.12 土かぶり 4m 以上の場合の荷重の組合せ

道路土工カルバート工指針より

ここに、 W_{d1} : 頂版に作用する死荷重 (kN/m²)

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

P_{vd} : カルバート上載土による鉛直土圧 (kN/m²)

W_{t1} : 頂版死荷重 (kN/m²)

P_{r2} : 底版に作用する反力 (kN/m²)

P_{hd} : カルバート側方の土による水平土圧 (kN/m²)

$10k_o$: 活荷重による水平荷重 (kN/m²)

9.2.7.8 許容応力度

躯体の設計を行う場合の許容応力度は以下を基本とする。

- 1) 使用するコンクリートの設計基準強度は、24N/mm²を標準とする。

表-9.2.7 コンクリートの許容圧縮応力度及び許容せん断応力度 (N/mm²)

コンクリートの設計基準強度(σ_{ck})		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

道路土工 カルバート工指針より

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、道路土工カルバート工指針4-5-2により補正を行うこと。

- 2) 使用する鉄筋の材質は、SD345 を標準とする。また、鉄筋の許容応力度は技術向上委員会報告(H14.1)を参考に部材全てにおいて $\sigma_{sa}=160\text{N/mm}^2$ とする。ただし、土かぶりが小さく頂版など自動車の輪荷重の影響を強く受ける場合は、第8章 橋梁の設計 8.14 許容応力度を参照すること。

表-9.2.8 鉄筋の許容応力度 (N/mm²)

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

道路土工 カルバート工指針より

9.2.7.9 基礎工

カルバートの基礎形式は直接基礎を原則とする。やむをえず杭基礎とするときは、「道路橋示方書・同解説IV下部構造編」に準じて行うこととする。

ボックスカルバートは、橋梁基礎などのように許容される沈下量が極めて小さい構造物とは異なり、カルバートの機能が確保されていれば、ある程度の沈下を許容する構造物と考えられる。軟弱地盤の場合、ボックス部と周辺盛土部の不同沈下（路面の段差）の問題があり、これを抑制する観点から考えると、盛土にある程度追従してボックスカルバートが沈下することの方が良いともいえる。この際の許容沈下量については、現場条件によって種々異なるが、重要度別に目安値が定められている。

また、ボックスカルバートには内空があるため、基礎地盤に作用する荷重は、盛土よりも軽減される。したがって、仮に軟弱地盤上のボックスカルバートであっても、盛土部の安定性及び、残留沈下が許容値を満足していれば、従来までの施工実績からも大きな問題は生じないものと考えられる。

以上のことから、軟弱地盤であっても、ボックスカルバートの基礎形式は直接基礎を原則とする。

なお、基礎の照査方法については、北海道開発局道路設計要領を参考とするのがよい。

表-9.2.9 残留許容沈下量の目安値

		許容残留沈下量の目標値	適用
一般盛土 区 間	市街地	10cm 程度	供用開始後 3年間の沈下量
	郊外地	30cm 程度	
高規格盛土区間		10cm 程度	
橋梁等の構造物との接続盛土部		10cm 程度	

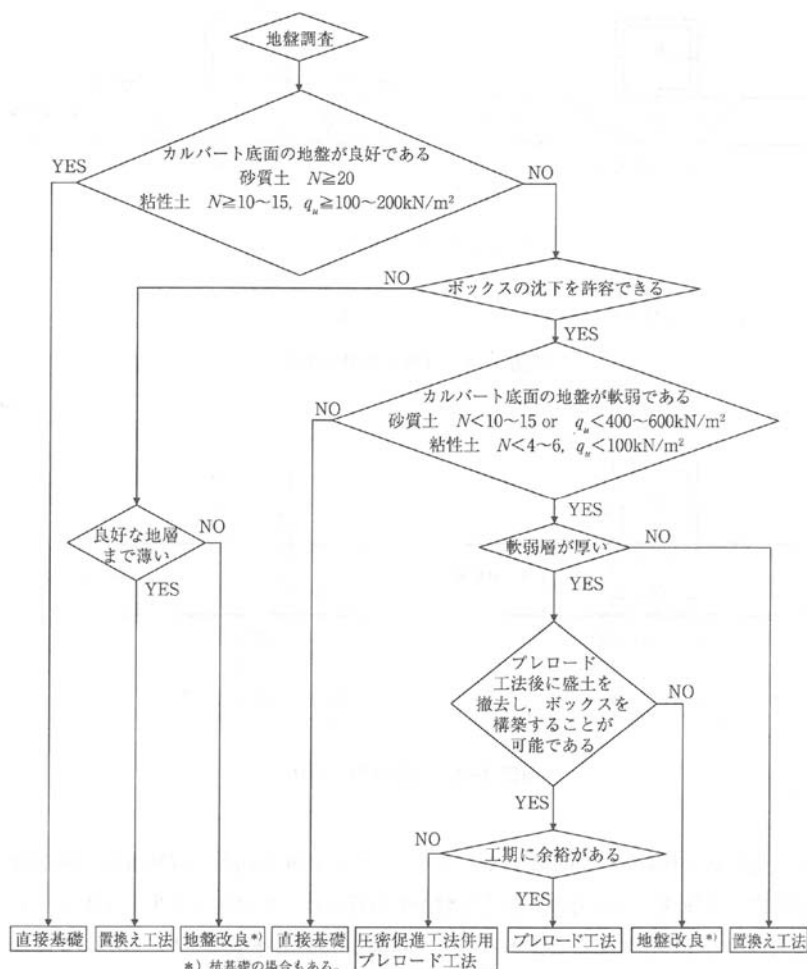


図-9.2.13 ボックスカルバート基礎地盤対策選定フロー

道路土工 カルバート工指針より

- 注) 1) 直接基礎を原則とするため、プレロード・置換え・深層混合処理工法等によっても当該ボックスの許容沈下量以内に収まらない場合に限って杭基礎を用いること。
 2) 許容残留沈下量の目安値は表-9.2.9による。
 3) 「良好な地盤まで薄い」あるいは、「軟弱層が厚い」とは、カルバートの規模、掘削方法など現場条件に合わせて判断する必要がある。一般的に、掘削機械の関係から層厚3m以内を薄いと考えるが、現場条件によっては、施工上4m～5mの箇所でも置換え工法が適用できる。
 4) 圧密促進工法には、真空圧密工法やプラスチックドレーン工法等がある。
 5) 沈下量算定に伴う地盤調査項目は第2章による。

1) 直接基礎

基礎底面の処理は図-9.2.14を標準とし、地質が岩盤及び置換え基礎の場合は、基礎材は除くものとする。

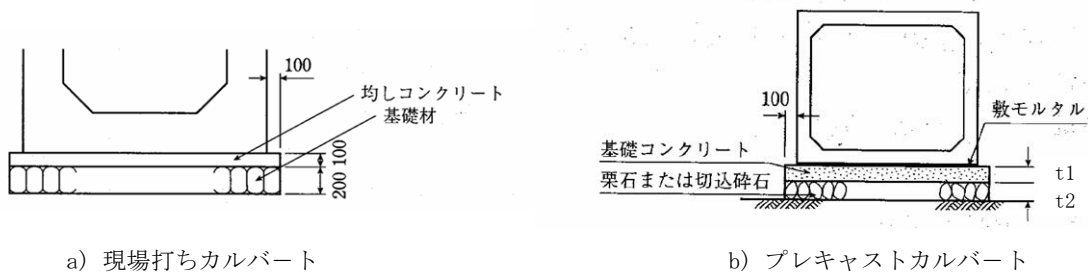


図-9.2.14 基礎底面の処理

道路土工カルバート工指針より

表-9.2.10 プレキャストカルバートの直接基礎の場合の基礎厚さの目安

呼び寸法	t1	t2
600×600～1000×1500	100mm	150mm
1100×1100～2000×2000	150mm	200mm
2200×1800～5000×2500	200mm	250mm

※基礎コンクリートは、無筋コンクリート基礎を標準とする。必要に応じてプレキャスト板及び鉄筋コンクリート基礎を用いる。

2) 置換え基礎および地盤改良による基礎

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。

- ① 地表近くに軟弱層がある場合は、不同沈下が生じるおそれがあるので、良質材料での置換えや土質安定処理により改良地盤を形成して、これを支持地盤とする。その形状は図-9.2.15または、図-9.2.16を標準とする。ただし、図-9.2.15または、図-9.2.16における(a)または(b)の形状については、改良地盤下の地盤の支持力を照査して選定する。こうした地盤改良を行った場合、盛土荷重を含む安定の検討を行うとともに、改良地盤自体についても支持力の照査が必要である。

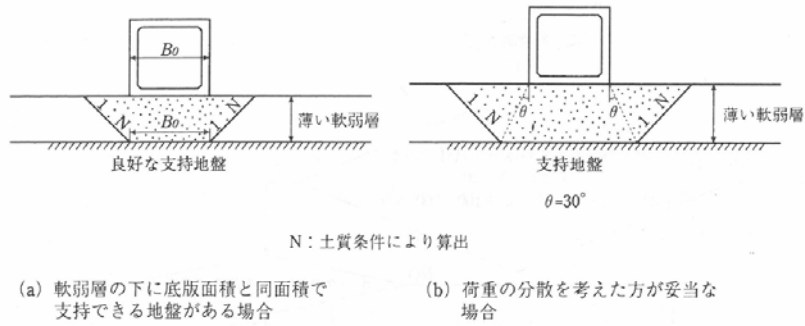


図-9.2.15 置換え基礎の形状

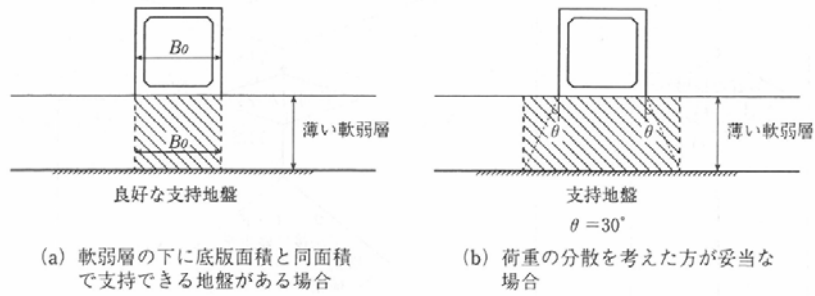


図-9.2.16 改良地盤の形状

道路土工カルバート工指針より

② 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。もしくは、プレロード工法により、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。なお、プレロード工法や上げ越しとの併用時の留意点等、詳細については、道路土工 軟弱地盤対策工指針を参考とする。

③ 支持層が傾斜している場合や、カルバートの横断方向および縦断方向（構造物軸方向）で極端に支持力の異なる地盤がある場合は、不同沈下を生じカルバートに大きな力が作用することがあるので、図-9.2.17 および図-9.2.18 に示すように、置換えコンクリートを施すか、硬い地盤を一部かきほぐすなどして緩和区間を設け、地盤全体がほぼ均一な支持力を持つようにするのがよい。

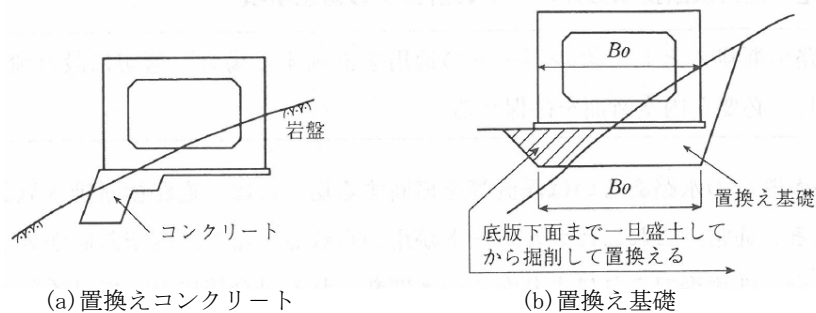
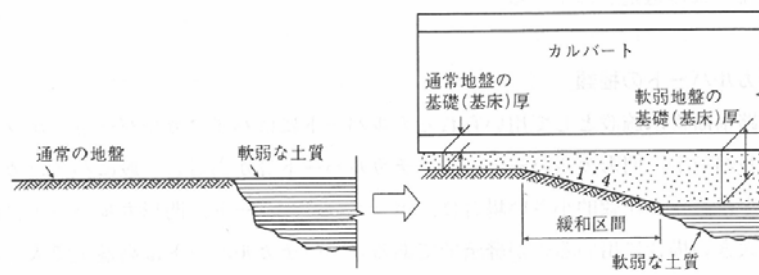
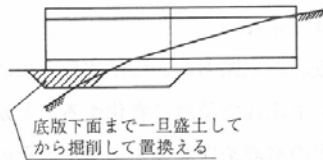


図-9.2.17 横断方向に地盤が変化している場合の対策

道路土工カルバート工指針より



(a) 緩和区間を設置する場合



(b) 置換え基礎の場合

図-9.2.18 縦断方向に地盤が変化している場合の対策
道路土工カルバート工指針より

3) 杭基礎

カルバートの基礎は直接基礎を原則としているが、やむを得ず杭基礎となる場合は、以下に示す事項を考慮し、ここに述べられていない事項については、「道路橋示方書・同解説IV下部構造編及び杭基礎設計便覧」を参考とする。なお、以下に示す事項は、H11 カルバート工指針に記載されている杭基礎に関する留意点を参考としたものである。

- 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PHC 杭が一般に用いられる。
- ③ 設計は常時のみとする。
- ④ 杭頭部はカルバートに50mm以上埋込むものとし、プレキャストカルバートの場合も基礎コンクリートに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。
- ⑤ 杭頭の結合部の応力照査は、底板コンクリートの鉛直方向支圧応力度、押抜きせん断応力度およびせん断力が生じる場合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にかつ均等に受けるようにするものとし、図-9.2.19のように2列配置の場合は側壁軸線近くに配置するのが望ましい。

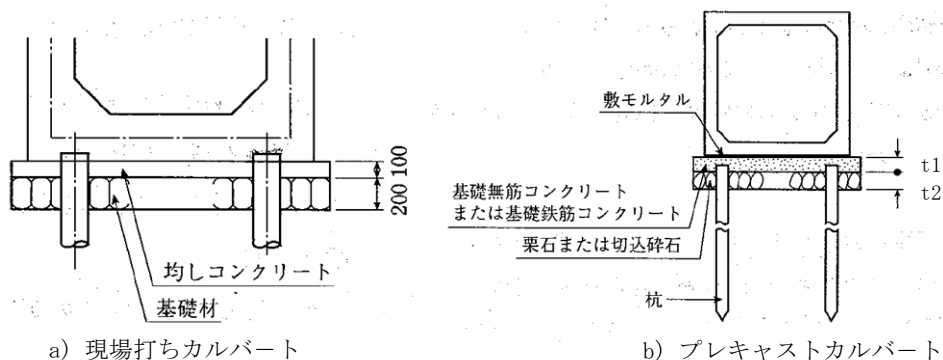


図-9.2.19 杭基礎の結合方法

表-9.2.11 プレキャストカルバートの
杭基礎の場合の基礎厚さの目安

規格（暗渠内幅）	t2
600mm～1000mm	150mm
1100mm～2000mm	200mm
2200mm～3500mm	250mm

なお、プレキャストカルバートの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。

基礎コンクリート厚(t1)は H11 道路土工カルバート工指針では t=250mm～300mm となっているが、基礎鉄筋コンクリートの場合は、杭頭部と基礎コンクリート下側主鉄筋下面までのかぶりなどを含め、基礎コンクリートへの影響について十分な検討を行い基礎厚さを決定する必要がある。

9.2.7.10 構造細目

- (1) 場所打ちボックスカルバートの端部構造は、施工時の配筋・型枠作業を単純化するため、斜角はつけないことが望ましい。ただし、道路または水路管理者の条件や地域住民の条件、支障物件などの理由によりやむを得ず斜角をつけなければならない場合は、「道路土工・カルバート工指針」に準拠する。
- (2) ボックスカルバートの端部にウィングを設置する場合は、端部の地形およびカルバートの形状や規模など総合的に検討し、カルバート本体への過大な荷重伝達や偏荷重などの悪影響を与えないようにする。
- (3) プレキャストボックスカルバートを使用する場合の吞吐口は、カルバートを延長するなど、翼壁を設けない構造とするのが望ましい。止むを得ず翼壁を設ける場合は、自立構造とするなどカルバート本体に悪影響を及ぼさない構造とする。
- (4) カルバート頂版上面の排水も考慮する必要がある。

- (1) 端部構造の形状を単純化することを目的とし、斜角は原則としてつけないものとするが、やむを得ずつける場合でも5度ラウンドとすることが望ましい。
- (2) ①ウィングの厚さはカルバート側壁の厚さ以下とし、その他の形状や取り付け部の補強方法などは「道路土工・カルバート工指針」に準拠することとする。なお、ウィングの設計方法については「建設省制定土木構造物標準設計第1巻手引き」を参考とする。
 ②ウィングの設計に用いる土圧は静止土圧とし、土圧係数はウィング背面が盛土形状であっても0.5を標準とする。
 ③ウィングに作用する荷重は、土圧の他に活荷重、積雪荷重、車両用防護柵を直接設けた場合の衝突荷重など、部材設計に影響する荷重について考慮しなければならない。
- (3) 水路用ボックスカルバートの場合は、上下流端に洗掘防止のため止水壁を設ける。河川用ボックスカルバートの場合は、底版を洗掘深以下としているため、特に止水壁は設けないが管理者との協議確認が必要である。止水壁の深さは図9.2.20に示す上・下流の護岸の根入れ h （普通地盤の場合1m）以上を標準とする。

なお、プレキャストボックスカルバートの止水壁構造については、管理者との協議により決定する。

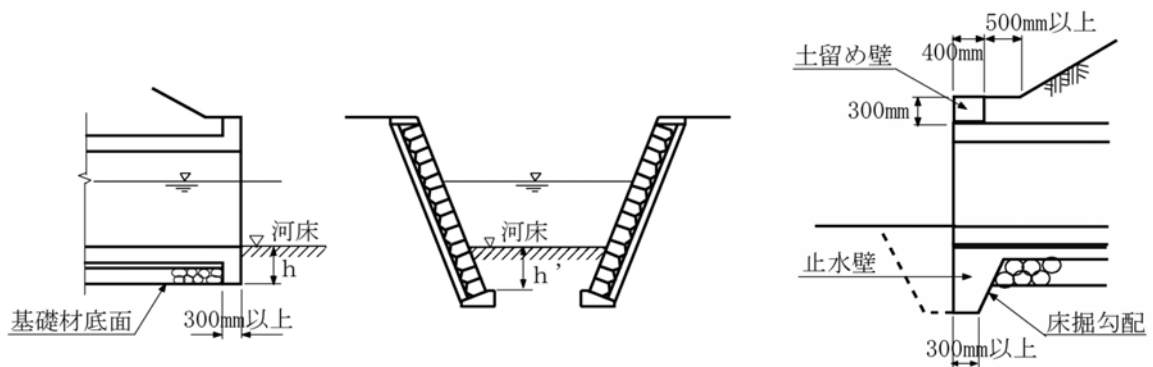


図-9.2.20 止水壁

- (4) 頂版上面の滞水による凍上の影響（土かぶりが小さい場合）が予想される場合には、頂版上面のコンクリート仕上げ面に2%程度の勾配をつけるのが望ましい。

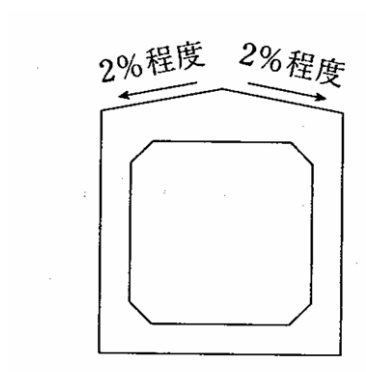


図-9.2.21 頂版の排水処理例

道路土工カルバート工指針より

- (5) その他

水路用ボックスカルバートの設置位置に当たっては、円滑な通水を確保するために、水路状況を十分に考慮して急激な屈曲、勾配の急変を避け、上下流なじみよくすりつけなければならない。