

第 8 章 カルバート工

第 1 節 総則

1. 1 適用の範囲

本章はカルバート工の設計に適用するが、ここに定めていない事項については表-8. 1. 1 に記す関係図書等を参考にするものとする。

なお、道路下に埋設される上・下水道管、共同溝及び地下横断歩道などについては、それぞれが定める技術基準によるものとする。

表-8. 1. 1 関係図書

関係図書	発行年月	発行
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
道路土工要綱	H21. 6	〃
道路土工 軟弱地盤対策工指針	H24. 8	〃
道路土工 仮設構造物工指針	H11. 3	〃
道路橋示方書・同解説 I 共通編 IV 下部構造編	H24. 3	〃
2007 年制定 コンクリート標準示方書 設計編	H20. 3	土木学会
2007 年制定 コンクリート標準示方書 施工編	H20. 3	〃
土木構造物設計ガイドライン	H 8. 6	全日本建設技術協会
土木構造物設計マニュアル(案)	H11. 11	〃
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. 11	〃
土木構造物標準設計第 1 巻 (側こう類・暗きょ類)	H12. 9	〃
設計要領第二集(擁壁編・カルバート編)	H23. 7	高速道路総合技術研究所
道路設計要領(設計編・計画編)	H20. 12	国土交通省 中部地方整備局
P C ボックスカルバート道路埋設指針 (改訂版)	H 3. 10	日本 P C ボックス カルバート製品協会
共同溝設計指針	S 61. 3	日本道路協会
地盤材料試験の方法と解説	H21. 12	地盤工学会

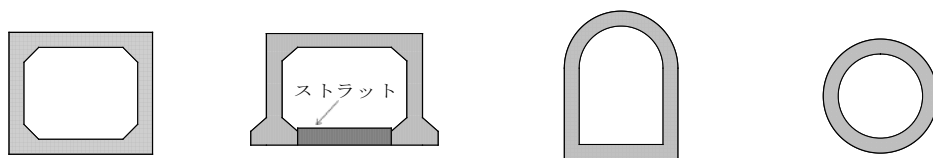
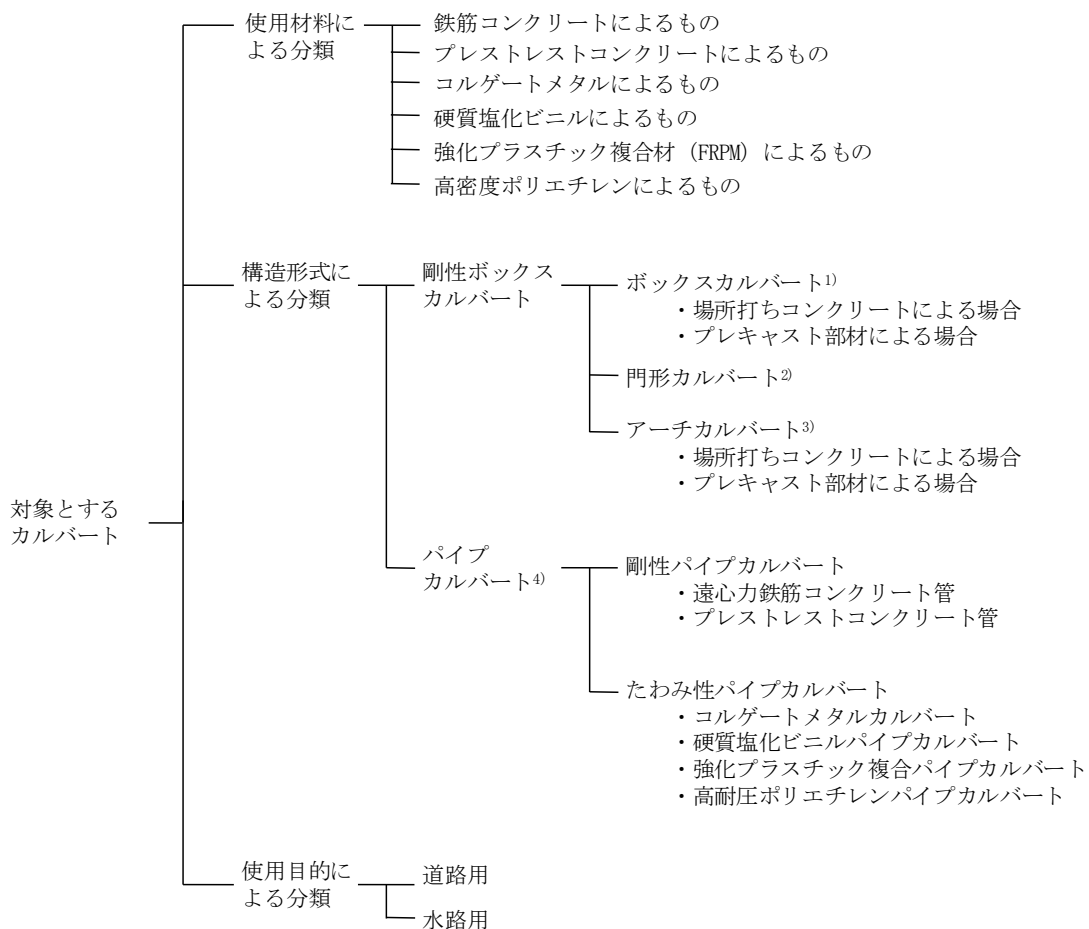
カルバート工においては、日本道路協会から発刊されている「道路土工-カルバート工指針」が最も一般的に用いられている。同指針は、平成22年3月に改訂され、指針が対象とする構造物を明らかにし、性能規定の枠組みを取り入れた設計法を採用する際に基づくべき、解析手法、設計方法、材料、構造等に関する基本的な考え方を示した。また、性能規定に関する基本的な考え方における従前の慣用的な設計法の位置づけを示し、従前の慣用的な設計法によるカルバートとそれ以外の方法により設計するカルバートとを明確化した。さらに、従前の慣用的な設計法によるカルバートにおいても、構造物本体、基礎、埋戻し、構造細目等の項目を揃え、各項目で満たすことが必要となる要件や使用等を整理した。そして、カルバートの構築に関する基礎知識として必要となる、カルバートの変状・損傷の主な発生形態の記述の具体化、カルバートにおける基礎地盤対策の考え方の整理、高耐圧ポリエチレン管等の新材料の追記を行った。したがって、カルバートを計画する場合は、まず「道路土工-カルバート工指針」により全体像を把握するものとする。

なお、「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)」および「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)は他の基準に優先して適用するものとする。

1. 2 カルバートの概要

従来型カルバートは、構造形式から剛性ボックスカルバート、剛性パイプカルバート及びたわみ性パイプカルバートに分類する。

従来型カルバートの種類を図-8.1.1に示す。剛性ボックスカルバートは、矩形(ボックス型)ないし頂部が半円形の内空断面を有する比較的剛性の高い構造のカルバートである。パイプカルバートは一般に円形の内空断面を有するもので、剛性パイプカルバートは鉛直土圧に対するたわみ量が小さい構造体である。これに対し、たわみ性パイプカルバートは、薄肉でたわみ性に富む構造体であり、鉛直土圧によってたわむことによりカルバートの両側の土砂を圧縮し、そのとき反力として生じる水平土圧を受けることによってカルバートに加わる外圧を全周に渡り均等化して抵抗するものである。さらに、図-8.1.1に示すように、従来型カルバートは使用される材料の違い等からも多くの種類に分類される。



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-8.1.1 従来型カルバートの種類

(出典：道路土工—カルバート工指針(平成 21 年度) P7)

1. 3 従来型カルバートの適用条件

対象とするカルバートの一般的な土かぶり及び断面の適用範囲は表-8.1.2のとおりとする。ただし、地盤条件などによって表-8.1.2の適用範囲を超える場合には詳細な検討を加え、合理的な設計を行わなければならない。

慣用設計法を適用するに当たっては、原則として表-8.1.2に示す適用範囲内であるとともに、以下の条件 1) ~7) に適している必要がある。

表-8.1.2 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
	門形カルバート		0.5 ~ 10	内空幅 B: 8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
剛性パイプカルバート	遠心力鉄筋コンクリート管		0.5 ~ 20 注 2)	3 まで
	プレストレストコンクリート管		0.5 ~ 31 注 2)	3 まで
たわみ性パイプカルバート	コルゲートメタルカルバート		(舗装厚+0.3)または0.6の大きい方~60 注 2)	4.5 まで
	硬質塩化ビニルパイプカルバート (円形管 (VU) の場合) 注 3)		(舗装厚+0.3)または0.5の大きい方~7 注 2)	0.7 まで
	強化プラスチック複合パイプカルバート		(舗装厚+0.3)または0.5の大きい方~10 注 2)	3 まで
	高耐圧ポリエチレンパイプカルバート		(舗装厚+0.3)または0.5の大きい方~26 注 2)	2.4 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。 注 3) 硬質塩化ビニルパイプカルバートには、円形管 (VU, VP, VM) , リブ付円形管 (PRP) があるが、主として円形管 (VU) が用いられる。				

(出典：道路土工—カルバート工指針(平成 21 年度) P10)

- 1) 裏込め・埋戻し材料は土であること
- 2) カルバートの縦断方向勾配が 10%程度以内であること
- 3) 本体断面にヒンジがないこと
- 4) 単独で設置されること
- 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

1. 4 従来型以外のカルバート等

表-8.1.2 に示す従来型カルバートの適用範囲外である場合や、構造形式や規模、材料、土かぶりが全て表-8.1.2 に示す適用範囲内であっても「1.3 従来型カルバートの適用条件」の 1) ~7) の各条件を満たしていない場合は原則として「第 3 節 設計一般」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。ただし、適用範囲と大きく異なる範囲で従来型カルバートと同様の材料特性や構造特性を有すると認められる場合には、慣用設計法の適用を妨げるものではない。なお、従来型カルバートの適用範囲を特に大きく超える大規模なカルバートについては「第3節 設計一般」に示す性能規定的な考え方にに基づき、適切な方法で設計を行うこととする。

カルバートの技術には、施工の省力化や工期短縮等、社会の動向や時代の要請に応じた変遷がみられる。最近の動向としては、以下に示すようなものがある。

これらのカルバートの適用に当たっては、カルバートが設置される現地条件も多様化していることを踏まえて、現地条件への適用性等について十分検討するとともに、他の工法と比較検討のうえで採用する必要がある。

1) プレキャスト製品の大型化

従来型カルバートの適用範囲を超える規模の、大型ボックスカルバートやアーチカルバートが開発されている。

2) プレキャスト製品の長尺化

ボックスカルバートでは縦断方向の長さを従来製品の2倍程度とした4m長尺ボックスカルバートが開発されている。

3) 材料の多様化

剛性パイプカルバートにおいて薄肉鋼管に膨張性コンクリートを遠心力製法によりライニングした高耐圧の複合管が開発されている。また、剛性パイプカルバートや剛性ボックスカルバートにおいて、硫化水素環境中でも耐用年数を向上させたコンクリートやレジコンクリートを用いたもの等がある。

4) 継手部の耐震性の向上

ボックスカルバート、アーチカルバート、鉄筋コンクリートパイプカルバート等では、本体や継手部に伸縮・耐久性の高いゴムを内蔵あるいは後付けし、耐震性能を高めた構造も開発されている。

5) 大きな土かぶりに対する対応

土かぶりが数十mに及ぶ場合等で、ソイルセメントを用いて部分的に人工地山を築き、その後内部を掘削して必要な内空断面を完成させる工法や無筋コンクリートを用いた工法が開発されている。ただし、これらの工法については、非開削で掘進する工法であるため、本マニュアルでは取り扱わない。

1. 5 カルバートの変状・損傷の主な発生形態

カルバートの変状・損傷としては主に以下のものがあり、カルバート工の実施に当たって留意しなければならない。

- (1) 常時の変状・損傷
- (2) 異常降雨による変状・損傷
- (3) 地震による変状・損傷
- (4) 特殊な環境による変状・損傷

(1) について

(a) 隣接区間との段差の発生

カルバートの設置区間と隣接する盛土区間との境界部において、段差が生じることがある(図-8.1.2)。段差は、裏込め材の締め固めが不足する場合に、長期に渡る活荷重の作用による裏込め材の体積圧縮、あるいは、軟弱地盤の圧密沈下により隣接する盛土区間が沈下することによって誘発される。

段差が大きくなると、走行性等、上部道路の機能が低下するため、裏込め材を十分に締め固めることが重要である。また、カルバートの頂部と隣接する盛土区間の間の不同沈下に伴う段差が生じるのを避けるため、カルバートと隣接する盛土区間が一体として挙動する直接基礎が望ましい。

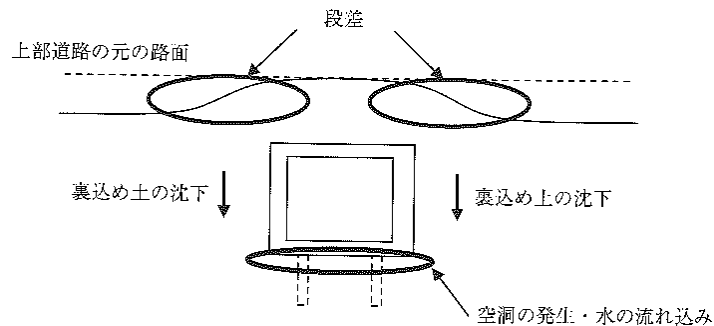


図-8.1.2 カルバート前後区間での段差

(出典：道路土工—カルバート工指針(平成21年度) P14)

(b) カルバートの沈下

軟弱地盤上のカルバートについては、常時でもカルバートと前後の盛土の間の不同沈下に伴う隣接する盛土区間との段差、隣接する盛土区間の沈下に伴うカルバートの沈下、継手部の開きやそこからカルバート内部へ地下水の侵入、カルバートの滞水が発生することがある(図-8.1.3)。

このような沈下に対処するため、一般にプレロードによりあらかじめカルバート及び隣接する盛土区間の基礎地盤を圧密沈下させる方法や上げ越し施工が行われる。

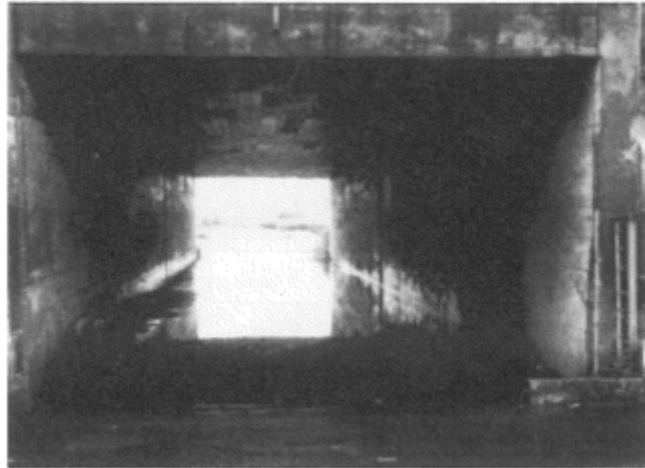


図-8.1.3 カルバートの沈下による滞水

(出典：道路土工—カルバート工指針(平成 21 年度) P15)

(2)について

沢，溪流等においては，異常な豪雨の際に水だけでなく多量の土砂及び流木の流下，あるいは土石流が発生して，水路カルバートの通水阻害に至ることがある（図-8.1.4，図-8.1.5）．

地下横断道路において，異常な集中豪雨時に滞水して交通に支障をきたす場合もある．流量の算定については，「道路土工要綱共通編 第2章 排水」による．

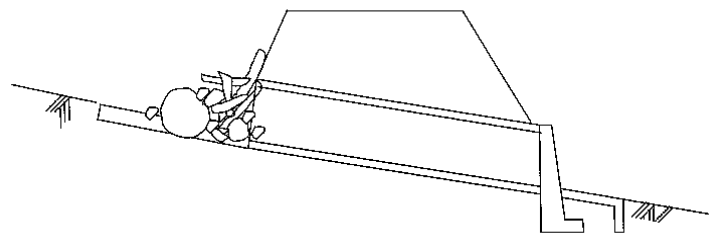


図-8.1.4 カルバートの閉塞状況

(出典：道路土工—カルバート工指針(平成 21 年度) P15)

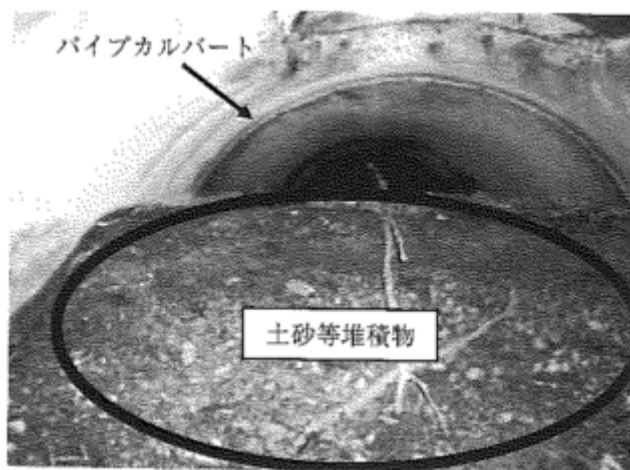


図-8.1.5 土砂流入による水路カルバートの通水阻害

(出典：道路土工—カルバート工指針(平成 21 年度) P16)

(3)について

(a) 段差の発生

基礎地盤が軟弱粘性土地盤またはゆるい飽和砂質地盤の場合、カルバートの変形が軽微であっても、盛土や原地盤の側方流動やすべり破壊等により生じる不同沈下により、カルバートの前後で路面の段差が生じることがある(図-8.1.6)。また、盛土区間のすべりや崩壊は見られなくても裏込め材の体積圧縮により、カルバートの前後で路面の段差が生じる場合がある。



図-8.1.6 地震によりカルバート区間で発生した段差

(出典：道路土工—カルバート工指針(平成21年度) P17)

(b) 継手部の開き

ゆるい飽和砂質地盤上に構築されたカルバートは、基礎地盤の液状化に伴って大きな変形を生じる場合がある。また、軟弱地盤上のカルバートで地下水位が高い場合には、地下水以下の基礎地盤の置換え砂や埋戻し部が液状化し、カルバートに過大な沈下や、浮上りが生じる場合がある。図-8.1.7に地震によってカルバートの継手が開いた例を示す。

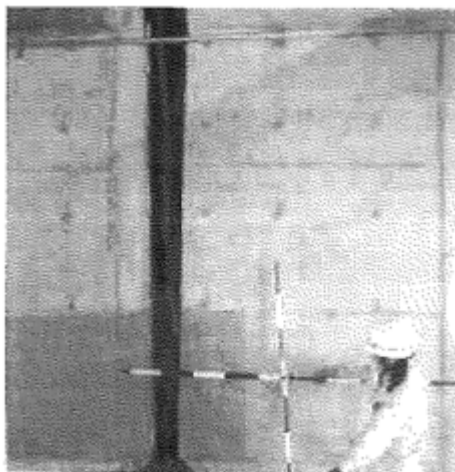


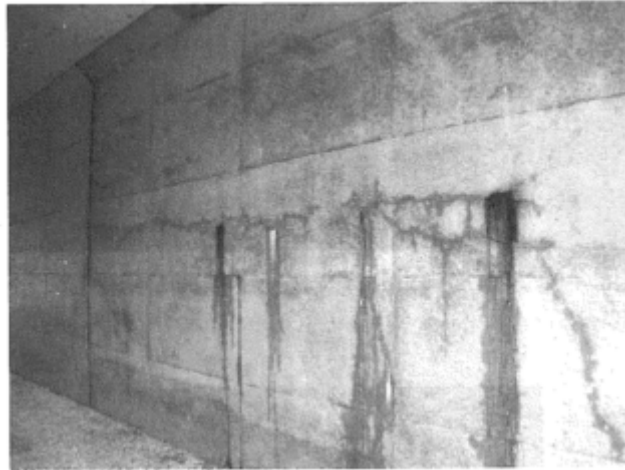
図-8.1.7 継手部の開き

(出典：道路土工—カルバート工指針(平成21年度) P17)

(4) について

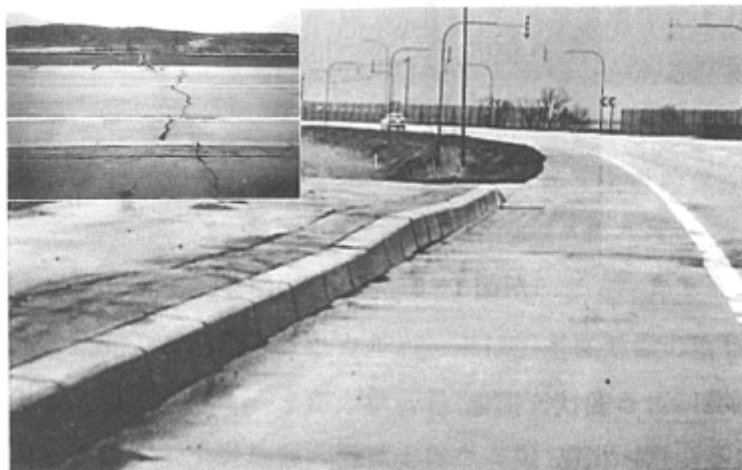
(a) 凍上による変状・損傷

低温下では、裏込め土の凍上により側壁部に過大な力が作用してカルバートが損傷する場合がある（図－8.1.8）。また、寒冷地において土かぶりが薄い場合、路面とカルバート内部の両方からの冷却により、路盤や路床の凍上が起き、カルバート直上の路面が押し上げられて舗装面のクラックが発生しやすくなる（図－8.1.9）。凍上対策については「道路土工要綱共通編 第3章 凍上対策」によるものとする。



図－8.1.8 凍上によりボックスカルバート側壁に発生したクラック

（出典：道路土工－カルバート工指針(平成 21 年度) P18)



図－8.1.9 凍上によるボックスカルバート上の舗装の押し上げと亀裂

（出典：道路土工－カルバート工指針(平成 21 年度) P18)

(b) 化学的環境による腐食

カルバートが強酸性土壌、強アルカリ性土壌や汚水にさらされる場合は、その影響を受けて本体が腐食することがある（図－8.1.10）。カルバートを強酸性土壌、強アルカリ性土壌や汚水にさらされる可能性がある場所に設置する場合は、本体の表面にめっきや塗装を施す。

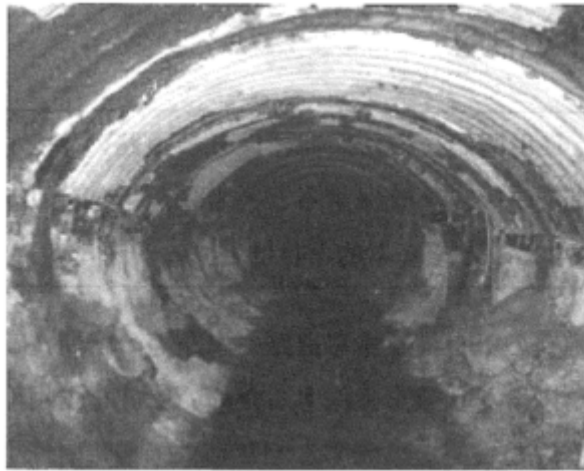


図-8.1.10 コルゲートメタルカルバートの腐食
(出典：道路土工—カルバート工指針(平成21年度) P19)

第 2 節 調査・計画

2. 1 基本方針

計画に当たっては、カルバートが必要となる理由を明確にし、その目的に十分対応できる計画を立てるとともに、道路の設計・施工に適し、かつ経済的に有利となる種類を選定しなければならない。

カルバート工の実施に当たっては、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。

(1) カルバート工を実施するに当たり常に留意しなければならない基本的な事項を以下に示す。

- 1) 使用目的との適合性
- 2) 構造物の安全性
- 3) 耐久性
- 4) 施工品質の確保
- 5) 維持管理の容易さ
- 6) 環境との調和
- 7) 経済性

(2) カルバートの設計条件が、標準設計の適用範囲に含まれるか否かを確認し、含まれる場合には積極的に標準設計を利用する。この場合標準設計は、良質な基礎地盤上に設けられる、1ブロック長 15m未満の設計であることに注意する必要がある。なお、標準設計を利用して設計委託をする場合には特記仕様書でその旨を明示しなければならない。

標準設計におけるパイプカルバート及びボックスカルバートの収録範囲については「参考資料-01 標準設計」を参照する。

(3) カルバートを計画する場合の一般的な手順を、図-8.2.1 に示す。

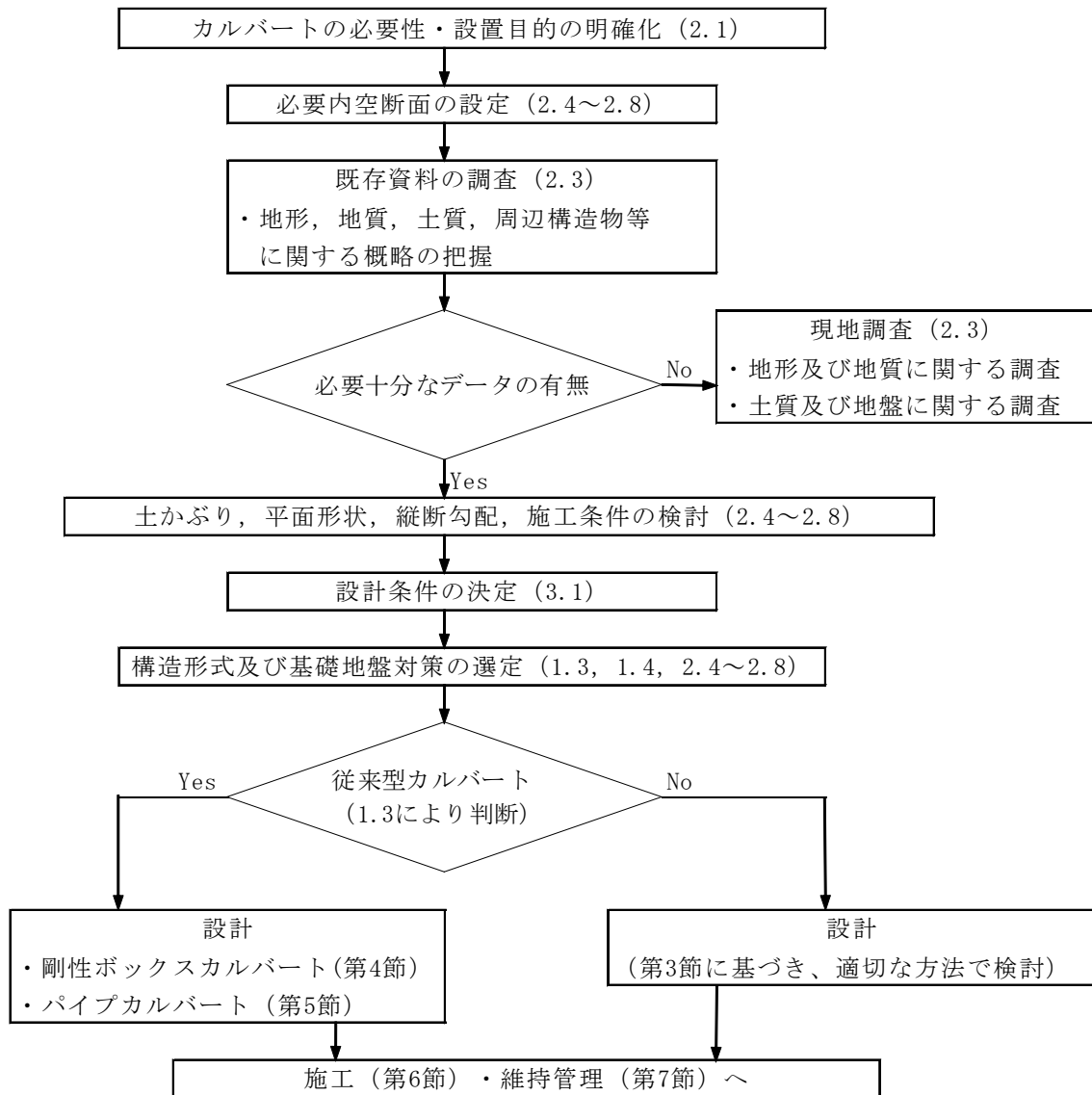


図-8.2.1 カルバートの調査・計画，設計の流れ

(出典：道路土工—カルバート工指針(平成21年度) P22)

2. 2 計画における配慮

カルバートの計画に当たっては、設計・施工の省力化の促進を念頭において、以下の事項に配慮しなければならない。

- (1) 構造物形状の単純化
- (2) 使用材料および主要部材の標準化・規格化
- (3) 構造物のプレキャスト化

(1) について

「土木構造物設計ガイドライン(H. 8. 6)」, 「土木構造物設計マニュアル(案)(H11. 11)」ではボックスカルバートにおいても下側ハンチの除去など構造物の単純化が図られている。

カルバートの形状は各々の現場の施工条件や制約条件により決定されるものであるが、その際にも断面を矩形にするなど、常に形状の単純化を念頭に置いて計画しなければならない。

(2) について

使用材料および主要部材を標準化・規格化することにより、規格の統一を図り、従来の複雑になりがちであった配筋・型枠作業などの省力化を図るものとする。

(3) について

場所打ちよりもプレキャスト化したほうが、工期短縮や現場作業の省力化など、総合的に有利になると考えられるものについては、プレキャストの採用を図るものとする。

2. 3 調査

2. 3. 1 調査の基本方針および調査・検討事項

カルバートの計画に用いる地層構成や土質定数は、ボーリング調査及び土質試験などの結果を有機的に組み合わせて定めることを原則とする。

カルバートを合理的かつ経済的に計画、設計、施工を行うためには、地形及び地質、土質、周辺構造物、施工条件などについて調査を行い、必要な資料を得るものとする。一般的な調査計画および地盤調査などの調査方法については、「地盤材料試験の方法と解説(平成21年,(社)地盤工学会)」を参照する。

また、以下の事項について調査・検討を行い、それらを総合的に勘案してカルバートの計画を進める必要がある。

- (1) 地層の性状及び傾斜
- (2) 地表水の状況、地下水位の有無、伏流水の系統、方向、水量など
- (3) 基礎地盤の支持力
- (4) カルバートの設置が計画される原地盤または盛土を構成する土の性質
- (5) 裏込めに用いる盛土材の特性

2. 3. 2 調査事項

カルバートの形状寸法・基礎形式を検討するためには、設計・施工の各段階に応じた調査計画に基づき、必要な地盤調査を行うものとする。

(1) 地形・地質及び地表水・地下水に関し、以下の項目について調査を行う。

- 1) 地層の性状及び傾斜
- 2) 地表水の状況、地下水の有無、伏流水の系統、方向、水量等

(2) 土質及び地盤に関し、以下の項目について調査を行う。

- 1) 土圧の計算及び土質特性の確認に必要な設計定数に関する調査
- 2) 基礎地盤の支持力の計算に必要な設計定数に関する調査
- 3) 圧密沈下の検討に必要な設計定数に関する調査

(3) 周辺構造物がある場合には、周辺構造物の構造形式・健全度等の状況、設計図書・施工記録等の資料について調査を行う。

(2) について

裏込め材・埋戻し材または盛土に使用する土質材料に対し、鉛直土圧及び水平土圧の計算に用いる土の単位体積重量、強度定数(粘着力、せん断抵抗角)等を求め、これらの土質特性として、土の締固め特性や粒度分布、液性・塑性限界等を確認するための調査が行われる。

地盤が粘性土層で軟弱な場合は、基礎地盤の支持力の計算に必要な設計定数に関する調査の検討と併せ、圧密沈下に対する検討が必要である。

基礎地盤の支持力の検討に必要な定数を求めるために、ボーリング等地質調査を行う目安を図-8.2.2に示す。また、地質調査を行った場合、施工に際し、必要な支持力が得られるか試験を行う。

なお、本フローチャートは、本県独自に設けた基準であり、あくまで一般的な施工条件での適用を想定している。したがって、擁壁工や盛土工において別途、地盤改良等を検討している工区、近隣の橋梁工等で実施した地質調査結果が使用できる場合などは、本フローチャートによらず、柔軟に対応することができるものとする。

表-8.2.1に一般的な地盤調査の試験項目を示すが、特殊な構造および施工に際しては、必要に応じて他の試験項目も適宜追加して検討を加えるものとする。

なお、調査位置については、現地の状況に応じて適切な位置を選定するものとする。

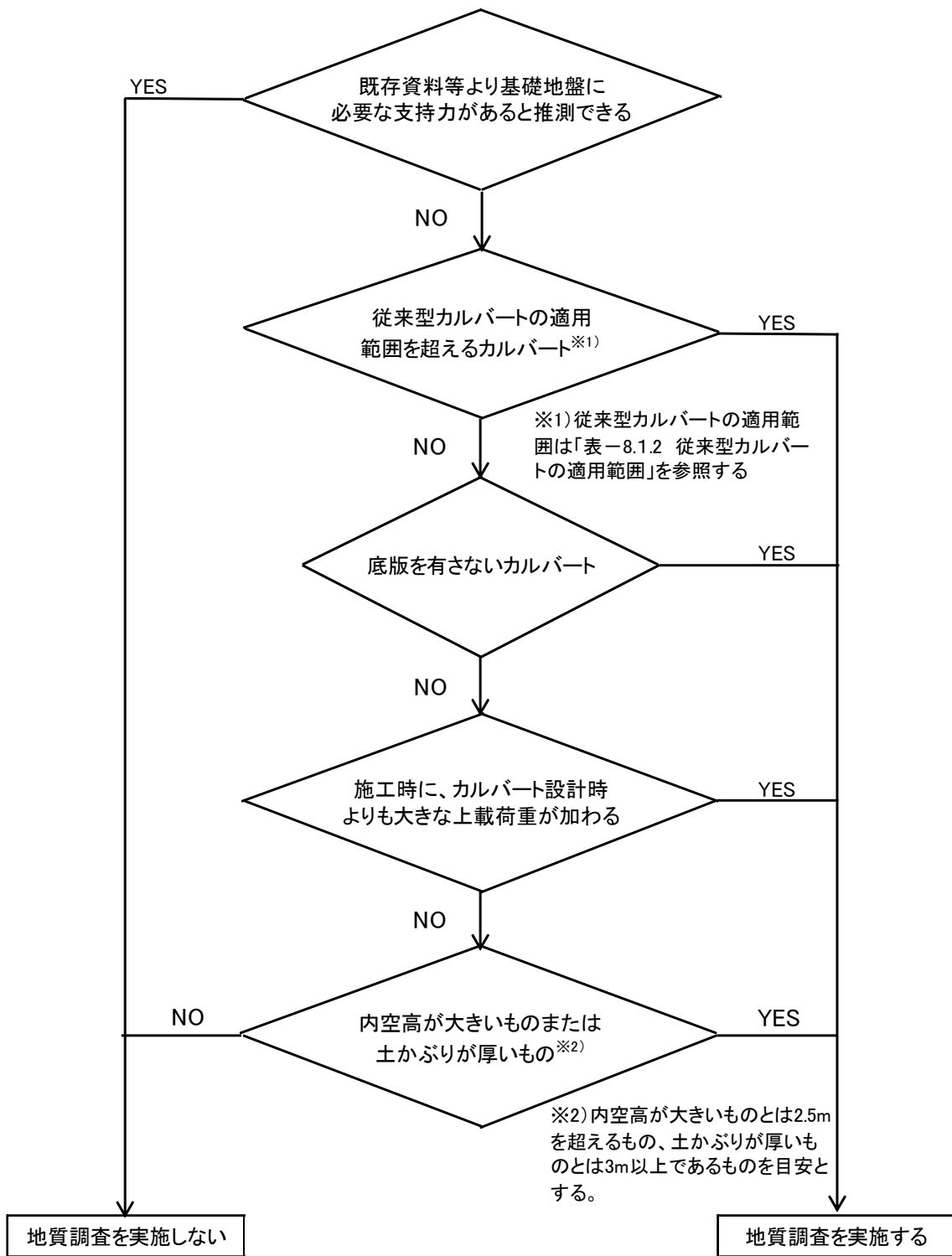


図-8.2.2 地質調査を行う目安のフローチャート

表-8.2.1 地盤調査の種類

試験の項目	試料採取		室内試験						原位置試験						得られる定数	調査頻度		
	ボーリング	サンプリング	土粒子の密度試験	含水比試験	粒度試験	土の締め固め試験	液性・塑性限界試験	一軸圧縮試験	三軸圧縮試験	圧密試験	土の湿潤密度試験	平板載荷試験	横方向K値測定	サウンディング				
														標準貫入試験			静的コーン管入試験	サウエーディング式
調査の目的																		
土圧の計算及び土質特性の確認			○	○	○	○	○	○	○	◎							$\gamma, c, \phi, w, W_L, W_P$	
基礎地盤の支持力の計算	◎	◎	○					◎	◎		◎	○	◎	△	△		$c, \phi, Q_{u, N}$ 値	
圧密沈下の検討	◎	◎	○	◎			◎		◎						△	△	C_c, C_v, m_v	
試料の種類			乱した	乱した	乱した	乱した・粘性土	乱した・粘性土	粘性土	粘性土									

注) ◎：特に有効な調査方法
 ○：有効な調査方法
 △：場合によっては用いられる調査方法

(出典：道路土工—カルバート工指針(平成21年度) P29)

2. 4 断面形状の決定

カルバートの断面形状は、矩形を標準とする。

カルバートは、その目的に応じて所要の断面を確保するとともに、供用後の変状にも対処できるよう余裕を見込んで断面を決定しなければならない。

なお、利用目的に応じて、道路または水路管理者と協議を行うものとする。

(1) 道路用カルバート

道路用カルバートは、盛土による地域分断、在来通路の遮断に対して設けられるものであり、その設計計画にあたっては、設置する位置、断面についてそれを利用する者の調査を行う必要がある。また、目的を明確にし、在来通路の幅員、交通量、交通の種別、近接地の将来計画などを総合的に検討した上で、カルバートの断面形状を決定する必要がある。

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。

(2) 水路用カルバート

(a) 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、「第7章 排水工」によって計算するものとする。

(b) 内空高さは、所要の余裕高を確保すること。

内空高さは、カルバート設置地点、種類、形状寸法および水路の性状などにより、必要な余裕高を確保するように決定しなければならない。

カルバートの通水断面は、「第7章 排水工」によって計算した計画流量にもとづき決定

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とともに、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、60cm以上の内空高を確保することが望ましい。

2. 5 平面・縦断形状の決定

- (1) カルバートの平面形状は、内部空間の機能を満足し、かつ上部道路との平面交差角ができるだけ大きく（90°に近く）なるように決定しなければならない。
- (2) カルバートの縦断勾配は、道路用カルバートの場合、道路構造令に定める道路の縦断勾配以下とし、かつ排水勾配をつけるものとする。また、水路カルバートの場合は、維持管理上安全で、かつ多量の土砂堆積を生じないような勾配としなければならない。

(2) について

溪流のような勾配が極めて急な地点にカルバートを設置するに当たり、施工上の問題、すべりの問題、土砂による摩耗の問題等が生じるおそれのある場合には、カルバートの勾配を10%程度以内にするのが望ましい。

地下水位以下に設置する道路用カルバートには、原則として防水工を施し、地下水の浸透を防止する。

2. 6 構造形式の選定

構造形式の選定に当たっては、その特徴を理解し、使用目的、内空断面や土かぶりのほか、設置箇所の地形・地質、土質・地盤、施工条件等を考慮のうえ、合理的かつ経済的となるよう選定しなければならない。

カルバートには、図-8.1.1に示した種類がある。

各構造形式の特徴と適用区分は、「道路土工-カルバート工指針(3-3-1(2)構造形式の選定)」を参照する。

2. 7 基礎地盤対策の選定

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。

基礎形式の選定については、「道路土工-カルバート工指針(3-3-1(3)基礎地盤対策の選定)」を参照する。

- (1) カルバートの基礎形式は、直接基礎が望ましいが、これによりがたい場合は基礎地盤の支持力を十分に調査して、それに対応した安全な設計をするものとする。図-8.2.3に選定フローの例を示す。

(2) 地表近くに軟弱層がある場合は、不同沈下が生じる恐れがあるので、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。

置換え基礎の形状と改良地盤の形状を図-8.2.4及び図-8.2.5に示す。

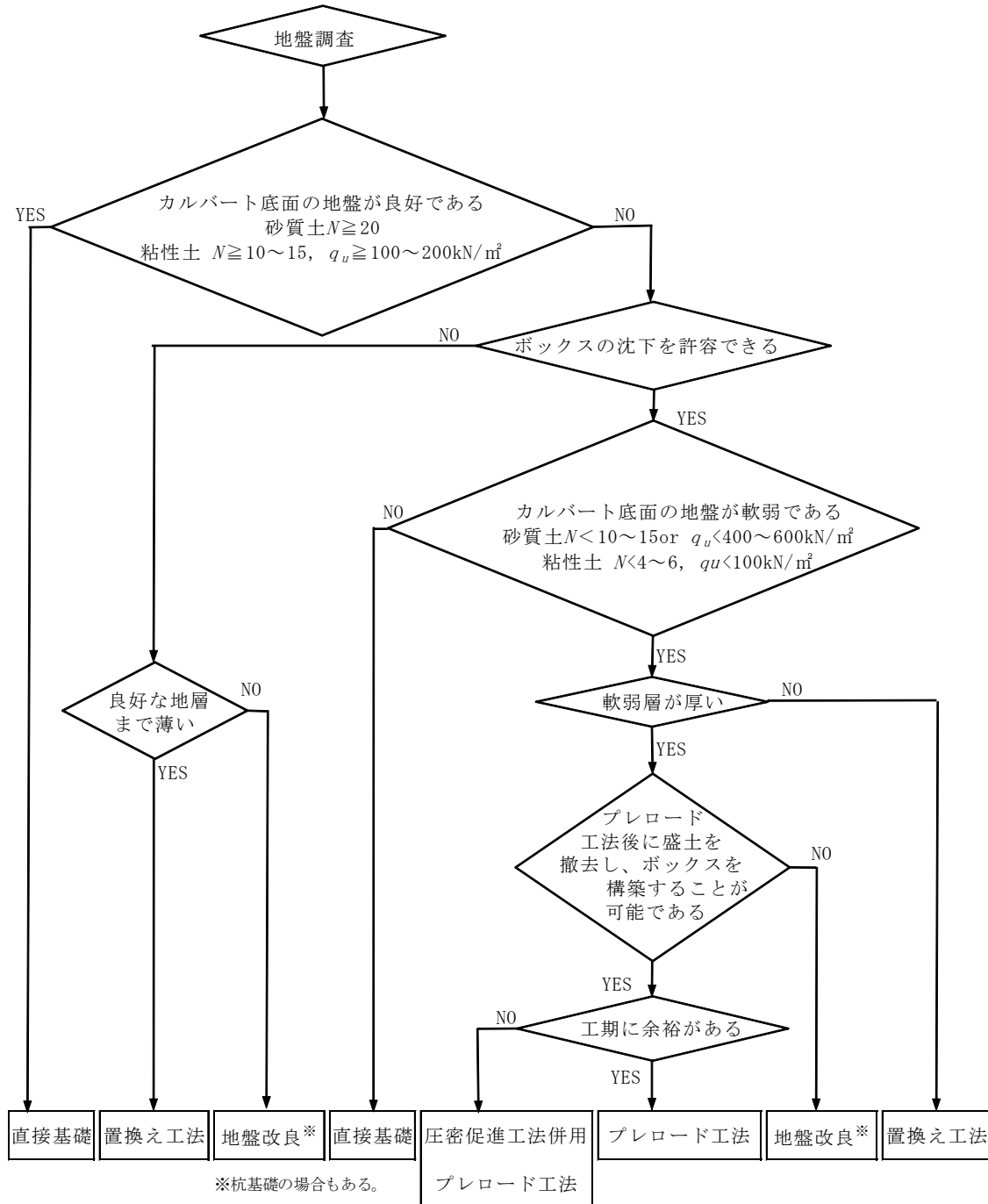
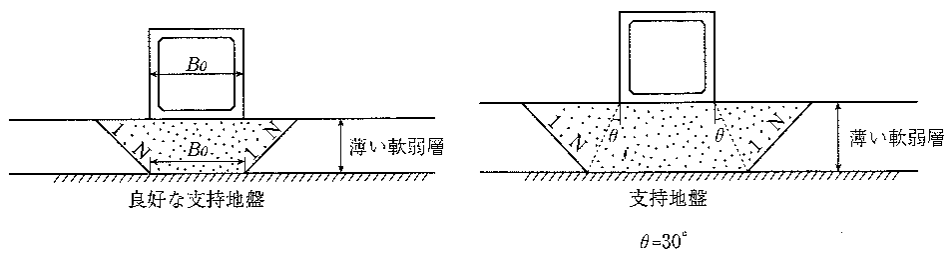


図-8.2.3 ボックスカルバート基礎地盤対策選定フローの例

(出典：道路土工—カルバート工指針(平成21年度) P39)



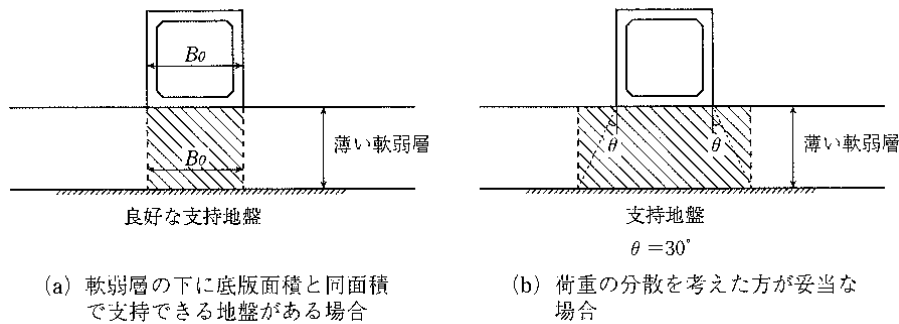
N : 土質条件により算出

(a) 軟弱層の下に底版面積と同面積で支持できる地盤がある場合

(b) 荷重の分散を考えた方が妥当な場合

図-8.2.4 置換え基礎の形状

(出典：道路土工—カルバート工指針(平成21年度) P40)



(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-8.2.5 改良地盤の形状

(出典：道路土工—カルバート工指針(平成21年度) P40)

(3) 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どの配慮が必要である。

プレロード工法の詳細については「第3章 土工(第9節 軟弱地盤上の盛土)」及び「道路土工—軟弱地盤対策工指針(6-3-4 盛土載荷重工法)」を参考とする。

(4) 水路カルバートなどで機能面から沈下が許されない場合や、軟弱地盤で(3)の効果があまり期待できない場合に、やむを得ず杭基礎のような大きな沈下量を供用しない構造を用いた場合には、周辺地盤の沈下に伴う上載荷重の増加と道路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。

場所打ちボックスカルバートにおける杭基礎(2列配列)の例を図-8.2.6に示す。

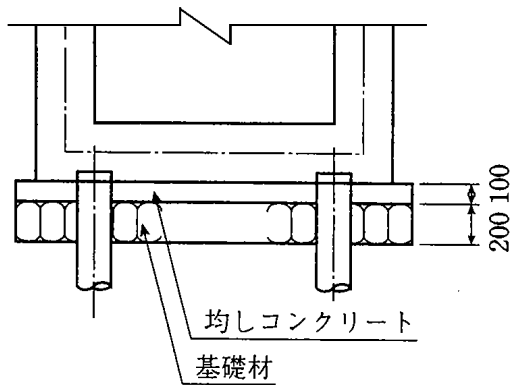


図-8.2.6 場所打ちボックスカルバートにおける杭基礎（2列配置）の例
 （出典：道路土工—カルバート工指針（平成11年3月版）P59）

(5) 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場合は、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、地盤全体が均一な支持力を持つようにする。

支持層が傾斜している場合の対策を図-8.2.7及び図-8.2.8に示す。

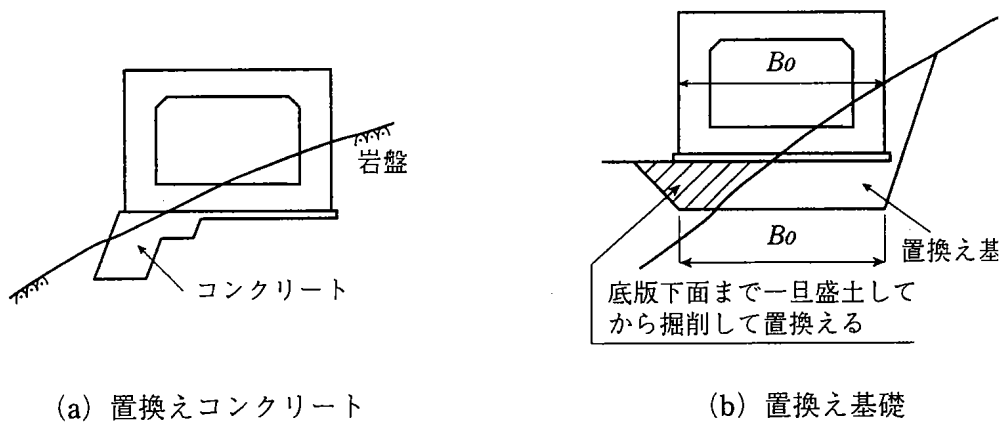
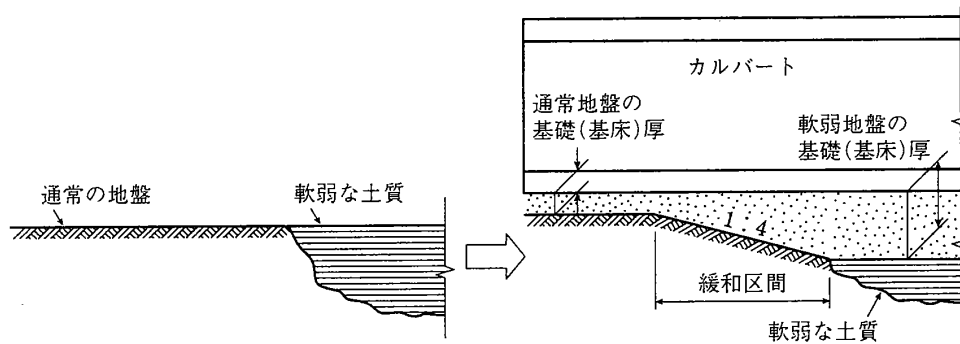
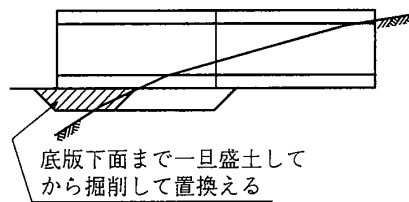


図-8.2.7 横断方向に地盤が変化している場合の対策
 （出典：道路土工—カルバート工指針（平成21年度）P41）



(a) 緩和区間を設置する場合



(b) 置換え基礎の場合

図-8.2.8 縦断方向に地盤が変化している場合の対策

(出典：道路土工—カルバート工指針(平成21年度) P41)

2. 8 道路横断排水カルバートの計画上の留意事項

道路横断排水としてカルバートの適用を計画する場合、適切に設計流量を計算し、必要な内空断面を確保する。

(1) カルバートの種類

一般にパイプカルバートは流量が比較的小さい場合に、ボックスカルバート、門形カルバートは流量が大きい場合に用いるのが経済的である。アーチカルバートは高盛土で大きな盛土荷重が作用するような場合に用いられる。

(2) カルバート断面の決定

カルバートの通水断面は設計流量を道路盛土等に悪影響を与えることなく通水させ得る大きさでなければならない。

一般に、カルバートを既設の水路あるいは溪流地点に設置した場合、流れの状況はカルバート及びその上下流部で急激に変化することがある。このような変化は、粗度、水路幅、勾配等の水理条件がカルバートとその上下流部の間で変化する場合に生じる。このとき、カルバート断面の設計には等流条件を前提とした Manning 式が適用できず、不等流理論式により設計を行うことが望ましい。

なお、道路横断排水カルバート内空断面の設計計算に関する具体的な方法及び設計計算例は、

「道路土工—カルバート工指針（資料—3 道路横断排水カルバート内空断面の設計計算法）」を参照する。

況、溪流等においては、異常な豪雨の際に水だけでなく多量の土砂及び流木が流下し、あるいは土石流が発生してカルバートの流入口を閉塞することがあるので注意をする。したがって、このような場所ではカルバートを含めた各種の対策を検討しなければならない。その具体的な方法については「道路土工—切土工・斜面安定対策工指針」を参照する。

(3) カルバートの設置上の注意事項

カルバートの流出入口はなるべく水路の底部と同一高さとし、勾配の急変を避け、斜流が発生するような限界勾配以上になる場合は、カルバート流出口の洗掘を防ぐよう配慮しなければならない。

流入出口近くの自然地盤及び盛土を異常水位から保護するために頂版、ウイングの高さの決定には十分配慮する必要があり、ウイングの巻込みを十分行うことが必要であり、水が盛土に浸透しないようにする。また、水路及び構造物下部の浸食を防止する処置を行う。

カルバート下流の水路及びその周辺が浸食されるおそれがある場合には、カルバートと同様に既設水路の流れの状態に復するまでの区間、水路側面及び底面を護岸及び護床工により保護する必要がある。

既設水路が道路に対して斜交する場合には、カルバートは可能な限り上部道路に直角方向とするのが望ましい。斜角については「4.7.5 (1) 斜角」を参照する。

第 3 節 設計一般

3. 1 基本方針

3. 1. 1 設計の基本方針

- (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方法、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。

(1) 設計における留意事項

カルバートの設計では「道路土工—カルバート工指針 2-2 カルバート工の基本」に示したカルバート工における留意事項を十分に考慮するものとする。

なお、コンクリートのひび割れに関しては、コンクリート示方書等を参照し適切な対策を行う。

(2) 要求性能と照査

カルバートの設計に当たっては、原則として、(1)に示した留意事項のうち、使用目的との適合性、構造物の安全性について、3.1.2に示す想定する作用に対する安全性、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。

(3) 設計手法

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、「第4節 剛性ボックスカルバートの設計」あるいは「第5節 パイプカルバートの設計」に従い常時の作用に対する照査を行えば、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。

従来型カルバートと規模や力学特性が異なると想定される構造形式のカルバートについては、従来型カルバートとの各作用に対する挙動の相違を検討したうえで、適切かつ総合的な検討を加えて設計を行う。

内空断面の設計については「2.4 断面形状の決定」で示し、本節以降では構造設計について述べる。なお、カルバートの構造設計は「2.7 基礎地盤対策の選定」に示す基礎地盤対策も踏まえて行う。

3. 1. 2 想定する作用

カルバートの設計に当たって、想定する作用は、以下に示すものを基本とする。

- (1) 常時の作用
- (2) 地震動の作用
- (3) その他

カルバートの設計に当たって想定する作用の種類を列举した。カルバートの設置箇所等の諸条

件によって適宜選定するものとする。

(1)について

常時の作用としては、死荷重、活荷重・衝撃、土圧、水圧及び浮力等、カルバートに常に作用すると想定される作用を考慮する。また、著しい降雨による地下水位上昇が想定される場合には、その影響を考慮する。

(2)について

レベル1地震動及びレベル2地震動の2種類の地震動を想定する。レベル1地震動及びレベル2地震動としては、「道路橋示方書・同解説 V耐震設計編」に規定される地震動を考慮するものとし、その詳細は「道路土工要綱 巻末資料」を参照する。

ただし、設計で想定する地震動の設定に際して、対象地点周辺における過去の地震情報、活断層情報、プレート境界で発生する地震情報、地下構造に関する情報、表層の地盤条件に関する情報、既往の強震観測記録等を考慮して対象地点における地震動を適切に推定できる場合には、これらの情報に基づいて地震動を設定してもよい。

(3)について

凍上、塩害の影響、酸性土壌中での腐食等の特殊な環境により耐久性に影響する作用等があり、カルバートの設置条件により適宜考慮する。

3. 1. 3 カルバートの要求性能

カルバートの要求性能及び重要度は以下の場合に対して設定を行う。

- (1) 従来型カルバートの範囲を超える規模のカルバート
- (2) 従来型カルバートと力学特性が異なると想定されるカルバート

なお、「1.3 従来型カルバートの適用条件」に示す条件を満足しているカルバートについては「第4節 剛性ボックスカルバートの設計」及び「第5節 パイプカルバートの設計」に述べる設計法・施工法に従えば、常時の作用及びレベル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2を確保するとみなせるものとした。性能1及び性能2については以下に示す。

- (1) カルバートの設計に当たっては、使用目的との適合性、構造物の安全性について、安全性、供用性、修復性の観点から、次の(2)～(4)に従って要求性能を設定することを基本とする。
- (2) カルバートの要求性能の水準は、以下を基本とする。
- 性能1：想定する作用によってカルバートとしての健全性を損なわない性能
- 性能2：想定する作用による損傷が限定的なものにとどまり、カルバートとしての機能回復を速やかに行い得る性能
- 性能3：想定する作用による損傷がカルバートとして致命的とならない性能
- (3) カルバートの重要度の区分は、以下を基本とする。
- 重要度1：下記（ア）、（イ）に示すカルバート
- （ア）下記に掲げる道路に在するカルバートのうち、当該道路の機能への影響が著しいもの
- ・一般国道
 - ・県道のうち、地域の防災計画上の位置づけや利用状況等に鑑みて、特に重要な道路
- （イ）損傷すると隣接する施設に著しい影響を与えるカルバート
- 重要度2：（ア）及び（イ）以外のカルバート
- (4) カルバートの要求性能は、想定する作用とカルバートの重要度に応じて、上記(2)に示す要求性能の水準から選定する。

要求性能及び重要度は、従来型カルバートと規模や力学特性が異なると想定される構造形式のカルバートについて設定を行う。

(1) について

安全性とは、想定する作用による変状によって人命を損なうことのないようにするための性能をいう。

供用性とは、想定する作用による変形や損傷に対して、カルバートや上部道路が本来有すべき通行機能、及び避難路や救助・救急・医療・消火活動・緊急物資の輸送路としての機能、あるいは水路としての機能を維持できる性能をいう。

修復性とは、想定する作用によって生じた損傷を修復できる性能をいう。

(2) について

性能1：安全性、供用性、修復性すべてを満たすもの。（通常の維持管理程度の修復でカルバートとしての機能を確保できることを含む）

性能2：安全性及び修復性を満たすもの。（カルバートとしての機能が応急復旧程度の作業により速やかに回復できることを意図）

性能3：供用性、復旧性は満足できないが、安全性を満たすもの。（カルバートに大きな変状が生じて、カルバートの崩壊により内部空間及び隣接する施設等に致命的な影響を与えないことを意図）

(3)、（イ）について

重要度の区分は、迂回路の有無や孤立集落の有無、緊急輸送路であるか否か等、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) について

一般的には、カルバートの要求性能は表-8.3.1を目安とする。

表-8.3.1 カルバートの要求性能の例

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

(出典：道路土工—カルバート工指針(平成 21 年度) P53)

3. 1. 4 性能の照査

- (1) 原則として、要求性能に応じて限界状態を設定し、想定する作用に対するカルバートの状態が限界状態を超えないことを照査する。
- (2) 設計で前提とする施工、施工管理、維持管理の条件を定めなければならない。
- (3) 従来型カルバートについて、「道路土工—カルバート工指針 第5章及び第6章」に従って設計し、「道路土工—カルバート工指針 第7章」以降に基づいて施工、維持管理を行えば(1)、(2)を行ったとみなしてよい。

3. 1. 5 カルバートの限界状態

- (1) 性能1に対するカルバートの限界状態は、想定する作用によって生じる変形・損傷がカルバートの機能を確保でき得る範囲内で適切に定めるものとする。
- (2) 性能2に対するカルバートの限界状態は、想定する作用によって生じる変形・損傷が修復を容易に行い得る範囲内で適切に定めるものとする。
- (3) 性能3に対するカルバートの限界状態は、想定する作用によって生じるカルバートの変形・損傷が内部空間及び隣接する施設等への甚大な影響を防止し得る範囲内で適切に定めるものとする。

カルバートの要求性能に応じた限界状態の考え方を表-8.3.3のとおりとする。

表-8.3.3 カルバートの限界状態と照査項目 (例)

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

(出典：道路土工—カルバート工指針(平成21年度) P56～57)

3.1.6 照査方法

照査は、カルバートの種類、想定する作用、限界状態に応じて適切な方法に基づいて行うものとする。

照査に際しては、カルバートの種類、想定する作用及び限界状態、必要となる地盤調査、必要とされる精度を考慮して、適切な照査方法を選定する必要がある。照査に当たっては、カルバートは盛土あるいは地盤によって囲まれているため、カルバートと地盤の関係、カルバート周辺及び基礎地盤の条件等を考慮した手法を用いる。

3. 2 荷重の種類

荷重の種類については、「道路土工—カルバート工指針(4-2 設計に用いる荷重)」を参照する。

カルバートの構造設計に当たっては、死荷重、活荷重・衝撃、土圧、水圧及び浮力、コンクリートの乾燥収縮、温度変化の影響、地震の影響のうち、カルバートの設置地点の諸条件、構造形式等によって適宜選定する。

荷重の組合せは、同時に作用する可能性が高い荷重の組合せのうち、最も不利となる条件を考慮して設定する。

3. 2. 1 死荷重

死荷重を算定する際に用いる単位体積重量は、次の値を用いてもよい。ただし、実際の単位体積重量の明らかなものはその値を用いるものとする。

鋼・鋳鋼・鍛鋼	77.0kN/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	23.0kN/m ³
アスファルト舗装	22.5kN/m ³
コンクリート舗装	23.0kN/m ³

(出典：道路土工—カルバート工指針(平成 21 年度) P61)

3. 2. 2 活荷重

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(以下、T'荷重という)。

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、カルバート縦断方向単位長さ当りの活荷重は式(8.3.1)、式(8.3.2)により算出するものとする。

前輪と後輪の間隔は6mとする。

$$\begin{aligned} \text{後輪 : } p_{l1} &= \frac{2 \times \text{輪荷重 (kN)}}{\text{車両 1 組の占有幅 (m)}} \times (1 + i) \\ &= \frac{2 \times 100}{2.75} \times (1 + i) \quad (\text{kN/m}) \quad \dots\dots(8.3.1) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{前輪 : } p_{l2} &= \frac{2 \times \text{輪荷重 (kN)}}{\text{車両 1 組の占有幅 (m)}} \times (1 + i) \\ &= \frac{2 \times 25}{2.75} \times (1 + i) \quad (\text{kN/m}) \quad \dots\dots(8.3.2) \end{aligned}$$

なお、この場合の衝撃係数 i は表-8.3.3 のカルバートの種類に応じた値とする。

表-8.3.3 衝撃係数

カルバートの種類	土かぶり (h)	衝撃係数
<ul style="list-style-type: none"> ・ボックスカルバート ・アーチカルバート ・門形カルバート ・コルゲートメタルカルバート 	$h < 4\text{m}$	0.3
	$4\text{m} \leq h$	0
<ul style="list-style-type: none"> ・コンクリート製パイプカルバート ・硬質塩化ビニルパイプカルバート ・強化プラスチック複合パイプカルバート ・高耐圧ポリエチレンパイプカルバート 	$h < 1.5\text{m}$	0.5
	$1.5\text{m} \leq h < 6.5\text{m}$	$0.65 - 0.1 h$
	$6.5\text{m} \leq h$	0



(出典：道路土工—カルバート工指針（平成 21 年度） P63)

また、活荷重の分布は、図-8.3.1 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。

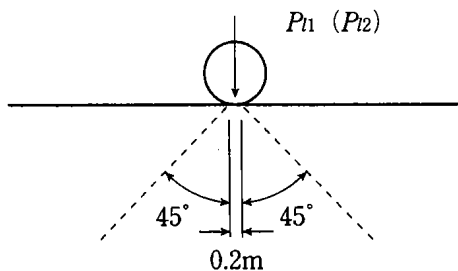


図-8.3.1 活荷重の分布

(出典：道路土工—カルバート工指針(平成 21 年度) P63)

3. 2. 3 土圧

- (1) 土圧の計算に用いる土の単位体積重量は 18kN/m^3 としてよい. なお, 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るものとする.
- (2) 地下水位以下にある土の単位体積重量は, 9kN/m^3 を差引いた値とする.
- (3) カルバートの側壁には, 静止土圧が作用すると考え土圧の計算を行う. この時用いる土圧係数は通常の砂質土や粘性土 ($w_L < 50\%$) に対しては 0.5 としてよい (w_L : 液性限界).
- (4) カルバートの上部に作用する鉛直土圧はカルバートの種類, 基礎形式, 埋設方法などにより異なるため, 設計においては留意しなければならない.

(4) について

図-8.3.2, 図-8.3.3 のような状態が考えられる.

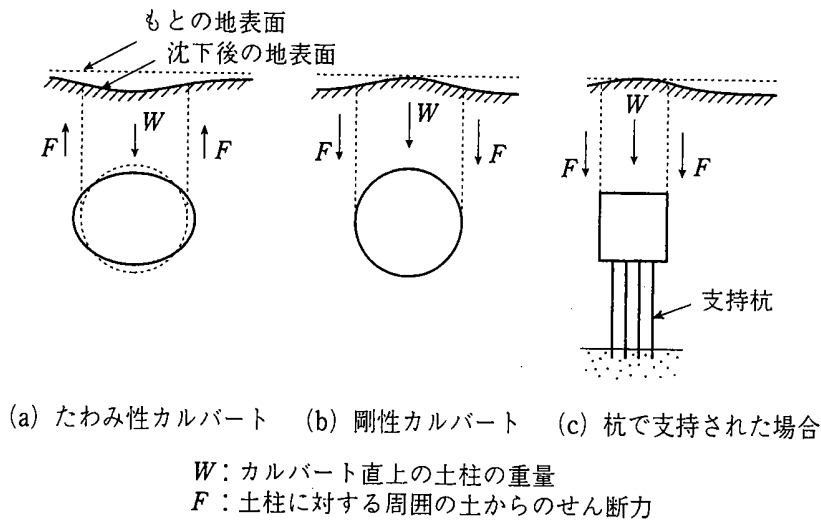


図-8.3.2 構造物の変形, 沈下特性の違いによる鉛直土圧の変化

(出典: 道路土工—カルバート工指針(平成 21 年度) P65)

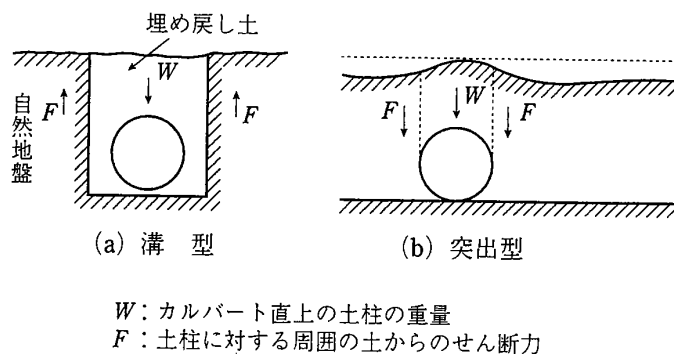


図-8.3.3 埋設方法の違いによる鉛直土圧の変化

(出典: 道路土工—カルバート工指針(平成 21 年度) P65)

3. 2. 4 コンクリートの乾燥収縮の影響

コンクリート部材から構成されるカルバートの設計に当たっては、カルバートの構造や施工条件等に応じて、コンクリートの乾燥収縮の影響を適切に考慮するものとする。

コンクリート部材から構成されるカルバートでは、必要に応じてコンクリートの乾燥収縮の影響を適切に考慮する。この場合、「道路橋示方書・同解説 I 共通編」に準じる。

従来型剛性ボックスカルバートでは、コンクリートの乾燥収縮の影響について考慮する場合「第4節 剛性ボックスカルバートの設計」の「4.1 基本方針」に示すとおり適切に考慮する。

3. 2. 5 温度変化の影響

カルバートの設計に当たっては、カルバートの種類や設置地点の条件等に応じて、温度変化の影響を適切に考慮するものとする。

路盤や路床の凍上による変状・損傷が懸念される場合には、温度変化の影響を考慮する。温度変化を考慮する場合には、「道路橋示方書・同解説 I 共通編」に準じて基準温度及び温度変化の範囲を設定してもよい。

従来型剛性ボックスカルバートでは、温度変化の影響については、「第4節 剛性ボックスカルバートの設計 4.2 設計荷重 (5) その他の荷重」に準じる。

従来型パイプカルバートでは温度変化は無視できる程度に小さくなるため、考慮しなくてもよい。

3. 2. 6 地震の影響

地震の影響として、次のものを考慮するものとする。

- (1) カルバートの自重に起因する地震時慣性力
- (2) 地震時土圧
- (3) 地震時の周辺地盤の変位または変形
- (4) 地盤の液状化の影響

地震の影響については、「道路土工—カルバート工指針 (4-2-8 地震の影響)」を参照する。

(ア) 従来型剛性ボックスカルバートでは、門型カルバートを除き、地震動の作用に対する照査を省略してもよい。

(イ) 門型カルバート以外の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による浮力を考慮して浮上がりに対する検討を行う。

(ウ) 従来型剛性ボックスカルバートの適用範囲を大きく超える剛性ボックスカルバートや特殊な構造形式のカルバートについては「第3節 設計一般」に示す性能規定的な考えに基づ

き、従来型カルバートとの構造特性や地震時挙動の相違や万一損傷した場合の影響や修復方法等を検討したうえで、地震動に対する照査の必要性を含めて適切な検討を行うのがよい。この場合、設計地震動の設定、地盤定数の設定、解析手法の適用性や精度について十分検討する必要がある。

3. 3 土の設計諸定数

土の設計諸定数は、原則として土質試験及び原位置試験等の結果を総合的に判断し、施工条件等も十分に考慮して設定するものとする。

カルバートの設計に用いる土の設計諸定数は、原則として「第2節 調査計画」の土質試験及び原位置試験等の結果を総合的に判断し、施工条件等も十分に考慮して設定するものとする。

(1) 土の強度試験

土質試験や原位置試験等を行って強度定数を求める場合、対象となる土がカルバート設置の現場において受けると予想される影響を十分に考慮する必要がある。特に裏込め土の粘着力を考慮する場合は、過大評価にならないよう低減を行い適切に評価する必要がある。安定処理した土を裏込め土として用いる場合には、適切に強度定数を設定する必要がある。

なお、発生土をセメント等で固化してカルバートの裏込め材や埋戻し材に使用する例も見られるが、改良土については、室内あるいは現場での配合試験や土質試験等を実施し、土の強度定数を適切に定める必要がある。

土の強度定数を求める方法には次のようなものがある。

(a) 三軸圧縮試験

裏込め土については突き固めた試料、基礎地盤材料については乱さない試料をもとに c 、 ϕ を求めるのが望ましい。このときのせん断強さは式 (8.3.3) で示される。

$$s=c+\sigma \tan \phi \cdots \cdots \cdots (8.3.3)$$

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 (°)

(b) 一軸圧縮試験

基礎地盤が粘性土の場合、一軸圧縮試験によって粘着力 c を求めてもよい。

$$C=\frac{1}{2} q_u \cdots \cdots \cdots (8.3.4)$$

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

(c) 標準貫入試験による N 値から推定する方法

標準貫入試験による N 値から強度定数を推定する方法は式 (8.3.5)、式 (8.3.6) ~ 式 (8.3.8) によって経験的に推定した値を用いてもよい。ただし、 N 値から強度定数を推定する方法は、土

質試験による方法に比べて信頼性が劣るため、三軸圧縮試験や一軸圧縮試験により強度定数を求めるのが望ましい。

粘性土の粘着力 c

$$c=6N\sim 10N \text{ (KN/m}^2\text{)} \dots\dots\dots (8.3.5)$$

砂質土のせん断抵抗角 ϕ

$$\phi=4.8\log N_1+21 \text{ ただし, } N_1>5 \text{ logは自然対数} \dots\dots\dots (8.3.6)$$

$$N_1=\frac{170N}{\sigma'_{v}+70} \dots\dots\dots (8.3.7)$$

$$\sigma'_{v}=\gamma_{t1}h_w+\gamma'_{t2}(x-h_w) \dots\dots\dots (8.3.8)$$

ここに c : 粘着力 (KN/m²)

ϕ : せん断抵抗角 (°)

σ'_{v} : 有効上載圧 (KN/m²) で、標準貫入試験を実施した地点の値

N_1 : 有効上載圧10.0 (KN/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 : 地表面からの深さ (m)

h_w : 地下水位の深さ (m)

(d) 土質分類別に強度定数を推定する方法

裏込め土について、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 8.3.4 の値を用いてもよい。

表-8.3.4 裏込め土のせん断強さ定数

裏込め土の種類	せん断抵抗角 (ϕ)	粘着力 (c) 注2)
礫質土 注1)	35°	—
砂質土	30°	—
粘土土 (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もよい

注2) 土質定数をこの表から推定する場合、粘着力を無視する

(出典：道路土工—カルバート工指針(平成 21 年度) P73)

(2) 土の単位体積重量

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材料を用いて求める。土質試験を行うことが困難な場合は、表-8.3.5 の値を用いてもよい。

表-8.3.5 土の単位体積重量

(KN/m³)

地盤	裏込め土の種類	緩いもの	密なもの
自然地盤	砂および砂礫	18	20
	砂質土	17	19
	粘性土	14	18
盛土	砂および砂礫	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、それぞれ表中の値から 9kN/m³を差し引いた値としてよい

(出典：道路土工—カルバート工指針(平成21年度) P73)

(3) 地盤の支持力

門形カルバート等の底版を有さないカルバートで規模の大きいもの、大規模なカルバート、特殊な構造形式のカルバート、特殊な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。

この場合の地盤の許容鉛直支持力度は、カルバート基礎地盤の極限支持力及びカルバートの沈下量を考慮して求める。静力学公式で求められる荷重の偏心傾斜及び支持力係数の寸法効果を考慮した基礎底面地盤の極限支持力は「道路橋示方書・同解説 IV下部構造編」の「10.3.1 基礎底面地盤の許容鉛直支持力」に従って求めるものとする。地盤の許容鉛直支持力度は、カルバートの底面地盤の極限支持力を、限界状態に応じた安全率及び基礎底面の有効載荷面積で除した値とする。一般には、表の安全率を用いてよい。なお、支持力の照査に用いる鉛直荷重は、基礎底面に作用する全鉛直力を有効載荷面積で除した値とすることに注意しなければならない。有効載荷面積については、「道路橋示方書・同解説 IV下部構造編」に準じる。

カルバートに生じる沈下に対する制限が厳しい場合には、沈下の照査を行う必要があるが、常時の最大地盤反力度を表-8.3.7に示す程度に抑えれば沈下の照査を省略してもよい。なお、沈下の照査が必要となるのは軟弱地盤の圧密沈下に関するものであり、これについては「道路土工—軟弱地盤対策工指針」を参照する。

施工において基礎底面地盤の状況が設計時と異なる場合は、平板載荷試験の結果から得られる極限支持力を載荷面積及び表-8.3.6の安全率で除した値を、地盤の許容鉛直支持力度としてよい。また、カルバートに生じる沈下に対する制限が厳しい場合には、常時の最大地盤反力度を表-8.3.7に示す程度に抑えるのがよい。

なお現地の試験を行うことが困難な場合には、表-8.3.7に示す許容鉛直支持力度を使用してもよい。表-8.3.7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。

表-8.3.6 安全率

常時	地震時
3	2

(出典：道路土工—カルバート工指針(平成 21 年度) P75)

表-8.3.7 支持地盤の種類と許容支持力(常時値)

支持地盤の種類		許容鉛直支持力度 q_a (kN/m ²)	目安とする値	
			一軸圧縮強度 q_u (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

(出典：道路土工—カルバート工指針(平成 21 年度) P75)

(4) 基礎底面と地盤との間の摩擦角 ϕ_B と付着力 C_B

カルバートに偏荷重が作用するとみなされる場合には、底面におけるせん断抵抗力が必要となる。基礎底面の摩擦角 ϕ_B は、場所打ちコンクリートカルバートでは $\phi_B = \phi$ 、プレキャストコンクリートカルバートでは $\phi_B = 2\phi/3$ としてよい。ここで、基礎コンクリート及び敷きモルタルが良質な材料で適切に施工されている場合には、 $\phi_B = \phi$ としてよい。なお、基礎地盤が土の場合及びプレキャストコンクリートでは、摩擦係数 μ ($=\tan \phi_B$) の値は 0.6 を超えないものとする。

また、土質試験等を行うのが困難な場合には、表-8.3.8 の値を用いてもよい。基礎底面の摩擦角 ϕ_B は、地震時と常時で同じであると考えてよい。

表-8.3.8 基礎底面と地盤との間の摩擦係数と付着力

せん断面の条件	支持地盤の種類	摩擦係数 $\mu = \tan \phi_B$	付着力 C_B
岩または礫とコンクリート	岩盤	0.7	考慮しない
	礫層	0.6	考慮しない
土と基礎のコンクリートの間に割り栗石または碎石を敷く場合	砂質土	0.6	考慮しない
	粘性土	0.5	考慮しない

注) プレキャストコンクリートでは、基礎底面が岩盤であっても摩擦係数は 0.6 を超えないものとする

(出典：道路土工—カルバート工指針(平成 21 年度) P76)

3. 4 使用材料

3. 4. 1 コンクリート

使用するコンクリート(パイプカルバート, プレキャスト製品は除く)の設計基準強度は, 鉄筋コンクリート部材 24N/mm^2 , 無筋コンクリート部材 18N/mm^2 を原則とする.

この他の規格については, 「道路土工-カルバート工指針(4-4 使用材料)」を参照する.

3. 4. 2 鉄筋

使用する鉄筋(プレキャスト製品は除く)の材質は, SD345 を原則とする.

この他の鋼材については, 「道路土工-カルバート工指針(4-4 使用材料)」を参照する.

3. 4. 3 裏込め・埋戻し材料

- (1) カルバートの裏込め・埋戻しに用いる土質材料は良質の材料を使用し, 入念な施工を行わなければならない.
- (2) カルバートの裏込め土に軽量盛土材を用いる場合には, 比重や強度等を検討し, 現場条件に適した材料を選定する必要がある.

裏込め・埋戻し材料については, 「道路土工-カルバート工指針(4-4-4 裏込め・埋戻し材料)」を参照する.

3. 5 許容応力度

3. 5. 1 コンクリート

許容応力度については「道路土工-カルバート工指針(4-5 許容応力度)」を参照する.

コンクリートの許容応力度は表-8.3.9 とする.

表-8.3.9 コンクリートの許容圧縮応力度, 許容せん断応力度及び許容付着応力度

コンクリートの設計基準強度(σ_{ck})		(N/mm ²)						
		21	24	27	30	36	40	50
応力度の種類								
曲げ圧縮応力度		7	8	9	10	12	14	16
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
付着応力度	異形棒鋼の場合	1.4	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.0

(出典: 道路土工-カルバート工指針(平成 21 年度) P83, P84)

3. 5. 2 鉄筋

- (1) 鉄筋コンクリート部材及びプレストレストコンクリート部材における鉄筋の許容応力度は、直径 51mm 以下の鉄筋に対して表-8.3.10 とする。
- (2) ガス圧接継手の許容応力度は、非破壊試験を行うなど十分な管理を行う場合、母材の許容応力度と同等としてよい。

表-8.3.10 鉄筋の許容応力度(N/mm²)

応力度，部材の種類		鉄筋の種類			
		SD345	SD390	SD490	
引張 応 力 度	1) 活荷重及び衝撃以外の主荷重が作用する場合（はり部材等）	100	100	100	
	荷重組み合わせに衝突荷重あるいは地震の影響を含まない場合の基本値	2) 一般の部材	180	180	180
		3) 水中又は地下水位以下に設ける部材	160	160	160
	荷重の組合せに衝突荷重又は地震の影響を含む場合の基本値	4) 軸方向鉄筋	200	230	290
		5) 上記以外	200	200	200
	6) 鉄筋の重ね継手長又は定着長を算出する場合の基本値	200	230	290	
7) 圧縮応力度		200	230	290	

（出典：道路橋示方書・同解説 I 共通編IV下部構造編（平成 24 年）P165）

3. 5. 3 荷重の組合せによる許容応力度の割増し

荷重の組合せと許容応力度の割増しは、「道路橋示方書・同解説 IV 下部構造編」に準じるものとする。

- | | | | |
|--------------------|---|------|------|
| (a) 地震の影響を考慮する場合 | : | 割増係数 | 1.50 |
| (b) 衝突荷重を考慮する場合 | : | 〃 | 1.50 |
| (c) 施工時の荷重を考慮する場合 | : | 〃 | 1.25 |
| (d) 温度変化の影響を考慮する場合 | : | 〃 | 1.15 |

第 4 節 剛性ボックスカルバートの設計

4. 1 基本方針

4. 1. 1 従来型ボックスカルバート設計の基本方針

従来型ボックスカルバートについては、多くの施工実績があることと、かつ、既往の地震時の挙動を含め供用開始後の健全性が確認されているため、従来から慣用されてきた設計法・施工法に従い、許容応力度法によりカルバートの安定性及び部材の安全性の照査を行うとともに、「鉄筋コンクリート部材の構造細目」以降に示す構造細目に従えば、常時の作用及びレベル 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 2 を確保するとみなせるものとした。

4. 1. 2 従来型ボックスカルバートの設計方法

(1) 縦断方向（構造物軸方向）の設計

基礎地盤が良好であり、継手間隔が 10～15m 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うこととする。

- (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

(2) 土かぶり厚

(1) 最小土かぶり厚は 50cm 以上確保することが望ましい。

(2) 土かぶり厚が変化する場合において、1 ブロックの構造厚は、最大断面力で求めた値を全体に用いてよい。

(1) について

最小土かぶり厚は、裏込め土の沈下などによる本体への影響や舗装面の不陸が生じる恐れがあるため、少なくとも 50cm 以上の土かぶりを確保することが望ましい。

(2) について

ボックスカルバートの土かぶりが増加する場合については、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、活荷重による土圧も含めてカルバートに作用する荷重を求め、大きい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。ただし、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するような検討を行い断面設計を行うが、部材厚に大きな差が生じない限り施工性から部材厚は揃えておくのが望ましい。

土かぶりが増加する場合の例を図-8.4.1 に示す。

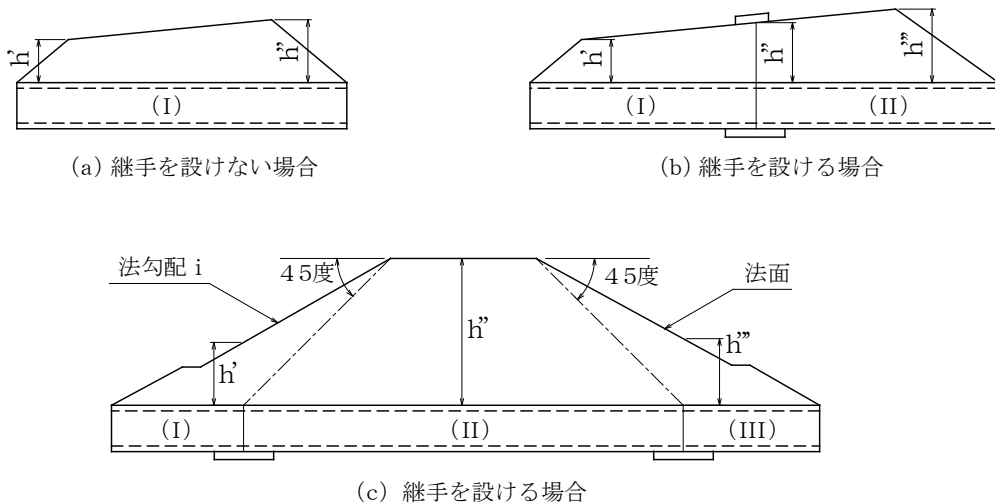


図-8.4.1 土かぶりが増減する場合の例

(出典：道路設計要領—設計編—国土交通省中部地方整備局(2008年12月)P4-13へ一部加筆)

(3) 照査項目

剛性ボックスカルバートの照査項目については、表-8.4.1に示すとおりである。

表-8.4.1 剛性ボックスカルバートの照査項目

構成要素	照査項目	照査手法	従来型剛性ボックスカルバートの照査項目 ^{注)}			適用
			ボックスカルバート	門形カルバート	アーチカルバート	
カルバート及び基礎地盤	変形	変形照査	△	△	△	基礎地盤に問題がない場合には省略可
	安定性	安定照査・支持力照査	△	○	△	門形カルバート以外の従来型剛性ボックスカルバートで基礎地盤に問題がない場合には省略可
カルバートを構成する部材	強度	断面力照査	○	○	○	門形カルバート以外の従来型剛性ボックスカルバートでは地震動の作用に対する照査は省略可
継手	変位	変位照査	×	×	×	本指針に示す継手構造を採用した従来型剛性カルバートでは省略可

注) ○：実施する，△：条件により省略可，×：一般に省略可

(出典：道路土工—カルバート工指針(平成21年度)P93)

(4) 地震動の作用に対する照査

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。ただし、門形カルバート以外の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上がりに対する検討を行う。

なお、表－8.1.2 に示す従来型剛性ボックスカルバートの適用範囲を大きく超える剛性ボックスカルバートや特殊な構造形式のカルバートについては、「第3節 設計一般」に示す性能規定的な考え方にに基づき、従来型カルバートとの構造特性や地震時挙動の相違や万一損傷した場合の影響や修復方法等を検討したうえで、地震動に対する照査の必要性を含めて適切な検討を行うのがよい。この場合、設計地震動の設定、地盤定数の設定、解析手法の適用性や精度について十分検討する必要がある。

4. 2 設計荷重

設計荷重については、「道路土工－カルバート工指針(5-2 荷重)」を参照する。

設計に当たって考慮しなければならない荷重を表－8.4.2 に示す。ただし、施工時に片方のみ埋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。

表－8.4.2 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

(出典：道路土工－カルバート工指針(平成21年度) P96)

(1) 鉛直土圧

カルバート上面に作用する鉛直土圧 pvd は、式(8.4.1)によって計算する。

$$pvd = \alpha \cdot \gamma \cdot h \quad (\text{kN/m}^2) \quad \dots\dots(8.4.1)$$

α : 鉛直土圧係数 (表-8.4.3参照)

γ : カルバート上部の土の単位体積重量(kN/m^3)

h : カルバートの土かぶり(m)

表-8.4.3 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（置き換え基礎も含む）に設置する直接基礎のカルバートで、土かぶりが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。

(出典：道路土工—カルバート工指針(平成 21 年度) P98)

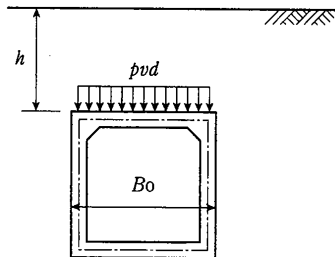


図-8.4.2 土の重量による鉛直土圧

(出典：道路土工—カルバート工指針(平成 21 年度) P97)

(2) 水平土圧

カルバート側方の土による水平土圧 phd は、式(8.4.2)によって計算する。

$$phd = k_0 \cdot \gamma \cdot z \quad (\text{kN/m}^2) \quad \dots\dots(8.4.2)$$

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程度であるとされているが, 通常の砂質土や粘性土 ($w_L < 50\%$) に対しては, 0.5 と考え

てよい (w_L : 液性限界).

γ : カルバート側方の土の単位体積重量 (kN/m^3)

z : 地表面より任意点までの深さ (m)

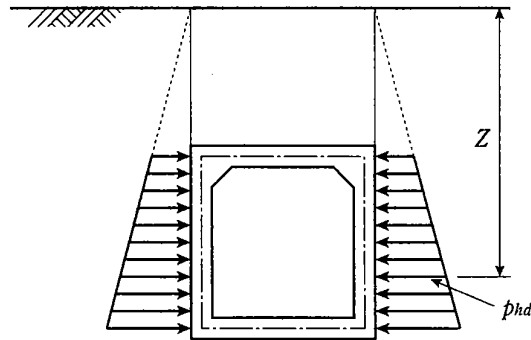


図-8.4.3 側方の土の重量による水平土圧

(出典: 道路土工—カルバート工指針(平成 21 年度) P101)

(3) 活荷重による土圧

カルバート上面に作用する活荷重による鉛直土圧は, 「3.2 荷重の種類」を参考にして以下のように計算する.

(a) 土かぶり 4 m未満の場合

活荷重(後輪および前輪)による鉛直土圧 p_{vl1} , p_{vl2} はそれぞれ式(8.4.3), 式(8.4.4)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-8.4.4(a)に示す鉛直土圧を載荷させる. 前輪の影響がある場合は図-8.4.4(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.

$$p_{vl1} = \frac{pl_1 \cdot \beta}{W_1} = \frac{pl_1 \cdot \beta}{2h + 0.2} \quad (\text{kN}/\text{m}^2) \quad \dots\dots (8.4.3)$$

$$p_{vl2} = \frac{pl_2}{W_2} = \frac{pl_2}{2h + 0.2} \quad (\text{kN}/\text{m}^2) \quad \dots\dots (8.4.4)$$

pl_1 : カルバート縦断方向単位長さ当たりの後輪荷重 (kN/m)

pl_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 ($B_o/2 + h - 5.9$) (m)

β : 断面力の低減係数 (表-8.4.4参照)

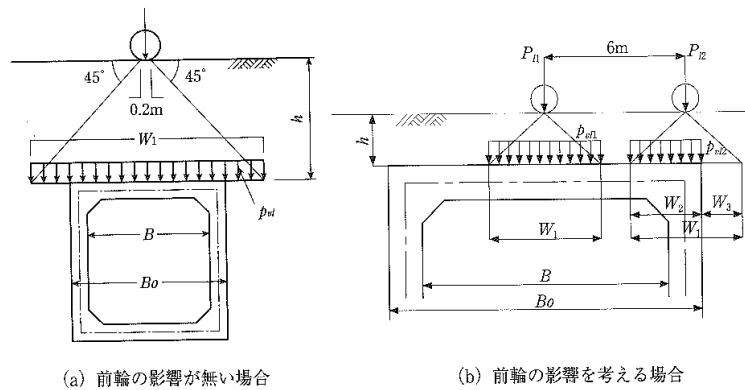


図-8.4.4 活荷重

(出典：道路土工—カルバート工指針(平成 21 年度) P102)

表-8.4.4 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

(出典：道路土工—カルバート工指針(平成 21 年度) P103)

(b) 土かぶり 4 m 以上の場合

土かぶり 4 m 以上の場合は、活荷重による鉛直土圧として頂版上面に一律に 10kN/m^2 の荷重を考えるものとする。

(4) 活荷重による水平土圧

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) をカルバートの両側面に同時に作用させるものとする。(k_0 : 静止土圧係数)

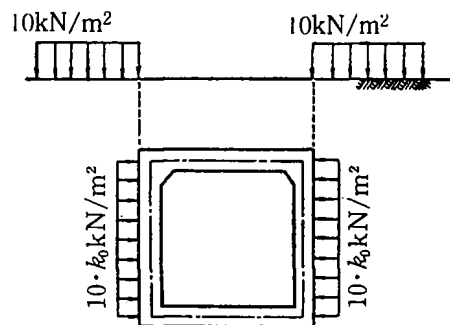


図-8.4.5 活荷重による水平土圧

(出典：道路土工—カルバート工指針(平成 21 年度) P103)

(5) その他の荷重

この他、温度変化及び乾燥収縮の影響(一般には考慮しない)、地震の影響(一般には考慮しない)、水圧と浮力、地盤変位の影響については「道路土工—カルバート工指針(5-2 荷重(3), (4), (5), (6))」を参照する。

4. 3 剛性ボックスカルバートの安定性の照査

- (1) 剛性ボックスカルバートは直接基礎を基本とする。
- (2) 剛性ボックスカルバートは、「4.2 設計荷重」に示す荷重に対し、支持及び滑動に対して安定であるとともに変位が許容変位以下であることを照査するものとする。このとき、許容変位は、上部道路及び周辺施設から決まる変位を考慮して定めるものとする。ただし、門形カルバートを除く剛性ボックスカルバートで、基礎地盤に問題のない場合は一般に安定性の照査を省略してよい。
- (3) 地下水位以下に施工される剛性ボックスカルバートについては、浮上がりに対する安定の照査を行うものとする。

(1) 剛性ボックスカルバートの基礎形式

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、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。基礎形式の選定に当たっては「2.6 構造形式の選定, 2.7 基礎地盤対策の選定」を参照する。

(2) カルバートの安定性の検討

門形カルバートを除く剛性ボックスカルバートで、偏荷重や基礎地盤に問題のない場合は、一般に安定性に関する検討は省略してもよい。門形カルバートでは、常時及び地震時の設計で考慮する荷重に対し、支持及び滑動に対して安定であることを照査する。斜角があり、偏土圧によってカルバートが回転移動を起こす可能性がある場合には、回転に対する照査を行う。

高盛土の場合や、基礎地盤が軟弱で、沈下の影響がカルバートの機能、カルバートの安全性及び上部路面に影響を与えることが想定される場合には「道路土工—軟弱地盤対策工指針」に従い、沈下に対する照査を行う。

厚い軟弱地盤にカルバートを設置する場合は、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程度に小さくなってからカルバートの施工を行うことを原則とする。

また、地下水位が高い軟弱地盤で基礎地盤の置換えを行う場合には、置換え砂の安定処理や地盤改良等、置換え部に液状化が生じないような処理を施すことを原則とする。

(3) 浮上がりに対する安定の検討

地下水位以下に剛性ボックスカルバートを埋設する場合は、浮上がりに対する安定の検討を行わなければならない。

常時及び地震時の浮上がりに対する安定の検討をする場合は、「共同溝設計指針」に準拠すればよい。なお、地震時の浮上がりに対する検討はレベル1地震動に対して行えばよい。

4. 4 部材の安全性の照査

4. 4. 1 一般

(1) 断面力の算出方法

許容応力度法により部材断面を決定する場合には、その部材に生じる軸方向力、せん断力、曲げモーメントは弾性理論により算出する。

(a) カルバート底面の地盤反力

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、式(8.4.5)によって計算する。なお、式(8.4.5)で求めた底版反力 $p_{vl\max}$ 、 $p_{vl\min}$ を用いて断面力を計算する場合は、底版死荷重及びカルバート内の死荷重または活荷重を含めなければならない。

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

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

..... (8.4.5)

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)

(4.2(1)鉛直土圧 参照)

Q : カルバート上面に作用する縦方向単位長さ当たりの活荷重合計 (kN/m)

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

B_o : カルバートの外幅 (m)

D : カルバートの縦断方向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)

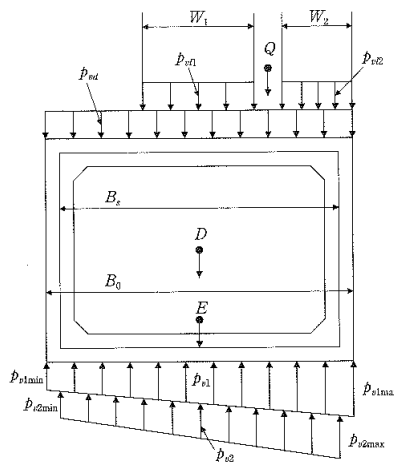


図-8.4.6 カルバート底面の地盤反力及び底版反力

(出典：道路土工—カルバート工指針(平成21年度) P109)

② 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、カルバートの部材及び基礎地盤の弾性変位を考慮するものがある（図-8.4.7）。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(9.6 及び 10.4 地盤反力係数)」に準ずるものとする。

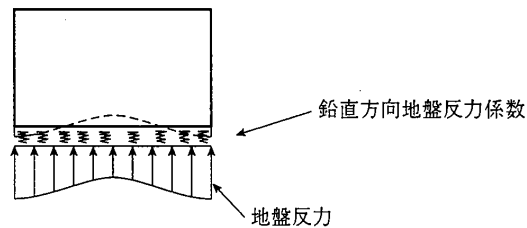


図-8.4.7 カルバートの部材及び基礎地盤の弾性変位を考慮する方法

（出典：道路土工—カルバート工指針(平成 21 年度) P110）

③ 断面力を計算する場合に用いる底版反力 $p_{v2\max}$ 、 $p_{v2\min}$ は、式(8.4.6)によって計算する。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。

$$p_{v2\max} = \frac{(p_{vd} \cdot B_s + Q + D_0)}{B_s} \times \left[1 + \frac{6 \cdot e}{B_s} \right] \quad (\text{kN/m}^2)$$

$$p_{v2\min} = \frac{(p_{vd} \cdot B_s + Q + D_0)}{B_s} \times \left[1 - \frac{6 \cdot e}{B_s} \right] \quad (\text{kN/m}^2)$$

..... (8.4.6)

p_{vd} , Q , e : 式 (8.4.5) 参照

D_0 : 底版を除いたボックスカルバート単位長さ当たりの重量 (kN/m)

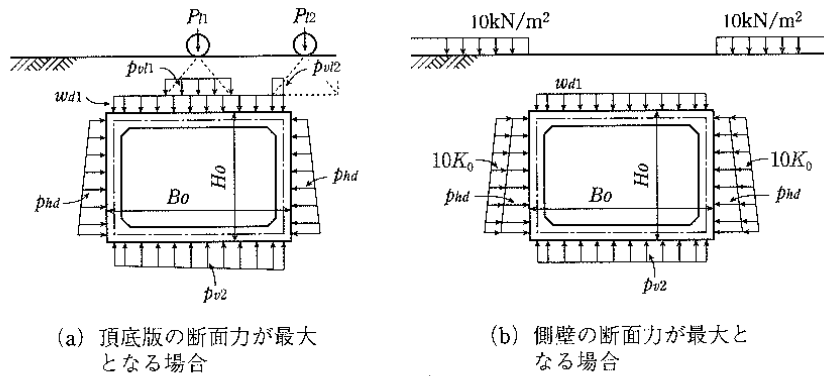
B_s : カルバートの軸線間距離 (m)

(b) 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、以下によるものとする。

① 土かぶり 4 m 未満の場合

土かぶり 4 m 未満の場合には、図-8.4.8 に示す(a)及び(b)の 2 とおりの組合せについて計算を行う。



(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

ここに w_{d1} : 頂版に作用する死荷重 (kN/m^2)

$$w_{d1} = p_{vd} + w_{l1}$$

p_{vd} : カルバート上載土による鉛直土圧 (kN/m^2)

w_{l1} : 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)

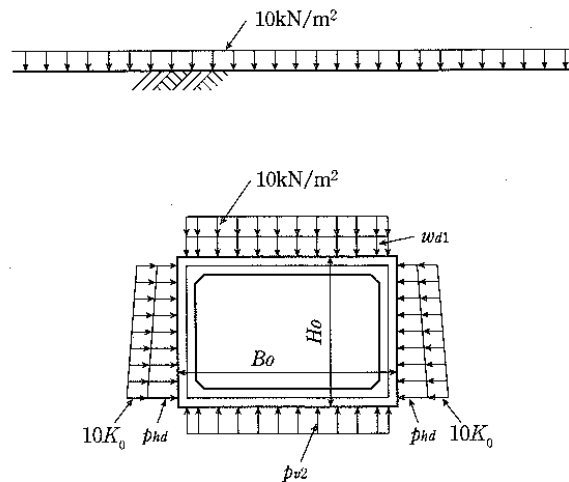
$10K_0$: 活荷重による水平土圧 (kN/m^2)

図-8.4.8 土かぶり 4 m未満の場合の荷重の組合せ

(出典：道路土工—カルバート工指針(平成 21 年度) P111)

② 土かぶり 4 m以上の場合

土かぶり 4 m以上の場合には、図-8.4.9 の荷重の組合せで断面計算を行う。



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)

図-8.4.9 土かぶり 4 m 以上の場合の荷重の組合せ

(出典：道路土工—カルバート工指針(平成 21 年度) P112)

③ 踏掛版を設置する場合

踏掛版は、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(参考資料 5 踏掛版の設計法(案))」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及び側壁に作用する水平土圧の載荷方法は、「道路土工—カルバート工指針(5-4-1(2)2) 荷重の組合せ③踏掛版を設置する場合)」を参照する。

なお、踏掛版のコンクリート設計基準強度は、施工性を考慮して本体と同じ 24N/mm^2 とし、使用鉄筋は SD345 とする。

4. 4. 2 曲げモーメント及び軸方向力が作用するコンクリート部材

鉄筋コンクリート部材断面に生じるコンクリート及び鉄筋の応力度については、軸ひずみは中立軸からの距離に比例し、鉄筋とコンクリートのヤング係数比は15、さらにコンクリートの引張応力度は無視するものと仮定して算出するものとする。また、それぞれの応力度は、「3.5 許容応力度」に示す許容応力度を超えてはならない。

4. 4. 3 せん断力が作用するコンクリート部材

コンクリート部材のせん断力に対する照査は、平均せん断応力度 τ_m が許容せん断応力度以下であることを照査するものとし、以下のとおり行ってよい。

- (1) コンクリートのみでせん断力を負担する場合、平均せん断応力度 τ_m が表-8.3.10 に示す許容せん断応力度 τ_{a1} 以下であることを照査する。
- (2) 斜引張鉄筋と協働してせん断力を負担する場合、平均せん断応力度 τ_m が表-8.3.10 に示す斜引張鉄筋と協働してせん断力を負担する場合の許容せん断応力度 τ_{a2} 以下であることを照査する。

(1) 平均せん断応力度

せん断力に対する設計を行う際の平均せん断応力度 τ_m は、式(8.4.7)により算出する。

$$\tau_m = \frac{S_h}{b \cdot d} \quad (\text{N/mm}^2) \quad \dots\dots (8.4.7)$$

S_h : 部材の有効高の変化の影響を考慮したせん断力(N)で、式(8.4.8)により算出する。ただし、せん断スパン比により許容せん断応力度の割増しを行う場合は、部材の有効高の変化の影響を考慮してはならない。

$$S_h = S - \frac{M}{d} (\tan \beta + \tan \gamma) \quad \dots\dots (8.4.8)$$

S: 部材断面に作用するせん断力(N)

M: 部材断面に作用する曲げモーメント(N・mm)

b: 部材断面幅(mm)

d: 部材断面の有効高(mm) (図-8.4.10 参照)

β : 部材圧縮縁が部材軸方向となす角度($^\circ$) (図-8.4.10 参照)

γ : 引張鋼材が部材軸方向となす角度($^\circ$) (図-8.4.10 参照)

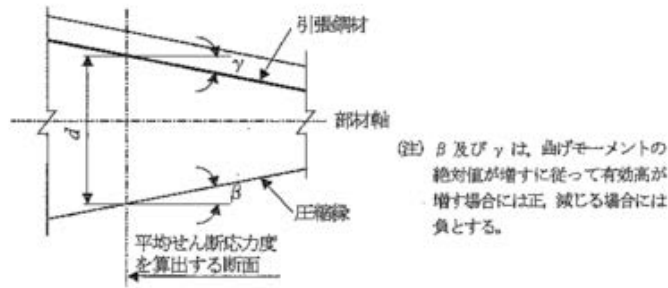


図-8.4.10 β , γ 及び d の取り方

(出典：道路土工—カルバート工指針(平成 21 年度) P115)

(2) 斜引張鉄筋

鉄筋コンクリート部材断面に生じるコンクリートの平均せん断応力度が表-8.3.10 に示す許容せん断応力度 τ_{a1} を超える場合には式(8.4.9)に算出される断面積以上の斜引張鉄筋を配置するものとする。コンクリートが負担するせん断力 S_{ca} を算定する際の τ_{a1} は、「3.5.3 荷重の組合せによる許容応力度の割増し」により補正した値を用いてよい。

$$A_w = \frac{1.15S_h' s}{\sigma_{sa} d (\sin \theta + \cos \theta)} \quad \dots\dots (8.4.9)$$

$$\Sigma S_h' = S_h - S_{ca}$$

A_w : 間隔 s 及び角度 θ で配筋される斜引張鉄筋の断面積 (mm^2)

S_h' : 間隔 s 及び角度 θ で配筋される斜引張鉄筋が負担するせん断力 (N)

$\Sigma S_h'$: 角度 θ が異なる斜引張鉄筋が負担するせん断力 S_{h_i}' の合計 (N)

S_h : 部材の有効高の変化の影響を考慮したせん断力 (N) で式 (8.4.8) による。ただし、せん断スパン比により許容せん断応力度の割増を行う場合には、部材の有効高の変化の影響を考慮してはならない。

S_{ca} : コンクリートが負担するせん断力 (N) で式 (8.4.10) により算出される。

$$S_{ca} = \tau_{a1} \cdot b \cdot d \quad \dots\dots (8.4.10)$$

τ_{a1} : 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 (N/mm^2)

b : 部材断面幅 (mm)

d : 部材断面の有効高 (mm)

s : 斜引張鉄筋の部材軸方向の間隔 (mm)

θ : 斜引張鉄筋が部材軸方向となす角度 ($^\circ$)

σ_{sa} : 斜引張鉄筋の許容応力度 (N/mm^2)

4. 5 耐久性の検討

鉄筋コンクリート部材表面に供給される塩分には、路面凍結防止剤（融雪剤）として散布されるものがある。路面凍結防止剤を使用することが予想される場合は、同等の条件下における既設構造物の損傷状況等を十分把握し、適切な対策区分を想定して十分なかぶりを確保する必要がある。

4. 6 鉄筋コンクリート部材の構造細目

4. 6. 1 一般

カルバートの鉄筋コンクリート部材の設計に当たっては、構造物に損傷が生じないための措置、構造上の弱点を作らない配慮、弱点と考えられる部分の補強方法、施工方法等を考慮し、設計に反映させる。

鉄筋の配置に当たっては、施工性等を検討することが必要である。「4.6.2 最小鉄筋量」～「4.6.9 せん断補強鉄筋」の具体的な寸法、数量、方法は「道路橋示方書・同解説 IV下部構造編」に準じてよい。

4. 6. 2 最小鉄筋量

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

4. 6. 3 最大鉄筋量

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

軸方向の引張鉄筋は、その鉄筋量が釣合鉄筋量以下となるように配置する。

4. 6. 4 鉄筋のかぶり

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

4. 6. 5 鉄筋のあき

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

4. 6. 6 鉄筋の付着

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

鉄筋の定着に関して、定着方法は次の1)～3)のいずれかの方法による。

- 1) コンクリート中に埋め込み、鉄筋とコンクリートとの付着により定着させる。
- 2) コンクリート中に埋め込み、フックをつけて定着させる。
- 3) 定着板等を取り付けて、機械的に定着させる。

4. 6. 7 鉄筋のフック及び曲げ形状

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

鉄筋のフックは、鉄筋の種類に応じて半円形フック、鋭角フック、直角フックを採用する。

4. 6. 8 鉄筋の継手

鉄筋に継手を設ける場合は、部材の弱点とならないようにする。

鉄筋の継手は互いにずらして設け、一断面に集中させないようにしなければならない。また、応力が大きい位置では、鉄筋の継手を設けないのが望ましい。

4. 6. 9 せん断補強鉄筋

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

せん断補強鉄筋は、軸方向鉄筋に対して直角または直角に近い角度に配置する。

4. 6. 10 配力鉄筋及び圧縮鉄筋

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

一般には、配力鉄筋（構造物軸方向）の配筋量は、軸方向鉄筋量×1/6以上の鉄筋量を配置する。ただし、構造物軸方向に地盤が変化し、詳細な応力を検討する必要がある場合や集中荷重が載荷される場合には、この限りではない。

また、圧縮側となる軸方向鉄筋（圧縮鉄筋）の配筋量は、引張側の軸方向鉄筋（主鉄筋）の1/6以上を配置する。

4. 7 場所打ちボックスカルバートの設計

場所打ちボックスカルバートについては、「道路土工—カルバート工指針(5-7 場所打ちボックスカルバートの設計)」を参照する。

4. 7. 1 構造設計

場所打ちボックスカルバートは、常時での死荷重、活荷重、土圧、地盤反力度により、設計上最も不利となる状態を考慮して設計する。

(a) 構造解析

場所打ちボックスカルバート横断方向の断面力の計算を行う場合のラーメン軸線は、図-8.4.11に示す部材中心軸間の寸法(B_s , H_s)を用いる。

従来型場所打ちボックスカルバートにおいては、部材接合部の剛域の影響を無視して計算してよい。なお、内空断面が大きい場合や土かぶりが多い場合で部材が厚くなる場合は、図-8.4.12に示す剛域を考慮する。

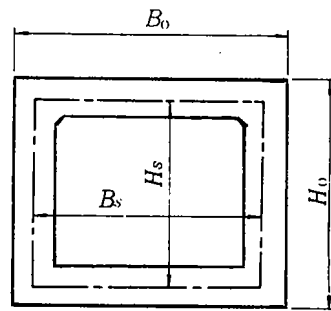


図-8.4.11 ラーメン軸線

(出典：道路土工—カルバート工指針(平成21年度) P127)

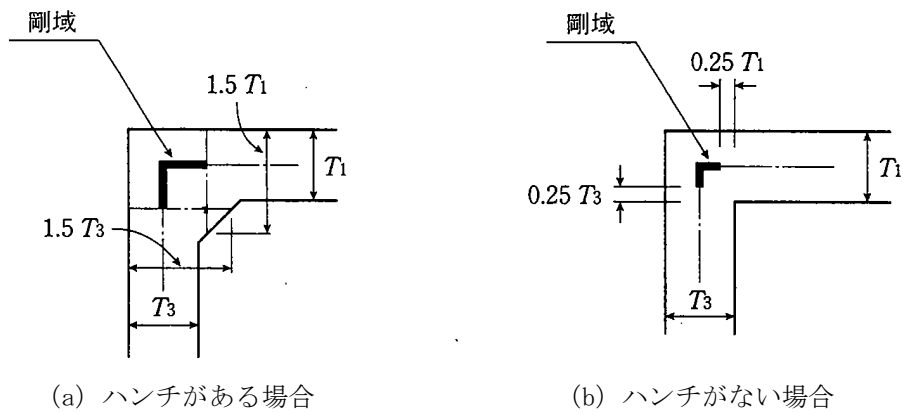


図-8.4.12 剛域の範囲

(出典：道路土工—カルバート工指針(平成21年度) P127)

(b) 縦断方向の設計

縦断方向（構造物軸方向）の検討を行う場合「4.4.1 一般」に従い、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。

(c) せん断力に対する部材の設計

せん断力に対する照査は、図-8.4.13 に示す部材断面に対して行うものとする。ただし、それがハンチにある場合の部材断面の高さは図-8.4.13(b)に示す h' とする。

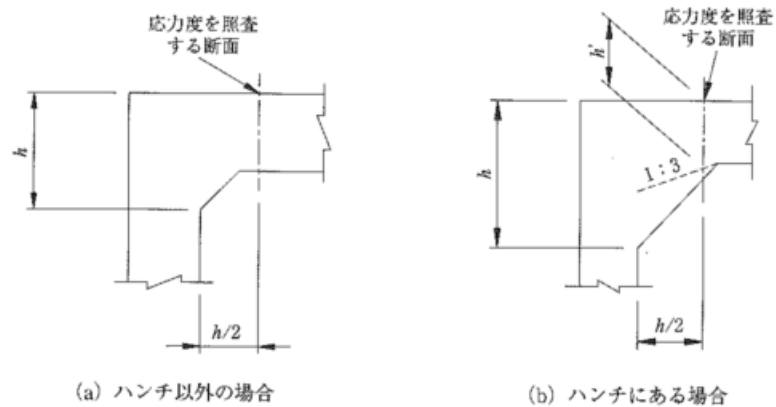


図-8.4.13 せん断力に対する照査位置

(出典：道路土工—カルバート工指針(平成 21 年度) P128)

(d) 配筋細目

場所打ちボックスカルバートの配筋細目は、「土木構造物設計マニュアル(案)に係わる設計・施工の手引き(案)[ボックスカルバート・擁壁編]平成 11 年 11 月 建設省」によるものとする。詳細については、「資料-02」を参照する。

4. 7. 2 基礎工の設計

基礎工の設計にあたっては、基礎地盤を十分に調査し、不等沈下など生じないよう安全な設計を行わなければならない。

4. 7. 3 安定性の照査

安定性の照査は、「4.3 剛性ボックスカルバートの安定性の照査」に従う。

4. 7. 4 裏込め工

裏込めは、「第 3 章土工, 7.2.1 カルバートの裏込め」に準ずるものとする。

- (1) 裏込めの材料は、締固めが容易で、圧縮性が小さく、透水性があり、かつ水の浸入によっても強度の低下が少ないような安定した材料を選ぶものとする。
- (2) 裏込めは、機械施工を基本とする。裏込め材も現地発生材を有効に利用するよう心掛けるとともに、裏込め材も路床部分と路体部分などでそれぞれ使い分けるなど、経済性を十分考慮した設計を行うものとする。

4. 7. 5 構造細目

(1) 斜角

斜角は原則としてつけないものとする。ただし、やむを得ず斜角をつける場合は5度ラウンドとすることが望ましい。

(2) 継手

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、上げ越し量などを考慮して決定しなければならない。なお、1ブロックの長さは、原則として15m以下とする。また、継手を設けた場合は、カルバート相互の不等沈下や側方のずれが起こらないよう十分な補強を行わねばならない。

(3) ウイング

ウイングは、パラレルウイングを原則とする。ただし、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型擁壁などでカルバート前面に取り付けてもよい。その他にも、盛土部が補強土擁壁等の場合もある。

(4) 止水壁

水路用カルバートの場合は、原則として下流端に洗掘防止のため止水壁を設ける。

構造細目については「道路土工—カルバート工指針(5-7 場所打ちボックスカルバートの設計

(5) 継手の設計, (6) ウイングの設計, (7) 構造細目)」を参照する。

(1) について

(a) 道路または水路の管理者の条件や地域住民の条件、避けがたい物件の存在などにより、斜角をつけなければならない場合は、次のような事項を考慮する。

(ア) 角度 α が表-8.4.5に示す値以上の場合は、ボックスカルバート両端部は、図-8.4.14(a)のように道路中心線の方と平行とする。

(イ) 角度 α が表-8.4.5に示す値未満の場合は、ボックスカルバート両端部を図-8.4.14(b)のような形状とする。

表-8.4.5 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°

(出典：道路土工—カルバート工指針(平成21年度) P137)

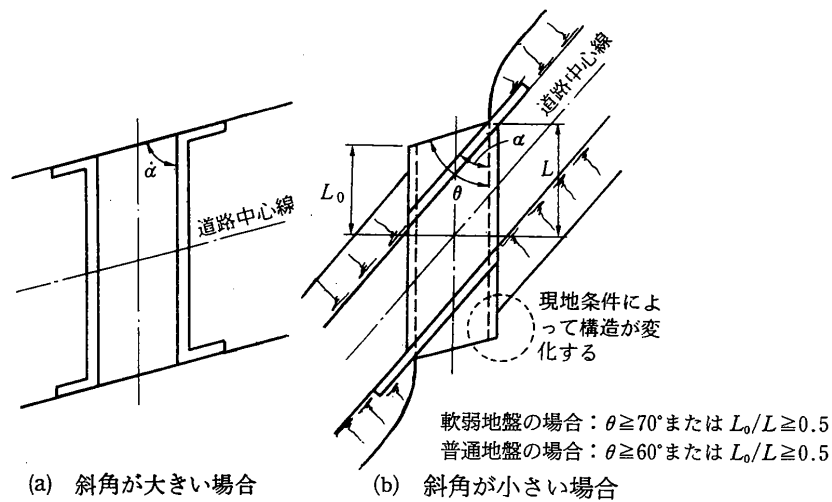


図-8.4.14 斜角のボックスカルバートの端部形状

(出典：道路土工—カルバート工指針(平成 21 年度) P137)

(b) 主鉄筋は、図-8.4.15 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。

端部の三角部の配筋は、三角部のみ斜めに入れるものとし、斜め方向を支間と考えて鉄筋量を計算する。

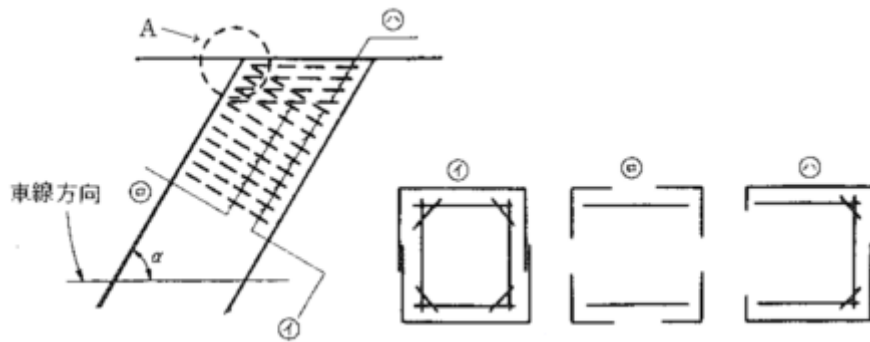


図-8.4.15 斜角部の配筋

(出典：道路土工—カルバート工指針(平成 21 年度) P138)

(c) 斜角が小さい場合や軟弱地盤上に設ける場合は、偏土圧や地盤の側方流動によって生じる回転移動について検討を行うものとする。

(2) について

(a) 継手の位置

継手の位置は、図-8.4.16 を参照する。なお、斜角のあるカルバートにおける伸縮継手の方向は図-8.4.16(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-8.4.16(b)に示すように中央分離帯の位置に設けるのがよい。

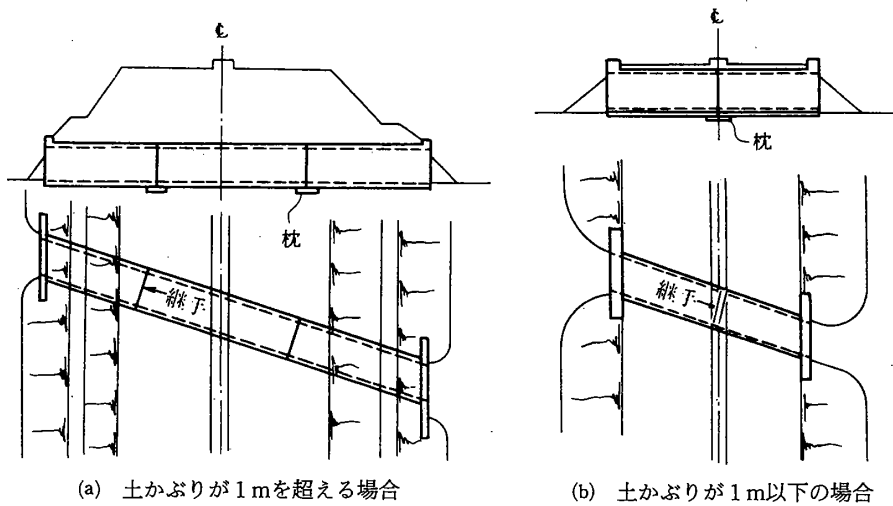


図-8.4.16 ボックスカルバートの継手の位置と方向

(出典：道路土工—カルバート工指針(平成21年度) P131)

(b) 継手の構造

(ア) 継手の構造は図-8.4.17に示すものを、施工条件によって表-8.4.6のように組合せることを標準とする。

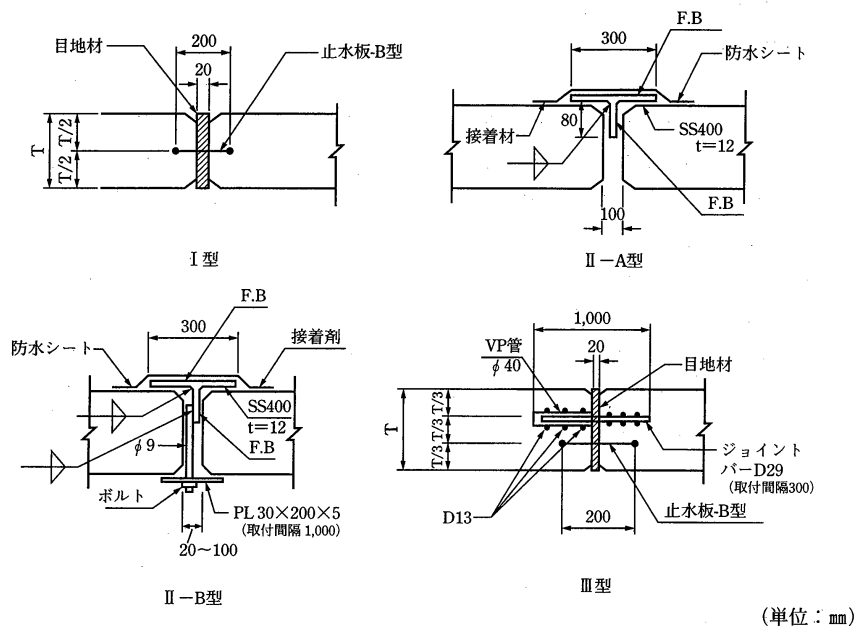


図-8.4.17 継手の構造の例

(出典：道路土工—カルバート工指針(平成21年度) P132)

表-8.4.6 継手構造の組合せ

適用箇所	頂版	側壁	底版
通常の場合	I 型	I 型	I 型 (Ⅲ型) 注)
上げ越しを行う場合	Ⅱ-A 型	Ⅱ-B 型	Ⅲ型

注) 土かぶりが 1m 以下の場合

(出典：道路土工—カルバート工指針(平成 21 年度) P132)

(イ)カルバート用止水板は合成ゴム、塩化ビニルなど柔軟、伸縮可能な材料で、表-8.4.7 に示す寸法を標準とする。

表-8.4.7 ボックスカルバート用止水板の標準寸法

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	センターバルブまたは半センターバルブ型
C 型	5 以上	300 以上	センターバルブまたは半センターバルブ型

(出典：道路土工—カルバート工指針(平成 21 年度) P132)

(c) 継手の補強

(ア)継手位置の段落ちを防止するために、枕梁を設ける場合は、図-8.4.18 及び図-8.4.19 を参照する。

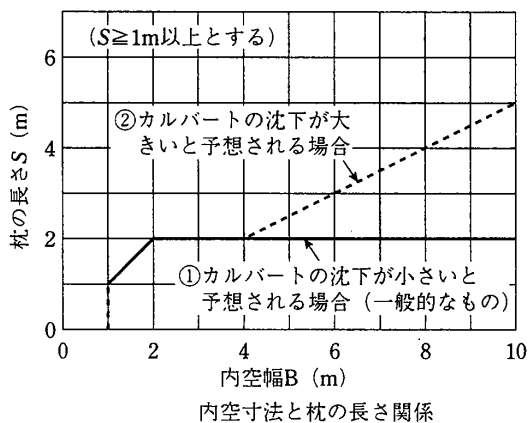


図-8.4.18 段落ち防止用枕

(出典：道路土工—カルバート工指針(平成 21 年度) P133)

(イ) 枕梁の配筋はボックスカルバート底版の配筋量以上を軸方向、軸直角方向に配筋するものとする。枕梁の配筋例を図-8.4.19に示す。

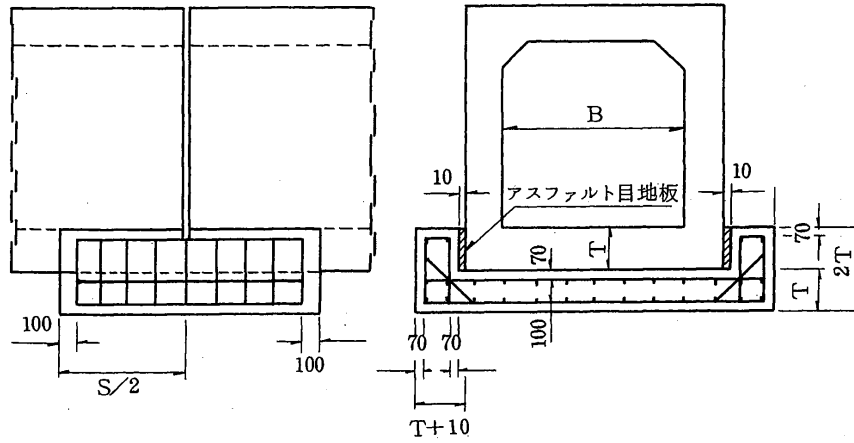


図-8.4.19 枕梁の配筋

(出典：道路設計要領—設計編— 国土交通省中部地方整備局(2008年12月) P4-22)

(3) について

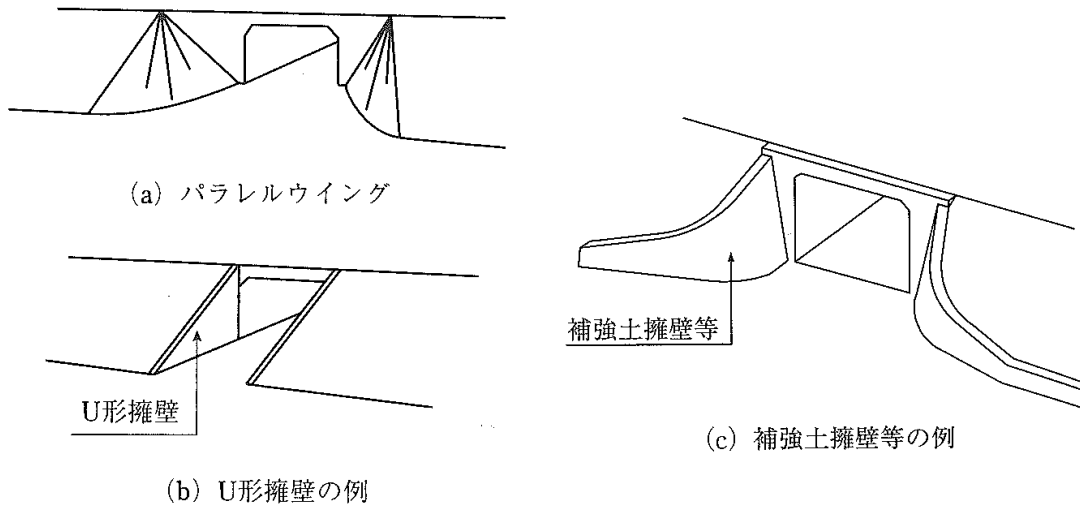


図-8.4.20 ウイングなどの形式例

(出典：道路土工—カルバート工指針(平成21年度) P135)

平行ルウイングの形状寸法に関する一般的な事項については、図-8.4.21 に示す。また、平行ルウイングの設計は、「土木構造物標準設計第1巻の解説書」も参照する。

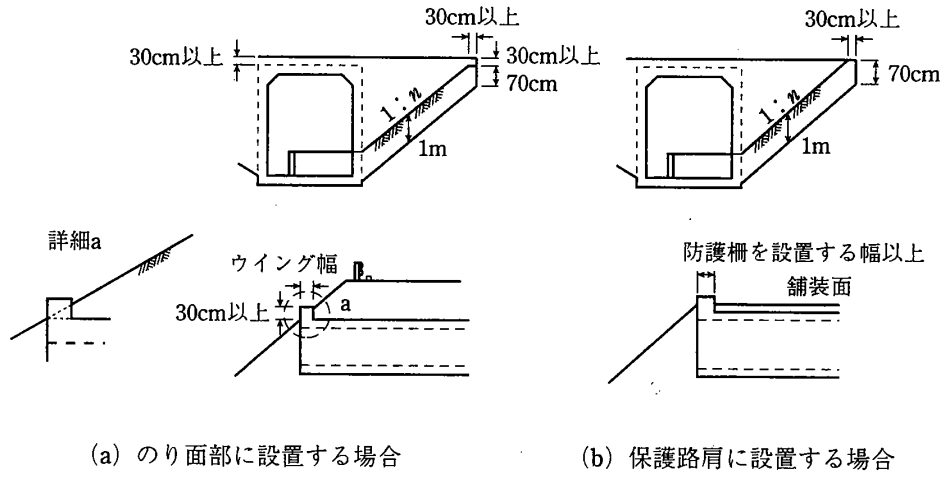
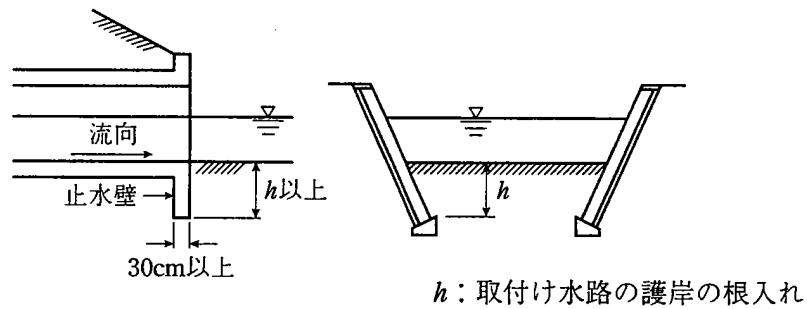


図-8.4.21 ウイングの形状寸法

(出典：道路土工—カルバート工指針(平成21年度) P135)

(4) について

止水壁の深さは図-8.4.22 に示すように、取り付け水路の護岸の根入れ h 以上とする。



h ：取り付け水路の護岸の根入れ

図-8.4.22 止水壁

(出典：道路土工—カルバート工指針(平成21年度) P141)

4. 8 プレキャストボックスカルバートの設計

プレキャストボックスカルバートについては、「道路土工—カルバート工指針(5-8 プレキャストボックスカルバートの設計)」を参照する。

4. 8. 1 適用範囲

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ものとする。なお、それ以上の内空断面についても施工期間、維持管理、製品品質等を考慮したうえで採用を検討することが望ましい。

プレキャストボックスカルバートの採用については、「2.2 計画における配慮」に記したように、積極的に採用を検討することとした。採用にあたって留意すべき事項を次に記す。

- (1) プレキャスト製品はRCとPC，PRC構造の3種類があり、それぞれの特性を考慮して決定する。
- (2) プレキャスト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しなければならない。
- (3) 採用する場所ではできるだけ不同沈下のなく、斜角の大きい(90°に近い)場所とし、特にウイングが必要となる場所、また、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。

4. 8. 2 設計方法

プレキャストボックスカルバートの設計方法は、「道路土工—カルバート工指針(5-8 プレキャストボックスカルバートの設計)」に準ずる。

4. 8. 3 縦方向の連結

縦方向の連結は、原則として行わないものとする。ただし、高い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などには、縦方向の連結を行わなければならない。

プレキャストボックスカルバートの敷設方法には、通常敷設型と縦方向連結型とがある。

高い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などには、縦方向をPC鋼材または高力ボルトにより連結する必要がある。また、曲線部敷設の場合は高力ボルトによる連結方法を用いる。

「4.7.1(b)縦断方向の設計」の条件に該当する場合は、縦断方向の検討を行う。縦断方向の設計は“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。

図-8.4.23 にプレキャストボックスカルバートの敷設方法を示す。また、これら敷設方法の適用条件については、表-8.4.8に記す。

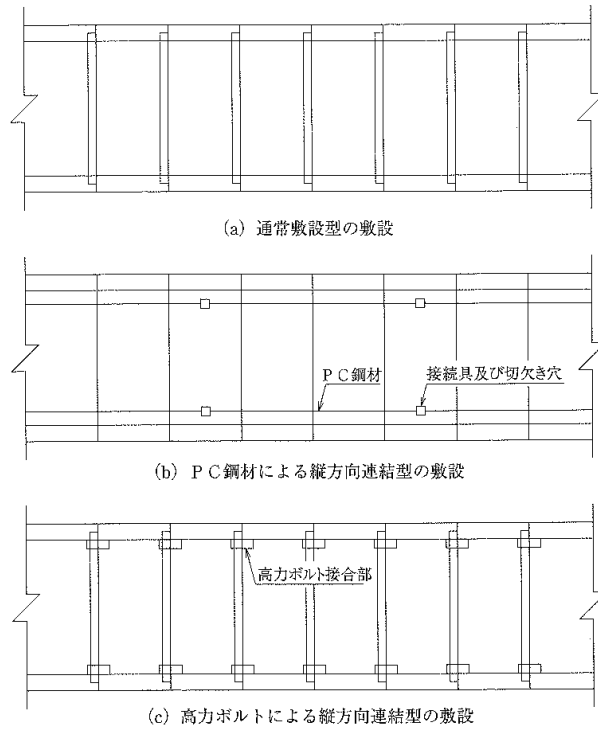


図-8.4.23 プレキャストボックスカルバートの敷設方法

(出典：道路土工—カルバート工指針(平成21年度) P148)

表-8.4.8 敷設方法の適用条件

	R C BOX			P C 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	—	・基礎地盤が良好な場合	—	—	—
縦方向連結型	有	PC鋼材 高力ボルト	<ul style="list-style-type: none"> ・高い止水性が必要な場合 ・土かぶりが大きく変化する場合 ・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 ・基礎地盤の支持力が変化する場合 	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。

(出典：道路設計要領—設計編— 国土交通省中部地方整備局(2008年12月) P4-10へ一部修正)

4. 8. 4 基礎の設計

プレキャストボックスカルバートの基礎は、無筋コンクリートによる直接基礎を標準とする。

(1) プレキャストボックスカルバートの直接基礎の例を図-8.4.24 に示す。

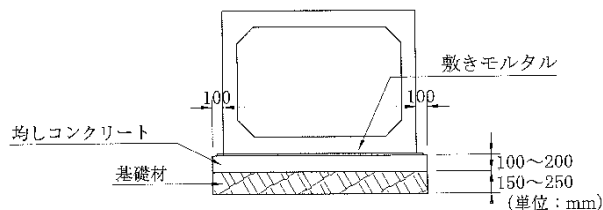


図-8.4.24 プレキャストボックスカルバートの直接基礎の例

(出典：道路土工—カルバート工指針(平成21年度) P152)

(2) プレキャストボックスカルバートの杭基礎の例を図-8.4.25 に示す。なお、杭頭部の処理は基礎コンクリート(無筋または鉄筋)内で行うものとし、「道路橋示方書・同解説IV下部構造編」及び「道路土工—擁壁工指針」に準じて検討する。

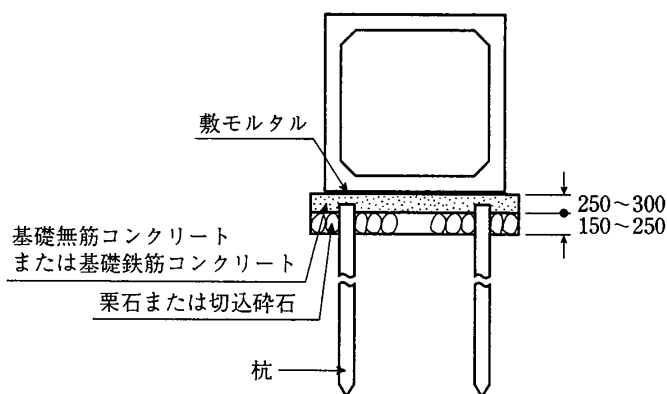


図-8.4.25 プレキャストボックスカルバートの杭基礎の例

(出典：道路土工—カルバート工指針(平成11年3月) P82)

4. 9 門形カルバートの設計

門形カルバートについては、「道路土工—カルバート工指針(5-9 門形カルバートの設計)」を参照する。

門形カルバートの設計に関する基本的事項は、「4.7 場所打ちボックスカルバートの設計」に準ずる。

門形カルバート特有の考え方は以下に記すとおりである。

(1) 設計荷重

(a) 地震の影響

この場合「道路橋示方書・同解説Ⅴ耐震設計編(6.2.4 地震時土圧)」により求めた地震時水平土圧と死荷重慣性力を作用させて、カルバートを構成する部材の応力度が許容応力度以下となること及び基礎が安定であることを照査する(図-8.4.26)。

門形カルバートの設計に用いる水平震度は、式 8.4.11 により算出される。

$$k_h = c_z \cdot k_{h0} \quad \dots\dots (8.4.11)$$

K_h : 設計水平震度 (小数点以下 2 桁に丸める)

K_{h0} : 設計水平震度の標準値で、表-8.4.9 による。

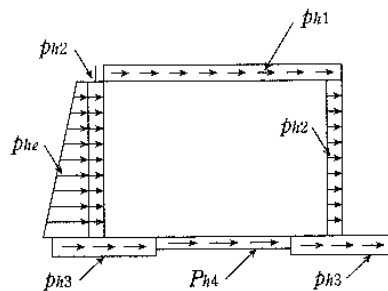
c_z : 地域別補正係数

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

表-8.4.9 設計水平震度の標準値 K_{h0}

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

(出典：道路土工—カルバート工指針(平成 21 年度) P154)



p_{h1} : 頂版及び上載土の慣性力 (kN/m²)

p_{h2} : 側壁の慣性力 (kN/m²)

p_{h3} : フーチングの慣性力 (kN/m²)

P_{h4} : ストラットの慣性力 (kN/m²)

p_{he} : 地震時水平土圧 (kN/m²)

図-8.4.26 地震時の断面力計算における作用水平力

(出典：道路土工—カルバート工指針(平成 21 年度版) P155)

(2) 構造設計

1) 構造解析

門形カルバート横断方向の断面力の計算を行う場合、構造解析モデルのラーメン軸線は、図-8.4.27 に示す、部材中心軸間の寸法 (B_s , H_s) を用い、フーチングおよびストラットは弾性床上のはりとする。

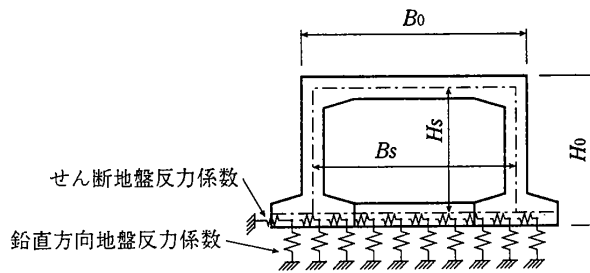


図-8.4.27 ラーメン軸線と計算モデル

(出典：道路土工—カルバート工指針(平成21年度版) P155)

2) ストラットの設計

フーチングの滑動によるラーメン隅角部の破壊を防ぐためストラットを設けることを原則とする。

ストラットの設計は、次のような事項を考慮する。

- (a) ストラットは矩形断面とし、フーチングに剛結する。
- (b) ストラットは、フーチングに剛結された弾性床上のはりとして設計する。
- (c) ストラット上面には必要に応じて活荷重を考慮する。

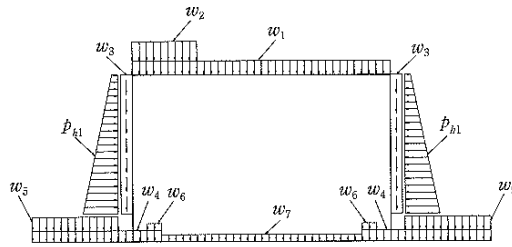
(3) 安定性の照査

1) 支持力に対する安定の照査

図-8.4.28 に示す荷重を考慮するラーメン構造解析により求められる基礎の地盤反力度に基づいて、支持力に対する安定照査を行うものとする。なお、地震時の場合は、ラーメン構造解析に当たり図-8.4.26 に示す荷重も含めて考慮する。

2) 滑動に対する安定の照査

カルバート内に設けられる工作物等への障害からストラットが設けられない場合や、基礎地盤が軟岩以上でも滑動防止をしない場合は、滑動に対する安定度の照査を行わなければならない。



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

図-8.4.28 安定計算に用いる荷重

(出典：道路土工—カルバート工指針(平成21年度版) P157)

(4)カルバート本体以外の設計

裏込めの設計, 継手の設計, ウイングの設計, 構造細目は, 「4.7 場所打ちボックスカルバートの設計」に準じる.

4. 10 場所打ちアーチカルバートの設計

場所打ちアーチカルバートについては, 「道路土工—カルバート工指針(5-10 場所打ちアーチカルバートの設計)」を参照する.

場所打ちアーチカルバートの設計に関する基本的事項は, 「4.7 場所打ちボックスカルバートの設計」に準ずる.

場所打ちアーチカルバート特有の考え方は以下に記すとおりである.

(1) 設計荷重

(a) 場所打ちアーチカルバートの設計に用いる土かぶり, 図-8.4.1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, 原則として全区間同一断面とするが, 底版部材は応力に応じて厚さを変えてもよい.

(b) 鉛直土圧の作用位置は, 図-8.4.29に示すとおりアーチ天端に作用するものとする.

(c) 水平土圧の土圧係数は $k_0=0.3$ 程度とし, 図-8.4.29に示すとおり, カルバート最外縁に対して水平に作用するものとする.

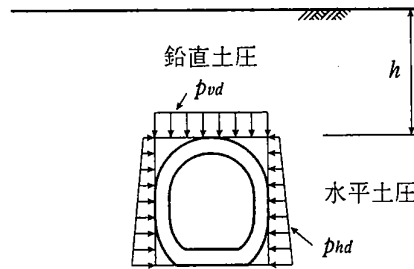


図-8.4.29 土圧の作用

(出典：道路土工—カルバート工指針(平成21年度版) P159)

(2) 本体の設計

- (a) 図-8.4.30 に示すとおり，荷重の計算には外側寸法線 (B_o, H_o) を用い，構造解析モデルのラーメン軸線としては各部材の中心軸寸法線 (B_s, H_s) を用いる。
- (b) 応力度の計算に当たって，全部材に軸力を考慮する。
- (c) アーチ部材は，施工中の荷重や偏土圧を受けた場合においても安全であるよう余裕をもった部材厚とする。

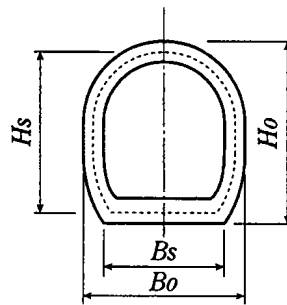


図-8.4.30 アーチカルバートのラーメン軸線

(出典：道路土工—カルバート工指針(平成21年度版) P160)

4. 1 1 プレキャストアーチカルバートの設計

プレキャストアーチカルバートについては，「道路土工—カルバート工指針(5-11 プレキャストアーチカルバートの設計)」を参照する。

プレキャストアーチカルバートの設計に関する基本的事項は，「4.7 場所打ちボックスカルバートの設計」，「4.8 プレキャストボックスカルバートの設計」及び「4.10 場所打ちアーチカルバートの設計」に準ずる。

プレキャストアーチカルバートは，現地の条件や用途に応じた種類及び規格を適切に選定して用いる。

第 5 節 パイプカルバートの設計

5. 1 基本方針

5. 1. 1 一般

パイプカルバートの設計に当たっては、適切な設計断面を設定し、5.1.2 に示す荷重に対してカルバートの安定性、及び部材の安全性の照査を行う。また、必要に応じて耐久性の検討を行う。

(1) 従来型パイプカルバート設計の基本方針

カルバートの設計に当たっては、パイプカルバート上部及び内空断面の通行者が安全かつ快適にカルバートを使用できるようにしなければならない。また、水路カルバートとして用いられる場合は、必要な通水性を確保しなければならない。

パイプカルバートの補修や補強は、大規模な工事を伴い、交通や周辺環境へ与える影響が大きいことから、耐久性の確保にも配慮しなければならない。鉄筋コンクリート構造及びコルゲートパイプについては、磨耗や腐食に対して、また塩化ビニル管等は紫外線等に対する耐久性を有するように検討する必要がある。

(2) 従来型パイプカルバートの設計方法

1) 設計断面

パイプカルバートの設計は、横断方向について行う。

2) 照査項目

従来型パイプカルバートの照査項目は、表-8.5.1 に示すとおりである。

表-8.5.1 従来型パイプカルバートの照査項目

構成要素	照査項目	照査手法	従来型パイプカルバートの照査項目 ^{注)}		適用
			剛性パイプカルバート	たわみ性パイプカルバート	
カルバート及び基礎地盤	変形	変形照査	△	△	基礎地盤に問題がない場合には省略可
	安定性	安定照査・支持力照査	△	△	
カルバートを構成する部材	強度	断面力照査	○	○	従来型パイプカルバートでは地震動の作用に対する照査は省略可
継手	変位	変位照査	×	×	本指針に示す継手構造を採用した従来型パイプカルバートでは省略可

注) ○：実施する， △：条件により省略可， ×：一般に省略可

(出典：道路土工—カルバート工指針(平成 21 年度版) P169)

① カルバート及び基礎地盤

従来型パイプカルバートで基礎地盤が良好な場合には、本節に示す設計及び「第6節 カルバートの施工」に示す施工が行われれば、安定性に関する検討は省略してもよい。

ただし、基礎地盤が軟弱で、パイプカルバート及び上部道路路面に影響を与えることが想定される場合には「道路土工—軟弱地盤対策工指針」に従い、基礎地盤の沈下に対する照査を行う必要がある。

② カルバートを構成する部材

パイプカルバートを構成する部材に生じる断面力や応力度、たわみ率を照査指標として、これらが許容値以下であることを照査する。各種パイプカルバートにおける照査指標は、表-8.5.2に示すとおりである。

表-8.5.2 従来型パイプカルバートを構成する部材の照査指標

カルバートの種類	照査指標
剛性パイプカルバート	曲げ耐力に対する安全率
コルゲートメタルカルバート	コルゲートの座屈強さ 許容たわみ量
硬質塩化ビニルパイプカルバート 強化プラスチック複合パイプカルバート 高耐圧ポリエチレンパイプカルバート	許容たわみ率 許容曲げ応力度

(出典：道路土工—カルバート工指針(平成21年度版) P170)

③ 継手

「道路土工—カルバート工指針(第6章 パイプカルバートの設計)」に示す継手構造を採用する場合には、継手の照査を省略してもよい。

④ 裏込め部・埋め戻し部

「道路土工—カルバート工指針(第7章 施工)」に示す施工が行われる場合には、照査を省略してもよい。

3) 地震動の作用に対する照査

従来型パイプカルバートで、常時の作用に対して許容応力度法で設計されている場合には、「道路土工—カルバート工指針(第6章 パイプカルバートの設計)」に従い常時の作用に対して設計された従来型パイプカルバートは、地震動の作用に対して「3.1.3 カルバートの要求性能」に示す性能を満足するとみなせるものとした。

地震時の基礎地盤の安定や変形がカルバートや上部道路に影響すると想定される場合には、「道路土工—軟弱地盤対策工指針」により、これらの影響について検討を行う。

周辺地盤が軟弱で地下水位が高い場合には、埋戻し土に液状化が生じないように、埋戻し土の安定処理、砕石等による埋戻し、埋戻し部の十分な締固めを行うことを原則とする。

(3) 照査の前提条件

上記(1)、(2)は「道路土工—カルバート工指針(第7章 施工)及び(第8章 維持管理)」に示されている施工、施工管理、維持管理が行われることを前提とする。

5. 1. 2 荷重

設計に用いる荷重としては、主として死荷重、活荷重、土圧、管内の水の重量、地盤変位の影響等を考慮する。パイプカルバートの設計に当たっては、表-8.5.3 に示す荷重のうち、最も不利となる条件を考慮して、部材の安全性の照査及び基礎地盤の安定性の照査を行わなければならない。

表-8.5.3 パイプカルバートの設計に用いる荷重

荷重		パイプカルバート			
		剛性パイプカルバート	たわみ性パイプカルバート		
			コルゲート メタルパイプ カルバート	その他従来型 たわみ性パイプ カルバート 注)	
主荷重	死荷重	管の重量	○	×	×
		管内の水の重量	△	△	△
	活荷重	管上の活荷重	○	○	○
		管内の活荷重	×	×	×
		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) その他の従来型たわみ性カルバート：
 硬質塩化ビニルパイプカルバート、強化プラスチック複合パイプカルバート
 高耐圧ポリエチレンパイプカルバート
 ○：必ず考慮する
 △：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

(出典：道路土工—カルバート工指針(平成 21 年度) P173)

地下水位の高い地盤中に埋設するパイプカルバートで、土かぶりが薄い場合は、水圧及び浮力の影響を考慮する。

パイプカルバートの完成後、不同沈下によりカルバートに悪影響を与えるおそれがある場合に

はその影響を考慮する。

一般に、温度変化の影響と地震の影響は考えなくてもよい。

5. 2 剛性パイプカルバートの設計

5. 2. 1 設計一般

剛性パイプカルバートの設計は、「道路土工—カルバート工指針(6-2 剛性パイプカルバートの設計)」に準ずる。

剛性パイプカルバートには、使用する管の材質により

- (a) 遠心力 鉄筋コンクリート管
- (b) プレストレストコンクリート管

などがあり、JISに登録されている呼び径範囲や適用規格は、まちまちである。

また、それぞれの種類により、管体の設計法や継手の構造、基礎形式等が異なるため「道路土工—カルバート工指針」を参照するものとした。

5. 2. 2 埋設形式

剛性パイプカルバートの埋設形式は、突出型と溝型に分類する。

(1) 突出型

突出型とは、図-8.5.1(a)に示すように管を直接地盤またはよく締固められた地盤上に設置し、その上に盛土をする形式をいう。なお、溝を掘って管を埋設しても図-8.5.2(a)に示すように溝幅が管の外径の2倍以上ある場合や図-8.5.2(b)に示すように原地盤からの土かぶり h_a が溝幅の1/2以下の場合、突出型とする。また、土留を行い、溝を掘削してパイプカルバートを設置した後に、土留材を引き抜いた場合も突出形とする。

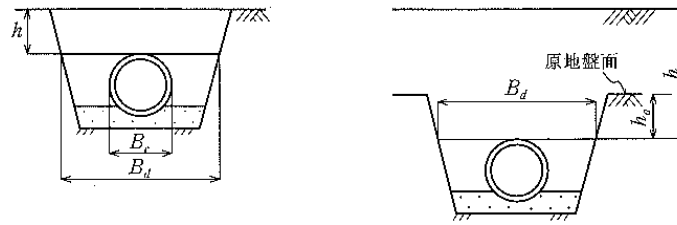
(2) 溝型

溝型とは、図-8.5.1(b)に示すように原地盤またはよく締固めた盛土に溝を掘削して埋設する型式であり、プレローディングを行い長期間放置した盛土を掘削して管を設置する場合も溝型とする。



図-8.5.1 埋設形式

(出典：道路土工—カルバート工指針(平成21年度版) P176)



(a) 溝が広い場合 ($B_d \geq 2B_c$)
または h が $B_d/2$ 以下の場合

(b) h_a が $B_d/2$
以下の場合

図-8.5.2 突出型とする場合

(出典：道路土工—カルバート工指針(平成21年度版) P176)

5.2.3 標準設計の利用

遠心力鉄筋コンクリート管、およびプレストレストコンクリート管を用いたパイプカルバートの設計は原則として、「土木構造物標準設計」によるものとする。

「土木構造物標準設計」においては、管径2.0m以下のパイプカルバートの標準化が図られており、これを積極的に活用することとした。

パイプカルバートの集録範囲については、「資料-01」を参照する。

剛性パイプカルバートの基礎形式選定図については、「資料-03」を参照する。

5.3 たわみ性パイプカルバートの設計

たわみ性パイプカルバートの設計は、「道路土工—カルバート工指針(6-3 たわみ性パイプカルバートの設計)」に準ずる。

たわみ性パイプカルバートには、使用する管の材質により

- (a) コルゲートメタルカルバート
- (b) 硬質塩化ビニルパイプカルバート
- (c) 強化プラスチック複合パイプカルバート
- (d) 高耐圧ポリエチレンパイプカルバート

などがあり、JISに登録されている呼び径範囲や適用規格は、まちまちである。

また、それぞれの種類により、管体の設計法や継手の構造、基礎形式等が異なるため「道路土工—カルバート工指針」を参照するものとした。

第 6 節 カルバートの施工

カルバートの施工については、「道路土工—カルバート工指針(第 7 章 施工)」を参照する。

6. 1 施工一般

カルバートの施工に当たっては、他の関連工事との整合性を図り、周到な工程計画をたてなければならない。

カルバートの施工時には、既存の通路または水路を遮断することなく施工しなければならない場合が多い。したがって、適切な仮設道路や付替水路の計画を立てる必要がある。

また、他の関連工事などを含めた全体工程の一部として周到な工程計画をたて、カルバートの施工が全体工程の支障とならないよう配慮することが肝要である。

一般的なカルバート施工時の流れを図-8.6.1 に示す。

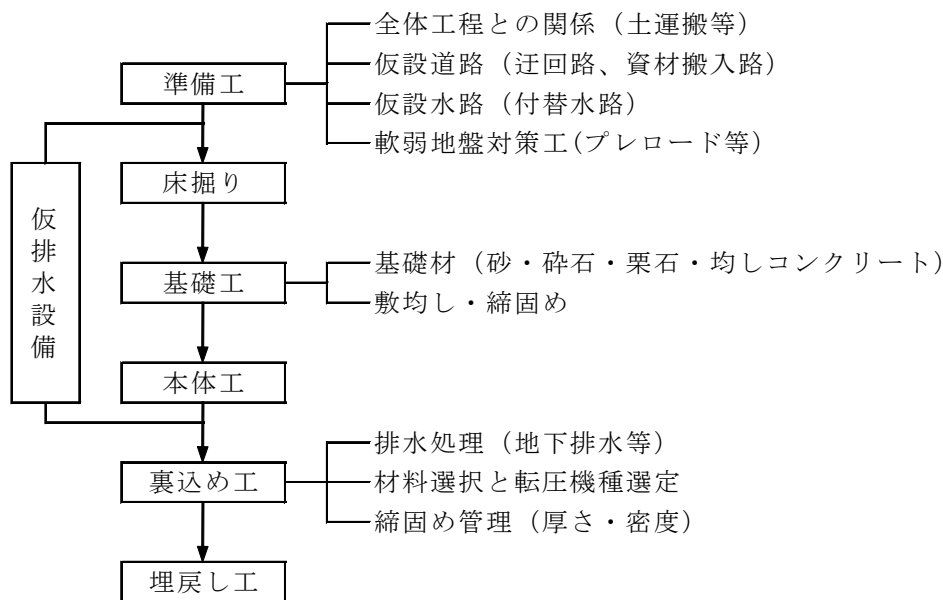


図-8.6.1 カルバートの施工の流れ

(出典：道路土工—カルバート工指針(平成 21 年度版) P264)

6. 2 カルバートの種類による施工上の留意事項

カルバートの種類に応じた施工上の留意事項は、「道路土工—カルバート工指針(7-2 剛性ボックスカルバートの施工, 7-3 剛性パイプカルバートの施工, 7-4 たわみ性パイプカルバートの施工)」に準ずる。

第 7 節 維持管理

維持管理については、「道路土工—カルバート工指針(第 8 章 維持管理)」を参照する。

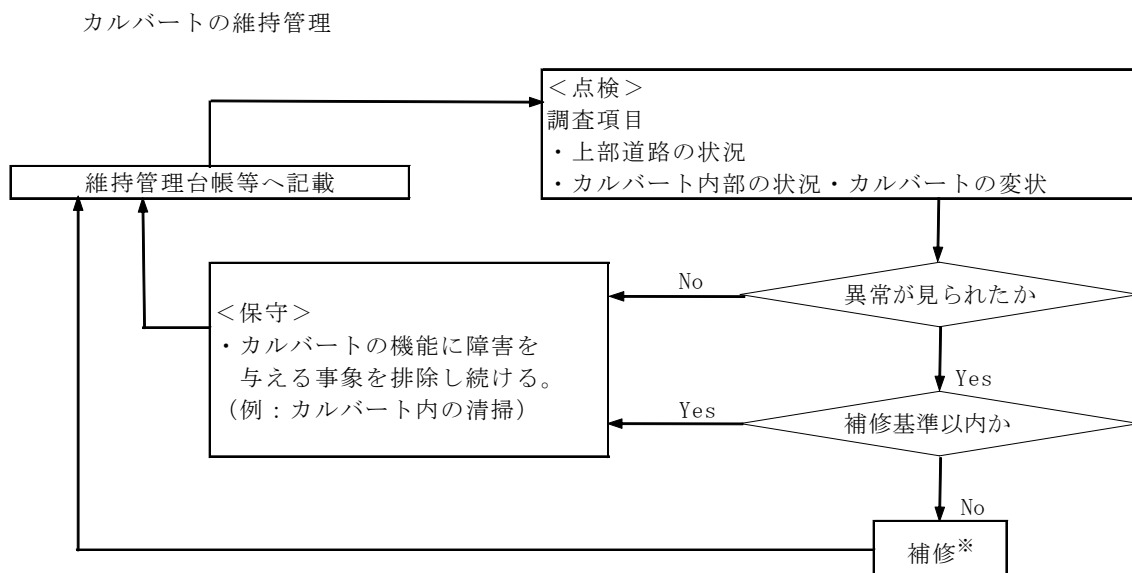
7. 1 維持管理一般

- (1)維持管理のため設計図を保存しなければならない。
- (2)カルバートは、その機能を保持させるため、定期的に点検を行い、その結果を記録として残すことが望ましい。

カルバートにおける維持管理とは、カルバートの機能を確保することである。

カルバートの機能確保のため定期的な点検を行い、カルバートの機能低下、機能損失が認められるものについては補修を行うものとする。

巡回点検から異常の発見、補修に至る維持管理作業の流れを、図-8.7.1 に示す。



* 損傷が著しい場合には、対策工法等による補強を実施

図-8.7.1 カルバートの維持管理の流れ

(出典：道路土工—カルバート工指針(平成 21 年度版) P286)

7. 2 カルバートの種類による維持管理

カルバートの種類に応じた維持管理事項は、「道路土工—カルバート工指針(8-4 補修・補強対策)」に準ずる。

第 8 節 参考資料

本道路設計マニュアルの記述内容を補足するため、本章に関する参考資料を収録した。
収録内容は、以下のとおりである。

資料－01 標準設計

…… 土木構造物標準設計第1巻 解説書（全日本建設技術協会）の抜粋

資料－02 配筋細目

…… 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)
（全日本建設技術協会）の抜粋

資料－03 剛性パイプカルバートの基礎形式選定図

…… 道路土工－カルバート工指針 6-2-2 剛性パイプカルバートの設計の抜粋

資料一〇一 標準設計

《 土木構造物標準設計第1巻 解説書 より抜粋 》

標準設計の利用に際しては、現場の設計条件が標準設計の適用条件内であることを確認しなければならない。また、道路土工—カルバート工指針等準拠する基準・指針類の改訂に応じて、標準設計も改訂されるため、最新のものを利用するよう留意しなければならない。（道路土工—カルバート工指針 資料一1, 1-3 より抜粋）

2.3.4 パイプカルバート

パイプカルバートは、表-2.8の範囲（表中に○印で示す）について標準化している。

(1) 管の種類について

管の種類は、JIS A 5372に規定される遠心力鉄筋コンクリート管の継手形状のB, C形とJIS A 5373のプレストレストコンクリート管について標準化している。

なお、硬質塩化ビニルパイプカルバート、強化プラスチック複合パイプカルバートなどについては標準化されていないが、これを用いる場合の設計はカルバート工指針によることを標準化する。

(2) 基礎材料および基礎角について

基礎の材料はコンクリートを対象としており、その基礎角は 90° 、 180° 、 360° （全巻）の3種類である。

(3) 埋設条件について

埋設条件としては、突出型および溝型を対象としている。

表-2.8 パイプカルバートの集録範囲

図面番号	型式の呼び名	管径 D (m)													
		0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0				
02-PH-01	P 1 - R C	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○				
	P 1 - P C			○	○	○	○	○	○	○	○				
02-PH-02	P 2 - R C	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○				
	P 2 - P C			○	○	○	○	○	○	○	○				
02-PH-03	P 3 (R C)	○	○	○	○	○									
	P 4 (R C)			○	○	○	○								

(出典：土木構造物標準設計第1巻解説書(側こう類・暗きよ類) 全日本建設技術協会 P11)

2.3.5 ボックスカルバート

ボックスカルバートの集録断面寸法は、図-2.3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 $H \leq 4.0$ m が $D = 0.5 \sim 6.0$ m, $H > 4.0$ m が $D = 0.5 \sim 3.0$ m である。

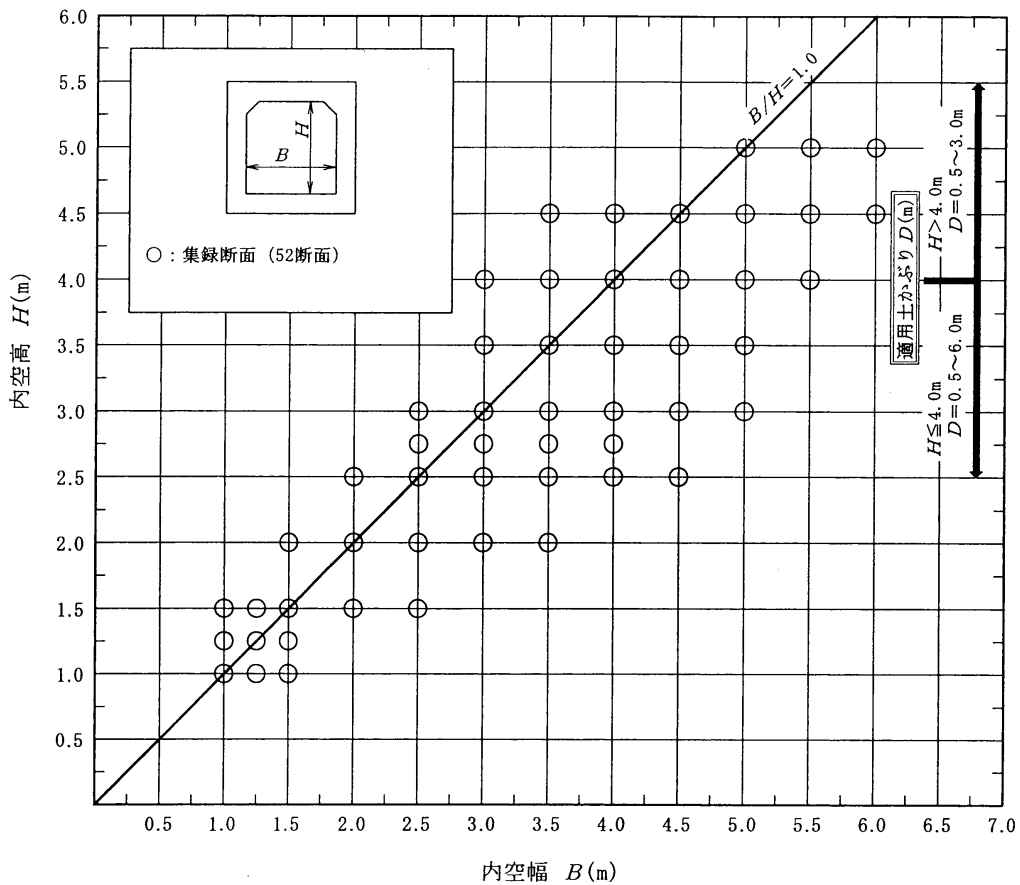


図-2.3 ボックスカルバートの集録断面と適用土かぶり

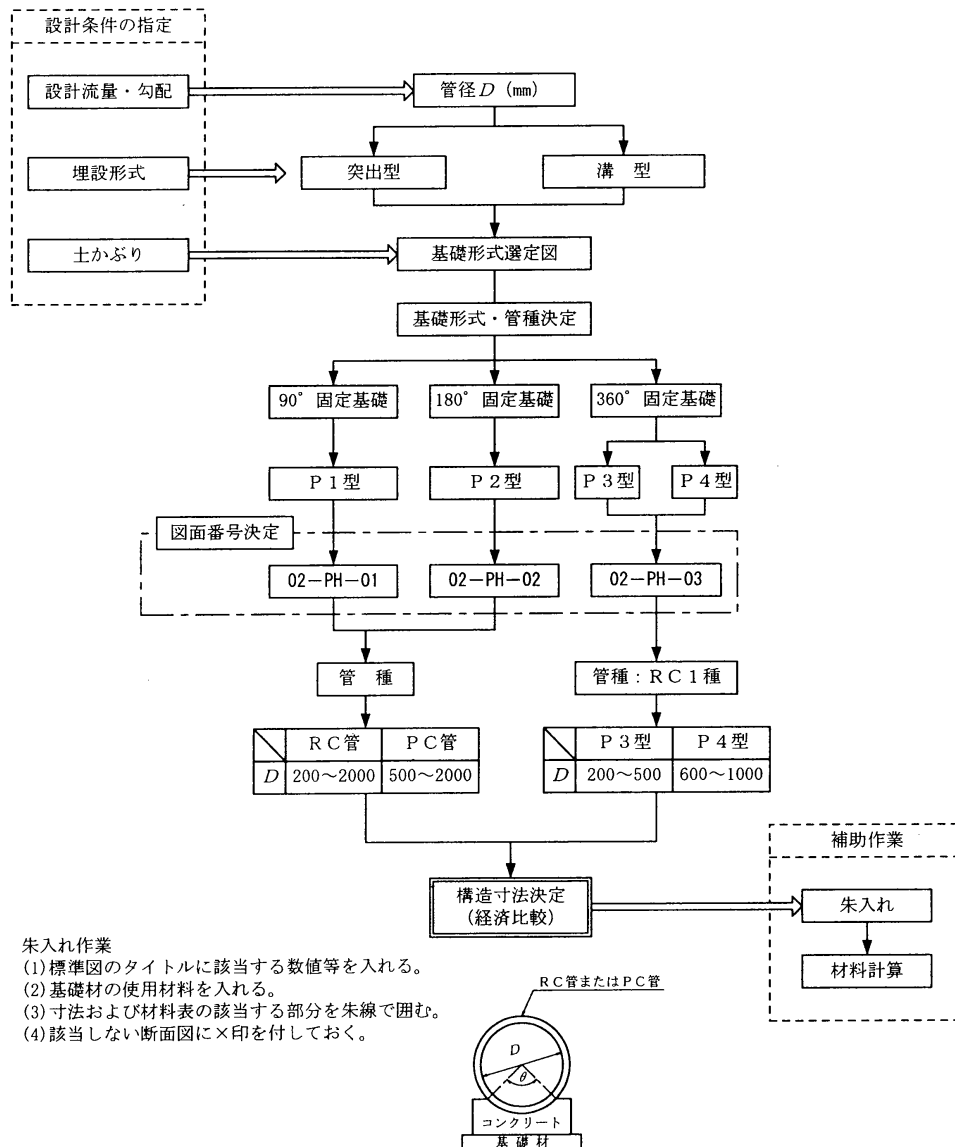
(出典：土木構造物標準設計第1巻解説書(側こう類・暗きょ類) 全日本建設技術協会 P12)

3.2 暗きょ類

ここでは、暗きょ類における図面の検索方法について説明する。

3.2.1 パイプカルバート

パイプカルバートの図面の検索方法は、図-3.5に示すとおりであり、設計流量と勾配から決まる管径および埋設形式と土かぶりから決まる基礎形式を指定することにより図面番号および構造寸法を決定する。



- 朱入れ作業
- (1) 標準図のタイトルに該当する数値等を入れる。
 - (2) 基礎材の使用材料を入れる。
 - (3) 寸法および材料表の該当する部分を朱線で囲む。
 - (4) 該当しない断面図に×印を付しておく。

図-3.5 パイプカルバートの図面の検索と利用の流れ

(出典：土木構造物標準設計第1巻解説書(側こう類・暗きょ類) 全日本建設技術協会 P16)

3.2.2 ボックスカルバート

ボックスカルバートの図面の検索方法は、図-3.6 に示すとおりであり、内空寸法と設計土かぶりを指定することにより図面番号および構造寸法を決定する。

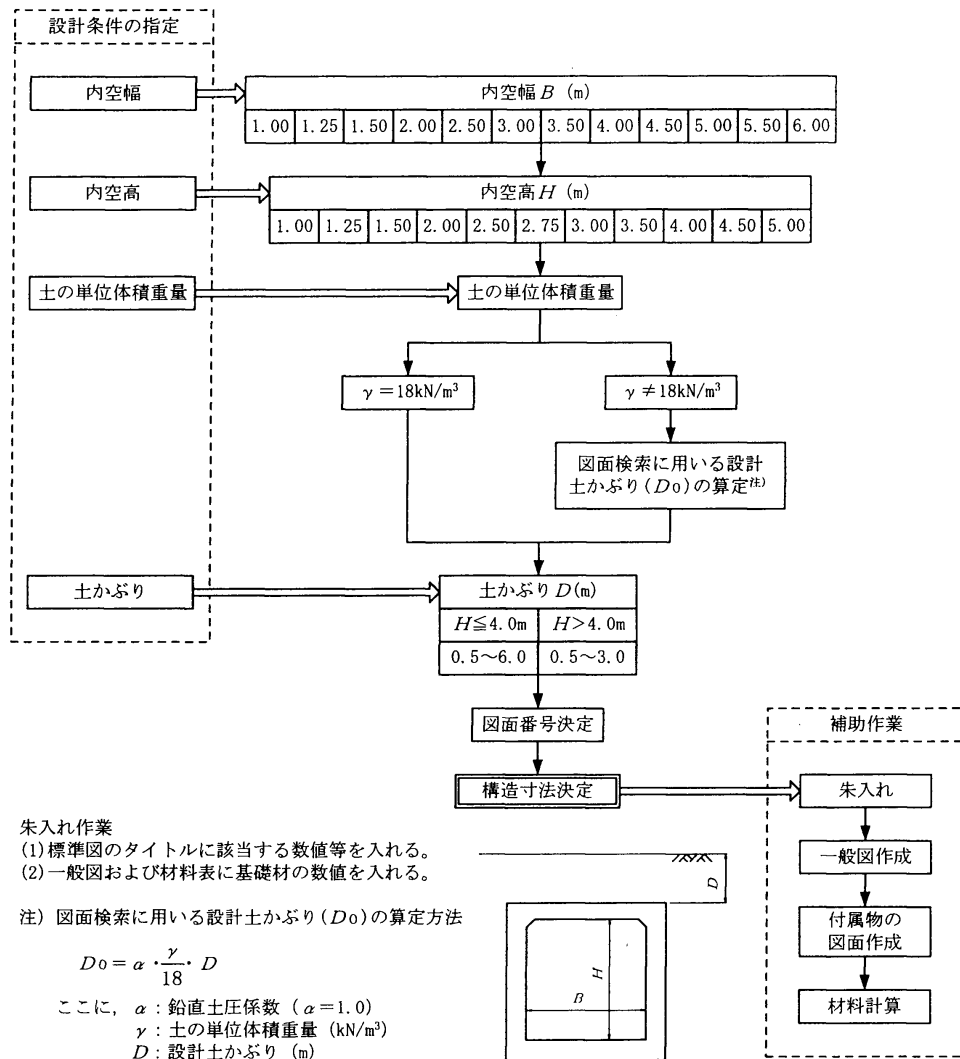


図-3.6 ボックスカルバートの図面の検索と利用の流れ

(出典：土木構造物標準設計第1巻解説書(側こう類・暗きよ類) 全日本建設技術協会 P17)

資料一〇二 配筋細目

《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）
より抜粋》

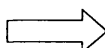
POINT 1

使用材料の標準化・規格化

コンクリート $\sigma_{ck}=21N/mm^2$

鉄筋 SD295

従来一般的に用いられていた材料



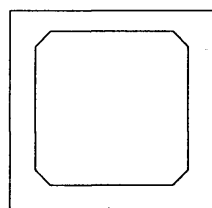
$\sigma_{ck}=24N/mm^2$

SD345

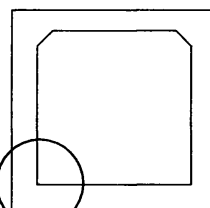
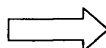
〔参考資料〕参照

POINT 2

形状の単純化



従来



下側ハンチの除去

設計上のポイント

側壁下端部および底板端部の許容曲げ圧縮応力度の低減

$$\text{コンクリートの曲げ圧縮応力度 } \sigma_c \leq \text{許容曲げ圧縮応力度 } 3/4\sigma_{ca}$$

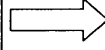
[ハンチを設けない場合の規定(カルバート工指針5-7(7))より]

(出典：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) 全日本建設技術協会 P72)

POINT 3

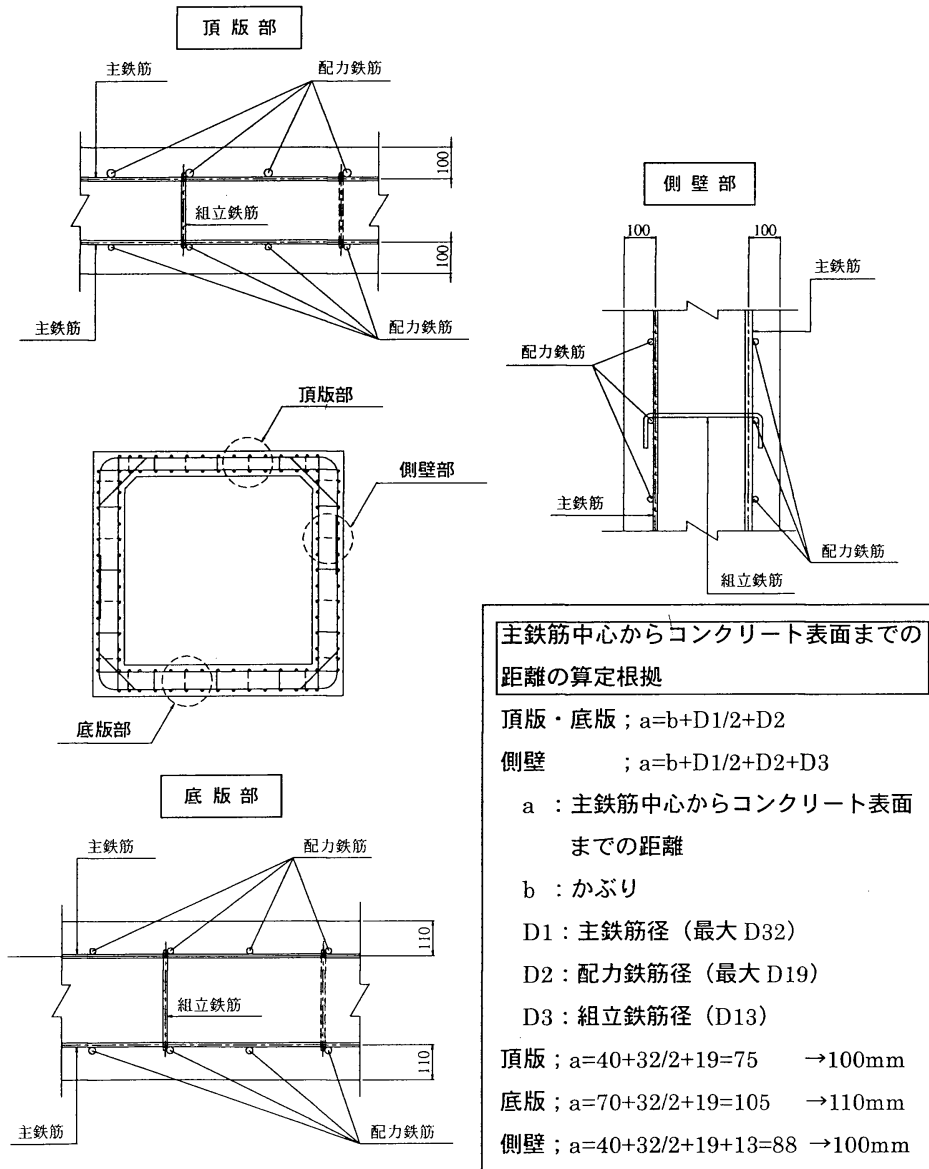
主鉄筋中心からコンクリート表面までの距離

頂版部・側壁部・底版上面 70mm
底版下面 100mm



頂版部・側壁部 100mm
底版部 110mm

従 来



(出典：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) 全日本建設技術協会 P73)

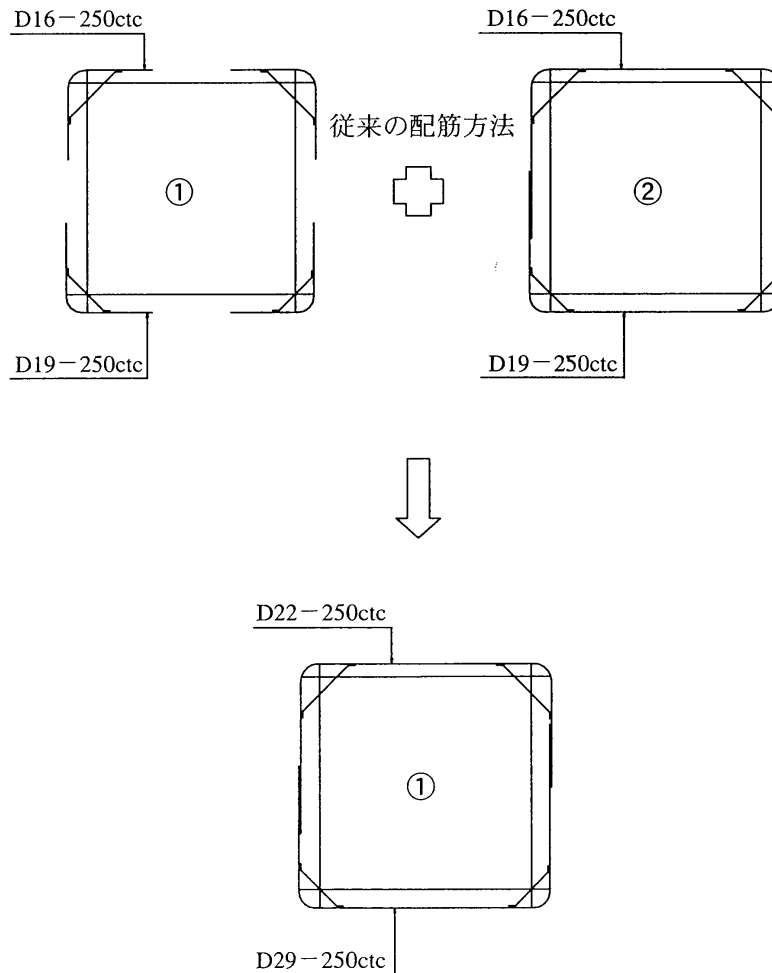
POINT 4

鉄筋径と配筋間隔の組合せ（鉄筋本数の低減）

主鉄筋の鉄筋径と配筋間隔の組み合わせ

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

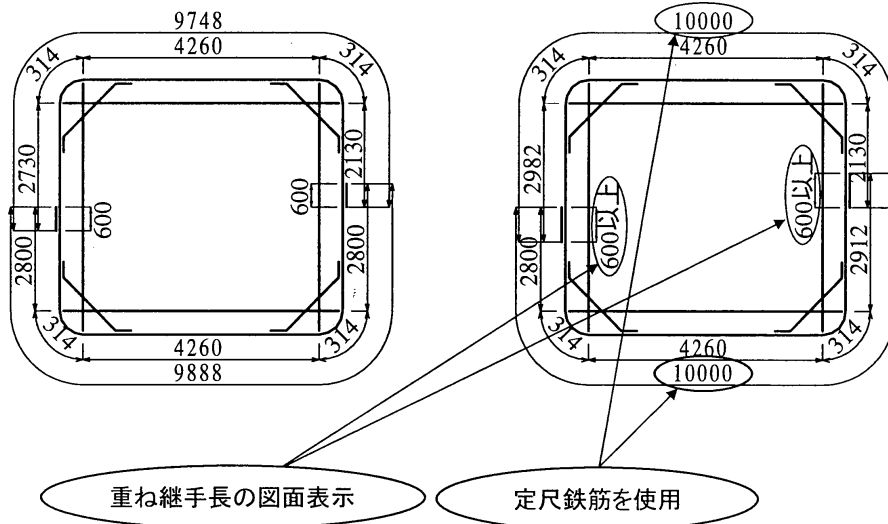
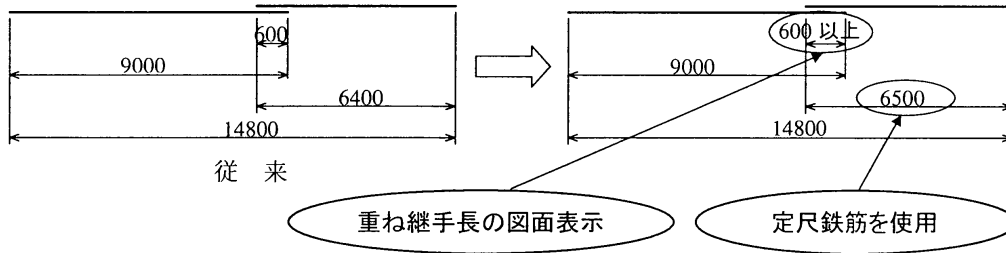
※鉄筋本数の低減を目的とし、応力度や鉄筋の定着などに支障のない限り配筋間隔を250mm とすることが望ましい。



（出典：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) 全日本建設技術協会 P74）

POINT 5

定尺鉄筋を用いた配筋



設計上のポイント

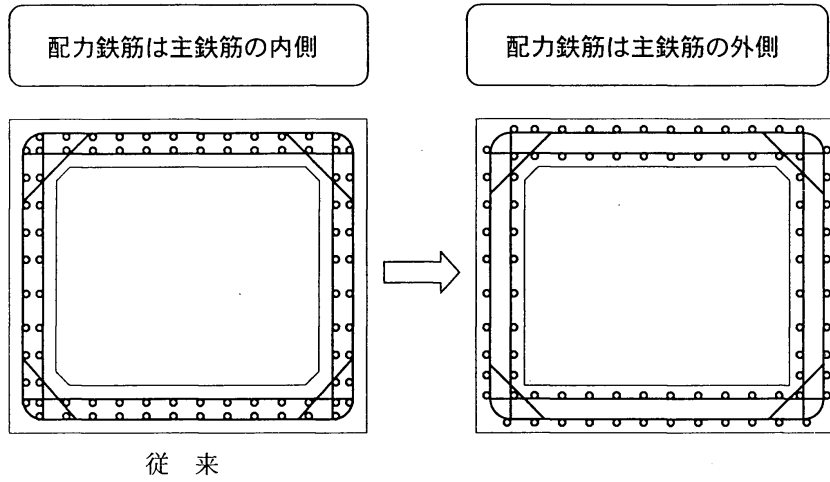
重ね継手長で調整して定尺鉄筋を用いた場合には、鉄筋の組立・検査が容易になるように重ね継手長 l_a 以上 と設計図面に図示する。

$$\text{重ね継手長 } l_a = \frac{\sigma_{sa}}{4 \tau_{oa}} \phi \quad (10\text{mm 単位に切り上げ})$$

(出典：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) 全日本建設技術協会 P75)

POINT 6

配力鉄筋位置の変更



設計上のポイント

設計図面には、かぶり詳細図や鉄筋組立図などを用いて、配力鉄筋を主鉄筋の外側に配置するようにわかりやすく図示する。

POINT 3 かぶり詳細図参照

(出典：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) 全日本建設技術協会 P76)

資料-03 剛性パイプカルバートの基礎形式選定図

《 道路土工-カルバート工指針 6-2-2 剛性パイプカルバートの設計より抜粋 》

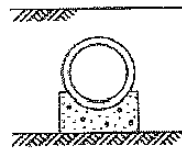
「道路土工-カルバート工指針 6-2-2 剛性パイプカルバートの設計」より抜粋した剛性パイプカルバートの基礎形式選定図を以下に示す。各基礎形式選定図に示す適用土かぶりは、活荷重はT荷重、土の単位体積重量は18KN/m³を考慮して求めたものである。各基礎形式選定図で考慮しているその他の埋設条件は解表 6-14 に示すとおりである。

基礎形式選定図の読み方については、末尾に解説を添付した。

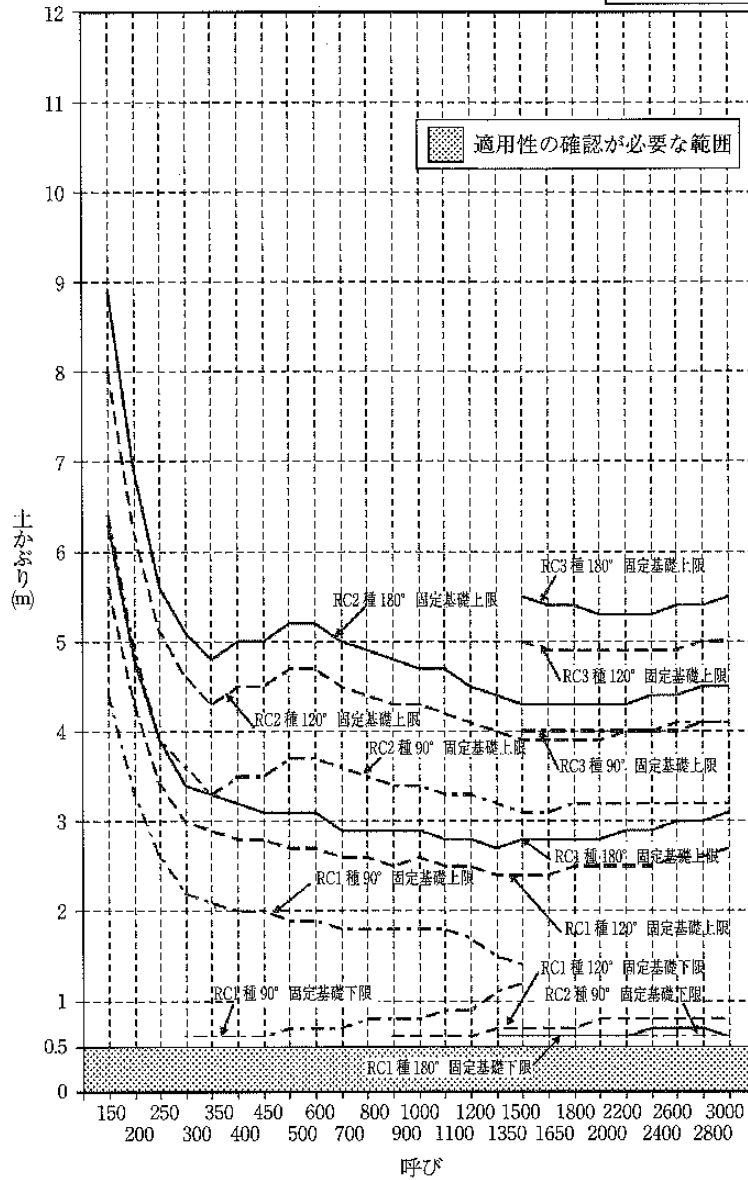
解表 6-14 埋設条件

管の種類	埋設形式	基礎の種類	埋戻し土	図番号
遠心力 鉄筋コンクリート管	突出型	コンクリート	砂質土	解図6-13
			粘性土	解図6-14
		砂・碎石	砂質土	解図6-15
			粘性土	解図6-16
	溝型	コンクリート	砂質土・粘性土	解図6-17
		砂・碎石	砂質土・粘性土	解図6-18
プレストレスト コンクリート管	突出型	コンクリート	砂質土	解図6-19
			粘性土	解図6-20
		砂・碎石	砂質土	解図6-21
			粘性土	解図6-22
	溝型	コンクリート	砂質土・粘性土	解図6-23
		砂・碎石	砂質土・粘性土	解図6-24

(出典：道路土工-カルバート工指針(平成21年度版) P194)

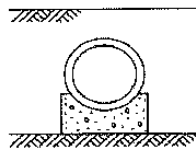


- 適用条件
1. 突出型
 2. コンクリート基礎
 3. 砂質土
($\gamma = 18\text{kN/m}^3$)
 4. 活荷重: T'荷重

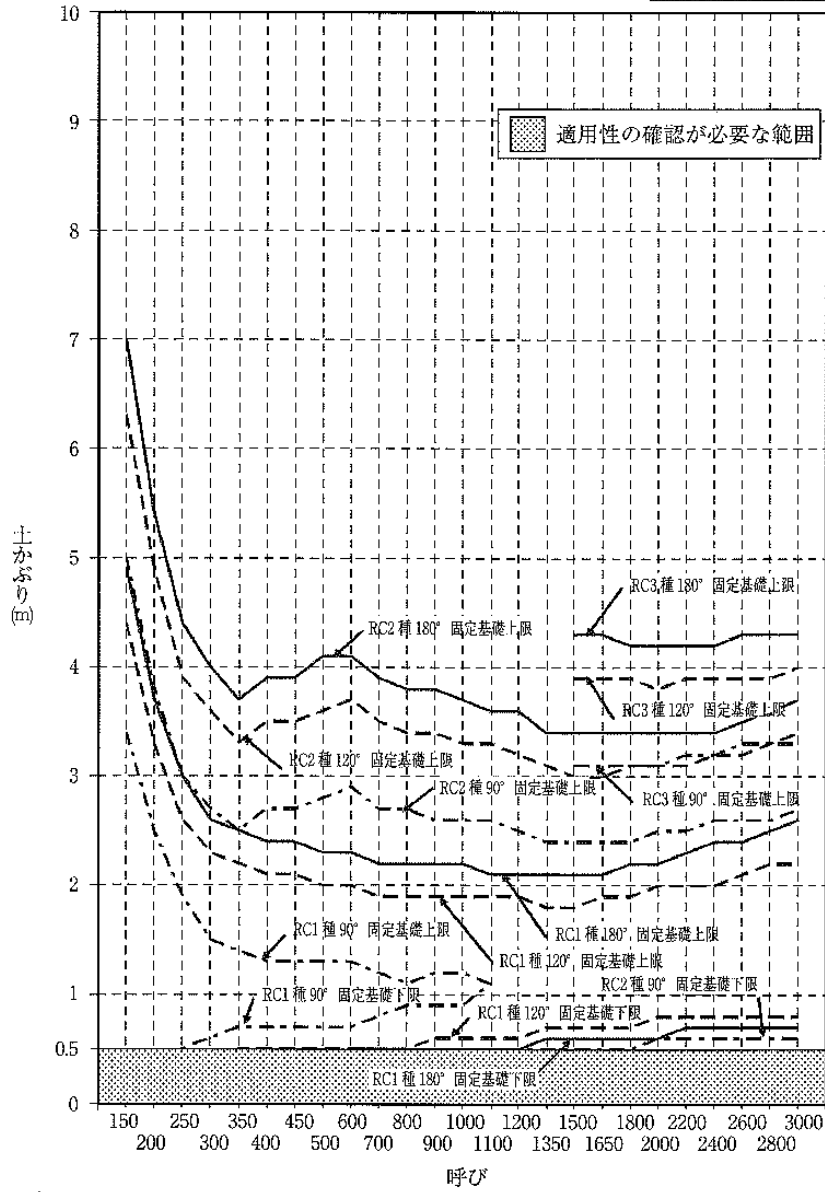


解図 6-13 遠心力鉄筋コンクリート管の基礎形式選定図
(突出型: コンクリート基礎, 砂質土)

(出典: 道路土工—カルバート工指針(平成 21 年度版) P195)

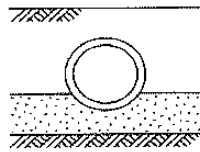


- 適用条件
1. 突出型
 2. コンクリート基礎
 3. 粘性土
($\gamma = 18\text{kN/m}^3$)
 4. 活荷重：T'荷重

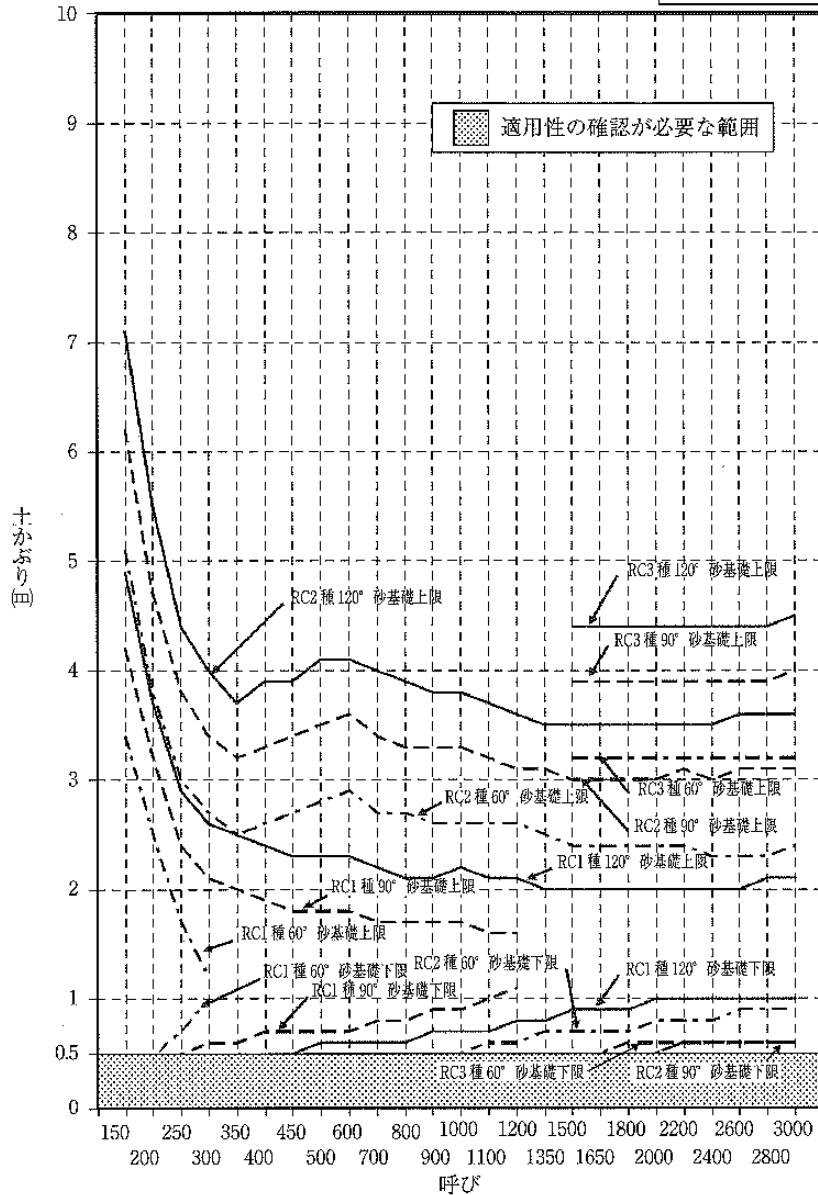


解図 6-14 遠心力鉄筋コンクリート管の基礎形式選定図
(突出型：コンクリート基礎，粘性土)

(出典：道路土工—カルバート工指針(平成 21 年度版) P196)



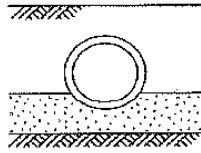
- 適用条件
1. 突出型
 2. 砂・碎石基礎
 3. 砂質土
($\gamma = 18\text{kN/m}^3$)
 4. 活荷重：T'荷重



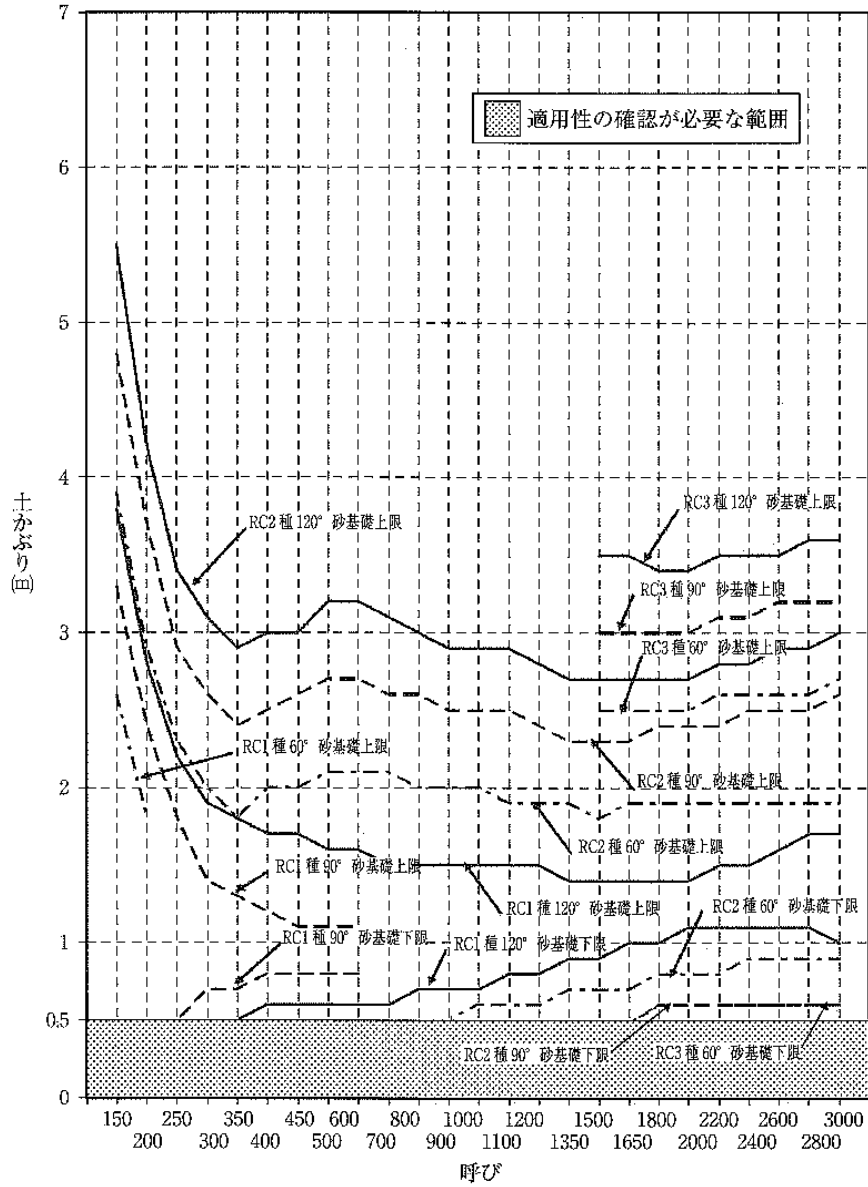
解図6-15 遠心力鉄筋コンクリート管の基礎形式選定図

(突出型：砂・碎石基礎，砂質土)

(出典：道路土工—カルバート工指針(平成21年度版) P197)



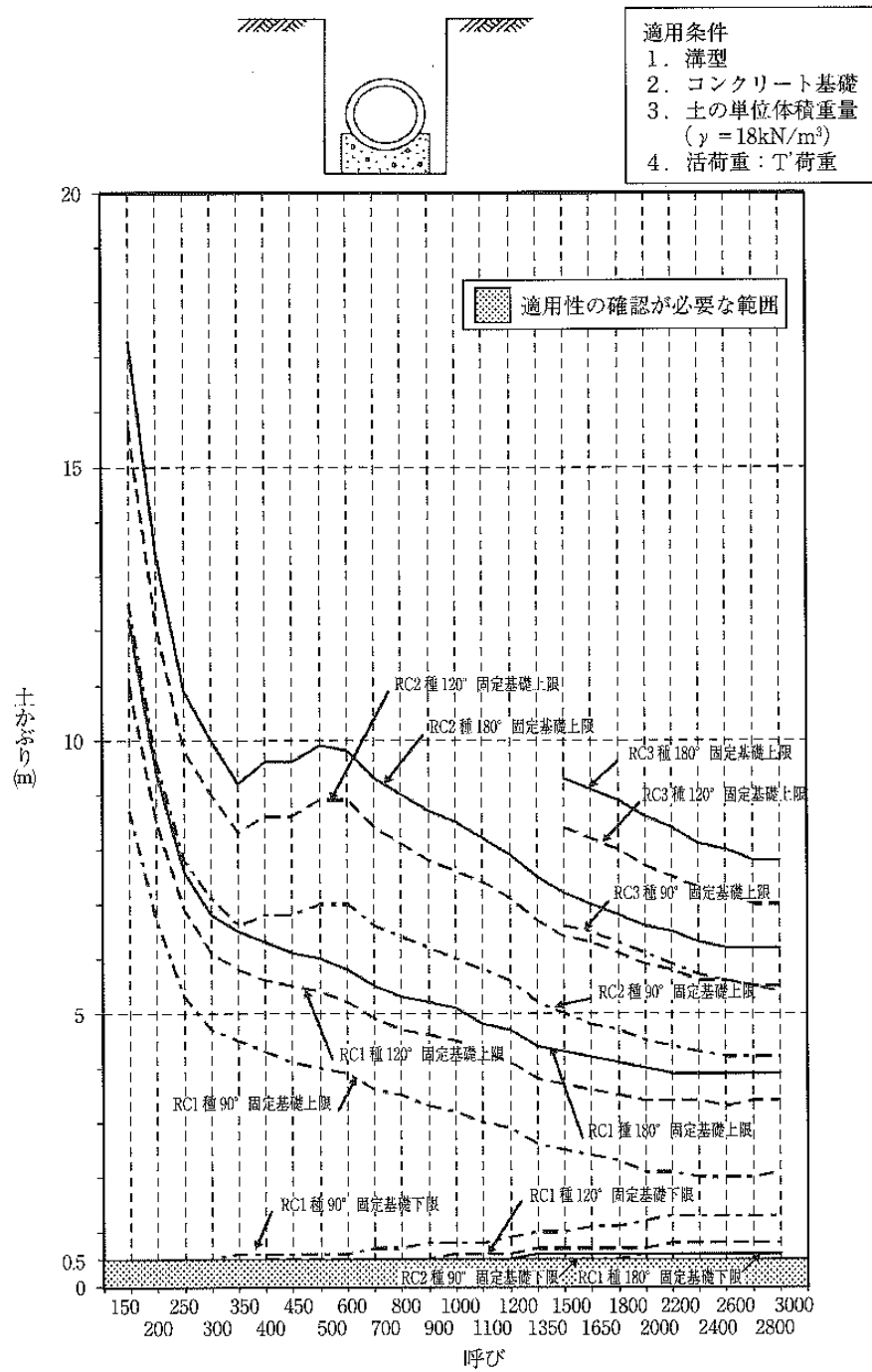
- 適用条件
1. 突出型
 2. 砂・碎石基礎
 3. 粘性土
($\gamma = 18\text{kN/m}^3$)
 4. 活荷重: T' 荷重



解図 6-16 遠心力鉄筋コンクリート管の基礎形式選定図

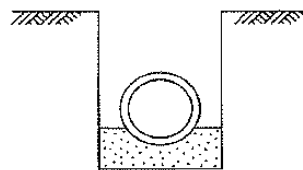
(突出型: 砂・碎石基礎, 粘性土)

(出典: 道路土工—カルバート工指針(平成 21 年度版) P198)

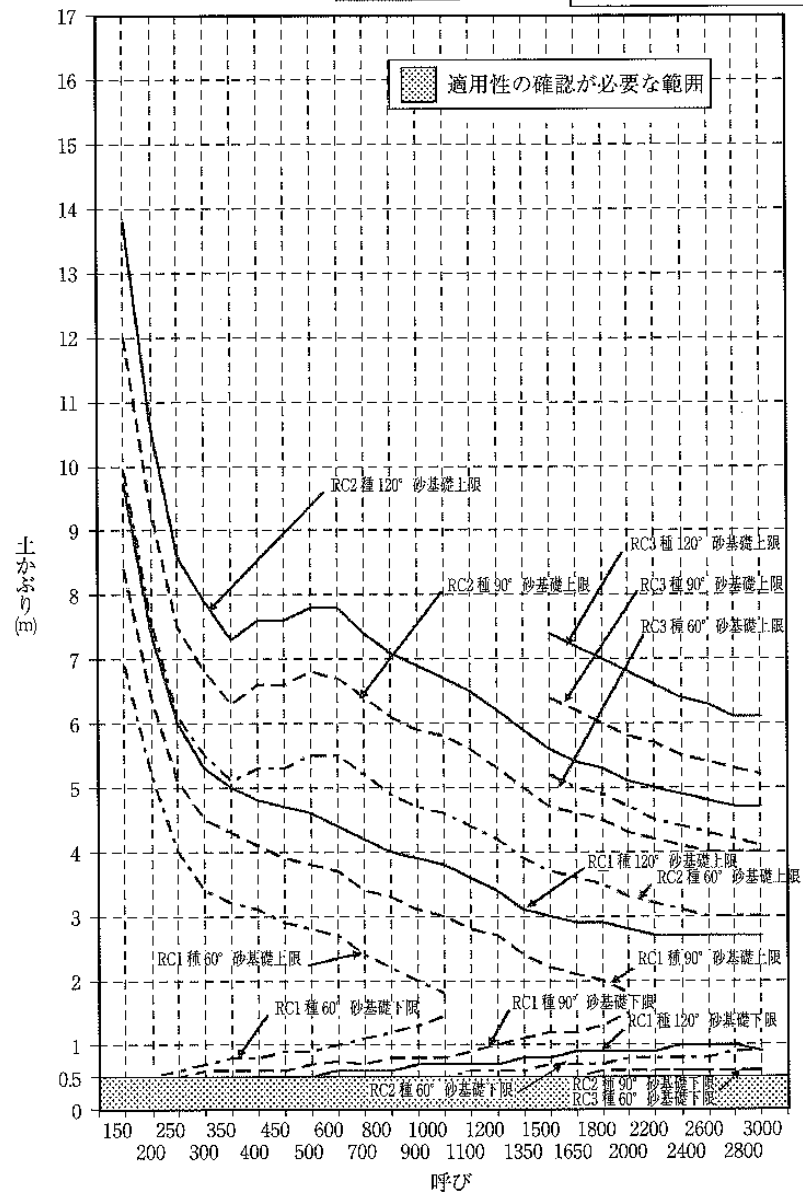


解図 6-17 遠心力鉄筋コンクリート管の基礎形式選定図
(溝型: コンクリート基礎)

(出典: 道路土工—カルバート工指針(平成 21 年度版) P199)

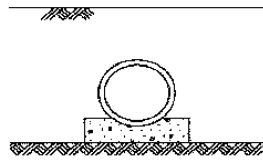


- 適用条件
1. 溝型
 2. 砂・碎石基礎
 3. 土の単位体積重量
($\gamma = 18\text{kN/m}^3$)
 4. 活荷重：T'荷重

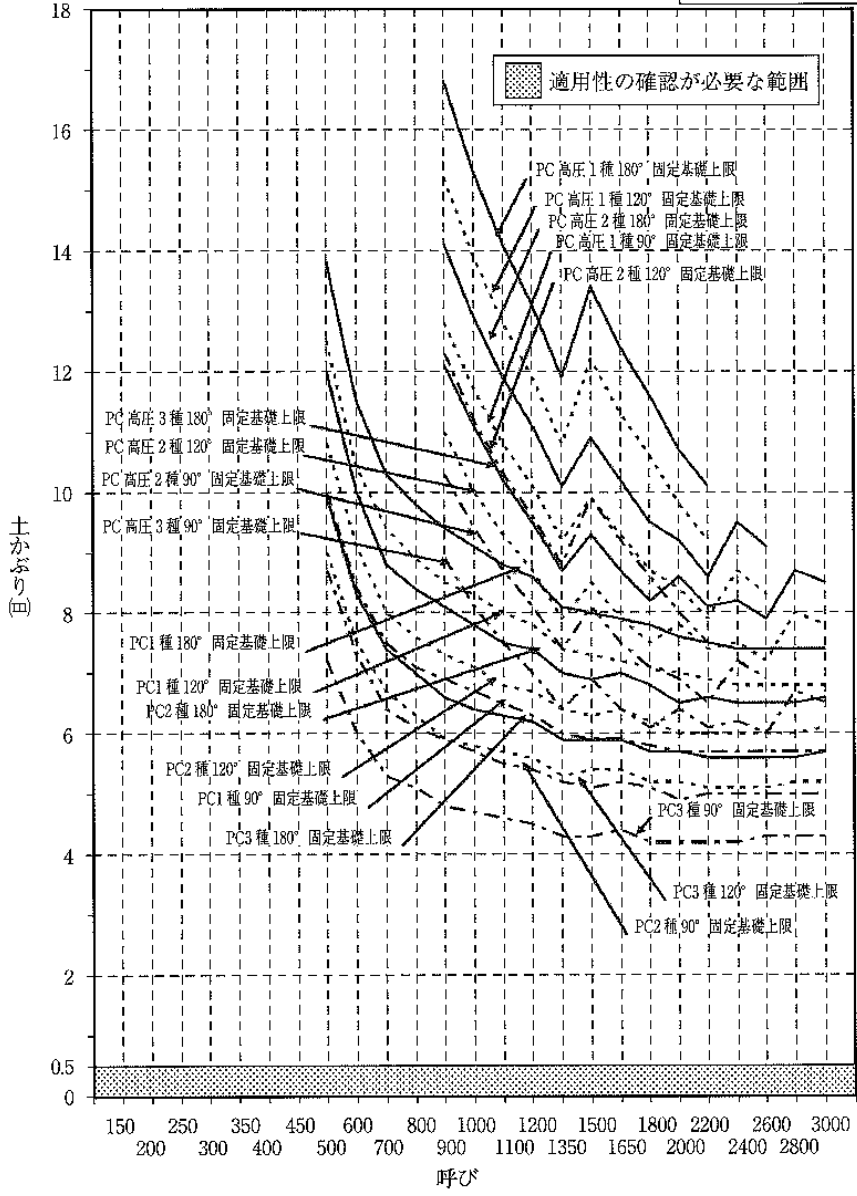


解図 6-18 遠心力鉄筋コンクリート管の基礎形式選定図
(溝型：砂・碎石基礎)

(出典：道路土工—カルバート工指針(平成 21 年度版) P200)

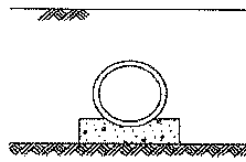


- 適用条件
1. 突出型
 2. コンクリート基礎
 3. 砂質土
($\gamma = 18\text{kN/m}^3$)
 4. 活荷重: T'荷重

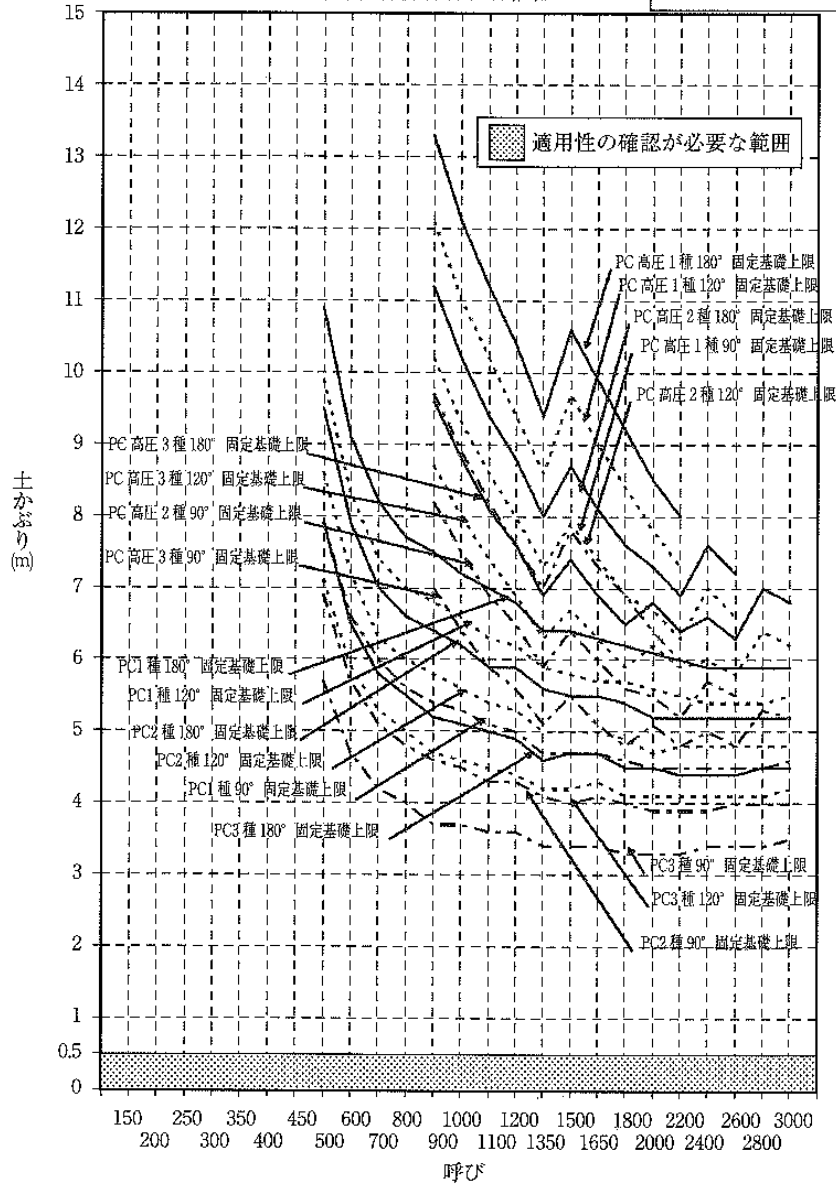


解図 6-19 プレストレストコンクリート管の基礎形式選定図
(突出型: コンクリート基礎, 砂質土)

(出典: 道路土工—カルバート工指針(平成 21 年度版) P201)

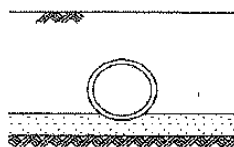


- 適用条件
1. 突出型
 2. コンクリート基礎
 3. 粘性土
($\gamma = 18\text{kN/m}^3$)
 4. 活荷重: T'荷重

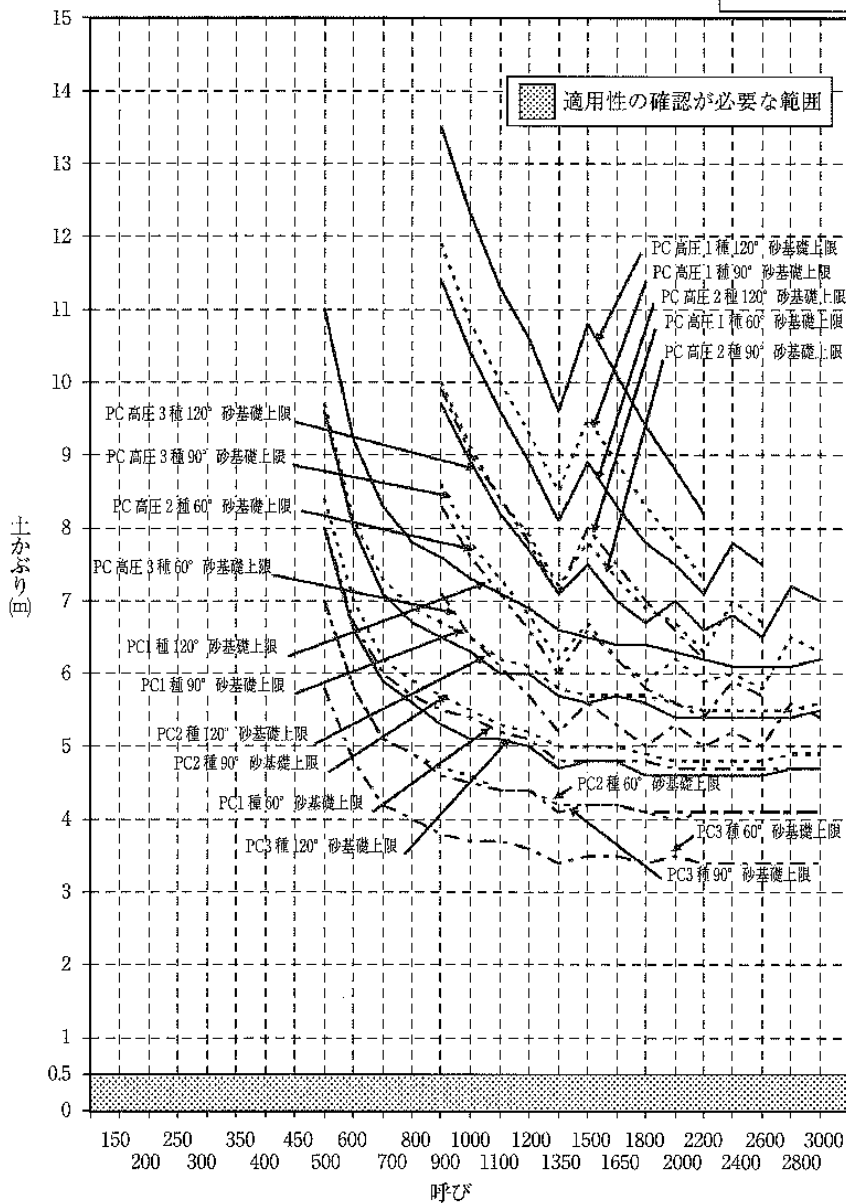


解図 6-20 プレストレストコンクリート管の基礎形式選定図
(突出型: コンクリート基礎, 粘性土)

(出典: 道路土工—カルバート工指針(平成 21 年度版) P202)

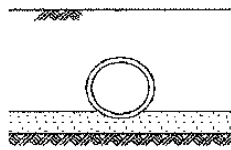


- 適用条件
1. 突出型
 2. 砂・碎石基礎
 3. 砂質土
($\gamma = 18\text{kN/m}^3$)
 4. 活荷重: T'荷重

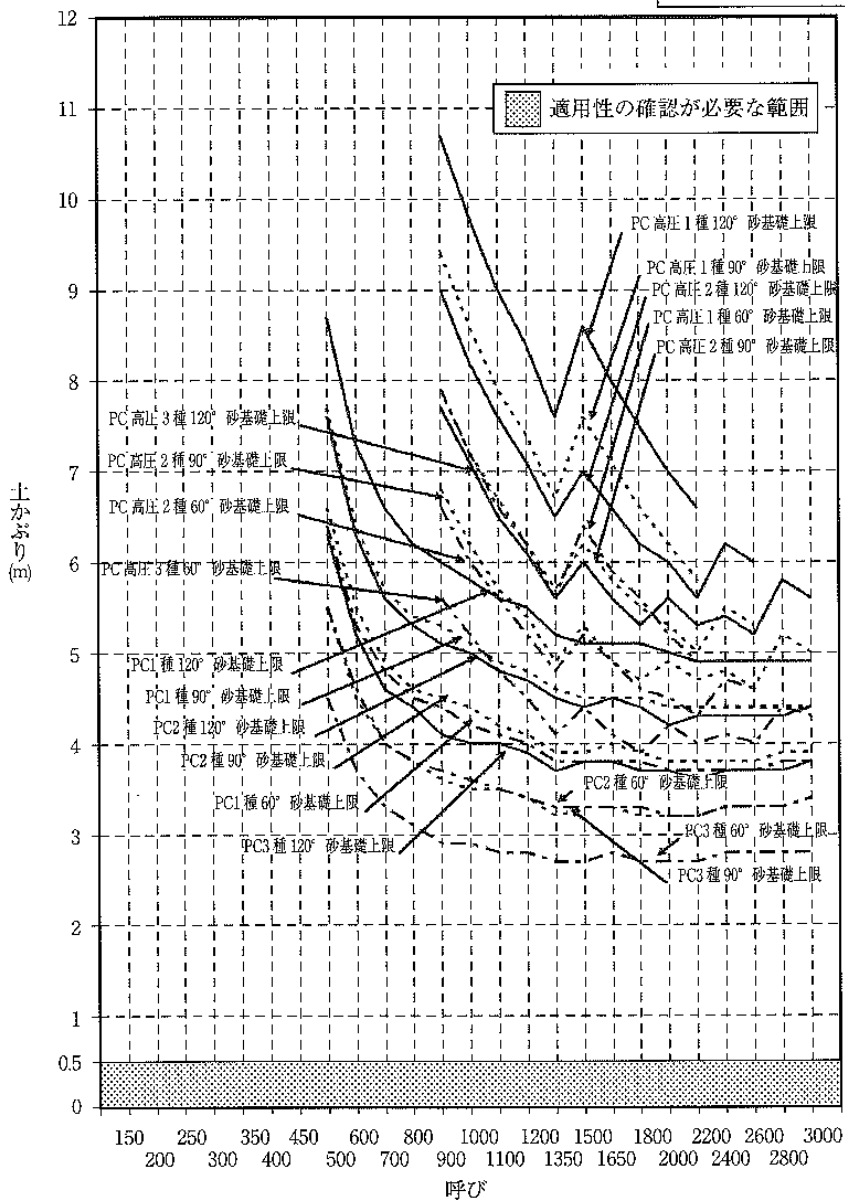


解図6-21 プレストレストコンクリート管の基礎形式選定図
(突出型: 砂・碎石基礎, 砂質土)

(出典: 道路土工—カルバート工指針(平成21年度版) P203)

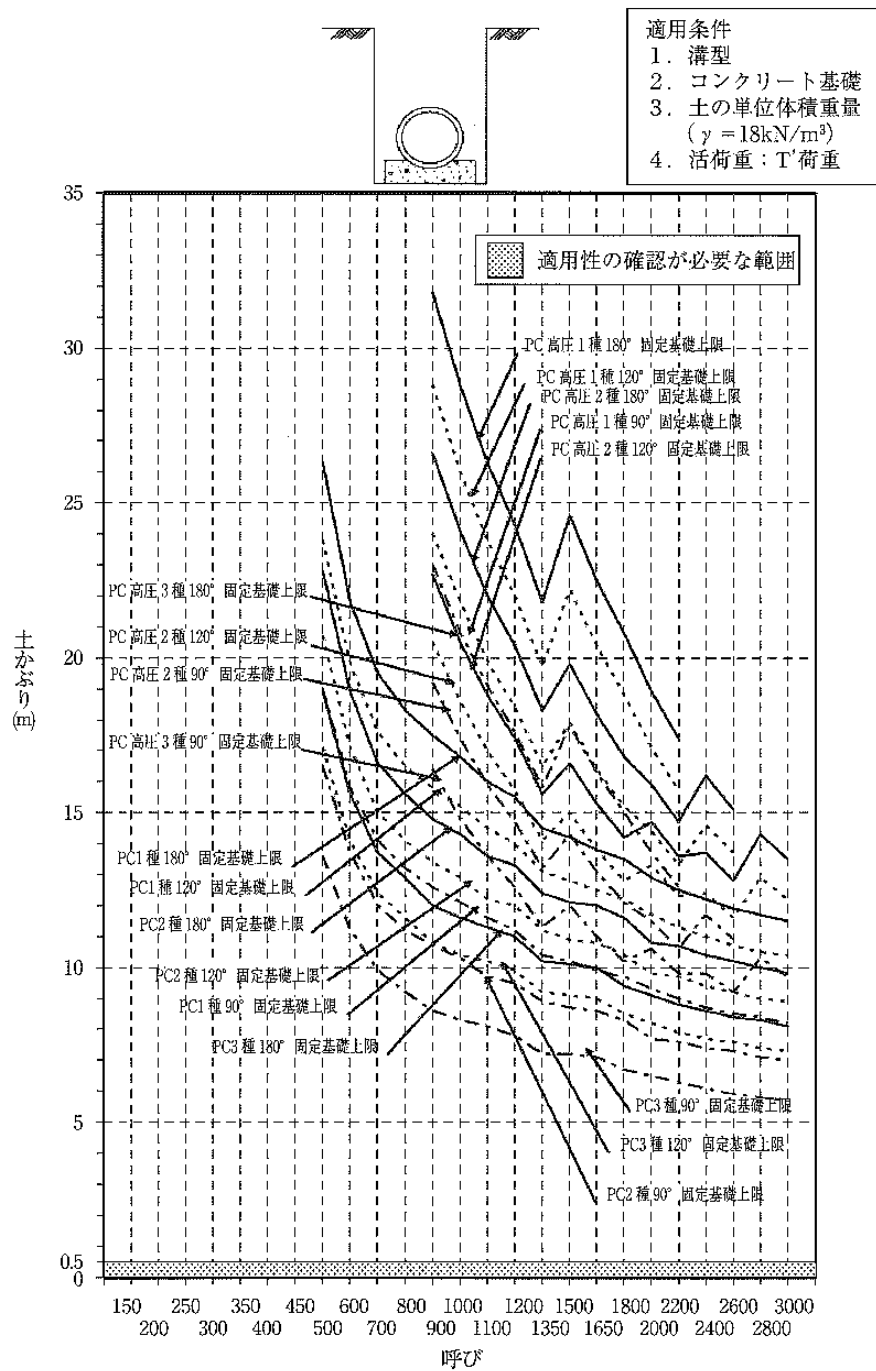


- 適用条件
1. 突出型
 2. 砂・碎石基礎
 3. 粘性土
($\gamma = 18\text{kN/m}^3$)
 4. 活荷重：T'荷重



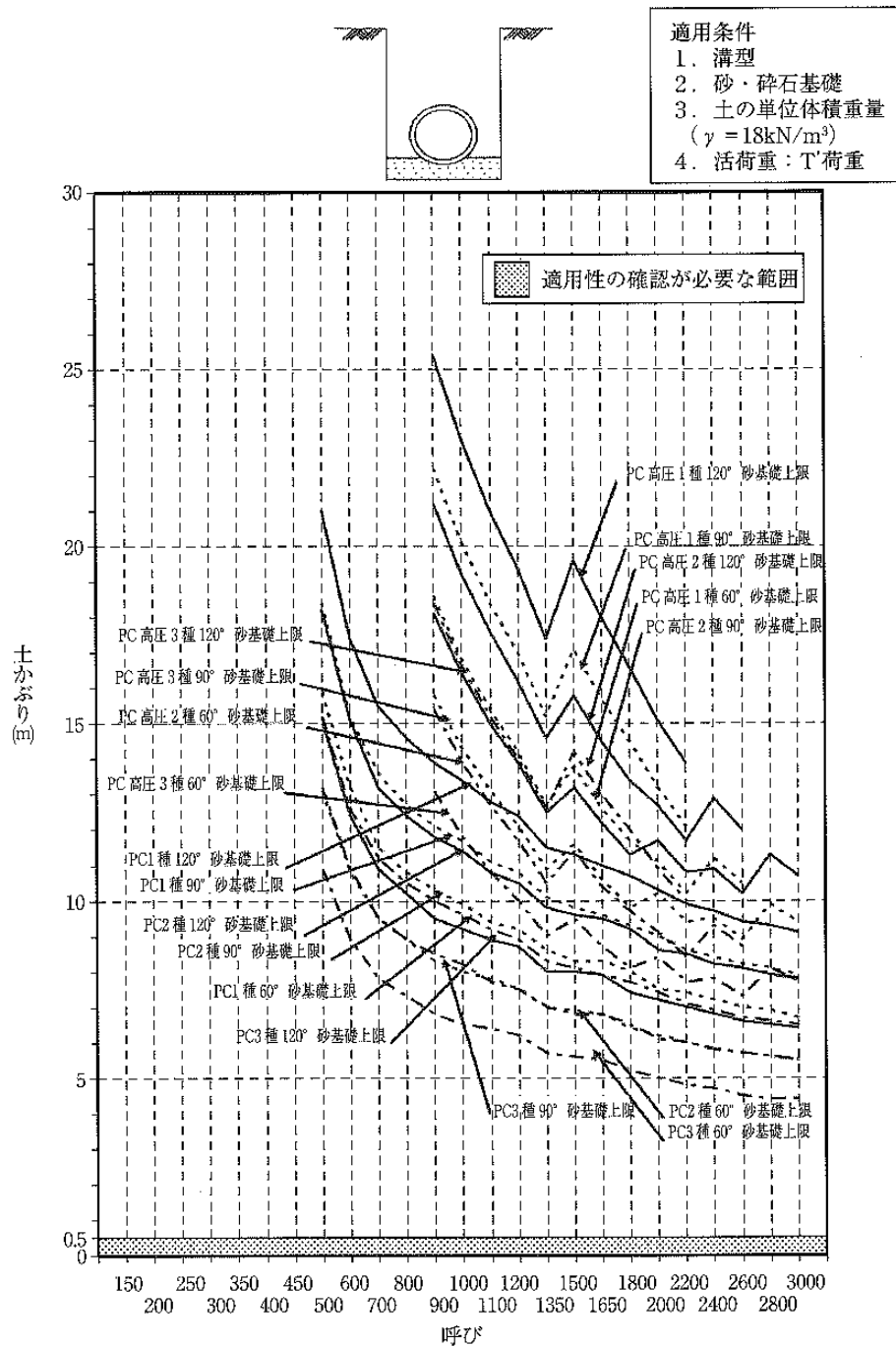
解図 6-22 プレストレストコンクリート管の基礎形式選定図
(突出型：砂・碎石基礎，粘性土)

(出典：道路土工—カルバート工指針(平成 21 年度版) P204)



解図 6-23 プレストレストコンクリート管の基礎形式選定図
(溝型: コンクリート基礎)

(出典: 道路土工—カルバート工指針(平成 21 年度版) P205)



解図 6-24 プレスレストコンクリート管の基礎形式選定図
(溝型：砂・碎石基礎)

(出典：道路土工—カルバート工指針(平成 21 年度版) P206)

[解説]基礎形式選定表の読み方

「道路土工—カルバート工指針 6-2-2 剛性パイプカルバートの設計」の基礎形式選定表は、基礎形式（固定角度）ごとに土かぶりの適用範囲を示している。ここでは、「解図 6-13 遠心力鉄筋コンクリート管の基礎形式選定図（突出型：コンクリート基礎，砂質土）」を例に，表の読み方を解説する。

「解図 6-13」中の線は，基礎形式ごとの上限値と下限値を示している。例えば RC2 種 180° に着目すると，上限は図-A の線 A，下限は線 B であるので，RC2 種 180° の土かぶり適用範囲は図-B のようになる。このとき，管径が 500mm 以下で土かぶりが 3m 程度の場合は，RC2 種 120° または RC2 種 90° も適用範囲となる（図-C 参照）。RC2 種 180° と比べてこれら 2 工種は工費が安価で経済的なことから，土かぶりが線 C を下回った場合は基礎固定角度を 120° にし，線 D を下回った場合には基礎固定角度を 90° にするのが妥当といえる。ただし，短い区間で土かぶりが変化する場合，施工性も十分考慮して基礎形式を選定するものとする。

また，RC 管の強度は 3 種の方が 1 種より強く，PC 管の強度は逆に 1 種の方が 3 種よりも強いことを念頭に入れておくとよい。

なお，「突出型」，「溝型」の適用にあたっては，本文（5.3.2 埋設形式）を参照するものとする。

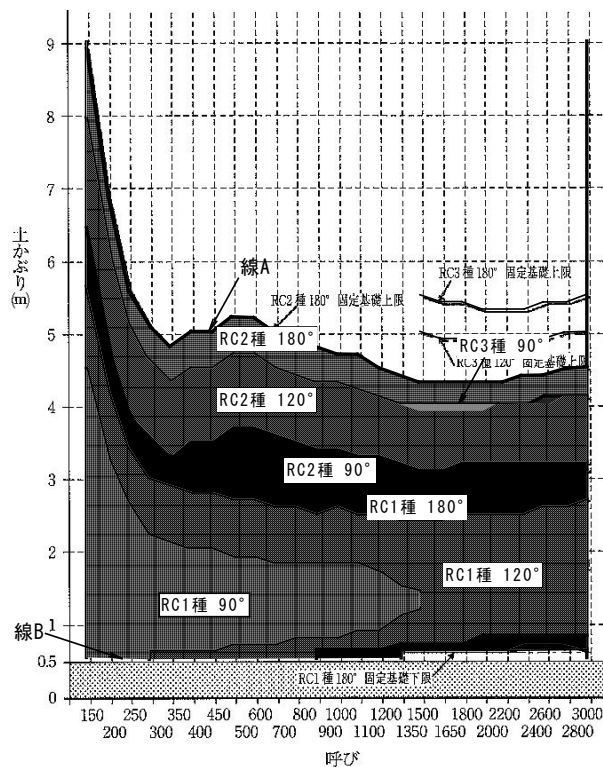


図-A

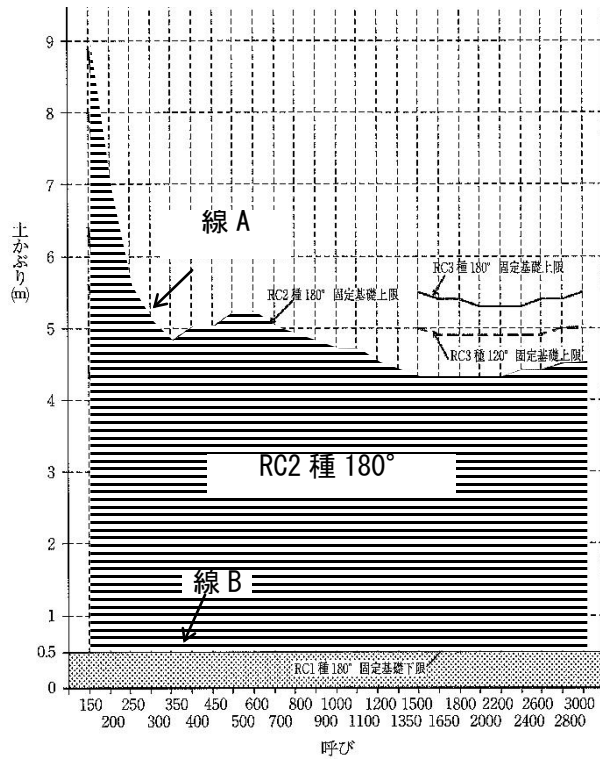


図-B

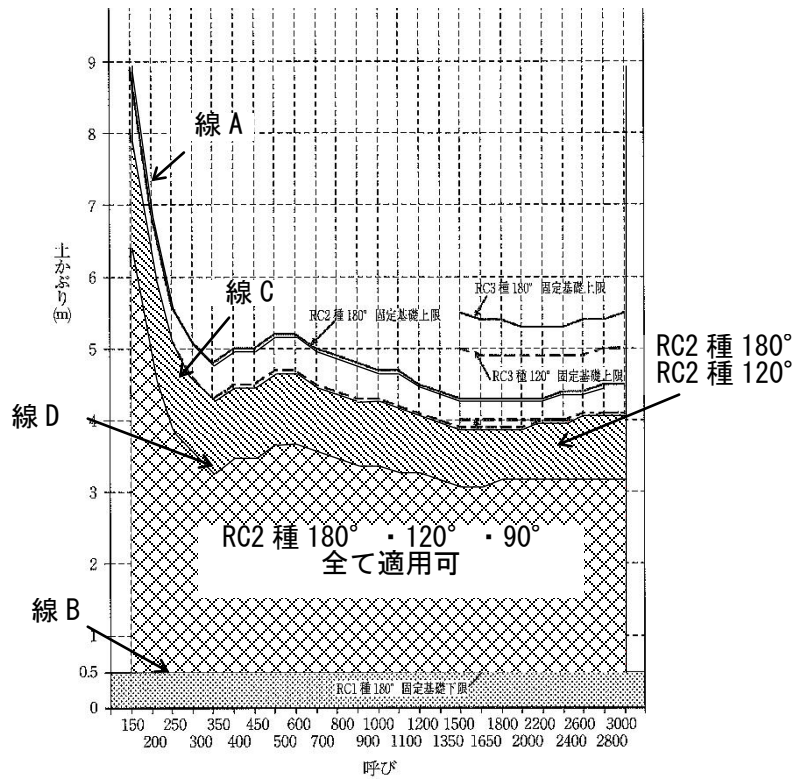


図-C