

⑦カルバート工指針 『平成 21 年度版の主な改訂内容について』

(株)セイミツ 谷相 理嗣

はじめに

道路土工をとりまく情勢の変化と技術の進展に対応すべく、道路土工指針の全面的な改訂が進められている。今回の改訂では、これまで『道路土工要領』と 8 つの指針で構成されていた体系から、『道路土工要領』と 6 つの指針に再編され、『性能規定設計』の考え方を取り入れるなど、将来の技術の進歩や社会的状況の変化に対しても柔軟に適合することを目指した改訂内容となっている。

本稿は、平成 11 年 3 月の改訂から 11 年が経過して、今回『平成 21 年度版』として改訂された『道路土工—カルバート工指針』の主要な改訂内容について概説するものである。

主な改訂点

今回改訂された『道路土工—カルバート工指針（平成 21 年度版）』の主な改訂点を以下に列記する。

- ① 指針が適用対象とする構造物を明らかにした。
- ② 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。
- ③ 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付けを示し、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を明確化した。
- ④ 従前の慣用的な設計法を適用す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仕様等を整理した。
- ⑤ その他、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。

また、従来の指針(平成 10 年度版)と今回改訂された指針(平成 21 年度版)の目次を基に、指針の構成を比較したものを表 2-1 に示す。

表-1 新・旧指針の目次と頁数

平成 10 年度版(H11.3)		平成 21 年度版(H22.3)	
目次	頁数	目次	頁数
第1章 総論	6	第1章 総説	19
第2章 調査・計画	18	第2章 カルバート工の基本方針	5
第3章 設計	144	第3章 調査・計画	23
3-1 設計一般	(18)	第4章 設計に関する一般事項	43
3-2 剛性ボックスカルバートの設計	(48)	第5章 剛性ボックスカルバートの設計	77
3-3 剛性パイプカルバートの設計	(40)	第6章 パイプカルバートの設計	95
3-4 たわみ性カルバートの設計	(38)	第7章 施工	23
第4章 施工	24	第8章 維持管理	19
第5章 維持管理	16	第9章 道路占用等	14
第6章 道路占用等	12		
合計頁数	220	合計頁数	318

新・旧指針の目次とページ数から、

- ① 指針の構成が 6 章から 9 章に再編され、指針のページ数が 220 から 318 に 98 ページ増加している。
- ② 旧指針の第 1 章総論が新指針では第 1 章総説と第 2 章カルバート工の基本方針に再編され、ページ数が 6 から 24 に 18 ページ増加している。
- ③ 旧指針の第 3 章設計が新指針では第 4 章設計に関する一般事項、第 5 章剛性ボックスカルバートの設計、第 6 章パイプカルバートの設計に再編され、設計に関するページ数が 144 から 205 に 71 ページ増加している。

ことが読み取れ、今回の改訂の主要点は道路土工として取り扱うカルバートの基本事項を示した『第 1 章 総説（第 2 章 カルバート工の基本方針を含む）』と設計要領を示した『第 3 章～第 5 章』にあることがうかがえる。

また、指針の表記方法は、各条項の冒頭に規定事項を枠囲いして示し、枠囲いした条項に続いてその解説を記載する要領となっている。

第 1 章 総 説

『第 1 章総説』では、本指針の適用範囲、用語の定義、カルバートの概要について記載され、この中で、従来よりの慣用的設計方法で要求性能を確保するとみなすことができるカルバート(以下、『従来型カルバート』という)の適用範囲と適用条件が示されている。

1-1 適用範囲

本指針は、道路土工におけるカルバートの計画、調査、設計、施工及び維持管理に適用する。

本指針の適用範囲は、第 1 章の『1-1 適用範囲』において前述の枠囲いのように規定されている。また、『本指針というカルバートとは、

道路の下を横断する道路や水路等の空間を得るために盛土あるいは地盤内に設けられる構造物であり、橋、高架の道路、非開削で施工される構造物等以外のものとする。また、本指針ではこれらの中で「カルバートの種類と適用」に述べる従来型カルバートと同程度の規模のものについて述べており、それらを特に大きく超える大規模なカルバートについては取り扱わない。ただし、共同溝に関しては『共同溝設計指針』を参照されたい。』と解説されている。

関連する法令、基準、指針等として、『道路構造令の解説と運用』、『道路橋示方書・同解説 I～V編』、『舗装の構造に関する技術基準・同解説』、『駐車場設計施工指針』、『共同溝設計指針』、『地盤調査の方法と解説』、『地盤材料試験の方法と解説』が記載され、これら準拠する基準・指針類が改訂され、参照される事項について変更がある場合は、新旧の内容を十分に比較したうえで適切に準拠するよう解説されている。

1-2 用語の定義

カルバート、裏込め、内空断面等、指針で用いられる用語の意味を定義。
例(1)カルバート、カルバート工
道路の下を横断する道路や水路等の空間を得るために盛土あるいは地盤内に設けられる構造物をカルバートといい、カルバートを構築する一連の行為をカルバート工という。

1-3 カルバートの種類と適用

カルバートの種類と適用について『1-3 カルバートの概要』の中で示されており、今回の指針ではカルバートの種類を『従来型カルバート』と『従来型カルバート以外』に大別している。

1) 従来型カルバート

従来型カルバートは、以下に列記する適合条件を満たし、表-2 に示す適用範囲に該当する

表-2 従来型カルバートの適用範囲

適用範囲

カルバートの種類		項目	適用土かぶり (m)	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	0.5~20.0m	内空幅 B: 6.5mまで 内空高 H: 5.0mまで
		プレキャスト部材による場合	0.5~6.0m	内空幅 B: 5.0mまで 内空高 H: 2.5mまで
	門形カルバート		0.5~10.0m	内空幅 B: 8.0m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	10.0m以上	内空幅 B: 8.0mまで
プレキャスト部材による場合		0.5~14.0m	内空幅 B: 3.0mまで 内空高 H: 3.2mまで	
剛性パイプカルバート	遠心力鉄筋コンクリート管	0.5~20.0m	3.0mまで	
	プレストレストコンクリート管	0.5~31.0m	3.0m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+0.3m)または0.6mの大きい方~80m		4.5mまで
	硬質塩化ビニルパイプカルバート(円形管(VV)の場合)	(舗装厚+0.3m)または0.5mの大きい方~7m		0.7mまで
	強化プラスチック複合パイプカルバート	(舗装厚+0.3m)または0.5mの大きい方~10m		3.0mまで
	高耐圧ポリエチレンパイプカルバート	(舗装厚+0.3m)または0.5mの大きい方~26m		2.4mまで

カルバートで、指針『第5章』及び『第6章』に規定する、従来よりの慣用的設計法で設計で

きる。

従来型カルバートの適合条件

- 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ないこと。
- 7) 土被り 50cmを確保すること。

2) 従来型カルバート以外

従来型カルバートの適用範囲外である場合は、『適合条件を満たしていない場合は原則として「第4章 設計に関する一般事項」に従い、カルバートの要求性能が満足されていることを照査することとする。但し、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、慣用設計法の適用の範囲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本指針の適用範囲外とする。』と解説されている。

第2章 カルバート工の基本方針

第2章はカルバートの目的、カルバート工の計画・調査・設計・施工・維持管理等に対する留意事項が以下のように規定されている。

2-1 カルバートの目的

カルバートは、供用開始後の長期間に渡り、道路の下を横断する道路や水路等のための空間及び機能確保するとともに、上部道路の交通の安全かつ円滑な状態を確保することを基本的な目的とする。

2-2 カルバート工の基本

- (1) 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。
- (2) カルバート工の実施に当たっては、カルバートの特性を踏まえて計画・調査・設計・施工・維持管理を適切に実施しなければならない。

カルバート工における留意事項

- 1) 使用目的との適合性
カルバートが計画どおりに利用できる機能のことであり、利用者が安全かつ快適に使用できる供用性等を含む。
- 2) 構造物の安全性
常時の作用、降雨時の作用、地震動の作用等に対し、カルバートが適切な安全性を有していること。

- 3) 耐久性
経年的な劣化が生じたとしても使用目的との適合性や構造物の安全性が大きく低下することなく、所要の性能が確保できることである。(沈下・磨耗・腐食等に対して耐久性を確保)
- 4) 施工品質の確保
使用目的との適合性や構造物の安全性を確保するために確実な施工が行える性能を有すること。
・設計時⇒構造細目への配慮。
・施工時⇒良し悪しが耐久性に及ぼす影響を認識し、品質確保に努める。
- 5) 維持管理の容易さ
使用中の日常点検、材料の状態の調査、補修作業等が容易に行えること。
- 6) 環境との調和
カルバートが建設地点周辺の社会環境や自然環境に及ぼす影響を軽減あるいは調和させること、及び周辺環境にふさわしい景観性を有すること。
- 7) 経済性
ライフサイクルコストを最小化する観点から、単に建設費を最小にするのではなく、点検管理や補修等の維持管理費を含めた費用がより小さくなるように心がけること。

第 3 章 調査・計画

本章は、従来の指針(平成 10 年度版)の『第 2 章』に該当する部分で、指針の内容について大きな改訂はないが、従来の指針で一般的な構造物に対する地盤の許容支持力度の目安として記載されていた設計諸定数の記述が、今回の指針では『第 4 章 設計に関する一般事項』に移行するなど、調査・計画に関する規定と設計に関する規定を明確に区分するよう再編されている。

3-2 調査項目

- (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
 - 2) 基礎地盤の支持力の計算に必要な設計定数
 - 3) 圧密沈下の検討に必要な設計定数
- (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。

上記(2)に関連して、設計に使用する設計定数の取扱いについて、室内試験や原位置試験等の結果に基づき諸定数を検討する必要があるものと、『第 4 章 4-3 土の設計諸定数』に示された値を適用することができるもの等について以下のように解説されている。

- 1) 土圧の計算に必要な土の単位体積重量 (γ) 及びせん断抵抗角 (ϕ) 等を求める調査である。なお、『第 4 章 設計に関する一般事項 4-3 土の設計諸定数』において、土質試験を行うことが困難な場合には、裏込め土の種類に応じて経験的に推定した従来から使用されている値を用いても良いことが記載されている。
- 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として
 - ① 門形カルバート等の底版を有さないカルバート、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、重機等により供用開始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について、地盤の支持力度を室内試験、原位置試験等の結果に基づいて慎重に検討する必要がある。
 - ② 大規模なカルバート、重要度の高いカルバート、あるいはゆるい砂質地盤、軟らかい粘土地盤上のカルバートで、変位制限が厳しい場合には別途カルバートの沈下や変位の影響についても慎重な検討が必要である。
 - ③ 上記以外のカルバートでは、一般的にカルバート基礎地盤の支持力やカルバートの沈下量について室内試験や原位置試験により調べる必要はなく、『第 4 章 設計に関する一般事項 4-3 土の設計諸定数』に示す解表 4-7 支持地盤の種類と許容支持力度(経験的に推定し、従来から使用されている諸定数)により判断してよい。
- 3) 地盤が粘性土層で軟弱な場合は、圧密沈下に対する検討が必要である。
『3-3 カルバートの計画』では、『3-3-1 カルバートの構造形式及び基礎地盤対策の選定』に、従来の指針(平成 10 年度版)の『2-2-3 内空断面～2-2-7 施工条件』、『2-3 構造形式の選定』、『2-4 基礎形式の選定』として記載されていた事項を取りまとめて記載されている。
なお、基礎形式については、直接基礎を原則とし、対策をせずに直接基礎を適用することが困難な場合には、最適な『基礎地盤対策』を選定するよう解説され、ボックスカルバート基礎地盤対策選定フロー図が示されているなど、計画にあたり留意を要す。

第 4 章 設計に関する一般事項

第 4 章は、設計に関する基本方針、設計に用いる荷重、土の設計諸定数、使用材料、許容応力度について規定された章で、今回の指針で取り入れられた『性能規定型設計』への移行に向けて改訂された設計要領の根幹をなす部分である。

4-1 基本方針

4-1-1 設計の基本

- (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。

設計の基本として、(1) では設計にあたり、『2-2 カルバート工の基本』に示されたカルバート工における留意事項を十分に考慮するよう規定されている。(2) には、性能規定型設計の実施要領が、(3) には、設計手法が規定されている。この設計手法の中で、これまでの設計方法は、『これまでの経験・実績から妥当とみなせる手法』として、『第 5 章 剛性ボックスカルバートの設計』及び『第 6 章 パイプカルバートの設計』として網羅されている。

4-1-2 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、以下の示すものを基本とする。

- (1) 常時の作用
- (2) 地震時の作用
- (3) その他

(1) 常時の作用

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) 地震時の作用

- ・ レベル 1 地震動（供用期間中に発生する確率が高い地震動）とレベル 2 地震動（供用期間中に発生する確率は低いが大きな強度を持つ地震動）の 2 種類の地震動を想定する。
- ・ レベル 2 地震動については、タイプ 1 の地震動（プレート境界型の大規模地震を想定したタイプ）及びタイプ 2（内陸直下型地震を想定したタイプ）の 2 種類を考慮すること。

(3) その他

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。

4-1-3 カルバートの要求性能

- (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の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**: 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。
- (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適切に選定する。

(1) カルバートに必要とされる性能

安全性: 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: 想定する作用による変状や損傷に対して、カルバートや上部道路が本来有すべき通行機能、及び非難路や救助・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: 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) カルバートの要求性能の水準

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、修復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) カルバートの重要度

重要度の区分は、カルバートが損傷した場合のカルバート内部の道路の交通機能や水路の機能及び上部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。(カルバートが損傷した場合の道路交通への影響は、必ずしも道路の規格による区分を指すものではなく、カルバートの設置条件、迂回の有無や緊急輸送路であるか否か等、万一損傷した場合に道路の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) カルバートの要求性能

表-3 カルバートの要求性能の目安

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
地震時の作用	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

常時の作用：重要度にかかわらず「性能1」を要求。

地震時の作用：一律に設定することは困難な面があること、膨大なストックを有する土工構造物の耐震化対策には相応のコストを要すること等を考慮して重要度に応じて要求性能を区分。なお、カルバートの「性能2」や「性能3」の照査では、カルバートに許容する損傷の程度の評価が必要となるが、現状の技術水準では定量的な照査が困難である場合も多い。このため、カルバートの「性能2」や「性能3」を要求する場合には、震前対策と震後対応等の総合的な危機管理を通じて必要な性能の確保が可能となるように努めることも重要である。なお、道路震災対策の考え方については「道路震災対策便覧」に示されている。

4-1-4 性能の照査

- (1) カルバートの設計に当たっては、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) 設計に当たっては、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は、第5章及び第6章に従って設計し、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。

性能照査の要領を規定したもので、(3) におい

て、従来型カルバートについては、第5章及び第6章に従って設計し、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と規定されている。

4-1-5 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**カルバートの変形・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を規定したものである。

4-1-6 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。

① 性能1に対する照査

- カルバート及び基礎地盤に生じる変位が、カルバート及び上部道路に悪影響を与えない変位量以下となること。
- カルバート及び基礎地盤に生じる地盤反力度が、許容支持力度以下となること。
- カルバートを構成する部材に生じる応力度が、許容応力度以下となること。
- 継手は、カルバートに悪影響を与えない範囲の変位量以下となること。

② 性能2、性能3に対する照査

カルバートの塑性化を考慮する場合には、「道路橋示方書・同解説」を参考に塑性化を考慮した手法により照査を行うのがよい。

③ 地震動の作用に対する照査方法

- 動的照査法（構造物の地震時挙動を動力学的に解析・評価する手法）
- 静的照査法（構造物の地震時挙動を静力学的に解析・評価する手法）
- カルバート周辺の盛土・地盤の影響を考慮する手法
 - 地震時土圧として考慮する手法
 - 地盤の変位を考慮する手法：応答変位法、応答地震法（FEM系静的解析手法）

また、指針解表 4-2 (P56～57) には、前述した要求性能、限界状態、カルバートの構成要素と照査項目・照査手法等を一覧表に整理した『カルバートの限界状態と照査項目（例）』が示されている。（次ページ参照）

解表 4-2 カルバートの限界状態と照査項目(例) 〈指針 P56~57 抜粋〉

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
		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	安定性	安定性照査・支持力照査
		継手	損傷が生じない限界の状態	強度	断面力照査
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
		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	安定性	支持力照査
		継手	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
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変形や損傷が生じない限界の状態	変形	変形照査
		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	安定性	支持力照査
		継手	継手としての機能を失い始める限界の状態	強度・変形	断面力照査・変形照査
				変位	変位照査

4-2 設計に用いる荷重

従来の指針(平成10年度版)の『3-1-1 荷重』として記載されていた内容が、『4-2 設計に用いる荷重』として再編される。作用する荷重の種類、載荷要領、荷重の組合せ等について『4-2-1 一般』に規定される。なお、『4-2-8 地震の影響』が改訂されているので留意を要す。

4-2-1 一般

- (1) カルバートの設計に当たっては、以下の荷重から、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ものとする。
主荷重: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
- (2) カルバートの設計に当たって考慮する荷重の組合せは、同時に作用する可能性が高い組み合わせのうち、最も不利となる条件を考慮して設定するものとする。
- (3) 荷重は、想定する範囲内でカルバートに最も不利な断面力あるいは変位が生じるように作用させるものとする。

一般的な荷重の組合せ

- 1) 死荷重+活荷重・衝撃+土圧(+水圧及び浮力)
- 2) 死荷重+土圧(+水圧及び浮力)
- 3) 死荷重+地震の影響

4-2-8 地震の影響

地震の影響として次のものを考慮する。

- (1) カルバートの自重に起因する地震時慣性力(以下、慣性力という)
- (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

カルバートの地震動の作用に対する照査において考慮すべき地震の影響の種類は、地盤条件、構造条件、解析モデルに応じて適切に選定するものとする。

(1) 慣性力

静的照査法による照査

- 1) カルバートの重量に設計水平震度を乗じた水平力とする。
- 2) 設計水平震度の値は、地震動レベル、構造形式、カルバート設置地点の諸条件に応じて適切に設定する。
- 3) 従来型カルバートについては第5章に設計水平震度を記載。

動的照査法による照査

- 1) 『道路橋示方書・同解説 V耐震設計編』を参考に、目標とする加速度応答スペクトルに近似したスペクトル特性を有する加速度波形を用いる。
- 2) 地震動の入力位置を耐震設計上の基盤面と

する場合には、地盤の影響を適切に考慮して設計地震動波形を設定する。

- (2) 『地震時土圧』及び『地震時の周辺地盤の変位または変形』

地震時土圧

- 1) 静的照査法による照査方法として、周辺地盤からの地震動による作用を地震時土圧として構造物に作用させる方法。
- 2) 『道路橋示方書・同解説 V耐震設計編』に示される地震時土圧を参考に設定してよい。

地震時の周辺地盤の変位または変形

- 1) 静的照査法による照査方法として、周辺地盤からの地震動による作用を地震時の周辺地盤の変位あるいは変形として考慮する方法。
- 2) 地震動レベル、地盤条件、解析手法に応じてその影響を適切に設定する。その際「共同溝設計指針」や「駐車場設計施工指針」等を参考にするとよい。
- (3) 地盤の液状化の影響

- 1) カルバートが地下水位以下に埋設される場合で、周辺地盤が液状化する可能性がある場合には、過剰間隙水圧による浮力を考慮して浮上がりに対する安定性を検討する。
- 2) 液状化後の過剰間隙水圧の消散に伴う基礎地盤の沈下の影響がカルバート本体の安定や内部空間の確保に影響を与えるおそれがある場合には、必要に応じてこれらの影響を考慮する。
- 3) 軟弱地盤で地下水位が高い場合には、置換え砂や埋戻土の安定処理を行う、砕石等の透水性の高い材料を用いる、十分な締固めを行う等の液状化が生じないような処理を施すこと原則とする。

4-2-9 地盤変位の影響

供用中の地盤の圧密沈下等による地盤変位がカルバートの健全性に影響を与えるおそれがある場合には、この影響を適切に考慮するものとする。

『4-3 土の設計諸定数』は、土の強度定数 ($\phi \cdot C$)、土の単位体積重量 (γd)、地盤の支持力度、基礎底面と地盤との間の摩擦角と付着力について、解説するとともに、従来の土工指針及び道路橋示方書・同解説等に記載された『経験的に推定し、従来から使用されている諸定数』が記載されている。

また、『4-4』は使用材料、『4-5』は許容応力度について、従来の指針で「3-1-2 材料と許容応力度」として記載されていた内容を、条文と

解説に体系化して表記されている。

第 5 章 剛性ボックスカルバートの設計

第 5 章は、従来型の剛性ボックスカルバートとしての要件を満たすカルバートの設計要領が取りまとめられている。

5-1 基本方針

- (1) 従来型剛性ボックスカルバートは、以下に従って設計してよい。
- (2) 剛性ボックス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、5-2 に示す荷重に対して 5-3 に従いカルバートの安定性、及び 5-4 に従い部材の安定性の照査を行うものとする。また、必要に応じて 5-5 に従い耐久性の検討を行うものとする。
- (3) 上記は第 7 章及び第 8 章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。

前述(『カルバートの種類と適用』を参照)した従来型剛性ボックスカルバートの適用範囲と適合条件を満たすカルバートを対象とした設計方法で基本的に従来の指針(平成 10 年度版)と同様の手法を体系化して再編している。従来の指針(平成 10 年度版)と相違する事項を主眼に各項目の改訂ポイントを列記する。

5-2 荷重

- ① 従荷重の『温度変化の影響』は、従来の指針ではボックスカルバート及びアーチカルバートでは「考慮する必要のない荷重 (×)」とされていたが、今回、「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 (△)」にランクアップされている。
- ② 従荷重『地震の影響』は、従来の指針ではボックスカルバート及びアーチカルバートでは「考慮する必要のない荷重 (×)」から「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 (△)」に、門形カルバートでは「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 (△)」から「必ず考慮する荷重 (○)」にランクアップされている。
- ③ 『乾燥収縮の影響』及び『温度変化の影響』は、土被り 50cm 以上となる従来型ボックスカルバートでは一般に考えなくてよい。
- ④ 『地震の影響』は、門形カルバートでは慣性力と地震時土圧を考慮する。カルバートが地下水位以下に埋設される場合で、周辺地盤の液状化の発生が想定される場合には、必要に応じて過剰間隙水圧を考慮して浮上がりに対する検討を行う。

⑤地盤変位の影響は、剛性ボックスカルバート完成後、地盤の圧密沈下等による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。

5-3 剛性ボックスカルバートの安定性の照査

- ① 第 5 章で対象とする従来型剛性ボックスカルバートは、「直接基礎により支持されること」を適合条件としていることから、直接基礎を基本としている。従来の指針『3-2-2 場所打ちボックスカルバート (3) 基礎工の設計〈P58〉』に記述されていた杭基礎の記述は削除される。
- ② 安定性の照査項目（支持・滑動・変位）を明示し、地中に埋設される（門形カルバートを除く）カルバートについては、基礎地盤に作用する鉛直荷重が施工前の先行荷重よりも小さくなること等を踏まえて、安定性の照査を省力してよいと記載している
- ③ 浮上がり（浮力）に対する安定の照査は、従来の指針『3-2-1 共通 (2) 設計に用いる荷重〈P52〉』の中で、「地下水位の高い所に埋設するカルバートで、内部空間を道路として利用する場合は、検討する必要がある。」としていた。今回の指針では、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を対象に、設計に用いる地下水位の設定方法等について詳細に解説されている。

5-4 部材の安全性の照査

- ① 部材の設計法及び断面力の算出方法、応力度の照査方法は従来と同様。
- ② 部材の安全性に対する照査方法を条文に規定して明示する。

5-5 耐久性の検討

耐久性に対する検討事項として『塩害に対する検討』が追加されており、塩害が予想される箇所での計画・設計にあたっては適切なかぶり量を確保するよう留意する必要がある。

- ① 判定区分及び対策工法は『道路橋示方書・同解説』に準じるが、直接外気に接する鉄筋コンクリート部材の対策区分は、損傷実態等を十分に検討して『対策区分を 1 段階上下に変更してもよい』など、橋梁と異なる構造物の形態を判定区分に反映している。
- ② 路面凍結防止剤を使用することが予想される場合、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、十分なかぶりを確保する必要がある。一般には対策区分 I 相当を想定して十分なかぶりを確保するのが望ましい。

5-6 鉄筋コンクリート部材の構造細目

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、設計に反映させることを目的に、構造細目として追記された項目である。

具体的には、最小鉄筋量、最大鉄筋量、鉄筋のかぶり、鉄筋のあき、鉄筋の定着、鉄筋のフック及び曲げ形状、鉄筋の継手、せん断補強鉄筋、配力鉄筋及び圧縮鉄筋について、構造細目が規定され、『道路橋示方書IV下部構造編・同解説』に準じて対処するよう解説されている。なお、『土木構造物設計マニュアル（案）』の配筋仕様等との関連も念頭において細目の詳細を決定する必要がある。

5-7 場所打ちボックスカルバートの設計

- (1) 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ものとする。
- (2) 構造設計はラーメンの構造解析によるものとする。必要に応じて剛域の影響を考慮して設計するものとする。
- (3) カルバートの安定性の照査は、5-3に準じる。
- (4) 裏込めは、路面の平坦性が確保できる盛土材料の使用、土の締固め度としなければならない。
- (5) 継手はカルバート相互の一体性及び止水性を確保するとともに、施工性を考慮して設けるものとする。
- (6) カルバートの先端が盛土の外に出る場合には、現地の条件に応じて、適切にウイングを設ける。
- (7) 構造細目は、耐久性、使用性を満足する構造としなければならない。
- (8) 標準設計や図集を用いることによって、設計・施工の標準化による業務の簡素化を図ってもよい。

- ① 設計要領、設計条件を規定する。
- ② 関連する解説内容の中で、従来の指針（H10 年度の指針）と比較して、せん断力の照査要領に相違がみられる。（実質的なせん断照査位置が、節点位置から支間側に照査対象部材の有効高×2 の位置から、壁前面から支間側に部材高×1/2 の位置に変更）
- ③ 裏込め、継手、ウイング等の細目については、基本的な記載内容は従来と同様であるが、継手の設計の中で、『継手間隔は 10～15m 程度を原則、施工位置として土かぶり 1m 以下の場合には中央分離帯に設ける。』ウイングの設計の中で、『ウイング先端までの長さは最大 8m とする。』等、従来の指針に比べて、具体的な数値が明示されている。
- ④ 従来（H10 年度版）の指針で、基礎工の設計で記載されていた杭基礎が削除される。

従来 (H10 年度) の指針

せん断照査位置 : $X=0$ (節点位置)
 $X=2 \times d$ の 2 箇所
 せん断応力度の照査にあたり、 $X=0 \sim 2d$ 区間は下記の許容応力度の割増係数を適用
 $\alpha = 2 - X / (2 \times d)$

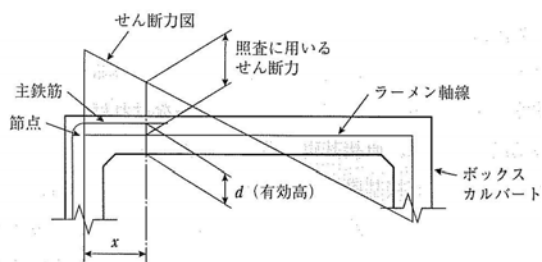
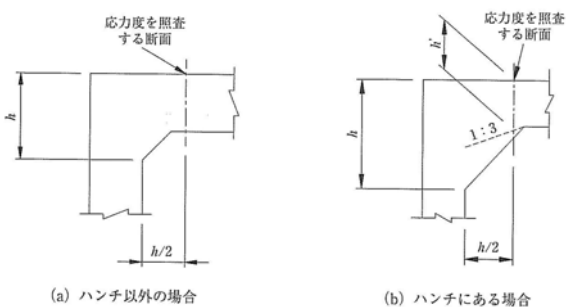


図 3-18 コンクリートのみでせん断力を負担する場合のせん断力に対する照査位置

新指針 (H21 年度改訂指針)

せん断照査位置 : $h/2$ の位置



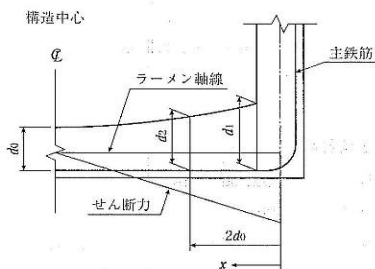
解図 5-15 せん断力に対する照査位置

5-8 プレキャストボックスカルバートの設計

① 設計要領、設計条件を規定する。

従来 (H10 年度) の指針

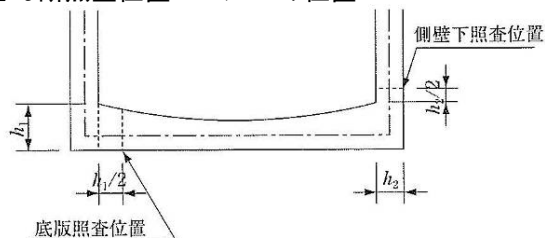
せん断照査位置 : $X=0$ (節点位置)
 $X=2 \times d$ の 2 箇所
 せん断応力度の照査にあたり、 $X=0 \sim 2d$ 区間は下記の許容応力度の割増係数を適用
 $\alpha = 2 - X / (2 \times d)$



インバート部のせん断応力度の照査位置と部材の有効高さのとり方

新指針 (H21 年度改訂指針)

せん断照査位置 : $h/2$ の位置



② 関連する解説内容の中で、従来 (H10 年度) の指針と比較して、せん断力の照査要領に相違がみられる。(実質的なせん断照査位置が、節点位置から支間側に照査対象部材の有効高 $\times 2$ の位置から、壁前面から支間側に部材高 $\times 1/2$ の位置に変更)

③ 従来 (H10 年度版) の指針で、基礎工の設計で記載されていた杭基礎が削除される。

5-9 門形カルバートの設計

- (1) 門形カルバートは、常時及び地震時での死荷重、活荷重、土圧、地盤反力度、地震の影響等により、設計上最も不利となる状態を考慮して設計するものとする。
- (2) 構造設計はラーメンの構造解析によるものとする。
- (3) カルバートの安定性の照査は、支持力に対する照査及び必要に応じて滑動に対する照査を行う。
- (4) 裏込めの設計は、5-7 に準じるものとする。
- (5) 継手の設計は、5-7 に準じるものとする。
- (6) ウイングの設計は、5-7 に準じるものとする。
- (7) 構造細目は、5-7 に準じるものとする。

- ① 設計要領、設計条件を規定する。
- ② 地震の影響に対する取り扱い及び設計水平震度が改訂される。

表-4 設計水平震度比較表

	I 種地盤	II 種地盤	III 種地盤
H10 年度版	Kho=0.12	Kho=0.15	Kho=0.18
H21 年度版	Kho=0.16	Kho=0.20	Kho=0.24

※『道路橋示方書 V 耐震設計編: 地盤面におけるレベル 1 地震動の設計水平震度の標準値』に改訂。

③ 滑動に対する照査は、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に行わなければならない。

5-10 場所打ちアーチカルバートの設計

- (1) 場所打ちアーチカルバートは、常時での死荷重、活荷重、土圧、地盤反力度等により、設計上最も不利となる荷重状態を考慮して設計するものとする。
- (2) 構造設計はラーメンの構造解析によるものとする。
- (3) カルバートの安定性の照査は 5-3 に準じるものとする。
- (4) 裏込めの設計は、5-7 に準じるものとする。
- (5) 継手の設計は、5-7 に準じるものとする。
- (6) ウイングの設計は、5-7 に準じるものとする。
- (7) 構造細目は、5-7 に準じるものとする。

- ① 設計要領、設計条件を規定する。
- ② 設計要領は、従来 (H10 年度) の指針と同様。

5-11 プレキャストアーチカルバートの設計

- (1) 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。
- (2) プレキャストアーチカルバートは、常時での死荷重、活荷重、土圧、地盤反力度等により、設計上最も不利となる状態を考慮して設計するものとする。この際、コンクリートの設計基準強度を適切に設定する。
- (3) 構造設計は5-10に準じたラーメンの構造解析を用い、縦断方向の設計及び断面設計は5-8に準じて行う。
- (4) 基礎の設計は、5-8に準じる。
- (5) 裏込めの設計は、5-8に準じる。
- (6) 継手の設計は、5-8に準じる。
- (7) プレキャストアーチカルバートでは、ウイングは原則として取り付けない。
- (8) 構造細目は、耐久性、使用性を満足する構造としなければならない。

- ① 設計要領、設計条件を規定する。
- ② 設計要領は、従来(H10年度)の指針と同様。

第6章 パイプカルバートの設計

第6章は、従来型のパイプカルバートとしての要件を満たすカルバートの設計要領が取りまとめられている。従来型パイプカルバートの設計要領は、基本的に従来の指針(平成10年度版)と同様で、各条項の表記方法が改訂されている。なお、従来の指針(平成10年度版)と相違する事項を主眼に各項目の改訂ポイントを列記する。

6-1 基本方針

- (1) 従来型パイプカルバートは、以下に従って設計してよい。
- (2) 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、6-1-2に示す荷重に対してカルバートの安定性、及び部材の安定性の照査を行うものとする。また、必要に応じて耐久性の検討を行うものとする。
- (3) 上記は第7章及び第8章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。

- ① 計要領、設計条件を規定する。
- ② 設計要領は、従来(H10年度)の指針と同様。

6-2 剛性パイプカルバートの設計

- ① 埋設形式は、従来(H10年度)の指針と同様、突出型と溝型に分類。なお、従来(H10年度)の指針、突出型の中に記述されていた『軟弱地盤に埋設される管が杭により支持される場合』が削除される。
- ② 荷重は、従来(H10年度)の指針と同様。
- ③ 基礎形式は、従来(H10年度)の指針と同様、

砂基礎、碎石基礎またはコンクリート基礎が記載されているが、管路の沈下を防ぐための基礎として、従来(H10年度)の指針に記載されていた杭を使用した基礎形式が削除される。

- ④ 管の種類と規格(従来指針 P101 3-3-2(1)) JIS規格の変遷をふまえて、遠心力鉄筋コンクリート管は JIS A 5372(平成22年改正)の外圧管を対象に、プレストレストコンクリート管は JIS A 5373の外圧管を対象に、それぞれ管の種類と規格(曲げ強度)の記述内容が改訂される。
- ⑤ JISの変遷により、『コア式プレストレストコンクリート管』が『プレストレストコンクリート管』に名称変更、また、セラミックパイプカルバートが削除される。

6-3 たわみ性パイプカルバートの設計

- ③ 管の種類と規格
 - ・ 対象管種について高耐圧ポリエチレンパイプカルバートが追加される。
 - ・ 硬質塩化ビニルパイプカルバートの適用規格が JIS の改正等を踏まえて改訂される。
- ④ 管体の設計
従来(H10年度)の指針と同様。
- ⑤ 基礎の設計
従来指針の内容を再編。
- ⑥ 埋戻し部(基礎部)の設計
従来(H10年度)の指針と同様。
- ⑦ 構造物周辺の配管
従来指針の内容を再編。
- ⑧ 構造細目(従来指針 P145 3-4-2(9))
従来(H10年度)の指針に記載されていた内容に加えて継手の構造細目が追記。
- ⑨ 腐食対策
コルゲートメタルパイプカルバートについて、従来(H10年度)の指針と同様の内容で再編。

おわりに

今回改訂された『道路土工用カルバート工指針(平成21年度版)』の改訂概要について述べてきたが、紙面の都合もあり雑駁な内容となったことをお詫び致します。

従来型の適用範囲から外れるカルバートについては今後、実作業を進める中で、具体的な照査方法等について、検討すべき課題も多々あるものと思われまます。

今回の指針の改訂が、将来の技術の進歩や社会的状況の変化に対しても柔軟に適合するカルバートの計画や設計に寄与することを祈念して結びと致します。