

1. 調査・計画編

はじめに

本編は、道示 I [1.7 及び 1.8] 他に規定される橋の計画を適切に実施するにあたって、検討の流れや具体的な留意点についてまとめたものである。

また、橋の設計にあたっては、道示 I [1.8] に規定されるとおり、橋の設計の前提とする維持管理の条件や施工の条件、設計の手法、構造設計上の配慮すべき事項や反映方法を総合的に検討する必要がある。これらの検討は、計画段階から行っておく必要がある。そこで、本編では、これらの事項についても、計画の各段階で適宜考慮するにあたっての具体的な留意点をまとめている。

この参考資料は、今後、地方整備局等が設計要領など、基準の運用に関連した技術的な参考資料を策定するにあたって、検討の基礎となる項目を体系的にまとめたものである。枠書きと補足の体裁はとっているものの、この参考資料そのものが新たな技術基準、標準仕様書等の類いの文書ではない。活用にあたっては、各地方整備局において、内容を精査するとともに、位置づけを決定する必要がある。

この参考資料では、枠書きには、基準の運用にあたって留意すべき点及び検討を行うのがよい事項を提案している。また、実務の便を図るために、基準を満足させるためには様々な選択肢があり得るもの多くの場合には標準的な考え方として扱える事項を提案している。また、枠外には、その枠書きの趣旨を補足している。

語尾の意味

末尾に置く字句	意味の区別
…する。 …標準とする。	道路橋示方書や各種基準類などの明確な根拠に基づく規定。 したがって、特に理由がない限りは当該規定に則ることを基本とする。
…できる。	道路橋示方書や各種基準類などには明記された規定がない、または複数の選択肢がある場合など、別途検討を行ったうえで設計するのがよいもの。

道路橋示方書の目次構成を表-1 に、設計の基本方針を表-2 に示す。道路橋示方書の条文体系では、橋の設計は、大きく分けて次の3つの過程からなり、また、相互に関係する。(以下、□内は道路橋示方書の条文番号)

(1) 性能や条件の設定

まず、橋の重要度、橋が置かれる不利な状況を想定するために必要な期間や、維持管理や施工の前提条件を決定する過程である [1.4~1.6 並びに 1.8.1(6)及び(7)]。道路橋では、前提となる橋梁計画さらにはその前提条件によって設計内容や当該橋に求められる性能が異なってくる。これらは、条文の記述だけでは確定しない様々な条件や意思決定も含まれる。たとえば、以下のような事項について、要求事項や条件を

具体的に設定することが考えられる。

①橋の重要度

- ・路線の社会・経済的な位置づけ
- ・防災計画の位置づけ

②当該橋における災害や劣化に対する点検や修繕作業の前提条件や制約条件

- ・迂回路の有無
- ・交差物の特性
- ・平時、緊急時における規制のし難さ
- ・環境に与える影響

③その他当該橋に固有の架橋条件

(2) 架橋位置や形式・形状の選定

次が、架橋位置を選定する過程や、橋の形式の選定や部材等の配置や材料を選定する過程〔1.7 及び 1.8.3〕である。上記のとおりを設定した前提条件や性能を満足するように、架橋位置や形式の選定を行い、また、部材は配置なども含めた橋の形状の概略を決定する。前述のとおり、道路橋の設計において実現する橋の性能の内容や水準は、計算だけで決定されるものではない。橋が置かれる最も不利な状況には、広義には事故や災害も含まれるなど、供用中に橋が遭遇する状況は多岐にわたり、その全てを外力やその組み合わせで置き換えることは困難である。事故や災害を偶発作用とみるかどうかは議論となるところだが、〔2.1〕にて規定される少なくとも考慮すべき荷重組み合わせでは考慮しきれない状況もあることを認めたとうえで、これらについては、架橋位置の選定や形式の選定〔1.7〕及び構造や部材は配置の設計〔1.8.3〕において考慮しなければならないことが明確にされている。

具体的に考慮すべき例としては、たとえば、以下の①、②が挙げられる。

①下部構造の設置位置や支間割りなどの平面位置や高さを与える影響

- ・地滑り
 - ・下部構造位置周辺地盤の安定
 - ・上方から橋面や下部構造を土砂が覆うような事象
- ・津波やその漂流物
- ・断層変位
- ・交差物件の特性

②できるだけ粘り強く、自立性が高い構造形式になっているかどうか

たとえば、道路橋示方書の解説で〔1.7.1、1.7.2、1.7.5、4.1.4〕は、変状等に対してもできるだけ粘り強い構造としつつ、地滑り、津波やその漂流物、断層変位などに対しては、基本的には、これらの影響を避けられる平面位置、高さを架橋位置として選ぶことを基本的な方針とするのがよいことが記載されている。粘り強い構造という点では、条文〔1.8.3〕では、橋毎に、部材等の状態を適時確認できるようにどのような工夫ができるかを具体的に検討したうえで、橋毎に、橋の重要度や架橋位置、交差物件との関係からどのようなことをどこまで行うのかを決定することが求められている。具体的な手段としては、一部の損傷で橋の致命的な状態に至らないようにしたり、一部の損傷による影響範囲を拡大させないようにするための部材配置や部材の追加をすることや、確実に修繕や更新ができるように予め部材等を配置することが例示されている。

表-1 I 共通編の章構成

章立て	備考
1章 総則 1.1 適用の範囲 1.2 用語の定義 1.3 設計の基本理念 1.4 橋の重要度 1.5 設計供用期間 1.6 調査 1.7 計画 1.7.1 架橋位置と形式の選定 1.7.2 交差物件との関係 1.8 設計 1.8.1 設計の基本方針 1.8.2 設計の手法 1.8.3 構造設計上の配慮事項 1.9 設計図等に記載すべき事項 1.10 施工	1.8.1 にて性能の基本的事項を規定
2章 橋の耐荷性能に関する基本事項 3章 設計状況 4章 橋の限界状態 5章 橋の耐荷性能の照査	構造の安全性に関わる要求性能
6章 橋の耐久性能に関する基本的事項と照査	耐久性に関わる要求性能
7章 橋の使用目的との適合性を満足するために必要なその他検討	その他必要な性能

表-2 I 共通編 1.8.1 設計の基本方針

<p>(1) 設計にあたっては、橋の耐荷性能、橋の耐久性能、その他使用目的との適合性の観点から橋の性能を適切に設定し、これらを満足させなければならない。</p> <p>(2) 橋の耐荷性能を満足するために、設計供用期間中の交通の状況、地形、地質、気象その他の状況に対して、橋が落橋等の致命的な状態に対して安全な状態であること、及び、状況に応じて必要な橋の機能を満足する適切な状態にあることを、それぞれ所要の信頼性で実現できるように設計する。</p> <p>(3) 橋の耐久性能を満足するために、経年的な劣化を考慮し、所要の橋の耐荷性能が設計供用期間末まで確保されていることが所要の信頼性で実現できるように設計する。</p> <p>(4) 橋の設計にあたっては、橋の使用目的との適合性を満足するために、通行者が安全かつ快適に使用できるように必要な性能、道路橋の損傷経験等も踏まえて付与しておくのがよい性能等のその他必要な性能について検討し、適切に設計に反映させるものとする。</p> <p>(5) 2章以降に従って設計する場合には、(1)を満足するとみなしてよい。</p> <p>(6) 橋の設計にあたっては、橋の性能の前提とする維持管理の条件を定めなければならない。</p> <p>(7) 橋の設計にあたっては、橋の性能の前提とする施工の条件を定めなければならない。</p>

(3) 構造の詳細の決定

最後に、具体的に橋にとって不利な状況やそれに対して求める機能や確実性を想定し、橋の耐荷性能等を満足できる構造の詳細を決定する過程がある〔1.8.1(1)～(4)及び 1.8.2、並びに、2 章以後〕。架橋位置や橋の形式、概略形状を選定したあとで、詳細構造の決定を行う。橋の耐荷性能、耐久性能、橋の使用目的との適合性を満足するために必要なその他検討に関する性能を満足した橋を設計するために、橋全体や部材の評価を行うために用いる設計の手法や構造設計上の配慮事項などへの対応方針を決定する。その後、それぞれの性能を満足するように、部材断面諸元の決定を行う。橋の性能を上部構造、下部構造、及び、上下部接続部に分けて照査できるように橋の形式や形状が適切に選定されていれば、それぞれの構造単位で、部材等の設計を進めることになる。

この過程で見直しが必要であれば、橋の耐荷性能を達成するのは絶対ではあるが、設計の前提条件や当該橋固有として求める性能やその達成水準、架橋位置、橋の形式・形状にも遡って見直す必要が出てくる。そこで、詳細な計算を始める前に、設計方針を明らかにしておくことや、設計の過程で初めて明らかになってくるかもしれないリスク要因に対して影響を受けにくいように架橋位置や構造形式等を検討する必要がある。

1章 総則

- (1) 構造物の配置や架橋位置および橋の形式の選定を行うにあたっては、橋が供用期間中に遭遇し得るリスク要因やそれが事業に及ぼし得る影響を適切に整理し、架橋位置や形式の選定及びその後の調査、設計、施工の前提条件に反映させることとする。
 - ・橋長の設定（橋台位置）
 - ・支間割の設定（橋脚位置）
 - ・下部構造、基礎構造形式の検討
 - ・上部構造形式の検討
 - ・調査、設計、施工時点で必要な対応の引継ぎ
- (2) 影響の評価にあたっては同格の迂回路の存在など、道路ネットワークにおける路線の位置付けや代替性なども考慮して行うのがよい。
- (3) 整理するリスク要因や影響は、次の観点で分類し、整理するのがよい。
 - ・豪雨・洪水による流出や洗掘、津波や漂流物、周辺領域・周辺地盤に起因する災害（落石・崩壊、岩盤崩壊、地すべり、土石流等）、雪崩などの自然災害が橋の機能・損傷や安定に与える影響
 - ・上記の複合的要因
 - ・冠水、波浪・越波、強風、地吹雪・豪雪等などの自然要因が通行の規制や除雪等の道路管理に与える影響
 - ・橋への落雷に伴う火災、橋面や路下での車両等の火災など
 - ・車や船舶などの衝突
 - ・地盤調査等、調査の情報量が増えるにしたがって明らかになり得る事項が対策等の費用、工期に与える影響
 - ・新しい材料や技術の適用等に関して、実現性や採用後の維持管理に与える影響

【解説】

昨今の災害を踏まえ、道路の耐災害性の向上の取り組みや、既存の道路についても災害リスク箇所を把握しマネジメントすることの重要性が指摘されており、そのあり方の検討も始まっている。

たとえば、

<https://www.mlit.go.jp/road/ir/ir-council/sdt/pdf/t01.pdf>

<https://www.mlit.go.jp/policy/shingikai/content/001362315.pdf>

など。

このような中で、これから整備する道路については、災害に対するリスクを把握し、そのマネジメント方針を定めた上で、構造物の配置や架橋位置および橋の形式の選定を検討し、リスクマネジメントの点でも良好なストックを形成することが重要になると考えられることから、枠書きを提案した。

災害時はもとより、通常の状態においても求められる機能を十分に発揮すること、また、不幸にして何らかの損傷が生じた場合であっても十分粘り強く、丈夫な橋であることが念頭に置かれた設計がされるようにしたうえで、維持管理の確実さと容易さについても、道路ネットワークにおける路線の位置付けや代

替性なども十分に考慮し、不測の事態に対する配慮の範囲を検討する必要がある。

これらは、災害だけに限らず、地盤調査など、不完全な情報の範囲で様々な意思決定を行わねばならないことのリスクも含む。たとえば、路線計画や予備設計の段階では、地盤調査等の情報量が限られることが少なくない一方で、その情報が増えたときには、土工区間と橋梁区間の設定など架橋位置の選定の妥当性の再評価、軟弱地盤や斜面崩壊の対策の必要性、支持層の見直しや基礎形式の見直しなどが必要になることは常にリスク要因として想定され、これらのリスク要因が、工事費用や期間に大きく影響することがないようにするか、予め影響することも理解したうえで、様々な意思決定を行っておくことが合理的な事業の実施につながると考えられる。

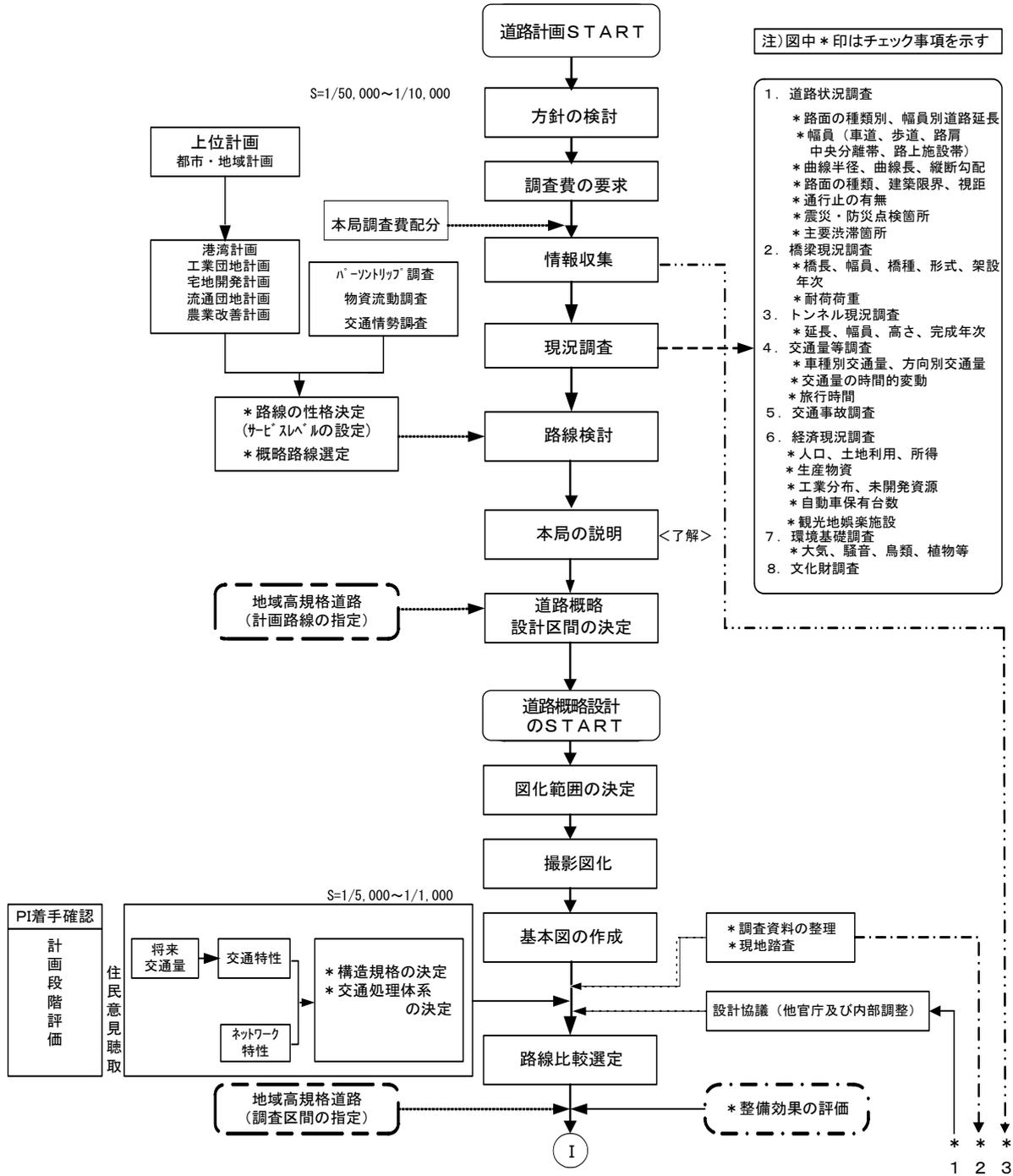
以上から、梓書きのとおり、リスク要因の把握と対応を整理することを求めることを提案した。

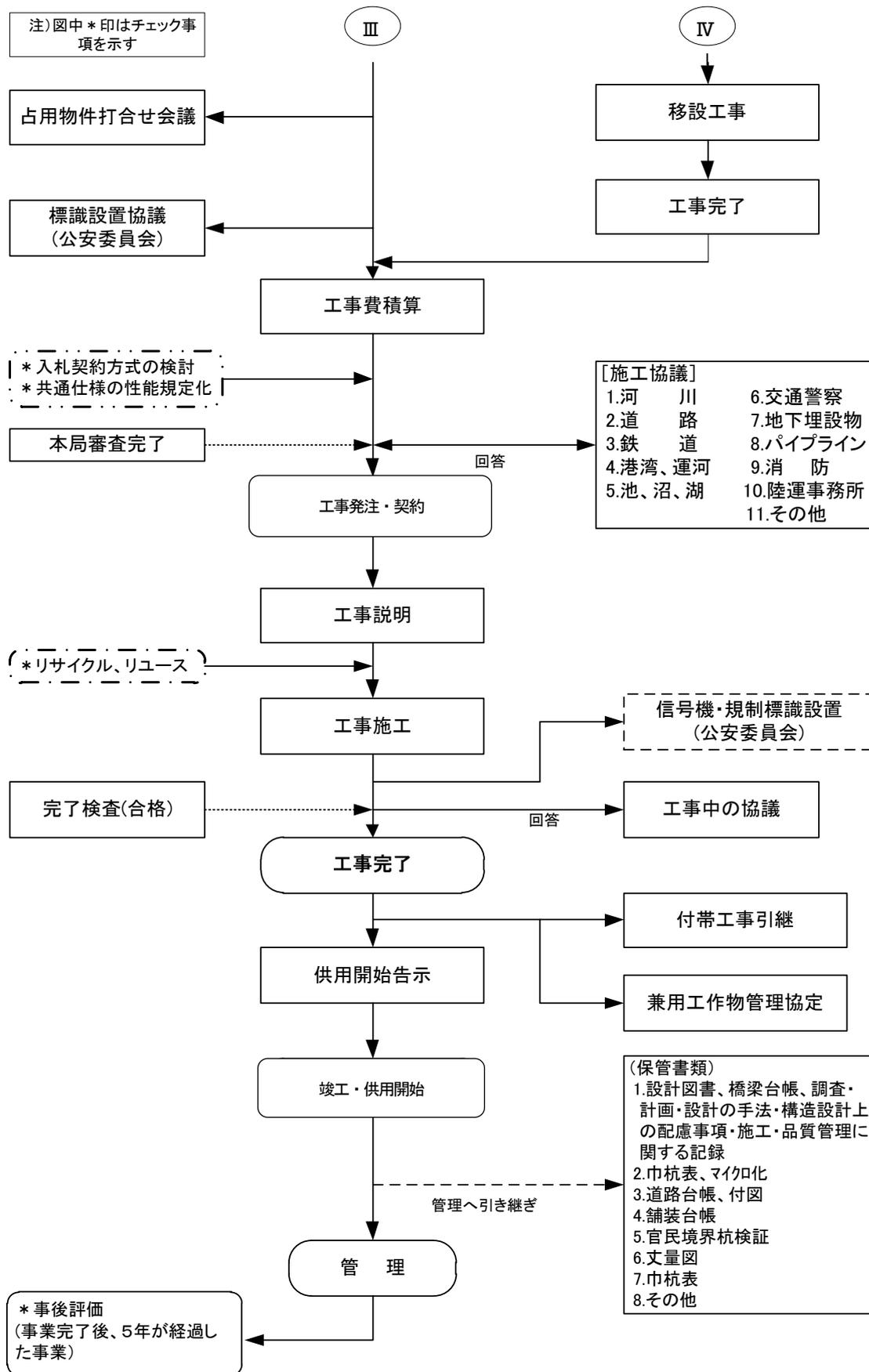
橋梁アプローチ部も含めて、適切に評価を行う必要がある。

これまでの一般的な道路事業の流れを以下に示す。

各段階において（１）から（３）の検討を行う必要がある。

出典：近畿地方整備局 設計便覧を一部改変





2章 調査・対外協議

2.1 調査

橋の適切な設計、施工、維持管理を行うため、基準類に規定される必要な調査を実施する。たとえば以下のものがある。

1) 架橋環境条件の調査

- ・地盤調査
- ・地下水調査
- ・有害ガス等の調査
- ・河相調査
- ・利水状況調査
- ・気象・地形条件
- ・腐食環境、疲労環境
- ・路線条件
- ・近接施工の場合の調査（既存物件・地下埋設物）

など

2) 使用材料の特性及び製造に関する調査

- ・コンクリート製造プラント
- ・使用材料（じん性等の機械的性質、化学組成、形状寸法等の特性など）
- ・市場性

など

3) 施工条件の調査

- ・自然現象
- ・現場状況等
- ・現場周辺環境
- ・作業環境
- ・運搬路等

など

4) 維持管理条件の調査

- ・環境条件
- ・使用条件
- ・管理条件

など

2.2 対外協議

2.2.1 道路

橋梁計画、施工計画にあたっては交差道路の管理者と十分に協議を実施し、道路構造、交差条件、制約条件、配慮事項を確認する。

【解説】

(1) 交差道路の協議にあたっては、「道路構造令」に準拠し、その交差条件について道路管理者に提示して協議を実施する。

(2) こ道橋の計画においては、交差物件の維持管理に必要な空間を確保することとし、計画に必要な事項については、計画に先立ち事前に交差物件管理者と十分打合せのうえ、橋梁計画を行う。

橋下余裕高については、補修補強などの維持管理に際して、足場工の設置や点検車に必要な空間を確保するためのものであり、主桁の下フランジと交差物件との離隔ではないことに注意が必要である。橋下余裕高は、鋼橋、PC 橋のいずれも点検車などが入る高さが必要であるが、定期点検や補修補強工事が無理なく実施できるように、橋毎に具体的に検討し決定する。極力多くの橋下余裕高を確保できるよう検討するのが望ましい。

なお、桁下余裕高を、定期点検や補修補強工事が無理なく実施できるように設定した場合、橋梁前後の取付道路の延長が延びたり、盛土高が高くなることが考えられるため、必要に応じて下記の条件について検討が必要となる。

- ① 交差道路との擦り付け
- ② 取付道路の土留構造
- ③ 基礎地盤の変状

(3) こ道橋の計画においては次の項目について整理する。

- ① 交差物件の現況幅員及び建築限界
- ② 確保すべき空間（断面）
- ③ 周辺道路の整備計画
- ④ 迂回路の有無
- ⑤ 橋梁点検時の通行止め可否
- ⑥ 地下埋設物
- ⑦ その他

(4) 上部構造形式及び付属物の配置計画においては、将来のメンテナンスに配慮する。

維持管理の作業空間を確保する必要がある。詳細設計や維持管理のために、作業空間の決定根拠を整理する必要がある。

2.2.2 鉄道

橋梁計画、施工計画にあたっては交差する鉄道の管理者と十分に協議を実施し、交差条件、制約条件、配慮事項を確認する。

【解説】

(1) この線橋の計画においては、交差物件の維持管理に必要な空間を確保することとし、計画に必要な事項については、計画に先立ち事前に交差物件管理者と十分打合せのうえ、橋梁計画を行う。

橋下余裕高については、補修補強などの維持管理に際して、足場工の設置や点検車に必要な空間を確保するためのものであり、主桁の下フランジと交差物件との離隔ではないことに注意が必要である。橋下余裕高は、鋼橋、PC 橋のいずれも最低限、点検車が入る高さを考えながら、定期点検や補修補強工事が確実に実施できるように、鉄道下での維持管理ということで橋毎に具体的に検討し特に慎重に決定する。極力多くの橋下余裕高を確保できるよう検討するのが望ましい。

なお、桁下余裕高を、定期点検や補修補強工事が無理なく実施できるように設定した場合、橋梁前後の取付道路の延長が延びたり、盛土高が高くなることが考えられるため、必要に応じて下記の条件について検討が必要となる。

- ① 交差道路との擦り付け
- ② 取付道路の土留構造
- ③ 基礎地盤の変状

(2) この線橋の計画においては次の項目について整理する。

- ① 交差物件の現況幅員及び建築限界
- ② 確保すべき空間（断面）
- ③ 電化や複線化等の整備計画
- ④ 地下埋設物
- ⑤ き電停止可否
- ⑥ その他

(3) 上部構造形式及び付属物の配置計画においては、将来のメンテナンスに配慮する。

維持管理の作業空間を確保する必要がある。詳細設計や維持管理のために、作業空間の決定根拠を整理する必要がある。

2.2.3 河川

橋梁計画、施工計画にあたっては交差河川の管理者と十分に協議を実施し、河川管理施設等構造令などに準拠した交差条件、制約条件、配慮事項を確認する。

【解説】

(1) 河川を横過する橋梁の計画にあたっては、以下の規定に準拠する。

- ① 「河川管理施設等構造令」
- ② 「工作物設置許可基準」
- ③ 「国土交通省 通達」

④ その他

(2) 河川を横過する位置は、以下に示す洪水時に複雑な流れを呈する箇所を可能な限りさけることが望ましい。

- ① 狭窄部、分合流部、水衝部、湾曲部などの河川流況が変化する区間
- ② 河床変動の大きな区間（河床変動の変化点）
- ③ 旧破堤地点、旧河川跡

(3) 河川改修計画の有無、既存河川施設との整合、及び河川管理上の条件等については、計画に先立ち事前に河川管理者と十分打合せのうえ、橋梁計画を行う。

(4) 計画高水量・高水位及び改修計画断面等の取り扱い

- ① 工事实施基本計画に基づき、直轄河川では河川改修計画、また、補助河川は河川改良工事全体計画に基づき計画する。
- ② 上記計画のない河川は、管理者との協議により計画条件を決定する。
- ③ 水圧の設定に必要となる、最大流速、河床低下量、洗掘深さを加味した水深については、河川管理者との協議により決定する。

(5) 河川橋梁は、河川条件を次の事項について整理する。

- ① 現況断面
- ② 改修計画断面
- ③ 計画河床勾配
- ④ 計画高水量
- ⑤ 計画高水流量
- ⑥ 橋下余裕高
- ⑦ 基準径間長
- ⑧ 斜角
- ⑨ 河積阻害率
- ⑩ 最深河床
- ⑪ 橋脚根入れ深さ
- ⑫ 堤防構造
- ⑬ 施工時水位、施工可能期間
- ⑭ 下部構造施工方法、上部構造架設工法
- ⑮ その他

(6) 橋下余裕高については、補修補強などの維持管理に際して、足場工の設置や点検車に必要な空間を確保するためのものであり、主橋下フランジと交差物件との離隔ではないことに注意が必要である。橋下余裕高は、鋼橋、PC 橋のいずれも点検車などが入る高さが必要であるが、定期点検や補修補強工事が無理なく実施できるように、橋毎に具体的に検討し決定する。

なお、定期点検や補修補強工事が無理なく実施できるように、橋下余裕高に余裕を持たせた場合、橋梁

前後の取付道路の延長が延びたり盛土高が高くなることが考えられるため、必要に応じて下記の条件について検討が必要となる。

- ① 交差道路との擦り付け
- ② 取付道路の土留構造
- ③ 基礎地盤の変状

(7) ダム湖などに架橋する場合の橋下高については、ダム管理者と協議する。

2.2.4 その他

橋梁計画、施工計画にあたっては交差物件の管理者等と十分に協議を実施し、交差条件、制約条件、配慮事項を確認する。

【解説】

(1) 橋梁の計画においては、交差物件（占用物件等）管理者等との協議結果による必要な条件を満足することとし、計画に必要な事項については、計画に先立ち事前に交差物件管理者と十分打合せのうえ、橋梁計画を行う。

(2) その他の対外協議としては、次の項目が考えられる。

- ① 道路交通法
- ② 都市公園法
- ③ 砂防法
- ④ 景観法
- ⑤ 文化財保護法
- ⑥ 道路法
- ⑦ 環境影響評価法
- ⑧ 各種条例

3章 橋の形式選定

3.1 橋の形式選定の基本事項

道示 I [1 章] の各条文の内容やその趣旨を踏まえて、設計や施工の前提条件や橋に求める性能を明らかにしたうえで、これらの条件を満足する架橋位置、形式、構造の選定を行う。次のような観点を盛り込み、選定方法を検討する。

- A) 路線計画、橋梁概略計画に基づき、橋梁計画の前提条件、架橋位置特有の条件に含まれる具体的な条件を明らかにしたうえで、このうち、当該橋梁の要求性能として必須とする条件を基本条件とする。そのうえで、基本条件を満足するものを複数選定する。(以下、1次選定という)
- B) 計画時点では避けられない情報等の不確実性もあるなかで架橋位置や形式の選定にあたって仮定、設定した条件について、それらが後から変更になった場合に構造形式や構造諸元が大きく影響を受ける項目(以下、リスク項目という)と、影響及び対応方針を明らかにする。そして、1次選定を行ったもののうち、リスクの対応方針に適合するものを複数選定する。(以下、2次選定という)
- C) 最終的に、経済性の評価を行うとともに、A)やB)の比較では考慮していない比較項目の着眼点と、経済性の評価と合わせた比較方法を適切に検討し、総合的な比較により、架橋位置や形式の選定を行う。
- D) なお、具体的な性能の照査方法に関する知見が少ない材料、部材・接合、形式などを用いるときには、道路橋示方書が求める手順により橋の性能を満足できるように設計するための検討に要する技術レベル、費用、期間などを適切に想定する。

【解説】

本章では、平成 29 年に改定された道路橋示方書の趣旨に則り、架橋位置や形式の選定の考え方をまとめている。

平成 29 年に改定された道路橋示方書では、架橋位置や形式の選定は、道路橋の性能を満足させるための前提条件として明確に位置づけられている。そこで、架橋位置や形式の選定は、当該橋梁では必ず考慮しなければならない条件や要求事項(以下、基本条件という)と、基本条件は当然満足するなかで、経済性に大きな影響を与えない範囲でできるだけ配慮するのがよい事項を整理することから始める必要がある(上記 A)に相当)。ただし、基本条件とその他の条件の区別をする中で、何までを基本条件とするのかによって、選ばれる架橋位置や形式の候補が異なることもあり得るので、それらについては予備的な検討を行うなどの過程が必要になる。

また、特に架橋位置の選定は、地盤条件などとも密接に関係するので、各種の災害に対する対応の条件にも関係したり、後の地盤調査や工事のときに明らかになる条件も多い。そこで、基本条件とその他の条件の区別、災害やその時点での情報の範囲で様々な条件設定をせざるを得ないことの不確実性については、幅広にそれらの不確実性を抽出し、架橋位置や形式の選定の条件としてそれらの不確実性への対応を含める場合、含めない場合で、比較検討結果がどのように変わり得るのか、検討するプロセスが必要である(上記 B)に相当)。

ここまでくれば、いずれの架橋位置や形式を選んでも、基本的には、求める条件(基本条件)に合致した橋が選ばれる。そこで、経済性やできるだけ配慮すべき条件について、適切な比較検討を行うための方法を検討し、選定を行う(上記 C)に相当)。

以上のような形式選定を行うことで、以下の効果が期待できる。

- ・劣化や災害も考慮したとき、必ずしも設計計算等では反映できない状態や状況に対しても、架橋位置

や形式の選定という設計のできるだけ早い段階から対応を取ることで、施工時の安全性や、維持管理の確実性や容易さを、より容易に実現できるようにすること。

- ・事業の進捗管理をより適切に行うために、条件や仮定の設定、さらにそれに基づく意思決定は、その時点の情報で行わざるを得ないことについて、あとから様々な情報が追加で明らかになったときの対応の反映の程度も、詳細設計や工事に移る前に認識されるようにすること。たとえば、形式選定時点で設定している地盤条件等が、後の調査や工事の過程で変更が必要になるなどしたときに、対応が容易でない構造について、架橋位置の選定や形式選定の最初の時点で、それを避けることも可能にする余地を作ること。
- ・当該地点の要求に叶うにも係わらず、実績が少ない形式などが候補として挙がりにくい可能性があることについて、これらの可能性を小さくすること。

橋の形式選定を行う上で設定する性能には、橋の耐荷性能、橋の耐久性能及び橋の使用目的との適合性を満足するために必要なその他性能の3つの性能がある。

また、平成29年の改定における主な改定点は以下のとおりであり、これらの主旨も形式選定において適切に考慮されねばならない（道路橋示方書まえがきより）。

- ① 橋の構造形式や使用材料の多様化も踏まえれば、橋梁形式や上部構造の主たる使用材料によって大別するのではなく、鋼部材とコンクリート部材をどのように組み合わせた場合にも橋として求められる性能を明確にするように、編構成の見直しがなされた。その結果、Ⅰ編から順に、Ⅰ 共通編、Ⅱ 鋼橋・鋼部材編、Ⅲ コンクリート橋・コンクリート部材編、Ⅳ 下部構造編、Ⅴ 耐震設計編とされた。
- ② 各条文が要求性能とそれを満足する標準的な検証手法の組合せで構成されるだけでなく、橋全体としても性能の評価が可能であるように、橋全体系として求める性能が明確化され、橋全体系の性能を照査するための上部構造、下部構造等の性能の検証方法、さらには、上部構造、下部構造等を構成する部材等の性能の検証手法も階層的に要求性能と標準的な検証手法の組合せとして規定された。
- ③ 橋の耐震性能という概念が発展的に解消され、橋の性能を構成するものとして、橋の耐荷性能、橋の耐久性能及び橋の使用目的との適合性を満足するために必要なその他性能の3つの性能が規定された。これにより、災害時はもとより、通常の状態においても求められる機能を十分に発揮すること、また、不幸にして何らかの損傷が生じた場合であっても十分粘り強く、丈夫な橋であることが念頭に置かれた設計がされるようにしたうえで、維持管理の確実さと容易さについても、道路ネットワークにおける路線の位置付けや代替性なども十分に考慮し、不測の事態に対する配慮の範囲を検討することが明確にされた。
- ④ 新たな材料や構造の採用が今後増加することも期待し、橋の耐荷性能を評価するために、橋の限界状態が新たに規定された。
- ⑤ 標準としての設計法は、部材単位で荷重支持能力と構造安全性の確保を行う従来の設計法を踏襲した。しかし、新たな材料や構造の採用が今後増加することも期待し、荷重や抵抗値のばらつきも考慮したうえで設計状況に対して橋や部材の限界状態を超えないことを確実に達成できるように、従来の許容応力度法が廃止され、部分係数法が導入された。
- ⑥ 限界状態設計法や部分係数法の導入に伴い、鋼部材、コンクリート部材の荷重体系、設計体系が統一された。また、設計で想定する品質が確保されるように、各編の適用の範囲が見直された。複合構造についても、全編の規定を適切に適用することで設計が可能であるようにされた。

- ⑦ 地震の影響による大規模な斜面崩壊による橋台の沈下等の事例が存在したため、耐震設計において、できるだけ地盤変動の影響を受けない位置に架橋位置を選定することが標準とされた。
- ⑧ 多様な曝露環境に対して耐久性を事前に検証することが困難な新しい技術についても、修繕、交換の可能性も考慮しながら採用を検討できるように、維持管理と一体で耐久設計を行うことが明確にされた。交換も前提にしながら部材ごとに設計耐久期間を定められること、維持管理方法と耐久性確保の方法を一体で実施し、必要な耐久性を確保することが明確化された。
- ⑨ プレキャスト化などの流れを受け、コンクリート部材の接合部の要求性能が明確にされた。また、これにより、複合構造の接合部においては、鋼、コンクリート部材の接合部の規定をそれぞれ参照し、設計することができるようになった。

以上の主旨を鑑みれば、橋は災害時はもとより、通常の状態においても求められる機能を十分に発揮、また、不幸にして何らかの損傷が生じた場合であっても十分粘り強く、丈夫な橋であることが念頭に置かれた形式の選定や設計がされる必要がある。加えて、維持管理の確実さと容易さについても、道路ネットワークにおける路線の位置付けや代替性なども十分に考慮し、不測の事態に対する配慮の範囲を検討し、その前提条件を明らかにし、それを満足するように形式の選定や設計がされるのがよい。

また、道路管理者の架橋位置の選定や形式の選定のプロセスにおいては、リスクが適切に考慮されていることを確認することが求められる。実際には、架橋位置、形式、支間割り、部材配置等の設定の検討が進むにつれ決まってくる事項も多く、行きつ戻りつしながら、対応方針や構造設計上の配慮をどこまで行うのかも決まってくる。また、路線によっては、設計状況（荷重の組み合わせ）の中では考慮されないリスクをある程度受け入れる場合もあれば、そうでない場合も決まってくることになる。したがって、これまでの架橋位置の選定のルーチンにおいて、これらの検討を反映させ、設計図書に残すプロセスが必要であろう。

橋の形式選定の流れを図-3.1.1に示す。これらの前提条件をあらかじめ明確にした上で、前提条件にかなう形式同士を比較し、最適な形式を選ぶようにする。たとえば、多様な曝露環境に対して耐久性を事前に検証することが困難な新しい技術についても、修繕、交換の可能性も考慮しながら採用を検討できるように、維持管理の前提条件を整理するときに、そのようなことが可能であるか確かめておくことになる。

以下に、その項目を示す。(3.3 架橋位置特有の条件参照)

A) 架橋位置の選定や構造形式、部材配置の決定では、複数の選択肢があるなかで、一つ一つの橋について、架橋条件や交差物件、劣化または災害により万が一重大損傷が生じた場合の社会的影響度や復旧性についての条件をどの程度に留めるべきなのかと、それを実現するための費用も検討するというプロセスである。そして、候補となる橋梁形式を複数案抽出するときには、条件に対する対応方針に適合できる架橋位置、下部構造位置、構造形式の中から選ぶ。そして、それらから、最終的に、経済性や施工の現実性や容易さなどの観点で形式を絞りこむ。これに対して、たとえば、適用支間と施工性で形式を絞り込んだあとで詳細設計に入り、最後に条件の洗い出しと対策を検討しているのは、比較的容易にできたはずの条件の軽減がし難い下部構造の位置や上部構造の形式を選んでしまっていたことが明らかになる可能性が出てくるので、ここで提案するプロセスでの選定の方が望ましいと考えられる。

B) 形式選定はその時点で判明している限られた情報の範囲で行うものなので、その後判明した（するかもしれない）情報による影響を受け難いように行うことが望ましい。また、道路橋の場合、長期の供用期間を想定することが当然の構造物であり、その間に橋が置かれる状況の可能性は多岐に渡る。基準では、全ての橋について具体的に荷重の組み合わせとして考慮すべき標準とする設計状況が規定されているものの、外力として扱うのではなく、計画上できるだけ避けることが合理的と考えられる自然由来又は人為的な状況もある。後者については、架橋条件に応じてできるだけ網羅的に把握し、対応方針を設計条件として設定する必要がある。そこで、形式選定にあたっては、橋毎にリスク要因を設定することが必要になる。なお、リスク要因には、自然的要因もあれば人為的要因もあり、自然災害（地震や断層変位、津波・高潮、土砂・斜面災害、水害、噴火など、いわゆるハザードマップに関連するもの）地盤条件の推定・設定の不確実性などがある。

C) A)やB)のように形式選定の時点で満足することが必須である条件、C)のように、A)やB)のように必須とは言わないまでも形式選定の時点でできるだけ配慮するのがよい条件など、橋の設計で考慮する条件を形式選定や詳細設計にどのように反映させるかについては、適切な検討が必要である。

また、C)の比較項目については、A)B)の比較の観点と重複することがないようにする。たとえば、耐震性や維持管理性について設計の前提条件をあらかじめ決めて、A)B)の過程においてそれらを満足する構造だけに絞り込んでいるとすれば、満足しているものの中での優劣の比較は経済性で行われることになる。それにもかかわらず、C)にてさらに耐震性や維持管理性の項目を立てることは、重複した評価を行うことになってしまうので、避けるように。

C)の比較検討項目については、たとえば、道示 I [1.8.3] に規定されている構造設計上の配慮事項を対象に、各形式等の適合性の度合いについて定性的に優劣をつけることが考えられる。構造上の配慮事項は、当該橋の重要度、架橋位置特有の条件、施工の条件、維持管理の条件に基づいて検討されるものであるが、これらの条件の詳細について、基本条件として既に構造設計にて必須なものとして反映されているものについてはここでは扱わない。構造設計上できるだけ配慮するのがよいとした事項について、ここでの比較項目とする。

(例)

- ・施工の品質確認の確実性
 - ・施工品質の確認の確実性は、品質確認が可能か否か、可能な場合は、その方法の精度に基づいて優劣を定性的に評価するなど。
- ・維持管理の確実性
 - ・近接し、点検・調査を行ったり、修繕を行うことが可能か否か、及び、その難易度に基づいて優劣を定性的に評価するなど
 - ・交換等の確実性が求められる部材等について、交換を行うことが可能か否か、可能である場合には、その難易度に基づいて優劣を定性的に評価するなど。
- ・構造上の補完性・代替性
 - ・崩壊など橋が致命的な状態となる可能性及び橋の機能の回復、構造上の補完・代替が困難となる可能性に対して配慮されているか否かにより、優劣を定性的に評価するなど。

- ・ただし、主要な部材の荷重伝達経路の多重性・代替性の確保、損傷の影響範囲の限定化などは、設計において当然配慮、反映されるべき事項であり、その優劣は、比較項目とするかどうかも含めて検討すること。
- ・その他適当な比較項目を設定する。

D) 新しい技術を用いるときには、その性能の検証にかかる費用や時間も橋の形式選定において適切に考慮する必要がある。新しい材料や技術を道路橋示方書に適合するように用いるための具体的な検討や評価内容にどのような事項があるかは、**1. 調査・計画編 4章 道路橋示方書に橋や部材等に適用するにあたって性能の達成手段に関する具体の規定がない材料等の扱い**を参考に見積もるのがよい。

道路橋示方書では、達成すべき要求性能の規定は、様々の異なるレベルや性質の性能が重層的に規定されているため、新たな材料や構造によって達成されると考えられる性能と、示方書の種々の規定や、それが意図する要求性能との相互の関係を、もれなく確認する必要がある。

新しい材料や技術の活用を検討するにあたっては、影響するすべての性能や設計条件などについて、その橋として道路橋示方書に適合するような使い方、又は、部材等の単位で道路橋示方書に適合させる設計を行うための検討の内容、難易度、期間の見通しを評価する。

図書、論文などを参考にする場合には、道路橋示方書との適合性について把握したうえで参考にできる範囲で参考にするとともに、詳細設計を行うにあたって道路橋示方書への適合性について検討が必要になる事項について明らかにする必要がある。

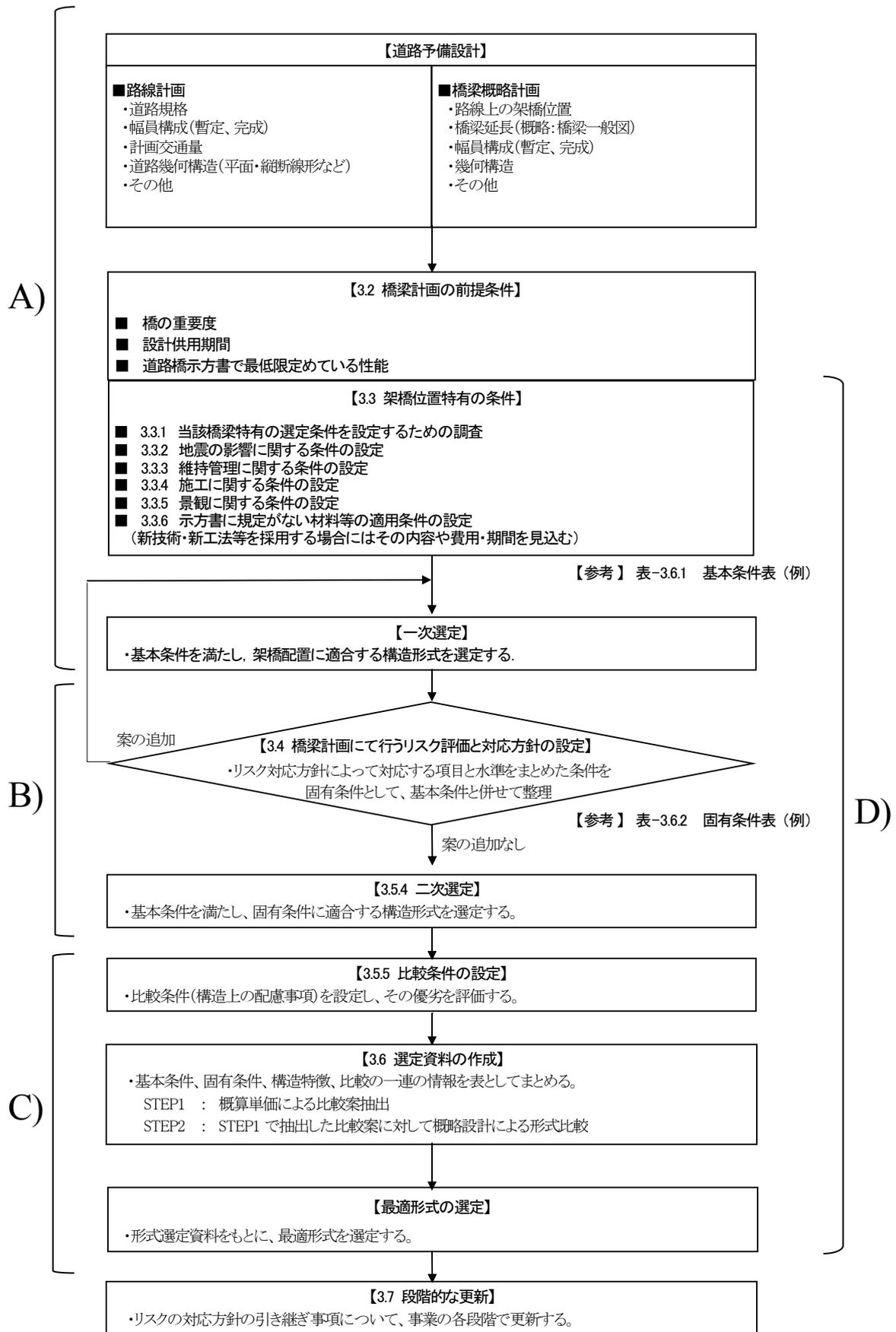


図-3.1.1 橋の形式選定の流れ

3.2 橋梁計画の前提条件

3.2.1 一般

(1) 橋梁計画においては、橋の重要度、架橋位置特有の条件、維持管理に関する条件、施工に関する条件、景観に関する条件などを前提条件とする。

(2) 橋の形式選定等に考慮する具体の前提条件を整理するために橋が計画される路線に期待される役割について具体的に整理しておく。たとえば、下記を参考に、災害時と平常に分けて、役割や道路管理上の制約条件を整理するとよい。

○ 災害時については、当該橋の損傷による2次災害の可能性、物流などの経済・社会活動上の位置付けなどの観点から、稀に生じる大地震などの災害時にあっても極力供用性が損なわれないことが求められるなど特に重要と考えられる路線にある。

平常時については、物流などの経済・社会活動上の位置付けなどの観点から補修や補強のために供用性が制限されることが特に許容され難い路線にある。

○ 災害時については、当該橋の損傷による2次災害の可能性、物流などの経済・社会活動上の位置付けなどの観点からは、あらかじめ計画しておくことで稀に生じる大地震などの災害時などの際に供用性が損なわれることも許容され、他の同等以上の性能を有する代替え路線によりその機能が補完されるものとする路線にある。

平常時については、物流などの経済・社会活動上の位置付けなどの観点から補修や補強のために供用性が制限されることが特に許容され難い路線にある。

○ 災害時については、当該橋の損傷による2次災害の可能性、物流などの経済・社会活動上の位置付けなどの観点からは、あらかじめ計画しておくことで稀に生じる大地震などの災害時などの際に供用性が損なわれることも許容され、他の同等以上の性能を有する代替え路線によりその機能が補完されるものとする路線にある。

平常時については、あらかじめ計画しておくことで、点検、補修や補強のために供用性が損なわれることもある程度許容される路線にある。

(3) 橋の形式選定においては、必ず満足しておかなければならない性能や条件について適切に設定しなければならない。

また、構造上の配慮事項についても、形式選定を行ううえで非常に重要であるため、その設定は橋梁計画の前提条件を踏まえて、具体的かつ詳細に行う。

【解説】

設計の前提となる条件を設定するにあたっては、平時、災害時のそれぞれにおいて、道路の一部としての橋の機能が損なわれたときに社会経済活動に与える影響や緊急輸送に与える影響を想定し、条件を整理することが有効である。また、これらは交差物件や周辺道路ネットワークの位置付けと密接に関係する。そこで、橋の各種条件を検討にするにあたっては、平時、災害時の区分、また、橋の機能が損なわれたときに道路機能に及ぼす影響、交差物件や第三者に及ぼす被害の影響の観点を取り入れるとよい。

たとえば、点検、維持行為による通行の規制はもちろん望ましいものではないが、必要に応じてやむを得ない規制を前提にすることで部材等の形式の選定の結果が変わり得る。このような検討を行うにあたっては、道路の経済・社会活動上の位置付けを整理しておかねばならない。また、整理にあたっては、災害下を念頭にした緊急輸送に求められる道路の機能と、これ以外のいわば平常時において、車線の規制等が当該道路の交通や周辺道路の交通に与える影響にわけて考えるとよい。

平常時において、物流などの経済・社会活動上の位置付けなどの観点から、点検、補修や補強のために供用性が制限されることが特に許容され難いか、可能な範囲で制限もあり得る路線であるのか考慮するとよい。

災害時においては、たとえば、稀に生じる大地震や津波などの災害時にあっても極力供用性が損なわれないことが求められるなど特に重要と考えられる路線もある。一方で、地震動については2次災害の可能性を考えればこれと同様であっても、その後の通常の供用を確保する観点や、津波などの2次災害に対しては、地域防災上の位置付け、当該橋の損傷による物流などの経済・社会活動上の位置付けなどの観点からは、あらかじめ計画しておくことで供用性が損なわれることも許容され、他の同等以上の性能を有する代替路線によりその機能が補完され得る場合もあるだろう。このように、単に災害、又は、地震とひとくくりにせず、条件を細分化することで、より適切に橋に求めるかどうか、検討するとよい。

3.2.2 橋の重要度 : 道示 I [1.4]

- (1) 橋の重要度に関連して、一般に明示しておくことが必要となる条件等については、以下のものがある。
- 1) 物流等の社会・経済活動上の位置付け
 - ・道路区分
 - ・物流ネットワーク上の位置付け
 - 2) 防災計画上の位置付け
 - ・緊急時の位置付け
 - 3) 路線の代替性
 - ・迂回路の有無（通常時・災害時） ※1)、2)で示す各位置付けと同等以上の迂回路
 - ・周辺道路網に対して、本橋が迂回路となる可能性とそのときに求められる条件など
- (2) 橋の重要度は、橋の性能や構造設計上の配慮事項、維持管理の条件など様々な設計内容と密接に関わってくるため、設計にあたっては道路管理者の設定する条件を確認するとともに、設計との関わりについて明確にする。なお、その結果については、設計の前提となる条件として、設計計算書に記述する。

【解説】

(1) 橋の重要度については、物流等の社会・経済活動上の位置付けや防災計画上の位置付け等の道路ネットワークにおける路線の位置付けや代替性に応じて、一時的にでも供用性が失われることが特に許容され難いような条件に対しては、橋や構造の形式の選定段階から十分な配慮が必要である。(道示 I P.26) 一般に明示しておくことが必要となる条件等の詳細については、以下のものがある。

- 1) 物流等の社会・経済活動上の位置付け
 - ① 道路区分
 - ・道路の種級区分
 - ② 物流ネットワーク上の位置付け
 - ・重要物流道路及び重要物流道路の代替・補完路
 - ・重さ指定道路

- ・高さ指定道路
- ・国際物流基幹ネットワークの整備計画

2) 防災計画上の位置付け

① 緊急時の位置付け

- ・緊急輸送路（第1次～3次）の指定の有無
- ・緊急輸送道路の整備計画
- ・津波警戒計画の指定の有無
- ・地域防災計画（地震、津波、水害、風害、雪害、高波、高潮災害、土砂災害など）
- ・耐震設計上の橋の重要度

3) 路線の代替性

① 迂回路の有無（通常時・災害時）

- ・迂回路の制約条件（建築限界、重量規制など）

② 周辺道路網に対して、本橋が迂回路となる可能性とそのときに求められる条件など

- ・本橋が迂回路となった場合の制約条件（建築限界、重量規制など）

3.2.3 設計供用期間、設計耐久期間、作用の評価期間 : 道示 I [1.5]

(1) 橋の設計供用期間は 100 年を標準とする。部材等の設計耐久期間によらず、橋や部材等の耐荷性能の照査に用いる作用等の組み合わせは道示 I [3 章] による。

(2) 部材等の設計耐久期間は 100 年を標準とする。

【解説】

橋の耐久性能は、作用効果の時間的な累積と関係付けて捉えられている。条件によっては部材等を積極的に交換することで確実な長寿命化を合理的に達成するような設計も期待できることから、道示 I [6 章] では、部材等の耐久性能を評価するにあたっては、作用の累積の影響を評価する期間として、橋における個別の部材等の設計耐久期間を橋の設計供用期間とは別に設定し、用いることも可能とされている。詳細は、道示 I [6 章] の解説を参照のこと。

耐久性について、部材等の設計耐久期間は、必ずしも 100 年である必要は無い。しかし、道路橋示方書に具体的に照査方法が規定されている方法は、部材等の設計耐久期間に対して 100 年を満足できるように規定されていると考えられることから、枠書きでは、部材等の設計耐久期間は、標準は 100 年とした。

一方で、積極的に部材等の交換を行うことが維持管理を合理的にするような橋の開発も期待されること、また、新技術については実際の施工、使用環境下での耐久性能の検証は、実績を積みながら明らかになることも多いことを考えると、今後の技術開発等を考えたときに、部材によっては、設計耐久期間を 100 年よりも短くする余地が残されている必要があると考えられる。たとえば、耐久性に関しては、実際の施工品質、曝露環境を再現した試験を事前に行うことも困難であることによる。道路橋示方書に具体の照査方法がない方法を用いる場合でも、道示 I [1.8.3(2)4] の解説のとおり、設定した範囲での信頼性や再現性は求められるのでデータ等の裏付けが存在する必要があること、不具合等の確認や評価の方法、修繕、交換等の方法を予め検討し、成立性を確保できるような使い方であるなどの配慮が求められることに留意する必要がある。

なお、このような新技術についても、部材等の耐荷性能（破壊の過程が明らかであり限界状態で代表できること、並びに、その原理や再現性は信頼性に関わるものであり、道示の既に規定がある耐荷力式や部

分係数を適用するための条件が明らかであること) については、道示に記載の方法と同等以上の信頼性が確認されることは必須であり、維持管理の確実性や容易さでその信頼性を補えるものではない。

3.3 架橋位置特有の条件 : 道示 I [1.8 及び 7.1]

架橋位置特有の条件を設定するにあたっては、路線の特有の事項もあらかじめ整理しておく。

【解説】

構造上の配慮事項は、道示 I 等、道示の各編の構造設計上の配慮事項の条文及び解説から優劣を比較する項目を網羅的に抽出するのがよい。

以下に、構造設計上の配慮事項の項目を示す。また、各項目の配慮事項の例を表-3.3.1 に示す。

これらを参考に、橋梁計画の前提条件などを踏まえて、当該橋の特徴を考慮して配慮事項に対する対応を検討し、構造の詳細を設定する。

1) 施工の確実性および容易さ

3.3.4 施工に関する条件の設定により設定された条件のもとで、配慮事項を検討する。

施工品質確認に対する観点がある。

2) 維持管理の確実性および容易さ

3.3.1 当該橋梁特有の選定条件を設定するための調査、3.3.3 維持管理に関する条件の設定により設定された条件のもとで、配慮事項を検討する。

点検・調査の方法、更新・修繕の実施方法、耐久性能の確保に対する観点がある。

3) 構造上の補完性・代替性

橋が致命的な状態となる可能性に対する観点とする。

4) 経済性

初期建設費、維持管理費、更新費、ライフサイクルコストなどの指標がある。

表-3.3.1(a) 構造設計上の配慮事項の例

		共通編	鋼 橋
施工の確 実性およ び容易さ	施工条件		
	施工品質確 認	<ul style="list-style-type: none"> 設計で前提とする施工品質が満足されていることを、確実かつ容易に確認することができる構造とするための配慮 耐荷力や耐久性が得られるための設計の前提条件が満足されることを確認できるように、設計時点から十分な配慮 施工品質の確認方法の想定 施工品質の確認の可能な構造および施工手順 	<ul style="list-style-type: none"> 標準的な施工及び品質管理を行うことができる構造 溶接継手を用いる場合、溶接施工、段階的なプロセス管理及び製作後の非破壊検査が適切に行える構造
維持管理 の確実性 および容 易さ	点検・調査の 方法	<ul style="list-style-type: none"> ①設計供用期間中の点検および事故や災害時における橋の状態を評価するために行う調査及び計画的な維持管理を適切に行うことができる構造とするための配慮 維持管理設備、点検施設等の設置 	<ul style="list-style-type: none"> 検査路の設置 点検検査路の妨げとならない部材配置 ケーブル定着部や桁端部での点検空間の確保
	更新、修繕の 実施方法	<ul style="list-style-type: none"> ①一時的にでも供用が失われることが特に許容されない条件の場合には、特定の部材に対して設計供用期間中の更新の許容 具体的な補修や部材更新の方法について設計の段階で明確にする。 補修や更新の時期を判断する方法 点検や調査の方法 供用状態に応じた施工の確実性や道路機能への影響 ②供用制限が困難な橋の場合には、直接荷重を支える床版や支承については、補修や更新が確実かつ容易に実施できるように構造設計上の配慮を行う。 	<ul style="list-style-type: none"> 床版取替えやケーブル交換時を考慮した設計
	耐久性能の 確保	<ul style="list-style-type: none"> ①継手の位置や補鋼材の位置関係、接合部等への設計上不要な仮補強材や鉄筋の配置が局所的な応力状態へ与える影響が設計で想定する応力条件から乖離を生じさせることも考慮した連結や接合位置や構造詳細の検討を行う。 ②耐久性能を満足するための設計の前提条件と部材各部における局所的な応力性状や曝露環境との乖離を小さくすることができる細部構造とするための配慮を行う。 ③水の排出・滞留状態が耐久性のばらつきの要因になることに対する構造細部の配慮 	<ul style="list-style-type: none"> 確実な排水のための排水勾配や排水孔の設置 伸縮装置からの漏水を考慮した桁端部の防水処理対策 耐候性鋼材使用の場合、ち密なさび層を形成するための対策
橋の一部の部材および接続部の損傷、地盤変動等の可能性に対する構造上の補完性・代替性	<ul style="list-style-type: none"> ①橋の致命的な状態となる可能性に対する、補完性または代替性を考慮した部材の配置 補完性や代替性の確保と機能回復の容易さとの関係に配慮する。 ②一旦発生すると制御困難な現象の防止対策 ・つり橋、斜張橋などたわみやすい橋やケーブル部材などの風や雨などによる振動の防止対策 ③一部の損傷が橋の安全性に与える影響を拡大させない別途の部材等の設置などフェールセーフ機能の付与 		

表-3.3.1(b) 構造設計上の配慮事項の例

		コンクリート橋	下部構造	耐震設計
施工の確実性および容易さ	施工条件			
	施工品質確認	<ul style="list-style-type: none"> ・グラウト充填状況やかいぶりの確認が容易 ・目視しやすい継手位置の設定 ・プレキャスト部材の活用 	<ul style="list-style-type: none"> ・目視しやすい躯体の継手位置の設定 ・コンクリート打設に問題となるような過密配筋の回避 ・施工不可能な鉄筋の干渉は回避 	<ul style="list-style-type: none"> ・落橋防止構造等に溶接継手を用いる場合は、鋼橋と同様に検討し、適切な施工品質が確保できる構造
維持管理の確実性および容易さ	点検・調査の方法	<ul style="list-style-type: none"> ・検査路の設置 ・点検空間の確保 ・点検や交換の容易さと耐荷特性を考慮したケーブル構造の選択 	<ul style="list-style-type: none"> ・桁端部の点検が可能な構造 ・橋台背面アプローチ部の維持管理の方法 	
		<ul style="list-style-type: none"> ・点検などの維持管理が困難な部位をできるだけ少なくすること。 ・支承部に容易にアプローチすることができる ・支承部の状態の確認などが行えるための空間の確保 		
	更新、修繕の実施方法	<ul style="list-style-type: none"> ・ケーブル部材の交換時の検討 ・内ケーブルと外ケーブルの併用 ・予備孔および付加的な外ケーブル設置の検討 ・支承部の交換および維持管理の検討 ・床版の更新や修繕の実施方法の検討 	<ul style="list-style-type: none"> ・支承の交換に対する橋座の設計時の配慮 	<ul style="list-style-type: none"> ・地震後の損傷に対して点検と修復の容易さに配慮した構造の検討と計画 ・支承部周辺の維持管理の確実性及び容易さの配慮 ・付帯物も含めた橋を構成する部材の損傷や破片の落下による第三者被害に対する対策の配慮 ・制震装置などの補修や更新に配慮した構造の検討
耐久性能の確保	<ul style="list-style-type: none"> ・確実な排水のための排水勾配や排水孔の設置 ・伸縮装置からの漏水を考慮した桁端部の防水処理対策 	<ul style="list-style-type: none"> ・橋座の排水勾配 		
橋の一部の部材および接続部の損傷、地盤変動等の可能性に対する構造上の補完性・代替性	<ul style="list-style-type: none"> ・容易に全体の安定性の喪失しない構造 ・主要部材が損傷した場合の代替性や補完性の確保 	<ul style="list-style-type: none"> ・複数列の杭基礎、組杭深礎基礎の採用 ・橋台背面アプローチ部の踏掛版の設置 ・洗掘対策としての根入れの確保 ・橋台アプローチ部に接続する擁壁を適切に配置 	<ul style="list-style-type: none"> ・部材に塑性化が生じる可能性を有し、その部材が塑性化すると橋に重大な影響を与える場合の補完性や代替性に対する配慮 たとえば、上部構造から慣性力を基礎へ伝達する部材や、橋脚を介さず上部構造から慣性力を基礎へ伝達する部材が対象となる。 ・上部構造の慣性力が橋脚柱の図心から大きく偏心しない構造とする配慮 	

3.3.1 当該橋梁特有の選定条件を設定するための調査 : 道示 I [1.7]

(1) 当該橋梁の形式や構造の選定にあたって、「地震の影響に関する条件」「維持管理に関する条件」「施工に関する条件」「景観に関する条件」「示方書に規定がない材料等の適用に関する条件」の条件を設定することを標準とする。

(2) (1)を設定するため架橋予定地点及びその周辺特有の状況に関する調査を行う。

【解説】

3.3.2 以下に従い、「地震の影響に関する条件」「維持管理に関する条件」「施工に関する条件」「景観に関する条件」「示方書に規定がない材料等の適用に関する条件」の条件について当該橋梁特有で、かつ、具体的な条件を設定するため、必要となる調査項目の例を以下に示す。

1) 路線条件

- ・交通状況（将来交通量、大型車交通量など）
- ・将来計画（拡幅予定、付属施設の設置など）
- ・交差物件（道路、鉄道、河川など）

□道路と交差または並行する場合

- ① 道路現況（道路規格、道路平面・縦横断線形、道路幅員、建築限界など）
- ② 将来計画（改良計画の有無、都市計画決定の有無、計画断面など）
- ③ 地下埋設物（既存占用物件の位置・形状、移設の可否、計画占用物件の位置・形状など）

□鉄道と交差する場合

- ① 鉄道現況（線路種別、線路等級、軌道幅、軌道構造、建築限界、車両限界など）
- ② 改良または線増計画、電化計画の有無
- ③ 近接施工上の制約条件（架設工法、防護方法、架設可能時間など）

□河川を横過する場合

- ① 河川現況（横断面形状、縦断勾配、高水流量、高水位など）
- ② 河川改修計画の有無（計画断面形状、計画縦断勾配、計画高水流量、計画高水位、管理用道路など）
- ③ 施工可能期間と施工条件

- ・制約条件（用地境界条件など）
- ・除雪及び滞留車両への対応計画

2) 自然環境条件

- ・腐食環境（地理的条件、飛来塩分、有害物質など）
- ・気象条件（温度、積雪、降雨量、風況など）
- ・地形・地質条件（軟弱地盤、液状化が生じる地盤、斜面崩落などの発生、断層など）
- ・地盤変動
- ・河相（流況、過去の流心や河床の変動など）
- ・地下水（水位、水質など）
- ・気象などの過去の記録（過去の地震、津波遡上高さ、火山活動、火砕流の災害記録など）

など

なお、土砂災害、洪水、津波や火山のハザードマップなどの少なくとも行政が発表している災害情報に関しては条件として確認して反映させること。

3) 周辺環境

- ・既存物件（住宅、学校、病院、商工業地、墓地、神社仏閣、防雪林、水源地、温泉など）
- ・地下埋設物、占用物、ライフライン（ガス、上下水道、史跡、文化財など）
- ・架空条件（電線類など）
- ・利水状況他（舟運、漁業、利水（工業、農業など）など〔現状、将来計画〕）
- ・動植物、生態系（自然林、湿原、国立公園、国定公園、鳥獣保護区など）

など

4) 使用材料の条件特性及び製造に関する条件

- ・コンクリートプラントの条件（立地条件、設備、品質管理体制など）
コンクリートの調達環境（運搬時間など）によっては、現場でのコンクリート打設に影響を与える可能性がある。
- ・使用材料の条件（材料の採取地、量、質、コンクリートの配合など）

など

5) 施工に関する条件

- ・関連法規（騒音、振動、資材運搬、施工などに関わる法規についての制限など）
- ・運搬路（道路条件、支障物件、迂回路、航路、水深など）
運搬路によっては、部材や資機材などの運搬に制約がかかる場合がある。
- ・作業環境（作業空間、掘削土などの処理、電気・給排水など）
作業空間によって、架設工法の選定などに制約がかかる場合、また、工期設定に制約がかかる場合がある。
- ・自然環境、現場周辺環境（気象、水文、海象、歴史環境、生活環境など）
- ・有害ガス、酸素欠乏空気など（有害ガスの種類と発生状況、酸素欠乏空気の状況）
- ・仮設・架設環境（非出水期間の状況、ベント・支保工設置状況、架設・施工ヤードの状況）
- ・廃棄物処理場（土捨て場等掘削土処理、産業廃棄物処理場の状況）

など

6) 景観に関する条件

- ・利水状況（水源地、温泉など）
- ・史跡
- ・国立公園、自然保護区など

3.3.2 地震の影響に関する条件の設定

- (1) 橋の建設地点の地形・地質・地盤条件、立地条件、橋の構造条件、地域の防災計画等の各種条件を考慮して、地震の影響を考慮する事象や条件を設定する。
- (2) 塑性化する部材の配置は、地震後の調査及び損傷していた場合の応急復旧及び恒久復旧について考慮して決定する。

【解説】

3.3.1 当該橋梁特有の選定条件を設定するための調査などを考慮して地震の影響に関する条件を設定する。

(1) 地震の影響については、地震動で代表される。しかし、これだけでなく、架橋位置周辺の斜面等の安定、地盤の流動化の発生や基礎地盤の変状などによる地盤の永久変位、断層の変位や津波などがあり、懸念すべき事象とその発生の可能性の程度、また、それが発生したときに橋に与える影響を考慮する必要がある。少なくとも、以下の観点について検討を行い、設計するのがよい。

- 1) 地盤調査結果等に基づき、地盤条件及び地盤の振動特性を十分に把握する。特に軟弱地盤に架設される橋、液状化・流動化が生じる可能性のある箇所に架設する橋、急傾斜地に架設する橋、地盤特性が著しく変化する箇所を横断する橋では、入念な調査を行い、この結果を構造計画に反映させる必要がある。
- 2) 地震時に不安定となることが予測される斜面等では、地盤調査結果に基づいて下部構造の設置位置を十分に検討するとともに、その影響ができるだけ小さくなるよう構造設計において考慮する。
- 3) 津波の影響を受ける可能性がある地域においては、その地域の防災計画と一体となった道路計画とすることが重要であり、道路橋の設計においては当該路線に求められる性能に応じて、適切な構造計画を検討することが重要である。構造計画の考え方の例としては、津波に関する地域の防災計画等を参考にしながら津波の高さに対して橋下空間を確保すること、避難スペースとして利用可能なように昇降しやすい階段等を設けること、津波の影響を受けにくいような構造的工夫（フェアリングの設置、上部構造下面に空気が溜まりにくい構造等）を施すこと、仮に上部構造が流出しても下部構造への影響を軽減することで復旧しやすいように構造的配慮をすること等がある。さらに、橋台背面土の流出が生じにくいウィング形式を採用する他、河川護岸の整備など、面的な対策との整合を図る必要がある。
- 4) 耐震設計においては、構造部材の塑性変形能及びエネルギー吸収能を高めて、橋全体系としてエネルギー吸収能に優れた構造となるように配慮するのがよい。構造部材の地震時保有水平耐力、塑性変形能及びエネルギー吸収能を高めて地震に耐える構造とするか、免震橋等の採用により長周期化及び土工部接続部でのエネルギー吸収により地震力を低減する構造とするかについて、地形・地質・地盤条件、立地条件等を考慮して適切に選定する必要がある。
- 5) 支承部の破壊による上部構造の落下を防止する観点では、慣性力を複数の下部構造に分担させる構造やラーメン構造の採用も検討するのがよい。この際、下部構造に分担させる慣性力が少数の橋脚に過度に偏ることがないように配慮するのがよい。
- 6) 橋の耐震性能の確保のために特別な配慮が必要となる可能性がある構造形式はできるだけ避けるように配慮する。たとえば次のような構造等が該当する。
 - ① 過度に斜角の小さい斜橋
 - ② 過度に曲率半径が小さい曲線橋
 - ③ 上部構造等の死荷重により大きな偏心モーメントを受ける橋脚構造

7) 軟弱粘性土層のすべりや砂質地盤の液状化、液状化に伴う流動化等、地盤の変状が生じる可能性のある埋立地や沖積地盤上では、調査や構造計算で適切に考慮するだけでなく、水平剛性の高い基礎を選定したり、地盤の変状を受けにくい構造形式の採用を検討するのがよい。

8) 多径間の橋において、連続桁と単純桁を比較すると連続桁のほうが相対的に落橋しにくいことから、連続桁（連続構造）の検討をまず行う。ただし、下部構造の設置位置等によってスパン割に制約が生じる場合には、連続桁が構造的に不合理になる場合がある。また、連続桁の径間数が多くなりすぎると温度変化やクリープ等の影響による伸縮量が大きくなり、施工品質の確保にあたって留意する必要がある。

(2) 塑性化する部材の配置においては、地震後の調査及び損傷していた場合の応急復旧及び恒久復旧等について考慮しなければならない。地震後に求められる橋の機能とは、道路ネットワークにおける路線の位置付けや代替性、架橋位置、周辺状況に応じて異なるものである。たとえば、緊急輸送という使用目的を達成するためには、橋の状態を速やか、かつ確実に確認することが必要であり、そのためには、調査の実施や損傷していた場合には応急復旧及び恒久復旧の実施が適切にできるようにしなければならない。また、ダム湖や水深の深い河川や海上に架かる橋等の場合には、水中にある柱基部に塑性化が生じると、地震後の損傷の発見及び修復が著しく困難になる。

このように、塑性化する位置、範囲及び塑性化の程度は、架橋地点の制約条件等を踏まえた損傷の発見及び修復の方法についても事前に十分検討し、総合的に判断する。

また、道示V〔2.5(9)〕に各構造物間の接合部において、設計の前提となる条件を明確化するように規定されているので、接合部の設計については、これも満足させる必要がある。

3.3.3 維持管理に関する条件の設定 : 道示I〔1.8〕

橋の形式選定において前提とする維持管理に関する条件を設定する。

経済性に関しては、構造物の連続性を考慮してある一定の区間単位で最小となるように検討する。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検討する。

【解説】

3.2.2 橋の重要度、3.3.1 当該橋梁特有の選定条件を設定するための調査などを考慮して維持管理に関する条件を設定する。

たとえば、近接困難な部位をできるだけ少なくするための対応の一つとして、支承部に十分な空間を確保することが考えられるが、橋梁規模や路線の重要度等に応じて、それらの必要性の有無を検討する。

- ・交差物件などから定まる維持管理上の制約条件
- ・点検・調査方法（通常時、緊急時）
- ・被災時の修繕方法（作業空間、作業場の制約など）
- ・維持作業計画（除雪、凍結防止など）
- ・維持管理計画（第三者被害の防止、部材更新の制約条件など）

なお、除雪については、除雪作業の方法に応じた計画が必要となる場合があるため、条件を明確にしておく必要がある。

設計供用期間中の更新及び修繕の実施方法を検討しておく部材として、少なくとも、床版、ケーブル部材が標準とされており検討する必要がある。

個々の橋のみに着目して経済性を考慮しても、橋を含む区間や路線全体としては経済性に優れたものにならないこともある。そのため、当該橋のみならず関連する道路区間などの全体として道路に求められる機能についてリスクなども考慮して総合的に経済的となるように配慮することが必要である。また、ライフサイクルコストを算出し、それを評価するにあたっては、算出結果の信頼性を考慮する観点から、たとえば、ライフサイクルコストの算出に関わる個々の要因が含むばらつきが算出結果に与える影響や感度なども把握すること。

3.3.4 施工に関する条件の設定

橋の形式選定において前提とする施工の工期などの条件を設定する。

【解説】

施工に関する条件として、3.3.1 当該橋梁特有の選定条件を設定するための調査のほか、養生などを勘案した品質確保のために必要な期間を十分に設定する。たとえば、コンクリート工を含むとき、工期の設定は工期内における現場作業日数や人員それらの必要余裕、資材料の調達コストや交通誘導等が場所打ち部材とプレキャスト部材の選定に影響を与えるため、施工の条件としての扱いを検討しておく必要がある。

3.3.5 景観に関する条件の設定

橋の形式選定において前提とする景観の条件を設定する。

【解説】

景観は、3.3.1 当該橋梁特有の選定条件を設定するための調査などを考慮し、橋の形式選定の時点で考慮すべき事項を条件として設定する。なお、必ず設定する条件ではなく、架橋条件によって景観性が求められる場合に設定するものである。

3.3.6 示方書に規定がない材料等の適用に関する条件の設定

橋の形式選定において、一般的でない形式や構造・材料などを用いる場合などには、単純に実績などによることがないようにし、以下について検討したうえで、検討に要する内容とか期間等の見通しを評価する。

- ・形式選定を行う時点で道路橋示方書に具体的な定めのない事項についてなど、道路橋示方書への適合性について検討が必要になる事項について検討に要する内容とか期間等の見通しを評価する。
- ・図書、論文などを参考にする場合には、道路橋示方書との適合性について把握したうえで参考にできる範囲で参考にするとともに、詳細設計を行うにあたって道路橋示方書への適合性について検討が必要になる事項について検討に要する内容とか期間等の見通しを評価する。

【解説】

新しい材料や技術と道路橋示方書との適合性は、道路橋示方書における設計の基本理念を満足することを確認する。具体的な検討内容を見積もるにあたっては、新技術評価のガイドライン（案）[5.3]を参考にするのがよい。この場合、道路橋示方書では、達成すべき要求性能の規定は、様々の異なるレベルや性質の性能が重層的に規定されているため、新たな材料や構造によって達成されると考えられる性能と、示方書の種々の規定や、それが意図する要求性能との相互の関係を、もれなく確認する必要がある。

3.4 橋梁計画にて行うリスク評価と対応方針の設定

3.4.1 リスク項目の抽出

- (1) 架橋位置や形式の選定にあたって仮定、設定した条件について、情報の不確実性が懸念され、かつ、後から変更になった場合に構造形式や構造諸元が大きく影響を受ける項目（以下、リスク項目という）を網羅的に抽出する。
- (2) 一般論としては少なくとも以下の項目を含めておくとよい。
- ① 現時点での調査内容に起因するもの
 - ・ 示方書に記載のない事項を採択にするにあたって、橋の耐荷性能の観点からの検証
 - ・ 標準的な地盤調査に対する質・量の不足に起因する下部構造の位置や寸法の評価違い
 - ・ 支持層の設定
 - ・ 軟弱地盤や転石や被圧水などの存在
 - ・ 斜面对策の必要性の有無
 - ・ 軟弱地盤対策の必要性の有無
 - ・ 軟弱地盤の程度や範囲の見立ての不足による軟弱地盤対策の方法や範囲の評価違い
 - ・ 構造物やその施工に与える影響
 - ・ 周辺構造物や家屋等に与える影響
 - ・ 交差物件や周辺の土地利用等に係わる継続的な協議等、何らかの理由による線形や下部構造位置の変更
 - ・ 遺跡・史跡の存在
 - ② 周辺条件に係わる情報の不足
 - ・ 下部構造位置や不安定になったときに橋に影響を与える位置にある斜面の不安定化
 - ・ 豪雨、土砂災害により橋が受ける影響
 - ・ 工事中に周辺環境に与える影響
 - ・ 地下水の枯渇、汚濁
 - ・ 水源の枯渇、汚濁
 - ・ 天然記念物や遺跡
 - ・ 振動
 - ・ 騒音
 - ・ 供用中に周辺環境に与える影響
 - ・ 同上
 - ③ 地域の防災計画やハザードマップ
 - ・ 設計状況として考慮しない状況のうち、津波、断層変位、地盤土砂災害、水害、噴火等について、地域の防災計画や内閣府のハザードマップマニュアルなどに従って地方公共団体等が作成したハザードマップ等が提示されている事項。
 - ④ 過去に他の道路構造物等で起きた事故や災害等の事例
 - ・ コンクリート片の落下
 - ・ 地震による道路の被災
 - ・ 雪崩による橋梁流出
 - ・ 波浪による橋梁流出

- ・台風および越波による道路の被災
 - ・火災による上部構造の被災
 - ・吊り下げ物の落下
 - ・津波や漂流物
 - ・周辺領域・周辺地盤や基礎地盤で生じ得る地盤災害（落石・崩壊、岩盤崩壊、地すべり、土石流等）
 - ・水害
 - ・車両や船舶の衝突
 - ・落雷による上部構造の被災
- ⑤ 材料、構造の不適合による早期劣化等の可能性
- ・骨材のポップアウト
 - ・耐候性鋼材
 - ・支間と脚高等のバランスから考えられるコンクリート部材に残る残留応力の制御、長期荷重と温度と地震の組み合わせの厳しさ
 - ・飛来塩分や凍結融解剤などの腐食、塩害環境
- など

【解説】

標準的な内容を調査設計施工で考慮したとしても払拭できない不確実性には、災害や事故等がある。また、地盤調査は段階的に行われることも多く、質や量などに応じて、判断が変わることもある。そのため、下部構造位置や支持層の深さが変更になったり、地滑り等の対策が必要になったりすると、費用や工期などにも大きく影響を与える。そこで、不確実性の要因とそれが事業や維持管理に与える影響の度合いについて、網羅的に把握し、形式選定等の時点で対応方針を決定しておくことが重要となる。

橋梁計画の前提条件は、架橋位置や形式選定に与える影響が大きいため、計画時点での限定された情報量等による不確実性を考慮する。なお、計画時点での、限定された情報量による不確実性には、以下のものがある。

・調査の質、量に基づく条件等の設定

道路橋示方書では、架橋環境条件の調査、使用材料の特性および製造に関する調査、施工条件の調査、維持管理条件の調査が規定されている。橋梁計画では、これらの調査結果に基づいて、橋梁計画の前提条件を設定するが、橋梁計画時点で調査が不十分な前提条件は不確実性があるため、その不確実性が架橋位置や形式選定に与える影響をリスク項目とする。

特に地形・地質条件の設定のために実施する地盤調査は、下部構造位置や形式など架橋位置や形式選定に大きく影響を与えるので、計画時点での調査の質と量によって、不確実性が大きくなることに留意し、検討時点での調査結果から想定される不確実性を考慮して事象を想定するのがよい。

また、軟弱地盤や海岸沿いの侵食、河川による侵食についても同様に、想定される不確実性を考慮して事象を想定するのがよい。文献等により調査した条件は、その調査の範囲等を明確にする。

・協議等に基づく条件の設定

交差物件を管理する機関との協議が不足している場合は、道路線形、下部構造の位置や形状、上部構造形式および施工法など架橋位置や形式選定が変更となる可能性があるため、リスク項目とする。

・防災、減災に係わる条件

- ・地方公共団体等が作成したハザードマップなどを参考に、地域において懸念される事象の種類、頻度、橋に与える影響を検討し、リスク項目として取り上げる必要性を検討するとよい。このとき、地

域の防災計画との整合性についても確認しておくのがよい。

- 災害については、様々な予測式などが提案されていたり、様々な調査研究が進行中である場合も多い。いずれも、科学的・統計的にも確定的に予測結果を扱えるものではないので、様々な情報を扱う方針も適切に検討しておく必要がある。たとえば、地域の防災計画等で考慮されている情報の範囲なども参考にして検討するとよい。
- 過去に他の道路構造物等で起きた事故や災害に係わる項目
 - 供用中に様々な事故が生じており、再発防止を図れるように、道路構造物はもちろんのこと、架橋位置や構造の特徴に応じて他分野の参考にすべき事例もないかなど、幅広く項目を考えるのがよい。
- 耐久性の信頼性に係わる項目
 - これまでには、構造物の安全性に直接は関係しない可能性があっても、供用後の比較的早い時期に劣化や損傷が顕著に表れた事例がある。たとえば、国総研資料第1121号「道路橋の耐久性の信頼性向上に関する研究」では、様々な事例が紹介されているため、参考にするるとよい。

3.4.2 リスクの項目に対する対応方針の検討

- (1) 抽出したリスク項目に対して、対応の方針を決める。
- (2) 方針の検討の方法に標準的なものではなく、個別に方法を検討する。このとき、検討にあたって参考にできる観点として、以下のものが挙げられる。
- ・たとえば、架橋位置や形式の選定に反映させる事項や、その後の設計や施工の中で対応すべき事項、設計や施工、又は、供用後に事象が起きた時点で対応する事項などにわけたうえで、それぞれ対応方針を整理することが考えられる。
 - ・たとえば、各リスク項目に対して、設計、施工、供用の期間においてそれが生じる可能性・頻度と、その項目が生じたときの対応に必要な予算や期間や社会に与える影響の関係で評価し、対応方針を整理することが考えられる。
- (3) 地盤に係わるリスク、豪雨・洪水、津波・漂流物など、構造形式の選定においてできるだけ配慮することでその影響を低減できるリスク項目や、架橋位置の選定によってそれが避けられるリスク項目については、影響を低減できる構造形式の選定や、リスク項目を避けられる架橋位置などによる対応を取ることを基本的な対応方針とする。

【解説】

(1)(2) リスク項目に対する対応方針の検討にあたっては、様々な分野で行われているリスク分析の方法論を参考にすることも考えられるので、以下に紹介する。

大きく分けると、リスクの程度の評価の検討と、評価結果に基づく対応方針の検討の2つの過程に分かれる。

まず、リスクの程度の評価の過程になる。ここでは、リスクの程度を、表-3.4.1のとおり、象限1~4の4区分に分けて考えときの例を示す。リスクの象限は、橋の重要度等を考慮して必要に応じて変更することも考えられる。そして、表-3.4.2のように、各リスク項目に対する象限の分類は、発生原因や発生に至る段階も考慮し、行うことが考えられる。リスクの象限は、基本的には生じたときに構造物や社会に与える影響と生じる頻度によって決定されるものであるが、橋の重要度等を考慮して変更することができる。たとえば、橋梁が通行止めとなった場合は社会に与える影響が大きい「大」、噴火による火砕流の生じる頻度が「小」の場合は「象限2」となるが、路線の重要度として第1次緊急輸送道路であるとともに同規模の迂回路が存在しない路線の場合は「象限1」に変更することも考えられる。

なお、リスク項目の事象が発生した場合の構造物の損傷状態や道路の性能の低下がもたらす社会に与える影響を評価するための具体的な数値指標の例があるわけではない。ここでは、たとえば、表-3.4.3のように、道路機能の回復までの期間と費用を念頭に、評価することが考えられる。

表-3.4.1 頻度と影響とリスクの象限の関係

		生じたときに与える影響	
		大	小
生じる頻度	大	象限1	象限3
	小	象限2	象限4

表-3.4.2 リスク評価

リスク項目	発生原因	発生に至る段階 (施工中、供用中、 または両者など)	リスク評価		
			発生の可能性・ 頻度	工費・工期・社 会に与える影響	リスク評価
斜面崩壊			大	大	大・大=象限1
...			小	大	小・大=象限2
...			大	小	大・小=象限3
...			小	小	小・小=象限4
...		

表-3.4.3 工費・工期・社会に与える影響、構造物の状態と、影響度の関係の目安

影響度	工期・費用・社会に与える影響	構造物の状態
大	<ul style="list-style-type: none"> 道路機能回復までに長期間を要し、機能回復に多額の費用が必要となる状態。 人命や財産を脅かす状態。 	<ul style="list-style-type: none"> 構造物の修復に長期間を要するような変状や、場合によっては撤去し再構築しなければならない状態。
小	<ul style="list-style-type: none"> 道路機能回復までに比較的短期間で、機能回復に所要の費用が必要となる状態。 人命や財産を脅かす可能性がある状態。 道路機能が確保される状態。 	<ul style="list-style-type: none"> 損傷が限定的で橋としての機能回復が速やかに行い得る状態で、応急および恒久復旧で対応できる状態。 修復を必要としないか、軽微な修復でよい変状が生じている状態。

次は、リスク評価結果も参考に、各リスク項目についての対応方針を決めるという過程に移る。その対応に係わる費用や時間も加味し、リスク評価が象限1になるものを無くしたり、また象限2、3のものについても、さらに下位の象限とできるかどうかを検討し、最終的な対応方針を決める。このとき、下記の項目を検討し、決定することが考えられる。

- ・対応する段階（形式選定時、詳細設計時、施工時、供用後）ごとに取り得る対応方法を検討する。
- ・対応方法は、費用や効果、または確実性を比較できるような複数案を基本とする。
- ・概算費用や期間（X）を検討する。
- ・対策後の発生頻度、発生したときの影響、その積であるリスクの変化（Y）を検討する。
- ・XとYの関係を検討する。

最終的に、各リスク項目について、総合的判断により、対応の有無、対応する場合の対応段階や対応方法を決定することになる。そして、対応しない場合にはその判断の経緯を、対応する場合は対応段階や対応方法を、形式選定から予備・詳細設計、施工、管理への引き継ぎ事項としておく。

参考までに、道路事業において地質リスクの評価を行い、事業計画に反映させた例を紹介しておく。

すさみ串本道路事業（紀南河川国道事務所）

近畿自動車道紀勢線（和歌山県田辺市～和歌山県西牟婁郡すさみ町）では、切土工事施工中に、調査・設計段階における標準的な調査手法では予測が困難な地質要因により斜面崩壊が発生し、対策のため工事費の増加や工事進捗の遅延が発生した。そのため、すさみ串本道路事業では、地質条件に起因して法面崩壊等が発生するリスクを「地質リスク」と捉え、調査・設計段階で評価を行った。

(1) 地質リスク要因の抽出

当該箇所が発現する可能性がある地質リスクとして、以下の7要因を整理した。

- ① 法面・自然斜面の不安定化に関わる事象
- ② 土石流、土砂水流入に関わる事象
- ③ 落石に関わる事象
- ④ 支持地盤の不確実性に関わる事象
- ⑤ 沈下、液状化に関わる事象
- ⑥ 地下水、土壌汚染に関わる事象
- ⑦ トンネル施工に関する特有の事象

(2) リスクランクの設定

可能な限り定量的に評価するため、既往文献を参考に「影響度」×「発生確率」でマトリクス表を設定した。

「影響度」は、要因毎に「費用」、「期間」、「安全」、「環境」の4項目のうち関係する項目について、事象が発生した際の影響の大きさや補修の程度をもとに設定した。

「発生確率」は、近接道路の変状事例分析結果をもとに「発生のしやすさ」として設定した。

表-1 リスクランク設定のマトリクス

		発生確率		
		小	中	大
影響度	特大	B	A	AA
	大	B	B	A
	中	B	B	A
	小	C	B	B

(3) リスクランクと対応方針の設定

一般的なリスクマネジメントでは、リスクへの対応として、「移転」、「回避」、「低減」、「保有」があるが、「移転」は保険をかけるなどの対応であり、PFI 事業等を除けば道路事業への適用は困難であるため、「回避」、「低減」、「保有」について設定した。

(4) リスクランクの設定

(5)

表-2 発生しやすさの設定例

分類	評価項目の例	発生しやすさ		
		小	中	大
①法面・自然斜面の不安定化	すべり面となる地質構造(流れ盤、クサビ崩壊)	節理面等が0~40°程度の流れ盤構造	層理面等が0~40°程度の流れ盤構造。断層・節理面の組み合わせあり	破砕帯等の弱面が0~40°の流れ盤構造。周辺に変状履歴あり
②土石流、土砂水流入	最急渓床勾配	30°未満	30~40°未満	40°以上
③落石	計画位置での落石実績	落石は無い	落石が数個認められる	新しい落石が多数認められる
④支持地盤の不確実性	空中写真及び地形判読	崩壊地形が判読される	地すべり地形、リニアメントが判読される	旧河道跡や断層破砕帯の存在が判読される
⑤沈下、液状化	周辺地形	台地	平野部・埋没谷	背後湿地・三角州、沼、池、氾濫原、砂丘間低地がある
⑥地下水、土壌汚染	地質性状過去の履歴	硫化鉱物や熱水変質帯が見られる箇所周辺	硫化鉱物の挟在や熱水変質帯が見られる	鉱山跡、ズリ等がある。酸性水(赤水)が発生している
⑦トンネル施工	地山の状況(切羽崩壊)	亀裂の発達した地山である	亀裂が著しく発達した地山(付加体等)断層等が横断する	断層破砕帯がトンネルと並走する。流れ盤構造である

(6) 地質リスク評価

1) 予備設計段階における地質リスク評価

盛土区間では、軟弱地盤が分布する可能性は低く、土石流の痕跡も見られなかったため、想定される事象から、地質リスク要因として「⑤沈下、液状化に関わる事象」を抽出した。地質リスク要因の「発生しやすさ」、「影響度」の評価根拠を下表に示す。

表-3 「発生しやすさ」の評価根拠

地質リスク要因	評価項目	発生しやすさ		
		小	中	大
⑤沈下、液状化に関わる事象	周辺地形	台地	平野部・埋没谷	後背湿地・三角州、沼、池、氾濫原、砂丘間低地がある
	盛土の規模	低い盛土(3m未満)	中程度の盛土(3~15m)	高盛土(15m以上)
④支持地盤の不確実性に関わる事象	空中写真及び地形判読	崩壊地形が判読される	地すべり地形、リニアメントが判読される	旧河道跡や断層破砕帯の存在が判読される
	地表踏査	地質状況が露頭等で現地確認できる	崖堆積物や植生等で地質状況が確認できない	複雑な地質構造が懸念される箇所であるが、現地踏査で地質状況が確認できない
	既往調査結果	単純な地質構造である	断層破砕帯や硬軟が異なる地層の境界が存在し、その分布状況の調査が十分である	断層破砕帯や硬軟が異なる地層の境界が存在し、その分布状況の調査が十分ではない

表-4 「影響度」の評価根拠

評価項目	発生しやすさ		
	小	中	大
費用	軽微な対策(追加予算90百万円未満)で対応可能	対策のために追加予算(90百万円以上)が想定される	隣接する構造物の形式変更等が必要となり、追加予算(300百万円以上)が想定される
期間(施工時)	手戻りがほとんどなく、対策による工事遅延は1ヶ月未満	対策のため1年未満の工事遅延が発生	対策のため1年以上の工事遅延が発生
期間(維持管理)	車線規制が比較的容易(完成4車線等)。あるいは十分な交通量が確保できる迂回路がある	車線規制が困難(暫定2車線、ランプ部、渡り線がない、緊急進入路がない等)	—
安全(引き込み沈下等による周辺への影響)	圍場などで近接構造物がない	保全対象となる近接構造物がある	保全対象となる近接構造物が多くある
安全(橋台接続部等における段差による交通支障)	少ない	多い	—

以上の結果を表-1 のリスクランク設定のマトリクスに当てはめると、地質リスクの評価結果は「B」となる。

2) 詳細設計段階における地質リスク評価

予備設計段階で実施した地質リスクの評価結果について、詳細設計段階でさらなる調査を実施し、見直し（再評価）を行った。

本区間については、不等沈下のリスクが想定されていたが、地表踏査の結果、ボーリング調査は不要と判断した。また、周辺のボーリング調査結果から不等沈下の原因となる軟弱粘土層の分布は想定されないことから、本区間における不等沈下のリスクは極めて低いと判断した。

以上より、地質リスクを「B」から「C」に変更した。

(3) たとえば津波や断層変位への対応は、道路橋示方書にも解説されているとおり、津波の高さや流速、断層変位量を推定してそれを外力として作用させるような検討が求められるということではない。それらを避けられるように構造物の位置や高さを計画することが第一である。特定の条件を設定して特定の要求事項を満足させるように設計計算することは否定されないが、外力の形状や大きさ、それが橋に与える影響の推定は不確実性が大きい。したがって、そのような検討をしない場合でもした場合でも、外乱に対して鈍感である構造形式を計画することが望ましい。そのうえで、必要なら、先のような、特定の条件と要求事項を設定した設計計算をすることも考えられる。

地盤変動や斜面崩落などについては、橋の性能低下や機能の喪失などの事象の影響度が大きいため、その影響を回避したり、低減する観点から、橋長、支間割、基礎構造形式、上部構造形式などの架橋配置や、橋の形式を検討するのがよい。

また、架橋位置の交差物件による制約条件、地形・地質条件が明確でない場合には、その条件の変動を想定して複数の条件を設定し、橋長、支間割、基礎構造形式などに着目して橋の形式を検討するのがよい。

地形、地質条件の不確実性に対する橋台の配置の対応方針は、以下を参考とするのがよい。

1) 斜面上に直接基礎を設ける場合の留意事項

斜面上の直接基礎の位置については、支持地盤の状況や地表面の長期の変位安定性、地山の掘削土量等を考慮して適切に設定する必要がある。ただし、その評価は難しく、長期的な移動、沈下、傾斜への対応の観点からは深礎基礎を選択することも視野に入れ、さらに地震や豪雨による斜面変状に対しては、より影響を受けにくくするには、直接基礎ではなく、単列でない組杭の深礎基礎を選定することが有利となる。

2) 斜面変状及び断層変位が橋に及ぼす影響を最小化するための留意点

斜面変状及び断層変位が生じると考えられる場合の橋の構造計画及び橋の耐震設計に関して、特に留意すべき点は以下のとおりである。なお、ここでいう斜面変状及び断層変位とは、それぞれ以下を指す。

- ・斜面変状：地震などによって斜面の崩壊やゆるみに伴う地盤の変位が生じている状態
- ・断層変位：地震の震源断層における相対変位が地表近くに到達して生じる地盤の相対変位

2)-1 斜面変状が生じると考えられる場合の橋の構造計画及び橋の耐震設計に関する留意点

- ① 斜面変状の発生の有無・規模・範囲を推定するための山地部における地形・地質・地盤調査

- ・架橋位置及び周辺斜面の災害履歴や地すべり土塊の分布、地層構成・地質構造などを調査する。
 - ・平地部に比べて地盤構成が複雑である場合が多いため、調査位置や数量を増やすとともに、十分な調査深度を確保する。
 - ・上記調査を踏まえ、支持層の長期的な安定性を適切に評価する。
- ② 斜面変状の種類・範囲とそれに応じた下部構造の設置位置、形式・形状の選定等（i、iiの順に検討し、i又はii（a、bとも）を満たす）
- i) 斜面変状が生じると考えられる箇所への下部構造の設置を避ける。（基礎の直下の強度だけでなく、広い範囲の地層や亀裂等を調査して設置位置を選定）
- ii) やむを得ず斜面変状が生じると考えられる箇所に下部構造を設置せざるを得ない場合には、それを選択することとなるが、3.4.1および3.4.2においてそのリスクが受け入れ可能かどうか適切に評価する必要がある。
- a) 通常橋を支持するには十分な強度を有していても、地震時に斜面変状が生じると考えられる層に基礎を支持させない。（基礎の直下の強度だけでなく、広い範囲の地層や亀裂等を調査して設置位置を選定）
- b) 斜面変状に伴う作用に対して変形が生じにくいなど抵抗特性の優れた基礎形式・形状を選定する。（なお、斜面変状が生じると考えられる箇所に下部構造を設置する場合、斜面安定施設による斜面安定対策は、道路土工構造物技術基準等に基づき別途実施する必要があるが、地盤の変状が無いものとして基礎を設計するためには、基礎本体と比べて十分な信頼性が得られるように設計・施工できるように、適切に検討を行う必要がある。）

2)-2 断層変位が生じると考えられる場合の橋の構造計画及び橋の耐震設計に関する留意点

① 活断層の位置等の調査

- ・文献等に基づき、活断層の位置等を調査する。

② 橋の位置、橋梁形式・構造の検討（i、iiの順に検討し、i又はiiを満たす）

- i) 活断層を避ける橋の位置となるよう計画する。
- ii) やむを得ず i)によれない場合には、これを受け入れることも選択肢となるが、3.4.1および3.4.2において、そのリスクが受け入れ可能かどうか適切に評価する必要がある。断層変位の影響を受けにくくするとともに、仮に断層変位の影響によって橋に機能的な損傷が生じても、できる限り早期に復旧することが可能な橋梁形式・構造の選定、下部構造の設置位置等に配慮する。

3.5 形式選定の手順

3.5.1 基本条件の設定

基本条件は、一般に、橋梁計画の前提条件、および橋の要求性能として設定する。

【解説】

橋梁計画の前提条件は、3.2に示す橋の重要度、設計供用期間、架橋位置特有の条件、維持管理、施工、景観、構造に関する条件としてよい。

橋の要求性能は、耐荷性能、耐久性能、使用目的に対する適合性など道路橋示方書に定められている性能とする。

3.5.2 一次選定

一次選定では、基本条件を満たす橋を選定する。

【解説】

一次選定では、施工、維持管理、構造の条件を満たす橋が選定されるように留意する。

必要に応じて構造計算など予備検討を実施するとよい。

基本条件を満たさないものも理由とともに整理しておく。

3.5.3 リスク評価と基本条件の追加

リスク項目の抽出、評価、対応方針の検討を行い、リスク対応方針によって対応する項目と水準をまとめた条件を固有条件として、基本条件と合わせて整理する。

3.5.4 二次選定

基本条件を満たし、固有条件、構造物配置、架橋位置に適合する構造形式を選定する。

3.5.5 比較条件の設定

比較条件を設定する。比較条件は、構造上の配慮事項とし、その優劣を評価する。

【解説】

比較条件は、構造上の配慮事項で要求された事項とする。

構造上の配慮事項は、当該橋の重要度、架橋位置特有の条件、施工の条件、維持管理の条件に基づいて検討され、橋の構造として具現化される。比較条件では、その具現化された構造に対して、構造上の配慮事項としての達成状況を優劣で評価する。

以下に、その項目を示す。(3.3 架橋位置特有の条件参照)

- ・施工の品質確認の確実性および容易さ

施工品質の確認の確実性は、品質確認が可能か否か、可能な場合は、その方法の精度に基づいて優劣を評価することが考えられる。

施工品質確認の容易さは、必要となる費用を指標として、初期建設費用として計上し、経済性で優劣を評価することが考えられる。

なお、施工の費用は初期建設費とし、経済性で評価することが考えられる。

- ・維持管理の実施の確実性および容易さ

維持管理の確実性は、点検・調査、更新・修繕が可能か否か、可能である場合には、その精度に基づいて優劣を評価することが考えられる。

維持管理の容易さは、点検・調査、更新・修繕に必要な費用を指標として維持管理費とし、経済性で優劣を評価することが考えられる。

- ・構造上の補完性・代替性

崩壊など橋が致命的な状態となる可能性及び橋の機能の回復、構造上の補完・代替が困難となる可能性に対して配慮されているか否かにより、優劣を評価することが考えられる。

なお、主要な部材の荷重伝達経路の多重性・代替性、損傷の影響の限定化などは当然考慮すべき事項であり、比較項目とはしない。

- ・経済性

初期建設費＋維持管理費（点検費用含む）の大小が比較の優劣となる。

3.6 選定資料の作成

形式選定案の整理は、基本条件、リスク対応、構造特徴、比較の一連の情報を表などとしてまとめる。このとき、以下の事項も明らかになるようにまとめること。

- ・基本条件の抽出や選定の過程やリスクの抽出や対応方針の決定の過程
- ・リスク項目への対応について、設計、施工、維持管理の各段階に引き継ぐべき事項

【解説】

条件設定、当該橋梁の固有条件、構造の特徴を踏まえ、比較した結果をまとめたものがあるとよい。それぞれについて、どのような内容を記載すべきかについて以下1)～3)に示す。

1) 基本条件表および固有条件表

設計条件である。リスクについては、前段の整理として、それぞれのリスク項目について、対応方針に則って対策等を行ったあとに残るリスクの程度を大・小で表示する。

基本条件表の例を表-3.6.1から表-3.6.5に、固有条件表の例を表-3.6.6から表-3.6.8にそれぞれ示す。

表-3.6.1 基本条件表(例)

項目	設計条件	橋の形式選定での配慮
<p>1.1.1 橋の重要度</p> <p>(1) 社会・経済活動上の位置づけ</p> <p>(2) 防災計画上の位置づけ</p> <p>(3) 路線の代替性</p> <p>(4) 耐震設計上の橋の重要度</p> <p>1.1.2 設計供用期間</p> <p>1.1.3 架橋位置特有の条件</p> <p>(1) 路線条件</p> <p>1) 交通状況 (将来交通量, 大型車交通量など)</p> <p>2) 将来計画 (拡幅予定, 付属施設の設置など)</p> <p>3) 交差物件</p> <p>4) 路線上の架橋位置</p>	<p>主要幹線道路 物流ネットワーク</p> <p>第1次緊急輸送道路</p> <p>迂回路なし</p> <p>B種</p> <p>100年</p> <p>将来交通量 12,100台/日</p> <p>将来計画なし</p> <p>普通河川 (河川改修計画なし, 橋梁区間に護岸設置) 町道 (将来計画なし)</p> <p>橋梁計画のコントロールポイント</p>	<p>(1)～(3)に対して,第1次緊急輸送であること,また同規模の迂回路が存在しないことから,平常時・災害時ともに橋梁の規制は極力避ける.ただし,点検や修繕のために予め計画した短期間の交通規制(片側交互通行)は許容する.</p> <p>-</p> <p>-</p> <p>-</p> <p>-</p> <p>河川氾濫域及び町道を避けた下部構造配置計画とする.</p> <p>平面線形は以下のコントロールポイントを避けて決定しており,橋梁位置でのルート変更は困難.</p> <ul style="list-style-type: none"> ・次部への縦断占用を回避,墓地を回避,砂防指定区域への影響を回避,神社を回避

※上記は表の形式例を示すものであり,記載内容を制約するものではない。

表-3.6.2 基本条件表(例)

項目	設計条件	橋の形式選定での配慮
<p>(2) 自然環境条件</p> <p>1) 腐食環境 (地理的条件, 飛来塩分など)</p> <p>2) 気象条件 (温度, 積雪, 降雨量, 風況など)</p> <p>3) 地形・地質条件 (軟弱地盤, 液状化が生じる地盤, 斜面崩壊などの発生, 断層など)</p> <p>4) 地盤変動</p> <p>5) 河相 (流況, 過去の流心や河床の変動など)</p> <p>6) 地下水 (水位, 地質など)</p> <p>7) 気象などの過去の記録 (過去の地震, 津波遡上高さなど)</p> <p>(3) 周辺環境</p> <p>1) 既存物件 (住宅, 病院, 商工業地, 墓地, 防風林, 水源地, 温泉)</p> <p>2) 地下埋設物 (ガス, 上下水道, 史跡, 文化財など)</p> <p>3) 架空条件 (電線類など)</p> <p>4) 利水状況地 (舟運, 漁業, 利水 (工業, 農業など) など)</p> <p>(4) 使用材料の条件特性及び製造に関する条件</p> <p>1) コンクリートプラントの条件 (立地条件, 設備, 品質管理体制など)</p> <p>2) 使用材料の条件 (材料の採取地, 量, 質, コンクリートの配合など)</p>	<p>日本海沿岸部Ⅰで20kmを超えない地域</p> <p>積雪寒冷地域</p> <p>山岳橋梁 急峻地形</p> <p>山岳橋梁</p> <p>沢地形 橋梁区間に護岸設置</p> <p>地下水位は支持層位置</p> <p>近傍で大規模な地震履歴はなし</p> <p>墓地, 神社あり</p> <p>地下埋設物の事前調査によりなし</p> <p>架空物なし</p> <p>利水状況なし</p> <p>架橋位置から5kmの位置にJIS認証工場あり</p> <p>埋戻し土は現地発生材を使用</p>	<p>鋼橋は塗装仕様を基本とする。 なお、耐候性鋼材の選定には、飛来塩分量を測定して無塗装使用の適否を検討する必要がある。</p> <p>1 (5) 1) 施工工期の制約条件 に影響、</p> <ul style="list-style-type: none"> 支持地盤の傾斜および急峻地形に対する斜面変状のリスク 地質調査に対する質・量の不足による杭長及び橋台高変更のリスク <p>-</p> <p>-</p> <p>-</p> <p>-</p> <p>橋梁計画のコントロールポイントとして設定</p> <p>-</p> <p>-</p> <p>-</p> <p>-</p> <p>-</p>

※上記は表の形式例を示すものであり、記載内容を制約するものではない。

表-3.6.3 基本条件表(例)

項目	設計条件	橋の形式選定での配慮
<p>(5) 施工に関する条件</p> <p>1) 関連法規(騒音、振動、資材運搬、資材運搬、施工などに関わる法規についての制限など)</p> <p>2) 運搬路(道路条件、支障物件、迂回路、航路、水深など)</p> <p>3) 作業環境(作業空間、掘削土などの処理、電気・給排水など)</p> <p>4) 有毒ガス、酸素欠乏空気など(有毒ガスの種類と発生状況、酸素欠乏空気の状況)</p> <p>1.1.4 維持管理に関する条件</p> <p>1) 平常時、緊急時に期待される役割(迂回路の有無、迂回路になり得る道路など)</p> <p>2) 交差物件などの維持管理上の制約条件</p> <p>3) 点検方法(通常時、緊急時)</p> <p>4) 被災時の修繕方法(作業空間、作業場の制約など)</p> <p>5) 維持作業計画(除雪、凍結防止など)</p> <p>6) 維持管理計画(部材更新など)</p>	<p>制限を受ける施設なし</p> <p>架橋位置までの土工区間は整備済み</p> <p>架橋位置までの土工区間は整備済み</p> <p>有毒ガス等の発生なし</p> <p>迂回路なし</p> <p>交差道路の建築限界と桁下との離隔は4m程度</p> <p>通常時 近接目視による5年ごとの定期点検</p> <p>緊急時 遠望及び近接目視</p> <p>点検時などの維持管理の近接性</p> <p>支承部の近接性</p> <p>山間部で桁下からの接近が困難</p> <p>除雪計画あり、路面凍結防止剤およびすべり止め材の散布</p> <p>上部構造：更新計画なし、塗装塗替あり</p> <p>支承構造：更新計画なし</p> <p>下部構造：更新計画なし</p>	<p>-</p> <p>-</p> <p>-</p> <p>-</p> <p>同規模の迂回路が存在しないことから、平常時・災害時ともに橋梁の規制は極力避ける。ただし、点検や修繕のために予め計画した短期間の交通規制(片側交互通行)は許容する。</p> <p>緊急時における車両の通行を可能とするために、段差防止構造を設置。上部工及び下部工検査路の設置。桁端部に維持管理スペースの確保。</p> <p>近接目視点検は片側交互通行による交通規制。</p> <p>第1次緊急輸送道路であるため、近接困難な部位をできるだけ少なくする。</p> <p>上部工及び下部工検査路、吊足場設置用の吊金具の設置。</p> <p>第1次緊急輸送道路であるため、上部工及び下部工検査路の設置。桁下高及び支承取替時のジャッキアップスペースの確保。</p> <p>吊り足場の設置。</p> <p>コンクリート表面については、凍結防止剤散布による塩化物の進入を考慮して耐久性の検討を行う。</p> <p>塗装塗替(耐久期間45年)</p> <p>伸縮装置・舗装・防水層(耐久期間30年)</p>

※上記は表の形式例を示すものであり、記載内容を制約するものではない。

表-3.6.4 基本条件表(例)

項目	設計条件	橋の形式選定での配慮
<p>1.1.5 施工に関する条件</p> <p>1) 施工工期</p> <p>2) 架橋位置特有の施工の条件</p>	<p>施工工期の設定</p> <p>急峻地形での架設方法</p> <p>冬季施工</p> <p>河川条件</p> <p>景観性（デザイン）への配慮</p>	<p>下部工施工，上部工架設，橋面工までの工事着工から供用開始までを2年と設定。</p> <p>送出し工法・押し工法・張出し架設工法を採用する。</p> <p>コンクリート打設，塗装など施工時温度に制約がある工種は，11月～3月の期間は防寒養生とし工期設定を行う。</p> <p>河川氾濫域での施工の場合は，非出水期のみとする。</p> <p>当該橋梁にはシンボルとしての役割は考慮しない。</p>
<p>1.1.6 景観に関する条件</p>		

※上記は表の形式例を示すものであり、記載内容を制約するものではない。

表-3.6.5 基本条件表(例)

項目	設計条件	橋の形式選定での配慮
1.2.1 道路橋示方書で最低限定めている性能 (1) 耐荷性能 (2) 耐久性能	橋の耐荷性能2 設計耐久期間 100年	伸縮装置や支承などの供用期間中の維持管理行為による補修や部材等の更新を前提とする部材については、100年を超えない範囲で設定。

表-3.6.6 固有条件表(例)

リスク項目	当該橋梁に対するリスクの有無	リスク発生原因	リスク発生に至る段階 (施工時、供用後、または両者など)	リスク評価				対応方針			引き継ぎ事項				
				発生の可能性・頻度	工費・工期に与える影響		リスク評価	対応段階	対応方法	対応費用、その効果					
					構造物	社会に与える影響						基本	変更		
2.1 標準的な調査設計施工によっても払拭できない不確実性															
(1) 示方書に記載のない事項を採択するにあたって、橋の耐荷性能の観点からの検証	無	無	無	無	無	無	無	無	無	無	無				
(2) 設計状況として考慮しない状況のうち、津波、断層変位、地盤土砂災害、水害、液状化、噴火	有	支持地盤の傾斜が想定される急峻地形	供用後	急峻な地形で橋台位置の支持層深度が変化する地盤であり、地震などによって斜面の崩壊が発生する可能性がある。	小	斜面変状に伴う作用力によって下部工に変状が生じる。	供用後に斜面変状が生じた場合、通行止めとなる。	大	小・大 =象限 2	第1次緊急輸送道路、同規模の迂回路が存在しないため象限を上げる。 =象限 1	形式選定時	【リスクの回避・低減】 ・回避として斜面変状の影響をうけない箇所に橋台を配置した橋長延伸案 ⇒象限 4 ・低減として組杭深礎基礎+抑止杭とする。 ⇒象限 4	費用=小 効果=大	【リスクの低減】 急峻な地形で支持層深度が変化する地盤であり、地震などによって斜面の崩壊が発生する可能性がある。 リスク低減案の組杭深礎基礎+抑止杭を選定した場合は、供用後に動態観測などにより斜面変状のモニタリングを行う。	
											詳細設計時	形式選定時にリスクの回避・低減を行うことから、詳細設計時に対応することはない。	-		
											施工時	形式選定時にリスクの回避・低減を行うことから、施工時に対応することはない。	-		
											供用後	【リスクの低減】 低減案の組杭深礎基礎+抑止杭は、斜面変状を動態観測などによりモニタリングする。 ⇒象限 4	費用=大 効果=小		

※上記は表の形式例を示すものであり、記載内容を制約するものではない。

表-3.6.8 固有条件表(例)

リスク項目	当該橋梁に対する リスクの有無	リスク発 生原因	リスク発生に 至る段階 (施工時, 供用 後, または両者 など)	発生可能な 性・頻度	リスク評価				対応方針			引き継ぎ事項
					工費・工期に与える影響	リスク評価		対応 段階	対応方法	対応費用, その効果		
						社会に与える 影響	基本				変更	
(2) 軟弱地盤の程度や範囲の見 立ての不足による軟弱地盤対策 の方法や範囲の評価違い ・構造物やその施工に与える 影響 ・周辺構造物や家屋等に与え る影響	軟弱地盤は無 し	無	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
(3) 継続的な協議等、何らかの 理由による線形や下部工位置の 変更	前後の道路お よび構造物は 完成済み	無	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

※上記は表の形式例を示すものであり、記載内容を制約するものではない。

2) 構造特徴表

- ・当該形式を形式選定に含めた意義、当該形式の力学的な特徴、主要部材や橋の耐荷性能に直接影響を与える部材、製品等で道示や便覧に記載のない技術の特徴と検証が必要となる事項とその扱い、工事・工程・施工スペース・資機材など施工に関わる特徴、補修補強等のための近接性に関わる特徴をそれぞれの案について要領よく記載する。
 - ・また、リスク対応をするにあたっての、詳細設計、施工の各段階への引き継ぎ事項を明確する。橋の耐荷性能に直接関係するような、新形式、新技術を用いるためにクリアしなければならないハードルも設計段階、施工段階にわけて記述する。
 - ・優劣を記載するものではなく、優劣は次の比較表で表現する。
 - ・前提表に含まれている事項は達成できるので、それについて二重に記載しないこと。
 - ・たとえば、軽量だから耐震性が高いなどの短絡的かつ盲目的な記載をしないこと。
 - ・また、既に維持管理の確実性の項目で見込んだものについて、再度記載しないこと。
- 構造特徴表の例を表-3.6.9 および表-3.6.10 に示す。

表-3.6.9 構造特徴表 (例)

構造形式		構造の特徴		
鋼床版	連続 I 桁橋	力学的な構造の特徴	道示に記載のない技術的特徴と検証が必要な事項	構造の特徴
プレートガダト系 鋼橋	連続 I 桁橋	I 形断面の主桁を幅員に亘って並列に配置する構造である。主桁を中間横桁で連結し、荷重を複数の主桁で負担する。また、主桁の横倒れや、風や地震などの水平方向の荷重に抵抗できるように対傾構や横構を配置する。床版は、RC 床版、鋼コンクリート合成床版、PC 床版などがあり、鋼桁で支持される。	今回は生じない見込み。	支間部に対しての適用性 (構造の成立性) が過去の実績から高いと判断できる。曲線に対しては主桁を直線配置し床版の張出しによる調整、または曲線桁による対応が可能である。ベントの設置が困難であるため、主桁を背面の道路上で組立て、橋軸方向に送り出して据え付ける送出し工法による架設とする。
	連続箱桁橋	上フランジ・下フランジとウェブで囲まれた箱形断面の主桁を並列に配置する構造である。曲げ剛性及びねじり剛性が大きいことから、長支間の橋や曲線橋への適用性が高い。床版は、RC 床版、鋼コンクリート合成床版、PC 床版などがあり鋼桁で支持される。	今回は生じない見込み。	支間部に対しての適用性 (構造の成立性) が過去の実績から高いと判断できる。曲線に対しては主桁を直線配置し床版の張出しによる調整、または曲線桁による対応が可能である。ベントの設置が困難であるため、主桁を背面の道路上で組立て、橋軸方向に送り出して据え付ける送出し工法による架設とする。
	連続 I 桁橋	I 形断面の主桁を幅員に亘って並列に配置する構造である。主桁を中間横桁で連結し、荷重を複数の主桁で負担する。また、主桁の横倒れや、風や地震などの水平方向の荷重に抵抗できるように対傾構や横構を配置する。床版は鋼板の下面を縦リブと横リブで補剛した構造であり、床版としての機能に加えて桁の上フランジの機能も期待する構造である。	今回は生じない見込み。	支間部に対しての適用性 (構造の成立性) が過去の実績から高いと判断できる。曲線に対しては主桁を直線配置し床版の張出しによる調整、または曲線桁による対応が可能である。ベントの設置が困難であるため、主桁を背面の道路上で組立て、橋軸方向に送り出して据え付ける送出し工法による架設とする。
	連続箱桁橋	上フランジ・下フランジとウェブで囲まれた箱形断面の主桁を並列に配置する構造である。曲げ剛性及びねじり剛性が大きいことから、曲線橋への適用性が高い。床版は鋼板の下面を縦リブと横リブで補剛した構造であり、床版としての機能に加えて桁の上フランジの機能も期待する構造である。	今回は生じない見込み。	支間部に対しての適用性 (構造の成立性) が過去の実績から高いと判断できる。曲線に対しては主桁を直線配置し床版の張出しによる調整、または曲線桁による対応が可能である。ベントの設置が困難であるため、主桁を背面の道路上で組立て、橋軸方向に送り出して据え付ける送出し工法による架設とする。

※上記は表の形式例を示すものであり、記載内容を制約するものではない。

表-3.6.10 構造特徴表 (例)

構造形式		構造の特徴		
構造形式	力学的な構造の特徴	道示に記載のない技術的特徴と検証が必要な事項	施工工程、施工スペース、資機材など施工に関わる特徴	補修補強等のための近接性に関する特徴
ポストテンション方式 2径間連続PC箱桁橋 場所打ち コンクリート橋	箱桁橋は、上床版・下床版とウェブから構成された断面形状を有し、上・下床版で曲げモーメントによる圧縮応力に抵抗できること、PC鋼材など補強材の配置が容易であること、また、ねじり剛性が大きく荷重分配が良好であるなどの断面特性を有し、曲線桁への適用性も高い。	今回は生じない見込み。	支間割に対しての適用性 (構造の成立性) は、過去の実績から高いと判断できる。曲線に対しては主桁を直線配置し床版の張出量による調整、または曲線桁による対応が可能である。ベントの設置が困難であるため、カンチレバー工法による架設とする。なお、柱頭部(12m)は、ブラケット支保工、桁端部(10m程度)は、吊り支保工により施工する。	下床版に検査孔を設けることで、箱桁内へ近接する。桁内の移動は、中間横桁・中間支点横桁に開口を設けることで対応する。 張出しスラブや下床版下面については、あらかじめ吊足場設置のためアンカーを設置し、近接可能とする。支承部への近接には下部工検査路を設置する。
	箱桁橋は、上床版・下床版とウェブから構成された断面形状を有し、上・下床版で曲げモーメントによる圧縮応力に抵抗できること、PC鋼材など補強材の配置が容易であること、また、ねじり剛性が大きく荷重分配が良好であるなどの断面特性を有し、曲線桁への適用性も高い。ウェブ方向の地震時の曲げモーメントについて支承が不要となる。また、橋軸方向の地震時の曲げモーメントが低減できる可能性がある。 不静定構造であるため、一部の部材が損傷した場合にも構造物が不安定状態となる可能性が低い。	今回は生じない見込み。	支間割に対しての適用性 (構造の成立性) は、過去の実績から高いと判断できる。曲線に対しては主桁を直線配置し床版の張出量による調整、または曲線桁による対応が可能である。ベントの設置が困難であるため、カンチレバー工法による架設とする。なお、柱頭部(12m)は、ブラケット支保工、桁端部(10m程度)は、吊り支保工により施工する。	下床版に検査孔を設けることで、箱桁内へ近接する。桁内の移動は、中間横桁・中間支点横桁に開口を設けることで対応する。 張出しスラブや下床版下面については、あらかじめ吊足場設置のためアンカーを設置し、近接可能とする。支承部への近接には下部工検査路を設置する。

※上記は表の形式例を示すものであり、記載内容を制約するものではない。

3) 比較表

- 基本条件やリスク対応項目や程度の平仄を揃えた案を公平に比較できるよう作成する。
- 工期、費用と見込み違いを考えて選ぶ。

見込み違いとは、設計条件の変動や不確実性により想定と異なる事象が生じること。例えば、支持層の深さ、地層の傾斜等がある。

- 標準的な調査、現時点で想定される情報かつ設計基準で求められる性能の達成の範囲の費用を積算要領等によって積算する。これを基本費用・工期と呼ぶ。また、それを超える対応を行うための費用を適切に積算する。これをリスク対応費用・工期と呼ぶ。
- LCCは比較可能な程度に計算する。またこのとき、道示 I [1.3] (P11) などに留意する。比較表の例を表-3.6.11 に示す。

3.7 段階的な更新

リスクの対応方針の引き継ぎ事項については、事業の各段階で更新する。

なお、リスク対応表は、実際の対応のための調査などを行った結果に基づいて、これも更新し、必要に応じて見直すことができる。

表-3.7.1 段階的な更新表（例）

		対応方針			
		形式選定時	詳細設計時	施工時	供用後
事業 段階	①形式選定時		<p>詳細な地質調査を実施して支持層深度を把握し、条件の精度を確保して設計することで杭長の見込み違いを低減する。 ⇒象限 4</p>	<p>詳細設計時の地質調査を受け施工時に支持層を確認する。支持層の見込み違いが発生したら杭長の変更を行う。 ⇒象限 4</p>	—
	②詳細設計時				
	③施工時				

※上記は表の形式例を示すものであり、記載内容を制約するものではない。

3.8 橋の形式毎の特性及び留意事項

3.8.1 一般

本節は、代表的な橋の形式、新技術を用いた橋でも複数の実績があるものについて、構造の特徴・概要、耐荷力の特徴、設計上の留意点、および施工上の留意点について記載する。

なお、ここに記載している以外の形式については、新技術として評価するなど、適切に検討したうえで採用することができることに留意する。

【解説】

設計上の留意点には、道路橋示方書の規定の基本的な事項、橋の採用にあたっての確認事項の観点から主な事項を記載した。

橋桁に共通する事項は、以下に示すとおりである。

- ・橋桁には、単純桁・連続桁がある。単純桁は支間中央で下側が引張状態、連続桁は支間中央の下側と支点部で上側が引張状態となる。連続桁では、断面の上側、下側ともに引張状態となることに対する橋桁の適合性に配慮する必要がある。
- ・道示 I [5.2] に解説されるとおり、現在の設計法でも、未解明な部分もあることから、これまでに十分に実績がある支間長や径間数を基本とする。実績を上回る支間長や径間数とする場合には、道路橋示方書で要求される耐荷性能、耐久性能、使用の目的との適合性を満たし、施工品質を確保できることを検証する必要がある。
- ・橋のライフサイクルコストは、架橋地点の自然環境、各部材の設計耐久期間、橋の形状、足場条件、近接の方法、点検方法などを考慮して算定する。

3.8.2 鋼橋

3.8.2.1 一般

鋼橋には、桁橋、トラス橋、アーチ橋、ラーメン橋、斜張橋、および吊橋等がある。

3.8.2.2 鋼桁橋

(1) 構造の特徴・概要

- ・鋼桁橋の主桁は、充腹の I 形断面、 π 形断面及び箱形断面を基本とする。
- ・床版は、鋼床版、コンクリート系床版がある。

(2) 耐荷力の特徴

- ・曲げモーメント、せん断力および軸力、ねじりモーメントを充腹の I 形断面、 π 形断面及び箱形断面の主桁で抵抗する耐荷機構を有する桁構造。
- ・多主桁の場合、分配横桁により断面力を各主桁に分配する主桁・横桁で構成される格子構造。
- ・箱形断面は曲げ剛性やねじり剛性が大きく、長支間や曲線桁で採用される構造。
- ・鋼床版桁は、鋼板の下面を縦リブと横リブで補剛した構造であり、床版としての機能に加えて桁の上フランジの機能も期待する構造。

(3) 形式選定にあたって知っておくべき設計上の留意点

- ・断面形状などが特殊な場合には、耐荷機構などに対し個別の検討を行う必要がある。
- ・主桁と床版が一体となって抵抗する耐荷機構とする鋼桁は、コンクリート系床版を有する桁として、3.8.2.3 による。

(4) 形式選定にあたって知っておくべき施工上の留意点

- ・鋼材の接合にあたっては、桁断面の形状や架設工法の種類、施工段階によって仕口の状態が異なるため、適用箇所、施工性及び継手面の状態に応じた接合の方法を考える必要がある。
- ・コンクリート系床版の施工にあたっては、床版の収縮や、施工段階ごとに荷重および抵抗断面が変化するため、設計で想定した施工順序や施工条件に基づいて施工する必要がある。

【解説】

(1)

- ・支間長、斜角については、過去の実績のみを参考にするのではなく、必要に応じて構造計算などを行いその適用性について検討を行う。
- ・鋼桁橋には I 桁橋と箱桁橋がある。
- ・I 桁橋は、I 形断面の主桁を幅員に応じて並列に配置する構造である。主桁を中間横桁で連結し、荷重を複数の主桁で負担できるようにしたものを格子桁という。また、主桁が横倒れしたり、風や地震などの水平方向の荷重に抵抗できるように対傾構や横構を設置する。なお PC 床版・合成床版を用いた少数主桁橋では、対傾構・横構が設置されていないため、床版および横桁により水平方向の荷重に抵抗する依存度が増す。
- ・箱桁橋は、曲げ剛性及びねじり剛性が大きなことから、長支間の橋や曲線橋に用いられる。

3.8.2.3 コンクリート系床版を有する桁橋

(1) 構造の特徴・概要

- ・コンクリート系床版を有する桁橋は、鋼の主桁と、床版を接合して桁とした構造。
- ・鋼主桁は、充腹のI形断面、 π 形断面及び箱形断面を基本とする。
- ・コンクリート系床版には、RC床版、鋼コンクリート合成床版、PC床版などがある。

(2) 耐力の特徴

- ・主桁と床版のずれ止めの方法によらずそれぞれ一定の合成効果がある。設計計算では、主桁と床版をスタッド等のずれ止めによって接合して床版と主桁が一体として抵抗する合成作用を完全合成とした耐力機構として耐力性能を満足するようにすることと、合成効果がなくても耐力性能を満足するようにすることの設計を適切に組み合わせて、諸元を決定する。

(3) 形式選定にあたって知っておくべき設計上の留意点

- ・床版形式の選定にあたっては、上部構造の構造特性、床版の構造特性、施工条件などを踏まえて選定する。ずれ止めは、床版コンクリートの硬化過程においてコンクリートを拘束するので、床版コンクリートの状態を所要のものとするためには、床版の設計や施工において、適切かつ安全側に合成の効果を見込む必要がある。
- ・斜橋や曲線橋に合成桁を用いる場合は、斜橋では端部回転軸の違いやたわみ差による床版のねじり、曲線橋では桁ねじり等により、床版に大きな付加的な力が作用することがあるので慎重に配慮するのがよい。

(4) 形式選定にあたって知っておくべき施工上の留意点

- ・コンクリート系床版の施工にあたっては、施工段階ごとに作用荷重および抵抗断面が変化するため、設計で想定した施工順序や施工条件に基づいて施工する必要がある。
- ・プレストレスを導入する連続合成桁の場合、応力調整を伴う現場の施工管理に十分注意する必要がある。

【解説】

(1)

- ・近年、構造の簡素化等を目的として、対傾構、横構及び横桁の一部又は全部を省略した構造が検討される場合がある。このような構造では、従来の構造に比べれば、例えば横荷重に対して、床版が抵抗することになるなど、床版の分担する荷重が大きくなることが考えられるなど、床版に係る負担が大きくなる。これに対して、具体的な床版の要求性能が示されているわけでないが、耐力性能及び耐久性、並びに橋の立体的な機能の確保の観点から、床版は、横方向部材を省略していない場合と同等の性能を有するように設計する必要がある。
- ・道路橋示方書に規定されていないずれ止めには例えば、孔あき鋼板ジベル（PBL）などがある。しかし、道路橋示方書に適合する、具体的な耐力式や部分係数、設計耐久期間を満足させるための設計法などに標準的な考え方が確立されているわけではないので、個別に検討が必要となる。
- ・100%または0%でなく、その中間的な合成効果を見込む方法については、方法やその信頼性には定まった知見はない。そこで、100%の場合、0%の場合を適宜組み合わせ、フランジやウェブ、床版コンクリートに厳しくなるような応力状態を考慮していくことが考えられる。

合成効果を活かせるような桁構造にすることの課題として、架設中又は床版を打ち替えるにあたって桁の不安定化による事故などが挙げられている。一方で、これが合成桁、非合成桁という名称をつける

ことで、橋がそのとおりにしか挙動をしないという誤解にもつながるという弊害があったことも否定出来ない。

たとえば、近年、桁の大断面化が進んだり、桁の連続化が進み、スタッドが密に配置されることが多くなるにつれ、その弊害が大きくなりつつあることが認識されてきた。たとえば、スラブ止めを用いる場合でも、配置が密になるほど、コンクリートの収縮や温度の影響などに対してスラブ止めが床版の挙動を拘束する度合い、換言すれば、床版に引張応力を発生させる度合いが大きくなっていると考えられる。したがって、設計の前提条件となる床版の有効断面を確保することの信頼性のばらつきを低減させるためには、結果的にはスラブ止めを用いる場合であっても、コンクリート系床版の設計には合成効果を適切に見込んだ設計を行うことが有効になると考えられる。

一方、基準での対応を見ると、平成13年の橋、高架の道路等の技術基準（H14道示）からは、鋼桁の設計は、合成桁、非合成桁という設計法の区分ではなく、コンクリート系床版を有する桁構造として統合された。すなわち、合成桁や非合成桁という名称によらず、コンクリート系床版は、その荷重効果を適切に把握し、必要な状態を満足できるように設計することが求められるようになってきている。

スタッドについては疲労耐久性について、任意の設計耐久期間を満足させるための照査法も確立されている。

その他の注意点を以下にまとめる。

- ・ 曲線橋、斜橋では、直橋であるときに比べて、コンクリートの収縮や温度差・温度変化の影響、桁同士のたわみ差などから床版が受ける応力状態は複雑である。したがって、極端に小さな曲線半径や斜角を有しないように計画することを基本とする。また、その上で、床版や桁を一定せん断流パネルでモデル化するなどで、影響線載荷も容易であり格子モデルと同等に照査式に直接対応する公称応力を直接捉えるだけというだけでなく、2次的な応力分布についても同時に考慮できるようなモデルで検討することも有効と考えられる。なおシェル要素などでは、公称応力を評価し直す必要があることに注意する。
- ・ 架設時の応力変化に対して、桁が不安定になり横倒れ座屈を起こす可能性があるため、架設ステップに応じた適当な仮補強と施工の成立性について、設計時点から検討しておくことが重要である。
- ・ 床版の補修や打ち替えを念頭において、施工中の安全性も含めたその実現性について予め検証したうえで必要に応じて予め措置を行うこと。

3.8.2.4 トラス橋

(1) 構造の特徴・概要

- ・トラス橋は、主構にトラス構造を用いた橋梁である。
- ・細長い、比較的軽量の部材を組み合わせ、長大な構造を作ることができる。
- ・トラス構造を用いることで、剛度が高く、構成している各部材が軽量で、さらに受ける風圧が少ないなどの特徴があるため、吊り橋や斜張橋の補剛桁として用いることもある。

(2) 耐荷力の特徴

- ・軸引張および軸圧縮を受ける部材および接合部で耐荷力を保持する構造。
- ・主構は、横構、対傾構、橋門構とともに立体的な耐荷機構を確保。

(3) 形式選定にあたって知っておくべき設計上の留意点

- ・部材および接合部の設計を行う。
- ・横方向の部材を適切に配置し、ねじれ剛度を確保する。なお、これによらない場合には、側方への座屈、全体系の挙動が床版の応力に与える影響など二次応力の影響についても適切に検討する必要がある。
- ・長大スパンの連続トラス橋やカンチレバートラス橋においては、支点付近の部材の曲げ応力が大きくなるので2次応力について適切に考慮する必要がある。
- ・ダイヤモンド型など横構の組み方によっては、弦材に付加応力が作用するため、注意する必要がある。
- ・積雪寒冷地においては、上弦材や上横構から路面への落雪が生じるため、その対策を検討する。

(4) 形式選定にあたって知っておくべき施工上の留意点

- ・設計で想定した架設および施工を実施し、施工時の安全性を確保する。

【解説】

- (1) 単にトラスといった場合、それは軸方向力を受ける部材だけで構成された構造全般であるトラス構造を指すことになるが、橋の主構造がトラスで構成されているものを対象とする。

3.8.2.5 アーチ橋

(1) 構造の特徴・概要

- ・アーチ橋とは、その主構造がアーチ又は補剛アーチから成り立つ構造である。
- ・下路式のアーチ橋には、アーチリブと補剛桁とをそれらの両端で剛結する補剛アーチ橋が用いられる。
- ・補剛アーチ橋には、その構造特性から、ランガー橋、ローゼ橋、タイドアーチ橋などの形式がある。

(2) 耐荷力の特徴

- ・アーチ橋は、鉛直荷重の作用をアーチリブの圧縮力で伝達し、支点には水平反力が生じる耐荷機構を有する構造である。

(3) 形式選定にあたって知っておくべき設計上の留意点

- ・アーチ構造を構成する部材は、軸方向力のみを受ける部材又は軸方向力と曲げモーメントを受ける部材として設計する。その際の座屈長については、支間長が長く変位が大きくなる場合は検討が必要である。
- ・アーチ部材の変形が曲げモーメントに及ぼす影響（幾何学的非線形性）を考慮する必要がある。
- ・上路式のアーチ橋のアーチリブの支点には、鉛直反力に加えて水平反力が作用するため、良好な支持地盤が必要である。
- ・アーチ橋は、立体挙動するものであり、鉛直荷重に対しても、アーチ面内だけでなく面外座屈が生じたり、側方荷重に対しても曲げ、ねじれが生じる。また、アーチの配置と床組みの配置によっては、ねじれなども生じる。横方向部材の適切な配置を行い、二次応力を小さくすること、座屈強度を高めることが必要となる。
- ・積雪寒冷地においては、下路式アーチ橋のアーチ部材や上横構から路面への落雪が生じることから、その対策を検討するのがよい。

(4) 形式選定にあたって知っておくべき施工上の留意点

- ・設計で想定した架設および施工を実施し、施工時の安全性を確保する必要がある。

【解説】

- ・アーチ橋は、アーチ構造により鉛直力が軸方向圧縮力に変換されるためアーチ部材に生じる曲げモーメントが小さくなることから、長支間の橋梁に適用することが可能である。
- ・支承数が少なく支承規模も大きなことから、地震時に落橋に繋がることのないように十分な検討が必要である。また、一般に架設規模が大きくなるため、計画段階から精度の高い検討を行う必要がある。
- ・補剛アーチ橋には、アーチ部材に圧縮力のみを受け持たせるランガー橋、アーチ部材に圧縮力とともにせん断力、曲げモーメントを受け持たせるローゼ橋、ローゼ橋の補剛桁の曲げ剛性を無視しうる程度に細くしたタイドアーチ橋がある。
- ・ローゼ橋の垂直材をトラス状に配置したトラスランガー橋、ローゼ橋の垂直材をケーブルでトラス状に配置したニールセンローゼ橋がある。ニールセンローゼ橋は橋梁全体の剛性が向上するが、架設時のケーブルの応力調整には精度が求められる。これらのうち、ケーブル部材を用いた橋は、ケーブル構造としての設計を行う。ケーブルの定着部は、狹隘部や埋め込み部になりやすく、状態を確認できるように構造の詳細の配慮が求められる。
- ・支間の大きいアーチ系橋の断面力は、変位の影響を考慮した有限変位理論により求める必要がある。

3.8.2.6 ラーメン橋

(1) 構造の特徴・概要

- ・ラーメン橋は、主桁と橋脚や橋台を剛結し上下部構造が一体となって荷重に抵抗する構造である。構造力学上は、力のつり合い方程式の数より未知反力の数の方が多い不静定構造であり、部材には軸力、せん断力、曲げモーメントが作用する。
- ・主桁支間長と橋脚高さにより、剛結部に作用する断面力が変化する構造であり、支間長と橋脚高さの比に極端な差がない場合に採用されることが多い。

(2) 耐荷力の特徴

- ・ラーメン橋は、桁と柱という異なる種別の部材を剛結した構造であり、隅角部には大きな曲げモーメントおよびせん断力が作用するとともに応力の方向が急変することから、薄肉構造である鋼構造の場合には、隅角部の接合方法やせん断遅れの影響などに留意する必要がある。

(3) 形式選定にあたって知っておくべき設計上の留意点

- ・部材および隅角部など、ラーメン橋の構造各部の設計を行う必要がある。
- ・通常のラーメンの概念を大きく超える場合、例えば、張出長が大きい場合、高さが非常に高い場合、長さ、断面等の寸法比、梁・柱などの剛度比が非常に大きい場合等には、別途十分に検討を行うのがよい。
- ・鋼製のラーメン構造の設計において、基礎構造の回転及び相対移動が予想される場合は、その影響に留意しなければならない。

(4) 形式選定にあたって知っておくべき施工上の留意点

- ・設計で想定した架設および施工を実施し、施工時の安全性を確保する必要がある。

【解説】

(1) ラーメン橋の隅角部には連続桁の中間支点と同様に鉛直荷重により負の曲げモーメントが生じるため、桁部分の正の曲げモーメントが減少し、桁高を低くすることが可能である。

(3)

- ・鋼製の上部構造とコンクリートの下部構造による一体構造のように、鋼部材とコンクリート部材の接合部を有する構造形式については、構造特性を適切に評価するとともに、橋の要求性能を考慮して構造各部の性能検証を行う必要がある。これらの構造のうち、橋台部ジョイントレス構造に関しては**本編 3.8.4.2 橋台部ジョイントレス構造**による。
- ・柱部材が単独の基礎構造で支持されるラーメン構造では、基礎の不同沈下や水平移動により不静定力が発生する。また、基礎構造の変形によってもラーメン構造に発生する不静定力が変化する。基礎構造の沈下量や水平移動量は、基礎形式や設計の対象となる地盤により大きく異なるため、各地盤の性状を十分に把握して、その影響を考慮して設計する必要がある。

3.8.2.7 ケーブル構造を用いた橋

(1) 構造の特徴・概要

ケーブル構造を用いた橋には、以下の橋がある。

- ・斜張橋 主塔から斜めにケーブルを張り、ケーブルで桁を斜めに吊って支持する構造である。構造力学上は、ケーブル定着点で弾性支持された連続梁として扱うことができる高次不静定構造である。連続桁には、ケーブル水平力により軸力が作用する。
- ・吊り橋 主塔からケーブルを渡して両端をアンカレイジで固定し、ケーブルからハンガーにより桁を支持する柔構造であることから、変形を考慮した有限変形理論を用いた設計を行う必要がある。

(2) 耐荷力の特徴

- ・ケーブル部材からの作用力を桁や塔などにケーブル定着構造を介して伝達する構造で、ケーブル部材、ケーブル定着部、および、その他の構造各部で、それぞれ耐荷性能を確保することが求められる。

(3) 形式選定にあたって知っておくべき設計上の留意点

- ・構造各部がケーブル部材からの作用力に対して安全であることはもちろん、構造各部が有する強度のバランスを適切に設定したうえで設計を行う。
- ・ケーブル部材の耐久性はケーブルと定着部、それぞれで確保する必要がある。
- ・有害な変形や振動が生じないように設計する必要がある。
- ・風雨による振動が問題とならないように耐風設計を行う必要がある。
- ・橋としてケーブル部材の損傷などに対して耐荷性能を確保できるように代替性や補完性に配慮する必要がある。
- ・ケーブル定着部の防食及び点検方法については、設計段階で検討を行う必要がある。

(4) 形式選定にあたって知っておくべき施工上の留意点

- ・設計で想定した架設および施工を実施し、施工時の安全性を確保する必要がある。
- ・架設中の振動対策についての必要性について、検討しておく必要がある。
- ・架設過程における構造検討、ケーブル張力の精度管理などが必要である。
- ・ケーブルは現場における不注意な取扱いによってその性質が著しく損なわれることが考えられるので、施工時の取扱いには十分に配慮する。

【解説】

(3)

- ・ケーブル部材の制振対策が必要となる場合があるので注意が必要である。振動対策としては、桁や塔などの部材断面を工夫することや、ケーブル部材に減衰を付加するためのダンパー構造の設置やケーブル表面形状の変更による対策など、多くの事例があり、「道路橋耐風設計便覧（日本道路協会）」が参考となる。
- ・ケーブルの防食方法については、経済性だけでなく、実績や維持管理性も含めた検討が必要である。
- ・目視点検だけではケーブルの劣化・損傷を把握できないことを踏まえ、防食及び点検方法を設計段階で検討しておく必要がある。
- ・積雪寒冷地においては、ケーブルや主塔から路面への落雪が問題となることから、維持管理上留意する必要がある。

3.8.3 コンクリート橋

3.8.3.1 一般

- (1) コンクリート橋には、桁橋、アーチ橋、ラーメン橋、斜張橋、大偏心外ケーブル構造、波形鋼板ウェブ橋および複合トラス橋等がある。
- (2) プレキャストセグメント、プレキャスト桁や部材を組み合わせ、これらの形式の橋を架設することも可能であり、形式選定において適切に反映するのがよい。

【解説】

コンクリート橋の形式選定の検討にあたっては、これまでは、規模が大きくなるほど、場所打ちコンクリート部材のみを検討対象としていたことが多いが、様々なプレキャスト化に係る技術も近年技術が確立してきた。プレキャスト化に係る技術の適正な活用による事業の効率化に資するよう、基本的にはプレキャスト部材の活用についても比較検討するのがよい。たとえば、予備設計段階からプレキャスト部材を用いた橋梁形式を、選定の比較対象とすることが重要である。また、設計にあたっては、要求性能や設計条件、留意事項等の確認を行い、プレキャスト部材と場所打ちコンクリート部材等、どの部材の活用が適切か比較検討を行い、判断することが必要である。

プレキャスト部材を活用した形式の特徴は、たとえば、「コンクリート橋のプレキャスト化ガイドライン 平成30年6月 橋梁等のプレキャスト化及び標準化による生産性向上検討委員会」にまとめられている。

3.8.3.2 コンクリート桁橋

(1) 構造の特徴・概要

- ・コンクリートの桁橋は、主桁と床版を単体的に製作し桁とした構造と、主桁と床版を接合して製作し桁とした構造がある。
- ・主桁の断面形状にはT形断面、箱断面、コンクリート主版断面がある。
- ・鉄筋コンクリート構造とプレストレストコンクリート構造がある。

(2) 耐荷力の特徴

- ・鉄筋コンクリート構造とプレストレストコンクリート構造がある。
- ・プレストレストコンクリート構造は、一般に、プレストレスの存在を前提にコンクリートが全断面で抵抗する耐荷機構を発揮できるように設計・施工する構造である。

(3) 形式選定にあたって知っておくべき設計上の留意点

- ・プレストレスを導入した上で、全断面で抵抗しない耐荷機構を設定する場合には、プレストレストコンクリート構造と同様に、想定する耐荷機構が成立するように検討する必要がある。
- ・張出し、押出し施工など、施工時と完成時で応力状態が変化する場合には、その影響を考慮する必要がある。
- ・鉛直、水平方向の腹圧力についても、適切に考慮する必要がある。
- ・外ケーブルを用いる場合は、桁本体の動きと外ケーブルの動きは独立するため、そのことが橋のそりやねじり挙動に与える挙動を適切に見込む必要がある。

(4) 形式選定にあたって知っておくべき施工上の留意点

- ・プレストレストコンクリート構造におけるプレストレス力は、プレストレス導入直後、死荷重作用時、

活荷重作用時と施工段階を想定しているため、施工は設計での想定に基づいて行うことを基本とするのがよい。

- ・張出し架設工法や押出し架設工法など、施工時と完成時で構造系が変化する場合には、施工段階を想定して応答値を算定しているため、施工は設計での想定に基づいて行うことを基本とするのがよい。

【解説】

- ・定期点検結果によれば、ポストテンション橋では、初期変状が多いことから、施工時に適切な配慮が必要になる。
- ・「国総研資料 第1046号 プレストレストコンクリート橋における初期変状の影響評価と対策に関する共同研究（その2）」では、近年の橋梁定期点検結果等から、供用年数の比較的新しいポストテンション橋に生じている、ひび割れや変形等の変状（初期変状）の主たる要因および初期変状を抑制するための対策について研究が実施されており、4章においてひび割れの種類と主要因毎に留意点および対策案が提案されている。

(1)

(a) 鉄筋コンクリート桁

- ・鉄筋コンクリート橋には、T桁橋とコンクリート主版を用いた桁等の橋があり、架設は支保工架設である。
- ・T桁は、全断面を一体として施工し、T桁の上フランジ部分が床版を形成する構造である。コンクリート主版を用いた桁では、充実床版と中空床版があり、T桁よりも桁高を低くすることができる。

(b) プレストレストコンクリート桁

- ・プレストレストコンクリート桁には、プレテンション方式とポストテンション方式がある。

1) プレテンション桁

- ・プレテンション方式の橋梁には、T桁橋とスラブ桁橋があり、工場において、橋桁の製作及びプレストレスの導入を行い、現場に搬入して架設する橋梁である。
- ・プレテンション橋にはT桁橋とスラブ桁橋があり、JIS A 5373 附属書Bの推奨仕様B-1において、T桁橋の支間長は18～24m、斜角は90～70°、スラブ桁橋の支間長は5～24m、斜角は90～60°と記載されている。スラブ桁橋の支承部は、狭隘な空間となるため、確実な点検が難しい他、交換には交通への影響も大きなことから、採用にあたっては維持管理について留意する必要がある。
- ・プレストレス導入によるそりを考慮した設計及び製作とする必要がある。
- ・T桁橋は、スラブ桁橋と比較して主桁間隔が広いため主桁本数を少なくすることが可能な構造であり、水道管や通信ケーブルなどの添架物を主桁間に設置することが容易である。
- ・スラブ桁橋は、桁間隔を狭くし多数の主桁を配置することから、桁高を低くすることができる。また、桁間の接合部に配筋が不要な構造である。

2) ポストテンション桁

① ポストテンション方式の工場製作桁橋

- ・T桁橋、スラブ桁、合成桁橋がある。
- ・ポストテンション方式の工場製作桁橋は、工場で運搬可能なプレキャストセグメントに分割して製作し、それを現場にて一体化して架設する橋梁であり、工期の短縮や少人化、省力化が可能である。
- ・T桁橋は、工場で作成した主桁を並べ、上床版の間詰めコンクリートを現場打設し、横締めPC鋼材を緊張することにより一体化する構造である。

- ・スラブ桁橋は、T 桁橋と比較して断面性能が高く、桁高を低くすることができる。また、桁間の接合部に配筋が不要な構造である。
- ・合成桁橋は I 型、T 型、U 型の断面を有する主桁を架設した後に、上床版コンクリートを現場打設する構造である。たとえば PC コンポ橋などに代表されるように、T 型や U 型断面の場合、プレキャスト PC 板を用いて床版支間を広くすることで主桁の本数を少なくするとともに、上部構造の死荷重を軽量化することが可能である。また、床版はプレキャスト PC 板を埋設型枠として利用することにより床版用の足場や型枠の簡素化が可能であり、現場作業の省人化が図られる。プレキャスト部材を活用した形式は、たとえば、「コンクリート橋のプレキャスト化ガイドライン 平成 30 年 6 月 橋梁等のプレキャスト化及び標準化による生産性向上検討委員会」、「PC コンポ橋の設計計算例 令和 3 年 1 月 (一社)プレストレスト・コンクリート建設業協会」を参考にするとよい。
- ・U コンポ橋と呼ばれる形式のような U 型断面桁にプレキャストセグメントを適用する場合、セグメントは、開断面で運搬されることが一般的であるため、運搬時のウェブの開きやねじれに対して構造的な検討を行う必要がある。
- ・製作時・運搬時・架設時の転倒防止の対策が必要である。また、PC 合成床版の場所打ち部は、主桁および PC 板の拘束の影響を受けて、コンクリートの硬化時の収縮によるひび割れが発生しやすく、コンクリート打設後の養生を適切な方法で一定期間行うなど十分配慮する必要がある。これらを参考に初期変状抑制対策の実施について検討を行う必要がある。

② ポストテンション方式の現場製作桁橋

- ・T 桁橋、I 桁橋（合成桁橋）、箱桁橋および中空床版桁橋がある。
- ・ポストテンション方式の現場製作桁橋は、架設現場付近のヤードにて主桁を製作し、それを架設する橋梁である。
- ・T 桁橋は、主桁を下フランジのないストレート断面とすることで鉄筋加工や型枠加工を簡素化し、施工性の向上を図っている。
- ・I 桁橋は、床版を場所打ちコンクリート部材とする合成桁橋である。
- ・箱断面桁では、断面内の PC ケーブルの配置方法には、内ケーブル方式、外ケーブル方式、内外併用ケーブル方式がある。外ケーブル方式は点検が可能であり、偏向部や定着部の構造によっては交換も可能であることから、設計段階において維持管理性を踏まえた配置計画を行う必要がある。
- ・中空床版橋は、自重の軽減とプレストレスの導入効率の向上を目的として円筒型枠が埋設されたコンクリート主版を用いた構造である。

(3)

- ・プレストレスを導入した上で、全断面を有効としない耐荷機構を設定する場合は、鉄筋を配置するとともに応力状態を制御する必要がある。一般に、コンクリートの引張抵抗を無視した抵抗機構とすることが安全側となる。環境条件などの特性も考慮して個別に検討する必要がある。
- ・T 桁橋および I 桁橋は、合成前に載荷される主桁自重・プレストレス・床版自重・間詰コンクリートおよび横桁自重には主桁で抵抗し、床版施工後に載荷される後死荷重及び活荷重に対しては、主桁と床版が一体となった合成断面で抵抗する。このように、施工段階によって作用荷重、抵抗断面などが変化するため、予め施工順序や施工条件を想定して設計する必要がある。また、主桁の上フランジの

幅が狭く、ウェブが薄くて桁高が大きい場合には、架設時の安全性について十分な検討が必要となる。

- ・鉛直、水平方向の腹圧力は、桁の変状の原因になることが指摘されている。また、これと、そり、ねじり、乾燥収縮などが組み合わせられることで変状が生じることは点検結果からも明らかになってきている。個別の橋毎に検討方法が考える必要があるため、これらについて一般的と言える検討方法は無く、形式を選定するときには、これらに対して適切に設計が行われるように、費用、工期に反映させることが必要である。

(4)

- ・T桁橋は、上フランジ幅が広く重心位置が高いため、転倒に留意する必要がある。

3.8.3.3 アーチ橋

(1) 構造の特徴・概要

- ・アーチ橋とは、その主構造がアーチ又は補剛アーチから成り立つ構造である。
- ・アーチ橋には、開腹式アーチおよび閉腹式アーチがある。

(2) 耐荷力の特徴

- ・アーチ橋は、鉛直荷重の作用をアーチリブの圧縮力で伝達し、支点には水平反力が生じる耐荷機構を有する構造である。

(3) 形式選定にあたって知っておくべき設計上の留意点

- ・アーチ構造を構成する部材は、軸方向力のみを受ける部材又は軸方向力と曲げモーメントを受ける部材として設計する必要がある。
- ・アーチ部材の変形が曲げモーメントに及ぼす影響（幾何学的非線形性）を考慮する必要がある。
- ・上路式のアーチ橋のアーチリブの支点には、鉛直反力に加えて水平反力が作用するため、良好な支持地盤が必要である。
- ・アーチリブの断面形状は、スパンライズ比、アーチ軸線、コンクリート強度、施工方法などを考慮して設計する必要がある。
- ・積雪寒冷地においては、下路式アーチ橋のアーチ部材や上横構から路面への落雪が生じることから、その対策を検討する必要がある。

(4) 形式選定にあたって知っておくべき施工上の留意点

- ・設計で想定した架設および施工を実施し、施工時の安全性を確保する必要がある。

3.8.3.4 ラーメン橋

(1) 構造の特徴・概要

- ・ラーメン橋は、主桁と橋脚や橋台を剛結し上下部構造が一体となって荷重に抵抗する構造である。構造力学上は、力のつり合い方程式の数より未知反力の数の方が多い不静定構造であり、部材には軸力、せん断力、曲げモーメントが作用する。

(2) 耐荷力の特徴

- ・張出し架設を行うときに、左右の張出しのバランスを適切に配慮することで、何らかの理由で端支点

が移動しても自立性が高い構造にできる可能性が高い。

(3) 形式選定にあたって知っておくべき設計上の留意点

- ・主桁支間長と橋脚高さにより、剛結部に作用する断面力が変化する構造であり、支間長と橋脚高さの比に極端な差がないようにする必要がある。
- ・ラーメン構造の接合部は、ラーメン構造の耐荷機構を保持するために隣接部材の性能を確保できるように設計することが必要となる。
- ・ラーメン構造を支持する基礎は、その応答の評価の不確実によって、上部構造や柱の断面力の見込みが大きく変わらないように、適切な寸法や剛性を与えることが必要となる。

(4) 形式選定にあたって知っておくべき施工上の留意点

- ・設計で想定した架設および施工を実施し、施工時の安全性を確保する必要がある。

【解説】

(3) ラーメン構造の場合、上下部、基礎構造が一体となっているため、基礎の変位の影響で上部構造にも不静定力が生じることから、その影響を適切に考慮する必要がある。フーチングを有さない基礎構造など、地盤変位の影響が顕著となる場合には、地盤調査に応じて橋脚や主桁の照査に用いる部分係数を調整するなどの特別な検討が必要となる。しかし、現時点では標準的な方法は定められていないため、地盤変位の影響が支配的とならない基礎構造とすることを標準とした。

(4) 「国総研資料 第 1046 号 プレストレストコンクリート橋における初期変状の影響評価と対策に関する共同研究（その 2）」では、近年の橋梁定期点検結果等から、供用年数の比較的新しいポストテンション橋に生じている、ひび割れや変形等の変状（初期変状）の主たる要因および初期変状を抑制するための対策について研究が実施されており、4 章においてひび割れの種類と主要因毎に留意点および対策案が提案されている。

3.8.3.5 ケーブル構造を有する橋

(1) 構造の特徴・概要

ケーブル構造を用いた橋には、以下の橋がある。

- ・外ケーブル構造桁橋 主桁の桁高の範囲内に外ケーブルを配置した構造の橋である。
- ・斜張橋 連続桁を中間支点到立てた主塔から斜めにケーブルを張り、ケーブルで斜めに吊って支持する構造である。

(2) 耐荷力の特徴

- ・ケーブル部材からの作用力を桁や塔などにケーブル定着構造を介して伝達する構造で、ケーブル部材、ケーブル定着部、および、その他の構造各部で、それぞれ耐荷性能を確保する。

(3) 形式選定にあたって知っておくべき設計上の留意点

- ・橋桁を構成するケーブル部材、主桁、主塔など各部材が所要の耐荷性能を有し、橋としての耐荷性能を満足するように設計する必要がある。

1) 外ケーブル構造桁橋

- ・箱桁内にケーブルを配置した箱桁及び桁高内かつフランジの有効幅内にケーブル部材を配置した T 桁については、一般にケーブル部材をコンクリート部材の一部として扱う。ただし、軸力の保持や部材の変形によるケーブル軸力の増加に対する安全性に懸念がある場合には、実験などにより安全性を確認する必要がある。

2) 大偏心外ケーブル構造、斜張橋

- ・ケーブルの伸びや形状の変化による構造物への影響を考慮して設計する必要がある。
- ・ケーブル定着構造及び偏向部は、ケーブル張力を主桁へ伝達するため、十分な剛性を確保した構造とし、偏向部でケーブルを滑らせない構造とする必要がある。ケーブルやケーブル定着部の疲労設計は、鋼橋・鋼部材編によるのがよい。
- ・風によるケーブル構造の振動に配慮しなければならない。
- ・橋としてケーブル部材の損傷などに対して耐荷性能を確保できるように代替性や補完性に配慮する必要がある。

(4) 形式選定にあたって知っておくべき施工上の留意点

- ・設計で想定した架設および施工を実施し、施工時の安全性を確保する必要がある。
- ・架設中の振動対策についての必要性について、検討しておく必要がある。
- ・架設過程における構造検討、ケーブル張力の精度管理などが必要である。
- ・ケーブルは現場における不注意な取扱いによってその性質が著しく損なわれることが考えられるので、施工時の取扱いには十分に配慮する。

【解説】

(2)(3)

- ・ケーブル構造の設計は、道示Ⅲ〔13章ケーブル構造〕による。大偏心外ケーブル構造には、塔を用いるものもあれば、支間中央近傍で主桁の下方に外ケーブルを配置した形式などもあり、これら大偏心外ケーブル構造を含めて主桁コンクリートの外側にPC鋼材を配置してプレストレスを与えた構造全般を外ケーブル構造と称している。これまでエクストラドーズド橋と呼ばれていたような構造についても、ここで規定する大偏心外ケーブル構造として扱う。大偏心外ケーブル構造は、支間長 200m 以下の場合には、斜張橋よりも経済的で有利となることが多い。

外ケーブル構造を有する桁橋は、外ケーブルを桁高の範囲内に配置した場合、ケーブルの偏心量に制限があるために桁橋等では支間の長大化に伴い配置本数が増え、必要鋼材量も増加する。そこで、外ケーブルを桁高の範囲外に偏心配置し、より効果的に主桁にプレストレスを与える大偏心外ケーブル構造の検討が始まった。特に、中間支点上で主塔を設け、橋面上方に外ケーブルを偏心配置するとともに、活荷重による応力振幅が小さくなるように斜材の角度を小さくする構造は、エクストラドーズド橋と呼ばれることも多い。エクストラドーズド橋の検討が始まった時には、斜張橋とは異なる形式として扱われ、斜材には、斜張橋のケーブルの安全率でなく、従来PC桁のPC鋼材の安全率が適用されていた。

しかし、平成 29 年の道路橋示方書では、ケーブル部材の応答に着目し、死活荷重比率と応力振幅に応じた安全余裕を確保できるよう部分係数が規定され、ケーブル構造の形状等によらず、ケーブル部材の安全余裕が統一的に確保できるようになっており、力学的には、斜張橋、いわゆるエクストラドーズド橋、そして外ケーブル構造など、ケーブル部材を単独で使用する場合のケーブル構造に特段の区別を行う必要はなくなっている。

- ・ケーブルの防食方法については、経済性だけでなく、実績や維持管理性も含めた検討が必要である。
- ・積雪寒冷地においては、ケーブルや主塔から路面への落雪が問題となることから、維持管理上留意する必要がある。

(4) ケーブル構造の橋は、完成系の構造検討に加えて、架設過程における構造検討、ケーブル張力の精度管理などが必要である。

3.8.4 複合構造を用いた橋

3.8.4.1 一般

複合構造を用いた橋には、鋼とコンクリートの複合構造を用いた、波形鋼板ウェブ橋、複合トラス橋などがある。

道示Ⅱ、道示Ⅲの両者を満足させるように設計する必要がある。

【解説】

複合構造を用いた橋の設計や施工にあたっては、構造や材料によっていずれかの編にのみよればよいということだけでなく、鋼橋・鋼部材編とコンクリート橋・コンクリート部材編の両者やその他の全ての編も適用し、性能を満足させるために最も適当な方法で設計される必要がある。

3.8.4.2 波形鋼板ウェブ橋

(1) 構造の特徴・概要

- ・箱桁形式の主桁をもつ PC 橋のうちウェブ部分に波形に加工された鋼板部材が用いられ、波形鋼板のウェブと上下フランジまたは床版である上下のコンクリート床版とはずれ止め等によって接合され、断面は合成箱桁として一体化されている橋桁である。
- ・架設工法は、固定支保工、押し出し架設、片持架設などが可能である。

(2) 耐荷力の特徴

- ・箱桁断面内の上下フランジに対してウェブの軸方向剛性を小さくすることで、導入されるプレストレス力が効率的に上下フランジに導入されることを意図した構造である。

(3) 形式選定にあたって知っておくべき設計上の留意点

- ・道示Ⅰ〔8.11〕の解説に示されるとおり、温度の差、作用のさせ方について個別に検討する必要がある。
- ・断面のせん断変形、そりやねじりに対する設計については、道示Ⅱの規定も参考に、隔壁の配置間隔や断面の充実率および剛性等について適切に設計する必要がある。特に、外ケーブルを用いる場合については、偏向具を兼ねる場合があるため、これらの応力についても適切に評価し設計する必要がある。また、曲線橋の場合には、荷重の種類によっても、応力の向きが変わることと、プレストレスの導入の方向などの相互作用が隔壁や床版に生じる変形、応力に与える影響など、橋の立体挙動を適切に捉えられる荷重の組み合わせや構造を検討する必要がある。
- ・ウェブの設計は、道示Ⅱの規定を満足する必要がある。
- ・接合部の設計は、道示Ⅲ〔7章〕及び道示Ⅱの規定を適切に満足する必要がある。

(4) 形式選定にあたって知っておくべき施工上の留意点

- ・設計で想定した架設および施工を実施し、施工時の安全性を確保する。波形鋼板の据え付け精度の確保や形状の保持、施工中の作用に対する安全性を確保するため、仮固定用の治具や仮設用対傾構を設置する際には、架設中の各段階における照査を実施する必要がある。

【解説】

(1)(2) 箱桁のウェブを波形鋼板に置き換えた複合構造橋であり、自重の軽減により下部構造および基礎構造への負担の軽減が期待でき、また、軸方向剛性が低いためプレストレス力を効率よく上下床版に導入することが期待される構造である。また、立体的な挙動に対して安全側に状態を評価したり、断面形状を保

持するための構造の詳細を決定したりするための方法には、確立したものがないため、個別に検討する必要がある。

(3) 断面のせん断変形、そりやねじりに対する設計は、コンクリートの箱桁と同じにはならないが、これを行うために具体的に参考になる設計はない。したがって、解析モデルから荷重の載荷状況に至るまで、道路橋示方書にすでに具体的に示されているものに加えた必要な検討を個別に検討することになり、そのための時間、費用等を形式選定の段階においても適切に考慮し、反映しておくのがよい。

(4) 桁の応力状態が、完成状態と異なる場合には、各段階で安全性を検討する。また、鋼板ウェブと上下フランジの接合部では、残留する応力に配慮し、施工時応力状態に対する検討を行う。

3.8.4.3 複合トラス橋

(1) 構造の特徴・概要

- ・箱桁形式の主桁をもつPC橋のうちウェブ部分を鋼管等のトラスで置き換えた構造である。
- ・架設工法は、固定支保工、片持架設などが可能である。

(2) 耐荷力の特徴

- ・箱桁断面内の上下フランジに対してウェブの軸方向剛性を小さくすることで、導入されるプレストレス力が効率的に上下フランジに導入されることを意図した構造である。

(3) 形式選定にあたって知っておくべき設計上の留意点

- ・道示Ⅰ〔8.11〕に示されるとおり、温度の差、作用のさせ方について個別に検討する必要がある。
- ・断面のせん断変形、そりやねじりに対する設計については、道示Ⅱの規定も参考に、隔壁の配置間隔や断面の充実率および剛性等について適切に設計する必要がある。特に、外ケーブルを用いる場合については、偏向具を兼ねる場合があるため、これらの応力についても適切に評価し設計する必要がある。また、曲線橋の場合には、荷重の種類によっても、応力の向きが変わることと、プレストレスの導入の方向などの相互作用が隔壁や床版に生じる変形、応力に与える影響など、橋の立体挙動を適切に捉えられる荷重の組み合わせや構造を検討する必要がある。
- ・ウェブの設計は、道示Ⅱの規定を満足する必要がある。
- ・接合部の設計は、道示Ⅲ〔7章〕及び道示Ⅱの規定を適切に満足する必要がある。

(4) 形式選定にあたって知っておくべき施工上の留意点

- ・設計で想定した架設および施工を実施し、施工時の安全性を確保する。鋼トラス部材の据え付け精度の確保や形状の保持、施工中の作用に対する安全性を確保するため、仮固定用の治具を設置する際には、架設中の各段階における照査を実施する必要がある。

【解説】

(1) 自重の軽減により下部構造および基礎構造への負担の軽減が可能である。コンクリート箱桁に比べると桁高が大きくなるほど重量低減効果が大きい。

(2) ウェブ部分のトラスは、軸方向剛性が低いためプレストレス力を効率よく上下床版に導入することが可能であるとともに、せん断力に対してはトラス機構によって抵抗する。設計や施工にあたっては、構造や材料によっていずれかの編にのみよればよいということだけでなく、鋼橋・鋼部材編とコンクリート橋・コ

ンクリート部材編の両者やその他の全ての編も適用し、性能を満足させるために最も適当な方法で設計される必要がある。また、立体的な挙動に対して安全側に状態を評価したり、断面形状を保持するための構造の詳細を決定したりするための方法には、確立したものがないため、個別に検討する必要がある。

(3) 断面のせん断変形、そりやねじりに対する設計は、コンクリートの箱桁と同じにはならないが、これを行うために具体的に参考になる設計はない。したがって、解析モデルから荷重の載荷状況に至るまで、道路橋示方書にすでに具体的に示されているものに加えた必要な検討を個別に検討することになり、そのための時間、費用等を形式選定の段階においても適切に考慮し、反映しておくのがよい。

(4) 施工時の桁の応力状態が、完成状態と異なる場合には、各段階で安全性を検討する。また、鋼管と上下床版の接合部では、施工時応力状態に対する検討を行う。

3.8.5 下部構造

3.8.5.1 橋台

- (1) 橋台は、橋梁の両端にあつて上部構造からの荷重を支持するとともに、背面の土からの土圧及び自重を基礎構造に伝える構造物である。
- (2) 橋台の形式は、逆 T 式、箱式、ラーメン式、盛りこぼし橋台などがあり、構造高、上部構造形式、荷重、地形、地質などの条件に応じて選定する。

【解説】

(2)

1) 逆T式橋台

躯体自重が小さく背面土の重量で安定を保持させる構造であり、背面土の施工も容易である。形状が単純であり、高さ 15m 程度までの規模の橋台において多く採用される形式である。ただし、構造高が高い場合には必ずしも経済的とは限らないため、箱式橋台などと比較のうえ選定する必要がある。

2) 箱式橋台

橋台全体を多室箱形形状とし、その上部に頂版を載せる構造である。一般に、箱内部は、直接基礎の場合には基礎底面のせん断抵抗力を増すため土を充填し、杭基礎の場合には基礎に作用する荷重を軽減するため、中空にすることが多い。高さ 15m 程度を超える規模の橋台において採用される。

3) ラーメン式橋台

躯体部分をラーメン構造とした形式で、橋台位置に交差道路などがある場合に、橋台内に交差道路などを通すことによって橋長を短縮することが有利となる場合に採用される。道路、河川などの交差条件に応じて、内空空間を適切に確保する必要がある。

4) 盛りこぼし橋台

盛土高の高い区間に橋台を設置する場合、橋台は非常に大規模なものになることから、杭基礎を用いて橋台規模を小さくした構造である。

留意点については、「高盛土部の橋台形式に関する検討（その1～その2）報告書：昭和62年～昭和63年（財団法人高速道路技術センター）、欽明路高架橋の盛りこぼし橋台の設計：平成3年11月橋梁Vol.27（中村雅彦、大本英輝）、高盛土の橋台形式に関する技術検討報告書：平成9年～平成13年（財団法人高速道路技術センター）、(株)高速道路総合技術研究所 道路研究部橋梁研究室）橋台部ジョイントレス構造の設計法に関する共同研究報告書（その2）整理番号第388号」を参照のこと。

3.8.5.2 橋台部ジョイントレス構造

- (1) 橋台部ジョイントレス構造は上部構造と下部構造を剛結し、伸縮装置および支承を設けない構造である。
- (2) 橋台部ジョイントレス構造には温度変化などに伴い生じる上部構造の変形に対して、橋台および橋台基礎の剛性により拘束する門型ラーメン構造、橋台基礎の変形により追従するインテグラルアバット構造がある。

【解説】

(1) 橋台部ジョイントレス構造は、上部構造と下部構造が剛結されているため、地震時に落橋しにくい構造であるが、施工時と完成時で構造系が変化するため、適切に考慮して設計を行う必要がある。斜角や曲線を有する場合には、上部構造および下部構造にねじりが発生するため、ねじりの影響を適切に考慮して設計する必要がある。

一般に、支承と伸縮装置を設置しないことから伸縮部からの漏水による劣化を想定する必要はない。

(2) 橋台部ジョイントレス構造は、上部構造と下部構造を剛結した不静定構造であるため、断面力の算出にあたっては、温度変化の影響、クリープ、乾燥収縮、プレストレストコンクリート橋の場合にはプレストレスト力などの影響を適切に考慮しなければならない。

インテグラルアバット構造は、橋台背面の地盤が抵抗することが適用の前提条件であることから、橋台背面アプローチ部は、地盤抵抗を確実に発揮させる構造とすることが求められる。

3.8.5.3 橋脚

- (1) 橋脚は、橋梁の両端を支持する橋台を補完するために橋梁の中間に設置し、上部構造からの荷重を基礎構造に伝える構造物である。橋梁の橋下空間を分割することから、架橋位置の条件に応じて上部構造形式と併せて、設置位置や設置基数を決定する。
- (2) 橋脚の柱の断面形状には、一般に矩形、小判形及び円形がある。
- (3) 橋脚の形式は、一般に単柱式、多柱式、ラーメン式があり、構造高、上部構造形式や幅員、地形などの条件に応じて選定する。

【解説】

(2) 河道内に橋脚を設置する場合には、橋脚の断面形状はできるだけ細長い小判形状のものとし、その長辺の方向は洪水が流下する方向と同一とする。ただし、洪水が流下する方向が一定でない箇所に橋脚を設ける場合等には、円形の断面形状が採用される。

(3) 市街地などで交通車両の視界を大幅に遮らないようにしたり、橋下空間を大きく確保する必要がある場合などには、ラーメン式が採用される。また、橋脚高が高い場合には、RC 柱部を中空断面として自重低減を図る形式が有利になる場合もある。

鋼製橋脚は、市街地など狭隘な空間に設置される T 型橋脚、大規模な交差点上に計画される高架橋上部構造を支持するラーメン橋脚などがある。

鋼・コンクリート複合橋脚は、鉄筋コンクリート柱に鋼製横梁を接合したものや、コンクリートに埋め込まれた鋼管と外周に配置された鉄筋によって複合構造を構成する構造である。接合部の規定を含めて、鋼部材編及びコンクリート部材編の規定を適切に満足させるように設計・施工を行う必要がある。

3.8.6 基礎構造

3.8.6.1 直接基礎

(1) 構造の特徴・概要

直接基礎は、上部構造及び下部構造に作用する荷重を直接支持地盤に伝えることができる浅い剛体基礎として扱える基礎構造である。

(2) 耐荷機構

直接基礎は鉛直荷重と水平荷重に対して、地盤の抵抗力のみで抵抗させる。

(3) 形式選定にあたって知っておくべき設計上の留意点

- ・直接基礎は、洗掘・浸食が生じたときに、不安定化（沈下、傾斜）につながりやすい。
- ・直接基礎の支持層としては、砂層及び砂れき層においては十分な強度が、粘性土層では圧縮のおそれのない良質な層が必要とされる。このため、一般には、沖積世の新しい表層には支持させない。
- ・均等係数の大きい均質な砂層を支持層とする直接基礎では、施工時の土留めの施工・撤去の際に、過剰間隙水圧が上昇し、地盤が緩む場合がある。
- ・斜面上の直接基礎は、斜面崩壊等が生じたときに、変位、安定の観点で影響を受けやすい。
- ・永続作用支配状況及び変動作用支配状況における照査を満足する場合には、レベル2地震動を考慮する設計状況における安定照査を省略できるが、フーチングに対する耐荷性能の照査は行う必要がある。

【解説】

(2) 地盤の鉛直支持力は、支持地盤の種類、地盤のせん断強度、基礎の平面形状および根入れ深さなどから決まる。また、地盤の水平抵抗力は、基礎底面と地盤のせん断抵抗、基礎側面と地盤のせん断抵抗、基礎前面の地盤抵抗があるが、水平荷重は、基礎底面と地盤のせん断抵抗力のみで抵抗させることが原則である。ただし、水平荷重を基礎底面地盤と根入れ部分の前面地盤との共同で分担させる場合には、両者の分担割合について十分検討する必要がある。

(3) 直接基礎の設置にあたっては、洗掘などにより安定性が低下することのないよう留意しなければならない。

3.8.6.2 杭基礎

(1) 構造の特徴・概要

- ・杭基礎は比較的深い位置に支持地盤がある場合に、上部構造および下部構造に作用する荷重を杭を介して支持地盤に伝える基礎構造である。
- ・杭基礎の工法には、場所打ち杭工法、打込み杭工法、中掘り杭工法、プレボーリング杭工法、鋼管ソイルセメント杭工法、回転杭工法がある。

(2) 耐荷機構

荷重は、杭のみで抵抗させることを原則とし、鉛直荷重は杭の先端支持力と周面摩擦力により、水平荷重は杭前面の水平地盤抵抗により抵抗させる。杭の先端部分が支持層に支持されているか否かにより、その支持機構の違いから支持杭基礎と摩擦杭基礎に大別される。このため、摩擦杭基礎の場合には、鉛直荷重は杭の周面摩擦力のみで抵抗させる。

(3) 形式選定にあたって知っておくべき設計上の留意点

- ・圧密沈下が生じると考えられる地盤を貫いて打設される杭では、杭周面に下向きに作用する負の周面摩擦力を考慮する必要がある。
- ・打込み杭では、口径が大きくなると、先端閉塞効果について別途確認が必要になる。
- ・軟弱地盤においてオールケーシング工法を用いる場合、杭径の細りが生じた例がある。
- ・軟弱地盤においては、周辺の土工事、施工機械の移動、杭の打設に伴う土圧バランスの変化により、基礎の施工中に杭の移動、傾斜、沈下が生じる例がある。
- ・支持層は十分な厚さを有している必要があるが、やむを得ず薄い支持層に杭を支持させる場合には、これを考慮して杭の先端支持力の評価を行う必要がある。
- ・打込み杭では、均質な砂あるいは砂れきの場合において粒径が揃っていて締め固まり難いような地盤条件の場合や大口径になる時には先端の閉塞効果について、別途検討が必要になる場合がある。
- ・プレボーリング杭工法を用いる場合で、レベル2地震動を考慮する設計状況において基礎の塑性化を考慮する設計を行う場合には、あらかじめレベル2地震後にソイルセメント柱が有効でなくなった場合も想定して、永続作用支配状況及び変動作用支配状況における安定照査及び部材照査を行う必要がある。

【解説】

(1) 杭基礎は剛体とみなせる厚さを有するフーチングに、杭を剛結する構造とすることを原則とする。場所打ち杭の工法には、オールケーシング工法、リバース工法、アースドリル工法があり、工法によって施工可能な地盤条件、杭長、支持機構も異なることから検討が必要である。

既製コンクリート杭、鋼管杭の施工方法には、打込み工法（打撃工法）、中掘り杭工法（セメントミルク噴出攪拌方式、最終打撃方式）があり、既製コンクリート杭を用いたプレボーリング杭工法、鋼管ソイルセメント杭を用いた鋼管ソイルセメント杭工法及び鋼管杭を用いた回転杭工法がある。工法によって施工可能な地盤条件、杭長、支持機構も異なることから検討が必要である。

杭基礎の施工はドライな状態で行う必要があるため、河川内橋脚の施工においては仮締切りなどを行う必要があり、採用においては河川条件などを検討する必要がある。

(2) 供用期間中に橋脚や橋台を通して伝わる上部構造等からの荷重を支えるためには、基礎は長期的に安定して存在し、所要の強度・変形特性を有する地層に確実に荷重を伝達できる構造とする必要がある。このため、道路橋示方書では支持層に支持させること（支持杭基礎）を基本としている。ただし、支持層として評価できる層が地中深くにしか存在しないような条件では、支持層への支持が施工上困難であったり、著しく不経済となったりする場合がある。このような場合には、著しい地盤沈下が生じないことおよび将来とも予想されないこと、杭の根入れ長が杭径の25倍（杭径1m以上の杭については25m）程度以上であること、粘性土地盤においては、杭の根入れ長の1/3以上が過圧密地盤に根入れされており、また、有効土被り応力と主荷重による増加応力の和が圧密降伏応力を超えない場合には、支持杭と同じ安全率が採用できる周面摩擦抵抗により荷重を支える摩擦杭基礎とする場合がある。

(3) プレボーリング杭工法を用いる場合で、レベル2地震後にソイルセメント柱が有効でなくなったことを想定する場合には、ソイルセメント柱が有効でなくなる範囲の目安として、杭頭から $1/\beta$ 程度（ここに、基礎の特性値 β を算定する際の k_H は、地震の影響を含む場合の値とする。）とすればよいことが既往の研究により確認されている。永続作用支配状況及び変動作用支配状況においては、この範囲の摩擦抵抗及び

水平抵抗を無視して、安定照査及び部材照査を行う。

杭基礎の設計上の留意点は、杭工法や杭種に応じて数多くの事項があるので、道示IVや杭基礎設計便覧を参照すること。

3.8.6.3 ケーソン基礎

(1) 構造の特徴・概要

- ・ケーソン基礎は、底部を開放したコンクリートの筒状の基礎本体を地上で構築し、その筒内の地盤を掘削しながら地中に沈下させていくことにより構築する柱状体の基礎構造である。
- ・ケーソン基礎には、施工方法により、オープンケーソン工法、ニューマチックケーソン工法がある。

(2) 耐荷機構

鉛直荷重は、基礎底面地盤の鉛直地盤反力のみで抵抗させる。水平荷重は、基礎底面地盤の鉛直地盤反力とせん断地盤反力、前面地盤の水平地盤反力、側面地盤の水平せん断地盤反力および周面地盤の鉛直せん断地盤反力で抵抗させる。

(3) 形式選定にあたって知っておくべき設計上の留意事項

有効根入れ深さ L_e が基礎幅 B との比 (L_e/B) が $1/2$ 以下の場合には、ケーソン基礎の工法で施工されても安定に関しては直接基礎の設計法を適用する必要がある。

【解説】

(1) 断面剛性が大きく、高い水平抵抗力と鉛直支持力が期待できる構造である。

河川内施工では、ケーソンを地中に落とし込む箇所に、締め切り鋼矢板等で囲った内側に土砂を入れて人工の島（築島と呼ぶ）を設け、それを施工基面とする必要がある。

オープンケーソン工法は、地上で構築したケーソン本体の内部の地盤を掘削しながら徐々にケーソンを沈下させ、所定の支持層まで到達させる工法である。なお、自重だけでは沈下させられない場合が多いので、グラウンドアンカーなどによって沈下のための反力を確保することが多い。また、掘削～沈設の後、基礎先端部に底版コンクリートを打設して、柱状体基礎としての構造体を構築する。

ニューマチックケーソン工法は、最下段の箱状のケーソン下部に底版コンクリートとで仕切られた作業室を設け、作業室内に圧縮空気を送り込み、この気圧により水や泥の流入を防止して、土を掘削しながらケーソンを沈下させ、所定の支持層まで到達させる工法である。施工には、作業室内の加圧や減圧を行う設備などの特殊な機械設備を備える必要があるとともに、作業室からの掘削土砂の搬出や資材の搬入のための作業孔が必要である。また、高気圧下での作業となるため、作業員の労働安全衛生管理には十分な配慮が必要である。

(3) L_e/B が $1/2 < L_e/B < 1$ のケーソン基礎についても、少なくとも以下のいずれかの条件に該当する場合には直接基礎の挙動に類似することから、直接基礎として安定に関する設計を行うのがよい。

- ・根入れ部前面の抵抗が期待できない場合
- ・レベル2地震動を考慮する設計状況において、基礎底面の浮上りや前面地盤の降伏により、ケーソン基礎が降伏を超える場合

3.8.6.4 鋼管矢板基礎

(1) 構造の特徴・概要

- ・鋼管矢板基礎は、鋼管矢板の継手管を相互にかみ合わせて井筒状に閉合させる基礎構造である。
- ・鋼管矢板の打設工法には、中掘り工法と打込み工法がある。
- ・鋼管矢板基礎の施工方式には、仮締切兼用方式、立上がり方式および締切方式がある。

(2) 耐荷機構

鉛直荷重は、基礎底面地盤の鉛直地盤反力、基礎外周面および内周面の地盤の鉛直せん断地盤反力で抵抗させる。水平荷重は、基礎底面地盤の鉛直地盤反力とせん断地盤反力、前面地盤の水平地盤反力、側面地盤の水平せん断地盤反力ならびに外周面および内周面地盤の鉛直せん断地盤反力で抵抗させる。

(3) 形式選定にあたって知っておくべき設計上の留意事項

- ・鋼管矢板基礎の設計にあたっては、継手管部の強度及び剛性を考慮して、このずれ変形を適切に考慮できる方法により、応答値を算出する必要がある。
- ・各鋼管矢板は、隣接する鋼管矢板と接合しながら打設することになるので、動的支持力などによる打ち止め管理が困難であること、平面寸法が大きく支持層の不陸が容易に想定されることから、打ち止め管理のために平面上で密な地盤調査が必要になる。
- ・変動作用支配状況において鉛直支持力が厳しくなるような配置で使われた例は少ない。一方で、中打ち杭が必要になる場合、外周部と中打ち杭の荷重分担について別途検討が必要になることがある。

【解説】

(1) 鋼管矢板基礎は、大断面の柱状体基礎となるため、杭基礎に比べて曲げ剛性と鉛直支持力が大きく、大きな荷重を支持することが可能な構造である。仮締切兼用方式は、基礎本体の鋼管矢板を仮締切工として兼用するため、仮締切工を施工し、その内部に基礎を構築するのに比べて工期が短く、また占有面積が小さいという長所があることから、河川内の基礎に用いられる場合が多い。

(3) 仮締切兼用方式の鋼管矢板基礎については、永続作用支配状況及び変動作用支配状況において、仮締切時の残留応力を考慮する必要がある。

3.8.6.5 地中連続壁基礎

(1) 構造の特徴・概要

地中連続壁基礎は、隣接する地中連続壁間を継手を用いて連結し、平面形状が閉合断面になるように築造し、その頭部に頂版を設けた基礎構造である。橋台では、側方移動対策も兼ねて、地中壁を閉合せず、多列壁基礎として用いられた例もある。

(2) 耐荷機構

鉛直荷重は、基礎底面地盤の鉛直地盤反力、外周面および内周面地盤の鉛直せん断地盤反力で抵抗させる。水平荷重は、基礎底面地盤の鉛直地盤反力とせん断地盤反力、前面地盤の水平地盤反力、側面地盤の水平せん断地盤反力、外周面および内周面地盤の鉛直せん断地盤反力で抵抗させる。

(3) 形式選定にあたって知っておくべき設計上の留意事項

有効根入れ深さ L_e が基礎幅 B との比 (L_e/B) が 1 以上である基礎を対象としている。 L_e/B が 1 未満の場合には、ケーソン基礎と同様に直接基礎としての設計する条件に該当する場合には、安定に関しては直接基礎の設計法を適用する必要がある。

【解説】

(1) 近年、連壁の 1 エレメントを並行に配置した壁式基礎の検討が行われ、橋台の側方移動対策や基礎の耐震補強等に一部利用されてきている。このような壁式基礎は平面形状が閉合断面になるような基礎とは異なるため、道路橋示方書の規定をそのまま適用することはできないものの、共通点も多いことから、適用の際にはその構造特性等を十分に検討したうえで、道路橋示方書の規定を準用することができる。

(2) 地中連続壁本体の自重は、まだコンクリートが固まらない状態で作用するため、基礎底面の鉛直地盤反力のみで抵抗させる。橋台や橋脚からの鉛直荷重、頂版の自重および頂版上の土の重量に対しては外周面および内周面の鉛直せん断地盤抵抗を考慮できる。

3.8.6.6 深礎基礎

(1) 構造の特徴・概要

- ・深礎基礎は、深礎工法により構築される基礎構造である。
- ・深礎工法は、地下水位が低い比較的堅固な地盤において土留めを用いて地盤を掘削し、支持層を目視等で直接確認し、気中と同様の施工条件および施工管理にて鉄筋コンクリートを構築する工法である。
- ・土留構造には、自立性の低いまたは湧水のある地盤などで適用されるライナープレート等の土留材を用いる場合と、自立性の高い地盤で適用されるモルタルライニングや吹付けコンクリートを用いる場合がある。

(2) 耐荷機構

鉛直荷重は、基礎底面地盤の鉛直地盤反力のみで抵抗させる。水平荷重は、基礎底面地盤の鉛直地盤反力とせん断地盤反力、前面地盤の水平地盤反力で抵抗させる。ただし、自立性の高い地山で基礎周面地盤のせん断抵抗を期待できる土留構造を用いる場合には、基礎側面地盤の水平せん断地盤反力および周面地盤の鉛直せん断地盤反力も考慮できる。

(3) 形式選定にあたって知っておくべき設計上の留意事項

- ・斜面安定対策で想定する傾斜崩壊等の範囲にかかるなどの斜面の変状の影響が想定される個所に組杭深礎基礎を設置する場合は、斜面の変状の影響を受けにくくするために、橋軸方向及び橋軸直角方法のどちらにも複数列となる組杭構造とするのが一般的である。
- ・地盤反力係数や地盤反力度の上限値等については、斜面での実験等に基づいているため、道路橋示方書に示される深礎基礎の規定は 10 度以上の斜面上に設置される深礎基礎が適用条件とされている。
- ・10 度未満の斜面や水平地盤に設置される深礎基礎については、ケーソン基礎等の設計法も参考にして、道路橋示方書に規定される深礎基礎や他の基礎と同等の性能が確保されるよう設計する必要がある。

【解説】

過去には地震後に安定性が懸念されたこと、および斜面上での施工となることから、施工中の安全性の確保の観点から入念な地質調査を計画する必要がある。

鉄筋の組み立てに当たって、その安全性を確保するため、適切な措置をとる必要がある。

(1) 深礎基礎には、ケーソン基礎や地中連続壁基礎と同様に単体の柱状体構造とする柱状体深礎基礎と、複数の深礎杭をフーチングで剛結した組杭構造とする組杭深礎基礎がある。柱状体深礎基礎は、下部構造躯体の軸方向鉄筋が確実に定着できるような寸法であることや躯体の剛性に比して十分な大きさを有することが必要であることから、基礎径はこれまでの実績も考慮して 5m 以上を目安とされている。組杭深礎基礎は、掘削や支持層状況の確認、基礎本体の構築を孔内で行うため、安全性や施工性を考慮する必要がある。

あることから、基礎径はこれまでの実績から 2m 以上が用いられている。土留材は原則として撤去せず、ライナープレートを用いた場合は周囲にモルタル等を注入して空隙を充てんする。

法面の施工になるため、施工中の安全性の確保の観点からも入念な地質調査が求められる。

(2) 調査について

斜面崩壊等の発生が考えられる地形・地質では、過去より山地部の斜面崩壊等によって落橋などの甚大な被害が生じていることから、道示IV [2.4.1] に規定しているように特に留意して調査を行う必要がある。

地盤調査は、一般に基礎の直下のみで実施するが、過去の被災事例では橋の上方からの斜面崩壊等により落橋等が生じるパターンもあることから、道示IV [2.4.1] に規定しているように、基礎の直下に限らず橋の上方も含めた周辺の斜面等についても実施する必要がある。

(3) 下部構造の設置位置について

調査の結果、橋に影響を与える斜面崩壊等が生じると判断された場合は、道示IV [3.1] に規定しているように、斜面崩壊等の影響を受けない箇所に下部構造を設置することが標準となる。

(4) 仮設構造の選定・施工について

竹割り型土留め構造やその設計法は、背面からの斜面のすべり作用等に対する抵抗を考慮したものではない。したがって、竹割り型土留めは安定した斜面上において適用するとともに、施工時に動態観測を行い想定外の作用土圧等が確認された場合には、施工を中断するなどして適切な対応を行う必要がある。

以下に最近の事故事例を紹介する。

■深礎基礎の施工時の事故事例

国道41号片掛地区のり面崩落による竹割り工の崩壊について

○概要

令和2年4月10日12時33分、富山市片掛地区でのり面保護施設施工中のり面(斜面長さ:約40m、幅:約20m)が崩落した。また、のり面の崩落により、橋梁下部構造(ニューマチックケーソン)の施工及び供用時の土留めのために構築した竹割り工(高さ:約18m)が崩壊し、竹割り工内部が崩土で埋まった。



のり面崩落の状況



竹割り工崩壊の状況

○のり面変状の経緯

当初は崩壊したのり面にのり面保護施設施工の計画は無かったが、竹割り工施工時より竹割り工施工のための仮設構台の支柱の沈下、竹割り工のクラックや国道41号の道路路肩に開口亀裂等が発生したことから、鉄筋挿入、のり枠やアンカー等ののり面保護施設が施工された。パイプひずみ計および地盤伸縮計によるのり面の計測は、のり面保護施設施工前の平成30年12月から開始し、台風19号等の降雨の影響と考えられる変動が継続して観測されており、最終的にはのり面保護施設施工のために仮設構台張り出し部を撤去した直後にのり面の変動が加速して崩壊に至った。

■法面の崩落

◆2018/12/13
国道路肩に開口亀裂発生

○竹割り工の施工（約18m掘削）
 ⇒仮設構台支柱に沈下
 法面が緩み国道路肩に開口亀裂
 竹割り工にクラック
 （2019/3/12確認）



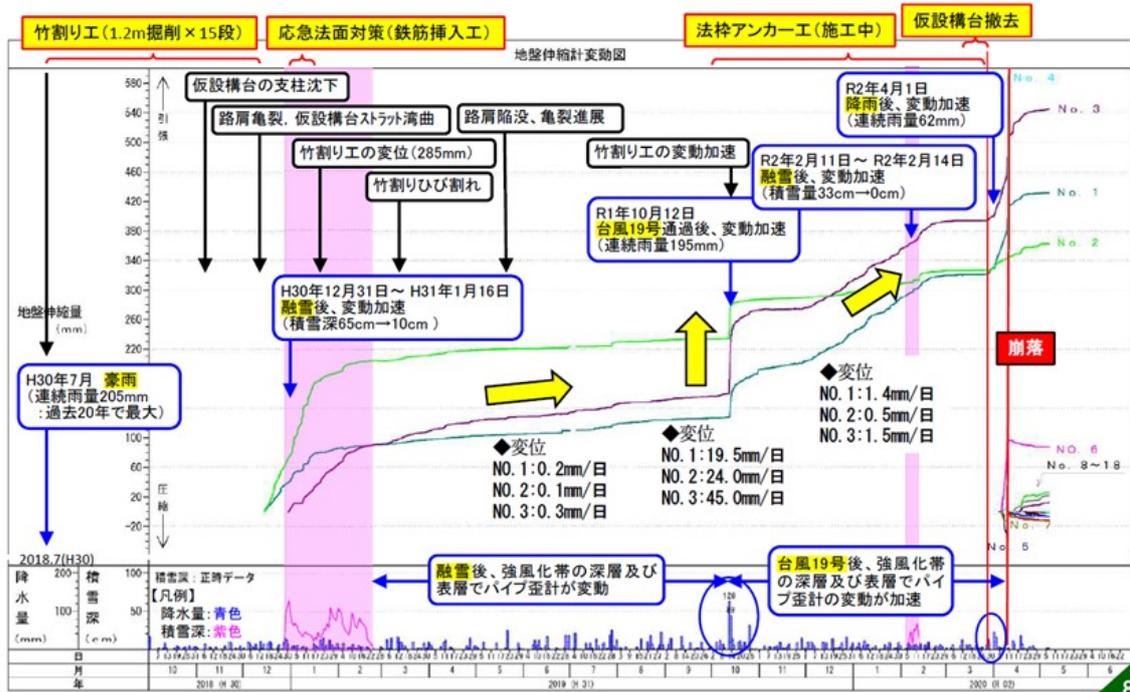
法面対策工を実施
 ・鉄筋挿入工
 ・法枠・アンカー工

◆2020/4/10（12時33分）
法面崩落

○仮設構台張り出し部の撤去
 ⇒法面末端部が崩落
 段丘堆積物が法面下方に変動
 法面が崩落



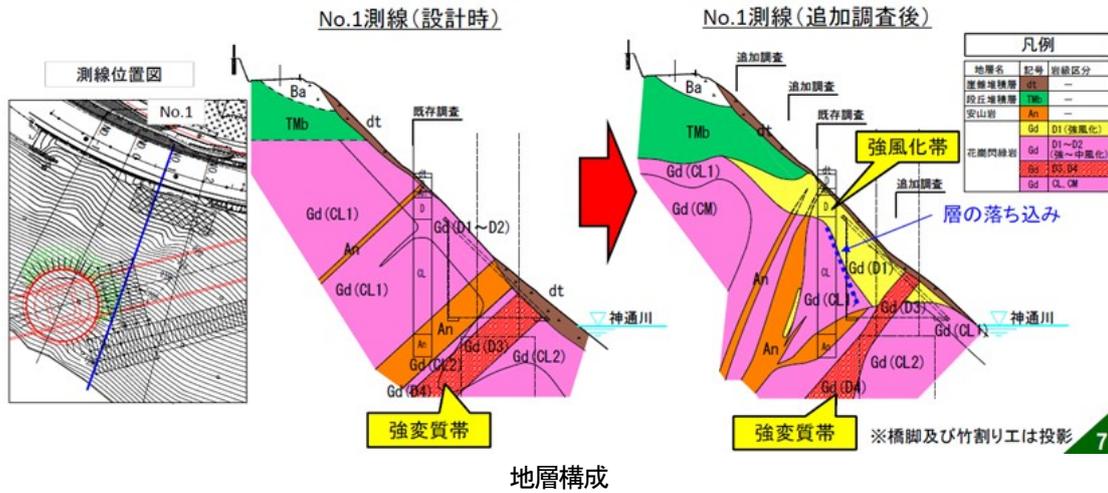
被災概要



経時変化

○地層構成

設計時は、既存調査結果から地形勾配にあわせて均一な厚さで風化の程度が異なる表層(D1~D2)が分布するとしていたが、崩壊後の追加調査や他断面との連続性を考慮した総合解析を行った結果、強風化(D1)と評価されるとともに、竹割り工周辺で落ち込むように層厚が厚いことが明らかとなった。また、法面下部の強変質帯(D3、D4)も、分布の方向及び層厚が設計時の想定とは異なり断面毎に複雑に変化していた。



4章 道路橋示方書に橋や部材等に適用するにあたって性能の達成手段に関する具体の規定がない材料等の扱い

4.1 一般

- (1) 性能を満足させるための具体の照査式との達成手段が道路橋示方書に規定されていない材料や構造を用いるにあたっては、道路橋示方書共通編 1.8.2 に従い、橋や部材等としての性能を満足するよう、説明性のある手段を用いて設計する必要がある。
- (2) 性能を説明、検証するにあたっては、必要な検討項目を抽出する。なお、各検討項目に対する検討方法の選定については、少なくとも「付録1 新技術評価のガイドライン」に適合したものとなるようにする。

【解説】

(1) 橋、高架の道路等の技術基準（道路橋示方書）は、法令の規定に対して、達成水準を含めた要求性能や条文によってはその選択の考え方、及び、標準的な性能の達成方法を規定している。また、標準的な性能の達成方法は、信頼性を含めた達成水準を具現化する役割も担っている。各条が性能規定化されており、要求性能と見なし規定の一連からなる条文体系を取っているので、支間長が200m以上か未満かによらず、性能（信頼性を含む）を満足するように、みなし規定の方法（性能が達成されるとみなせる標準的な方法）については適切な代替案を受け入れられるようになっている。

道路橋示方書の各条文は要求性能とそれを満足する標準的な検証手法の組合せで構成されるだけでなく、橋全体としても性能の評価が可能であるように、橋全体系として求める性能が明確化され、橋全体系の性能を照査するための上部構造、下部構造等の性能の検証方法、さらには、上部構造、下部構造等を構成する部材等の性能の検証手法も階層的に要求性能と標準的な検証手法の組合せとして規定されている。ただし、たとえば道示 I [8.2] に規定される活荷重のように、要求性能とみなし規定の一連からなる条文体系を取っていない条もあり、この場合は、規定そのものが道路橋の要求性能そのものとなる。

また、道示 I [3.3(2) (3)] の解説のように、支間長が大きくなる、これまででない構造の特徴があるなどの場合には、「少なくとも考慮する事項」以上に考慮すべき事項がないかを検討し、必要かつ適切な事項を追加することが必要な場合も想定される。また、道示 I [5.2(12)] の解説では、耐荷性能の照査について、「少なくとも照査する事項」に加えて、「橋によっては個別に照査事項や方法を設定する」ものとされている。なお、道路橋示方書の解説では、たとえば過去に経験のある形式でも経験に乏しい規模で大規模化する場合などの特殊な構造について、着眼点の設定にあたっての留意点が記載されている。

道路橋示方書では、照査方法の具体がないなどの新しい技術については、個別の案件ごとに、その性能の評価方法やそれに基づく設計の方法を都度検討することを基本としている。現時点では、道路橋示方書に適合するように部分係数を評価するための手順は一般化されておらず、常に、案件毎に個別に検討を行う必要がある。また、性能を評価するということには、その適用の方法も評価することが含まれる。

個別に性能を評価し、設計に適用するにあたって普遍的に求められる要件そのものは、道示 I [1.8.2] に規定されている。理論的な妥当性を有する手法、実験等による検証がなされた手法等適切な知見に基づいて行われる必要があるとされている。また、同解説では、要求性能が満足されることの証明は、理論的な妥当性や実験等による検証等適切な知見に基づく必要があることが述べられている。

たとえば、部材等の耐荷性能の観点では、実際の架橋条件や施工条件を忠実に再現できる載荷実験を行って、性能を確認する方法について、実験をしてみるだけでなく、その再現性を担保するために、実験結果を再現するための施工管理方法の検討を行うべきであることが注意されている。また、新しい二次製品

については、破壊形態、強度や変形能、耐久性能などの性能が確認された範囲で用いることが必要であることが述べられている。

いずれも、実際の橋として用いる場合の耐久性や耐震性について事前に検証できる範囲にも限界があることなどから、維持管理の確実性の観点で特に注意し、その適用方法を考えることなどが注意されている。これについても、道示 I [1.8.2] の解説では、採用を行う部材、箇所・方向などの選択を吟味し、その不確実性が部材の耐荷性能の観点から致命的にならないようにすることや、交換や修繕の方法を予め計画しておくことなどの例が挙げられている。

構造解析手法についても、標準的な手法によらないときには、まず、その目的を明らかにすることが解説されている。次に、耐荷力式や部分係数、それと構造等の詳細については実験等を背景に一連で規定されているものもあることなども配慮し、部分的にその数値解析を適用することが部材等の規定の前提条件などに適合するかどうかを考慮することが解説されている。また、最終的に、数値解析結果の解釈や適用の方法について、個別に検討する必要があることなどが注意されている。

以上のような個別の注意の他に、同解説では、道路橋示方書の条文間の関係性についても解説されている。橋としての要求性能の証明にあたっては、条文間の関係性も考慮したうえで行う必要があることが述べられている。換言すれば、新技術として、材料、構造や施工法などの様々な提案が期待されるが、この解説のとおり、いずれも、道路橋示方書が求める性能や信頼性の測り方や条文間の関係にも忠実に、部材等、及び、橋としての性能や信頼性の観点から、相互の関係性も含めてその妥当性の工学的根拠を明らかにする必要がある。そこで、令和2年に改定版が出版された鋼橋やコンクリート橋の設計便覧では、たとえば材料の提案を例に、表-4.1.1に示す4つの評価が全て必要であることと検証項目の例が示されている。

表-4.1.1 鋼橋設計便覧やコンクリート橋設計便覧における材料等の評価段階と評価項目の例

<p>(1) 材料としての評価</p> <p>1) 機械的性質 (部材として耐荷性能及び耐久性能を評価するための前提となる信頼性)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・応力ひずみ関係の再現性 ・時間依存性挙動 (クリープ、リラクゼーション等) の再現性 ・物理化学的特性 (温度依存性、乾燥収縮等) の再現性 ・載荷速度依存性の再現性 ・繰り返し載荷に対する挙動と再現性 ・材料間の相互作用 (付着特性等) に対する再現性 <p>2) 寸法・施工精度</p> <ul style="list-style-type: none"> ・硬化時間・加工形成時 (切削・折り曲げ等の特性) ・検査方法 <p>3) 化学的性質</p> <ul style="list-style-type: none"> ・化学的安定性 (劣化機構の明確化) ・耐火特性 <p>4) 定着・継手の場合</p> <ul style="list-style-type: none"> ・継手機構の明確さと再現性 ・荷重変位関係の再現性 ・繰り返し作用に対する挙動と再現性
<p>(2) 部材等の評価</p>

<p>1) 部材耐荷機構</p> <ul style="list-style-type: none"> ・部材としての耐荷機構の明確化 ・部材断面力に対する破壊に至るまでの挙動と再現性 ・耐荷機構に基づく限界状態の設定 <p>2) 耐久性</p> <ul style="list-style-type: none"> ・繰り返し作用に対する部材としての挙動と再現性 ・疲労設計・防食設計を行うために必要な知見の有無
<p>(3) 特定の部材としての評価</p> <p>柱や床版等、特定の部材で用いる場合に求められる特性</p>
<p>(4) 部材の使い方の評価</p> <p>(1) から (3) の検討を行ったうえで、実際の長期の使用や長年の間の多様な外力及び環境条件における経験がない場合における適用方法など（何らかの変状等が生じた場合でも橋の性能が急変しないような箇所で使用することの配慮や、交換できるようにしておくといった配慮など）</p>

(2) 道路橋の設計手法に求められる要件そのものは、共通編1.8.2に規定されている。しかし、要件を満足させるための検討項目や方法に確立されたものはない。そこで、各要件について、性能を説明するための項目は案件毎に個々に検討する必要がある。また、各項目の説明にあたっては、道示が求める性能や信頼性の測り方に忠実に、部材等、及び、橋としての性能や信頼性についての工学的根拠を明らかにする必要があり、方法論も案件後に個々に検討する必要がある。

これらの検討では、検討項目や検討方法の度合いについて協議する必要がある。そこで、国土技術政策総合研究所を中心に、新しい提案を用いたときの部材等の性能を検証する基本的な流れや、検証のアプローチ手法や具体的な検証方法の流れをまとめようとする取り組みが行われ、国総研資料第609号「道路橋の技術評価手法に関する研究－新技術評価のガイドライン（案）－」（2010）としてまとめられている。平成14年の道路橋示方書の改定の後に作られたものであるが、内容は、普遍的な事項によっており、現在でも十分に参考になるものである。

なお、使用実績も参考にされることも多いが、それが直接的に限界状態の再現性や実施工・実環境下の耐久性を代表するものとはならない場合も多いと考えられる。実績が何に関する検証の補助となるのかを明確にし、参考の仕方も明らかにしたうえで、実績やそれに関連する内容を調べる必要がある。

4.2 橋や部材等の耐荷性能の観点からの評価

部材等の耐荷性能の観点からは、技術基準に規定のない材料や構造の性能の評価は、少なくとも次の観点から行う。

- ・材料の性質、棒や版等の部材一般としての一般的な性能、特定の部材種別として求められる性能について、これらの相互関係が体系的に把握できるように評価を行う。
- ・当該材料や構造を用いた部材等について、限界状態とそれを評価するための特性値を定義できるように評価を行う。たとえば、断面力の増加に関する荷重支持機構や損傷形態の発現やその再現性が明らかにされるように、評価を行うことが考えられる。
- ・設計において、部材の履歴特性に応じたエネルギー吸収を考慮する場合にも、塑性化していても、その限界状態を超えない限りは載荷履歴によらず、部材等の状態が想定されたものに留まることが確認できるように、評価を行う。
- ・接合部の性能も一般部と同様に明らかにされるように評価を行う。
- ・構造系によっては、立体的な挙動に対して安全側に状態を評価したり、断面形状を保持するための構造の詳細を決定できるように、道路橋示方書の全編の規定を参考に評価を行う。

【解説】

橋の耐荷性能は、橋が遭遇する状況に対して、安全性を確保し、かつ、その状況で求める橋の機能を満足する適切な状態のそれぞれについて必要な信頼性が確保されることと捉えている。そのために、橋があるべき状態やその限界、及び、落橋等の致命的な状態が避けられる限界の状態を具体的に想定することが規定された。新技術の観点から言えば、どのような形式、材料や部材を用いた橋でも、その性能の照査を行うための方法が規定されたこととなる。また、ある特定の荷重条件に対して損傷しないことを証明するだけでは性能の照査の必要十分条件にならないことも明らかにされた。限界状態を具体的に想定することということは、部材等が破壊に至るまでや橋が落橋に至るまでの過程が明らかでなく、一部の部材等に損傷が生じ、剛性や支持力が低下していく過程が制御（設計）されない構造については、性能の照査を直接行うことはできないとも言える。また、点検の確実性の観点で見れば、壊れ方が分からないものについて診断を下すことはできないということにもなり、そのような構造は避けるべきと言うことになる。

しかし、直接的に橋全体系の損傷過程を評価するための評価方法は確立されていないし、新技術に関する実際の提案は部材単位、材料単位であることが大半なことを考えれば、常に直接的に橋全体系で損傷過程を評価しなければならないことも無理がある。

そこで、道路橋示方書の条文構成からも明らかなように、道路橋示方書では、材料の性質を保証したうえで、それを用いた棒や版部材が満足すべき性能やその達成手段の標準的な考え方、その棒部材や版部材を特定の部材種別（桁、橋脚、床版、タワーなど）に用いるときの部材種別として満足すべき性能やその達成手段の標準的な考え方、又は、棒部材等を接合してトラス、アーチなどの耐荷メカニズムを発揮させるための性能や標準的な達成手段が規定されている。このような条文構成がとられているからこそ、規定のない材料や構造等についても、材料の観点、部材一般の観点、部材種別の観点、橋としての観点での一連の検証を行う道筋が明確になっている。

以上からは、橋としての性能を評価するにあたって、標準的には、ごく一般的な設計の手順を取れる。まず、上部構造、下部構造、及び、上下部接続部の構造毎の設計をそれぞれ適切に行うことで橋全体としての性能を満足させられるように、橋全体系の形式等を設計する。次に、上部構造、下部構造、上下部接続部のそれぞれについても、各部材について適切に設計することで、構造単位での性能を満足させるように、部材配置等を行う。そして、最終的には、全ての部材の性能を満足するように設計するという手順で

ある。このとき、材料については、部材を構成する要素なので、部材等の設計ができるように選定し、適切に用いることが前提である。鋼部材やコンクリート部材については、構造力学に基づいてその限界状態の特性値と制限値からなる照査基準の設定がされ、さらにはこれらを主桁、柱、床板など特定の目的を有する部材として用いるときに特有の照査基準も設定されている。また、ある階層について、新たな技術を用いる設計をとするときは、その階層で求められる要求性能を満足させるだけでなく、その上位、下位の階層の規定とも齟齬がないように設計することが求められる。

上部構造、下部構造、上下部接続部を区分するにあたって、形状等で分けることが適切でないこともある。道示 I [1.2.1(2)] の解説では、主桁と橋脚と基礎が一体化されるような構造について、基礎と地盤の相互作用の影響を見込む構造の範囲を適切に評価する必要性が示されている。主桁等について、地盤のばらつきの影響を考慮する必要性や考慮方法によっては、個別に部分係数等を検討することも考えられるが、その検討方法には一般的な考え方が定まっていないので、注意を要する。境界条件自体も設計・構築される構造体である部分を上部構造と考えるとよい場合が多い。このとき、これらの構造間で、作用や応答を相互に伝達する一方で、地盤に起因する不確実性を上部構造に直接影響させない役割を担う部分が上下部接続部として整理できる場合も考えられる。

道路橋示方書において、性能とは、信頼性を含めた概念である。案件毎に性能を評価するにあたって、部材等の場合、多くの実験を行うことは期待できず、当該案件に求められる条件を吟味し、実験等のケースを決定することになる。統計的なデータが不足することが否めない点については、それを補う工夫が求められる。たとえば、道示 I [1.8.2] の解説に例が示されているように、材料、部材一般、部材種別という過程での検証を経たうえで、実際の材料、施工手順や管理を模した実大の実験等を行うことなどが考えられる。実際の橋では多様な状況に置かれることが想定されることから、実験等のケースを決定したり、実験等の結果に基づいて設計を行うためには、材料の機械的性質や化学的性質が明らかであることが重要である。

単調载荷、繰り返し载荷、持続载荷など、外力の与え方を変えたときの応力ひずみ関係の再現性などは、その材料等の使い方を考えるうえで必要となる。また、圧縮、引張の応力ひずみ関係について、それぞれの応力下での材料の性質に依存して部材等の挙動を制御するにあたっては、それぞれ保証されていなければならない。引張強度にも期待するようなコンクリート材料を用いて、引張を受けるときの応力ひずみ関係の性質に依存して部材の挙動を制御する場合には、コンクリート材料とは言え、その応力ひずみ関係がとり得るばらつき幅、繰り返し载荷による変化、持続载荷による変化などが引張側でも保証される必要がある。たとえば、この検討には、鋼材の応力ひずみ関係の保証方法などが参考にできる場合も考えられる。

道示 I [9.1] の解説にあるように、材料としての性質が明らかだけでなく、部材中にその材料を用いるときの条件が明らかになっていなければならない。たとえば、高強度の鋼材をコンクリートに埋め込むにあたっては、付着特性や定着構造についても一体で上記のような検証が行われ、それぞれの挙動と再現性が材料として保証されなければならない。そのように保証された材料を用いるからこそ、部材レベルで载荷試験等を行った結果の再現性に目安を持つことができることになるが、そうでないならば、材料のばらつきのあらゆる可能性を検討しなければならないので、橋の設計は困難になる。

なお、部材等の性質の中には、明確に要求されていないものの広く一般に明らかにすることが求められる性質も含まれる。たとえば、有害物質の有無や耐火性などが含まれる。

信頼性はいずれも材料等のばらつきを統計的に考慮すればよいということではない。道路橋示方書は、

限界状態という概念と部分係数という概念を導入している。限界状態が明らかであることは、求める状態に留まることの信頼性を制御でき、また仮に変状が生じた場合に構造全体に与える影響を考察することができるようにするために必要な概念である。また、部分係数は、その再現性を定量的に評価するために必要な概念である。道示Ⅰ〔1.8.2〕の解説に記載のとおり、施工手順までも再現して実際の部材を試験的に再現した供試体を用いて、その部材特有の載荷状態や単調又は繰り返し載荷を与えることで、限界状態の設定や損傷後の調査、診断に必要な知見が得られると考えられる。

耐荷機構を確実に発現させるには、構造等の詳細の設計の段階にも依存しており、部材や接合部の範囲での荷重分担が明確であることが重要である。ただし、外力の増加に対して状態が替わる（限界状態を超える）と荷重分担のメカニズムが替わるということは差し支えないが、その場合も、変化したあとの荷重分担が明確であることが必要である。たとえば、プレストレストコンクリート構造は、全断面のコンクリートが有効となるようにプレストレスを導入する構造であるが、それでも、破壊形態を制御するため、ひび割れが生じる可能性に対して分散ひび割れが生じるように鋼材を別途配置することにしていたり、曲げと軸力を受けるときにはコンクリートの圧壊が先行しないようにしたうえで、最低限のスターラップなどを配置することで圧壊が生じたとしてもその脆性挙動の程度にも配慮されている。このように、規定のない材料や構造等を用いるときには、その部材が壊れないことを保証するだけでなく、壊れたとしたときの挙動までの説明性にまで配慮されている必要がある。これらの説明性は、抵抗係数や部材・構造係数の適用と密接に関係することに注意する。

この他、材料によっては、載荷速度や温度への依存性などもあり、これらの条件についても、部材等としての性能を評価する項目や方法に反映させる必要性を検討する。

接合部も、部材一般と同様に検証される必要がある。ただし、耐荷機構という観点では、たとえば道示Ⅲ〔7章〕のように、部材どうしと接合の間の損傷位置・順序や形態が明らかにされる必要がある。これは、強度に比率を付けるということだけでなく、部材同士及び接合の損傷形態と再現性が明確であればよいことを意味している。

なお、道路橋示方書の体系に適合させつつ、新たな部分係数を提案するための方法論は確立されていない。道示Ⅰ〔5.2〕の解説のとおり、調査・解析係数については、橋の応答の評価などで様々な計測や検討を行ったとしても標準的な0.90よりも大きくすることは想定されないので、その趣旨を反映して設計する。また、抵抗係数や部材・構造係数についても値そのものを調整する方法はないので、すでに具体的に照査方法や構造細目などが規定された方法における抵抗係数や部材・構造係数の適用性を検討することが合理的である場合が多いと考えられる。

道示Ⅴ〔2.4.6(5)2〕で「部材等の構造条件に応じた、部材等の耐力、非線形履歴特性及び破壊形態が考慮できる適切な知見に基づいた方法による」とされている。これまでの研究では、履歴の効果を見込んだうえで、その経路の最大を評価し、それと、荷重変位曲線上に定義される限界状態を比べることが、その部材等が履歴をたどる過程中、その部材等や橋の状態は常に安全側にあることが明らかであることを指す、実験などの研究開発がされている例が多い。履歴の効果を見込むには、部材等の挙動を履歴モデルで考慮したり、等価線形剛性と減衰定数で考慮したり、荷重変位曲線と適切な減衰の設定で考慮したり等様々な方法があり得るが、履歴の効果の扱い方と橋や部材等の状態、限界状態の関係性が明らかで、かつ、応答の最大の再現性を説明できることが必要になる。履歴が温度や速度やひずみなど、様々な条件に依存する場合にも、その程度について制御されることが必要になる。

なお、耐震設計で、一般に、橋の応答は橋軸及び橋軸直角方向で評価されるが、これは3次元的な挙動

を評価するための代表的な方向を示しているものと考えられる。したがって、仮にこれらの代表方向について橋の状態（応答）を評価するとしても、橋が3次元的に挙動することと齟齬が無いように履歴の影響を考慮できるように、部材等の配置を検討する必要がある。

材料から部材一般、部材一般から部材種別という観点で検討を進めた最後には、橋としての検討が必要になる。たとえば、**3.8.4.2 波形鋼板ウェブ橋**や**3.8.4.3 複合トラス橋**でも記述しているとおり、鋼・コンクリート複合構造について、橋の立体的な挙動に対して安全側に状態を評価したり、断面形状を保持するための構造の詳細を決定したりするための方法には、確立したものがない。道示 I [3.1] [3.3] のとおり、橋の立体的な構造特性から生じる内力等が重なることで構造物の性能に与える影響や、道示 I [4.4] その結果生じ得る二次応力の影響をできるだけ小さくできるような構造の詳細について、橋毎に検討する必要がある。活荷重についても、道示 I [8.2] の解説に記載のとおり、ウェブの部材構成などによっては、接合部などに最も厳しくなるような活荷重の形状や載荷方法を別途検討する必要がある可能性もある。隔壁等の設計も、薄肉部材の設計も参考に、集中力に対する力の伝達が可能であるように隔壁や取り付け部の剛性等を検討したり、せん断変形、そりねじりに対しても断面形状の保持や立体的な応答の制御という観点で形状や配置に注意する必要がある。

また、実際には、材料や製品などについては、強度を発揮するための使用条件が明示されず、使用する側がこれを検討することが求められる場合もある。耐荷メカニズムやその発揮の原理を調べ、使用条件を検討するとともに、使い方についても慎重に判断する。

4.3 橋や部材等の耐久性能の観点からの評価

部材等の耐久性能の観点からは、技術基準に規定のない材料や構造の性能の評価は、少なくとも次の観点から行う。

- ・耐久性確保の方法が分類できるように、耐久性を確保するためのメカニズムに関する情報が明らかにされている。
- ・部材等の設計耐久期間を設定するために、適用条件、耐久性を確保する方法のメカニズム、前提とする維持管理、試験結果等など、必要な情報が明らかにされている。
- ・腐食、疲労だけでなく、必要に応じて、部材等の耐荷性能に影響を及ぼす材料等の劣化の種類が明らかにされている。

【解説】

多様な曝露環境に対して耐久性を事前に検証することが困難である。しかし、修繕、交換の可能性も考慮しながら採用を検討できるように、維持管理と一体で耐久設計を行うこと。道路橋示方書では、交換も前提にしながら部材ごとに設計耐久期間を定められること、維持管理方法と耐久性確保の方法を一体で実施し、必要な耐久性を確保できるようにされている。

図-4.1.1に概念を示すとおり、橋の耐荷性能を担保するために見込む部材については、本編3.2.3にて、部材等の設計耐久期間としては100年を標準とすることを規定している。しかし、設計耐久期間は100年未満だからといって適用できないということない。たとえば、平均すれば一定年以上が期待できる、少なくとも一定年未満で交換に至るような深刻な経年劣化になる可能性は考えにくいなど、部材等の耐久性能について、設計耐久期間の設定に必要な情報が提供される必要があるし、その根拠は、材料等の性質や劣化メカニズムに基づいて、既存の材料や構造等との比較などから確認が可能であるように提供される必要がある。このとき、設計耐久期間の達成に何らかの維持管理行為が前提になる場合には、その情報も提供される必要がある。

耐久設計の対象として腐食、疲労などが考えられるが、この他にも有機物では紫外線劣化、加水分解なども考えられるなど、材料や製造の特徴に応じて、考慮する劣化事象も異なることに注意する。

複数の方法に対して、部材等の設計耐久期間を比較するときには、適切な比較となるような比較方法を検討する必要がある。

なお、部材等の設計耐久期間の評価については、耐荷性能とは異なり、現地の環境条件や局所的な環境・応力に対する曝露条件への依存性が高いと考えられる。また、施工条件の違いが、耐久性の違いとして現れることも十分に考えられる。そのため、部材等の設計耐久期間の評価の信頼性の確認は、長年かつ多数の現場適用事例を要する。そこで、耐久性確保の方法に応じて、適用する部材の種類や配置、維持管理の方法の現実性を考慮して、不確実性を織り込んだ適用方法を検討する必要がある。

- 部材単位での耐久性は必ずしも100年でなく、供用の条件が許せば、構造に工夫の余地を与えるもの。
- 耐久性に関する実績やデータが乏しい材料も、部材の設計耐久期間を控えめに設定するとともに、「挽回」できるように設計することで採用可能に。

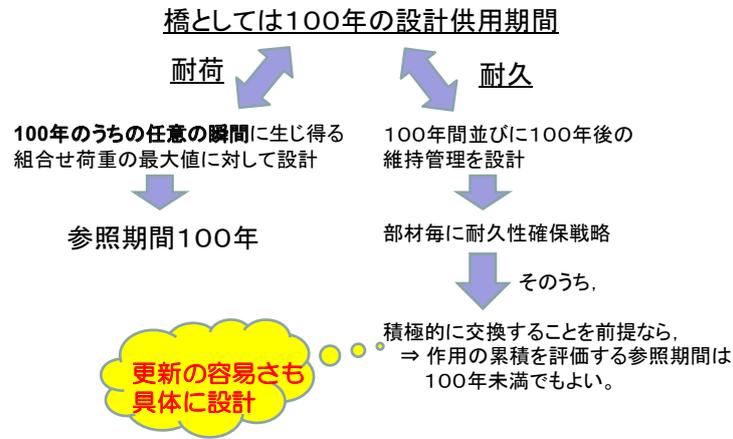


図-4.1.1 橋の耐久性能と部材の耐久性能

4.4 検討結果と橋としての性能との関係づけに関する注意点

- (1) 耐荷性能、耐久性能の検証を行った条件を再現できるように、施工を行う必要がある。
- (2) 新しい形式、材料や構造の適用にあたっては、事前に検証できる事項には限界があることを認識し、適用の方法について検討する必要がある。

【解説】

(1) たとえば、床版の輪荷重走行試験では、小型の試験体で、死荷重の影響は小さいが、実際に床版を打設するにあたっては、たわみ性が大きいと、自重が大きいことで変形が生じる。その結果、たとえばコンクリートが用いられていれば、コンクリートが若材齢でひび割れるなどで、試験条件と異なる状態の構造が施工されてしまい、結果的に性能の保証がなされなくなる。

また、材料を充填するなどにおいても、試験と実際では、規模や詳細が異なるので、小型の試験体での充填性の検証や施工管理手法の検証が直接比較できないことも考えられる。

このように、検討で考慮した条件が満足されるように、適用範囲や施工管理の方法などを検討する必要がある。

(2) 実際には、外力の組み合わせを想定することにも限界があるし、災害に代表されるように様々な作用をすべて外力モデルに置き換えることもできない。耐久性に関しても、実際の施工品質と曝露条件を再現して実験室で性能を検証することは不可能である。そこで、計算や実験等による性能の直接の検証とは別に、万が一のときにも橋の安全性が著しく低下しないような部材配置等の様々な工夫や、必要なときに状態を確認・修復するための設備等の設置の対策を検討し、他の様々な条件も考えたときに必要であればそれらを実施できることが規定された。必ず行うというのではなく、対応を取る必要があるかどうかも含めて、検討することになる。

5章 設計図書に記載すべき事項

設計図書に記載すべき事項については、道示 I [1.9] による。

【解説】

設計図書に記載すべき事項については、道示 I [1.9] に少なくとも記載すべき事項とその理由が解説されている。それらの事項に加えて適用示方書について記載することとしたが、道路橋示方書はその時代毎の背景を踏まえて改定がされており、適用示方書によっては考慮されている事項が異なることがある。道示 I [1.9(4)] だけでは適用示方書が特定できない場合もあることから、適用示方書についても記載することとした。また、地震等による被災時や維持管理に不可欠な情報を確実に引き継ぐことができるように、橋の概要を「設計条件表」として橋梁一般図に記載する。なお、次の表は参考として具体的な例を示したものであり、各道路管理者において適宜、必要に応じて追加修正して活用いただきたい。

追加項目 (例)

- ・ 関連業務名 (〇〇測量業務・〇〇地質調査業務)
- ・ 降雨強度 (〇〇mm/hr)
- ・ 桁高、桁高スパン比 (桁高：〇. 〇m、桁高スパン比：1/〇〇)
- ・ 各部材の設計耐久期間 (伸縮装置〇〇年、排水管〇〇年)
- ・ 排水管・排水柵の規格 (VPO〇、FRP)
- ・ コンクリート水セメント比 (〇〇%)
- ・ 添架物 (添架物：ダクティル鉄管 D〇〇、管理者：〇〇市水道局)
- ・ 既設埋設物 (No.〇〇付近：〇〇管)

設計条件表 (参考)

基本事項	路線名		〇〇バイパス			
	架橋位置		〇〇〇〇 (緯度〇〇° 〇〇' 〇〇" 経度〇〇° 〇〇' 〇〇")			
	橋名		〇〇橋			
	設計業務名		〇〇設計業務			
	設計年月日		令和〇〇年〇月			
	設計会社名		〇〇〇コンサルタント			
	適用示方書		道路橋示方書・同解説 平成29年11月			
前提条件	架橋位置特有の条件		法令等協議の有無 (河川、砂防、自然公園、保安林、文化財等)			
	維持管理に関する条件		自然環境に関する条件等 (貴重動植物に関する条件等)			
	その他条件		補修や緊急時における交通規制条件等 (国道規制可)			
橋梁基本条件	道路規格・重要物産道路指定・高さ制限・重量制限		第1種 第3級・重要物流道路・高さ制限なし・重量制限なし			
	耐震設計上の橋の重要度		B種の橋			
	計画交通量・大型車計画交通量		15,000台/日・2,500台/日			
	設計速度		V=80km/h			
	橋長		L=200.000m			
	桁長		L=199.000m			
	支間長		L=39.1m+60.0m+60.0m+39.1m			
	幅員	全幅員		W=10.819m		
		有効幅員		W=10.00m		
	平面線形		R=∞			
	縦断勾配		2.500%			
	横断勾配		1.500%			
	斜角		(A1)0°00'00"、(A2)0°00'00"			
	形式	上部構造		4径間PC箱桁橋		
		下部構造	橋台		逆T式橋台	
			橋脚		張出式橋脚	
		基礎工	橋台		直接基礎	
	橋脚		直接基礎			
	塩害対策区分とその対策		無し			
	耐荷性能		耐荷性能2			
	固有周期	地域区分		A2地域		
		レベル1	橋軸方向		〇〇(s)	
			橋軸直角方向		〇〇(s)	
		レベル2	タイプI	橋軸方向・橋軸直角方向	【橋軸】〇〇(s)・【橋軸直角】〇〇(s)	
	タイプII		橋軸方向・橋軸直角方向	【橋軸】〇〇(s)・【橋軸直角】〇〇(s)		
	設計水平震度	レベル1	橋軸方向		Kh=〇〇	
			橋軸直角方向		Kh=〇〇	
		レベル2	タイプI	橋軸方向・橋軸直角方向	【橋軸】Kh=〇〇・【橋軸直角】Kh=〇〇	
			タイプII	橋軸方向・橋軸直角方向	【橋軸】Kh=〇〇・【橋軸直角】Kh=〇〇	
	支承条件	支持条件	レベル1	橋軸方向	A1: 免震(E)、P1~P3 免震(E)、A2: 免震(E)	
橋軸直角方向				A1: 固定(F)、P1~P3 固定(F)、A2: 固定(F)		
レベル2			橋軸方向	A1: 免震(E)、P1~P3 免震(E)、A2: 免震(E)		
			橋軸直角方向	A1: 固定(F)、P1~P3 固定(F)、A2: 固定(F)		
支承形式		免震支承				
せん断ひずみ		常時: 70%、レベル1: 150%、レベル2: 250%				
落橋防止システム		無し				
横変位拘束構造		無し				
使用材料		制震装置 (〇〇ダンパー: 〇〇依存性が高い)				
施工方法及び手順		橋脚鉄筋 (軸方向) 継手を設けない範囲 h=〇〇m (橋脚基部からの距離)				
施工品質 (施工制精度、検査基準)		ゴム支承 (せん断ひずみ定数) 等価剛性 〇〇kN/mm±10%				
維持管理		地震時塑性化部材: 柱の基部、伸縮装置 (レベル2地震)				
適用技術基準		技術論文、図書名				
伸縮装置		鋼製伸縮装置。伸縮量: 〇〇mm、選間(20℃): 〇〇mm				
防錆欄形式		たわみ性防錆欄 (種別B)				
荷重条件	設計活荷重		B活荷重			
	舗装厚		80mm			
	付属物 (遮音壁等)		無し			
	添架物		上水道、NTT			
支持層		砂礫層				
地盤種別		I種地盤				
耐震設計上の地盤面		フーチング下面				
地盤の液状化		液状化の有無				
		液状化層 (FL値)				
		-				
材料の条件	使用材料	上部構造	コンクリート	床版	形式	PC箱桁: PC床版
				材料(コンクリート、鋼材)	PC箱桁: 〇〇N/mm ² 、鋼材SD345	
			地覆・壁高欄	材料(コンクリート、鋼材)	σck=24N/mm ²	
		下部構造	コンクリート		設計基準強度	σck=30N/mm ²
			鉄筋		設計基準強度	SD345 (〇〇継手)
			コンクリート		設計基準強度	σck=30N/mm ²
	基礎工	鉄筋 (鋼材)		設計基準強度	SD345	
		防食仕様		-		
		防水層		[塗膜系防水層]		
		架設工法		支保工工法、分層施工		
維持管理の条件	検査路設置位置		-			
	点検方法	上部構造		終点側 (側道利用)		
		下部構造		高所作業車		
		主桁		高所作業車		
支保部		下部構造検査路、高所作業車				
		下部構造検査路、高所作業車				

※ [] 標記は、想定している工法・材料を示す