

橋の計画と形式選定の手引き

2023年5月

土木学会 構造工学委員会
橋梁予備設計の適正化に関する研究小委員会

はじめに

平成 29 年に道路橋示方書が改定され、部分係数設計法や限界状態設計法が導入されたことで、橋の安全性や性能に対し、よりきめ細やかな設計が可能となった。また、設計供用期間を 100 年とすることが明記され、持続可能な国土づくりを支える重要なインフラとしての橋のあり方が明確化された。それは構造設計の精度を高め 100 年間物理的に耐えうる橋とすることを意味するのみならず、その地域に 100 年間不変の価値を与え続ける存在としての橋を目指すべきこと、あるいは、100 年間の社会的変容にもしなやかに対応可能な橋とすべきことをも意味している。

一方、新設される橋のあり方をほぼ決定づけるのは、詳細設計よりもむしろその前工程にある計画と形式選定（道路計画から予備設計・概略設計・計画設計・一般図作成などと呼称される段階）である。これまでの計画と形式選定では、通常、多くの比較案を検討し、経済性、構造的性、施工性、維持管理性、環境との整合などを総合的に評価するよう努められてはきたものの、その内容を仔細に見れば、橋の計画や形式選定のありべき姿としては、まだ多くの課題が内包されていた。例えば、構造物のリスク評価や新技術の導入が検討プロセスの体系に必ずしも十分なかたちで組み込まれていなかった。また、形式選定があたかも橋の計画のゴールであるかのように考えてしまうことによって、本来、橋の計画に重要であるはずの付属物計画や景観デザインがおざなりにされてきた感があることも否めない。そして、計画や形式選定時のコスト算出の精度は概算の域を出ないにもかかわらず、その数値に過度に高い精度や信頼性を期待するような判断がなされることが多くあることも事実である。さらに今後は、計画業務においても BIM/CIM のような 3 次元データの活用や、低炭素への対応などがより一層求められるようになるだろう。こういったさまざまな課題に対して、どのように対応し、どのように日本の国土にあった橋のあり方を考えるべきかという問題は、個々の業務における取組みのみならず、むしろより全体的な問題として、橋の計画と形式選定に関する総合的な規範的方法論の確立を通じて解決が図られていくべきものと考えられる。

本研究小委員会がこのような問題意識をもって活動を開始したのとほぼ同時期に、国土交通省国土技術政策総合研究所も同様の問題意識から北海道開発局や沖縄総合事務局を含む国土交通省の各地方整備局等からなる委員会を組織し、令和 3 年 9 月に「道路橋の設計における諸課題に関わる調査（2018-2019）」（国総研資料第 1162 号）を公開している。そのなかで橋の計画と形式選定についての新たな枠組みが提示され、特に橋の計画における基本条件の設定やリスク評価について、より踏み込んだ内容が示された。

本研究小委員会では、国土技術政策総合研究所とも適宜情報交換を行いながら、上記国総研資料との整合を図りつつ、それを補完するものとして、また、学会の報告書としての普遍性や一般性を保ちながらも、多くの発注者やコンサルタントの計画実務の参考となるよう、できるだけ簡潔で分かりやすい資料として本報告書を取りまとめることとした。道路橋に関する記述が中心となっているが、基本的な考え方は、歩道橋や鉄道橋の計画の参考にもしていただけるものと考えている。100 年先を見据えて、次世代に誇れる橋づくりに活用いただけると幸いである。

土木学会構造工学委員会
橋梁予備設計の適正化に関する研究小委員会
委員長 久保田 善明

土木学会 構造工学委員会 橋梁予備設計の適正化に関する研究小委員会 委員構成

委員長	久保田 善明	富山大学
副委員長	松村 政秀	熊本大学
幹事長	小松 純	中央復建コンサルタンツ株式会社
幹事	玉越 隆史	国土交通省国土技術政策総合研究所 (2019 年度～)
幹事	福田 敬大	国土交通省国土技術政策総合研究所 (2021 年度～)
幹事	木村 嘉富	国土交通省国土技術政策総合研究所 (2018～2020 年度)
幹事	関 健太郎	国土交通省国土技術政策総合研究所 (2018～2020 年度)
幹事	土谷 宏巖	国土交通省近畿地方整備局 (2022 年度)
幹事	鴻野 宏志	国土交通省近畿地方整備局 (2021 年度)
幹事	沼 勝雄	国土交通省近畿地方整備局 (2019～2020 年度)
幹事	芦谷 次郎	国土交通省近畿地方整備局 (2018 年度)
幹事	中谷 昌一	京都大学 (2018 年度)
委員	中村 定明	株式会社 IHI インフラ建設 (2019 年 9 月～)
委員	遠藤 誠司	株式会社エイト日本技術開発 (2018 年度～)
委員	入谷 琢哉	大阪市 (2018 年度～)
委員	岡村 希望	株式会社オリエンタルコンサルタンツ (2018 年度～)
委員	小澤 亨	株式会社川金コアテック (2019 年 9 月～)
委員	藤田 雅量	国土交通省近畿地方整備局 (2022 年度)
委員	小林 征治	国土交通省近畿地方整備局 (2021 年度)
委員	田中 富博	国土交通省近畿地方整備局 (2019 年度)
委員	奥村 信太郎	国土交通省近畿地方整備局 (2018 年度)
委員	吉本 高志	JIP テクノサイエンス株式会社 (2019 年 9 月～2021 年度)
委員	石川 敦之	大日本コンサルタント株式会社 (2018 年度～)
委員	二葉 悟	高田機工株式会社 (2019 年 9 月～)
委員	松村 泰行	株式会社長大 (2019 年 8 月～)
委員	日高 卓也	株式会社長大 (～2019 年 7 月)
委員	西田 寿生	西日本旅客鉄道株式会社 (2018 年度～)
委員	小西 日出幸	日本橋梁株式会社 (2019 年 9 月～)
委員	藤野 和雄	東日本高速道路株式会社 (2018 年度～)
委員	空閑 健作	中日本高速道路株式会社 (2022 年度～)
委員	山口 岳思	中日本高速道路株式会社 (2019 年 9 月～2021 年度)
委員	高原 良太	西日本高速道路株式会社 (2018 年 10 月～2019 年 8 月)
委員	芽原 周平	西日本高速道路株式会社 (～2018 年 9 月)
委員	橋本 努	パンフィックコンサルタンツ株式会社 (2018 年度～)
委員	小坂 崇	阪神高速道路株式会社 (2019 年 8 月～)
委員	田畑 晶子	阪神高速道路株式会社 (～2019 年 7 月)
委員	斉藤 成彦	山梨大学 (2019 年 10 月～)

(敬称略)

執筆者一覧

(敬称略)

第1章 橋の計画と形式選定のあるべき姿

玉越 隆史

第2章 橋の計画実務の現状と課題

空閑 健作 小坂 崇 小松 純 西田 寿生 土谷 宏巖

第3章 橋の計画と形式選定における基本的考え方と検討プロセス

松村 泰行

第4章 道路計画

藤田 雅量 入谷 琢哉 小西 日出幸

第5章 橋の計画と形式選定における条件設定

藤野 和雄

第6章 橋の計画と形式選定における新技術の導入と評価

岡村 希望 小澤 亨 空閑 健作 中村 定明 橋本 努 二葉 悟

第7章 橋の形式選定

石川 敦之 遠藤 誠司 松村 泰行

参考資料Ⅰ 道路橋示方書・同解説に基づく予備設計の基本的考え方

松村 泰行

参考資料Ⅱ 災害事例に学ぶ道路及び橋梁の計画・設計への配慮事項 (4.3 補足資料)

小西 日出幸

参考資料Ⅲ 基本条件および固有条件の参考例

藤野 和雄

参考資料Ⅳ 下部構造の形式選定における留意事項 (7.2 補足資料)

松村 泰行

参考資料Ⅴ 上部構造の形式選定における留意事項 (7.3 補足資料)

遠藤 誠司

編集

久保田 善明 松村 政秀

目次

本手引きの構成と使い方

第1章 橋の計画と形式選定のあるべき姿	1-1
1.1 「橋の計画と形式選定」が含むべき範囲	1-1
1.2 「優れた計画」とは何か	1-2
第2章 橋の計画実務の現状と課題	2-1
2.1 橋の計画～設計のプロセス	2-1
2.1.1 道路計画から橋の計画へのプロセス	2-1
2.1.2 各発注機関の状況	2-3
2.1.3 契約相手方の選定方式	2-7
2.2 現状の課題	2-10
2.2.1 架橋位置や形式選定等の検討過程における品質確保・向上	2-10
2.2.2 維持管理の検討	2-10
2.2.3 計画案に対するリスク評価	2-10
2.2.4 新技術の評価と導入	2-10
2.2.5 計画段階におけるコスト算出精度	2-11
2.2.6 付属物計画	2-11
2.2.7 景観検討	2-11
第3章 橋の計画と形式選定における基本的考え方と検討プロセス	3-1
3.1 基本的考え方	3-1
3.1.1 橋の計画	3-1
3.1.2 形式選定の基本的考え方	3-1
3.2 検討プロセス	3-1
3.2.1 用語に関する注意事項	3-1
3.2.2 従来の検討プロセスと本手引きによる検討プロセスの違い	3-2
3.2.3 本手引きによる検討プロセス	3-3
第4章 道路計画	4-1
4.1 道路計画における橋の位置づけ	4-1
4.1.1 道路の役割と機能	4-1
4.1.2 道路計画の流れ	4-1

4.1.3	道路の構造	4-2
4.1.4	橋の位置づけ	4-2
4.2	道路ネットワークにおける橋の価値評価（重要度評価）	4-2
4.2.1	橋の重要度評価の必要性	4-2
4.2.2	橋の重要度の要素	4-3
4.2.3	橋の計画および形式選定への反映	4-3
4.3	災害事例に学ぶ道路および橋の計画・設計への配慮事項	4-4
4.3.1	災害事例の抽出	4-4
4.3.2	災害および復旧事例	4-5
4.4	環境・生態系への配慮	4-22
4.4.1	環境アセスメント	4-22
4.4.2	橋の計画や形式選定での配慮の事例	4-23
4.5	道路計画における橋梁計画への配慮事項	4-26
第5章	橋の計画と形式選定における条件設定	5-1
5.1	橋梁計画の前提条件	5-1
5.1.1	橋の重要度	5-1
5.1.2	設計供用期間	5-2
5.2	架橋位置特有の条件	5-3
5.2.1	路線条件	5-3
5.2.2	自然環境条件	5-4
5.2.3	周辺環境条件	5-5
5.2.4	使用材料の条件特性および製造に関する条件	5-5
5.2.5	施工に関する条件	5-6
5.2.6	景観に関する条件	5-7
5.2.7	維持管理計画	5-7
5.3	橋の計画と形式選定におけるリスク評価	5-8
5.3.1	橋の建設・管理におけるリスク分類	5-8
5.3.2	自然現象に起因する災害リスク	5-10
5.3.3	当事者の人為的ミスに起因するリスク	5-10
5.3.4	当事者の想定不足・情報不足に起因するリスク	5-11
5.3.5	当事者以外の偶発的事故等に起因するリスク	5-11
5.3.6	リスク評価と対応方針の検討	5-11
5.4	橋の計画と形式選定における条件設定の留意点	5-12

第6章 橋の計画と形式選定における新技術の導入と評価	6-1
6.1 新技術の導入とそのリスク	6-1
6.1.1 新技術とは	6-1
6.1.2 新技術導入の現状	6-1
6.1.3 新技術導入時のリスク	6-1
6.1.4 新技術採用検討における着眼点	6-2
6.2 橋の計画と形式選定における技術導入	6-3
6.2.1 導入する技術の分類	6-3
6.2.2 技術導入の可能な時期	6-5
6.3 新技術導入にむけて	6-7
6.3.1 新技術導入への課題および技術検証の目的	6-7
6.3.2 技術検証の手法	6-8
6.3.3 予備設計段階における技術検証方法	6-10
6.3.4 今後の新技術導入にむけて	6-12
6.4 新技術の導入事例と検証事例	6-14
6.4.1 新技術の導入事例	6-14
6.4.2 新技術の検証事例	6-14
第7章 橋の形式選定	7-1
7.1 橋の形式選定の流れ	7-1
7.2 下部構造の形式選定における留意事項	7-2
7.2.1 一般	7-2
7.2.2 特殊な条件における下部構造・基礎構造	7-3
7.3 上部構造の形式選定における留意事項	7-4
7.3.1 上部構造の形式選定の基本方針	7-4
7.3.2 各種制約に対する上部構造の計画上の留意事項	7-5
7.3.3 上部構造の形式に影響を与える各種の構造計画	7-6
7.4 橋の形式選定における比較評価手法	7-8
7.4.1 評価項目の基本方針	7-8
7.4.2 各評価項目に対して総合的な評価とする場合	7-9
7.4.3 重み付け評価とする場合	7-10
7.4.4 経済性のみの評価とする場合	7-11
7.5 形式選定におけるその他の配慮事項	7-11
7.5.1 付属物計画	7-11
7.5.2 維持管理計画	7-12
7.5.3 橋の景観計画	7-12

7.5.5 3Dデータ、BIM/CIMデータの活用	7-23
7.6 選定案のブラッシュアップ	7-25
7.7 詳細設計への申し送り	7-25

参考資料

I. 道路橋示方書・同解説に基づく予備設計の基本的考え方	参-1
II. 災害事例に学ぶ道路および橋の計画・設計への配慮事項 (4.3 補足資料)	参-8
III. 基本条件および固有条件の参考例	参-21
IV. 下部構造の形式選定における留意事項 (7.2 補足資料)	参-30
V. 上部構造の形式選定における留意事項 (7.3 補足資料)	参-35

本手引きの構成と使い方

本手引きは、委員会方式や設計競技方式など、特殊なプロセスを経て計画される橋よりも、むしろ標準的なプロセスで計画される大多数の橋を対象とし、その計画と形式選定の考え方を最新の知見を踏まえて整理したものである。ただし、特殊なプロセスを経て計画される橋においても、基本条件の設定や固有条件の設定（リスク評価と対応方針の設定）に関する考え方は同様に考えてよい。

本手引きは、下図のような構成となっている。実務の参考とするにあたり、まずは第1章をよく読み、技術者が優れた橋梁計画を行ううえでの基本的な考え方や姿勢について理解を深めていただきたい。第2章では、現状の橋梁計画実務の基本的枠組みを整理・概観するとともに、これまでの橋梁計画実務に内在していた問題点を指摘している。第3章では、それらを踏まえて、今後のあるべき検討プロセスを示している。第



図 本手引きの構成

3章に示すフロー（図-3.2.2）は、本手引きの核となる部分である。第4章から第7章では、第3章で示したフローの個別の段階について、具体的な技術ポイントを解説している。最後に、参考資料を付している。

本手引きの使用にあたり、第1章から第3章までは基本事項であり、とくに第1章、第2章の2.2、および第3章については、ぜひ内容の理解に努めていただきたい。第4章以降は、必要に応じて参照いただければよい。具体的かつ実践的な情報を記載している。

第1章 橋の計画と形式選定のあるべき姿

1.1 「橋の計画と形式選定」が含むべき範囲

道路橋示方書¹⁾では、設計供用期間の標準が100年とされている。このことからわかるように、道路橋は一旦道路ネットワークに組み込まれると、極めて長期にわたって道路の一部としての役割を果たし続けることが求められる(表-1.1.1)。そのため、その計画や設計にあたっては、直接の計画・設計対象である橋の橋としての機能の充足だけでなく、道路ネットワークにおける安全円滑な交通の確保による経済や物流、あるいは日常生活の利便への貢献、災害時の迂回路機能など、地域のニーズに適合する配慮も求められる。また、長期にわたって地域に存在し続けることから、単に道路構造物としての物理的な性能を満足するにとどまらず、地域の姿や景観など、環境との調和についてもできるだけ高いレベルでニーズに適合することも必要となる。

表-1.1.1 道路橋示方書¹⁾

共通編1章 総則

1.4 橋の重要度

(1) 橋の設計において実現すべき橋の性能は、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を考慮して決定する。

:

1.7 計画

1.7.1 架橋位置と形式の選定

橋の計画にあたっては、路線線形や地形、地質、気象、交差物件等の外部的な諸条件、使用目的との適合性、構造物の安全性、耐久性、維持管理の確実性及び容易さ、施工品質の確保、環境との調和、経済性を考慮し、加えて地域の防災計画や関連する道路網の計画とも整合するように、架橋位置及び橋の形式の選定を行わなければならない。

(出典：(公社)日本道路協会：道路橋示方書・同解説（I 共通編）平成29年11月、(公社)日本道路協会、2017.11)

他方、構造解析手法の高度化や材料の高機能化など、設計・施工に用いられる技術は進展していく。例えば、近年は単純な骨組みモデルによる構造解析や経験的に確立してきた構造細目の採用といった設計手法のみによるのではなく、高度な解析手法をはじめ、新しい材料や部材形式の採用によって、従来よりも大規模あるいは複雑な線形の橋の実現も可能となってきている。

このような橋の計画や設計をとりまく技術の進展は、ルート選定や路線線形の決定、橋梁区間の設定、あるいは事業費用の概算的な見積もりが行われるような事業プロセスの早期の段階において、実現性のある橋の規模や形式の選択肢が拡大することを意味する。

しかし、事業プロセスの早期の段階では、橋の規模や形式の実現性をそれらの合理性を見極めて絞り込んだり、適切な設計や施工の実施に必要な技術や材料、架設上の制約などの情報を完全な形で得ることは難しく、仮に情報が得られたとしても、その信頼性には限界があることが通常である。すなわち、技術の進展は、事業プロセスの早期の段階における意思決定において、必要な情報と得られる情報との乖離により不適切な判断をしてしまうリスク（不適切な意思決定による不合理な手戻りが生じたり、所要の性能を満足させることが困難な事態に陥ったりするなど）を増大させる側面を有し、橋の計画や形式選定のプロセスにおいても、それらへの対策が重要となる。

具体的には、ルート選定のような道路計画の極めて早い段階から、事業プロセスの各段階で得られる情報

の量と質の制約とその影響について、橋梁形式の選択肢との関係性をこれまで以上に強く意識して意思決定を進める必要がある。例えば、本手引きの次章以降で紹介するように、条件によってはあえて候補を一つに絞り込まず、実現可能な代案を用意した状態で次の事業プロセスに受け渡すといった工夫も必要となる。すなわち、事業プロセスの各段階でいたずらに後の検討での選択肢を狭めたり、不確定な要素・要因が関係する事項について安易に断定したりしないような配慮の重要性が、技術の進展に比例して増してくることに注意しなければならない。

1.2 「優れた計画」とは何か

当該計画で適用される技術基準を、あらゆる観点でより高い水準で合理的に実現できる計画が「優れた計画」であることは間違いない。橋の計画では、道路法や道路構造令などの法令（表-1.2.1～表-1.2.3）、およびそれらに対応した技術基準である道路橋示方書¹⁾において、橋が具備すべき性能が規定されている。

例えば、道路橋の計画における、橋梁区間の設定、縦横断等の線形条件や幅員などの設定、橋梁形式や材料の選定などについても、道路に求められる安全で円滑な交通確保の充足レベル、あるいは国および地域の防災計画との整合性が考慮されなければならない。

平成 29 年に改定された道路橋示方書では、道路橋に求める性能とそれが支える道路の性能との関係性が、それ以前に適用されてきた道路橋示方書よりも明確に規定されている。そして、設計で考慮すべき作用と抵抗の双方について、不確実性と不確定性を考慮したうえで、要求性能となる両者の関係性が信頼性の概念を取り入れた部分係数設計法による照査基準を基本に規定されている。

表-1.2.1 道路法

施行日： 令和四年四月一日（令和二年法律第四十九号による改正） 第一章 総則 （この法律の目的） 第一条 この法律は、道路網の整備を図るため、道路に関して、路線の指定及び認定、管理、構造、保全、費用の負担区分等に関する事項を定め、もつて交通の発達に寄与し、公共の福祉を増進することを目的とする。 ： 第二節 道路の構造 （道路の構造の原則） 第二十九条 道路の構造は、当該道路の存する地域の地形、地質、気象その他の状況及び当該道路の交通状況を考慮し、通常の衝撃に対して安全なものであるとともに、安全かつ円滑な交通を確保することができるものでなければならない。
--

表-1.2.2 道路構造令

昭和四十五年政令第三百二十号（令和二年政令第三百二十九号による改正） （橋、高架の道路等） 第三十五条 橋、高架の道路その他これらに類する構造の道路は、鋼構造、コンクリート構造又はこれらに準ずる構造とするものとする。 2 橋、高架の道路その他これらに類する構造の普通道路は、その設計に用いる設計自動車荷重を二百四十五キロニュートンとし、当該橋、高架の道路その他これらに類する構造の普通道路における大型の自動車の交通の状況を勘案して、安全な交通を確保することができる構造とするものとする。
--

表-1.2.3 道路構造令施行規則

昭和四十六年建設省令第七号（平成三十一年国土交通省令第三十四号による改正）

（橋、高架の道路等）

第五条 橋、高架の道路その他これらに類する構造の道路（以下「橋等」という。）の構造は、当該橋等の構造形式及び交通の状況並びに当該橋等の存する地域の地形、地質、気象その他の状況を勘案し、死荷重、活荷重、風荷重、地震荷重その他の当該橋等に作用する荷重及びこれらの荷重の組合せに対して十分安全なものでなければならない。

具体的には、設計で考慮すべき作用条件とそれらに含まれるばらつきをどの程度考慮するのかを明確にするとともに、材料品質のばらつきや部材形式ごとの応答特性の違い、あるいは構造全体としての応答の信頼性などが関わる抵抗側に確保すべき安全余裕についても、それら影響要因の特徴や信頼性に応じて適切に調整されるべきことが基本ルールとされた。これは、供用中に橋が置かれる可能性のある状況に対して、橋が道路機能との関係でどのような状態となるのか、さらには、その結果、道路機能の観点でどのようなリスクがあるのかを、設計において意識的に考慮することを求めたものと捉えることができる。

このとき、構造計算による数値的検証を行うことが困難であるものの、道路を支える橋として具備しなければならない性能が「使用目的との適合性を満足するために求められる検討事項」として規定されている。例えば、供用性との関係から、できるだけ交通機能に支障を及ぼさずに維持管理できることや、点検や維持管理が容易かつ確実に実行するための配慮、部材交換や補修補強時の交通への配慮、落橋などの致命的な状況をできるだけ生じにくくする配慮などの検討が求められる。

このような、道路性能との関係における配慮や要求への対応は、部材形式や材料、設計手法などの選択肢が限られてしまう詳細設計段階に至ってから検討しようとしても、十分に反映することが困難となったり、構造的合理性を犠牲にするような変更が必要となったりする可能性が高い。当然ながら、その対応は、より早い段階から段階的に検討を進めた場合と比べて不経済となる可能性が高くなると想定される。

例えば、国が橋梁設計実務のための参考資料としてとりまとめた資料（国総研資料第1162号）²⁾では、橋梁計画上の基本的な条件が概ね確定する重要なプロセスである橋梁形式の選定は、そのような段階的な手順を踏んで行うことを薦めている。これは、最終的に考慮することが必要な全ての基本的な条件を、計画のある段階で一度に反映して橋梁形式の相対比較を行い最適解を得ることは難しいと考えられることが主な理由である。

橋の形式選定において、比較検討が必要な道路機能やそれが関わるリスクを左右する条件は多岐にわたる一方で、それぞれに取り得る選択には多くの自由度がある。そのため、事業プロセスのより早期の段階からそれらを俯瞰して、段階的に選択肢を絞り込み、その後のプロセスにおける手戻りや不合理な選択をしてしまう危険性をできるだけ小さくすることが、橋の形式選定を最適化する重要なポイントとなる。

以上のことから、「優れた計画」とは、事業プロセスの各段階において、得られる情報の量、質の制約、実施（設計・施工）段階で想定される技術的課題とその解決方法や可能性について、後のプロセスで大きな手戻りを余儀なくされるような要因がないかどうか、仮に不確定要素がある場合には、後に必要となる決定により生じる見直しが著しく不合理なものとならないかどうか十分な見極めが行われ、かつ種々の必要な配慮を行った意思決定がなされた計画といえることができる。加えて、地域の姿や景観など環境との調和についてもできるだけ高いレベルでニーズに適合していることも必要である。具体的には、事業プロセスにおける意

思決定の各段階に対して、それぞれ以下のような観点について最適化されているかが重要である。

- ・合意レベル（どれだけ多くの関係者にどれだけ十分な納得が得られているか）
- ・合意範囲（どれだけ多くの内容について合意が得られているか）
- ・その段階で想定される事後の手戻りの少なさ（間接費用や時間のロスなども考慮して）
- ・決定内容の変更を余儀なくされる恐れのある不確定性の少なさ（あるいはそれによる影響の少なさ）
- ・決定事項を左右する不確定要因の少なさ（あるいはそれらによる影響の少なさ）
- ・確定しない要因による影響（性能の低下や致命的な事態、第三者被害などの懸念）の少なさ
- ・社会的価値への貢献（景観性を含む環境との調和など、すべての要素が合理的に反映された統合されたデザインであることなど）

道路橋示方書では、道路というインフラに求められる機能とそれが損なわれた場合の社会的影響なども考慮して、道路橋に対する要求性能が設定されている。すなわち、道路橋の計画や設計にあたっては、道路機能に対するリスクマネジメントの観点から必要な性能が充足されることが求められる。このとき、構造物の性能とリスクの関係づけの方法は必ずしも確立されておらず、現行の道路橋示方書にも、定量的な評価基準や目安は定められていない。さらに、道路橋や道路の機能障害が及ぼす社会的影響の見積手法も統一的方法は現在のところ確立されておらず、そもそもリスク要因として何を想定して何を想定しないのか、あるいはそれらの不具合や支障による影響に対して社会全体としてどのように対処されるのかについても、技術基準のような形で明確に定まっているわけではない。

橋が具備すべき要件を高いレベルで満足させる「優れた計画」となるためには、評価手法や判断基準が確立されていない社会ニーズに対しても、決してその検討や意思決定が他の物理的性能などと比べていたずらに軽視されたり、恣意的な判断がなされたりしないことも必要である。例えば、そのニーズへの適合度が直接的には評価できなくても、これらの要件に対する検討と意思決定を事業プロセスの中に適切に織り込んで、その意思決定の妥当性を合意形成プロセスの妥当性でもって間接的に判断できるようにすることも可能なはずである。1.1で述べたように、地域に長く存在し続けることになる橋は、景観性など環境との調和の観点で社会ニーズに適合していることもまた不可欠である。環境との調和には、騒音や振動といった定量的評価が可能なもの以外にも定性的にしか評価できないものもある。そして定性的にしか評価できないものの中には、災害リスクのように定性的であっても試算等による比較検討が可能なものがある一方、景観性のように主観的要素が大きく、場合によっては望ましい方向すら一概には判断し難いものもある。

「優れた計画」といえるためには、このようなインフラとしての性格を適切に考慮して、供用後に想定されるリスクや景観性など環境との調和についても最低限配慮がなされていることが必要となる。当然のことながら、そこには長期間存在し続けることによる社会の文化的、歴史的あるいは環境的な側面に対する配慮も含まれる。

引用・参考文献

- 1) (公社)日本道路協会：道路橋示方書・同解説（I 共通編）平成 29 年 11 月、(公社)日本道路協会、2017. 11
- 2) 国土技術政策総合研究所：道路橋の設計における諸課題に関わる調査(2018-2019)、国総研資料第 1162 号、2021. 9

第2章 橋の計画実務の現状と課題

2.1 橋の計画から設計へのプロセス

2.1.1 道路計画から橋の計画へのプロセス

国土交通省と阪神高速道路株式会社（以下、阪神高速道路）および高速道路会社（西日本高速道路株式会社（以下、NEXCO 西日本）、中日本高速道路株式会社（以下、NEXCO 中日本）、東日本高速道路株式会社（以下、NEXCO 東日本））のルート計画および詳細設計前までの橋の計画・設計業務の比較を表-2.1.1に示す。国土交通省の概略設計（道路概略設計）は、阪神高速道路の線形設計・計画設計に該当する（ただし、ルート計画は、都市計画決定前に行われるため阪神高速道路の所掌外である）。国土交通省の予備設計は、阪神高速道路

表-2.1.1 詳細設計前の橋の計画・設計業務の比較

国土交通省 ¹⁾		都市高速道路会社(阪神高速道路 ²⁾)		高速道路会社 (NEXCO 西日本, NEXCO 中日本, NEXCO 東日本) ³⁾	
業務	内容	業務	内容	業務	内容
概略設計 (道路概略設計) (道路予備設計)	地形図、地質資料、現地踏査結果、文献および設計条件等に基づき目的構造物の比較案または最適案を提案し、各種施設物の基礎的諸元を設定する。(第1206条2項) 第1206条2項に示す業務を設計図書に基づいて検討し、事業を実施しようとする最適の路線を選定することを目的とする。	線形設計	地形および地域の土地利用との調和を考慮するとともに、線形の連続性および平面、縦断両線形の調和を図り、施工および維持管理、経済性の特質等を検討する。	道路概略設計	都市計画資料等に基づいて主として線形を確定する目的で行う設計をいい、平面・縦断および横断設計、主要構造物の概略規模等の計画、概略数量および概略建設費の算出を行う。なお、道路概略設計を行う事業は少なくなっている。
		計画設計	最も適切な径間割、構造形式等の選定を行うために必要な資料を作成する。	一般図作成	構造物設計に先立ち全体的な計画を行い、架橋地点に適する形式を比較提示し、最適な形式を選定する。形式の選定は道路、鉄道、河川等の横架条件、建築限界等を考慮して構造物の規模、形式、支間等の基本的な計画を決定する。既存資料をもとに計画した構造物の断面寸法、数量および概略工費については、既往のデータより推定するものとし、設計計算は行わない。
予備設計 (橋梁予備設計)	空中写真図又は実測図、地質資料、現地踏査結果、文献、概略設計等の成果物および設計条件に基づき、目的構造物の比較案について技術的、社会的、経済的な側面からの評価、検討を加え、最適案を選定したうえで、平面図、縦横断面図、構造物等の一般図、計画概要書、概略数量計算書、概算工事費等を作成する。	予備設計	構造物の外形寸法、骨組形状、および主要断面を決定し、構造一般図を作成する。		計画設計
		概略設計	又は 計算によって構造物の外形寸法、骨組形状、および主要断面を決定し、使用材料が材種、材質別に算出できる程度の図面を作成する。		

(出典：国土交通省：土木設計業務等共通仕様書(案)、2019.3、阪神高速道路株式会社：業務関係共通仕様書、2018.8、中日本高速道路株式会社：調査等共通仕様書、2022.7)

の予備設計または概略設計に相当する。ただし、阪神高速道路では、概略設計の成果品をもって工事発注するため、国土交通省の予備設計よりも詳細な数量や図面を求めることになる。

橋の形式選定では、設計条件を満たす多くの形式から、構造特性、施工性、経済性、耐久性、維持管理性、環境・景観への配慮等、さまざまな要素を総合的に評価し、架橋位置に最も適した形式を選定する。また、管理者ごとの事業プロセスや予算制度等により、ルート決定後に橋の形式を決定する場合がほとんどであるため、橋の形式選定時には線形や架橋位置などは与条件となる場合が多い。

橋の形式選定にあたっての検討項目は多岐にわたり、豊富な知識と経験、高い技術力が求められることから、業務の調達方法も重要な要素である。

国土交通省の橋梁事業は、事業採択後のプロセスとして、主に「調査・計画」、「概略設計」、「予備設計」、「詳細設計」、「施工」の各段階からなり、事業完了後は「維持管理」の段階となるが、調達する範囲（設計、工事、維持管理）の決定は、入札契約方式の選択においても重要となる。なお、橋の形式選定は、一般に予備設計の段階において実施される。高速道路会社の場合は、一般図作成（予備設計）、計画設計（概略設計）における構造計画の段階で実施される。いずれの場合も、工事発注前に施工とは分離した設計業務として実施される。

本手引きでは、表-2.1.1 に示す一連の業務範囲を「橋の計画と形式選定」のプロセスとして取り扱うが、業務段階への呼称が発注者によって異なるため、便宜上、道路の計画や橋梁区間の検討に関する部分を「道路計画」または「道路予備設計」と呼ぶこととし、橋の具体的な計画や形式選定に関する部分を「橋の計画」、「橋の計画と形式選定」または「橋梁予備設計」と呼ぶこととする。

2.1.2 各発注機関の状況

(1) 国土交通省

国土交通省の道路事業の流れを図-2.1.1に示す。

橋の設計は、図-2.1.1の事業着手後（事業の始まり・事業予算の箇所づけ後）に開始し、橋梁予備設計と橋梁詳細設計に区分される。橋の形式は橋梁予備設計の段階で決定するものとされている。

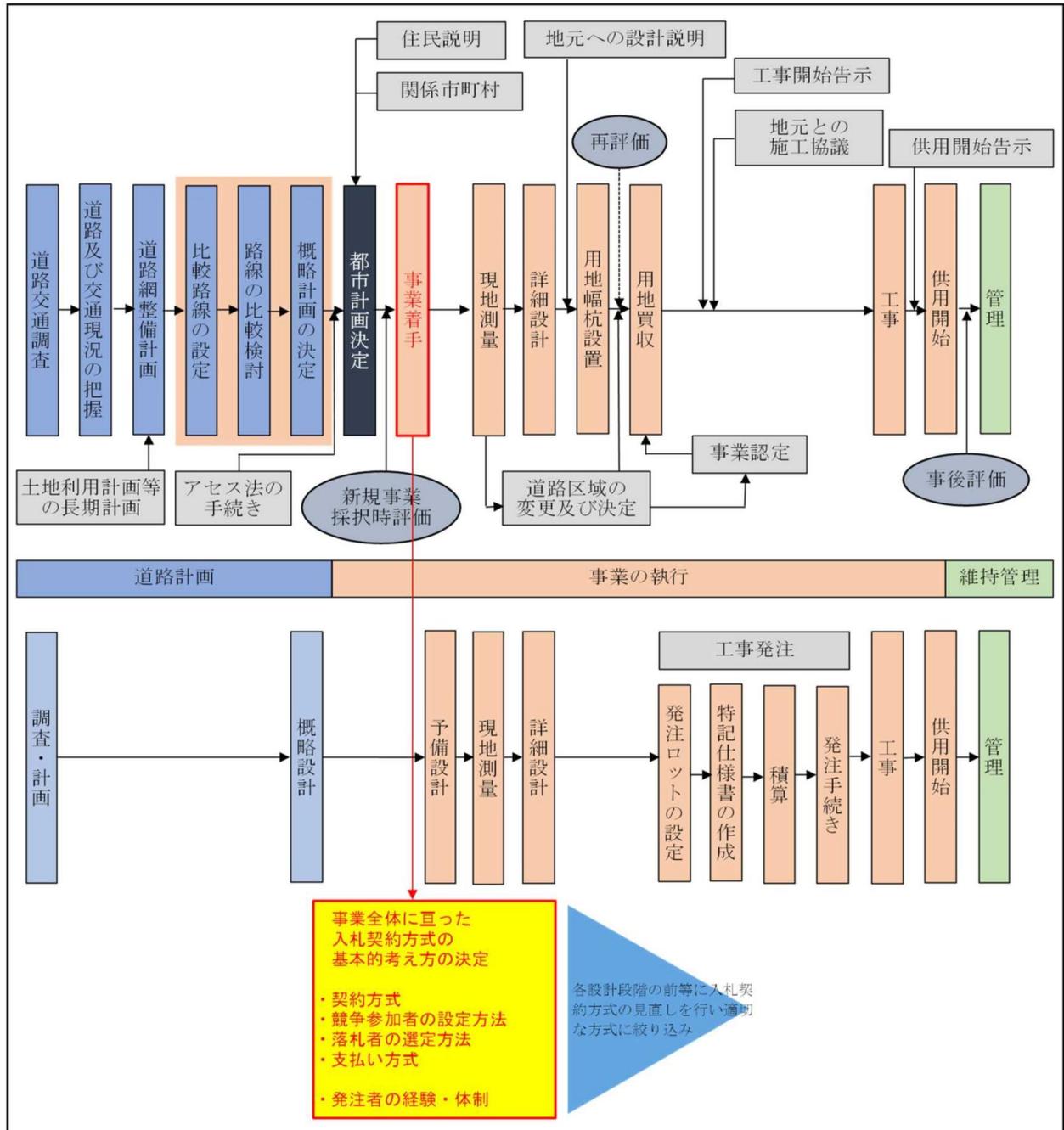


図-2.1.1 国土交通省の事業の流れ⁴⁾

(出典：国土交通省：公共工事の入札契約方式の適用に関するガイドライン、平成27年5月(令和4年3月改正)、2022.5)

(2) 阪神高速道路

阪神高速道路における橋の計画・設計・施工の基本プロセスを図-2.1.2に示す。阪神高速道路が所掌するのは協定許可（有料道路としての事業化）より下流部分である。

協定許可までは都市計画決定を行う自治体等が所掌する。最初に、概略ルート検討を行ったうえで線形計画・設計を実施する。次に、計画設計を実施する。計画設計では、架橋ルートのコントロールポイントを踏まえて橋脚の設置可能位置を検討し、径間割りおよび橋の形式を選定する。計画設計では、施工についても簡易な検討を行い、形式選定時に考慮する。このような線形計画・設計および構造物の計画設計を踏まえて都市計画決定や協定許可が行われる。

協定許可を受けた後、阪神高速道路における設計・施工が開始される。阪神高速道路では、詳細設計を工事段階で実施する場合（図-2.1.2の左側）と、コンサルタント業務で実施する場合（図-2.1.2の右側）がある。通常、鋼構造については、都市内特有の架橋条件から、製作・施工方法を考慮した詳細設計が必要となるため工事段階で実施するケースが多く、RC橋脚や基礎構造についてはコンサルタント業務で実施するケースが多い。

詳細設計を工事で実施する場合（図-2.1.2の左側）は、計画設計を踏まえた予備設計または概略設計を実施する。これらの設計は、計画設計で選定された構造形式を踏まえて検討を開始するが、この時点で調査（地質、測量、試掘など）および設計条件を精査するための対外協議を行い、それらより得られた条件を踏まえて、再度、橋の形式選定を実施する。概略設計では、選定した橋梁形式に対して、各部材の構造形式や構造寸法（例えば、床版や桁の構造寸法、細部構造、柱の形状、基礎の杭種・杭径比較）を検討する。概略設計においては、施工検討を踏まえた施工の確実性や、維持管理の確実性および容易さ、景観性にも配慮したうえで構造詳細を決定する。これらを踏まえ、工事発注図書として、設計図を作成し、数量を算出する。

詳細設計をコンサルタント業務で実施する場合（図-2.1.2の右側）は、前述の概略設計に相当する橋梁形式選定の見直しなどの構造検討を、詳細設計業務の前半で実施する。形式選定後、詳細設計を実施し、工事発注図書として設計図の作成、および数量を算出する。

阪神高速道路では、形式等の決定プロセスの一環として、設計施工審査会で設計内容を審査している。この審査会は、阪神高速道路の複数部署のメンバーで構成され、主に設計条件、検討事項、規準との適合性の確認、形式選定や施工計画の妥当性、発注図書の内容等を審査する。また、新技術などは審査会とは別の社外有識者からなる技術審議会で助言を得たうえで検討を進めるものとしている。

詳細設計付き工事では、工事受注者が予備設計や概略設計を踏まえた詳細設計を実施した後に施工を開始する。一方、コンサルタント業務で詳細設計を実施した後に工事発注する場合は、工事契約後、詳細設計内容を工事業者が照査した後、施工を開始する。いずれの場合も、コンサルタントからの引き継ぎや工事との調整に関して、発注者、コンサルタント、工事受注者の三者会議を経て施工するケースが多い。

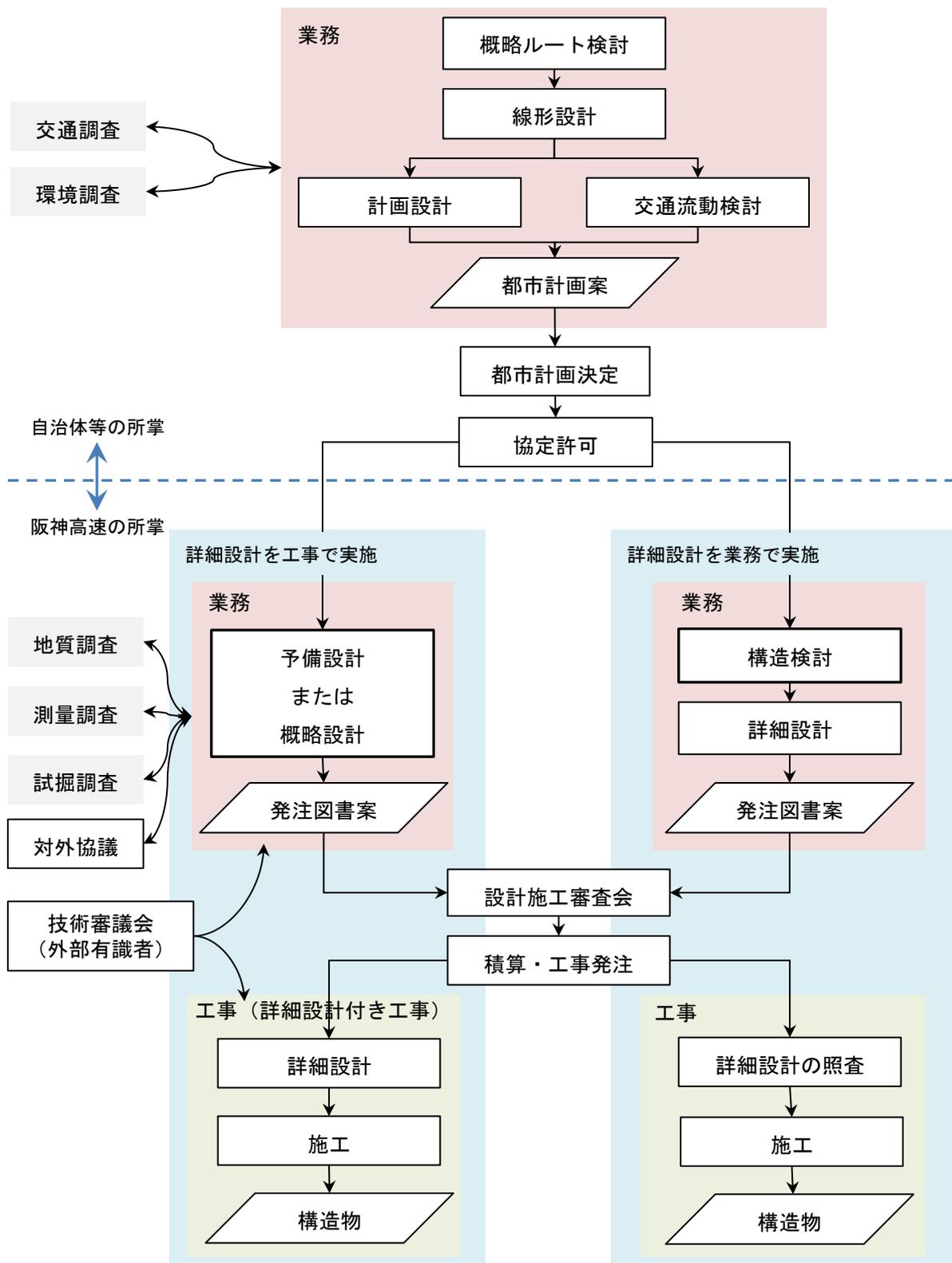


図-2.1.2 阪神高速道路における橋の計画・設計・施工の基本プロセス

(3) 道路関係以外の発注機関の例（鉄道会社）

1) 鉄道土木設計業務における用語について

鉄道土木構造物の設計では、「予備設計」という用語は一般に用いられていない。一般社団法人建設コンサルタンツ協会（以下、「建設コンサルタンツ協会」）の「鉄道土木の計画・調査・設計報酬積算の手引き 改訂第11版」⁵⁾では、「調査設計」、「比較設計」、「概略設計」としている。それぞれの内容は表-2.1.2に記載のとおりである。なお、「詳細設計」についても同表にあわせて示す。

表-2.1.2 鉄道土木設計の種類と内容⁵⁾

用語	内容
調査設計	<p>高架化工事等の広い範囲にわたり異種類の構造物の概要を把握する。または路線選定等に関連して、対外協議等に必要の構造物の一般図（スケルトン）、概略工事数量、概算工事費等の資料を作成する。</p> <p>一般に設計計算は行わず、各構造物について既存の設計例、技術資料に基づいて概略の検討を行なう。ただし、その構造物が設置される付近の平面および縦断線形の検討、施工法の検討、工事工程の作成等を行うこともある。</p> <p>成果品として、構造物の概略図を作成し、概算数量の算出を行い、概算工事費を算定し、選定した構造物について技術的、経済的、社会的評価を報告する。</p>
比較設計 (検討設計)	<p>原則として、構造物の全体計画を決定するために実施する作業で、経済性（工事費など）、施工性、安全性、耐久性、機能性、維持管理、環境適応性、景観等を考慮し、最も適切な構造物とするため構造物の概要がわかる程度に設計例・資料等を参考にして比較資料を作成する。</p>
概略設計	<p>比較設計によって選定された一案の形式について、設計条件に合致した構造物の主要寸法を概略応力計算により決定し、構造物の一般図（スケルトン）を作成する。</p> <p>構造物の形態によっては、この段階で耐震設計を行い、構造物の主要寸法を決定するとともに、部材および構造物全体の挙動を把握しておく。下部工や高架橋の設計では、この作業が大きな割合を占める。</p> <p>成果品として、概略設計計算書、設計図（構造一般図、主要断面図等）を作成し、概略工事数量を算出する。また、この他に施工計画（施工法、工事工程等）や概算工事費の算定が加わることがある。</p>
詳細設計	<p>比較設計・概略設計の結果をもとに、構造物の細部事項やその他現場の諸条件を加味して詳細な設計計算を行い、工事の発注および施工に必要な設計図書を作成する。</p> <p>成果品として、設計計算書、設計図、線形計算書、平面線形に基づく座標図、材料数量計算書等を作成する。これらの設計図書は工事契約書、示方書、地質資料等と合せて、工事費の積算根拠となり、施工が正確かつ能動的に行われるための重要な情報となる。</p> <p>詳細設計の内容は、設計計画、設計計算、設計製図、材料計算、照査等に分けられる。</p>

(出典：鉄道土木の計画・調査・設計報酬積算の手引き 改訂第11版、一般社団法人建設コンサルタンツ協会、2022.5より、一部加筆修正)

次に、発注者側の図書として、例えば、西日本旅客鉄道株式会社では、示方書⁶⁾において表-2.1.3のとおり用語を定義している。

表-2.1.3 鉄道発注者の示方書における設計の種類と内容の例⁶⁾

用語	作業内容
調査設計	高架化工事等で広汎な範囲にわたり、異種類・異形式の構造物を一括し、設計条件、現地調査、既存の資料等により概略の設計を行い、当該地域の構造概要を把握する。 また、路線選定等に関連して、部外協議等に必要の構造物の一般図（スケルトン）、概略数量等の資料作成を行う。
比較設計	2種類以上の構造形式について、経済性、施工性、安全性、耐久性、機能性、維持管理、環境適応性、美観等を考慮して、最も適切な構造物の基本計画を決定するため、構造物の概要がわかる程度に設計例、既存の資料等を参考にして、比較資料を作成する。
概略設計	調査設計等により選定された形式について、さらに精度の高い現地調査、地質、気象調査等により、設計条件に合致した構造物の主要寸法を想定し、主要部材について構造決定に必要な断面力を計算して、構造物の一般形状の判断ができる程度の寸法を定める。
詳細設計	概略設計、比較設計の結果および当該構造物の細部事項、その他現場の諸条件に基づいて、構造物の詳細な設計を行う。設計計算書、設計図、線形計算書、平面線形にもとづく座標図、数量計算書等を作成する。

（出典：土木関係構造物設計標準示方書，西日本旅客鉄道株式会社，平成4年3月（平成17年4月改定））

表-2.1.2、表-2.1.3に示したとおり、設計の種類について、鉄道発注者側と建設コンサルタント協会で用いている用語は同じであり、内容も多少の差異はあるものの概ね一致している。

2) 鉄道における橋梁設計のプロセス

実務における橋梁設計の全体プロセスについて示す。どの時点でどれだけの作業を行うか明確に定められたものはないが、一般に、調査設計、比較・概略設計、詳細設計の順に行う。調査設計段階では、既往の事例を参考に構造形式を設定し、施工方法の検討や概算工事費を算定するとともに、関係自治体との協議や、その他必要により景観への配慮や環境アセスメント等の検討を行う。また、構造物の保守管理者に意見照会を行い、計画に反映させることもある。これらの調査設計段階を経て、プロジェクト実施に関する意思決定を行い、工期や予算を設定する。その後、詳細設計までに、必要に応じて、設計段階で設定した構造形式の深度化や、調査設計段階で残された課題の調査検討を行う。地質調査や測量等も詳細設計に必要な情報が不足している場合には行うこととなる。

リスク評価に関しては、設計段階のみならず調査設計段階においても、発注者の関係部門（建設部門、保守部門）それぞれの観点からリスクアセスメントを行うことが多い。

2.1.3 契約相手方の選定方式

(1) 入札契約方式と契約相手方の選定方式

設計業務の契約範囲は、大部分が橋梁予備設計等の単独業務であるが、橋梁予備設計等と詳細設計が一体となった業務や、設計・施工一括発注などもある。調達方法は、調査・設計の内容に照らして技術的な工夫の余地が小さい場合を除き、国土交通省や都市高速道路会社、高速道路会社をはじめとする多くの発注機関において、総合評価落札方式、プロポーザル方式のいずれかの方式で発注されている。

業務の契約方式と契約相手方の選定方式を表-2.1.4に示す。ここでは、総合評価落札方式、プロポーザル

方式に加え、土木分野にデザインの競争性を導入した設計競技方式（コンペ方式）について示す。

表-2.1.4 契約方式と契約相手方の選定方式

契約方式	契約相手方の選定方式
総合評価落札方式	入札者に業務価格および技術提案書等をもって申し込みをさせ、これらを総合的に考慮して落札者を決定する方式
プロポーザル方式	技術提案の内容と企業や技術者の能力を総合的に評価することにより建設コンサルタント等を特定する方式
設計競技方式（コンペ方式）	対象とする施設や空間に求める機能や条件に合致した設計案を募り、最も優秀とみなされた設計案を選ぶ方式

(2) 総合評価落札方式

総合評価落札方式は、事前に仕様を確定可能であるが、入札者の提示する技術等によって、調達価格の差異に比して、事業の成果に相当程度の差異が生じることが期待できる場合に用いられる方式である。この方式は、業務の品質確保、技術提案の積極的な活用、ダンピングの防止などを目的に価格要素と技術要素の総合評価で落札者を決定する方式といえる。

国土交通省では、業務の履行に求められる知識や構想力・応用力に応じて、総合評価落札方式、またはプロポーザル方式を採用している⁷⁾。総合評価落札方式には標準型と簡易型があり、評価テーマに関する技術提案を求めることによって品質向上を期待する業務の場合は標準型（価格評価点：技術評価点＝1:2～1:3）を採用し、評価テーマに関する技術提案を求める必要はない場合は簡易型（価格評価点：技術評価点＝1:1）を採用することとしている。

阪神高速道路は、「公共工事の入札及び契約の適正化の促進に関する法律（入契法）」により、公共工事の発注者として規定されており、「公共工事の入札及び適正化の促進に関する法律（適正化法）」とともに「公共工事の品質確保の促進に関する法律（品確法）」の適用も受けている。そのため、入札および契約における透明性・公正性・競争性の確保に努めるとともに、調査および設計業務については、従前より実施していたプロポーザル方式に加え、総合評価落札方式についても2007年度から導入している⁸⁾。総合評価落札方式における評価方法は、価格評価点と技術評価点を足し合わせて評価値を算出する加算方式（図-2.1.3）を採用している。加算方式は、価格評価点と技術評価点をそれぞれ評価するため、価格だけでなく技術力による競争も促進することができる。価格評価点と技術評価点の比率は、技術力を重視する場合は1:2、定型的業務で価格を重視する場合は1:1とすることを標準としている。

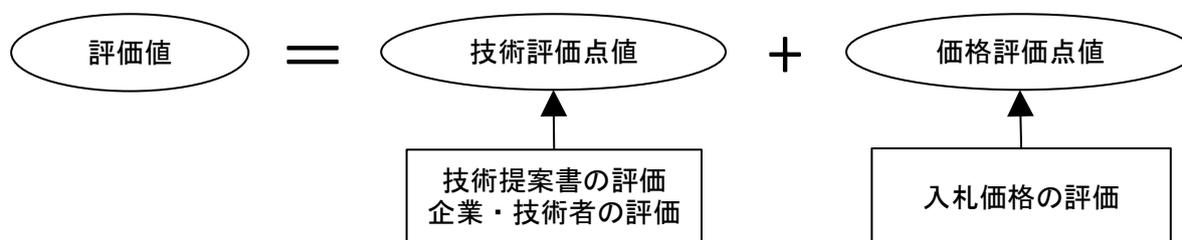


図-2.1.3 総合評価落札方式における評価値のイメージ

(3) プロポーザル方式

プロポーザル方式は、業務の内容が技術的に高度なものまたは専門的な技術が要求される業務であって、提出された技術提案に基づいて仕様を作成する方が優れた成果を期待できる場合に用いられる方式である。この方式は、業務に最適な者を特定し随意契約を行う方式である。プロポーザルの結果によって、その後の業務等を委託するため、会計法上は随意契約に位置づけられるが、いわゆる「競争性のある随意契約」である。

(4) 設計競技方式（コンペ方式）

設計競技方式は、対象とする施設や空間に求める機能や条件を発注者側が示し、その機能や条件に合致した設計案を募り、最も優秀とみなされた設計案を選定する方式であり、その提案者が契約の優先交渉権者となる。本方式については、土木学会建設マネジメント委員会 公共デザインへの競争性導入に関する実施ガイドライン研究小委員会から「土木設計競技ガイドライン・同解説+資料集」⁹⁾が2018年に出版されている。本方式もプロポーザル方式と同様に「競争性のある随意契約」である。

設計競技方式は、設計業務の実施までを最優秀提案者と契約するケースが多いが、設計業務の実施者を別途選ぶ場合（アイデア公募型）や、施工まで含めた実施契約を結ぶ場合（デザインビルド付帯型）、さらに施工後の管理・運営まで含めた場合（DBO付帯型）などもある。設計競技方式の種類を図-2.1.4に示す。

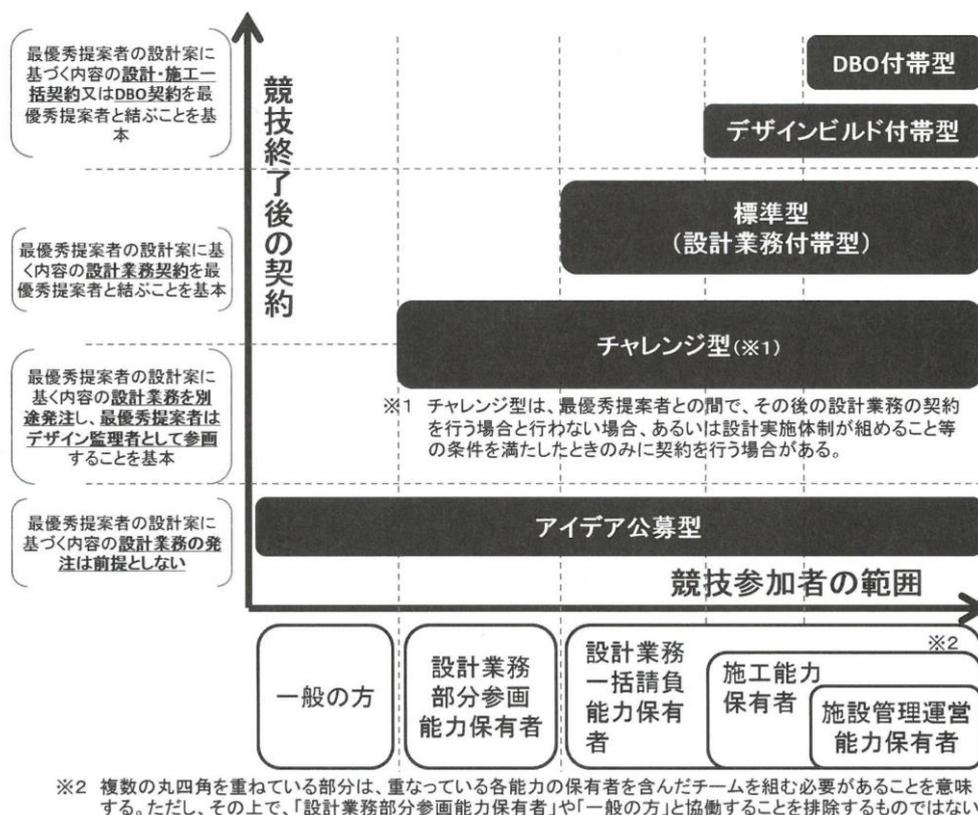


図-2.1.4 設計競技方式の種類⁹⁾

(出典：土木学会建設マネジメント委員会：土木設計競技ガイドライン・同解説+資料集、2018.10)

2.2 現状の課題

2.2.1 架橋位置や形式選定等の検討過程における品質確保・向上

平成 29 年の道路橋示方書の改定により、架橋位置や橋の形式の選定においては「路線線形や地形、地質、気象、交差物件等の外部的な諸条件、使用目的との適合性、構造物の安全性、耐久性、維持管理の確実性及び容易さ、施工品質の確保、環境との調和、経済性を考慮し、加えて地域の防災計画や関連する道路網の計画とも整合するように、架橋位置及び橋の形式の選定を行わなければならない」（道路橋示方書・同解説 I 共通編）ものと規定された。

それにより、橋に求められる性能が発揮できるように、橋の性能に影響を与える要因を整理したうえで、設計、施工、維持管理にかかわる前提条件を明らかにすることが従前にも増して必要となった。また、それらを橋の設計に取り入れるための予測技術や影響の評価方法等が工学的に未確立であっても、架橋位置と橋の形式の選定において可能な限りそれらに配慮することが求められるようになった。

しかし、実務の現状は、斜面崩壊や断層変位の影響など、架橋位置を決める上流側の道路計画において必ずしも十分な配慮がなされていない場合や、橋の形式選定においても現地および事業ごとの条件に大きく依存する事項について未整理であるなか、これまでの実績に基づく適用支間長や施工方法などから一次候補を抽出し、経済性（初期または LCC）のみ、または総合評価（経済性、構造的性、施工性、維持管理、環境・景観）において有意な 3 案程度を 2 次候補として抽出し最適案を選定するなど、従来どおりの方法を踏襲することとなり、架橋地固有の条件や設計コンセプトに応じた対応方針と関連づけて架橋位置や橋の形式の選定等がなされていない場合も多い。

2.2.2 維持管理の検討

劣化や自然災害発生時にはさまざまな調査や点検が必要となるが、設計計算等では反映できない状況に対しても橋梁予備設計のような事業プロセスの早期の段階で配慮しておくことで、維持管理の確実性或容易さを高められることが期待できる。しかし、現状は、代替方法で点検することができない点検困難部をもつ構造も存在し、適切な維持管理が行えず、要求性能を満足させられない場合も存在する。

2.2.3 計画案に対するリスク評価

大規模地震による津波、地すべり、断層変位や豪雨などに伴う落橋などの自然災害リスクに加え、調査不足などによる情報不足のリスク、火災などの偶発的な事象によるリスクなど、橋の計画には多種多様なリスクが内在する。これらのリスクに対して適切な対応がとられなければ、さまざまな不具合や損傷、落橋等、橋としての機能を損なったり、設計・施工の手戻りを余儀なくされる場合が生じるなど、大小さまざまな影響が生じている。

2.2.4 新技術の評価と導入

平成 14 年の道路橋示方書の改定により、性能規定型への転換が図られ、要求性能を満足していれば自由な設計が可能となった。しかし、技術基準に記載されている標準的な材料・構造等によらない場合は、所定の要求性能が満足されることを検証しなければならないことから、計画段階では、①新技術の技術検証に多大な時間・コストおよび高度な技術力を要すること、②標準的な材料・構造等と異なり新技術導入に必要なコストを明確に算出できないこと、③要求性能を満足するかどうか不明確であること、などが要因となり、合理性の高い優れた技術であっても、実績の少ない構造形式、材料、工法などは候補として挙がりにくい。そのため、技術基準や各道路管理者の定める要領に記載されているような実績の豊富な標準案が好まれる傾

向にある。

2.2.5 計画段階におけるコスト算出精度

計画段階におけるコスト算出は概算とならざるを得ないにもかかわらず、その数字に過度に高い精度や信頼性をおいた判断がなされる場合も多い。橋の形式を選定するうえでコストは重要な要素であるが、その算出精度を超えるような僅か数パーセントのコスト差で安易に優劣をつけているような事例が散見される。

具体的には、これまでの橋梁予備設計において、形式選定第1段階（1次選定）で過去の実績単価をベースとしたふり分けを行い、形式選定第2段階（2次選定）で前段階より精度を上げた概算工事費を算出しているが、計画段階では十分な地質調査や動的解析を考慮した構造検討の深度化まで実施されないことが一般的であり、コストは概算の域を出ない。また、形式選定第1段階と形式選定第2段階で算出コストが大きく乖離する場合も少なくないが、そのフィードバックまではなされていない。昨今の物価変動の影響を受け、計画時は安価な形式でも施工時にはコストが膨らむといった場合も見られる。

2.2.6 付属物計画

伸縮装置、落橋防止構造、検査路、排水柵等の付属物計画を橋梁予備設計段階で実施するケースは少なく、詳細設計段階に至ってから本体構造に後づけされるようなかたちで付属物の計画・設計がなされることが多い。その結果、本体構造と付属物のトータルな設計の視点を欠いていたり、景観に無配慮な付属物計画がなされていたりする事例が散見される。

2.2.7 景観検討

橋の形式は、架橋地周辺の景観を決定づける主要な要因となることから、橋の計画においては、橋の形式が同時に架橋地周辺の景観に多大な影響をもたらすことを前提として、橋の本体構造の形状や付属物などの景観的要素を適切に計画しておく必要がある。しかし、景観への影響の大きさにも関わらず、多くの橋梁予備設計において、景観検討は桁下の煩雑さや桁高の圧迫感を評価している程度にとどまっているのが現状であり、地域の景観に十分な配慮がなされた計画になっているとは言い難い状況となっている。

引用・参考文献

- 1) 国土交通省：土木設計業務等共通仕様書(案)、2019.3
- 2) 阪神高速道路株式会社：業務関係共通仕様書、2018.8
- 3) 中日本高速道路株式会社：調査等共通仕様書、2022.7
- 4) 国土交通省：公共工事の入札契約方式の適用に関するガイドライン、平成27年5月(令和4年3月改正)、2022.5
- 5) 一般社団法人建設コンサルタント協会：鉄道土木の計画・調査・設計報酬積算の手引き（改訂第11版）、2017.6
- 6) 西日本旅客鉄道株式会社：土木関係構造物設計標準示方書、平成4年3月(平成17年4月改定)
- 7) 国土交通省：公共工事の入札契約方式の適用に関するガイドライン【本編】、p.10、2015.5
- 8) 西岡勉・篠原聖二：阪神高速道路株式会社におけるコンサルタント業務の総合評価落札方式の試行について、建設マネジメント技術、2008.5
- 9) 土木学会建設マネジメント委員会：土木設計競技ガイドライン・同解説+資料集、2018.10

第3章 橋の計画と形式選定における基本的考え方と検討プロセス

3.1 基本的考え方

3.1.1 橋の計画

橋の計画では、計画の前提条件となる橋の重要度や、道路ネットワークにおける橋の位置づけ、代替性を常に念頭に置き、設計の基本理念である使用目的との適合性、構造物の安全性、耐久性、維持管理の確実性および容易さ、施工品質の確保、環境との調和、経済性を考慮しなければならない。

また、橋は標準の設計供用期間 100 年の間に、設計では具体的には考慮されない不測の作用を受ける可能性や劣化損傷が生じる可能性もある。このような場合にも、橋全体が崩壊するような致命的な状態となることをなるべく回避できるような配慮を行うことが重要である。

さらに、橋の適切な設計、施工、維持管理を行うためには、橋の周辺環境、構造物の規模等に応じて必要な調査を行わなければならない。必要な調査項目は、建設予定地点およびその周辺の地形、地質、気象、隣接構造物や地下埋設物の条件、地域や環境に関して配慮すべき事項や制限など、きわめて多岐にわたる。そのため、できるだけ早い段階から必要な調査項目とその手段、実施時期について検討し、橋の完成までできるだけ手戻りやリスクを回避し、確実に所要の性能が得られることに配慮する必要がある。

3.1.2 形式選定の基本的考え方

架橋位置および橋の形式は、道路橋示方書¹⁾に示された設計の基本理念を考慮するほか、路線線形や地形、地質、気象、交差物件等の外部的な諸条件、地域の防災計画、関連する道路網の計画とも整合するように選定を行わなければならない。特に、社会・経済活動や防災計画上の位置づけなどの道路ネットワークにおける路線の位置づ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許容され難いような橋に対しては、形式の選定段階から十分な配慮が必要である。

また、想定される地震によって生じ得る津波、斜面崩壊等および断層変位に対して、これらの影響を受けないよう架橋位置または橋の形式の選定を行うことが標準となる。一方で、地盤変動に対して粘り強い基礎構造を採用したり、基礎の移動や斜面移動による作用を受け続ける状態に陥ったりしたとしても、自立性が高く、応力状態が比較的明確なままであるような支間割りや上部構造形式を採用するなど、それぞれの橋に求められる性能が発揮できるような構造形式を選定する必要がある。さらに、想定に限界のある事象に対しては、橋の機能回復措置の方策を設計段階で考慮しておくこと、その機能回復措置に必要な資機材の整備も併せて行うこと、迂回路の確保など道路網の多重化により補完性を確保できる路線計画とすることなど、ソフト・ハードの両面から対策をとることも有効と考えられる。

経済性に対しては、建設費を最小にするのではなく、維持管理費を含めたライフサイクルコストを最小化することが大切である。また、ライフサイクルコストを算出・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、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ように心がけるのがよい。

3.2 検討プロセス

3.2.1 用語に関する注意事項

国総研資料第 1162 号²⁾は、平成 29 (2017) 年に大幅改定された道路橋示方書に対応するため、国土交通省の各地方整備局等の内規（設計要領、技術資料等）を充実すべく検討されたものであり、その検討結果を踏まえた「設計要領等の改定項目（案）」が収録されている。ただし、一部の用語（1 次選定、2 次選定）が従

来の橋梁予備設計で用いられてきた意味とは異なる意味で用いられていることから、混乱を避けるため、本手引きで用いる用語の意味とあわせて表-3.2.1 に整理しておく。本手引きでは、国総研資料第 1162 号の考え方を踏まえつつも、従来の 1 次選定、2 次選定の用語の概念を踏襲するものとした。

表-3.2.1 用語の対応表

用語 意味	1 次選定	2 次選定
従来	橋長（橋台位置）、支間割り（橋脚配置）を検討した後、各地方整備局や協会等で示される適用支間表に基づいて、架橋位置に適合した形式をすべて抽出し、その中から LCC または総合評価（経済性、構造的性、維持管理、施工性、環境・景観性）で優位となる上位 3 案程度を選定する。	1 次選定の上位 3 案程度に対して概略設計計算を実施し、工事費を積み上げて、総合評価（経済性、構造的性、維持管理、施工性、環境・景観性）で 1 位となる形式を最適案として選定する。
国総研資料第 1162 号	基本条件（橋梁計画の前提条件および橋の要求性能）を満たす形式をすべて抽出する。	1 次選定で抽出した形式の中から、固有条件（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）、構造物配置、架橋配置に適合する形式をすべて抽出する。
本手引き	基本条件（橋梁計画の前提条件および橋の要求性能）と固有条件（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）を満たし、構造物配置、架橋配置に適合する形式として抽出されたすべての形式に対し、比較条件に基づき、LCC が優位な形式を複数案選定する。 これを「形式選定第 1 段階（1 次選定）」と呼ぶこととする。	形式選定第 1 段階（1 次選定）で選定された複数案に対して、概略設計計算を実施し、工事費を積み上げて総合評価（経済性、構造的性、維持管理、施工性、環境・景観性）で 1 位となる形式を最適案として選定する。 これを「形式選定第 2 段階（2 次選定）」と呼ぶこととする。

3.2.2 従来の検討プロセスと本手引きによる検討プロセスの違い

図-3.2.1 に、橋の計画と形式選定に関する従来の一般的な検討プロセス（概略）と本手引きによる検討プロセス（概略）の違いを示す。

従来の一般的な検討プロセスでは、リスクに関する検討項目（リスク評価と対応方針）が必ずしも明示されておらず、地質条件や河川条件などとして間接的に扱われることが多かった。また、「形式選定」があたかも計画のゴールようになっており、形式選定以外の事項について十分検討されないまま計画が確定されることも多かった。その結果、選定された形式はブラッシュアップされることなく、そのまま詳細設計へと進んでいくことが通常であった。さらに、計画の全プロセスを通じて、新技術の導入を検討する余地が明示されておらず、計画段階での技術革新が生まれにくい状況となっていた。

一方、本手引きによる検討プロセスでは、上記のような課題を計画プロセスの内部に取り込むことにより、より「優れた計画」がなされるような改善を行っている。

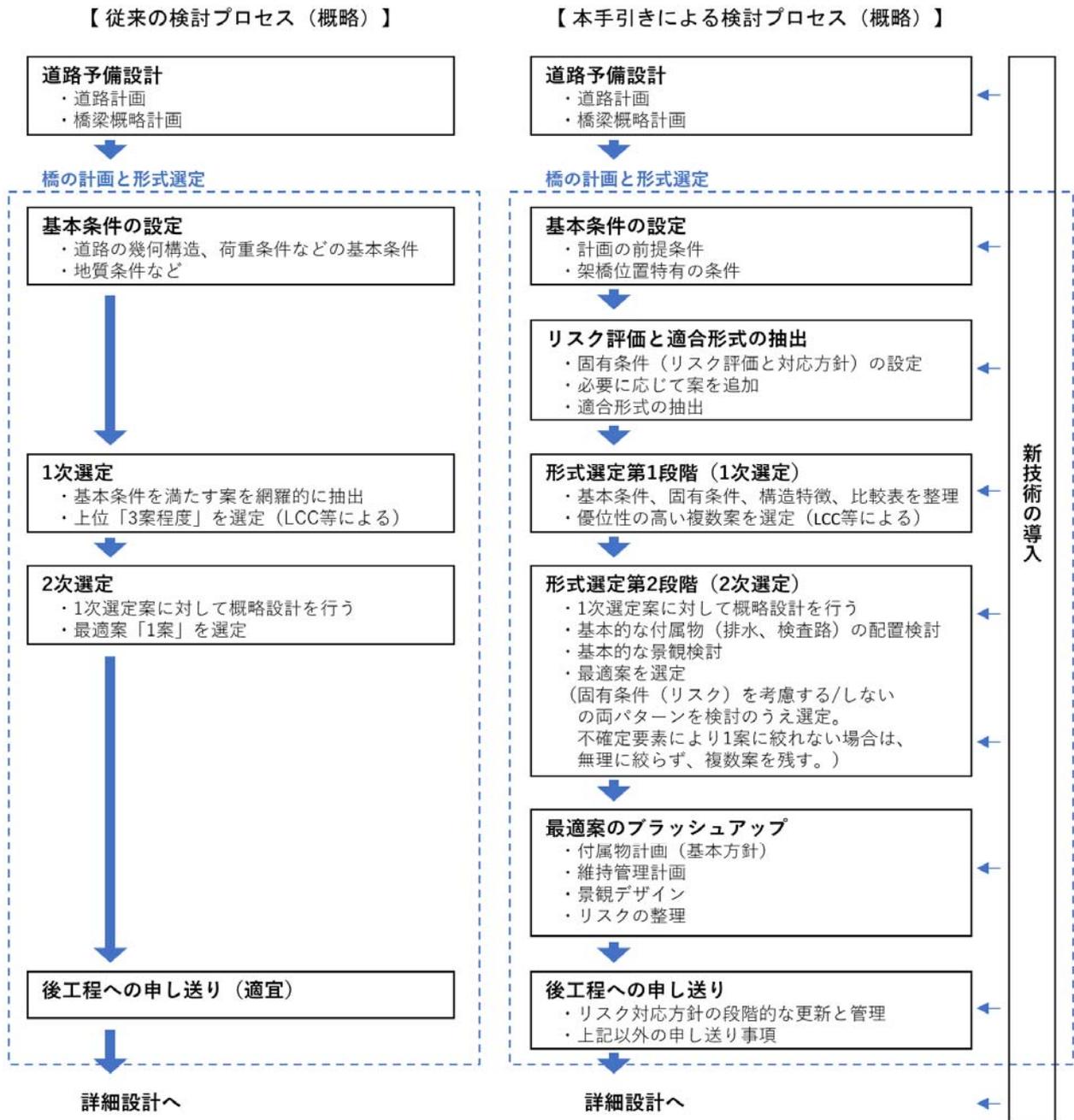


図-3.2.1 従来の検討プロセスと本手引きによる検討プロセスの違い

3.2.3 本手引きによる検討プロセス

図-3.2.2に、本手引きによる検討プロセスの全体を示す。ここに示すプロセスは、前項で述べた内容を国総研資料第1162号¹⁾との整合を図りつつ整理したものである。次章（第4章）以降の各章で、このフローチャートの各段階をより詳しく解説する。

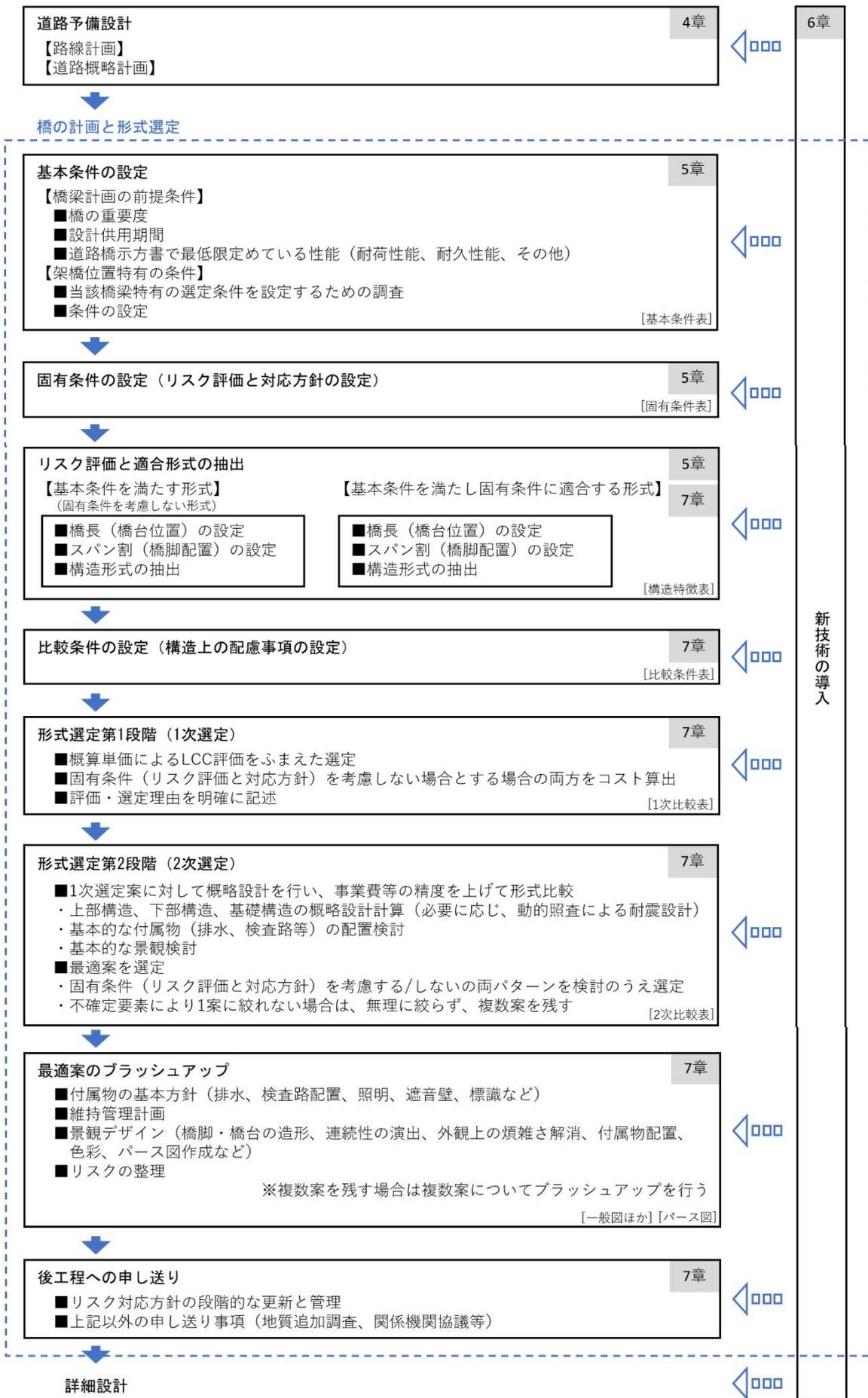


図-3.2.2 本手引きによる検討プロセス

引用・参考文献

- 1) (公社) 日本道路協会: 道路橋示方書・同解説 (I 共通編) 平成 29 年 11 月、(公社) 日本道路協会、2017. 11
- 2) 国土技術政策総合研究所: 道路橋の設計における諸課題に関わる調査(2018-2019)、国総研資料第 1162 号、2021. 9

第4章 道路計画

4.1 道路計画における橋の位置づけ

4.1.1 道路の役割と機能

道路構造令の解説と運用では、「道路は人の移動や物資の輸送に不可欠な基本的な社会資本であり、社会・経済の発展や国民生活の向上に大きな役割を果たしている。また、公共空間としての役割も有しており、道路の計画・設計にあたっては、このような道路の果たすべき役割を十分に踏まえたうえで、道路利用者にとって必要な道路の機能を確保しなければならない。」¹⁾とされている。

4.1.2 道路計画の流れ

国土交通省の道路事業は、国総研資料第 1162 号の「設計要領等の改定項目（案）」²⁾の 1. 調査・計画編、1 章総則のフローに示されるように、概略設計（路線比較選定、概略ルート（ルート帯）の選定）、道路予備設計（A）、道路予備設計（B）、道路詳細設計を経て工事を実施し、竣工後に供用開始告示を行ったうえで供用を開始し、その後管理を行うものであり、このうち道路計画は概略設計から道路予備設計（A）までを指す。各設計段階における実施内容を以下に示す。このほか、標準的な計画検討手順と手順の各段階に実施すべき事項については、「構想段階における道路計画策定プロセスガイドライン³⁾」も参考にするとよい。

(1) 概略設計（路線比較選定・概略ルート（ルート帯）の選定）

上位計画（道路網計画など）に基づき、解決すべき課題や達成すべき目標に照らし、概ねのルート位置や道路構造などについて、総合的な観点から複数案を比較・評価し、概ね 1/25,000～1/50,000 の縮尺図面で 250m～1km 程度の幅を持つ概略ルート（ルート帯）を選定する。

比較・評価の項目としては、政策目標（産業振興の促進、渋滞の緩和、交通安全の確保、観光振興の促進など）、配慮事項（大気や騒音などの生活環境への影響、生態系をはじめとする自然環境への影響、市街地からのアクセス、移転が必要な家屋数、コスト）などがある。

その際、地質概略調査（地形・地質図、文献調査、地すべり・活断層の抽出など）、環境影響基礎調査（環境アセスメントデータベースや既存資料の調査など）を実施し、調査結果を比較・評価に反映する。

複数案の比較・評価結果について、他省庁や住民などから聴取した意見を踏まえてブラッシュアップし、リスクマネジメントを行ったうえで、概略ルート（ルート帯）の選定を行う。この結果をもとに事業費の要求を行う。

(2) 道路予備設計（A）

概略設計によって決定された路線について、平面線形、縦横断線形の比較案を作成し、施工性、経済性、維持管理、走行性、安全性および環境などの総合的な検討と橋、トンネルなどの主要構造物の位置、概略形式、基本寸法を計画し、技術的、経済的判定によりルートの中心線を決定する。この結果をもとに都市計画決定がなされる。

(3) 道路予備設計（B）

道路予備設計（A）または同修正設計で決定された中心線に基づき、実測路線測量による実測図を用いて用地幅杭位置を決定する。用地幅杭位置が決定すれば、それ以降の大幅な構造変更は原則不可となる。

(4) 道路詳細設計

道路予備設計（B）または同修正設計で確定した中心線位置、用地幅杭位置に基づき、工事に必要な詳細構造を経済的かつ合理的に設計し、工事発注に必要な図面・報告書を作成する。予備設計で確定すべき要件が確定されていない場合、または変更の必要がある場合は、それらに応じた設計を行う。

4.1.3 道路の構造

道路構造令では、「第 35 条 橋、高架の道路その他これらに類する構造の道路は、鋼構造、コンクリート構造又はこれらに準ずる構造とするものとする。」とされており、道路構造令施行規則では、「橋、高架の道路その他これらに類する構造の道路（以下「橋等」という。）の構造は、当該橋等の構造形式及び交通の状況並びに当該橋等の存する地域の地形、地質、気象その他の状況を勘案し、死荷重、活荷重、風荷重、地震荷重その他の当該橋等に作用する荷重及びこれらの荷重の組合せに対して十分安全なものでなければならない。」とされている¹⁾。

4.1.4 橋の位置づけ

道路計画において、橋は道路の平面線形のみならず、縦断線形にも大きく影響し、線形設計のクリティカルな条件となるため、その点を十分確認したうえで、橋の配置を決める必要がある。また、4.2 で述べるように、災害などで橋が被災・損傷し、通常の機能を失った場合、その復旧には多くの時間を要し、道路ネットワークに多大な混乱を与えることから、そのような事態の発生をできるだけ回避するよう、橋の重要度を踏まえた道路計画が必要である。さらに、橋は障害物を跨ぐのみならず、土地利用や生態系保護の観点から有利になる場合もあるため、多様な視点からの総合的な計画が必要である。一方、橋は土工部に比べて建設費や維持管理費が高いため、路線全体の事業費や LCC の観点も当然に重要である。

4.2 道路ネットワークにおける橋の価値評価（重要度評価）

4.2.1 橋の重要度評価の必要性

道路計画において、橋や高架道路の採用は、河川や鉄道、他の道路などを跨ぐ必要によることが多いが、当該区間が災害などにより損傷し交通機能が失われた場合、土工や擁壁区間に比べ、復旧までに多くの時間を要するため、道路ネットワーク上、橋の重要度は一般に高いと言える。

そのうえで、橋の設計で実現すべき橋の性能は、H29 道示共通編 1.4⁴⁾のとおり、物流など社会・経済活動上の位置づけや防災計画上の位置づけなど、道路ネットワークにおける路線の位置づけや代替性を考慮して決定することとされている。また、H29 道示耐震設計編 2.1(2)⁵⁾では、耐震設計上の橋の重要度の区分が示されている。これらのことから、橋の計画や形式選定においては、その前提として、橋の価値や重要度の評価を適切に行っておく必要がある。

4.2.2 橋の重要度の要素

前項を踏まえ、橋の重要度の主な要素を表-4.2.1に示す。

表-4.2.1 橋の重要度の主な要素

項目	概要
(1) 道路の種類	
道路の種級区分	道路構造令による道路の区分 (1種～4種、1級～5級)
(2) 物流ネットワーク上の位置づけ	
① 重要物流道路の指定の有無	物流の更なる円滑化等を図るため、物流の観点から重要な道路として国土交通大臣が指定した重要物流道路か否か。道路構造の基準が国際海上コンテナ車対応に引上げられる。
② 重さ指定道路の有無	道路管理者が道路の構造の保全および交通の危険防止上支障がないと認めて指定した重さ指定道路か否か。総重量の一般的制限値が車両の長さおよび軸重に応じて最大25トンとされている。
③ 高さ指定道路の有無	道路管理者が道路の構造の保全および交通の危険防止上支障がないと認めて指定した高さ道路か否か。高さの一般的制限値が4.1メートルとされている。
④ 国際物流基幹ネットワークの整備計画の位置づけ	国土交通省により、国際標準コンテナ車の通行を可能にすべく、重さ、高さの制限の解消に向けた対策が行われる国際物流基幹ネットワークに指定されている道路か否か。
(3) 防災計画上の位置づけ	
① 緊急輸送路の指定の有無	災害直後から、避難・救助をはじめ、物資供給等の応急活動のために、緊急車両の通行を確保すべき重要な路線で、高速自動車国道や一般国道及びこれらを連絡する幹線的な道路。 第1次緊急輸送道路～第3次緊急輸送道路など、緊急輸送道路の種類や名称は自治体によって取り扱いが異なるので注意が必要。
② 避難路の指定の有無	広域避難場所等へ通じる道路又は緑道であって、避難圏内の住民を当該広域避難場所等に迅速かつ安全に避難させるための道路等
③ 津波災害警戒区域の指定の有無	最大クラスの津波が発生した場合に住民等の生命又は身体に危害が生ずる恐れがある区域で、津波による人的被害を防止することを目的に指定された区域。
(4) 代替路の有無	
本橋災害時の迂回路の有無	本橋が災害を受けた時の迂回路の有無。
迂回路の制約条件（建築限界・重量規制）	迂回路の建築限界や重量規制等の制約条件。
本橋が迂回路となった場合の制約条件	本橋が迂回路となった場合の制約条件。

4.2.3 橋の計画および形式選定への反映

橋の計画や形式選定には、橋の重要度を適切に反映させる必要がある。例えば、緊急輸送路に指定され、かつ、代替路がない橋については、一時的にでも供用性が失われることは許容され難いことから、形式選定から付属物計画まで、供用性を確保できるよう設計する必要がある。

4.3 災害事例に学ぶ道路および橋の計画・設計への配慮事項

4.3.1 災害事例の抽出

平成 23 (2011) 年 3 月の東北地方太平洋沖地震での津波による橋の流出、平成 28 (2016) 年 4 月の熊本地震での断層変位や地すべりによる橋梁下部構造の移動の影響による落橋、令和 2 (2020) 年 7 月の九州豪雨による球磨川における橋の流出など、近年、大地震や豪雨などにより橋が供用できなくなる災害事例が続いている。

H29 道示共通編や耐震設計編では、津波や斜面崩壊などの断層変位の影響については、橋の設計に取り入れるための予測技術や評価方法が工学的に確立していないとしたうえで、架橋位置と形式選定への配慮事項が示されている。また、津波や豪雨による橋の浸水については、地域の防災計画と整合し、被災時の避難経路および救援や復旧活動などに支障をきたすことなく、それぞれの橋に求められる性能が発揮できるよう、架橋位置や形式などに配慮するのがよいとしている。また、H29 道示共通編 1.6 では、各段階の配慮事項を一体的に検討すべきことや、供用中の橋から得られた知見を最大限に活用することが重要であるとしている。

そこで、橋が供用できなくなった近年の災害事例を抽出し、それらの事例から学ぶべき道路や橋の計画・設計への配慮事項についての具体例を 4.3.2 にまとめた。なお、自然災害の事例に限定している。

表-4.3.1 は、文献調査より抽出できた橋の災害事例を、災害原因、災害事象および橋梁被害種別に整理したものである。落雪、凍結、落下による橋の被害事例も発生していると考えられるが、事例調査には至らなかったため、災害事例欄を“—”としている。

表-4.3.1 災害事例の抽出

災害原因	災害事象	橋梁被害	災害事例		掲載箇所
			被災橋梁名	災害(発生年月)	
大規模地震	斜面崩壊等	下部工沈下	あそちようようおほし 阿蘇長陽大橋	2016.4 熊本地震	4.3.2(1), (2) 参考資料Ⅱ(1)
		落橋	あそおほし 阿蘇大橋	2016.4 熊本地震	4.3.2(1), (3) 参考資料Ⅱ(2)
	断層変位(地盤変位)	落橋	あそおほし 阿蘇大橋	2016.4 熊本地震	4.3.2(1), (3) 参考資料Ⅱ(2)
		取付部損傷	あそちようようおほし 阿蘇長陽大橋	2016.4 熊本地震	4.3.2(1), (2) 参考資料Ⅱ(1)
	津波	上部工流出	きたかみおほし 北上大橋他多数	2011.3 東日本大震災	4.3.2(8)
		上下部工流出	こいずみおほし 小泉大橋他	2011.3 東日本大震災	
台風	船舶走錨衝突	上部工損傷	かんさいこくさいくこうれんらくきょう 関西国際空港連絡橋	2018.9 台風21号	4.3.2(7) 参考資料Ⅱ(6)
豪雨(台風)	斜面崩壊等	上部工流出	こうちどう たちかわほし 高知道立川橋	2018.7 西日本豪雨	4.3.2(4) 参考資料Ⅱ(3)
			はらだほし しんほらだほし 原田橋 新原田橋	2015.1 斜面崩壊	4.3.2(5) 参考資料Ⅱ(4)
	河川増水	上部工流出	おりたちほし 折立橋	2018.9 台風21号	4.3.2(6) 参考資料Ⅱ(5)
			にしげ ほし くまがわ 西瀬橋他(球磨川流域)	2020.7 熊本県南部豪雨	4.3.2(9) 参考資料Ⅱ(7)
		上下部工流出	こうのせほし くまがわりゅうい 神瀬橋(球磨川流域)		
			下部工洗堀	ほうらんじほし 法雲寺橋	2019.10 台風19号
	ひのほし 日野橋	2019.10 台風19号			
雪害・凍害	雪崩	損傷・落橋	シャクナゲバス 石楠花橋(富士スバルライン)	2021.3	4.3.2(11)
	落雪	第三者被害	—	—	4.3.2(12) 参考資料Ⅱ(9)
	凍結	第三者被害	—	—	4.3.2(13)
落下・落石等	落下	損傷	—	—	4.3.2(14)

以下、これらの事例について紹介する。なお、落雪、凍結および落下による災害事例は抽出できなかったが、その対策事例があるので紹介する。

4.3.2 災害および復旧事例

本項では、4.3.1で抽出した事例について、被災・復旧状況を文献などで調査した内容を記述し、道路や橋の計画・設計における災害リスクへの対応について検討した。なお、本文で省略した図表や写真の一部を参考資料Ⅱに示す。

(1) 熊本地震による路線状況(地震)

平成 28 (2016) 年の熊本地震では、阿蘇大橋地区の大規模な斜面崩壊により、国道 57 号が寸断、それにアクセスする国道 325 号も後述する阿蘇大橋の落橋により寸断した。しかし、これらの迂回路として県道 339 号北外輪山大津線(通称ミルクロード)が速やかに整備できたことで、2 日後には被災区間の迂回路が確保できた(図-4.3.1)。ミルクロードには橋などの構造物がなく大規模な土砂崩落も免れたことが早期に利用を再開できた理由であり、土砂崩落や橋梁被害を生じた被災道路とは災害抵抗性に違いがあった。

やむを得ず活断層を跨ぐ路線での橋の計画では、阿蘇大橋の復旧(後述)のように、災害抵抗性を高め、致命的な被害を生じにくくすることが重要である。また、地盤変動の正確な評価が困難なことにも配慮し、万一に備え、ネットワーク機能が失われないように代替路線を確保しておくことも重要であることが示された事例である。



図-4.3.1 阿蘇大橋地区被災状況と代替ルート

(提供：国土技術総合研究所)

(2) 阿蘇長陽大橋(地震)

1) 被災状況

阿蘇長陽大橋は、長陽大橋ルート(村道栃の木～立野線)に位置し、熊本県阿蘇郡南阿蘇村長陽の白川支流に架かる橋長 276m の 4 径間連続 PC ラーメン橋であり、平成 5 (1993) 年に完成している。

平成 28 (2016) 年 4 月に発生した熊本地震により、A1 橋台が 2m 近く下方移動し、取り付け部の土工区間で大規模な崩壊や路体破壊が生じた。A2 側は 20 cm 程度の水平移動があり、桁端部で橋台と衝突、支承および伸縮装置が損傷した(参考資料Ⅱ)。また、A1 側取付道路の崩壊により、長期間の通行止めを余儀なくされた。ラーメン橋本体は自立した状態で、限定的な損傷にとどまったことから(図-4.3.2)、補修による再利用が可能であった。本橋の上部構造の災害抵抗性は、阿蘇大橋復旧時の形式選定の参考にされている。

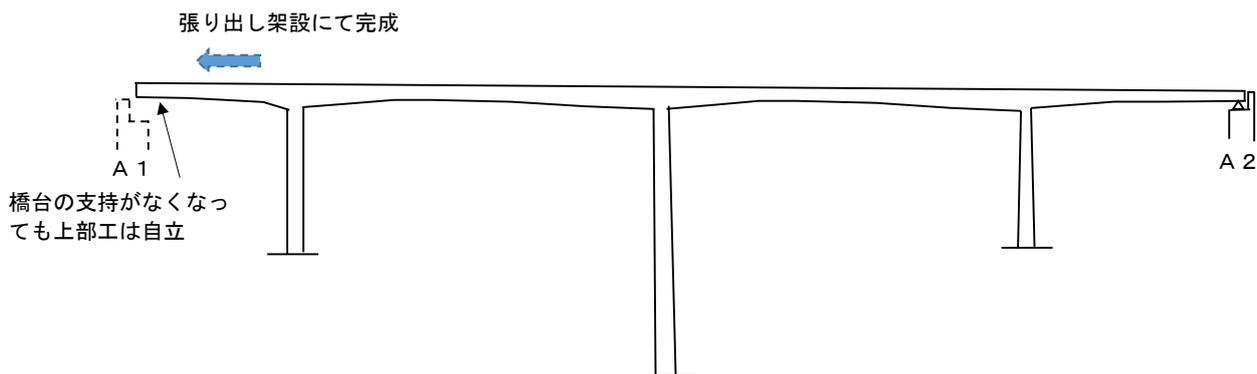


図-4.3.2 阿蘇長陽大橋の橋台支持消失後の自立状況

2) 復旧状況

A1 橋台の復旧は、構造物全体が変形しにくく、一体で挙動する RC5 径間連続ラーメン橋とし、崩落斜面から離れる方向に道路線形の変更が行われた。図-4.3.3 に A1 橋台復旧概要図を示す。

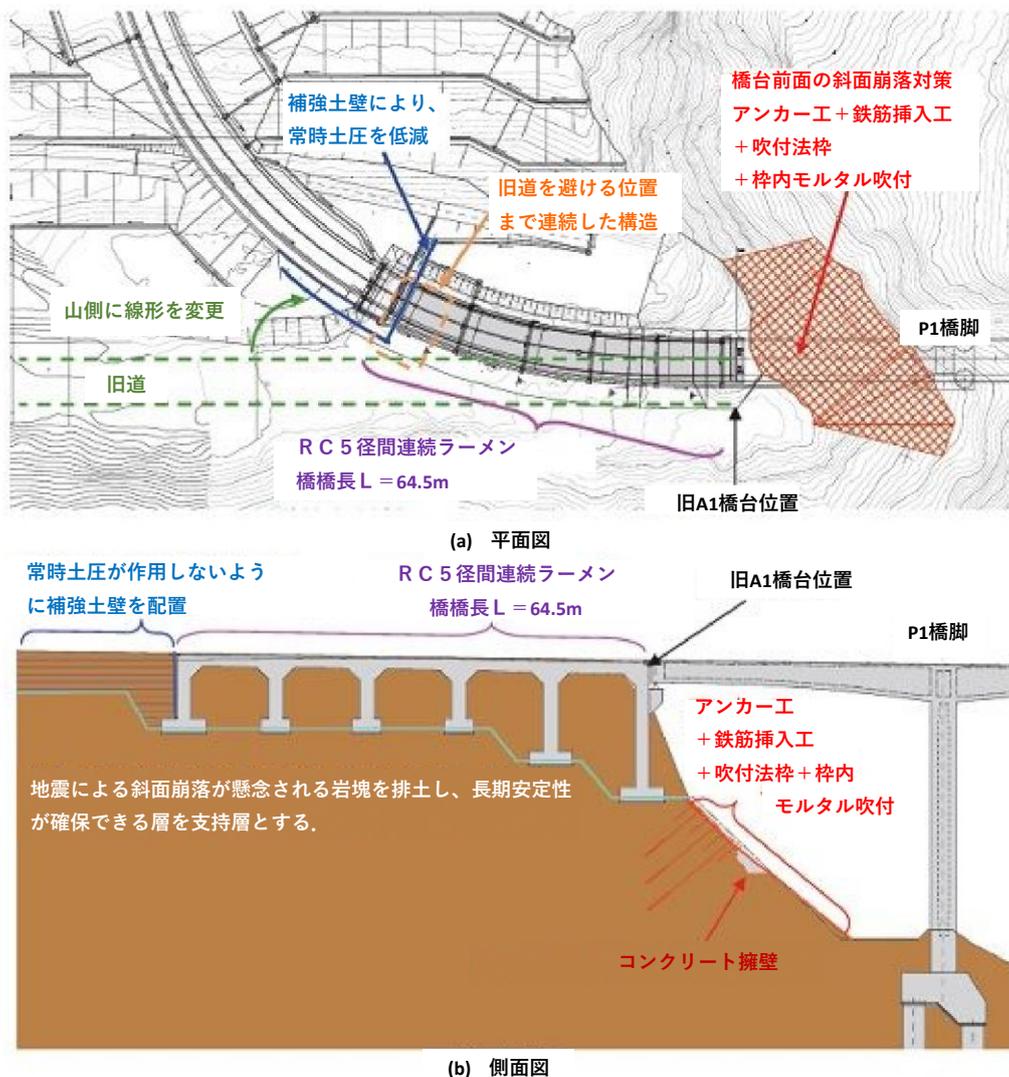


図-4.3.3 阿蘇長陽大橋 A1 橋台復旧概要図⁶⁾

(出典：今村隆浩、熊本地震により被災した阿蘇長陽大橋の復旧、公益自主事業（九州技報）第 62 号、2018.3)

(3) 阿蘇大橋(地震)

1) 被災状況

旧阿蘇大橋は、熊本県南阿蘇郡南阿蘇村黒川に架けられた橋長 205.96m の 5 径間（単純合成鈹桁、トラス逆ランガー、3 径間連続非合成鈹桁）の橋であり、昭和 46（1971）年に完成した。耐震補強として、A1、A2 橋台に鋼製ブロックによる縁端拡幅、A1 橋台にはダンパーや落橋防止ケーブルなどが設置された。一般図（側面図）を図-4.3.4 に示す。

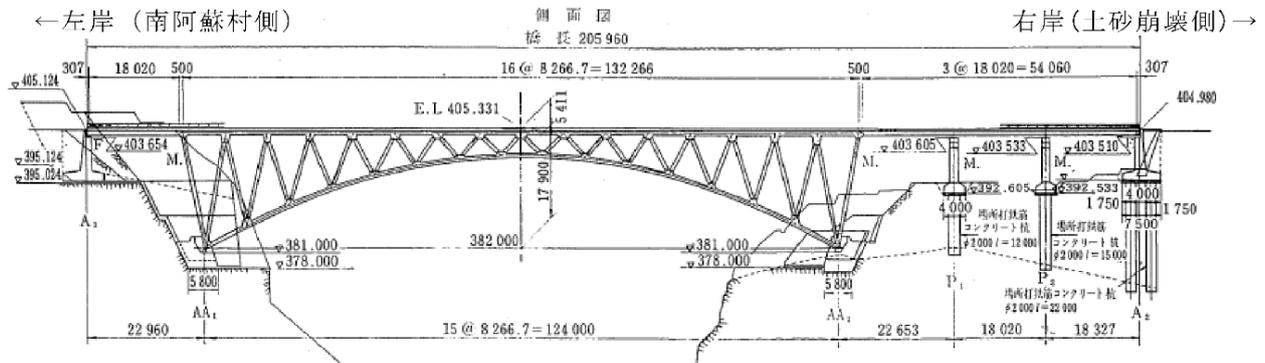


図-4.3.4 旧阿蘇大橋一般図（側面図）⁷⁾

（出典：熊本地震土木施設被害調査報告、国総研資料第 967 号、p. 225、2017. 3）

平成 28（2016）年 4 月に発生した熊本地震による右岸側背面の大規模な斜面崩壊と地盤変動の影響により全橋が落橋した（参考資料Ⅱ）。ランガーの主径間部に活断層があり、ランガーを支持する橋脚位置の移動が落橋の直接的な原因と推定されている。右岸側単純桁、左岸側 3 径間連続桁ともランガー桁に支持された構造で、ランガー桁が落橋すると、全橋が崩壊する構造であった。断層変位の影響を受ける架橋位置においては、災害抵抗性が十分でない形式であったと考えられる。復旧においては、ルート選定、橋梁形式に種々の配慮がなされた。

2) 復旧状況

復旧ルートの計画は、図-4.3.5 の 4 ルートで検討された。各ルートの評価概要は以下のとおりである。

- A 案：道路としての機能回復が容易な平地で推定活断層を跨ぐように配慮した案であるが、トンネル工事が必要であり、天然記念物の阿蘇北向谷原原始林を通過することによる工期への影響が大きい。
- B 案：推定活断層を斜面箇所を跨ぐことになるが、トンネル工事を回避でき、主交通に対して円滑性・利便性が高く、被災箇所を回避して通過できる。
- C 案：推定活断層を橋で跨ぐことは回避できるが、斜面大崩壊箇所にも最も近接し、リスクが最も高い。
- D 案：主交通に対して迂回感があり、円滑性・利便性が低い。斜面大崩壊箇所の上流側のため、国道 57 号接続部の山側斜面にも崩壊リスクがある。

H29 道示共通編 1.7.1 では、架橋位置と形式の選定において、「基本として地盤変動の影響を避けられるように架橋位置を選定するのが望ましい」、また、「一方で、その他の条件も加味したうえで、地盤変動に対して粘り強い基礎構造を採用したり、基礎が移動したり斜面移動による外力を受け続ける状態に陥ったとしても自立性が高く、応力状態が比較的明確なままであるような支間割りの上部構造形式を採用したりするなど、それぞれの橋に求められる性能が発揮できる構造形式の選定において配慮する必要がある」としている。結果として、B 案は活断層を跨ぐ架橋となるが、地盤変動リスクだけでなく、他の要素も勘案したうえで採用さ

れた。阿蘇大橋の構造形式選定にあたっては、以下の留意点が特に考慮された。

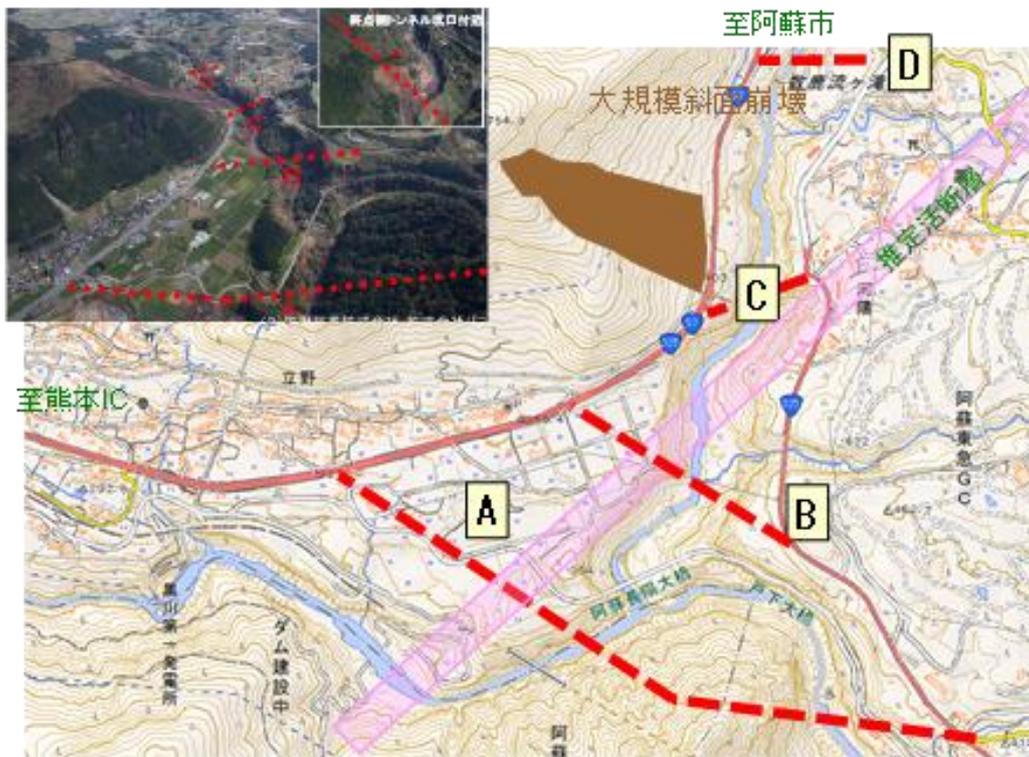


図-4.3.5 阿蘇大橋復旧ルート比較図⁸⁾

(出典：宮原史、今村隆浩、西田秀明、星隈順一、地盤変状の影響を小さくするための配慮をした新阿蘇大橋の計画及び設計～震災経験から得られた教訓を生かして～、土木技術資料 63-6、2021. 6)

- ・安全性（地盤変状が生じて橋が崩壊に至りにくい構造形式とし、下部構造は活断層位置を避ける。）
- ・工期が短い形式
- ・景観性への配慮

以上の配慮結果から、渡河部には PC3 径間連続ラーメン箱桁橋、活断層交差部には鋼単純箱桁橋、高架部には鋼 3 径間連続鈹桁橋が採用された。図-4.3.6 に一般図を示す。

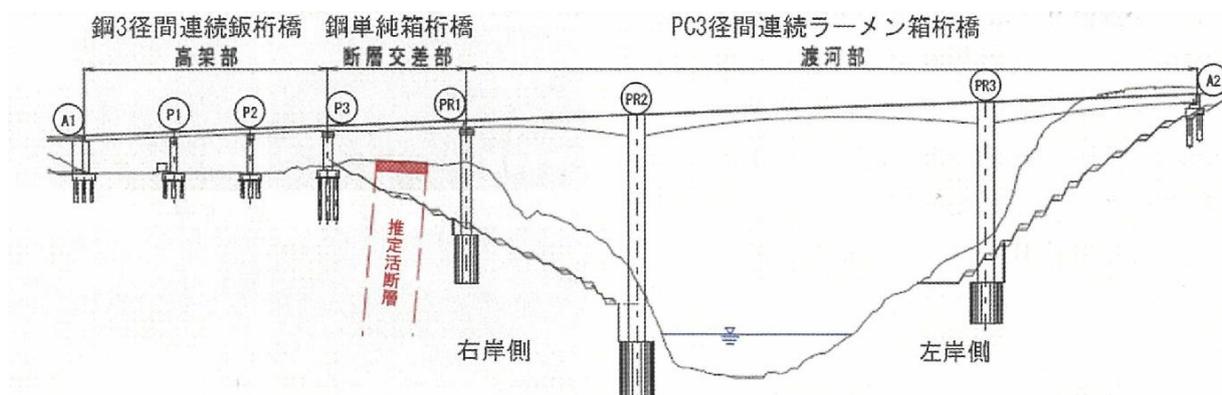


図-4.3.6 新阿蘇大橋一般図（側面図）⁸⁾

(出典：宮原史、今村隆浩、西田秀明、星隈順一：地盤変状の影響を小さくするための配慮をした新阿蘇大橋の計画及び設計～震災経験から得られた教訓を生かして～、土木技術資料 63-6、2021. 6)

渡河部は、自立性が高い構造として、阿蘇長陽大橋を参考に構造形式が選定された。活断層を跨ぐ形式は単純桁形式で、工期が短縮できる単純鋼箱桁橋が採用されている。これまでの一般的な考えでは、単純桁より連続桁の方が地震時の損傷には有利と思われてきたが、以下の理由により単純桁が採用された。つまり、活断層を跨ぐ区間において地盤にずれが生じた際には、上下部接続部を先に破壊させることにより断層変位の影響を受け流すことができること、さらに、支承には鋼製のBP 沓を使用し、アンカーボルト部で先に破壊させる構造にするとともに、橋脚頂部の桁かかり長を十分大きくとることで落橋リスクを低減させている。図-4.3.7 に新阿蘇大橋の活断層の影響リスクの回避方法の概要を示す。

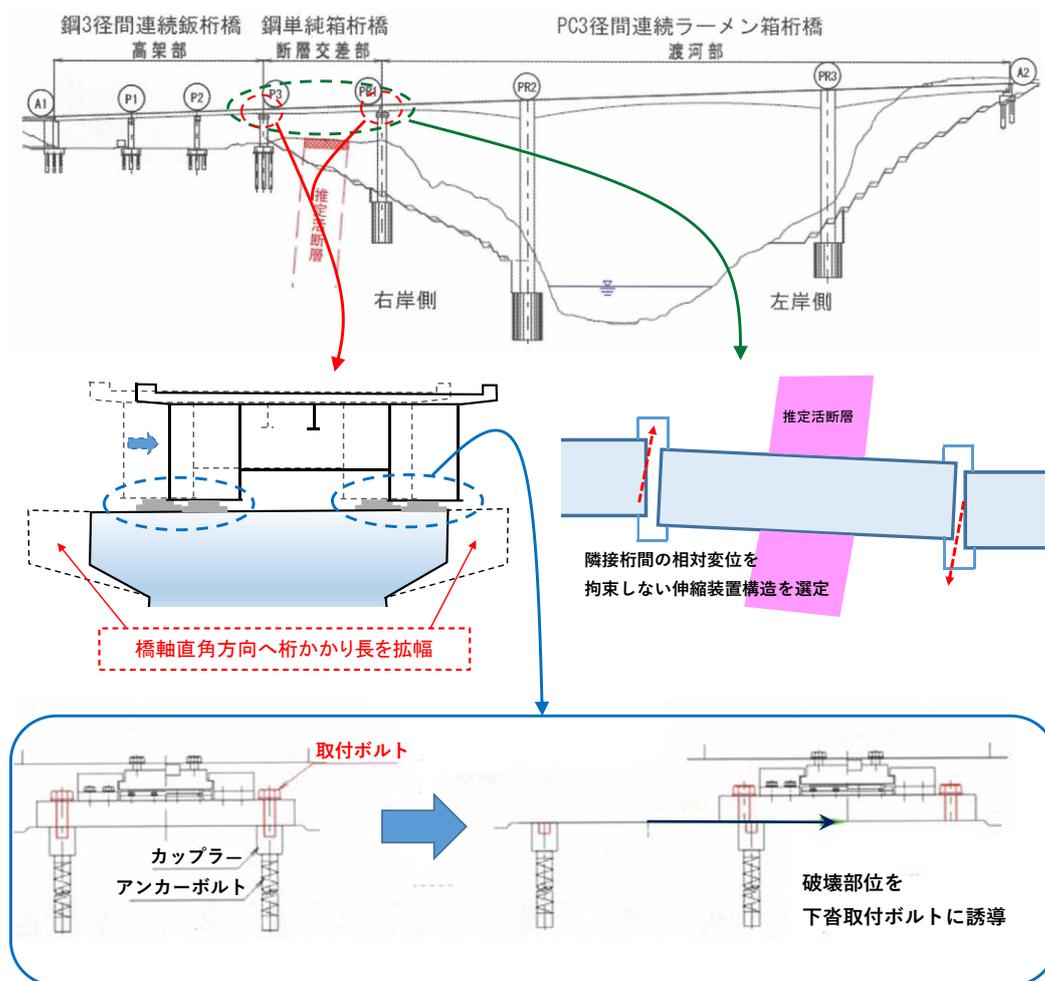


図-4.3.7 新阿蘇大橋の活断層変位の影響リスク回避⁹⁾

(出典：西田秀明：新阿蘇大橋における地盤変状の影響を最小化するための配慮～熊本地震で被災した橋から学ぶ～、公益自主事業（九州技報）第65号、2019.9)

通常、支承はレベル2地震動でも壊れない設計とするが、地盤変動による想定外の作用を考慮した場合、耐力の階層化の概念（図-4.3.8）を採り入れることによって、上記のような設計が行われている。

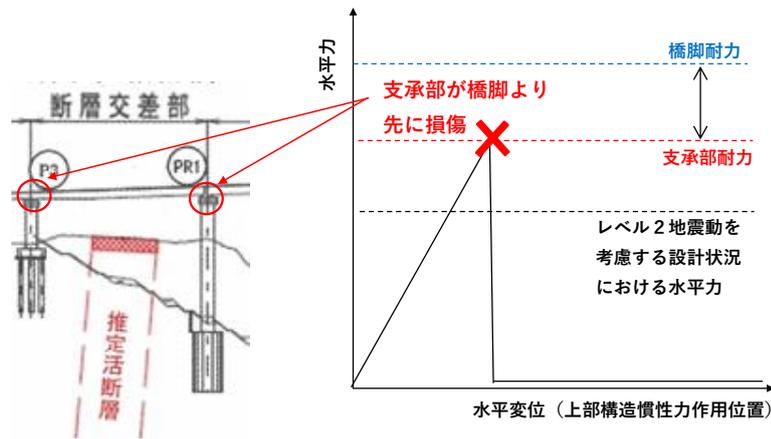


図-4.3.8 上部構造—支承部—下部構造の構造系における耐力の階層化⁸⁾

(出典：宮原史、今村隆浩、西田秀明、星隈順一、地盤変状の影響を小さくするための配慮をした新阿蘇大橋の計画及び設計～震災経験から得られた教訓を生かして～、土木技術資料 63-6、2021.6)

(4) 立川橋（豪雨による土砂崩壊）

高知自動車道の立川橋（たちかわばし）は、平成 30（2018）年 7 月の西日本豪雨による土砂崩壊に伴い、山側の上り線の上部構造（3 径間連続 PRC 桁橋）が流出した。上り線の橋台、橋脚、基礎部は無事で、上部構造のみ流出したのは、桁下空間が下り線より低く、上部構造が土砂に押し流されたためと考えられている。一方、下り線は土砂が桁下を潜り抜け、流出を免れた（図-4.3.9）。下部構造が残ったことにより、上り線の上部構造の架け替えは 1 年程度で施工されており、その間は下り線を対面通行として道路ネットワークが確保された。



図-4.3.9 立川橋の被災状況¹⁰⁾

(出典：豪雨災害により流出した高速道路本線橋の早期復旧（高知自動車道立川橋他災害復旧工事）、日本建設業連合会 HP)

立川橋の事例は、斜面崩壊の予測が困難な位置での道路計画において、上下線を分離し、片側の災害抵抗性を高めておくのも対策の一つとして考えられることや、斜面崩壊のリスクがある地形で桁下空間が低い橋梁形式はリスクが高まることを示している。

復旧形式は、下部構造が健全であったことから、同下部構造上に復旧する上部構造形式として、工期が最も短縮されるプレキャストプレテンホロー桁橋が採用されたが、災害抵抗性については流向制御工など斜面防災対策で考慮された（参考資料Ⅱ）。

(5) 旧原田橋、新原田橋（土砂崩壊）

1) 旧原田橋の状況

旧原田橋は、静岡県浜松市天竜区佐久間町の天竜川に昭和31(1956)年に単径間補剛吊橋として架けられた橋である。主ケーブルの劣化損傷に伴い、平成24(2012)年4月24日に通行止めとなったが、その後補修工事が行われ、動態観測を行い、通行規制をしながら同年6月25日に再び開通した（参考資料Ⅱ）。

2) 新旧原田橋の被災状況

新原田橋は、旧原田橋の通行制限により、大型車の迂回に2時間半程度かかることから、旧原田橋に近接した位置に、単純鋼床版箱桁形式として、平成25(2013)年度より工事が開始された。しかし、平成27(2015)年1月31日にA1橋台側斜面が崩落し、主ケーブルを地山にアンカーしていた旧原田橋は落橋、架設中の新原田橋の桁もベントが土砂で流され一部落橋した。主ケーブルを地山にアンカーする場合は、斜面崩壊のリスクに対する検討が必要であることを示している。

3) 新々原田橋の計画・設計

新々原田橋の架橋位置として、地形条件から3案が比較検討された（図-4.3.10）。

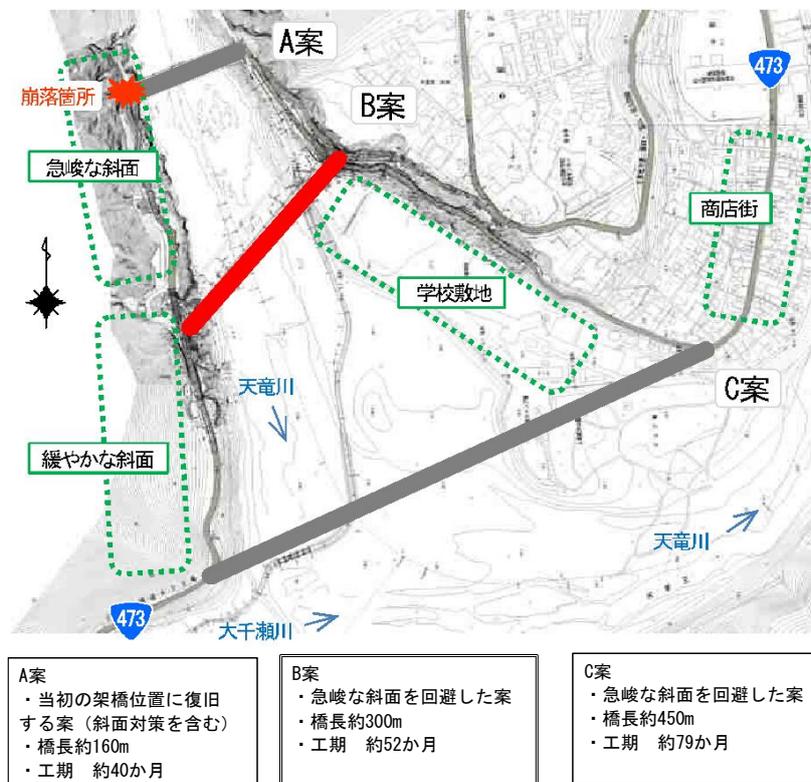


図-4.3.10 新々原田橋の架橋位置比較¹¹⁾

(出典：丹羽広大：(仮称)新々原田橋の計画から基礎工の施工について、2018)

A案は、新原田橋の架橋位置で、川幅が短くなり、橋長が最も短くなる旧橋の横に設定された案で、旧橋はこの位置の斜面崩落により落橋した。そのため比較案では、経済性のみで架橋位置を決定することはせず、周辺の斜面などを調査し、地質リスクを勘察し、工期や交通の機能性の要素に加え、地元との意見交換会などによる意見も踏まえたうえでB案が採用された。

B案は、橋長が約300mとなり、橋脚が1基または2基必要となる。流況解析による洗堀のリスク、経済性、工期を比較した結果、2基案が有利となり、鋼3径間連続鋼床版箱桁形式が採用された。

新々原田橋は、令和2(2020)年3月に開通した。橋の全景を写真-4.3.1に示す。



写真-4.3.1 新々原田橋全景¹²⁾

(出典：日本橋梁建設協会、橋梁年鑑(令和3年版))

(6) 折立橋(豪雨による流出)

折立橋(おりたちばし)は、一般国道168号、奈良県十津川村に架かる2連の鋼単純上路トラスと2連の鋼単純鉸桁からなり、昭和32(1957)年に完成した。鉸桁は橋脚上でトラスと掛け違い構造となっている。概要図を図-4.3.11に示す。

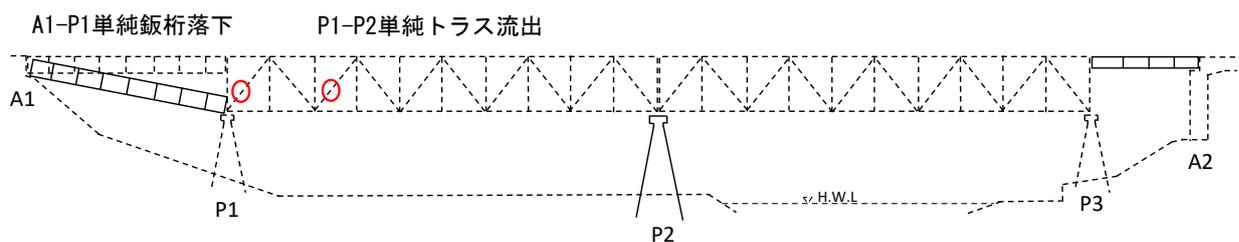


図-4.3.11 折立橋概要図と推定座屈部材位置(赤丸)

平成23(2011)年9月の台風21号の豪雨による十津川の増水により、P1-P2間の単純トラス1連が流出し、A1-P1間の単純鉸桁もそれに伴いP1橋脚上に落下した(図-4.3.11、写真-4.3.2、写真-4.3.3)。なお、上流側の歩道橋は増水高さより高い位置にあり流出を免れた。調査・解析により、流木がトラス斜材に衝突し(図-4.3.11の赤丸位置)、部材が変形して座屈耐力が著しく低下したことで落橋に至ったと推定されている。



写真-4.3.2 折立橋の被災状況（増水時）¹³⁾

（出典：東武：平成 23 年台風 12 号被害と対応教訓、
消防科学と情報 No. 110、2012）



写真-4.3.3 折立橋の被災後状況¹⁴⁾

（出典：国土交通省近畿地方整備局、平成 23 年 10 月 30 日（日）
午前 7 時折立橋が開通！、記者発表資料、2011. 10. 2）

H29 道示共通編 1. 8. 3 では、構造設計上の配慮事項として、「橋の一部の部材や接合部の損傷等が原因となって崩壊等の橋の致命的な状態となる可能性に対して、補完性又は代替性を考慮した部材の配置を行うこと、一旦発生すると制御困難な現象の防止策を設けること、又は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を設置すること等の致命的な状態を回避するための配慮」が必要としている。単純トラスは斜材が耐荷力を失うと不安定になるリダンダンシーがない構造であり、当初の上部構造計画または事後の対策として、構造リダンダンシーがより高い形式とする配慮が必要であった事例と思われる。落橋部は、平成 25（2013）年に被災前と同じ橋梁形式で本復旧されており、上述のリダンダンシーは改善されていないが、トラス主構高差を支点上を除き低くすることにより、流出リスクの低減が図られている（図-4.3.12、参考資料Ⅱ）。

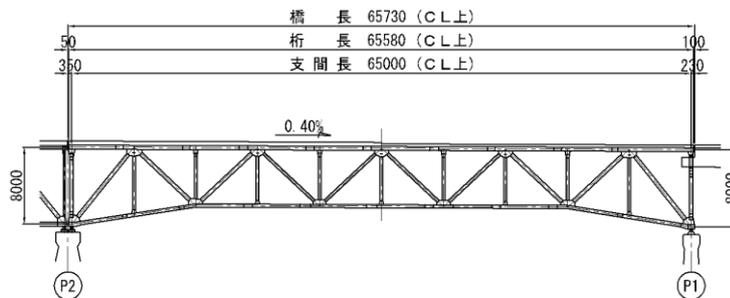


図-4.3.12 折立橋復旧図（トラス部）¹²⁾

（出典：日本橋梁建設協会、橋梁年鑑（平成 27 年版））

(7) 関西国際空港連絡橋（台風による船舶衝突）

平成 30(2018)年 9 月の台風 21 号の接近に伴い、錨泊中のタンカーが増勢した風を受けて走描し、関西国際空港連絡橋の P1 橋脚付近に衝突した（図-4.3.13）。衝突位置の橋の構造は、道路の上下線が左右に分離し、鉄道が中央やや下方位置に配置された 2 層構造の分離鋼箱桁橋であった。そのため、下り線は大きな損傷を受けたが、上り線は損傷を免れ、鉄道橋の被害も小さかった（図-4.3.14）。道路は、上り線を対面通行とすることで、衝突から 11 時間後に緊急車両の通行開始、その約 5 時間後からバス運行が開始された。鉄道桁は、衝突位置付近で約 0.5m ずれ、架線柱の倒壊、レールのゆがみなどが生じたが、2 週間後に運行再開した。下り線は、鋼単純箱桁 2 連（橋長 90m、98m）を撤去し、再製作（一部再利用）して架け替えられ、被災から

約7か月後の平成31(2019)年4月に完全復旧した。被災および復旧状況の写真を参考資料Ⅱに示す。

海上主要区間の連絡橋は、道路が上層、鉄道が下層の併用トラスの一体構造であるが、被災箇所は空港島に入る直前の区間で、道路と鉄道が分離した構造であったため、鉄道部分の被災は比較的小さくて済み、幸いにも道路と鉄道がともに大きな被害を受ける状況を免れた。

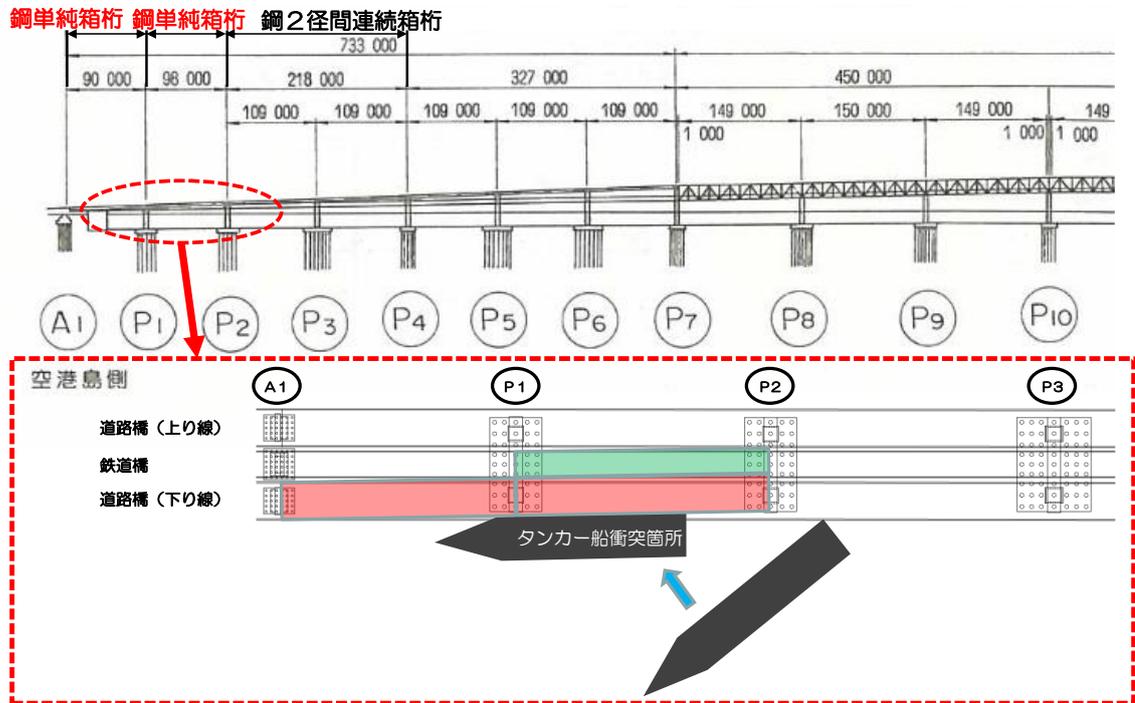


図-4.3.13 関西国際空港連絡橋のタンカー衝突概要図

(提供：西日本高速道路株式会社)

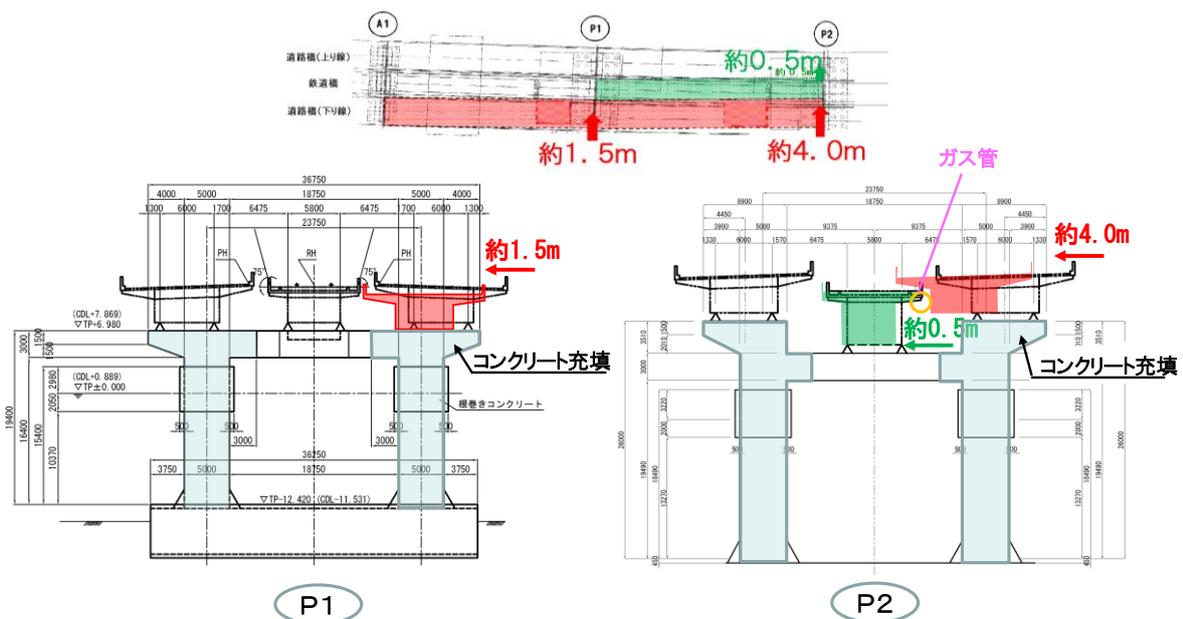


図-4.3.14 関西国際空港連絡橋の桁移動状況図

(提供：西日本高速道路株式会社)

(8) 津波による被災（東日本大震災）

国総研資料第 843 号「2011 年東北地方太平洋沖地震による津波と道路橋の被害との関係に関する分析」¹⁵⁾ に、平成 23(2011)年東北地方太平洋沖地震で発生した津波による道路橋の被害について分析・報告がなされている。

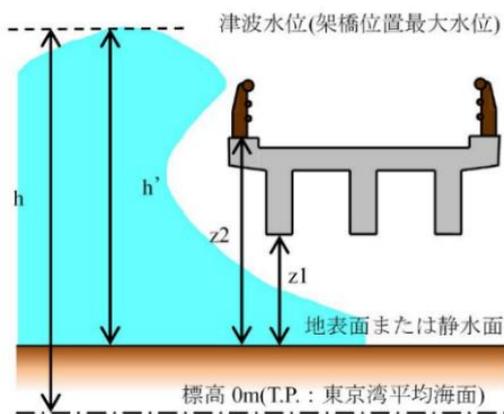
調査対象となった橋は、津波が上部構造の高さまで到達した 200 橋である。表-4.3.2 に、それらの橋種と流出の有無を示す。なお、橋の流出の有無と上部構造の材種・形式は特に関係ないとしている。

表-4.3.2 対象橋梁と被災状況¹⁵⁾

橋 種		流出	未流出	計	
鋼 橋	鉄桁橋	38	28	66	
	箱桁橋	1	4	5	
	トラス橋・ランガー橋	2	1	3	
	小 計	41	33	74	
コンクリート橋	床版橋	RC	9	8	17
		PC	16	26	42
	T桁橋	RC	7	9	16
		PC	23	22	45
	箱桁橋	PC	0	4	4
	その他		0	2	2
	小 計	55	71	126	
合 計		96	104	200	

(出典：玉越隆史、横井芳輝、川見周平：2011 年東北地方太平洋沖地震による津波と道路橋の被害との関係に関する分析、国総研資料第 843 号、2015. 3)

浸水深(図-4.3.15 参照) や流速によっても、図-4.3.16 で示されるように、流出と未流出の橋に特に関係性は見いだされないとしている。



- h : 浸水高(標高 0m から津波水位までの高さ)
- h' : 浸水深(地表面または静水面から津波水位までの高さ)
- z1 : 地表面または静水面から主桁最下面までの高さ
- z2 : 地表面または静水面から地覆上面までの高さ(路面高+地覆高)

図-4.3.15 津波の高さの定義¹⁵⁾

(出典：玉越隆史、横井芳輝、川見周平：2011 年東北地方太平洋沖地震による津波と道路橋の被害との関係に関する分析、国総研資料第 843 号、2015. 3)

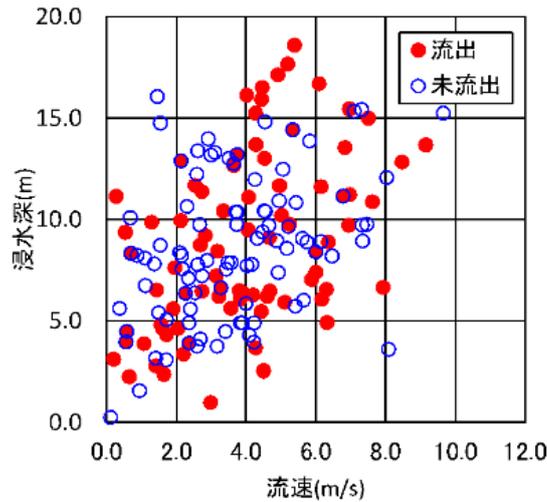


図-4.3.16 浸水深と流速の関係¹⁵⁾

(出典：玉越隆史、横井芳輝、川見周平：2011年東北地方太平洋沖地震による津波と道路橋の被害との関係に関する分析、国総研資料第843号、2015.3)

一方、全幅員や、全幅員/(桁高+地覆高)が大きい橋では未流出がやや多くなる傾向があるとしており(図-4.3.17、図-4.3.18参照)、津波の影響を考慮する場合、上下線分離よりも上下線一体構造の方が有利となる可能性がある。

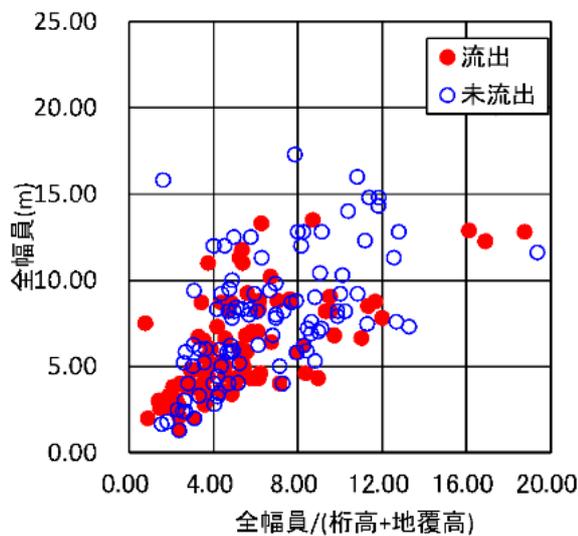


図-4.3.17 全幅員と全幅員/(桁高+地覆高)の関係¹⁵⁾

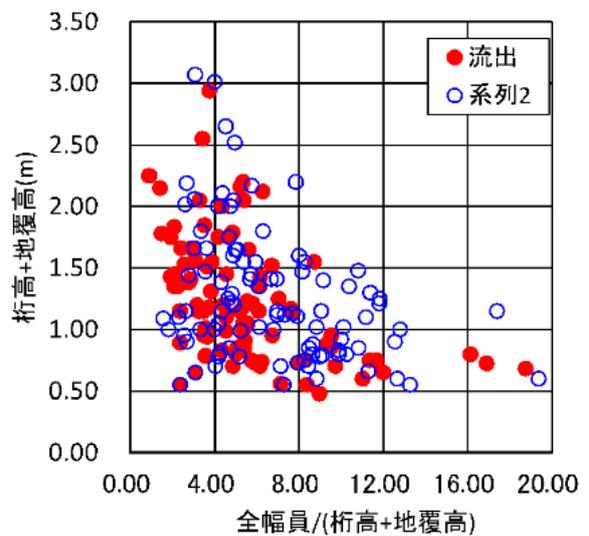


図-4.3.18 (桁高+地覆高)と全幅員/(桁高+地覆高)の関係¹⁵⁾

(出典：玉越隆史、横井芳輝、川見周平：2011年東北地方太平洋沖地震による津波と道路橋の被害との関係に関する分析、国総研資料第843号、2015.3)

トラスやランガー形式は、主構高を含む投影面積は小さく充実率も小さいが、幅員の狭い橋が多い。また、桁高(床組)に地覆高を加えた高さは鈹桁橋よりやや小さく、全幅員/(桁高+地覆高)は一般にあまり大きくないことから、流出抵抗性はあまり高くないと推測される。北上川河口に架かる新北上大橋は、鋼単純下路トラス2連と鋼2径間および3径間連続下路トラスの計7径間の下路トラス橋であったが、単純下路トラ

スの2径間が流出し、残りの5径間(2+3径間連続部)は流出を免れた(図-4.3.19)¹⁶⁾。トラスの下流側に張出して設置された歩道用の床版が津波によって2径間部でめくれ上がり、めくれ上がった床版裏面に津波の大きな横力が作用したことも流出の一因と推測されている¹⁶⁾(図-4.3.20、写真-4.3.4)。下路トラスで津波の影響に配慮する場合は、そのような現象にも配慮が必要と考えられる。

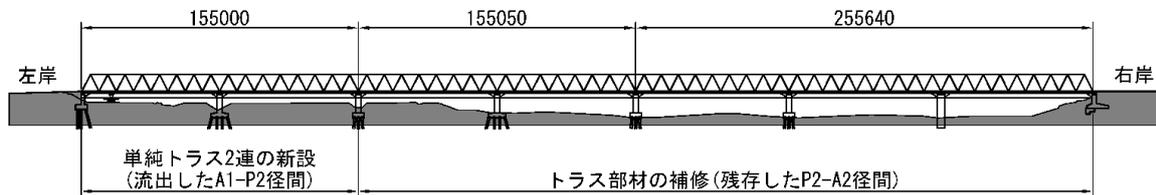


図-4.3.19 新北上大橋流出範囲図¹⁶⁾

(出典：寺島太郎、川田忠志、石川誠、保土原真、高橋亮：津波で被災した新北上大橋の災害復旧工事、橋梁と基礎、2017.1)

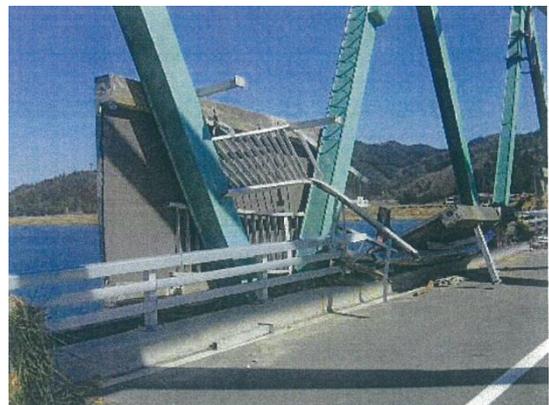
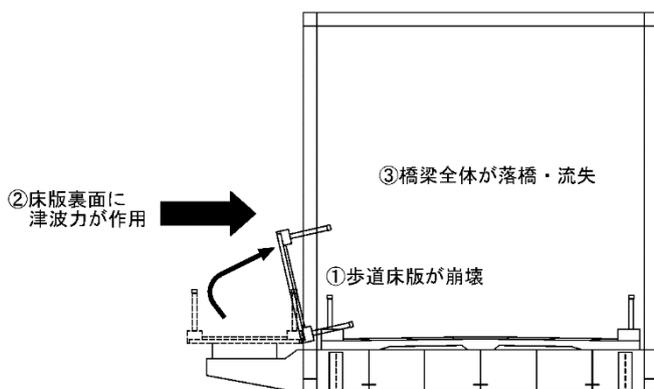


図-4.3.20 新北上大橋流出のメカニズム¹⁶⁾

写真-4.3.4 新北上大橋被災状況

(出典：寺島太郎、川田忠志、石川誠、保土原真、高橋亮、津波で被災した新北上大橋の災害復旧工事、橋梁と基礎、2017.1)

(提供：川田工業株式会社)

なお、東北自動車道の橋梁は、海面から高い位置に計画・架橋されていたことから、津波の被害は免れ、緊急輸送道路として機能した。津波や洪水による大規模で広範囲な流出が発生した場合、孤立する地域が生じる危険性があるため、重要なルートにある橋やライフラインを添架する橋は、想定される水位に対して安全な高さに計画することが重要と考えられる。

(9) 豪雨による流出（球磨川流域の被害）

令和2(2020)年7月の熊本県南部の豪雨により、球磨川流域の橋梁群が甚大な被害を受けた。被災した42橋のうち19橋が流出した。内訳は、道路橋では鋼橋が8橋、PCまたはRC橋が4橋、PC橋と鋼橋の併設橋が2橋、橋脚のみが流出し上部工が残った橋が2橋であった。鉄道橋は3橋でいずれも鋼橋であった。詳細は参考資料Ⅱに示す。なお、流出を免れた橋や高い位置に架けられた高速道路橋は、緊急輸送道路として活用された。

西瀬端（にしぜばし）は、昭和42（1967）年に架けられた橋長174mの4連鋼下路トラス橋およびそれに併設して架けられた側道橋（下流側）であるが、トラス橋、側道橋のいずれも流心部の第3径間（約43m）が流出した（写真-4.3.5）¹⁷⁾。流速の影響や流木衝突の可能性などが考えられる。その他の径間は流出を免れた。



写真-4.3.5 西瀬橋の流出状況¹⁷⁾

（撮影：松村政秀，2020.7.5）

神瀬橋（こうのせばし）は、昭和9(1934)年に架けられた橋長112.2mのRC2径間連続T桁橋、RC3径間連続T桁橋、鋼単純鈹桁橋、およびRC単純T桁橋2連からなる8径間の橋である。そのうち両端のRC単純T桁橋を除く中央部の6径間が流出した。7脚のうち2脚の橋脚はフーチングごと転倒した（写真-4.3.6、写真-4.3.7）¹⁶⁾。直線的な河川に位置しており、河川中央部のRC3径間連続桁がより下流側に押し流されたと報告されている。直線的な河川線形では河川中央部の流出リスクが高く、何らかの配慮が必要とも考えられる。



写真-4.3.6 神瀬橋（流出前）

（提供：熊本県（橋梁台帳））



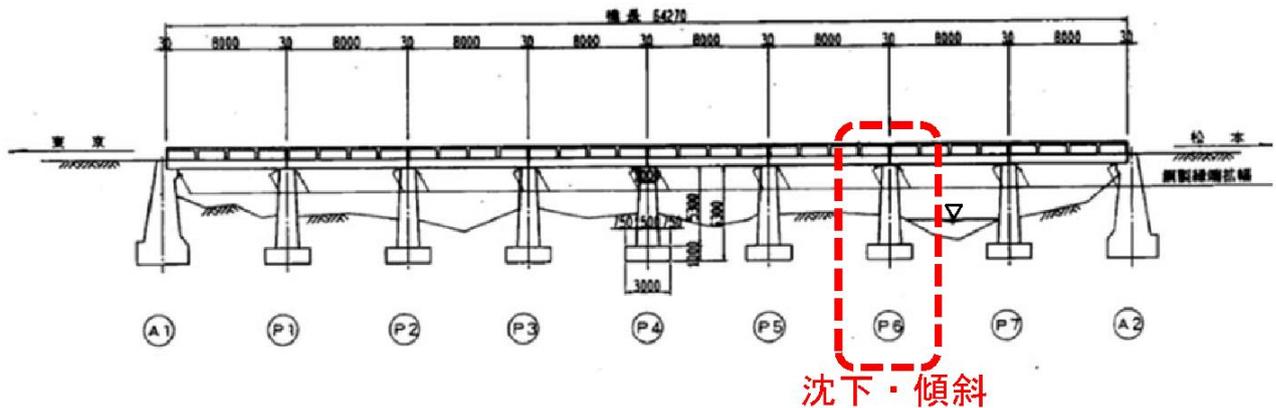
写真-4.3.7 神瀬橋の流出状況

（撮影：松村政秀，2020.10.25）

(10) 橋脚の洗堀

令和元(2019)年10月の台風19号に伴う豪雨、令和2(2020)年7月の豪雨、令和3(2021)年8月の豪雨など、豪雨による河川橋梁の橋脚基礎の洗堀被害が続いている。

国道20号の法雲寺橋は、昭和34(1959)年に架けられた8径間の単純PCプレテン床版橋で、下部構造は直接基礎の壁式橋脚であった。しかし、令和元(2019)年10月の台風19号に伴う豪雨により、橋脚の一部に洗堀が発生し沈下が生じたため通行不可となった(図-4.3.21)。観測史上最大級の豪雨であったことに加え、径間数が多く河積阻害率が高かったことが洗堀発生の一因と考えられる。



上部工：8径間単純PCプレテン床版橋 下部工：重力式橋台、壁式橋脚
 河積阻害率9% > 5% (一般値) 基礎形式：直接基礎

図-4.3.21 法雲寺橋一般図と沈下橋脚位置¹⁸⁾

(出典：国土交通省：道路分科会第13回道路技術委員会資料2、昨今の災害を踏まえた検討の方向性について、2020.9)

被災直後より通行止めとなり、図-4.3.22に示すような応急復旧工事が施工され、約1.5ヶ月後に通行止めが解除された。令和3年に仮設歩道橋が設置され、令和4年4月にその下流側に本復旧として、橋脚数を大幅に減らした2径間連続プレビーム合成桁が架けられた(図-4.3.23)。

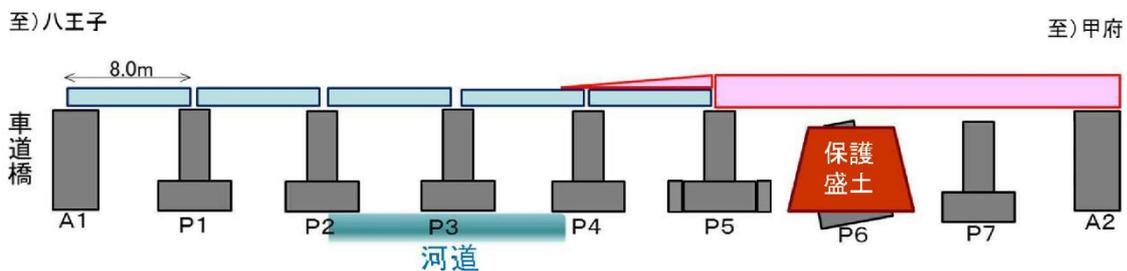


図-4.3.22 法雲寺橋応急対策¹⁹⁾

(出典：国土交通省関東地方整備局：国道20号「法雲寺橋」に関する復旧状況について【第17報】、記者発表資料、2019.11.26)

【側面図】



【平面図】

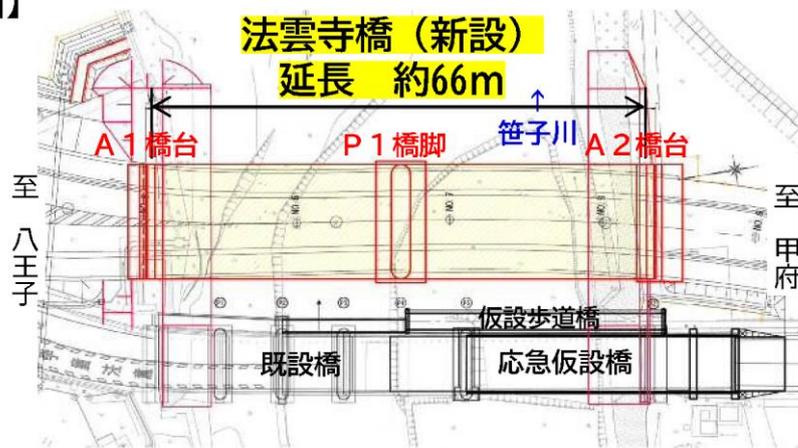


図-4.3.23 法雲寺橋新橋²⁰⁾

(出典：国土交通省関東地方整備局：国道20号「法雲寺橋」に関する復旧状況について【第21報】、記者発表資料、2021.10.1)

多摩川に架かる一般都道八王子国立線甲州街道の日野橋は、大正15(1926)年に架けられた20径間の単純鋼桁橋であるが、同じく台風19号に伴う増水により、橋脚の洗堀と沈下が生じ、通行止めとなった。水位が昭和37年統計以来最大となる3.5mと過去最大の1.5倍以上となり、河床洗堀が進んでP5橋脚が沈下した(参考資料Ⅱ)²¹⁾。復旧では、P4-P5、P5-P6間の上部工およびP5橋脚が撤去され、P4-P6間に単純鋼床版鋼桁橋が架けられた。今後、河川内の橋脚を極力少なくした3径間連続斜張橋への架け替えが計画されている(参考資料Ⅱ)。

(11) 雪崩

雪崩による橋梁被害については、令和3(2021)年3月に山梨県富士山有料道路「富士スバルライン」で発生した雪崩による石楠花橋(しゃくなげばし)の損傷事例がある²²⁾。被災後は通行止めとなり、仮設の迂回路を設置して復旧対応がなされた。雪崩には常習性があるとされることから、積雪地での道路計画では過去の雪崩発生情報を確認しておくことよい。リスク対応は斜面崩壊とほぼ同様と考えられる。対策工として斜面植生工などが考えられる。

(12) 雪害

下路橋など路面上部に部材のある形式の場合、部材への積雪が塊やつららとなって落下し、走行中の車を直撃するなどの第三者被害が生じるおそれがある。積雪地帯ではできるだけ下路形式を避けることが望ましい。

金沢市の犀川に架かる御影大橋(写真-4.3.8)は、下路アーチ形式であるが、歩車道を分離し、その離隔部分を利用した単弦ローゼ形式とすることで雪害を避ける工夫がなされている。



写真-4.3.8 御影大橋全景¹²⁾

(出典：日本橋梁建設協会、橋梁年鑑（平成19年版）)

また、兵庫県養父市の大屋川橋は、下路ニールセンローゼ形式であるが、ステンレスに光触媒防汚フィルムを接着した滑雪カバーを路面上部の上支材に設置するとともに、ヒーターによる融雪対策も採用されている(参考資料Ⅱ)²³⁾。

(13) 凍害

鋼床版は、コンクリート系床版に比べて熱容量が小さく路面凍結しやすいため、寒冷地では鋼床版を避けることが多い。路面凍結対策として、散水消雪、放熱（ロードヒーティング）、舗装対策（ゴム等混入、粗面仕上げ）などの事例がある²³⁾。

(14) 落下、落石等

鋼 2 主桁橋に使用されるコンクリート系床版である鋼・コンクリート合成床版への落下物による損傷に対して、通行を確保しながら補修を行えるよう詳細設計時に対応可能な事例として図-4.3.24 のような補強を考慮した設計を行う事例がある。

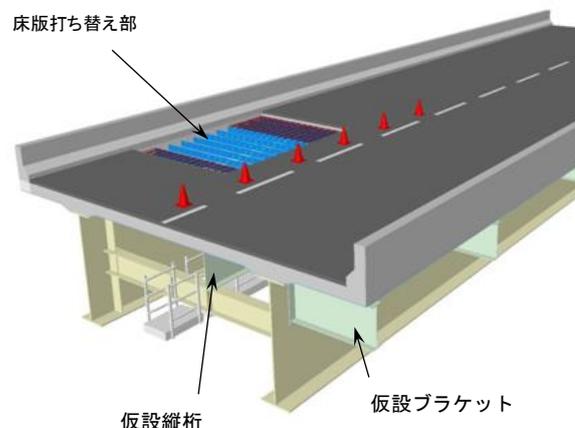


図-4.3.24 少数鉄桁の床版修繕要領²⁴⁾

(出典：日本橋梁建設協会、技術短信 No. 13、2013. 9. 20)

4.4 環境・生態系への配慮

4.4.1 環境アセスメント

一定規模の道路事業に対しては、環境影響基本法により環境影響評価（法アセス）が義務づけられているが、橋の計画や形式選定においても同様に、環境・生態系への配慮が必要である。

道路の計画段階での配慮については、国土技術政策総合研究所が「道路環境影響評価の技術手法」で「計画段階配慮事項」²⁵⁾としてまとめており、その中で、事業特性、地域特性を踏まえた調査、予測および環境保全措置（検討対象の回避、影響の低減）の評価手法が述べられている。

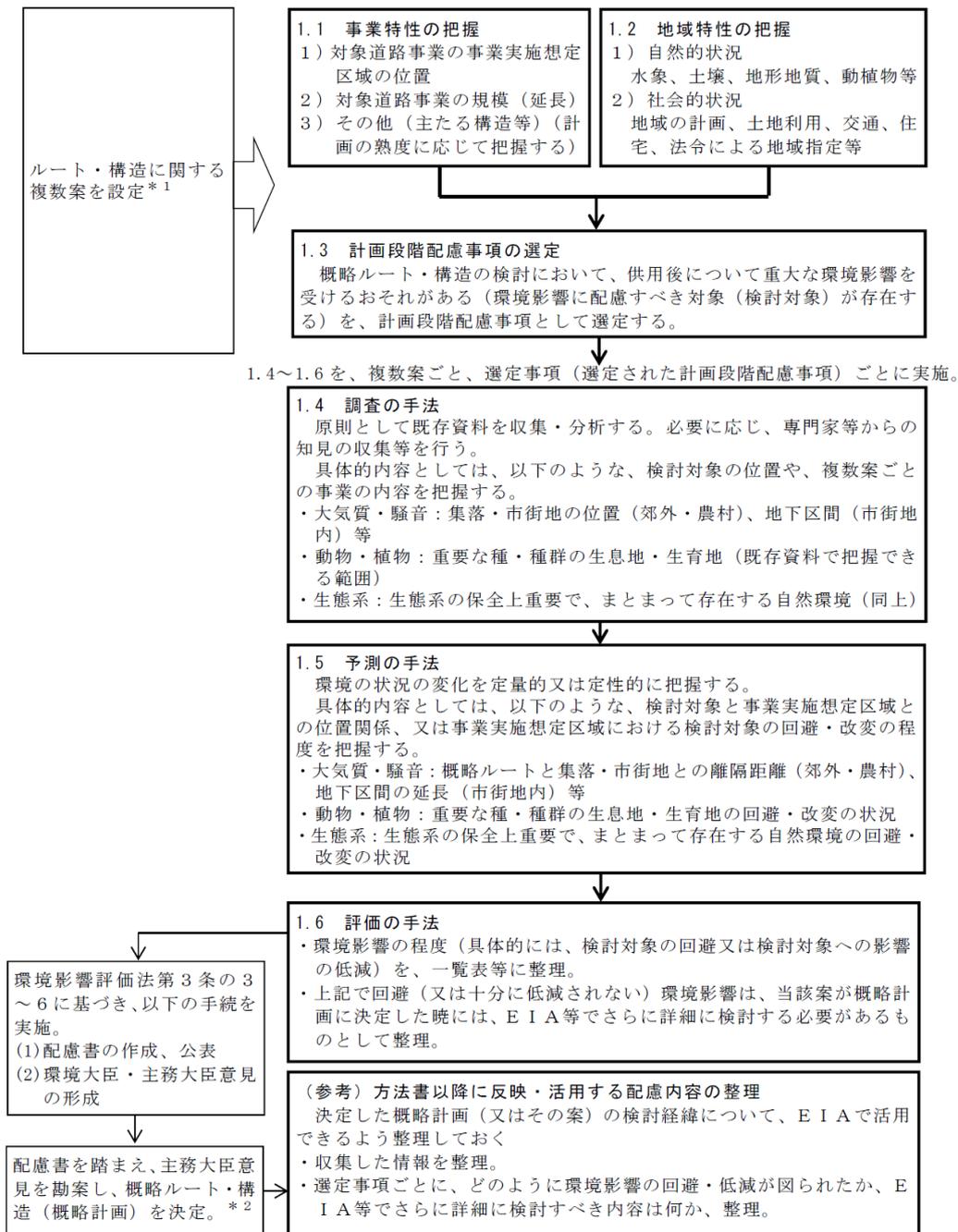


図-1.1 「計画段階配慮事項」の調査、予測及び評価の流れ

〔太枠内〕を、本技術手法で解説。

*1、*2及び意見聴取は、経済・社会・環境等の様々な観点を考慮して実施すべきものである。

図-4.4.1 「計画段階配慮事項」の調査、予測および評価の流れ²⁵⁾

(出典：国土技術政策総合研究所:道路環境影響評価の技術手法（平成24年度版）（国総研資料第714号）、2013.1)

詳細は「道路環境影響評価の技術手法」を参照するものとし、ここでは調査、予測、評価の流れを図-4.4.1、計画段階配慮事項の選定の考え方を表-4.4.1に示す。橋の計画や形式選定にあたって参考になる。

表-4.4.1 「計画段階配慮事項」の選定の考え方²⁵⁾

	選定の考え方	備考
大気質	事業実施想定区域及びその周囲に住居等の保全対象が存在する以下のような場合で、重大な環境影響を受けるおそれがある場合に、選定する。 ・事業実施想定区域及びその周囲が市街地の場合 ・事業実施想定区域及びその周囲が郊外・農村部で集落等が存在する場合 等	計画段階配慮事項に選定することが一般的と考えられる。
騒音		
動物		
植物		
生態系	事業実施想定区域及びその周囲に、動植物の、学術上又は希少性等注)の観点から重要な種・種群が生息・生育する可能性があり、重大な環境影響を受けるおそれがある場合に、選定する	
土壌	事業実施想定区域及びその周囲に有害物質に係る土地利用(1.2 地域特性の*16を参照)が存在する可能性があり、重大な環境影響を受けるおそれがある場合に、選定する。	計画段階配慮事項に、必要に応じて選定する場合があると考えられる。
地形及び地質(地下水)	事業実施想定区域及びその周囲に重要な箇所(名勝等)が存在し、重大な環境影響を受けるおそれがある場合に、選定する。	
景観		
人と自然との触れ合い活動の場		
その他		

注)動物・植物・生態系の欄の「等」は、地域における重要視(注目、愛着、観光資源等)の観点を指す。

(出典：国土技術政策総合研究所:道路環境影響評価の技術手法(平成24年度版)(国総研資料第714号)、2013.1)

4.4.2 橋の計画や形式選定での配慮の事例

橋の計画や形式選定において、環境・生態系への配慮が行われた事例を紹介する。

(1) 阿波しらさぎ大橋^{26), 27), 28)}

阿波しらさぎ大橋は、平成24(2012)年4月に完成した橋長575mの橋である。管理者は徳島県である。架橋位置は、渡り鳥の飛来地として国際的に知られる吉野川河口域の干潟であるため、鳥類の飛行の障害とな



写真-4.4.1 阿波しらさぎ大橋¹²⁾

(出典：日本橋梁建設協会、橋梁年鑑(平成25年版))

らないように、主塔高さが低く、ケーブル段数が少ない、世界でも類を見ないケーブルトラス（ケーブルイグレット）形式が採用されている。また、照明には、橋の外に光を漏らさないように高欄内照明を採用し、周辺生態系への影響に配慮がなされている（写真-4.4.1、図-4.4.2）。

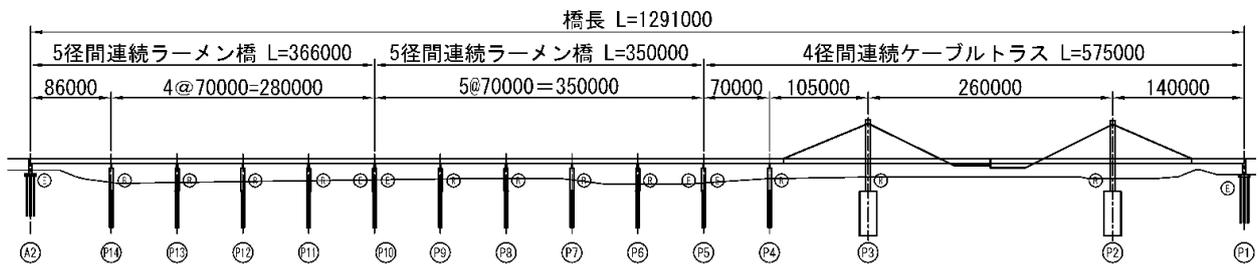


図-4.4.2 阿波しらすぎ大橋 全体一般図²⁸⁾

(出典：徳島県HP、阿波しらすぎ大橋、

<https://www.pref.tokushima.lg.jp/ippannokata/kendozukuri/toshikeikaku/2009082700240>)

(2) かたくり橋²⁹⁾

かたくり橋は、平成 16(2004)年 12 月に完成した橋長 79m の橋である。管理者は兵庫県である。架橋位置は、高低差 15m の谷部であり、その斜面で貴重植物のかたくりの群生が発見されたため、当該群生を直接傷めないことはもちろん、橋台掘削時も含めかたくりの生育に必要な地下水脈を阻害しないよう橋台位置が設定されている。また、それに対応可能な形式として、上部構造には V 脚ラーメンが採用されている。なお、上部構造により必要な日照時間が確保できない範囲については、必要な養生を行ったうえで、近隣の同じ環境区域に移植されている（写真-4.4.2、図-4.4.3）。

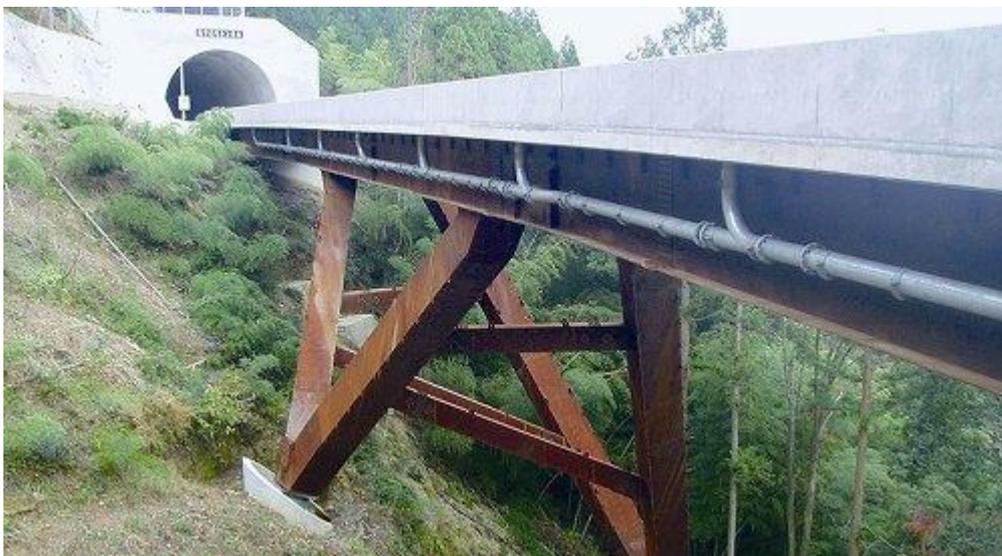


写真-4.4.2 かたくり橋¹²⁾

(出典：日本橋梁建設協会、橋梁年鑑（平成 18 年版）)

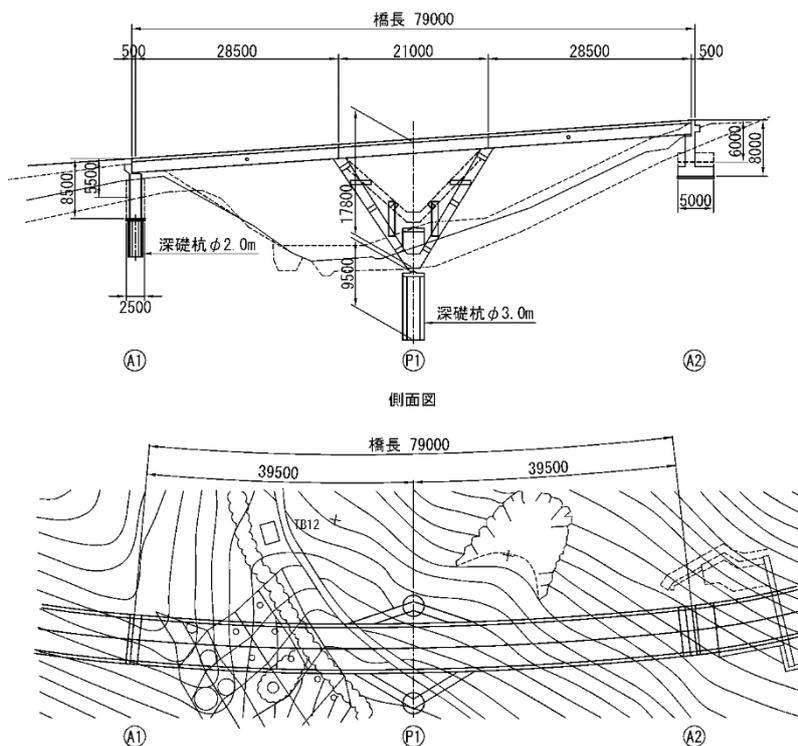


図-4.4.3 かたくり橋一般図²⁹⁾

(出典：中野光雄、飯山かほり、広瀬彰則ほか：かたくり橋の設計と施工-貴重植物との共生を目指して-、橋梁と基礎、2006.1)

(3) (仮称) 第2天草瀬戸大橋³⁰⁾

(仮称) 第2天草瀬戸大橋は、天草上島と下島を結ぶ全長1,148mの橋として熊本県が整備中であるが、設計にあたっては、本橋が地域の新たなシンボルとなることを踏まえ、天草市のまちづくり方針や景観計画などの上位計画に基づく景観整備方針が策定されている。

地域住民の意見を聴くため、天草市民センターなど3ヶ所に各3日間の計9日間、オープンハウスが設けられ、約1,200人の来場による247枚のアンケートが回収された。アンケートの結果によると、天草市の人々の多くは、街を囲む海と山の風景に「天草らしさ」を感じており、本橋に対しては、海や山といった天草の特徴的な自然風景と調和しつつ、地域の新たなシンボルとしての存在感や印象強さを求めていることが分かった。本橋では、このような住民意見も踏まえた計画がなされている(写真-4.4.3)。



※概略予備設計段階のものであり、橋梁名称は仮称。(2023年2月25日に「天草未来大橋」として開通)

写真-4.4.3 第2天草瀬戸大橋 フォトモンタージュ³⁰⁾

(出典：林田祐一：熊本天草幹線道路「第2天草瀬戸大橋(仮称)」の橋梁設計について、(一社)九州地方計画協会技報第65号2019.9)

4.5 道路計画における橋梁計画への配慮事項

道路計画における橋梁計画については、まずルート上の架橋位置が重要になる。架橋位置によって路線全体の線形が決まることも少なくない。4.3 の災害事例から、災害リスクを回避するルート選定が重要なことがわかる。大規模な斜面崩壊による被害を受けた 4.3.2(3)の阿蘇大橋や(5)の新々原田橋の事例は、架橋位置だけでなく、その周辺も含めた情報把握の必要性を示している。

4.3.2(1)のとおり、熊本地震では、阿蘇大橋地区の大規模な斜面崩壊により道路が寸断されたが、ミルクロードが被害を免れたことで迂回路が確保できた。また、(8)の東日本大震災時の津波、(9)の球磨川流域の被害においても、流出を免れた橋が緊急輸送路として機能した。これらはリスクの回避はできなかったものの、リスクを代償・移転することができた事例である。さらに、架橋位置が高い高速道路橋などは被害を確実に免れたことから、津波や河川増水による被害を回避するには縦断線形の工夫も重要である。

4.3.2(4)の立川橋や(7)の関西国際空港連絡橋の事例では、上下線が分離していたことで片側線が被災を免れ、完全な復旧まで片側線の対面通行により道路ネットワークの確保が可能となった。また、4.3.2(2)の阿蘇長陽大橋は、自立したラーメン構造であったことから、被災後に補修することで再利用が可能となった事例である。これらはいずれも橋梁形式の構造的特徴によりリスクを低減できた事例である。4.3.2(3)の阿蘇大橋の復旧では、活断層を橋で跨がざるを得ないルート選定となったが、橋梁形式を工夫することで落橋リスクを低減している。4.3.2(5)の新々原田橋も同様に、形式（橋脚配置）の工夫によるリスク低減への配慮がなされている。

H29 道示共通編 1.8.3 では、構造設計上の配慮事項として、「橋の一部の部材や接合部の損傷等が原因となって崩壊等の橋の致命的な状態となる可能性に対して、補完性又は代替性を考慮した部材の配置を行うこと」が示されているが、4.3.3(4)の折立橋は、リダンダンシーのない単純トラスの2本の斜材に流木が衝突して損傷を受けたことで落橋に至ったと推定される事例である。折立橋は、被災前と同じ上部工形式で本復旧されたが、下弦材の位置を支点部を除き高くすることで、流出リスクを少しでも低減することが図られた。

リスク低減は、橋の計画段階だけでなく、詳細設計以降の段階でも対応できる場合がある。例えば、4.3.2(4)の立川橋の復旧工事における斜面防災対策は、工事段階でも実施可能な対策である。

これまで検討してきたリスク対応方法とその種別および対応業務段階を表-4.5.1に示す。この表からもわかるとおり、上位工程には、下流の全工程を見渡したリスク対応や検討が求められる。

4.4でも述べたように、橋の計画における環境・生態系への配慮は、環境や地域の特性を踏まえ、地域住民や専門家などの意見を広く聴きながら合意形成を図っていく必要がある。これは橋の設計過程において最も労力と時間を要する場合もあるため、あらかじめ入念にスケジュールを検討しておくことが重要である。

表-4.5.1 リスク対応の分類と業務段階での対応

対応方法	種別			業務段階				4.3.3 関連事例
	回避	代償・移 転	低減	道路 計画	予備 設計	詳細 設計	工事 以降	
①ルート変更	○			↓				阿蘇大橋、原田橋
②代替ルート確保		○		↓				熊本地震(斜面崩壊)、 東日本大震災(津波)、 河川増水による流出
③縦断変更(高さ変更)	○		○	↓	▬			東日本大震災(津波)、 河川増水による流出
④ルート分離			○	↓	▬	▬		立川橋
⑤分離構造			○	↓	▬	▬		関西国際空港連絡橋
⑥橋梁形式対応			○	↓	▬	▬		阿蘇大橋、阿蘇長陽大橋、 原田橋、折立橋、法雲寺橋、 日野橋、御影大橋
⑦フェールセーフ追加等			○	↓	▬	▬	↓	立川橋、少数飯桁
⑧その他(斜面, 河川対策)	○		○	↓	↓	↓	↓	立川橋

 : 主にリスク対応可能なもの

 : 本来は上位工程で対応すべきものだが、まだ対応の可能性が残っていると考えられるもの

 : 後工程でリスク回避が不可能にならないように事前検討が望ましいもの

引用・参考文献

- 1) 日本道路協会：道路構造令の解説と運用、p. 65、2021. 3
- 2) 国土技術政策総合研究所資料第 1162 号：道路橋の設計における諸課題に関わる調査（2018-2019）設計要領の改訂項目（案）、2021. 9
- 3) 国土交通省道路局：構想段階における道路計画策定プロセスガイドライン、2013. 7
- 4) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 I 共通編、2017. 11
- 5) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編、2017. 11
- 6) 今村隆浩：熊本地震により被災した阿蘇長陽大橋の復旧、公益自主事業（九州技報）第 62 号、2018. 3
- 7) 熊本地震土木施設被害調査報告、国総研資料第 967 号、p. 225、2017. 3
- 8) 宮原史、今村隆浩、西田秀明、星隈順一：地盤変状の影響を小さくするための配慮をした新阿蘇大橋の計画及び設計～震災経験から得られた教訓を生かして～、土木技術資料 63-6、2021. 6
- 9) 西田秀明：新阿蘇大橋における地盤変状の影響を最小化するための配慮～熊本地震で被災した橋から学ぶ～、公益自主事業（九州技報）、第 65 号、2019. 9
- 10) 豪雨災害により流出した高速道路本線橋の早期復旧（高知自動車道立川橋他災害復旧工事）、日本建設業連合会 HP、
(<https://www.nikkenren.com/doboku/syakaishihon/jirei/article.html?token=20220221162016tXJ0Yk1BvfNvrMFCNegpEjpBHMGNUKoK>) (最終アクセス 2023. 3. 20)
- 11) 丹羽広大：(仮称)新々原田橋の計画から基礎工の施工について、2018、

- (<https://www.cbr.mlit.go.jp/kikaku/2018kannai/pdf/vi10.pdf>) (最終アクセス 2023. 3. 20)
- 12) 日本橋梁建設協会：橋梁年鑑
 - 13) 東武：平成 23 年台風 12 号被害と対応教訓、消防科学と情報、No. 110、2012
 - 14) 国土交通省近畿地方整備局：平成 23 年 10 月 30 日(日)午前 7 時折立橋が開通！、記者発表資料、2011. 10. 28
(https://www.kkr.mlit.go.jp/road/ir/kisya_pdf/23_n_x/20111028_01.pdf) (最終アクセス 2023. 3. 20)
 - 15) 玉越隆史、横井芳輝、川見周平：2011 年東北地方太平洋沖地震による津波と道路橋の被害との関係に関する分析、国総研資料第 843 号、2015. 3
 - 16) 寺島太郎、川田忠志、石川誠、保土原真、高橋亮：津波で被災した新北上大橋の災害復旧工事、橋梁と基礎、2017. 1
 - 17) 松村政秀、浅井光輝、岩坪要、梶田幸秀、森山仁志：令和 2 年 7 月豪雨に伴う球磨川流域の橋梁被害、橋梁と基礎、2021. 9
 - 18) 国土交通省：道路分科会第 13 回道路技術委員会資料 2、昨今の災害を踏まえた検討の方向性について、2020. 9
 - 19) 国土交通省関東地方整備局：国道 20 号「法雲寺橋」に関する復旧状況について【第 17 報】、記者発表資料、2019. 11. 26
 - 20) 国土交通省関東地方整備局：国道 20 号「法雲寺橋」に関する復旧状況について【第 21 報】、記者発表資料、2021. 10. 1
 - 21) 高橋翔平、鈴木智洋、小坂井崇、福島博昭、坂下悟、古川謙一郎：令和元年の台風 19 号で被災した日野橋の復旧における計画・設計・施工、橋梁と基礎、2021. 6
 - 22) 吉沢龍彦：スバルライン石楠花橋に損傷、朝日新聞デジタル、2021. 4. 9、
<https://www.asahi.com/articles/ASP48728FP48UZ0B008.html> (最終アクセス 2023. 3. 20)
 - 23) 小西日出幸、掘井滋則：橋梁における寒冷地対策の取組み、橋梁と基礎、2016. 2
 - 24) 日本橋梁建設協会：技術短信 No. 13、2013. 9. 20
 - 25) 国土技術政策総合研究所：道路環境影響評価の技術手法（平成 24 年度版）（国総研資料第 714 号）、2013. 1
 - 26) 日本橋梁建設協会技術委員会設計小委員会・架橋小委員会：環境に配慮した徳島東環状線 阿波しらさぎ大橋の工事報告ーケーブル・イグレット方式橋梁の設計と架設ー、2012.
 - 27) 久保義人他、樅野雅哉、松原薫外：阿波しらさぎ大橋の施工、橋梁と基礎、2012. 7
 - 28) 徳島県 HP、阿波しらさぎ大橋、
<https://www.pref.tokushima.lg.jp/ippanokata/kendozukuri/toshikeikaku/2009082700240> (最終アクセス 2023. 3. 20)
 - 29) 中野光雄、飯山かほり、広瀬彰則他：かたくり橋の設計と施工ー貴重植物との共生を目指してー、橋梁と基礎、2006. 1
 - 30) 林田祐一：熊本天草幹線道路「第二天草瀬戸大橋（仮称）」の橋梁設計について、（一社）九州地方計画協会技報、第 65 号、2019. 9

第5章 橋の計画と形式選定における条件設定

5.1 橋梁計画の前提条件

橋の計画と形式選定では、どのような方針でそれを行うか「前提条件」を明確にし、施工・景観・維持管理等に関する「架橋位置特有の条件」を設定することが重要である。そのうえで、両者の条件を満たすように計画や形式選定を行うことになる。ここで前提条件とは、橋の計画の上位にある道路計画における路線の位置づけ（社会・経済活動上、防災計画上）や代替性などのほか、設計供用期間や設計耐久期間も含まれる。また、架橋位置特有の条件とは、路線条件、環境条件、施工条件、維持管理の確実さと容易さおよび周辺環境と調和した景観に関する条件などである。

また、これらの前提条件と架橋位置特有の条件を橋ごとに設定し、形式選定や詳細設計を行うことにより、5.3で整理するさまざまなリスクのうち、当事者（設計者・事業者等）のミスによる協議忘れ等のリスクや、各種条件に係る想定不足や情報不足に起因するリスクなどを回避・低減できる可能性を高めることができる。本章では、それらのリスクを回避・低減するために必要な条件を整理する。

5.1.1 橋の重要度

前提条件として、まず橋の重要度を設定する必要がある。4.2で橋の重要度評価の必要性について述べたが、それを踏まえ、表-5.1.1のようなものを作成するとよい。重要度を設定することにより、例えば、③について、物流ネットワーク上で重要物流道路の指定がある場合は、まれに生じる大地震などの災害時にも極力供用性が損なわれない計画とするか、仮に被災しても短期間で修復可能な損傷に留めることのできる構造とするなど、物流ネットワーク上の重要度に応じた橋の計画を適切なレベルで行えるようになる。

なお、⑥については、対象橋が被災した場合の代替道路の有無のほか、別路線の既存道路が被災した場合に当該橋が迂回路となることも想定し、既存道路の規格や耐震性能、災害時のリスクを考慮したうえで、当該橋が迂回路となることも想定した条件（建築限界、重量規制等）を適切に定める必要がある。

また、表-5.1.1には、確認・調査が必要な「項目」とその確認・調査結果をもとに設定する「設計条件」、それを踏まえて橋の形式選定時に配慮すべき「形式選定配慮事項」を記載するものとしている。具体の記載例は、参考資料Ⅲを参照のこと。

表-5.1.1 重要度を設定するための整理事項

項 目	設計条件	形式選定配慮事項
① 路線名		
② 道路区分：道路の種級区分		
③ 物流ネットワーク上の位置付け		
重要物流道路の指定の有無		
重さ指定道路の有無		
高さ指定道路の有無		
国際物流基幹ネットワークの整備計画の位置付け		
④ 防災計画上の位置付け		
緊急輸送路の指定の有無		
津波警戒計画の指定の有無		
⑤ 耐震設計上の橋の重要度		
⑥ 路線の代替性		
本橋災害時の迂回路の有無		
迂回路の制約条件（建築限界・重量規制）		
本橋が迂回路となった場合の制約条件		

※表中の設計条件、形式選定配慮事項の記載例は、参考資料Ⅲ 参考図-Ⅲ.1を参照。

5.1.2 設計供用期間

橋の設計供用期間は、道路橋示方書に記載のとおり、適切な維持管理が行われることを前提に橋が性能を発揮することを期待する期間として100年が標準とされている。一方、橋を構成する部材等の耐久性能の評価は、作用の影響期間として、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ている。この部材等のうち主構造部材には100年の設計耐久期間が与えられるが、付属物である支承や伸縮装置等は100年の耐久期間を有していないため、取替え前提の維持管理計画となる。しかし、支承や伸縮装置が適切な管理をされなかったことにより、桁端部の主桁や橋台、橋脚の腐食が進展し、大規模な補修が必要になった事例もある。このことから、耐久期間が短い付属物が適切に管理されない可能性も想定し、桁端部のコンクリート表面保護や鋼桁の増塗り塗装を実施するなどの対策も重要である。そのため、橋の計画段階から、主構造部材のほか付属物についても設計耐久期間を整理し、表-5.1.2のようにまとめておくとよい。

表-5.1.2 設計供用期間を設定するための整理事項

項目	設計条件		形式選定配慮事項
	想定される形式	設計耐久期間	
① 主桁形式	鋼桁 コンクリート桁		・設計条件に示した設計耐久期間中、部材等の性能を満たすために必要な維持管理計画や形式選定に配慮すべき事項を記載。
② 床版形式	合成床版・PC床版・RC床版 鋼床版		
③ 下部構造	鋼製橋脚・RC橋脚		
④ 基礎構造	杭基礎各種		
⑤ 付属物			
支承	免震支承・反力分散支承 剛結構造		・設計条件に示した設計耐久期間中、付属物等の性能を満たすために必要な維持管理計画（取替えを含む）や形式選定に配慮すべき事項を記載。
伸縮装置	鋼製フィンガージョイント 製品ジョイント		
高欄	鋼製高欄 壁高欄（RC）		
排水管	鋼製排水管 塩化ビニル管 FRP管		
検査路	メッキ製検査路		
添架管路	通信管路 電力管路 水道管 下水管		

※表中の設計条件、形式選定配慮事項の記載例は、参考資料Ⅲ 参考図-Ⅲ.1を参照。

5.2 架橋位置特有の条件

橋の計画と形式選定においては、架橋位置特有の条件（路線条件、自然環境条件、周辺環境、使用材料、景観、維持管理計画）も重要になる。ここでは、架橋位置特有の条件について整理が必要な項目をまとめる。また、橋の計画と形式選定では、この条件を設定するために必要な調査の実施が求められるが、具体的調査項目は、国総研資料第1162号¹⁾を参考にするとよい。

5.2.1 路線条件

路線条件は、将来計画交通量や計画大型車交通量など道路計画で検討された情報のほか、将来の拡幅予定や標識・管路等の付帯施設情報も幅員計画に影響するため、橋の計画段階での調査・協議が必要になる。例えば、水道管の添架が計画されている場合、水道の供給範囲も調査・確認し、大規模地震時に破損した場合の影響範囲を確認しておくのが望ましい。大きな影響が想定された場合、あらかじめ形式選定時に地震時移動量が少ない剛結構造や多点固定構造などの支承条件にしておくことも考えられる。

また、橋と交差する道路・鉄道・河川のほか、それらを占有する電力・ガス・水道などの管理者とも十分協議し、必要な隔離距離や近接施工の制約条件なども確認する必要がある。これらは橋の橋脚・基礎の配置などに影響するほか、施工計画にも影響するため、もれなく確認する必要がある。このように、付属物であっても橋の形式選定に影響が生じ得るため、架橋位置特有の路線条件として整理し、それを踏まえた付属物計画や維持管理計画を策定する必要がある。

これらの路線条件を設定するための整理事項は、表-5.2.1のようにまとめるとよい。

表-5.2.1 路線条件を設定するための整理事項

項目		設計条件	形式選定配慮事項
① 道路計画			
計画交通量			
計画大型車交通量			
有効幅員			
拡幅計画			
非常駐車帯			
計画管路等	電力管 上水道管		
② 交差条件			・各交差物に対して、構造物との離隔条件や近接施工の制約条件を各管理者と協議し確認。条件が決まらなかった場合は、その旨、後の詳細設計等に申し送る。
道路	道路規格 道路幅員 建築限界 将来拡幅計画 架空線 離隔条件		
用水路	水路幅 離隔条件		
河川	河幅 将来計画：有無 離隔条件		
鉄道	軌道幅 建築限界 桁下制限高 近接影響		
送電線	離隔条件 近接影響		

※表中の設計条件、形式選定配慮事項の記載例は、参考資料Ⅲ 参考図-Ⅲ.2を参照。

5.2.2 自然環境条件

架橋位置の自然環境条件について、例えば、塩害の影響を受ける環境の場合、その度合いに応じて、コンクリートの内部鋼材のかぶりや防錆方法が変わる。直接塩害の影響を受ける環境でなくても、道路に凍結防止剤を散布する環境であれば同様に塩害環境となり得る。また、積雪寒冷地では、幅員条件に堆雪幅を考慮したり、鋼床版の選定を控えたりする場合もある。

これらの自然環境条件を設定するための整理事項は、表-5.2.2のようにまとめるとよい。

表-5.2.2 自然環境条件を設定するための整理事項

項目	設計条件	形式選定配慮事項
① 地形・地質条件		・地質リスクも想定されるため地質調査を実施する必要がある。 ・凍結防止剤の散布や海岸に近接する場合は劣化機構として塩害が想定されるため内部鋼材のかぶりや防錆などを検討。
② 気象条件		
③ 海岸からの距離		
④ 凍結防止剤の散布想定有無		
⑤ 積雪量		
⑥ 凍害の影響		
⑦ 降雨強度		
⑧ 地下水位		

※表中の設計条件、形式選定配慮事項の記載例は、参考資料Ⅲ 参考図-Ⅲ.2を参照。

5.2.3 周辺環境条件

架橋位置周辺の施設や用途地域、希少野生動植物の生息状況なども橋の設計や施工計画に影響するため、計画段階で整理が必要である。例えば、架橋位置周辺が住宅地であれば、遮音壁の設置が必要になる場合があり、荷重条件に影響する。また、希少野生植物の生育地であれば、生育への影響を最小限とするような橋脚位置や施工方法を検討する必要が生じる。

これらの周辺環境条件を設定するための整理事項は、表-5.2.3のようにまとめるとよい。

表-5.2.3 周辺環境条件を設定するための整理事項

項目	設計条件	形式選定配慮事項
① 用途地域		・騒音予測は完成時の遮音壁の必要有無や施工時の騒音対策の有無を確認。 ・希少野生植物が生育する場合、橋脚位置や施工方法などに影響する恐れがある。
② 周辺施設の有無		
③ 隣接地状況		
④ 騒音予測		
⑤ 振動予測		
⑥ 日照阻害		
⑦ 希少野生動植物の状況		
⑧ 交差河川の利用状況（漁業権等）		

※表中の設計条件、形式選定配慮事項の記載例は、参考資料Ⅲ 参考図-Ⅲ.2を参照。

5.2.4 使用材料の条件特性および製造に関する条件

使用材料として、例えばコンクリートの場合、一般的に普通ポルトランドセメントを使用することが多いが、場合によっては、マスコン対策や耐久性向上のために特殊な混和材（高炉スラグ、フライアッシュ等）やセメント（低発熱セメント等）を使用することもある。そのような場合、使用予定のプラントで特殊な材料を調達できるかをあらかじめ調査しておく必要がある。

これらの使用材料の条件特性および製造に関する条件を設定するための整理事項は、表-5.2.3のようにまとめるとよい。

表-5.2.4 使用材料の条件特性および製造に関する条件を設定するための整理事項

項目	設計条件	形式選定配慮事項
① コンクリートプラントの立地		・プレキャスト製品を用いた橋梁形式の場合は、製造工場から架橋位置までの運搬についても検討。
② 混和材の取り扱い		
③ プレキャスト工場		

※表中の設計条件、形式選定配慮事項の記載例は、参考資料Ⅲ 参考図-Ⅲ.2を参照。

5.2.5 施工に関する条件

架橋位置周辺を調査し、施工に関する条件を整理しておくことも重要である。資材の運搬に利用する工事用道路の有無や施工ヤードとして使用する可能性がある隣接地の状況、架橋位置近傍の構造物の状況などの条件により施工方法も大きく変わり、場合によっては、橋の形式にも影響する。例えば、工事用道路として使用する既存道路が狭く、桁運搬用のトレーラーが走行できない場合は、桁ブロックの運搬が必要な鋼橋や工場製プレキャスト部材を用いる形式を選定できないこともある。

このような施工に関する条件を設定するための整理事項は、表-5.2.5のようにまとめるとよい。

表-5.2.5 施工条件を設定するための整理事項

項目	設計条件	形式選定配慮事項
① 工事用道路の有無		・工事用道路がない場合、別途工事用道路の整備が必要になる。運搬物によっては幅員等への影響あり。
② 周辺施設の有無		・周辺に学校、病院等がある場合は、関係機関と十分協議し施工計画を立案する必要あり。
③ 地形地質条件		
④ 隣接地の状況		・施工計画上、隣接地の借地が必要な場合は、隣接地の状況確認や地権者との事前協議が必要。
⑤ 当該箇所前後の構造		・架橋位置前後の構造物の状況により、搬入路計画や発注工程等の事業計画に影響する場合あり。
⑥ 路線施工計画上の当該橋梁の位置づけ		・当該橋梁が他工区の工事用道路として利用される場合がある。
⑦ 施工期間の制約の有無		・施工期間への制約が想定されるものとして、河川の非出水期施工や希少動物の営巣期制限、冬季中止期間などがある。
⑧ 交差物の施工制限		・特に重交通の交差道路等では、夜間通行止めによる一括架設なども想定され、橋梁形式にも影響あり。

※表中の設計条件、形式選定配慮事項の記載例は、参考資料Ⅲ 参考図-Ⅲ.2を参照。

5.2.6 景観に関する条件

橋はその地域のランドマークとなる場合があるため、計画や形式選定の段階から周辺景観との調和を十分検討する必要がある。また、景観への配慮は、必ずしもランドマークとなるような橋に限定されるものではなく、本来、すべての橋で、コストの大幅な増加や過度な労力負担とならない範囲で配慮が必要である。例えば、排水管について、景観への配慮なしに設置されている場合が多々見受けられるが、流末を密に設けることにより橋への添架を少なくする検討や、排水管を鋼桁間の検査路横に設置することで景観および将来の維持管理へ配慮することも考えられる。横桁等との取り合いが煩雑になるが、可能な範囲で検討することが望ましい。また、自治体では、一定のエリアに独自に色彩のマンセル値を規定している場合もある。

これらの景観条件を設定するための整理事項は、表-5.2.6のようにまとめるとよい。これらは橋の形式選定に影響しない場合も多いが、事前に情報を入手し、形式選定に影響しないものについては、詳細設計への申し送り事項とするとよい。

表-5.2.6 景観条件を設定するための整理事項

項目	設計条件	形式選定配慮事項
① 色彩条件制限		・桁色に影響。自治体のルールを確認。
② 景観性配慮有無		

※表中の設計条件、形式選定配慮事項の記載例は、参考資料Ⅲ 参考図-Ⅲ.2を参照。

5.2.7 維持管理計画

橋の設計供用期間は適切な維持管理を行うことが前提で成り立っているため、橋の計画段階から維持管理計画を設定することが重要である。現在、道路橋は5年に1回の定期点検²⁾を義務づけられており、通常は、近接目視で行われる。そのため、近接目視できない構造は代替方法により点検を実施する必要があるが、代替方法でも点検できない点検困難部を持つ構造は、適切な維持管理が行えず、将来的なリスクにもなり得る。そのため、維持管理を考慮した計画とすることが重要である。特に新技術を採用した場合は、点検困難部を作らないように橋の計画段階から維持管理を想定した形式、プロポーショナルを検討する必要がある。

維持管理計画を設定するための整理事項は、表-5.2.7のようにまとめるとよい。

表-5.2.7 維持管理計画を設定するための整理事項

項目	設計条件	形式選定配慮事項
① 交差物の維持管理に係る制約条件		・塗替え等の維持管理に必要な足場を考慮した離隔が取れない場合は、高耐久な防錆を検討。
② 点検計画の有無		
③ 支承交換計画の有無		・支承交換を計画している場合、将来のジャッキアップ等への配慮。
④ 落下可能性の有無		・第三者被害防止のため、落下が想定される対象物の剥落・落下対策を実施。
⑤ 除雪等の計画の有無		

※表中の設計条件、形式選定配慮事項の記載例は、参考資料Ⅲ 参考図-Ⅲ.2を参照。

5.3 橋の計画と形式選定におけるリスク評価

5.3.1 橋の建設・管理におけるリスク分類

橋には、ごくまれに発生する自然災害などにより損傷・落橋し、橋としての機能を失うことで社会・経済活動へ大きな影響を与えるリスクが存在する。また、建設事業段階における人為的なミスや想定・調査不足に伴う不具合などによる設計・工事の手戻りのリスク、さらにそれらが不具合として完成後に残るリスクも存在する。一方、供用中は、利用者の過失による事故などにより、橋としての機能を損なう場合も生じ得る。国総研資料第1162号¹⁾では、それらのリスク項目を「計画時点で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」と定義している。

ここでは様々なリスクについて、表-5.3.1のとおり体系的に分類・整理した。

表-5.3.1では、まず、大きなリスク分類として、自然原因で発生するリスクと人為的原因で発生するリスクに分類している。自然原因で発生したリスクは「自然現象に起因する災害リスク」としているが、災害の発生時期は主に橋の供用中であり、一般に頻度はまれである。このリスクへの対応には、4.5で述べたとおり、回避、低減、代償・移転がある。具体のリスク項目や対応方法、対応時期については、5.3.2で述べる。

また、人為的原因で発生するリスクは、その原因者が橋の建設に関わる当事者（事業者、設計者、施工者、管理者）なのか、それ以外（利用者、一般人）なのかでさらに分類できる。

まず、当事者に起因するリスクは「人為的ミスに起因するリスク」に分類でき、一般に基準・要領類に記載された本来行うべき事項が行われていなかったり、設計計算の間違い等が生じたりするリスクである。具体的内容については、5.3.3で述べる。当事者に起因するリスクとしては、「想定不足・情報不足に起因するリスク」もある。これは基準・要領類に記載のある本来行うべき事項については調査・検討・協議を実施したものの、現地条件等の想定のおぼろげさや調査不足、協議未了などで、設定した条件が後で変更になるリスクである。具体的内容は、5.3.4で述べる。

さらに、当事者以外が原因者となるリスクとしては、それが原因者の過失なのか故意なのかで分類でき、過失の場合を「偶発的事故等に起因するリスク」と分類している。これは主に橋の供用中に道路等の利用者が過失による事故で橋の主たる部分を損傷させたことで橋としての機能が失われるリスクであり、具体的内容は、5.3.5で述べる。なお、原因者の故意で生じるリスクとして、悪意を持って行う破壊等のリスク（テロリスク）があるが、計画・設計段階での対応は難しく、供用中の監視体制などでの対応となるため、本手引きでは具体の説明は行わない。

表-5.3.1 橋梁建設事業中・供用中に発生するリスク分類

分類	原因者	状況	リスク分類	発生 対応		建設事業中				供用中	リスク項目 (例)
						道路計画時	予備設計時 (橋の計画と形式 選定時)	詳細設計時	施工時	管理時	
自然原因		突発的	自然現象に起因する災害リスク	発生 内容						<ul style="list-style-type: none"> ・供用中に発生。 ・発生頻度は稀。 ・影響は大きい。 	斜面崩壊 断層変位 液状化・沈下 津波 河川増水 雪崩 強風による衝突 (船舶等)
				対応 内容	回避 (ルート変更、縦断変更) 代償・移転 (代替ルート確保)	低減 (橋梁形式対応)	低減 (フェールセーフ等構造細目対応)				
人為的原因	当事者 (事業者、設計者、 施工者、管理者)		人為的ミスに起因するリスク	発生 内容	<ul style="list-style-type: none"> ・予備設計、詳細設計、施工時にリスク要因が発生。 ・詳細設計、施工時、管理時に判明し修正設計、工事手戻り、不具合として残る。 					交差点管理者等の協議忘れ 標識等付属物の検討・設計忘れ 計算ミス (詳細設計段階) 施工ミス (施工段階)	
				対応 内容	<ul style="list-style-type: none"> ・低減 (協議忘れ、設計ミス等生じないように照査の充実, チェックリスト活用, 施工計画確認など) 						
		過失	想定不足・情報不足に起因するリスク	発生 内容	<ul style="list-style-type: none"> ・予備設計、詳細設計時にリスク要因が発生。 ・詳細設計、施工時、管理時に判明し修正設計、工事手戻り、不具合として残る。 					自然環境条件調査・想定不足 地質調査不足 将来計画の考慮不足 周辺環境条件調査不足 施工条件調査不足 景観条件の配慮不足 維持管理の計画不足 使用材料の選定ミス 新技術の検討不足	
				対応 内容	<ul style="list-style-type: none"> ・低減 (調査項目, 検討項目, 想定項目のチェックリスト活用など) 						
	当事者以外 (利用者、一般人)		偶発的事故等に起因するリスク	発生 内容					<ul style="list-style-type: none"> ・利用者の過失により供用中に発生。 ・場合により供用に影響。 ・橋脚衝突事故など 	供用中の偶発的事故の想定不足 (車両・船舶等衝突, 車両火災)	
				対応 内容	<ul style="list-style-type: none"> ・低減 (衝突, 火災などでリダンダンシーが失われる構造についてはリスクを想定し構造対応) 						
	故意	悪意を持って破壊等 (テロリスク)	発生 内容					<ul style="list-style-type: none"> ・供用中に発生。 ・悪意があるため供用に影響。 	爆破テロ (供用中) 過積載による疲労影響		
			対応 内容	<ul style="list-style-type: none"> ・テロ対策など関係機関と連携。 							

凡例)



リスク項目の発生時期・判明時期・影響程度



リスク項目の対応内容

5.3.2 自然現象に起因する災害リスク

自然現象に起因する災害リスクは、4.3の災害事例のとおり、災害により橋の落橋・損傷等の重大な影響を与え得るものであり、それらをあらかじめ想定し、道路計画段階、予備設計（橋の計画と形式選定）段階、詳細設計段階に考慮しておく必要がある。4.5では、道路計画段階で対応する回避（道路線形での対応）や代償・移転（代替ルートの確保）について整理したが、ここでは橋の計画と形式選定段階で対応する低減（橋の形式レベルでの対応）について述べる。この段階では、路線線形（平面線形・縦断設計）が概ね決定しているため、ルート変更や縦断変更などを要する回避を行うことは、事業計画の手戻りとなるため対応困難な場合が多い。道路計画段階で可能な限り災害リスクを調査・検討し、回避・代替の検討を行うことは重要だが、それらで十分対応できない場合、橋の計画と形式選定段階において、災害リスクを極力低減するように検討することも必要である。具体例として、4.3に記載した事例が参考になる。また、詳細設計で行うフェールセーフ等の構造細目の対応についても、橋の計画と形式選定段階で案を検討し、詳細設計への申し送り事項としてまとめておくことよい。

なお、自然現象に起因する災害リスクの設定にあたっては、道路計画段階で行う概略設計・地質概略調査・環境影響基礎調査などでリスクマネジメントを行い、各種リスクを洗い出す必要がある。それらの災害リスクを表-5.3.2に示す「自然現象に起因する災害リスクを想定するための整理事項」として再度整理し、想定されるリスクとそのリスク評価および対応方針について検討することが望ましい。

表-5.3.2 自然現象に起因する災害リスクを想定するための整理事項

リスク項目	リスクの有無と発生原因	リスク評価	対応方針
① 地質リスク		・発生の可能性・頻度や工費・工期に与える影響でリスク評価（大・小で記載）を実施。	・対応時期、想定する対応方法、その費用・効果を記載。 ・詳細設計や工事への申し送り事項を記載。
斜面崩壊			
断層変位（活断層）			
液状化・沈下			
② 津波リスク			
③ 豪雨（河川増水）リスク			
④ 雪崩リスク			

5.3.3 当事者の人為的ミスに起因するリスク

当事者の人為的ミスに起因するリスクとは、基準・要領類に記載された本来行うべき事項が行われていなかったり、設計計算の間違い等が生じたりするリスクである。例えば、交差物管理者との協議忘れや標識等付属物の設置位置の検討忘れなどは、いずれも本来、橋の計画と形式選定段階に協議・検討を行っておくべきものである。しかし、これらの協議・検討が未実施あるいは不十分なまま詳細設計以降の段階で問題が顕在化した場合、修正設計が必要であったり、工事の手戻りが生じたり、最悪の場合、不具合として残ることもある。

これらの人為的ミスを減らすためにも、5.1、5.2で記載した橋梁計画の前提条件や架橋位置特有の条件を設定するための整理事項をまとめることが重要である。なお、協議・検討が必要なもののうち、橋の計画段階では具体的な条件等を必ずしも十分に整理できない場合もある。そのような場合は「協議・検討未実施」として詳細設計に申し送り、詳細設計で協議・検討を実施し、必要に応じて、構造形式や構造諸元の修正を行うこととなる。

5.3.4 当事者の想定不足・情報不足に起因するリスク

当事者の想定不足・情報不足に起因するリスクとは、基準・要領類に記載のある本来行うべき事項について調査・検討・協議を実施したものの、現地条件等の想定のみや調査不足、協議未了などで、設定した条件が後で変更になるリスクである。例えば、自然環境条件の調査不足、地質調査不足、将来計画の考慮不足、周辺環境条件の調査不足、施工条件の調査・検討不足、使用材料の選定ミスなどは、いずれも橋の計画と形式選定段階や詳細設計段階にリスク要因が発生する。しかし、詳細設計以降の段階で問題が顕在化した場合、修正設計が必要であったり、工事の手戻りが生じたり、最悪の場合、不具合として残ることもある。

これらの調査不足・検討不足・想定不足を減らすためにも、5.1、5.2で記載した橋梁計画の前提条件や架橋位置特有の条件を設定するための整理事項をまとめることが重要である。また、橋の計画段階では、用地や地形等の十分な調査ができない場合もあるが、そのような場合は「調査未実施」として詳細設計に申し送り、詳細設計で必要な調査を実施し、必要に応じて、構造形式や構造諸元の修正を行う必要がある。

5.3.5 当事者以外の偶発的事故等に起因するリスク

橋の供用段階において、利用者などの人為的な過失により橋としての機能を失い、ごくまれに落橋等が生じる場合がある。このようなリスクは、過去に発生した事象から整理するとよい。なお、偶発的事象はすべての橋に起こり得るが、そのすべてについて構造的な対応を行うのは現実的でないため、橋としての機能を失う恐れのある事象について重点的に対応することが一般的である。例えば、車両火災の場合、鋼桁橋の桁下は建築限界により離隔が取れている場合が多く、また、桁橋は構造的にもリダンダンシーが高いため直ちに落橋するリスクは小さいと考えられるが、斜張橋のケーブル近傍で車両火災があった場合、ケーブルが破断し、落橋する可能性がある。このような構造については、あらかじめ偶発的事象を想定し防火対策を講じる等の対策を行う必要がある。

表-5.3.3 当事者以外の偶発的事故等に起因するリスクを想定するための整理事項

リスク項目	リスクの有無と発生原因	リスク評価	対応方針
① 車両火災	・下路構造（斜張橋等）は路面上の火災により主構造が損傷する恐れがある。		・斜張橋等はケーブルの損傷により落橋の可能性があるため防火対策を検討。
桁下火災時の影響			
路面上火災時の影響			
② 衝突	・ロッキング橋脚やロッカー橋脚は車両衝突により致命的な損傷を受ける恐れがある。		
車両衝突時の影響			
船舶衝突時の影響			

5.3.6 リスク評価と対応方針の検討

リスク項目の抽出については、前項までで述べたリスクの分類・整理を参考に、表-5.3.4のようにまとめるとよい。リスク評価については、リスク発生の可能性や頻度の大小、問題が生じた際の影響（橋自体への影響、社会的影響）の大小を評価し、頻度と影響からリスクの象限を決定することになる。詳細は、国総研資料第1162号「設計要領等の改定項目（案）」³⁾ 3.4.2「リスクの項目に対する対応方針の検討」に記載があるので、そちらを参考にするとよい。

また、各リスク項目への対応方法も、対応する段階別（予備設計時（橋の計画と形式選定時）、詳細設計時、

施工時)に検討し、確実に後の工程へ申し送る必要がある。

表-5.3.4 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	リスク評価					対応方針			引継ぎ事項	
				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					
1. 自然現象に起因する災害リスク													
斜面崩壊	○橋台	有	緩み岩盤	施工中、供用後	地質調査で緩み岩盤による定着不足が懸念されていたが、その後の追加調査で緩み岩盤は確認されていない。	小	緩み岩盤による定着不足により橋台の安定性が確保できないため構造形式の変更が必要	施工中に構造形式変更は困難。	大	小・大=象限2	予備設計時	追加ボーリングで緩み岩盤の分布の可能性が低く、計画位置の橋台設置は問題無	申し送り事項：詳細設計前に追加ボーリングの実施。
											詳細設計時	斜面上であるため、複数個所の支持層確認、緩み岩盤の有無の確認を詳細設計前に実施	費用=小 効果=大
											施工時	フーチング床付け面の確認	

※表は、国総研資料第 1162 号¹⁾を参照したもの。また、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。記載例は、参考資料Ⅲ 参考図-Ⅲ.3~5 を参照。

5.4 橋の計画と形式選定における条件設定の留意点

国総研資料第 1162 号¹⁾には、橋の計画と形式選定にあたり、「基本条件表」と「固有条件表」を整理する方法が示されている。ここで基本条件とは、本手引きの 5.1、5.2、および道路橋示方書に記載の耐荷性能、耐久性能、使用目的への適合性などから定める当該橋の要求性能として必須となる条件をいう。また、固有条件とは、5.3 で記載したリスク項目とその評価および対応方針を条件としてまとめたものである。この基本条件と固有条件は、当該橋の要求性能として位置づけられ、橋の計画と形式選定を行う際に重要な条件となるため、漏れなく整理・検討する必要がある。

また、架橋位置特有の条件で協議が必要なもののうち、橋の計画と形式選定の段階では具体的な条件等が明示できず協議が実施できない場合もあることには留意が必要である。そのような場合は条件を仮定したうえで「協議未実施」として詳細設計に申し送るものとし、今後の変更があり得るリスク項目として設定する。なお、このリスク項目にもその影響および対応方針をあらかじめ設定しておく必要があるが、具体的には、詳細設計にて修正を実施するなどの対応が考えられる。

引用・参考文献

- 1) 国土技術政策総合研究所：道路橋の設計における諸課題に関わる調査（2018-2019）、国総研資料第 1162 号、2021.9
- 2) 国土交通省 道路局 国道・技術課：橋梁定期点検要領、2019.3

- 3) 国土技術政策総合研究所：設計要領等の改定項目（案）、道路橋の設計における諸課題に関わる調査（2018-2019）、国総研資料第 1162 号、2021.9

第6章 橋の計画と形式選定における新技術の導入と評価

6.1 新技術の導入とそのリスク

6.1.1 新技術導入

平成14年(2002年)の道路橋示方書の改定では、性能規定型の技術基準を目指した要求性能が明確化され、一部の荷重条件などを除いて、要求性能が満足されるのであれば必ずしも技術基準に明示された照査方法によらなくても設計できることになった。すなわち、構造や部材ごとに設定された要求性能を満足するように適切に設計すればよいという自由度の高い体系となっている。したがって、経済性の向上や工期短縮、耐久性や耐震性の向上などを目的としたさまざまな構造や工法、新しい材料などの新技術を取り入れやすい環境となり、橋の計画と形式選定時より、それら新技術を含めた比較検討をすることが有効であると考えられる。

ここで新技術とは、橋の計画や設計、建設にあたり、技術基準類等で性能照査手法が明示されていない技術であり、各種制約や課題の克服、既存技術の合理化や省力化、耐久性向上などを目指したものに加えて、既存の技術であるが橋にはまだ採用されていない技術も含まれる。つまり、新技術には、橋の設計や施工にあたって、要求性能の拠り所として技術基準に明示された照査方法だけでは、要求性能への適合性を容易に判断することができないか、判断するにあたっての工学的根拠や検証手法が一般化されていないといった課題もあり、個々の新技術の適用性について慎重に検証することが必要となる。

6.1.2 新技術導入の現状

道路橋示方書や各道路管理者の定める要領では、技術基準により橋梁に求められる要求性能へ適合させるための方法や手段が直接的・定量的に示されているわけではない。また、一般に耐荷力算定式や制限値は道路管理者が独自に追加するのではなく、これらは技術基準のなどに規定されている。そのため、技術基準に規定のない構造や材料を採用しようとする場合、各道路管理者の要領などにおいてもそれらの取り扱いルールが明示されていないことが課題として挙げられる。計画段階においては2.2.4で記した課題もあり、現状では過去の実績を重視する傾向にある。

図-3.2.1の左側に従来の典型的なフロー図を示している。従来の橋の形式選定では経済性の比較と過去の採用実績が重視されてきたため、採用の検討に値する新技術が計画段階から考えられる場合にも、新技術は共同研究や委員会形式の議論を経て採用に至るケースがほとんどであった。

以上のように、現状では、橋の計画と形式選定の設計段階において新技術の採用を検討しにくい状況となっていると考えられる。構造の少部材化や材料の高強度化が進められ、様々な構造や新しい材料などの活用、架設工法などが提案される中で、有用な新技術を活用できるよう、橋の計画と形式選定の段階から有用な技術の採用を検討することが望まれる。

6.1.3 新技術導入におけるリスク

新技術の導入においては、技術基準が本質的に求めている要求性能の水準や信頼性、およびその位置づけ、あるいは道路橋のような社会インフラの設計において、厳密に守られるべき要求性能を達成できる確実性に対する社会的要請を十分に理解しなければならない。理解が不十分であった場合、十分な性能検証が行われないまま新技術が実構造物の設計・施工に導入される危険性がある。

橋の形式選定では、橋梁計画における基本条件、架橋位置特有の条件を抽出し、設定した条件の不確実性などによって構造形式や構造諸元が大きく影響を受ける項目をリスクとして整理し、リスクを考慮して形式選定を行う必要がある。ここで、リスクのうち新技術を採用する際のリスクと発生時期を表-6.1.1に示す。

表-6.1.1 新技術採用におけるリスク

新技術採用におけるリスク		リスク発生時期			
		形式選定時	設計時	施工時	供用時
1. 耐荷性能、耐久性能の評価に関するリスク	1) 耐荷性能、耐久性能などの要求性能に関する検証・評価を実施するが、設計の途中段階において、要求性能の未達が判明し採用できない状態	○	○	○	
	2) 十分な性能検証が行われないうまま実構造物が設計・施工されてしまう危険性		○	○	
2. 形式選定およびコストの妥当性に関するリスク	1) 新技術と従来工法の評価手法およびコストの算出の妥当性の検証	○	○		
3. 施工安全性に関するリスク	1) 十分な安全検証が行われないうまま施工がされてしまう危険性			○	
4. 事業工程遅延に関するリスク	1) 材料入手・手配に要する期間やコストなど計画と実施で大きな乖離が生じる可能性	○	○	○	
5. 維持管理に関するリスク	1) 劣化・損傷などに対する工学的知見、およびそれらを踏まえた点検・診断技術の不足				○
6. 契約制度（賠償など）に関するリスク	1) 契約制度（賠償など）に関して十分な確認が行われないうまま新技術を採用し、後に契約上の紛争など生じてしまう危険性				○

6.1.4 新技術採用検討における着眼点

表-6.1.1 に示すリスクに対し、新技術の採用を検討するうえで、技術検証および形式選定における留意点を以下に記述する。

(1) 新技術採用が後工程に与える影響

新技術の採用に伴い、技術の検証などに時間を要することが推察され、事業進捗の遅延に繋がることも考えられる。このため、新技術採用後の後工程に対する事業進捗への影響を確認する必要がある。

(2) 条件の不確実性への対応

条件や仮定の設定、さらにそれに基づく意思決定は、その設計段階で入手可能な情報に基づかざるを得ないが、設計段階が進展するにつれてあとから情報が追加され、条件や仮定の再設定が必要となった場合の対応の容易さが求められる。

(3) 新技術・新工法の評価指標の相違

少部材化や材料の高強度化が進められ、様々な部材配置の構造や新しい材料などが開発・提案される中で、それらを採用しようとする場合、どのような観点でどういった評価指標を用いるのか、多様な観点があり方針が明確に定まらない場合も想定され、評価法の検討が必要である。

(4) 維持管理や災害リスクへの対応【供用後】

架橋位置や形式選定などできるだけ早い設計段階で、劣化や災害リスクなど必ずしも設計計算に反映できない項目に対して配慮しておくことで、施工時の安全性、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。

6.2 橋の計画と形式選定における技術導入

6.2.1 導入する技術の分類

橋の計画と形式選定は、図-6.2.1に示すフローの通り、道路計画・ルート選定から始まり、支間割りなどの橋梁計画、橋梁形式選定、および最適案に対する更なる改良や精度向上を経て、詳細設計に引き継がれる。これらの多岐にわたる各検討段階において技術導入を検討するにあたり、その導入目的や期待される効果に着目すると、表-6.2.1に示すとおり技術分類Ⅰ～Ⅳの4つに分けて整理できる。

表-6.2.1 技術の分類

技術分類	技術導入の目的	取り扱う技術例
技術分類Ⅰ	与条件、制約条件など橋梁計画上の課題を解消する技術	<ul style="list-style-type: none"> 技術基準の前提、根拠の範囲を超えるため、検証が必要な橋梁形式（長支間化、桁高の低減、景観性・機能性を考慮した新構造形式など） 技術基準に示された慣用法などの計算手法の適用にあたって前提となる条件が異なる技術 急速施工が可能な形式
技術分類Ⅱ	形式選定に影響を及ぼすような安全性・経済性・施工性を高めるための技術	<ul style="list-style-type: none"> 技術基準で規定される構造や材料が異なるため、検証が必要な技術 構造的、耐震性が向上する技術 コスト縮減、工期短縮が可能な形式や架設工法 施工性と安全性が向上する技術
技術分類Ⅲ	更なる合理化などを目的とした要素技術	<ul style="list-style-type: none"> 高強度材料の活用 特殊材料の活用 耐久性向上が可能な形式 軽量化が可能な形式
技術分類Ⅳ	詳細設計で導入することで改良、精度向上を図る技術	<ul style="list-style-type: none"> 更なる構造合理化 更なるライフサイクルコストの縮減（重防食塗装、金属溶射の採用など） 維持管理を考慮した付属設備の付与 橋梁利用者や第三者に対する利便性、安全性向上につながる技術

(1) 技術分類Ⅰ

技術分類Ⅰは、与条件、制約条件など橋梁計画上の課題を解消することを目的として導入する技術である。近年の事例を挙げると、交差条件や環境対策などにより橋脚位置の制約を受ける状況において、従来技術では適用支間長を超え路線計画の見直しが必要となる場合、エクストラードード橋のような長支間化が可能な技術が導入できると、最適な路線計画を実現することが可能となる。また、交差道路の建築限界や河川の桁下余裕の確保が必要で、かつ近接して交差点があり縦断を上げることができず、従来技術では道路計画の見直しが必要になる場合、プレビーム桁、バイプレ工法、合成床版橋のような低桁高を可能とする技術が導入できると、周辺への影響を軽減した道路設定が可能となる。このように橋梁全体系に影響し橋梁形式を大きく変える技術は、従来から用いられてきた技術基準の前提、根拠の適用範囲や、技術基準に示された慣用法などの計算手法の適用条件を満足しないことが多い。よって、検討対象の橋の条件で、耐荷性能に関する検証が十分に行われていることが必要である。

(2) 技術分類Ⅱ

技術分類Ⅱは、支間割りなどが大きく変わることはないが、安全性、経済性、施工性を高めることが形式

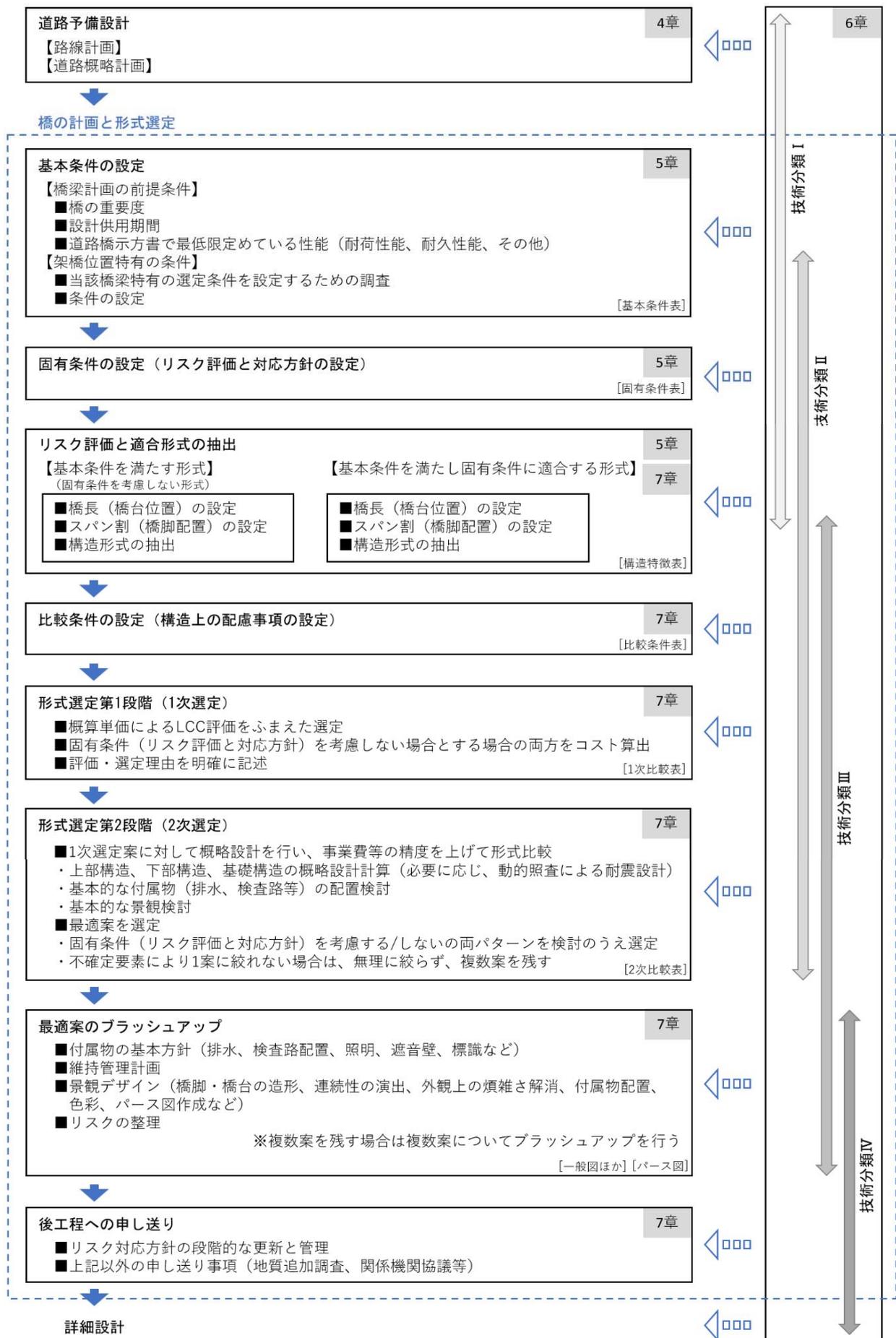


図-6.2.1 技術導入の時期

選定に影響を与え得る技術である。例えば、上・下部構造の支点を剛構造とすることで耐震性と維持管理性を向上した剛結ラーメン構造や、部材の一部を異なる材料に置き換えることで軽量化や施工性向上を図る波型鋼板ウェブ PC 箱桁橋のような複合構造がこれに該当する。また、鋼少数鉄桁橋、鋼細幅箱桁橋、外ケーブル工法、ストラット付き PC 箱桁橋など主桁断面の合理化によりコスト縮減を図る技術、コンクリート部材のプレキャスト化により耐久性向上や省力化、工期短縮を図る技術も技術分類Ⅱに該当する。これらは橋梁を構成する部材単位の技術であるが、導入することにより安全性、経済性、施工性の評価が大きく変わるため、形式選定段階で比較案として案出するとよい。これらは技術基準で規定されるものとは異なる構造や材料、またはそれらの組合せであることが多いため、耐荷性能に関する検証は技術分類Ⅰと同等の検証が必要である。一方、耐久性や施工性の向上に関する技術の検証は類似実績の調査などの簡易的な手法が可能である。

(3) 技術分類Ⅲ

技術分類Ⅲは、技術基準にはない新たな材料を適用することにより、更なる合理化を図る技術である。従来からある橋梁形式に、超高強度コンクリート、高強度 PC 鋼材、橋梁用高性能鋼材などの高強度材料を活用することにより、部材の軽量化によるコスト縮減や耐震性向上、耐久性向上を図ることが可能となる。これらは技術基準で規定されるものとは異なる材料を用いることで耐荷性能、耐久性能に影響するため、技術分類Ⅱと同等レベルの検証が必要である。

(4) 技術分類Ⅳ

技術分類Ⅳは、詳細設計において導入することで、選定された橋梁形式の更なる改良や精度向上を図る技術である。重防食塗装や金属溶射により鋼部材の塗り替え周期を伸ばしてライフサイクルコストを縮減することや、支承や伸縮装置などの付属物に新開発された製品を採用することなどが考えられる。これらの技術は、一般に橋梁形式選定に影響を与えることはほとんどないため、技術検証を次工程で実施しても差し支えなく、予備設計においては詳細設計への申し送りとして整理するとよい。

6.2.2. 技術導入の可能な時期

図-6.2.1 には、6.2.1 で分類した技術を導入可能な時期についても示している。

(1) 技術分類Ⅰ

技術分類Ⅰは、橋梁計画上の課題を解消することが目的であるため、形式選定フローの初期にあたる道路計画・ルート選定から支間割りを検討する段階までが導入時期となる。この段階では、道路・ルートと橋梁とを一体的に検討することが求められ、長支間や低桁高などを実現する技術が採用可能であることを前提に道路計画が進められることになるため、高いレベルで技術の適用性を検証するか、道路計画まで立ち戻ることがないよう代替案を検討することが求められる。

(2) 技術分類Ⅱ

技術分類Ⅱは、橋梁形式選定において安全性・経済性・施工性を高めることが目的であるため、導入時期は橋梁形式選定の段階までとなる。この段階では、従来技術に加えて新たな技術を比較案として案出し、総合的な比較検討により支間割りおよび橋梁形式の最適案を確定することとなる。よって、比較検討のための工事費、工事工程の精度を高め、後工程で形式選定の根拠に不整合が生じないレベルで適用性を検討する。

(3) 技術分類Ⅲ

技術分類Ⅲは、新たな材料を適用することなどにより更なる合理化を図ることが目的であるため、導入時期は橋梁形式が確定した後の最適案に対して検討を行う段階までとなる。ただし、導入する材料によってはライフサイクルコストの縮減や、橋梁形式の選定に影響を及ぼすこともあるため、橋梁形式の検討時のでき

るだけ早い段階から導入検討を行うとよい。

(4) 技術分類Ⅳ

技術分類Ⅳは、最適案に対して更なる改良、信頼度向上を図ることが目的であり、橋梁形式選定には影響を及ぼすことがない付属物の高機能化が主となるため、導入時期は橋梁形式確定後となり、詳細設計においても継続して検討することができる。

6.3 新技術導入にむけて

6.3.1 新技術導入

新しい材料や技術を導入する目的には、構造物の制約条件などの課題解決のために長支間化、桁高制限および軽量化などを達成できる構造形式を採用すること、または現状からの更なる合理化を図るために基準類で定められた適用範囲外の構造形式を採用することなどが挙げられる。この場合、基準（例えば、道路橋示方書）に具体的に規定されている方法や規定内容に対して適用範囲内である場合はもちろん、適用範囲外であっても準用可能な範囲であれば規定を用いて検証が可能である。一方、準用不可の場合には、既存の規定によらず、技術基準の要求性能が得られることを個別に評価できる手法を設定し評価することになる（図-6.3.1）。例えば、PC-U コンポ橋は、道路橋示方書Ⅲコンクリート橋・コンクリート部材編 10 章、11 章および 16 章の規定を適用することで設計が可能となる。一方、エクストラードロード橋では 13 章（ケーブル構造）の規定を一部適用可能であるが、個別の評価基準¹⁾を設定し評価することで適用が可能となる。

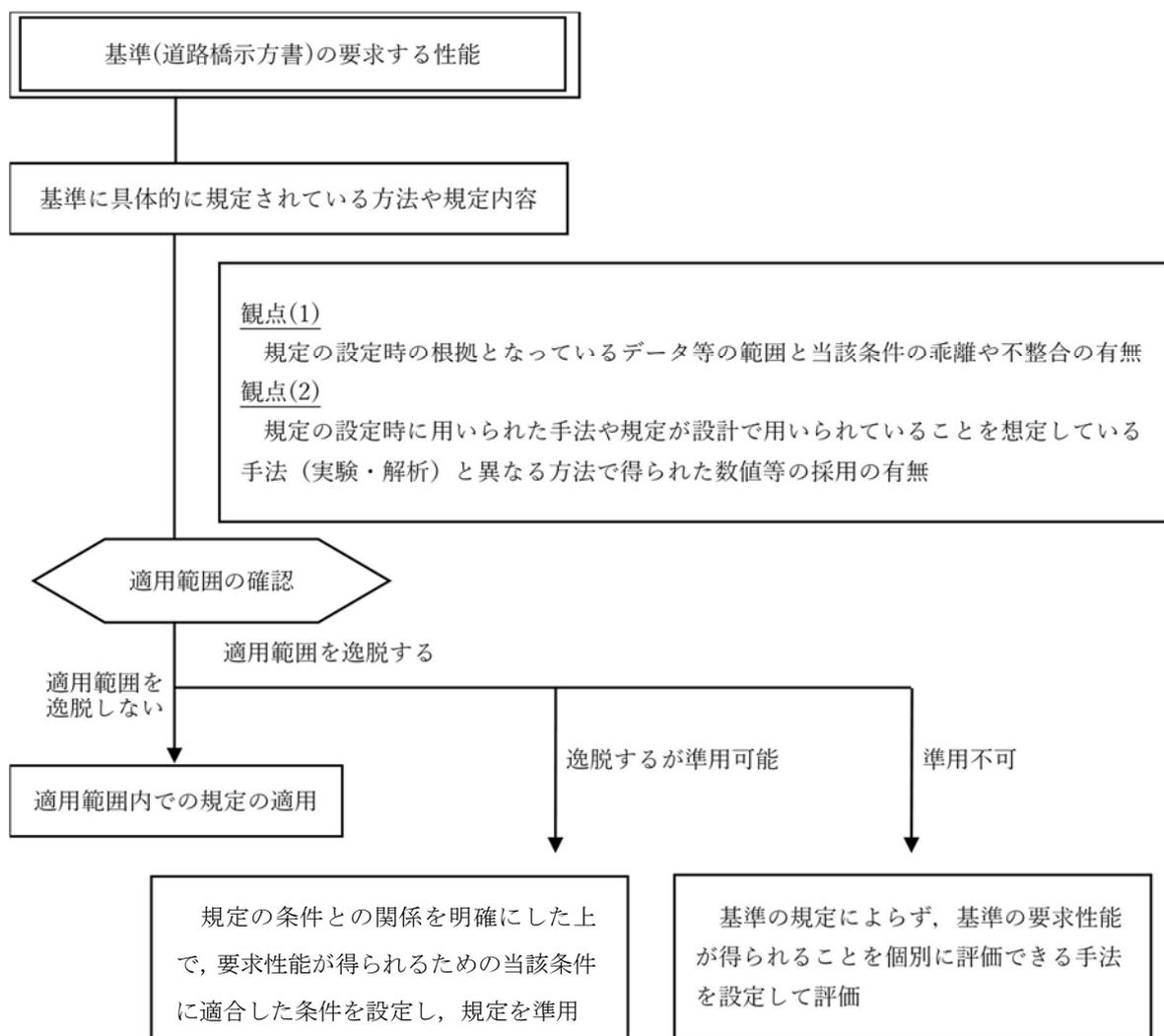


図-6.3.1 新技術導入に際しての適用条件²⁾

(出典：国土交通省 国土技術政策総合研究所、(社)プレストレスト・コンクリート建設業協会、(社)日本橋梁建設協会：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)一、国土技術政策総合研究所資料 共同研究報告書 No. 609、pp. 14、2010)

既存の規定によらず、技術基準の要求性能が得られることを個別に評価する場合、以下に示すような課題（リスク）があり、新技術導入の障害となる可能性がある。

【新技術導入の課題】

- ・ 多大な時間・コストおよび高度な技術力を要するため、新技術の技術検証を予備設計段階で完結させることが難しい。
- ・ 橋梁構造物に付与される性能の不確実性が解消されないため、新技術の導入により要求性能を満足するかが不明確となる。
- ・ 予備設計段階では、新技術導入に必要なコストを明確に算出できないため、経済性評価が不明確となる場合がある。詳細検討の結果、経済性が大きく損なわれる可能性がある。
- ・ 技術基準や実績がないまたは少ない。

本節では、これらの課題に対して、解決に向けた技術検証を提案することを目的とする。特に、ここでは、各検証手法の特徴を示したうえで、予備設計段階において重点的に検証すべき項目とその留意点について示す。

6.3.2 技術検証の手法

新技術検証の手法としては、**図-6.3.2**に示すように直接的手法、間接的手法および経験的手法による検証があげられる。検証手法によってメリットとデメリットがあり、**表-6.3.1**にまとめている。予備設計段階における新技術の導入に際しては、これらの手法を適切に用いて構造および部材の要求性能を検証する必要がある。

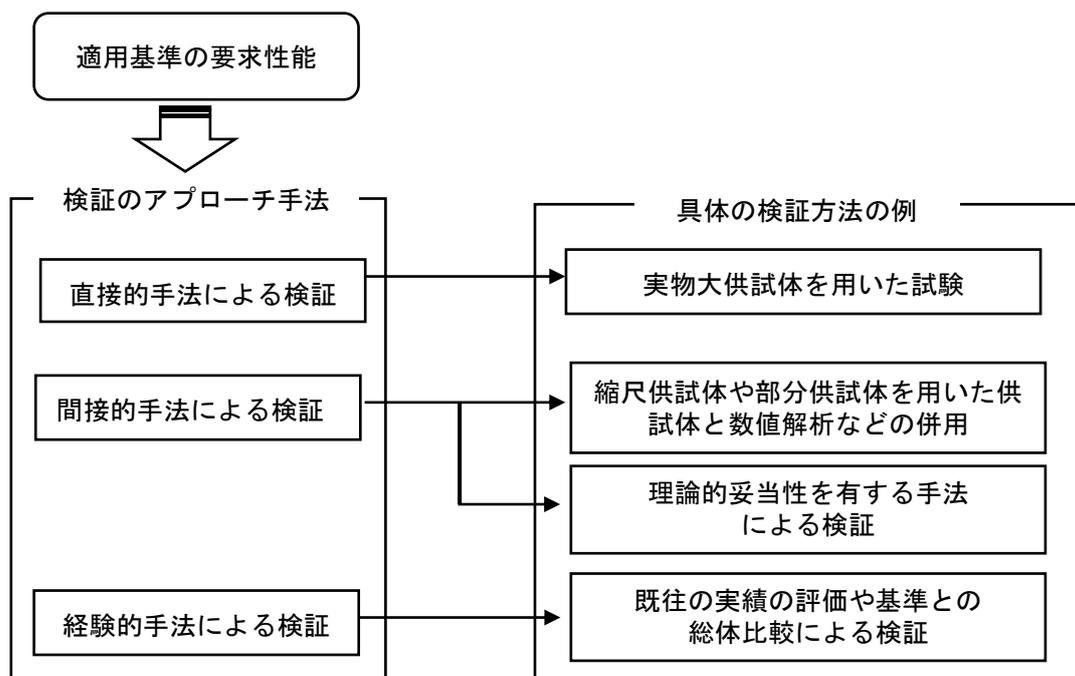


図-6.3.2 新技術導入時の橋や部材などの要求性能に対する検証手法²⁾

(出典：国土交通省 国土技術政策総合研究所、(社)プレストレスト・コンクリート建設業協会、(社)日本橋梁建設協会：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)一、国土技術政策総合研究所資料 共同研究報告書 No. 609、pp. 9、2010)

表-6.3.1 検証手法とメリット・デメリット

検証手法		メリット	デメリット (リスク)
直接的手法による検証	実物大供試体を用いた試験	・ <u>検証の信頼性が高い。</u>	<ul style="list-style-type: none"> ・ <u>多大な費用と時間が発生する。</u> ・ 試験体や実験装置の制約が大きい。 ・ 外力条件、支持条件などの実橋の条件や基準の前提条件を一致させることが困難な場合がある。
間接的手法による検証	縮尺供試体や部分供試体を用いた試験・数値解析などの併用	<ul style="list-style-type: none"> ・ 評価しようとする <u>部分的な性能・箇所のみ</u>に着目した要素実験・解析的手法によって <u>性能評価が可能である。</u> 	<ul style="list-style-type: none"> ・ <u>相応の費用と時間が発生する。</u> ・ 実物大試験に比べて相似則を合わせることが困難な場合がある。 ・ 着目箇所が安全側の評価となるモデル化・実験条件であっても、その他の箇所では危険側となる可能性がある。 ・ 外力条件、支持条件などの実橋の条件や基準の前提条件を一致させることが困難な場合がある。
	理論的妥当性を有する手法による検証		
経験的手法による検証	既往実績の評価や基準との相対比較による検証 (基準類とのみなし適合性の合致を確認)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 簡易検証に適している。 ・ <u>机上検討のみで検証可能である。</u> 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 経験的に確立された基準との関係を定量的に示すことは一般的には困難な場合がある。 ・ 簡易的であり、適用条件外の場合、<u>検証性が低い可能性がある。</u>(詳細設計時に構造不成立となる可能性がある)

6.3.3 予備設計段階における技術検証方法

表-6.3.2は、道路橋示方書の橋の耐荷性能2における要求性能を示す。ここで、橋の耐荷性能とは、想定した状況に対してどのような状態（限界状態）をどの程度の信頼性で制限値を超過させないようにするかという能力のことであり、予備設計段階では技術検証の方法を適切に判断することが重要となる。予備設計段階においても、技術検証の妥当性を適切に判断することが必要であるが、表-6.3.1に示したような制約（メリット・デメリット）がある。

表-6.3.2 限界状態と橋の耐荷性能（耐荷性能2の場合）³⁾を一部改良

状態 状況	主として機能面からの 橋の状態		構造安全面からの 橋の状態
		橋としての荷重を支持する能力が損なわれていない状態	部分的に荷重を支持する能力の低下が生じているが、橋としてあらかじめ想定する荷重を支持する能力の範囲である状態
永続作用や変動作用が支配的な状況	状態を所要の信頼性で実現する		所要の安全性を確保する
偶発作用が支配的な状況		状態を所要の信頼性で実現する	所要の安全性を確保する

(出典：(公社) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 I 共通編、p. 39、2017)

(1) 要求性能による技術検証

技術検証に用いる手法は、要求性能に応じて設定するのが適当な場合が多い。例えば、耐荷性能では、「橋が落橋などの致命的な状態に対して十分な安全性を確保できる状態」を確保しなければならないため、予備設計段階においてもその手法を十分に検討することが望まれる。また、耐久性能に関しては、構造物の維持修繕や取換えなどに計画的に取り組むことで設計供用期間内の要求性能を満足することが可能となることもあるため、維持管理計画を立案することを前提に詳細な検証を詳細設計に申し送ることも考えられる。耐荷性能および耐久性能の検証のための評価の基本的な考え方は、国土技術政策総合研究所資料⁴⁾に詳述されているので参考になる。

(2) 橋梁構造の階層による技術検証

橋の性能評価は、「橋梁全体系」、「橋梁全体系を構成する上部構造、下部構造など構造体の単位」、「各構造体を構成する部材単位」、「部材を構成する材料」の各階層（図-6.3.3）の、より上位の性能を検証することで、橋梁全体の性能を評価する。

1) 橋梁全体系・構造体単位・部材単位に関する階層

各階層において「致命的な状態」を確認する。例えば「外ケーブル構造」なら、桁構造（構造体単位）、定着部（部材単位）ごとに安全性の検証を行う。

2) 材料に関する階層

構造の前提としている材料（外ケーブル構造なら PC 鋼材や定着システムなど）について、規定に無い材料（例えば、FRP ケーブルなど）を用いる場合は、降伏点や引張強さなどの機械的性質、構造特性、その確実性など安全性の確認が必要となる。

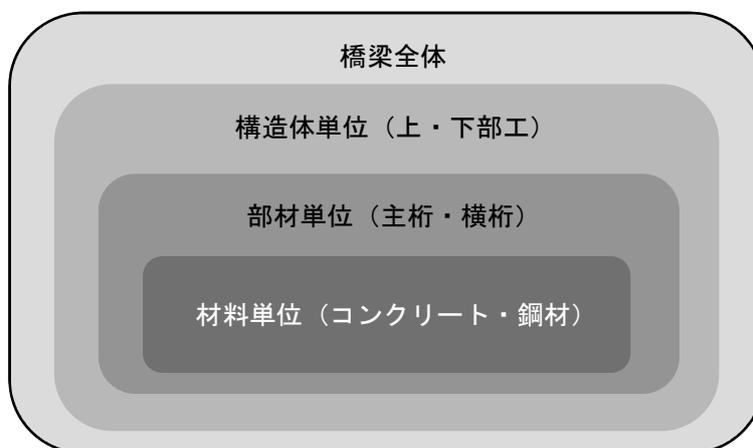


図-6.3.3 橋梁構造の階層イメージ

(3) 技術の導入目的による技術検証

新技術の導入目的となる「制約・課題解消のための技術」、「合理的な橋梁計画とするための技術」によって検証を分類できる。

1) 制約・課題解消のための技術

制約・課題解消のために、実績の有無に関わらず、長支間化、桁高変化、軽量化などの技術検証が必要な構造形式などを採用することが考えられる。一方、課題が既に顕在化していることから構造不成立と判断された場合、事業遂行が困難となるため、性能を正しく評価できる手法で技術検証を行う必要がある。

2) 合理的な橋梁計画とするための技術

新たな構造形式などが採用できると、更なる合理化を図ることが期待できる場合がある。例えば、支間 100 m の橋を計画した場合、実績があり基準類の適用範囲となる「PC コンクリートウェブ箱桁橋」に対して「PC 波形鋼板ウェブ箱桁橋」を採用した方が軽量化され合理化が期待できる。実績のある構造形式による代替が可能のため、予備設計段階では比較的簡易な方法で検証し、詳細設計に申し送ることでもよい。この場合、両案ともに並行して検討を進めることが推奨される。

6.3.4 今後の新技術導入にむけて

(1) セカンドベストの提示

実際に設計を進めていくと、予備設計の段階では新技術に対して十分な検討を行えない場合、あるいは、予備設計段階では十分と考えていたが、詳細設計を行った結果、適用が難しいと判断される場合が考えられる。この段階で計画からやり直す手戻りが生じるリスクを回避するため、セカンドベストを提示することを可能とするような仕組みを考えておく必要がある。

(2) 報告書に残すべき事項（申送り事項）および記載の留意点

1) 新技術の追加調査の必要性

予備設計の各段階において、要求性能に対する十分な検証が行えない場合は、表-6.3.3 に示すように次の設計段階で実施すべき検討項目などを申し送り事項として整理し、次の段階へ引き継ぐことが考えられる。表-6.3.4 に申し送り事項の記載例を示す。

表-6.3.3 リスクに対する対応方針および申し送り事項

状況	リスク・対応方針・申し送り事項					
	①道路計画時	②橋梁計画時	③形式選定時	④詳細設計時	⑤施工時	⑥供用時
①道路計画時						
②橋梁計画時						
③形式選定時						
④詳細設計時						
⑤施工時						

2) 詳細設計以降の工程に与える影響（リスク）

予備設計段階では適用可能と判断したものの、検証結果によっては、詳細設計時において新技術の採用が困難となる場合も考えられる。この場合、詳細設計以降の事業工程が遅延するリスクが考えられる。このリスクを最小化させるため、セカンドベストの提案を推奨したが、予備設計段階から工程遅延リスクを考慮した工程計画を立てることも重要である。

表-6.3.4 送り事項の記載例

	リスク・対応方針・送り事項					
	①道路計画時	②橋梁計画時	③形式選定時	④詳細設計時	⑤施工時	⑥供用時
①道路計画時		1. 線形を見直すことで設計・施工が有利になるかどうか検討する。 2. 橋梁位置は地質条件や道路、鉄道、河川などの交差条件がコントロールポイントとなるため、十分な調査・協議を行う。 3. 建設から維持管理までに要する LCC を考慮し経済性を比較する。 4. 維持管理に配慮した設計・施工を選定する。 5. 年数が経過すると、採用した工法ではなく、他の工法が有利な場合もあり、計画・設計時の技術に固執せず、最新の知見などに基づき判断する。 6. 特許工法の採用にあつては、特許権を侵害していないか充分留意する。また、工法指定となる場合、他社の競争参加の阻害とならないか充分配慮し設計を行う。 7. 景観に配慮した橋梁形式とする。また、改築事業などは既設の橋梁形式に配慮する。 8. 耐震性に配慮した構造形式とする。部位部材の損傷が橋全体系に致命的な影響を与える可能性がある場合、当該部分の損傷が限定的なものに留まるように設計する。 9. 構造の成立性や施工の実現性について検討を行う。	2.～9. と同様 10. 架設など施工時の安全性や交通規制時間などを考慮する。	2.～10. と同様 11. 経年劣化を考慮した材料の配慮、適切な品質管理などによって耐久性を確保する。 12. 前例や実績のない材料や工法は、不確実要素が大きいため、慎重に選択する。また、試験施工や実験などにより検証を行う。	9.～12. と同様	—
②橋梁計画時			2.～10. と同様 13. 事業期間や工程の制約条件がある場合、現地条件、資材の供給状況、使用機械などを十分考慮したうえで、クリティカルとなる要素を洗い出し、総合的な検討を行う。	2.～13. と同様	9.～13. と同様	—
③形式選定時				2.～13. と同様	9.～13. と同様	—
④詳細設計時					9.～13. と同様	—
⑤施工時						14. 施工時に判明した維持管理上留意すべき点は管理機関・部署に確実に引き継ぐ。

6.4 新技術の導入事例と検証事例

6.4.1 新技術の導入事例

過去にも、道路橋示方書に示される標準的な仕様によらず新たな構造形式を採用した事例がある。ここでは新たな構造形式の導入事例として導入に至った背景や検証項目、導入後の効果について紹介する。

本節では、表-6.4.1 に示す技術分類Ⅰおよび技術分類Ⅱに属する技術について紹介する。また、技術分類Ⅲについて鉄道橋の事例を紹介する。なお、技術分類Ⅲおよび技術分類Ⅳについては NETIS などのデータベースを参照することができる。

表-6.4.1 新技術の導入事例

技術分類	内容	導入された技術
技術分類Ⅰ	与条件，制約条件など橋梁計画上の課題を解消する技術	・エクストラドーズド橋 ・波形鋼板ウェブ PC 箱桁橋
技術分類Ⅱ	形式選定に影響を及ぼすような安全性・経済性・施工性を高めるための技術	・PC-U コンポ橋 ・少数鈹桁橋 ・細幅箱桁橋
技術分類Ⅲ	更なる合理化等を目的とした要素技術	・下路 SRC 床版トラス橋（鉄道）
技術分類Ⅳ	詳細設計で導入することで改良、精度向上を図る技術	・重防食塗装 ・金属溶射

6.4.2 新技術の検証事例

新技術の導入にあたり、考慮すべき事項や観点など導入時における検証事例を紹介する。これらは各技術特有の事項で道路橋示方書の規定だけでは性能評価が困難な事項に着目して検証された課題と検証方法の事例であり、新技術や新工法に対する性能評価を行う際にも、着目点や留意点、評価計画立案にあたっての観点などが参考になる。

なお、ここで紹介する方法や項目に従い照査を行えばすべての橋の条件において、当該技術によって所要の性能が満足されるとみなされるのではない。道路橋示方書などの技術基準との適合性を満足しているかどうかは、新技術に限らず、個々の技術に対して性能評価が行われる必要があることに注意が必要である。

表-6.4.2 新技術の導入事例

橋梁名	小田原ブルーウェイブリッジ			
発注機関	日本道路公団 東京第一建設局 (現：中日本高速道路株式会社)			
供用(架設)時期	1994年			
採用技術	斜材の設計方法			
背景	<p>西湘バイパス改築工事業は、交通渋滞の緩和および波浪対策などを目的として、計画された。特に、西湘バイパスと国道135号線とを直結する約2km区間は、最も厳しい環境にあることから、耐久性に富み維持管理の少ないコンクリート橋が計画された。このうち、小田原港上に計画された小田原港橋(現：小田原ブルーウェイブリッジ)は、周辺環境および改築事業のシンボルとして、世界初のエクストラードズド箱桁橋が採用された。</p>			
概要図				
橋梁規模	3径間連続エクストラードズド箱桁橋(橋長：270.0m、支間：74.0m+122.0m+74.0m)			
検証項目	要求性能	斜材の安全性能	関連規定	道路橋示方書 (ケーブル構造)
	検証目的	PC斜張橋の斜材の安全率は、道示より2.5(0.4 f_{pu} 、 f_{pu} :破断強度)に規定されている。エクストラードズド橋は、斜張橋より張力変動が小さいため斜材の安全率を桁内ケーブルと同じ1.67(0.6 f_{pu})とするための妥当性を検証する。		
	検証方法	実験による検証・ 解析による検証 ・道路橋示方書の準用		
	検証方針	<ul style="list-style-type: none"> ・L荷重による斜材の応力変動量の確認 ・疲労設計用活荷重による斜材の疲労安全性の検証 		
	検証にあたり参考にした文献	<ol style="list-style-type: none"> 1) 小野寺他：エクストラードズドPC橋の計画と設計(西湘バイパス小田原港)、プレレストコンクリート、Vo. 35、No. 3、1993 2) PC工学会：PC斜張橋・エクストラードズド橋設計・施工・保全規準、技報堂出版、2022 		
注意点	風などに起因する斜材の振動による応力変動が生じないように制振装置の必要の検討を行う必要がある。			
効果	エクストラードズド橋は、桁橋(特に外ケーブルの桁橋)と斜張橋の中間規模橋梁に適した構造であり、これらを一つの体系の中で連続的に設計できることを可能にした。			

表-6.4.3(1) 新技術の導入事例

橋梁名	本谷橋			
発注機関	日本道路公団			
共用(架設)時期	1990年代			
採用技術	波形鋼板ウェブPC箱桁橋			
背景	波形鋼板ウェブPC箱桁橋は、1980年代にフランスで開発された構造形式である。連続ラーメン構造への適用は当時世界で初めてであり、片持ち張出し架設工法により施工は国内初であった。			
概要図	<p>図-1 本谷橋の一般図</p>			
橋梁規模	本谷橋(L=198.2m(3 径間連続波形鋼板ウェブ PC 箱桁橋 44.0m+97.2m+56.0m))			
検証項目	要求性能	耐荷性、施工性、経済性	関連規定	道路橋示方書Ⅱ、Ⅲ (鋼・コンクリート橋編)
	検証目的	本谷橋では、コンクリートと波形鋼板の接合に埋込み接合、波形鋼板同士の接合に一面摩擦接合を採用している。この方法を採用することで、施工性および経済性の向上を図っている。これらの技術が十分な安全性(耐荷性能)を有していることを検証することを目的として載荷実験を行った。		

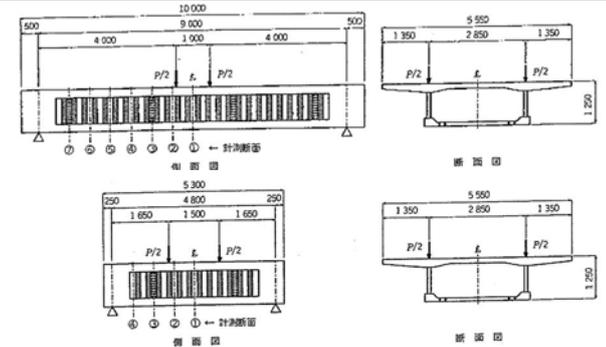
		 <p style="text-align: center;">曲げおよびせん断載荷試験</p>
<p>検証方法</p>	<p>実験による検証</p>	<p>・ 解析による検証 ・ 道路橋示方書の準用</p>
<p>検証方針</p>		<p>・ 曲げ、せん断載荷試験による安全性の検証 ・ 軸方向プレストレス量の確認</p>
<p>検証にあたり参考にした文献</p>		<p>水口他：本谷橋の模型実験と実橋載荷実験、橋梁と基礎、pp. 1-10、1998</p>
<p>注意点</p>		<p>実橋でのたわみ管理では、桁高変化およびコンクリート床版が負担するせん断力を考慮したたわみ量を計算する必要があることに注意する。</p>
<p>効果</p>		<p>・ 重量軽減による下部工の縮小および耐震性の向上 ・ PC 橋の適用支間の拡大</p>

表-6.4.3(2) 検証項目（波型鋼板ウェブ PC 箱桁橋の例）(1)

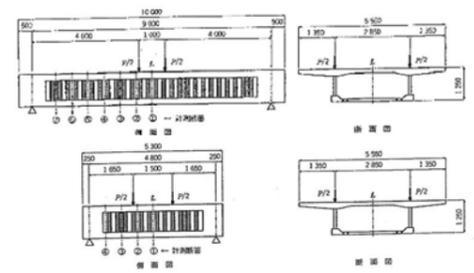
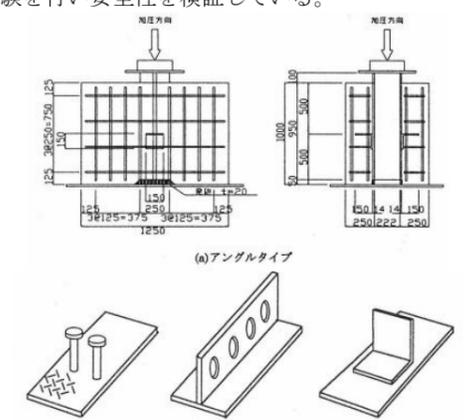
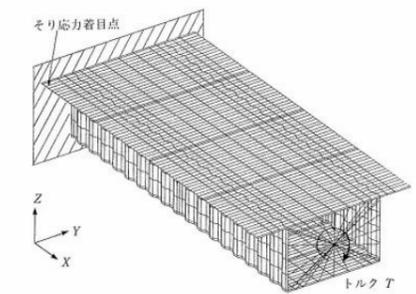
性能種別	性能項目	検証項目		検証手法
使用目的と適合性	<p>波型鋼板ウェブ橋は平面保持を仮定する。 一般に波型鋼板ウェブの軸方向剛性は上下コンクリート床版に比べて著しく小さく、軸方向力に対してほとんど抵抗しない。</p>	<ul style="list-style-type: none"> 設計では、上下床版のみで曲げモーメント・軸力に抵抗し、波型鋼板ウェブはせん断力のみを分担させる。 中間支点部付近は、波型鋼板ウェブの箱桁内側をコンクリートで合成させることを標準 	せん断応力度に対する安全性の照査 (特に終局荷重時のせん断座屈照査)	<p>曲げモーメントおよびせん断力に対する安全性は、荷重試験による検証されている。曲げモーメントおよびせん断力に対する安全性は、荷重試験による検証されている。</p>  <p style="text-align: center;">曲げおよびせん断荷重試験</p>
構造物の安全性	<p>波型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確実に接合され、断面は合成箱桁として一体化されている橋桁とする。</p>	<ul style="list-style-type: none"> 終局荷重作用時においては床版のひび割れが波型鋼板ウェブや上下床版接合部の性能に影響を及ぼす懸念がある。 波型鋼板ウェブの設計では、せん断座屈が生じると構造物の機能が失われるため、いかなる荷重作用時においてもせん断座屈が生じないように設計しなければならない。 波型鋼板ウェブとコンクリート上下床版との接合部は、作用する橋軸方向の水平せん断力を床版へ確実に伝達できるずれ止めなどの構造とする。 	水平せん断両に対する安全性の照査	<p>波型鋼板ウェブ PC 橋に採用されている複数のずれ止め機構に対して、荷重実験を行い、安全性を検証している。波型鋼板ウェブ PC 橋に採用されている複数のずれ止め機構に対して、荷重実験を行い安全性を検証している。</p>  <p style="text-align: center;">(a)アングルタイプ ①スチッド+繊維鋼板 ②パーフォボンドリブ ③アングル</p>
	波型鋼板ウェブ構造は、従来のコンクリートウェブ構造に比べ、ねじりモーメントに対する抵抗が弱い。	箱桁断面では、支点横桁、隔壁の配置間隔および構造について十分な検討を行う。	ねじりせん断応力度に対する照査	<p>波型鋼板ウェブ PC 橋のねじりモーメントと隔壁の配置間隔の関係については、FEM 解析により安全性を検証している。</p>  <p style="text-align: center;">図-6 荷重方法とそり応力の着目点</p>
	波型鋼板ウェブ橋は、鋼合成桁に比べウェブの面外方向の剛性が大きく、また、箱断面を構成する。	接合部には橋軸直角方向曲げモーメント（首振りモーメント）が作用するため、この首振りモーメントに対して安全性の照査を行う。		

表-6.4.3(3) 検証項目（波形鋼板ウェブPC箱桁橋の例）(2)

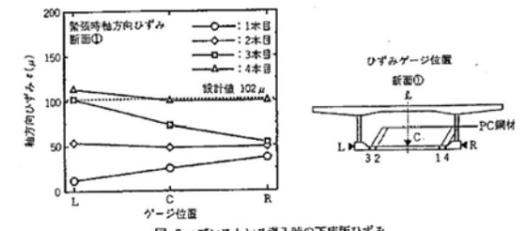
性能種別	性能項目	検証項目		検証手法
構造物の安全性	箱桁断面内の上下フランジに対してウェブの軸方向剛性を小さくすることで、導入されるプレストレス力が効率的に上下フランジに導入されることを意図した構造。			<p>プレストレスの導入効果については、実物大供試体を用いた実験により、効率的に上下フランジにプレストレスが導入されることを確認している。</p>  <p>図-9 プレストレス導入時の下床版ひずみ</p>
耐久性	波形鋼板相互の接合部（溶接、ボルト）の疲労耐久性	疲労に対する安全性		<p>鋼鈹の接合部に溶接（波形鋼鈹同士、波形鋼鈹と上下フランジ）を用いる場合には、継手形式に応じて活荷重の影響を考慮した疲労耐久性の照査が必要である。</p> <p>溶接の品質に関する事項は、道路橋示方書Ⅱ9.2 溶接継手の考え方が基本的に準用できる。これらの検討にあたっては、発生する応力状態は、部材寸法や架設方法など設計しようとする当該橋梁毎に異なるため、その影響を適切に考慮する。</p>
施工品質の確保	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。	<ul style="list-style-type: none"> 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。 現状の波形鋼板ウェブ橋は、従来のPC箱桁橋と同様に支点部と支間中央とで桁高を変化させている場合が多い。しかしこの場合、波形鋼板が三次元的な形状を有していることから、波形鋼板の製作や、フランジとウェブの溶接作業などが煩雑となることから、できるだけ等桁高の区間を設けることが望ましい。 	施工時の安全性の照査	FEM解析による架設時の安全性の検証
維持管理の容易さ	複合構造の接合部 塗装			
環境との調和				従来工法（場所うちPC橋）との比較より周辺環境への負荷低減を検証している。
経済性	張出し架設により架設を行う場合には、波形鋼板の波長も考慮して1張出し長さを決定			従来工法（場所うちPC橋）との比較より施工工程を考慮した経済性評価を検証している。

表-6.4.4(1) 新技術の導入事例

橋梁名	丹波綾部道路 戸奈瀬高架橋(第一・第二戸奈瀬高架橋)		
発注機関	国土交通省 近畿地方整備局 福知山河川国道事務所		
供用(架設)時期	2006年12月完成		
採用技術	PC-U コンポ橋		
背景	当初、第一橋は単純鋼鈹桁橋、第二は6径間連続PC箱桁橋で計画されていたが、工期短縮、コスト削減および架設条件(支間43m~55.5m)からPC-Uコンポ橋が採用された。		
概要図			
橋梁規模	第一橋(L=57.5m(単純桁:支間57.0m))、第二橋(L=264.0m(支間43.45+4@43.8m+43.45m))		
検証項目	要求性能	施工性、耐久性、経済性	関連規定 道路橋示方書(合成構造)
	検証目的	<p>PCコンポ橋(T形断面)で用いられているPC合成床版橋(PC板と場所打ち床版)をU形断面に採用した構造形式であり、PC合成床版橋の安全性は、土木研究所とPC建協の共同研究¹⁾で検証されている。</p> <p>U形断面の施工時(仮置き、運搬、架設時)の安全性を検証する(右図参照)。</p>	
	検証方法	<p>実験による検証・解析による検証・道路橋示方書の準用</p>	
	検証方針	<ul style="list-style-type: none"> ・ 輪荷重走行試験による安全性の検証 ・ 施工時の立体FEM解析による安全性の確認 	
	検証にあたり参考にした文献	<ol style="list-style-type: none"> 1) 土木研究所、PC建協：コンクリート橋の設計・施工の省力化に関する共同研究報告書(Ⅱ)、第2115号、1998 2) 藤井他：U形主桁を有するPC合成桁(Uコンポ橋)の設計と施工—第一戸奈瀬高架橋と第二戸奈瀬高架橋、橋梁と基礎、Vo. 41、2007 	
	注意点	<p>PC-Uコンポ橋を構成するセグメントは、工場製作が基本であり、輸送の制約から重量や寸法が制限される。このため薄肉部材となる傾向が多く、コンクリートの充てん性に留意する必要がある。対策として、外ケーブルの採用、透明型枠の使用、自己充てん性を有するコンクリートの採用などが考えられる。</p>	
効果	<p>PC-Uコンポ橋の適用支間は40m~60mであり、経済性の観点からPC橋の従来工法が採用されにくい範囲である。PC-Uコンポ橋は、コスト削減と工期短縮を実現し、PC橋の適用性拡大の可能性を示す。</p>		

表-6.4.4(2) 検証項目 (PC-U コンポ橋の例) (1)

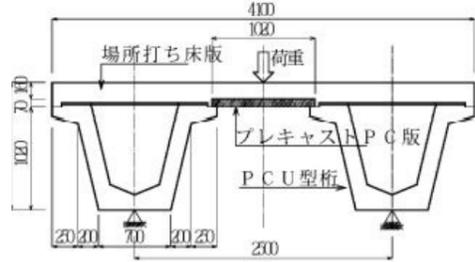
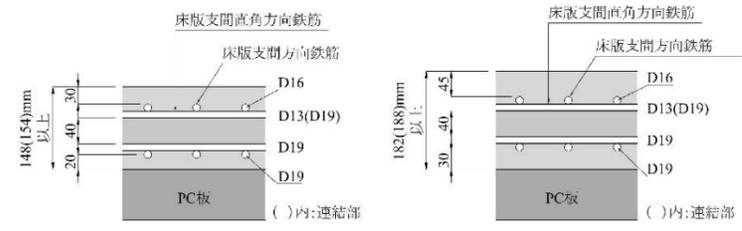
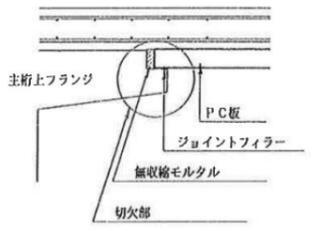
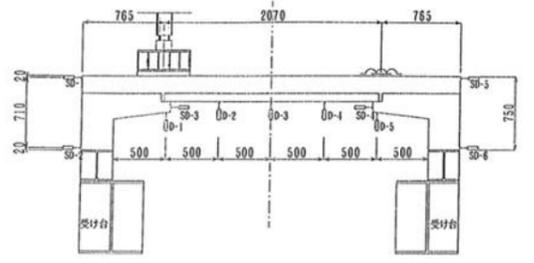
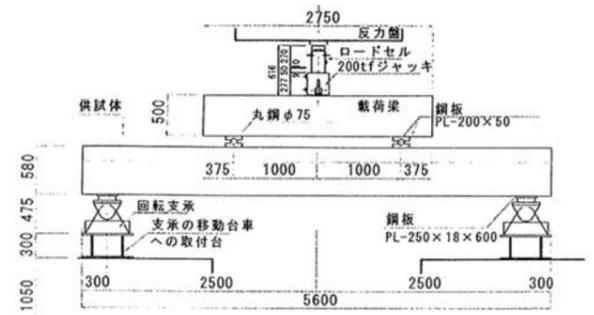
性能種別	性能項目	検証項目	検証手法
使用目的と適合性			
構造物の安全性	耐荷性能	<p>場所打ち RC 床版とプレキャスト PC 床版の合成床版の耐荷性能</p> <ul style="list-style-type: none"> ・直接支持する活荷重などの影響に対して耐荷性能を満足する。 ・プレキャスト桁の上フランジの一部を床版に埋め込む場合においては、接合部の床版は、中間支点としての断面力に対して安全であるとともに、桁と床版の接合構造、合成作用および施工品質に支障をきたさないようにする。 ・プレキャスト PC 板と場所打ちコンクリートの合成構造であり、道示に準拠して設計する場合、平面保持、等方性など適用性を確認する。 ・コンクリート系床版の限界状態 1 および 3 を満足し、桁の上フランジの一部を床版に埋め込む場合において桁の上の床版厚を 150mm とした場合は、上記記述を満足するとみなしてよい (道示 11.4)。 	<p>関連基準：道示Ⅲ編 5.2.3、9.1.2、11.3、11.4</p> <ul style="list-style-type: none"> ・床版の耐荷性能については、輪荷重走行試験で検証されている。 ・平面保持および等方性は、静的および疲労実験により検証している。  <p>・場所打ち床版厚については、道示では 150mm 以上としているが、かぶり 35mm、鉄筋のあき 40mm、PC 板とのあき 30mm を確保する場合 180mm、かぶりを 45mm 確保する場合 190mm となることに留意する (下図参照)。</p> 
	耐荷性能	<p>切欠部の耐荷性能</p> <ul style="list-style-type: none"> ・主桁上フランジの PC 板支持部は断面が急変するため、検証を行う (下図参照)。 	<p>主桁上フランジ先端部の切欠部の耐荷性能については、FEM 解析および荷重試験により安全性を検証している。</p> 
	耐荷性能	<p>プレキャスト桁と床版との接合部の耐荷性能</p> <ul style="list-style-type: none"> ・PC-U コンポ橋は、プレキャスト桁と床版とが一体となり作用の影響に対して抵抗することで所要の耐荷性能を満足する ・プレキャスト桁と床版の接合面に生じるせん断力に対して接合部が安全となるようにする。 	<p>関連基準：道示Ⅲ編 11.3.2、11.3.3</p> <ul style="list-style-type: none"> ・プレキャスト桁と床版部は水平せん断強度試験 (要素試験体によるプッシュオフ試験およびはり供試体による荷重試験) により安全性を検証している。 

表-6.4.4(3) 検証項目 (PC-U コンポ橋の例) (2)

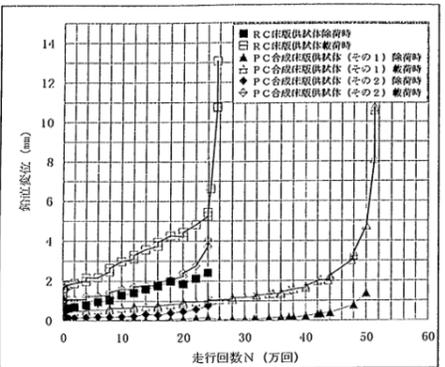
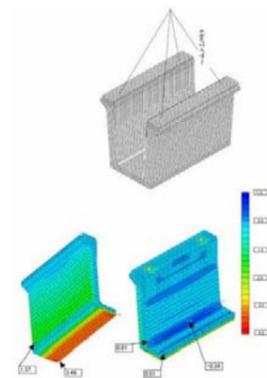
性能種別	性能項目	検証項目		検証手法
構造物の安全性	耐荷性能	セグメント桁接合部の耐荷性能	<ul style="list-style-type: none"> ・プレキャストセグメントの接合部に生じる曲げモーメント、軸方向力、せん断力、ねじりモーメントおよびそれらの組合せに対して所要の耐荷性能を満足する。 ・プレキャストセグメントの接合部は、プレストレス力による分力を極力生じさせず、接合部に作用する断面力に対し抵抗できる構造とする。 	<p>関連基準：道示Ⅲ編 16.2、16.3、16.4</p> <ul style="list-style-type: none"> ・プレキャストセグメントの接合部については、はり供試体の静的曲げ試験により安全性を検証している。
耐久性	耐久性能	セグメント桁接合部の耐久性能	<ul style="list-style-type: none"> ・プレキャスト桁との接合部においては、設計耐久期間および耐久性確保の方法を適切に定め、接合部に求められる耐久性能を確保する。 ・コンクリートの打設を伴わないプレキャストセグメントの接合部において、接合面のコンクリート内部鋼材の腐食に対して、所定の耐久性の確保を行う。 	<p>関連基準：道示Ⅲ編 16.3(5)、(6)、(7)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・プレキャストセグメントの接合部については、はり供試体の定点疲労試験により安全性を検証している。
	疲労耐久性能	床版の疲労耐久性能	<ul style="list-style-type: none"> ・設計耐久期間を 100 年とし、所要の疲労耐久性能を満足する。 	<p>関連基準：道示Ⅱ編 11.5</p> <p>床版の疲労耐久性能については、輪荷重走行試験により検証している。</p> 
施工品質の確保	施工性能（使用目的との適合性や完成時および施工時の構造物の安全性を確保するための確実な施工が行える性能）	吊り上げ、運搬、架設時の主桁の耐荷性能	<ul style="list-style-type: none"> ・PC 板と場所打ちコンクリートの合成前の死荷重に対して、PC 板が抵抗するものとして算出した応力度がⅢ編 5 章の規定による制限値を超えないようにする。 ・主桁セグメントは、場所打ち床版との合成までは、不安定な開断面（U 形断面）の状態にある。セグメント吊上げ時の発生応力度が制限値を超えないようにする。 ・プレキャストセグメントは、施工各段階において部材の支持状態や荷重状態、プレストレス導入の有無などの条件が異なる。施工各段階での発生応力が制限値を超えないようにする。 	<p>FEM 解析および試験体による吊上げ時の安全性を検証している。</p> 
		コンクリート打設の確実性（施工性能）	<ul style="list-style-type: none"> ・斜ウェブ、下床版が薄肉部材であることに対して、コンクリートの充填性を確保する。 	<p>高流動コンクリートの採用および充てん性試験による検証を行っている。</p>
維持管理の容易さ	維持管理性	床版部の維持管理性能（供用中の日常点検、補修作業などが容易に行えること）	<ul style="list-style-type: none"> ・場所打ち RC 床版下面が PC 板で覆われているため損傷状況の直接の確認は困難。 	<p>輪荷重走行試験での損傷メカニズムおよび損傷状況を比較することで供用中のひび割れ状況を推定し、安全性を検証している。</p>
環境との調和	持続可能性	周辺環境との調和	<ul style="list-style-type: none"> ・施工現場周辺の環境条件を考慮した架設方法を計画する。 	<p>従来工法（場所打ち施工）との比較より周辺環境への負荷低減を検証している。</p>
経済性	経済性	経済性評価	<ul style="list-style-type: none"> ・施工環境を考慮して、経済的な架設方法を計画する。 	<p>従来工法（場所打ち施工）との比較より施工工程を考慮した経済性評価を検証している。</p>

表-6.4.5(1) 新技術の導入事例

橋梁名	ホロナイ川橋、千鳥の沢川橋、穴内川橋、他		
発注機関	NEXCO(日本道路公団)、他		
共用(架設)時期	1990年代		
採用技術	少数I桁橋		
背景	<p>公共工事のコスト削減が実現できるLCCに優れた橋梁が求められる中、種々の鋼橋形式が提案されてきた。従来から鉄桁構造は経済的な橋梁形式として、支間30~60m規模の橋梁の中心であった。しかしながら基本となるRC床版の標準支間は3m前後であるため、標準的な幅員11~12m程度に対して4主桁構造で実施されてきた。これに対して、長支間床版(PC床版や合成床版など)の採用と鋼板の使用可能厚の拡大により、少数I桁橋の構造が実現した。</p>		
概要図			
橋梁規模	支間長 30m~80m 程度までの道路橋		
検証項目	要求性能	構造物の安全性	関連規定 橋全体の立体的機能を確保できる構造
	検証目的	横桁構造の簡素化 ・横桁間隔6m以上は、道示の見なし規定を満足していないため、道示規定を満足する事を検証する。	
	検証方法	実験による検証 ・ <u>解析による検証</u> ・ 道路橋示方書の準用	
	検証方針	解析により、主桁間の相互たわみや床版への影響、剛性確保、面外力の伝達、ずれ止め配置、床版の変形などを検証	
	検証にあたり参考にした文献	合成2主桁橋の立体的挙動特性に関する研究(構造工学論文集1995.3)、合成2主桁橋の横桁配置に関する研究(橋梁と基礎1997.3)、合理化橋梁設計の留意点と検証事例(日本橋梁建設協会2009.4)、他	
	注意点	架設時、床版が無い状況での断面形状保持対策としての仮横構設置、床版更新時のその施工方法の確認など、完成形ではない状態での検証が必要である。	
効果	少数I桁橋の採用により、従来鉄桁より製作部材数の減と構造の簡略化が可能となり、製作性の向上が計られた。また、部材数の減少により、塗装面積、点検対象物が減り維持管理性の向上が計られた。		

表-6.4.5(2) 検証項目（少数鉸桁橋の例）

性能種別	性能項目	検証項目		検証手法
使用目的と適合性				
構造物の安全性	橋全体の立体的機能を確保できる構造	横桁構造の簡素化	道示の定める見なし規定を超えて横桁間隔を大きくしたり省略する場合には、問題が無いことを検証する必要がある。	①主桁間の相対たわみや床版への影響②剛性の確保③面外力の伝達④ずれ止め配置⑤床版の変形
		横構の省略	構造物全体として、横構や対傾構の機能を補完する事で鋼桁橋が必要とする立体的機能を確保できているか、性能確保を検証する。	①橋の断面形状の保持②橋の剛性確保③横荷重の支承への円滑な伝達の確保
		平面線形への対応	<ul style="list-style-type: none"> 床版と鋼桁の合成断面は上下非対称な I 形断面であり、そりねじり剛度が大きくなることからそりねじり応力度が増加することになる。 斜角の影響は橋軸直角方向のたわみ差として現れ、2 主鉸桁橋では横構造の簡素化により荷重分配の影響は床版に対し大きく現れる。 	<ul style="list-style-type: none"> フランジ応力度に、曲りによって生ずる付加応力度を加算し照査する。 斜角の影響を床版の設計に反映する。
	施工性	架設時安定性	架設時において、床版打設前は床版合成が期待できない。	架設条件、荷重を忠実に評価した解析を行い、必要に応じて仮横構を部分的に設置するなど安全率を確保する。
	耐荷性能	全体座屈の照査法	横構が省略された構造ではねじり合成の低下と横桁構造の簡素化とが相まって全体座屈が先行する危険性が大きいと、特に架設時あるいは床版打設前の桁構造に対しては全体座屈に対する照査が必要がある。	構造全体の弾塑性有限変形解析により降伏荷重を算出し、架設荷重などの設計荷重に対する安全率を算出し照査する。別の手法として、「有効座屈長法」による横ねじれ座屈照査も可能。
		耐風安定性	近年の少数鉸桁橋は適用支間が 70m～90m 程度まで拡大され、主桁高も高くなる傾向にあり、桁断面の辺長比 (B/D) が小さい断面形状となるため、耐風安定性の問題が生じやすい。	固有振動数固有振動モードを精度よく算出し、耐風応答特性を把握する。
スタッドの設計		少数鉸桁橋では床版を 1 次部材と考え、水平荷重に対して床版と主桁からなる π 形断面で抵抗させるため、床版と主桁スタッドジベルで連結する必要がある。	スタッド配置は、床版、垂直補剛材および横桁から構成される U 型フレーム構造に橋軸直角方向荷重を載荷した解析結果を用いて設計する。支点付近では橋軸方向と直角方向の合成水平力に対して配置する必要がある。	
耐久性				
施工品質の確保		床版更新時の設計・施工		
維持管理の容易さ	修復性	床版更新時の設計・施工	2 主鉸桁橋は床版を 2 主桁で支持しているため、床版劣化あるいは不慮の損傷によって床版取替が必要となった場合、供用しながらの対処には困難が予想される。	床版を半程度撤去した場合、横桁からの仮支持が必要となり、その反力を横桁設計に考慮したり、床版そのものの安定性確保ができる設計が必要となる。
環境との調和				
経済性				

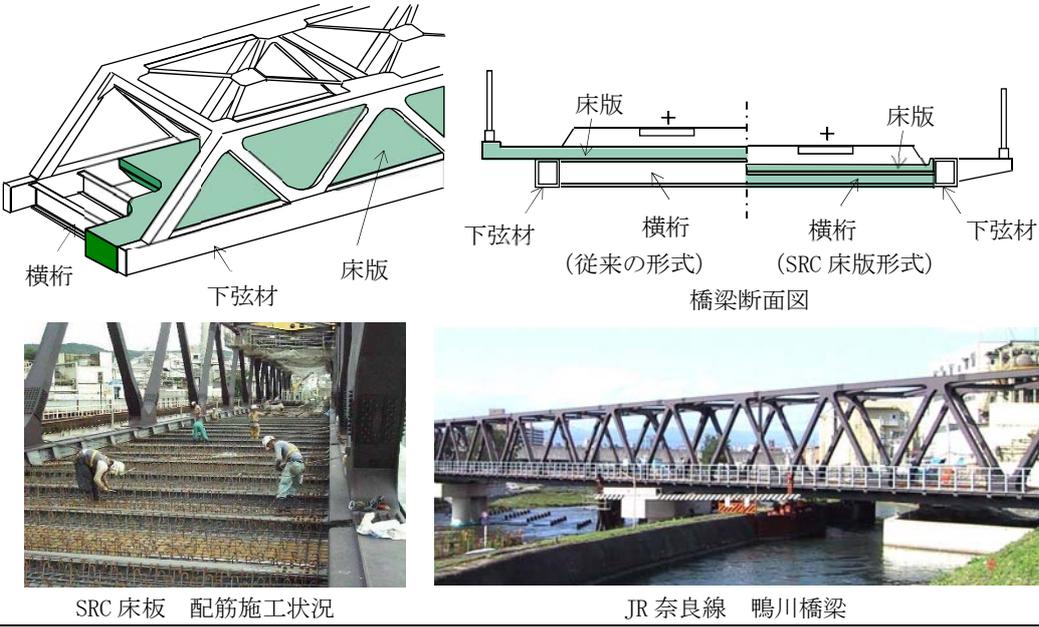
表-6.4.6(1) 新技術の導入事例

橋梁名	JH引佐ジャンクション橋、猿渡川、北清水高架橋、他		
発注機関	NEXCO(日本道路公団)、福岡北九州高速道路公社、他		
共用(架設)時期	1990年代後半		
採用技術	細幅箱桁橋		
背景	公共工事のコスト削減が実現できるLCCに優れた橋梁が求められ、箱桁における合理化構造が検討された。従来箱桁では縦リブや縦桁などの材片数が多く、これらを簡略化した構造検討が行われた中で、箱桁の幅を狭くすることで材変数の減、経済性の向上が実現可能であることが分かり、本構造が提案された。		
概要図			
橋梁規模	支間長 60m~100m 程度までの道路橋		
検証項目	要求性能	構造物の安全性	関連規定 橋全体の立体的機能を確保できる構造
	検証目的	道示の定める見なし規定を超えて横桁間隔を大きくする場合や省略する場合には、問題が無いことを検証する必要がある。細幅箱桁は高耐久性で剛性の高い床版を使用する事で、床版の立体的機能を確保するための部材の一部として設計するため、中間横桁の簡略化、省略の影響について検証する。	
	検証方法	実験による検証 ・ <u>解析による検証</u> ・ 道路橋示方書の準用	
	検証方針	FEM 全体解析による検証 中間横桁本数の異なるモデルで、各種荷重に対する挙動、応力性状を比較検討する。	
	検証にあたり参考にした文献	中間横桁を省略した狭小箱桁橋の 3次元変形挙動の解析的検討(土木学会論文集 No. 654/I-52 2007. 7)、細幅箱桁のコンセプトと設計例(日本橋梁建設協会 2004. 12)、合理化橋梁設計の留意点と検証事例(日本橋梁建設協会 2009. 4)、他	
	注意点	従来箱桁に比べ箱幅が狭いため、面外方向の断面性能が劣ると考えられるので、面外力(風、地震)に対する検証が必要。	
効果	従来箱桁橋より、製作部材数と材片数の減、構造の簡略化が可能となり、製作性の向上が計られた。また、部材数の減少により、塗装面積、点検対象物が減り維持管理性の向上が計られた。		

表-6.4.6(2) 検証項目（細幅箱桁橋の例）

性能種別	性能項目	検証項目		検証手法
使用目的と適合性				
構造物の安全性	橋全体の立体的機能を確保できる構造	横桁構造の簡素化	道示の定める見なし規定を超えて横桁間隔を大きくしたり省略する場合には、問題が無いことを検証する必要がある。	①荷重分配作用②横倒れ座屈防止③架設時の形状保持、位置決め④塗装、補修などメンテナンス時の支材
		床版の設計断面力	細幅箱桁は、箱桁間隔が 6m 程度で箱桁腹板間隔が 1.2m 程度であり、フランジ全面に床版を打ち下ろす事を前提にしている。桁はねじり剛性を有しており、床版支間比でフランジ全面に打ち下ろされている場合の箱桁間の床版支間の設計曲げモーメントは、単純版としての挙動が推測されるが、その算出法は明確にされていない。	一般的には、道路橋示方書の連続版としての断面力を採用している。これは、細幅箱桁の床版曲げモーメント分布についてFEM解析および一定せん断流パネルによる解析を実施しその妥当性が検証されている。
	耐荷性能	耐風安定性	少数 I 桁橋の耐風安定性については、いまだ系統的な検討が行われていないため、その基本的な耐風応答特性の把握が不十分である。	風洞実験を通して、代表的支間として 80m および 110m での耐風安定性の検証は行われ問題が無いことが確認されているが、強風地域における 110m 級の橋梁ではさらなる検討が必要である。また実験は単純桁による実験のため、防音壁の有無、並列橋状態などの条件の変化が及ぼす影響を含め検証が必要。
構造物の安全性	耐荷性能	面外力による主桁、床版の検討	従来箱桁に比べ箱幅が狭いため、面外方向の断面性能が劣ると考えられる。	面外力(風、地震)に対して主構造(主桁)、床版応力の検証を行った結果、応力度は僅かであり箱幅の影響は無い。
		使用性	曲線桁への適用限界	細幅であるために面外剛性、ねじり剛性が従来の箱桁に比べ低いことから、横ねじれ座屈の検証および曲率による 2 次応力について検証が必要と考えられる。
耐久性				
施工品質の確保				
維持管理の容易さ				
環境との調和				
経済性				

表-6.4.7 新技術の導入事例（鉄道橋）

橋梁名	JR 奈良線鴨川橋梁、JR 阪和線紀ノ川橋梁、他		
発注機関	西日本旅客鉄道株式会社		
共用(架設)時期	2001年(鴨川橋梁)、2008年(紀ノ川橋梁)		
採用技術	SRC 床版、鋼繊維補強コンクリート		
背景	<p>JR 奈良線鴨川橋梁の複線化工事では、旧橋りょうの橋脚位置や周辺道路、河川改修計画などからトラス橋を選定したが、①鉄道線路の縦断線形と桁下空頭の関係から、レールレベルから桁下面までの高さを抑えること、②周辺の住環境条件より、低騒音であること、③ミニмумメンテナンス(将来の塗装塗替えなどの保守費抑制)が求められた。②の騒音抑制のためには、閉床式構造とし、鋼床版、あるいはコンクリート床版構造が考えられる。次に、③ミニмумメンテナンスの観点から、塗装面積減を考えるとコンクリート床版が有利となる。しかしながら、①の高さ抑制について、従来構造の床組の上に鉄筋コンクリート床版を連結する構造では、所定の高さに収まらなかった。そこで SRC 床版構造の採用を考えた。SRC 床版付きトラス橋の実現にあたっては、SRC 床版には下弦材を介して大きな引張力が作用するため、ひび割れ防止対策が課題となり、鋼繊維補強コンクリートを用いるとともに、実験と解析による検証を行った。</p>		
概要図	 <p>概要図</p> <p>SRC 床版 配筋施工状況</p> <p>JR 奈良線 鴨川橋梁</p>		
橋梁規模	一般的な下路トラス橋と同様		
検証項目	要求性能	構造物の安全性・使用性	関連規定 鉄道構造物等設計標準・同解説
	検証目的	ひび割れ抑制のため、SRC 床版に鋼繊維補強コンクリートを適用。引張力を受ける床版のひび割れ性状の把握。解析方法の妥当性の確認。	
	検証方法	実験による検証・解析による検証・道路橋示方書の準用	
	検証方針	実物大 SRC 床版の引張載荷実験 非線形 FEM 解析	
	検証にあたり参考にした文献	鋼繊維補強コンクリートの曲げ破壊性状と引張軟化曲線(土木学会論文集 No. 460/V-18 1993.2)、負曲げを受ける合計桁のひび割れ挙動に関する研究(土木学会論文集 No. 668/I-54 2001)、他	
	注意点	鋼繊維補強コンクリートを SRC 床版に用いているが、SRC 床版の鉄筋組立における施工性や、鋼繊維補強コンクリートの充填性の確認が重要。	
効果	従来形式に比べて床高を 65cm 程度低くでき、従来形式では橋梁前後のアプローチ部の線路勾配変更工事が 500m 程度必要であったが、不要となった。床版の鋼重は複線トラスで 4.0t/m となり、従来形式に比べて 3 割削減できた。これらにより大幅なコストダウンを実現した。		

引用・参考文献

- 1) (公社) プレストレストコンクリート工学会：PC斜張橋・エクストラード橋設計・施工・保全規
準、技報堂出版、2022
- 2) 国土交通省 国土技術政策総合研究所、(社) プレストレスト・コンクリート建設業協会、(社) 日本橋
梁建設協会：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）－、国土技術政策
総合研究所資料 共同研究報告書 No. 609、pp. 9-14、2010
- 3) (公社) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 I 共通編、p. 39、2017
- 4) 国土交通省 国土技術政策総合研究所：国土技術政策総合研究所資料 道路橋の設計における諸課題に
関わる調査(2018-2019)、pp. 78-89、2019

第7章 橋の形式選定

7.1 橋の形式選定の流れ

図-3.2.2 で示した全体フローより、特に橋の形式選定に関わる部分の詳細を図-7.1.1 に示す。

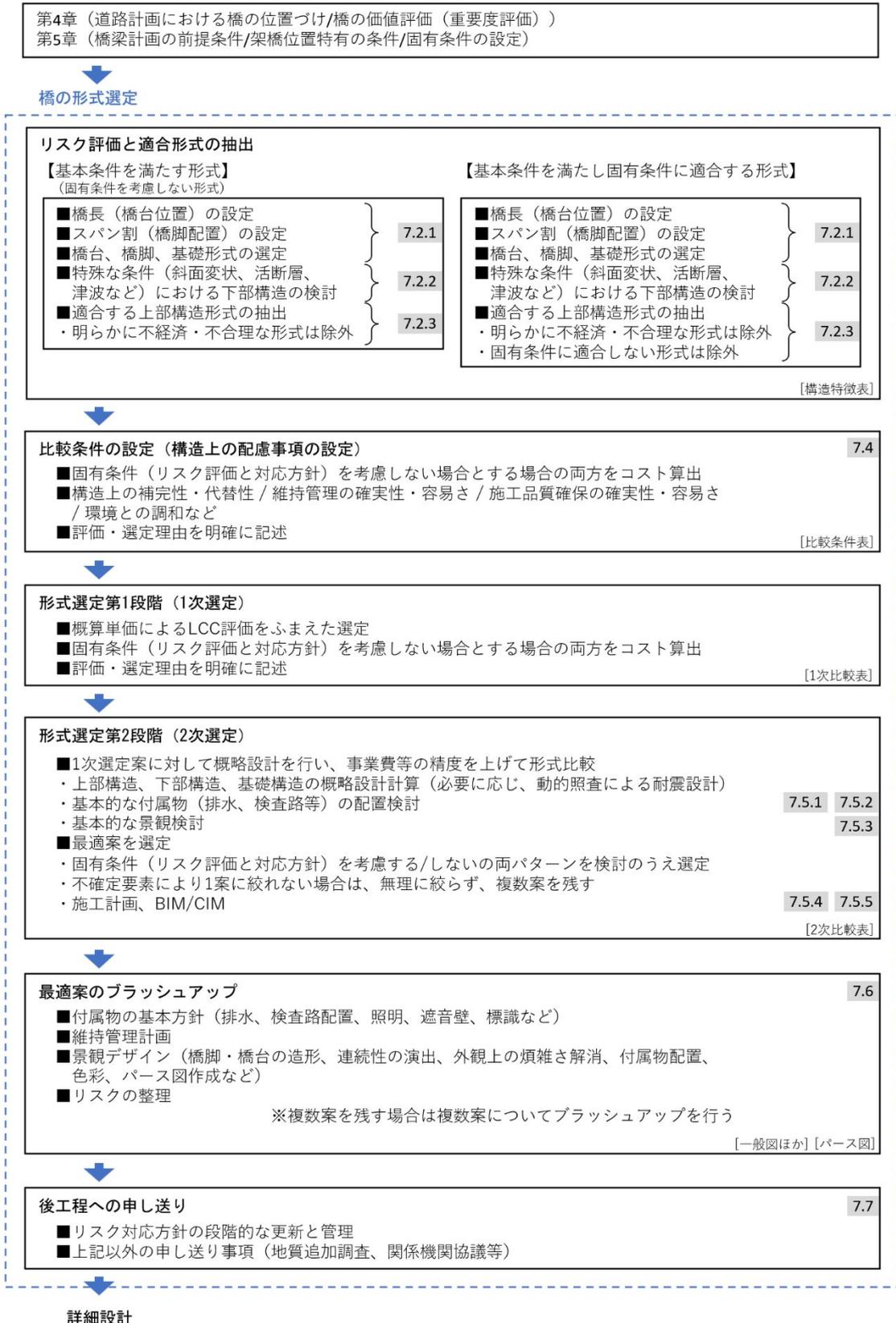


図-7.1.1 橋の形式検討の流れ

橋の形式選定手法は、4.1（道路計画における橋の位置づけ）、5.1（橋梁計画の前提条件）、5.2（架橋位置特有条件の調査と設定）、5.3（橋の計画と形式選定におけるリスク評価）などにしたがって整理した内容を踏まえ、想定されるリスクを回避・低減できる形式を抽出することが基本となる。

橋の形式選定は、上部構造、下部構造、基礎構造と区分して考えるのではなく、橋全体として最適な構造となるように、形式を検討し選定しなければならない。上部構造および下部構造における個別の留意事項を7.2および7.3に整理する。

7.2 下部構造の形式選定における留意事項

7.2.1 一般

下部構造の形式選定にあたっては、施工段階における計画の手戻り防止のため、実現可能と判断される施工条件（施工ヤード、工事中進入路、資機材搬入路等）を設定し、それに適合した形式を検討することが重要である。

(1) 橋台

橋台の形式は、立地条件、構造高さ、施工性などを踏まえて決定する。

なお、箱式橋台は、高さが15m程度以上で経済的となる場合があるが、箱内に足場を設ける必要があるため施工が煩雑になることに注意が必要である。加えて、箱内の排水処理や維持管理方法などについても計画段階で検討しておく必要がある。また、補強土や軽量盛土などを用いて橋台背面のアプローチ部を擁壁形式とする場合は、橋台背面に変状が生じた際の修復が容易でないため、その修復方法、基礎地盤の強度特性、用地条件などを踏まえて採用を検討する必要がある。

(2) 橋脚

橋脚の形式は、上部構造の形式や規模のほか、地盤条件、水深、施工条件などを総合的に勘案して決定する。

なお、高橋脚とする場合、柱の主鉄筋の代わりに鉄骨や鋼管を用いた複合構造の方が耐震性の向上や省力化、急速施工の面で鉄筋コンクリート橋脚に比べて有利になることも考えられるため、必要に応じて形式案に追加するとよい。また、柱自重の軽減を図るため、中空断面も含めて検討するとよい。

ロッキング橋脚は、支承部の破壊により水平方向の拘束が失われた場合、下部構造が自立性を失って上部構造を支持できないことから採用しない。

(3) 基礎

基礎の形式は、地盤条件、支持形式、施工条件などを考慮して決定する。その際、得られた地質調査結果に基づいて、最も経済的、合理的な杭種・杭径および杭長を比較選定する。

なお、不足する地質調査データについては、できる限り橋梁予備設計の段階で追加調査することが望ましいが、それが難しい場合、どのような情報が得られていないかを明確に把握したうえで、後に得られた情報が想定と異なった場合の複数のシナリオを検討しておくとともに、詳細設計へ確実に申し送る。

また、既設構造物に近接して基礎を計画する場合は、現地踏査や竣工図面等で事前に十分な調査を行うとともに、既設構造物に変位や変状を与えないような形式の選定や近接施工の方法を検討する必要がある。

7.2.2 特殊な条件における下部構造・基礎構造

(1) 斜面変状

斜面変状の発生の有無や規模、範囲を推定するための地形・地質・地盤調査を行ったうえで、斜面変状が懸念される箇所への下部構造の設置を回避することが基本となる。やむを得ず斜面変状が懸念される箇所に下部構造を設置せざるを得ない場合は、補完性の観点から、複数列の組杭構造の基礎形式とする。このとき、基礎構造は長期に安定している支持層に確実に根入れし、斜面変状によるすべり力を考慮して設計する必要がある。

(2) 活断層

文献や既往調査などに基づいて活断層の位置を調査したうえで、活断層を回避するように橋を計画することが基本となる。活断層付近に橋を計画せざるを得ない場合は、断層変位に対して致命的な被害が生じにくい形式を選定するとともに、下部構造の設置位置にも注意する。断層変位のように正確な想定が難しい事象に対しては、落橋への至りにくさ、被災後の応急的な機能回復に要する時間、迂回路の確保、本復旧の方法など、ソフトとハードの両面から対策を考えておく必要がある(4.3.2 災害および復旧事例 (1)～(3) 参照)。

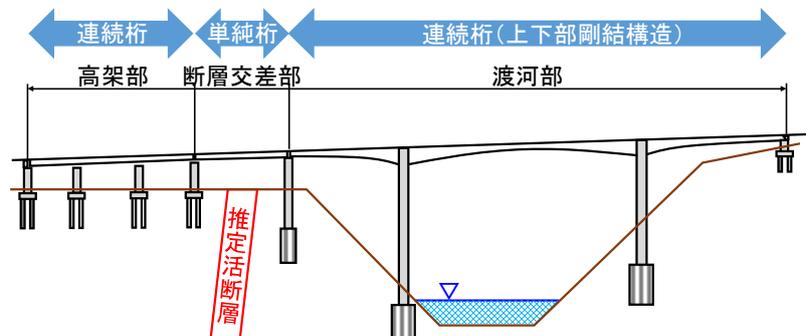


図-7.2.1 推定活断層に対する配慮例

(3) 津波

現在のところ、津波による橋への影響について正確に評価することは困難である。そのため、地域の防災計画、津波浸水シミュレーションなどで浸水範囲や津波高さなどを調査・検討したうえで、浸水が予想される地域では、橋台背面土の流出による道路寸断を回避するため、浸水範囲、高さなどを考慮して橋台位置を決定する必要がある。

(4) 軟弱地盤

橋台基礎が側方移動するおそれがある場合は、盛土下の粘性土層に基礎に影響を与えるような変位を生じさせないように、橋台背面アプローチ部の軽量材料や盛土載荷重工法、ドレーン工法、団結工法などの採用を検討する必要がある。また、場所打ち杭(オールケーシング工法)において、N値が1以下の軟弱な粘性土や有機シルトがある軟弱地盤では、十分な施工管理を実施したにも関わらず杭頭付近で杭の細りが生じた事例もあるため、オールケーシング工法以外の基礎工法についても検討する。

(5) 河川内橋脚

河道内に橋脚を設ける場合は、河川管理施設等構造令や河川管理者協議などに基づいて、基準径間長以上に配置するとともに、円柱、小判型などの形状、方向、基礎の根入れなどに留意する必要がある。なお、ダ

ム湖、水深の深い河川、海上に架かる橋などの場合に、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や修復が著しく困難となる。このような場合には、塑性化の程度を修復が不要となる範囲に制限するなど、橋梁予備設計段階においても、制約条件を踏まえた部材の限界状態を適切に設定しておく必要がある。対策の例として、図-7.2.2に示すように、免震支承の設置により、水中の柱基部への負担を軽減する方法なども考えられる。

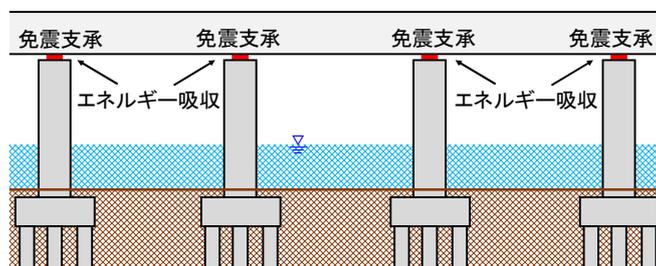


図-7.2.2 免震支承によるエネルギー吸収

(6) 都市内橋脚

都市内に橋脚を設ける場合は、用地や交通など桁下の制約も多く、景観性、施工性にも配慮が必要である。このような場合には、柱断面の縮小が可能で、施工期間や交通規制を短縮できる鋼製橋脚や、長支間の張り出しに対応できるPC梁などの採用を含めて検討する。さらに、地下埋設物、支障物件などにも留意し、それらの管理者との協議結果に基づいて、橋脚配置や基礎寸法を計画し、近接施工計画を立案する必要がある。

7.3 上部構造の形式選定における留意事項

7.3.1 上部構造の形式選定の基本方針

(1) 基本方針

材料による主な分類として、鋼橋、コンクリート橋、および複合橋がある。鋼橋には、桁橋（I断面、箱断面など）、トラス橋、ラーメン橋、アーチ橋、斜張橋、吊り橋などがある。コンクリート橋には、桁橋（T断面、箱断面など）、ラーメン橋、アーチ橋、斜張橋、エクストラドーズド橋などがある。複合橋には波形鋼板ウェブ橋などがある。

これまでの上部構造形式の選定方法は、適用支間表（上部構造の形式ごとに標準的に適用可能と考えられる支間長を示した一覧表）から計画可能な径間割りに適合する形式を抽出し、それらの中から形式選定することが一般的であった。しかし、適用支間表に過度に依存し、適用支間表に記載のない形式をその理由だけで除外したり、「適用支間」を絶対的なものとして捉えたりするのではなく、あくまでも個々の橋に対して整理した基本条件や固有条件に対する課題を満足できる形式をあらゆる可能性のなかから抽出することが重要である。適用支間表の利用にあたっては、この点に留意しておく必要がある。（適用支間の事例については、参考資料Ⅴを参照。）

(2) 形式選定第1段階（1次選定）

基本条件を満たし、固有条件に適合する形式が多数存在する場合、概略検討による形式案のふるい分けとして、さらに2段階の形式選定プロセス（形式選定第1段階（1次選定）、形式選定第2段階（2次選定））を経ることになる。

形式選定第1段階（1次選定）では、比較案として抽出する形式は固有条件を満足する複数案とし、鋼橋、

コンクリート橋、複合橋などのなかから適切なものを抽出する。

特殊な条件でない限り、連続桁構造を基本とし、単純桁構造や交差条件を有する箇所での掛け違い構造は避けることが望ましい。耐震性や維持管理などの観点からは、支承数の少ないラーメン構造の可能性も検討することが望ましい。

経済性の比較では、既往の実績工事費などのグラフや単位面積当たりの材料重量などから算出された単価が用いられることが多い。なお、形式選定第1段階（1次選定）のコスト算出精度は一般に高くはないことから、この段階では、鋼橋とコンクリート橋のいずれも1つ以上を抽出しておくことよい。

なお、形式選定においては架設・施工条件を満足する必要があるため、桁・材料などの運搬可否、進入路、施工ヤードの確保などの施工条件が形式決定に影響を与えるため、基本条件・固有条件で十分に検討し、形式選定に反映する必要がある。

(3) 形式選定第2段階（2次選定）

形式選定第1段階（1次選定）で選定された複数案を概略設計により比較し、最も優位な案を選定する。概略設計では、上部構造の構造高や反力などにより、下部構造の構造規模を設定し、概算数量を算出したうえで施工等も勘案して事業費に反映することが多い。

7.3.2 各種制約に対する上部構造の計画上の留意事項

5.3 で述べた各種リスクは、上部構造形式の選定においても留意する必要がある。以下に主たる事項を整理しておく。

(1) 斜面崩壊

斜面崩壊の生じる可能性を適切に把握するための地表面踏査や地質調査などと合わせて、周辺斜面の過去の災害履歴や地層構成などから崩壊の可能性を検討し、その結果を踏まえて、長期的に安定する位置および地層へ下部構造を設置することが基本となる。

上部構造計画とあわせて検討される下部構造計画では、下部構造の設置位置を斜面部とすることにより発生する永久切土や桁下カットなどに起因する課題が多い。そのため、道路線形の計画段階より、斜面崩壊が生じる可能性が高い箇所を避ける計画を行うことが望ましい。また、桁下空間が狭小な場合の斜面崩壊による上部構造の流出対応として、適切な桁下空間の確保、地質の十分な把握、斜面安定対策などをあわせて検討するとよい。

(2) 津波

津波に関する地域の防災計画、想定津波高などのハザードマップなどを参考にしながら、津波の高さに対して適切な桁下空間を確保することが重要である。

桁下空間の確保は、道路縦断を高くする、桁高を抑制するなどの対応による場合が多いが、切土・盛土の土量バランスや高盛土の構造安定性の課題、下部構造規模の肥大化、下部構造基数の増加、桁高抑制による上部構造コストの増加などの課題があるため、総合的に判断する必要がある。

(3) 経年劣化損傷

各部材の経年劣化損傷について、道路ネットワークにおける路線の位置づけや代替性、性能低下や修繕工事が橋の供用に及ぼす影響、異常の発見およびその修繕の容易さなどを考慮する必要がある。

現象としては、鋼やコンクリート部材の疲労、鋼材の腐食、ゴム支承の疲労や劣化などが挙げられるが、橋の供用期間中に適切な管理を行うことを前提に、架橋位置の地形・地理的要因（海岸線からの距離、積雪寒冷地）や疲労環境（大型車交通量）などを踏まえた配慮が必要である。

また、経年劣化損傷の程度は、5.1.2 で整理した部材の設計耐久期間に応じた取り替えや更新などに必要となる費用をLCCに考慮する。

(4) 積雪寒冷地における堆雪影響

積雪寒冷地では、路面より上にある橋の部材（上弦材、アーチリブなど）に堆雪した雪や凍結した氷の落下による事故の発生が懸念される。日常の維持管理作業では、路面より上にある橋の部材上に堆雪した雪の除雪作業は困難であるため、落雪に配慮した計画が必要となる。

具体的には、路面より上にある部材への堆雪を抑制する、路面より上に部材が配置されるような計画を行わないなどが考えられる。また、鋼床版は冬期に路面凍結しやすいため、走行安全性にも配慮のうえ、適用性を検討することが望ましい。

(5) 平面線形に対する留意点

山岳部やインターチェンジなど平面線形の中心角が大きい箇所への橋の計画では、構造的な対応の可否も踏まえた形式選定が必要となる。主な留意点を以下に示す。

- ・平面曲線を有する道路への鋼鈹桁と鋼箱桁の計画には、中心角や幅員に応じた適切な桁数の設定などに留意が必要である。
- ・下路アーチや下路トラスなど主構が幅員の外側にくる形式を選定する場合は、下部工の規模が大きくなることや必要な用地幅が増加することなどに留意が必要である。
- ・プレキャストセグメント桁を適用する場合は、平面曲線に対するデッドスペースの設置、中間支点上の平面折れ角や外桁配置、水切り幅などに留意が必要である。
- ・送り出しや押し出し架設を適用する場合は、背面ヤードが十分に確保できることに留意が必要である。

(6) その他

その他の留意点を以下に示す。

- ・断層や斜面崩壊による影響が懸念される場合は、剛構造が有利となる場合がある。また、道路線形上避けることができない断層がある場合は、あえて掛け違い構造として弱点を設けることで被害を最小限に留めることなども考えられる。
- ・ダム湖や河川内に設ける橋脚は、基部が水中にあることや、河床への根入れにより、地震による被災状況の確認が困難な場合がある。あらかじめ橋脚の破壊形態や破壊部位を想定するとともに、被災後の安全性を確認する手法を検討しておく必要がある。また、常に湛水しているダム湖内の橋脚など、万が一の損傷時に修復が困難な場合は、水中に橋脚を有しない上部構造形式を選定するとよい。
- ・橋の端支点部は、伸縮装置からの漏水により腐食や損傷が生じやすいため、支承や伸縮装置を省略したノージョイント工法（インテグラルアバット、ポータルラーメンなど）についても検討するとよい。

7.3.3 上部構造の形式に影響を与える各種の構造計画

上部構造の形式に影響を与えるものとして、床版、支承、防錆、維持管理などがある。主な留意点を以下に示す。

(1) 床版形式

床版形式は上部構造形式と関連するため、橋梁予備設計の段階において十分な検討が必要である。

鋼橋の床版形式には、RC床版、現場打ちPC床版、プレキャストPC床版、合成床版、グレーチング床版、鋼床版などがあり、橋の形式と密接に関連し工事費にも影響するため、橋梁予備設計の段階で適切な床版形式を検討する必要がある。なお、鋼少数鈹桁などに代表される合理化構造形式は、床版支間を長支間化できる現場打ちPC床版、プレキャストPC床版、合成床版を基本としている。また、PC箱桁橋に適用されるPC床版など床版支間方向にプレストレスを導入する構造は、床版の部分打ち替えに対する代替路線の確保の可否などを含めた適用性の検討が必要である。

(2) 上下部構造接続部の計画

橋の上部構造と下部構造を接続する構造として、支承の計画が必要となる。一般的には、ゴム支承や鋼製支承に代表される支承構造、また、ラーメン構造やジョイントレスなどの剛結構造があり、橋の計画に適切に反映する必要がある。

1) 支承構造

支承の種類には、ゴム支承、鋼製支承、コンクリートヒンジなどがある。地震力に対して複数の下部構造で地震力に抵抗する構造が望ましい。また、長周期化などによる減衰効果を期待する免震支承や上部構造からの慣性力を分散させる水平力分散支承などの構造も検討するとよい。

2) 剛結構造

ラーメン構造は、山岳部で高橋脚となる場合などに多く適用される耐震性に優れた構造である。不静定構造のため、上部構造の支間長が長くなると、上部構造の温度変化やクリープ、乾燥収縮などの影響が大きくなり、とくに橋脚高が低い場合はその影響が顕著に現れる。そのため、橋脚高と固定支間長比に留意し適用性を検討する必要がある。また、近年では、単径間の橋において、支承や伸縮装置を省略することで維持管理の軽減や桁端部の損傷を抑える構造として、ポータルラーメン橋やインテグラルアバット橋などがある。

(3) 鋼橋の防錆計画

鋼橋の防錆方法には、塗装、耐候性鋼材、めっき、金属溶射などがあり、イニシャルコストやLCCに与える影響が大きいため、橋梁予備設計段階で防錆方法を検討しておく必要がある。

また、交通量が多い道路、鉄道、河川上などは塗り替え時の足場工の設置難易度、塗り替え施工時の建築限界の確保状況なども踏まえて、適切な防錆方法を選定する必要がある。主なものを以下に示す。

- ・ 塗装：多く用いられてきた方法であるが、経年に伴い防食機能の低下が生じるため、定期的な点検や再塗装などが必要となる。ただし、色彩の自由度があり周辺景観との調和を図りやすいなどの利点もある。
- ・ 耐候性鋼材：飛来塩分や架橋位置の環境（湿潤環境では保護性錆が構築されにくい、凍結防止剤の散布状況など）を考慮して適用性を検討するのがよい。
- ・ めっき・金属溶射：再塗装が難しい箇所や、跨線橋など維持工事に時間的制約を受ける場所などにおいて適用される場合が多い。

(4) 維持管理を踏まえた構造計画

1) 点検計画および検査路設置の目的

道路橋示方書では、橋の設計における基本理念の一つに、維持管理の確実性および容易さが挙げられている。橋の点検は、通常点検、定期点検、中間点検、特定点検、異常時点検、詳細調査および追跡調査で構成されるが、近接目視には足場が必要なため、橋の計画段階から近接手段を含む維持管理手法を検討し、必要に応じて検査路等の計画を行う。跨線橋などで、橋の点検や補修工事のための足場が容易に設置出来ない場合には、常設足場の設置を検討するとよい。なお、点検計画や検査路計画は、橋の形式によって決定されることもあるため、橋の形式と合わせて検討することが重要である。また、桁内や桁下などにも近接目視が容易な空間を確保することが望ましい。

2) 検査路および作業空間の計画

・ 上部構造検査路

上部構造検査路は、上部構造部材、床版、付属物などの目視点検に用いられるほか、下部構造検査路へのアクセス路としても利用される。橋梁形式によって上部構造に歩廊形式の検査路を設置可能な場合や、PC箱桁のように箱桁内部を検査路とする形式もあることから、上部構造の形式に応じた点検計画と検査路配置計画を行うとよい。

・ 下部構造検査路

下部構造検査路は、橋座、橋脚梁、支承、伸縮装置、支点上横桁などの点検に用いられるほか、上下線分離構造の横断通路としての機能や、河川やダム湖に架かる橋においては、中間支点部への橋面からのアクセス路としての機能も有する。橋の形式選定では、下部構造の形式や架橋位置の条件などを考慮のうえ、必要に応じて下部構造検査路の計画を行うとよい。

・ 桁端部の進入路

橋の形式や下部構造の配置、架橋位置の条件などによって、桁端部へ進入可能な条件が異なる。橋梁予備設計の段階で、これらの条件に応じた進入路計画を行い、形式選定の評価に反映させるとよい。

3) 補修、補強など供用後の維持管理計画

発災時に橋の健全性を速やかに確認できるための配慮事項として、橋脚や支承の損傷、桁端部の衝突などによる損傷の確認方法、また、その評価手法を整理しておくことが望ましい。

また、損傷部材の取り替えや更新が容易な構造計画として、床版の打ち替え方法、支承のジャッキアップ対応、箱桁内の予備孔配置などを検討することが望ましい。

7.4 橋の形式選定における比較評価手法

7.4.1 評価項目の基本方針

橋の形式選定における比較評価手法は、各道路管理者（橋の管理者）により多少考え方が異なる場合があるが、ここでは一般的な比較評価方法や項目について整理しておく。

なお、いずれの方法においても、各形式を正しく比較することが大切であり、評価をダブルカウントするようなことのないよう注意が必要である。

<ダブルカウントの例>

軟弱地盤や上部構造が重いなどの理由で下部構造が大きくなる。

→下部構造の工費に反映されるべき事項（他の項目でダブルカウントしない）

河川内で仮橋や土留め工が必要で施工性に劣る。

→施工費に反映されるべき事項（他の項目でダブルカウントしない）

7.4.2 各評価項目に対して総合的な評価とする場合

総合的な評価で橋の形式選定を行う場合、道路橋示方書に示される「設計の基本理念」にしたがった項目で評価を行うとよい。一般的な評価項目・内容を、表-7.4.1に示す。評価にあたっては、対象とする橋の固有条件や地域特性などから必要な性能を整理し、評価項目にしたがって、◎・○・△による評価や、重み付け配点による点数評価などが考えられる。

表-7.4.1 総合評価における評価項目・内容の一例

評価項目	主たる評価内容
①構造上の補完性、代替性 (構造性)	構造物の安定性、耐震性、耐久性、走行性などの確保、および交差条件に対する安全性の確保、また補完性や代替性を評価する。
②維持管理の確実性、容易さ (維持管理)	維持管理の確実性や容易さとして外的要因に対する対応と維持管理手法、不測の事態の補修補強方法の容易さ、維持管理のし易さなどを評価する。
③施工品質確保の確実性、容易さ (施工性)	施工品質を確保するための施工の確実性や容易さ、工場製作品を含めた生産性の向上、工程などを評価する。
④周辺環境との調和 (環境性)	振動や騒音、貴重種の有無や生態系への影響、地域の景観への影響などを評価する。
⑤経済性	設計供用期間のLCCを評価する。

各評価項目の細目の例を以下に示す。細目については固有条件などを考慮し、適切に設定する必要がある。

1) 構造上の補完性、代替性（構造性）

- ・ 構造物の安定性、信頼性（実績の有無や新技術などの検証有無）
- ・ 構造物の耐震性、機能低下後の復旧性
- ・ 構造物の耐久性
- ・ 走行の安全性（掛け違い、路面凍結、落雪への配慮など）

2) 維持管理の確実性、容易さ（維持管理）

- ・ 補修の難易度（想定される損傷の補修方法が一般的か、代替路の必要性など）
- ・ 環境条件（海岸線近傍、凍結防止材の影響など）
- ・ 交差物件などの制約条件（補修時の施工期間の制約、施工ヤード）
- ・ 定期点検の確実性および容易さ（近接点検の方法、点検動線など）

3) 施工品質の確保の確実性、容易さ（施工性）

- ・ 施工品質の確保の難易
- ・ 施工時期の制約、規制、影響度
- ・ 現場への架橋位置までの桁などの運搬可否、進入路、架設ヤードの確保の難易度
- ・ 現場施工工期の長短
- ・ 一般工法または特殊工法の信頼性

- ・施工時の安全性
- ・暫定施工となる場合の完成施工時への影響

4) 周辺環境との調和（環境性）

- ・施工時および供用時の騒音や振動
- ・貴重種や生態系への影響
- ・交差物件への影響
- ・橋の美観および周辺環境との調和

5) 経済性

- ・ライフサイクルコスト（初期建設費＋維持管理費）

7.4.3 重み付け評価とする場合

(1) 評価配点の一例

評価項目の配点（重みづけ）は、路線の特質を踏まえて道路管理者（発注者）が明確にしておく必要がある。

ただし、固有条件や路線の特性によっては、都市内高架橋、田園部の渡河橋、山岳部の曲線橋、海上橋などの条件により、重みづけは一般に異なるため、架橋位置の固有条件と橋の要求性能に応じて、評価項目および配点は柔軟に設定する必要がある。

また、景観については、前提条件で整理した結果にしたがい配点を設定する。なお、定性的な判断が含まれる場合でも、評価理由を文章で明確に示すことで説明責任を果たすことができる。

表-7.4.2 評価項目の例

評価項目	配点案(合計 100 点)
a) 構造物の安全性(構造的)	※
b) 維持管理の確実性、容易さ(維持管理)	※
c) 施工品質の確保(施工性)	※
d) 環境との調和(環境性)	※
e) 経済性	※

※配点（重みづけ）は、道路管理者（発注者）と調整が必要

(2) リスクに対する重みづけの例

想定されるリスクに対して定量的な評価をするために、架橋位置に内在するリスクを（「発生する頻度」×「発生時に与える社会的影響」）によるマトリクスで区分し、避けるべきリスクと共存できるリスクなど、重要度により評価の重みを設定することができる。

例として、表-7.4.3 では、4 種類にリスク事象を区分している。リスク A は確実に避けるべきリスクであるため、これを避けることのできる構造形式が選定されることが前提である。リスク A 以外のリスクは、発生時の社会的影響が小さいか、発生する頻度が少ないリスクであるため、対応方法の容易さや損傷程度の少なさなどで比較案の優劣を評価することも考えられる。

例えば、地震時に橋台が傾斜するなどの想定外の損傷を受けた場合、落橋などの致命的な状態を回避するためには、支承構造よりラーメン構造が優位と考えられる。また、損傷後の修復性に優れた床版を用いた上部構造形式の場合、通行止めなどの交通規制期間の優劣で評価することも考えられる。

表-7.4.3 リスクランクのマトリクス

		発生時に与える社会的影響	
		大	小
発生する 頻度	大	A	B
	小	C	D

リスク A : 橋梁計画時に確実に避けるべきリスク

リスク B・C : 橋梁計画時に避けるべきリスク

リスク D : 橋梁計画時に影響が小さいリスク

(3) 評価の方法の例

各評価項目の細目は、相対評価を基本とする。

a) 構造的性、b) 維持管理、c) 施工性、d) 環境性

最高評価：最大配点

中位評価：最大配点×0.5 程度

最低評価：0 点

e) 経済性

最も安価な案：最大配点

次点以降の案：経済性配点－経済性配点×{(対象案工費－最安価案工費)／最安価案工費}

※配点 50 点、最安価案 1.2 億、次点案 1.0 億の場合の配点例

最安価案=50 点

次点案 =50－50×{(1.2－1.0)／1.0} =40 点

7.4.4 経済性みの評価とする場合

想定される主なリスクに対して、課題をクリアできる構造のみが抽出されている前提で、各評価項目の内容を貨幣換算し、最も経済性に優れた形式を選定するという考え方もある。その場合は、供用期間におけるライフサイクルコスト (LCC) による評価を基本とする。

7.5 形式選定におけるその他の配慮事項

7.5.1 付属物計画

幅員計画、概算工事費の算出、景観検討などに影響する付属物（伸縮装置、排水設備、防護柵、照明など）については、橋梁予備設計で計画するのがよい。

(1) 伸縮装置

伸縮装置は、地震時の移動量、桁遊間量、温度伸縮量、上部工の移動方向などにより形式が決定される。橋梁予備設計の段階では、地盤定数の不確実性などによりこれらの数値を精度よく算出することができないため、過去の実績などを踏まえて想定される伸縮装置の形式を選定し、上部工費に見込むとよい。

(2) 排水設備

排水設備は、道路縦断勾配が緩やかな区間では排水柵ピッチが密になったり鋼製排水溝を使用する必要があったりするなど、道路縦断線形に大きな影響を受ける。排水柵ピッチが密になる場合は、横引き管への接続が多数となることや、柵の清掃箇所数が増えることなど、維持管理の煩雑さを招くことや、美観的な問題も生じる。橋梁予備設計においては、所定の排水性能を確保しながら、できるだけ排水管を目立たない配置とするなど、適切な排水系統を検討するのがよい。

(3) 防護柵・遮音壁

道路横断勾配の急な区間では、建築限界の倒れ込みが防護柵、落下物防止柵、積荷転落防止柵、遮音壁などに干渉しないように幅員を拡幅する必要があるため、これらの部材の取付方法や高さなどを適切に計画し、幅員に反映するのがよい。

(4) 照明

照明の仕方と照明器具のいずれにおいても景観に与える影響が大きいことから、橋梁予備設計では、照明の仕方と設置方針の両方について検討するのがよい。

7.5.2 維持管理計画

橋の形式によって点検方法や点検設備の配置が異なるため、橋ごとに適切な維持管理計画が必要となる。橋の点検・調査は、通常点検、定期点検、中間点検、特定点検、異常時点検、詳細調査、追跡調査で構成されるが、近接目視を必要とする点検や調査では足場が必要なため、検査路の設置が有用であることが多い(7.3.3(4)の2)を参照)。

点検・調査計画や検査路の計画は、橋の形式によって決定されることもあるため、橋の形式検討と合わせて、点検・調査計画や検査路設置計画を点検の容易さなどの観点も含めて比較検討するとよい。特に、以下のような事項に留意が必要である。

- ・桁下への進入が困難な場合、橋梁点検車で点検・調査を行うこととなる。ただし、広幅員の橋や歩道がある橋の場合には、橋梁点検車の規格が高規格となったり能力不足となる可能性がある。
- ・トラス橋やアーチ橋など橋上に多数の部材がある形式では、橋梁点検車の歩廊が部材にぶつからないよう留意する必要がある。
- ・吊り橋、斜張橋、高橋脚などでは、ロープアクセスが必要となる場合がある。
- ・トラス橋、アーチ橋、斜張橋、吊り橋などは、部材数が多く、点検・調査に多くの労力が必要となる。

7.5.3 橋の景観計画

橋は地域の景観に及ぼす影響が大きいことから、景観にも十分配慮した計画が必要である。

(1) 橋の景観の考え方

橋の景観は、橋を外部から眺めた「外部景観」と橋を渡る利用者から眺めた「内部景観」に大別される。外部景観は、橋の全体形状や背景を含む全体景観であり、内部景観は、橋上からの眺望や走行車からの景観である。外部景観では、橋のシルエットがよく視認されるため、橋を含む景観全体を見渡したうえで、橋のプロポーシオンを整えることが重要となる。一方、内部景観では、舗装面のほか、防護柵・高欄・照明柱・遮音壁などの付属物のディテールがよく視認されるため、それら付属物のデザインを工夫することが重要となる。

鉄道や自動車など高速で移動する視点からの内部景観は、連続的に変化するシークエンス景観となる。外部景観と内部景観のいずれにおいても、優れた視点場を特定し、その視点場をデザインすることも重要である。

橋梁予備設計では、当該橋の景観デザインの考え方を詳細設計に漏れなく引き継げるよう、選定案をブラッシュアップしたうえで、できるだけ具体的な景観デザインの方針を示しておくのがよい。

なお、橋の景観に関しては、多くの書籍が出版されているので、それらを参考にするとよい^{1)~7)}。

(2) 景観検討手法

1) 周辺環境の整理

橋の景観を検討するにあたっては、周辺環境を十分に把握し、景観設計において配慮すべき事項（周辺環境、架橋地点の特性、土地利用、交通、色彩など）や橋の計画における制約条件、景観評価のための視点場を抽出・整理することが重要である。

2) プロポーシオンの検討

橋梁予備設計の段階では、橋の基本的な構造や材質が決定されるが、構造的には同じ形式でも、多少のプロポーシオンの調節によって、橋の見た目の印象は大きく変化する。単に形式を選定するだけでなく、架橋地点において、その形式にいかなるプロポーシオンを与えるべきかを考えることが景観検討において重要である。

景観的に最適なプロポーシオンは、代表的な視点場から眺められた景観全体の中での当該橋の形態的バランスによって決定される。プロポーシオンの検討においては、3DCD、フォトモンタージュ、VR、BIM/CIMなどの視覚化ツールを用いて、複数案で見え方を確認し評価を行う。

3) 景観的調和の創出

前述のプロポーシオンの問題にも関連するが、橋の景観検討では、景観的「調和」が重要となる。文献1)に、橋の景観における調和の考え方が詳細に述べられているが、橋の景観的調和に関して多く引用される考え方に、ゲシュタルト心理学を応用した「強調」、「融和」、「消去」の考え方がある⁸⁾。「強調」は視認されやすい「図」となる形態要素や構造物の形態で存在感を表す手法であり、「融和」は周辺の地形や環境に沿った形式で一体感を生み出す手法、「消去」は橋の存在を目立たなくする手法である。計画対象の橋とその周辺景観の特性により、当該橋のデザインを「強調」、「融和」、「消去」のどの方向性でデザインするかを定めようとして、具体的な方法（例えば、フェイスラインを通すことによる桁の視覚的連続性の確保、部材の面取りや曲面処理、排水管を目立たなくする処理など）を、施工性、構造的性、維持管理性なども考慮しながら検討する。

なお、強調、融和、消去の考え方は、ほとんどの橋の設計において非常に低コストで適用可能であるため、どのような橋においても常識的な作法として考えるとよい。

4) 色彩の検討

最適案に選定された形式については、色彩の検討も必要となる。特に鋼橋では、本体構造の色彩について、塗装の場合のみならず、耐候性鋼材の場合においても、その使用の妥当性も含めた丁寧な検討が必要である。また、鋼橋とコンクリート橋の双方にかかわる色彩として、高欄や防護柵、照明柱などの付属物の色彩、歩道がある場合の舗装色の色彩などがある。中小規模の橋であっても、その色彩が周辺景観や地域のイメージに与える影響は一般に大きく、地域のランドマークになるような特別な位置づけの橋でなくても、丁寧な色彩検討が求められる。色彩検討にあたっては、架橋地点の自治体のルールを確認するとともに、周辺景観や風土色を調査したうえで慎重に検討する。色見本で検討する場合は、色の面積効果に十分注意し、できるだけ大きなサイズで検討することが望ましい。

橋梁予備設計でマンセル値を指定するまでの詳細な検討が難しい場合は、基本的な色彩の方向性（色相、明度、彩度のおおまかな方向性）のみを示すこととし、詳細な色彩検討を詳細設計に申し送るのもよい。その場合も、橋梁予備設計としての完成予想パース図は、その基本的方向性に沿った色彩で作成し、ある程度のイメージを共有しておくのがよい。

(3) 景観検討の事例

以下に、1) 橋梁形式の特徴的な構造形態により新たな景観を創造した事例、2) 橋桁や付属物の形状・配置により視覚的な連続性を確保した事例、3) 橋脚の造形的工夫により無機質さを低減した事例、を紹介する。

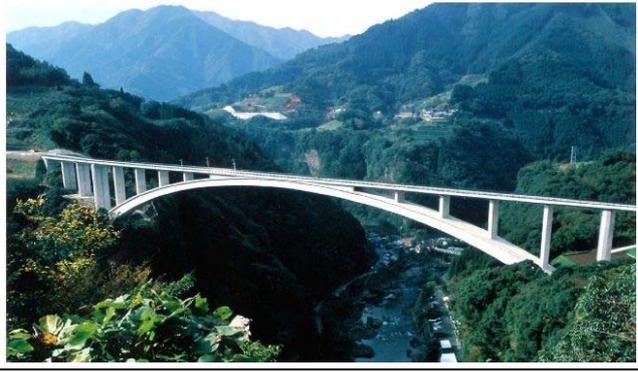
1) 橋梁形式の特徴的な構造形態により新たな景観を創造した事例

吊り橋、斜張橋、アーチ橋など、橋梁形式の特徴的な構造形態によって景観が創造された事例を示す。

表-7.5.1 鋼橋の事例

<p>形式：鋼吊橋 橋梁名：豊島大橋⁹⁾ 架橋位置：広島県</p> <p>(出典：(一社)日本橋梁建設協会,「橋の写真館」,〈https://www.jasbc.or.jp/general/photo/4407/〉, (最終アクセス 2022 年 11 月 24 日))</p>	
<p>形式：鋼連続斜張橋 橋梁名：気仙沼湾横断橋¹⁰⁾ 架橋位置：宮城県</p> <p>(出典：大日本コンサルタント(株),〈https://www.ne-con.co.jp/field/bridge/kesenumabaycrossingbridge/〉, (最終アクセス 2022 年 11 月 24 日))</p>	
<p>形式：鋼連続トラス橋 橋梁名：夏足大橋¹¹⁾ 架橋位置：大分県</p> <p>(出典：(一社)日本橋梁建設協会,「橋の写真館」,〈https://www.jasbc.or.jp/general/photo/4384/〉, (最終アクセス 2022 年 11 月 24 日))</p>	
<p>形式：鋼中路式バランスドアーチ橋 橋梁名：築地大橋¹²⁾ 架橋位置：東京都</p> <p>(出典：大日本コンサルタント(株),〈https://www.ne-con.co.jp/field/bridge/tsukiji-bridge/〉, (最終アクセス 2022 年 11 月 24 日))</p>	

表-7.5.2 コンクリート橋の事例

<p>形式：PC 連続斜張橋</p> <p>橋梁名：矢部川大橋¹³⁾</p> <p>架橋位置：福岡県</p> <p>(出典：カンチレバー技術研究会, 「カンチレバー橋 新百選 [ギャラリー]」, <http://www.cantilever-method.org/wp-content/uploads/yabegawa.pdf>, (最終アクセス 2022 年 11 月 24 日))</p>	
<p>形式：PC 連続エクストラードード橋</p> <p>橋梁名：赤とんぼ橋 (新名西橋)¹⁴⁾</p> <p>架橋位置：愛知県</p> <p>(出典：カンチレバー技術研究会, 「カンチレバー橋 新百選 [ギャラリー]」, <http://www.cantilever-method.org/wp-content/uploads/akatonbo.pdf>, (最終アクセス 2022 年 11 月 24 日))</p>	
<p>形式：RC 固定アーチ橋</p> <p>橋梁名：天翔大橋¹⁵⁾</p> <p>架橋位置：宮崎県</p> <p>(出典：カンチレバー技術研究会, 「カンチレバー橋 新百選 [ギャラリー]」, <http://www.cantilever-method.org/wp-content/uploads/tensho.pdf>, (最終アクセス 2022 年 11 月 24 日))</p>	
<p>形式：PC 連続ラーメン橋</p> <p>橋梁名：佐奈川橋¹⁶⁾</p> <p>架橋位置：愛知県</p> <p>(出典：(一社) プレストレスト・コンクリート建設業協会, 「作品集」, <https://www.pcken.or.jp/pubinfo/gallery/kyoryo/katamochi/%e4%bd%90%e5%a5%88%e5%b7%9d%e6%a9%8b.html>, (最終アクセス 2022 年 11 月 24 日))</p>	

2) 橋桁や付属物の形状・配置により視覚的な連続性を確保した事例

橋の本体や付属物に視覚的な統一感や連続性をもたせることで、経済性を阻害しない範囲で景観性に優れた橋が創造された事例を示す。

例えば、主桁のウェブ面にテーパーを設け、下部構造にも連続的にテーパーを設けることで、上下部構造の統一感をもたせる方法（事例-1）や、橋台縦壁の面取り（事例-2）や橋台側面へのフェイスラインを設けること（事例-2、3）で、上部構造と橋台の視覚的連続性や壁面の分割による軽快感をもたせる方法もある。

排水管、照明設備、検査路、防護柵などの付属物は、詳細設計で構造が確定した後に、計画される場合が多い。排水管は道路の縦断勾配の影響を大きく受けるため、排水柵や横引き管との接続部が多く必要となり、結果的に景観性を損ねる場合がある。道路予備設計や橋梁予備設計で排水設備を念頭にいった縦横断計画を行うことが重要である。

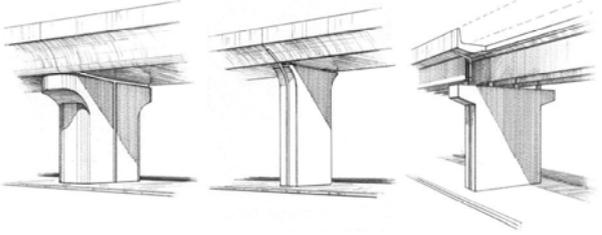
上部構造や下部構造に取りつく排水管が主桁の外面に沿って配置されている場合には煩雑な印象を与えるため、排水管を下部構造に埋め込む方法（事例-4、5）や、上部構造の主桁を貫通させて主桁間に横引くことで煩雑な印象を軽減させる方法（事例-6）もある。

防護柵や高欄では、縦棧形式の防護柵を連続させて道路線形との統一感をもたせる方法（事例-7）や、横棧を薄い部材で構成し支柱を等間隔で連続させることで軽快感や連続性をもたせる方法（事例-8）もある。

表-7.5.3 面取り、斜ウェブ、フェイスラインなどによる連続性確保の事例

<p>事例-1 主桁および下部構造にテーパーを設けた事例 (提供：大日本コンサルタント(株))</p>	
<p>事例-2 橋台縦壁の面取り、フェイスラインを橋台背面まで連続させた事例 (提供：大日本コンサルタント(株))</p>	
<p>事例-3 フェイスラインを橋台背面まで連続させた事例 (提供：大日本コンサルタント(株))</p>	

表-7.5.4 付属物（排水管を目立たなくする工夫）

<p>事例-4 排水管を下部構造に埋め込む方法¹⁷⁾</p> <p>（出典：設計要領 第二集 橋梁建設編, p. 1-39, NEXCO, 平成 28 (2016) 年 8 月）</p>	
<p>事例-5 排水管を下部構造に埋め込んだ事例</p> <p>（提供：大日本コンサルタント(株)）</p>	
<p>事例-6 外桁を貫通させて排水管を桁間に引いた事例¹⁸⁾</p> <p>（出典：橋の美Ⅲ 橋梁デザインノート, p. 91, (公社) 日本道路協会, 平成 4 (1992) 年 5 月）</p>	

※橋脚を貫通させる構造は維持管理性も考慮のうえ検討すること

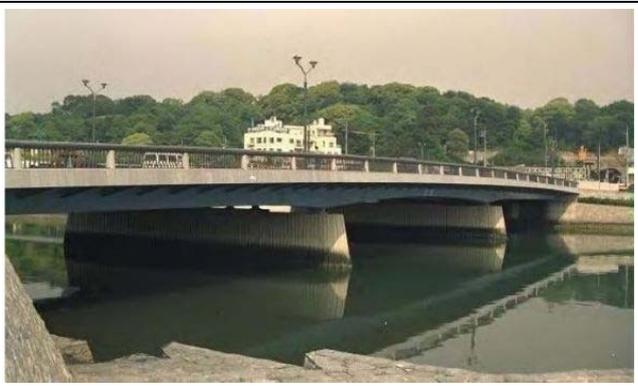
表-7.5.5 高欄・防護柵：連続した棧により連続性を確保した事例

<p>事例-7 高欄の縦棧を連続させた事例 (提供：大日本コンサルタント㈱)</p>	
<p>事例-8 高欄の横棧部材を薄く、支柱を等間隔で配置した事例 (提供：大日本コンサルタント㈱)</p>	

3) 橋脚の造形的工夫により無機質さを低減した事例

水平基調の橋において、橋脚は鉛直な要素であり、特に目立つ存在である。経済性を損なわない範囲で、控えめかつシンプルに景観性を向上させた事例を示す。

表-7.5.6 橋脚形状の工夫例

<p>事例-9 橋脚形状を台形とした事例 (提供：大日本コンサルタント㈱)</p>	
<p>事例-10 橋脚梁と柱を造形的に分割した事例 (提供：大日本コンサルタント㈱)</p>	

7.5.4 施工計画

橋の形式選定では、施工の可否はもちろんのこと、施工を含む概算工事費を明らかにする必要がある。進入路や施工ヤードの検討、上下部構造の施工計画、不稼働率の設定、工程などの計画をもとに算出する。

(1) 上部構造の架設工法の標準的な選定方法

1) 鋼橋

鋼橋の上部構造の架設工法の一覧を表-7.5.7に示す。

表-7.5.7 鋼橋の架設工法選定表の例¹⁹⁾

架設工法 構造形式	ベント工法					ケーブルエレクション		架設桁(トラス)工法	送出手延機	出し台船・移動ベント	し法架設桁(トラス)	片持式工法			一括架設工法			備考
	トラッククレーン	ケーブルクレーン	トラベラクレーン	門型クレーン	フロートインゲクレーン	直吊り	斜吊り					トラッククレーン	ケーブルクレーン	トラベラクレーン	フロートインゲクレーン	トラッククレーン	フロートインゲクレーン	
単純桁(鈑:箱桁)	◎	○	△	○		△		○	◎	○					◎	○	○	
連続桁(鈑:箱桁)	◎	○	○	○	○	△		○	◎		○	○	○	○	△	○	○	△
曲線桁	◎	○	○		○			◎			○	○			△			
単純トラス	○	○	○		○	◎										○	○	
連続トラス	○	△	◎		○	△						○	○	◎	○			△
下路アーチ	△	○				○	◎	○		○							○	
クローゼ	△	○				○	◎	○		○							○	
クランガー	△	○				◎		○		○	○						○	
上路アーチ							◎											
クローゼ							◎											
クランガー						◎	◎											直吊り、斜吊りの併用工法もある。
ラーメン橋	○	△					◎											
斜張橋	△	○	◎		◎							○	○	◎	○			
鋼橋脚	○														◎	○		

注) ◎:頻繁に用いられる工法 ○:時々用いられる工法 △:採用が検討できる工法

(出典: (一社) 日本建設機械施工協会: 橋梁架設工事の積算(令和4年度版)、p.2-15、2022.5)

2) コンクリート橋

コンクリート橋の上部構造の架設工法の一覧を表-7.5.8に示す。

表-7.5.8 コンクリート橋の架設工法選定表の例²⁰⁾

◎：適している △：あまり適していない
○：普通 空欄：適していない

架設工法	諸条件	場 所 打										プレキャスト及びセグメント					
		固 定 式 支 架 設 工 法		片 持 架 設 工 法		大 型 移 動 支 保 工 法		押 出 し 架 設 工 法		プレキャスト桁架設工法			セグメント片持架設工法				
		枠組式支保工架設	支柱式支保工架設	併用支保工架設	移動作業車	移動作業車と補助架設桁	移動架設桁	サポータータイプ	ハンガータイプ	集中方式架設	分散方式架設	架設桁架設	プレキャスト桁架設工法(セグメント)		片架設工法	架設工法	
													自走式クレーン車架設	門型クレーン架設			併用架設
支 間	20~40m	◎	◎	◎			◎	◎	○	○	◎	◎	◎	◎		○	△
	40~60m	◎	◎	◎	○	○	○	○	◎	◎	○	△	△	○	○	△	○
	60~80m	○	○	○	◎	◎	◎		○	○				◎	◎	△	○
	80~100m	△	△	△	◎	◎	○		△	△				△	◎		△
	100~150m				◎	○	△								○		
	150~200m				◎	△									△		
	200m以上				◎										△		
構 造 型 式	単 純 桁	◎	◎	◎			◎	◎	○	○	◎	◎	◎	◎			
	連 続 桁	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	○	○	○	○	◎	◎	◎
	ラ ー メ ン	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	△	△				◎	◎	◎	◎
	ア ー チ	○	○	○	◎				△	△					○		
	斜 張 橋	○	○	○	◎										◎		
	ト ラ ス 橋														◎	○	
機 械 化 施 工				◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	○	○	○	○	◎	◎	○
サイクル施工が可能	△	△	△	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
桁高の変化に対する融通性	◎	○	○	◎	◎	◎	△	○	△	△				○	○	○	
支間の変化に対する融通性	◎	○	○	◎	◎	◎	○	○	○	○	○	◎	○	○	○	○	
線形の変化に対する融通性	◎	○	○	◎	○	○	◎	△	△	○	○	○	○	○	○	△	
拡幅に対する融通性	◎	○	○	○	△	△	△	△	△	○	○	○	○	△	○	△	
桁下空間の確保		○	○	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	○	△	○	◎			
施 工 速 度	△	△	△	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	
多径間の場合の有利性	△	△	△	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	
小規模橋梁に対する適用性	◎	◎	◎								○	◎					
桁下に対する安全性				◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	○	○	○	○	○		
環境に対する有利性 (騒音・振動)	○	○	○	○	○	◎	◎	◎	◎	◎	○	△	△	○	○	△	
天候に対する有利性	△	△	△	◎	◎	○	◎	◎	◎	◎	△	△	△				

(出典：(一社)日本建設機械施工協会：橋梁架設工事の積算(令和4年度版)、p.3-13、2022.5)

(2) 橋梁予備設計における施工計画上の留意事項

1) 進入路や重機分解組立ヤードの確保

山岳橋や狭隘ヤードでの施工を伴う場合は、施工条件が橋の径間割や形式に大きく影響するため、工車用の進入路や重機分解組立ヤードをあらかじめ検討しておく必要がある。

2) 工車用仮栈橋の計画

河川橋などにおいて、下部構造の施工や上部構造の架設に工車用仮栈橋が必要となる場合は、それらの費用を概算工事費に考慮する必要がある。

(3) 工程計画

1) 概略施工日数の算出および工程計画

橋梁形式の評価や事業工程計画のために、橋梁予備設計の段階で概略施工日数を算出し、工程計画を行うとよい。施工日数の算出方法は、既往の実績から設定する方法や、概算数量と日当たり施工日数による積み上げなどの方法があり、工種や条件に応じて適宜選択し算定するとよい。

2) 不稼働率

工程計画では、施工日数に雨休率を考慮し、不稼働率を設定する必要がある。雨休率は、休日と降雨降雪日の年間の発生率を設定する。

降雨降雪日は、降雨降雪量が 10mm 以上/日の日とし、過去 5 カ年の気象庁のデータより年間の平均発生日数を算出するのが一般的である。休日と降雨降雪日の年間の日数を算出し、雨休率を設定するとよい。

7.5.5 3D データ、BIM/CIM データの活用

(1) 橋梁予備設計における 3D データ活用の目的

橋梁予備設計では、下記の目的から 3D データを活用する場合がある。

- ・ 関係機関との早期合意形成
- ・ 景観検討
- ・ 概略施工ステップの可視化と妥当性検証
- ・ 選定案のブラッシュアップ
- ・ 詳細設計への情報引継ぎ（CIM など）

(2) 橋梁予備設計における 3D モデルおよびデータ活用技術

1) 模 型

物理的な 3D モデルである。橋および架橋位置周辺の縮小模型を作成し、橋の全体形状を確認することで、視覚的に架橋位置と橋の状況、スケール感、見え方などを確認するのに用いる。

2) フォトモンタージュ

橋を 3DCG でモデル化し、現況写真に合成する方法であり、実際の風景に近い見え方を検証するのに用いる。

3) BIM/CIM

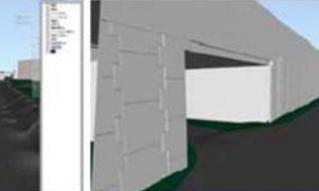
地形、地質、道路線形、周辺構造物、構造体などの情報を統合した BIM/CIM は、調査・予備設計・詳細設計・施工・維持管理における情報伝達、および概略施工計画を含む橋梁予備設計の妥当性検証や景観検証などに有効である。

(3) 橋梁予備設計における 3D データ活用事例

1) 景観計画、完成予想図

景観検討において、複数の構造の 3次元モデルを作成することで、様々な角度から景観性を比較することができる。また、地元との円滑・迅速な合意形成に活用することができる。

試行業務内容	道路予備設計	中部地方整備局
効果事例	予備設計における橋梁構造比較における全体系景観検討	

橋梁案	ラーメンボックス案	補強土案
		
		

〈道路構造比較検討〉
橋梁、連続ラーメンボックス、補強土構造について比較検討を行い、景観確認とともに道路構造を選定した。

・3Dモデルにより、様々な視点からの景観性を確認できる。
・地元との合意形成に有効活用できる。(近接景観による比較は周辺地形等の詳細モデルが必要)

図-7.5.1 可視化による複数景観確認事例²¹⁾

(出典：国土交通省：BIM/CIM 活用ガイドライン 第1編 共通編、p. 27、2020. 3)

2) 施工計画



図-7.5.2 BIM/CIM の施工計画活用事例²²⁾

(出典：国土交通省：BIM/CIM 活用ガイドライン 第5編 橋梁編、p. 43、2020. 3)

7.6 選定案のブラッシュアップ

形式選定第2段階（2次選定）で選定された案については、付属物の基本方針（排水、検査路配置、照明（ポール照明、高欄照明など）、遮音壁、標識など）、維持管理計画、景観デザイン（橋脚・橋台の造形、連続性の演出（桁のフェイスラインと橋台との視覚的連続性）、外観上の煩雑さ解消、付属物配置、色彩、パース作成など）のブラッシュアップを行う。また、選定案に含まれるリスクの整理を行う。加えて、計画の基本条件などとの間に齟齬や漏れがないかについても確認するとよい。

7.7 詳細設計への申し送り

橋梁予備設計の段階では、測量や地質調査などが十分でない場合もあることや、概略計算に基づいて構造規模を設定していること、構造の細部条件の検討を行っていないことなど、ある一定の条件に基づいて橋梁形式の比較検討や最適案の選定を行っている。したがって、後の詳細設計を実施するにあたり、必要な調査、不確実な事項、検討項目などについて、例えば、以下のような内容を申し送り事項として整理しておくとうよい。なお、最適案として複数案を残す場合は、当該複数案のそれぞれについてブラッシュアップを行う。

- ・ 橋梁予備設計において設定、仮定した条件と最適案の概要
- ・ 橋梁詳細設計において必要な調査
- ・ 耐震設計（非線形動的解析）など橋梁予備設計では実施していない設計によって構造形式が決定される事項（上下部結合条件、落橋防止システム、伸縮装置の形式など）
- ・ 上下部構造の細部形状設定のための留意事項
- ・ 風洞実験、材料・強度試験など、性能を確認するために必要となる実験など
- ・ より丁寧な景観検討の必要性とその項目
- ・ その他の必要な事項

引用・参考文献

- 1) 杉山和雄：橋の造形学、朝倉書店、pp.116-127、2001.3
- 2) 国土技術政策総合研究所：景観デザイン規範事例集（道路・橋梁・街路・公園編）、国総研資料第433号、2008.3
- 3) 道路のデザインに関する検討委員会：補訂版 道路のデザイナー—道路デザイン指針(案)とその解説—、大成出版社、2017.11
- 4) 篠原修：土木デザイン論—新たな風景の創出をめざして—、彰国社、2003.11
- 5) 藤野陽三[編]：橋をデザインする、技報堂出版、2023.3
- 6) フリッツ・レオンハルト：ブリュッケン—F・レオンハルトの橋梁美学—、メイセイ出版、1998.1
- 7) 土木学会景観・デザイン委員会鉄道橋小委員会：鉄道高架橋デザイン、建設図書、2022.11
- 8) 加藤誠平：橋梁美学、山海堂、1936.12
- 9) （一社）日本橋梁建設協会：橋の写真館、〈<https://www.jasbc.or.jp/general/photo/4407/>〉、（最終アクセス2022年11月24日）
- 10) 大日本コンサルタント(株)：〈<https://www.ne-con.co.jp/field/bridge/kesenumabaycrossingbridge/>〉、（最終アクセス2022年11月24日）
- 11) （一社）日本橋梁建設協会：橋の写真館、〈<https://www.jasbc.or.jp/general/photo/4384/>〉、（最終アクセス2022年11月24日）

- 12) 大日本コンサルタント(株) : <<https://www.ne-con.co.jp/field/bridge/tsukiji-bridge/>>、(最終アクセス 2022 年 11 月 24 日)
- 13) カンチレバー技術研究会 : カンチレバー橋 新百選 [ギャラリー]、<<http://www.cantilever-method.org/wp-content/uploads/yabegawa.pdf>>、(最終アクセス 2022 年 11 月 24 日)
- 14) カンチレバー技術研究会 : カンチレバー橋 新百選 [ギャラリー]、<<http://www.cantilever-method.org/wp-content/uploads/akatonbo.pdf>>、(最終アクセス 2022 年 11 月 24 日)
- 15) カンチレバー技術研究会 : カンチレバー橋 新百選 [ギャラリー]、<<http://www.cantilever-method.org/wp-content/uploads/tensho.pdf>>、(最終アクセス 2022 年 11 月 24 日)
- 16) (一社) プレストレスト・コンクリート建設業協会 : 作品集、<<https://www.pcken.or.jp/pubinfo/gallery/kyoryo/katamochi/%e4%bd%90%e5%a5%88%e5%b7%9d%e6%a9%8b.html>>、(最終アクセス 2022 年 11 月 24 日)
- 17) 東日本高速道路(株)・中日本高速道路(株)・西日本高速道路(株) : 設計要領 第二集 橋梁建設編、p. 1-39、2016. 8
- 18) (公社) 日本道路協会 : 橋の美Ⅲ 橋梁デザインノート、p. 91、1992. 5
- 19) (一社) 日本建設機械施工協会 : 橋梁架設工事の積算 (令和 4 年度版)、p. 2-15、2022. 5
- 20) (一社) 日本建設機械施工協会 : 橋梁架設工事の積算 (令和 4 年度版)、p. 3-13、2022. 5
- 21) 国土交通省 : BIM/CIM 活用ガイドライン 第 1 編 共通編、p. 27、2020. 3
- 22) 国土交通省 : BIM/CIM 活用ガイドライン 第 5 編 橋梁編、p. 43、2020. 3

參考資料

参考資料 I . 道路橋示方書・同解説に基づく予備設計の基本的考え方

道路橋示方書・同解説 I～V（公益社団法人日本道路協会、平成 29（2017）年 11 月）（以下、道示）に記載される、橋の計画と形式選定についての主な基本的考え方を以下に抜粋する。

1. 設計の基本理念

【道示 I . P9】 条文

橋の設計にあたっては、使用目的との適合性、構造物の安全性、耐久性、維持管理の確実性及び容易さ、施工品質の確保、環境との調和、経済性を考慮しなければならない。

【道示 I . P9】 解説文

橋の設計において、橋全体に要求される性能を確保するうえで常に留意しなければならない事項を、設計の基本理念として示したものである。

2. 橋の重要度

【道示 I . P11】 条文

橋の設計において実現すべき橋の性能は、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を考慮して決定する。

【道示 I . P11-12】 解説文

計画の段階から設計、施工の段階における各段階において、多くの選択肢からより適切なものを抽出、選択することを繰り返すが、その抽出や選択にあたっては、道路ネットワークにおける橋の位置付けを常に念頭に置くのがよい。

耐震設計上の橋の重要度が B 種の橋では、機能回復を速やかに行いうる対策の必要性を検討するものとされている。

構造全体としての補完性又は代替性の確保、維持管理のしやすさ（補修・補強等の対応のしやすさ）などの配慮事項に対する方策や橋の耐久性能に関する設計において橋に付与する性能を考えるにあたっては、例えば平常時の重み付けには、物流等の経済活動やその他社会活動において当該路線が担うネットワーク機能、緊急時の重み付けには、緊急輸送道路などとして当該路線が担うネットワーク機能ができるだけ絶えないようにするための路線の代替性を常に念頭に置くのがよい。

3. 設計供用期間

【道示 I . P12】 条文

橋の設計にあたっては、適切な維持管理が行われることを前提に橋が性能を発揮することを期待する期間として設計供用期間を定めることとし、100 年を標準とする。

【道示 I . P13】 解説文

橋の耐久性能に対する設計を行うにあたっては、維持管理の確実性及び容易さという観点からも全部材に対して橋の設計供用期間に対して耐久性を確保するのではなく、橋を構成するそれぞれの部材などでは、設計供用期間中に更新することを前提として設計する方が合理的となる場合も考えられる。このような場合には、検討を行ったうえで、着目する部材に対して耐久性上の目標期間である設計耐久期間を設定することができる。部材ごとに設計耐久期間や対応する耐久性確保策を検討するにあたっては、橋の供用にあたっての各種制限、部材等の修繕や更新が橋の性能や交通に与える影響度、ライフサイクルコストなど

の経済性、その他の条件を考慮して検討することになる。

設計の前提となる維持管理の条件についても、自然災害が発生した場合や定期点検などの点検の種類、点検頻度及び手法、損傷などに対する対応方法など設計時点で想定することが妥当な項目を設定し、その項目について設計供用期間と整合するように条件を適宜定める必要がある。

【道示 I. P24】 解説文

橋は、設計供用期間中に設計では具体的には考慮されない不測の外力を受けることや劣化損傷が生じる可能性も否定できない。このような場合に対しても、橋の条件によっては橋全体が崩壊するような致命的な状態となることをなるべく回避できるような配慮を行うことが、供用期間を通じて使用目的との適合性を満足させるという意味で重要となる。

4. 調査

【道示 I. P13】 条文

橋の適切な設計、施工、維持管理を行うために、橋の建設予定地点の状況、構造物の規模等に応じて必要な調査を行わなければならない。

【道示 II. P17、III. P11-12、IV. P9、V. P2】 条文

- 1) 架橋環境条件の調査
- 2) 使用材料の特性及び製造に関する調査
- 3) 施工条件の調査
- 4) 維持管理条件の調査

【道示 I. P13-14】 解説文

橋の設計及び施工にあたって必要となる調査項目は、建設予定地点及びその周辺の地形、地質、気象、隣接構造物や地下埋設物の条件、地域や環境に関して配慮すべき事項や制限など、極めて多岐にわたり、橋の構造形式や規模などに応じて変わり得る。予定する橋の計画段階などできるだけ早い段階から必要な調査項目とその手段、実施時期について検討を行い、橋の完成までできるだけ手戻りなく確実に所要の性能が得られることに配慮するのがよい。

【道示 II. P18-20、III. P12-14、IV. P10-11】 解説文

- 1) II、III：①腐食環境②疲労環境③路線条件④気象・地形条件⑤構造設計上の配慮事項
IV：①地盤調査②地下水調査③有害ガス等④河相調査⑤利水状況等
- 3) II、III：①関連法規等②運搬路等③現場状況等④自然現象⑤現場周辺環境
IV：①既存資料調査②周辺環境調査③作業環境調査

5. 外部的諸条件

【道示 I. P14】 解説文

橋は道路の一部をなすものであるため、その架橋位置の選定にあたっては、路線線形に適合することが必要である一方で、道路計画の最も基本となる路線線形の決定段階においては、最終的にその路線や特定の区間に対して道路に求められる機能が確実に発揮できるように、橋をはじめとする各種の道路構造物や切土・盛土などについて、できるだけ安全で信頼性の高いものが計画できるように配慮することが重要である。

【道示 I. P15】 解説文

基本として地盤変動の影響を避けられるように架橋位置を選定するのが望ましい。一方で、その他の条件も加味したうえで、地盤変動に対して粘り強い基礎構造を採用したり、基礎が移動したり斜面移動による外

力を受け続ける状態に陥ったとしても自立性が高く、応力状態が比較的明確なままであるような支間割りや上部構造形式を採用したりするなど、それぞれの橋に求められる性能が発揮できるよう構造形式の選定において配慮する必要がある。

以上のほかに、橋の形式の選定にあたって配慮が行われる主な例として、連続形式を選定するなど、走行上の快適性等に配慮した形式の選定がある。

【道示 I . P16】 解説文

交差条件ごとの主な諸条件は次のとおりである。

(1) 河川等に架橋する場合

- 1) 架橋位置、橋長、橋台の位置の決定には、河川形状、改修計画等
- 2) 支間長、橋下高、橋脚の形状の決定には、計画高水位、計画高水流量、船舶通過の条件、隣接構造物等
- 3) 基礎の天端高さの決定には、改修計画、洗掘状態等

(2) 海峡、運河に架橋する場合

支間長、橋下高の決定には、航路通過船舶の大きさ等

(3) 道路、鉄道上に架橋する場合

- 1) 橋長、支間長、橋下高、橋脚の位置・形状の決定には、道路、鉄道の幅員構成、建築限界、視距等
- 2) 橋台、橋脚及び基礎の位置・形状の決定には、地下埋設物、地中構造物等

6. 使用目的との適合性

【道示 I . P9】 解説文

使用目的との適合性とは、橋が計画どおりに交通に利用できる機能のことであり、橋の性能を全て包括する概念である。

通行者が安全かつ快適に橋を使用できるように必要な性能、たわみ等橋の剛性に関わる設計など、橋の耐荷性能とも耐久性能とも関連はあるもののいずれとも区分し難かったり、定量的にその効果を明らかにして性能を測る方法が明確でない設計事項、また、これまでの道路橋の落橋経験、損傷経験なども踏まえて、不測の事態に対して橋が致命的な状態に陥ることを抑制する一定の対策（フェールセーフ）を施すことなども含まれる。

7. 構造物の安全性

【道示 I . P9】 解説文

構造物の安全性とは、死荷重、活荷重、地震の影響等の作用に対し、設計供用期間中に橋が適切な安全性を有していることであり、橋の耐荷性能がこれを代表している。使用目的との適合性からは、橋が、その置かれる状況において所要の機能を発揮できる状態にあることも安全性の意味に含まれると解釈される。

8. 耐久性

【道示 I . P9】 解説文

橋の耐久性とは、橋に経年的な劣化等による変化が生じたとしても、設計供用期間中、橋の耐荷性能やそれを含むより広い意味での使用目的との適合性が確保できる性質である。維持修繕を確実かつ容易にすることで、構造物の安全性を維持、回復させられるように設計することも耐久性に含まれる。例えば、部材設計で見込んだ有効断面が維持されるように、想定される繰返し荷重による疲労や鋼材の腐食等に対して設計するなど、構造物の安全性の前提条件を維持することが求められる。

9. 維持管理の確実性及び容易さ

【道示 I . P10】 解説文

維持管理の確実性及び容易さとは、供用中の日常点検、定期的な点検、地震等の災害時に被災の可能性の有無や程度などの橋の状態を確認するために行う必要がある調査、劣化や損傷を生じた場合に必要となる調査や対策が確実かつ合理的に行えることである。

単に点検など設計段階で予定する維持管理行為に対する容易さに配慮するだけでなく、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など、維持管理ができることの確実性についても配慮すべきことが明確にされた。

定期点検やその他供用期間中に想定している各種の点検、地震や台風などの自然災害が生じたときにおける点検についても適切に対応できるように、設計の前提として、具体的な維持管理の方法等の計画を設計の段階から考慮することが必要である。特に、地震等の災害時における供用の可否を判断するためには、速やかに構造物の状態を把握できることが不可欠である。また、計画した維持管理が確実に行えるためには、点検や措置などの維持管理行為が確実かつ容易に行えるよう構造上配慮されていることが重要である。

【道示 I . P15】 解説文

道路橋では、供用期間中、少なくとも道路法及び関連の政省令に基づいて定期点検等の維持管理行為が行われなければならない、さらに被災時など供用中には様々な調査や点検が必要となることが想定される。このため、計画の段階から点検方法などの維持管理の具体的な条件についても考慮して適切な維持管理が確実かつ経済的に行えるよう配慮することが重要である。特に、跨道橋や跨線橋では、定期点検や、地震や台風など自然災害が生じたときの点検、将来の劣化や被災時の補修や復旧などの工事が適切に行えることに対する維持管理上の制約を考慮した構造形式や維持管理設備の計画を行う必要がある。

【道示 I . P20】 解説文

構造全体としての補完性や代替性が乏しい橋の場合には、一部の部材の損傷や異常によって橋全体が致命的な状態に至る危険性が高い。そこで、構造全体としての補完性や代替性に対して、設計において個別の橋の条件に応じて適切な配慮がなされることが必要である。維持管理にあたってもこのような部材の特徴や位置付けを考慮した維持管理が確実に行われなければ、不測の重大事故や意図しない供用性の喪失や制限につながる可能性もあるので、設計の各段階で構造全体としての補完性や代替性の配慮をするにあたっては、維持管理の確実性についても併せて注意することが必要である。

【道示 I . P27】 解説文

現状からは、少なくとも、橋の位置付けや構造特性に応じて以下の範囲において具体の配慮事項を検討するのがよいと考えられる。

- ①補修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橋については、少なくとも直接輪荷重を支える床版などの部材や、荷重集中点である支承については、補修や更新が確実かつ容易に実施できるようにあらかじめ構造設計上の配慮をしておくこと。
- ②構造計画の段階からどのような維持管理を行うのかを想定したうえで、維持管理設備の設置の有無や範囲、構造なども含め、必要な維持管理が確実かつ容易に行えるように配慮をしておくこと。

10. 施工品質の確保

【道示 I . P10】 解説文

施工品質の確保とは、施工段階における安全性が確保でき、かつ、使用目的との適合性や構造物の安全性及び耐久性が確保できることなど性能の照査で前提とする所要の施工品質が確実に得られる施工が行えるこ

とである。施工の良し悪しが耐久性に及ぼす影響が大きいことを設計の段階で十分に認識し、適切な施工品質が得られるようにすることが重要である。このとき設計計算だけでは決定しないような細部構造なども耐久性と密接に関係する場合があるので、設計において慎重に検討する必要がある。また、施工品質の確保にあたっては、所定の方法で施工が行われていることの検査を適当な時点で確実に行うことができるように、設計の段階から十分に認識して適切な構造となるようにすることが肝要である。

【道示 I . P20】 解説文

特に施工品質は橋の耐久性に大きな影響を及ぼすことから、耐久性との関係を考慮して所要の条件を設定することが重要である。

施工の安全性及び完成物の確実な品質の確保を行うためには、製作や架設において必要となる施工管理行為や検査行為が実施できることを設計時点から検討していくことが肝要である。

【道示 I . P26】 解説文

所要の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を行う。例えば、架設時の反力や形状の管理、軟弱地盤における場所打ち杭の直径の管理、溶接に代表される施工結果の事後検査のような施工品質の確認方法も想定しながら、施工品質の確認を確実に行うことができるような構造及び施工手順となるように設計時点から十分に配慮する必要がある。

11. 環境との調和

【道示 I . P11】 解説文

環境との調和とは、橋が建設地点周辺の社会環境や自然環境に及ぼす影響を軽減すること又は橋が周辺環境と調和すること及び橋が周辺環境にふさわしい景観性を有すること等である。橋の場合、個々の橋のみに着目して景観性や周辺地形の改変などの環境条件を考慮しても路線全体としては適切とはならないこともあるため、計画段階から様々な視点で検討することが重要である。

12. 経済性

【道示 I . P11】 解説文

経済性に関しては、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心がけることが大切である。このとき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が優れたものと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、例えば、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ように心がけるのがよい。

13. 地域の防災計画、道路網計画

【道示 I . P15】 解説文

現在のところ地震に伴って生じる津波による橋に対する影響について正確に評価することは困難である。そのため浸水が予想される地域の橋の設計においては、地域の防災計画と整合して被災時の避難経路、救援や復旧活動などに支障をきたすことがなく、それぞれの橋に求められる性能が発揮できるように架橋位置や構造形式等に配慮を行うのがよい。

【道示 I. P25】 解説文

構造全体としての補完性又は代替性の確保の観点からの橋梁形式や構造形式の検討においては、安易にこれまでの前例などを踏襲することなく、当該橋梁の規模や形式などの構造的条件はもとより架橋条件や地域の防災計画における橋の役割、万一上部構造に重大な損傷が生じた場合の復旧性や社会的影響の程度などにも十分配慮して合理的で信頼性の高いものとなるようにしなければならない。

【道示 I. P26】 解説文

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の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 V. P4-5】 解説文

地域の防災計画等との整合の検討にあたっては、地震後における道路網の確保等の観点から橋としての機能の回復を速やかに行い得ることが特に求められる橋については、路線計画の段階でこれらのリスクについて検討し、致命的な被害に至らないような構造とすることが重要である。

致命的な被害が生じにくい構造形式としては、次のようなものが考えられる。津波に対しては、上部構造が津波の作用を直接受けるような場合でも、その作用の影響を軽減できる構造的工夫を施すことが考えられる。斜面崩壊等や断層変位に対しては、例えば上下部構造間に相対変位が生じたとしても、上部構造が直ちに落橋しにくい橋梁形式や相対変位に追随性の高い橋梁形式等を採用することも考えられる。

地域の防災計画等も踏まえ、仮にこれらの影響によって落橋や上部構造の流出等により橋の機能が喪失しても、早期に復旧しやすい構造形式を採用しておくことも考えられる。例えば、上部構造が津波による作用を受けることが避け難い場合であっても、下部構造の倒壊等の悪影響を及ぼさないようにする等、上部構造の流出に対して復旧しやすいように構造的な工夫を施すことが考えられる。ただし、津波、斜面崩壊等及び断層変位のように想定に限界のある事象に対しては、橋の機能回復措置の方策を設計段階において考慮しておくこと、その機能回復措置に必要な資機材の整備も併せて実施すること、迂回路を確保する等、道路網の多重化により補完性を確保できるような路線計画とすること等、ソフト及びハードの両面から対策をとることも有効と考えられる。

14. 架橋位置と形式の選定

【道示 I. P14】 条文

橋の計画にあたっては、路線線形や地形、地質、気象、交差物件等の外部的な諸条件、使用目的との適合性、構造物の安全性、耐久性、維持管理の確実性及び容易さ、施工品質の確保、環境との調和、経済性を考慮し、加えて地域の防災計画や関連する道路網の計画とも整合するように、架橋位置及び橋の形式の選定を行わなければならない。

15. 交差物件との関係

【道示 I. P15-16】 条文

架橋位置、支間割、橋脚位置、橋脚形状、橋下空間等は、使用目的との適合性、構造物の安全性、耐久性、維持管理の確実性及び容易さ、施工品質の確保、環境との調和、経済性を考慮し、また、交差物件の管理者と十分協議して定めなければならない。

16. 構造設計上の配慮事項

【道示 I. P22-23】 条文

(1) 橋の設計にあたっては、1) から 5) の観点等について構造設計上配慮できる事項と構造設計への反映方法を総合的に検討し、必要に応じて、設計上配慮できる事項を橋の構造設計に反映する。

- 1) 施工品質の確認の確実性及び容易さの観点
- 2) 橋の一部の部材や接合部の損傷等が原因となって崩壊等の橋の致命的な状態となる可能性及び橋の機能の回復が困難になる可能性の観点
- 3) 地域の防災計画や関連する道路網の計画との整合性の観点
- 4) 維持管理の実施の確実性及び容易さの観点
- 5) 経済性の観点

(2) 少なくとも、1) から 5) について構造設計上配慮できる事項を検討することを標準とする。

- 1) 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。
- 2) 橋の一部の部材や接合部の損傷等が原因となって崩壊等の橋の致命的な状態となる可能性に対して、補完性又は代替性を考慮した部材の配置を行うこと、一旦発生すると制御困難な現象の防止策を設けること、又は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を設置すること等の致命的な状態を回避するための配慮。
- 3) 橋の一部の部材や接合部の損傷等が原因となって橋の機能の回復が困難になる可能性に対する部材等の修繕や更新の実現性への配慮。特に設計供用期間中に更新することを想定する部材については、更新が確実かつできるだけ容易に行うことができる構造とするための配慮。
- 4) 設計供用期間中の点検及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。
- 5) 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暴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。

17. 架橋位置と形式の選定において耐震設計上考慮する事項

【道示 V. P4】 条文

橋の耐震設計にあたっては、想定される地震によって生じ得る津波、斜面崩壊等及び断層変位に対して、これらの影響を受けないよう架橋位置又は橋の形式の選定を行うことを標準とする。なお、やむを得ずこれらの影響を受ける架橋位置又は橋の形式となる場合には、少なくとも致命的な被害が生じにくくなるような構造とする等、地域の防災計画等とも整合するために必要な対策を講じなければならない。

参考資料Ⅱ. 災害事例に学ぶ道路および橋の計画・設計への配慮事項 (4.3 補足資料)

(1) 阿蘇長陽大橋

阿蘇長陽大橋の一般図を図-Ⅱ.1に示す

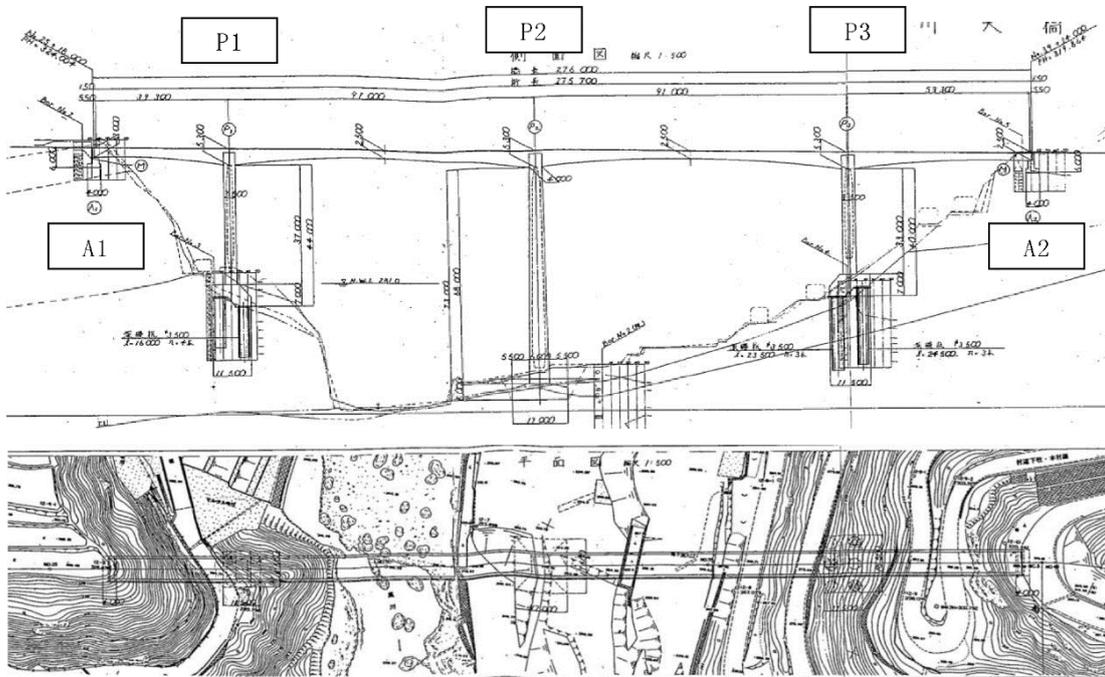


図-Ⅱ.1 阿蘇長陽大橋一般図¹⁾

(出典：国土技術政策総合研究所：熊本地震土木施設被害調査報告、資料第967号、p.328、2017.3)

阿蘇長陽大橋の被災状況を写真-Ⅱ.1、写真-Ⅱ.2に示す。



写真-Ⅱ.1 阿蘇長陽大橋の被災状況²⁾

(出典：今村隆浩：熊本地震により被災した阿蘇長陽大橋の復旧、公益自主事業(九州技報)第62号、2018.3)



(a) 阿蘇長陽大橋 (12月16日撮影)



(b) A1橋台北側斜面の崩落
(4月18日撮影)



(c) A1橋台の損傷
(4月18日撮影)

写真-Ⅱ.2 阿蘇長陽大橋 A1 橋台の被災状況¹⁾

(出典：国土技術政策総合研究所：熊本地震土木施設被害調査報告、資料第967号、pp.329-330、2017.3)

阿蘇長陽大橋の復旧詳細を図-Ⅱ.2～図-Ⅱ.4に、復旧開通直後の状況を写真-Ⅱ.3に示す。

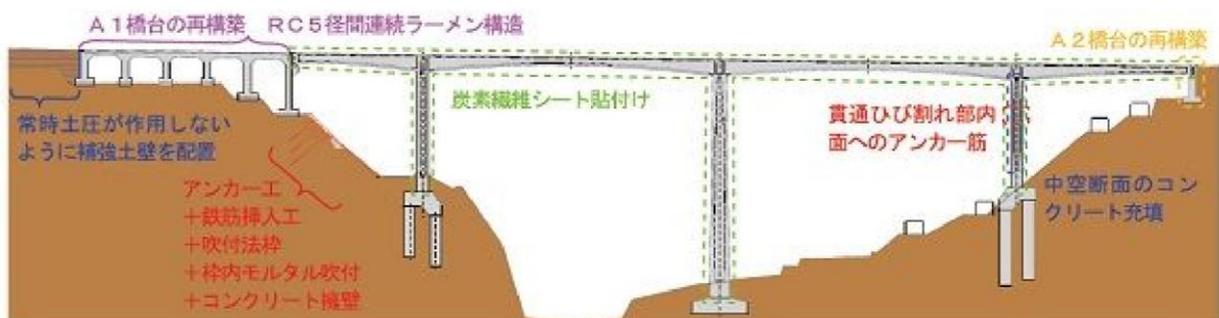


図-Ⅱ.2 阿蘇長陽大橋の復旧設計の概要²⁾

(出典：今村隆浩：熊本地震により被災した阿蘇長陽大橋の復旧、公益自主事業（九州技報）第62号、2018.3)



図-Ⅱ.3 阿蘇長陽大橋 A1 橋台の再構築²⁾

(出典：今村隆浩：熊本地震により被災した阿蘇長陽大橋の復旧、公益自主事業（九州技報）第62号、2018.3)



図-Ⅱ.4 阿蘇長陽大橋のA1橋台復旧状況³⁾

(出典：堤祥一、福原茂、松尾和敏、雨郡智也：熊本地震により被災した阿蘇長陽大橋の復旧について、
[http://www.qsr.mlit.go.jp/useful/n-shiryo/kikaku/kenkyu/h30/01/1_08\(27\).pdf](http://www.qsr.mlit.go.jp/useful/n-shiryo/kikaku/kenkyu/h30/01/1_08(27).pdf))



写真-Ⅱ.3 阿蘇長陽大橋の復旧開通直後の状況³⁾

(出典：今村隆浩：熊本地震により被災した阿蘇長陽大橋の復旧、公益自主事業（九州技報）第62号、2018.3)

(2) 阿蘇大橋

旧阿蘇大橋の一般図を図-Ⅱ.5に示す。

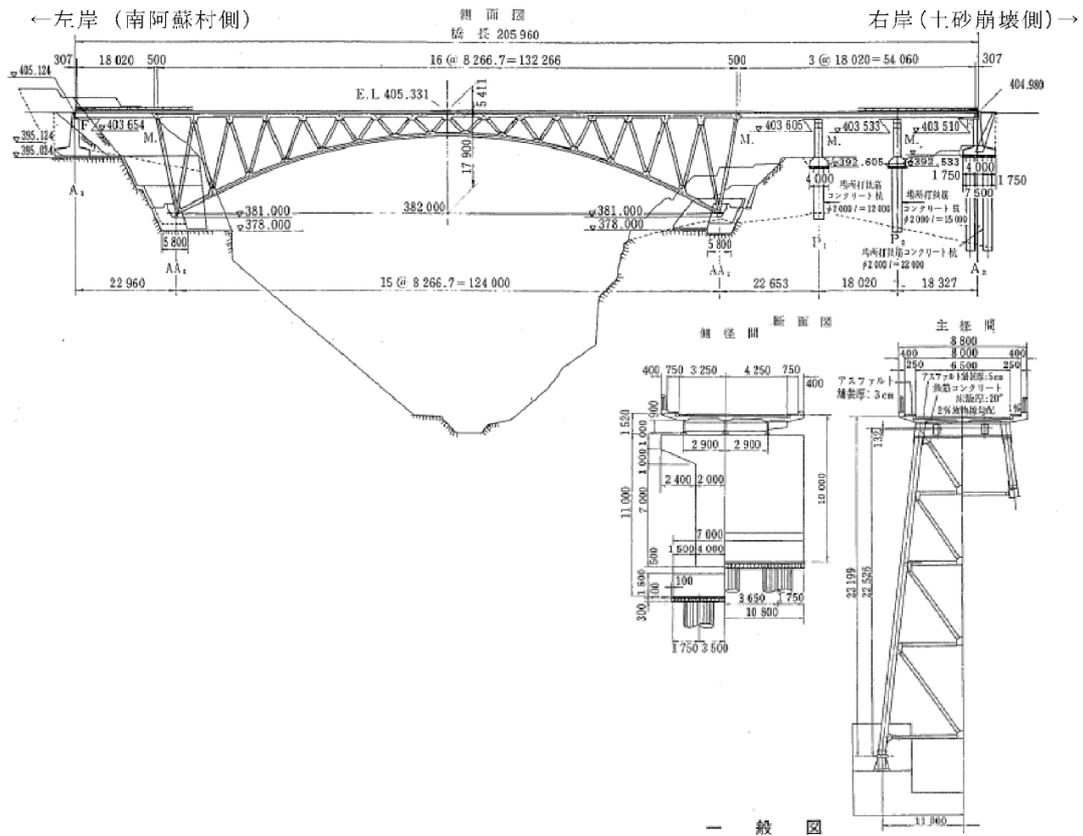
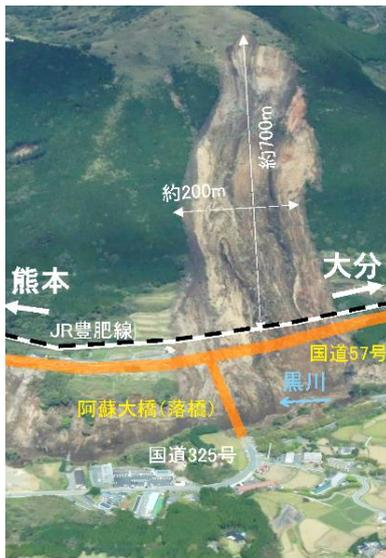


図-Ⅱ.5 旧阿蘇大橋一般図⁴⁾

(出典：国土技術政策総合研究所：熊本地震土木施設被害調査報告、資料第967号、p.225、2017.3)

阿蘇大橋の被災状況を写真-Ⅱ.4に、復旧全景を写真-Ⅱ.5に示す。



(a) 大規模斜面崩落および阿蘇大橋周辺の状況



(b) A2 橋台 (正面) (右岸側から撮影)
上部構造の落下状況

写真-Ⅱ.4 阿蘇大橋被災状況⁴⁾

(出典：国土技術政策総合研究所：熊本地震土木施設被害調査報告、資料第967号、pp.226, 228、2017.3)



写真-Ⅱ.5 阿蘇大橋復旧全景⁵⁾

(出典：国道325号阿蘇大橋上下部工事(新阿蘇大橋渡河部)、日本建設業連合会HP、
<https://www.nikkenren.com/doboku/prize/award/article/fuwTHUNaiTcZpaKePKcdVJR>)

(3) 立川橋

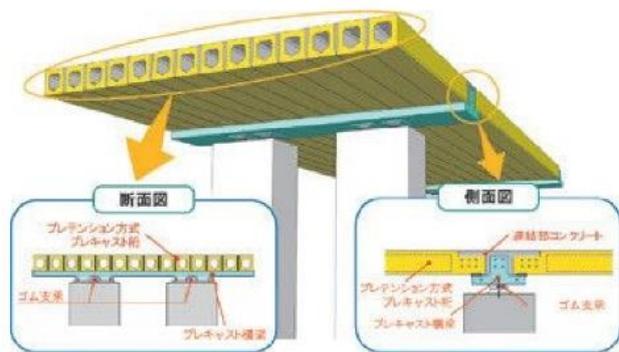
立川橋の被災状況と復旧状況を写真-Ⅱ.6に示す。



写真-Ⅱ.6 立川橋の被災と復旧状況図⁶⁾

(出典：豪雨災害により流出した高速道路本線橋の早期復旧(高知自動車道立川橋他災害復旧工事)、日本建設業連合会HP、
<https://www.nikkenren.com/doboku/syakaishihon/jirei/article.html?token=20220221162016tXJOYkIBvfNVrMFCNegpEjpBHMGNUKoK>)

立川橋の上部構造の復旧状況を図-Ⅱ.6に示す。



(a) プレキャストプレテンホール桁橋 (SCBR 工法)



(b) 架設桁による上部工架設状況

図-Ⅱ.6 立川橋の復旧⁷⁾

(出典：高知自動車道立川橋の被災状況と早期復旧に向けた取り組みについて、積算資料 2019 年 11 月号 /写真提供：西日本高速道路株式会社)

立川橋の復旧では橋の構造で災害リスクの低減を図れなかったことから、斜面对策によりリスク低減が図られている。対策内容を図-Ⅱ.7に示す。



仮に未崩壊の近接斜面が崩落しても、橋梁上に崩落土砂が堆積し上部工を破壊させないよう、崩落土砂の流向を変えるための流向制御工が検討された。地形等のデータを用いて流向シミュレーションを行い、流向制御工で崩落土砂の流向を制御し、高速道路に影響ないことが確認された。

図-Ⅱ.7 立川橋の復旧時のリスク低減対策⁷⁾

(出典：高知自動車道立川橋の被災状況と早期復旧に向けた取り組みについて、積算資料 2019 年 11 月号 /写真提供：西日本高速道路株式会社)

(4) 旧原田橋（吊橋）

旧原田橋の通行止めの原因となった損傷状況を写真-Ⅱ.7に示す。



写真-Ⅱ.7 旧原田橋の損傷状況⁸⁾

(出典：亀山誠司、平松貴彦、松村寿男：供用後57年を経過した鋼吊橋の補強ケーブルによる追加対策工と長期観測—原田橋 緊急復旧工事・動態監視—、技報たきがみ VOL. 30、pp. 11-13、2013)

新原田橋架設中の斜面崩壊による新旧原田橋の被災状況を写真-Ⅱ.8に示す。

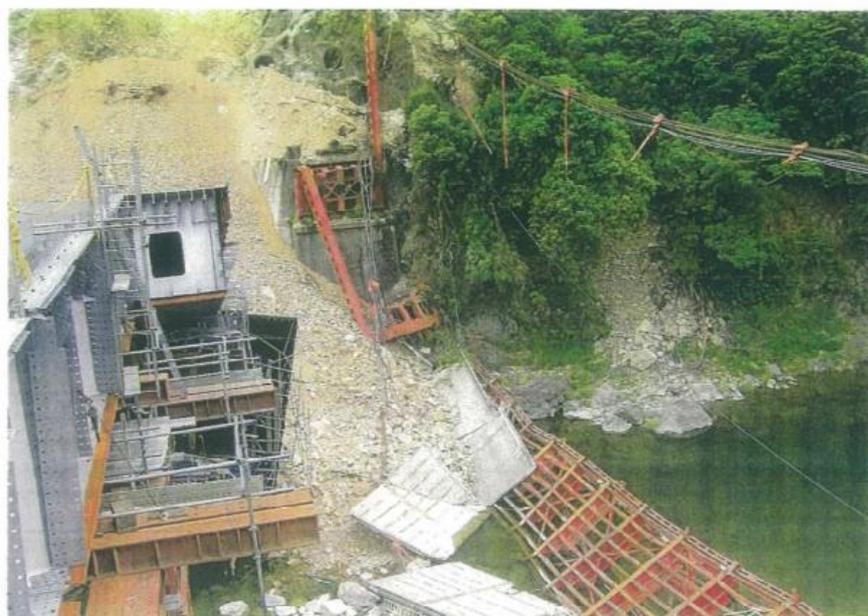


写真-Ⅱ.8 架設中の新原田橋（左）、旧原田橋（右）の被災状況
(提供：瀧上工業株式会社)

(5) 折立橋（豪雨による流出）

折立橋の上空からの被災の状況を写真-Ⅱ.9に示す。



写真-Ⅱ.9 折立橋の被災状況⁹⁾

(出典：国土交通省近畿地方整備局：平成23年10月30日(日)午前7時折立橋が開通！、記者発表資料2011.10.28
https://www.kkr.mlit.go.jp/road/ir/kisya_pdf/23_n_x/20111028_01.pdf)

折立橋の復旧後の写真を写真-Ⅱ.10に示す。下弦材位置を取り付け位置（旧橋位置）より高くして河川増水時のリスクを少しでも低減しようという工夫がされているのがわかる。



写真-Ⅱ.10 折立橋の復旧後の写真¹⁰⁾

(出典：日本橋梁建設協会、橋梁年鑑(平成27年版))

(6) 関西国際空港連絡橋の被災（台風による船舶衝突）

関西国際空港連絡橋の船舶衝突による桁移動の状況を図-Ⅱ.8に示す。

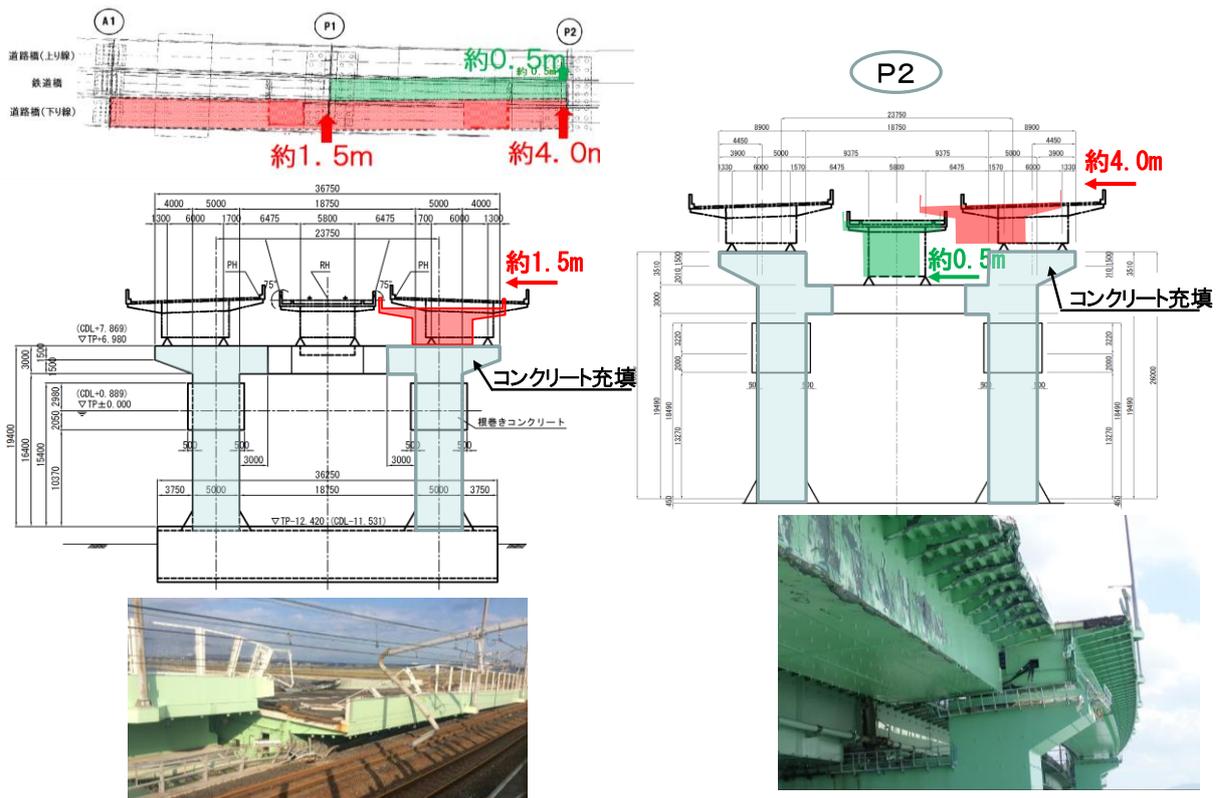


図-Ⅱ.8 桁の移動と傷状況
(提供：西日本高速道路株式会社)

A1-P1間の桁の損傷状況を写真-Ⅱ.11に、P1-P2間の桁の損傷状況を写真-Ⅱ.12に示す。

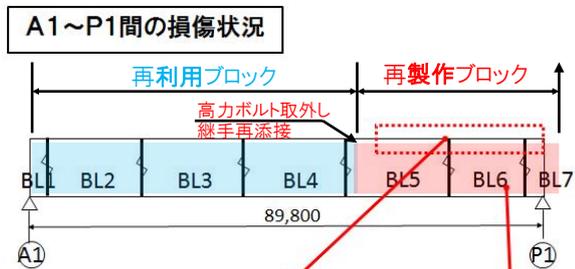


写真-Ⅱ.11 A1-P1間桁の損傷状況
(提供：西日本高速道路株式会社)



写真-Ⅱ. 12 P1-P2 間桁の損傷状況
(提供：西日本高速道路株式会社)

A1-P1 間の損傷が軽微な範囲については補修による再利用とされた。桁の再利用状況について写真-Ⅱ. 13 に示す。



撤去桁(陸上げ後)



ブラケット破断変形



BL6 BL7



ウェブ破断、変形



ウェブ破断、変形

P1 付近に一部損傷が見られるが、
桁の一部は再利用が可能と判断し、残りの部分を再製作する

写真-Ⅱ. 13 A1-P1 桁の再利用範囲
(提供：西日本高速道路株式会社)

(7) 豪雨による流出（球磨川流域の被害）

令和2(2020)年の熊本県南部の豪雨による球磨川流域の流失した橋の一覧表を表-Ⅱ.1に示す。

表-Ⅱ.1 流失橋梁の一覧¹¹⁾

NO.	橋梁名	種別	建設年	橋齢(年)	橋長(m)	幅員(m)	上部工形式	損傷種別
1	深水橋（ふかみ）	道路	1966	54	154.9	4.2	ランガーアーチ橋	流失
2	坂本橋（さかもと）		1954	66	120.9	4.9	トラス橋	流失
3	鎌瀬橋（かませ）		1955	65	113.2	6.1	ローゼアーチ橋	流失
4	神瀬橋（こうのせ）		1934	86	112.2	5.5	RC+鈹桁橋	流失
5	相良橋（さがら）		1935	85	132	6.3	トラス橋	流失
6	西瀬橋（にしぜ）		1967	53	174	6.1	トラス橋	一部流失
7	麓橋（ふもと）		1967	53	21.9	4.8	鈹桁橋	流失
8	大瀬橋（おおせ）		1984	36	100	3.2	トラス橋	流失
9	松本橋（まつもと）		1984	36	90	3.2	PC橋	流失
10	糸原橋（いとはら）		1968	52	19.2	4.5	RC橋	流失
11	沖鶴橋（おきづる）		1983	37	179.4	5	PC橋	流失
12	新村橋（しんむら）		1964	56	120	1.8	鋼吊橋	流失
13	永椎橋（ながしい）		1968	52	15.7	4.2	RC橋	流失
14	松舟橋（まつふね）		1935	85	9.5	4.6	RC橋	橋脚流失
15	下大野川4号橋（しもおおのがわ）		不明		13.2	4.1	PC橋	橋脚流失
16	足算瀬橋（あしかんぜ）		1932	88	54.3	5.4	PCT橋・鋼桁	一部流失
17	球磨川第一橋梁（くまがわ）	鉄道	1908	112	205.3		トラス橋	流失
18	球磨川第二橋梁（くまがわ）		1908	112	179.7		トラス橋	流失
19	球磨川第四橋梁（くまがわ）		1937	83	322		鋼橋	流失

(出典：松村政秀、浅井光輝、岩坪要、梶田幸秀、森山仁志：令和2年7月豪雨に伴う球磨川流域の橋梁被害、橋梁と基礎、2021.9)

(8) 橋脚の洗堀

1) 法雲寺橋

令和元(2019)10月の台風19号に伴う豪雨で橋脚の一部に洗堀が発生した法雲寺橋の被災状況を写真-Ⅱ.14に示す。



写真-Ⅱ.14 法雲寺橋橋脚沈下状況¹²⁾

(出典：国土交通省関東地方整備局：国道20号「法雲寺橋」に関する復旧状況について【第17報】、記者発表資料、2019.11.26)

2) 日野橋

日野橋（一般都道八王子国立線甲州街道）も、法雲寺橋と同様に台風 19 号に伴う多摩川の増水により橋脚の洗堀による沈下が生じ、通行止めとなった。日野橋の一般図と被災橋脚位置を図-Ⅱ.9 に示す。応急復旧は被災橋脚 P5 と当該径間の既設の単純鋼床版鉄桁 2 連を撤去し、P4-P6 間の 2 径間分を既設桁に支承位置と桁本数を合わせ、上部工反力を極力抑え、かつ短工期で施工可能な単純鋼床版鉄桁で復旧した¹³⁾。図-Ⅱ.10 に復旧概要図を示す。

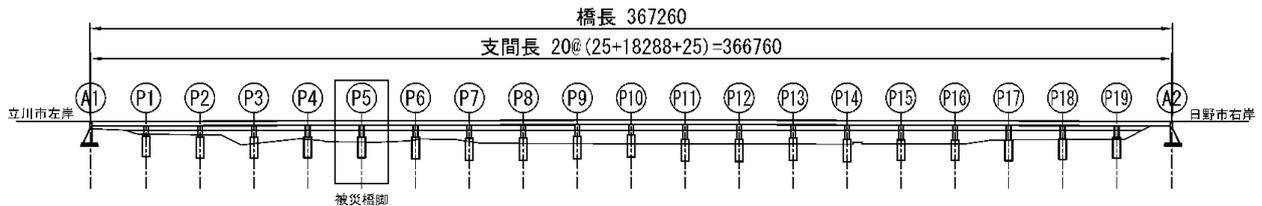


図-Ⅱ.9 日野橋一般図 と被災橋脚位置¹³⁾

(出典：高橋翔平、鈴木智洋、小坂井崇、福島博昭、坂下悟、古川謙一郎：令和元年の台風 19 号で被災した日野橋の復旧における計画・設計・施工、橋梁と基礎、2021.6)

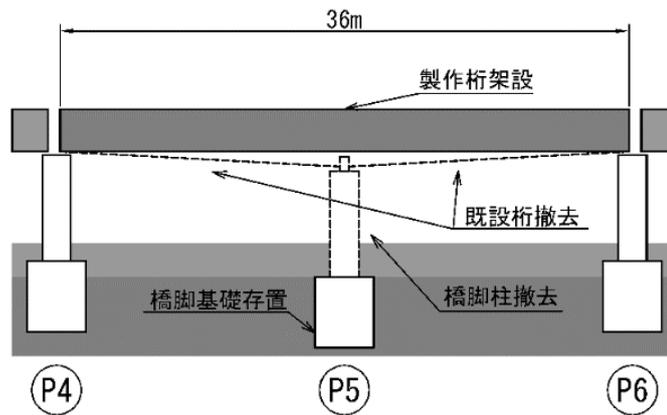


図-Ⅱ.10 日野橋応急復旧概要図¹³⁾

(出典：高橋翔平、鈴木智洋、小坂井崇、福島博昭、坂下悟、古川謙一郎：令和元年の台風 19 号で被災した日野橋の復旧における計画・設計・施工、橋梁と基礎、2021.6)

日野橋は令和 2（2020）年 5 月 12 日に通行止めが解除されたが、同年 11 月には架け替え整備が開始されている。新橋は流出リスクを極力低減した 3 径間連続合成斜張橋形式の予定となっている。図-Ⅱ.11 に日野橋の架け替え予定の状況を示す。

日野橋の経緯とこれから



図-Ⅱ.11 日野橋架け替え予定図¹⁴⁾

(出典：東京都建設局 HP：日野橋架替事業及び 仮橋設置工事について、
<https://www.kensetsu.metro.tokyo.lg.jp/content/000049709.pdf>)

(9) 雪害

積雪地域で下路アーチ橋形式を採用した場合の雪害対策の事例として大屋川橋（兵庫県養父市、下路ニールセンローゼ橋）が挙げられる。当該橋での対策の概要を写真-Ⅱ.15 に示す¹⁵⁾。



写真-Ⅱ.15 大屋川橋の滑雪、融雪対策¹⁵⁾

(出典：小西日出幸、掘井滋則：橋梁における寒冷地対策の取組み、橋梁と基礎、p. 39、2016. 2)

引用・参考文献

- 1) 国土技術政策総合研究所：熊本地震土木施設被害調査報告、国総研資料第 967 号、pp. 328-330、2017. 3
- 2) 今村隆浩：熊本地震により被災した阿蘇長陽大橋の復旧、公益自主事業（九州技報）第 62 号、2018. 3
- 3) 堤祥一、福原茂、松尾和敏、雨郡智也：熊本地震により被災した阿蘇長陽大橋の復旧について、
[http://www.qsr.mlit.go.jp/useful/n-shiryō/kikaku/kenkyu/h30/01/1_08\(27\).pdf](http://www.qsr.mlit.go.jp/useful/n-shiryō/kikaku/kenkyu/h30/01/1_08(27).pdf)
- 4) 国土技術政策総合研究所：熊本地震土木施設被害調査報告、国総研資料第 967 号、pp. 225-228、2017. 3
- 5) 国道 325 号阿蘇大橋上下部工事（新阿蘇大橋渡河部）、日本建設業連合会 HP、
<https://www.nikkenren.com/doboku/prize/award/article/fuwTHUNaiTcZpaKePKcdVJR>
- 6) 豪雨災害により流出した高速道路本線橋の早期復旧（高知自動車道立川橋他災害復旧工事）、日本建設業連合会 HP、
<https://www.nikkenren.com/doboku/syakaishihon/jirei/article.html?token=20220221162016tXJOYk1BvfNvrMFCNegpE.jpBHMGNUKoK>
- 7) 高知自動車道立川橋の被災状況と早期復旧に向けた取り組みについて、積算資料 2019 年 11 月号
- 8) 亀山誠司、平松貴彦、松村寿男：供用後 57 年を経過した鋼吊橋の補強ケーブルによる追加対策工と長期観測—原田橋 緊急復旧工事・動態監視—、技報たきがみ VOL. 30、pp. 11-13、2013
- 9) 国土交通省近畿地方整備局：平成 23 年 10 月 30 日（日）午前 7 時折立橋が開通！、記者発表資料 2011. 10. 28
https://www.kkr.mlit.go.jp/road/ir/kisya_pdf/23_n_x/20111028_01.pdf
- 10) 日本橋梁建設協会：橋梁年鑑（平成 27 年版）
- 11) 松村政秀、浅井光輝、岩坪要、梶田幸秀、森山仁志：令和 2 年 7 月豪雨に伴う球磨川流域の橋梁被害、橋梁と基礎、2021. 9
- 12) 国土交通省関東地方整備局：国道 20 号「法雲寺橋」に関する復旧状況について【第 17 報】、記者発表資料、2019. 11. 26
- 13) 高橋翔平、鈴木智洋、小坂井崇、福島博昭、坂下悟、古川謙一郎：令和元年の台風 19 号で被災した日野橋の復旧における計画・設計・施工、橋梁と基礎、2021. 6
- 14) 東京都建設局 HP：日野橋架替事業及び 仮橋設置工事について、
<https://www.kensetsu.metro.tokyo.lg.jp/content/000049709.pdf>
- 15) 小西日出幸、掘井滋則：橋梁における寒冷地対策の取組み、橋梁と基礎、p. 39、2016. 2

参考資料Ⅲ. 基本条件および固有条件の参考例

橋の形式選定を行うにあたり、橋梁計画の前提条件や架橋位置特有の条件を設定し、そこから必須な条件となる基本条件およびリスク評価と対応方針をまとめた固有条件の提示を以下の対象橋梁で実施したので参考例として示す。なお、本参考例は、設計条件に架空・仮定も加えて資料を分かりやすくしており、実設計を忠実に条件整理したものではない。

【対象橋梁：国土交通省近畿地方整備局 すさみ串本道路 二色川橋】

表-Ⅲ.1 基本条件表（参考例）その1

項目	設計条件	形式選定配慮事項
<p>1. 前提条件</p> <p>(1) 橋の重要度</p> <p>①路線名</p> <p>②道路区分：道路の種級区分</p> <p>③物流ネットワーク上の位置付け</p> <ul style="list-style-type: none"> ・重要物流道路の指定の有無 ・重さ指定道路の有無 ・高さ指定道路の有無 <p>④防災計画上の位置付け</p> <ul style="list-style-type: none"> ・緊急輸送路の指定の有無 ・津波警戒計画の指定の有無 <p>⑤耐震設計上の橋の重要度</p> <p>⑥路線の代替性</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本橋災害時の迂回路の有無 ・迂回路の制約条件 ・本橋が迂回路となった場合の制約条件 <p>(2) 設計供用期間（部材等の設計耐久期間）</p> <p>①主桁</p> <p>②床版</p> <p>③下部構造</p> <p>④基礎構造</p>	<p>一般国道 42 号 すさみ串本道路 第 1 種第 3 級</p> <p>有 有 有</p> <p>有 付近指定有（本道路は、予測される津波高を回避できる高さで計画しており、津波発生時の一時的な避難場所として機能）</p> <p>B 種の橋</p> <p>迂回路無（災害時に被災リスクが高い旧国道 42 号の代替え路線として整備されているため本橋災害時は旧国道も災害を受けている可能性大）</p> <p>— 制約条件無</p> <p>鋼桁：100 年（塗替え塗装による維持管理前提）</p> <p>合成床版：100 年（床版防水実施）</p> <p>RC 橋脚：100 年 場所打ち杭：100 年 柱状体深礎杭：100 年</p>	<p>当該道路は物流ネットワークや防災計画上の観点より重要度の高い路線と位置付けられる。また、迂回路も無いため想定される災害リスクを洗い出し、リスク評価・対応方針を明確化する必要がある。</p> <p>C-5 塗装系を標準。交差物等で塗替えが容易でない場合は、金属溶射を検討</p> <p>舗装レベリング層の切削オーバーレイを実施する場合は、床版防水も再施工必要</p>

<p>⑤付属物</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 支承 ・ 伸縮装置 ・ 高欄 ・ 排水管 ・ 検査路 ・ 添架管路 	<p>免震支承・反力分散支承：適宜 剛構造：100年</p> <p>鋼製フィンガージョイント：適宜 製品ジョイント：適宜</p> <p>壁高欄（RC）：適宜 鋼製高欄：適宜</p> <p>鋼製排水管：適宜</p> <p>塩化ビニル管：適宜 FRP管：適宜</p> <p>メッキ製検査路：適宜 アルミ合金・FRP検査路：適宜</p> <p>無</p>	<p>取替前提のため支承ジャッキアップ考慮必要</p> <p>取替前提。止水機能の喪失が想定されるため桁端防水・増塗塗装実施も検討</p> <p>車上眺望を重視する場合採用検討。</p> <p>塩害環境である場合は不採用</p> <p>管径φ350mm以上の場合採用</p> <p>腐食環境の場合採用検討</p> <p>詳細設計時確認必要（申し送り事項）</p>
--	--	---

表-Ⅲ.2 基本条件表（参考例）その2

項目	設計条件	形式選定配慮事項
<p>2. 架橋位置特有条件 (1) 路線条件 ①道路計画</p> <ul style="list-style-type: none"> ・計画交通量 ・計画大型車交通量 ・有効幅員 ・拡幅計画 ・非常駐車帯 ・計画管路等 <p>②交差条件</p> <ul style="list-style-type: none"> ・二級河川二色川（測点：170+40） ・歩行者道路（測点：170+40） ・JR紀伊本線（測点：171+90） ・町道二色線（測点：172+70） ・高旗谷川右岸側管理用通路（測点：173+24） 	<p>7,200 台/日 1,400 台/日 12.00 (1.75+3.5+1.5+3.5+1.75) 無 計画有（測点 171+70 上下） 無</p> <p>河幅：7.959m（CAD 読み取り） 将来計画：無 離隔条件：フーチング底面は堤防地盤線より下とする。</p> <p>道路規格：確認必要 道路幅員：1.80m 建築限界：2.50m 将来拡幅計画：無 埋設物：無 架空線：無 離隔条件：側方 500mm 程度離隔、土被り 1200mm 確保</p> <p>軌道幅：3.80m 建築限界：5.05m 桁下制限高：確認中 側方：制限範囲（Ⅲ）に躯体を設置しない。</p> <p>道路規格：確認必要 道路幅員：3.00m 建築限界：4.70m 将来拡幅計画：無 埋設物：無 架空線：無 離隔条件：側方 500mm 程度離隔 土被り 東側 1200mm、西側 500mm 確保</p> <p>道路規格：確認必要 道路幅員：2.00m 建築限界：3.20m 将来拡幅計画：無 埋設物：無 架空線：無</p>	<p>詳細設計時確認必要（申し送り事項）</p> <p>協議先（和歌山県東牟婁振興局）</p> <p>コントロールとしない。（切回し前提） 協議先（確認必要）</p> <p>近接影響：要協議必要 協議先（JR 西日本）</p> <p>協議先（串本町）</p> <p>協議先（和歌山県東牟婁振興局）</p>

<p>・高旗谷川（測点：173+26）</p>	<p>離隔条件：側方 500mm 程度離隔 土被り 500mm 確保</p> <p>河幅：3.0m（現地計測） 将来計画：無 離隔条件：フーチング底面は堤防地盤線より下とする。</p>	<p>協議先（和歌山県東牟婁振興局）</p>
<p>・高旗谷川左岸側管理用通路（測点：173+30）</p>	<p>道路規格：確認必要 道路幅員：2.00m 建築限界：2.50m 将来拡幅計画：無 埋設物：無 架空線：無 離隔条件：土被り 500mm 以上確保</p>	<p>協議先（和歌山県東牟婁振興局）</p>
<p>（2）自然環境条件</p>		
<p>①地形・地質条件</p>	<p>急峻な山地に挟まれた田園地帯</p>	<p>両橋台が急峻な斜面に設置</p>
<p>②気象条件</p>	<p>一般地域</p>	
<p>③海岸からの距離</p>	<p>2 km 以内（飛来塩分による塩害）</p>	<p>道示上では、海岸から 200m 以上で塩害影響無。鋼桁構造の場合、影響無だが海岸線に近接するため、耐候性鋼材の使用を控える</p>
<p>④凍結防止剤散布想定有無</p>	<p>想定無</p>	
<p>⑤積雪量</p>	<p>無</p>	
<p>⑥凍害の影響</p>	<p>無</p>	
<p>⑦降雨強度</p>	<p>70mm/h</p>	
<p>⑧地下水位</p>	<p>深度 2.6～4.1m</p>	
<p>（3）周辺環境</p>		
<p>①用途地域</p>	<p>確認必要</p>	
<p>②周辺施設の有無</p>	<p>学校等周辺施設無</p>	
<p>③隣接地状況</p>	<p>水田 近接民家有</p>	<p>用地境界から離隔 9.5m</p>
<p>④騒音予測</p>	<p>完成時：不要 施工時：評価基準超過</p>	<p>近接民家に対して施工時および完成時における騒音予測実施。施工時は基準超過するため低騒音型建設機械の利用や防音シート等の対策必要</p>
<p>⑤振動予測</p>	<p>施工時：評価基準下回る</p>	<p>近接民家に対して施工時における振動予測実施</p>
<p>⑥日照阻害</p>	<p>日照阻害補償対象（5 時間以上日影）</p>	<p>近接民家に対して完成後の日照阻害予測実施必要</p>

⑦希少野生動植物状況	無	付近に希少野生動植物が無い ため 施工方法への影響無
⑧交差河川利用状況	漁業権等制約無	
(4) 使用材料の条件特性および製造に関する条件		
①コンクリートプラントの立地	架橋位置から 10 k m JIS 認証工場有	※但し、早強コンクリート製造不可
②混和材の取り扱い	高炉スラブ：可能 フライアッシュ：不可	
③プレキャスト工場	架橋位置から 100 k m 有	プレキャスト床版製造工場 3 箇所有
(5) 施工に関する条件		
①工事用道路の有無	起点～No171+90(JR 紀勢本線)：無 No171+90(JR 紀勢本線)～終点：無	工事用道路整備必要(借地必要) 町道二色線は線形・幅員より資機材搬入は不可と判断。本線より仮 栈橋でアプローチを計画
②周辺施設の有無	近接民家有(北側)	近接民家に配慮した施工・架設計画 検討(No171+90～終点は南側仮 栈橋から架設)、借地必要
③地形地質条件	両橋台付近急峻地形 二色川付近は支持層が深くなっている	施工方法要検討 支持層が傾斜しているため、ジャ ストボーリング必要。基礎形式要 比較検討
④隣接地の状況	田・畑	隣接田畑は地組ヤード、工事用道 路、施工ヤードとして使用するた め、借地必要。借地可否により施 工方法に影響。
⑤当該箇所前後の構造	起点：トンネル 終点：トンネル	起点側 A 1 橋台は T N 掘削完了 後、背面側から施工実施。 終点側は当該橋梁の本線工事用道 路として利用するため、終点側 T N を先行施工必要。
⑥路線施工計画上の当該橋梁位置付け	施工後、工事用道路として利用	
⑦施工期間等制約の有無	二色川：非出水期施工 J R 紀勢線：制限範囲(Ⅲ)に躯体を 設置しなければ通年施工可能	工事用仮栈橋：非出水期施工 近接橋脚：土留など河川区域と干 渉する場合、管理者と要協議 制限範囲(Ⅲ)内に躯体を設置し ない。要注意範囲(Ⅱ)内の施工 については管理者と要協議

⑧交差物の施工制限	J R 紀勢線：起電停止中の架設必要	一括架設が必要なため鋼橋が有力
(6) 景観に関する条件		
①色彩条件制限	確認必要	地方自治体協議必要。詳細設計時、桁色等に反映
②景観性配慮有無	有	付属物設置位置などは景観に配慮
(7) 維持管理計画		
①交差物の維持管理に係る制約条件	J R 紀勢線との離隔：道路計画高さから約 20m 有	J R 建築限界 5.05m のため桁高制限無。維持管理スペースも十分に取れている。
	町道二色線との離隔：道路計画高さから約 20m 有	維持管理制約条件無
②点検計画の有無	未検討	詳細設計で実施
③支承交換計画の有無	有	ジャッキアップ補強・スペースの確保
④落下可能性の有無	コンクリート片の落下 RC 床版・PC 床版：有	離隔範囲内の剥落対策
	落下物防止柵 (JR 上)：有	落下対策実施 (フェールセーフ)
⑤除雪等計画の有無	無	

表-III.3 固有条件表（参考例）その1

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	リスク評価					対応方針			引継ぎ事項		
				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						
1. 自然現象に起因する災害リスク														
斜面崩壊	A1 橋台	有	緩み岩盤	施工中、供用後	H26地質調査で緩み岩盤による定着不足が懸念されていたが、その後の追加調査で緩み岩盤は確認されていない。	小	緩み岩盤による定着不足により橋台の安定性が確保できないため構造形式の変更が必要	施工中に構造形式変更は困難。	大	小・大=象限2	予備設計時	追加ボーリングで緩み岩盤の分布の可能性が低く、計画位置の橋台設置は問題無		申し送り事項：詳細設計前に追加ボーリングの実施。
										詳細設計時	詳細設計前に斜面上であるため、複数個所の支持層確認、緩み岩盤の有無の確認を実施	費用=小 効果=大		
										施工時	フーチング床付け面の確認			
	A2 橋台	有	流れ盤系統の割れ目系、割れ目によるすべり	施工中、供用後	H26地質調査で流れ盤系統の割れ目系が懸念されていたが、その後の追加調査ですべりが発生するような岩盤が分布する可能性は低い。ただし、直交する割れ目があるため、掘削時の崩壊に留意必要	小	流れ盤系統の割れ目系により、橋台近傍ののり面のすべりの懸念があり構造形式の変更が必要	施工中に構造形式変更は困難。	大	小・大=象限2	予備設計時	追加ボーリングで緩み岩盤の分布の可能性が低く、計画位置の橋台設置は問題無		申し送り事項：詳細設計前に追加ボーリングの実施。 施工時に掘削時の崩壊注意。
										詳細設計時	詳細設計前に斜面上であるため、複数個所の支持層確認、流れ盤系統の割れ目系の有無を確認	費用=小 効果=大		
											施工時	施工中は割れ目があるため掘削時の崩壊注意		

表-III.4 固有条件表（参考例）その2

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	リスク評価						対応方針			引継ぎ事項		
				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. 当事者の人為的ミスに起因するリスク															
協議忘れ・確認忘れ	JR紀伊本線との桁下制限、近接影響	有	予備設計段階ではJR西日本との協議未了のため、仮離隔条件で形式選定	詳細設計、施工中	詳細設計までに協議を実施し橋梁形式、設計に反映できれば可能性無	小	詳細設計の手戻り	同左	小	小・小=象限4		予備設計時	仮離隔条件で形式決定	申し送り事項：詳細設計までに桁下制限、近接影響を協議すること	
												詳細設計時	詳細設計前までにJR西日本と協議実施		費用=小 効果=大
												施工時	協議条件のとおり施工		
色彩制限条件			地方自治体協議未了	詳細設計	詳細設計までに協議すればリスク無	小	詳細設計までに実施すれば影響無	同左	小	小・小=象限4		詳細設計時	詳細設計前までに地方自治体と協議		
添架管路	有		管路添架の確認未了	詳細設計	詳細設計までに管路添架の確認を実施すればリスク無	小	詳細設計の手戻り	同左	小	小・小=象限4		詳細設計時	詳細設計までに管路の添架の確認を実施		

表-III.5 固有条件表（参考例）その3

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	リスク評価							対応方針			引継ぎ事項	
				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							
3. 当事者の想定不足・情報不足に起因するリスク															
土質調査不足	No172～172+60付近（P2橋脚付近）に推定支持層	有	推定支持層の傾斜	施工中	橋脚ジャストポイントでボーリングを実施しなければ、高止まり杭が想定される。	小	修正設計、基礎杭再施工	同左により工期延長	大	小・大=象限2		予備設計時	支持層を想定した形式決定	申し送り事項：詳細設計までに推定支持層に対応した追加ボーリングの実施	
												詳細設計時	決定した橋梁形式で追加ボーリング実施		費用=小 効果=大
												施工時			
4. 当事者以外の偶発的事故等に起因するリスク															
桁下車両等火災	桁、橋脚	無	交差道路上での火災、車両衝突	供用中											
橋脚への車両衝突															

参考資料Ⅳ. 下部構造の形式選定における留意事項 (7.2 補足資料)

1. 橋台形式選定の目安

表-Ⅳ.1 に、橋台形式選定の目安を示す。ただし、控え壁式橋台は、高さが 12m 程度以上の橋台で採用されていたが、控え壁の鉄筋やコンクリート打設に困難を伴うことに加え、裏込め部の締固めが重機のみでは難しいことから、原則採用しない。

表-Ⅳ.1 橋台形式選定の目安¹⁾

橋台形式	高さ (m)			備考
	10	20	30	
重力式橋台	3 5			
逆 T 式	5	15		
控え壁式		12 15		
ラーメン		15		
箱式		12		
盛りこぼし	h H	5 7 10		

(出典：国土交通省近畿地方整備局：設計便覧（案）第3編 道路編 第7章 橋梁下部工、p. 7-3)

2. 橋台背面アプローチ部に段差が生じた事例

山岳部や用地制約の厳しい条件において、適用事例が多く、一般的な盛土よりも高い耐震性を有する補強土や、軟弱な地盤上の場合に採用される軽量盛土は、地震時挙動が橋台とは異なるため、盛土と橋の境界で路面に段差が生じ、災害後の速やかな交通機能の回復に支障をきたした事例が生じている (写真-Ⅳ.1)。



写真-Ⅳ.1 橋台背面アプローチ部の段差事例²⁾

(出典：宮武裕昭、藤田智弘：補強土壁における点検手法の構築に向けた取組み、土木技術資料 57-8、(一財) 土木研究センター、p. 14、2015. 8)

3. ロッキング橋脚

ロッキング橋脚は、単独では自立できず、変位が生じると不安定状態となりやすい特殊な構造であり、支承部や横変位拘束構造等の部分的な破壊が落橋・倒壊などの致命的な被害につながる可能性がある(図-IV.1、写真-IV.2)。

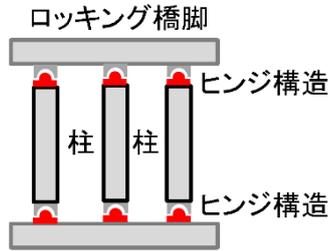


図-IV.1 ロッキング橋脚³⁾

写真-IV.2 ロッキング橋脚の落橋³⁾

(出典：国土交通省社会資本整備審議会 道路分科会：第57回基本政策部会 配布資料3-3、2016.11)

4. 基礎形式選定の目安

地盤条件は、軟弱層や液状化層の有無、れき径等の支持層までの状態のほか、支持層の深度や土質、傾斜、地下水の状態等を考慮する。また、施工条件としては、作業空間や騒音・振動などの周辺環境を考慮する必要がある。表-IV.2に、各基礎形式の適用性の目安を示す。

表-IV.2 基礎形式選定の目安⁴⁾

基礎形式	適用条件	杭基礎										深礎基礎	ケーソン基礎	鋼管矢板基礎(打込み工法)	地中連続壁基礎		
		直接基礎	打込み杭工法		中掘り杭工法				場所打ち杭工法		鋼管ソイルセメント杭工法					プレキャストコンクリート杭工法	鋼管杭
			PHC杭・SC杭	鋼管杭	PHC杭・SC杭	鋼管杭	鋼管杭	鋼管杭	鋼管杭	鋼管杭							
地盤条件	支持層近傍又は中間層にごく軟弱層がある	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	中間層にごく硬い層がある	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△
	中間層にれき	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△
	にれきがある	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△
	れき径 50mm以下	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△
	れき径 50~100mm	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△
	れき径 100~500mm	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△
	液状化する地盤がある	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	支持層の深度	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	支持層の土質	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
施工条件	傾斜が大きい、層面の凹凸が激しい等、支持層の位置が同一深度では無い可能性が高い	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△
	地下水の状態	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△
	地下水水位が地表面近い	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△
	湧水量が極めて多い	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△
	地表より2m以上の被圧地下水	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△
	地下水流速3m/min以上	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△
	支持形式	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△
	水上施工	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△
	水深5m未満	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△
	水深5m以上	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△
作業空間が狭い	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	
斜杭の施工	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	
有害ガスの影響	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	
周辺環境	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	
振動騒音対策	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	
隣接構造物に対する影響	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	

○：適合性が高い
△：適合性がある
×：適合性が低い

(出典：(公社) 日本道路協会：杭基礎設計便覧、p.444、2015.3)

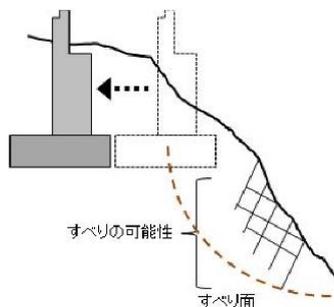
5. 斜面変状

斜面変状が生じる可能性のある地点での橋の計画および耐震設計に関する留意点は以下のとおりである。

- (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
 - ・架橋位置およ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) 斜面変状の種類および範囲と、それに応じた下部構造の設置位置、形式・形状の選定等

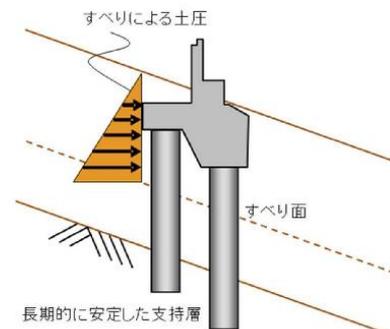
下記の1)、2)の順に検討し、1) または 2) (①, ②とも) を満たす

 - 1) 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する。)(図-IV.2(a)参照)
 - 2) 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、
 - ① 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は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)(図-IV.2(b)参照)
 - ② 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。(図-IV.2(b)参照)



斜面変状の影響を受けない位置に設定 (山側に設置)

(a) 下部構造の設置位置に関する留意点



- ・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支持層を設定
- ・変形等の生じにくい基礎を選定 (例: 組杭深礎基礎 (複数列))
- 注) 斜面安定対策 (地すべり抑止杭等) は別途実施

(b) 基礎の支持層の設定および基礎形式・形状の選定に関する留意点

図-IV.2 斜面変状の影響を受ける橋に対する下部構造の設置位置、形式・形状の選定に関する留意点
(出典:平成28年熊本地震を踏まえた橋の耐震設計に関する留意点について(事務連絡H28.9.13)⁵⁾)

6. 津波

浸水が予想される地域に計画する橋では、地域の防災計画との整合を図り、被災時の避難経路や救援・復旧活動などに支障をきたすことがなく、それぞれの橋に求められる性能が発揮できるように架橋位置や構造形式などへの配慮を行う。写真-IV.3 に、津波による橋台の被災例を示す。



写真-IV.3 津波による橋台の被災⁶⁾

(出典：国土技術政策総合研究所、(独) 土木研究所：「東日本大震災」調査報告会 道路橋の被災状況とその特徴、2011.4)

7. 軟弱地盤

N 値が 6 以下または一軸圧縮強度が $120\text{kN}/\text{m}^2$ 以下である粘性土層が存在する場合には、側方移動に関する検討を行う必要がある。側方移動を起こす基礎と起こさない基礎は、側方移動判定値 (I 値) を用いて区分することが H29 道示に規定されている。⁷⁾ 図-IV.3 に、橋台の側方移動のイメージを示す。

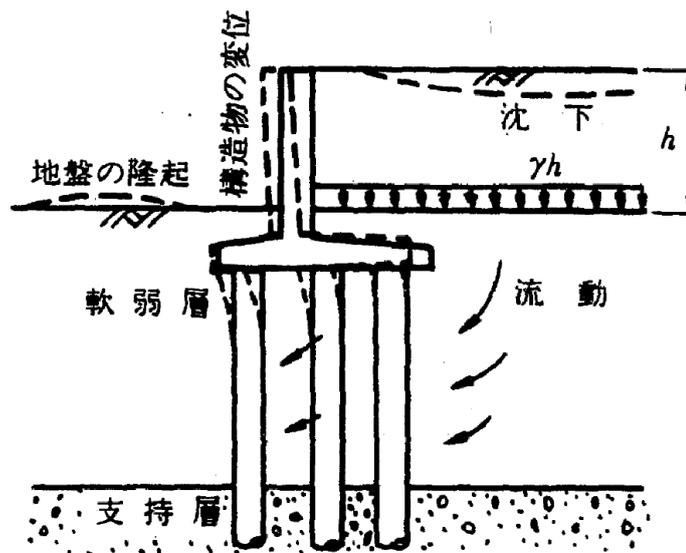


図-IV.3 橋台の側方移動⁸⁾

(出典：(公社) 日本道路協会：杭基礎設計便覧、p. 233、2020.9)

軟弱地盤にオールケーシング工法で杭を構築する場合、コンクリート打込み時において、ケーシング引抜き後の孔壁に作用する外圧（土圧、上載圧など）と内圧（コンクリート側圧など）のバランスやコンクリートの充てん不足などにより、杭径が所定の径より細くなることもある（写真-IV.4）ため、軟弱地盤では、オールケーシング工法以外の基礎工法の適用を検討する。



写真-IV.4 杭頭の細り⁹⁾

（出典：中谷昌一、玉越隆史、遠山直樹、宮田弘和、西田秀明、堺淳一：施工性の向上や施工品質の確保に関する調査研究と改定、土木技術資料 54-8、p. 29、（一財）土木研究センター、2012. 8）

引用・参考文献

- 1) 国土交通省近畿地方整備局：設計便覧（案）第3編 道路編第7章 橋梁下部工、p. 7-3
- 2) （一財）土木研究センター：土木技術資料 57-8、p. 14、2015. 8
- 3) 国土交通省社会資本整備審議会 道路分科会：第57回基本政策部会 配布資料 3-3、2016. 11
- 4) （公社）日本道路協会：杭基礎設計便覧、p. 444、2015. 3
- 5) 事務連絡（平成28年9月13日）平成28年熊本地震を踏まえた橋の耐震設計に関する留意点について
- 6) 国土技術政策総合研究所、（独）土木研究所：「東日本大震災」調査報告会 道路橋の被災状況とその特徴、2011. 4
- 7) （公社）日本道路協会：道路橋示方書・同解説IV下部構造編、2017. 11
- 8) （公社）日本道路協会：杭基礎設計便覧、p. 233、2020. 9
- 9) 中谷昌一、玉越隆史、遠山直樹、宮田弘和、西田秀明、堺淳一：施工性の向上や施工品質の確保に関する調査研究と改定、土木技術資料 54-8、p. 29、（一財）土木研究センター、2012. 8

参考資料V. 上部構造の形式選定における留意事項

1. 適用支間表の取り扱いについて

表-V.1に、適用支間表の例を示す。適用支間表には、「2.2 現状の課題」に示されるような課題があるが、これまでの施工実績を踏まえて、主な橋梁形式の標準的な支間長の目安を示したものであり、橋の計画や形式選定において参考にできる。ただし、あくまで目安であり、絶対的なものでないことは十分理解しておく必要がある。

使用にあたっては、各形式の構造特性を十分に理解したうえで、以下に留意することが望ましい。

- ・橋梁形式ごとの支間長の目安として利用し、前提条件を踏まえた選定とする。
- ・架橋位置の条件（河川、ダム、断層、地滑りなど）や線形条件（平面曲線）などに適合する形式を抽出することとし、適用支間長のみに基づく選定は行わない。
- ・適用支間表に示されていない新形式は、第6章を参考に適宜検討する。

表-V.1 適用支間表の例（国土交通省近畿地方整備局）

橋梁形式		支間長															曲線 適合	桁高 スパン の目安	備考				
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150							
鋼	プレート ガーダー系	H形鋼橋	■															×	-	 L 支間長(m)			
		単 純 形 式	鋼橋		■														○		1/18		
			箱桁橋			■													○		1/22		
		連 続 形 式	鋼橋		■																○	1/17	
			箱桁橋			■															○	1/23	
			鋼床版桁橋		■																○	鋼桁1/25 箱桁1/27.5	
	ト ラ ス 系	ラーメン橋		■															○	-			
		単 純 ト ラ ス 橋				■													○	1/9			
		連 続 (ケ ル パ -) ト ラ ス 橋				■														○	1/10		
		ア ー チ 系	逆ランガー桁橋					■												×	1/6.5		
	逆ローゼ桁橋						■														×	1/6.5	
	ランガー桁橋						■												×	1/6.5			
	トラスランガー桁橋						■													×	1/6.5		
	ローゼ桁橋						■													×	1/6.5		
ニールセンローゼ桁橋							■												×	1/6.5			
アーチ橋						■														×	1/6.5		
斜張橋													■					○	-				
吊橋																■	×	-					

おわりに

本手引きは、土木学会構造工学委員会 橋梁予備設計の適正化に関する小委員会における 2018 年度からの 5 年間の活動成果をとりまとめたものである。途中、新型コロナウイルスの感染拡大の影響により、予定していた活動期間を延長せざるを得ない状況となったが、各委員の熱心な取組みによって、こうして橋の計画と形式選定に関する最新の動向や知見にもとづく「手引き」として世に問うことができた。

一方、優れた計画は、定型化された作業のみの中からは決して生まれることはない。この手引きをぜひ有効活用いただきながらも、計画業務の主役はそれに携わる技術者個人であることを忘れることなく、柔軟な発想で、真摯かつクリエイティブに設計活動をすすめてもらいたい。これからの橋の計画と形式選定は、これまで以上に「橋のあるべき姿」の実現が目指されてよいし、目指されるべきであると考えている。

土木学会構造工学委員会
橋梁予備設計の適正化に関する研究小委員会
委員長 久保田 善明

橋の計画と形式選定手引き

発行 2023 年 5 月

編集者 〒160-0004 東京都新宿区四谷一丁目 外濠公園内
土木学会構造工学委員会 橋梁予備設計の適正化に関する研究小委員会
委員長 久保田 善明 副委員長 松村 政秀

発行者 〒160-0004 東京都新宿区四谷一丁目 外濠公園内
公益社団法人 土木学会 専務理事 塚田 幸広

発行所 公益社団法人 土木学会
〒160-0004 東京都新宿区四谷一丁目 外濠公園内
TEL 03-3355-3444 FAX03-5379-2769

ISBN978-4-8106-1108-3

ご注意

本内容を複製または転載する場合には、必ず土木学会の許可を得てください。

本内容に関するご質問は、E-mail (pub@jsce.or.jp) にてご連絡ください。