

歩道橋床版の性能確認マニュアル(案)

令和5年3月

国土交通省

道路局 国道・技術課

関東地方整備局 道路管理課

目次

第1章 一般.....	1
1.1 適用の範囲.....	1
1.2 性能説明書の作成.....	4
1.3 確認すべき性能と前提条件.....	5
1.4 性能の確認方法.....	9
第2章 性能の確認（設計編）.....	12
2.1 材料特性.....	12
2.2 寸法諸元・最小寸法等.....	15
2.3 耐荷機構.....	16
2.4 耐荷力の特性値.....	18
2.5 耐久性能.....	21
2.6 第三者被害の生じにくさ.....	23
2.7 歩道橋利用者の快適性・安全性.....	24
第3章 性能の確認（施工編）.....	27
3.1 製作時の施工品質.....	27
3.2 架設時の施工品質・施工前提条件等.....	29
第4章 性能の確認（維持管理編）.....	31
4.1 維持管理の確実性・容易さ.....	31

付属資料

歩道橋床版の性能説明書 記入要領（案）

第1章 一般

1.1 適用の範囲

- (1) 歩道橋床版の性能確認マニュアル(案)(以下「マニュアル(案)」という。)は、立体横断施設技術基準・同解説(昭和54年1月、以下「立体横断施設技術基準」という。)に基づく横断歩道橋の新設又は修繕にあたって、多様な材料や構造を用いた床版技術を比較する際に確認すべき事項や留意点等を参考として示したものである。
- (2) マニュアル(案)では、横断歩道橋の床版は、床版を主桁の一部として機能させたり、横荷重に対して抵抗させたりするなど、上部構造の耐荷力を構成する一部として荷重分担させないように設計されることを前提とする。

(1) マニュアル(案)は、立体横断施設技術基準に示す鋼・コンクリート等による材料以外の新しい材料等による床版技術の適用にあたり、設計、施工において少なくとも考慮すべき事項をまとめたものである。

横断歩道橋における最近の定期点検では、デッキプレート床版の腐食が顕著であることが分かっており、中には、踏み抜きが懸念された事例も生じている。このような損傷事例を図 1.1.1 に示す。



図 1.1.1 歩道橋デッキプレート床版の損傷

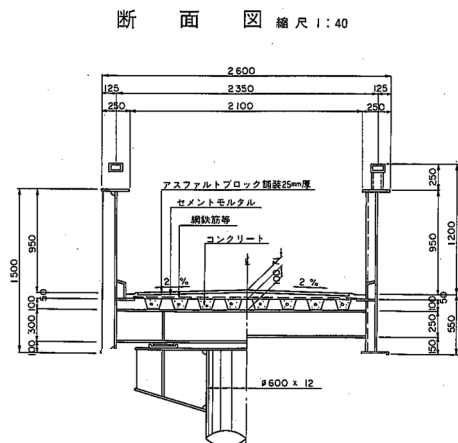


図 1.1.2 歩道橋の一般図

横断歩道橋は、これまで標準設計を適用し設計されたものが多数整備されており、この損傷事例も標準設計により建設されたものである。過去の標準設計における標準的な構造を図 1.1.2 に示す。

これらの標準的な構造で建設された歩道橋床版では、舗装ブロックや舗装面のひび割れから侵入した水が、中詰めされた無筋コンクリートや土砂を通過し、床版上に堆積しやすいことが指摘されている。

また、図 1.1.3 に示すように、床版の腐食部から水の析出により、主桁や横桁の腐食による安全性の低下が生じた例も報告されている。

このような構造上の問題に加え、維持管理においても問題が顕在化している。例えば、床版からの腐食片等の落下やそれによる歩道橋の下方にいる第三者への被害の事例も多く報告されている。また、床版の腐食状態の確認や腐食片の除去のためには、橋面や橋下の交通規制が必

要であることや、床版内部の状態や床版下の横桁上面や、床版と主桁の溶接部が直接目視できず、点検を困難にしていることなどが挙げられる。



図 1.1.3 漏水による横桁の損傷

上記の背景にあつて、マニュアル(案)では従来技術である横断歩道橋のデッキプレート床版と、多様な材料、構造の床版とを比較検討し、採用の検討を行う上で明らかにされていることが望ましい事項や、その裏付けとなる知見の有無や程度を整理するための方法をまとめた。

また、床版技術の開発者にとって、少なくとも明らかにするのがよいと考えられる情報を例示することで、実装に結びつく技術開発が進むことを期待するものである。

なお、マニュアル(案)の適用にあたっては以下の点に注意すること。

- ①マニュアル(案)は、新しい床版技術が提案された際に、当該技術の概要を説明する書類(以下「性能説明書」という。)の記載内容に発注者が求める事項が反映されているかについて確認するものであり、床版技術の優劣を評価するものではない。したがって、発注者が床版に求める設計条件やその他の各種リクワイアメント、他の床版技術との優劣比較などにより、最終的にどの床版技術を採用するかなどの評価に関する事項は、マニュアル(案)では取り扱っていない。
- ②マニュアル(案)は、新しい技術や材料を使用する歩道橋床版技術の採用にあたって確認すべき事項を網羅している。しかし、そのすべてを明らかにしないと当該床版技術が採用できないということではなく、不明な事項については、実際の設計、施工等の段階ごとに明らかにされればよい。
- ③マニュアル(案)では、図 1.1.4 に例示するような一般的な歩道橋本体に適合する床版を想定している。

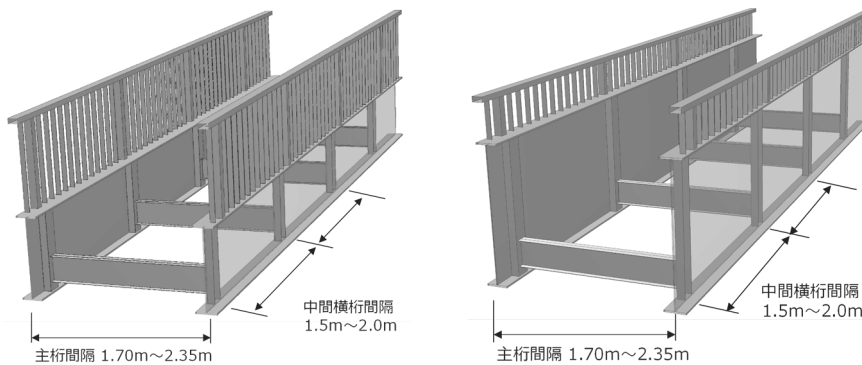


図 1.1.4 マニュアル(案)で想定する一般的な歩道橋の例

(2) 歩道橋の設計は、一般的に歩道橋の本体設計と床版設計に大別できるが、床版設計では、基本的に歩道橋床版だけに作用する荷重（床版自重、舗装・防水工等の死荷重及び群集荷重、支圧荷重、衝撃荷重など活荷重）のみに着目し、本体とは切り離して床版単独で設計することが一般的である。

一方、床版を主桁構造の一部として機能させたり、床版だけに作用する死活荷重以外の横荷重などを分担させたりすることを想定すると、その性能の検証においては更に多くの着眼点があり、また、段階を踏むことが想定される。

したがって、マニュアル(案)では、床版は、歩道橋床版だけに作用する死活荷重のみを支持する機能を有するように適用することとし、それ以外の荷重分担をさせないことを前提にまとめることにした。

なお、このような設計の床版構造であれば、橋側歩道橋の新設及び修繕における床版技術の検討においてもマニュアル(案)を準用することができる。

1.2 性能説明書の作成

- (1) 様々な床版技術の性能等に関する比較、整理を円滑かつ適正に行うにあたって、以下の項目が記載されている性能説明書を作成し、それに基づいて床版技術の性能を確認することを原則とする。
- 1) 本体(床版を構成する床版の本体部材をいう。以下同じ。)及び接合部(床版と歩道橋本体の主桁及び横桁などとの接合部をいう。以下同じ。)や連結部(床版部材どうしの連結部をいう。以下同じ。)の耐荷性能、耐久性能及び横断歩道橋の使用目的との適合性の観点から、設計に必要とされる一般的事項について、検証の前提となる材料の性質、検証されている項目及び条件を明らかにすること。
 - 2) 1)の項目について、適切な裏付けや再現性を有することを明らかにすること。
 - 3) 1)で明らかにされた項目が発揮される設計における前提条件として、適用条件、検査方法、施工管理の方法、定期点検における状態の把握や診断の着眼点、修繕の方法などを明らかにすること。
- (2) 性能説明書は、以下に示す各編に区分して構成するものとし、(1)に示す明らかにすべき事項がそれぞれの編において記載されている必要がある。
- 1) 設計編
使用材料、材料強度、耐荷機構、製品強度、床版の自重、本体及び床版の設計に考慮すべきその他の荷重、歩道橋本体主桁・横桁等との接合構造、床版部材同士の連結構造、耐久性能、第三者被害防止、利用者の快適性・安全性など
 - 2) 施工編
製作時及び現場施工時における設計寸法・強度の管理値(品質・精度管理)、及び施工前提条件(作業ヤード、特殊機材の有無と内容、仮設備の内容など)や施工時荷重に対する配慮など
 - 3) 維持管理編
材料特性に応じた劣化の種類・形態・原因の把握と診断の方法、診断に応じた補修方法、及び床版更新の方法など

(1) 立体横断施設技術基準は性能規定化がされていないが、性能説明書は、先に性能規定化された道路橋示方書にならって様々な床版技術の性能を確認できるように、性能やその裏付け、適用の前提条件等に関する事項を整理するために作成する。

(2) (1)に示す明らかにすべき事項については、設計から維持管理までの各編に区分して記載することを求めることにした。

なお、(1)1)から3)に示す事項は、性能説明書の骨子を規定したものであり、具体的な内容については、(2)1)から3)に示す構成に沿って、1.3以降に規定する事項について適切に記載されていることが必要である。また、性能説明書は、今後提案される床版技術の性能確認のための参考資料とできるよう、保存・蓄積されることが望ましい。

1.3 確認すべき性能と前提条件

(1) 性能説明書において、以下の1)から7)について、床版の性能と適用にあたっての前提条件を明らかにする。

1) 材料特性

部材や接合に使用される材料の化学的特性、機械的特性や品質などの材料特性。

2) 寸法諸元・最小寸法等

設計で見込むべき寸法、重量、及び最小寸法やそりなどの寸法・形状の許容値とその設定の考え方。

3) 耐荷機構

作用を受ける部材から歩道橋主桁・横桁等の支持部材までの一連の力の流れ、及び、各部材が分担する荷重とその役割の考え方。また、クリープやリラクセーション等による応力の経時的減少の程度。

4) 耐荷性能

死活荷重による断面力に対して、床版技術が所定の剛性や強度を発揮することを、所定の信頼性で満足すること。

5) 耐久性能

予め想定する維持管理の方策を明らかにした上で、想定する維持管理のもとで4)で定義する耐荷性能や、6)で定義する使用目的との適合性が発揮される期間とその裏付け。

6) 使用目的との適合性

歩道橋の使用目的と適合するように、設計や維持管理等を行うために必要となる以下の項目。

①床版の損傷や劣化による第三者被害の生じにくさ

②不快なたわみや音、床版歩道面の連続性・平坦性・滑り・滞水、床版と舗装等との付着性などによる歩道橋利用者の快適性・安全性に与える影響の程度

7) その他の前提条件

その他の前提条件である以下の項目。

①製作時の施工品質

②架設時の施工品質・施工前提条件(施工時荷重に対する配慮を含む。)

③維持管理の確実性・容易さ

(1) マニュアル(案)では、(1)1)から7)の性能及び前提条件を設定し、性能ごとに検証すべき項目を設定し、性能説明書の設計編、施工編、維持管理編の各編に合わせ区分した。

1) 耐荷機構や耐荷力、破壊形態、劣化事象等に関する検証項目や検証の裏付けの妥当性を整理すること、製造や施工における検査項目や頻度の妥当性を整理すること、環境条件等の適用範囲を設計で検討することなど、いずれも材料の性質に基づき整理、検討する必要がある。また、異種金属接触腐食や隙間腐食の防止など、適用範囲を設計時に検証するためにも、材料に関する情報は設計の前提となる重要な条件であり、これらを明らかにすることを求めることにした。

2) 横断歩道橋の設計にあたっては死荷重を適切に設定することが必要であり、寸法や単位体積重量等の各種のばらつき等を考慮した上で安全側に死荷重を設定することが重要な前提条件となるため、これを明らかにすることを求めることにした。

また、実際の横断歩道橋の設計においては、必ずしもすべての事項を計算で確認するものではない。そこで、鋼道路橋の設計基準も参考に、最小寸法等の考え方を明らかにすることを求めることにした。

- 3) 床版が外力による作用を受けた時、その作用がどのような経路（床版の各部材）を経て伝達され、最終的に歩道橋の主桁あるいは横桁等の定着部に伝わるのか等のメカニズム、すなわち、床版の各部材の力学的役割や有効性を明らかにすることを求めることにした。

また、クリープ等の持続荷重により形状が時間に応じて変化したり、リラクセーションにより当初見込んだ抵抗や調整された応力（たとえば締め付け力や緊張力など）が時間に応じて変化したりする程度と、それを設計で見込む方法が明らかにされている必要がある。例えば、コンクリート材料では、一軸圧縮応力に対する許容応力度の設定にあたり、一定の応力振幅のもとで材料の性質が変化しないことなども考慮して設定されており、複合材料ではそのような観点での許容応力度や制限値の設定にあたって必要な情報が整理されている必要がある。以上から、持続荷重に対して設計するために必要な情報の整理も求めることにした。

- 4) 横断歩道橋の設計においては、施設設置者・管理者が許容応力度や制限値を設定するにあたって、材料の降伏に対応する部材耐力や材料の破断、破壊に対応する部材耐力の特性値そのもの又は算出方法、及び、特性値に対する実際の強度のばらつきが明らかであることが求められる。

- 5) 4)の特性値を算出、評価するにあたっては、有効断面の設定や材料の特性値の設定などが必要であるが、これらは材料の経年劣化により変化する場合もある。そこで、部材や接合部の耐荷力の特性値について、特性値そのものに材料の経年劣化による変化を見込むことの要否、特性値を算出する有効断面の設定や材料の特性値の設定に材料の経年劣化を見込む必要がない期間とその裏付けを明らかにすることを求めることにした。

- 6) 床版からの腐食片や接合部材等が落下し、歩道橋の下方にいる第三者への被害を及ぼさないための性能を「第三者被害の生じにくさ」として設定し、これを明らかにすることを求めることにした。

また、歩道橋利用者の快適性・安全性の観点から、歩行時のたわみ・きしみ音等の異音、床版歩道面の平坦性・滑り抵抗性・排水性、床版と舗装等の付着性などが歩道橋の利用者に及ぼす影響がないか、極めて少ないことを明らかにすることを求めることにした。

- 7) 耐荷力の特性値を設定する上で条件となる製作・架設時の施工品質や、架設時の施工前提条件(施工時荷重に対する配慮を含む。)並びに耐荷力の特性値・耐久性能の前提条件となる維持管理の方法などの前提条件について明らかにすることを求めることにした。

1)から7)に示す床版の性能及び設計にあたっての前提条件等について性能説明書各編のどの部分に記述されるのかについての関係を図1.3.1及び表1.3.1に示す。

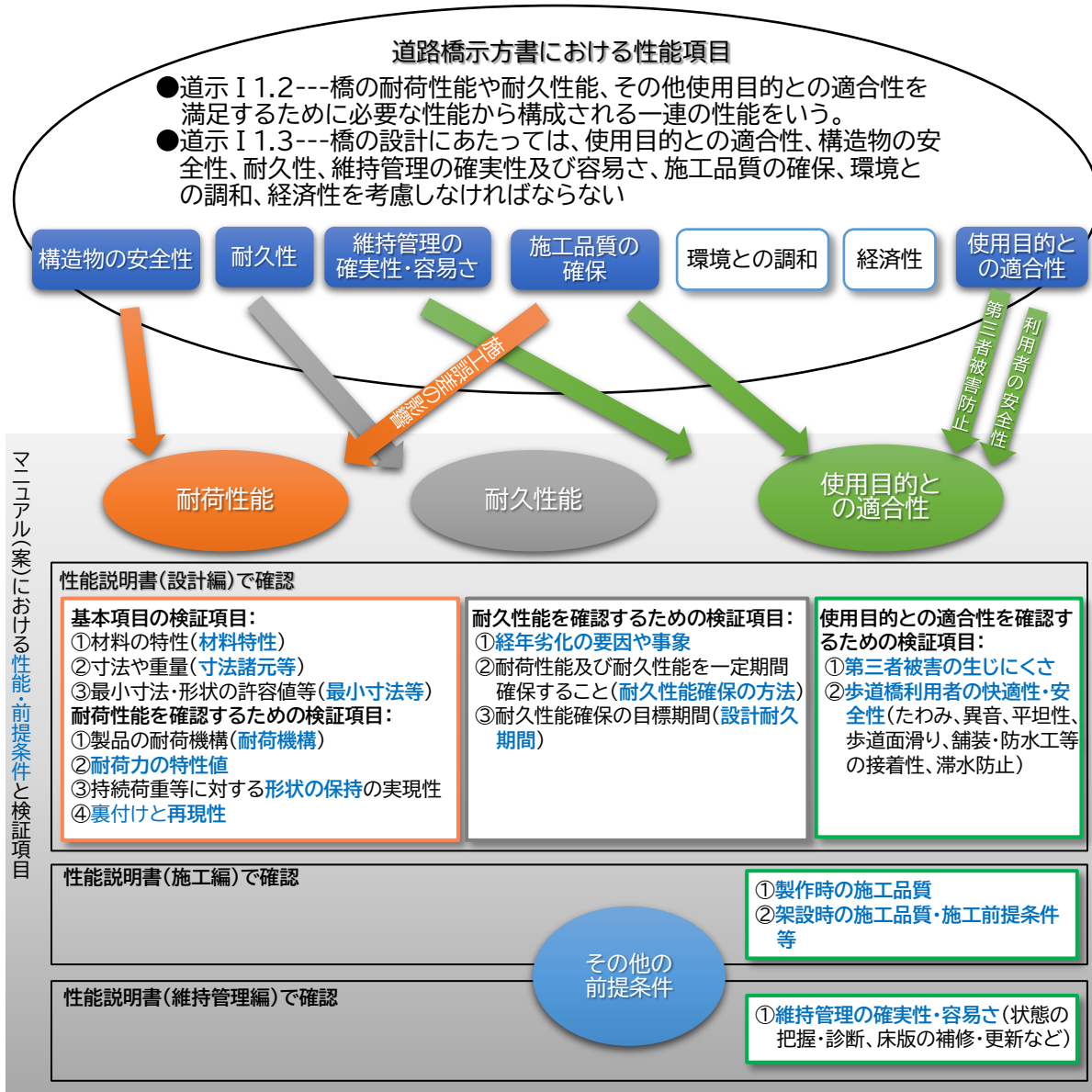


図 1.3.1 性能・前提条件と検証項目

表 1.3.1 性能説明書の各編に記載されるべき検証項目と記載箇所

検証項目（記載内容を確認すべき項目）	性能説明書の記載箇所	
材料特性（材料の化学的特性、機械的特性や品質）	設計編	2.1 材料特性
寸法諸元・最小寸法等（設計で見込むべき寸法や重量、最小寸法やそりなどの寸法・形状の許容値など）		2.2 寸法諸元・最小寸法等
耐荷機構		2.3 耐荷機構
形状の保持（持続荷重等に対する形状の保持の実現性）		
耐荷力の特性値		2.4 耐荷力の特性値
裏付けと再現性		2.5 耐久性能
経年劣化の要因や事象・耐久性能確保の方法・設計耐久期間		2.6 第三者被害の生じにくさ
第三者被害の生じにくさ	2.7 歩道橋利用者の快適性・安全性	
歩道橋利用者の快適性・安全性	施工編	3.1 製作時の施工品質
製作時の施工品質		3.2 架設時の施工品質・施工前提条件等
架設時の施工品質・施工前提条件等	維持管理編	4.1 維持管理の確実性・容易さ
維持管理の確実性・容易さ		

1.4 性能の確認方法

(1) 性能説明書に記載される情報は、以下のいずれかの方法、又は組み合わせにより検証されたものでなければならない。

方法①（直接的手法）

実物大供試体による実験など実橋における条件と同等とみなせる実験的方法により性能を確認する方法

方法②（間接的手法1）

部分供試体を用いた実験と数値解析との併用により実橋における性能を確認する方法

方法③（間接的手法2）

理論的妥当性を有する解析等により実橋における性能を確認する方法

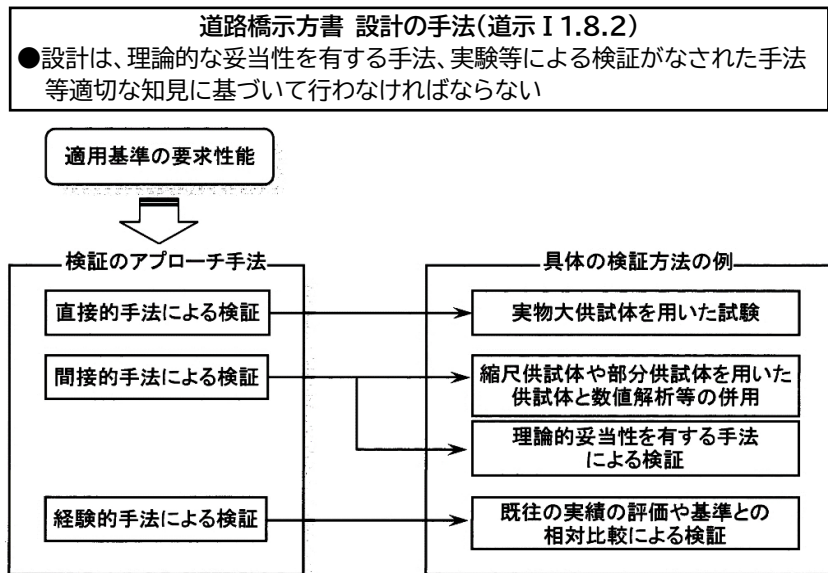
方法④（経験的手法）

既往の基準によるみなし適合仕様との合致を確認する、あるいは経験的に性能を満足するとみなせる規定などとの相対比較により性能を確認する方法。

(2) (1)による情報は、具体的数値の提示や他の道路構造物において適切に設計、適用される鋼部材やコンクリート部材の性能との相対的比較などにより、結果を客観的に検証したものでなければならない。

(1) 性能の確認手法について

道路橋示方書 I 1.8.2 において「設計は、理論的な妥当性を有する手法、実験等による検証がなされた手法等適切な知見に基づいて行わなければならない。」と規定されている。これを受けて「新技術評価のガイドライン(案)」(国総研資料第 609 号)では、図 1.4.1 のとおり、性能項目に関する検証のアプローチ手法と具体の検証方法の例が記載されている。



出典：
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)
国総研資料第609号 平成22年9月
国土技術政策総合研究所資料 共同研究報告書

図 1.4.1 アプローチ手法と具体の検証方法の例

表 1.4.1 及び 1.4.2 に検証方法の適用例を示す。

表1.4.1 検証方法の適用例(耐荷性能での適用例)

検証方法	床版技術の検証に使用する場合の適用例
方法①（直接的手法） ・実物大供試体によるなど実橋における条件と同等とみなせる実験的方法等により確認する方法	・既往例のない複合材料、使用実績の少ない材料、あるいは既往例のない構造の床版技術であり、材料強度や破壊時挙動などについて試験による検証が不可欠な場合など。
方法②（間接的手法1） ・部分供試体による実験又は部分供試体を用いた実験と数値解析との併用により実橋における性能を確認する方法	・実橋と寸法諸元が類似する実物大供試体や部分供試体による試験結果が蓄積し、試験結果のばらつき等の解析を含め、耐力力等の試験結果を梁理論等によりモデル化した理論式又はFEM等の数値解析等により推算できる場合。 ・学協会等の検討結果により同種材料※を使用した構造物の理論解析等の手法が示されている場合で、供試体試験との併用により耐力力を算出する場合。
方法③（間接的手法2） ・理論的妥当性を有する解析等により確認する方法。	・十分な使用実績あるいは検討実績がある材料（ステンレス、アルミ材等のJIS規格材）を使用する前提で、学協会等がまとめた技術資料や当該技術の研究・開発段階で見出された工学的知見に基づいて導かれた応答の算出手法などを用いて設計を行う場合。
方法④（経験的手法） ・既往の基準によるみなし適合仕様との合致を確認する、あるいは経験的に性能を満足するとみなせる規定などとの相対比較により確認する方法。	・JIS規格材等の十分性状の知られた既存材料等を使用する床版技術の場合で、定量的に具体的性能項目を示すことが困難な検証項目について、あるいは当該項目の検証手法が確立していない事項に関して、耐力力等の確認のため既往の技術の性能（標準解）との相対比較により性能を確認する方法。

※ 同種材料とは、耐久性能(劣化や腐食など)に関して同等の挙動が想定されるもの。例えば FRP であれば繊維の種類(ガラス繊維、炭素繊維など)、樹脂の種類(ビニルエステル樹脂など)、非鉄金属であれば合金の種類まで同種であることが必要である。

表 1.4.2 検証方法の適用例(耐久性能での適用例)

検証方法	床版技術の検証に使用する場合の適用例
方法①（直接的手法） ・実物大供試体によるなど実橋における条件と同等とみなせる実験的方法等により確認する方法	・耐久性能等について検証した既往例が極めて少ないため、実橋と同じ材料を使用した実物大の暴露試験等の供試体を作成し試験する場合。
方法②（間接的手法1） ・部分供試体による実験又は部分供試体を用いた実験と数値解析との併用により実橋における性能を確認する方法	・学協会等の検討結果により同種材料※を使用した構造物の耐久性能等の検証方法が示されている場合、供試体試験と文献資料との併用により耐久性能等を確認する場合。
方法③（間接的手法2） ・理論的妥当性を有する解析等により確認する方法。	・同種材料※の既往文献等による耐久性能等を根拠として、劣化進展度合い等を推計する場合。
方法④（経験的手法） ・既往の基準によるみなし適合仕様との合致を確認する、あるいは経験的に性能を満足するとみなせる技術などとの相対比較により確認する方法。	・類似材料の既往文献等との比較により相対的な評価を行う、あるいは鋼、コンクリート等の既知の材料との相対的な比較により性能を確認する場合。

※ 同種材料とは、耐久性能(劣化や腐食など)に関して同等の挙動が想定されるもの。例えば FRP であれば繊維の種類(ガラス繊維、炭素繊維など)、樹脂の種類(ビニルエステル樹脂など)、非鉄金属であれば合金の種類まで同種であることが必要である。

上記の確認方法は、必ずしも並列する概念ではなく、様々なレベルで組み合わせられて用いられる。例えば、実物大試験の結果を基に検証を進める作業の中で、ある項目については、経験的手法に基づく検証結果を採用する、あるいは相対比較を行うなど、着目する規定や性能の観点に応じて実橋の条件に対する性能の確認方法として適切な手法を用いることができる。なお、これら一連の確認作業について、性能説明書にはその確認方法の適用が妥当な手段である根拠等が示されている必要がある。

(2) 性能説明書に記載される情報の検証について

性能の確認方法については、一般的に次の2つに大別される。

- ① 具体的数値により、基準値又は既往文献等による実績値等と比較する
- ② 具体的項目について、既往技術と相対的に比較する(既往文献等を根拠として「○○よりは優れている・いない」、など)

第2章 性能の確認(設計編)

2.1 材料特性

- (1) 床版の構成材料のうち耐荷力を発揮する部材・部位等(接合部や連結部に使用するボルト、接着剤、絶縁用スペーサ等の材料を含む。)の材料について、特性(化学的特性、機械的特性や品質)を明らかにする。
- (2) 床版等の適用範囲を検討するために、材料の機械的特性の载荷速度依存性や温度依存性、並びに、耐水性(加水分解等に対する特性等を含む)、耐薬品性(耐アルカリ性、薬品・化学物質等に対する耐性)、耐熱性、耐火性などを明らかにする。
- (3) 耐久性能に影響する材料の経年劣化要因について、少なくとも以下に対する劣化特性を明らかにする。
 - 1) 耐腐食性(一般的な腐食、異種金属接触腐食、隙間腐食、応力腐食割れ、アルカリ性液体による腐食など)
 - 2) 耐候性(水分、温度、湿度、紫外線、オゾン、塩分、中性化・炭酸化など)
 - 3) 繰り返し荷重による損傷やボルトの緩み等
 - 4) 材料の特性によるリラクセーション、クリープ、収縮、締付け力の低下など、一定の応力条件であっても持続的に変形が生じる事象
 - 5) その他の経年劣化の特性
- (4) (2)及び(3)に示す特性は、1.4に規定する方法①から方法④のいずれか、又は、組み合わせにより検証されたもので、以下の項目を含め、その根拠が示されていなければならない。
 - 1) 試験による特性の確認においては、その試験方法を採用する根拠、試験結果のばらつきと、設定した特性値との関連に関する資料
 - 2) 既往の文献・資料等に基づく情報の場合、その資料

- (1) 耐荷性能、耐久性能、使用目的との適合性、及び施工前提条件等の設定などに大きく影響を及ぼす材料の性質を明らかにし、それを前提とした方法や着眼点で各種性能の確保が検討されているかどうかを整理することが必要である。

材料特性は、耐荷力の算出や材料劣化による耐荷力の減少等の推定など、設計に不可欠な物理的情報である。また、材料劣化に起因する材片の落下等による第三者被害や、それら劣化の特徴を考慮した維持管理の実施など、床版の設計から維持管理までのすべての面に材料特性が影響を与えることとなる。このため、床版を構成する部材、及び部材同士の接合用材料(ボルト、接着剤、絶縁用スペーサ等)のうち耐荷力を担うすべての部材について、その材料特性の確認が必要である。

なお、接着剤を耐荷機構の一部として使用する場合には、接着機能の特性(例えば、せん断接着強度やはく離強度などの接着する部材間に生じる作用に対する特性)、及び加水分解等による材料劣化に対する耐久性能についても明らかにする必要がある。

- (2) 床版が使用される一般的な環境において、設計で想定した各種性能が発揮される前提条件について検討が必要である。

このため、材料の性質を明らかにし、それに対応した方法や着眼点で床版技術が検討されているかどうかを整理する観点から、主として適用範囲や適用方法を限定するなどの設計の前提条件を検討するために必要な情報を対象として設定されている。

- (3) 床版が使用される一般的な環境において、設計で想定した耐久性能に影響する材料の経年劣化に対して、床版の耐久性能の確保の方法や維持管理の前提・方法など、設計する上で必要と考えられる前提条件の整理のために規定したものである。

材料の強度及び強度の経年的減少に影響する材料特性については、当該特性の影響を受けずに使用できる範囲（例えば温度や湿度、水分など）が明らかにされている必要がある。
 また、高分子系材料やガラス繊維などをコンクリートと接する形で使う場合、コンクリートからのアルカリによる劣化の可能性、あるいは、材料の特性によりリラクセーション、クリープ、収縮、締付け力の低下など、一定の応力条件であっても持続的に変形が生じる事象についても確認する必要がある。

新しい床版材料として使用されることが多い材料について、劣化又は変状・損傷の要因と特徴の例を表2.1.1に示す。

表 2.1.1 劣化又は変状・損傷の要因と特徴の例

材料	代表的な劣化又は変状・損傷の要因	劣化又は変状・損傷の特徴
FRP系	紫外線、水分、アルカリ	紫外線により樹脂が劣化し、雨水等の浸潤作用で外面から減肉し、強化繊維が露出したり、FRP外面が白色に変化したりする場合がある。またアルカリ性液体によるGFRPの繊維の劣化などに注意が必要。
非鉄金属系	異種金属接触による腐食、隙間腐食、塩分、アルカリ	電位差のある金属同士の接触による金属の腐食。微小な隙間の滞留水分内で生じる酸素濃度差による金属腐食。アルカリ性液体による腐食などに注意が必要。
コンクリート系	乾燥収縮・ひびわれ、塩分	特に高強度コンクリート系における自己収縮によるひびわれの発生、塩分による鉄筋の腐食に注意が必要。(高分子系繊維補強コンクリート系は塩分による腐食被害はないが、補強繊維のアルカリによる劣化に注意が必要。)
木材系	水分、腐朽菌類、紫外線	湿気による反り・割れ・捻れ・歪み・縮みの発生、腐朽菌類による腐敗、紫外線による劣化等に注意が必要。
高分子材料系、ゴム系	熱、擦れ、水分、アルカリ、化学薬品、紫外線、オゾン	高分子材料やゴム系材料の種類によっては、熱による損傷、水分の浸潤による一時的な強度低下等、アルカリ性液体による劣化、擦れによる劣化、化学薬品、紫外線やオゾン等による劣化、高分子系樹脂等の加水分解による劣化などに注意が必要。

- (4) 材料特性の根拠について

一般的に、歩道橋の新しい床版技術に採用される材料は、鋼・コンクリート材料等の特性が明らかな材料に比べて、特性が十分に明らかにされていない場合が多い。

このため、床版に用いられる材料の機械的特性値や耐荷性能・耐久性能に影響する劣化要因等について、どのような手法で明らかにされているか確認する必要がある。

これらの新材料は、JIS等で強度試験方法が規格化されてはいても、JIS材料(JIS規格品)などのようにJISその他の技術基準で特性値が基準化されている材料は少ない。また、そもそも材料の試験方法が基準化・規格化されていない材料も多い。この場合、これら新材料の特性値は、床版製品の製作者や製造者による強度保証(社内規格値など)を前提とする必要がある。

特に「類似材料」(あるいは「同系統材料」)とされる材料であっても「同種材料」(同じとみなしてよい材料)でない場合には、文献引用に基づく根拠だけでなく、類似あるいは同種の内容に応じて、試験データによる確認が必要な場合がある。例えば、様々な種類のあるFRP系材料をすべて同一に扱うのは適切でない。また、アルミニウムであっても合金の組成によっては異なる特性を示す場合があることに注意を要する。

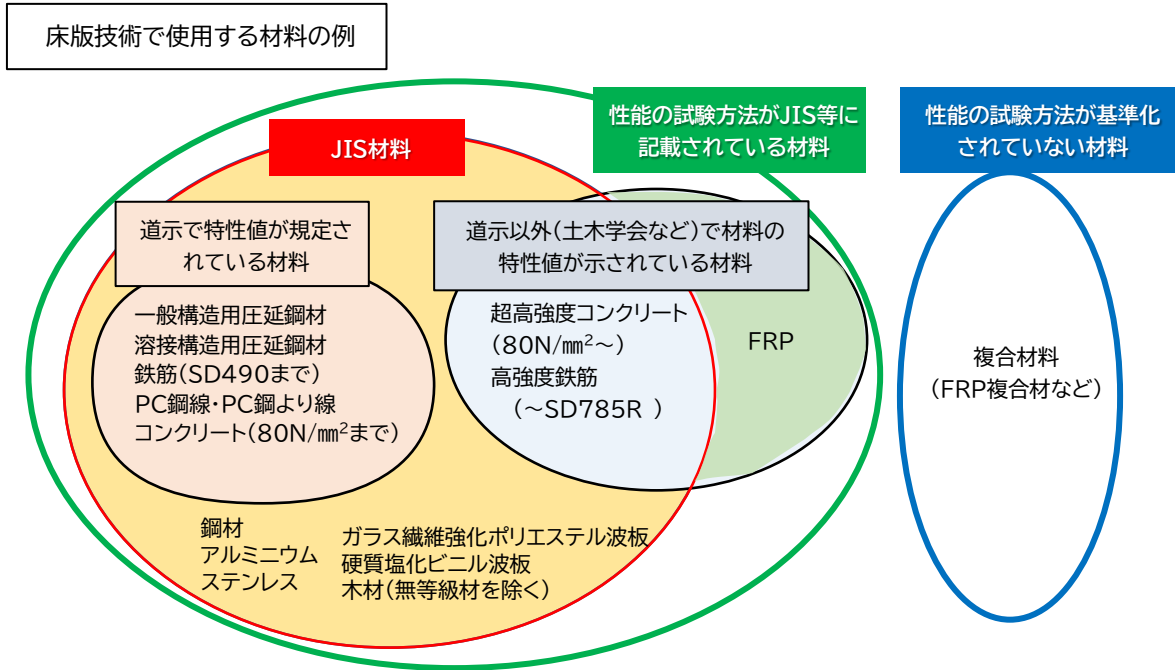


図 2.1.1 材料の種類と区分

以上の観点から、床版技術に使用される材料は、以下のいずれかを満足しなければならない。

- ① 道路橋示方書に特性値が規定されている材料
- ② JIS規格値が定められている材料
- ③ JISに定める試験方法による試験にて、所定の基準値を満足しており、その旨を製作者や製造者が品質保証する材料
- ④ 製作者や製造者が行う試験にて、所定の基準値 (社内基準値など) を満足しており、その旨を製作者や製造者が品質保証する材料

2.2 寸法諸元・最小寸法等

(1) 歩道橋の設計に使用する本体、接合部、及び連結部の構造の詳細において、部材の寸法諸元、最小寸法、重量等や、詳細構造及びその設定の考え方などについて、少なくとも以下の項目を明らかにする。

- 1) 2.1で明らかにされた材料の劣化、施工時の一時的な応力の作用等を考慮した最小板厚や補剛などの考え方。
- 2) 構成する材片において、なるべく偏心がないようにするための形状の考え方と許容値。
- 3) 本体及び接合部において応力集中、残留応力、あるいは二次応力等を極力生じさせないような構造や寸法の考え方。

(1) 鋼部材の設計を参考に確認事項として求めることにした。床版の製作から施工にあたっては、運搬あるいは施工中に様々な応力状態や衝撃を受けることが考えられるが、それらの突発事象の想定には限界があること、耐久性にはばらつきがあること等の理由から、運搬や施工上の応力状態の管理を行いつつ、部材等の設計にある程度の剛性や厚さをあらかじめ与えておくことがよく行われる。

また、供用中に床版が受ける応力状態をすべて見積もるのは困難であり、実際には適当な仮定やモデルのもとで設計計算等が行われていることに対して、各部位において二次応力の発生等を避けられるように構造の詳細を検討しておくことは、設計計算の前提条件のひとつと考えることができる。したがって、(1)1)から3)の項目に対して、構造や寸法の考え方が明らかになっていることを確認することにした。

- 1) 材料の劣化や施工時の一時的な応力の緩和のために、部材を補剛したり最小板厚を設定したりする場合、その考え方を明らかにすること。
- 2) 床版部材の設計においては、各種原因によって部材の多少の偏心が生じることはやむを得ないが、偏心の影響をできる限り小さくするための考え方、偏心量、及び偏心量の許容値等を定めている場合、その値を明らかにすること。
- 3) 本体及び接合部の部材等において部材等の製作や結合・接合における残留応力及び二次応力あるいは応力集中をできる限り避けるよう構造的に配慮する考え方を明らかにすること。

なお、床版寸法や重量等がどのような考え方で決定されているかについては、以下の観点についても確認することが望ましい。

① 機能性・安全性

使用する材料に応じて、床版の機能性や安全性のために、床版の一体性や剛性の確保などを目的に適切な寸法設定を行っているか。

② 製作性

床版を効率的かつ正確に製作するために、製造工程を考慮した適切な寸法設定が行われているか。

③ 施工性や維持管理の容易性

床版の施工性や維持管理の容易性の確保のため、適切な寸法設定が行われているか。

2.3 耐荷機構

- (1) 耐荷機構について、少なくとも以下の項目について明らかにする。
- 1) 作用を受ける部材から歩道橋主桁・横桁等の支持部材までの一連の力の流れを確認できること。また、床版が分担する荷重と役割が確認できること。
 - 2) 床版として一体となり版としての挙動をすることが確認できること。
 - 3) 床版部材内での圧縮応力、引張応力に対する材料の応力分担、及び、それと組み合わせられる材料の性質や品質との適合性が確認できること。
 - 4) 歩道橋主桁・横桁等との接合形態、及び設計上の支点条件(剛結合、ピン結合(固定・可動)など)が明らかで、かつ実構造と適合していること。
 - 5) 主桁作用や横荷重による影響を設計上考慮する必要がないことが適当であると認められる主桁や横桁との接合の方法が確認できること。
 - 6) 連結部の有無及び床版と主桁、横桁など他部材との接合方法が明らかであること。また、接合部での圧縮応力と引張応力に対する応力分担が明らかにされるなど、接合部の耐荷メカニズムが明らかであること。また、連結部や接合部に生じる局所応力について適切に対応されていること。
- (2) 本体、接合部、又は連結部において、材料の特性や施工管理の方法に応じてリラクゼーション、クリープ、収縮、締付け力の低下など、一定の応力条件であっても持続的に変形が生じる事象に対して、設計上安全側に扱う方法とその根拠を明らかにすること。
- (3) (1)及び(2)に示す応力の分担と材料の適合性、及び局所応力への対応などの事象が、気候条件や載荷速度等の環境条件によって影響を受ける場合には、設計で目標とする性能が定常的に発揮される条件が適用の範囲として反映されていること。

(1) 新しい材料や、それらを活用した床版構造の確認にあたっては、これまで鋼やコンクリートを主体として設計されてきた床版構造とは耐荷機構が異なる場合がある。

このため、床版技術が外力による作用を受けた時、その作用がどのような経路(床版の各部材)を経て伝達され、最終的に歩道橋の主桁あるいは横桁等の接合部に伝わるのか等のメカニズムを明らかにする必要がある。

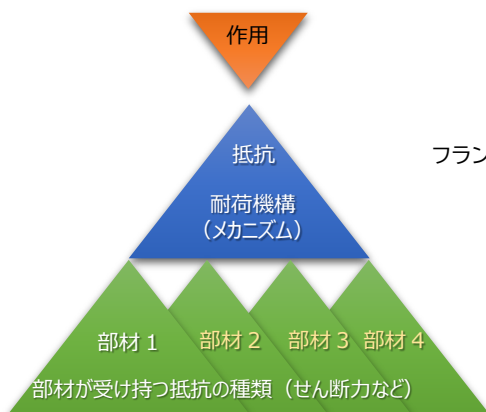
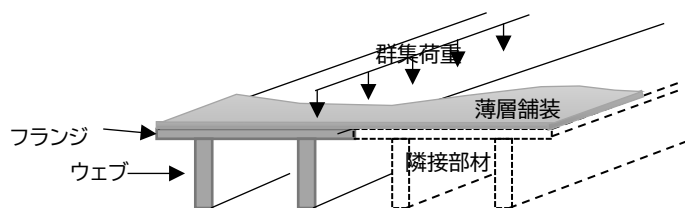


図2.3.1 耐荷メカニズムのイメージ



作用に対する抵抗する部材の明確化の例

部材	せん断力	曲げモーメント	
		圧縮応力	引張応力
フランジ	× (設計上)	○	×
ウェブ	○	○	○

図2.3.2 設計上の抵抗部材の明確化のイメージ

【応力分担の例】

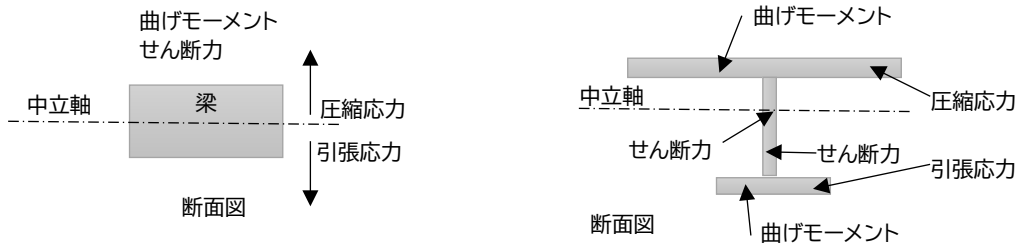


図2.3.3 設計上の応力分担のイメージ

これら耐荷機構を明確にした上で、作用に抵抗する部材はどれなのか、また、どのような力に抵抗する構造となっているかについて、以下のとおり明らかにする必要がある。

- ①作用を受ける床版の耐荷メカニズム（作用点から支持点までの力の流れ等）
- ②床版が分担する荷重と役割
- ③歩道橋主桁からの作用を受けない構造であること、横桁等への接合方法、構造など
- ④床版部材同士の連結の有無、方法など
- ⑤接合部での圧縮応力と引張応力に対する応力分担
- ⑥床版として一体となり版として挙動をすること

設計において床版の各部に生じる断面力や応力を算出するにあたっては、等方性、又は、均質性を仮定して算出することが一般的である。また、床版として横荷重を受けたときのたわみやひずみが不連続である場合、橋面の舗装や防水材料を損傷したり、歩行の快適性に影響を与えたりすることが懸念される。そこで、本体のみ、及び、連結部と本体からなる床版として、等方、均質な挙動が確保されるかを明らかにしておくことにした。一般に、曲げモーメントやせん断力の作用に対するたわみやひずみの分布性状などから確認ができると考えられる。なお、このような挙動が保証されない場合には、安全側となるように設計に反映できるような情報が明らかにされている必要がある。

- (2) リラクゼーション、クリープ、収縮、締付け力の低下など、時間の経過とともに床版に変形等が生じ、耐荷力が低下する等の現象が生じる材料や接合部あるいは構造形態を採用している場合、耐荷力の減少をどのように設計に反映させるのかが明らかにされていなければならない。

設計への反映方法として、例えば、コンクリートのクリープや収縮などを外力としてモデル化して考慮する方法もあれば、一定期間経過後にほぼ定常状態に遷移する場合にはそれを安全側に反映して設計で期待する強度等を設定する方法などがある。

- (3) (1)及び(2)に示す応力の分担と材料の適合性、及び局所応力への対応などの現象が気候条件（温度、湿度、水分量など）や載荷速度等により影響を受ける場合、設計で期待する耐荷力を定常的に発揮できる条件を、適用の範囲として明らかにしておくなければならない。

2.4 耐荷力の特性値

- (1) 2.3で明らかにした耐荷機構を有する床版において、本体、接合部、連結部のそれぞれについて、曲げモーメントやせん断力等が最も厳しい状態になるように増加させたときの挙動として、以下の1)から3)が明らかであること。なお、支点をまたいで連続する構造とする場合には、正曲げ、及び、負曲げを受けるときの挙動についても明らかにする。
- 1) 材料の一部の降伏に対応する耐荷力に関する特性値の算出方法と耐荷機構との適合性。
 - 2) 最大の耐荷力に関する特性値の算出方法と耐荷機構との適合性。
 - 3) 降伏から破壊に至るまでの過程及び再現性。
- (2) 本体や連結部に支圧荷重及び衝撃荷重が作用したとき、変状・損傷が生じないこと。
- (3) (1)及び(2)については、1.4に規定する方法①から方法④のいずれか、又は、組み合わせにより検証されたもので、その妥当性と再現性を確認できる載荷試験結果又は算出に使用した理論式が提示されること。

- (1) 耐荷力の特性値を算出する場合は、寸法諸元、支持条件等の諸条件が、1.4に示す性能の確認方法に基づき適切に設定されている必要がある。また、材料の種類によっては弾性状態のまま破壊に至るものなどがあるため、供試体による試験においては降伏から破壊に至るまでの過程及び再現性について明らかにすることを求めることにした。

耐荷力の特性値の算出においては、寸法諸元、支持条件等について以下の事項に留意する必要がある。

- ① 供試体支間長が実使用諸元と一致していること。
- ② 供試体部材寸法が実使用諸元と一致していること。
- ③ 実使用状態と同一諸元で連結部が再現されていること。
- ④ 供試体の支持部分の構造（固定金具など）が実使用の接合部と同一諸元又は力学的に同等*であること ※（剛結合、ピン結合（可動・固定）等の分類が同等）
- ⑤ ①から④のいずれかを満足しない場合、算出された耐荷力の特性値と、実使用状態の諸元による耐荷力の特性値との関係性が明らかにされていること。

- (2) 新しい形式の床版は、軽量化を目的として床版を薄く設計する場合がある。この場合、鋼部材のように最小板厚などの規定が適切な設計断面確保の目安とされる場合があるが、新しい材料による床版においては、このような目安が存在しない場合が多い。

このため、歩道利用者の安全性の観点から、床版の歩道面の局所的な耐荷力の確認を求めることとした。

局所的な耐荷力の確認には以下の1)及び2)の作用を考慮するものとする。なお、局所的作用は床版全体の構造安全性には影響しないものの、利用者の安全な通行を確保するため、歩道面の損傷に対する抵抗性（割れ、凹み等の変状・損傷への抵抗性）を確認することが主たる目的である。

1) 支圧荷重

利用者のスパイク靴等の靴底、松葉杖、自転車の車輪など、床版の歩道面に静的に載荷される荷重(支圧荷重)による床版部材への影響を確認するものである。

支圧荷重に対する抵抗性は、表 2.4.1 に示す各試験法のいずれかにより、歩道面に損傷が発生しないことを確認することを基本とする。

表 2.4.1 に例示した試験法以外の方法により支圧荷重による影響を照査する場合は、表 2.4.1 で示した試験方法による試験結果と同等以上とみなせる安全側の結果となることを、以下に示す方法等により照査することが必要である。

例) 単位面積当りに作用する荷重が表 2.4.1 に示す試験荷重より大きいことの照査

表 2.4.1 支圧荷重に対する耐荷性能の試験方法(例)

No	支圧の種類	作用荷重	試験諸元	確認事項	適用する材料	参考とする試験基準等
試験法 1	利用者の靴底(スパイク靴等)、松葉杖などを想定した局所荷重	60kgf (人を想定)	・荷重:60kgf (人) ・載荷面積:176.6mm ² (円形、φ=15mm) ・せん断想定面周長:47.1mm	載荷試験後の部材や舗装*のひびわれ・剥離等の損傷の有無	FRP 非鉄金属 木材 コンクリート等	試験装置のみ JIS K7214: 1985 プラスチックの打抜きによるせん断試験
試験法 2	自転車の輪荷重	125kgf (人+前後荷台の荷物を想定)	・荷重:125kgf(輪荷重) ・載荷面積:400mm ² (幅40×100mm)		FRP 非鉄金属 木材 コンクリート等	JIS K7171等の載荷試験法による
試験法 3	上記と同等以上の試験荷重と考えられる載荷条件					

※ 床版の歩道面に舗装等を施工する床版技術の場合、当該舗装等に見立てた類似層を介して試験等を行ってもよい。

上記の試験方法の選択においては、以下の点に留意すること。

- ①一般的にはスパイク靴等の靴底を想定した試験法 1 による試験を実施することでよいが、製作場所の試験設備等を考慮して、試験法を適宜変更してよい。
- ②歩道橋の昇降用施設が階段のみである場合、表に示す荷重のうち試験法 2 (自転車等を想定する荷重) による照査は、自転車の載荷が現実的に不可能であり不適切である。
- ③床版本体部の供試体試験と併せ支圧荷重の試験を行う場合(活荷重載荷部分の面積が小さく試験法 3 による試験が同時に実施可能と判断できるような場合) は、本体の耐荷力確認用の供試体試験結果を支圧荷重の確認試験結果として使用してよい。

2) 衝撃荷重

利用者の飛び上がり、荷物の落下など、床版の歩道面に衝撃的に載荷される荷重(衝撃荷重)による床版部材への影響を確認するものである。

衝撃荷重による影響の確認は、表2.4.2に示す各試験法のいずれかにより、歩道面に損傷が発生しないことを確認することを基本とする。

表2.4.2に例示した試験法以外の方法により衝撃荷重による影響を照査する場合は、表で示した試験方法による試験結果と同等以上とみなせる安全側の結果となることを、以下に例示する方法等により照査することが必要である。

例) 床版に作用する落下エネルギーが表2.4.2に例示する試験荷重より大きいことの照査

表 2.4.2 衝撃荷重に対する耐荷性能の試験方法(例)

No	衝撃の種類	作用荷重	試験諸元	確認事項	適用する材料	参考とする試験基準等
試験法1	利用者の靴底(スパイク靴等)、松葉杖などを想定した衝撃荷重	60kgf	・落下高度:0.3m ・重錘面積:176.6mm ² (円形、φ=15mm)	載荷試験後の部材や舗装※のひびわれ・剥離等の損傷の有無	FRP 非鉄金属 木材 コンクリート等	試験装置 JIS K7211-1:2006 硬質プラスチックのパンクチャー衝撃試験による試験
試験法2	重荷物の落下	30kgf	・荷重:衝撃用砂袋重量 ・落下高度:1.0m		FRP 非鉄金属 木材 コンクリート等	作用荷重・試験諸元・試験装置 JIS A 1414 建築用構成材(パネル)及びその構造部分の性能試験方法(砂袋落下試験)を参考として設定
試験法3	軽貨物の落下	530gf	・落錘:JIS A1408 に規定されるW2-500(重量 約533gf、直径 約51mm) ・落下高度:2.0m		FRP 非鉄金属 木材 コンクリート等	作用荷重・試験諸元・試験装置 JIS A 1408 : 2017 建築用ボード類の曲げ及び衝撃試験方法を参考として設定
試験法4	上記と同等以上の試験荷重と考えられる載荷条件					

※ 床版の歩道面に舗装等を施工する床版技術の場合、当該舗装等に見立てた類似層を介して試験等を行ってもよい。

上記の試験方法の選択においては、以下の点に留意すること。

- ① 一般的にはスパイク靴等の靴底を想定した試験法1による試験を実施することでよいが、製作場所の試験設備等を考慮して、試験法を適宜変更してよい。

(3) 検証の方法について

床版の連結部については、一体性が確保されている状態を再現するため、本体部と連結部が一体となった供試体又は解析モデル等により行うことを標準とする。

なお、供試体試験においては以下の情報が明らかにされている必要がある。

- ① 荷重の載荷方法(等分布載荷・集中載荷の別、試験方法の根拠など)
- ② 集中載荷で試験を行う場合、等分布荷重を集中荷重に換算した考え方
- ③ 供試体試験の実施回数
- ④ 試験結果
- ⑤ 試験結果のばらつき状況(材料強度及び供試体試験結果)
- ⑥ 降伏から破壊に至るまでの過程及びその再現性

2.5 耐久性能

(1) 1.3(1)5)に規定する耐久性能について、2.4による耐荷力の特性値、及び1.3(1)6)による使用目的との適合性を確保する方法の妥当性を評価するために、材料の機械的・化学的な特性や製造の方法、及び材料が供用時にさらされる環境劣化因子の条件などに基づいて、床版(本体及び接合部)に用いられる材料の劣化として考慮する必要がある事項を明らかにする。

上記の事項には、少なくとも、腐食、加水分解や紫外線・オゾン等に関する耐候性にかかわる劣化並びに繰り返し荷重の作用による損傷やボルト等の緩みなどの影響を含んでいる必要がある。

(2) 耐久性能の確認は、以下に示す項目について行う。

1) 耐荷力を発揮するすべての材料について、材料の機械的特性や力学的特性等が耐荷性能等の設計における前提に適合する範囲に留まることを期待する期間である設計耐久期間を、部材等ごとに明らかにする。

2) 耐荷力を発揮するすべての材料について、(1)で示す考慮すべき事項に起因する劣化の影響を考慮し、材料の機械的特性や力学的特性等が耐荷性能等の設計における前提に適合する範囲に留まる期間が、1)で明らかにした部材等の設計耐久期間以上となるように耐久性が確保されていることを明らかにする。

(3) (2)2)における耐久性能の確保の方法は、以下の方法①、②又は③のいずれかの方法に区分し、補修、更新等の想定される維持管理において適切に反映されることを明らかにする。

方法①

・設計耐久期間内における材料の機械的特性や力学的特性等の経年変化を前提とし、これを定量的に評価した断面とすることで、その期間内における当該部材等の耐荷性能等に影響を及ぼさないようにする方法

方法②

・設計耐久期間内における材料の機械的特性や力学的特性等の経年変化を前提とし、当該部材等の断面には影響を及ぼさない対策の追加等の別途の手段を付加的に講じることで、その期間内における当該部材等の耐荷性能等に影響を及ぼさないようにする方法

方法③

・設計耐久期間内における材料の機械的特性や力学的特性等に及ぼす経年の影響が現れる可能性がないか、無視できるほど小さいものとする一方で、当該部材等の耐荷性能等に影響を及ぼさないようにする方法

(1) 床版技術の耐荷性能や使用目的との適合性を低下させる要因には種々のものがあるが、それらについては2.1において明らかにされており、耐久性能の確認では、これら材料特性を基本として検討することが必要である。

なお、材料劣化に加え、繰り返し荷重の作用による材料の損傷やボルトの緩みなどについての検討が必要である。例えば、塑性域における繰り返し荷重の影響を考慮して、コンクリートの一軸圧縮試験において一定の応力振幅で試験し、変形や損傷(又はダメージ)が累積しない域内で許容応力度が決められていたり、繰り返し荷重によるボルトの緩みに対して高力ボルトの締め付け力を管理したりするなど、実際の設計において配慮されている事例がある。

(2) 耐久性能の確認では、以下の点に留意すること。

1) 部材ごとの設計耐久期間について、期間の決定において前提となる条件（例えば、定期点検の頻度、ボルトの締め付け頻度、塗装・防水層の塗り替え頻度、シーリング材等の交換頻度など）を明らかにした上で、材料の特性と鋼・コンクリート部材等との比較などの方法により、合理的に設定されていることを確認する。

なお、床版の設計耐久期間は、劣化の進展速度や外的要因などの不確実な情報に基づいて決められることから、厳密な期間を求める必要はなく、例えば、20年単位で丸めた数値、あるいは鋼・コンクリート等の既往の材料より長い・短いなどの定性的な比較などの方法により、おおよその期間が示されていればよい。

2) 劣化の進展速度については、以下の方法により推定することができる。

① 暴露試験や既往文献等により劣化の進展速度が定量的に推定できる場合

② 文献等による定性的な傾向を把握し、鋼材やコンクリート等の一般的な材料と相対比較による場合

上記の方法で推定した劣化進展の速度等を考慮して、耐荷性能の設計における前提条件の範囲に留まる期間が、1)で明らかにした部材ごとの設計耐久期間以上となることを明らかにする。

(3) 耐久性能確保の具体的事例は以下のものがある。

方法①

劣化の進行を考慮した設計とする方法

減肉(腐食)による耐荷力減少に相当する耐荷力分を、部材を増厚して確保する方法など

方法②

塗装などの付加的手段で劣化要因を遮断して劣化進行を妨げる設計とする方法

腐食による減肉などが生じないように、部材を塗装するなどの対策を講じる方法など

方法③

劣化進展の影響が極めて小さく、影響を無視できるほど小さくする方法

材料そのものが劣化しない、あるいは劣化速度が極めて遅いものを採用する方法など

2.6 第三者被害の生じにくさ

(1) 1.3(1)6)で規定する第三者被害の生じにくさについて、以下の項目を明らかにする。

- 1) 2.1で明らかにした材料の劣化や接合等の構造により、本体や接合部からの破片、及び接合部の劣化やゆるみ等による材片の落下等の防止対策
- 2) 接合部の損傷等による本体の落下防止対策

(2) (1)について、以下のいずれかの方法により第三者被害が生じにくい材料や仕組みを採用していることを明らかにする。

- 方法①
第三者被害発生の可能性がないか、又は、可能性が極めて低いことが明らかである。
- 方法②
第三者被害の発生防止のために対応が図られている。
- 方法③
第三者被害発生防止のために点検計画が提案されている。

(1) 材片あるいは接続部の損傷による本体の一部等の落下による第三者被害を生じにくくするため、歩道橋床版には、何らかの防止対策が採用されていることを明らかにする必要がある。

(2) 第三者被害が生じにくい材料や仕組みについて、以下の例を参考にできる。

- 方法①：破片等の発生する可能性が極めて少ない材料や材片を用いるなど。
- 方法②：第三者被害発生のリスクに対して、フェールセーフや落下防止対策などによって、材片の桁下への落下を防止する構造としているなど。
- 方法③：目視、打音、触診、非破壊検査等の点検作業により、桁下への床版部材の落下リスクを低下させるなど。なお、ここでいう点検作業とは、歩道橋の定期点検において実施が可能で、定期点検の負荷増加にならない程度の点検作業を想定している。

床版の材料、構造などにより、第三者被害の生じにくさには違いが生じるため、床版技術の第三者被害の生じにくさの確認では、最低限の必要性能として、図2.6.1に示す方法③：第三者被害防止のための点検計画を定めることにより、第三者被害の発生を防止できるレベルの性能があることを確認する。

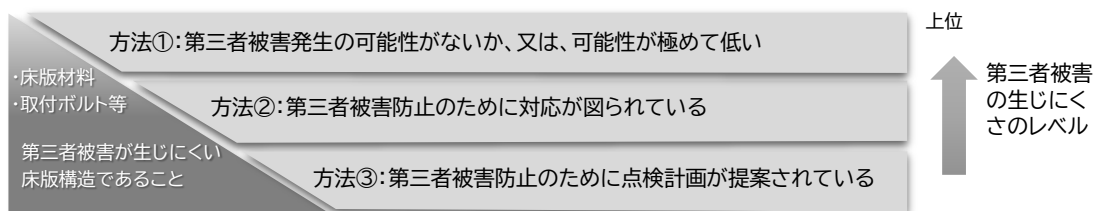


図 2.6.1 第三者被害防止の仕組み

2.7 歩道橋利用者の快適性・安全性

(1) 1.3(1)6)で規定する歩道橋利用者の快適性・安全性について、以下の項目を明らかにする。

- 1) 歩行時に不快なたわみの発生がないこと
- 2) 歩行時に不快な音(異音)の発生がないこと
- 3) 床版歩道面の連続性・平坦性が保たれる構造であること
- 4) 床版歩道面において湿潤状態での滑り等が生じにくいこと
- 5) 舗装等を行う場合、床版と舗装等との付着性が確保されていること
- 6) 床版歩道面に滞水し歩行時の支障とならないこと

(1) 利用者の快適性・安全性の確認のため、歩行時のたわみ・きしみ音等の異音、歩道面の連続性・平坦性・滑り抵抗性、床版と舗装等との付着性、床版歩道面の排水性などが、歩道橋の利用者に及ぼす影響の程度について、以下の項目を明らかにすることを求めることにした。

1) 不快なたわみ

歩行時のたわみが利用者にとって不快と感じるか等の影響については、歩道橋床版に着目した知見が少ない。一般的には床版の振動及びたわみは、歩道橋本体の剛性による影響が大きく、床版のみの基準値等を設定することが難しい。

このため、例えば、床版の1径間が活荷重により静的にたわんだと仮定した場合の最大値の目安として床版支間長の1/250※に設定するなどの方法がある。

※ 使用性を考慮した床面等のたわみ制限値（建築基準法施行令第82条、H12告示第1459号）を参考とした。

なお、床版が軽量であったり、たわみが生じやすかったりすると、歩道橋全体の振動特性に影響してくるが、振動については歩道橋本体の設計時に別途検討する必要がある。

道路会社その他機関が定める基準等におけるたわみ制限値を参考として表2.7.1に示す。

表 2.7.1 たわみ制限値の参考例

No	文献名	発行元	発行	たわみ制限	備考
1	恒久足場設計技術資料	首都高速道路	H26.6	L/200	
2	構造物施工管理要領	高速道路総合技術研究所	H28.8	L/100	FRP検査路
3	付属構造物標準図集橋梁用検査路	阪神高速道路公団	H15.3	L/500	鋼材
4	FRP歩道橋設計・施工指針(案)	土木学会	H21.9	L/450	FRP主構造に適用

2) 不快な音（異音）

例えば、床版部材が相互に固定されている構造であれば、不快な音が発生するような部材の擦れは発生しない。このため、床版の取合い構造等の細部について関連図書等による確認が必要となる。

3) 床版歩道面の連続性・平坦性

通常使用時において床版パネル毎に利用者がつまづくような不連続部あるいは段差が生じない構造となっている必要がある。

このため、例えば、床版同士の連結部や床版歩道面に不連続部、段差、突起、歩行時に支

障となる表面のざらつき、凹凸、うき、はがれ等がない構造である、又は舗装等により、これらの段差などを平滑に仕上げる等の方法がある。

段差が生じる例としては図2.7.1のような場合がある。

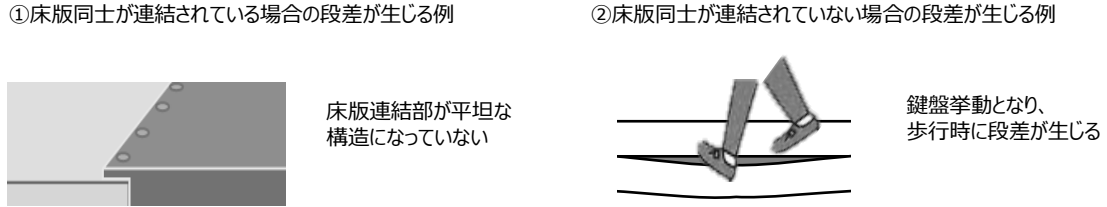


図 2.7.1 床版歩道面の段差の発生イメージ

4) 床版歩道面の湿潤状態での滑り抵抗性

歩道橋の床版歩道面には舗装が施工されているのが一般的であるが、新形式の床版技術の場合、例えば、床版材料そのものを表面加工して滑り抵抗性を確保する、あるいは防水塗装等の舗装兼用の塗装を行うなど、特殊な舗装材を使用する技術もある。

この場合、歩道橋の利用者が湿潤歩道面で滑り等を起こさず、安全に通行できるかについて検討する必要がある。

床版歩道面の滑り抵抗性をどう評価するかについては統一的な規定はないが、これまでに多くの研究が進められてきており、その評価は概ね以下の2通りに集約される。

- ①BPN値：英国式振り子形滑り抵抗試験を使用したBPN値（British Pendulum Number）による滑り抵抗性の評価方法
- ②CSR値：JIS A1454:2010「高分子系張り床材滑り性試験方法」によるCSR値（Coefficient of Slip Resistance）による滑り抵抗性の評価方法

マニュアル(案)では、代表的な両者の測定法による「滑り抵抗性」について、既存の文献・資料等から判断して「概ね滑り抵抗性がある」と確認できる値として、表2.7.2に参考値を示す。

表 2.7.2 湿潤歩道面における滑り抵抗性の例

滑り抵抗性の指標	滑り抵抗性ありとみなされる値	根拠
BPN	40以上	①「歩行者系道路舗装の滑り抵抗基準に関する研究」彌田和夫ら（土木学会論文集 No.550/V-33,205-212,1996.11）によれば、湿潤時BPN40以上が望ましい滑り抵抗値として提唱されている ②インターロッキングブロック舗装設計施工要領（令和3年3月）（一般社団法人インターロッキングブロック舗装技術協会）によれば、滑り抵抗値（BPN値）は、歩行者系道路では40BPN以上と規定されている。
CSR	0.4以上	「高齢者、障害者等の円滑な移動等に配慮した建築設計標準」（国土交通省平成24年8月）3.9「床の滑り」では、CSR0.4以上（履き物着用の場合）と規定されている。

5) 床版と舗装等の付着性

床版歩道面に舗装や防水工等を行う場合、舗装等の剥がれによる歩道面の段差が発生し、利用者の歩行の快適性・安全性に影響する可能性がある。また、防水層が剥がれることによる雨水の漏水が発生する恐れがある。

このため床版歩道面に舗装等を施工する場合、舗装等と床版歩道面との付着が十分に図られているかについて確認する必要がある。

付着性の確認においては、以下の確認方法がある。

- ① 引張付着強度試験により直接的に付着力を確認し、既存技術による数値と比較する
- ② 既存の資料、又は施工実績等による間接的な確認
- ③ その他の方法による舗装等と床版の付着性の確認

上記①又は③により付着強度を供試体により試験する場合には、例えば JSCE-K 561-2013「コンクリート構造物用断面修復材の試験方法(案)」の「5.8 付着強度」や、「舗装調査・試験法便覧(平成31年版)」(日本道路協会)、及び「道路橋床版防水便覧」(日本道路協会)等を参考にできる。

6) 床版歩道面の排水性

歩道橋の床版は、歩道橋本体のキャンバーや縦断勾配に合わせて設計された主桁の計画高にしたがって設置されることが一般的である。したがって、床版が独自に設計できる排水勾配は主として横断勾配のみになりやすいが、床版歩道面の排水性の確認では、床版構造が排水設計上必要となる排水勾配を有しているか、排水機能を妨げる床版構造でないかなど、排水性に関して、構造部材の配置及び適切な縦断勾配・横断勾配の確保などの総合的な観点から確認が必要となる。

第3章 性能の確認(施工編)

3.1 製作時の施工品質

(1) 1.3(1)7)で規定する製作時の施工品質について、製作方法及び手順、検査体制・方法、品質保証値等が明らかにされており、設計の前提条件を満たす製作が行われる仕組みが確認できること。

(1) 床版の性能を発揮させるため、材料強度や製品出来形が基準値を満足するよう、材料製造時及び床版製品の製作時に適切な品質管理が行われているかについて、施工品質の確保の方法及び結果の確認等の仕組みが必要となる。

このため、製作方法及び手順、検査体制・方法、適切な品質保証値の設定等に関するプロセスを記載した製作要領書等に基づいて、製作時の施工品質管理が適切に実施されることが大切である。

製作時の施工品質管理では、少なくとも以下の項目が整理されているかを確認する。

- ① 製作方法及び手順
- ② 施工品質の管理項目
- ③ 施工品質の保証値等
- ④ 施工品質の管理体制
- ⑤ 検査体制・方法
- ⑥ その他特に注意を要する事項

なお、施工品質の保証値等については、図3.1.1に示す流れ等を参考にして、製作上の品質管理目標値等の設定及びそれに基づく出来形管理方法について確認するとよい。

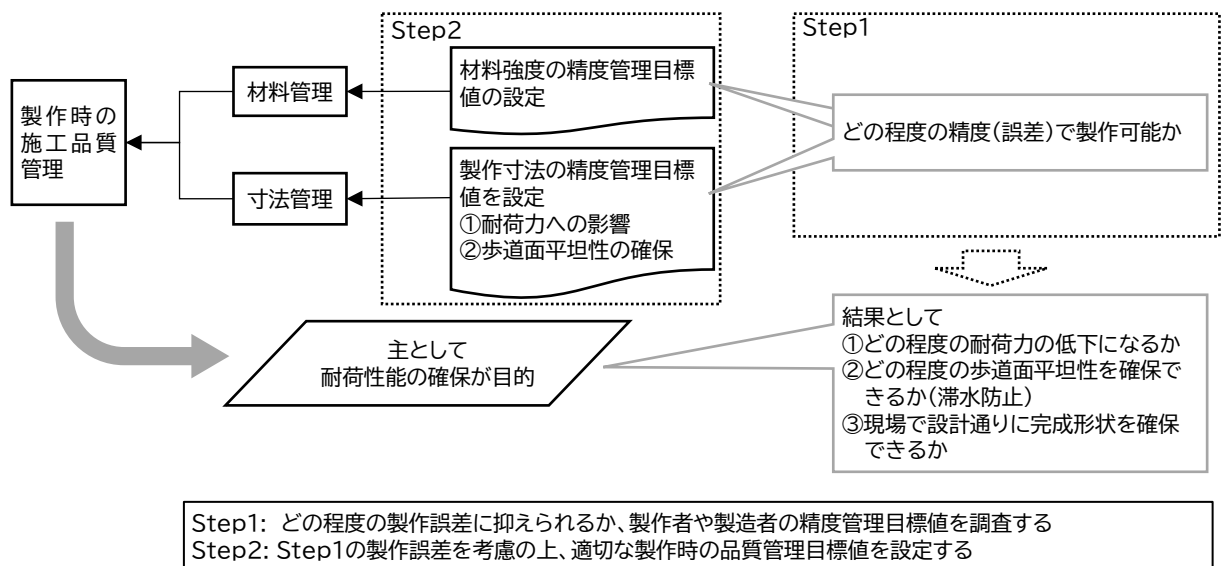


図 3.1.1 床版の製作時における品質管理目標値の考え方

施工品質の検査方法について、少なくとも次の項目について予め設定しておく必要がある。

- ①材料強度：検査項目、方法、使用機材、検査頻度等
- ②製品出来形：検査項目、方法、使用機材、検査頻度等
- ③製品強度：検査項目、方法、使用機材、検査頻度等

3.2 架設時の施工品質・施工前提条件等

(1) 1.3(1)7)で規定する架設時の施工品質・施工前提条件等について、以下の項目を明らかにする。

- 1) 調達にあたって、架設現場での品質管理目標(施工方法及び手順、検査体制・方法、品質保証値等)が明らかにされており、設計の前提条件を満たす施工が行われることが確認できる。
- 2) 調達にあたって、施工の安全性や品質を低下させる要因・リスクが整理され、それに対する施工前提条件等(施工体制、施工要領、施工機材、品質管理計画など)が整理されている。

(1) 床版の性能を発揮させるため、施工後の出来形が基準値を満足するよう、現場における施工時に適切な品質管理が行われているかについて、施工品質の確保の方法及び結果の確認等の仕組みが必要となる。このため、施工方法及び手順、検査体制・方法、適切な品質保証値の設定等に関するプロセスを記載した施工要領書等に基づいて、現場施工時の施工品質管理が適切に実施されているかを確認する。

1) 架設時の出来形管理

現場施工については施工要領書等の資料に基づいて、現地施工時の出来形管理を適切に実施することが大切である。施工要領書に記載すべき出来形管理項目の例を以下に示す。

①排水勾配の確保

縦断勾配、横断勾配、勾配の局所的逆転（逆勾配）が発生しないこと

②歩道面の平坦性の確保

部材間の不陸及び凹凸による局所的な滞水が生じないこと（例：10cm四方以上の滞水箇所がないこと、など）

③床版下面への止水性の確保

床版下面への水分の浸透、すき間からの漏水等が発生しないこと（止水工・防水工の仕上がり確認）

④その他（舗装厚管理、塗装管理、仕上がり状態の確認など）

なお、床版技術の架設時における施工品質の保証値については、図3.2.1に示す流れ等を参考として、現地施工時の出来形管理目標値等の設定、及びそれに基づく出来形管理方法について確認するとよい。

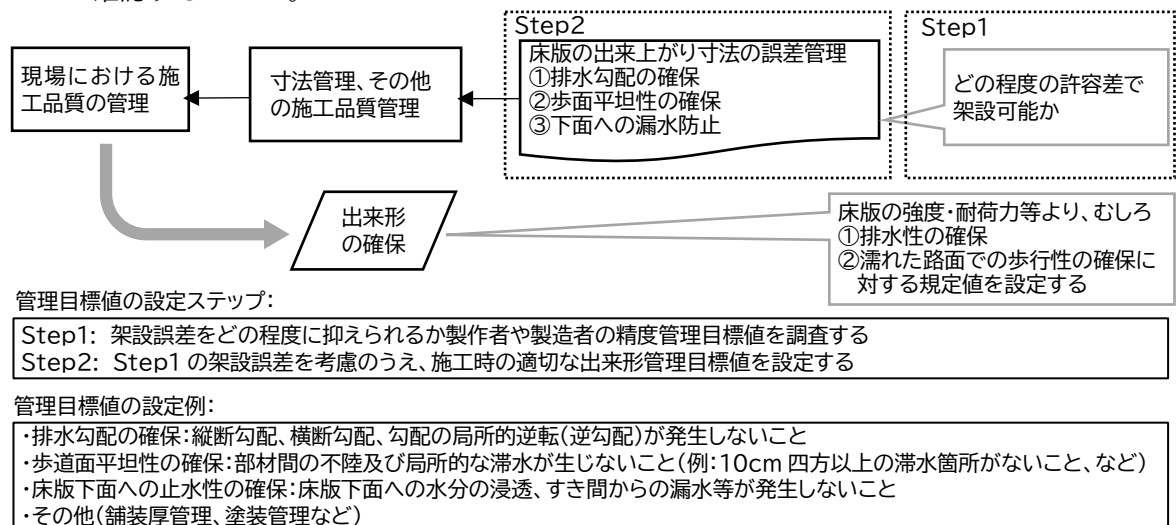


図 3.2.1 床版の架設時における出来形管理目標値の考え方

2) 施工前提条件等

施工の安全性や品質を低下させる要因・リスクを整理し、施工の安全性・施工品質を確保するために必要な施工において前提とすべき条件について、過去の同種工事における施工要領書等で確認することが必要である。

なお、過去の同種工事の事例がなく、参考となる施工要領書等がない場合、少なくとも以下の施工前提条件について確認しておく必要がある。

- ① 作業手順及び施工工程
- ② 必要な作業ヤード広さ（概要）
- ③ 床版の運搬・搬入方法
- ④ 仮設備・特殊機材・重機の種類・規模
- ⑤ 作業人数(施工ステップごと)、及び人力施工の可否
- ⑥ 交通規制の有無・方法(施工ステップごとの規制内容と期間)
- ⑦ その他特に注意を要する事項

第4章 性能の確認(維持管理編)

4.1 維持管理の確実性・容易さ

- (1) 1.3(1)7)で規定する維持管理の確実性・容易さについて、以下の項目を明らかにする。
- 1) 2.1で明らかにされた材料特性及び供試体試験の破壊状況等の結果に基づき、維持管理において特に留意が必要な材料・部位等の変状・損傷について整理されていること。
 - 2) 1)による変状や損傷に関して、2.5(3)に示す耐久性能の確保を前提とした維持管理における作業(劣化による変状・損傷を極力発生させないために必要な作業と頻度等)が整理されていること。
 - 3) 点検計画(材料特性に応じた点検ポイント、点検方法、必要な試験法、点検頻度など)が整理されていること。
 なお、維持管理の上では、主桁及び横桁等との接合部等における目視点検や維持管理作業等を極力妨げない床版構造であることが望ましいが、やむを得ず目視点検等が不可となる部分が生じる場合は、目視点検に代わる点検の方法等について提案されていること。
 - 4) 3)による点検において損傷が発見された場合、当該損傷の程度を評価し、対策等の必要性に関する診断を行うための情報が整理されていること。
 - 5) 4)による診断結果に応じて適切な対策や補修等に関する情報が整理されていること。また、その補修作業、あるいは部分的な床版の更新作業等が容易に行える構造であること。
 - 6) 床版同士、地覆と床版の接続部、横桁と床版の接続部等は、止水性が確保されており、降雨時など、路面への滞水が一時的に生じた場合においても、床版部材や取合い部の主桁・横桁等、及び排水困難部に漏水しない設計となっていること。

(1) 維持管理の確実性・容易さについて

- 1) 構造物の安全性及び使用性の観点から、床版の特性を把握し、2.1で明らかにした材料の劣化特性より維持管理において特に留意が必要な特性の整理を行い、どの部分にどのような変状・損傷が発生しやすいのか、あるいは供試体試験等の結果より、どの部位で破壊が生じたのか、どのような壊れ方をするのか、などの床版の弱点及びその対応策等について維持管理上の留意事項として整理されているか確認する。
- 2) 2.5(3)で明らかにした耐久性能確保の方法における前提条件に基づき、ボルトの増し締め、塗装の補修、排水柵の清掃など、通常の維持管理において必要な作業及び頻度が提案されているか確認する。
- 3) 損傷の早期発見と対策実施に向けた点検計画が明らかであるか確認する。なお、目視点検が不可となる部分がある場合は、その概要、及び目視点検に代わる点検の方法等が明らかであるか確認する。
 点検計画には少なくとも以下の項目が反映されていることを確認する。
 - ①対象とする変状・損傷の種別
 - ②部位・材料別の点検方法(点検方法、点検頻度、必要機材など)
- 4) 3)による点検の結果、損傷の進行状況や程度の評価に必要な情報に関して、以下の項目に

ついて明らかであるか確認する。

- ①損傷の種別ごとの損傷程度の評価基準
- ②評価結果による診断（対策の要否の判断）

5) 4)による診断の結果必要となる対策等の検討に関して、以下の項目について明らかであるか確認する。

- ①状態に応じた対策(補修、部分的な更新作業など)が明らかであること。
- ②補修・更新作業が確実、かつ容易に実施できること

6) 歩道橋の損傷の大半が排水不良・滞水等の雨水の処理に起因している。このため歩道橋の耐久性能確保の基本となる滞水・漏水等の水処理が適切であることを確認するものである。

特に、床版歩道面からの雨水の漏水により、歩道橋本体部材への水の浸入を防止する対策について明らかであることを確認する。