

第4章 鋼橋

4.1 総則

4.1.1 各橋梁形式の概要と特徴

(1) プレートガーダー橋

鋼橋として最も基本的な形式である。力学的にも単純明解であり、梁の曲げモーメントを主として受け持つ上下フランジとせん断力を受け持つ腹板を組み合わせた薄肉構造であり、最も一般的に用いる主構造である。

プレートガーダー橋には、充腹形式のすべての桁構造が含まれるが、特にI形断面、箱形断面の桁としての使用例が多い。上下フランジと腹板からなる断面は、溶接により構成される。また、現場継手は、一般的に高力ボルトによる。なお、H形鋼桁については、フランジと腹板は一体で製作されるため、厳密にはプレートガーダー橋ではないが、桁断面の形状が類似するため、本手引きではプレートガーダー橋として分類する。

(種類)

1) H形鋼桁

H形鋼桁の最大桁高は912mmであり、短支間の橋梁に適用する。H形鋼桁はI桁に比べ断面性能は劣るが、製作工数を削減することで経済性を図った形式である。

桁高が低いため、運搬・架設等の取扱いが容易である。

2) I桁

I桁橋は設計・製作が容易で、かつ鋼重が軽いため経済的な形式であるが、主桁のねじり剛性が小さいため、曲線橋に適用する場合は、桁配置・横桁間隔・上横構の必要性等について検討が必要である。

なお、施工・架設時の留意点として、部材長が長くなると輸送・架設中に座屈を起こし易くなること、また幅員が狭い2主桁橋では、支間長Lと主桁間隔Bの比L/Bが18程度より大きくなる場合に全体座屈の可能性があるため、安定の照査及び応力の詳細検討が必要となる点が挙げられる。

「材料ミニマム」から「製作工数ミニマム」とすることが工事費削減となる積算体系（鋼道路橋数量集計マニュアル（案））に移行したことを受け、I桁について製作上の合理化を図った橋梁形式として、少数I桁橋もある。

(少数I桁橋)

少数I桁橋は、鋼桁と高耐久性床版であるPC床版や合成床版と組合せ、床版支間を拡大（4.0 m～8.0 m）し、主桁本数を削減することで製作、架設の合理化を図った構造である。また、ディテールにおいては、下横構・対傾構の省略化、横桁の形鋼（H形鋼）の適用により製作の省力化を図った構造である。

通常のI桁橋に比べて横方向の剛性が低いため、曲線橋やランプ橋などへの適用性は低い。一般的に平面線形の曲率半径はR=1000 m程度以上を目安に適用されている。

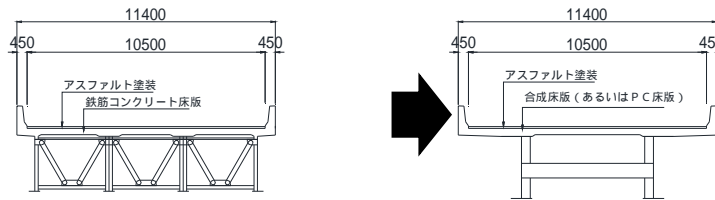


図 4.1.1 I 桁と少数 I 桁の桁配置の対比

一般的に2主桁の少数 桁では床版打ち替えが困難であることが多く、通行止めができない路線において床版を打ち替える場合には、図 4.1.2 に示すように車線を確保することを目的とした半断面施工となるため、床版を支持するためのブラケットや縦桁等の補強が必要となる。したがって、採用には設計、計画段階でその必要性等、代替性、冗長性、取替え工事実施時の通行止めの可否などについて十分な検討を行う必要がある。

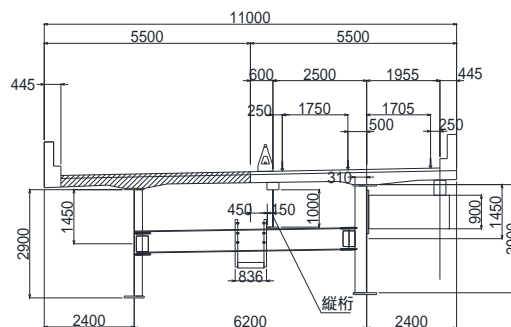


図 4.1.2 2主桁少数 I 桁の床版打ち替え概要図

3) 箱桁

箱桁橋は、曲げ剛性とともねじり剛性も大きく、長支間の橋梁・曲線橋に適した形式である。桁高は、I 桁に比べ1~2割程度低く抑えることができ桁下空間を確保し易い。

なお、完成状態については安定感があり、美観に優れているが、I 桁に比べて設計・製作が複雑であること等から支間の短い場合は割高となる。

(細幅箱桁橋)

基本思想は少数 I 桁と同様に、高耐久性床版と組み合わせ、床版支間を拡大(4.0 m~8.0 m)し、主桁を削減することや側縦桁、中間縦桁を省略することで製作・架設の合理化を図った構造である。細幅箱桁の構造としては、箱幅を狭めフランジ板厚を厚くすることで、補剛する横リブ、縦リブの省力化も行うことで、全体的な鋼重は通常箱桁よりも少なくすることができる構造である。ただし、横方向の剛性は従来の箱桁より低くなるため、横倒れ座屈など曲線橋など平面線形への対応性については、個別に確認・検討する必要がある。

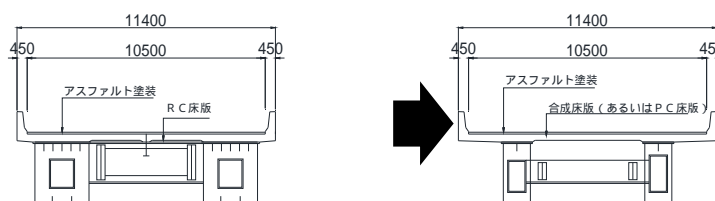


図 4.1.3 箱桁と細幅箱桁の対比

(構成)

死荷重、活荷重は床版・主桁を介して支承に伝わる。上下フランジは主に曲げモーメントに、腹板はせん断力に抵抗し、支点上垂直補剛材は腹板と柱構造を形成して上部構造反力を支承に伝える。垂直補剛材は腹板がフランジの降伏まで耐荷力を保つように、規定された剛度を有するものを適切な間隔に配置する。ダイヤフラムは断面形状の保持・局部集中荷重を円滑に桁に伝える機能がある。横桁・対傾構・横構等は、橋の断面形状保持(立体的機能の確保)、剛性の確保、横荷重の支承への円滑な伝達を図るために桁間に設けられる。

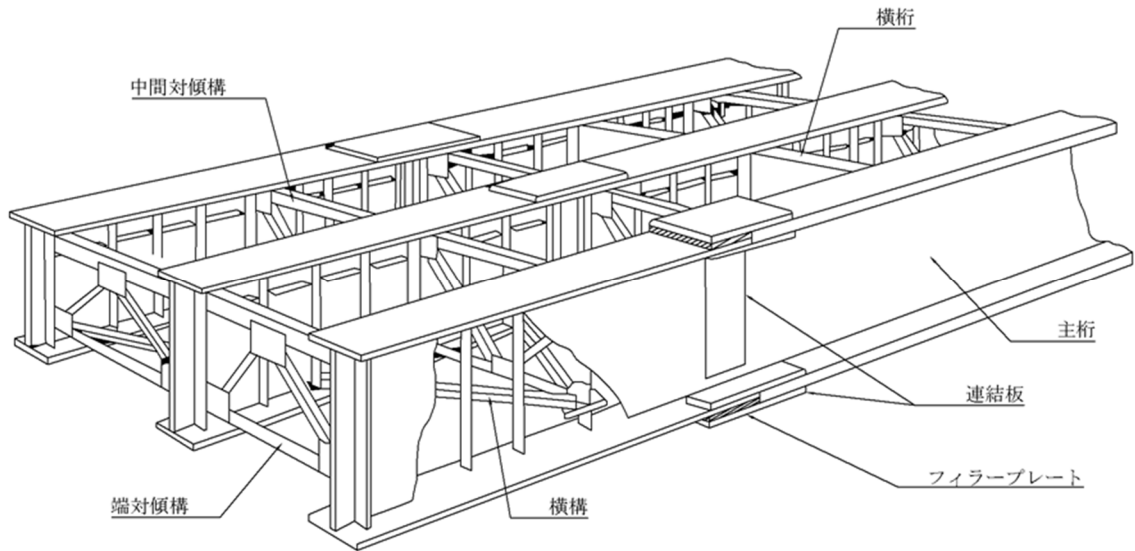


図4.1.4 I桁の構造概要

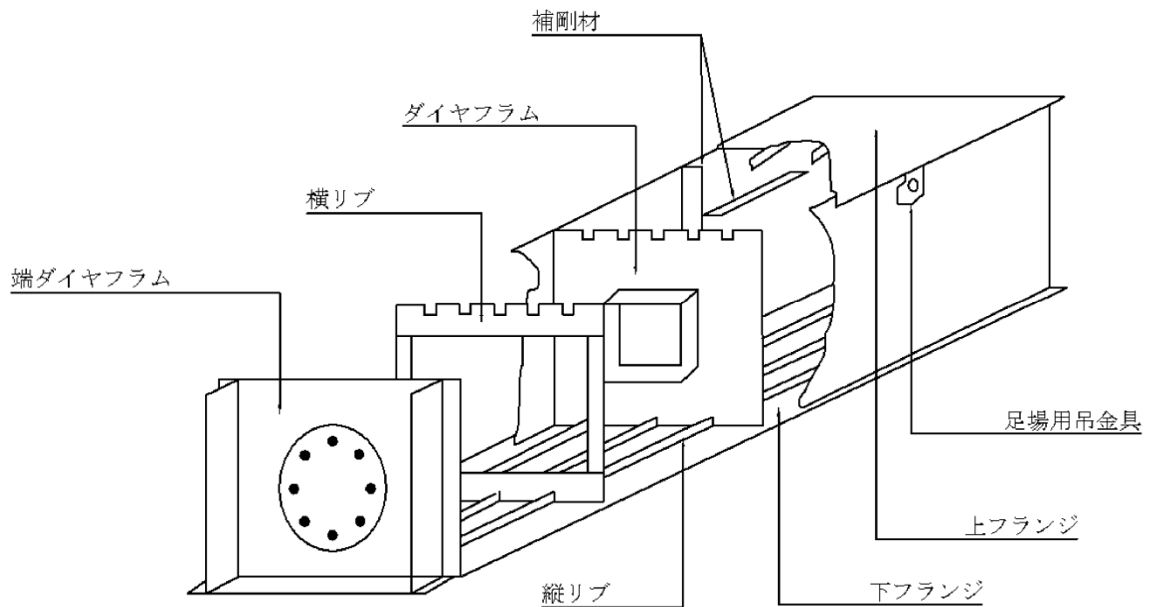


図4.1.5 箱桁の構造概要

(2) トラス橋

トラス橋は軸引張材及び軸圧縮材のみを組合せて、全体として荷重に抵抗させる構造であり、プレートガーダー橋のように腹板材料を大きく増加させることなく主構高を高くできる。したがって、比較的少ない鋼材で大きな耐荷力を持ち、小さくて重量の軽い部材を組み合わせることで長支間の橋を建設できる。

一般的なトラス橋の経済的な主構高は、平行弦トラスで支間長の $1/7 \sim 1/9$ である。

(橋種)

1) 平行弦ワーレントラス

二等辺三角形を骨組みとしたトラスである。垂直材を有する平行弦ワーレントラスの改良型であり、斜材のみの方が景観性に優れているため、最も一般的な形式である。

2) 垂直材を有する平行弦ワーレントラス

平行弦ワーレントラスの旧式タイプである。平行弦ワーレントラスに垂直材を入れた形式である。

3) 垂直材を有する曲弦ワーレントラス

曲げモーメントに応じて端部を低く、中央部を高くしたトラスである。上弦材の格点を2次の放物線に乗せれば、合理的なものとなる。支間長が長い場合、直弦トラスに比べ曲弦トラスが経済的になる。

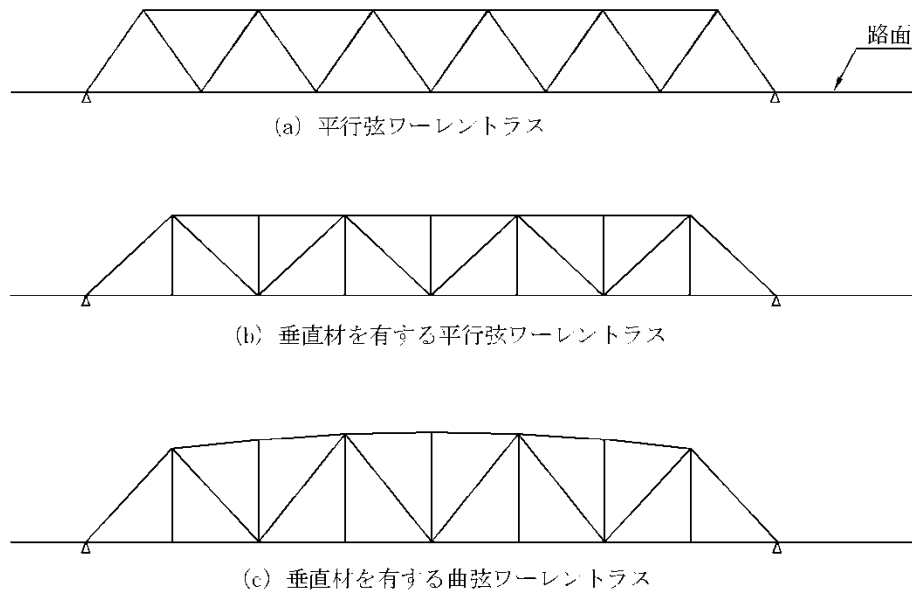


図4.1.6 代表的なトラス橋

(構成)

床版等の死荷重、通行車両等の活荷重は、床版 縦桁 床桁 主構を介して支承に伝達される。

上下横構は、風荷重、地震荷重等の水平荷重に抵抗するための構造であるが、橋門構や支材と共存することによって橋の耐荷機構を立体的とし、ひいては全体の剛性を高め、かつ全体座屈に対する安全性を向上させる役割を果たしている。

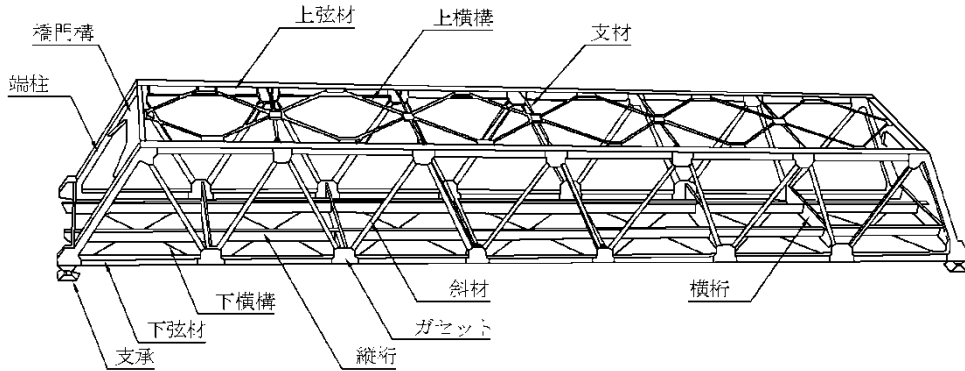


図 4.1.7 トラス橋の構造概要

(3) アーチ系橋

アーチ橋は、上側に凸な曲線を有する構造部材（アーチリブ）を主構造とする橋をいう。

アーチ系橋梁は大きく分けてアーチ橋、ランガー桁橋、ローゼ桁橋、ニールセン系橋梁の4つの形式に分類できる。さらに、主構造より下側に橋面がある下路式、主構造より上面に橋面がある上路式及び主構造を横切るように橋面が配置される中路式に分類される。

中路式や上路式ではアーチ部材の両端に水平反力が生じることから、原則として基礎地盤が水平反力に十分に抵抗し得るような地盤条件に適する。強固な岩盤地質においても風化性の確認や地震時の安定性が確保されることなど、支持する土質試験結果、評価を確認することが必要な構造である。当形式を採用する場合には、特に「本手引き 第2章 調査」に記載する地盤調査等を入念に実施することが必要である。

(橋種)

1) アーチ橋

アーチ橋は支持条件により分類すると、固定アーチ、2ヒンジアーチ、3ヒンジアーチ及びタイドアーチ等に分類される。アーチ橋では、アーチ機構を成立させるために、アーチリブの両端は、水平移動が堅固に拘束されている必要がある。支持条件は地形条件、架設方法、橋梁規模に応じて架橋位置に適したものを選定する。構造的には、アーチリブは曲げ、軸力を、タイは軸力のみを受け持つ。よって、タイはアーチリブより断面が小さくなる。

2) ランガー桁橋

アーチリブは軸力のみ、補剛桁は曲げ、軸力を受け持つ。よって、アーチリブは補剛桁よりも断面がかなり小さく、補剛桁に比べ繊細な感じを与える。なお、アーチリブの剛性がローゼ桁に比べ低くなるため、吊材間隔はローゼ桁より狭くする必要がある。

3) ローゼ桁橋

アーチリブ、補剛桁ともに曲げ、軸力を受け持つ構造である。アーチリブと補剛桁の剛性は任意に設定できる。

4) ニールセン系橋梁

ローゼ桁にケーブルを斜めに張ったものを、ニールセンローゼ橋と称す。アーチ橋に比べたわみを非常に小さくできるため、長支間の橋梁に適する。

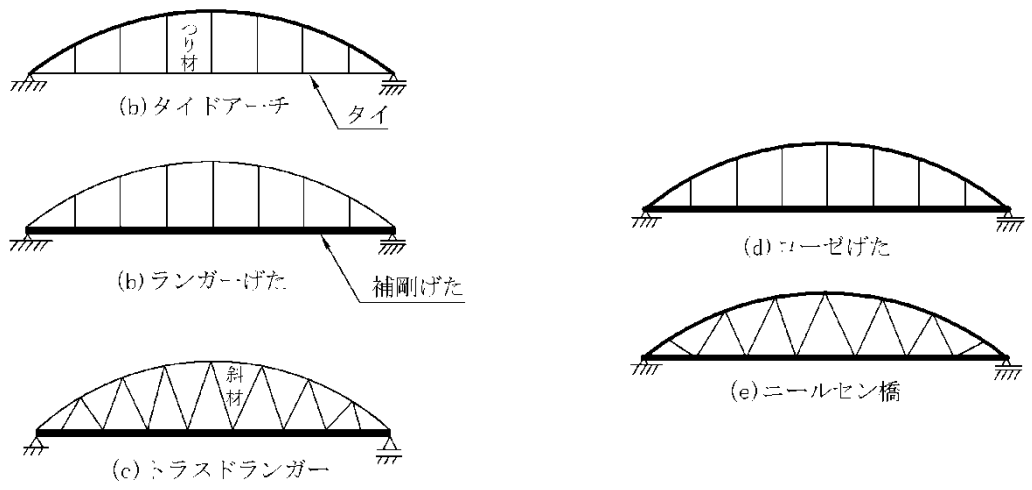


図 4.1.8 代表的なアーチ橋

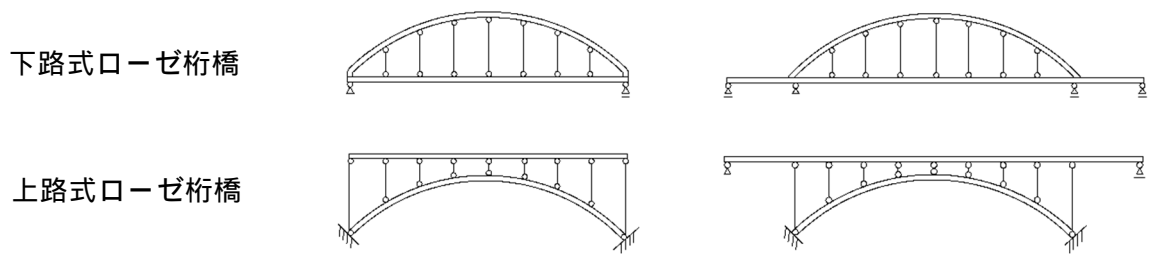


図 4.1.9 ローゼ桁橋における下路式、上路式の構造例

(構成1：上路形式)

床版等の死荷重、通行車両等の活荷重は、床版 縦桁・横桁 補剛桁 垂直材 アーチリブを介して支承に伝達される。

上下横構は、風荷重、地震荷重等の水平荷重に抵抗するための構造であるが、対傾構や支材と共存することによって橋の耐荷機構を立体的にし、ひいては全体の剛性を高め、かつ全体座屈に対する安全性を向上させる役割を果たしている。

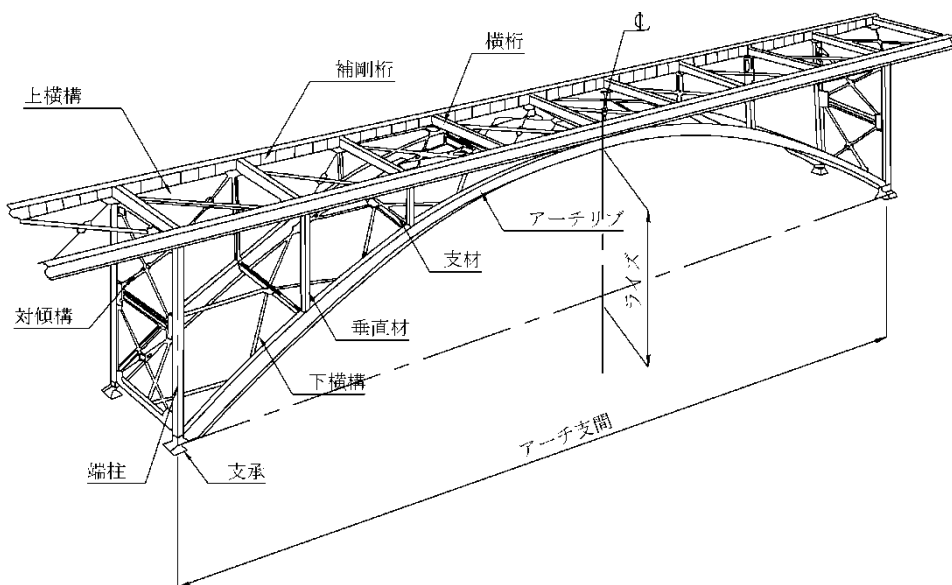


図4.1.10 代表的な上路式アーチ橋

(構成2：下路形式)

床版等の死荷重、通行車両等の活荷重は、床版 縦桁・横桁 主構 (アーチリブ・補剛桁・ケーブル等) を介して支承に伝達される。

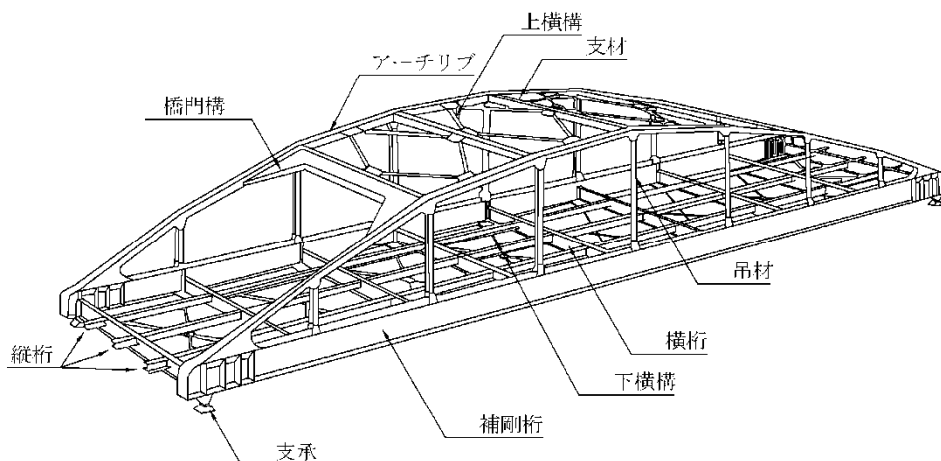


図4.1.11 代表的な下路式アーチ橋 (ランガー形式)

(4) ラーメン橋

ラーメン橋は桁と脚を剛結し、軸方向力、曲げモーメント、せん断力とに同時に抵抗できるように組んだ骨組構造である。

多くは外的不静定であり、脚を傾斜させた形式(方杖ラーメン)の構造的特徴はアーチに類似している。

(種類)

1) 門型ラーメン、多径間連続ラーメン

門型ラーメンは、上部構造と下部構造を剛結した構造である。

単純桁としてのラーメン橋は、温度変化等に対して上部構造に生じる変形を拘束する門型ラーメン構造と、変形に追随するインテグラル構造の2種類がある。特に、軟弱な地盤などで杭基礎が多く必要となるような条件下において、両橋台部で抵抗できることから、一般的な可動・固定支承を有する橋梁形式に比べて杭基礎規模を小さくできることが多い。

多径間連続ラーメン橋は、地震時に下部構造に作用する水平力を上下部構造が一体となって橋梁全体で抵抗できることから、不静定構造として有利になることが多い。ただし、橋長が長くなると、温度応力や乾燥収縮等の影響が大きく作用することもあるため、適用にあたっては十分に注意が必要である。

また、断層など地殻変動が想定される条件においては、冗長性が低く、上下部構造の接合部に大きな荷重が作用する構造であることにも留意する必要がある。

2) 方杖ラーメン

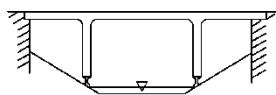
深い渓谷を渡る場合や高速道路のオーバブリッジに適用される事例が多い。方杖ラーメンはラーメンとも呼ばれ、ラーメン橋として最も一般的な形式である。

3) V脚ラーメン

桁下空間を利用し、橋脚をV型とすることで上部構造の支間長を短くする形式である。

4) フィーレンディール

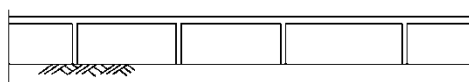
格点の剛結構造が複雑になるため、現在ではあまり使用されていない形式である。



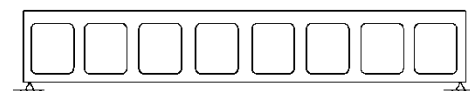
(a) 門型ラーメン



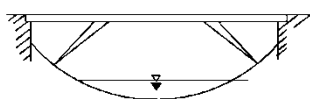
(d) V脚ラーメン



(b) 多径間連続ラーメン



(e) フィーレンディール



(c) 方杖ラーメン

図4.1.12 代表的なラーメン橋

(5) 斜張橋

斜張橋は、中間橋脚上に主塔を立て、主塔からの斜めの引張材（ケーブル等）によって主桁を支持する構造の橋をいう。この形式は、主桁を斜め引張材によって弾性的に支持する連続桁と考えられる。

ケーブル部材、定着部、偏向部（サドル部）など構造成立上主要な点について、設計段階から維持管理計画を立てることが必要な構造形式である。

(種類)

1) 放射形式

ハープ形式に比べてたわみ剛性が大きいという特徴を有する。ケーブルと主塔の定着位置が1か所に集約されているため、橋梁全体系での重心位置が高くなる傾向があり、塔自体に作用する曲げモーメントが小さくなる一方、柱基部で作用する地震時のモーメントが大きくなる傾向がある。

2) ファン形式

放射形式と同様の構造特徴を有する。放射形式との違いは、主塔側のケーブル定着位置が分散されていることにある。

3) ハープ形式

ケーブルの定着位置が分散されており、かつケーブルが平行に配置された形式である。2面ケーブル形式としても外観が良いという利点を有するほか、主桁の橋軸方向移動量を抑制できる。

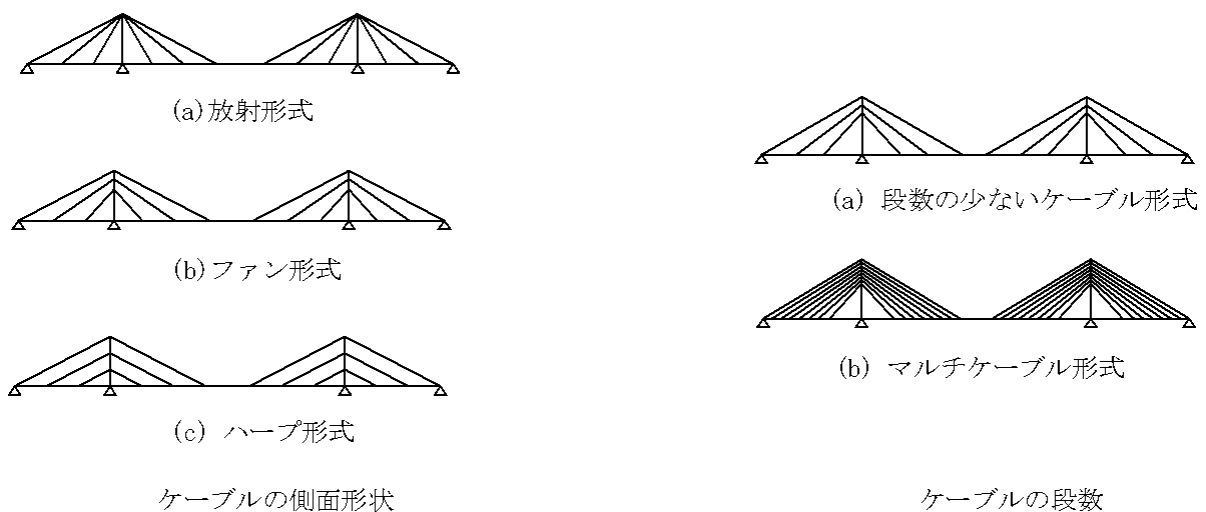


図4.1.13 代表的な斜張橋

(6) 吊橋

吊橋は、張り渡したケーブルによって荷重を吊り、変形しやすいこのケーブルを桁、またはトラスで補剛する構造である。一般的には、単径間吊橋、3径間吊橋が用いられる。

吊橋はトラス、アーチ、プレートガーダー橋等の構造系と比較して極めて変形しやすい構造であることから、強風を予想される地点に建設される吊橋は、空気力学安定性について風洞実験等で十分な検討を行う必要がある。

ケーブル、ハンガー、アンカレイジなど構造成立上主要な点について、設計段階から維持管理計画を立てることが必要な構造形式である。

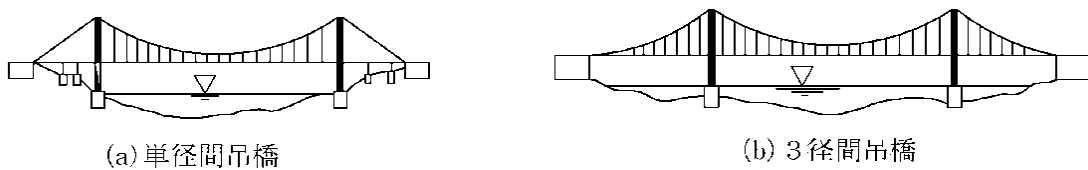


図4.1.14 吊橋の形式

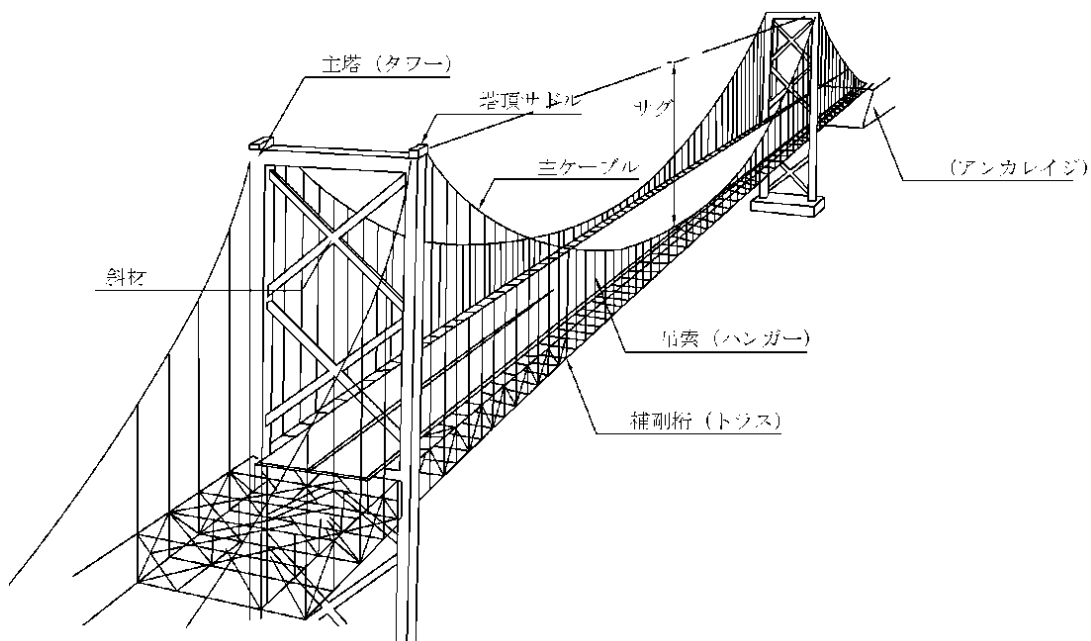


図4.1.15 吊橋の構造概要

(7) その他の橋

橋梁前後及び橋梁区間の道路計画高と橋梁との交差条件の関係により、上部構造の桁高を標準的な桁高より低くすることが必要となる場合がある。このような場合、鋼とコンクリートの一体化を図り、圧縮側の耐荷性能の向上を図った複合構造（合成構造）や上部構造重量の軽減を図った構造形式を採用することが有効である。

これらの構造形式では、特殊な条件下において適用可能な支間長やその他条件により有利、不利となることがあるため、個別に適用性、優位性を検討した上で採用する必要である。また、通常の構造とは異なる細部条件を有するため、構造上の特性や維持管理の確実性、当該橋または路線の重要性等を十分踏まえた上で、採否を検討する必要がある。

(種類)

1) 上部構造の桁高を低く抑えた構造

鋼とコンクリートの一体化を図った複合構造とし、上部構造の桁高を低く抑えた構造の例として、合成床版橋が挙げられる。合成床版橋は、鋼とコンクリートのそれぞれの材料の利点を活かし、複合構造（合成構造）とすることで圧縮側の耐荷性能向上を図り、通常の鋼橋やPC橋では不可能な低構造高とした構造である。コンクリート打設時の型枠として床版底部の鋼材部を兼用することにより、工期短縮も図るなど低桁高に加えて構造形状の特徴による利点もある。

鋼材とコンクリートが一体となった構造においては、床版防水の確実な施工、維持管理が重要となる。このことから供用後の管理方針も含め、当該橋（または路線）の重要性等を十分踏まえた上で、採用を検討することが必要である。

(転載許可条件に基づき掲載していません)

図4.1.16 合成構造による低桁高構造の例

(出典) 橋梁架設工事の積算, 2.1.3, p2-11, R2.5.

2) 上部構造重量の軽減を図った構造

上部構造重量の軽減を図った構造の例として、桁橋形式の合成床版橋（鋼合成床版一体型合成鉄桁橋とも呼ばれる）が挙げられる。この合成床版橋では、合成床版と鋼主桁を一体化したパネル構造とすることで、上部構造重量の軽減を図った構造である。合成床版と鋼主桁を一体化した構造であるため、標準的な構造よりも桁高も低く抑えることが可能であり、1)の構造事例と同様に検討されることもある。また、合成床版と鋼主桁をパネル化した構造であるため、現場施工の簡略化、床版施工時の吊足場や床版型枠が不要となるなどの優位性もある。

一方で、1)と同様に鋼材とコンクリートが一体となった合成床版を採用している構造であるた

め、床版防水工の確実な施工及び維持管理が重要となる。したがって、採用に際しては、供用後の管理方針も含め、当該橋（または路線）の重要性等を踏まえた上で、その採用を検討することが必要である。

4.1.2 床版形式

床版形式の選定は、経済性、施工性、耐久性、施工工期、交差条件及び床版支間長等を考慮し比較検討を行った上で、架橋位置に最も適した床版形式を選定するものとする。

(種類)

床版形式は、下図に示す通り、1) R C 床版、2) P C 床版、3) 合成床版、4) 鋼床版の 4 タイプに大別され、また、P C 床版はプレキャスト P C 床版と場所打ち P C 床版に分類され、さらに場所打ち P C 床版は施工方法により固定型枠工法と移動型枠工法の 2 つに分類される。以下に、床版の種類と特性について述べる。

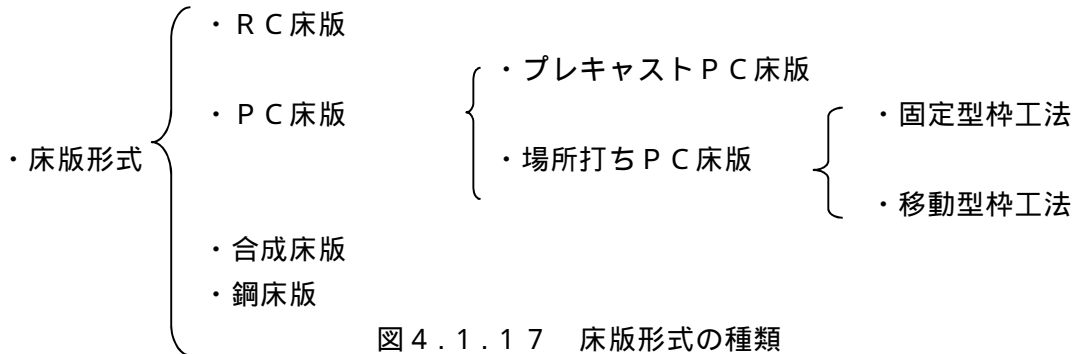


図 4.1.17 床版形式の種類

1) R C 床版

これまで最も一般的に用いられてきた形式である。平成 8 年版の道示までは床版支間は 3.0 m 以下を基本としていたが、平成 14 年版の道示の改訂より床版支間が 4.0 m まで拡大された。ただし、車道での一般的な最大支間は 3.0m が目安とされている。経済的な床版形式であるが、耐久性は、P C 床版、合成床版に比べて劣るとされている。なお、床版、地覆等のひび割れ抑制として、膨張材（混和材）のコンクリート材料への添加が有効である。

2) P C 床版

主に少数 I 桁、細幅箱桁等の合理化桁と組合せて使用されている。床版支間は平成 24 年道示までは 6.0 m 以下を基本としていたが、平成 29 年版の道示より適用範囲が 8.0 m まで適用可能となっている。

3) 合成床版

P C 床版と同様に合理化桁と組合せて使用されている。合成床版は型枠の兼用である底鋼板とコンクリートの合成構造からなる。床版支間は最大 8.0 m まで可能である。

4) 鋼床版

桁高制限がある場合や長大支間で上部構造軽量化が必要な場合に有効な形式である。車道部分の鋼床版の最低板厚は、「道示 11.8.3」より設計活荷重に応じて、以下に示す数値以上の板厚を確保する。

$$\text{車道部分の板厚} : t_1 = 0.037 \times b \quad (\text{B 活荷重})$$

$$t_1 = 0.035 \times b \quad (\text{A 活荷重})$$

ここに、 b : 縦リブ間隔 (mm)

主桁の一部として作用する歩道部分の板厚 :

$$t_2 = 0.025 \times b$$

ただし、 t_1 12mm、 t_2 10mm とする。

リブとして閉断面縦リブ (Uリブ) を使用した場合は「道示 8.5.1」より 16 mm 以上、その他のバルブプレート、平板リブ等を使用した場合は 12 mm 以上とするのが標準である。

4.2 設計要領

4.2.1 設計一般

- (1) 「鋼道路橋設計ガイドライン(案)(平成10年5月)国土交通省」の適用範囲にある橋梁はこれを採用し、その他のものについてもこの設計思想により設計するものとする。
- (2) 主桁の設計にあたっては、設計、製作、輸送、架設ならびに維持管理等を考慮した最適な断面を定めるものとする。
- (3) 構造物の解析は、実際の構造物と作用荷重を適切にモデル化し、力学的に適切な解が得られる方法をとるものとする。

(1) 鋼道路橋設計ガイドライン(案)は、構造をできるだけ簡素化し構造を統一化することによって、製作省力化の一層の促進を図ることを目的としてとりまとめたものである。

1) 適用範囲

支間長が20m～80m程度の中規模のI・箱桁橋で斜角や曲率が厳しくないものを対象。他の形式の床組部材等にも適用が可能。

2) 1部材同一断面

主桁断面において、フランジ、腹板の板継ぎは設けずに、断面変化は現場継手部で行う。

3) フランジ幅一定

上下フランジ幅は桁全長にわたり、一定幅とする。

4) 腹板厚は同一、水平補剛材は一段

腹板は桁全長にわたり、同一厚さを原則とする。

鋼道路橋設計ガイドラインによるイメージを図4.2.1に示す。

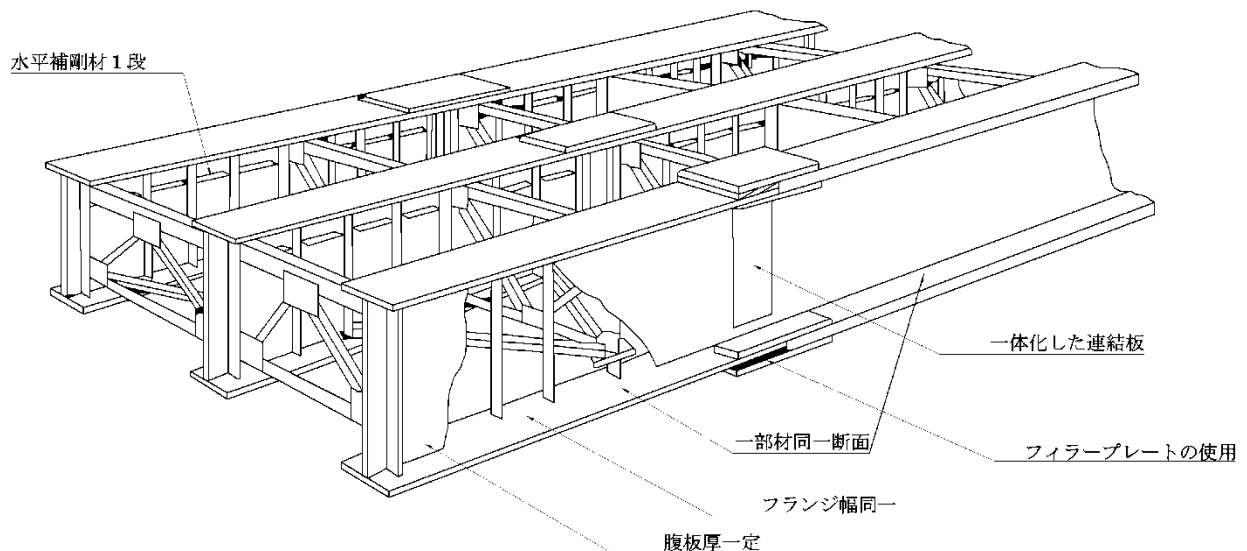


図4.2.1 省力化構造のイメージ図

5) フィラーの使用

板厚差のあるフランジ高力ボルト継手は、原則としてフィラープレートを使用し、板厚差をなくす。

鋼道路橋設計ガイドラインによるイメージを図4.2.2に示す。

主桁等における板厚の変化は厚い方の板厚の1/2以下とする。また、板厚差はフィラープレート厚を考慮して、一般鋼材の場合は2 mm以上、耐候性鋼材の場合は3 mm以上とする。

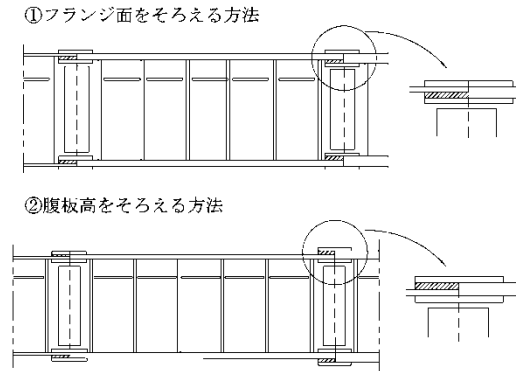


図4.2.2 主桁フランジの連結

表4.2.1 板厚差と使用するフィラープレートの組合せの例

使用鋼材		フィラープレート厚 T	
		一般鋼材	耐候性鋼材
板厚差 t	1mm	薄い方の母材を 1mmUPする (フィラープレートは用いない)	薄い方の母材を 1mmUPする (フィラープレートは用いない)
	2mm	T = 2.3mm	薄い方の母材を 2mmUPする (フィラープレートは用いない)
	3mm	T = 3.2mm	T = 3.2mm
	4mm	T = 4.5mm	T = 4.5mm
	5mm	T = 4.5mm	T = 4.5mm
	6mm 以上	T = 板厚差 t と同じ	T = 板厚差 t と同じ
フィラープレート材質		SS400	一般部 : SPA-H or SMA400 箱桁内面 : SS400

6) 連結板の一体化

腹板の高力ボルト継手は、原則としてモーメントプレートとシャーププレートを一括化した連結板を用いる。(下図の右)

鋼道路橋設計ガイドラインによるイメージを図4.2.3に示す。

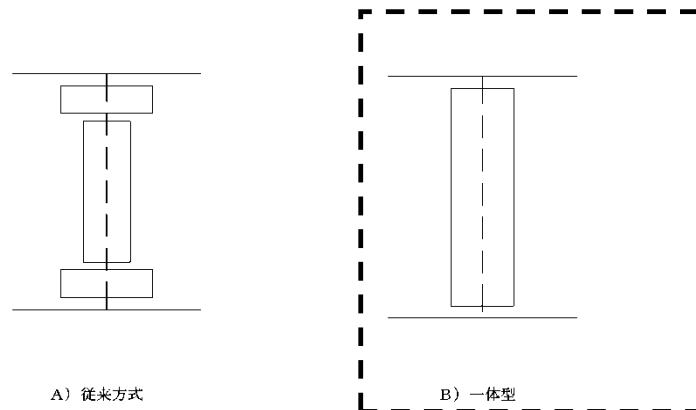


図4.2.3 腹板の連結

(3) 構造解析の概要及び目的

- 1) 構造解析とは、重力、風、地震、温度変化等の物理現象に対する構造物（橋）の挙動を構造力学理論に基づいて解明することである。このような構造解析は計画、設計、製作、架設の各段階で行われ、その目的も異なる。すなわち、対象とする構造形式、作用する外力の種類、また、温度解析、格子解析、版理論を用いた解析、上下部立体解析など作用荷重による目的に応じ、適用する設計法により解析方法が異なる。さらに、道示では構造解析手法として、動的解析を実施することで地震時などの挙動を把握することが標準化されている。ただし、地震時の挙動が複雑でない橋（「道示V 5.1」に規定されるラーメン橋（面内方向）、免震橋、ハイピア、アーチ橋、曲線橋など以外の橋梁形式）の場合は、静的解析による照査を行ってもよいとされている。
- 2) 鋼橋の場合、対象とする構造形式が桁橋、トラス橋、アーチ橋、ラーメン橋、斜張橋、吊橋等であり、床版以外はすべて骨組構造にモデル化できるため、構造解析は平面または立体骨組解析が一般的である。また、斜張橋や吊橋のように変形しやすい鋼橋を除く橋梁に対しては、一般に静的な荷重（移動載荷を含む）を作用させて、その応力や変形状態を求める静的解析が行われる。

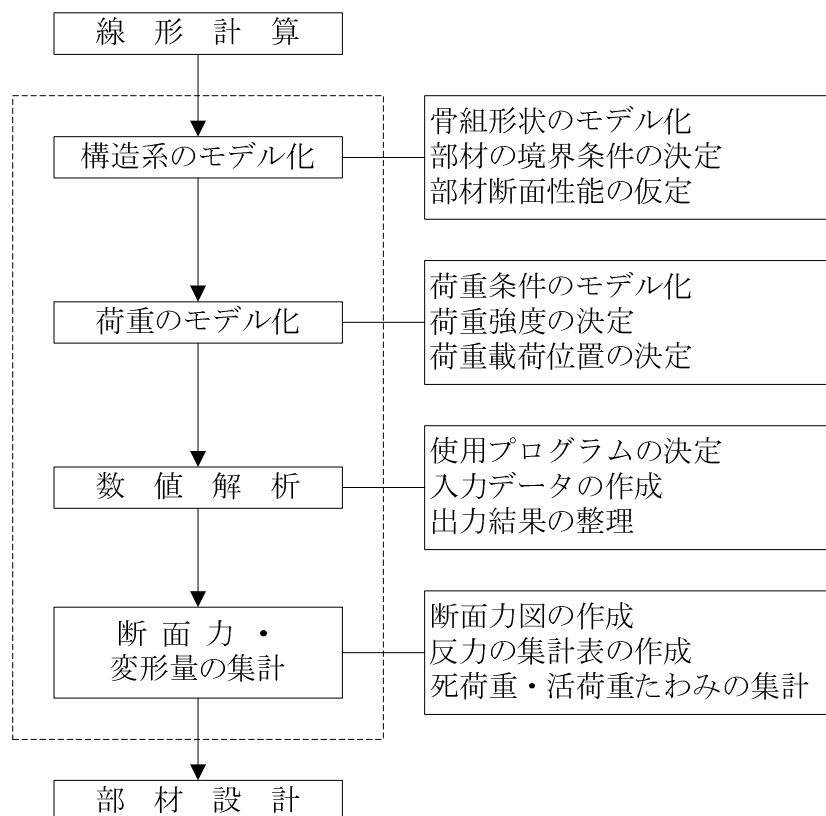


図4.2.4 構造解析の手順

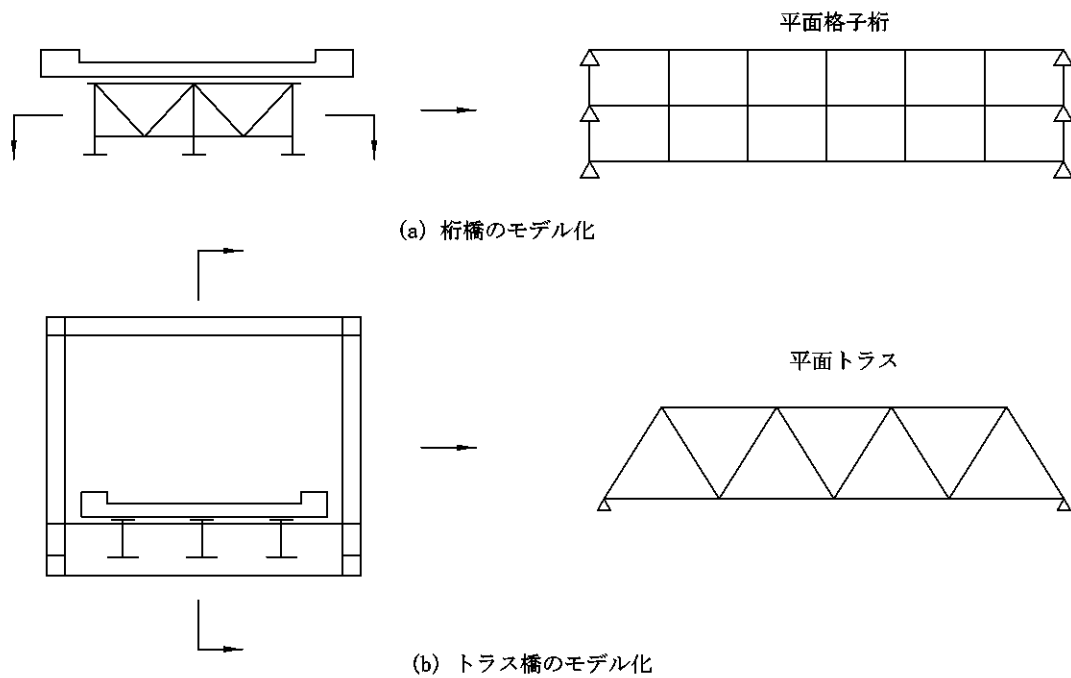



図 4.2.5 平面モデルによる解析

コヒーブレク 

「立体解析が必要な橋梁とは」

立体解析とは立体的（3次元）骨組みモデルを用いた構造解析です。一方で桁橋を除く橋梁（トラス橋、アーチ橋、ラーメン橋、斜張橋、吊橋）は部材を3次元で組合せた立体構造物です。

橋梁をモデル化するにあたり、立体構造物は全て立体的にモデル化する必要はなく、平面に分解しても適切に断面力や変位を算出することができると判断される場合は平面解析を用いることができます。

よって、立体解析が必要な橋梁とは、一般的には平面モデルでは解析し難いと判断される立体構造物（例えば、非対称な形状等）とします。

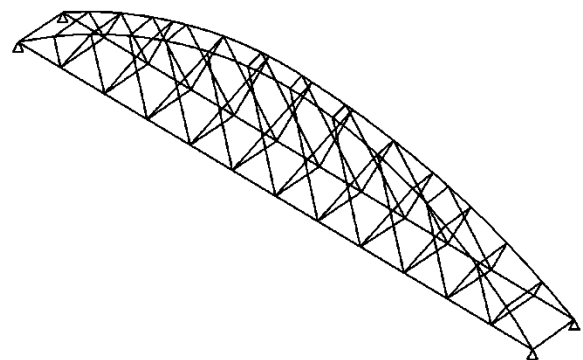


図 4.2.6 立体モデルによる解析

「鋼橋の設計に使用される材料や用途を表す記号」

鋼橋の設計に使用される記号について、代表的なものをまとめて下表に示します。英語表記を略記したものがほとんどですが、正確に定義されているものではありません。あくまで経験的に使用されているものであることに留意し、参考にして下さい。

材料種別

記号	名称	記号	名称
PL	鋼板	DB	異形棒鋼
LP	テーパプレート	ND	異形棒鋼スタッド
H	H形鋼	SU	ステンレス鋼板
I	I形鋼	CU	銅板
CH	溝形鋼	CP, CHPL	編鋼板
L	山形鋼	BN	ボルト、ナット、座金セット
U	鋼床版用U形鋼	BT	ボルト
BP	球平形鋼	NT	ナット
ST	角形鋼管	WS	平座金
P	一般構造用炭素鋼鋼管	PN	ピン
GP	配管用炭素鋼鋼管(ガス管)	RH	リベット
SP	配管用ステンレス鋼管	SD, STUD	頭付スタッド
DK	デッキプレート	HT, HTB	高力ボルト(摩擦接合)
FB	平鋼	TS, TCB	高力ボルト(トルクシャー)
SB	角棒	CN	チェーン
RB	棒鋼	PT	プラスチック板
CT	CT形鋼	EX	エキスパンドメタル
LC	リップ溝形鋼	GT	グレーチング
LG	軽量溝形鋼	KS	キーストンプレート
LZ	軽量Z形鋼	FC	鋳鉄品
GI	格子床版用I形鋼	SC	鋳鋼品
ANCB	アンカーボルト	UB, UBT	Uボルト
GM	ゴム板	AN	コンクリートアンカー
WPIN	割ピン	UN	Uナット

用途項目

記号	名称	記号	名称
U-FLG	上フランジ	SPL	添接板
L-FLG	下フランジ	FILL	フィラープレート
WEB	ウェブ	DECK	デッキプレート
T-RIB	縦リブ	ANC	アンカー
V-STIFF	垂直スティフナ	DIA	ダイヤフラム
E-STIFF	支点上スティフナ	ST	縦桁
H-STIFF	水平スティフナ	CB	横桁
GUSS	ガセット	SW	対傾構
SOLE	ソールプレート	CON	コネクションプレート
BASE	ベースプレート	BR	ブラケット
RIB	リブ		

4.2.2 鋼種の選定

- (1) 鋼種は、部材の応力状態、製作方法、架橋位置の環境条件、防せい防食法、施工方法等に応じて、鋼材の強度、伸び、じん性等の機械的性質、化学組成、有害成分の制限及び厚さやそり等の形状寸法等の特性や品質を考慮して適切に選定しなければならない。
- (2) 次の場合には、鋼種の選定を特に注意して行わなければならない。
 - 1) 気温が著しく低下する地方に使用される場合
 - 2) 溶接により拘束力を受ける主要部材で、主として板厚方向に引張力を受ける場合
 - 3) 主要部材において小さな曲げ半径で冷間曲げ加工を行う場合
 - 4) 溶接割れ防止の予熱温度を低減して溶接施工を行う場合
 - 5) 溶接入熱量の大きい溶接法を適用する場合
 - 6) 塑性化を考慮する場合
- (3) 溶接を行う鋼材には、溶接性が確保できることが確認された鋼材を用いなければならない。
- (4) JIS G 3106(溶接構造用圧延鋼材)、JIS G 3114(溶接構造用耐候性熱間圧延鋼材)及び JIS G 3140(橋梁用高降伏点鋼板：SBHS400、SBHS400W、SBHS500 及び SBHS500W) の規格に適合する鋼材を用いる場合には、(3)を満足するとみなしてよい。
- (5) JIS G 3101(一般構造用圧延鋼材)、JIS G 3106、JIS G 3114、及び JIS G 3140 (SBHS400、SBHS400W、SBHS500 及び SBHS500W) の規格に適合する鋼材を用いるにあたって、その鋼種及び板厚は表 4.2.2 に基づいて選定するのを標準とする。

表 4.2.2 板厚による鋼種選定標準

鋼種		板厚 (mm)							
		6	8	16	25	32	40	50	100
構非 造溶 用接 鋼	SS400								●
	溶接 構造 用鋼	SM400A					●		
SM400B							●		
SM400C									●
SM490A					●				
SM490B							●		
SM490C									●
SM490YA				●					
SM490YB							●		
SM520C									●
SBHS400									●
SM570									●
SBHS500									●
SMA400AW					●				
SMA400BW							●		
SMA400CW									●
SMA490AW				●					
SMA490BW						●			
SMA490CW								●	
SBHS400W								●	
SMA570W								●	
SBHS500W								●	

注：板厚が 8 mm 未満の鋼材については、「道示 5.2.1」及び「11.8.4」による。

(出典) 「道示 表-1.4.1, P.5, H29.11.」に一部加筆

- (1) 鋼種の選定における基本原則が示されたもので、これらの特性に加え、鋼種の選定にあたっては以下に配慮する必要がある。
- 1) 鋼材はぜい性破壊を発生させないために必要な、じん性を有すること。
 - 2) 塑性化を考慮する材料が、必要な伸び性能を有すること。
- (2) 鋼種の選定には、特に以下の1)～5)に配慮する必要がある。
- 1) 気温が著しく低下する地方に架設される橋では、特に低温じん性に注意して鋼種の選定を行う必要がある。この場合、引張力を受ける重要な溶接構造部材に使用する鋼材には、その地方における最低気温を考慮して適切なじん性を確保することが望ましい。
 - 2) 溶接により拘束力を受ける主要部材で主として板厚方向に引張力を受ける場合には、溶接部またはその周辺部に割れが発生する可能性があるため、絞り値等鋼材の板厚方向の特性に配慮する必要がある。
 - 3) 主要部材において冷間曲げ加工を行う場合、内側半径は板厚の15倍以上とするのが望ましい。ただし、鋼材規格で衝撃試験が規定されている鋼種でJIS Z 2242:2005 (金属材料のシャルピー衝撃試験方法)に規定するシャルピー衝撃試験の結果が表-4.2.3に示す条件を満たし、かつ化学成分中の全窒素量が0.006 %を超えない材料については、内側半径を板厚の7倍以上または5倍以上としてもよい。

表-4.2.3 シャルピー吸収エネルギーに対する冷間曲げ加工半径の許容値

シャルピー吸収エネルギー (J)	冷間曲げ加工の内側半径	付記記号
150以上	板厚の7倍以上	-7L, -7C
200以上	板厚の5倍以上	-5L, -5C

1) 1番目の数字：最小曲げ半径の板厚の倍率

2) 2番目の記号：曲げ加工方向(L:最終圧延方向と同一方向，

C:最終圧延方向と直角方向)

(出典) 道示 1.4.2, p.6, H29.11.

- 4) 鋼材を溶接する場合、一般に鋼材の合金元素量が多いほど、また板厚が厚いほど溶接割れが生じやすくなるため、予熱が必要となる。このときの予熱条件は、「道示 20.8.4」に規定された予熱温度が標準となる。この予熱温度を低減するため、合金元素の量を低くし、溶接割れ感受性組成(P_{CM})を低くした鋼材が実用化されている。予熱温度を低減する場合には、このような P_{CM} の上限を規制した鋼材を用いるなどの注意が必要である。
- 5) 鋼材の溶接施工時に溶接入熱量の大きい溶接法を適用すると、溶接パス数が低減され溶接施工の効率化が図れる場合がある。しかし、一般的な鋼材の溶接熱影響部は、溶接入熱量が大きいほどじん性が低下する傾向にある。また、パス間温度が高いと溶接後の冷却速度が遅くなりじん性が低下するという問題もある。このため、無制限に入熱の高い溶接法を適用することは避ける必要がある。なお、最近、大入熱溶接を適用してもじん性の低下が小さく、必要なじん性が確保できる鋼材が開発されており、「道示 20.8.4」に規定されている方法により、品質を確認したうえで、このような鋼材を使用することもできる。

(3) SS400については、JISでは化学成分として、PとSの量のみを規定し、溶接性を確保するための化学成分については規定されていない。そのため、原則としてSS400の橋への適用は非溶接部材に限定するのがよい。

ただし、板厚22 mm以下のSS400を仮設資材に用いる場合や、二次部材に用いられる形鋼や薄い鋼板等でSM材の入手が困難な場合には、事前に化学成分を調査したり、溶接施工試験等により、溶接性に問題がないことを確認したうえで使用することができる。なお、化学成分値で判断する際、当該鋼材の鋼材検査証明書に必要な化学成分の情報が記載されていない場合には、当該鋼材から採取した試験材を分析したうえで判断するのが望ましい。

(4) JIS G 3106:2017(溶接構造用圧延鋼材)、JIS G 3114:2016(溶接構造用耐候性熱間圧延鋼材)及びJIS G 3140:2011(橋梁用高降伏点鋼板)(SBHS400、SBHS400W、SBHS500及びSBHS500W)の規格に適合する鋼材以外の溶接構造用規格鋼材については、溶接施工性試験により、溶接性の確認を行ったうえで、使用することができる。

(5) 一般構造用圧延鋼材、溶接構造用圧延鋼材、溶接構造用耐候性熱間圧延鋼材及び橋梁用高降伏点鋼板について、その使用板厚の標準が示されたものである。一般に板厚の厚い部材は内部の応力状態が複雑になり、製造上や溶接上も問題が生じやすいため、所要のじん性のある鋼材が要求される。また、鋼種の選定にあたっては、構造物の使用条件(気象条件、応力状態等)や部材の重要度(主要部材、二次部材)等に応じて、適切なじん性、溶接性をもった鋼種を個々に選定すべきであるが、あまり細かく規定すると、一つの橋で数種の鋼材を混用することになり、取扱いが煩雑で間違いのもとになるので、板厚ごとの標準が示された。なお、「道示 1.4.2,表-解1.4.4」に示される橋梁用高降伏点鋼板(SBHS400、SBHS400W、SBHS500及びSBHS500W)以外の鋼材の機械的性質については、鋼材の降伏点または耐力は板厚が厚くなるにつれて低下する。これに対して、板厚により降伏点又は耐力が変化しない鋼材の製造が可能となっており(「道示 表-解1.4.5」)、板厚が40 mmを超える鋼材について、設計上有利となる場合には、このような降伏点又は耐力が変化しない鋼材を用いることもできる。この場合は鋼種の名称(SM400C、SM490C、SM520C、SM570、SMA400CW、SMA490CW、SMA570W)の後に“-H”を付記する。

また、SBHS鋼板について、一般的には板厚が厚くなり接合部等で不利となる場合に適用することで構造が成立するときに優位となる。鋼材種別の選定においては、経済性のみを重視して選定するものではなく、橋梁全体の剛性、たわみ性状など構造が本来有する性能を重視し、適切な材料を選ぶことに注意が必要である。つまり、経済性を重視することで、上部構造全体の剛性が低下し、たわみ易い構造とならないように配慮する。

4.2.3 コンクリート系床版

- (1) コンクリート系床版の設計は、コンクリート系床版の限界状態 1 及び限界状態 3 に対する耐荷性能の照査の他、コンクリート系床版としての疲労に対する耐久性能及び内部鋼材の腐食に対する耐久性能の照査を行う。
- (2) コンクリート系床版の耐荷性能の照査は、「道示 11.2、11.3、11.4、11.7」及び「道示 9.2、9.3、9.4、9.6」に基づき行う。
- (3) コンクリート系床版の耐久性能の照査は、「道示 11.5、11.6」及び「道示 9.5」に基づき行う。
- (4) コンクリート系床版に用いるコンクリート及び鉄筋は、「道示 11.2.6 及び 11.2.7」による。
- (5) コンクリート系床版は鋼桁との合成作用を考慮する。鋼桁部の照査は、「道示 14.6、14.7 および 13.5、13.6」に基づき行う。

- (1) 設計供用期間中に想定される作用の組合せにより部材断面に生じる断面力や応力度を 2 つの限界状態で代表させた制限値以下とすることにより、部材等の力学挙動を適切に制御した設計とすることができる。

コンクリート系床版における耐荷性能の照査は、部材等の耐荷性能を満足していることを確認することにより代表させる。（「本手引き 5章 5.3」を参照）

また、耐荷性能の前提となる耐久性能の確保は経済性、地域防災計画及び関連する道路網計画等との整合を考慮した構造設計上の配慮を行うとともに、コンクリート系床版においては、コンクリート部材の疲労及び内部に配置される鋼材の防食に対する耐久性が設計供用期間中に確保されていることを確認する。

コンクリート系床版における耐久性能は、定められた最小全厚及び作用の組合せや荷重係数等により算出されるコンクリート、鉄筋及び鋼材の応力度がその制限値を超えていないことを確認する。（「本手引き 5章 5.3」を参照）

表 4.2.4 鉄筋コンクリート床版の耐荷性能照査項目

状態 状況	機能面からの橋の状態		構造安全面からの橋の状	参 照
	部材等としての荷重を支持する能力が確保されている限界の状態	部材等としての荷重を支持する能力は低下しているものあらかじめ想定する能力の範囲にある限界の状態	これを超えると部材等としての荷重を支持する能力が完全に失われる状態	
	限界状態 1	限界状態 2	限界状態 3	
永続作用や変動作用が支配的な状況	<ul style="list-style-type: none"> ・ 曲げモーメント $M_d \leq M_{yd}$ M_{yd}：道示Ⅲ 式 (5.5.1) ・ せん断力 床版厚 \geq 最小全厚 	-----	<ul style="list-style-type: none"> ・ 曲げモーメント $M_d \leq M_{ud}$ M_{ud}：道示Ⅲ 式 (5.8.1) ・ せん断力 床版厚 \geq 最小全厚 	道示Ⅱ 11.3.1、11.3.2 11.4.1、11.4.2、11.2.4 道示Ⅲ 5.5.1、5.7.1、5.8.1
偶発作用が支配的な状況	<ul style="list-style-type: none"> ・ 曲げモーメント $M_d \leq M_{yd}$ M_{yd}：道示Ⅲ 式 (5.5.1) ・ せん断力 床版厚 \geq 最小全厚 	-----	<ul style="list-style-type: none"> ・ 曲げモーメント $M_d \leq M_{ud}$ M_{ud}：道示Ⅲ 式 (5.8.1) ・ せん断力 床版厚 \geq 最小全厚 	道示Ⅱ 11.3.1、11.3.2 11.4.1、11.4.2、11.2.4 道示Ⅲ 5.5.1、5.7.1、5.8.1

※ ここに、
 M_d ：部材に生じる曲げモーメント
 M_{yd} ：部材降伏に対する曲げモーメントの制限値
 M_{ud} ：部材破壊に対する曲げモーメントの制限値

表 4.2.5 鉄筋コンクリート床版の耐久性能照査項目

照査項目	耐久性確保の方法	参 照
床版の疲労	<ul style="list-style-type: none"> 床版厚 $d = k_1 \cdot k_2 \cdot d_0$ 応力度の制御 床版の曲げモーメント : $M_d = M_{TL} + M_{DL}$ コンクリートの 曲げ圧縮応力度 : $\sigma_{TL} + \sigma_{DL} \leq \sigma_{yd}$ 鉄筋の引張応力度 : $\sigma_{TL} + \sigma_{DL} \leq \sigma_{yd}$ 	道示Ⅱ 11.5 (3) 道示Ⅱ 11.5 (7)、(8)
内部鋼材の腐食	<ul style="list-style-type: none"> 鉄筋のかぶり 30mm以上 かぶりコンクリート部のひび割れ制御 床版の曲げモーメント : $M_d = M_{DL}$ 鉄筋の引張応力度 : $\sigma_{DL} \leq \sigma_{yd}$ 	道示Ⅱ 11.2.7 道示Ⅱ 11.6

※ ここに、
 d : 床版厚 d_0 : 床版の最小全厚 (160mm以上、道示Ⅱ11.5に基づき算出)
 k_1 : 大型の自動車の交通量による係数
 k_2 : 床版を支持する桁の合成が著しく異なるために生じる付加曲げモーメントの係数
 M_d : 疲労に対する床版の曲げモーメント
 M_{TL} : T活荷重による曲げモーメント (荷重組合せ係数及び荷重係数を考慮しない)
 M_{DL} : 死荷重による曲げモーメント (荷重組合せ係数及び荷重係数を考慮しない)
 σ_{TL} : T活荷重による曲げ応力
 σ_{DL} : 死荷重による曲げ応力
 σ_{yd} : 応力度の制限値

(2) 曲げモーメントを受けるコンクリート系床版のうち、鉄筋コンクリート床版、鋼コンクリート合成床版及び PC 合成床版の鉄筋コンクリート断面においては、鉄筋コンクリート断面で引張側鉄筋が降伏に至る状態を限界状態 1 とする。また、圧縮側の床版コンクリートで圧壊を生じる状態を限界状態 3 とし、「道示 5.5.1 (3)」及び「道示 5.7.1 (3),(4)」の規定に基づき制限値を算出する。同様に、PC 床版及び PC 合成床版の PC 板においては、PC 断面で引張応力が生じた場合の全断面有効とみなせる限界の状態を限界状態 1、圧縮側の床版コンクリートで圧壊を生じる状態を限界状態 3 とし、「道示 5.6.1 (3)」及び「道示 5.8.1 (3),(4)」の規定に基づき制限値を算出する。

せん断力を受けるコンクリート系床版は、床版に生じる押抜きせん断力が可逆性を有する限界を限界状態 1 とする。また、コンクリートに斜めひび割れや局所的な変形が発生し押し抜けるような破壊に至る状態を限界状態 3 とし、車道部分の床版の最小全厚を 160 mm 以上、歩道部分の床版の最小全厚を 140 mm 以上とする。

なお、鋼コンクリート合成床版における底鋼板または PC 合成床版における PC 板がコンクリートと一体となり挙動をするように、コンクリートとの間に作用するせん断力に対して設けるずれ止めは、「道示 11.3.3 及び 11.4.3」の規定に基づき、ずれ止めが生じる水平せん断力がずれ止めの水平せん断力の制限値を超えていないことを確認する。

なお、頭付きスタッドをずれ止めに用いる場合には、ずれ止めの水平せん断力の制限値は「道示 14.6.4」の規定により算出する。

(3) コンクリート系床版の疲労に対する耐久性能の照査にあたっては、せん断力に対して規定される床版の最小全厚を確保するとともに、コンクリート系床版の種類によって必要となる床版の最小全厚を確保する。

鉄筋コンクリート床版及び PC 合成床版の床版厚は、大型自動車の交通量及び床版を支持する部材特性等を考慮して下式により算出する。

$$d = k_1 \cdot k_2 \cdot d_0 \quad (\text{「道示」, 式 11.5.1})$$

ここに、 d : 床版厚 (mm) (小数第 1 位を四捨五入、ただし、 d_0 を下回らない)

d_0 : 床版の最小全厚 (mm)

(表 4.2.6 に基づき、小数第 1 位を四捨五入し、第 1 位まで求める。)

k_1 : 大型自動車の交通量による補正係数 (表 4.2.7)

k_2 : 床版を支持する桁の剛性が著しく異なるために生じる付加曲げモーメントの係数 ($= 0.9 \sim 1.00$) なお、A 活荷重で設計する橋では付加曲げモーメントの値を 20% 低減する。

M_0 : 「道示」 11.2.3 に規定される床版の設計曲げモーメント

M : M_0 に床版支持桁の剛性の違い等の影響によって付加される曲げモーメント M を加えた曲げモーメント

床版の最小全厚は 160 mm 以上とするとともに、表 4.2.6 に基づき算出される値以上とする。

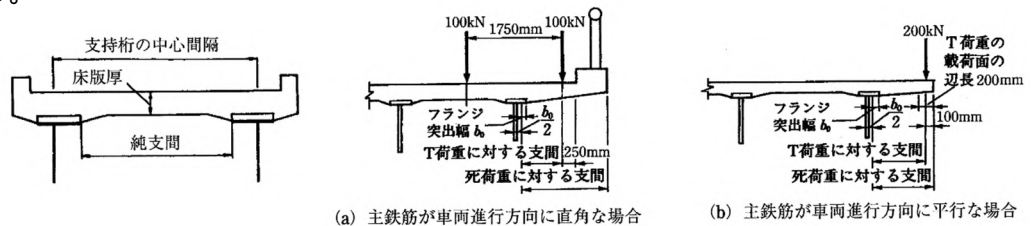
表 4.2.6 車道部分の床版の最小全厚 (mm)

床版の区分	床版の支間方向		
	車両進行方向に直角	車両進行方向に平行	
単純版	40L + 110	65L + 130	
連続版	30L + 110	50L + 130	
片持版	0 < L ≤ 0.25	280L + 160	240L + 130
	L > 0.25	80L + 210	

ここに、 L : T 荷重に対する床版支間 (m)

(出典) 道示 11.5 表-11.5.1 p.314 H29.11

鉄筋コンクリート床版及び PC 合成床版の T 荷重に対する床版支間は、下記のとおりとする。



(a) 主鉄筋が車両進行方向に直角な場合

(b) 主鉄筋が車両進行方向に平行な場合

図 4.2.7 床版の支間方向

(出典) 道示 11.2.2 図-11.2.1、図-11.2.2 p.291 H29.11

ただし、床版の支間は床版に配置される主鉄筋の方向に測るものとし、斜橋 (70° < 斜角 < 90°) の場合には、床版に配置される主鉄筋は斜め方向に配置されるため、この方向を床版の支間とする。

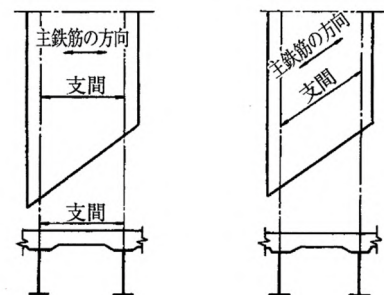


図 4.2.8 斜橋の床版の支間

(出典) 道示 11.2.2 図-解 11.2.1 p.292 H29.11.

大型自動車の交通量による補正係数は、表 4.2.7 に基づき設定する。

表 4.2.7 大型自動車の交通量による補正係数 k_1

1 方向あたりの大型車の計画交通量 (台/日)	係数 k_1
500 未満	1.10
500 以上 1 000 未満	1.15
1 000 以上 2 000 未満	1.20
2 000 以上	1.25

(出典) 道示 11.5 表-11.5.2 p.316 H29.11.

床版支持桁の剛性の違い等の影響によって付加される曲げモーメント M の値は、道示 に示される「付録 1 付加曲げモーメント算定図表」を参考に求めることができる。ただし、示される算定図表は T-20 荷重に基づくものであり、A 活荷重で設計を行う橋についてはそのまま使用することが可能であるが、B 活荷重で設計を行う橋については算定図表より求められる値を 1.25 倍した値を付加曲げモーメントとする。

床版支持桁の剛性が著しくことなり、床版に付加曲げモーメントが生じる事例を図 4.2.9 に示す。

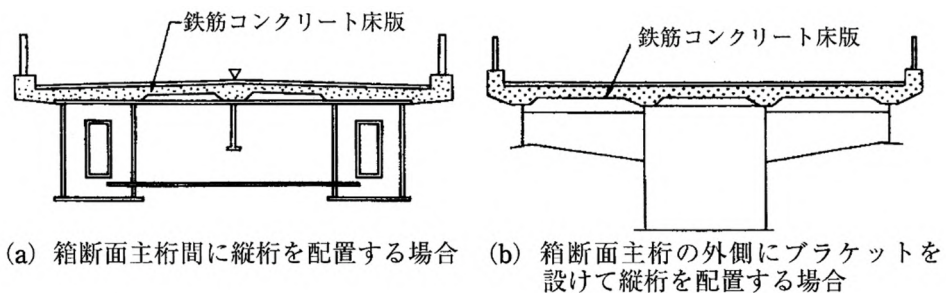


図 4.2.9 床版に付加曲げモーメントが生じる形式の例

(出典) 道示 11.2.3, 図-解 11.2.2, p.296, H29.11.

PC 床版の車道部床版厚は 160 mm 以上とし、1 方向のみにプレストレスを導入する PC 床版の車道部の最小床版厚は、表 4.2.8 による。

表 4.2.8 床版 1 方向のみにプレストレスを導入する PC 床版の車道部の最小全厚 (mm)

床版の支間方向 プレストレス を導入する方向	車両進行方向に直角	車両進行方向に平行
	床版の支間方向に平行	表 4.2.6 の床版の支間の方向が車両進行方向に直角な場合の値の 90%
床版の支間方向に直角	表 4.2.6 の床版の支間の方向が車両進行方向に直角な場合の値	表 4.2.6 の床版の支間の方向が車両進行方向に平行な場合の値

(出典)「道示 11.5 表-11.5.3 p.316 H29.11」に加筆

鋼コンクリート合成床版の車道部及び片持版における床版の最小全厚は下式により算定される値以上で、かつ 160 mm 以上とする。

$$d = 25L + 110 \quad (\text{「道示 式 11.5.2」})$$

ここに、 d ：底鋼板を含む床版の最小全厚（mm）

（小数第1位を四捨五入し、第1位まで求める。）

L ： T 荷重に対する床版支間（m）（鉄筋コンクリート床版に同じ）

コンクリート系床版の疲労に対する耐久性能は、床版の曲げモーメントに対して床版各部に発生する応力度が、表4.2.9、表4.2.10及び表4.2.11に示される制限値を超えていないことを確認する。

表4.2.9 鉄筋の引張応力度及び圧縮応力度の制限値

作用の組合せ	断面の状態	鉄筋の種類	応力度の制限値（ N/mm^2 ）
$M_{TL} + M_{DL}$	引張	主鉄筋 SD345	120
		配力鉄筋 SD345	120
荷重組合せ係数及び荷重係数を考慮しない	圧縮	主鉄筋 SD345	200
		配力鉄筋 SD345	

（出典）「道示 11.5 表-11.5.4 表-11.5.5 p.317 H29.11」に加筆

表4.2.10 コンクリートの曲げ圧縮応力度の制限値

コンクリート設計基準強度（ N/mm^2 ）		24	27	30
曲げ圧縮応力度の制限値（ N/mm^2 ）	鋼桁との合成作用を考慮しない	8.0	9.0	10.0
	鋼桁との合成作用を考慮する	-	7.7	8.6

（出典）「道示 11.5 表-11.5.6 表-11.5.7 p.317 H29.11」に加筆

表4.2.11 底鋼板の引張応力度の制限値

鋼材の種類	応力度の制限値（ N/mm^2 ）
SS400、SM400	140
SM490	185

（出典）道示 11.5 表-11.5.8 p.318 H29.11

なお、表4.2.9に示す鉄筋の引張応力度の制限値は、床版を支持する桁の不等沈下の影響を考慮しない曲げモーメントに対する応力度の制限値となっている。付加曲げモーメントによる鉄筋の応力度が $20 N/mm^2$ 以下である場合には、この応力度の制限値を用いることができる。応力度が $20 N/mm^2$ を超える場合には、個別に制限値等を設定し照査を行う必要がある。

コンクリート系床版の内部鋼材の腐食に対する耐久性能は、床版の曲げモーメントに対して床版各部に発生する応力度が表4.2.12に示される制限値を超えていないことを確認する。

表4.2.12 鉄筋の引張応力度の制限値

作用の組合せ	鉄筋の種類	応力度の制限値（ N/mm^2 ）
M_{DL} 荷重組合せ係数及び荷重係数を考慮しない	主鉄筋 SD345	100
	引張鉄筋 SD345	

（出典）「道示 11.5 表-11.6.1 p.322 H29.11」に加筆

(4) コンクリート系床版に用いるコンクリートの設計基準強度は、床版形式により表4.2.13のとおりとする。

表4.2.13 床版コンクリートの設計基準強度

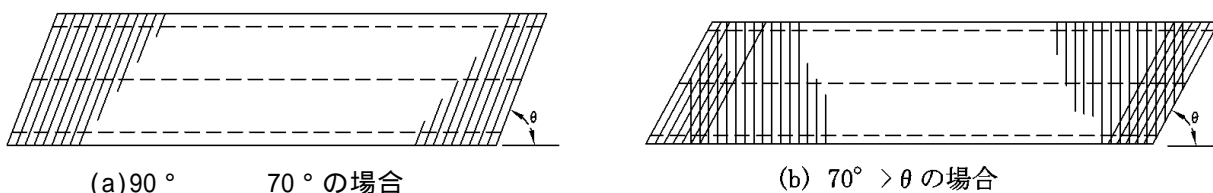
床版の種類別		コンクリート設計基準強度 (N/mm ²)
床版コンクリートと鋼桁の合成作用を考慮しない床版		24
床版コンクリートと鋼桁の合成作用を考慮する床版	床版にプレストレスを導入しない	27
	床版にプレストレスを導入する	30
PC床版	プレテンション方式	50 (最低設計基準強度 36)
	ポストテンション方式	40 (最低設計基準強度 30)
鋼コンクリート合成床版		30
PC合成床版	PC板	50
	場所打ち床版	30

床版に用いる鉄筋の材質はSD345を標準とし、鉄筋径は13mm、16mm及び19mmを標準とする。ただし、桁端部の床版において配筋が難しい場合には、鉄筋径22mmを用いる。

PC床版及び鋼コンクリート合成床版では、上記鉄筋径の他に22mm及び25mmを用いてよい。この場合、鉄筋径25mmは連続桁中間支点上の床版作用と主桁作用の重ね合わせ応力度の低減やひび割れ抑制のために鉄筋発生応力度の低減を目的として用いることができる。

また、床版へ配置する鉄筋の中心間隔は100mm以上でかつ300mm以下とするが、引張主鉄筋の中心間隔は床版全厚以下とする。また、鉄筋のかぶりは30mm以上とする。

なお、引張主鉄筋の配筋方向は図4.2.10のように、斜角が比較的ゆるい(70°斜角 < 90°) 場合には、桁端部の床版支間長の増加が少ないことから、構造を簡便とするため斜角方向へ配筋してもよいが、斜角が70°未満となる場合には、桁端部の床版支間長の増加が多いため、支間部は支持桁直角方向へ配筋し、さらに桁端部を十分に補強する。鉄筋配置間隔は、両ケースともに橋軸方向に確保する。



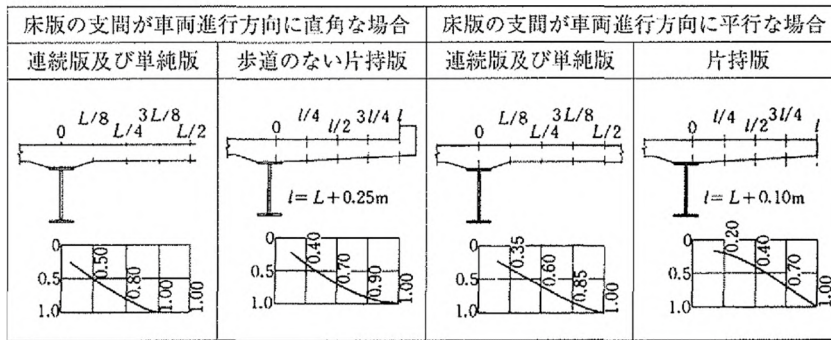
(a)90° 70° の場合 (b) 70° > θ の場合

図4.2.10 引張主鉄筋配置方向

(出典)東北地方整備局：設計施工マニュアル[道路橋編]、図4-12、図4-13、p.4-13、H28.3.

配力鉄筋は、床版の支間方向にその量を変化させて配置してよい。この場合、「道示11.2.3」に基づき算出される設計曲げモーメントに対して、表4.2.14の係数を乗じた鉄筋量を配置する。

表 4.2.14 配力鉄筋量を算出する係数 L : (m)



(出典) 道示 11.2.7, 表-11.2.5, p.300, H29.11.

(5) コンクリート系床版を鋼桁の床版として用いる場合、コンクリート系床版には鋼桁との合成作用が生じるため、その影響を考慮した計画及び設計を行うことを基本とする。

コンクリート系床版に鋼桁との合成作用を考慮した計画及び設計を行う場合、床版には主桁としての作用が生じることを考慮し、「道示 14.3 項」の規定に基づき行う。

なお、コンクリート系床版に鋼桁との合成作用を考慮した場合、ずれ止めにはせん断力が作用するため、耐荷性能の照査にあたっては、「道示 11.3.3 項」及び「11.4.3 項」、耐久性能の照査にあたっては、「道示 11.5 項」の規定に基づいて計画及び設計を行う。

コンクリート系床版に鋼桁との合成作用を考慮する場合、耐荷性能の照査は「道示 14.6 及び 14.7」により行う。限界状態 1 に対する照査を行う場合、コンクリート系床版の応答値が表 4.2.15、表 4.2.16 及び表 4.2.17 に示す制限値を超えないことを確認する。

表 4.2.15 コンクリートの圧縮応力度の制限値 (N/mm²)

作用の組合せ		コンクリート設計基準強度 (N/mm ²)	
		27	30
変動作用支配状況	1) 床版としての作用	10.0	10.8
	2) 主桁断面の一部としての作用		
	3) 1) と 2) を同時に考慮した場合		
プレストレス直後		12.9	14.3

表 4.2.16 コンクリートの引張応力度の制限値 (N/mm²)

作用の組合せ		コンクリート設計基準強度 (N/mm ²)	
		27	30
変動作用支配状況	1) 床版上縁、床版下縁	2.0	2.2
	2) 床版厚中央	1.4	1.6
永続作用支配状況		0.0	

表 4.2.17 鉄筋の応力度の制限値 (N/mm²)

	圧縮応力度	引張応力度
床版コンクリートと鋼桁の合成作用を考慮する場合	260	180
主桁断面の一部としての作用と床版としての作用を同時に考慮する場合	312	216

限界状態 3 の照査にあたっては、限界状態 1 を超えないとみなせる条件を満足することで、限界状態 3 を超えないとみなせる条件も満足するとしてよい。

なお、コンクリート系床版に鋼桁との合成作用を考慮する場合、連続桁構造で中間支点上付近に生じる負の曲げモーメントをコンクリート断面にて負担することになる。

したがって、連続桁構造で中間支点上付近において負の曲げモーメントが発生する範囲には、発生する引張応力に応じた鋼材をコンクリート系床版へ配置する。

桁断面の応力を算出する場合、コンクリート系床版と鋼桁との合成作用の取り扱いは、表 4.2.18 に示すとおりとする。なお、桁断面の弾性変形及び不静定力を算出する場合は表 4.2.18 よりず、コンクリート系床版と鋼桁との合成作用を考慮する。

表 4.2.18 合成作用の取り扱い

曲げモーメントの種類	合成作用の取扱い		摘要
正	コンクリート系床版を桁の断面に算入する		
負	引張応力が生じる床版において、コンクリートの断面を有効とする設計を行う場合	コンクリート系床版を桁の断面に算入する	
	引張応力が生じる床版において、コンクリートの断面を無視する設計を行う場合	コンクリート系床版の橋軸方向鉄筋のみ桁の断面に算入する	

(出典) 道示 14.1.2 表-14.1.1, P.375, H29.11 .

鋼コンクリート合成床版における底鋼板の最小板厚は、コンクリート重量による鋼板のたわみ、疲労損傷、溶接時の変形、製作時の取扱いおよび施工性を考慮して決定するものとするが、「道示 6章, 7章」に従い腐食に対して配慮することを前提とすると、6 mm以上とすることが標準である。

鉄筋コンクリート床版の設計では、コンクリートは引張応力度に対して抵抗し得ないものと考えていますが、実際にはコンクリートはある程度までは曲げ引張応力に対して抵抗することができます。

床版は、大型自動車の影響、コンクリートの材料や施工の影響等が複合的に作用して、損傷として生じるため、簡易な試験や解析によって評価することが難しい部材です。過去の経験を活かして、道路橋示方書の改定では、最小床版厚の規定が引き上げられ、配筋の見直しも行われてきています。そのため、安易に床版の最小全厚を小さくするような設計をしないように、床版全厚が規定されています。

平成29年版の道路橋示方書では、部材ごとに設計耐久期間が定められ、当該部材の耐荷性能が保持されるように設計手法も変更されています。

鉄筋コンクリート床版が供用前にひび割れが発生するなど顕著な変状を来し、補修に多大な労力と費用を費やした事例があります。

この事例において、コンクリート床版に発生する早期の橋軸直角方向ひび割れは、構造解析の結果、構造的な問題はなく乾燥収縮によるものと推定されました。また、発生したひび割れから水が侵入し、その後乾湿が繰り返されることによりひび割れが進行し、劣化が早まったことが考えられました。これに加え、中央分離帯部の場所打ち地覆の打ち継ぎ目からも浸水していることが発覚しました。

床版コンクリートでは、施工時のひび割れが耐久性に及ぼす影響が大きいため、これを防ぐことが重要となります。ひび割れの発生要因と対策としては、「鋼道路橋施工便覧（H27年3月，p.535～538）」に詳細にまとめられていますが、その他の工夫の一例として、以下のようになります。

(1) 膨張材

ひび割れ抑制には、コンクリートに膨張材を添加することが有効です。ただし、使用量が多過ぎる場合には強度低下や異常膨張による品質低下が懸念されるため、適切に管理する必要があります。一般に、膨張作用は常温では材齢7日程度で収束しますので、特に材齢初期の湿潤養生が重要です。

(2) 床版コンクリート打設順序の確認

打設順序は単純桁橋、連続桁橋で手順が異なりますので、各種便覧等（特に、「鋼道路橋施工便覧」）を参照した上で、適切な施工計画を立案することが重要です。

(3) 舗装までの連続した施工（床版防水の早期施工）

床版打設後は速やかに防水処理を行うことが望ましいので、床版コンクリートの打設から床版防水層、舗装までの施工が連続して行えるよう、施工工程（事業計画）を検討する必要があります。

4.2.4 高力ボルト継手

- (1) 一般の部材における高力ボルトを用いる継手は、摩擦接合とするものとする。なお、その他の接合方法を採用する場合は、所定の機能が満足されるよう、適用箇所、施工性及び継手面の状態等について十分検討を行う。
- (2) 高力ボルトを用いる継手は、ボルトに作用する力が不均等とならないよう、1ボルト線上に並ぶ本数に配慮して設計するものとする。
- (3) 摩擦接合に用いる高力ボルトは、トルシア形高力ボルト(S10T)を用いるのを原則とする。ただし、トルシア形高力ボルトの締付けが困難な箇所は高力六角ボルト(F10T)を用いてもよい。
- (4) 高力ボルトの種別は、明確に区別が可能なように設計図面に明示するものとする。
 ✦ ; 高力六角ボルト
 ✧ ; トルシア形高力ボルト
- (5) ボルト長は、図4.2.12及び図4.2.13にしたがって算定し、5mm単位(切上げ)にラウンドアップするものとする。

(1) ボルト接合の種類

- 1) 摩擦接合：高力ボルトで母材ならびに連結板を締付け、それらの間の摩擦力により応力を伝達させる方法
- 2) 支圧接合：ボルト円筒部のせん断抵抗及び円筒部とボルト孔壁との間の支圧により応力を伝達させる方法(橋梁での施工例は少ない)
- 3) 引張接合：
 - 継手面を有する2枚の板を高力ボルトで締付けて接合する形式(短締め形式)
 - 継手面を有する板を直接締付けずに、リブプレート等を介して高力ボルト、鋼ロッドやPC鋼棒等で締付けて接合する形式(長締め形式)

(2) 接触面を塗布しない場合には、接触面は黒皮を除去して粗面とし、締付けにあたっては接触面の浮さび、油、泥等を十分に清掃して取り除くものとする。接触面に表4.2.19に示す条件の無機ジंकリッチペイントを塗装する場合は、表4.2.20に示す、すべり係数が得られるものとみなすことができる。この場合の、摩擦接合用高力ボルトの許容力は、表4.2.21に示す値となる。

表4.2.19 無機ジंकリッチペイントを塗装する場合の条件

項 目	条 件
接触面片面あたりの最小乾燥塗膜厚	50 μm 以上
接触面の合計乾燥塗膜厚	100~200 μm
乾燥塗膜中の亜鉛含有量	80%以上
亜鉛末の粒径(50%平均粒径)	10 μm 程度以上

(出典) 道示 ,表-20.9.2, P.572, H29.11 .

表4.2.20 すべり係数

項 目	すべり係数
接触面を塗装しない場合	0.40
接触面に無機ジंकリッチペイントを塗装する場合	0.45

(出典) 道示 ,表-20.9.1, P.572, H29.11 .

表 4.2.2.1 摩擦接合用高力ボルトのすべり強度の特性値 (kN) (1ボルト1摩擦面あたり)

(a) 接触面を塗装しない場合

ねじの呼び \ ボルトの等級	F8T	F10T	S10T	S14T
M20	53	66	66	-
M22	66	82	82	120
M24	77	95	95	140

被接合材は SM570 または SBHS500

(b) 接触面に無機ジンクリッチペイントを塗装する場合

ねじの呼び \ ボルトの等級	F8T	F10T	S10T	S14T
M20	60	74	74	-
M22	74	92	92	135
M24	87	107	107	157

(出典) 道示, 9.6.2, P.253, 表-9.6.1, H29.11.

- (3) 高力ボルト摩擦接合継手では、1ボルト線上に並ぶボルト本数を8本以下とするのがよい。なお、接合面に無機ジンクリッチペイントを塗装する場合の高力ボルト摩擦接合継手については、最近の実験等により、多列配置がすべり耐力に及ぼす影響が確認されている。これらを踏まえ、接合面を無塗装とする場合や接合面に無機ジンクリッチペイントを塗装する継手に対し、摩擦接合用高力ボルトの許容力に表4.2.2.2に示す低減係数を乗じて設計を行う場合には、1ボルト線上に並ぶボルト本数を最大12本までとすることができる。

表 4.2.2.2 摩擦接合用高力ボルトのすべり強度の特性値に乘じる低減係数

1ボルト線上に並ぶボルト本数	低減係数
8本以下	1.00
9本	0.98
10本	0.96
11本	0.94
12本	0.92

注 1) 本表に示す低減係数は、接合面を無塗装とする場合の継手及び道示 20.9.3の規定に従って接合面に無機ジンクリッチペイントを塗装した継手を対象としたものである。

注 2) 1ボルト線上に並ぶボルト本数8本を超える場合には、対象とする継手の全てのボルトについて、この低減係数を乗じる。

(出典) 道示 9.5.2, P.236, 表-解 9.5.1, H29.11.

- (4) 高力六角ボルトはトルシア形高力ボルトに比べ、狭隘な空間においてもボルトの締付けが可能である。よって、施工空間が狭くトルシア形高力ボルトの使用が困難な場合は、高力六角ボルトの使用を認めることとした。

締付け寸法は、デザインデータブック(日本橋梁建設協会)等に示す作業空間を考慮し計画する必要があるが、図4.2.1.1に示す箇所においては特に配慮する。

1) I桁の主桁

主桁添接のフランジとウェブのボルト位置関係

横構ガセット又は水平補剛材と主桁添接位置

対傾構の取付けボルトとフランジ又は水平補剛材の関係

横構とフランジの関係

2) 箱桁縦リブの間隔

3) 鋼床版の縦リブ間隔

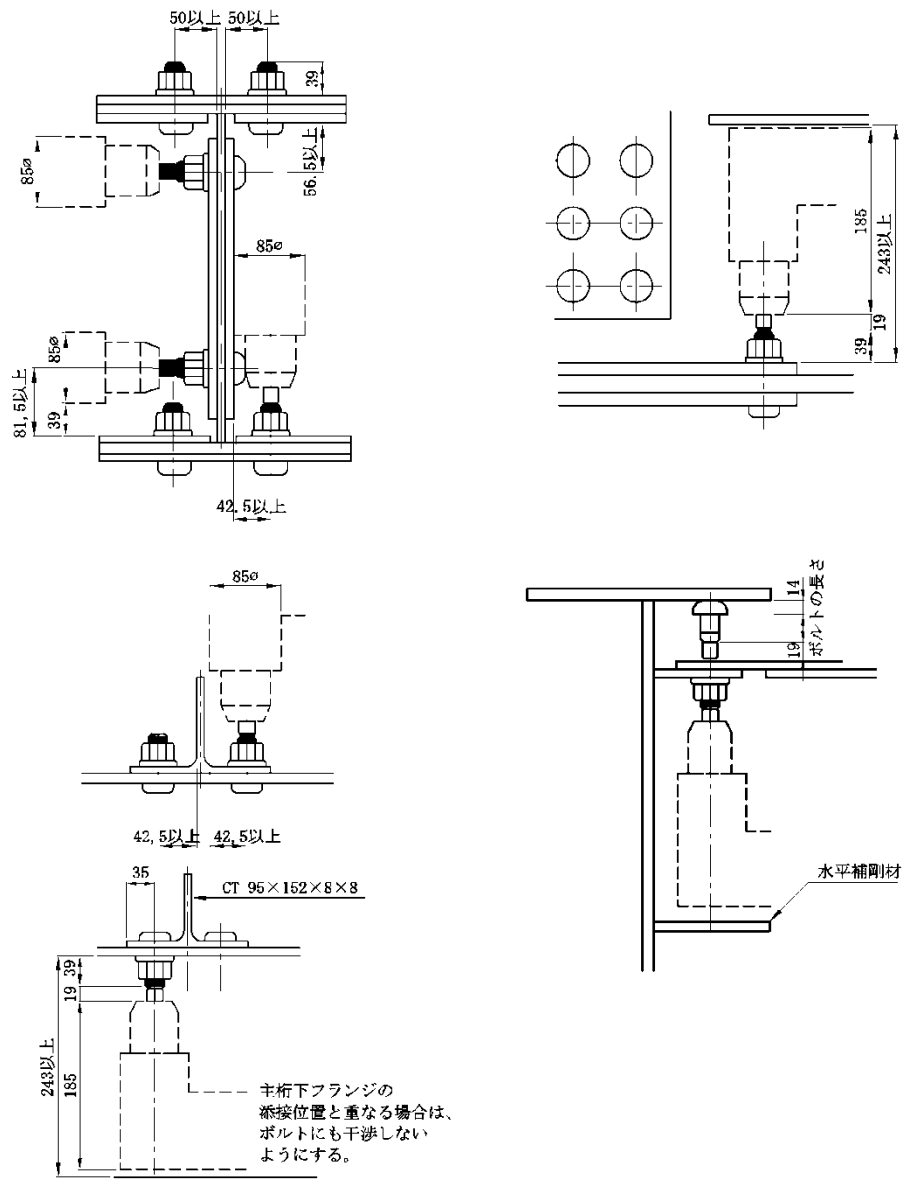


図 4.2.1 1 対傾構及び横構の連結（トルシア形高力ボルトの場合）

（出典）（社）日本橋梁建設協会：'16デザインデータブック，P.109～P.110，H28.5．

（5）トルシア形高力ボルトの長さ

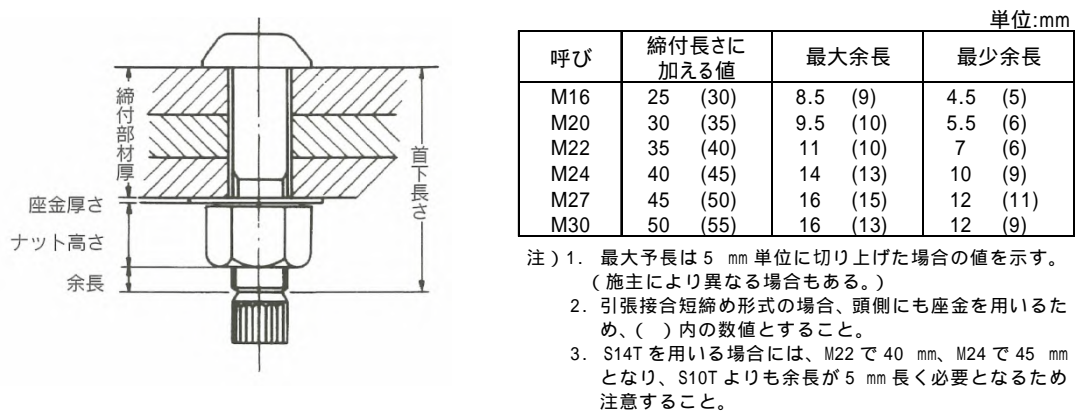
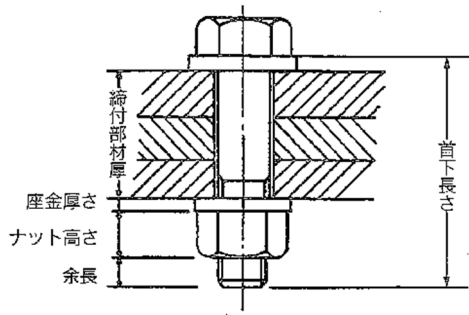


図 4.2.1 2 トルシア形高力ボルトの長さ

（出典）「（社）日本橋梁建設協会：'16デザインデータブック，P.108，H28.5」に加筆

(6) 高力六角ボルトの長さ




単位:mm

呼び(d)	締付け長さに加える値	最大余長	最少余長
M16	30	9	5
M20	35	10	6
M22	40	10	6
M24	45	13	9
M27	50	15	11
M30	55	13	9
M33	60	15	11
M36	65	17	13

注) 最大余長は5mm単位に切り上げた場合の値を示す。(施主により異なる場合もある。)

図4.2.13 高力六角ボルトの長さ

(出典) (社)日本橋梁建設協会: '16デザインデータブック, P.104, H28.5.

コーヒブレイク 

「引張接合」

H14 道示改訂で引張接合の設計方法及び使用材料が規定され、事実上採用可能な接合方法となりました。引張接合のメリットは以下の通りです。

摩擦接合に比べ、ボルト本数が減少する場合があります。

連結板が不要です。

継手構造を工夫することで景観性を向上させることができます。

ただし、工費増となる場合もあるので、採用には経済性の検証が必要です。

上記内容について、H29 道示改定で引張接合時の照査は、以下の条件を満足することで、限界状態3を超えないと判断基準が規定されています。

高力ボルトが所要の引張制限値以下であること

被接合材が限界状態3を超えないとみなせる条件を満足すること

< 引張接合の構造例 >

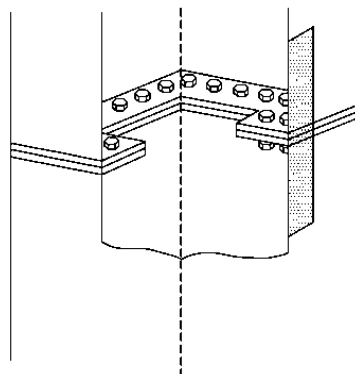


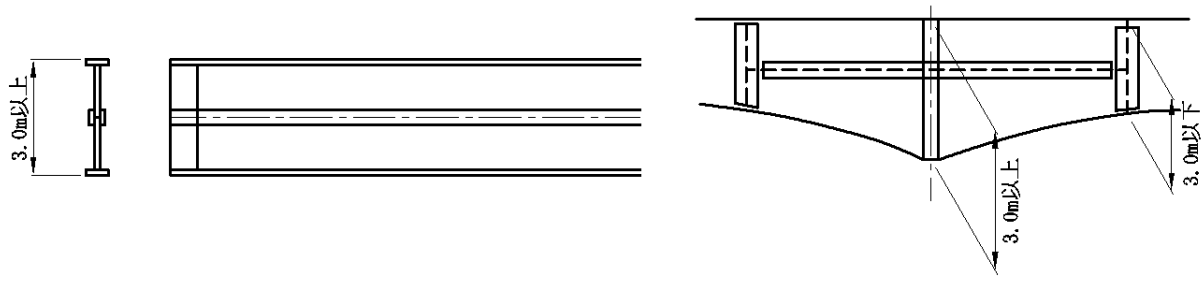
図4.2.14 L接合の構造例

4.2.5 輸送と部材縦継手

輸送上、桁断面（幅×高さ）寸法は車両制限令で定められる範囲内であることが必要である。したがって、桁高は3.0m以下を、桁幅は3.3m以下を標準とする。

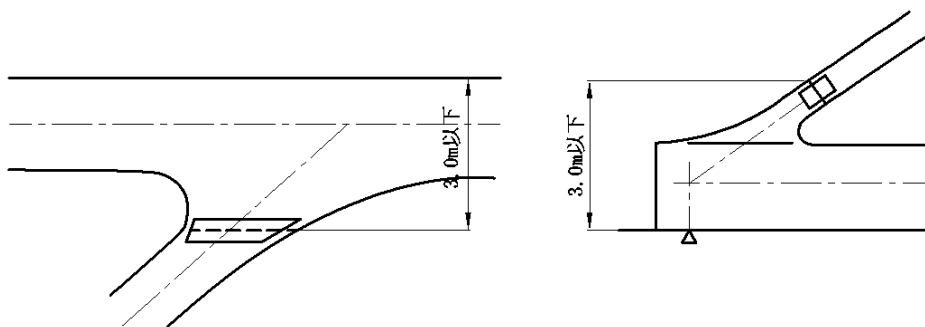
(1) 部材寸法

部材寸法は幅 3.3m 超もしくは長さ 13.5m 超の場合は、陸上輸送許可が得られにくいいため、幅 3.3m 以下かつ長さ 13.5m 以下を標準とする。縦継ぎを行う桁高は、車両制限令にて 3.8m を限度としているが、輸送トラックの荷台高さ、部材の勾配、吊金具、スタッド等を考慮して 3.0m を限度とするのがよい。

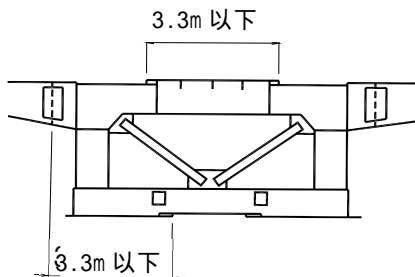


(a) 等断面ウェブの縦継ぎ

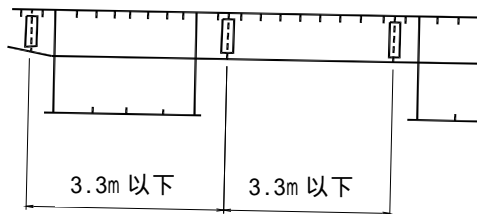
(b) 変断面ウェブの縦継ぎ



(c) 隅角部での板継ぎ



(d) 箱桁橋



(e) 鋼床版橋

図 4.2.15 縦継ぎ位置

(2) 関係法令

トレーラー、トラックを使用し貨物を輸送する場合は、道路を通行する車両を対象としたつぎの各法令により制限を受ける。

表4.2.23 各関係法令における制限の内容

関係法令	制限の内容
道路運送車両の保安基準(道路運送車両法)	車両に関する制限
道路交通法施行令(道路交通法)	積載の制限
車両制限令(道路法)	通行の制限

表4.2.22に示す制限の内容はそれぞれの保安上の観点から規定されたもので、各制限値は以下に示すこととする。

(3) 道路関係法規と車両ならびに積載貨物の大きさや重さの関係

表4.2.24 道路関係法規と車両ならびに積載貨物の大きさや重さの関係

	道路運送車両の保安基準	車両制限令				道路交通法		
		一般的制限		特認可能限度一括申請の許可限度				
		高速自動車国道以外	高速自動車国道(指定道路を含む)					
幅(B)	2.5m	2.5m	2.5m	1	3.5m	車体幅		
高さ(H)	3.8m	3.8m	3.8m	2	4.3m以下	3.8m		
長さ(L)	単車	12.0m	12.0m	4	12.0m	13.2m		
	連結	3				12.0m	17.0m	自動車長×1.1
総重量(W)	単車	6 20~25t	20t	6	20~25t	25t		
	連結	7 (28t)	20t	6	20~25t	9 (40t)	5積載物の重量が制限以下	
軸重		10t	10t		10t	10t	制限なし	
隣接軸重	8	18~20t	8	18~20t	8	18~20t	20t	規定なし
輪荷重		5t	5t		5t	5t	規定なし	
最少回転半径		12.0m	12.0m		12.0m	12.0m	規定なし	

(出典)(社)日本橋梁建設協会：'16 デザインデータブック，P.145，H28.5.

- (注)総重量、隣接軸重等の制限値は使用する個々の車両(最遠軸距、車両全長等)により異なる。個々の車両における制限値の算出に際して、その詳細については「車両制限令実務の手引き-平成16年11月第2次改訂版」等によること。
- 1 高速自動車国道(指定道路含む)、自動車専用道路の幅制限については、許可限度内であってもそれぞれの道路管理者に確認が必要である。
 - 2 高さの制限は輸送経路により詳細な調査を要するが、許可車両の高さは原則として4.3m以下とし、トンネル等の構造物の道路空間の高さから20cmを減じたものと比較し、申請車両の高さが高い場合は通行不可となる。
一般的には道路構造令による建築限界により塗装補修工事等の足場約20cmを減じて考えればよい。
 - 3 セミトレーラはキングピン中心から車両後端までの寸法が12.0m以下
 - 4 貨物が前後に、はみ出していないセミトレーラは16.5mまで(ポールトレーラ、ダブルスは適用外)
 - 5 車両検査証に示す最大積載量以下。但し、車両制限令では、車両+乗員+貨物=総重量が40t以下にほとんど制限されるので、道路管理者が許可し得る最大重量が実質的に道路交通法にも適用される。
 - 6 最遠軸距及び車両全長により異なる。
 - 7 セミトレーラはキングピン中心から最後軸までの距離に応じ最大28tまで。
 - 8 隣接軸距により異なる。
 - 9 参考数値。しかし、40t以上となった場合には特殊車両通行許可証の取得が難しくなる。

車両制限令の一般的制限は許可で運行できる限度である。

一般的制限を超える車両は特殊車両として道路管理者に通行許可の申請を行わなければならない。表4.2.2.4における特認可能限度は一括申請に対して許可される限度である。この制限値は通行する経路、使用車種等により条件を異にする。

道路交通法での制限値を超える車両については、「制限外積載」として、予め出発地の警察署を所轄する、警視庁、都道府県警察本部に申請し、出発地の警察署長の許可を得なければならない。

(4) 許可の一元化(一括申請)

特殊車両通行許可申請に対して、申請を受けた道路管理者は、他の道路管理者の分についても許可することができる。

一元的許可(一括申請)の限度は、使用車種によって原則として、積載荷姿図のように制限される。ただし、経路の状況に応じて必要な条件を付けて許可される。

(5) 個別審査

車両寸法が一元的許可(一括申請)の限度を超える場合、あるいは橋梁等の耐荷重許可限度を超えるものについては、通行する道路の道路管理者の個別審査を受ける必要がある。

個別審査は、事前審査、特殊車両の手配、各種の通行条件による制限等により、数ヶ月を要する他車両又は積載貨物が分割可能であることの立証が困難なので極力避けることが望ましい。

(6) 許可条件

道路管理者が審査の結果に基づき通行を許可する場合は通行条件書により、必要な条件を付して許可し、申請者はその条件を厳守しなければならない。

なお、必要な条件とは、通行時間帯の制限(夜間通行)誘導車の配置等であり、具体的な条件については、「特殊車両通行許可認定書」に記載されているので、実施に際してはこの内容を必ず確認し遵守するとともに、これを常時各車両に携行しなければならない。

(7) 主な車両の許可範囲図

図4.2.1.6~1.8に示す積載寸法は、ポールトレーラを除いて一元的許可限度の最大値を示したものであるが、各図示の値以下であっても道路との関係において、さらに制限される。

特に、ポールトレーラの許可範囲については長尺なため綿密な事前の道路調査と道路管理者の個別審査対象となり事前協議が必要である。

また、安全輸送という観点からすれば、車両総長(積載物を含む)は17m以内になるよう、部材長を設計することが望ましい。

- ・積荷の長さは、車両荷台長+車両全長の0.1倍までを標準とし、かつ、17m以内を限度とする。(ポールトレーラを除く)
- ・積荷の幅は、車両台幅以内とするが、積荷分割が不可能な場合には、3.5mを限度とする。
- ・積荷の高さは{3.8m-車両荷台高さ-台木高さ(0.1m)}とするが、分割不可能な場合には車両積載高さで4.3mを限度とする。
- ・車両重量は必要に応じ、調査すること。

4.2.6 現場溶接構造*

- (1) 景観性を考慮する場合や高力ボルト接合が困難な場合においては、現場溶接構造の採用を検討する。
- (2) 現場溶接の採用にあたっては、架設条件、施工工期、施工性及び環境状態、耐疲労性等の問題点を検討し、総合的判断により現場溶接の採否を決定する。

- (1) 接合部材の板厚が厚くなったり、材料の強度が高くなると、必要ボルト本数が増加し、添接板の長さが長くなる。この場合、ボルトに作用する力が不均等になる可能性があるため、道示では応力方向1列当たりなるべく8本以下にするのがよいとされている。また、やむを得ない場合でも一般的に摩擦試験結果を参考に12本以下に抑えている。よって、この制限を超える場合は、ボルト接合が構造的に困難であることから、現場溶接接合の検討が必要となる。この他、鋼床版については、ボルト上の舗装厚が薄くなることに起因する舗装割れ等の問題より、溶接継手が採用される場合が増えている。
- (2) 現場溶接の採用に際して、考慮しなければならない事項は、以下のような点である。
 - 高力ボルト接合と現場溶接継手の比較 (表 4.2.25)
 - 主構造の部材別の現場溶接採用の適否 (表 4.2.26 (a) ~ (c))
 - 主構造以外の現場溶接例 (表 4.2.27)

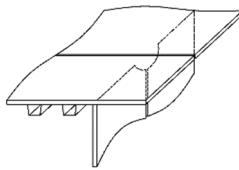
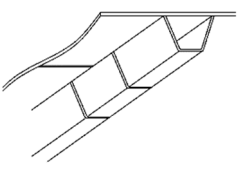
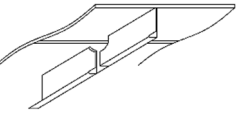
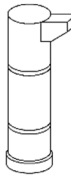
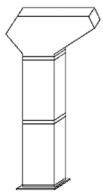
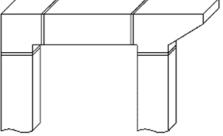
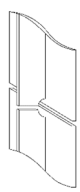
表 4.2.25 高力ボルト接合と現場溶接継手の比較

項目	高力ボルト継手	現場溶接継手
美 観	良いとは言えないが、目立たない場合も多い。	良い。
塗 装 (メンテナ ス)	添接部は塗装が劣化しやすい。	良い。
設 計	孔控除による断面減少あり。 厚板・高張力鋼ではボルト数が多くなる。	継手位置選定の自由度が高い。
鋼 重	孔控除による断面減少により板厚が増える場合がある。	減少する。板厚が大きくなるほど有利。
製 作	孔明作業あり。再現性の良い仮組ができる。	孔明作業がなくなる。ただし、現場溶接部の製作精度を高める必要がある。
現場作業 及び設備	容易。 通常の足場でよい。	容易でない。電力設備(大容量発電機)、防風設備が必要。
作 業 員	橋梁特殊工で施工できる。	溶接技能を有する橋梁特殊工が必要。
検 査	締付検査	非破壊検査
期 間	短い。	架設工程においては溶接工程がクリティカルパスになることが多い。
変 形	変形はない。	形状管理が必要である。

(: 適する : 若干問題がある)

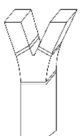


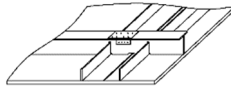
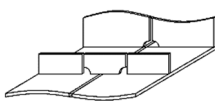
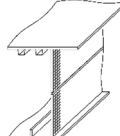
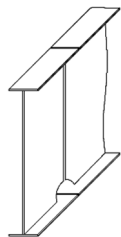
(出典) (社) 日本橋梁建設協会 : 鋼橋の現場溶接 (改訂版) , P.3, 表 2.1.1, H26.4 .

表 4.2.26(a) 現場溶接継手の適否

部材	製 作	架 設	溶接施工	適用性	溶接法 (例)
<p>鋼床板 デッキプレート</p> 	<p>ボルト継手に比べ孔明けはなくなるが、薄板であり開先精度向上のための工数がかかる。中床板、側床板があと架設の場合、仮組では鋼床版自重によるキャンパー差への影響について配慮が必要である。</p>	<p>Uリブがボルト継手の場合でもエレクトロンビースを設けることで、組立上の問題は無い。 キャンチレバー逐次架設のときは工程上の問題が生じる場合がある。</p>	<p>裏波溶接方法が確立されており、特に問題はない。ただし、キャンパー変形には注意を要する。 なお、曲線桁で横断勾配が大きい場合には、溶接施工上の注意を要する。</p>	<p>すでに溶接継手が標準となっている。舗装厚を確保するには有利である。</p>	<p>サブマージ アーク溶接 (裏波) ガスシールド アーク溶接 (裏波)</p>
<p>鋼床板 Uリブ</p> 	<p>Uリブの芯ずれに注意を要し、課題が多い。</p>	<p>溶接を採用した場合は、現場取付け用Uリブを人力で扱える大きさにする必要がある。</p>	<p>ルートの溶融に注意を要する。ウェブ近傍のUリブは溶接できない場合があるから設計上注意を要する。</p>	<p>実績も多く適用可能であるが、施工性や疲労を考慮して、道路橋示方書ではボルト継手を標準としている。</p>	<p>被覆アーク溶接 (裏当金) ガスシールド アーク溶接 (裏当金)</p>
<p>鋼床板 開リブ (バルブプレート)</p> 	<p>開先加工が困難である。</p>	<p>溶接継手にすると孔がないから組立上不利。別途エレクトロンビースをつけることは、実際的ではない。</p>	<p>バルブ部分の溶接に難がある。</p>	<p>架設(組立)及び溶接施工には問題が多く、実績もほとんどない。</p>	<p>行うとすれば 被覆アーク溶接 (裏はつり両面 施工)</p>
<p>円形橋脚 柱</p> 	<p>ボルト継手にすると、曲面のため、孔明け作業が困難であり、鋼管の巻き精度によっては目違いが生じる。</p>	<p>組立上は孔があったほうが良いが、エレクトロンビースを設置することで解決できる。</p>	<p>実績多く、問題は少ない。</p>	<p>ボルト継手の実績は少なく、溶接が最適である。</p>	<p>ガスシールド アーク溶接 (裏波、裏はつり 両面施工)</p>
<p>角形橋脚 柱</p> 	<p>溶接にすると孔明け作業はなくなるが、精度の良い開先をつくるためには工数がかかる。</p>	<p>縦リブをボルト継手とすることで、組立上の問題は無い。さらに外面にもエレクトロンビースを設置することが多い。</p>	<p>ガスシールドアーク溶接の裏波工法が定着し、安定した施工ができる。</p>	<p>施工例も多く、溶接継手にするのが有利である。</p>	<p>ガスシールド アーク溶接 (裏波)</p>
<p>角形橋脚 横梁</p> 	<p>柱の場合と同様</p>	<p>柱の場合と同様だが、ベントが必要な場合がある。</p>	<p>柱の場合と同様</p>	<p>柱の場合と同様</p>	<p>ガスシールド アーク溶接 (裏波) ウェブには エレクトロガス アーク溶接 (裏波) も用いられる。</p>
<p>角形橋脚 縦リブ</p> 	<p>仮組がしにくい。</p>	<p>孔がないので組立上不利である。</p>	<p>箱内面の作業となる。溶接長が短い割には、両端にエンドタブをつけねばならず、それらの除去・仕上げを含め、工数がかかる。</p>	<p>実績がほとんど無く、又溶接継手にすることの利点も見せず、ボルト継手の方が架設上(主メンバーの開先精度上)も有利である。</p>	<p>行うとすれば 被覆アーク溶接 (裏はつり両面 施工)</p>

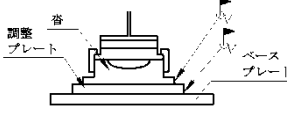
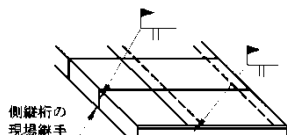
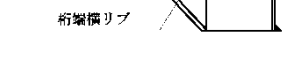
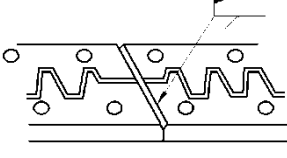
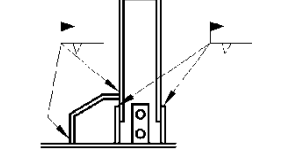
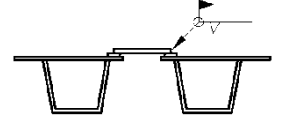
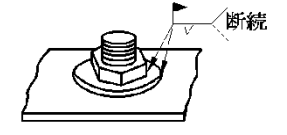
(出典)(社)日本橋梁建設協会：鋼橋の現場溶接(改訂版)，P.7，表3.2，H26.4。

表 4.2.26 (b) 現場溶接継手の適否

部材	製 作	架 設	溶接施工	適用性	溶接法 (例)	
 Y形橋脚 柱	溶接にすると孔明け作業はなくなるが、制度の良い開先を作るためには工数がかかる。	水平継手部は、角形橋脚と同様、分岐箇所に近い縦リブはボルト継手にできない場合があるので、組立用ジグが必要となる。	水平継手部は、角形橋脚柱と同様。傾斜継手では施工法の確認が必要である。分岐部内側からの溶接施工が困難な場合がある。	溶接施工が困難でなければ、角形橋脚と同様に有利である。	ガスシールド アーク溶接 (裏はつり両面施工又は裏波)	
箱桁 上フランジ	鋼床版デッキプレートと同様				鋼床板 デッキプレート と同様	
 箱桁 ウェブ垂直継手	溶接にすると孔明け作業はなくなるが、精度の良い開先を作るためには工数がかかる。	内面にエレクションピースが必要である。	上下端のスカルップ処理が必要である。自動溶接の場合、上端又は下端に溶接残しができる。ここは半自動溶接で施工する。	実績も多く、総合的に見て、溶接することに問題はない。	ガスシールド アーク溶接 (裏波) ウェブには エレクトロガス アーク溶接 (裏波) も用いられる。	
 箱桁 下フランジ 横継手	特に問題はない。	架設上の配慮が必要である。溶接施工上、リブを切欠き、後付け部をつくる等の対策が必要である。	下向き溶接では問題はないが、桁高が低い場合は作業性に難がある。上向き溶接では溶接総数が多くなり、能率が低下する。エレクションピースの除去及び仕上げ作業も上向き姿勢となるので工数がかかる。	実績も多く、総合的に見て溶接することに問題はない。	ガスシールド アーク溶接 (裏波) サブマージ アーク溶接 (裏波)	
 箱桁 下フランジ 縦継手	特に問題はない。	架設上の配慮が必要である。溶接施工上、リブを切欠き、後付け部をつくる等の対策が必要である。	下向き溶接では問題はないが、桁高が低い場合は作業性に難がある。上向き溶接では溶接総数が多くなり、能率が低下する。エレクションピースの除去及び仕上げ作業も上向き姿勢となるので工数がかかる。	シーム方向の溶接はダイヤフラムや横リブの切欠きが必要であり、変形対策が必要である。	ガスシールド アーク溶接 (裏波) サブマージ アーク溶接 (裏波)	
 箱桁 下フランジの縦リブ	特に問題はない。	下フランジを下向溶接する場合、一部切欠いておいた縦リブを下フランジの溶接後取り付けるが、ひずみが生じやすく難がある。	低い姿勢での立向溶接であり、容易な溶接とはいいがたい。	溶接にすることの効果は少ないが、設計上やむを得ない場合には溶接とする。基本的にはボルト継手の方がよい。	行うとすれば 被覆アーク溶接 (裏はつり両面施工)	
 箱桁 ウェブ水平継手	工場内ハンドリング及び輸送上の工夫が必要。ウェブの波状変形が生じやすい。	組立に多くのエレクションピースを必要とする。	ガスシールドアーク溶接の裏波工法が定着し、安定した施工が出来る。	溶接変形対策が必要である。	ガスシールド アーク溶接 (裏はつり両面施工又は裏波)	
 I桁	フランジ	特に問題はない。	フランジ幅に比べ大きいエレクションピースが必要である。	下フランジでは、ウェブ位置でビード継ぎを要する。	極厚板の場合は溶接が適している。	ガスシールド アーク溶接 (裏波)
	ウェブ	溶接にすると孔明け作業はなくなるが、精度の良い開先をつくるためには工数がかかる。	目違い修正に工数がかかる。	上下端のスカルップ処理が必要である。自動溶接の場合、上端又は下端に溶接残しができる。ここは半自動溶接で施工する。	溶接の施工に大きな問題はないが、ボルト継手のほうが合理的な場合が多い。	ガスシールド アーク溶接 (裏波) エレクトロガス アーク溶接 (裏波)

(出典)(社)日本橋梁建設協会：鋼橋の現場溶接(改訂版)，P.8，H26.4。

表 4.2.27 主構造以外の現場溶接例

部 位	構造概要	機能・目的	溶接姿勢	備 考
沓の溶接		沓、調整プレートの固定	水平	施工空間の確認が必要
側縦桁の現場継手		化粧板やフェアリングを含めた側縦桁の美観を考慮	立向き等	
桁端横リブの現場継手		伸縮装置や排水の取り合い関係で溶接構造となる場合	立向き	施工空間の確認が必要
伸縮装置フェイスプレートの溶接		幅員が広い場合や既設橋梁の拡幅で幅員が増加する場合	下向き	
鋼製地覆、高欄の取付け		主構造の接合完了後施工される場合美観と防水	水平	デッキプレート溶接線とのクリアランスの確認が必要
ハンドホール等の蓋の取付け		舗装厚が薄くボルトによる取付けが不向きの場合	水平	
アンカーボルトの固定		弛み止めとして固定する場合	水平	

(出典)(社)日本橋梁建設協会：鋼橋の現場溶接(改訂版)，P.28，表 5.5.1，H26.4.

4.3 プレートガーダー橋

4.3.1 骨組の構成

骨組については、斜角及び横断勾配等から構造を検討の上、決定するものとする。

(1) 斜角 70° 以上の場合、横桁は斜角配置でよいが、 70° 未満では直角配置とする。

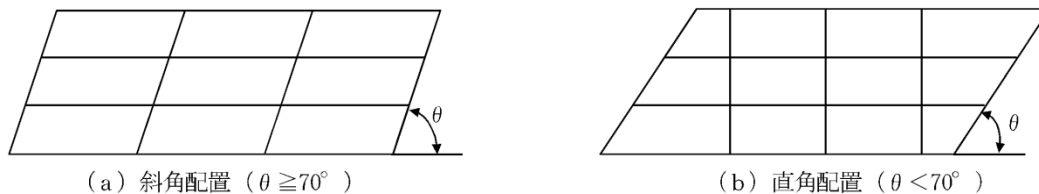


図 4.3.1 横桁配置

(2) 荷重分配横桁間隔は、20m以下とする。

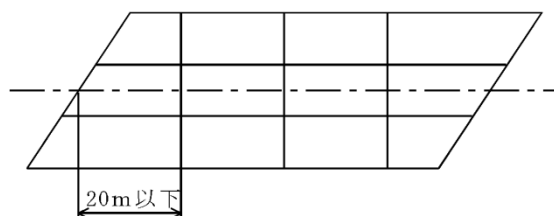


図 4.3.2 荷重分配横桁間隔

(3) 計画高と上フランジ天端間隔はハンチ構造に配慮し、一定とするのを原則とする。

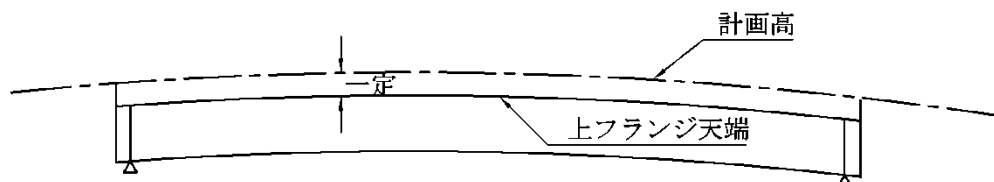


図 4.3.3 計画高と上フランジ天端

4.3.2 I断面プレートガーダーの断面構成

鋼道路橋設計ガイドラインに従って、断面構成を行うものとする。また、以下に示す事項にも従うものとする。

- (1) フランジ幅の最大は、腹板高の 1/3 程度とする。
- (2) フランジ幅の最小は 200 mm で、かつ腹板高の 1/8 程度以上とする。
- (3) カバープレートは使用しない。
- (4) フランジの最小厚は 10 mm とする。
- (5) 2 段以上の水平補剛材を用い、腹板厚を薄くするのは好ましくない。

- (4) フランジの最小厚は、床版とのずれ止めにスタッドを用いる場合の溶接性やフランジの座屈防止のために定めたものであるが、スラブアンカーを用いる場合、座屈に対して十分安全であれば 10 mm 以下の板厚としてもよい。

最大厚さは、道示の改定により 100 mm まで使用することが可能であるが、40 mm を超える鋼材については、設計上有利となる場合、降状点又は耐力が変化しない鋼材の使用を検討するのがよい。

4.3.3 箱断面プレートガーダーの断面構成

- (1) 断面構成は、製作、輸送、架設等を検討の上、決定するものとする。
- (2) 将来の維持管理に配慮した箱内空間とする。
- (3) 現場部材継手位置以外での板継ぎは設けない。
- (4) 多主桁箱桁橋では、1 主桁 1 支承とするのがよい。
- (5) 将来の維持管理を踏まえ、桁下余裕高（堤防余裕高（例えば、0.6 m）等より設定）等を想定し、断面を決定するのがよい。

- (1) 製作上の制約条件で 1 ブロックの大きさに制限があるので注意を要する。箱桁内部の作業性から図 4.3.4 の寸法を最小とするのがよい。

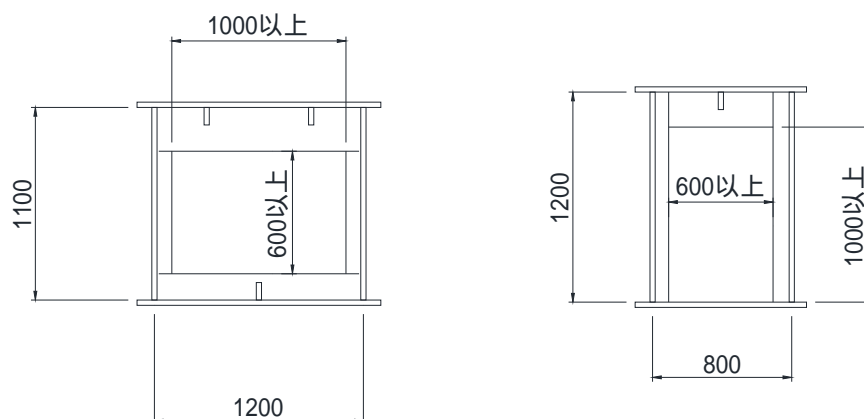


図 4.3.4 箱桁の製作最小寸法

(出典) (社) 日本橋梁建設協会：鋼橋構造詳細の手引き，図 1-1，P.26，H25.6 .

4.3.4 水平補剛材の取付け方法

連続桁で交番応力となる部分の水平補剛材は、少なくとも垂直補剛材3～4パネル、または1対傾構間隔長程度の範囲について上下ともに水平補剛材を配置するものとする。

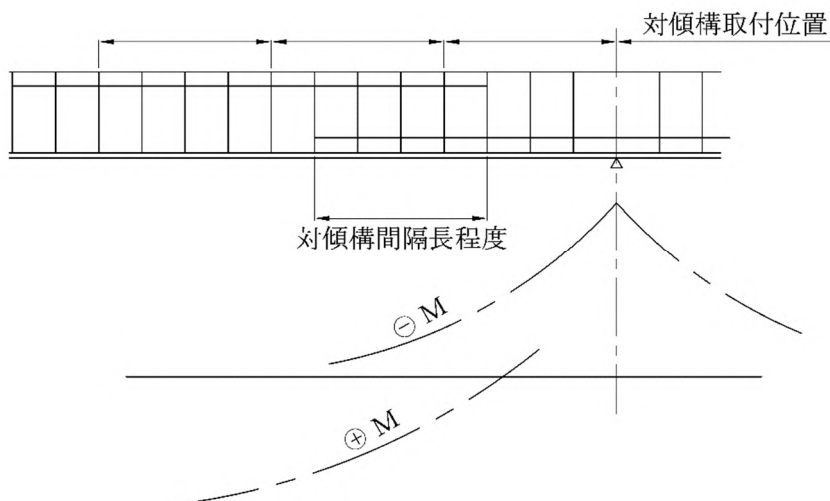


図4.3.5 水平補剛材のラップ

(出典) (社)日本橋梁建設協会：鋼橋構造詳細の手引き, 図1-17, P.5, H25.6.

4.3.5 垂直補剛材の取付け方法

分配横桁、対傾構等の取付け部材と兼用する垂直補剛材は、図4.3.6に示す方向に取付けるものとする。

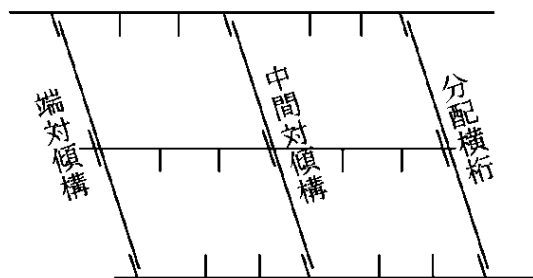


図4.3.6 垂直補剛材の取付け方向

4.3.6 桁端部の張出し量

プレートガーダーの桁端張出し量は、次の値を目安とする。

- (1) 支間 20m 未満では 200～250mm
- (2) 支間 20m 以上、支間 30m 未満では 250～300mm
- (3) 支間 30m 以上、支間 40m 未満では 350～400mm
- (4) 支間 40m 以上、支間 50m 未満では 400～550mm

(参考) 東北地方整備局：設計施工マニュアル(橋梁編), P.4-36, H28.3.

中部地方整備局：道路設計要領-設計編-, P.5-13, H27.3.

桁端部における支点からの張出し量は、支承構造、斜角、及び橋梁形状等をふまえ、次の点を考慮して決めることが大切である。

- 桁端から下部構造頂部縁端までの桁のかかり長
- 主桁及び支承の構造
- 桁端遊間
- 付属構造（伸縮装置、落橋防止装置）との取合い

4.3.7 横構

I 桁の横構は、主桁本数に応じて適切に配置するものとする。

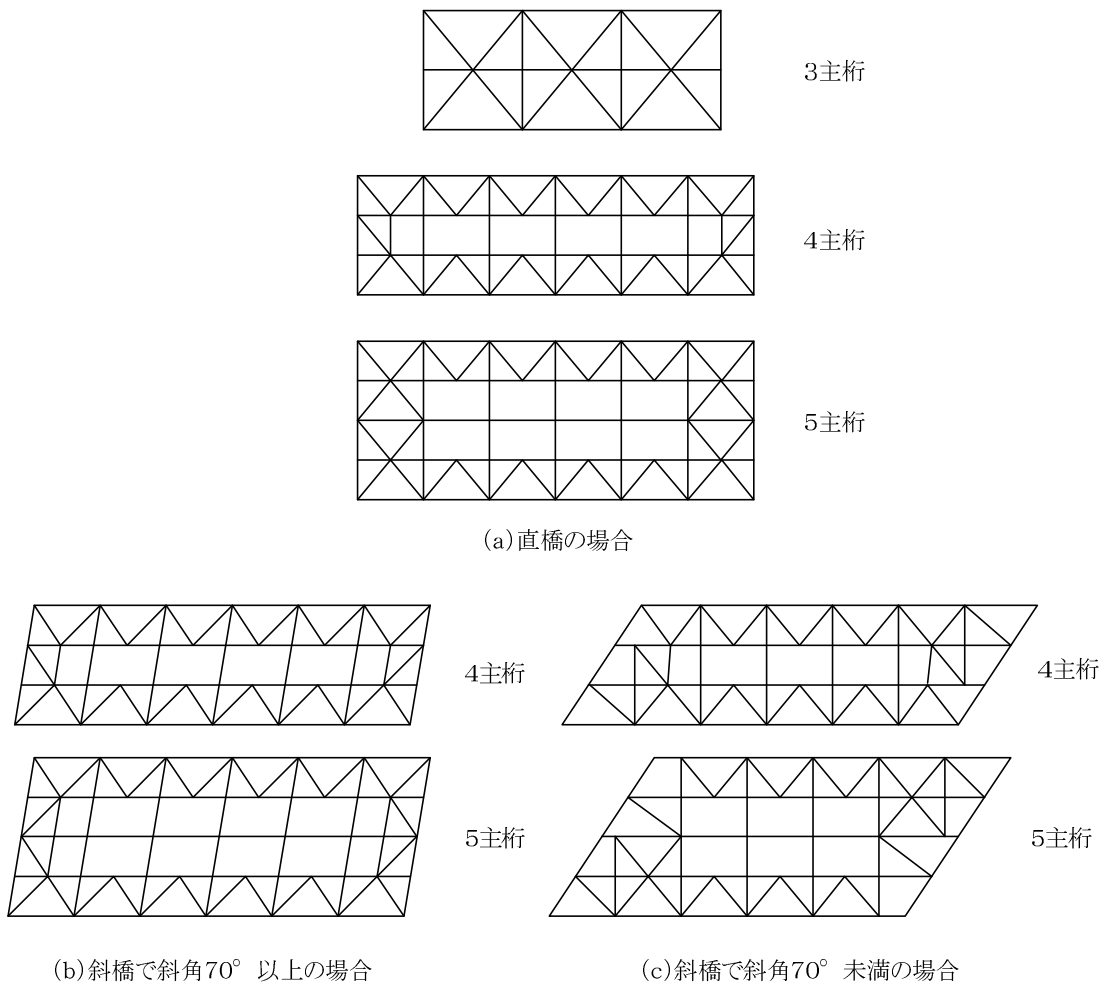


図 4.3.7 横構の標準的配置

(参考) (社) 日本道路協会：鋼道路橋設計便覧, 図 3.30, P.133, S54.2.

4.4 疲労設計*

4.4.1 疲労設計の基本

(1) 鋼部材の設計にあたっては、原則として、疲労強度が著しく低い継手及び溶接の品質確保が難しい構造の採用を避けるとともに、活荷重等によって部材に生じる応力変動の影響を評価して必要な疲労耐久性を確保しなければならない。

このとき、少なくとも自動車の通行に起因する発生応力については、その繰返しによる影響を適切に評価できるように、照査に用いる荷重とその載荷回数を定めなければならない。

(2) 設計計算によって算出した応力度の公称値と部材に発生する実応力との関係が明らかである場合には、「道示 8.2」に示されている応力による疲労照査を行い疲労耐久性の照査を行わなければならない。

(3) 設計計算によって算出した応力度の公称値と部材に発生する実応力との関係が明らかでない場合には、二次応力に対する疲労耐久性が確保できるよう細部構造に配慮しなければならない。

(出典) 道示 8.1, P.147, H29.11.

疲労設計の基本は、部材に生じる応力変動を適切に評価し、疲労に対する所要の耐久性が確保できることを照査することであるが、鋼床版や橋脚構造等のように通常行われる設計計算によっては応力変動の適切な評価が困難な場合もある。このような場合でも過去の知見から、疲労耐久性が著しく低い継手や構造の採用を避け、また、より疲労耐久性に優れた継手や構造が明らかない場合には、それらを採用するのがよい。

また、溶接部の品質は継手の疲労耐久性に大きく影響するため、なるべく施工が容易であり、非破壊検査による品質の確認が行える継手や構造となるよう配慮する。

なお、平成29年度道示の改定前に疲労照査で参考としていた「鋼道路橋の疲労設計指針(H14.3)」では、照査に用いる荷重の大きさや繰返し回数の設定と合わせて全体としては危険側とならないよう配慮しつつ、疲労設計の実務上の便を考慮して、設計に用いる目的のS-N線として変動振幅応力に対する打ち切り限界が設定されていた。

この平成14年度の疲労設計指針の疲労照査に用いるS-N線に実現象との違いが研究等により確認されてきている状況を踏まえ、平成29年度道示の改定において、疲労設計に用いる照査荷重を含めて、疲労設計指針の方法を踏襲するよう見直した照査方法が規定されている。そのため、疲労に関する考え方は、平成29年版道示を参考にする。

(1) 疲労に対する安全性が確保されているとみなしてよい条件

下表の条件をすべて満たす場合は、疲労に対する安全性が確保されているとみなして応力度の照査は省略できる。

表 4.4.1 疲労に対する安全性が確保されているとみなしてよい条件

橋梁形式	コンクリート床版を有する鋼桁橋
使用継手	「道示 8.3.2」の規定において疲労強度等級 A ~ F等級に分類される継手
使用工種	SS400、SM400、SM490、SM490Y、SM520、SMA400、SMA490、SBHS400
支間長	最小支間長が50m以上
A D T T _{SLi}	1000台 / (日・車線) 以下

(出典) 道示 8.2, P.149, 表-8.2.1, H29.11.

(2) 継手の強度等級

部材の連結に用いる継手に対する疲労強度等級は、表 4.4.2 による。

上記文献以外に示される継手を使用する場合には、溶接条件(のど厚、開先、姿勢、電流、電圧、溶接材料等)、残留応力、板厚、継手の構造及び作用する荷重の条件を適切に評価した疲労試験によって疲労強度を確認するものとする。

表 4.4.2 直応力を受ける継手の強度等級 (m = 3)

区分	2 × 10 ⁶ 回基本許容応力度範囲 f (N/mm ²)
A	190
B	155
C	125
D	100
E	80
F	65
G	50
H	40
H'	30

(出典) 道示 8.3.1, 表-8.3.1, P.162, H29.11.

(3) 照査

最大応力範囲(変動応力の最大値と最小値の差)が、継手の一定振幅応力に対する応力範囲の打ち切り限界以下の場合には、その継手は、疲労に対する安全性が確保されているとみなしてよい。

直応力に対して「道示 8.2.3 式8.2.4」

$$\sigma_{\max} = \sigma_{ce} \cdot C_R \cdot C_t$$

せん断力に対して

$$\tau_{\max} = \tau_{ce}$$

ここに、

σ_{\max} 、 τ_{\max} : 道示 8.2.2に規定される対象継手部の最大応力範囲 (N/mm²)

σ_{ce} 、 τ_{ce} : 一定振幅応力に対する応力範囲の打ち切り限界 (N/mm²)

C_R : 道示 8.3.3,表-解8.3.2に示される基本許容応力範囲及び打ち切り限界を補正するための係数

C_t : 道示 8.3.4の規定により計算される板厚の影響を考慮して基本許容応力範囲及び打ち切り限界を補正するための係数

(4) 照査

照査 を満たさない場合に用いる、より詳細な照査法であり、線形累積被害則の考え方を適用した評価法である。以下の式を満足する場合は、その継手は疲労に対する安全性が確保されているとみなしてよい。

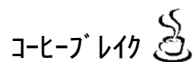
$$D \leq 1.00 \dots \dots \dots \text{「道示 8.2.3 式8.2.5」}$$

ここに、

D : 累積損傷度、 $D = \sum D_i$

D_i : 車線 i に対する疲労設計荷重の移動載荷による累積損傷度

$$D_i = \sum_j (n_{ti} / N_{ij})$$



「鋼部材の疲労現象」

鋼部材に外力が繰返し作用すると、構造的な応力集中部、あるいは溶接形状や溶接欠陥等に起因する応力集中部から亀裂が発生し、最終的には部材の破断に至る場合があります。このようなダメージが蓄積されて亀裂が進展していく現象を疲労といいます。身近な例では針金を繰返し折り曲げていくと破断してしまいましたが、これも疲労現象のひとつです。橋梁の場合、引き金となる外力として自動車荷重や風による振動が考えられます。

4.4.2 疲労耐久性上好ましくない継手の例

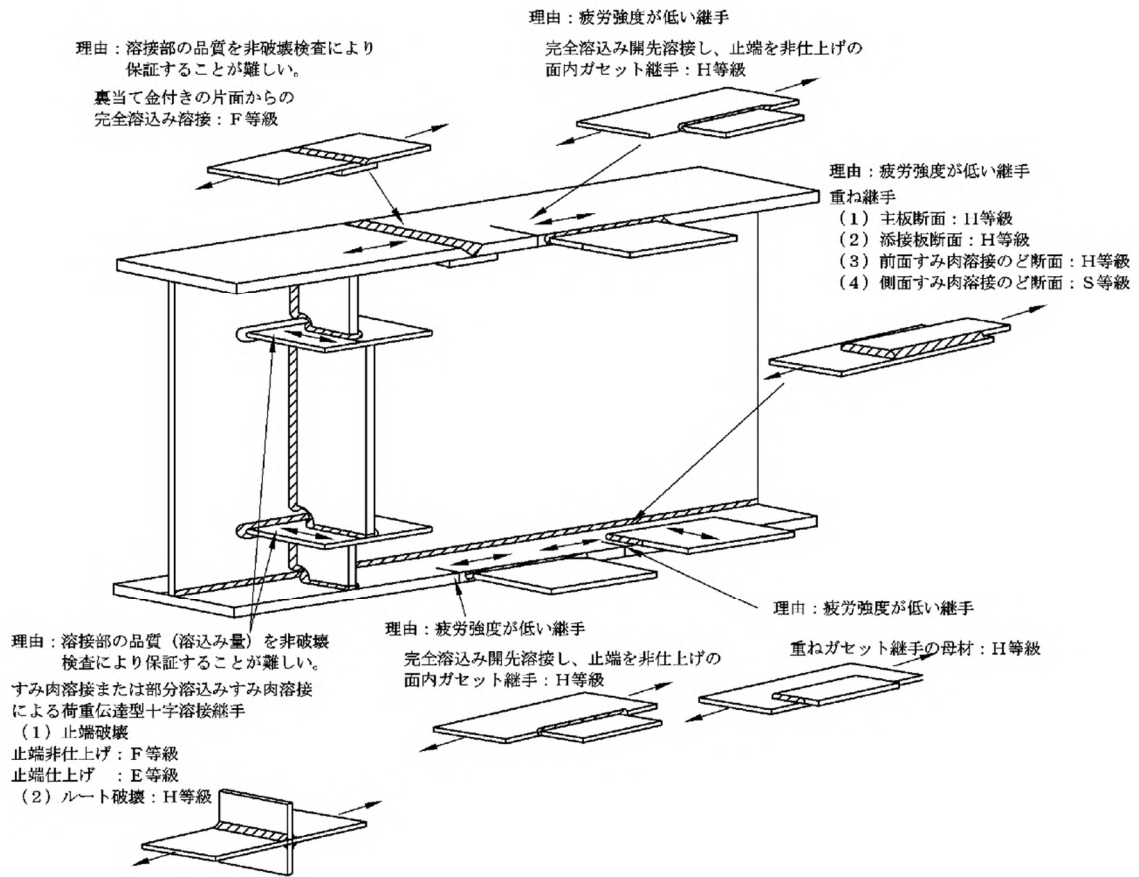


図 4.4.1 (a) 鋼鈹桁橋における疲労上望ましくない継手の使用例

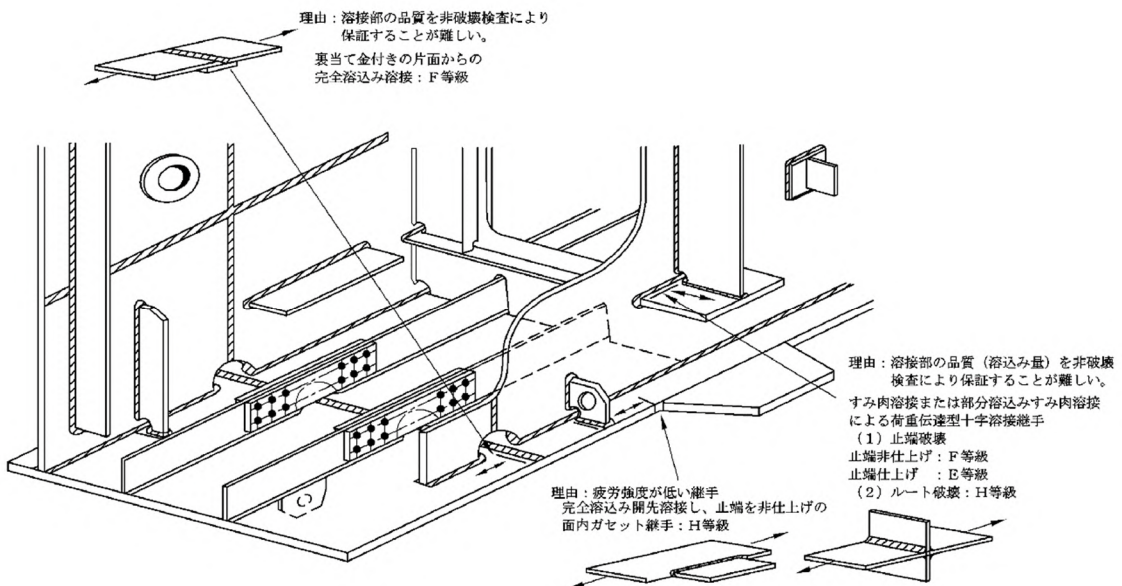


図 4.4.1 (b) 鋼箱桁橋における疲労上望ましくない継手の使用例

(出典) (社)日本道路協会：鋼道路橋の疲労設計指針，図-付1.3.1～図-付1.3.2，P.72～73，H14.3.

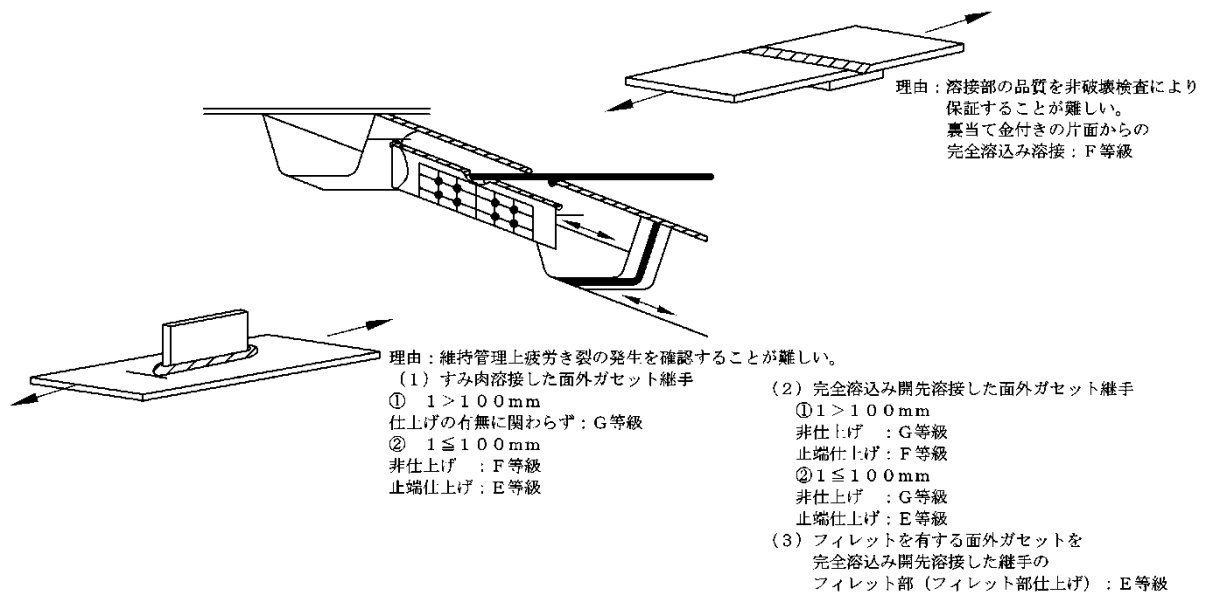
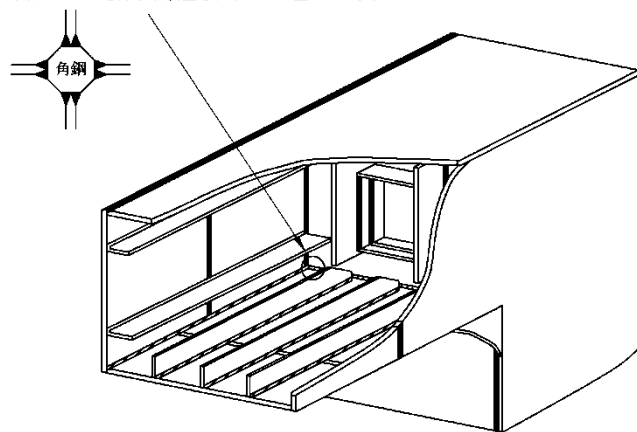
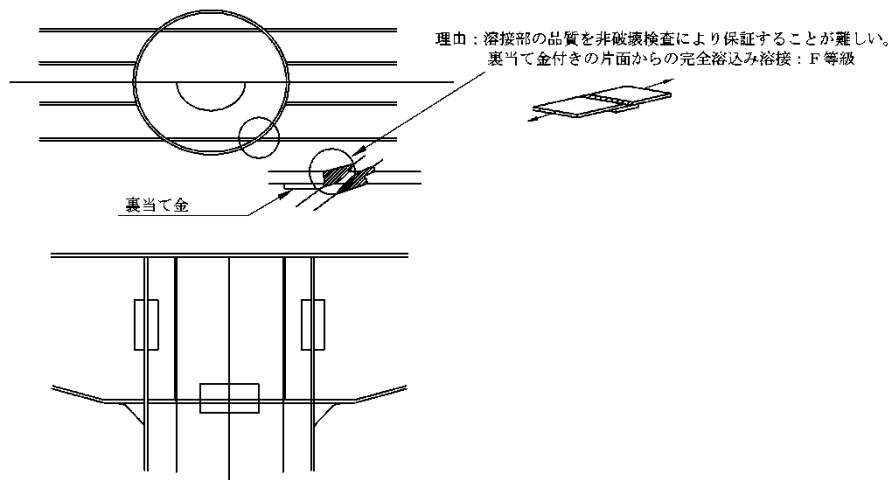


図 4.4.1 (c) 鋼床版継手部の疲労上望ましくない継手の使用例

隅角部の構造として下図のような角鋼を用いたディテール
角鋼ではじん性などの品質確保が困難（圧延鋼材から切出すことが望ましい。）
拘束度が大きい場合、角鋼内部が割れることがある。
（溶接後、角鋼においても非破壊検査を行うことが望ましい。）



(a) 角形状を用いた鋼製橋脚の隅角部の例



(b) 円形状を用いた鋼製橋脚の隅角部の例

図 4.4.1 (d) 鋼製橋脚の疲労上望ましくない継手（構造）の使用例

(出典) (社) 日本道路協会：鋼道路橋の疲労設計指針, 図-付1.3.3~図-付1.3.4, P.74
~75, H14.3.

4.5 防せい・防食

4.5.1 一般

- (1) 鋼橋の部材には、腐食による機能の低下を防ぐため、防せい防食を施すものとする。
- (2) 鋼材の防せい防食法の選定にあたっては、架橋地点の環境、橋の部位及び規模、部材の形状及び経済性を考慮するものとする。
- (3) 鋼橋の設計にあたっては、防せい防食法に応じて、細部構造の形状及び材料の組合せ等について適切に配慮するものとする。
- (4) 桁端部等、防せい上腐食が生じやすい箇所については、防せい仕様を変更するなど、維持管理に配慮するものとする。

鋼橋の代表的な防せい防食方法は、表4.5.1に示すとおりである。ここでは一般的な塗装についての仕様をとりまとめるものとした。耐候性鋼材については「本手引き 4.6 耐候性鋼橋梁」によるものとする。

表4.5.1 鋼橋の代表的な防せい防食方法

	主たる防せい防食原理	機能低下形態 (予想外の劣化進行を含む)	機能喪失時の 補修方法
塗装	塗膜による大気環境遮断	塗膜の劣化	塗替え
耐候性鋼材	緻密なさび層の形成による腐食速度の抑制	層状剥離さびの発生とそれに伴う断面減少	塗装等
溶融亜鉛メッキ	亜鉛酸化物による保護皮膜及び亜鉛による犠牲防食	亜鉛層の減少	塗装等
金属溶射	溶射金属の保護皮膜及び溶射金属(アルミ、亜鉛等)による犠牲防食	溶射金属層(アルミ、亜鉛等)の減少	溶射又は塗装

(出典) 道示 7.1,表-解7.1.1, P.143, H29.11.

- (4) 特に、腐食が生じやすい箇所については、例えば、下塗りを1層増し塗りするなどを検討する。

4.5.2 塗装系の選定

- (1) 塗装系は、架橋位置の環境、維持管理方法等を考慮して適切なものを選定するものとする。
 (2) 塗装系の選定にあたっては、ライフサイクルコストの検討を必ず行うものとする。

- (1) 塗装系は、架橋地点の腐食環境の影響を直接受け、色が重視される外面用塗装系と、腐食環境の影響を直接受けず、色が重視されない内面用塗装系とに大別される。また、鋼床版の場合は部材の内外面とも、舗設時の熱影響に耐えられる塗装系とすることが必要である。
 (2) 高力ボルトや現場溶接等の現場継手部は、現場で鋼材面の素地調整を行い、下塗り塗料をはけまたはローラーで塗布することから、一般部の下塗り部分を一部変更した塗装系が選定される。

1) 一般外面塗装系

一般外面塗装系には架橋地点の腐食環境の厳しさに十分耐えられる防食性能を有していると同時に、美観・景観性をできるだけ長期間保つために、耐候性の良好な上塗り塗装を用いた表4.5.2の塗装仕様を標準とする。なお、摩擦接合面やコンクリート接触面には塗装しない。

表4.5.2 一般外面の塗装仕様 C-5 塗装系

塗装工程		塗料名	使用量 (g/m ³)	目標膜厚 (μm)	塗装間隔
製鋼工場	素地調整	ブラスト処理 ISO Sa2 1/2			4 時間以内
	プライマー	無機ジンクリッチプライマー	160	(15)	
橋梁製作工場	2次素地調整	ブラスト処理 ISO Sa2 1/2			6 か月以内
	防食下地	無機ジンクリッチペイント	600	75	4 時間以内
	ミストコート	エポキシ樹脂塗料下塗り	160	-	2 日 ~ 10 日
	下塗り	エポキシ樹脂塗料下塗り	540	120	1 日 ~ 10 日
	中塗り	ふっ素樹脂塗料用中塗り	170	30	1 日 ~ 10 日
	上塗り	ふっ素樹脂塗料用上塗り	140	25	1 日 ~ 10 日

- 注1) 使用量はスプレーの場合を示す。
 注2) プライマーの膜厚は総合膜厚に加えない。
 注3) 製鋼工場におけるプライマーは膜厚にて管理する。

(出典) (社) 日本道路協会：鋼道路橋防食便覧, 表- .2.2, P. -33, H26.3 .

2) 内面用塗装系について

箱桁や鋼製橋脚等の内面は、塗替え塗装が困難なので耐久性に優れた塗装仕様を適用することがよい。箱桁や鋼製橋脚等の閉断面部材の内面は外部環境の腐食作用を受けることは少ないが、結露や漏水等により部材内に滞水した水により鋼材が腐食しやすい。また、部材内面は塗膜の点検機会が少なく塗替えも容易でないので、耐水性に優れた内面用変性エポキシ樹脂塗料を厚く塗付して塗膜の防食効果を長期間維持できる表4.5.3の塗装仕様を標準とする。

表4.5.3 内面用塗装仕様 D-5塗装系

塗装工程		塗料名	使用量 (g/m ³)	目標膜厚 (μm)	塗装間隔
製鋼工場	素地調整	ブラスト処理 ISO Sa2 1/2			4時間以内
	プライマー	無機ジンクリッチプライマー	(160)	(15)	
橋梁製作工場	2次素地調整	動力工具処理 ISO St 3			6か月以内
	第1層	変性エポキシ樹脂塗料内面用	410	120	4時間以内
	第2層	変性エポキシ樹脂塗料内面用	410	120	1日～10日

(出典)(社)日本道路協会：鋼道路橋防食便覧,表- .2.4, P. -34, H26.3 .

3) 鋼床版裏面の塗装

鋼床版裏面は、舗設時の熱影響を受けるので、耐熱性に優れた塗装系を適用するのがよい。鋼床版裏面用塗装の特徴と施工等への留意点は以下のとおりである。

鋼床版裏面は、グースアスファルト舗設時に180 程度まで温度が上昇するので、耐熱性に優れていることが必要である。

外面には耐熱性に優れている無機ジンクリッチペイント、エポキシ樹脂塗料、ふっ素樹脂塗料を用いた一般外面の塗装仕様を、内面には内面用塗装仕様を標準とする。

グースアスファルト舗設時に熱影響を強く受ける鋼床版裏面と腹板上部にのみ耐熱性の良い塗装系を用い、他の部分には一般塗装系を用いて塗り分けを行うのは施工が複雑になり費用が高くなるうえ、塗り分けの境界部で塗料が混じりあって塗膜欠陥を生じる恐れがあるので、塗り分けは行わない方がよい。

また、主桁や上フランジなどのコンクリート接触部は、さび汁による汚れを考慮し無機ジンクリッチペイントを30 μm塗付するのがよい。

なお、主桁や縦桁上フランジなどのコンクリート接触部は、さび汁による汚れを考慮し、無機ジンクリッチペイントを30 μm塗付するのがよい。

4) 摩擦接合部の塗装

摩擦接合部の連結部では、部材製作時に下記の仕様で無機ジンクリッチペイントを塗装するのがよい。これらの条件は、無機ジンクリッチペイントをC-5塗装系と同じく600 g/m²塗付し、塗膜厚のばらつきを管理することにより十分に満たすことができる。

接触面片面あたりの最小乾燥塗膜厚： 50 μm

接触面の合計乾燥膜厚： 100～200 μm

乾燥膜厚中の亜鉛含有量： 80%以上

亜鉛末の粒径(50%平均粒径)： 10 μm程度以上

5) 連結部の塗装仕様

現場ボルト接合部の塗装

現場ボルト連結部には防食性に優れた塗装仕様を適用する。外面の現場塗装部には、表4.5.4の塗装仕様を標準とする。F-11塗装系（一般部塗装系C-5）の場合には、防せい処理ボルトを使用するのがよい。

表4.5.4 高力ボルト連結部の塗装仕様 F-11塗装系

塗装工程		塗料名	塗装方法	使用料(g/m ²)	目標膜厚(μm)	塗装間隔
製鋼工場	1次素地調整	ブラスト処理 ISO Sa 2 1/2				4時間以内
	プライマー	無機ジンクリッチプライマー	スプレー	160	(15)	6ヶ月以内
製作工場	2次素地調整	ブラスト処理 ISO Sa 2 1/2				4時間以内
	防食下地	無機ジンクリッチペイント	スプレー	600	75	1年以内
現場	素地調整	動力工具処理 ISO St 3				4時間以内
	ミストコート	変性エポキシ樹脂塗料下塗	スプレー (はけ・ローラー)	160 (130)	-	1日～10日
	下塗り	超厚膜形エポキシ樹脂塗料	スプレー (はけ・ローラー)	1100 (500×2)	300	1日～10日
	中塗り	ふっ素樹脂塗料用中塗	スプレー (はけ・ローラー)	170 (140)	30	1日～10日
	上塗り	ふっ素樹脂塗料上塗	スプレー (はけ・ローラー)	140 (120)	25	1日～10日

注)1:塗料使用量：スプレーとし、(***)ははけ・ローラー塗りの場合を示す。

注)2:プライマーの膜厚は総合膜厚に加えない。

注)3:製鋼工場におけるプライマーは膜厚にて管理する。

注)4:母材と添接材の接触面は、製作工場の無機ジンクリッチペイントまで塗付する。

注)5:超厚膜形エポキシ樹脂塗料を適用することで防食性の向上と工程短縮を図ることが出来るが、一般面と比べて仕上がりが外観は劣る。

注)6:防せい処理ボルトの場合は、添接板も含め高力ボルト頭部にミストコートから塗装する。

注)7:防せい処理ボルトを使用しない場合は、高力ボルト頭部に素地調整後、有機ジンクイリッチペイント 240g/m²×2回(はけ塗り、塗装間隔は1日～10日)を塗装した後、添接板も含め、ミストコートから塗装する。

(出典)(社)日本道路協会：鋼道路橋防食便覧,表- 4.2, P. -64, H26.3 .

溶接部の塗装

外面及び内面の溶接部には、表4.5.5の塗装系を使用することを標準とする。

表4.5.5 溶接部の塗装仕様 F-13 塗装系

塗装工程	塗料名	塗装方法	使用料(g/m ²)	目標膜厚(μm)	塗装間隔	
現場	素地調整	ブラスト処理 ISO Sa 2 1/2			4時間以内	
	防食下地	有機ジnkリッチ プライマー	スプレー (はけ・ローラー)	600 (300×2)	75	1日～10日
	下塗り	変性エポキシ 樹脂塗料下塗	スプレー (はけ・ローラー)	240 (200)	60	1日～10日
	下塗り	変性エポキシ 樹脂塗料下塗	スプレー (はけ・ローラー)	240 (200)	60	1日～10日
	中塗り	ふっ素樹脂塗料用 中塗	スプレー (はけ・ローラー)	170 (140)	30	1日～10日
	上塗り	ふっ素樹脂塗料上塗	スプレー (はけ・ローラー)	140 (120)	25	1日～10日

注)1:塗料使用量:スプレーとし、(***)ははけ・ローラー塗りの場合を示す。

(出典)(社)日本道路協会:鋼道路橋防食便覧,表- .4.4, P. -65, H26.3 .

6) 色彩設計の手順

道路橋の色彩設計は、その橋の概要(架設場所、規模、形態等)、橋に求められる機能(目的)など条件を確認し、色彩設計の計画を立てる必要がある。色彩の選定に際しては、各県、地元各市町村の景観形成指針等に定める色彩制限基準に該当しないようにする。(埼玉県の場合、「埼玉県公共事業景観形成指針・解説(埼玉県都市整備部田園都市づくり課、平成25年4月改定)」を参照されたい。)以下に色彩設計の一般的な手順を示す。

調査解析

与条件の確認を踏まえて、架設場所の環境特性・施設特性・ヒューマンファクター等色彩選定に影響すると思われる各種の情報を収集し、その意味合いと橋の色彩との関連性を分析する。

基本方針の立案

調査・解析結果を総合的に判断して、コンセプトすなわち橋のあるべき姿(方向性、イメージ)を組み立てる。

色彩設計

コンセプトを色彩の見せ方・調和のさせ方等色彩の知見やセンスを駆使して、カラースキム(色彩、配色)に置き換える。

色彩設計の過程においてカラーシミュレーションが大きな役割を果たす。コンピュータを用いたカラーシミュレーションの方法には多くの種類があるが、橋の色彩計画として実績のあるものを選ぶ必要がある。例えば、国土交通省が開発した景観シミュレーションシステムは、国土交通省国土技術対策総合研究所のホームページからダウンロードできる多くの機能を持つ対話型のシステムである。

色彩設計においては、橋の量感が大きな意味合いをもつ。色彩は塗装面積の大小によりその見え方が異なるため検討段階において、現場に大きな色パネルを展示して関係者で確認する等の検討も重要である。

(3) 新設橋梁の塗装工程の例を以下に示す。

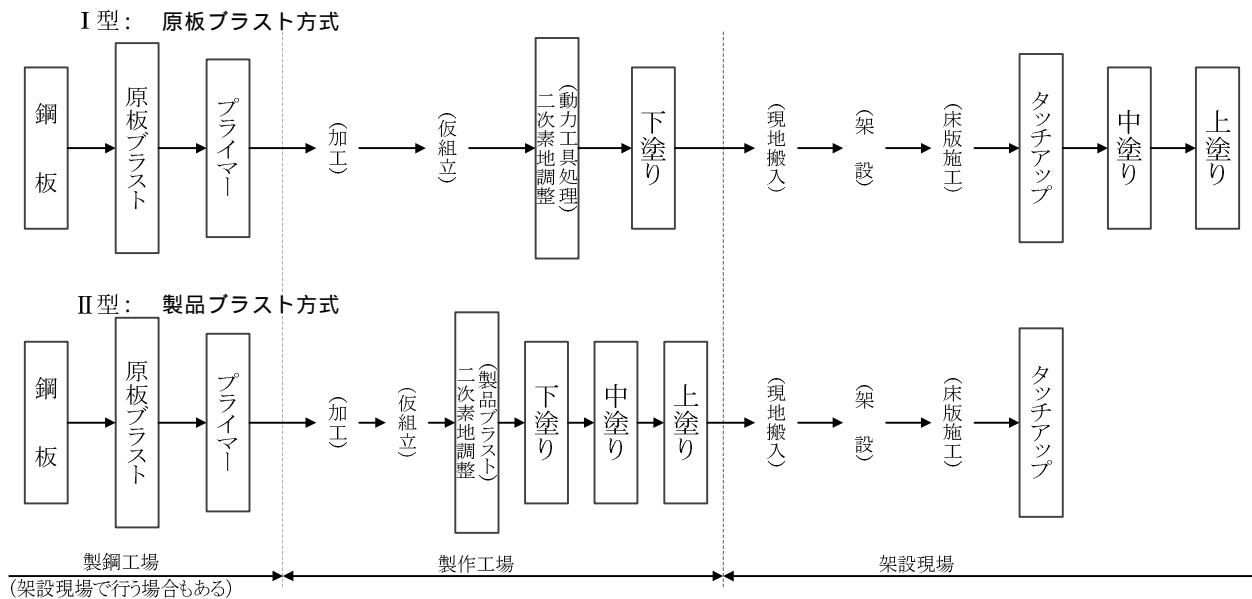


図 4.5.1 塗装工程

(出典)「(社)日本道路協会：鋼道路橋防食便覧, 図- .5.1, P. -69, H26.3 .」に追記

4.5.3 記録

塗装記録は竣工図書や管理台帳として保管するとともに、構造物に塗装記録表を記入するものとする。
 塗替えを実施した場合には、塗替え前の塗装仕様も含め、管理台帳に記入すること

塗装記録の表は、図 4.5.2 及び図 4.5.3 に示すように、施工受注者が最終塗装の完了後、橋体起点側(左)又は終点側の(右)の外桁腹板に、ペイント又は塩ビ系の粘着シートにより、記録する。文字の色は、退色の生じにくい白色あるいは黒色とし、上塗り塗装時期、使用塗料名、塗料製造会社名、塗装施工会社名、塗装色(マンセル値)等を表示する。

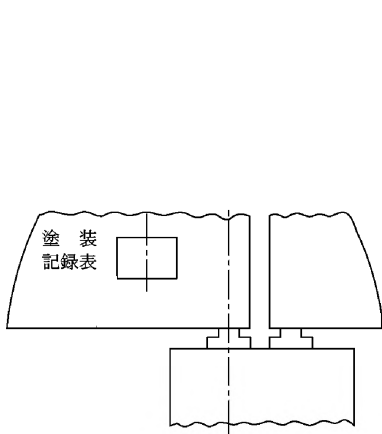


図 4.5.2 塗装記録表の表示位置の例

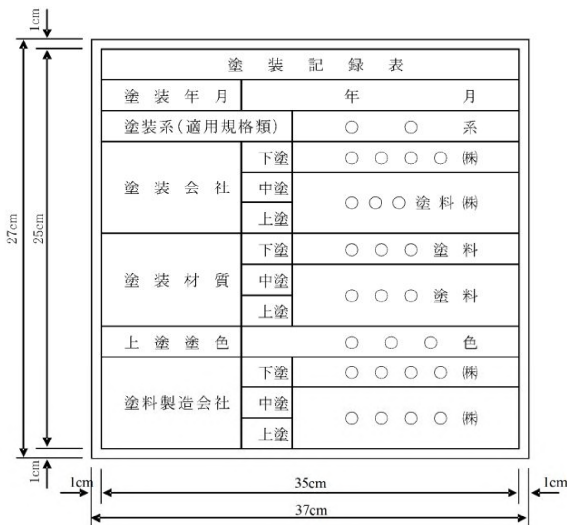


図 4.5.3 塗装記録表の例(寸法は参考値)

(出典) 埼玉県土木工事实務要覧 第1巻, 図3-2-3, P.265, H26.4 .

「塗替え塗装」

従来、鋼橋では、塗膜の暴露される環境が塗替え後も変わらないので、旧塗装と同じ性能を有する塗装系を一般的に選定していました。しかし、鋼橋塗装のLCC、環境対策、景観上の配慮等の観点から、耐久性の優れた塗装系にする方が有利かつ合理的と考えられるため、重防食塗装系を基本とするのがよいとされています。

塗替え塗装仕様について、下記に示します。

塗膜の寿命をより長くするためには、ブラスト工法による素地調整 1 種で旧塗膜を完全に除去することが望ましい。

工事上の制約架橋条件により素地調整 1 種が出来ない場合には、素地調整 3 種で旧塗膜を除去して塗替えを行ってもよい。

金属溶射皮膜が劣化した後の塗替え塗装は、Rc- 塗装系（素地調整 1 種）を適用するのが望ましい。

下記に最も耐久性に優れる Rc- 塗装系を紹介します。

表 4.5.6 塗替え塗装系（Rc- I、スプレー）

塗装工程	塗料名	使用量 (g/m ²)	塗装間隔
素地調整	1 種		4 時間以内
下塗	有機ジンクリッチペイント	600	1 日 ~ 10 日
下塗	弱溶剤形変性エポキシ樹脂塗料下塗	240	1 日 ~ 10 日
下塗	弱溶剤形変性エポキシ樹脂塗料下塗	240	1 日 ~ 10 日
中塗	弱溶剤形ふっ素樹脂塗料用中塗	170	1 日 ~ 10 日
上塗	弱溶剤形ふっ素樹脂塗料上塗	140	1 日 ~ 10 日

(出典)(社)日本道路協会：鋼道路橋防食便覧,表- .7.2, P. -118, H26.3 .

4.6 耐候性鋼橋梁

4.6.1 総則

- (1) 耐候性鋼橋梁を採用する場合には、計画や設計の段階で環境条件、詳細構造、管理方法等について検討するものとする。
- (2) 鋼板の板厚及び形鋼の使用種類は、比較的入手しやすい種類を選定し、多岐にわたらないよう配慮するものとする。

- (1) 耐候性鋼材には普通鋼材とは異なる特徴があるのは言うまでもない。すなわち適当な環境条件が備われば鋼材表面に安定した緻密なさび層が生成され、このさび層（保護性さび）が保護被膜となり、空気中の水分や酸素の進入を阻止して以後の腐食の進行を防止する。この特徴による効果は、塗装の省略によって得られる経済性にある。

埼玉県は、飛来塩分量の観点から耐候性鋼材を無塗装で使用できる地域であるため、耐候性鋼材（裸仕様）の使用を基本とする。ただし、立体交差や掘割構造等で車両の通行による凍結防止剤の巻き上げの影響を受ける場合などは、採用について十分な検討が必要である。また、跨道橋や市街地での橋梁については、さび色に対して歩行者等が違和感をもつことがあるため、採用については景観性の観点から十分な検討が必要である。図4.6.1に、さびの経年変化の例を示す。

当然のことながら、耐候性鋼材は適切に利用されて初めてその効果を発揮するものであり、適用方法を誤ればやはり腐食の問題が生じる。保護性さびの生成を支配する因子は鋼材の化学成分、架橋地点の大気環境、部材環境であり、計画や設計の段階で耐候性鋼材が最もその効果を発揮できるように環境条件、詳細構造、さらには保護性さびの生成を確認する管理方法等について検討を加える必要がある。

- (2) 耐候性鋼材は鋼材のうちでも特殊な鋼種であり、その使用量はあまり多くない。したがって、種々の板厚の鋼材のロールチャンスが常にあるとは限らないので、板厚の種類はできるだけ多岐にわたらないようにするのがよい。特に板厚が6mm未満の鋼材は入手が困難である。また、現段階では同一鋼種、同一板厚につき1m×3mの鋼板1枚以上が供給最小単位である。耐候性形鋼のロールオーダーについては、製造メーカーに確認が必要である。使用頻度の高い形鋼サイズのうち、下記のものについては、耐候性形鋼の市場品として比較的入手しやすい。

表 4.6.1 耐候性鋼橋梁でよく使用される形鋼の種類

品種	規格	標準断面寸法 (mm)
等辺山形鋼	SMA490AW	75 × 75 × 9
		90 × 90 × 10
		100 × 100 × 10
		130 × 130 × 9
		130 × 130 × 12
不等辺山形鋼	SMA490AW	125 × 75 × 10
溝形鋼	SMA490AW	250 × 90 × 9/13
		300 × 90 × 9/13
H形鋼	SMA490AW	400 × 200 × 8/13
CT形鋼	SMA400AW	95 × 152 × 8/8
		118 × 176 × 8/8
		118 × 78 × 10/8
		144 × 204 × 12/10
フィラープレート	SPA-H 相当	2.3 × 1219 × 3048
		3.2 × 1219 × 3048
		4.5 × 1219 × 3048

(出典) (社) 日本橋梁建設協会 : '16 デザインデータブック, P.175, H28.5 .

2ヵ月後



1年1ヵ月後



3年10ヵ月後

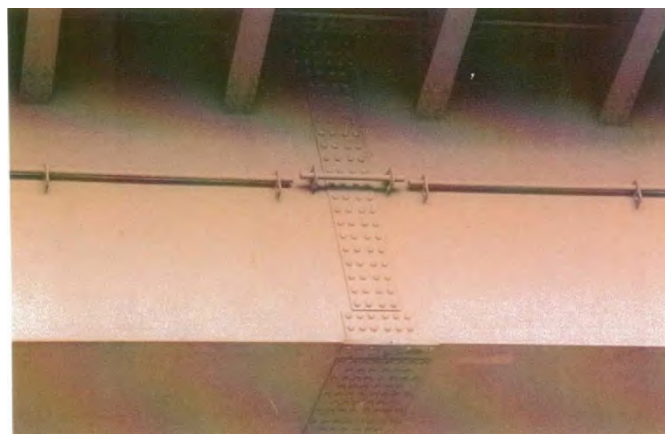


図4.6.1 さびの経年変化(参考)
(出典)(社)日本橋梁建設協会:無塗装橋梁の手引き, P.11, H3.3.

4.6.2 計画時における検討*

耐候性鋼橋梁を計画するにあたっては、架橋位置の現状および将来想定される環境条件を検討するものとする。

耐候性鋼材を無塗装で用いた際に、飛来塩分が多い場合や凍結防止剤を散布する場合、また凍結防止剤を散布する橋に隣接する場合等、塩化物の影響を受けやすい橋は、均一で緻密なさび層が形成しにくい場合がある。このため、環境に応じた適切な条件で用いなければならない。

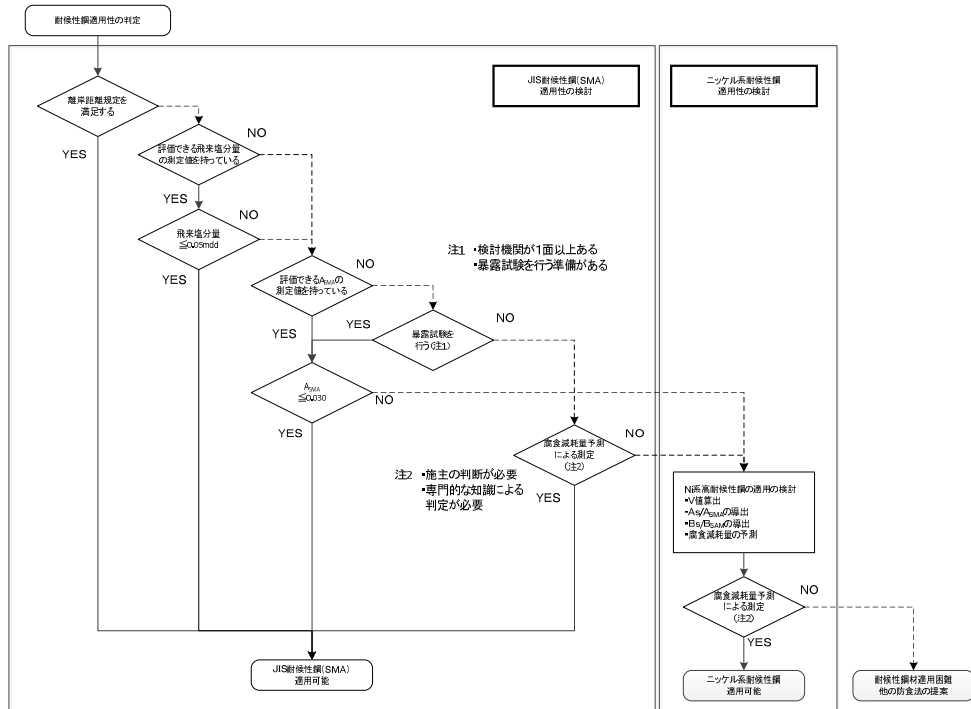


図 4.6.2 耐候性鋼材の適用判定フロー（地域環境に関する判定）

（出典）（社）日本橋梁建設協会：耐候性鋼橋梁の手引き, 図-4.2, P.28, H25.4.

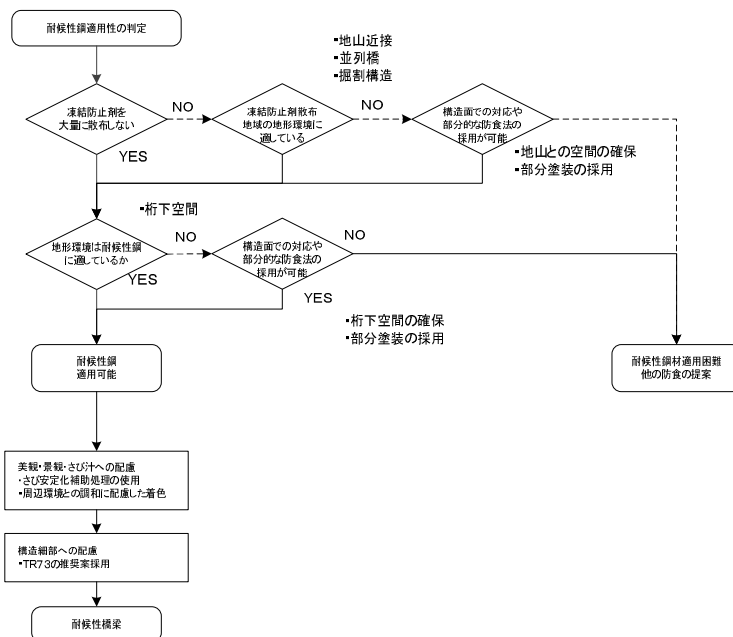


図 4.6.3 耐候性鋼材の適用判定フロー（地形環境に関する判定）

（出典）（社）日本橋梁建設協会：耐候性鋼橋梁の手引き 図-4.3, P.28, H25.4.

(1) 一般的な適用範囲

一般的に耐候性鋼橋梁を無塗装で適用する場合、飛来塩分量が 0.05 mdd を超えない位置であり、下表に示す離岸距離規定を満足する範囲であれば適用できる。よって、埼玉県全域は、基本的には適用範囲内となる。

表 4.6.2 耐候性鋼材を無塗装で使用する場合の適用地域

地域区分	飛来塩分量の測定を省略してよい地域
日本海沿岸部	海岸線から 20km を超える地域
	海岸線から 5km を超える地域
太平洋沿岸部	海岸線から 2km を超える地域
瀬戸内海沿岸部	海岸線から 1km を超える地域
沖縄	なし

(出典) 道示 7.1, P.144, H29.11 .

(2) 適用判定に影響を及ぼす環境因子

耐候性鋼橋梁の適用判定を行う際に影響を及ぼす環境因子として下記、 が考えられる。

凍結防止剤の散布

注意すべき事項を表 4.6.3 及び図 4.6.4 に示す。

表 4.6.3 凍結防止剤散布地域での注意すべき事項

項目	内容	備考
1 地山との水平距離	$S=5m$ 以上確保	両条件を満たす必要がある
2 地山との鉛直距離	$h=2m$ 以上確保	
3 並列橋に対する水平距離	$d=3m$ 以上確保	両条件を満たす必要がある
4 並列橋に対する鉛直距離	$f=2 \sim 10m$ 以外	
5 掘割タイプの跨道橋	適用不可	
6 凍結防止剤の路線散布量	$3000g/m^2/年$ 以下	参考値

(出典) (社) 日本橋梁建設協会：耐候性鋼橋梁の手引き, 表-4.2, P.29, H25.4 .

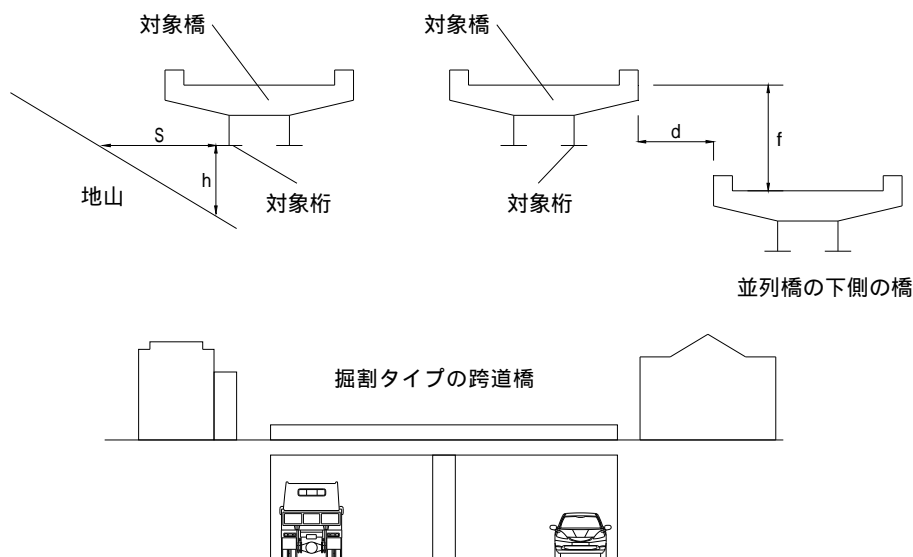


図 4.6.4 凍結防止剤散布路線の条件

(出典) (社) 日本橋梁建設協会：耐候性鋼橋梁の手引き, 図-4.4, P.29, H25.4 .

架橋位置の地形

架橋位置の地形で注意すべき事項を表4.6.4に示す。

表4.6.4 架橋位置の地形

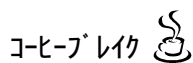
項 目		内 容	備 考
架橋位置	1	動水面からの距離 (下フランジ面)	2.4m以上確保 河川等
	2	静水面からの距離 (下フランジ面)	3.0m以上確保 湖水等

(出典) (社)日本橋梁建設協会：耐候性鋼橋梁の手引き,表-4.3, P.29, H25.4.

(3) 初期さび汁対策

鋼材に発生する初期のさびは酸化作用が活発で、その色も黄、赤と鮮やかな色調を帯びている。したがって、全体の色調も環境条件に敏感で部位により、また、外気からの影響で一時期ではあるが色むらが目立ち、さび汁が落下することがある。

初期のさびむらやさび汁の落下が問題となる場合は、耐候性鋼用表面処理を施すか外桁だけを塗装するか等の対策を検討する必要がある。



「耐候性鋼橋梁はメンテナンスフリーではない」

耐候性鋼橋梁は、過去にメンテナンスフリーといわれたこともありますが、点検維持に関して全く手を掛けなくても良いということではありません。塗装橋梁と同じように、桁端部における排水の状況や支承周りの状況等の基本的な点検は必要です。さらに、耐候性鋼橋梁特有の問題としてさびの状況を定期的に調査していく必要があるため、正確にはローメンテナンスというべきでしょう。

また、鋼材表面に生成されるさび性状が好ましくなく、層状はく離さび等が生じた場合には、板厚測定等の安全性を確認する調査が必要となります。

4.6.3 表面処理法

- (1) 耐候性鋼材の裸仕様における表面処理方法は、原板ブラストにより黒皮処理のみを原則とする。
- (2) 流出したさび汁により周辺を汚すことを抑制する必要がある場合には、耐候性鋼用表面処理を検討する。

(1) 黒皮処理法

表面処理の方法を比較し、図4.6.5に示す。耐候性鋼材の外観に関しては長期的にみてほとんど表面の状態に差は生じないが、施工性および経済性に関しては、表面処理の方法により差が生じる。施工実績としては、施工性とコストを考慮して、工場出荷段階で黒皮の除去がなされているパターンBが一般的である。

ただし、「本手引き 4.6.4(6)(7)」に記述のように、耐候性鋼材であっても塗装を施すことがあるので、この場合ではこの限りでない。また、Bの原板ブラスト法では汚れが残るため、これが問題となる場合はスウィープブラスト(Sa1)を施すのがよい。

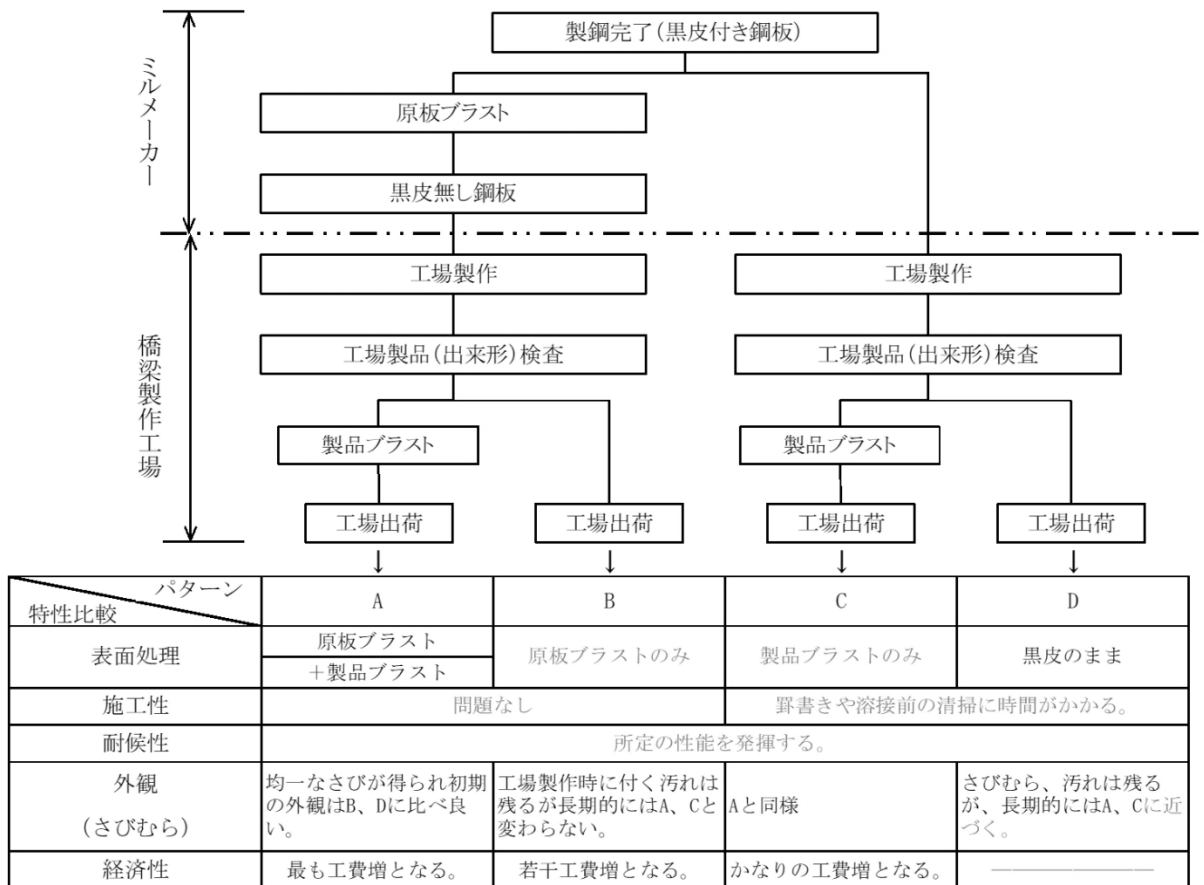


図4.6.5 表面処理方法の比較

(出典) (社)日本橋梁建設協会：耐候性鋼橋梁の手引き, 表-6.1, P.45, H25.4.

(2) 耐候性鋼用表面処理

耐候性鋼用表面処理剤の基本機能は耐候性鋼材表面の保護性さびの形成を助け、架設当初のさびむらの発生やさび汁の流出を防ぐものである。その他環境作用の緩和や着色等の機能を付随したもの等があるが、耐候性鋼用表面処理剤の性能については橋ごとにその使用目的

に応じて検討するのがよい。

耐候性鋼用表面処理剤を機能及び性質によって分類すると、表4.6.5のとおりとなるため、使用目的を考慮して、要求性能を満足する製品を選択することが必要である。耐候性鋼用表面処理剤の主な機能として、P機能、T機能があり、製品によって機能等が異なる。各処理剤を分類したものを、表4.6.5に示す。

P機能：さび安定化に効果のある化学種を補い、また樹脂成分等による腐食界面の環境緩和作用により、保護性さび形成を補助する機能

T機能：被覆により、初期には腐食環境を遮断あるいは腐食界面に環境作用を緩和し、その劣化にしがたい保護性さびが形成しやすい条件を整える機能

表4.6.5 耐候性鋼用表面処理剤の種類

機能 機能の分類	P機能		T機能	
	さびむら 流れさび抑制	保護性さび 形成促進	劣化因子遮 断	着色機能
	Feイオンを捕 捉し、さびむ らや流れさび の発生を防止	保護性さび形 成の補助成分 を添加	被膜による外 部劣化因子の 遮断機能	景観に配慮し た着色機能
促進型（数年で促進形成）				
熟成型（単層塗り）				
熟成型（単層塗り+被覆）				
熟成型（景観処理）				

（参考）「（社）日本橋梁建設協会：耐候性鋼橋梁の手引き，表-5.1，P.42，H25.4。」に基づき作成

4.6.4 構造細目*

(1) 腐食代

設計において腐食代は考慮しないものとする。

(2) 連結部

部材間には 10 mm 程度の間隙をあけるものとする。

ボルト間隔は、塗装橋と同様の間隔でよいものとする。

フィラープレートも耐候性鋼材を使用し、2 mm 以下の薄いフィラープレートは採用しないことが望ましい。

(3) 水平部材

水平部材は雨水、結露水等の自然排水が可能な構造とするものとする。

(4) 補剛材

主桁外側の垂直補剛材は下端部に 50 mm 以上のスカーラップを設けるものとする。

(5) 格点構造

トラス橋やアーチ橋の格点部は自然排水が可能で、通気性のよい構造とするものとする。

(6) 箱断面の内面処理

箱断面の内面は塗装を施すのを標準とする。

(7) 桁端部周辺

桁端部、伸縮装置及び支承は塗装を施すのを標準とする。

伸縮装置には非排水形式を使用するものとする。

橋台パラペットには、切り欠き部を設けて通風のよい構造とする。

(8) 排水装置

排水装置からの路面排水によって鋼桁を濡らさないように、排水装置を設計するものとする。排水装置は上部工、下部工と異なる材質を使用することが一般的であり、桁の伸縮や移動に伴い移動量が異なるため、移動量を吸収する部位、形状として強度を有する部位を踏まえて、配置と形状を決定する。

(9) 高欄、地覆

高欄及び地覆には耐候性鋼材の無塗装使用を避けるものとする。

(1) 適切な環境下では、耐候性鋼材の 50 年後推定板厚減少量は、概ね 0.3 mm と非常に小さく、実用上さしつかえないものと思われるため腐食による板厚減少量は考慮する必要はない。

(2) 連結部

下フランジ、腹板の連結は部材間に 10 mm 程度のすき間を設けるのがよい。

また、1 桁下フランジ下側の添接板は分割する。箱桁の下フランジ下側添接板は箱内部の結露水排水のため分割を推奨してきたが、箱内部は塗装することが多く塗装橋と同じ条件であるため、分割しない 1 枚ものの添接板（水抜き孔なし）でよいと考える。ただし、下フランジ張出し部添接板は分割するのがよい。

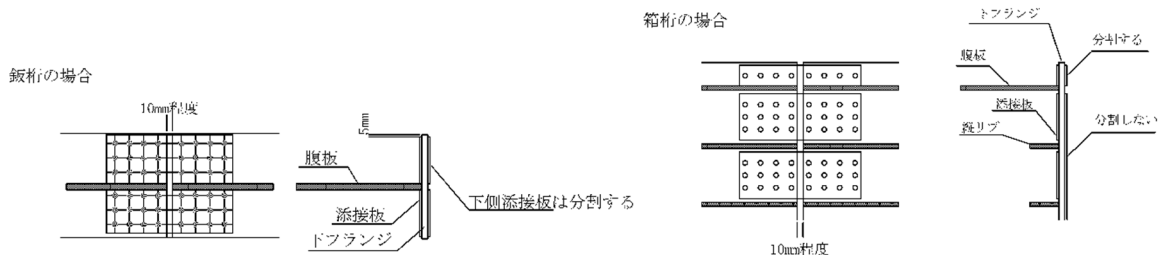


図 4.6.6 I 桁、箱断面フランジの連結の例

(出典) (社) 日本橋梁建設協会：耐候性鋼橋梁の手引き，図-5.5，P.38，H25.4 .

(3) 水平部材には雨水、結露水等が溜まりやすいので、縦断勾配や横断勾配だけで自然排水できない場合は、以下のような方法等で自然に排水できる構造とするのがよい。

下フランジの排水勾配

過去の事例で縦断勾配が小さい場合に、若干の排水勾配を付け滞水しないようにした例があるが、その効果は明確ではなく、逆に下面に層状剥離さびが生じた報告がある。したがって下フランジの排水勾配は強制的に設ける必要はなく、滞水が無い前提で通常の塗装仕様の橋と同じでよい。

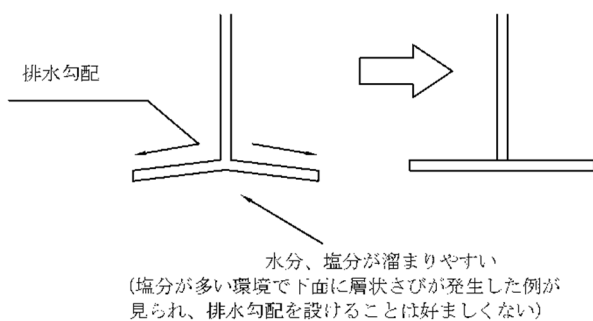


図 4.6.7 I 桁フランジの排水勾配の考え方

(出典) (社) 日本橋梁建設協会：耐候性鋼橋梁の手引き，図-5.1，P.36，H25.4 .

下フランジの水切り板

縦断勾配の高い側、低い側共に、桁端付近の下フランジに水切り板を設置することを標準とする。理由は、縦断勾配の高い側は、桁端部で漏水があった場合に塗装を行っていない一般部に流れ込むことを防ぐためであり、縦断勾配の低い側は、一般部へ降り注いだ雨水や漏水による流れさびが支承部や橋台等にかからないようにするためである。

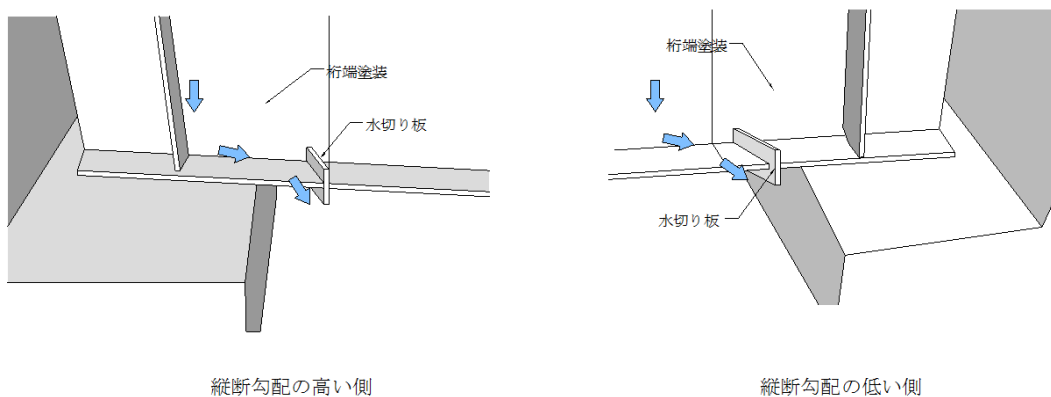


図 4.6.8 水切り板の設置例

(出典) (社) 日本橋梁建設協会：耐候性鋼橋梁の手引き，図-5.2，P.36，H25.4 .

ストラット腹板両端の切り欠き

アーチ部材のストラット等傾斜したフランジを持つ部材は、腹板両端と中間部にスカーラップ（水抜き孔）を設け、また、垂直補剛材を腹板の下側に取り付ける等、滞水しないように配慮する。この構造は床版打設後、降雨がかからない上路橋でも床版打設前（架設時）の対策として採用することが望ましい。

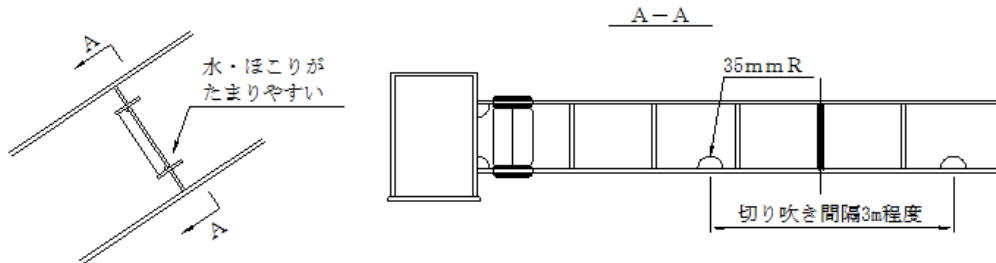


図4.6.9 ストラット腹板下端の切り欠きの例

（出典）（社）日本橋梁建設協会：耐候性鋼橋梁の手引き，図-5.3，P.37，H25.4 .

- （4）垂直補剛材の下端は、補剛材、腹板、下フランジの3材片が交差する部分である。この部分は桁に縦断勾配があれば滞水することとなる。そこで、外桁ウェブの外側へ取付ける支点上垂直補剛材は下フランジ上面への雨水等の滞水を避けるため、その下端には通常よりも大きい $R=50$ のスカーラップを設ける。ただし、桁端部にて塗装を行う場合には、塗装橋梁と同様とする。なお、垂直補剛材については、スカーラップを除いた断面での応力照査が必要である。（図4.6.10）。

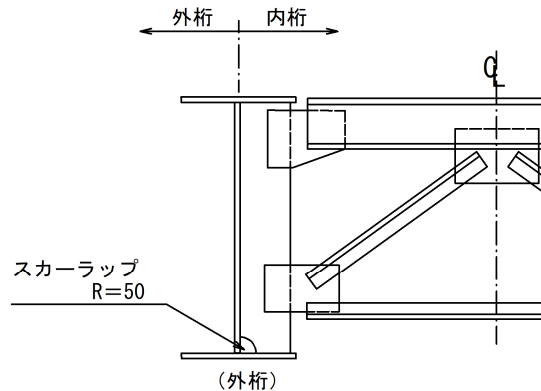


図4.6.10 外桁補剛材のスカーラップ

（出典）「（社）日本橋梁建設協会：耐候性鋼橋梁の手引き，
図-5.7，P.38，H25.4 .」を一部修正

- (5) トラス橋やアーチ橋の格点部は、雨水の滞水や泥、塵埃の堆積等が生じ易い。それらを防ぐために、格点部の構造は排水性、通気性のよい構造にするのがよい(図4.6.11)。

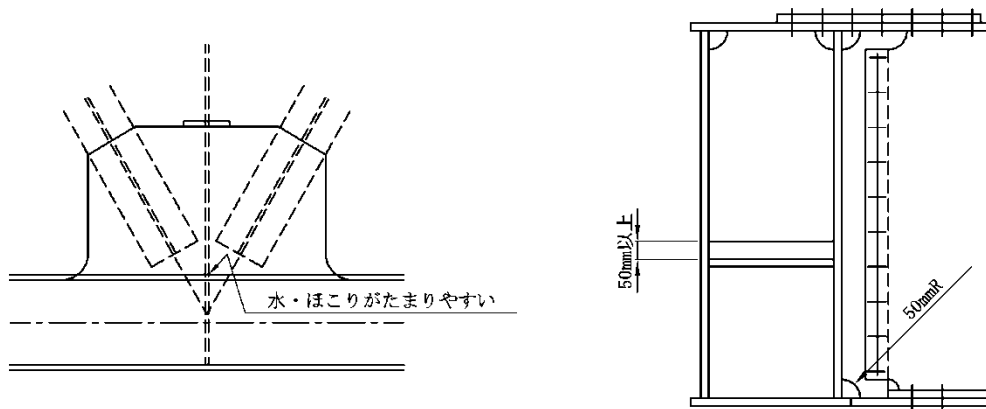


図4.6.11 格点構造

(参考) (社)日本橋梁建設協会：'16 デザインデータブック，P.250，H28.5。

- (6) 箱断面の内部は外気に対して気密状態ではなく、かつ風通しが悪いため、結露や雨水進入で内部が湿潤状態となりやすく、さびの安定化が難しい。したがって、このような部分は無塗装とせず、通常の橋梁と同様な塗装処理を行うことを標準とした。ただし、トラス部材の箱断面や鋼床版の開断面縦リブのように、完全に密閉された箱断面の場合には、塗装橋梁と同様に内面に塗装しなくてもよい。

なお、内部部材は経済性を考慮し、塗装することを前提に普通鋼材を使用する例が増えているが、腹板や下フランジの添接板、箱外のUリブ添接板や高力ボルト等は箱の内外で取り付け間違いを回避する配慮から裏表(箱の内外)と高力ボルトを含み耐候性鋼材の採用が望ましい(「耐候性鋼橋梁の手引き」参照)。また、箱桁の上フランジ上面と鉄筋コンクリート床版との間にできる空間は、狭隘かつ閉塞されているためほとんど維持管理を行うことが不可能である。そのため、この部分になる箱桁の上フランジ上面には、耐久性に優れた内面用塗装仕様D-5塗装系を適用する。その他、I桁等の上フランジ上面と床版コンクリート接触面については、塗装橋と異なりさび汁による汚れを考慮する必要がないことから、基本的に無塗装でよい。

- (7) 桁端部周辺

- 1) 桁端部は通気性が悪く、構造物の連続性が途切れる部位であることから、路面の排水処理の不備や、伸縮装置の漏れ等によって桁を長期間湿潤にすることがある。このようなことから桁端部は防食上の弱点になりやすいので、地面との空間が取れずに風通しが悪く良好な環境が望めない範囲の部位には、塗装等別途の防食法を施すのがよい。塗装による場合、色調と日射に考慮し、表4.6.6に示す外面用塗装仕様C-5塗装系(耐候性)を適用する。また、箱桁や鋼製橋脚などの閉断面部材の内側に塗装を行う場合には、普通鋼材と同様に内面用塗装仕様D-5塗装系(表4.6.7)を適用する。なお、連続桁の中間橋脚部も同様に通気性が悪い場合が多く、滞水が起こらない構造とするのがよい。また、当該箇所には部材連結部があり高力ボルトにて連結を行う場合、その塗装仕様は「表4.5.4 高力ボルト連結部の塗装仕様(F-11塗装系)」のうち、現場における塗装工程を適用することを基本とする。

最近の実橋調査における損傷範囲を考慮して、桁端部の塗装範囲の例を図4.6.12に

示す。その仕様は外面塗装系とするのがよい。さらに塗装仕様の橋と同様に、ある一定期間で塗替えを行う必要がある。

2) 伸縮継手からの漏水は桁端部及び支承の腐食環境を最悪な条件にし、橋梁に重大な欠陥をもたらすため、特に水密性に優れた非排水構造の伸縮装置を採用しなければならない。

3) 摩擦接合面の処理

耐候性鋼橋の場合、無機ジंकリッチペイントの塗布または無塗装が考えられる。無塗装の場合、現場接合前に摩擦接合面の浮きさび、油、泥等の汚れ等に配慮が重要である。

4) 鉄筋コンクリート床版を持つ箱桁の上フランジ面

狭隘かつ閉塞された空間では、維持管理を行うことが困難であるため、箱桁上フランジ上面には耐久性に優れた内面用塗装仕様 D-5 塗装系を適用する。その他、I 桁等の上フランジ、床版コンクリート接触面については、さび汁による汚れを考慮する必要が無いため、基本的に無塗装とする。

表 4.6.6 一般外面の塗装仕様 C-5 塗装系 (耐候性)

塗装工程		塗料名	使用量 (g/m ²)	目標膜厚 (μm)	塗装間隔
工場 製鋼	素地調整	ブラスト処理 ISO Sa2 1/2			4 時間以内
	2次素地調整	ブラスト処理 ISO Sa2 1/2			
橋梁 製作 工場	防食下地	無機ジंकリッチペイント	600	75	2 日 ~ 10 日
	ミストコート	エポキシ樹脂塗料下塗	160	-	1 日 ~ 10 日
	下塗	エポキシ樹脂塗料下塗	540	120	1 日 ~ 10 日
	中塗	ふっ素樹脂塗料用中塗	170	30	1 日 ~ 10 日
	上塗	ふっ素樹脂塗料用上塗	140	25	1 日 ~ 10 日

(出典) (社) 日本道路協会：鋼道路橋防食便覧, 表- 2.4, P. 25, H26.3.

表 4.6.7 内面用塗装仕様 D-5 塗装系

塗装工程		塗料名	使用量 (g/m ²)	目標膜厚 (μm)	塗装間隔
製鋼 工場	素地調整	ブラスト処理 ISO Sa2 1/2			4 時間以内
	プライマー	無機ジंकリッチプライマー	(160)	(15)	
橋梁 製作 工場	2次素地調整	動力工具処理 ISO St 3			6 か月以内
	第1層	変性エポキシ樹脂塗料内面用	410	120	4 時間以内
	第2層	変性エポキシ樹脂塗料内面用	410	120	1 日 ~ 10 日

(出典) (社) 日本道路協会：鋼道路橋防食便覧, 表- 2.5, P. 26, H26.3.

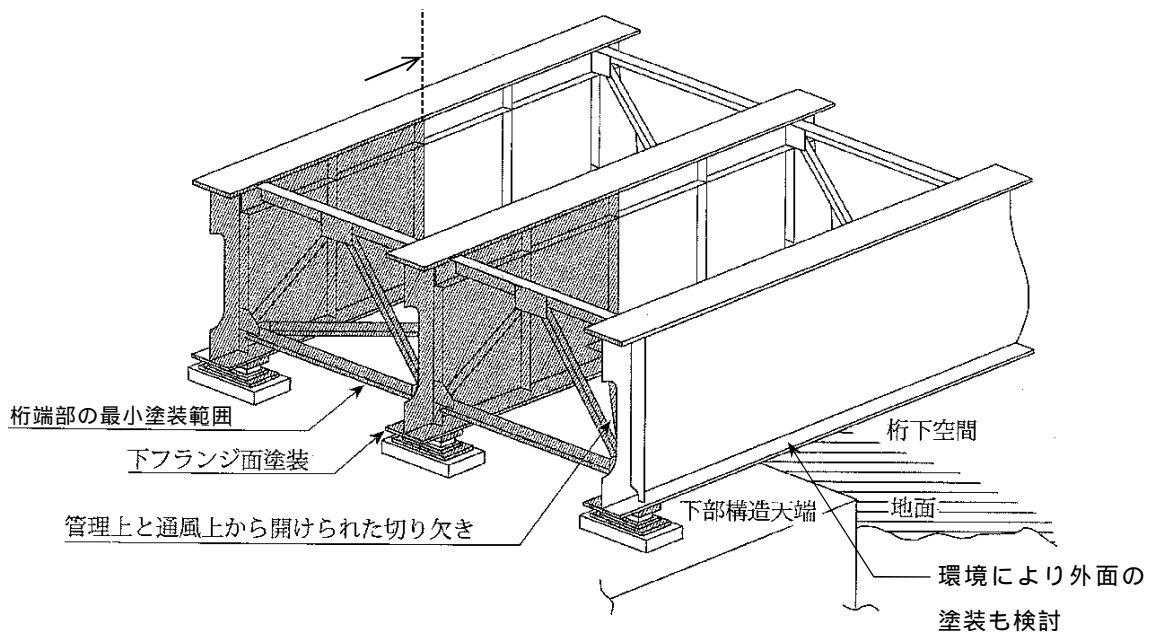


図 4.6.12 部分塗装の最小範囲

(出典)「(社)日本道路協会：鋼道路橋防食便覧, 図- 3.6, P. 37, H26.3 .」に加筆修正

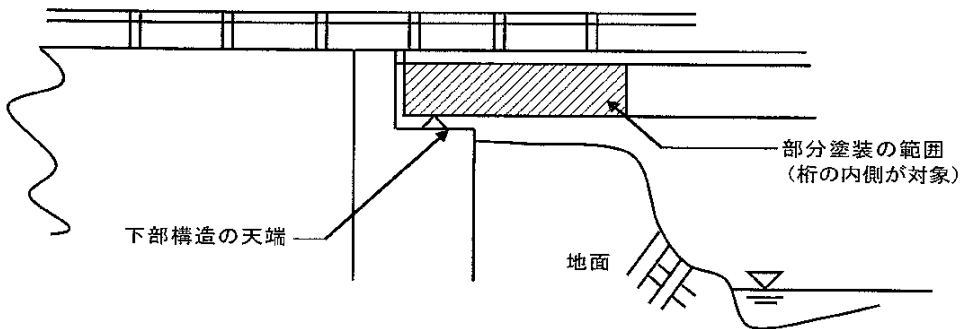


図 4.6.13 地面が迫った地形における部分塗装の例

(出典)「(社)日本道路協会：鋼道路橋防食便覧, 図- 3.7, P. 37, H26.3 .」

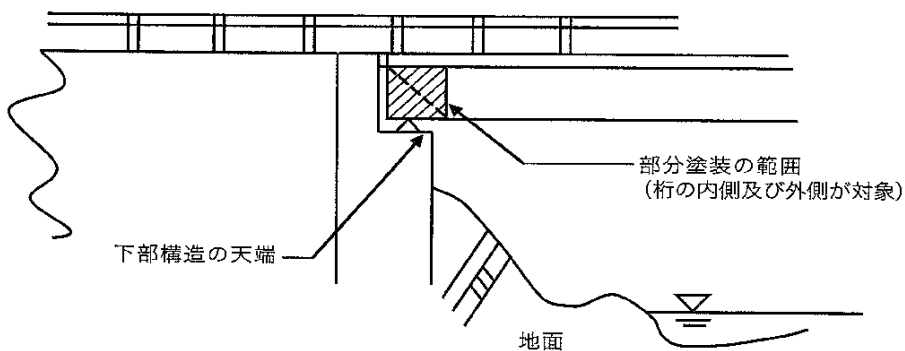


図 4.6.14 凍結防止剤を散布する場合の部分塗装の例

(出典)「(社)日本道路協会：鋼道路橋防食便覧, 図- 3.8, P. 37, H26.3 .」

(8) 排水装置

1) 排水管は排水桁から鉛直におろし、鋼部材の下端からの突出長(1 m程度)を十分確保した垂れ流しの構造が望ましい(図4.6.15)。また、河川への垂れ流しとする場合には、排水管の突出長(HWL(高水位)との関係)や、油分分離装置(オイルトラップ)の設置の有無等について、河川管理者と協議して決定する必要がある。

特に耐候性鋼材を使用する場合には、風の吹き上げによる飛沫の影響など、特に桁に水がかからないように配慮する必要がある。例えば、床版端部の水抜き孔の排水管への導水、横引き管による流末処理、鋼製排水溝による流末処理等の対応が考えられる。

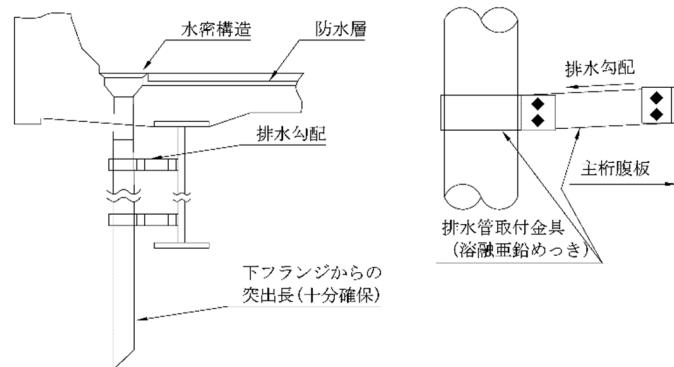


図4.6.15 垂れ流し構造

2) やむを得ず横引き構造の排水装置とする場合には、次の事項について配慮が必要である。
十分な排水勾配(3%程度)を設ける。

大口径の排水管を使用する。

排水装置のジョイントはできるだけ漏水が生じない構造とし、鋼部材の直上は避ける。

上部排水管と下部排水管の接続部は水の跳ね返りがない可とう伸縮管の採用がよい。

床版に水抜き孔を設ける場合には、その排水が鋼部材にかからないように路面用排水管に接続するか、ホース等により桁下フランジ面の下側の1 m程度まで導水する。

上下部構造の移動に伴い生じる上下部排水管の変化量の差を吸収できる構造とする。また、縦引き構造と横引き構造の合流箇所などは、変形に伴い生じる引張り力等に対し十分な強度の確保や変形の吸収を考慮した材質とする。

(9) 耐候性鋼材のさびに対して歩行者が違和感を持つことが懸念されるため、高欄や鋼床版の地覆等歩行者の接近する部材には、耐候性鋼材の無塗装使用を避けるのが良い。

4.6.5 施工上の留意点*

(1) 部材の仮置き、保管時

部材を屋外に不適当な状態で長期間放置すると腐食が促進されることがあるので、長期間にわたり仮置き、保管する場合は適正な管理が必要である。

(2) 架設時

架設後に美観を損ねないための対策が必要である。

(参考) (社)日本橋梁建設協会：耐候性鋼橋梁の手引き，P.47，H25.4.

(1) 長期保管の場合の注意点としては以下の対策等が考えられる。

各構造部分の排水と風通しを良くして湿気がこもらないようにする。

部材を重ねる場合は、部材を密着させた状態で置かない。

部材は雨水が溜まらないような状態で置く。

部材は受け台等を用いて地上から十分に離し、雨水等の跳ね上げがかからないようにする。

飛来塩分量の大きな地点で長期にわたる保管は避ける。やむを得ない場合は、塩分付着を避けるためにシートで製品を保護する。過度の塩分付着が確認された場合は、入念に水洗いを行う等により十分に塩分を除去する。

(2) 架設後は美観を損なわないために以下の対策を必要に応じて実施する。

床版コンクリートのモルタル汁の汚れは、乾燥後の除去が非常に困難なので、型枠からの漏れがないよう十分な対策をとると同時に、万一漏れが生じた場合はモルタル硬化前に水洗い等で除去するのがよい。

現地架設後、床版コンクリート打設までの期間が長期に及ぶ場合は、雨水のかかりによるさびむらが生じる場合があるが、これらに配慮が必要な場合は、工場製作時から耐候性鋼用表面処理剤を塗布する等の方法をとるのがよい。

高力ボルトの締付け管理に用いるマーキングも、水性ペイントを使用する等して外観に配慮するのがよい。

4.7 架設

4.7.1 概要

鋼橋に求められる所定の品質を工期内に安全かつ経済的に得るためには、橋梁建設計画の初期から架設を考慮することが必要であり最も経済的かつ安全な工法を決定するものとする。

現在、一般的に使用されている架設工法は下記のとおりである。

(1) トラッククレーンベント工法

橋体の架設にトラッククレーンを用いる工法で、最も一般的な橋梁架設工法である。ベント設備にて部材を支持しながら架設するトラッククレーンベント工法が多く用いられる(図4.7.1)。

選定に必要な条件等

ベント及び桁の架設地点までトラッククレーンが進入できること。

桁下にベントの設置が出来ること及びトラッククレーンの据付に必要な地耐力を確保すること。

河川内にベントを設置する場合、渇水期に架設を完了できること。

(転載許可条件に基づき掲載していません)

図4.7.1 トラッククレーンベント工法

(出典)(社)日本建設機械施工協会：橋梁架設工事の積算，P.2-2，R2.5.

(2) ケーブルクレーン工法

橋体の組立、架設、運搬にケーブルクレーンを用いて架設する工法である。この工法は深い谷間、出水のおそれがある河川等桁下に仮設備を設ける事の出来ない場合に適用される。

ケーブルで架設中の橋桁部材を支持する方法として、吊り橋のようにケーブルで支持する方法が用いられるが、これには吊り橋のように張り渡されたケーブルからハンガロープにより橋体を吊り下げながら架設する直吊り工法(図4.7.2) 斜張橋のように鉄塔頂部から斜めに張ったケーブルにより橋体を吊り下げながら架設する斜吊り工法がある。

選定に必要な条件等

直吊り鉄塔、又は斜吊り鉄塔及びケーブルクレーン鉄塔設備とアンカーブロック設備を設けることができること。

(転載許可条件に基づき掲載していません)

図4.7.2 直吊り工法

(出典)(社)日本建設機械施工協会：橋梁架設工事の積算，
P.2-4, R2.5.

(3) 送出し工法

橋体を取付道路上、既設桁上あるいは架設軌条桁上で組み立て、橋軸方向に送り出して据え付ける工法である。

この工法には、送り出す桁の先端に手延機を取り付けて送り出す手延式送出し工法、架設桁上を台車又は吊下げ装置により支持した状態で送り出す架設桁送出し工法等がある(図4.7.3)。

選定に必要な条件等

送り出しヤードが確保できること。

送り出し勾配が - 3% ~ + 4% であること。

(転載許可条件に基づき掲載していません)

(a) 手延式送出し工法

図4.7.3 送出し工法

(転載許可条件に基づき掲載していません)

(b) 架設桁式送出し工法 (1)

(転載許可条件に基づき掲載していません)

(c) 架設桁送出し工法 (2)

図 4 . 7 . 3 送出し工法

(出典)(社) 日本建設機械施工協会 : 橋梁架設工事の積算 , P.2-5 ~ 6 , R2.5 .

(4) トラベラクレーン工法

橋体の組立、架設にトラベラクレーンを用いて架設する工法である (図 4 . 7 . 4) 。この工法は峡谷など桁下空間が広く、ベント工法が適用できない箇所や水面上、または、送しヤードが確保できない場合に採用される。連続桁、平行弦連続トラス等に多く採用される。

選定に必要な条件等

トラベラクレーン荷重に耐えられる橋体強度が確保されること。

(転載許可条件に基づき掲載していません)

図 4 . 7 . 4 トラベラクレーン工法

(出典)(社) 日本建設機械施工協会 : 橋梁架設工事の積算 , P.2-7 , R2.5 .

(5) 架設桁工法

橋体を架け渡そうとする径間に、架設桁と呼ばれる仮設材をあらかじめ架け渡し、その架設桁を利用して架設する工法である(図4.7.5)。架設場所が交通条件の厳しい道路上や水上等でベントが設置できない場合に採用され、特に曲線橋の架設に有利である。

選定に必要な条件等

架設桁の送り出しヤードが確保できること。

(転載許可条件に基づき掲載していません)

図4.7.5 架設桁工法

(出典) (社)日本建設機械施工協会:橋梁架設工事の積算, P.2-8, R2.5.

(6) 大ブロック一括架設工法

交差道路、鉄道、河川などを横過する場合、架設工程に制限がある場合やベントを設置するヤードが無い場合に、架設する桁を大ブロックで地組して橋体を大型重機により一括で架設する工法である。大型重機には、大型クレーンや大型搬送車(多軸式移動台車など)が用いられる

工法の採用に際し、大ブロック吊上げ時、架設時における本体の変形および安定性の検討に注意が必要である。また、メーカーおよび製鉄所の製作可能な最大板幅の把握、地切り時の構造系を考慮した橋桁の照査、桁が座屈しないように縦揺れ、横揺れ、上下動を考慮し橋桁の照査など、必要な検討を行う。

選定に必要な条件等

施工工程を満足する大型重機が確保できること。

移動経路や重機を設置する箇所の地耐力が確保できること。

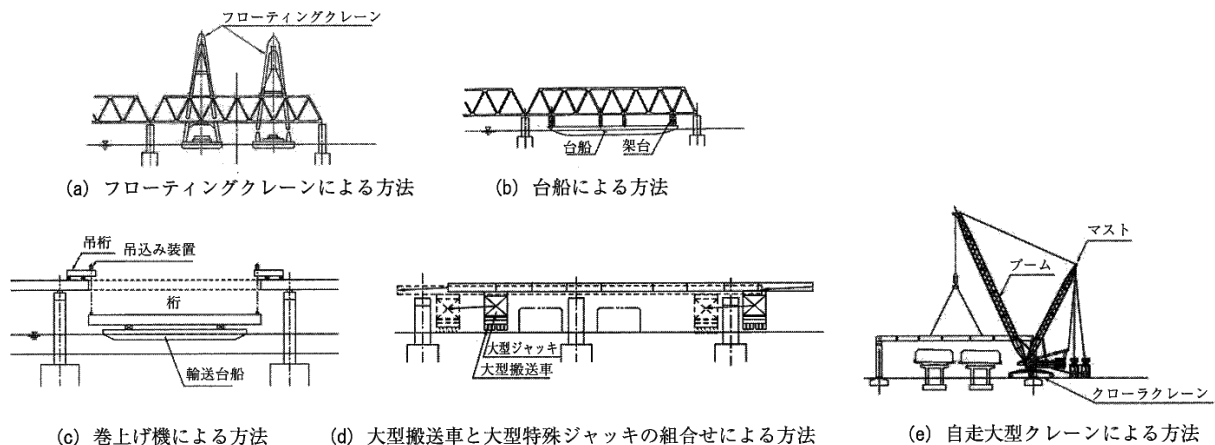


図4.7.6 大ブロック一括架設工法

(出典) (社)日本道路協会:鋼道路橋施工便覧, P.313, H27.5.

4.7.2 架設工法の選定

工法の選定は、鋼橋の形式や規模、設計上の特性、架設地点の地形その他の周辺状況等を総合的に判断して行うものとする。

特に、現地の地盤条件が軟弱である場合など、使用する重機の地耐力を確保するための方法も含め判断するものとする。

架設工法を選定するときには、表4.7.1に示す要因を総合的に判断する必要がある。これをフローチャートで示すと図4.7.6のとおりとなる。

- (1) 架設工法を定める最大の要因は、架設地点の要因（地理的要因と架設地点の諸制約）であり、表4.7.2と表4.7.3から架設条件に適合した架設工法の選定についてフローチャート形式に書き換えたものを図4.7.7に示す。工法を選定していくにあたっては表4.7.4に示した主要確認事項を参照すること。
- (2) 鋼橋の構造形式から表4.7.3により適合する架設工法を選択できる。
- (3) (1) (2)を組み合わせ、さらに、架設機材の使用性、環境との調和その他の制約、運搬との関係を合わせ検討する。
- (4) 採用すべき架設工法の候補について、安全上の問題の有無、設計との整合性、経済性について検討し、最終的に架設工法を決定する。

表4.7.1 架設工法を定める要因

架設地点、関連する付近に関する要因	<ul style="list-style-type: none"> ・架設地点の地形 架設機材及びベント等の設置に関する可否 ・架設地点の地盤 地耐力の有無 ・土地利用状況 交差道路の交通状況（交通量、通学路、バス路線）、交差河川の舟運状況 ・架設期間の制約 河川橋での湯水期 ・時間制限 跨線橋での電停止時間、交差道路での交通規制時間 ・利用空間制限 架線等の上空制限、地下鉄及び地下埋設物等の地下制限、交差河川での河積阻害率又は施工時借地の可否 ・環境上の問題 騒音、振動、大気汚染の規制又は配慮 ・部材運搬との関連 搬入路の交通状況及び規制状況、搬入路造成の可否
架設される鋼橋の要因	<ul style="list-style-type: none"> ・構造形式、構造規模 工法毎に採用できない形式や規模の制限がある ・設計断面、設計上の制約 平面曲線、縦断勾配、桁位置及び桁形状によって採用できない工法がある
架設機材の要因	<ul style="list-style-type: none"> ・架設機材の能力 クレーン及び台船等の性能 ・手配・使用の可能性
一般的要因	<ul style="list-style-type: none"> ・安全性 ・経済性

(転載許可条件に基づき掲載していません)

図 4 . 7 . 7 架設工法選定の流れ

(出典) (社) 日本建設機械施工協会 : 橋梁架設工事の積算 , P.2-12 , R2.5 .

表 4 . 7 . 2 (a) 架設地点の要因と架設工法の適用性

(転載許可条件に基づき掲載していません)

(出典) (社) 日本建設機械施工協会 : 橋梁架設工事の積算 , P.2-14 , R2.5 .

表 4.7.2 (b) 架設地点の要因と架設工法の適用性

(転載許可条件に基づき掲載していません)

(出典) (社) 日本建設機械施工協会：橋梁架設工事の積算，P.2-15，R2.5 .

表 4.7.3 鋼橋の構造形式と架設工法の適用性

(転載許可条件に基づき掲載していません)

(出典) (社)日本建設機械施工協会：橋梁架設工事の積算，P.2-15，R2.5.

表 4.7.4 フローチャートの主要確認事項

(転載許可条件に基づき掲載していません)

(出典) (社)日本建設機械施工協会：橋梁架設工事の積算，P.2-14，R2.5 .

(転載許可条件に基づき掲載していません)

図 4 . 7 . 8 架設地点の利用条件から選ばれうる標準的架設工法
(出典) (社) 日本建設機械施工協会 : 橋梁架設工事の積算 , P.2-13, R2.5 .

4.7.3 製作、輸送との関係

架設工法を検討、設計するにあたっては、鋼橋の製作方法、輸送方法を考慮するものとする。

(1) 製作と架設の関連

鋼橋の工事において一工事が多くの連数からなっている場合や長大橋、曲線橋等で全長を一度に仮組立できない場合には、あらかじめ製作順序の調整、現場搬入時の工程の調整等を行っておく必要がある。

また、原寸及び仮組立時に確認されたデータは架設時の形状の管理に不可欠なものであるため、架設に先立って架設者に提供する必要がある。

(2) 輸送と架設の関係

輸送路の制約又は輸送機器の制約から輸送可能な部材の最大寸法又は最大重量が決まる。輸送が他の工程の前提(制約)条件となる場合も多いため、輸送に対する配慮を十分行う必要がある。特に大ブロック工法のように輸送と架設を一連の工程で考えるものもあるので、架設工法の選定にあたっては輸送路の状況を十分把握しておく必要がある。