

第5章 コンクリート橋

5.1 橋梁形式の種類と特色

5.1.1 コンクリート橋の特徴

コンクリート橋は、多くの種類があり、それぞれの特徴を有しており、形式を選定するには各々の形式の特徴を的確に把握し、総合的に判断する必要がある。

選定に際しては、安全性、経済性、施工性に配慮する他、伸縮装置、支承等の少ない橋梁形式等、将来の維持管理にも配慮する必要がある。

コンクリート橋は、プレストレスの有無や導入方法及び導入手段によって、次のように分類することができる。(プレストレスについては、5.2を参照のこと)

- (1) コンクリートのひびわれ特性は与えるプレストレスの大きさによって異なり、鉄筋コンクリート橋(RC橋)、プレストレストコンクリート橋(PC橋)及びRC橋とPC橋の中間的な特性を有するPRC橋に分類される。
- (2) プレストレスの導入方法により、プレテンション方式とポストテンション方式に分類される。
- (3) プレストレス導入のために配置されるPC鋼材は、その配置方法により内ケーブル方式、外ケーブル方式、内外ケーブル併用方式に分類される。

表5.1.1 一般的な鋼橋とコンクリート橋の特徴

	鋼 橋	コンクリート橋
重 量	軽い	重い
構 造 性	圧縮に弱く、引張に強い	圧縮に強く、引張に弱い
維持管理及び補修・補強	維持管理項目は多いが、補修・補強は比較的容易	維持管理項目は少ないが、補修・補強はやや煩雑
桁 製 作	工場製作	工場製作、現場製作

(1) プレストレスの大きさによる分類

1) RC橋

ひび割れの制御と耐力の確保を鉄筋のみによって達成する橋梁である。

コンクリートに引張ひび割れが生じたとき、鉄筋とコンクリートとの間の付着を利用して、その開口の増加を抑制するとともに、その部分における全引張応力を負担して圧縮部コンクリートの全圧縮応力と並行を保ち、これによって、断面に働く曲げモーメントに抵抗する。

荷重の増加に比例して、コンクリートひび割れ幅も増加する。

2) PC橋

プレストレスの導入を前提にコンクリートが全断面で抵抗し、変動作用支配状況時及び偶発作用支配状況時に、有害なひびわれが発生するような引張ひずみが生じないようプレストレスを導入し、耐力もプレストレス導入用のPC鋼材によって確保する構造を採用した橋梁である。

3) PRC橋

プレストレスの導入を前提にコンクリートが圧縮応力を負担し、PC鋼材及び鉄筋が引張応力を負担することで、耐荷力を喪失するまで部材の挙動を適切に制御する構造を採用した橋梁である。コンクリート断面に有害なひびわれが発生しないよう、プレストレスと引張鉄筋を配置してひびわれの制御を行い、耐力は、プレストレスを導入したPC鋼材と引張鉄筋によって確保する。

ただし、H29年版の道路橋示方書では、永続作用に対する長期的な挙動を評価するための信頼性や、疲労耐久性に関する知見が現時点では十分とは言えず、適当な限界状態の設定をはじめ標準的な設計手法を示すことが困難であるため、具体的な照査基準は示されていない。

「プレストレストレインフォーストコンクリート(PRC構造)について」

RC構造は、主に部材の引張応力を鉄筋によって、圧縮応力をコンクリートによって負担する構造となっており、一般にひび割れが発生することを前提とした設計が行われています。

PC構造は、コンクリート部材にプレストレスによる圧縮応力を作用させ、発生応力を主にコンクリートによって負担する構造となっており、プレストレスの存在を前提とし、ひび割れの発生を許容せずに、コンクリートが全断面で抵抗する耐荷機構を前提とした設計が行われています。

PRC構造は、所要のひび割れ条件を満足するように鉄筋とプレストレスで補強されたRC構造とPC構造の中間領域の構造となっており、プレストレスの存在を前提としますが、ひび割れの発生も許容し、ひび割れ幅を鉄筋配置とプレストレス導入により制御する耐荷機構を前提とした設計を行います。

ひび割れに対して、適切にひび割れ幅を許容・制御することにより、合理的・経済的なコンクリート構造を設計することが可能となります。ただし、コンクリート全断面による抵抗を前提とせずに、ひび割れの発生を許容しているため、クリープや乾燥収縮の進行に伴って断面の中立軸位置が変化する等の影響を的確に考慮することが必要となります。

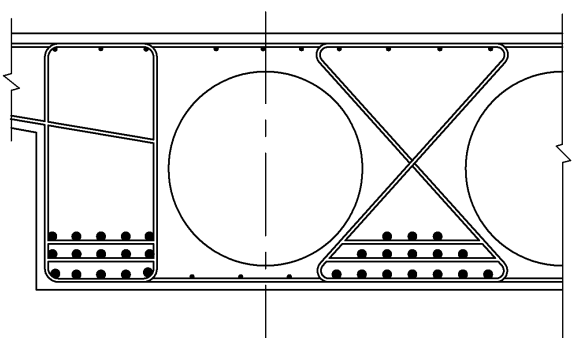
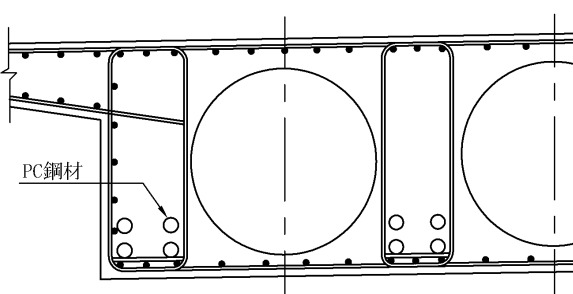
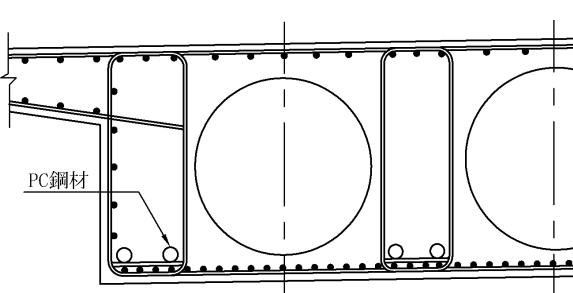
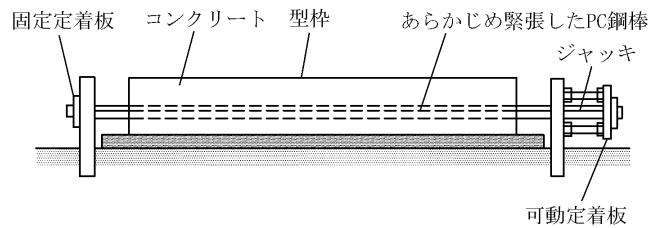
<p>RC構造：PC鋼材無、鉄筋量大</p> 	<p>ひび割れの制御と耐力の確保を鉄筋のみによって達成する構造である。</p> <p>コンクリートに引張ひび割れが生じたとき、鉄筋とコンクリートとの間の付着を利用して、その開口の増加を抑制するとともに、その部分における全引張応力を負担して圧縮部コンクリートの全圧縮応力と並行を保ち、これによって、断面に働く曲げモーメントに抵抗する。</p> <p>荷重の増加に比例して、コンクリートひび割れ幅も増加する。</p>
<p>PC構造：PC鋼材量大、鉄筋量小</p> 	<p>コンクリート断面に有害なひびわれが発生するような引張ひずみが生じないようにプレストレスを導入し、耐力もプレストレス導入用のPC鋼材によって確保したプレストレスの存在を前提としたコンクリート全断面による耐荷機構を有する構造である。</p>
<p>PRC構造：PC鋼材量中、鉄筋量中</p> 	<p>コンクリート断面に有害なひびわれが発生しないようにPC鋼材と引張鉄筋を配置してひびわれの制御を行い、耐力は、プレストレスを導入したPC鋼材と引張鉄筋によって確保し、プレストレスの存在を前提としてコンクリートが圧縮応力を、鋼材が引張応力を分担することにより、部材挙動を適切に制御されるようにすることを必要とする構造である。</p>

図5.1.1 RC、PC、PRC構造比較概念図

(2) プレストレスの導入方法による分類

1) プレテンション方式

型枠中の所定位置に配置した鋼材に引張力を与えておいてコンクリートを打ち、コンクリートの硬化後にPC鋼材に与えておいた引張力をPC鋼材とコンクリートの付着によりコンクリートに伝えてプレストレスを与える。



はじめにPC鋼材を緊張、次に緊張した状態で鉄筋型枠の組立

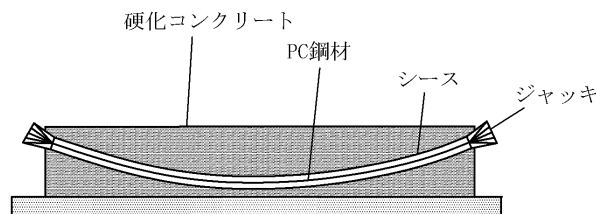
コンクリートを打設し、養生する

コンクリートの硬化後、可動定着板を動かしPC鋼材の緊張を緩める

図5.1.2 プレテンション工法

2) ポストテンション方式

PC鋼材を通したシースを配置しておいてコンクリートを打ち、コンクリートの硬化後にPC鋼材を緊張して引張力を与え、そのPC鋼材端部をコンクリート部材に定着させてプレストレスを与える。



あらかじめシースを入れてコンクリートを打設し、養生する

コンクリートが硬化した後シース内のPC鋼材を緊張し、定着する

図5.1.3 ポストテンション工法

(3) PC鋼材配置による分類

1) 内ケーブル方式

緊張材がコンクリート部材内に配置されたもので、現場にてグラウトを注入してコンクリートとPC鋼材を一体化させたグラウト方式と、グラウトを必要とせずエポキシ樹脂を硬化させてコンクリートとPC鋼材を一体化させるプレグラウトタイプに分類される。

2) 外ケーブル方式

恒久的な防錆・防食処理を施した緊張材をコンクリート外側に配置し、定着部あるいは偏向部(デビエーター)を介して部材に永続的なプレストレスを与える方式をいう。

外ケーブル方式は、緊張材、定着具、緊張材の位置を保持するための偏向部や緊張材の防護等に使用する保護管や充填材の材料等により構成される。

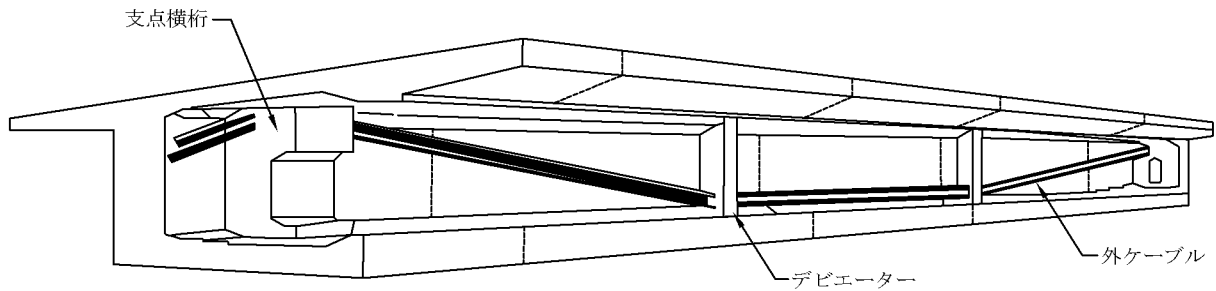


図 5.1.4 外ケーブル方式の概念図
 (出典)「(財)高速道路技術センター：外ケーブルを用いた PC 橋梁の設計
 マニュアル，図-解 1.1.1，p.2，H8.8 .」に一部修正

3) 内外ケーブル併用方式

内ケーブル方式と外ケーブル方式を併用した方式である。

内ケーブル方式と外ケーブル方式の割合は、その効果が十分に得られるように設定するとともに、将来の維持管理や耐久性にも配慮することが必要とされる。

張出し式架設工法により架設される PC 箱桁橋においては、架設時荷重を内ケーブル方式、主桁架設後に作用する橋面荷重等の後死荷重や活荷重を外ケーブル方式としている事例が多い。

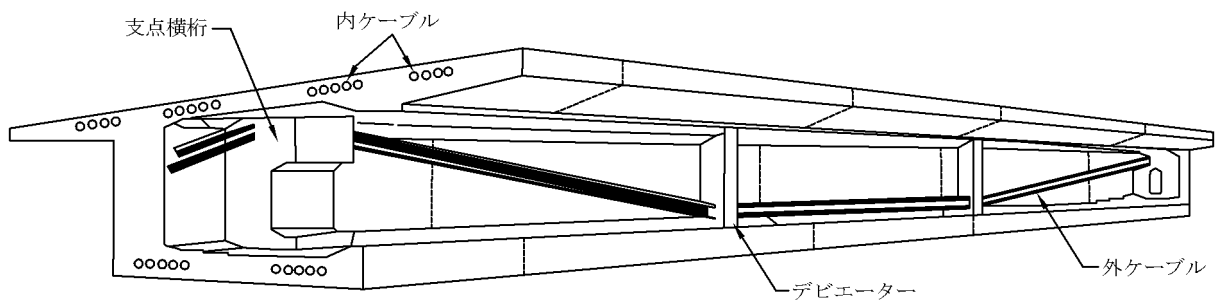


図 5.1.5 内外ケーブル方式
 (出典)「(財)高速道路技術センター：外ケーブルを用いた PC 橋梁の
 設計マニュアル，図-解 1.1.1，p.2，H8.8 .」

5.1.2 各橋梁形式の概要と特徴

- (1) 断面形状により主に、床版橋、T桁橋、箱桁橋、I桁橋、U桁等がある。
- (2) 構造形式により主に、単純桁橋、連続桁橋、ラーメン橋、アーチ橋、斜張橋等がある。

(1) 断面形状による分類

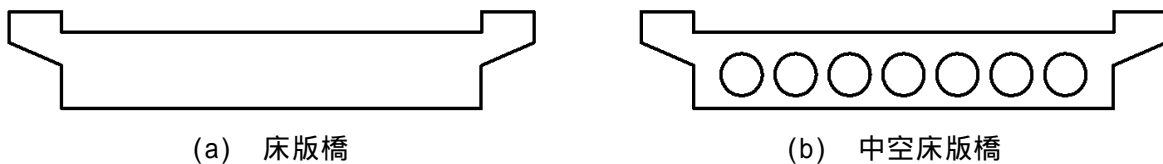
1) 床版橋

床版橋とは、2方向に広がりをもち、相対する2辺が支持され、他の2辺が自由な版構造の橋である。

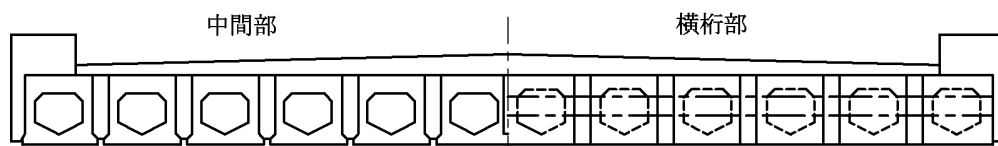
版厚が薄く、版自重があまり大きくならない範囲で単純支間に換算して2.5m程度以下の比較的小支間の橋に採用されるのが一般的である。

版厚が薄いことから、桁高さが制約されるような場所に適した構造であり、一般橋梁部においても、単純な構造で、施工性に優れ、支間長や橋脚構造の工夫によっては、スレンダーで軽快な感じを与える。

一般的な呼び方として「中空床版」、「ホロー」、「ホロースラブ」とも言う。



(注) 現場打中空床版橋についての留意事項を5.4.5に記載



(c) プレテンション方式中空床版橋

図5.1.6 床版橋の断面形状

(出典) コンクリート道路橋設計便覧 12.1, 図-12.1.2, p.220, H.6.2.

2) T桁橋

T形断面の主桁2本以上からなり、プレストレストコンクリートもしくは鉄筋コンクリートが用いられるが、現在は、プレストレストコンクリートが通常用いられる。

プレストレストコンクリートのT桁橋は、T桁を複数配置し、上フランジ間及び横桁部に場所打ちコンクリートを打設し、横締めによって一体構造とすることが多い。

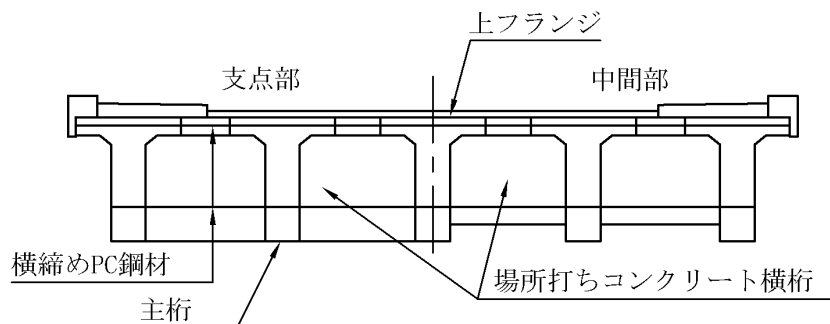


図5.1.7 T桁橋

(出典) コンクリート道路橋設計便覧 13.3.1, 図-13.1.1, p.238, H6.2.

主桁の製作は、工場にて運搬可能な大きさに分割した「セグメント」と呼ばれるプレキャスト部材を製作し、現場に運搬した後、ポストテンション方式でプレストレスを導入し現場で一体化させることが多い。

なお、現場にて架橋位置前後の土工部等に主桁製作ヤードを設けて、現場にてプレキャスト桁を製作することもある。

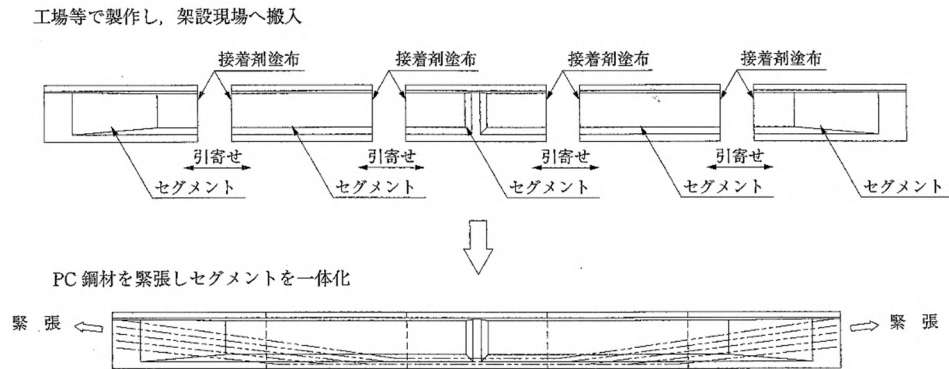


図5.1.8 プレキャストセグメント方式概念図

(出典)(社)プレレスト・コンクリート建設業協会：PC道路橋計画マニュアル(案)，図-2.4.1，p.60，H19.10.

3) 箱桁橋

上フランジ、下フランジ及び2本以上のウェブから構成された箱形断面の桁橋である。

上フランジ、下フランジの占める断面積が大きいので主桁としての曲げモーメントによる大きな圧縮応力に抵抗できることや、補強鋼材等を多量に配置できること、ねじり剛性が大きいので活荷重に対する荷重分配が良好なこと等の断面の特性を利用して、連続桁橋、ラーメン橋、斜張橋等の長大橋及び幅員の大きい場合や、曲線橋の場合等に数多く採用されている。

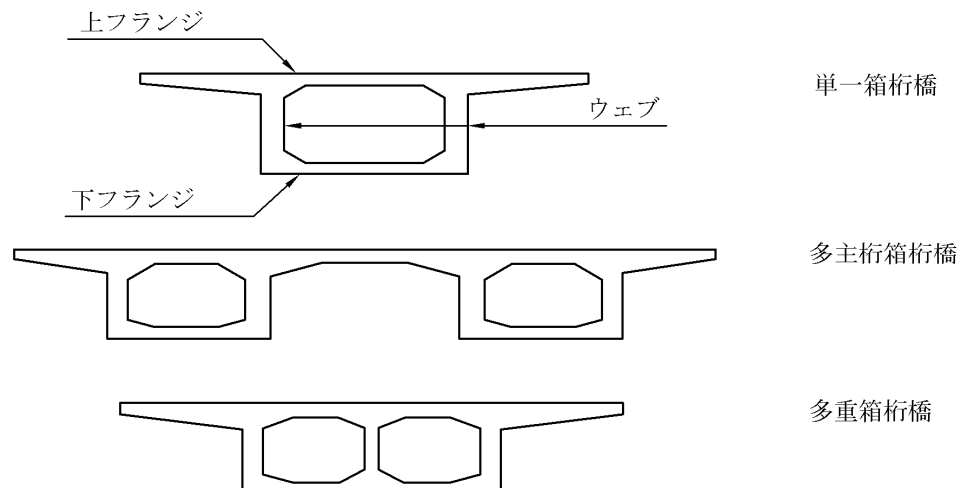


図5.1.9 箱桁橋の断面形状

(出典)コンクリート道路橋設計便覧 14.1，図-14.1.1，p.256，H6.2.

4) I 桁橋（合成桁橋・PCコンポ桁橋）

一般にI型断面のPC桁と、RC構造またはPC構造による床版を所要のずれ止めにより結合し、荷重に対し床版と桁を一体化した合成断面で抵抗するものである。

桁と床版が一体となって荷重に抵抗する。ずれ止めには、一般に、桁から突出した鉄筋を床版に埋め込む形式が用いられ、結合面に垂直に配置される。

床版が場所打ちコンクリートによるRC構造であり、道路縦横断勾配に対処しやすい。

図5.1.10に合成桁橋（PCコンポ桁橋）の構造を示す。

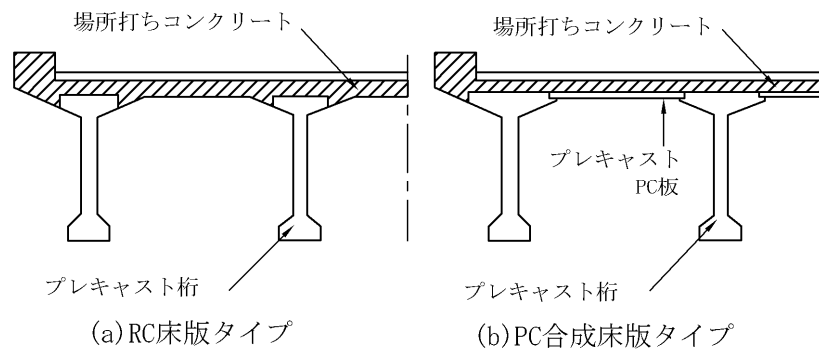


図5.1.10 合成桁橋（PCコンポ桁橋）の断面形状

（出典）道示 11.1，図-解 11.1.1，p.255，H24.3.

5) U 桁橋（Uコンポ桁橋）

I 桁を用いたPCコンポ桁と同様に、U形断面形状のPC桁とRC構造またはPC構造による床版を所要のずれ止めによって結合することにより、荷重に対して床版と桁を一体化した合成断面で抵抗するものである。

荷重への対抗機構やずれ止め構造等、基本的な特長はPCコンポ桁橋と同様である。

なお、主桁断面形状をU形とすることで、主桁運搬や架設時等の安定性の確保が可能であり、主桁に高強度コンクリートを用いることで、断面のスリム化が可能となる。さらに、外ケーブルの配置が容易なため、連続桁形式とすることも可能である。

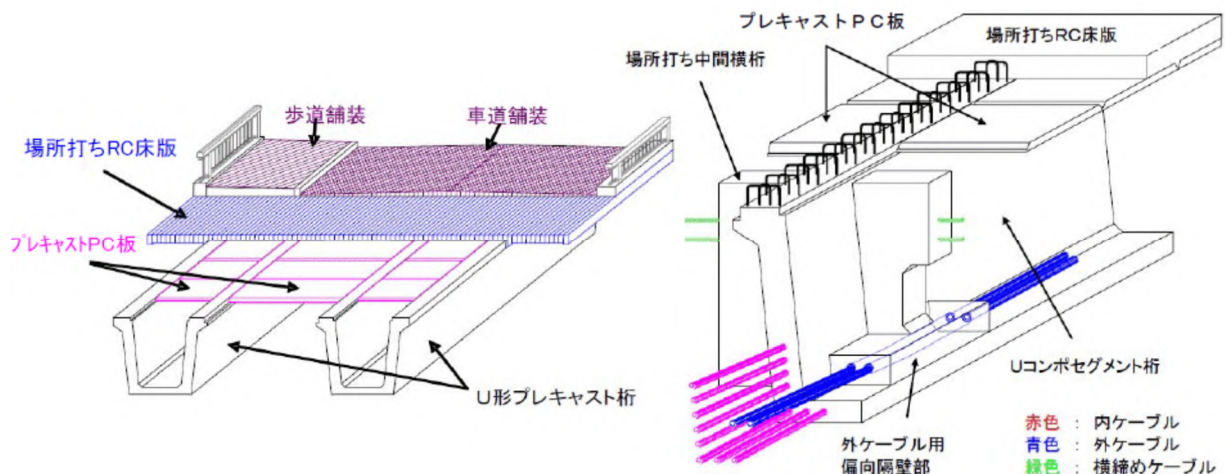
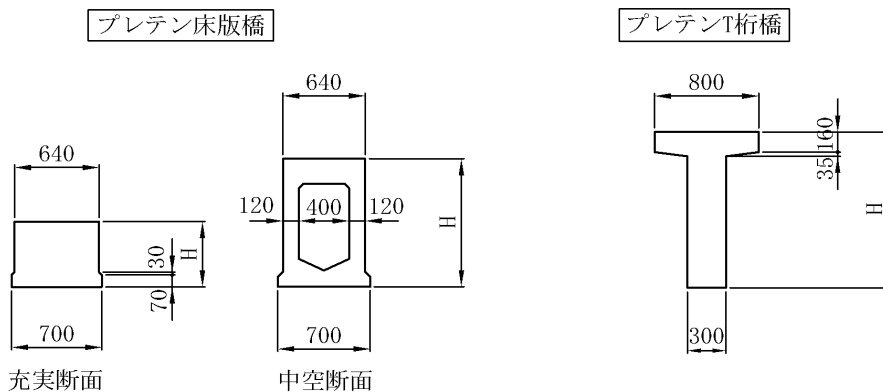


図5.1.11 U 桁橋（合成桁橋・Uコンポ桁橋）断面形状

（出典）橋梁等のプレキャスト化及び標準化による生産性向上検討委員会：
コンクリート橋のプレキャスト化ガイドライン，図-解3.3.4，p.15，
H30.6.

「JIS桁の適用範囲について」

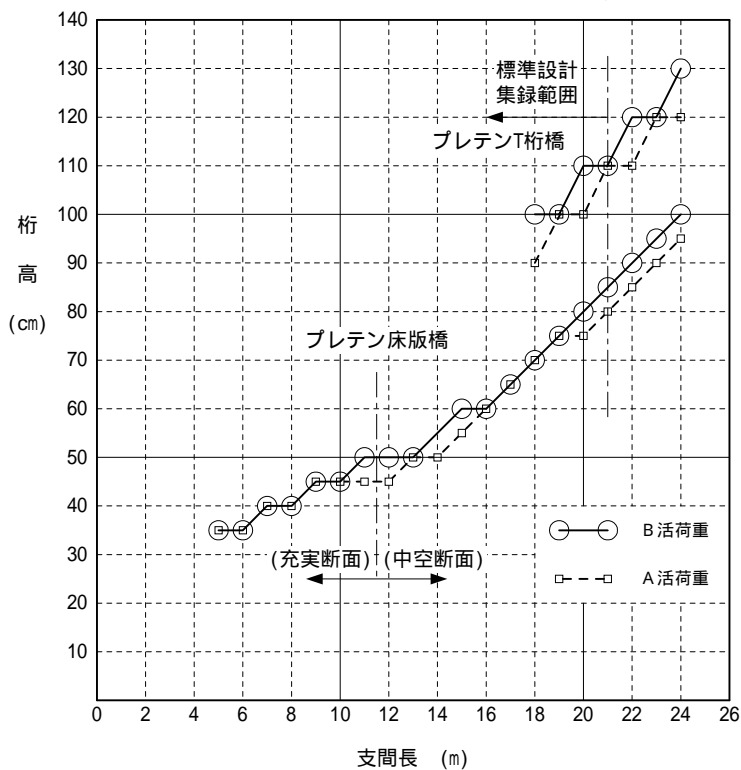
JISにおいて、工場で製作されるプレテンション方式の桁として、床版橋及びT桁橋を規定しています。



適用支間と適用範囲

項目	プレテン床版橋	プレテンT桁橋
活荷重	A活荷重、B活荷重	A活荷重、B活荷重
支間	5m ~ (1mピッチ) ~ 24m	18m ~ (1mピッチ) ~ 24m
斜角	90° 60°の範囲	90° 70°の範囲

注) 適用支間範囲外の活荷重及び斜角を有する橋梁の場合には、検討を行って使用できる。



(設計に使用する支間は、標準支間に対して+0.2~-1.0mの範囲で使用できる。)

支間と桁高

(2) 構造形式による分類

1) 単純桁橋

主桁の両端を支承によって単純支持させた、最も基本的な形式である。

2) プレキャスト桁架設方式連続桁橋

プレキャスト桁架設方式連続桁橋は、プレキャスト桁を単純桁として架設し、中間支点上で現場打ちコンクリートを用いて主桁を橋軸方向にRCまたはPC構造で連結する形式である。PC構造による連結はプレキャスト桁に対する、中間支点上におけるPC鋼材の配置等が煩雑であるため、最近ではRC構造により連結することが一般的である。

3) 連続桁橋

連続桁橋は、同一支間の単純桁橋よりも曲げモーメントの最大値が小さくなり、同一桁高の単純桁橋より支間を長くすることが可能となる。また、耐震性にも優れ、伸縮装置の減少から走行性や維持管理に有利な構造といえる。ただし、橋軸方向の地震時慣性力、桁の温度変化等、及びクリープ等による変形の処理に留意が必要である。

4) ラーメン橋

桁と柱を剛結とすることで上下部構造が一体となるので、支承が不要となり、水平部材のモーメントの一部を鉛直部材にも負担させることができるので桁高を低くできる場合がある。また、多径間の橋梁では、橋軸方向の地震時慣性力を各橋脚に分散できるので、連続桁橋に比べて有利となる場合がある。高次の不静定構造であり、部材の一部が降伏しても応力が再配分され、じん性を有する構造である。

また、ラーメン橋では、温度変化、乾燥収縮、クリープ及びプレストレス力による不静定力が作用するため、多径間連続構造とする場合には、橋脚の剛性の大小により連続化の可能な最大径間数が決定される。

RC構造としては連続ラーメン橋、PC橋としては連続ラーメン橋、T型ラーメン橋、V脚ラーメン橋、方杖ラーメン橋及び主に切土部のオーバブリッジに用いられる斜材付き型ラーメン橋として採用されている。

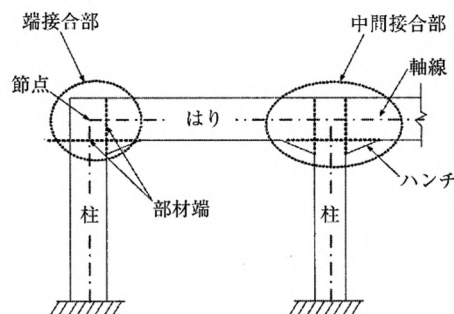


図 5 . 1 . 1 2 ラーメン構造各部の名称

(出典) 道示 15.1 , 図-解 15.1.1 , p.317 , H29.11 .

5) アーチ橋

古くから施工されており、圧縮に強いコンクリート橋としては、最も合理的な形式である。支持条件により、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が、コンクリートアーチ橋は固定アーチ橋としての実績が多い。なお、アーチ基礎には大きな軸力が発生するので、他の形式より堅固な支持層のあることが必要である。

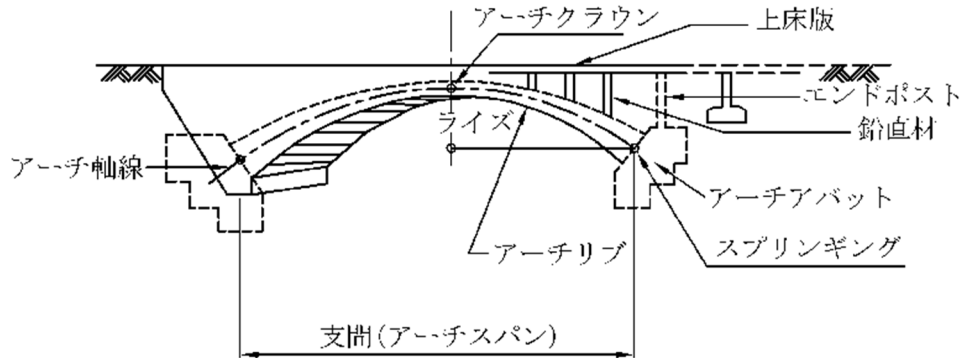


図 5.1.13 アーチ橋の構造

(出典) コンクリート道路橋設計便覧 17.1.2, 図-17.1.2, p.349, H6.2 .

6) 斜張橋

塔から高強度のケーブルで主桁を斜めに吊り下げる橋りょう形式である。このうち圧縮力が支配的となる塔に鉄筋コンクリート、桁にプレストレストコンクリートを使用したものがPC斜張橋である。

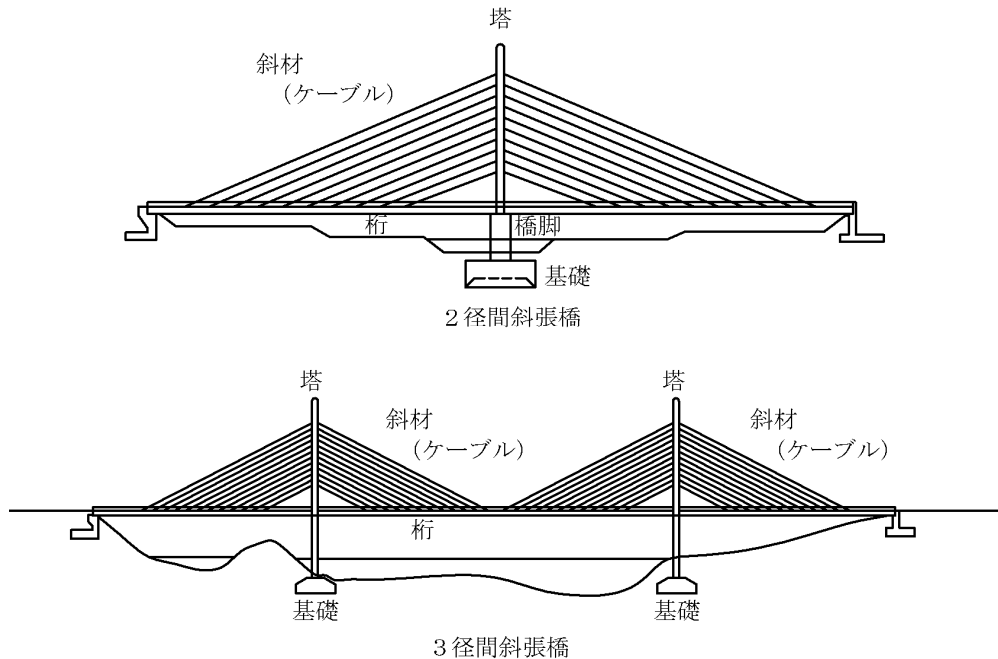


図 5.1.14 斜張橋の構造

(出典)「コンクリート道路橋設計便覧 20.1.1, 図-20.1.1, p.416, H6.2 .」に基づき作成

7) その他

エクストラドーズド橋

エクストラドーズド橋と斜張橋の構造には明らかな境界はないが、斜張橋は主桁を斜材により支持した構造であるのに対して、エクストラドーズド橋は斜材を大きく偏心させた外ケーブル構造であり、主桁へプレストレス力を導入するための補強材である事を基本としている橋梁である。

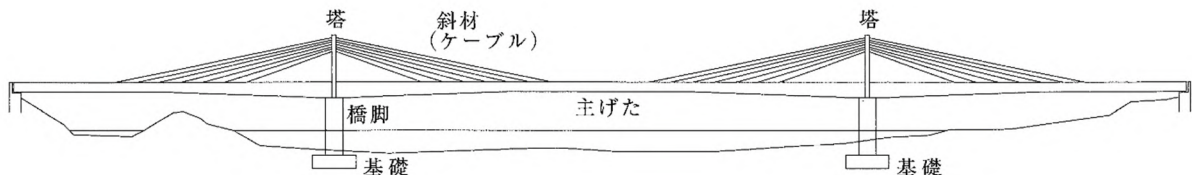


図5.1.15 エクストラドーズド橋の構造
(出典)(社)プレレスト・コンクリート建設業協会:PC 道路橋
計画マニュアル, 図-4.3.2, p.164, H19.10.

波形鋼板ウェブPC橋

波形鋼板ウェブPC橋は、プレレストコンクリート橋のウェブを波形形状に加工した構造用鋼板に置き換えたもので、コンクリートと鋼の複合構造である。プレレストコンクリート箱桁のウェブを波形鋼板へ置き換えた事例が多く、主桁自重に占める割合の高いウェブの軽量化により主桁自重の軽減を図ることが可能である。また、波形鋼板は高いせん断座屈耐力を有し、軸方向剛性がほとんどなくアコーディオンのように伸縮することによるプレストレス導入効率の向上を図ることが可能である。

コンクリートと鋼の複合構造であるため、ウェブと上下フランジの接合部に対する維持管理への配慮が必要である。

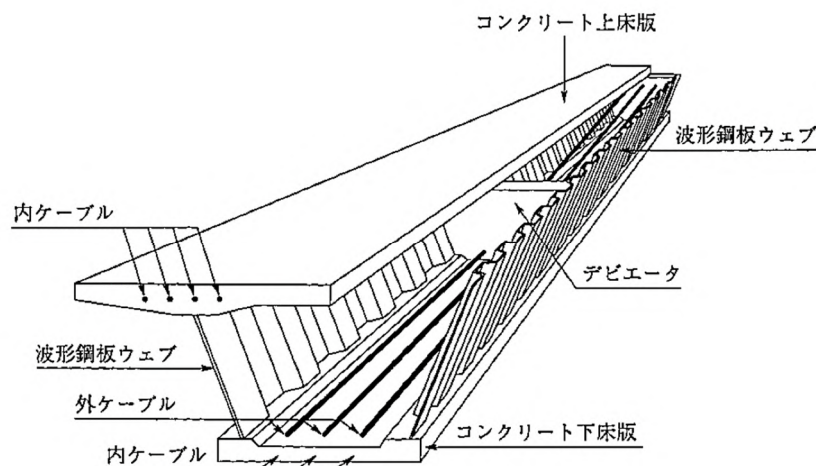


図5.1.16 波形鋼板ウェブPC橋の構造
(出典)波形鋼板ウェブ合成構造研究会:波形鋼板ウェブPC橋計画マ
ニュアル(案), 図1.1.1, p1, H10.12.

プレビーム合成桁橋

プレビーム合成桁橋は鋼桁とコンクリートを合成し、鋼桁に与えたプレフレクションを開放することによりコンクリートへプレストレスが導入された桁である。他形式に比べて非常に低い桁高で設計・施工が可能であり、桁高が制限される橋梁や建築物の梁等に多く適用されている。最近では、連続桁構造への適用事例も増えている。

プレフレクションとは、鋼桁の曲げ変形を利用して主桁の下フランジコンクリートへプレストレス作用を与える過程及び状況である。

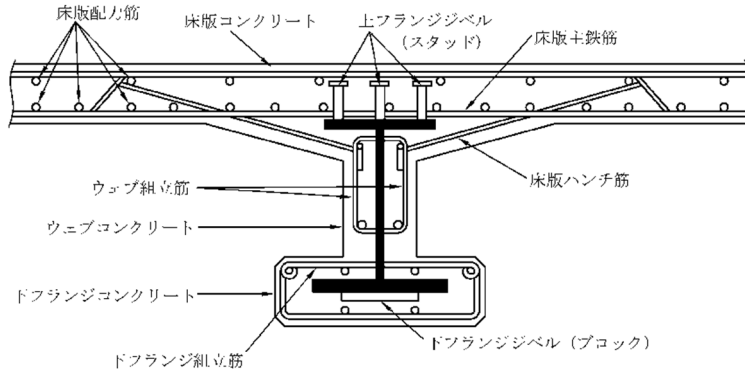


図5.1.17 プレビーム合成桁橋の構造

(出典)コンクリート道路橋設計便覧 付属資料5,付図-5.1,p527,H6.2.

バイプレッシング方式によるPC工法(バイプレ工法)

バイプレ工法とは、桁高制限を受ける様な場合に桁上縁の曲げ圧縮応力度が制限値を超過しない様に上縁側に配置したPC鋼材にポストコンプレッション方式により引張プレストレスを付与し、部材に生じる圧縮力を打ち消すことで桁高を低くする事を可能とした構造である。上縁側に圧縮PC鋼材が配置されるため、その定着部等に対する維持管理への配慮が必要である。プレキャスト桁架設方式連続桁橋と同様に中間支点上をRC構造やPC構造で連結を行った連続桁構造の実績もある。

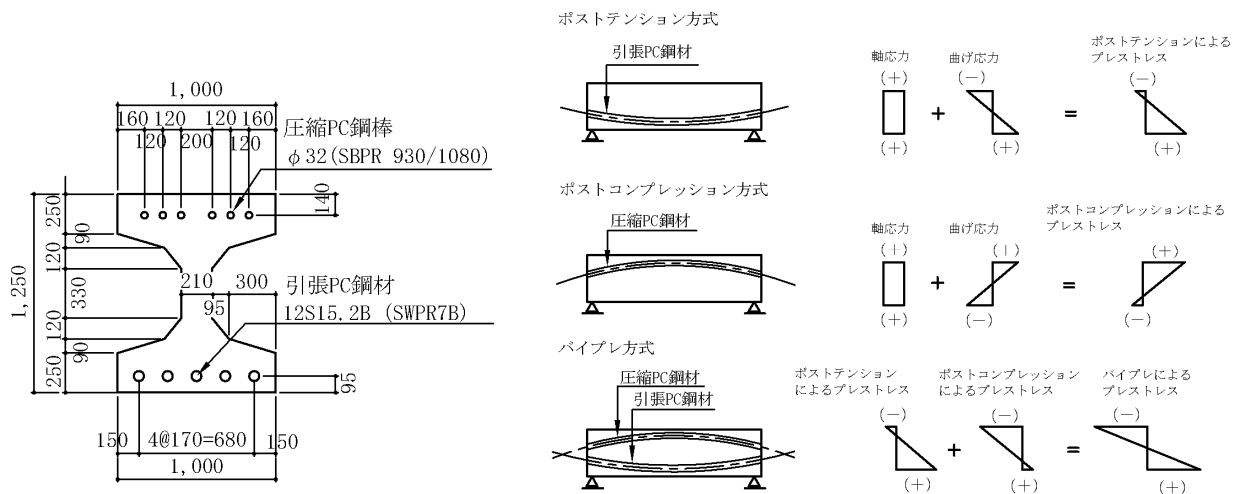


図5.1.18 バイプレ工法の構造

(出典)コンクリート道路橋設計便覧 付属資料6,付図-6.1,p.533,付図-6.2,p.534,H6.2.

「高機能PC鋼材とプレグラウトPC鋼材」

近年、PC構造物において、PC鋼材の腐食に関する各種の事故が発生しています。その原因は環境に起因するもの（主に塩害）と施工不良に起因するもの（主にPCグラウト充填不良）があります。そのため、それらに対応するものとして、高機能PC鋼材やプレグラウトPC鋼材が開発されています。

高機能PC鋼材

PC鋼より線にエポキシ樹脂塗装等の防錆処理を施すことにより従来ケーブルと比較して、高耐久性を有しています。

プレグラウトPC鋼材

予め工場で鋼材に後硬化型の樹脂が塗布されており、工場製作時からシースに包まれているため、現場でのグラウト作業が不要となる鋼材です。このため、省力化、PCケーブルと構造物の信頼性向上、工期短縮等の様々なメリットがあります。

5.2 プレストレス

5.2.1 プレストレストコンクリートの概要

プレストレストコンクリートは、圧縮力には強いが引張力に極めて弱いコンクリートに対して、引張応力が生じる部分にあらかじめ計画的に圧縮応力を与え、引張応力をうち消すことにより、部材の全断面を有効に機能することとした構造物である。

プレストレストコンクリートにおいて、あらかじめコンクリート断面に与える圧縮応力をプレストレスといい、通常、高強度のPC鋼材を使用してプレストレスを与える。

必要プレストレスの算定についての設計計算では、コンクリートに生じる引張応力度を限界状態1ではその制限値 (σ_{ct1}) 以内に、限界状態3では部材破壊に対する曲げモーメントの制限値 (M_{ud}) 以内とするために必要なプレストレス量を算定する。

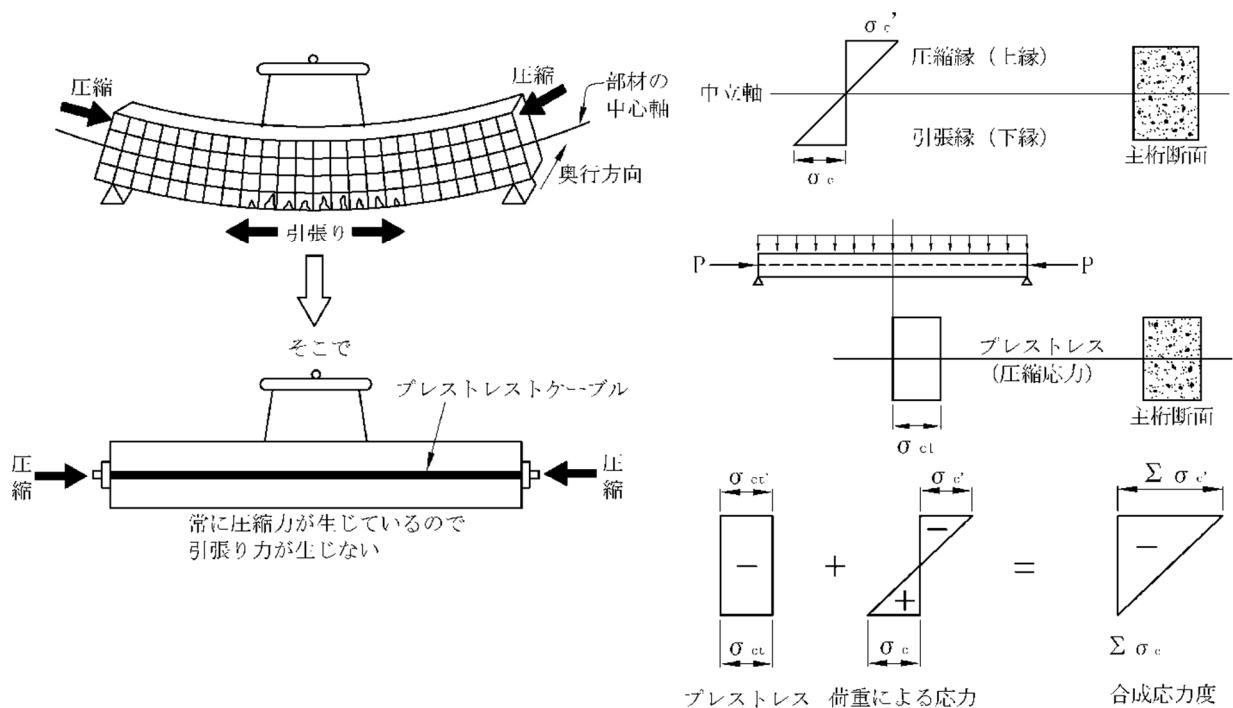


図 5.2.1 プレストレスの概念図

5.2.2 プレストレス力

構造物にプレストレス力を導入する場合には、プレストレス直後のプレストレス力及び有効プレストレス力に区分して、それぞれ適切に考慮するものとする。

(出典) 道示 8.4, p107, H29.11.

PC鋼材によって導入されるプレストレス力は、桁端部で導入した力が全域にわたり一定ではなく、状態の変化や時間の経過にともなって減少していくので、プレストレスの減少量をあらかじめ算定して有効プレストレス力を定めなければならない。

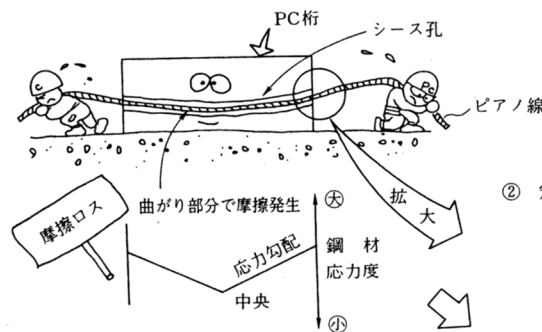
(1) プレストレス直後のプレストレス力

プレストレス直後のプレストレス力の減少は、プレテンション方式ではコンクリートの弾性変形を、ポストテンション方式ではコンクリートの弾性変形、PC鋼材とシースの摩擦、定着具及びジャッキ内部の摩擦、定着具におけるセットロス等を考慮する必要がある。

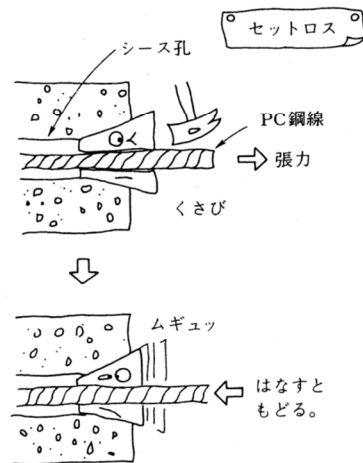
(2) 有効プレストレス力

有効プレストレス力は、コンクリートのクリープ及び乾燥収縮と、PC鋼材の見かけのリラクセーションによるプレストレス力の減少量を、プレストレス直後のプレストレス力より減ずることによって求めてよい。有効プレストレスの計算手順を図5.2.3に示す。

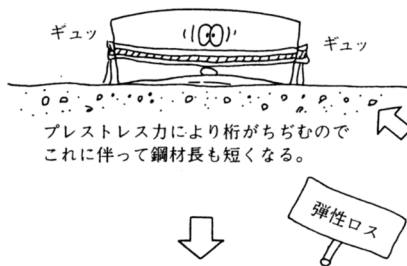
① PC鋼材とシースの摩擦



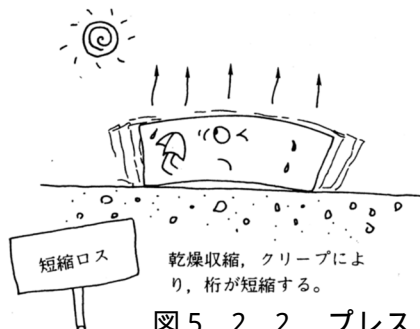
② 定着具におけるセット



③ コンクリートの弾性変形



④ コンクリートのクリープ・乾燥収縮



⑤ PC鋼材のリラクセーション

PC鋼材を、一定ひずみ下で緊張したまま置いた場合に、鋼材応力が低下してゆくことをいいますが、PC桁の設計では、実際に生じるリラクセーションでなく、見かけの値を使用します。

図5.2.2 プレストレスの段階的变化

(出典) (社)プレレスト・コンクリート建設業協会：やさしいPC橋の設計, p175, H14.7.



摩擦によるPC鋼材引張力の減少は、主としてPC鋼材とシースとの摩擦によって生じるが、工法によっては定着具の摩擦とジャッキ内部の摩擦があるので、これらの摩擦による影響についても考慮する必要がある。

定着具のセットロスの影響によるPC鋼材引張力の減少量は、各PC工法によって異なる。ねじ式及びぼたん式の定着方式においては、セット量が僅少であるのでその影響を無視できるが、くさび式の定着方式では比較的大きなセット量が生じるので、その影響を考慮して、PC鋼材引張力の減少量を算出する。

コンクリートの弾性変形によるPC鋼材の引張応力度の減少量は、プレテンション方式の場合には、コンクリートにプレストレスが一度に与えられるため、PC鋼材の図心位置でのコンクリート応力度にPC鋼材とコンクリートのヤング係数比(n)を乗じて算出される。ポストテンション方式の場合には、一般に、PC鋼材が一本ごと又はグループごとに緊張され、緊張段階において既に定着されたPC鋼材の引張力が順次変化していくので、これらを考慮して減少量を算出する。

プレストレス直後のプレストレス力

コンクリートが、乾燥収縮・クリープにより縮小することにより生じる。

PC鋼材を、一定ひずみ下で緊張したまま置いた場合に、鋼材応力が低下していくことにより生じる。

有効プレストレス力

図5.2.3 有効プレストレス力の計算の手順

5.2.4 PC鋼材の配置

PC鋼材は、摩擦による損失が少なくなるように配置するとともに、部材全長にわたってPC鋼材の断面積に急激な増減がないように配置する必要がある。

(出典) 道示 5.3.1, p.97, H29.11.

PC鋼材引張力の摩擦損失は、PC鋼材の曲げ変化角及び長さ按比例するものであり、連続桁のように桁長が長く、PC鋼材を曲げ上げあるいは曲げ下げすることで形状がS字形になる場合には、摩擦損失の影響は相当大きくなる。

したがって、次の事項を考慮して、摩擦損失を少なくすることが望ましい。

PC鋼材は、できる限り直線に近いように配置する。

PC鋼材は必要以上に偏向させない等、PC鋼材の角変化による摩擦損失が小さくなるように配置する。

1本のPC鋼材の配置で多くのS字曲線を含まないように、桁の途中で定着する。ただし、途中定着させる場合は、定着具を集中させることは、避ける必要がある。平面形状についても、できる限り一鉛直面内にあるようにし、直線状に配置する。

5.2.5 PC鋼材の定着位置と定着具付近の補強

- (1) 定着具の位置は、部材に所定のプレストレスを導入できるように、又、部材に有害なひび割れが生じないように選ぶものとする。
- (2) ポストテンション方式T桁橋におけるPC鋼材は端部定着を標準とする。
- (3) 定着具付近は、定着具背面に生じる引張応力に対して十分抵抗できる構造とするものとする。

(出典) 道示 5.3.2, p.99, H29.11.

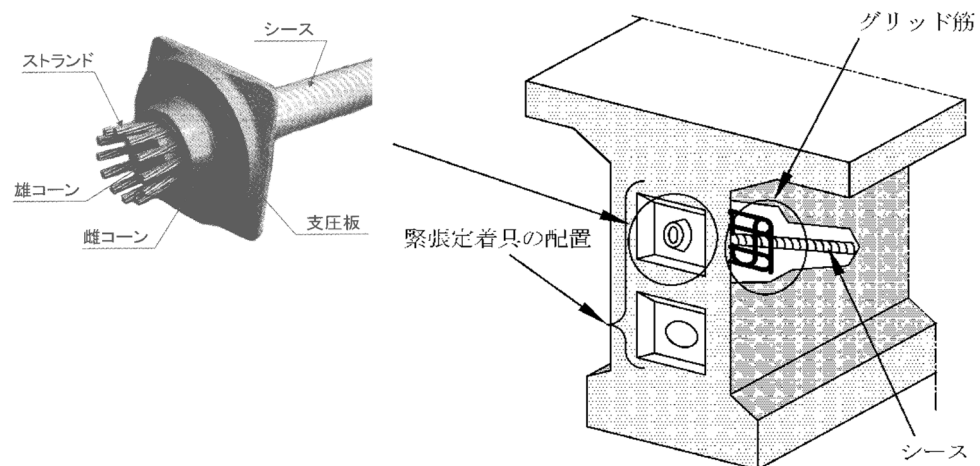


図5.2.4 定着部の概要

- (1) 定着具近くの断面では、プレストレス力の局部集中等の影響による応力の乱れがあって、定着具付近から離れた断面の応力分布とは異なるので注意する必要がある。定着位置からプレストレスが有効に作用する断面までの区間には軸方向用心鉄筋を配置する必要がある。

また、部材の中間部に定着具を設ける場合、活荷重による応力変動の大きな点から十分離れた断面の断面図心に近い位置が、圧縮部のコンクリートに定着することが必要である。

- (2) ポストテンション方式T桁橋においては、PC鋼材の緊張作業工数の省力化及び耐久性を考慮し、PC鋼材の上縁定着は行わず、すべて端部定着とする。

特に、上縁定着部は舗装面からの雨水等の浸透により、定着具やPC鋼材がその影響を直接的に受け、主桁の耐久性や耐荷力に影響が及ぶため、上縁定着は行わないものとする。

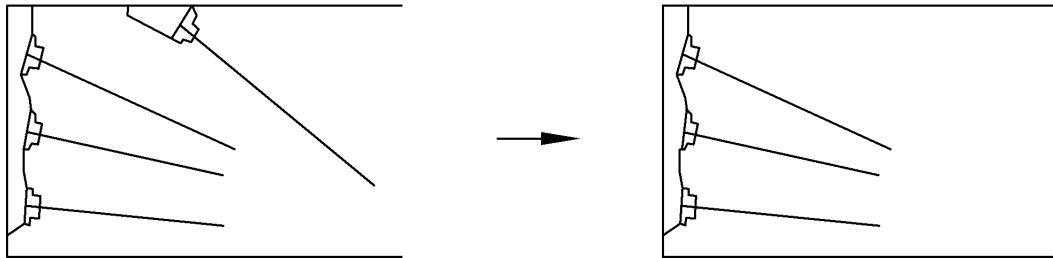


図5.2.5 ポストテンション方式T桁橋におけるPC鋼材の定着
(出典)建設省：土木構造物設計マニュアル(案)，p.35，H11.11。

- (3) PC鋼材定着具付近のコンクリートは、PC鋼材と直角な方向に生じる引張応力に対してスターラップ、格子状の鉄筋、らせん鉄筋等で補強する。

補強方法は、一般的にPC工法ごとに、それぞれ定められている。

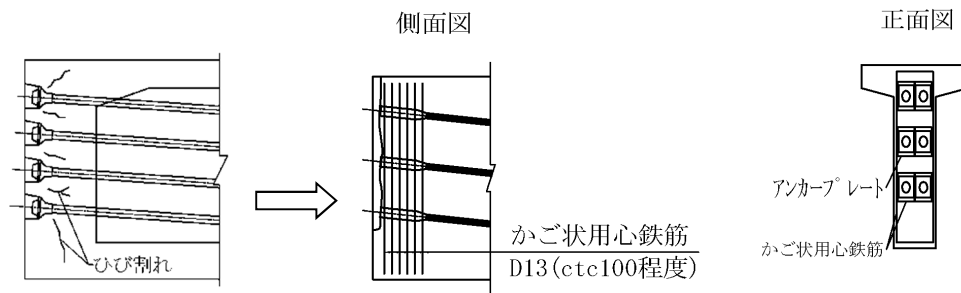


図5.2.6 定着部の補強例

- (4) 定着具は、くさび式、ねじ式、ボタン式の3種類に分類できる。

1) くさび式

主方向のPC鋼材定着具として最も多く使用されている形式で、定着具とPC鋼材及びくさびの摩擦力によりPC鋼材を押さえる機構のものである。1個のくさびで全ての鋼材を押さえるものと、鋼材1本1本独立した小型のくさびで押さえるものの2種類がある。

代表的な工法として、「フレシネー工法」や「ディビダークストランド工法」がある。

2) ねじ式

PC鋼棒そのものや、PC鋼より線の先端に取り付けた円筒金具にねじを加工し、ナットで止める形式である。鋼材長さの製作を厳密に行う必要がある。

代表的な工法として、「ディビダーク鋼棒工法」や「SEEE工法(F型)」がある。

3) ボタン式

PC鋼線に用いられた定着方法で、素線をアンカーヘッド孔に通した後、鋼線が抜け出ないように頭加工したもので、緊張後の定着はねじで行われることが多く、現場での加工作業が必要になる。

代表的な工法として、「BBR工法(Vシステム)」や「OSPA工法」がある。

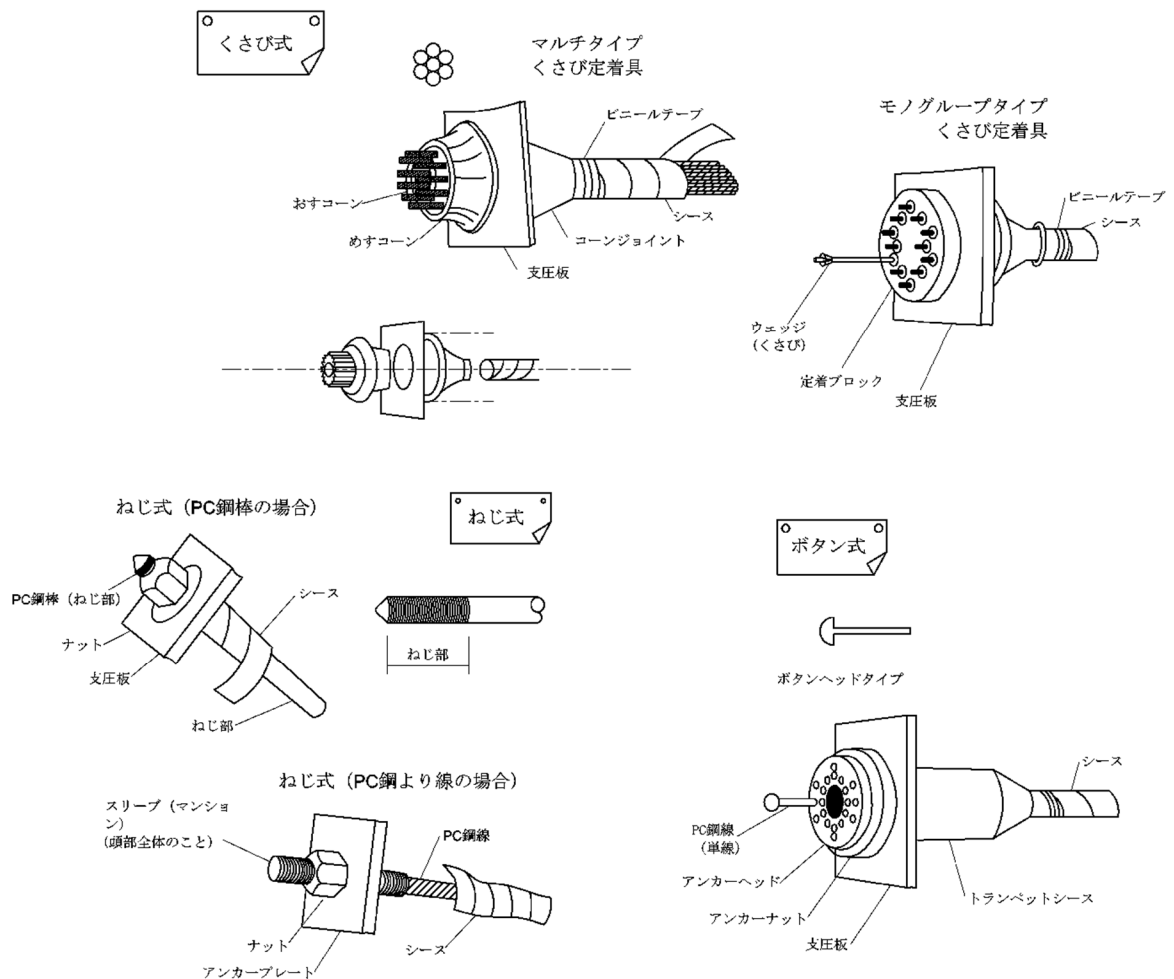


図 5.2.7 定着具の概要

(出典)(社)プレストレスト・コンクリート建設業協会：やさしいPC橋の設計，p.176，H14.7．

5.3 設計に関する基本的事項

5.3.1 設計計算についての基本的な考え方

コンクリート橋の設計計算にあたっては、構造物の機能状態及び構造安全性を確保するため、設計供用期間に想定される作用の組合せを用いて、構造物に求める機能状態に対して限界状態 1 及び限界状態 2、構造安全性に対して限界状態 3 を超えないことを耐荷性能に応じた照査を行う。

また、耐荷性能の前提となる耐久性能を確保するため、経年的な劣化による影響に対して内部鋼材の防食やコンクリートの疲労に対する照査を行う。

コンクリート橋の耐荷性能の照査における各限界状態は、下記のような状態に区分する。

- 限界状態 1 上部構造の挙動が可逆性を有し、荷重を支持する能力を低下させる変位及び振動に至らない限界の状態
- 限界状態 2 上部構造に損傷等が生じているものの、耐荷力が想定する範囲で確保できる限界の状態
- 限界状態 3 上部構造に損傷等が生じているものの、それが原因で落橋等の致命的な状態に至ることがない限界の状態

また、コンクリート橋の耐荷性能が設計供用期間末まで確保されることを所要の信頼性で実現するため、経年的な劣化による影響に対して必要な耐久性能を確保する。

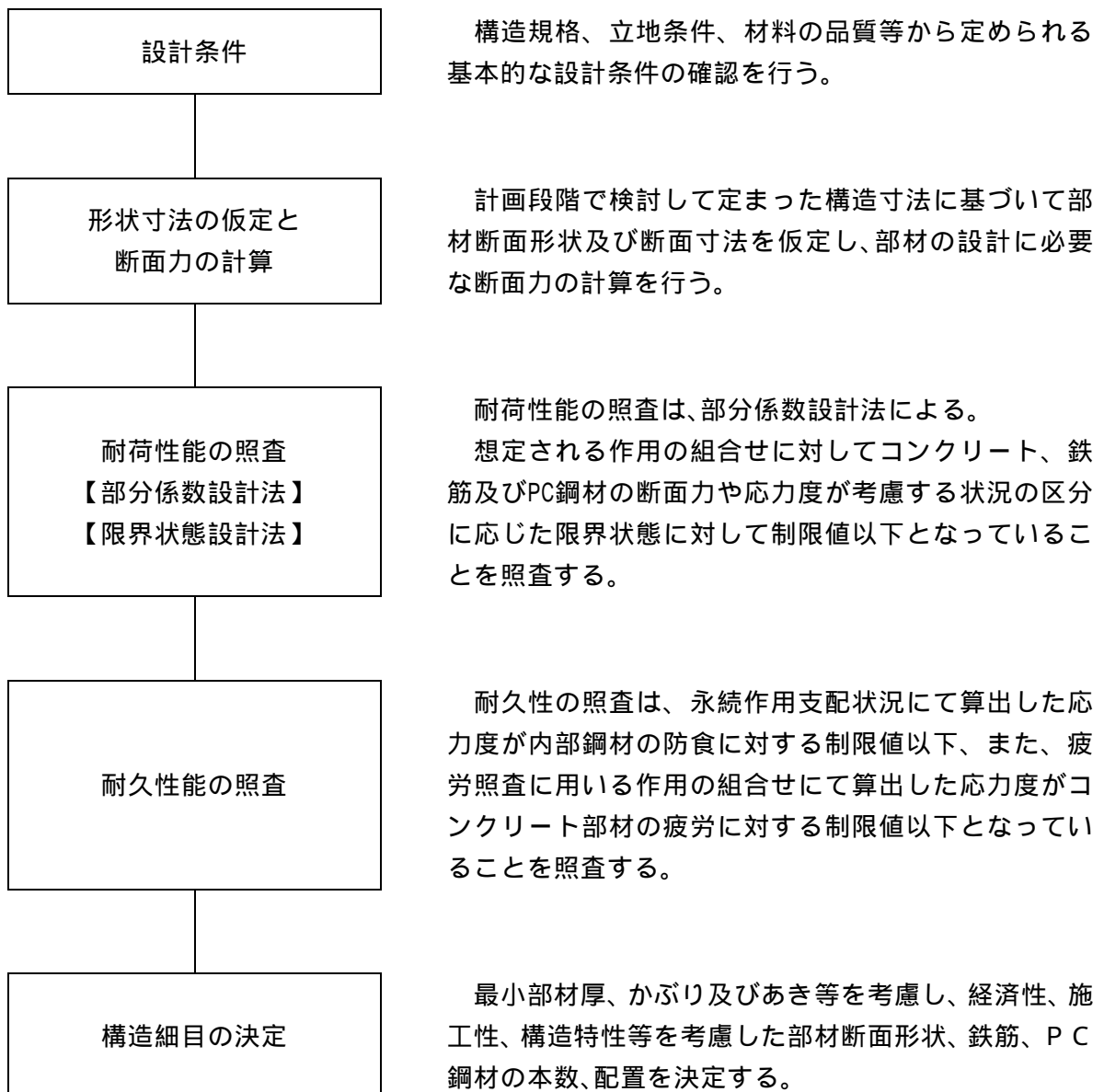


図 5.3.1 コンクリート橋の設計手順

5.3.2 部材の照査

- (1) 設計供用期間に想定される作用の組合せに対して、部材等の耐荷性能に応じて定める部材等の限界状態 1 及び限界状態 3、または限界状態 2 及び限界状態 3 を各々に必要な信頼性をもって超えないことを照査しなければならない。
- (2) 耐荷性能の確保にあたり、その前提となる経年的な劣化による影響に対する必要な耐久性能が確保されていることを照査しなければならない。

(出典) 道示 3.5, 3.6, p.26 ~ p.34, H29.11.

- (1) 設計供用期間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。

コンクリート橋の上部構造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。

設計供用期間に想定される作用の組合せにより部材等に生じる曲げモーメント、軸方向力、せん断力及びねじりモーメントといった断面力が、各限界状態に応じた制限値以下であることを照査することとしている。

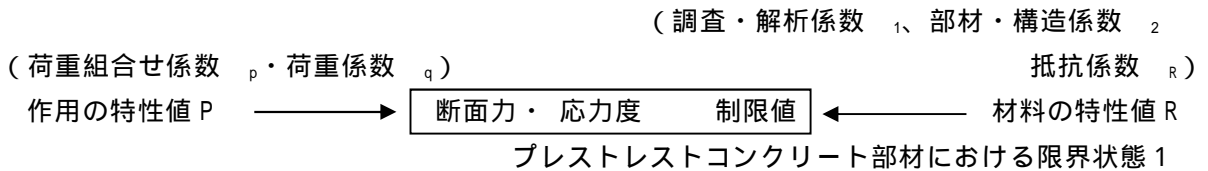


図 5.3.2 コンクリート橋の部材の耐荷性能の照査についての概念図

図 5.3.2 を算式で示すと、下記のように示される。

$$\begin{aligned} \text{限界状態 1 又は限界状態 2} & S_i (p_i \cdot q_i \cdot P_i) \leq 1 \cdot R_s \cdot R_s \\ \text{限界状態 3} & S_i (p_i \cdot q_i \cdot P_i) \leq 1 \cdot 2 \cdot R_U \cdot R_U \end{aligned}$$

ここに、 P_i ：作用の特性値

S_i ：作用の特性値に対して算出される部材等の
応答値

R_s ：部材等の限界状態 1 又は限界状態 2 に対応
する部材等の抵抗に係る特性値

R_U ：部材等の限界状態 3 に対する部材等の抵抗
に係る特性値

p_i ：荷重組合せ係数

q_i ：荷重係数

1 ：調査・解析係数

2 ：部材・構造係数

R_s ：部材等の限界状態 1 又は限界状態 2 に対
応する部材等の抵抗に係る抵抗係数

R_U ：部材等の限界状態 3 に対する部材等の抵
抗に係る抵抗係数

(2) 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性を考慮した構造設計上の配慮を行うとともに、コンクリート橋ではコンクリート内部に配置される鋼材の防食及びコンクリート部材の疲労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。

コンクリート内部に配置される鋼材の防食は所定のかぶりを確保するとともに、永続作用の影響が支配的な状況における部材等に配置された鉄筋の引張応力度がその制限値を超えていないことを確認する。また、コンクリート部材の疲労は、定められた作用の組合せ及び荷重係数等により算出されるコンクリート、鉄筋及び P C 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。

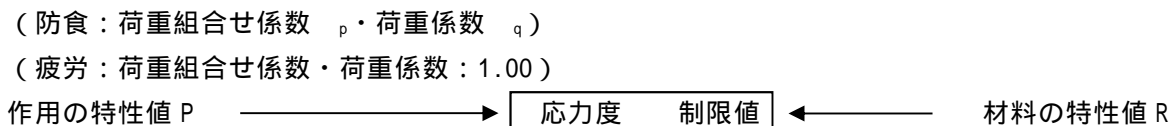


図 5.3.3 コンクリート橋の部材の耐久性能の照査についての概念図

図 5.3.3 を算式で示すと、下記のように示される。

内部鋼材の防食に対する耐久性能 $S_i (p_i \cdot q_i \cdot P_i) \leq S_s$

コンクリート部材の

疲労に対する耐久性能 $S_i \cdot P_i \leq S_c, S_s$

ここに、 P_i ：作用の特性値

S_i ：作用の特性値に対して算出される部材等の応答値

p_i ：荷重組合せ係数

q_i ：荷重係数

S_s ：鋼材の引張応力度の制限値

(本手引き 表 5.4.3、表 5.4.4)

S_c ：コンクリートの圧縮応力度の制限値

(本手引き 表 5.4.2)

5.3.3 部材設計の基本

鉄筋コンクリート構造及びプレストレストコンクリート構造によるコンクリート上部構造における耐荷性能に関する部材設計の基本は、「道示 5.1.1」によるものとする。

また、耐荷性能の前提となる耐久性能に関する部材設計の基本は、「道示 6.1」によるものとする。

鉄筋コンクリート橋及びプレストレストコンクリート橋の設計では、「道示 5章」や「道示 7章」に規定される各限界状態を超えないとみなせる条件を用いて、「道示 3.5」の規定に従って耐荷性能を照査する。

また、耐荷性能の前提となる耐久性能についても、「道示 6章」に従って照査する。

鉄筋コンクリート橋及びプレストレストコンクリート橋における耐荷性能に関する最低限度の主な照査項目を表 5.3.1 及び表 5.3.2 に示す。

なお、鉄筋コンクリート橋及びプレストレストコンクリート橋における耐久性能に関する照査項目は、内部鋼材の防食及びコンクリート部材の疲労に対し、「道示 6.2 及び 6.3」に基づき照査を行う。

表 5.3.1 鉄筋コンクリート橋の耐荷性能に関する主な照査項目

考慮する状況	永続作用支配状況 変動作用支配状況	偶発作用支配状況 (大規模地震時)		永続作用支配状況 変動作用支配状況	参 照
	耐荷性能 1 ・耐荷性能 2	耐荷性能 2	耐荷性能 1	耐荷性能 1 ・耐荷性能 2	
橋の限界状態	限界状態 1	限界状態 2	限界状態 3	限界状態 3	
曲げモーメント 又は軸方向力	$M_d \leq M_{yd}$ M_{yd} : 道示Ⅲ 式 (5.5.1)	-----	-----	$M_d \leq M_{ud}$ M_{ud} : 道示Ⅲ 式 (5.8.1)	道示Ⅲ 5.5.1、 5.7.1、5.8.1
せん断力	限界状態 3と同じ※	-----	-----	$S_d \leq S_{usd}, S_{ucd}$ S_{usd} : 道示Ⅲ 式 (5.8.2)	道示Ⅲ 5.7.2、5.8.2
ねじりモーメント	限界状態 3と同じ※	-----	-----	$M_{td} \leq M_{tusd}, M_{tucd}$ M_{tusd} : 道示Ⅲ 式 (5.7.3) M_{tucd} : 道示Ⅲ 式 (5.7.5)	道示Ⅲ 5.7.3
支圧応力	限界状態 3と同じ※	-----	-----	$\sigma_{bd} \leq \sigma_{bad}$ σ_{bad} : 道示Ⅲ 式 (5.7.7)	道示Ⅲ 5.7.5

※ ここに、

M_d : 部材に生じる曲げモーメント

S_d : 部材に生じるせん断力

M_{td} : 部材に生じるねじりモーメント

σ_{bd} : コンクリートに生じる支圧応力

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

S_{usd}, M_{tusd} : 斜引張破壊に対するせん断力、ねじりモーメントの制限値

S_{ucd}, M_{tucd} : ウェブコンクリートの圧壊に対するせん断力、ねじりモーメントの制限値

σ_{bad} : コンクリートの支圧破壊に対する支圧応力の制限値

※ 限界状態3を超えないとみなせる条件を満足することで、限界状態1を超えないとみなせる条件も満足するとしてよい。

表 5.3.3.2 プレストレストコンクリート構造の耐荷性能に関する主な照査項目

考慮する状況	永続作用支配状況 変動作用支配状況		偶発作用支配状況 (大規模地震時)		永続作用支配状況 変動作用支配状況	参照
	耐荷性能 1・耐荷性能 2 限界状態 1	耐荷性能 2 限界状態 2	耐荷性能 1 限界状態 1	耐荷性能 2 限界状態 2		
橋の耐荷性能 橋の限界状態	$\sigma_{c1} \leq \sigma_c \leq \sigma_{ccl}$ $\sigma_1 \leq \sigma_{1m}$		道示 V 6.4 ただし、プレストレストコンクリート構造の上部構造については、上部構造を構成する全ての部材等が部材等の限界状態1及び部材等の限界状態3を超えないことの確認が必要 プレストレストコンクリート箱桁の場合には、 道示 V 12.2 12.3 (限界状態1) 12.4 (限界状態3) による		$0 \leq \sigma_c^{**} \leq \sigma_{c0}$ $\sigma_1^{**} \leq \sigma_{10}$ $\sigma_p^{**} \leq \sigma_{p0}$ 道示 III 表-5.1.1、 表-5.1.2、 表-5.1.3 道示 III 3.4.1(8)、 表-解 3.4.1***	道示 III 5.6.1、5.8.1
曲げモーメント 又は軸方向力	力				$M_d \leq M_{ud}$ $M_{ud} : \text{道示 III 式 (5.8.1)}$	
せん断力	せん断力				$S_d \leq S_{usd}, S_{ucd}$ $S_{usd} : \text{道示 III 式 (5.8.2)}$ $S_{ucd} : \text{道示 III 式 (5.8.7)}$	道示 III 5.6.2、5.8.2
ねじりモーメント	ねじりモーメント				$M_{td} \leq M_{tsud}, M_{tucd}$ $M_{tsud} : \text{道示 III 式 (5.7.3)}$ $M_{tucd} : \text{道示 III 式 (5.7.5)}$	道示 III 5.6.3、5.7.3
支圧応力	限界状態 3と同じ**				$\sigma_{bd} \leq \sigma_{head}$ $\sigma_{head} : \text{道示 III 式 (5.7.7)}$	道示 III 5.7.5

※ ここに、

- σ_c : コンクリート縁応力
- σ₁ : コンクリート斜引張応力
- σ_{ccl} : コンクリート斜引張応力の制限値
- σ_{ccl} : コンクリート圧縮応力の制限値
- σ_{1m} : コンクリート斜引張応力の制限値
- M_d : 部材に生じる曲げモーメント
- S_d : 部材に生じるせん断力
- M_{td} : 部材に生じるねじりモーメント
- σ_{bd} : コンクリートに生じる支圧応力
- M_{ud} : 部材破壊に対する曲げモーメントの制限値
- S_{usd}, M_{tusd} : 斜引張破壊に対するせん断力、ねじりモーメントの制限値
- S_{ucd}, M_{tucd} : ウェブコンクリートの圧壊に対するせん断力、ねじりモーメントの制限値
- σ_{bad} : コンクリートの支圧破壊に対する支圧応力の制限値
- σ_{c0} : 永続作用支配状況におけるコンクリート圧縮応力の制限値
- σ₁₀ : 永続作用支配状況におけるコンクリート斜引張応力の制限値
- σ_p : PC鋼材の応力
- σ_{p0} : PC鋼材の応力の制限値

* 永続作用支配状況における発生応力

** 限界状態3を超えないとみなせる条件を満足すること、限界状態1を超えないとみなせる条件も満足することにより

*** 施工時の各段階の応力に対する制限

5.3.4 曲げモーメント及び軸方向力が作用する部材の照査*

- (1) 曲げモーメント及び軸方向力が作用する部材の耐荷性能の照査は、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曲げモーメントやコンクリートに生じる応力度が制限値以下であることを照査する。
- (2) 曲げモーメント及び軸方向力が作用する部材の耐久性能の照査は、内部鋼材の防食及びコンクリート部材の疲労に対して、所定の作用状況に基づき算定される鉄筋の引張応力度が所定の制限値以下であることを照査する。

(出典) 道示 5.5.1, p.123, 5.6.1, p.130.

道示 5.7.1, p.136, 5.8.1, p.149, H29.11.

道示 6.2.2, p.181, 6.3.2, p.187, H29.11.

- (1) 耐荷性能の照査は、永続作用支配状況及び変動作用支配状況における限界状態 1 及び 3 に対して鉄筋コンクリート構造では部材断面に生じる曲げモーメントが制限値に達していないことを、プレストレストコンクリート構造では、限界状態 1 においてコンクリートに生じる応力度、限界状態 3 において部材断面に生じる曲げモーメントが各々の制限値に達していないことを照査する。

なお、プレストレストコンクリート構造において部材断面に引張応力が生じる場合には、コンクリートの全断面を有効とする引張応力に抵抗するための鉄筋を配置する。

- (2) 耐久性能の照査は内部鋼材の防食に対して、永続作用支配状況における部材断面に配置される鉄筋の引張応力度が制限値に達していないことを照査する。

また、コンクリート部材の疲労に対しては、「道示 式(6.3.1)」に示される下式により作用の組合せ及び荷重係数等に基づき算出したコンクリート及び鉄筋の応力度が制限値に達していないことを照査する。

$$1.00 (D + L + PS + CR + SH + E + HP + U)$$

なお、上式における活荷重 L は衝撃の影響を含む必要があり、荷重係数 q を 1.0 とした活荷重に対して衝撃の影響を見込む必要がある。

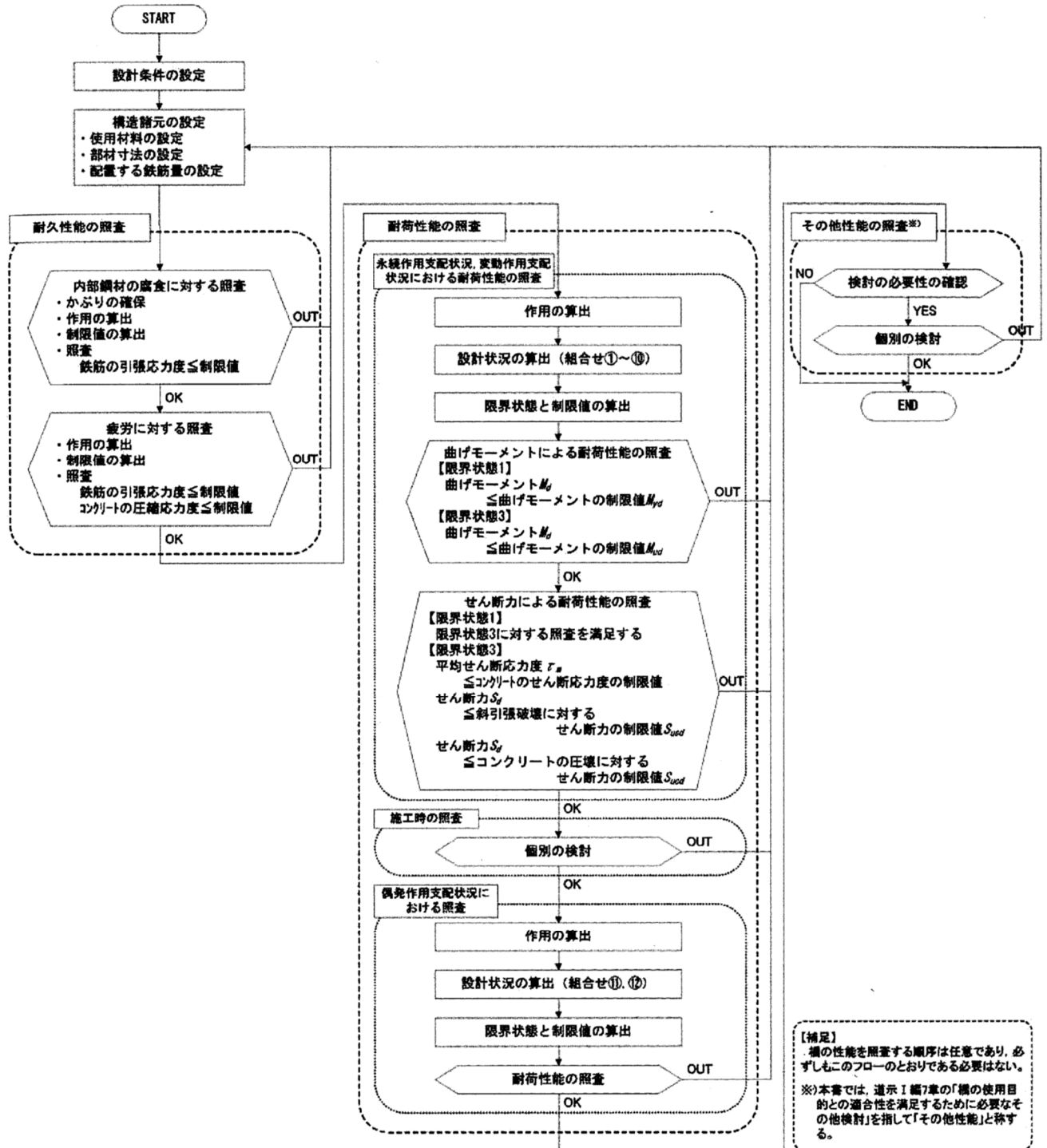


図5.3.4(a) 曲げモーメント及び軸方向力が作用する部材の設計手順(RC構造)
 (出典)平成29年道路橋示方書に基づく道路橋の設計計算例 図-3.1.1 p.328 H29.6.

曲げモーメント及び軸方向力が作用する鉄筋コンクリート部材に対する限界状態 1 における制限値の算出にあたり、降伏曲げモーメントの特性値 (M_{yc}) に乗じる調査・解析係数 γ_1 及び抵抗係数 y の値を下表に示す。

表 5.3.3 調査・解析係数、抵抗係数

	γ_1	y
i) ii) 及び iii) 以外の作用の組合せを考慮する場合	0.90	0.85
ii) 3.5(2)3) で γ_1 を考慮する場合		1.00
iii) 3.5(2)3) で γ_1 を考慮する場合	1.00	

曲げモーメント及び軸方向力が作用する鉄筋コンクリート部材及びプレストレストコンクリート部材に対する限界状態 3 に対する制限値の算出にあたり、破壊抵抗曲げモーメントの特性値 (M_{uc}) に乗じる調査・解析係数 γ_1 、部材・構造係数 γ_2 及び抵抗係数 u の値を下表に示す。

表 5.3.4 調査・解析係数、部材・構造係数及び抵抗係数

	γ_1	γ_2	u
i) ii) 及び iii) 以外の作用の組合せを考慮する場合	0.90	0.90	0.80
ii) 3.5(2)3) で γ_1 を考慮する場合			1.00
iii) 3.5(2)3) で γ_1 を考慮する場合			

5.3.5 せん断力が作用する部材の照査*

- (1) せん断力が作用する部材の耐荷性能の照査は、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せん断力が制限値以下であることを照査する。
- (2) 部材断面に生じるせん断力は、斜引張破壊に対するせん断力の制限値及びウェブコンクリートの圧壊に対するせん断力の制限値以下であることを照査する。

(出典) 道示 5.7.2, p.138, H29.11 .
5.8.2, p.158, H29.11 .

耐荷性能の照査は、永続作用支配状況及び変動作用支配状況における限界状態 1 及び 3 に対して鉄筋コンクリート部材、プレストレストコンクリート部材ともに部材断面に生じるせん断力が制限値に達していないことを照査する。

なお、鉄筋コンクリート部材において、せん断力が作用する部材は限界状態 3 を超えないと見なせる条件を満足することで、限界状態 1 を超えないと見なせる条件も満足するものとする。

せん断力に対する制限値は、斜引張鋼材が配置された部材では斜めひび割れ発生後にトラス的な耐荷機構へ移行することより、斜引張鋼材の降伏による斜引張破壊及びウェブコンクリートの圧壊が生じないことが確認できる値とする。

せん断力が作用する鉄筋コンクリート部材に対する限界状態 3 における制限値の算出にあたり、斜引張破壊に関するせん断力の特性値 (S_c , S_s , S_p) に乗じる調査・解析係数 γ_1 、部材・構造係数 γ_2 及び抵抗係数 u_c 、 u_s 、 u_p の値を下表に示す。

表 5.3.5 調査・解析係数、部材・構造係数及び抵抗係数

	1	2	u_c, u_s
i) ii) 及び iii) 以外の作用の組合せを考慮する場合	0.90	0.85	0.65
ii) 3.5(2)3で を考慮する場合			0.95
iii) 3.5(2)3で を考慮する場合	1.00		

表 5.3.6 調査・解析係数、部材・構造係数及び抵抗係数

	1	$\left(\begin{matrix} 2 \\ 2 \end{matrix} \begin{matrix} u_p \\ u_p \end{matrix} \right)$ の積
i) ii) 及び iii) 以外の作用の組合せを考慮する場合	0.90	0.70
ii) 3.5(2)3で を考慮する場合		0.95
iii) 3.5(2)3で を考慮する場合	1.00	

せん断力が作用するプレストレストコンクリート部材に対する限界状態 3 における制限値の算出にあたり、ウェブまたはフランジコンクリートの圧壊に関するせん断力の特性値 (S_{ucw} , S_p) に乗じる調査・解析係数 γ_1 、部材・構造係数 γ_2 及び抵抗係数 u_{cw} 、 u_p の値を下表に示す。

表 5.3.7 調査・解析係数、部材・構造係数及び抵抗係数

	1	$\left(\begin{matrix} 2 \\ 2 \end{matrix} \begin{matrix} u_{cw} \\ u_{cw} \end{matrix} \right)$ の積
i) ii) 及び iii) 以外の作用の組合せを考慮する場合	0.90	0.70
ii) 3.5(2)3で を考慮する場合		1.00
iii) 3.5(2)3で を考慮する場合	1.00	

なお、せん断力が作用する部材に関する設計計算の流れは、図 5.3.4 に示したとおりである。

5.3.6 ねじりモーメントが作用する部材の照査*

- (1) ねじりモーメントが作用する部材の耐荷性能の照査は、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ねじりモーメントが制限値以下であることを照査する。
- (2) 部材断面に生じるねじりモーメントは、斜引張破壊に対するねじりモーメントの制限値及びウェブ又はフランジコンクリートの圧壊に対するねじりモーメントの制限値以下であることを照査する。

(出典) 道示 5.7.3, p.142, H29.11 .
5.8.3, p.174, H29.11 .

耐荷性能の照査は、永続作用支配状況及び変動作用支配状況における限界状態 1 及び 3 に対して鉄筋コンクリート部材、プレストレストコンクリート部材ともに部材断面に生じるねじりモーメントが制限値に達していないことを照査する。

なお、鉄筋コンクリート部材において、ねじりモーメントが作用する部材は限界状態 3 を超えないと見なせる条件を満足することで、限界状態 1 を超えないと見なせる条件も満足するも

のとする。

ねじりモーメントに対する制限値は、斜引張鋼材が配置された部材ではせん断力が作用する部材と同様に、斜引張鋼材の降伏による斜引張破壊及びウェブ又はフランジコンクリートの圧壊が生じないことが確認できる値とする。

ねじりモーメントが作用する鉄筋コンクリート部材及びプレストレストコンクリート部材に対する限界状態3に対する制限値の算出にあたり、斜引張破壊に関するねじり耐力の特性値 (M_{tus}) に乗じる調査・解析係数 γ_1 、部材・構造係数 γ_2 及び抵抗係数 ϕ_{tus} の値を表5.3.9に示す。

表5.3.9 調査・解析係数、部材・構造係数及び抵抗係数

	γ_1	(γ_2 と ϕ_{tus} の積)
i) ii) 及び iii) 以外の作用の組合せを考慮する場合	0.90	0.70
ii) 3.5(2)3) で を考慮する場合		1.00
iii) 3.5(2)3) で を考慮する場合	1.00	

ねじりモーメントが作用する鉄筋コンクリート部材及びプレストレストコンクリート部材に対する限界状態3に対する制限値の算出にあたり、ウェブ又はフランジコンクリートの圧壊に関するねじり耐力の特性値 (M_{tuv}) に乗じる調査・解析係数 γ_1 、部材・構造係数 γ_2 及び抵抗係数 ϕ_{tuc} の値を表5.3.10に示す。

表5.3.10 調査・解析係数、部材・構造係数及び抵抗係数

	γ_1	(γ_2 と ϕ_{tuc} の積)
i) ii) 及び iii) 以外の作用の組合せを考慮する場合	0.90	0.70
ii) 3.5(2)3) で を考慮する場合		1.00
iii) 3.5(2)3) で を考慮する場合	1.00	

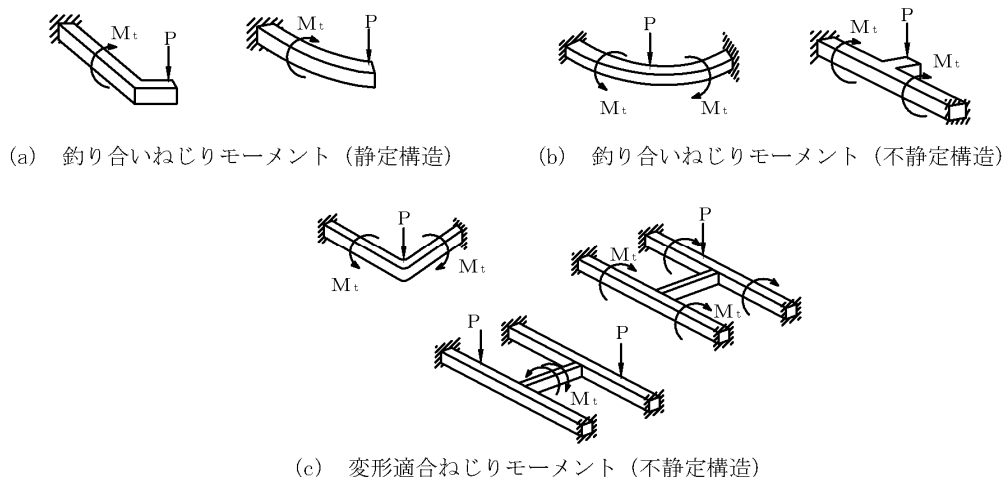
なお、ねじりモーメントが作用する部材に関する設計計算の流れは、図5.3.4に示したとおりである。

ねじりモーメントは、一般につり合いねじりモーメントと変形適合ねじりモーメントに分類されます。

つり合いねじりモーメントとは、構造系全体における力のつり合いを満足するために、部材が抵抗しなければならないねじりモーメントのことです。このため、曲線桁橋の主桁や、ねじり抵抗を考慮しないとその構造系が成立しない部材については、ねじりモーメントに対する照査を行う必要があります。なお、直線の単一箱桁橋では、活荷重によるねじりモーメントの影響が小さいので、ねじりモーメントに対する照査は一般的に省略していましたが、平成29年版の道路橋示方書では直線橋又は曲線橋の区別なく、活荷重が偏載荷される等によるねじりの影響を考慮することとしています。

変形適合ねじりモーメントとは、不静定構造を構成する部材の変形によって生じるねじりモーメントのことです。一般に、コンクリート部材に斜めひび割れが生じるとねじり剛性が低下するため、その部材に作用するねじりモーメントは非常に小さくなります。このため、終局荷重作用時では、変形適合ねじりモーメントに対する照査は一般的に省略しても良いことになっています。

したがって、変形適合ねじりモーメントを受ける部材の設計に当っては、部材のねじり抵抗を計算上期待しないことにより、ねじりモーメントに対する照査を省略しています。例えば、平成24年版の道路橋示方書ではT桁橋等の格子桁構造において、桁のねじり抵抗を無視した解析を行って部材を設計していました。



5.3.7 その他の照査*

- (1) 相反応力を生じる部材は、活荷重の増大に対して安全となるような配慮を行うものとし、死荷重(D)の荷重係数(γ_D)を1.0、活荷重(衝撃含む)(L)の荷重係数(γ_L)を1.3として設計する。ただし、死荷重(D)による応力が活荷重(L)による応力の30%より小さい場合、死荷重(D)を無視し、活荷重(衝撃含む)(L)のみ荷重係数(γ_L)を1.0として考慮する。
- (2) 局所的に集中荷重が作用する部材については、支圧応力を受ける部材として「道示 5.5.5、5.7.5、5.8.5」により、耐荷性能の照査を行うものとする。
- (3) コンクリート部材の接合部については、「道示 7章」により、部材どうしが連結され一体となる部材及び接合部について各々の限界状態1及び限界状態3又は限界状態2及び限界状態3の関係を明確にし、部材どうしが連結され一体となる部材が所要の機能を発揮することを確認する。

(出典) 道示 5.1.3, p.64, H29.11.
5.5.5, p.129, H29.11.
5.7.5, p.147, H29.11.
5.8.5, p.176, H29.11.
7.2, p.193, H29.11.

- (1) 相反応力部材における部材断面力や応力度は、「道示 式(解 5.1.1)」により算出する。

$$1.0(D + PS + CR + SH) + 1.3L$$

ただし、活荷重には衝撃の影響を含む

また、死荷重による応力が活荷重による応力の30%より小さい場合は、部材断面力や応力度は道示 式(解 5.1.2)により算出する。

$$1.0(L + PS + CR + SH)$$

ただし、活荷重に対しては衝撃の影響を含む

- (3) コンクリート部材における接合部には、同機能・同種の部材の連結及び異なる部材どうしの連結が含まれる。同機能・同種の部材の連結とは、2つ以上の棒部材や版部材相互の連結のことであり、例えば、プレキャストセグメント桁相互の連結やプレキャスト床版の連結等が該当する。異なる部材どうしの連結とは、主桁と横桁の接合部、ラーメン構造におけるはり柱の接合部や箱断面を有する棒部材におけるフランジとウェブの接合部等が該当する。

5.4 設計一般

本節は、主として JIS R 5210 に適合する普通ポルトランドセメント及び早強ポルトランドセメントを使用したコンクリート橋上部構造への適用を目的とする。

5.4.1 使用材料

(1) コンクリート

コンクリートに関する品質及び規格については、「道示 9.2」によるものとする。
コンクリートのヤング係数、クリープ係数及び乾燥収縮度については、「道示 4.2.3」によるものとする。

(2) 鉄筋

鉄筋は、S D345 を用いることを基本とする。ただし、連続ラーメン橋の接合部付近等において、降伏点の高い鉄筋を使用することが有利な場合、S D390 及び S D490 の使用を検討する。

鉄筋に関する品質及び規格については、「道示 9.1」によるものとする。

鉄筋のヤング係数については、「道示 4.2.2」によるものとする。

(3) PC鋼材

PC鋼材に関する品質及び規格については、「道示 9.1」によるものとする。

PC鋼材のヤング係数及びリラクセーション率については、「道示 4.2.2」によるものとする。

(4) グラウト

グラウトはコンクリート部材とPC鋼材を一体化する性能を確保するとともに、PC鋼材の腐食や付着に影響を及ぼさない性能を有するものとする。グラウト材はノンブリーディング型を使用するものとし、水セメント比が45%以下、材齢28日における圧縮強度が30 N/mm²以上とする。

(1) コンクリート橋に用いるコンクリートの設計基準強度は、工事共通仕様書等に基づき表5.4.1を標準とする。

設計基準強度が60 N/mm²を超え80 N/mm²までの高強度コンクリートを用いた場合のコンクリートのヤング係数は、場所打ちコンクリート部材以外の部材のうち、製造設備の整った工場又はこれと同等の施工条件が備わった現場近くのヤードで製作されるプレキャスト部材を前提としている。

(2) コンクリート橋に用いる鉄筋径は、コンクリートの充填性等を考慮して、対象とする部材断面の最小寸法の1/10～1/15程度を最大径とする。

(3) PC鋼材は原則として、経済性や市場性に問題がなく、設計上の利点を有する低リラクセーション品を使用する。ただし、防錆仕様のPC鋼材には、低リラクセーション品が無い種類があるため、市場性等を確認の上、使用する鋼材を選定する。

(4) 場所打ち桁の床版や横桁の横締めケーブルや場所打ちPC床版の横締めケーブルについては、施工の省力化及びグラウト充填の確実性を考慮し、プレグラウトPC鋼材の使用を標準とする。

ただし、現在市販されている製品は、1本ごとに定着されるPC鋼より線に限られていることや樹脂の硬化性状がコンクリート硬化時の温度に大きく影響を受けるタイプもあるため、これらの特性を考慮して採用することが必要である。

表 5.4.1 コンクリートの設計基準強度とその使用区分

設計基準強度	使用区分
$c_k = 80\text{N/mm}^2$ $c_k = 70\text{N/mm}^2$ $c_k = 60\text{N/mm}^2$	プレテンション方式T桁橋の主桁 プレテンション方式スラブ橋の主桁 工場製作のプレキャストセグメント工法によるポストテンション方式の主桁
$c_k = 50\text{N/mm}^2$	プレテンション方式T桁橋の主桁 プレテンション方式スラブ橋の主桁 工場製作のプレキャストセグメント工法によるポストテンション方式の主桁 PC板
$c_k = 40\text{N/mm}^2$	現場製作のポストテンション方式T桁橋の主桁 現場製作のプレキャストセグメント工法によるポストテンション方式の主桁 張出し架設を行うポストテンション方式場所打ち桁（箱桁橋） 押し出し架設を行うポストテンション方式場所打ち桁（箱桁橋）
$c_k = 36\text{N/mm}^2$	オールステージング施工によるポストテンション方式場所打ち桁 （中空床版橋、箱桁橋、斜材付き型ラーメン橋）
$c_k = 30\text{N/mm}^2$	プレテンション方式T桁橋の横桁および床版場所打ち部 プレテンション方式スラブ橋の場所打ち部（中埋めコンクリート） ポストテンション方式T桁橋の横桁および床版場所打ち部 ポストテンション方式合成桁橋（コンボ橋）の横桁および床版場所打ち部 プレキャスト桁架設方式連続桁橋の連結部、横桁および床版場所打ち部 伸縮装置後打ち部
$c_k = 24\text{N/mm}^2$	地覆、剛性防護柵（ただし、複合型防護柵の場合は $c_k = 30\text{ N/mm}^2$ ）
$c_k = 18\text{N/mm}^2$	勾配調整コンクリート、歩道部中詰めコンクリート

5.4.2 部材照査における制限値*

鉄筋コンクリート橋及びプレストレストコンクリート橋に対する耐荷性能や耐久性能の照査におけるコンクリート、PC鋼材及び鉄筋に関する制限値は、「道示 3.4.1、5.1.5、5.6.1、5.6.2、5.6.3、6.2.2、6.3.2」によるものとする。

- (1) 耐荷性能及び耐久性能の照査のうち、プレストレストコンクリート橋の限界状態1、コンクリート部材の疲労及びその他の前提条件におけるコンクリートの設計基準強度に応じたコンクリートの制限値を表5.4.2に示す。

表5.4.2 プレストレストコンクリート部材 照査時の制限値(コンクリート)

種 別		単位	コンクリート設計基準強度 (N/mm ²)						参 照		
			30	40	50	60	70	80			
曲げに対する制限値											
曲げ 圧縮 応力 度	施工時	プレストレッシング時	N/mm ²	16.6	22.5	28.4	34.2	40.2	46.1	道示Ⅲ 3.4.1((圧縮強度 ※/1.7) -1)	
	その他の 前提条件 耐久性 (内部鋼 材の防 食)	長方形断面	N/mm ²	12.0	15.0	17.0	19.0	23.0	27.0	道示Ⅲ 表-5.1.2	
		T形及び箱桁断面	N/mm ²	11.0	14.0	16.0	18.0	22.0	26.0		
	耐久性 (コンク リート部 材の疲 勞)	長方形断面	N/mm ²	12.0	15.0	17.0	19.0	23.0	27.0	道示Ⅲ 表-6.3.5	
		T形及び箱桁断面	N/mm ²	11.0	14.0	16.0	18.0	22.0	26.0		
	限界状態1	長方形 断面	永続・変動作用 支配状況	N/mm ²	18.0	22.5	25.5	28.5	34.5	40.5	道示Ⅲ 表-5.6.2
			相反応力	N/mm ²	18.0	22.5	25.5	28.5	34.5	40.5	
		T形及び 箱桁断 面	永続・変動作用 支配状況	N/mm ²	16.5	21.0	24.0	27.0	33.0	39.0	
			相反応力	N/mm ²	16.5	21.0	24.0	27.0	33.0	39.0	
	曲げ 引張 応力 度	施工時	プレストレッシング時	N/mm ²	-1.48	-1.79	-2.08	-2.35	-2.60	-2.84	道示Ⅲ 3.4.1 (引張強度※/1.5)
その他の前提条件・耐久性(内部鋼材の防食)		N/mm ²	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	道示Ⅲ 表-5.1.3 表-9.5.2		
耐久性(コンクリート部材の疲労)		N/mm ²	-1.2	-1.5	-1.8	-2.0	-2.0	-2.0	道示Ⅲ 表-6.3.6		
限界状態1		永続・変動作用支配状況	N/mm ²	-2.2	-2.7	-3.1	-3.5	-3.5	-3.5	道示Ⅲ 表-5.6.1	
		相反応力	N/mm ²	-2.2	-2.7	-3.1	-3.5	-3.5	-3.5		
付着応力度			N/mm ²	1.8	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	道示Ⅲ 表-5.2.5	
せん断に対する制限値											
施 工 時	プレ ス ト レ ッ シ ン グ 時	せん断のみ又はねじり モーメントのみを考慮	N/mm ²	0.70	0.92	1.12	1.30	1.48	1.64	道示Ⅲ 3.4.1((引 張強度※/2.2)- 0.3)	
		せん断とねじりモーメン トをともに考慮	N/mm ²	1.00	1.22	1.42	1.60	1.78	1.94	道示Ⅲ 3.4.1(引 張強度※/2.2)	
その 他 の 前 提 条 件 ・ 耐 久 性 (内 部 鋼 材 の 防 食)		せん断のみ又はねじり モーメントのみを考慮	N/mm ²	0.8	1.0	1.2	1.3	1.3	1.3	道示Ⅲ 表-5.1.3	
		せん断とねじりモーメン トをともに考慮	N/mm ²	1.1	1.3	1.5	1.6	1.6	1.6		
耐 久 性 (コ ン ク リ ー ト 部 材 の 疲 勞)		せん断のみ又はねじり モーメントのみを考慮	N/mm ²	1.7	2.0	2.3	2.5	2.5	2.5	道示Ⅲ 表-6.3.6	
		せん断とねじりモーメン トをともに考慮	N/mm ²	2.2	2.5	2.8	3.0	3.0	3.0		
限 界 状 態 1	永続・変 動荷重作 用時	せん断のみ又はねじり モーメントのみを考慮	N/mm ²	1.7	2.2	2.6	3.0	3.0	3.0	道示Ⅲ 表-5.6.3	
	相反応力	せん断とねじりモーメン トをともに考慮	N/mm ²	2.2	2.7	3.1	3.5	3.5	3.5		

※ 引張強度 σ_{ct} (N/mm²)

$$\sigma_{ct} = 0.23 \cdot \sigma_c^{2/3}$$

ここに、 σ_{ct} : コンクリートの引張強度
 σ_c : コンクリートの圧縮強度

(2) 耐荷性能及び耐久性能の照査のうち、プレストレストコンクリート橋の施工時(プレストレッシング時)内部鋼材の防食、コンクリート部材の疲労及びその他の前提条件におけるPC鋼材の種別に応じたPC鋼材の制限値を表5.4.3に示す。

表5.4.3 プレストレストコンクリート部材 照査時の制限値(PC鋼材)

種類	種 別		単位	施工時	その他の前提条件	耐久性	
	記号	呼び名		プレストレッシング時		内部鋼材の防食	コンクリート部材の疲労
鋼線	SWPR1AN	5 mm	N/mm ²	1,220	1,120	1,120	960
	SWPR1AL	7 mm	N/mm ²	1,170	1,050	1,050	900
	SWPD1AN	8 mm	N/mm ²	1,125	1,015	1,015	870
	SWPD1AL	9 mm	N/mm ²	1,080	980	980	840
	SWPR1BN	5 mm	N/mm ²	1,350	1,190	1,190	1,020
	SWPR1BL	7 mm	N/mm ²	1,260	1,120	1,120	960
		8 mm	N/mm ²	1,215	1,085	1,085	930
鋼より線	SWPR2N SWPR2L	2.9 mm、2本より	N/mm ²	1,530	1,365	1,365	1,170
		9.3 mm、7本より	N/mm ²	1,305	1,190	1,190	1,020
	SWPR7AN SWPR7BN	10.8 mm、7本より	N/mm ²	1,305	1,190	1,190	1,020
		12.4 mm、7本より	N/mm ²	1,305	1,190	1,190	1,020
		15.2 mm、7本より	N/mm ²	1,305	1,190	1,190	1,020
	SWPR7BN SWPR7BL	9.5 mm、7本より	N/mm ²	1,440	1,295	1,295	1,110
		11.1 mm、7本より	N/mm ²	1,440	1,295	1,295	1,110
		12.7 mm、7本より	N/mm ²	1,440	1,295	1,295	1,110
		15.2 mm、7本より	N/mm ²	1,440	1,295	1,295	1,110
	SWPR19N SWPR19L	17.8 mm、19本より	N/mm ²	1,440	1,295	1,295	1,110
		19.3 mm、19本より	N/mm ²	1,440	1,295	1,295	1,110
		20.3 mm、19本より	N/mm ²	1,440	1,260	1,260	1,080
		21.8 mm、19本より	N/mm ²	1,440	1,260	1,260	1,080
		28.6 mm、19本より	N/mm ²	1,440	1,260	1,260	1,080
鋼棒	A種 2号	SBPR785 / 1030	N/mm ²	706	667	667	588
	B種 1号	SBPR930	N/mm ²	837	756	756	648
	B種 2号	/1180	N/mm ²	837	790	790	697
参 照			---	道示Ⅲ 3.4.1 表-解 3.4.1	道示Ⅲ 5.1.5 表- 5.1.1	道示Ⅲ 6.2.2	道示Ⅲ 6.3.2 表- 6.3.4

(3) 耐久性の照査における内部鋼材の防食及びコンクリート部材の疲労に対する鉄筋の材質に応じた鉄筋の制限値を表5.4.4に示す。

表5.4.4 コンクリート部材 耐久性照査時の制限値(鉄筋)

種 別	単位	鉄筋の材質			参 照		
		SD345	SD390	SD490			
引張応力度	耐久性(内部鋼材の防食)	N/mm ²	100	100	100	道示Ⅲ 表-6.2.1	
	耐久性 (コンクリート 部材の疲労)	一般の部材	N/mm ²	180	180	180	道示Ⅲ 表-6.3.1
		床版を兼用 するフランジ	N/mm ²	120	120	120	道示Ⅲ 表-6.3.1

5.4.3 PC橋の設計計算

- (1) プレストレストコンクリート橋の設計は、前出の図5.3.4(b)に示すフローチャートによることを基本とし、耐荷性能、耐久性能及びその他使用目的との適合性の観点より上部構造に要求される性能を適切に設定し、これらを満足させるように行う。
- (2) プレストレスによるコンクリートの弾性変形量の算出とその弾性変形によるPC鋼材の引張応力度の減少量の算出に用いるコンクリートの弾性係数は、プレストレス時のコンクリートの圧縮強度に対する弾性係数を用いる。
- (3) コンクリートのクリープ及び乾燥収縮によるプレストレスの減少量を計算する場合のクリープ係数及び乾燥収縮度は、「道示 4.2.3」に示される値を標準とする。
- (4) PC鋼材の見かけのリラクゼーション率は、「道示 4.2.2」に示される値を標準とする。
- (5) PC鋼材定着時にセットロスを生じる定着工法においては、この影響によりPC鋼材に生じる引張応力度の減少を考慮しなければならない。
- (6) PC鋼材に生じる引張応力度は施工時(プレストレス時)、その他前提条件照査時及び耐久性能照査時に対して、各制限値以下であることを確かめなければならない。

- (1) PC橋の標準的な設計手順フローチャートを図5.3.4(b)に示す。
- (3) 「道示 4.2.3」に示されるコンクリートのクリープ係数及び乾燥収縮度を下表に示す。

表5.4.5 コンクリートのクリープ係数

持続荷重を載荷するときのコンクリート材齢		4~7日	14日	28日	90日	365日
クリープ係数	早強ポルトランドセメント使用	2.6	2.3	2.0	1.7	1.2
	普通ポルトランドセメント使用	2.8	2.5	2.2	1.9	1.4

(出典) 道示 4.2.3, 表-4.2.4, p.47, H29.11.

表5.4.6 コンクリート乾燥収縮度(普通及び早強ポルトランドセメント使用)

プレストレスを導入するときのコンクリートの材齢	4~7日	28日	90日	365日
乾燥収縮度(×10 ⁻⁵)	20	187	16	12

(出典) 道示 4.2.3, 表-4.2.5, p.47, H29.11.

- (4) 道示 4.2.2に示されるPC鋼材の見かけのリラクゼーション率を下表に示す。ここに、高温の影響を受ける場合とは、蒸気養生を行う場合又は部材上縁に配置されたPC鋼材の純かぶり(50 mm未満)で加熱混合型アスファルト舗装を行う場合とする。

表5.4.7 PC鋼材の見かけのリラクゼーション率(%)

PC鋼材の種類	規 格		備 考
	標準値	高温の影響を受ける場合	
PC鋼線	5	7	通常品
PC鋼より線	1.5	2.5	低リラクゼーション品
PC鋼棒	3	5	通常品

(出典) 道示 4.2.2, 表-4.2.2, p.45, H29.11.

5.4.4 構造細目*

- (1) コンクリート部材の最小部材厚は、「道示 5.2.1」による。
- (2) コンクリート部材に配置する最小鋼材量は、「道示 5.2.8、5.2.9」による。
- (3) コンクリート部材に配置される鋼材のかぶり、あき、鉄筋の定着長、鉄筋のフック・曲げ形状及び鉄筋の継手については、「道示 5.2.3、5.2.4、5.2.5、5.2.6、5.2.7」による。
- (4) PC鋼材の配置は、「道示 5.3.1」による。
- (5) PC鋼材の定着具の配置は「道示 5.3.2」により、部材の各部に所定のプレストレスが導入されるようにすると共に、部材に有害なひび割れが生じないように配置する。
- (6) PC鋼材の定着具付近は「道示 5.3.2」により、定着具からの作用力により定着具背面に生じる引張応力に対して、補強鉄筋等を配置することにより十分抵抗できる構造とする。
- (7) プレストレストコンクリート部材において断面に引張応力が生じる場合、「道示 5.3.3」により、引張応力に抵抗するための鉄筋を配置する。

- (1) 耐荷性能を確保するために求められる部材厚は、最小部材厚を満足したうえで、部材の拘束条件や部材への作用等を考慮して適切に定めることが必要である。

なお、床版や箱桁の下フランジ等、構造特有の事項として求められる部材の最小部材厚については、「道示」の関係する章の規定による。

- (2) 曲げモーメントに対しては、ひび割れと同時に引張鉄筋が降伏し急激に耐荷力を損失することのない最小鋼材量を配置する。ただし、棒部材では応力計算等により求められる必要鋼材量との比率以上の鋼材を配置する。

せん断力に対しては、最小鋼材量を満足すると共に、ひび割れ発生後にトラス理論による耐荷機構を成立させるため、有効高の1/2以下の間隔でスターラップを配置することも必要である。

- (3) 鋼材のかぶりは、コンクリートと鋼材の付着を確保し、鋼材の腐食を防ぎ、かつ、火災に対して鋼材を保護する等、耐久性を確保するために確実に「道示 5.2.3」に規定される最小かぶりを確保すると同時に、かぶりを厚くしすぎると表面ひび割れや剥落等の原因となるため、施工条件及び施工誤差を考慮して適なかぶりの値を確保する。

なお、かぶりに施工誤差等による余裕寸法を見込む場合、余裕寸法の値としては必要に応じて+10 mm とする。(参考：NEXCO 設計要領第二集 P.2-16, H27.7)

鋼材のあきは、部材断面内へコンクリートを確実に行きわたらせるために「道示 5.2.4」に規定される値を確保する。

鉄筋の定着長は、鉄筋に生じる応力度が応力度の制限値に達するまで、少なくともコンクリートから鉄筋が拔出さないことを基本に決定した長さを確保する。

鉄筋のフック・曲げ形状は鉄筋の降伏強度、破断強度又は必要な応力度まで鉄筋の端部が滑らず、想定する鉄筋の挙動が担保されるように決められた形状とする。

鉄筋継手長は、鉄筋に降伏強度以下にある引張応力が生じている状態で、鉄筋周辺のコンクリートによる付着力が引抜き力を上回るように定められたコンクリートの付着応力度の基本値に基づき求める。なお、鉄筋継手箇所では、継手の大きさや配置によってはコンクリートの充填性が低下することが想定されるため、継手の種類に関わらず継手の端部どうしを鉄筋径の25倍以上とすることが必要である。

(4) PC鋼材の配置は、PC鋼材引張力の摩擦損失が小さくなるように出来る限り直線に配置する。また、定着位置を一断面に集中させると、その断面に大きな局部引張応力が生じ、その断面が弱点となることが想定されるため、定着位置は一断面に集中させないようにする。

(5) 定着具付近の断面では、プレストレス力の局部集中等の影響により応力の乱れ、設計計算におけるプレストレス力が全断面で有効にならず、定着具付近から離れた断面の応力分布とは異なるので注意が必要であり、断面図心に近い位置や圧縮部コンクリートに定着することを標準とする。

また、定着具は桁のウェブに設けることを原則とするが、定着具付近のコンクリートに生じる局所的な応力が部材へ与える影響を小さくするように定着具を上フランジ下面、下フランジ上面、横桁への定着ではウェブ近傍付近に定着部を設けることやウェブ側面への定着ではウェブを拡幅する等、定着具付近の部材形状を適切に定めることが必要である。

(6) 定着具付近のコンクリートはプレストレスが集中するだけでなく、定着突起等によるコンクリート断面の急変により、過大な引張力やせん断力が作用する。そのため、過大な引張力やせん断力に対して部材の安全性や耐久性を確保するため、定着具付近ではPC鋼材のあきや配置間隔や最大鋼材径を考慮し、格子状の鉄筋や螺旋状の鉄筋を配置する。

(7) プレストレストコンクリート構造では、コンクリートに引張応力が生じ、かつ、全断面有効であると仮定して応力計算を行う場合、設定した有効断面の成立性を担保するため、不測の事態によってひび割れが生じた場合でも、応力状態がひび割れ発生前と大きく異なるないように適切に制御されていることが必要である。

コンクリートに発生する引張応力度が 3.5 N/mm^2 までは、下式により算出される引張鉄筋の断面積あるいは引張応力が生じる部分のコンクリート断面積の 0.5% のいずれか大きいほう以上の断面積となる引張鉄筋を配置する。

$$A_c = T_c / \sigma_{\text{max}}$$

ここに、 A_c : 引張鉄筋の断面積 (mm^2)

T_c : コンクリートに生じる引張応力の合力 (N)

σ_{max} : 引張鉄筋に負担させる引張応力度の最大値 (= 210 N/mm^2)

5.4.5 床版橋（コンクリート主版を用いた上部構造）*

（１） 適用の範囲

本項の規定はコンクリート版部材を主版とした上部構造において、床版の支間方向にPC鋼材が配置され、相対する2辺が自由で他の2辺が支持される床版橋の設計に適用する。

（２） 構造解析

床版橋の解析は支承条件、斜角及び異方性の有無等を考慮して版理論により行う。ただし、連続床版橋、ラーメン床版橋等の支持条件が複雑な場合あるいは、曲線橋及び斜橋等の場合には、格子理論や有限要素法等により解析するのがよい。

（３） 鉄筋の配置

橋軸方向及び橋軸直角方向の鉄筋の配置は、「道示 14.4.1(7)及び同解説(7)」による。

（４） PC鋼材の配置

橋軸方向及び橋軸直角方向のPC鋼材の配置は、「道示 14.4.1(8)及び同解説(8)」による。

(出典) 道示 14.1～14.4, p305～316, 29.11.

（１） 中空床版の適用について

重要路線における中空床版橋（ホロースラブ）において、床版の損傷事例が報告されている。床版が損傷を受ける原因として、

床版のコンクリート打設時にボイド管の浮上りを確認できなかったこと。

その結果、床版のかぶり厚が薄い部分が生じ、輪荷重による損傷を受け易くなったこと。

ボイド管内又は舗装下の損傷であるため、供用後も目視で点検できなかったこと等である。

しかし、中空床版橋は桁橋に比較して、桁高が低い構造であること、景観上優れた構造であること、等の利点がある。

よって、施工及び管理にあたっては下記の点に留意することを前提に、中空床版橋を採用して良いこととする。

コンクリート打設時のボイド管の浮き上がり防止対策を十分に行うとともに、所定の床版かぶり厚が確保されているかをチェックできるよう工夫する。

ボイド管内の滞水防止のため、各ボイドの低い側の端部に水抜き孔を確実に設置するとともに、供用後もファイバースコープ等によりボイド管内部の点検を適宜実施すること。

ボイド管直下部は、コンクリートの打設状況が直接確認できないため、下床版のボイド管直下への透明型枠の設置やボイド管本体に点検窓を設ける等の対策を施す。

（２） 版理論により支間方向の曲げモーメントを求め、PC鋼材を配置する場合、版をひとつの桁として考えた時に必要なプレストレス量を版各部の平均分配係数に応じて分配配置する。

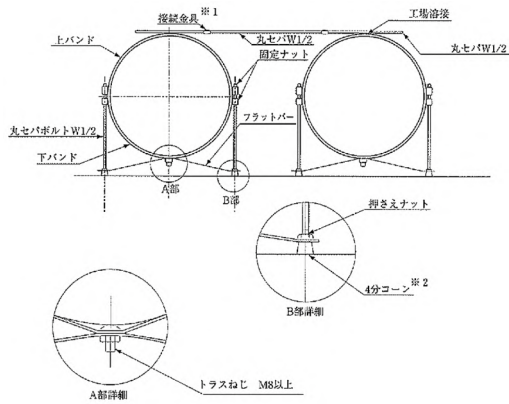
中空床版橋は厳密には異方性版として断面力を算出することになるが、コンクリート主版厚を250 mm以上とする中空床版橋については、等方性版として断面力を算出する。

ただし、等方性版としての前提が成立するように、主方向と横方向の剛性に大きな差が生じないようにすることが必要である。

片持部を有する中空床版橋は、片持部の曲げ剛性が主版部に比べ小さいため、有効幅を主版幅とし、片持部が主版部へ及ぼす影響は縁端荷重及び縁端モーメントとして考慮する。

(3) PC鋼材の配置

PC鋼材はボイド管の間(1ウェブ)あたりに2本以上配置することを基本とする。



作業手順

1. フラットバーと下バンドを止めボルトに取り付け円筒型枠を据え置く。
 2. 上バンドと下バンドをボルト・ナットにより所定の位置に固定する。
 3. 上バンドのセパボルトを接継金具と丸セパにより接続する。
- ※1 接継金具例：「ガチット(岡部製)」
 ※2 かぶり厚確保可能なコーン例：「CTコーン」および「セラミックスコーン」を使用する

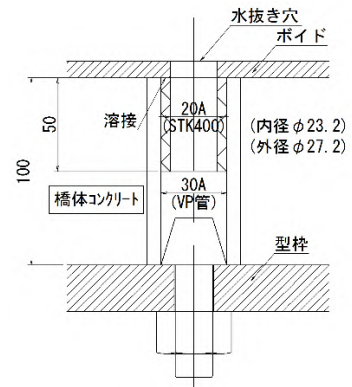


図5.4.1 ボイド管浮き上がり対策事例

(出典) 東北地方整備局：設計施工マニュアル[道路橋編], 図 5-84, p.5-82, H28.3.

図5.4.2 ボイド管水抜きパイプ参考事例

(出典) 東北地方整備局：設計施工マニュアル[道路橋編], 図 5-85, p.5-82, H28.3.

床版橋において構造解析は版あるいは格子理論が用いられるが、その他の形式においては以下に示す方法が用いられます。

一般的に採用される構造形式と構造解析理論及び解析理論の特徴等を表5.4.8に示す。

表5.4.8 一般的に適用される橋梁構造形式と構造解析理論の関係

構造モデル	該当する橋梁形式	設計で用いられる解析理論	解析理論の特徴、解析上の留意点
<p>版</p> 	<ul style="list-style-type: none"> 床版橋 中空床版橋 	<p>版理論に基づく方法</p> <ul style="list-style-type: none"> 等方性版 Olsen の方法等 直行異方性版 Guyon-Massonnet の方法等 斜版 Olsen, Nielsen, H. Vogt の方法等 <p>変位法による格子構造解析</p> <ul style="list-style-type: none"> 平面格子解析 <p>有限要素法</p> <ul style="list-style-type: none"> 版要素による解析 	<ul style="list-style-type: none"> 支間/幅員、斜角に制限があり、適用は一般に対称なものに限定される。 境界条件が比較的複雑な斜版や台形版に適用できる。床版橋の挙動を十分考慮してモデル化することが大切である。 任意の支承条件や荷重状態について解析できる。
<p>平面格子</p> 	<ul style="list-style-type: none"> T桁橋 多主桁箱桁橋 	<p>格子構造理論による解析</p> <p>[道示]によるT桁橋の簡易な荷重分配計算法</p> <p>変位法による格子構造解析</p>	<ul style="list-style-type: none"> T桁の荷重分配作用の考慮は、一般に Guyon-Massonnet の方法や [道示] の方法で行われていた。 活荷重に対する影響面載荷が容易にできる。
<p>平面骨組</p> 	<ul style="list-style-type: none"> 連続桁橋 ラーメン橋 アーチ橋 斜張橋 	<p>はり理論</p> <p>変位法による平面骨組構造解析 (面内、面外)</p>	<ul style="list-style-type: none"> 変位法による骨組解析は、任意の骨組形状・断面性能・荷重状態・支持条件について解析でき、便利である。
<p>立体骨組</p> 	<ul style="list-style-type: none"> 曲線桁橋 ラーメン橋 ビルツ橋 	<p>変位法による立体骨組構造解析</p> <p>格子構造解析と平面骨組構造解析の組合わせ</p> <p>曲げねじり理論</p>	<ul style="list-style-type: none"> 同上
<p>その他</p>	<ul style="list-style-type: none"> 局部応力の解析 	<p>有限要素法 (FEM)</p> <ul style="list-style-type: none"> 要素の種類： <ul style="list-style-type: none"> 平面応力・平面ひずみ、版、薄板、中実、梁、棒要素等 上記要素の組合せ 	<ul style="list-style-type: none"> 解析結果は選定した要素の種類 (自由度・変位関数) や要素分割等の影響を受ける。 FEM解析は一般的に局所的な応力解析に向き、特殊な場合を除き全体系の解析には用いられることは少ない。

5.4.6 T桁橋（プレストレストコンクリートT桁橋）*

(1) 適用の範囲

ここに示す規定は、2本以上の断面がT形をしたプレストレストコンクリート桁（PCT桁）を架設後、主桁間に現場打ちコンクリートを打設し、横締めPC鋼材により一体化を図った形式に適用する。

(2) 断面力の算出

T桁橋における主方向及び横方向の設計では、「道示 10.2.1」に基づき断面形状、幅員、支持条件等に応じて適切に有効断面を設定し、横方向の荷重分配及びねじり剛性効果を適切に評価できる解析理論及び解析モデルによって断面力を算出する。

床版に生じる曲げモーメントは、「道示 9.2.3」により算出する。

(3) 横方向の設計

床版や横桁等の横方向部材は、全てプレストレストコンクリート構造とする。

床版には永続作用支配状況及び変動作用支配状況ともに、曲げ引張応力度を生じさせてはならない。

横桁の設計に用いる活荷重は、主桁と同一のものとする。

(4) 主桁の構造細目

主桁に配置されるPC鋼材は、主桁端部に定着する。

(5) 床版の構造細目

床版の最小全厚は、160 mm以上とする。

(6) 横桁の構造細目

支点上には横桁を設けるとともに、1支間につき1箇所以上かつ15 m以下の間隔で中間横桁を設ける。

（出典）道示 10章， p.242～271，H29.11.

- (2) T桁の断面力は直線橋又は曲線橋の区別なく、活荷重が偏載荷される等によるねじりの影響を考慮することが必要であり、ねじりモーメントを考慮することが出来る解析理論及び解析モデルにより行う。

T桁の主方向の断面力を算出する場合、有効断面を適切に定義した主桁や横桁等の各部材を格子構造としてモデル化することで、各部材に生じる断面力を適切に評価することが出来るため、格子構造モデルとして断面力を算出するのがよい。

- (3) 床版の疲労に対する耐久性能を確保するため、コンクリートに曲げ引張応力度を生じさせないこととした。床版の疲労に対する耐久性能の照査は、「道示 9.5.1」に基づき行うものとし、この場合、断面力の算出にあたっては荷重係数(γ_q)等を考慮してはならない。

- (4) PC鋼材を主桁上面へ定着した場合、橋面からの雨水等の浸透によりPC鋼材定着部やPC鋼材に腐食等の損傷が生じ易いため、PC鋼材は主桁端部へ定着することとした。

主方向に配置するPC鋼材は、主桁1本あたり4本以上を配置する。

- (5) T桁の床版は横締めPC鋼材によりプレストレスが導入されるため、大型車交通量に対して床版厚を増加させる必要はないが、「道示 表-11.5.3」に規定する車道部分の最小全厚は、小数第1位を四捨五入して第1位まで求め、これを下回らないようにする必要がある。

PCT桁橋の床版場所打ち部の幅は、抜け落ちに対する配慮として施工性の許す限り出来るだけ小さくすることが望ましく、最大で750 mm程度以下としプレキャストT桁のフランジから重ね継手長以上突出した鉄筋(D13以上、ctc250 mm以下)により接合する。

床版の PC 鋼材及び鉄筋の配置は、「道示 11.2.8」及び「道示 9.2.5」による。

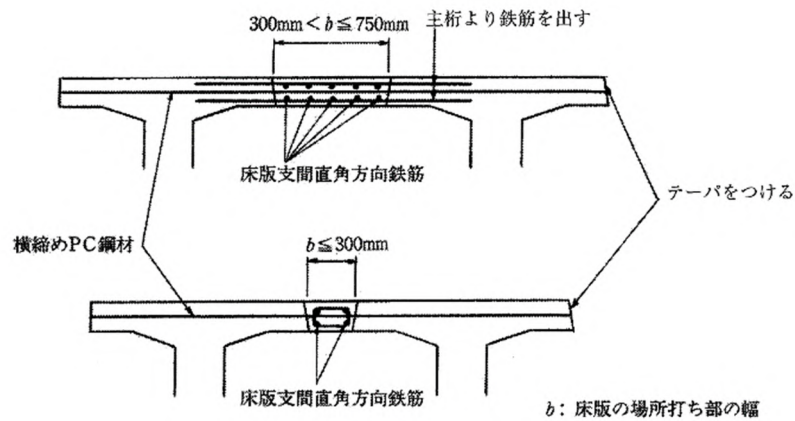


図 5.4.3 床版における場所打ち部の構造
(出典) 道示 9 章, 図-解 9.2.1, p.231, H29.11 .

(6) 横桁のウェブ厚 t は、以下のとおりとする。

$$t = 250 \text{ mm (横桁高: } h < 1500 \text{ mm)}$$

$$t = 300 \text{ mm (横桁高: } h \geq 1500 \text{ mm)}$$

斜角が 45° 以上の場合には、横桁は支承線に対して平行に設ける。また、斜角が 45° 未満の場合には、横桁は主桁に直角に設け、ねじりに対する十分な検討を行う。

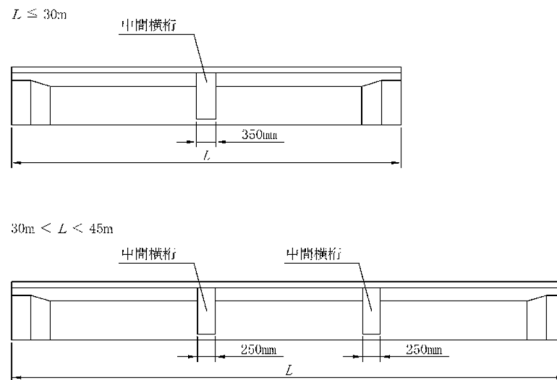


図 5.4.4 横桁の配置例

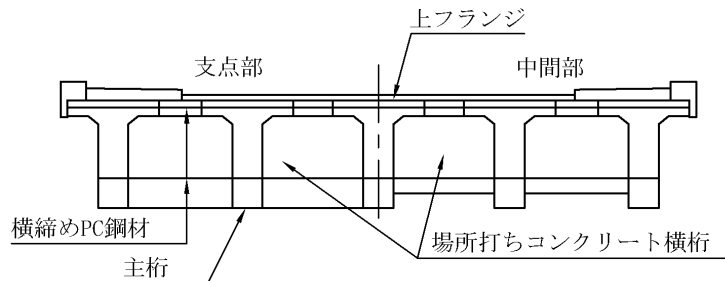


図 5.4.5 T 桁橋

(出典) コンクリート道路橋設計便覧, 図-13.1.1, p.238, H6.2 .

5.4.7 PC合成桁橋(PCコンボ橋)*

(1) 適用の範囲

本項に示す規定は、プレストレストコンクリート構造の主桁と床版(PC合成床版タイプ)がずれ止め鉄筋によって結合され、主桁と床版が一体となり荷重に抵抗する合成桁橋に適用する。以下、このタイプのPC合成桁橋をPCコンボ橋と称す。

(2) 設計一般

PCコンボ橋の設計では、施工段階ごとの構造系の変化を考慮した通常の合成桁構造としての設計を行うほかに、床版については、PC合成床版としての設計を行う。

(3) 構造解析

PCコンボ橋における主方向及び横方向の設計では、断面形状、幅員、支持条件等に応じて適切に有効断面を設定し、横方向の荷重分配及びねじり剛性効果を適切に評価できる解析理論及び解析モデルによって断面力を算出する。

(4) 主桁の設計

主桁と床版からなる合成断面は、合成後の永続作用支配状況及び変動作用支配状況の作用の組合せに対して、所要の安全性を確保する。

(5) 主桁と床版の接合部の設計

主桁と床版の接合部の設計は、接合面に生じるせん断力に対して接合部の所要の安全性を確保する。

(6) PC合成床版の設計

PC合成床版は、PC板と場所打ちコンクリートが一体となった合成断面で合成後の永続作用支配状況及び変動作用支配状況の作用の組合せに対して、所要の安全性を確保する。

(7) PC板の設計

PC板は、床版場所打ち部に対する型枠としての機能を満足するように設計する。

(8) 横桁の構造細目

横桁の配置は、T桁橋(プレストレストコンクリートT桁橋)に同じとする。

(出典) 道示 11章, p.272~284, H29.11.

(2) 合成桁構造は施工順序及び施工工程により、同一断面内の応力分布が異なる。したがって、施工段階ごとに応力度を算出して、断面の各部分について断面力を求めて合成応力度を求める。断面力の算出は、死荷重等に対して荷重係数等を考慮することになるが、作用に対する部材の状態を評価する場合には、荷重係数等を考慮せずに作用の影響を算出し、その値を特性値として扱い荷重係数等を与える必要がある。

(3) T桁と同様に断面力は直線橋又は曲線橋の区別なく、活荷重が偏載荷される等によるねじりの影響を考慮することが必要であり、ねじりモーメントを考慮することが出来る解析理論及び解析モデルにより行う。

主方向の断面力を算出する場合、有効断面を適切に定義した主桁や横桁等の各部材を格子構造としてモデル化することで、各部材に生じる断面力を適切に評価することが出来るため、格子構造モデルとして断面力を算出するのがよい。

(4) 合成桁構造として断面力に抵抗する床版の有効断面は、床版とプレキャスト桁が一体となる場所打ちコンクリート部分のみとする。

主方向に配置するPC鋼材は、主桁1本あたり4本以上を配置する。

(5) 主桁と床版の接合部の設計は、「道示 11.3」による。

主桁ウェブに配置されたスターラップ及びそれと同材質のずれ止め鉄筋は、主桁と床版の接合面の面積に対して「道示 式(11.3.3)」で求まる値以上かつ0.2%以上となるように配置し、主桁から接合面に垂直に突出させ、床版まで貫通させて十分な定着を行う。

$$p = \frac{\tau_b}{0.55 \cdot \sqrt{\sigma_{sy} \cdot \sigma_{ck}}}$$

ここに、 p ：接合面の面積に対するずれ止め鉄筋比

τ_b ：合成断面が曲げひび割れした状態での接合面のコンクリートに生じるせん断応力度 (N/mm²)

σ_{ck} ：プレキャスト桁又は床版コンクリートのうち設計基準強度 (N/mm²) の低い方の値

σ_{sy} ：鉄筋の降伏強度の特性値 (N/mm²)

(6) PC合成床版の厚さは、「道示 11.2.4 及び 11.5」に規定される床版の最小全厚による。また、等方性スラブとしての挙動を考慮し、PC床版の厚さは場所打ちコンクリートに配力鉄筋を配置し、PC板の1.5倍以上の厚さとする。

PC合成床版の厚さは、PC板と場所打ちコンクリートの合計の厚さとする。PC合成床版の施工時における前提条件として、PC板と場所打ちコンクリートの合成前死荷重に対して、PC板が抵抗するものとして算出した応力度が「道示 5章 表-解5.1.2」に規定される制限値を超えないことを確認する。

(7) PC板はプレテンション方式による工場製品とし、その厚さは70mm以上を標準とする。

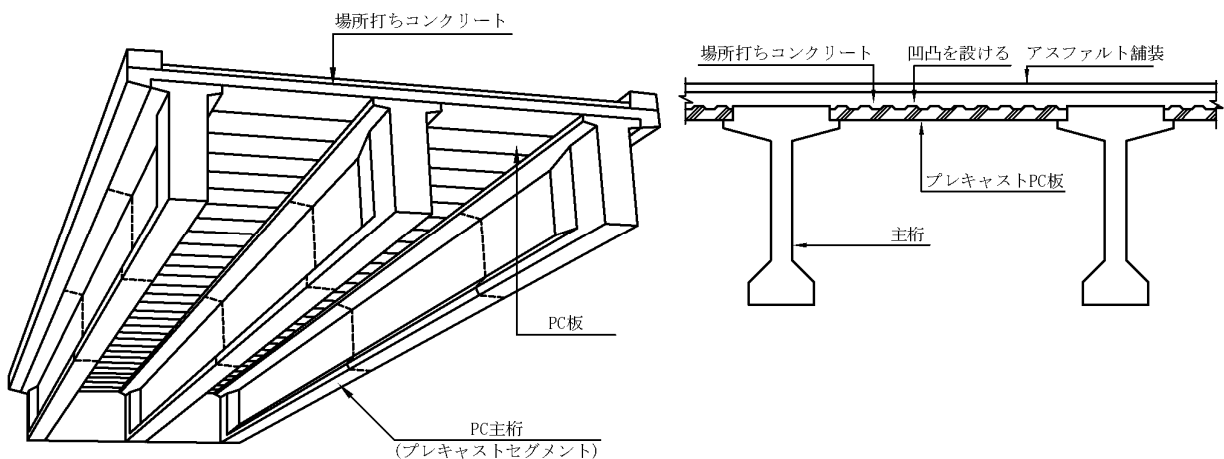


図5.4.6 PCコンボ橋

5.4.8 箱桁橋*

- (1) 本項に示す規定は、箱形断面のコンクリート部材を主桁とする桁橋に適用する。以下、この種の断面を有する桁橋を箱桁と称す。
- (2) 断面力の算出
箱桁橋における主方向及び横方向の設計では、「道示 10.2.1」に基づき断面形状、幅員、支持条件等に応じて適切に有効断面を設定し、横方向の荷重分配及びねじり剛性効果を適切に評価できる解析理論及び解析モデルによって断面力を算出する。
床版に生じる曲げモーメントは、「道示 9.2.3」により算出する。
- (3) 横方向の設計
横方向の設計は、「道示 10.2.1(4)」による。
- (4) 主桁の構造細目
箱桁の上フランジの最小厚さは、160 mm 以上とする。(「道示 9.2.4」)
箱桁の下フランジの最小厚さは、140 mm 以上とする。(「道示 10.3.3」)
箱桁のウェブの最小厚さは、250 mm 以上とする。(「本手引き 図 5.4.10」)
ただし、箱桁のウェブの厚さは、構造上必要となる断面耐力により決定する他、ウェブ内の鉄筋やPC鋼材の配置、定着具の配置及びコンクリート打設時のバイブレータの挿入スペース等を考慮して決定する。
下フランジ、横桁及び隔壁には維持管理の容易性と確実性に配慮した幅と高さを有するマンホールを設ける。

(出典) 道示 10章, p.242~271, H29.11.

- (2) 箱桁の断面力は、単一箱桁又は多重箱桁、直線橋または曲線橋の区別なく、活荷重が偏載荷される等によるねじりの影響を考慮することが必要であり、ねじりモーメントを考慮することが出来る解析理論及び解析モデルにより行う。
箱桁の主方向の断面力を算出する場合、適切に隔壁等を設けることで十分な断面剛性を有している場合には、箱形断面のはりとしてモデル化を行うことで主方向断面力を算出することが出来る。
ただし、部材に生じるねじりモーメントを考慮する必要があるため、箱桁を1本のはりでモデル化した場合でも、活荷重の偏載が考慮できるように、有効断面を適切に定義した主桁や横桁等の各部材を格子構造としてモデル化することで、各部材に生じる断面力を適切に評価することが出来るため、格子構造モデルとして断面力を算出するのがよい。
- (3) 下フランジ及びウェブの断面力、応力及び抵抗の特性値は、橋軸方向に1 mの奥行きを有する箱形ラーメン構造にモデル化して算出する。
この場合、活荷重による曲げモーメントは、上フランジについては、「道示 表-9.2.1」により求める。また、ウェブ及び下フランジについては、「道示 表-9.2.1」により求めた片持版と連続版の支点曲げモーメントを別々に外力モーメントとして箱形ラーメン構造に作用させ、それぞれの着目点に対して最も不利となる組合せを考慮する。
なお、上フランジにプレストレスを導入する場合は、プレストレス力による不静定力の影響を考慮する。
桁高変化がある箱断面の下フランジにPC鋼材を配置する場合、プレストレスの鉛直分力による腹圧の影響により腹圧力が作用するため、作用の組合せやその係数を適切に考慮して、その影響について十分に検討を行ったうえで、十分な厚さと鉄筋を配置しフランジに生じるひび割れを抑制する。

主方向がプレストレストコンクリート構造である箱桁の横方向の設計では、下フランジに腹圧力が作用する場合、鉄筋に生じる応力度の制限値は表 5.4.9 のとおりとする。

表 5.4.9 箱桁横方向設計における鉄筋の引張応力度の制限値 (N/mm²)

	SD345	SD390	SD490
箱桁断面の横方向設計における鉄筋コンクリート構造の下フランジ	160		

(出典) 道示 9章, p.253, 表-10.3.1, H29.11.

(4) 箱桁のウェブとフランジには、ねじりモーメントに対して十分な抵抗力が発揮できるような構造とするため、下記のような構造とする。

箱桁のウェブとフランジの接合部には、適切にハンチを設ける。

箱桁のウェブの橋軸方向と下フランジ上下面の橋軸方向及び橋軸直角方向には、D13以上の鉄筋を 250 mm 以下の間隔でコンクリート表面付近に配置する。

箱桁を主桁として用いる場合には、支点上及び 1 支間に 1 箇所以上の隔壁を設ける。

箱桁の上フランジ、下フランジ及びウェブの部材寸法は、配置される鋼材を考慮して決定する。

下図に上フランジ、下フランジ及びウェブについて鋼材配置を考慮した部材厚の参考事例を示す。

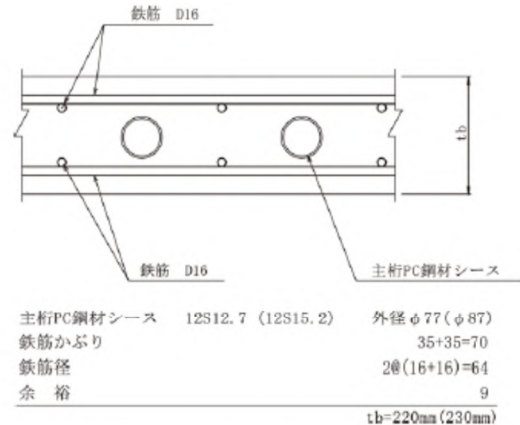
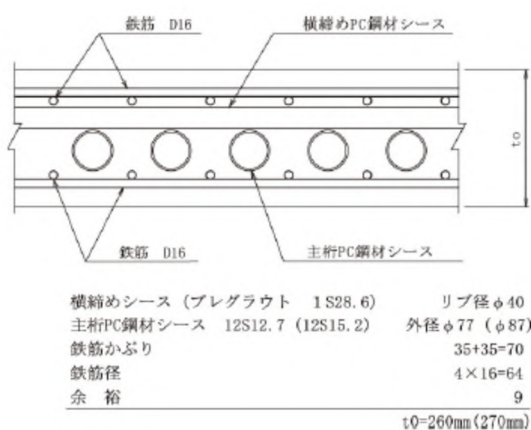


図 5.4.8 下フランジ厚の事例

図 5.4.7 上フランジ厚の事例

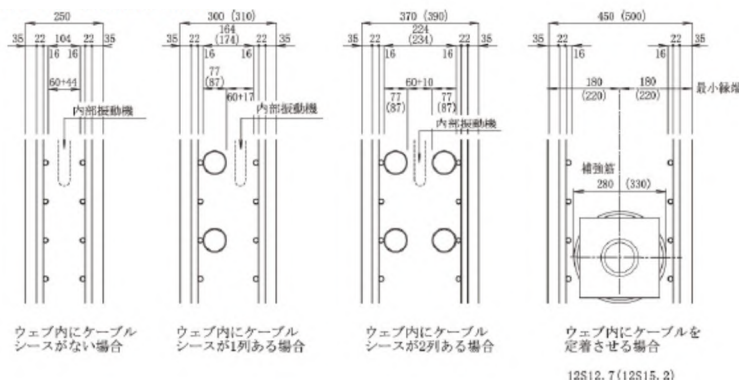


図 5.4.9 ウェブ厚の事例

(出典) カンチレバー技術研究会: カンチレバー工法技術資料, 図 2.4.3, 図 2.4.7, 図 2.4.9, p.15 ~ 18, H25.3.

主方向に配置する PC 鋼材は、1 ウェブあたり 5 本以上を配置することを基本とする。

ただし、張出し式架設工法により架設を行う PC 箱桁橋は、乾燥収縮の影響やプレストレス導入時にプレストレス力による変形が拘束されることにより生じる 2 次力により負の曲げモーメントが卓越するため、設計計算により求まる必要本数をプレストレスが部材に均等に分布するように配置する。

箱桁の下フランジ、横桁及び隔壁には主桁本体の維持管理に必要となるマンホール（開口部）を設ける。

設置するマンホールは下図に示す形状程度を基本とし、箱桁の桁高、上下床版の部材厚及び維持管理の容易性や確実性を考慮し、維持管理作業時に必要となる機材等の大きさを考慮して決定する。

なお、マンホールを設けることにより配置できなくなった鉄筋は、マンホール周辺に配置するとともに、マンホールの隅に対して用心鉄筋を配置して十分に定着する。

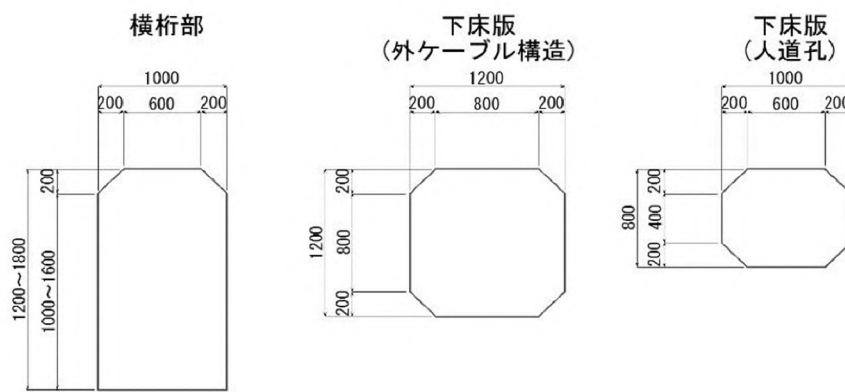


図 5.4.10 マンホール形状の事例

また、箱桁の最小桁高は、交差条件等による桁下に制約を受けない場合、維持管理の容易性と確実性より、点検時等における桁内通行の容易性に配慮した桁高として 2.5 m 程度とする。

5.4.9 プレキャスト桁架設方式連続桁橋（連結桁橋）*

(1) 適用の範囲

本項の規定は、予め製作したプレキャスト主桁を単純桁として架設し、その後に中間支点上で架設した単純桁を連結し、連続桁構造としたプレストレストコンクリート連続桁橋とする場合に適用する。

(2) 使用材料

主桁のコンクリート設計基準強度は、以下を標準とする。

プレテンション桁 50 N/mm²

ポストテンション桁 40 N/mm²（現場打ち）

50 N/mm²（工場製作のプレキャストセグメント）

連結部の場所打ちコンクリートの設計基準強度は、30 N/mm²とする。

使用する鉄筋の材質は、SD345 とする。

使用するPC鋼材は、「道示 9.1」に示される鋼材とする。

(3) 設計一般

断面力の算出は主桁自重、横桁及び床版自重については単純桁として、橋面工重量、活荷重及び衝撃については連続桁として、「道示 10.2.1」に基づき断面形状、幅員、支持条件等に応じて適切に有効断面を設定し、横方向の荷重分配及びねじり剛性効果を適切に評価できる解析理論及び解析モデルによって断面力を算出する。

連続桁の解析モデルは、中間支点上が2点でバネ支持されることを考慮し、中間支点上に生じる負の曲げモーメントは、低減を行わない。

(4) 連結部の設計

連結部の設計断面は、図5.4.11に示す横桁中心位置の断面(B-B)、横桁前面(A-A、C-C)の断面とする。

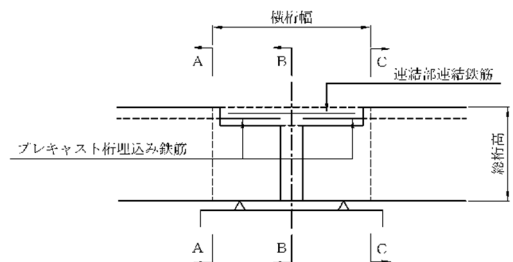


図5.4.11 連結部の設計断面

（出典）コンクリート道路橋設計
便覧 ,p.307 ,図-15.3.5 ,H6.2.

(5) 連結部の構造細目

連結桁橋の中間支点は、支点部を鉄筋コンクリート構造で連結する場合には2支点形式とする。

連結部の桁端の間隔は200 mmを標準とする。

横桁の幅は、プレテンション方式T桁の場合には、床版切欠き長+100 mm、プレテンション方式スラブ橋桁の場合には、床版切欠き長+400 mm、ポストテンション方式桁の場合には、桁高と同じ長さ以上とする。

横桁には、主桁を縫う形でPC鋼材を配置し、導入するプレストレス量は横桁断面（横桁幅×総桁高）に対してプレテンション方式桁の場合には1.0 N/mm²以上、ポストテンション方式桁の場合には1.5 N/mm²以上とする。

部材の連結のために接合部に配置する埋込み鉄筋と連結鉄筋の重ね継手長は、「道示 5.2.7」に従って算出し、かつ鉄筋径の25倍以上とする。

(1) 連結桁橋はプレキャスト桁を単純桁として架設し、中間支点上で場所打ちコンクリートを用いて橋軸方向にRCあるいはPC構造で連結し、連続桁とする構造形式である。

連結桁橋は、一般的な連続桁橋に比べ適用支間が制限される反面、施工が比較的簡単で工期も短く、施工時に桁下の地形や交差物件等の制約を受けにくいという特徴がある。

主桁の断面力は、連結前に作用する荷重（主桁自重、横桁、床版、間詰めコンクリート、連結部の自重）は単純桁として、連結後に作用する荷重（地覆、高欄、舗装、活荷重、構造系変化に伴うコンクリートのクリープ・乾燥収縮による不静定力、温度変化の影響）は連続桁として算出する。

- (3) 主桁の断面力は、連結前に作用する荷重（主桁自重、横桁、床版、間詰めコンクリート、連結部の自重）は単純桁として、連結後に作用する荷重（地覆、高欄、舗装、活荷重、構造系変化に伴うコンクリートのクリープ・乾燥収縮による不静定力、温度変化の影響）は連続桁として算出する。

プレキャスト桁の断面力は直線橋又は曲線橋の区別なく、活荷重が偏載荷される等によるねじりの影響を考慮することが必要であり、ねじりモーメントを考慮することが出来る解析理論及び解析モデルにより行う。

プレキャスト桁の主方向の断面力を算出する場合、有効断面を適切に定義した主桁や横桁等の各部材を格子構造としてモデル化することで、各部材に生じる断面力を適切に評価することが出来るため、格子構造モデルとして断面力を算出するのがよい。

格子構造モデルにより断面力を算出する場合、中間支点上は2点でバネ支持されるモデルとするが、連結後における主桁の挙動が1点支持に近い支持条件となるように、下記に示す鉛直バネ定数をもつゴム支承を用いる。

プレテンション方式桁 280 kN/mm 以下

ポストテンション方式桁 800 kN/mm 以下

上記のような性能を有するゴム支承を用いた場合においても、中間支点上は2点支持となるため、主桁断面に均一な応力が生じると見なせないため、中間支点上に生じる負の曲げモーメントは「道示 10.5.2」の記述によらず低減を行わない。

- (4) 連結部に作用する曲げモーメントに対しては、一般に横桁中心位置の断面 B-B で照査することで問題ないが、断面 A-A 及び C-C では、連結後に作用する負の曲げモーメントによりプレキャスト桁の下縁に圧縮応力が生じる場合があるため、これについても照査する。
- (5) 連結部の構造細目は、「道示 16.5」による。

横桁幅は、横桁を介して主桁の連続性を確保することが必要であるため、プレテンション方式桁は床版の切欠き部を完全に包括するものとし、ポストテンション方式桁は主桁高と同程度の長さとした。

連結部に配置される連結鉄筋の重ね継手は、中間支点が2点支持であり、かつ主桁が剛な横桁で橋軸方向に連結されていることから、この範囲内で重ね継手を同一断面に集中して配置してもよい。

接合部としての要求性能を満足し、耐久性能の設計における疲労の影響の照査においては、横桁の橋軸直角方向へプレストレスを導入し、埋込み鉄筋と連結鉄筋の重ね継手長を所定の継手長を確保した場合、鉄筋に生じる応力度の制限値は 160 N/mm^2 とする。

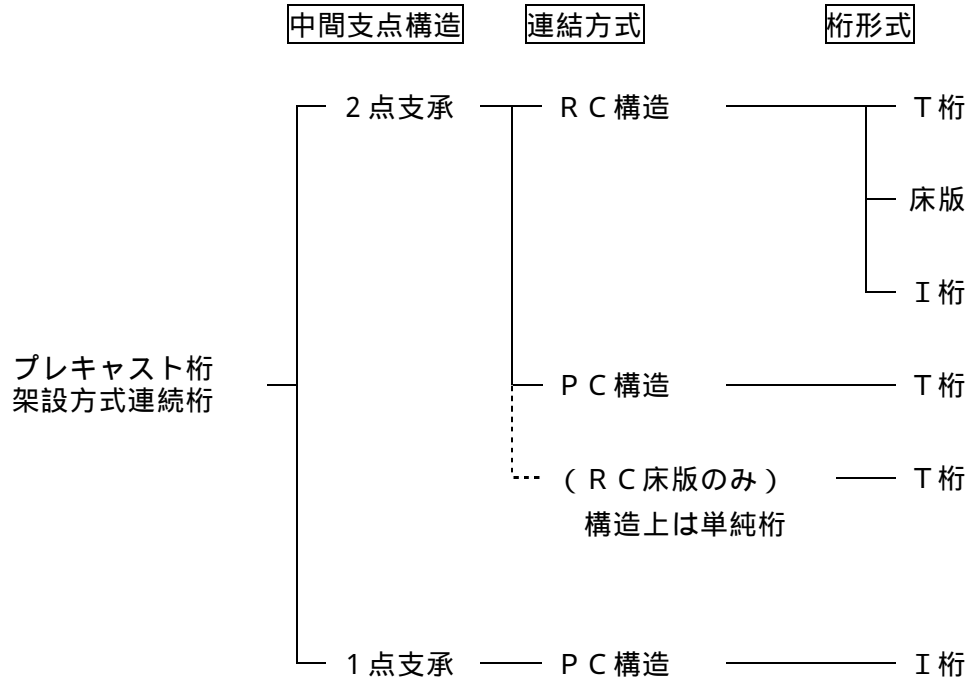


図 5.4.1.2 プレキャスト桁架設方式連続桁の連結方法
(出典) コンクリート道路橋設計便覧, 図-15.3.1, p.303, H6.2.

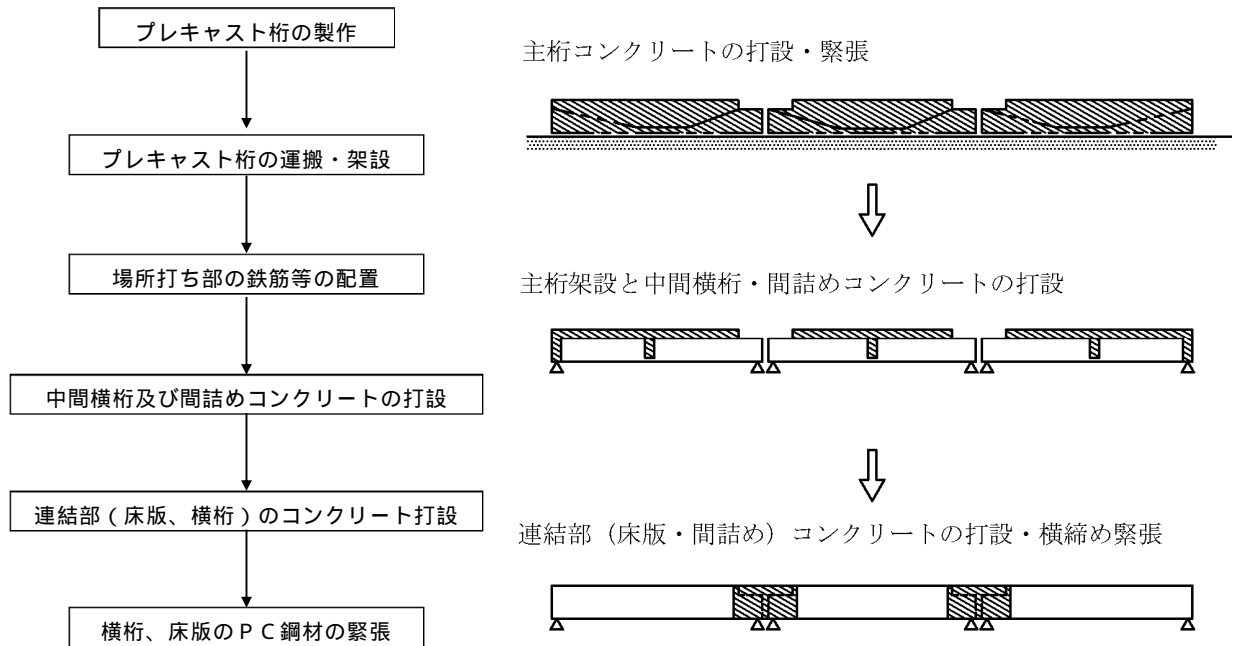


図 5.4.1.3 R C 連結方式の T 桁橋の施工手順例
(出典) コンクリート道路橋設計便覧, p.304, 図-15.3.2, H6.2.

5.4.10 外ケーブル構造*

(1) 適用の範囲

本項は、主桁コンクリートの外部に防錆処理を施したPC鋼材を配置して主桁にプレストレスを与えた外ケーブル構造の設計に適用する。

(2) 設計一般

外ケーブル構造は、外ケーブルとコンクリートとの平面保持の仮定が成立しないこと及び部材の変形に伴い外ケーブルの偏心が変化する等、外ケーブルの構造特性を考慮して設計する。

(3) 構造細目

外ケーブル定着部及び偏向部は、ケーブルの張力やケーブルが偏向することにより生じる局部応力に対して、鉄筋やPC鋼材により補強する等により十分な剛性を確保した構造とする。

(出典) 道示 13章, p.293~304, H29.11.

(1) 外ケーブル構造を用いたPC橋の特徴は、以下のようなものが考えられる。

- 1) PC鋼材をコンクリート部材の外側へ配置するため、コンクリートの部材厚を小さくすることができ、自重の低減が可能である。
- 2) コンクリート部材内のPC鋼材が少なくコンクリート打設が容易であり、施工性の向上や工期の短縮が可能となる。
- 3) コンクリート部材の外へPC鋼材を配置するため、太径の大容量のPC鋼材の使用が可能である。
- 4) コンクリート部材の外にPC鋼材が配置されているため、補修等の作業が容易である。
- 5) 外ケーブル構造に対する維持管理の手法が明確に定まっていない。

(2) PC箱桁橋へ外ケーブル構造を適用する場合、外ケーブル構造の特性を踏まえて、内ケーブル構造との併用とする。

外ケーブルと内ケーブルを併用する場合、各々の比率はその効果が十分に得られるように設定するとともに、将来の耐久性にも配慮することが必要である。

外ケーブルと内ケーブルの比率の設定例を以下に示すが、張出し架設工法により架設されるPC箱桁では、架設時荷重を内ケーブル構造、後死荷重や活荷重を外ケーブル構造としている事例が多い。

- ・ 全て外ケーブル構造とする場合
- ・ 配置可能な範囲で外ケーブルを最大限配置し、その他を内ケーブルで負担する場合
- ・ 永続作用となる荷重を内ケーブル、変動作用となる荷重を外ケーブルで負担する場合
- ・ 架設時に必要となる分を内ケーブル、その他を外ケーブルとして負担する場合
- ・ 上フランジ及び下フランジに内ケーブルを配置し、その他を外ケーブルとして負担する場合

外ケーブル構造は、コンクリート断面で仮定する平面保持の仮定が成立しないことや部材の変形に伴い偏心量が変化する等の特徴を有するが、桁高の範囲内に外ケーブルを配置した桁橋では、外ケーブルの偏心量が変化する影響は一般的に小さいため、これらを見逃した方法を用いてもよい。

大偏心外ケーブル構造の場合、外ケーブルと主桁との平面保持の仮定が大きく異なり、ケーブルに作用する変動応力を適切に算出するため、外ケーブルを独立した部材として取り扱う等の方法を用いる。

(3) 偏向部の構造としては隔壁形式、リブ形式及び突起形式が用いられており、外ケーブル構造に見合った適切な構造を選定する。

なお、突起形式は偏向力を主桁に円滑に伝達するという観点より、あまり好ましくない形状であるため、偏向力が小さい場合以外には使用しない。

また、主桁補強等の実施を想定し、偏向部には予備孔を設けて将来的に PC 鋼材の配置・再緊張が可能な構造とする。

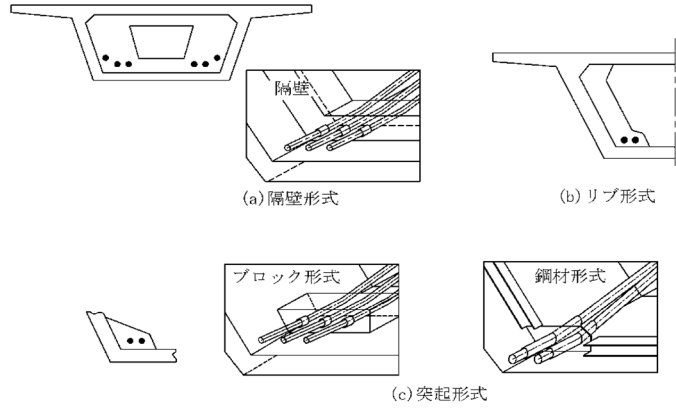


図 5.4.14 偏向部の構造形式

T_1	偏向具外側に発生する 局部引張力
T_2	偏向具内側に発生する 割裂力
T_3 (隔壁形式のみ)	偏向具隔壁に発生する 水平方向の引張力
T_4	床版に発生する引張力
T_5	偏向具隔壁に発生する せん断応力 (斜引張応力)

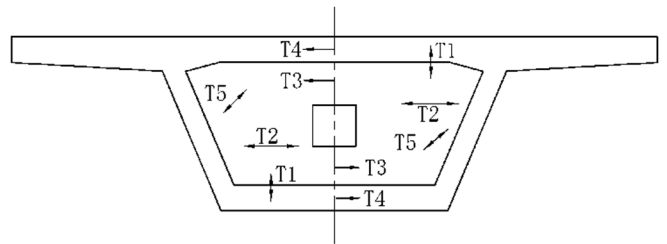


図 5.4.15 偏向部に発生する断面力

(出典)東・中・西日本高速道路(株):設計要領第二集,図 8-2-8,P.8-19,H28.8.

5.5 コンクリート橋の道路線形への対応

5.5.1 平面線形への対応*

- (1) プレキャスト桁の平面曲線部での対応は、外桁の場所打ち張り出し床版の長さを変化させることにより曲線形状を処理する。張り出し長が短い場合はRC構造とし、張り出し床版長が長い場合や輪荷重が作用する場合は、横締めPC鋼材を張り出し床版端部まで延長したPC構造とする。
- (2) 場所打ち桁（曲線桁）は、支保工上で施工できるため、平面線形に合わせた形状とする事が容易であるが、ねじり剛度が大きい断面形状とする必要がある。

- (1) プレキャスト桁は、製作上の問題や架設上の安全性より、曲線桁の製作が困難であり直線桁で製作されるため、場所打ち張り出し床版部による平面線形への対応が必要となる。

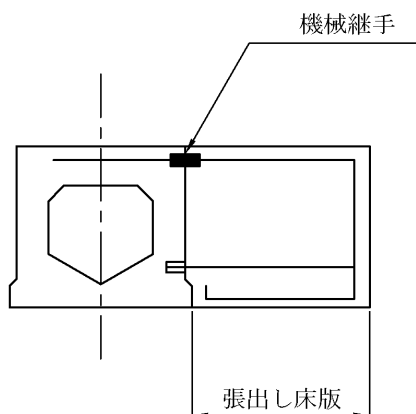


図5.5.1 プレテンション床版橋の対処例

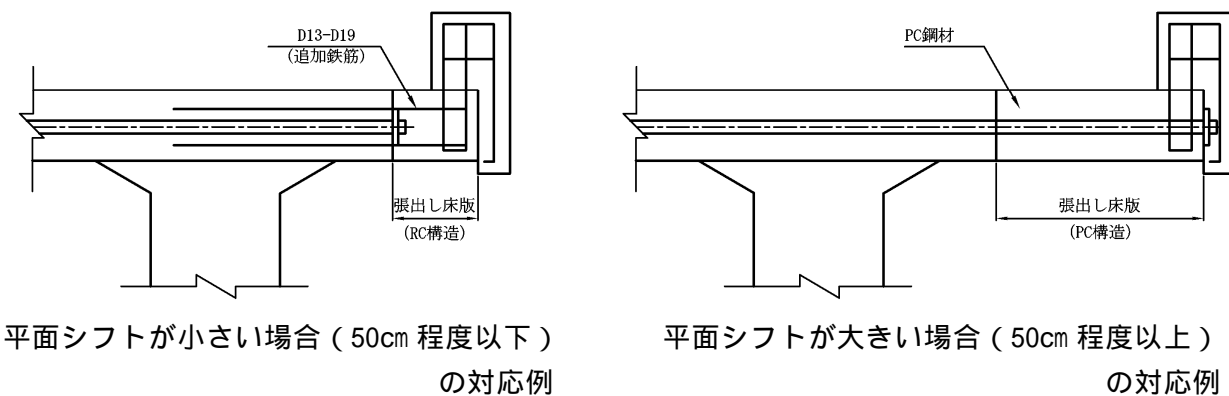


図5.5.2 T桁橋の対処例

(出典)コンクリート道路橋設計便覧, 図-13.1.3, 図-13.1.4, p.241, H6.2.

- (2) 場所打ち桁としては、横方向剛性の大きい中空床版橋やねじり剛性の大きい箱桁橋が採用される。

曲率の大きい橋の場合には、支承を用いる構造よりも構造剛性の高いラーメン構造の方が好ましい。又、連続桁構造とする場合には、変形方向の自由度の大きい支承を使用するのがよい。

5.5.2 縦断線形への対応*

プレテンション桁橋やポストテンション桁橋には、一般にゴム支承が採用されるので、縦断勾配への対処方法としては、ゴム支承を水平に据え付け、主桁の支承接触面が水平になるようにレアーを付けて据え付けることを原則とする。

主桁が縦断勾配により傾斜している場合には、支承が水平に据え付けられ、反力が垂直に伝わるよう調節するのが原則であることから、主桁に縦断勾配がある場合は、主桁端部における支承接触面にレアーと称する勾配調整コンクリートを付けて水平に据え付けることとした。

なお、レアーの材質は主桁のコンクリート強度と同じ材質を用いる。

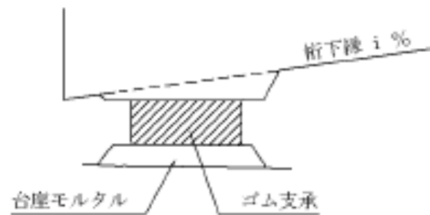


図 5.5.3 縦断勾配へのゴム支承の据え付け方法

(出典) 東北地方整備局：設計施工マニュアル[道路橋編]，図 5-32，P.5-42，H28 年 3 月．

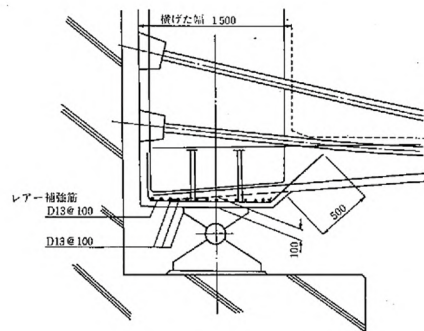


図 5.5.4 レアーの補強例

(出典) コンクリート道路橋設計便覧，図-10.4.5，p.208，H6.2．

5.5.3 横断勾配への対応*

横断勾配への対処方法としては、それぞれの主桁形状と横断勾配により対処方法が異なるので、適切な方法を選択する必要がある。

(1) プレテンション床版橋

1) 橋面調整コンクリートで処理する方法

横断勾配が小さい場合や規模が小さい橋梁の場合、主桁を傾けると下部構造形状が煩雑となるため、主桁を水平に据え付け、橋面調整コンクリートあるいは舗装厚で処理する。

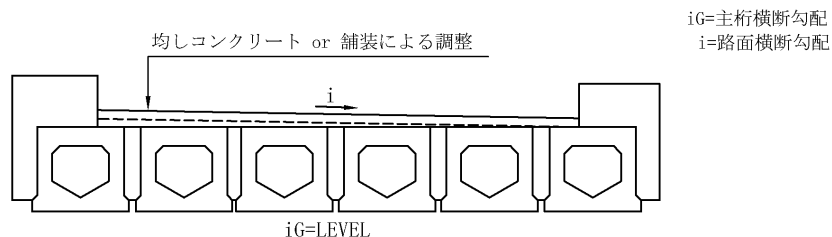


図 5.5.5 橋面調整コンクリートによる処理

(出典)(社)プレストレスト・コンクリート建設業協会：

PC 道路橋計画マニュアル，図-7.1.3，p.222，H19.10．

2) 主桁を傾斜させ処理する方法

橋面調整コンクリート等による調整量が大きく、死荷重増加による影響が比較的大きい場合は、主桁を傾けて据え付け、調整量を低減する方法がとられている。

しかし、横断勾配が4%を上回る場合には4%まで主桁を傾け、残りの勾配分は、橋面調整コンクリートあるいは舗装厚で調整する。なお、橋面調整コンクリートの最小厚さは、50 mmとする。

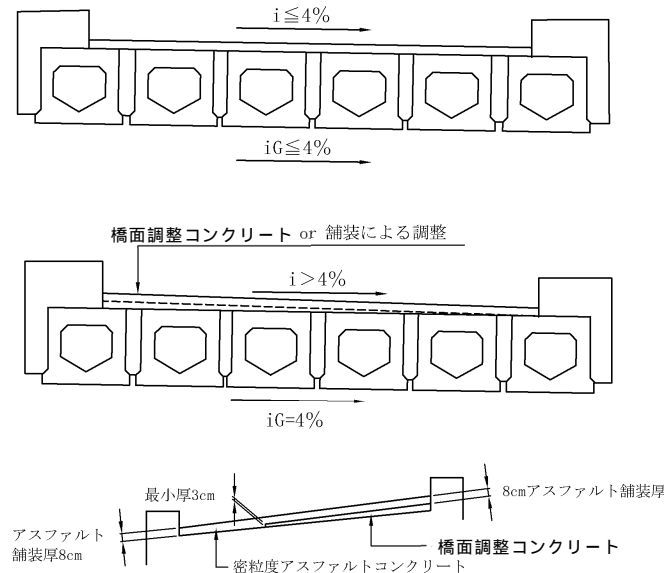


図 5.5.6 主桁を傾けた処理方法

(出典)(社)プレストレスト・コンクリート建設業協会：
PC 道路橋計画マニュアル，図-7.1.4，p.222，H19.10.

(2) プレテンションT桁橋・ポストテンションT桁橋

架設時の安全性を考慮し、主桁を鉛直に据え付けるため、勾配の程度によって下記のような処理を行う必要がある。

1) プレテンションT桁橋(片勾配)

下部構造を4%まで傾斜させるものとし、沓座モルタルをレベルに施工する。

横断勾配が4%までの場合は、主桁の上フランジを横断方向に4%まで余盛りし、横断勾配が4%を超える場合は、橋面調整コンクリート及び舗装で調整する。

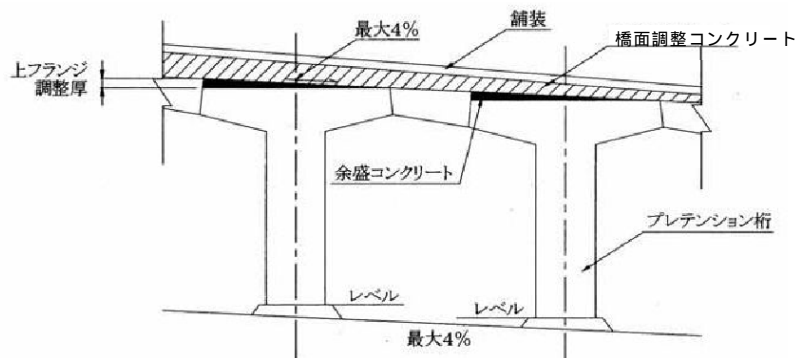


図 5.5.7 プレテンションT桁橋(片勾配)の対処方法例

(出典)コンクリート道路橋設計便覧，図-13.1.5，p.242，H6.2.

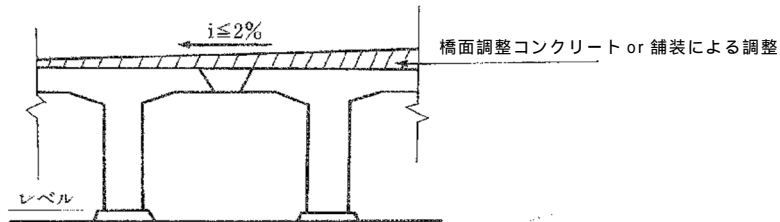
2) ポストテンションT桁橋（片勾配）

下部構造を4%まで傾斜させるものとし、沓座モルタルをレベルに施工する。

横断勾配が2%までの場合は、橋面調整コンクリートにて対処し、2%を超える場合は、2%までを桁の余盛りにて対処し、残りを橋面調整コンクリートにて調整する。

ただし、死荷重増加による影響が比較的大きい場合には、フランジを傾ける方法に置き換えることができる。

i) 横断勾配 $i \leq 2\%$ の場合



ii) 横断勾配 $i > 2\%$ の場合

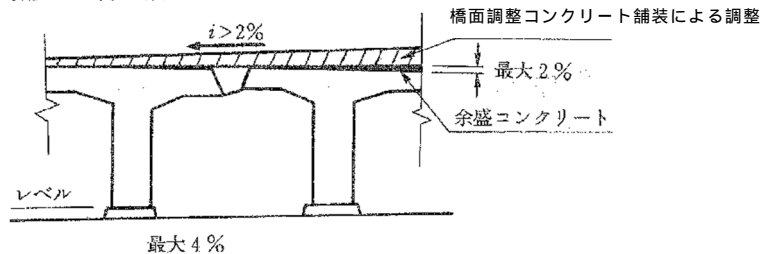


図5.5.8 ポストテンションT桁橋（片勾配）の対処方法例

（出典）「コンクリート道路橋設計便覧，図-13.1.5，p.242，H6.2 .」に加筆

3) プレテンションT桁橋、ポストテンションT桁橋（両勾配）

プレテンションT桁橋、ポストテンションT桁橋とも、ウェブは鉛直に据付け、横断勾配は橋面調整コンクリートにより対処するものとし、橋面調整コンクリートの最小厚は50mmとする。

なお、橋梁内で横断勾配が変化する場合等、橋面調整コンクリート端部は橋面からの浸透水が溜まり橋面舗装へ損傷が生じることがあるが、このような場合には基層と同等以上のレベリング舗装による対処や輪荷重に対して潰れにくい導水パイプの配置等を考慮する。

歩車道境界部に導水パイプを設置する場合、歩車道の舗装に際しては、排水処理に十分な注意が必要である。対策としては、以下が挙げられる。

- ・床版コンクリートと調整コンクリートの一体打設
- ・舗装材による調整（改質 - W型（耐水型）の活用など）

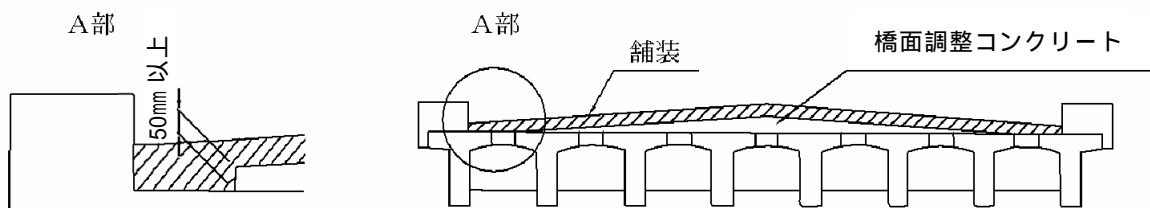


図5.5.9 両勾配の対処方法例

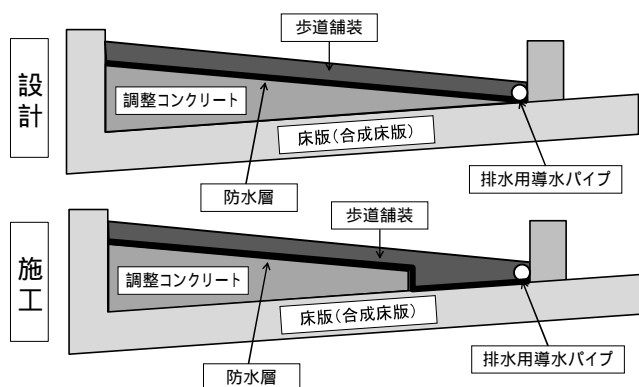
新橋の歩道部に調整コンクリートを打設した工事において、供用後間もない時期にクラック等の不具合が発生した事例があります。これは、床版コンクリートと逆勾配とするための調整コンクリートを打設する際に、うまく水処理ができなかったものです。

この事例では、床版（合成床版）は歩車道境界側から地覆側の方向に傾斜する勾配でしたが、床版上に逆勾配の歩道間詰コンクリートを敷設することにより、歩道部の舗装表面等の雨水を歩車道境界付近に誘導し排水用導水パイプにて処理する計画でした（上段図参照）。

しかしながら、施工時に調整コンクリートと床版コンクリートが別施工であったため、調整コンクリートを設計通り擦り付けられず、橋軸方向に連続したポケット状の段差を形成し、帯水する形状となっていました（下段図参照）。この調整コンクリート端部の段差や浸入した水の温度上昇などに起因すると考えられるクラック（橋軸方向ならびに橋軸直角方向）が連続的に発生するなど、施工直後に顕著な変状を来しました。仮にコンクリートではなくモルタルを採用していたなら“ゼロ擦り付け（段差を生じない施工）”できた可能性もありますが、モルタル自体クラックが生じやすいため、得策ではありません。

このような状況としないために、以下のような対策が考えられます。

- ・ 膨張材を用いた上で、床版コンクリートと調整コンクリートとを一体で打設する。
- ・ やむを得ず床版コンクリートと別施工となる場合は、調整コンクリートの代替として舗装材（改質 -W型（耐水型）も有効）にて調整することも検討する。



歩道部の設計思想と実際の施工の差異（模式図）



橋軸方向に連続したクラック

5.5.4 斜角への対応*

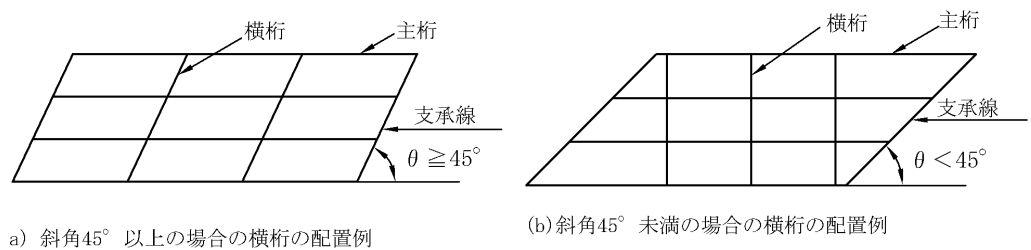
- (1) 橋梁における斜角は90°を基本とする。経済性等、優位な場合においても60°以上とするのが望ましい。
- (2) やむを得ず斜角を60°以下とする場合は、特別な処理とする。

(1) 橋梁における斜角は90°を基本とする。これは、上部構造における桁端部の構造や耐震性に対して斜橋よりも優れていることや、伸縮装置等の二次製品の品質向上を考慮して定めた。そのため、計画段階から工夫して90°の斜角となるようにすることが望ましい。

横桁は、主桁の直角方向の剛性を高めるために用いるものであることから、基本的には、主桁に直角に配置することが望ましいが、斜角が45°以上の場合には、支承線に平行に配置してよい。

斜角が45°未満の場合は、横桁を主桁方向に直角に配置する。

ただし、横桁を主桁方向と直角に設置した場合、主桁のたわみが異なる点を連結するため、中間横桁には大きな断面力が作用することに留意する必要がある。



a) 斜角45° 以上の場合の横桁の配置例

b) 斜角45° 未満の場合の横桁の配置例

図 5.5.10 横桁の配置

(出典) コンクリート道路橋設計便覧，図-13.3.3，図-13.3.4，p.250，H6.2.

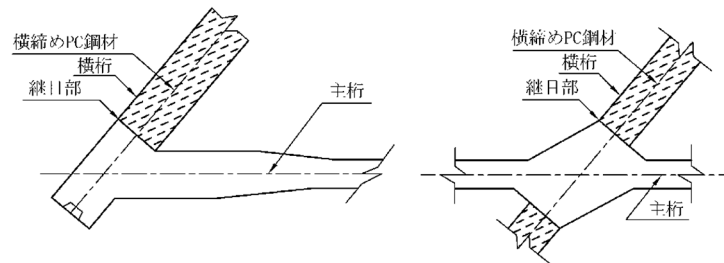
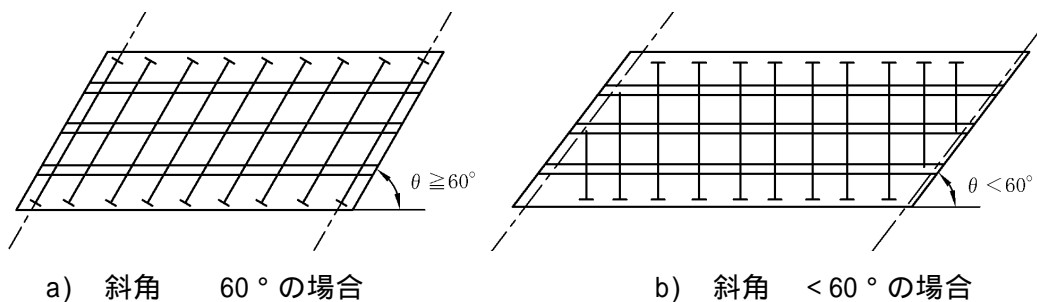


図 5.5.11 主桁と横桁の打継目 (斜角 < 55°)

(出典)(社)プレストレスト・コンクリート建設業協会:PC 道路橋計画マニュアル，図-7.1.13，p.228，H19.10.

また、床版の横締めの配置は斜角により図 5.5.12 のよう計画する。



a) 斜角 60° の場合

b) 斜角 < 60° の場合

図 5.5.12 床版横締め鋼材の配置

(出典)(社)プレストレスト・コンクリート建設業協会:PC 道路橋計画マニュアル，図-7.1.14，p.228，H19.10.

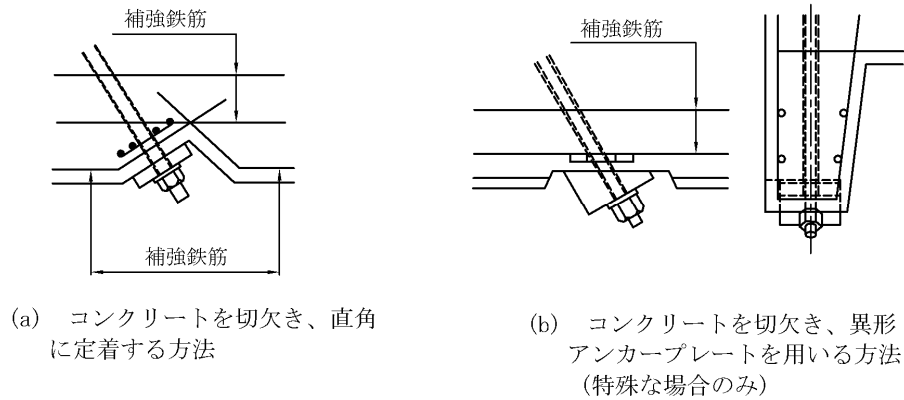


図 5.5.1.3 斜橋に対する横締め P C 鋼材の端部処理

(2) 橋梁における斜角は 45° 以上が原則とされているが、諸条件の結果としてさらに斜角が小さくなる場合には、斜角を緩和する方法として図 5.5.1.4 ~ 図 5.5.1.5 に示す対処も考えられる。

P C T 桁橋の斜橋については、「斜橋設計の手引き (P C 建協, H2 年 4 月)」が参考となる。ただし、旧基準に準拠しているため、使用に際しては注意が必要である。

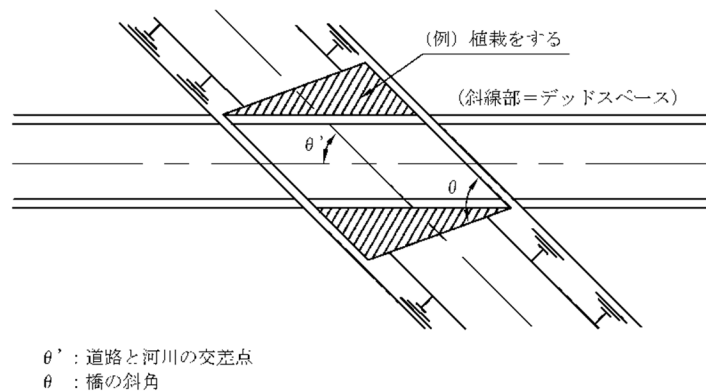


図 5.5.1.4 デッドスペースを設けた例

(出典)(社)プレストレスト・コンクリート建設業協会: PC 道路橋計画マニュアル, 図-7.1.10, p.227, H19.10.

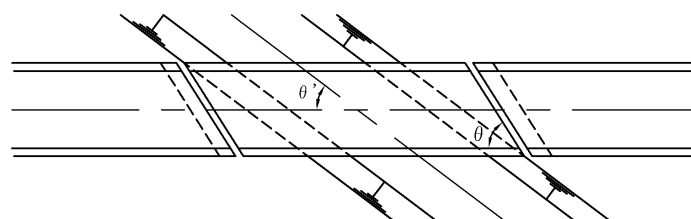


図 5.5.1.5 斜角を大きくした例

(出典)(社)プレストレスト・コンクリート建設業協会: PC 道路橋計画マニュアル, 図-7.1.12, P.227, H19.10.

5.6 プレストレストコンクリート橋の架設工法

5.6.1 架設の概要

プレストレストコンクリート橋は、プレストレストコンクリート桁の製作、架設方法によりプレキャスト工法と場所打ち工法とに大別できる。

(1) プレキャスト架設工法

プレキャスト架設工法は、架設地点以外の工場または架設地点付近の製作ヤードでPC桁を製作し、運搬設備を使用して、架設地点まで搬入し、架設機械設備により架設する工法である。

プレキャスト桁は、一般にT桁、I桁、中空桁のことであり（箱桁でも小型のものはプレキャスト桁として扱う）桁を並列に架設し、横組み又は床版を施工して橋体とするものである。

プレキャスト桁は、主桁の製作方法からプレテンション方式とポストテンション方式に区分される。

桁の運搬は、トラック及びトレーラーによることが多い。運搬に用いる機械を選定するにあたっては、桁重量、大きさ、運搬経路、運搬路の状況及び道路法に定める車両制限令等を考慮して決定する必要がある。なお、車両制限令の規制を受ける場合は、道路管理者、所轄の警察署の許可を得なければならない。表5.6.1に各法令における制限値を示す。

表5.6.1 各法令における制限値

	車両制限令の一般的基準		道路運送車両の保安基準	道路交通法による基準
	高速自動車道以外の道路	高速自動車道及び指定道路		
根拠法	道路法		道路運送車両法	道路交通法
所管官庁	国土交通省		国土交通省	警察庁
幅	車両の幅（積載物を含む） 2.5m以下	同左	自動車の幅（積載物を含まず）2.5m以下	積載物は自動車の左右にはみ出してはならない
高さ	車両の高さ（積載物を含む） 3.8m以下	同左	自動車の高さ（積載物を含まず）3.8m以下	積載物の高さ+荷台の高さ3.8m以下
長さ	車両の長さ（積載物を含む）は 12m以下	同左 連結車について、車種積載条件に応じて、特例あり セミトレーラー 16.5m以下 フルトレーラー 18m以下	自動車の長さ（積載物を含まず）12m以下	積載物のはみ出しは自動車の前後に自動車の長さ×0.1以下。又牽引する自動車+被牽引車両は25m以下
重量	総重量 20t以下 連結車は車種を限定し最遠軸距離に応じ特例あり、最大27t	総重量 軸距及び長さに応じて最大25t 連結車は車種を限定し最遠軸距離に応じ特例あり、最大36t	総重量 自重+最大定員の体重（1人当たり55kg）+貨物の最大積載量が軸距、車長に応じて20～25t	貨物の最大積載量は保安基準に準拠（車検証の記載値）

(2) 場所打ち架設工法

場所打ち架設工法には、架設地点に直接支保工（固定式支保工）を組み立てる工法と、移動式の支保工設備を用いる工法があり、いずれの場合においても、支保工設備を介して型枠を組み立て、鉄筋、PC鋼材を配置後、コンクリートを打設するものであり、コンクリート打設後にプレストレスを導入して橋体とする工法である。

場所打ち桁には、一般に箱桁、中空床版、多主版桁等がある。

場所打ち工法に用いる架設工法は、橋体を一括で施工する固定支保工式架設工法、橋脚柱頭部から張り出し施工する張り出し架設工法、連続する高架橋等を一径間毎に分割施工する移動支保工式架設工法、これらの架設工法を併用して橋体を取付け道路上もしくは固定支保工で分割して製作し、順次前方に押し出す押し出し架設工法等がある。

支保工設備の設計及び組み立てに際しては、施工中に発生する変位を予測し、これに対して上げ越し等の処置をしなければならない。

(3) 架設時検討における注意点

架設時と設計荷重時とは考慮する荷重や構造系が異なり、例えば、連結桁橋では、架設時は単純桁、設計荷重時は連続桁となり、それぞれの状態において適切に設計を行う必要がある。また、片持架設工法では、桁張り出し時や桁閉合時等、各施工ステップ毎で桁に生じる断面力は異なる。

よって、設計の際は、各架設状態において安全性の確認を行い、想定した架設状態を明確にする必要がある。また、施工時には設計で想定された架設状態を確認し、設計で想定している条件を変更する場合は、検討を行う必要がある。

5.6.2 架設工法の種類

桁の設計、施工においては、原則的に架設工法を考慮して設計するため、多種多様の架設工法と各々の工法の適用範囲を十分に理解しておく必要がある。

図5.6.1、図5.6.2にプレキャスト工法及び場所打ち工法の分類を示す。

(転載許可条件に基づき掲載していません)

図 5 . 6 . 1 架設工法の分類 (プレキャスト工法)
(出典) (社) 日本建設機械施工協会 : 令和 2 年度版 橋梁架設工事の
積算 , 表 3-1-1 , p.3-2 , R2.5.

(転載許可条件に基づき掲載していません)

図 5 . 6 . 2 架設工法の分類 (場所打ち工法)
(出典) 社) 日本建設機械施工協会 : 令和 2 年度版 橋梁架設工事の積算 ,
表 3-1-2 , p.3-3 , R2.5 .

(1) 架設桁架設工法

架設する径間に予め架設桁を据付けておき、引出し軌道で P C 桁製作ヤードから P C 桁を引出し、架設桁を支持桁として架設する工法である。

架設桁設備としては、一組桁設備及び二組桁設備があり、P C 桁の質量により使い分けられるが、現場条件が鉄道線路上あるいは交通量の多い道路上等、特殊条件のある場所では、P C 桁の質量に関係なく、架設時の安全性等に配慮して二組桁設備を使用することが多い。

(転載許可条件に基づき掲載していません)

図 5 . 6 . 3 架設工法概念図 (架設桁架設工法 : 二組桁設備)

(出典) (社) 日本建設機械施工協会 : 令和 2 年度版 橋梁架設工事の積算 , 図 3-4-2 , P.3-15 , R2.5.

(2) クレーン架設工法

クレーン架設工法には、橋梁架設工法における代表的な架設工法として、トラッククレーン工法がある。この工法は、橋台背面又は架設地点の桁下へトラッククレーン車を据付け、運搬された P C 桁を吊上げ、据付ける工法である。また、架設される橋梁を跨いで門型クレーンを据付け架設する門型クレーン工法や、河口等水深の深い架設地点の架設に用いられるフローティングクレーン工法がある。

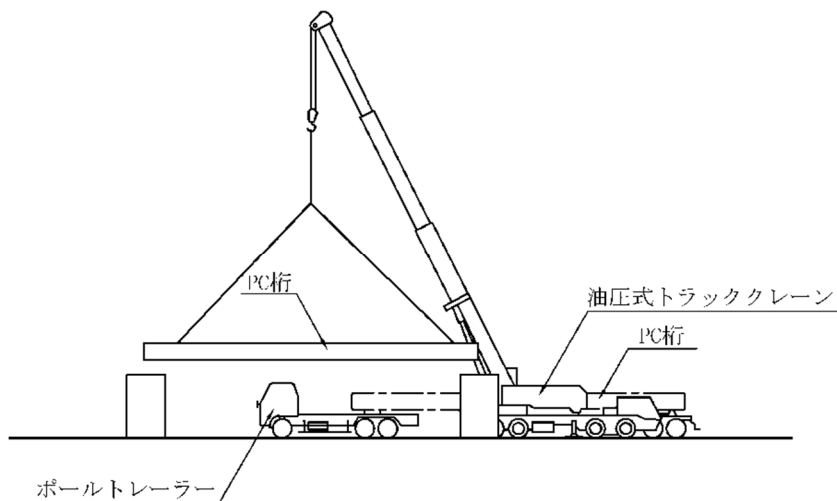


図 5 . 6 . 4 架設工法概念図 (クレーン架設工法 : トラッククレーン工法)

(3) 併用架設工法

併用架設工法は、現場条件が特殊な場合に採用される架設工法で、主として、架設桁設備とクレーン設備を組合せた工法で、架設桁架設工法 + トラッククレーン車工法、門型クレーン工法 + 架設桁架設工法のような工法がある。

(4) スパンバイスパン工法 (支間一括架設工法)

架設桁を用いて1径間分のプレキャストセグメントを支持し、一括架設・一括緊張を行い、次の径間の架設に移る工法である。

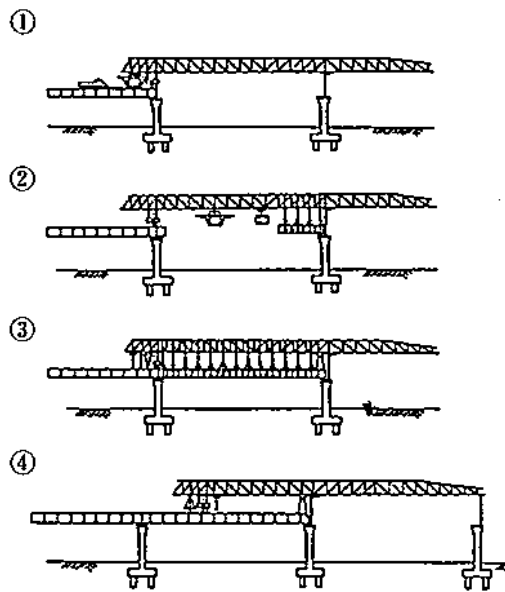


図5.6.5 架設工法概念図 (スパンバイスパン工法)

(5) 張出し架設工法 (プレキャストセグメント)

プレキャストセグメントをエレクションガーダー、エレクションノーズもしくはクレーンを用いて順次張出し、架設する工法である。

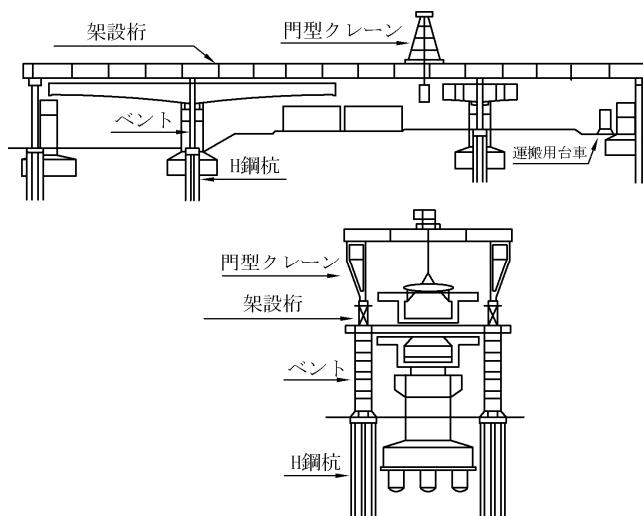


図5.6.6 架設工法概念図 (プレキャストセグメント架設工法)

(6) 固定支保工式架設工法

架設地点に支保工を組み立て、P C 桁を場所打ちする架設工法であり、枠組式支保工架設と支柱式支保工架設がある。

1) 枠組式支保工架設

枠組支保工は、P C 桁を場所打ち施工する場合の標準的な支保工設備であり、架橋地点の桁下空間に障害物がなく、支保工を支持する基礎地盤が平坦、かつ良好である場合に有利である。

(転載許可条件に基づき掲載していません)

図 5 . 6 . 7 架設工法概念図 (固定支保工架設工法 : 枠組支保工)

(出典) (社) 日本建設機械施工協会 : 令和 2 年度版橋梁架設工事の積算 , 図 3-4-30 , p.3-56 , R2.5 .

2) 支柱式支保工架設工法

支柱式支保工は、橋梁下を河川や道路が横断している等、架橋地点の桁下空間を一部あるいは全部を確保する必要がある場合、または支保工高が高い場合や地盤が軟弱で集中的な基礎を設けた方が有利な場合等に採用される支保工である。

(転載許可条件に基づき掲載していません)

図 5 . 6 . 8 架設工法概念図 (固定支保工架設工法 : 支柱式支保工)

(出典) (社) 日本建設機械施工協会 : 令和 2 年度版橋梁架設工事の積算 , 図 3-4-31 , p.3-57 , R2.5

(7) 押出し架設工法

押出し架設工法は、橋体の先端に鋼製手延べ桁を取付けて、押出し装置を用いて橋台を順次架設し、径間前方へ押出し架設する工法である。

押出し装置を橋台又は橋脚の 1 箇所へ設けた集中方式と、橋台、橋脚（仮支柱を含む）上に設けた分散方式がある。

(転載許可条件に基づき掲載していません)

図 5.6.9 架設工法概念図（押出し架設工法）

(出典) (社) 日本建設機械施工協会：令和 2 年度版 橋梁架設工事の積算，
図 3-4-43，p.3-77，R2.5 .

(8) 大型移動支保工架設工法

大型移動支保工架設工法は支保工、型枠設備、荷役設備等が一体となった大型移動支保工設備により、一径間ごとに移動しながら橋体を製作し架設していくもので、架設設備が大規模であるため、一定規模以上の多径間の橋梁に有利な架設工法である。

大型移動支保工設備の支持方式の違いにより、ハンガータイプとサポートタイプがある。

(転載許可条件に基づき掲載していません)

図 5.6.10 架設工法概念図（大型移動支保工架設工法）

(出典) (社) 日本建設機械施工協会：令和 2 年度版 橋梁架設工事の積算，
図 3-4-53，p.3-85，R2.5 .

(9) 張出し架設工法 (場所打ち桁)

張出し架設工法は、支間60m以上の連続桁橋やラーメン橋等の長大橋で桁下空間に左右されることなく架設する場合に有利な架設工法である。

支保工による場所打ち施工で製作された橋脚柱頭部上に、片持架設用移動作業車を据付け、柱頭部より両側に向かって1ブロックずつ順次張出し架設していくものである。各橋脚からの張出し架設が終了したら、側径間場所打ち部の施工、中央径間閉合部の施工と順次橋体を接合して完成するものである。

(転載許可条件に基づき掲載していません)

図 5 . 6 . 1 1 架設工法概念図 (片持架設工法)

(出典) (社) 日本建設機械施工協会 : 令和 2 年度版 橋梁架設工事の積算 ,
図 3-4-34 , p . 3-67 , 図 3-4-35 , p . 3-68 , R2.5 .

5.6.3 架設工法の選定

架設工法の選定は、現地調査を行い架設地点での自然条件、計画条件（使用条件、施工条件）及び社会環境条件に調和した合理的かつ経済的な工法の選定が必要である。

また、同時に施工の安全性、工期、労働条件さらには技術開発等々数多くの条件について総合的な検討を行い選定する必要がある。

選定の目安を図5.6.12、図5.6.13に参考として示す。

径間数、構造形式及び桁の製作方法等の条件から適用可能な工法を選定する手順を図5.6.12に示すが、これ以外の適した工法の選定についても考慮するものとする。

架設計画を立案する際は、一般社団法人 プレストレスト・コンクリート建設業協会から出版されているマニュアル等を参考にするとよい。

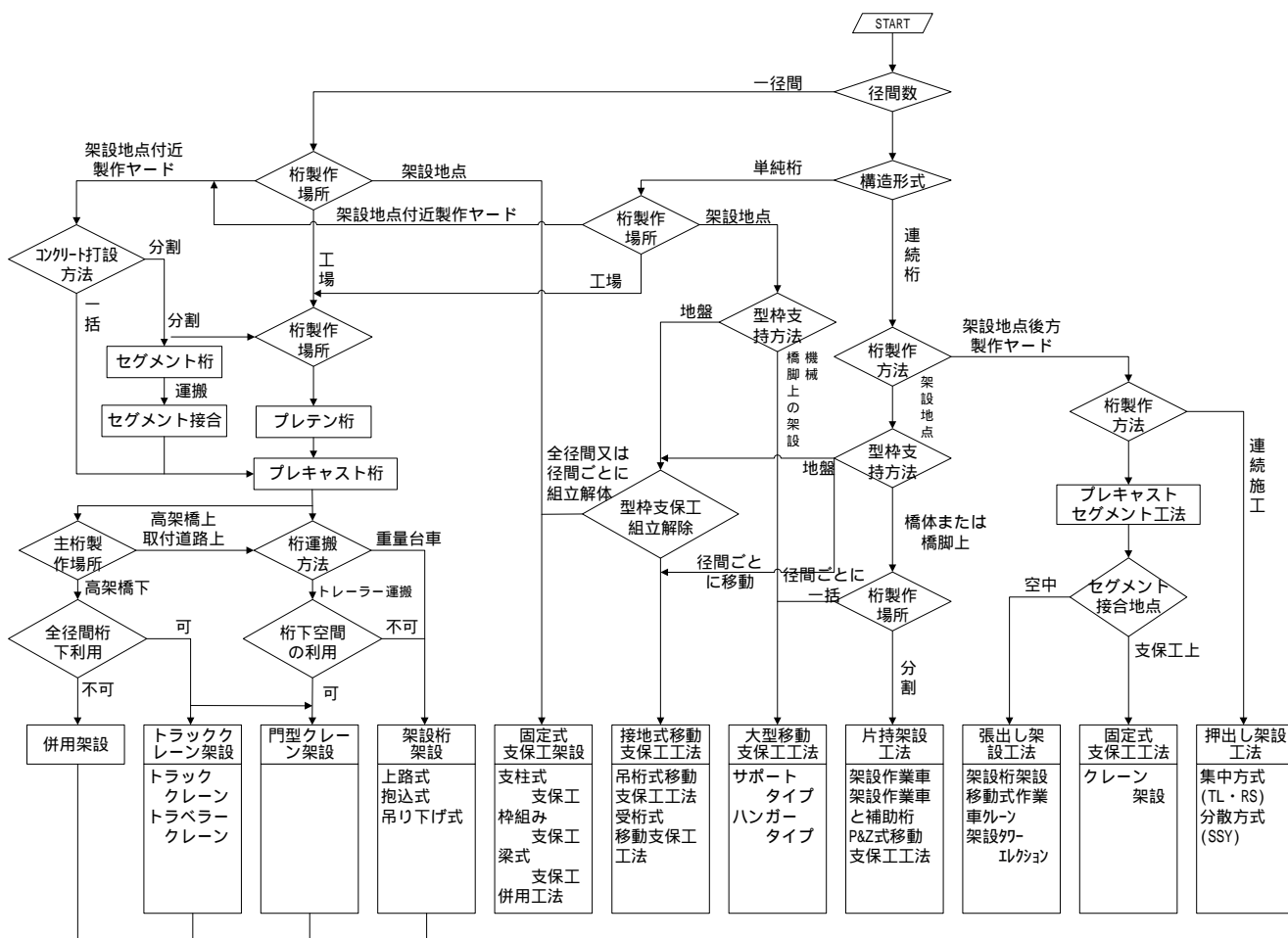


図5.6.12 架設工法の選定手順

(出典)東北地方整備局:道路橋計画設計資料,図-2,p.3-39,H17.5.

表 5.6.2 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 : 令和 2 年度版 橋梁架設工事の積算 ,
表 3-3-1 , P.3-13 , R2 年 5 月 .