

## 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式、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。

- (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式により、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) プレストレス導入手段として、内ケーブル方式、外ケーブル方式、内外併用ケーブル方式に分類される。

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	多い	少ない
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

設計荷重作用時に、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鋼材によって確保する橋梁である。

##### 3) PRC橋

設計荷重作用時に、有害なひびわれが発生しないように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。

コーヒーブレイク 

「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、活荷重載荷時にはひび割れが発生しないこと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プレストレスと鉄筋で補強されたコンクリートで、RC構造とPC構造の中間領域の構造体です。特定の使用限界状態においてひび割れの発生を許容してそのひび割れ幅を制御するものです。使用限界状態については、環境条件、構造物又は部材の機能・使用目的等に応じて種々の設定が可能です。例えば、水の浸入が予想される箇所では、同じ荷重組合せ・限界状態でもひび割れを許容しないとか、発生頻度の低い荷重組合せ・限界状態ではひび割れを許容する等である。さらにはひび割れ幅を制御する場合があります。

ひび割れに対して、適切に許容・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。

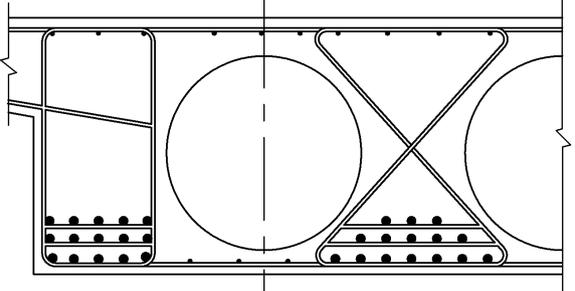
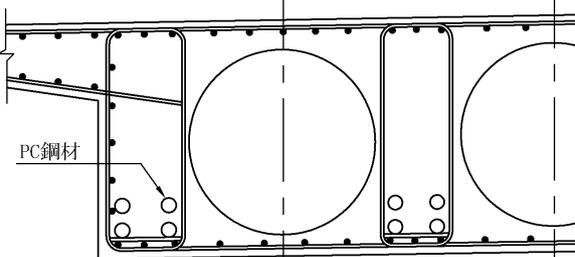
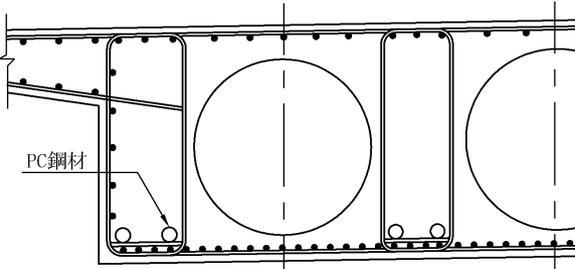
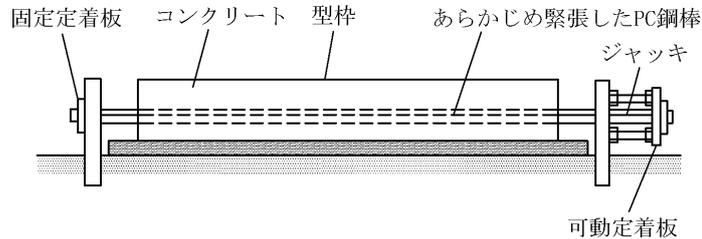
<p>RC構造：PC鋼材無、鉄筋量大</p> 	<p>ひび割れの制御と耐力の確保を鉄筋のみによって達成する橋梁である。</p> <p>コンクリートに引張ひび割れが生じたとき、鉄筋とコンクリートとの間の付着を利用して、その開口の増加を抑制するとともに、その部分における全引張応力を負担して圧縮部コンクリートの全圧縮応力と並行を保ち、これによって、断面に働く曲げモーメントに抵抗する。</p> <p>荷重の増加に比例して、コンクリートひび割れ幅も増加する。</p>
<p>PC構造：PC鋼材量大、鉄筋量小</p> 	<p>設計荷重作用時に、有害なひびわれが発生するような引張ひずみが生じないようにプレストレスを導入し、耐力もプレストレス導入用のPC鋼材によって確保する橋梁である。</p>
<p>PRC構造：PC鋼材量中、鉄筋量中</p> 	<p>設計荷重作用時に、有害なひびわれが発生しないように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。</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式による分類

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。

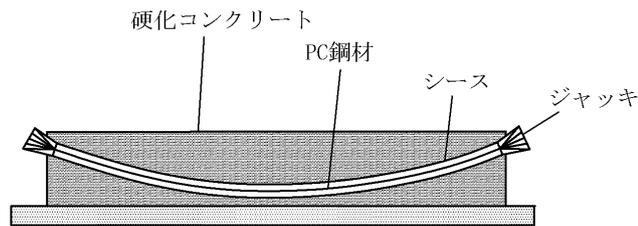


- ①はじめにPC鋼材を緊張、次に緊張した状態で鉄筋型枠の組立
- ②コンクリートを打設し、養生する
- ③コンクリートの硬化後、可動定着版を動かしPC鋼材の緊張を緩める

図5.1.2 プレテンション工法

2) ポストテンション方式場所打ち桁

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。

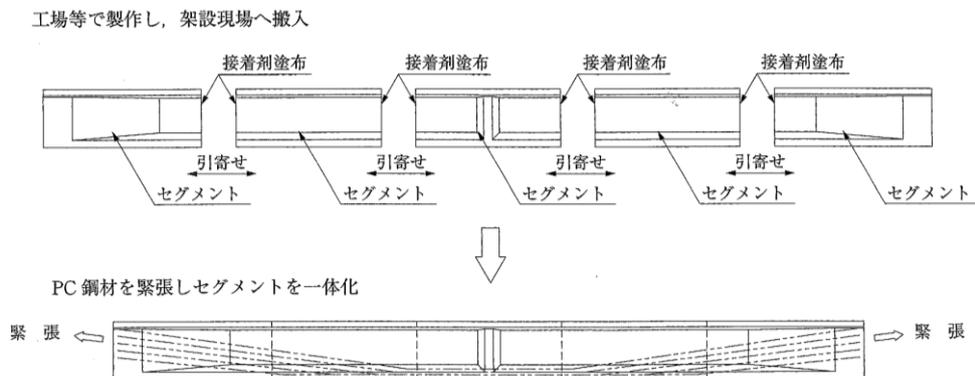


- ①あらかじめシースを入れてコンクリートを打設し、養生する
- ②コンクリートが硬化した後シース内のPC鋼材を緊張し、定着する

図5.1.3 ポストテンション工法

3) ポストテンション方式プレキャスト桁

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。

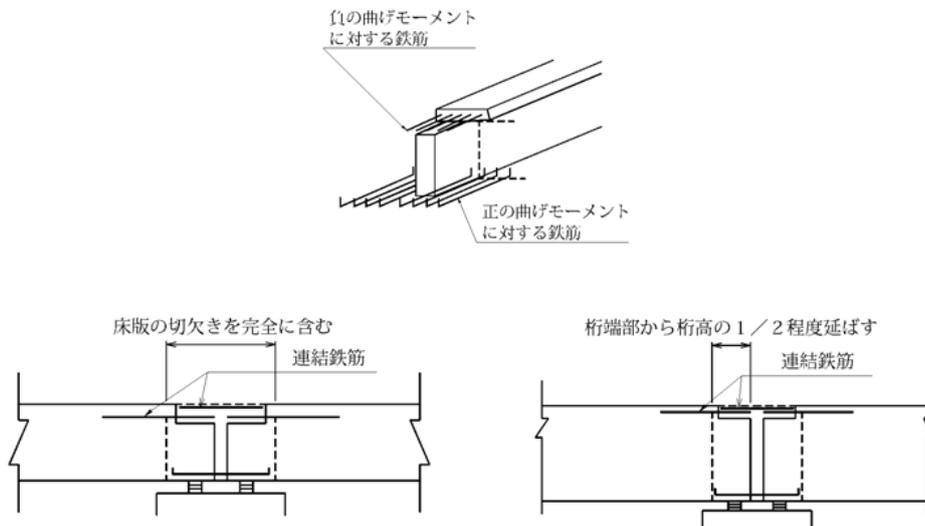


参考：PC道路橋計画マニュアル（社）プレストレスト・コンクリート建設業協会（H19.10）P.60 図-2.4.1

図5.1.4 プレキャストセグメント方式概念図

3) 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又はPC構造で連結する形式である。



参考：PC道路橋計画マニュアル（社）プレストレスト・コンクリート建設業協会（H19.10）P.79 図-2.5.2

図5.1.5 プレキャスト桁架設方式連続桁橋の連結構造（RC連結）

(3) プレストレスの導入手段による分類

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、グラウトを必要としない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。

防錆・防食処理を施した緊張材には、透明シースに普通PC鋼より線を挿入したのちにセメントグラウトを充填する工法と外周にエポキシ樹脂によって被覆を形成した外周塗装型PC鋼より線などがあるが、大気、水分、紫外線等の劣化作用に応じて所定の耐久性を確保できる防食方法を採用する必要がある。

代表的な防錆方法

防食方法	PC鋼材の被覆			保護管及び内部充填		
	エポキシ樹脂	ポリエチレン	亜鉛メッキ	保護管(ポリエチレン、塩化ビニール等)		
防食材料				セメント系	樹脂系	グリース系
概要図						

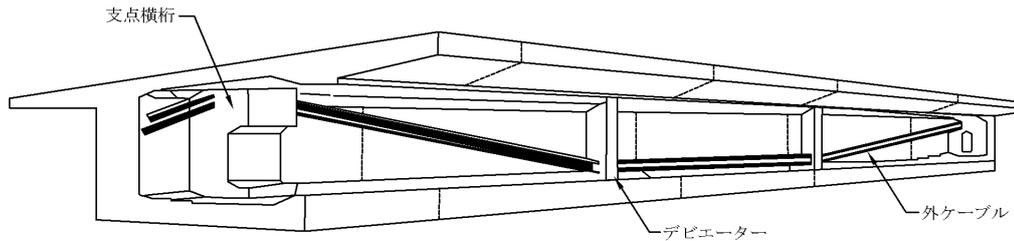


図 5. 1. 6 外ケーブル方式の概念図

3) 内外併用ケーブル方式

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。

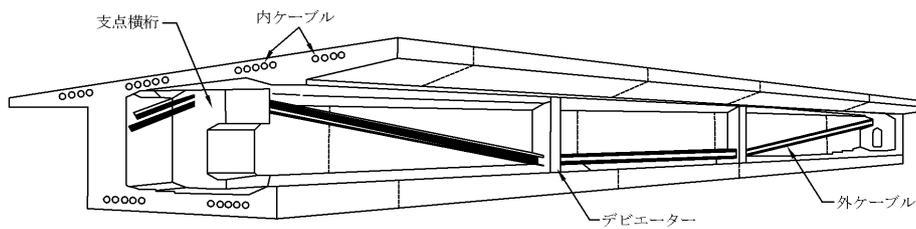


図 5. 1. 7 内外ケーブル方式

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、合成桁橋等がある。
- (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。

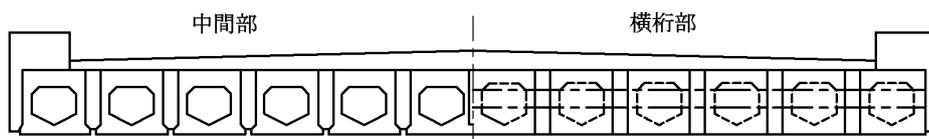
一般的な呼び方として「中空床版」、「ホロー」、「ホロースラブ」とも言う。



(a) 床版橋

(b) 中空床版橋

注 (現場打中空床版橋についての留意事項 5. 4. 6 に記載)



(c) プレテンション方式中空床版橋

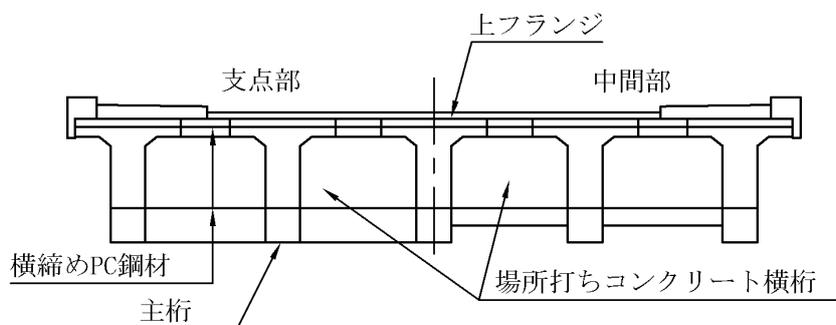
参考：コンクリート道路橋設計便覧（社）日本道路協会（H6. 2）P. 220 図-12. 1. 2

図 5. 1. 8 床版橋の断面形状

2) T桁橋

T形断面をした主桁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構造が通常用いられる。

PC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。



参考：コンクリート道路橋設計便覧（社）日本道路協会（H6.2）P.238 図-13.1.1

図5.1.9 T桁橋

3) バルブT桁橋

ポストテンション方式バルブT桁橋は、T桁橋をプレキャストセグメント工法にて施工することにより、工期の短縮と品質の向上が図れる構造であり、以下のような特徴がある。

- ・主桁下フランジを球根状に広げることにより、セグメントに分割した状態での自立安定性を向上させている。
- ・上フランジ幅を広く取り、主桁本数を減らすことにより工事費の削減を目指している。
- ・自重の低減、合理的な断面形状の採用により、桁本数が少ないにもかかわらず、桁高はポストテンション方式T桁橋と同程度である。

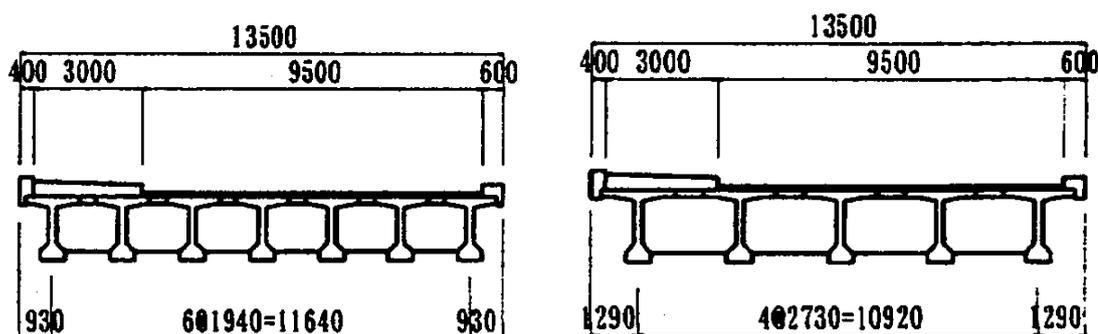
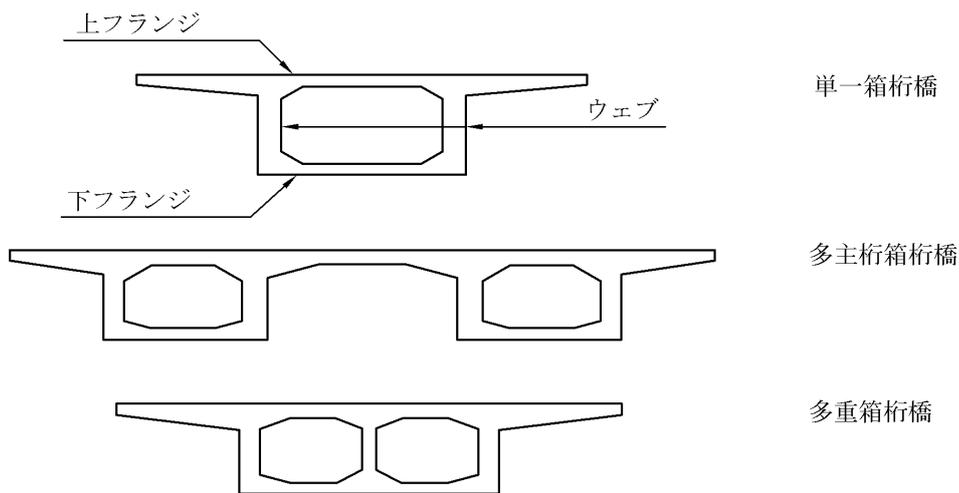


図5.1.10 バルブT桁橋

4) 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。



参考：コンクリート道路橋設計便覧（社）日本道路協会（H6.2）P.256 図-14.1.1

図 5.1.11 箱桁橋の断面形状

4) 合成桁橋

一般にPC桁と、RC又はPC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対抗する。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。

図 5.1.10 に合成桁橋の構造を示す。

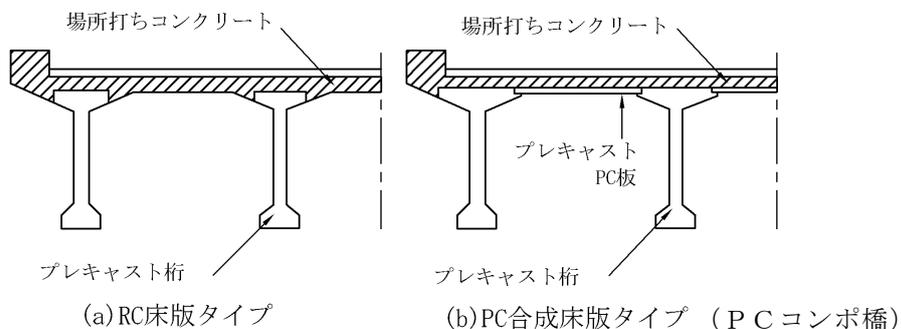
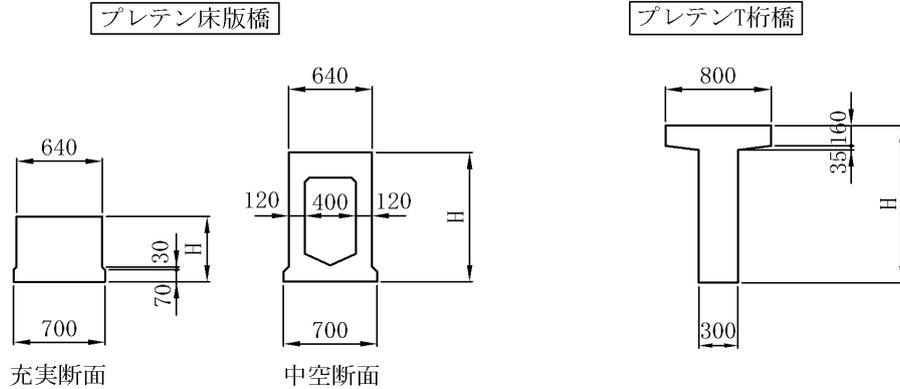


図 5.1.12 合成桁橋の断面形状

「JIS桁の適用範囲について」

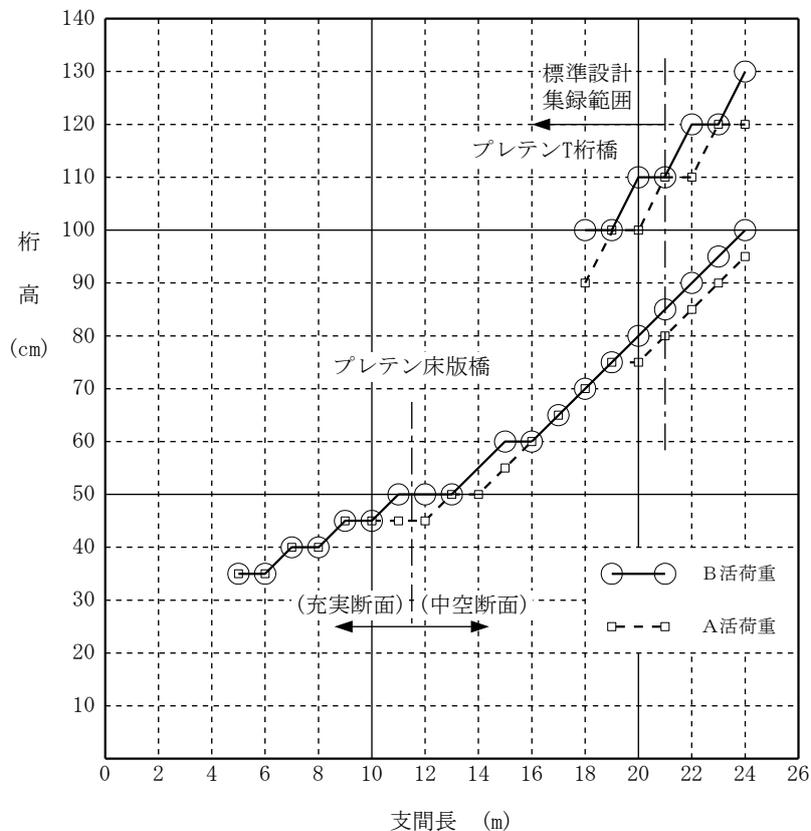
JISにおいて、工場で製作されるプレテンション方式の桁として、床版橋及びT桁橋を規定しています。



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	$90^\circ \geq \theta \geq 60^\circ$ の範囲	$90^\circ \geq \theta \geq 70^\circ$ 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。



(設計に採用する支間は、標準支間に対して+0.2~-1.0mの範囲で適用できる)

支間と桁高

(2) 構造形式による分類

1) 単純桁橋

両桁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) 連続桁橋

連続桁橋は、桁が2径間以上にわたって連続し、かつ支承により支持されているものである。

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。又、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。

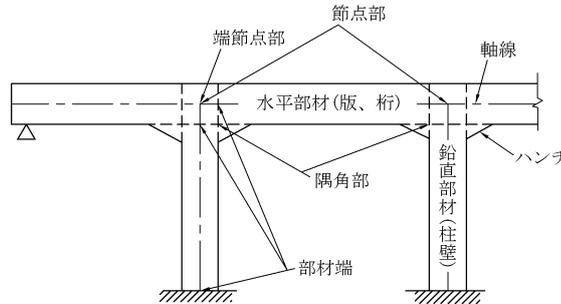
3) ラーメン橋

桁と柱が剛結された構造である。

上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を一部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。又、多径間の橋りょうでは、地震時水平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ことがある。

又、温度、乾燥収縮、クリープ、基礎の不等沈下等による影響が大きくなる場合がある。

RC構造としては、連続橋、PC橋としては、有ヒンジ、連続、T型、V脚、方杖、ピルツ式等がある。



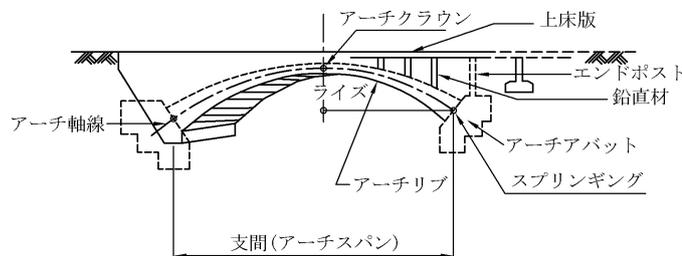
参考：コンクリート道路橋設計便覧（社）日本道路協会（H6.2）P.322

図5.1.13 ラーメン橋の構造

4) 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、タイドアーチ等に分類される。

アーチ基礎には、大きな軸力が作用するので、他の形式よりも堅固な支持層のあることが必要である。

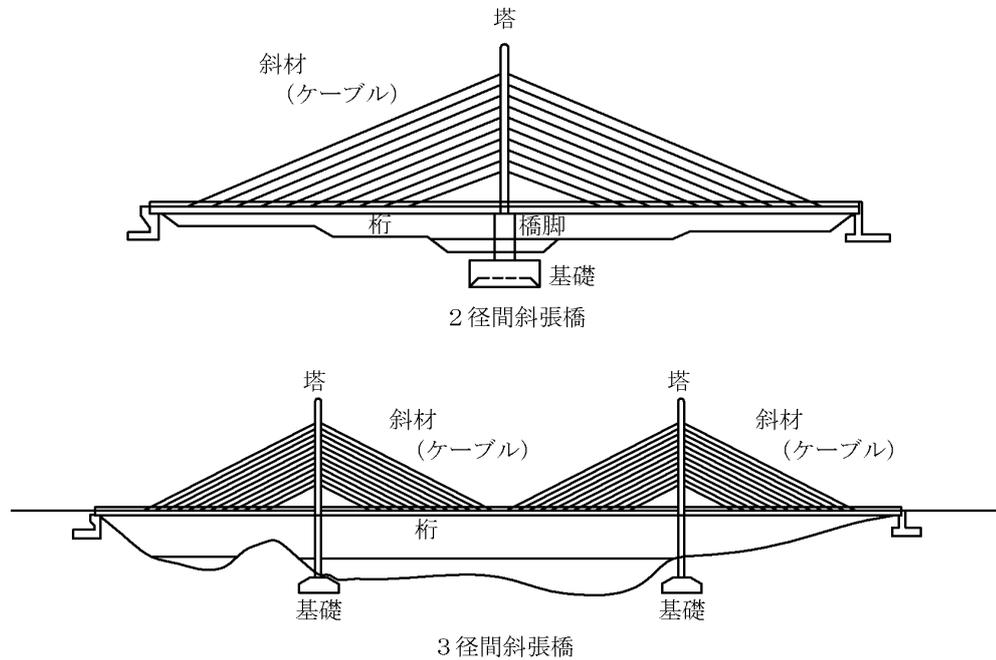


参考：コンクリート道路橋設計便覧（社）日本道路協会（H6.2）P.349 図-17.2.1

図5.1.14 アーチ橋の構造

5) 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。



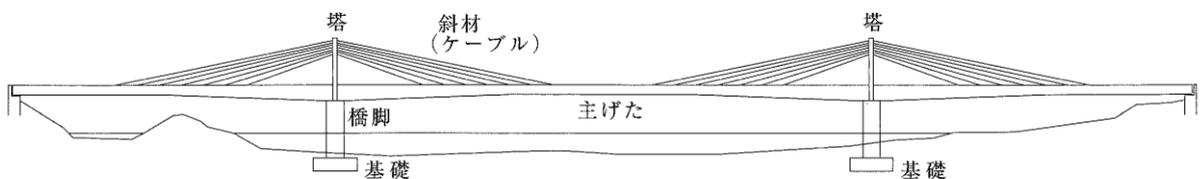
参考：コンクリート道路橋設計便覧（社）日本道路協会（H6.2）P.416 図-20.1.1

図5.1.15 斜張橋の構造

6) その他

① 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が基本思想であるのに対して、エクストラドーズド橋は斜材は大偏心させた外ケーブルであり、主桁へプレストレス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。

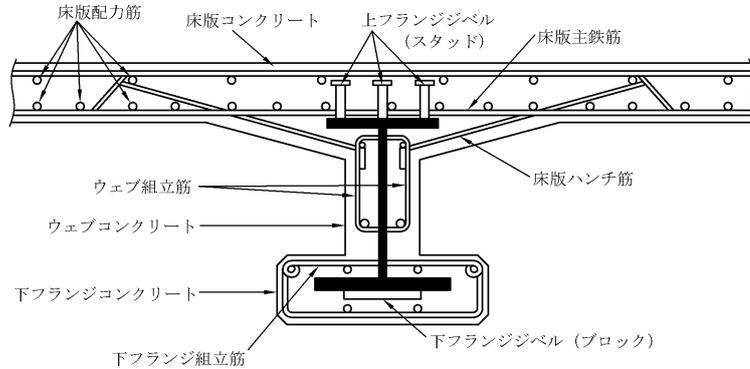


参考：PC道路橋計画マニュアル（社）プレストレスト・コンクリート建設業協会（H19.10）P.164 図-4.3.2

図5.1.16 エクストラドーズド橋の構造

② プレベーム合成桁橋

プレベーム合成桁橋は鋼桁とコンクリートを合成し、プレストレスを導入した桁である。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。

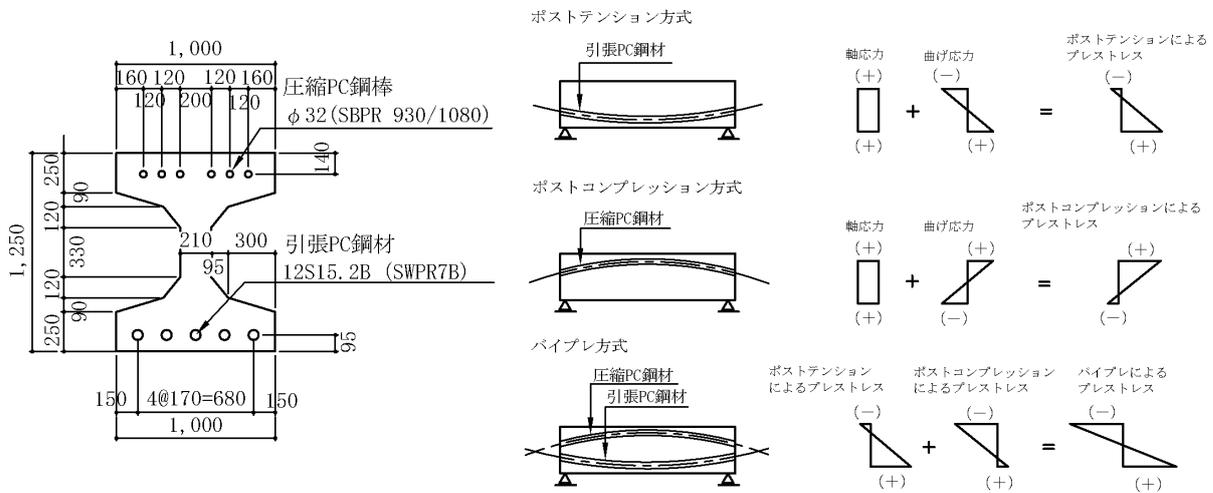


参考：コンクリート道路橋設計便覧（社）日本道路協会（H6.2）P.527 付図-5.1

図5.1.17 プレベーム合成桁橋の構造

③ 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許容値を超過しない様に引張プレストレスを付与する事により、桁高を低くする事を可能とした構造である。



参考：コンクリート道路橋設計便覧（社）日本道路協会（H6.2）P.533 付図-6.1、P.534 付図-6.2

図5.1.18 バイプレ工法の構造

コーヒーブレイク 

## 「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

予め工場では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許容応力度以内とするためにプレストレス量を算定する。

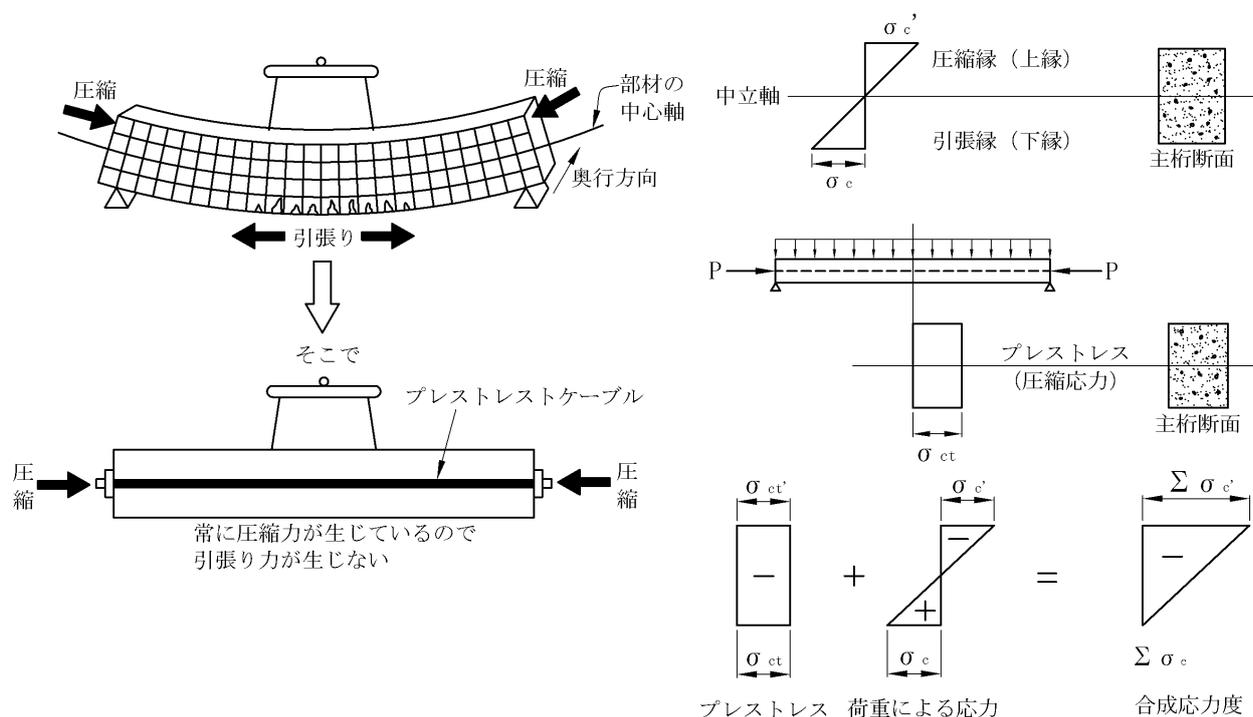


図 5.2.1 プレストレスの概念図

5.2.2 プレストレスカ

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

参考：道示 I 2.2.4 (H24.3) P.31

PC鋼材によって導入されるプレストレスカは、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カを定めなければならない。

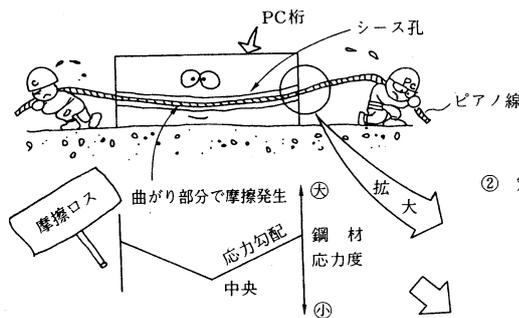
(1) プレストレス直後のプレストレスカ

プレストレス直後のプレストレスカの減少は、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等を考慮する必要がある。

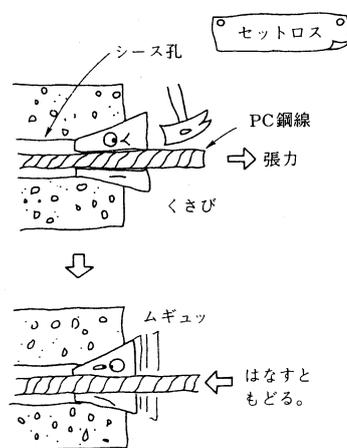
(2) 有効プレストレスカ

有効プレストレスカは、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ゼーションによるプレストレスカの減少量を、プレストレス直後のプレストレスカより減ずることによって求めてよい。

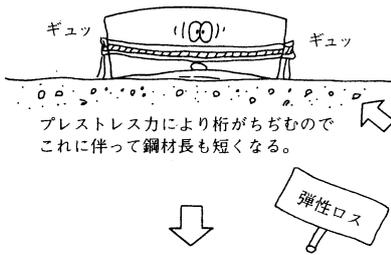
① PC鋼材とシースの摩擦



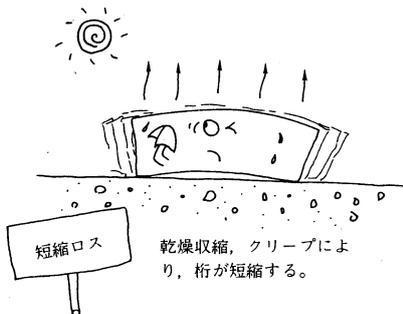
② 定着具におけるセット



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鋼材のリラクゼーション

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ゼーションでなく、見かけの値を使用します。

参考：やさしいPC橋の設計 (社)プレストレスト・コンクリート建設業協会 (H14.7) P.175

図5.2.2 プレストレスの段階的变化



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

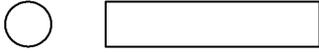
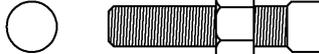
図5.2.3 有効プレストレス力の計算の手順

5.2.3 PC鋼材の選定

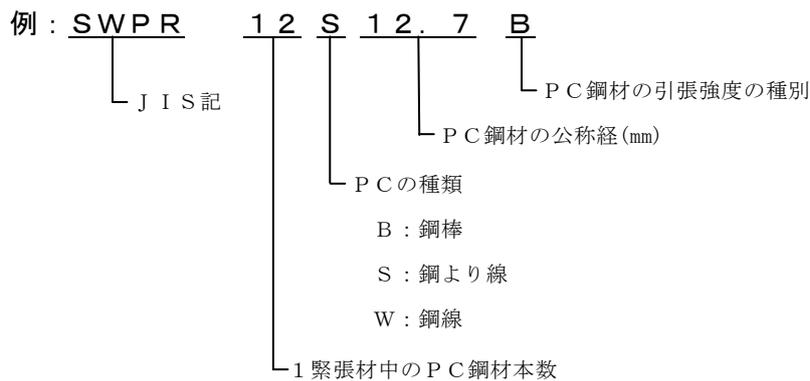
PC鋼材には、PC鋼線・PC鋼より線とPC鋼棒がある。PC鋼材は、経済性、構造物の規模、形式、施工性、導入するプレストレス力の大きさ及び定着部付近の部材断面寸法等を十分考慮して選定する必要がある。

PC鋼棒は、一般的にPC鋼線やPC鋼より線と比較して強度レベルは低いですが、端部に転造ねじ加工を施すことによって簡単に定着できる利点がある。

表5.2.1 PC鋼材の種類

種類	サイズ mm	形状	適用例
PC鋼棒・鋼より線	PC鋼線 (単線) (SWPR1、SWPD1)	5, 7, 8, 9	 床版
	2本よりPC鋼より線 (SWPR2)	2.9×2本より	 床版
	7本よりPC鋼より線 (SWPR7A、SWPR7B)	SWPR7A 9.3, 10.8, 12.4, 15.2 SWPR7B 9.5, 11.1, 12.7, 15.2	 主桁、床版
	19本よりPC鋼より線	17.8, 19.3, 21.8, 28.6	 主桁、床版
PC鋼棒	丸棒	23, 26, 32	 主桁、床版、鉛直締め

[鋼材の表示意味]



## 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。

参考：道示Ⅲ6.6.6 (H24.3) P.198

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。

- ① PC鋼材をできる限り直線に近いように配置する。
- ② 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、途中で定着させる場合は、定着具を集中させることは、避ける必要がある。
- ③ 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。

参考：道示Ⅲ6.6.7～道示Ⅲ6.6.8 (H24.3) P.200～P.202

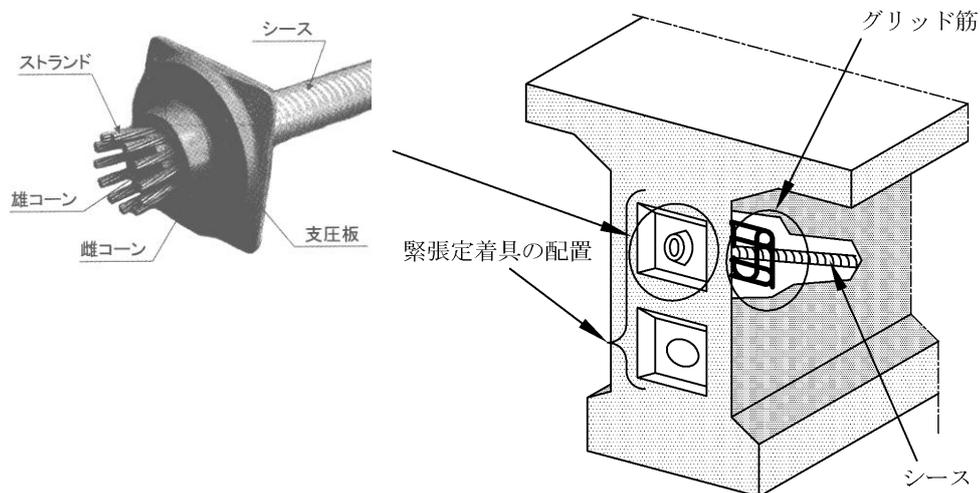
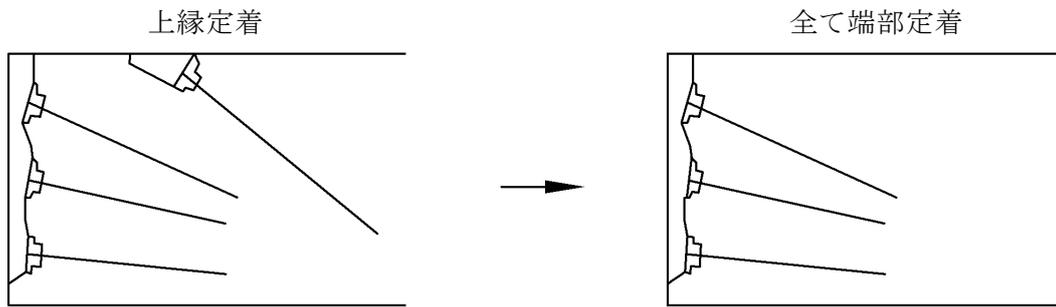


図5.2.4 定着部の概要

- (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。

又、部材の中間に定着具を設ける場合は、応力変動の大きい点から十分離し、断面の図心に近い位置かあるいは部材断面圧縮部のコンクリートに定着するのがよい。

- (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。



参考：土木構造物設計マニュアル（案） 建設省（H11.11）P.35

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

- (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、一般的に各PC工法ごとに、それぞれ定められている。

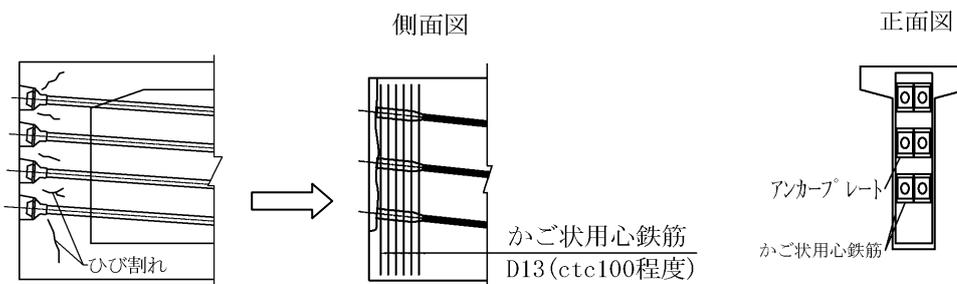


図5.2.6 定着部の補強例

- (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

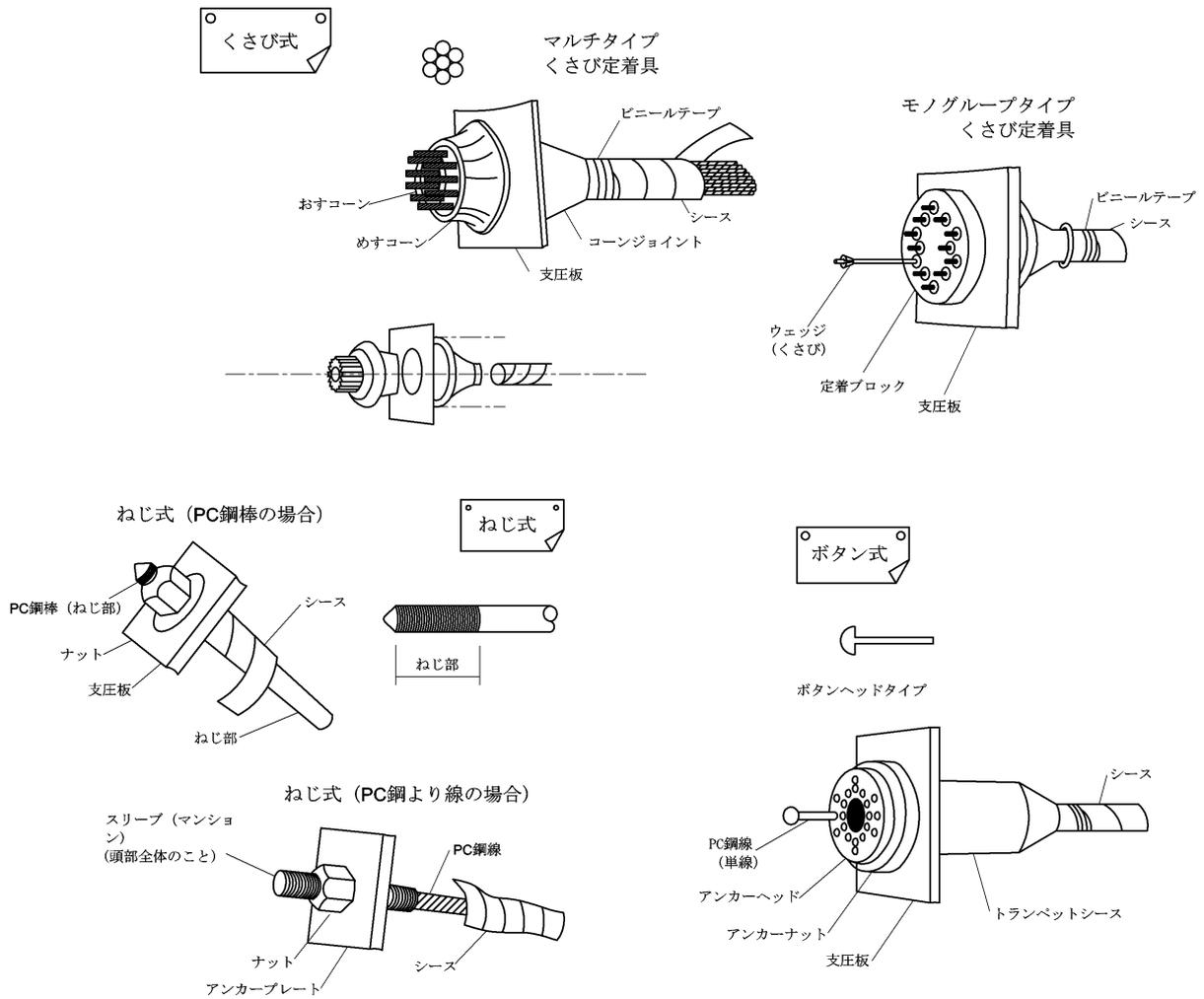
主方向のPC鋼材定着具として最も多く使用されている形式で、定着具とPC鋼材及びくさびの摩擦力によりPC鋼材を押さえる機構のものである。1個のくさびで全ての鋼材を押さえるものと、鋼材1本1本独立した小型のくさびで押さえるものの2種類がある。

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。

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。



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

図5.2.7 定着具の概要

### 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、構造物の安全性等を確保するために、構造物にとって最も不利となる荷重の組合せを用いて、設計荷重作用時と終局荷重作用時における、強度、変形及び安定の照査をするものとする。

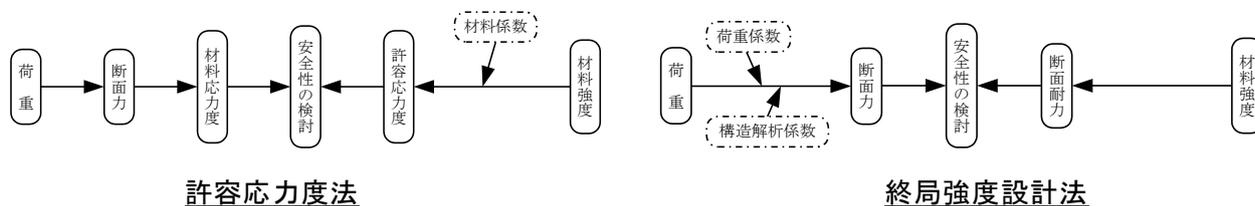


図5.3.1 設計法による検討方法

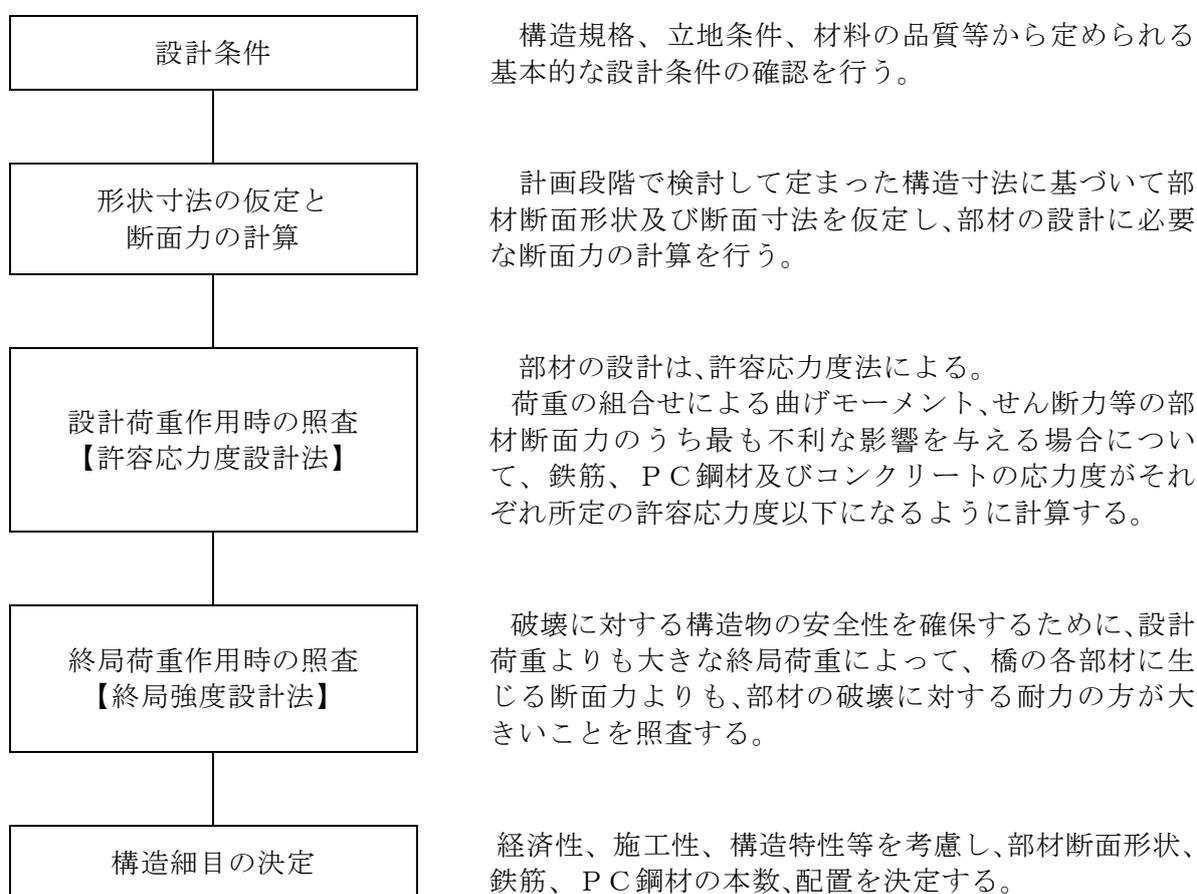


図5.3.2 コンクリート橋の設計手順

5.3.2 部材の照査

- (1) 設計荷重作用時に部材に発生する応力度が許容応力度以下であることを照査しなければならない。
- (2) 終局荷重作用時に部材に発生する断面力が耐力以下であることを照査しなければならない。

参考：道示Ⅲ2.3 (H24.3) P.122

(1) 設計荷重作用時に部材断面に生じる応力度を許容応力度以下とすることにより、鉄筋コンクリート構造においては過大なひび割れを防ぎ、プレストレストコンクリート構造においてはひび割れが発生しないように設計することができる。

曲げモーメント、軸方向力、せん断力、ねじりモーメントといった断面力に対して、設計荷重作用時には、規定する荷重組合せに部材断面に生じる鉄筋やコンクリートの応力度が許容応力度以下であることを照査することとしている。

なお、計算上のひび割れを許容する構造（P R C構造等）を採用する場合には、環境条件を十分照査するとともに、採用する部材及び設定する許容ひび割れ幅、導入するプレストレス量等を十分検討した上で採用する必要がある。

(2) 終局荷重作用時には、道示Ⅲ2.2に規定する荷重組合せにより部材断面に作用する設計断面力が断面耐力以下であることを照査することにより、部材の曲げ破壊、せん断破壊、コンクリートの圧壊を防ぎ、構造物の安全性を照査することができる。

コンクリート橋においては、(1)に加えて終局荷重作用時の照査を行うこととしている。照査に関する概念図を図5.3.3に照査項目を表5.3.1に示す。

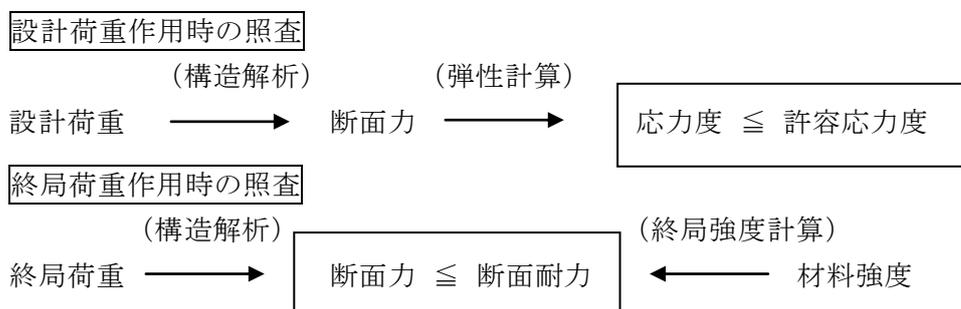


図5.3.3 コンクリート橋の部材の照査項目についての概念図

表5.3.1 コンクリート上部構造の荷重に対する構造部材の主な照査項目

荷重状態及び断面力の種類		鉄筋コンクリート構造	プレストレストコンクリート構造
設計荷重作用時	曲げモーメント 又は軸方向力	コンクリート縁応力度 ≤許容圧縮応力度 軸方向鉄筋応力度 ≤許容圧縮、引張応力度	コンクリート縁応力度 ≤許容圧縮、引張応力度 P C鋼材応力度≤許容引張応力度 (軸方向鉄筋応力度≤許容引張応力度)
	せん断力又は ねじりモーメント	斜引張鉄筋応力度 ≤許容引張応力度 (コンクリートせん断応力度 ≤負担せん断応力度)	コンクリート斜引張応力度 ≤許容斜引張応力度
終局荷重作用時	曲げモーメント 又は軸方向力	設計断面力≤断面耐力 (破壊抵抗曲げモーメント)	
	せん断力又は ねじりモーメント	設計断面力≤ウェブコンクリートの圧壊に対する断面耐力 設計断面力≤斜引張破壊に対する断面耐力	

参考：道示Ⅲ4.1 (H24.3) P.136 表-解4.1.1

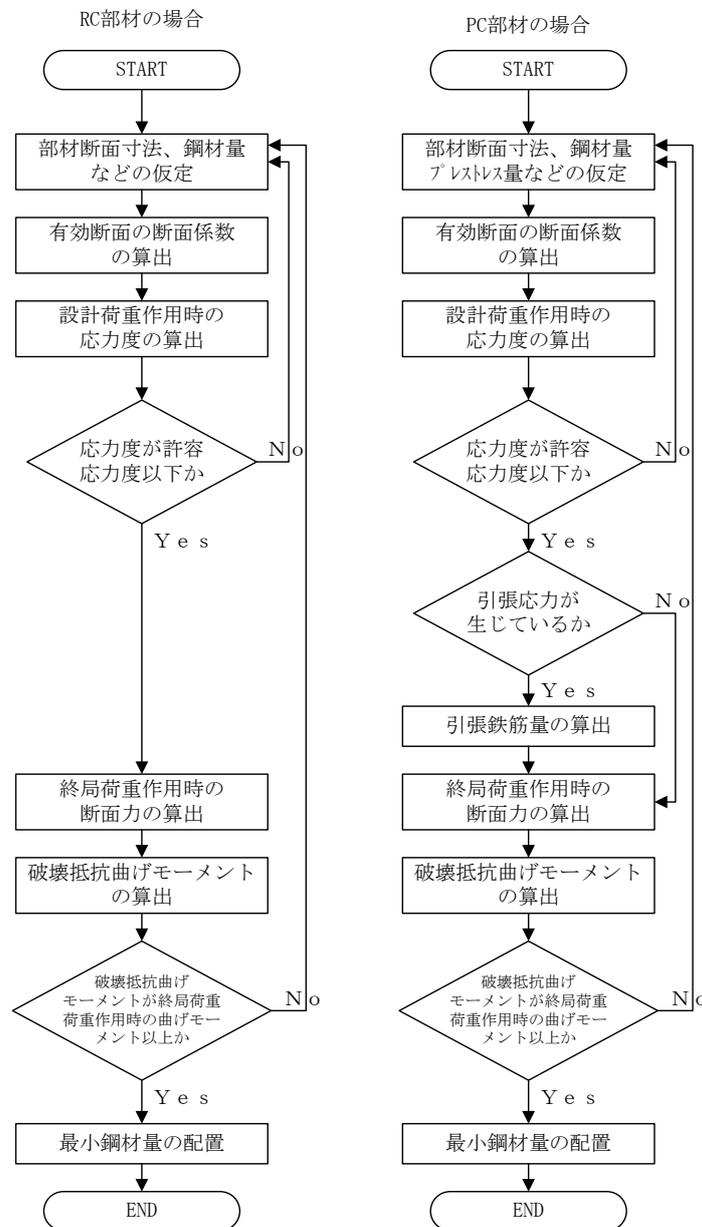
5.3.3 曲げモーメント及び軸方向力が作用する部材の照査

- (1) 曲げモーメント及び軸方向力が作用する部材の設計荷重作用時の照査は、設計荷重が作用した時の曲げ応力度が、許容応力度以下であることを照査するものとする。
- (2) 曲げモーメント又は軸方向力が作用する部材の終局荷重作用時の照査は、終局荷重が作用した時の曲げモーメントが、部材断面の保有している破壊抵抗曲げモーメント以下であることを照査するものとする。

参考：道示Ⅲ4.2 (H24.3) P.136

設計荷重作用時の主な照査としては、鉄筋コンクリート構造では鉄筋の引張応力度がコンクリートに有害なひび割れの生じる引張応力度に達しないことを、プレストレストコンクリート構造では衝突荷重又は地震の影響を考慮しない荷重の組合せに対してコンクリートの引張応力度がひび割れの生じる応力度に達しないことを照査することとしている。

終局荷重作用時の照査としては、部材に曲げ破壊が生じないことを照査する必要がある。



参考：コンクリート道路橋設計便覧（社）日本道路協会（H6.2）P.85 図-5.1.1

図5.3.4 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

5.3.4 せん断力が作用する部材の照査

せん断力が作用する部材については、設計荷重作用時及び終局荷重作用時の照査を行わなければならない。

- (1) せん断力が作用する部材の設計荷重作用時の照査は、道示Ⅲ4.3.1により算出した設計せん断力を用いてコンクリートの斜引張応力度が許容応力度以下であることを照査しなければならない。
- (2) せん断力が作用する部材の終局荷重作用時の照査は、道示Ⅲ4.3.1により算出した設計せん断力が1)及び2)により算出した耐力以下であることを照査しなければならない。
  - 1) 部材のウェブコンクリートの圧壊に対する耐力
  - 2) 部材の斜引張破壊に対する耐力

参考：道示Ⅲ4.3.1 (H24.3) P.147、道示Ⅲ4.3.3 (H24.3) P.154、道示Ⅲ4.3.4 (H24.3) P.158

終局荷重作用時の照査としては、斜引張鉄筋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に移行することから、斜引張鉄筋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を照査する。

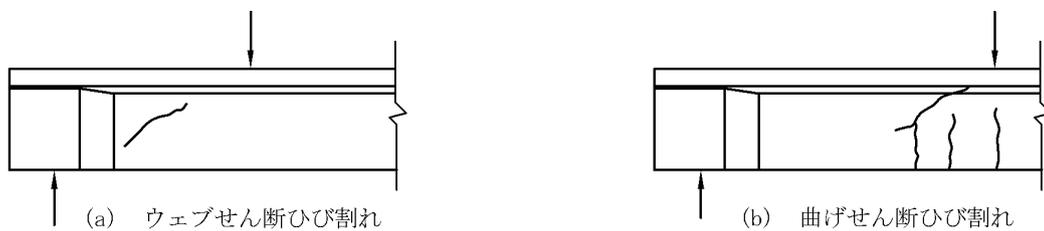


図5.3.5 PC部材のせん断ひびわれの種類



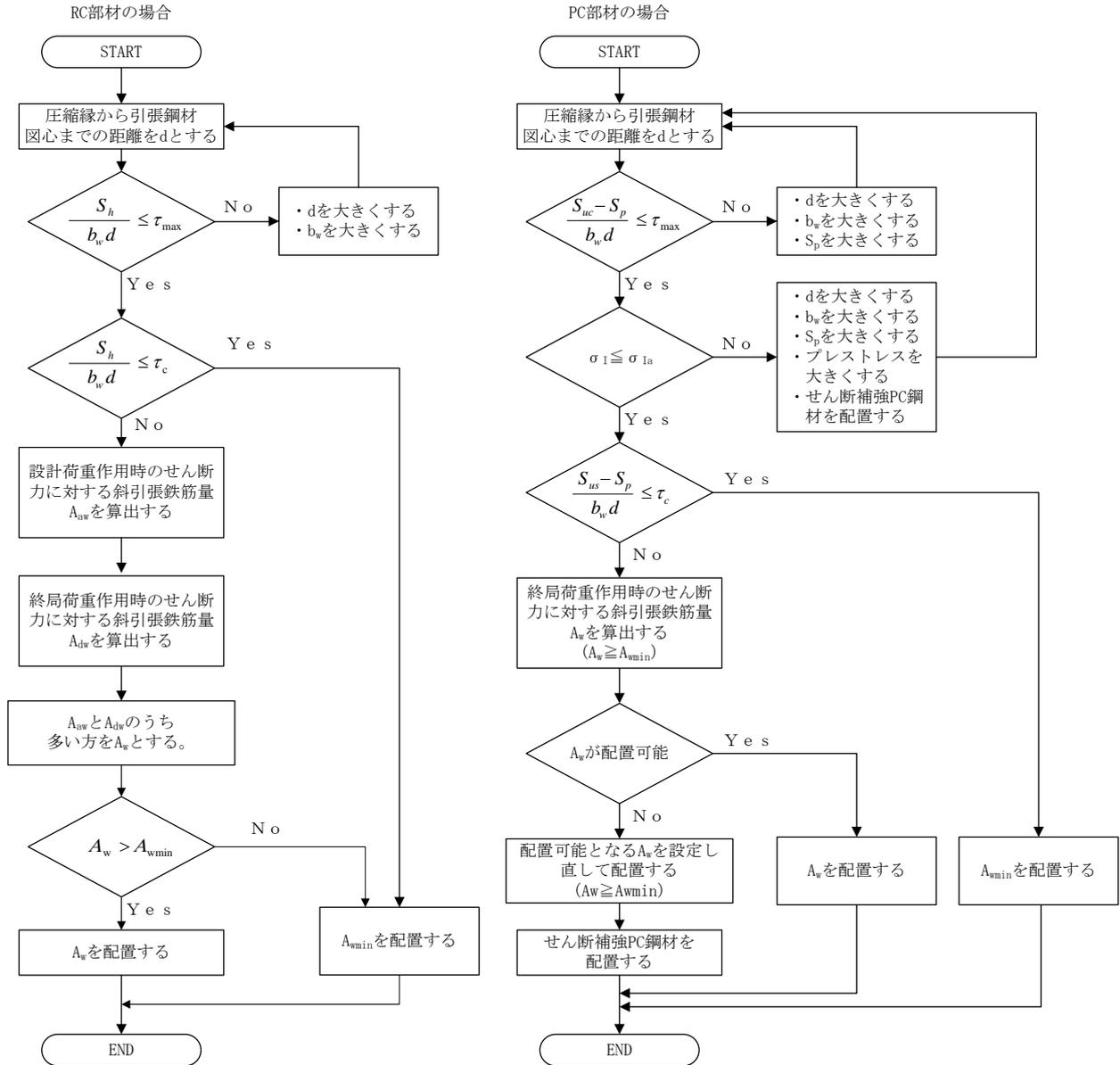
図5.3.6 PC部材のせん断破壊の形式

表5.3.2 せん断力が作用する部材の照査

		鉄筋コンクリート構造		プレストレストコンクリート構造	
		斜引張鉄筋の配置が可能	斜引張鉄筋の配置ができない	斜引張鉄筋の配置が可能	斜引張鉄筋の配置ができない
設計荷重作用時	$\tau_m \leq \tau_c$	最小斜引張鉄筋量の配置	軸方向引張主鉄筋比1%以上の配置	コンクリートの斜引張応力度の照査	コンクリートの斜引張応力度の照査
	$\tau_m > \tau_c$	斜引張鉄筋応力度の照査	不可		
終局荷重作用時 (斜引張破壊)	$\tau_m \leq \tau_c$	最小斜引張鉄筋量の配置	照査不要	最小斜引張鉄筋量の配置	斜引張破壊に対する耐力の照査
	$\tau_m > \tau_c$	斜引張破壊に対する耐力の照査	不可	斜引張破壊に対する耐力の照査	
終局荷重作用時 (ウェブ圧壊)		ウェブ圧壊に対する耐力の照査			

$\tau_m$  : 設計荷重作用時のコンクリートの平均せん断応力度

$\tau_c$  : コンクリートが負担できる平均せん断応力度



$S_{uc}$ : ウェブコンクリートの圧壊に対する耐力  
 $S_{us}$ : 斜引張破壊に対する耐力  
 $S_p$ : PC鋼材引張力のせん断力作用方向の分力  
 $\tau_{max}$ : コンクリートの平均せん断応力度の最大値

$\tau_c$ : コンクリートが負担できる平均せん断応力度  
 $b_w$ : 部材断面のウェブ厚  
 $d$ : 部材断面の有効高

参考：コンクリート道路橋設計便覧（社）日本道路協会（H6.2）P.107、P.108

図5.3.7 せん断力に対する設計手順

5.3.5 ねじりモーメントが作用する部材の照査

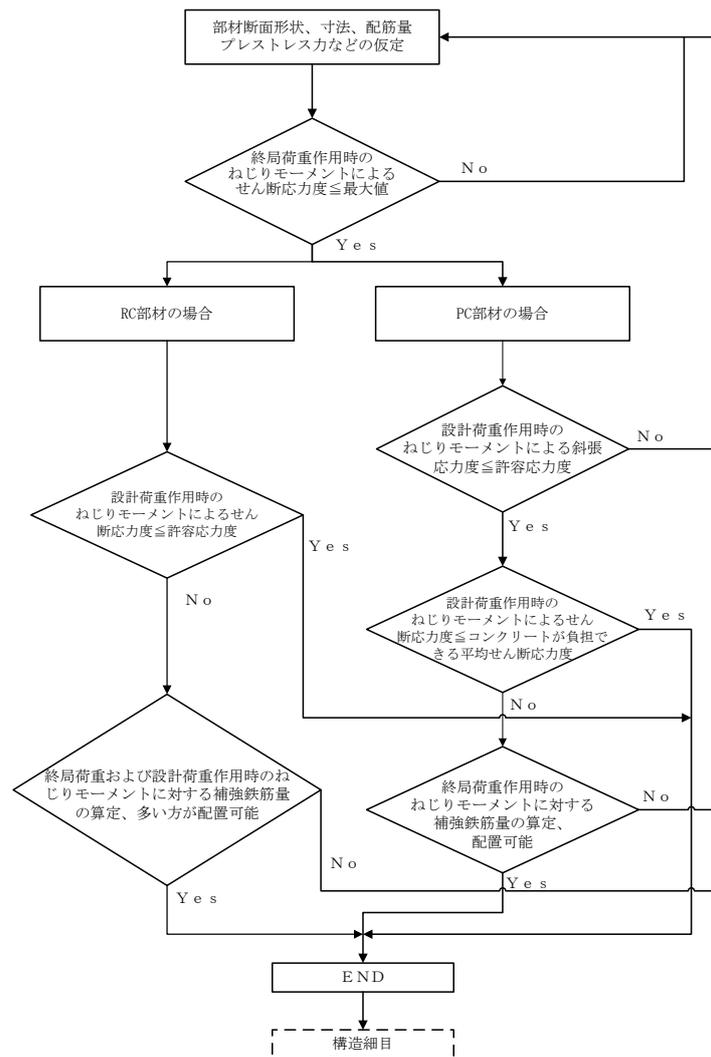
ねじりモーメントが作用する部材については、設計荷重作用時及び終局荷重作用時の照査を行わなければならない。

- (1) ねじりモーメントの影響が大きい部材についての設計荷重作用時の照査は、道示Ⅲ4.1により算出した設計ねじりモーメントを用いてコンクリートの斜引張応力度が、許容応力度以下であることを照査しなければならない。
- (2) ねじりモーメントの影響が大きい部材についての終局荷重作用時の照査は、道示Ⅲ4.1により算出した設計ねじりモーメントが、1)及び2)により算出した耐力以下であることを照査しなければならない。
  - 1) 部材のウェブ又はフランジコンクリートの圧壊に対する耐力
  - 2) 部材の斜引張破壊に対する耐力

参考：道示Ⅲ4.4.1 (H24.3) P.162、道示Ⅲ4.4.3 P165、道示Ⅲ4.4.4 P.169

設計荷重作用時の主な照査としては、鉄筋コンクリート構造では斜引張鉄筋の応力度がコンクリートに有害なひび割れが生じる応力度に達しないことを、プレストレストコンクリート構造ではコンクリートの斜引張応力度がひび割れの生じる応力度に達しないことを照査する。

終局荷重作用時の照査としては、せん断力が作用する部材と同様に、斜引張鉄筋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を照査する必要がある。



参考：コンクリート道路橋設計便覧（社）日本道路協会（H6.2）P.122 図-7.1.1

図5.3.8 ねじりモーメントに対する設計手順



「ねじりモーメント」

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。

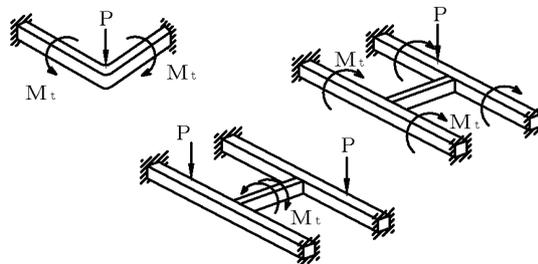
変形適合ねじりモーメントとは、不静定構造を構成する部材の変形によって生じるねじりモーメントのことです。一般に、コンクリート部材に斜めひび割れが生じるとねじり剛性が低下するため、その部材に作用するねじりモーメントは非常に小さくなります。このため、終局荷重作用時では、変形適合ねじりモーメントに対する照査は一般的に省略してても良いことになっています。

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たっては、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、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す。



(a) 釣り合いねじりモーメント（静定構造）

(b) 釣り合いねじりモーメント（不静定構造）



(c) 変形適合ねじりモーメント（不静定構造）

5.3.6 その他の照査

- (1) 鉄筋とコンクリートとが一体として挙動することを前提としている部材については、設計荷重作用時の軸方向主鉄筋とコンクリートの付着応力度が許容付着応力度以下であることを照査する必要がある。
- (2) 厚さの薄い部材に面外から集中荷重が作用する場合は、設計荷重作用時のコンクリートの押抜きせん断応力度が許容押抜きせん断応力度以下であることを照査する必要がある。

参考： 道示Ⅲ4.5～6 (H24.3) P.171、P.172

## 5.4 設計一般

本節は、主として JIS R5210 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への適用を目的とする。

### 5.4.1 終局荷重作用時の荷重組合せ

原則として、道示Ⅲに示される組合せについて照査するが、経験上明らかに必要のない組合せは省略してもよい。但し、以下の組合せは必ず照査する。

- (1) 連続桁の鋼材及びコンクリート： $1.0 \times (\text{死荷重}) + 2.5 \times (\text{活荷重} + \text{衝撃})$
- (2) ラーメン橋等地震時の影響を照査すべきものは第8章耐震設計によること。

### 5.4.2 使用材料

#### (1) コンクリート

コンクリートに関する品質、規格については道示 I 3.2 によるものとする。

ヤング係数、クリープ係数、乾燥収縮度については、道示 I 3.3 及び 2.2.5 によるものとする。

#### (2) 鉄筋

鉄筋は SD345 を用いることを基本とする。

鉄筋に関する規格については、道示 I 3.1 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 I 3.1 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 I 3.3 によるものとする。

#### (4) グラウト

部材コンクリートとPC鋼材を一体化する性能を確保するとともに、PC鋼材を腐食から保護する性能を保有するものとする。グラウト材はノンブリーディング型を標準とし、圧縮強度は材齢 28 日で  $30\text{N/mm}^2$  以上とする。

#### (1) コンクリートの設計基準強度は、以下を標準とする。

- |   |   |
|---|---|
| ・プレテンション方式PC桁   | $\sigma_{ck}=50\text{N/mm}^2$                                 |
| ・ポストテンション方式PC桁（現場製作）  | $\sigma_{ck}=40\text{N/mm}^2$                                 |
| ・ポストテンション方式PC桁（工場製作のプレキャストセグメント）                              | $\sigma_{ck}=50\text{N/mm}^2$                                 |
| ・場所打ち桁（固定支保工架設）   | $\sigma_{ck}=36\text{N/mm}^2$                                 |
| ・場所打ち桁（張出し架設、押出し架設）   | $\sigma_{ck}=40\text{N/mm}^2$                                 |
| ・プレテン桁間詰め、中詰め、横桁  | $\sigma_{ck}=30\text{N/mm}^2$                                 |
| ・RC桁  | $\sigma_{ck}=24\text{N/mm}^2$                                 |
| ・地覆   | $\sigma_{ck}=24\text{N/mm}^2$                                 |
| ・壁高欄  | $\sigma_{ck}=24\text{N/mm}^2$                                 |
| ・橋面調整コンクリート   | $\sigma_{ck}=18\text{N/mm}^2$                                 |
| ・厳密な品質管理のなされている工場（道示ⅢP.129 参照）で製作される<br>プレキャストはり部材（高強度コンクリート） | $\sigma_{ck}=70\text{N/mm}^2$ 、 $\sigma_{ck}=80\text{N/mm}^2$ |

※ただし、許容応力度は  $\sigma_{ck}=60\text{N/mm}^2$  で規定されている値を用いることとする。

#### (4) 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、プレグラウトタイプPC鋼材の使用を標準とする。

5.4.3 許容応力度

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対するコンクリートの許容応力度は、道示Ⅲ3.2によるものとする。

(1) 鉄筋コンクリート及びプレストレストコンクリートの許容応力度

表5.4.1 鉄筋コンクリート構造に対する許容圧縮応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

コンクリートの設計基準強度		21	24	27	30
応力度の種類					
曲げ圧縮応力度		7.0	8.0	9.0	10.0
軸圧縮応力度		5.5	6.5	7.5	8.5

表5.4.2 プレストレストコンクリート構造に対する許容圧縮応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

コンクリートの設計基準強度			30	40	50	60
応力度の種類						
プレスト レスシン グ直後	曲げ圧縮 応力度	1) 長方形断面の場合	15.0	19.0	21.0	23.0
		2) T形及び箱形断面の場合	14.0	18.0	20.0	22.0
	3) 軸圧縮応力度		11.0	14.5	16.0	17.0
その他	曲げ圧縮 応力度	4) 長方形断面の場合	12.0	15.0	17.0	19.0
		5) T形及び箱形断面の場合	11.0	14.0	16.0	18.0
	6) 軸圧縮応力度		8.5	11.0	13.5	15.0

表5.4.3 プレストレストコンクリート構造に対する許容引張応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

コンクリートの設計基準強度			30	40	50	60	
応力度の種類							
曲げ 引張 応力 度	1) プレストレス直後		1.2	1.5	1.8	2.0	
	2) 活荷重及び衝撃以外の主荷重		0	0	0	0	
	主荷重及び主荷 重に相当する特 殊荷重	3) 床版		0	0	0	0
		4) プレキャストセグメント橋 におけるセグメント継目		0	0	0	0
		5) その他の場合		1.2	1.5	1.8	2.0
	6) 軸引張応力度		0	0	0	0	

表5.4.4 プレストレストコンクリート構造に対する許容斜引張応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

コンクリート設計基準強度		30	40	50	60
応力度の種類					
活荷重及び衝撃以外 の主荷重	1) せん断力のみ又はねじりモーメントのみを考慮する場合	0.8	1.0	1.2	1.3
	2) せん断力とねじりモーメントをともに考慮する場合	1.1	1.3	1.5	1.6
衝突荷重又は地震の 影響を考慮しない荷 重の組合せ	3) せん断力のみ又はねじりモーメントのみを考慮する場合	1.7	2.0	2.3	2.5
	4) せん断力とねじりモーメントをともに考慮する場合	2.2	2.5	2.8	3.0

(2) コンクリートが負担できる平均せん断応力度

表5.4.5 コンクリートが負担できる平均せん断応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

設計基準強度	24	30	40	50	60
コンクリートが負担できる平均せん断応力度	0.39	0.45	0.55	0.65	0.70

表5.4.6 コンクリートの平均せん断応力度の最大値 (N/mm<sup>2</sup>)

設計基準強度	24	30	40	50	60
コンクリートの平均せん断応力度の最大値	3.2	4.0	5.3	6.0	6.0

(3) PC鋼材の許容引張応力度

表5.4.7 PC鋼材の許容引張応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

PC鋼材の種類		許容引張応力度	プレストレッ シング中	プレストレッ シング直後	設計荷重 作用時
鋼	SWPR1AN	5 mm	1260	1120	960
	SWPR1AL	7 mm	1170	1050	900
	SWPD1N	8 mm	1125	1015	870
	SWPD1L	9 mm	1080	980	840
線	SWPR1BN	5 mm	1350	1190	1020
	SWPR1BL	7 mm	1260	1120	960
		8 mm	1215	1085	930
鋼	SWPR2N	2.9 mm (2本より)	1530	1365	1170
	SWPR2L				
よ	SWPR7AN (7本より)		1305	1190	1020
	SWPR7AL (7本より)				
り	SWPR7BN (7本より)		1440	1295	1110
	SWPR7BL (7本より)				
線	SWPR19N SWPR19L (19本より)	17.8 mm	1440	1295	1110
		19.3 mm	1440	1295	1110
		20.3 mm	1440	1260	1080
		21.8 mm	1440	1260	1080
		28.6 mm	1350	1260	1080
鋼 棒	丸棒A種 2号	SBPR785/1030	706	667	588
	丸棒B種 1号	SBPR930/1080	837	756	648
	丸棒B種 2号	SBPR930/1180	837	790	697

5.4.4 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、図5.4.1に示すフローチャートによる。
- (2) PC鋼材の見かけのリラクセーション率は、道示I3.3によるものとする。
- (3) 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、プレストレス導入時のコンクリート圧縮強度に対する弾性係数を用いなければならない。
- (4) 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は、表5.4.8～5.4.9の値を標準とする。
- (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、これによるPC鋼材引張応力度の減少を考慮しなければならない。
- (6) PC鋼材の引張応力度は、設計荷重作用時における荷重組合せに対して、許容応力度以内であることを確かめなければならない。

(1) PC橋の設計手順フローチャート

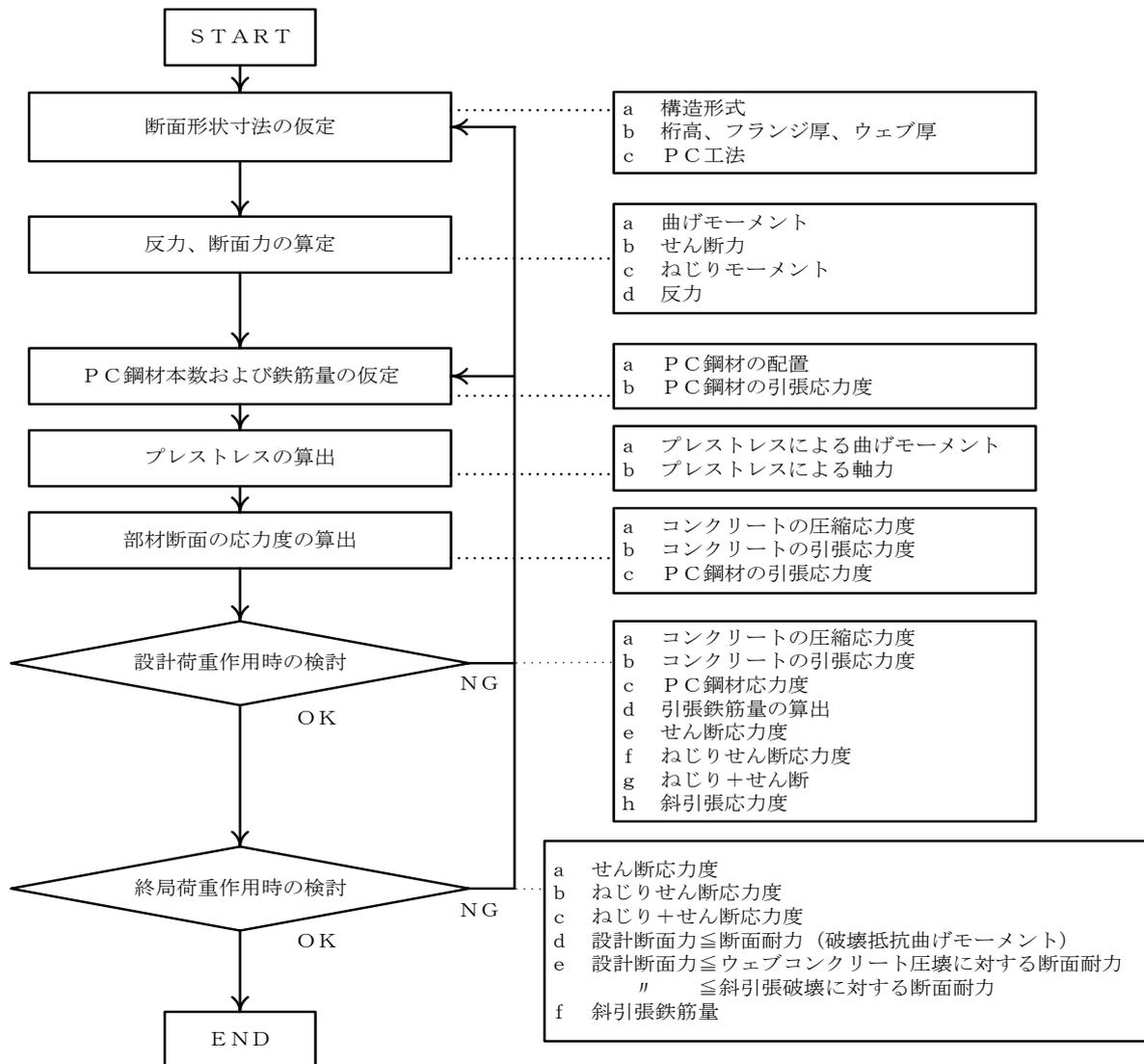


図5.4.1 PC橋の設計手順

## (4) コンクリートのクリープ及び乾燥収縮

表5.4.8 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 コンクリート材令		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

参考：道示Ⅰ2.2.5 (H24.3) P.37 表-2.2.7

表5.4.9 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令	4～7日	28日	90日	365日
乾燥収縮度 (×10 <sup>-5</sup> )	20	18	16	12

参考：道示Ⅰ2.2.5 (H24.3) P.37 表-2.2.8

## 5.4.5 構造細目

- (1) 最小鋼材量は、道示Ⅲ6.4によるものとする。
- (2) 鉄筋のかぶり、フック及び曲げ形状、定着、継手については道示Ⅲ6.6によるものとする。
- (3) PC鋼材の配置は、道示Ⅲ6.6.6によるものとする。
- (4) 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。
- (5) 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よう、補強鉄筋等で補強する。

参考：道示Ⅲ (H24.3) P.183、道示Ⅲ (H24.3) P.186

- (1) ポストテンションPC部材の鉄筋は、組立筋を除き D13mm以上の鉄筋を 300mm以下の間隔で配置するものとする。
- (2) 所要の耐久性が損なわれないようにするため、確実に規定された最小かぶりを確保する必要がある。
- (4) 定着具位置の決定には、以下の事項に留意する。
- ・ 部材の中間部に定着する場合には、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か、圧縮部のコンクリートに定着するのがよい。
  - ・ 定着具は、桁のウェブに設けることを標準とする。
  - ・ 数多くの定着具を同一面内に配置する場合は、定着具の数、引張力の大きさ、各定着具の必要最小間隔等を考慮して、定着部のコンクリートの断面形状及び寸法を定める。
- (5) 定着具の配置間隔は、「プレストレスコンクリート工法設計施工指針」（平成3年3月，土木学会）をはじめ、各工法のマニュアルを参考とすればよい。

5.4.6 床版橋

(1) 適用の範囲

本項の規定は、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) 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Ⅲ8.4.(7)及び解説(7)によるものとする。

参考：道示Ⅲ8.1～道示Ⅲ8.4 (H24.3) P.232～P.242

(1) 中空床版橋の適用について

重要路線における中空床版橋（ホロスラブ）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、

- ① 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。
- ② 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。
- ③ 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、①桁高が低い構造であること、②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も良いこととする。

- ① 施工時のボイド管の浮き上がり防止の対策を十分行うとともに、所要の床版のかぶり厚が確保されているかチェックできるよう工夫すること。
- ② ボイド管からの水抜き孔を確実に確保するとともに、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。

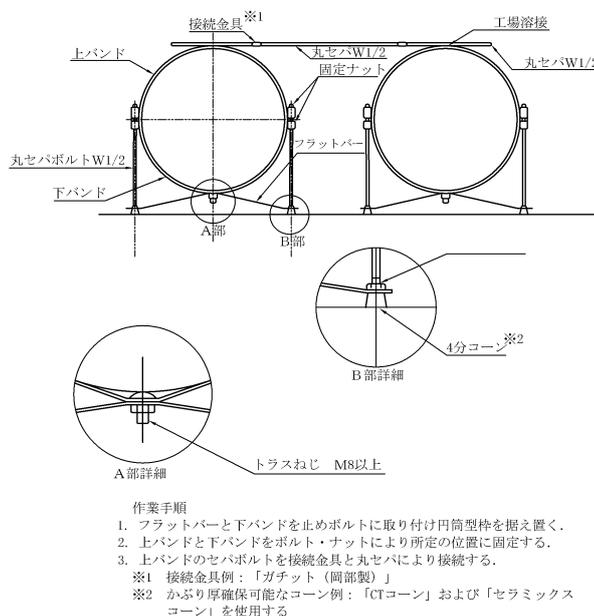


図5.4.2 中空床版橋ボイド管施工例

(2) 版理論の方法により支間方向の曲げモーメント求め、PC鋼材を配置する場合、版を一つの桁と考えたとき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ものとする。

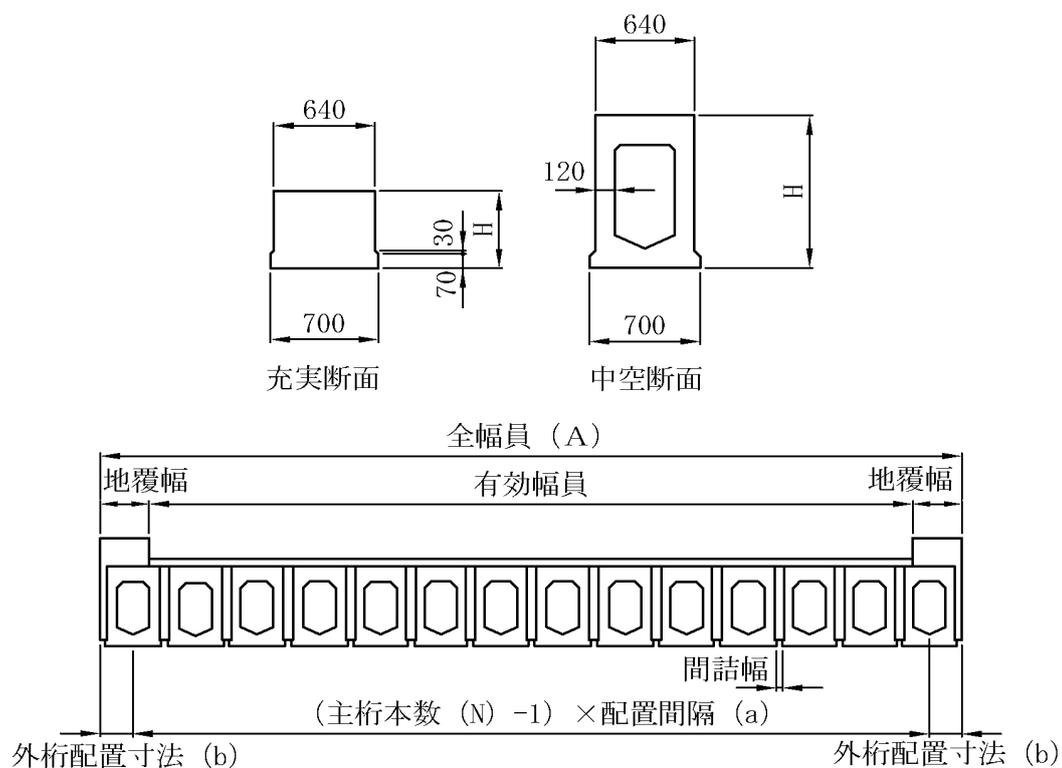


図 5.4.3 プレテンション方式床版橋

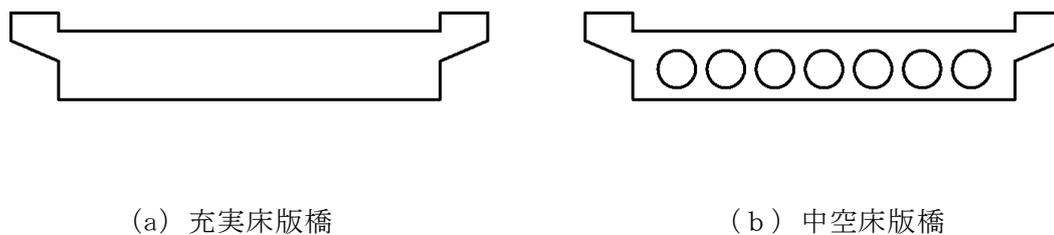


図 5.4.4 ポストテンション方式床版橋

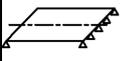
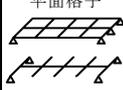
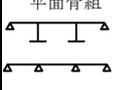


「PC橋の構造解析について」

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5.4.10に示す。

表5.4.10 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
	<ul style="list-style-type: none"> <li>床版橋</li> <li>中空床版橋</li> </ul>	①版理論に基づく方法 <ul style="list-style-type: none"> <li>等方性版……Olsenの方法等</li> <li>直行異方性版……Guyon-Massonnetの方法等</li> <li>斜版……Olsen, Nielsen, H. Vogtの方法等</li> </ul> ②変位法による格子構造解析 <ul style="list-style-type: none"> <li>平面格子解析</li> </ul> ③有限要素法 <ul style="list-style-type: none"> <li>版要素による解析</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>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。</li> <li>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。</li> <li>任意の支承条件や荷重状態について解析できる。</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>T桁橋</li> <li>多主桁箱桁橋</li> </ul>	①格子構造理論による解析：Homberg, Leonhardt, Guyon-Massonnetの方法等 ②〔道示Ⅲ〕によるT桁橋の簡易な荷重分配計算法 ③変位法による格子構造解析	<ul style="list-style-type: none"> <li>T桁の荷重分配作用の考慮は、一般にGuyon-Massonnetの方法や〔道示Ⅲ〕の方法で行われている。</li> <li>活荷重に対する影響面載荷が容易にできる。</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>連続桁橋</li> <li>ラーメン橋</li> <li>アーチ橋</li> <li>斜張橋</li> </ul>	①はり理論 ②変位法による平面骨組構造解析（面内、面外）	<ul style="list-style-type: none"> <li>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。</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>曲線桁橋</li> <li>ラーメン橋</li> <li>ビルツ橋</li> </ul>	①変位法による立体骨組構造解析 ②格子構造解析と平面骨組構造解析の組み合わせ ③曲げねじり理論	<ul style="list-style-type: none"> <li>同上</li> </ul>
その他	<ul style="list-style-type: none"> <li>局部応力の解析</li> </ul>	有限要素法（FEM） <ul style="list-style-type: none"> <li>要素の種類：平面応力・平面ひずみ、版、薄板、中実、梁、棒要素等</li> <li>上記要素の組合せ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>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。</li> <li>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。</li> </ul>

## 5.4.7 T桁橋

## (1) 適用の範囲

ここに示す規定は、複数のPCT桁を架設した後、桁間に現場コンクリートを打設し、横締めケーブルにより一体化した形式に適用する。

## (2) 断面力の算出

T桁橋の断面力は、格子理論により算出する。

床版の曲げモーメントは、道示Ⅲ7.4.2により算出する。

## (3) 横方向の設計

横方向部材はすべてPC構造とする。

床版には主荷重作用時に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、主桁と同一とする。

## (4) 主桁の構造細目

PC鋼材は、桁端に定着することを原則とする。

## (5) 床版の構造細目

床版の厚さは、160mm以上としなければならない。

## (6) 横桁の構造細目

主桁の支点上及び支間中間には、必ず横桁を設けなければならない。

中間横桁は1径間に1箇所以上かつ15m以下の間隔で設ける。

## (7) たわみ

設計荷重によるたわみにより、橋面に有害な勾配変化が生じないように設計する。

参考：道示Ⅲ9.3 (H24.3) P.244

(2) 格子理論では、斜角 $70^\circ$ 以上の場合、部材のねじり剛性を無視してもよい。

(5) 床版間詰めコンクリート部分には、床版の上下面に橋軸方向にD13mm以上の鉄筋を250mm以下の間隔で配置する。

床版横締めPC鋼材及び床版支間方向鉄筋の配置は、道示Ⅲ7.6及び7.7によるものとする。

(6) 横桁のウェブ厚さ $t$ は、以下を原則とする。

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

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

斜角 $\theta$ が、 $45^\circ \leq \theta \leq 90^\circ$ の場合、中間横桁は、支承線と平行に配置することを原則とする。

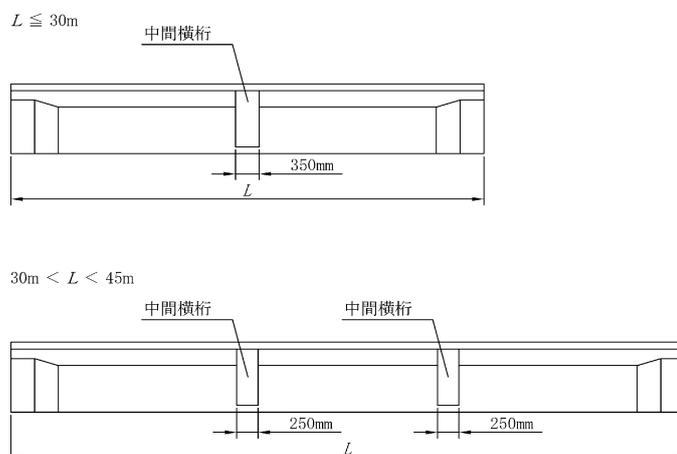


図5.4.5 横桁の配置例

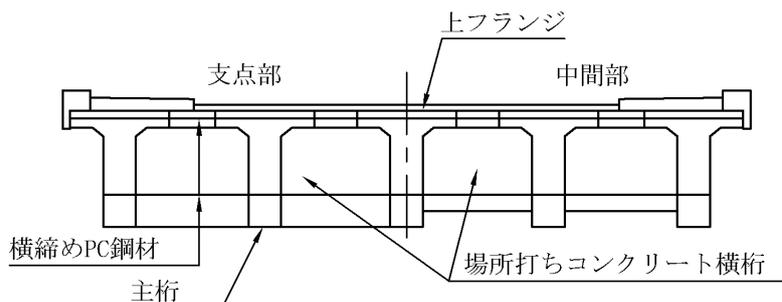


図5.4.6 T桁橋

参考：コンクリート道路橋設計便覧（社）日本道路協会（H6.2）P.238 図-13.1.1

#### 5.4.8 PCコンポ橋（PC合成桁橋）

##### (1) 適用の範囲

本項に示す規定は、PC桁と場所打ち床版がずれ止め鉄筋によって結合され、桁と床版が一体となった合成桁橋（PC合成床版タイプ）に適用する。以下、このPC合成桁橋をPCコンポ橋と称す。

##### (2) 設計一般

PCコンポ橋の設計では、施工段階ごとの構造系の変化を考慮した通常の合成桁としての設計を行う他に、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

主桁及び横桁の断面力は、格子構造理論により算出することを原則とする。

##### (4) 主桁の設計

主桁と床版からなる合成断面は、合成後死荷重及び活荷重の組合せに対して安全となるよう設計する。

##### (5) 桁と床版の結合部の設計

桁と床版の結合部の設計は、道示Ⅲ11.3によるものとする。

##### (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荷重に対して安全となるように設計するものとする。

##### (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設計しなければならない。

参考：コンクリート道路橋設計便覧（社）日本道路協会（H6.2）P399

(3) 格子理論では、斜角  $70^\circ$  以上の場合、部材のねじり剛性を無視してもよい。

(4) 合成桁として断面力に抵抗する床版の有効断面は、原則として場所打ちコンクリート部分のみとする。

(6) PC合成床版の厚さは、道示Ⅲ7.3.1によるものとする。

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厚さとする。ここで、場所打ちコンクリート厚さはPC床版の厚さの1.5倍以上とする。

PC床版のかかり長さは、両端とも9cm以上を標準とする。

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

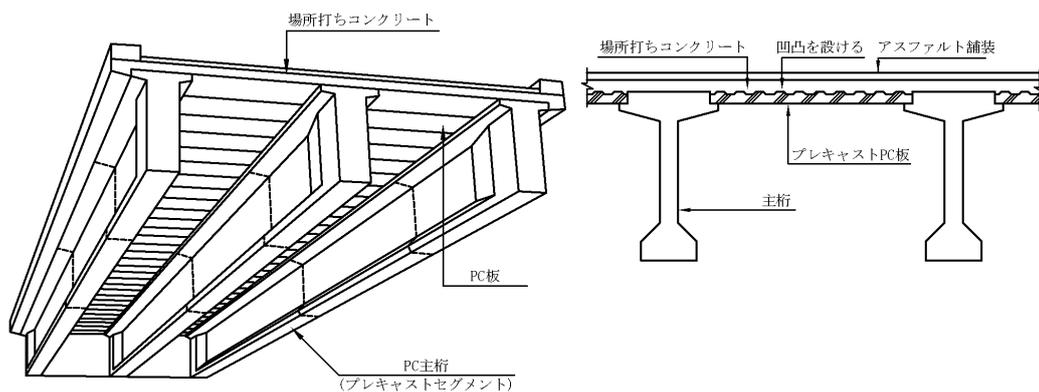


図5.4.7 PCコンポ橋

### 5.4.9 箱桁橋

(1) 適用の範囲

本項に示す規定は、断面が箱形をなす橋（以下箱桁という）に適用する。

(2) 断面力の算出

断面力の算出は、道示Ⅲ10.3によるものとする。

(3) 横方向の設計

横方向の設計は、道示Ⅲ10.3(4)によるものとする。

(4) 主桁の構造細目

上フランジの厚さは5.4.7 T桁橋(5)に準ずる。

ウェブの厚さは構造上必要な断面耐力による他、部材間に配置される鉄筋とPC鋼材の配置、定着具の配置、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。

参考：道示Ⅲ10章(H24.3) P.248

(4) フランジの橋軸方向には、少なくともD13mm以上の鉄筋を250mm以下の間隔でフランジの上下に配置しなければならない。

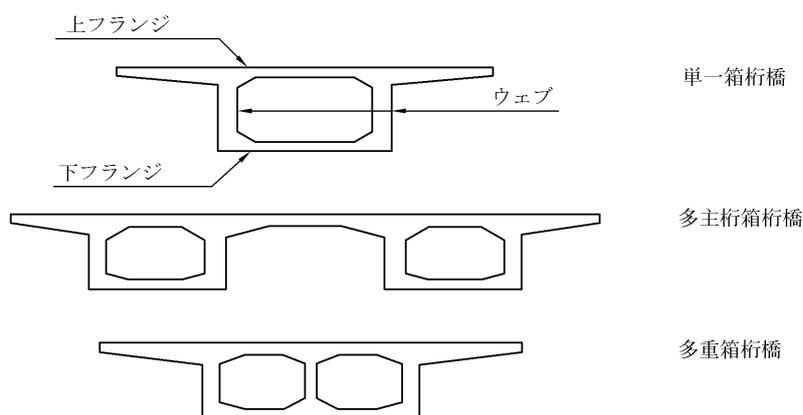


図5.4.8 箱桁橋

## 5.4.10 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、予め製作した主桁を現地に架設し、中間橋脚上でこれらを連結して連続桁橋とする場合に適用する。

## (2) 使用材料

主桁の設計基準強度は、以下を標準とする。

プレテンション桁 50N/mm<sup>2</sup>

ポストテンション桁 40N/mm<sup>2</sup>（現場製作）

50N/mm<sup>2</sup>（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、30N/mm<sup>2</sup>とする。

使用する鉄筋は、SD345とする。

使用するPC鋼材は、道示I3.1に従う。

## (3) 許容応力度

コンクリートの許容応力度は道示III3.2に従う。

鉄筋の許容応力度は、道示III3.3に従う。ただし、連結鉄筋の許容応力度は、160N/mm<sup>2</sup>とする。

PC鋼材の許容応力度は、道示III3.4に従う。

## (4) 設計一般

断面力は、主桁、横桁及び床版の死荷重については単純桁として、橋面荷重、活荷重については連続桁として、格子理論により算出することを原則とする。

## (5) 連結部の設計

連結部の設計断面は、図5.4.9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。

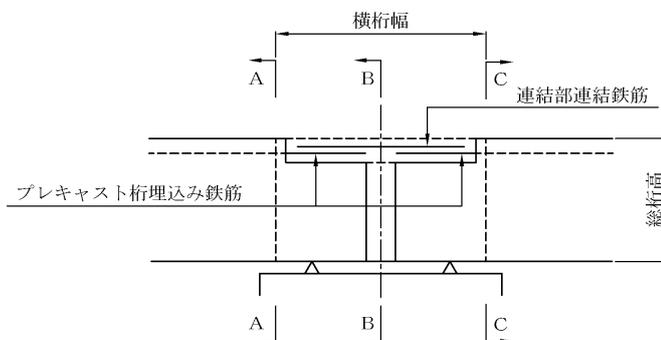


図5.4.9 連結部の設計断面

## (6) 連結部の構造細目

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

連結部の桁端の間隔は200mmを標準とする。

横桁の幅は、プレテンション桁の場合、床版切欠き長+100mm、ポストテンション桁の場合は、桁高程度以上とする。

横桁にはPC鋼材を配置しなければならない。

参考：道示III14章（H24.3）P.278、P.299

(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。

(5) 中間支点上の設計曲げモーメントは、道示Ⅲ14.3.2による低減を行わないものとする。

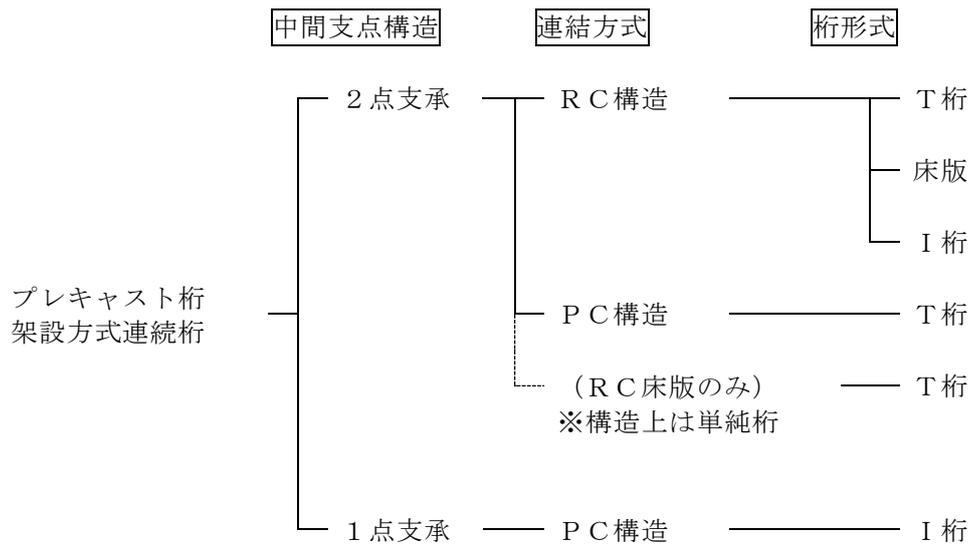
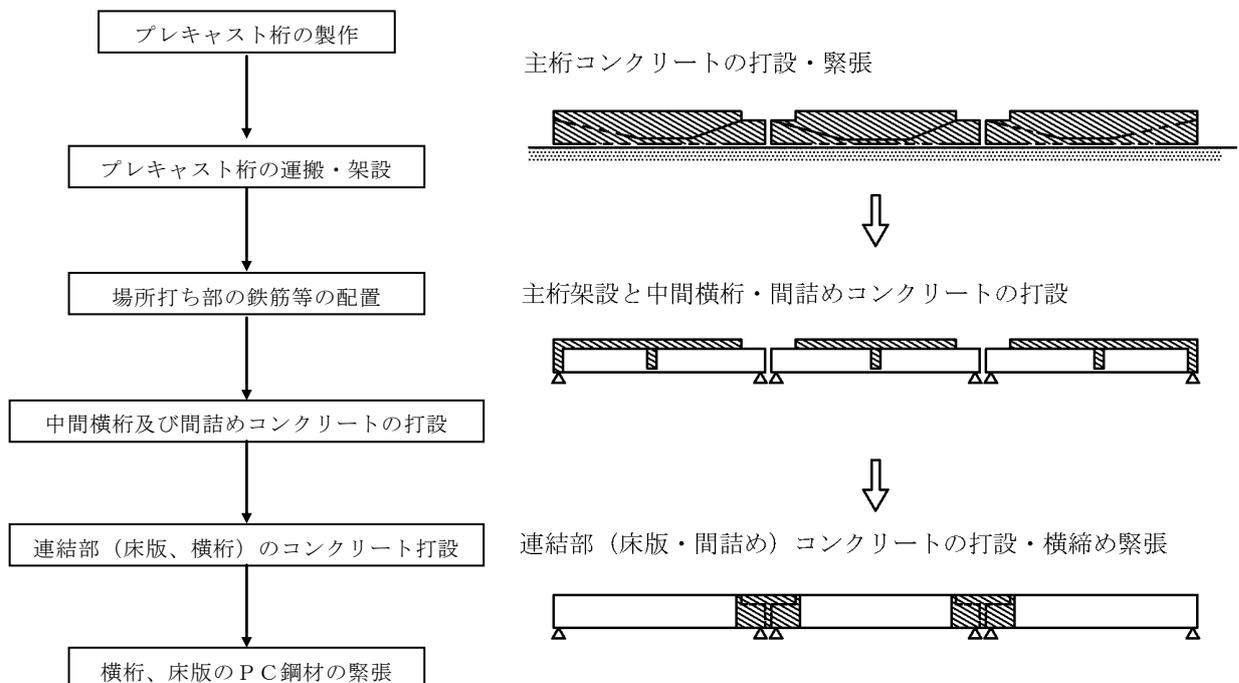
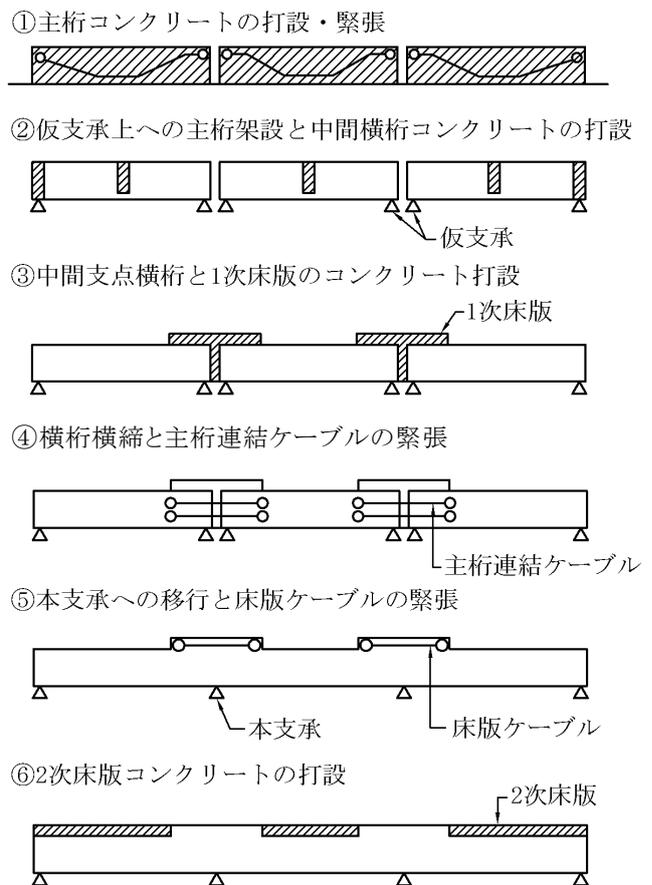
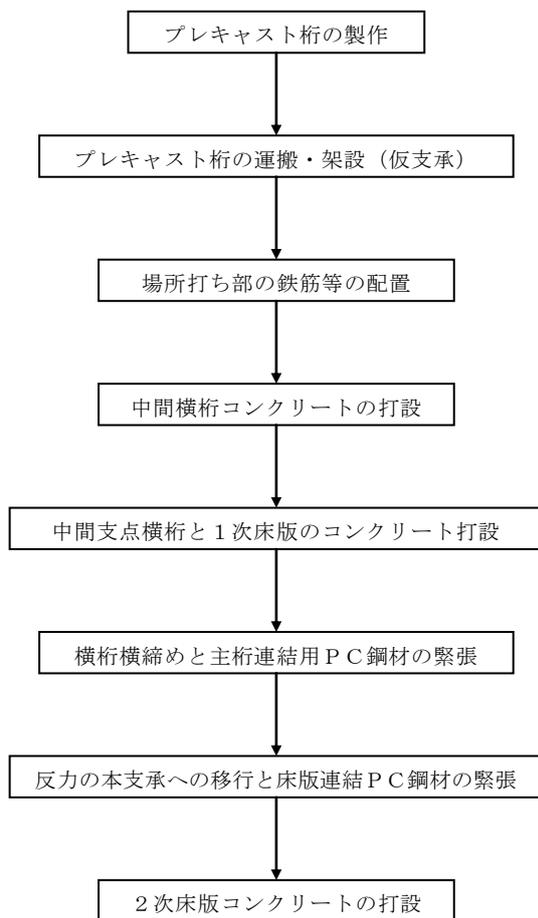


図5.4.10 プレキャスト桁架設方式連続桁の連結方法



参考：コンクリート道路橋設計便覧（社）日本道路協会（H6.2）P.304 図-15.3.2

図5.4.11 RC連結方式のT桁橋の施工手順例



参考：コンクリート道路橋設計便覧（社）日本道路協会（H6.2）P.312

図5.4.12 PC連結方式の合成桁の施工手順例

### 5.4.11 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こと等、外ケーブル構造の特性を考慮して設計しなければならない。

#### (3) 構造細目

外ケーブルの定着部及び偏向部は、ケーブルの張力及び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、鉄筋又はPC鋼材によって補強するものとする。

参考：道示Ⅲ18章（H24.3）P.312

(1) 外ケーブルを用いた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に配置するため、コンクリートの部材厚を小さくでき、自重の低減が可能である。
- 2) コンクリート打設が容易となり、施工性の向上及び工期の短縮が可能となる。
- 3) 大容量の緊張材の使用が可能である。
- 4) 維持管理及び補修が容易である。

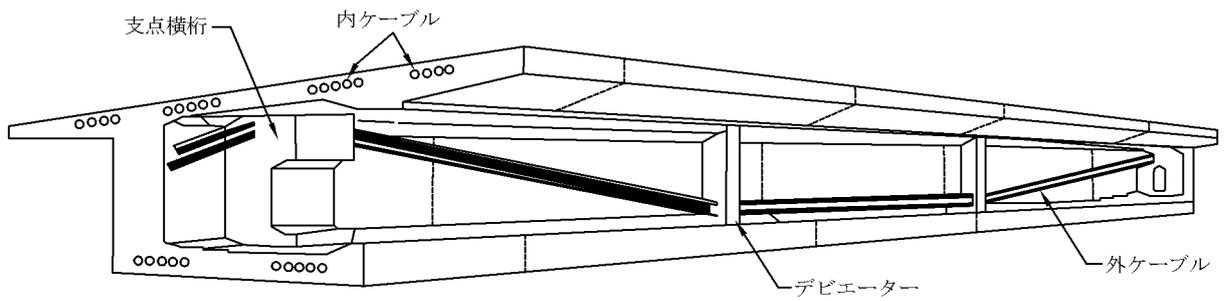


図5.4.13 内・外ケーブル方式の概念図

(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あり、適切な構造を選定する必要がある。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からあまり好ましくない形式であるため、偏向力が小さい場合以外には原則として用いない方がよい。

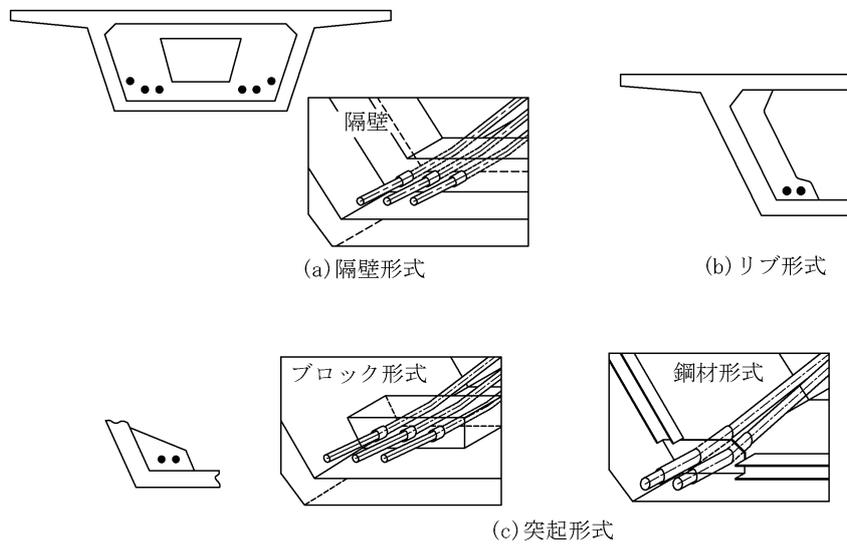


図5.4.14 偏向部の構造形式

$T_1$	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)

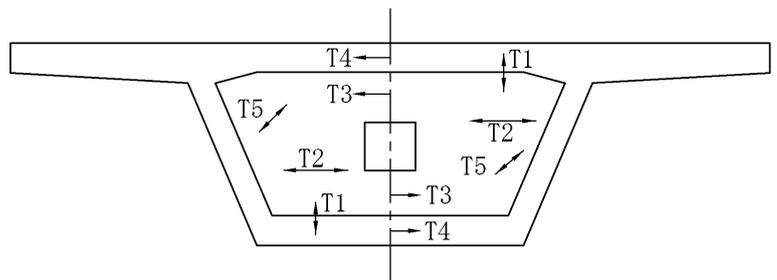


図5.4.15 偏向部に発生する断面力

5.4.12 RC橋

(1) 設計一般

RC橋においては、鉄筋の引張応力度がコンクリートに有害なひび割れを生じさせる引張応力度に達しないことを照査するものとする。

部材は、設計荷重作用時及び終局荷重作用時のそれぞれの荷重組合せに対して、安全であることを確かめなければならない。

(2) 使用材料

コンクリートの品質、規格等は道示I3.2によるものとする。

鉄筋の品質、規格等は道示I3.1によるものとする。

(3) 設計計算

RC橋の設計は、図5.4.16に示す手順によることを標準とする。

(4) 曲げモーメント及び軸方向力が作用する部材の設計

曲げモーメント及び軸方向力を受ける部材の設計では、道示III4.2の規定に従って、設計荷重作用時の照査及び終局作用時の照査を行うものとする。

(5) せん断力が作用する部材の設計

せん断力に対する部材の照査は道示III4.3に従って設計荷重作用時の照査及び終局荷重作用時の照査を行うものとする。

(6) ねじりモーメントが作用する部材の設計

ねじりモーメントの影響が大きい部材については、道示III4.4の規定に従って設計荷重作用時の照査及び終局荷重作用時の照査を行うものとする。

参考：道示I3.1 (H24.3) P.73、道示I3.2 (H24.3) P.82、道示III4.2 (H24.3) P.136、  
道示III4.3 (H24.3) P.147、道示III4.4 (H24.3) P.162

(1) 設計荷重作用時及び終局荷重作用時における荷重の組合せは、道示III2.2によるものとする。

(4) 曲げモーメント又は軸方向力に対する部材の有効断面は道示III4.2.2によるものとする。

(5) せん断力に対する有効断面は、道示III4.3.2により計算する。

(6) ねじりモーメントに対する有効断面は、道示III4.4.2により計算する。

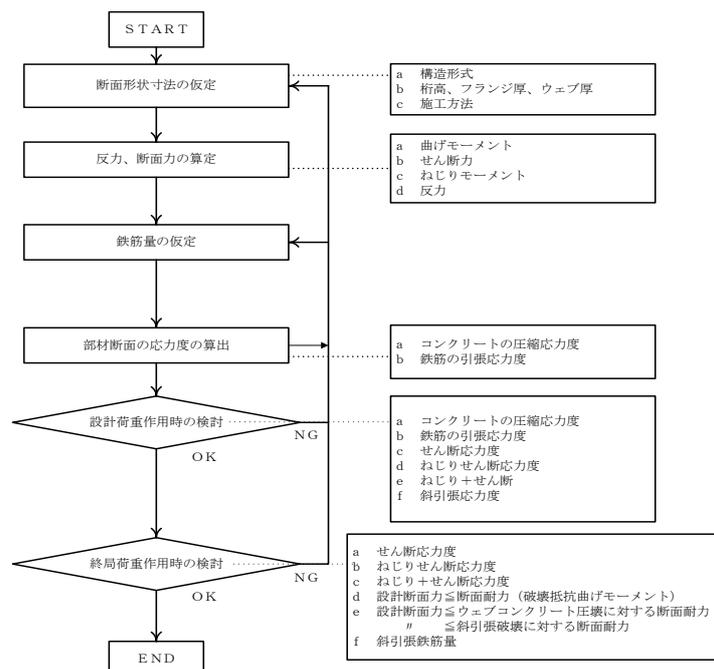


図5.4.16 RC橋の設計手順

## 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。

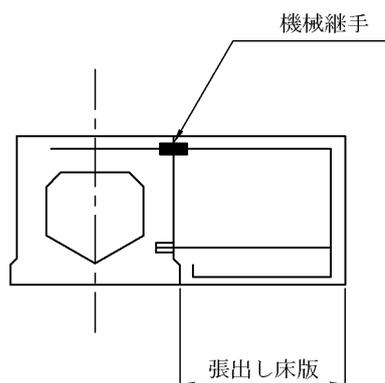
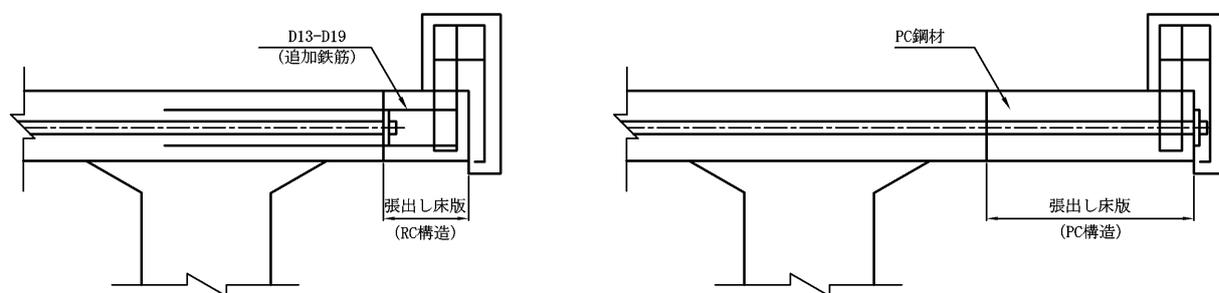


図5.5.1 プレテンション床版橋の対応例



平面シフトが小さい場合（50cm程度以下）の対応例

平面シフトが大きい場合（50cm程度以上）の対応例

参考：コンクリート道路橋設計便覧（社）日本道路協会（H6.2）P.241 図-13.1.3、図-13.1.4

図5.5.2 T桁橋の対応例

- (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。

橋が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、主桁の支承接触面にレアー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。

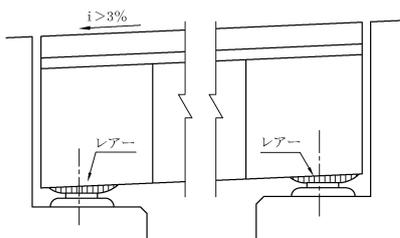


図 5.5.3 縦断勾配へのゴム支承の据え付け方法

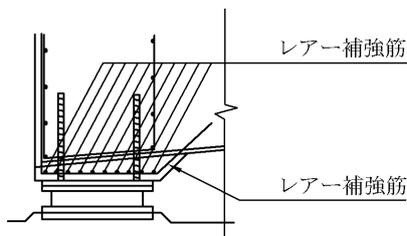


図 5.5.4 レアーの補強例

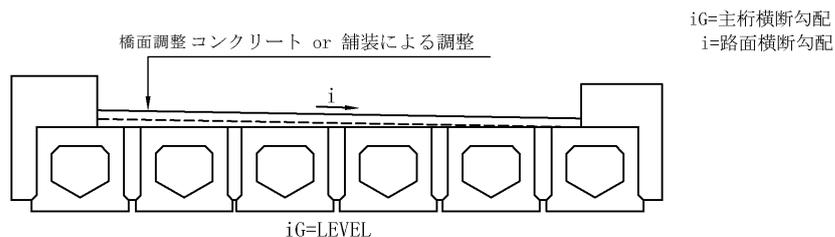
### 5.5.3 横断勾配への対応

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工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。



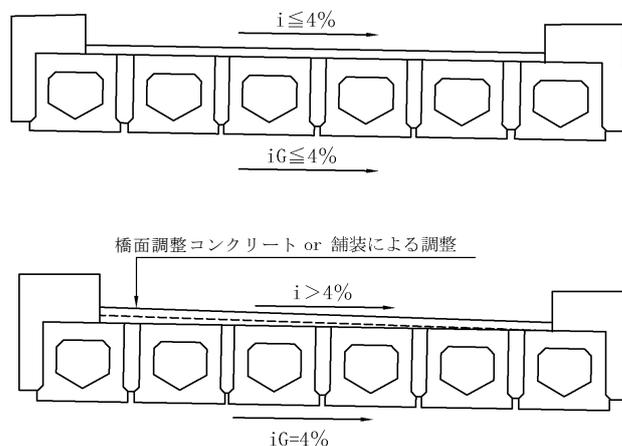
参考：PC 道路橋計画マニュアル（社）プレストレスト・コンクリート建設業協会（H19.10）P.222 図-7.1.3

図 5.5.5 橋面調整コンクリートによる処理

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30mmとする。



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

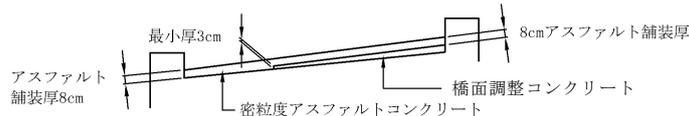


図 5.5.6 主桁を傾けた処理方法例

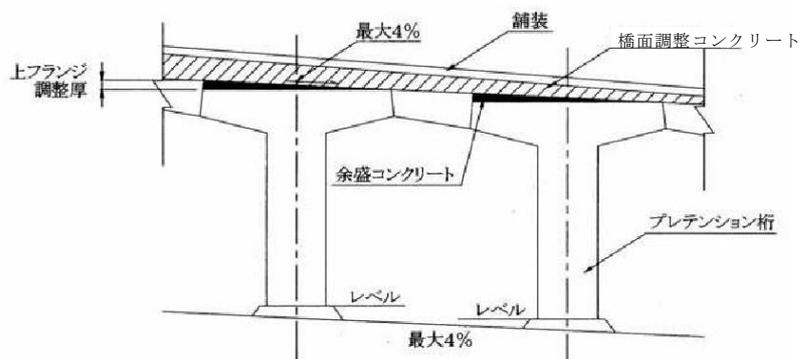
(2) プレテンションT桁橋、ポストテンションT桁橋

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）

下部工を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。



参考：コンクリート道路橋設計便覧（社）日本道路協会（H6.2）P.242 図-13.1.5

図 5.5.7 プレテンションT桁橋（片勾配）の対処方法例

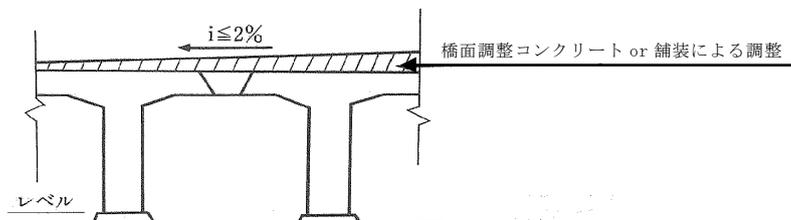
2) ポストテンションT桁橋 (片勾配)

下部工を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。

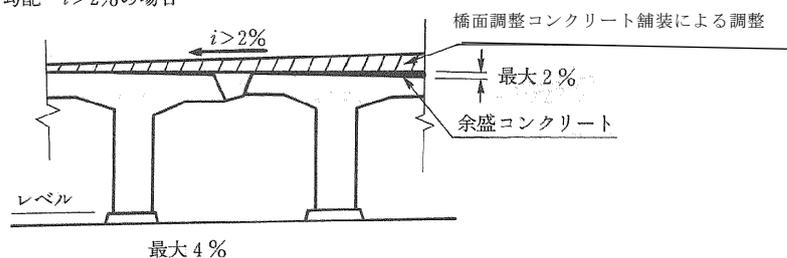
横断勾配が2%までの場合は、橋面調整コンクリートにて対処し、2%を超える場合は、2%までを桁の余盛りにて対処し、残りを橋面調整コンクリートにて調整する。

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



参考：コンクリート道路橋設計便覧（社）日本道路協会（H6.2）P.242 図-13.1.5

図 5.5.8 ポストテンションT桁橋 (片勾配) の対処方法例

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、ポストテンションT桁とも、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原則として30mmとする。

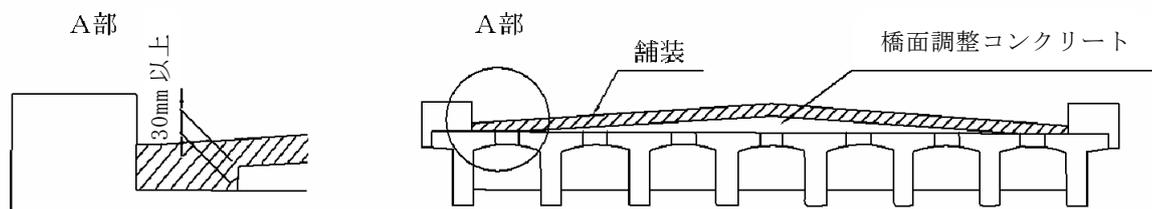


図 5.5.9 両勾配の対処方法例

5.5.4 斜角への対応

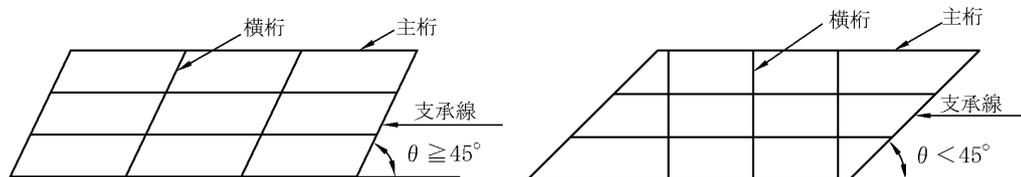
- (1) 橋梁における斜角は $90^\circ$ を基本とする。経済性等、優位な場合においても $60^\circ$ 以上とするのが望ましい。  
 (2) やむを得ず斜角を $60^\circ$ 以下とする場合は、特別な処理とする。

(1) 橋梁における斜角は $90^\circ$ 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 $90^\circ$ 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 $45^\circ$ 以上の場合には、支承線に平行に配置してよい。

なお、斜角が $45^\circ$ 未満の場合は、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。

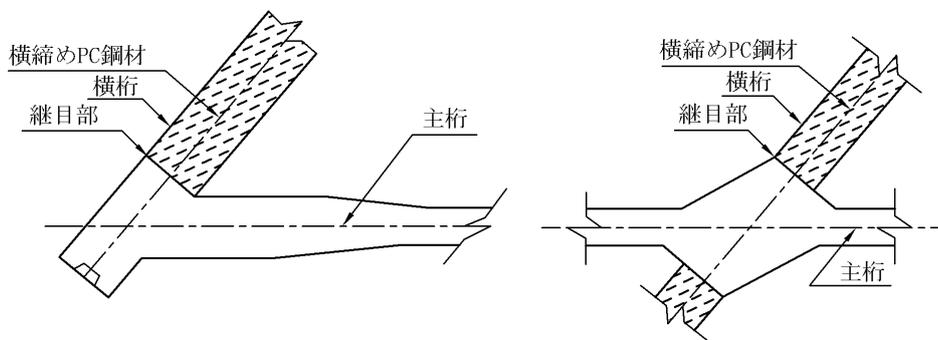


a) 斜角 $45^\circ$ 以上の場合の横桁の配置例

b) 斜角 $45^\circ$ 未満の場合の横桁の配置例

参考：コンクリート道路橋設計便覧（社）日本道路協会（H6.2）P.250 図-13.3.3、図-13.3.4

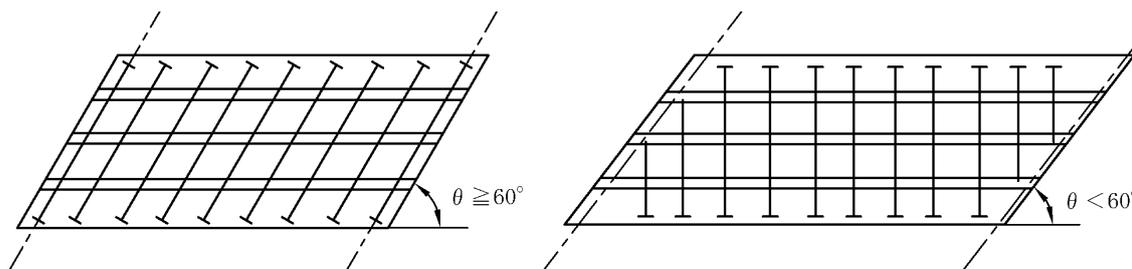
図5.5.10 横桁の配置



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

図5.5.11 主桁と横桁の打継目（斜角 $\theta < 55^\circ$ ）

又、床版の横締め鋼材の配置は斜角により図5.5.12のように計画する。



a) 斜角 $\theta \geq 60^\circ$ の場合

b) 斜角 $\theta < 60^\circ$ の場合

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

図5.5.12 床版横締め鋼材の配置

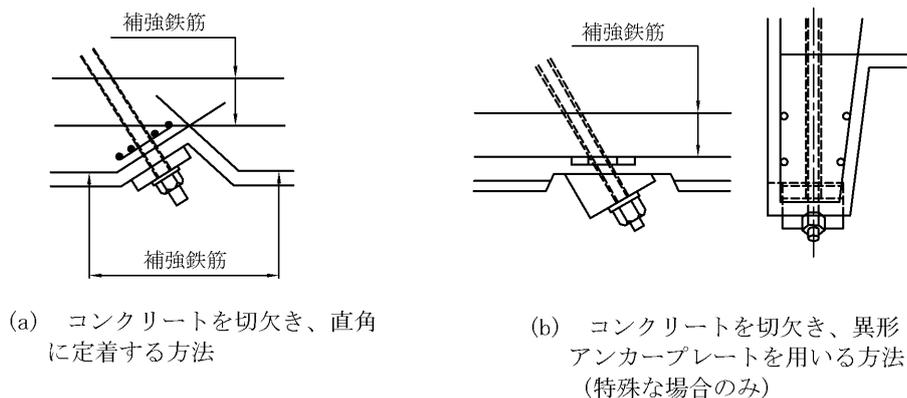
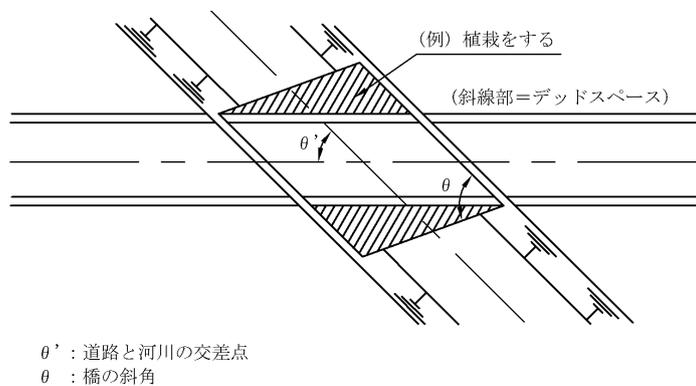


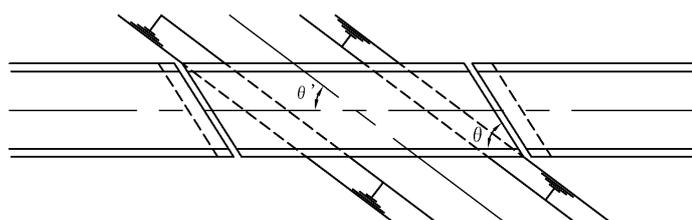
図 5.5.13 斜橋に対する横締めPC鋼材の端部処理

(2) 橋梁における斜角は  $45^\circ$  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 5.5.14～図 5.5.15 に示す対処も考えられる。



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

図 5.5.14 デッドスペースを設けた例



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

図 5.5.15 斜角を大きくした例

## 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) プレキャスト工法

プレキャスト工法は、架設地点以外の工場、又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、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 18 m以下	自動車の長さ（積載物含まず）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) 場所打ち工法

場所打ち工法には、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式支保工架設工法、橋脚柱頭部から張り出し施工する片持架設工法、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。又、片持架設工法では、桁張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。又、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。

参考：橋梁架設工事の積算（一社）日本建設機械施工協会（H26.5）P.541 表 3-1-1

図5.6.1 架設工法の分類（プレキャスト工法）

参考：橋梁架設工事の積算（一社）日本建設機械施工協会（H26.5）P.542 表 3-1-2

図5.6.2 架設工法の分類（場所打ち工法）

## (1) 架設桁架設工法

架設径間に予め架設桁を据付けておき、引出し軌道でPC桁製作ヤードからPC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、PC桁の質量により使い分けるが、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、PC桁の質量に関係なく、二組桁設備を使用することが多い。

参考：橋梁架設工事の積算（一社）日本建設機械施工協会（H26.5）P.557 図3-4-2

図5.6.3 架設工法概念図（架設桁架設工法：二組桁設備）

## (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PC桁を吊上げ、据付ける工法である。又、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。

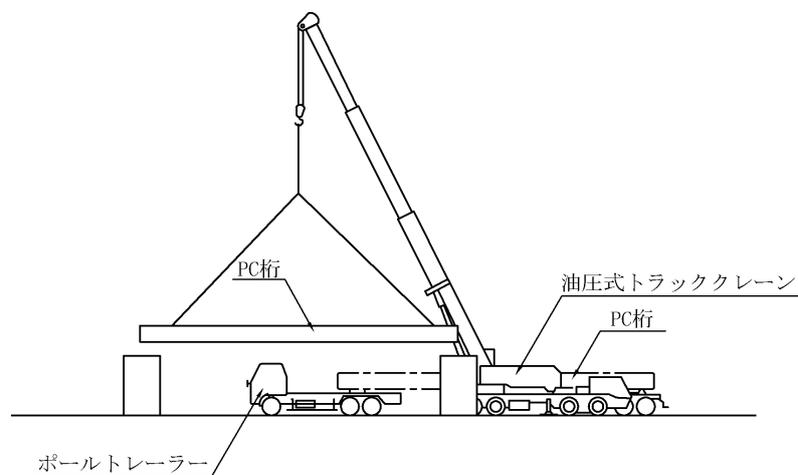


図5.6.4 架設工法概念図（クレーン架設工法：トラッククレーン工法）

(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

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。

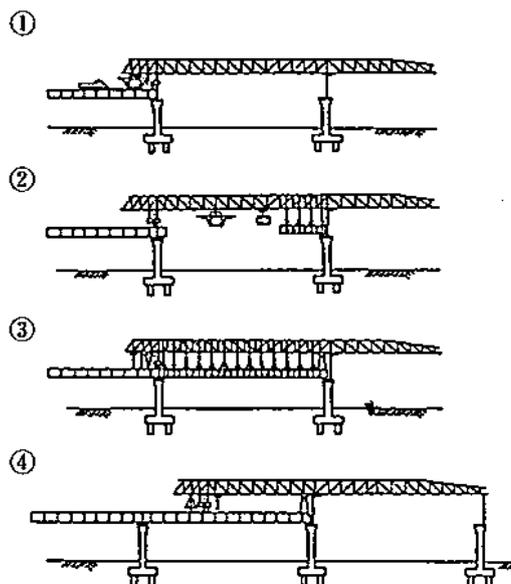


図5.6.5 架設工法概念図 (スパンバイスパン工法)

(5) 片持ち架設工法 (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。

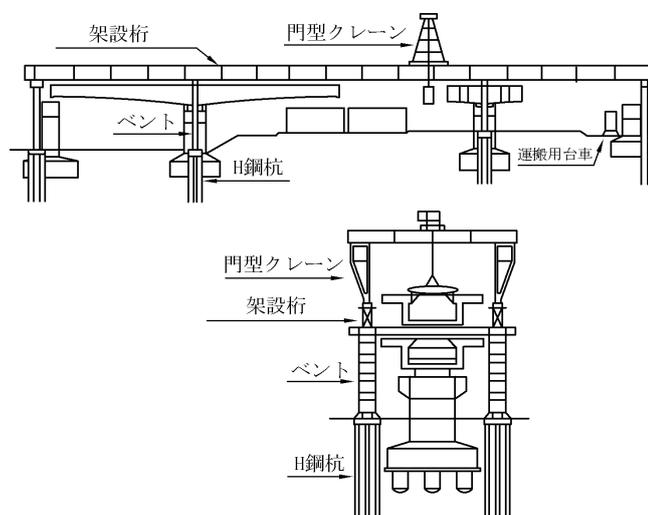


図5.6.6 架設工法概念図 (プレキャストセグメント架設工法)

(6) 固定式支保工架設工法

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。

参考：橋梁架設工事の積算（一社）日本建設機械施工協会（H26.5）P.605 図3-4-29  
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）

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、又は支保工高が高かったり、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。

参考：橋梁架設工事の積算（一社）日本建設機械施工協会（H26.5）P.606 図3-4-30  
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）

(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り付けて、押出し装置を用いて橋体を順次架設、径間前方に押出し架設する工法である。

参考：橋梁架設工事の積算（一社）日本建設機械施工協会（H26.5）P.631 図 3-4-41

図 5.6.9 架設工法概念図（押出し架設工法）

(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、一径間毎に移動しながら橋体を製作、架設していくもので、一定規模以上の多径間橋梁に有利な架設工法である。

参考：橋梁架設工事の積算（一社）日本建設機械施工協会（H26.5）P.640 図 3-4-51

図 5.6.10 架設工法概念図（大型移動支保工架設工法）

## (9) 片持架設工法（場所打ち桁）

片持架設工法は、長大支間橋梁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。

参考：橋梁架設工事の積算（一社）日本建設機械施工協会（H26.5）P.620 図3-4-34

図5.6.1.1 架設工法概念図（片持架設工法）

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。

又、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、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。

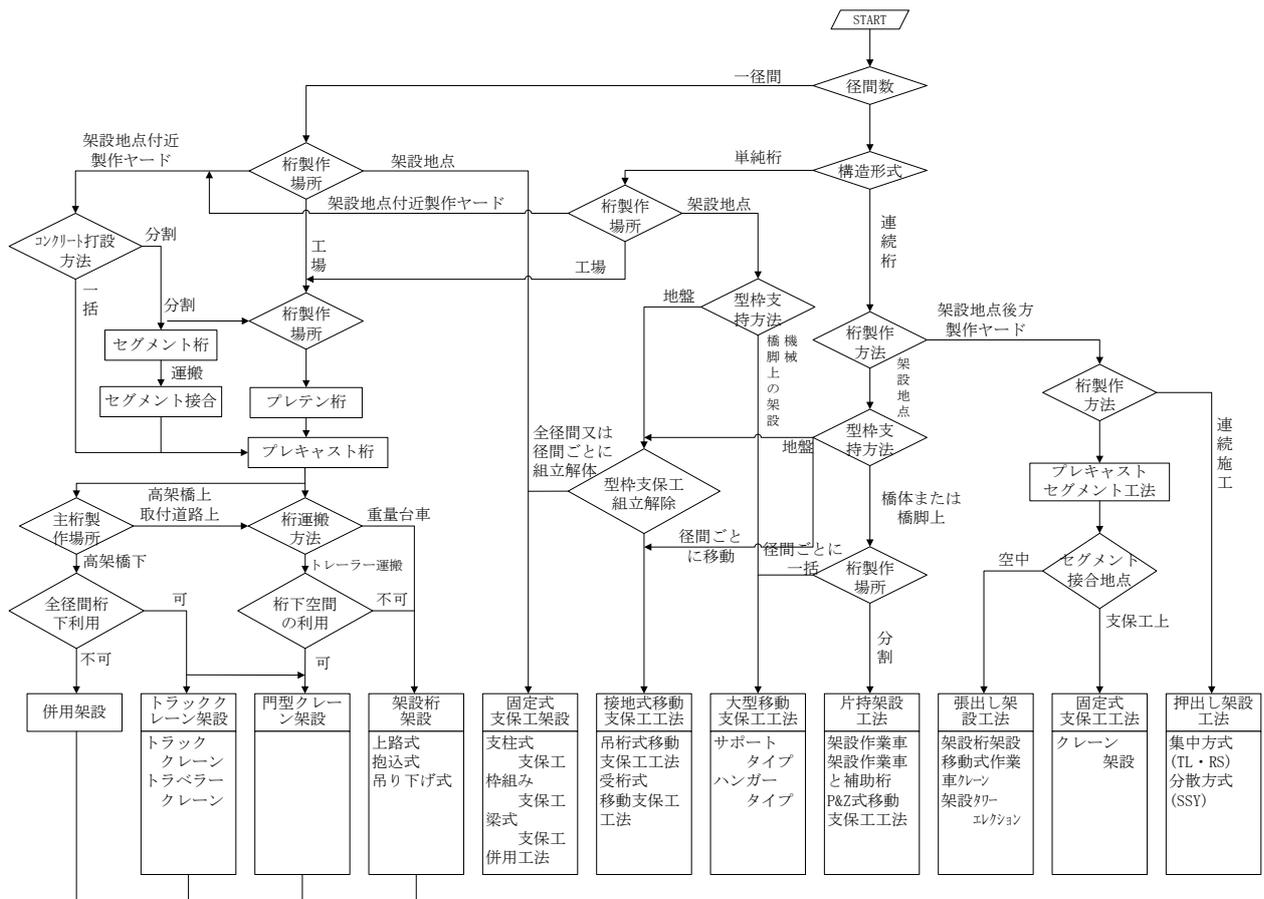


図5.6.12 架設工法の選定手順

表5.6.2 架設工法の適用性