

4 章 既往の初期変状防止対策の調査

4.1 検討概要

道路橋示方書や各種の設計基準では、外力などの構造的な要因による曲げひび割れ、せん断ひび割れ、局部応力によるひび割れなどに対する防止対策の他にも、コンクリート硬化時の温度発熱の影響や乾燥収縮に起因するひび割れ等の初期変状を防止するために、いくつかの対応策を示している。この章では、これらの基準に示された対策の内容を調査するとともに、従来から経験的に用いられてきた最小鉄筋量の配置規定などの、いわゆるみなし規定の実態調査も実施する。また、これらの規定以外にも設計や施工段階で初期変状を防止するために工夫した事例等の文献調査を実施し、初期変状防止のために、取り得る対応策の技術基準を整理する。

そして、これらの調査結果から、PC 橋ではどのような部位で、どのような傾向であればひび割れが生じやすくなるのかを整理するとともに、あわせて、今の諸基準に何が足りないのか、どのような対策を実施すればその初期変状が防止できるのか、今後、必要と思われる防止対策の技術基準を探る。

4.2 諸基準の動向調査

4.2.1 諸基準の構成

道路橋の設計を行なう場合、国内の技術基準である道路橋示方書に従って設計を行うこととなるが、その道路橋示方書は、道路構造令第35条（橋、高架の道路等）の規定を受け、都市・地域整備局長、道路局長より「橋、高架の道路等の技術基準」として通達されている。

図-4.2.1に道路橋の設計に関する基準の階層関係、法的関係を示す。

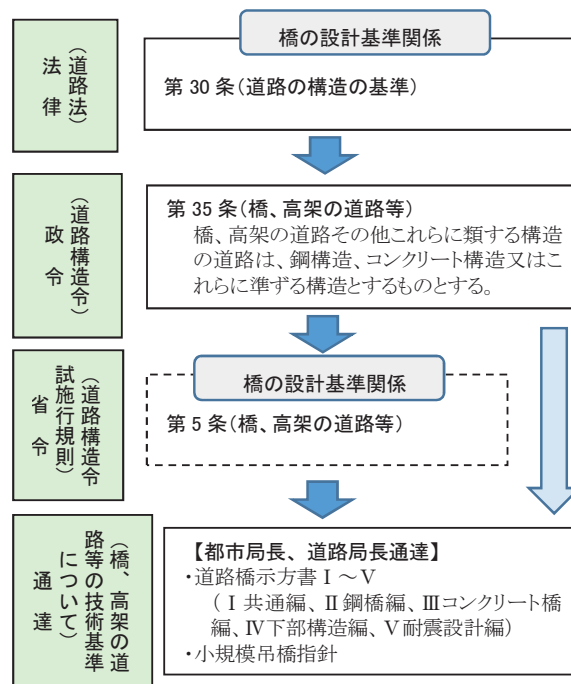


図-4.2.1 道路橋の技術基準の体系

国内の技術基準である道路橋示方書を基に、各種基準類の「かかりうけと位置づけ」の関係を図-4.2.2に示す。

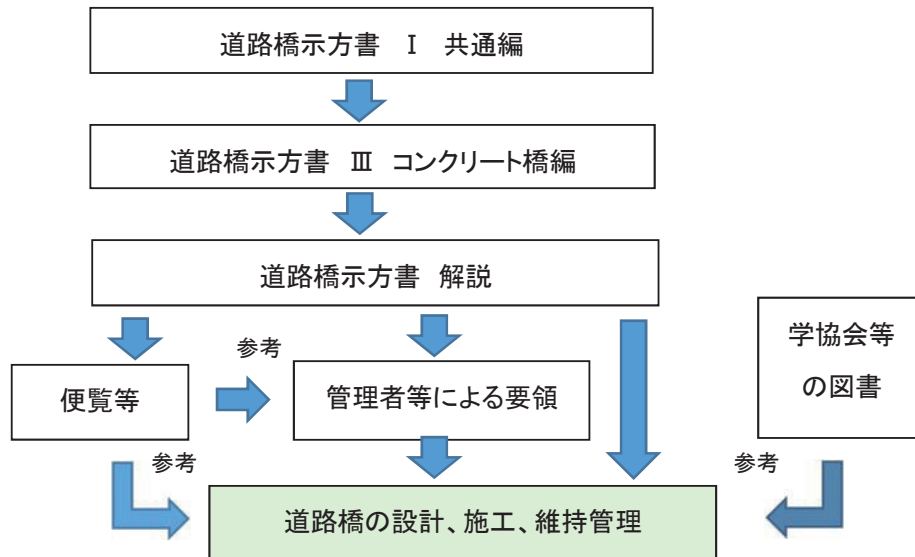


図-4.2.2 各種基準類のかかりうけと位置づけ

そこで、道路橋示方書の基準を基に、各種基準・要領類に示される PC 橋の初期変状を防止するための規定や、許容値の設定方法、最小鉄筋量等を定めた規定の関係を図-4.2.2 に従い整理する。

- | | |
|---|---------------------|
| ① 道路橋示方書 I 共通編、III コンクリート橋編 (H24 年 3 月) | 日本道路協会 |
| ② コンクリート道路橋設計便覧 (H6 年 2 月) | |
| およびコンクリート道路橋施工便覧 (H10 年 1 月) | 日本道路協会 |
| ③ コンクリート標準示方書 設計編 (2012 年制定) | 土木学会 |
| ④ 各地方整備局橋梁設計要領 | |
| ⑤ NEXCO 設計要領第二集 橋梁建設編 (H25 年 7 月) | 東日本・中日本・西日本高速道路株式会社 |

この調査結果を次ページ以降に示す。

【1】コンクリート材料の規定によるひび割れ防止対策

道示 I

3 章 使用材料

3.2.2 コンクリート材料

- 1) セメントは、比表面積、凝結時間、圧縮強さ、有害成分の制限等の特性や品質が確かなものでなければならない。



道示【解説】

- 1) セメントは JIS R 5210 ポルトランドセメント（早強、普通）、JIS R 5211 高炉セメントを用いる。通常、上部構造にはポルトランドセメント、下部構造には高炉セメントが用いられているが、高炉は初期湿潤養生を特に入念に行う必要がある。また、ASR 対策に FA を用いてもよいが、JIS R 5213 に適合するものを用いる必要がある。

一般的に用いられるセメント種類を示し、異なる種類を使用する場合の施工時の注意喚起をしている。



【コンクリート橋施工便覧】

第 3 章 材料

3.2 コンクリート

3.2.2 セメント

PC 部材及び PCa 部材等において施工性、経済性の目的で早期に高強度を必要とする場合は、早強ポルトランドセメントを使用している。また、ASR 対策として高炉セメントもあるが、上部工に使用された実績が少なく、クリープや乾燥収縮特性も必ずしも明確になっていないため、原則として上部構造に使用しないものとする。

PC は高強度を必要とするため、単位セメント量が多くなるので、部材が厚い場合には、硬化熱によってコンクリートに悪影響が及ばないように配慮する必要がある。

参考

管理者等による要領（各地整）

特に記述無し

管理者等による要領（NEXCO）

2 章 共通

3 使用材料

3-2 コンクリート

- (1) コンクリートに関する品質、規格は道示 I 3.2 による。

【解説・補足等】

解説内で、「使用するセメントの種類ならびに使用量は、構造物に応じ十分検討した上で定めなければならない。」とし、早強セメントは硬化熱が比較的大きいので、寸法の大きな部材を夏期に施工すると温度ひび割れが発生しやすい。このような場合は、経済性や工期、耐久性十分配慮し、普通セメントなど発熱性の低いセメントの使用を検討することが望ましい。

学協会等の基準

コン示【施工編：施工標準】

3 章 材料

3.2 セメント

プレストレストコンクリート工事等には、早強ポルトランドセメントが使用される。しかし、高温環境下で早強ポルトランドセメントを用いると、凝結が早いためにコンクリートにこわばりが生じて均しが困難になったり、コールドジョイントが発生しやすくなったりする。早強ポルトランドセメントは、その特性を理解して使用することが重要である。

参考

参考

道路橋の設計、施工、維持管理

【2】コンクリートの引張応力度の制限によるひび割れ防止対策

道示Ⅲ

3章 許容応力度

3.1 一般

- (4) PC構造のコンクリートの許容引張応力度及び許容斜引張応力度は割増ししてはならない。
- (5) PC構造の導入直後の許容応力度は割増ししてはならない。



道示【解説】

- (4) 荷重組み合わせによる許容引張応力度および許容斜引張応力度は、表-3.2.4、表-3.2.5を参照する。
- (5) 施工中の短期間であり、既に割増しされた許容値を設定しているため、更に割増しはしない。

施工時に生じる引張応力による有害なひび割れを防ぐため、コンクリートの引張応力度の許容値を規定している。



【コンクリート橋設計便覧】

第9章 許容応力度

- 9.1 鉄筋コンクリート部材に対する許容応力度
- 9.2 プレストレストコンクリート部材に対する許容応力度

・道示に同じ

参考
→

管理者等による要領（各地整）

特に記述無し

管理者等による要領（NEXCO）

2章 共通

4. 許容応力度および制限値

- (1) RC構造、PC構造
道示に同じ
- (2) PRC構造
コンクリートの縁引張応力度の制限値はコン示に従う

8章 コンクリート橋

Ⅲ 構造形式各論

Ⅲ-1 PRC橋

6. 連続ラーメン

6-4 主桁の設計

- (2) 張出し架設時における主桁の上縁の曲げ引張応力度は、導入時の緊張力を用いる場合 1N/mm^2 以下を標準とする。

【解説・補足等】

- (2) 道示では施工時の許容引張応力度を 2.5N/mm^2 (40N/mm^2) としているが、緊張力は導入直後から徐々に低下すること、また直接輪荷重が載荷され耐久性が損なわれやすいこと、ラーメン橋はクリープ・乾燥収縮および温度変化の影響により拘束引張力が作用することから上記の値を規定。

学協会等の基準

コン示【設計編：本編】

5章 材料の設計値

5.2 コンクリート

コンクリートの曲げひび割れ強度(f_{bc})は乾燥、水和熱、寸法の影響を考慮して適切に定めるものとする。

$$f_{bc} = k_{ob} \cdot k_{tb} \cdot f_{tk}$$

k_{ob} : コンクリートの引張軟化特性に起因する引張強度と曲げ強度の関係を表す係数

k_{tb} : 乾燥、水和熱など、その他の原因によるひび割れ強度の低下を表す係数

f_{tk} : 引張強度

8編 プレストレストコンクリート

10章 使用性に関する照査

10.2 応力度の制限

コンクリートの圧縮応力度、鉄筋の引張応力度は、適切な制限値を設定し、それ以下となるようにしなければならない。

コンクリートの縁引張応力度の制限値は曲げひび割れ強度の値としている。



道路橋の設計、施工、維持管理



【3】鉄筋の許容応力度の規定によるひび割れ防止対策

1) 一般構造

道示Ⅲ

3章 許容応力度

3.3 鉄筋の許容応力度

鉄筋コンクリート構造及びPC構造に対する鉄筋の許容応力度はD32以下の鉄筋に対し、以下の値とする。

- 1) 死荷重時の許容応力度 100N/mm²
- 2) 床版及び支間10m以下の床版橋の設計荷重時の許容応力度 140N/mm²



道示【解説】

- 1) 耐久性上有害なひび割れを防ぐために、ひび割れ幅0.2mm以下となるように規定している。
- 2) 繰返載荷によるひび割れの拡大を防ぎ、コンクリートの剥離に進展することを防ぐため許容値を低減。さらにRC床版は20N/mm²程度余裕を持たせるのが望ましい。

耐久性上、有害なひび割れを防ぐために荷重条件や部材ごとに低減した許容値を規定している。



【コンクリート橋設計便覧】
第9章 許容応力度
9.1 鉄筋コンクリート部材に対する許容応力度
9.1.2 鉄筋許容応力度
・道示に同じ

管理者等による要領（各地整）
特に記述無し

管理者等による要領（NEXCO）
2章 共通
3 使用材料
3-1 鋼材
3-1-2 鉄筋
・道示に同じ

**学協会等の基準
コン示【設計編：本編】**
特に記述無し

参考

参考

参考



道路橋の設計、施工、維持管理



【3】鉄筋の許容応力度の規定によるひび割れ防止対策

2) 連結桁

道示Ⅲ

14章 連続構造

14.5 プレキャスト桁架設方式連続桁橋の設計

(4) 主桁連結部は、連結鉄筋の重ね継手長は、6.6.5 に従い算出し、かつ鉄筋径の 25 倍以上とする。



道示【解説】

(4) 連結部の重ね継手長は、支点が 2 箇所あること、主桁が剛な横桁で連結されていることを考慮し 1 断面に集中してもよい。また連結鉄筋の許容値は 160N/mm^2 以下とすることが望ましい。

連結部に生じる有害なひび割れ発生を防ぐために、鉄筋の許容引張応力度を通常の値より小さく規定している。



【コンクリート橋設計便覧】

第 15 章 連続桁橋

15.3 プレキャスト桁架設方式連続桁

15.3.2 RC 連結方式

(5) 連結部の設計

・道示に従い 160N/mm^2 とする。

参考
→

管理者等による要領（各地整）

【中部地整】【九州地整】

【近畿地整】【北海道】

中間支点上の設計曲げモーメントは「H14 年道路橋示方書・同解説Ⅲコンクリート橋編」12.3 による低減を行わないものとする。

管理者等による要領（NEXCO）

8章 コンクリート橋

Ⅲ 構造形式各論

Ⅲ-1 PRC 橋

5. プレキャスト桁架設方式連続桁

5-3 RC 連結方式

(2) (g) 使用材料の許容応力度は、鉄筋 SD345 は 160N/mm^2 、コンクリートは $\sigma_{ck}/3$ を標準とする。

【解説・補足等】

鉄筋の許容応力度は、活荷重による疲労を考慮し決定している。

学協会等の基準

コン示【設計編：本編】

特に記述無し



道路橋の設計、施工、維持管理

【4】鋼材配置量の規定によるひび割れ防止対策

1) 最小鋼材量の規定

道示Ⅲ

6章 形状及び鋼材の配置

6.4 最小鋼材量

(2) 部材には、乾燥収縮や温度勾配により有害なひび割れが発生しないように鋼材を配置しなければならない。

(4) 断面積の0.15%以上の付着のある鋼材を配置する。

(5) 軸方向に配置する引張主鉄筋の最小断面積は以下のとおり。

1) 桁 $A_{st} \geq 0.005b_w \cdot d$

2) 部材が薄く斜引張鉄筋を配置できない版 $A_{st} \geq 0.01 b_w \cdot d$

(6) 桁に配置する斜引張鉄筋

$A_w \geq 0.002b_w \cdot a \cdot \sin\theta$ (異形鉄筋の場合)



道示【解説】

(4) 乾燥収縮や温度勾配によるひび割れを有害でない程度に抑えるために部材のいかなる断面においても鋼材を配置する規定。

(5) 桁部材は、引張に弱いコンクリートの急激な破壊を防ぐ目的で配置する。斜引張鉄筋が配置できない部材は急激なせん断破壊を防ぐ目的で配置する。

(6) せん断破壊を防ぐため、スターラップは、本条の他 6.6.10 に従い配置する必要がある。

乾燥収縮や温度勾配による有害なひび割れを防ぐため、各部材に所定の鉄筋量を配置することを規定している。



【コンクリート橋設計便覧】

第10章 構造細目
10.2 最小鉄筋量

・道示に同じ。



管理者等による要領(各地整)
特に記述無し

管理者等による要領 (NEXCO)
8章 コンクリート橋
II 設計一般
II-1 PC橋・PRC橋
4. 構造細目
4-1 鋼材量

最小鉄筋量は、道示Ⅲ6.4による

【解説・補足等】
プレテンの場合、PC鋼材も付着ある鋼材とし考慮してよい。ポステンは、鉄筋のみ付着ある鋼材として取扱うものとする。

参考

学協会等の基準

コン示【設計編：標準】

8編プレストレストコンクリート
10章プレストレストコンクリートの前提及び構造細目
10.7 最小鋼材量
コンクリート全断面積の0.1%以上の鋼材を配置しなければならない。プレストレス導入前やプレストレスが導入されていない方向等には、コンクリートの収縮や温度勾配によるひび割れが生じる可能性がある。このひび割れの大きさを有害でない程度に抑えるため、いかなる断面においても、その断面積の0.1%以上の鋼材を配意するように規定している。



参考

道路橋の設計、施工、維持管理



参考

【4】鋼材配置量の規定によるひび割れ防止対策

2) 引張鉄筋の規定

道示Ⅲ

6章 形状及び鋼材の配置

6.5 PC構造の引張鉄筋

- (1) PC構造では、計算上想定しないひび割れが生じた場合でも、その幅の拡大や集中を防ぐようにしなければならない。
- (3) 引張鋼材量の算出において、PC鋼材に付着の無い場合は活荷重を35%増しする。
- (4) 配置する引張鉄筋量は、 $A_s = T_c / \sigma_{sa}$ もしくは、引張応力が作用するコンクリート断面積の0.5%以上とする。



道示【解説】

- (3) PC鋼材とコンクリートに付着が無い場合は、ひび割れの分散を防止するため、活荷重を割増して算出。
- (4) ひび割れが発生しても、ひび割れ幅の拡大を防止するために規定。

引張応力が発生しひび割れが発生しても、そのひび割れの拡大を防ぐために、配置する鉄筋量を規定している。



【コンクリート橋設計便覧】

第10章 構造細目
10.2 最小鉄筋量

・道示に同じ。

管理者等による要領（各地整）

特に記述無し

管理者等による要領（NEXCO）

8章 コンクリート橋
II 設計一般
II-1 PC橋・PRC橋
3. 設計計算に関する一般事項
3-5 曲げモーメントおよび軸方向力が作用する部材の照査

(3) (b) 方法Bの場合の引張鉄筋配置は道示Ⅲ6.5に準じる。

【解説・補足等】

方法Bにおいて引張鉄筋を算定する場合、PC鋼材の応力度は5%設計値より低減した値を用いる。またボス騰部材で引張鉄筋を必要としない場合でもD13ctc300以上の鉄筋を引張縁に配置しなければならない。



参考

学協会等の基準

コン示【設計編：標準】

8編プレストレストコンクリート

7章 使用性に関する照査

7.2 応力度の制限

コンクリートの縁引張応力度が引張応力となる場合には、式(7.2.1)により算定される断面積以上の引張鋼材を配置することとする。また、異型鉄筋を用いることを原則としている。

$$\text{式(7.2.1)} \quad A_s = T_c / \sigma_{sa}$$

【設計編：標準】

8編プレストレストコンクリート

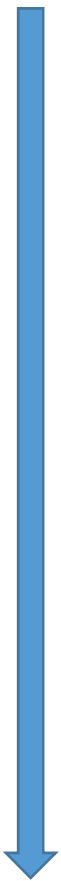
10章プレストレストコンクリートの前提及び構造細目

10.7 最小鋼材料

7.2の規定で配置される引張鋼材はφ9mm以上、300mm以下の間隔で配置することと規定している。



参考

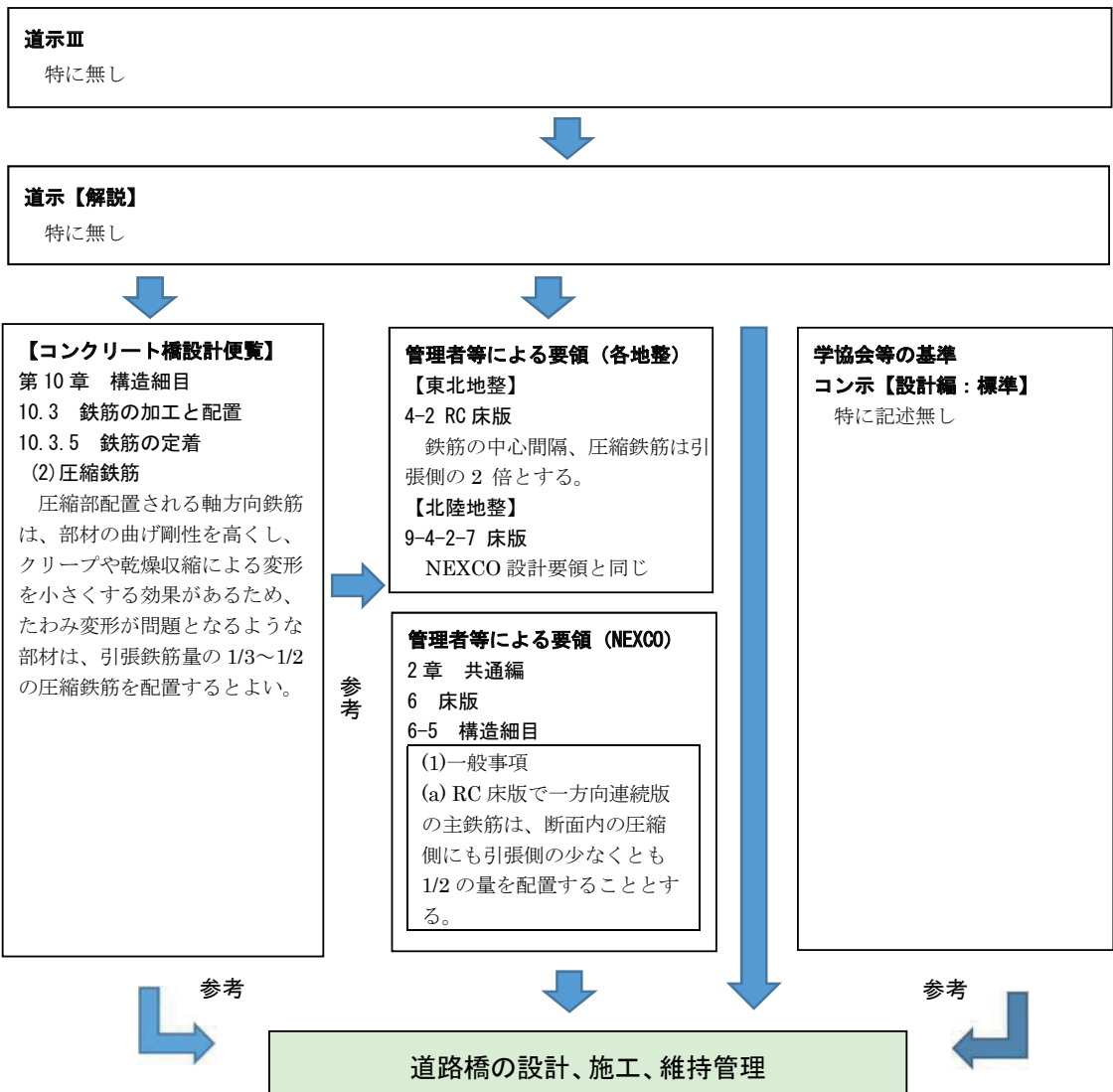


参考

道路橋の設計、施工、維持管理

【4】鋼材配置量の規定によるひび割れ防止対策

3) 圧縮鉄筋の規定



【4】鋼材配置量の規定によるひび割れ防止対策

4) スターラップ及び折り曲げ鉄筋の規定

道示Ⅲ

6.6.10 スターラップ及び折り曲げ鉄筋の配置

- (3) プレテンを除きスターラップ及び折り曲げ鉄筋は D13 以上とする。
- (4) スターラップピッチは有効高さ 1/2 以下かつ ctc300 以下、また計算から算出された場合、桁高の 3/4 以下かつ ctc400 以下とする。



道示【解説】

- (3) 道路橋の桁は断面が大きいことから、確実な施工ができるように鉄筋径を規定。
- (4) 横方向の用心鉄筋とし乾燥収縮によるひび割れを防止するために規定。

確実な施工と乾燥収縮によるひび割れを防止するために、鉄筋量を規定している。



【コンクリート橋設計便覧】

第 10 章 構造細目
10.3 鉄筋の加工と配置
10.3.10 スターラップ及び折り曲げ鉄筋の配置
・道示に同じ

(4) スターラップの継手
重ね継手長は $(L_a + 20\phi)$
以上とする

参考

管理者等による要領（各地整）

特に記述無し

管理者等による要領（NEXCO）

特に記述無し

学協会等の基準

コン示【設計編：標準】

7 編 鉄筋コンクリートの前提
および構造細目

2 章 鉄筋コンクリートの前提

2.3 鉄筋の配置

2.3.2 横方向鉄筋の配置

棒部材には 0.15% 以上のスターラップを部材全長にわたって配置することとする。その間隔は部材有効高の 3/4 倍以下かつ 400mm 以下を原則と規定している。

計算上せん断補強鋼材が必要な場合はスターラップの間隔は部材有効高の 1/2 倍以下かつ 300mm 以下を原則と規定している。

参考



参考



道路橋の設計、施工、維持管理

【4】鋼材配置量の規定によるひび割れ防止対策

5) ねじり鉄筋の規定

道示Ⅲ
6.6.11 ねじりモーメントに対する鉄筋配置
 (3) ねじり鉄筋はD13以上とする。
 (5) 横方向鉄筋ピッチは部材長辺の0.4倍以下かつctc300以下とする。
 (6) 軸方向鉄筋は各隅部に配置し、ctc300以下とする。



道示【解説】
 (5)(6) ねじりによるひび割れが必ず鉄筋を横切るように設定
 確実な施工と乾燥収縮によるひび割れを防止するために、鉄筋量を規定している。



【コンクリート橋設計便覧】
 第10章 構造細目
 10.3 鉄筋の加工と配置
 10.3.12 ねじりモーメントに対する鉄筋配置
 ・道示と同じ

管理者等による要領（各地整）
 特に記述無し

管理者等による要領（NEXCO）
 特に記述無し

参考

学協会等の基準
コンシ【設計編：標準】
 7編 鉄筋コンクリートの前提および構造細目
 2章 鉄筋コンクリートの前提
 2.3 鉄筋の配置
 2.3.3 ねじり補強鉄筋の配置
 棒部材に配置する最小ねじり補強鉄筋は式(2.3.1)によるものと規定されている。
 軸方向鉄筋量

$$\Sigma A_{tl} = M_{tud} \cdot u / (3 \cdot A_m \cdot f_{td})$$
 横方向鉄筋量

$$A_{tw} = M_{tud} \cdot s / (3 \cdot A_m \cdot f_{wd})$$
 ねじり補強鉄筋は併合した横方向鉄筋とこれに直交する軸方向鉄筋との組合せとし、軸方向鉄筋は、部材断面上下左右対称に配置されていなければならない。

参考

参考

道路橋の設計、施工、維持管理

【4】鋼材配置量の規定によるひび割れ防止対策

6) 用心鉄筋の規定

道示Ⅲ

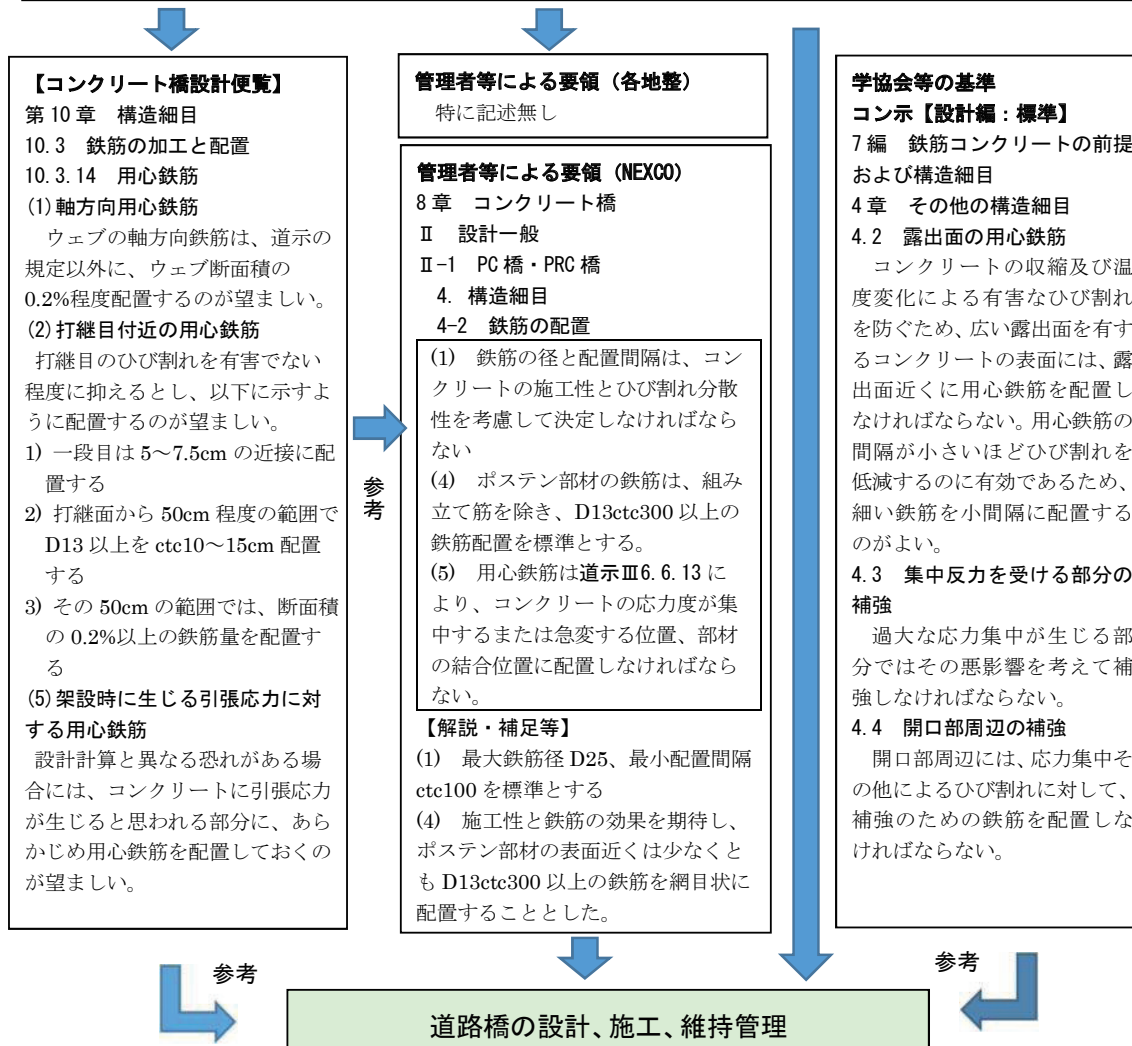
6.6.13 用心鉄筋

- (1) コンクリートの乾燥収縮、温度勾配、応力集中等により生じる可能性のあるひび割れを有害でない程度に抑えるように鉄筋を配置しなければならない。
- (3) 場所打ち桁ではウェブ等の側面に D13ctc300 以上の軸方向鉄筋を配置する。
- (4) 打継目付近には、新旧コンクリートの温度差、乾燥収縮等に対し用心鉄筋を配置する。
- (5) 下フランジや隔壁等の開口部周辺には、応力集中に対しての用心鉄筋を配置する。
- (6) 床版部には、プレの腹圧によりコンクリートが破損しないように用心鉄筋を配置する。
- (7) 小さなフランジには、架設時の引張応力に対し用心鉄筋配置が望ましい
- (8) 大きな圧縮応力を受ける下フランジには十分な用心鉄筋を配置するのがよい。

道示【解説】

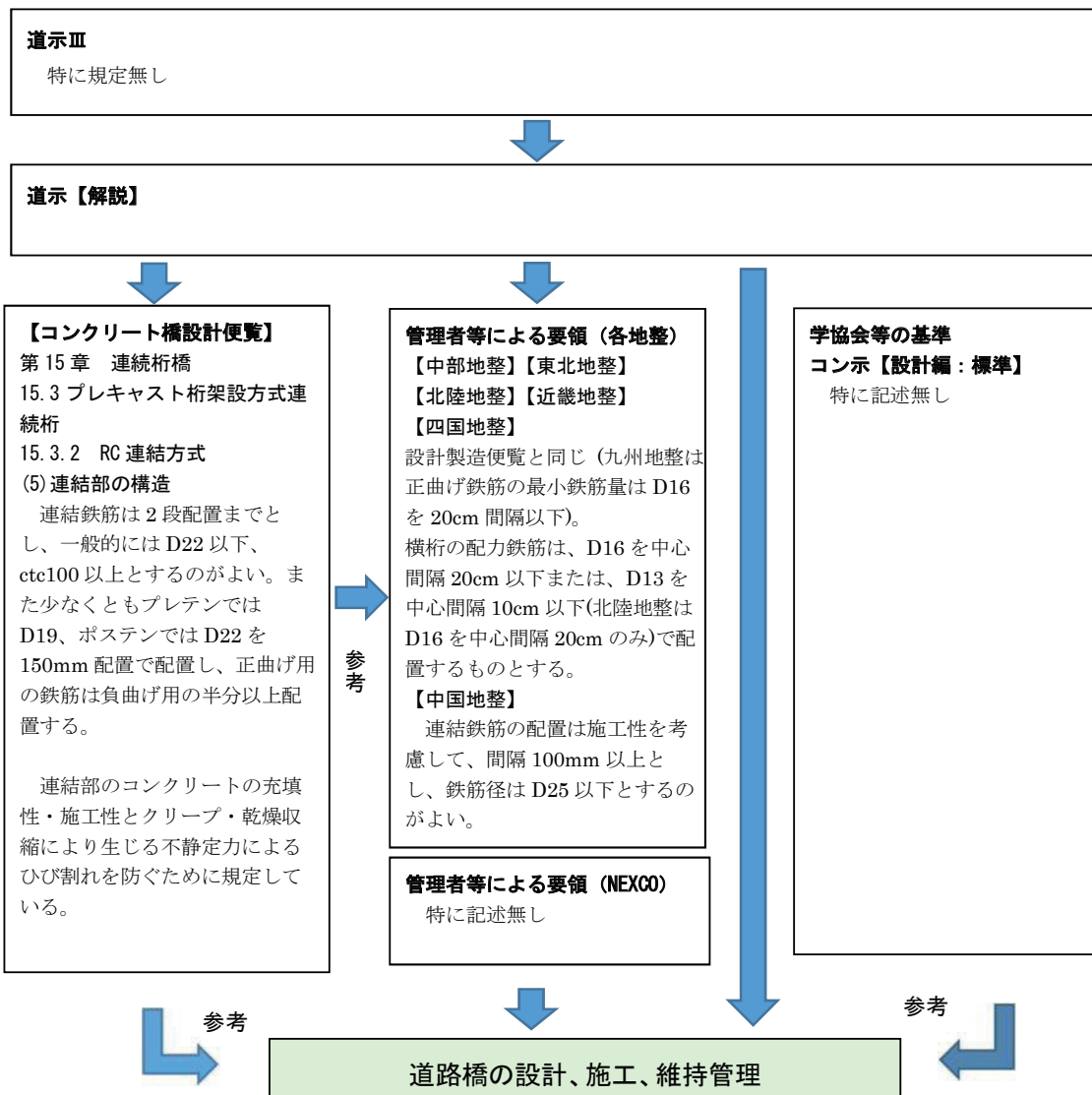
- (5) 開口部で設置できなくなった鉄筋量相当を周辺に配置するとともに、開口部の隅に対して用心鉄筋を配置し、十分定着させる。
- (6) PC 鋼材分力により引張応力が生じる箇所は腹圧分力相当の鉄筋量を配置する。

道路橋示方書では(4)、(7)、(8)については具体的な鉄筋量は示されていない。



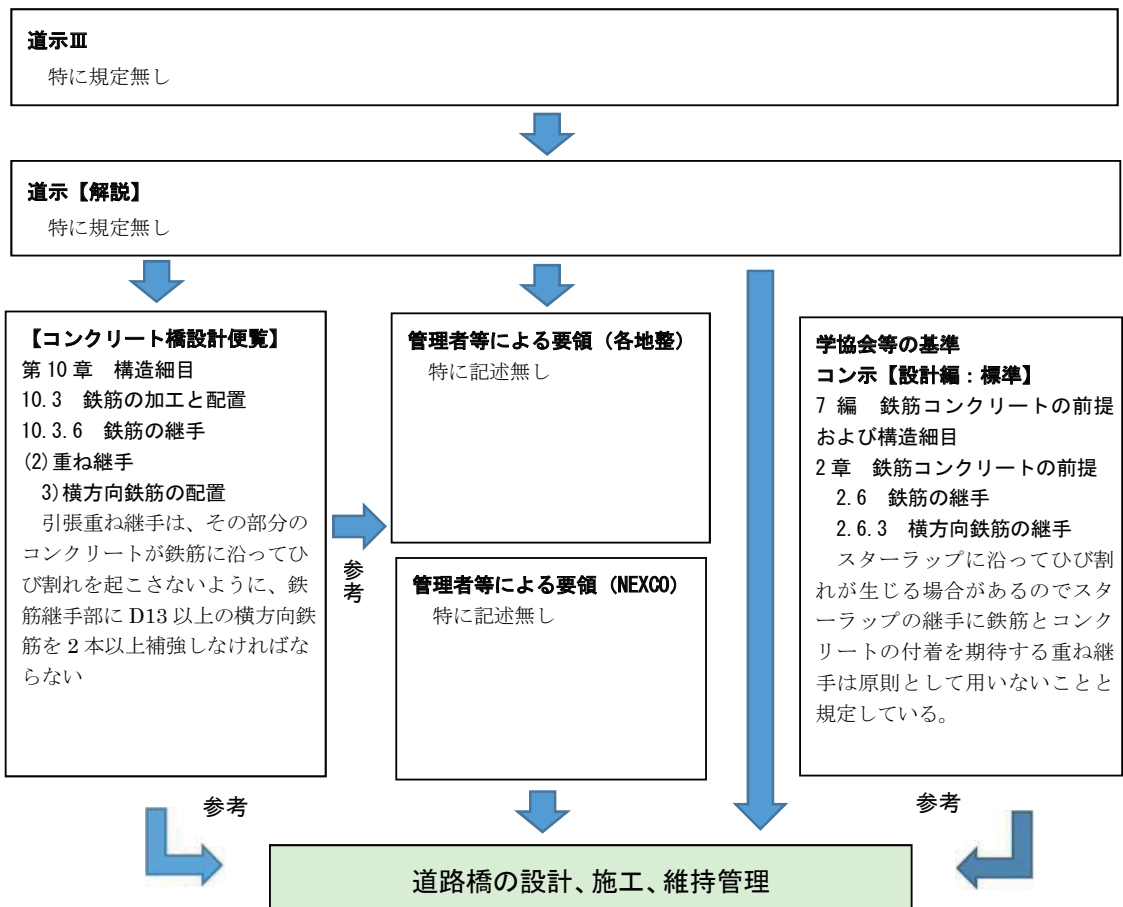
【4】鋼材配置量の規定によるひび割れ防止対策

7) 連結鉄筋の規定



【4】鋼材配置量の規定によるひび割れ防止対策

8) 鉄筋の継手



【5】鋼材のかぶり規定によるひび割れ防止対策

道示Ⅲ

6章 形状及び鋼材の配置

6.6 鋼材の配置

6.6.1 鋼材のかぶり

- (1) コンクリートと鋼材との付着を確保し、鋼材の腐食を防ぎ、火災に対して鋼材を保護する等のために必要なかぶりを確保しなければならない。
- (2) かぶりは、鉄筋の直径以上かつ表 6.6.1 の値以上とする場合においては、(1)を満たすものとする。

表 6.6.1 の値を以下に示す

・床版、地覆、高欄、支間 10m 以下の床版橋	30mm
・工場で作製されるプレストレストコンクリート構造(桁)	25mm
・左記以外の桁及び支間が 10m を超える床版橋(桁)	35mm

道示【解説】

- (4) コンクリートと鋼材の付着を確保し、鋼材の腐食を防ぎ、火災に対して鋼材を保護するためには、鋼材をコンクリートで十分に包んでおく必要がある。

鋼材の腐食によるコンクリートのひび割れを防ぐために鋼材のかぶりを規定した。

【コンクリート橋設計便覧】

第 10 章 構造細目

10.3 鉄筋の加工と配置

10.3.2 かぶり

- ・道示に同じ

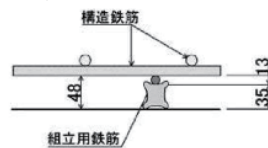
また、道示に規定されていないシースのかぶりについて記載されている。

「シースがスタップ等によって取り囲まれずに用いられるときは、一般にシース径以上のかぶりを設けるのがよい」としている。

参考

管理者等による要領（各地整）

【中部】 対象となる構造物の設計・照査にあたっては、組立用鉄筋によるかぶりの増加を考慮して鉄筋の有効高を算定する必要がある。



【東北】【北陸】【近畿】【九州】【四国】【中国】 道示に同じ。組立て鉄筋についても所定のかぶりを確保する必要がある。

【北海道】 シースのかぶりは、シースの直径の 1.0 倍以上が望ましい。

管理者等による要領（NEXCO）

2章 共通 1. かぶり

- (1) かぶりは、最小厚を確保するとともに、要求される耐久性、施工誤差等を考慮して定めなければならない。
- (2) やむを得ず標準かぶり内に鉄筋を配置する場合は、防錆処理された鉄筋を用いるなど、耐久性を確保する対策を検討しなければならない。

【解説・補足等】

(道示+10mm(PCa は+5mm))。

・床版、地覆、支間、10m 以下の床版橋	40mm
・高欄	70mm
・工場で作製される PC 構造(桁)	30mm
・左記以外の桁及び支間が 10m を超える場合	45mm

学協会等の基準

コンシ【設計編：標準】

2 編 耐久性に関する照査

3 章 一般的な環境下における構造物のかぶり

3.2 水セメント比の最大値と最小かぶりの標準値

かぶりの最小値	
柱	45±15mm
はり	40±10mm
スラブ	35±5mm
橋脚	55±15mm

参考

参考

道路橋の設計、施工、維持管理

【6】鋼材のあき規定による充填不良防止対策

道示Ⅲ

6章 形状及び鋼材の配置

6.6 鋼材の配置

6.6.2 鋼材のあき

(4) 主鉄筋及びPC鋼材のそれぞれのあき等は、40mm以上かつ粗骨材部最大寸法の4/3倍以上とする。ただしプレキャスト部材は、それぞれ20mm以上かつ4/3倍以上とする。



道示【解説】

(4) コンクリートの締固めには一般に直径50～60mm程度の内部振動機が使用されるため、底版の型枠まで容易に挿入でき、締固めが出来るあきを設ける必要がある。

施工時のコンクリート充填不具合を防ぐためにあきの確保と、内部振動機挿入のスペース確保を規定した。



【コンクリート橋設計便覧】

第10章 構造細目
10.3 鉄筋の加工と配置
10.3.3 鋼材のあき
・道示と同じ

管理者等による要領（各地整）

【東北地整】

棒状バイブレーター挿入のためのあきを1ヶ所以上設けるものとする。

【中部地整】

PC鋼材のシースの水平方向のあきは振動機の挿入に配慮し60mm以上確保する。

管理者等による要領（NEXCO）

8章 コンクリート橋

Ⅱ 設計一般

Ⅱ-1 PC橋・PRC橋

4. 構造細目

4-3 PC鋼材の配置

(1) PC鋼材のあきは、道示Ⅲ6.6.2にもよるが、60mm以上を標準とする。また、原則として棒状バイブレーターを挿入しえるあきを1箇所以上確保する。

【解説・補足等】

施工性を考慮し、棒状バイブレーターの挿入スペースを確保させることを規定した

学協会等の基準

コン示【設計編：標準】

8編 プレストレストコンクリート

10章 プレストレストコンクリートの前提及び構造細目

10.4 鋼材のあき

緊張材やシースの周辺にコンクリートが十分行きわたり、確実にコンクリートが締固められるように、緊張材あるいはシースのあき、緊張材あるいはシースと鉄筋のあきを確保しなければならない。

一般に締固めには直径50mm程度の内部振動機が使用されるため、水平方向のあきを60mm以上とするのがよいとされている。

参考

参考

参考

道路橋の設計、施工、維持管理

【7】 PC 鋼材配置の規定によるひび割れ防止対策

道示Ⅲ

6.6.6 PC 鋼材の配置

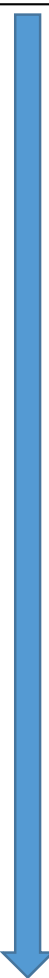
- (3) PC 鋼材は、部材縁において有害なひび割れが生じないように配置しなければならない。
- (5) PC 鋼材は、定着具の支圧面から所定の区間を直線状に配置する。
- (6) PC 鋼材を曲線状に配置する場合の鋼材の曲げ半径は以下の値以上とする。
 シース用いる場合 シース径の 100D
 シース用いない場合 鋼材径の 40D
- (7) 曲げモーメントの符号が異なる断面付近では、PC 鋼材を部材断面に分散させて配置するのが望ましい。



道示【解説】

- (5) 軸方向以外の力を作用させないため直線区間を 400mm 以上確保することが望ましい。
- (6) 中心方向への分力による局所的な応力や鋼材への付加応力を発生させないために最小半径を規定した。
- (7) 図心位置に集中して配置すると部材縁では鋼材が少なくひび割れが生じやすいため、分散配置が望ましい。

PC 鋼材配置上の不具合から発生するひび割れを防止するために、PC 鋼材配置上の制約事項等を規定した。



【コンクリート橋設計便覧】
 第 10 章 構造細目
 10.3 鉄筋の加工と配置
 10.3.8 定着具の配置

・道示に同じ
 また、以下の注意点が示されている。
 (1)定着位置の選定
 (2)定着用切欠き部
 (3)定着用突起部

参考

管理者等による要領（各地整）
【九州地整】
 プレテンション桁の横締め
 PC 鋼材の定着部において、緊張方向と支圧面が斜角を有する場合、支圧面には水平分力が発生するため、施工上その対策を講じておく必要がある。

管理者等による要領（NEXCO）
 特に記述無し

学協会等の基準
コンシ【設計編：標準】
 8 編 プレストレストコンクリート
 10 章 プレストレストコンクリートの前提及び構造細目
 10.5 緊張材の配置

付着のある内ケーブルにおいては PC グラウトを十分に充填できることを照査された緊張材配置とするのがよい。
 緊張作業中に軸方向力以外の力を与えないために、定着具の支圧面から一定の区間では定着具の軸線に一致させて直線配置することとした。
 緊張材を湾曲して配置する場合の曲げ内半径はコンクリートに作用する支圧応力度が過大な値とならないように定めなければならない。コンクリートと緊張材が直接接触する場合には緊張材の直径の 40 倍以上とする。湾曲したダクトに配置された緊張材で、後で付着を起こさせる場合は、ダクト直径のおよそ 100 倍以上とするのがよい。
 荷重の組み合わせにより曲げモーメントが交番して作用する断面付近においては、緊張材を断面の図心位置に集中させず、部材断面の上下縁近くに分散させて配置するのが望ましい。



道路橋の設計、施工、維持管理

【8】PC 鋼材定着の規定によるひび割れ防止対策

1) PC 鋼材の定着

道示Ⅲ

6.6.7 PC 鋼材の定着

- (1) 定着具の位置は、部材に所定のプレストレスが導入できるように、また、部材に有害なひび割れが生じないように選ばなければならない。
- (3) 部材の中間に定着させる場合、応力変動の少ない断面図心に近い位置か、圧縮部に定着させる。



道示【解説】

(3) 定着具付近には局部応力の影響や定着具背面には引張応力によるひび割れが生じやすいことから、上部の様に規定した。

また、プレテン部材でも、ボンドレス付近に局部応力が発生しやすいため、ボンドレス鋼材は全鋼材本数の 1/2 以下、またその範囲は支間の 1/5 以下が望ましい、と解説している。

PC 鋼材定着位置の設定不具合から発生するひび割れを防止するため、定着位置に関する制約事項等を規定した。



【コンクリート橋設計便覧】

第 10 章 構造細目
10.3 鉄筋の加工と配置
10.3.9 定着具付近の補強

- ・道示と同じ
- また、以下の場合の補強筋配置の計算方法が示されている。
- (1)部材端部定着
- (2)切欠き定着部
- (3)突起定着部
- (4)中間埋め込み定着部

参考

管理者等による要領（各地整）

特に記述無し

管理者等による要領（NEXCO）

8 章 コンクリート橋
Ⅲ 構造形式各論
Ⅲ-1 PRC 橋
4. 連続げた橋
4-4 構造細目

PC 鋼材は、原則として主桁全長に渡って連続的に配置する。やむを得ず中間部で定着する場合は、Ⅱ-1.4-4 の規定によらなければならない。

学協会等の基準

コン示【設計編：標準】

8 編 プレストレストコンクリート
10 章 プレストレストコンクリートの前提及び構造細目
10.6 緊張材の定着、接続および定着部付近のコンクリートの補強

部材端部に定着具を配置する場合には、定着部コンクリートに有害なひび割れが生じないように定着間隔及び緊張順序を定め、定着部付近のコンクリートは鉄筋で適切に補強しなければならない。

部材中間部に定着具を配置する場合には、原則として定着体をコンクリート中に埋め込むものとする。突起定着及び切欠き定着を行う場合には断面の急変による応力の乱れが部材の性能に悪影響を及ぼさないように断面形状および寸法を定め、鉄筋で適切に補強しなければならない。

定着具背面に生じる引張力に対する補強鉄筋には、定着具補強、らせん鉄筋または格子状に配置した鉄筋を用いるのがよい。

参考



参考



道路橋の設計、施工、維持管理

【8】PC 鋼材定着の規定によるひび割れ防止対策

2) PC 鋼材定着具の補強

道示Ⅲ

6.6.8 定着具付近の補強

- (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。
- (4) 部材中間に定着具を設ける場合は、定着具付近のコンクリートに対して鉄筋で補強する。



道示【解説】

- (3) 定着具付近のコンクリートは集中荷重が作用するため、他方面に複雑な引張力が生じる。
- (4) 道示では①埋め込み定着、②突起定着、③切欠き定着の補強方法が示されている。

局部応力が発生しやすい PC 鋼材定着付近のひび割れを防止するため、その補強方法等を規定した。



【コンクリート橋施工便覧】

第5章 型枠および支保工

5.2 荷重

5.2.4 プレストレスの影響

PC 橋に用いる型枠および支保工として、部材にプレストレスを与えるとき、コンクリートに弾性変形を拘束しない構造を選ばなければならない。

コンクリートにプレストレスを与える時、型枠や支保工に拘束されたままでは、型枠の脱型が困難となりオーバープレストレスの可能性も生じることから、ひび割れが生じるケースがある。

参考

管理者等による要領（各地整）

特に記述無し

管理者等による要領（NEXCO）

8章コンクリート橋

Ⅱ 設計一般

Ⅱ-1 PC 橋・PRC 橋

2-4 外ケーブル

2-4-2 定着部の設計

- (1) 外ケーブル定着部の設計においては、ケーブル緊張力等によって各部材に発生する応力を適切な手法で評価した上で、所要の耐力力、耐久性を確保しなければならない
- (2) 外ケーブルは、支点横桁もしくは隔壁（ダイヤフラム、リップ）を設けて定着することを標準とする。
- (4) 定着具近傍の補強は道示Ⅲ-6.6.8の補強による。

【解説・補足等】

(1) 定着突起などのコンクリート部材は RC 構造として設計され、FEM 解析で得られたコンクリートの引張応力を全て鉄筋で受け持つものと仮定して鉄筋の引張応力度の照査を行う。一般的には、許容値は過度なひび割れの発生を防ぐため σ 析 = 120N/mm²程度、 σ 度、-3.0N/mm²程度としている。また、コン示に示す許容ひび割れ幅以内とする場合もある。

(2) 定着部の設計では、定着部の状況を勘案した適切なモデルで FEM 解析等を実施し補強量を算出するものとする。ただし表 8-2-8 に示す簡易法を用いてもよい。

学協会等の基準

コン示【施工編：特殊コンクリート】

10章 プレストレストコンクリート

10.2.3.4 定着具及び接続具の組立及び配置

緊張材が定着具支圧面に直角になっていないと定着する時に局部的な曲げが生じ、破断や定着できなくなるおそれがある。そのため定着具と緊張材が直角になるように取り付けることが望ましい。

10.2.4 型枠および支保工

型枠及び支保工は緊張の際にコンクリート部材が自由に収縮できるように計画する。



道路橋の設計、施工、維持管理

【9】床版

1) 床版厚

道示Ⅲ

7章 床版

7.3 床版厚さ

7.3.1 鉄筋コンクリート床版

- (3) 車道部の最小全厚は 160mm 又は表-7.3.1 に示す値のうち大きい値とする。
- (4) 歩道部の最小全厚は 140mm とする。

7.3.2 プレストレストコンクリート床版

- (3) 車道部の最小全厚は次による。
 - 1) いかなる部分も 160mm を下回らない。
 - 2) 片持版の先端厚は表-7.3.1 の 50%以上
 - 3) 床版支間が車両進行方向に直角の場合、表-7.3.1 の 90%以上、床版支間が車両進行方向の場合、表-7.3.1 の 65%以上。
- (4) 歩道部の最小全厚は 140mm とする。

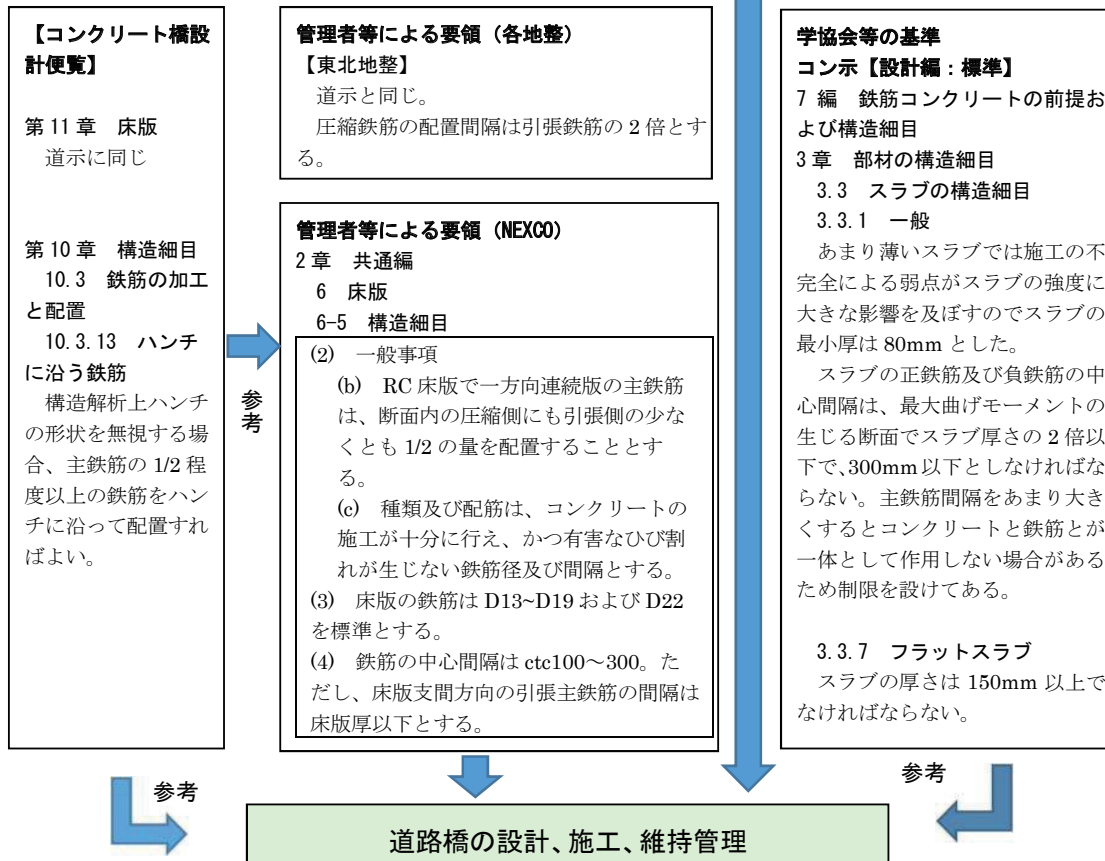
7.5 床版と支持桁の結合

- (5) ハンチには、その内側に沿って鉄筋を配置することを原則とする。ハンチに沿う鉄筋は D13 以上とする。

道示【解説】

7.3.2

鉄筋コンクリート床版は、大型車の影響や設計・施工の影響等が複雑に影響し、昭和 40 年頃に鉄筋コンクリート床版の損傷が問題となったため、最小厚さを規定。



【9】床版

2) 鉄筋配置

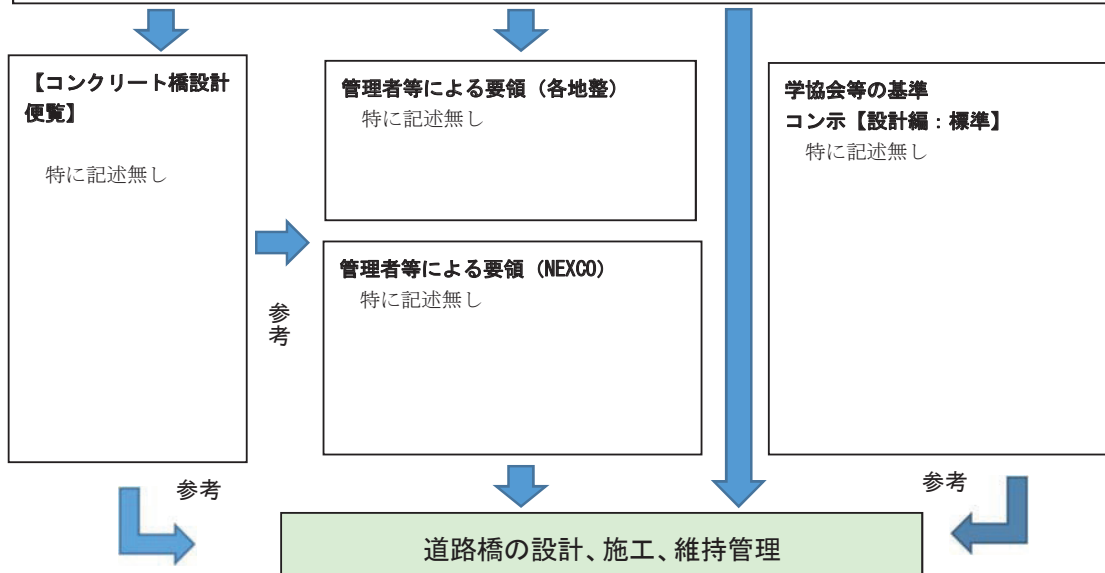
道示Ⅲ

7.6 鉄筋の種類及び配筋

- (1) 床版に用いる鉄筋の種類及び配筋は、コンクリートの施工が十分に行え、かつ有害なひび割れが生じない鉄筋径及び間隔とする。
- (3) 床版の鉄筋は D13~D19 および D22 を標準とする。
- (4) 鉄筋の中心間隔は ctc100~300。ただし、床版支間方向の引張主鉄筋の間隔は床版厚以下とする。

道示【解説】

- (3) 太径鉄筋は大きなひび割れが生じやすいため標準的な径を規定。一般的に D13~D19 が望ましく D22 は鉄筋配置が困難な場合とする。
- (4) 施工性と輪荷重が集中的に作用しないように規定。



【10】構造形式別の防止対策

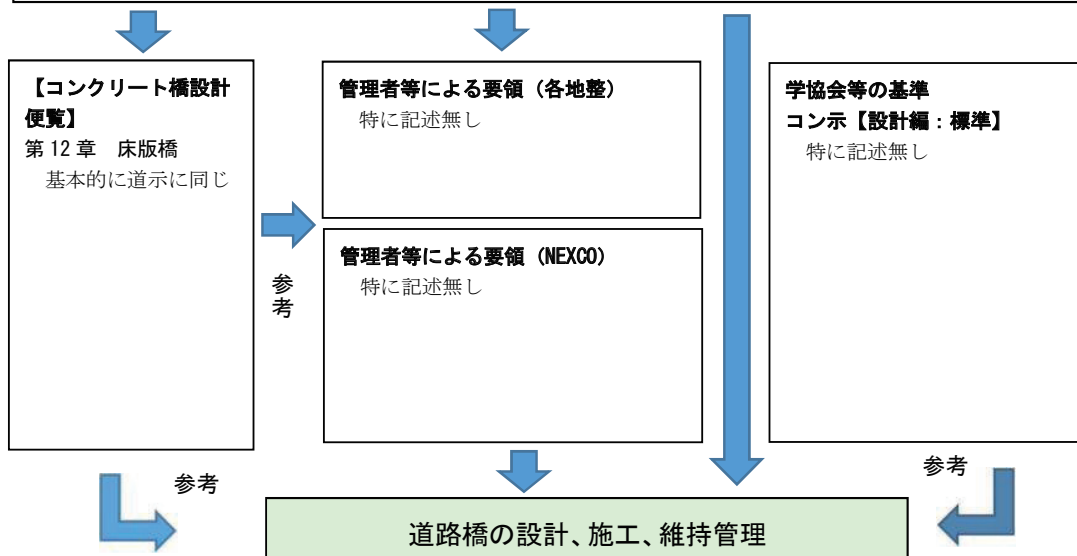
1) 床版橋

道示Ⅲ
 8章 床版橋
 8.4 断面寸法及び鋼材の配置

- (1) 断面には、温度や乾燥収縮等によって有害なひび割れが生じないように鉄筋を配置するとともに、断面は施工の容易な構造としなければならない。
- (2) 斜め床版橋に対しては、作用する断面力に対し有効な鉄筋配置とするとともに、局部的に発生する応力に対し補強を行わなければならない。
- (5) 場所打ちコンクリート中空床版橋の断面の最小寸法は、図-8.4.1のとおりとする。
- (6) 床版橋の引張主鉄筋は D13 ctc200 以上、版の上・下面の主方向・横方向とも D13ctc300 以上の鉄筋を配置する。また、斜め床版は図-8.4.2 に示す鉄筋を配置する。
- (8) 斜め床版橋の鈍角部の版下面には支承反力に対し D13ctc200 以上の鉄筋を配置する。

道示【解説】

- (5) 円孔の最大径は 1000mm 程度とするのがよい。円孔が大きいと曲げモーメントの影響が生じ床版としての挙動を示すため、1200mm を超える場合は、別途床版として検討を行うのが望ましい。
- (6) 床版橋の版上側及び下側に配置する引張主鉄筋を含む鉄筋の最小径と最大間隔を規定。
- (8) 鈍角部支承付近に生じる支圧応力度に対し、用心鉄筋を規定。



【10】構造形式別の防止対策

2) T桁橋

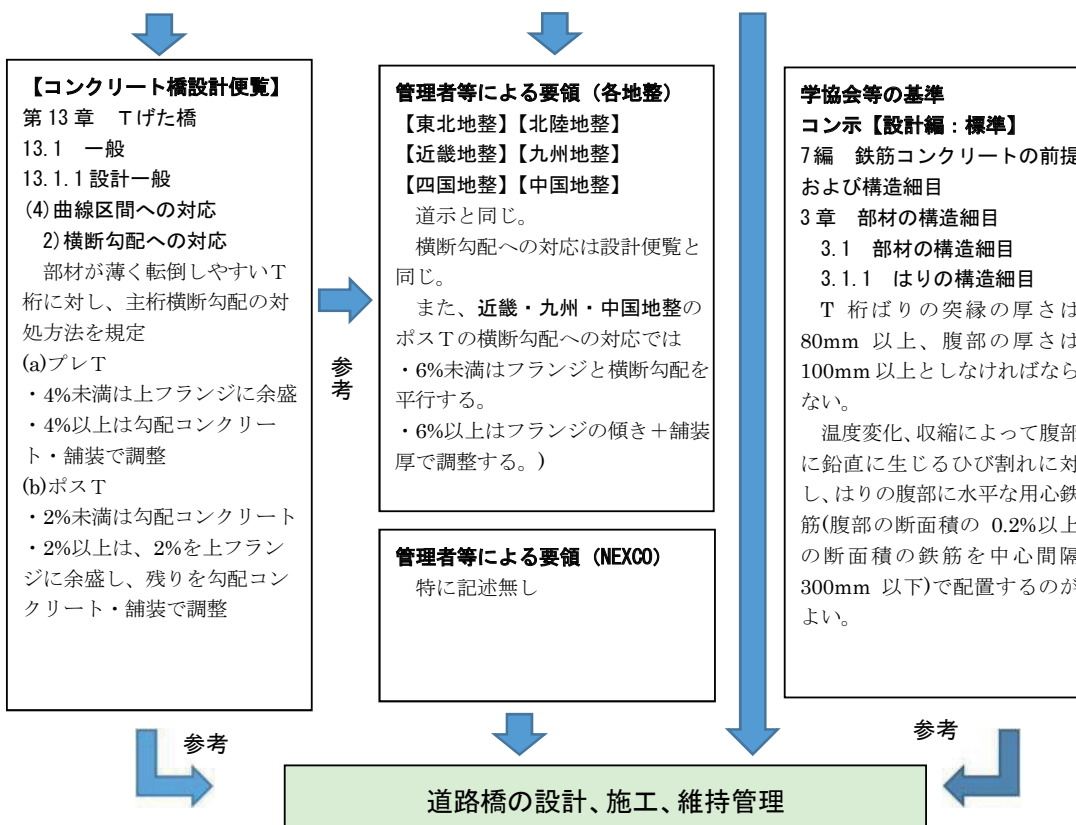
道示Ⅲ
 9章 T桁橋
 9.2 設計一般

(1) T桁橋は、横桁や床版によって複数の主桁に適切に荷重分配されるとともに、床版に有害なひび割れ等の影響を及ぼさないような構造としなければならない。

(2) 支点部の構造は、主桁や支承等の変形により床版等が有害なひび割れ等を受けないような構造としなければならない。

道示【解説】

(4) 中間横桁の減少は、主桁間の荷重分配作用を低下させ床版の支間曲げモーメントに影響を与えることを考慮し規定している。



【10】構造形式別の防止対策

3) 箱桁橋

道示Ⅲ

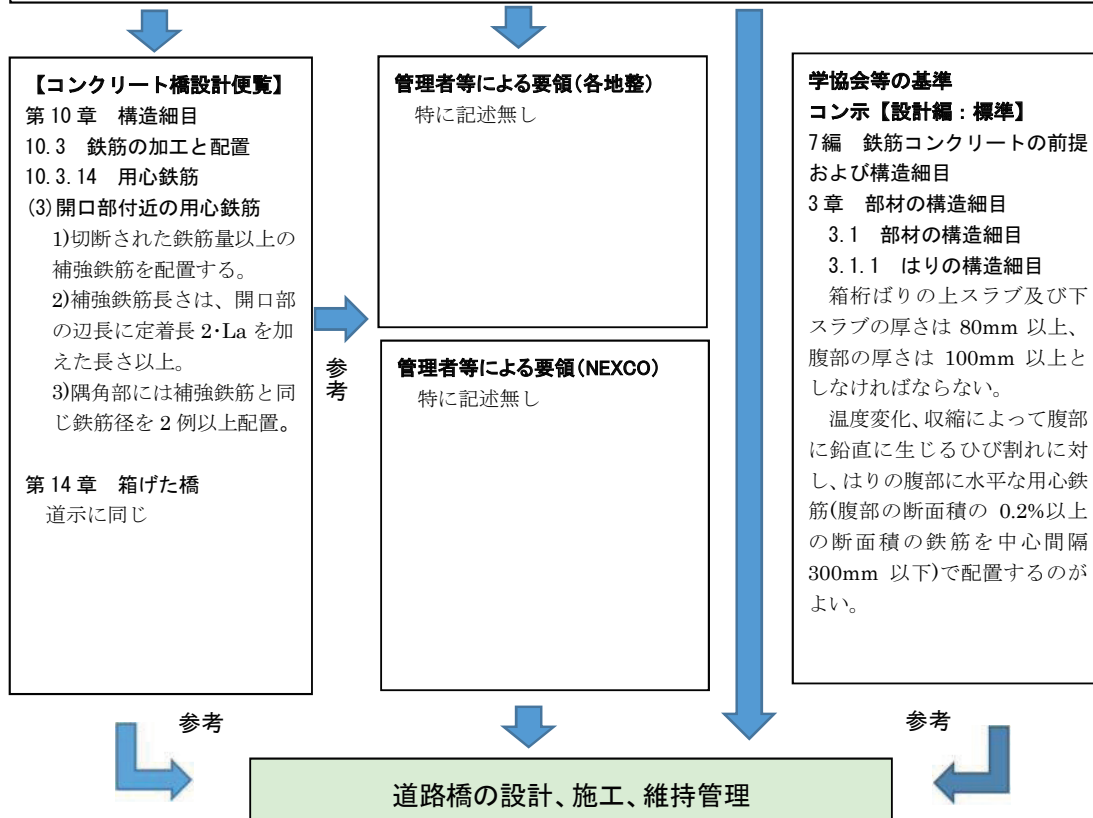
10章 箱桁橋

10.5 開口部の補強及び下フランジとウェブの構造

- (1) 開口部を設ける場合はその周辺を補強しなければならない。
- (2) 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、D13ctc250以上の鉄筋を配置しなければならない。

道示【解説】

- (1) 開口部により切断される鉄筋量以上の補強筋を配置する必要がある。
- (2) 構造特性を発揮させるためにねじりモーメント等に対しても十分な抵抗力を持たせるため鉄筋量を規定。
また、桁高変化がある場合は下床版部に配置されたPC鋼材によって下側に腹圧力が作用するため、必要な床版厚保を確保し、十分な鉄筋で補強することとしている。



【10】構造形式別の防止対策

4) 合成桁橋

道示Ⅲ

11 合成桁橋

11.2 設計一般

- (1) 合成桁の設計は、施工段階ごとの構造系の変化を考慮して設計しなければならない。
- (5) プレキャスト桁の断面形状は、架設時の安全性についても考慮して決定する。

11.3 桁と床版の接合

- (6) 主桁のウェブに配置されたスターラップは、床版まで貫通させて十分な定着を行う。また、ねじりの影響を考慮する必要がある場合は、接合面の急激な破壊が生じないように、用心鉄筋を配置する。



道示【解説】

11.2

- (1) 合成桁橋は、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ため、あらかじめ想定した施工条件に従い、合成前及び合成後のそれぞれの施工段階ごとの応力度を算出し、合成応力度を求める必要がある。
- (5) 合成桁に使用するプレキャスト桁は、上フランジ幅が支間に比べて狭い上にウェブが薄く、横方向の剛性が小さいため、架設中の横座屈等に対する検討も行い断面形状を決定する必要がある。

11.3

曲線橋や斜角の小さな橋では、接合面に急激な破壊が生じないように用心鉄筋を配置する必要がある。その際、スターラップと用心鉄筋で接合面の断面積の0.2%以上を目安としてよい。



【コンクリート橋設計便覧】

第19章 合成げた橋
道示に同じ

19.4 構造細目

19.4.2 ずれ止め鉄筋

D13以上の鉄筋を ctc10～50cm で配置しなければならない。また破壊に対する安全度を確保するために、ずれ止めの最小鉄筋量は、主桁と床版の結合の面積の0.2%以上と定められている。

参考



管理者等による要領（各地整）

【東北地整】

ずれ止め鉄筋は D13 以上を 50cm 間隔以下で配置。

管理者等による要領（NEXCO）

8章コンクリート橋

Ⅲ 構造形式各論

Ⅲ-1 PRC 橋

2 合成げた橋

2-3 主げたの設計

- (1) (d) コンクリートのクリープ係数および乾燥収縮度が±ンクリ変動した状態も考慮して応力殿検討を行うことを標準とする。

【解説・補足等】

PC 桁と床版とのクリープ及び乾燥収縮の差により生じる断面力を設計計算に考慮することを原則とし、規定した。

参考



学協会等の基準

コン示【設計編：標準】

特に記述無し

参考



道路橋の設計、施工、維持管理

【10】構造形式別の防止対策

5) 連続構造

道示Ⅲ

14章 連続構造

14.4 中間支点部及び節点部の構造

(4) 連続構造の中間支点部付近には、ウェブ及び桁下縁側に用心鉄筋を配置する。



道示【解説】

(4) 連続桁の中間支点付近は断面力 (M、S) が最大となり、かつ集中的な支点反力の影響で応力状態も複雑となる。またウェブには水平方向の引張応力、桁下縁には設計以上の大きな圧縮応力が生じること等があるので用心鉄筋を配置する。



【コンクリート橋設計便覧】

第15章 連続桁橋

15.2 一般

15.2.3 構造細目

(2) 鉄筋の配置

一般的にはD16ctc150以上の事例が多い。



管理者等による要領 (各地整)

【東北地整】

柱頭部はマスコンクリートとして打設され、ひび割れが発生しやすい。施工段階において必要に応じて、打設時の気温、セメント、型枠の種類、打設ロッドを設定して解析を行い、低発熱型セメント使用の検討や、引張り応力に応じた補強鉄筋・PC鋼材の追加配置量を算定するものとする。

管理者等による要領 (NEXCO)

特に記述無し

学協会等の基準

コンシ【設計編：標準】

特に記述無し



道路橋の設計、施工、維持管理

【10】構造形式別の防止対策

6) 曲線構造

道示Ⅲ

15章 曲線構造

15.5 鋼材の配置及び支承部の構造

- (1) 鋼材の配置は、ウェブコンクリートの剥離等上部構造の損傷が生じないようにしなければならない。また、支承の配置及び構造は、支承の拘束による上部構造への影響が少なくなるようにしなければならない。
- (4) 橋軸方向のPC鋼材は、断面の水平方向におけるプレストレス力の合力の作用点を結んだ線と、主桁及び主版の軸線が一致するように配置する。
- (5) 支承は、断面力の算出において仮定した支承条件に一致するような構造とする。



道示【解説】

- (4) 主桁及び主版の軸線とプレストレス力の圧力線の相違が大きいと、支承の拘束等により二次的な曲げやねじりが発生するために規定。また定着部近傍部等で、やむを得ずPC鋼材の配置方向を変えなければならない部分においては、コンクリートのかぶりを十分にとり、配置方向が変化することによる局所的な腹圧力に対して補強するのがよい。



【コンクリート橋設計便覧】

第18章 曲線げた橋

18.2 構造細目

18.2.2 PC鋼材配置

部材軸方向PC鋼材は、桁の平行曲線とプレストレス力の圧力線が一致するように配置しなければならない。桁の平面曲線とプレストレス圧力線の相違が大きいと桁の面外方向に曲げが生じ、ウェブコンクリートの剥離、支承の破損、ウェブの面外座屈等の損傷が生じるおそれがある。特に定着部が集中する桁端部付近のPC鋼材屈曲部、斜腹箱桁の曲上げ部等は、曲線形状が非常に複雑になるので、十分なかぶりを確保し高速鉄筋を一般部より密に配置するとよい。

参考

管理者等による要領（各地整）

特に記述無し

管理者等による要領（NEXCO）

特に記述無し

学協会等の基準

コン示【設計編：標準】

特に記述無し

参考



参考



道路橋の設計、施工、維持管理

【10】構造形式別の防止対策

7) ラーメン構造

道示Ⅲ

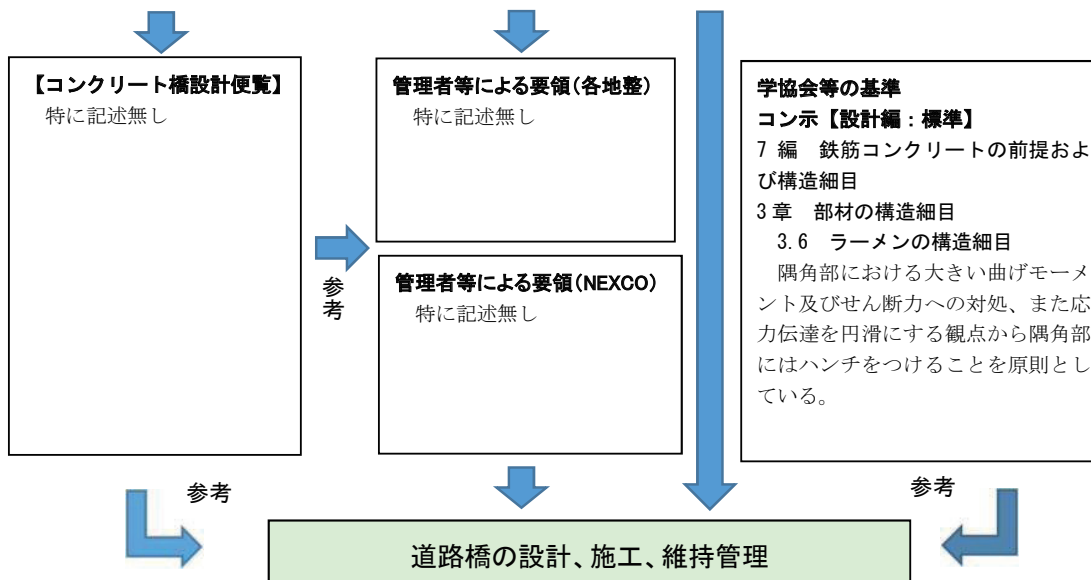
16章 ラーメン構造

16.3 節点部の設計

- (1) 節点部は、部材相互に断面力が確実に伝達できるようにしなければならない。
- (4) 節点部には、ハンチを設けると共に、ハンチに沿う鉄筋を配置する。道示 6.6.12
- (6) 節点部及びその付近においては、主鉄筋の継手を設けてはならない。

道示【解説】

(6) 節点部は、応力伝達の上で重要な部材であり、また各種の鉄筋が交差しているために規定。やむを得ず継手を設ける場合は、重ね継ぎ手は避け、機械式継ぎ手を採用するのがよい。



【10】構造形式別の防止対策

8) プレキャストセグメント構造

道示Ⅲ

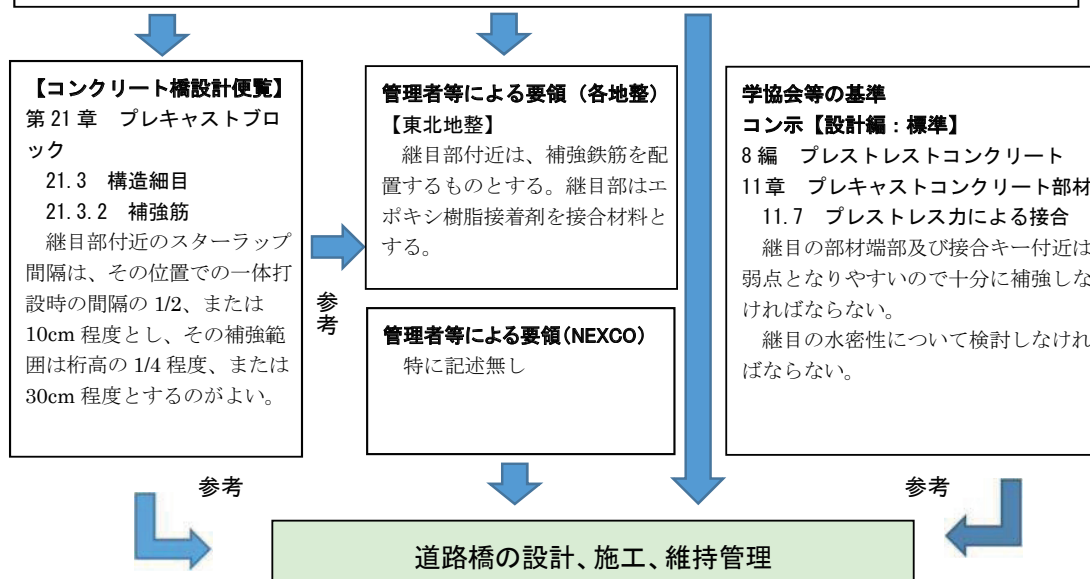
17章 PCa セグメント構造

17.3.7 継ぎ目部の補強及び接合キーの配置

(1) プレキャストセグメント端部及び接合キーの周辺部は、鉄筋又は鉛直方向の PC 鋼材により補強する。

道示【解説】

(1) 端部は局部的に大きな支圧が作用するため、継目付近のスターラップ間隔は、他の区間の間隔の 1/2 又は 100mm 程度とし、その範囲は少なくとも 300mm 以上とするがよい。



【10】 構造形式別の防止対策

9) その他

道示Ⅲ

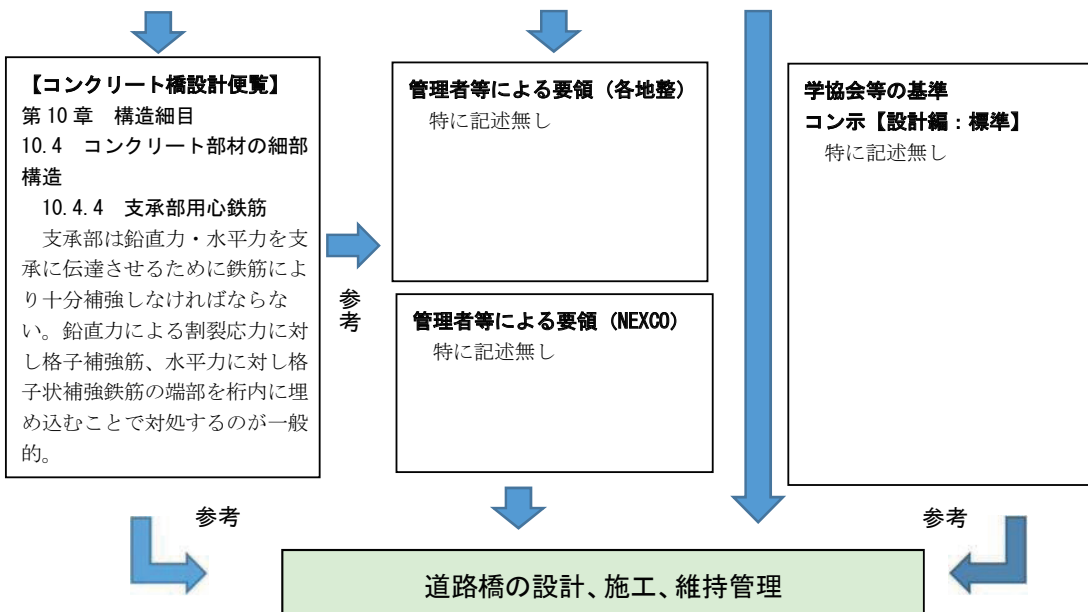
19 章 その他の部材の設計

19.1.3 支承部の補強

支承部は、橋軸方向及び橋軸直角方向に作用する水平力に対して、上部構造の端部がせん断破壊することのないように適切に補強しなければならない。

道示【解説】

特に記述無し



【11】施工時における不具合防止対策

1) コンクリート工（その1）

道示Ⅲ

20章 施工

20.4.2 コンクリート

(2) コンクリートの使用材料

- 2) スランプは施工が確実に行える範囲で出来るだけ小さく定める
- 3) 水セメント比は、コンクリートの配合強度及び耐久性を考慮して定める。
- 4) コンクリートの配合は、所要強度、耐久性、水密性及び作業に適するワーカビリティを持つ範囲内で、単位水量が出来るだけ小さくなるように定める。



道示【解説】

- 2) 通常のコンクリートでは、80mm を標準としているが、高性能減水剤を使用する場合、これより大きく設定してよい。ただし、材料分離が生じていないことを確認する必要がある。
- 3) コンクリートは耐久性の観点から、W/C=50%以下とするのが望ましい。ただし、塩害の厳しい環境においては5章を参照する。
- 4) 単位水量の多いコンクリートでは単位セメント量が大きくなり、ひび割れが生じやすく、材料分離も起こりやすくなる。一般的にはGmax=20~25mm の場合で単位水量 175kg/m³とするのが望ましい。



【コンクリート橋施工便覧】

第6章 コンクリート工

6.2 コンクリート材料および配合

6.2.4 スランプ

道示(H8)では、8cm を原則としているが、ポンプを用いるからといってむやみに大きくしてはならない。流動化剤を使用する場合でもベースコンクリートは8cmとし、荷卸時でも18cmを越えないようにしなければならない。

6.5 コンクリート工の施工

6.5.1 運搬

6.5.2 打込み

6.5.3 締固め

6.5.4 養生

6.5.5 打継ぎ目

(1) 一般

(2) 水平打継ぎ目の施工

(3) 鉛直打継ぎ目の施工

(4) プレキャスト部材の打継

目の施工

にて、コンクリート施工時の初期変状防止のための留意事項を記述



参考

管理者等による要領（各地整）

【中部地整】

マスコンクリートを施工する場合、事前にセメントの水和熱による温度応力及び温度ひび割れに対する十分な検討を行い必要に応じひび割れ誘発目地を設置するものとする。

管理者等による要領（NEXCO）

2章 共通

3 使用材料

3-2 コンクリート

早強セメントは硬化熱が比較的大きいので、寸法の大きな部材を夏期に施工すると温度ひび割れが発生しやすい。このような場合は、経済性や工期、耐久性十分配慮し、普通セメントなど発熱性の低いセメントの使用を検討することが望ましい。

耐久性の向上や維持管理の低減を図るため、W/C=50%程度に抑えるのが望ましい。

学協会等の基準

コンシ【施工編】

材料、配合設計、製造、運搬、打込み、締固め、仕上げ、養生、継目、鉄筋工、型枠及び支保工についての施工時の初期変状防止のための留意事項を記述。

参考



参考



道路橋の設計、施工、維持管理

【11】 施工時における不具合防止対策

2) コンクリート工 (その2)

道示Ⅲ

20.6 コンクリート工

(7) 打継目

打継目は、温度応力及び乾燥収縮によるひび割れが発生しないように考慮する。

(8) マスコンクリート

セメントの水和熱に起因する温度応力によるひび割れが懸念される場合は、材料、打ち込み方法、養生方法等についても検討を行い、構造物の機能上有害となるひび割れの発生を防止する。



道示【解説】

(7) 打継目は、水和熱や外気温による温度応力、乾燥収縮等によるひび割れが懸念されるため、新旧コンクリートの温度差を少なくし、また他の部分より密な配筋とする必要がある。

(8) 温度応力によるひび割れを防止又は制御するために、材料及び配合、打継目の位置、打込み時間、型枠の材料や構造、コンクリートの冷却、養生方法等、適切な選定が必要である。



【コンクリート橋施工便覧】

8.5 プレストレッシング

8.5.1 プレストレス導入時のコンクリートの圧縮強度

プレストレッシング直後に生じる最大圧縮応力度の1.7倍以上

8.5.2 早期にプレストレスを与える場合の注意事項

比較的強度の低い時期に導入される場合の対処方法

8.5.3 プレストレッシングの準備

(2) 緊張順序

(3) 緊張方向

にて、プレストレッシング時の初期変状防止のための留意事項を記述



参考

管理者等による要領 (各地整)

特に記述無し

管理者等による要領 (NEXCO)

特に記述無し

学協会等の基準コンシ【施工編】

特に記述無し



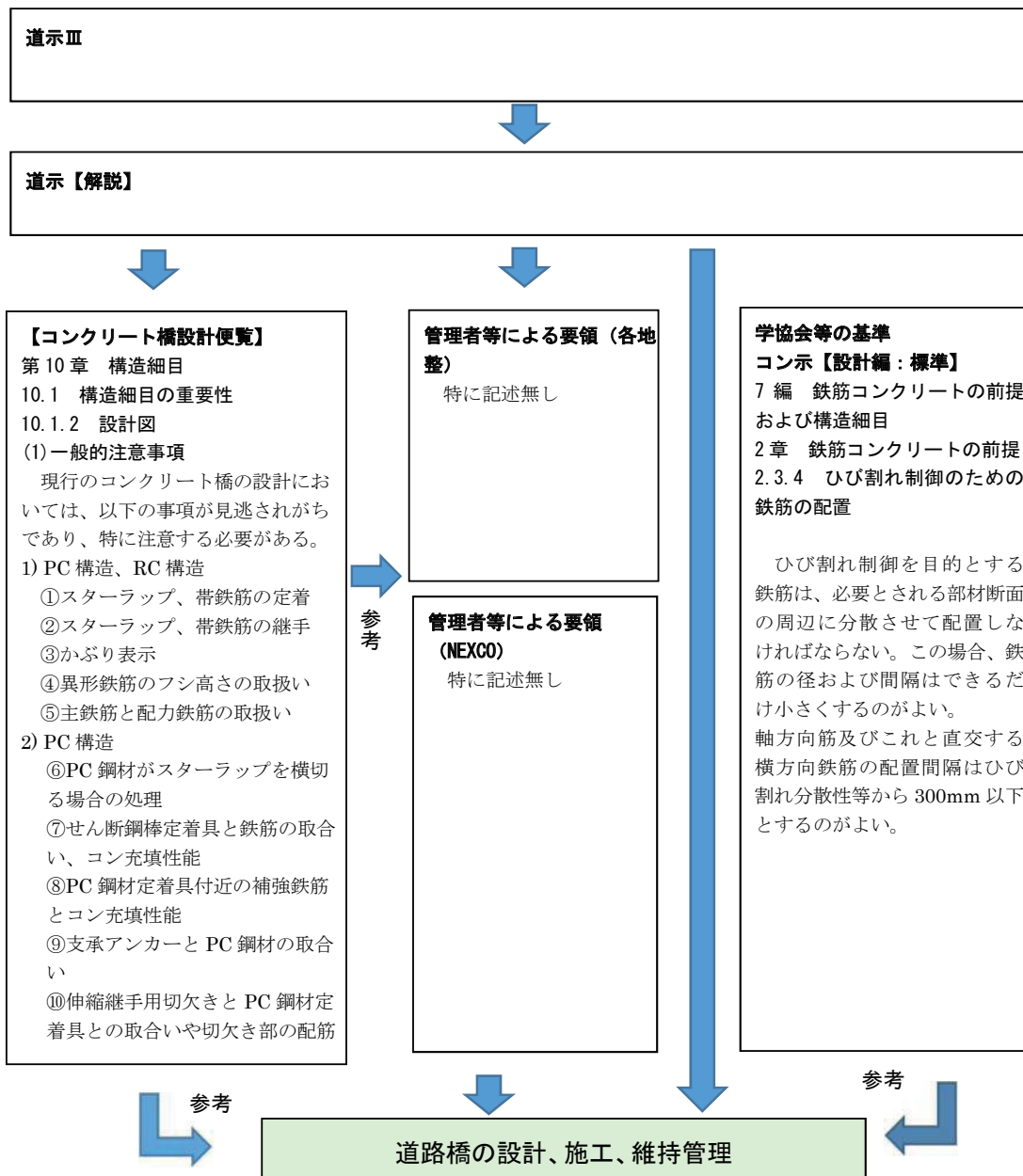
参考



参考

道路橋の設計、施工、維持管理

【12】 その他



4.2.2 諸基準の初期変状防止対策の分析

現在の諸基準における初期変状防止対策がどの程度のレベルとなっているか分析を行う。初期変状事例と現行の対策を照らし合わせることで、**図-3.5.1**に示す6項目に分類し、今後の初期変状防止対策の方向性について提案する。

初期変状防止対策の分類結果を**表-4.2.1**に示す。

表-4.2.1 分析結果一覧表(その1)

抽出項目	規定					分類結果
	道路橋示方書	解説	設計便覧	管理者要領	学会等の基準	
1	【1】コンクリート材料の規定によるひび割れ防止対策	・品質が種々なものを使用する ・小適合品を用いる ・異なる種別を使用する場合の注意事項	・高炉セメントの原則禁止 ・硬化熱への配慮	・構造物に応じて検討すること ・硬化熱への配慮	・早強セメントの凝結の遅さへ対する注意事項【コン示】	分類1 【コメント】 今回、変状事例の確認はなかった。 今回、変状事例の確認はなかった。 現状の対策技術を確認し、施工することで初期変状は防止できると判断し、『分類1』とした。
2	【2】コンクリートの引張応力度の制限によるひび割れ防止対策	条文に同じ	道示に同じ	・張出し施工時の主桁上縁に對する許容応力度の規定	・曲げひび割れ強度の規定【コン示】	分類1 【コメント】 今回、変状事例の確認はなかった。 今回、変状事例の確認はなかった。 現状の対策技術を確認し、施工することで初期変状は防止できると判断し、『分類1』とした。
3	【3】鉄筋の許容応力度の規定によるひび割れ防止対策 1)一般構造	・床版は20N/mm ² 程度余裕を持たせるのが望ましい	道示に同じ	道示に同じ	特になし	分類4 【コメント】 道路橋示方書に許容応力度が示されているが、全ての部材・荷重組合せに対して網羅されているわけではなく、あらゆる留意事項の追加を図っていくことも必要と判断して『分類4』とした。
4	【3】鉄筋の許容応力度の規定によるひび割れ防止対策 2)連続桁	・主桁連続部の連続鉄筋の重ね継手長は6.5に従い算出し25D以上	道示に同じ	・中間支点上の曲げモーメントは道示による低減を行わない【中部地整】九州地整【近畿地整】北海道	特になし	分類1 【コメント】 今回、変状事例の確認はなかった。 今回、変状事例の確認はなかった。 現状の対策技術を確認し、施工することで初期変状は防止できると判断し、『分類1』とした。
5	【4】鋼材配置量の規定によるひび割れ防止対策 1)最小鋼材量の規定	・断面積の0.15%以上配置 ・桁As≧0.005bw・d ・斜引張鉄筋を配置できない版 As≧0.01bw・d Aw≧0.002bw・a・sinθ	道示に同じ	・プレテンの場合、PC鋼材も付着のある鋼材として考慮してよい【NEXCO】	・断面積の0.1%以上配置【コン次】	分類1 【コメント】 今回、変状事例の確認はなかった。 今回、変状事例の確認はなかった。 現状の対策技術を確認し、施工することで初期変状は防止できると判断し、『分類1』とした。
6	【4】鋼材配置量の規定によるひび割れ防止対策 2)引張鉄筋の規定	・PC鋼材に付着がない場合は活荷重を35%増しする ・引張鉄筋量As=Tc/σsa ・コンクリート断面積の0.5%以上	道示に同じ	・PRC構築方法Bにおける引張鉄筋量の算出方法 ・ボステン部材の最小鉄筋量D13@300以上	・最小鋼材量 φ 9@300以上【コン示】	分類1 【コメント】 今回、変状事例の確認はなかった。 今回、変状事例の確認はなかった。 現状の対策技術を確認し、施工することで初期変状は防止できると判断し、『分類1』とした。
7	【4】鋼材配置量の規定によるひび割れ防止対策 3)圧縮鉄筋の規定	特になし	・引張鉄筋の1/3~1/2を配置するとよい	・引張鉄筋の1/2【東北地整】北陸地整【NEXCO】	特になし	分類1 【コメント】 今回、変状事例の確認はなかった。 今回、変状事例の確認はなかった。 現状の対策技術を確認し、施工することで初期変状は防止できると判断し、『分類1』とした。
8	【4】鋼材配置量の規定によるひび割れ防止対策 4)スタワーラップ及び折り曲げ鉄筋の規定	・鉄筋径はD13以上 ・ピッチは有効高さ1/2以下、etc300以下 ・計算から算出された場合、桁高の3/4以下かつetc400以下	条文に同じ	・スタワーラップの重ね継手長La≧20φ	・断面積の0.15%以上、ピッチは有効高さの3/4以下かつ400mm以下【コン示】 ・計算上必要な場合のピッチは、有効高さの1/2以下かつ300mm以下【コン示】	分類1 【コメント】 今回、変状事例の確認はなかった。 今回、変状事例の確認はなかった。 現状の対策技術を確認し、施工することで初期変状は防止できると判断し、『分類1』とした。

表-4.2.1 分析結果一覧表(その2)

	抽出項目	規定				分類結果
		道路橋示方書	解説	設計・便覧	管理者要領	
9	【4】鋼材配置量の規定によるひび割れ防止対策 5)ねじり鉄筋の規定	鋼筋径はD13以上 ・横方向鉄筋ピッチは、長辺の0.4倍以下かつctc300以下 ・軸方向鉄筋は、隅角部に配置しctc300以下	条文に同じ	道示に同じ	道示に同じ	【コメント】 今回、変状事例の確認はなかった。現状の対策技術を確実に施工することで初期変状は防止できると判断し、『分類1』とした。
10	【4】鋼材配置量の規定によるひび割れ防止対策 6)用心鉄筋の規定	・場所打ち桁のウェーブ等の側面にD13ctc300以上の軸方向鉄筋を配置 ・打継目、開口部、床版、ブランジに対して用心鉄筋を配置する	・PC鋼材分力により引張が発生する場合は腹圧力相当の鉄筋量を配置	・ウェーブ面積の0.2%程度の軸方向鉄筋を配置 ・打継目付近の用心鉄筋の配置 ・架設時に対する用心鉄筋	・施工性とひび割れ分散性を考慮して配置する ・ボステン部材はD13ctc300以上を配置 ・最大鉄筋径はD25、最小間隔はctc100 ・ボステンはD13ctc300以上【NEXCO】	【コメント】 使用材料、養生方法および現場の環境などを考慮して、初期変状防止のための鉄筋量を定量的に示すことが望ましいが、設計手法の確立や部材寸法の影響の把握などの課題が考えられる。よって、ひび割れの発生自体を防止するためは更なる技術の向上が必要と判断し、『分類5』とした。
11	【4】鋼材配置量の規定によるひび割れ防止対策 7)連結鉄筋の規定	特になし	特になし	・RC連結方式 2段以下、D22以下、ctc100以上 プレテンではD19、ボステンではD22を150mmで配置 正曲げ鉄筋は、負曲げ鉄筋の半分以上配置	最小鋼材量、ピッチの規定	【コメント】 今回、変状事例の確認はなかった。現状の対策技術を確実に施工することで初期変状は防止できると判断し、『分類1』とした。
12	【4】鋼材配置量の規定によるひび割れ防止対策 8)鉄筋の継手	特になし	特になし	・引張重ね継手は、鉄筋継手部にD13以上の横方向鉄筋2本以上配置する	特になし	【コメント】 今回、変状事例の確認はなかった。現状の対策技術を確実に施工することで初期変状は防止できると判断し、『分類1』とした。
13	【5】鋼材のかぶり規定によるひび割れ防止対策	・床版、地覆、高欄、床版橋(支間10m以下)=30mm ・工場製作のPC桁=25mm ・床版橋(支間10m以上)=35mm	条文に同じ	道示に同じ	・シーズのかぶりは直径の1.0倍以上が望ましい、【北海道】 ・床版、地覆、床版橋(支間10m以下)=40mm ・高欄=70mm ・工場製作のPC桁=30mm ・上記以外、支間10m以上=45mm 【NEXCO】	【コメント】 今回、変状事例の確認はなかった。現状の対策技術を確実に施工することで初期変状は防止できると判断し、『分類1』とした。
14	【6】鋼材のあき規定による充填不良防止対策	・40mm以上かつ粗骨材最大寸法4/3倍以上 ・プレキャスト部材は20mm以上かつ4/3倍以上	・50mm~60mm程度の内部振動機で容易に締め固めが出来るあき	道示に同じ	・シーズの水平方向あきは60mm以上 【中部地整】【NEXCO】	【コメント】 コンクリート打設は、示方書や指針など技術基準に従って確実な施工を行えば、初期変状の防止が可能であると考えられる。しかし、再発防止には施工者の技術レベルの向上に向けた教育・訓練が重要であると判断し、『分類3』とした。

表-4.2.1 分析結果一覧表(その3)

抽出項目	規定				分類結果		
	道路橋示方書	解説	設計・便覧	管理者要領			
15	<p>抽出項目</p> <p>〔7〕PC鋼材配置の規定によるひび割れ防止対策</p>	<p>道路橋示方書</p> <ul style="list-style-type: none"> PC鋼材は部材縁において有害なひび割れが生じないよう配置 支圧面から所定の区間直線上に配置 曲げ半径シース100D、鋼材40D 正負交番点ではPC鋼材を分散 	<p>解説</p> <ul style="list-style-type: none"> 直線区間400mm 	<p>設計・便覧</p> <p>道示に同じ</p>	<p>管理者要領</p> <ul style="list-style-type: none"> プレテン補強めで斜角を有する場合の水平分力に対処策を講じる【九州地整】 	<p>学会等の基準</p> <ul style="list-style-type: none"> グラウトを十分に充填できるとを照査された配置とするのがよい <p>【コン示】</p>	<p>分類結果</p> <p>分類2</p> <p>【コメント】</p> <p>グラウトに関する技術は、古くからその時々々に生じた問題や改良された材料・機材などによる指針映して改定がなされている。PC工学による指針においても新たな知見を取り入れた不具合防止対策が示されており、今後の橋梁点検で事例の確認がされるかを監視していく必要があるものと判断し、『分類2』とした。</p>
16	<p>抽出項目</p> <p>〔8〕PC鋼材定着の規定によるひび割れ防止対策</p> <p>1)PC鋼材の定着</p>	<p>道路橋示方書</p> <ul style="list-style-type: none"> 所定のプレが導入できるように、有害なひび割れが生じないように適に選ばなければならない 部材中間に定着させる場合、応力変動の少ない断面図心に近い位置か、圧縮部に定着させる 	<p>解説</p> <ul style="list-style-type: none"> プレテンでボンドレス鋼材は全鋼材本数の1/2以下、範囲は支間の1/5以下が望ましい 	<p>設計・便覧</p> <p>道示に同じ</p> <ul style="list-style-type: none"> 補強筋配置の具体的な計算方法 	<p>管理者要領</p> <ul style="list-style-type: none"> 原則として主桁全長に渡って連続的に配置する【NEXCO】 	<p>学会等の基準</p> <ul style="list-style-type: none"> 有害なひび割れが生じないように間隔及び緊張順序を定め、鉄筋で補強する 中間定着の場合は、定着体をコンクリート中に埋め込む <p>【コン示】</p>	<p>分類4</p> <p>【コメント】</p> <p>定着工法ごとに示される技術資料には、定着位置の部材縁端距離、定着間隔および補強筋の配置などが示されている。しかし、温度応力などの影響に関しては、設計者の判断でその対策が行われており、新たな留意事項の追加などを示していくことも必要と判断し、『分類4』とした。</p>
17	<p>抽出項目</p> <p>〔8〕PC鋼材定着の規定によるひび割れ防止対策</p> <p>2)PC鋼材定着具の補強</p>	<p>道路橋示方書</p> <ul style="list-style-type: none"> スターラップ、格子状の鉄筋、らせん鉄筋等で補強する 中間定着する場合は付近のコンクリートを鉄筋で補強する 	<p>解説</p> <p>条文に同じ</p>	<p>設計・便覧</p> <ul style="list-style-type: none"> 型枠・支保工はプレストレストを与えるとき、コンクリートを拘束しない構造を選ばなければならない 	<p>管理者要領</p> <ul style="list-style-type: none"> 外ケーブール定着部の設計において適切な手法で評価した上で、耐荷・耐久性能を確保しななければならない FEM解析で得られたコンクリートの引張応力全てを鉄筋で受け持つものとして設計する【NEXCO】 	<p>学会等の基準</p> <ul style="list-style-type: none"> 定着具と緊張材は直角に配置 型枠・支保工はコンクリートが自由に収縮できるように計画する <p>【コン示】</p>	<p>分類4</p> <p>【コメント】</p> <p>定着工法ごとに示される技術資料には、定着位置の部材縁端距離、定着間隔および補強筋の配置などが示されている。しかし、温度応力などの影響に関しては、設計者の判断でその対策が行われており、新たな留意事項の追加などを示していくことも必要と判断し、『分類4』とした。</p>
18	<p>抽出項目</p> <p>〔9〕床版</p> <p>1)床版厚</p>	<p>道路橋示方書</p> <ul style="list-style-type: none"> 床版の最小厚の規定 ハンチには、内側にそってD13以上の鉄筋を配置する 	<p>解説</p> <p>条文に同じ</p>	<p>設計・便覧</p> <p>道示に同じ</p> <ul style="list-style-type: none"> ハンチには主鉄筋の1/2程度以上の鉄筋を配置 	<p>管理者要領</p> <p>特になし</p>	<p>学会等の基準</p> <ul style="list-style-type: none"> スラブの最小厚は80mm 正鉄筋及び負鉄筋の中心間隔はスラブ厚さの2倍以下で300mm以下とする <p>【コン示】</p>	<p>分類1</p> <p>【コメント】</p> <p>今回、変状事例の確認はなかった。今回、変状事例の確認はなかつた。現状の対策技術を確実に施工することで初期変状は防止できると判断し、『分類1』とした。</p>
19	<p>抽出項目</p> <p>〔9〕床版</p> <p>2)鉄筋配置</p>	<p>道路橋示方書</p> <ul style="list-style-type: none"> 床版の鉄筋はD13～D19およびD22を標準 鉄筋の中心間隔は$c \leq 100 \sim 300$、ただし床版支間方向の引張主鉄筋間隔は床版厚以下 	<p>解説</p> <p>条文に同じ</p>	<p>設計・便覧</p> <p>道示に同じ</p>	<p>管理者要領</p> <p>道示に同じ</p>	<p>学会等の基準</p> <p>特になし</p>	<p>分類1</p> <p>【コメント】</p> <p>今回、変状事例の確認はなかつた。今回、変状事例の確認はなかつた。現状の対策技術を確実に施工することで初期変状は防止できると判断し、『分類1』とした。</p>

表-4.2.1 分析結果一覧表(その4)

抽出項目	規定				分類結果
	道路橋示方書	解説	設計・便覧	管理者要領	
20	<p>【10】構造形式別の防止対策 1) 床版橋</p> <p>・有るなびひ割れを生じないよう、鉄筋を配置、断面は施工を容易な構造とする ・斜め床版橋に対しては、局部的に発生する応力に対して、補強を行う ・引張主鉄筋はD13etc200以上、版の上下縁の主方向・横方向ともD13etc300以上の鉄筋を配置する ・斜め床版橋の純角部の版下面にはD13etc200以上の鉄筋を配置</p>	<p>・円孔の最大径は1000mmを超えない場合、別途検討</p>	<p>・主桁横断勾配の対処方法</p>	<p>・突縁の厚さは80mm以上、腹部の厚さは100mm以上 ・温度変化、収縮によって腹部に生じる鉛直ひび割れに対して、腹部に水平な用心鉄筋(腹部の断面積の0.2%)を配置</p>	<p>【コメント】 今回、変状事例の確認はなかつた。現状の対策技術を確実に施工することで初期変状は防止できると判断し、『分類1』とした。</p>
21	<p>【10】構造形式別の防止対策 2) T桁橋</p> <p>・適切に荷重分配 ・床版に有害なひび割れ等の影響を及ぼさないような構造</p>	<p>・中間構桁の減少は、主桁間の荷重分配作用を低下させ、支間曲げモーメントに影響を与える</p>	<p>・補強鉄筋の長さは開口部の辺長に定着長さ$2 \cdot L_d$を加えた長さ</p>	<p>・スラブの厚さは80mm以上、腹部の厚さは100mm以上 ・温度変化、収縮によって腹部に生じる鉛直ひび割れに対して、腹部に水平な用心鉄筋(腹部の断面積の0.2%)を配置</p>	<p>【コメント】 今回、変状事例の確認はなかつた。現状の対策技術を確実に施工することで初期変状は防止できると判断し、『分類1』とした。</p>
22	<p>【10】構造形式別の防止対策 3) 箱桁橋</p> <p>・開口部を設ける場合は、その周辺を補強する ・ウェブの橋軸方向と下フランジ上下面の橋軸方向および橋軸直角方向には、D13etc250mm以上の鉄筋を配置する</p>	<p>・開口部に切断される鉄筋量、以上の補強筋を配置する必要はある ・桁高変化がある場合には、下床版に配置されたPC鋼材によって腹圧力が作用するたため、床版厚を確保し、十分な鉄筋で補強する</p>	<p>・すれ止め鉄筋はD13以上を50cm間隔以下で配置【東北地整】 ・コンクリートのクリープ係数、乾燥収縮度が±30%変動した状態も考慮して検討する【NEXCO】</p>	<p>【コメント】 今回、変状事例の確認はなかつた。現状の対策技術を確実に施工することで初期変状は防止できると判断し、『分類1』とした。</p>	
23	<p>【10】構造形式別の防止対策 4) 合成桁橋</p> <p>・施工段階ごとの構造系の変化を考慮 ・架設時の安全性も考慮させる ・スターラップは床版まで貫通し、ねじりを考慮する場合は、桁と床版の接合部に用心鉄筋を配置</p>	<p>・一般的にはD16etc150以上の事例が多い</p>	<p>・温度解析による検討、低発熱型セメントの使用、鉄筋・PC鋼材の追加配置の検討【東北地整】</p>	<p>【コメント】 今回、変状事例の確認はなかつた。現状の対策技術を確実に施工することで初期変状は防止できると判断し、『分類1』とした。</p>	
24	<p>【10】構造形式別の防止対策 5) 連続構造</p>	<p>・中間支点部付近には、ウェブ及び桁下縁側に用心鉄筋を配置する</p>	<p>・温度変化、収縮によって腹部に生じる鉛直ひび割れに対して、腹部に水平な用心鉄筋(腹部の断面積の0.2%)を配置</p>	<p>【コメント】 今回、変状事例の確認はなかつた。現状の対策技術を確実に施工することで初期変状は防止できると判断し、『分類1』とした。</p>	

表-4.2.1 分析結果一覧表(その5)

	抽出項目	規定					分類結果
		道路橋示方書	解説	設計・便覧	管理者要領	学会等の基準	
25	【10】構造形式別の防止対策 6)曲線構造	<p>PC鋼材はウェブコンクリートの剥離等上部構造の損傷が生じないようになしなればならない。</p> <p>支重の拘束による上部構造への影響が少なくなるようになしなればならない。</p> <p>PCと桁の図心が一致するようにする。</p>	<p>・定着部近傍でやぶを得ず配置方向を変えらる場合は、かぶり厚を十分にとり、局部的な腐食圧力に対して補強する</p>	特になし	特になし	特になし	<p>【コメント】 今回、変状事例の確認はなかった。現状の対策技術を確実に施工することで初期変状は防止できると判断し、『分類1』とした。</p>
26	【10】構造形式別の防止対策 7)ラーメン構造	<p>・断面方向が確実に伝達できるようにしなればならない。</p> <p>・ハンチを設け、鉄筋を配置する。</p> <p>・主鉄筋の継手を設けてはならない。</p>	特になし	特になし	特になし	<p>【コメント】 今回、変状事例の確認はなかった。現状の対策技術を確実に施工することで初期変状は防止できると判断し、『分類1』とした。</p>	
27	【10】構造形式別の防止対策 8)アレイキャストセグメント構造	<p>・セグメント端部及び接合キー周辺は鉄筋または鉛直方向のPC鋼材により補強する</p>	<p>・継ぎ目付近のスターラップ間隔は、他の区間の1/2または100mm程度とし、その範囲は範囲は桁高の1/4程度または30cm程度以上とする</p>	特になし	<p>・継ぎ目付近は補強鉄筋を配置する。継目部はエポキシ樹脂接着剤を接合材料とする【東北地整】</p>	<p>【コメント】 今回、変状事例の確認はなかった。現状の対策技術を確実に施工することで初期変状は防止できると判断し、『分類1』とした。</p>	
28	【10】構造形式別の防止対策 9)その他	<p>・支重部は水平力に対して、上部構造端部がせん断破壊しないよう、適切に補強しなればならない。</p>	特になし	特になし	特になし	<p>【コメント】 今回、変状事例の確認はなかった。現状の対策技術を確実に施工することで初期変状は防止できると判断し、『分類1』とした。</p>	
29	【11】施工時における不具合防止対策 1)コンクリート工(その1)	<p>・スランプは施工が確実にできる範囲でできるだけ小さく定め</p> <p>・W/Cは配合強度・耐久性を考慮して定める</p> <p>・強度、耐久性、水密性、ワーカビリティを持つ範囲で単位水量ができるだけ小さくなるように定める</p>	<p>・スランプ80mm標準</p> <p>・W/C=50%以下が望ましい</p> <p>・Gmax=20~25mmの場合で単位水量175kg/m³が望ましい</p>	<p>・流動化剤を使用する場合もペースは8cm、荷卸時でも18cmを越えないように</p> <p>・初期変状のための留意事項を記述</p>	<p>・温度応力に対する検討を十分にを行い、必要に応じて誘発目地を設置する【中部地整】</p> <p>・寸法の大きな部材を夏に施工する場合は普通セメントなど発熱性が低いセメントと使用を検討する</p> <p>・W/C=50%程度に抑えるのが望ましい【NEXCO】</p>	<p>【コメント】 養生方法および現場の環境などを考慮して、初期変状防止のための鉄筋量を定量的に示すことが望ましいが、設計手法の確立や部材寸法の影響の把握などの課題が考えられる。よって、ひび割れの発生自体を防止するためは更なる技術の向上が必要と判断し、『分類5』とした。</p>	
30	【11】施工時における不具合防止対策 2)コンクリート工(その2)	<p>・打継目は、温度応力及び乾燥収縮によるひび割れが発生しないように考慮する</p> <p>・温度応力によるひび割れが懸念される場合は、材料、打ち込み方法、養生方法等についても検討を行い、有害なひび割れの発生を防止する</p>	<p>・新旧コンクリートの温度差を少なくし、密な配筋とする必要がある</p> <p>・材料及び配合、打継目の位置、打ち込み時間、型枠の材料や構造、コンクリートの冷却、養生方法等適切な選定が必要</p>	<p>・プレ入時のコンクリートの圧縮応力は直後に生じる最大圧縮応力の1.7倍以上</p> <p>・早期にプレを導入する場合は緊張順序、緊張方向に留意する</p>	特になし	<p>【コメント】 養生方法および現場の環境などを考慮して、初期変状防止のための鉄筋量を定量的に示すことが望ましいが、設計手法の確立や部材寸法の影響の把握などの課題が考えられる。よって、ひび割れの発生自体を防止するためは更なる技術の向上が必要と判断し、『分類5』とした。</p>	
31	【12】その他	特になし	特になし	<p>・見逃されがちな留意点について記載</p>	特になし	<p>【コメント】 養生方法および現場の環境などを考慮して、初期変状防止のための鉄筋量を定量的に示すことが望ましいが、設計手法の確立や部材寸法の影響の把握などの課題が考えられる。よって、ひび割れの発生自体を防止するためは更なる技術の向上が必要と判断し、『分類5』とした。</p>	

4.2.3 初期変状防止対策の方向性

今回の調査範囲において変状事例が確認できなかったものは、分類 1 または分類 2 となる。

【6】鋼材のあき規定による充填不良防止対策は、基準に従えば初期変状の防止が可能であると考えられるが、調査結果においてコンクリートの充填不良によるひび割れが確認されており、実務者への更なる周知の徹底が必要と考えられることから分類 3 とした。【3】鉄筋の許容応力度の規定（一般部）は、現行で定められているとおり鉄筋の応力度を制限すれば初期変状の防止が可能と考えられるが、すべての部材や荷重組合せに対して網羅されているわけではなく、今後個別のケースに対して検討が必要であると考えられることから分類 4 とした。また、【8】PC 鋼材定着の規定は、他の鉄筋との取り合いから所定の位置に配置できず期待する効果を発揮できていないことにより、初期変状が発生している可能性が懸念されるため、他の対策との組合せ方法について更なる検討が必要であると判断し分類 4 とした。分類 5 は、主に温度応力や乾燥収縮に対する対策である。これらは、施工方法のみの対策では不十分であったり、設計段階で対策を行う場合に施工条件の設定が困難であったりするなど、多くの課題があり対策の改善や追加が必要であると考えられる対策である。

諸基準における初期変状防止対策のレベルと更なる対策の方向を図-4.2.3 に示す。

分類	初期変状の実態	初期変状防止レベル	分類結果	更なる初期変状防止に向けた対策の方向性
分類 1	なし	初期変状防止対策がとれていると考えられるもの	<ul style="list-style-type: none"> 【1】 コンクリート材料の規定によるひび割れ防止対策 【2】 コンクリートの引張応力度の制限によるひび割れ防止対策 【3】 鉄筋の許容応力度の規定によるひび割れ防止対策 <ul style="list-style-type: none"> 2) 連結桁 【4】 鋼材配置量の規定によるひび割れ防止対策 <ul style="list-style-type: none"> 1) 最小鋼材量の規定 2) 引張鉄筋の規定 3) 圧縮鉄筋の規定 4) スターラップ及び折り曲げ鉄筋の規定 5) ねじり鉄筋の規定 7) 連結鉄筋の規定 8) 鉄筋の継手 【5】 鋼材のかぶり規定によるひび割れ防止対策 【9】 床版 <ul style="list-style-type: none"> 1) 床版厚 2) 鉄筋配置 【10】 構造形式別の防止対策 <ul style="list-style-type: none"> 1) 床版橋 2) T桁橋 4) 合成桁橋 6) 曲線構造 7) ラーメン構造 8) プレキャストセグメント構造 9) その他 	今後、定期点検による初期変状事例が報告される場合を想定して継続した監視を行う
分類 2		新たな初期変状防止技術であり、その効果の確認段階にあるもの	<ul style="list-style-type: none"> 【7】 PC鋼材配置の規定によるひび割れ防止対策 	初期変状の防止効果を確認し、必要に応じて改善などの検討を行う
分類 3		変状事例が確認されたが、基準の見落としや不適切な施工が原因と考えられるもの	<ul style="list-style-type: none"> 【6】 鋼材のあき規定による充填不良防止対策 	実務者への周知の徹底や教育により、人為的ミスを減らすための対策を講じる
分類 4		初期変状防止技術はあるが、対策方法が標準化されていないもの	<ul style="list-style-type: none"> 【3】 鉄筋の許容応力度の規定によるひび割れ防止対策 <ul style="list-style-type: none"> 1) 一般構造 【8】 PC鋼材定着の規定によるひび割れ防止対策 <ul style="list-style-type: none"> 1) PC鋼材の定着 2) PC鋼材定着具の補強 	個別の技術から標準化へ向けた対策を進める
分類 5	あり	初期変状対策技術の改善や追加が必要であると考えられるもの	<ul style="list-style-type: none"> 【4】 鋼材配置量の規定によるひび割れ防止対策 <ul style="list-style-type: none"> 6) 用心鉄筋の規定 【10】 構造形式別の防止対策 <ul style="list-style-type: none"> 1) 箱桁橋 5) 連続構造 【11】 施工時における不具合防止対策 <ul style="list-style-type: none"> 1) コンクリート工 (その1) 2) コンクリート工 (その2) 【12】 その他 	現状の技術で不十分な点を洗い出し、対策を講じることで技術レベルの向上を図る
分類 6		初期変状の原因が不明であるため、初期変状防止技術を示すことが困難なもの		原因の究明と対策技術の確立を進める

図-4.2.3 分類結果による対策の方向性

4.3 初期変状防止対策に関する文献調査

初期変状を防止するために実施した設計上の工夫、施工上の工夫を、以下の文献から調査し、その概要をまとめる。

- ・調査文献

- | | |
|--|------------------|
| ① 「プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集（以下、PC シンポジウムという）」 | プレストレストコンクリート工学会 |
| ② 「プレストレストコンクリート」 | プレストレストコンクリート工学会 |
| ③ 「コンクリート工学」 | 日本コンクリート工学会 |
| ④ 「橋梁と基礎」 | (株)建設図書 |

- ・調査期間

2012～2014年 の3年間に発刊されたもの

- ・調査内容

初期変状防止のための方策とし、具体的には「温度ひび割れ防止」、「乾燥収縮ひび割れ防止」、「プレストレスに起因するひび割れ防止」、「施工全般的なひび割れ防止」、「その他」とした。

4.3.1 文献調査結果

(1) 初期変状防止対策に関する文献調査 (プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム2012~2014)

No	表題	著者名	出展			概要	初期変状の分類			
			出展名	年月日	該当頁		温度 応力	乾燥 収縮	施工 全般	緊張
1	中空床版橋のマスコンクリート部における解析的検討	礼立、大久保	第21回PCシンポジウム	2012.10	pp.41-44	PC連続中空床版橋の中間支点横桁について、温度差による引張力の発生レベルをつかむことを目的に、マスコン寸法(主に桁高)・打設時期をパラメータとした温度応力解析に結果、早強セメントの量を400kg/m ³ に特定した場合、ひび割れ指数1.0以下の領域における、温度応力の平均は3N/mm ² 程度である。また、この発生応力に対する補強の目安は、D19-125mmピッチであることが確認された。	○			
2	片持ち架設PC箱桁橋のブロック施工に関する解析的検証	荻野目、中村、古賀、狩野	第21回PCシンポジウム	2012.10	pp.45-48	片持ち架設工法で施工するPC箱桁橋において、張出し床版先端付近の橋軸方向張力に着目し、拘束条件や材料特性がどのように温度応力に影響するかパラメータスタディを実施し、ブロック長や幅員の影響が特に顕著であり、打設温度や施工サイクルの影響は単体では影響が少ない結果を得られている。	○			○
3	高橋脚・非対称張出しを伴う4径間連続ラーメン箱桁橋の施工ー大坂谷川橋ー	田邊、重越、豊島、鈴木	第21回PCシンポジウム	2012.10	pp.171-174	大坂谷川橋(ラーメン箱桁橋)の柱頭部(桁高9.0m)では、下記の温度ひび割れ対策を実施 ①3次元FEM温度応力解析を実施し、打設リフト割り(5分割)と使用セメントを普通ポルトに変更 ②外ケーブル偏向管を用いたエアクーリング ③型枠存置期間の延長	○			
4	長支間を有する波形鋼板ウェブ箱桁橋の設計・施工	大房、和崎、能島	第21回PCシンポジウム	2012.10	pp.179-182	第二東名 生平橋では、柱頭部では、3次元FEM温度応力解析結果に基づき、下記の温度ひび割れ対策を実施 ② 夏季施工時に外ケーブルダクトを用いたエアクーリング ②ひび割れ補強筋の設置	○			

No	表題	著者名	出展			概要	初期変状の分類				
			出展名	年月日	該当頁		温度 応力	乾燥 収縮	施工 全般	緊張	その他
5	さがみ縦貫相模原愛川 IC 上部 (その15) 工事の施工	田中、池上	第21回 PC シンポジウム	2012.10	pp.195 -198	さがみ縦貫相模原愛川 IC 上部 (その15) 橋(ラーメン箱桁橋)では、3次元 FEM 温度応力解析結果に基づき、下記の温度ひび割れ対策を実施 ①断面分割部(ラーメン橋脚部、上床版、ウエブ)にひび割れ補強鉄筋の設置 ②ひび割れ補強筋の設置	○				
6	鉄筋配置が PC 構造物の持続荷重 に及ぼす影響に関する研究	吉川、玉越 北村、横井	第21回 PC シンポジウム	2012.10	pp.393 -396	持続荷重(クリープ)に影響を及ぼす要因の1つとして考えられる鉄筋配置に着目し、梁供試体による載荷試験に関する中間報告(約6か月間実施での評価)。プレストレス導入時のプレストレスロス率は、軸方向鉄筋比に比例して生じ、持続荷重の大きさ、横方向鉄筋量の影響は顕著ではないなどの結果が得られている。					○
7	保水養生テープを用いたコンクリ ートの養生に関する実験的検討	天谷、原、 濱岡、森本	第21回 PC シンポジウム	2012.10	pp.579 -586	設計基準強度 24N/mm ² のコンクリートに保水養生テープを用い、コンクリートの品質やひび割れの発生状況に与える影響について実施工で試験的に検討した結果、マット養生がひび割れ総延長 92.2m、平均ひび割れ幅 0.28 mmにに対し、保水テープ養生はひび割れ総延長 86.7 mm、平均ひび割れ幅 0.15 mmと抑制効果が確認された。		○			
8	2 径間一括施工による PRC2 主版 桁橋の設計 - 第二東名高速道路 檜山橋 -	中井、後藤 香川、大場	第22回 PC シンポジウム	2013.10	pp.1-4	表題に示す構造物では、温度応力解析等から以下の要因でひび割れが生じやすいことがわかった。 ・主桁幅が厚く、温度降下時に内部拘束が発生する ・固定支保工架設ではプレ二次力の作用と自重の作用バランスに配慮する必要がある。 ・主桁と床版の剛性差が大きいため、床版との温度差で主桁図心位置付近に引張り応力が作用する。	○				○

No	表題	著者名	出展			概要	初期変状の分類					
			出展名	年月日	該当頁		温度 応力	乾燥 収縮	施工 全般	緊張	その他	
9	整備新幹線における馬桁一体PC連続桁について	下津、玉井 跡部	第22回PC シンポジウム	2013.10	pp.13-16	中間支点の剛性を確保するため断面寸法が大きくなる、馬桁一体PC連続桁の馬桁の温度ひび割れ対策として、 1. 桁の上面を防炎シート、側面と下面を発泡スチロールで覆い、内外温度差を防ぎ内部拘束ひび割れを抑制。 2. 緊張順序を事前に検討し、馬桁と主桁各々1次緊張、2次緊張を行うことで、馬桁に早期のプレストレスを導入を実施した。	○			○		
10	松山外環状道路 井門（いど）高架橋上部工事の緊張について	香田、圓尾 太田、木村	第22回PC シンポジウム	2013.10	pp.75-78	広幅員（最大31.7m）を有する中空床版橋の緊張作業では、緊張力の与え方によっては反り上がりのあるウェブと無いウェブとに別れ、橋軸直角方向に引張応力が生じる懸念がある。そのためFEM解析によって緊張順序、本数を設定しひび割れが生じないように緊張作業を実施した					○	
11	港湾ふ頭内におけるPC4経間連続箱桁橋の施工報告	杉村、川上 東田、田尻	第22回PC シンポジウム	2013.10	pp.79-82	支点上横桁(4.5m×2.3m×3.0m)のマスコン対策として、部材中心部から表面に向けケリーングパイプを配置し通水することで、コンクリートの全体温度を抑制するとともに内外温度差も抑制できる配温式パイプクーリングを実施。また、主桁(箱桁)2分割施工時の上床版との打継目に発生するひび割れ対策として、3次元FEM温度応力解析を実施し、ひび割れ補強鉄筋を配置。さらに、R=280m部の緊張管理は、鋼材の鉛直方向変化に加え、左右ウェブの曲線影響も考慮した3次元形状で緊張計算したデータに基づき管理を実施。	○				○	
12	第二東名高速道路 新戸川橋の設計と施工	藤岡、関井 大嶋、河東	第22回PC シンポジウム	2013.10	pp.145-148	第二東名高速道路 新戸川橋(リブ付き床版波形鋼板ウェブ箱桁)では、床版の初期ひび割れ対策として下記の項目を実施。 ①初期被膜養生剤の散布 ②高機能養生マットの採用 ③塗布型収縮低減剤の塗布						○

No	表題	著者名	出展			概要	初期変状の分類				
			出展名	年月日	該当頁		温度 応力	乾燥 収縮	施工 全般	緊張	その他
13	2 径間連続PC箱桁ラーメン橋の 施工報告 一川合高架橋 二期線一	岡、大柳豆 後藤、島津	第 22 回 PC シンポジウ ム	2013.10	pp.413 -416	川合高架橋二期線(箱桁ラーメン橋)では、上床版のひび割れ 対策として下記の項目を実施。 ①温度応力解析結果に基づき膨張材の使用 ②コンクリート打設時に遮光ネットの設置 ③コンクリート圧送管への養生マット設置と散水 設計における持続荷重の考慮方法の違いが、ひび割れ発生リ スクなどに及ぼす影響を、鉄筋配置を変えた供試体の実験や 解析により検討した結果、軸方向鉄筋比の相違がクリープ変 形に差異が生じることが実験により確かめられ、解析結果よ りひび割れなどの発生原因になりうることが示唆された。	○	○			
14	PC 橋の持続荷重に及ぼす鉄筋拘 束力の影響に関する研究	吉川、玉越 北村	第 22 回 PC シンポジウ ム	2013.10	pp.437 -440	PC 橋梁の場所打ちコンクリート (移動作業車による張出施 工)を対象に、材齢 3 日での脱枠後、7 日間ミスト養生を実 施し、圧縮強度、質量変化、透気係数は水中養生に近い値を 示し、水中養生と同程度の効果を得られることが確認され た。		○			○
15	ミスト養生を用いた PC 橋の継続 養生 (三遠南言 20 号橋)	國富、松尾 下貝、浅井	第 23 回 PC シンポジウ ム	2014.10	pp.13-16	PC4 径間ラーメン連続箱桁橋の端部横桁(2.5m×1.95m×5.4m) に、あらかじめ冷却媒体を密封した「ヒートパイプ」を使っ たパイプクーリングを適用し、温度上昇量の低減が可能であ り、ひび割れ抑制対策として有効な手段であることが確認さ れた。	○				
16	ヒートパイプを利用したパイプク ーリングの施工報告	高須賀、船 本 前田、伊吹	第 23 回 PC シンポジウ ム	2014.10	pp.17-20	グラウトの充填が良好である箇所では腹筋部シース沿いひび割 れが発生原因の解明を目的とし、解析的検討を行い、 ・PC 鋼材の緊張により桁腹筋部に表面応力が発生し、その応 力は曲上げ角度が大さいほど、曲上げ区間が長いほど大きく なる。 ・コンクリートとグラウトの熱膨張係数の差により桁腹筋部に 表面応力が発生する可能性がある。 ことが、推定された。					○
17	PC T 桁橋の桁腹筋部に発生したシ ース沿いひび割れ原因に関する解 析的検討	小林、中西 北野、本間	第 23 回 PC シンポジウ ム	2014.10	pp.91-94						

No	表題	著者名	出展			概要	初期変状の分類				
			出展名	年月日	該当頁		温度 応力	乾燥 収縮	施工 全般	緊張	その他
18	PRC 逆 L 字型橋脚のひび割れ進展挙動と構造的な性能評価	渡邊、中村 上田、木曾	第 23 回 PC シンポジウ ム	2014.10	pp.107 -112	<p>一般に隅角部の挙動が設計上考慮対象になっていない逆 L 字型橋脚に関し、水分移動問題と時間依存挙動としての収縮・クリープを考慮可能な 3 次元非線形有限要素解析を用いて、健全な状態での荷重によるひび割れ進展挙動と、時間依存挙動としての収縮、クリープが構造的な性能に及ぼす影響について解析的検討を実施し、以下の結論を得た。</p> <p>① 終局時に隅角部で斜めひび割れが発生、進展して最大荷重となる挙動を解析的に確認した。</p> <p>② 施工から供用までの収縮・クリープの影響によって、構造物表面に引張初期応力が発生することで、曲げひび割れ発生荷重および耐力が低下する可能性を解析的に示した。また、相対湿度分布を考慮した収縮・クリープの影響を適切に評価することが重要である結果が示された。</p> <p>③ 上部工載荷後の時間依存挙動の進行によって、構造物に損傷が生じる可能性を解析的に示した。その際、構造物内部において構造物表面からでは確認できない損傷が生じている可能性を示唆する結果を得た。</p>	○				○
19	小牧高架橋における温度追従養生システムを用いた緊張強度管理	片山、野島 中島、頃安	第 23 回 PC シンポジウ ム	2014.10	pp.203 -206	<p>張出し架設部のコンクリートに使用するセメントを、コンクリート温度上昇量を低減し、初期ひび割れを抑制する目的で、早強セメントから普通セメントに変更。また、走着部近傍のコンクリートの強度管理手法に温度追従養生システムを採用することで、圧縮強度試験を行わず、温度追従養生システムによって精度を確認した強度推定式により対象構造物の緊張可能時期をタイムリーに把握できる管理手法を確立。</p>	○				○

No	表題	著者名	出展			概要	初期変状の分類				
			出展名	年月日	該当頁		温度 応力	乾燥 収縮	施工 全般	緊張	その他
20	箱桁橋の中間支点部における温度ひび割れ抑制対策の検討	村上、岩淵 橋、田中	第23回PC シンポジウ ム	2014.10	pp.207 -210	<p>張出架設する箱桁橋(音羽川橋)の中間支点部では、温度ひび割れ防止対策として以下の項目を実施。</p> <p>①施工前に実施した温度解析によるひび割れ抑制対策の最適化検討</p> <p>②3リフト施工とし、早強セメントに替え、施工月が外気温20℃未満となる10月～5月では全リフト普通セメント、外気温20℃以上となる6月～9月では1, 2リフト低熱セメント3リフト普通セメントを使用</p> <p>③パイプクーリングの実施(期間はコンクリート温度が最高温度に達した後1.5日後(クーリング終了後に、再度温度上昇しても最高温度を超えない期間)</p>	○				

No	表題	著者名	出版			概要	初期変状の分類				
			出展名	年月日	該当頁		温度 応力	乾燥 収縮	施工 全般	緊張	その他
21	鉄筋による拘束がPC橋の持続荷重の評価に及ぼす影響に関する研究	狩野、玉越 白戸	第23回PC シンポジウ ム	2014.10	pp.247 -252	鉄筋の拘束がクリープの評価に及ぼす影響に着目し、持続荷重の大きさや軸方向鉄筋量、横方向鉄筋量などをパラメータとした供試体のクリープ載荷実験についての長期計測の結果、以下の結論が得られている。 ①各基準のクリープ予測式で算出した値を比較すると、道示のクリープ値は、コンシ(H8)の2倍以上であり、欧米基準は両者の中間である。 ②コンクリートのひびみは、軸方向鉄筋量が多いほど小さくなるが、横方向鉄筋量の影響は小さい。 ③鉄筋拘束の影響を控除したクリープ係数は、軸方向鉄筋量の違いにかかわらずほぼ同じであり、本実験の結果では、EN1992 または AASHTO のクリープ係数と近い値である。 ④実橋モデルにおける主桁応力に着目した場合については、配筋量が多い場合、鉄筋拘束の影響による応力度は無視できないレベルとなることがわかった。 ⑤実橋モデルにおいて、クリティカルになる断面の主桁応力に着目した場合については、実験値のクリープ係数と鉄筋拘束の組合せ、または、道示のクリープ係数かつ鉄筋拘束を考慮する組合せで計算した結果、後者が安全側の設計結果を与える。					○
22	PC 部材に用いる早強コンクリートのひび割れ抵抗性に与える骨材量の影響	佐々木、谷 口 樋口	第23回PC シンポジウ ム	2014.10	pp.269 -274	上部工で用いられる設計基準強度 40 N/mm ² 程度の早強コンクリートのひび割れ抵抗性に与える骨材量の影響について実験的に検討し、収縮によるひび割れに対する抵抗性を高めるためには、単位ペースト絶対容積を小さくするのが効果的であり、粗骨材量を大きくするとひび割れ発生材齢が大きくなる結果が得られている。		○			○

No	表題	著者名	出展			概要	初期変状の分類				
			出展名	年月日	該当頁		温度 応力	乾燥 収縮	施工 全般	緊張	その他
23	国内最大級スパン長を有する波形鋼板ウェブ橋の施工	内田、森田 笠倉	第23回PC シンポジウム	2014.10	pp.319 -322	敦賀衣掛大橋(波形鋼板ウェブ箱桁ラーメン橋)の柱頭部では、下記の温度ひび割れ対策を実施 ①3次元FEM温度応力解析を実施し、適切なコンクリート配合と打設リフト割りについて検討 ②4分割打設とし、1~3リフトに低熱ポルトを使用し、打設厚さの薄い4リフトには膨張コンクリートを採用。	○				
24	那智勝浦道路インターBランプ橋の施工	佐藤、前田 倉富	第23回PC シンポジウム	2014.10	pp.323 -326	那智勝浦道路インターBランプ橋(ラーメン箱桁橋)の柱頭部では、下記の温度ひび割れ等の対策を実施 ①自己収縮、水和熱の低減を目的とし単位セメント量の低減 ②盛夏におけるコンクリート打設時の対策(生コンドラム散水、遮光ネット設置、ミスト噴霧、遅延型混和剤使用) ③3次元温度応力解析に基づくパイプクーリング ④保水養生マットや養生テープによる層中の養生対策	○	○			
25	由良川橋(A1~P3径間)の施工	鈴木、吉田 森	第23回PC シンポジウム	2014.10	pp.327 -330	由良川橋(箱桁橋)の中間支点横桁部では、温度ひび割れ対策として、3次元温度応力解析に基づき、リフト割と効率的なパイプクーリングの検討を行い実施	○				
26	東九州自動車道今川橋の設計・施工	中村、前原 南上、保田	第23回PC シンポジウム	2014.10	pp.331 -334	東九州自動車道今川橋(波形鋼板ウェブ箱桁橋)の分割施工を行った固定支保工架設部では、他径間と閉合の後に外ケーブル緊張まで間があく上床版に、乾燥収縮によるひび割れ防止のため内ケーブルを1施工単位に最低2本配置。		○			

No	表題	著者名	出展			概要	初期変状の分類				
			出展名	年月日	該当頁		温度 応力	乾燥 収縮	施工 全般	緊張	その他
27	新鳴合橋新設工事における施工報告	荒渡、田村 岡本、白旗	第23回 PC シンポジウム	2014.10	pp.335 -338	<p>マスコンとなる新鳴合橋のA1橋台に対し、下記の温度ひび割れ対策を実施</p> <p>①高性能AE減水剤を使用し単位セメント量を13kg/m³低減 ②収縮補償として膨張材を使用。 ③分割施工による新旧コンクリート打継の拘束度を低減。 ④隔壁などに誘発目を設置して、外部拘束を低減。 ⑤上記対策後、温度応力解析によりひび割れ指数1.45を満たさない箇所へ補強鉄筋の配置</p>	○				
28	福知山道路高架橋の施工	岩垣、南部 楊村	第23回 PC シンポジウム	2014.10	pp.339 -342	<p>福知山道路高架橋（ラーメン箱桁橋）では、3次元FEM温度応力解析結果に基づき、下記の温度ひび割れ対策を実施</p> <p>①柱頭部では、リフトの2分割打設、普通セメントへの変更、2リフトへの膨張材使用、パイプクーリング、保温型枠（スタイロフォーム）の設置 ②分割施工目地部の拘束ひび割れ対策として、発生引張応力度に対する必要鉄筋量を配置と、表面のかぶり部分にFRP格子筋を配置。なお、上床版における引張応力度の超過については、横締めPC鋼材のプレストレスにより改善されることからFRP格子筋による補強のみ実施。</p>	○				
29	カウンターウェイトを有するPC箱桁橋の施工報告 — 伊南バイパス2号橋 —	坪倉、今村 橋本、山本	第23回 PC シンポジウム	2014.10	pp.387 -390	<p>153号伊南バイパス2号橋（ラーメン箱桁橋）では、3次元FEM温度応力解析結果に基づき、下記の温度ひび割れ対策を実施</p> <p>①張出し施工部のひび割れ対策として、ブロック長2m区間では膨張材の使用、2.5m区間と3.0m区間では補強筋の追加 ②脚頭部では、空冷式パイプクーリング、膨張材添加、断熱型枠の設置、ガラス繊維ネットの設置 ③柱頭部では、空冷式パイプクーリング、膨張材添加、断熱型枠の設置、普通セメントへの変更</p>	○				

No	表題	著者名	出展			概要	初期変状の分類				
			出展名	年月日	該当頁		温度 応力	乾燥 収縮	施工 全般	緊張	その他
30	能越道 中波 2 号跨道橋工事の施工報告	田中、井上前田、草雄	第 23 回 PC シンポジウム	2014.10	pp.547-550	中波 2 号跨道橋(ポストテン PC 方柱ラーメン中空床版橋)では、下記のひび割れ対策を実施 ①橋脚基礎部の温度ひび割れ対策として、かぶり部の FRP 格子筋を設置 ②橋台部では、分割打設による外部拘束ひび割れ対策として耐アルカリ性ガラス繊維補強材を設置、乾燥収縮ひび割れ対策として脱枠面に塗布型高性能収縮低減剤を塗布 ③壁式橋脚 (方柱部) では、上部工主ケーブルの緊張計画の見直しにより、緊張作業によるひび割れを防止 首都圏中央連絡自動車道 宮山高架橋 (PRC 連続箱桁橋) では、マスコックリートとなる支点横桁で、温度ひび割れ対策として配温式パイプクーリングを実施	○	○		○	
31	首都圏中央連絡自動車道 宮山高架橋の設計・施工	高岡、本庄 實延、石田	第 23 回 PC シンポジウム	2014.10	pp.555-558		○				

(2) 初期変状防止対策に関する文献調査 (プレストレストコンクリート 2012~2014)

No	表題	著者名	出版		概要	初期変状の分類					
			出版名	年月日		該当頁	温度 応力	乾燥 収縮	施工 全般	緊張	その他
1	新東名高速道路佐奈川橋の施工 — 高橋脚 PC 箱桁橋の施工 —	盛田、南 雲、川上、 中井	プレストレ ストコンク リート	2012.9 Vol.54 No.5	p.8-13	片持ち張出架設工法にて施工する箱桁橋の脚頭部の部材厚が80cm以上であるため、マスコンクリートであり温度ひび割れが懸念される。 このため、温度応力解析の実施し、打設リフト割、およびセメント種別(中庸熱ポルトランドセメント、普通ポルトランドセメント)を決定した。	○				
2	栈1号橋の設計・施工 — 曲線桁を有する上路式 RC 固定 アーチ橋 —	秋田、中 嶋、玉置、 内堀	プレストレ ストコンク リート	2013.5 Vol.55 No.3	p.23-30	上路式 RC アーチ橋のアーチアバットが、マスコンクリートとなるため、温度解析と配温式パイプクーリング(部材中心部の硬化熱を表面部に配熱)を実施した。	○				
3	関口高架橋他3橋(PC上部工) 南工事 — 特徴的な形状を有する橋梁の設 計・施工 —	梶川、佐 藤、松原、 上田	プレストレ ストコンク リート	2013.5 Vol.55 No.3	p.37-45	連続多主版桁橋のマスコンクリートとなる支点横桁部には、事前温度解析の結果、コンクリート打設後の初期材齢時に横桁表面のひび割れ指数が1.1程度(ひび割れ発生確率)となることがわかった。 このため、部材内部の温度上昇を抑えて部材表面との温度差を低減する方法として、横桁内に冷水を流通するパイプクーリングを実施した。	○				
4	関口高架橋他3橋(PC上部工) 北工事 — 版桁橋を中空としたU桁リフト インク架設工法 —	黒田、實 延、西村、 水田	プレストレ ストコンク リート	2013.9 Vol.55 No.5	p.16-23	現場内施工ヤードにて、U形のプレキャスト桁を製作して架設する工法を採用しているが、柱頭部については充実断面でありマスコンクリートとなる。 このため、事前に温度解析を行い、柱頭部に冷却水を流通しパイプクーリングを実施した。	○				
5	積雪寒冷地での幅員変化を有する PC 橋の施工 — 東北中央自動車道 海老沢3号 橋 —	土田、吉 田、大平、 長尾	プレストレ ストコンク リート	2014.5 Vol.56 No.3	p.42-47	柱頭部が桁高6.0m、横桁厚4.0mのマスコンクリートとなっていることに加え、早強セメント使用、且つコンクリートの打設時期は平均気温の高い時期となっていた。 このため、事前に温度解析を行い、打設リフト割、養生方法を決定した。更に、コンクリートの硬化熱を抑える目的で、外ケーブル偏向管を利用したエアパイプクーリングを実施した。	○				

(3) 初期変状防止対策に関する文献調査 (コンクリート工学 2012～2014)

No	表題	著者名	出展		概要	初期変状の分類					
			出展名	年月日		該当頁	温度 応力	乾燥 収縮	施工 全般	緊張	その他
6	新東名高速道路「川下川橋」の施工 一部位に応じたコンクリートの検討とその施工実績	岩島、波田、坂本、柳井	コンクリート工学	Vol.51, No.8, 2013.8	p.641-647	片持ち張出架設工法にて施工する箱桁橋の柱頭部がマスコンクリートとなる。 このため、低熱ポルトランドセメントの使用（上床版部は早強ポルトランドセメント+膨張材）、打設リフト割（5リフト）、温度応力解析の実施（最小ひび割れ指数 1.0 以上を満足）により配合を決定した。	○				
7	国内最長のフィンバック道路橋におけるコンクリートの施工 —各務原大橋上部工工事—	栃木、野村、長谷川、森下	コンクリート工学	Vol.51, No.10, 2013.10	p.801-806	移動架設桁を用いた張出架設工法にて施工するフィンバック箱桁橋の柱頭部がマスコンクリートとなり、温度応力による有害なひび割れの発生が懸念された。 このため、早強ポルトランドセメントを普通ポルトランドセメントに変更、暑中はエアークリーングを実施、打設リフト割と膨張材を使用（2リフトのみ）。これらを、温度応力解析を実施（最小ひび割れ指数 1.0 以上を満足）して決定した。	○				
8	デザインビルド方式で発注された 新東名高速道路青木橋（仮称）の 設計および施工	古川、大谷、中安、岩崎	コンクリート工学	Vol.51, No.11, 2013.11	p.911-916	片持ち張出架設工法にて施工する箱桁橋の柱頭部がマスコンクリートとなり、温度ひび割れ防止が課題となった。 事前に温度応力解析を行い、打込みリフトを決定した。	○				
9	新名神高速道路 朝明川橋、小牧 高架橋の下部工施工におけるひび 割れ防止対策	野島、片山、細野、平野	コンクリート工学	Vol.52, No.6, 2014.6	p.534-539	橋脚躯体は形状寸法が大きくマスコンクリートとみなされる。このため、次のような対策を実施した。 ・温度ひび割れ対策：中庸熱ポルトランドセメントの使用、パイプクリーングの実施、保温・湿潤養生の実施、温度応力解析の実施、温度応力解析でひび割れ指数が 1.0 以上を満足していない部位へのガラス繊維ネットの設置。 ・収縮ひび割れ対策：収縮低減型高性能 AE 減水剤の使用、石灰石骨材の使用、保温・湿潤養生の長期間の実施、連続式 RI コンクリート水分計による計測。	○	○			

(4) 初期変状防止対策に関する文献調査 (橋梁と基礎 2012~2014)

No	表題	著者名	出展			概要	初期変状の分類					
			出展名	年月日	該当頁		温度 応力	乾燥 収縮	施工 全般	緊張	その他	
10	北陸新幹線 神通川橋りょうの設計・施工	杉原、木村、塚本、米谷、渡辺	橋梁と基礎	2013-11	p.5-10	<p>片持ち張出架設工法にて施工する箱桁橋（エクストラロード）の柱頭部がマスコンクリートとなり、柱頭部が主塔の基部となるため過密配筋となる。このため、次のような対策を実施した。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・マスコンクリート対策：打ち込みを3リフトに分割し、断熱型枠の使用と型枠設置期間を11日以上とし、温度応力解析を実施（最小ひび割れ指数の目標値1.5）した。 ・過密配筋対策：高性能AE減水剤を使用し、スランプ15cmのコンクリート（維持時間2時間）で施工した。 					○	
11	さがみ縦貫城山橋（仮称相模川橋）上部工事の施工	佐久間、大賀、古賀、平原、濱田	橋梁と基礎	2014-3	p.29-34	<p>片持ち張出架設工法にて施工する箱桁橋の柱頭部がマスコンクリートとなる。</p> <p>このため、普通ポルトラントセメント+膨張材の使用、打設リフト割（3リフト）、温度応力解析を実施（最小ひび割れ指数1.0以上を満足）した。</p>						○
12	海上ラナーメン箱桁橋の計画・設計	林、岡田、渡辺、山本、島田	橋梁と基礎	2014-9	p.20-25	<p>片持ち張出架設工法にて施工する箱桁橋の脚頭部および柱頭部がマスコンクリートとなる。このため、いくつかのケースで検討を行い次のような対策を実施した。</p> <p>打ち込みを5リフトに分割し、低熱セメントを使用（上床版部のみ普通セメント使用）、暑中コンクリートとなる場合はブレイキングを実施。これらを温度応力解析により決定した。</p>						○

4.3.2 文献調査結果のまとめ

文献調査結果より、以下のことが言える。

(1) 全体的な傾向

コンクリート硬化時に生じる水和熱に対する温度ひび割れ防止に関する文献が多く、柱頭部や中間支点上等のマスコン部材に対する温度上昇の防止対策や、分割施工による打継目部の外部拘束を低減するための工夫が多く示されている。調査結果から、ここでは温度ひび割れの防止対策とプレストレスに起因するひび割れの防止についてまとめる。

(2) 温度ひび割れ防止対策

コンクリート標準示方書〔設計編：本編〕2012 12章 初期ひび割れに対する照査では、

12.1 一般

(3)セメントの水和に起因するひび割れが問題となる場合には、実績による評価、または温度応力解析による評価のいずれかの方法により照査しなければならない。

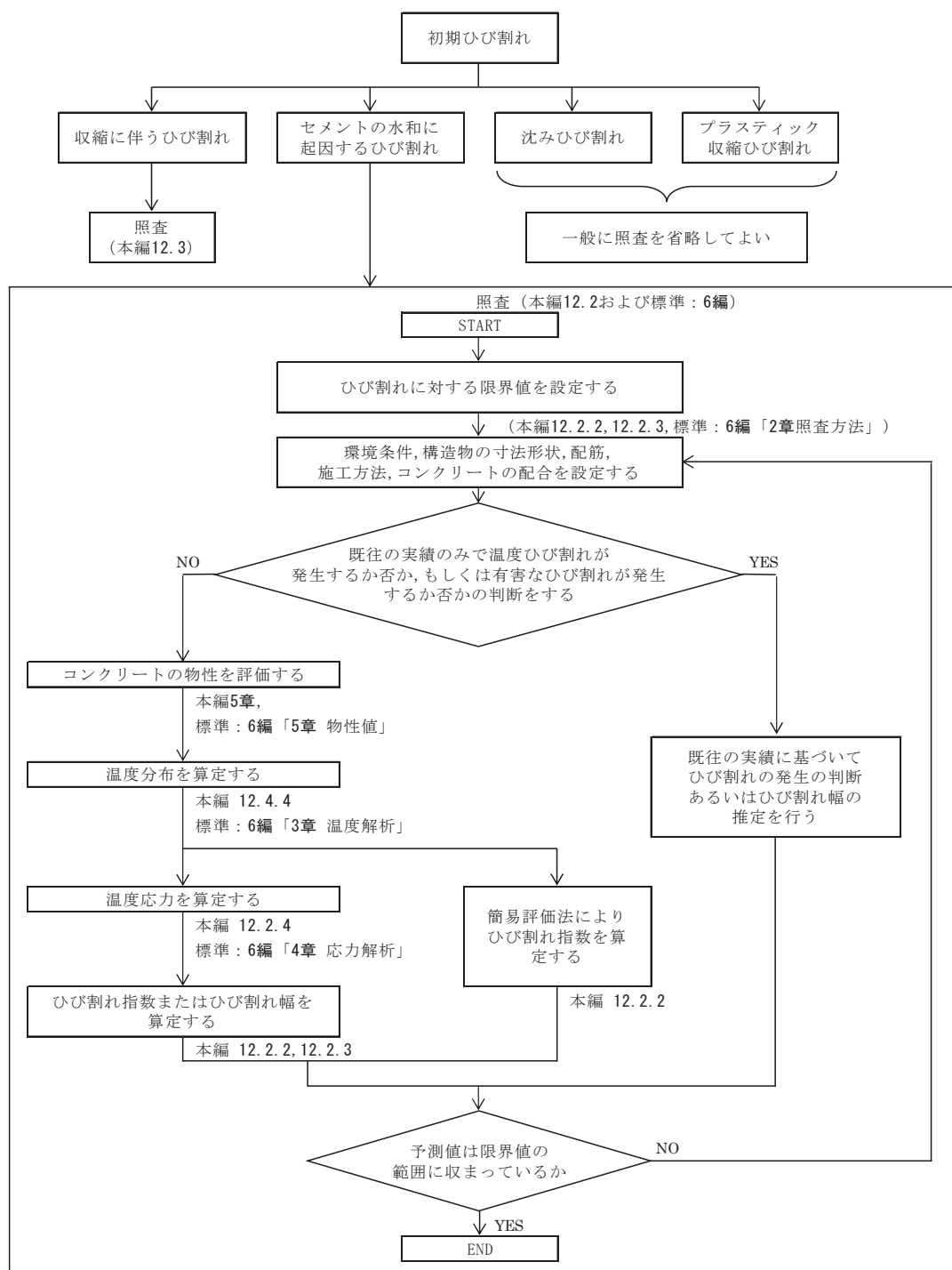
とし、初期ひび割れに対する照査フローを図-4.3.1のように示している。

このフロー図の中段に示す「既往の実績のみで温度ひび割れが発生するか否か、もしくは有害なひび割れが発生するか否かを判断する」の判定では、明確にひび割れの発生を判断することも困難であることから、近年では、電算技術の発展もあり、温度解析を実施するケースが増えてきている。

そして、調査した文献では、マスコン部材のセメントの水和熱に起因するひび割れ（温度ひび割れ）防止対策として、以下の様な手法を用いて解決に至った事例が示されている。

1) 設計的な工夫

- ・多くのケースで三次元温度応力解析を実施し、施工前にその効果を検討している。
- ・温度解析等で検討を行ない、柱頭部などでは打込み時のリフト割の変更し、1回の打込み量を低減させている事例もある。
- ・温度応力により引張応力が生じる箇所には、引張力に相当する補強鉄筋を配置し、有害なひび割れ発生を防いでいる。
- ・二主桁桁橋のように主桁と床版に剛性差の大きな断面形状では、温度差が生じひび割れが生じやすいとしている。事前に温度解析等を行ない、補強方法を検討した事例もある。
- ・片持ち架設工法で施工するPC箱桁橋では、張出し床版先端付近の橋軸方向引張力（目開き）に着目した場合、新設部のブロック長、全体幅員や張出し床版長の影響が顕著となり、打設温度や施工サイクルの影響は少ないとした検討結果もある（PCシンポジウム No.2）。



※コンクリート標準示方書 [設計編: 本編] 2012 (公社)土木学会より

図-4.3.1 初期ひび割れに対する照査フロー

2) 施工的な工夫

- ・パイプクーリングやエアークーリングを実施し、コンクリート硬化時の発熱温度を低減させ、内部と外部の温度差を少なくし、ひび割れを防いだ事例もある。また、クーリングのダクトとしてシースや外ケーブルの偏向管を利用した事例もある。
- ・温度応力によりひび割れが発生しやすい箇所はかぶり内に FRP 補強筋やガラス繊維ネットを設置し、ひび割れを防いでいる事例もある。
- ・養生面では、急激な乾燥収縮を防ぐ目的とは別に内部温度と外部温度の差が少なくなるまで型枠の設置期間を延期しひび割れを防ぐ事例もある。
- ・通常の木製型枠以外にも保温型枠や保水養生テープを使用して乾燥収縮を防いでいる事例もある。

3) 使用材料の工夫

- ・打継目箇所のひび割れ防止対策として、膨張剤や収縮低減剤を利用し、収縮によるひび割れを防いでいる事例もある。
- ・早強コンクリートから普通コンクリートに材料変更している事例もある。更に、低発熱セメント（PC シンポジウム No23）を使用した事例もある。その他にも高性能 AE 減水剤を用いて単位セメント量を低減させた事例もある。

4) まとめ

- ・以上をまとめると、温度ひび割れについては、以下の点に着目しながら温度解析を実施して、ひび割れ防止に努めていることがわかった。

項目別	対処事例
設計的な工夫	<ul style="list-style-type: none"> ・マスコン部材では1回の打込み量を減らしたり、リフト割りを変更し、発熱を防いでいる（特に発熱量が高くなるマスコン部材に多い）。 ・ひび割れ発生が予想される箇所では、補強鉄筋を配置しひび割れ幅を抑制している。 ・打継ぎ目箇所は、既設コンクリートからの拘束を少なくするような工夫を行っている。
施工的な工夫	<ul style="list-style-type: none"> ・クーリング養生を行ない、発熱量を抑制している（特に発熱量が高くなるマスコン部材に多い）。 ・表面の乾燥収縮によるひび割れ発生が予想される箇所には FRP 補強筋やガラス繊維ネットを設置している。 ・型枠の設置期間を延ばしたり、もしくは保温型枠、保湿養生テープなどを使用し、乾燥収縮を防いでいる。
材料的な工夫	<ul style="list-style-type: none"> ・膨張剤や収縮低減剤を利用し、収縮によるひび割れ防止に努めている（特に打ち継ぎ目箇所で多い）。 ・発熱量の少ないセメントへ材料変更している（特に発熱量が高くなるマスコン部材に多い）。

(3) プレストレスに起因するひび割れ防止対策

プレストレスに起因するひび割れは、道路橋示方書Ⅲ H24 にその防止策が下記に示すようにいくつか示されているが、いずれも基本的なことが中心であり、特殊な事例まで示されたものではない。

- ・ 6 章 形状及び鋼材の配置
 - 6.6.6 PC鋼材の配置
 - 6.6.7 PC鋼材の定着
 - 6.6.8 定着具付近の補強
- ・ 10 章 箱桁
 - 10.5 開口部の補強及び下フランジとウェブの構造
- ・ 18 章 外ケーブル
 - 18.2 設計一般
- ・ 20 章 施工
 - 20.8 PC鋼材工および緊張工

また、近年では、電算技術の発展も有り、プレストレスによる局部応力を確認するため 3次元 FEM 解析を実施するケースも増えてきている。

プレストレスの導入方法について工夫されている事例は以下のとおりである。

1) 設計的な工夫

- ・ 部材の途中に定着を行なう突起定着では、その部材周辺に局部的な作用が生じるためひび割れが生じやすい。また、大容量ケーブルの使用や複数本の定着もひび割れが生じやすい。3次元 FEM 解析等でその補強方法を検討している事例がある。
- ・ 広幅員の橋梁では、いずれかのウェブのみ集中してプレストレスを導入するとそのウェブのみが反り上がり、ウェブ同士のたわみ差から橋軸方向にひび割れが生じやすい。緊張時の施工性をも考慮し、ひび割れが発生しない順序を検討している事例もある。

2) 施工的な工夫

- ・ コンクリートの打込み後、プレストレスを導入するまで時間を要する構造では、乾燥収縮等でひび割れが生じやすい。そのため、一部の PC 鋼材を先に 1 次緊張し、その後に最終的なプレストレスを導入しているケースもある。
- ・ 新幹線の馬桁の様に、橋軸方向、橋軸直角方向に同時に断面力が作用する構造では、どちらか一方だけにプレストレスを作用させないように、自重とプレストレスが適切に作用するように両方向の緊張順序を検討している事例もある。
- ・ 固定支保工架設では、自重とプレストレスの関係から支保工に固定され自重が作用しない状態のままでプレストレスを作用させるとひび割れが生じやすいとしている。導入したプレストレス力に適した支保工開放を行なった事例もある。

3) 使用材料の工夫

- ・プレストレスに起因するひび割れの防止対策として、使用材料まで工夫した事例は特に無かったが、大容量ケーブルで局所的な応力を作用させるより、応力を適切に分散できる容量の小さいケーブルを用いることは有効と考えられる。
- ・また早期にプレストレスを導入するためには早期強度が求められるが、逆に硬化熱が上昇することで温度ひび割れにつながる可能性が高いため、コンクリートの選定は慎重に行う必要がある。

4) まとめ

- ・以上をまとめると、以下の点に着目しながらプレストレスに起因するひび割れ防止に努めていることがわかった。

項目別	対処事例
設計的な工夫	<ul style="list-style-type: none">・部材途中に定着を行なう突起定着や大容量ケーブルを複数本の定着させるような構造では3次元 FEM 解析等でその補強方法を検討している。・プレストレスによる応力を均等に主桁に作用させるとともに施工性も考慮しプレストレスの導入順序を決定している。
施工的な工夫	<ul style="list-style-type: none">・プレストレスを導入するまで時間を要する構造では、乾燥収縮によるひび割れ防止のために一部の PC 鋼材を先に部分緊張する。・支持方向が複雑な構造では、自重とプレストレスが適切に作用するように緊張順序を検討している。・固定支保工の施工では自重とプレストレスが適切作用するようにプレストレス力に応じた支保工開放を行なっている。
材料的な工夫	<ul style="list-style-type: none">・材料的な工夫は特に見あたらなかったが、応力を適切に分散できる容量の小さいケーブルを用いることは有効と考えられる。

4.3.3 まとめ

初期変状防止対策に関する文献調査結果から、コンクリート硬化時に生じる水和熱に対する温度ひび割れ防止対策とプレストレスに起因するひび割れの防止対策についてまとめた。温度ひび割れの防止対策については、コンクリート標準示方書にはその考えは記載されているものの、道路橋示方書では施工時の規定や留意事項として示されている程度である。そのため、主に施工者が各構造形式の特性を考慮した検討を行い、ひび割れの抑制に努めていることがわかった。

また、プレストレスに起因するひび割れの防止対策は、道路橋示方書の設計に関する章で示されている内容も多いが、失敗から学んだと思われる事例もあった。プレストレスに起因するひび割れの防止対策は PC 構造を理解して適切な設計が行われ、それが施工に反映されることではじめて有効になる。

4.4 初期変状防止のための提案事項

4.4.1 施工時および竣工後の弱材令時に生じやすいひび割れ事例

いままでに示した内容等から、施工時および竣工後間もない時期に生じやすい初期変状（初期ひび割れ）とは、PC 橋ではどのような部位で、どのような傾向であれば生じやすくなるのかを整理すると共に、その発生原因や防止対策の検討を行なった。なお、ここでは初期変状を対象としているため、供用後の荷重の影響や材料劣化の影響等による変状を除き、施工時および竣工後の弱材令時に生じやすいひび割れを対象としている。また、各々のひび割れに対し、「発生状況」、「特に発生しやすい箇所」、「発生原因」、「防止対策」、「防止のための基準類」、「ひび割れパターン事例」の6項目についてまとめた。

次ページ以降に3.5および4.2で整理した初期変状防止レベルの分類から主にひび割れが発生しやすい原因と考えられる(1)~(5)の項目について検討を行った結果を示す。

(1) 温度応力によるひび割れ

- ① 柱頭部
- ② 中間支点および端支点横桁

(2) 打継ぎ目箇所のひび割れ

- ① プレキャスト桁の間詰めコンクリートとの打継ぎ目
- ② プレキャスト桁と現場打ち張出し床版との打継ぎ目
- ③ 固定支保工箱桁橋でウェブと上床版を2分割施工する打継ぎ目
- ④ 連続形式の箱桁橋および中空床版橋で支間毎に分割施工を行なう場合の打継ぎ目
- ⑤ 張出し架設するブロックの打継ぎ目
- ⑥ 柱頭部で分割施工する打継ぎ目
- ⑦ 地覆・壁高欄

(3) 後打ち箇所の不具合によるひび割れ

- ① プレキャスト桁の横桁カバーコンクリート
- ② 定着具箱抜き後埋め

(4) プレストレスによる影響のひび割れ

- ① 主桁端部の定着部
- ② 突起定着部
- ③ 偏向部
- ④ プレストレスと自重の作用
- ⑤ 箱桁下床版に配置した支間ケーブルの腹圧作用

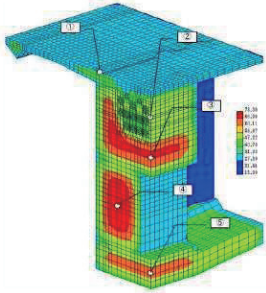
(5) コンクリートの施工要因に起因するひび割れ

- ① かぶり不足

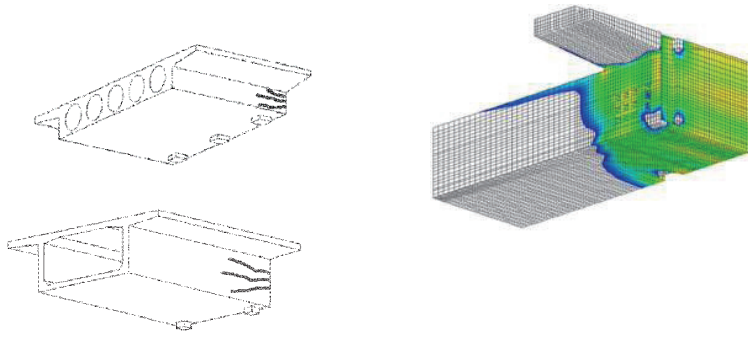
- ② 締め固め不良
- ③ 養生不良
- ④ セグメント継手不良

(1) 温度応力によるひび割れ

① 柱頭部

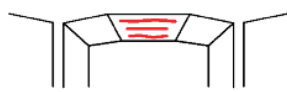
項目	解説
発生状況	<ul style="list-style-type: none"> ・張出し架設の柱頭部のように桁高が高く、部材寸法が大きな箇所ではコンクリートの1回当たりの打込み量が多くなりコンクリート硬化時の温度発熱が高くなるため温度ひび割れが生じやすい。
特に発生しやすい傾向	<ul style="list-style-type: none"> ・部材寸法が大きく1回の打込み量が多くなる場合。 ・暑中施工などコンクリート温度が高くなる場合。 ・早強セメントなど硬化時の発熱量が高い材料を使用した場合。
発生原因	<ul style="list-style-type: none"> ・マスコンの温度発熱。
防止対策	<ul style="list-style-type: none"> ・温度応力解析を実施し、有効な対策を検討する。 ・分割施工（リフト割）数を増加させ1回の打込み量を減少させる。 ・普通セメントにするなど使用材料を見直す。 ・練混ぜ前の材料クーリング、パイプクーリングやエアークーリングなどを行い、発生温度を抑制する。 ・ひび割れに対する補強鉄筋を配置する。
注意事項	<ul style="list-style-type: none"> ・1回の当り打込み量を減らし分割数を増やすと、逆に打継目箇所が増えるため外部拘束の影響を受けやすくなる。
防止のための基準類	<p>【道示】20.6 コンクリート工(8)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・温度応力によるひび割れが懸念される場合は、材料、打ち込み方法、養生方法等について検討を行い、有害となるひび割れ発生を防止する。 ・【解説】、防止のために各種の検討が必要であると、具体的な制御方法には、「マスコンクリートのひび割れ制御指針2008」－日本コンクリート工学会、「2012 制定 コンクリート標準示方書[設計編]」－土木学会 を準用するとよいとしている。
ひび割れパターン事例	<ul style="list-style-type: none"> ・橋梁点検要領等には、この種のひび割れの記載無し。 ・4回に分けて打込んだ解析事例を右図に示す。温度上昇が大きい内部拘束によりひび割れが生じやすい。 

② 中間支点および端支点横桁

項目	解説
発生状況	<ul style="list-style-type: none"> ・箱桁などの中間支点部や端支点部のように部材寸法が大きな箇所ではコンクリートの1回当たりの打込み量が多くなりやすく、コンクリート硬化時の温度発熱が高くなるため温度ひび割れが生じやすい。
特に発生しやすい傾向	<ul style="list-style-type: none"> ・部材寸法が大きく1回の打込み量が多くなる場合。 ・暑中施工などコンクリート温度が高くなる場合。 ・早強セメントなど硬化時の発熱量が高い材料を使用した場合。
発生原因	<ul style="list-style-type: none"> ・マスコンの温度発熱。
防止対策	<ul style="list-style-type: none"> ・温度応力解析を実施し、有効な対策を検討する。 ・普通セメントにするなど使用材料を見直す。 ・練混ぜ前の材料クーリング、パイプクーリングやエアークーリングなどを行い、発生温度を抑制する。 ・ひび割れに対する補強鉄筋を配置する。
注意事項	<ul style="list-style-type: none"> ・一般的には型枠の仕切り版の設置や打継ぎ処理に手間がかかり、他の主桁部と同時打込みするケースが多い。
防止のための基準類	<p>【道示】20.6 コンクリート工(8)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・温度応力によるひび割れが懸念される場合は、材料、打込み方法、養生方法等について検討を行い、有害となるひび割れ発生を防止する。 ・【解説】防止のために各種の検討が必要であるとし、具体的な制御方法には、「マスコンクリートのひび割れ制御指針2008」－日本コンクリート工学会、「2012 制定 コンクリート標準示方書[設計編]」－土木学会 を準用するとよいとしている。
ひび割れパターン事例	<ul style="list-style-type: none"> ・橋梁点検要領等には、この種のひび割れの記載無し。 ・端支点横桁では、張出し床版下側の橋軸方向に生じやすく、プレストレスによるひび割れ（新分類【16】、橋梁点検要領 H26-(19)）と区別が困難となる。 

(2) 打継ぎ目箇所へのひび割れ

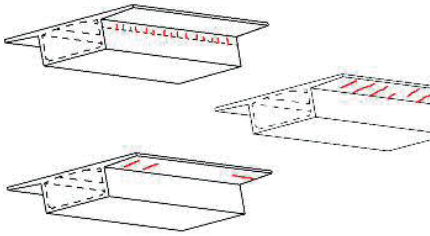
① プレキャスト桁の間詰めコンクリートとの打継ぎ目

項目	解説
発生状況	<ul style="list-style-type: none"> ・プレキャスト桁同士の間に入られる間詰めコンクリートは、主桁からの外部拘束により橋軸直角方向にひび割れが生じやすい。 ・乾燥収縮の影響で主桁と間詰めコンクリートとの隙間が生じやすい。
特に発生しやすい傾向	<ul style="list-style-type: none"> ・間詰め床版厚が薄く、主桁長（拘束範囲）が長い場合。
発生原因	<ul style="list-style-type: none"> ・既設コンクリート面での外部拘束。 ・乾燥収縮。
防止対策	<ul style="list-style-type: none"> ・付着性を高めるため継目部の目荒らし処理を行なう。 ・橋軸方向の補強鉄筋を配置する。 ・養生方法を工夫し乾燥収縮を防ぐ。
注意事項	<ul style="list-style-type: none"> ・コンクリートの打込み量は多くないが、部材が薄くひび割れが貫通しやすいため、床版からの水漏れが生じる場合もある。
防止のための基準類	<p>【道示】6.6.13 用心鉄筋 (4)</p> <p>・「打継目付近には新旧コンクリートの温度差、乾燥収縮等に対し用心鉄筋を配置する。」としているが具体的な照査方法、鉄筋量は示されていない。</p> <p>【道示】20.6 コンクリート工 (7)</p> <p>・「打継ぎ目は、温度応力及び乾燥収縮によるひび割れが発生しないように考慮する」とし、具体的な照査方法、鉄筋量まで示されていない。</p> <p>・本パターンに該当する項目とし、解説では以下の留意点が示されている。</p> <p>3)水和熱や外気温による温度応力や、乾燥収縮によるひび割れが生じやすいため、新旧コンクリートの温度差を少なくする。また、打継目付近には配力鉄筋等を他の部分に比べ密に配置する。</p> <p>4)洗い出し仕上げで遅延剤を用いる場合は、仕上げ具合のむらや骨材の緩みが生じないように適切な処理方法をあらかじめ確認する。</p>
ひび割れパターン事例	<p>・新分類【22】、橋梁点検要領無し 新分類【23】、橋梁点検要領無し</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  </div> <div style="text-align: center;">  </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center; margin-top: 10px;">   </div>

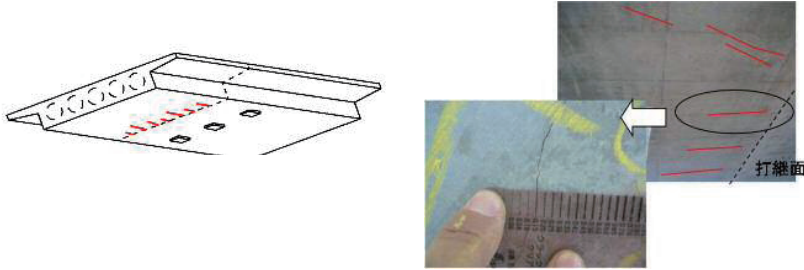
② プレキャスト桁と現場打ち張出し床版との打継ぎ目

項目	解説
発生状況	<ul style="list-style-type: none"> ・プレキャスト桁の外側に設置される張出し床版コンクリートは、主桁からの外部拘束の影響で橋軸直角方向にひび割れが生じやすい。
特に発生しやすい傾向	<ul style="list-style-type: none"> ・主桁長（拘束範囲）が長い場合。 ・張出し床版が大きく、温度発熱の影響が大きい場合。
発生原因	<ul style="list-style-type: none"> ・既設コンクリート面での外部拘束。 ・乾燥収縮の影響。 ・マスコンの温度発熱の影響。
防止対策	<ul style="list-style-type: none"> ・普通セメントに変更するなど使用材料を見直し、発熱温度を抑制する。 ・付着性を高めるため継目部の目荒らし処理を行なう。 ・橋軸方向の補強鉄筋を配置する。 ・養生方法の工夫し、乾燥収縮を防ぐ。
注意事項	<ul style="list-style-type: none"> ・プレキャスト桁の張出し床版は、一般的に橋軸方向にプレストレスが作用していないため、橋軸方向の補強筋が少ないケースではクリープと乾燥収縮の影響からひび割れは拡大しやすい。
防止のための基準類	<p>【道示】 20.6 コンクリート工 (7)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本パターンに該当する項目とし、解説では以下の留意点が示されている。 3)水和熱や外気温による温度応力や、乾燥収縮によるひび割れが生じやすいため、新旧コンクリートの温度差を少なくする。また、打継目付近には配力鉄筋等を他の部分に比べ密に配置する。 4)洗い出し仕上げで遅延剤を用いる場合は、仕上げ具合のむらや骨材の緩みが生じないように適切な処理方法をあらかじめ確認する。 5)打継目は塩分や水が浸透しやすいため、打継目を出来るだけ少なくするように計画をする。
ひび割れパターン事例	<ul style="list-style-type: none"> ・橋梁点検要領には、記載は無いが、場所打ちの張出し床版に以下のようなパターンのひび割れが生じやすい <p>橋梁点検要領 H26-(22)</p> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="margin-right: 20px;"> <p style="text-align: center;">場所打ち張出し床版</p> </div> <div> </div> </div>

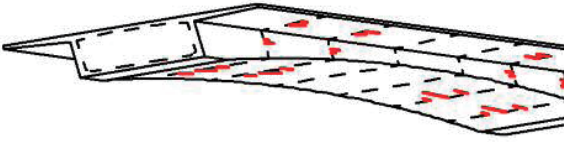
③ 固定支保工箱桁橋でウェブと上床版を2分割施工する打継ぎ目

項目	解説
発生状況	<ul style="list-style-type: none"> 固定支保工で施工する場所打ち箱桁橋では、下床版・ウェブと上床版を2回に分けて分割施工することから、上床版側の打継ぎ目部ではウェブからの外部拘束の影響で橋軸直角方向にひび割れが生じやすい。
特に発生しやすい傾向	<ul style="list-style-type: none"> ウェブとの材令差が大きい場合。 主桁長（拘束範囲）が長い場合。 打継目部の上床版が厚く、温度発熱の影響が大きい場合。
発生原因	<ul style="list-style-type: none"> 材令差や既設コンクリート面での外部拘束。 マスコンの温度発熱。
防止対策	<ul style="list-style-type: none"> 温度応力解析を実施し、有効な対策を検討する。 付着性を高めるため継目部の目荒らし処理を行なう。 橋軸方向の補強鉄筋を配置する。 養生方法の工夫し、乾燥収縮を防ぐ。
注意事項	<ul style="list-style-type: none"> 連続桁のように拘束範囲が大きいケースでは乾燥収縮の影響からひび割れは拡大しやすい。
防止のための基準類	<p>【道示】20.6 コンクリート工(7)</p> <ul style="list-style-type: none"> 本パターンに該当する項目とし解説では以下の留意点が示されている。 <ol style="list-style-type: none"> 打継目位置は、構造物の性質等をよく理解した上で、その位置、方向、構造及び施工方法を定める。 打継目付近には、配力鉄筋等を他の部分に比べ密に配置する。 洗い出し仕上げで遅延剤を用いる場合は、仕上げ具合のむらや骨材の緩みが生じないように適切な処理方法をあらかじめ確認する。 打継目は塩分や水が浸透しやすいため、打継目を出来るだけ少なくするように計画を検討する。
ひび割れパターン事例	<ul style="list-style-type: none"> 新分類【11】 

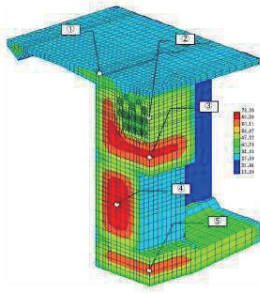
④ 連続形式の箱桁橋および中空床版橋で支間毎に分割施工を行なう場合の打継ぎ目

項目	解説
発生状況	<ul style="list-style-type: none"> 連続形式の箱桁橋および中空床版橋で支間毎に分割施工を行なう打継ぎ目部では、既に施工された旧コンクリートによって外部拘束されることから、新設コンクリート側に橋軸方向のひび割れが生じやすい。
特に発生しやすい傾向	<ul style="list-style-type: none"> 既設コンクリートとの材令差が大きい場合。 既設コンクリートからの外部拘束が大きくなる広幅員主桁の場合。 打継ぎ目の部材が厚く、温度発熱の影響が生じる場。
発生原因	<ul style="list-style-type: none"> 材令差や乾燥収縮。 既設コンクリート面での外部拘束。 マスコンの温度発熱。
防止対策	<ul style="list-style-type: none"> 温度応力解析を実施し、有効な対策を検討する。 付着性を高めるため継ぎ目の目荒らし処理を行なう。 橋軸直角方向の補強鉄筋を配置する。 養生方法の工夫し乾燥収縮を防ぐ。 橋軸直角方向にプレストレス導入し圧縮力を与える。
注意事項	<ul style="list-style-type: none"> 従来からこのひび割れパターンは多く、特別な対策を行わない場合、下床版下面にひび割れが生じている
防止のための基準類	<p>【道示】20.6 コンクリート工(7)</p> <ul style="list-style-type: none"> 本パターンに該当する項目とし、解説では以下の留意点が示されている。 3)打継ぎ目付近は配力鉄筋等を他の部分と比較して密に配置する。 4)洗い出し仕上げで遅延剤を用いる場合は、仕上げ具合のむらや骨材の緩みが生じないように適切な処理方法をあらかじめ確認する。 5)打継ぎ目は塩分や水が浸透しやすいため、打継ぎ目を出来るだけ少なくするように計画する。 6)打込み量が多い場合、コンクリートの種類及び品質、打込み終了までの経過時間、温度、締固め方法等の影響を考慮しコールドジョイントを防ぐ。 <p>3)と同じように【コンクリート道路橋設計便覧】は以下のように記述。</p> <ul style="list-style-type: none"> 一段目は5～7.5cmの近接に配置する。 打継面から50cm程度の範囲でD13以上をetc10～15cm配置する。 その50cmの範囲では、断面積の0.2%以上の鉄筋量を配置する。
ひび割れパターン事例	<ul style="list-style-type: none"> 新分類【13】 


⑤ 張出し架設するブロックの打継ぎ目

項目	解説
発生状況	<ul style="list-style-type: none"> ・張出し架設を行なう箱桁橋の各ブロックの打継目部では、既に施工された旧コンクリートによって外部拘束されることから、新設コンクリート側に橋軸方向のひび割れが生じやすい。
特に発生しやすい傾向	<ul style="list-style-type: none"> ・柱頭部と第1ブロックの打継目は、材令差が大きい、桁高が高い、部材が厚いことから、外部拘束と温度発熱の影響でひび割れが生じやすい。 ・外部拘束が大きい広幅員断面の上床版打継目部はひび割れが生じやすい。 ・材令差が大きく、両面拘束となる中央閉合部では上床版にひび割れが生じやすい。 ・特に床版幅員に比べ中央閉合部長が短いケースでは、外部拘束の影響を顕著に受ける。
発生原因	<ul style="list-style-type: none"> ・既設コンクリート面での外部拘束。 ・マスコンの温度発熱。
防止対策	<ul style="list-style-type: none"> ・温度応力解析を実施し、有効な対策を検討する。 ・橋軸直角方向の補強鉄筋を配置する。 ・養生方法を工夫し乾燥収縮を防ぐ。 ・打継目付近の床版横締め配置は、他の区間に比べ密に配置する。
注意事項	<ul style="list-style-type: none"> ・コンクリート効果時の外部拘束だけでなく、新設側の床版横締めプレストレスも既設コンクリートで外部拘束されることから、既設側の横締め鋼材を2～3本引き残しておき、新設側と同時に緊張するケースが多い。
防止のための基準類	<p>【道示】20.6 コンクリート工(7)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本パターンに該当する項目とし、解説では以下の留意点が示されている。 3)打継目付近は配力鉄筋等を他の部分と比較して密に配置する。 4)洗い出し仕上げで遅延剤を用いる場合は、仕上げ具合のむらや骨材の緩みが生じないように適切な処理方法をあらかじめ確認する。 5)打継目は塩分や水が浸透しやすいため、打継目を出来るだけ少なくするように計画する。 <p>3)のと同じように【コンクリート道路橋設計便覧】は以下のように記述。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・一段目は5～7.5cmの近接に配置する。 ・打継面から50cm程度の範囲でD13以上をetc10～15cm配置する。 ・その50cmの範囲では、断面積の0.2%以上の鉄筋量を配置する。
ひび割れパターン事例	<ul style="list-style-type: none"> ・新分類 【13】 

⑥ 柱頭部で分割施工する打継ぎ目

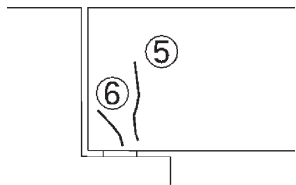


項目	解説
発生状況	<ul style="list-style-type: none"> ・1)の①の注意事項でも示す内容でもあるが、柱頭部の打込み分割数を増やしてコンクリートを打込む場合、温度発熱の影響を抑制することは可能となるが、逆に打継ぎ目部の外部拘束により打継ぎ面にひび割れが生じやすい。
特に発生しやすい傾向	<ul style="list-style-type: none"> ・材令差が大きいケース。 ・打継ぎ面の拘束面積が大きいケース。 ・特に柱頭部の部材寸法が大きく、1回当たりの打込み量が多いケース。
発生原因	<ul style="list-style-type: none"> ・既設コンクリート面での外部拘束。 ・マスコンの温度発熱。
防止対策	<ul style="list-style-type: none"> ・セメント材料の見直し発熱温度を抑制する。 ・打継ぎ面の直角方向の補強鉄筋を配置する。 ・養生方法を工夫し乾燥収縮を防ぐ。
注意事項	<ul style="list-style-type: none"> ・1回の打込み可能量と分割施工による工程への影響を考慮し適切な分割数に設定する必要がある。
防止のための基準類	<p>【道示】20.6 コンクリート工(7)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本パターンに該当する項目とし、解説では以下の留意点が示されている。 <ol style="list-style-type: none"> 1)打継ぎ目位置は、構造物の性質等をよく理解した上で、その位置、方向、構造及び施工方法を定める。 3)打継ぎ目付近は配力鉄筋等を他の部分と比較して密に配置する。 4)洗い出し仕上げで遅延剤を用いる場合は、仕上げ具合のむらや骨材の緩みが生じないように適切な処理方法をあらかじめ確認する。 5)打継ぎ目は塩分や水が浸透しやすいため、打継ぎ目を出来るだけ少なくするように計画する。 6)打込み量が多い場合、コンクリートの種類及び品質、打込み終了までの経過時間、温度、締固め方法等の影響を考慮しコールドジョイントを防ぐ。
ひび割れパターン事例	<ul style="list-style-type: none"> ・橋梁点検要領等には記載無し 

⑦ 地覆・壁高欄

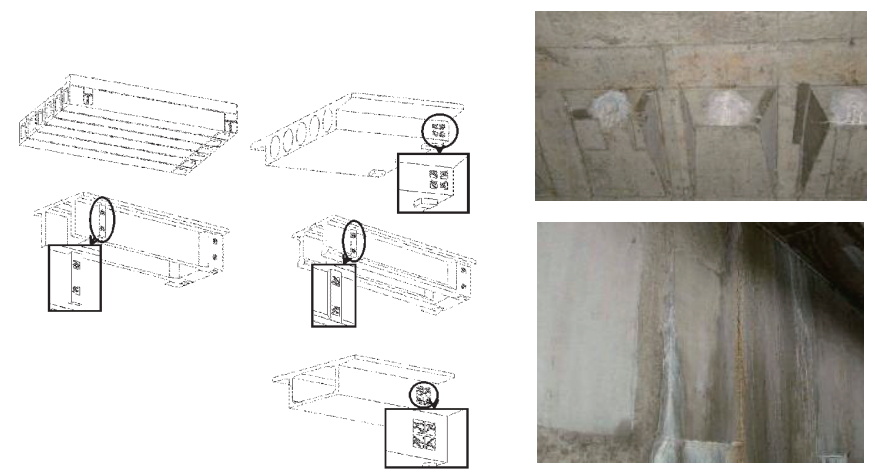
項目	解説
発生状況	<ul style="list-style-type: none"> ・地覆・壁高欄のコンクリートは、既設の橋体コンクリートの外部拘束の影響を受け、鉛直方向にひび割れが生じやすい。
特に発生しやすい傾向	<ul style="list-style-type: none"> ・橋体コンクリートと材令差が大きい場合。 ・外部拘束が大きくなる地覆・壁高欄が長い場合。
発生原因	<ul style="list-style-type: none"> ・既設コンクリート面での外部拘束。 ・乾燥収縮。
防止対策	<ul style="list-style-type: none"> ・Vカットや誘発目地を設置する。 ・コンクリートに膨張材を添加する。 ・軸方向の補強鉄筋を配置する。 ・養生方法の工夫し、乾燥収縮を防ぐ。
注意事項	<ul style="list-style-type: none"> ・Vカットや誘発目地の追加設置は、防護柵の機能を失わないように適切な間隔に配置する必要がある。 ・Vカットや誘発目地から橋面水が地覆外側へ漏水しない対策が必要となる。
防止のための基準類	<p>【道示】20.6 コンクリート工(7)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本パターンに該当する項目とし、解説では以下の留意点が示されている。 4)洗い出し仕上げで遅延剤を用いる場合は、仕上げ具合のむらや骨材の緩みが生じないように適切な処理方法をあらかじめ確認する。 5)打継目は塩分や水が浸透しやすいため、打継目を出来るだけ少なくするように計画する。 6)打込み量が大きい場合、コンクリートの種類及び品質、打込み終了までの経過時間、温度、締固め方法等の影響を考慮しコールドジョイントを防ぐ。
ひび割れパターン事例	<ul style="list-style-type: none"> ・橋梁点検要領等には記載無し 

(3) 後打ち箇所の不具合によるひび割れ

① プレキャスト桁の横桁カバーコンクリート

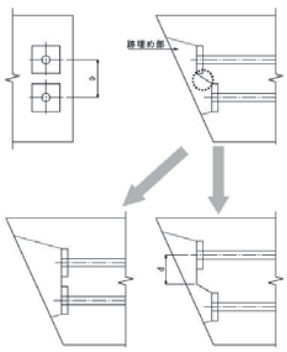
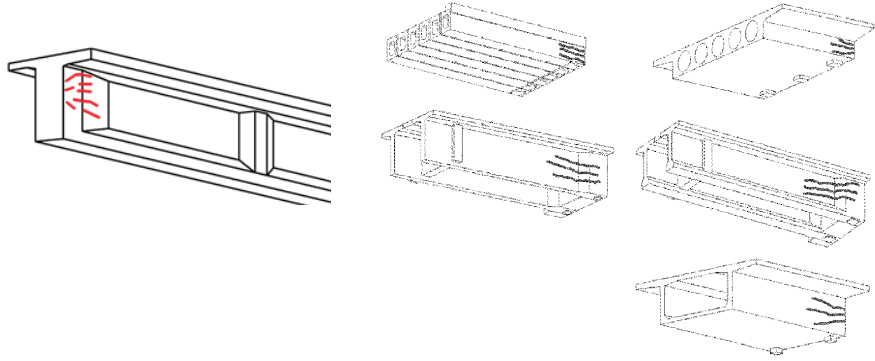
項目	解説
発生状況	<ul style="list-style-type: none"> ・プレテン桁、ポステン桁に限らずプレキャストT桁などの横桁定着部を覆うカバーコンクリートにはひび割れが生じやすい。
特に発生しやすい傾向	<ul style="list-style-type: none"> ・連結桁の中間支点部のカバーコンクリートは、応力が作用しないと仮定し、最小鉄筋量しか配置していない事例が多くひび割れが生じやすい。
発生原因	<ul style="list-style-type: none"> ・既設コンクリート面での外部拘束、乾燥収縮。 ・鉄筋不足（カバーコンクリートには力が作用しないため最小鉄筋量しか配置されていない事例が多い）。
防止対策	<ul style="list-style-type: none"> ・継目部の目荒らし処理を行なう。 ・コンクリートに膨張材を添加する。 ・補強鉄筋を配置する。 ・養生方法を工夫し、乾燥収縮を防ぐ。
注意事項	<ul style="list-style-type: none"> ・橋梁点検では主桁本体のひび割れではないにも関わらず支点上の鉛直ひび割れと評価されるケースが多い。
防止のための基準類	<p>【道示】6.4 最小鉄筋量 (4) 断面積の0.15%以上の付着のある鋼材を配置する。</p> <p>【道示】6.6.13 用心鉄筋 (3) 場所打ち桁ではD13cte300以上の軸方向鉄筋を配置する。</p> <p>連結桁の中間支点部のカバーコンクリートは、応力が作用しないものとして設計する事例が多いが、設置後は主桁との合成断面となることから曲げ応力が作用し、ひび割れが生じやすいことがどの基準にも記述されていない。</p>
ひび割れパターン事例	<ul style="list-style-type: none"> ・原因は違うが、橋梁点検要領 H26 では、(5)に分類されるケースもある。 <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  </div> <div style="text-align: center;">  <p>連結部カバーコンクリート</p> </div> </div> <div style="text-align: center; margin-top: 20px;">  </div>

② 定着具箱抜き後埋め

項目	解説
発生状況	<ul style="list-style-type: none"> ・ 定着部の後埋めコンクリートにひび割れが生じやすい。
特に発生しやすい傾向	<ul style="list-style-type: none"> ・ 特に桁端定着部、突起定着の箱抜き箇所。 ・ 横締め箱抜き定着の後埋箇所。
発生原因	<ul style="list-style-type: none"> ・ 既設コンクリート面での外部拘束、乾燥収縮。 ・ 補強鉄筋不足（配置していない事例も多い）。
防止対策	<ul style="list-style-type: none"> ・ 継目部の目荒らし処理を行なう。 ・ 無収縮モルタルもしくは膨張系の後埋め材を使用する。 ・ 補強鉄筋を配置する。 ・ 表面防水処理・表面塗装処理を実施する。
注意事項	<ul style="list-style-type: none"> ・ ひび割れ箇所から漏水し、PC 鋼材に達するケースもある。 ・ 横締め箱抜きでモルタル詰めの場合、欠落しているケースもある。
防止のための基準類	<p>道示では特に示されていない。ただし、【鉄道構造物等設計標準・同解説 コンクリート構造物】11.12.3 定着具および定着端の保護（2）では以下のように記載あり。</p> <p>「定着具の後埋めコンクリートの目地切れ、ひび割れ等によって定着具に腐食が生じないように、定着具切欠き形状、かぶり、施工方法等を定める。」とし、以下のような解説図を記載している。</p>  <p>解説図 11.12.12 定着具を部材の上縁に配置する場合の保護</p>
ひび割れパターン事例	<ul style="list-style-type: none"> ・ 新分類【27】、橋梁点検要領 H26-16-(イ) 

(4) プレストレスによる影響のひび割れ

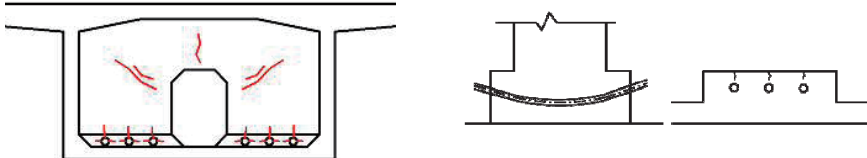
① 主桁端部の定着部

項目	解説
発生状況	<ul style="list-style-type: none"> PC 鋼材が定着される端支点横桁は、マッシブな部材とは言え、定着具が集中配置されることから局部応力が発生しひび割れが生じやすい。
特に発生しやすい傾向	<ul style="list-style-type: none"> 定着具の縁端距離が短い場合。 定着具の間隔が狭く、集中的に配置されている場合。 斜角が小さい場合。 横締め箱抜き等と近接する場合。
発生原因	<ul style="list-style-type: none"> 局部応力の発生。 縁端距離および定着間隔不足。 補強鉄筋の配置不足。
防止対策	<ul style="list-style-type: none"> 十分な縁端距離および定着間隔を確保する。 補強鉄筋を適切に配置する。
注意事項	<ul style="list-style-type: none"> 各種定着工法の基準は有害なひび割れを防ぐように基準化されており、ひび割れが生じないとした設定ではないため注意が必要。 所定の中心間隔を確保して配置しても、斜角の影響で縁端距離を確保できない場合もある。
防止のための基準類	<p>【道示】 6. 6. 7 PC 鋼材の定着</p> <p>(1)定着具の位置は、部材に所定のプレストレスが導入できるように、また、部材に有害なひび割れが生じないように選ばなければならない。</p> <p>(5)数多くの定着具を同一面内に配置する場合には、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。</p> <p>【解説】 (5)定着部が階段状になる場合の斜橋や、切欠き部を有する伸縮継ぎ手付近では、定着具の中心間隔や縁端距離が所定の寸法を確保しているのか確認することが重要としている。</p> <p style="text-align: right;">FKK フレシネー工法施工基準より</p> 
ひび割れパターン事例	<ul style="list-style-type: none"> 新分類【16】、橋梁点検要領 H26・(19) 

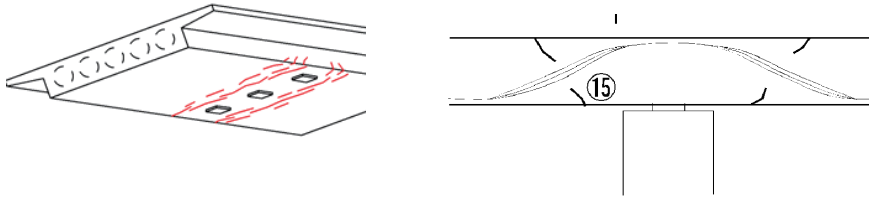
② 突起定着部

項目	解説
発生状況	<ul style="list-style-type: none"> PC鋼材が部材の途中に定着される突起定着部は、突起定着部および周辺部材の部材厚が薄いこともあり、各部材に曲げ応力や局部応力が発生しひび割れが生じやすい。
特に発生しやすい傾向	<ul style="list-style-type: none"> 引張領域に突起定着を設置した場合。 下床版など薄肉部材に突起定着を設けた場合。 PC鋼材を複数本まとめて定着した場合。 大容量ケーブルを定着した場合。
発生原因	<ul style="list-style-type: none"> 局部応力の発生。 周辺部材も含めた耐荷力不足。 各種の補強鉄筋の配置不足。
防止対策	<ul style="list-style-type: none"> FEM解析を実施し、適切な対策を検討する。 周辺部材も含めた十分な耐荷力を確保させる。 補強鉄筋を適切に配置する。
注意事項	<ul style="list-style-type: none"> 下床版などの薄肉部材に単独で取り付けるのではなく、下床版とウェブのコーナー部など、作用力を分散できるように配置するとよい。
防止のための基準類	<p>【道示】 6.6.7 PC鋼材の定着</p> <p>(1)定着具の位置は、部材に所定のプレストレスが導入できるように、また、部材に有害なひび割れが生じないように選ばなければならない。</p> <p>(3)部材の中間に定着具を設ける場合、応力変動の大きな点から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。</p> <p>(4)定着具は、桁のウェブに設ける。やむを得ずフランジやウェブ側面に沿わせて定着する場合は6.6.8の規定により補強する。</p> <p>【道示】 6.6.8 定着具付近の補強</p> <p>(1)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しなければならない。</p> <p>(4)部材中間に定着具を設ける場合、定着具付近のコンクリートに対して鉄筋で補強する。</p>
ひび割れパターン事例	<ul style="list-style-type: none"> 新分類【29】、橋梁点検要領 H26-(16)-(ア)

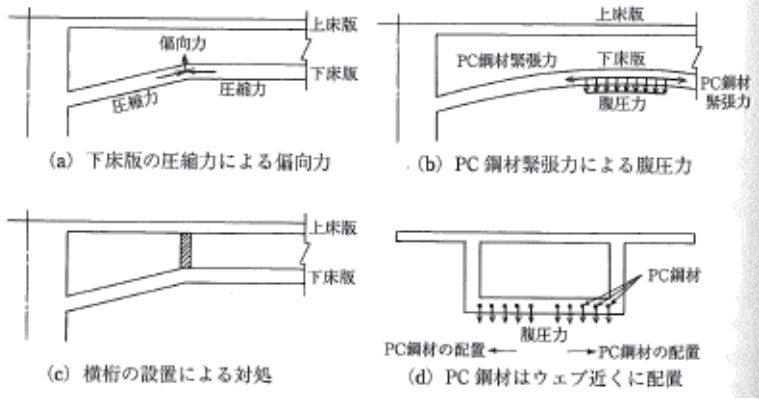
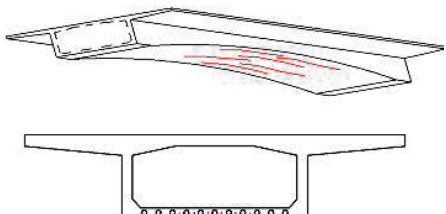
③ 偏向部

項目	解説
発生状況	<ul style="list-style-type: none"> ・外ケーブルを主桁方向の支間部で偏向させるために偏向部（偏向横桁・偏向突起）を設置するが、周辺部材も含め曲げ応力や局部応力が発生しやすくひび割れが生じやすい。
特に発生しやすい傾向	<ul style="list-style-type: none"> ・偏向部がウェブから離れて配置される場合。 ・偏向部が下床版などの薄肉部材にサドル形式に設置される場合。 ・PC 鋼材を複数本まとめて偏向した場合。 ・大容量ケーブルを配置した場合。
発生原因	<ul style="list-style-type: none"> ・局部応力の発生。 ・周辺部材も含めた耐荷力不足。 ・各種の補強鉄筋の配置不足。
防止対策	<ul style="list-style-type: none"> ・FEM 解析を実施し、適切な対策を検討する。 ・周辺部材を含めた十分な耐荷力を確保させる。 ・補強鉄筋を適切に配置する。
注意事項	<ul style="list-style-type: none"> ・偏向位置は出来るだけウェブに近づけて、ダイヤフラム形式、リブ形式に設置するのがよい。
防止のための基準類	<p>【道示】18.2 設計一般</p> <p>(3)外ケーブルの定着部及び偏向部は、ケーブルの張力及び偏向することによって生じる局部応力に対して、鉄筋又は PC 鋼材によって補強しなければならない。</p> <p>【NEXCO 設計要領】2-4-3 偏向部の設計</p> <p>(1)偏向部の設計においては、外ケーブルの腹圧力などの荷重によって各部材に発生する応力を適切な手法により評価した上で、所要な耐荷力及び耐久性を確保しなければならない。</p> <p>【解説】「偏向部の設計は適当なモデル化を行い FEM 解析等を実施し補強量を算出するものとする。ただし、表-8-2-9 に示す簡易設計法を用いてもよい。」としている。</p>
ひび割れパターン事例	<ul style="list-style-type: none"> ・新分類【26】、橋梁点検要領 H26-(16)-(エ) 

④ プレストレスと自重の作用

項目	解説
発生状況	<ul style="list-style-type: none"> 固定支保工で施工され、プレストレスを導入する場合、支保工の開放が適切でない場合、主桁に自重が作用せずプレストレスのみ導入されるためひび割れが生じやすい。
特に発生しやすい傾向	<ul style="list-style-type: none"> 連続桁の中間支点上のように主桁を押し下げる方向に PC 鋼材が偏心配置されている場合。 PC ケーブルの配置が適切に分散されていない場合。 箱桁橋の PC 床版のように部材が薄く、プレストレスによる曲げ応力度が敏感な部材の場合。
発生原因	<ul style="list-style-type: none"> プレストレスと自重作用のバランスが崩れ、オーバーストレスとなる。
防止対策	<ul style="list-style-type: none"> プレストレスの導入量に見合った支保工の支持を開放し、適切に自重を作用させる。 設計計算に基づいたプレストレスの導入と自重の作用を図る。
注意事項	<ul style="list-style-type: none"> 横締め鋼材は摩擦管理しないため、必要以上のプレストレスはオーバーストレスになる可能性もある。
防止のための基準類	<p>【道示】 20.8 PC 鋼材工及び緊張工 (2)</p> <p>7)PC 鋼材を順次緊張する場合においては、各段階においてコンクリートに設計で想定しない応力が生じないようにする。</p> <p>8)型枠及び支保工は、プレストレッシングにより設計で想定していない変形、沈下等が生じないようにする。</p> <p>【解説】 7)緊張作業中は一部の PC 鋼材だけが緊張される状態となり、部材にねじりモーメント、横方向モーメント、不静定力等が生じることがあるため、コンクリートに有害な応力が生じないように緊張順序、方法ならびにこの引張力を定める必要がある。</p> <p>【解説】 8)プレストレッシングによって弾性変形が生じ、この変形を拘束すると所定のプレストレスが与えられず支保工崩壊のおそれもある。緊張前に一部の型枠を取り外すなどプレストレスによる拘束を少なくするのが望ましい。</p> <p>自重の作用については特に触れられていない。</p>
ひび割れパターン事例	<ul style="list-style-type: none"> 橋梁点検要領記載無いが、以下のようなパターンのひび割れが生じやすい。 新分類【19】 および新分類【6】、橋梁点検要領 H26-(15) 

⑤ 箱桁下床版に配置した支間ケーブルの腹圧作用


項目	解説
発生状況	<ul style="list-style-type: none"> 変断面の箱桁下床版に支間ケーブルを配置した場合、ウェブが支点となり下床版には下方方向に腹圧が作用することから、橋軸方向にひび割れが生じやすい。
特に発生しやすい傾向	<ul style="list-style-type: none"> 支間ケーブルをウェブ付近ではなく、下床版中央付近に配置した場合。 箱桁のウェブ間隔が広く下床版支間の広い場合。 桁高の変化が大きく、支間ケーブルの曲率が小さい場合。
発生原因	<ul style="list-style-type: none"> 下床版に配置した PC ケーブルによる腹圧作用。
防止対策	<ul style="list-style-type: none"> 下床版の剛性を高め、適切な補強鉄筋を配置する。 偏向力が作用する箇所には剛な横桁を配置する。 PC ケーブルをウェブ周辺に配置する。
注意事項	<ul style="list-style-type: none"> 支間部の下床版は圧縮力が作用せず薄肉部材とする事例が多いため、プレストレスによる腹圧力、定着突起等に配慮し適切に計画する。
防止のための基準類	<p>【道示】 10.5 開口部の補強及び下フランジとウェブの構造 (3)下フランジの最小厚さは、140mm としなければならない</p> <p>【解説】 桁高変化がある場合、下床版の軸線が変化するため圧縮力による偏向力が生じ、さらに PC 鋼材を配置した場合、その緊張力によって腹圧力が作用する。これらの力に対し、①必要な床版厚を確保し鉄筋で補強する、②偏向力作用箇所に横桁を設置、③PC 鋼材をウェブ近くに設置する などの配慮が必要である。としている。</p>  <p>(a) 下床版の圧縮力による偏向力</p> <p>(b) PC 鋼材緊張力による腹圧力</p> <p>(c) 横桁の設置による対処</p> <p>(d) PC 鋼材はウェブ近くに配置</p>
ひび割れパターン事例	<ul style="list-style-type: none"> 新分類【4】、 橋梁点検要領 H26-(13) 

(5) コンクリートの施工要因に起因するひび割れ

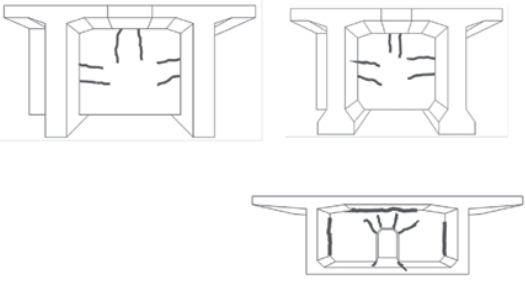

① かぶり不足

項目	解説
発生状況	<ul style="list-style-type: none"> 鋼材のかぶりが確保されていない場合、コンクリートの充填不良、鋼材の付着不足、鋼材の腐食などからジャンカや鉄筋に沿ったひび割れが生じやすい。
特に発生しやすい傾向	<ul style="list-style-type: none"> 鉄筋が過密に配置されている場合。 適切にスペーサーや段取り鉄筋が配置されていない場合。
発生原因	<ul style="list-style-type: none"> スペーサーの脱落、スペーサーの配置不足。 かぶり不足によるコンクリートの充填不良。
防止対策	<ul style="list-style-type: none"> 所定のスペーサーの数を堅固に固定する。 段取り鉄筋をかぶり内に配置せず、全ての鋼材でかぶりを確保する。
注意事項	<ul style="list-style-type: none"> かぶり内に段取り筋として防錆鋼材を配置し主鋼材でかぶりを確保する設計もあれば、段取り筋でかぶりを確保しその分、主鋼材の配置位置を上げる設計もある。
防止のための基準類	<p>【道示】6.6.1 鋼材かぶり 部材によって最小かぶりを規定している。</p> <p>【NEXCO 設計要領】2章 1. かぶり 基本的に場所打ち構造では、道示規定+10mm プレキャスト部材では、道示規定+5mm を標準としている。</p> <p>【地整の設計要領】2章 1. かぶり 上記の「注意事項」に示す段取り鉄筋の取扱いを下記のように記している地整もあり、かぶりの確保、コンクリートの充填性向上に役立っている。</p> <div data-bbox="715 1189 1077 1384" data-label="Diagram"> </div> <p>ただし、設計で考慮していない場合、現場だけの対応では鋼材高さが変化するため設計時から考慮した設計が必要となる。また、示方書等に明確な基準として示されていない。</p>
ひび割れパターン事例	

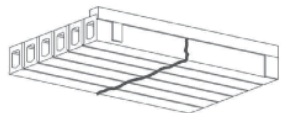
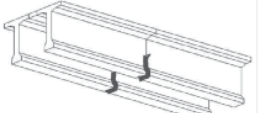


② 締め固め不良

項目	解説
発生状況	<ul style="list-style-type: none"> ・コンクリート打込み時の締め固め不良が生じるとジャンカが生じたり、配置鉄筋の周辺に十分コンクリートが行き届かなくなり、沈降クラック、そして打継ぎ目部にコールドジョイント等が生じやすい。
特に発生しやすい傾向	<ul style="list-style-type: none"> ・鉄筋が過密に配置され、棒状振動機が挿入できない場合。 ・鉄筋量に見合ったスランプを設定できていない場合。 ・桁高が高く、コンクリートを適切に充填できない場合。
発生原因	<ul style="list-style-type: none"> ・締め固め不良。
防止対策	<ul style="list-style-type: none"> ・棒状振動機の挿入スペースの確保。 ・鉄筋量に見合ったスランプの設定。 ・段取り鉄筋をかぶり内に配置せず、充填性を高める。
注意事項	<ul style="list-style-type: none"> ・段取り筋を防錆鋼材とし、かぶり内に配置する場合、コンクリートの移動が制限されるため充填不良が生じやすい。
防止のための基準類	<p>【道示】 6.6.2 鋼材のあき 所定にあきを確保するとともに内部振動機が挿入できるようにする。</p> <p>【道示】 20.4.2 コンクリート 2)スランプは施工が確実にこなせる範囲内で出来るだけ小さくする。</p> <p>【コン示[施工編：施工標準]】 4.5.2 スランプ (3)打ち込みの最小スランプは、構造物の種類、部材の種類と大きさ、鋼材量や鋼材の最小あき等の配筋条件、締め固め作業高さ等の施工条件に基づき、これらの条件を組み合わせた表からスランプ量を選定する。 とし、上記の条件から 5cm～16cm が選定できるようにしている。</p> <p>【道示】 20.6 コンクリート工 (5)締め固め 1)締め固めは、内部振動機を用いることを標準とし、薄い部材は型枠振動機を併用する。 2)締め固めにあたっては、コンクリートが鉄筋の周囲及び型枠の隅々までいきわたるようにする。</p> <p>【道示】 20.6 コンクリート工 (7)打継目 6)多層に分けて打込むときは、打重ね部において上層と下層のコンクリートの一体性を確保し、耐久性に悪影響を及ぼすようなひび割れ、コールドジョイントを生じさせないようにする。</p>
ひび割れパターン事例	

③ 養生不良

項目	解説
発生状況	<ul style="list-style-type: none"> ・コンクリートの養生状態が悪いと、脱型時の急激な温度変化、急激な乾燥収縮の促進につながり、ひび割れが生じやすい。 ・コンクリート硬化時に表面が乾燥し、水和反応に必要な水分が十分でない場合は、水和反応が促進されずにひび割れが生じやすい。 ・コンクリートは硬化時に水分が蒸発し乾燥収縮が生じる材料である。新旧コンクリートの打継目など外部拘束を受ける場合、ひび割れが更に生じやすくなる。
特に発生しやすい傾向	<ul style="list-style-type: none"> ・寒中施工（内部温度と表面温度の差が生じやすい）の場合。 ・暑中施工（温度が高く、表面水が蒸発しやすい）の場合。 ・施工工程から早期脱枠が求められる場合。
発生原因	<ul style="list-style-type: none"> ・急激な温度変化。 ・乾燥収縮の促進。 ・コンクリート表面の緻密化作用の停止。
防止対策	<ul style="list-style-type: none"> ・コンクリート面を十分な期間、湿潤養生を行なう。 ・保湿マットやミスト養生など湿潤環境を保つ。 ・断熱型枠や保温養生等を行ない、内外温度差が生じないように努める。 ・膨張剤や収縮低減剤を用い、収縮による初期ひび割れを防ぐ。
注意事項	<ul style="list-style-type: none"> ・養生の品質により、コンクリートの耐久性が決定するとも言え、施工者の施工能力が判断される。
防止のための基準類	<p>【道示】20.6 コンクリート工 (6)養生</p> <p>1)コンクリートは打込み後に、乾燥、低温、急激な温度変化による有害な影響を受けないように養生する。</p> <p>3)養生方法は湿潤養生を行なうことを標準とする。普通セメントでは少なくとも5日間、早強セメントでも3日間以上養生を行なう。気温が低い時期に床版コンクリート等を施工する場合、15N/mm²程度の強度に達するまで適当な保温設備のもとに養生を行なう。</p> <p>4)寒中コンクリートでは、養生中に凍結しないようにする。</p> <p>5)蒸気養生では、打ち込み後2時間以上経過してから加熱を始める。温度上昇は原則15°C/1h以下、最高でも65°C以下とする。</p>
ひび割れパターン事例	 

④ セグメント継手不良

項目	解説
発生状況	<ul style="list-style-type: none"> セグメントの継手部は面取りもなく、製造時、吊り上げ時、運搬時、組み立て時に角欠けが生じやすい。 継目面が平坦でないと、プレストレスにより局部的に応力が作用し角欠けが生じやすい。 製作時と異なる下越し量でセグメント組立てた場合、継目部が一律に接しないため、プレストレス導入時に角欠けが生じやすい。 接合キーや PC 鋼材位置が正確にセグメント同士で一致していないとプレストレス導入時に欠損等が生じやすい。
特に発生しやすい傾向	<ul style="list-style-type: none"> 吊り上げ時にバランスがとりにくい非対称形状の場合は、吊上げ・運搬時に傾きが生じ、特に角欠けが生じやすい。
発生原因	<ul style="list-style-type: none"> 「発生状況」を参照
防止対策	<ul style="list-style-type: none"> 上記の発生状況が生じないように注意する。 角部には緩衝材を設置するなど養生を行なう。
注意事項	<ul style="list-style-type: none"> 工場で運搬する場合は、2 台の走行クレーンを用いるケースも多く、2 台が同様の動きをする必要がある。 吊り上げ専用治具を用いるとよい。
防止のための基準類	<p>【道示】 20.9.2 部材の製作 (2)セグメントの形状寸法、継目部におけるシース、接合キー等の位置と寸法は、接合が正確に行なえるものでなければならない。</p> <p>【道示】 20.9.3 運搬・保管 部材の運搬、保管にあたっては、部材に過大な応力が生じないように支持するとともに、衝撃及びねじりを与えないように行なわなければならない。</p>
ひび割れパターン事例	<ul style="list-style-type: none"> 新分類【14】、橋梁点検要領 H26-(13) <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">   </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center; margin-top: 10px;">   </div>

4.5 まとめ

外力など構造的な要因でひび割れ等の変状が生じやすい事象は、その発生原因がこれまでに究明されているケースが多く、「4.2 諸基準の動向調査」にも示す分類1及び分類2のように道路橋示方書や各種の基準にその防止対策が示されている内容が多い。

しかし、実構造物においてはひび割れが少なからず発生している現状を鑑みると、これらに示された内容だけでは初期ひび割れを無くすことは困難と考えられ、主に施工者によって各構造形式の特性を考慮し、「4.3 初期変状防止対策に関する文献調査」に示すような検討を行い、ひび割れの抑制に努めてきている。その文献調査では、特に分類5のマスコン部材の温度ひび割れや分割施工時の外部拘束ひび割れ、そして分類3や分類4のプレストレスに起因するひび割れの防止対策が多く見受けられた。これらのひび割れ防止対策の内、プレストレスに起因するひび割れは、道路橋示方書の設計に関する章で示されている内容も多く、適切な設計が行われ、そして施工に反映されていれば防止対策に有効になる。しかし、マスコン部材や打継ぎ目のひび割れ防止対策は、「20章 施工」内の「20.4 材料－20.4.2 コンクリート」、そして「20.6 コンクリート工」に施工時の規定や留意事項として示されている程度であり、設計に関する章（1～19章）には示されていないことから設計段階にまでその防止対策が反映されているとは言いがたい。そのため、設計者の判断によりその検討内容も異なり、結果的に、技術者の力量で構造物の品質に差が生じてしまうことが想定される。

したがって、「4.4 初期変状防止のための提案事項」に示すような施工時に生じやすいひび割れ事例とその防止対策などを理解し、設計者、施工者がその防止対策を検討していくことが求められる。設計段階において、マスコンの温度応力や打継ぎ目などのひび割れ対策を検討することは、施工時の環境温度、配合計画、養生条件などを仮定しなければならず、詳細な検討を行なうことは現実的には難しい面もある。そのため、現状では、温度ひび割れに対する検討を工事発注前のコンサルタント設計段階で行なうことはほとんど無く、施工者が品質確保のために必要に応じてその対策を行っている。しかし、今後は、ひび割れを防止するために設計段階から一般的な条件下（もしくは温度ひび割れに厳しい条件）で基本検討を行ない、その後、施工者に施工条件変更に応じた詳細検討を申し送りする方法も考えられる。また、二重検討を防ぐために最初から設計段階では検討を行わず、ひび割れが懸念される箇所を注意喚起として設計者から施工者に示し、その検討を申し送ることもできる。以上のように設計段階から注意喚起することで橋梁管理者、設計者、施工者がひび割れ防止に対する共通認識をもつことができ、その結果、温度ひび割れ防止など品質向上につながっていく。