

【大分類】場所打ちPCIげた橋	【小分類】温度・乾燥収縮ひび割れ対策	【作成日】平成21年10月30日
温度・乾燥収縮ひび割れ対策に関する設計不具合防止対策にはどのようなものがあるか。		

【キーワード】 温度・乾燥収縮ひび割れ対策、設計不具合防止対策

<b>【目次(原則・共通・不具合事例)】</b>	
<b>原 則</b>	
<p>温度・乾燥収縮ひび割れ対策は多岐にわたり、一般的に下記の条件を想定していない場合、その補強量・補強箇所を決定するのは困難である。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・使用するコンクリートの配合          施工地域により骨材事情などが異なるため、同一の設計基準強度でもセメント量は一定ではない。</li> <li>・分割打設の要領などの施工計画          とくに外部拘束によるものに影響を及ぼす。</li> <li>・使用する型枠および養生設備          特殊な保温性型枠や養生マットを使用するか否かなど。</li> </ul> <p>工事を発注する前の基本設計あるいは詳細設計段階でこのような詳細な計画が困難である場合には、工事を発注した後の詳細設計あるいは実施(照査)設計段階で「詳細を検討すべき」との申し送りを必須とすることが不具合を防止するために重要となる。</p>	
<b>共 通</b>	
<p>規準類に明確な記述がないなどにより、設計者が見落としや判断ミスしやすい温度・乾燥収縮ひび割れ対策の共通的な事項を以下に示す。なお、詳細は次頁以降の【共通Q-1~Q-3】を参照のこと。</p> <p>【共通Q-1】 具体的な検討方法の設定</p> <p>【共通Q-2】 考慮すべき組み合わせ(温度単体、温度+収縮、温度+収縮+施工)の設定</p> <p>【共通Q-3】 鉄筋量算出方法(ひび割れ指数、コンクリート引張応力範囲、鉄筋許容応力度、鉄筋配置範囲)の設定</p>	
<b>不 具 合 事 例</b>	
<p>規準類に明確な記述がないなどが原因で、温度・乾燥収縮ひび割れ対策の設計不具合事例を以下に示す。なお、詳細は次頁以降の【事例Q-1~Q-5】を参照のこと。</p> <p>【事例Q-1】 分割施工・片持架設のブロック目地(特に中央閉合ブロック)、場所打ち中空床版げた等の拡幅げた(張出しげた)での既設上部工が外部拘束となる場合</p> <p>【事例Q-2】 張出施工を行う3車線以上の広幅員箱げた橋で、既設施工ブロック側が外部拘束となり、張出床版先端に橋軸方向の引張応力(目地の目開き)が作用する場合</p> <p>【事例Q-3】 箱げたで上床版を後施工する場合など、既設上部工断面の一部が外部拘束となる場合</p> <p>【事例Q-4】 橋体完成時に一括緊張する、あるいは閉合ケーブルを外ケーブルとするなど、緊張までに時間を要する場合に、型枠などが外部拘束となる場合</p> <p>【事例Q-5】 径間ごとに分割施工するラーメン構造の箱げた・中空床版橋、あるいは規模の大きな後打ちパラペットなどの新旧既設側が外部拘束となる場合</p>	

【大分類】場所打ちPCIげた橋	【小分類】温度・乾燥収縮ひび割れ対策	【作成日】平成21年10月30日
<b>【共通Q-1】</b>		
温度・乾燥収縮ひび割れ対策の具体的な検討方法などの設定は、どのように考えればよいか。		

【キーワード】 温度・乾燥収縮ひび割れ対策、設計不具合防止対策、検討方法

<b>【共通A-1】</b>
<b>◆問題点</b> 温度・乾燥収縮ひび割れ対策として具体的な検討方法が示されていない
<b>◆現行規準</b> ・コンクリート標準示方書【設計編】2007年版 P177～185、332～343 ・マスコンクリートのひび割れ制御指針2008 P41～66
<b>◆対策</b> コンクリート標準示方書【設計編】では、コンクリートの温度解析は、構造物(被拘束体)ならびに拘束体の形状、寸法などに応じて適切な解析モデルを用いて行うのがよいとしている。 また、マスコンクリートのひび割れ制御指針2008では、詳細解析法と簡易解析法を紹介しているが、現状の簡易解析法は照査部位やセメント種別などの適用範囲が限定されている。詳細解析手法としては、「3次元有限要素法を用いた温度解析および応力解析に基づいて行うことを原則とする」と記されている。  いずれも、3次元有限要素法を用いた解析を適切なモデルを用いて行うべきであるとしているため、工事を発注する前の基本設計あるいは詳細設計段階でこのような詳細な計画が困難である場合には、工事を発注した後の詳細設計あるいは実施(照査)設計段階で「詳細を検討すべき」との申し送りを必須とすることが不具合を防止するために重要となる。

**【参考文献】**

- 1)コンクリート標準示方書【設計編】: 土木学会(2007年版)
- 2)マスコンクリートのひび割れ制御指針2008: (社)日本コンクリート工学協会

【大分類】場所打ちPCIげた橋 【小分類】温度・乾燥収縮ひび割れ対策 【作成日】平成21年10月30日

【共通Q-2】

温度・乾燥収縮ひび割れ対策の考慮すべき組み合わせの設定は、どのように考えればよいか。

【キーワード】 温度・乾燥収縮ひび割れ対策、設計不具合防止対策、荷重組合せ

【共通A-2】

◆問題点

入力条件における収縮の考慮の仕方について、さまざまな考え方があ

◆現行規準

- ・コンクリート標準示方書【設計編】2007年版 P45～49
- ・マスコンクリートのひび割れ制御指針2008 P1

◆対策

組合せの例として以下が考えられる

例1: 乾燥収縮+自己収縮(JSCE式)考慮

例2: 自己収縮(JCI式orJSCE式)考慮

例3: 収縮未考慮 (マスコンクリートのみに着目している場合など)

※マスコンクリートのひび割れ制御指針2008では、マスコンクリートに着目している場合、対象構造物・対象期間より影響が小さいと考えられるため、乾燥収縮を考慮しないこととしている。

乾燥収縮や自己収縮の式の採用、組合せには十分な注意が必要であり、配合や鉄筋量によっても異なる。

また温度・乾燥収縮に対する必要補強量は、施工時を含めた構造解析での必要補強量に足し合わせるのを原則とするが、温度解析で発生する応力には一時的な応力があるため、構造完成時の応力と一時的な温度による応力の足し合わせをしないよう注意が必要である。

《柱頭部横桁における足し合わせ不要の例》

マスコンクリート対策の補強鉄筋 : 打設後1～2日後に必要

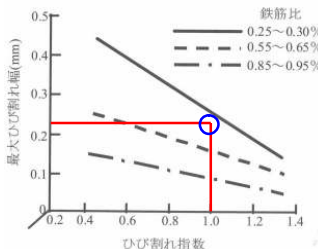
外ケーブル定着に対する補強鉄筋 : 打設後数日～数ヶ月以降に外ケーブル緊張後より必要

【参考文献】

- 1)コンクリート標準示方書【設計編】: 土木学会(2007年版)
- 2)マスコンクリートのひび割れ制御指針2008: (社)日本コンクリート工学協会

【大分類】場所打ちPCIげた橋	【小分類】温度・乾燥収縮ひび割れ対策	【作成日】平成21年10月30日
<p><b>【共通Q-3】</b></p> <p>温度・乾燥収縮ひび割れ対策の鉄筋量算出方法の設定は、どのように考えればよいか。                  (ひび割れ指数、コンクリート引張応力範囲、鉄筋許容応力度、鉄筋配置範囲)</p>		

【キーワード】 温度・乾燥収縮ひび割れ対策、設計不具合防止対策、鉄筋量算出方法

<p><b>【共通A-3】</b></p> <p>◆問題点                  温度解析による補強鉄筋量算出方法について、思想が統一されていない。                  温度解析による引張応力から補強鉄筋量を算出する場合の積分範囲や鉄筋の許容引張応力度がさまざまである。</p> <p>◆現行規準                  ・コンクリート標準示方書【設計編】2007年版 P183                  ・道示Ⅲ P126                  ・NEXCO設計要領第二集 P8-15</p> <p>◆対策                  補強範囲や補強量は要求されるひび割れ制御の方法により異なるが以下の例が挙げられる                  例1 最大ひび割れ幅とひび割れ指数より鉄筋量を決定する方法                  例2 ひび割れ指数と引張応力から補強範囲に必要な鉄筋量を算出</p> <p>ひび割れ制御方法において、ひび割れの発生を極力抑える場合には、全引張力に対して鉄筋に発生する引張応力度を低減して鉄筋量を決定する。また、ひび割れの発生を許容して幅を制御する場合には表面のコンクリートが負担できない引張力に対して補強するなどが考えられる。</p> <p>例1の具体例(補強鉄筋量算出例)</p> <p>解析結果のひび割れ指数が1.0で                  参考文献1)に示されるひび割れ幅                  限界値以下にひび割れ幅を制御する                  場合(かぶり45mm、一般の環境)  <math>0.005c = 0.225\text{mm}</math></p> <div style="display: flex; align-items: center;">  <div style="margin-left: 20px;"> <p>○位置が鉄筋比0.25～0.30%の                      ラインと0.55～0.65%の間にある                      ため、線形補間より鉄筋比0.40～                      0.45%の補強鉄筋量を配置し、                      ひび割れ幅を制御する。</p> </div> </div> <p style="text-align: center;">図-1 最大ひび割れ幅とひび割れ指数の関係 [文献1)p183より]</p> <p>例2の具体例(ひび割れ指数、引張応力の値を確認し、                  補強が必要と判断した部位における補強鉄筋量算出例)</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>ひび割れ制御</th> <th>温度応力解析の 引張力積分範囲</th> <th>補強鉄筋に発生させる 鉄筋応力度</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>発生を極力抑える</td> <td>引張領域すべて</td> <td>100～120N/mm<sup>2</sup></td> </tr> <tr> <td>発生を許容し、 幅を制御する</td> <td>部材表面のみ (例えばかぶりの2倍)</td> <td>140N/mm<sup>2</sup>程度</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;">表-1 温度応力解析補強量算出例</p>	ひび割れ制御	温度応力解析の 引張力積分範囲	補強鉄筋に発生させる 鉄筋応力度	発生を極力抑える	引張領域すべて	100～120N/mm <sup>2</sup>	発生を許容し、 幅を制御する	部材表面のみ (例えばかぶりの2倍)	140N/mm <sup>2</sup> 程度
ひび割れ制御	温度応力解析の 引張力積分範囲	補強鉄筋に発生させる 鉄筋応力度							
発生を極力抑える	引張領域すべて	100～120N/mm <sup>2</sup>							
発生を許容し、 幅を制御する	部材表面のみ (例えばかぶりの2倍)	140N/mm <sup>2</sup> 程度							
<p>【参考文献】</p> <p>1)コンクリート標準示方書【設計編】: 土木学会(2007年版)                  2)道路橋示方書・同解説 Ⅲコンクリート橋編: 日本道路協会(平成14年3月)                  3)設計要領 第二集 橋梁建設編: 高速道路株式会社(平成20年8月)</p>									

【大分類】場所打ちPCIげた橋 【小分類】温度・乾燥収縮ひび割れ対策 【作成日】平成21年10月30日

## 【事例Q-1】

分割施工・片持架設のブロック目地(特に中央閉合ブロック)、場所打ち中空床版げた等の拡幅げたでは、既設上部工が外部拘束となる場合がある。これらに対処するためどのような対策があるか。

【キーワード】 温度・乾燥収縮ひび割れ対策、設計不具合防止対策、目地、拡幅げた、外部拘束

## 【事例A-1】

## ◆問題点

分割施工における、新旧打継部に発生する収縮ひずみ(既設部の外部拘束)にともなう引張応力に対する鉄筋量が不足することにより、ひび割れが発生。特に中央閉合部はひび割れが発生しやすい。

けた高の高いプレテスラ上げたや、場所打ち中空床版げたに、けた高と同厚の張出し床版が付く場合、部材厚が厚いためマスコンとなり温度ひび割れが発生する。

また、打継目での問題として、片持架設での床版プレストレスの導入は、既設部のコンクリートで拘束してしまい新設部でプレが有効に導入されないとことも挙げられる。

## ◆現行規準

- ・コンクリート標準示方書【設計編】2007年版 P177～185
- ・コンクリート道路橋設計便覧 P202～203
- ・道示Ⅲ P210

## ◆対策

・コンクリート道路橋設計便覧の記述では50cm程度の範囲を補強するとしているが、温度解析結果による適切な補強を行うことが望ましい、特に中央閉合部では両側に既設部材があることや、片側のブロックとは材齢差が大きくなるため、拘束の影響が大きく、閉合部全体に補強を施すなどの注意が必要である。(図-1)

また、対策として膨張コンクリート仕様の採用も考えられる。

閉合部については、コンクリートが硬化するまで片持ち梁状態の床版温度差によるたわみ挙動の影響も受けるので、形状保持ができるよう型枠の固定方法等に考慮が必要である。

・場所打ち中空床版げたの張出し床版付け根がマスコンになってしまう場合では断面中央部より径の小さい円

・床版プレストレス不足の問題については、既設部の新設側床版横締めを数本は残して緊張せず新設部と同時に緊張する方法や、FEM解析などでプレストレスの有効範囲を解析し必要本数を配置する等の方法がある。(図-3)

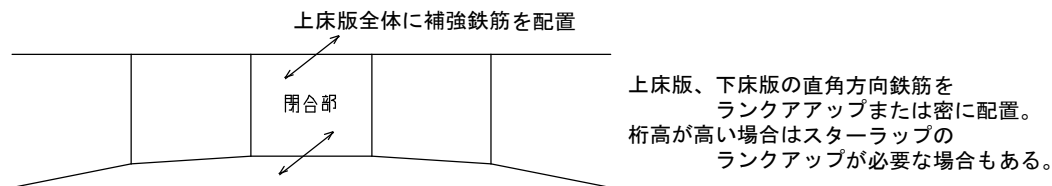


図-1 閉合部補強範囲例

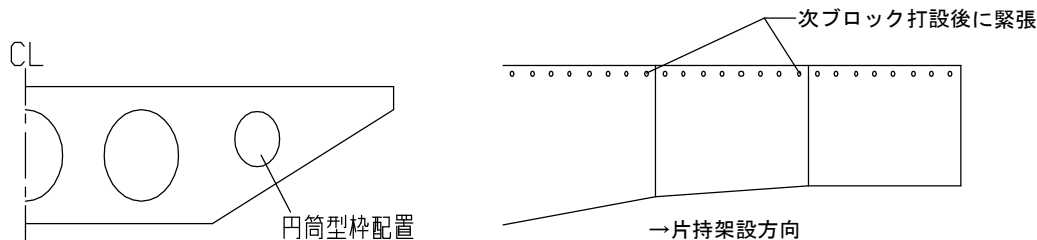


図-2 円筒型枠配置例

図-3 床版横締め緊張方法例

## 【参考文献】

- 1)コンクリート標準示方書【設計編】: 土木学会(2007年版)
- 2)道路橋示方書・同解説 Ⅲコンクリート橋編: 日本道路協会(平成14年3月)
- 3)コンクリート道路橋設計便覧: 日本道路協会(平成6年2月)

【大分類】場所打ちPCIげた橋 【小分類】温度・乾燥収縮ひび割れ対策 【作成日】平成21年10月30日

**【事例Q-2】**

片持架設を行う3車線以上の広幅員箱げた橋で、既設上部工が外部拘束となり、張出し床版先端に橋軸方向の引張応力(目地の目開き)が作用する場合がある。  
これに対処するためのどのような対策があるか。

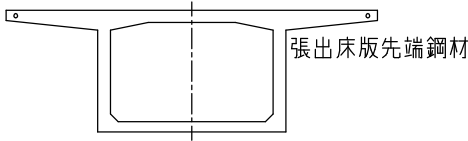
【キーワード】 温度・乾燥収縮ひび割れ対策、設計不具合防止対策、広幅員箱げた橋、外部拘束

**【事例A-2】**

◆問題点  
とくに広幅員箱桁橋で片持ち架設などの段階施工を行う場合に、張出床版先端に橋軸方向の引張応力が発生し、施工目地の目開き対策が必要となる。

◆現行規準  
とくになし

◆対策  
張出し床版先端に目開き防止のPC鋼材を配置した例もあり、その補強量については幅員、ブロック長、コンクリート強度・配合により異なるため適切な補強を行うには温度解析を行うのが望ましい。

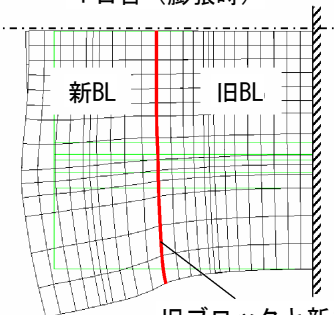


張出床版先端鋼材

図-1 張出床版先端鋼材配置例

上床版の変形

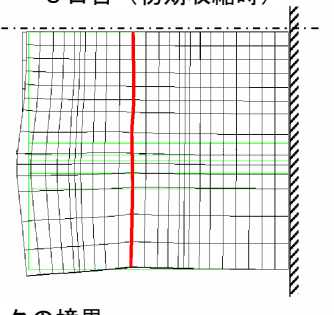
1日目 (膨張時)



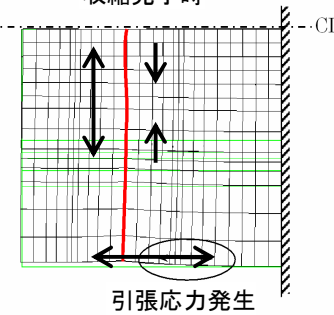
新BL 旧BL

旧ブロックと新ブロックの境界

3日目 (初期収縮時)



収縮完了時



引張応力発生

新ブロックが打設後、水和熱最大時に膨張している状態

新ブロックが硬化し、収縮が開始した状態  
新ブロック側はこれから収縮し、旧ブロックはある程度収縮が進行済み

新ブロックの収縮が進行し、旧ブロック以上、橋軸直角方向に小さくなる。この現象により、張出床版の先端で旧ブロックの端部が新ブロックの収縮に追従するため、橋軸方向にも引張応力が発生する。この応力が大きいと目地の目開きとなり、特に広幅員の場合、この現象が顕著となる。

図-2 張出床版先端引張応力発生メカニズム

【大分類】場所打ちPCIげた橋 【小分類】温度・乾燥収縮ひび割れ対策 【作成日】平成21年10月30日

【事例Q-3】

箱げたで上床版を後施工する場合など、既設上部工断面の一部が外部拘束となる場合がある。これに対処するためのどのような対策があるか。

【キーワード】 温度・乾燥収縮ひび割れ対策、設計不具合防止対策、上床版後施工、外部拘束

【事例A-3】

◆問題点

場所打ちの箱げた橋の場合、ウエブと上床版との材齢差による水平せん断力が発生するが、その検討が行われていないのが多い。

◆現行規準

- ・道示Ⅲ P250 図-解10.3.2
- ・コンクリート道路橋設計便覧 P263

◆対策

合成けた橋に配置されるようなズレ止め鉄筋および乾燥収縮により発生する引張応力に対しての橋軸方向鉄筋を補強する必要がある。

補強量については温度解析を行い決定するのが望ましいが、水平せん断に関しては施工長、引張応力に関しては断面寸法により決定するため既往の解析結果を有効利用する方法も考えられる。

また、支保工施工の場合、第1リフト段階後の仮緊張によるプレストレスの必要性、第2リフトでは膨張コンクリートの必要性などが検討される場合がある。

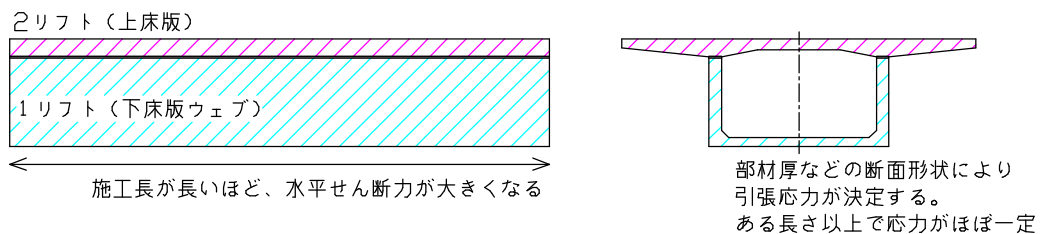


図-1 箱げた分割施工での例

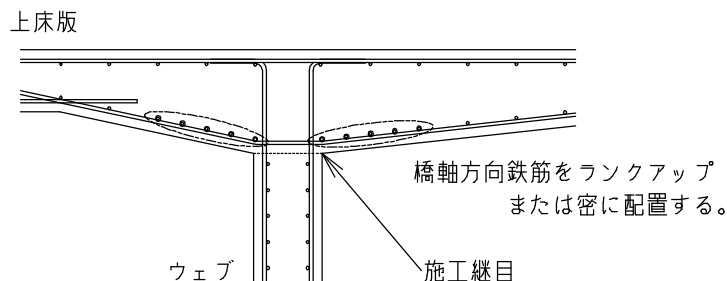


図-2 補強鉄筋配置例

【参考文献】

- 1) 道路橋示方書・同解説 Ⅲコンクリート橋編：日本道路協会(平成14年3月)
- 2) コンクリート道路橋設計便覧：日本道路協会(平成6年2月)

【大分類】場所打ちPCIげた橋 【小分類】温度・乾燥収縮ひび割れ対策 【作成日】平成21年10月30日

【事例Q-4】

橋体完成時に一括緊張する、あるいは閉合ケーブルを外ケーブルとするなど、緊張までに時間を要する場合、型枠などが外部拘束となる場合がある。  
これに対処するためどのような対策があるか。

【キーワード】 温度・乾燥収縮ひび割れ対策、設計不具合防止対策、型枠、外部拘束

【事例A-4】

◆問題点

外ケーブルのようにプレストレスの導入時期が遅い場合、収縮ひずみによるひび割れが問題となるが、明確な記述がない。

◆現行規準

・コンクリート標準示方書【設計編】2007年版 P45～49

◆対策

中央閉合から外ケーブル緊張までに時間があいてしまう場合は初期収縮によるひび割れが発生する場合があります。プレストレス導入までの収縮ひずみを想定し、ひび割れ幅の制限値から鉄筋量を決定するなどして補強することが望ましい。型枠などの外部拘束対策として、仮緊張によるプレストレスを導入した事例もある。

また、閉合部では、コンクリートが硬化するまで片持ち梁状態の床版温度差によるたわみ挙動の影響も受けるので、形状保持が出来るよう型枠の固定方法等に考慮が必要である。また、その他の対策として、膨張コンクリート仕様の採用も考えられる。

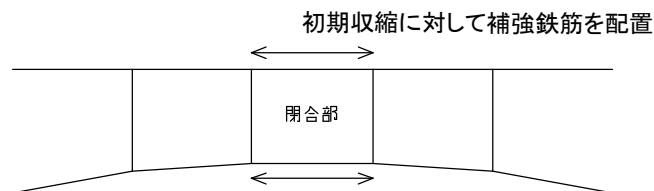


図-1 閉合部補強範囲例

【参考文献】

1)コンクリート標準示方書【設計編】： 土木学会(2007年版)



【大分類】場所打ちPCIげた橋 【小分類】温度・乾燥収縮ひび割れ対策 【作成日】平成21年10月30日

### 【事例Q-5】

径間ごとに分割施工するラーメン構造の箱げた・中空床版橋などで既設下部工が外部拘束となる場合や、規模の大きな後打ちパラペットなどの既設橋台が外部拘束となる場合がある。これらに対処するためのどのような対策があるか。

【キーワード】 温度・乾燥収縮ひび割れ対策、設計不具合防止対策、既設下部工、外部拘束

### 【事例A-5】

#### ◆問題点

支保工施工の連続ラーメン橋で、ラーメン橋脚の外部拘束に伴う収縮ひび割れに対する検討不足、橋台とパラペットなどの既設下部工での打継部拘束ひび割れの検討不足などが考えられる。

#### ◆現行規準

・コンクリート標準示方書【設計編】 P177～185

#### ◆対策

＜既設下部工が外部拘束となる場合＞

温度解析結果による適切な補強をすることが望ましい。コンクリート仕様として膨張コンクリートへの変更や、施工手順の変更を検討すべきである。

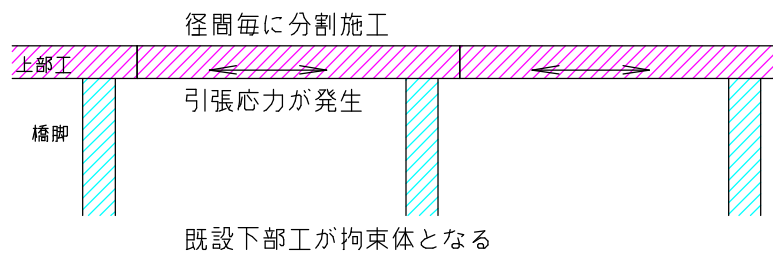


図-1 既設下部工が拘束体となる例

＜既設橋台が外部拘束となる場合＞

温度解析結果による適切な補強をすることが望ましい。広幅員のパラペットについて、発生応力が過大となり、ひび割れの発生が避けられないと考えられる場合には、構造で必要な剛性を残すようにひび割れ誘発目地の設置という対策も考えられる。

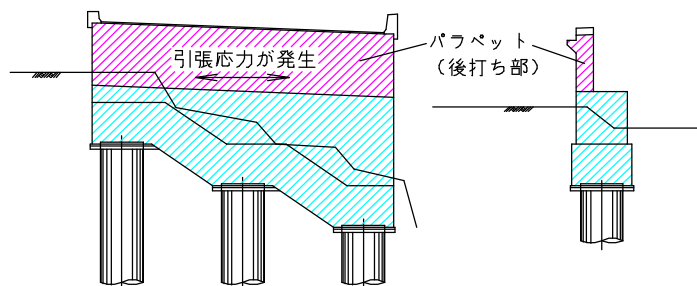


図-2 既設橋台が拘束体となる例

#### 【参考文献】

1)コンクリート標準示方書【設計編】: 土木学会(2007年版)