

東北地方における  
RC床版の耐久性確保の手引き（案）

2023年 改訂版

令和5年3月

国土交通省 東北地方整備局 道路部



## 目次

1章	東北地方におけるRC床版の目指すべき方向	1
1.1	東北地方におけるRC床版の目指すべき方向	1
2章	適用の範囲等	23
2.1	適用の範囲	23
3章	品質・耐久性確保のための留意点	24
4章	東北地方におけるRC床版の設計・施工	26
4.1	設計一般	26
4.2	耐久設計	27
4.3	配合設計	30
4.4	ひび割れ抑制対策	39
4.5	壁高欄等の設計	49
4.6	施工計画の立案	60
4.6.1	不適切な施工による不具合の防止	60
4.6.2	施工計画立案のための試験施工	70
4.7	施工の基本事項の遵守	89
4.8	養生による緻密性の向上	108
4.9	工事計画上の留意点	112
4.10	ひび割れ等が発生した場合の措置	113
5章	防水層および橋面舗装	116
5.1	防水層の設計・施工	116
5.2	橋面舗装の設計・施工	120
6章	記録・保存	124
	巻末資料	128

# 1章 東北地方におけるRC床版の目指すべき方向

## 1 東北地方におけるRC床版の目指すべき方向

整備局管内のRC床版では、架橋地点における自然環境や供用環境による早期劣化が散見されている。RC床版は、車両輪荷重による疲労で耐久性が定まるように設計、施工、維持管理を行う必要がある。

特に施工においては基本事項の遵守に努め、不具合が発生しないように施工管理に努める必要がある。

### 【解説】

#### 1) RC床版の劣化実態

従来から、RC床版は活荷重による疲労で破壊すると考えられてきた（図1-①参照）。東北地方のRC床版でも活荷重の影響により、床版下面に二方向ひび割れが発生したり（写真1-①参照）、押抜きせん断破壊により部分的に床版が抜け落ちる事象が発生している（写真1-②参照）。



写真1-① RC床版の二方向ひび割れの事例

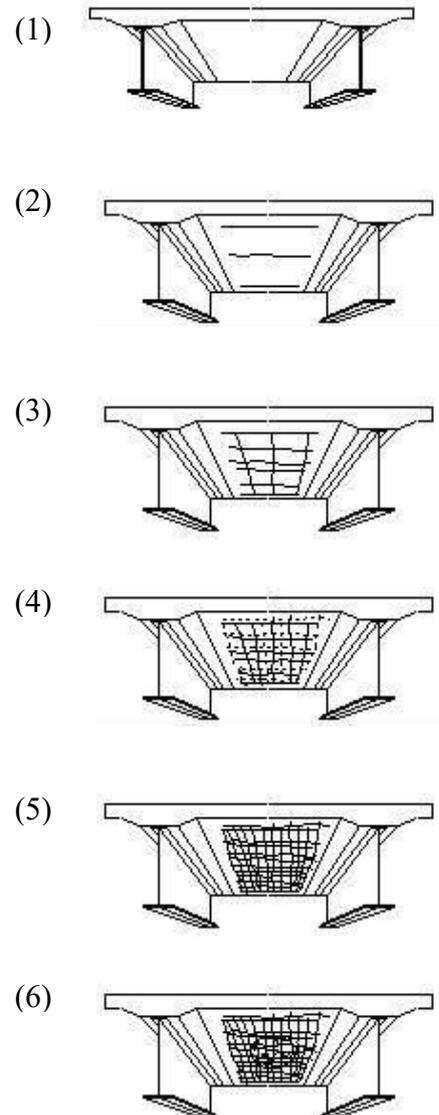


図1-① RC床版の疲労損傷過程



写真1-② RC床版の抜け落ちの事例（押抜きせん断破壊）  
（福島県 国道4号 供用後45年 交通量 約2万4千台/日）

写真1-②に示す床版は、疲労に対する十分な厚さの確保が規定された昭和55年道路橋示方書以前に設計されており、現在の規定よりも床版厚が薄く、かつ交通量が2万台/日（大型車交通量5千台/日）を超える重交通路線であったことから、抜け落ちが発生したものである。

一方で、1990年頃のスパイクタイヤが禁止されてからは、凍結抑制剤が多量に散布されるようになり、コンクリート部材の材料劣化の一因となっている上に、新たにRC床版上面コンクリートの土砂化（以降、「土砂化」）が見られるようになってきた。

土砂化という現象は、RC床版の上面コンクリートが砂利状または土砂状に劣化している状態であり（写真1-③～⑤参照）、橋面舗装に土砂状の噴出物が確認されることもある。



写真1-③ RC床版の土砂化の事例  
（秋田県 国道7号 供用後36年 交通量 約1万2千台/日）



橋面舗装に白い噴出物



床版上面コンクリートの劣化部を撤去した状態

**写真 1-④ R C床版の土砂化の事例**

(岩手県 国道45号 供用後42年 交通量 約8千台/日)



**写真 1-⑤ R C床版の土砂化の事例 (床版上面コンクリートの土砂化により凹みが発生)**

(山形県 国道112号 供用後35年 交通量 約9千台/日)

図1-②に、東北地方におけるR C床版の土砂化の発生状況を示す。図中の橙（●印）は橋面舗装に噴出物などの変状が確認されたものであり、平成21年～平成30年に実施した橋梁定期点検において「土砂化」または「土砂噴出」の所見が認められるものである。

さらに、図中の赤（●印）は床版上面コンクリートの土砂化が確認されたものを示している（写真は代表箇所を示す）。

この図から、R C床版の土砂化は限定された地域にみられる劣化ではなく、東北地方の至るところで生じる劣化であることがわかる。

R C床版に土砂化が発生すると、橋面舗装にひび割れやポットホールが発生することで、車両の走行に支障をきたすと共に、床版の抜け落ち等のリスクが高まり、安全性にも多大な影響をおよぼす恐れがある。このような事態が発生するとプレキャスト床版等による緊急打換えが必要となり、多大な打換え費用と車線規制等による社会経済的損失が発生する。

管内橋梁の大半は地方部に位置し、その交通量は5千台～1万台/日程度であることから、活荷重による疲労破壊が生じるには相当な期間を要すると想定される。

一方、RC床版の土砂化は活荷重による疲労破壊が生じていない交通量8千台～1万2千台／日程度の橋梁でも発生しており、疲労破壊よりも先に土砂化が発生しているのが、東北地方におけるRC床版の劣化実態である。

H29年時点の鋼橋管理橋梁数（RC床版）：810橋

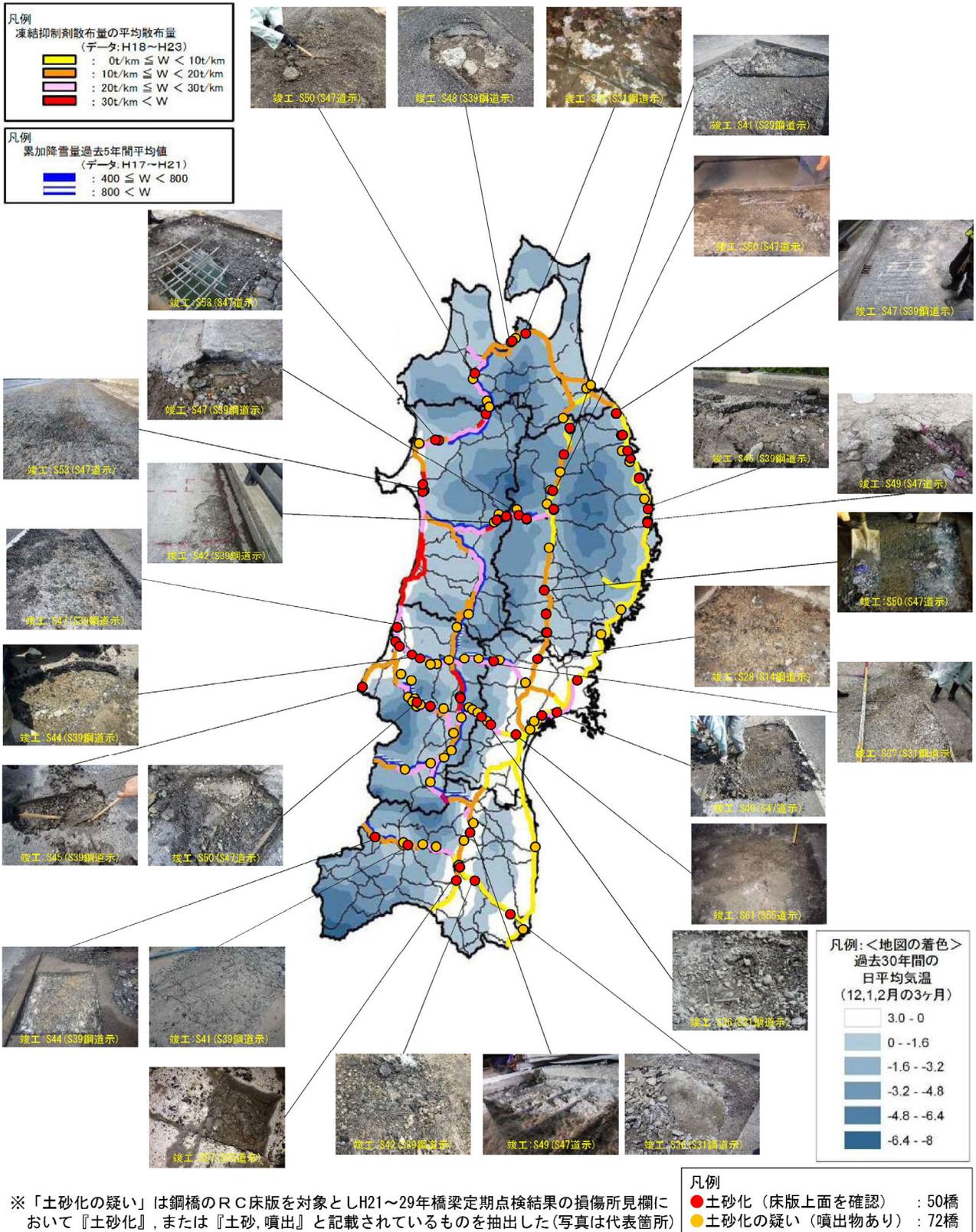


図1-② 東北地方における鋼橋RC床版の土砂化の発生状況

## 2) RC床版の土砂化の要因

東北地方のように凍結抑制剤を多量に散布する地域では、交通荷重とRC床版上面より浸入した水的作用によって発生する「土砂化」と、環境要因や凍結抑制剤混じりの水が床版コンクリートに作用することによって生じる「材料劣化」が、RC床版の損傷の要因として考えられる。ここでは、東北地方のRC床版の主要な劣化要因である「土砂化」について述べる。

### ① 土砂化の想定されるメカニズム

土砂化はRC床版上面に水が存在し、その上をタイヤが走行することによって生じると言われている。これは、乾燥した状態のRC床版で輪荷重走行試験を行っても土砂化は発生しないが、湛水状態のRC床版の輪荷重走行試験では土砂化が発生することが実験的に確かめられているためである。現在土砂化のメカニズムとして確からしいとされている説は、RC床版上面に水が存在し、その上をタイヤが走行すると、図1-③に示すようにコンクリート内部の細孔空隙内の水に非常に大きな水圧がかかり、この水圧によってコンクリートのモルタル分が破壊され流出し、粗骨材が残るため、一見するとコンクリートが土砂状または砂利状に見て取れるというものである。

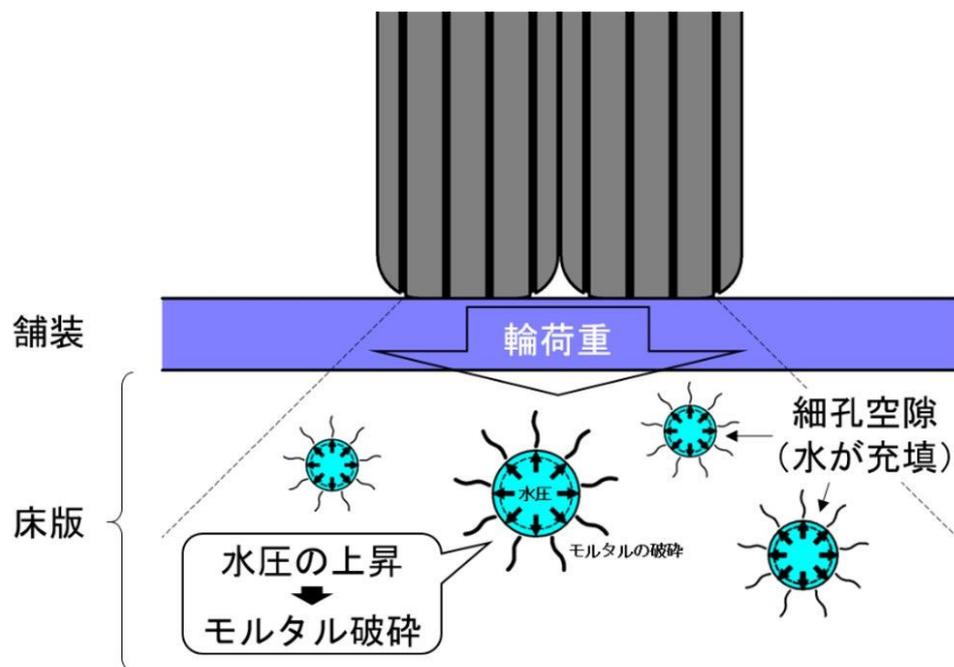


図1-③ 土砂化の発生メカニズム (仮説)

このことは、実際のRC床版において、写真1-⑥に示すように、タイヤの走行軌跡に沿って舗装の補修跡や土砂状の噴出物が確認されることや、写真1-⑦に示すように、土砂噴出が確認された橋面の舗装を撤去した後に、土砂化による床版断面の減少やうきがタイヤの走行軌跡に沿って確認されることから実態にあっていいると考えられる。



写真1-⑥ タイヤの走行軌跡に沿った舗装の補修跡と土砂の噴出状況



写真1-⑦ タイヤの走行軌跡に沿った変状(変状部分を除去した状態)

## ②防水工の機能限界

防水工は、路面からの水を直接床版に作用させない目的で設けられている。これは、床版への水の作用が疲労耐久性の低下や土砂化の発生に大きく影響するためである。

写真1-⑧は、橋梁定期点検において初回点検では確認されなかった床版下面の漏水が、供用7年目、12年目の点検で確認され、供用年数が経つにつれて漏水範囲が拡大している事例である。



供用7年目

初回点検には記載のない損傷

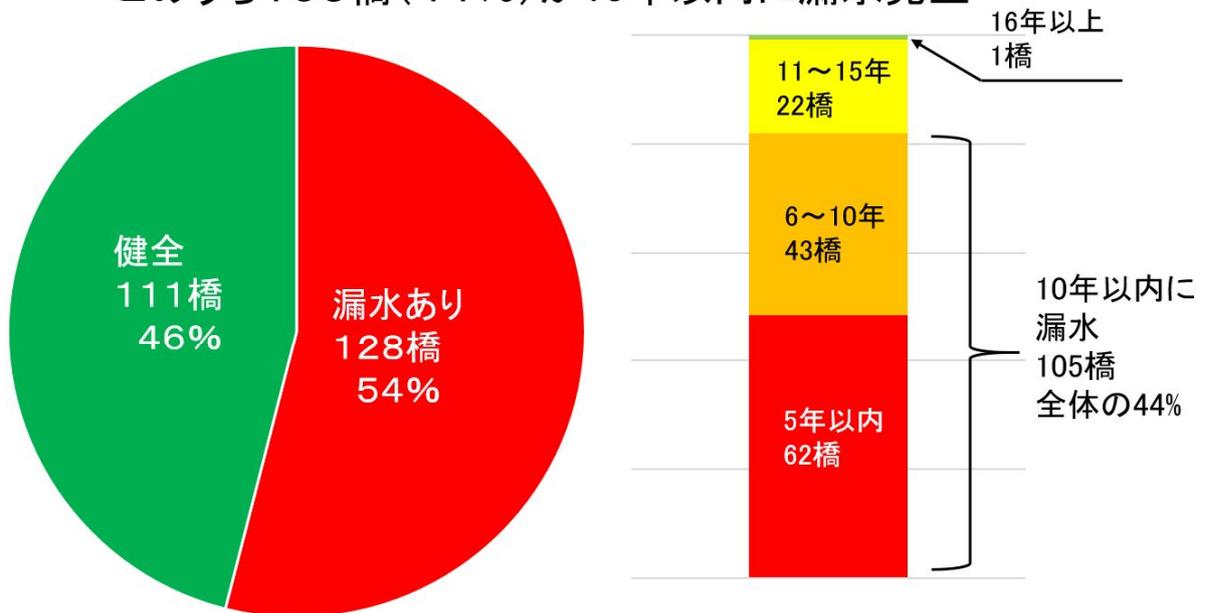


供用12年目

写真1-⑧ 点検結果に見る防水工の機能の低下

図1-④は、平成16年から平成28年までに建設したB活荷重対応の239橋の防水工から漏水が確認されるまでの年数を点検結果から整理した結果である。239橋のうち54%にあたる128橋で漏水が確認されている。このうち建設後10年以内に漏水が発生しているのは全体の約半数にあたる105橋（44%）であることがわかる。

**漏水が確認されたのは128橋(54%)**  
**このうち105橋(44%)が10年以内に漏水発生**

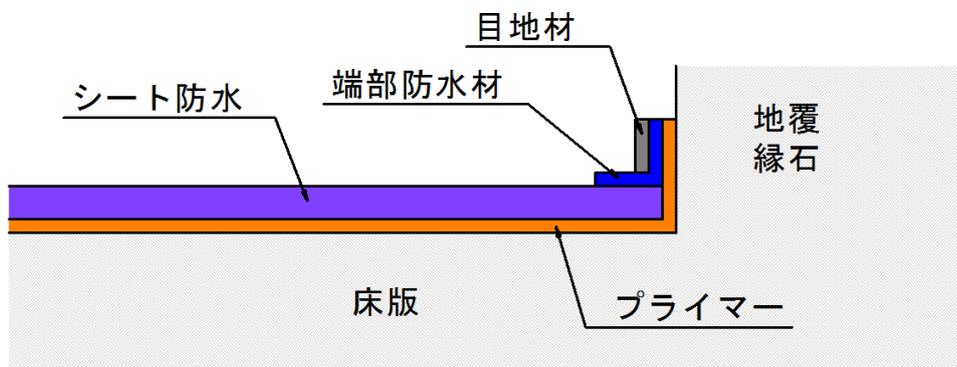


漏水が確認された128橋の内訳

注)平成16年から平成28年までに建設したB活荷重対応  
 239橋の防水工から漏水が確認されるまでの年数

図1-④ 床版防水工からの漏水

このような事例が発生する要因としては、防水工のシート敷設時の破損や接着不良が考えられる。また、舗装の施工ジョイント、排水柵周辺や縁石、壁高欄や地覆などの端部、伸縮装置の後打ちコンクリートからも漏水する可能性があり、施工の不確実性も含めて必ずしも十分な防水対策とはなっていないためである（図1-⑤）。



- ①地覆、縁石、排水柵周りなどの端部処理不良
- ②シート防水敷設時の破損 → シート防水の破損箇所からの漏水。  
 (シートに破損箇所があると舗装の施工継ぎ目からの水も床版に到達する)

図1-⑤ 床版防水工端部の漏水可能性箇所：シート防水の例

防水工からの漏水は、橋面舗装の施工ジョイントの隙間（写真1-⑨）、地覆内鉄筋の腐食箇所等が水みちとなる事例（写真1-⑩）、伸縮装置の後打ちコンクリート（写真1-⑪）の充填不良などによっても発生する。



写真1-⑨ 舗装の施工ジョイントから水が浸入し土砂化が発生した事例



写真1-⑩ 地覆の鉄筋腐食区間から床版への水の浸入が懸念される事例



写真1-⑪ 舗装の施工ジョイントから水が浸入し土砂化が発生した事例

写真1-⑫の左は、シート防水（常温接着型）の敷設後タイヤローラーなどで圧着を行った直後の状態で、シート下に空気泡が残っている事例である。この対策としては、写真1-⑫の右に示すように空気泡やヨレをカッターで潰して加熱アスファルトで切り口を塞ぐという補修方法がとられている。RC床版は上面の平坦性が低く、シートを空気泡なしで貼ることはほぼ不可能である。

写真1-⑬は、シート防水の重ね継手部分がはがれている事例である。これは、シートの接着力が低下した箇所において、風などの影響でシートが捲れ上がり、はがれたものと考えられる。また、シートの接着力低下の原因としては、シート敷設完了から舗装までの期間の長期化やシート内の空気泡やヨレ等が考えられる。



空気泡をカッターで潰して加熱アスファルトで補修

写真1-⑫ シート防水内の空気泡をつぶして補修



シート敷設後から時間が経過した場合やシートのヨレや空気泡が多い箇所では、風などの影響によりシートの重ね継手部分からはがれてしまう。シートの端部を加熱アスファルトで補修し防水しないと漏水の原因となる。

写真1-⑬ シート防水の重ね継手部分のはがれ

写真1-⑭は、シート防水の敷設作業に丁寧さを欠いてヨレや空気泡が多く発生し、貼り直しが必要となった事例である。写真1-⑮はシートの補修や貼り直しをした事例である。この事例では、空気泡の補修が多い箇所では5ヶ所/m<sup>2</sup>もあった。シート防水の施工方法については、丁寧さを含めた手順等の見直しが必要である。



写真1-⑭ 空気泡やヨレなどによりシート防水の貼り直しが必要となった事例



写真1-⑮ シートの補修や貼り直しをした状況

写真1-⑩は橋面舗装の基層合材舗設時に型枠からこぼれ落ちた混合物を、運搬車両などの施工機械が踏みつぶしてシートに穴が空いている状態である。シート防水の性能確保には、橋面舗装の施工方法も含めた手順等の見直しが必要である。

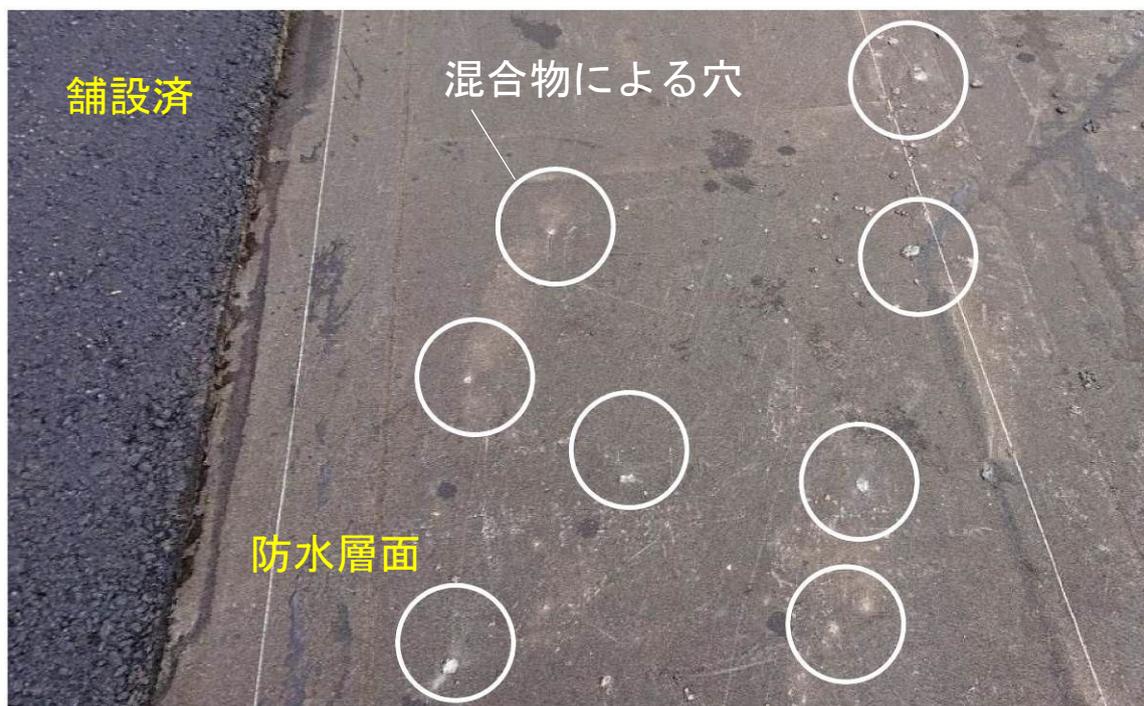


写真1-⑩ 舗設時に飛散した混合物によるシートの破損

また、シート防水は橋面舗装の部分補修などにより、その一部がはがされるとそこが弱点となり漏水の原因となりやすいことや、防水工の更新時には交通規制が伴うことから、限られた規制時間内で防水工の機能を完全に回復することが難しい。さらに、劣化や漏水が生じても、補修計画の都合上適切な時期に舗装および防水工が更新されない可能性もある。

このように、現在、数多く用いられている常温接着型のシート防水は、防水性能の確保という点で様々な課題がある。防水工の機能確保が、土砂化の発生を抑制するための前提条件である事を十分認識する必要がある。

### 3) RC床版の材料劣化の要因

東北地方のRC床版は、寒冷と凍結抑制剤の影響によって、材料劣化が起きやすい環境に置かれている。以下に東北地方のRC床版の材料劣化の要因について述べる。

#### ① 凍結抑制剤の散布状況

東北地方はほとんどが積雪・寒冷地域であり、冬期には凍結抑制剤を散布する。図1-⑥および図1-⑦の地図内の青色は寒冷の程度を示しており、青色が濃いほど寒冷の程度が厳しい事を示している。図1-⑥の国道上の着色は、平成27～29年度の除雪工区毎の凍結抑制剤の平均散布量を示したものである。同じ除雪工区内であっても、薬剤散布車が出動すれば凍結抑制剤を必ず散布する、急カーブや急勾配の区間、日陰や橋梁などの凍結しやすい区間と、状況に応じて凍結抑制剤を散布する区間があり、図1-⑥は、その除雪工区の凍結抑制剤の散布量を路面面積で除して、1kmあたりの2車線道路の平均散布量として示したものである。一方、図1-⑦は、橋梁部分は必ず散布する区間であることに

着目し、単位面積当たりの標準散布量（15～30g/m<sup>2</sup>）と薬剤散布車の出動回数から、橋面上の平均散布量を1kmあたりの2車線道路の換算値として示したものである。多くの場合、橋面上の凍結抑制剤の散布量は、除雪工区の平均散布量の2～4倍程度となっており、橋面上では多量の凍結抑制剤が散布されていることがわかる。

NaCl（塩化ナトリウム）を主成分とする凍結抑制剤は、塩害、凍害、アルカリシリカ反応（以下ASRと記載）を促進させることが知られており、東北地方のRC床版は、凍結抑制剤によって材料劣化が進行するリスクの高い環境にあると言える。

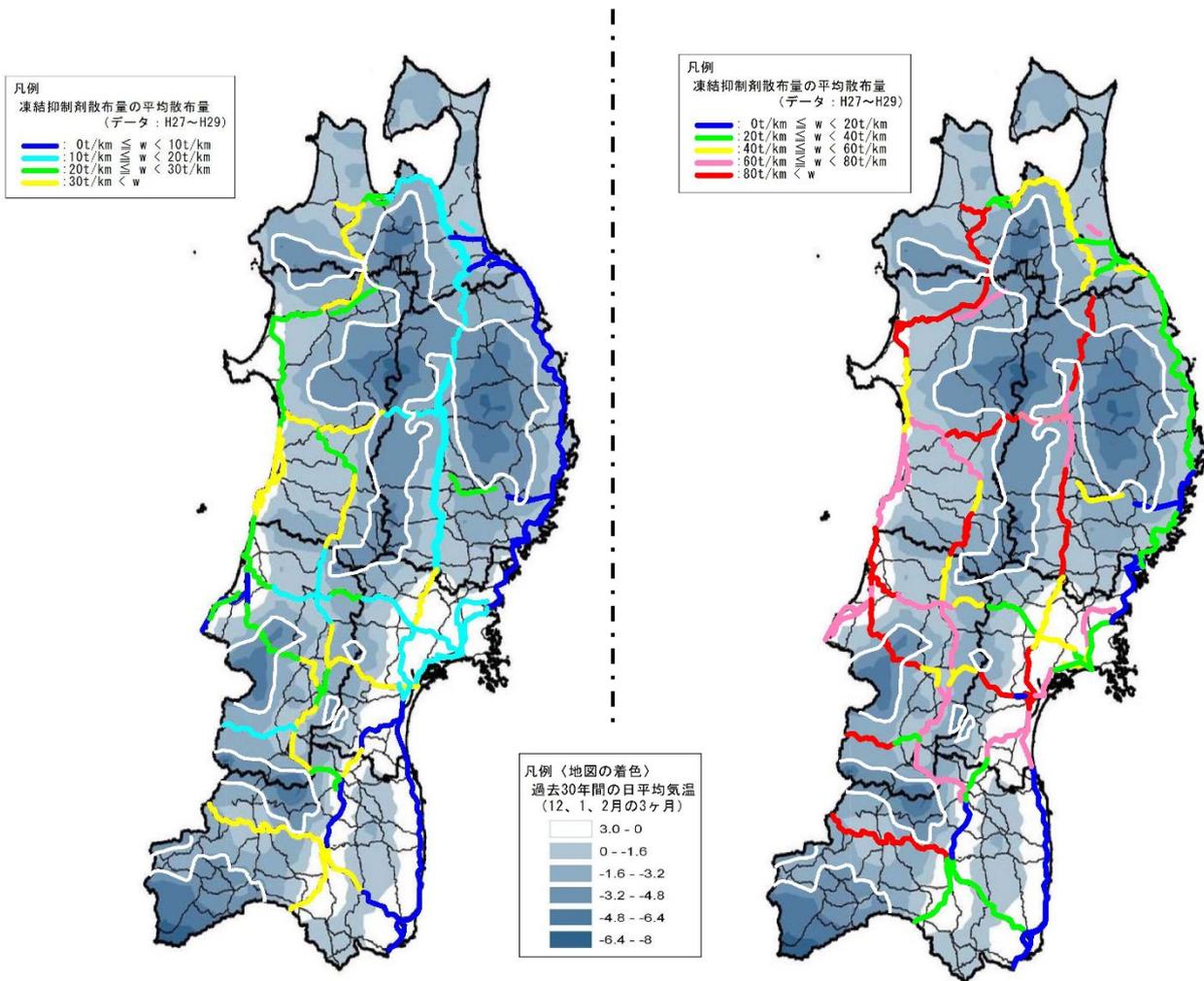


図1-⑥ 除雪工区の凍結抑制剤の平均散布量

図1-⑦ 橋面上の凍結抑制剤の平均散布量

## ② RC床版に発生する水平ひび割れの影響

RC床版が活荷重による繰返し作用を受けると、RC床版下面にひび割れなどの損傷が確認されていない段階であっても、写真1-⑱のように上縁鉄筋に沿って水平ひび割れが発生することが、実構造物での確認や輪荷重走行試験の結果、または構造解析により確認されている。

写真1-⑱は、RC床版の打換え工事において撤去したRC床版（S55年竣工）の上縁鉄筋に沿った水平ひび割れとその上部コンクリートの劣化状況を示している。このように床版コンクリートが脆弱化すると、これに伴い橋面舗装にひび割れやポットホール、土砂状の噴出物といった変状が確認される場合が多い。

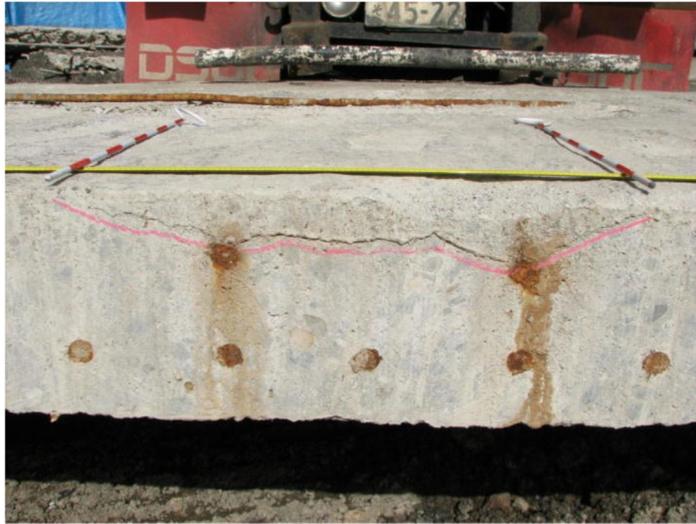


写真 1 - ⑰ R C床版の水平ひび割れ



写真 1 - ⑱ 床版交換により撤去したR C床版（S 5 5年竣工）の上縁鉄筋に沿ったひび割れとその上部コンクリートの劣化状況

現在R C床版に行われている防水工は、前述したとおりに新設後10年間で約半数程度に漏水が確認されていることから、R C床版上面からはもとより、水平ひび割れに沿っても凍結抑制剤混じりの水がコンクリート内部に浸透する。

このため、図1-⑧に示すように、タイヤの走行軌跡に沿った部分では、水平ひび割れに囲まれた部分で土砂化が進行し、凍結抑制剤の塩分が浸透したコンクリートでは、塩害、凍害、A S Rが促進されるリスクが高くなる。

このように凍結抑制剤の多量な散布と、漏水しやすい防水工及びR C床版に発生する水平ひび割れによって、床版コンクリート内部に凍結抑制剤の塩分が浸透するため、床版コンクリートは土砂化以外にも塩害、凍害、A S Rなどの材料劣化が進行しやすくなっている。

以下に、R C床版の塩害、凍害、A S Rの現況を述べる。

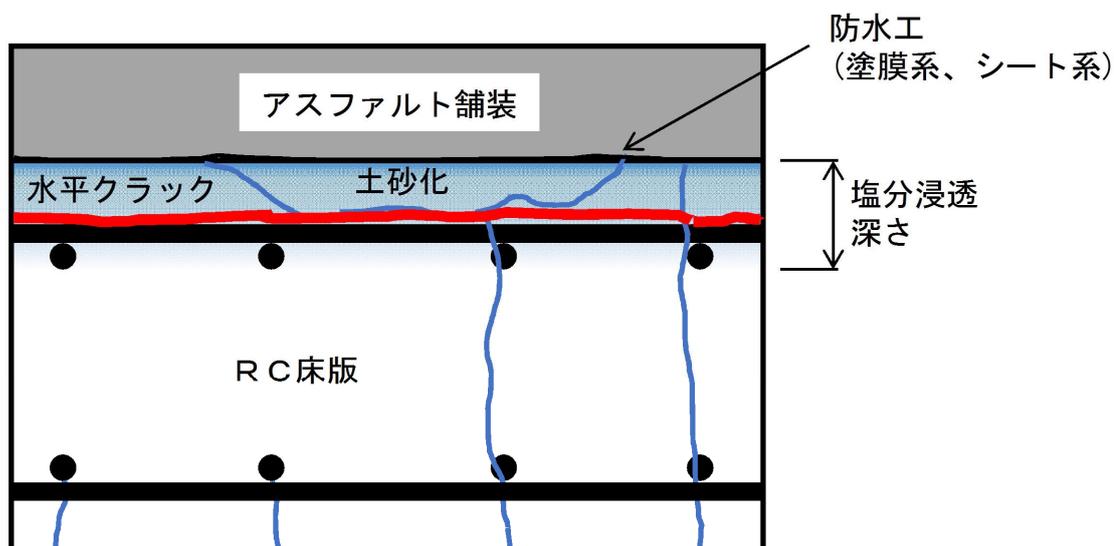


図1-⑧ 凍結抑制剤の影響を受けるRC床版のイメージ図

### ③ 凍結抑制剤散布による塩害

凍結抑制剤散布によるRC床版の塩分浸透を実測した事例を、図1-⑨に示す。

この床版では、コンクリート表面付近の多いところで約  $5 \text{ kg/m}^3$ 、深さ約  $3 \text{ cm}$  付近で約  $2 \text{ kg/m}^3$  の塩化物イオン量が確認された。写真1-⑱は橋面舗装を撤去した状態であるが、既に上縁鉄筋が腐食していることがわかる。

このように、凍結抑制剤散布による塩化物がRC床版に浸透している事例が多く、今後も冬期間に塩化ナトリウムを主成分とする凍結抑制剤の散布が続けられることから、将来、多くのRC床版で塩害を含む複合劣化が顕在化する恐れがある。

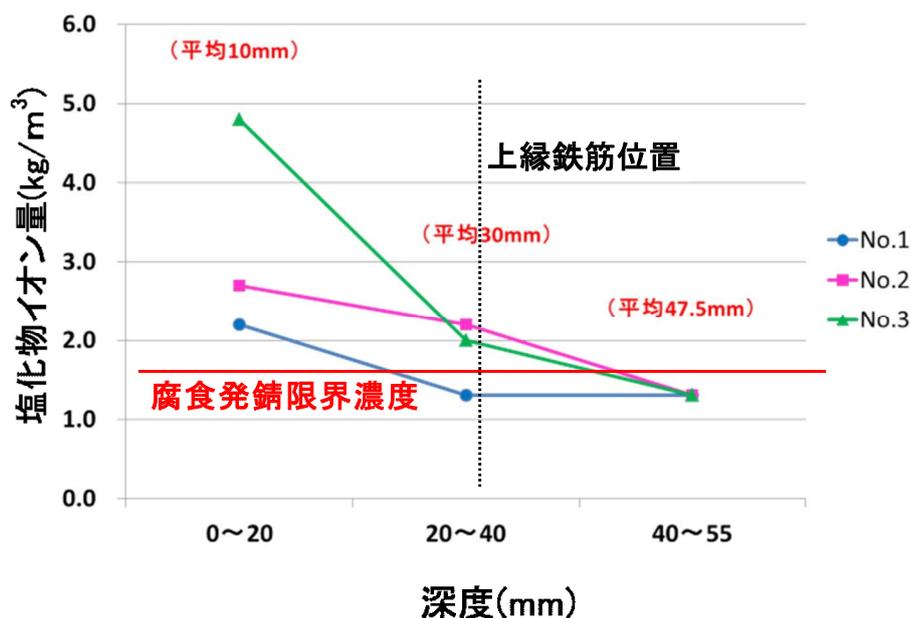


図1-⑨ RC床版内部の塩化物イオン量 (秋田県 国道7号)

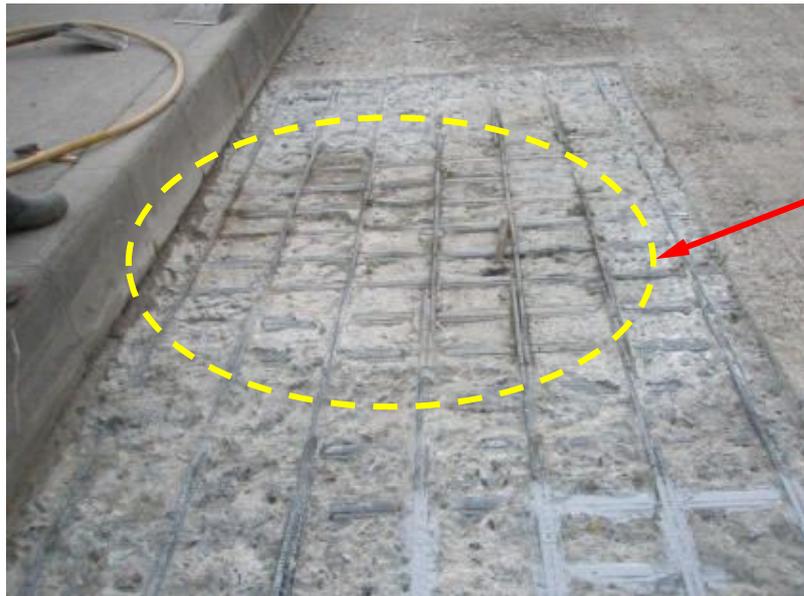


写真 1-⑱ 塩害等による上縁鉄筋の腐食事例 (秋田県 国道7号)

図 1-⑩に、全国の高速自動車国道において計測された床版コンクリート上面の表面塩化物イオン量と年間の凍結抑制剤散布量の関係を示す。

測定橋梁により、散布量と表面塩化物イオン量の相関性にバラツキが見られるものの、大半のケースでは腐食発生限界濃度 (床版の標準的な配合である W/C=55% の場合  $1.75\text{kg/m}^3$ ) を超えている。

床版コンクリートは、舗装や防水工によって塩害から完全に守られているわけではないため、床版コンクリート自体が塩害を起こさないようにすることが重要である。

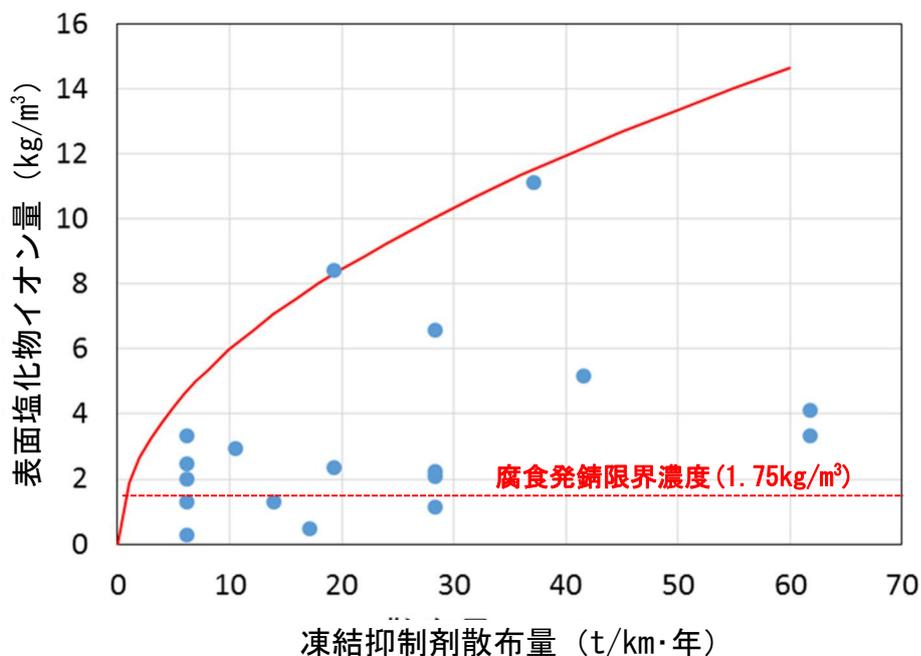


図 1-⑩ 高速自動車国道における床版コンクリート上面の表面塩化物イオン量と年間の凍結抑制剤散布量の関係

#### ④塩分環境下の凍害

管内橋梁では、RC床版の明確な凍害劣化の事例は確認されていない。

しかし、写真1-⑳は、コンクリート橋の外桁下部において凍害を含む複合劣化が生じた事例であり、凍結抑制剤の散布環境下では、凍害によるスケーリングが顕著に現れている。



写真1-⑳ コンクリート橋の外桁下部に凍害を含む劣化が生じた事例

写真1-⑳は凍害が生じたRC床版上面の劣化過程を示したものである。凍害の初期段階では、(d)のように層状のひび割れが床版上部に発生し、その後(c)のようにひび割れが内部に進展する。最終的には(b)のように床版上面の土砂化に至ることを示したものである。

このように、凍害の初期劣化が床版上面で発生していることから、耐凍害性の低いRC床版では、路面排水等からの水の供給により凍結融解作用を繰り返す、凍害が発生すると考えられる。

特に、凍結抑制剤の散布環境下では、凍害によるスケーリングが促進されることが明らかとなっている。



(a)切断面の全景



(b) III部の範囲の拡大



(c) II部の範囲の拡大



(d) I部の範囲の拡大

As  
舗装  
RC  
床版

写真1-㉑ RC床版の凍害劣化過程

(澤松俊寿、岡田慎哉、西弘明、三田村浩、松井繁之：46年間供用した寒冷地における道路橋RC床版の劣化損傷状況、土木学会第68回年次学術講演会講演概要集、I-414、pp.827～828、土木学会、2013.)

### ⑤塩分環境下のASR

これまでRC床版では、化学法等によって無害と判定された骨材を使用してきたが、飛来塩分や凍結抑制剤散布に由来するアルカリ成分の追加供給によって、ASRによる膨張が生じる場合があることが近年解明されつつある。

そこで、東北6県の主要な地域のコンクリート製造工場に骨材（いずれも化学法等で無害と判定された骨材）の提供を依頼し、実際に流通しているセメントや混和剤などを使用した配合（24N/mm<sup>2</sup>・40N/mm<sup>2</sup>）によるコンクリートで供試体を作製し、凍結抑制剤の散布環境下を模したSSW試験でASRの反応性を確認した。

図1-⑪-1に示すように、骨材提供のあった45のコンクリート製造工場の内、約3割超にあたる15の製造工場でASRによる顕著な膨張が確認された。このことは、現在流通している生コンクリートにおいても、塩分環境下ではASRによる顕著な膨張が今後生じる可能性があることを示している。

また、SSW試験（試験期間182日（6ヶ月））において、91日（3ヶ月）未満で膨張が確認されたものを「促進型」、91日（3ヶ月）以上で膨張が確認されたものを「遅延型」に分類すると、27供試体（ASRによる顕著な膨張を示した15の製造工場）のうち約70%（19供試体）が「遅延型」に分類された（図1-⑪-2）。

「遅延型」は、凍結抑制剤散布の影響を受けても、初めのうちは変状が見られないものの、凍結抑制剤の散布によりアルカリ成分が追加供給されることで、ある時点から急激な膨張を示す可能性がある。したがって、現時点でASRによる顕著な膨張が確認されていない地域の骨材であっても、アルカリ成分の追加供給により、将来ASRが確認される場合がある。

なお、SSW試験は、反応性判定試験法である「コンクリートのアルカリシリカ反応性判定試験法（JCI-AAR-3）」において、供試体を包む保水紙に含まれる真水を20%NaCl水溶液に置き換えた試験法である。試験に用いる供試体は、セメントの全アルカリ量がNa<sub>2</sub>O<sub>eq</sub>で1.2%になるようNaOHで調整したφ10×20cmの円柱、もしくは10×10×40cmの角柱供試体を、材齢1日で脱型し、20%NaCl溶液で濡らした保水紙で包み、40℃で26週間、密閉されたビニール袋の中で保管するものである。

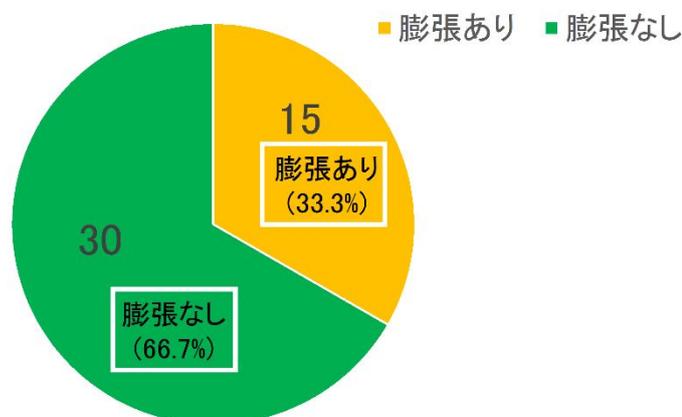


図1-⑪-1 45製造工場のSSW試験結果  
(化学法等で無害とされた骨材を使用)

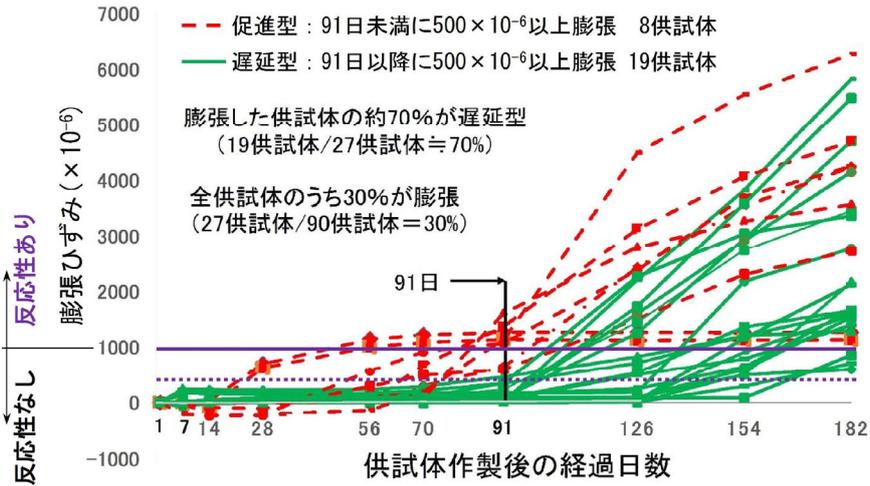


図1-⑪-2 顕著な膨張を示した骨材を用いた供試体の膨張状況

図1-⑫-1、2に、ASRによる顕著な膨張を示した5製造工場の供試体によるSSW試験の結果を示す。

普通ポルトランドセメントを使った供試体においては、91日未満に膨張しはじめる「促進型」と、91日以降に膨張しはじめる「遅延型」があり、異なる膨張の過程が生じることがわかる。

一方で、高炉セメントB種（図1-⑫-1）、または、普通ポルトランドセメント量を一定のもと、20%程度のフライアッシュを混和材として使用した場合（図1-⑫-2）では、ASRによる顕著な膨張を十分抑制できている。

このように、混合セメントは塩分環境下であっても十分なASRの抑制効果があり、製造工場の骨材産地が変更となった場合でも抑制効果が期待できるため、塩分環境下ではASR抑制効果のある混合セメントの使用を基本とした。

道路橋のRC床版は、凍結抑制剤散布の影響を受ける部材であり、アルカリの追加供給によりASRが発生すると、補修による延命化は困難となり更新を余儀なくされる。

そのため、塩分環境下においてはASR抑制効果のある混合セメントを使用することがRC床版の耐久性を確保する上で重要となる。

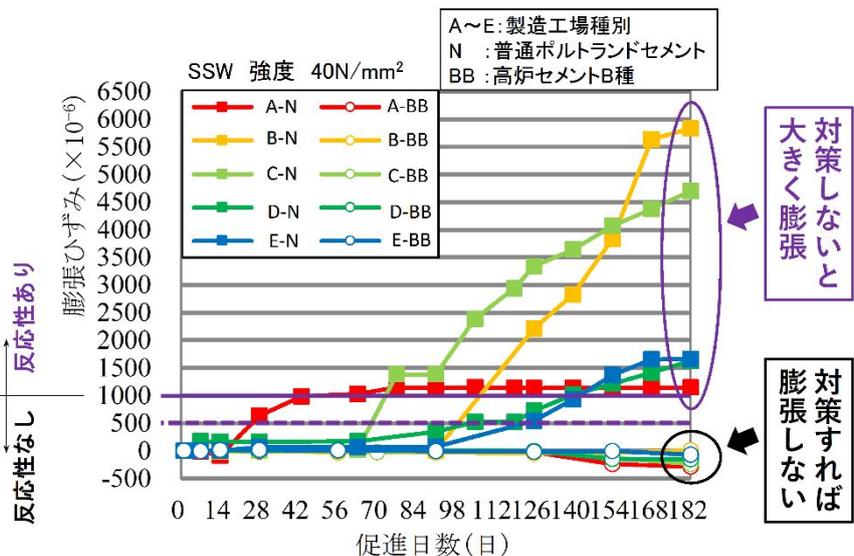


図1-⑫-1 高炉セメントによるASRの抑制効果

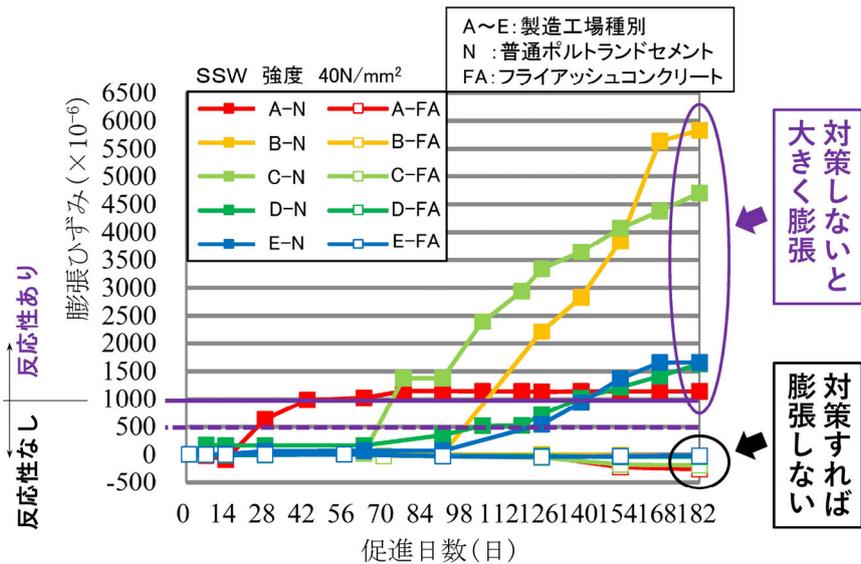


図1-⑫-2 フライアッシュコンクリートによるASRの抑制効果

#### 4) 東北地方のRC床版の目指すべき方向

##### ① 走行車両の軌跡を考慮した主桁配置

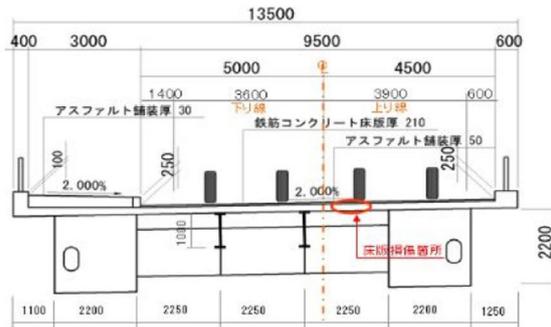
写真1-⑫は、秋田県内で土砂化を起こした橋梁（橋長263.6m）のRC床版である。この床版は、度重なる土砂化や床版の抜け落ちが発生したため、プレキャスト床版により緊急打換えを実施した。この床版の打換えに要した費用は新設RC床版の約4倍となっている。

このように連続高架橋や長大橋などの橋梁では、当初計画にない床版の緊急打換えが生じると予期せぬ補修費用が発生し、管理橋梁全体の修繕計画に大きく影響する。



写真1-⑫ 床版の土砂化により緊急打換えを実施した橋梁

この橋梁では、写真1-⑬に示すように、鋼箱桁と縦桁間のRC床版が、走行車両の軌跡に沿って縦断的に土砂化しており、補修しても再劣化が何度か発生し、結果的に緊急打換えをせざるを得なくなった。このため整備局では、鋼橋の主桁配置にあたって、鋼重による経済性のみで決定するのではなく、RC床版の耐久性向上を目指し、走行車両の軌跡を考慮して決定するように変更している。（図1-⑬参照）



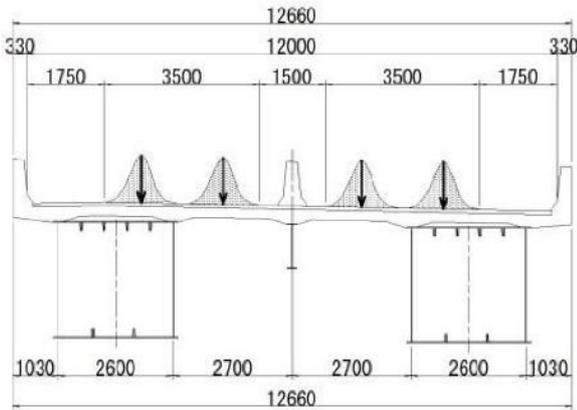
走行車両の軌跡となる鋼箱桁と縦桁間のRC床版が縦断的に土砂化しやすい。補修しても再劣化しやすく、しかも抜け落ちが生じやすい。



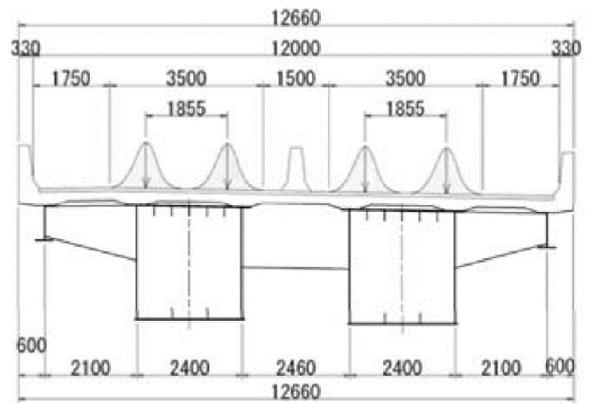
部分的に舗装のオーバーレイ(特に帯状)をしているが、舗装から噴出物がある場合は床版が土砂化している可能性が高い。

写真 1-⑳ 走行車両の軌跡に沿った縦断的な土砂化

(従来の配置)



(新たな配置)



剛性の高い箱桁と剛性の低い縦桁に支えられた形式では、輪荷重の作用によるたわみ差がRC床版の疲労耐久性に影響し、これによる床版の損傷も確認されている。

主桁配置は鋼重による経済性だけではなく、床版の疲労耐久性向上の観点から、車両の軌跡を考慮して決定する必要がある。

図 1-㉑ 大型車の軌跡を考慮した主桁配置

【設計施工マニュアル(案) (道路橋編) 平成 28 年 3 月】

## ② 防水工の性能の確保と橋面舗装の長寿命化

土砂化の抑制のためには、防水工の丁寧な施工による防水性能の確保を図る必要がある。一方、防水工は舗装の全面切削時に更新が必要となり、防水工の更新が片側交互通行規制の中で行われることや、限られた通行規制時間内での施工となることから、更新後の防水工は、新設時よりも防水性能が劣る場合が多い。このため橋面舗装は、表層のみを計画的に打替える適切な維持管理とともに、基層の耐久性を高めて、舗装の全面切削までの期間を延ばし、極力防水工の寿命を延ばすような対策が必要である。

### ③ 複合防御網によるRC床版本体の耐久性確保

防水工の性能確保が十分ではないことや、早い段階からRC床版に水平ひび割れが発生するという前提に立って、東北地方におけるRC床版は、凍結抑制剤による塩分の浸透に伴う塩害、凍害、塩分環境下のASRによる劣化を防止する必要がある。

現在、RC床版の複合劣化に関して、対策を明示した基準類は存在しない。そこで、本手引きではRC床版に劣化が生じないように、図1-⑭に示す考え方によって対応することとした。すなわち、RC床版に発生する4つの劣化に対し、それぞれに複数の対策が機能するように複合防御網を施し、合理的かつ効率的に劣化に対するリスクを極力軽減させることとした。

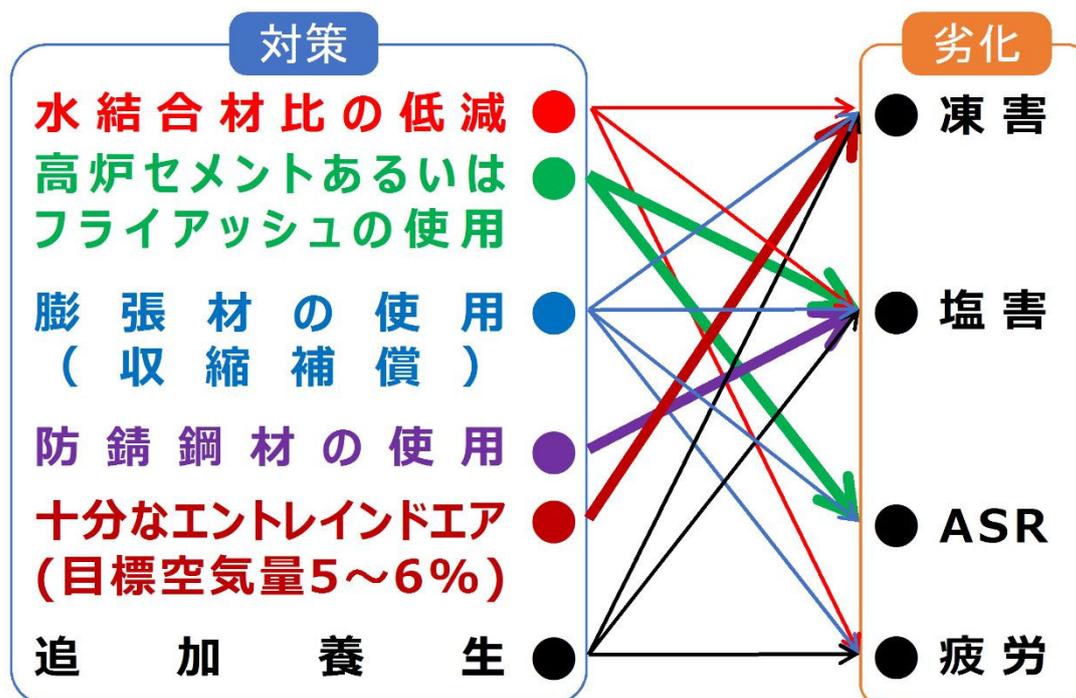


図1-⑭ RC床版の耐久性確保を目指した複合防御網の考え方

図1-⑮及は、従来RC床版のコストと、セメントを普通セメントから高炉セメントに変えて耐久性を確保した床版、および写真1-⑳の橋梁で、RC床版の緊急打換えで使用したプレキャスト床版のコストを比較したものである。高炉セメントを使用して耐久性を確保した床版は、鉄筋は普通鉄筋を使用していたが、それをエポキシ樹脂塗装鉄筋に代えた場合のコストも示した。

写真1-⑳の橋梁のRC床版の打換え費用は、プレキャスト床版であるため従来のRC床版の約4倍の費用がかかっている。一方、耐久性を確保した床版は、従来のRC床版よりも約3~4割増の費用となっている。

従来仕様のRC床版が土砂化やそれに伴う材料劣化で、40年前後で打換えになっており、その際のコストが既設床版の撤去費を含めて新設時の約4倍もかかっていることから、従来仕様よりも約3~4割コストがかかっても、新設時に耐久性を確保しておくことが、ライフサイクルコストを考えた場合には合理的であることがわかる。

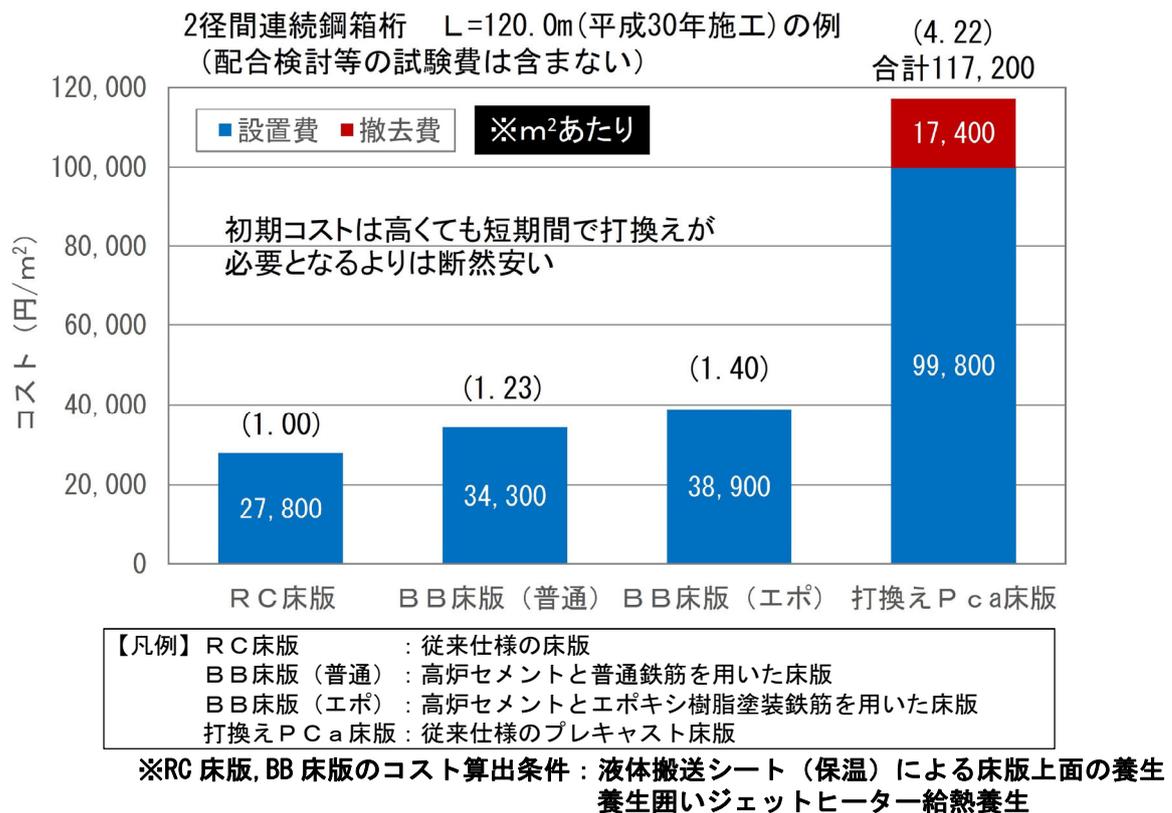


図1-⑮ 床版施工に伴う費用比較の例 (m<sup>2</sup>あたりの直接工事費) (高炉セメント使用)

※現場条件により上記コストは変わる事に留意が必要

#### ④ 東北仕様による三位一体の耐久性確保

このように東北地方のRC床版については、防水工の丁寧な施工により防水性能を確保し、耐久性の高い基層を用い、併せて表層のみを打換える適切な維持管理を行い、橋面舗装の全面切削による防水工の全面打替えまでの期間を延ばし、東北地方の気象環境、供用環境を考慮した複合防御網によって、RC床版本体の耐久性を確保する考え方が重要である。

## 2章 適用の範囲等

### 2.1 適用の範囲

この手引きは、新設する道路橋RC床版の耐久性確保のための試行工事に適用する。

#### 【解説】

東北地方のRC床版は、従来の設計で想定しているような疲労損傷の過程を経ている例は少なく、凍結抑制剤を散布開始以降、管内の多くの箇所で疲労破壊よりも先に土砂化が発生している。この土砂化は、重交通路線だけではなく、比較的交通量の少ない路線でも発生しており、東北地方における寒冷な気象条件や凍結抑制剤の散布による凍害・塩害・ASRに疲労を加えた複合劣化が土砂化の主要因と言われている。したがって、東北地方においてRC床版の耐久性を確保するためには、この土砂化に対する対策が必要不可欠となっている。

SIP床版サブプロ<sup>リ</sup>では、これらの複合劣化に対する機構の解明および対策の提案を行っている。一方、整備局ではこれらの研究成果を踏まえ、新設する道路橋のRC床版の耐久性確保を目指して試行工事を行っている。

この手引きは、SIP床版サブプロの研究成果に、完了した試行工事の結果を反映させとりまとめたものである。

一方で、現時点ではこの手引きで示した複合防御網の考えを取り入れたRC床版の施工事例が少ないことから、当面の設計・施工上の対応を示したものとなっており、今後の実績の積み重ねにより得られた知見により、本手引きの改善を図る必要があることから本手引きは新設する道路橋RC床版の耐久性確保のための試行工事に適用するものとした。

参考文献 1) 凍結抑制剤散布下におけるRC床版の耐久性確保の手引き(案)、SIPインフラ 維持管理・更新・マネジメント技術「道路インフラマネジメントサイクルの展開と国内外への実装を目指した統括的研究」、平成28年10月 ( [https://www.jst.go.jp/sip/dl/k07/k07\\_RC.pdf](https://www.jst.go.jp/sip/dl/k07/k07_RC.pdf) )  
[SIP：戦略的イノベーション創造プログラム (内閣府) ]

### 3章 品質・耐久性確保のための留意点

- 1) 品質・耐久性確保を図る試行工事を行う監督員および施工者は、コンクリート構造物の品質が施工段階、特に打込み・締固めを行う日の施工方法の良否でほとんど決定され、品質の低下が、設計段階で確保しようとした耐久性も低下させる場合があることを認識しなければならない。
- 2) 監督員および施工者は、品質・耐久性確保を図る試行工事の意義を理解し、品質・耐久性確保上の課題に対して、公共工事の品質確保の促進に関する法律の基本理念に基づき、それぞれの役割分担に応じて、受発注者が協働して解決にあたるように努めなければならない。
- 3) 監督員は、施工者に対して品質・耐久性を求めている姿勢を明確に示すとともに、コンクリート構造物の品質・耐久性確保のため、施工者に、施工段階で品質や耐久性の低下をまねかないように施工中に生じる不具合の抑制を促すように努めなければならない。
- 4) コンクリート構造物の品質・耐久性確保のため、施工者は施工中に生じる不具合の抑制に向けて、施工方法の改善に努めなければならない。

#### 【解説】

##### 1) について

コンクリート構造物の耐久性は設計段階で、品質は施工段階で決定される。東北地方のように凍結抑制剤散布環境下では、既設構造物で確認されている「凍害」「塩害」「ASR」「床版の土砂化」などが発生しないように設計段階で耐久性を確保する必要がある。一方で床版の土砂化は、床版表面に滞水した水の上を車両が走行すると、床版内部の細孔空隙内に非常に大きな水圧が発生し、これによりモルタル分が破壊されて、床版コンクリートが「土砂状」または「砂利状」になることによって生じると言われている。

このことは、滞水の原因となった床版の平坦性の低下や防水工の不具合、かぶりコンクリートの締固め不足による密実性の低下など、施工段階での品質の低下が耐久性も低下させる場合があることを示している。

このように、コンクリート構造物の品質・耐久性は、コンクリートを打込み・締固めする日の施工方法の良否でほとんど決定され、品質の低下が設計段階で確保しようとした耐久性も低下させる場合があり、監督員も施工者も、このことを十分認識しておくことが、コンクリート構造物の品質・耐久性確保において重要である。

##### 2) について

現状、多くの既設のコンクリート構造物において、品質・耐久性が確保されていないという実態の改善を目指すのが、品質・耐久性確保を図る試行工事の目的である。コンクリート構造物の品質・耐久性は、施工方法の良否でほとんど決まるといっても、施工者の努力だけでは限界がある。例えば、工期内では施工が夏期となり、凝結時間が早くなること

から、スランプの増大や凝結遅延剤の使用、施工時期を夏期から外すなど、監督員の判断を必要とする場合が少なくない。公共工事の品質確保の促進に関する法律第三条基本理念第1項には「公共工事の品質は、公共工事が現在および将来における国民生活および経済活動の基盤となる社会資本を整備するものとして社会経済上重要な意義を有することに鑑み、国および地方公共団体並びに公共工事等（公共工事および公共工事に関する調査等をいう。以下同じ。）の発注者および受注者がそれぞれの役割を果たすことにより、現在および将来の国民のために確保されなければならない。」と規定されている。この法律の趣旨に鑑み、コンクリート構造物の品質・耐久性確保を図るためには、受発注者がそれぞれの役割に応じて、課題解決に向けて協働で取り組むように努める必要がある。

### 3) について

品質・耐久性確保を図る試行工事は、品質・耐久性確保に向けて様々な試行を行うために発注者が設定した工事である。したがって、監督員が品質や耐久性に関心がないと施工者が感じてしまうと、施工者も苦勞して品質・耐久性確保を図ろうとは思わなくなるため、品質・耐久性確保を図る試行工事がうまくいかなくなる場合が多い。このため、品質・耐久性確保を図る試行工事の監督員は、施工者に対して品質・耐久性を求める姿勢を明確に示すことが重要である。例えば施工前に元請けの施工者と協力業者の技能者が集まって、事前に施工方法の確認を行う周知会に監督員も参加して、監督員から品質・耐久性確保の意義や重要性を話す等の積極的な姿勢を示すことが必要である。その上で、監督員は、コンクリート構造物の品質・耐久性確保に向けて、施工中に生じる不具合の抑制を促すように努めなければならない。

### 4) について

施工者は、監督員から示された施工中に生じる不具合の抑制という目標に向けて、施工の基本事項の遵守の徹底や不具合を無くすための施工上の工夫を、実際に施工を行う技能者に周知し、施工当日の役割分担を明確にするため、施工日の前日等に関係者を集めて周知会を行うことが重要である。また、脱型後に改善を要する不具合が確認された場合には、協力業者とともにそのリフトの施工の振り返りを行い、問題点を探り、改善策を検討し、次のリフトの施工に改善策を反映するなどして、不具合の抑制に努め、品質の低下による耐久性の低下をまねかないようにすることが重要である。

## 4章 東北地方におけるRC床版の設計・施工

### 4.1 設計一般

- 1) RC床版の厚さ、配筋、かぶり等は道路橋示方書の規定により設計することを基本とする。ただし、重要な交通インフラを跨ぐ橋梁については、床版上面かぶりを増すなどの対策を行ってもよい。
- 2) 主桁または縦桁の配置は、大型車両の繰返し荷重が床版に与える影響を考慮して定めるものとする。

#### 【解説】

#### 1) について

##### ①設計一般

この手引きによるRC床版の試行工事では、東北地方特有の複合劣化を抑制し、耐久性を確保することを目的としている。床版の疲労耐久性は、自然環境や供用環境などによる劣化を除けば、大型車両の繰返し荷重に対して安全となるように設計されるため、床版の厚さ、配筋、かぶり等は、従来どおり道路橋示方書に基づき設計することを基本とした。

##### ②かぶり対策

高速自動車国道や鉄道などの重要な交通インフラを跨ぐ橋梁においては、交差条件から施工上の制約が大きく補修や更新が容易に行えない。そのため、他の橋梁とは区別して床版上面のかぶりを増すなどの対策を行ってもよいこととした。床版上面のかぶりを設計段階から厚くしておくことで、従来よりも床版コンクリート内部への塩化物の浸透を抑制できる。

橋面舗装は供用期間中に複数回の舗装打換えが行われることとなる。橋面舗装の撤去は、施工時間の制約等から路面切削機のみで行っているのが一般的であり、舗装を撤去する際に床版上面のかぶりコンクリート部分までも削り取っている事例が多い。床版上面のかぶり厚さは耐久性に大きく影響することから、重要な交通インフラを跨ぐ橋梁においては、床版の設計断面とは別に、かぶりの余裕代として10mm程度を確保するのがよい。

ただし、床版の設計ではこの余裕代を設計断面として考慮しないものとするが、主桁の設計時はこの余裕代分の死荷重を見込む必要がある。特に中間支点上の負曲げモーメント領域においては、力学的な影響を設計段階で確認しなければならない。

#### 2) について

主桁または縦桁の配置はRC床版の疲労耐久性の観点より、大型車両の繰返し荷重が床版に与える影響を考慮して定めるものとする。この規定は「設計施工マニュアル（案）道路橋編（平成28年3月）」において標準化されているので、参考にするのがよい。

## 4. 2 耐久設計

- 1) RC床版の土砂化などの複合劣化を防止するために、複合防御網の考え方を取り入れて適切な耐久設計を行い、仕様を定めなければならない。
- 2) かぶりコンクリートの緻密性、耐久性を確保するために、コンクリートの水結合材比を適切に定めるものとする。
- 3) 塩害を抑制するために、凍結抑制剤の散布量が多い区間では防錆仕様の鉄筋を検討するものとする。
- 4) 凍害を抑制するために、硬化後のコンクリート中に所要のエントレインドエアが連行されるように、凍害区分に応じて適切な空気量の目標値を設定するものとする。
- 5) 凍結抑制剤の散布環境下におけるASRを防止するために、抑制効果のある混合セメントや混和材を使用することを標準とする。
- 6) 主桁の拘束等によるRC床版のひび割れを適切に抑制しなければならない。

### 【解説】

#### 1) について

凍結抑制剤の散布環境下において生じる複合劣化は、設計供用期間にわたる劣化予測および性能評価が困難なため、基本的には個々の劣化が生じないように、耐久設計をすることを前提とする。この手引きでは、耐久設計を考える上で、RC床版の厚さ、配筋、かぶり等は道路橋示方書の規定によることとした。

また、凍結抑制剤が大量に散布される区間では、塩化物の影響による劣化が生じる過酷な環境を想定している。2)～5)の条項は、それらの環境下のもとで、耐久性を確保するために規定したものであり、この複合防御網の考え方を取り入れた上で、構造設計は通常の方法で行うものとした。

#### 2) について

凍害や塩害等の複合劣化に対し、かぶりコンクリートの緻密性、耐久性が重要であるため、水結合材比を「4. 3 配合計画」に定めている。

### 3) について

#### ①防錆仕様

この手引きによるRC床版の鉄筋は、以下の理由により、必要に応じて防錆仕様のものを検討することにした。

- (a) RC床版内への浸水を完全に防ぐことは防水層の施工精度上難しい。
- (b) 舗装の損傷により防水層の機能が低下しても、適切な時期に防水層の打換えが行われない可能性がある。
- (c) 防水層から入り込んだ塩分混じりの路面排水の影響により、凍害・塩害・ASRなどが発生し、床版のひび割れ等から鉄筋の腐食につながる。
- (d) RC床版は、設計上ひび割れを許容する部材であり、疲労により貫通ひび割れが発生する部材である。

このように、防水層の機能には限界があり、塩分混じりの路面排水が床版鉄筋にまで浸透するリスクが高いこと、道路橋示方書では、鉄筋コンクリート構造の塩害対策区分Sや区分Iでは、かぶりを増す対策のみでは塩害に対する処置としては不十分であるとして、塗装鉄筋等の防食性のある鉄筋を使用していることを踏まえれば、塩害環境と同等の凍結抑制剤が散布される環境下では、同様の対策が必要と考えるべきである。

凍結抑制剤散布量とRC床版の鉄筋の腐食の関係は明らかとはなっていないが、整備局が管理するRC床版の損傷実態調査（図2-①）では、凍結抑制剤の散布量が20t/km・年を境に劣化の傾向に大きな違いが見られる。

以上のようなことから、凍結抑制剤の散布量が20t/km・年以上の地域では、鉄筋は防錆仕様のものを検討するものとした。

ただし、凍結抑制剤とRC床版の劣化や鉄筋腐食の関係は未だ明確ではないことから引き続きデータの蓄積や調査検討を行い見直していくことが必要である。

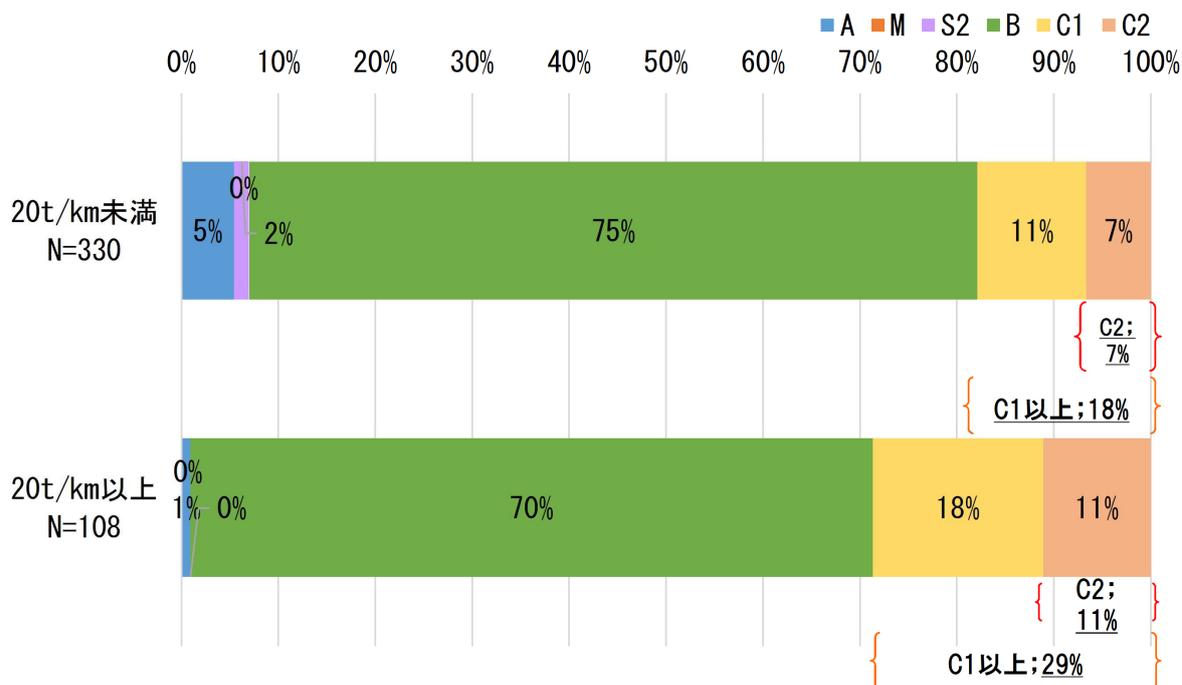


図2-① 凍結抑制剤散布量と橋梁定期点検結果の対策区分  
(定期点検結果より鋼橋RC床版の対策区分を抽出)

## ②凍結抑制剤の平均散布量について

ここでいう平均散布量とは、除雪工区の年間の凍結抑制剤使用量を単純に延長で割り戻したものであり、橋面の散布量でないことに留意が必要である。

一般に、自動車専用道路では、全線散布されているのに対して、一般国道の場合は、交差点や橋梁、日陰などの限定的な区間で散布されているため、平均値で比較した場合は一般国道のほうが半分程度の低い値を示している。

したがって、塩害対策を考えるにあたっては、一般国道の橋梁では、必須と言ってよいほど全面散布されていること、平面線形や縦断線形によるほか、交差点付近に位置する橋梁にあっては通常以上に散布量が多い場合があることに留意する必要がある。

### 4) について

床版コンクリートの凍害は、硬化後のコンクリート中に、気泡径の小さい良質な空気（エントレインドエア）が必要な量で連行されることによって防ぐことができる。空気量の目標値は、荷卸し時の目標空気量を「4. 3 配合設計」の凍害対策区分に応じ定めるものとした。

### 5) について

一般的なASR対策では、コンクリート中のアルカリ量の抑制、抑制効果のある混和材の使用、無害が確認された骨材を使用する方策がある。しかし、凍結抑制剤の散布によりアルカリ成分が外部から追加供給される環境では、アルカリ量の抑制対策は十分とは言えない。

また、無害とされる骨材を選別することも可能ではあるが、地域資源と産業副産物の有効利用等も勘案し、塩分環境下のASRに対して抑制効果のある高炉セメントB種もしくは、フライアッシュを使用するものとした。

なお、これらの混和材はコンクリート中の塩化物イオンの浸透性を顕著に抑制する効果もあるため、複合防御網の面からも有効な対策となり得る。

### 6) について

この手引きでは、セメント量などの結合材が多くなる傾向にあることから、コンクリートの水和熱に伴う温度の上昇・降下とその後の乾燥収縮、さらには桁の拘束等により橋軸直角方向にひび割れの発生が考えられる。

このため「4. 4 ひび割れ抑制対策」により適切なひび割れ抑制対策を行うものとした。

#### 4. 3 配合設計

- 1) 凍害対策ではAE剤を用いて、凍害に有効なエントレインドエアを確保するものとする。荷卸し時の目標空気量を対策種別Sの地域では6.0%（5.0～6.9%）、対策種別Aの地域では5.0%（4.5～6.0%）を基本とする。なお対策種別Sの地域では、学識経験者の助言を受けて実施しなければならない。
- 2) 塩分環境下のASRを防止するため、高炉セメントB種、または普通セメントにフライアッシュを混入したものをを用いなければならない。なお、フライアッシュを混入する場合は、セメント量一定のもと、20%程度の混和材として使用することを基本とする。
- 3) 床版コンクリートの緻密性を確保するため、水結合材比（W/B）を45%程度とする。
- 4) 床版のひび割れ抑制対策として膨張材を用いることを標準とする。
- 5) 床版上面の仕上げ時に十分な平滑性を有しなければならない。

#### 【解説】

##### 1) について

##### ①目標空気量について

耐凍害性に有効なエントレインドエアは、気泡径300 $\mu$ m以下の気泡とされ、より細かい気泡が有効であると言われている。このような、ごく小さな気泡はAE剤によるのみ混入が可能のため、AE剤を用いることとした。

現在のJIS規定では、空気量を4.5 $\pm$ 1.5%としているが、下限となる3.0%程度の空気量では配合や施工環境によって、硬化後の残存空気量が著しく低下する場合がある。そのような場合では、厳しい塩分環境下において十分な耐凍害性（スケーリング抵抗性）が確保できないことが検証されている。2017年制定 コンクリート標準示方書[施工編：施工標準]の配合設計では、寒冷地等で長期的に凍結融解作用を受けるような場合には、所要の強度を確認した上で、6.0%程度の空気量とするのがよいとされている。このため、この手引きにより施工されるRC床版では、表3-①により架橋位置における凍害の対策種別に応じて目標空気量を定めるものとした。

表3-① RC床版の凍害区分と対策の種別

（出展 東北地方における凍害対策に関する参考資料（案）：東北地方整備局）

凍害区分	凍結抑制剤散布量		
	20t/km 以上	20t/km 未満	ほとんどなし
凍害区分3（凍害危険度2～3以上に相当）	S	A	A
凍害区分2（凍害危険度1～2以上に相当）	A	A	A
凍害区分1（凍害危険度1に相当）	A	A	B

注1) 当面、対策の種別S以外の地域は種別Aとし、種別Bは設定しない。

注2) 現地の凍害の実態等から対策を行う地域や対策の種別の判断が難しい場合は

整備局担当課と打合せて決定するものとする。

②対策種別Sの地域について

寒冷地域では、W/B（水結合材比）を45%程度とし、目標空気量を6%とすることにより、高いスケーリング抵抗性が得られることが知られている。

また、対策種別Sの地域においては、いずれの対策を行う場合でも、塩分環境下でのスケーリング抵抗性や硬化後の気泡組織の検討に加えて、他の耐久性についても確認しなければならない（表3-②）。そのため、整備局担当課を通じて学識経験者の技術支援を受けるものとした。

試し練りの段階で実施するスケーリング試験において目安となるスケーリング量（0.5kg/m<sup>2</sup>程度）を大きく超えるような場合には、W/Bの低下や材料（AE剤、膨張材等）を変更する等、配合を修正するのがよい。

ただし、対策種別Aの地域であっても、局所的に凍結抑制剤の散布量が多い場合等は、対策種別S相当の対策を行うのがよい。

表3-② 対策種別Sのコンクリートの配合検討（案）

確認する内容	室内試験による 試し練り	実機ミキサによる 試し練り	模擬床版等による 試験施工
①スランプ	規格値±2.5cm (経時変化を含む)	規格値±2.5cm (経時変化を含む)	運搬・待機・圧送後の スランプ変化
②練り上がり直後の空気量	目標値：6.0% (5~6.9%)	目標値：6.0% (5~6.9%)	—
③空気量の経時変化	目標値からの低下量 1.5%以下	目標値からの低下量 1.5%以下	運搬・待機・圧送後の 空気量変化
④硬化コンクリート圧縮強度	7日, 28日	7日, 28日	7日, 28日
⑤硬化コンクリート中の空気量と 気泡間隔係数	測定	—	締固め時間と気泡間 隔係数の関係 (5, 10, 15秒)
⑥スケーリング試験	目標値 0.5kg/m <sup>2</sup> 程度以下	—	事後確認
⑦その他	試し練りで決定した 配合で以下の試験を 実施する ・コンクリートの 熱膨張係数の測定 ・膨張収縮試験	—	N式貫入試験による 仕上げ時期の確認

※室内試験および実機による試験での経時変化は30分、60分、90分、120分を確認する。

※⑦「熱膨張係数測定」はひび割れ抑制の検証において必要となることから実施する。

また、凍害の対策種別Aの地域はJIS規格による配合となるが、高炉セメントB種やフライアッシュを用いてW/Bを45%程度とすると、標準的な配合とならないことから、対策種別Aの地域にあっても、対策種別Sの地域と同様に試し練りにより配合を検討する必要がある。なお、同一配合であっても、製造工場や使用する骨材が異なると、コンクリート性状に差が生じるため試し練りを行うものとした。ただし、製造工場、骨材、配合が

同じで、打込みの時期もほぼ同じ直近の工事があれば、試し練りを省略してもよい。

## 2) について

化学法等によって無害と判定された骨材であっても、飛来塩分や凍結抑制剤散布に由来するアルカリ成分の追加供給によってASRを引き起こす場合があることが近年解明されてきている。

このような塩分環境下のASRの抑制には、高炉セメントB種又は普通セメントにフライアッシュを混入したフライアッシュコンクリートが有効であることが明らかとなっている。

高炉セメントを用いる場合は、「アルカリ骨材反応抑制対策について」の運用について(国土交通省大臣官房技術調査課長、国土交通省港湾局環境技術課長、国土交通省航空局飛行場部建設課長通達、平成14年7月31日)において、抑制効果のある混合セメント等の使用として、高炉セメントB種ではスラグ混合比40%以上とされており、ASR抵抗性と塩化物イオン浸透抵抗性の両面から、高炉スラグ混合比は40%以上を基本としている。

フライアッシュを使用する場合は、コンクリートのフレッシュ性状や、コンクリート構造物の耐久性に影響をおよぼさないものを用いるものとする。

使用するフライアッシュは、未燃カーボンが多く含まれていると、AE剤が吸着され所定の空気量が確保されなかったり、コンクリートの性状が安定しなかったりという不具合が発生する。

現在のところ、試験施工や各種実験等で、未燃カーボンの混入が少ないとされているのは東北地方では能代火力発電所産のⅡ種灰のフライアッシュであり、当面はこれを標準とする。なお、配合の再現性・施工性・性状の安定性等が確認されれば上記以外のフライアッシュを使用することができる。

フライアッシュの混入量は、セメント量一定のもと、20%程度の混和材として使用することを基本とする(図3-①)。なおその際、粉体量の増加に伴い、粘性が増すことが想定されるため、 $s/a$ (細骨材率)を下げるなどの補正が必要となる。

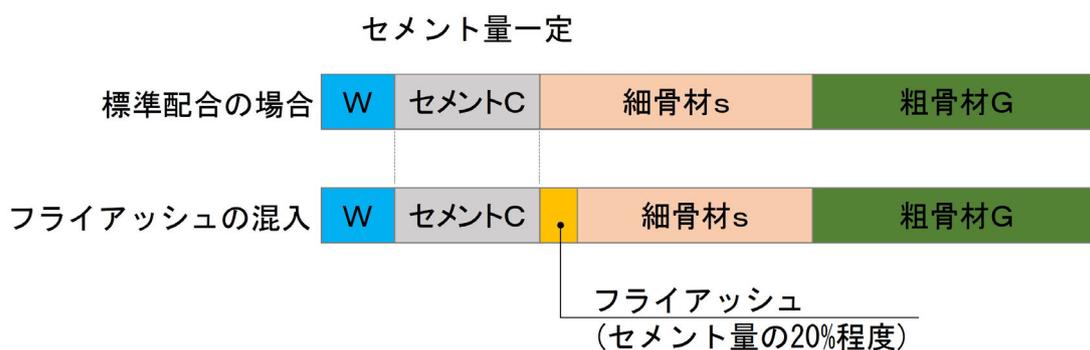


図3-① フライアッシュを用いる場合の混入量

フライアッシュコンクリートは、セメントの他にフライアッシュを結合材として用いるため、フライアッシュの反応がセメントよりもゆっくりと進行する分、発熱も従来配合の床版と大きく変わらない。一方、高炉セメントB種や普通セメントでは水結合材比を45%程度とすると、従来配合の床版よりもセメント量が多くなるため発熱量が大きくなり、温度応力ひび割れの発生確率が増加する。

### 3) について

RC床版への劣化因子の浸入を抑制するためには、より緻密で塩化物イオン浸透抵抗性の高いコンクリートとすることが重要である。

一般的に、緻密で塩化物イオン浸透抵抗性の高いコンクリートとする場合には、コンクリートの水和反応を促す十分な養生期間の確保が必要であるほか、水セメント比を小さくして対応する。図3-②は、土木学会コンクリート標準示方書2017年版に準拠して、供用期間100年とした場合に、鋼材位置におけるコンクリートの塩化物含有量が腐食発生限界濃度を超えないために必要な水セメント比を求めた結果である。たとえば、表面塩化物イオン量( $C_0$ )が $4.5\text{ kg/m}^3$ の場合、かぶりが30mmであると、水セメント比を30%以下にしないと塩化物イオン浸透抵抗性が確保できないことになる。表面塩化物イオン量が大きいほど、最大水セメント比を小さくする必要があるが、RC床版に使用するコンクリートの水セメント比を30%以下とすることは、施工性や材料コストを考慮すると現実的ではない。そこで、本手引きでは緻密性を高めるために水結合材比を45%程度とし、塩化物イオン浸透抵抗性に対しても抵抗効果がある高炉セメントB種またはフライアッシュを使用するものとした。

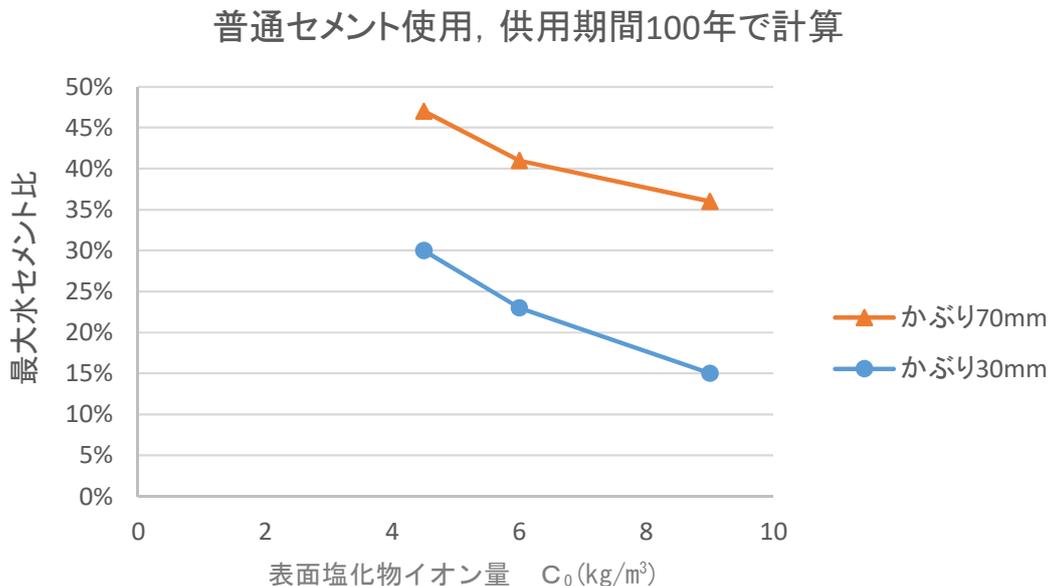


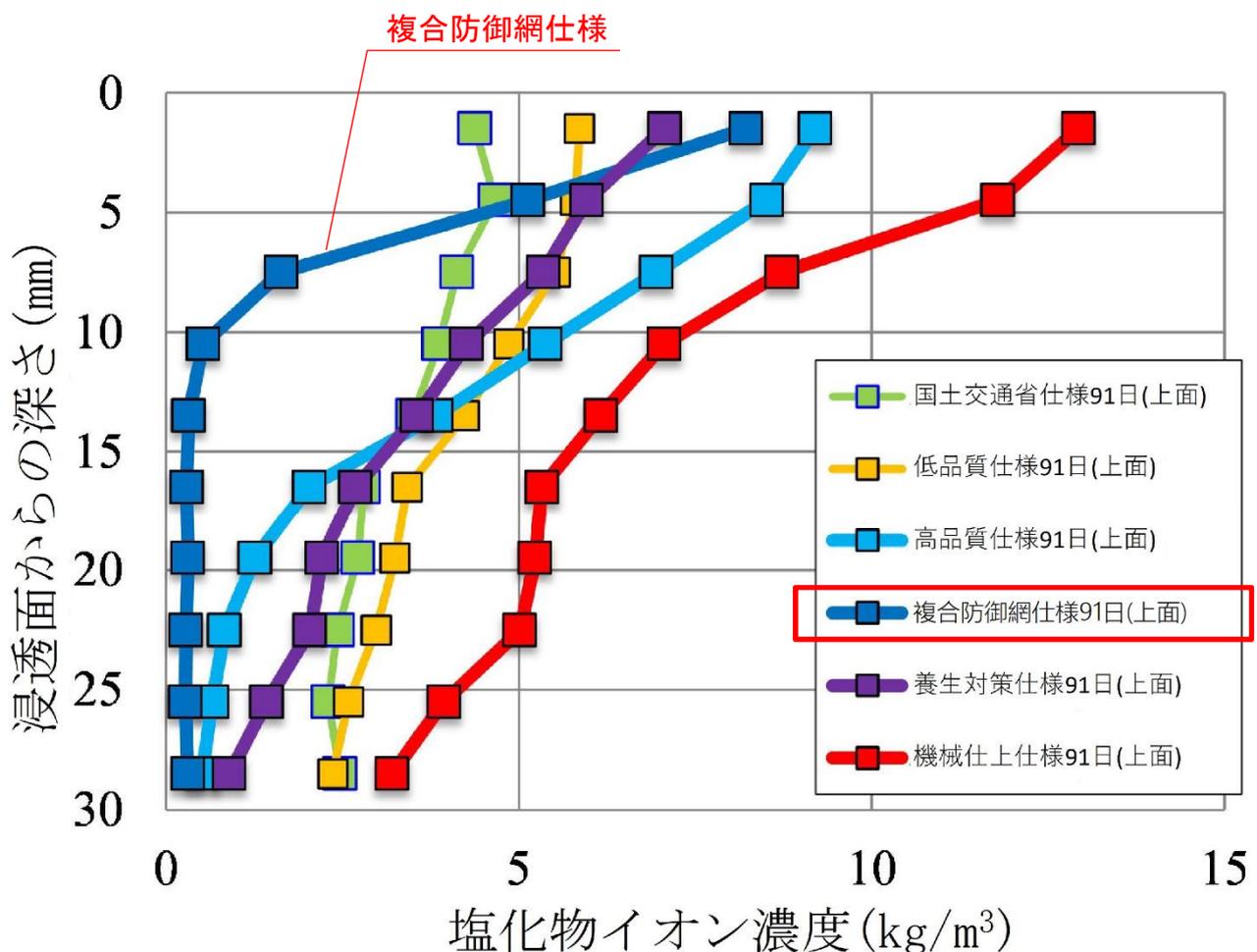
図3-② 表面塩化物イオン量と最大水セメント比の関係  
(土木学会コンクリート標準示方書2017年版に従い計算、  
普通セメントを使用し、供用期間100年とした場合)

図3-③は、配合の異なるコンクリートで施工した実物大の床版から採取した供試体を3%のNaCl試験液に91日浸漬し、塩化物イオン浸透抵抗性を試験したものである。各供試体の配合を表3-③に示す。

表3-③ 各仕様の配合

供試体	コンクリート品質	水結合材比	空気量	使用技術
国交省仕様	標準品質	55%以下	4.5%	—
低品質仕様	低品質	65%以下	3.0%	—
高品質仕様	高品質	45%以下	6.0%	膨張材
複合防御網仕様	最高級品質	45%以下	6.0%	膨張材+FA20%外割置換+長期養生
養生対策仕様	標準品質	55%以下	4.5%	長期養生
機械仕上げ仕様	標準品質	55%以下	4.5%	機械仕上げ

浸透面からの深さ10mmの位置をみると、水結合材比を45%以下として、膨張材、およびフライアッシュを用いた複合防御網仕様で塩化物イオンの浸透が認められず、他の供試体に比べ、高い塩化物イオン浸透抵抗性となっていることが分かる。



ここでいう水結合材比は、コンクリートに含まれるセメントペースト中の水と結合材の重量比（質量百分率）であり、結合材は、セメント、高炉スラグ微粉末、フライアッシュ、膨張材など、水と反応してコンクリートの強度発現に寄与するものを指す（表3-④、表3-⑤）。

表3-④ 高炉セメントを用いる場合の配合例

粗骨材の最大寸法 (mm)	スランプ (cm)	空気量 (%)	水セメント比* W/B (%)	細骨材率 s/a	単位量 (kg/m <sup>3</sup> )						
					水 W	セメント C	混和材① E	混和材② F	細骨材 s	粗骨材 G	混和剤 A
25	12.0	6.0	45.2	45.8	163	340	20	-	829	980	2.21

※水セメント比の値は水結合材比（W/（C+E））の値を示す。

（セメントC：高炉B種、混和材①E：膨張材、混和剤A：AE減水剤）

表3-⑤ フライアッシュを用いる場合の配合例

粗骨材の最大寸法 (mm)	スランプ (cm)	空気量 (%)	水セメント比* W/B (%)	細骨材率 s/a	単位量 (kg/m <sup>3</sup> )						
					水 W	セメント C	混和材① E	混和材② F	細骨材 s	粗骨材 G	混和剤 A
25	12.0	6.0	42.4	45.8	155	283	20	62.5	752	1010	3.03

※水セメント比の値は水結合材比（W/（C+E+F））の値を示す。

（セメントC：普通セメント、混和材①E：膨張材、混和材②F：フライアッシュ  
混和剤A：AE減水剤）

#### 4) について

鋼橋のRC床版は、ズレ止めなどにより桁等の拘束の影響を受けることから、膨張材なしで施工すると、コンクリート内部の温度変化や乾燥によって収縮し、ひび割れが入りやすくなる。桁等の拘束によるひび割れは橋軸直角方向に発生し、しかも床版を貫通するような深いひび割れとなる場合が多く、床版への劣化因子の浸入経路となりやすい。

このため、床版の収縮を低減しひび割れを抑制するために、膨張材を入れることを基本とする。

表3-⑥に示す国交省仕様の配合と複合防御網仕様の配合について、実物大の床版を夏場に施工し、ほぼ1年間気温と湿度、床版のひずみの推移を調査した結果を図3-④～⑤に示す。なお、ひずみはマイナス側が収縮、プラス側が膨張である。

表3-⑥ 各仕様の配合

仕様	コンクリート品質	水結合材比	空気量	膨張材
国土交通省仕様	標準品質	55%以下	4.5%	なし
複合防御網仕様	最高級品質	45%以下	6.0%	あり

膨張材なしの国交省仕様では、ごく初期の材齢でひずみは $50 \times 10^{-6}$ の膨張側となっているが、まもなく収縮側に転じて、材齢2ヶ月程度でマイナス $100 \times 10^{-6}$ 前後の収縮となり、250日程度から気温の上昇とともに床版の収縮が進み、マイナス $150 \times 10^{-6}$ 程度まで収縮が進んでいる。このように、ほぼ1年間収縮側での挙動を示している。

一方、膨張材ありの複合防御網仕様では、ごく初期の材齢で $200 \times 10^{-6}$ 程度の膨張側となっており、その後収縮側に転ずるが、それでも”0”( $\times 10^{-6}$ )付近にとどまっております、ほぼ1年間膨張側で挙動している。

このように膨張材は、十分なコンクリート強度が発現しない初期の材齢段階で収縮側に転じることを防止し、長期にわたりひび割れ発生を抑制する効果がある。

耐久性を確保するためには、床版の収縮と桁の拘束によるひび割れを防止することが重要であり、そのため膨張材の使用を基本とした。

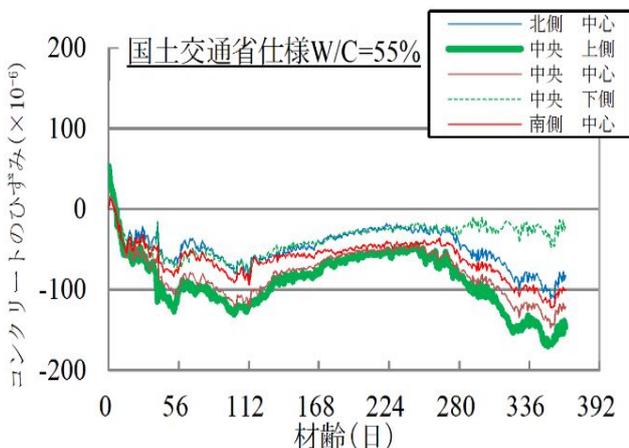


図3-④ 国交省仕様のひずみの推移 (膨張材なし)

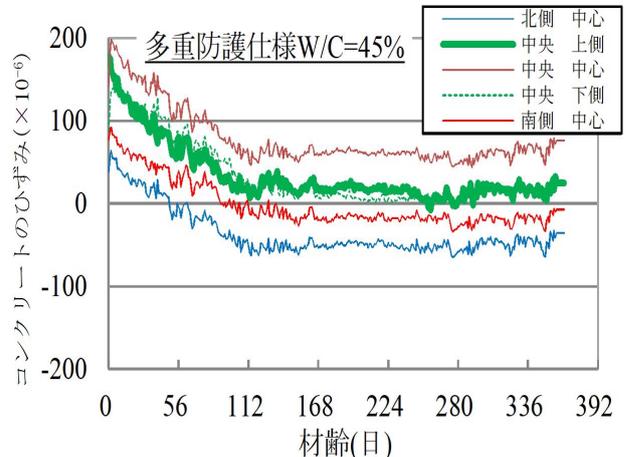


図3-⑤ 複合防御網仕様のひずみの推移 (膨張材あり)

## 5) について

まず、床版の施工においてコンクリートのワーカビリティは、複合防御網を達成するために極めて重要な留意事項である。例えば、締固めしにくいコンクリートは、硬化後にコンクリート組織が粗になるリスクを抱え、床版上面の仕上げがしにくいコンクリートは不陸が起り水溜まりとなる凹凸ができるリスクを招く。これでは、複合防御網の考えにある耐久性を向上させる機能を低下させるだけではなく、場合によっては複合防御網が達成されない床版になりかねない。

1) から4) は、複合防御網の考えに必要な配合上の要件ではあるが、複合防御網が具現化したコンクリート床版を達成するためには、施工上の不具合を起こしてはならない。しかしながら、1) から4) を満足していたとしてもそれは、床版の打込み、締固め、および仕上げが良好なワーカビリティを得たことにはならない。図3-⑤と図3-⑥は、1) から4) の考えに従った配合によるコンクリートである。図3-⑤は、単位水量が約 $160\text{kg}/\text{m}^3$ であり、図3-⑥は、単位水量が約 $170\text{kg}/\text{m}^3$ である。図から分かるように、図3-⑤は、平坦均しの段階では平らな面にはなっておらず、機械仕上げによってようやく平坦な面に仕上がっている。これに対して、図3-⑥は平坦均しの段階で仕上げに近い平坦な面になっている。

レディーミクストコンクリートの製造においては、床版施工に必要なワーカビリティを十分に考慮しない場合、一般的には単位水量の低減が図られる。しかし、安易に単位水量を低減すると仕上げ性も含めたワーカビリティが低下する場合もあるということを十分に理解しなければならない。不適切なワーカビリティは、施工上の不具合を起こす可能性が高まるため、試し練りによりワーカビリティが床版施工に適しているかを見極める必要がある。また、実施工での使用実績がない場合は、室内の試し練りに加え、実機による試し練りも必要に応じて実施するのがよい。



図3-⑤ 単位水量約  $160\text{kg/m}^3$  のコンクリートの仕上げ状況



図3-⑥ 単位水量約  $170\text{kg/m}^3$  のコンクリートの仕上げ状況

#### 4. 4 ひび割れ抑制対策

- 1) 本手引きによって設計・施工されるRC床版においては、ひび割れを有害でないものに抑制するために、適切なひび割れ抑制対策を行うものとする。
- 2) 単純桁のRC床版においては、本手引きに示す基本事項を遵守した施工を行うことで、ひび割れ抑制対策とみなしてよい。
- 3) 鋼橋の2径間連続桁においては、段階施工により生じる引張応力により、先行して施工した床版にひび割れが発生しないように施工を行うものとする。
- 4) 鋼橋の3径間以上の連続桁においては、有害なひび割れの発生が懸念されるため、床版の橋軸方向鉄筋比が1.0%程度となるように補強鉄筋の配置を検討するものとする。また、有害なひび割れの発生が懸念される場合には、単位膨張材量を標準使用量よりも増やすことを検討してもよい。
- 5) この手引きにおけるひび割れ抑制対策は一般的な構造形式を対象としており、特殊な構造形式の場合は、学識経験者を含め適切にひび割れ抑制対策を検討するのがよい。
- 6) 実施したひび割れ抑制対策と、ひび割れが発生した場合のひび割れ状況については、適切に記録・保存するものとする。

#### 【解説】

##### 1) について

##### ①ひび割れ抑制対策の基本

本手引きによって施工されるRC床版は、コンクリートの緻密性、塩化物イオン浸透抵抗性、耐凍害性を確保するため、水結合材比(W/B)は45%程度を目標とした配合としている。そのため、単位粉体量が多くなることでひび割れ発生リスクが大きくなる可能性がある。したがって、有害なひび割れの発生を抑制するためには、施工の基本事項の遵守を前提として、打込み時から追加養生期間が終了するまでの温度応力への適切な配慮や、段階施工により生じる引張応力への適切な配慮が必要となる。ひび割れ発生の有無やひび割れ幅におよぼす影響要因は非常に多岐に渡るが、実橋の床版において取り得るひび割れ抑制対策は限られている。山口県のひび割れ抑制システムにおいても、種々の影響要因がある中で、ひび割れ幅を補修基準よりも小さく抑制するための対策としては、追加鉄筋の配置、膨張材の適切な活用、打込み間隔の配慮等であり、シンプルなシステムが構築されている。

本手引きにおいても、これまで試験的に試行された施工事例（以下「試行事例」）で得られた知見や膨大な温度応力解析の結果に基づいて、なるべくシンプルなひび割れ抑制対策システムを構築することを目指した。

なお、本手引きのひび割れ抑制対策は、高炉セメントB種を用いた試行事例での検討結果に基づいて構築されており、フライアッシュを用いる場合は、基本的に高炉セメントB種を用いる場合よりも有害なひび割れが発生するリスクは小さいと考えられ、本手引きにおけるひび割れ抑制対策を用いてよい。

構造形式ごとのひび割れ抑制対策の概要を表4-①に示す。

表4-① 構造形式ごとのひび割れ抑制対策

抑制対策 \ 橋種	単純桁の鋼桁 ・PCコンポ桁※	2径間の鋼桁	3径間以上の鋼桁
ひび割れ抑制対策① 施工の基本事項の遵守	必須		
ひび割れ抑制対策② 段階施工による応力	—	段階施工による応力で ひび割れが発生しないように配慮	
ひび割れ抑制対策③ (構造形式別の対策)	—	—	<ul style="list-style-type: none"> <li>・必要に応じて橋軸方向の鉄筋比を1.0%程度となるまで補強</li> <li>・必要に応じて単位膨張材量を標準使用量よりも増やす</li> </ul>

※PCコンポ桁の連結桁形式で、中間支点上の横桁を床版コンクリートの施工よりも前に連結する場合は別途検討を行うものとする。

## ②膨張材について

ひび割れの発生要因には様々なものがあるが、RC床版の施工段階に発生する橋軸直角方向のひび割れは、不適切な施工や型枠の変形などによるひび割れを除けば、主として、床版コンクリートの段階施工により生じる引張応力、水和反応による発熱・自己収縮・膨張材によるひずみに起因する応力、水分の逸散による乾燥収縮ひずみに起因する。

乾燥収縮は、乾燥によりコンクリート中の水分が逸散することで、コンクリートの体積が減少し収縮する現象である。乾燥収縮によるひずみは、追加養生終了後に長期にわたって進行し、降雨や日射の影響等も受ける複雑な現象であり、現時点では定量的に評価できる技術が十分に確立できていない。したがって、本手引きにおいては、乾燥収縮の影響は明示的には考慮せず、これまでの試行事例で得られた知見に基づき、有害なひび割れが発生しないように、湿潤養生期間中における自己収縮の影響を考慮した温度応力を抑制することを目的としている。

図4-①に示されるように、膨張材を使用しない場合、床版コンクリートに発生する温度応力がコンクリートの引張強度を上回ると、コンクリートに有害なひび割れが発生する可能性が高くなる。床版コンクリートに発生する温度応力を抑制するために膨張材の使用を前提としている。

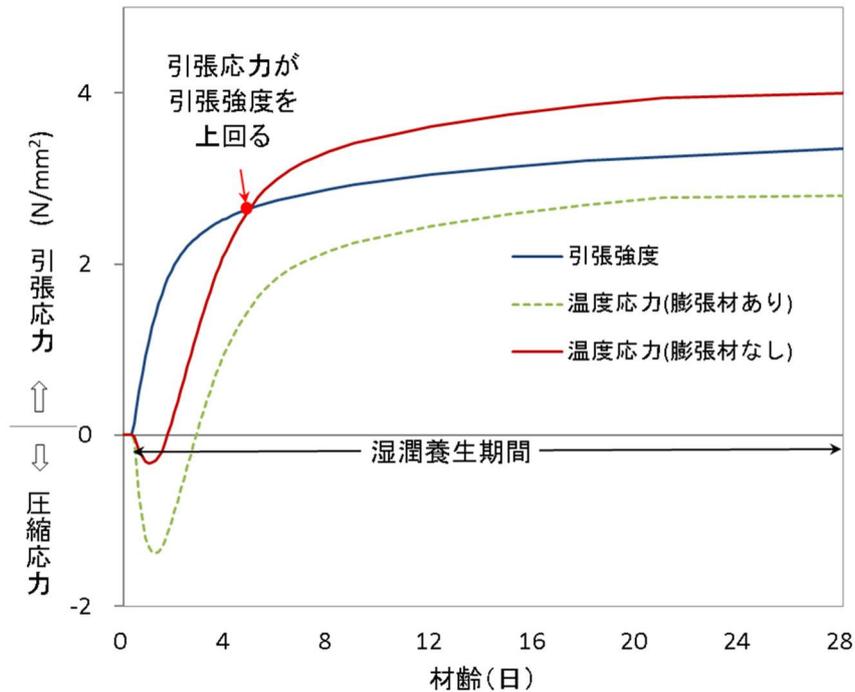


図4-① 湿潤養生期間中の温度応力の発現と膨張材による応力低減効果

## 2) について

これまでの試行事例より、単純桁の鋼桁のRC床版、および単純桁のPCコンポ橋、単純桁を連結したPCコンポ橋ではひび割れがほとんど発生していない。また、試行事例での計測結果により検証されたモデルを使用しての様々な条件を想定した温度応力解析の結果からも、これらの構造形式でのひび割れリスクは小さいことが示されている。したがって、コンクリートの熱膨張係数が非常に大きく、夏場の施工でコンクリートの打込み温度が高いなどの極端な悪条件での施工でない限り、これらの構造形式では本手引きに示す基本事項を遵守した施工を行うことで、有害なひび割れの発生は抑制できると考えられる。

図4-②は、PC単純コンポ橋（福島河川国道事務所）の、湿潤養生期間中のひび割れ指数（引張強度／引張応力）の最小値を、試行事例で検証された数値解析モデルにより計算した結果である。

この橋では、床版コンクリートに膨張材を使用しているため、熱膨張係数が  $12 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$  という不利な条件を想定した場合においても、2.0 程度以上のひび割れ指数を確保できる結果となっている。

また、図4-③に上記橋梁を対象に、膨張材の有無に着目して行った温度応力解析の結果を示している。膨張材を使用しない場合は、ひび割れ指数が1.0 程度であるのに対し、膨張材を使用することで、2.0 程度以上のひび割れ指数を確保できる結果となっている。

ひび割れのリスクの最も小さい単純桁橋の橋梁においても、膨張材の使用が不可欠なため、本手引きではすべての構造形式の床版において膨張材を用いることを基本とした。

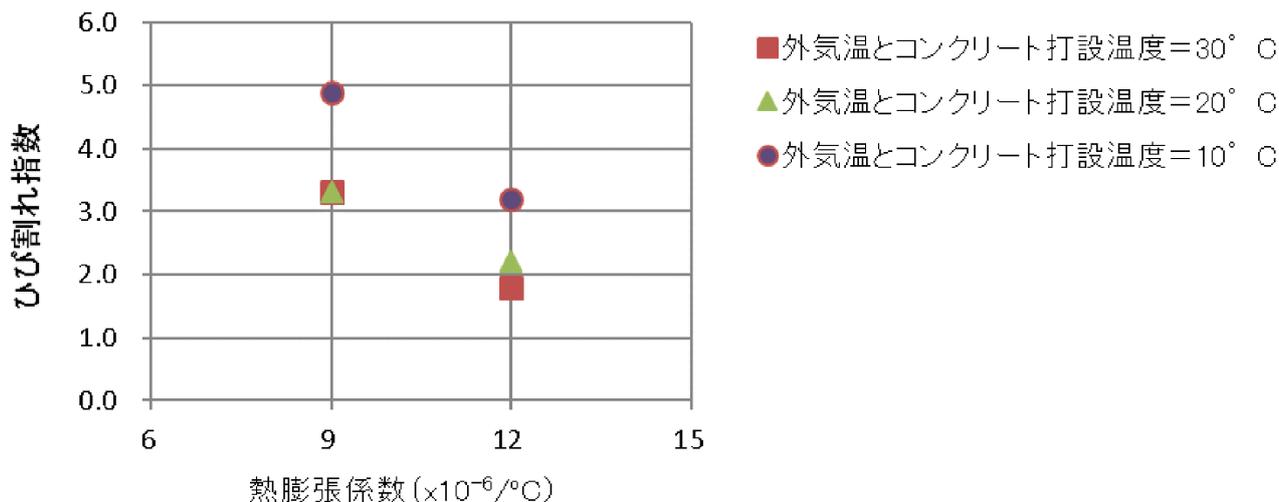


図4-② 温度応力解析によるPC単純コンポ桁橋のひび割れ指数

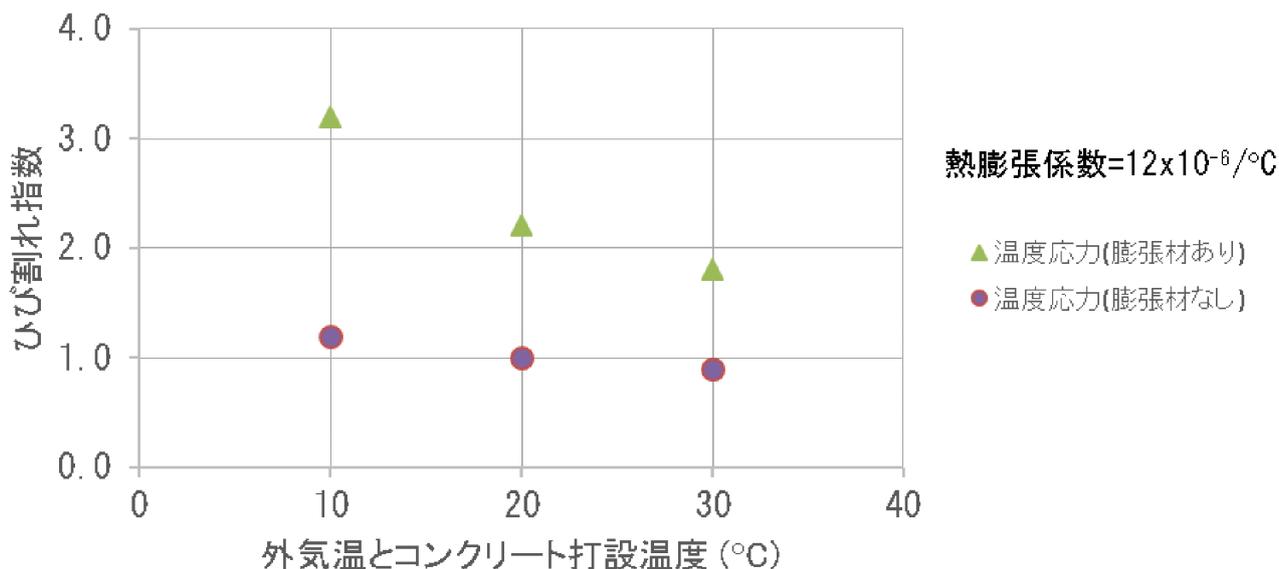


図4-③ 温度応力解析によるPC単純コンポ桁橋での膨張材の効果

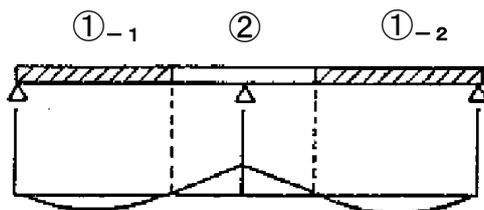
### 3) について

鋼2径間連続桁橋においては、床版コンクリートはいくつかの施工ロットに分割して段階的に施工することが一般的である。段階施工の2回目以降の打込みにおいては、新たに打ち込んだコンクリートの自重により、先行して施工したロットに応力が生じる。段階施工の順序や打込み間隔（日数）が不適切な場合、この応力によりひび割れが発生する可能性がある。そのため、先行して施工した床版にひび割れが発生しないように、段階施工による応力を確認することとした。

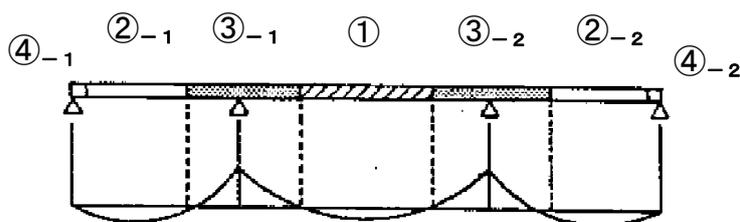
段階施工による発生応力は設計段階において図4-④を参考に、標準的・現実的な床版コンクリートの打設順序・打設ロット割の施工計画検討を行うものとする。実施工において、設計と異なる日打設量や工程となる場合は、市販ソフト等を用いて段階施工による応力解析を実施するものとした。

なお、段階施工による応力解析においては、コンクリートの強度は設計基準強度ではなく、実際に使用するコンクリートを用いて計測した強度発現を入力値に用いるのがよい。

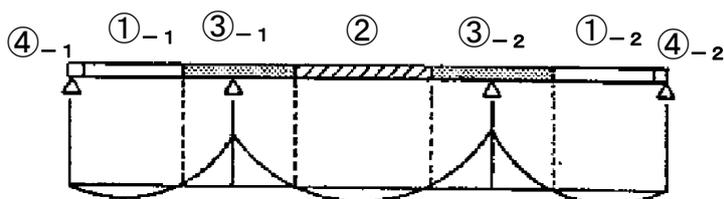
鋼2径間連続桁橋においては、床版コンクリートの打込みは一般的に3回での段階施工が行われる。その場合、図4-④(a)に示すように中間支点上の施工ロット(②)を最後に打込むのがひび割れ抑制の観点で望ましい。中間支点上の施工ロット(②)を最後に打込むことで、先行して施工したロット(①)に圧縮応力が導入され、ひび割れ抑制の観点で有利となるためである。一方で、2回目の打込みにより、最初に施工したロット(①)に引張応力が生じるが、これによりひび割れが発生しないように段階施工による応力検討を行う必要がある。



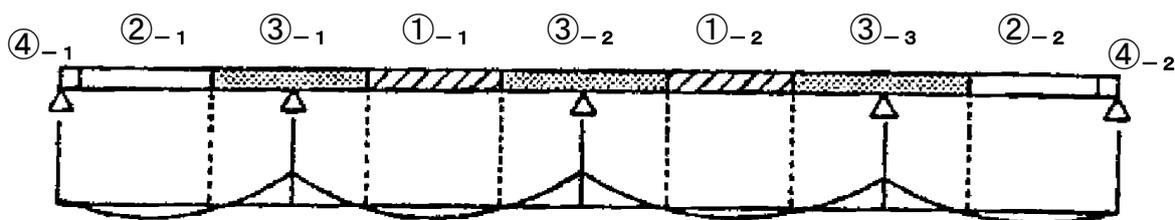
(a) 2径間連続桁橋



(b-1) 3径間連続桁橋



(b-2) 3径間連続桁橋



(c) 4径間連続桁橋

図4-④ 床版打設順序の例

【設計施工マニュアル(案)(道路橋編)平成28年3月】

図4-⑤は、鋼2径間連続箱桁橋の床版コンクリートの温度応力解析において、外気温およびコンクリートの打込み温度条件を10℃～30℃のケースで計算した結果である。なお、この解析結果には段階施工による応力は考慮していない。

解析の結果から、最も不利な条件となる熱膨張係数が $12 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ の場合でも、すべてのケースでひび割れ指数が1.0程度以上を確保できる結果となる。

また、RC床版の橋軸方向の鉄筋比はほとんどの箇所では1.0%以上であることも勘案し、3回の段階施工で施工される2径間連続箱桁橋のRC床版については、特段のひび割れ抑制対策は必要ないものとした。

ただし、2径間連続箱桁橋においても、段階施工のロット割が特殊となる場合は、別途適切なひび割れ対策を行うものとする。

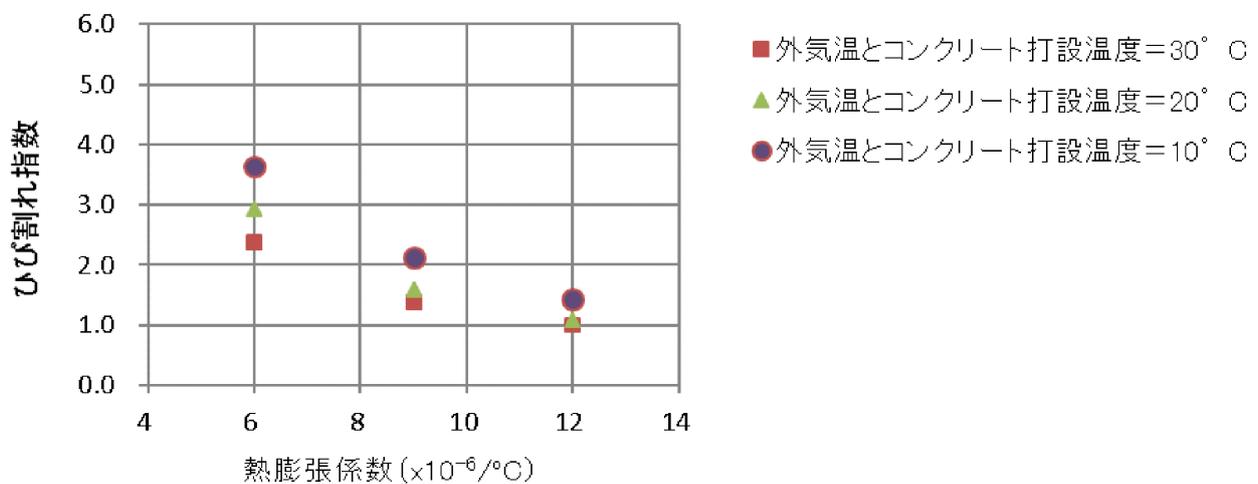


図4-⑤ 温度応力解析による鋼2径間連続箱桁橋のひび割れ指数  
(段階施工による応力は考慮していない)

#### 4) について

3径間以上の連続桁の場合、RC床版の施工ロットによっては、段階施工による引張応力が $1.0\text{N/mm}^2$ 程度となることが試行事例の結果で明らかとなっている。この段階施工による引張応力が温度応力に加わるため、ひび割れ発生のリスクは大きくなる(図4-⑥)。

実際に施工した床版コンクリート(鋼7径間連続箱桁橋や、鋼4径間連続箱桁橋(南三陸国道事務所))では、数値解析の結果でひび割れのリスクが高い箇所を中心にひび割れの発生が認められた。

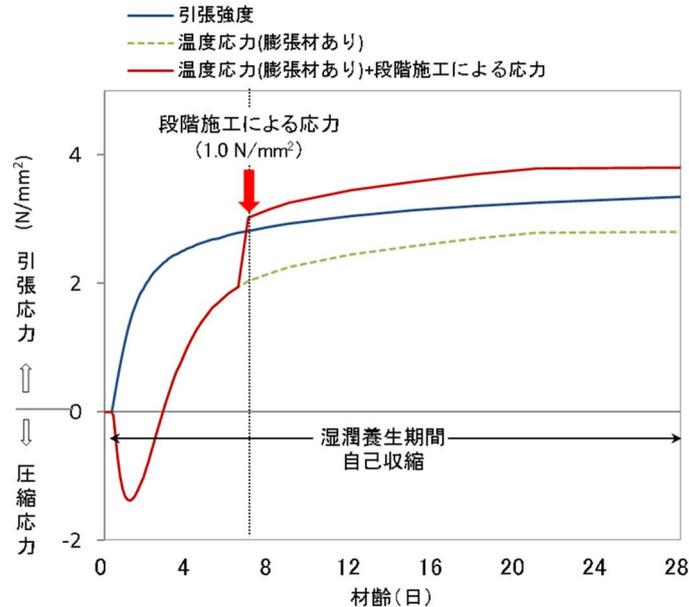


図4-⑥ 温度応力解析による鋼7径間連続箱桁橋の温度応力と段階施工による応力の影響

図4-⑦は、鋼7径間連続箱桁橋(南三陸国道)における湿潤養生期間中のひび割れ指数(引張強度/引張応力)を、試行事例で検証された数値解析モデルにより、外気温およびコンクリートの打込み温度条件を $10^{\circ}\text{C}\sim 30^{\circ}\text{C}$ のケースで計算し求めた結果である。なお、このひび割れ指数の計算結果では、温度応力に段階施工により発生する最大引張応力( $1.0\text{N/mm}^2$ )を加えている。

熱膨張係数が $9\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ であっても、湿潤養生期間中のひび割れ指数が1.0を下回る場合もあり、熱膨張係数が $12\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ となるとさらにひび割れのリスクが高まる結果となっている。

また、この数値解析で想定している自己収縮よりも実橋のコンクリートの自己収縮が大きい場合や、乾燥収縮のリスクや、段階施工による応力の影響をすべてのロットで適切に考慮することが煩雑なこと等を勘案し、本手引きにおいては、鋼橋の3径間以上の連続桁において有害なひび割れの発生が懸念されるため、RC床版の橋軸方向鉄筋量がすべての箇所 $1.0\%$ 程度となるように補強鉄筋を配置することとした。

図4-⑧に補強鉄筋の配置例を示す。

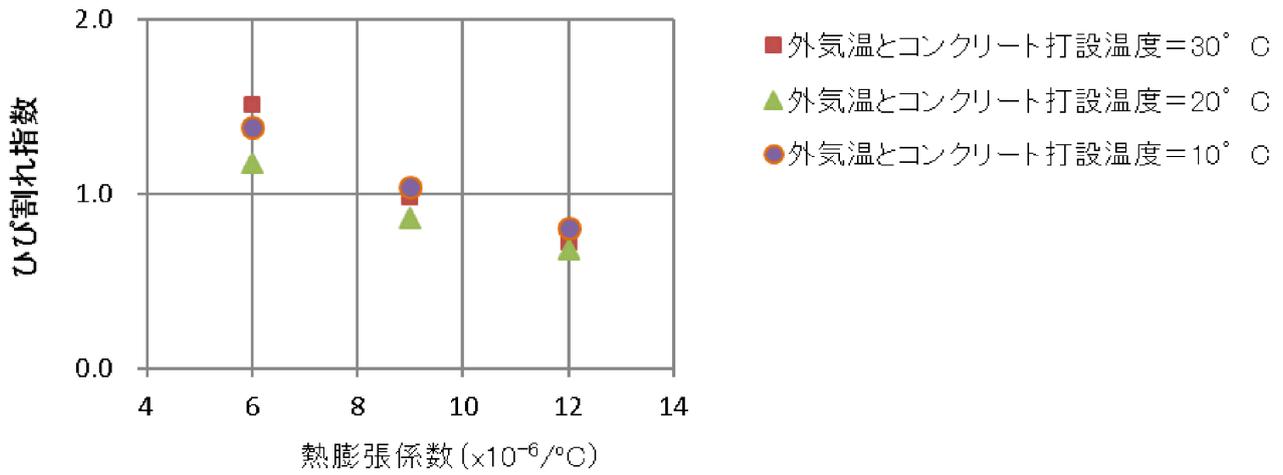


図4-⑦ 段階施工による応力を考慮した鋼7径間連続箱桁橋のひび割れ指数 (段階施工による応力を考慮)

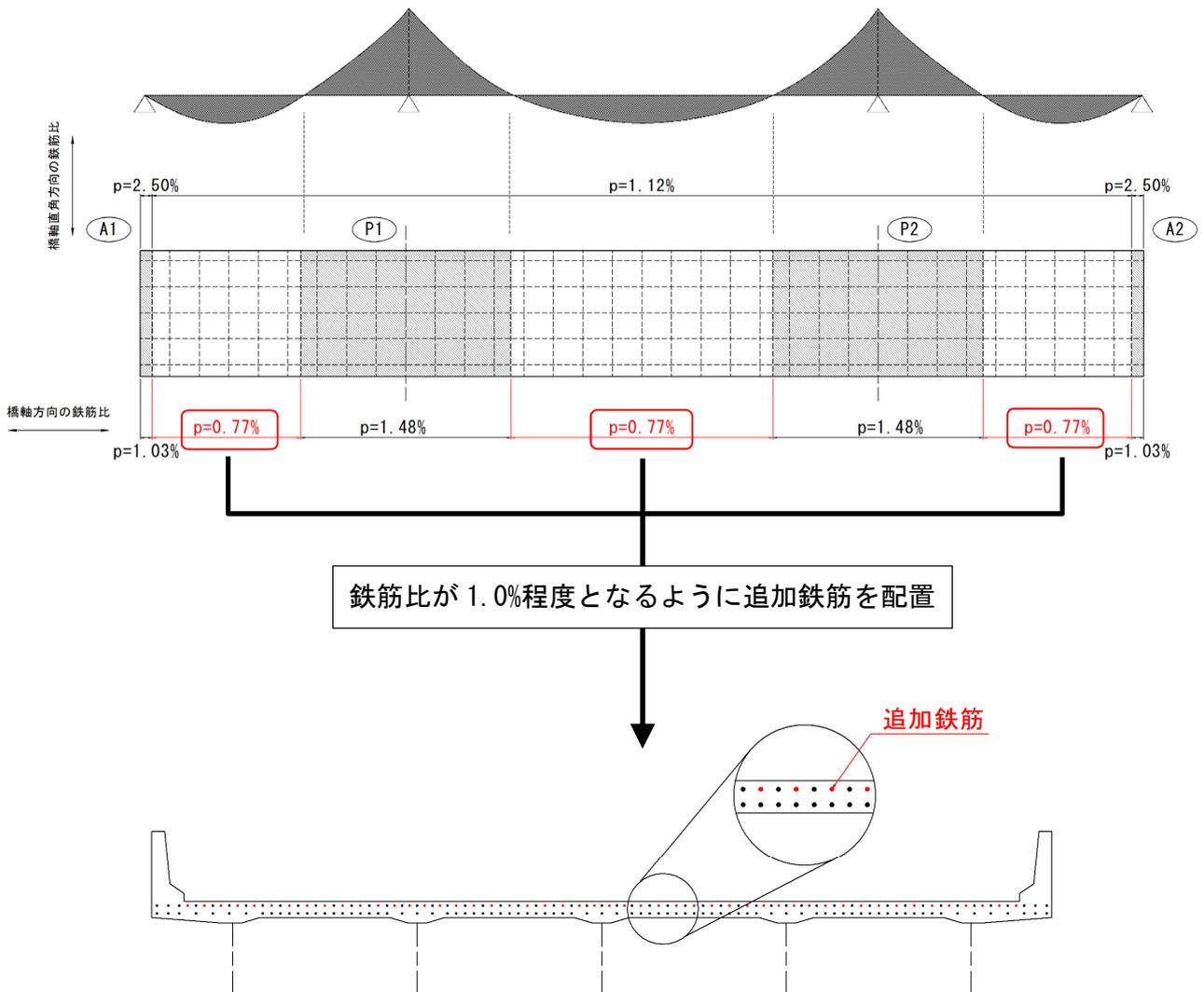
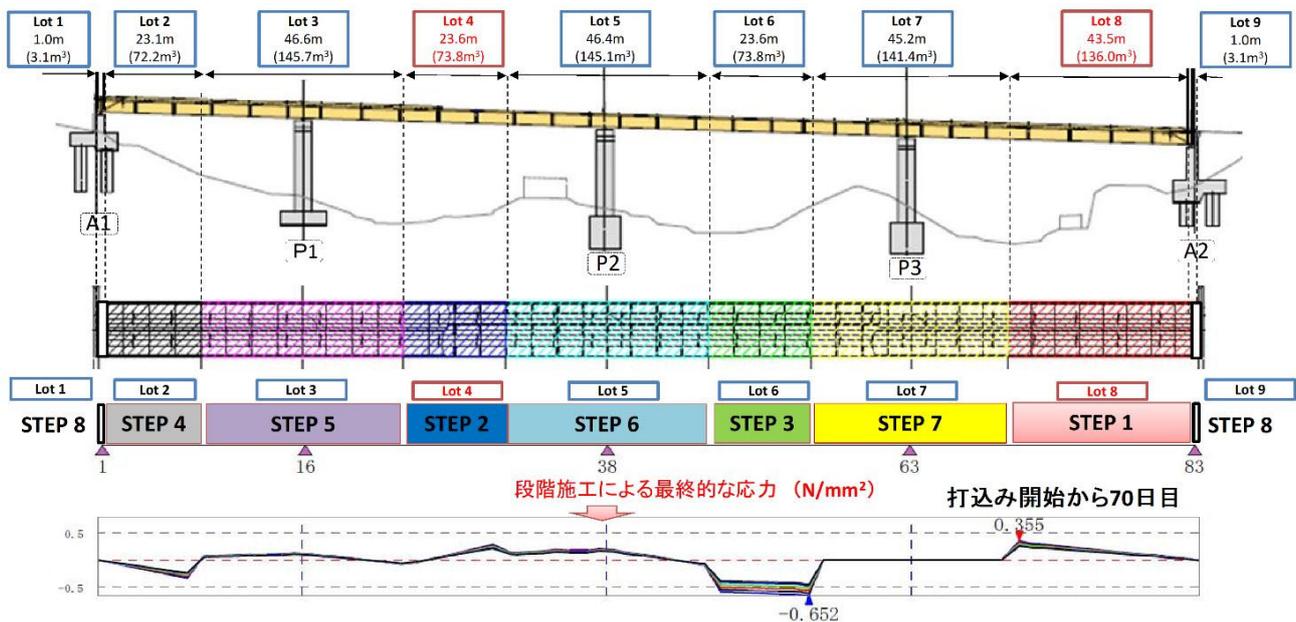


図4-⑧ 橋軸方向の補強鉄筋の配置例

「鋼4径間連続箱桁橋（三陸国道）で竣工時点で床版にひび割れが発生しない事例があった。図4-⑨に示すように、段階施工により発生する計算での最大応力が  $0.7\text{N/mm}^2$  程度に小さく抑えられており、すべての打込みが終了した段階での引張応力が  $0.35\text{N/mm}^2$  程度（8ロット）と小さく抑えられている。ひび割れリスクの高い4ロットと8ロットでは、単位膨張材量が  $25\text{kg/m}^3$  のコンクリートが用いられた。適切な段階施工の計画と膨張材の適切な活用により、有害なひび割れを抑制することができた事例である。

このように、有害なひび割れの発生が懸念される場合には、単位膨張材量を標準使用量である  $20\text{kg/m}^3$  よりも増やすことを検討してもよいが、東北地方整備局管内の試行工事では  $25\text{kg/m}^3$  の実績しかない状況である。単位膨張材量の増加は、スケーリング抵抗性の低下にもつながる場合があり、学識経験者の助言を受けて慎重に検討するのがよい。



段階施工による各床版(Lot)に生じる最大引張応力とその時の材齢および引張強度

床版No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9
STEP	8	4	6	4	7	5	8	6	8
材令日数	0	0	7	20	7	14	6	56	0
$\sigma_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	0.00	0.00	0.20	0.79	0.21	0.03	0.00	0.72	0.00
$f_{ctm}$ (N/mm <sup>2</sup> )	0.00	0.00	1.10	1.34	1.10	1.27	1.06	1.46	0.00

$\sigma_c$ : 計算による引張応力 (N/mm<sup>2</sup>)

$f_{ctm}$ : 許容引張応力 (N/mm<sup>2</sup>)

### 施工スケジュール

25kg/m<sup>3</sup>の膨張材を適用

STEP 1	STEP 2	STEP 3	STEP 4	STEP 5	STEP 6	STEP 7	STEP 8
4月22日 1日目	5月14日 23日目	5月27日 36日目	6月3日 43日目	6月10日 50日目	6月17日 57日目	6月24日 64日目	6月30日 70日目
Lot 8	Lot 4	Lot 6	Lot 2	Lot 3	Lot 5	Lot 7	Lot 1 & 9

図4-⑨ 鋼4径間連続箱桁橋でひび割れ抑制に成功した事例

## 【参考】鋼 4 径間連続桁橋における床版段階施工による引張応力を低減する推奨方法

- 1) 橋脚上でないロット (図中の①) の打込みにより、橋脚上でないロットに引張応力を発生させるため、橋脚上でないロットの打込みを先に行うのがよい。
- 2) 橋脚上でないロット (図中の①) の中では、打込み量の大きいロットを先に打ち込むのがよい。後で打ち込むロットにより発生する引張応力を抑制するためである。
- 3) 橋脚上のロット (図中の②) は、①の後に打ち込むが、②の打込み量をなるべく大きく設定するのがよい。②の打込みにより、既設の①のロットには圧縮応力が導入され、ひび割れ抑制の観点で有利となるためである。

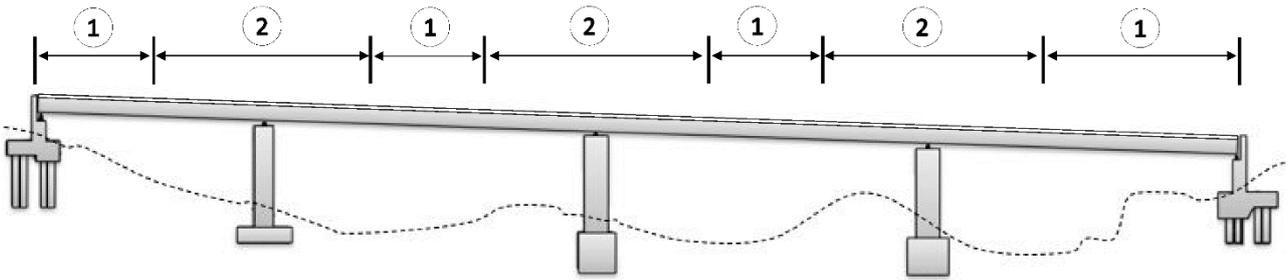


図 4 - ⑩ 鋼 4 径間連続桁橋における床版の段階施工の推奨方法

### 5) について

現時点では、高耐久床版のひび割れ抑制に関する研究事例は十分に蓄積されているとは言えないため、当面はこれまでの試行事例の結果に基づき、この手引きに示す対策によることとした。この手引きで示した構造形式以外の特殊な構造形式を対象とする場合や、特に有害なひび割れの発生が懸念される場合には、別途ひび割れ抑制対策を検討することとし、必要に応じて学識経験者の助言を受けるものとした。

### 6) について

本手引きにより施工される RC 床版は、施工条件やコンクリートの熱膨張係数や膨張収縮特性、および採用したひび割れ抑制対策等を記録するものとする。

ひび割れが発生した場合には、ひび割れ抑制対策の検証のためにも、幅 0.2mm 未満のひび割れも含めて、床版上面および下面の両面の発生状況を記録・保存するものとする。

記録・保存の詳細については「第 6 章 記録・保存」によるものとする。

#### 4. 5 壁高欄等の設計

- 1) 壁高欄・地覆コンクリートの耐久性確保のために、適切な対策を行わなければならない。床版に有害なひび割れを発生させないことも考慮して、適切なひび割れ抑制対策を行わなければならない。
- 2) 伸縮装置の後打ちコンクリートには、耐久性確保のために、床版本体と同等以上の仕様の高炉セメントB種、または普通セメントにフライアッシュを混入したコンクリートを用いなければならない。
- 3) 中央分離帯を設けることによって、床版に有害なひび割れを発生させないように、適切なひび割れ抑制対策を行わなければならない。
- 4) 壁高欄・地覆コンクリート・伸縮装置のコンクリート・中央分離帯のコンクリートに対しては、適切な養生を行わなければならない。

#### 【解説】

##### 1) について

壁高欄や地覆は、温度変化や乾燥収縮によりひび割れが生じやすいため、伸縮目地やひび割れ誘発目地（Vカット）が設けられている。しかし、鋼橋のRC床版では目地部に生じるひび割れが床版にまで達し、耐久性を著しく低下させる場合もある。



写真5-① 壁高欄の目地部からRC床版上面に進展したひび割れの事例（上面）



写真5-② 壁高欄の目地部からRC床版下面に進展したひび割れの事例（下面）

### ①ひび割れ抑制対策

壁高欄・地覆の伸縮目地部では、ひび割れをもたらすコンクリートの収縮方向に配置される橋軸方向の鉄筋が不連続である。また、誘発目地部では、壁部にクロス鉄筋を配置しているものの、地覆部については橋軸方向の鉄筋が不連続である。このため、伸縮目地や誘発目地に発生したひび割れが床版まで進展している場合がある。これは、温度変化や乾燥収縮の影響によりひび割れが進展する現象を抑制するための鉄筋が十分に配置されていないためと考えられる。

本手引きにより施工されるRC床版の壁高欄等については、壁高欄等に発生するひび割れが無害なものとなるように抑制し、さらに、目地部に発生したひび割れが床版の耐久性に悪影響を与えないように、適切に補強鉄筋を配置するのがよい。

### ②目地部

伸縮目地部には貫通鉄筋がないため、伸縮目地部に発生するひび割れは拡大しやすく、気温の変動等によりひび割れ幅も変動しやすい。そのため、伸縮目地部から地覆と床版本体にひび割れが進展する事例が過去の試験施工においても確認された。そのため、壁高欄等には、原則として伸縮目地を配置しないのがよい。目地としては、誘発目地を5m間隔に設けるのがよい(図5-①~②)。また、誘発目地部の地覆部に配置する橋軸方向の鉄筋は連続させるとともに、張出床版の橋軸方向の上面鉄筋は、床版支間部と同様の間隔で配置するのがよい(図5-③)。

### ③コンクリート

壁高欄等のコンクリートは、凍結抑制剤の影響も受ける凍害環境に置かれるため、床版コンクリートと同じ配合を用いるのがよい。すなわち、高炉セメントB種もしくはフライアッシュを使用し、凍害対策区分に応じた目標空気量の確保と、膨張材を用いることになる。

また、コンクリートの打込みにあたっては、壁高欄等の内部に情報管が配置されるなど、十分に締固めを行うことができない場合もあることから、締固めの有効範囲が十分に確認されたバイブレータを用いるのがよい。

なお、ひび割れが発生した場合の措置は「3. 10 ひび割れが発生した場合の措置」により、適切に対応するものとする。

..... ひび割れ誘発目地

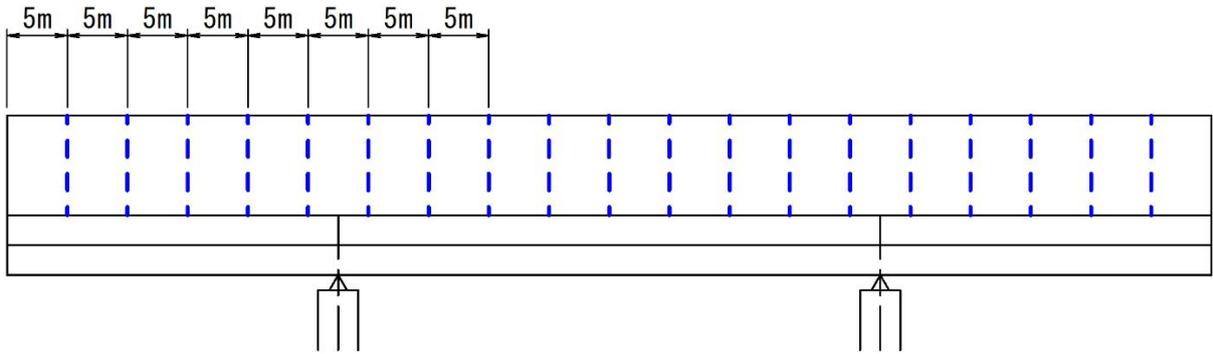


図5-① 壁高欄の目地の配置

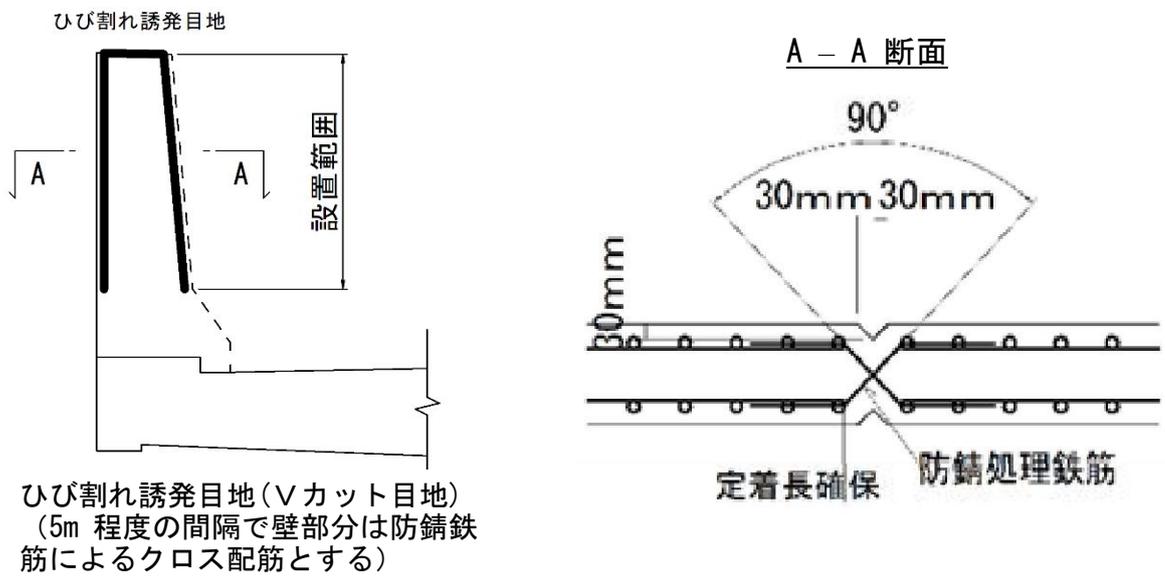
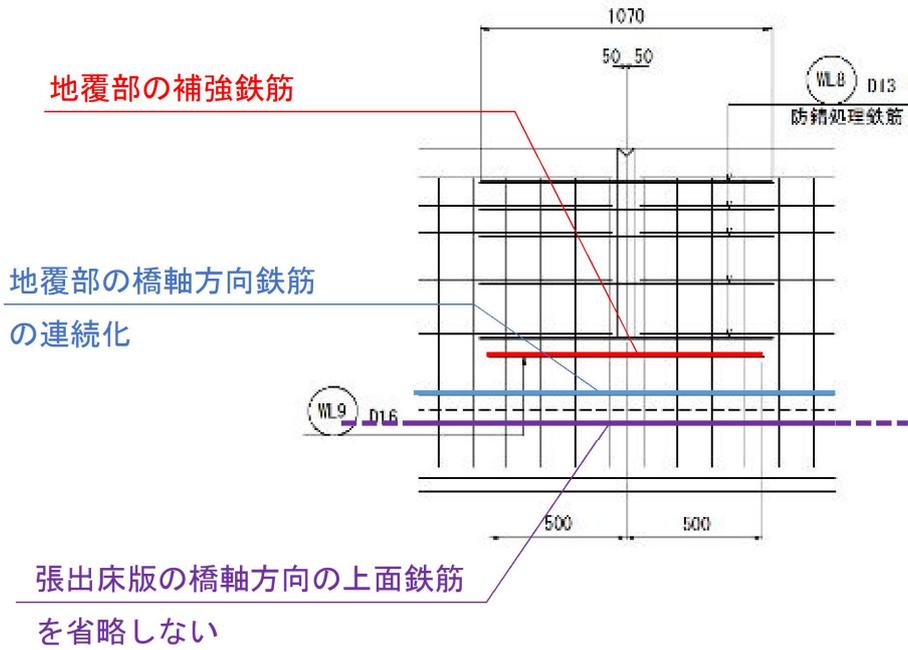


図5-② ひび割れ誘発目地の構造

[ 側 面 図 ]



[ 断 面 図 ]

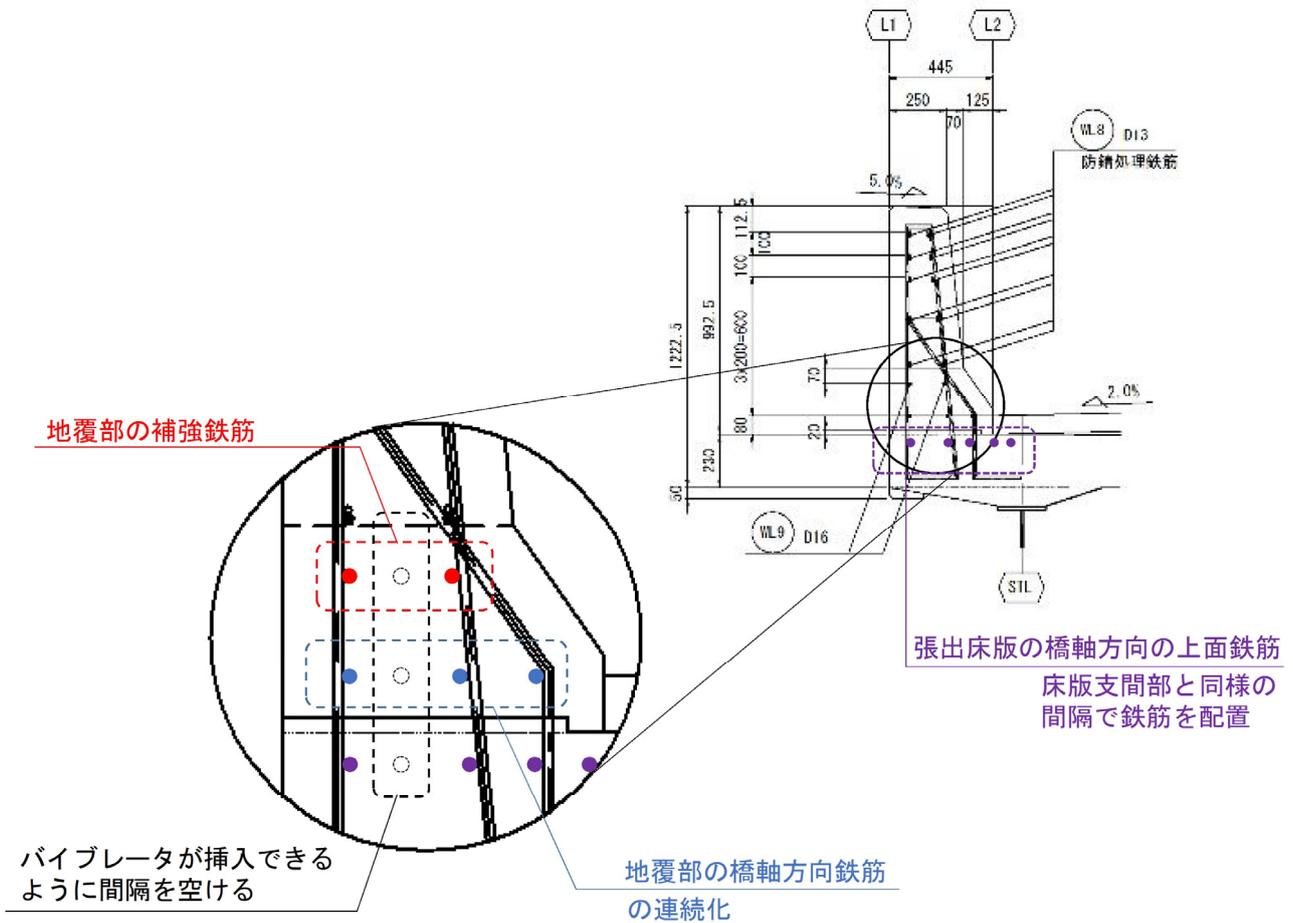


図5-③ 誘発目地部における地覆および床版のひび割れ抑制対策

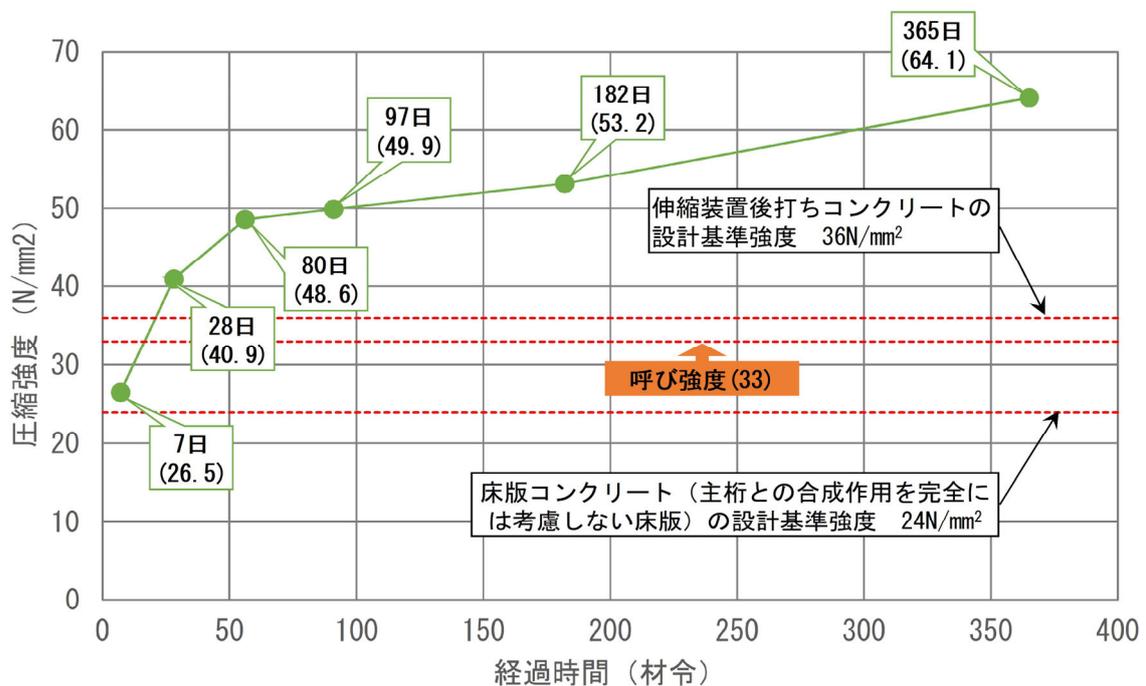
## 2) について

伸縮装置本体の後打ちコンクリートは、路面に露出していることから、凍結抑制剤に含まれる塩分の供給や輪荷重の影響を直接受け、舗装や防水工によって覆われた床版本体に比べ過酷な状況におかれる。また、伸縮装置の後打ちコンクリート付近は、舗装内部に浸透した路面排水が滞水しやすく、劣化が進行しやすい部位でもある。

本手引きによって様々な対策を取り入れて床版の耐久性を確保しても、伸縮装置の後打ちコンクリートが従来通りの仕様であれば、この部位からの劣化の進行によって床版本体にも悪影響を及ぼすことになるため、後打ちコンクリートは、高炉セメントB種、または普通セメントにフライアッシュを混入した膨張材入りのコンクリートを用いて、床版コンクリートと同等以上の仕様のものを用いるものとした。

一般に使われている製品タイプの伸縮装置は、後打ちコンクリートの仕様として床版コンクリートと同等以上の品質を有するものが指定されているが、一部の伸縮装置のタイプでは床版コンクリートの設計基準強度を上回る仕様が求められているものもある。

RC床版のコンクリートの設計基準強度は、主桁との合成作用を完全には考慮しない床版では $\sigma_{ck}=24\text{N/mm}^2$ 、主桁との合成作用を完全に考慮した床版では $\sigma_{ck}=30\text{N/mm}^2$ であるが、これまで本手引きによって施工された水結合材比の小さい仕様の床版用のコンクリートの強度試験結果（図5-④）では、強度的には十分これらを上回ることから、床版で使用したコンクリートの強度試験結果を確認の上、同じ材料により伸縮装置の後打ちコンクリートを施工することを検討するのが良い。



種類	単位量 (kg/m³)							水結合材比 W/B	細骨材率 s/a
	水 W	セメント C	混和材① E	細骨材 s	粗骨材 G	混和剤 A	空気量 (%)		
33-12-20-BB	158	344	20	845	1037	3.64	4.5	43.4	46.2

図5-④ W/B < 45%以下 (BB) のコンクリート強度試験結果の例

なお、伸縮装置の後打ちコンクリート打設後に、コンクリートにひび割れが発生している事例（写真5-③）も見られることから、後打ちコンクリートの施工にあたっては、事前に適切なひび割れ抑制対策（図5-⑤）を検討するのが良い。



写真5-③ 伸縮装置の後打ちコンクリートのひび割れ

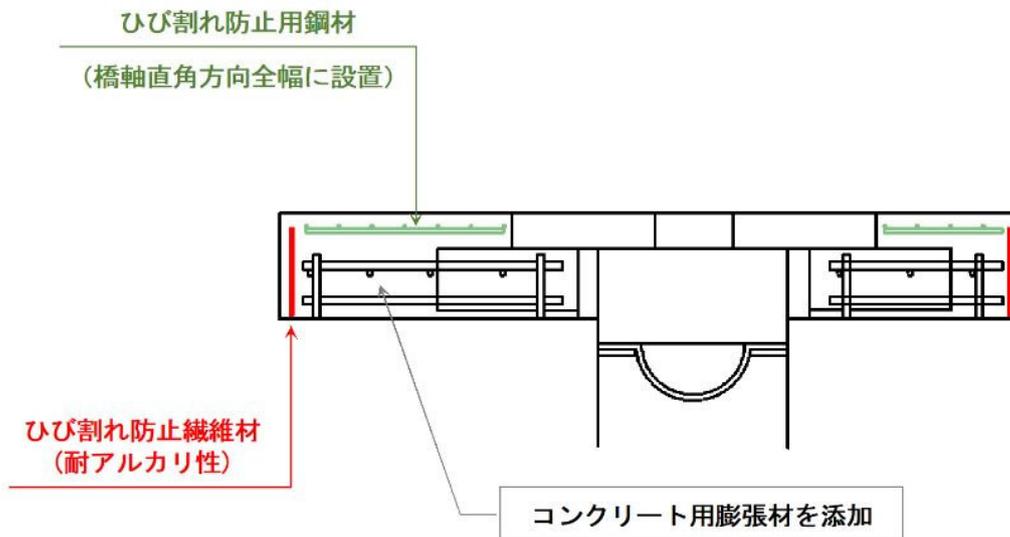
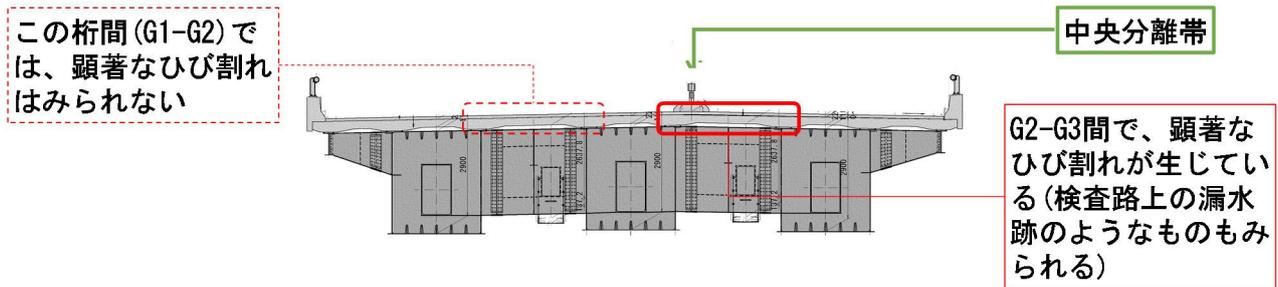


図5-⑤ 伸縮装置の後打ちコンクリートのひび割れ抑制対策の例

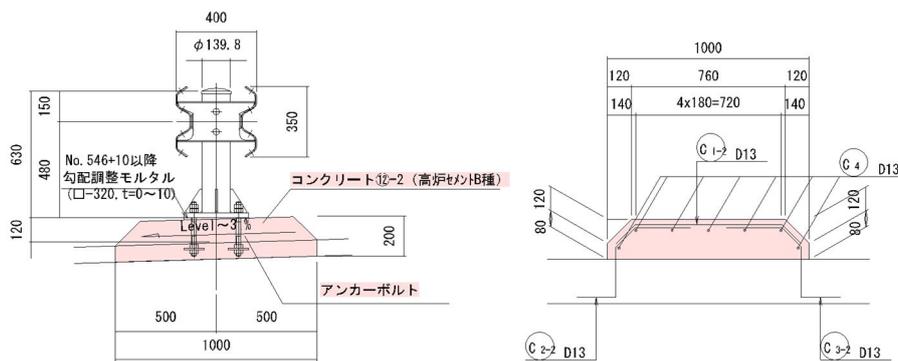
### 3) について

#### ①中央分離帯が設けられるRC床版のひび割れ

図5-⑥は、令和2年に供用を開始した橋であるが、供用後わずか2年で写真5-④のように、中央分離帯が施工されている範囲の下床版に漏水を伴うひび割れが確認されている。このひび割れは、中央分離帯のたわみ性防護柵の基礎コンクリートに配置されている鉄筋と同程度の間隔で発生しており、一部では錆汁の滲み出しも確認されている。なお、中央分離帯がないG1～G2間の床版下面にはこのようなひび割れは確認されていない。



[上部構造断面図]



[中央分離帯の構造]

図5-⑥ 床版下面に漏水を伴うひび割れが確認された橋梁と中央分離帯の構造



[床版下面のひび割れ(1)]



[ひび割れからのさび汁]



[直下の漏水跡]

写真5-④ 中央分離帯下の床版下面の漏水を伴うひび割れ

中央分離帯の基礎コンクリートには、写真5-⑤のように、収縮によると思われるひび割れが発生しており、床版下面に見られたひび割れは、中央分離帯の収縮が要因の一つと考えられる。



写真5-⑤ 中央分離帯の基礎コンクリートのひび割れ

東北地方整備局が、平成8年道路橋示方書以降の基準で施工した鋼橋RC床版の初回点検結果を分析した結果、中央分離帯がある橋は47橋となっている。このうち、たわみ性防護柵形式は31橋、剛性防護柵形式は16橋となっている。

これらの内、たわみ性防護柵形式では約3割（9橋）の橋で、中央分離帯の下に集中してひび割れが生じている。一方で、剛性防護柵形式の橋では、中央分離帯下に集中してひび割れが生じている橋は見られなかった（図5-⑦）。

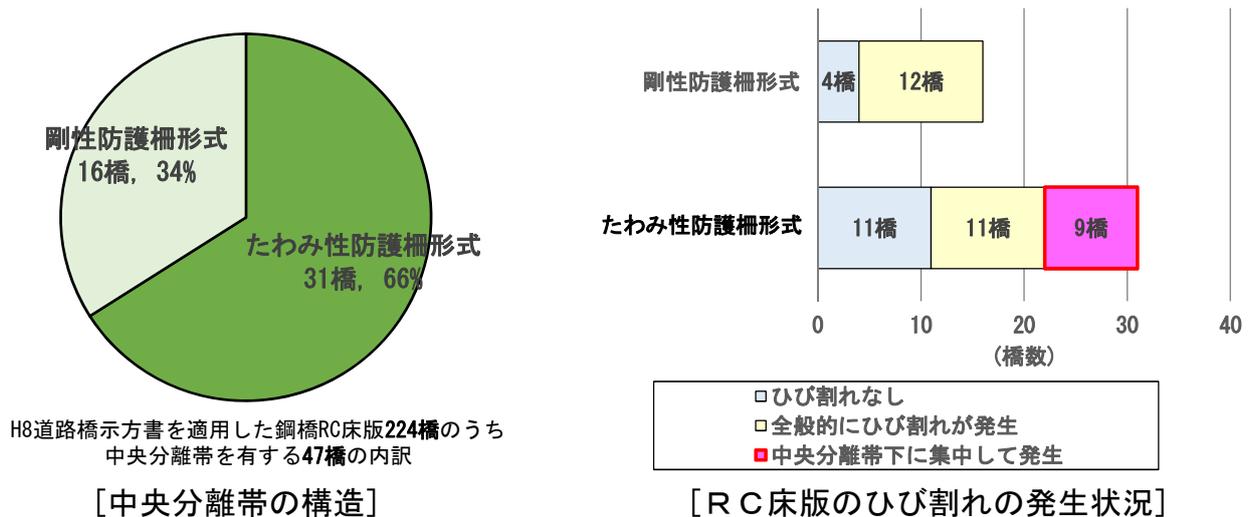


図5-⑦ 床版下面に漏水を伴うひび割れが確認された橋梁と中央分離帯の構造

中央分離帯が施工される範囲は、直接輪荷重が作用することはないが、ひび割れを介して凍結抑制剤混じりの水が床版本体内部に浸入することで、床版の耐久性を著しく低下させることになる。したがって、少なくともひび割れの発生事例が多い、たわみ性防護柵形式の中央分離帯となっている橋では、床版本体のひび割れを抑制するための対策が必要となる。

床版のひび割れを抑制するためには、発生の要因の一つとして中央分離帯が施工される範囲の締固め不足が考えられることから、「4. 7 施工の基本事項の遵守」に従い、この範囲の締固めを適切に実施する必要がある。

さらに、次の②以降に示す方法により、床版の有害なひび割れの発生を抑制するのがよい。

## ②基礎コンクリートのブロック割

これまでは、たわみ性防護柵の基礎コンクリートの目地配置は、10m間隔に伸縮目地、その中間に誘発目地が設けられている。伸縮目地部には貫通鉄筋が配置されていないため、ここに発生するひび割れは拡大しやすくひび割れの幅も変動しやすい。また誘発目地にひび割れが発生すると、その下の床版本体に進展しやすい。

したがって、中央分離帯の基礎コンクリートには原則としてこれらの目地は配置せず、図5-⑧のように排水溝により区切られた延長10m程度のブロック長さとするのがよい。このとき、排水溝部分の路面は、床版コンクリート施工時の煩雑さを避けるためと、防水工の連続性を確保するため車道舗装と同様にアスファルト舗装により処理するのが良い。このとき、排水溝の幅は舗装の転圧作業に必要な幅として30cm程度とするのがよい。

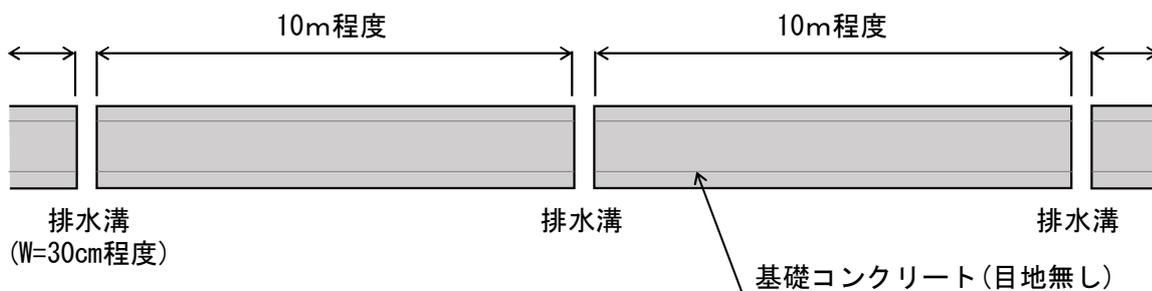


図5-⑧ たわみ性防護柵による中央分離帯の基礎コンクリートのブロック割

### ③床版本体のひび割れ抑制

前述の②の対策を実施したとしても、床版本体のひび割れを抑制するため、中央分離帯基礎コンクリート施工範囲の床版上面には、図5-9に示すように、橋軸方向にひび割れ抑制鉄筋を追加配置するのが良い。一般的な構造の場合、床版上面の橋軸方向鉄筋は床版下面に比べ粗な配置となっているため、鉄筋の追加にあたっては、床版下面の橋軸方向と同程度の間隔で密に配置するのがよい。

### ④車道部防水工の端部処理

一般に、中央分離帯の基礎コンクリートが施工される範囲は防水工が施工されないため、万が一床版本体にひび割れが生じた場合は、ひび割れを介して床版内部に凍結抑制剤混じりの路面排水が浸入することになる。したがって、中央分離帯と車道の境界部は適切に防水工の端部処理を行う必要がある。

なお、基礎コンクリート施工後に、基礎コンクリートに水が浸入する可能性があるひび割れが生じた場合は「4.10 ひび割れが発生した場合の措置」により、適切に対応するものとする。また、竣工時に中央分離帯下に漏水を伴うひび割れが生じていない場合でも、中央分離帯の収縮によってひび割れが生じる可能性も考えられる。したがって、供用後には当該範囲の点検を行い、ひび割れが生じていないことを確認し、漏水を伴うひび割れが生じている場合は、適切な防水対策を実施する必要がある。

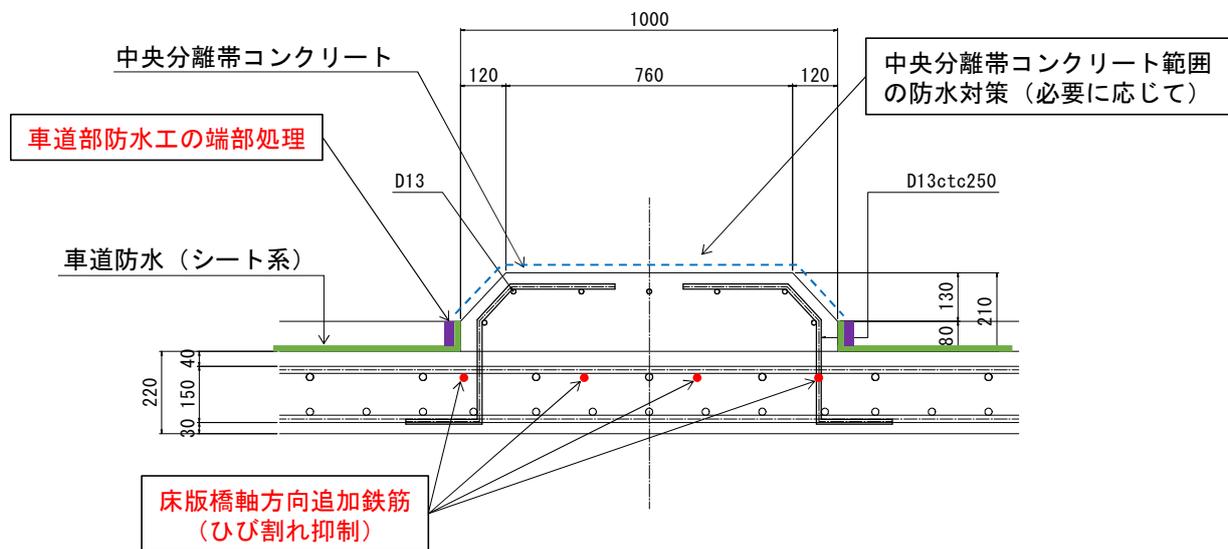


図5-9 床版橋軸方向鉄筋の追加と防水処理

### ⑤コンクリート

中央分離帯の基礎コンクリートは、壁高欄等と同じく、床版コンクリートと同じ配合を用いるのがよい。またひび割れが発生した場合の措置も、壁高欄等と同じく「4.10 ひび割れが発生した場合の措置」により、適切に対応するものとする。

## ⑥滞水対策

中央分離帯の基礎コンクリートと伸縮装置の後打ちコンクリートが接していると、橋面の勾配によっては中央分離帯の端部に滞水が生じる（写真5-⑥）。このような滞水は、舗装の早期劣化や床版の耐久性低下を招くため、図5-⑨のように、滞水が生じないように排水溝を設けるなどして適切な排水処理を行う必要がある。



写真5-⑥ 伸縮装置の後打ちコンクリートと中央分離帯の基礎コンクリートが接している場合の滞水事例

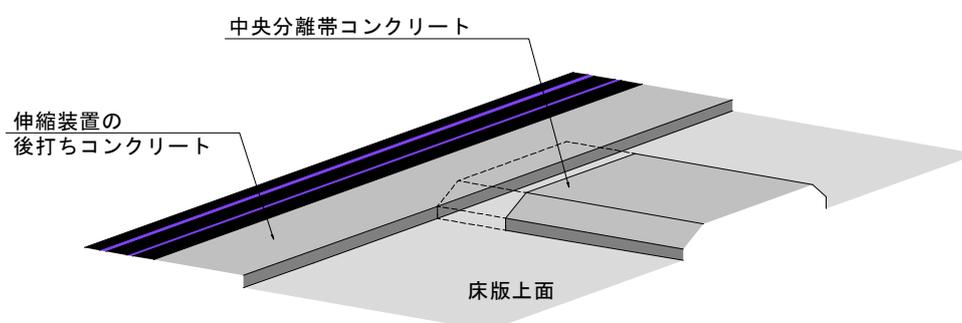


図5-⑨ 伸縮装置の後打ちコンクリートと中央分離帯の基礎コンクリートの処理

## 4) について

壁高欄・地覆コンクリート・伸縮装置のコンクリート・中央分離帯の基礎コンクリートに対しては、床版本体と同様に緻密性を高めるため、必要な養生期間を確保しなければならない。具体の養生についての留意事項は本手引き「4.8 養生による緻密性の向上」に準ずるものとする。

## 4. 6 施工計画の立案

### 4. 6. 1 不適切な施工による不具合の防止

東北地方のRC床版に求められる耐久性を確保するため、施工中に生じる不具合を発生させないように施工計画を立案しなければならない。

#### 【解説】

##### 1) RC床版の施工

RC床版の耐久性を確保するためには、施工中に生じる不具合を発生させないように施工計画を立案する必要がある。RC床版の施工は写真6-1-①に示すように、ポンプ車の筒先で打込みを行う班(a)と締固めを行う班(b)、RC床版の高さ・平坦均しを行う班(c)と仕上げを行う班(d)に分かれて行われる。その後、金コテによる最終仕上げ、養生が行われる。

一般的に、RC床版は打込み幅2～3mで橋軸直角方向に移動し、写真6-1-②のように各班に分かれているのが一般的である。



(a) 打込み班



(b) 締固め班



(c) 高さ・平坦均し班



(d) 仕上げ班

写真6-1-① 床版施工の作業班

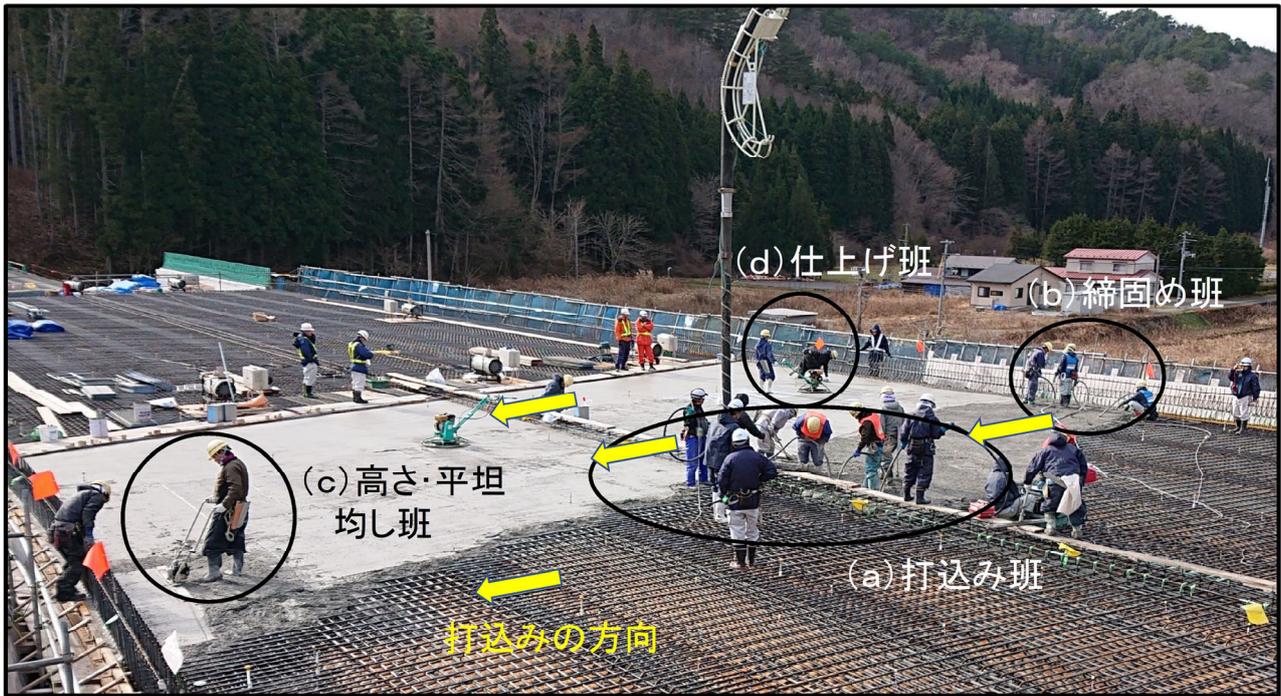


写真6-1-② 連続桁橋の床版施工の例

## 2) 不具合の例

RC床版の不適切な施工による不具合は耐久性に大きく影響するため、不具合の発生リスクや原因をよく理解して、各作業班に必要な人員配置を計画するとともに、作業員全員に対して施工に関する教育を適切に行う必要がある。

以下に、不適切な施工による不具合の代表的な例と主な原因を解説する。

表6-1-① 施工により発生する不具合と試験施工により確認しておくべき内容

不具合の内容	原因	試験施工等で確認しておくべき内容
① 充填不良	・ 締固めが不十分な場合に発生。 (過剰な締固めの場合は、材料分離やエントレンドエアまで抜けてしまい耐凍害性が確保できなくなる場合もある)	・ バイブレータの、適切な挿入間隔と振動時間を確認。
② 打重ね部のコールドジョイント	・ 施工速度調整不足による打重ね許容時間の超過。 ・ 打重ね許容時間に対する人員不足	・ 時間経過に伴うスランブロスの程度を確認(試験施工において打重ね可能かを確認)。 ・ 凝結試験とN式貫入試験を用いて打重ね可能な時間を確認する。
③ 平坦性不良	・ 天端表示棒の間隔のとりすぎ、外すタイミングの不適切。 ・ 夏季施工などで左官工が不足すると平坦性が確保できない。	・ 試験施工時にN式貫入試験を行い、時間経過に伴う貫入量と左官工の経験値による各種仕上げの開始時期を関係付けておく必要がある。 ・ 天端表示棒の間隔
④ 仕上げ不良	・ 平坦仕上げ時の金コテ仕上げでコテ跡を消す作業が不十分な場合。 ・ コンクリートの硬化が早く、コテ跡を消そうとしてもできなかった場合。	・ 上記同様に、N式貫入試験を行って左官工が行う仕上げ作業の開始時期と必要な人員配置を確認する。 ・ 仕上げ機械(トロウエル等)の性能を確認する。
⑤ 施工ジョイントからの漏水	・ ジョイント部の充填不良や締固め不足。	・ 施工ジョイント境界部の打継ぎ処理方法や充填不良とならない締固めの方法を事前に検討しておく必要がある。
⑥ 地覆打継目部からの漏水	・ RC床版と後打込みとなる地覆部分と打継不良。	・ RC床版上面のレイタンス処理を行っても防止できない場合があるため、地覆部のRC床版部分を2cm程度かさ上げしておくなどの対処が必要である。

## 2) -① 充填不良

床版の充填不良は、打込み作業が不均一でバイブレータの締固め時間や挿入箇所の間隔が不適切な場合に発生する（写真6-1-③）。充填不良が確認されたRC床版では、内部に空洞や豆板があると想定され、均一性、一体性、密実性が損なわれている。また、グレーチング床版では床版下面が鋼板（底鋼板）で覆われているため、床版内部の空洞や豆板部分に滞水することもあり、その部分から底鋼板が腐食・剥離することでコンクリート片などが落下する恐れがある。充填不良は、主に締固めが不十分なことが原因であるが、RC床版上面に障害物があり締固めや仕上げの作業が難しい場合に発生が見られる。



写真6-1-③ 床版上面の充填不良

また、バイブレータの振動時間が必要以上に長いと、粗骨材が床版下層に沈み、モルタルが床版上層に浮き上がるなどの材料分離を起こし、床版コンクリートの上層と下層では品質が不均一となり耐久性等に違いが生じる。同時に、施工時に巻き込むエントラップトエアと、耐凍害性に有効なエントレインドエア（独立した微小な空気泡）まで抜けてしまうことがある。

充填不良を防ぐためには、打込み後に適切な間隔でバイブレータを挿入し、振動時間を守って締固めを行うことが重要である。

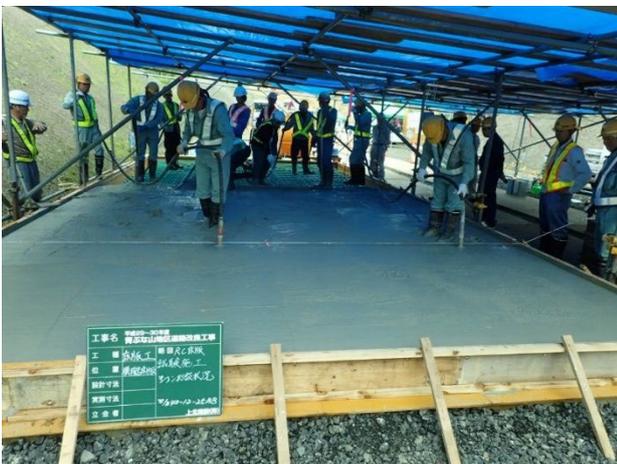


写真6-1-④ 50cm 間隔による締固め



写真6-1-⑤ マーキングロープの例

## 2) -② 打重ね部分のコールドジョイント

R C床版は、打込み幅2～3mで橋軸直角方向に施工するため、最初の打込み幅と次の打込み幅の境界に打重ね部分が発生する。また、アジテータ車の運搬遅延やポンプ車の配管閉塞などで打込み作業が中断すると、同一打込み幅の中に打重ね部分が発生する。

打重ね部分の施工では、当初設定していた打重ね許容時間を超過したり、想定よりも外気温の上昇が大きいなどの理由で、事前に設定した打重ね許容時間よりも、許容時間が短くなってしまうことがある。このような状況では、最初の打込み幅に硬化が始まり、次の打込み幅を締固めても一体化できなくなる。

写真6-1-⑥に、打重ね部に沿ってコールドジョイントが発生した例を示す。打込みが打重ねの許容時間内に施工できても、締固めが打重ねの許容時間内に施工できなければコールドジョイントが発生する。

コールドジョイント部は、打重ね部分でR C床版としての一体性が途切れているため、漏水やひび割れ発生の要因となるほか、疲労耐久性も低下することから、避けなければならない不具合の代表例である。



写真6-1-⑥ 床版打重ね部に沿ったコールドジョイントの例

床版施工に伴うコールドジョイントは、打込み時の気温が高い場合に生じやすいことから、夏季の施工においては、余裕をもって打重ね許容時間内に施工が出来るような人員体制を確保し、打込みと締固めの施工間隔が大きく開かないように打込みの施工速度を調整する。また、打込み作業の遅れに伴うアジテータ車の滞留により、フレッシュコンクリートのスランプ低下（スランプロス）が大きくなり、ポンプ車の配管閉塞の原因となったり、打込み、締固め、高さ・平坦均し作業が途切れないように、製造工場と連絡を密にするなどの対応が必要となる。

また、橋軸直角方向の打込みを片押し方式（図6-1-①）で行う場合は、最初の打込み幅と次の打込み幅の起終点が同じとなるため、打重ね許容時間は橋軸直角方向に渡ってほぼ同一である。

一方、橋軸直角方向の打込みを折返し方式（図6-1-②）で行う場合は、最初の打込み幅の起点に向かって次の打込み幅を折り返すため、次の打込み幅の終点が最も打重ね時間が長くなり、ここが打重ね許容時間のクリティカルとなる。

このため、片押し方式で打込む方がトラブルに対処する時間に余裕ができ、打重ね部のコールドジョイントの発生を抑制できる可能性が高くなる。

事前の試験施工では、時間の経過に伴うスランプの低下（スランプロスの程度）度合いを把握するとともに、打重ね許容時間を確認しておく必要がある。

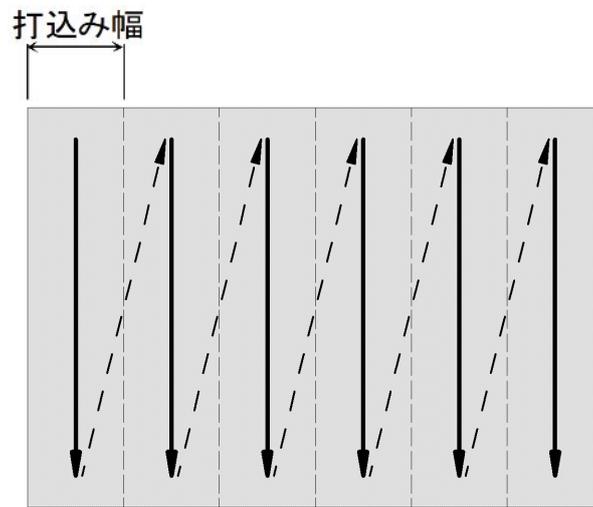


図6-1-① 片押し方式による床版の打込み

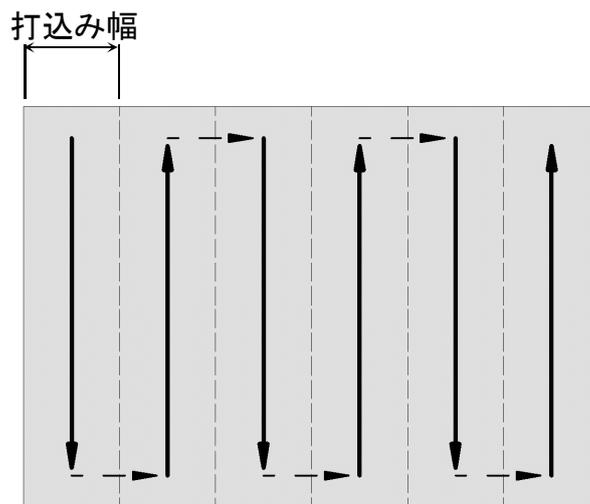


図6-1-② 折返し方式による床版の打込み

## 2) -③ 平坦性不良

RC床版上面の平坦性不良は滞水発生の要因となる。写真6-1-⑦は、平坦性不良による滞水の事例であるが、排水柵よりも縦断勾配の高いところで滞水が生じていることがわかる。RC床版の防水工の止水機能は必ずしも完全ではなく、床版上面の平坦性不良は滞水により、床版下面側の漏水につながる可能性が高い。橋梁点検では、初期段階で床版下面の漏水が確認される事例が多く発生している。

また、輪荷重走行試験の結果では、床版への水の作用により1/3～1/10に疲労耐久性が低下することや、土砂化の誘発要因にもなることから、床版の平坦性確保は極めて重要な指標である。

床版の平坦性は、高さ・平坦均し作業時に鉄筋に取り付けた天端表示棒の目印を目安に行うが、天端表示棒の間隔が広すぎたり、天端表示棒を取り外すタイミングが早すぎると平坦性に影響する場合がある。

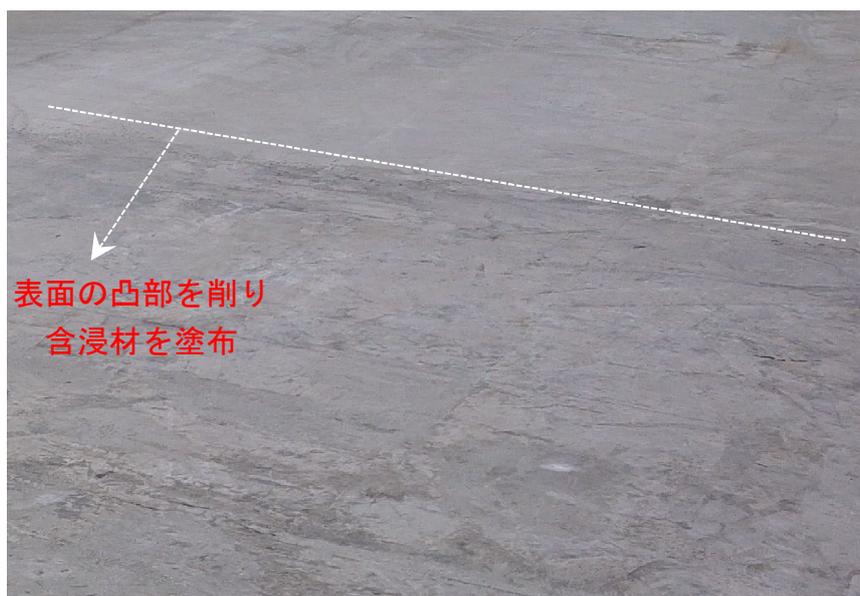


写真6-1-⑦ 床版上面に生じた平坦性不良による滞水

また、夏季施工などで通常よりもコンクリートの硬化が早く始まる場合には、平坦均し作業を早めに開始するための左官工を別途準備しておく必要がある。平坦均し作業の施工計画にあたっては、打込み班の均しの左官工を兼用する配置を避け、別途に配置する必要がある。これは、打込みが完了する前に最初の打込み幅に打込んだコンクリートの硬化が始まると、打込み班の左官工の一部を平坦均し作業に再配置せざるを得なくなる。

その結果、打込み班の均し作業時間が遅延するだけでなく、最初の打込み幅側の平坦性も低下してしまう。写真6-1-⑧は、夏季施工において上述した理由により左官工の人員不足から平坦性が確保出来ず、補修としてRC床版の上面凸部を削った上で含浸材を塗布した事例である。RC床版の上面を削ると表面に微細なひび割れ（マイクロクラック）が生じ、これが劣化の起点となることが想定されたため、床版表層部に含浸材を塗布する補修が行われた例である。

RC床版は、打込み時の均し作業後、高さ・平坦均し、仕上げ、最終の金コテ仕上げがあり、これらの開始時期は従来のように左官工の経験だけに頼るのではなく、試験施工時にN式貫入試験を行い、作業時間の経過に伴う貫入量と左官工の経験値による各仕上げの開始時期を関係づけて、左官工不足にならないように施工計画を立案することが重要である。



平坦性不良のため表面の凸部を削り、含浸材を塗布した例

写真6-1-⑧ 床版上面に生じた平坦性不良の補修箇所

## 2) -④ 仕上げ不良

写真6-1-⑨に、床版上面にコテ仕上げの跡が残ってしまった仕上げ不良例を示す。

このような場合、防水工の施工時にプライマーを塗布しただけでは、シート防水の接着性が確保出来ない恐れがあり、補修として床版上面を平滑に削るなどの作業が発生する可能性がある。

床版上面の仕上げ不良は、平坦仕上げ時の金コテ仕上げでコテ跡を消す作業が不十分な場合、あるいはコンクリートの硬化が早く、コテ跡を消そうとしても出来なかった場合に生じる。このため、左官工が行う仕上げ作業の開始時期と必要な人員配置は、2) -③で述べたように試験施工時にN式貫入試験を行って事前に確認する必要がある。



写真6-1-⑨ 床版上面に生じた仕上げ不良

## 2) -⑤ 施工ジョイントからの漏水

鋼橋連続桁のRC床版では、中間支点上のRC床版に施工時の応力によりひび割れが発生しないように段階的な施工をする必要がある。なお、段階的な施工ではブロック毎の境界面が施工ジョイントとなる。

写真6-1-⑩に、施工ジョイントからの漏水の事例を示す。鋼橋では凍結抑制剤散布による塩化物を含む漏水の影響により鋼桁が局所的に早期に腐食する。耐候性鋼材の橋梁では漏水の影響を受ける部分で保護性錆が形成されず、その部分を塗装するなどの補修が必要となる。

施工ジョイントからの漏水は、RC床版の充填不良や締固め不足が生じないように施工することによって防止することが出来る。



写真6-1-⑩ 施工ジョイントから生じた床版下面の漏水



写真6-1-⑪ 打継目の処理（打継シート）の例

## 2) -⑥ 地覆打ち継ぎ目部からの漏水

写真6-1-⑫に、RC床版と後打込みとなる地覆との打ち継ぎ目部から生じた漏水の事例を示す。地覆打ち継ぎ目部からの漏水は2) -⑤で述べたように鋼桁の腐食を助長する。地覆打ち継ぎ目部からの漏水は、RC床版上面のレイタンス処理を行っても完全に防止できない場合がある。そこで、地覆部のRC床版部分を2cm程度かさ上げし、床版上面からの浸入水を抑制することで地覆打ち継ぎ目部からの漏水を防止する(図6-1-③)。



写真6-1-⑫ 地覆打ち継ぎ目部からの漏水

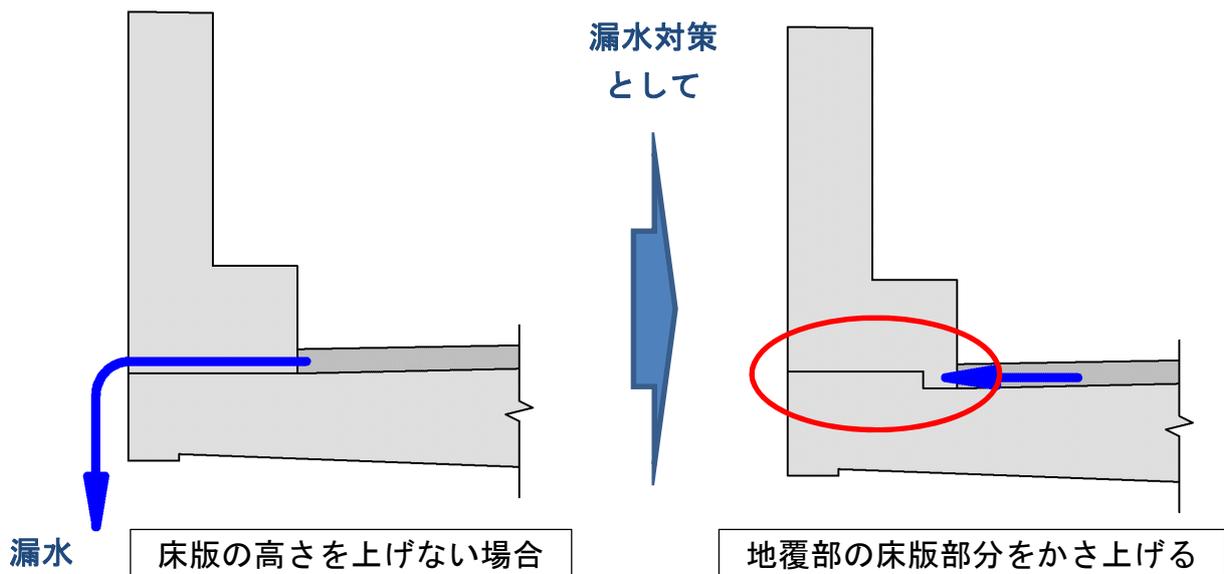


図6-1-③ 地覆部における床版部分のかさ上げ処理

#### 4. 6. 2 施工計画立案のための試験施工

施工計画の立案にあたっては、施工上の疑問点を解消するため模擬床版による試験施工を実施するものとする。なお、模擬床版は実際の構造条件等を適切に再現することが望ましい。

この手引きで使用するコンクリートは、水結合材比（W/B）が45%程度を目標としているので、セメント等の粉体量が多く、粘性が比較的高い。このため、気温等によりその性状や性能が影響を受ける場合がある。

この手引きで使用するコンクリートは、このような性質を持つものであることから、性能の確認や、施工計画立案上必要な事項を確認するため、試験施工を実施することを標準とした。特に暑中コンクリートや寒中コンクリートとなる場合は、実際の施工環境をよく想定して試験施工を行わなければならない。

なお、試験施工とは、主に基本的な性状の確認を行う「試し練り」、その後の施工計画立案上必要となる「模擬床版等による試験施工」、および「その他の確認項目」のことである。以下に、それぞれで確認すべき項目を表6-2-①、②、③に示す。

特に、模擬床版による試験施工は、この手引きで使用するコンクリートが、これまで使われてきた床版コンクリートに比べ気温等により性状や性能が影響を受けやすいことから、本施工で不具合を出さないためにも、施工上の疑問点を解消し、施工計画、および本施工を適切に行うために実施するものである。したがって、施工上の疑問点を解消するために必要であれば、模擬床版は床版の縦横断勾配等を適切に反映するなど、必要な事項を再現して実施することが望ましい。

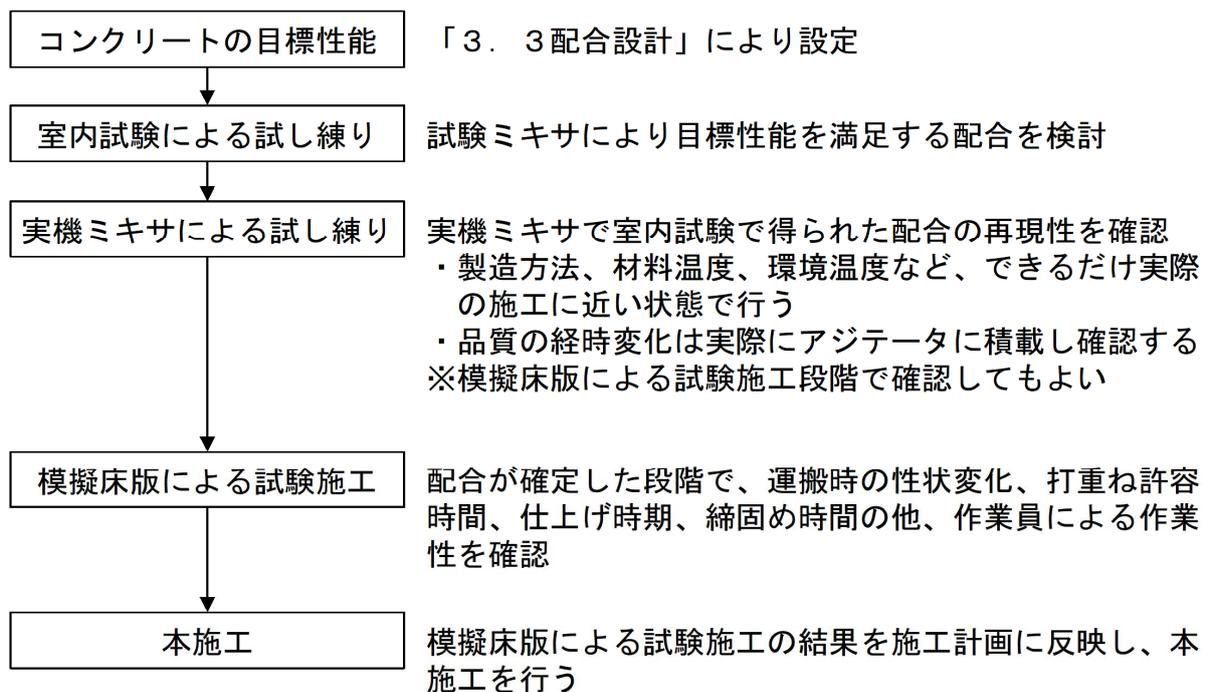


図6-2-① 試験施工の手順

## 1) 試し練り

### 1) - 1 室内試験による試し練り

凍害対策S地域のコンクリートの配合はJIS規格外であるため、室内試験による試し練りで配合検討を行う必要がある（「3.3 配合設計」参照）。凍害対策A地域のコンクリートはJIS規格の範囲ではあるが、高炉セメントやフライアッシュを使って、W/Bを45%程度とする配合は、生コン製造工場によっては一般的でない場合も考えられる。したがって、凍害対策Aの地域においても、室内試験による試し練りで配合検討を行うことを基本とした。

なお、同一配合であっても、製造工場や骨材が異なることにより、コンクリートの性状は変わることが一般的であり、同一配合だから試し練りを省略できることにはならない。ただし、製造工場、骨材、配合が同じで、打込みの時期もほぼ同じ直近の工事があれば、試し練りを省略してもよい。

### 1) - 2 実機ミキサによる試し練り

実機ミキサによる試し練りは、室内試験により決定された配合により、実際にコンクリート製造工場で練混ぜ、試験室で製造した目標の性状と、同等のものができるところを確認する目的で実施するものである。

表6-2-① 室内試験・実機ミキサによる試し練りでの確認項目

	確認項目	室内試験	実機ミキサ	留意事項等
①	スランプ	規格値±2.5	規格値±2.5	・施工性を考え12~15cm程度とするのがよい。 ・経時変化による性状確認(0~120分、30分毎)
②	塩化物量等	共通仕様書による	—	共通仕様書による
③	空気量	種別毎の目標値	種別毎の目標値	・経時変化によるフレッシュコンクリートの空気量の低下状況確認(0~120分、30分毎) ※種別Sでは室内試験において硬化コンクリート中の空気量と気泡間隔係数を測定する(本手引きの「3.3 配合設計」を参照)
④	強度	7日、28日	7日、28日	・28日強度で呼び強度以上を確認(56日、91日強度は参考値)
⑤	スケーリング (種別Sのみ)	目標値 0.5kg/m <sup>2</sup> 程度以下	—	・本手引きの「3.3 配合設計」を参照
⑥	その他	コンクリートの 熱膨張係数*	—	試し練りで決定された配合により実施する。 (膨張収縮試験もあわせて実施する)

※コンクリートの熱膨張係数の試験方法については巻末資料を参照。

### ①スランプについて

水結合材比（W/B）が45%程度と粉体量が多いので、8cm程度のスランプでは、コンクリートの充填不足や巻き込みエアがなかなか抜けない等の施工中に生じる不具合を起こす恐れがあるので、スランプは施工性を考慮して12～15cm程度を目標にするのがよい。

### ③空気量について

空気量は、骨材とAE剤の相性や細骨材の粒度分布および細骨材率等に左右される。この手引きの空気量は、凍害対策Sの地域では6.0%（5.0～6.9%）、Aの地域では5.0%（4.5～6.0%）を目標としているため、試し練りによって目標となる空気量が確保されない場合は、細骨材の配合やAE剤の種類の変更等を検討する必要がある。

なお、時間経過による空気量の低下は、運搬時間や外気温、運搬数量、ポンプ圧送、締固めによっても異なるので、模擬床版の試験施工時等に確認する。

### ④強度について

RC床版の設計基準強度は一般的に、 $24\text{N/mm}^2$ であり、実際に使用する配合の28日後のコンクリートの圧縮強度が $24\text{N/mm}^2$ 以上であることを確認するとともに、特にフライアッシュコンクリートを用いる場合は、フライアッシュのポゾラン反応の進行による強度増加の状況を確認するため、56日、91日後の圧縮強度も参考値として確認しておくのがよい。なお、56日以降の圧縮強度については試し練りまたは試験施工で1回程度確認すればよい。

### ⑥コンクリートの熱膨張係数について

特に鋼橋連続桁ではひび割れが発生する可能性が高いことから、構造物の引渡しまでに発生するひび割れを有害でないものにするための抑制対策が必要となる。コンクリートの熱膨張係数 $10$ （ $\times 10^{-6}/\text{C}$ ）以上となる場合では、特にひび割れの発生するリスクが高いことからひび割れが発生した場合の原因追及のためにも、試験施工においてコンクリートの熱膨張係数を測定するものとした（コンクリートの熱膨張係数の測定方法については、別途「巻末資料」を参照）。

## 2) 模擬床版等による試験施工

表6-2-② 模擬床版等による試験施工

	確認事項	留意事項等
⑦	運搬時性状変化	スランプ（0～120分で、30分毎）
⑧	〃	空気量（同 上）
⑨	〃	温度（同 上）
⑩	打重ね許容時間	打重ね許容時間の確認
⑪	仕上げ時期	N式貫入試験（高さ仕上げ、平坦仕上げ、最終仕上げ）
⑫	締固め時間	<p>【⑫-1. 凍害対策Sの地域】</p> <p>バイブレータの振動時間を5～15秒で変化させ、締固め後のフレッシュ時の空気量が4.5%以上</p> <p>【⑫-2. 凍害対策Aの地域】</p> <p>基本的には、凍害対策Sの地域に準じ確認するものとし締固め後のフレッシュ時の空気量が4.0%以上</p> <p>※凍害対策Sの地域においては硬化後の空気量と気泡間隔係数も測定するものとする。</p>

模擬床版等による試験施工は、配合がほぼ確定し、実際に使用する製造工場でコンクリートを練り、床版の施工計画立案上必要な、運搬時の性状変化や仕上げ時期の確認、空気量の確保と締固め程度を確認するバイブレータによる締固め時間の確認を行うものである。

なお、⑦⑧⑨の運搬時の性状変化、および⑫の締固め時間については、模擬床版による試験施工において確認するか、もしくは、実機ミキサによる試し練りの際に、模擬床版よりも小さい（1.0m角程度）供試体で確認する方法がある。

### ⑦⑧⑨運搬時性状変化

運搬時の性状変化確認試験は、実際のコンクリート運搬を想定し、スランプ、空気量、温度について、練上りからの経過時間でどのように性状が変化するかを確認するものである。

性状が120分以内で急変する場合は、急変する直前の値と経過時間が施工管理上の制限値となり、その時間内での打込み締固めが必要となるので、そのような施工が時間的に可能なのかよく検討する必要がある。施工計画の立案が難しい場合は、再度配合から検討し直すことが必要である。

耐凍害性確保のための空気量や、施工性を大きく左右するスランプについては、運搬やポンプ圧送、締固め、外気温等の影響を受けて性状が変化する場合がある。

このため、実際に近い施工条件で、運搬時等の性状変化を確認しておくことが必要となる。図6-2-②に運搬時の空気量の変化の試験結果の例を示す。

特に暑中コンクリートとなる場合や、ポンプ車で高さ15m以上の圧送を行う場合は、

空気量のロスが大きくなる傾向にあるので、圧送時の性状変化を確認しておくことが望ましい。

ポンプ圧送の試験では、圧送高さを水平換算延長に置き換える方法もあるが、高さ方向に圧送する場合の方が、重力の影響を受けやすいことから空気量のロスが大きく、高さ方向に圧送試験を行うことが望ましい。

なお、実施工で短繊維を混入する場合は、繊維材の投入により空気量が増加するため、現場到着時の空気量の管理は繊維材投入前に行うのがよい。

## 出荷から締固めまでの空気量の変化

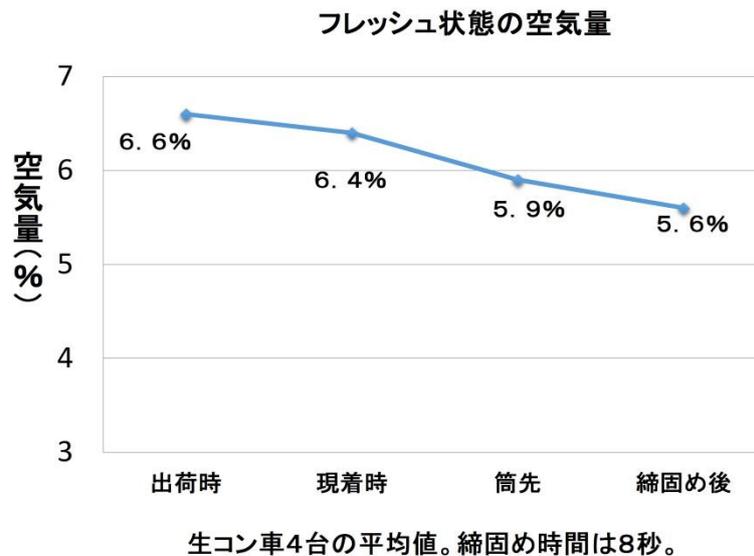


図6-2-② 運搬時の空気量の変化の試験結果

### ⑩打重ね許容時間

床版のコンクリートの打込み締固めは、打込み幅2～3m程度で橋軸直角方向に行われる場合が多く、最初の打込み幅と次の打込み幅の境界で打重ね部分が生じる。

この打重ね部分で硬化が始まった場合、バイブレータにより十分な締固めができず一体性を欠き、打重ね線やひび割れ、漏水の原因となる場合がある。

床版の打重ね線による不具合を防止するためには、あらかじめ試験施工においてどの程度の時間内であれば打重ねが可能であるか、コンクリート標準示方書や、事前に実施した凝結試験、N式貫入試験の結果から、現場ごとに施工管理の目標値を把握する必要がある。

特に暑中コンクリートとなる場合、あるいはバチ形などの拡幅部分がある床版の場合では打重ね許容時間内の打込み・締固めが不具合を起こさない必須条件となるので十分留意する必要がある。

### ⑪仕上げ時期

仕上げ時期確認試験は、左官工が床版上面をコテで均し、厚さおよび高さを確認していく「高さ仕上げ」、床版のコンクリートが硬化をはじめ、左官工が床版面に立って作業が行える頃に行う床版の「平坦仕上げ」、金コテによる「最終仕上げ」、およびその後の「養

生シートの敷設」の各タイミングを確認するために行う試験である。

具体的には、床版の左官工による仕上げは、床版の平坦性に大きく影響するため、硬化が進まないうちに高さ仕上げを完了する必要がある。また、平坦仕上げは、左官工が機械仕上げで表面を平坦にするため、仕上げ機械や人が乗っても不具合が出ない程度にコンクリートが硬化をしている必要があり、養生シート敷設時には作業員が床版表面を歩いても足跡等がつかない程度の硬さになっている必要がある。

仕上げ時期確認試験は、実際に本施工を行う左官工がコンクリートの硬化の状態をみて、各タイミングに相当するときの経過時間と、N式貫入試験による貫入量を関連付け、本施工における各仕上げ時期の目安の時間を設定するものである（図6-2-③）。

（巻末資料に「N式貫入試験による仕上げ時間等の推定法」を示す）

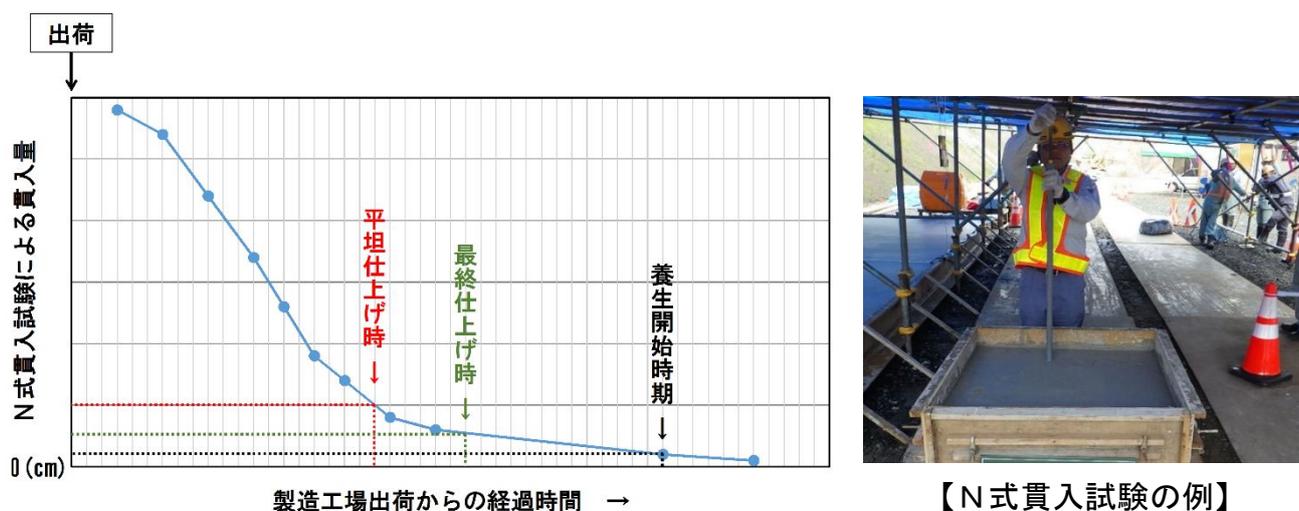


図6-2-③ N式貫入試験による各仕上げのタイミング設定例

実施工での仕上げ時期の目標値がわかれば、高さ仕上げから最終仕上げまでの時間がわかることから、左官工の配置人数が検討できる。また、最終仕上げから養生開始時期や養生終了時期も予想できる。これらを施工計画に盛り込むことが可能となる。

なお、各仕上げ時期までの時間は外気温や養生方法によっても異なるため、それらを想定して試験を行い、適宜、目安の時間を安全側に定める等の配慮が必要である。

## ⑫バイブレータによる締固め時間

この手引きでは、耐凍害性を確保するため、荷卸し時の空気量を凍害対策Sの地域では6.0%（5.0～6.9%）、Aの地域では5.0%（4.5～6.0%）としている。

一方、床版の密実性を確保するため、コンクリート標準示方書の締固め時間は5～15秒となっている。過度な締固めは耐凍害性の確保に必要な独立気泡（エントレインドエア）も抜ける可能性があるため、密実性と耐凍害性が両立するような締固め時間を、試験により確認する必要がある。

凍害対策Sの地域では、締固め後のフレッシュ時の空気量が4.5%程度確保されるバイブレータの振動時間を締固め時間とするのがよい。

凍害対策Aの地域では、締固め後のフレッシュ時の空気量が4.0%程度確保されていることを確認するのがよい。

なお、過去の実績によれば、8秒程度の締め固めにより空気量は4.0%以上が確保されている事例が多い。

図6-2-④にバイブレータによる締め固め時間を変化させた場合の、フレッシュ時のコンクリートの空気量の測定例を示す。この例では、振動後の空気量を4.5%以上とするために、バイブレータの振動時間を8秒に設定している。

### 締め固め時間の設定例

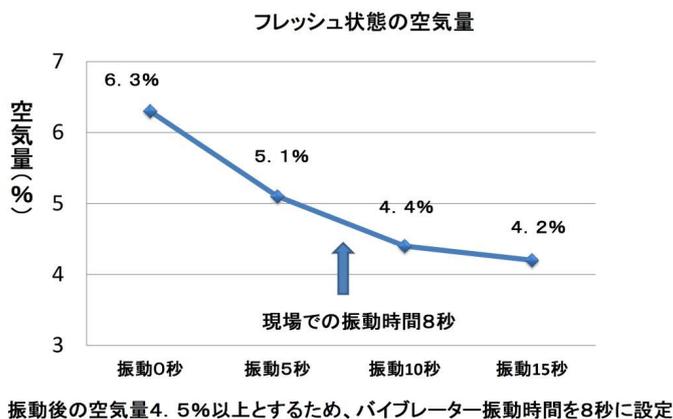


図6-2-④ 締め固め時間の設定例

また、写真6-2-①にバイブレータの振動時間を5～15秒で変化させた場合の硬化コンクリートにおけるコアの観察例を示す。

模擬床版から採取したコアの観察では、振動時間が15秒の場合では材料分離と思われる粗骨材の沈下が見られる。5秒の場合はこのような材料分離は認められないもののエントラップドエアが多く、十分に締め固めがなされていない状況が確認された。材料の特性から、長い締め固め時間が必要となる場合は、これらを参考に適切な振動時間を設定するのがよい。

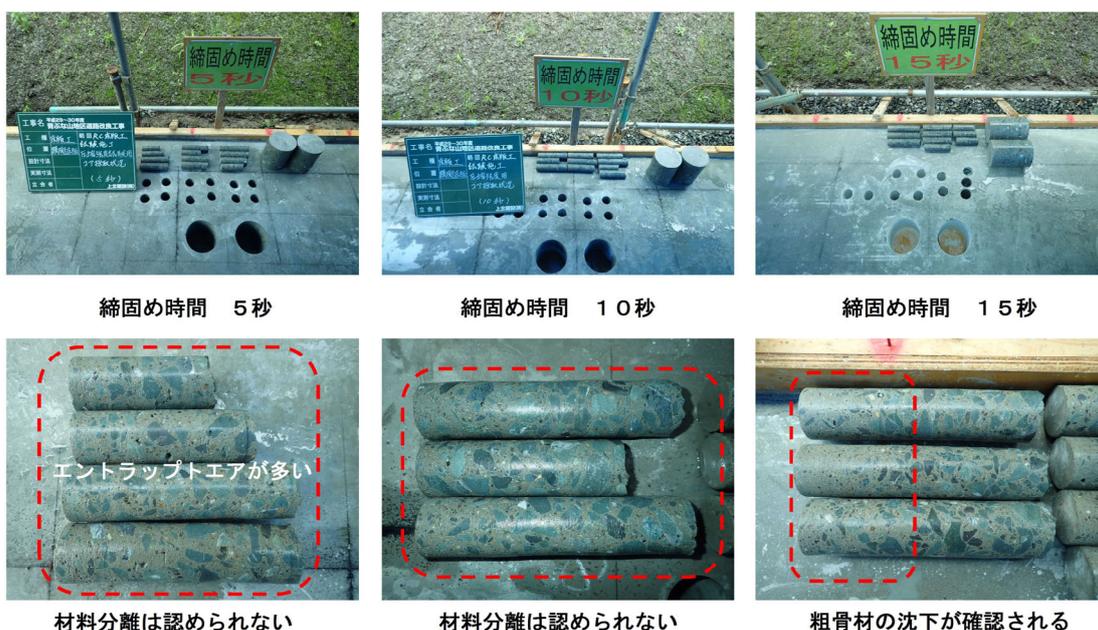


写真6-2-① 締め固め時間5, 10, 15秒とした場合のコアの観察例

表6-2-③ その他の確認項目

	確認事項	留意事項等
⑬	仕上げ補助剤	仕上げ補助剤の選定
⑭	バイブレータの 挿入間隔	適切なバイブレータの挿入間隔の確認
⑮	排水柵下の残留気泡 の除去	排水柵下の残留する気泡をどのような方法で除去 可能かを確認
⑯	平坦性	床版の平坦性を確保するため、仕上げ機械の性能を 確認するために実施

### ⑬仕上げ補助剤

最終仕上げに使用する仕上げ補助剤は、表面の平坦性を向上させるために必要不可欠なものである。しかしながら、仕上げ補助剤と防水層の接着剤の相性が悪いと、防水層の接着抵抗が低下し、防水層だけで無く橋面舗装にも影響を与えることがわかってきた。これらから、床版表面を削り仕上げ補助剤を除去してから、防水層を施工する必要があるが、当初から、仕上げ補助剤の選定にあたり、平坦性確保のしやすさとともに防水層の接着剤との相性を十分吟味することが必要であり、巻末資料に示した「建研式引張接着試験（写真6-2-②）」により、引張接着強度を確認するのがよい。



写真6-2-②  
建研式引張接着試験

（写真6-2-②）」により、引張

#### ⑭バイブレータの挿入間隔

コンクリートの密実性を確保するため、施工状況把握チェックシートやコンクリート標準示方書では、バイブレータ挿入間隔は50cm以下としている。

この手引きで定めている水結合材比(W/B)が45%程度とセメント等の粉体量が多いコンクリートは、一般に粘性が高く、バイブレータの振動が届く範囲が狭くなる場合がある。

特に、暑中コンクリートではこの傾向が大きくなる可能性がある。

このため、床版全面にバイブレータの振動範囲が届くように、バイブレータの挿入間隔の試験(写真6-2-③)を行うことが望ましい。

挿入間隔の判断は、目視でコンクリート表面の振動範囲を確認して決めてよい。

写真6-2-④はグレーチング床版内部の充填不良の事例を示す。グレーチング床版は、床版下面がコンクリート打設時の型枠である底鋼板に覆われているため、竣工直後はこのような不具合は容易には発見できない。また、グレーチング床版などの合成床版は、I型鋼といった格子がバイブレータの振動を減衰させる恐れがあるため、この種の床版の場合のバイブレータの挿入間隔は、格子間隔とすることが望ましい。



写真6-2-③

バイブレータの挿入間隔の試験施工



写真6-2-④ グレーチング床版コンクリートの充填不良の事例

### ⑮排水柵下の残留気泡の除去

床版の橋梁点検の結果では、排水管周りから漏水が生じている事例があり、排水柵下に残留する気泡が水みちとなっていることが原因の一つと考えられている。

このため、排水柵下の残留気泡の除去方法について模擬床版と模擬排水柵を利用して試験施工することが望ましい。

現在まで行われた試験施工から、単にバイブレータの振動力を高めただけでは残留気泡が除去しきれず、排水柵下に何かを差し込み、引き抜くことで物理的に気泡を除去するか、打込みの手順を工夫して排水柵下に気泡が残らないようにする等の方法が試みられている。今のところ標準的な方法は確立されていないので、施工者の創意工夫が引き出せるように試験施工を行うことが望ましい。

なお、現時点では写真6-2-⑨に示すようなビニールロープによりかき出す方法が気泡量の低減効果が見られる。



写真6-2-④ 床版の排水管周りからの漏水事例



写真6-2-⑤ 型枠でつくった模擬排水柵



写真6-2-⑥ 模擬床版に模擬排水柵をセットしたところ



写真6-2-⑦ 通常バイブレードによる排水柵下の状況  
気泡は除去されていない



写真6-2-⑧ スパイラルバイブレードによる排水柵下の状況  
通常バイブレードよりも気泡が大きくなっている。  
大きな振動力のため気泡が集まり大きくなった  
と思われる。

## 排水柵下の気泡除去



排水柵下にあらかじめビニールロープを仕込んでおき  
締固め後に排水柵下の気泡をビニールロープでかき出す方法

写真6-2-⑨ 気泡除去の例①

### 振動圧入法



### 軽便パンチ



### 気泡除去棒



写真6-2-⑩ 気泡除去の例②-1



写真6-2-⑪ 気泡除去の例②-2



写真6-2-⑫ 気泡除去の例②-3

## ⑯平坦性

床版に凹があると、防水層下に水が滞水するため、防水層や舗装の劣化を引き起こす原因となる。

現在は、左官工が天端表示棒を基準に高さ仕上げを行っているが、仕上げ方法には様々な方法があり、床版の置かれている状況（縦断勾配や横断勾配、形状等）から、平坦性の確保に有効な工法を選定し、試験施工後に水準測量等によって平坦性の施工誤差を確認するのがよい。



写真 6 - 2 - ⑬ 平坦仕上げの例

### 3) 模擬床版の大きさ

模擬床版による試験施工では、配合がほぼ確定した後に製造工場でコンクリートを練り、運搬時の性状変化や床版仕上げの時期、空気量の確保、バイブレータによる締固め時間や挿入間隔など、施工計画立案に必要な項目の確認を行う。

また、本施工を想定した施工性や人員・設備の過不足を確認することが重要であり、実際に施工する作業員と機材を模擬床版に配置し、打込み時の筒先バイブレータによる厚さ管理や、バイブレータによる締固め程度、トンボやトロウエルなどによる仕上げまでの一連の作業性確認を行う。模擬床版の大きさは、本施工を想定したこれらの作業が、模擬床版上で再現できるスペースを確保する必要がある。

本施工では、床版コンクリートの品質・耐久性を確保するために「品質が安定したコンクリートの連続供給」が必要である。品質の安定性の確保は施工の連続性や打重ね、仕上げ作業などにおいて不具合が発生するリスクに大きく影響する。そこで、試験施工では製造工場からの安定したコンクリートの連続供給が可能かどうかを確認するためにアジテータ車3台分の品質を確認する必要がある。模擬床版の大きさは、連続供給の安定性を確認するコンクリート量や、表6-2-④に示す模擬床版の試験施工で検証する項目を踏まえ決めるのがよい。

図6-2-⑤に示した模擬床版の大きさは、対策種別Sの場合の事例を示したものである。対策種別Aの場合においても、バイブレータ作業員の配置や仕上げ機械の作業幅、アジテータ車3台分の品質を確認する必要がある場合は、コンクリート量から概ね同じ大きさの模擬床版が必要と考えられる。

本施工において縦断・横断勾配が大きい場合は、試験施工においても本施工する床版の勾配（縦断、横断、合成勾配）を架台等により再現する必要がある（図6-2-⑥）。特に本施工の縦断勾配、または横断勾配のいずれかが3%以上となる場合は、コンクリートのスランプに関係なく、試験施工の模擬床版は実橋と同じ縦断・横断勾配をつけるものとする。なお、それ以下の勾配でも任意で実橋の縦断・横断勾配を再現してもよい。

ただし、現場の施工ヤードや他の工事との関係で所定の大きさが確保できない場合は、運搬によるスランプや空気量の経時変化や、バイブレータの適切な振動時間の設定などを、実機による試験の際に別供試体で検証することにより、試験施工で検証すべき項目を最小限にとどめた模擬床版の大きさにすることができる。

なお、ここに示す以外の個別に検証する試験項目がある場合などは、その現場条件に応じて適宜、模擬床版の大きさを検討するのがよい。

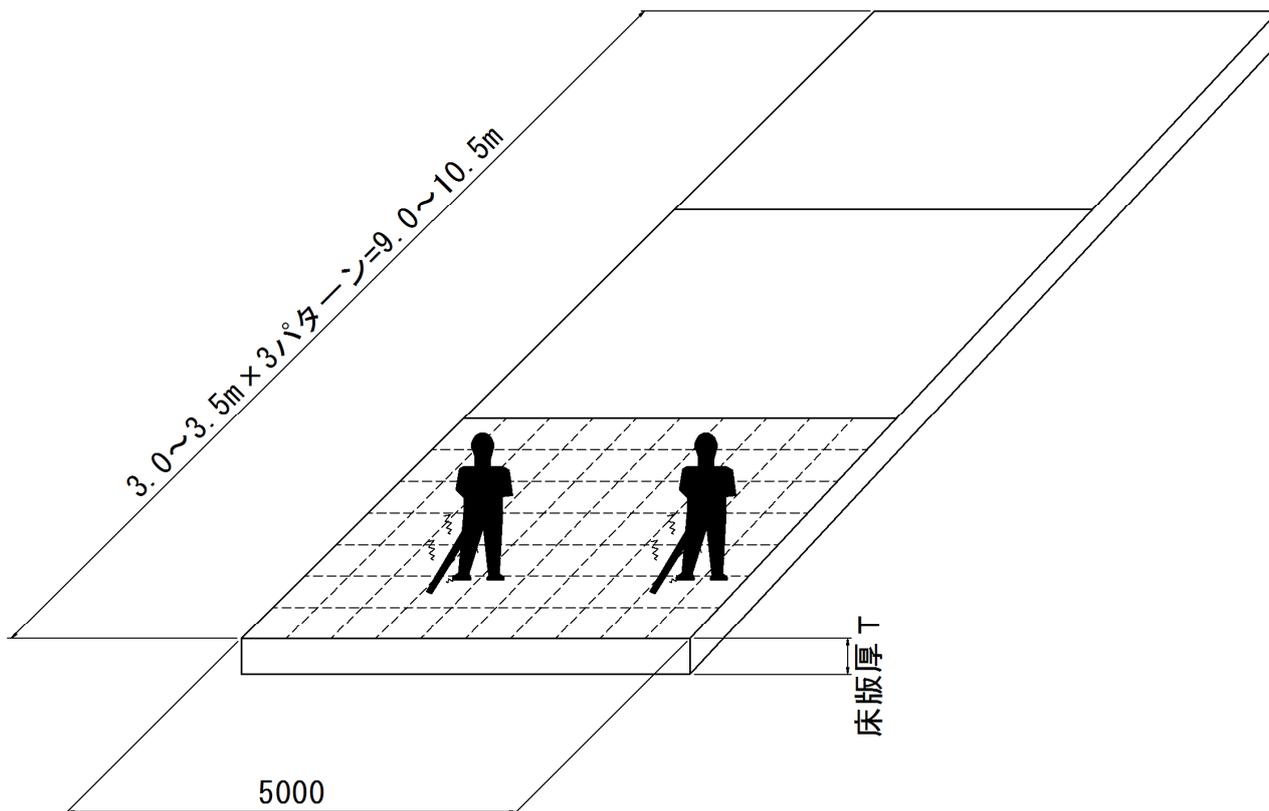
表 6-2-④ 模擬床版の試験施工で検証する項目と仕様・大きさを決定する要因

区分	試験施工における検証項目	模擬床版で検証する必須項目※1	模擬床版の仕様・大きさを決定する要因
①	・勾配が3%以上ある場合のコンクリートの施工性（コンクリートの「だれ」などを確認）	○	・架台による実橋の床版勾配を再現
②	・打込みコンクリートの厚さ管理（作業員による敷均し作業性の確認）	○	・筒先バイブレータの作業スペース トンボによる敷均しスペース 高さ指示棒の配置間隔
③	・コンクリート締固めの作業性確認	○※2 バイブレータの パターンは別供 試体で検証可能	・後追いバイブレータの作業スペース （50cm 角程度） ※対策種別 S 区分では3パターンで実施する（5、10、15 秒）。
④	・コンクリート仕上げの作業性確認 ・N式貫入試験と仕上げタイミングの関連性	○	・左官工の作業スペース （トロウエル等の仕上げ機械の作業性により決定する）
⑤	・打重ね許容時間	○	・打重ねが再現できる作業延長 （コンクリートの供給量より決定）
⑥	・安定したコンクリートの連続供給（スランプ、空気量、温度、気泡間隔係数（種別 S の場合））	△※3 実機による試験 や別供試体で 検証可能	・アジテータ車（4m <sup>3</sup> ）3台分程度のコンクリート量 （ロスを含めて 10.5m <sup>3</sup> 程度）
⑦	・その他	—	・N式貫入試験のスペースは模擬床版とは別に、1.0m 角程度の供試体を製作して確認してもよい。 ・養生マットの適用性

※1：必須項目欄の「○」は模擬床版で検証すべき項目であり、「△」については現場条件に応じて、実機による試験や別供試体により検証することができる。

※2：作業性は模擬床版で検証し、最適バイブレータの振動時間は実機による試験時に別供試体で検証してもよい。

※3：実機による試験でコンクリートの安定した供給ができない可能性がある場合は、模擬床版での試験施工により検証する必要がある。



- ・ 模擬床版の延長Lはアジテータ車3台のコンクリート量 (10.5m<sup>3</sup>) より決定する。  
 $L = 10.5\text{m}^3 / \text{幅 } 5.0\text{m} / \text{床版厚}(0.23\text{m} \sim 0.20\text{m}) \dots\dots 9.0\text{m} \sim 10.5\text{m}$
- ・ 模擬床版の幅は、作業員の配置や仕上げ機械 (トロウエル) の作業性より 5.0m が必要となる

図 6 - 2 - ⑤ 模擬床版の形状例 (対策種別 S)

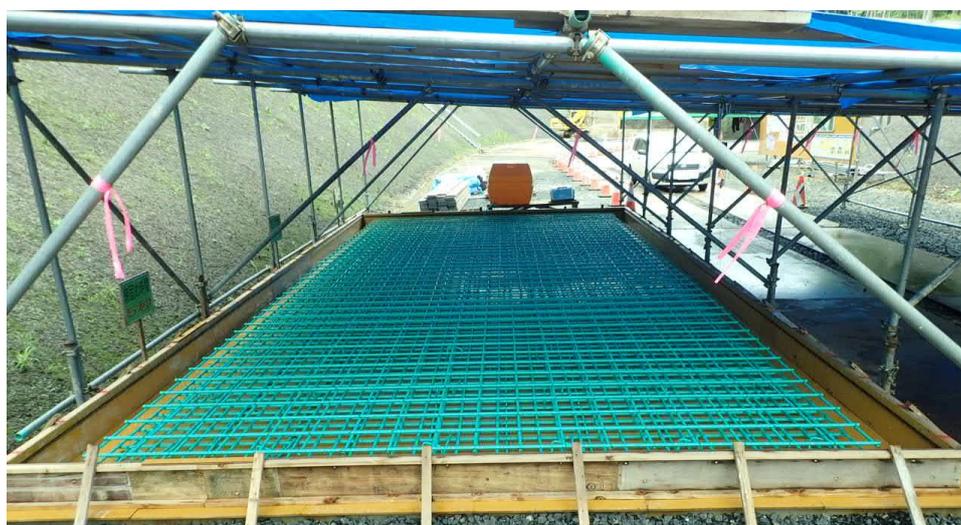


写真 6 - 2 - ⑭ 模擬床版の配置例 (10.5m × 5.0m)

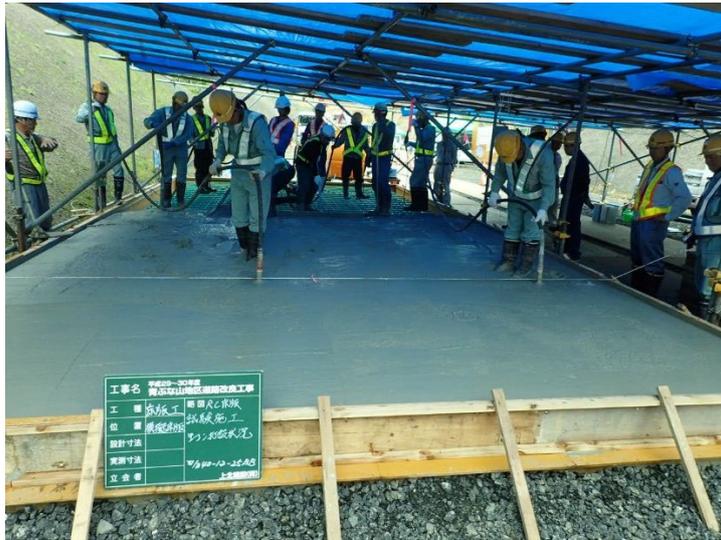


写真6-2-⑮ 50cm 間隔による締固め状況

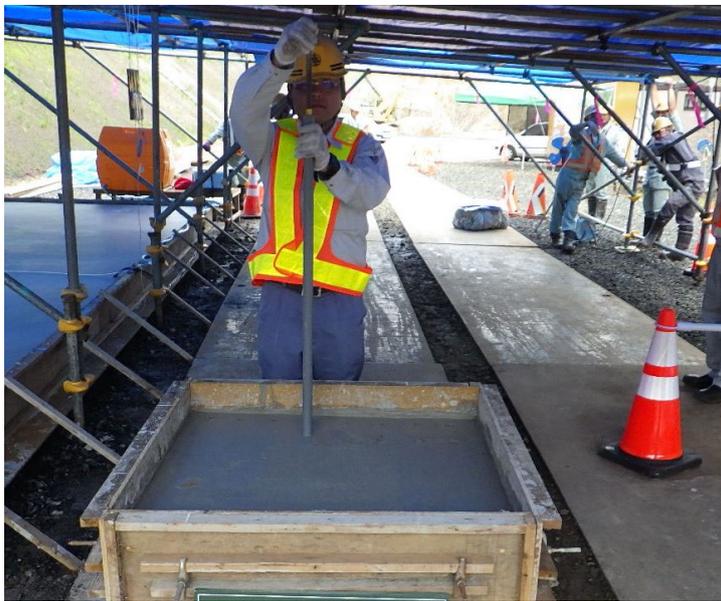


写真6-2-⑯ 供試体によるN式貫入試験



写真6-2-⑰ 湿潤養生マットの適用性を確認

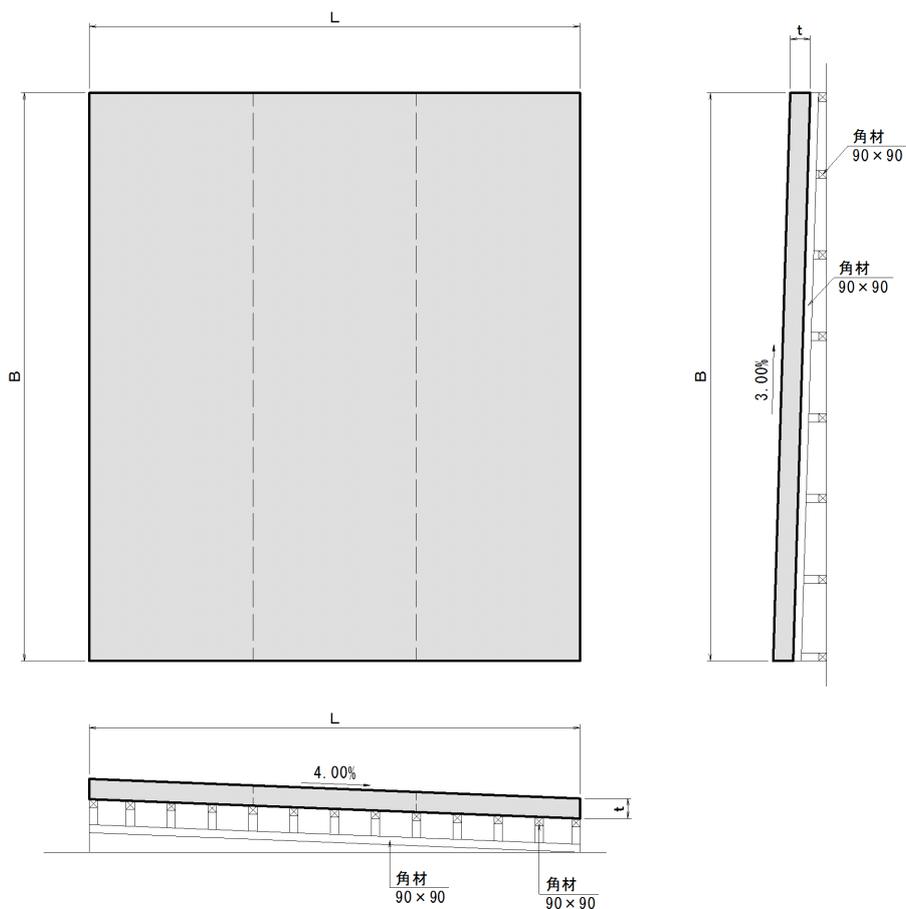


図 6 - 2 - ⑥ 模擬床版の勾配再現架台の例



写真 6 - 2 - ⑱ 模擬床版の勾配再現架台の例

#### 4. 7 施工の基本事項の遵守

- 1) 試験施工で得られた結果を踏まえ、施工計画の立案に反映しなければならない。
- 2) エポキシ樹脂塗装鉄筋を使用する場合は、運搬・貯蔵・加工・組立て・コンクリート打込みの施工の各段階において、防錆機能が保持できるように適切に取り扱わなければならない。
- 3) 施工の基本事項を遵守するために、RC床版用の施工状況把握チェックシートを活用し、適切な準備や施工に努めなければならない。

#### 【解説】

##### 1) について

この手引きによるRC床版は、水結合材比が45%程度を目標としているため、外気温等の施工環境によって粘性が高まり、コテ仕上げが難しくなる傾向にある。このような性状の変化等を施工管理に反映するため、試し練りや試験施工が行われており、試験施工で得られた結果を、施工管理項目または施工計画の立案に反映することが重要である。

本節「3. 7 施工の基本事項の遵守」には、試験施工を行った事例を示した。また、床版工工事の施工計画の例を巻末資料に示した。

##### 2) について

エポキシ樹脂塗装鉄筋は塗膜に傷がつきやすいことから、運搬・貯蔵・加工・組立て・コンクリート打込みの各施工段階においては、塗膜を傷つけないように取り扱いに注意が必要である。組立て時においては、ビニール被覆等の処置を講じた鉄線を用いるものとし、重ね継ぎ手部や鉄筋交差部では、鉄筋同士がこすれることにより塗膜が損傷する場合もあることから、塗膜を損傷させない処置等により施工する必要がある。

また、施工段階で確認された、切断面やこすれ等による塗膜の損傷は、コンクリートの打込み前に、損傷状態に応じて適切な補修材料により補修を行うものとする。

また、エポキシ樹脂塗装鉄筋は、紫外線による劣化が生じやすいため、壁高欄部や多径間の連続桁橋で、鉄筋組み上がり後1ヶ月以上存置する場合は、ブルーシートで覆うなどの保護措置を講じるものとする。

なお、この手引きによる防錆鉄筋の仕様は「エポキシ樹脂塗装鉄筋」を基本としており、他の防錆鉄筋（ステンレス等）の使用にあたっては別途に適切な対策を講じるものとする。

（エポキシ樹脂塗装鉄筋の施工にあたっては「コンクリートライブラリー112号 エポキシ樹脂塗装鉄筋を用いる鉄筋コンクリートの設計施工指針[改訂版]土木学会，2003年11月」を参照。）



写真 7-① エポキシ樹脂塗装鉄筋の切断部の塗膜損傷

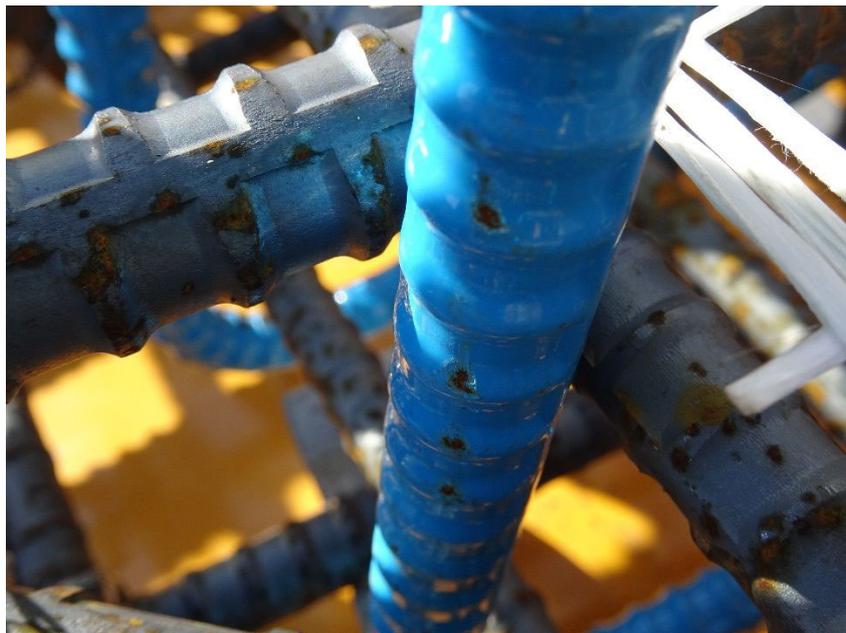


写真 7-② エポキシ樹脂塗装鉄筋のこすれによる塗膜損傷

### 3) について

施工の基本事項を遵守し、RC床版用の施工状況把握チェックシートを活用して、施工中に生じる不具合を抑制し、均質かつ密実で一体性のあるRC床版となるように、適切な準備や施工に努めるものとした。

なお、表 7-① (通常期用)、表 7-② (寒中コンクリート用)、表 7-③ (暑中コンクリート用)のRC床版用のチェックシートの確認項目は、試験施工で得られた施工管理項目を適宜追加したり、達成できている確認項目の削除を行えるものとする。

表7-① 施工状況把握チェックシート（通常期用）

【高炉セメントB種・フライアッシュ共通】

施工状況把握チェックシート（床版コンクリート・通常期仕様）

事務所名	〇〇河川国道事務所 〇〇道維持出張所		工事名	〇〇地区道路改良工事	工区	〇〇
構造物名	(仮称) 〇〇バイパス1号橋		打設箇所	RC床版	リフト	-
受注者	〇〇建設株式会社		立会人	〇〇監督官		
配合	32 - 12 - 25BB (W/B=40%, 膨張材あり)		確認日時	平成30年5月25日		
打込み開始時刻	予定 8:00	実績	打込み開始時気温	天候	晴れ	
打込み終了時刻	予定 15:00	実績	打込み量 (m <sup>3</sup> )	リフト高 (m)	0.2m	
施工段階	番号	チェック項目			記述	確認
準備	1	室内試し練り、実機を用いた試し練り、試験施工等をもとに打込み・仕上げ・養生計画が立案されているか。				
	2	型枠内部に、木屑や結束線等の異物はないか。				
	3	型枠面や鉄筋は湿らせているか。				
	4	かぶり内に結束線はないか。				
	5	コンクリート打込み作業員 <sup>(※)</sup> に余裕を持たせているか。(参考計画人員 打設工・左官工で15人)				
	6	パイプレーターや発電機のトラブルがないよう、事前にチェックをしているか。また、予備を準備しているか。				
	7	打設計画は、作業員に周知されているか。				
	8	エポキシ鉄筋端部や施工中に被覆部が損傷した箇所はエポキシ樹脂にてタッチアップ補修しているか。				
	9	被覆結束線を使用し緊束されているか。				
運搬	1	練混ぜてから打ち終わるまでの時間は適切であるか。(外気温25℃以下で2.0時間以内)				
打込み	1	ポンプや配管内面の潤滑性を確保するため、先送りモルタル圧送等の処置を施しているか。				
	2	鉄筋や型枠は乱れていないか。				
	3	横移動が不要となる適切な位置に、コンクリートを降ろしているか。				
	4	ポンプ配管等の吐出口から打込み面までの高さは1.5m以下とし、エポキシ鉄筋に直接激しく排出していないか。				
	5	コンクリートの打込みは完了まで連続し、打ち重ね時間は計画時間以内で行われているか。 (外気温25℃以下で2.0時間以内)				
	6	作業足場にする敷板は、エポキシ被覆鉄筋を損傷させないようにクッション材を当てているか。				
	7	コンクリートの打込みは、日平均気温が4℃を超え25℃以下の範囲に予想される日を計画し実施しているか。 また、打ち込み時のコンクリート温度はできるだけ低く5~20℃の範囲に保っているか。				
	8	N式貫入試験の値を参考に、左官工と打合せて適切な時期に左官仕上げがなされているか。				
締固め	1	パイプレーターを鉛直に挿入し、挿入間隔は50cm以下となるよう管理されているか。 (管理手法の参考:マーキングロープまたは桟箱等の使用) (締固めの範囲は、中央分離帯設置予定範囲を含む)				
	2	締固め作業中に、パイプレーターをエポキシ鉄筋に接触させないように配慮しているか。				
	3	パイプレーターでコンクリートを横移動させていないか。また、穴が残らないように徐々に引き抜いているか。				
	4	コンクリートが鉄筋の周囲及び型枠のすみずみに行き渡るように打込み、パイプレーター間隔は50cm以下とし1箇所あたりの振動時間は試験施工により決定した時間(参考締固め時間 8秒)で速やかにコンクリートを締固めているか。				
	5	パイプレーターによる締固め後に、左官工以外の人が不要にコンクリートに立ち入っていないか。				
	6	仕上げ作業を行う左官工は硬質スポンジのカンジキ等を履き仕上げ面を保護し作業しているか。				
養生	1	硬化が始まるまでに乾燥するおそれがある場合は、シートなどで日よけや風よけを設けているか。				
	2	コンクリートの露出面を湿潤状態に保っているか。				
	3	湿潤状態を保つ期間は適切であるか。(橋面の湿潤養生は1ヶ月間)				
	4	型枠および支保工の取外しは、コンクリートが必要な強度(14N/mm <sup>2</sup> )に達した後であるか。(2週間後) その際、コンクリート表面を急激に乾燥させていないか。				
	5	床版下面は型枠設置期間を含め1ヶ月間の封緘養生をしているか。				
要改善事項						
上記、要改善事項について改善指示します。			平成 年 月 日	主任監督員		監督員
上記、要改善事項について了解しました。			平成 年 月 日	現場代理人		主任技術者

※コンクリート打込作業員・・・コンクリートの打込み・締固め作業時の人員のうち、直接作業に携わらない者  
(監理・主任技術者やポンプ車運転手等)を除いた人員

表7-② 施工状況把握チェックシート（寒中コンクリート用）

【高炉セメントB種・フライアッシュ共通】※\_\_\_\_\_は寒中コンクリートに特化した項目

施工状況把握チェックシート（床版コンクリート・寒中コンクリート用）

事務所名	〇〇河川国道事務所 〇〇道維持出張所		工事名	〇〇地区道路改良工事		工区	〇〇	
構造物名	(仮称) 〇〇バイパス1号橋		打設箇所	RC床版		リフト	-	
受注者	〇〇建設株式会社		立会人	〇〇監督官				
配合	32 - 12 - 25BB (W/B=40%, 膨張材あり)		確認日時	平成31年1月18日				
打込み開始時刻	予定 8:00	実績	打込み開始時気温	天候		晴れ		
打込み終了時刻	予定 15:00	実績	打込み量 (m <sup>3</sup> )	リフト高 (m)		0.2m		
施工段階	番号	チェック項目					記述	確認
準備	1	室内試し練り、実機を用いた試し練り、試験施工等のもとに打込み・仕上げ・養生計画が立案されているか。						
	2	型枠内部に、木屑や結束線等の異物はないか。						
	3	型枠面や鉄筋は濡らせているか。(凍結の恐れがある場合はその限りではない。)						
	4	凍結防止のため打継面は乾燥しているか。また、打込み直前に散水して濡らしているか。						
	5	鉄筋、型枠等に氷雪が付着していないか。付着している場合は確実に取り除いているか。						
	6	コンクリート打込み作業員 <sup>(※)</sup> に余裕を持たせているか。(参考計画人員 打設工・左官工で15人)						
	7	パイプレーターや発電機のトラブルがないよう、事前にチェックをしているか。また、予備を準備しているか。						
	8	打込み終了時間が夕暮れ時になる場合や暗所に備えて、打込み箇所照明灯が用意されているか。						
	9	打込まれたコンクリートが外気温や風雪によって急冷されない(型枠内に氷雪が入り込まない)ような対策をしているか。						
	10	打設計画は、作業員に周知されているか。						
	11	エポキシ鉄筋端部や施工中に被覆部が損傷した箇所はエポキシ樹脂にてタッチアップ補修しているか。						
	12	被覆結束線を使用し緊束されているか。また、かぶり内に結束線はないか。						
運搬	1	アジテータラックや輸送管の保温対策等により、コンクリートの温度低下を防いでいるか。						
	2	屋根養生する場合は、ポンプ車のホースを容易に投入できるように屋根を開けているか。						
	3	練混ぜてから打ち終わるまでの時間は適切であるか。(外気温25℃以下で2時間以内)						
打込み	1	ポンプや配管内面の潤滑性を確保するため、先送りモルタル圧送等の処置を施しているか。						
	2	鉄筋や型枠は乱れていないか。						
	3	横移動が不要となる適切な位置に、コンクリートを降ろしているか。						
	4	ポンプ配管等の吐出口から打込み面までの高さは1.5m以下とし、エポキシ鉄筋に直接激しく排出してないか。						
	5	コンクリートの打込みは完了まで連続し、打ち重ね時間は計画時間以内で行われているか。 (外気温25℃以下で2.0時間以内)						
	6	作業足場にする敷板は、エポキシ被覆鉄筋を損傷させないようにクッション材を当てているか。						
	7	日平均気温が4℃以下になることが予想されるときは、寒中コンクリートとしての施工を行っており、打込み時のコンクリート温度を5～20℃の範囲に保っているか。(外気温に比べ過度に高くしない10℃程度を標準とする。)						
	8	打込み終了後、ただちにシートやその他の適当な材料で表面を覆う等の対策により、コンクリートの初期凍害を防止しているか。						
	9	N式貫入試験の値を参考に、左官工と打合せて適切な時期に左官仕上げがなされているか。						
締固め	1	パイプレーターを鉛直に挿入し、挿入間隔は50cm以下となるよう管理されているか。 (管理手法の参考:マーキングロープまたは柵等の使用) (締固めの範囲は、中央分離帯設置予定範囲を含む)						
	2	締固め作業中に、パイプレーターをエポキシ鉄筋に接触させないように配慮しているか。						
	3	パイプレーターでコンクリートを横移動させていないか。また、穴が残らないように徐々に引き抜いているか。						
	4	コンクリートが鉄筋の周囲及び型枠のすみずみに行き渡るように打込み、パイプレーター間隔は50cm以下とし1箇所あたりの振動時間は試験施工により決定した時間(参考締固め時間 8秒)で速やかにコンクリートを締固めているか。						
	5	パイプレーターによる締固め後に、左官工以外の人が不要にコンクリートに立ち入っていないか。						
	6	仕上げ作業を行う左官工は硬質スポンジのカンジキ等を履き仕上げ面を保護し作業しているか。						
養生	1	硬化が始まるまでに乾燥するおそれがある場合は、シートなどで日よけや風よけを設けているか。						
	2	コンクリートの露出面を湿潤状態に保っているか。						
	3	コンクリートに給熱する場合、コンクリートが急激に乾燥することや局部的に熱せられることがないようにしているか。						
	4	初期凍害を防止できる強度が得られるまでのコンクリート温度(5℃以上)とその保持期間は適切であるか。						
	5	湿潤状態を保つ期間は適切であるか。(橋面の湿潤養生は1ヶ月間)						
	6	保温養生または給熱養生を終了する際にコンクリート温度を急激に低下させていないか。						
	7	型枠および支保工の取外しは、コンクリートが必要な強度(14N/mm <sup>2</sup> )に達した後であるか。(2週間後)その際、コンクリート温度を急激に低下させていないか。また、表面を急激に乾燥させていないか。						
	8	床版下面は型枠設置期間を含め1ヶ月間の封緘養生をしているか。						
要改善事項								
上記、要改善事項について改善指示します。		平成	年	月	日	主任監督員	監督員	
上記、要改善事項について了解しました。		平成	年	月	日	現場代理人	主任技術者	

※コンクリート打込作業員・・・コンクリートの打込み・締固め作業時の人員のうち、直接作業に携わらない者(監理・主任技術者やポンプ車運転手等)を除いた人員

表7-③ 施工状況把握チェックシート（暑中コンクリート用）

【高炉セメントB種・フライアッシュ共通】※\_\_\_\_\_は暑中コンクリートに特化した項目

施工状況把握チェックシート（床版コンクリート・暑中コンクリート用）

事務所名	〇〇河川国道事務所 〇〇道維持出張所		工事名	〇〇地区道路改良工事		工区	〇〇	
構造物名	(仮称) 〇〇バイパス1号橋		打設箇所	RC床版		リフト	-	
受注者	〇〇建設株式会社		立会人	〇〇監督官				
配合	32 - 12 - 25BB (W/B=40%, 膨張材あり)		確認日時	平成30年7月27日				
打込み開始時刻	予定 8:00	実績	打込み開始時気温	天候		晴れ		
打込み終了時刻	予定 15:00	実績	打込み量 (m <sup>3</sup> )	リフト高 (m)		0.2m		
施工段階	番号	チェック項目					記述	確認
準備	1	室内試し練り、実機を用いた試し練り、試験施工等をもとに打込み・仕上げ・養生計画が立案されているか。						
	2	型枠内部に、木屑や結束線等の異物はないか。						
	3	型枠面や鉄筋は湿らせているか。						
	4	かぶり内に結束線はないか。						
	5	コンクリート打込み作業員 <sup>(※)</sup> に余裕を持たせているか。(参考計画人員 打設工・左官工で18人)						
	6	パイプレーターや発電機のトラブルがないよう、事前にチェックをしているか。また、予備を準備しているか。						
	7	打設計画は、作業員に周知されているか。						
	8	エポキシ鉄筋端部や施工中に被覆部が損傷した箇所はエポキシ樹脂にてタッチアップ補修しているか。						
	9	被覆結束線を使用し緊束されているか。						
運搬	1	練混ぜてから打ち終わるまでの時間は適切であるか。(外気温25℃を超えるときで1.5時間以内)						
	2	アジテータトラックや輸送管の保温対策等により、コンクリートの温度上昇を防いでいるか。						
打込み	1	ポンプや配管内面の潤滑性を確保するため、先送りモルタル圧送等の処置を施しているか。						
	2	鉄筋や型枠は乱れていないか。						
	3	横移動が不要となる適切な位置に、コンクリートを降ろしているか。						
	4	ポンプ配管等の吐出口から打込み面までの高さは1.5m以下とし、エポキシ鉄筋に直接激しく排出してないか。						
	5	コンクリートの打込みは完了まで連続し、打ち重ね時間は計画時間以内で行われているか。 (外気温25℃を超えるときで1.5時間以内)						
	6	作業足場にする敷板は、エポキシ被覆鉄筋を損傷させないようにクッション材を当てているか。						
	7	日平均気温が25℃を超えることが予想されるときは、暑中コンクリートとしての施工を行っており、打込み時のコンクリート温度を35℃以下に保っているか。						
	8	N式貫入試験の値を参考に、左官工と打合せて適切な時期に左官仕上げがなされているか。						
締固め	1	パイプレーターを鉛直に挿入し、挿入間隔は50cm以下となるよう管理されているか。 (管理手法の参考:マーキングロープまたは柵箱等の使用) (締固めの範囲は、中央分離帯設置予定範囲を含む)						
	2	締固め作業中に、パイプレーターをエポキシ鉄筋に接触させないように配慮しているか。						
	3	パイプレーターでコンクリートを横移動させていないか。また、穴が残らないように徐々に引き抜いているか。						
	4	コンクリートが鉄筋の周囲及び型枠のすみずみに行き渡るように打込み、パイプレーター間隔は50cm以下とし1箇所あたりの振動時間は試験施工により決定した時間(参考締固め時間 8秒)で速やかにコンクリートを締固めているか。						
	5	パイプレーターによる締固め後に、左官工以外の人が不要にコンクリートに立ち入っていないか。						
	6	仕上げ作業を行う左官工は硬質スポンジのカンジキ等を履き仕上げ面を保護しているか。						
養生	1	硬化が始まるまでに乾燥するおそれがある場合は、シートなどで日よけや風よけを設けているか。						
	2	コンクリートの露出面を湿潤状態に保っているか。						
	3	湿潤状態を保つ期間は適切であるか。(橋面の湿潤養生は1ヶ月間)						
	4	型枠および支保工の取外しは、コンクリートが必要な強度(14N/mm <sup>2</sup> )に達した後であるか。(2週間後) その際、コンクリート表面を急激に乾燥させていないか。						
	5	床版下面は型枠設置期間を含め1ヶ月間の封緘養生をしているか。						
要改善事項								
上記、要改善事項について改善指示します。			平成 年 月 日	主任監督員	監督員			
上記、要改善事項について了解しました。			平成 年 月 日	現場代理人	主任技術者			

※コンクリート打込作業員・・・コンクリートの打込み・締固め作業時の人員のうち、直接作業に携わらない者(監理・主任技術者やポンプ車運転手等)を除いた人員

## 【施工事例 1】

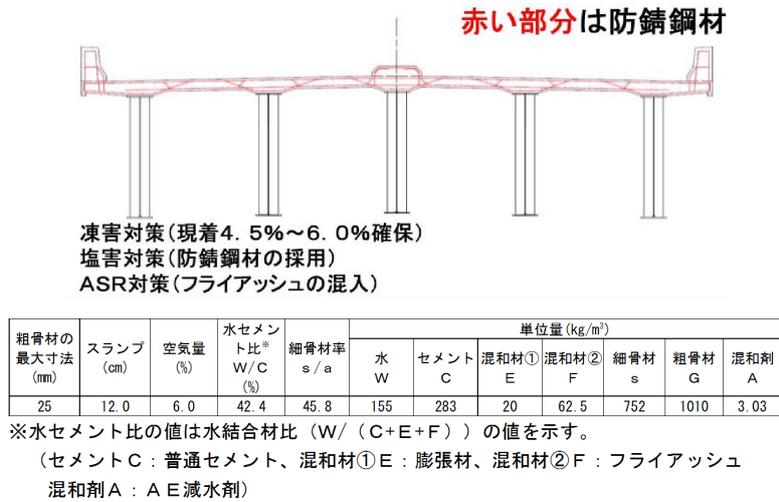


図7-① 鋼単純桁橋(南三陸国道事務所)の断面形状および配合例(凍害対策種別A)

## バイブレータ振動時間とフレッシュコンクリートの空気量の関係

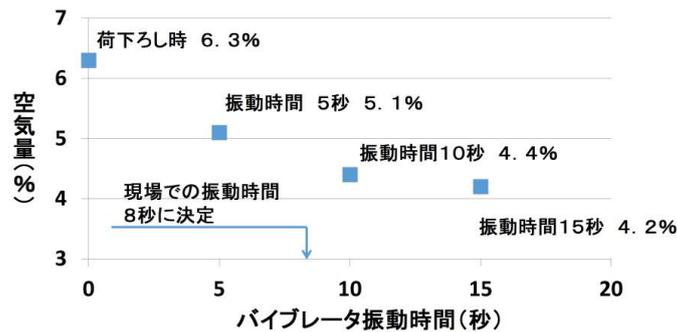


図7-② バイブレータによる振動時間と空気量の関係(荷卸時の空気量6.3%)



写真7-③ エポキシ樹脂塗装鉄筋の採用例

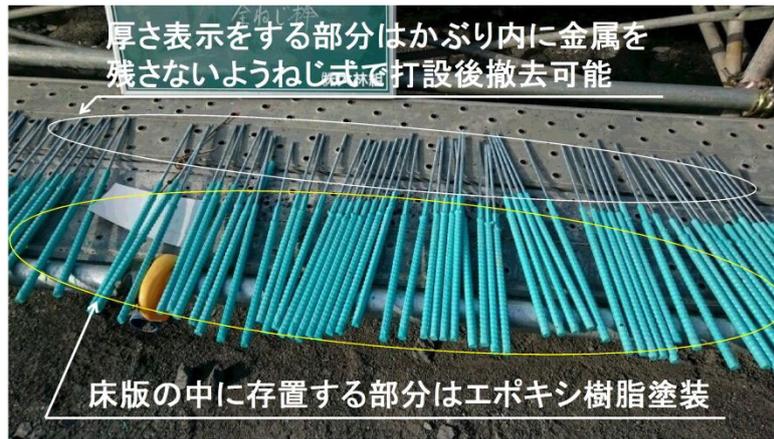


写真7-④ 厚さ管理治具の防錆対策例

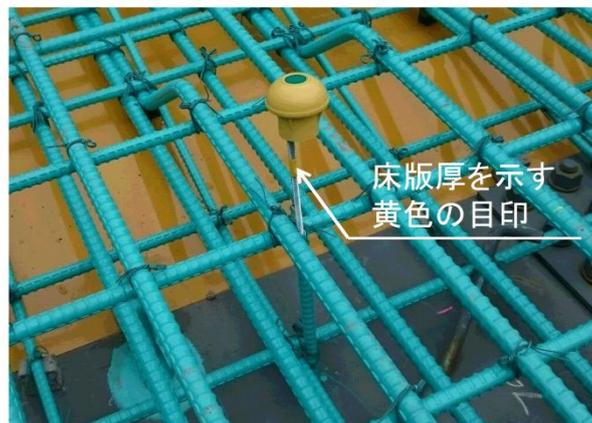


写真7-⑤ 厚さ管理方法の工夫例



写真7-⑥ エポキシ樹脂塗装鉄筋の防護対策例①



しき板裏面のクッション材

写真7-⑦ エポキシ樹脂塗装鉄筋の防護対策例②



締固めと空気量の確保を両立するため締固め時間は8秒を目安打込み、締固め後、間をおかずにこて作業がついて来ている

写真7-⑧ コンクリートの打込み、締固め状況



90分以内に打ち重ねるべく目標時間を表示

写真7-⑨ 打重ね時間の表示と管理



写真7-⑩ コンクリート打込みの完了後



写真7-⑪ 表面養生材の散布状況



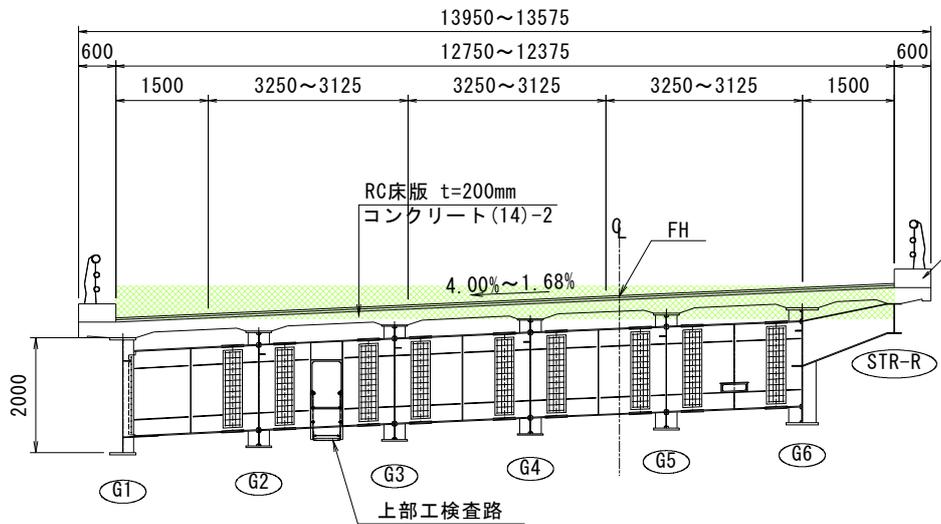
写真7-⑫ 桁下の養生状況  
(給熱養生を10°Cで管理)



写真7-⑬ 床版上面の養生状況  
(床版上面は保水シートと2層仕様のエアマットを2枚重ねて養生)

## 【施工事例 2】

### 上部工断面図



粗骨材の最大寸法 (mm)	スランプ (cm)	空気量 (%)	水セメント比* W/C (%)	細骨材率 s/a	単位量 (kg/m <sup>3</sup> )						
					水 W	セメント C	混和材① E	混和材② F	細骨材 s	粗骨材 G	混和剤 A
25	12.0	6.0	45.2	45.8	163	340	20	-	829	980	2.21

※水セメント比の値は水結合材比 (W/(C+E)) の値を示す。

(セメントC : 高炉B種、混和材①E : 膨張材、混和剤A : AE減水剤)

図7-③ 鋼単純桁橋 (青森河川国道事務所) の断面形状および配合例 (凍害対策種別S)



写真7-⑭ エポキシ樹脂塗装鉄筋の採用例



写真7-⑮ 被覆結束線の使用例



写真7-⑯ 天端表示金具を樹脂被覆した例



写真7-⑰ 地覆用セパレータを樹脂被覆した例



写真7-⑱ 型枠目地のシーリング例

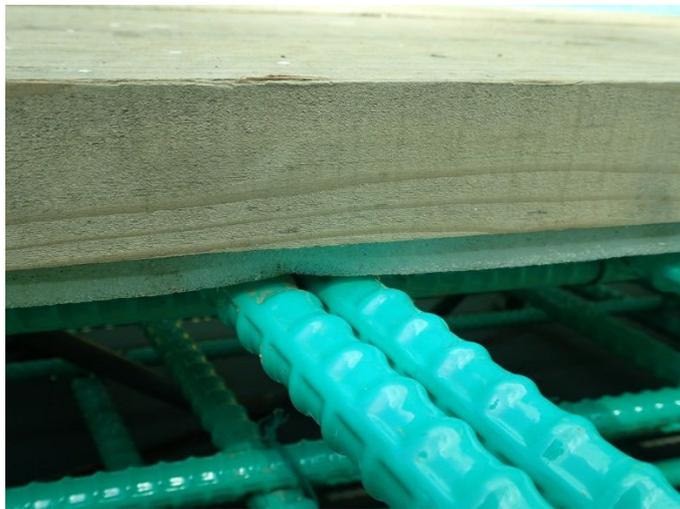


写真7-⑲ 敷板の裏面にクッション材を設置した例



写真7-⑳ バイブレータ挿入目印のマーキング例



写真7-㉑ 遮光ネットによる日除け設置例  
(暑中コンクリート打込み時の外気温23～29℃)



写真7-㉒ マーキングロープの活用例 (50cm 間隔による締固め)



写真7-㉓ 養生板を用いた打込み時の飛散対策例



写真7-⑳ 路面排水柵下面の気泡抜き例（紐による気泡抜き）



写真7-㉑ 高圧洗浄機による打継ぎ面の散水(湿潤状態の確保)



写真7-㉒ 打重ね時間の表示と管理



写真7-27 硬質スポンジのかんじきを着用した仕上げ押さえ

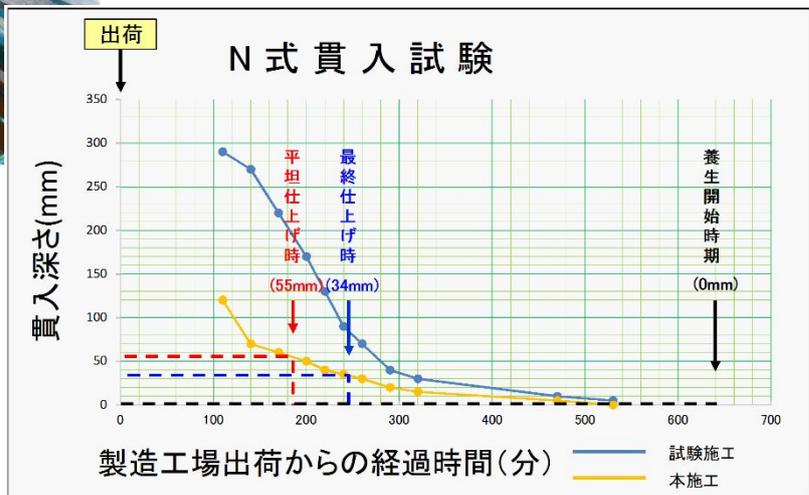


写真7-28 本施工のN式貫入試験と仕上げ時期の例

床版仕上げ面の  
散水時に補助者  
を配置（ホース  
引きずり対策）



写真7-29 養生シート敷設前の散水状況



配管からの給水を確認

写真7-30 水搬送シート敷設状況



写真7-31 湿潤養生+封かん養生（暑中コンクリート）

### 【施工事例 3】

中央分離帯がある床版では、写真7-⑳のように、床版コンクリート打設時に中央分離帯の鉄筋が組み上がっている。したがって、中央分離帯範囲の締固めは鉄筋等が支障となり、施工しにくく締固め不足が生じやすい。



写真7-⑳ 中央分離帯がある場合の床版の施工状況

また、中央分離帯がある床版コンクリートの締固めは、中央分離帯を境に2班編成により締固め作業が行われることが多い。

写真7-㉓の事例では、作業員Aが壁高欄側から中央分離帯方向に締固めを行い、作業員Bは中央分離帯から壁高欄方向に締固めを行っている。この場合、中央分離帯を挟んで配置されている締固め作業員のどちらかが中央分離帯を締固めるか指示されていないと、作業員Aは作業員Bが中央分離帯範囲の締固めを行ったと思い込み、中央分離帯範囲の床版の締固めが不十分となる可能性がある。



写真7-㉓ 中央分離帯がある場合の床版の締固め状況 (その1)

したがって、中央分離帯範囲の締固めを確実に行うためには、写真7-③④のように、片側車線に配置した作業員それぞれが、端部からスタートして中央で合流する、もしくは中央からスタートして端部まで締固めを行うなど、締固め作業の進行方向を決めておくのがよい。また、打設計画書で中央分離帯の締固め担当者を明確にし、作業前には打設計画書をもとに周知徹底する必要がある。



写真7-③④ 中央分離帯がある場合の床版の締固め状況（その2）

#### 4. 8 養生による緻密性の向上

RC床版のコンクリートの緻密性を高めるため、床版上面は湿潤マットや散水などの給水養生を行う。また、床版下面は封かん養生が望ましく、それぞれ1ヶ月間行うことを基本とする。ただし、やむを得ず養生期間を短縮する場合には、養生終了時点では強度発現等が十分ではないことに配慮した対応をとるものとする。また、養生期間を短縮する場合でも2週間までは養生をすることが望ましい。

##### 【解説】

##### 1) 通常時の養生

RC床版のコンクリートの緻密性を高めるため、必要な養生期間を確保する必要がある。そのため、床版上面については、標準的な湿潤養生期間（打込みから7～12日）の追加養生として、合計で1ヶ月程度の期間は湿潤マットや散水などの給水養生を行うことを基本とする。床版下面については、散布された凍結抑制剤が直接接触する部位でないことから、1ヶ月程度の封かん養生を行えばよい。なお、本手引きによる養生と同程度の緻密性が確保される養生方法であれば、十分な検討を踏まえた上で、他の養生方法を採用してもよい。

床版上面については、表面仕上げを行ってすぐにコンクリート表面が乾燥しないように湿潤養生に移行することが望ましい。これはRC床版内部の水分が抜ける際の経路が、その後に劣化因子の浸入路となることを可能な限り抑制するためである。また、養生期間終了後に湿潤マット等をすぐに撤去すると、床版コンクリート上面が急激に乾燥し主桁の拘束によりひび割れが発生する場合がある。このため、養生期間終了の1週間程度前には給水を終了し、マットなどを敷いた下でコンクリート上面が乾くのを確認した後に上面のマットをはがすことで、床版上面のコンクリートが急激に乾燥するのを避けるのがよい。なお、床版下面の封かん養生は、型枠存置による方法も有効である。

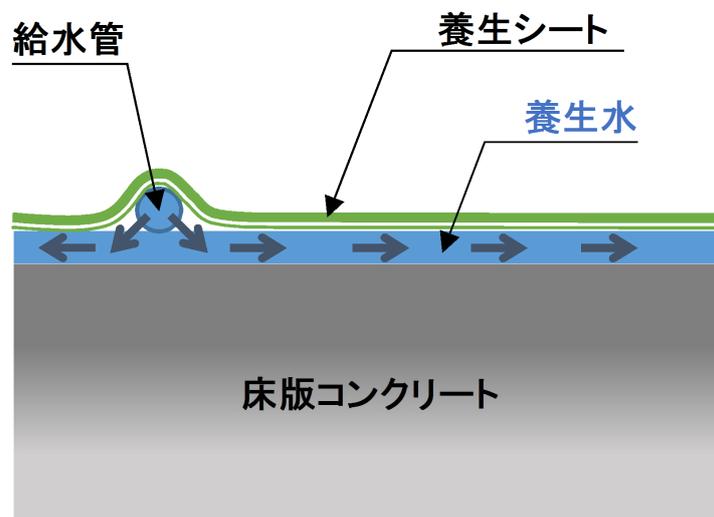


図8-① 給水養生の例

## 2) 寒中時の養生

寒中コンクリートは打込み後の初期に凍結させないように十分に養生し、風対策を含めた適切な管理が必要である。また、コンクリート温度（表面・内部）や外気温、養生囲い内の気中温度（以降、「気中温度」）を測定し、図8-②に示すような、養生囲い内において給熱・保温養生を行う必要がある。

給熱養生は、外気温が低く保温のみでは凍結温度以上の適温に保つことが困難な場合に、外部から熱を供給し養生する方法である。保温養生は、断熱性の高い材料でコンクリートの周囲を覆い、セメントの水和熱を利用して養生する方法である。

給熱養生では、供給した熱が放散しないように、コンクリート打込み箇所の外周をブルーシートで囲うなどの保温養生と組み合わせるのがよい。このときの養生温度（気中温度）は、2017年度制定コンクリート標準示方書[施工編]を参考に、コンクリート強度が $15\text{N}/\text{mm}^2$ に達するまで、養生温度（気中温度）（ $5\sim 10^{\circ}\text{C}$ ）を保つ必要がある。なお、コンクリートの打込みの際には、まだ固まらないコンクリートが凍結などの初期凍害を受けないように、施工箇所の囲いを必要以上に開閉せずに打込みを行うのがよい。

また、ジェットヒーターなどにより給熱を行う場合は、局部的な加熱によるひび割れの発生を防ぐため、コンクリート表面に直接温風をあてないように留意する必要がある。

床版上面の給水養生中に保温養生を行う場合は、外気温と養生温度（コンクリート床版上面の温度）を測定し、給水養生面を保温材などで覆い、養生温度（コンクリート床版上面の温度）が $0^{\circ}\text{C}$ 以上となるように管理する必要がある。

このとき、送水ホース等の給水設備の凍結に留意し、養生水の確保のために別途貯留水槽が必要な場合はこれらも含め、電熱線ヒーターや保温材などによる凍結防止対策を行う必要がある。

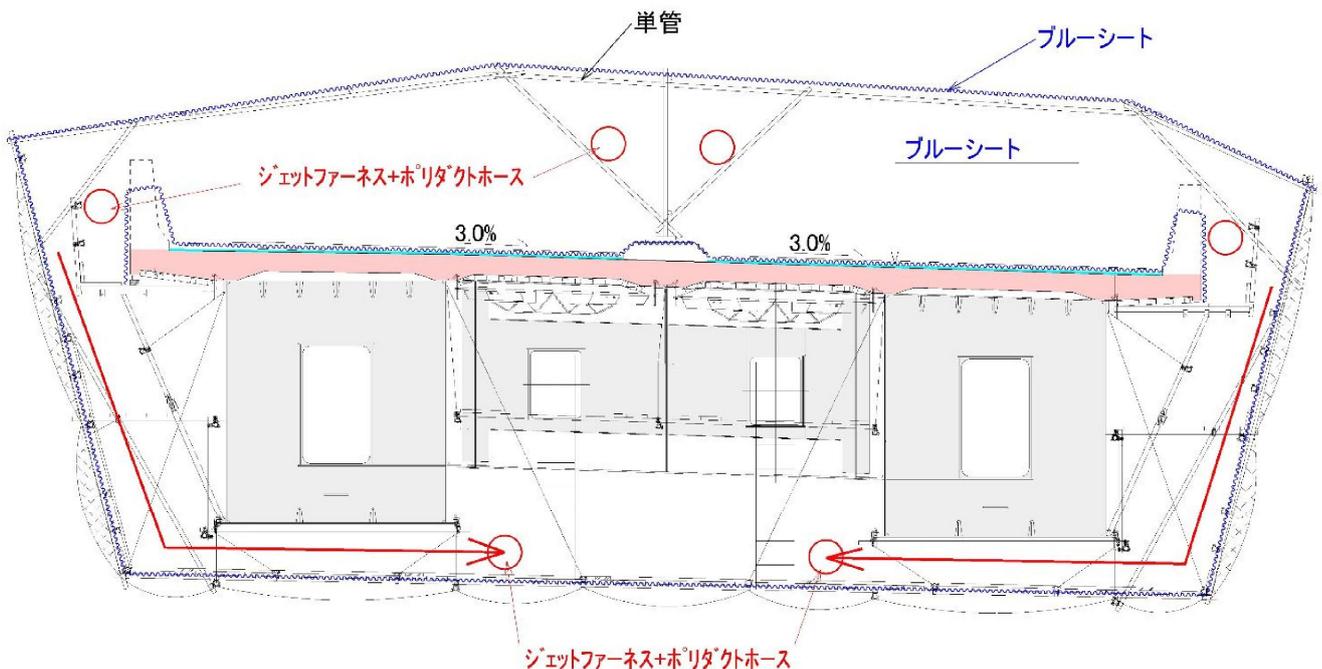


図8-② 養生囲い内の給熱養生の例

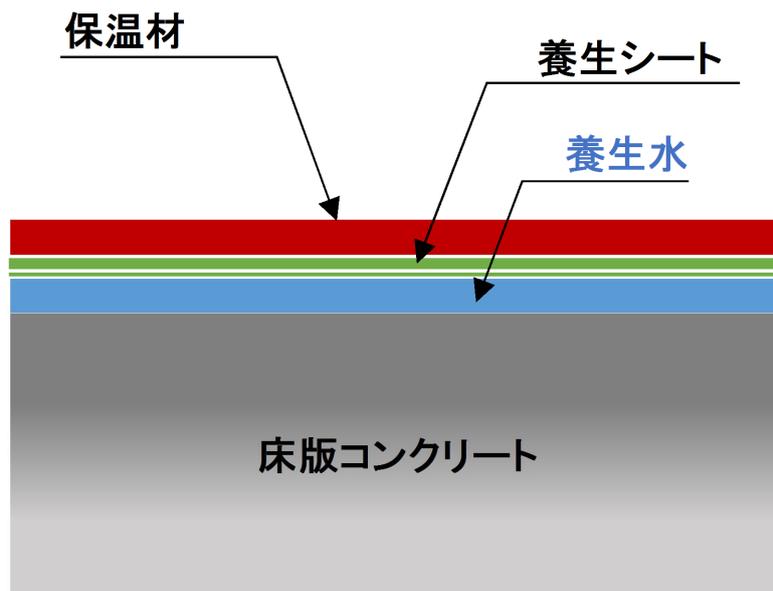


図 8 - ③ 養生囲い内の保温養生の例

### 3) 養生期間を短縮する場合の配慮事項

工程上の制約などやむを得ない場合には、養生期間を短縮できるようにした。ただし、養生期間を短縮した場合、養生終了時点では、コンクリートの含水率が高く、強度発現も十分ではない場合があることから、以下の点に配慮した対応をとる必要がある。

給水養生1ヶ月の場合は、養生終了1週間前に給水を終了し、マットなどを敷いた下でコンクリート上面が乾くのを確認した後に上面のマットをはがすことで、床版上面のコンクリートが急激に乾燥するのを避ける対応を推奨していた。

養生期間を短縮した場合には、養生中は給水を行い、養生終了後1週間程度はマットなどを敷いてコンクリート上面が急激に乾燥するのを避けるのがよい。これは、短縮した養生期間では強度発現が十分ではない場合があり、コンクリートの圧縮強度に比例して増大する引張強度も低い状態であることから、急激な乾燥によるコンクリートの収縮によってひび割れが発生することを抑制するための措置である。また、膨張材を使用し、コンクリートの膨張を鉄筋で拘束することで導入した、床版内のケミカルプレストレスが急激な乾燥で弱まると、長期に渡って乾燥収縮ひび割れを抑制する効果が損なわれることを防ぐ効果も期待している。同様に強度発現が十分ではない場合があるので、床版防水工のために、コンクリート表面を加熱して急激に乾燥させることも避けるのがよい。

工程上の制約などで防水工や橋面舗装の施工開始を早めたい場合でも、床版の強度が設計基準強度以上に発現されていることを確認した上で施工機械を床版上に載せるなどの配慮が必要である。

やむを得ず養生期間を短縮する場合でも、2週間までは養生することが望ましいものとした。これは、著しく若材令で養生を終了すると、望ましい緻密性を得ることが困難となり、強度発現も十分でないことからひび割れ発生リスクが高くなることを避けるためである。

#### 4) 表層品質の調査

養生の効果を把握するために、緻密性を適切に評価できる非破壊試験を行うことが望ましい。近年、表層透気試験や表面吸水試験など、コンクリートの表層品質を計測できる機器が開発され、橋脚やトンネル覆工の品質評価に利用されている。ただし、これらの機器の計測値は含水状態の影響を受けやすいことから、RC床版の場合は降雨や流水によって、コンクリート表面の含水率が日々変動しやすい部材であることに留意して使用する必要がある。

#### 4. 9 工事計画上の留意点

- 1) この手引きによりRC床版を新設する場合は、試行工事である旨、設計図書等に記載するものとする。
- 2) 本手引きを適用するにあたって必要となる経費については設計図書に基づき、適切に計上するものとする。
- 3) 本手引きを適用するにあたって必要な工期を適切に確保するものとする。

#### 【解説】

##### 1) について

この手引きにより新設する道路橋のRC床版は、従来のRC床版よりもさらに耐久性の向上を目的とし試行的に工事を行うものであり、その旨を特記仕様書等の設計図書に記載するものとする。

##### 2) について

この手引きによるRC床版の施工については、材料・施工方法・施工管理方法の全てにおいて、試行を重ねながらの研究段階のものである。

そのため、本手引きの適用にあたって必要となる以下の項目については、設計図書に基づき、適切に費用を計上しなければならない。

- ・配合の決定
- ・試験施工
- ・ひび割れ抑制対策（段階施工による応力解析、補強鉄筋）
- ・養生
- ・床版の施工

ただし、これ以外で床版の耐久性確保やひび割れ抑制を行う上で対策が必要となった場合には、協議により決定するものとする。

##### 3) について

この手引きによるRC床版の工事では、試し練りや試験施工が必要となることから、工期の設定にあたっては、これらの協議期間、試験施工等の準備および実施期間を当初から考慮するものとした。

なお、必要期間としては約3ヶ月（配合や試験施工等の協議期間：2ヶ月程度、試験施工の準備や実施期間：1ヶ月程度）を目安にするとよい。

#### 4. 10 ひび割れ等が発生した場合の措置

- 1) 本手引きによって設計、施工されるRC床版に発生したひび割れ等は適切に補修を行うものとする。
- 2) 不適切な施工により発生した不具合は、受注者が補修を行うものとする。
- 3) 床版工工事の引渡しまでに幅 0.2 mm以上のひび割れが発生した場合は、受注者が補修を行うものとする。
- 4) 床版工工事の引渡しまでに幅 0.2 mm未満のひび割れが発生した場合は、床版工工事の引渡しまで受注者が経過観察を行うものとする。
- 5) 床版工工事の引渡し後に確認されたひび割れについては学識経験者等の助言に基づき、必要に応じて発注者が補修を行うものとする。

#### 【解説】

##### 1) について

本手引きにより設計、施工されるRC床版のコンクリートは、高炉セメントB種やフライアッシュの混合量をセメント量一定のもと、20%程度の混和材として使用したものを、目標空気量や水結合材比を定めるなど、耐久性確保のために使用材料を発注者が指定している。

また、これまでの試行事例でのひずみなどの計測結果により検証された数値解析モデルを使用し、様々な条件を想定したひび割れの発生リスクの検討結果では、適切なひび割れ抑制対策を行えば、鋼橋の単純桁または2径間連続桁の場合には、ほとんどのケースでひび割れ指数は1.0以上であり、ひび割れは発生しない確率の方が大きい。（「3.4 ひび割れ抑制対策」図4-②～図4-④参照）一方、3径間以上の連続桁では、条件によってはひび割れ指数が1.0未満であり、ひび割れは発生する確率が大きい（「3.4 ひび割れ抑制対策」図4-⑤参照）。しかも、数値解析モデルでは、コンクリートの乾燥収縮を考慮していないため、3径間以上の連続桁では施工が適切に行われてもひび割れを完全に無くす事が出来ない検証結果となっている。これは、3径間以上の連続桁では、受注者の責に帰すことが出来ないひび割れが発生することを示している。

さらに、養生終了後からのコンクリートの乾燥収縮の影響により、径間数によらず乾燥収縮ひび割れの発生や、既に発生していたひび割れの幅が拡大する可能性がある。乾燥収縮の影響は今後の試行工事の結果の分析により、知見が深まるものと思われる。

本手引きによるRC床版では、発注者が使用材料やひび割れ対策を指定し、施工が適切であったとしても受注者の責に帰すことが出来ないひび割れがあることを考慮し、ひび割れ等が発生した場合の措置を適切に行えるように規定を定めた。

また、ひび割れ以外にも、不適切な施工により、耐久性を低下させる不具合が発生する場合もあることから、これらの有害となる可能性のあるひび割れ等については、表10-①に示す考え方で適切に補修を行うものとする。

また、本手引きでは幅0.2mm以上のひび割れが発生しないように適切にひび割れ抑制対策は行うものの、ひび割れ幅におよぼす影響要因は多岐に渡っており、本施工において床

版コンクリートに発生したひび割れの状況は、本手引きの今後の改善に対しても非常に貴重な情報となるため、「第5章 記録・保存」により、ひび割れの状況を記録する必要がある。

表 10-① ひび割れ等が発生した場合の措置

発生時期 不具合の内容		ひび割れ発生の時期	
		床版工工事 引渡し前	床版工工事 引渡し後
不適切な施工による不具合 施工由来のひび割れ		修補(受注者)	修補(受注者)
ひび割れの幅	0. 2mm以上	修補(受注者)	ひび割れ調査および経過観察を継続し、補修を行うことを基本とするが、補修の必要性や補修時期については、学識経験者等の助言を受け判断する。 (発注者が実施する)
	0. 2mm未満	ひび割れ調査・経過観察 (受注者)	

## 2) について

コンクリートの充填不良や打重ね部のコールドジョイント、平坦性・仕上げ不良等の不適切な施工により発生した不具合は、受注者が補修を行うものとする。

## 3) について

3. 4. 1のひび割れ抑制対策は、温度応力や段階施工により生じる引張応力への適切な配慮と、基本事項を遵守した施工を行うことで、乾燥収縮の影響を考慮していないものの、引渡し時点までのひび割れ幅を0.2mm未満の有害でないものにするためのものである。

これまでの試行事例では、基本事項を遵守した施工を行った場合では、ひび割れリスクの高い鋼7径間連続箱桁橋や鋼4径間連続箱桁橋のRC床版においても、引渡しまでに発生したひび割れの幅は0.1mm程度未満と、軽微なひび割れに抑えられている。本手引きのひび割れ抑制対策は、これらの実績や、試行事例で検証された温度応力解析モデルによる様々な条件での計算結果等に基づいて定められている。

現時点における知見では、床版工工事の引渡しまでに幅0.2mm以上のひび割れ、鉄筋に沿ったひび割れや橋軸直角方向以外のひび割れ等が発生した場合は、施工の基本事項が遵守されなかったことによる影響が大きいため、受注者が補修を行うものとした。

#### 4) について

引渡しまでに発生した幅 0.2mm 未満のひび割れについては経過観察を行うものとし、ひび割れ発生状況については、記録・保存するものとする。

なお、引渡し後のひび割れの経過観察は発注者が行うものとし、ひび割れの発生状況を記録したデータは、初回の橋梁定期点検に適切に引継ぐものとする。

#### 5) について

本手引きにおけるひび割れ抑制の考え方は、床版工工事引渡し時点でのひび割れ幅を 0.2mm 未満とするものである。引渡し後の乾燥収縮の影響によるひび割れ幅の増加はやむを得ないものとしており、この影響により引渡し後にひび割れ幅が 0.2mm 以上となった場合は、発注者が補修を行うものとする。

ひび割れの補修時期については、床版工工事の引渡し後は当面経過観察を行い、乾燥収縮によりひび割れ幅が進行した後、防水工や橋面舗装の施工直前に、ひび割れの補修を行うのがよい。

また、ひび割れ補修に使用する材料は、床版防水工に使用されるプライマーとの接着性に留意する必要がある。防水工との接着性が悪い材料でひび割れ補修を行った場合は、防水工の接着性を確保するために床版上面の研磨が必要となり、上面コンクリート表面に悪影響をおよぼす可能性もある。したがって、防水工の施工に合わせてひび割れの補修を行うことで、ひび割れ補修材料の防水工との接着性を確保するのがよい。

ただし、事業計画上、追加養生終了後から橋面舗装工事までの期間が長く、コンクリート表面が長期間にわたり暴露される場合は、基層混合物を舗設し、過度の乾燥収縮によるひび割れの発生を抑制するのがよい。

なお、ひび割れ幅が 0.2mm 未満であっても、ひび割れの発生位置や範囲、密度、方向性によっては供用後の耐久性に影響する場合もあることから、補修を行うことを基本とするが、ひび割れ幅が極めて微細で、施工上からも補修が困難であったり、ひび割れの性状によっては、長期的に見ても供用後の耐久性に影響しない場合も考えられることから、補修の必要性については、学識経験者や有資格者の助言を受け判断するのがよい。

ひび割れの補修は、樹脂系材料を注入する対策が行われることが多いが、幅の細いひび割れが広範囲に発生した場合などは面的な補修が合理的となることも考えられる。面的にひび割れを補修する場合は、浸透系樹脂を塗布する方法や、シラン系やケイ酸塩系等の表面含浸材を塗布する方法があるが、コンクリートの改質効果を期待した補修方法による場合は、高炉セメントやフライアッシュを用いたコンクリートでは水和反応の過程で水酸化カルシウム  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  が消費されること等に留意し、適切な改質効果が期待できる材料を選定する必要がある。

## 5章 防水層および橋面舗装

### 5. 1 防水層の設計・施工

この手引きによって施工するRC床版の防水層は、シート防水（流し貼り）を基本とする。

#### 【解説】

#### 1) 東北地方における床版防水層

RC床版は、施工時に発生するひび割れを完全になくすることができないことから、床版への雨水や塩化物の浸透を抑制し、耐久性の向上を図るために防水層を設置するものとする。

なお、防水層を施工するにあたっては、RC床版のひび割れの有無を確認し必要に応じて補修を行うものとする。以下に、東北地方の床版防水層（シート防水）に求められる項目を示す。

東北地方の床版防水層（シート防水）に求められる項目には

- ・ひび割れの発生、開閉に対して追随性がある
- ・施工時にシート防水下に気泡が生成されにくい
- ・シート防水が舗装合材の転圧力、輪荷重で破れない
- ・シート防水とRC床版、およびシート防水と舗装が十分な接着性を有する
- ・外気温の低い冬期の施工でも品質が確保できる
- ・施工に特別な技術を必要としない

などがあげられるが、すべてを満足することはできていないのが現状である。特に、常温接着型の防水工では、シート防水の破損箇所や接着不良箇所、排水柵周辺や縁石、壁高欄などの端部からの漏水の可能性があるため、施工の不確実性も含めて必ずしも十分な防水対策仕様となっていない。したがって、この手引きによる床版の防水層は、施工の確実性から、流し貼り型によることを基本とした。

また、凍結抑制剤の散布量が多い供用環境で、すでに施工由来のひび割れが顕著に生じている場合では、供用後の耐久性におよぼすひび割れの影響が十分に緩和できない可能性がある。その場合は高機能防水など、さらに耐久性の高い防水工を施工することも検討すべきである。

#### 2) 防水層の施工

防水層は施工条件が供用後の止水性に影響するため、降雨、強風時を避け、敷設時の外気温（概ね5℃以上）等施工環境に配慮して施工する。

防水層の施工にあたっては、RC床版の表面が十分に乾燥（含水率5%以下が目標）した状態で、下地の清掃、凹凸の有無を確認する必要がある。特に排水柵付近では埃や水分の残留状況を入念に確認する。また、舗装敷設は防水工設置後すみやかに行うことを基本とする。表1-1-①に各施工段階における留意点をまとめた。施工にあたっては、このチェック項目を参考に、各施工段階において確認を行う必要がある。

表 1 1 - ① 防水層の施工状況把握チェックシート

橋面防水工(流し貼り型シート系防水)の施工上の留意点(試行版)

工種	番号	チェック項目	確認
下地処理	1	ゴミや埃をコンプレッサー等を用いてきれいに掃除しているか	
	2	床版の水分量は10%以下であることを確認しているか(目標は5%以下が望ましい)	
	3	残存アスは除去されているか	
	4	レイトンスなどの脆弱部は除去されているか	
	5	目視確認できる被膜養生材は除去されているか	
	6	断面補修材により補修された箇所がある場合はジョイント部にプライマーを二度塗りしているか	
	7	(キメ深さが1mm以下であるか)	
	8	プライマーの塗布量は適切であるか	
	9	地覆等の端部垂直面や排水柵周りのプライマーが薄塗りとならないようにしているか	
	10	床版ひび割れ箇所は、事前にケイ酸塩系含浸材で補修しているか(無害なひび割れ)	
	11	プライマーは完全に乾燥しているか	
	12	床版ひび割れ箇所は、プライマーが二度塗りとなるように施工しているか	
防水シート	1	防水シートは勾配の低い方から敷設しているか	
	2	防水シートは定められた重ね幅を取っているか(10cm以上)	
	3	防水シートの横断重ね位置を1.0m以上ずらしているか	
	4	防水シートは施工線に沿って貼れるかを確認し、巻き戻してから貼り付けているか	
	5	貼り付け用アスファルトの温度は適切か(特に冬季)	
	6	貼付け用アスファルトを入れた缶などをシート上に置くなどしてシートを破損(溶解)させていないか。	
	7	シート貼付直後、シート上を歩いているか(足跡によりシートの寄せ等が生じていないか)	
	8	シートを貼り付ける際、ロール芯や鉄棒等を用いて均等な力で押せているか。	
	9	シート貼付け時に、シート端部から貼付け用アスファルトがはみ出しているか(シート全面にアスファルトが回っているか)	
	10	防水シートからはみ出たアスファルトは刷毛で均一に均しているか(はみ出た量は適量か)	
	11	貼り付け用アスファルトは均一な量(厚さ)で流し込めているか	
	12	空気泡処理箇所を適切に補修しているか	
端部処理	1	端部処理剤(シルバーマッシュテープ)は端部の直角面に沿って敷設されているか	
	2	貼り付け用アスファルトは、垂直面が薄塗りとならないように施工しているか	
	3	導水パイプは端部に敷設し、端末を排水柵に挿入しているか	
舗設準備	1	伸縮装置や後打ちコンクリートを適切に保護しているか	
	2	防水シート上を施工機械が移動する時、こぼれた合材や異物を清掃しているか	
	3	成型目地用のプライマーは隙間なく塗布されているか	
	4	プライマーは完全に乾燥しているか	
	5	表層施工前に貼り付ける成型目地材は剥がれたり、隙間無く貼られているか	
	6	成型目地材の継ぎ目は重ねて貼っているか。また、縦断勾配の高い方が上になるように重ねて貼っているか。	
	7	基層の定規型枠は防水シートを傷付けないう釘固定はしていないか	
	8	使用するアスファルトフィニッシャのタイヤにアスコン等附着していないか	
舗装端部の転圧	1	基層合材の到着、敷き均し、転圧の温度管理は適切か	
	2	表層合材の到着、敷き均し、転圧の温度管理は適切か	
	3	端部への合材の敷き均しは適切に行われているか	
	4	端部の転圧は適切に行われているか(必要に応じてプレートを使用する)	
	5	合材と成型目地はしっかり一体化しているか	

※ 表中の\_の項目は「流し貼り型」に関する項目を示す

### 3) 防水層の設置範囲

防水層の設置範囲は橋面全面に設置するものとし、地覆部、橋軸方向床版端部では立ち上げる。

なお、端部立ち上げ形状については、道路橋床版防水便覧を参照すること。

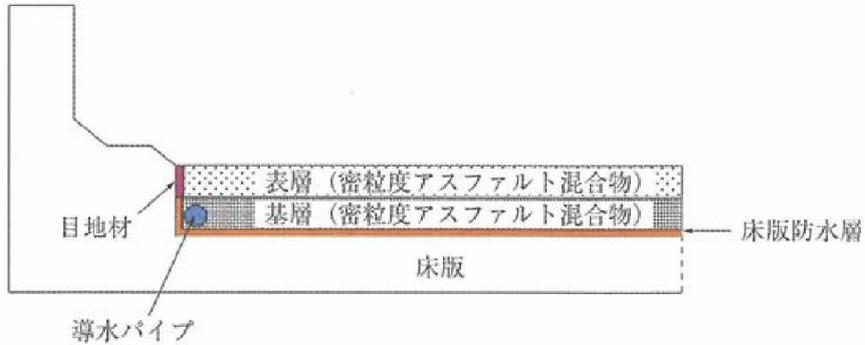


図 1 1 - ① 防水層の端部立ち上げ

### 4) 排水処理

防水層上に溜まった水は、舗装と防水層を劣化させる要因となるので、排水柵への水抜き孔や排水パイプおよび導水パイプの適切な配置により速やかに排除する。

水抜き孔は、おおむね 10m 間隔に設置するほか、合成勾配により水の集中する箇所とし、特に床版端部や排水柵付近は滞水が生じやすいので留意する必要がある。

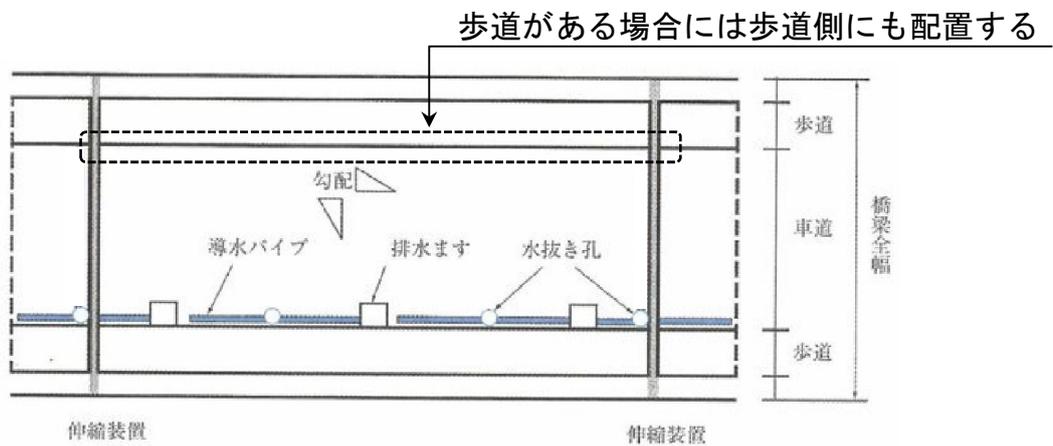


図 1 1 - ② 導水パイプ、水抜きパイプの配置例

- ・導水パイプは地覆に隣接して縦断方向に設置し排水柵に接続させる。

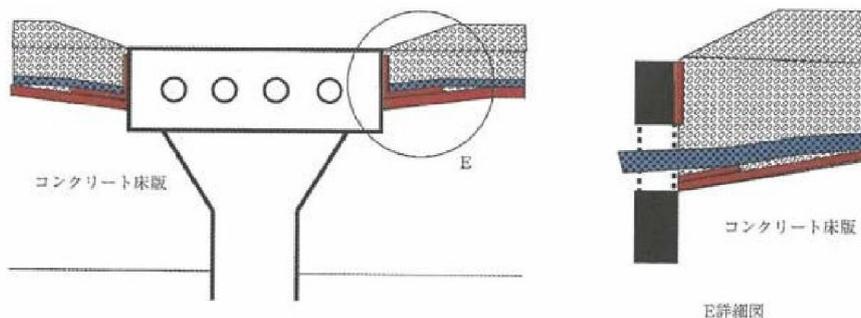


図 1 1 - ③ 導水パイプの排水柵への接続

- ・排水パイプの流末は排水管に接続する。
- ・排水管に接続が困難な場合は、柵に水がかからない様に導水パイプからフレキシブル管に接続することを基本とする。
- ・防水層上の排水形状等については、道路橋床版防水便覧を参照すること。

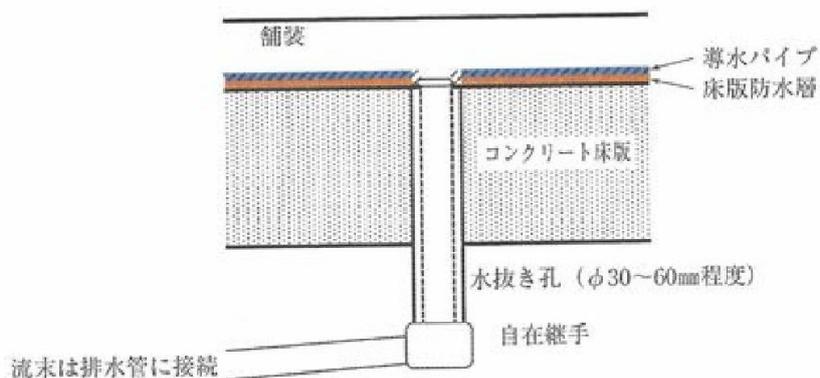


図 1 1 - ④ 床版の水抜き孔の設置例

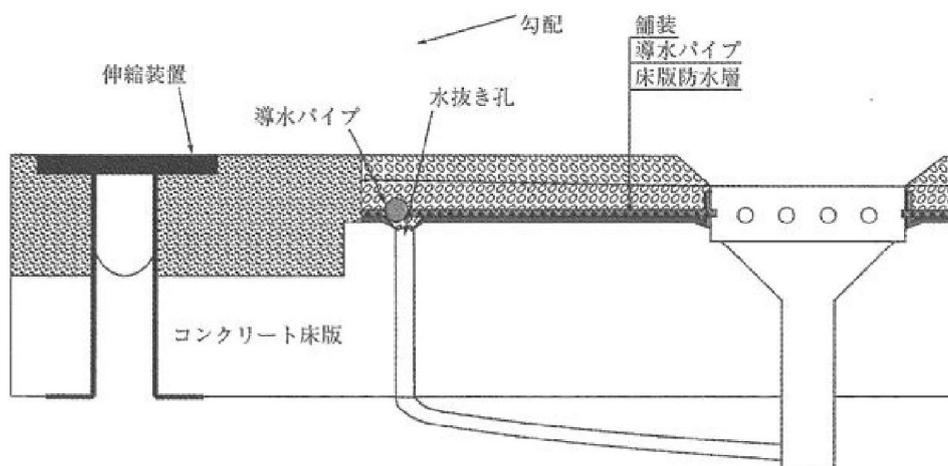


図 1 1 - ⑤ 水抜き孔からの排水管への接続

## 5. 2 橋面舗装の設計・施工

この手引きによって施工する床版の橋面舗装は、防水層との接着性や耐水性の高い舗装とする。

### 【解説】

#### 1) 橋面舗装

一般道路および高規格道路の車道のアスファルト舗装厚は8 cm (表層4 cm、基層4 cm) を標準とし、曲線橋や斜橋など舗装厚が変化する場合是最小厚8 cm を確保するものとする。

近年、耐流動性に優れる混合物を基層に採用した事例では、防水層との面的な接着ができておらず、滞水より舗装の劣化や損傷が確認されている。

したがって、防水層上に施工される基層の耐久性を高めるためには、防水層との接着や耐水性を確保する必要があり、施工時の外気温度などにその性能が依存しにくいものでなくてはならない。

防水層の性能と寿命は橋面舗装の寿命に左右され、特に基層が損傷した場合は同時に防水層も損傷し、橋面舗装とともに防水層の全面打換えの要因にもなる。橋面舗装の全面打換えは維持管理コストの他に、路面切削機による橋面舗装の撤去時にRC床版の上面コンクリート部までを削り取ってしまうなど、既設RC床版の耐久性におよぼす影響が大きいことから、基層の打換えを行わないようにして、表層のみを適切に補修しメンテナンスを行っていく必要がある。したがって、基層には耐久性、耐水性確保の観点から、密粒度アスファルト混合物13FW (改質アスファルトⅡ型) を用いるものとする (図12-①)。



図12-① 橋面舗装の舗装構成

## 2) 勾配の調整

図12-②、写真12-①、写真12-②はグレーチング床版の勾配調整を、調整コンクリートで行い、厚さが25mm以下となる部分をモルタルで行った橋梁である。この橋梁では、竣工後8年で調整モルタルに割れが生じ路面変状が3箇所を確認されている。調整モルタル下のRC床版にはひび割れは確認されなかったものの、薄層の調整モルタルが割れて路面に変状が生じたものである。

このように、薄層モルタルで横断勾配の調整を行った場合には、供用後すぐにモルタルの割れが生じ、橋面舗装と防水層が損傷し、RC床版に凍結抑制剤の塩化物を含む路面水が供給されることで、モルタル損傷部で床版の劣化が助長される。

したがって、床版コンクリートで調整するかレベリング舗装により勾配調整を行う(図11-③)ことを基本とする。

なお、勾配調整のレベリング舗装が最大厚7cm以上となる場合は、勾配調整の方法を別途検討するのがよい。

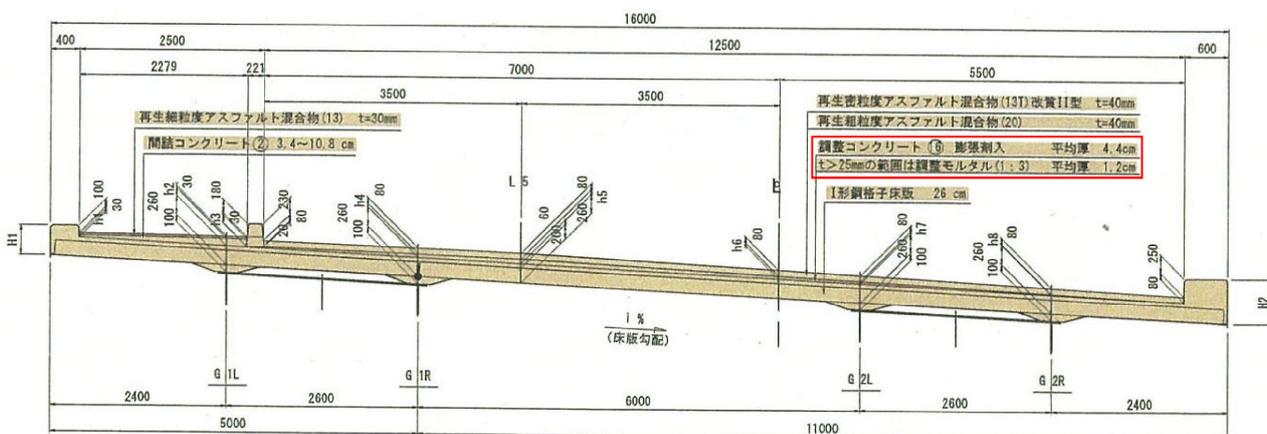


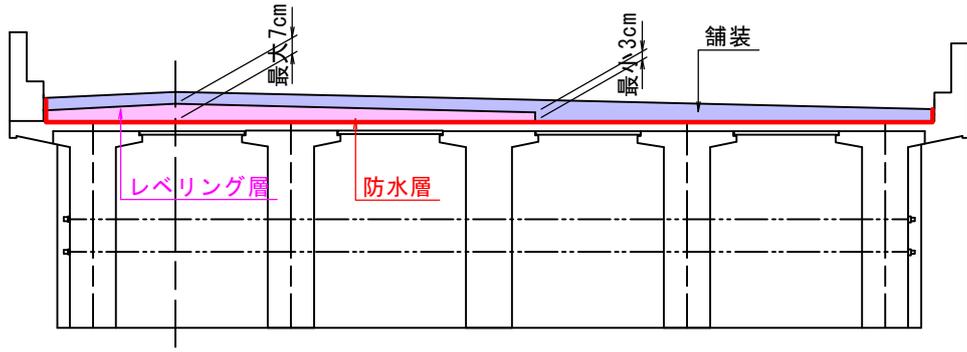
図12-② 横断勾配の調整をモルタルで行った橋梁の例  
(※グレーチング床版)



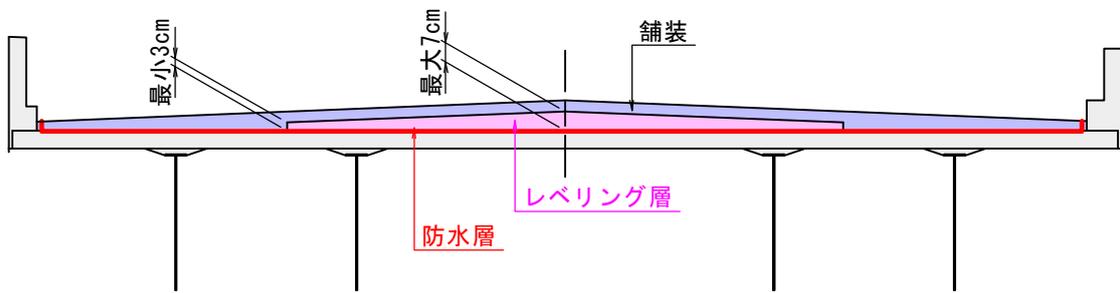
写真12-① 舗装上面の析出物



写真12-② 調整モルタルの割れ



PCコンポ桁



グレーチング床版

図12-③ レベリング舗装により横断勾配を調整した事例

### 3) 舗装の打継ぎ目

写真12-③(a)は舗装の打継ぎ目にひび割れが生じた事例であり、この下の床版上面では、写真12-③(b)のように、コンクリートの土砂化が生じている。舗装の打継ぎ目から水分と塩化物が供給されたことによって劣化が進行したものと考えられる。この部分は、防水工が不連続となる場合もあって、水が床版上面に浸入しやすく、土砂化の発生事例が多い部位でもある。したがって、舗装打継ぎ部からの水の浸入を防止することが重要となる。



(a) 舗装目地部の路面ひび割れ



(b) 舗装目地部下の土砂化

写真12-③ RC床版上面のセンター舗装目地部の土砂化例

図12-④に舗装打継ぎ部の止水対策事例を示す。新設橋の舗装の施工においても、必要に応じて止水対策の適用を検討するのが良い。

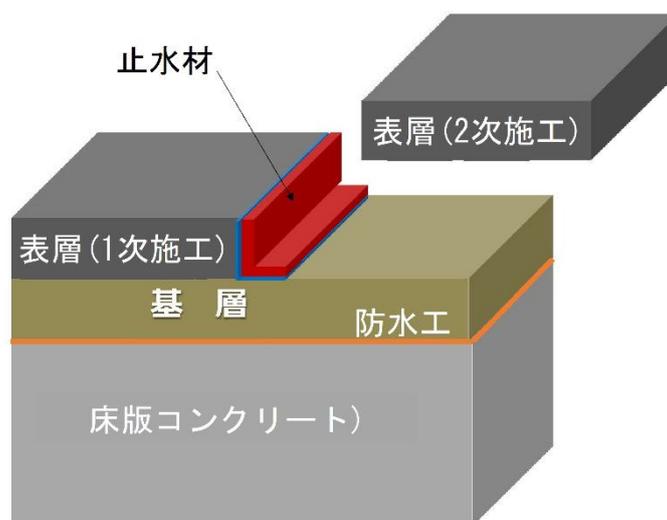


図12-④ 舗装目地の打継処理の例

## 第6章 記録・保存

工事完成書類には、コンクリートの配合、試験施工の内容、実際の施工条件や竣工時の構造物の品質等を記録するとともに、供用後の構造物の耐久性を分析するために必要なデータを記録・保存するものとする。

### 【解説】

工事完成書類には、施工計画、施工状況把握チェックシートの記録、実施工のコンクリート打込み方法・養生方法、コンクリート表層の緻密性の評価結果やひび割れのデータ等を記録し保存するものとする。

工事完成書類の一部として記録・保存する内容を表13-①、13-②に示す。

表13-① 保存するデータの一覧表（1/2）

#### ○コンクリートの材料に関する情報

- ・配合計画書、および試し練り等による配合検討結果
- ・各材料（水、セメント、骨材、混和剤、混和材）の製品名、各種試験結果

#### ○模擬床版による試験施工に関する情報

- ・模擬床版の形状、試験施工の内容（試験施工の計画書等）
- ・コンクリートの性状変化
- ・N式貫入試験結果（高さ、平坦性、最終仕上げ時の貫入量と時間）
- ・バイブレータの締固め時間、および締固め後の空気量
- ・その他、試験施工等によって確認された課題と対応方法

#### ○打込みに関する情報

- ・施工計画書、または打設計画書（人員配置、使用機械、打込み方法等）およびそれに対する実施報告書
- ・実際に施工したポンプ車の情報（ポンプの能力、配管の口径、打込み高さ等）
- ・暑中コンクリートまたは寒中コンクリートの対策
- ・アジテータ車と打込み箇所との関係が分かる資料
- ・品質管理図表（スランプ、空気量、圧縮強度、単位水量、塩化物イオン量等）
- ・打設日報（打込み量、打込み開始終了時間、打継間隔）

#### ○養生情報

- ・養生方法（1ヶ月間の給水養生時(標準・追加)の養生方法、その後の養生等の有無と方法）
- ・表面仕上げ材の製品名
- ・養生材料の製品名
- ・養生温度の管理結果（コンクリート温度、外気温、養生箇所の気中温度等）

表 1 3 - ② 保存するデータの一覧表 ( 2 / 2 )

○完成情報

- ・出来形 (床版上面の基準高、不陸の有無を含む)
- ・ひび割れ図 (上面と下面両方の初期ひび割れの有無、施工に由来する不具合等の有無、補修した場合は補修方法)
- ・段階施工による温度応力解析を行っている場合は、解析条件および解析結果
- ・施工状況把握チェックシート
- ・コンクリート表層の緻密性評価試験 (表層透気試験、表面吸水試験等) の内容および結果
- ・品質証明に関する事項
- ・施工者名

なお、引渡し時点での完成情報のうち以下については、ひび割れや不陸の有無にかかわらず、資料作成を行い保存するものとする。

①ひび割れ等調査報告書

- ・橋梁定期点検要領 (H31.3) の様式 (点検調書 (その9 損傷図)、および (その10 損傷写真)) により、不具合、ひび割れ、補修履歴等を記録する (図 1 3 - ①~③)。

②床版仕上がり高

- ・床版面を 50cm 以下のメッシュで仕上がり高を測定し、表形式と図示したものを作成する (図 1 3 - ④)。

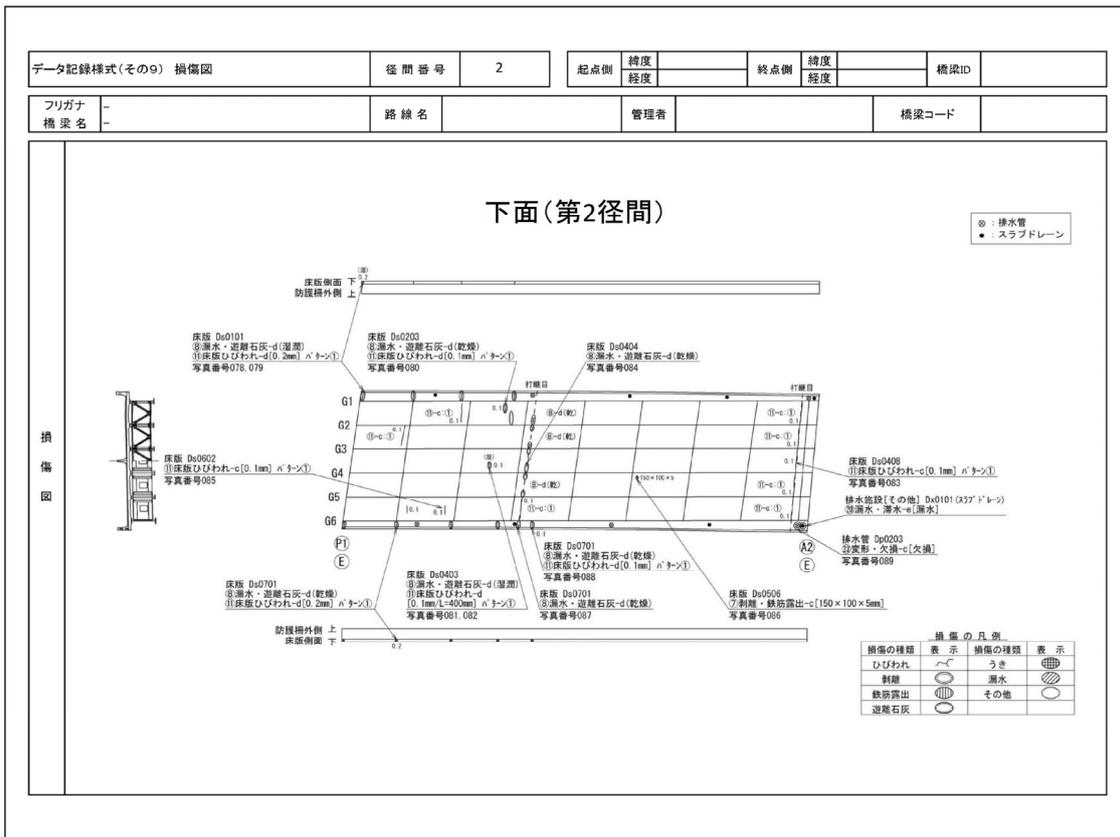


図 1 3 - ① ひび割れ等調査結果の記録例 (床版下面)

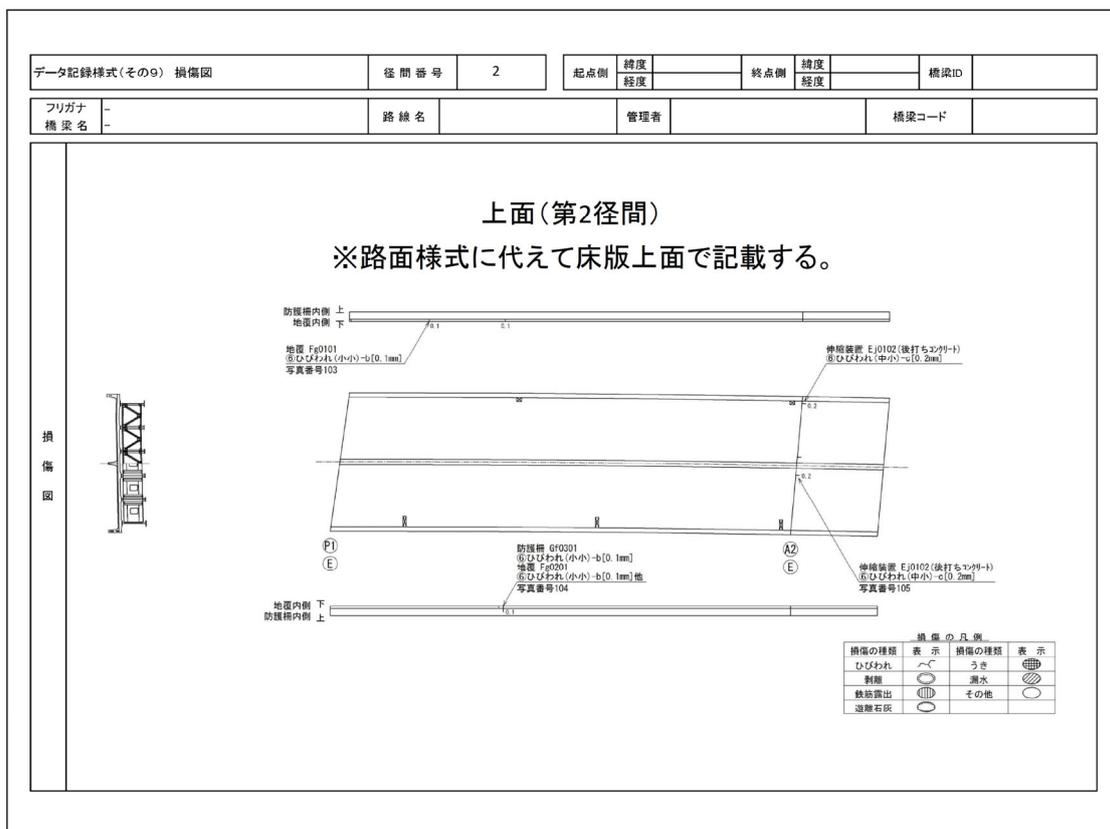


図 1 3 - ② ひび割れ等調査結果の記録例 (床版上面)

データ記録様式(その10) 損傷写真				径間番号		2		起点側		緯度		経度		橋梁ID	
フリガナ				路線名		-		管理者				橋梁コード			
備考															
写真番号	78	径間番号	2	写真番号	79	径間番号	2	写真番号	80	径間番号	2				
部材名	床版	要素番号	0101	部材名	床版	要素番号	0101	部材名	床版	要素番号	0203				
損傷の種類	漏水・遊離石灰	損傷程度	d	損傷の種類	漏水・遊離石灰	損傷程度	d	損傷の種類	床版ひびわれ	損傷程度	d				
損傷写真	前回損傷程度		—	前回損傷程度		—	前回損傷程度		—	前回損傷程度		—			
	メモ		※漏水・遊離石灰の 発生箇所(遊離石灰)は 写真番号78の方向 にひびわれが 発生した。 【損傷の進行性】 遊離石灰は発生 した。遊離石灰の 発生箇所である。 【損傷の進行性】 遊離石灰は発生 した。	メモ		※漏水・遊離石灰の 発生箇所(遊離石灰)は 写真番号79の方向 にひびわれが 発生した。 【損傷の進行性】 遊離石灰は発生 した。遊離石灰の 発生箇所である。 【損傷の進行性】 遊離石灰は発生 した。	メモ		※漏水・遊離石灰の 発生箇所(遊離石灰)は 写真番号80の方向 にひびわれが 発生した。 【損傷の進行性】 遊離石灰は発生 した。遊離石灰の 発生箇所である。 【損傷の進行性】 遊離石灰は発生 した。	メモ		※漏水・遊離石灰の 発生箇所(遊離石灰)は 写真番号80の方向 にひびわれが 発生した。 【損傷の進行性】 遊離石灰は発生 した。遊離石灰の 発生箇所である。 【損傷の進行性】 遊離石灰は発生 した。			
	写真番号	81	径間番号	2	写真番号	82	径間番号	2	写真番号	83	径間番号	2			
	部材名	床版	要素番号	0403	部材名	床版	要素番号	0403	部材名	床版	要素番号	0408			
損傷の種類	漏水・遊離石灰	損傷程度	d	損傷の種類	漏水・遊離石灰	損傷程度	d	損傷の種類	床版ひびわれ	損傷程度	c				
損傷写真	前回損傷程度		—	前回損傷程度		—	前回損傷程度		—	前回損傷程度		—			
	メモ		※漏水・遊離石灰の 発生箇所(遊離石灰)は 写真番号81の方向 にひびわれが 発生した。 【損傷の進行性】 遊離石灰は発生 した。遊離石灰の 発生箇所である。 【損傷の進行性】 遊離石灰は発生 した。	メモ		※漏水・遊離石灰の 発生箇所(遊離石灰)は 写真番号82の方向 にひびわれが 発生した。 【損傷の進行性】 遊離石灰は発生 した。遊離石灰の 発生箇所である。 【損傷の進行性】 遊離石灰は発生 した。	メモ		※漏水・遊離石灰の 発生箇所(遊離石灰)は 写真番号83の方向 にひびわれが 発生した。 【損傷の進行性】 遊離石灰は発生 した。遊離石灰の 発生箇所である。 【損傷の進行性】 遊離石灰は発生 した。	メモ		※漏水・遊離石灰の 発生箇所(遊離石灰)は 写真番号83の方向 にひびわれが 発生した。 【損傷の進行性】 遊離石灰は発生 した。遊離石灰の 発生箇所である。 【損傷の進行性】 遊離石灰は発生 した。			

図 1 3 - ③ ひび割れ等調査結果の記録例 (ひび割れ等写真)

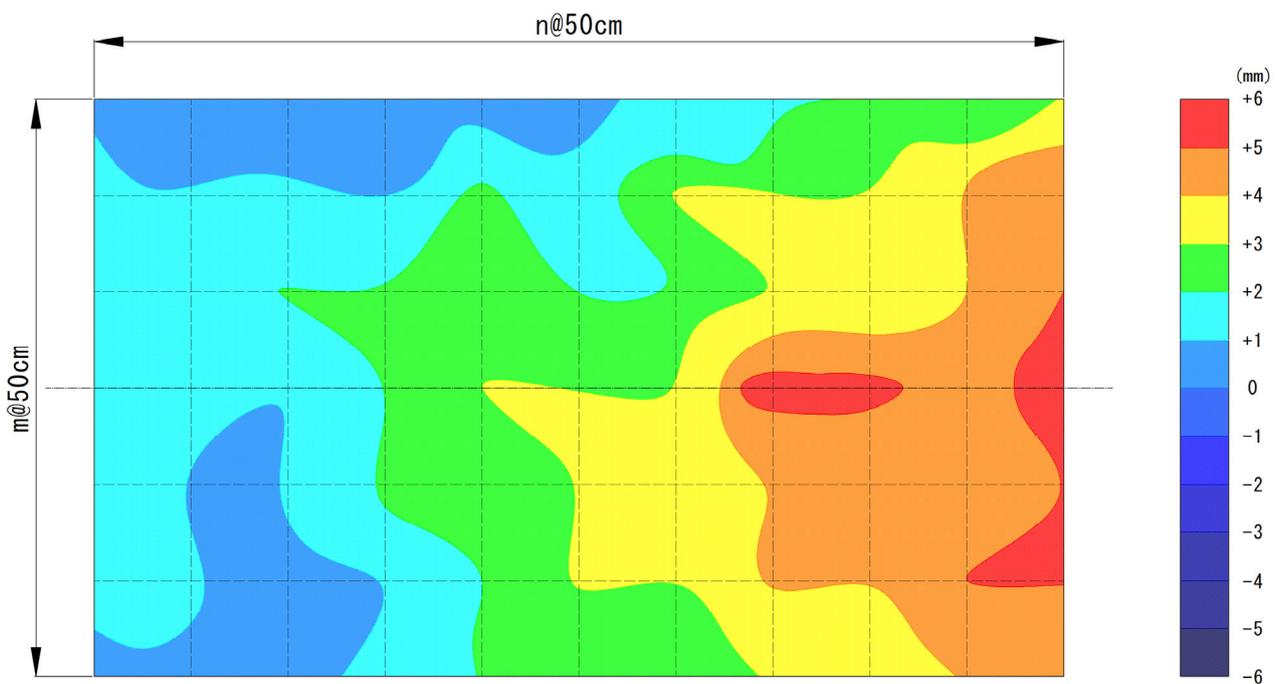


図 1 3 - ④ 床版仕上がり高の図示イメージ

## 【巻末資料】

### 1. 配合検討

- (1) S S W試験コンクリートバー法
- (2) 熱膨張係数試験の方法
- (3) 配合検討等における各種試験内容の例

### 2. ひび割れ抑制

- (1) 温度応力解析の例（単純鋼鈹桁橋（フライアッシュ））
- (2) 橋梁形式毎の床版ひび割れ指数（代表的な形式による解析事例）
- (3) 段階施工による応力解析の事例①（鋼 7 径間連続鋼箱桁橋）
- (4) 段階施工による応力解析の事例②（鋼 2 径間連続鈹桁橋）

### 3. 試験施工、および施工計画

- (1) N式貫入試験の試験方法
- (2) N式貫入試験による仕上げ時間等の設定例①（鋼単純鈹桁橋）
- (3) N式貫入試験による仕上げ時間等の設定例②（鋼単純鈹桁橋）
- (4) 床版防水プライマーの建研式引張接着試験
- (5) 模擬床版試験施工計画の事例①（鋼単純鈹桁橋）
- (6) 模擬床版試験施工計画の事例②（鋼 4 径間連続箱桁橋）
- (7) 床版の施工計画の例
- (8) 床版コンクリートの橋面仕上げの留意点
- (9) 寒中コンクリートの養生計画の事例（鋼 2 径間連続鈹桁橋）
- (10) 橋面防水工（流し貼り型シート系防水）施工上の留意点

### 4. 記録様式

- (1) コンクリートの打込み管理表
- (2) 打重ね管理表
- (3) 表層透気試験記録
- (4) 表面吸水試験記録
- (5) ひび割れ調査票
- (6) コンクリートの配合表
- (7) 受入れ検査の記録
- (8) 打込み、および養生方法の記録