

# 構造物編

# 北海道におけるコンクリート構造物の性能保全技術指針

## [構造物編：目次]

1 章	構造性能評価に基づく橋梁の維持管理	1
1.1	構造物編の概要	1
1.2	点検および調査	3
1.3	変状の原因推定および予測	5
1.4	評価および判定	9
1.5	対 策	10
1.6	構造物編による維持管理の流れ	11
2 章	構造物毎の診断方法	13
2.1	コンクリート桁に関する診断	13
2.1.1	PC 箱桁	13
2.1.2	PCT 桁	28
2.1.3	PC 中空床版	33
2.1.4	PC プレテン桁	36
2.1.5	RC 桁	37
2.2	床版に関する診断	40
2.2.1	RC 床版	40
2.3	下部工に関する診断	64
2.3.1	橋 台	64
2.3.2	橋 脚	76
2.4	橋面工に関する診断	84
2.4.1	地 覆	84
2.4.2	防護柵（剛性防護柵）	90
2.4.3	舗 装	93
2.4.4	水仕舞い（排水処理）	98
2.5	構造性能の評価および判定	102
2.6	対策の要否判定	149
3 章	対 策	154
3.1	構造物の要求性能と対策	154
3.1.1	対策の種類	154
3.1.2	対策の選定	155
3.1.3	補修工法の選定	156
3.2	各種補修工法の概要	167
3.2.1	ひび割れ補修工法	167
3.2.2	表面保護工法	172

3.2.3	電気化学的防食工法.....	181
3.2.4	打換え工法 .....	184
3.2.5	増設工法 .....	185
3.2.6	増厚工法 .....	186
3.2.7	巻立て工法 .....	187
3.2.8	接着工法 .....	188
3.2.9	プレストレス導入工法.....	189
3.2.10	水仕舞い対策.....	190

# 1章 構造性能評価に基づく橋梁の維持管理

## 1.1 構造物編の概要

(1) 構造物編では、橋梁を主体としたコンクリート構造物に対する具体的な診断や対策および記録の方法について取り扱うものとする。対策に至るまでの全体的な流れを図-1.1.1に示す。

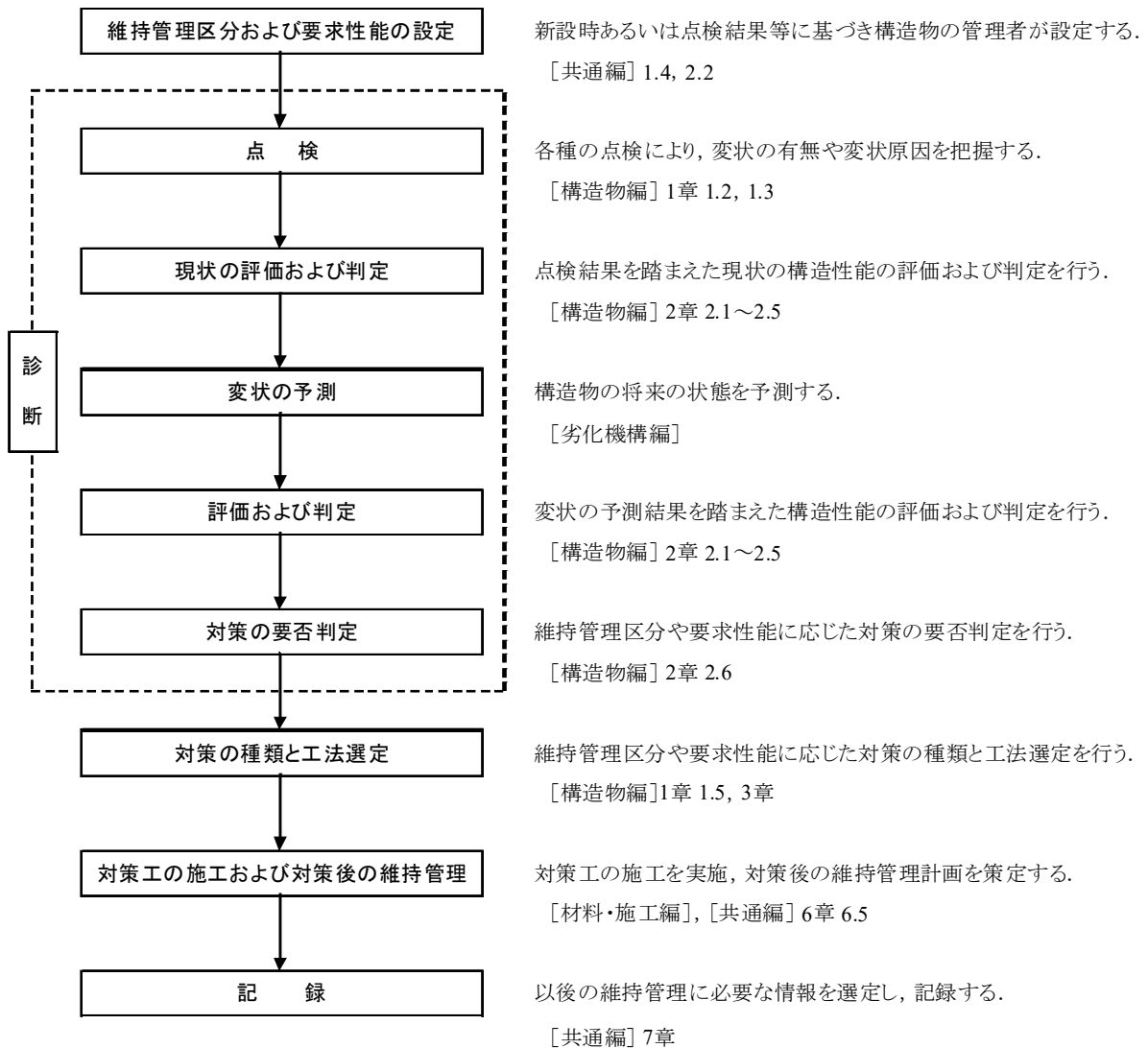


図-1.1.1 対策に至るまでの全体的な流れ

- (2) 橋梁に対する維持管理であることを踏まえ、発生した変状が構造物に要求される性能（構造性能）に与える影響を十分に把握した上で構造物を評価し、対策の要否を判定しなければならない。
- (3) 対策は、現時点および将来における構造性能を評価した上で、構造物の管理者が定める維持管理区分や構造物の予定供用期間、経済性等に基づいて決定しなければならない。
- (4) 構造物の維持管理を適切に行うために、点検、構造性能の評価、対策の要否判定等の診断結果や

## 【解説】

### (1) について

構造物編では、橋梁を主体としたコンクリート構造物に対する具体的な診断や対策および記録の方法について示している。構造物編を構成する各章の概要は以下のとおりである。

#### 1章：構造性能評価に基づく橋梁の維持管理

構造物編の概要や一連の流れについて、「点検および調査」、「変状原因の推定および予測」、「評価および判定」、「対策」に着目して、その概要を取りまとめた。

#### 2章：構造物毎の診断方法

構造物編では橋梁を主体としたコンクリート構造物を対象としていることから、「コンクリート桁」、「床版」、「下部工」、「橋面工」に区分して、それぞれに具体的な1) 重点点検箇所、2) 想定される変状原因、3) 調査箇所および調査項目、4) 評価および判定方法、について取りまとめた。また、構造性能に及ぼす影響を把握することを目的として構造性能評価判定表を作成した。

#### 3章：対策

「2章 構造物毎の診断方法」で得られた構造性能評価の判定結果に基づく、対策の選定方法について取りまとめた。また、代表的な対策工法については、各工法の概要を整理し、設計・施工上の留意点等も含めて取りまとめた。

### (2) について

現在行われている維持管理は、材料の耐久性（材料劣化抵抗性）確保に重点が置かれている場合が多い。しかし、維持管理の対象は「材料」ではなく、あくまでも「構造物」であることから、構造物の外観の状態に応じてどういった変状がどの性能に影響を及ぼしているか等を十分に把握した上で対策の要否判定を行う必要がある。つまり、構造物に要求される性能、いわゆる構造性能を意識した維持管理が重要である。よって、本指針 [構造物編] では、種々の要因によって生じる変状を、構造性能に及ぼす影響度合いに関連付けて整理することとした。「2.5 構造性能の評価および判定」は、橋梁を構成する部材毎に各種変状と構造性能に及ぼす影響度合いを一覧にして整理したものである。

### (3) について

対策は、現時点および将来における構造性能を評価した上で、構造物の管理者が定める維持管理区分や構造物の残存予定供用期間、経済性等に基づいて決定しなければならないものとした。つまり、維持管理の対象構造物の要求性能を明確に設定し、維持管理区分（予防維持管理、事後維持管理、観察維持管理）や予定供用期間、予算等を総合的に判断した上で決定する必要がある。

### (4) について

構造物の維持管理は対策を実施した時点で完了するのではなく、構造物の残存予定供用期間を通じて要求性能を継続的に照査して、それが許容範囲内に保持されていることを確認していく必要がある。すなわち、構造物の維持管理は長期にわたって継続的に実施する必要があるため、その過程において社会情勢や環境の変化、構造物そのものに対する利用価値や重要度の変化、維持管理に要する予算や要員の確保の観点から、途中で維持管理計画を見直さざるを得ない状況になることも想定される。よって、「記録」という行為は重要である。なお、記録の詳細については本指針 [共通編] 7章によるものとする。

## 1.2 点検および調査

- (1) 点検では、構造の特徴や過去の点検実績などを踏まえて、橋梁を構成する部材毎に重点的に点検すべき箇所を定めるのがよい。
- (2) 点検では、外観変状を把握することを原則とし、必要に応じて詳細調査を実施しなければならない。なお、重点的に点検すべき箇所の変状を把握するための詳細調査では、その目的に応じて適切な調査方法を用いるものとし、具体的な調査方法については本指針 [構造物編] の「2章 構造物毎の診断方法」によるものとする。

### 【解 説】

#### (1) について

これまでの点検実績によると、橋梁の構造形式、立地条件や環境などによって変状箇所が概ね特定されるため、これらの部位に特に注意して点検する必要がある。ただし、ひび割れが発生しているからといって、即座に「その変状が異常で、かつ対策が必要」と判断することが正しいとは限らない。ひび割れの発生部位、幅、方向、密度さらに進行性の有無も含めて調査で確認し、それらが対象構造物の構造性能上許容出来る範囲か否かを見極めるという目的意識を持って点検を行うことが重要である。そこで、本指針 [構造物編] では、これまでの点検実績などを踏まえて、「2章 構造物毎の診断方法」において橋梁を構成する部材毎に重点的に点検すべき箇所を示している。

なお、また、点検のレベルや方法および頻度は各事業体の管理者によって独自に定められているのが実情であり、特に北海道で実施されている橋梁を対象とした点検に関しては、参考文献 1), 2) に詳しく整理されているため適宜参照するとよい。

#### (2) について

本指針 [構造物編] では、代表的な調査項目や調査方法を「2章 構造物毎の診断方法」において橋梁を構成する部材毎に示しているが、より詳細な調査方法などについては表一解 1.2.1 および本指針 [劣化機構編] を参考にするとよい。また、構造性能評価に着目した調査項目や方法に関しては、参考文献 3), 4), 5) に詳しく整理されているので参考にするとよい。

表一解 1.2.1 劣化機構と対応する調査方法の例

調査の方法	具体的な内容等		劣化機構			
			中性化	塩害	凍害	アルカリシリカ反応
書類等による方法	設計・施工に関する情報, 既往の維持管理・対策に関する情報		●	●	●	●
目視による方法※1 たたきによる方法	肉眼, 双眼鏡, カメラ		●	●	●	●
	浮き, 剥離, 空洞		●	●	●	●
	鋼材腐食状況 (鋼材露出時)		●	●	●	●
反発度に基づく方法	テストハンマー強度		△	△	▲	△
電磁誘導を利用する方法	鋼材位置, 径		▲	▲	△	△
弾性波を利用する方法	打音法, 超音波法, 衝撃弾性波法, AE法		△	△	△	△
電磁波を利用する方法	電磁波レーダ法	鋼材配置	▲	▲	△	△
		空隙	—	—	—	—
		かぶり	▲	▲	△	—
	赤外線法 (サーモグラフィ法)	表面剥離	△	△	△	△
	X線法	鋼材配置, 径, 空隙, ひび割れ	△	△	△	△
電気化学的方法	自然電位法, 分極抵抗法		△	△	△	△
	四電極法		△	△	△	△
ファイバースコープを用いる方法	コンクリート内部の状況, PCグラウトの充填状況		—	△	—	△
局所的な破壊を伴う方法 ・コア採取による方法 ・はつりによる方法 ・ドリル削孔による方法	外観, ひび割れ深さ		▲	▲	▲	▲
	中性化深さ, 中性化残り		▲	▲	△	△
	塩化物イオン浸透深さ		△	▲	△	△
	塩化物イオン量		△	▲	△	△
	圧縮強度, 引張強度, 弾性係数		△	△	△	▲
	配合分析		△	△	△	△
	アルカリ量		—	—	—	—
	骨材の反応性		—	—	—	△
	解放膨張量, 残存膨張量		—	—	—	△
	細孔径分布		△	△	△	—
	気泡分布		—	—	△	—
	透気 (水) 性試験		△	△	△	—
	熱分析 (TG・DTA) ※2		△	—	—	—
	X線回折 (水和物等の同定)		△	△	△	△
	EPMA ※3		△	△	△	△
走査型電子顕微鏡観察		—	—	—	△	
局所的な破壊を伴う方法 ・はつりによる方法 ・鋼材を採取する方法	鋼材腐食状況		△	△	△	△
	鋼材引張強度		△	△	△	△

凡例 ●: 標準調査として実施する項目の例  
▲: 標準調査として必要に応じて実施する項目の例  
△: 詳細調査として必要に応じて実施する項目の例  
—: 当該の劣化には関係がないか不明  
※1: 変形, 変色, スケーリング, ひび割れ等の項目を含む。  
※2: TG (熱重量分析), DTA (示差熱分析) とともに, 水和生成物や炭酸化合物等を定性, 定量分析を行う。  
※3: 電子線マイクロアナライザーの略称, コンクリート中の元素の定性, 定量分析を行う。

### 1.3 変状の原因推定および予測

- (1) 変状の原因は、これまでの点検実績や調査実績などを踏まえて推定するのがよい。ただし、変状原因が特定できない場合には、別途、詳細調査を実施するなどして変状原因の推定精度を向上させるのがよい。
- (2) 変状の原因が環境作用に起因する場合には、劣化機構に基づく変状の予測は本指針 [劣化機構編] によるものとする。

#### 【解説】

##### (1) について

変状の原因としては、本指針 [共通編] の4章に示したように「設計不適合、材料の品質不良や施工不良に起因する変状（初期欠陥）」、「外力や構造条件の変更等に起因する変状（損傷）」、「環境作用に起因する経年的な性能低下に伴う変状（劣化）」が考えられる。それぞれの原因によって構造物に生じる変状に特徴があることから、点検や調査結果をもとに変状原因をある程度は推定することが可能である。

変状原因の推定では、点検結果のみならず、構造物の置かれた環境条件、使用条件、構造物の設計・施工条件を考慮することも有効である。また、実際の構造物では、変状原因が必ずしも1つではなく、複数の原因が複合している場合も十分に想定されることに留意しなければならない。橋梁の変状形態とその原因例を表-解 1.3.1~1.3.3 に示す。

本指針 [構造物編] では、これまでの点検実績や調査実績等を踏まえて「2章 構造物毎の診断方法」において、橋梁を構成する部材毎に変状内容に応じた変状原因を示している。ただし、変状原因が特定できない場合には、さらに詳細調査を実施する等して変状原因の推定精度を向上させる必要がある。

##### (2) について

本指針では、外観のグレーディングによる評価を基本とし、劣化機構を推定した上で半定量的に予測する手法を適用してもよいものとした。なお、具体的な劣化予測の方法については [劣化機構編] を参考にするとよい。また、適宜、土木学会コンクリート標準示方書【維持管理編】<sup>6)</sup> についても参照するとよい。

ただし、劣化予測モデルも現状では単独劣化に関する予測モデルがほとんどであり、塩害や中性化に起因する劣化予測はある程度の精度で推定可能であるものの、凍害などのそれ以外の劣化機構や複数の劣化機構が複合して作用する場合の予測モデルは十分な精度で推定できないことに留意する必要がある。また、塩害、中性化、アルカリシリカ反応、凍害等の環境作用に起因する劣化原因は、それぞれにおいて劣化スピード（時間軸）が大きく異なることにも十分に留意する必要がある。すなわち、現状では劣化の過程として「潜伏期」、「進展期」、「加速期」、「劣化期」の4つに区分しているが、これは時間軸を均等に区分している訳ではない。



表一解 1.3.1 変状形態とその原因例 (鉄筋コンクリート橋台, 橋脚)

変 状		原 因 例
沓座破損	沓座モルタルの破損	1. 沓座モルタルの不良, 厚さ過大, 施工不良 2. 凍害
ひび割れ (沓座)	沓座せん断ひび割れ	水平力に対する引張鉄筋の不足
	アンカーボルト位置のひび割れ	水平力に対する引張鉄筋の不足
	縦ひび割れ	支承反力によるコンクリートの引張応力, 可動支承水平変位拘束, 凍害
ひび割れ (天端)	橋軸直角方向ひび割れ	コンクリートの収縮
	張出し部のある場合のひび割れ	1. 張出し部の鉄筋の不足, 延伸不足 2. アルカリシリカ反応
ひび割れ (張出し部)	張出し部上側のひび割れ	1. 支承の変位, 3点支持, 支承反力の増大 2. 引張鉄筋の不足 3. 腹部引張応力に対する鉄筋の不足
	かけ違い部のひび割れ	高段部の引張鉄筋の不足, 過大な目地間隔, アルカリシリカ反応
ひび割れ (パラペット)	水平ひび割れ, 鉛直ひび割れ	1. 土庄の影響 2. 打継部におけるコンクリートの収縮, 温度応力
ひび割れ (躯体)	鉛直ひび割れ	1. コンクリートの収縮, 温度応力 2. アルカリシリカ反応
	水平ひび割れ	1. コンクリート打継目の施工不良 2. 地盤の不同沈下, 洗掘 3. 桁の拘束による躯体の曲げモーメント 4. 鉄筋の不足, 不適切な鉄筋切断位置 5. コンクリートの収縮 6. 張出し部に生じるモーメントによるひび割れ 7. アルカリシリカ反応
	打継部き裂	施工時異常出水, 地震
ひび割れ (フーチング)		1. 杭反力の不均衡による反力の増大 2. 洗掘
コンクリートの剥落	天端	1. 支承据付不良のため生ずる引張力によるコンクリートの割裂 2. 支承の水平力による割裂 3. 凍害
	躯体	1. 流水による摩耗欠落 2. 流木, 自動車などの衝突 3. コンクリート打継目の施工不良 4. 凍害

表-解 1.3.2 変状形態とその原因例 (鉄筋コンクリートスラブ桁, T桁, 箱桁)

変 伏		原 因 例
ひび割れ	主桁下面-橋軸直角方向 主桁側面-鉛直方向	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 荷重の増大 (車両の大型化, 荷重偏心)</li> <li>2. 引張鉄筋の不足, 鉄筋強度の不足, 鉄筋間隔過大</li> <li>3. スターラップ, 折曲げ鉄筋の配置不良, かぶり不足</li> <li>4. 軸方向鉄筋継手の不良 (継手位置不良, 重ね継手の重ね合せ長さ不足, 圧接の不良)</li> <li>5. 軸方向鉄筋の端部定着長の不足</li> <li>6. コンクリートの収縮, 不適切な養生 (コンクリート打込み時の表面部, コンクリート内部と表面部の温度差)</li> <li>7. 支承据付不良, ソールプレートの傾斜などのための伸縮拘束</li> <li>8. 桁のねじり (スターラップ, 軸方向鉄筋の不足)</li> <li>9. 桁の3点支持, 支承の不同沈下</li> <li>10. 塩害</li> </ol>
	主桁下面-橋軸方向	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. スラブ桁の配力鉄筋の不足</li> <li>2. 軸方向鉄筋の不足, 配置不良, かぶり不足, 腐食膨脹</li> <li>3. アルカリシリカ反応</li> </ol>
	主桁上面, スラブ上面	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 主桁上面の用心鉄筋不足</li> <li>2. 張出スラブ引張鉄筋の定着長不足, 配置不良</li> <li>3. 斜角スラブ鈍角部用心鉄筋の不足</li> <li>4. コンクリートの収縮</li> </ol>
	T桁中間スラブ 箱桁中間スラブ	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 主桁のねじり回転による曲げモーメントの増加</li> <li>2. 斜角桁の左右主桁のたわみ差</li> <li>3. 桁の3点支持, 支承の不同沈下, ねじれ</li> <li>4. 箱桁下スラブのせん断力に対する鉄筋の不足</li> <li>5. 斜角桁のねじり, 負曲げモーメントに対する鉄筋の不足</li> <li>6. 塩害</li> </ol>
	張出スラブ上面-橋軸方向	鉄筋の配置不良, 先端部定着長の不足, 振動
	張出スラブ上面-橋軸直角方向	コンクリートの収縮
	高欄の鉄筋に沿うひび割れ	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. かぶり不足</li> <li>2. 塩害</li> </ol>
コンクリートの剥落, 鉄筋露出	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 鉄筋の配置不良, かぶり不足</li> <li>2. 鉄筋の継手部分のコンクリート打込み不良</li> <li>3. コンクリート品質不良, 締固め不良</li> <li>4. コンクリート打継目の施工不良</li> <li>5. 鉄筋の腐食膨脹, 水の浸入, 塩害, 電食</li> <li>6. 凍害 (桁端部, 突出部に多い)</li> <li>7. 地震, 火災, 自動車などの衝突</li> </ol>	
鉄筋の腐食	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. コンクリート打込み前の鉄筋の腐食</li> <li>2. 水の浸入, 塩害, 電食</li> <li>3. コンクリート剥落</li> </ol>	
杓座部圧壊	杓座部の不陸, 反力の増大, 杓座部補強鉄筋の不足	

表一解 1.3.3 変状形態とその原因例 (プレストレストコンクリート桁)

変 状		原 因 例
ひび割れ	主桁下面	1. プレストレス導入不足 2. PC 鋼材のゆるみ 3. PC 鋼材の破断 4. グラウトの注入不良 5. シース内の雨水凍結
	主桁上面	1. 荷重の不足 2. 過大なプレストレス
	支点付近から斜め	1. 荷重によるせん断力 2. コンクリートの収縮 3. アルカリシリカ反応
	主ケーブルに沿う	1. プレストレスによるせん断力 2. 荷重の不足 3. コンクリートの初期の強度不足 4. グラウトの注入不良 5. シース内の雨水凍結 6. アルカリシリカ反応 7. 塩害
	支承部	1. 支点上の局部応力過大による割裂 2. 支承部の摩擦抵抗大による引張 3. アルカリシリカ反応
	桁端の中央	1. 鋼材配置不良 2. 鋼線緊張順序不良 3. ゴム支承の場合の反力不均等
	ウェブに鉛直方向	コンクリート打込み順序による温度差およびコンクリートの収縮
	ウェブと上フランジの結合部	1. コンクリート打込み・締固め不良 2. 鉄筋の不足
	PC 鋼材定着部	1. 後埋めコンクリートの収縮 2. 定着部の補強鉄筋の不足
ひび割れ	連続桁下縁	1. 日射による桁断面の温度差 2. コンクリート打込み中の死荷重応力
	箱桁ウェブ	1. 横蹄のプレストレスによる不静定モーメント 2. 温度変化クリープによる不静定モーメント 3. せん断力による斜引張応力 4. 打継ぎによる温度応力
コンクリートの剥落	主桁下面, 支間中央付近ケーブル曲げ箇所付近	1. コンクリート締固め不良 2. 自動車などの衝突
	支点上の横桁側面	横桁と沓座間にコンクリートが流れ込み, 沓座と横桁が接触
PC 鋼棒破断 鋼線破断	横縮 PC 鋼棒の破断	1. グラウト不良による鋼材腐食 2. 材質的欠陥 3. 傾斜定着によるねじ部の曲げモーメント 4. 過度の緊張
	プレテン桁 PC 鋼線の破断	コンクリート締固め不良

## 1.4 評価および判定

- (1) 外観のグレーディングによって構造性能を評価する方法を用いてもよい。なお、具体的な評価方法については本指針 [構造物編] の「2章 構造物毎の診断方法」によるものとする。
- (2) 構造性能の評価および判定は、既設橋の現時点における評価および判定とし、外観目視点検結果に基づいて本指針 [構造物編] の「2.5 構造性能の評価および判定」に示す構造性能評価判定表を使用して行うものとする。

### 【解説】

#### (1) について

本指針では、構造性能の評価および判定は、外観上のグレーディングによって評価してもよいものとした。なお、具体的な評価方法については、本指針 [構造物編] の「2章 構造物毎の診断方法」に示している。ここで示した方法は、橋梁の各部位毎に損傷状態を区分して、これまでの研究成果や技術者の経験などに基づいて、工学的に安全側の判断になるように設定したものである。

#### (2) について

本指針 [構造物編] の「2.5 構造性能の評価および判定」に示す構造性能評価判定表は、橋梁を構成する部材毎に、想定される主たる変状と構造性能に及ぼす影響度合い、およびその判定結果を示したものである。本指針では、外観目視調査やたたきなどによって確認された変状から、図一解 1.4.1 に示す3段階で各種の要求性能への影響度を評価し、特に「安全性」と「使用性」に着目して総合的に評価し、構造性能のレベルを図一解 1.4.2 に示す4段階に区分するものとした。安全性、使用性に関する具体的な限界状態については本指針 [共通編] の「1.4 要求性能」および「5.2 性能評価の方法」を参照すること。

構造性能評価判定表は、変状が生じた構造物の現時点における構造性能の評価を行うことを目的としており、将来予測は考慮していない。よって、対策の要否を判定する場合には、劣化予測に基づく残存予定供用期間における耐久性など時間軸の概念が必要となるため、その場合には本指針 [劣化機構編] を参照して、将来の変状の進行を評価した上で判定しなければならない。

また、構造性能評価判定表は、外観目視調査で確認された変状から概略の診断を行うことを目的としており、1) 外観変状発見時の構造性能評価の精度向上、2) 変状原因の特定、3) 対策実施を前提とした設計条件確認のためには別途詳細調査を実施する必要がある。

図一解 1.4.1 要求性能に対する評価方法（構造性能への影響度 3段階）

- : 影響なし（要求性能を満足している）
- ▲ : 影響あり（性能が低下している）
- × : 性能不足（性能が不足しているか、その可能性がある）

図一解 1.4.2 構造性能の評価方法（構造性能レベル 4段階）

- レベル 1 : 性能に影響はないが、外観変状が認められるレベル
- レベル 2 : 性能は低下しているが、補修で性能回復が可能なレベル
- レベル 3 : 性能は低下しているが、大規模補修や補強で性能回復が可能なレベル
- レベル 4 : 性能が低下し、性能不足となっているレベル

## 1.5 対策

- (1) 対策は、維持管理区分および構造性能に関する総合的な評価結果に基づいて、選定・実施するものとする。
- (2) 対策の種類や選定方法および各種工法の概要については、本指針 [構造物編] の「3章 対策」によるものとする。

### 【解説】

#### (1) について

対策の選定は、維持管理区分と構造性能の評価結果に基づいて行うものとし、表一解 1.5.1 にはそれらの関係を例として示した。なお、維持管理区分が予防維持管理の場合には、構造性能レベルだけで一義的に対策が決定されるものではなく、選択肢は多岐にわたる。

すなわち、予防維持管理であれば、構造性能判定結果が仮にレベル1（性能に影響はないが外観変状が認められるレベル）であったとしても補修した方が投資効果は高い場合もあり、それが真の予防維持管理であると考えられる。よって、予防維持管理の場合には、「対策を決定する前に、補修時期や補修効果を検討し、かつ予算等の制約条件を考慮した上で最適な対策を選定する必要がある。」こととした。

表一解 1.5.1 維持管理区分と構造性能レベルに応じた対策工の関係 (例)

		維持管理区分		
		維持管理区分A (予防維持管理)	維持管理区分B (事後維持管理)	維持管理区分C (観察維持管理)
構造性能 のレベル	レベル1	予防維持管理の場合には、補修時期や効果を検討した後に、予算等の制約条件を考慮した上で最適な対策工を選択する。	①	①
	レベル2		②	①
	レベル3		③	①, ④
	レベル4		④	④

ここに、

#### 1) 構造性能レベル

レベル1：性能に影響はないが、外観変状が認められるレベル。

レベル2：性能は低下しているが、補修で性能回復が可能なレベル。

レベル3：性能は低下しているが、大規模補修や補強で性能回復が可能なレベル。

レベル4：性能が低下し、性能不足となっているレベル。

#### 2) 対策の種類

①：経過観察（無処置）・点検強化

②：補修（軽微）

③：補修（大規模）

④：供用制限・解体撤去（または更新）

#### (2) について

具体的な対策の種類や選定方法については、[構造物編] の「3章 対策」によるものとする。

1.6 構造物編による維持管理の流れ

本指針 [構造物編] による維持管理の流れと、関係章および各編との関連を図-1.6.1 に示す。

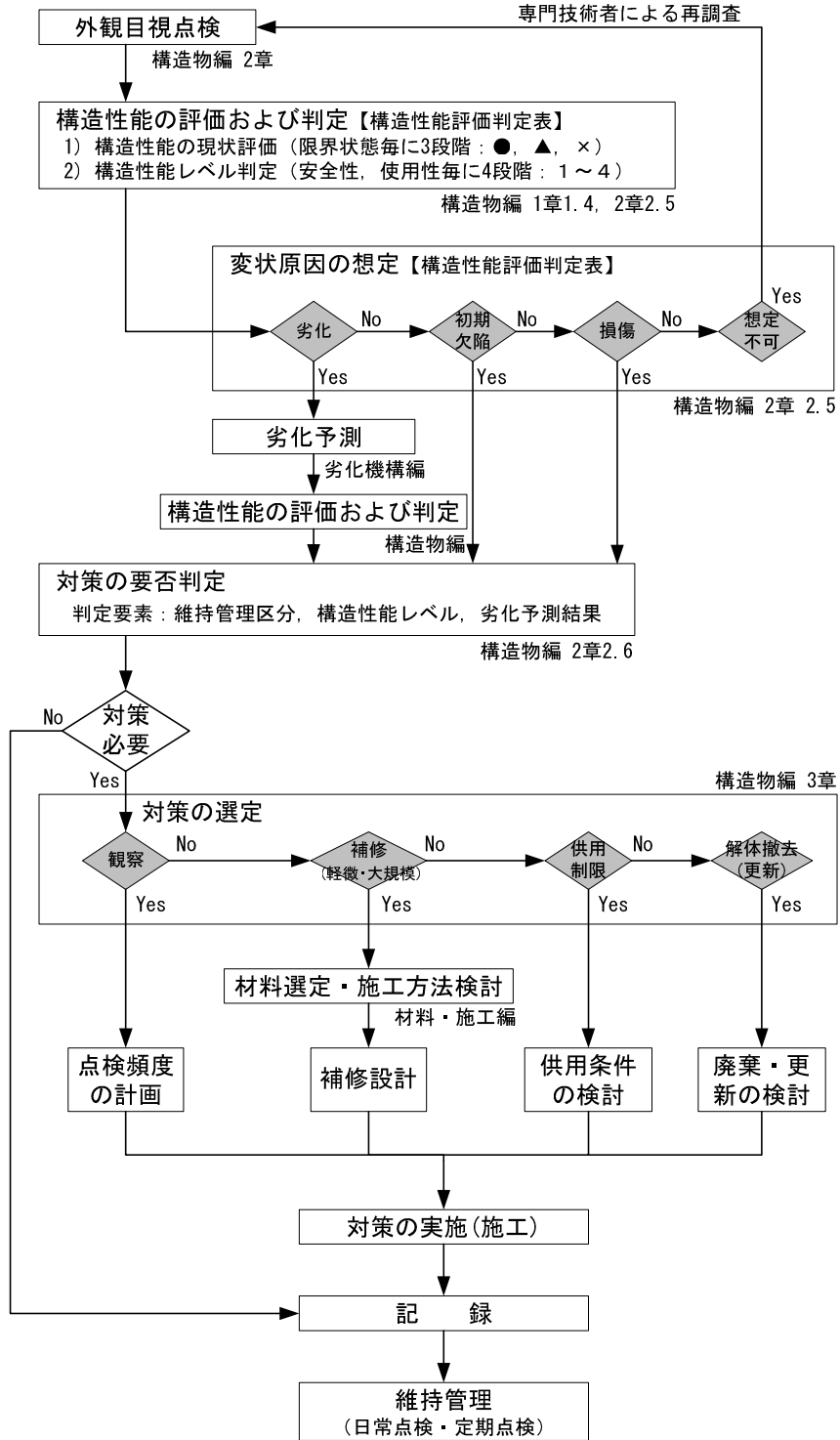


図-1.6.1 維持管理の流れと関係章および各編との関連

**【参考文献】**

- 1) 日本コンクリート工学協会北海道支部：積雪寒冷地コンクリート複合劣化要因研究委員会報告書，2010.3
- 2) 日本コンクリート工学協会北海道支部：コンクリート構造物のライフサイクルマネジメントの現状把握と将来展望－コンクリート構造物のライフサイクルマネジメント研究委員会成果報告書，2012.6
- 3) 土木学会：材料劣化が生じたコンクリート構造物の構造性能，コンクリート技術シリーズ 71，2006.9
- 4) 土木学会：続・材料劣化が生じたコンクリート構造物の構造性能，コンクリート技術シリーズ 85 2009.5
- 5) プレストレストコンクリート工学会：コンクリート構造診断技術，2013.4
- 6) 土木学会：2013 年制定 コンクリート標準示方書【維持管理編】，2013.10.

## 2章 構造物毎の診断方法

### 2.1 コンクリート桁に関する診断

#### 2.1.1 PC 箱桁

##### (1) 重点点検箇所

PC 箱桁の点検においては、箱桁構造の特徴および過去の損傷事例等を踏まえ、構造性能に影響を与える箇所を重点的に点検するものとする。

#### 【解 説】

一般にコンクリート構造物の変状は、初期欠陥、劣化、損傷の3つに分類できる。これらがPC箱桁の構造性能（安全性および使用性）に与える影響は、変状の大小のみで定まるものではなく、桁端部や張出し床版等の構造要素毎にも意味が異なることに留意しなければならない。

たとえば、ひび割れが生じている状況を受け、即座にそれを異常と判断することが正しいとは限らない。ひび割れの発生部位、幅、密度、方向、さらに経時的な進行が見られるのかどうかを調査し、それが対象構造物において許容できる範囲にあるのか否かを見極めることが重要である。

PC箱桁の場合、PC部材としてプレストレスが有効に働いている部材がある一方で、RC部材として設計される部位もある。両者におけるひび割れの意味合いは同一ではないことから、PC箱桁の各構造要素の部材特性を踏まえた上で、安全性および使用性に与える影響を評価しなければならない。部材の設計や性能に関しては、適宜土木学会コンクリート標準示方書【設計編】<sup>1)</sup>、【維持管理編】<sup>2)</sup>を参照すること。

以上より、PC箱桁の構造的特徴および過去の損傷事例等も踏まえた重点点検箇所として、表一解 2.1.1、図一解 2.1.1 から図一解 2.1.13 を示す。

表一解 2.1.1 PC 箱桁における重点点検箇所

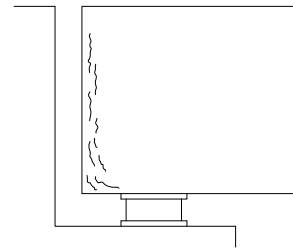
重点点検箇所	対象部位				
	桁端部	支間中央部	中間支点部	桁側面部	その他
a-1) 桁端部とその周辺	○	—	—	—	—
a-2) 主方向 PC 鋼材定着部	○	—	—	—	—
a-3) 横方向 PC 鋼材定着部	○	—	—	—	—
a-4) 支承周辺部	○	—	—	—	—
b-1) 主桁下縁付近	—	○	—	—	—
b-2) 主桁下縁配置 PC 鋼材近傍	—	○	—	—	—
b-3) 中央ヒンジ	—	○	—	—	—
c-1) 主桁上床版付近	—	—	○	—	—
c-2) 支点付近のウェブ	—	—	○	—	—
d-1) 支間長の 1/4 点付近	—	—	—	○	—
d-2) 断面の急変部	—	—	—	○	—
d-3) 張出し施工のブロック継ぎ目部	—	—	—	○	—
d-4) 床版横締め定着部	—	—	—	○	—
e-1) ケーブル定着部および偏向部	—	—	—	—	○
e-2) 支点横桁、隔壁	—	—	—	—	○



a) 桁端部における重点点検箇所

a-1) 桁端部とその周辺

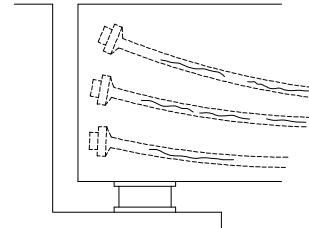
箱桁の桁端部は PC 鋼材を定着していることが多く、大きな応力が作用する部位である。このため、PC 鋼材定着部付近のひび割れや、PC 鋼材に沿った変状に着目して点検を行うのがよい。



図一解 2.1.1 PC 鋼材定着部付近のひび割れ

a-2) 主方向 PC 鋼材定着部

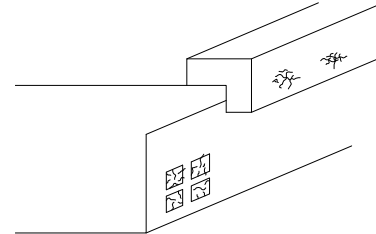
桁端部においては伸縮装置の損傷等により漏水が生じている場合も多く、ひび割れが進行しやすい部位でもある。このため、主方向 PC 鋼材定着部の後埋めコンクリート部付近に発生する変状に着目して点検を行うのがよい。



図一解 2.1.2 主方向 PC 鋼材定着部における後埋めコンクリートの変状

a-3) 横方向 PC 鋼材定着部について

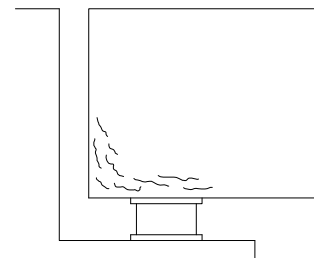
床版および横桁の横締め PC 鋼材に沿ったひび割れや、定着部付近のひび割れや剥離などの変状に着目して点検を行うのがよい。



図一解 2.1.3 床版の横締め PC 鋼材定着部における変状

a-4) 支承周辺部について

支承部は上部構造の反力が集中する部位であるため、主桁下面や沓座モルタルおよび桁かかり付近の変状に着目する。また、雨水や土砂なども溜まりやすく、鋼製支承の場合は変状による支承自体の機能損失について、ゴム支承の場合はゴムの劣化や変状についても着目して点検を行うのがよい。

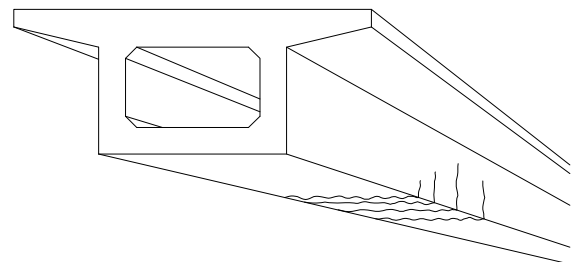


図一解 2.1.4 支承部付近の変状

b) 支間中央部における重点点検箇所

b-1) 主桁下縁付近の直角方向ひび割れ

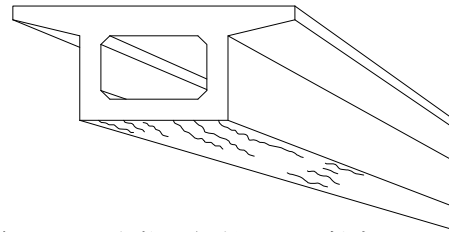
箱桁橋の主桁下縁（下床版）橋軸直角方向のひび割れに着目する。



図一解 2.1.5 主桁下縁付近の橋軸直角方向のひび割れ

b-2) 主桁下縁付近の橋軸方向ひび割れ

箱桁橋の主桁下縁（下床版）橋軸方向のひび割れに着目する。

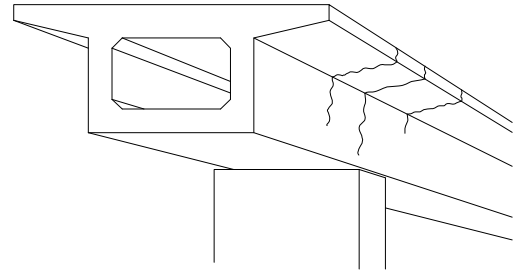


図一解 2.1.6 主桁下縁付近の橋軸方向のひび割れ

c) 中間支点部における重点点検箇所

c-1) 主桁上床版付近

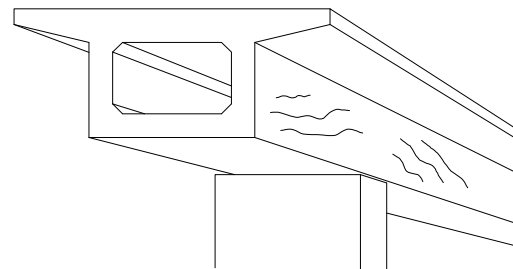
連続桁の中間支点部では、負の曲げモーメントによる上床版付近の曲げひび割れに着目する。



図一解 2.1.7 中間支点部の上側のひび割れ

c-2) 支点付近のウェブ

中間支点部では大きなせん断力が作用するため、支点付近のウェブの斜めひび割れに着目する。

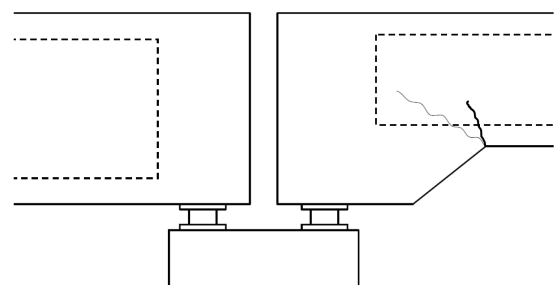


図一解 2.1.8 支点付近ウェブの斜めひび割れ

d) 桁側面における重点点検箇所

d-2) 断面の急変部

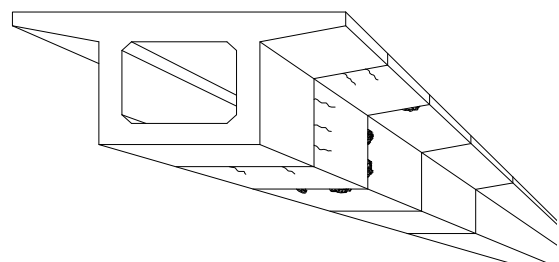
断面が急激に変化している部分の応力集中による変状に着目する。



図一解 2.1.9 断面急変部のひび割れ

d-3) 張出し施工のブロック継ぎ目部

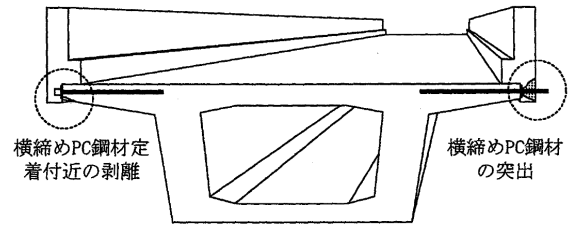
乾燥収縮や施工不良によるひび割れなどの変状に着目する。



図一解 2.1.10 ブロック継ぎ目のひび割れ

d-4) 床版横締め定着部

横締め PC 鋼材に沿ったひび割れや定着部付近のひび割れや剥離などの変状に着目する。

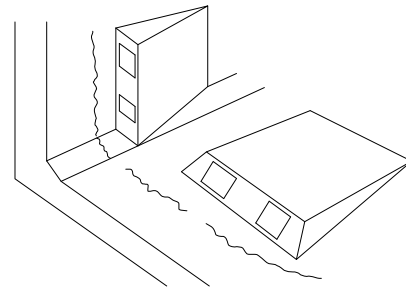


図一解 2.1.11 外横締め定着部の変状<sup>1)</sup>

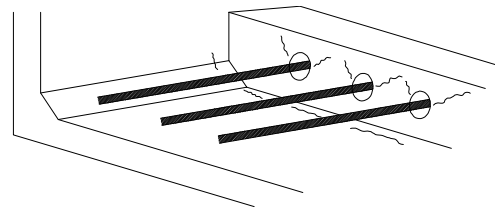
e) その他

e-1) 主方向鋼材の定着部および外ケーブル偏向部

定着部突起周辺では応力集中などによりひび割れや部材の変形が生ずることがある。このため、突起とその周辺に着目する。外ケーブル工法の場合は、偏向部の PC 鋼材貫通孔付近のひび割れに着目する。



図一解 2.1.12 主方向鋼材の定着突起部



図一解 2.1.13 外ケーブル定着部および偏向部の変状

(2) 想定される変状原因

PC 箱桁において想定される変状原因を以下に示す。

1) 初期欠陥

PC グラウト充填不足，PC 鋼材定着部の後埋めの施工不良など

2) 外力作用

荷重増加，プレストレス量の不足など

3) 環境作用

凍害，中性化，塩害，アルカリシリカ反応

なお，変状原因特定に必要と判断される場合は，「(3)調査箇所および調査項目」に示す詳細調査を適宜実施すること。また，原因が環境作用である可能性がある場合は，本指針 [劣化機構編] および土木学会コンクリート標準示方書【維持管理編】<sup>2)</sup>によって変状原因を検討すること。

【解 説】

1) 初期欠陥について

PC グラウト充填不足とは，ダクト（シース）内に PC グラウトが十分に充填されていない状態をいう。グラウト材料のブリージングや注入用ホースの閉塞，不適切な注入作業などが原因である。

PC グラウトの充填不足は，PC 構造物として最も重大な初期欠陥である。PC グラウトの充填不足による変状は，竣工後かなりの時間が経過してから現れることが多いが，場合によっては PC 鋼材が破断に至るまで変状が確認されないこともあり，後からわかる初期欠陥とも言える。グラウト充填不足の場合には，雨水や凍結防止剤を含んだ水分が PC グラウト未充填部シースへ侵入し，凍結融解を繰り返すことにより，コンクリート表面にシースに沿ったひび割れ等が生じることがある（写一解 2.1.1，2.1.2）。



写一解 2.1.1 曲げ上げ PC 鋼材に沿ったひび割れ



写一解 2.1.2 横締め PC 鋼材の突出

もう一つの初期欠陥は，PC 鋼材定着部の後埋め部に生ずる現象で，後埋めコンクリートが既設部材と十分に一体化されていない場合，後埋めコンクリートの締め固めが不十分な場合において現れる（写一解 2.1.3）。水が浸入しやすくなるため，定着部の腐食による錆汁の滲出しや後埋め部の剥離が生じ，さらに進行すると PC 定着部や PC 鋼材への影響にも発展する。



写一解 2.1.3 後埋めコンクリートの劣化

## 2) 外力作用について

建設時点の活荷重条件に比べて、交通量や大型車両混入率が増加している場合には、桁の耐荷力が不十分となり、設計で想定している以上のひび割れが発生することがある。これは作用荷重に対して相対的にプレストレスが低い状況で、建設時に何らかの理由で導入プレストレスが不十分であった場合、あるいはプレストレスが徐々に減少しているような場合が考えられる。

## 3) 環境作用について

塩害には、海砂の除塩不足などにより塩化物イオンがコンクリート製造時に材料から供給される内的塩害と、海水や凍結防止剤の散布により塩化物イオンがコンクリート表面から浸透して供給される外的塩害がある。以上のように冬期路面管理のための凍結防止剤散布が一般化している現在では、沿岸部・内陸部を問わず塩害による劣化が現れる。外的塩害は、伸縮装置部からの漏水などにより、凍結防止剤に含まれる塩分がコンクリート中の鋼材の腐食を促進し、腐食生成物の体積膨張によってコンクリートにひび割れや剥離が発生すると、鋼材の断面減少により構造物の性能が低下し、その結果、所定の機能を果たすことができなくなる。(写一解 2.1.4)

なお、凍結防止剤散布路線においては、凍結防止剤に含まれるアルカリ分によってアルカリシリカ反応による劣化が発生する危険性があるので注意を要する。

凍害は、伸縮装置部や他からの漏水がコンクリート中に浸透して、冬期に凍結融解を繰り返すことによってコンクリート表面のスケーリング、微細ひび割れおよびポップアウトなどの発生で劣化が進む現象である。(写一解 2.1.5)

環境作用に起因した変状として、支承の機能不全による支承条件の変化がある。これは、ゴム支承の劣化や鋼製支承の錆などによって、支承が本来の機能(支承条件)が変化した状態であり、桁端部で雨水などの侵入しやすい箇所が生じる場合が多い。可動支承の支承条件が固定支持や弾性支持が変化した場合は、構造物を拘束することから、コンクリート構造物に想定以上の荷重が作用してひび割れなどの変状に至る場合がある。(写一解 2.1.6)



写一解 2.1.4 橋面からの塩分を含んだ漏水による桁端部の腐食の発生



写一解 2.1.5 凍害によって張り出し床版側面に生じたスケーリングの例



写一解 2.1.6 ゴム支承の劣化の例

(3) 調査箇所および調査項目

調査目的は、変状原因特定、変状範囲確認、健全度評価、構造性能判定、対策要否判定、対策工設計などである。PC 箱桁における調査箇所および調査項目を以下に示す。

- 1) 桁端の PC 鋼材定着部付近や PC 鋼材に沿ったひび割れ部の PC グラウトの充填状況
- 2) PC 鋼材定着部後埋めコンクリート
- 3) 環境作用による劣化
- 4) 支承条件の変化（支承の機能不全）

環境作用による劣化に対応する調査方法については、表一解 1.3.1 を参照すること。

【解 説】

1) について

桁端の PC 鋼材定着部付近や PC 鋼材に沿ったひび割れ部において、PC グラウトの充填不足が疑われる場合の詳細調査項目を表一解 2.1.2 に示す。

表一解 2.1.2 PC グラウト充填不足に関する詳細調査項目

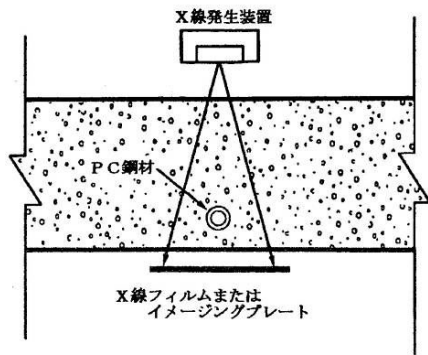
調査項目	調査方法などの概要
外観の変状	ひび割れ、浮き、剥離、遊離石灰、錆汁などの外観変状の発生状況を目視観察およびテストハンマーによるたたき試験などにて確認し把握する。さらには水の供給状況を把握する。
鋼材の位置	電磁波レーダー法や電磁誘導法などにより鋼材の配置状況やかぶり厚などを確認する。
PC グラウト充填状況調査	各種非破壊検査や一部破壊検査によって PC グラウトの充填状況を推測する。 ※ 調査方法の詳細は表一解 2.1.3 を参照
鋼材の腐食	表面に錆汁が見られるなど、内部鋼材に腐食の可能性がある場合には、削孔目視調査などによって、鋼材の腐食状況を確認することが望ましい。

PC グラウトの充填状況の確認方法については、まだ確立されていないが、現在における有効な方法として放射線透過法、打音振動法、衝撃弾性波法、削孔目視調査について以下に紹介する。

これらの各種非破壊検査方法と部分的破壊検査方法は、それぞれ適用条件や環境に制約があるため、現場に見合う方法を選定する必要がある。

表一解 2.1.3 PC グラウトの充填調査方法<sup>3)</sup>

調査方法	概 要	適用条件その他
放射線透過法	コンクリート表面から X 線を照射して、工業用フィルムやイメージングプレートに放射線透過写真を撮影し、グラウト充填状況を撮影された画像のコントラストの違いによって識別する。	放射線管理区域を設定し管理する必要有り。部材測定の厚さ限界は 400mm 程度（実績多数）。
打音振動法	PC 鋼材両端の定着具近傍に AE センサーを取り付け、一端をハンマー等で打撃したときの他端での受信波の伝播特性（伝播時間、受信振幅、スペクトル）から、シース内グラウトの充填度を推定する。	直線配置の PC 鋼材に適用性が高い。PC 鋼材が近接している場合は誤差がある（横締め鋼材の実績多数）。
衝撃弾性波法	PC 鋼材側面のコンクリートからハンマー等で弾性波を入力し、シースからの反射波の周波数応答を解析し、グラウト充填を判定する。	コンクリート表面からシースまでの距離 200mm 程度が限界（実績少数）。
削孔目視調査	コンクリート表面からシースまで小口径削孔を行い、CCD カメラ等で直接グラウト充填状況を確認する。	コンクリート削孔の際に構造物を傷つける可能性がある。調査範囲が局所的（実績多数）。



図一解 2.1.14 放射線透過測定法の概念<sup>4)</sup>

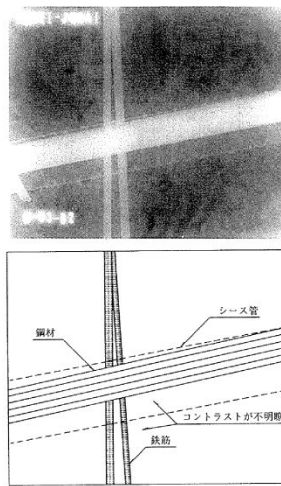


写真-1 PCグラウトが充填されている例 (X線透過法)

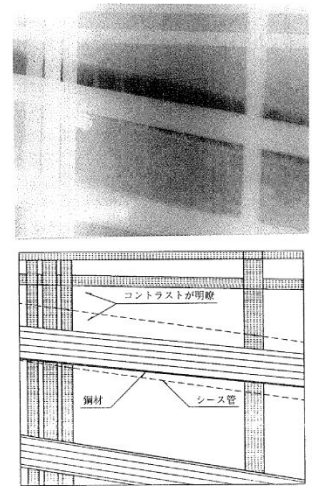
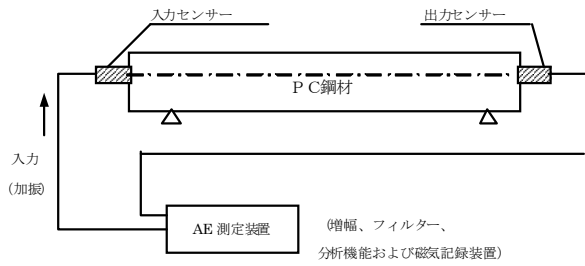


写真-2 PCグラウトが不良な例 (X線透過法)

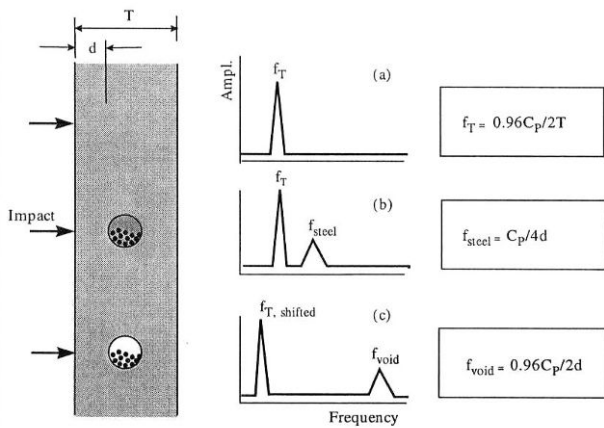
図一解 2.1.15 放射線透過測定法による例<sup>4)</sup>



図一解 2.1.16 打音振動法の概念<sup>4)</sup>



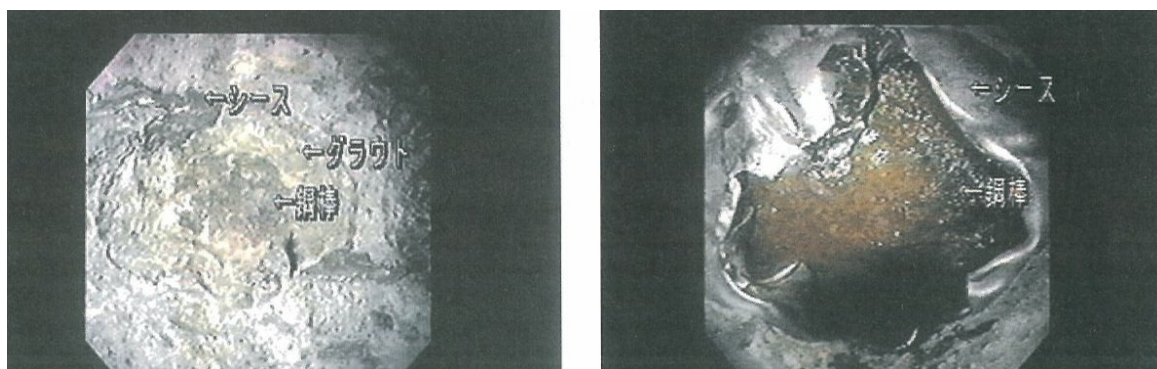
写真一解 2.1.7 打音振動法の測定状況<sup>4)</sup>



図一解 2.1.17 衝撃弾性波法の概念<sup>4)</sup>



写真一解 2.1.8 弾性衝撃波法の測定状況<sup>4)</sup>



(充 填)

(未充填)

写一解 2.1.9 削孔目視調査の測定状況<sup>4)</sup>

2) について

PC 鋼材定着部後埋めコンクリートの施工不良箇所に関する詳細調査項目を表一解 2.1.4 に示す。

表一解 2.1.4 定着部後埋めコンクリートに関する詳細調査項目

調査項目	調査方法などの概要
外観の変状	後埋め部のひび割れ、浮き、剥離、遊離石灰、錆汁などの外観変状の発生状況を目視観察およびテストハンマーによるたたき試験などにて確認し把握する。さらには水の供給状況を把握する。
コンクリートの強度	リバウンドハンマーによりコンクリート表面を打撃し、その反発硬度を測定することなどによりコンクリートの圧縮強度を推定する。
鋼材の腐食	後埋め部の表面に錆汁が見られる場合には、はつり調査によって PC 鋼材定着部の腐食状況の目視確認が必要である。

3) について

劣化機構によって必要な調査内容は異なるため、劣化機構毎に詳細調査項目を示す。凍害による劣化が予測される場合の詳細調査項目を表一解 2.1.5 に示す。

表一解 2.1.5 凍害劣化に関する詳細調査項目

調査項目	調査方法などの概要
外観の変状	微細ひび割れ、スケーリング、ポップアウトなどの外観変状の発生状況や水の供給状況を目視観察などにて確認し把握する。
コンクリートの強度	リバウンドハンマーによりコンクリート表面を打撃し、その反発硬度を測定することなどによりコンクリートの圧縮強度を推定する。
凍害深さ	スケーリング深さや微細ひび割れによる劣化深さを測定し、その最大値と最小値を求める。また必要に応じて、凍害が確認された場所からコア採取を行い、深さ別に測定された超音波伝搬速度などから判定する。また非破壊検査法として「表面走査法」があり、詳細は本指針 [劣化機構編] 2.3.4 点検を参照のこと。



中性化による劣化が予測される場合の詳細調査項目を表一解 2.1.6 に示す。

表一解 2.1.6 中性化劣化に関する詳細調査項目

調査項目	調査方法などの概要
外観の変状	ひび割れ、浮き、剥離、遊離石灰、錆汁などの外観変状の発生状況を目視観察およびテストハンマーによるたたき試験などにて確認し把握する。
中性化深さ	コア法およびドリル法によって試料を採取して、中性化深さを測定する。
鋼材の位置	電磁波レーダー法や電磁誘導法などにより鋼材の配置状況やかぶり厚などを確認する。
鋼材の腐食	表面に錆汁が見られるなど、内部鋼材に腐食の可能性がある場合には、自然電位法などの非破壊検査もしくは、はつり調査などによって鋼材の腐食状況を確認するのが望ましい。

塩害による劣化が予測される場合に必要の詳細調査項目を表一解 2.1.7 に示す。

表一解 2.1.7 塩害劣化に関する詳細調査項目

調査項目	調査方法などの概要
外観の変状	ひび割れ、浮き、剥離、遊離石灰、錆汁などの外観変状の発生状況を目視観察およびテストハンマーによるたたき試験などにて確認し把握する。さらには水の供給状況を把握する。
塩化物イオン濃度	コア法およびドリル法によって試料を採取して、塩化物イオン含有量を測定する。
中性化深さ	コア法およびドリル法によって試料を採取して、中性化深さを測定する。
鋼材の位置	電磁波レーダー法や電磁誘導法などにより鋼材の配置状況やかぶり厚などを確認する。
鋼材の腐食	表面に錆汁が見られるなど、内部鋼材に腐食の可能性がある場合には、自然電位法などの非破壊検査もしくは、はつり調査などによって鋼材の腐食状況を確認するのが望ましい。

アルカリシリカ反応による劣化が予測される場合の詳細調査項目を表一解 2.1.8 に示す。

表一解 2.1.8 アルカリシリカ反応に関する詳細調査項目

調査項目	調査方法などの概要
外観の変状	現地での目視により、ひび割れ（拘束方向、亀甲状）、剥離・剥落、ポップアウト、変位・変形、変色、段差、ゲルの滲出を確認し把握する。
構造物の現地計測	現地計測により、ひび割れ幅の進展状況（コンタクトゲージ法など）、膨張量および変位量（変位計など）、コンクリート品質（反発硬度、超音波パルス速度など非破壊検査）を確認し把握する。
骨材の岩種	採取したコアにより、偏光顕微鏡観察、X線回析、SEM-EDXA、赤外線吸収スペクトル分析などで骨材の岩種、鉱物種類を確認する。
アルカリシリカゲルの有無	採取したコアにより、化学成分分析、SEM-EDXA、酢酸ウラニル蛍光法などでアルカリシリカゲルの有無を確認する。
骨材の反応性	採取したコアにより、化学法、モルタルバー法、迅速法、促進モルタルバー法などで骨材のアルカリシリカ反応性を確認する。
コンクリートの品質	採取したコアにより、アルカリ量（水溶性アルカリなど）、力学的性質（圧縮強度、引張強度、弾性係数、超音波パルス速度など）、残存膨張量（JCI-DD2法、カナダ法、デンマーク法など）を確認する。

4) について

支承の機能不全による支承条件の変化が疑われる場合の詳細調査項目を表一解 2.1.9 に示す。

表一解 2.1.9 支承の機能不全による支承条件の変化に関する詳細調査項目

調査項目	調査方法などの概要
コンクリート部外観の変状	支承部付近のコンクリートのひび割れ、浮き、剥離、遊離石灰、錆汁などの変状の発生状況を目視観察、およびテストハンマーによるたたき試験などにて確認し、さらには水の供給状況を把握する。
沓座モルタル部外観の変状	沓座モルタル部のひび割れ、浮き、剥離、割れなどの変状の発生状況を目視観察およびテストハンマーによるたたき試験などにて確認し把握する。
鋼製支承外観の変状	鋼製支承の腐食や部品損傷などの外観変状や、変位制限部の遊間量などの機能状況を目視観察などにて確認し把握する。
ゴム支承外観の変状	ゴム支承のひび割れや亀裂などの外観変状や、せん断変形量や上下面の隙間などの機能状況を目視観察などにて確認し把握する。

#### (4) 評価および判定方法

変状の評価および判定は、診断を実施する時点における変状のパターン、変状の内容、想定される変状原因、外観変状の程度を整理し、2.5 に示す構造物、部材、部位毎に整理した構造性能評価判定表を用いて実施するものとする。なお、変状が環境作用に起因した材料劣化に関する将来予測を行う場合は、本指針 [劣化機構編] および土木学会コンクリート標準示方書【維持管理編】<sup>2)</sup>参照すること。

PC 箱桁で想定される変状原因毎の評価および判定方法を以下に示す。

##### 1) 初期欠陥

グラウト不良、後埋めコンクリートの施工不良、温度ひび割れ等による変状（ひび割れ幅、発生位置、発生範囲など）、コンクリート剥離、鋼材露出等の変状毎に各種構造性能を評価し、総合的な構造性能レベルを判定する。

##### 2) 力学作用

活荷重の増加、プレストレス等による応力集中等による変状に対して、ひび割れ幅やその位置、たわみ量等の変状毎に各種構造性能を評価し、総合的な構造性能レベルを判定する。また、施工不良・構造不良・環境作用に起因した劣化などによる耐荷力の低下は、それぞれ 1) 初期欠陥、3) 環境作用に示す。

##### 3) 環境作用

凍害、中性化、塩害、アルカリシリカ反応などの環境作用による変状に対しては、各劣化機構の劣化グレード毎に各種構造性能を評価し、総合的な構造性能レベルを判定する。

### 【解説】

変状内容は、部材および部位毎に、前項で示した調査内容を踏まえて、構造性能を評価・判定する必要があるが、本書では、代表的な発生パターン毎に変状の程度を 4 段階設定して構造性能の評価と構造性能レベルの判定を行うこととした。4 段階のひび割れ幅などの変状の程度については「2.5 構造性能の評価および判定」を参照するものとする。

#### 1) 初期欠陥について

豆板、砂すじおよび表面気泡は一般に軽微な変状で、構造上大きな影響を及ぼすものではないため、本書においては構造性能に対する評価を省略した。変状が著しい場合には、点検結果として整理し記録を残すと同時に、構造性能への影響確認をコンクリート専門技術者が実施する場合もある。

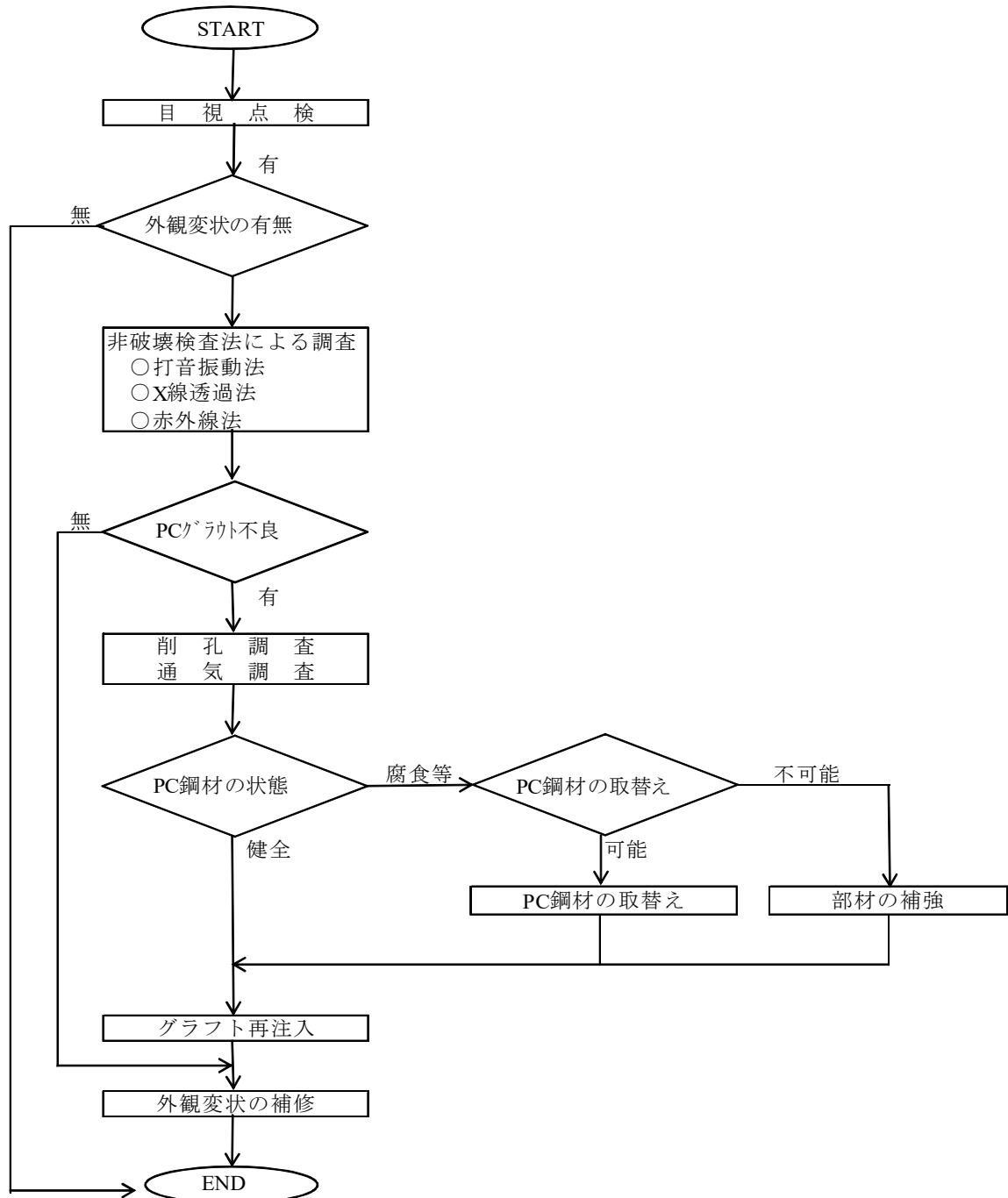
PC グラウトの充填不足においては、PC 鋼材の健全度の調査を実施する必要がある。PC 鋼材はプレストレッシングによって高い応力が作用しており、腐食による微少な断面欠損が PC 鋼材の破断につながる可能性もある。PC 鋼材の破断は構造物の安全性や供用性を著しく損なうことから、PC 鋼材の腐食が確認された場合には、健全な PC 鋼材のみを評価して構造性能を評価するのが良い。すなわち、残存プレストレス量、プレストレスの消失範囲、腐食した PC 鋼材の機械的性質、これら 3 項目を適切に考慮すれば、PC 鋼材の腐食により変状が生じている構造物の構造性能を概ね評価できると考えられる。構造性能を満足しない場合の補強工法としては、外ケーブル工法、鋼板・FRP 接着工法などの実績がある。参考として、NEXCO における PC 鋼材に関わる点検・補修の流れを図一解 2.1.18 に示した。

#### a) 初期欠陥における安全性の評価について

安全性については、限界状態を「断面破壊」について評価する必要がある。ただし変状箇所が第三者に影響を及ぼす可能性がある現地状況の場合は、別途「第三者影響度限界（剥落）」についても評価する必要がある。

b) 初期欠陥における使用性の評価について

使用性については、限界状態を「外観阻害（有害ひび割れ）」について評価する必要がある。



図一解 2.1.18 PC 鋼材の点検・補修の流れ (NEXCO の事例) <sup>5)</sup>

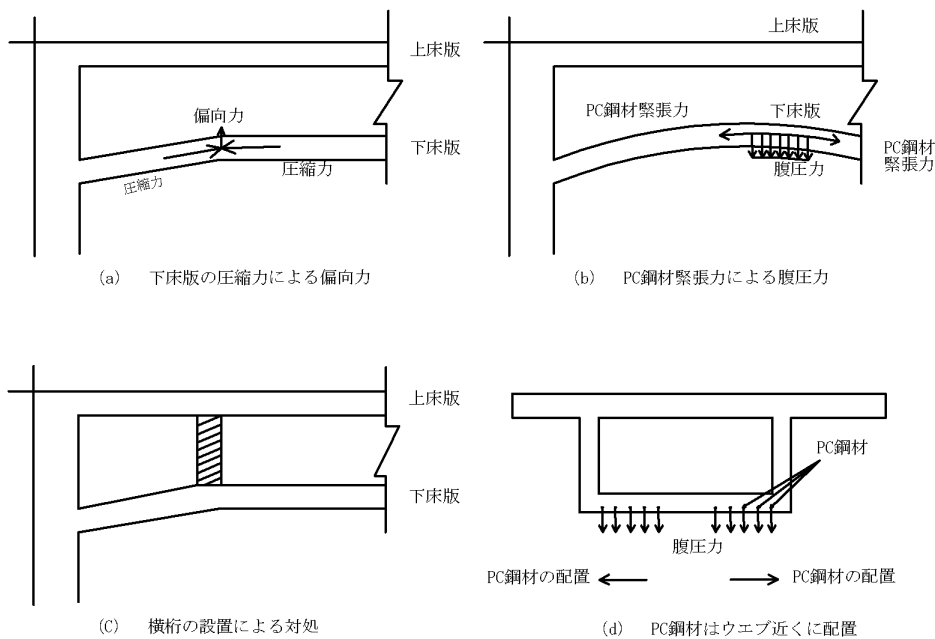
2) 力学作用について

活荷重の増加，プレストレス等による応力集中，クリープ進行等による影響で構造物が変状した場合の評価・判定の方法について示す。

支間中央部の主桁下縁付近の変状に関しては，荷重増加やプレストレス不足などが要因でないかの判定が大切である。コンクリート構造物の評価・判定では，調査結果に基づき構造物の現状を把握し対策の要否を判定する。構造物の現状を把握するためには，調査結果から変状の原因を推定し，その後の進展を予測することが必要である。これらに基づいて構造物の現状または将来予測が要求性能を満足しない場合には対策が必要と判断される。

また，既設構造物の構造性能評価を実施するにあたり，対象構造物の適用基準，構造諸元，使用材料，PC 鋼材や鉄筋の配置状況，PC 構造物に導入されているプレストレス量を調査しておく必要がある。これらは対象構造物が現在保有する性能を評価する際に初期値となる重要なデータであり，一般には，建設時の設計図書や工事記録を調査することにより得ることができる。建設時の設計図書や工事記録などが残されていない場合は，測量等の現地調査を実施して調査した構造諸元に基づき，復元設計を実施して当初設計時の構造性能を明らかにする必要がある。

構造性能評価判定表のうち PC 箱桁の変状パターン b-2 に示すように，桁高が変化する箱桁の支間中央部付近に発生する下床版の橋軸方向にひび割れについては，下床版配置 PC 鋼材の腹圧力が原因であることも念頭に評価および判定を行う必要がある。桁高変化がある場合には，図一解 2.1.19 に示すように，下床版の軸線が変化するために，圧縮力による偏向力が生じる。さらに，PC 鋼材が配置されている場合には，PC 鋼材緊張力の腹圧力が生じる。したがって，本来はひび割れが生じないように，設計時に検討して鉄筋等により補強するなどの配慮が必要である。しかし，以上の検討が行われていない時期があったことから，この PC 鋼材の腹圧力が原因と想定されるようなひび割れが生じた場合には，既設構造物の PC 鋼材や鉄筋の配置状況を調査し，この腹圧力を再現した上で，原因を検討する必要がある。推定した原因に対して，ひび割れによる対策の要否判定を実施し，必要であれば補修・補強工法を選定する。



図一解 2.1.19 桁高の変化による偏向力<sup>6)</sup>

支承条件の変化による構造物の性能低下に関しては、現状または将来予測が要求性能を満足しない場合に対策が必要と判断される。とくに、現時点における安全性能や第三者影響度に関する性能が満足されていない場合には、早急な対策が必要である。

支承条件の変化によるグレードと劣化の状態および構造性能への影響の例を表一解 2.1.10 に示した。ここに示した変状パターンの原因は、橋台の側方移動、沈下や伸縮装置からの漏水が支承の移動や腐食などの損傷の原因となる場合もある。このような場合には、橋台の安定対策や、支承や伸縮装置の補修や交換などと併せて対策を検討する必要がある。

表一解 2.1.10 支承条件の変化による構造物の変状と構造性能への影響の例

変状パターン	劣化の状態	構造性能への影響
主桁隅角部付近のひび割れ	桁端部周辺には伸縮装置からの漏水などにより、凍害劣化などによるひび割れが生じることがある。	上沓付近の支圧面に係わる箇所にはひび割れが進展している場合は安全性が低下する。アンカーから桁端部へ上方45°の付近のひび割れはアンカーの押抜きせん断抵抗が低下し、地震時の安全性に影響する。
支承アンカーからのひび割れ	地震時等による想定外の荷重作用により、アンカーから桁端部へ上方45°方向の斜めひび割れが生じている場合がある。	アンカーから桁端部へ上方45°方向への斜めひび割れは、押抜きせん断抵抗が大きく低下している可能性が高い。
支承の異常変形	想定された移動量以上の変形、ストッパーの破断などが見られる。	異常変形は常時および地震時の主桁の移動を拘束し、安全性が低下している可能性が高い。またストッパーの破断などは地震時において変位の制御ができない可能性がある。

a) 力学作用における安全性の評価について

安全性については、限界状態「断面破壊」について評価する必要がある。ただし変状箇所が第三者に影響を及ぼす可能性がある現地状況の場合は、別途「第三者影響度限界（剥落）」についても評価する必要がある。また変状箇所が車両の走行性に影響がある場合は、別途「走行限界（たわみ）」についても評価する必要がある。

b) 力学作用における使用性の評価について

使用性については、限界状態「外観阻害（有害ひび割れ）」について評価する必要がある。また変状箇所が走行・歩行に係わる快適性に影響がある場合は、別途「走行性・歩行性（たわみ）」についても評価する必要がある。

3) 環境作用について

各劣化機構の外観上のグレードと劣化状態、性能低下の関係、標準的な対策等については、本指針 [劣化機構編] を参照のこと。環境作用による劣化が発生した場合、構造性能のうち安全性に影響を及ぼす場合があるが、安全性への影響有無の判定が難しい場合は、別途コンクリート専門技術者により安全性への影響を検討すること。

a) 環境作用における安全性の評価について

安全性については、限界状態「断面破壊」について評価する必要がある。ただし変状箇所が第三者に影響を及ぼす可能性がある現地状況の場合は、別途「第三者影響度限界（剥落）」についても評価する必要がある。

b) 環境作用における使用性の評価について

使用性については、限界状態「外観阻害（有害ひび割れ）」について評価する必要がある。

## 2.1.2 PCT 桁

### (1) 重点点検箇所

PCT 桁の点検においては、T 桁構造の特徴および過去の損傷事例等を踏まえ、構造性能に影響を与える箇所を重点的に点検するものとする。

### 【解 説】

PCT 桁の場合も箱桁と同様に、PC 部材としてプレストレスが有効に働いている部材がある一方で、RC 部材として設計される部位もある。また、プレキャスト桁架設となることから、桁フランジ間の床版部材および横桁は、場所打ちコンクリート打設する。このような PCT 桁の各構造要素の部材特性を踏まえた上で、安全性および使用性に与える影響を評価しなければならない。

以上より、PCT 桁の特徴および過去の損傷事例等も踏まえた重点点検箇所として、表一解 2.1.11 に示す。また、その中の代表箇所について、図一解 2.1.20～図一解 2.1.24 に図解した。

なお、PC 鋼材の上縁定着に起因した損傷事例が多いことも T 桁の特徴である。旧建設省標準設計では平成 6 年（1994 年）の改定により、すべての主ケーブルを桁端部定着としたが、それより前の設計では上縁定着も用いられていた。このため定着の後埋め部から水が浸透しやすい構造となっており、コンクリートの劣化や定着体の腐食、さらにはシーズに沿った表面ひび割れなどの現象も見られる。点検では、これらの構造的特徴と損傷要因に留意することが重要である。

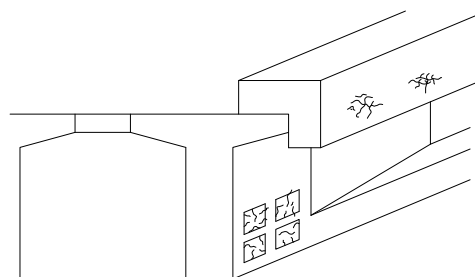
表一解 2.1.11 PCT 桁における重点点検箇所

重点点検箇所	対象部位				
	桁端部	支間中央部	中間支点部	桁側面部	その他
a-1) 桁端部とその周辺	○	—	—	—	—
a-2) 主方向 PC 鋼材定着部	○	—	—	—	—
a-3) 横方向 PC 鋼材定着部	○	—	—	—	—
a-4) 支承周辺部	○	—	—	—	—
b-1) 主桁下縁付近	—	○	—	—	—
b-2) 主桁下縁配置 PC 鋼材近傍	—	○	—	—	—
c-1) 主桁下縁付近	—	—	○	—	—
c-2) 支点付近のウェブ	—	—	○	—	—
d-1) 支間長の 1/4 点付近	—	—	—	○	—
d-2) プレキャストセグメント部の目地部	—	—	—	○	—
d-3) 主桁の間詰め部（床板間詰め）	—	—	—	○	—
d-4) 床版横締め定着部	—	—	—	○	—

#### a) 桁端部における重点点検箇所

##### a-3) 横方向 PC 鋼材定着部とその周辺

端支点横桁横締め鋼材を配置している PC 橋も多く、PC 鋼材定着部後埋めコンクリート部に発生する変状に着目する。

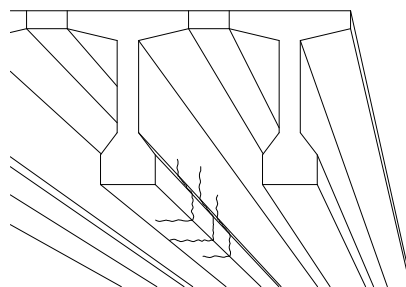


図一解 2.1.20 横桁横締め PC 鋼材定着部後埋めコンクリート部の変状

b) 支間中央部における重点点検箇所

b-1) 主桁下縁付近について

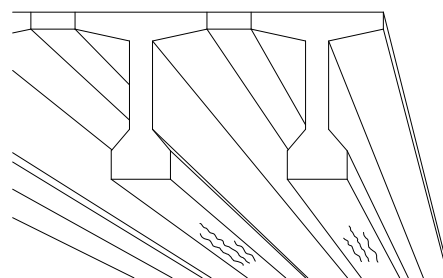
支間中央部では載荷荷重による最大曲げモーメント発生位置の主桁下縁付近の曲げひび割れに着目する。



図一解 2.1.21 支間中央部曲げひび割れ

b-2) 主桁配置 PC 鋼材近傍について

PC 鋼材が桁下縁近くに集中的に配置されているので、PC 鋼材付近の変状に着目する。

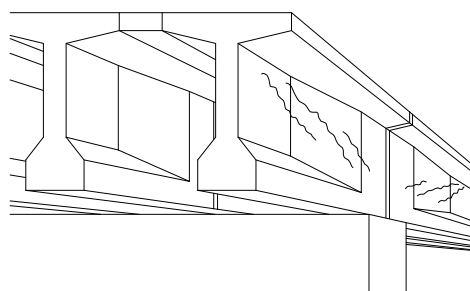


図一解 2.1.22 支間中央部曲げひび割れ

c) 中間支点部における重点点検箇所

c-2) 支点付近のウェブ

せん断力が大きい箇所であるとともに、ウェブ厚の変化に伴うせん断耐力の変化区間でもある。このため、ウェブの斜めひび割れに着目する。

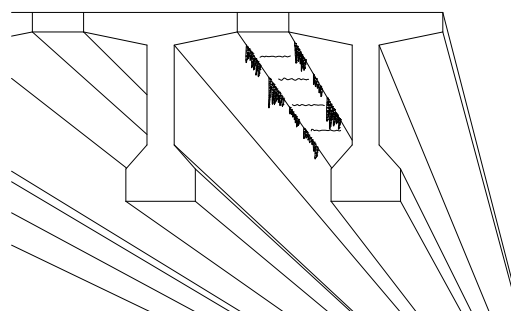


図一解 2.1.23 せん断ひび割れ

d) 床版の間詰め部における重点点検箇所

d-3) 間詰め部について

床版間詰めコンクリート部の漏水，遊離石灰，錆汁に着目する。



図一解 2.1.24 間詰めコンクリート部の変状



(2) 想定される変状原因

PCT 桁において想定される変状原因を以下に示す。

1) 初期欠陥

PC グラウト充填不足，PC 鋼材定着部の後理めの施工不良，床版間詰め部の施工不良など

2) 外力作用

荷重増加，プレストレス量の不足など

3) 環境作用

凍害，中性化，塩害，アルカリシリカ反応

なお，変状原因特定に必要と判断される場合は，「(3) 調査箇所および調査項目」に示す詳細調査を適宜実施すること。また，原因が環境作用である可能性がある場合は，本指針 [劣化機構編] および土木学会コンクリート標準示方書【維持管理編】<sup>2)</sup>によって変状原因を検討すること。

【解 説】

PCT 桁は PC 箱桁同様，大部分の橋梁が場所打ち施工されることから，想定される変状原因も基本的には PC 箱桁と変わらない。このため，初期欠陥，外力作用，環境作用の各項目の解説は「2.1.1 PC 箱桁」を参照とする。なお，PCT 桁は下フランジを持つ構造であるため，この構造にも起因した特徴的な変状を以下に示す。

- a) 荷重増加やプレストレス不足などにより，支間中央付近の主桁下フランジ下面コンクリートにひび割れなどの変状が見られることがある。ひび割れが橋軸方向に生じている場合（写一解 2.1.10）は，アルカリシリカ反応が原因であることも考えられるが，凍害や塩害などの可能性もあり得る。原因特定には難しい判断が伴うことから，材料の物性試験など，詳細な調査を行うことが望ましい。
- b) 雨水や凍結防止剤を含んだ水分が PC グラウト未充填部シーすへ侵入し，凍結融解を繰り返すことにより，コンクリート表面にシーすに沿ったひび割れが生じることがある（写一解 2.1.11）。



写一解 2.1.10 PC 桁の下フランジに発生したひび割れ



写一解 2.1.11 PC 桁の下フランジ側面に発生したひび割れ

(3) 調査箇所および調査項目

調査目的は、変状原因特定、変状範囲確認、健全度評価、構造性能判定、対策要否判定、対策工設計などである。PCT 桁における調査箇所および調査項目を以下に示す。

- 1) 支間中央部主桁下縁付近の変状調査
- 2) 支間中央部主桁下縁 PC 鋼材配置近傍の変状調査
- 3) 支間中央部付近箱桁下床版の変状調査

環境作用による劣化に対応する調査方法については、表一解 1.3.1 を参考にすること。

【解 説】

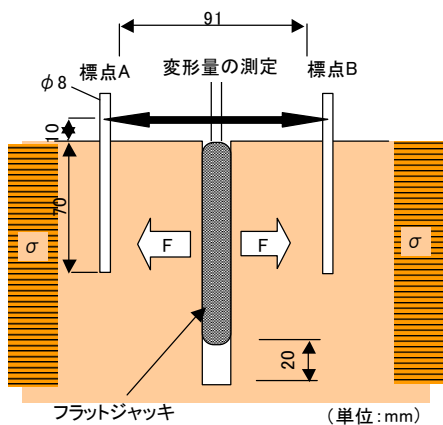
1) 支間中央部主桁下縁付近の変状調査について

支間中央部主桁下フランジ付近の変状に関する調査項目を示す。

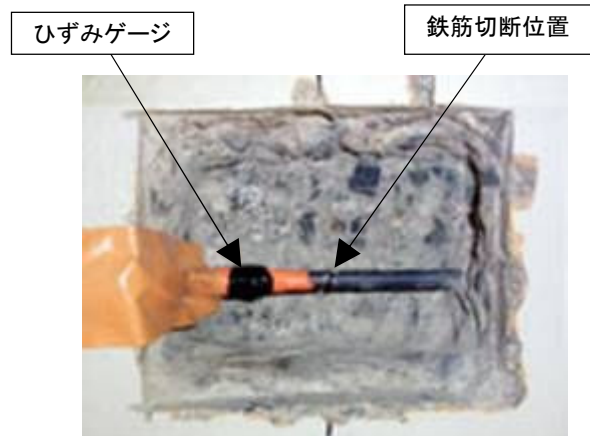
表一解 2.1.12 下フランジの変状に関する詳細調査項目

調査項目	調査方法などの概要
外観の変状	ひび割れ、浮き、剥離、遊離石灰、錆汁などの外観変状の発生状況を目視観察およびテストハンマーによるたたき試験などにて確認し把握する。さらには水の供給状況を把握する。
コンクリートの強度	リバウンドハンマーによりコンクリート表面を打撃し、その反発硬度を測定することなどによりコンクリートの圧縮強度を推定する。
鋼材の位置	電磁波レーダー法や電磁誘導法などにより鋼材の配置状況やかぶり厚などを確認する。
PC グラウト充填状況調査	各種非破壊検査や一部破壊検査によって PC グラウトの充填状況を推測する。
鋼材の腐食	表面に錆汁が見られるなど、内部鋼材に腐食の可能性がある場合には、削孔目視調査などによって、鋼材の腐食状況を確認するのが望ましい。
残存プレストレス量の測定	スロットストレス法もしくは鉄筋切断法などの非破壊検査により、残存しているプレストレス量を推定する。
実橋載荷試験	荷重載荷によるひずみ量および変位の測定によって部材の剛性と耐力を確認する。

残存プレストレス量の測定方法として、フラットジャッキを併用したスロットストレス法（応力解放法）や鉄筋切断法が実用化されている。



図一解 2.1.25 スロットストレス法による測定原理<sup>3)</sup>



写一解 2.1.12 鉄筋切断法<sup>3)に加筆</sup>

2) 支間中央部主桁下縁 PC 鋼材配置近傍の変状調査について

支間中央部主桁下縁 PC 鋼材配置近傍の変状に関する調査項目は、前出表一解 2.1.12 に加えるものとして表一解 2.1.13 に示す。

表一解 2.1.13 PC 鋼材配置近傍の変状に関する詳細調査項目

調査項目	調査方法などの概要
塩化物イオン濃度	コア法およびドリル法によって試料を採取して、塩化物イオン含有量を測定する。
中性化深さ	コア法およびドリル法によって試料を採取して、中性化深さを測定する。
アルカリシリカ反応	ひび割れ、変色、ゲルの滲出などの目視観察。 ひび割れ幅や膨張量の測定 コアによる残存膨張量や化学分析などの各種試験。
凍害深さ	スケーリング深さや微細ひび割れによる劣化深さを測定し、その最大値と最小値を求める。 また必要に応じて、凍害が確認された場所からコア採取を行い、深さ別に測定された超音波伝搬速度などから判定する。

ひび割れが発生している場合は、表一解 2.1.14 に示す。

表一解 2.1.14 ひび割れに関する詳細調査項目

調査項目	調査方法などの概要
ひび割れ詳細調査	ひび割れ発生パターン、ひび割れ幅、ひび割れ長さ、貫通の有無、異物充填の有無ならびにひび割れ幅の変動等を調べる。また、ひび割れが発生している箇所・部位については、漏水、鉄筋露出、過大なたわみ等による変状の有無を目視によって調査する。
鋼材の位置	電磁波レーダー法や電磁誘導法などにより鋼材の配置状況やかぶり厚などを確認する。
PC グラウト充填状況調査	各種非破壊検査や一部破壊検査によって PC グラウトの充填状況を推測する。
鋼材の腐食	表面に錆汁が見られるなど、内部鋼材に腐食の可能性がある場合には、自然電位法などの非破壊検査もしくは、はつり調査などによって鋼材の腐食状況を確認するのが望ましい。

支間中央部主桁下縁 PC 鋼材配置近傍の環境作用による変状の場合、各劣化機構に対する調査項目は「2.1.1 PC 箱桁, (3)調査箇所および調査項目」の表一解 2.1.5~2.1.8 に示すとおりである。

(4) 評価および判定方法

PCT 桁の変状に対する評価および判定方法は、「2.1.1 PC 箱桁」に準じるものとする。

### 2.1.3 PC 中空床板

(1) 重点点検箇所

PC 中空床版橋の点検においては、構造の特徴および過去の損傷事例等を踏まえ、構造性能に影響を与える箇所を重点的に点検するものとする。

【解説】

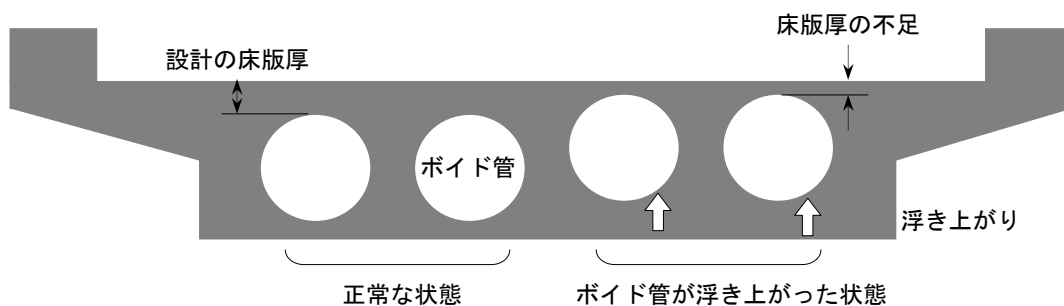
PC 中空床版の特徴および過去の損傷事例等も踏まえた重点点検箇所として、表一解 2.1.15 を示す。

表一解 2.1.15 PC 中空床版における重点点検箇所

重点点検箇所	対象部位				
	桁端部	支間中央部	中間支点部	桁側面部	その他
a-1) 桁端部とその周辺	○	—	—	—	—
a-2) 主方向 PC 鋼材定着部	○	—	—	—	—
a-3) 支承周辺部	○	—	—	—	—
b-1) 主桁下縁付近	—	○	—	—	—
b-2) 主桁下縁配置 PC 鋼材近傍	—	○	—	—	—
c-1) 断面の急変部	—	—	—	○	—
d-1) 打ち継ぎ目部	—	—	—	—	○
d-2) 中空床版橋の中空部上面側	—	—	—	—	○

d-2) 中空床版橋の中空部上面側について

中空床版橋に特有の現象として、施工時に中空部形成のために設置する円筒型枠（ボイド管）の浮き上がりや変形の問題がある（図一解 2.1.26）。浮き上がりが生じた場合には、床版部分の部材厚が不足することから活荷重に対する耐荷力が不足し、床版にひび割れや極端な場合は開口・抜け落ちを生ずることもある。



図一解 2.1.26 中空床版橋における円筒型枠の浮き上がり

(2) 想定される変状原因

PC 中空床版において想定される変状原因を以下に示す。

1) 初期欠陥

PC グラウト充填不足，PC 鋼材定着部の後埋めの施工不良，円筒型枠の施工不良など

2) 外力作用

荷重増加，プレストレス量の不足など

3) 環境作用

凍害，中性化，塩害，アルカリシリカ反応

なお，変状原因特定に必要と判断される場合は，「(3) 調査箇所および調査項目」に示す詳細調査を適宜実施すること。また，原因が環境作用である可能性がある場合は，本指針 [劣化機構編] および土木学会コンクリート標準示方書【維持管理編】<sup>2)</sup>によって変状原因を検討すること。

【解 説】

PC 中空床版は PC 箱桁と同様に場所打ち施工されることから，想定される変状原因も基本的には PC 箱桁と変わりはない。このため，初期欠陥，外力作用，環境作用の各項目の解説は「2.1.1 PC 箱桁」を参照するものとする。

なお，PC 中空床版は施工のために円筒型枠を用いることから，前項 (1) 重点点検箇所に詳述した浮き上がりによる床版部材厚の不足が生じている事例もある。また，これとは逆に円筒型枠の沈み込みや変形によって，過大な床版厚となった橋梁も確認されている。PC 中空床版においては，このような変状の特徴に留意する必要がある。

(3) 調査箇所および調査項目

調査目的は，変状原因特定，変状範囲確認，健全度評価，構造性能判定，対策要否判定，対策工設計などである。PC 中空床版における調査箇所および調査項目を以下に示す。

1) 桁端の PC 鋼材定着部付近のひび割れ状況

2) 中空床版下面の曲げひび割れ

3) 中空床版側面のせん断ひび割れ

4) 片持ち床版部のひび割れ

5) 支承条件の変化（支承部の機能不全）

環境作用による劣化に対応する調査方法については，表一解 1.3.1 を参考にすること。

【解 説】

調査箇所及び調査項目は，他の構造形式と共通する項目が多いが，PC 中空床版橋特有の調査箇所として，円筒型枠の浮き上がり・沈下や変形を確認するのが望ましい。とくに，円筒型枠の浮き上がりによって床版部材厚が薄くなっている場合には，構造性能への影響が無視できないことも多いため，小口径コア削孔による局所的な微破壊検査や，レーダーを用いた非破壊検査などで円筒型枠の状態を確認するのがよい。

環境作用による変状の場合，各劣化機構に対する調査項目は，「2.1.1 PC 箱桁，(3) 調査箇所および調査項目」の表一解 2.1.5～2.1.8 に示すとおりである。

(4) 評価および判定方法

PC 中空床版の変状に対する評価および判定方法は、「2.1.1 PC 箱桁」に準ずるものとする。

**【解 説】**

PC 中空床版における円筒型枠の浮き上がりや変形を確認した場合は、断面諸定数の変化により安全性が低下している可能性がある。したがってその変状状態を定量的に把握し、現状を復元した設計を行い破壊安全性等について検討するのがよい。

## 2.1.4 PC プレテン桁

### (1) 重点点検箇所

PC プレテン桁の点検においては、プレテンション方式の桁構造の特徴および過去の損傷事例等を踏まえ、構造性能に影響を与える箇所を重点的に点検するものとする。

### 【解 説】

PC プレテン桁の構造的な特徴および過去の損傷事例等も踏まえた重点点検箇所として、表一解 2.1.16 を示す。

表一解 2.1.16 PC プレテン桁における重点点検箇所

重点点検箇所	対象部位				
	桁端部	支間中央部	中間支点部	桁側面部	その他
a-1) 桁端部とその周辺	○	—	—	—	—
a-2) 主方向 PC 鋼材定着部	○	—	—	—	—
a-3) 横方向 PC 鋼材定着部	○	—	—	—	—
a-4) 支承周辺部	○	—	—	—	—
b-1) 主桁下縁付近	—	○	—	—	—

### (2) 想定される変状原因

PC プレテン桁において想定される変状原因を以下に示す。

#### 1) 初期欠陥

プレキャスト桁のため初期欠陥の可能性は低い

#### 2) 外力作用

荷重増加，プレストレス量の不足など

#### 3) 環境作用

凍害，中性化，塩害，アルカリシリカ反応

なお，変状原因特定に必要と判断される場合は，「(3) 調査箇所および調査項目」に示す詳細調査を適宜実施すること。また，原因が環境作用である可能性がある場合は，本指針 [劣化機構編] および土木学会コンクリート標準示方書【維持管理編】<sup>2)</sup>によって変状原因を検討すること。

### 【解 説】

他の形式と共通するため，「2.1.1 PC 箱桁」，「2.1.2 PCT 桁」，「2.1.3 PC 中空床版」を参照とする。

### (3) 調査箇所および調査項目

PC プレテン桁における調査箇所および調査項目は，「2.1.2 PCT 桁」を参照とする。

### (4) 評価および判定方法

PC プレテン桁の変状に対する評価および判定方法は，「2.1.1 PC 箱桁」に準ずるものとする。

### 2.1.5 RC 桁

#### (1) 重点点検箇所

RC 桁の点検においては、構造上の特徴および過去の損傷事例等を踏まえ、構造性能に影響を与える箇所を重点的に点検するものとする。

#### 【解 説】

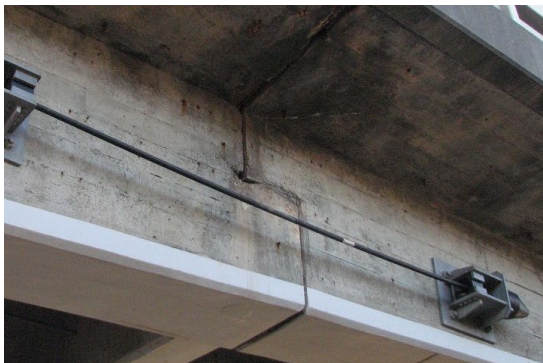
RC 桁の重点点検箇所として、表一解 2.1.17、写一解 2.1.13、図一解 2.1.27 を示す。

表一解 2.1.17 RC 桁における重点点検箇所

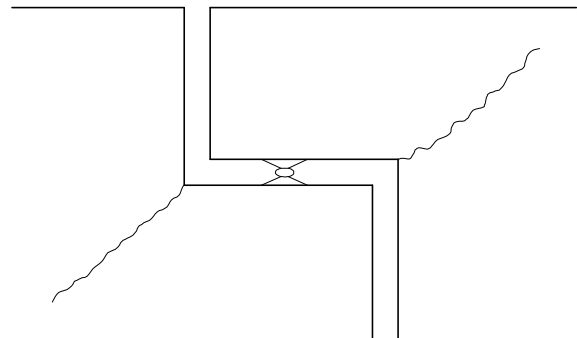
重点点検箇所	対象部位				
	桁端部	支間中央部	中間支点部	桁側面部	その他
a-1) 桁端部とその周辺	○	—	—	—	—
a-2) 支承周辺部	○	—	—	—	—
a-3) 支点付近のウェブ	○	—	○	—	—
b-1) 主桁下縁付近	—	○	—	—	—
c-1) ゲルバーヒンジ部付近	—	—	—	—	○
d-1) 断面の急変部	—	—	—	○	—
d-2) 打ち継ぎ目部	—	—	—	○	—

#### c-1) ゲルバーヒンジ部付近

ゲルバー桁の掛け違い部では、漏水作用などにより受け桁部の劣化に伴ったせん断ひび割れが発生することもある。また、構造的に局部的な力が作用しやすい箇所のため、主桁隅角部の変状に着目する。



写一解 2.2.13 ゲルバー受け桁部のひび割れ



図一解 2.2.27 ゲルバーヒンジ部付近ひび割れ



(2) 想定される変状原因

RC 桁において想定される変状原因を以下に示す。

1) 初期欠陥

コンクリート締め固め不良，初期ひび割れ，豆板，コールドジョイントなど

2) 外力作用

外力の増加：大型車両交通量の増加，支承の機能不全

耐荷力低下：施工不良，構造不良，部材の劣化など

3) 環境作用

凍害，中性化，塩害，アルカリシリカ反応

なお，変状原因特定に必要と判断される場合は，「(3) 調査箇所および調査項目」に示す詳細調査を適宜実施すること。また，原因が環境作用である可能性がある場合は，本指針 [劣化機構編] および土木学会コンクリート標準示方書【維持管理編】<sup>2)</sup>によって変状原因を検討すること。

【解 説】

現存する多くの RC 桁は 40 年以上前に建設されたものが多く，耐荷力不足や耐久性に対する構造細目の面で不十分であることが課題である。このため，主桁の曲げひび割れ・せん断ひび割れ，ゲルバー一部のせん断ひび割れなどを生ずる事例が多い。また，主桁の鉄筋量が多いことも特徴であり，太径の鉄筋が密に配置されたことにより，コンクリートの締め固めが十分行き渡らず，豆板を生じている例も多い。

(3) 調査箇所および調査項目

調査目的は，変状原因特定，変状範囲確認，健全度評価，構造性能判定，対策要否判定，対策工設計などである。RC 桁における調査箇所および調査項目を以下に示す。

1) 桁端とその周辺におけるひび割れ状況調査

2) 支承周辺部のひび割れ状況調査

3) ゲルバーヒンジ部とその周辺におけるひび割れ状況調査

4) 桁断面の急変部におけるひび割れ状況調査

5) コンクリートの打ち継ぎ目におけるひび割れ状況調査

環境作用による劣化に対応する調査方法については，表一解 1.3.1 を参考にすること。

【解 説】

ゲルバーヒンジ部における詳細調査項目を表一解 2.1.18 に示す。

表一解 2.1.18 ゲルバーヒンジ部に関する詳細調査項目

調査項目	調査方法などの概要
ヒンジ部 外観変状	ひび割れ，浮き，剥離，遊離石灰，錆汁などの外観変状の発生状況を目視観察およびテストハンマーによるたたき試験などにて確認し把握する。さらには水の供給状況を把握する。
コンクリート の強度	リバウンドハンマーによりコンクリート表面を打撃し，その反発硬度を測定することなどによりコンクリートの圧縮強度を推定する。
鋼材の位置	電磁波レーダー法や電磁誘導法などにより鋼材の配置状況やかぶり厚などを確認する。
中性化深さ	コア法およびドリル法によって試料を採取して，中性化深さを測定する。
鋼材の腐食	表面に錆汁が見られるなど，内部鋼材に腐食の可能性がある場合には，自然電位法などの非破壊検査もしくは，はつり調査などによって鋼材の腐食状況を確認するのが望ましい。
ゲルバーヒンジ 支承の変状	鋼製支承の腐食や部品損傷などの外観変状や，変位制限部の遊間量などの機能状況を目視観察などにて確認し把握する。

#### (4) 評価および判定方法

変状の評価および判定は、診断を実施する時点における変状のパターン、変状の内容、想定される変状原因、外観変状の程度を整理し、2.5 に示す構造物、部材、部位毎に整理した構造性能評価判定表を用いて実施すること。なお、変状が環境作用に起因した材料劣化に関する将来予測を行う場合は、本指針 [劣化機構編] および土木学会コンクリート標準示方書【維持管理編】<sup>2)</sup>に準ずるものとする。

RC 桁で想定される変状原因毎の評価および判定方法を以下に示す。

##### 1) 初期欠陥

温度ひび割れ、沈下ひび割れ等による変状に対して、ひび割れ幅やその位置等の変状毎に各種構造性能を評価し、総合的な構造性能レベルを判定する。

##### 2) 力学作用

活荷重の増加、鉄筋量不足、応力集中等による変状に対して、ひび割れ幅やその位置等の変状毎に各種構造性能を評価し、総合的な構造性能レベルを判定する。また、施工不良・構造不良・環境作用に起因した劣化などによる耐力力の低下は、それぞれ 1)初期欠陥、3)環境作用に示す。

##### 3) 環境作用

凍害、中性化、塩害、アルカリシリカ反応などの環境作用による変状に対しては、各劣化機構の劣化グレード毎に各種構造性能を評価し、総合的な構造性能レベルを判定する。

### 【解 説】

#### (4) について

評価および判定方法については、「2.1.1 PC 箱桁」に準拠することができる。ここでは、RC 桁特有の事項に関する解説について述べる。

#### 2) について

活荷重の増加、鉄筋量不足、応力集中等による影響で構造物が変状した場合の評価・判定の方法について示す。支間中央部の主桁下縁付近の変状に関しては、荷重増加や鉄筋量不足が要因であるか否かの判定が重要である。このため、既設構造物の構造性能評価を実施するにあたっては、対象構造物の適用基準、構造諸元、使用材料、鉄筋の配置状況を入念に調査しなければならない。その上で、現時点の供用下において生じているひび割れ幅が、設計段階で想定したひび割れ幅であるか否かの判断を行うものとした。

#### 2)および3)について

支点付近の桁下面の変状について、橋軸方向のひび割れが発生している場合、ひび割れが支点に近いほどせん断に対する抵抗力が低下することが想定される。したがって、特にひび割れ幅が大きい場合は安全性における断面破壊に対して安全側となるように評価する方がよい。

## 2.2 床版に関する診断

### 2.2.1 RC床版

#### (1) 重点点検箇所

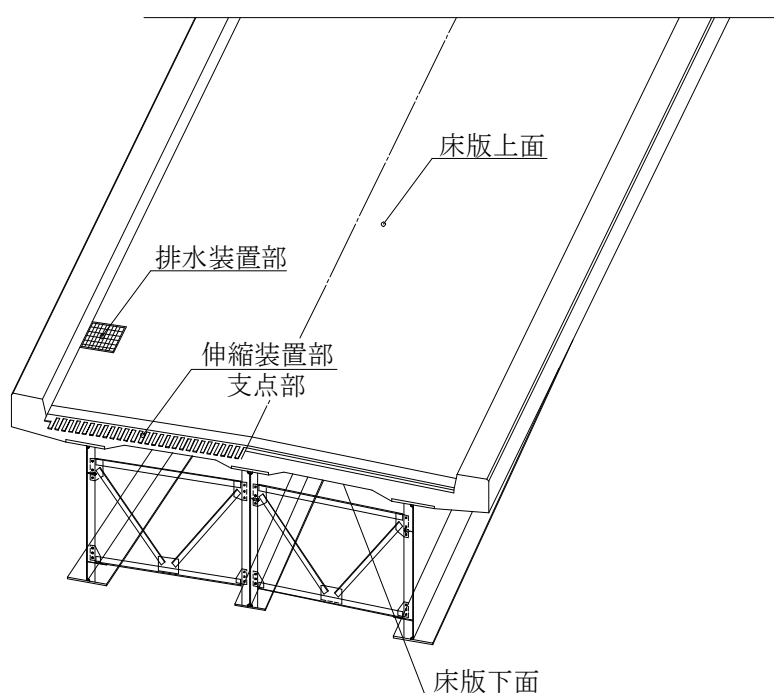
RC床版の点検においては、構造特性および過去の損傷事例等を踏まえて、RC床版に要求される構造性能に影響を与える箇所を重点的に点検するものとする。

重点点検箇所を以下に示す。

- 1) 床版上面における舗装の変状
- 2) 伸縮装置部
- 3) 支点部
- 4) 床版下面の変状
- 5) 排水装置部

#### 【解説】

RC床版は、主桁上に鉄筋を橋軸直角方向・橋軸方向に配置しコンクリートを打設する床版であり、多くの橋梁に採用されている床版形式である。RC床版は土木コンクリート構造物としては比較的薄い構造部材であるため、ひび割れの発生とその進行はRC床版の耐久性に大きな影響を与える。ひび割れの発生要因としては施工時のコンクリートの水和反応に伴う乾燥収縮、供用後の凍害、塩害、疲労等が挙げられる。これらの特性を踏まえてRC床版の点検を行うことが重要である。日常点検はパトロール車上からの目視点検が基本となる。そのため橋面上の情報収集が主となるが、舗装面の変状は床版本体の損傷との関係が考えられることから、定期点検の結果等も参考とし、舗装面や伸縮装置部の変状の進行状況を確認することが重要である。なお、合成桁の場合には、床版の損傷によって、主桁との合成効果やコンクリート中に埋め込まれた鋼材の耐久性等へ影響を及ぼす可能性があるため留意する必要がある。

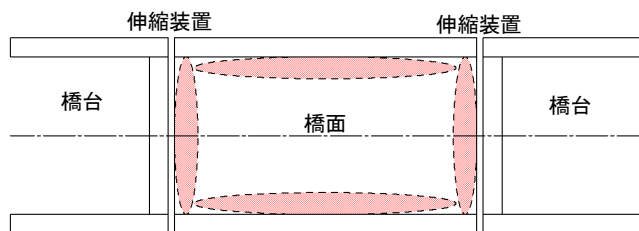


図一解 2.2.1 重点点検箇所

1) について

床版上面に変状がある場合は、下面側でも変状を起こしている場合があるので注意が必要である。床版上面の変状としては、舗装ひび割れ、ポットホールの変状(写一解 2.2.1(a))が一般的である。また、積雪寒冷地においては、舗装変状部から雨水が浸透し、凍結融解作用により床版上面コンクリートが劣化する特有の事例が見られる。このため、日常点検時には舗装ひび割れ面から析出している水の色に留意する必要がある(写一解 2.2.1(b))。なお、この損傷は建設年次に関係なく生じているため、床版厚が厚い場合であっても床版上面コンクリートが劣化する可能性がある。

また、路面の滞水は凍害、塩害、疲労等による損傷を助長する懸念がある。したがって、日常点検においては滞水箇所や範囲を記録しておかなければならない(図一解 2.2.2)。



図一解 2.2.2 滞水しやすい箇所



(a) ポットホール



(b) ひび割れ  
写一解 2.2.1 舗装面の変状

2), 3) について

支承沈下や橋台背面の盛土沈下に伴い、伸縮装置部に段差が生じる場合がある(写一解 2.2.2)。この場合には、段差により通行車両が上下に動揺するため、床版劣化が早期に進行する懸念がある。

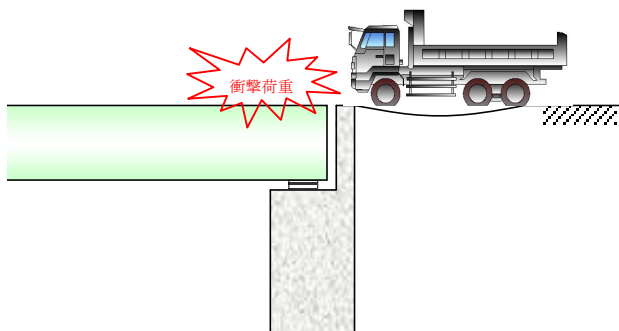
また、写一解 2.2.3 のように伸縮装置の後打ちコンクリートの劣化が進行している場合には、通行車両の影響でコンクリート片が飛散するなどの第三者被害が懸念されるため、車両走行時の振動や異常音等についても着目する必要がある。



写一解 2.2.2 伸縮装置の段差



写一解 2.2.3 コンクリート部のひび割れ



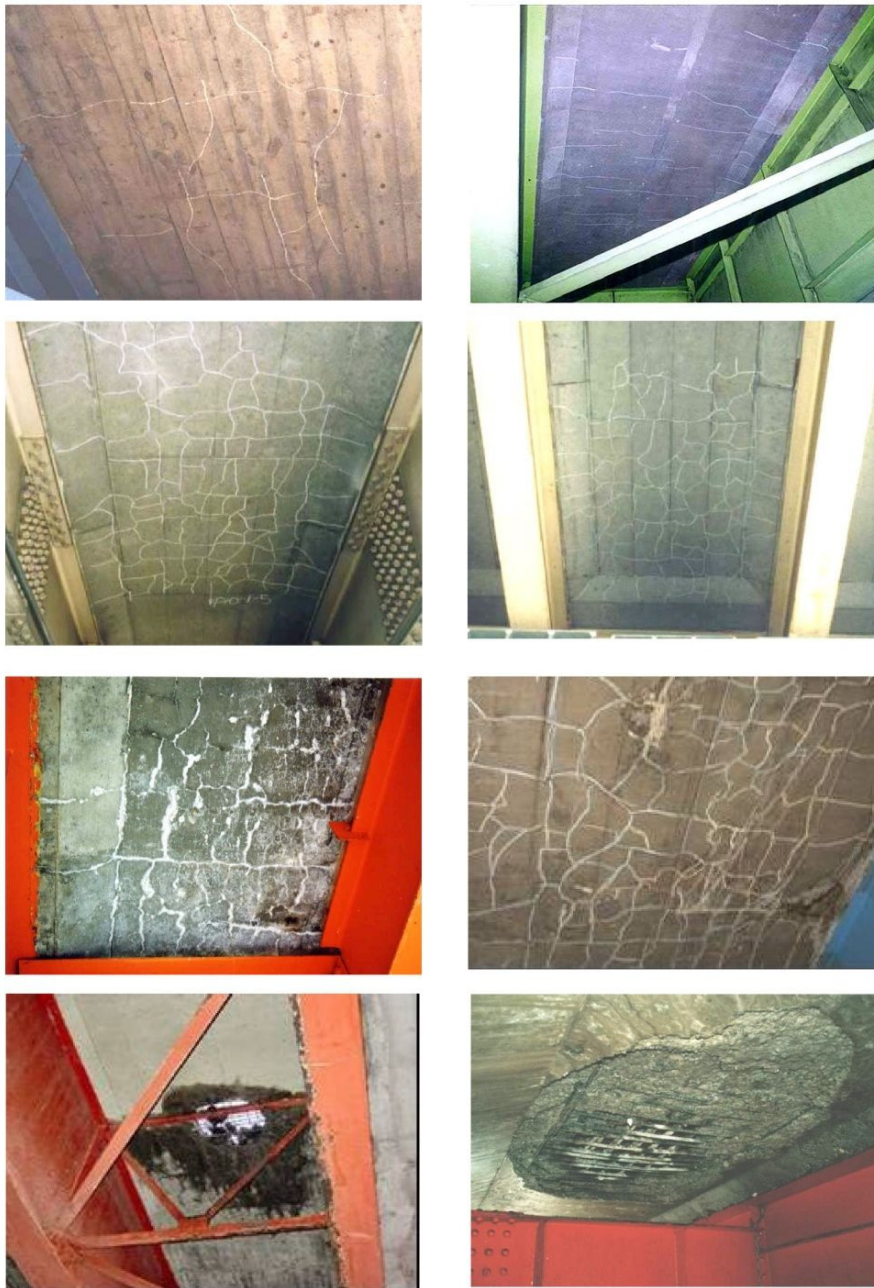
図一解 2.2.3 橋台背面の沈下

4) について

竣工初期の段階においては、コンクリートの乾燥収縮、および、主桁剛性による拘束の影響を受け、橋軸方向に内部引張りひずみが発生し、ひずみが大きい場合には橋軸直角方向のひび割れが発生する場合がある。

一般的に RC 床版の損傷は重車両の繰返し走行による疲労劣化が支配的であるが、積雪寒冷地である北海道においては、凍害や塩害（凍結防止剤の散布）により損傷が助長されているケースがある。よって、点検においてはひび割れの性状（一方向または二方向）、ひび割れの幅、コンクリートの剥離、鉄筋露出、漏水、エフロッセンス、錆汁等に留意しなければならない（写一解 2.2.4）。

補修後の損傷事例として、写一解 2.2.5 に伸縮装置の交換後にコンクリート後打ち部の一部に欠損が生じた状況例を示す。これは、伸縮装置の交換を全て橋面上から実施したためである。採用する伸縮装置の形式にもよるが、必要に応じて足場等を設置し、床版に対して悪影響を与えない補修工法を採用すべきである。



写一解 2.2.4 RC 床版下面の変状進行の例



写一解 2.2.5 はつり箇所が完全に復旧されていない例

5) について

雨水等の水の影響下に置かれる RC 床版は、乾燥状態の RC 床版と比較して疲労寿命が著しく低下することや鋼材腐食等の環境因子による劣化の進行が促進されるため、排水柵の土砂詰まり等、橋面の排水環境の確認を行う必要がある。



写一解 2.2.6 排水柵の土砂詰まりの例

なお、床版の設計や性能に関しては、土木学会コンクリート標準示方書【設計編】<sup>1)</sup>、【維持管理編】<sup>2)</sup>を参照すること。

(2) 想定される変状原因

想定される変状原因を以下に示す。

- 1) 初期欠陥
  - 収縮
  - 温度
  - 施工不良（かぶり不足，養生不足，締め固め不足等）
  - 設計不適合
- 2) 力学作用
  - 輪荷重の繰り返し作用（疲労）
  - 死荷重や活荷重の増加
  - 車両の衝突・地震や火災等偶発荷重の作用
- 3) 環境作用
  - 雨水等水分の浸入
  - 凍害，中性化，塩害，アルカリシリカ反応

【解 説】

道路橋RC床版は，死荷重による発生応力に比べ，活荷重による発生応力の割合が大きい部材であり，劣化の主要因は大型車両の輪荷重の繰返し作用による疲労とされ，それに加えて床版に発生したひび割れに雨水が浸入すると疲労耐久性が著しく損なわれるといわれている。

さらに，初期欠陥がある場合や環境作用の影響を受けると床版の損傷・劣化が加速される。特に北海道では，積雪寒冷な気象条件に起因する凍害や凍結防止剤の散布による塩害を受ける過酷な状況下にあるため，寒冷地における床版の劣化プロセスを踏まえた維持管理計画が必要である。

RC床版に生じる主な変状である，ひび割れ，剥離・鉄筋露出，スケーリング・砂利化，漏水・エフロレッセンス，変色について，想定される変状原因を表一解2.2.1に示す。

表一解 2.2.1 主な変状と変状原因<sup>7)</sup>

変状の種類	変状原因		
	力学作用によるもの	環境作用によるもの	初期欠陥によるもの
ひび割れ 剥離・鉄筋露出	輪荷重の繰返し作用 (疲労)	凍 害	収 縮
	死荷重・活荷重の増加	塩 害	温 度
	地震荷重・衝突荷重等 偶発荷重の作用	中性化	施工不良
	—	アルカリシリカ反応	設計不適合
スケーリング 砂利化	輪荷重の繰返し作用 (疲 労)	凍 害	—
漏 水 エフロレッセンス	ひび割れの進展と水の供給により発生(橋面防水層の未設置・損傷)		
変 色	火 災	塩害・中性化等による鉄筋の腐食，カビや苔等の付着	

## 1) について

施工時あるいは竣工後まもなく発生したひび割れ、豆板、コールドジョイント、砂すじ、表面気泡などが初期欠陥であり、すべての部材、部位で発生する可能性がある。

### a) 収 縮（変状の種類：ひび割れ）

収縮は、コンクリートが自己収縮や乾燥収縮により変形（収縮）を引き起こし、この変形が主桁や横桁に拘束された場合にコンクリートに引張応力が作用しひび割れが発生するものである。一般に既設鋼橋 RC 床版については、主桁による拘束の影響が大きく、配筋鉄筋の量が少ないことから、橋軸直角方向にひび割れが発生する。

### b) 温 度（変状の種類：ひび割れ）

温度は、セメントの水和熱に伴うコンクリート温度の上昇・降下がコンクリートの変形（膨張・収縮）を引き起こし、これが内的あるいは外的に拘束されると、コンクリートに引張応力が作用しひび割れが発生する。床版については一般に問題となることは少ないが、床版厚が厚い場合や高強度コンクリートが用いられた場合などに発生する場合がある。

### c) 施工不良（変状の種類：豆板、砂すじ、表面気泡など）

「豆板」は、コンクリートの打ち込み不良の事例の一つで、締め固め不足やセメントと砂利の分離、型枠下端からのセメントペーストの漏れにより空隙ができ粗骨材が露出した状態となって強度が下がり、脆くなっている状態を言う。ジャンカとも呼ぶ。豆板の生じた部分のコンクリートは、強度がほとんど期待できないだけでなく、密実性が小さく水や空気が浸入しやすくなり、中性化や塩害に対する抵抗性が低下する。

「砂すじ」は、コンクリート中の余剰水が分離して型枠界面でコンクリートを洗い、構造物表面に細骨材が縞状に露出している部分のことである。型枠の継ぎ目からセメントペーストが漏れ出した場合に生じるほか、型枠に沿ってコンクリートのブリーディング水が上に流れ出す場合に生じる。構造上大きな影響を及ぼすものではない。

「表面気泡」は、せき板に接するコンクリート表面にコンクリート打ち込み時に巻き込んだ空気あるいはエントラップドエアがなくならずに残って表面に露出し硬化した部分のことであり、「あばた」と呼ばれる場合もある。構造上大きな影響を及ぼすものではない。

## 2) について

輪荷重の繰り返し作用（疲労）は、床版上を大型車両が繰り返し走行することにより、床版下面の1方向ひび割れが2方向ひび割れへと進展し、ひび割れ密度の増加や角落ちが発生、最終的には床版の陥没に至る現象である。北海道におけるRC床版は、首都圏等と比べると交通量は少ないものの、凍害や塩害の影響を受け疲労破壊に至る現象が確認されている。

## 3) について

### a) 雨水等水分の浸入

RC 床版の劣化の主要因である疲労に対しては、雨水等水分の浸入によるひび割れ面のすり磨き作用等で、大きく疲労寿命が低下する事が既往の研究により明らかとなっており、輪荷重走行試験において床版上面に水を張った状態では、乾燥状態と比べて疲労寿命が 1/10 以下となることが知られている。



また、浸入した水分により床版上面側に凍害が発生すると、輪荷重の繰り返し作用によりコンクリートが砂利化し、床版の有効厚さが減少することで押し抜きせん断耐力が低下して、交通量が少ないにもかかわらず疲労破壊に至る場合もある。

水分の浸入は、凍害、塩害、アルカリシリカ反応等を誘発し、劣化を進行・加速させるコンクリートの材料劣化の主要因であり、輪荷重の繰り返し作用と環境作用が組み合わされた複合劣化となる可能性がある。

このように、水分の浸入は RC 床版の変状に大きく関与していることから、水の進入経路や滞水状態、防水層設置の有無や防水・排水機能が損なわれていないか等について確認し、水の作用を抑制する事が重要である。

#### b) 中性化

健全なコンクリートは、強アルカリ性で pH は 12~13 程度だが、コンクリート表面から大気中に含まれる二酸化炭素 (CO<sub>2</sub>) が進入し pH が低下し中性化が進行する。中性化が進行し、pH が 11 以下になると不動態被膜が破損し鋼材の防食機能が低下する。これに、鋼材の腐食条件(酸素と水の供給)が加わると鋼材腐食が発生し、腐食生成物の体積膨張がコンクリートにひび割れや剥離を引き起こしたり、鋼材の断面減少を伴うことにより、構造物の性能が低下する減少である。中性化においては、乾燥状態でその進行が速くなるが、その後の鋼材腐食には水分の浸入が劣化を促進する。

#### c) 凍 害

凍害は、コンクリート中に浸入した水分が、冬季間に凍結融解を繰り返すことによって、表面からスケリング、微細ひび割れおよびポップアウトなどの形で断面が減少し、構造物の性能が低下する現象である。RC 床版では、張出し床版の先端や床版上面の滞水しやすい箇所（伸縮装置近傍や縁石付近等水の集まる箇所）などで確認される場合が多い。張出し床版の先端については、凍結融解の繰り返しが多くなる南面や西面の部位において凍害の影響が大きい。

#### d) 塩 害

塩害は、建設時に使用した海砂、海水飛沫、凍結防止剤に含まれる塩分によって、コンクリート中の鋼材の腐食が促進され、腐食生成物の体積膨張がコンクリートにひび割れや剥離を引き起こしたり、鋼材の断面減少を伴うことにより、構造物の性能が低下する減少である。RC 床版では、海岸部(特に日本海側)の床版下面で多く確認される。ただし、積雪寒冷地である北海道においては凍結防止剤散布の影響で、床版上面側から凍結防止剤中の塩化物イオンが供給されることから上面側についても留意する必要がある。

#### e) アルカリシリカ反応

アルカリシリカ反応は、コンクリート中に浸入した水分が、骨材中のアルカリ反応性鉱物の成分とコンクリートのアルカリが反応して生成物が生じ、これが吸水膨張してコンクリートにひび割れが生じる現象である。床版上面の滞水部や張出し床版先端など、水分の供給が多い部位ほどアルカリシリカ反応の影響が大きい。

(3) 調査箇所および調査項目

- 1) 舗装面，伸縮装置部周辺の状況目視調査
- 2) 床版上面および下面の，ひび割れの性状（一方向または二方向），ひび割れ幅の近傍目視調査
- 3) 床版上面および下面の，コンクリートの剥離，鉄筋露出，漏水，エフロレッセンス，さび汁の有無などの損傷状態の近傍目視およびたたき調査
- 4) 非破壊検査による，コンクリート強度，配筋等の調査
- 5) コア採取，はつりによる，コンクリートの性状，中性化深さ，塩化物含有量等の調査
- 6) 防水層の機能低下等に関する調査

【解 説】

変状調査に関する調査項目を以下に示す。

- ・ ひび割れ（発生時期，幅，長さ，発生パターン）
- ・ 錆汁，エフロレッセンス，変色，スケーリング，断面欠損，ゲル等の発生状況
- ・ コンクリートの性能（強度，弾性係数，水セメント比，塩化物イオンの拡散係数など）
- ・ かぶりの実測値
- ・ 劣化因子の侵入の有無と，因子の種類と浸入程度
- ・ 鋼材腐食の有無と，腐食形態，程度，範囲など
- ・ 付帯設備の損傷の有無
- ・ 既往の診断，対策に対する記録
- ・ 劣化外力となる気象などの環境条件（飛来塩分，凍結の有無など）
- ・ 床版の使用条件（乾湿の繰返し，滞水状況，凍結防止剤散布の有無や頻度など）

RC床版は，床版の支間長（主桁間隔）に対して厚さの薄い構造であり，変動の激しい輪荷重を直接支える部材であるため，荷重の繰返しがもたらす疲労の影響による性能低下が顕在化する部材である．RC床版の疲労破壊は，昭和40年代後半から顕在化し，それに伴い設計基準の改定が行われ，床版厚や鉄筋量の増大，防水層の設置基準が定められた．

表一解2.2.2に示すように，昭和39年以前の鋼道路橋示方書で設計されたRC床版では，床版厚が薄いことや配力鉄筋量が少ないこと等により，疲労損傷を生じる可能性が相対的に高いと考えられることから，上記の詳細調査と併せて机上調査により，設計基準を既存資料や架設年次から把握することも重要である．表一解2.2.3～表一解2.2.4には，RC床版の設計基準および防水層設置基準の変遷を示す．

表一解 2.2.2 疲労損傷の主な原因

主な原因		解 説
利用状況	車両通行	昭和 30 年代の高度経済成長に伴う交通量の飛躍的増大と車両の大型化, 過積載車両の走行による影響
設 計 構造細目	床 版 厚	昭和 39 年以前の鋼道路橋示方書で設計された RC 床版は, 床版厚が 180mm 程度と薄く疲労に対する耐荷力が潜在的に小さい
	鉄 筋 量	昭和 39 年以前の鋼道路橋示方書で設計された RC 床版は, 配力鉄筋量が主鉄筋の 25%程度と少なく橋軸直角方向のひび割れが発生しやすい.
	鉄筋種別	昭和 40 年代前半までの RC 床版には, 丸鋼鉄筋が用いられているものもあり異形鉄筋が使用された RC 床版と比べて疲労に対する耐荷力が小さい.
	防 水 層	橋面防水層が設置されていない, もしくは設置されている場合にも, 防水層が損傷するなどして有効に機能していない場合は, 水の浸入により疲労耐久性が低下する. 平成 10 年代前半までの RC 床版には, 橋面防水層が設置されていない, もしくは設置が部分的であるものが多い.
環 境	雨水浸入	防水層が設置されていない, 又は十分に機能していないことにより橋面より雨水が浸入し, 上縁側コンクリートに骨材化現象が生じることや, ひび割れ面開閉による磨耗を促進し, 疲労耐久性が低下する.
	凍 害	積雪寒冷地の RC 床版は, 凍結・融解作用により, 床版上縁側のコンクリートが砂利化し, 抵抗断面が現象することで, 疲労耐久性が低下する.

表一解 2.2.3(a) RC 床版の設計基準の変遷<sup>8)</sup>

項目 基準	橋の等級		設計活荷重(tf)		最小版厚 (cm)
	道路の種類	等級	自動車	転圧機	
1939(昭14) 鋼道路橋設計示方書(案)	国道	1等橋	T-13, P=5.2	17	規定なし
	府県道	2等橋	T-9, P=3.6	14	
1956(昭31) 鋼道路橋設計示方書	一級国道 二級国道 主要地方道	1等橋	T-20 P=8.0	—	有効厚 11cm以上
	都道府県道 市町村道	2等橋	T-14 P=5.6	—	
1964(昭39) 鋼道路橋設計示方書	同上	同上	同上	—	有効厚 11cm以上
1967(昭42) 鋼道路橋一方向鉄筋コンクリート床版の配力鉄筋設計要領					
1968(昭43) 鋼道路橋の床版設計に関する暫定基準	一級国道 二級国道 主要地方道	1等橋	T-20 P=8.0	—	$t_0=3L+11$ $\geq 16$
	都道府県道 市町村道	2等橋	T-14 P=5.6	—	
1971(昭46) 鋼道路橋の鉄筋コンクリート床版の設計について	高速自動車道 一般国道 都道府県道 市町村道	1等橋	T-20 P=8.0(9.6)	—	$t_0=3L+11$ $\geq 16$
	都道府県道 市町村道	2等橋	T-14 P=5.6	—	
1973(昭48) 道路橋示方書	同上	同上	同上	—	$t_0=3L+11$ $\geq 16$
1973(昭48) 特定路線にかかる橋高架の道路等の技術基準	特定路線 湾岸道路 高速自動車道 その他	1等橋	TT-43 P=6.5	—	
1978(昭53) 道路橋鉄筋コンクリート床版の設計、施工について	高速自動車道 一般国道 都道府県道 市町村道	1等橋	T-20 P=8.0(9.6)	—	$t_0=3L+11$ $t=k_1k_2t_0$ k1: 交通量係数 k2: 付加モーメント係数
	都道府県道 市町村道	2等橋	T-14 P=5.6	—	
1980(昭55) 道路橋示方書	同上	同上	同上	—	
1990(平2) 道路橋示方書	同上	同上	同上	—	
1993(平5) 道路橋示方書	高速自動車道 一般国道 都道府県道 基幹道路に関連する市町村道	B活荷重	$P_0=10.0$ $P=k \times P_0$ $L \leq 4m : 1.0$ $L \geq 4m : k=L/32+7/8$	—	
	その他市町村道	A活荷重	床版に関しては ABとも同じ	—	
1996(平8) 道路橋示方書	同上	同上	同上	—	

表一解 2.2.3 (b) RC 床版の設計基準の変遷<sup>8)</sup>

鉄筋の許容応力度 (kgf/cm <sup>2</sup> )	活荷重曲げモーメント		配力鉄筋量
	主鉄筋方向	配力筋方向	
規定なし 1200 kgf/cm <sup>2</sup> 程度に抑えている.	T 荷重では舗装厚分の分布幅を考慮し, 単純梁として主鉄筋方向の曲げモーメントを算出ただし, 衝撃係 $i=20/(50+L)$		RC 断面の 2%以上または RC 有効断面の 3%以上
規定なし	$2.0 < L \leq 4.0$ $M = (0.4 \times P \times (L-1) \times (1+i)/(L+0.4))$ $i = 20/(50+L)$	規定なし	主鉄筋断面の 25%以上
SSD39 : 1800	同上	同上	主鉄筋量の 70%以上
1400	$2.0 < L \leq 4.0$ $M = 0.4 \times P \times (L-1)/(L+0.4)$	規定なし	同上
	$M = 0.8 \times (0.12L + 0.07) \times P$	$M = 0.8 \times (0.10L + 0.04) \times P$	左欄の曲げモーメント式より算出
	$L < 2.5m$ $M = 0.8 \times (0.12L + 0.07) \times P \times K$ ただし, $K > 1.0$	$K > 2.5m$ $M = 0.8 \times (0.10L + 0.04) \times P \times K$ ただし, $K > 1.0$	同上
許容応力度 1400kgf/cm <sup>2</sup> に対して 200kgf/cm <sup>2</sup> 程度余裕を持たせる	$M = 0.8 \times (0.12L + 0.07) \times P$	$M = 0.8 \times (0.10L + 0.04) \times P$	同上
同上	同上	同上	同上
同上	同上	同上	同上

表一解 2.2.4(a) 防水層設置基準の変遷<sup>9)</sup>

	道路工事設計基準	開発局設計要領	道路事業設計要領	北海道における鋼道路橋の設計施工指針
1964-1965年 (昭39-40年)	「橋梁関係工事実施要領」施工に関して記述あり.			
1968-1969年 (昭43~44年)	「道路工事設計基準」 「合成桁、箱桁に限定して施工が望ましい。」と記述あり(1968).	防水層を敷設している場合は、床版上側鉄筋かぶりを1.5cm以上確保と記述あり(1968).		「連続桁の中間支点部に施工することが望ましい。」と記述があり(1969).
1970年 (昭45年)	「道路工事設計基準」 PC桁が追加される.			
1972年 (昭47年)	「合成桁、連続桁、箱桁、斜角の鋭い鋼橋などの場合は原則とする.	鋼橋床版、鋼床版橋、ポステンPC箱桁などに細分化し施工範囲を規定.		
1973年 (昭48年)	「道路橋の床版で長期にわたって、防水機能を維持する場合は施工すること」と記述あり.			
1974-1978年 (昭49-53年)			「道路工事設計要領」 合成桁、連続桁、箱桁及び斜角の鋭い鋼橋の場合は全面または部分的に施工が望ましい。跨線橋、長大橋は防水工法を実施。ただし防水工計画は、本庁と協議の上決定すること(1974).	
1979年 (昭54年)			「道路工事設計図書作成要領」RC床版、とくに合成桁の床版及び連続の中間支点付近の床版には設ける.	鋼連続桁やトラス・アーチ橋のRC床版、鋼床版では、規定が追加された.
1985年 (昭60年)			鋼床版や、連続桁などの中間支点付近で負の曲げモーメントを受ける場合などにおいて必ず防水層を設けるのが良い。施工範囲については、「北海道における鋼道路橋の設計及び施工指針」によること.	
1987-1994年 (昭62-平6年)	「道路橋鉄筋コンクリート床版防水層設計・施工資料」施工箇所が望ましい橋梁形式や、施工範囲を規定. (1987)	鋼道路橋のRC床版、コンクリート橋の床版については、「全面施工が望ましい」と「部分施工が望ましい」に区分された(1987).		北海道開発局の要領に準拠した改訂を行い、さらに鋼床版(グースアスファルトを用いない)について全面防水を規定(1989).

表一解 2.2.4 (b) 防水層設置基準の変遷<sup>9)</sup>

	道路工事設計基準	開発局設計要領	道路事業設計要領	北海道における鋼道路橋の設計施工指針
1995年 (平7年)		【事務連絡】鋼橋 RC 床版, RC 橋, PC 橋の車道部は全面防水, 歩道部はマウントアップ型以外を全面防水, その他は負曲げの発生区間など必要範囲に設置を規定		車道部は全面防水, 歩道部はマウントアップ型以外を全面防水, その他は負曲げの発生区間など必要範囲に設置を規定
1996~1998年 (平8~10年)			車道部全面に設置することを原則. 歩道部は, 全面防水を基本とし, マウントアップ構造は負のモーメント発生区間. 床版と舗装体との間には床版水抜工を必要箇所設置する. (1996)	
1999年 (平11年)		床版全面実施を規定 (1999)		
2004年 (平16年)		吹きつけ防水を追加.		
2005年 (平17年)		鋼床版(砕石マスチック舗装を基層に用いた場合)を追加(2005)		
2007年 (平19年)	「道路橋床版防水便覧」橋面にアスファルト舗装が施工される床版を対象として実施			
2008年 (平20年)		鋼橋 RC 床版, PC 橋, 鋼コンクリート合成桁, 鋼床版(砕石マスチック舗装を基層に用いた場合)は全面防水		

#### (4) 評価および判定方法

変状の評価および判定は、床版上・下面の変状パターン、原因、外観から想定される状態および  $S-N$  曲線を用いた数値計算等の評価結果を整理し、それらを踏まえて診断を実施する時点における構造物に要求される性能（構造性能）の総合評価を行うものである。

RC 床版で想定される評価および判定方法を以下に示す。

- 1) 力学作用（輪荷重の繰り返し作用）に対する評価・判定は、疲労による床版の劣化状況に応じた外観変状の程度によることを基本とするが、必要に応じて定量的評価方法についても検討を行うものとする。
- 2) 力学作用（輪荷重の繰り返し作用）に対する評価・判定には、雨水の浸入や凍結融解作用などの環境作用の影響を考慮して行うものとする。
- 3) 環境作用に対する評価・判定は、凍害、中性化、塩害、アルカリシリカ反応に対して行うものとする。なお、塩害には凍結防止剤の影響を考慮するものとする。
- 4) 環境作用に対する評価・判定は、床版の劣化状況に応じた外見変状の程度と性能の関係を設定して行うものとする。

#### 【解 説】

本指針では、RC床版の評価・判定については、主たる変状原因である力学作用（輪荷重の繰り返し作用）と環境作用について記載した。

初期欠陥については、豆板、砂すじおよび表面気泡は一般に軽微な変状であり、構造上大きな影響を及ぼすものではないため、本指針では構造性能に対する評価を省略している。なお、変状が著しい場合も想定されるが、一般には施工時の段階で補修される。もし著しい変状が無補修の場合や補修部が再変状しているような場合には、点検結果として整理し記録を残すとともに、構造性能への影響確認をコンクリート専門技術者等によって実施する必要がある。初期ひび割れについては、コンクリートの収縮によるものが多く、一般に外観変状の程度は軽微であるが、初期ひび割れによる剛性の低下等は疲労耐久性に影響を与えることに留意しなければならない。

したがって、初期欠陥のうち、ひび割れについては力学作用（輪荷重の繰り返し作用）の評価・判定における初期段階に含まれるものと考え、評価・判定を行うものとする。

##### 1) について

力学作用（輪荷重の繰り返し作用）に対する評価・判定は、外観変状の程度によることを基本とするが、必要に応じて定量的な評価方法についても検討を行い、両方の結果を勘案して行うこととした。

評価・判定が必要な項目を表一解2.2.5に示す。床版については車両を直接支持する部材であり、輪荷重の繰り返し作用による変状では床版の抜け落ち等が考えられることから、安全性（走行限界）に対しても評価および判定を行うこととした。なお、安全性（第三者影響度限界）や使用性（外観阻害）については、現地状況から必要と判断される場合（桁下空間が、道路、鉄道や公園、駐車場等）に評価および判定を行うものとする。



表一解2.2.5 力学作用（輪荷重の繰り返し作用）に対する評価・判定項目

評価および判定が必要な構造性能			本指針における評価指標
安全性	部材の破壊・崩壊	疲労破壊	外観変状の程度(床版上面の劣化度, 下面のひび割れ幅・密度) 定量的評価方法(S-N曲線, たわみ劣化度)*1
		機能上の安全性	走行性限界(変形・たわみ)
		第三者影響度限界(剥落)	外観変状の程度(ひび割れ幅・密度)
使用性	快適性	走行性限界(変形・たわみ)	外観変状の程度(ひび割れ幅・密度)
		外観阻害(有害なひび割れ)	外観変状の程度(ひび割れ幅・密度)

\*1: 必要に応じて実施

RC床版の安全性（疲労破壊）に対する評価方法は、一般に、①外観変状の程度による方法、②たわみ劣化度による方法、③RC床版のS-N曲線により算出する方法がある。

①外観変状の程度による方法は、最も簡易に行える評価手法であるが、交通荷重によるひび割れと、初期ひび割れ等他の要因によるひび割れを区分する必要があるものの、厳密に区分することは困難である。

②たわみ劣化度による方法は、床版の活荷重たわみの実測値と理論たわみ値から床版の健全度を評価する手法であるが、計測値のばらつきが大きく実施例も少ない。

③RC床版のS-N曲線により数値計算により算出する方法であるが、床版鉄筋に丸鋼が用いられている場合等について、現在までに十分な精度の算定式が得られていない。

よって、本指針では、①の外観変状の程度により評価・判定を行うことを基本とし、現橋の交通量や床版厚、床版上下面の変状程度等から定量的な評価が必要であると判断される場合には、②のたわみ劣化度による方法や③のRC床版のS-N曲線により算出する方法も併せて評価・判定することとした。なお、各評価方法については、参考文献9)（北海道における鋼道路橋の設計および施工指針：第2編 維持管理編，「11.3 鉄筋コンクリート床版」）に詳しく示されており、以下にその概要を示す。

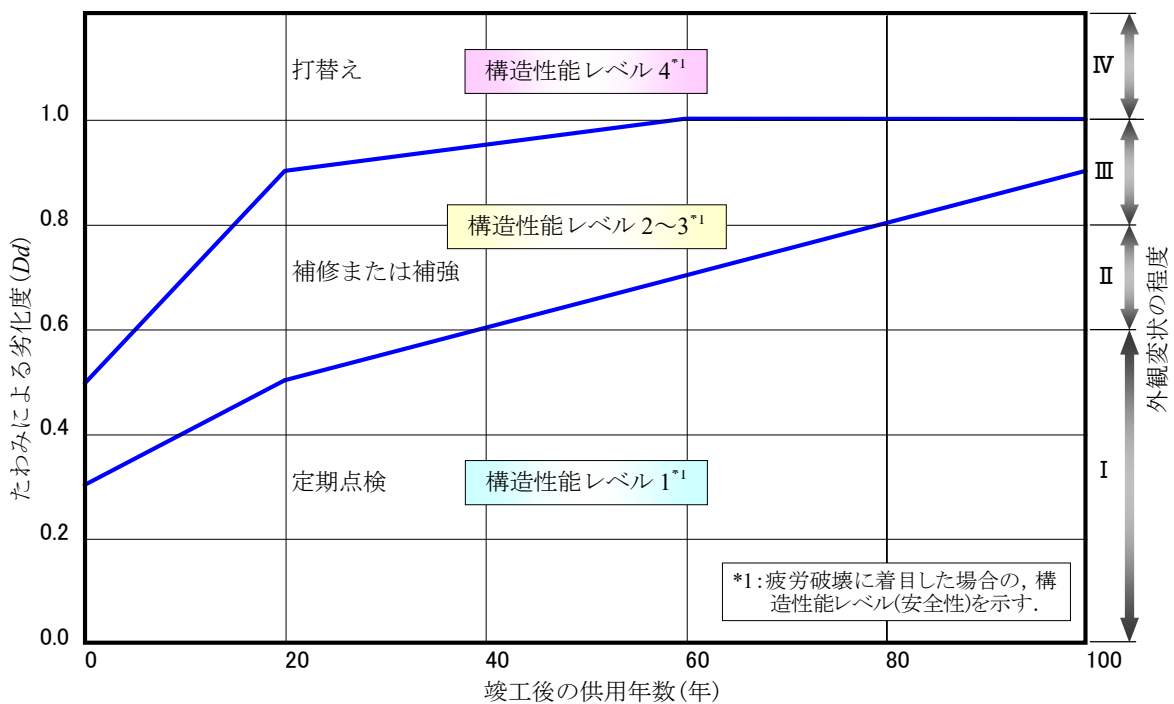
#### ①外観変状の程度による評価・判定方法

外観変状の程度による方法は、活荷重以外の劣化要因を無視した場合の床版下面のひび割れ性状から、床版の損傷程度を評価する方法である。

構造性能の評価・判定にあたっては、表一解2.2.6の外観変状の程度と床版の供用年数を考慮し行うこととする。これは、外観変状の程度が同様であっても、供用年数が短いものは疲労破壊に対する抵抗性が低いと考えられるためである。図一解2.2.4に供用後の年数を勘案した評価方法を示す。

表一解 2.2.6 外観変状の程度

外観変状の程度	ひび割れ間隔および形状	ひび割れ幅	ひび割れ密度	床版上面の凍害区分
I	1.0m 以上 一方向 (直角方向)	0.06mm 以下 (ヘアークラック)	—	—
	1.0~0.5m 直角方向が主で 橋軸方向は従	0.1mm 以下が主であるが 一部に 0.1mm 以上	3m/m <sup>2</sup> 未満	舗装の浮き スケーリング
II	0.5m 程度 格子状直前	0.2mm 以下が主であるが 一部に 0.2mm 以上	3~6m/m <sup>2</sup>	舗装の浮き, ひび割れ 表層部分の砂利化
III	0.5~0.2m 格子状	0.2mm 以上が目立ち, 部分的な角落ちあり	6~8m/m <sup>2</sup>	舗装の浮き, 亀甲状 ひび割れ 鉄筋深さまで砂利化
IV	0.2m 以下 格子状	0.2mm 以上が目立ち, 連続的な角落ちあり	8m/m <sup>2</sup> 以上	舗装のポットホール・ 陥没 コンクリートの砂利化



図一解 2.2.4 供用年数と外観変状の程度から判断される構造性能レベル【安全性(疲労破壊)】

②たわみ劣化度による評価・判定方法

RC床版は、輪荷重の繰り返し作用を受けるとひび割れの進展や、ひび割れ面のすり磨き作用等で剛性が低下する。その結果として、床版のたわみも増加することに着目し評価・判定を行う方法である。

たわみによる劣化度 ( $Dd$ ) とは交通荷重によるたわみを用いて劣化程度を表す指数で、式 (解 2.2.1) で表され、床版の活荷重たわみの実測値とFEM解析等により算出した理論たわみ値から算定される<sup>10)</sup>。

構造性能の評価・判定にあたっては、前述の外観変状による評価・判定と同様、たわみによる劣化度 ( $Dd$ ) と床版の供用年数を考慮し行うこととする。(図一解2.2.4)

$$Dd = (w - w_0) / (w_c - w_0) \tag{解 2.2.1}$$

$Dd$  : たわみによる劣化度

$w$  : 実測たわみ値

$w_0$  : コンクリートの全断面を有効としたときの理論たわみ値

$w_c$  : 引張側コンクリートを無視したときの直交異方性を考慮した理論たわみ値

なお、実測たわみ値がない場合は、文献 10) より、ひび割れ密度の 1/10 を劣化度として推定してよい。

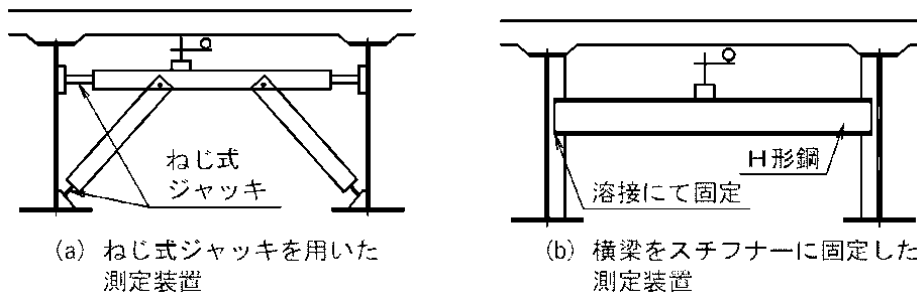
(1) 実測たわみの計測<sup>10)</sup>

床版の活荷重による実測たわみを床版の健全度評価に用いるよう明文化した規定はない。しかし、たわみ測定は構造物に傷を与えずに行えるため、床版の維持管理において、ひずみ計測以上に多用される。特に、重大な損傷が疑われる床版の剛性評価や補修工法の効果確認に多用される傾向にある。その理由を以下に示す。なお、計測時期によっては舗装剛性がたわみに影響を与えるため留意が必要である。

- ・床版のたわみは簡単・直接に計測でき、床版の剛性評価において信頼性、確実性が高い。
- ・床版にセンサーを配置して計測を実施するため、床版コンクリートなどを傷つけることがない。
- ・既往の研究によると、計測された実測たわみと理論たわみを用いた劣化度等の指標で床版の健全度を評価でき、それまでの荷重履歴にかかわらず、おおよその床版の状態を把握することができる。

たわみ計測を行う際の注意事項としては、以下のようなものがあげられる。

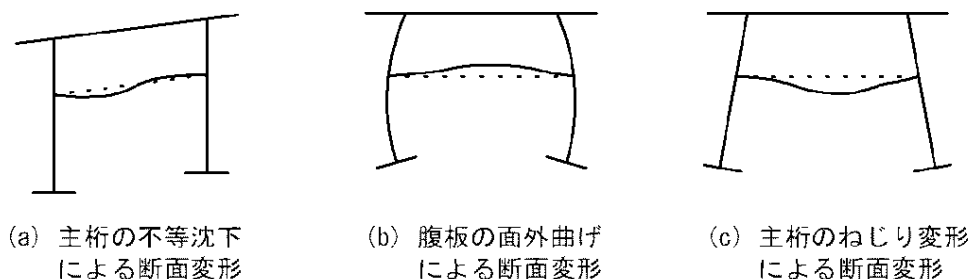
- 1) たわみ計を設置する治具の剛性が低い場合や設置方法が適切でない場合には、計測値の信頼性が低下する。これまで数多くの機関で床版のたわみ計測が行われたが、計測値のばらつきが大きく、その成果があまり公表されていない。その理由として、たわみ計測に用いた変位計の精度に問題があるのではなく、それを取付ける治具架台に問題がある場合が多い。図一解 2.2.5 にたわみ計測に使用された治具の一例を示す。



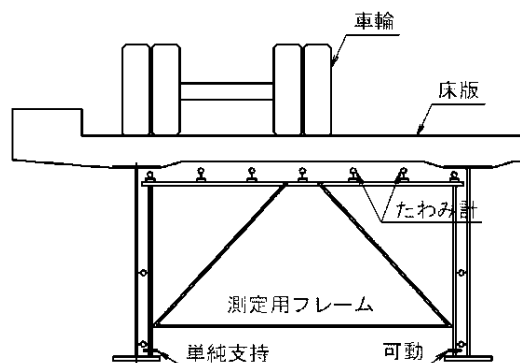
図一解 2.2.5 既往のたわみ測定装置

一つは支持架台の端部を主桁に密着させ、架台の振動を防ぐためにねじ式ジャッキを装着したものである。もう一つは横梁を垂直スチフナーに溶接にて固着したものである。一見、両架台とも主桁と固着しているため、架台の振動は少なく安定しているように見える。しかし、橋梁にトラック荷重が作用すると断面は図一解 2.2.6 のように変形する。この変形が治具架台に伝わり、治具を変形させる。床版のたわみは 1mm 程度の小さな量であるので、このような変形による測定誤差は非常に大きなものになってしまう。

このような欠点を補うには、橋梁の断面変形が治具架台に伝わらないようにすることが肝要であり、図一解 2.2.7 に示すような門形フレームを主桁フランジ上に単純支持で載せる構造が望ましい。本装置では、片端を万力などで軽く締めることによって水平方向の移動が止められる。



図一解 2.2.6 橋梁断面の変形概念図



図一解 2.2.7 たわみ測定装置

- 2) たわみ計を設置するために治具架台が大きくなり、設置に時間がかかる。直接床版に細いワイヤーを付け、それに錘をぶら下げ、その錘の下にダイヤルゲージを取り付けて計測する方法がある。この装置を用いて床版たわみを計測しようとする場合は、桁のたわみも同時に計測するため、それを差し引く必要がある。一見、簡単そうに見えるが、風のある場合にはケーブルの風による変形で誤差が発生するため、注意を払う必要がある。
- 3) たわみ計測のために、大型トラックなどの重量車を載荷させるが、測定時のタイヤの位置を正確に計測しなければならない。この載荷位置の測定精度を上げることは簡単であるが、静的載荷に時間がかかり、交通量の多い橋梁で実施する場合、長時間の交通止めはなかなか許可されない。これを解決する方法として、たわみを動的に計測することがある。トラックを一定速度で走らせて計測するもので、たとえば3軸車の場合、二つの山が計測される。この場合、後の山の最大値が後輪2軸によるものであり、高精度で計測できる場合が多い。

③RC床版のS-N曲線により算出する方法

(1) 押抜きせん断耐力の算出

RC 床版の疲労耐久性に関しては、これまでに多数の実験・研究成果が発表されており、既往の実験結果より、床版の疲労性能は、せん断強度比 ( $P/P_{sx}$ ) の大きさより、床版が破壊に至るまでの輪荷重走行回数で表わすことができる<sup>10)</sup>。(図-解2.2.8 および式(解2.2.2~解2.2.3))

$$\log(P/P_{sx}) = -0.07835 \cdot \log N + \log C \quad (\text{解 2.2.2})$$

ここに、 $P$  : 疲労耐久性を求める際に対象となる輪荷重の大きさ (kN)

実際の交通荷重データに基づき定めた荷重

$P_{sx}$  : 梁状化したRC 床版の押抜きせん断耐力 (kN)

$N$  : 輪荷重  $P$  により破壊に至る繰返し走行回数 (回)

$C$  : 定数 (切片)  $\Rightarrow$  乾燥状態試験 1.52 水張り試験 1.23

(一般には防水工による遮水を前提とし、乾燥状態の1.52 を用いる)

また、式(解2.2.2)中の押抜きせん断耐力 $P_{sx}$  は、次式(解2.2.3)で表される<sup>10)</sup>。

$$P_{sx} = 2 \times B \times (\tau_{smax} \cdot X_m + \sigma_{tmax} \cdot C_m) \quad (\text{解 2.2.3})$$

ここに、 $P_{sx}$  : はり状化した RC 床版の押抜きせん断耐力 (N)

$B$  : 輪荷重に対する床版の有効幅 (はり状化幅で、 $B = b + 2d_d$ ) (mm)

$b$  : 橋軸方向の輪荷重載荷幅 (道路橋示方書では 20cm で示される) (mm)

$d_d$  : 引張側配力鉄筋の有効高 (mm)

$\tau_{smax}$  : コンクリートの最大せん断応力度 =  $0.656 \cdot \sigma_c^{0.606}$  (N/mm<sup>2</sup>)

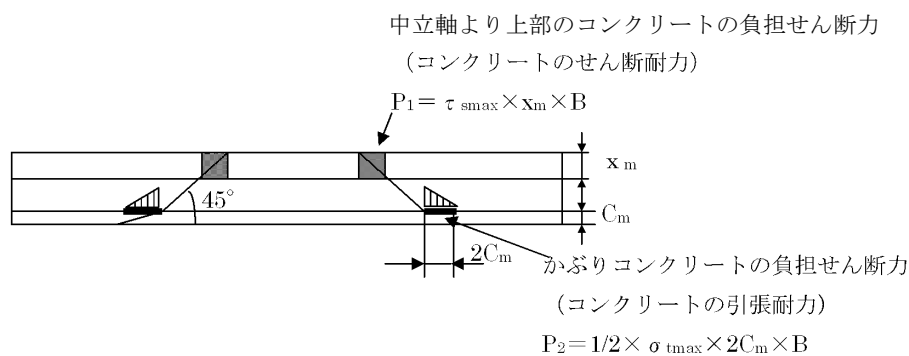
$X_m$  : 主鉄筋に直角な断面の引張コンクリートを無視した中立軸深さ (mm)

※コンクリートの弾性係数  $E_c = 20,600 + 900 (\sigma_c - 30)$  (N/mm<sup>2</sup>)

$\sigma_{tmax}$  : コンクリートの最大引張応力度 =  $0.269 \cdot \sigma_c^{2/3}$  (N/mm<sup>2</sup>)

$C_m$  : 引張側主鉄筋のかぶり深さ (mm)

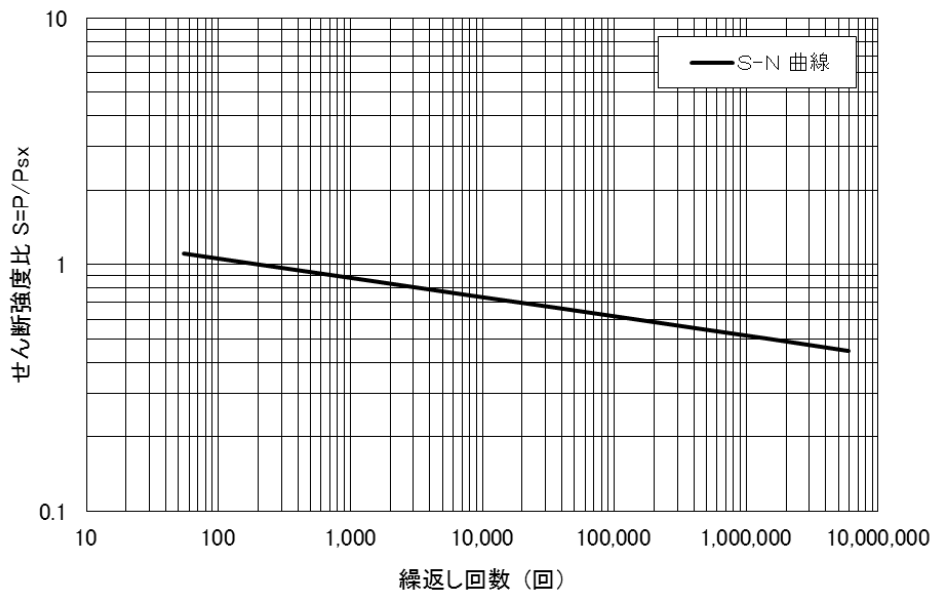
$\sigma_c$  : コンクリートの圧縮強度 (N/mm<sup>2</sup>)



幅  $B$  に梁状化した床版のせん断耐力

$$P_{sx} = 2 \times (P_1 + P_2) \\ = 2 \times B \times (\tau_{smax} \times X_m + \sigma_{tmax} \times C_m)$$

図-解2.2.8 梁状化した床版のせん断耐力



図一解2.2.9 RC床版のS-N 曲線

近年では寒地土木研究所において、北海道内の既設橋梁床版の実情を踏まえて、積雪寒冷地の特徴である凍害劣化との関係性について、以下の点に着目した実験・究明が行われている。

- ・床版上面の凍害によるコンクリート劣化が疲労破壊に及ぼす影響
- ・床版鉄筋に丸鋼鉄筋が用いられている場合の疲労破壊に及ぼす影響

床版が疲労破壊に至るまでの輪荷重走行回数 $N$ は、式(解2.2.2)および式(解2.2.3)に示すとおり、コンクリートの圧縮強度や弾性係数がパラメータとなり、それらの値から求められるせん断強度や中立軸深さによって $P_{sx}$ が導かれ $N$ の値が決定される。ここで、床版上面の凍害劣化の影響として、コンクリート強度等の定数の低下と、砂利化による床版有効厚の減少によるせん断強度の低下が考えられる。有効厚さに関しては、実験研究から、上面劣化深さを $y$  cmとした場合、床版全厚と上面かぶり厚からこの $y$  cmを無視して $P_{sx}$ を計算することで、破壊に至る輪荷重走行回数を求めることができる。

$P_{sx}$ の計算に用いるコンクリートの圧縮強度や弾性係数は、凍害劣化による低下の可能性を反映するため、できる限り現状の床版コンクリートの値を用いることとし、詳細調査でコア採取して室内試験より求めるのがよい。ただし、試験値が得られない場合には、現地にて比較的容易に実施可能な、反発度法等による非破壊で求められる強度推定値や、やむを得ず施工記録等より得られる設計基準強度を使用するがよい。

なお、既往の実験研究では異形棒鋼が使われていたが、北海道内の昭和40年代前半までに架設された橋梁床版では丸鋼も使用されている。異形棒鋼と丸鋼とではコンクリートとの付着強度が異なること等から、S-N曲線式の切片が式(解2.2.2)とは別な数値で示される可能性があるが、現時点では明確な結果が得られていないため、該当する橋梁については発注者や寒地土木研究所に相談するのがよい<sup>11)</sup>。

## (2) 交通量の推定方法

RC床版の現状の疲労破壊に対するせん断耐力を推定するには、供用を開始してからこれまでの大型車交通量の累計と、今後の年間当たりの大型車交通量を求める必要がある。交通量の推定手法については、例えば、過去の交通センサデータを活用する方法と、供試体実験におけるひび割れ密度と破壊に至るまでの走行回数の関係を実橋床版に当てはめて推定する方法がある。

1) 交通センサスからの推定

既往の交通センサスデータから、供用開始年次から評価する年次までの大型車交通量を推定する。交通センサスデータは数年間隔で調査されており、供用開始年次に近いデータから順に、調査間隔ごとにその期間の平均値を求め、これに間隔年数を乗じることで期間ごとの大型車交通量が推定できる。これより評価する時点の年次までの累計大型車交通量が求められる。

今後の交通量については、将来予測値を用いるか、最寄りの交通センサスデータの台数が継続すると仮定して年間当たりの大型車交通量を決定し、目標とする残存供用年数を乗ずることで求められる。

2) ひび割れ密度からの推定

活荷重疲労以外の劣化要因を無視した場合、床版下面のひび割れ密度は破壊時で $10\text{m/m}^2$ に至る<sup>10)</sup>とされており、その過程で密度が $5\text{m/m}^2$ に達するのは、疲労破壊回数の約1割程度であると報告されている。この関係より、現状の下面ひび割れ密度と、破壊走行回数に対する割合でおおよその累計交通量を推定することができる(図-解2.2.10)。ただし、ひび割れ密度は疲労によるものであり、その他の要因と考えられるひび割れをなるべく除外して考える必要がある。また、たわみ劣化度を用いる場合には、劣化度に10を乗じてひび割れ密度と推定してよい。将来交通量については a)と同様に考える。

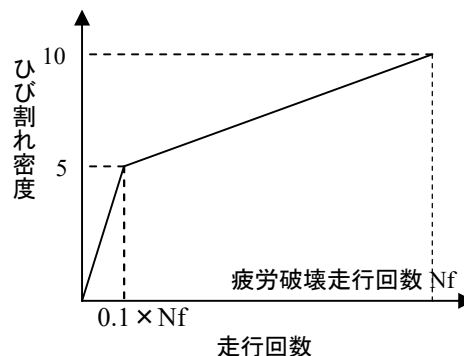


図-解 2.2.10 ひび割れ密度と交通量の関係

(3) 疲労破壊に対する照査方法

RC床版の疲労破壊に対する照査は、目標として設定した供用年数に対して架設時から供用年までの累計大型車交通量を求め、それより逆算した必要せん断強度が、現状を評価した床版のせん断強度より下回っている場合には、補強を行わずに目標年数までの供用が可能と判定できる。

目標供用年数に必要なせん断強度の逆算は以下の方法で行えばよい。すなわち、式(解2.2.2)の $N$ (輪荷重 $P$ にて破壊に至る繰返し走行回数)を式(解2.2.4)の大型車交通量に置換える。

$$N = N_n + N_w \times y \tag{解 2.2.4}$$

ここに、

$N_n$  : 供用開始から評価年までの累計大型車交通量 (台)

$N_w$  : 残存供用年数 $y$ 年の年間大型車交通量の推定値 (台/年)

(将来交通量の予測値、あるいは最新交通センサスデータを用いてよい)

$y$  : 評価年からの残存供用年数 (年)

式(解2.2.4)の $N$ を式(解2.2.2)に代入して求められる $P_{sx}$ を、目標供用年数に必要なせん断強度 $P_y$ とする。次に、式(解 2.2.3)より現状のRC床版のせん断強度 $P_{sx}$ を求める。このとき、 $P_y < P_{sx}$ が成り立つ場合には疲労破壊に対する安全性を満足しており、 $P_y > P_{sx}$ となる場合には疲労破壊に対する安全性を満足しないものと判断する。

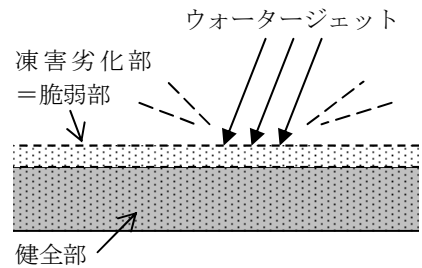
2) について

a) 雨水の浸入の影響

既往の研究より、RC床版の疲労破壊に対する耐久性は、ひび割れからの雨水の浸入によって著しく低下することが知られており、輪荷重走行試験を水張り条件で実施した場合には破壊に至る走行回数が、乾燥状態と比較して1/10 以下になる。よって、防水工のない場合は、損傷の程度によらず防水工を実施する判定とする。防水工があるにも関わらず、床版下面で漏水やエフロレッセンスの滲出が確認された場合は、範囲が小さな場合には部分的な防水工の復旧を行い、広範囲な場合には構造性能レベルを1ランク上げる等、早めの対策を実施する方向で評価・判定を行うのがよい。

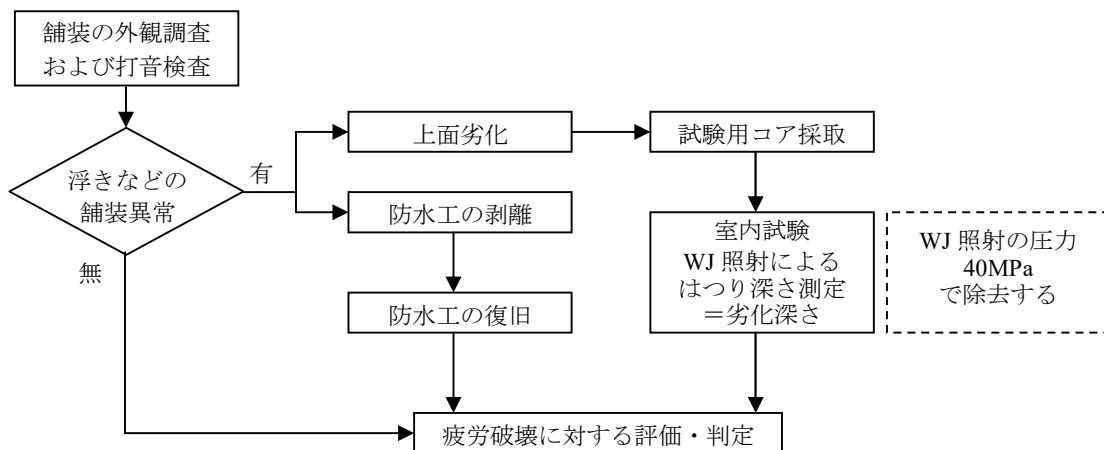
b) 凍結融解作用の影響

スケーリングや砂利化によるコンクリート断面の減少から、疲労耐久性が大きく低下するため、雪寒地域においてRC床版を維持管理する上では最も重要な劣化要因である。コンクリートの凍害劣化深さは現状では動弾性係数や超音波伝播速度の測定により、健全部と凍害劣化部の境界を探索する手法が寒地土木研究所等において研究されているが、劣化部の深さが床版の疲労耐久性にどの程度影響するののかは定量的に明らかとなっていない。よって、疲労破壊に影響するコンクリートの凍害劣化を物理的な指標で判断するのは難しいが、1つの方法として、図一解2.2.11に示すウォータージェット(WJ)はつりによる方法がある。これは、低い圧力で脆弱部を除去して健全部を露出する方法で、この際の圧力は健全部がはつられない程度でなければならない。床版は薄い部材であり、上面劣化部の除去を高い圧力で行うと貫通してしまうことが懸念される。現場におけるコンクリート強度は様々ではあるが、寒地土木研究所で行われた実験によると、概ね40MPa 以下であれば無用に健全部を損傷させることはない。



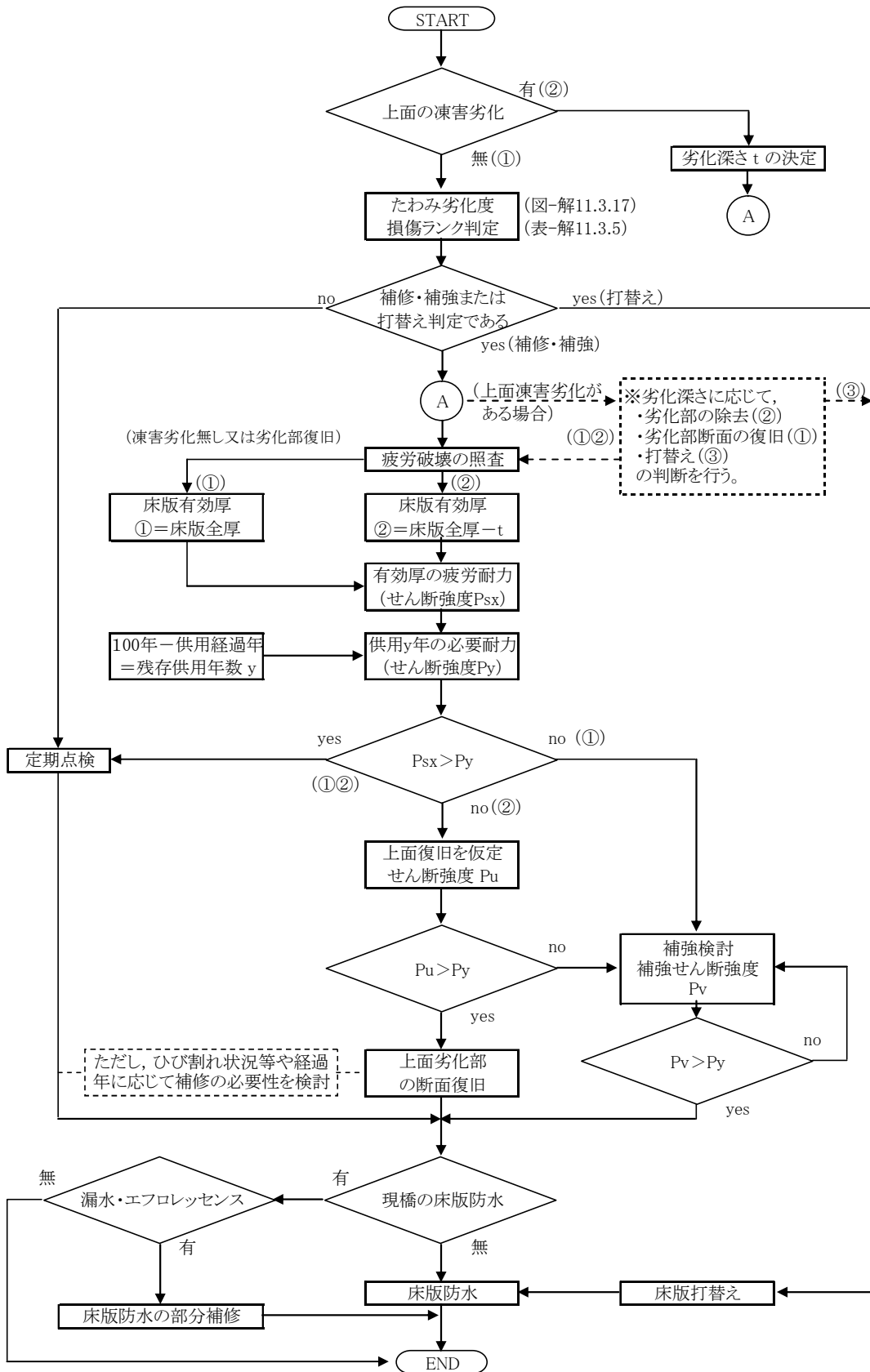
図一解2.2.11 凍害劣化部の除去

設計段階で疲労破壊に対する照査を行う際の劣化部深さは、床版上面の劣化部からコアを採取し、WJで室内試験を実施するのがよい。調査時に劣化部の確認を行い、走行部の劣化が著しい箇所や、滞水しているが走行荷重はなく凍結融解作用のみを受けている箇所等、代表位置を決めてコアを採取して試験を行うことで、全面を最も劣化した箇所に合わせて対策するのではなく、ある程度の範囲毎に劣化対策の深さを設定することができる。図一解2.2.12 に床版上面の凍害劣化に着目した調査から疲労照査までのフローを示す。上面劣化がある場合は劣化深さを室内試験より求めた上で疲労照査を行うこととした。図一解2.2.13 にこれまでに示した評価・判定の全体フローを示す。



図一解2.2.12 床版上面の調査から疲労照査までの概要





図一解2.2.13 RC床版の評価・判定フロー

4) について

各環境作用による外観上のグレードと劣化機構，性能低下の関係については，本指針 [劣化機構編] および [構造物編] の「2章，2.1.5 RC桁」を参照して評価および判定を行う。

評価および判定が必要な項目を表一解2.2.7に示す。安全性（第三者影響度限界）や使用性（外観阻害）については，現地状況から必要と判断される場合（桁下空間が，道路，鉄道や公園，駐車場等）に評価・判定を行うものとする。

表一解2.2.7 環境作用に対する評価・判定項目

評価・判定が必要な構造性能			本指針における評価指標
安全性	部材の破壊・崩壊	断面破壊	外観変状の程度
	機能上の安全性	第三者影響度限界(剥落)	外観変状の程度
使用性	快適性	走行性限界(変形・たわみ)	外観変状の程度
		外観阻害(有害なひび割れ)	外観変状の程度

## 2.3 下部工に関する診断

### 2.3.1 橋台

橋台の診断に際しては、要求性能、橋台の形式、構造的特徴、施工方法などを十分把握した上で実施する必要がある。

#### (1) 重点点検箇所

橋台の点検においては、橋台の構造的な特徴や過去の損傷事例などを踏まえ、橋台に要求される構造性能に影響を与える箇所の変状有無を重点的に点検するものとする。

橋台に対しては、次の4部材を重点点検箇所とする。

- 1) 胸壁
- 2) 沓座
- 3) 豎壁
- 4) 翼壁

#### 【解説】

一般に、橋台構造物の変状は①初期欠陥、②外力作用による変状、③環境作用による変状（材料劣化）に分類できる。これらの変状が橋台の構造性能に及ぼす影響は、外観変状の程度のみによるものではなく、変状した「部材や部位」とその範囲、変状の「パターン（種類）」、変状の「原因」などによっても異なることに留意しなければならない。

例えば、ひび割れが発生しているからと言って即座に「その変状が異常でかつ対策が必要」と判断することが正しいとは限らない。ひび割れの発生部位、幅、密度、方向、さらに進行性の有無も含めて調査を行い、それらが橋台の対象部材に対して構造性能上許容出来る範囲か否かを見極めるという目的意識を持って点検を実施することが重要である。つまり、橋台の点検を実施する者は、点検前に橋台の要求性能と構造的な特徴を把握する必要がある。

橋台の要求性能は、想定した作用に対して上部工を安全に支持することである。また橋台には道路盛土端部の土留めにもなっており、常に土圧の作用に対しても安定している必要がある。

橋台形式は、重力式橋台、逆T式橋台、控え壁式橋台、箱式橋台、ラーメン式橋台などであるが、外観点検が可能な露出している構成部材は、胸壁、豎壁（天端＝沓座）、翼壁である。豎壁の基部付近、底板、翼壁の一部などは土中に埋められているが、露出部に異常があるなど、土中部の目視調査が必要と判断される場合は、掘削および外観点検の実施を検討する必要がある。

橋台の各部材は、重力式橋台（無筋コンクリート構造）以外は、鉄筋コンクリート構造（以下、RC構造と呼ぶ）で、壁部材と版部材の組み合わせで構成されている。つまり橋台はRC構造の特徴であるひび割れの発生を許容する構造物であり、ひび割れが全て有害というわけではないことを念頭に点検することが重要である。

橋台の施工は、段階的に現場打ちコンクリートを下から上に向かって打ち継ぎながら構築するため、初期構築時に施工時の温度ひび割れ、豆板、コールドジョイント、砂すじ、表面気泡などの初期欠陥が生じやすい。橋台は上部工などに比べるとマッシュなコンクリートで鉄筋のかぶりが大きいためひび割れが発生しやすい反面、劣化因子の侵入に時間を要するため上部工に比べると環境作用による劣化は生じにくく、また発生した場合でも鋼材腐食の劣化進行は比較的緩やかである。さらに橋台は、土圧や地震時荷重によって形状や配筋が決定されるため、大地震に対しては何らかの被災を受けている例が多いが、通常荷重のレベルでは損傷を受けることはほとんどない。

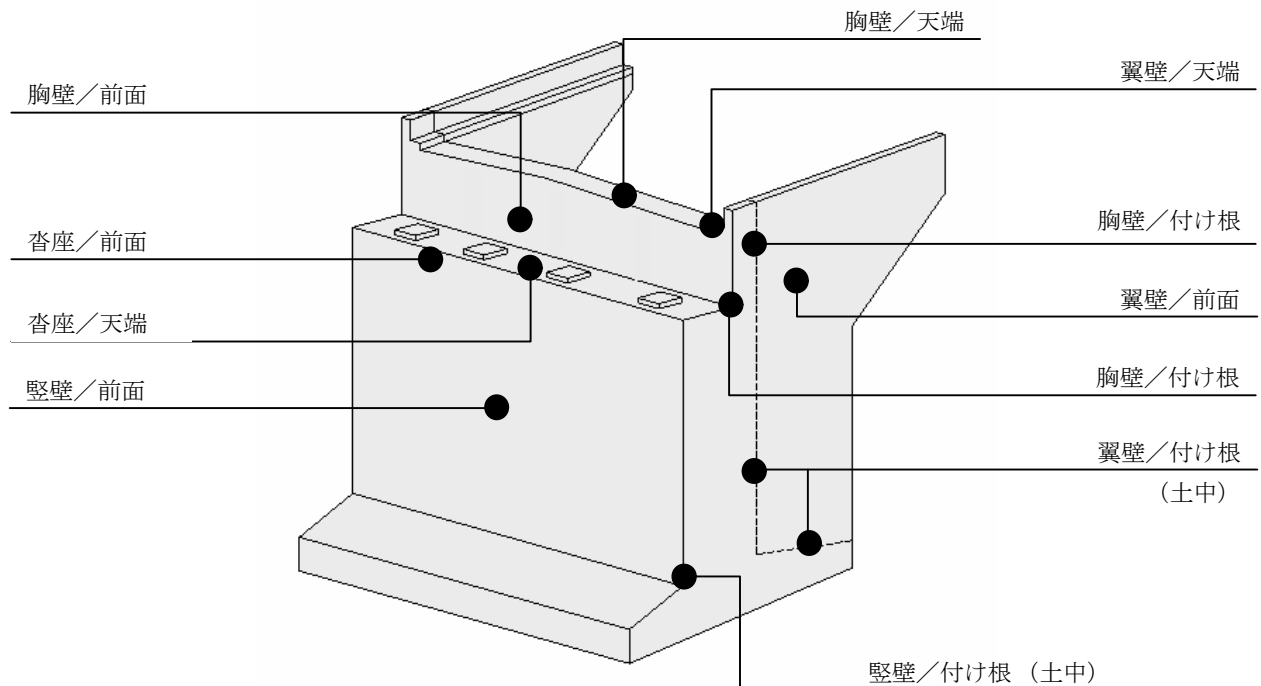
各部材の設計や性能に関しては、適宜土木学会コンクリート標準示方書【設計編】<sup>1)</sup>、【維持管理編】<sup>2)</sup>を参照すること。

(1) について

点検に際しては、橋台の構造上、施工上の特徴を十分に認識しておくことのほかに、橋台各部材の機能を理解し機能低下または機能不全となった場合の構造性能への影響を把握しておくことが重要である。表一解 2.3.1、図一解 2.3.1 に橋台の重点点検箇所に対する各部材の機能と点検上の留意点を示す。

表一解 2.3.1 橋台の機能に着目した重点点検箇所

重点点検箇所	天端	緑端	側面	前面	付け根
1) 胸壁	・伸縮装置支持		・翼壁支持	・落防荷重を支持 ・桁遊間確保	・胸壁支持 ・落防荷重を支持 ・土圧抵抗
2) 沓座 (縦壁天端)	・上部工荷重支持	・支承緑端距離と 桁かかり長確保	・沓座耐力確保 ・落防荷重を支持		
3) 縦壁			・上部工荷重支持 ・縦壁支持 ・胸壁、翼壁支持 ・落防荷重を支持		・土圧抵抗
4) 翼壁	・防護柵支持			・土圧抵抗	・土圧抵抗



図一解 2.3.1 橋台の機能に着目した重点点検箇所

1) 胸壁について

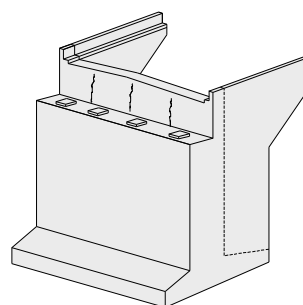
胸壁は、伸縮装置を支持しているため、胸壁本体に異常がある場合は伸縮装置に段差が発生するなどの異常が認められる場合がある。したがって点検の際は胸壁本体だけでなく、伸縮装置周辺も着目する。

胸壁は、既に打ち込み済みの堅壁コンクリートの上に打ち継いで構築するため、堅壁による外部拘束の影響で、初期欠陥として打ち継ぎ目に図一解 2.3.2 のような垂直な温度ひび割れが発生する場合がある。

橋台は地震作用の影響を強く受ける構造物であるため、特に大地震の被災経験がある橋台の場合は、地震による影響が発生しやすい箇所に着目する。

地震作用による胸壁への胸壁前面のほか、沓座や堅壁前面に設置されている場合もある）である。なお、地震作用による変状の緊急点検については耐震補強編に示すため、ここでは詳述を省略する。

胸壁は、材料劣化の原因となる漏水等の影響を受けやすい特徴がある。天端において伸縮装置を支持しているため、伸縮装置の排水機能損傷により胸壁表面に漏水が付着して劣化の原因となる。また、背面は道路盛土であるため、胸壁に貫通ひび割れが発生した場合、背面の道路盛土中から浸透水が前面に漏水することがある。このような貫通したひび割れからの漏水は、単なる漏水だけでなく、遊離石灰の析出することがあるため注意が必要である。また析出物には胸壁鉄筋の錆汁が混入する場合がある。



図一解 2.3.2 胸壁鉛直ひび割れ  
(初期欠陥)

2) 沓座について

沓座（堅壁天端）は、支承を介して上部工荷重が橋台に伝達される応力集中部位であり写一解 2.3.1 のようなせん断ひび割れや、水が滞水しやすい環境のため写一解 2.3.2 のような凍害など、支承周辺部に変状が発生しやすい箇所であり、最も着目すべき部材である。支承と沓座の間には沓座モルタルや鉄筋コンクリート台座があり、沓座コンクリートとともに変状が発生しやすい部材である。沓座のうち、支承端部から沓座緑端部までの幅は支承緑端距離と桁かかり長を確保するために必要な幅であり、変状により断面が欠損すると機能不足となる。支承緑端距離は、支承から橋台に確実に荷重を伝達するために必要な部材幅である。桁かかり長は、地震時支承が破損しても上部工桁を落橋させないために必要なフェールセーフ機能を果たすために必要な部材幅である。耐震補強により鉄筋コンクリート製や鋼製部材で沓座拡幅されている場合がある。

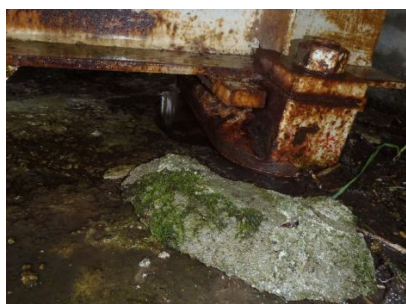


写一解 2.3.1 支承周辺の変状例  
(沓座せん断ひび割れ)

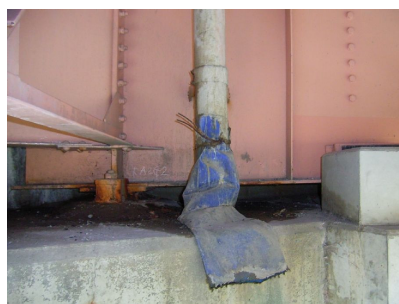


写一解 2.3.2 支承周辺の変状例  
(沓座の凍害)

沓座部は、写一解 2.3.3 のように水平面であるため滞水しやすい部材である。滞水源は伸縮装置からの漏水、排水装置の損傷（写一解 2.3.4）、胸壁のひび割れ部からの漏水、橋台側方からの雨水や排雪の融解水などである。これらの滞水は材料劣化の原因となるため、滞水状況は重要な点検項目であり、滞水がある場合は滞水源の遮断対策や滞水しない工夫を検討すべきである。特に路面排水や、排雪の融解水には塩害の原因となる凍結防止剤が混入している可能性があり、路面から排雪した雪が沓座周辺に堆雪しやすい地形の場合は、塩害による劣化の発生有無にも着目すべきである。



写一解 2.3.3 沓座の滞水と変状例  
(沓座モルタルの変状)



写一解 2.3.4 沓座の滞水例  
(排水管損傷, 排水不良)

### 3) 縦壁について

縦壁は、沓座に作用する上部工荷重を支持し、背面の道路盛土による土圧に対しても安定している部材で、非常に大きな耐力を有している。縦壁は背面からの土圧の影響により、地震時には振動しにくい部材である。

漏水などの影響や地震作用による影響は胸壁と同様である。

縦壁は、部材が厚く部材高も高い場合が多く、コンクリート打ち込みは複数リフトに分けて行うため、初期欠陥として打ち継ぎ面に垂直な温度ひび割れが発生する場合や、乾燥収縮や打ち継ぎ面の処理不良およびコールドジョイントなどによる水平ひび割れ（写一解 2.3.5）となる場合がある。



写一解 2.3.5 縦壁の水平ひび割れ例（橋脚）

### 4) 翼壁について

翼壁は、盛土を支持しているため、変状により機能低下した場合は、道路盛土が不安定となる。そのため点検においては、部材の局所的な変状だけではなく、土圧作用方向への傾斜、付け根（胸壁や縦壁との接合部）の異常に注意する必要がある。

翼壁天端には地覆と防護柵が設置されるため、翼壁天端の変状による防護柵支持機能が低下した場合は、道路構造の安全性が低下するため重要な点検箇所である。

防護柵および地覆の診断については、「2.4 橋面工に関する診断」を参照されたい。

(2) 想定される変状原因

橋台で想定される変状と変状原因を以下に示す。

1) 初期欠陥

ひび割れ：材料不良，セメント水和熱，収縮，施工（配慮不足）など

豆板，コールドジョイント，砂すじ，表面気泡：施工不良（養生不足，締固め不足など）

2) 力学作用

外力の増加：支承条件変化（支承機能不全），水圧土圧増加，大型車交通増加，衝突など

耐荷力低下：施工不良，構造不良，部材の劣化など

3) 環境作用

凍害，中性化，塩害，アルカリシリカ反応

【解 説】

1) について

施工時あるいは竣工後まもなく発生したひび割れ，豆板，コールドジョイント，砂すじ，表面気泡などが初期欠陥であり，すべての部材，部位で発生する可能性がある。

a) 初期欠陥について

ひび割れについては，材料（不適切な骨材など），セメント水和熱，収縮，施工などが発生原因であり，それぞれの変状の特徴が異なる。つまり，ひび割れの規則性，形態，発生箇所などの特徴から発生原因や発生時期を推定できる場合がある。

材料については，低品質な骨材を使用した場合やアルカリシリカ反応（写一解 2.3.6）の原因となる反応性骨材が使用された場合に，比較的若材齢時に不規則な網状ひび割れが発生する場合がある。

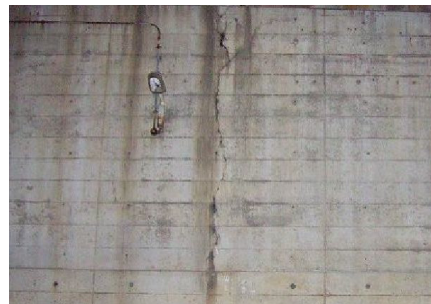
セメント水和熱については，コンクリート打ち込み時に発生するセメント水和熱に伴いコンクリートの温度が上昇後に降下することによって，コンクリートが膨張後に収縮し，この変形が内的あるいは外的に拘束されると，写一解 2.3.7 のようにコンクリートに引張応力が作用しひび割れが発生する。部材内の温度差に起因する内部拘束によるひび割れは，水平や斜め方向に発生することが多い。平成 8 年道路橋示方書以降鉄筋量の増大に伴いかぶりが大きくなったため，コンクリート表面の内部拘束による水平方向ひび割れの発生が増えている。

先行して施工された部材の拘束による外部拘束ひび割れは，橋台の場合は底版に拘束される堅壁や，堅壁に拘束される胸壁において発生し，鉛直方向，等間隔，下位ほどひび割れ幅が広い，前面から背面まで貫通する，など規則的なひび割れとなる場合が多い。

収縮については，コンクリートが自己収縮や乾燥収縮により変形し，この変形が拘束された場合にコンクリートに引張応力が作用してひび割れが発生するものである。



写一解 2.3.6 アルカリシリカ反応（堅壁）



写一解 2.3.7 壁の鉛直ひび割れ

施工については、コンクリート打ち込み時の締固め不良、急激な打ち込み、型枠の変形、打ち込み後の急激な乾燥（養生不良）などの不適切な施工によってひび割れが発生するものである。一般に施工不良による変状で対策が必要な場合は竣工前に対策が講じられており、供用時には構造性能に影響を及ぼすひび割れは残留していない場合が多い。しかしながら供用後に施工原因によるひび割れが確認された場合は、構造性能への影響を評価・判定し、適切に対策を施す必要がある。

b) 豆板

豆板は、コンクリートの打ち込み不良事例の一つで、締め固め不足やセメントと砂利の分離、また型枠下端からのセメントペーストの漏れにより空隙ができ粗骨材が露出した状態である。ジャンカとも呼ぶ。豆板の生じた部分のコンクリートは、強度がほとんど期待できないだけでなく、密実性が小さく水や空気が浸入しやすくなり、中性化や塩害に対する抵抗性が低下する。（写一解 2.3.8）

c) コールドジョイント

コールドジョイントは、コンクリート部材を 2 層以上に分けて打込む場合に、打ち重ねる際の適正な時間の間隔を過ぎて後打ちコンクリートを打ち込むことにより、コンクリートが一体化せずに打ち重ねた部分が不連続面となること。コールドジョイントは構造的な弱点となり、打ち継ぎ目にひび割れや骨材露出が生じやすいため、中性化や塩害の進行が内部にまで早期に達する原因となる。なお、設計や施工計画により設けられる打継ぎ目とは異なる。

d) 砂すじ

コンクリート中のセメントペースト分が分離し、構造物表面に細骨材が縞状に露出している部分のことである。型枠の継ぎ目からセメントペーストが漏れ出した場合に生じるほか、型枠に沿ってコンクリートのブリーディング水が上に流れ出す場合に生じる。

構造上大きな影響を及ぼすものではない。（写一解 2.3.9）

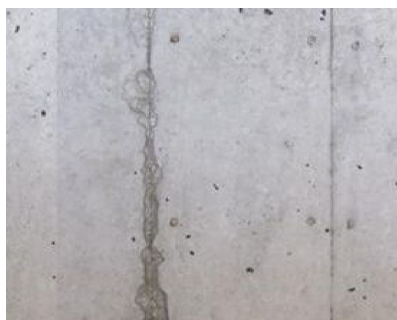
e) 表面気泡

型枠に接するコンクリート表面にコンクリート打ち込み時に巻き込んだ空気あるいはエントラップドエアがなくならずに残って表面に露出し硬化した部分のことである。あばたとも呼ぶ。

構造上大きな影響を及ぼすものではない。（写一解 2.3.10）



写一解 2.3.8 豆板の例



写一解 2.3.9 砂すじの例

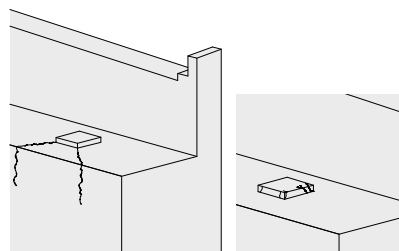


写一解 2.3.10 表面気泡の例

2) について

a) 支承条件が変化した場合の外力の増加

支承の劣化、腐食、破断等により支承が機能不全となり支承条件が変化し、桁の温度変化時の伸縮変位、活加重載荷時の回転変位などを拘束し、沓座コンクリートや沓座モルタル、台座コンクリートに変状が生じる。（図-解 2.3.3、写-解 2.3.11～2.3.14）



図一解 2.3.3 沓座部の変状



この場合、支承条件が変化した原因も把握する必要がある。原因は、伸縮装置からの漏水や排水装置の損傷などの水仕舞い不良、設計荷重以上の荷重作用、基礎変状に起因する橋台全体の移動による支承の可動方向の変化、などが考えられる。



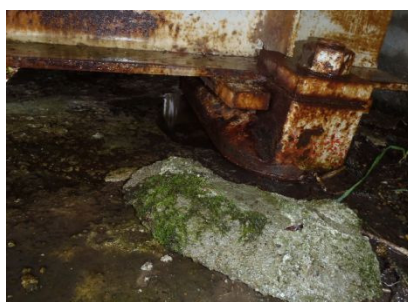
写一解 2.3.11 支承アンカーからのひび割れ



写一解 2.3.12 支承機能不全  
沓座モルタル変状



写一解 2.3.13 沓座モルタル変状



写一解 2.3.14 沓座滞水  
沓座モルタル変状

b) 土圧水圧の増加

設計時に想定していない土圧や水圧が作用した場合、基礎への外力超過による前方への側方移動や回転傾斜、堅壁および胸壁の曲げ変形による回転傾斜、翼壁の曲げ変形による側方傾斜が発生する。想定以上の土圧水圧が作用する原因は、現地発生土など想定外の裏込め土の使用、橋台背面舗装の度重なるオーバーレイ施工、異常気象により背面地下水位の急激な上昇などが考えられる。ただし、昭和55年道路橋示方書以前の基準で設計された橋台においては、側方移動の影響を考慮されていないため、特に軟弱地盤に建設された橋台は建設直後に側方移動が発生し、水平変位や回転変位が残量したまま安定している橋台もあるため注意が必要である。このような場合、構造上大きな影響を及ぼすものではないが、遊間量不足や、支承可動量の減少、支承可動方向の変化などが危惧されるため注意すること。

c) 大型車交通増加による外力増加

大型車の過積載や交通量の増加に伴い、設計時想定以上の交通荷重が作用することにより、支承作用力および沓座部断面力が増加し、支承や沓座が変状に至る場合がある。

d) 衝突

コンクリートの損傷箇所周囲に、衝突や接触跡が確認できる場合は、交通車両や流木などの接触、施工時の重機などの接触が原因と考えられる。

e) 耐荷力低下

目視可能な外観変状が発生していないのにも関わらず、想定内の外力に対して変形が進行する場合がある。このような場合は、断面不足、強度不足、配筋不足などの構造不良の可能性がある。変状原因が構造不良の場合、安全性が確保されていることを確認できるまでの期間は、通行制限や通行止めなどの行政判断を伴う対策が必要となる。

3) について

詳細は本指針 [劣化機構編], 土木学会コンクリート標準示方書【維持管理編】<sup>2)</sup> を参照すること.

a) 凍害

雨水, 橋面排水からの飛散水, 伸縮装置からの漏水などがコンクリート中に浸透して, 冬期に凍結融解を繰り返すことによりコンクリート表面にスケーリング, 微細ひび割れおよびポップアウトなどの変状が発生する (写一解 2.3.15, 2.3.16). 凍結融解の影響が大きな南面や西面の部位において凍害の影響が大きい.



写一解 2.3.15 凍害(1)  
(スケーリング)



写一解 2.3.16 凍害(2)  
(骨材露出, 剥落)

b) 中性化

健全なコンクリートは強アルカリ性で, pH は 12~13 程度だが, コンクリート表面から大気中に含まれる二酸化炭素 (CO<sub>2</sub>) が浸入し pH が低下して中性化がする. 中性化が進行し鉄筋位置での pH が 11 以下になると不動態被膜が消失し鉄筋の腐食が発生し, 錆発生による体積膨張がコンクリートにひび割れや剥離を引き起こす変状である (写一解 2.3.17). 鋼材の断面減少を伴うため, 構造物の性能が低下する. 中性化は, あらゆる部材部位で発生する可能性がある. 原因が塩害ではない場合で鉄筋腐食に起因するひび割れが発生している場合は, 中性化の可能性が高い.

c) 塩害

建設時に使用した海砂, 建設後に付着する海水飛沫および凍結防止剤に含まれる塩分によって, コンクリート中の鋼材の腐食が促進され, 錆の発生による体積膨張がコンクリートにひび割れや剥離を引き起こす変状である (写一解 2.3.18). 鋼材の断面減少を伴うことにより, 構造物の性能が低下し構造物が所定の機能を果たすことができなくなる.

d) アルカリシリカ反応

雨水, 橋面排水からの飛散水, 伸縮装置からの漏水などと骨材中のアルカリ反応性珪物の成分とコンクリート中のアルカリが反応して生成物が生じ, これが吸水膨張してコンクリートにひび割れなどが生じる現象である (写一解 2.3.19).



写一解 2.3.17 中性化  
(鉄筋露出)



写一解 2.3.18 塩害  
(鉄筋露出)



写一解 2.3.19 アルカリシリカ反応  
(不規則ひび割れ)

(3) 調査箇所および調査項目

調査目的は、変状原因特定、変状範囲確認、健全度評価、構造性能判定、対策要否判定、対策工設計などである。なお、外観目視による診断の結果、構造物に要求される性能に対して問題ないと判断された場合は、詳細調査を実施する必要はない。

1) 各変状調査（外観、コンクリート強度、鋼材の位置および腐食など）

2) 環境作用による劣化調査

環境作用による劣化に対応する調査方法については、本編1章の表一解1.2.1を参考にすること。

【解説】

1) について

表一解 2.3.2 橋台の変状に関する詳細調査項目

調査項目	調査方法などの概要
外観の変状	ひび割れ、浮き、剥離、遊離石灰、錆汁、豆板、空洞などの外観変状の発生状況を目視観察およびテストハンマーによるたたき試験などにて確認し把握する。さらには水の漏水・滞水状況を把握する。
コンクリートの強度	リバウンドハンマー（シュミットハンマー）によりコンクリート表面を打撃し、その反発硬度を測定することによりコンクリートの圧縮強度を推定する。構造照査を実施する場合は、採取コアによる圧縮強度試験を実施することが多い。
鋼材の位置	電磁波レーダー法や電磁誘導法などにより鋼材の配置状況やかぶり厚などを確認する。また当該調査は、コア採取を実施する際の採取位置（鉄筋間）の確認のためにも実施する。
鋼材の腐食	表面に錆汁が見られるなど、内部鋼材に腐食の可能性がある場合には、削孔目視調査などによって、鋼材の腐食状況を確認するのが望ましい。

a) ひび割れ調査

目視観察およびルーペ、クラックスケール、スケール等を使用し、ひび割れの発生パターン、幅、延長、部材貫通有無を観察し測定する。

b) 浮き・剥落・鉄筋露出

テストハンマーによるたたき試験にて、浮き部分と健全部分の境界を確認する。

スケール等を使用し、浮き・剥離・鉄筋露出の形状、面積、深さ、鉄筋錆範囲等をスケールで測定する。

c) 漏水・遊離石灰・錆汁

目視観察およびスケール等を使用し、表面に生じた漏水、遊離石灰、錆汁の発生パターン、形状、面積を観察し測定する。

d) 豆板・空洞

テストハンマーによるたたき試験にて、豆板・空洞部と健全部分の境界を確認する。スケール等を使用し、豆板、空洞の形状、面積、深さを測定する。

2) について

「2章 2.1.1 PC箱桁」表一解 2.1.5～2.1.8を参考にすること。

#### (4) 評価および判定方法

変状の評価および判定は、診断を実施する時点における変状のパターン、変状の内容、想定される変状原因、外観変状の程度を整理し、「2.5 構造性能の評価および判定」に示す構造物、部材、部位毎に整理した構造性能評価判定表を用いて実施すること。変状が環境作用に起因する材料劣化の場合の将来予測は、本指針 [劣化機構編] および土木学会コンクリート標準示方書【維持管理編】<sup>2)</sup>に準ずること。

橋台で想定される変状原因毎の評価および判定方法を以下に示す。

##### 1) 初期欠陥

ひび割れ幅の程度毎に各種構造性能を評価し、総合的な構造性能レベルを判定する。

##### 2) 力学作用

活荷重の増加や支承条件の変化に起因した力学作用の増加による沓座部の変状に対して、ひび割れ幅の程度、沓座モルタルの損傷程度、台座コンクリートの損傷程度などを指標として各種構造性能を評価し、総合的な構造性能レベルを判定する。

力学作用には、水圧または土圧の増加による外力増加があるが、これらは基礎の変状原因であるため除外した。また、施工不良・構造不良・環境作用に起因した劣化などによる耐荷力の低下は、それぞれ 1) 初期欠陥および 3) 環境作用に示す。

##### 3) 環境作用

凍害、中性化、塩害、アルカリシリカ反応などの環境作用による変状に対しては、各劣化機構の劣化グレード毎に各種構造性能を評価し、総合的な構造性能レベルを判定する。

### 【解 説】

#### 1) について

ひび割れは、部材および部位毎に、発生パターン、幅、延長、部材貫通有無などの調査結果を踏まえて、構造性能を評価・判定する必要があるが、本書では、代表的な発生パターン毎に 4 段階のひび割れ幅を設定して構造性能の評価と構想性能レベルの判定を行うこととした。4 段階のひび割れ幅の程度については「2.5 構造性能の評価および判定」を参照のこと。

豆板、砂すじおよび表面気泡は一般に軽微な変状で、構造上大きな影響を及ぼすものではないため、本書においては構造性能に対する評価を省略する。変状が著しい場合もあるが、一般には竣工前の段階で補修する。もし著しい変状が無補修の場合や、補修部が再変状しているような場合は、点検結果として整理し記録を残すと同時に、構造性能への影響確認をコンクリート専門技術者が実施する必要がある。

コールドジョイントの場合は、部材が一体化されていない可能性があるため、外観調査による評価は困難である。詳細調査により変状範囲や一体性などを確認した上で評価する必要がある。構造性能評価判定表の対象外とする。

##### a) 安全性の評価について

安全性については、限界状態「断面破壊」について評価する。ただし、一般の初期欠陥に比べて変状程度が著しく、かぶりコンクリートの一部が剥離して第三者に影響を及ぼす可能性が懸念される現地状況の場合は、限界状態が「第三者影響度限界（剥落）」についても評価する必要がある。

##### b) 使用性の評価について

使用性については、限界状態が「外観阻害（有害ひび割れ）」について評価する。

2) について

活荷重の増加や支承条件の変化に起因する外力の増加により構造物が変状した場合の評価・判定の方法について示す。施工不良に起因する耐荷力低下による変状は前項の初期欠陥に該当し、部材の劣化に起因する耐荷力低下により構造物が変状した場合は、次項の環境作用による劣化が該当するため各々参照のこと。初期欠陥および環境作用が原因ではなく沓座部に変状が発生している場合は、構造不良により沓座部の耐荷力が低下もしくは不足している可能性がある。この場合、構造諸元を確認の上で構造解析によって沓座の耐荷力照査等を実施する必要がある。

支承の機能不全に起因する支承条件の変化により外力が増加し構造物の性能が低下している場合は、要求性能を満足しない可能性が高く、早急な対策が必要となる場合があるため注意を要する。

支承の機能不全による変状パターンと劣化の状態および構造性能への影響の例を表一解 2.3.3 に示した。表一解 2.3.3 に示した変状パターンの根本的な原因は、橋台の側方移動や沈下、伸縮装置からの漏水による支承の腐食などが想定される。このような場合には、橋台の安定対策（地盤改良、軽量盛土等）や、支承や伸縮装置の補修または交換などと併せて対策を検討する必要がある。

表一解 2.3.3 支承の機能不全に起因する構造物の変状と性能への影響の例

変状パターン	劣化の状態	構造性能への影響
支承アンカーからのひび割れ	支承の移動機能および回転機能が低下した結果、沓座アンカー部付近から堅壁前面に向かって斜め方向にひび割れが発生する。ひび割れに段差が生じている場合は、せん断抵抗を消失している可能性がある。	せん断ひび割れであり、ひび割れの大小にかかわらず、安全性が大きく低下している可能性が高い。
沓座モルタルの変状（無筋コンクリート台座も含む）	支承からの荷重、衝撃、振動などの作用により、沓座部のモルタルのひび割れ、支承周辺部の損傷、支承下部の損傷が発生する。	断面欠損が発生している場合は、安全性に影響する。無筋構造のため、変状の進行が早い。 沓座モルタルは高さ調整のみならず、沓座箱抜き部充填や支承保護なども兼ねていることを念頭に性能への影響を確認すること。
台座の変状（鉄筋コンクリート）	支承からの荷重、衝撃、振動などの作用により、沓座部の台座にひび割れ、周辺部損傷、支承下の損傷が発生する。	断面欠損が発生している場合は、安全性に影響する。

a) 安全性の評価について

安全性については、限界状態が「断面破壊」について評価する。ただし、沓座付近のコンクリートが剥離剥落した場合に、第三者に影響を及ぼす可能性があるような現地状況の場合は、別途「第三者影響度限界（剥落）」についても評価する必要がある。

b) 使用性の評価について

使用性については、限界状態が「外観阻害（有害ひび割れ）」について評価する必要がある。

3) について

各劣化機構の外観上のグレードと劣化状態、性能低下の関係、標準的な対策などについては、本指針 [劣化機構編] および「2.1.1 PC 箱桁 (4) 評価および判定方法」を参照のこと。

環境作用による劣化が発生した場合、発生部位によっては構造性能のうち安全性に影響を及ぼす場合がある。橋台においては、安全性上の重要部位は、胸壁基部、沓座（支承近傍）、堅壁前面、翼壁付け根などである。これらの部位以外で環境作用による劣化が発生した場合は、使用性の限界状態のうち「外

観」を評価対象とする。ただし、安全性「断面破壊」への影響有無の判定が難しい場合は、別途コンクリート専門技術者により安全性への影響を検討すること。

a) 安全性の評価について

安全性については、限界状態が「断面破壊」について評価する。ただし、劣化したコンクリートが剥離剥落した場合に、第三者に影響を及ぼす可能性があるような現地状況の場合は、限界状態が「第三者影響度限界（剥落）」についても評価する。

b) 使用性の評価について

使用性については、限界状態が「外観阻害（有害ひび割れ）」について評価する。

## 2.3.2 橋脚

橋脚の診断に際しては、要求性能、橋台の形式、構造的特徴、施工方法などを十分把握した上で実施する必要がある。

### (1) 重点点検箇所

橋脚の点検においては、橋脚の構造的な特徴や過去の損傷事例などを踏まえ、橋脚に要求される構造性能に影響を与える箇所の変状有無を重点的に点検するものとする。

橋脚に対しては、次の3箇所（部材）を重点点検箇所とする。

- 1) 上梁
- 2) 沓座
- 3) 柱または壁

### 【解説】

一般に、RC橋脚構造物の変状は①初期欠陥、②外力作用による変状、③環境作用による変状（材料劣化）に分類できる。これらの変状が橋脚の構造性能に及ぼす影響は、外観変状の程度のみによるものではなく、変状した「部材や部位」とその範囲、変状の「パターン（種類）」、変状の「原因」などによっても異なることに留意しなければならない。

例えば、ひび割れが発生しているからと言って即座に「その変状が異常でかつ対策が必要」と判断することが正しいとは限らない。ひび割れの発生部位、幅、密度、方向、さらに進行性の有無も含めて調査を行い、それらが橋脚の対象部材に対して構造性能上許容出来る範囲か否かを見極めるという目的意識を持って点検を実施することが重要である。つまり、橋脚の点検を実施する者は、点検前に橋脚の要求性能と構造的な特徴を把握する必要がある。

橋脚の要求性能は、想定した作用に対して上部工を安全に支持することである。また橋脚には上部工桁の端部の掛け違い橋脚と桁中間部の橋脚がある。掛け違い橋脚上は支承ラインが2本あり、伸縮装置が設置されているため、伸縮装置からの漏水により支承や沓座が変状する可能性がある。

橋脚形式は、柱式橋脚、壁式橋脚があり、さらに上梁が付くものと付かないものがある。また橋脚は底版と柱または壁の基部付近のみが土中のため点検が必要な場合は掘削が必要となるが、底版以外はほぼ露出しており全体的な外観点検が可能である。ただし河川内橋脚は水上部のみ外観点検が可能である。

橋脚の各部材は、RC構造で、梁、柱および版部材の組み合わせで構成されている。そのため橋脚はもともとひび割れの発生を許容する構造物であり、ひび割れは全て有害というわけではないことを念頭に点検することが重要である。有害なひび割れ幅の目安については、「2.5 構造性能の評価および判定」の解説を参照されたい。

橋脚の施工は、段階的に現場打ちコンクリートを下から上に向かって打ち継ぎながら構築するため、初期構築時に施工時の温度ひび割れ、豆板、コールドジョイント、砂すじ、表面気泡などの初期欠陥が生じやすい。橋脚は上部工などに比べるとマッシュなコンクリートで、かつ鉄筋のかぶりも大きいいためひび割れが発生しやすい。その反面、劣化因子の浸入に時間を要するためかぶりが小さい上部工に比べると環境作用による劣化は生じにくく、また発生した場合でも鋼材腐食の劣化進行は比較的緩やかである。さらに橋脚は、地震時荷重によって形状や配筋が決定されるため、大地震に対しては何らかの被災を受けている例が多いが、通常荷重のレベルでは損傷を受けることはほとんどない。

河川内に橋脚を設置する場合、橋脚は洗掘の影響を受ける可能性があり、洗掘範囲が底版下面より下位になると基礎が不安定となり、橋脚の傾斜が懸念される。その場合に支承の可動方向が変化し支承が機能不全となり、橋脚に作用する外力が増加し変状が発生する可能性があるため注意する必要がある。

また、陸上橋脚の場合でも、特に地盤が軟弱な場合などは、地震被災の影響、偏荷重、基礎の不安定化などにより橋脚が傾斜することがあるため、点検時に確認すべきである。

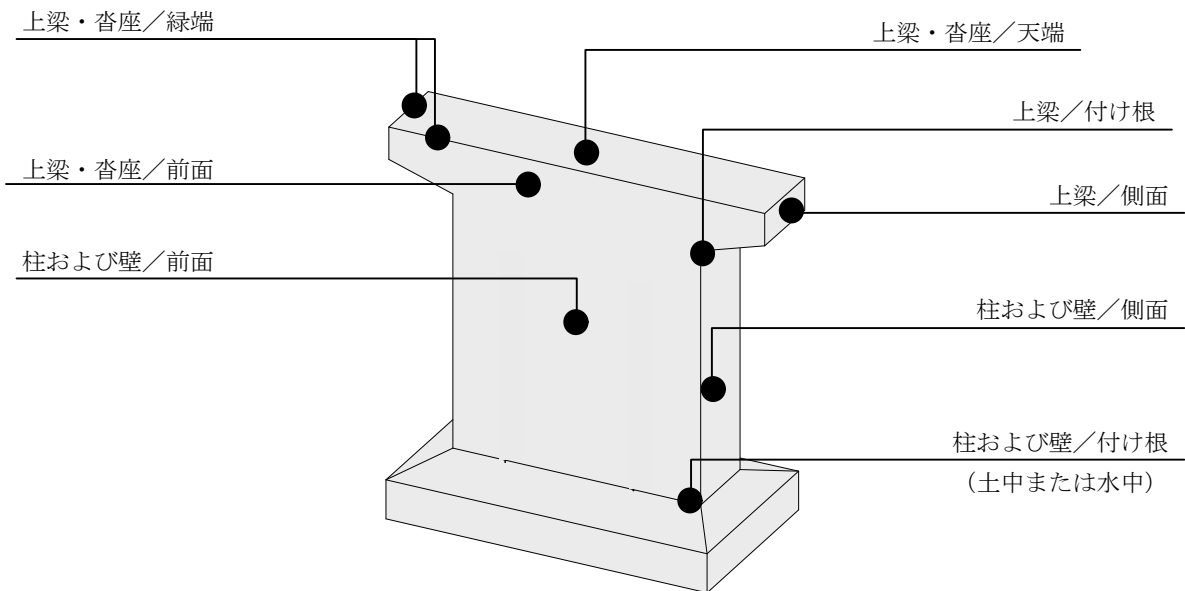
各部材の設計や性能に関しては、適宜土木学会コンクリート標準示方書【設計編】<sup>1)</sup>、【維持管理編】<sup>2)</sup>を参照すること。

(1) について

点検に際しては、橋脚の構造上、施工上の特徴を十分に認識しておくことのほかに、橋台各部材の機能を理解し機能低下または機能不全となった場合の構造性能への影響を把握しておくことが重要である。表一解 2.3.4、図一解 2.3.4 に橋脚の重点点検箇所に対する各部材の機能と点検上の留意点を示す。

表一解 2.3.4 橋脚の機能に着目した重点点検箇所

重点点検箇所	天端	縁端	側面	前背面	付け根
1) 上梁	・上部工荷重支持	・支承縁端距離と桁かかり長確保			・上部工荷重を柱および壁に伝達
2) 沓座 (上梁または 堅壁天端)			・沓座耐力確保	・沓座耐力確保	
3) 柱および壁			・上部工荷重支持 ・下部工荷重支持 ・地震時変形性能の確保		



図一解 2.3.4 橋脚の機能に着目した重点点検箇所



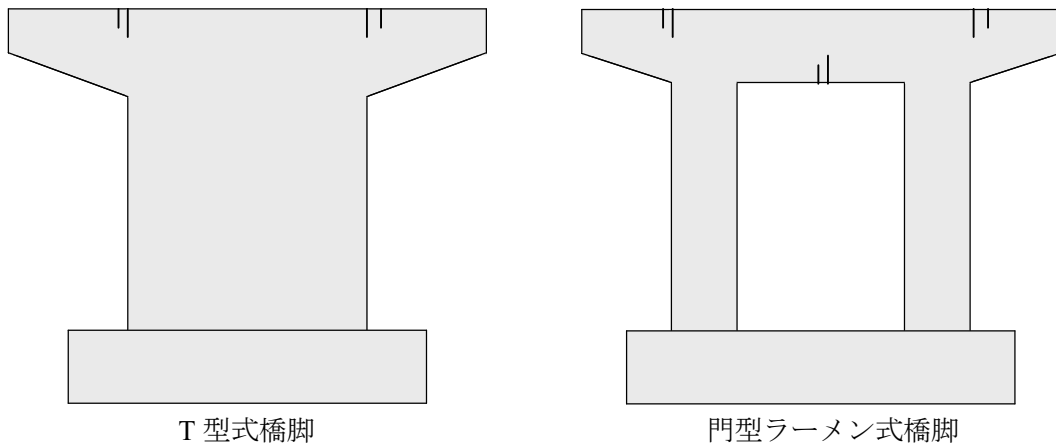
1) 上梁について

上梁は、支承を介して上部工荷重が橋脚に伝達される部材である。柱が一本の場合はT型式となり、柱が二本以上の場合には門型ラーメン式となる。なお、門型で梁の支間長が長い場合などに、上梁と柱が支承を介して接合している場合がある。

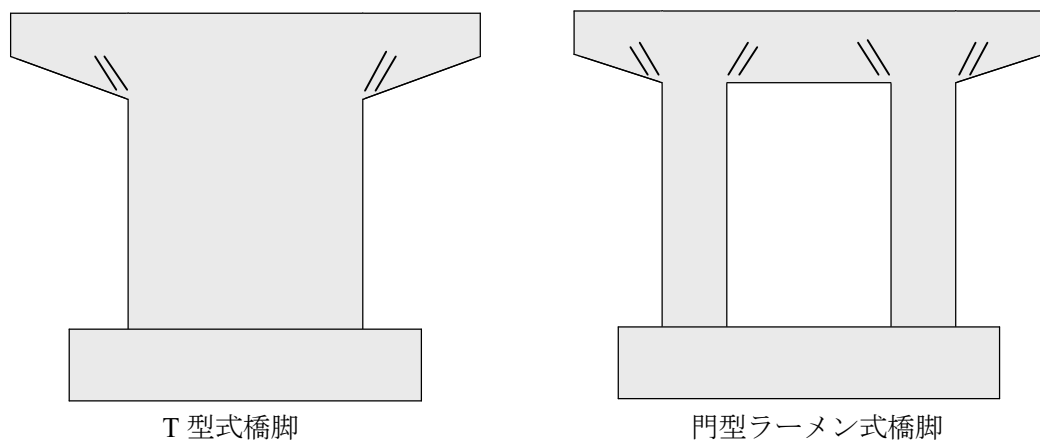
上梁の施工時には、柱および壁の拘束を受けるため、温度ひび割れが発生する可能性があり、また張り出し部は、支保工の沈下などの施工不良の影響を直接受ける部材である。

上梁は、上部工荷重などによって、常時曲げモーメントおよびせん断力が作用している。図一解 2.3.5 のようにT型式の場合は、上梁付け根の負の曲げモーメントが最大となり、上梁上面に引張力が作用するためひび割れが発生する可能性がある。門型ラーメン式の場合、上梁付け根の負の曲げモーメント、上梁中間部で正の曲げモーメントが作用し、上梁付け根は梁上面で、上梁中間部は梁下面で引張力が作用するためひび割れが発生する可能性があり着目すること。また図一解 2.3.6 のようにいずれの上梁においてもせん断力が作用しており、梁側面に斜め方向のせん断ひび割れが発生する可能性がある。

橋脚が掛け違い橋脚の場合、上梁は伸縮装置や近傍の排水管などからの漏水の影響を受けやすく、上梁上の支承の腐食や劣化、また上梁コンクリートの各種材料劣化が発生する可能性がある。



図一解 2.3.5 上梁の鉛直ひび割れ（曲げひび割れ）



図一解 2.3.6 上梁の斜めひび割れ（せん断ひび割れ）

2) 沓座について

沓座（堅壁天端）は、支承を介して上部工荷重が橋台に伝達され応力が集中する部位であり写一解 2.3.20 のようなせん断ひび割れや、また滞水しやすい環境のため写一解 2.3.21 のような凍害など、支承周辺部に変状が発生しやすい箇所であり、最も着目すべき部材である。支承と沓座の間には沓座モルタルや鉄筋コンクリート台座があり、沓座とともに変状が発生しやすい部材である。

沓座のうち、支承端部から沓座縁端部までの幅は支承縁端距離と桁かかり長を確保するために必要な幅であり、変状により断面が欠損すると機能低下となるため注意が必要である。支承縁端距離は、支承から橋脚に確実に荷重を伝達するために必要な部材幅である。桁かかり長は、地震時支承が破損しても上部工桁を落橋させないために必要なフェールセーフ機能を果たすために必要な部材幅である。耐震補強により鉄筋コンクリート製や鋼製部材で沓座拡幅されている場合がある。



写一解 2.3.20 支承周辺の変状例  
(沓座せん断ひび割れ)

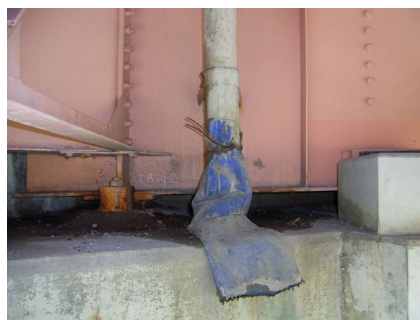


写一解 2.3.21 支承周辺の変状例  
(沓座の凍害)

沓座部は、写一解 2.3.22 のように水平面であるため滞水しやすい部材である。滞水源は排水装置の損傷（写一解 2.3.23）、伸縮装置からの漏水、胸壁のひび割れ、橋脚側方から浸入する雨水や排雪の融解水などである。これらの滞水は材料劣化の原因となるため、滞水状況は重要な点検項目であり、滞水がある場合は滞水源の遮断対策や滞水しない工夫を検討すべきである。特に路面排水や排雪の融解水には塩害の原因となる凍結防止剤が混入している可能性があり、路面から排雪した雪が沓座周辺に堆雪しやすい地形の場合は、塩害による劣化が発生していないか注意を要する。



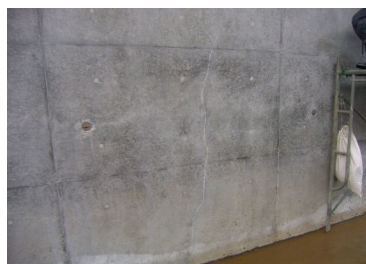
写一解 2.3.22 沓座の滞水と変状例  
(沓座モルタルの変状)



写一解 2.3.23 沓座の滞水例  
(排水管損傷, 排水不良)

3) 柱および壁について

柱および壁は、部材が厚く底版の拘束を受けるため、コンクリート打ち込みにおいて複数リフトに分けて打ち継ぎながら構築するため、初期欠陥として打ち継ぎ面に垂直な温度ひび割れ（写一解 2.3.24）が発生する可能性が高く、また乾燥収縮や打ち継ぎ面の処理不良およびコールドジョイントなどによる水平ひび割れ（写一解 2.3.25）となる場合がある。また配筋量が多いため、コンクリート施工時の充填不良や過振動による材料分離などの初期欠陥が発生しやすい。



写真一解 2.3.24 壁の鉛直ひび割れ



写真一解 2.3.25 堅壁の水平ひび割れ例

柱および壁の供用後は、レベル2地震動により構造諸元が決定されていることから、常時における外力による変状は発生しにくいですが、レベル2地震動に対しては、局部的で限定的な損傷を許容しているため、大規模な地震を被災した場合は、入念に緊急点検を実施し、設計上想定している変状かどうかを見極める必要がある。特に柱および壁基部が損傷するため、可能な場合は必要に応じて埋め戻し土を掘削して基部を点検すること。

橋脚が掛け違い橋脚の場合、柱および壁は伸縮装置や近傍の排水管などからの漏水の影響を受けやすく、また排水には凍結防止剤が含まれるため、支承の腐食や劣化、またコンクリートの凍害、中性化、塩害、アルカリシリカ反応による材料劣化が発生する可能性があり、特に着目して点検する必要がある。なお凍結防止剤にはアルカリ分も含まれるため、アルカリシリカ反応が発生する危険性もあることを踏まえて4種類全ての材料劣化を挙げた。

(2) 想定される変状原因

橋脚で想定される変状と変状原因を以下に示す。

1) 初期欠陥

ひび割れ：材料不良，セメント水和熱，収縮，施工（配慮不足）など

豆板，コールドジョイント，砂すじ，表面気泡：施工不良（養生不足，締固め不足など）

2) 力学作用

外力の増加：支承条件変化（支承機能不全），大型車交通増加，衝突など

耐荷力低下：施工不良，構造不良，部材の劣化など

3) 環境作用

凍害，中性化，塩害，アルカリシリカ反応

【解 説】

1) について

「2.3.1 橋台（2）想定される変状原因」を参照のこと。

2) について

a) 支承条件の変化による外力の増加について

「2.3.1 橋台（2）想定される変状原因」を参照のこと。

なお，水中に設置された橋脚の場合は，洗掘の影響で基礎が不安定となって傾斜し，その影響で支承の可動方向が変化して桁の温度変化時の伸縮変位，活荷重載荷時の回転変位などを拘束し，沓座コンクリートや沓座モルタル，台座コンクリートに変状が生じる場合があり注意を要する。

また，陸上橋脚の場合でも，特に地盤が軟弱な場合などは地震被災の影響，偏荷重，基礎の不安定化などにより橋脚が傾斜することがある。

b) 土圧水圧の増加について

「2.3.1 橋台（2）想定される変状原因」を参照のこと。

c) 大型車交通増加による外力増加について

上梁形式の場合，大型車の過積載や交通量の増加に伴い，上梁に設計時想定以上の交通荷重が作用することにより，上梁の断面力が増加し変状に至る場合がある。

d) 衝突について

「2.3.1 橋台（2）想定される変状原因」を参照のこと。

e) 耐荷力低下について

「2.3.1 橋台（2）想定される変状原因」を参照のこと。

3) について

「2.3.1 橋台（2）想定される変状原因」を参照のこと。

(3) 調査箇所および調査項目

調査目的は、変状原因特定、変状範囲確認、健全度評価、構造性能判定、対策要否判定、対策工設計などである。なお、外観目視による診断の結果、構造物に要求される性能に対して問題ないと判断された場合は、詳細調査を実施する必要はない。

- 1) 変状調査（外観、コンクリート強度、鋼材の位置や腐食、傾斜、洗掘など）
- 2) 環境作用による劣化調査

環境作用による劣化に対応する調査方法については、本編1章の表一解1.2.1を参考にすること。

【解 説】

1) について

「2.3.1 橋台 (3) 調査箇所および調査項目」を参照のこと。

なお、水中に設置された橋脚の場合は、洗掘の影響で基礎が不安定となって傾斜し、その影響で支承の可動方向が変化して桁の温度変化時の伸縮変位、活荷重載荷時の回転変位などを拘束し、沓座コンクリートや沓座モルタル、台座コンクリートに変状が生じる場合がある。したがって、水中に設置された橋脚に変状が発生している場合は変状の種類や原因を踏まえて必要に応じて表一解2.3.5に示す洗掘調査を実施する場合がある。洗掘調査の目的は、現在の最深河床または計画河床の低い方を基準として基礎の根入れが十分であることを確認することである。また、陸上橋脚が傾斜している場合は、表一解2.3.5の形状寸法調査のうち測量を実施すること。

表一解 2.3.5 橋脚の変状に関する洗掘調査

調査項目	調査方法などの概要
洗掘調査	形状寸法調査：橋脚の測量（高さ、傾斜）や河床の深浅測量を実施。 詳細目視調査：カラーイメージングソナーを併用し、河床と橋脚形状をリアルタイムに計測。 振動測定法：加速度計を橋脚等に設置して測定した橋脚の固有振動数から基礎の状態を推定。

2) について

「2.3.1 橋台 (3) 調査箇所および調査項目」を参照のこと。

#### (4) 評価および判定方法

変状の評価および判定は、診断を実施する時点における変状のパターン、変状の内容、想定される変状原因、外観変状の程度を整理し、「2.5 構造性能の評価および判定」に示す構造物、部材、部位毎に整理した構造性能評価判定表を用いて実施すること。変状が環境作用に起因する材料劣化の場合の将来予測は、本指針 [劣化機構編] および土木学会コンクリート標準示方書【維持管理編】<sup>2)</sup>に準ずること。

橋脚で想定される変状原因毎の評価および判定方法を以下に示す。

##### 1) 初期欠陥

ひび割れ幅の程度毎に各種構造性能を評価し、総合的な構造性能レベルを判定する。

##### 2) 力学作用

活荷重の増加や支承の機能不全に起因した力学作用の増加による杓座部の変状に対して、ひび割れ幅の程度、杓座モルタルの損傷程度、台座コンクリートの損傷程度などを指標として各種構造性能を評価し、総合的な構造性能レベルを判定する。

力学作用には、水圧または土圧の増加による外力増加があるが、これらは基礎の変状原因であるため除外した。また、施工不良・構造不良・環境作用に起因した劣化などによる耐荷力の低下は、それぞれ 1) 初期欠陥および 3) 環境作用に示す。

##### 3) 環境作用

凍害、中性化、塩害、アルカリシリカ反応などの環境作用による変状に対しては、各劣化機構の劣化グレード毎に各種構造性能を評価し、総合的な構造性能レベルを判定する。

### 【解説】

#### 1) について

「2.3.1 橋台 (4) 評価および判定方法 1) 初期欠陥」を参照のこと。

#### 2) について

「2.3.1 橋台 (4) 評価および判定方法 2) 力学作用」を参照のこと。

なお、橋脚の傾斜や河床洗掘が確認された場合は、別途基礎工の構造性能の評価を実施すること。

#### 3) について

各劣化機構の外観上のグレードと劣化状態、性能低下の関係、標準的な対策などについては、「2.1.1 PC箱桁 (4) 評価および判定方法」、本指針 [劣化機構編]、土木学会コンクリート標準示方書【維持管理編】<sup>2)</sup>を参照のこと。

環境作用による劣化が発生した場合、構造性能のうち安全性に影響を及ぼす場合がある。橋脚においては、安全性上の重要部位は、上梁付け根および梁中間部、杓座（支承近傍）、柱基部および壁基部などである。これらの部位以外で環境作用による劣化が発生した場合は、使用性の限界状態のうち「外観」を評価対象とする。ただし安全性「断面破壊」への影響有無の判定が難しい場合は、別途コンクリート専門技術者により安全性への影響を検討すること。

##### a) 安全性の評価について

安全性については、限界状態が「断面破壊」について評価する。ただし、劣化部分のコンクリートが剥離剥落した場合に、第三者に影響を及ぼす可能性があるような現地状況の場合は、限界状態が「第三者影響度限界（剥落）」についても評価する。

##### b) 使用性の評価について

使用性については、限界状態が「外観阻害（有害ひび割れ）」について評価する。

## 2.4 橋面工に関する診断

### 2.4.1 地 覆

#### (1) 重点点検箇所

地覆は、橋梁本体としての構造性能に直接的に影響は与えないが、その変状位置によっては構造性能の低下に起因する場合もあるため、重点点検箇所は構造性能の低下に起因する箇所や使用者影響度、第三者影響度を考慮して設定した。

地覆に着目した重点点検箇所を以下に示す。

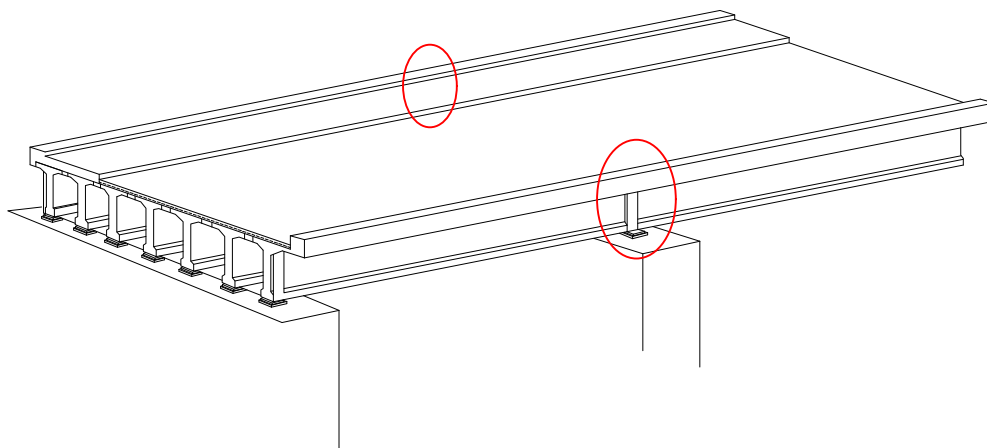
- 1) 中間支点部付近
- 2) 支柱付近のひび割れや欠損状況

#### 【解 説】

##### 1) について

地覆は、橋梁を通行する車両の視線誘導や防護柵（高欄）の基礎、橋梁を通行する車両・歩行者・自転車等の使用者が橋梁外に逸脱するのを防ぐ目的で設置されている。

地覆自体は、剛性防護柵と同様に橋梁本体としての構造性能に影響は与えないが、変状位置によっては、その原因が構造的要因である場合も想定される。特に、連続桁の中間支点付近等では、荷重増加や支点部の不等沈下等によって曲げひび割れが発生しやすい部位であることから、地覆部のみならず、床版上面や支承部周りにも着目して点検を行う必要がある。



図－解 2.4.1 負の曲げモーメントによるひび割れの発生箇所

##### 2) について

防護柵を定着する地覆は、車両衝突時に防護柵の定着部として、支柱から伝達される力に対して確実に抵抗できる構造が求められる。また、地覆は温度変化や乾燥収縮による初期ひび割れが発生しやすい。

鋼材腐食に起因するひび割れや鉄筋が露出するような角欠け等は第三者に影響を及ぼす可能性があり、また、凍害や塩害等によって地覆コンクリートに変状が生じている場合には、車両が衝突した際に車両が橋梁外へ逸脱して重大事故につながる危険性もある。よって、地覆を点検する場合には防護柵支柱付近にも着目する必要がある。

(2) 想定される変状原因

地覆で想定される変状原因を以下に示す。

1) 初期欠陥

ひび割れ：材料不良，セメント水和熱，収縮，施工（配慮不足）など

豆板，砂すじ，表面気泡：施工不良（養生不足，締固め不足など）

2) 力学作用

車両衝突による欠損など

3) 環境作用

凍害，中性化，塩害，アルカリシリカ反応

【解 説】

地覆は，橋梁を構成する部材の中でも環境条件の影響を受けやすい。特に，北海道では積雪寒冷な気象条件に起因する凍害や，凍結防止剤の散布による塩害による劣化を受ける過酷な状況下にある。

1) 初期欠陥について

施工時あるいは竣工後まもなく発生したひび割れ，豆板，コールドジョイント，砂すじ，表面気泡等が初期欠陥であり，全ての部材，部位で発生する可能性がある。



写一解 2.4.1 初期欠陥による劣化状況（ひび割れ）

a) ひび割れ

ひび割れは，材料（不適切な骨材），セメント水和熱，収縮，施工，構造条件などが発生原因であり，それぞれで変状の特徴が異なる。つまり，ひび割れの規則性，形態，発生箇所などの特徴から発生原因や発生時期を推定できる場合がある。

セメント水和熱は，セメントの水和熱に伴うコンクリート温度の上昇・降下がコンクリートの変形（膨張・収縮）を引き起こし，これが内的あるいは外的に拘束されるとコンクリートに引張応力が発生してひび割れが発生する。先行施工部材の拘束による外部拘束ひび割れは，地覆の場合には，主桁や床版に拘束されるために発生し，鉛直，等間隔，下位から上位に向かって幅が小さくなるなど規則的なひび割れとなる場合が多い。また，貫通ひび割れとなる可能性が高い。

収縮については，コンクリートが自己収縮や乾燥収縮により変形（収縮）を引き起こし，この変形が拘束されることによってコンクリートに引張応力が発生してひび割れが発生するもので，ひび割れ発生のメカニズムは水和熱に起因するひび割れと同様である。施工に起因するひび割れについては，「2.3.1 橋台，(2) 想定される変状原因」を参照のこと。



b) 豆板

「2.3.1 橋台，(2) 想定される変状原因」を参照のこと．

c) 砂すじ

「2.3.1 橋台，(2) 想定される変状原因」を参照のこと．

d) 表面気泡

「2.3.1 橋台，(2) 想定される変状原因」を参照のこと．

2) 外力作用による変状について

a) 車両衝突や防護柵支柱の膨張などによる欠損

車両衝突や施工時の当て傷，防護柵支柱への水の侵入による凍結膨張や割裂，その原因に関わらず地覆が局所的に欠損している状態をいう．地覆は，防護柵の基礎としての役割もあるため，防護柵付近の変状に留意する必要がある．



写一解 2.4.2 防護柵付近の変状の例

3) 環境作用による劣化

a) 凍害による変状について

凍害は，コンクリート中の水分が 0℃以下になった時の凍結膨張によって発生することであり，長年にわたる凍結融解の繰り返しによってコンクリートが徐々に劣化する現象である．凍結融解の影響が大きな南面や西面の部位において凍害の影響が大きい．

凍害を受けたコンクリートは，表面にスケーリングや微細ひび割れ，ポップアウトなどといった形で劣化が顕著化する．また，凍結防止剤の散布等，塩害の影響を受けやすい部位では，凍害と塩害による複合劣化が生じる可能性がある．



写一解 2.4.3 凍害による劣化状況の例

b) 中性化による変状について

橋面は、車両からの排気ガスにより二酸化炭素などの影響を受けやすいため、コンクリートの中性化に留意する必要がある。中性化によりコンクリート中の鋼材腐食が促進され、腐食生成物の体積膨張がコンクリートにひび割れや剥離を引き起こすことになる。



写一解 2.4.4 中性化による劣化状況の例

c) 塩害による変状について

橋面は、凍結防止剤が散布される場合には塩害に留意する必要がある。建設時に使用した海砂や飛来塩分に起因する場合もある。塩害によりコンクリート中の鋼材腐食が促進され、中性化と同様に腐食生成物の体積膨張がコンクリートにひび割れや剥離を引き起こすことになる。



写一解 2.4.5 塩害による劣化状況の例

d) アルカリシリカ反応による変状について

アルカリシリカ反応は、骨材中の特定の鉱物とセメントペースト中の水酸化アルカリの影響によりコンクリートが体積膨張してひび割れが生じ、強度特性値が低下する現象である。また、凍結防止剤に含まれるアルカリ分により、アルカリシリカ反応が発生する場合もある。



写一解 2.4.6 アルカリシリカ反応による劣化状況の例

(3) 調査箇所および調査項目

調査目的は、変状原因特定、変状範囲確認、健全度評価、構造性能判定、対策要否判定、対策工設計などである。なお、外観目視による診断の結果、構造物に要求される性能に対して問題ないと判断された場合には、詳細調査を実施する必要はない。

- 1) 中間支点部のひび割れ調査
- 2) 欠損部の調査
- 3) コア採取、はつりによるコンクリートの性状、中性化深さ、塩化物含有量等の調査

【解 説】

1) について

中間支点付近は、荷重増加や支点部の不等沈下等によって曲げひび割れが発生しやすい部位であることから、地覆部のみならず、床版上面や支承部周りも着目して変状を確認し、その変状原因を把握する必要がある。なお、調査箇所および調査項目は、主桁、床版等と同様な方法によって調査を行う。

2) について

地覆の機能を発揮させるためには、日常点検と保守が重要である。地覆に、車両衝突による損傷が生じている場合には、車両衝突の際に本来の防護柵の機能を発揮できない場合もあるため、日常的な維持管理を適切に行うことが重要である。

3) について

地覆の調査で、実施すべき調査項目を下記に示す。

- ・ 錆汁、遊離石灰、変色、スケーリング、断面欠損、ゲル等の発生状況
- ・ コンクリートの性能（強度、弾性係数、水セメント比、塩化物イオンの拡散係数など）
- ・ かぶりの実測値
- ・ 劣化因子の侵入の有無と因子の種類と浸入程度
- ・ 鋼材腐食の有無と腐食形態、程度、範囲など
- ・ 付帯設備の損傷の有無
- ・ 既往の診断、対策に対する記録
- ・ 劣化外力となる気象などの環境条件（飛来塩分、凍結の有無など）
- ・ 地覆の使用条件（乾湿の繰り返し、滞水の状況、凍結防止剤散布の有無や頻度など）

#### (4) 評価および判定方法

地覆は、供用期間中において適切に維持管理し、その性能を保持しなければならない。また、変状を発見した場合は、その変状原因を把握し、適切な対策を講じなければならない。

変状の評価および判定は、診断を実施する時点における変状のパターン、変状の内容、想定される変状原因、外観変状の程度を整理し、「2.5 構造性能の評価および判定」に示す構造物、部材、部位毎に整理した構造性能評価判定表を用いて実施するものとする。

なお、変状が環境作用に起因する場合の将来予測は、本指針 [劣化機構編] および土木学会コンクリート標準示方書【維持管理編】<sup>2)</sup>に準じるものとする。

#### 【解 説】

点検により発見された地覆の変状は、その変状原因に把握から対策方法までの総合的な診断が必要である。使用者および第三者の安全確保のため、橋梁の供用期間中を通じてその要求性能を保持しなければならない。支柱付近に変状が1カ所の場合と全体（支柱に数カ所）の場合では、地覆の性能に大きな違いがあることに留意しなければならない。特に性能に問題があると判断される場合には、緊急的に仮設防護柵を設置し、応急および恒久対策の方針を検討する必要がある。

地覆で想定される変状原因毎の評価および判定方法を以下に示す。

##### 1) 初期欠陥

ひび割れ幅の程度に応じて構造性能を評価し、総合的な構造性能レベルを判定する。

##### 2) 力学作用

車両の衝突や施工時の当て傷、防護柵支柱への水の侵入による凍結膨張や割裂、その原因に関わらず地覆が局所的に欠損している状態の損傷程度を指標として、構造性能を評価した上で、総合的な構造性能レベルを判定する。

力学作用には大型車交通の増加や支点部の不等沈下があるが、これらは上部工や下部工などの変状原因であるため除外することとした。また、施工不良や構造不良、環境作用に起因した劣化などによる耐力の低下は、それぞれ初期欠陥、環境作用に示す。

##### 3) 環境作用

凍害、中性化、塩害、アルカリシリカ反応などの環境作用による変状に対しては、各劣化機構の劣化グレード毎に構造性能を評価し、総合的な構造性能レベルを判定する。

## 2.4.2 防護柵（剛性防護柵）

### (1) 重点点検箇所

防護柵（剛性防護柵）は、橋梁本体としての構造性能に直接的に影響は与えないが、その変状位置によっては構造性能の低下に起因する場合もあるため、重点点検箇所は構造性能の低下に起因する箇所や使用者影響度、第三者影響度を考慮した設定した。

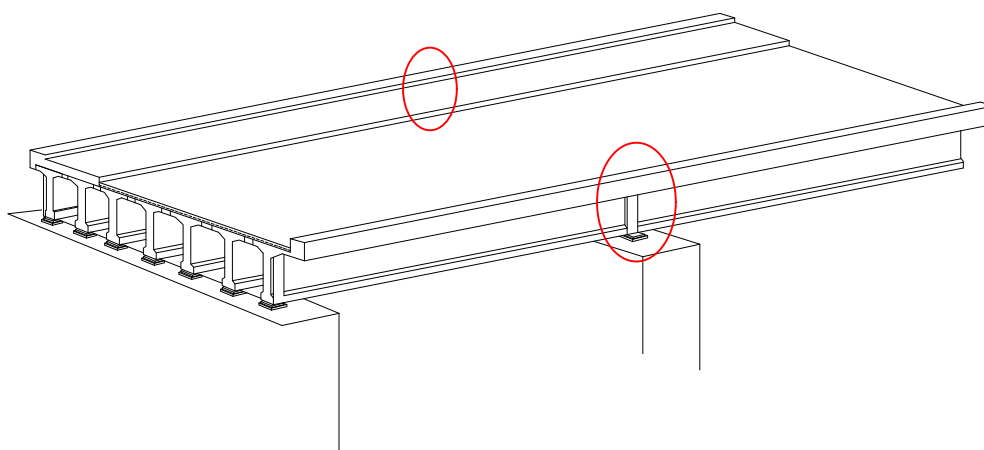
防護柵（剛性防護柵）に着目した重点点検箇所を以下に示す。

- 1) 中間支点部付近
- 2) 壁面全体のひび割れや欠損状況

### 【解説】

#### 1) について

防護柵（剛性防護柵）は、橋梁を通行する車両・歩行者・自転車等の使用者が橋梁外に逸脱するのを防ぐ目的で設置されている。防護柵（剛性防護柵）は、橋梁本体としての構造性能に影響は与えないが、変状位置によっては、その原因が構造的要因である場合も想定される。特に、連続桁の中間支点付近等では、荷重増加や支点部の不等沈下等によって曲げひび割れが発生しやすい部位であることから、壁面のみならず、床版上面や支承周りにも着目して点検を行う必要がある。



図－解 2.4.2 負の曲げモーメントによるひび割れの発生箇所

#### 2) について

防護柵（剛性防護柵）は、温度変化や乾燥収縮による初期ひび割れが発生しやすい。

鋼材腐食に起因するひび割れや鉄筋が露出するような角欠け等は第三者に影響を及ぼす可能性があり、また、防護柵の機能が失われている状況において車両が衝突した場合には車両が橋梁外へ逸脱して重大事故につながる危険性もある。よって、防護柵（剛性防護柵）を点検する場合には壁面全体の変状に着目する必要がある。

(2) 想定される変状原因

防護柵（剛性防護柵）で想定される変状原因を以下に示す。

1) 初期欠陥

ひび割れ，豆板，コールドジョイント，砂すじ，表面気泡など

2) 力学作用

車両衝突による欠損など

3) 環境作用

凍害，中性化，塩害，アルカリシリカ反応

**【解 説】**

防護柵（剛性防護柵）は，地覆と同様に橋梁を構成する部材の中でも環境条件の影響を受けやすい。特に，北海道では積雪寒冷な気象条件に起因する凍害や，凍結防止剤の散布による塩害による劣化を受ける過酷な状況下にある。想定される各変状原因は，「2.4.1地覆，(2)想定される変状原因」を参考のこと。

(3) 調査箇所および調査項目

調査目的は，変状原因特定，変状範囲確認，健全度評価，構造性能判定，対策要否判定，対策工設計などである。なお，外観目視による診断の結果，構造物に要求される性能に対して問題ないと判断された場合には，詳細調査を実施する必要はない。

1) 中間支点部のひび割れ調査

2) 欠損部の調査

3) コア採取，はつりによるコンクリートの性状，中性化深さ，塩化物含有量等の調査

**【解 説】**

1) について

中間支点付近は，地覆と同様に荷重増加や支点部の不等沈下等によって曲げひび割れが発生しやすい部位であることから，防護柵（剛性防護柵）のみならず，床版上面や支承部周りも着目して変状を確認し，その変状原因を把握する必要がある。なお，調査箇所および調査項目は，「2.4.1 地覆，(3) 調査箇所および調査項目」を参照のこと。

2) について

防護柵（剛性防護柵）の機能を十分に発揮させるためには，日常点検と保守が重要である。防護柵（剛性防護柵）に，車両衝突による損傷が生じている場合には，車両衝突の際に本来の防護柵の機能を発揮できない場合もあるため，日常的な維持管理を適切に行うことが重要である。

防護柵（剛性防護柵）は塑性変形が生じにくいいため，車両衝突の繰り返しなどによる強度低下が明確になりにくいいため，十分な目視点検を行うことが望ましい。

3) について

防護柵（剛性防護柵）の調査で，実施すべき調査項目を下記に示す。

- ・ 錆汁，遊離石灰，変色，スケーリング，断面欠損，ゲル等の発生状況
- ・ コンクリートの性能（強度，弾性係数，水セメント比，塩化物イオンの拡散係数など）

- ・かぶりの実測値
- ・劣化因子の侵入の有無と因子の種類と浸入程度
- ・鋼材腐食の有無と腐食形態，程度，範囲など
- ・付帯設備の損傷の有無
- ・既往の診断，対策に対する記録
- ・劣化外力となる気象などの環境条件（飛来塩分，凍結の有無など）
- ・防護柵（剛性防護柵）の使用条件（乾湿の繰り返し，滞水の状況，凍結防止剤散布の有無や頻度など）

#### (4) 評価および判定方法

防護柵（剛性防護柵）は，供用期間中において適切に維持管理し，その性能を保持しなければならない。また，変状を発見した場合は，その変状原因を把握し，適切な対策を講じなければならない。

変状の評価および判定は，診断を実施する時点における変状のパターン，変状の内容，想定される変状原因，外観変状の程度を整理し，「2.5 構造性能の評価および判定」に示す構造物，部材，部位毎に整理した構造性能評価判定表を用いて実施するものとする。

なお，変状が環境作用に起因する場合の将来予測は，本指針 [劣化機構編] および土木学会コンクリート標準示方書【維持管理編】<sup>2)</sup>に準ずるものとする。

#### 【解 説】

点検により発見された防護柵（剛性防護柵）の変状は，その変状原因に把握から対策方法までの総合的な診断が必要である。使用者および第三者の安全確保のため，橋梁の供用期間中を通じその要求性能を保持しなければならない。特に性能に問題があると判断される場合には，緊急的に仮設防護柵を設置し，応急および恒久対策の方針を検討する必要がある。なお，旧基準により設置された防護柵（剛性防護柵）が現在の基準に適合しない場合も要求性能を満足しない場合もあるため，できるだけ早期に所定の性能を満足させる処置を行う必要がある。

防護柵（剛性防護柵）で想定される変状原因毎の評価および判定方法を以下に示す。

##### 1) 初期欠陥

ひび割れ幅の程度に応じて構造性能を評価し，総合的な構造性能レベルを判定する。

##### 2) 力学作用

車両の衝突や施工時の当て傷，防護柵支柱への水の侵入による凍結膨張や割裂，その原因に関わらず防護柵（剛性防護柵）が局所的に欠損している状態の損傷程度を指標として，構造性能を評価した上で，総合的な構造性能レベルを判定する。

力学作用には大型車交通の増加・支点部の不等沈下があるが，これらは上部工や下部工などの変状原因であるため除外することとした。また，施工不良・構造不良・環境作用に起因した劣化などによる耐力の低下は，それぞれ初期欠陥，環境作用に示す。

##### 3) 環境作用

凍害，中性化，塩害，アルカリシリカ反応などの環境作用による変状に対しては，各劣化機構の劣化グレード毎に各種構造性能を評価し，総合的な構造性能レベルを判定する。

### 2.4.3 舗装

#### (1) 重点点検箇所

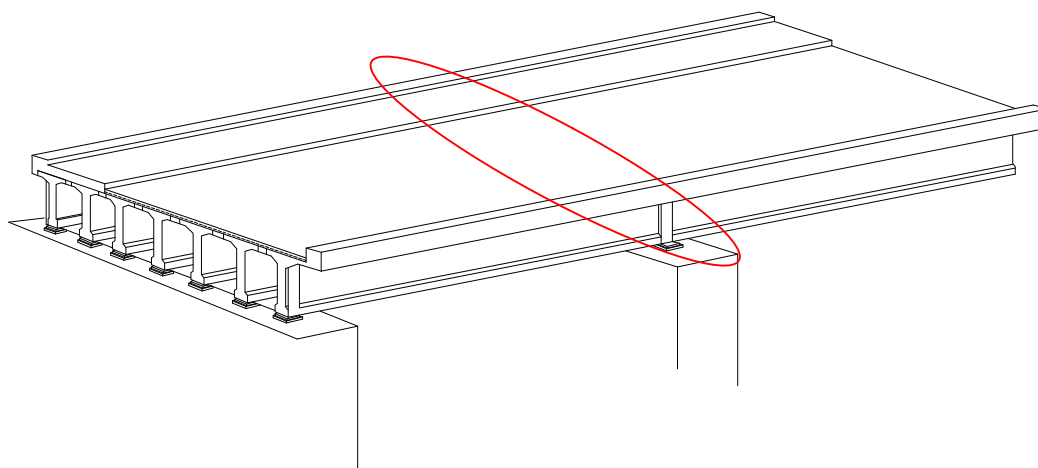
舗装は、走行安全性の確保という観点で重要である。また、橋面舗装の変状は、床版の健全性と密接に関係しており、床版の健全性は橋梁本体の構造性能に大きな影響を与えるため、舗装部分の損傷に対しては構造性能への影響も意識して点検する必要がある。重点点検箇所は構造性能の低下に起因する箇所、走行性、床版との関連性を考慮した箇所を重点箇所とした。

- 1) 中間支点部付近の舗装ひび割れ
- 2) 路面の凹凸
- 3) 舗装の異常

#### 【解説】

##### 1) について

舗装は橋梁本体としての構造性能に影響は与えないが、連続桁の中間支点付近等において、損傷の位置によっては、その原因が構造的要因である場合も想定される。また、荷重増加や支点部の不等沈下等による曲げひび割れが発生しやすい部位であることから、床版上面や地覆部にも着目して点検を行う必要がある。



図一解 2.4.3 中間支点部付近の舗装ひび割れの発生箇所



2) について

走行車両の衝撃力を増加させる要因となる、路面に生じる凹凸や段差をいう。

凹凸や段差によって生じる衝撃は、桁や床版に繰り返し作用するため無視できないものとなる。また、支点部の不等沈下によって伸縮装置部に段差を生じさせる場合もある。凹凸や段差は、雨天時の滞水を招き、すべり抵抗を低下させる要因ともなる。



写一解 2.4.7 路面凹凸の例

3) について

床版の上面損傷が舗装のうきやポットホール等として出現すること状態をいう。舗装ひび割れは、主に橋体の変形により生じ、幅 5mm を超すひび割れは床版損傷の疑いがある。

水の浸透、通行車両の衝撃、締め固め不足、アスファルトの加熱不足などの原因によりポットホールが発生する。橋面舗装は、一般土工部の舗装と比べて車両の走行位置が比較的限定される場合が多く、特に荷重が集中することが多いことから、流動などの破損が生じやすい。

積雪寒冷地では、舗装の変状部から雨水が浸透し、その凍結融解作用によって床版上面コンクリートに変状が生じていることが多い。この変状は建設年次に関係なく生じているため、舗装ひび割れ状況や床版下面の状況を確認する必要がある。



写一解 2.4.8 舗装異常の例

(2) 想定される変状原因

舗装で想定される変状原因を以下に示す.

- 1) 力学作用  
大型車交通増加・支点の不等沈下
- 2) 床版の変状
- 3) 水の浸透

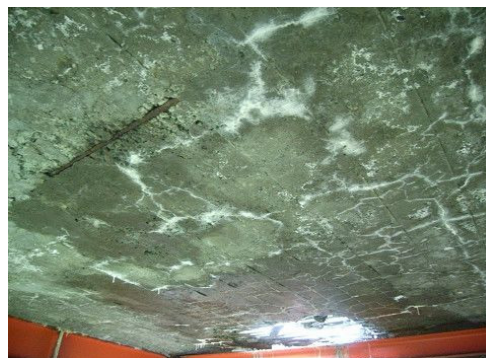
【解 説】

1) について

連続桁の中間支点では、荷重増加や支点部の不等沈下等による曲げや乾燥収縮の相互作用によりひび割れが見られることがある.

2) について

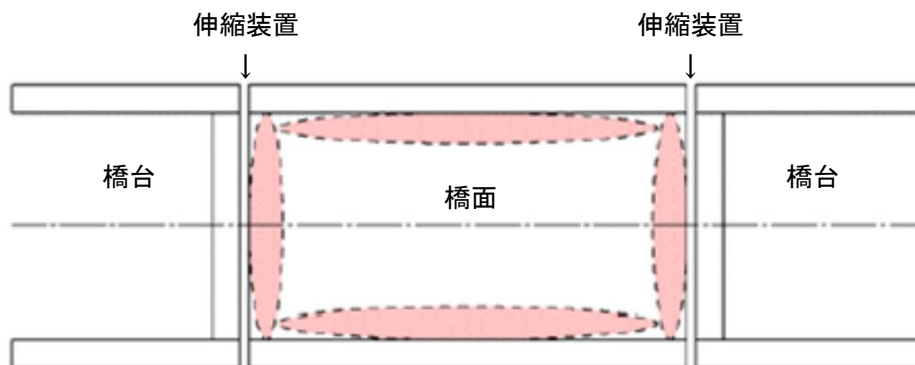
舗装ひび割れやポットホールなどの変状箇所から雨水が浸透し、凍結融解作用により床版上面コンクリートが変状する事例が見られる.



写一解 2.4.9 床版の変状の例

3) について

路面の滞水は、凍害や塩害、疲労等による変状を助長させる懸念がある. したがって、日常点検においては滞水箇所や範囲等を記録しておかなければならない.



図一解 2.4.4 滞水しやすい箇所 (平面図)

(3) 調査箇所および調査項目

舗装本体の損傷は対象とせず、床版など橋梁を構成する部材の健全性を判断するための調査項目として、以下の項目を定める。

- 1) 路面の凸凹
- 2) 舗装の異常

**【解 説】**

1) について

路面の凹凸については、コルゲーション、ポットホールや陥没などに着目して調査する必要がある。

a) 段差・コルゲーション

段差は走行車に大きな衝撃を与える。その衝撃力は、舗装の損傷を招き騒音振動の発生源となる。したがって、調査に際しては、以下のことに注意する必要がある。

- ・段差の測定は、適切な測定機器を用いて測定する。
- ・車両走行性中の乗り心地や振動に注意を払う。
- ・必要に応じて路肩に停車し、他の車両の通過時の振動音に注意する。
- ・大型車の積荷など鉛直方向動きに注意する。

b) ポットホール

目視により判定を行う。

2) について

舗装の異常については、ひび割れやうき、わだち掘れなどに着目して調査する必要がある。

a) 舗装ひび割れ

ひびわれは、舗装体への水の浸入を容易にし、舗装の耐久性に直接影響する。降雨後の路面が半乾き時に観察するとひび割れの確認がしやすい。

b) わだち掘れ

わだち掘れは降雨による滞水を招き、水はねや車両走行時のすべり抵抗低下の原因となる。調査に際しては、以下のことに注意する必要がある。

- ・わだち掘れの測定は、水系などによる簡易的方法、詳細な調査が必要な場合は横断プロファイルメータによる方法などがあり、測定目的に応じた測定方法を選択する。
- ・走行時のハンドルの取られ、および車線変更の際の操舵性を把握する。
- ・走行時、路面の滞水による反射状況を把握する。

(4) 評価および判定方法

舗装は、舗装のみの変状であれば簡易に補修可能であるが、橋梁構造の異常によって舗装が変状している場合は、橋梁構造の変状に対して評価および判定を行う必要がある。したがって、舗装変状の評価および判定は、以下に示す舗装の変状原因を見極めることが重要である。

- 1) 舗装のみの変状
- 2) 床版変状に伴う舗装の変状
- 3) 橋梁構造の変状に伴う舗装の変状

舗装自体の評価の基本は、国土交通省「橋梁点検要領(案)」(平成16年3月)に準拠するものとする。

**【解 説】**

舗装は、支点の不等沈下や床版の変状など他の部位、部材の変状の影響を受けて変状していることがあるので、根本的な原因を明らかにした上で、個々の本体構造の変状に対して構造性能への影響を評価し判定を行う必要がある。

その場合には、「2.1 コンクリート桁に関する診断」や「2.2 床版に関する診断」に準じて診断を行うものとする。特に、舗装は床版の健全性への影響を受けやすいので、床版の診断時には舗装も含めて点検と調査を実施した上で診断を行うのがよい。

また、舗装のみのひび割れやポットホールなどの変状であっても、変状箇所から水や劣化因子が浸入して床版やコンクリート上部工に悪影響を与える可能性がある。したがって、舗装に変状がある場合は、コンクリート桁や床版の健全性への影響を点検で確認した上で、必要に応じて「2.1 コンクリート桁に関する診断」や「2.2 床版に関する診断」に従って診断を行い構造性能への影響を評価および判定をする必要がある。

#### 2.4.4 水仕舞い（排水処理）

##### (1) 重点点検箇所

雨水などの滞水や水かかりは、路面機能の阻害や、構造性能に影響を与える腐食等の変状原因に直結するため、速やかに排水処理を行わなければならない。排水に着目した重点点検箇所を以下に示す。

- 1) 排水装置周辺の変色
- 2) 主桁付近や杓座付近の変色
- 3) 排水管本体の腐食

##### 【解 説】

水は、鋼材の腐食反応や凍害等のコンクリートの変状に大きく関与する。これは化学反応のみならず、荷重との相互作用についても同様で、床版内部にひび割れが生じて水が浸透し、交通作用の繰り返しによる疲労や凍害を受けてコンクリートの砂利化する現象も報告されている。

このように、コンクリート構造物の変状の多くには水が関係していることに留意しなければならない。また、水は存在するだけでも劣化を促進させるが、さらに移動を伴うことで劣化因子を蓄積させたり、変状箇所を拡大させることに繋がることに留意する必要がある。

##### 1) について

排水管の流末が杓座、主桁、落橋防止装置等に水かかりの状態となっている場合は、構造性能を損なう鋼材腐食や変状の原因になるため、特に排水管などの流末状況に着目する。雨天の当日や翌日に点検を実施するのが効果的である。

##### 2) について

主桁付近や杓座付近の変色は、排水管と同様に床版排水工の変状や流末不備、伸縮装置周辺からの漏水によって、水かかりの状態となっている可能性がある。

##### 3) について

排水管の腐食によって、主桁など主構造に水かかりの状態となっている場合には、構造性能を損なう鋼材腐食や変状の原因になる可能性がある。

(2) 水仕舞いの不備による事例

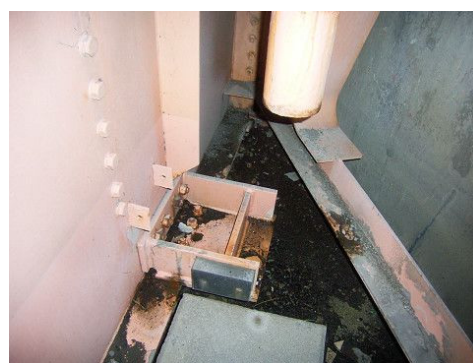
水仕舞いが不備となる主な原因を以下に示す.

- 1) 排水管の流末位置の不備
- 2) 床版排水の流末位置の不備
- 3) 床版端部の水切り機能の不備
- 4) 伸縮装置 (本体・排水装置) の不備

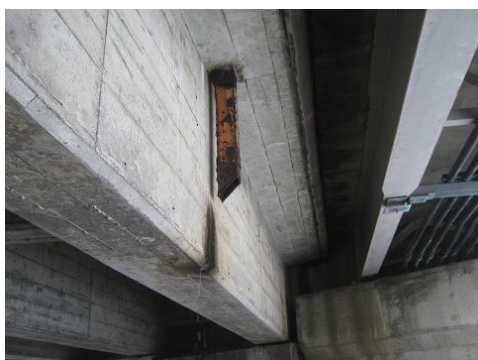
【解 説】

1) について

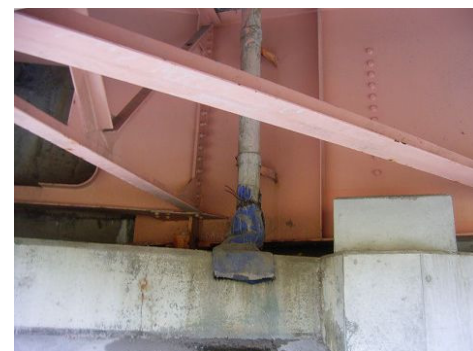
排水管からの水漏れや排水管の流末位置の不備, 沓座拡幅や落橋防止装置等の設置後に水かかり状態となっている.



写一解 2.4.10 排水管の流末処理不足による落橋防止装置への水かかりの例



写一解 2.4.11 排水管の流末処理不足による主桁の変状例



写一解 2.4.12 排水管の流末処理不足による橋台の変状例

2) について

ドレーンからの水漏れやスラブドレーンの流末位置の不備，杓座拡幅や落橋防止装置などの設置後に水かかり状態となっている。



写一解 2.4.13 床版排水の流末位置の不備による水かかりの例

3) について

床版端部の水切りが機能していない状態となっている。



写一解 2.4.14 床版の水切り機能の不備による水かかりの例

4) について

伸縮装置付近から漏水している状態となっている。



写一解 2.4.15 伸縮装置の排水機能の不備による水かかりの例

(3) 調査箇所および調査項目

水が関与する変状を確認するため、目視により十分に点検を行わなければならない。

水仕舞いを判断するための調査項目として、以下の項目を定める。

- 1) 排水管の流末位置
- 2) 床版排水の流末位置
- 3) 床版端部の水切り処理
- 4) 伸縮装置近傍（本体、排水装置、コンクリートの後打ち部等）

**【解 説】**

点検によって水かかりの有無を確認し、水が存在する場合には、先ずはその供給源を特定した上で、水の供給を断つための方法を検討する必要がある。

1) について

排水管の流末処理不足によって、が沓座、主桁、落橋防止装置などに水かかりの状態となっている場合は、構造性能を損なう鋼材の腐食や変状の原因になるため、排水管の流末状況に着目する。

2) について

床版排水の流末が、排水と同様にが沓座、主桁、落橋防止装置などに水かかりの状態となっている場合には、構造性能を損なう鋼材の腐食や変状の原因になるため、排水管の流末状況に着目する。

3) について

水切りは、床版の張出し部の端部下面にVカットや突起等を設けて、地覆から伝ってくる雨水等が主桁にかからないようにするためのものである。よって、この水切り機能に問題があると主桁の変状やが沓座への滞水に繋がるため、水切り処理状況に着目した調査が重要である。

4) について

伸縮装置（本体、排水装置、コンクリートの後打ち部等）から漏水が発生することで、が沓座への滞水に繋がるため、伸縮装置付近に着目した調査が重要である。

(4) 評価および判定方法

排水管の流末不備等により主桁や支承部に水かかりや変色がある場合には、その経路を調査し、速やかに原因を除去しなければならない。

**【解 説】**

排水管の不備等により水かかりや変色が確認された場合には、その経路を調査した上で簡易な水切りの設置や、排水管の追加や排水ドレーンの設置を行う等、水かかりの原因を除去する必要がある。また、排水溝の清掃を行うことで路面への滞水を防止でき、それにより床版の劣化を抑制することができる。土砂が堆積していると大量の水分を含んでいるため、土砂を定期的に除去することで劣化を遅延させることも可能となる。なお、排水管の流末処理の不備等が劣化の原因となっている場合は、流末位置を見直すことで橋体に直接水がかかることを避けることができる。



## 2.5 構造性能の評価および判定

- (1) 変状が生じた橋梁のコンクリート部材および部位に関する「現状の構造性能レベル」の判定は、外観目視点検の結果を踏まえ、本項に示す構造性能評価判定表を用いて行う。  
構造性能の評価および判定に関する基本事項は、本指針 [共通編] の「5章 評価および判定」を参照すること。
- (2) 複数の部材に変状があり構造物全体（橋梁全体）としての総合的な構造性能レベルを評価する必要がある場合は、コンクリート専門技術者による診断結果を踏まえて判定をすること。
- (3) 対象構造物  
上部工：PC 箱桁，PCT 桁，PC 中空床版，PC プレテン桁，RC 桁  
床 版：RC 床版  
下部工：逆 T 式橋台，上梁付き柱式橋脚，壁式橋脚  
橋面工：地覆，防護柵，舗装，水仕舞い  
上記以外の形式の場合は，構造特性を把握した上で検討すること。
- (4) 変状の程度  
構造性能評価判定表では，変状パターン毎に変状の程度を 4 段階で設定する。  
初期欠陥および力学作用による外観変状の程度は，ひび割れ幅の程度を基本とする。  
材料劣化による外観変状の程度は，本指針 [劣化機構編] に示す外観上のグレードとする。  
床版の疲労による外観変状の程度は，ひび割れ特性（間隔，形状，幅，密度など）とする。  
橋面工各部材は，構造性能に直接影響する主構造ではないため，部材毎に適宜設定する。
- (5) 構造性能  
評価対象の構造性能は，本指針 [共通編] の「1.4 要求性能」に準じる。
- (6) 構造性能評価判定表の見方  
構造性能評価判定表の解説と見方を図一解 2.5.1 に示す。  
外観変状点検では，変状部位，変状パターン，変状内容，想定される変状原因，外観変状の程度を確認する必要がある。以上の外観目視点検の結果を踏まえて，構造性能評価判定表の左側から順に外観変状の程度までを確認した上で，現状の構造性能に対する評価，構造性能レベルを安全性，使用性それぞれ確認する。
- (7) 対策の要否判定  
対策の要否判定は，判定した構造性能レベルに対して「2.6 対策の要否判定」で行う。

### 【解 説】

#### (2) について

構造性能評価判定表は，部材あるいは部位毎に評価することは可能であるが，複数の部材に変状がある場合などに，構造物全体（橋梁全体）としての総合的な構造性能レベルを評価することはできない。このような場合の構造性能評価には，経験に基づく工学的な判断や，構造解析による構造性能照査などが必要となる場合があるため，研究機関，民間企業などのコンクリート専門技術者が診断を行うこととした。

#### (4) について

変状の程度は，目視確認が可能な範囲で，かつ関連性を理解しやすくするために構造性能レベルと同じ 4 段階で設定した。初期欠陥および力学作用による外観変状の程度は，表面ひび割れ幅  $w$  の程度を基本として 4 段階に設定したが，その考え方は次のとおりである。

- $0.0\text{mm} \leq w < 0.2\text{mm}$  (0.2mm : JCI 指針における耐久性への影響を検討すべきひび割れ幅)  
 $0.2\text{mm} \leq w < 0.3\text{mm}$  (0.3mm : コンクリート標示における永久荷重時に想定される最大  
曲げひび割れ幅で、使用性の閾値)  
 $0.3\text{mm} \leq w < 0.4\text{mm}$  (0.4mm : 鉄筋降伏時の残留ひび割れで、安全性の暫定閾値)  
 $0.4\text{mm} \leq w$

ひび割れに対して外観変状の程度を区分する場合、外観で有害なひび割れであるか否かを目安とした。力学作用によるひび割れや環境作用によるひび割れ等によって指標となるひび割れ幅も異なるが、各段階の閾値を以下のように設定した。

1 段階目閾値は、JCI コンクリートのひび割れ調査補修補強指針<sup>12)</sup>における耐久性への影響を検討すべきひび割れ幅である  $w=0.2\text{mm}$  とした。

2 段階目閾値は、土木学会コンクリート標準示方書【設計編】<sup>1)</sup>における永久荷重時最大曲げモーメントひび割れ幅  $w=0.3\text{mm}$  とした。

3 段階目閾値は、鉄筋が降伏した状態で除荷した時の計算上の曲げに対する残留ひび割れ幅  $w=0.4\text{mm}$  とした。

4 段階目閾値は、残留ひび割れ幅  $w=0.4\text{mm}$  以上とした。なお構造物や部位の特性によっては実情を勘案して「 $0.4\text{mm} \leq w$ 」, または、漏水・遊離石灰の析出」とした。

ただし、「残留ひび割れ幅  $w=0.4\text{mm}$ 」については以下について十分に配慮されたい。表面ひび割れ幅は厳密には、かぶり、鉄筋径、鉄筋配置、コンクリートの収縮およびクリープの影響を受けるため、一定値で表すことは必ずしも合理的ではない。本指針では比較的かぶりが小さい場合における標準的な値を規定することとした。したがって、必要に応じて詳細な検討を行い表面ひび割れ幅の閾値を見直してよいこととする。

なお、せん断ひび割れの場合は、ひび割れ幅の閾値設定は困難であること、またせん断ひび割れが発生した時点で、性能不足は明らかであり、根本的な対策が必要な状態であること、などを勘案し、全てのひび割れ幅で最も厳しい評価・判定とすることとした。

□ 変状の評価および判定は、変状のパターン、原因、外観から想定される状態を整理し、それらを踏まえて、診断を実施する時点における構造物に要求される性能（＝構造性能）の総合評価を行うものである。  
 □ 構造性能評価判定表の解説を下記に示す。

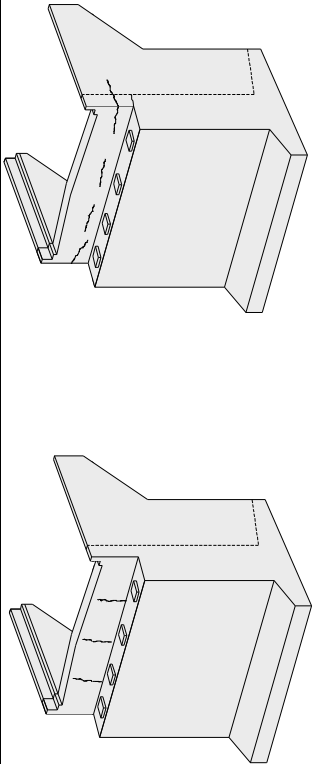


表下または別途図に示す  
 構造工の表であること  
 (a: 初期欠陥に示す)  
 外観から確認できる変状の程度を4段階で評価  
 変状が構造性能に及ぼす影響を3段階で性能評価  
 (●, ▲, ×)  
 安全性、使用性に構造性能レベルを4段階で構造性能レベルを判定 (1~4)

構造物	部位	変状パターン	変状内容	想定される変状原因	外観変状の程度	現状の構造性能に対する評価										構造性能レベル (レベル=1~4)		
						安全性			使用性			機能性				安全性	使用性	
						断面破壊	部材の破壊・崩壊	安定限界	走行性限界	外観阻害	快通性	騒音振動数の限界	水密性限界	気密性限界	遮蔽性限界			など
橋台	胸壁	a-1	鉛直ひび割れ (ヒッチは概ね1m程度以上)	・外部拘束温度ひび割れ (壁による拘束)	ひび割れ幅 0.0mm ≤ w < 0.2mm	●	-	-	-	-	●	-	-	-	-	1	1	
			(ひび割れ部に漏水や析出物、さらに錆汁を伴う場合あり)		ひび割れ幅 0.2mm ≤ w < 0.3mm	●	-	-	-	-	-	-	●	-	-	-	1	1
		a-2	水平ひび割れ 斜めひび割れ	・内部拘束温度ひび割れ (躯体内温度差による) ・乾燥収縮 ・コーールドジョイント	ひび割れ幅 0.0mm ≤ w < 0.2mm	●	-	-	-	-	-	-	●	-	-	-	1	2
			(ひび割れ部に漏水や析出物、さらに錆汁を伴う場合あり)		ひび割れ幅 0.2mm ≤ w < 0.3mm	●	-	-	-	-	-	-	●	-	-	-	1	2
				ひび割れ幅 0.3mm ≤ w < 0.4mm	●	-	-	-	-	-	●	-	-	-	1	2		
				ひび割れ幅 0.4mm ≤ w or 漏水・遊離石灰の析出	▲	-	-	-	-	-	▲	-	-	-	2	2		
				ひび割れ幅 0.0mm ≤ w < 0.2mm	●	-	-	-	-	-	●	-	-	-	1	1		
				ひび割れ幅 0.2mm ≤ w < 0.3mm	●	-	-	-	-	-	●	-	-	-	1	2		
				ひび割れ幅 0.3mm ≤ w < 0.4mm	●	-	-	-	-	-	●	-	-	-	1	2		
				ひび割れ幅 0.4mm ≤ w or 漏水・遊離石灰の析出	▲	-	-	-	-	-	▲	-	-	-	2	2		

要求性能に対する評価 (構造性能への影響度)  
 ● : 影響なし (要求性能を満足している)  
 ▲ : 影響あり (性能が低下している)  
 × : 性能不足 (性能が不足しているか、その可能性がある)

構造性能レベル  
 レベル1 : 性能に影響はないが、外観変状が認められる  
 レベル2 : 性能は低下しているが、補修で性能回復が可能  
 レベル3 : 性能は低下しているが、大規模補修や補強で性能回復が可能  
 レベル4 : 性能が低下し、性能不足となっている



図a-1(1) 胸壁の鉛直ひび割れ

図a-2(1) 胸壁の水平ひび割れ

図一解 2.5.1 構造性能評価判定表の見方

構造性能評価判定 PC 箱桁

構造物	部位	変状パターン	変状内容	想定される変状原因	外観変状の程度	現状の構造性能に対する評価						構造性能レベル (レベル=1~4)								
						安全性			使用性			機能性	安全性	使用性						
						部材破壊		安定	快走性	快適性					騒音振動					
						破壊	疲労			破壊限界	外観					快走性				
PC箱桁	桁端部	a-1	桁端部の主方向PC鋼材定着部付近のひび割れ・PC鋼材に沿った変状	応力集中、上縁定着箇所からの水の浸入、シース内クラウト不良による凍害・塩害など	0.0mm ≤ w < 0.2mm 0.2mm ≤ w < 0.3mm 0.3mm ≤ w 漏水、遊離石灰析出	破壊	疲労	安定	快走性	外観	快走性	騒音振動	機能性	安全性	使用性					
						●	—	—	—	●	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
						●	—	—	—	●	—	—	—	●	—	—	—	—	—	—
PC箱桁	桁端部	a-2	主桁縦絡めPC鋼材定着部後理めコンクリート部付近に発生する変状	応力集中、定着部後理めコンクリートの施工不良、凍害・塩害など	0.0mm ≤ w < 0.2mm 0.2mm ≤ w < 0.3mm 0.3mm ≤ w 後理めコンクリートの剥離	破壊	疲労	安定	快走性	外観	快走性	騒音振動	機能性	安全性	使用性					
						●	—	—	—	●	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
						●	—	—	—	●	—	—	—	●	—	—	—	—	—	—
PC箱桁	桁端部	a-2	桁端部付近の不規則なひび割れ	凍害など	外観変状なし (無細ひび割れ発生するが外観確認不能) スケーリング、ひび割れ、ポツポツアウト、砂利化の発生 骨材の露出、骨材の剥落 鋼材露出、鋼材腐食	破壊	疲労	安定	快走性	外観	快走性	騒音振動	機能性	安全性	使用性					
						●	—	—	—	●	—	—	—	—	—	—	—	—		
						●	—	—	—	●	—	—	—	●	—	—	—	—	—	

要求性能に対する評価 (構造性能への影響度)

- : 影響なし (要求性能を満足している)
- ▲ : 影響あり (性能が低下している)
- x : 性能不足 (性能が不足しているか、その可能性がある)

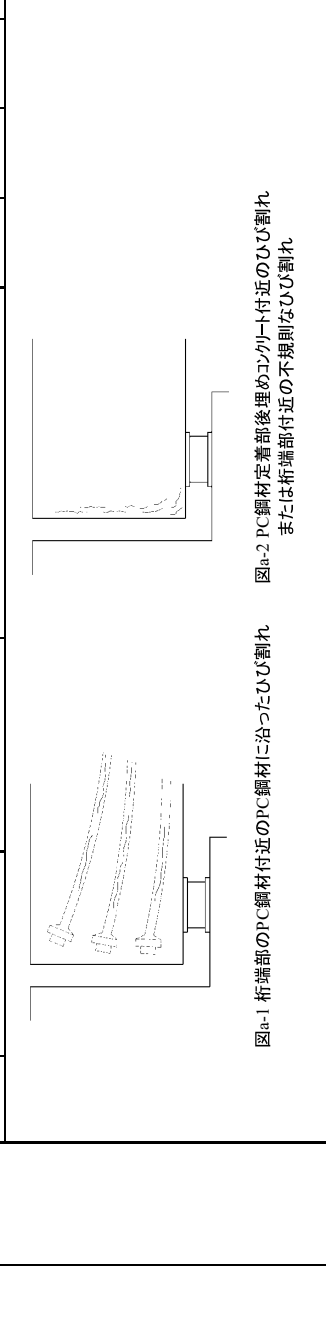
構造性能レベル

レベル1 : 性能に影響はないが、外観変状が認められる

レベル2 : 性能は低下しているが、補修で性能回復が可能

レベル3 : 性能は低下しているが、大規模補修や補強で性能回復が可能

レベル4 : 性能が低下し、性能不足となっている



図一解2.5.2(1) 構造性能評価判定表 (PC箱桁)

構造性能評価判定 PC箱桁

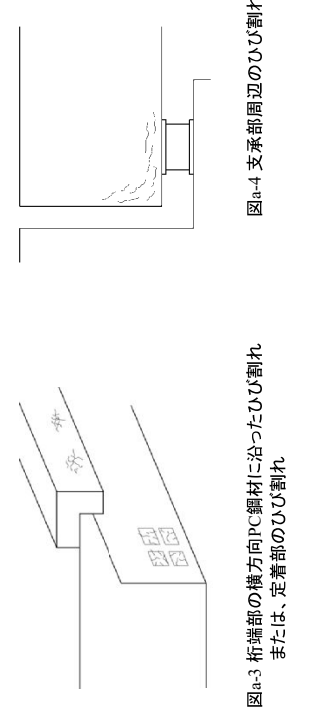
構造物	部位	変状パターン	変状内容	想定される変状原因	外観変状の程度	現状の構造性能に対する評価										構造性能レベル (レベル=1~4)							
						安全性			機能安全			使用性				機能性	安全性	使用性					
						部材破壊		安定	走行限界 たわみ	第三者影響度 限界	快走性 歩行性	快適性		騒音振動									
						破壊	疲労					破壊	外観		ひび割れ								
PC箱桁	桁端部	a-3	横方向PC鋼材に沿ったひび割れ、定着部のひび割れ	応力集中、シース内グラウト不良による凍害、横縮PCケーブルの破断、定着部後埋めコンクリートの施工不良、凍害など	0.0mm ≤ w < 0.2mm 0.2mm ≤ w < 0.3mm 0.3mm ≤ w PC鋼材の突出	破壊	●	安定	-	走行限界 たわみ	-	快走性 歩行性	-	外観	●	騒音振動	-	機能性	-	安全性	1	使用性	1
						疲労	-	破壊	●	安定	-	走行限界 たわみ	-	快走性 歩行性	-	外観	●	騒音振動	-	機能性	-	安全性	1
PC箱桁	桁端部	a-4	支承部周辺のひび割れ	凍害、地震時の応力集中など	0.0mm ≤ w < 0.2mm 0.2mm ≤ w < 0.3mm 0.3mm ≤ w 本体コンクリートの剥離	破壊	▲	安定	-	走行限界 たわみ	-	快走性 歩行性	-	外観	▲	騒音振動	-	機能性	-	安全性	2	使用性	1
						疲労	-	破壊	▲	安定	-	走行限界 たわみ	-	快走性 歩行性	-	外観	▲	騒音振動	-	機能性	-	安全性	2
PC箱桁	桁端部					破壊	x	安定	-	走行限界 たわみ	-	快走性 歩行性	-	外観	x	騒音振動	-	機能性	-	安全性	3	使用性	2
						疲労	-	破壊	x	安定	-	走行限界 たわみ	-	快走性 歩行性	-	外観	x	騒音振動	-	機能性	-	安全性	4

要求性能に対する評価(構造性能への影響度)

- : 影響なし(要求性能を満足している)
- ▲ : 影響あり(性能が低下している)
- x : 性能不足(性能が不足しているか、その可能性がある)

構造性能レベル

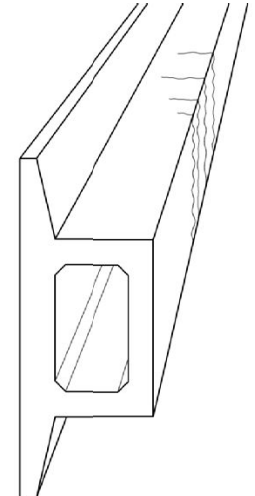
レベル1 : 性能に影響はないが、外観変状が認められる  
 レベル2 : 性能は低下しているが、補修で性能回復が可能  
 レベル3 : 性能は低下しているが、大規模補修や補強で性能回復が可能  
 レベル4 : 性能が低下し、性能不足となっている



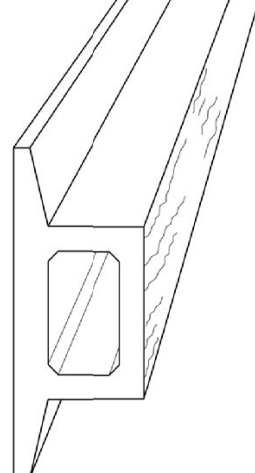
図一解2.5.2(2) 構造性能評価判定表 (PC箱桁)

構造性能評価判定 PC箱桁

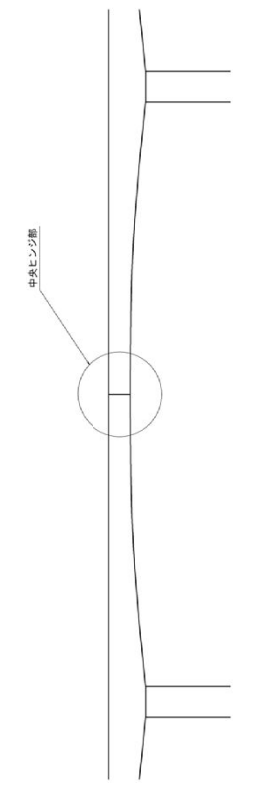
構造物	部位	変状パターン	変状内容	想定される変状原因	外観変状の程度	現状の構造性能に対する評価										構造性能レベル (レベル=1~4)			
						安全性			機能安全				使用性			機能性		安全性	使用性
						部材破壊		安定	疲労	走行限界	第三者影響度限界	快適性		騒音振動	水密性 気密性 遮音性 など				
						破壊	疲労	安定				走行限界	たわみ			歩行歩行性	外観	ひび割れ	
PC箱桁	支間中央部	b-1	主桁下縁付近 (橋軸直角方向ひび割れ)	曲げ耐力不足、過重量、主方向PC鋼材の破断など	0.0mm ≤ w < 0.2mm 0.2mm ≤ w < 0.3mm 0.3mm ≤ w < 0.4mm 0.4mm ≤ w	破壊	疲労	安定	走行限界	たわみ	歩行歩行性	外観	騒音振動	機能性	安全性	使用性			
						x	-	-	-	-	-	●	-	-	-	3	1		
						x	-	-	-	-	-	●	-	-	-	-	3	1	
PC箱桁	支間中央部	b-2	主桁下縁付近 (橋軸直角方向ひび割れ)	応力集中、下床版PC鋼材による腹圧力、シース内ゲラウト不良による凍害、アルカリシリカ反応など	0.0mm ≤ w < 0.2mm 0.2mm ≤ w < 0.3mm 0.3mm ≤ w < 0.4mm	破壊	疲労	安定	走行限界	たわみ	歩行歩行性	外観	騒音振動	機能性	安全性	使用性			
						●	-	-	-	-	-	●	-	-	-	1	1		
						●	-	-	-	-	-	●	-	-	-	1	1		
PC箱桁	支間中央部	b-3	中央ヒンジ付近の垂れ下がり、異常音の発生、伸縮装置の遊間異常	想定以上のクリープ進行、ヒンジ付近の材料劣化	設計たわみ量以上の垂れ下がり 設計たわみ量以上の垂れ下がり 異常音の発生、伸縮装置の遊間異常 ヒンジ支承の摩耗・変形、支承コンクリートの破損	破壊	疲労	安定	走行限界	たわみ	歩行歩行性	外観	騒音振動	機能性	安全性	使用性			
						●	-	-	-	-	-	●	-	-	-	1	1		
						▲	-	-	-	-	▲	-	-	-	3	2			
要求性能に対する評価(構造性能への影響度)						構造性能レベル													
● : 影響なし(要求性能を満足している) ▲ : 影響あり(性能が低下している) x : 性能不足(性能が不足しているか、その可能性がある)						レベル1 : 性能に影響はないが、外観変状が認められる レベル2 : 性能は低下しているが、補修で性能回復が可能 レベル3 : 性能は低下しているが、大規模補修や補強で性能回復が可能 レベル4 : 性能が低下し、性能不足となっている													



図b-1 主桁下縁付近の橋軸直角方向のひび割れ



図b-2 主桁下縁付近の橋軸方向のひび割れ



図b-3 中央ヒンジ付近の垂れ下がり、異常音、遊間異常

図一解2.5.2(3) 構造性能評価判定表(PC箱桁)

構造性能評価判定 PC箱桁

構造物	部位	変状パターン	変状内容	想定される変状原因	外観変状の程度	現状の構造性能に対する評価										構造性能レベル (レベル=1~4)	
						安全性			機能安全			使用性					
						部材破壊		安定	走行限界	第三者影響度限界	快走性	外観	騒音振動	水密性 気密性 遮蔽性 など	安全性	使用性	
						破壊	疲労	たわみ	剥落	たわみ	ひび割れ						
PC箱桁		c-1	主桁上縁付近 (橋軸直角方向ひび割れ)	曲げ耐力不足、過荷重、主 方向PC鋼材の破断など	0.0mm ≤ w < 0.2mm	×	—	—	●	—	—	—	—	—	3	1	
					0.2mm ≤ w < 0.3mm	×	—	—	●	—	—	—	—	3	1		
		c-2	支点付近ウェブ	せん断耐力不足、過荷重、 せん断鋼材の破断など	0.3mm ≤ w < 0.4mm	×	—	—	▲	—	—	—	—	—	3	2	
					0.4mm ≤ w	×	—	—	▲	—	—	—	—	3	2		
		中間支点部				0.0mm ≤ w < 0.2mm	×	—	—	●	—	—	—	—	—	3	1
						0.2mm ≤ w < 0.3mm	×	—	—	●	—	—	—	—	3	1	
						0.3mm ≤ w < 0.4mm	×	—	—	▲	—	—	—	—	3	2	
						0.4mm ≤ w	×	—	—	▲	—	—	—	—	3、4	2	

要求性能に対する評価(構造性能への影響度)

- : 影響なし(要求性能を満足している)
- ▲ : 影響あり(性能が低下している)
- ×

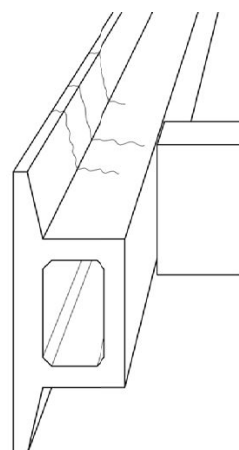
構造性能レベル

レベル1 : 性能に影響はないが、外観変状が認められる

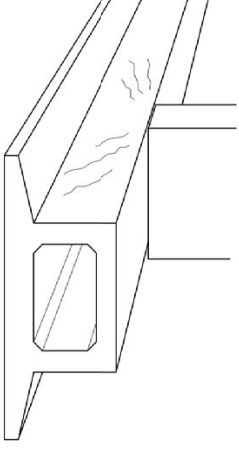
レベル2 : 性能は低下しているが、補修で性能回復が可能

レベル3 : 性能は低下しているが、大規模補修や補強で性能回復が可能

レベル4 : 性能が低下し、性能不足となっている



図c-1 中間支点部主桁上縁付近の橋軸直角方向のひび割れ

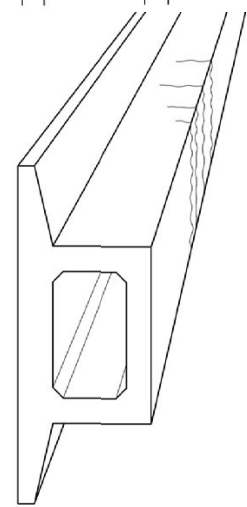


図c-2 中間支点部主桁ウェブに生じた斜めひび割れ

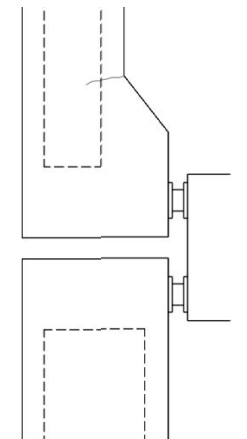
図一解2.5.2(4) 構造性能評価判定表(PC箱桁)

構造性能評価判定 P C 箱桁

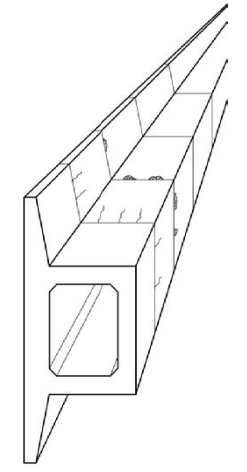
構造物	部位	変状パターン	変状内容	想定される変状原因	外観変状の程度	現状の構造性能に対する評価						構造性能レベル (レベル=1~4)		
						安全性			使用性			機能性	安全性	使用性
						部材破壊		機能安全	歩行限界	外観	騒音振動			
						破壊	疲労					安定	たわみ	走行限界
PC箱桁	桁側面部	d-1	支間長の1/4点付近(橋軸直角方向ひび割れ)	曲げ耐力不足、過荷重、主方向PC鋼材の破断、地震による変形など	$0.0mm \leq w < 0.2mm$	-	-	-	●	-	-	3	1	
					$0.2mm \leq w < 0.3mm$	-	-	-	●	-	-	3	1	
					$0.3mm \leq w < 0.4mm$	x	-	-	▲	-	-	3	2	
					$0.4mm \leq w$	x	-	-	▲	-	-	3	2	
					$0.0mm \leq w < 0.2mm$	●	-	-	●	-	-	1	1	
	桁側面部	d-2	断面の急変部	応力集中、鉄筋量不足	$0.2mm \leq w < 0.3mm$	-	-	-	●	-	-	-	1	1
					$0.3mm \leq w < 0.4mm$	-	-	-	▲	-	-	2	2	
					$0.4mm \leq w$	▲	-	-	▲	-	-	2	2	
					$0.0mm \leq w < 0.2mm$	●	-	-	●	-	-	1	1	
					$0.2mm \leq w < 0.3mm$	●	-	-	●	-	-	2	2	
	桁側面部	d-3	場所打ち張出し施工のブロック継ぎ目部	応力集中	$0.3mm \leq w < 0.4mm$	-	-	-	●	-	-	-	2	2
					$0.4mm \leq w$	●	-	-	▲	-	-	2	2	
					$0.0mm \leq w < 0.2mm$	-	-	-	●	-	-	1	1	
					$0.2mm \leq w < 0.3mm$	-	-	-	●	-	-	2	2	
					$0.3mm \leq w < 0.4mm$	●	-	-	▲	-	-	2	2	
桁側面部	d-5	床版横締め定着部	応力集中、シース内グラウト不良による凍害、横締PCケーブルの破断、定着部後埋めコンクリートの施工不良、凍害など	$0.0mm \leq w < 0.2mm$	-	-	-	●	-	-	-	2	1	
				$0.2mm \leq w < 0.3mm$	-	-	-	●	-	-	2	1		
				$0.3mm \leq w < 0.4mm$	-	-	-	●	-	-	2	2		
				$0.4mm \leq w$	●	-	-	▲	-	-	2	2		
				$0.0mm \leq w < 0.2mm$	●	-	-	▲	-	-	2	2		



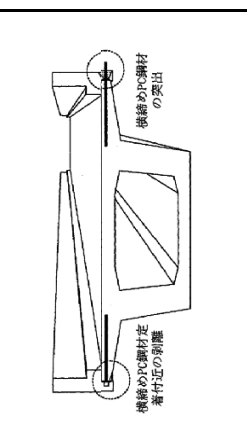
図d-1 支間長の1/4点付近の橋軸直角方向のひび割れ



図d-2 断面の急変部のひび割れ



図d-3 場所打ち張出し施工のブロック継ぎ目部のひび割れ

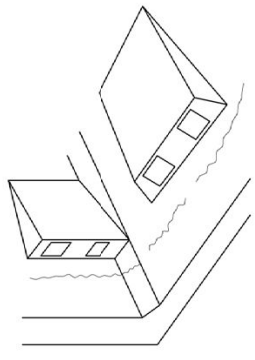
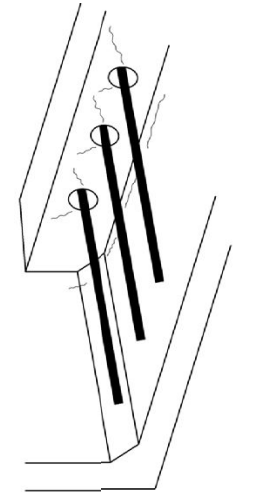
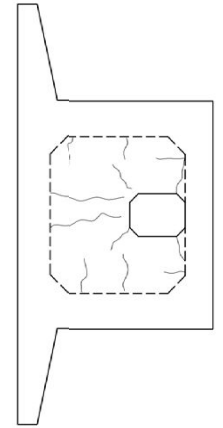


図d-5 床版横締め定着部付近のひび割れ

図一解2.5.2(5) 構造性能評価判定表 (PC箱桁)



構造性能評価判定 P C 箱桁

構造物	部位	変状パターン	変状内容	想定される変状原因	外観変状の程度	現状の構造性能に対する評価							構造性能レベル (レベル=1~4)							
						安全性			機能安全		使用性				機能性					
						部材破壊		安定	疲労	破壊	走行限界	第三者影響度限界	歩行歩行性	外観	騒音振動	歩行歩行性	歩行歩行性	歩行歩行性	歩行歩行性	歩行歩行性
						破壊	疲労	安定	たわみ	剥落	たわみ	ひび割れ	たわみ	ひび割れ	剥落	剥落	剥落	剥落	剥落	剥落
PC箱桁	その他 (箱桁内部)	e-1	ケーブル定着部 および外ケーブル偏向部	過度なケーブル配置による 応力集中、鉄筋量不足	$0.0\text{mm} \leq w < 0.2\text{mm}$ $0.2\text{mm} \leq w < 0.3\text{mm}$ $0.3\text{mm} \leq w < 0.4\text{mm}$ $0.4\text{mm} \leq w$	x x x x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-			
		e-2	支点横桁	施工時の温度ひび割れ、 収縮ひび割れ	$0.0\text{mm} \leq w < 0.2\text{mm}$ $0.2\text{mm} \leq w < 0.3\text{mm}$ $0.3\text{mm} \leq w < 0.4\text{mm}$ $0.4\text{mm} \leq w$	● ● ● ●	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-			
要求性能に対する評価(構造性能への影響度) ● : 影響なし(要求性能を満足している) ▲ : 影響あり(性能が低下している) x : 性能不足(性能が不足しているか、その可能性がある)																				
構造性能レベル レベル1 : 性能に影響はないが、外観変状が認められる レベル2 : 性能は低下しているが、補修で性能回復が可能 レベル3 : 性能は低下しているが、大規模補修や補強で性能回復が可能 レベル4 : 性能が低下し、性能不足となっている																				
																				
					図e-1(その1) ケーブル定着部付近のひび割れ		図e-1(その2) 外ケーブル偏向部付近のひび割れ		図e-2 支点横桁付近のひび割れ											

図一解2.5.2(6) 構造性能評価判定表 (PC箱桁)

構造性能評価判定 PCT桁

構造物	部位	変状パターン	変状内容	想定される変状原因	外観変状の程度	現状の構造性能に対する評価						構造性能レベル (レベル=～4)					
						安全性			機能安全			使用性			機能性	安全性	使用性
						部材破壊		安定	走行限界 たわみ	剥落	快適性		騒音振動				
						破壊	疲労				走行限界 たわみ	剥落		走行歩行性 たわみ	外観 ひび割れ		
PCT桁	桁端部	a-1	桁端部の主方向PC鋼材定着部付近のひび割れ・PC鋼材に沿った変状	応力集中、上縁定着箇所からの水の浸入、シーズン内グラウト不良による凍害・塩害など	0.0mm ≤ w < 0.2mm 0.2mm ≤ w < 0.3mm 0.3mm ≤ w	●	—	—	—	—	●	—	—	—	1	1	
						●	—	—	—	—	●	—	—	—	1	1	
						●	—	—	—	—	▲	—	—	—	—	1	2
		a-2	主桁縦絡めPC鋼材定着部後埋めコンクリート部付近に発生する変状	応力集中、定着部後埋めコンクリートの施工不良、凍害・塩害など	0.0mm ≤ w < 0.2mm 0.2mm ≤ w < 0.3mm 0.3mm ≤ w	●	—	—	—	—	—	●	—	—	—	1	1
						●	—	—	—	—	●	—	—	—	1	1	
						●	—	—	—	—	▲	—	—	—	—	1	2
a-2	桁端部付近の不規則なひび割れ	凍害など	後埋めコンクリートの剥離 外観変状なし (無細ひび割れ発生するが外観確認不能) スケーリング、ひび割れ、ポップアウト、砂利化の発生	0.3mm ≤ w	●	—	—	—	—	—	×	—	—	—	1	2	
					●	—	—	—	—	●	—	—	—	1	1		
					▲	—	—	—	—	▲	—	—	—	—	1	2	
▲	—	—	—	—	鋼材露出、鋼材腐食	—	—	—	—	×	—	—	—	1	2		

要求性能に対する評価(構造性能への影響度)

- : 影響なし(要求性能を満足している)
- ▲ : 影響あり(性能が低下している)
- ×

構造性能レベル

レベル1 : 性能に影響はないが、外観変状が認められる  
 レベル2 : 性能は低下しているが、補修で性能回復が可能  
 レベル3 : 性能は低下しているが、大規模補修や補強で性能回復が可能  
 レベル4 : 性能が低下し、性能不足となっている

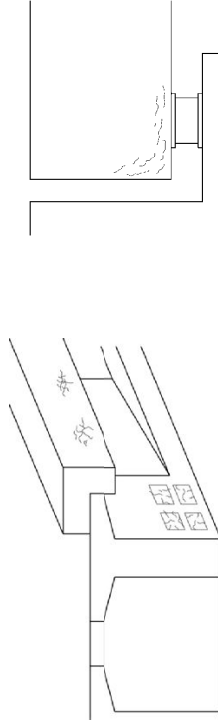


図a-1 桁端部のPC鋼材付近のPC鋼材に沿ったひび割れ  
 図a-2 PC鋼材定着部後埋めコンクリート付近のひび割れ  
 または、桁端部付近の不規則なひび割れ

図一解2.5.3(7)構造性能評価判定表(PCT桁)

構造性能評価判定 PCT桁

構造物	部位	変状パターン	変状内容	想定される変状原因	外観変状の程度	現状の構造性能に対する評価						構造性能レベル (レベル=1~4)									
						安全性			使用性			機能性	安全性	使用性							
						部材破壊		機能安全	快適性		騒音振動										
						破壊	疲労		安定	走行限界		第三者影響度限界	走行歩行性	外観	水密性 気密性 遮蔽性 など						
PCT桁	桁端部	a-3	横方向PC鋼材に沿ったひび割れ、定着部のひび割れ	応力集中、シース内グラウト不良による凍害、横筋PCケーブルの破断、定着部後埋めコンクリートの施工不良、凍害など	0.0mm ≤ w < 0.2mm 0.2mm ≤ w < 0.3mm 0.3mm ≤ w PC鋼材の突出	破壊	疲労	安定	走行限界	第三者影響度限界	走行歩行性	外観	騒音振動	機能性	安全性	使用性					
						●	—	—	—	剥落	たわみ	—	●	—	—	—	—	1	1		
						●	—	—	—	—	—	—	—	—	—	●	—	—	—	1	1
						●	—	—	—	—	—	—	—	—	—	▲	—	—	—	1	2
PCT桁	桁端部	a-4	支承部周辺のひび割れ	凍害、地震時の応力集中など	0.0mm ≤ w < 0.2mm 0.2mm ≤ w < 0.3mm 0.3mm ≤ w 本体コンクリートの剥離	破壊	疲労	安定	走行限界	第三者影響度限界	走行歩行性	外観	騒音振動	機能性	安全性	使用性					
						▲	—	—	—	—	—	—	●	—	—	—	—	2	1		
						▲	—	—	—	—	—	—	●	—	—	▲	—	—	—	2	2
						×	—	—	—	—	—	×	—	—	×	—	—	—	—	3	2
PCT桁	桁端部					破壊	疲労	安定	走行限界	第三者影響度限界	走行歩行性	外観	騒音振動	機能性	安全性	使用性					
						×	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	



図a-3 桁端部の横方向PC鋼材に沿ったひび割れ  
または、定着部のひび割れ

図a-4 支承部周辺のひび割れ

要求性能に対する評価(構造性能への影響度)

- : 影響なし(要求性能を満足している)
- ▲ : 影響あり(性能が低下している)
- ×

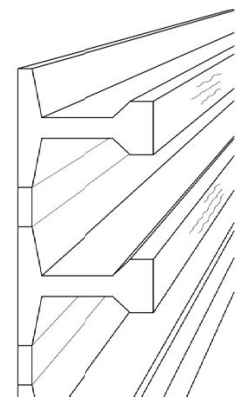
構造性能レベル

レベル1 : 性能に影響はないが、外観変状が認められる  
 レベル2 : 性能は低下しているが、補修で性能回復が可能  
 レベル3 : 性能は低下しているが、大規模補修や補強で性能回復が可能  
 レベル4 : 性能が低下し、性能不足となっている

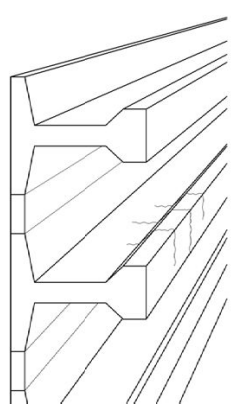
図一解2.5.3(8)構造性能評価判定表(PCT桁)

構造性能評価判定 PCT桁

構造物	部位	変状パターン	変状内容	想定される変状原因	外観変状の程度	現状の構造性能に対する評価										構造性能レベル (レベル=1~4)													
						安全性			機能安全			使用性				機能性		安全性	使用性										
						部材破壊		安定	走行限界	第三者影響度限界	快適性		騒音振動	機能性															
						破壊	疲労				破壊	剥落		走行歩行性	外観	水密性 気密性 遮蔽性 など													
PCT桁	支間中央部	変状パターン	主桁下縁付近 (橋軸直角方向ひび割れ)	曲げ耐力不足、過重量、主 方向PC鋼材の破断など	0.0mm ≤ w < 0.2mm	破壊	×	安定	—	走行限界	たわみ	剥落	剥落	走行歩行性	たわみ	ひび割れ	騒音振動	—	機能性	—	安全性	3	使用性	1					
						×	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
						×	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
						×	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
						×	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
						●	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
						●	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
						▲	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
						▲	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
						—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—



図b-1 主桁下縁付近の橋軸直角方向のひび割れ



図b-2 主桁下縁付近の橋軸方向のひび割れ

要求性能に対する評価(構造性能への影響度)

- : 影響なし(要求性能を満足している)
- ▲ : 影響あり(性能が低下している)
- × : 性能不足(性能が不足しているか、その可能性がある)

構造性能レベル

レベル1 : 性能に影響はないが、外観変状が認められる  
 レベル2 : 性能は低下しているが、補修で性能回復が可能  
 レベル3 : 性能は低下しているが、大規模補修や補強で性能回復が可能  
 レベル4 : 性能が低下し、性能不足となっている

図一解2.5.3(9)構造性能評価判定表(PCT桁)

構造性能評価判定 PCT桁

構造物	部位	変状パターン	変状内容	想定される変状原因	外観変状の程度	現状の構造性能に対する評価										構造性能レベル (レベル=1~4)		
						安全性					使用性					機能性	安全性	使用性
						部材破壊		安定	機能安全		快適性		騒音振動	走行性 歩行性	外観			
						破壊	疲労		破壊	限界	剥落	たわみ				ひび割れ		
PCT桁	中間支点部	c-1	主桁上縁付近 (橋軸直角方向ひび割れ)	曲げ耐力不足、過荷重、主 方向PC鋼材の破断など	0.0mm ≤ w < 0.2mm	—	—	—	—	●	—	—	—	—	1(3) <sup>注</sup>	1		
					0.2mm ≤ w < 0.3mm	—	—	—	—	●	—	—	—	—	—	1(3) <sup>注</sup>	1	
					0.3mm ≤ w < 0.4mm	—	—	—	—	▲	—	—	—	—	—	2(3) <sup>注</sup>	2	
	c-3	支点付近ウェブ	せん断耐力不足、過荷重 など	0.4mm ≤ w	—	—	—	—	—	▲	—	—	—	—	2(3,4) <sup>注</sup>	2		
				0.0mm ≤ w < 0.2mm	×	—	—	—	—	—	—	●	—	—	—	3		
				0.2mm ≤ w < 0.3mm	×	—	—	—	—	—	—	●	—	—	—	3		
					0.3mm ≤ w < 0.4mm	×	—	—	—	—	—	—	—	3	2			
					0.4mm ≤ w	×	—	—	—	—	—	—	—	3,4	2			

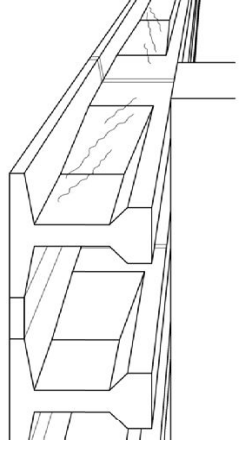
注) ( )内はT桁の中間支点部がPC連結の場合の判定を示す。

要求性能に対する評価(構造性能への影響度)

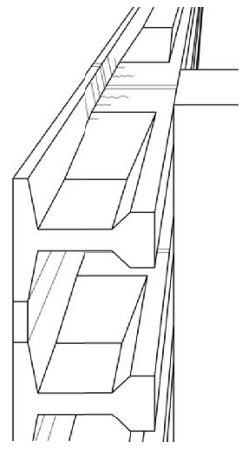
- : 影響なし(要求性能を満足している)
- ▲: 影響あり(性能が低下している)
- ×: 性能不足(性能が不足しているか、その可能性がある)

構造性能レベル

レベル1: 性能に影響はないが、外観変状が認められる  
 レベル2: 性能は低下しているが、補修で性能回復が可能  
 レベル3: 性能は低下しているが、大規模補修や補強で性能回復が可能  
 レベル4: 性能が低下し、性能不足となっている



図c-2 中間支点部主桁ウェブに生じた斜めひび割れ

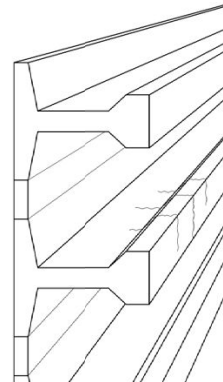


図c-1 中間支点部主桁上縁付近の橋軸直角方向のひび割れ

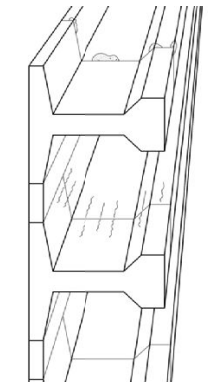
図一解2.5.3(10) 構造性能評価判定表 (PCT桁)

構造性能評価判定 PCT桁

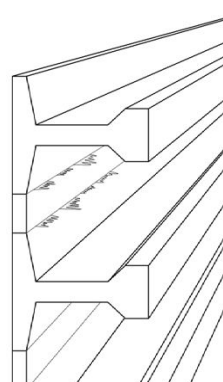
構造物	部位	変状パターン	変状内容	想定される変状原因	外観変状の程度	現状の構造性能に対する評価										構造性能レベル (レベル=～4)											
						安全性			機能安全			使用性				機能性		安全性	使用性								
						部材破壊		安定	走行限界 たわみ	第三者影響度 限界	剥落	走行限界 たわみ	剥落	歩行歩行性	外観	騒音振動	歩行歩行性			たわみ	ひび割れ						
						破壊	疲労																				
PCT桁	桁側面部	d-1	支間長の1/4点付近 (橋軸直角方向ひび割れ)	曲げ耐力不足、過重量、主 方向PC鋼材の破断、地震 による変形など	0.0mm ≤ w < 0.2mm	破壊	×	安定	—	走行限界 たわみ	—	剥落	●	歩行歩行性	—	外観	●	騒音振動	—	機能性	—	安全性	3	使用性	1		
						×	—	—	●	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3	1	
						×	—	—	▲	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3	2
						×	—	—	▲	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3	2
		d-2	フレキストセグメント部の目地	応力集中	0.0mm ≤ w < 0.2mm	破壊	●	安定	—	走行限界 たわみ	—	剥落	●	歩行歩行性	—	外観	●	騒音振動	—	機能性	—	安全性	1	使用性	1		
						●	—	—	●	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1		
						●	—	—	▲	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	2	
						●	—	—	▲	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	2	
		d-3	床版の間詰めコンクリート目 地部のひび割れ・漏水等	橋面浸透水の漏水、軸荷 重による間詰めコンクリート の押し抜きなど	漏水、遊離石灰析出	破壊	▲	安定	—	走行限界 たわみ	—	剥落	▲	歩行歩行性	—	外観	▲	騒音振動	—	機能性	—	安全性	2	使用性	2		
						▲	—	—	▲	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	2		
						▲	—	—	▲	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	2	
						▲	—	—	▲	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	2	
		d-4	床版の間詰めコンクリート部 の直角方向ひび割れ	初期ひび割れ	漏水、遊離石灰析出	破壊	▲	安定	—	走行限界 たわみ	—	剥落	▲	歩行歩行性	—	外観	●	騒音振動	—	機能性	—	安全性	2	使用性	1		
						▲	—	—	▲	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	1		
						▲	—	—	▲	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	2	
						▲	—	—	▲	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	2	



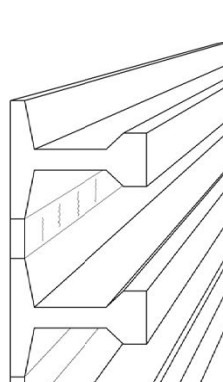
図d-1 支間長の1/4点付近の橋軸直角方向のひび割れ



図d-2 フレキストセグメント部の目地部のひび割れ



図d-3 主桁の間詰めコンクリート目地部のひび割れ



図d-4 主桁の間詰めコンクリート部の直角方向ひび割れ

図一解2.5.3(11)構造性能評価判定表(PCT桁)

構造性能評価判定 PCT桁

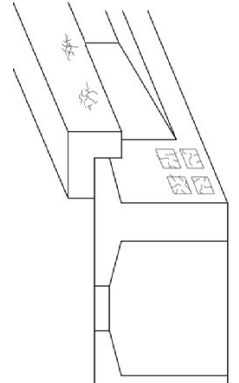
構造物	部位	変状パターン	変状内容	想定される変状原因	外観変状の程度	現状の構造性能に対する評価										構造性能レベル (レベル=1~4)							
						安全性			機能安全			使用性				機能性		安全性	使用性				
						部材破壊		安定	走行限界 たわみ	第三者影響度 限界	剥落	走行歩行性 たわみ	快適性		騒音振動	水密性 気密性 遮蔽性 など							
						破壊	疲労						外観 ひび割れ										
PCT桁	桁側面部	変状パターン d-5	床版横締め定着部	応力集中、シース内グラウト不良による凍害、横締PCケーブルの破断、定着部後埋めコンクリートの施工不良、凍害など	0.0mm ≤ w < 0.2mm 0.2mm ≤ w < 0.3mm 0.3mm ≤ w PC鋼材の突出	●	-	-	▲	-	-	-	●	-	-	-	2	1					
						●	-	-	▲	-	-	-	●	-	-	-	2	1					
						●	-	-	-	-	-	-	▲	-	-	-	-	1	2				
						x	-	-	-	-	-	-	x	-	-	-	3	2					

要求性能に対する評価(構造性能への影響度)

- : 影響なし(要求性能を満足している)
- ▲ : 影響あり(性能が低下している)
- x : 性能不足(性能が不足しているか、その可能性がある)

構造性能レベル

レベル1 : 性能に影響はないが、外観変状が認められる  
 レベル2 : 性能は低下しているが、補修で性能回復が可能  
 レベル3 : 性能は低下しているが、大規模補修や補強で性能回復が可能  
 レベル4 : 性能が低下し、性能不足となっている



図d-5 床版横締め定着部付近のひび割れ

図一解2.5.3(12)構造性能評価判定表(PCT桁)

構造性能評価判定 PC中空床版

構造物	部位	変状パターン	変状内容	想定される変状原因	外観変状の程度	現状の構造性能に対する評価						構造性能レベル (レベル=1~4)				
						安全性			使用性			機能性	安全性	使用性		
						部材破壊		安定	機能安全		快適性					
						破壊	疲労		安定	走行限界 たわみ	第三者影響度 限界	走行歩行性 たわみ	外観 ひび割れ	騒音振動	水密性 気密性 遮蔽性 など	
PC中空床版	桁端部	a-1	桁端部の主方向PC鋼材 定着部付近のひび割れ・ PC鋼材に沿った変状	応力集中、上縁定着箇所 からの水の浸入、シース内 グラウト不良による凍害・ 塩害など	0.0mm ≤ w < 0.2mm	-	-	-	-	●	-	-	1	1		
					0.2mm ≤ w < 0.3mm	-	-	-	-	●	-	-	1	1		
		a-2	主桁縦筋めPC鋼材定着 部後理めコンクリート部付 近に発生する変状	応力集中、定着部後理めコ ンクリートの施工不良、凍 害・塩害など	0.3mm ≤ w	-	-	-	-	▲	-	-	-	2	2	
					漏水、遊離石灰析出	-	-	-	-	×	-	-	2	2		
		a-2	桁端部付近の不規則なひ び割れ	凍害など	0.0mm ≤ w < 0.2mm	-	-	-	-	●	-	-	-	1	1	
					0.2mm ≤ w < 0.3mm	-	-	-	-	●	-	-	-	1	1	
		a-2	桁端部付近の不規則なひ び割れ	凍害など	0.3mm ≤ w	-	-	-	-	●	-	-	-	-	2	2
					後理めコンクリートの剥離	-	-	-	-	×	-	-	-	2	2	
		a-2	支承部周辺のひび割れ	凍害、地震時の応力集中 など	外観変状なし (無細ひび割れ発生するが外観確認不能)	-	-	-	-	-	-	●	-	-	1	1
					スケーリング、ひび割れ、ポツポツアウト、 砂利化の発生	-	-	-	-	-	●	-	-	-	1	1
a-3	支承部周辺のひび割れ	凍害、地震時の応力集中 など	骨材の露出、骨材の剥落	-	-	-	-	-	-	▲	-	-	1	2		
			鋼材露出、鋼材腐食	-	-	-	-	-	×	-	-	-	1	2		
a-3	支承部周辺のひび割れ	凍害、地震時の応力集中 など	0.0mm ≤ w < 0.2mm	-	-	-	-	-	-	-	●	-	2	1		
			0.2mm ≤ w < 0.3mm	-	-	-	-	-	-	-	-	●	-	2	1	
a-3	支承部周辺のひび割れ	凍害、地震時の応力集中 など	0.3mm ≤ w	-	-	-	-	-	-	-	▲	-	3	2		
			本体コンクリートの剥離	-	-	-	-	-	×	-	-	-	4	3		

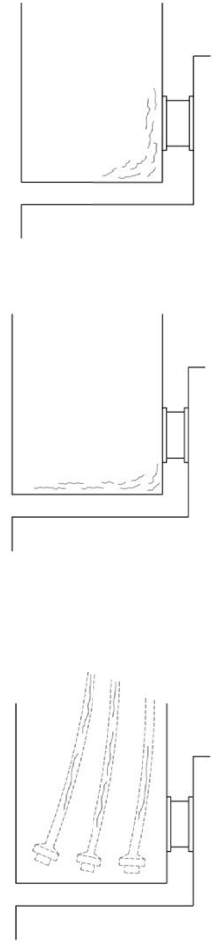
要求性能に対する評価(構造性能への影響度)

- : 影響なし(要求性能を満足している)
- ▲ : 影響あり(性能が低下している)
- ×

性能が低下し、性能不足となっているか、その可能性がある

構造性能レベル

レベル1 : 性能に影響はないが、外観変状が認められる  
 レベル2 : 性能は低下しているが、補修で性能回復が可能  
 レベル3 : 性能は低下しているが、大規模補修や補強で性能回復が可能  
 レベル4 : 性能が低下し、性能不足となっている



図a-1 桁端部のPC鋼材付近のPC鋼材に沿ったひび割れ  
 または桁端部付近の不規則なひび割れ

図一解2.5.4(13)構造性能評価判定表(PC中空床版)



構造性能評価判定 PC中空床版

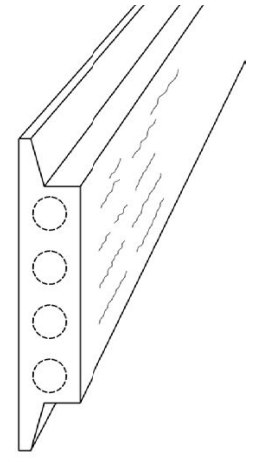
構造物	部位	変状パターン	変状内容	想定される変状原因	外観変状の程度	現状の構造性能に対する評価										構造性能レベル (レベル=1~4)				
						安全性			機能安全			使用性				機能性		安全性	使用性	
						部材破壊		安定	走行限界 たわみ	第三者影響度 限界	剥落	走行歩行性 たわみ	外観	騒音振動	歩行歩行性 たわみ	ひび割れ	水密性 気密性 遮蔽性 など			
						破壊	疲労													
PC中空床版	支間中央部	b-1	主桁下縁付近 (橋軸直角方向ひび割れ)	曲げ耐力不足、過重量、主 方向PC鋼材の破断など	$0.0mm \leq w < 0.2mm$	-	-	-	●	-	-	-	-	-	-	-	3	1		
					$0.2mm \leq w < 0.3mm$	-	-	-	●	-	-	-	-	-	-	3	1			
		b-2	主桁下縁付近 (橋軸方向ひび割れ)	応力集中、下床版PC鋼材 による擁圧力、シース内ゲ ラウト不良による凍害、ア ルカリシリカ反応など	$0.3mm \leq w < 0.4mm$	-	-	-	-	▲	-	-	-	-	-	-	-	3	2	
					$0.4mm \leq w$	-	-	-	▲	-	-	-	-	-	-	-	3	2		
						濡水、遊離石灰析出	$0.0mm \leq w < 0.2mm$	-	-	-	●	-	-	-	-	-	-	-	1	1
							$0.2mm \leq w < 0.3mm$	-	-	-	●	-	-	-	-	-	-	-	1	1
							$0.3mm \leq w < 0.4mm$	-	-	-	▲	-	-	-	-	-	-	-	3	2
							$0.4mm \leq w$	-	-	-	▲	-	-	-	-	-	-	-	3	2
								-	-	-	▲	-	-	-	-	-	-	-	3	2
								-	-	-	▲	-	-	-	-	-	-	-	3	2

要求性能に対する評価(構造性能への影響度)

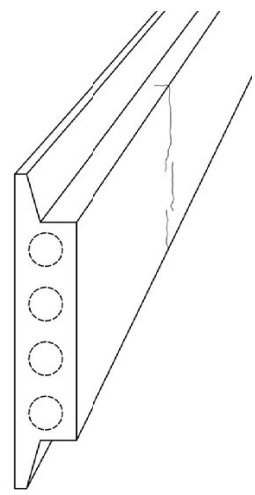
- 影響なし(要求性能を満足している)
- ▲ 影響あり(性能が低下している)
- × 性能不足(性能が不足しているか、その可能性がある)

構造性能レベル

レベル1 : 性能に影響はないが、外観変状が認められる  
 レベル2 : 性能は低下しているが、補修で性能回復が可能  
 レベル3 : 性能は低下しているが、大規模補修や補強で性能回復が可能  
 レベル4 : 性能が低下し、性能不足となっている



図b-2 主桁下縁付近の橋軸方向のひび割れ



図b-1 主桁下縁付近の橋軸直角方向のひび割れ

図一解2.5.4(14)構造性能評価判定表(PC中空床版)

構造性能評価判定 PC中空床版

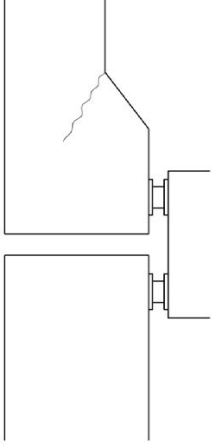
構造物	部位	変状パターン	変状内容	想定される変状原因	外観変状の程度	現状の構造性能に対する評価										構造性能レベル (レベル=1~4)	
						安全性			機能安全			使用性					
						部材破壊		安定	走行限界	第三者影響度限界	歩行歩行性	外観	騒音振動	水密性 気密性 遮蔽性 など	安全性	使用性	
						破壊	疲労	剥落	たわみ	たわみ	ひび割れ						
PC中空床版	桁側面部	d-I	断面の急変部	応力集中、鉄筋量不足	0.0mm ≤ w < 0.2mm	●	-	-	●	-	●	-	-	-	1	1	
					0.2mm ≤ w < 0.3mm	●	-	-	●	-	●	-	-	-	1	1	
					0.3mm ≤ w < 0.4mm	●	-	-	▲	-	▲	-	-	-	2	2	
					0.4mm ≤ w	▲	-	-	▲	-	▲	-	-	-	2	2	

要求性能に対する評価(構造性能への影響度)

- : 影響なし(要求性能を満足している)
- ▲ : 影響あり(性能が低下している)
- x : 性能不足(性能が不足しているか、その可能性がある)

構造性能レベル

レベル1 : 性能に影響はないが、外観変状が認められる  
 レベル2 : 性能は低下しているが、補修で性能回復が可能  
 レベル3 : 性能は低下しているが、大規模補修や補強で性能回復が可能  
 レベル4 : 性能が低下し、性能不足となっている



図d-2 断面の急変部のひび割れ

図一解2.5.4(15)構造性能評価判定表(PC中空床版)



構造性能評価判定 PCプレテン桁

構造物	部位	変状パターン	変状内容	想定される変状原因	外観変状の程度	現状の構造性能に対する評価										構造性能レベル (レベル=1~4)						
						安全性			機能安全			使用性				機能性		安全性	使用性			
						部材破壊		安定	走行限界	第三者影響度限界	快適性		騒音振動	水密性 気密性 遮音性 など								
						破壊	疲労				歩行限界	歩行限界		外観	歩行歩行性	歩行歩行性	歩行歩行性					
PCプレテン桁	桁端部	a-1	桁端部の主方向PC鋼材定着部付近のひび割れ・変状	応力集中、凍害など	0.0mm ≦ w < 0.2mm	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1			
					0.2mm ≦ w < 0.3mm	●	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1
					0.3mm ≦ w	●	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	2
PCプレテン桁	桁端部	a-2	桁端部付近の不規則なひび割れ	凍害など	本体コンクリートの剥離	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	2			
					外観変状なし (無細ひび割れ発生するが外観確認不能)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1	
					スケールン、ひび割れ、ポップアウト、砂利化の発生	▲	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	2
PCプレテン桁	桁端部	a-3	横方向PC鋼材定着部後埋めコンクリート部付近に発生する変状	応力集中、シース内グラウト不良による凍害、横断PCケーブルの破断、定着部後埋めコンクリートの施工不良、凍害など	骨材の露出、骨材の剥落	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	2			
					鋼材露出、鋼材腐食	▲	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	2	
					0.0mm ≦ w < 0.2mm	●	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1
PCプレテン桁	桁端部	a-3	横方向PC鋼材定着部後埋めコンクリート部付近に発生する変状	応力集中、シース内グラウト不良による凍害、横断PCケーブルの破断、定着部後埋めコンクリートの施工不良、凍害など	0.2mm ≦ w < 0.3mm	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	2			
					0.3mm ≦ w	●	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	2	
					PC鋼材の突出	×	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3	2	

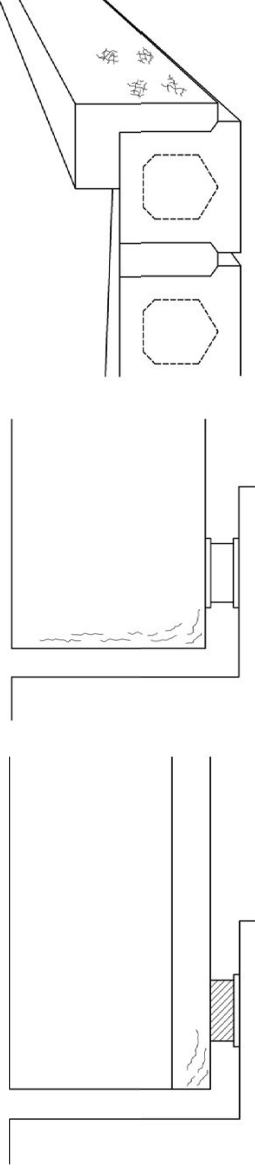
要求性能に対する評価 (構造性能への影響度)

- : 影響なし (要求性能を満足している)
- ▲ : 影響あり (性能が低下している)
- ×

× : 性能不足 (性能が不足しているか、その可能性がある)

構造性能レベル

レベル1 : 性能に影響はないが、外観変状が認められる  
 レベル2 : 性能は低下しているが、補修で性能回復が可能  
 レベル3 : 性能は低下しているが、大規模補修や補強で性能回復が可能  
 レベル4 : 性能が低下し、性能不足となっている



図a-1 桁端部の主方向PC鋼材付近のひび割れ  
 図a-2 桁端部付近の不規則なひび割れ  
 図a-3 横断めPC鋼材定着部後埋めコンクリート付近のひび割れ

図一解2.5.5(17) 構造性能評価判定表 (PCプレテン桁)

構造性能評価判定 PCプレテン桁

構造物	部位	変状パターン	変状内容	想定される変状原因	外観変状の程度	現状の構造性能に対する評価										構造性能レベル (レベル=1~4)														
						安全性			機能安全			使用性					機能性													
						部材破壊		安定	走行限界 たわみ	第三者影響度 限界	快適性		騒音振動																	
						破壊	疲労				歩行歩行性 たわみ	外観																		
PCプレテン桁	支間中央部	b-1	主桁下縁付近 (橋軸直角方向ひび割れ)	曲げ耐力不足、過荷重、主 方向PC鋼材の破断など	0.0mm ≤ w < 0.2mm	破壊	×	安定	—	走行限界 たわみ	—	第三者影響度 限界	●	歩行歩行性 たわみ	—	外観	●	騒音振動	—	機能性	—	安全性	3	使用性	1					
						×	—	—	●	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
						×	—	—	●	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
						×	—	—	▲	0.3mm ≤ w < 0.4mm	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
						×	—	—	▲	0.4mm ≤ w	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
						●	—	—	●	0.0mm ≤ w < 0.2mm	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
						●	—	—	●	0.2mm ≤ w < 0.3mm	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
						▲	—	—	▲	0.3mm ≤ w < 0.4mm	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
						▲	—	—	▲	濡水、遊離石灰析出	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	×	—	—	—	—	—	—	—	—	—

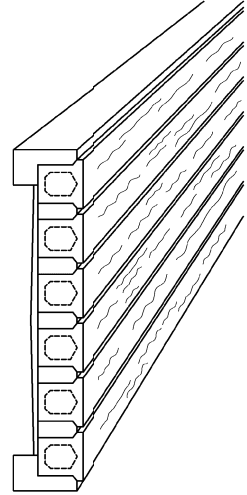
要求性能に対する評価(構造性能への影響度)

- : 影響なし(要求性能を満足している)
- ▲ : 影響あり(性能が低下している)
- ×

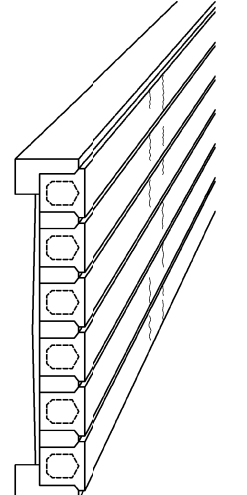
× : 性能不足(性能が不足しているか、その可能性がある)

構造性能レベル

レベル1 : 性能に影響はないが、外観劣化が認められる  
 レベル2 : 性能は低下しているが、補修で性能回復が可能  
 レベル3 : 性能は低下しているが、大規模補修や補強で性能回復が可能  
 レベル4 : 性能が低下し、性能不足となっている



図b-2 主桁下縁付近の橋軸方向のひび割れ



図b-1 主桁下縁付近の橋軸直角方向のひび割れ

図一解2.5.5(18) 構造性能評価判定表(PCプレテン桁)

構造性能評価判定 R C 桁

構造物	部位	変状パターン	変状内容	想定される変状原因	外観変状の程度	現状の構造性能に対する評価						構造性能レベル (レベル=1~4)					
						安全性			機能安全			使用性			機能性	安全性	使用性
						部材破壊		安定	走行限界 たわみ	第三者影響度 限界	快適性		騒音振動				
						破壊	疲労	歩行限界			走行歩行性	外観					
RC桁	桁端部	a-1	桁端部付近の不規則なひび割れ	凍害など	外観変状なし (細小ひび割れ発生するが外観確認不能) スケーリング、ひび割れ、ポップアウト、 砂利化の発生 骨材の露出、骨材の剥落 鋼材露出、鋼材腐食	●	-	-	-	-	●	-	-	1	1		
						●	-	-	-	-	●	-	-	1	1		
						▲	-	-	-	-	▲	-	-	1	2		
						▲	-	-	-	-	×	-	-	1	2		
						▲	-	-	-	-	●	-	-	2	1		
						▲	-	-	-	-	●	-	-	2	1		
						▲	-	-	-	-	▲	-	-	3	2		
						×	-	-	-	-	×	-	-	4	3		
						×	-	-	-	-	●	-	-	3	1		
						×	-	-	-	-	●	-	-	3	1		
a-2	支承部周辺のひび割れ	凍害、地震時の応力集中 など	0.0mm ≤ w < 0.2mm	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
			0.2mm ≤ w < 0.3mm	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
			0.3mm ≤ w	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
a-3	支点付近ウェーブ	せん断耐力不足、過荷重 など	0.0mm ≤ w < 0.2mm	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
			0.2mm ≤ w < 0.3mm	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
			0.3mm ≤ w < 0.4mm	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
			0.4mm ≤ w	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			

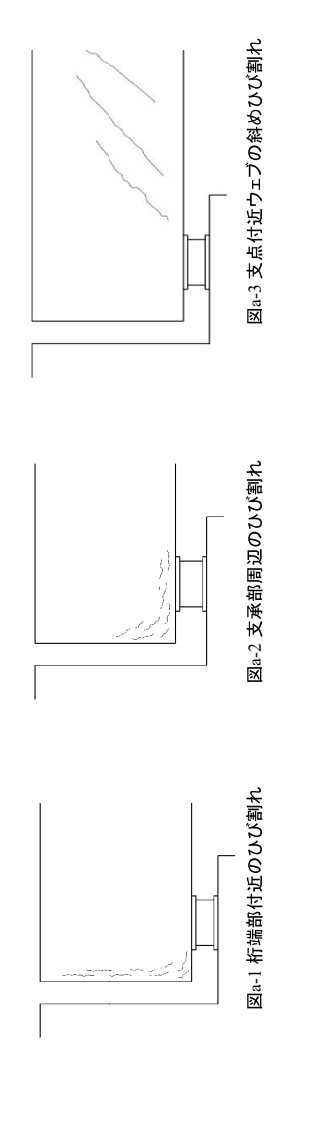
要求性能に対する評価(構造性能への影響度)

- : 影響なし(要求性能を満足している)
- ▲ : 影響あり(性能が低下している)
- ×

性能が不足しているか、その可能性がある)

構造性能レベル

レベル1 : 性能に影響はないが、外観変状が認められる  
 レベル2 : 性能は低下しているが、補修で性能回復が可能  
 レベル3 : 性能は低下しているが、大規模補修や補強で性能回復が可能  
 レベル4 : 性能が低下し、性能不足となっている



図一解2.5.6(19)構造性能評価判定表(RC桁)







構造性能評価判定 R C 桁

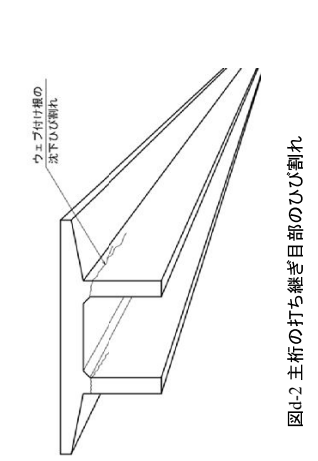
構造物	部位	変状パターン	変状内容	想定される変状原因	外観変状の程度	現状の構造性能に対する評価										構造性能レベル (レベル=1~4)					
						安全性			機能安全			使用性				機能性		安全性	使用性		
						部材破壊		安定	走行限界 たわみ	第三者影響度 限界	快適性		騒音振動	水密性 気密性 遮蔽性 など							
						破壊	疲労				破壊	走行限界 たわみ			歩行歩行性	外観					
RC桁	桁側面部	d-1	断面の急変部	応力集中、鉄筋量不足	0.0mm ≤ w < 0.2mm	—	—	—	●	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1		
					0.2mm ≤ w < 0.3mm	—	—	—	●	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1
					0.3mm ≤ w < 0.4mm	—	—	—	●	—	▲	—	—	—	—	—	—	—	—	2	2
					0.4mm ≤ w	—	—	—	▲	—	▲	—	—	—	—	—	—	—	—	2	2
					0.0mm ≤ w < 0.2mm	—	—	—	●	—	●	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1
	d-2	主桁打ち継ぎ目部	初期欠陥(施工時の沈下ひび割れなど)	0.2mm ≤ w < 0.3mm	—	—	—	—	●	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1		
				0.3mm ≤ w < 0.4mm	—	—	—	●	—	▲	—	—	—	—	—	—	—	2	2		
				0.4mm ≤ w	—	—	—	●	—	▲	—	—	—	—	—	—	—	2	2		
				—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
				—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	

要求性能に対する評価(構造性能への影響度)

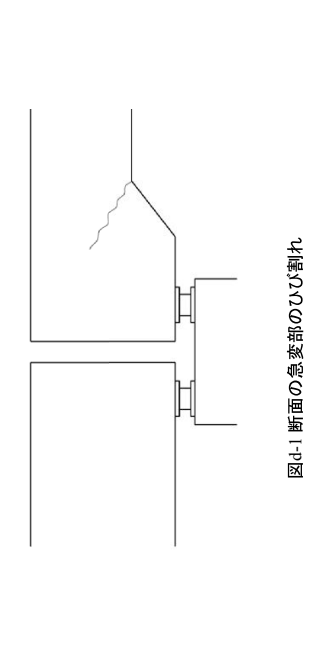
- : 影響なし(要求性能を満足している)
- ▲ : 影響あり(性能が低下している)
- x : 性能不足(性能が不足しているか、その可能性がある)

構造性能レベル

レベル1 : 性能に影響はないが、外観変状が認められる  
 レベル2 : 性能は低下しているが、補修で性能回復が可能  
 レベル3 : 性能は低下しているが、大規模補修や補強で性能回復が可能  
 レベル4 : 性能が低下し、性能不足となっている



図d-1 断面の急変部のひび割れ



図d-2 主桁の打ち継ぎ目部のひび割れ

図一解2.5.6(22)構造性能評価判定表(RC桁)

構造性能評価判定 【輪荷重の繰り返し作用による変状】

構造物	部位	変状パターン	変状内容	想定される変状原因	外観変状の程度	現状の構造性能に対する評価										構造性能レベル (レベル=1~4)	
						安全性			使用性			機能性					
						部材の破壊・崩壊		機能上の安全性	快適性		機能性	安全性			使用性		機能性
						断面破壊	疲労破壊	安定限界	走行性限界	変形たわみ	剥落	走行性限界	変形たわみ	外観阻害	騒音振動数の限界		水密性限界
床版	床版下面	a	1方向(直角方向)ひび割れ	外力(輪荷重の繰返し作用)もしくは初期欠陥(乾燥収縮)	ひび割れは主として1方向(直角方向)で、ひび割れ間隔は1.0~0.5m。ひび割れ幅は、0.1mm以下が主であるが、一部0.1mm以上。ひび割れ密度3m/m <sup>2</sup> 未満。	-	●	-	●	-	●	-	●	-	-	1	1
		b-1	2方向ひび割れ	外力(輪荷重の繰返し作用)	2方向のひび割れが発生し、ひび割れ間隔は0.5m程度。ひび割れ幅は0.2mm以下が主であるが一部0.2mm以上。ひび割れ密度3~6m/m <sup>2</sup> 。	-	▲	-	●	-	●	-	●	-	-	2	1
		b-2			2方向のひび割れが発生し、ひび割れ間隔は0.5m~0.2m程度。ひび割れ幅は0.2mm以上が目立ち部分的な角落ちが発生。ひび割れ密度6~8m/m <sup>2</sup> 。	-	▲	-	▲	-	▲	-	-	-	-	3	2
		b-3	2方向ひび割れ	外力(輪荷重の繰返し作用)	2方向のひび割れが発生し、ひび割れ間隔は0.2m以下。ひび割れ幅は0.2mm以上が目立ち連続的な角落ちが発生。抜け落ちの発生。ひび割れ密度8~10m/m <sup>2</sup> 以上。	-	×	-	×	-	×	-	×	-	-	4	3

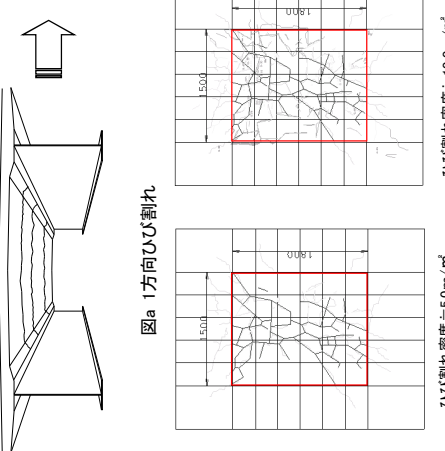
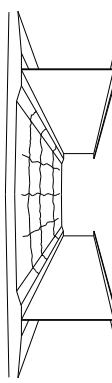
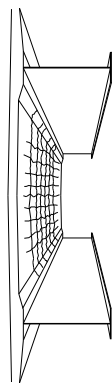


図1 ひび割れ密度の参考図  
ひび割れ密度=5.0m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>  
ひび割れ密度=10.0m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>



図b-2 2方向ひび割れ



図b-3 2方向ひび割れ

\*疲労破壊に対する構造性能レベル(安全性)は、床版の供用年数も勘案し評価・判定すること。

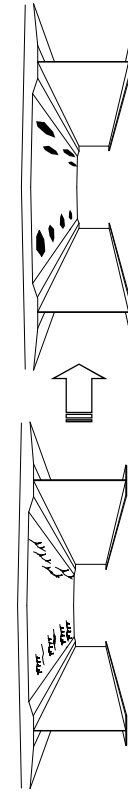
要求性能に対する評価(構造性能への影響度)  
●: 影響なし(要求性能を満足している)  
▲: 影響あり(性能が低下している)  
×: 性能不足(性能が不足しているか、その可能性がある)

構造性能レベル  
レベル1: 性能に影響はないが、外観変状が認められる  
レベル2: 性能は低下しているが、補修で性能回復が可能  
レベル3: 性能は低下しているが、大規模補修や補強で性能回復が可能  
レベル4: 性能が低下し、性能不足となっている

図一解2.5.7(1)構造性能評価判定表(RC床版)

構造性能評価判定【環境作用による変状1】

構造物	部位	変状パターン	変状内容	想定される変状原因	外観変状の程度	現状の構造性能に対する評価										構造性能レベル (レベル=1~4)								
						安全性			使用性			機能性												
						部材の破壊・崩壊		機能上の安全性	快適性		水密性限界 気密性限界 遮蔽性限界 など		騒音振動数 の限界	外観阻害 ひび割れ (有害)	走行性限界 変形 たわみ		第三者影響度 限界 剥落	断面破壊	疲労破壊	安定限界	走行性限界 変形 たわみ	走行性限界 変形 たわみ	安全性	使用性
						断面破壊	疲労破壊	安定限界	走行性限界 変形 たわみ	機能上の安全性 限界 剥落	走行性限界 変形 たわみ	外観阻害 ひび割れ (有害)												
床版	床版下面	-	材料劣化 (塩害) 【誘因】 ・床版防水未設置 ・床版防水破壊 ・塩分供給 (海水、凍結防止剤)	想定される変状原因	外観変状なし	●	-	-	-	●	●	-	-	-	-	-	1	1						
		●				-	-	-	●	●	-	-	-	-	-	1	1							
		c-1	鉄筋に沿ったひびわれ	材料劣化 (中性化)	腐食ひび割れ発生(鋼材治い)	▲	-	-	-	▲	▲	-	-	-	-	-	2	2						
		×				-	-	-	×	×	-	-	-	-	3	3								
		-	鉄筋に沿ったひびわれ	材料劣化 (中性化)	かぶりの剥離・剥落の発生	●	-	-	-	●	●	-	-	-	-	-	1	1						
		●				-	-	-	●	●	-	-	-	-	1	1								
		c-1	鉄筋に沿ったひび割れ	材料劣化 (中性化)	腐食ひび割れ発生(鋼材治い)	▲	-	-	-	▲	▲	-	-	-	-	-	2	2						
		×				-	-	-	×	×	-	-	-	-	3	3								



図c-1 鉄筋に沿ったひび割れ



図c-2 鉄筋に沿ったひび割れ



要求性能に対する評価(構造性能への影響度)

- : 影響なし(要求性能を満足している)
- ▲ : 影響あり(性能が低下している)
- ×

構造性能レベル

- レベル1 : 性能に影響はないが、外観変状が認められる
- レベル2 : 性能は低下しているが、補修で性能回復が可能
- レベル3 : 性能は低下しているが、大規模補修や補強で性能回復が可能
- レベル4 : 性能が低下し、性能不足となっている

図一解2.5.7(2)構造性能評価判定表(RC床版)

構造性能評価判定 【環境作用による変状2】

構造物	部位	変状パターン	変状内容	想定される変状原因	外観変状の程度	現状の構造性能に対する評価										構造性能レベル (レベル=1~4)		
						安全性			使用性			機能性						
						部材の破壊・崩壊		機能上の安全性	快適性		機能性		機能性		水密性限界 気密性限界 遮蔽性限界 など		騒音振動数 の限界	水密性限界 気密性限界 遮蔽性限界 など
						断面破壊	疲労破壊	安定限界	変形 たわみ	走行性限界	変形 たわみ	外観限界	外観限界					
床版	床版下面	d	不規則なひびわれ	材料劣化 (凍害) 【誘因】 ・床版防水未設置 ・床版防水破損 ・排水装置破損 ・伸縮装置損傷 (水供給)	外観変状なし (微細ひび割れ発生するが外観確認不能)	●	●	●	●	●	●	●	-	-	1	1		
					スケーリング、ひび割れ、ポップアウト、砂利 の発生	●	-	●	●	●	●	-	-	1	1			
					骨材の露出、骨材の剥落	▲	-	▲	▲	▲	-	-	2	2				
					鋼材露出、鋼材腐食	×	-	×	×	×	-	-	3	3				
					外観変状なし	●	-	●	●	●	-	-	1	1				
					外観変状なし (微細ひび割れ発生するが外観確認不能)	▲	-	▲	▲	▲	-	-	1	1				
					ひび割れ、変色の発生	▲	-	▲	▲	▲	-	-	2	2				
過大なひび割れの発生 段差・ズリの発生	×	-	×	×	×	×	-	-	3	3								

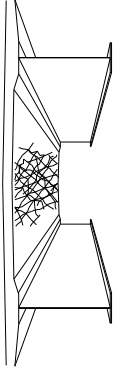
要求性能に対する評価(構造性能への影響度)

- : 影響なし(要求性能を満足している)
- ▲ : 影響あり(性能が低下している)
- ×


構造性能レベル

- レベル1 : 性能に影響はないが、外観変状が認められる
- レベル2 : 性能は低下しているが、補修で性能回復が可能
- レベル3 : 性能は低下しているが、大規模補修や補強で性能回復が可能
- レベル4 : 性能が低下し、性能不足となっている

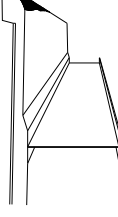


図d 不規則なひび割れ




図d 不規則なひび割れ



図d 不規則なひび割れ(スケーリング)

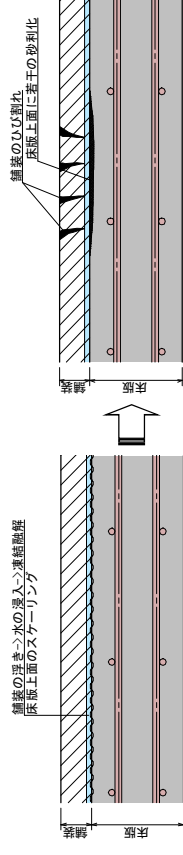


図d 不規則なひび割れ(スケーリング)

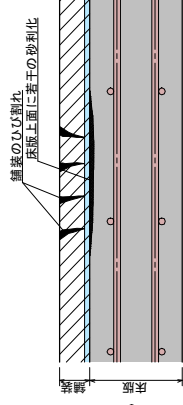
図一解2.5.7(3)構造性能評価判定表(RC床版)

構造性能評価判定 【環境作用および輪荷重の繰り返し作用による変状】

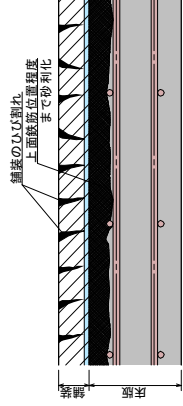
構造物	部位	変状パターン	変状内容	想定される変状原因	外観変状の程度	現状の構造性能に対する評価										構造性能レベル (レベル=1~4)													
						安全性			使用性			機能性				安全性	使用性												
						部材の破壊・崩壊		機能上の安全性	快適性		水密性限界		騒音振動数の限界		気密性限界														
						断面破壊	疲労破壊	安定限界	変形たわみ	走行性限界	第三者影響度限界	剥落	走行性限界	変形たわみ	走行性限界	変形たわみ	外観阻害	ひび割れ(有害)											
床版	床版上面	e-1	舗装の浮き (床版上面のスケーリング)	材料劣化(凍害) 疲労	舗装面の変状	舗装の浮き (床版上面のスケーリング)	断面破壊	疲労破壊	安定限界	変形たわみ	走行性限界	第三者影響度限界	剥落	走行性限界	変形たわみ	走行性限界	変形たわみ	外観阻害	ひび割れ(有害)	騒音振動数の限界 <td>水密性限界</td> <td>気密性限界</td> <td>遮蔽性限界</td> <td>1</td> <td>1</td>	水密性限界	気密性限界	遮蔽性限界	1	1				
		e-2	舗装の浮きおよびひび割れ (床版上面表層部の砂利化)				断面破壊	疲労破壊	安定限界	変形たわみ	走行性限界	第三者影響度限界	剥落	走行性限界	変形たわみ	走行性限界	変形たわみ	走行性限界	変形たわみ	外観阻害	ひび割れ(有害)	騒音振動数の限界	水密性限界	気密性限界	遮蔽性限界	1	2		
		e-3	舗装の浮きおよび亀甲状のひび割れ (上面軟弱深さまで砂利化)				断面破壊	疲労破壊	安定限界	変形たわみ	走行性限界	第三者影響度限界	剥落	走行性限界	変形たわみ	走行性限界	変形たわみ	走行性限界	変形たわみ	走行性限界	変形たわみ	外観阻害	ひび割れ(有害)	騒音振動数の限界	水密性限界	気密性限界	遮蔽性限界	2	3
		e-4	舗装のポットホール・陥没 (コンクリートの砂利化・抜け落ち)				断面破壊	疲労破壊	安定限界	変形たわみ	走行性限界	第三者影響度限界	剥落	走行性限界	変形たわみ	走行性限界	変形たわみ	走行性限界	変形たわみ	走行性限界	変形たわみ	外観阻害	ひび割れ(有害)	騒音振動数の限界	水密性限界	気密性限界	遮蔽性限界	3	4



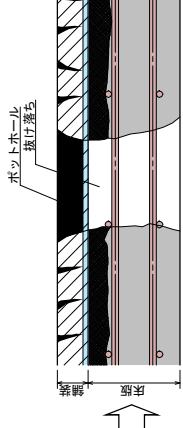
図e-1 舗装の浮き



図e-2 舗装の浮き・ひび割れ



図e-3 舗装の浮き・亀甲状のひび割れ



図e-3 舗装ポットホール・陥没

床版上面  
\*床版上面で変状が確認された場合には、下面側も併せて点検する必要がある。



写真1 亀甲状のひび割れ



写真2 ポットホール

要求性能に対する評価(構造性能への影響度)  
●: 影響なし(要求性能を満足している)  
▲: 影響あり(性能が低下している)  
×: 性能不足(性能が不足しているか、その可能性がある)

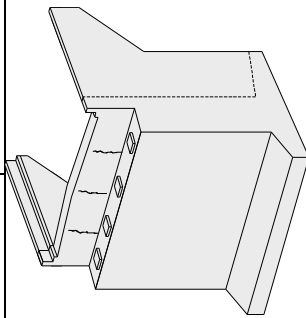
構造性能レベル  
レベル1: 性能に影響はないが、外観変状が認められる  
レベル2: 性能は低下しているが、補修で性能回復が可能  
レベル3: 性能は低下しているが、大規模補修や補強で性能回復が可能  
レベル4: 性能が低下し、性能不足となっている

\*疲労破壊に対する構造性能レベル(安全性)は、床版の供用年数も勘案し評価・判定すること。

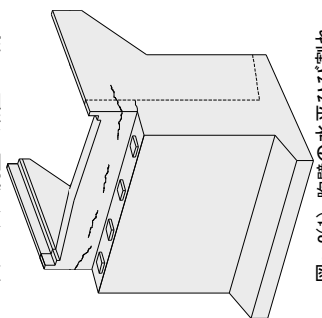
図一解2.5.7(4)構造性能評価判定表(RC床版)

構造性能評価判定 【 a : 初期欠陥による変状】

構造物	部位	変状パターン	橋台	変状内容	想定される変状原因	外観変状の程度	現状の構造性能に対する評価										構造性能レベル (レベル=1~4)		
							安全性					使用性							
							部材の破壊・崩壊		機能上の安全性		快適性		機能性						
							断面破壊	疲労破壊	安定限界	走行性限界	走行性限界	外観阻害	騒音振動数の限界	水密性限界	気密性限界	遮音性限界			遮熱性限界
橋台	胸壁	a-1	鉛直ひび割れ (ピッチは概ね1m程度以上)	鉛直ひび割れ (ピッチは概ね1m程度以上) (ひび割れ部に漏水や析出物、さらに錆汁を伴う場合あり)	外部拘束温度ひび割れ (壁による拘束)	ひび割れ幅 0.0mm ≤ w < 0.2mm	●	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	
						ひび割れ幅 0.2mm ≤ w < 0.3mm	●	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	
		a-2	水平ひび割れ 斜めひび割れ	水平ひび割れ 斜めひび割れ (ひび割れ部に漏水や析出物、さらに錆汁を伴う場合あり)	内部拘束温度ひび割れ (躯体内温度差による) ・乾燥収縮 ・コールドジョイント	ひび割れ幅 0.0mm ≤ w < 0.2mm	●	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1
						ひび割れ幅 0.2mm ≤ w < 0.3mm	●	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1
						ひび割れ幅 0.3mm ≤ w < 0.4mm	●	-	-	-	-	-	-	-	-	1	2		
						ひび割れ幅 0.4mm ≤ w or 漏水・遊離石灰の析出	▲	-	-	-	x	-	-	-	-	2	2		
						ひび割れ幅 0.0mm ≤ w < 0.2mm	●	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	
						ひび割れ幅 0.2mm ≤ w < 0.3mm	●	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	
						ひび割れ幅 0.3mm ≤ w < 0.4mm	●	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	2	
						ひび割れ幅 0.4mm ≤ w or 漏水・遊離石灰の析出	▲	-	-	-	x	-	-	-	-	2	2		



図a-1(1) 胸壁の鉛直ひび割れ



図a-2(1) 胸壁の水平ひび割れ



写真a-1(2) 鉛直ひび割れの例 (橋台縦壁)



写真a-2(2) 水平ひび割れの例  
(壁式橋脚-コールドジョイント)

要求性能に対する評価(構造性能への影響度)

- : 影響なし(要求性能を満足している)
- ▲ : 影響あり(性能が低下している)
- x : 性能不足(性能が不足しているか、その可能性がある)

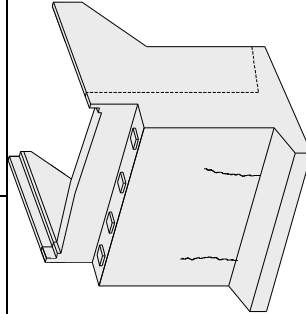
構造性能レベル

レベル1 : 性能に影響はないが、外観変状が認められる  
 レベル2 : 性能は低下しているが、補修で性能回復が可能  
 レベル3 : 性能は低下しているが、大規模補修や補強で性能回復が可能  
 レベル4 : 性能が低下し、性能不足となっている

図一解2.5.8(1)構造性能評価判定表(橋台:初期欠陥,外力)

構造性能評価判定 橋台 【 a : 初期欠陥による変状】

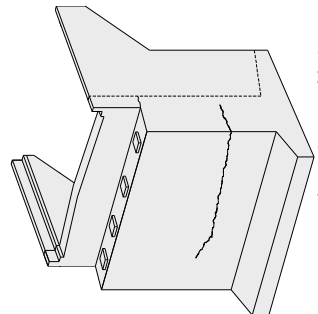
構造物	部位	変状パターン	橋台	変状内容	想定される変状原因	外観変状の程度	現状の構造性能に対する評価										構造性能レベル (レベル=1~4)						
							安全性				使用性				機能性								
							断面破壊		部材の破壊・崩壊		安定限界		機能上の安全性		快走性				騒音振動数の限界		水密性限界 気密性限界 遮断性限界 など		
							断面破壊	疲労破壊	変形たわみ	剥落	安定限界	快走性限界	変形たわみ	ひび割れ(有害)	快走性限界	変形たわみ			ひび割れ(有害)	快走性限界	変形たわみ		
橋台	縦壁	a-3	変状内容	変状内容	想定される変状原因	外観変状の程度	断面破壊	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1				
							疲労破壊	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1
							変形たわみ	●	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	2
							剥落	▲	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	2
橋台	縦壁	a-4	変状内容	変状内容	想定される変状原因	外観変状の程度	断面破壊	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1				
							疲労破壊	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	
							変形たわみ	●	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	
							剥落	▲	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	2	



図a-3(1) 縦壁の鉛直ひび割れ



写真a-3(2) 縦壁の鉛直ひび割れ



図a-4(1) 縦壁の水平ひび割れ



写真a-4(2) 水平ひび割れの例  
(壁式橋脚-コールドジョイント)

要求性能に対する評価(構造性能への影響度)

- : 影響なし(要求性能を満足している)
- ▲ : 影響あり(性能が低下している)
- x : 性能不足(性能が不足しているか、その可能性がある)

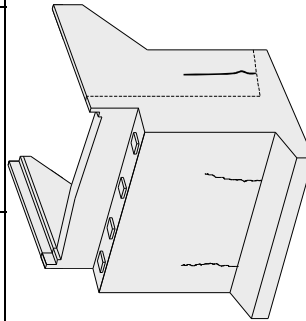
構造性能レベル

- レベル1 : 性能に影響はないが、外観変状が認められる
- レベル2 : 性能は低下しているが、補修で性能回復が可能
- レベル3 : 性能は低下しているが、大規模補修や補強で性能回復が可能
- レベル4 : 性能が低下し、性能不足となっている

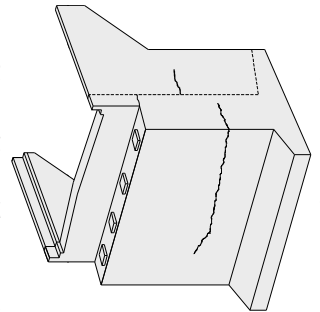
図一解2.5.8(2)構造性能評価判定表(橋台:初期欠陥,外力)

構造性能評価判定 橋台 【a：初期欠陥による変状】

構造物	部位	変状パターン	橋台	想定される変状原因	外観変状の程度	現状の構造性能に対する評価										構造性能レベル (レベル=1~4)				
						安全性					使用性					機能性	安全性	使用性		
						部材の破壊・崩壊		機能上の安全性		快適性		騒音振動数の限界	水密性限界	気密性限界	遮熱性限界				その他	
						断面破壊	疲労破壊	安定限界	走行性限界	変形たわみ	剥落					第三者影響度限界	走行性限界	変形たわみ		ひび割れ(有害)
橋台	翼壁	a-5	変状内容 鉛直ひび割れ (ピッチは概ね1m程度以上) (ひび割れ部に漏水、析出物、錆汁を伴う場合あり)	想定される変状原因 ・内部拘束温度ひび割れ	ひび割れ幅 $0.0\text{mm} \leq w < 0.2\text{mm}$	●	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1		
					ひび割れ幅 $0.2\text{mm} \leq w < 0.3\text{mm}$	●	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1
					ひび割れ幅 $0.3\text{mm} \leq w < 0.4\text{mm}$	●	-	-	-	-	-	-	-	▲	-	-	-	-	1	2
					ひび割れ幅 $0.4\text{mm} \leq w$	▲	-	-	-	-	-	-	-	▲	-	-	-	-	2	2
					ひび割れ幅 $0.0\text{mm} \leq w < 0.2\text{mm}$	●	-	-	-	-	-	-	-	-	●	-	-	-	1	1
					ひび割れ幅 $0.2\text{mm} \leq w < 0.3\text{mm}$	●	-	-	-	-	-	-	-	-	●	-	-	-	1	1
橋台	翼壁	a-6	変状内容 水平ひび割れ 斜めひび割れ (ひび割れ部に漏水、析出物、錆汁を伴う場合あり)	想定される変状原因 ・外部拘束温度ひび割れ ・乾燥収縮 ・コールドジョイント	ひび割れ幅 $0.0\text{mm} \leq w < 0.2\text{mm}$	●	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1			
					ひび割れ幅 $0.2\text{mm} \leq w < 0.3\text{mm}$	●	-	-	-	-	-	-	-	●	-	-	1	1		
橋台	翼壁	a-6	変状内容 水平ひび割れ 斜めひび割れ (ひび割れ部に漏水、析出物、錆汁を伴う場合あり)	想定される変状原因 ・外部拘束温度ひび割れ ・乾燥収縮 ・コールドジョイント	ひび割れ幅 $0.3\text{mm} \leq w < 0.4\text{mm}$	●	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	2			
					ひび割れ幅 $0.4\text{mm} \leq w$	▲	-	-	-	-	-	-	-	▲	-	-	2	2		



図a-5(1) 翼壁の鉛直ひび割れ



図a-6(1) 翼壁のト水平ひび割れ

要求性能に対する評価(構造性能への影響度)

- : 影響なし(要求性能を満足している)
- ▲ : 影響あり(性能が低下している)
- × : 性能不足(性能が不足しているか、その可能性がある)

構造性能レベル

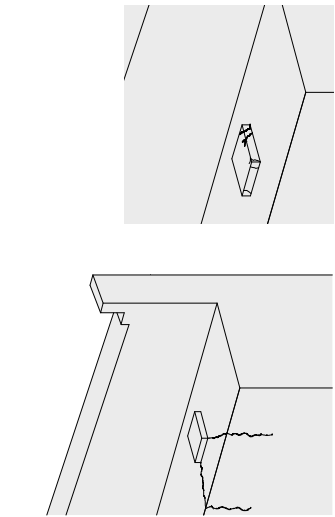
- レベル1 : 性能に影響はないが、外観変状が認められる
- レベル2 : 性能は低下しているが、補修で性能回復が可能
- レベル3 : 性能は低下しているが、大規模補修や補強で性能回復が可能
- レベル4 : 性能が低下し、性能不足となっている

図一解2.5.8(3)構造性能評価判定表(橋台:初期欠陥,外力)



構造性能評価判定 【b：外力による変状】

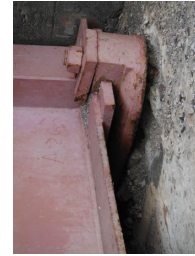
構造物	部位	変状 写真	変状内容	想定される 変状原因	外観変状の程度	現状の構造性能に対する評価										構造性能レベル (レベル=1~4)				
						安全性					使用性					機能性	安全性	使用性		
						部材の破壊・崩壊		機能上の安全性		快適性		騒音振動		水密性限界 気密性限界 遮熱性限界 など						
						断面破壊	疲労破壊	安定限界	走行性限界	変形 たわみ	剥落	走行性限界	変形 たわみ		外観阻害				騒音振動数 の限界	
橋台	b-7	支承アンカー位置 から壁面前面へ のひび割れ	支承アンカー位置 から壁面前面へ のひび割れ	・上部外力の増加(地震 時の水平力も含む) ・支承機能不全(桁の移 動、回転拘束) ・省座部の耐荷力低下 ・省座部の鉄筋不足	×	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	1		
					×	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	1
					×	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4
	b-8	省座モルタルの変 状(無筋)	・上部構造からの外力、衝 撃、振動の繰り返し ・伸縮装置からの漏水など に起因する劣化 →「材料劣化」参照	●	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	
				●	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	2
				▲	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	2
	b-9	台座の変状 (鉄筋コンクリ ート)	・上部構造からの外力、衝 撃、振動の繰り返し ・伸縮装置からの漏水など に起因する劣化 →「材料劣化」参照	×	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	2	
				●	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1
				●	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	2
b-9	支承アンカー位置か ら	支承アンカー位置か ら	支承アンカー位置か ら	×	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	2	
				▲	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	2
				×	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	2



図b-7(1) 支承アンカー位置か  
ら



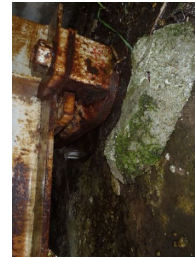
写真b-7(1) 支承アンカー位置からのひび割れ



写真b-8(1) 省座モルタルの変状



写真b-8(3) 省座モルタルの変状



写真b-8(2) 省座モルタルの変状

要求性能に対する評価(構造性能への影響度)

●: 影響なし(要求性能を満足している)  
▲: 影響あり(性能が低下している)  
×: 性能不足(性能が不足しているか、その可能性がある)

構造性能レベル

レベル1: 性能に影響はないが、外観変状が認められる  
レベル2: 性能は低下しているが、補修で性能回復が可能  
レベル3: 性能は低下しているが、大規模補修や補強で性能回復が可能  
レベル4: 性能が低下し、性能不足となっている

図一解2.5.8(4)構造性能評価判定表(橋台:初期欠陥、外力)

構造性能評価判定 橋台 【c：材料劣化による変状】

構造物	部位	変状パターン	変状内容	想定される変状原因	現状の構造性能に対する評価										構造性能レベル (レベル＝1～4)		
					安全性					使用性					機能性	安全性	使用性
					部材の破壊・崩壊		機能上の安全性		快適性		騒音振動数の限界		水密性限界				
					断面破壊	疲労破壊	安定限界	走行性限界	剥落	変形たわみ	走行性限界	剥落	変形たわみ	外観阻害	ひび割れ(有書)		
橋台	胸壁 (基座付近) 沓座 (支座付近) 壁 (前面) 翼壁 (付け根)	c-1	不規則なひび割れ (水分供給がある部位)	材料劣化(凍害) 【誘因】 ・排水装置破損(水供給) ・伸縮装置損傷(水供給)	●	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1
		c-2	不規則なひび割れ(膨張) (水分供給がある部位)	材料劣化(アルカリシリカ反応) 【誘因】 ・排水装置破損(水供給) ・伸縮装置損傷(水供給)	▲	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2
橋台	※ 上記以外の部位は「外観」のみ評価対象とする。ただし「破壊」への影響が、無い判断が難しい部位の場合は、「破壊」に対しても評価すること。	c-1	鋼材露出、鋼材腐食	鋼材露出、鋼材腐食	▲	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	3
		c-2	外観変状なし	外観変状なし	●	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
橋台	過大なひび割れの発生 段差・ズレの発生	c-1	ひび割れ・変色の発生	ひび割れ・変色の発生	▲	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	2
		c-2	過大なひび割れの発生	過大なひび割れの発生	▲	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	2



写真c-1(1) 凍害  
(胸壁、沓座付近)



写真c-1(2) 凍害  
(壁)



写真c-1(3) 凍害  
(沓座、壁前面)



写真c-2(1) アルカリシリカ反応  
(胸壁)



写真c-2(2) アルカリシリカ反応  
(壁、沓座付近)



写真c-2(3) アルカリシリカ反応  
(壁、翼壁)

要求性能に対する評価(構造性能への影響度)

- : 影響なし(要求性能を満足している)
- ▲ : 影響あり(性能が低下している)
- × : 性能不足(性能が不足しているか、その可能性がある)

構造性能レベル

- レベル1 : 性能に影響はないが、外観変状が認められる
- レベル2 : 性能は低下しているが、補修で性能回復が可能
- レベル3 : 性能は低下しているが、大規模補修や補強で性能回復が可能
- レベル4 : 性能が低下し、性能不足となっている

図一解2.5.9(5) 構造性能評価判定表(橋台:材料劣化)

構造性能評価判定 橋台 【c：材料劣化による変状】

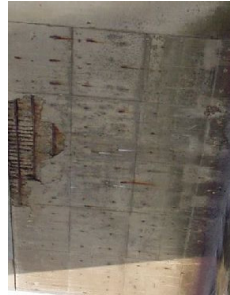
構造物	部位	変状パターン	変状内容	想定される変状原因	外観変状の程度	現状の構造性能に対する評価										構造性能レベル (レベル1～4)				
						安全性					使用性					機能性		安全性	使用性	
						部材の破壊・崩壊		安定限界		機能上の安全性		快走性		快走性		快走性				水密性限界
						断面破壊	疲労破壊	安定限界	変形たわみ	走行性限界	剥落	走行性限界	変形たわみ	外観阻害	騒音振動数の限界	快走性	快走性			
橋台	胸壁 (基座付近) 沓座 (支承付近) 堅壁 (前面) 翼壁 (付け根)	c-3	鋼材に沿ったひび割れ	材料劣化(塩害) 【誘因】 ・塩分供給 (海水、凍結防止剤)	外観変状なし 外観変状なし (鋼材腐食開始するが、目視確認不能) 腐食ひび割れ発生(鋼材沿い)	●	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	
						▲	-	-	-	-	-	-	-	▲	-	-	-	-	-	-
橋台	※ 上記以外の部位は「外観」のみ評価対象とする。ただし「破壊」への影響が、無の判断が難しい部位の場合は、「破壊」に対しても評価すること。	c-4	鋼材に沿ったひび割れ	材料劣化(中性化)	外観変状なし 外観変状なし (鋼材腐食開始するが、目視確認不能) 腐食ひび割れ発生(鋼材沿い)	●	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	
						▲	-	-	-	-	-	-	-	▲	-	-	-	-	-	-



写真c-3(1) 塩害  
(橋台-堅壁)



写真c-3(2) 塩害  
(橋台-堅壁前面)



写真c-3(3) 塩害の例  
(橋脚-壁)



写真c-4(1) 中性化  
(橋台-堅壁)

要求性能に対する評価(構造性能への影響度)

- : 影響なし(要求性能を満足している)
- ▲ : 影響あり(性能が低下している)
- × : 性能不足(性能が不足しているか、その可能性がある)

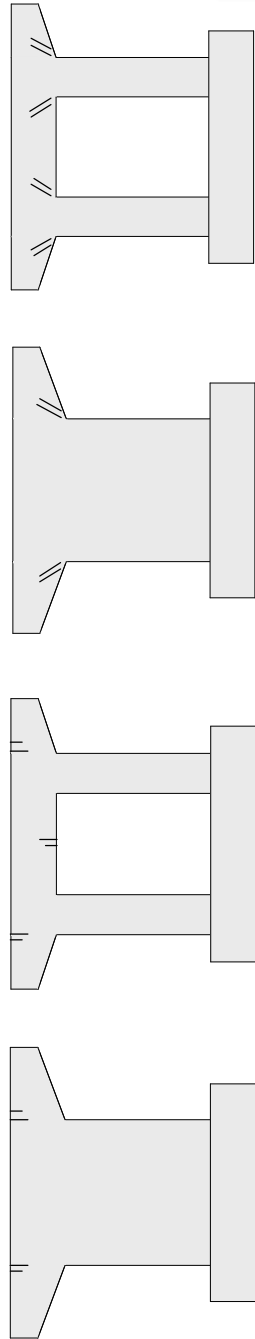
構造性能レベル

レベル1 : 性能に影響はないが、外観変状が認められる  
 レベル2 : 性能は低下しているが、補修で性能回復が可能  
 レベル3 : 性能は低下しているが、大規模補修や補強で性能回復が可能  
 レベル4 : 性能が低下し、性能不足となっている

図一解2.5.9(6) 構造性能評価判定表(橋台:材料劣化)

構造性能評価判定 橋脚 【b：外力による変状】

構造物	部位	変状 パターン	変状内容	想定される 変状原因	外観変状の程度	現状の構造性能に対する評価										構造性能レベル (レベル1~4)		
						安全性					使用性					機能性	安全性	使用性
						部材の破壊・崩壊		機能上の安全性		快適性		騒音振動数 の限界	水密性限界 気密性限界 遮音性限界 など					
						断面破壊	安定限界	走行性限界 変形 たわみ	第三者影響 度限界 剥落	走行性限界 変形 たわみ	外観阻害 ひび割れ (有害)							
橋脚 (RC)	上梁	b-1	鉛直ひび割れ (T型橋脚：付け根上側) (門型橋脚：付け根上 側、中央下側)	耐力不足(荷重増or耐力減) 【曲げひび割れ】	ひび割れ幅 0.0mm ≤ w < 0.2mm	●	-	-	●	-	-	-	-	-	-	1	1	
					ひび割れ幅 0.2mm ≤ w < 0.3mm	●	-	-	●	-	-	-	-	-	-	-	1	1
					ひび割れ幅 0.3mm ≤ w < 0.4mm	▲	-	-	▲	-	-	-	-	-	-	-	2	2
	下梁	b-2	斜めひび割れ (前面)	耐力不足(荷重増or耐力減) 【せん断ひび割れ】	ひび割れ幅 0.0mm ≤ w < 0.2mm	×	-	-	×	▲	×	●	-	-	-	4	1	
					ひび割れ幅 0.2mm ≤ w < 0.3mm	×	-	-	×	×	×	▲	×	●	-	-	4	1
					ひび割れ幅 0.3mm ≤ w < 0.4mm	×	-	-	×	×	×	▲	×	▲	-	-	4	2
					ひび割れ幅 0.4mm ≤ w	×	-	-	×	×	▲	-	-	4	2			




図b-1 上梁の鉛直ひび割れ

図b-2 上梁の斜めひび割れ

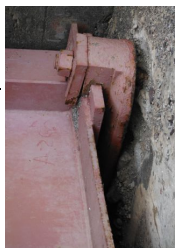
要求性能に対する評価(構造性能への影響度)  
 ● : 影響なし(要求性能を満足している)  
 ▲ : 影響あり(性能が低下している)  
 × : 性能不足(性能が不足しているか、その可能性がある)

構造性能レベル  
 レベル1 : 性能に影響はないが、外観変状が認められる  
 レベル2 : 性能は低下しているが、補修で性能回復が可能  
 レベル3 : 性能は低下しているが、大規模補修や補強で性能回復が可能  
 レベル4 : 性能が低下し、性能不足となっている


構造性能評価判定		橋脚		【b：外力による変状】		現状の構造性能に対する評価										構造性能レベル (レベル1～4)					
構造物	部位	変状パターン	変状内容	想定される変状原因	外観変状の程度	安全性				使用性				機能性		安全性	使用性				
						断面破壊	部材の破壊・崩壊	安定限界	機能上の安全性 第三者影響 度限界	走行性限界	快通性	騒音振動数 の限界	水密性限界 気密性限界 透水性限界 など								
橋脚	梁・柱 天端 (沓座)	b-5	支承アンカーからのひび 割れ	・上部外力の増加(地震時の 水平力も含む) ・支承機能不全(桁の移動、回転 を拘束) ・沓座部の耐荷力低下 ・沓座部の鉄筋不足	ひび割れ幅 $0.0\text{mm} \leq w < 0.2\text{mm}$	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	2		
					ひび割れ幅 $0.2\text{mm} \leq w < 0.3\text{mm}$	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	2
					ひび割れ幅 $0.3\text{mm} \leq w < 0.4\text{mm}$	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	2
	梁・柱 天端 (沓座)	b-6	沓座モルタルの変状 (無筋)	支承アンカー位置からのひび割れ	・上部構造からの外力、衝撃、振 動の繰り返し ・伸縮装置からの漏水などに起 因する劣化 → 「材料劣化」参照	ひび割れ幅 $0.4\text{mm} \leq w$	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	2	
						微細ひび割れ	●	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1
						ひび割れ発生(幅大、多数)	●	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	2
						周辺部の欠損(割れ、剥離、剥落)	▲	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	2
梁・柱 天端 (沓座)	b-7	台座の変状 (鉄筋コンクリート)	支承アンカー位置からのひび割れ	・上部構造からの外力、衝撃、振 動の繰り返し ・伸縮装置からの漏水などに起 因する劣化 → 「材料劣化」参照	支承下部分の欠損(割れ、剥離、剥落)	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	3			
					微細ひび割れ	●	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1		
					ひび割れ発生(幅大、多数)	●	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	2		
						周辺部の欠損(割れ、剥離、剥落)	▲	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	2			
						支承下部分の欠損(割れ、剥離、剥落)	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	2			



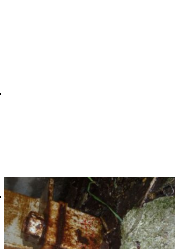
写真b-5(1) 支承アンカー位置からのひび割れ



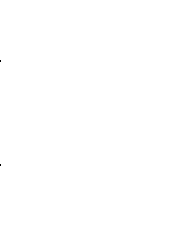
写真b-5(2) 支承機能不全(橋台)



写真b-6(1) 沓座モルタルの変状(橋)



写真b-6(3) 沓座モルタルの変状



写真b-6(2) 沓座モルタルの変状

要求性能に対する評価(構造性能への影響度)

- ：影響なし(要求性能を満足している)
- ▲：影響あり(性能が低下している)
- x：性能不足(性能が不足しているか、その可能性がある)

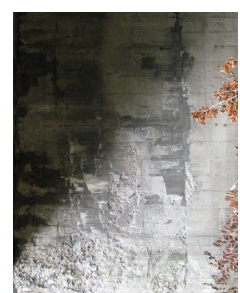
構造性能レベル

- レベル1：性能に影響はないが、外観変状が認められる
- レベル2：性能は低下しているが、補修で性能回復が可能
- レベル3：性能は低下しているが、大規模補修や補強で性能回復が可能
- レベル4：性能が低下し、性能不足となっている

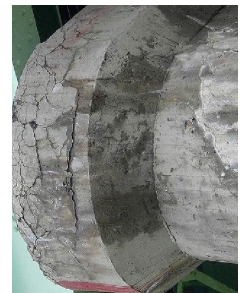
図一解2.5.10(8)構造性能評価判定表(橋脚：初期欠陥、外力)

【c：材料劣化による変状】

構造物	部位	変状パターン	変状内容	想定される変状原因	外観変状の程度	現状の構造性能に対する評価										構造性能レベル (レベル=1~4)				
						安全性					使用性					機能性	安全性	使用性		
						部材の破壊・崩壊		機能上の安全性		体適性		騒音			機能性					
						断面破壊	疲労破壊	安定限界	走行性限界	第三者影響度限界	剥落	変形たわみ	走行性限界	外観阻害	騒音振動数の限界	水密性限界	気密性限界	遮蔽性限界	など	
橋脚	上梁 (付け根上側) (中央下側) 沓座 (支承付近) 柱・壁 (前面、側面)	c-1	不規則なひび割れ (水分供給がある部位)	材料劣化 (凍害) 【誘因】 ・排水装置破損(水供給) ・伸縮装置損傷(水供給)	外観変状なし (微細ひび割れ発生が外観確認不能)	●	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1
						▲	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
橋脚	※上記以外の部位は「外観」のみ評価対象とする。 ただし「破壊」への影響が無の場合、「破損」に対しては「破損」に該当する部位も評価すること。	c-2	不規則なひび割れ (膨張) (水分供給がある部位)	材料劣化 (アルカリシリカ反応) 【誘因】 ・排水装置破損(水供給) ・伸縮装置損傷(水供給)	外観変状なし (微細ひび割れ発生が外観確認不能)	●	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1
						▲	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
橋脚	同上	同上	同上	同上	同上	▲	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	3
						▲	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
橋脚	同上	同上	同上	同上	同上	●	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1
						▲	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
橋脚	同上	同上	同上	同上	同上	▲	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	3
						▲	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-



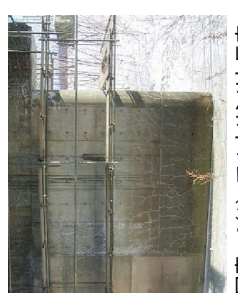
写真c-1(1) 凍害  
(壁)



写真c-1(2) 凍害  
(上梁・沓座)



写真c-1(3) 凍害  
(上梁・沓座)



写真c-2(1) アルカリシリカ反応  
(壁)



写真c-2(2) アルカリシリカ反応  
(上梁側面、沓座付近)



写真c-2(3) アルカリシリカ反応  
(上梁正面)

要求性能に対する評価(構造性能への影響度)

- : 影響なし(要求性能を満足している)
- ▲: 影響あり(性能が低下している)
- ×: 性能不足(性能が不足しているか、その可能性がある)

構造性能レベル

レベル1 : 性能に影響はないが、外観変状が認められる  
 レベル2 : 性能は低下しているが、補修で性能回復が可能  
 レベル3 : 性能は低下しているが、大規模補修や補強で性能回復が可能  
 レベル4 : 性能が低下し、性能不足となっている

図一解2.5.11(9)構造性能評価判定表(橋脚:材料劣化)

構造性能評価判定 橋脚 【c：材料劣化による変状】

構造物	部位	変状パターン	変状内容	想定される変状原因	外観変状の程度	現状の構造性能に対する評価						構造性能レベル (レベル=1~4)		
						安全性			使用性			機能性	安全性	使用性
						部材の破壊・崩壊		安定限界	機能上の安全性		体適性			
						断面破壊	疲労破壊		変形たわみ	走行性限界		第三者影響度限界	走行性限界	外観阻害
橋脚	上梁 (付け根上側) (中央下側) 脊座 (支承付近) 柱・壁 (前面、側面) ※ 上記以外の 部位は「外 観」のみ評価 対象とする。 ただし「破壊」 への影響有 無の判断が 難しい部位の 場合は、「破 壊」に対して も評価するこ と。	c-3	鋼材に沿ったひび割れ (構造物全体)	材料劣化 (塩害) 【誘因】 ・塩分供給 (海水、凍結防止剤)	外観変状なし	-	-	-	-	-	-	-	1	1
					外観変状なし (鋼材腐食開始するが、目視確認不能)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
橋脚	同上	c-4	鋼材に沿ったひび割れ (構造物全体)	材料劣化 (中性化)	腐食ひび割れ発生(鋼材沿い)	-	-	-	-	-	▲	-	2	2
					かぶりの剥離・剥落の発生	-	-	-	-	-	×	-	-	-
橋脚	同上	c-3	鋼材に沿ったひび割れ (構造物全体)	材料劣化 (中性化)	外観変状なし	-	-	-	-	-	●	-	1	1
					外観変状なし (鋼材腐食開始するが、目視確認不能)	-	-	-	-	-	●	-	-	-
橋脚	同上	c-4	鋼材に沿ったひび割れ (構造物全体)	材料劣化 (中性化)	腐食ひび割れ発生(鋼材沿い)	-	-	-	-	-	▲	-	2	2
					かぶりの剥離・剥落の発生	-	-	-	-	-	×	-	-	-



写真c-3(1) 塩害 (壁)



写真c-3(2) 塩害の例 (橋台)



写真c-3(3) 塩害 (壁)



写真c-4(1) 中性化 (壁)

要求性能に対する評価(構造性能への影響度)

- ：影響なし(要求性能を満足している)
- ▲：影響あり(性能が低下している)
- ×

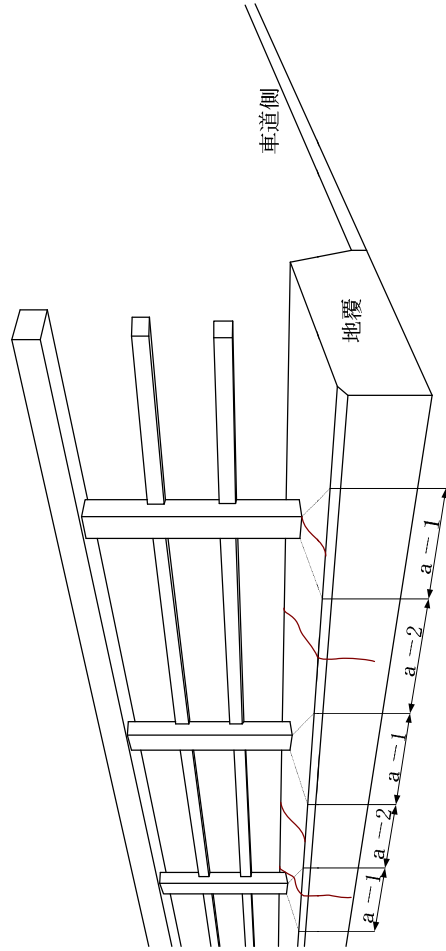
構造性能レベル

レベル1：性能に影響はないが、外観変状が認められる  
 レベル2：性能は低下しているが、補修で性能回復が可能  
 レベル3：性能は低下しているが、大規模補修や補強で性能回復が可能  
 レベル4：性能が低下し、性能不足となっている

図一解2.5.11(10)構造性能評価判定表(橋脚：材料劣化)

構造性能評価判定 地覆 (1) 【a:初期欠陥による変状】

構造物	部位	変状パターン	変状内容	想定される変状原因	外観変状の程度	現状の構造性能に対する評価					構造性能レベル (レベル=1~4)													
						安全性		使用性			機能性	安全性	使用性											
						断面破壊	部材の破壊・崩壊	安定限界	機能上の安全性	第三者影響				快適性	騒音振動数	水密性限界	気密性限界	遮音性限界	遮光性限界	その他				
橋面	地覆	a-1	ひび割れ (ピッチは概ね1m程度以上) (ひび割れ部に漏水や析出物、さらに錆汁を伴う場合あり)	・内部拘束温度ひび割れ (躯体内温度差による) ・乾燥収縮 ・コールドジョイント	ひび割れ幅 0.0mm ≤ w < 0.2mm	安定限界	機能上の安全性	第三者影響	度限界	剥落	走行性限界	変形	たわみ	外観阻害	ひび割れ (有害)	騒音振動数の限界	水密性限界	気密性限界	遮音性限界	遮光性限界	その他	1	1	
					ひび割れ幅 0.2mm ≤ w < 0.3mm	-	●	●	●	-	-	●	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		ひび割れ幅 0.3mm ≤ w < 0.4mm	-	●	●	●	-	-	●	-	-	-	-	-	▲	▲	-	-	-	-	-	-	1	2
		ひび割れ幅 0.4mm ≤ w	-	▲	▲	▲	-	-	▲	-	-	-	-	-	▲	▲	-	-	-	-	-	-	2	2
橋面	地覆	a-2	防護柵付近 ひび割れ (ピッチは概ね1m程度以上)	・内部拘束温度ひび割れ (躯体内温度差による) ・乾燥収縮 ・コールドジョイント	ひび割れ幅 0.0mm ≤ w < 0.2mm	-	●	●	●	-	-	-	-	●	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1
					ひび割れ幅 0.2mm ≤ w < 0.3mm	-	●	●	●	-	-	●	-	-	-	-	●	-	-	-	-	-	-	-
		ひび割れ幅 0.3mm ≤ w < 0.4mm	-	●	●	●	-	-	●	-	-	-	-	-	▲	▲	-	-	-	-	-	-	1	2
		ひび割れ幅 0.4mm ≤ w	-	▲	▲	▲	-	-	▲	-	-	-	-	-	▲	▲	-	-	-	-	-	-	2	2



要求性能に対する評価 (構造性能への影響度)

- : 影響なし (要求性能を満足している)
- ▲ : 影響あり (性能が低下している)
- x : 性能不足 (性能が不足しているか、その可能性がある)

構造性能レベル

- レベル1 : 性能に影響はないが、外観変状が認められる
- レベル2 : 性能は低下しているが、補修で性能回復が可能
- レベル3 : 性能は低下しているが、大規模補修や補強で性能回復が可能
- レベル4 : 性能が低下し、性能不足となっている

図一解2.5.12(1) 構造性能評価判定表 (地覆・初期欠陥、外力)

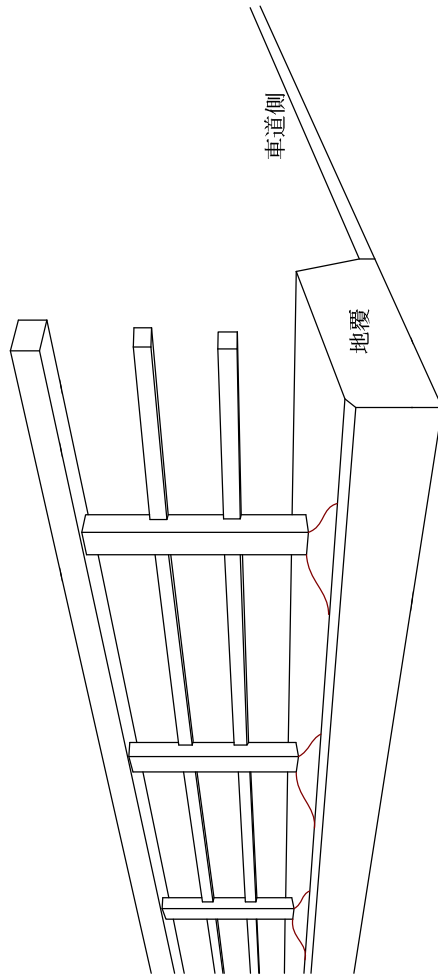


構造性能評価判定 地覆 (2) 【b: 外力による変状】

構造物	部位	変状 ハタ ン	変状内容	想定される 変状原因	外観変状の程度	現状の構造性能に対する評価						構造性能レベル (レベル1~4)							
						安全性			使用性			機能性		安全性	使用性				
						断面破壊	部材の破壊・崩壊	安定限界	機能上の安全性	快適性	騒音振動数 の限界	水密性限界	気密性限界			遮蔽性限界 など			
橋面	地覆	防護柵支柱からの ひび割れ	防護柵支柱から のひび割れ	・防護柵支柱の変形(水浸 入などによる破裂) ・防護柵への外力(車両衝 突)等	外観変状の程度	断面破壊	部材の破壊・崩壊	安定限界	機能上の安全性	快適性	騒音振動数 の限界	水密性限界	気密性限界	遮蔽性限界 など	安全性	使用性			
					ひび割れ幅 $0.0\text{mm} \leq w < 0.2\text{mm}$	-	-	-	剥落	走行性限界	変形 たわみ	外観阻害	ひび割れ (有害)	●	-	-	-	2	1
					ひび割れ幅 $0.2\text{mm} \leq w < 0.3\text{mm}$	-	-	-	剥落	剥落	剥落	剥落	剥落	●	-	-	-	2	1
					ひび割れ幅 $0.3\text{mm} \leq w < 0.4\text{mm}$	-	-	-	剥落	剥落	剥落	剥落	剥落	▲	-	-	-	2	2
					ひび割れ幅 $0.4\text{mm} \leq w$	-	-	-	剥落	剥落	剥落	剥落	剥落	▲	-	-	2	2	



変状例(支柱の変形)



要求性能に対する評価(構造性能への影響度)

- : 影響なし(要求性能を満足している)
- ▲: 影響あり(性能が低下している)
- ×: 性能不足(性能が不足しているか、その可能性がある)

構造性能レベル

レベル1: 性能に影響はないが、外観変状が認められる  
 レベル2: 性能は低下しているが、補修で性能回復が可能  
 レベル3: 性能は低下しているが、大規模補修や補強で性能回復が可能  
 レベル4: 性能が低下し、性能不足となっている

図一解2.5.12(2)構造性能評価判定表(地覆:初期欠陥,外力)

構造性能評価判定 地覆 (3) 【c: 材料劣化による変状】

構造物	部位	変状パターン	変状内容	想定される変状原因	外観変状の程度	現状の構造性能に対する評価										構造性能レベル (レベル=1~4)		
						安全性			使用性			機能性				安全性	使用性	
						断面破壊		安定限界	快適性		騒音振動数の限界	機能性						
						部材の破壊・崩壊	疲労破壊	使用限度	剥落	変形たわみ		外観阻害	ひび割れ(有害)	走行性限界	剥落	剥落	剥落	水密性限界
橋面	地覆	c-1	不規則なひび割れ (水分供給がある部位)	材料劣化 (凍害)	外観変状なし (微細なひび割れ発生するか外観確認不能) スケーリング、ひび割れ、ポップアウト、砂利化の発生 骨材の露出、骨材の剥落	-	-	-	●	-	-	-	-	-	-	-	1	1
			c-2	不規則なひび割れ (膨張) (水分供給がある部位)	材料劣化 (アルカリシリカ反応)	外観変状なし 外観変状なし (微細なひび割れ発生するか外観確認不能) ひび割れ・変色の発生 過大なひび割れの発生 段差・ズレの発生	-	-	-	●	-	-	-	-	-	-	-	1
						-	-	-	▲	-	-	-	-	-	-	-	2	2
						-	-	-	▲	-	-	-	-	-	-	-	2	2
						-	-	-	▲	-	-	-	-	-	-	-	2	2
						-	-	-	▲	-	-	-	-	-	-	-	2	2



c-1変状例



c-1変状例



c-2変状例



c-2変状例 (アルカリシカ反)

要求性能に対する評価(構造性能への影響度)

- : 影響なし(要求性能を満足している)
- ▲: 影響あり(性能が低下している)
- ×: 性能不足(性能が不足しているか、その可能性がある)

構造性能レベル

レベル1: 性能に影響はないが、外観変状が認められる  
 レベル2: 性能は低下しているが、補修で性能回復が可能  
 レベル3: 性能は低下しているが、大規模補修や補強で性能回復が可能  
 レベル4: 性能が低下し、性能不足となっている

図一解2.5.13(3)構造性能評価判定表(地覆:材料劣化)

構造性能評価判定 地覆 (4) 【c: 材料劣化による変状】

構造物	部位	変状 パターン	変状内容	想定される 変状原因	外観変状の程度	現状の構造性能に対する評価										構造性能レベル (レベル=1~4)			
						安全性					使用性					機能性		安全性	使用性
						部材の破壊・崩壊		安定限界		機能上の安全性		快適性		騒音振動数 の限界		水密性限界 気密性限界 遮蔽性限界 など			
						断面破壊	疲労破壊	安定限界	使用度限界	第三者影響 度限界	剥落	変形 たわみ	走行性限界	外観阻害	ひび割れ (有無)	ひび割れ (有無)	剥落	剥落	
橋面	地覆	c-3	鋼材に沿ったひび 割れ (構造物全体)	材料劣化 (塩害)	外観変状なし 外観変状なし (鋼材腐食開始するが、目視確認不能) 腐食ひび割れ発生(鋼材沿い)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	
						-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
		c-4	鋼材に沿ったひび 割れ (構造物全体)	材料劣化 (中性化)	かぶりの剥離・剥落の発生	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	2
						-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1



c-3変状例



c-4変状例  
(塩害)  
腐食ひび割れ  
・部分的剥離



c-3変状例



c-4変状例  
(塩害)  
腐食ひび割れ  
・部分的剥離

要求性能に対する評価(構造性能への影響度)

- : 影響なし(要求性能を満足している)
- ▲: 影響あり(性能が低下している)
- ×: 性能不足(性能が不足しているか、その可能性がある)

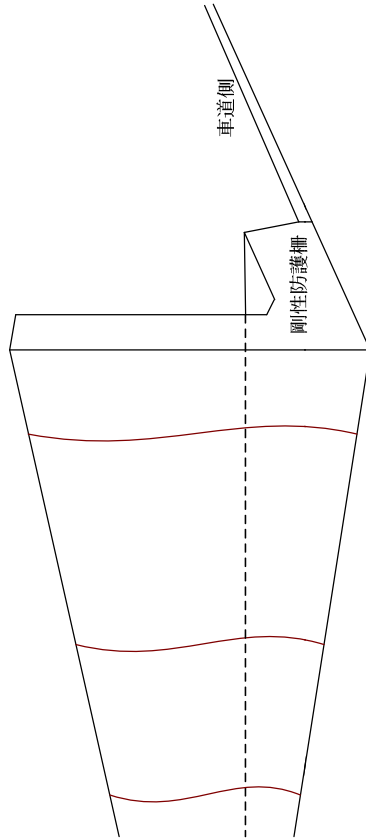
構造性能レベル

- レベル1: 性能に影響はないが、外観変状が認められる
- レベル2: 性能は低下しているが、補修で性能回復が可能
- レベル3: 性能は低下しているが、大規模補修や補強で性能回復が可能
- レベル4: 性能が低下し、性能不足となっている

図一解2.5.13(4)構造性能評価判定表(地覆:材料劣化)

構造性能評価判定 剛性防護柵 (1) 【a：初期欠陥による変状】 【b：外力による変状】

構造物	部位	変状パターン	変状内容	想定される変状原因	外観変状の程度	現状の構造性能に対する評価										構造性能レベル (レベル=1~4)				
						安全性			使用性			機能性				安全性	使用性			
						部材の破壊・崩壊		安定限界	断面破壊	機能上の安全性	快適性		騒音振動数の限界	水密性限界	気密性限界			遮蔽性限界	など	
						断面破壊	疲労破壊				使用劣影響度限界	第三者影響度限界				剥落	走行性限界			変形たわみ
橋面	剛性防護柵	a	ひび割れ (ピッチは概ね1m程度以上) (ひび割れ部に漏水や析出物、さらに錆汁を伴う場合あり)	*内部拘束温度ひび割れ (躯体内温度差による) *乾燥収縮 *コーールドジョイント	ひび割れ幅 $0.0\text{mm} \leq w < 0.2\text{mm}$	-	-	-	●	-	-	-	-	-	-	-	1	1		
					ひび割れ幅 $0.2\text{mm} \leq w < 0.3\text{mm}$	-	-	-	●	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1
					ひび割れ幅 $0.3\text{mm} \leq w < 0.4\text{mm}$	-	-	-	●	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
		b	防護柵のひび割れ	*防護柵への外力(車両衝突)等	ひび割れ幅 $0.4\text{mm} \leq w$	-	-	-	-	▲	-	-	-	-	-	-	-	-	2	2
					ひび割れ幅 $0.0\text{mm} \leq w < 0.2\text{mm}$	-	-	-	▲	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	1
					ひび割れ幅 $0.2\text{mm} \leq w < 0.3\text{mm}$	-	-	-	▲	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	1
			ひび割れ幅 $0.3\text{mm} \leq w < 0.4\text{mm}$	-	-	-	-	▲	-	-	-	-	-	-	-	2	2			
			ひび割れ幅 $0.4\text{mm} \leq w$	-	-	-	-	▲	-	-	-	-	-	-	-	2	2			



要求性能に対する評価(構造性能への影響度)

- : 影響なし(要求性能を満足している)
- ▲ : 影響あり(性能が低下している)
- × : 性能不足(性能が不足しているか、その可能性がある)

構造性能レベル

- レベル1 : 性能に影響はないが、外観変状が認められる
- レベル2 : 性能は低下しているが、補修で性能回復が可能
- レベル3 : 性能は低下しているが、大規模補修や補強で性能回復が可能
- レベル4 : 性能が低下し、性能不足となっている

図一解2.5.14(1) 構造性能評価判定表(剛性防護柵:初期欠陥, 外力)

構造性能評価判定 剛性防護柵 (2) 【c: 材料劣化による変状】

構造物	部位	変状パターン	変状内容	想定される変状原因	外観変状の程度	現状の構造性能に対する評価						構造性能レベル (レベル=1~4)			
						安全性			使用性			機能性		安全性	使用性
						部材の破壊・崩壊		安定限界	快適性		騒音振動数の限界		水密性限界		
						断面破壊	疲労破壊	使用限度境界	走行性限界	外観阻害	ひび割れ (有書)	変形たわみ		剥落	剥落
橋面	剛性防護柵	c-1	不規則なひび割れ (水分供給がある部位)	材料劣化 (凍害)	外観変状なし (微細ひび割れ発生するか外観確認不能) スケーリング、ひび割れ、ポップアウト、砂利化の発生	-	-	●	-	●	-	-	-	1	1
		c-2	不規則なひび割れ (膨張) (水分供給がある部位)	材料劣化 ((アルカリシカ反応))	外観変状なし (アルカリシカ反応)	鋼材露出、鋼材腐食	-	-	▲	-	▲	-	-	-	2
					外観変状なし	-	-	●	-	●	-	-	-	1	1
					外観変状なし (微細ひび割れ発生するか外観確認不能)	-	-	●	-	●	-	-	-	2	2
					ひび割れ・変色の発生	-	-	▲	-	▲	-	-	-	2	2
					過大なひび割れの発生 段差・ズリの発生	-	-	▲	-	▲	-	-	-	2	2



c-1変状例



c-2変状例 (アルカリシカ反応)



c-1変状例



c-2変状例 (アルカリシカ反応)

要求性能に対する評価 (構造性能への影響度)

- : 影響なし (要求性能を満足している)
- ▲ : 影響あり (性能が低下している)
- × : 性能不足 (性能が不足しているか、その可能性がある)

構造性能レベル

- レベル1 : 性能に影響はないが、外観変状が認められる
- レベル2 : 性能は低下しているが、補修で性能回復が可能
- レベル3 : 性能は低下しているが、大規模補修や補強で性能回復が可能
- レベル4 : 性能が低下し、性能不足となっている

図一解2.5.15(2)構造性能評価判定表 (剛性防護柵: 材料劣化)

構造性能評価判定 剛性防護柵 (3) 【c：材料劣化による変状】

構造物	部位	変状 パターン	変状内容	想定される 変状原因	外観変状の程度	現状の構造性能に対する評価										構造性能レベル (レベル=1~4)			
						安全性					使用性					機能性		安全性	使用性
						部材の破壊・崩壊		安定限界		機能上の安全性		快適性		騒音振動数 の限界		水密性限界 気密性限界 遮蔽性限界 など			
						断面破壊	疲労破壊	安定限界	使用限度限界	第三者影響 度限界	剥落	変形 たわみ	走行性限界	外観阻害	ひび割れ (有無)	剥落	剥落		
橋面	剛性防護柵	c-3	鋼材に沿ったひび 割れ (構造物全体)	材料劣化 (塩害)	外観変状なし 外観変状なし (鋼材腐食開始するが、目視確認不能) 腐食ひび割れ発生(鋼材沿い) かぶりの剥離・剥落の発生	-	-	-	-	-	●	-	-	-	-	1	1		
		c-4	鋼材に沿ったひび 割れ (構造物全体)	材料劣化 (中性化)	外観変状なし 外観変状なし (鋼材腐食開始するが、目視確認不能) 腐食ひび割れ発生(鋼材沿い) かぶりの剥離・剥落の発生	-	-	-	-	-	●	-	-	-	-	-	1	1	



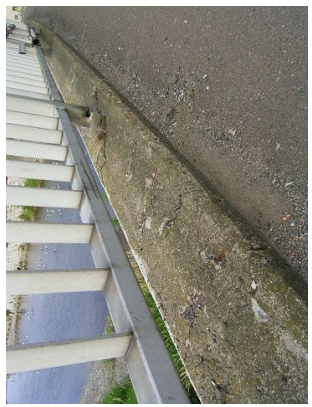
c-3変状例



c-4変状例  
(塩害)  
腐食ひび割れ  
・部分的剥離



c-3変状例



c-4変状例  
(塩害)  
腐食ひび割れ  
・部分的剥離

要求性能に対する評価(構造性能への影響度)

- : 影響なし(要求性能を満足している)
- ▲ : 影響あり(性能が低下している)
- x : 性能不足(性能が不足しているか、その可能性がある)

構造性能レベル

- レベル1 : 性能に影響はないが、外観変状が認められる
- レベル2 : 性能は低下しているが、補修で性能回復が可能
- レベル3 : 性能は低下しているが、大規模補修や補強で性能回復が可能
- レベル4 : 性能が低下し、性能不足となっている

図一解2.5.15(3)構造性能評価判定表(剛性防護柵:材料劣化)

構造性能評価判定 水仕舞い(排水処理)【a:初期欠陥による変状】

構造物	部位	変状パターン	変状内容	想定される変状原因	外観変状の程度	現状の構造性能に対する評価										構造性能レベル (レベル=1~4)		
						安全性			使用性			機能性				安全性	使用性	
						断面破壊	部材の破壊・崩壊	安定限界	機能上の安全性	快適性	騒音振動数の限界	水密性限界	気密性限界	遮音性限界	など			
排水施設	排水管 周辺	a-1	・排水装置周辺の 変色 ・主桁付近や沓座 付近の変色 ・排水管自体の腐 食	構造性能を損なう腐食や 断面欠損など	排水機能に変状無し	安定限界	部材の破壊・崩壊	機能上の安全性	快適性	騒音振動数の限界	水密性限界	気密性限界	遮音性限界	など	1	1		
					排水不良により水かかりあり	走行性限界	第三者影響	外観阻害	ひび割れ	変形	たわみ	変形	たわみ	剥落	変形	たわみ	1	1
					排水不良による変色あり	走行性限界	度限界	ひび割れ	変形	たわみ	剥落	変形	たわみ	剥落	変形	たわみ	1	2
					排水不良により滞水あり	走行性限界	度限界	剥落	変形	たわみ	剥落	変形	たわみ	剥落	変形	たわみ	2	2
排水施設	排水桁 周辺	a-2	・路面滞水	・路面機能の阻害	路面滞水無し	安定限界	部材の破壊・崩壊	機能上の安全性	快適性	騒音振動数の限界	水密性限界	気密性限界	遮音性限界	1	1			
					路面滞水あり	走行性限界	度限界	剥落	変形	たわみ	剥落	変形	たわみ	剥落	変形	たわみ	2	2



a-1変状例 (排水不良により変色あり)



a-1変状例 (排水不良により滞水、変状あり)



a-2変状例 (排水不良により滞水あり)

要求性能に対する評価(構造性能への影響度)

- : 影響なし(要求性能を満足している)
- ▲ : 影響あり(性能が低下している)
- x : 性能不足(性能が不足しているか、その可能性がある)

構造性能レベル

- レベル1 : 性能に影響はないが、外観変状が認められる
- レベル2 : 性能は低下しているが、補修で性能回復が可能
- レベル3 : 性能は低下しているが、大規模補修や補強で性能回復が可能
- レベル4 : 性能が低下し、性能不足となっている

図一解2.5.16(1) 構造性能評価判定表(水仕舞い(排水処理))

## 2.6 対策の要否判定

- (1) 対策の要否は、構造性能レベルに基づき、維持管理区分の方針や要求性能を考慮して行う。
- (2) 対策の種類や選定方法、各種工法の概要は「3章 対策」を参照すること。
- (3) 対策工において、北海道で補修に用いる材料に対する要求事項や施工における留意事項は本指針 [材料・施工編] を参照すること。

### 【解 説】

#### (1) について

対策の要否判定に際しては、まず対象構造物の維持管理区分の方針や要求性能を再確認する必要がある。維持管理区分と要求性能は、残存供用期間、第三者影響度、重要度、架橋環境、経済性（LCC 含む）などの観点から考慮して設定されており、対策の要否判定においては、これらの各項目についても改めて確認することが望ましい。維持管理区分は予防、事後、観察の3区分としており、維持管理区分と要求性能の関係については本指針 [共通編] の「2.2 維持管理区分」を確認すること。また、維持管理区分に応じた対策要否の基本的な考え方について表一解 2.6.1 に示す。

表一解 2.6.1 維持管理区分に応じた対策要否の基本的な考え方の例

構造性能 に 及ぼす影響	維持管理区分		
	「予防維持管理」	「事後維持管理」	「観察維持管理」
小	場合によっては 補修必要	補修不要	補修不要
中	補修必要	場合によっては 補修不要	場合によっては 補修不要
大	補修必要	補修必要	場合によっては 補修不要

以上を踏まえ、維持管理区分毎の構造性能レベルと対策および修復の関係例を表一解 2.6.2～2.6.4 に示すので、対策の要否判定に際して参考とすること。

なお、1章においては便宜的に対策の種類を①経過観察（無処置）・点検強化、②補修（軽微）、③補修（大規模）、④供用制限・解体撤去（または更新）の4種類に分類したが、これは、構造性能レベルの4段階と関連付けるためである。



表一解 2.6.2 「予防維持管理」の構造性能レベルと対策および修復の関係例

【維持管理区分：予防維持管理】		【安全性】			
構造性能 レベル	構造性能レベル				
	1 性能維持	2 影響あり～性能低下	3 性能低下	4 性能不足	
対策の種類	・無補修 (観察・点検強化)	—	—	—	
	・補修(軽微)	—	—	—	
	・補修(大規模)	・補修(大規模)	—	—	
	—	—	—	—	
修復の方法	・修復せず	—	—	—	
	・性能の低下予防 (表面処理, ひびわれ 注入・充填, 断面補修 等)	—	—	—	
	・性能の低下予防 (打換え, 増厚, 巻立 て, プレストレス導入等)	・性能の低下予防 (打換え, 増厚, 巻立 て, プレストレス導入等)	—	—	
	—	—	—	—	

【維持管理区分：予防維持管理】		【使用性】			
構造性能 レベル	構造性能レベル				
	1 性能維持	2 影響あり～性能低下	3 性能低下	4 性能不足	
対策の種類	・無補修 (観察・点検強化)	—	—	—	
	・補修(軽微)	—	—	—	
	—	・補修(大規模)	—	—	
	—	—	—	—	
修復の方法	・修復せず	—	—	—	
	・性能の低下予防 (表面処理, ひびわれ 注入・充填, 断面補修 等)	—	—	—	
	—	・性能の低下予防 (打換え, 増厚, 巻立 て, プレストレス導入等)	—	—	
	—	—	—	—	

表一解 2.6.3 「事後維持管理」の構造性能レベルと対策および修復の関係例

【維持管理区分：事後維持管理】		【安全性】			
構造性能 レベル	構造性能レベル				
	1 性能維持	2 影響あり～性能低下	3 性能低下	4 性能不足	
対策の種類	・無補修 (観察・点検強化)	—	—	—	
	—	・補修 (軽微)	—	—	
	—	—	・補修 (大規模)	・補修 (大規模)	
	—	—	—	・供用制限 ・解体撤去または更新	
修復の方法	・修復せず	—	—	—	
	—	・性能回復 (表面処理, ひびわれ 注入・充填, 断面補修)	—	—	
	—	—	・性能回復 (打換え, 増厚, 巻立 て, プレストレス導入等)	・性能の回復 (打換え, 増厚, 巻立 て, プレストレス導入等)	
	—	—	—	・性能緩和(荷重制限) ・性能回復(新橋構築)	

【維持管理区分：事後維持管理】		【使用性】			
構造性能 レベル	構造性能レベル				
	1 性能維持	2 影響あり～性能低下	3 性能低下	4 性能不足	
対策の種類	・無補修 (観察・点検強化)	・無補修 (観察・点検強化)	—	—	
	—	・補修 (軽微)	・補修 (軽微)	・補修 (軽微)	
	—	—	—	・補修 (大規模)	
	—	—	—	—	
修復の方法	・修復せず	・修復せず	—	—	
	—	・性能回復 (表面処理, ひびわれ 注入・充填, 断面補修)	・性能回復 (表面処理, ひびわれ 注入・充填, 断面補修)	・性能回復 (表面処理, ひびわれ 注入・充填, 断面補修)	
	—	—	—	・性能回復 (打換え, 増厚, 巻立 て, プレストレス導入等)	
	—	—	—	—	

表一解 2.6.4 「観察維持管理」の構造性能レベルと対策および修復の関係例

【維持管理区分：観察維持管理】		【安全性】			
構造性能 レベル	構造性能レベル				
	1 性能維持	2 影響あり～性能低下	3 性能低下	4 性能不足	
対策の種類	・無補修 (観察・点検強化)	・無補修 (観察・点検強化)	・無補修 (観察・点検強化)	・無補修 (観察・点検強化)	
	—	—	—	—	
	—	—	・供用制限	・供用制限	
修復の方法	・修復せず	・修復せず	・修復せず	・修復せず	
	—	—	—	—	
	—	—	・性能緩和(荷重制限)	・性能緩和(荷重制限)	

【維持管理区分：観察維持管理】		【使用性】			
構造性能 レベル	構造性能レベル				
	1 性能維持	2 影響あり～性能低下	3 性能低下	4 性能不足	
対策の種類	・無補修 (観察・点検強化)	・無補修 (観察・点検強化)	・無補修 (観察・点検強化)	・無補修 (観察・点検強化)	
	—	—	—	—	
	—	—	・供用制限	・供用制限	
修復の方法	・修復せず	・修復せず	・修復せず	・修復せず	
	—	—	—	—	
	—	—	—	—	

**【参考文献】**

- 1) 土木学会：2012年制定 コンクリート標準示方書【設計編】，2013.3.
- 2) 土木学会：2013年制定 コンクリート標準示方書【維持管理編】，2013.10.
- 3) 二羽淳一郎他：既設コンクリート構造物の診断と補修・補強技術，プレストレストコンクリート技術協会，第38回技術講習会テキスト，pp.93-122，平成22年2月
- 4) 社団法人プレストレストコンクリート技術協会：コンクリート構造診断技術，2011年5月
- 5) 望月秀次他：非破壊検査を用いたPCグラウトの点検と補修，プレストレストコンクリート，Vol.37，No.6，NOV，p.71，1995，
- 6) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説：Ⅲ コンクリート橋編，p.254，平成24年3月
- 7) 国土交通省東北地方整備局：東北地方における道路橋の維持補修の手引き(案)，p4-2，平成23年9月
- 8) 多田宏行：橋梁技術の変遷，pp232-233，2000年12月
- 9) 北海道土木技術会鋼道路研究委員会：北海道における鋼道路橋の設計および施工指針 第2編 維持管理編，pp8-27-8-28，pp11-1-11-67，平成24年1月
- 10) 松井繁之：道路橋床版 設計・施工と維持管理，pp47-58，pp223-225，pp231-234，2007年10月
- 11) 赤代恵司，三田村浩，渡辺忠朋，岸徳光：丸鋼鉄筋を用いたRC床版の疲労特性に関する実験的研究，構造工学論文集 Vol.56A，pp1297-1304，2010年3月
- 12) 社団法人 日本コンクリート工学協会：コンクリートのひび割れ調査，補修・補強指針，2009.3.

## 3章 対 策

### 3.1 構造物の要求性能と対策

#### 3.1.1 対策の種類

維持管理における対策は、経過観察（無処置）、点検の強化、補修、供用制限、解体・撤去に分類される。

#### 【解 説】

本指針では、維持管理における対策を、経過観察（無処置）、点検の強化、補修、供用制限、解体・撤去に区分した。なお、車線の増設等、機能を向上させるために既設部材の力学的な性能を向上させる等の補強については本指針では扱っていないが、既設橋梁の耐震補強対策については本指針 [耐震補強編] によるものとする。

#### 1) 経過観察（無処置）

変状程度や変状原因などによっては構造性能に与える影響が小さい場合もあり、また、維持管理区分によっては早期の対策を必要としない場合なども想定される。このような場合には、特別な処置を行わず、以後の経過を観察する場合も想定されるため、経過観察も対策の一つとして位置づけるものとした。

#### 2) 点検の強化

現時点における対策は必要としないが、将来的に構造物の性能低下が予想される場合や変状の進行が予想される場合などに、点検の頻度を増やしたり、特定の点検部位を指定したり、点検項目の追加を実施するなどといった対策である。なお、点検の頻度や項目については、構造物の変状の程度や劣化機構、維持管理区分などを考慮して決定する必要がある。

#### 3) 補 修

変状が顕在化した部材や構造物に対して、耐久性や使用性の回復もしくは向上、第三者影響度の低減や改善を行うことを目的とした対策である。

本指針では、主に耐久性の回復や維持を目的とした「補修（軽微）」と、力学的な性能の回復を目的とした「補修（大規模）」に区分することとした。また、変状が顕在化する前あるいは変状が比較的軽微な段階において、変状を防止あるいは変状の進行を抑制することを目的として行う劣化抑制対策も「補修（軽微）」に分類した。劣化抑制対策は、詳細調査結果に基づいた将来的な劣化予測と構造物管理者が設定する維持管理区分や要求性能によって適用の可否を決定する必要がある。

「補修（軽微）」の主たる適用範囲は、以下のとおりである。

- 1) 構造物や部材の変状（ひび割れ、剥離など）に対して行う修復・復旧
- 2) 第三者被害を防止することを目的として行われる予防的対策、第三者影響度を考慮した安全性の回復もしくは向上・改善対策
- 3) 景観等の環境性を損なう構造物の外観を向上する目的で行われる修景
- 4) 変状の防止あるいは進行の抑制を目的とした劣化抑制対策

「補修（大規模）」の主たる適用範囲は、以下のとおりである。

- 1) 構造物や部材の損傷による耐荷性能低下に対して行う耐荷性能の復旧対策
- 2) コンクリート断面や部材の増加等

なお、本指針では、歩道設置や幅員構成の変更、遮音壁や添架物の追加など、既設構造物に新たな機能を追加するために実施する機能向上対策は扱っていないため、機能向上対策を行う場合には土木学会コンクリート標準示方書【維持管理編】<sup>1)</sup>などを参考にするとよい。

#### 4) 供用制限

変状によって力学的に性能が低下した構造物に対して、補修を行わずに作用荷重の大きさや走行位置、速度等を制限することによって供用を許容する対策である。供用制限は、一般に点検の強化も伴うものであり、補修、解体・撤去、更新等の実施が行われるまでの期間に適用される場合が多い。

#### 5) 解体・撤去

変状によって力学的な性能が著しく低下した構造物や、機能が失われた構造物の廃棄や更新、あるいは河川改修、道路や鉄道の線形改良、再開発事業等の行政的な判断に伴って実施される対策である。

### 3.1.2 対策の選定

対策は、対象構造物の現状（変状の程度や原因）を把握し、要求性能に応じた構造性能レベルを評価したうえで、維持管理区分に基づいて対策の要否を判断し、要求性能や緊急性などに応じた対策を選定しなければならない。また、対策を実施するにあたっては耐用期間を考慮しなければならない。

#### 【解説】

効果的な対策を行うためには、調査結果に基づき、変状程度等の把握および変状原因（劣化機構）を明確にすることが必要となるほか、安全性や使用性を考慮した構造性能レベルを評価したうえで、さらに維持管理区分に基づいて対策の要否判定および対策の選定を行わなければならない。

ただし、第三者影響度など緊急性を要する場合には、速やかに応急措置を講ずることを最優先とする必要がある。その後、必要に応じて詳細調査を行い、構造物の構造性能を評価したうえで、構造物管理者の要求性能に応じた対策の要否判定を行うのがよい。なお、応急措置の方法は、第三者影響度を最優先として考えるが、後に行う対策方法も勘案したうえで決定するのがよい。

また、対策を実施するにあたっては耐用期間を考慮しなければならない。対策の耐用期間は、これまでの同一環境下における実績等を踏まえて設定するのがよい。

### 3.1.3 補修工法の選定

コンクリート構造物に生じた変状に対する具体的な補修工法は、変状原因（劣化機構）や要求性能（補修目的）、対象部の諸条件などを考慮して選定しなければならない。

コンクリート構造物に生じる変状の原因は以下のように大別され、これらの変状原因を考慮した補修工法を選定しなければならない。

- (1) 材料特性や施工に関連する初期欠陥
- (2) 環境条件や材料特性に関連する材料劣化による変状
- (3) 構造や力学作用に関連する構造的な変状
- (4) その他

#### 【解説】

補修工法の選定にあたっては、外観では同じ変状でも変状原因（劣化機構）が異なれば適用されるべき工法や材料が異なるため、変状原因を推定したうえで、要求性能に応じた適切な補修工法および適用材料を選定しなければならない。

コンクリート構造物に適用される主な補修工法は、主に耐久性の回復や維持を目的とした「補修工法（軽微）」と、力学的な性能の回復を目的とした「補修工法（大規模）」に大別され、概ね図－解 3.1.1 のように分類される。また、コンクリート構造物に生じる代表的な変状と主に耐久性の回復や維持を目的とした補修工法の選定例を表－解 3.1.1 に示す。

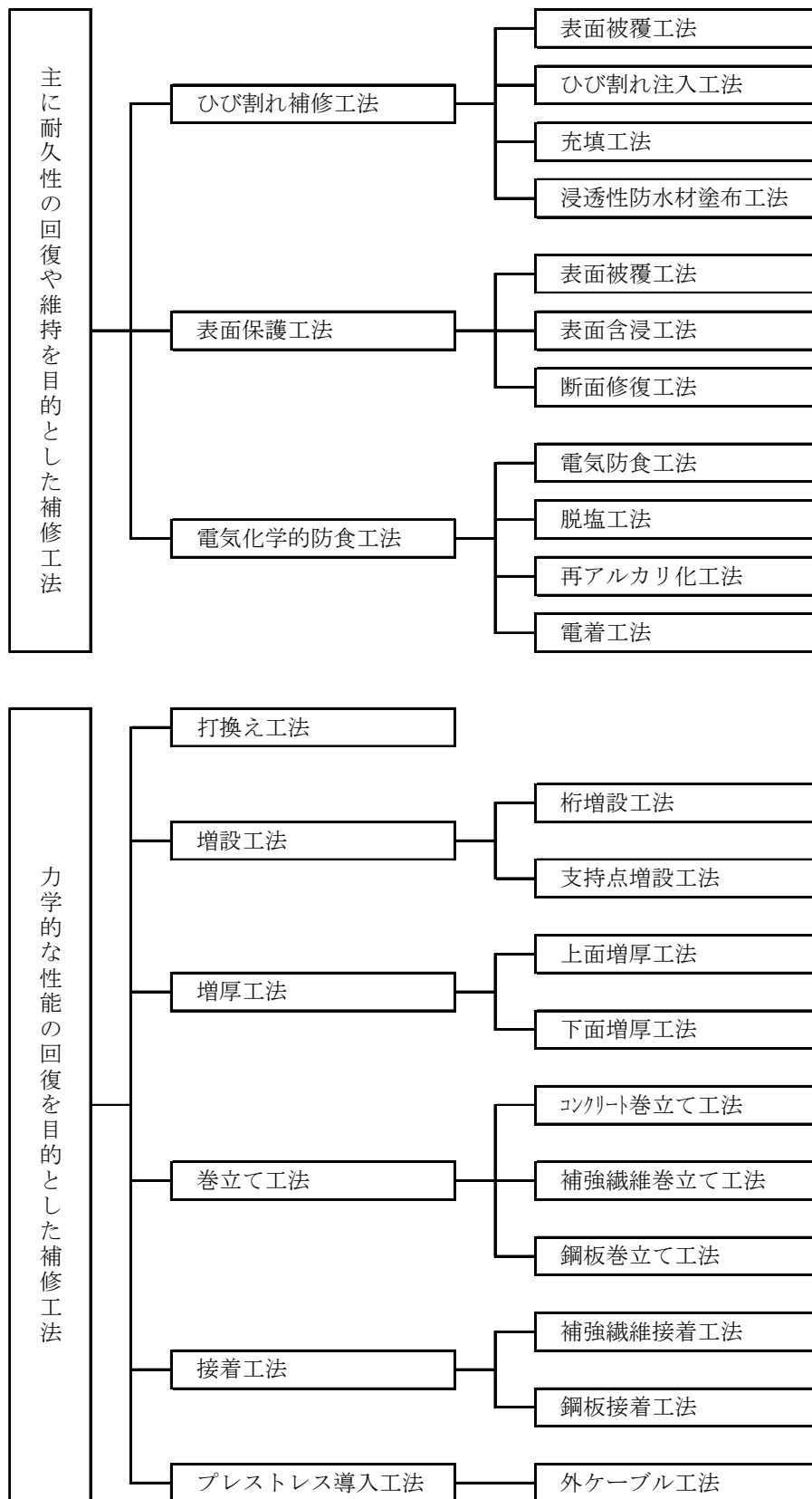
表－解 3.1.1 変状毎の補修工法の選定例

コンクリート構造物に適用される主な補修工法		コンクリート構造物に生じる代表的な変状				
		ひび割れ	剥離・剥落	鉄筋の露出・腐食	変色・遊離石灰	スケーリング
ひび割れ補修工法	表面被覆工法	○			△	
	ひび割れ注入工法	○			△	
	充填工法	△			△	
	浸透性防水材塗布工法	○			△	
表面保護工法	表面被覆工法	△	△	△	△	△
	表面含浸工法	△	△	△	△	△
	断面修復工法	△	○	○	△	○
電気化学的防食工法	電気防食工法			□		
	脱塩工法			□		
	再アルカリ化工法			□		
	電着工法	△		□		

○：一般的に適用される補修工法

△：要求性能によって適用されることがある補修工法

□：劣化機構によって適用されることがある補修工法



図－解 3.1.1 補修工法の分類



(1) について

コンクリートの材料的性質や施工に関連する初期欠陥としてみられる代表的な変状とその特徴および補修工法の選定例を表一解 3.1.2 に示す。

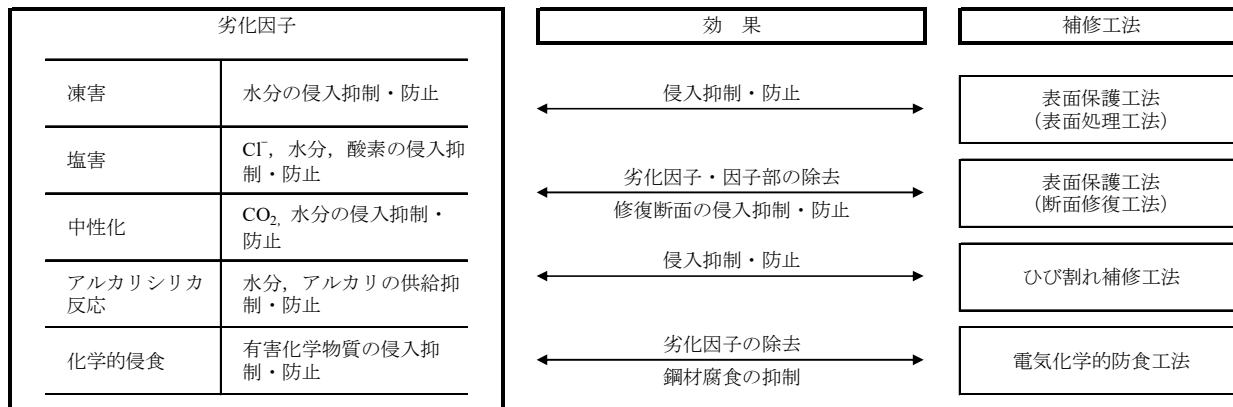
初期欠陥による変状はコンクリートの打込みから数年の間に収束すると考えられるが、環境条件などによっては材料劣化の原因や材料劣化を助長する場合があるため注意を要する。また、初期欠陥によるひび割れなどの変状は、直ちに構造性能に影響を及ぼすケースは少ないが、変状が生じた部位や変状の規模によっては影響を及ぼすことも考えられるため、適切な評価を行う必要がある。

表一解 3.1.2 初期欠陥による変状と補修工法

変 状	補修工法の選定	
	補修工法	補修目的, 効果など
ひび割れ	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ひび割れ注入工法</li> <li>・表面含浸工法</li> <li>・表面被覆工法</li> <li>・充填工法</li> </ul>	耐久性, 防水性の向上 ひび割れ部からの劣化因子侵入防止・抑制することでコンクリート内部鋼材の腐食を抑制し, 耐久性の向上を図る。 一般に表面ひび割れ幅で適用工法を選定し, ひび割れ変動の有無等により適用材料を選定する。
コールドジョイント	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ひび割れ注入工法</li> <li>・表面含浸工法</li> <li>・表面被覆工法</li> <li>・充填工法</li> <li>・打換え工法</li> <li>・その他補強工法</li> </ul>	耐久性, 防水性の向上を図る場合は, ひび割れ補修対策と同様となる。 構造物・部材の構造性能に影響がある場合は, 部分的な打換え工法や補強工法の適用も考えられる。
豆 板	<ul style="list-style-type: none"> <li>・断面修復工法</li> <li>・内部空隙注入工法</li> </ul>	美観・景観, 耐久性の向上 表面に露出した粗骨材を撤去・復旧する断面修復工法が適用される場合が多いが, 空洞範囲の広さや深さにより, 欠陥部の撤去が構造性能に影響する場合は, 空隙部に樹脂系材料やセメント系材料を注入・充填する方法を適用する。
かぶり不足	<ul style="list-style-type: none"> <li>・表面含浸工法</li> <li>・表面被覆工法 (剥落防止工法)</li> <li>・断面修復工法</li> <li>・その他</li> </ul>	耐久性の向上 かぶり不足と他の要因により変状が生じた場合は, 他の要因を考慮した補修方法を選定する必要がある。 要求性能によって, 変状が生じる前に抑制対策を講じる場合がある。

(2) について

環境条件や材料特性に関連する材料劣化は、凍害、塩害、中性化、アルカリシリカ反応、化学的腐食などがある。材料劣化については、本指針 [共通編] や [劣化機構編]、参考文献 1), 2), 3) に整理されているので参考にするとよい。代表的な劣化因子と主に耐久性の回復や維持を目的とした補修工法に期待される効果の関係を図一解 3.1.2 に示す。



図一解 3.1.2 劣化機構と補修工法の効果

1) 凍 害

外観変状としては、コンクリート表面の微細ひび割れ、ポップアウト、スケーリング、コンクリートの剥離・剥落等である。凍害対策は、顕在化した変状に対して行われるもの（補修）と凍害の進行を抑制するもの（劣化抑制）に大別される。

前者は、外観上のグレードが進展期～劣化期に該当し、主に断面修復工法が適用されるが、再劣化を防止する目的で表面処理工法を併用することも考えられる。また、補修対象範囲が広いあるいは補修深さが深く構造的に影響を及ぼすと判断される場合や、周辺の部材への影響が懸念される場合には、他の補修工法との併用を考慮するほか、使用材料や施工方法などにも十分に留意する必要がある。

後者は、外観上のグレードが潜伏期に該当し、将来的に変状が生じる可能性がある状態あるいはごく軽微な変状であるが今後進行する可能性がある状態であり、主にコンクリート表面から水分等の劣化因子の侵入を抑制する工法（表面処理）が適用対象となる。凍害に対する補修工法の選定例を表一解 3.1.3 に示す。

凍害による変状は、コンクリートの品質のほか、外部環境（日射、雨掛かりなど）による影響が大きい。そのため、補修後も同様の外部環境である場合には、母材と補修材料の接着部に浮きなどの変状が生じ易い。そのため、劣化因子の侵入を抑制する工法を併用して適用することで再発を防止・抑制し、構造物の延命を図ることが重要である。また、軽度なスケーリングなど凍害深さが浅い部分を補修する場合に対しても、コンクリート表面の脆弱部のみを断面修復材を薄塗りで仕上げれば一時的には外観は向上するものの、母材と補修材料の接着部に浮きなどの変状が生じることが多い。よって、この場合には断面修復深さを深くしたり、劣化因子の侵入を抑制するための工法を併用したりすることが重要である。

凍害によるひび割れは凍害の進行過程の初期にみられる変状であり、コンクリート表面のひび割れ幅は微細で、ひび割れの方向性は不規則かつ間隔が狭いという特徴があり、さらにエフロレッセンスの析出を伴っている場合がある。また、ひび割れ幅が増大した場合には、コンクリート表面の浮きや剥離・スケーリング等を伴っている場合が多いため、凍害によるひび割れ対策としては、ひび割れ注入工法が適用されるケースはほとんどない。

表一解 3.1.3 凍害に対する補修工法の選定例<sup>4)</sup>

補修工法の目的	潜伏期		進展期		加速期		劣化期	
	適用性	工法	適用性	工法	適用性	工法	適用性	工法
劣化因子の遮断	◎	表面被覆・表面含浸処理 (表面からの水分の侵入防止)	◎	表面被覆 (表面からの水分の侵入防止)	△	表面被覆 (表面からの水分の侵入防止, および剥落防止)	△	表面被覆 (表面からの水分の侵入防止, および剥落防止)
劣化速度の抑制	—	—	◎	ひび割れ補修 (ひび割れからの水分の侵入防止)	△	ひび割れ補修 (ひび割れからの水分の侵入防止)	△	ひび割れ補修 (ひび割れからの水分の侵入防止)
劣化因子の除去	—	—	○	断面修復 (スケーリングやポップアウト部の除去と断面の修復)	◎	断面修復 (スケーリングやポップアウト部の除去と鉄筋の防食を目的とした断面修復)	◎	断面修復 (スケーリングやポップアウト部の除去と鉄筋の防食を目的とした断面修復)
耐荷力や変形性能の改善	—	—	—	—	—	—	◎	補強 (FRP・鋼板接着や巻立てなど)
	—	—	—	—	—	—	△	打換え (劣化した部材のコンクリートによる打換え)
工法選定の理由 (要求性能)	凍害深さが小さく剛性変化や鉄筋の腐食がない。凍害を受ける地域のため表面被覆や表面含浸処理などの工法が検討対象となる。		凍害深さが大きくなり鉄筋腐食が始まる段階。表面から水分の浸入を防ぐ工法が優先されるが、スケーリングやポップアウトがある場合は、断面修復を併用する必要がある。		スケーリング、ポップアウトだけでなく、鉄筋腐食を伴うひび割れ、浮きなど。比較的広い範囲のコンクリート除去と断面修復が優先される。特に劣化が激しい部分では補強も考慮に入れる必要がある。		鉄筋腐食に伴う断面減少により部材の耐荷力の低下が懸念される段階。劣化した部分の断面修復とともに、部材の耐荷性が懸念される箇所については、補強や打換え工法を検討する必要がある。	

(注) 記号は以下の意味を持つ

◎：主工法として適用すべき工法

○：主工法に次いで適用性の高い工法

△：構造物の劣化状況等に応じて適用を検討する工法

## 2) 塩 害

塩化物イオンは、海からの飛来塩分や凍結防止剤散布などの外部環境から供給される場合のほか、コンクリート製造時に材料から供給されている場合もある。塩害対策は、顕在化した変状に対して行われるもの（補修）とコンクリート内部の鋼材腐食を防止する目的で塩化物イオンの侵入・拡散の抑制や電気化学的に腐食を抑制するもの（劣化抑制）に大別される。

前者は、外観上のグレードが加速期～劣化期の場合に該当し、鋼材の腐食膨張が生じている状態であるため、まずは鋼材周辺のコンクリートを除去し、防錆処置を施してから断面修復することが考えられるが、マクロセル腐食（局部腐食）への配慮のほか、塩化物イオン濃度が高い場合は塩化物イオンを多く含むコンクリートの除去や除塩を検討する必要がある。また、補修対象範囲が広いあるいは鋼材の断面減少が顕著で構造的に影響を及ぼすと判断される場合には、環境条件や塩化物イオン濃度等によっては、他の補修工法との併用を考慮するほか、使用材料や施工方法などにも十分に留意する必要がある。

後者は、外観上のグレードが潜伏期から進展期の場合に該当し、将来的に変状が生じる可能性がある状態であり、主にコンクリート表面から塩化物イオンや酸素、水分などの劣化因子の侵入を抑制する工法（表面処理）や電気化学的防食工法が適用対象となる。

これらの補修工法の選定は、構造物の管理者が定める維持管理区分や要求性能により選定しなければならない。塩害に対する補修工法の選定例を表一解 3.1.4 に示す。

外部環境から塩化物イオンが供給される場合の塩害による変状は、変状が生じてからの進行速度が中性化など他の劣化機構に比べ早く変状が顕著になる傾向があり、構造物あるいは部材の性能低下への影響が懸念されるため、残存供用期間や維持管理区分にもよるが、なるべく早期に対策を講ずることが重要である。

高濃度の塩化物イオン除去を行う場合には、設計時あるいは完成時の構造性能より性能が低下する場合があるため、安全性を照査する必要がある。また、プレストレス導入などの大規模な補修工法を併用する場合には、使用材料の選定や施工方法に留意する必要がある。

表一解 3.1.4 塩害に対する補修工法の選定例<sup>4)</sup>

補修工法の目的	潜伏期		進展期		加速期		劣化期	
	適用性	工法	適用性	工法	適用性	工法	適用性	工法
劣化因子の遮断	◎	表面被覆 (表面からのCl <sup>-</sup> , O <sub>2</sub> などの腐食性物質の侵入防止)	△	表面被覆 (表面からのCl <sup>-</sup> , O <sub>2</sub> などの腐食性物質の侵入防止)	△	表面被覆 (表面からの腐食性物質の侵入防止, および剥落防止)	△	表面被覆 (表面からの腐食性物質の侵入防止, および剥落防止)
	◎	曲げ, 乾燥収縮等によるひび割れの補修 (ひび割れからのH <sub>2</sub> O, O <sub>2</sub> などの腐食性物質の侵入防止)	△	ひび割れ補修 (ひび割れからのH <sub>2</sub> O, O <sub>2</sub> などの腐食性物質の侵入防止)	△	ひび割れ補修 (ひび割れからのH <sub>2</sub> O, O <sub>2</sub> などの腐食性物質の侵入防止)	△	ひび割れ補修 (ひび割れからのH <sub>2</sub> O, O <sub>2</sub> などの腐食性物質の侵入防止)
劣化速度の抑制	○	電気防食 (予防保全)	◎	電気防食 (鉄筋腐食の進行の大幅な低減)	◎	電気防食 (鉄筋腐食の進行の大幅な低減)	◎	電気防食 (鉄筋腐食の進行の大幅な低減)
劣化因子の除去	—	—	○	電気防食的脱塩 (限界値を超えた塩化物イオンの低減)	◎	電気防食的脱塩 (限界値を超えた塩化物イオンの低減)	◎	電気防食的脱塩 (限界値を超えた塩化物イオンの低減)
	—	—	○	断面修復 (限界値を超えた塩化物イオンを含むコンクリートの除去)	◎	断面修復 (限界値を超えた塩化物イオンを含むコンクリートの除去)	◎	断面修復 (限界値を超えた塩化物イオンを含むコンクリートの除去)
耐力や変形性能の改善	—	—	—	—	—	—	◎	補強 (FRP・鋼板接着や巻立てなど)
	—	—	—	—	—	—	△	打換え (劣化した部材をコンクリートで打換え)
工法選定の理由 (要求性能)	腐食ひび割れは発生していない。鉄筋近傍では、塩化物イオン量が増加しているため、劣化因子の遮断を優先的に検討する。		鉄筋腐食が継続的に発生し、腐食ひび割れに至る段階。劣化因子の遮断だけでは十分な補修工法が期待できないため、鉄筋腐食の進行速度を抑制する工法が優先される。		腐食ひび割れが発生以降、急速な腐食が進行する段階。ひび割れや浮きを生じたコンクリートの除去、鉄筋腐食の進行を抑制する工法が優先される。必要に応じて、表面被覆を併用する。		鉄筋の腐食に伴う断面減少により部材の耐力の低下が懸念される段階。劣化した部分の断面修復とともに、部材の耐力性が懸念される箇所については、補強工も検討する。	

(注) 記号は以下の意味を持つ

◎ : 主工法として適用すべき工法

○ : 主工法に次いで適用性の高い工法

△ : 構造物の劣化状況等に応じて適用を検討する工法

3) アルカリシリカ反応

アルカリシリカ反応対策は、顕在化した変状に対して行われるもの（補修）とアルカリシリカ反応の進行を抑制するもの（劣化抑制）に大別される。

前者は、外観上のグレードが進展期～劣化期に該当し、変状程度や補修目的によって、表面処理工やひび割れ注入工、断面修復工法が適用される。また、構造性能に影響を及ぼすと判断される場合は、他の補修工法との併用を考慮するほか、使用材料や施工方法などに十分に留意する必要がある。

後者は、外観上のグレードが潜伏期に該当し、将来的に変状が生じる可能性がある状態あるいはごく軽微な変状であるが今後進行する可能性がある状態であり、主にコンクリート表面から水分などの劣化因子の侵入を抑制する工法（表面処理）が適用対象となる。アルカリシリカ反応に対する補修工法の選定例を表一解 3.1.5 に示す。アルカリシリカ反応による変状が顕在化した後は、中性化や凍害、塩害等の他の要因が複合的に作用し、構造性能にも影響を与えることがあるため、それらに対する配慮も必要となる。

表一解 3.1.5 アルカリシリカ反応に対する補修工法の選定例<sup>4)</sup>

補修工法の目的	潜伏期		進展期		加速期		劣化期	
	適用性	工法	適用性	工法	適用性	工法	適用性	工法
劣化因子の遮断	◎	表面被覆 (表面からの水分の侵入防止)	◎	表面被覆 (表面からの水分の侵入防止)	◎	表面被覆 (表面からの水分の侵入防止, および剥落防止)	○	表面被覆 (表面からの水分の侵入防止, および剥落防止)
		—	◎	ひび割れ補修 (ひび割れからの腐食性物質侵入防止)	◎	ひび割れ補修 (ひび割れからの腐食性物質侵入防止)	○	ひび割れ補修 (ひび割れからの腐食性物質侵入防止)
劣化速度の抑制	○	拘束 (FRP・鋼板巻立て, PC巻立てなど)	○	拘束 (FRP・鋼板巻立て, PC巻立てなど)	○	拘束 (FRP・鋼板巻立て, PC巻立てなど)		—
劣化因子の除去	○	含浸材塗布 (リチウム系化合物の塗布含浸)	△	含浸材塗布 (リチウム系化合物の塗布含浸)	△	含浸材塗布 (リチウム系化合物の塗布含浸)		—
	◎	含浸材塗布 (コンクリート中の水分の蒸発が可能な含浸処理)	◎	含浸材塗布 (コンクリート中の水分の蒸発が可能な含浸処理)	◎	含浸材塗布 (コンクリート中の水分の蒸発が可能な含浸処理)	○	断面修復 (劣化部分の除去と鉄筋の防食を目的とした断面修復)
耐荷力や変形性能の改善		—		—		—	◎	補強 (FRP・鋼板接着や巻立てなど)
		—		—		—	○	打換え (劣化した部材をコンクリートで打換え)
工法選定の理由 (要求性能)	ひび割れは発生しておらず、残存膨張量は最大となる。この段階では表面被覆あるいは撥水系の表面含浸処理をまず検討する。被覆材選定には、遮水性、水蒸気透過性、ひび割れ追従性などが重視される。		ひび割れが発生し、膨張速度が大きくなる。潜伏期で記述した工法にひび割れ補修を組合せたものが一般的であるが、膨張量が大きい場合は拘束工法を適用してよい。補強材への要求性能としては、コンクリートとの一体性が挙げられる。		既に膨張速度は収束しつつある。耐荷力や変形性能の低下が懸念されるような場合には、拘束効果も期待した補強工法が推奨される。そのような懸念がない場合は、表面被覆や表面含浸処理を適用する。		膨張は終了しているので、膨張に対する対策は必要ない。コンクリートの物理的な劣化状況により、ひび割れ注入、断面修復、補強などを使い分ける。	

(注) 記号は以下の意味を持つ

◎：主工法として適用すべき工法

○：主工法に次いで適用性の高い工法

△：構造物の劣化状況等に応じて適用を検討する工法

4) 中性化

中性化対策は、顕在化した変状に対して行われるもの（補修）とコンクリート内部の鋼材腐食を防止する目的で中性化の進行を抑制するもの（劣化抑制）に大別される。

前者は、外観上のグレードが加速期～劣化期に該当し、既に鋼材腐食・膨張が生じている状態であるため、まずは鋼材周辺のコンクリートを除去し、防錆処置を施してから断面修復を行う必要がある。また、補修対象範囲が広いあるいは鋼材の断面減少が顕著で構造的な性能に影響を及ぼすと判断される場合には、対象構造物および部材の環境条件、塩化物イオン濃度等によっては、他の補修工法との併用を考慮するほか、使用材料や施工方法などに十分に留意する必要がある。

後者は、劣化状態が潜伏期から進展期に該当し、将来的に変状が生じる可能性がある状態であり、主にコンクリート表面から二酸化炭素や水分などの劣化因子の侵入を抑制する工法（表面処理）や電気化学的防食工法が適用対象となる。中性化に対する補修工法の選定例を表一解 3.1.6 に示す。

表一解 3.1.6 中性化に対する補修工法の選定例<sup>4)</sup>

補修工法の目的	潜伏期		進展期		加速期		劣化期	
	適用性	工法	適用性	工法	適用性	工法	適用性	工法
劣化因子の遮断	◎	表面被覆 (表面からのCO <sub>2</sub> などの侵入防止)	◎	表面被覆 (表面からのCO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> O, O <sub>2</sub> などの腐食性物質の侵入防止)	△	表面被覆 (表面からのCO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> O, O <sub>2</sub> などの腐食性物質の侵入防止)	△	表面被覆 (表面からの腐食性物質の侵入防止, および剥落防止)
	—	—	◎	ひび割れ補修 (ひび割れからのCO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> O, O <sub>2</sub> などの腐食性物質の侵入防止)	△	ひび割れ補修 (ひび割れからのCO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> O, O <sub>2</sub> などの腐食性物質の侵入防止)	△	ひび割れ補修 (ひび割れからのCO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> O, O <sub>2</sub> などの腐食性物質の侵入防止)
劣化速度の抑制	◎	含浸材塗布 (予防保全:鉄筋の不動態被膜の保護)	◎	含浸材塗布 (限界値を超えたアルカリ濃度の低下に対し, 鉄筋の不動態被膜の再生)	△	含浸材塗布 (限界値を超えたアルカリ濃度の低下に対し, 鉄筋の不動態被膜の再生)	△	含浸材塗布 (限界値を超えたアルカリ濃度の低下に対し, 鉄筋の不動態被膜の再生)
劣化因子の除去	○	再アルカリ化 (限界値を超えたアルカリ濃度低下部のアルカリ性回復)	○	再アルカリ化 (限界値を超えたアルカリ濃度低下部のアルカリ性回復)	◎	断面修復 (限界値を超えたアルカリ濃度低下部のアルカリ性回復)	◎	断面修復 (限界値を超えたアルカリ濃度低下部のアルカリ性回復)
	—	—	○	断面修復 (限界値を超えたアルカリ濃度低下部のアルカリ性回復)	○	再アルカリ化 (限界値を超えたアルカリ濃度低下部のアルカリ性回復)	○	再アルカリ化 (限界値を超えたアルカリ濃度低下部のアルカリ性回復)
耐力や変形性能の改善	—	—	—	—	—	—	◎	補強 (FRP・鋼板接着や巻立てなど)
	—	—	—	—	—	—	△	打換え (劣化した部材をコンクリートで打換え)
工法選定の理由 (要求性能)	ひび割れは発生していない。鉄筋近傍では、腐食発生値までアルカリ性が低下しているので、これ以上の劣化因子の遮断、劣化速度の抑制を優先的に検討する。		鉄筋腐食が始まり、最終的には腐食ひび割れに至る段階。鉄筋腐食を促す劣化因子の遮断、劣化速度の抑制を図るとともに、鉄筋腐食の進行が進みひび割れを生じたぜい弱部については、その除去も検討する。		腐食ひび割れが発生したあと、急速に腐食が進行する段階。ひび割れ、浮きを生じたコンクリートの除去とともに、かぶりコンクリート片の剥落により第三者への影響が懸念される箇所については、剥落防止を検討する。		鉄筋の腐食に伴う断面減少により部材の耐力の低下が懸念される段階。劣化した部分の断面修復、剥落防止とともに、部材の耐荷性が懸念される箇所については、補強工も検討する。	

(注) 記号は以下の意味を持つ

◎：主工法として適用すべき工法

○：主工法に次いで適用性の高い工法

△：構造物の劣化状況等に応じて適用を検討する工法

5) 化学的侵食

化学的侵食対策は、顕在化した変状に対して行われるもの（補修）と化学的侵食の進行を抑制するもの（劣化抑制）に大別される。

前者は、外観上のグレードが進展期～劣化期に該当し、主に断面修復工法が適用されるが、再劣化を防止する目的で表面処理工法を併用することも考えられる。また、補修対象範囲が広いあるいは補修深さが深く構造的に影響を及ぼすと判断される場合や、周辺の部材への影響が懸念される場合には、他の補修工法との併用を考慮するほか、使用材料や施工方法などにも十分に留意する必要がある。

後者は、外観上のグレードが潜伏期に該当し、将来的に変状が生じる可能性がある状態あるいはごく軽微な変状であるが今後進行する可能性がある状態であり、主にコンクリート表面から水分などの劣化因子の侵入を抑制する工法（表面処理）が適用対象となる。化学的侵食に対する補修工法の選定例を表一解 3.1.7 に示す。

表一解 3.1.7 化学的侵食に対する補修工法の選定例<sup>4)</sup>

補修工法の目的	潜伏期		進展期		加速期		劣化期	
	適用性	工法	適用性	工法	適用性	工法	適用性	工法
劣化因子の遮断	◎	表面被覆 (表面からの水分の侵入防止)	◎	表面被覆 (表面からの水分の侵入防止)	◎	表面被覆 (表面からの水分の侵入防止)	◎	表面被覆 (表面からの水分の侵入防止)
劣化速度の抑制	—	—	△	ひび割れ補修 (ひび割れからの水分の侵入防止)	△	ひび割れ補修 (ひび割れからの水分の侵入防止)	△	ひび割れ補修 (ひび割れからの水分の侵入防止)
劣化因子の除去	—	—	○	断面修復 (劣化部の除去と断面の修復)	◎	断面修復 (劣化部の除去と鉄筋の防食を目的とした断面修復)	◎	断面修復 (劣化部の除去と鉄筋の防食を目的とした断面修復)
耐荷力や変形性能の改善	—	—	—	—	—	—	◎	補強 (FRP・鋼板接着や巻立てなど)
	—	—	—	—	—	—	△	打換え (劣化した部材をコンクリートで打換え)
工法選定の理由 (要求性能)	腐食深さ数mm程度の表面的な段階の劣化現象の段階。この段階では、内部まで劣化が進行していないので、劣化進行抑制を目的として、劣化外力に応じた表面被覆が検討対象となる。		腐食深さ1～3mm程度の劣化段階。ぜい弱化した層を除去して断面修復を行い、補修後の劣化進行を抑制するために、劣化外力に応じた表面被覆を行うことが考えられる。断面修復厚さが薄いので、モルタル系材料の使用が基本となる。		粗骨材剥落までの劣化段階であり、鉄筋腐食の進行もある。劣化部の除去、鉄筋の錆落しの後、断面修復を行う。劣化に応じた表面被覆によって再劣化を防止することが考えられる。劣化の厚さや補修規模に応じて、モルタル系材料またはコンクリートを選定する。		劣化が進行しており、鉄筋が露出している部分もある。劣化部の除去だけでなく、鉄筋の腐食進行を抑えることを目的とした断面修復や、必要に応じて補強を検討する必要がある。補修規模に応じて打換えも検討対象となる。また、劣化に応じた表面被覆も必要となる。	

(注) 記号は以下の意味を持つ

- ◎：主工法として適用すべき工法
- ：主工法に次いで適用性の高い工法
- △：構造物の劣化状況等に応じて適用を検討する工法

(3) について

構造や力学作用に関連する変状と補修工法の選定例を表一解 3.1.8 に示す。また、力学的な性能の回復を目的とした「補修工法（大規模）」に適用される補修工法の選定例を表一解 3.1.9 に示す。

表一解 3.1.8 構造や力学作用による変状と補修工法

変状原因	変 状	補修工法の選定	
		補修工法	補修目的, 効果など
力学作用	ひび割れ 変形・たわみ	・各種補強工法	構造性能の向上を目的とする補強工法の適用が考えられる。
疲 勞	ひび割れ 変形・たわみ 陥没	・表面処理工法 ・橋面防水工法 ・各種補強工法	変状のグレードおよび要求性能により選定される工法が異なる。 補修目的は、美観の改善、水の影響除去、疲労耐久性の向上、断面剛性の回復などが考えられる。
不同沈下	ひび割れ 変形・たわみ	・各種補強工法 ・ひび割れ注入工 (各種補修工法)	変状の程度や変動の有無および要求性能により選定される工法が異なる。 補修目的は、美観の改善、耐久性の向上、沈下の安定対策などが考えられる。
支承の機能不全	ひび割れ	・支承機能の改善 ・取替など ・表面処理工法 (ひび割れ注入他)	支承機能の回復させることが前提となり、変状に対しては、耐久性の向上を目的とした補修工法の適用が考えられる。
地震, 波力	ひび割れ 変形 剥離 落橋・倒壊	・各種表面処理工法 ・各種補強工法	耐久性、防水性の向上を図る場合は、ひび割れ補修などの表面処理工法の適用が考えられる。 構造物・部材の構造性能に影響がある場合は、部分的な打換え工法や補強工法の適用も考えられる。
衝 突	ひび割れ 変形 剥離		

表一解 3.1.9 力学性能の回復を目的とした補修工法の選定例<sup>3)</sup>

回復の目的	対策の概要	主な工法の例 <sup>※1</sup>	適用部材			
			はり	柱	スラブ	壁 <sup>※2</sup>
コンクリート部材	接着	接着工法	◎	○	◎	○
	巻立て	巻立て工法		◎		○
	プレストレスの導入	外ケーブル工法	◎	○	○	
	断面の増厚	増厚工法	○		◎	
	部材の交換	打換え工法	○	○	◎	◎
構 造 体	はり(桁)の増設	増設工法	◎		◎	
	壁の増設	増設工法				◎
	支持点の増設	増設工法	◎			

※1：接着工 ； 鋼板接着工法，FRP接着工法（連続繊維シート接着工法，連続繊維板接着工法）  
 巻立て工法 ； 鋼板巻立て工法，FRP巻立て工法（連続繊維シート巻立て工法，連続繊維板巻立て工法）  
 RC巻立て工法，モルタル吹き付け工法，プレキャストパネル巻立て工法  
 プレストレス導入 ； 外ケーブル工法，内ケーブル工法  
 増厚工法 ； 上面増厚工法，下面増厚工法，下面吹き付け工法  
 増設工法 ； はり(桁)増設工法，耐震壁増設工法，支持点増設工法

※2：壁式橋脚含む  
 ◎：実績が比較的多いもの ○：適用が可能と考えられるもの



(4) について

その他としては、火災による変状などが考えられる。

火災に対する補修工法の選定例を表一解 3.1.10 に示す。

表一解 3.1.10 火災に対する補修工法の選定例<sup>4)</sup>

補修工法の目的	潜伏期		進展期		加速期		劣化期	
	適用性	工法	適用性	工法	適用性	工法	適用性	工法
美観回復	◎	表面被覆 セメント系塗布材, モルタル系材料, 塗 装材, ライニング材 による劣化表面改修	○	表面被覆 セメント系塗布材, モルタル系材料, 塗 装材, ライニング材 による劣化表面改修		—		—
劣化因子の遮断	○	表面被覆 コンクリート中への劣 化外力の侵入を遮 断. 美観回復を兼ね ることもある。	◎	表面被覆 コンクリート中への劣 化外力の侵入を遮 断. 美観回復を兼ね ることもある。		—		—
劣化因子の除去 (劣化した部分 の除去)	△	断面修復 コンクリートの劣化域 を, はつりや研磨に より除去. 表面被覆 前の前処理と兼ねて 行う場合がある。	◎	断面修復 コンクリートの劣化域 を, はつりにより除 去。	◎	断面修復 コンクリートの劣化域 を, はつりにより除 去。		—
耐荷力や 変形性能 の改善		—	○	補強 鋼板接着, 炭素シー ト接着, 部材増設	◎	補強 鋼板接着, 炭素シー ト接着, 部材増設, 部材更新	◎	補強 部材増設, 部材更 新
工法選定の理由 (要求性能)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・表面が火災を受けた程度である。</li> <li>・表面変色などの美観の回復を目的に表面被覆を行う。</li> <li>・中性化進行や鉄筋腐食の抑制のために表面被覆により劣化因子の遮断を行うこともある。</li> <li>・表面被覆の前処理と兼ねる場合もある。</li> <li>・除去厚さが薄いので, 断面修復にはモルタル類を用いる。</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>・火災による劣化が鉄筋位置まで達していない程度。</li> <li>・表面の変色やひび割れが生じており, コンクリートのぜい弱化も表層に生じている場合もある。</li> <li>・コンクリートの劣化程度により, 表面被覆, 断面修復を選定する。場合により補強も行う。</li> <li>・劣化部材の継続使用を前提とした耐久性の確保を目的に対策を行う。</li> <li>・除去厚さが薄いので, 断面修復にはモルタル類を用いる。</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>・火災による劣化が鉄筋位置を超えて内部まで達した状態。</li> <li>・表層コンクリートは高温に曝されぜい弱化している。</li> <li>・鉄筋には, 高温履歴による軟化は生じていない。</li> <li>・コンクリートに爆裂が生じている。</li> <li>・劣化部材の継続使用を前提とした耐久性確保, あるいは構造的な補強対策を行う。</li> <li>・除去厚さが比較的大きいので, 断面修復にはコンクリートも用いられる。</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>・かなり内部まで火災による劣化が進行している状態。</li> <li>・鉄筋外周のコンクリートはぜい弱化し, 内部コンクリートにもぜい弱化が見られる。</li> <li>・コンクリートに爆裂が生じている。</li> <li>・鉄筋には, 高温履歴による軟化が生じている。</li> <li>・劣化部材に対する補強を行っても効果がない場合には, 部材増設や新たな部材更新による構造的な補強対策を行う。</li> </ul>	

(注) 記号は以下の意味を持つ

◎：主工法として適用すべき工法

○：主工法に次いで適用性の高い工法

△：構造物の劣化状況等に応じて適用を検討する工法

## 3.2 各種補修工法の概要

### 3.2.1 ひび割れ補修工法

ひび割れ補修工法は、主に防水性、耐久性を向上させる目的で行われるもので、一般には以下のような方法に区分される。

ひび割れ補修工法は、構造物や部材毎に劣化機構や要求性能（補修目的）、対象部の諸条件を考慮し、適用工法を選定しなければならない。

- (1) 表面被覆工法
- (2) ひび割れ注入工法
- (3) 充填工法
- (4) 表面含浸工法

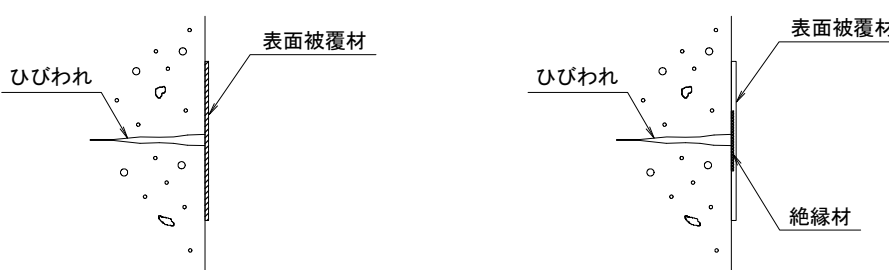
#### 【解 説】

ひび割れ補修工法の適用については、ひび割れ発生の主たる原因および評価、対象部位の状況（ひび割れ幅やひび割れ変動の有無、漏水やエフロッセンス等滲出物の有無）等を把握した上で、管理者の要求性能（補修目的）にしたがって、適切な補修工法を選定する必要がある。

ひび割れ発生原因や補修目的によっては、ひび割れ補修工法単独の適用とならない場合があるほか、ひび割れに対する直接的な対策ではなく、周辺部材の補修（防水処理等）により、要求性能が満たされる場合がある。

表一解 3.2.1～表一解 3.2.4 に、ひび割れ補修工法の概要および留意点を示す。

表一解 3.2.1 ひび割れ補修工法の概要および留意点 (その1)

<b>工法名</b>
表面被覆工法
<b>工法概要図</b>
 <p style="text-align: center;">(ひび割れに変動がある場合)</p>
<b>工法概要</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>ひび割れ追従性に優れた表面被覆材や目地材などを塗布する工法で、ひび割れ部分のみを被覆する方法とコンクリート全面を被覆する方法があり、主に微細なひび割れ（一般にひび割れ幅 0.2mm 以下）に適用される場合が多い。</li> </ul>
<b>期待される効果</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>本工法に期待される効果としては、ひび割れ表面部からの水分や飛来塩分等劣化因子の侵入防止程度である。</li> </ul>
<b>補修設計上の留意点</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>ひび割れに漏水が伴う場合の適用には注意が必要である。</li> <li>ひび割れに変動が大きいと予想される場合は、可とう性のある材料の採用や工法概要図-右図のような工夫が必要となる。（ひび割れの変動が大きい場合は、注入工法の適用を検討することが望ましい）</li> <li>ひび割れ部分のみを被覆する場合、補修跡が残り外観を損ねることや経年により被覆材料の変色などが予想されることから、外観に対する配慮の要否を事前に確認する必要がある。</li> </ul>
<b>施工上の留意点</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>表面被覆材を塗布するコンクリート表面のレタンスや油脂・汚れ等を除去する下地処理が重要である。</li> <li>施工時の外気温等の施工条件を考慮し、施工方法（温度養生等）や使用材料を選定することが必要である。</li> </ul>
<b>使用材料</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>使用材料は、有機系材料と無機系材料に大別され、一般に以下のようなものがある。 <ul style="list-style-type: none"> <li>有機系材料：エポキシ樹脂，ポリウレタン樹脂，アクリル樹脂，ふっ素樹脂など</li> <li>無機系材料：ポリマーセメント系</li> </ul> </li> <li>本指針 [構造物編] の「3.2.2 表面保護工法」を参照のこと。</li> </ul>

表一解 3.2.2 ひび割れ補修工法の概要および留意点 (その2)

<b>工法名</b>
ひび割れ注入工法
<b>工法概要図</b>
<p>The figure consists of two cross-sectional diagrams of a concrete crack repair. Both diagrams show a crack on the left side of a concrete surface, with a sealant (シール材) applied to the surface. An automatic low-pressure injection tool (自動低圧注入治具) is inserted into the crack. The left diagram shows the tool in place, with the crack labeled 'ひびわれ' (crack). The right diagram shows the injection of repair material (注入材充填) into the crack, with the crack also labeled 'ひびわれ'. The tool is labeled '自動低圧注入治具' in both diagrams.</p>
<b>工法概要</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>ひび割れにエポキシ樹脂や無機系（セメント系，ポリマーセメント系）材料を専用治具にて低圧に注入充填する工法が一般的であり，施工可能なひび割れ幅は，一般に 0.2mm 以上（コンクリート表面）とされている。</li> </ul>
<b>期待される効果</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>本工法に期待される効果としては，ひび割れ内部への注入材充填により，防水性・耐久性の向上が図れる。対象部材厚さが厚い場合などは，ひび割れ内部全体に注入材が充填されなくとも，他工法に比べ信頼性は高い。</li> </ul>
<b>補修設計上の留意点</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>注入材料や注入方法については，要求性能（補修目的）および対象部位の諸条件により選定する必要がある。</li> <li>ひび割れ補修跡が残り外観を損ねることが予想されることから，外観に対する配慮の可否を事前に確認する必要がある。</li> </ul>
<b>施工上の留意点</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>コンクリート表面のレイトンスや油脂・汚れ等を除去する下地処理が重要である。</li> <li>施工時の外気温等の施工条件を考慮し，施工方法（温度養生等）や使用材料を選定することが必要である。</li> <li>施工の際には，空気溜りを防止するための工夫が必要である。</li> <li>各メーカーの施工要領（製品，工法）等を確認すること。</li> </ul>
<b>使用材料</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>使用材料は，有機系材料と無機系材料に大別され，一般に以下のようなものがあり，ひび割れ変動の有無や施工条件等によって適切な材料を選定する。              有機系材料：エポキシ樹脂，アクリル樹脂など              無機系材料：セメント系，ポリマーセメント系など</li> </ul>

表一解 3.2.3 ひび割れ補修工法の概要および留意点 (その3)

<b>工法名</b>
充填工法
<b>工法概要図</b>
<b>工法概要</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>ひび割れに沿ってコンクリートをカット（U形，V形）し，その部分に補修材料（目地材，樹脂系材料など）を充填する工法であり，一般にはひび割れ幅が比較的大きくかつ内部鋼材に腐食がない場合や他工法での対応が不可能な場合に適用される．構造部材へ適用する場合は，母材の断面減少を伴うため，要求性能（補修目的）を明確にする必要がある．</li> </ul>
<b>期待される効果</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>本工法に期待される効果としては，ひび割れ表面部からの水分や飛来塩分等劣化因子の侵入防止程度である．</li> </ul>
<b>補修設計上の留意点</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>本工法は，ひび割れ表面部を削り取り，削られた断面に補修材料を充填する工法であり，期待される効果は表面処理工法と同程度となるほか，漏水を伴うひび割れの場合，特に寒冷地では凍結融解作用により充填材が剥がれやすく，再補修を短期間に繰り返すことになるため，適用には注意が必要である．</li> <li>母材への影響および補修効果を考慮すれば，ひび割れ幅が大きい場合についてもひび割れ注入工法の適用を考慮することが望まれる．その場合の留意事項として，セメント系材料を適用とする場合は，母材コンクリートに水分が吸収され，ドライアウトによる閉塞が懸念されることから，注入前にひび割れ内部を湿潤状態にするなどの対処が必要となるほか，セメント材料自体の収縮により，ひび割れ表面部に微細な隙間が生じることがある．ひび割れ内部は充填されているため，期待される効果はおおむね問題はないが，材料収縮がほとんどない樹脂系材料の採用が望まれる．</li> <li>ひび割れ補修跡が残り外観を損ねることが予想されることから，外観に対する配慮の可否を事前に確認する必要がある．</li> </ul>
<b>施工上の留意点</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>施工時の外気温等の施工条件やひび割れ変動の有無を考慮し，施工方法（温度養生等）や使用材料を選定することが必要である．</li> </ul>
<b>使用材料</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>使用材料は，有機系材料と無機系材料に大別され，一般に以下のようなものがあり，ひび割れ変動の有無や施工条件等によって適切な材料を選定する．              有機系材料：エポキシ樹脂，ウレタン樹脂，シリコーン樹脂など              無機系材料：ポリマーセメント系など</li> </ul>

表一解 3.2.4 ひび割れ補修工法の概要および留意点 (その4)

<b>工法名</b>
表面含浸工法
<b>工法概念図</b>
<p>シリラン系材料の形成機構 (例)</p>
<p>ケイ酸塩系材料の形成機構 (例)</p>
<b>工法概要</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>・ コンクリート表面に表面含浸材を塗布・含浸させ、防水性の向上を期待する工法である。</li> <li>・ シラン系材料とけい酸塩系材料などがあり、主に微細なひび割れ（一般にひび割れ幅 0.2mm 未満）に適用される場合が多い。</li> </ul>
<b>期待される効果</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 本工法に期待される効果としては、コンクリート表面（ひび割れ部）からの劣化因子の浸入抑制程度であり、ひび割れ自体を完全に塞ぐような効果は期待できない。</li> </ul>
<b>補修設計上の留意点</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>・ ひび割れ補修工法として適用する場合は、構造的に問題とならない比較的軽度なひび割れに対し適用される工法である。</li> <li>・ 現場条件によっては、防水効果が期待できない場合があるため、各材料の適用性を確認すること。</li> </ul>
<b>施工上の留意点</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>・ コンクリート表面のレイタンスや油脂・汚れ等を除去する下地処理が重要である。</li> <li>・ 施工時の外気温等の施工条件を事前に確認する必要がある。</li> <li>・ 各メーカーの施工要領（製品、工法）等を確認すること。</li> </ul>
<b>使用材料</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 使用材料は、シラン系材料とけい酸塩系材料に大別される。</li> <li>・ 本指針 [構造物編] の「3.2.2 表面保護工法」を参照のこと。</li> </ul>

### 3.2.2 表面保護工法

表面保護工法は、主に防水性の向上、耐久性の回復や向上を目的で行われるもので、一般には表面処理工法と断面修復工法に区分され、さらに表面処理工法は表面被覆工法と表面含浸工法に分類される。

表面保護工法は、構造物や部材毎に劣化機構や要求性能（補修目的）、対象部の諸条件を考慮し、適用工法を選定しなければならない。

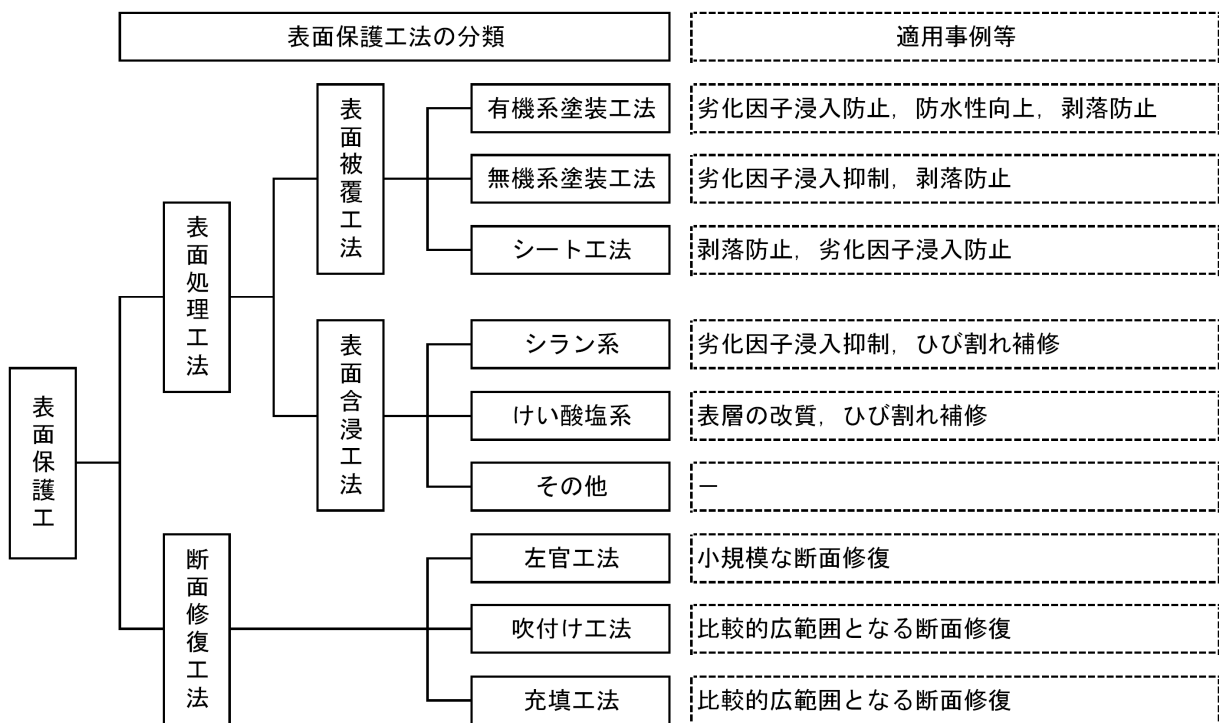
- (1) 表面処理工法
  - 1) 表面被覆工法
  - 2) 表面含浸工法
- (2) 断面修復工法

#### 【解説】

表面保護工法の適用については、変状発生の主たる原因および評価、対象部位の状況を把握した上で、管理者の要求性能（補修目的）に従って、適切な補修工法を選定する必要がある。

要求性能（補修目的）によっては、表面保護工法単独の適用とならない場合があるほか、外観変状が認められない状態で対策を施す予防的な対策として適用される場合がある。

表面保護工法の分類と工法適用例を図一解 3.2.1 に示す。



図一解 3.2.1 表面保護工法の分類と適用例

(1) 表面処理工法について

表面処理工法は、コンクリート構造物の表面または断面修復後のコンクリート表面に保護措置を施すものであり、「表面被覆工法」と「表面含浸工法」に区分される。

- 1) 表面被覆工法は、コンクリート表面に被覆材を塗布することにより、劣化因子の侵入を遮断して劣化進行を抑制し、耐久性の向上を期待する工法であり、ひび割れ補修工の一つとして用いられる場合もある。なお、被覆材は、有機系材料と無機系材料に分類され、多くの仕様が提案されている。
- 2) 表面含浸工法は、コンクリート表面に含浸材を塗布することにより、劣化因子の侵入を遮断して劣化進行を抑制し、耐久性の向上を期待する工法であり、浸透性防水材とも称され、ひび割れ補修工の一つとして用いられる場合もある。表面含浸材は、シラン系材料とけい酸塩系材料に分類される。

表面処理工法の特徴を表一解 3.2.5 に、表面保護工法に求められる性能を表一解 3.2.6 に、各工法に期待される性能と適用効果を表一解 3.2.7～表一解 3.2.9 に示す。

表一解 3.2.5 表面処理工法の特徴

表面処理工		概念図	特 徴
表面被覆工法			劣化因子の侵入やコンクリートの剥落を抑制または防止する効果を有する被覆をコンクリート構造物の表面に形成させる工法。有機または無機の被覆材が用いられる。
	有機系		表面被覆工において被覆を形成させるために用いられる材料の内、有機系樹脂を主成分とするもの。有機系被覆材による被覆には、ひび割れ追従性、耐候性、美観付与などの性能または機能が要求されることが多い。
	無機系		表面被覆工において被覆を形成させるために用いられる材料の内、無機系材料を主成分とするもの。被覆の主材としてはポリマーセメント系材料とその他の無機系材料がある。
表面含浸工法			表面含浸工法において、コンクリート表面から内部に含浸させる材料、コンクリートに対する含浸性に加え、コンクリート表層部を改質して、その部分に撥水性やアルカリ性を付与したり、その他の特殊な機能を付与したりする性能が要求される。一般にはシラン系あるいはけい酸塩系の表面含浸材が用いられている。
	シラン系		浸透性吸水防止材と称される材料であり、コンクリート表層部に吸水防止層を形成して、水分や因子の侵入を抑制する。
	けい酸塩系		コンクリートへのアルカリ付与や表層部、脆弱部等の強化・緻密化を主目的としたけい酸リチウム系の材料、防水性の向上や劣化因子の侵入抑制を主目的としたけい酸ナトリウム系材料がある。



表一解 3.2.6 表面処理工法に求められる性能

性能		劣化機構	中性化	塩害	凍害	化学的侵食	アルカリシリカ反応
材料劣化抵抗性	二酸化炭素遮断性 (中性化抑制)		◎				
	塩化物イオン遮断性		○	◎	○		○
	酸素遮断性		○	○			
	凍結融解抵抗性				◎		
	耐酸性, 耐硫酸性					◎	
	耐アルカリ性					◎	
適用性	防水性 (遮水性)			○	◎	○	◎
	水蒸気透過性 (透湿性)						◎
	ひび割れ追従性 (柔軟性)		△	△	△	△	△
	剥落抵抗性		△	△	△	△	△

注) ◎: 主として必要な要求性能 ○: 副次的に必要な要求性能 △: 場合により必要な要求性能

表一解 3.2.7 有機系被覆工法に期待される性能と適用効果

	塗装工法			シート工法 <sup>2</sup>						
	中塗り材の種類			塗布接着形シート工法 (クロスシート, メッシュシート, 等)						貼付け接着形シート工法
	標準形	柔軟形	柔軟厚膜形	ガラス繊維シート		ビニロン繊維シート/エポキシ, アクリル, クロプロレンゴム		アラミド繊維シート/エポキシ		
樹脂およびシートの種類 <sup>1</sup>	エポキシ	エポキシ, ポリウレタン, 脂肪酸	エポキシ, ポリウレタン, アクリルゴム, クロプロレンゴム, ポリアブタジエン, ポリウレタン	ガラス繊維シート 1層/2層/エポキシ	ビニロン繊維シート/エポキシ, アクリル, クロプロレンゴム	アラミド繊維シート/エポキシ	カーボン繊維シート/エポキシ, アクリル	ガラスマット 1層/2層/エポキシ/ビニルエステル/ポリエステル	ラミネートシート/エポキシ	
膜厚(μm)	100未満	100未満	100以上	500/1000	500	700	積層数により変化	1000-2000	1000	
中性化抑制	○	○	○	*	*	*	*	*	*	
塩化物イオンの侵入抑制	○	○	○	*	*	*	*	*	*	
凍結融解抵抗性	△	△	○	*	*	*	*	*	*	
化学的侵食抑制	△	△	○	○	—	*	○	○	*	
アルカリシリカ反応抑制	△	△	△	*	*	*	*	*	*	
ひび割れ追従性	△	○	○	*	*	*	*	*	*	
美観・景観	○	○	○	*	*	*	*	*	*	
剥落抵抗性	—	—	—	○	○	○	○	*	○	

注) ○は適用対象, △は適用する場合に検討が必要(他の工法との併用など), —は適用対象外を示す。

1: 樹脂系に記載のものは全てではなく, 市販の代表的な有機系被覆材を載せた。

2: 剥落防止を主目的とする。それ以外の用途として下水道構造物の劣化防止に使用されることもある。\*印は, 同様の樹脂系のものを用い, かつ膜厚が同じ場合は, 塗装工法と同様の適用効果を期待できることを示す。膜厚は目安を示した。

表一解 3.2.8 無機系被覆工法に期待される性能と適用効果

期待される性能	単層による塗装工法		複層による塗装工法		メッシュ工法 <sup>4</sup>
	柔軟形	標準形	柔軟形	標準形	
中性化抑制	○	○	○	○	*
塩化物イオンの侵入抑制	○	○	○	○	*
凍結融解抵抗性	○	○	○	○	*
化学的侵食抑制	△	—	△	△	*
アルカリシリカ反応抑制 <sup>2</sup>	△	—	△	△	*
ひび割れ追従性	○	△	○	△	*
美観・景観に関する性能	△	△	○	○	*
剥落抵抗性 <sup>3</sup>	—	—	—	—	○

- 1) 表中の○は適用対象，△は適用する場合に検討が必要（他の工法との併用など），—は適用対象外を示す。
- 2) アルカリシリカ反応抑制は，標準的な遮水性により判定した。
- 3) 剥落抵抗性は付着性を基本に判定した。
- 4) メッシュ工法の「\*」については，単層および複層によるトス工法と併用して使用するために，その適用範囲は，使用する無機系被覆の各工法の適用範囲に準ずることを示す。

表一解 3.2.9 表面含浸工法に期待される性能と適用効果

期待される性能	シラン系	けい酸塩系	
		けい酸リチウム系	けい酸ナトリウム系
中性化抑制	△	△	○
塩化物イオンの侵入抑制	○	—	○
凍結融解抵抗性	○	—	○
化学的侵食抑制	—	—	—
アルカリシリカ反応抑制 <sup>2</sup>	○	○	△
美観・景観に関する性能	○	○	○
剥落抵抗性 <sup>3</sup>	—	△	△

- 1) 表中の○は適用対象，△は適用する場合に検討が必要（他の工法との併用など），—は適用対象外を示す。
- 2) アルカリシリカ反応抑制は，標準的な遮水性により判定した。
- 3) 美観・景観に関する性能は外観維持を基本に判定した。
- 4) 剥落抵抗性は付着性を基本に判定した。

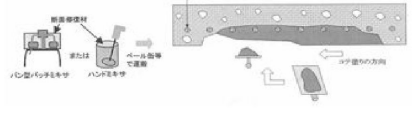
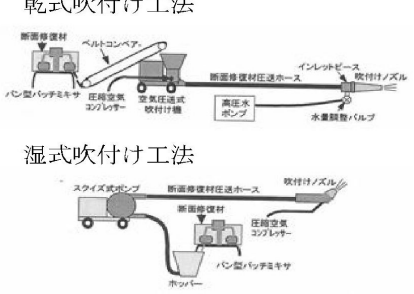
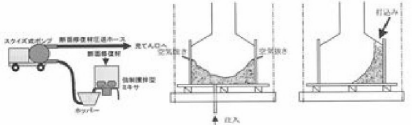
(2) 断面修復工について

断面修復工は、コンクリート構造物の耐久性向上、劣化の抑制または補修を目的として、コンクリート構造物の表面または表面近傍断面に適用する表面保護工のうち、既設コンクリート構造物の変状が顕在化した部分、塩化物イオンなどの劣化要因が許容限度を超えて残存している部分などを除去した後に、断面修復材を用いてその当初の性能および形状寸法に戻す工法である。

断面修復工には、左官工法、吹き付け工法（乾式、湿式）および充てん工法があり、これらの施工法に応じてセメントモルタル、ポリマーセメントモルタルおよびポリマーモルタルの断面修復材が用いられる。なお、断面修復工の適用にあたっては、コンクリート構造物が所要の性能を満足するよう、断面修復工を適用する部位や部材、修復規模等を考慮して最適な施工法と材料の選定が重要である。

断面修復工の施工方法とその概要を表一解 3.2.10 に、断面修復材料の特徴を表一解 3.2.11 に示す。

表一解 3.2.10 断面修復工の概要

特徴	模式図	工法概要
左官工法		型枠を設置せず、金ゴテや木ゴテ等を用いて人力によって、断面修復材を塗りつける施工方法であり、断面修復部が小さい場合や、点在している場合に適用する。
吹き付け工法 (湿式、乾式)		<p>型枠を設置せず、圧縮空気や遠心力などを用いて断面修復材を吹き付ける施工方法であり、断面修復部が比較的大きい床版や梁下面等の上向き施工および梁や柱側面等の横向き施工に適用する。</p> <p>乾式：断面修復材を圧縮空気により圧送して、吹き付けノズル部に所定の水量、および急結剤や硬化促進剤を添加して吹き付ける施工法。</p> <p>湿式：所定の水量、流動性に練り混ぜられた断面修復材をポンプに圧送し、圧縮空気や遠心力を用いて吹き付ける工法。吹き付けノズル部に急結剤や硬化促進剤を混入する場合もある。</p>
充填工法		<p>型枠を設置して流動性を有する断面修復材を打ち込む施工方法であり、断面修復部が比較的大きい場合に適用する。</p> <p>モルタル注入工法（左図中央）、打ち継ぎコンクリート工法（左図右）等の工法がある。</p>

表一解 3.2.11 断面修復材料の特徴

セメントモルタル	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 構造体コンクリートと同程度の強度。弾性係数、熱膨張係数を得られる。</li> <li>・ 練混ぜ、施工性が容易で大断面の施工にも適している。</li> <li>・ 電気抵抗性が低い。</li> </ul>
ポリマーセメントモルタル	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 構造体コンクリートとの付着力が大きく乾燥収縮量が小さい。</li> <li>・ 練混ぜ、施工性が容易で大断面の施工にも適している。</li> <li>・ 乾燥収縮量が小さい。</li> <li>・ 曲げ及び引張強度が大きい。</li> <li>・ 劣化因子の侵入に対する抵抗性に優れる。</li> </ul>
ポリマーモルタル	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 曲げ及び引張強度が高く、付着力が大きい。</li> <li>・ 水密性に優れ、耐凍結融解性がある。</li> <li>・ 耐摩耗性、耐衝撃性、耐薬品性に優れる。</li> <li>・ 電気絶縁性がある（電気防食には不適）。</li> </ul>

断面修復工に期待される性能と適用効果を表-解 3.2.12 に示す。

表-解 3.2.12 断面修復工法に期待される性能と適用効果

期待される性能	断面修復材の種類		
	セメント モルタル	ポリマーセメント モルタル	ポリマー モルタル
力学的性能	○	○	○
ひび割れ抵抗性	△	○	△
中性化抑制	○	○	○
塩化物イオンの侵入抑制	△	△	○
凍結融解抵抗性	○	○	○
化学的侵食抑制	△	△	○
アルカリシリカ反応抑制 <sup>1)</sup>	△	△	○
美観・景観に関する性能	△	△	○
剥落抵抗性 <sup>2)</sup>	○	○	○

注) 表中の○は適用効果あり，△は適用効果を期待する場合検討が必要（他の工法との併用などを示す）。

- 1) アルカリシリカ反応抑制は，標準的な遮水性により判定。
- 2) 付着性状による判定。

表面保護工法は，補修後の部材の材料劣化抵抗性を一定期間保証できるものでなければならない。そのためには，所定の材料劣化抵抗性や構造適用性を満足していることを評価しなければならない。なお，表面保護工の評価基準等については，本指針 [材料・施工編] に整理されているので参考にするとよい。

表-解 3.2.13～表-解 3.2.15 に，表面保護工法の概要および留意点を示す。

表一解 3.2.13 表面保護工法の概要および留意点 (その1)

<b>工法名</b>
表面被覆工法
<b>工法概要図</b>
<b>工法概要</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>・コンクリート構造物の表面を有機系（樹脂系）や無機系（ポリマーセメント系等）材料で被覆することにより、水分、炭酸ガス、酸素および塩化物イオンなどの劣化因子の侵入を抑制・遮断して、劣化進行を抑制し、耐久性の向上を期待する工法である。</li> <li>・表面被覆の仕様については、損傷原因や環境条件、要求性能などにより様々な品質規格や仕様が提案されている。</li> <li>・有機系材料は、一般に水蒸気透過性に劣るが、近年では水蒸気透過性能を持つ仕様も提案されている。</li> </ul>
<b>期待される効果</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>・本工法に期待される効果としては、コンクリート表面部からの劣化因子の侵入抑制・防止により、劣化進行を抑制することによる、耐久性の維持・向上である。</li> </ul>
<b>補修設計上の留意点</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>・適用対象部にひび割れが存在し、ひび割れに漏水が伴う場合の適用には注意が必要である。</li> <li>・ひび割れに変動が大きいと予想される場合は、可とう性のある材料の採用や工法概要図・右図のような工夫が必要となる。（ひび割れの変動が大きい場合は、注入工法の適用を検討することが望ましい）</li> <li>・ひび割れ部分のみを被覆する場合、補修跡が残り外観を損ねることや経年により被覆材料の変色などが予想されることから、外観に対する配慮の要否を事前に確認する必要がある。</li> </ul>
<b>施工上の留意点</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>・表面被覆材を塗布するコンクリート表面のレイトンスや油脂・汚れ等を除去する下地処理が重要である。</li> <li>・施工時の外気温等の施工条件を考慮し、施工方法（温度養生等）や使用材料を選定することが必要である。</li> </ul>
<b>使用材料</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>・使用材料は、有機系材料と無機系材料に大別され、一般に以下のようなものがある。              有機系材料：エポキシ樹脂、ポリウレタン樹脂、アクリル樹脂、ふっ素樹脂など              無機系材料：ポリマーセメント系</li> </ul>

表一解 3.2.14 表面保護工法の概要および留意点 (その2)

<b>工法名</b>
表面含浸工法
<b>工法概念図</b>
<b>工法概要</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>・コンクリート構造物の表面に表面含浸材を塗布・含浸させ、水分、炭酸ガス、酸素および塩分などの劣化因子の侵入を遮断して、劣化進行を抑制する工法である。</li> <li>・使用材料を大別するとシラン系とけい酸塩系に分類され、前者は浸透性吸水防止材とも称され、コンクリート表層部に吸水防止層を形成し劣化因子の侵入を防止する。後者は浸透性固化材や浸透性アルカリ付与材とも称され、コンクリート表面部を固化またはアルカリを付与することで鉄筋の腐食環境を改善するものである。</li> <li>・一般に水蒸気透過性を有している。</li> <li>・近年では、内部鋼材の腐食を抑制する効果を期待する材料（シラン系、有機アミン系の含浸性防錆材）も提案されている。</li> </ul>
<b>期待される効果</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>・本工法に期待される効果としては、コンクリート表面からの劣化因子の侵入抑制・防止により、劣化進行を抑制することによる、耐久性の維持・向上である。</li> </ul>
<b>補修設計上の留意点</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>・補修目的を明確に設定し、期待される効果を十分に理解して、適用材料を選定する必要がある。</li> <li>・ひび割れ補修工法として適用する場合は、構造的に問題とならない比較的軽度なひび割れに対し適用される工法である。</li> <li>・現場条件によっては、防水効果が期待できない場合があるため、各材料の適用性を確認すること。</li> </ul>
<b>施工上の留意点</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>・コンクリート表面のレイタンスや油脂・汚れ等を除去する下地処理が重要である。</li> <li>・施工時の外気温等の施工条件を事前に確認する必要がある。（一般に5℃以上）</li> <li>・各メーカーの施工要領（製品、工法）等を確認すること。</li> </ul>
<b>使用材料</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>・使用材料は、シラン系材料、けい酸塩系材料、有機アミン系など、多くの材料が提案されている。</li> </ul>

表一解 3.2.15 表面保護工法の概要および留意点 (その3)

<b>工法名</b>
断面修復工法
<b>工法概念図</b>
<b>工法概要</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>断面修復工は、コンクリート構造物の耐久性向上、劣化の抑制または補修を目的として、コンクリート構造物の表面または表面近傍断面に適用する表面保護工のうち、既設コンクリート構造物の変状が顕在化した部分、塩化物イオンなどの劣化要因が許容限度を超えて残存している部分などを除去した後に、断面修復材を用いてその当初の性能および形状寸法に戻す工法である。</li> <li>断面修復工には、左官工法、吹き付け工法（乾式、湿式）および充てん工法があり、これらの施工法に応じてセメントモルタル、ポリマーセメントモルタルおよびポリマーモルタルの断面修復材が用いられる。</li> <li>コンクリート除去方法としては、電動ピックやブレードを用いた人力はつりやウォータージェット工法による方法があり、構造物の対象部位や対象範囲のほか、施工条件や環境条件などを考慮し、適切な方法を選定する必要がある。</li> </ul>
<b>期待される効果</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>本工法に期待される効果としては、部材断面の復旧による第三者の影響度や美観・景観の改善、劣化因子の除去、修復後の劣化因子の侵入抑制・防止による、耐久性の維持・向上である。</li> </ul>
<b>補修設計上の留意点</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>補修目的を明確に設定し、断面修復工を適用する部位や部材、修復規模等を考慮して最適な施工方法と材料を選定することが重要である。</li> </ul>
<b>施工上の留意点</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>コンクリート除去面の処理（浮き、ぜい弱部の確実な除去）が重要である。</li> <li>断面修復縁端部はフェザーエッジ（ゼロすり付け）とならないよう、カッター目を入れること。</li> <li>施工時の外気温等の施工条件を事前に確認する必要がある。</li> <li>各メーカーの施工要領（製品、工法）等を確認すること。</li> </ul>
<b>使用材料</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>使用材料は、セメントモルタル、ポリマーセメントモルタル、ポリマーモルタルなど</li> </ul>

### 3.2.3 電気化学的防食工法

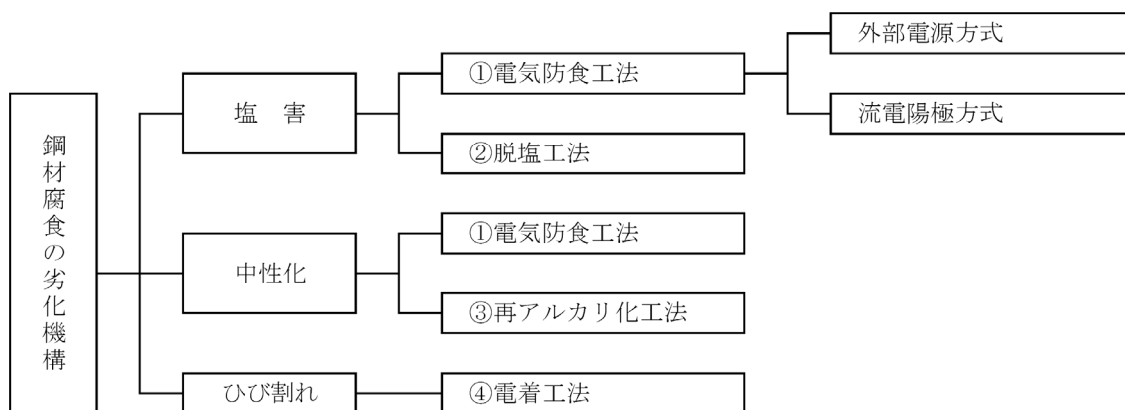
電気化学的防食工法は、コンクリート構造物表面あるいは外部に設置した陽極からコンクリート内部鋼材へ直接電流を流し、電気化学的反応を利用して、鋼材防食による劣化を抑制する工法であり、概ね以下の4工法に区分される。

電気化学的防食工法の選定は、対象構造物の劣化機構や環境条件を考慮し、管理者の要求性能にしたがって、適切な方法を選定しなければならない。

- (1) 電気防食工法
- (2) 脱塩工法
- (3) 再アルカリ化工法
- (4) 電着工法

#### 【解説】

電気化学的防食工法の分類と劣化機構の関係を図一解 3.2.2 に、各工法の概要を表一解 3.2.16 に示す。



図一解 3.2.2 電気化学的防食工法の分類と劣化機構の関係

#### (1) について

電気防食工法とは、外部電源等により鉄筋に電流を通じて、鉄筋の腐食電流を消滅させ、塩害による鉄筋の腐食反応を停止させる工法である。本工法は、外部に電源を設け強制的に電流を流し続ける外部電源方式と、コンクリート内部鋼材よりイオン化傾向の大きい亜鉛などの金属を陽極材として鋼材と導通させ防食電流を確保する流電陽極方式に区分される。なお、供用期間中の通電が必要となる。

#### (2) について

脱塩工法とは、コンクリート表面に電流を通じてコンクリート中の塩化物イオンを電気泳動によってコンクリート表面から排出させる工法である。工法適用後も塩化物イオンが供給される環境にあり、残存供用期間が長い場合は、表面処理工法を併用し、塩化物イオンの侵入を防止する必要がある。なお、脱塩工法は比較的大きな電流密度(約  $1A/m^2$ )を1~2ヶ月間通電する。



表一解3.2.16 電気化学的防食工法の概要<sup>3)</sup>

	電気防食工法	脱塩工法	再アルカリ化工法	電着工法
工法概要	電気防食工法は、継続的な通電を行うことによって、コンクリート中の鋼材の腐食反応を電気化学的に抑制し、鋼材腐食による劣化の進行を抑制する工法である。	脱塩工法は、仮設陽極を設置して通電を行うことによって、コンクリート中に存在する塩化物イオンを電気化学的に除去もしくは低減し、塩害による鋼材腐食の劣化進行を抑制する工法である。	再アルカリ化工法は、中性化したコンクリートに仮設陽極を設置し通電を行うことによって、電気化学的にアルカリ性を再付与し、中性化による鋼材腐食の劣化進行を抑制する工法である。	電着工法は、仮設陽極を設置し通電を行うことによって、コンクリートに発生したひび割れやコンクリート表面に無機系物質の電着物を電気化学的に析出させ、ひび割れの閉塞やコンクリートの緻密化を図る工法である。
システムの概要	<p>(外部電源方式の場合の例)</p>			
防食対策の目的	腐食反応の抑制	鋼材の腐食環境の改善	鋼材の腐食環境の改善	腐食因子の供給低減
期待される主な効果	腐食電池の抑制	塩化物イオン濃度の低減	アルカリ性の回復	ひび割れの閉塞と緻密化
通電期間	防食期間中継続	約8週間	約1～2週間	約6ヶ月
電流密度	1～0.03 A/m <sup>2</sup>	1 A/m <sup>2</sup>	1 A/m <sup>2</sup>	0.5～1 A/m <sup>2</sup>
通電電圧	0.001～5V	5～50V	5～50V	10～30V
電解液	—	Ca(OH) <sub>2</sub> 水溶液等	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> 水溶液等	海水
効果の確認方法	電位または電位変化量の測定	コンクリートの塩化物イオン量の測定	コンクリートの中性化深さの測定	コンクリートの透水係数の測定
効果確認の頻度	初年度 1～2回/年以降、1回/(1～5回年)	通電後終了後	通電後終了後	通電後終了後

(3) について

仮設した外部電極とコンクリート中の内部鋼材との間に直流電流(約  $1\text{A}/\text{m}^2$ )を約一週間通電し、仮設材中に保持したアルカリ性溶液をコンクリート中に強制浸透させることによって、中性化したコンクリートをアルカリ状態に回復させ、コンクリートに防食効果を与える工法である。

(4) について

海中のコンクリート構造物のひび割れ等の補修・耐久性向上を目的とする。海中コンクリート構造物の内部鉄筋を陰極、海水中に対抗した陽極との間に直流の微弱電流を数か月間通電することにより、海水中に溶存しているカルシウムイオンやマグネシウムイオン等を構造物中のひび割れ部や表層部に炭酸カルシウムや水酸化マグネシウムの形で析出させる(電着コーティング)工法である。

なお、電気化学的防食工法については、参考文献6) に詳しく整理されているので参考にするとよい。

### 3.2.4 打換え工法

打換え工法は、劣化・変状したコンクリートを打換えることで、構造物の耐荷性や耐久性の回復あるいは向上を図る工法であり、一般には以下のように区分される。

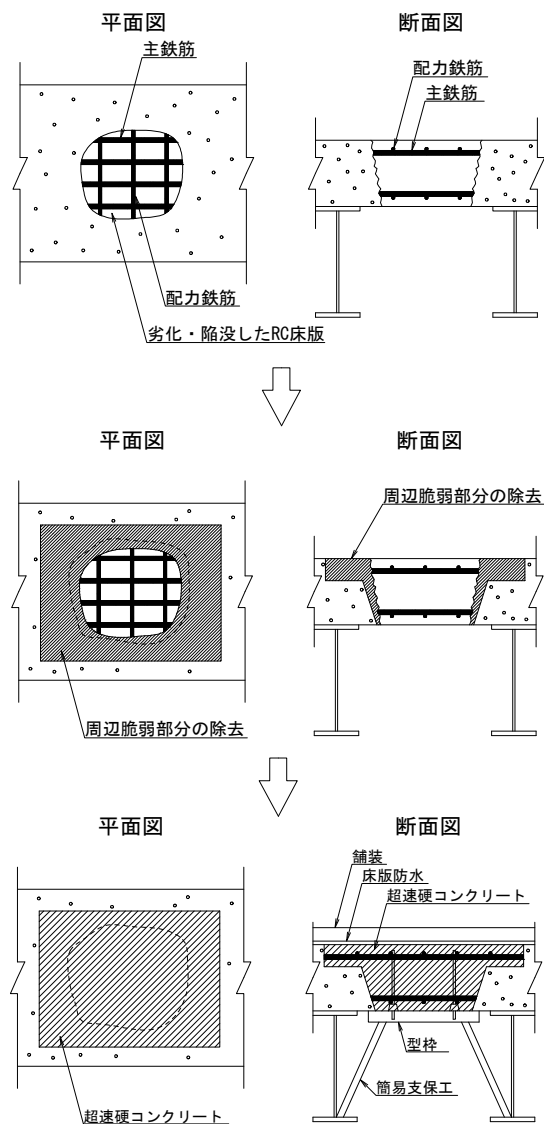
打換え工法は、構造物や部材毎に劣化機構や要求性能（補修目的）、対象部の諸条件を考慮し、適用工法を選定しなければならない。

- (1) 部分打換え工法
- (2) 全面打換え工法

#### 【解説】

##### (1) について

劣化・変状したコンクリートを部分的に撤去してコンクリートを打換える工法であり、一般に、コンクリート内部の鉄筋はそのまま再利用する。鉄筋コンクリート床版に適用した例を図一解 3.2.3 に示す。



図一解 3.2.3 部分打換え工法を床版に適用した例<sup>5)</sup>

(2) について

部材全体を撤去し、コンクリートを打換える工法であり、コンクリート内部の鉄筋はそのまま再利用する場合と新たに配筋する場合がある。鋼桁の鉄筋コンクリート床版では、場所打ちコンクリートで復旧するほかに、プレキャスト部材やハーフプレキャスト部材にて復旧する方法もある。なお、鋼橋床版の打換え工法については、参考文献 5) に詳しく整理されているので参考にするとうい。

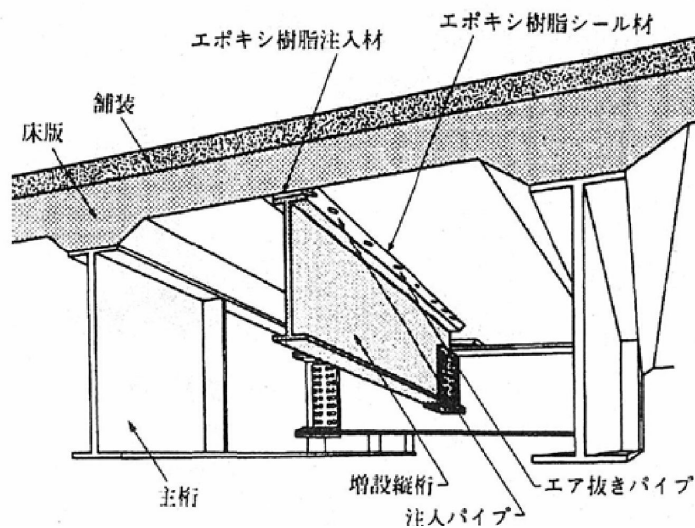
### 3.2.5 増設工法

増設工法は、新たに部材を追加することで、構造物の耐荷性や耐久性を向上させる工法である。

#### 【解説】

橋梁であれば鋼桁の鉄筋コンクリート床版に適用される場合が多く、その場合は、既設主桁の間に縦桁を増設することで床版支間を縮小し、曲げモーメントを減少させて床版の曲げ耐力を向上させる。

しかしながら、貫通ひび割れが形成されている床版に対しては、押抜きせん断耐力の向上は期待できないため、適用には注意が必要である。鉄筋コンクリート床版に適用した例を図一解 3.2.4 に示す。なお、鋼橋の床版に適用する増設工法（増し梁工法）については、参考文献 5) に詳しく整理されているので参考にするとうい。



図一解 3.2.4 増設工法を床版に適用した例<sup>5)</sup>

### 3.2.6 増厚工法

増厚工法は、部材を増厚することで、構造物の耐荷性や耐久性を向上させる工法であり、一般には以下のように区分される。

増厚工法は、劣化機構や要求性能（補修目的）、対象部の諸条件を考慮し、適用工法を選定しなければならない。

- (1) 上面増厚工法
- (2) 下面増厚工法

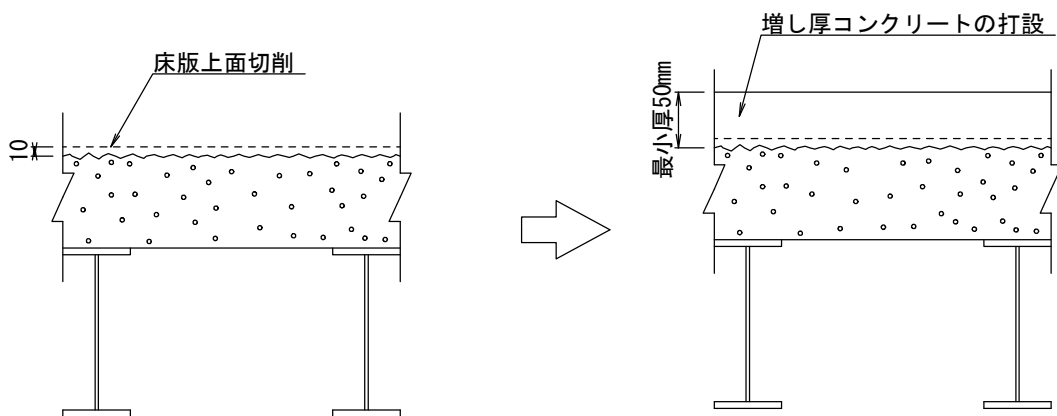
#### 【解 説】

##### (1) について

橋梁であれば鉄筋コンクリート床版に適用される場合が多く、床版厚を上面側に増加されることにより、床版の耐荷力を向上させる工法である。増厚によって床版の剛性が向上して曲げ耐力およびせん断耐力が向上するが、一方で死荷重が増加することに留意する必要がある。

なお、既設床版と一体化を図ることが重要であり、材料としては早期強度が高く、乾燥収縮の少ないものを使用し、コンクリートが硬化するまでは床版に振動や衝撃、変形を与えないような注意が必要となる。交通規制が比較的長期間必要となり、現況幅員によっては全面通行止めが必要となる場合もある。

鉄筋コンクリート床版に適用した例を図一解 3.2.5 に示す。



図一解 3.2.5 上面増厚工法を床版に適用した例<sup>5)</sup>

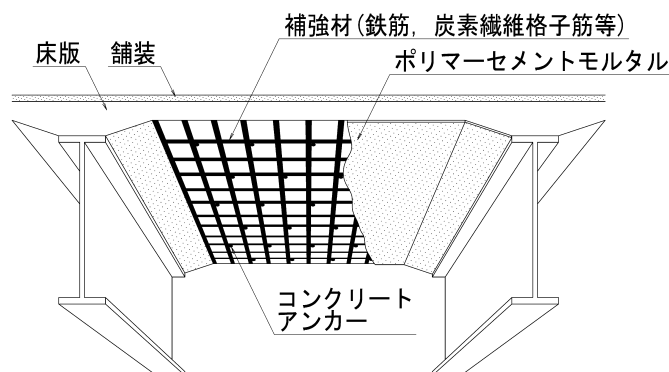
##### (2) について

鉄筋コンクリート床版に適用される場合が多く、床版厚を下面側に増加されることにより、床版の耐荷力を向上させる工法である。既設床版の下面をケレンした後に補強鉄筋を配置して、一般には PAE 系ポリマーセメントモルタルの吹き付けとコテ仕上げによって増厚する。

増厚によって床版の剛性が向上して曲げ耐力およびせん断耐力が向上するが、一方で死荷重が増加することに留意する必要がある。なお、既設床版と一体化を図ることが重要であり、材料としては早期強度が高く、乾燥収縮の少ないものを使用し、コンクリートが硬化するまでは床版に振動や衝撃、変形を与えないような注意が必要となる。

なお、鋼橋床版の増厚工法については、参考文献 5) に詳しく整理されているので参考にするとよい。

鉄筋コンクリート床版に適用した例を図一解 3.2.6 に示す。



図一解 3.2.6 下面増厚工法を床版に適用した例<sup>5)</sup>

### 3.2.7 巻立て工法

巻立て工法は、部材に補強材を巻立てることで、耐荷性を向上させる工法であり、一般には以下のよう  
に区分される。

巻立て工法は、構造物や部材毎に劣化機構や要求性能（補修目的）、対象部の諸条件を考慮し、適用  
工法を選定しなければならない。

- (1) 鉄筋コンクリート巻立て工法
- (2) 鋼板巻立て工法
- (3) 補強繊維巻立て工法

#### 【解 説】

##### (1) について

鉄筋コンクリート橋脚に適用される場合が多く、柱部材を鉄筋コンクリートによって増厚し、曲げ耐力  
およびせん断耐力を向上させる工法である。既設橋脚のコンクリート表面をチップングやブラスト処理し  
た後に補強鉄筋を配置し、型枠を設置してコンクリートを打設・充填する。なお、巻立てに厚は、コンク  
リートの打設可能な断面を確保するため、一般には 250mm 以上としている。

##### (2) について

鉄筋コンクリート橋脚に適用される場合が多く、柱部材の表面を鋼板で接着・一体化させ、曲げ耐力お  
よびせん断耐力の向上を図る工法である。一般には 6mm～12mm 厚程度の鋼板が用いられている。

##### (3) について

鉄筋コンクリート橋脚に適用される場合が多く、柱部材の表面をシート状の繊維を接着・一体化させ、  
曲げ耐力およびせん断耐力を向上させる工法である。補強繊維の種類には、炭素繊維、アラミド繊維、ガ  
ラス繊維等があり、橋脚等の柱部材の耐震補強には炭素繊維のほか、伸び率の大きいアラミド繊維が使用  
されている。

### 3.2.8 接着工法

接着工法は、構造物の部材に補強材を接着することで、耐荷性を向上させる工法であり、一般には以下のように区別される。

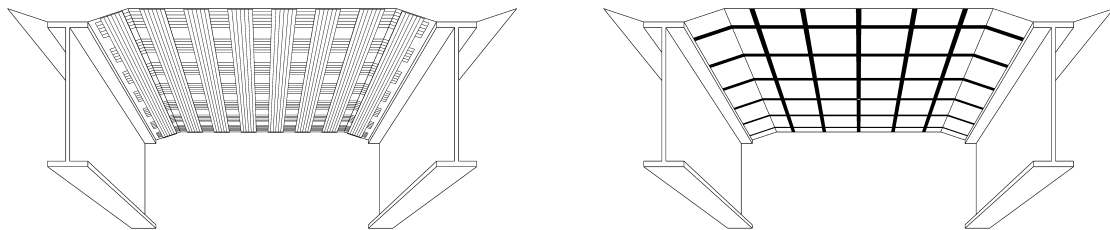
接着工法は、構造物や部材毎に劣化機構や要求性能（補修目的）、対象部の諸条件を考慮し、適用工法を選定しなければならない。

- (1) 補強繊維接着工法
- (2) 鋼板接着工法

#### 【解説】

##### (1) について

部材表面にシート状の繊維やあらかじめ成型された繊維プレートを接着・一体化させ、曲げ耐力を向上させる工法である。補強繊維としては、炭素繊維、アラミド繊維、ガラス繊維等がある。近年では、成型された繊維プレートを接着する工法が提案されている。鉄筋コンクリート床版に適用した例を図一解 3.2.7 に示す。なお、床版との一体化が重要なため、既存床版劣化状況が著しい場合は適用を避けるか適当な処理を行う必要がある。



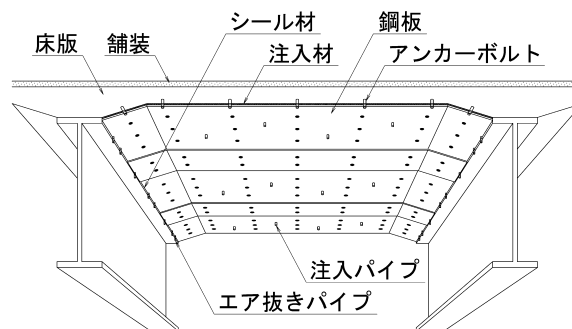
(a) 補強繊維シート接着工法

(b) FRP(補強繊維プレート)接着工法

図一解 3.2.7 補強繊維接着工法を床版に適用した例<sup>5)</sup>

##### (2) について

部材表面に鋼板を接着・一体化させ、曲げ耐力およびせん断耐力の向上を図る工法である。鋼板は施工性の問題から一般に 4.5mm 以上の鋼板が用いられている。鉄筋コンクリート床版に適用した例を図一解 3.2.8 に示す。



図一解 3.2.8 鋼板接着工法を床版に適用した例<sup>5)</sup>

### 3.2.9 プレストレス導入工法

プレストレス導入工法は、構造物の部材にプレストレスを与えることで、耐荷性を向上させる工法であり、一般には以下のように区分される。プレストレス導入工法は、構造物や部材毎に劣化機構や要求性能（補修目的）、対象部の諸条件を考慮し、適用工法を選定しなければならない。

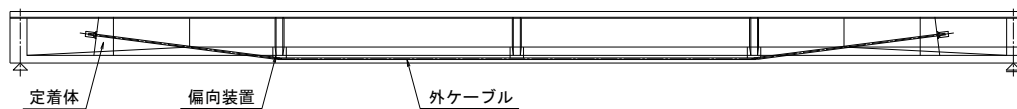
- (1) 外ケーブル工法
- (2) 成型板緊張・接着工法

#### 【解説】

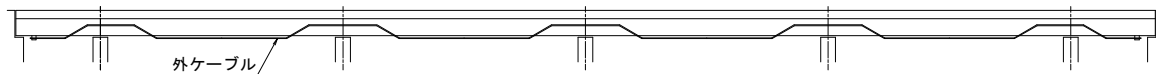
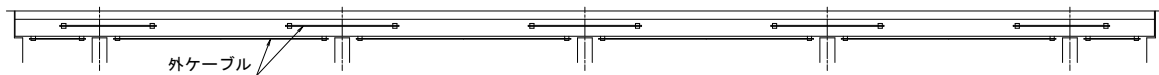
##### (1) について

既設部材の外側に緊張材を配置して緊張し、耐荷性を向上させる工法である。外ケーブル工法の概念図を図一解 3.2.9 に示す。なお、以下に示す場合には、本工法の効果が期待できないため注意が必要である。

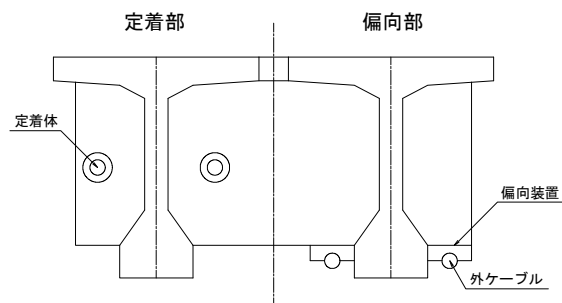
- 1) 既設部材の剛性向上を目的とした補修の場合
- 2) 部材厚さが薄く偏心量が確保できない場合
- 3) 材料劣化が生じており、既設コンクリートの強度不足が懸念される場合



単純構造の場合（側面図）



連続構造の場合（側面図）



（断面図）

図一解 3.2.9 外ケーブル工法の概念図

##### (2) について

部材の外側に成型された補強繊維プレート（FRP）を緊張して接着し、耐荷性を向上させる工法である。



### 3.2.10 水仕舞い対策

水仕舞い対策とは、主構造や支承などの変状原因の一つである漏水や水掛かりによる影響を排除することを目的として行う対策であり、漏水や水掛かりの原因や経路を把握したうえで、要求性能や対象部の諸条件を考慮し、適用工法を選定しなければならない。

#### 【解説】

漏水や水掛かりは、伸縮装置からの漏水、排水装置の流末処理不良による水掛かり、水切りの機能不全による水掛かり、貫通ひび割れ部の漏水等が挙げられる。

水仕舞い対策は、漏水や水掛かりによる影響を排除する目的で行う対策であるが、既に変状が生じている場合などには、水仕舞い対策を行った後に必要に応じて各種補修工法を適用するのがよい。橋梁によくみられる水仕舞い部の変状例と補修工法の選定例を表一解 3.2.17 に示す。

表一解 3.2.17 水仕舞い部の変状例と補修工法の選定例

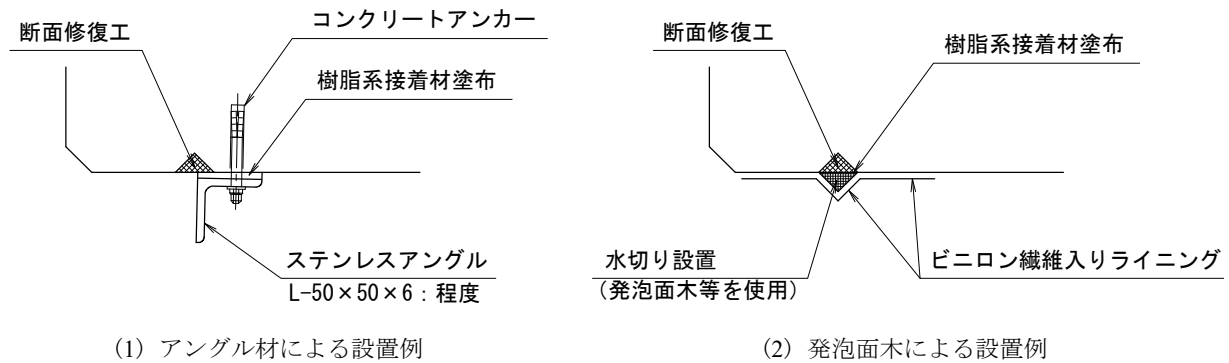
部位・部材	変 状	補修工法の選定例	
		補修工法	留意事項など
支 承 下部工	変色, 腐食, 剥離等	<ul style="list-style-type: none"> <li>・伸縮装置取替工法</li> <li>・非排水化工法</li> <li>・導水工法</li> <li>・各種補修工法</li> </ul>	諸条件を考慮して、適切な漏水対策を行った後に、耐久性の向上を目的とした補修工法を適用することが重要である。
床 版 主 桁	変色, 剥離等	<ul style="list-style-type: none"> <li>・水切りの設置</li> <li>・各種補修工法</li> </ul>	水切り部に剥落等の変状がある場合は、適切な補修工法を行った後に、水切りを設置する。剥落による第三者影響が懸念される場合があるため注意を要する。張出床版部については、地覆コンクリート打継ぎ部からの漏水事例もあるため、漏水経路を明確にすることが重要である。
床 版 主 桁	変色, 遊離石 灰, 剥離等	<ul style="list-style-type: none"> <li>・橋面防水工</li> <li>・各種補修工法</li> </ul>	橋面防水を行った後に、必要に応じて各主補修工法を適用することが重要であり、状況によっては補修工法適用までに経過観察期間を設けることがよい。また、橋面防水を行う場合は、床版排水パイプを設ける等、舗装内排水を考慮する必要があるほか、防水層の切れ目ができないよう縁石背面にも防水層を設置することが重要である。
主 桁 床 版 下部工	変色, 腐食, 剥離等	<ul style="list-style-type: none"> <li>・排水装置の改善 (取替など)</li> <li>・各種補修工法</li> </ul>	流末処理の改善を行った後に、必要に応じて各主補修工法を適用することが重要である。

伸縮装置取替工法や非排水化工法については、メーカー各社で多くの工法が提案されているが、対象構造物の諸条件によって適切な工法を選定する必要がある。

導水工法については、既設伸縮装置の排水樋を清掃する方法や伸縮装置に受け樋を設置する方法が考えられる。また、沓座部の滞水防止対策として、排水溝や排水勾配を設けることも考えられる。

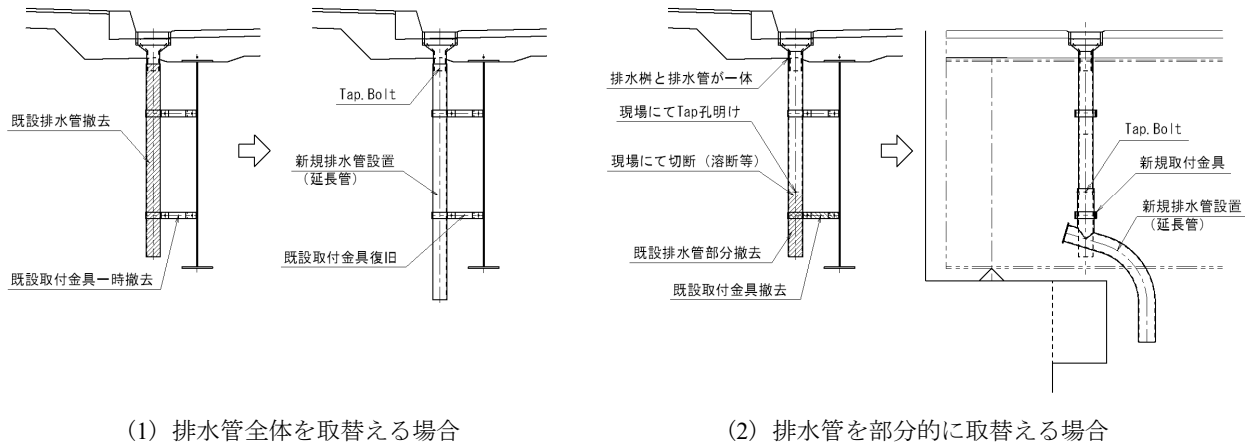
水切りの設置については、ステンレスアングルをコンクリートアンカーと接着材によって設置する方法や発泡面木を繊維入りライニング（表面被覆工法：シート工法）と接着材で設置する方法等の実績があるが、前者の場合にはアングル継ぎ手部（定尺 3～4m 程度）が弱点となるほか、ステンレス鋼と樹脂の接着部に剥がれなどが発生しやすいため、近年ではあまり適用されていない。また、新たに水切り溝を設ける方法も考えられるが、溝切り部のかぶり確保に留意する必要がある。

水切りの設置例を図一解 3.2.10 に示す。



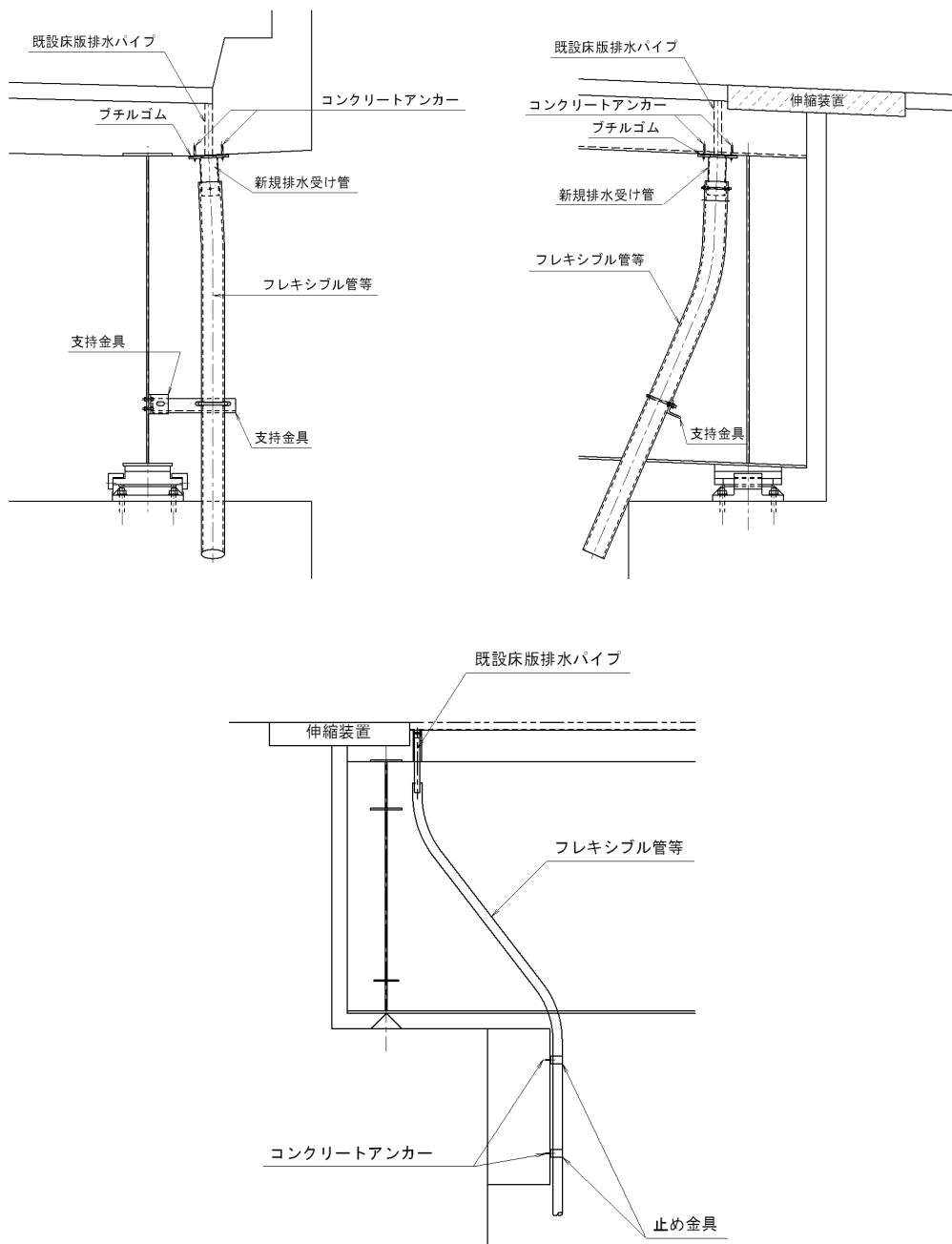
図一解 3.2.10 水切りの設置例

排水装置の改善については、排水管全体を取り替える方法や排水管を部分的に取り替え延長する方法が考えられる。排水管取替・延長工法の例を図一解 3.2.11 に示す。



図一解 3.2.11 排水管取替・延長工法例

舗装内排水のため設置される床版排水パイプの延長が短く、排水が沓座上面などに掛かっている場合は、新たに排水管を設置したり、延長管を設置したりする方法が考えられる。床版排水パイプの延長工法例を図一解 3.2.12 に示す。



図一解 3.2.12 床版排水パイプの延長工法の例

【参考文献】

- 1) 土木学会：2013年制定 コンクリート標準示方書【維持管理編】，2013.10.
- 2) 社団法人 日本コンクリート工学協会：コンクリートのひび割れ調査，補修・補強指針，2009.3.
- 3) 北海道土木技術会コンクリート研究委員会 コンクリート維持管理小委員会：北海道におけるコンクリート構造物維持管理の手引き(案)，2006.3.
- 4) 社団法人 日本コンクリート工学協会：コンクリート診断技術，2013.2.
- 5) 北海道土木技術会 鋼道路橋研究委員会：北海道における鋼道路橋の設計および施工指針，2012.1.
- 6) 土木学会：電気化学的防食工法 設計施工指針(案)，コンクリートライブラリー107，2001.11