

§ 3. コンクリート構造物の 劣化予測と評価・判定

3. 1 劣化機構の推定と劣化予測

3. 2 調査結果の評価・判定

3. 3 劣化機構別の維持管理

(1) 中性化

(2) 塩害

(3) 凍害

(4) アルカリ骨材反応

(5) 床版の疲労

3. 4 PC構造物の耐荷性能の評価

3.1 劣化機構の推定と劣化予測

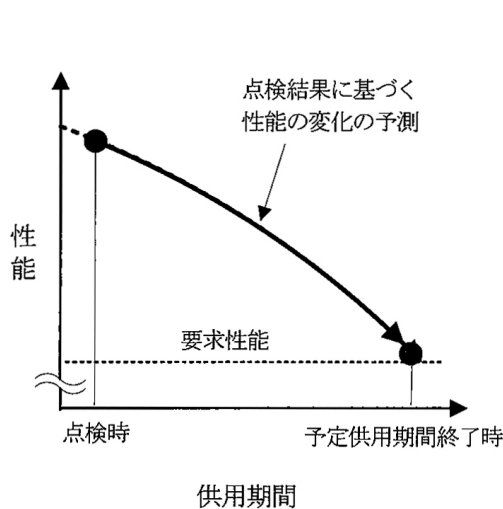
劣化機構と要因、指標、現象

劣化機構	劣化要因	劣化現象	調査項目
中性化	二酸化炭素	二酸化炭素とセメント水和物との炭酸化反応により細孔溶液中のPHが低下し、鋼材の腐食が促進、コンクリートのひび割れやはく離、鋼材の断面減少を引き起こす劣化現象	中性化深さ 鋼材腐食量 腐食ひび割れ
塩害	塩化物イオン	コンクリート中の鋼材の腐食が塩化物イオンにより促進され、コンクリートのひび割れやはく離、鋼材の断面減少を引き起こす劣化現象	塩化物イオン濃度 鋼材腐食量 腐食ひび割れ
凍害	凍結融解作用	コンクリート中の水分の凍結融解作用によるスケーリング、微細ひび割れなどの劣化現象	凍害深さ 鋼材腐食量
アルカリ骨材反応	反応性骨材	アルカリシリカ反応性鉱物を有する骨材がコンクリート中のアルカリ性水溶液と反応し、異常膨張やひび割れを発生させる劣化現象	膨張量(ひび割れ)
床版の疲労	繰り返し荷重	道路橋の床版などで輪荷重の繰返し作用によりひび割れや陥没を生じる現象	ひび割れ密度 たわみ

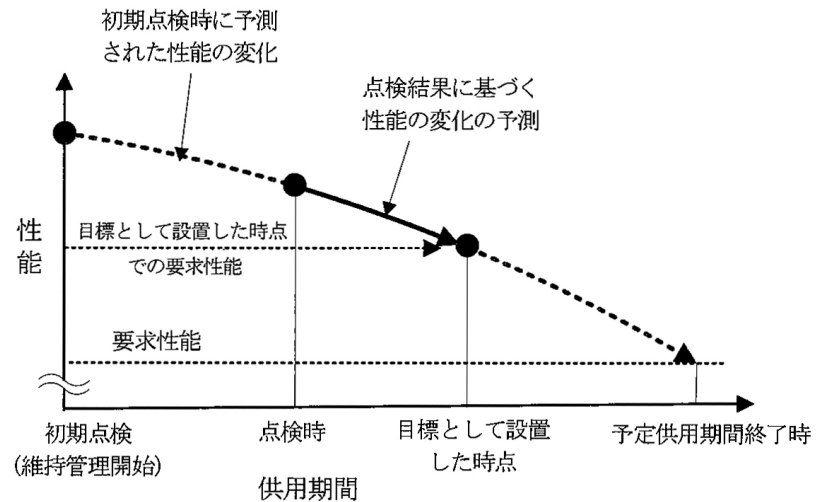
3.2 評価・判定

(1) 評価

構造物の性能評価は、劣化過程を考慮して評価の対象となる性能を適切に選定した上で行わなければならない



(性能評価の基本)



(予定供用期間が長い場合の性能評価)

予定供用期間と性能評価の概念

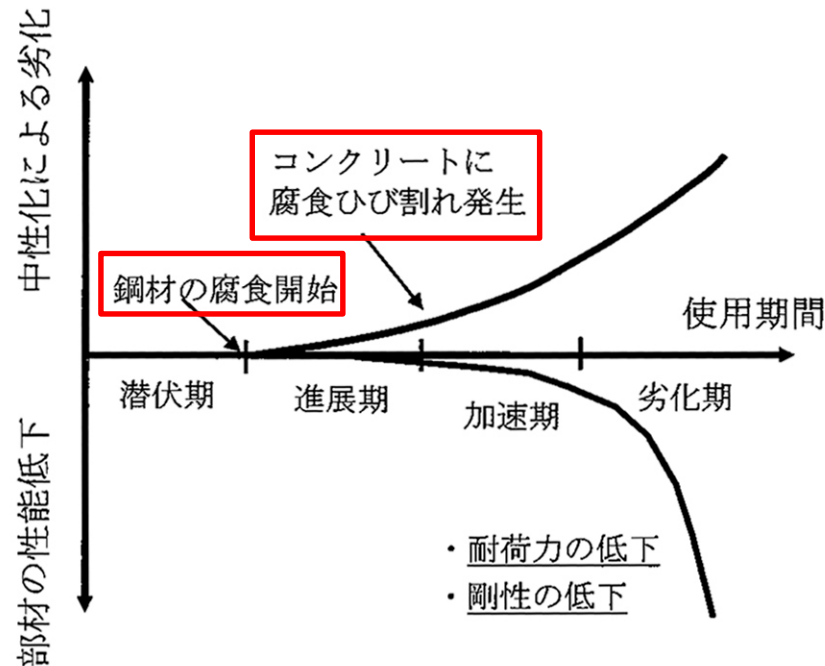
(2) 判定

判定は、性能低下の程度と構造物の重要性や維持管理区分および残存予定供用期間を考慮して行わなければならない

3.3 劣化機構別の維持管理

(1) 中性化

① 劣化過程の定義



(b) 安全性に着目した場合

中性化による劣化進行過程の概念図

中性化による劣化過程の定義

劣化過程	定 義	期間を決定する主要因
潜伏期	中性化深さが鋼材の 腐食発生限界に到達するまでの期間	中性化進行速度
進展期	鋼材の腐食開始から 腐食ひび割れ発生までの期間	鋼材の腐食速度
加速期	腐食ひび割れ発生により 鋼材の腐食速度が増大する期間	ひび割れを有する場合の鋼材の腐食速度
劣化期	鋼材の腐食量の増加により 耐荷力の低下が顕著な期間	

※ 鋼材の腐食開始時期は、中性化残りで判定することを基本とする

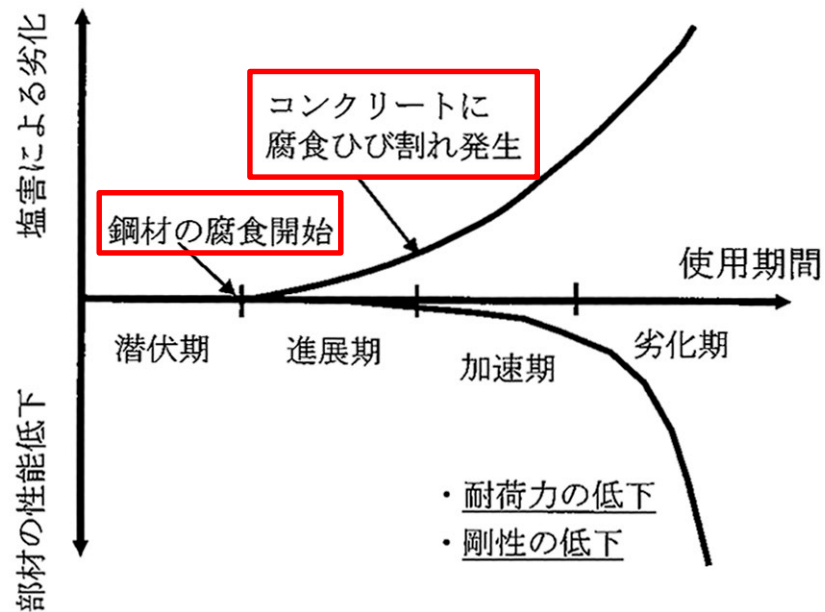
中性化残り＝かぶり－中性化深さ

一般環境：10mm

塩害環境：25mm

(2) 塩害

① 劣化過程の定義



(b) 安全性に着目した場合

塩害による劣化進行過程の概念図

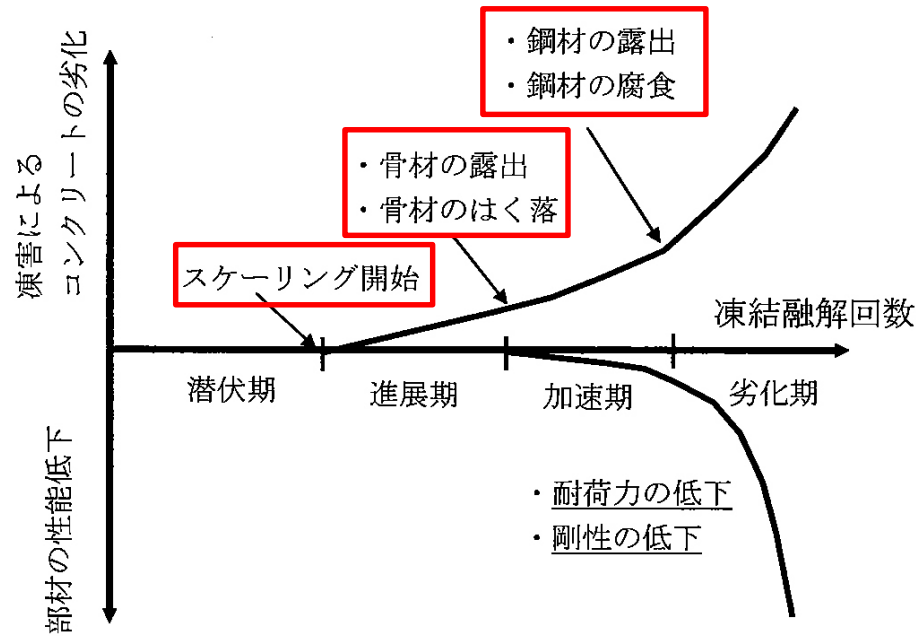
塩害による劣化過程の定義

劣化過程	定 義	期間を決定する主要因
潜伏期	鋼材表面における塩化物イオン濃度が腐食発生限界濃度*に達するまでの期間	塩化物イオンの拡散 初期含有塩化物イオン濃度
進展期	鋼材の腐食開始から腐食ひび割れ発生までの期間	鋼材の腐食速度
加速期	腐食ひび割れ発生により腐食速度が増大する期間	ひび割れを有する場合の 鋼材の腐食速度
劣化期	腐食量の増加により耐荷力の低下が顕著な期間	

* :コンクリート標準示方書では標準的にこの値を1.2kg/m³と定めている。

(3) 凍害

① 劣化過程の定義



(b) 安全性に着目した場合

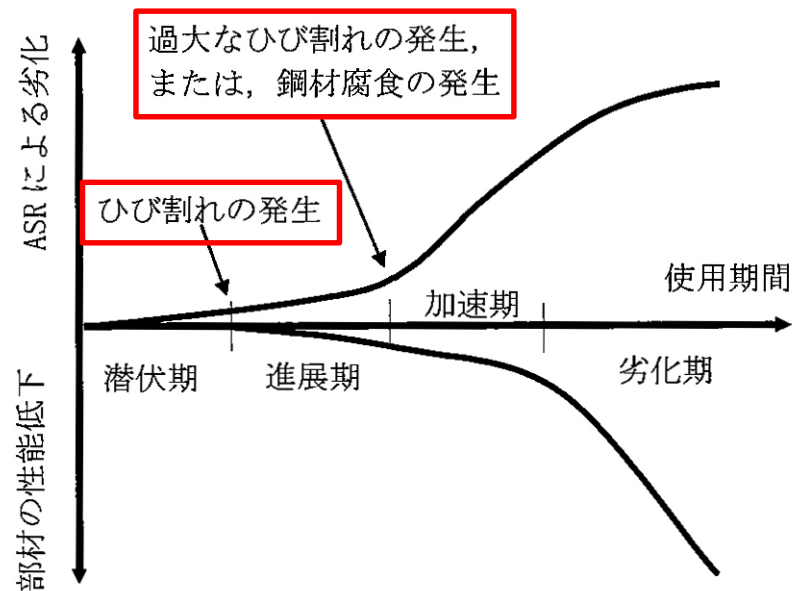
凍害による劣化進行過程の概念図

凍害による劣化過程の定義

劣化過程	定 義	期間を決定する主要因
潜伏期	凍結融解作用を受け スケーリングが発生するまでの期間	凍害発生の可能性の有無 最低温度、凍結水量 凍結融解回数
進展期	コンクリート表面の劣化は進行し、 骨材が露出 、もしくは はく離するまでの期間	最低温度、凍結水量 凍結融解回数
加速期	鋼材が露出した り、 鋼材腐食が開始するまでの期間	凍害深さ 鋼材の腐食速度
劣化期	鋼材の腐食が進行し、 耐荷性の低下が顕著な期間	凍害深さ 鋼材の腐食速度

(4) アルカリ骨材反応 (ASR)

① 劣化過程の定義



(a) コンクリートが有する膨張性が大きい場合

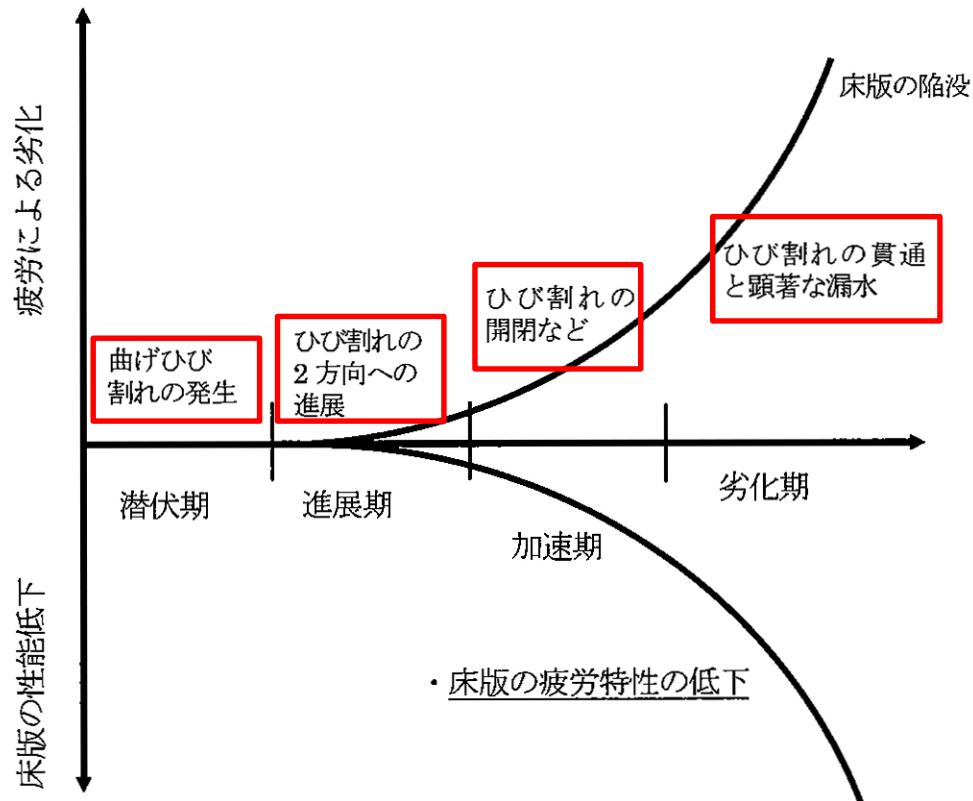
ASRによる劣化進行過程の概念図

アルカリシリカ反応(ASR)による劣化過程の定義

劣化過程	定 義	期間を決定する主要因
潜伏期	ASRそのものは進行するものの膨張およびそれに伴うひび割れがまだ発生しない期間	ASRゲルの生成速度 (反応性鉱物の種類とその量、アルカリ量)
進展期	水分とアルカリの供給下において膨張が継続的に進行し、ひび割れが発生するが、鋼材腐食がない期間	ASRゲルの吸水膨張速度 (水分とアルカリの供給)
加速期	ASRによる膨張速度が最大を示す段階で、ひび割れが進展し、鋼材腐食が発生する場合もある期間	ASRゲルの吸水膨張速度 (水分とアルカリの供給)
劣化期	ひび割れの幅および密度が増大し、部材としての一体性が損なわれる、鋼材の腐食による断面減少が生じる、鋼材の損傷が発生するなどにより、耐荷力の低下が顕著な期間	ASRゲルの吸水膨張速度 (水分とアルカリの供給) 鋼材の腐食速度 鋼材の引張応力度増加率

(5) 床版の疲労

① 劣化過程の定義



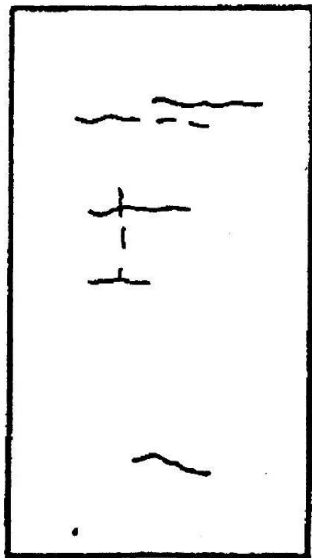
床版の疲労による劣化進行過程の概念図

床版の疲労による劣化過程の定義

劣化過程	定 義	劣化進行に影響する要因
潜伏期 (状態Ⅰ)	乾燥収縮もしくは載荷による、主筋に沿った一方向ひび割れが数本程度確認できる段階。主桁の拘束条件によっては乾燥収縮や主桁温度変化による同方向のひび割れが進行することもある。	適用した設計基準 床版厚、配力鉄筋量、 床版支間長 施工
進展期 (状態Ⅱ)	主桁作用による主筋に沿った曲げひび割れが進展するとともに、配力筋に沿う方向のひび割れも進展し始め、格子状のひび割れ網が形成される段階。外観上ひび割れの密度の増加は著しいが、床版の連続性(2方向性版)は失われていない。	乾燥収縮 使用条件 交通量、車両重量(軸重)、 走行位置
加速期 (状態Ⅲ)	ひび割れの網細化が進み、ひび割れ幅の開閉やひび割れ面のこすり合わせが始まる段階。ひび割れのスリット化や角落ちが生じるとコンクリート断面の抵抗は期待できないので、鉄筋コンクリート床版の耐力は急激に低下し始める。	上記に加えて 環境条件 浸透水の影響 実施してきた対策 床版防水工の有無 補修・補強の有無
劣化期 (状態Ⅳ)	床版断面内にひび割れが貫通すると床版の連続性は失われ、貫通ひび割れで区切られたはり状部材として輪荷重に抵抗することになる段階。貫通ひび割れの間隔やコンクリート強度、配筋量などが部材としての終局耐力に影響する。雨水の浸透や鉄筋腐食などにも配慮する必要がある。	上記のすべて

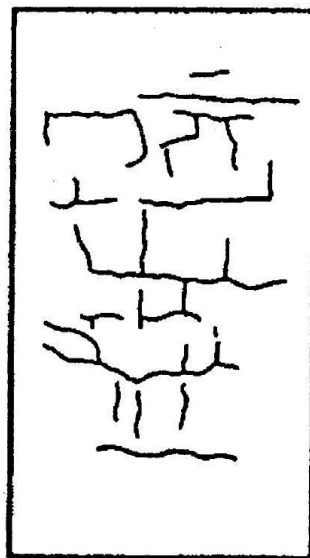
② 構造物の外観上のグレードと劣化の状態

RC床版下面の疲労ひび割れ進行過程



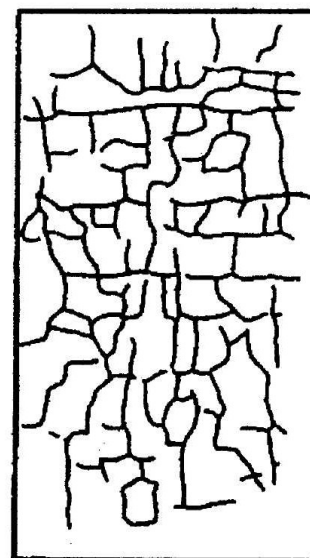
状態Ⅰ
一方向ひび割れ

潜伏期



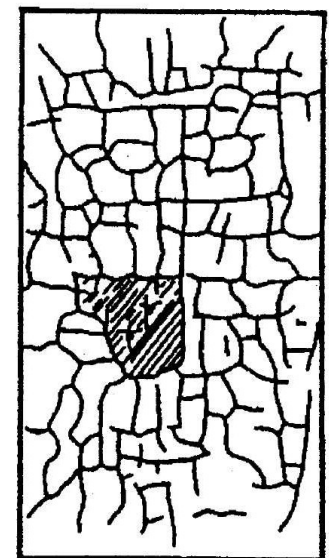
状態Ⅱ
二方向ひび割れ

進展期



状態Ⅲ
ひび割れの網細
化と角落ち

加速期



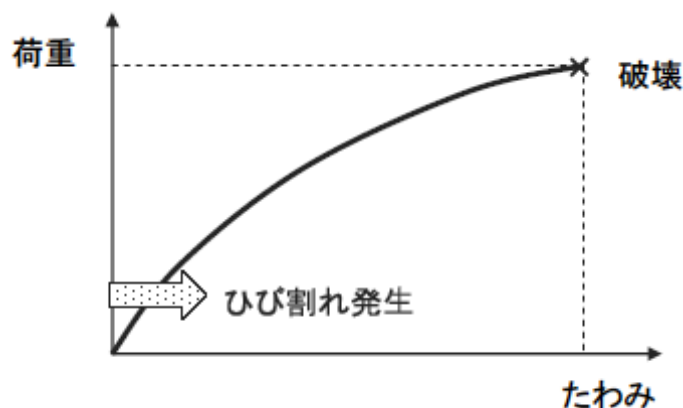
状態Ⅳ
床版の陥没

劣化期

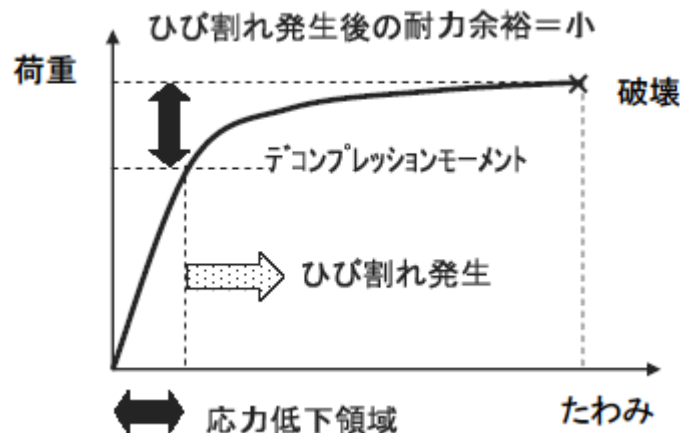
3.4 PC構造物の耐荷性能の評価

(1) RC構造物とPC構造物の違い

補強鋼材の量や強度、伸びが同じであれば終局荷重時のたわみは等しいが、荷重とたわみの関係は大きく異なり、PC構造物はひび割れ発生後の耐荷力や変形性能の余裕が小さい。



(a) RC梁



(b) PC梁

荷重たわみ曲線の概念図

PC構造物では、

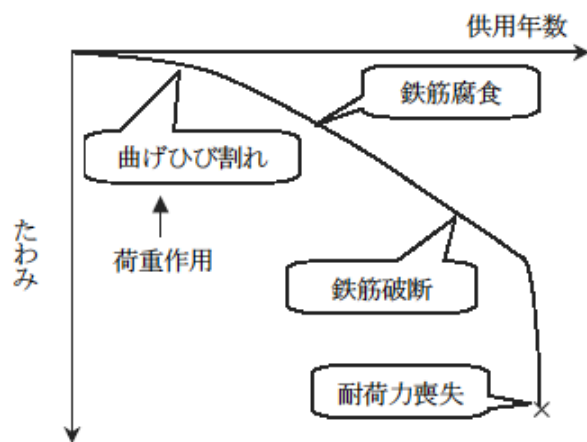
ひび割れの発生を耐荷性の指標とすることは危険です。

(2) 耐荷性能の評価

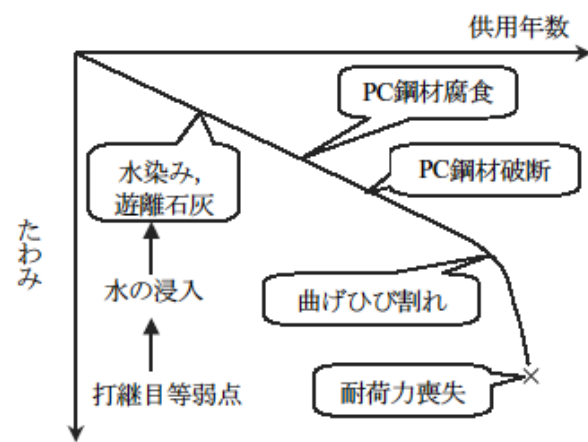
既設PC構造物の耐荷性能の評価には、残存するプレストレス量の評価が重要。

⇒現状では非破壊検査により容易で精度良く求める技術がない

⇒復元設計、外観調査、載荷試験によるたわみ測定（剛性評価）により総合的に評価



(a) RC梁



(b) PC梁

RC梁・PC梁における劣化進行過程の例

定期点検では、橋単位で、表-7.2 の判定区分による健全性の診断を行う。

表- 7 . 2 判定区分

区分		定義
I	健全	道路橋の機能に支障が生じていない状態。
II	予防保全段階	道路橋の機能に支障が生じていないが、予防保全の観点から措置を講ずることが望ましい状態。
III	早期措置段階	道路橋の機能に支障が生じる可能性があり、早期に措置を講ずべき状態。
IV	緊急措置段階	道路橋の機能に支障が生じている、又は生じる可能性が著しく高く、緊急に措置を講ずべき状態。

橋梁定期点検要領

劣化機構によって、構造物に生じている劣化過程がいずれの判定区分に当てはまるかを一概に括ることは難しい。このため、点検段階における構造物が有する性能の把握と、劣化進展予測による将来性能の予測によって、区分を判定することが望ましいと考えます。