

## 小規模RC橋の点検要領とその事例

十河 茂幸

### 1 はじめに

わが国のインフラストラクチャーが老朽化の危機に直面していることは、周知のとおりである<sup>1)</sup>。国土交通省をはじめ、各自治体もこの事実を受け止めた上での緊急対応を迫られているが、人材不足、予算不足の点から詳細な調査ができず、打音検査と近接目視という、安全管理を優先する策を講じるしかない状態である。

加えて、近年の自然災害を鑑みれば、防災に力を入れざるを得ず、長期的な視点に立った維持管理計画が立てられないのも事実である。さらに、自然災害の元凶とも言える地球温暖化へ

の対策も待ったなしの現状を考えると、老朽化対策については、いかに経費をかけずに行うかを検討しなければならない。

そこで、膨大に存在する小規模な橋梁をいかに延命化させるかを検討し、鉄筋コンクリート造の橋梁を対象にして、簡易な点検を自治体みずから行えるよう、要領書を作成することにした<sup>2)</sup>。現状では実例が少ないが、今後、各自治体でも実施できるようにするための参考になれば幸いである。

### 2 インフラストラクチャーの老朽化の実状

わが国の橋梁建設の年度ごとの数を図1に示

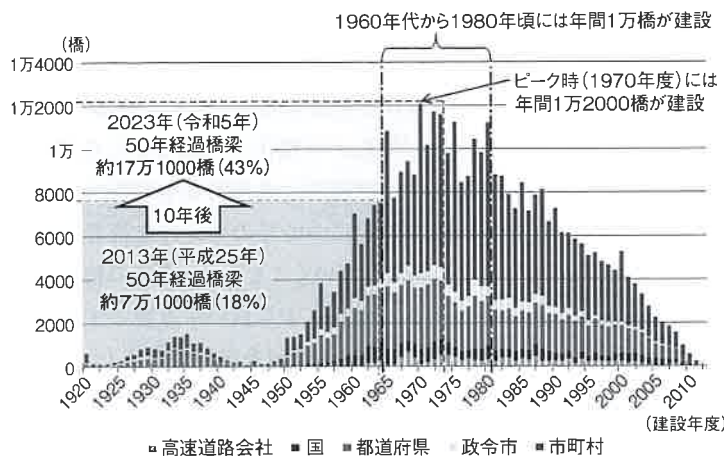


図1 日本国内における橋梁の建設年と橋梁数

す。国土の復興を目指して、高度成長期には毎年1万橋を超える橋梁が造り続けられた。これらの橋梁が今後いっせいに高齢化することを考えると、橋梁ごとに健全性は異なるとは言え、延命化のための維持補修が必要となる橋梁は少なくない。

そのため、同省は、インフラ延命化の施策を提案し、5年ごとの点検が行われている。現状ではほとんどの橋梁の一次点検が終了し、2回目の点検を実施している

が、表1に示すように、早期に補修が必要と判断された橋梁ですら、いまだに修繕が完了していない橋が多い。点検に費用をかけず、補修に予算を振り分ける対応が必要である。

### 3 鉄筋腐食が原因となる場合の予防保全

コンクリート構造物の老朽化を察知するためには、どの程度の劣化かを把握することが必要になるが、劣化レベルを知るために必要な調査は、その要因ごとに異なる。

例えば、塩害や中性化による劣化の場合は、鉄筋の腐食が大きく影響するため、腐食の前段階は「潜伏期」、腐食し始める段階は「進展期」、鉄筋が腐食膨張して腐食ひび割れが生じた段階を「加速期」、ひび割れからの腐食が進んで鉄筋

が減肉する段階を「劣化期」と定義する方法で劣化グレードが示される。一方で、凍害や化学的腐食の場合は、表面から次第に劣化が進むため、劣化進行の状態は異なる。

表2に、各劣化要因ごとの潜伏期、および進展期の劣化状態を示した。このように、鉄筋の腐食が原因となる劣化は、潜伏期および進展期には損傷が表面に現れないのが特徴である。しかし、進展期にはすでに腐食が始まっているため、

そのまま進行すると表面にひび割れが生じてしまう。つまり、打音検査と近接目視では、進展期までの劣化を把握できないことになる。

塩害による劣化の過程の概念を図2に示す。また、塩害による劣化の過程と、その際の外観グレードを表3に示す。鉄筋コンクリート造の橋梁の塩害は、製造時に海砂を用いたために生じる事例も多いが、一般的には、海岸からの潮風によって外部から浸透する塩化物イオンや、凍結防止剤などによって浸透する塩化物イオンに起因する。これらの塩害では、塩化物イオンが鉄筋の位置まで浸透し、時間をかけて腐食限界濃度に達すると、鉄筋の腐食がスタートする。

予防保全の段階でこのような劣化を発見できれば、安価な対策で延命化が図れるはずだが、実際のところ、塩害

表1 点検済みの劣化度ⅢおよびⅣ<sup>※</sup>の橋梁における修繕の実施状況<sup>3)</sup>

管理者	修繕が必要 A	修繕に着手 B	修繕が完了 D	着手率 (B/A)	完了率 (D/A)
国土交通省	3,427	1,811	617	53%	18%
高速道路会社	2,647	846	457	32%	17%
都道府県・政令市など	20,586	4,889	2,684	24%	13%
市町村	42,391	7,811	4,746	18%	11%
合計	69,051	15,357	8,504	22%	12%

※Ⅰ：健全 Ⅱ：予防保全段階 Ⅲ：早期措置段階 Ⅳ：緊急措置段階のうち、グレードⅢおよびⅣと判定された橋梁が対象

表2 各種劣化因子ごとの潜伏期、進展期における外観上の損傷<sup>1)</sup>

劣化要因	潜伏期	進展期
塩化物イオン	外観上の変状なし 腐食発生限界Cl <sup>-</sup> イオン量以内	外観上の変状なし 塩化物イオンによる腐食開始
中性化	外観上の変状なし 発錆限界以上の中性化残り	外観上の変状なし 中性化による腐食開始
ASR	外観上の変状なし 膨張によるひび割れなし	膨張ひび割れの発生 変色、アルカリシリカゲルの滲出
凍結融解作用	外観上の変状なし 凍結融解の繰返しを受ける	スケーリング、ひび割れの発生 ポップアウトの発生など
科学的侵食	外観上の変状なし 表面の変質が認められない期間	表面が荒れた状態 ひび割れの発生

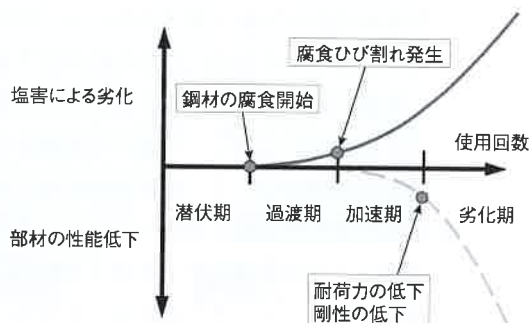


図2 塩害による鉄筋コンクリート構造物の劣化過程の概念

表3 塩害による劣化過程とその際の外観の状況<sup>1)</sup>

劣化過程	劣化グレード	劣化の状態
潜伏期	グレードⅠ	外観上の変化が見られない 腐食発生限界塩化物イオン濃度以下
進展期	グレードⅡ	外観上の変化が見られない 腐食発生限界塩化物イオン濃度以上
加速期	前期	腐食ひび割れが発生 錆汁が見られる
	後期	腐食ひび割れの進展とともに剥離・剥落が見られる 鋼材の断面欠損は生じていない
劣化期	グレードⅣ	腐食ひび割れとともに剥離・剥落が見られる 鋼材の断面欠損が生じている

と中性化による鉄筋の腐食の判断については、この段階での発見は困難であり、打音検査と近接目視よりも、一步踏み込んだ調査が必要となる。例えば、ドリルによる粉末の採取や、小径のコアなどによる微破壊調査である。

#### 4 微破壊による簡易点検要領の概念

簡易点検には、「安価であること」と「専門家でもできること」が重要である。それが、多くの橋梁の将来をより正確に予測することにつながるためである。

ところが、対象とする橋梁には、さまざまな条件が存在する。例えば、橋梁の設置場所が海岸付近であったり、山間部であったりと、その場所によって、凍害や塩害などの劣化因子が異なることが考えられる。さらに、複合劣化も存在する。しかし、予算上の観点からは簡易に行うことを前提としなければならない。

そこで、小規模な橋梁を対象に、その橋梁の置かれた環境から劣化因子を机上で絞り込み、外観では発見できない劣化の進行状況を把握する可能性を検討した。また、高価な装置を使わないことを前提として、小規模橋梁の簡易点検要領書<sup>2)</sup>を作成した。

簡易点検であるため、足場の組立ては行わず、脚立でできる範囲としている。したがって、橋梁の桁下が高い場合は対象外とした。また、急

流であったり、床版の下側からの調査ができない場合も対象から外している。

### 5 鉄筋コンクリート製小規模橋梁の簡易点検の事例

#### 5.1 事前調査と調査項目の選定

対象とする橋梁の事前調査に際して、現場の測定に必要な設備をリストアップする。事前調査では、対象とする橋梁の床版の図面を準備する。

この図面は、どこを測定位置とするかをマークし、測定結果の記録に活用する。

調査項目は、想定される劣化因子で決める。山間部であっても、凍結防止剤を散布している可能性があれば塩化物イオン量を測定し、中性化による鉄筋腐食が懸念される場合は、中性化深さを測定する。中性化による鉄筋腐食は、設計かぶり厚さに満たない場合に生じるケースが多いため、かぶり深さも調査する。

#### 5.2 書類調査

設計図書や施工記録は、ほとんどの小規模橋梁では残されていない。これまでの建設においては必要とされなかったことがその原因であるが、これは時代背景からやむを得ない。しかし、維持管理では必要である。そこで、強度推定、鉄筋の位置の確認を行い、それらの情報から健全性の見当をつけることにする。

#### 5.3 外観目視と打音

医者が人間の健康を調べる際には、問診と聴診器で見当をつけるが、自ら具合の悪さを語れない橋梁の健全性は、外観目視と打音で調査することになる。しかし、これでは致命的な劣化に向かって進んでいる、塩害や中性化による鉄筋腐食の進行の程度は把握できない。仮に、打音で浮きや空洞が見つかる状況であれば、すでに加速期に入っていると言える。予防保全として早期に対応するためには、この方法では限界

があるが、外観目視と打音調査自体は、安全性を確保する上では必要である。

#### 5.4 強度推定

強度を正確に把握するには、コアを採取する必要がある。コアを採取する場合、その直径は骨材の最大寸法の3倍は必要であり、コアの高さは直径の2倍が必要となる。コンクリート中の粗骨材の最大寸法は、一般に20mm程度であるため、コアの直径が60mm、高さ(コア採取深さ)は120mmが必要となり、かぶりの内部までコアボーリングが必要とされる。

したがって、強度はリバウンドハンマーによる反発度から推定することにした。この方法であれば、コンクリート表面に打撃の跡が残る程度で、躯体の健全性に影響を与えることがない。

リバウンドハンマーによる測定では、9点の反発度とすることがJISで定められているが、偏差が20%以上になると、その値に替わる測定が必要となるため、あらかじめ予備の反発度を3点測定しておく。リバウンドハンマーによる測定状況を、写真1に示す。

#### 5.5 かぶり厚さの調査

かぶり厚さの調査は、鉄筋の位置までの距離として把握する。設計通りに施工できていない場合もあるため、設計図書があったとしても、実際の数字を把握する必要がある。

かぶり厚さは、鉄筋の位置まで劣化因子が浸



写真1 リバウンドハンマーによる表面反発度の測定状況

透していないことを把握できるため、予防保全の上では必要な調査項目となる。鉄筋の位置までの残りの距離がその後の劣化因子の浸透に影響するため、その時間を推定することで、進展期から加速期に至るまでの時間を推定する。

塩化物イオンの浸透深さの場合は、フィックの法則に則って予測し、鉄筋の位置における塩化物イオンの腐食限界濃度に達するまでの時間を予測する。フィックの法則を利用するには、深さ方向に数点の測定が必要となるが、できない場合は詳細調査の時点で行う。

中性化深さの場合は、鉄筋の位置までの中性化残りを10mmとして、かぶり厚さと中性化深さの差が10mmに満たなくなる距離までの時間を予測し、鉄筋が腐食し始める時間を推定する。鉄筋が腐食するまでの時間を知ることで、予防保全の役割を果たすことになる。この調査には、電磁波レーダー法や電磁誘導法などの高価な装置が必要となるが、短期間であるため、レンタルで対応する。

#### 5.6 中性化深さ測定

中性化深さは、簡易な調査法としてドリル法が提案されている。これは、直径8mm程度の刃を用いて削孔し、その際に出た削孔粉を、アルカリ性に反応するフェノールフタレインの1%エタノール溶液を噴霧したろ紙で受ける。削孔粉が赤紫色に呈色した段階でドリルの削孔をやめ、その時点の深さを測定する方法である。

ただし、ドリル刃が粗骨材にあたると呈色しないため、中性化深さを過大に評価することになるので、複数の箇所を測定し、最小の値を中性化深さとする。中性化深さ測定の状況を写真2~4に示す。

#### 5.7 塩化物イオン量の測定

塩化物イオンが鉄筋の位置まで浸透して、鉄筋の位置が腐食限界濃度に達すると、鉄筋の腐食が始まる。さらに腐食が進むと、鉄筋が腐食膨張を生じ、コンクリートにひび割れを生じさ

せる。さらに腐食膨張が進むとかぶり部分が剥落し、構造性能が低下することになる。

かぶりの部分で、表面からどの程度の塩化物イオンが浸透しているかを測定することが予測に必要となるが、簡易点検では深さ方向

の濃度まで把握することは行わない。塩化物イオンの存在が確認され、劣化が懸念される濃度であれば、詳細に測定することにした。

そこで、かぶり部分のドリル削孔粉を採取し、同部分の平均的な塩化物イオン量を測定する。ここでは、簡易塩化物イオン量測定装置<sup>4)</sup>を用いる。同装置の外観を写真5に示す。

### 5.8 データの整理と評価

構造物の置かれる環境によって絞り込んだ劣化因子の存在を確認した結果は、1～2枚の記録にして残すことにする。詳細を記録したデータは不要である。簡易な点検には、簡易な記録が望ましい。

この点検を継続することで、劣化の進行が把握できれば、補修の時期も想定できる。ただし、点検と異なり、評価については専門的な知識が必要である。例えば、コンクリート診断士の資格を持つ技術者か、それと同等以上の知識を持つ技術者に委ねることが望ましい。

## 6 おわりに

メンテナンスフリーと考えられていたコンクリート構造物が塩害やアルカリシリカ反応によって早期に劣化してしまい、延命化のための補修はできたものの、再劣化を起こす事例も少なくない。床版などの架替えで対応している例も多く、日本国内のインフラストラクチャーを健全に保持するためには、今後は効率的な維持



写真2 ドリル法による中性化測定状況



写真3 呈色した中性化していない粉体



写真4 中性化深さの計測状況



写真5 塩化物イオン量の簡易測定装置

管理が必要となるだろう。国内にある橋梁数は100万橋にも及ぶとされ、国を挙げての延命化策が期待されている。

### 参考文献

- 1) (公社)土木学会：コンクリート標準示方書〔維持管理編〕2018年制定版，2018.10
- 2) (一社)コンクリートメンテナンス協会編：小規模橋梁の簡易点検要領(案)，2019.5
- 3) 国土交通省編：メンテナンス報告書2019年度
- 4) 太平洋マテリアル社：CEMS，2019.12