

## 4. 調査機器の性能評価方法の検討

### 4.1 調査機器の性能評価方法の検討

3章において、道路橋における狭隘部の構造を類型化した結果、多くの狭隘部の構造が表3.1.1に示したCase1～8の8ケースに集約した。

調査機器の性能を評価するにあたっては、8ケースの狭隘部の構造それぞれに対して各調査機器の性能を評価することができれば、実橋への適用を判断することが容易となると考えた。

調査機器の性能を評価するための方法として以下の案があげられる。

- ①実際の橋梁（サンプル橋梁）に対して調査機器を用いて試験調査し、調査機器の性能を検証する方法
- ②狭隘部を模擬した試験体を作製し、それに対して調査機器により試験調査を実施することで調査機器の性能を検証する方法
- ③CIM技術と連動して、点検の対象となる道路橋と調査機器を3次元モデル化し、点検シミュレーションを行うことで現場への適用性を検証する方法

①は、試験的に実橋に対する調査を実施することから、実際の橋梁を対象としているため調査結果に対する信頼性は高く、実橋における現地条件を直接反映した調査機器の性能評価を行うことに特に適している。

一方で、調査機器の開発や進歩は日々進んでおり、新たに開発された調査機器ひとつひとつに対して実橋を用いた試験を実施することは、機器開発者や橋梁管理者にとって負担が大きい検証方法である。また、日時によって試験実施時の気象条件などの環境条件が変わることから調査機器同士の横並びでの比較や、試験対象橋梁が異なった場合の横並びでの比較が難しくなることが考えられる。

③は、既設橋を一から3次元モデル化することが負担となること、調査機器の運動やセンサー等の基本性能を十分に把握できない状況下でシミュレーションを実施してもその結果の信頼性に疑問が残ることが課題と考えられる。

②は、狭隘部を模擬した試験体を製作し、その試験体を用いて各調査機器の性能を調査することから、統一かつ多様な条件を与えられたときの各調査機器共通の指標で運動やセンサー等の基本性能を評価することに適していると考えられる。また、試験体を安価に作成できれば調査機器開発者や道路橋管理者にとっても大きな負担とはならないと考えられる。

一方で、現地の足場条件、環境条件などの実橋の条件を必ずしも再現できないという課題もある。

今回3.1において、道路橋の狭隘部を8ケースに類型化したことにより、それぞれに対応した試験体を製作することで多くの道路橋の狭隘部を再現できると考えられる。加えて狭隘部の寸法が橋梁ごとにまちまちであることを踏まえ、試験体の狭隘部を可変できる構

造となるように配慮すれば様々なケースを想定・模擬できる可能性もある。

以上より、調査機器の性能を調査するための方法として、本研究では②の方法を作用することとした。

②の方法は、前述のように現地の足場条件、環境条件を必ずしも再現できないことから、本研究ではこれらについては対象外とし、調査機器が狭隘部の進入口までは到達できることを前提とした試験方法の提案を行い、提案する試験方法の有効性を考察する。

## 4.2 模擬試験体が具備すべき評価項目

狭隘部を調査し損傷を把握するにあたっては、調査機器が狭隘部に進入し対象面に到達する必要がある。そのため、調査機器の狭隘部内での移動性能が重要な評価項目であると考えた。

また、調査機器は対象面に到達した後、カメラ等のセンサーを用いて画像等で表面状態を把握するものが主流であるため、画像の取得性能も重要な評価項目であると考えた。

なお、評価は最終的には調査機器同士の性能を相対的に比較したり、実際の点検や調査で多様な現地条件に対して調査機器の適用範囲を把握するために必要な知見を得ることを目的とし、合格・不合格のような閾値を設けるものではない。

### (1) 狭隘部における移動性能

調査機器は、対象面に到達するまでに、狭隘部に進入すること、進入後に狭隘部の奥に進んでいくこと、必要に応じて進行方向を変え、対象面に正対する必要があると考えられる。

そのため、調査機器の移動性能に着目し、以下のような評価項目と評価方法を考えた。

#### 【移動性能の評価項目】

##### ① 進入可能な狭隘部の寸法

調査機器が進入できる狭隘部の寸法を評価する。

##### ② 進入深さ

調査機器が狭隘部に進入した後、到達することができる深さを評価する。

##### ③ 曲り回数

調査機器が狭隘部に進入した後、進行方向を変更し曲ることができる回数を評価する。

#### 【移動性能の評価方法】

##### ① 進入可能な狭隘部の寸法

試験を実施した範囲内で調査機器が進入できた最小寸法を記録する。

##### ② 進入深さ

試験を実施した範囲内で狭隘部に進入した調査機器が到達できた深さを記録する。

##### ③ 曲り回数

狭隘部内で調査機器が曲ることができた回数を記録する。

図 4.2.1 に、調査機器の移動性能のイメージ図を示す。

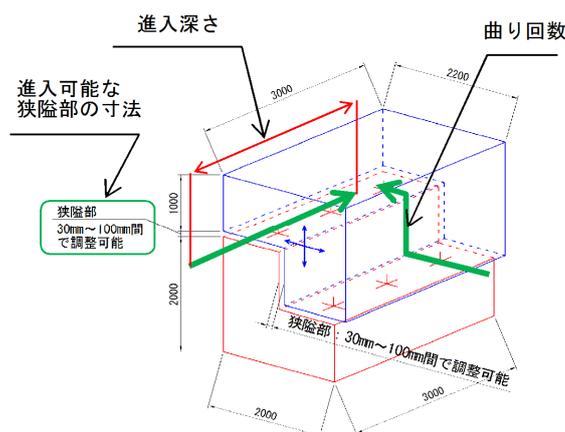


図 4.2.1 調査機器の移動性能

## (2) 画像の取得性能

調査機器が対象面に到達し、対象面に正対した後、損傷を発見した際、損傷の程度を判定するための画像の解像度や色彩情報、損傷の範囲や位置情報を得る必要があると考えられる。

そのため、調査機器の画像取得性能の評価項目と評価方法として以下を考えた。

### 【画像の取得性能の評価項目】

#### ①解像度

ひびわれ幅の検出や鋼部材の亀裂や塗膜割れの判別など、損傷を捉える解像度。

#### ②色調情報

鋼部材の腐食程度や防食機能の程度など色調の区別。

#### ③範囲情報

損傷の広がり（範囲）の把握。

#### ④位置情報

発見した損傷の位置の把握。

### 【画像の取得性能の評価方法】

#### ①解像度

図 4.2.2 に示すように、ひびわれ幅を段階的に模擬したテストパターンを用いて線幅を判定する。また、模擬試験体にひびわれを模擬し、そのひびわれ幅を判定する。

#### ②色調情報

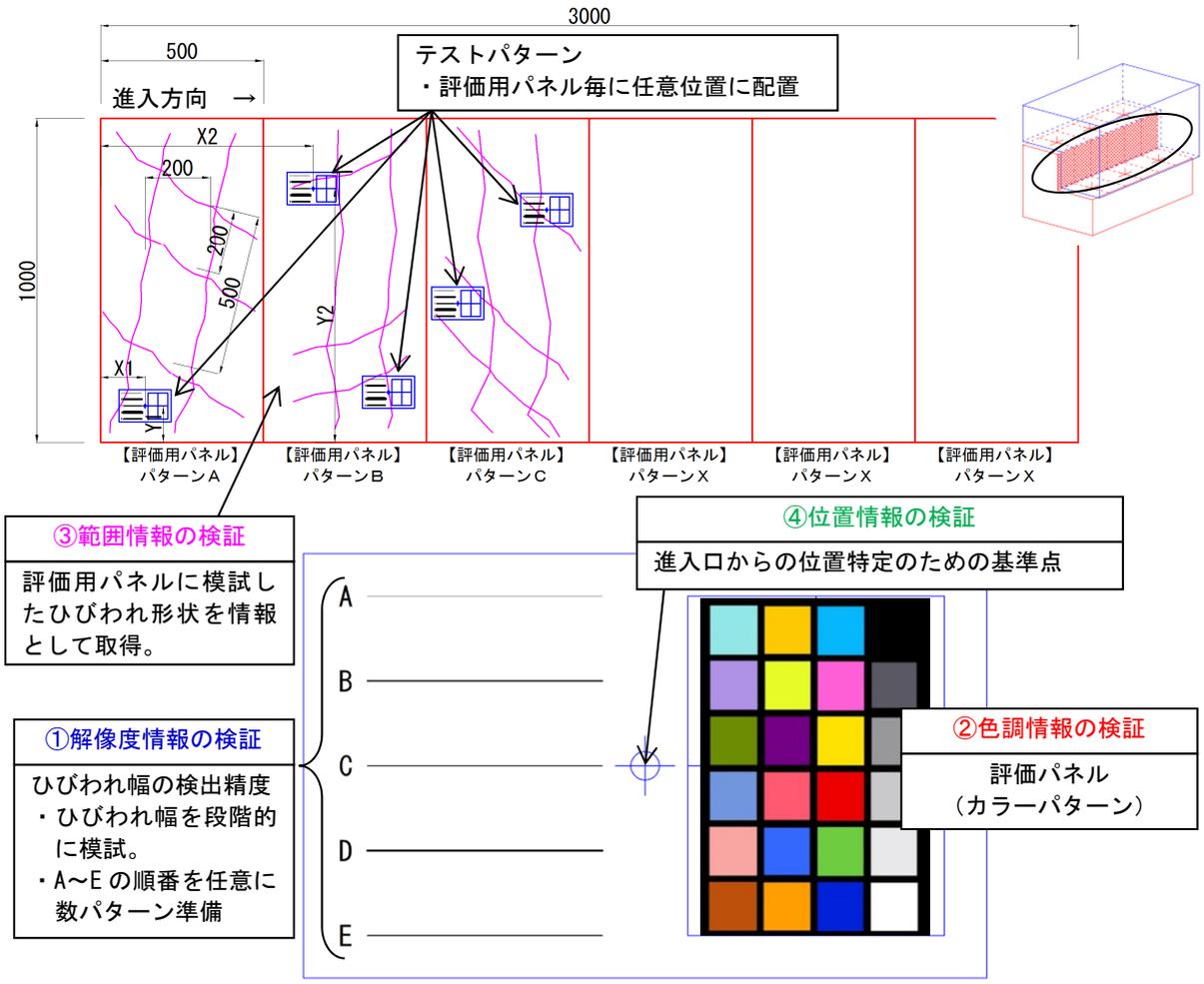
図 4.2.2 に示すように、テストパターンに色調を評価するための評価パネル（カラーパネル）を用いて取得した画像とサンプルを比較することで色調情報を評価する。

#### ③範囲情報

ひびわれ形状を数パターン模擬した評価パネルを任意の順序で設置し、調査機器で取得したひびわれ形状のパターンと比較する。

④位置情報

図 4.2.2 に示すようにテストパターンの中央部に基準点を設け、調査機器で取得した基準点の位置と実際のテストパターン位置とを比較する。



▲テストパターン

<p>①解像度情報の検証</p>	<p>②色調情報の検証</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>ひびわれ幅の検出精度の評価。</li> <li>鋼部材亀裂（塗膜割れ）判別精度の評価。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>鋼部材の腐食程度判定。</li> <li>鋼部材の防食機能程度判定。</li> </ul>
<p>□評価方法</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>段階的（0.1mm・0.2mm・0.3mm・0.4mm・0.5mm）にひびわれ幅（線）を模試した、クラックスケールを数パターン準備し、評価パネル各部に設置する。調査機器で、クラックスケールに示された線幅を判定（測定）する。</li> <li>また、実損傷のひびわれ幅、線幅を変化させて模擬したひびわれ幅を取得し、評価する。</li> </ol>	<p>□評価方法</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>カラーパターンを対象部材の任意位置に設定する。</li> <li>調査機器で、カラーパターンを撮影し、情報を取得する。</li> <li>カラーパターン色調の確認（サンプルとの比較）。</li> </ol>
<p>③範囲情報の検証</p>	<p>④位置情報の検証</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>損傷の広がり（範囲）検出精度の評価。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>損傷の位置情報検出精度の評価。</li> </ul>
<p>□評価方法</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>ひびわれ形状を数パターン模試（0.2mm幅程度）した、評価用パネルを任意順序で設置する。</li> <li>調査機器で、ひびわれ形状を情報として取得する。</li> <li>評価用パネルと点検装置で取得した、ひびわれ形状パターンとの整合性を評価する。</li> </ol>	<p>□評価方法</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>評価用パネルに任意設置したテストパターン中央部に基準点（位置特定のための）を設置する。</li> <li>調査機器で、テストパターン中央部の基準点位置の座標（進入口からの距離）を取得。</li> <li>予め取得しておいた、テストパターン位置と調査機器で取得した位置情報の検出精度を検証する。</li> </ol>

図 4.2.2 調査機器の画像取得性能