

## 熟達点検者の暗黙知である打音点検動作の可視化

|            |         |      |     |    |
|------------|---------|------|-----|----|
| 長岡工業高等専門学校 | 電子制御工学科 | 学生会員 | ○山岸 | 開  |
| 長岡工業高等専門学校 | 環境都市工学科 | 学生会員 | 舟波  | 尚哉 |
| 長岡工業高等専門学校 | 電子制御工学科 | 非会員  | 外山  | 茂浩 |
| 長岡工業高等専門学校 | 環境都市工学科 | 正会員  | 村上  | 祐貴 |

### 1. はじめに

ICT や RT を駆使した定量的な打音点検手法の開発が国家プロジェクト「戦略的イノベーション創造プログラム (SIP)」の中で進められている。ICT や RT を駆使した次世代打音点検を全ての既存構造物に対して展開していくことは人材、技術力、予算の観点から困難であり、多くの既存構造物は従来通りの人による打音点検を継続していくことになると考えられる。そこで本研究では、熟達点検者の暗黙知である打音点検技能を可視化し、体系化することで経験の浅い打音点検者の打音点検技能の向上を目的とした。本稿では、その前段階として打音点検実務経験者および非実務経験者の欠陥検知率を評価するとともに、非実務経験者と実務経験者の打音動作の違いについて検討した。

### 2. 実験概要

#### 2.1 試験体概要

##### (1) 打音試験

試験体概要を図-1に示す。試験体は長さ2000mm、高さ1800mm、厚さ280mmの壁型パネルであり、このパネルを4枚横に並べ、長さ8000mmの模擬壁を2体作製した。各パネルには内部欠陥を模擬した発泡スチロール製の人工欠陥を複数個埋設してある。図-2に示すように、人工欠陥は上側鉄筋上に設置され、厚みを変化することで埋設深さを変化させている。人工欠陥の大きさは4水準、埋設深さは11水準とした。

##### (2) 打音動作測定試験

試験体概要を図-3に示す。試験体の寸法は断面300mm×300mm、幅50mmである。同図に示すように、試験体に埋設された鉄板を介してモニターアームと接合し、高さ1600mmの位置で固定することで模擬壁面を作製した。

#### 2.2 打音試験

被験者は1つの模擬壁(長さ8000mm)につき、上限30分の中で、打音試験を実施し、欠陥部と判断した領域にチョーキングをした。打音試験終了後、チョーキング状況をデジタルカメラで撮影し、撮影画像から、チョーキング面積等

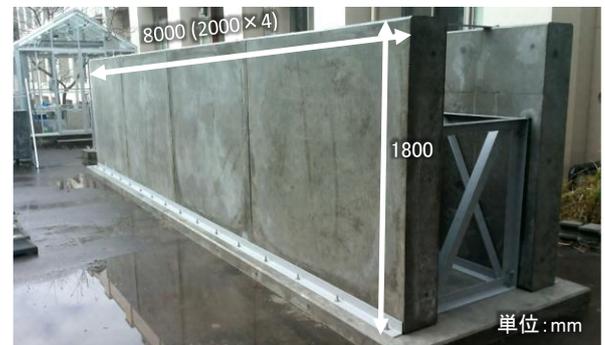


図-1 打音試験用試験体

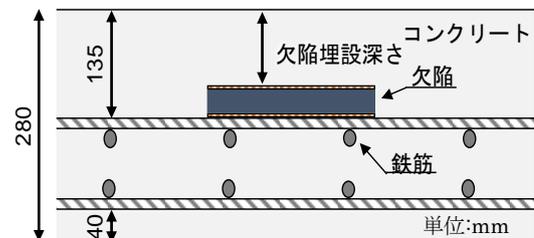


図-2 埋設した人工欠陥の詳細

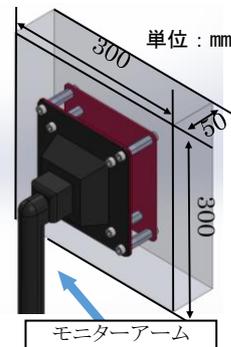


図-3 打音動作測定用試験体

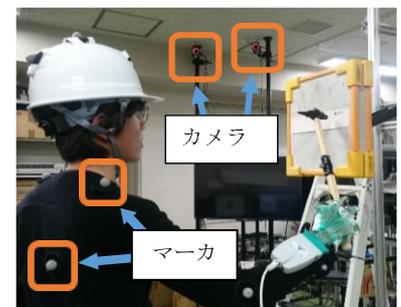


図-4 打音動作測定の様子

を算出した。被験者数は非実務経験者5名、実務経験者5名の計10名とした。実務経験者については、普段実務で使用している点検ハンマーを用いて打音試験を行った。

#### 2.3 打音動作測定試験

打音点検での打撃による入力には、多くの周波数成分を含む打撃であるインパルス入力 ideal と考えられる。インパルス入力は力の大きさが無限大であり、接触時間が限りなく0であることから、打音点検時のハンマーが壁面に与える力、壁面に接触する時間を評価する。また、力と接触時

キーワード 打音点検, 暗黙知, 動作解析

連絡先 〒940-8532 新潟県長岡市西片貝 888 番地 長岡工業高等専門学校 E-mail: y-murakami@nagaoka-ct.ac.jp

間に違いをもたらす要因として手首の関節角度変化量、ハンマーが壁面に当たる接触面積を測定した。

モーションキャプチャシステムを用いて、打撃動作を 10 回撮影し、点検ハンマーが壁面に接触する時間および打撃時の手首の関節角度変化量を測定した。図-4 に示す通り、計測の際は被験者にボディースーツを着せて、マーカを貼り付けた。8 台のカメラを用いてマーカ位置を測定した。また、点検ハンマーにもマーカを貼り付け、ハンマー先端部の位置を計測した。計測には 1/4 ポンド点検ハンマーを使用した。

ハンマーによる打撃力および打撃時の接触面積を計測するために圧力測定フィルムを用いた。フィルムは圧力に応じて赤く発色する。この発色の濃淡をスキャナで読み取り、打撃力や接触面積を算出する。本研究では、瞬間圧測定範囲 50~130MPa の高圧用プレスケールを使用した。試験体表面に圧力フィルムを貼り、10 回の打撃を行った。

3. 打音試験結果

表-1, 2 に式(1)から算出した非実務経験者、実務経験者の欠陥検知率、プロフィールおよび検知外面積を示す。

$$\text{欠陥検知率}(\%) = \frac{\text{検知した総面積}}{\text{欠陥総面積} + \text{チョーキング総面積} - \text{検知した総面積}} \times 100 \quad (1)$$

ここで、検知外面積とはチョーキングした領域において、非欠陥部の領域(誤判定した領域)のことを指す。被験者全体の欠陥検知率の平均は 42.7%であった。欠陥検知率の実務経験者、非実務経験者の平均はそれぞれ 46.8%、38.7%であり、実務経験者の検知率の方が約 8%高い。また、非実務経験者の方が実務経験者に比べて検知外面積が大きく、誤判定した領域が大きかった。

4. 打音動作測定試験結果

計測されたマーカの空間座標から手首の関節角度変化量を求めた。図-5 に全被験者の手首の関節角度変化量と欠陥検知率の関係を示す。ここでの値は 10 回の打撃中における関節角度の最小値と最大値の差である。手首の関節角度変化量は、被験者 D を除き、欠陥検知率と高い相関性が得られた。打撃時の手首の使い方は欠陥検知率に影響を及ぼすものと考えられる。なお、被験者 D の動作は特異的である可能性があり、今後さらに検討を行う。

図-6 にハンマーが壁面に接触する際の打撃力、接触時間、接触面積を示す。実務経験者の打撃力および接触面積については非実務経験者と統計的有意な差異は認められないが、打撃面とハンマーの接触時間は短い傾向にあり、実務経験者の打撃はインパルス入力に近いと考えられる。

表-1 非実務経験者の打音試験結果

| 被験者 | 年齢  | 経験年数 | 欠陥検知率 (%) | 検知外面積 (mm <sup>2</sup> ) |
|-----|-----|------|-----------|--------------------------|
| a   | 10代 |      | 43.3      | 549947                   |
| b   | 10代 |      | 33.9      | 708069                   |
| c   | 10代 |      | 36.5      | 477488                   |
| d   | 10代 |      | 39.6      | 524327                   |
| e   | 10代 |      | 40.0      | 2557189                  |
| 平均  |     |      | 38.7      | 963404                   |

表-2 実務経験者の打音試験結果

| 被験者 | 年齢  | 経験年数 | 欠陥検知率 (%) | 検知外面積 (mm <sup>2</sup> ) |
|-----|-----|------|-----------|--------------------------|
| A   | 40代 | 2    | 44.2      | 141186                   |
| B   | 40代 | 3    | 44.3      | 429403                   |
| C   | 40代 | 6    | 31.1      | 70492                    |
| D   | 50代 | 8    | 57.2      | 1351638                  |
| E   | 60代 | 9    | 57.3      | 273354                   |
| 平均  |     |      | 46.8      | 453215                   |

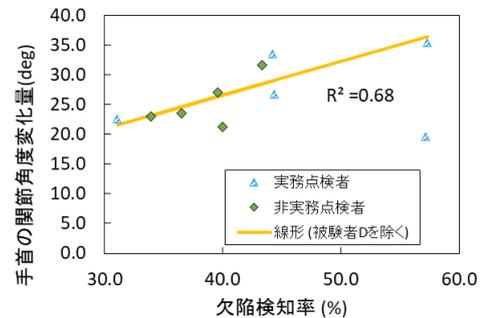


図-5 手首の関節角度変化量と欠陥検知率

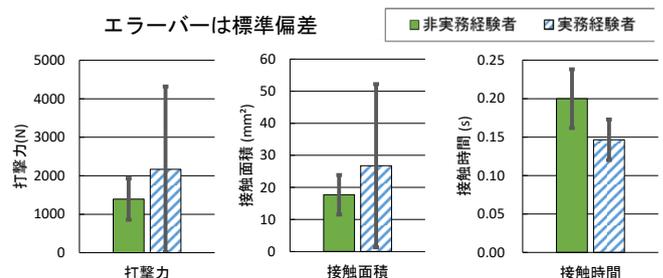


図-6 打撃力、接触時間、接触面積

5. まとめ

本実験の範囲内では実務経験者の欠陥検知率は非実務経験者に比べて約 8%高かった。また、非実務経験者は検知外面積が大きく、打撃時の健全部と欠陥部の音の判別が曖昧だと考えられる。

欠陥検知率と手首の関節角度変化量には相関性が認められ、変化量が多いほど検知率は高い傾向にあった。また、実務経験者の方が打撃時の接触時間が短く、インパルス入力に近い打撃を行っていると考えられる。

謝辞 本研究の一部は科学研究費補助金(基盤研究(B)課題番号:17H03290)により行った。ここに謝意を表す。