

熟達者の形式知に基づく知識学習による打音点検技能向上システムの開発

長岡工業高等専門学校 学生会員 ○小海 元暉 稲田 晃大
 長岡工業高等専門学校 正会員 陽田 修 村上 祐貴
 長岡工業高等専門学校 非会員 井山 徹郎 池田 富士雄
 長岡技術科学大学 非会員 倉橋 貴彦 井原 郁夫
 熊本高等専門学校 非会員 中島 栄俊

1. はじめに

打音点検は低コストで簡易に行うことが出来るため、一次検査で広く用いられている。一方で打音点検は官能検査であり、点検者によって欠陥検知精度が異なることが舟波らによって報告された¹⁾。

著者らは、これまでに打音点検技能を、データマイニング手法の一つである自己組織化マップを用いて形式知化した²⁾。初学者を対象に、形式知を学習させることで打音点検精度が向上することを確認した³⁾。しかしながら、欠陥検知精度向上に資する重要な技能は形式知化されたものの、提案したトレーニングは定性的な指導に留まっていること、点検実務経験者を対象とした効果検証が行われていないことが課題であった。

本稿では、形式知化された技能毎に定量的な目標値を設定し、構造物点検実務経験者を対象にトレーニング効果の検証を行った。

2. 実験方法

2.1 試験体概要

試験体は、長さ 2000mm×高さ 1800mm×厚さ 280mm のコンクリート壁型パネルである。パネル内部には、内部空洞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。人工欠陥パラメータを表-1 に示す。人工欠陥の埋設深さは 11 水準、欠陥領域は 4 水準、アスペクト比は 1:1 または 1:2 と設定した。セメントは、早強ポルトランドセメントを使用し、材齢 7 日時点の圧縮強度は打音点検精度測定試験 (2.3 節) のパネルは 33.2N/mm² および 40.1N/mm²、打撃特性測定試験 (2.4 節) のパネルは 40.1N/mm² であった。

2.2 被験者の属性

被験者は打音点検の実務経験を有する 11 名 (B~L) である。実務経験者の年齢は 20 代から 40 代であり、打音点検の実務経験年数は 1~20 年であった。

表-1 人工欠陥

欠陥深さ(mm)	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
欠陥領域(mm ²)	10000 40000 90000 160000										
アスペクト比	1:1 1:2										

2.3 打音点検精度測定試験

被験者は人工欠陥を埋設したコンクリートパネル 5 枚に対して打音点検を実施し、1 枚あたり 7 分 30 秒を制限時間として被験者は欠陥と判断した領域にチョーキングを行う。試験終了後、チョーキングの状況をデジタルカメラで撮影し、その画像からチョーキング面積等を算出し、式(1)、(2)より検知精度の評価を行った。

$$\text{欠陥発見割合}[\%] = \frac{\text{発見した欠陥個数}}{\text{総欠陥個数}} \times 100 \quad (1)$$

$$\text{欠陥上検知率}[\%] = \frac{\text{検知した面積}}{\text{欠陥総面積}} \times 100 \quad (2)$$

ここで、検知した面積は、人工欠陥領域上にチョーキングされた面積の総和である。

2.4 打撃特性試験

この試験では 1 枚のコンクリートパネルを対象に 7 分 30 秒を制限時間として打音点検を実施し、打撃回数、打撃時のハンマの最大加速度 (以降加速度)、打撃の時間間隔、距離間隔、コンクリート面とハンマの接触面積、打撃圧力を測定した。

3. 打音点検トレーニング

打音点検は、欠陥の探索と、発見した欠陥領域同定の 2 つのフェーズに分類することが出来る。大越らが抽出した各フェーズにおける重要打撃特性を基に、打音点検における重要な打撃特性を指導する動画資料を作成し、被験者に 1 週間視聴させた。各打撃特性の指導内容の概要を表-2 に示す。本トレーニングでは、トレーニ

キーワード 打音点検, 欠陥発見割合, 欠陥上検知率, 知識トレーニング

連絡先 〒940-8532 新潟県長岡市西片貝町 888 番地 長岡工業高等専門学校 TEL 0258-34-9276

表-2 被験者への指導内容

フェーズ	打撃特性	トレーニング	指導内容
探索	打撃数	知識	検査面の叩き漏れが無いように打撃することを意識する。 欠陥検知精度最上位者を参考に、打撃数180回/m ² を意識する。
	接触面積	知識	音のばらつきを少なくするために一定の面積で叩くことを意識する。
	打撃圧力	知識	前打撃との音の差異をより大きくすることや、より加振できるようにするためにハンマの打撃圧力を大きく、ばらつきのないように打撃することを意識する。
	加速度	知識	小さい欠陥や深い位置にある欠陥を見つけるため、より強い打撃を意識する。
同定	打撃数	知識	欠陥検知精度最上位者を参考に、打撃数104回/m ² を意識する。
	打撃距離間隔	知識	内部欠陥の位置を正確に判別するために細かく一定に叩く。 欠陥検知精度最上位者を参考に、打撃の間隔は40mmを一定にする。
	打撃平均移動速度	知識	音の違いを聞き取りやすくするために一定のテンポで叩く。 欠陥検知精度最上位者を参考に、5秒間で10回の打撃を意識する。
	加速度	知識	音の違いを聞き取りやすくするために一定の強さで打撃することを意識する。

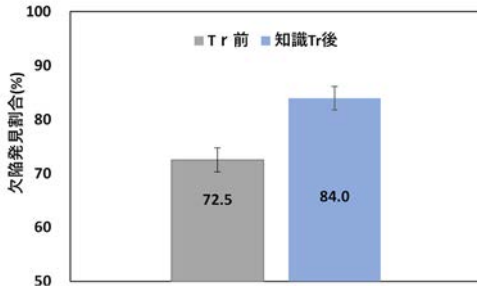


図-1 欠陥発見割合

ング前において最も欠陥検知精度の高かった実務点検者 A (以降、手本者 A と称する) の打撃特性を手本として、具体的な数値目標を設定した。

4. 実験結果

4.1 探索フェーズにおけるトレーニング効果

図-1 にトレーニング前後の欠陥発見割合の平均値を示す。図中のエラーバーは標準誤差を示している。トレーニング前後の欠陥発見割合を比較すると、欠陥発見割合は 72.5%から 84.0%となり、11.5%向上した。

図-2 に探索フェーズにおける打撃特性の変化を示す。

打撃回数はトレーニング前と比較して約 360 回増加しており、検査面のたたき漏れが減少し、欠陥発見割合が増加したと考えられる。また、打撃圧力と加速度の中央値がそれぞれ約 30MPa, 約 4405m/s² 増加した。打撃圧力と加速度が増加したことで加振力が増幅し、深部にある欠陥や小さい欠陥を発見することができるようになり、発見個数向上につながったと考えられる。

4.2 同定フェーズにおけるトレーニング効果

図-3 にトレーニング前後の欠陥上検知率の平均値を示す。図中のエラーバーは標準誤差を示している。トレーニング前と知識トレーニング後を比較すると、欠陥上検知率は 4.6%向上した。

5. まとめ

提案したトレーニングを実施したことにより、被験者 11 名のうち、10 名がトレーニング前と比較して欠陥発見割合が向上し、平均で 11.5%向上した。また、欠陥上検知率は 4.6%向上した。

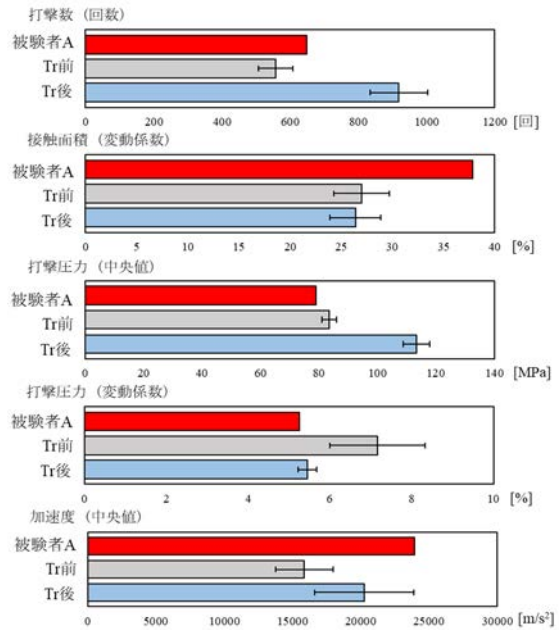


図-2 探索フェーズの打撃特性

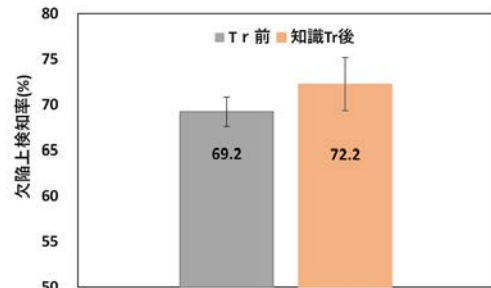


図-3 欠陥上検知率

欠陥上検知率は、欠陥発見割合に比べてトレーニングによる効果が小さかった。これは打撃距離間隔や打撃平均移動速度等、欠陥領域を同定する動作の獲得が欠陥を探索する動作獲得に比べて困難であることが考えられる。

謝辞

本研究成果は、科学技術振興機構研究成果展開事業研究成果最適展開支援プログラム A-STEP トライアウト JPMJTM20DK の支援を受けた。

参考文献

- 1) 舟波尚哉ら：打音点検の打撃特性がコンクリート構造物の内部欠陥検知率に及ぼす影響，コンクリート工学年次論文集，Vol.40，No.1，pp.1773-1778，2018.7
- 2) 大越悠生ら：自己組織化マップを用いた打音点検の欠陥検知精度に影響を及ぼす打撃特性の抽出，コンクリート工学年次論文集，vol.43，No.1，pp.1253-1258，2021
- 3) 林純哉ら：打音点検における欠陥検知精度向上および標準化に資する打撃特性に基づいたトレーニング効果の検証，コンクリート工学年次論文集，vol.43，No.1，pp.1157-1162，2021