

## AIによる練混ぜ画像を用いた即脱コンクリート製品の品質予測

太平洋セメント(株) 正会員 ○小池 耕太郎 工藤 正智  
石井 祐輔 早野 博幸

## 1. 目的

近年、AIを用いた技術開発が進み、コンクリート構造物の維持管理においてAI技術の活用が進んでいる。一方で、コンクリートの製造では技術者の技量や経験に基づいた検査手法を採用している場合も多い。例えば、即脱コンクリート製品であるインターロッキングブロック(以下、ILブロック)の工程検査では、検査員による練混ぜ状況や練混ぜ量の目視検査、触感によるコンシステンシー判定を実施している。そのため、自動化・省力化といった生産性向上が求められている。

著者らはこれまでに、コンクリート製造工程にAI技術を適用し、コンクリート練混ぜ時の動画からスランプを高精度に予測可能な技術について検討を行った<sup>2)</sup>。そこで本研究では、AI技術の深層学習および画像認識を用いて、ILブロックの品質予測を可能とする技術開発を目的とし、ILブロックの触感評価および充填率の2項目を評価対象として実験的検討を行った。

## 2. 実験概要

## 2.1 即脱コンクリートの練混ぜ実験

基準配合における曲げ強度および単位容積質量を表1に示す。表に示す基準配合を0と表記し、基準配合の水量に対して、ILブロックが成形不可能となるまで適量加水した水準を2+までとし、減水した水準を3-まで各配合につき6水準の作製を目標とした。ただし、コンクリートの状態を目視で確認しながら注水量を調整したため、一部±0.5刻みの水準を加え、合計22水準とした。コンクリートの練混ぜは、アイリッヒミキサ(練量12L)を使用した。

## 2.2 測定方法

本検討における評価項目は、練混ぜ直後のコンクリートを手で握り、コンシステンシーを1.0~5.0の範囲で評価した検査員3名の平均値を触感評価とした。触感評価は、値として3.0が最適な水量で、1.0に近い程水量が少なく、5.0に近い程水量が多いという判定となる。充填率は、曲げ強度試験方法JIS A 5371に準拠した100×200×80mmのILブロックを高振動加圧即時脱型方式で作製し、(成形後の単位容積質量/示方配合から求まる単位容積質量)×100(%)として算出した。

練混ぜ時の動画は、所定水量を注水後に30秒間のコンクリートの状況を、ミキサ上方から解像度

表1 曲げ強度および単位容積質量

| 配合名    | 合成FM | W/C (%) | 曲げ強度 (N/mm <sup>2</sup> ) | 単位容積質量 (kg/m <sup>3</sup> ) |
|--------|------|---------|---------------------------|-----------------------------|
| FM3.86 | 3.86 | 30      | 6.94                      | 2541                        |
| FM4.19 | 4.19 | 30      | 6.60                      | 2531                        |
| FM5.50 | 5.50 | 20      | 5.96                      | 2593                        |

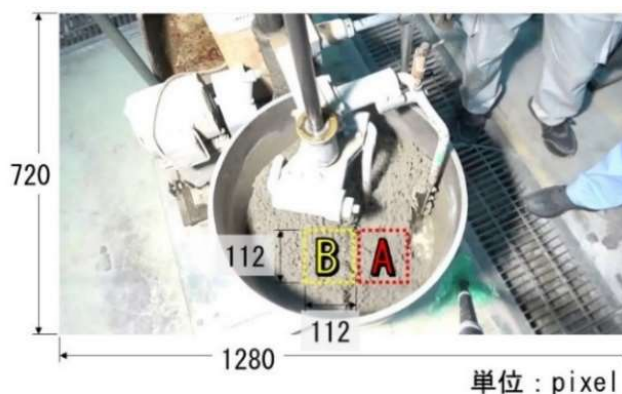


図1 練混ぜ画像の抽出領域

720×1280pixelのデジタルビデオカメラを用いて取得した。光源には、ハロゲンライトを用いた。

## 2.3 AIモデルの構築

AIによる学習モデルの構築は、以下のように実施した。

練混ぜ動画からの画像抽出は、所定水量注水後からミキサ停止までの30秒間の内、コンクリートの状態が比較的安定していると思われる、ミキサ停止直前から遡った15秒間とした。図1に練混ぜ画像の抽出領域を示す。ミキサ内は、反時計回りに回転する中央部の羽根および右端部の固定された羽根によってコンクリートの動きが異なることから、次の様に抽出領域を設定した。領域A:固定された羽根によってコンクリートがかき上げられることにより、最もコンクリートの動きが大きい領域(112×112pixel)、領域B:領域Aと隣接する、比較的コンクリートの動きが小さい領域(112×112pixel)、領域Aおよび領域Bを合わせた領域A+B(112×224pixel)。また、上述した領域を縦横10pixelずつ移動させた画像5枚を取得、それぞれの領域で2250枚の画像を抽出し、合計49500枚の画像を使用した。それらの内、学習用画像数は33750枚、検

キーワード 即脱コンクリート製品、インターロッキングブロック、AI、画像認識

連絡先 〒285-8655 千葉県佐倉市大作2-4-2 太平洋セメント(株) 中央研究所 TEL043-498-3902

証用画像数は15750枚とした。AIモデルとしては、画像認識において広く用いられている畳み込みニューラルネットワーク(Convolutional Neural Network: CNN)と呼ばれる手法を基に、回帰モデルを構築した。図2にAIモデルの概要を示す。今回用いたAIモデルでは、①で抽出した練混ぜ画像を入力し、触感評価および充填率を予測する2出力モデルを構築した。また、学習ライブラリとしてTensorFlowを使用した。

検証は層化k分割交差検証(k=3)を用いて、それぞれの抽出領域について触感評価および充填率の予測を行い、正解率による予測モデルを評価した。

### 3. 実験結果

#### 3.1 触感評価と充填率の関係

図3に触感評価と充填率の関係を示す。充填率91±4%の範囲で、触感評価が3.0に近いILブロックが最も理想的なコンシステンシーとされている。FM3.86およびFM4.19の水準では、触感評価による結果、すなわち注水量と充填率に概ね線形関係が確認されたが、FM5.50では、注水量が充填率に大きく影響しない結果となった。これは、FM5.50が他配合よりも比較的粗い骨材を使用し、ポーラス状となっていることが原因で、注水量が充填率に及ぼす影響が小さくなったと考えられる。

#### 3.2 AIモデルによる予測結果

表2に、各領域における触感評価および充填率の正解率を示す。検証では、抽出した練混ぜ画像を入力データとし、AIモデルが出力した予測触感評価および予測充填率を実測値と比較する。AIによる予測値が、実測値±許容差以内になった場合を正解とし、全数におけるその割合を正解率とした。表より、領域Aが触感評価および充填率のいずれも正解率が高く、コンクリートの動きが比較的小さい領域Bや、領域Aおよび領域Bを合わせた領域A+Bが低い結果となった。領域Aは、練混ぜ中のコンクリートの動きが大きい領域であり、ILブロックの施工性を含む、品質予測に繋がる特徴量が多く含まれていると考えられる。この様な特徴量は、領域A+Bも有しているものの、予測精度に影響を与える特徴量が比較的少ない領域Bの影響を受けたことによって、領域Aよりも正解率が低くなったと推察する。そのため、練混ぜ画像を抽出する際は、コンクリートの動きに着目して抽出領域を選択することが重要である。

今後は、実工場への適用へ向けた、カメラ撮影位置や光源といった環境条件等のさらなる検討が必要であると考えられる。

### 4. まとめ

本研究で得られた知見を以下に示す。

- 1) 注水量と充填率の関係は、粗粒率によって傾向は

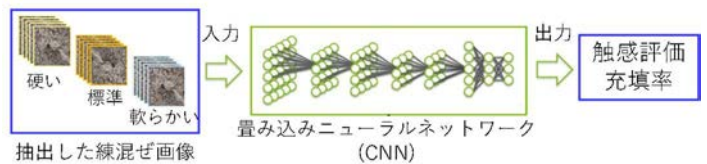


図2 AIモデルの概要

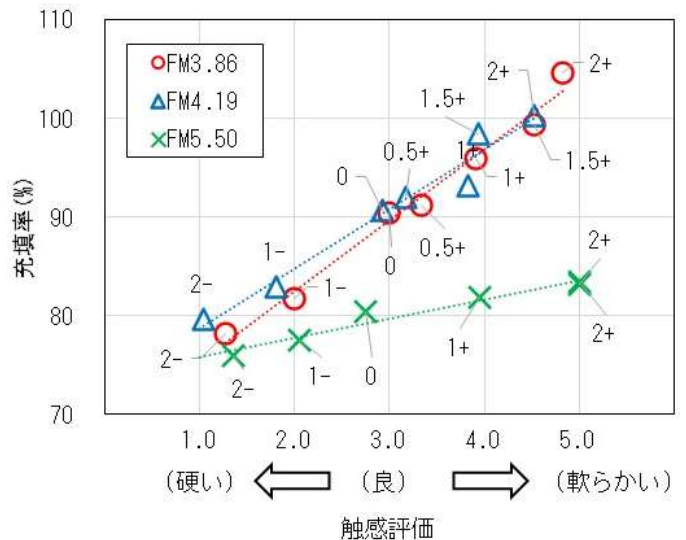


図3 触感評価と充填率の関係

表2 各領域における触感評価および充填率の正解率

| 評価項目 | 領域  | 許容差   |       |        |        |        |
|------|-----|-------|-------|--------|--------|--------|
|      |     | ±0.4  | ±0.6  | ±0.8   | ±1.0   | ±1.2   |
| 触感評価 | A   | 47.4% | 63.2% | 94.7%  | 100.0% | 100.0% |
|      | B   | 42.1% | 42.1% | 78.9%  | 100.0% | 100.0% |
|      | A+B | 52.6% | 68.4% | 84.2%  | 94.7%  | 100.0% |
| 充填率  |     | 許容差   |       |        |        |        |
|      |     | ±4.0  | ±6.0  | ±8.0   | ±10.0  | ±12.0  |
|      | A   | 73.7% | 94.7% | 100.0% | 100.0% | 100.0% |
|      | B   | 68.4% | 73.7% | 94.7%  | 94.7%  | 100.0% |
|      | A+B | 68.4% | 84.2% | 89.5%  | 89.5%  | 100.0% |

異なるものの、概ね線形関係であることが認められた。

- 2) 入力データとして使用する画像は、練混ぜ時のコンクリートの動きが大きく、品質予測に繋がる特徴量が多く含まれていると考えられる領域を選択して抽出することにより、予測精度が向上することを確認した。

### 参考文献

- 1) 土木学会技術推進機構：インフラ維持管理へのAI技術適用のための調査研究報告書，SIPインフラ連携委員会報告，pp.3-24(2019)
- 2) 早野博幸：AI技術を適用したコンクリートの練混ぜ過程におけるスランプ予測手法の開発，日本建築学会技術報告集，No.27，Vol.65，pp.13-17(2021)