

県内の製造現場に即した鑄物砂性状の管理手法に関する研究

機械加工科 主任研究員 大 田 剛 大
機械加工科 主任研究員 梅 木 宣 明

鑄造で使用する砂は、繰り返しの使用で品質が劣化し鑄造品の品質に影響が生じる。これを防ぐために砂の管理を行っているが、この管理は現場の経験と勘で行っている。そこで、本研究は、経験と勘の管理からデータを活用した管理への転換を図ることで、砂品質の安定化、さらには鑄造品の品質向上を目指している。

1年目となる令和5年度の研究では、砂性状、砂の投入量、鑄造欠陥発生状況から、砂の管理項目の絞り込み、鑄造欠陥発生時の砂の特性について調査した。

1. 緒言

鑄造は、中空で複雑な形状の部品や大型の部品を効率的に生産する技術であり、鑄造で生産された鑄物は振動の減衰能が優れているため大型の回転部品などに適用されている。さらに、プレス加工の端材などを材料に使うため資源の有効利用になっている。

また、砂型鑄造では、溶かした金属を砂の型に流し込み、冷却・凝固させる。このとき、砂の性質が鑄造品の品質に大きく影響するが、使用するにつれて状態が悪くなり鑄造品の品質へ影響を及ぼす。砂の状態が変化する原因は、砂を再利用する時に生じる熱や摩擦、衝撃による割れ、付着物の残留等である。これらを防ぐために、砂の品質を数項目管理し、経験的に新しい砂を補給して対策しているが、管理項目の選定や砂投入の時期及び量については明確な根拠が示されていない。

そこで、本研究は、経験と勘の管理からデータを活用した管理による砂の品質安定化と、これに伴う鑄造品の品質向上を目指す。

2. 試験方法

2. 1 砂性状と砂投入量の関係性調査

使用後の劣化した砂は、新砂を投入することで砂全体の特性を改善している。この特性変化を調査するため、砂の特性と砂の投入量を同時期に調査しその傾向を比較した。

試験項目は、これまでの研究^[1]で有効と考えられた7項目（粒度試験、通気度試験、表面安定度試験、水分試験、強熱減量試験、かさ密度測定、圧縮強さ試験）の試験とした。また、試験の期間は、最初と最後の試験の間隔を1か月とし、試験番号（試験回数）と砂の投入量は表1のとおりとした。これらの試験で得られた結果をもとにクラスター分析を実施した。

表1 各試験時の砂投入量と鑄造欠陥割合

試験番号	砂投入量(t)	鑄造欠陥(%)
①	4	8
②	6	0
③	4	6
④	0	3
⑤	4	10

2. 2 砂性状と鑄造欠陥による管理幅の調査

砂の管理幅は、安価で単純形状に適した生型において明記されている^[2]が、本研究で使用する自硬性鑄型の管理幅は明記されていない。また、鑄造現場の環境や、製造方法が異なるため、正確な管理幅は各現場の実情に応じて決まる。そこで、県内企業に協力いただき、実際の鑄造現場の鑄造欠陥の有無とその時の砂特性の値をもとに砂の管理幅を推定した。

3. 結果及び考察

3. 1 砂の試験項目の絞り込み

砂試験の結果より、クラスター分析を実施した結果を図1に示す。クラスター分析の結果から、通気度、表面安定度、かさ密度、粒度指数、強熱減量は関係性が強く、水分量と圧縮強さは関係性が比較的に弱いことが示された。

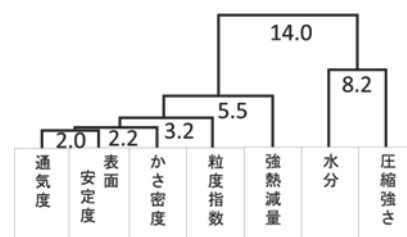


図1 クラスター分析結果

また、横軸に時系列、縦軸に各砂特性を任意強度で示したグラフを図2から4までに示す。これらの結果、通気性は、砂の投入量にかかわらず時系列で値が右肩上がりに変化し、一方で、強熱減量は砂の投入量に伴い変化、水分量は砂の投入量とは無関係に変化していることが分かる。引き続き、データの蓄積は実施するものの、現時点の解析では、①時系列変化、②砂の投入量変化、③無相関の3つのパターンがあると考えている。

管理項目の選定については、現場で測定することが容易な項目を優先し、砂投入量との相関を示さなかった「水分量」と「圧縮強さ」を別項目とした次の4つ（「粒度・強熱減量・かさ密度」、「通気度・表面安定度」、「水分量」、「圧縮強さ」）に絞り込んだ。

砂の管理幅については、鑄造欠陥が発生した時の砂特性の値をもとに、管理幅を推定した。図5に一例として通気度の管理幅（240～260）を示す。この管理幅は、上限値と下限値で示されるが、水分量については、上限値のみ（下限値無し）となる。生型の場合、結合剤に使用されるベントナイトが水分を含むことで膨張と粘性が得られるため、水分を一定量必要とする。一方で、有機自硬性鑄型の場合、結合剤は自硬性樹脂であり結合に水分を必要としないため下限値が無い結果を示した。

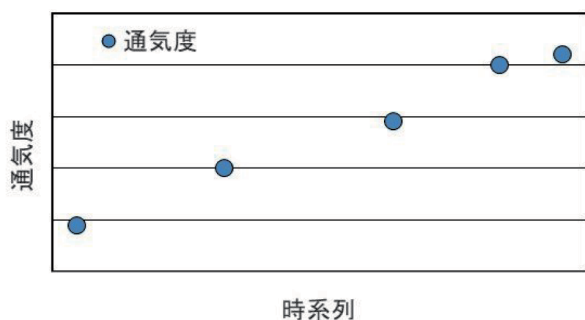


図2 時系列における通気度の変化

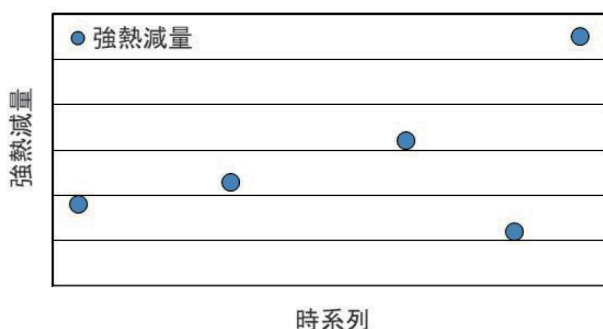


図3 時系列における強熱減量の変化

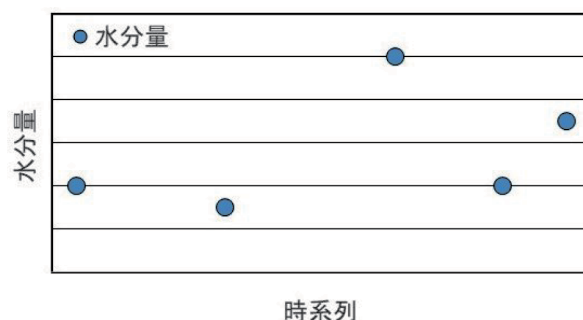


図4 時系列における水分量の変化

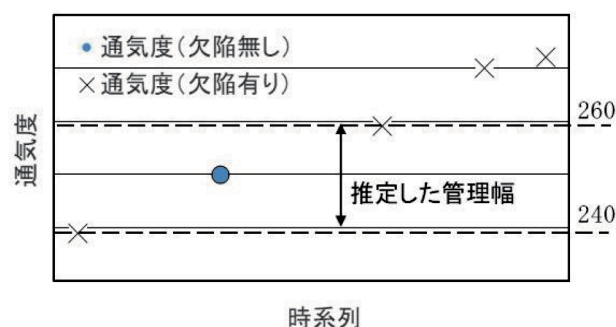


図5 管理幅の推定

4. 結言

データ活用による砂の管理を目的として試験項目の絞り込みおよび砂性状の管理幅の推定を行った。項目の絞り込みでは、クラスター分析、グラフの値、現場での活用を考慮したうえで4項目に絞り込んだ。ただし、引き続き収集するデータによりクラスター分析の結果やグラフの傾向が変化する可能性もあるため、試験結果に合わせて絞り込み項目を検討する必要がある。また、推定した管理幅については、その値の正確さについて検討していない。今後は、その妥当性について調査する。

参考文献

- [1] 大田剛大、小笠原耕太郎：木型と鑄物砂の改善による鑄造品の品質向上、長崎県工業技術センター研究報告、No. 52, pp. 47-51, 2023.
- [2] 日本鑄造工学会編：鑄造工学便覧、p. 73, 2002.