

県内の製造現場に即した鋳物砂性状の管理手法に関する研究

(効率的な鋳物砂の品質管理の提案)

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

鋳造で使用する砂は、繰り返しの使用で品質が劣化し鋳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、さらには鋳造品の品質向上を目指している。

2年目となる令和6年度の研究では、砂の管理項目の絞り込み、耐火性、砂型成型について調査した。

1. 緒言

鋳造は、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、鋳造で生産された鋳物は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、砂型鋳造では、融かした金属を砂型に流し込み、冷却・凝固させる。このとき、砂の性質が鋳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化し鋳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、これに伴う鋳造品の品質向上を目指す。

2. 試験方法

2. 1 クラスタ分析による砂性状の関連性調査

鋳造後の劣化した砂は、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、定期的に採取した砂からその特性を調査した。

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。これらの試験で得られた結果をもとにクラスタ分析を実施した。また、これまでのクラスタ分析の結果とも比較して調査した。

2. 2 耐火性評価試験

鋳造欠陥の一つである焼付きは、鋳型の耐火性が低い場合に発生する。この対策として、耐火性の高いクロマイトサンドを投入して鋳型の耐火性を上げている。しかし、クロマイトサンド投入に対する耐火性向上を評価する明確な方法はない。そのため、クロマイトサンドの混入量の異なる試料に対して、これまでの研究^[1]で有効性を示した耐火性評価試験により耐火性を評価した。

2. 3 砂型の成型方法の検討

砂型の成型には、砂、粘結剤及び硬化剤を適切な量準備し、これらを均一に攪拌、混練する必要がある。また、成型した砂型は、時間経過で型強度（圧縮強さ）が変化するため、適切な時間保持する必要がある。そこで、砂型の成型方法検討のため、表1の試験条件により、ミキサー及びサンドランマーを用いて砂型の通気度試験及び圧縮強さ試験から適切な成型方法を検討した。

表1 砂型成型における試験条件

試料名	砂 (g)	粘結剤 (g)	硬化剤 (g)	攪拌時間 (sec)	保持時間 (h)
(1)	200	4.8	1.0	120	36
(2)	162.3	5.3	0.9	120	4

3. 結果及び考察

3. 1 砂の試験項目の絞り込み

砂試験の結果から、クラスタ分析を実施した結果を図1に示す。分析結果から、次の①～④の事を確認

した。①かさ密度、粒度指数、水分量の関連性が強い。②通気度、表面安定度の関連性が強い。③強熱減量、圧縮強さの関連性が弱い。これらの原因として、①では砂粒子の大きさに起因したグループ、②では砂成型時の充填率及び結合力に起因したグループと推定された。一方で、③の強熱減量、圧縮強さの関連性が弱いことから砂の品質管理においては、①、②とは別に強熱減量、圧縮強さの項目を独立して行う必要があることが推定された。また、令和5年度までの分析結果を図2に令和4年度まで分析結果^[1]を図3に示す。令和5年度及び令和4年度までの分析結果は、表面安定度とかさ密度、粒度指数と通気度の関連性が強く、水分量、圧縮強さ、強熱減量の関連性が弱い結果を示した。この結果は、上述した令和6年度までの分析結果と比較して、表面安定度、かさ密度、粒度指数、通気度の関連性の強さは同様だが、水分量の関連性が強く見られた。水分量は、採取時期や気候の影響に左右されることから、砂採取時の気温や湿度についても確認する必要があることが推定された。

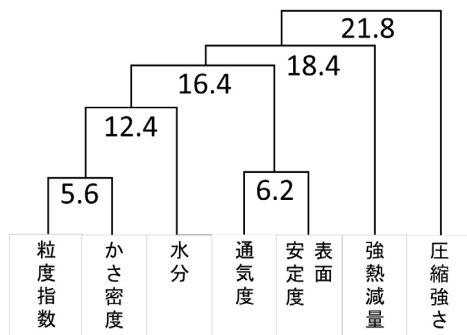


図1 令和6年度までのクラスター分析結果

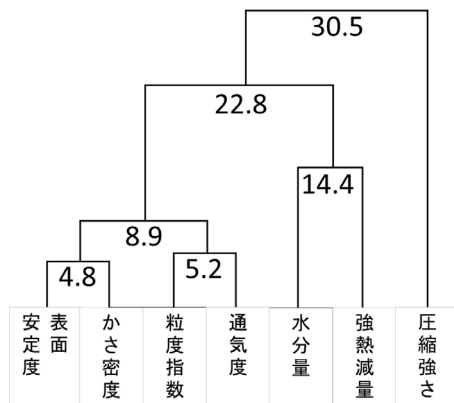


図2 令和5年度までのクラスター分析結果

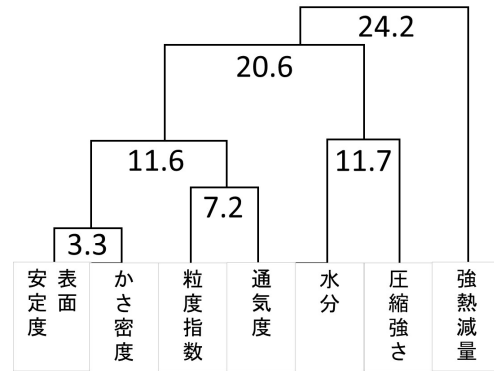


図3 令和4年度までのクラスター分析結果

3. 2 耐火性試験

クロマイトサンドの混入量が異なる2種類の成型砂の耐火性評価試験の結果を図4に示す。クロマイトサンド混入量の多少にかかわらず、振とう時間の経過に伴い質量残存率の緩やかな減少がみられた。この結果から、砂型が振とうの途中で砂型に大きな割れや欠けが発生せず、外側から規則正しく削れたためであることが推測された。また、クロマイトサンド混入量による耐火性は、混入量が多いほど耐火性が高く、混入量が少ないほど耐火性が低い値を示した。この傾向は、クロマイトサンドの特性と一致していることから、本試料において、混入量の違いに対する砂型の耐火性を明確に評価できる結果であった。

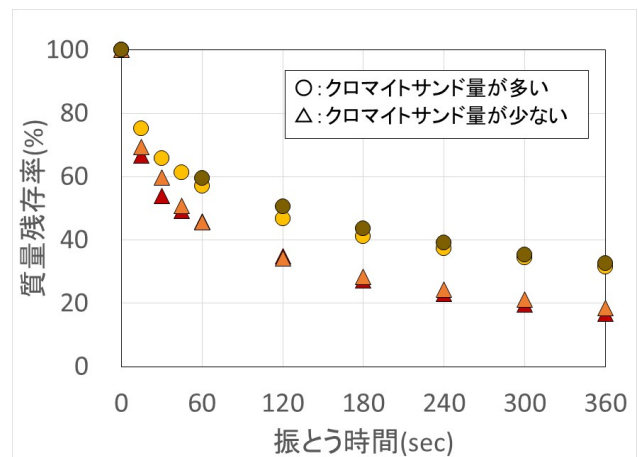


図4 耐火性評価試験結果

3. 3 砂型の成型実験

表1の試験条件で成型した砂型の試験結果を表2に、成型した砂型を図5及び図6に示す。試料(1)では、成型後の試料を取り出した際に砂型の一部が欠損した。これは、砂、粘結剤、硬化剤が均一に混練されていない

かったため砂型の一部が結合されずに崩壊したと考えられた。なお、均一に混錬するには、混錬砂をミキサーで回転させる際、ミキサーの回転に合わせて混錬砂が壁面上り、その後上から落下するように混ぜなければならない(例:図8の①→②→③)。しかし、試料(1)では、ミキサーの大きさ、内部の形状、ミキサー内部壁面の摩擦力、混錬砂の投入量などが原因で、混錬砂がミキサー壁面上った後、図8の③の様に落下せず、図8の④の様に元の位置に滑り戻り砂全体が適度に撹拌されなかったため結合力が一部低下したと考えられた。

次に、試料(2)で成型した砂型を図6に示す。参考として図7に鑄造現場の砂で作製した成型砂を示す。この試料では、混錬した砂をポリタンクに入れ、その容器ごとミキサーで回転させることで滑り戻りを防ぎ混錬した。この試料では、試料(1)とは異なり、砂型の崩壊は確認されなかった。しかし、通気度、圧縮強さの結果から、空隙が多く、強度が弱いことが確認された。空隙の増加については、砂を採取する際、保存容器の上澄みのみを使用したため、比較的粒径の大きい砂のみを使用しており、その結果、砂型成型時に空隙の領域が拡張した。また、強度の低下については、上述の空隙の増加に加えて、短い保持時間で試験を実施したため、砂型が十分に硬化されず、強度が低下したと推定された。



図6 試料(2)の成型砂

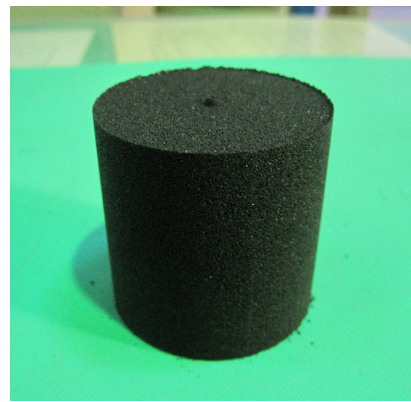


図7 鑄造現場の砂を用いて作製した成型砂

表2 砂型の試験結果

試料名	砂型質量(g)	砂型高さ(mm)	通気度(-)	圧縮強さ(kgf/cm ²)
(1)	143.7	37.3~43.8	-	-
(2)	164.8	48.55	296	10.06



図5 試料(1)の成型砂(一部欠損)

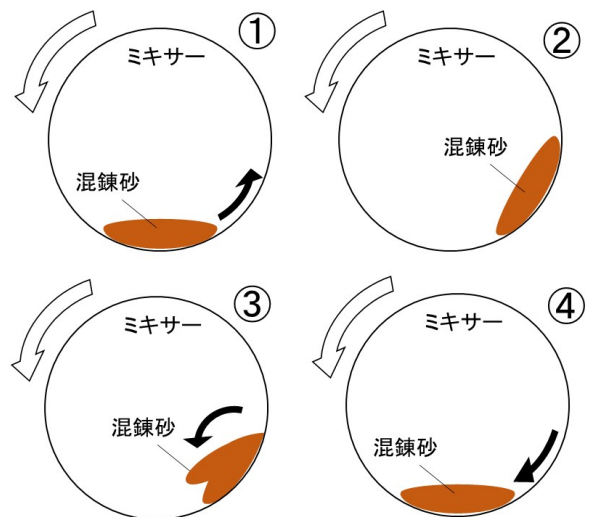


図8 ミキサーによる混錬砂回転のイメージ図

4. 結言

データ活用による砂の管理を目的とした試験項目の絞り込み、クロマイトサンド混入量に対する耐火性評価、鑄造実験のための砂型の成型について検討した。

試験項目の絞り込みでは、クラスター分析の結果から試験項目を4項目に絞り込んだ。ただし、令和5年度及び令和6年度のクラスター分析の結果と比べて水分量の関連性の強さが異なっており、温度、湿度等の外的要因の影響も考えられた。そのため、これらも併せて確認しつつ引き続き砂項目のデータ収集を行い適切な管理項目を検討する。クロマイトサンドの耐火性評価試験では、クロマイトサンドの混入量の増加に伴い耐火性が向上すること（耐火性の特徴）が明確に示された。砂型の成型実験では、混錬条件及び均一な混錬方法を示した。ただし、砂型の強度が低水準であることから、今後は、砂、粘結剤、硬化剤の分量、硬化時間の妥当性について引き続き調査する。

参考文献

- [1] 大田剛大、小笠原耕太郎：木型と鋳物砂の改善による鋳造品の品質向上、長崎県工業技術センター研究報告, No. 52, pp. 47-51, 2023.