



# 球状黒鉛鋳鉄の構造部材設計に用いる切欠き強度評価に関する研究

|        |   |
|--------|---|
| 著者     | 池田 朋弘   |
| 発行年    | 2018-03-23  |
| 学位授与番号 | 17104甲工第451号  |
| URL    | <a href="http://hdl.handle.net/10228/00006775">http://hdl.handle.net/10228/00006775</a> |

|         |                                |    |                 |
|---------|--------------------------------|----|-----------------|
| 氏名      | 池田 朋弘                          |    |                 |
| 学位の種類   | 博士 (工学)                        |    |                 |
| 学位記番号   | 工博甲第451号                       |    |                 |
| 学位授与の日付 | 平成30年3月23日                     |    |                 |
| 学位授与の条件 | 学位規則第4条第1項該当                   |    |                 |
| 学位論文題目  | 球状黒鉛鋳鉄の構造部材設計に用いる切欠き強度評価に関する研究 |    |                 |
| 論文審査委員  | 主査                             | 教授 | 野田 尚昭           |
|         |                                | 〃  | 惠良 秀則           |
|         |                                | 〃  | 赤星 保浩           |
|         |                                | 〃  | 松田 健次           |
|         | 技術顧問                           |    | 佐野 義一(丸栄化工株式会社) |

## 学位論文内容の要旨

球状黒鉛鋳鉄を構造部材に用いる際、脆性破壊を防ぐため、工業的にシャルピー衝撃試験が広く用いられている。しかし、シャルピー衝撃試験で得られる吸収エネルギーは靱性を評価するものであるため、工業製品の設計や製造に必要とされる引張強度、耐力や疲労限度などの強度に直接には関係しない。また、試験速度を任意に設定することができないため、往々にして実製品とかけ離れた試験速度となる場合がある。そこで本論文では、球状黒鉛鋳鉄の構造部材設計のため、温度条件だけではなくひずみ速度条件にも着目し、切欠き影響を考慮した設計強度評価法を検討している。そして、球状黒鉛鋳鉄品において最も厳しい負荷がかかるコーナー部や肉厚変化部、リブなどの応力集中を受ける部位に対する設計強度として、平滑材の常温静的強度を採用できるひずみ速度・温度の限界条件を考察している。その結果、切欠き材強度が平滑材強度を上回る条件である切欠き強化下限界条件 (Notch strengthening threshold criterion:  $R \geq R_{th}$ ) を構造部材設計に用いることを提案している。この論文は、計6章で構成されており、その各章の構成は以下のようになっている。

第1章では、球状黒鉛鋳鉄の歴史と近年の開発状況、工業的に普及しているシャルピー衝撃試験とその問題点について紹介している。そして、球状黒鉛鋳鉄の脆性破壊をはじめとする一発破壊に対する設計強度評価上の課題について検討し、この論文の研究目的を説明している。

第2章では、工業的に普及しているシャルピー衝撃試験と同様の負荷形式と試験片において、高Si球状黒鉛鋳鉄の切欠き三点曲げ強度及び靱性に及ぼすひずみ速度の影響を調べている。この材料は近年欧州を中心に新材料として注目されながらシャルピー衝

撃値が低いために、脆性破壊に対して不安視されている。そして、球状黒鉛鑄鉄の脆性破壊に対しては、同材料の強度、韌性に及ぼす温度の影響のみならずひずみ速度の影響にも着目する必要があることを明らかにしている。

第3章では、高 Si 球状黒鉛鑄鉄の強度、韌性に及ぼすひずみ速度、温度の影響を統括して評価するため、ひずみ速度-温度パラメータ  $R$  値に注目して実験結果を整理している。そして、シャルピー吸収エネルギー値による評価は、強度設計に対して過剰に安全側の評価であること、吸収エネルギー値は、設計強度の尺度としては相応しいものでないことを論じている。

第4章では、曲げ負荷よりもより一般的で設計に用いやすい負荷形式である引張り負荷条件下で、高 Si 球状黒鉛鑄鉄の平滑材強度及び切欠き材強度に及ぼすひずみ速度と温度の影響をひずみ速度-温度パラメータ  $R$  値により整理している。そして、切欠き材強度が平滑材強度を上回る  $R$  値の条件(ひずみ速度と温度)は、構造部材がさらされる最も厳しい部類の  $R$  値を含む十分に広い範囲で存在することを明らかとしている。

第5章では、第4章で得た知見を基に、製品設計上構造部材に要求される  $R$  値において切欠き材強度が平滑材強度を上回るひずみ速度と温度の限界条件を切欠き強化下限界条件( $R \geq R_{th}$ )と定義した上で、この条件を球状黒鉛鑄鉄の一発破壊に対する安全性と適用範囲を明示するための設計強度評価法として提案している。そして、各種産業分野で実際に用いられてきたフェライト-パーライト基地の一般球状黒鉛鑄鉄へ本評価手法を適用し、切欠き強化下限界条件( $R \geq R_{th}$ )の有用性について論じている。なお、第4章と第5章で用いた切欠き材での高速引張試験において、切欠き底のひずみ速度を算定するためのひずみ速度集中係数については、付録で考察している。

第6章は、総括であり、この研究で得られた主要な結論を要約している。

## 学位論文審査の結果の要旨

本論文では、近年欧州を中心として実用化が検討されている高 Si 球状黒鉛鑄鉄及び一般球状黒鉛鑄鉄の切欠き強度、韌性に及ぼすひずみ速度と温度影響を明らかにしている。また、種々の球状黒鉛鑄鉄の一発破壊に対する構造材料としての安全性と適用範囲を明示するため、設計強度評価手法として、切欠き強化下限界条件( $R \geq R_{th}$ )を提案し、その有用性を示している。この新たな知見は、工業上や鑄造工学、機械工学上寄与するところ大であり、博士(工学)の学位論文に値するものとして認められる。

なお、本論文に関し、審査委員並びに公聴会出席者からは、板状試験片の場合の挙動、切欠き形状が変化した場合の取り扱い、塑性拘束の影響等について詳細な質問がなされたが、いずれも適切な回答がなされた。

以上により、論文審査及び最終試験の結果に基づき審査委員会において慎重に審査した結果、本論文が、博士(工学)に十分値するものであると判断した。