

非常用ディーゼル発電機 排気管伸縮継手の破損に伴う24時間連続運転の中止 (続報:原因調査の結果 最終報告)

2022年10月25日

当社は、2021年5月11日に発生した浜岡原子力発電所5号機非常用ディーゼル発電機(以下、「D/G」という。)(A)の排気管伸縮継手(注1)破損事象(2021年5月11日お知らせ済)の原因調査を実施してきました。

これまでに、当該排気管伸縮継手が破損した原因として、排気管伸縮継手の製作時に発生した溶接部のブローホール(注2)の近傍にD/Gの運転・停止による力が繰り返し加わり、き裂が発生したことが起因となったことを特定しました。(2021年9月29日お知らせ済)

引き続き、ブローホールを起点に発生したき裂が、軸方向へ進展し破損箇所が拡大した原因の調査を実施し、このたび、原因調査が完了したことから、その内容をお知らせします。

今回、排気管伸縮継手の破面の観察結果から、き裂進展にはD/G運転中の振動に伴う疲労破壊(注3)と排気管伸縮継手の脆化(注4)が影響しているものと推定し調査してまいりました。

初期き裂を模擬した試験体にて、D/G運転中の振動を模擬した加振試験(注5)を実施した結果、運転中のD/Gに比べ小さな振動加速度でも、初期き裂を起点としてき裂が進展することを確認しました。また、材料試験(注6)の結果、排気管伸縮継手の脆化は確認されませんでした。

D/G運転中は加振試験時より大きな振動が生じる環境であり、より強い応力が振動に伴い発生することから、D/G運転中の振動に伴う疲労破壊により、き裂が進展・拡大し、最終的に破損に至ったものと推定しました。

今後、排気管伸縮継手の定期取替時に、非破壊検査(注7)を実施し、排気管伸縮継手に初期き裂の原因となるブローホールが無いことを確認した上で、取付けをおこなってまいります。

注1 排気管伸縮継手とは、D/G過給機までの排気管と排気管を繋ぐ部品で、D/G運転時の熱や振動による変位を吸収するため、蛇腹形状の伸縮管構造となっています。

注2 ブローホールとは、溶接欠陥の一種であり、溶接時に接合する物体の間にあった水分、油、鋼材表面の錆などの汚れ、気体等が溶接部に入り込むことで生じた溶接部内部の小さな空洞をいいます。

注3 疲労破壊とは、物体が応力を繰り返し受けた場合にその物体の強度が低下し、破損に至ることをいいます。なお、応力は、熱や振動等で発生します。

注4 脆化とは、金属やプラスチックなどが、脆(もろ)く壊れやすくなることをいいます。

注5 加振試験とは、構造物を何らかの方法で振動を加え、その構造物の振動特性を試験することです。

注6 材料試験とは、材料の性質を調べるため試験をいい、調べる性質に適した試験をおこないます。今回は材料の脆化を調べるために硬さの測定やマイクロ組織観察などをおこないました。

注7 非破壊検査とは、物を壊すことなく傷やひび割れを調べる検査です。

別紙 非常用ディーゼル発電機 排気管伸縮継手の破損に至った原因調査の結果と対策

<これまでの公表状況>

■非常用ディーゼル発電機24時間連続運転の実施について

(2021年5月10日お知らせ済み)

■非常用ディーゼル発電機24時間連続運転の実施について

(続報:排気管伸縮継手の破損に伴う24時間連続運転の中止)

(2021年5月11日お知らせ済み)

■非常用ディーゼル発電機 排気管伸縮継手の破損に伴う24時間連続運転の中止

(続報:原因調査の結果 中間報告)

(2021年9月29日お知らせ済み)

以上

非常用ディーゼル発電機 排気管伸縮継手の破損に至った原因調査の結果と対策

当社は、2021年5月11日に発生した浜岡原子力発電所5号機非常用ディーゼル発電機(以下、「D/G」という。)(A)の排気管伸縮継手(注1)破損事象に伴い、原因調査を実施してきました。

これまでに、当該排気管伸縮継手の破損した原因として、排気管伸縮継手の製作時に発生した溶接部のブローホール(注2)の近傍にD/Gの運転・停止による力が繰り返し加わり、き裂が発生したことが起因となったことを特定しました。

引き続き、ブローホールを起点に発生したき裂が、軸方向へ進展し破損箇所が拡大した原因の調査を実施し、このたび、原因と対策を以下のとおりまとめました。

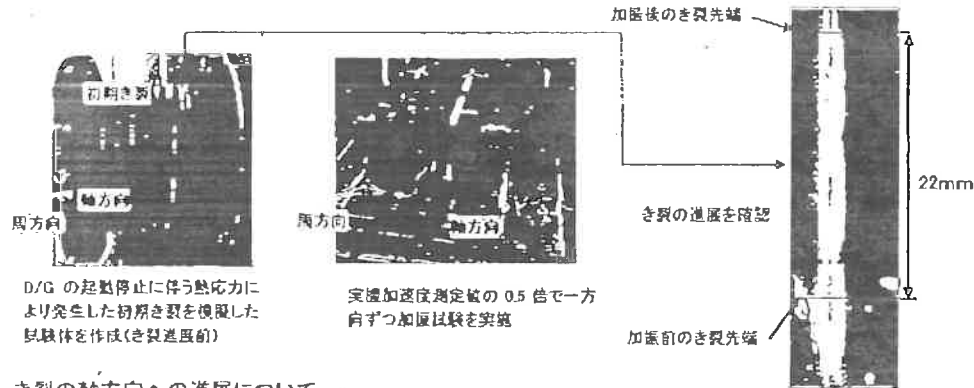
1. 推定要因とその調査結果

排気管伸縮継手の破面の観察結果から、き裂進展にはD/G運転中の振動に伴う疲労破壊(注3)と排気管伸縮継手の脆化(注4)が影響していると推定し、これらについて調査しました。調査内容および調査結果を表1に示します。

調査の結果、振動に伴う疲労破壊により、き裂が進展することを確認しました。また、排気管伸縮継手の脆化は確認されませんでした。

〈表1 調査内容および調査結果〉

推定要因	調査内容	調査結果
疲労破壊	疲労破壊によるき裂の進展の有無を加振試験(注5)により調査	D/Gの起動停止に伴う熱応力により発生した初期き裂を模擬した試験体を作成し、D/G運転中の0.5倍(注6)の振動加速度で加振試験を実施した結果、周方向にき裂の進展を確認しました。
脆化	排気管伸縮継手のき裂の進展に脆化が影響しているかを材料試験(注7)により調査	調査の結果、破損した排気管伸縮継手は区性を維持しており、かつ経年により硬さが上昇していなかったことから、排気管伸縮継手の脆化は確認されませんでした。

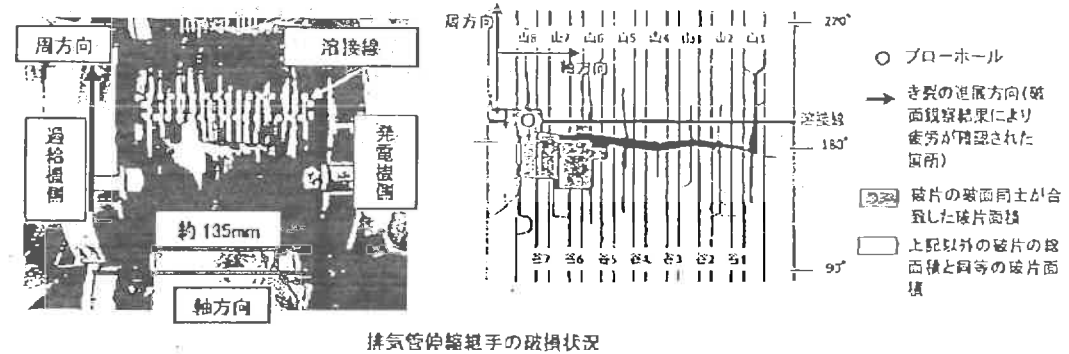


2. き裂の軸方向への進展について

- 加振試験では周方向に振動を加えた際に、き裂の進展を確認することができました。これは周方向に発生した初期き裂の先端に応力が発生したため、周方向にき裂が進展したものと考えています。
- 実際は加振試験時より過酷な環境(3軸(軸、鉛直、周方向)同時振動かつ、加速度も大きく、高温で排気管伸縮継手の内側から圧力がかかった状態)であり、より強い応力が排気管伸縮継手に生じるため、D/G運転中の振動により軸方向にもき裂が進展・拡大し、最終的に破損に至ったものと推定しました。

3. 当該排気管伸縮継手の破損メカニズムのまとめ

- 排気管伸縮継手の製作時に、溶接部にブローホール(溶接欠陥の一種)が発生したことにより、D/Gの運転・停止時に発生する応力がブローホール近傍で大きくなり、排気管伸縮継手の疲労寿命が設計での想定より短くなっていました。
- 当該排気管伸縮継手を長期間(13年)使用したことで、D/Gの運転・停止により、このブローホール近傍に過度な力が繰り返し加わり、き裂が発生しました。
- ブローホールを起点に発生したき裂がD/G運転中の振動に伴う疲労破壊により軸方向へ進展し、破損箇所が拡大することで、最終的に破損に至ったものと推定しました。



4. 今後の対策

排気管伸縮継手の定期取替時に、非破壊検査(注8)を実施し、排気管伸縮継手に初期き裂の原因となるブローホールが無いことを確認した上で、取付けをおこなっていきます。

- 注1 排気管伸縮継手とは、D/G送給機までの排気管と排気管を繋ぐ部品で、D/G運転時の熱や振動による変位を吸収するため、蛇腹形状の伸縮管構造となっています。
- 注2 ブローホールとは、溶接欠陥の一種であり、溶接時に接合する物体の間にあった水分、油、鋼材表面の錆などの汚れ、気体等が溶接部に入り込むことで生じた溶接部内部の小さな空洞をいいます。
- 注3 疲労破壊とは、物体が応力を繰り返し受けた場合にその物体の強度が低下し、破損に至ることをいいます。なお、応力は、熱や振動等が発生します。
- 注4 脆化とは、金属やプラスチックなどが、脆(もろ)く壊れやすくなることをいいます。
- 注5 加振試験とは、構造物に何らかの方法で振動を加え、その構造物の振動特性を試験することです。
- 注6 D/Gの実際の振動測定結果(加速度、周波数)を踏まえ、加振試験装置で再現できる最大の加速度です。
- 注7 材料試験とは、材料の性質を調べるための試験をいい、調べる性質に適した試験をおこないます。今回は材料の脆化を調べるために硬さの測定やマイクロ組織観察などをおこないました。
- 注8 非破壊検査とは、物を壊すことなく傷やひび割れを調べる検査です。