

### 鑄鉄製フィンガージョイントの破断面調査

阪神高速技術(株)	正会員	○梅垣	さゆり
阪神高速技術(株)	正会員	高村	義行
阪神高速技術(株)	正会員	山上	哲示

#### 1. はじめに

供用後 26 年経過した球状黒鉛鑄鉄 (FCD400) 製のフィンガージョイントにおいて、フィンガーが 1 本破断する損傷が生じた。当初、鑄鉄特有の鑄造時に生じる鑄巣が初期欠陥として内在し、これが原因で破断したと考えた。しかし、外観目視検査から変状を確認できず、破断原因を追究するため更なる分析が必要と考えた。

そこで、破損部材の破断面分析と材質組成分析を実施し、作用応力も考慮した上、フィンガー破断に至った経緯を破壊力学的に検討した。

#### 2. 外観観察

磁粉探傷検査を行った結果、フィンガー破断部近傍の下面および隣接するフィンガーの一部に、き裂が存在していることが確認された。今回の調査で発見されたき裂は輪荷重位置であり、フィンガージョイントの縁端で自由端となる箇所が発生しているため、大きな応力が作用する箇所においてき裂が発生していることが推測される。

#### 3. 破面観察・組織観察

写真-3 (b) に示す破断部近傍断面の断面組織観察では、下面側の両角部に偏析が確認された。その偏析のマイクロ組織が写真-4 である。破面中央部には、球状黒鉛の組織が見られるが、下面側角部の偏析部には片状黒鉛が認められた。

次に、その偏析部を光学顕微鏡によるマイクロ破面観察により調査した。その結果を写真-3 (a) に示す。組織観察による結果同様、下面側の両角部に片状黒鉛が確認された。

破面観察の結果、放射状模様、リバーパターンなどの様相から、下面側を起点として疲労き裂が生じ、上面側に進展、脆性破壊したと推察される。

また、組織観察の結果、下面側の両角部は球状黒鉛でなく片状黒鉛が認められ、下面側より約 20mm 位置から上では球状黒鉛が認められた。そのため、フィンガージョイント下面は球状黒鉛本来の強度がないと推測される。

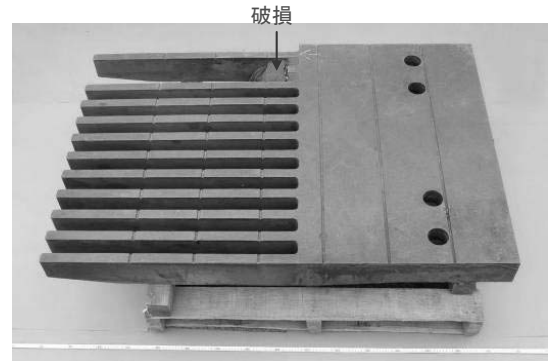
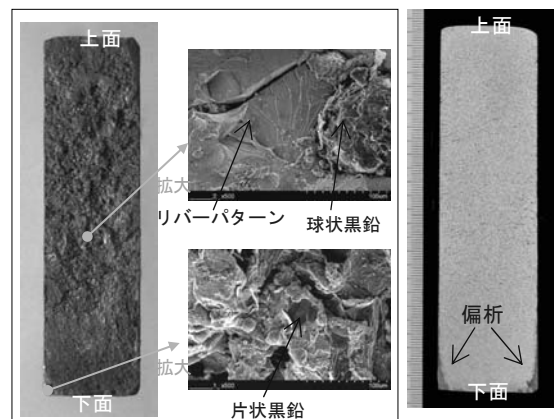


写真-1 フィンガージョイント破損品

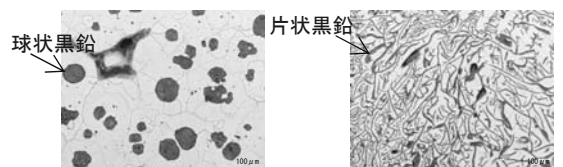


写真-2 フィンガー破損品



(a) 破断面のマイクロ破面 (b) 破断部近傍断面の断面組織

写真-3 観察結果



(a) 破断面中央部の組織 (b) 下面側角部の組織

写真-4 破断面のマイクロ組織

キーワード 鑄鉄, 球状黒鉛, 片状黒鉛, 脆性破壊

連絡先 〒541-0054 大阪市中央区南本町4丁目5番7号(東亜ビル内) 阪神高速技術(株)調査点検課 06-6120-2643

4. 破壊力学的検討

(1)疲労き裂進展の検討

フィンガー下面で発生していたとされるき裂が、球状黒鉛部で進展するか検討を行った。

検討の際に算出した作用応力より、衝撃係数*i*=0の作用応力範囲  $\Delta \sigma = 87.3 \text{MPa}$  の時、き裂深さ約8~16mmでき裂が進展することが図-1から推測できる。衝撃係数*i*=1の作用応力範囲  $\Delta \sigma = 175 \text{MPa}$  の時、き裂深さ約2~4mmでき裂が進展することが推測される。

破面調査から、フィンガー下面に発生していたき裂深さは約5~8mmであった。以上のことから、約5~8mmのき裂が発生しているとき、衝撃係数*i*=0.5程度の応力が繰り返し作用すると、疲労き裂が進展すると推測できる。

(2) 球状黒鉛部の脆性破壊発生について

球状黒鉛鑄鉄部の疲労き裂成長限界値  $\Delta K_{th}$  および破壊靱性値  $K_{IC}$  を用いて、疲労き裂が進展、脆性破壊へ移行することの可否を検討した。その結果を図-1に示す。 $K_{IC} = 30 \text{MPa}\sqrt{\text{m}}$ 、衝撃係数*i*=1において、約36mmのき裂深さで脆性的な破壊が発生すると推定される。破断面調査から、片状黒鉛鑄鉄部に発生していたき裂が進展したき裂進展長さは30mm程度であった。そのため破壊力学的検討は、破損状況と一致していた。

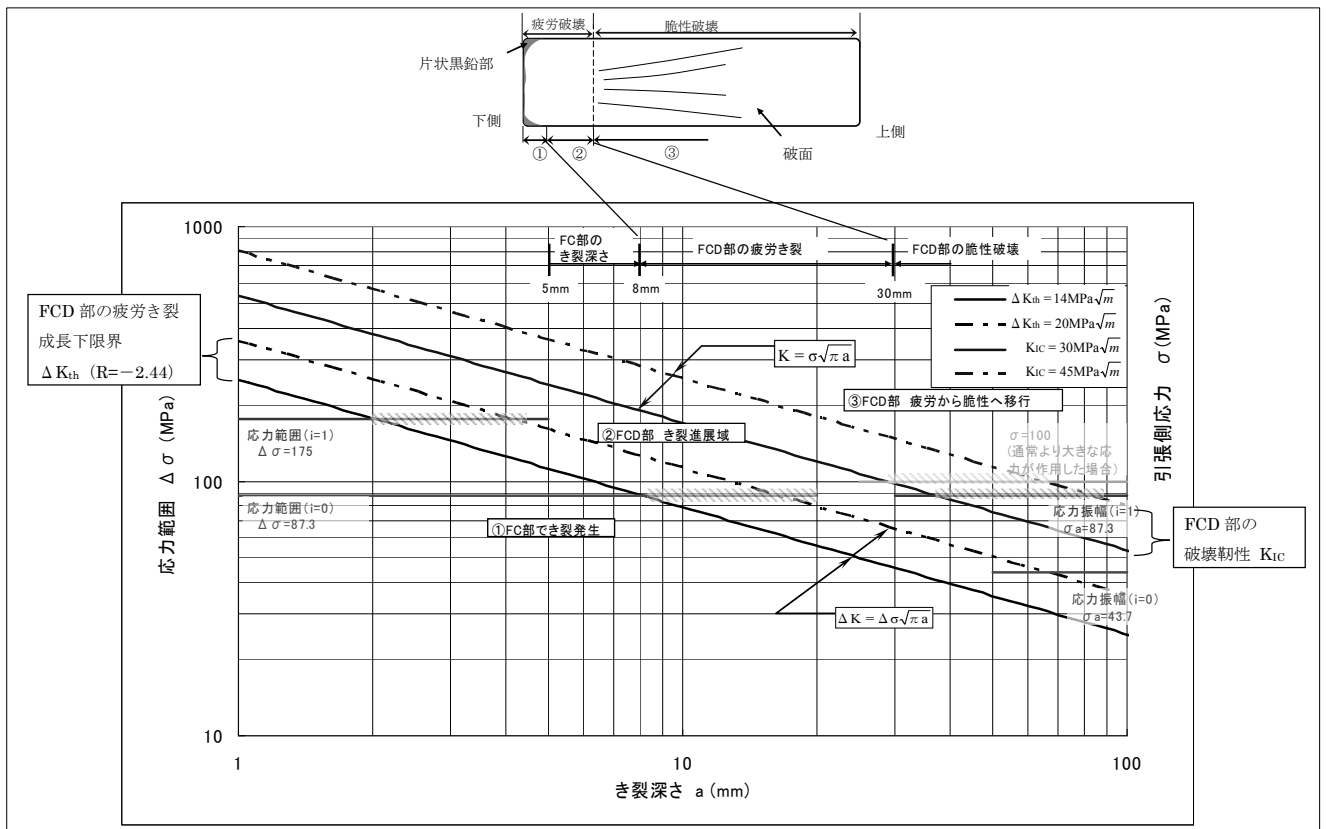


図-1 フィンガーの疲労き裂と脆性破壊発生 の検討結果

4. まとめ

破断原因を破壊力学的に検討した結果、き裂進展長が限界を超えた時点で脆性破壊へ移行したことが分かった。また、疲労破壊を考える場合、き裂長との関係まで考慮した材料選定は設計段階で行っていないのが通例である。本検討において得られた知見は、材質不良が破断を誘発する大きな要因になることが分かり、同種構造物の破壊原因の検討を行う上で参考になると考える。

参考文献

- 1)道路橋示方書・同解説 I II 日本道路協会 平成 14 年 3 月
- 2)鋼道路橋の疲労設計指針 日本道路協会 平成 14 年 3 月