

# お役に立ちますSMT 破面解析 (フラクトグラフィ)

●損傷原因を究明する

機械設備や構造物が損傷した場合、今後の損傷対策や安全対策のために損傷原因を明らかにすることが重要・不可欠となります。今回は損傷原因調査の主要な方法である破面解析(フラクトグラフィ)についてご紹介しましょう。

損傷は、溶接部やねじ部・はめ合い部など結合部位で発生することが多いものです。そこで、ここではボルトまたはねじ結合部の損傷原因調査の方法を具体例で説明します。

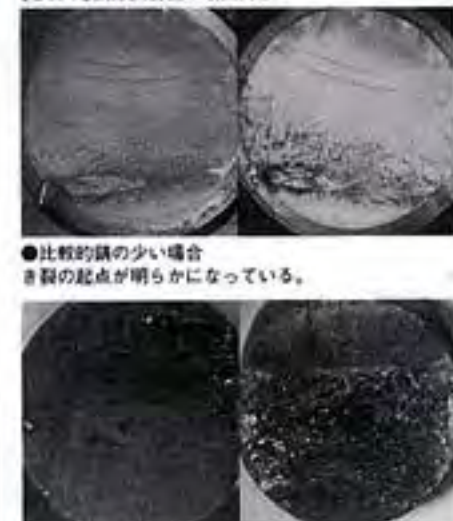
## 破面観察試料の採取

複数で使用されることの多いボルトは、破損する場合にも複数のことが多々あります。その際、破損原因の調査に当たり、最初に破損したボルトがどれであるかを特定することが重要となります。なぜなら、他のボルトは最初のボルトの損傷に誘引された二次的な損傷だからです。調査にあたっては、力学的条件や環境条件、そして被締め付け物の損傷状況や後述する破面形態などを考慮して慎重に調査試料を選定することが必要です。

## 破面の錆を除去する

一般に破面には錆が付着してい

[写真1] 錆除去前後の破面比較



●比較的錆の少ない場合  
き裂の起点が明らかになっている。

●錆の多い場合  
疲労き裂の進展領域(1/3箇所)が明らかになっている。

るので、これを除去して破面観察を行う必要があります。錆を除去する方法には[表1]のようなものがあり、普通これらの方法を併用または繰り返して行います。

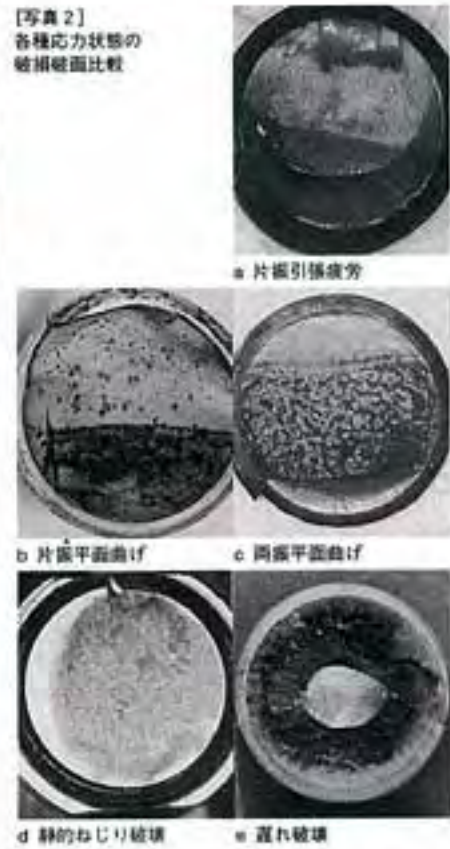
錆を除去した前後の破面状況を[写真1]に示します。ここに見られる貝殻模様から亀裂の起点や進展状況を推測するなど、破面には有益な情報が隠されているのです。

## 応力状態の推定 (マクロフラクトグラフィ)

破面の観察は、まず目視やルーペによる観察から始めます。この観察(マクロフラクトグラフィ)によって、おおよその亀裂の起点部位や応力状態を推定することができます。電子顕微鏡で破面を観察する前に、これをやっておくことが重要です。

ボルトの破損には[表2]に示すような応力状態が考えられ、それぞれに対応する破面状態を[写真2]に示します。

[写真2] 各種応力状態の破損破面比較



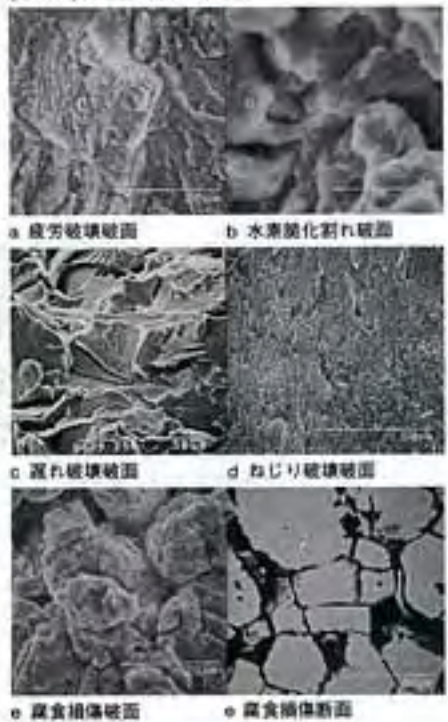
## ボルトの破損形態を調べる (マイクロフラクトグラフィ)

ボルトの破損形態を明らかにするためには、走査型電子顕微鏡(SEM)を用いて破面観察する方法が有効です。

よく発生するボルト破損の原因を発生頻度順に[表3]に示します。実際の破損では、これらの原因が重畳したり、腐食ピット発生→腐食疲労→一般的な疲労のように順次移行する場合も多く認められます。

これらの原因による代表的な破損破面のSEM観察結果を[写真3]に示します。破面の形態は原因によって異なることから、破面観察が破損原因究明のための有力な手段であることがわかります。

[写真3] 各種破損破面のSEM像



## ボルトの破損部位

ボルトの危険断面は複数箇所が存在し、破損部位は加工方法・応力状態・締め付け状態・環境などによって異なります。[表4]に疲労破壊の場合の破損部位と発生頻度を[表4]に示します。もっとも多いのはねじ噛み合はじめです。

[表3] ボルト破損原因

写真No.	破損原因	要因	破面上に現われる特徴
3a	疲労破壊	過大繰返し応力、繰返し力低下に伴う繰返し応力増大	ストライエーション、タイヤトラック
3b	水素脆化割れ	高強度材メッキ、酸洗等による水素浸透	リバー状模様ヘアライン、羽状模様、微小穿孔
3c	歪れ破壊	高強度材で長期間使用中の経年劣化	粒界破壊、変形層間割れ
3d	静的破壊	過大締めトルク、過大負荷応力	[脆性材料]ディンプル(脆性材料)層間割れ、リバー
3e	腐食損傷	材料選定不良、水素脆化	粒界腐食、腐食ピット

[表4] 疲労破壊の場合の破損部位分類

破損部位	破損発生要因	発生頻度
ねじ噛み合はじめ(管底部半径方向)	ねじ噛み合はじめ応力集中	60%
ねじ切り管底部	ねじ切り形状不良	20%
ボルト首下部	ボルト取付不良、頸部首縮	15%
ボルト内筒部	フレットング・打痕	
ねじ噛み合はじめ(管底部軸方向)	ねじ山フレットング	

[表1] 破面の錆除去方法

方法	内容
1.有機溶剤による洗浄	付着した油等を溶解除去
2.化学的溶解法	酸またはアルカリ水中に浸漬して錆を溶解
3.電気溶解法	酸またはアルカリ水中で試料を陰極にして過電し、発生した水素の圧力で錆を剥離
4.機械的剥離法	酢酸メチルを塗布したアセチルローズ綿を試料に付着させ、錆を機械的に剥離

[表2] 応力状態

写真No.	応力状態	典型状態
2a	片側引張・引張り圧縮	垂直荷重
2b	片側平面曲げ	垂直荷重+水平荷重
2c	両側平面曲げ	垂直荷重+水平荷重
2d	回転曲げ	回転曲げモーメント
2e	ねじり・引張り	過大トルク

### ●担当者メッセージ欄

部/事業所/ラボラトリー

TEL

FAX

クイズ  
QUIZ  
これなーに?  
チタン黄金

これは一体何でしょうか。金色(といっても色をお見せできないのが残念ですが)に輝く黄金のマスク!? 古代の遺跡から出土したさる王様の顔像!? それとも装身具?

ヒントを差し上げましょう。私たちが身体の一部につけるものです。値段は、ちょうどオリンピックの金メダル程度。

細かい凹凸にもぴったりフィットして、これはもう身体の一部といってもいいほどです。その秘密は、この金属の組成(Ti90、Al6、V4)にあります。900℃くらいで数百%まで伸びる、いわば“金属アメ”現象を利用して成形されたものです。ちなみに当社では、人口骨材など人体に接触する材料の分析も行っています。

答えを下のなかから選んでください。



- A 形状記憶合金バット
- B 補聴器の一部
- C 指先保護リング
- D 義歯の土台(義歯床)

※答えは次号で発表します。前回の答えは「パーライト：A 波来土、オーステナイト：D 大洲田」でした。多数のご応募、ありがとうございました。