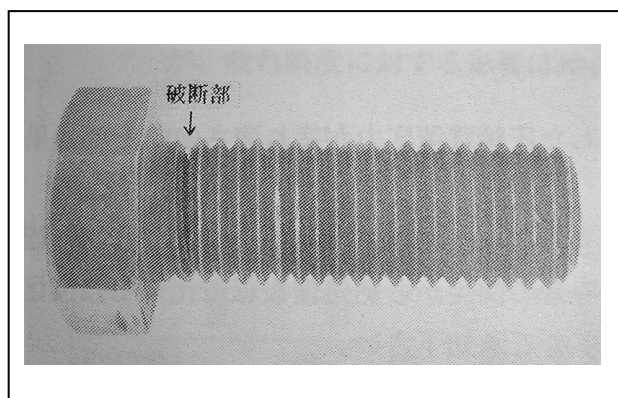


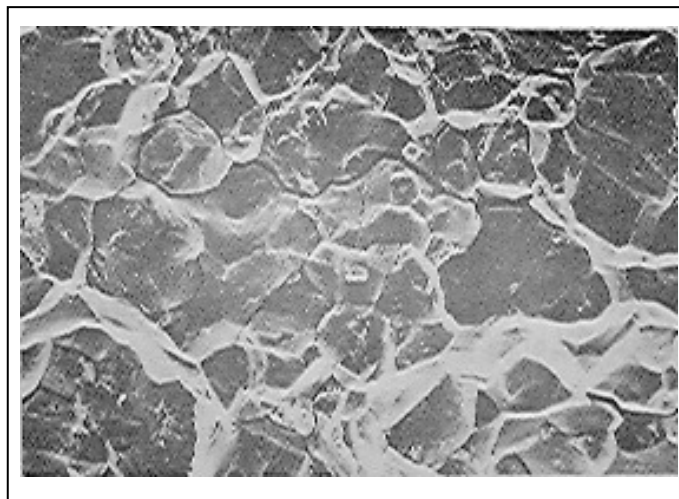
8 . 遅れ破壊について

遅れ破壊とは、高強度鋼部品が静的な負荷応力を受けた状態で、ある時間を経過したとき、外見上はほとんど塑性変形を伴うことなく、突然脆性的に破壊する現象と言えます。

図8 - 1に、遅れ破壊したボルトの外観及び破断面の写真を示しました。その特徴は、伸びや収縮など変形の形跡は認められず、また破断面を詳細に観察すると、破壊の起点部付近に結晶粒間で破壊が進展する粒界破壊が認められることです。



(a) 外 観



(b) 粒界破壊面

図8 - 1 遅れ破壊ボルトの外観と破断面の写真

8 - 1 . 遅れ破壊の原因と破壊部位

破壊が弾性限界内でしかも静的な負荷応力の条件下で発生する場合は、腐食による応力面の断面欠損によるか、材質の脆化現象によるかのどちらかですが、遅れ破壊は後者によるものであり、その脆化現象は、水素脆性によるものと考えられています。しかもこの水素脆性の起因となる水素は、ほとんどの場合鋼中に外部から侵入し、それが拡散するものと考えられています。

鋼中に水素が侵入すると材質が脆くなる機構は、例えば水素ガス面圧説 など幾つかの説が提出されていますが、本質的にはいまだ解明されていないのが現状です。

ボルトは、不完全ねじ部、めねじと嵌めあった第一ねじ山部、頭部首下丸み部など形状的に応力集中を受けやすい部分があり、これらの部位で遅れ破壊が発生しやすくなります。

水素ガス面圧説

原子状態で鋼中に侵入した水素原子 (H) が結晶の欠陥部の微小空間において、水素分子 (H_2) になり、大きなガス圧力を発生する。結晶の欠陥部は、結晶粒界に圧倒的に多く存在するため、水素分子も結晶粒界に析出しやすい。このガス圧力が臨界値を超えると粒界が変形し、粒界破壊が発生する。

図 8 - 2 は、橋梁に使用された高力ボルトに対し、海岸工業地帯にて暴露試験による遅れ破壊試験を実施した結果、遅れ破壊発生部位別の破損本数を示したものです。

破壊は、上記の応力集中部に多く発生し、特に不完全ねじ部が最も多いことがわかります。

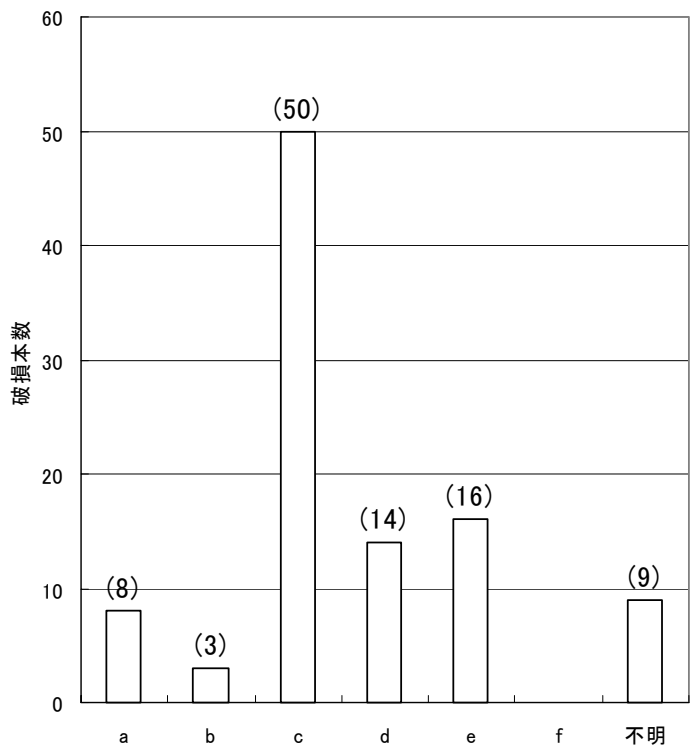
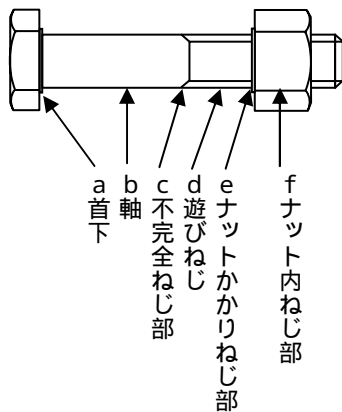


図 8 - 2 ボルトの遅れ破壊発生部位

8 - 2 . 遅れ破壊対策

遅れ破壊の原因が外部から侵入した水素によるものと考えられていることから、その対策は外部からの水素の侵入を阻止、または侵入した水素を除去してやればよいこととなります。この場合、水素が鋼中に侵入する時期別に下記の方法が採られています。

1) 表面処理工程 (めっき工程)

電気めっきやその前処理として行われる酸洗工程では水素が侵入するため、処理時間を短くしたり、めっき後鋼中に侵入した水素を除去する目的で、脱水素処理 (ベーキング処理) を行っています。

このような処理を施したとしても、めっきの方法により、時として遅れ破壊が起きる可能性があるため、六角穴付きボルトに電気めっきを施す場合は、強度区分 10.9 以下としています。

2) 使用中外部雰囲気から侵入する場合

塗装や油塗布など十分な防錆処理を施せば、遅れ破壊が発生しにくくなります。

六角穴付きボルトは汎用ボルトの中では JIS 規格の最高強度区分に属する締結部品にも拘らず、遅れ破壊の発生が極めて少ないのは、使用される雰囲気が比較的良好であること、かつ十分な防錆処置が施されているために、水素の侵入が抑えられている点が大きいといえます。