

三重県警科捜研 ○戸田 均

岐阜県警科捜研 福山邦男

大分県警科捜研 清水幸雄

1 緒 言

破壊力学に関する研究が飛躍的に進んでいる現在においても、機械構造物の破損事故は頻発している。これらの事故防止には、材料の研究に加え、過去の事例との比較検討を行う必要がある。しかし、報告される事故事例の数は、損害の責任やプライバシー等の問題があり、実際の事故に比べはるかに少数である。そこで、構造物の破損事故につながる事が多い、腐食環境因子に着目し、複合的環境破壊の一つである、水素割れを起点として発生したと推定された構造物破損事故を2例報告する。

2 事故の概要

2.1 事例1ー丸太手摺り固定用ボルトの破損事故ー 公園に設置されていたフィールドアスレチック遊具に、子供と大人各1名が乗って遊んでいたところ、遊具の手摺りの丸太をコンクリート製支柱に固定していたボルト（丸太両端に各一本ずつ）のうちの一本が破断したことによって、丸太の一端が落下した事故。

2.2 事例2ーコンクリートパネル用吊りビームのアイボルトの破損事故ー 工場内において、天井に設置してある移動式クレーンにより、重さ2トンのコンクリートパネルを運んでいたところ、吊り具のボルトが破断し、コンクリートパネルが落下した事故。

3 破損原因

3.1 事例1

(1) 事故部品状況 丸太手摺り固定用のボルト（M12）は、鋼製の支柱及び丸太を貫通して両者を固定するためのものであるが、落下した丸太手摺りの両端のボルトは、Fig.1に示すように2本のボルトを溶接により繋いだものであった。これは、ボルト交換時に残存したボルトが撤去できなかったための処置である。破断箇所は、残存したボルトの溶接箇所近傍であった。



Fig.1 Conditions of the bolt.

(2) 破損原因 Fig.2に破損部品のマクロ破面を示す。破面は、中央下部に光沢のある最終破断面が存在し、その

上下の部分は腐食し、赤銅色になっていた。また、破面は凹凸があり粗く、上部には放射状にシェブロンパターンが形成されていた。Fig.3に破面のミクロ写真を示す。シェブロンパターンの収れん部は、リバーパターンの観察される脆性破壊面であり、最終破断部に近くなるにつれ、ディンプルのみられる延性破面が混在している。また、最終破断部直近ではストライエーションが観察された。次に、破面近傍のミクロ組織をFig.4に示す。破面直下にもき裂が存在しており、初期に複数のき裂が存在し、それらのき裂が合体して割れが進展していった事がうかがえる。

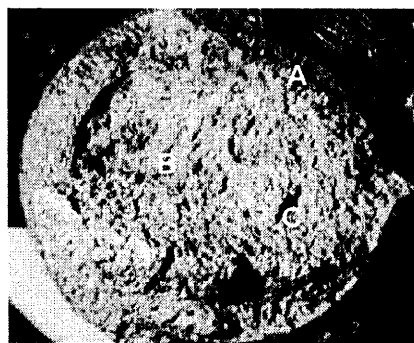


Fig.2 Macrography of fracture surface.

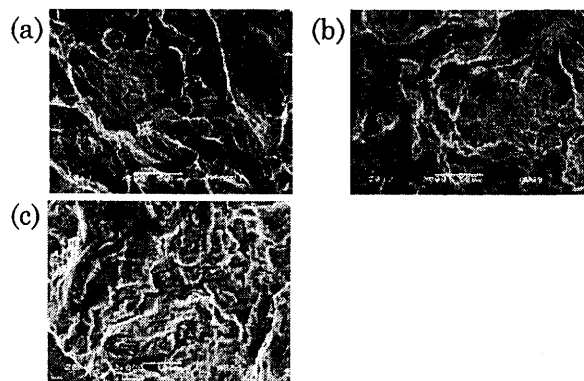


Fig.3 Micrography of fracture surface.(a)Position A in Fig.2. (b)Position B in Fig.2. (c)Position C in Fig.2

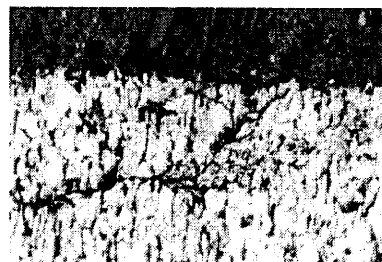


Fig.4 Microstructure of the bolt under the fracture surface.

以上のことから、ボルトの破壊は、

①溶接による組織の劣化、残留応力の発生及び水素侵入による水素脆化によりき裂が発生。②き裂の成長及び合体による脆性き裂の進展。③脆性き裂存在下での使用により、疲労き裂の進展。④残存部の強度不足による破断。といった過程により発生したと推定された。

3.2 事例2

(1) 事故部品状況 事故を起こした吊りビームをFig.5に示す。吊りビームには2本のアイボルトが取り付けられ、そこにワイヤーロープを繋ぎ、コンクリートパネルを吊り上げる形状となっている。アイボルト2本のうち1本はねじ部で破断し、1本は中央で屈曲していた。

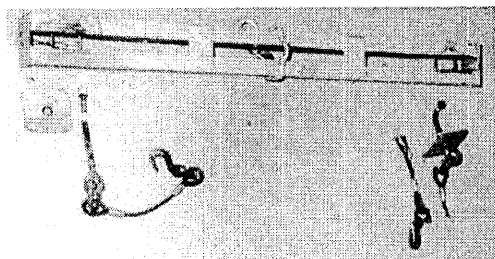


Fig.5 Conditions of hunger beam.

(2) 破損原因 破断したアイボルトのマクロ破面をFig.6に示す。破面は凹凸があり、シェブロンパターンが形成されていた。また、破断部には断面収縮はほとんど認められなかった。次に破面のミクロ観察を行ったところ、破壊の起点にあたるシェブロンパターンの収れん部

(Fig.6中A)には腐食領域がみられた (Fig.7a)。また、その他の領域については、へき開面・リバーパターン等を有する脆性領域であった (Fig.7b)。

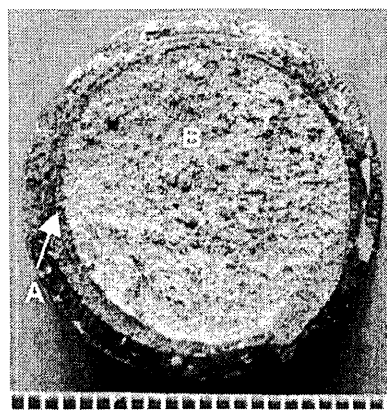


Fig.6 Macrograph of fracture surface.

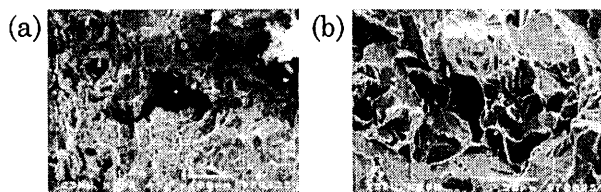


Fig.7 Micrograph of fracture surface.(a)Position A in Fig.6.
(b)Position B in Fig.6.

Fig.9にアイボルトの組織写真を示す。アイボルトはS35C相当の構造用鋼であり、組成及び組織に破壊の原因となるような欠陥はみられなかった。また、破面近傍の組織に変形はみられなかったことから、破壊が脆性的に進行していったと考えられた。

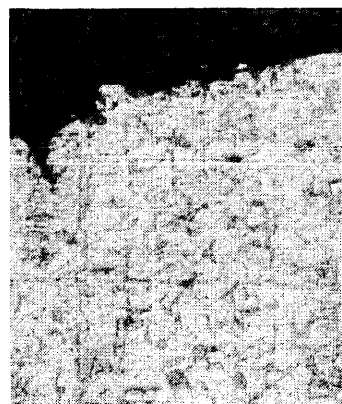


Fig.9 Microstructure of the eyebolt under the fracture surface.

以上のことから、アイボルトの破壊は、

①アイボルトのねじ切り部に腐食域が生成。②吊りビーム使用時の引張応力及び大気雰囲気における水素侵入による、腐食部を起点としたき裂の発生。③き裂存在下でコンクリートパネルを吊り上げたことにより、き裂が急激に進展し、破断した。といった過程により発生したと推定された。

4 まとめ

事故事例のなかで、水素割れを起点として破壊が進行したと推定された事例を2例紹介した。

環境因子は、構造物において避ける事のできない要因であり、これらを原因とする腐食、水素割れ等は構造物の使用時には常に念頭にいかねばならない事である。また、環境因子が原因となり発生したき裂は、それを応力集中源とした疲労、延性、脆性破壊へとつながる可能性がある。これらを原因とする破損事故の防止には、定期的な点検・メンテナンスが必要不可欠なことである。しかし、構造物内部の確認が困難な箇所や、き裂が内部へ進行し外観の検査からでは確認が困難な場合が多い。さらには、身近な環境因子である大気環境中の腐食は、他の、液体・ガス環境下の腐食に比較して軽視される傾向にあり、き裂の進展が致命的な欠陥に達するまで見過ごされる可能性がある。

今回、環境因子が原因と推定された2つの事故事例を紹介したが、これらの事例を参考とすることにより、多くの人に事故の原因として環境因子が大きく影響している事を理解していただき、いくらかでも事故が低減に寄与できれば幸いである。