

ボルトの疲労割れーUTとMT

名古屋営業所

青山 英生※¹、西川 匡史※¹、田口 一成※¹

藤田 斎※¹、小林 啓介※²、近藤 浩

(※¹：試験検査グループ、※²：調査グループ)

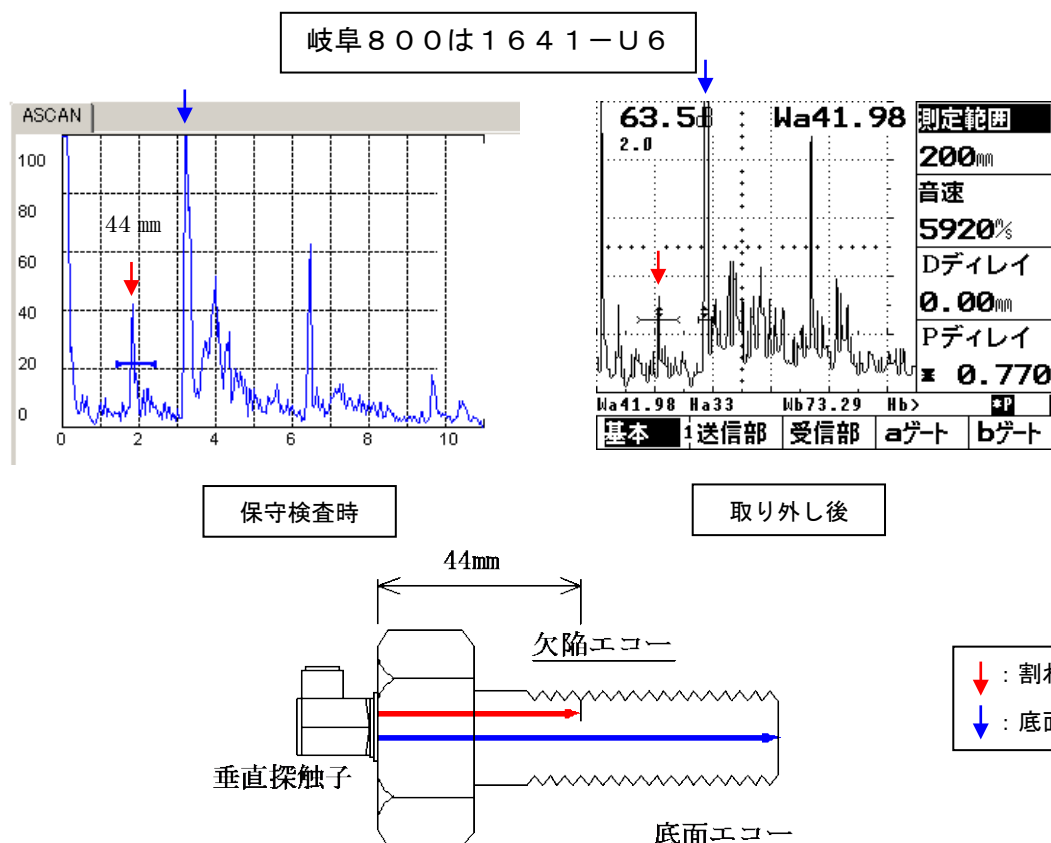
キーワード ボルト 疲労割れ 超音波垂直探傷 磁粉探傷 スライダック

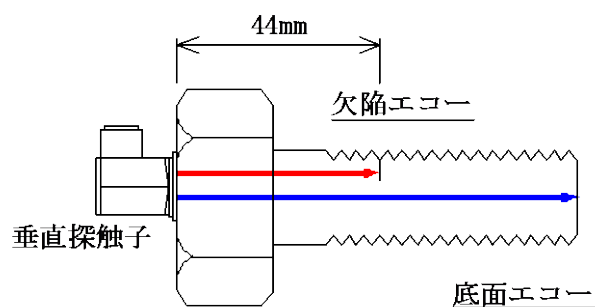
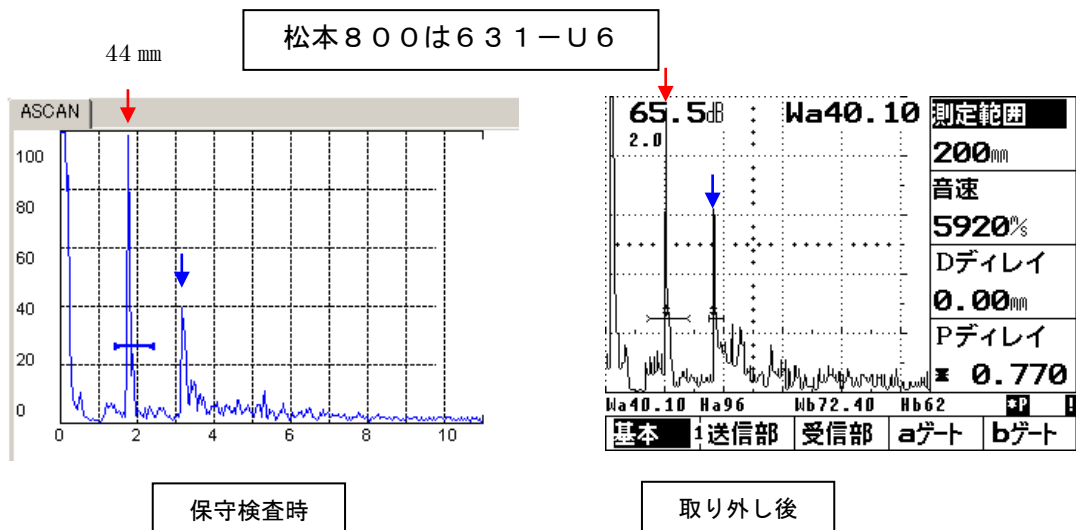
1. 概要

名古屋営業所ではコンクリートポンプ車旋回部のボルトの検査は超音波垂直探傷を用いて検査を実施している。ここで割れが検出されたボルトは採取して磁粉探傷試験で確認するが、極間式磁粉探傷器でボルトのネジ谷部に発生した疲労割れを検出する事は非常にテクニックを要する。

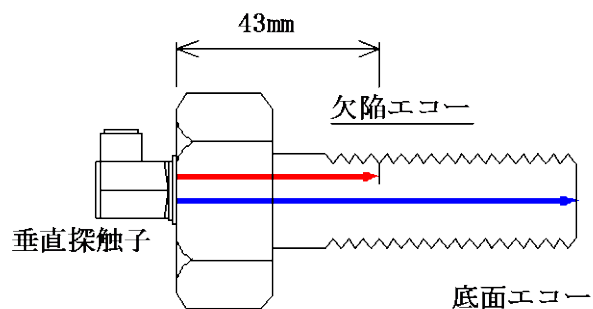
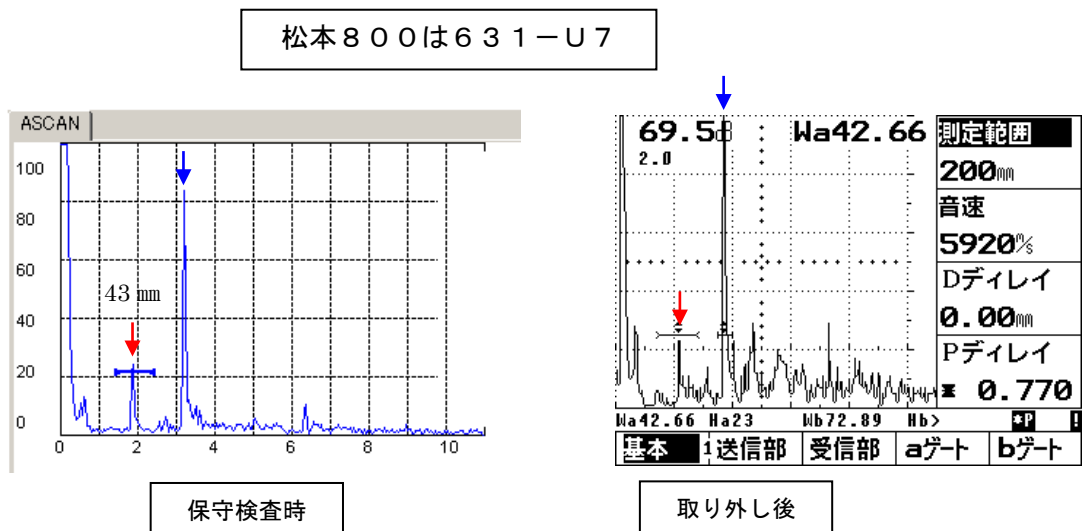
そこで、どこにでもある携帯型極間式磁粉探傷器とスライダック、継鉄棒を使用してネジの谷部に発生した疲労割れを簡単に検出する装置を製作した。

2. 超音波により検出された割れ





↓ : 割れ
↓ : 底面エコー

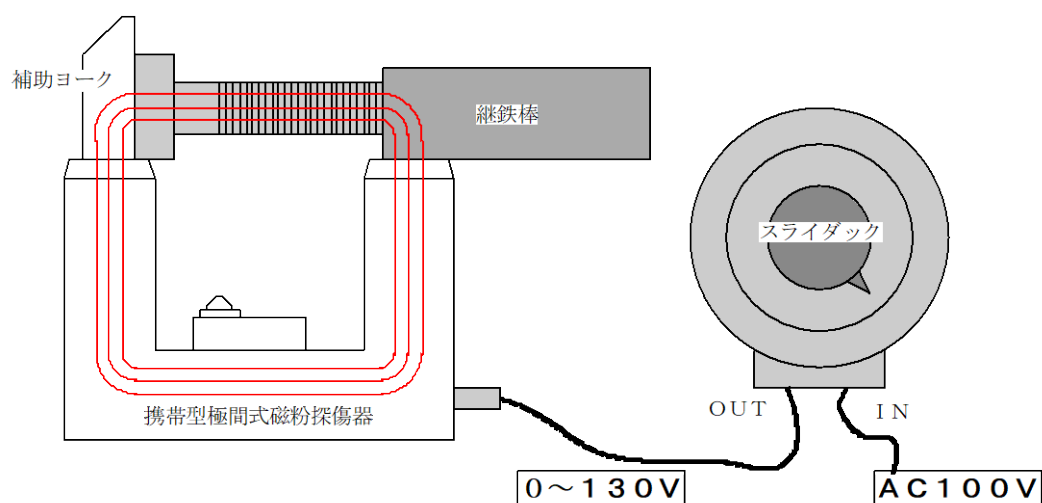


↓ : 割れ
↓ : 底面エコー

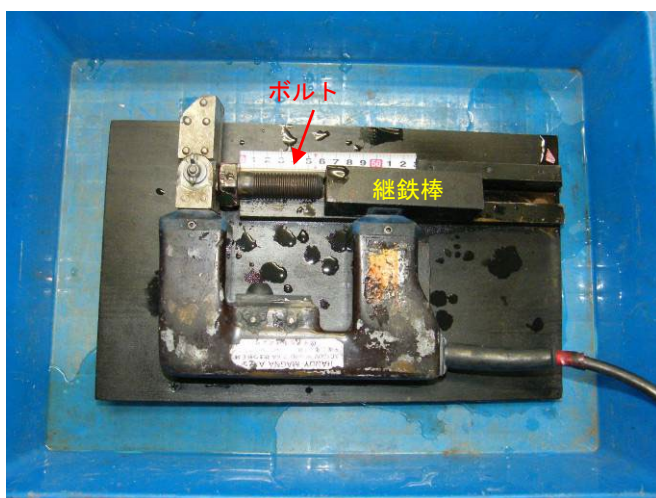
3. 磁粉探傷装置の製作

一般的にボルトの疲労割れを検出するための磁粉探傷試験はコイル法＋残留法が用いられる。疲労割れはボルト頭部首下の段付き部、若しくはネジの谷部に発生し、ネジ部に発生する疑似模様を極力抑え、谷部または段付き部に発生した疲労割れだけに磁粉を吸着させ検出する。この方法は高価な定置式の磁化装置が必要であり検査会社で保有している会社は少ない。そこで会社にある極間式磁粉探傷器とスライダックで下記のような装置を製作した。

- | | |
|-----------------|-------------------------|
| (1) 携帯型極間式磁粉探傷器 | HANDY MAGUNA-A1 (栄進化学) |
| (2) スライダック | 入力100V、出力0～130V |
| (3) 継鉄棒 | SS400 (28mm×28mm×110mm) |
| (4) 検査台、写真用架台 | 木製自作 |



補助ヨークを極間式磁粉探傷器の片側に取り付け、一方の片側には継鉄棒を接続しボルトを挟む。継鉄棒はボルトの長さに応じてスライドさせる。



スライダック

4. 探傷条件

- (1) 磁 粉 L Y - 3 0 (マークテック)
粒度 $4\mu\text{m}$ 、超精密検査用 (航空機、磨き丸棒等)
- (2) 検査液濃度 0. 0 8 g / cm^3 (水道水)
- (3) 分 散 剤 E C - 4 0. 5 % (マークテック)
- (4) 防 錆 剤 A R - 1 0 0 K 1. 0 % (マークテック)
- (5) 通 電 時 間 4 秒 ~ 5 秒
- (6) 材質・形状 S C M 4 3 5 ・ M 2 0

【成分】 単位 : %

	C	S i	M n	P	S	N i	C r	M o
S C M 4 3 5	0. 33 ~0. 38	0. 15 ~0. 35	0. 60 ~0. 90	0. 030 以下	0. 030 以下	0. 25 以下	0. 90 ~1. 20	0. 15 ~0. 30

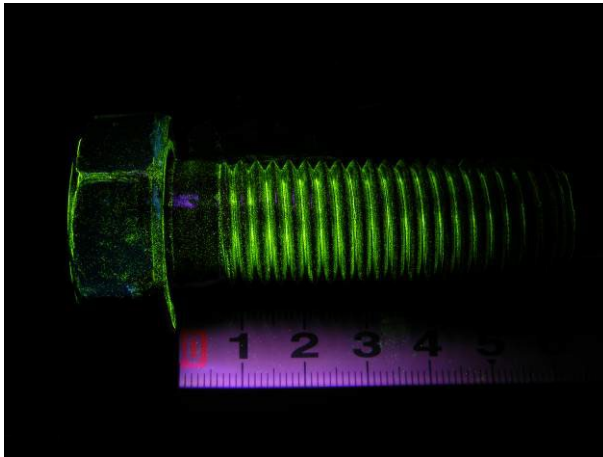
【熱処理温度、機械的性質】

熱処理温度 (°C)		機械的性質					
焼入れ	焼戻し	降伏点 N / mm^2	引張強さ N / mm^2	伸び %	絞り %	衝撃値	硬度 (HBW)
830~880 油冷	530~630 急冷	785 以上	930 以上	15 以上	50 以上	78 以上	269 ~331

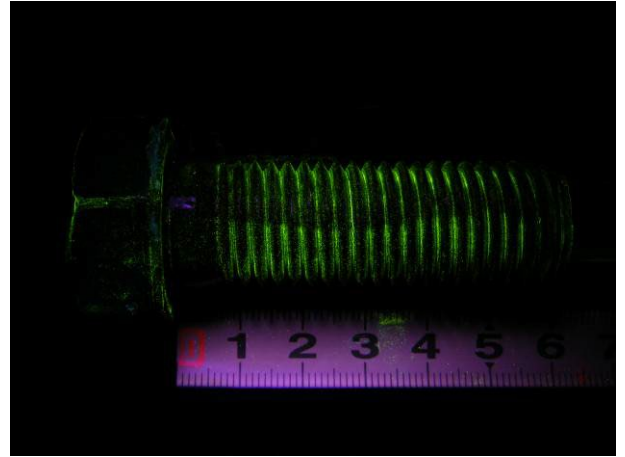
検査液濃度は一般的に溶接部の探傷では0. 5 ~ 0. 7 g / cm^3 程度であるがネジ谷部の疲労割れなど微細な割れを検出する場合は0. 1 g / cm^3 以下の薄い濃度で、通電時間を長めにとると良い結果が得られる。

5. 探傷結果

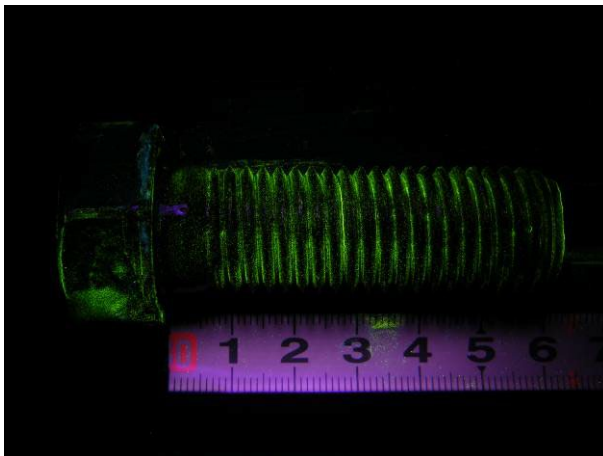
2011年秋のポンプ車検査で、超音波探傷によって割れが検出されたコンクリートポンプ車の旋回部の取り付けボルトで実験をおこなった。(1ページのボルト)



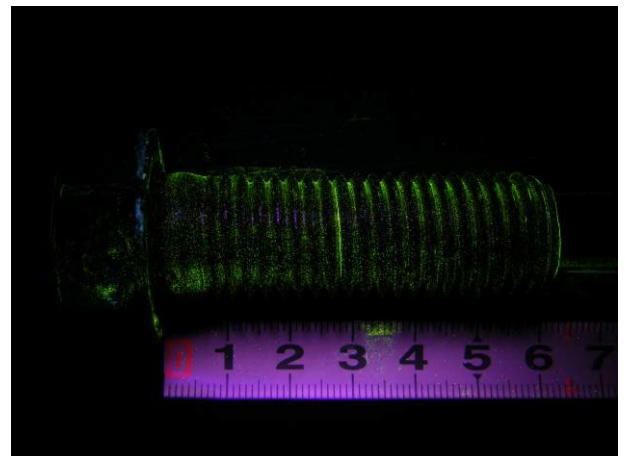
100V



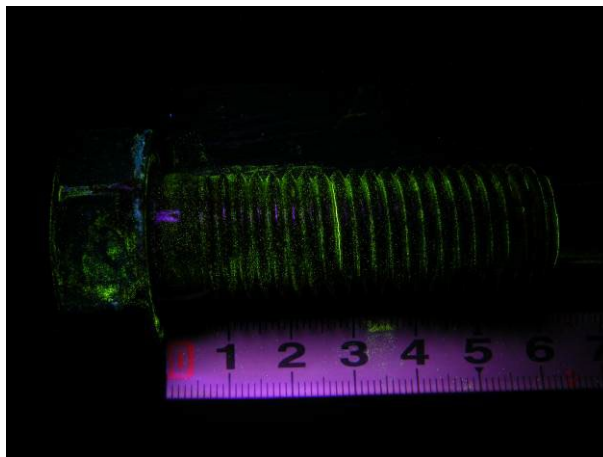
80V



60V



40V



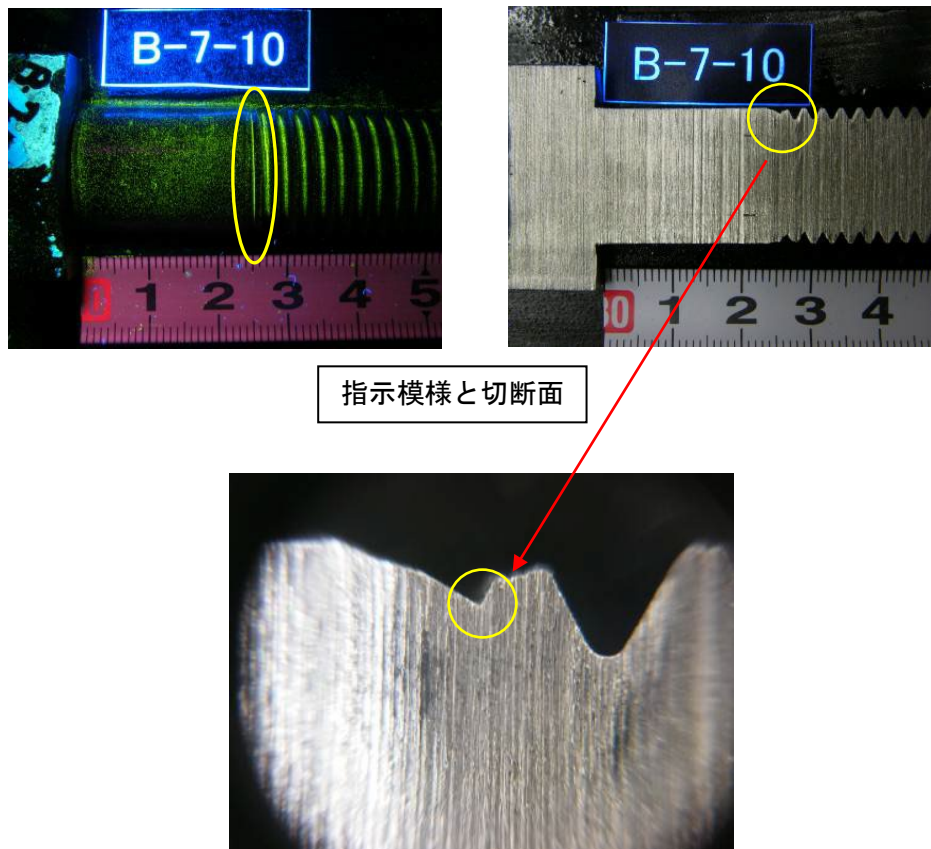
20V

100V～80Vではほとんど判別出来ない疲労割れも、60Vからよく見え始め、40V～20Vではコントラストがよく、一瞬にして検出できた。

6. 考察

過去にも保守検査における超音波探傷で割れが検出されたボルトの磁粉探傷を、極間式探傷器でおこなったが、なかなか割れが検出できなかった。磁化が強すぎてすべてのネジ谷部に磁粉が吸着して、どれが疲労割れなのか判別できなく、通電しながら磁粉を適用してそのまま水＋界面活性剤入りのバケツの中に浸漬してゆっくりボルトを揺すって、健全部に吸着した磁粉を落としながら観察してようやく疲労割れが判るような状態だった。

また、自動車工場のクレーン走行ガーダの取り付けボルトのサンプリング調査で磁粉探傷をおこなった際、ノッチが鋭くて発生した指示模様か疲労割れなのか判別しづらい事もあり、切断して断面を観察、割れのないことを確認した事例もあった。



今回製作した装置の利点は

- (1) コイル法に必要な高価な定置式磁化装置を必要としない。
- (2) コイル法と異なり反磁界がない。
- (3) SCM435 (M20) で40～20Vが適正電圧なので、さらに磁氣的に硬い材料でも余裕があり、材質が判らなくとも適正な電圧はネジ部全体に疑似示模様が発生する電圧より少し低い電圧が設定してやればよいと思われる。

適切な電圧を設定することによって、疲労割れだけに磁粉を吸着させ欠陥指示模様を形成し、他の部分では疑似模様の発生を抑え、難易度の高いボルトの磁粉探傷試験を簡単に、しかも確実にこなうことを可能にする物だと考える。

7. コンクリートポンプ車ブーム旋回部のボルトについて

過去に4本のボルトの割れを検出した青山によると、4本とも「探触子を当てた瞬間に“割れだ！”とすぐ判った」とのことだが、P 1～P 2の探傷図形はいずれも「保守検査時」（ポンプ車に取り付けられた状態）では割れが明確にわかるものの、取り外した状態での探傷ではかなりエコー高さが低下している。

ポンプ車に取り付けられた状態ではブームによる応力が作用して割れが開口しているが、ポンプ車から取り外した状態では応力が開放され、割れの開口がある程度閉じて、超音波の反射がかなり低下していると考えられる。

今まで名古屋営業所で割れを検出したすべてのボルトの位置はポンプ車運転席の背面に当たる部分で、稼働中のブームがポンプ車後方へ伸びてブームの反対側に位置するボルトに大きな力が作用していることが想像できる。

また、同じポンプ車で続けて同じ場所のボルトが割れることがあり、圧送会社によるとオペレーターの取り扱い（ブームの伸ばし方）によるのではないかとされている。



8. 疲労割れの破断面

過去に見られた疲労割れの破断面。割れの起点、進行方向、最終破断面が判る。



鋼材メーカーの倉庫
鉄骨柱のアンカーボルト
大型クレーンが動くたびに柱が揺れていた



名古屋営業所
レントゲン車のホイール取り付けボルト
締め付け不良？ 6本中2本が破断

某自動車工場 クレーン取り付けボルト （調査グループ報告書より）



（頭側破断面）



（ボルト側破断面）