

令和元年6月19日現在

機関番号：11401

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K06377

研究課題名(和文)ねじ部に接着剤を有するボルト締結状態の超音波による評価に関する研究

研究課題名(英文)Ultrasonic Evaluation Method for Bolt Fastening with Adhesive Agent

研究代表者

福田 誠 (Fukuda, Makoto)

秋田大学・理工学研究科・講師

研究者番号：50507671

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：ねじ部に接着剤などが伴っている場合の超音波を用いたボルト締結状態の評価法を目的として、連続波超音波を用いて反射係数を測定する実験と2次高調波超音波を測定する実験を行った。反射係数による方法では、トルクの増加に伴い反射係数が減少する結果が確認された。有効性を示すことができたが、透過係数に着目するとトルクに対してほとんど変化が見られず、さらなる検討が必要であることがわかった。2次高調波による方法は、平板がボルト締結されている場合を想定して、ラメモードのLamb波を用いた方法を提案した。き裂の検出の可能性を示すことができたが、ボルト締結した場合には2次高調波は検出できず、今後の課題となった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

超音波による新しいボルト締結法は、簡易で精度良く、かつ、全数検査を可能とすることを目標としており、ボルトの緩みや破断による事故を未然に防ぐことが目的である。高度経済成長期に作られた高架や橋梁などの維持管理が多く必要となっている時期であり、作業人員の確保や熟練度による評価のばらつきなどが課題として挙げられている。本研究は締結済のボルトの検査や新たに締結するボルトの管理の一助になると期待できる。

研究成果の概要(英文)：Experiment using reflection coefficient using continuous wave ultrasonic wave and second harmonic ultrasonic wave for the purpose of evaluation method of bolt fastening state with adhesive agent using ultrasonic wave. In the reflection coefficient method, it was confirmed that the reflection coefficient decreased with the increase of torque. On the other hand, the transmission coefficient was almost no change in the torque. Therefore, further study is necessary. In the method using the second harmonic, we proposed the method using the Lamb wave of Lamé mode assuming that the flat plate is bolted. Although the possibility of crack detection could be shown, the second harmonic components in bolt fastening could not be detected.

研究分野：超音波工学

キーワード：超音波 非破壊検査 ボルト 反射係数 Lamb波 2次高調波

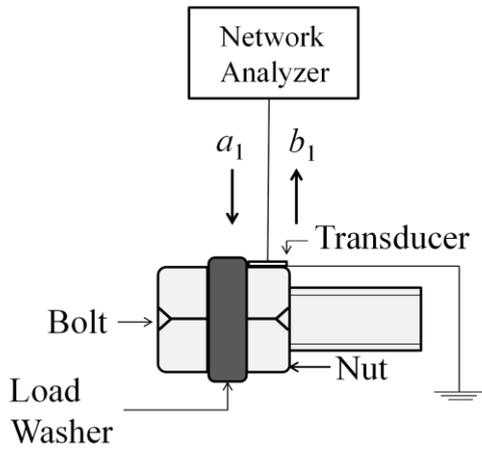


Fig. 1 Experimental setup.

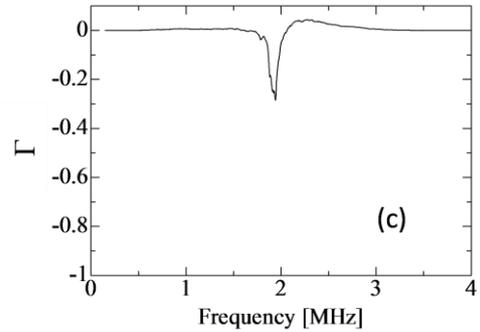
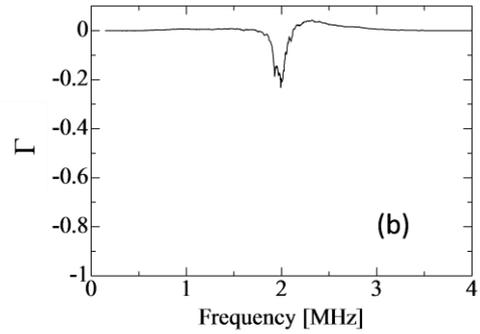
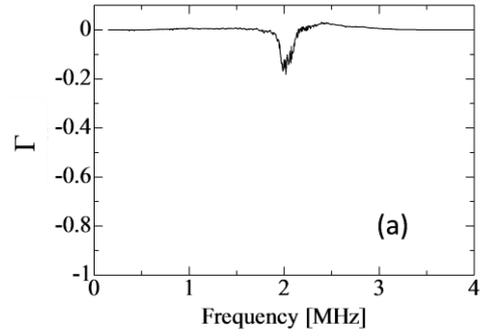


Fig. 2 Reflection coefficient of ultrasonic waves in the case of (a) 0 N-m, (b) 25 N-m and (c) 50 N-m for iron bolts, respectively.

3. 2 92

Fig. 1 (a) (b) (c)

(f: 2MHz, λ : PbTiO₃)

$S_{11} (= b_1/a_1)$

$\Gamma = S_{11} - S_{11T}$ (2)

(λ : 12 mm)

(KTC GEK135-R4)

>2>, 2BÝ

M [KZ* 0 N-m ()}S)λ* 25 N-m >g 50 N-m (]}KSAb)Ý Fig. 2

M $\Gamma = 0$ $\Gamma = 0$ $\Gamma = 0$ (2MHz)boU5

KZG[AGc>)}-L6K08@-12x

8b<@#SSu[6x} 20 bÝK>* 0 N-m? 25 N-m>*g>* 0 N-m? 50 N-m bÝKS

0 N-m? 25 N-m @ 0.081>* 0 N-m? 50 N-m @ 0.133 [6WSÝ

p@-δUXbä4@AS m2M>8Z@)Ý>* oUX<KZ>)}b@6GMGEAS}

M>3@K@-Ý[o]@>f} @]FE

8)zg2x8b<6KZbÝ)-P1RZ @ Lamb <ÝSL

OýGWS AÝ[c 2 9*~b@ [AZ>Ý-

29*bb&c#7
 80EX
 <b0 1b2
 05 *8Y)062b
 %te

Lamb

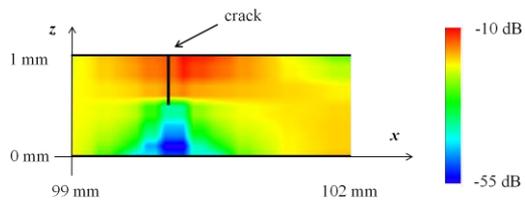


Fig.3 Computer simulation result of acoustic field of second harmonic components in a plate near a crack using finite element method.

< , # " >

- [1] 4; , F(1))4G , 80< y , pp.108-113, 2003.
 [2] M. Fukuda and K. Imano : FHWHFWLRCRI D VHFRC KDUPRCF ultrasonic component generated from a fastened bolt using a double-layered SLH]RHDFWULF WUDVGFHUG , (, & Electronics Express, vol. 6, no. 20, pp. 1438-1443, 2009.
 [3] # (g , 6 g : F3HPM9*2x8b<bQ (S Y)066M MB6 , 736e1 A, vol. J96-A, no. 8, pp. 590-592, 2013.
 [4] M. Fukuda and K. Imano : F(YDWDWLRCOHWKRG RI WKH RD Conclusion Using the Scattering 3DUDPHWHUI RU8WUDVRCF: DYHVG- Inst. Industrial Appl. Eng., vol. 3, no. 2, pp. 80-84, 2015.
 [5] Sol RGRYHDCDQDPSD of nonclassical acoustic nonlinearity LQ VRCGG 8WUDVRCQ 9RO pp.621-625, 2002.
 [6] 6XJDZUDHWDERVHG -crack imaging and scattering behavior analysis using confocal subharmonic SKDVHGDUUDG-SCSSKXV
 [7] .DZVKLPDHWROJKHU -harmonic imaging of the plastic zone in front of a fatigue FUDFNWLSG-SCSSKXVRCR. &
 [8] 03d)>#

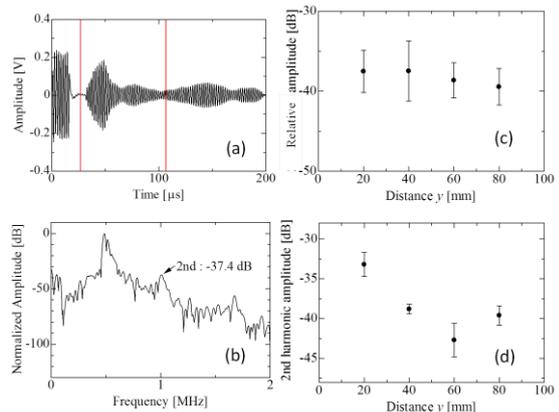


Fig. 4 (a) Received waveform, (b) its spectrum and (c) relation between second-harmonic components and Lamb wave propagation area for conventional method. (d) Relation between second-harmonic components and Lamb wave propagation area for our proposal method using Lamé mode.

>3>, z#e ...

ZIII=00 0 6'

>6E 9 6'

□ M. Fukuda, K. Imano: 3XZH -(FKRHWHFWLRCRI D PQRGHDPPE: DYHIRU1RQ -Destructive Testing Using Nonlinear Ultrasonic Wave Method, Book of Abstracts: International Workshop on Piezoelectric Materials and Applications in Actuators (IWPA2018) (Kobe, Japan) pp. 108 (2018)

r . (#s>*># : Lamb <b6Sou2] 29*#B(b (2017)

s T. Iida, M. Fukuda and K. Imano: Method for Detection of Higher Harmonic Ultrasonic Components from a Micro Crack, The 8th International Conference on Materials Engineering for Resources (ICMR2017) (Akita, Japan), Paper No. BP-12, Proceedings of ICMR2017 (USB memory), pp. 397-399 (2017)

t I. Fujita, M. Fukuda and K. Imano: HWHFWLRCRI D VHFRC KDUPRCF8WUDVRCF&PSR6W IURPOLFUR8VNLQD PQRGHRI DPE: DYHV , The 8th International Conference on Materials Engineering for Resources (ICMR2017) (Akita, Japan), Paper No. BP-9, Proceedings of ICMR2017 (USB memory), pp. 386-389 (2017)

8b8j Ū 2017 2017 : S (2017) , ¥
 v M. Fukuda and K. Imano: A Study of Defect Detection in Metal Plate Using Nonlinear Ultrasonic Waves, The 37th Symposium on Ultrasonic Electronics (USE2016) (Busan, Korea), Proceedings of Symposium on Ultrasonic Electronics v. 37 (USB Memory), Paper No. 1P2-4 (2016)
 w M. Fukuda and K. Imano: Second harmonic ultrasonic waves detection using a double-layered piezoelectric transducer, 5th Joint Meeting Acoustical Society of America and Acoustical Society of Japan (Honolulu, Hawaii, USA), Paper No. 4pPA12, The Journal of the Acoustical Society of America, v. 140, n. 4 Pt2 of 2 pp. 3326 (2016)
 x M. Fukuda, T. Sugiura and K. Imano: Detection of Second Harmonic Components Generated from Weld Defect Using Lamb Waves, Asia-Pacific Conference on Fracture and Strength 2016 (APCFS2016) (Toyama, Japan), Paper No. TRACK07-18, Abstract book (USB Memory) pp. 209-210 (2016)
 y 8b8j Ū 2016 : 291*2x8b<PK7Wb) (N6M0f) , ¥
 8b8j Ū 2016 (2016)

Wi0E 0 ó'

50 0 ó'

Ń#0E 0 ó'

Ń
Ń.

Ń Ń#0E 77Ń Ń%
<http://www.ee.akita-u.ac.jp/eec/lab/lab06/lab06.html>

>4>, 20)°

(1)2(*
K

(2)2*
% # 59*(# 4S*
Shun Yoshida, Tatsuma Iida, Ikumi Fujita

dE ↓ % c % b 0 \ 2i ≥8Z Mvb[MSu % b x 2BÝ b Ń. _
 X8Z \ b 0[13:..._ ö YCvb[cCŃ 2BÝ _ 6iM 0b0 x 2i c 2Ń _ IrM