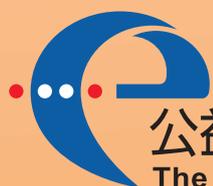


技術士 PE

IPEJ Journal 2025. 1

特別企画

- ・会長対談 「「気持ちの解きほぐし」からのイノベーション」
- ・知られざる技術分野特集



公益社団法人 **日本技術士会**
The Institution of Professional Engineers, Japan

年頭所感	黒崎靖介	3
■会長対談「気持ちの解きほぐし」からのイノベーション」		4
GUEST: 公益社団法人 土木学会 会長 佐々木 葉		
■「知られざる技術分野特集」		
知られざる技術分野	枝村正芳・武井 遼・村田裕子・對馬一昭	10
世界の高速鉄道用シンプル架線の比較	島田健夫三	14
卵殻膜由来のリサイクル繊維「ovoveil」	古賀啓太	18
湿度計測の世界－露点計測技術とその応用	橋本英樹	22
日本の植物防疫	津野賢一	26
人造米の製品化技術と未来技術展望	江本三男	30
魚の加工残滓から可食部を取り出し歩留を向上させる設備について	林 英一	34
「アート」「感性」を支える技術	長嶋洋一	38
地方だってできる！ものづくりへの挑戦	久保 元	42
●会合・行事予定		46
●お知らせ		49
●IPEJ NEWS		49
●編集室から		54

New Year Address	<i>KUROSAKI Yasusuke</i>	3
■ Special Interview		4
GUEST Japan Society of Civil Engineers SASAKI Yoh		
■ Special issue for unknown technological fields		
Unknown technological fields		
<i>EDAMURA Masayoshi TAKEI Ryo MURATA Yuko TSUSHIMA Kazuaki</i>		10
Comparison of simple overhead contact line for highspeed railways with overseas	<i>SHIMADA Takefumi</i>	14
Recycled fiber "ovoveil" derived from eggshell membrane	<i>KOGA Keita</i>	18
Humidity measurement - Dew point measurement technology and its applications	<i>HASHIMOTO Hideki</i>	22
Japan's plant protection	<i>TSUNO Kenichi</i>	26
Artificial rice commercialization technology and future technology outlook	<i>EMOTO Mitsuo</i>	30
Deboning Separator for Removing Edible Parts from Fish Residues to Improve Yield.	<i>HAYASHI Eiichi</i>	34
Technology supporting "Art" and "Sensibility"	<i>NAGASHIMA Yoichi</i>	38
The challenge of manufacturing - Achievable even in rural areas -	<i>KUBO Hajime</i>	42
● Schedule of Events		46
● Notice		49
● IPEJ NEWS		49
● From the Editor		54

地方だってできる！ものづくりへの挑戦

The challenge of manufacturing - Achievable even in rural areas -

久保 元
KUBO Hajime

「技術開発に地方も都会もない」をモットーに、ハンマ打撃応答の特性を活かし、コンクリート構造物やボルトの健全性を簡便で精度良く安価に診断可能な非破壊検査技術を開発し製品化した。近年、ボルト・ナットの不具合に起因する事故が増加し社会問題となっている。ボルト・ナットの点検は、打音など人の感覚に頼った点検が主流であるが、判断に客観性がないことやデータが残らないなどの問題点がある。今後は、これらの問題を解決した技術を使用し、インフラの維持管理を行っていく必要がある。

With the motto 'There is no distinction between rural and urban areas in technological development,' the author's company has developed and commercialized a non-destructive inspection technology that leverages the characteristics of hammer impact responses to easily, accurately, and affordably diagnose the integrity of concrete structures and bolts. In recent years, accidents caused by bolt and nut failures have increased, becoming a social issue. Inspection of bolts and nuts mainly relies on sensory-based methods such as hammering sound method. Still, there are issues such as the lack of objectivity in judgment and the absence of recorded data. In the future, it will be necessary to employ technology that addresses these challenges in the maintenance and management of infrastructure.

キーワード：打撃力波形、附属物点検、ボルト・ナット、あと施工アンカー*¹、健全性試験

1 はじめに

1990年代後半、公共事業が激減した。しかし、公共事業を受注する建設業は地域の雇用を守る責務があると考えていた。そのため、余剰人員対策で異業種分野への進出を模索していた。その矢先、1999年6月に山陽新幹線トンネルコンクリート崩落事故が発生した。この事故をきっかけに、資本力ではなく技術力で勝負が可能なコンクリート構造物の非破壊検査分野への進出を決め、2005年にはコンクリート構造物の非破壊検査装置であるコンクリートテスター（CTS）の販売を開始した。その後、車両の脱輪事故、看板落下事故が増加し、2012年12月には中央自動車道笹子トンネル天井板崩落事故が発生し、9名が犠牲となった。これらの事故を受け、新たなボルト・ナットの健全性診断技術の必要性を強く意識し、2014年にはボルトテスター（BTS）の販売を開始した。

ボルト・ナットの点検は、主に目で見て診断する目視、手で触って診断する触診、耳で聞いて診

断する打音で行われている場合がほとんどである。これら点検の方法は、人の感覚によって危険箇所を判断する点検方法であるが、判断に客観性が伴わないこと、データが残らないこと、そもそも不具合の検出精度が学術的に検証されていないなどの様々な問題を抱えている。一方、この開発した技術は、ハンマ打撃によって得られた打撃力の時間波形を加速度計によって測定し、解析することで打撃対象物の剛性を調べる技術であり、機械インピーダンス法と呼ばれ、日本非破壊検査協会規格NDIS3434-3¹⁾として規格化されている。ボルト・ナットの異常は、完全な締結状態から何らかの理由によってゆるみが生じる現象であるため、対象の剛性を評価できればボルト・ナットの異常を評価できると考えられる。この技術²⁾³⁾は、2024年6月20日にJIS Z 2339⁴⁾としてJIS規格化されている。本論文は、これら「打撃」に関する技術の基本原理や現場での適用事例を紹介するものである。

* 1：あと施工アンカー：母材コンクリートの硬化後、所定の位置に穿孔などを行い固着させるアンカー。

2 基本原理と検証実験

2.1 基本原理

あと施工アンカーの接着剤の充填不良をモデルとして、測定原理を説明する。図1に示すように、接着剤が完全に充填されたあと施工アンカーを打撃した場合、ハンマで打撃した程度では動かず、弾性体として挙動する。打撃力波形は、打撃直後から反力が生成されるため、作用と反作用の波形が合成され、図2に示すように、1つ山の波形が測定される。一方、接着剤の充填が不十分なあと施工アンカーを打撃した場合、打撃によってアンカーが動き、塑性的な挙動を示す。打撃力波形では、打撃に対する反力が発生するまでアンカーが動く時間が含まれるため、作用と反作用の波形に時間遅れが生じ、図3に示すように、2つ山の波形が測定される。本技術は、打撃による反力の発生機構を加速度計が内蔵されたハンマで測定することによってボルト・ナットの固着状況を判定するものである。

2.2 検証実験（ナットのゆるみ検出）

図4にナットのゆるみ角度における実際の測定波形を示す。事前の目視、触診、打音検査では、いずれのゆるみ角度においても、ゆるみの判別は不可能であったが、BTSで得られた測定波形で

は、角度 30° 以降で波形が双山となり、明らかに異常であることが簡単に判別可能である。

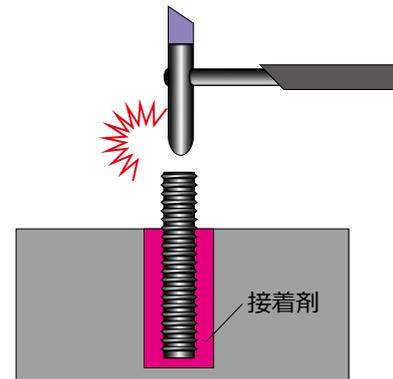


図1 健全なあと施工アンカーのモデル

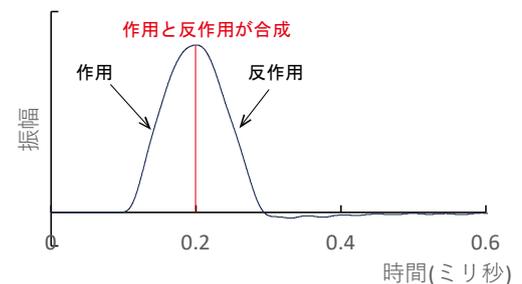


図2 健全なあと施工アンカーの打撃力波形

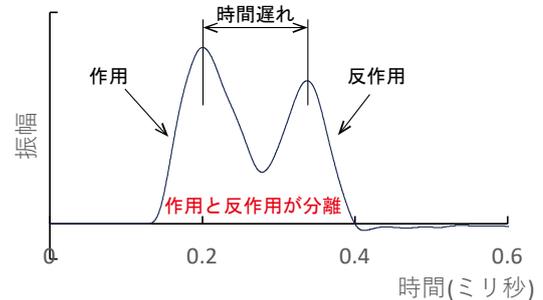


図3 不健全なあと施工アンカーの打撃力波形

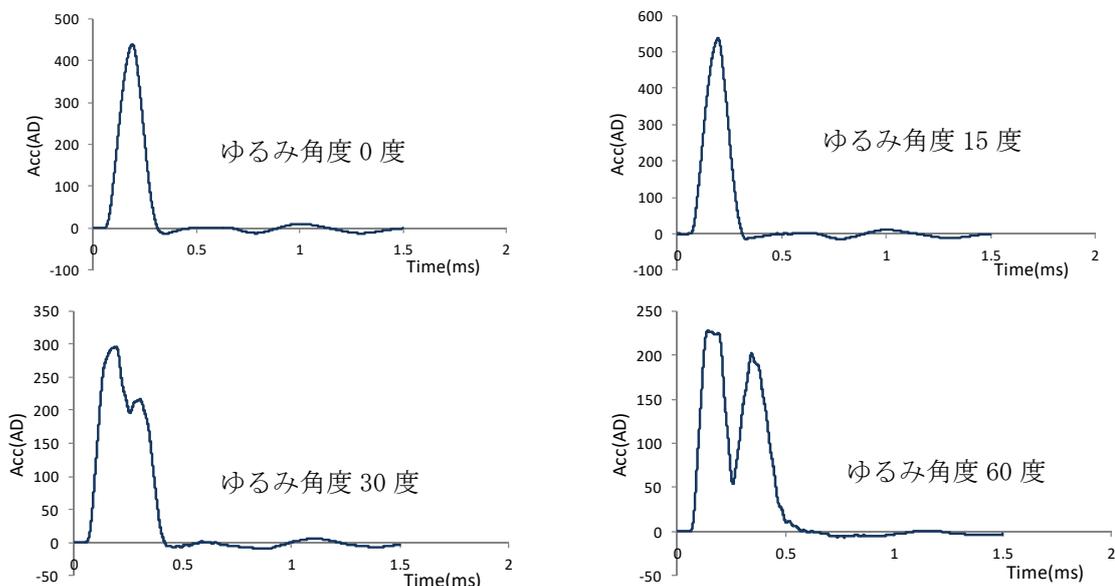


図4 ナットのゆるみ角度と測定波形

3 現場適用事例

3.1 附属物点検への適用

北海道の国道には写真1に示す矢印型の標識(固定式視線誘導柱)が等間隔に設置されている。この標識は、道路の路側位置を示す標識で、冬の北海道では非常に重要な標識である。この標識のベースプレートを固定しているボルト・ナットの内、ナットのゆるみに対し本技術を適用した。測定状況を写真2に示す。ベースプレートを固定するナットに対し、横方向に打撃して測定を実施した。測定した固定式視線誘導柱の基数は48基である。ボルト・ナットは1基あたり4箇所所で固定されているため、箇所数は全部で192

箇所(48基×4箇所)である。測定の結果を表1に、測定結果の内訳を図5に示す。48基のうち、半数以上の27基でゆるみが検出された。箇所数にすると、192箇所中62箇所となる。ゆるみを発見した62箇所中74%にあたる46箇所については打音検査では検出不可能であったが、BTSによって発見され、本技術の有用性が確認された。なお、この取り組みは、第5回(2021年)インフラメンテナンス大賞(メンテナンス実施現場における工夫部門)において国土交通省優秀賞を受賞した。この結果、2024年9月1日よりNETIS(国土交通省新技術情報提供システム)活用促進技術に選定された。



写真1 固定式視線誘導柱



写真2 ナットのゆるみ測定状況

表1 固定式視線誘導柱の測定結果

項目	割合
ゆるみ確認	48基中27基(56%), 192箇所中62箇所(32%)
4箇所全てゆるみ確認	48基中8基(17%), 192箇所中32箇所(17%)
測定基数: 48基 測定箇所数 192箇所(4箇所/基)	

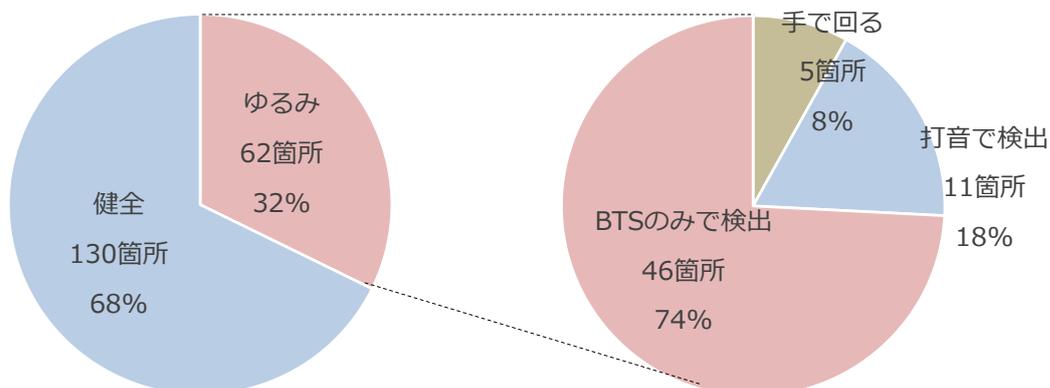


図5 測定結果の内訳

3.2 鋼橋F11T*²ボルトの健全性試験への適用

鋼橋におけるF11Tボルトの遅れ破壊*³は全国的に問題となっている。ここでは、約50年前に架設された鋼橋（箱桁）でF11Tボルトの健全性試験に本技術を採用した結果を報告する。測定は、附属物点検と同様にナットを横から打撃するという方法で測定を実施している。本橋梁では、F11Tボルトの全数8520本について測定を実施した。目視および打音による1年前の調査では9本の異常が報告されていたが、本技術による調査により、新たに48本の異常を確認した。なお、本調査ではBTSを2台稼働させ、2日間で測定を終了させた（1台あたり2130本/日）。本技術は、測定精度が打音検査と比較して格段に高いことに加え、測定速度も超音波（200～400本/日）などの他の非破壊検査技術と比較して格段に速いことが証明された。



写真3 測定状況

4 まとめ

(1) 本技術は加速度計を内蔵したハンマでコンクリート・ボルト・ナットを打撃して測定される打撃力波形から測定対象物の健全性を検出する技術である。本技術は、現場適用事例を重ね、後述するインフラメンテナンス大賞の受賞などを経て

*²：F11T：昭和40年代後半から50年代初頭にかけて多数使用された、引張強度の高い高張力ボルト。遅れ破壊発生の可能性が高いことから1981年以降は製造が中止されている。

*³：遅れ破壊：高強度の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時、外見上の塑性変形をほとんど伴うことなく突然脆性的に破壊する現象。

2024年6月JIS規格が制定されている。

(2) 附属物点検では、国道の固定式視線誘導柱のベースプレートを固定するナットのゆるみの点検に活用した。この取り組みについては、第5回（2021年）インフラメンテナンス大賞（メンテナンス実施現場における工夫部門）において国土交通省優秀賞を受賞した。この結果、2024年9月1日よりNETIS活用促進技術に選定された。

(3) 鋼橋（箱桁）のF11Tボルトの健全性試験に本技術を採用した。本技術の適用により、打音検査では判別ができなかった異常を新たに48本検出した。これは、本技術の検出精度が打音検査に比較して高いことを示している。

(4) F11Tの健全性試験では、8520本もの数を、BTS2台体制で点検したが、2日間で点検業務を終了している（1台あたり2130本/日）。打音検査を除く非破壊検査でこれほどの速度で測定できる技術は皆無であり、本技術は検出精度のみならず、施工性についても有用性が高いものと考えている。

<引用文献>

- 1) NDIS3434-3：2017：コンクリートの非破壊試験-打撃試験方法-, 第3部：機械インピーダンス試験方法, 日本非破壊検査協会
- 2) 久保元樹ほか：機械インピーダンス法による後施工アンカーの健全性診断, 土木学会第68回年次学術講演大会講演概要集, pp.207-208, 2013.9
- 3) 岡本真ほか：打撃によるケミカルアンカーボルトの非破壊健全性試験方法, 日本非破壊検査協会, 第5回シンポジウム「コンクリート構造物の非破壊検査」論文集, pp.245-248, 2015.8
- 4) JIS Z 2339：2024：非破壊試験—ボルト接合部の機械インピーダンスの測定方法, 日本規格協会

久保 元（くぼ はじめ）
技術士（建設部門）

日東建設（株） 代表取締役会長
コンクリート診断士, コンクリート主任技士,
一級土木施工管理技士, 一級管工事施工管理技士,
一級建設機械施工技士, 一級造園施工管理技士 他
TEL：0158-84-2715



Professional

Peace

Engineer

Environment

Ethics

技術士 PE
IPEJ Journal 2025. 1

2025年1月1日発行(毎月1回1日発行)
通巻697号

¥1500



<https://www.engineer.or.jp/>