

橋梁の安全点検

横浜国立大学 大学院都市イノベーション研究院 准教授

西尾 真由子 *Mayuko Nishio*

1. はじめに

2012年12月に中央自動車道笹子トンネル天井板落下事故が起き、死傷者がでたことは、当時大変大きなニュースとなったので記憶されている方も多いと思う。日常生活の中で通行していた方々が命を落とした、これはインフラ構造物で最も起きてはならないことであると思う。この事故の原因は、天井板を固定していたボルトの抜けおちであるが、これに関連して各メディアの報道でもよく登場した言葉が『点検』である。「近接『点検』は十分に行われていたか」など— 実は、トンネルや橋梁など交通網を形成する既存インフラ構造物について、維持管理への意識が高まり、『定期点検』への取り組みが始まったのは比較的近年であり、現在もその在り方への議論は真ただ中である。

日本全国の橋梁の建設年ごとの数をみると(図1)、1970-80年代に多くの橋梁が建設されている。基本的に道路構造物は「定期的な点検の下で供用するという前提がなく、不具合が見つければ補修するという事後対応であった。しかし現実には、多くの橋梁が完成して数十年たつ中で、特に2000年代に入り大小の劣化損傷が数多く発見されるようになった。定期的な点検で不具合を見つけて対応しながら供用する重要性が認められ、国土交通省から予防保全の考え方が提言されたのが¹⁾、2008年なのである。そして、笹子トンネル天井板落下事故が大きな教訓をもたらし、維持管理への意識を高め、点検体制構築への動きを加速させていることは確かであ

り、日本におけるインフラ構造物維持管理は、今まさに、とても重要な局面にあると言ってよいと思う。

そのような中、2014年6月に国土交通省から、全国の道路構造物、すなわち橋梁・トンネルなどへの定期点検要領が規定された²⁾。本稿で話題とする橋梁に対しては、国土交通省が管理する国道橋梁への「橋梁定期点検要領³⁾」(以下、国道要領と略す)と、より数多く存在する一般道(都道府県道・市町村道)橋梁への技術的助言として示された「道路橋定期点検要領⁴⁾」(以下、道路橋要領と略す)がこれにあたる。本稿では、現時点で考えられる道路橋梁定期点検の基本方針といえる国道要領を、適宜道路橋要領にも触れて概説しながら、橋梁定期点検の現状と課題をまとめる。

2. 要領で規定された点検体制と現状

はじめに本項では、国道要領の項目に沿って規定された点検体制を概説し、現状にも触れる。

(1) 適用の範囲

国道要領、道路橋要領ともに、適用される橋梁は「橋長2.0 m以上の橋」とされている。全国の道路橋に関する統計データ⁵⁾をみると、橋長2.0 m以上の橋梁は全国に68万728橋、さらに管理者別の内訳では、その約85%が地方自治体管理の一般道である。定期点検の対象橋梁がいかに多く存在し、さら

図1 橋梁の経年分布⁵⁾

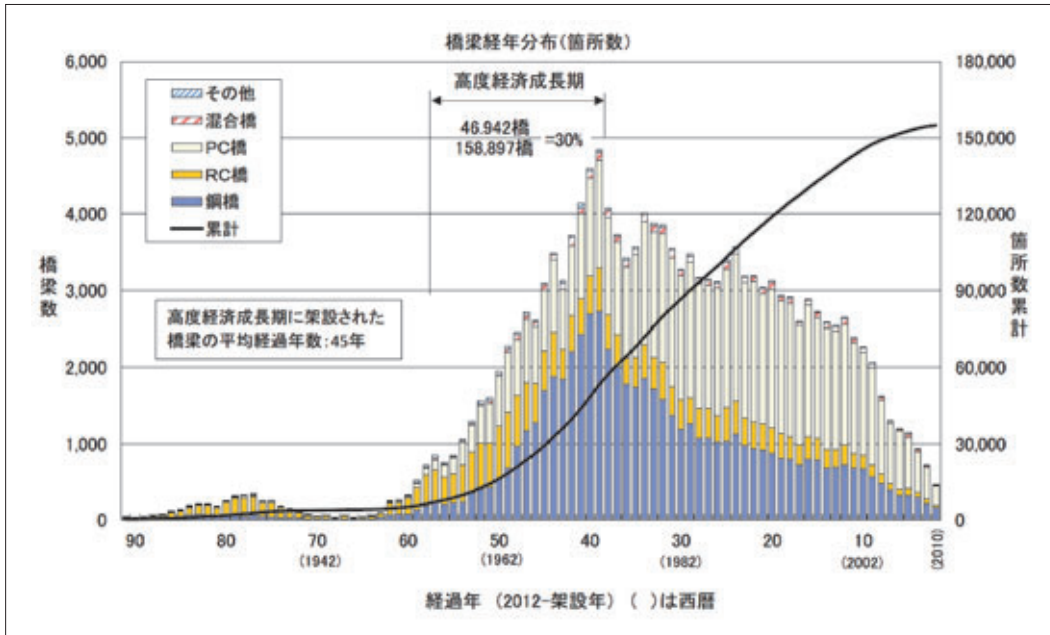
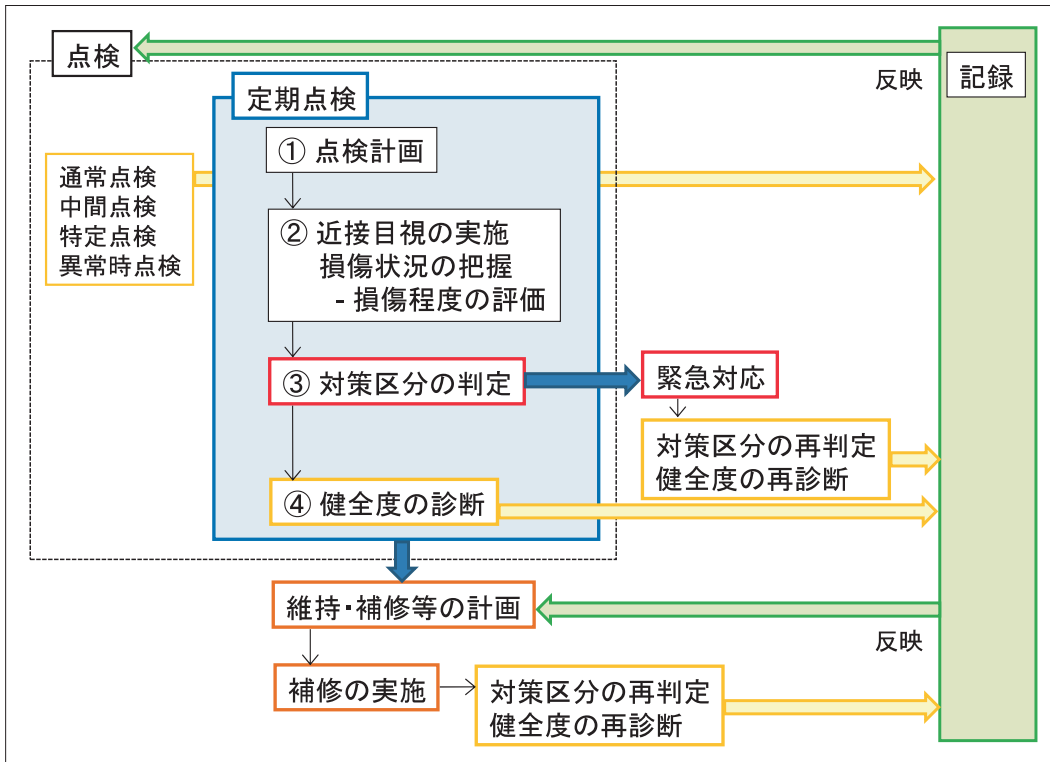


図2 橋梁の維持管理フロー概要



に、その多くが地方自治体によって点検されなければならない、という現実がわかる。

(2) 定期点検の目的

定期点検の目的は「維持管理を適切に行うために必要な情報を適切に得ること」であり、この項で点検業務の標準的なフローが示され

ている(図2)。定期点検には、主に4つのプロセス①点検計画の策定、②点検の実施と損傷度評価、③対策区分の決定、④健全度の診断がある。点検で得られた記録は、データベースで一元管理し、次の点検時や補修・補強計画の策定時に反映させることとされている。

(3) 定期点検の頻度

国道要領では、定期点検の頻度は「供用開始後2年以内に初回点検、以降は5年に1回を基本とする」とされている。一方、道路橋要領では初回点検に関する記述はなく、「5年に1回の頻度で実施」と記述されている。

(4) 点検の項目と方法

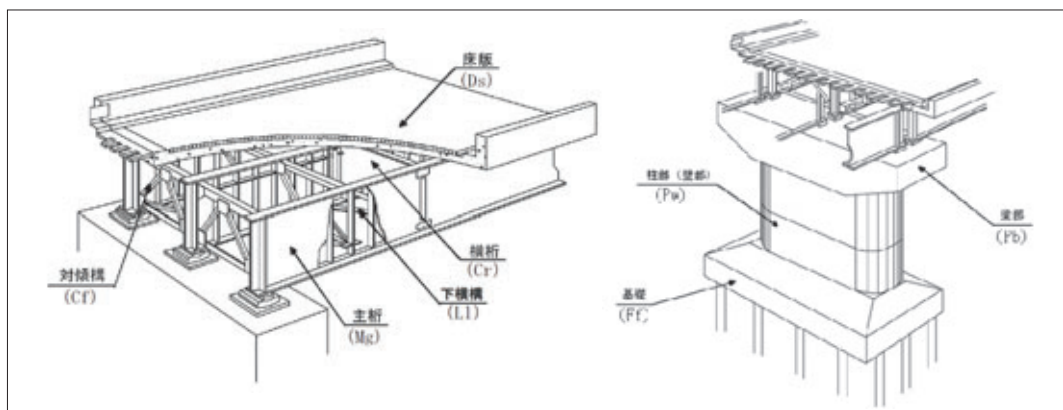
国道要領において規定されている損傷は26項目、多数ある橋梁形式・部位・部材ごとにそれらのどの項目を点検するべきか、細かく示されている。そして着目すべきは、国道要領も道路橋要領も、ここで「全部材に対する『近接目視』を義務付けている点である。しかし例えば、全国に数多く存在する一般的な橋梁形式である鋼桁橋の図をみると（図3）、非常に多くの部位・部材で複雑に構成されていることがわかる。また通常、橋梁の下には河川や道路が通っていることを考えると、これらの全部材に人間が近接目視を行えるほど近づくのは困難である場合が多いことは、想像していただけたらと思う。実際には、この近接目視のために足場を組んだり、高所作業車や点検車を用いたりすると大掛かりになることも多い。そして①点検計画の作成では、近接目視の工程作成、点検体制の構築、安全対策、点検車両使用の手配などを、必ず現場踏査の上で行わなければならない。

(5) 定期点検の体制

国道要領では、定期点検は「これを適正に行うために必要な橋梁に関する知識および技能を有する者」が行うこととされている。点検現場では、『橋梁点検員1名+点検補助員2名』の構成が基本として定められている。『橋梁点検員』は、「②損傷度の評価を行うのに必要な能力と実務経験を有する者」である。『点検補助員』は、『橋梁点検員』の指示に従って補助を行う。次に、「橋梁に関する相応の資格又は実務経験、設計・施工・管理に関する専門知識を有する『橋梁検査員』」が、③対策区分の判定と④健全度の診断を行う。一方、道路橋要領では、「必要な知識及び技能を有するものが行う」という記述のみである。地方自治体では、点検すべき橋梁数は多いのにも関わらず、点検に関する専門的な技術者を十分に確保できないことが大きな課題となっており、国道要領のような規定を示すことは困難である。

これに対して現在は、各団体で点検技術講習会の開催など、点検技術者の養成・確保への取り組みがなされている。加えて、専門的な技術者の資格認定の動きも進んでいる。一般財団法人橋梁調査会が制定している「道路橋点検士⁶⁾」は、修了試験を課す研修の受講と実務経験で認定されるものである。このような資格化は、定期点検の人材を確保していくために重要な取り組みである。

図3 鋼桁橋の部材³⁾



3. 点検項目と損傷度評価

先にも触れた通り、国道要領では損傷の種類が全26種類で示されている。点検現場では損傷が発見されると、それに対して橋梁点検員により②損傷度の評価が行われる。評価区分は、基本的に a～e の5段階であり、国道要領の付録には各損傷に対する評価基準が示されている。ここでは、鋼とコンクリートの代表的な損傷について、評価がどのように行われるか概説する。

(1) 鋼部材の損傷：腐食と亀裂

鋼構造の重要な損傷が、腐食と亀裂である(図4)。腐食は、鋼部材に水分がとどまることで錆が生成する反応であるが、それによって断面が減少し耐荷力^{※1}が減少することが問題となる。腐食の有無自体は目視で比較的発見しやすいが、損傷度評価では、腐食領域の面積や板厚減少の度合いで評価点が与えられる。

疲労亀裂は非常に局所的な現象で、鋼橋の中でも、とても制御しにくい損傷である。亀裂の起点となるのは応力集中部であるが、鋼橋において支配的となるのは溶接結合部である。初期の亀裂が脆性的に進展してしまうと耐荷力が一気に落ち危険な状態となるが、初期段階は微小でしかも通常閉じているため、

検知が大変困難である。このため、磁粉探傷試験^{※2}などの非破壊検査技術が使用されるケースが多いが、そもそも検査を行えるほど近接することが難しい箇所も多いのが現実である。

(2) コンクリート部材の損傷：ひびわれ

ひびわれは、コンクリート構造物の表面に文字通りひびわれが生じている状態である。その発生要因は、コンクリート自体の品質や施行に関わる要因、供用中の外力や環境による要因と多数あり、それぞれが複雑なメカニズムを持つ。ひびわれを放置しておくとも水分や塩分が入り込み、コンクリート構造において引張力を受け持つ鉄筋の腐食を引き起こす。ひびわれの損傷度はその幅と間隔から評価される。国道要領に示されている損傷区分を表1に示す。この損傷に対しては、特に定量的な評価基準が細かく示されていることがわかる。図5にひびわれ損傷の事例写真⁷⁾を抜粋して示したが、チョークでマーキングされひびわれ幅が記されている。この例では、(1)は損傷区分 b (軽い)、(2)は e (重い)と評価された。現場では作業者が近接して細かく計測しなければ、このような評価が得られない。

図4 鋼橋の亀裂損傷事例⁷⁾



※1 耐荷力
構造物が荷重(自重や外力)を受け持つ力。

※2 磁粉探傷試験
亀裂が発生していると思われる領域に磁粉を撒いて磁場をかけ、磁粉模様の不連続箇所から亀裂箇所や長さを把握する。蛍光磁粉を用いブラックライトをあてることで模様を観察する方法が一般的である。

表1 要領におけるコンクリートひびわれの損傷評価区分

区分	ひびわれ幅の程度	ひびわれ間隔の程度
a	損傷なし	
b	小	小
c	小	大
	中	小
d	中	大
	大	小
e	大	大

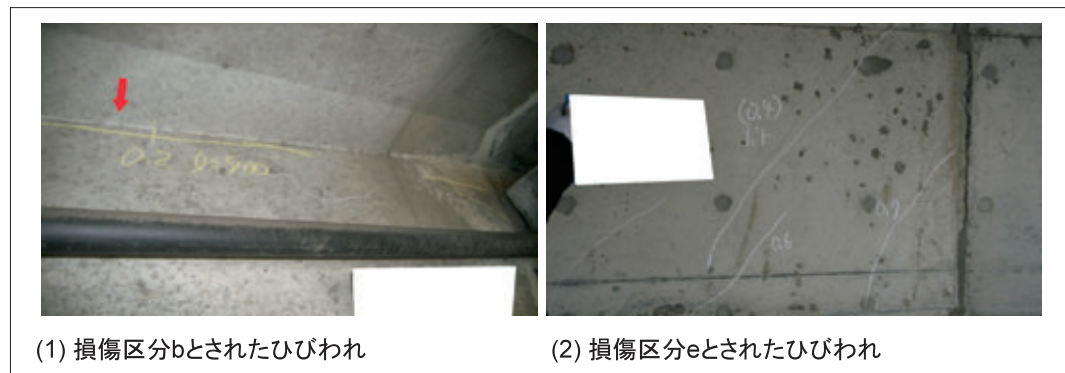
ひびわれの幅

程度	一般的状況
大	ひびわれ幅が大きい (RC 構造物0.3 mm 以上、PC 構造物0.2 mm 以上)
中	ひびわれ幅が中位 (RC 構造物0.2 mm 以上0.3 mm 未満、PC 構造物0.1 mm 以上0.2 mm 未満)
小	ひびわれ幅が小さい (RC 構造物0.2 mm 未満、PC 構造物0.1 mm 未満)

ひびわれ間隔

程度	一般的状況
大	ひびわれ間隔が小さい (最小ひびわれ間隔が概ね0.5 m 未満)
小	ひびわれ間隔が大きい (最小ひびわれ間隔が概ね0.5 m 以上)

図5 コンクリート橋のひびわれ損傷事例⁷⁾
マーキングしてひびわれ幅が示されている



4. 点検結果に基づく対策区分の判定と健全度診断

③対策区分の判定では、定期点検で発見された損傷に対して緊急対応、補修工事対応など、何らかの対策の必要性を橋梁検査員が判定する。損傷度評価結果、さらにその原因や将来予測、橋全体の耐荷性能、周辺の橋梁の状況なども考慮し、「その後管理者がとるべき措置を助言する総合的な評価」とされており、検査員の技術的判断が大きく影響する。そこで、ある程度統一的な基準で評価が行われるように、国道要領では付録に対策区分判

定要領が添えられている。ここで示されている判定フローを図6に示す。E1, E2では速やかに補修などの対策がなされる。④健全度診断は、③対策区分判定と対応させて、総合的に部材や橋梁の健全度を与えるプロセスであり、こちらも橋梁点検員が行う。

5. 定期点検体制の課題と他分野技術の活用

以上、主に国道要領を概説したが、その中で特に筆者が捉えている定期点検体制の課題を、以下のように挙げたいと思う。

図6 対策区分判定フロー³⁾
 橋梁検査員が橋梁・部材ごとに専門的知見に基づいて判定する

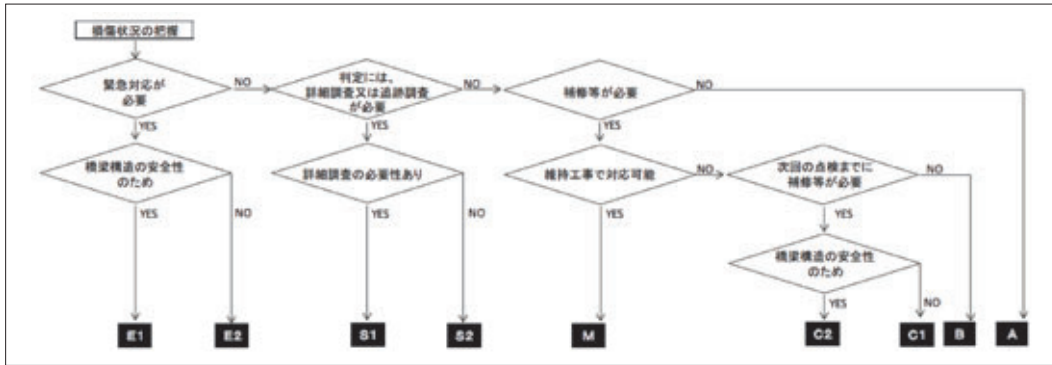
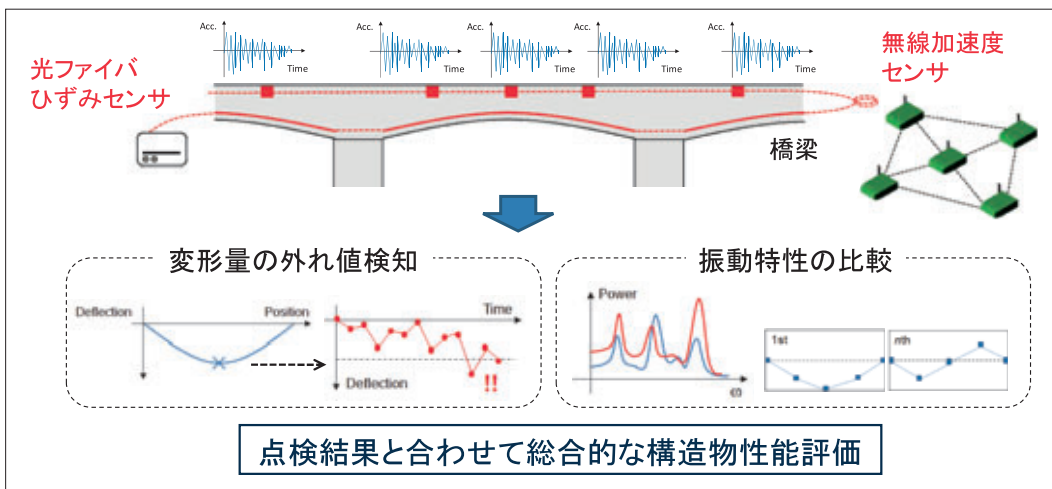


図7 構造モニタリングの概要



(1) 損傷度評価、対策区分判定、健全度評価と、点検員・検査員が専門的知識に基づいて細かく評点を与える、負担の大きいプロセスが多い点

(2) 近接目視が求められているが、それが難しい橋梁、橋梁部材、そして近接しても評価や診断が困難な損傷も多い点

これらの点に対して、先進的なセンシング技術やロボット技術を活用しない手はないと筆者は考える。近年は、小型軽量高性能なセンサやロボットなどが、比較的安価に入手できるようになっている。例えば、構造物にさまざまなセンサを取りつけて、その応答から構造物の状態をみようとする「構造モニタリング」の取り組みがある。研究自体は約20年前から国内外で行われてきたが、近年やっと現場の維持管理体制の中でどのように活用

していくかという議論が始まっている。一つの方法としては、橋梁の揺れや変位の大きさといった全体的な挙動を常時計測し、構造物の性能が変化していないか、ということを定量的・客観的にモニタリングする。無線加速度センサ、光ファイバひずみセンサ、構造状態を把握するためのデジタル信号処理、パターン認識と、分野に捉われずさまざまな技術や手法を結集させる(図7)。この情報を③対策区分判定で②損傷度評価結果とともに判断に利用したり、さらには目視点検の頻度や点検項目の最適化を行ったりすることが可能ではないかと考えている。また、ロボット技術の活用は実際に取り組みが始まっており、すでに国土交通省の主導で実証実験などが行われている⁸⁾。例えば、飛行ロボットと高精度カメラなどセンシング技術を組み合わ

せ、人間がアクセスできない箇所近接して取得した画像を解析して定量的な損傷度評価を行う、といったことが考えられている。実現に向けた取り組みを進めていけば、点検体制の効率化や現場の負担軽減につながる技術となると期待される。

- 8) 一般財団法人先端建設技術センターなど：次世代社会インフラ用ロボット技術・ロボットシステム～現場実証ポータルサイト～
<http://www.c-robotech.info/>

6. おわりに

橋梁を定期的に点検しながら長く使う、ということが、今まさにシステムとして動き始めていることは大変画期的である。しかし、現時点の「定期点検要領」は非常に丁寧な点検体制・方法が示されており、広い意味でコストがかかることも確かであり、今後、より議論が進みブラッシュアップされていくであろう。この状況の中で、今後の土木構造分野はより分野横断的に視野を広げて、本稿でも触れたセンサやロボットのような、先進的な技術をどんどん活用することが必要と考える。古くなる橋をやりくりして使うというと、ともすれば地味な印象を持ちがちであるが、ここに新しく面白い技術を試してみる姿勢を合わせると、橋の維持管理が“格好いい”技術になるのではないだろうか。

参考文献

- 1) 国土交通省・道路橋の予防保全に向けた有識者会議：道路橋の予防保全に向けた提言，2008。
http://www.mlit.go.jp/road/sisaku/yobohozen/yobo1_2.pdf
- 2) 国土交通省：道路の老朽化対策，2014。
<http://www.mlit.go.jp/road/sisaku/yobohozen/yobohozen.html>
- 3) 国土交通省道路局：橋梁定期点検要領，2014。
http://www.mlit.go.jp/road/ir/ir-council/pdf/yobo3_1_6.pdf
- 4) 国土交通省道路局：道路橋定期点検要領，2014。
<http://www.mlit.go.jp/common/001044574.pdf>
- 5) 玉越ら，平成24年度道路構造物に関する基本データ集，国土総合研究所，国総研資料776号，2014。
<http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryou/tnn/tnn0776.htm>
- 6) 一般財団法人橋梁調査会：道路橋点検士
<https://www.jbec.or.jp/society/index.php>
- 7) 玉越ら，道路橋の定期点検に関する参考資料（2013年版）—橋梁損傷事例写真集—，国土総合技術研究所，国総研資料第748号，2013。
<http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryou/tnn/tnn0748.htm>

にしおまゆこ

2004年東京大学工学部土木学科卒、2009年同大学院航空宇宙工学専攻博士課程修了、博士（工学）取得。2011年より現職。専門は構造工学、現在は光ファイバセンサや加速度センサを用いた構造モニタリングなど、既存構造物の安全利用について考える研究を行っている。