自然災害リスクの指標化

How to quantify natural disaster risk

保田 敬一 (社)国際建設技術協会
Keiichi YASUDA Infrastructure Development Institute-JAPAN

Keywords : National resilience, Maintenance, Natural disaster, Risk

1. はじめに

インフラレジリエンスを理解するにあたり、自然災害リスクの観点は避けては通れない。一般市民にとって社会インフラへの自然災害リスクの影響という話になると専門用語ばかりで理解しづらいことが多い。我が国は自然災害多発国ではあるが、地域によって自然災害リスクが高い、低いという差が生じていることも事実である。地域住民にとっても維持管理者にとっても、自身の住んでいる地域がどの程度の自然災害リスクを保有しているのかを把握しておくことは重要である。自然災害リスクの算定には脆弱性、曝露量、レジリエンスなどの指標が関係しているが、本稿ではこれらの用語について感性的な観点から説明を加え、少しでも理解してもらえるようなきっかけとしたい。

2. 自然災害リスク評価方法

自然災害リスクを定量的に示したものには、世界リスク指標（WRI：World Risk Index）[1]がある。また、国内向けには、自然災害安全性指標（GNS：Gross National Safety for natural disasters）[2, 3]があり、これまで、GNS 2015 [4] および GNS 2017 [5] が公開されている。インフラ維持管理で適用される自然災害リスクもあわせてこれらの対比を表1に示す。本項ではインフラの対象は橋梁とし、維持管理で適用される自然災害リスク算出体系を図1に示す。

本稿では、WRIやGNSのように脆弱性の中に対処能力や適応能力を含めるのではなく、対処能力や適応能力はあくまで事後対応なのでレジリエンスの範疇であると考えた。また、脆弱性は弱さのことなので、その構造物が保有している劣化のし易さ、保有耐力の程度、使用環境の悪さなどを

取り扱うものと考えた。すなわち、脆弱性とレジリエンスとは別物であるとした方が理解しやすいと考えた。

3. 自然災害リスクの算定

3.1 曝露量

(1) 算定方法

曝露とはある特定の問題となる因子に集団あるいは個人といった生体がさらされることをいい、さらされている量を曝露量（Exposure）という。ここでいう問題となる因子とは微生物、化学物質、薬物、環境汚染物質、その他有害物質をさすことが多い。この問題の因子を自然災害に置き換えてみると、自然災害に対して日本国民（地域住民）がさらされている程度を曝露量として定義することになる。自然災害の規模が小さい場合はほとんど被害は受けないが、大規模自然災害が発生した際は避難、施設倒壊などの被害をうけることになる。この

図1 自然災害リスク指標算出体系

表1 インフラ維持管理における自然災害リスク指標、GNS、WRIとの違い

	橋梁維持管理における自然災害リスク指標	GNS (Gross National Safety for natural disasters: GNS)	WRI (World Risk Index)
目的	維持管理計画への自然災害リスクの関係度合いと、防災減災機能をどの程度維持管理計画に反映していくかを判断するための指標	自然災害リスクを定量的に示した防災減災投資の意思決定者へ向けた指標	世界171か国の自然災害リスクを示したもの。
定義	自然災害リスク $R = f(E, V, Re)$ E: 曝露量, V: 脆弱性, Re: レジリエンス	自然災害リスク $R = f(H, E, V)$ H: 災害発生頻度, E: 人口割合 (H・Eを暴露量と定義), V: 脆弱性 (ハード対策×ソフト対策)	自然災害リスク $R = f(E, V)$ E: 曝露量, V: 脆弱性 ($= (S + C + A) / 3$)
利用方法	都道府県別に自然災害リスクおよび脆弱性を明示することで管理機関の今後の維持管理計画においての防災投資への判断指標の一つとなる。	都道府県別に自然災害リスクを明示することで、管理機関の今後の防災投資への判断指標の一つとなる。	自国が世界的にどのぐらいの順位にいるのかを知ることができる。

自然災害リスクの指標化

被害をうけるということを自然災害にさらされていると同意に考える。沢山の人が被害をうければさらされている程度は大きいと考える。さらされている程度を人数と仮定すると、ある閾値以上の規模の自然災害に対して被害を被る人数が曝露量であると説明できる。もう少し具体的にいうと、隣接するA地域、B地域があったとして、ある自然災害が発生した際、A地域の方が人数が多ければ曝露量はA地域の方が多いと判断できる。

インフラの維持管理においては、世界リスク指標(WRI)やGNSにて考慮している多くの自然災害は対象としていない。すなわち、複数の災害の種類(地震、津波、高潮、土砂災害、火山噴火)の中でも発生時に橋梁の倒壊、損傷発生など維持管理において最も影響すると思われる地震だけを対象とした。地震には海溝型地震と直下型地震の2種類がある。海溝型地震については、国立研究開発法人 防災科学技術研究所のJ-SHIS MAPにある被災人口地図を使用して算出した。海溝型地震は、J-SHISにて想定されている12の地震(北海道南西沖地震、北海道西方沖地震、南海トラフ地震、東北地方太平洋沖地震、相模トラフ沿地震、千島海溝沿地震、青森県西方沖地震、新潟県北部沖地震、十勝沖プレート間地震、山形県沖地震、三陸沖北部のプレート間大地震、根室沖プレート間地震)とした。これらの地震による震度6弱以上の震度曝露人口を都道府県別に集計して海溝型地震の曝露量とした。

直下型地震については、活断層の延長距離を使用した。GNSと同様の考え方により活断層の延長を都道府県の面積で除することにより都道府県全体への影響のし易さを考慮した。これは都道府県別の活断層密度を算定していることになる。活断層の延長は国立研究開発法人 産業技術総合研究所の活断層データベースから算定した。

(2) 算定結果

前節にて示した算定方法により、曝露量に係る要因ごとに指標を算出した。曝露量は海溝型地震による被災人口と活断層密度の平均から算出される。被災人口(e1)と活断層密度(e2)の平均値による曝露量(E)を都道府県ごとに0~1で指標化したマップを図2に示す。

図2 曝露量の都道府県分布 [6]

曝露量が最も高いのは東京都、次に高いのは大阪府、次が福井県、大分県、神奈川県、富山県、岐阜県、滋賀県、愛知県の順である。曝露量の最も小さいのは佐賀県、次に小さいのが宮崎県、次が島根県、青森県、岡山県、栃木県、岩手県、群馬県の順になる。東京都は被災人口の値が全国でも突出しており、活断層密度は全国でも33位であるが、e1とe2の平均値となるとどうしても上位にくることになる。東京への人口一極集中の弊害が指摘される結果となる。

3.2 脆弱性

(1) 算定方法

脆弱性(Vulnerability)とは、適用される技術分野によって意味が異なるが、一般的に広く知られているのは情報通信用語のことをいい、コンピュータのOSやソフトウェアにおいて、プログラムの不具合や設計上のミスが原因となって発生した情報セキュリティ上の欠陥(セキュリティホールともいう)のことをいう。

脆弱性を社会インフラに適用した場合、インフラ自体の欠陥というよりも使用条件や環境条件が変わった場合に該当する構造物の耐力や安全性が低下する場合、脆弱性が高いという表現をする。日本は脆弱性の高い国土という表現を良く用いるが、これは大規模な台風や巨大地震によって構造物の被害、土砂災害、河川の氾濫などが多く発生するためである。

橋梁の維持管理における脆弱性は構造的要因と環境的要因に区分できる。それぞれの要因の考え方と使用データを表2に示す。

構造的要因(S)は式(1)にて、環境的要因(E)は式(2)にて算出し、脆弱性はSとEの平均値を採用する。

$$S = \frac{s1+s2+s3+s4+s5}{5} \quad (1)$$

$$E = \frac{e1+e2+e3}{3} \quad (2)$$

ここに、s1:橋の平均年齢、s2:橋の平均年齢の将来推移、s3:橋の数、s4:特殊形式橋梁の割合、s5:耐震補強進捗率である。e1:規模の大きい地震の受けやすさ、e2:重交通量、e3:塩害影響度合い(海岸線の延長と冬期最低温度の指標の平均値)である。

(2) 算定結果

構造的要因と環境的要因とで構成される脆弱性を都道府県ごとに0~1で指標化したマップを図3に示す。

総合的脆弱性(V)で値が高いのは、北海道、東京都、長野県、愛知県、兵庫県、神奈川県、三重県の順になっている。逆に、総合的脆弱性(V)で値が低いのは、沖縄県、島根県、青森県、鳥取県、と徳島県、香川県の順になっている。北海道は構造的脆弱性(S)が全国1位で、環境的脆弱性(E)も全国3位と両者ともに脆弱性がかなり高い。東京都は、構造的脆弱性(S)は全国19位であるが、環境的脆弱性(E)が全国1位となっている。愛知県は、構造的脆弱性(S)は全国13位であるが、環境的脆弱性(E)が全国5位となっている。ここで

表2 脆弱性を構成する要因の考え方と使用データ

	要因	考え方	使用データ
構造的 要因	橋の平均年齢(老朽化率)	建造後50年を超える橋の割合とし、この割合が高い方が将来補修・改築する可能性が高く、脆弱性が高いと判断する。	WEB頁で公開されている各都道府県の橋梁長寿命化修繕計画に記載されたデータ
	橋平均年齢の将来推移	劣化進行度合いを表現するために建造後50年を超える橋の割合が今後どのように推移するか(年間割合の推移)で表し、この割合が高い方が将来補修・改築する可能性が高く脆弱性が高いと判断する。	各都道府県橋梁長寿命化修繕計画に記載されている将来推移から比例計算にて算出
	橋の数	橋の数が多くとそれだけ管理するための資源(人、物、金)が多くなるため脆弱性が高いと判断する。	全国47都道府県の橋梁長寿命化修繕計画に記載のある橋長2m以上の橋の数
	特殊形式橋梁の割合	特殊形式の橋が全体に占める割合で表す。特殊形式の橋は点検や補修にも時間と費用がかかるため、この数が多いと脆弱性が高いと判断する。	国土交通省が公開している構造形式別都道府県別橋梁の現状<国・都道府県道>から引用
	耐震補強進捗率	耐震補強を確実にを行うことで構造物の持つ脆弱性は格段に改善される。耐震補強進捗率が低いと脆弱性が高いと判断する。	緊急輸送道路(都道府県・政令市管理道路)の耐震補強進捗率(H30年3月末時点)から引用
環境的 要因	大規模地震の受け易さ	道路橋示方書・耐震設計編では都道府県ごとに地震危険度の地域特性を反映しており、ランクが高い方が脆弱性が高いと判断する。	地域別地震発生は、道路橋示方書・耐震設計編に記載の地域区分から引用
	重交通量	耐久性に影響する劣化因子である疲労を考えた場合、重交通の影響が大きい、重交通量が多い方が疲労に対する脆弱性が高いと判断する。	平成27年度全国道路・街路交通情勢調査一般交通量調査集計結果整理表より重交通量を整理
	塩害影響度合い	塩害の影響度合いは最低気温と海岸線の延長を平均した値を採用 ①冬期に路面の凍結防止の目的で使用する凍結防止剤は鉄筋の腐食や鋼橋の塗膜劣化に影響する。気温が低い方が凍結防止剤を使う割合が高いと判断する。 ②海岸線に近い橋は飛来塩分量が高く、腐食環境にあると考え、海岸線の延長で判断する。	①最低気温での都道府県ランキング ②都府県別海岸線延長から統計データを採用

図3 脆弱性の都道府県分布 [7]

も脆弱性上位にくるのは大都市圏とその周辺地域、内陸部の寒冷地である。構造的脆弱性(S)または環境的脆弱性(E)が上位1桁ランクの都道府県はこの総合的脆弱性でも上位ランクに属している。なお、北海道は環境面および構造面でも両方とも脆弱性が高く、特異な存在となっている。沖縄県は構造的脆弱性(S)も環境的脆弱性(E)もともに全国47位と最下位となっている。

3.3 レジリエンス

(1) 算定方法

レジリエンス(Resilience)とは、「回復力」、「弾性(しなやかさ)」を意味する用語で、状況が変わってもうまく適用できる力、自立的に立ち直ることのできる強さ・柔軟性のことを指す。世界リスク指標(WRI)や自然災害安全性指標(GNS)ではレジリエンスという直接の表現はしておらず、レジリエンスは脆弱性に取り込んだ形になっており、対処能力や適応能力というレジリエンスと同義の指標を用いている。GNSではレジリエンスをハード対策とソフト対策という、より具体的な形で表現している。

社会インフラにおけるレジリエンスは自然災害に対する強靭さの度合いを示すものとした。本項でもGNSと同様にソフトウェア対策とハードウェア対策に分けて考えた。本項で考慮したのは防災会議の開催頻度(開催回数を自治体の数で除して算出する)、地域防災計画の策定および被害想定の実施頻度(開催回数を自治体の数で除して算出する)、防災訓練の参加人数(延べ)、震災対策啓発事業実施回数、耐震貯水槽の設置基数、備蓄倉庫の設置棟数、防災無線の設置数(地上固定系と衛星固定系の合計数)、震災対策整備事業にかかる費用の8項目である。都道府県実施分と市町村実施分の合計をその都道府県の値とした。前述の項目ごとにその数が多いほど発災後の回復度合いが早くなる、あるいは、強靭さも向上するため、レジリエンス性能が高くなると考えた。

一般的なレジリエンス対策である防災教育や防災会議の回数、防災施設の充実などは防災に係る人の意識を高め、防災意識を高く保持するという意味でもその回数や個数を多くするほどレジリエンス能力は高くなると考えた。防災訓練や防災会議はその回数が多くなれば関係者間の防災意識が高くなるし、耐震貯水槽、非常時備蓄、防災無線の数はその数が多いほど非常時において平常時まで回復する時間が短縮できる、すなわち、レジリエンス性能が高くなると考えられる。

本稿ではレジリエンス(Re)を式(3)のように定義する。

$$Re = \frac{\sum_{i=1}^8 ri}{8} \quad (3)$$

ここに、Re(レジリエンス): $r1 \sim r8$ の平均値、 $r1$: 防災会議の開催頻度、 $r2$: 地域防災計画の策定および被害想定の実施頻度、 $r3$: 防災訓練の参加人数、 $r4$: 震災対策啓発事業実施回数、 $r5$: 耐震貯水槽の設置基数、 $r6$: 備蓄倉庫の設置棟数、 $r7$: 防災無線の設置数、 $r8$: 震災対策整備事業にかかる費用である。

自然災害リスクの指標化

採用した統計データは消防庁・地方防災行政の現状（付 平成29年 災害年報）にある地域防災計画（震災対策編）の策定状況・調査結果表から引用した。

(2) 算定結果

前章にて示したレジリエンス算定方法にて指標を算定した。レジリエンスはその値が高い方が強靱さが高い、あるいは発災後の回復度合いが早いことを表している。レジリエンスを都道府県ごとに0～1で指標化したマップを図4に示す。

レジリエンス指標の最も上位にくるのは東京都で、次が静岡県、大阪府、神奈川県、愛知県、千葉県、北海道、兵庫県、滋賀県と続く。逆に、レジリエンス指標の最も小さいのは福島県で、次が秋田県、青森県、栃木県、岩手県、沖縄県、鹿児島県、山形県の順になる。ここでも人口とレジリエンス指標との相関係数は0.785と高く、強い相関関係にあることがわかる。レジリエンス指標の上位に大都市圏を含む都道府県が抽出されていることから相関があることが確認できる。

3.4 自然災害リスク

(1) 算定方法

これまで説明してきた曝露量、脆弱性およびレジリエンスを組み合わせ自然災害リスクを算定する。算定式を式(4)に示す。

$$R = E \cdot V \cdot (1 - Re) \quad (4)$$

ここに、 R : 自然災害リスク、 E : 曝露量、 V : 脆弱性、 Re : レジリエンスである。

曝露量や脆弱性およびレジリエンスはその指標が高い方がリスクが高い方になることを意味している。レジリエンスはその数値が高い方が強靱さが高い、あるいは復旧からの回復度合いが優れていることを意味するので、これはリスクが低くなることと逆行する。よって、1からレジリエンスの数値を減じることでレジリエンスに係る自然災害リスクとして表現した。 Re の数値が高い方が $(1-Re)$ の値は低くなり、自然災害リスクに乗じるレジリエンスの項は低い値となる。

(2) 算定結果

曝露量(E)、脆弱性(V)、レジリエンス(Re)の3つの要素を組み合わせた自然災害リスク(総合評価)の算定結果を図5に示す。また、曝露量、脆弱性、レジリエンス、自然災害リスクの都道府県ごとの指標一覧を表3に示す。表中の()表記は順位を表す。

自然災害リスクの高いのは、高い順に富山県、福井県、大阪府、神奈川県、岐阜県、大分県、埼玉県、長野県、兵庫県、三重県となっている。逆に、自然災害リスクの低いのは、低い順に佐賀県、宮崎県、島根県、沖縄県、青森県、鳥取県、岡山県、香川県、岩手県、高知県となっている。

都道府県で最も顕著な例としては東京都が挙げられる。東京都は曝露量が全国第一位、脆弱性も全国第二位であるが、レジリエンスの数値が高い(全国第一位)ためにトータルの自然災害リスクとしては全国で第12位となっている。この傾向は世界リスク報告書2016に記載されている日本の傾向とも合致する。すなわち、日本は自然災害に遭遇する確率は非常に高いが、社会インフラが整備されていれば壊滅的な被害を軽減できるという切り口と一致している。具体的には、日本は自然災害に遭遇する可能性は全世界で第4位と高いが、極めて高いインフラの充実度、対処能力や適応能力の高さなどから全体の17位まで総合順位を下げている。この傾向は、大都市圏をかかえる大阪府(曝露量は全国第2位、脆弱性は全国第10位、レジリエンスは全国第3位)、神奈川県(曝露量は全国第5位、脆弱性は全国第6位、レジリエンスは全国第4位)、愛知県(曝露量は全国第9位、脆弱性は全国第4位、レジリエンスは全国第5位)なども同じ傾向にある。

一方、自然災害リスク指標で大都市圏以外で上位に位置するのは、富山県、福井県、岐阜県、大分県などである。これらの都道府県の特徴は、曝露量だけが強く、脆弱性やレジリエンスはそれほど高くないことである。曝露量が高い理由は、海溝型地震による被災人口は少ないものの、多くの活断層があるため活断層密度が関係していると考えられる。自然

図4 レジリエンスの都道府県分布 [6]

図5 自然災害リスク(総合指標)の都道府県分布 [6]

表3 自然災害リスク指標と各要因の値および順位 [6]

	暴露量(E)	脆弱性(V)	レジリエンス (1-R)	Risk = E*V* (1-R) *100
01 北海道	0.08336 (32)	0.43810 (1)	0.66319 (41)	2.42197 (21)
02 青森県	0.03133 (44)	0.15216 (45)	0.88248 (3)	0.42065 (43)
03 岩手県	0.04153 (41)	0.22037 (30)	0.86030 (5)	0.78742 (39)
04 宮城県	0.08365 (31)	0.26531 (14)	0.73955 (26)	1.64132 (31)
05 秋田県	0.08201 (34)	0.20258 (34)	0.89419 (2)	1.48556 (32)
06 山形県	0.13755 (24)	0.25197 (18)	0.84399 (8)	2.92515 (20)
07 福島県	0.08332 (33)	0.30295 (8)	0.92470 (1)	2.33400 (22)
08 茨城県	0.11631 (25)	0.22852 (26)	0.74989 (24)	1.99318 (25)
09 栃木県	0.04054 (42)	0.24562 (19)	0.86395 (4)	0.86026 (37)
10 群馬県	0.04189 (40)	0.28429 (12)	0.80119 (13)	0.95406 (36)
11 埼玉県	0.27060 (11)	0.30257 (9)	0.70360 (37)	5.76076 (7)
12 千葉県	0.25762 (12)	0.25369 (17)	0.60401 (42)	3.94764 (14)
13 東京都	0.54557 (1)	0.39118 (2)	0.23917 (47)	5.10430 (12)
14 神奈川県	0.45459 (5)	0.31658 (6)	0.50651 (44)	7.28939 (4)
15 新潟県	0.16590 (19)	0.29816 (11)	0.73438 (30)	3.63251 (15)
16 富山県	0.43438 (6)	0.24313 (22)	0.74244 (25)	7.84080 (1)
17 石川県	0.14371 (21)	0.22128 (29)	0.72884 (33)	2.31768 (23)
18 福井県	0.50062 (3)	0.18435 (38)	0.82837 (11)	7.64514 (2)
19 山梨県	0.14140 (22)	0.17074 (41)	0.72925 (32)	1.76061 (27)
20 長野県	0.20483 (15)	0.34156 (3)	0.76889 (21)	5.37937 (8)
21 岐阜県	0.36326 (7)	0.27764 (13)	0.70974 (36)	7.15803 (5)
22 静岡県	0.18978 (16)	0.23415 (23)	0.38024 (46)	1.68973 (29)
23 愛知県	0.28532 (9)	0.33435 (4)	0.53627 (43)	5.11584 (11)
24 三重県	0.23961 (14)	0.30895 (7)	0.70070 (38)	5.18709 (10)
25 滋賀県	0.29962 (8)	0.20609 (32)	0.67060 (39)	4.14101 (13)
26 京都府	0.27141 (10)	0.18440 (37)	0.72571 (34)	3.63213 (16)
27 大阪府	0.53714 (2)	0.30148 (10)	0.46232 (45)	7.48673 (3)
28 兵庫県	0.25044 (13)	0.31881 (5)	0.66967 (40)	5.34677 (9)
29 奈良県	0.15942 (20)	0.23407 (24)	0.79859 (14)	2.97995 (17)
30 和歌山県	0.06027 (36)	0.22961 (25)	0.73589 (28)	1.01838 (35)
31 鳥取県	0.04486 (38)	0.15493 (44)	0.84153 (9)	0.58484 (42)
32 島根県	0.02395 (45)	0.14852 (46)	0.78892 (16)	0.28058 (45)
33 岡山県	0.03919 (43)	0.24503 (20)	0.77716 (18)	0.74622 (41)
34 広島県	0.08500 (30)	0.26404 (15)	0.73534 (29)	1.65032 (30)
35 山口県	0.18822 (17)	0.21485 (31)	0.73305 (31)	2.96439 (18)
36 徳島県	0.10964 (27)	0.16126 (43)	0.71630 (35)	1.26650 (33)
37 香川県	0.06024 (37)	0.16162 (42)	0.77018 (20)	0.74983 (40)
38 愛媛県	0.14015 (23)	0.17310 (40)	0.73784 (27)	1.78996 (26)
39 高知県	0.04293 (39)	0.24502 (21)	0.79025 (15)	0.83123 (38)
40 福岡県	0.16967 (18)	0.20592 (33)	0.83898 (10)	2.93121 (19)
41 佐賀県	0.00872 (47)	0.22318 (28)	0.81070 (12)	0.15786 (47)
42 長崎県	0.09609 (29)	0.22840 (27)	0.77215 (19)	1.69454 (28)
43 熊本県	0.11367 (26)	0.25892 (16)	0.78072 (17)	2.29782 (24)
44 大分県	0.50049 (4)	0.18630 (36)	0.76580 (22)	7.14028 (6)
45 宮崎県	0.01983 (46)	0.18270 (39)	0.75609 (23)	0.27390 (46)
46 鹿児島県	0.06989 (35)	0.20070 (35)	0.85106 (7)	1.19370 (34)
47 沖縄県	0.10144 (28)	0.03463 (47)	0.85115 (6)	0.29900 (44)

災害リスク指標の低いのは佐賀県、宮崎県、島根県、沖縄県などであるが、これらの県は暴露量や脆弱性が低く、しかもレジリエンスも高くないことが特徴である。

4. おわりに

本稿ではインフラレジリエンスや国土強靱化などで頻出する自然災害リスクに関連する用語である暴露量、脆弱性、レジリエンスについて概説した。この内容が一般市民にとって難解な専門用語の理解に少しでも役に立てれば幸いである。

参 考 文 献

- [1] UNU-EHS (The United Nations University, the Institute for Environment and Human Security): World Risk Report 2016. https://collections.unu.edu/eserv/UNU:5763/WorldRiskReport2016_small_meta.pdf (2021.07.16閲覧).
- [2] 伊藤和也, 菊本統, 下野勘智, 大里重人, 稲垣秀輝, 日下部治: 我が国の自然災害に対するリスク指標の変遷と諸外国との比較, 自然災害科学, 36(1), pp.73-86, 2017.
- [3] 下野勘智, 菊本統, 伊藤和也, 大里重人, 稲垣秀輝, 日下部治: 自然災害に対する全国47都道府県のリスク指標の試算と考察, 土木学会論文集F6 (安全問題), 72(1), pp.1-10, 2016.
- [4] (公社)地盤工学会関東支部地盤リスクと法訴訟等の社会システムに関する研究委員会: 自然災害に対するリスク指標 GNS [2015年版], 2015.
- [5] (公社)地盤工学会関東支部地盤リスクと法訴訟等の社会システムに関する研究委員会: 自然災害に対する安全性指標 (GNS) の開発とその活用に関する研究委員会: 自然災害に対するリスク指標 GNS [2017年版], 2017.
- [6] 保田敬一, 白木渡: 橋梁長寿命化修繕計画における自然災害リスクの反映方法の提案, 土木学会論文集F6 (安全問題), 75(2), pp.137-156, 2019.
- [7] 保田敬一, 白木渡: 橋梁長寿命化修繕計画における自然災害リスク指標に関する一考察, 第9回構造物の安全性・信頼性に関する国内シンポジウム (JCROSSAR 2019) 論文集, 9, OS16-3A, pp.73-80, 2019.

(2021年7月29日受理)

著 者 紹 介

保田 敬一 (正会員)

1983年鳥取大学工学部土木工学科卒業, 1999年鳥取大学大学院工学研究科博士後期課程修了, 現在, 一般社団法人国際建設技術協会に所属, 技術士 (建設部門, 情報工学部門, 総合技術監理部門), 博士 (工学)。この間, 橋梁の計画・設計・施工・維持管理業務, ソフトコンピューティング (ニューラルネットワーク, GA, プロダクトモデルなど) および感性工学に係る研究に従事, 所属学会は感性工学会, 土木学会, 2003年～現在 日本感性工学会論文編集委員会 編集委員。