



インフラ老朽化と安全-1
Infrastructure Aging and Safety No.1

道路構造物の現状と課題

Present Conditions and Problems of Road Structure

高木千太郎

Sentaro Takagi

(一財) 首都高速道路技術センター
上席研究員

『ふえらむ』への連載にあたって、本誌読者の多くの方々と異なった領域の私が、道路に関すること、特に道路橋への私の考えを中心に執筆することから、当然知っていると思われることを含めて道路について一応の解説をした後に本連載文をスタートすることとする。

道路には、人や車両等が安全に、そして安心・快適に通行することができる機能を求められている。また、道路には、日々の生活になくてはならない水道、ガス、電気などライフラインを収める空間機能がある。その他にも、地震、台風など異常な自然現象が発生した時に機能する重要交通路としてだけでなく、巨大地震発災時に起こる火災の延焼防止機能、歩いたり走ったりするのを楽しむゆとり空間など多岐にわたり、国民の生活、経済活動を支える重要な役割を担っている。

このように多くの機能を求められている道路は、道路法第42条において、橋梁等の道路施設を管理している道路管理者に対し「道路を常時良好な状態に保つように維持し、修繕し、もって一般交通に支障を及ぼさないように努めなければならない」と規定されている。ここで位置づける常時良好な状態を保つための行為とは、道路の現状や損傷状態を把握する目的で行なう「点検（調査）」、「診断」、機能・性能を保つ目的で行う「清掃」、「除草」、「除雪」、「舗装のパッチング、シーリング」などの維持作業や、防食機能を失った鋼部材の「塗膜の塗り替え」、コンクリート部材のひび割れの進行等を止める「劣化防止剤の塗布」、重交通等で損傷した「床版の交換」、「伸縮装置の取替え」、性能を失った舗装の「打ち換え」などの修繕行為がある。ここに示すように、多くの措置が必要な日本の道路の多くは、戦後復興と欧米の先進国の仲間入りをするために多くの社会基盤施設整備を行ってきた代表的な事例の一つでもあり、戦後の復興から今日まで大量に築造されてきている。そのため、道路を含めた社会基盤施設整備への人を含めた建設投資は膨大なものとなっているが、整備された施設を守る維持修繕に対する維持管理費用は限られていたのが

これまでである。道路を含む多種多様な社会基盤施設の管理者である国、高速道路会社、地方自治体等において、施設建設に関する意識と関心は非常に高いが、外見変化の少ない維持修繕に対する意識は低かったのが事実である。道路を利用する多くの人々にとっても、道路の必要性は十分認識はしているものの、空気と同様に存在していて当然と考え、道路の機能を守るのは行政管理者の責務であり、それらを利用者自らが行う、若しくは手助けをしようとする人は数少ない。どちらかと言えば、目の前にある道路上のごみ等の苦情を通報はするが、自ら片づける人は限られ、あったとしても数少ない地域のボランティアの方々である。

ここに示したように、道路を造り、道路を守るのは行政側、道路を利用するのは住民側との区分けは間違いないが、予算も人員も大きく減少してきた昨今、建設によって生み出された社会基盤施設全てを従来方式による維持管理、更新するのが困難な事態となっているのが現実である。このような事態を改善するには、今までの建設整備の考え方を発展させた手法では機能しないのが当然であり、如何にそれらを変えるか、管理者・利用者双方の知恵と人材、資金、時間を集めて課題解決にあたらなければならない状況が今である。それでは、これから、「インフラ老朽化と安全」と言う切り口で、改善に向けた種々なツールに関する連載をスタートすることとする。第一回は、道路構造物、特に道路橋を中心に現状と課題について明らかにする。

1 道路構造物の現状と課題

1.1 供用している道路橋等の現状

今から4年前、2012年12月全国に衝撃の走った山梨県・中央自動車道・笹子トンネル天井板落下事故の記憶も薄れつつあるが、我が国で供用している道路トンネルは、約1万9百箇所である。管理者別の割合としては、図1に示すように国が

管理トンネル箇所数 (10,878箇所)

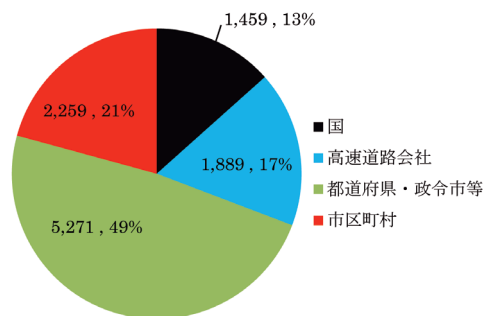


図1 管理者別道路トンネル内訳

1,459箇所の13.4%、高速道路会社が1,889箇所の17.3%、都道府県・政令市等が5,271箇所の48.5%、市区町村が2,259箇所の20.8%である。道路トンネルの管理は、全数の約80%が比較的管理体制もしっかりしている国や高速道路会社及び都道府県・政令市等が管理し、管理体制に不安を感じる組織の多い市区町村は20%となっている。しかし、私の感覚では、全箇所を調べたわけでは無いので定量的な判断とは言えないが、国、高速道路会社や都道府県が管理する道路トンネルは長さも長く内空断面の大きいことから、筐子トンネル事故の教訓を生かして多くが措置済みであり、1箇所に投ずる点検・診断費用も大きく、請負体制も確保されているのがほとんどである。それでは、管理体制が心配な市区町村の管理するトンネルに多くの致命的な損傷や劣化があるかである。市区町村のトンネルは、規模が小さい山岳トンネルが多く、地山の大きな緩み等が無ければ発生する損傷や劣化も少なく、壁面落下等の事故発生確率は低いと考えている。要は、トンネルにおいて大きな問題となるのは、確かに構造物と地山の空隙が進展する可能性は高いが、それよりも換気設備や消火設備などのトンネル設備の劣化に対する措置であると考ええる。問題は道路橋である。国内の道路橋は、約72万3千橋(平成26年6月末現在)である。ここに示す70万橋を超える道路橋の管理者別割合としては、図2に示すように国が37,766橋の5.2%、高速道路株式会社が23,077橋の3.2%、都道府県・政令市が182,297橋の25.2%、市区町村が480,355橋の66.4%と全数の7割弱の多くの道路橋を地方自治体、予算も職員も少ない市区町村が管理している。道路橋の場合、管理数量からは分からない問題を抱えている。それは、市区町村の場合小スパン橋梁が管理区域全域に点在していることである。橋長分布を調べてみると、2mから15m未満の小規模橋梁は、市区町村の場合、管理総数の82%であり、国の48%、都道府県・政令市等の66%と比較しても割合は大きい。このような小規模橋梁は、市区町村道の特性から、櫛の歯のように終点で縁が切れる道路に架かる場合が多く、橋長が短く桁下高も

管理橋梁数 (723,495橋)

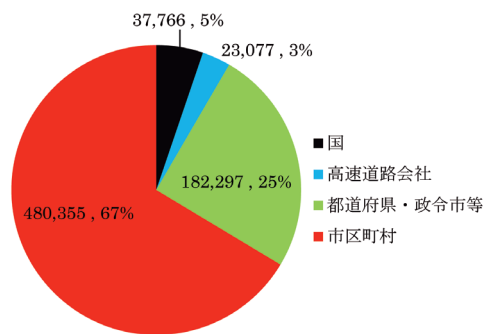


図2 管理者別道路橋内訳

低く、点検が困難な橋梁多い。しかし、国、高速道路会社や都道府県・政令市の場合、道路網が形成され、橋長も長く幅員の広い点検し易い橋梁が多い。要は、職員数も多く管理体制のしっかりしている組織が点検し易い橋梁を管理し、手間も時間もかかり点検し難い橋梁を職員数の少ない市区町村が管理しているのが実態である。次に、道路橋に発生している代表的な損傷、劣化について紹介することとする。

2 道路橋の代表的な損傷や劣化

橋梁など道路施設は、地震、台風、集中豪雨などの自然災害、沖縄や日本海沿岸などの飛来塩分の多い地域、寒冷地特に多量の凍結防止剤を散布する地域における厳しい環境、都市内高速道路などで問題となっている過積載車両の通行にも、常に各施設の重要度に応じた様々な要求性能を失わず安全性や使用性が確保されてなければならない。しかし現状は、東京オリンピックや大阪万国博覧会開催前後の高度経済成長期に集中的に多く建設した橋梁において急速に高齢化が進み、損傷や劣化が目につく状態となっている。ここで道路橋の高齢化とは、何年経過したら高齢化かである。国内の社会基盤施設の高齢化はどうも50年が一つのラインとなっているようである。これは、税務上の減価償却の考えから、財務省で示す耐用年数表からこの50年説が出ているようである。そのうえ、老朽化との表現を使っているから余計しっくりしないと感じているのは私だけであろうか。2007年8月に崩落した米国・ミネソタ州の道路橋は建設後約40年、1967年12月に崩落した米国・オハイオ州のシルバブリッジも建設後約40年であることから、致命的な状態となる目安のラインと考え、人の中年期45歳の5年後にあたる建設後50年を老朽化でなく高齢化とする考えで文章を進める。話を元に戻すと、国内の道路橋の建設後50年を超える割合は、建設年次不明の23万橋を除くと、平成25年度の時点で18%であるが、10年後には42%、20年後には68%と推移すると国は

示している。確かに50年を超える橋梁数の増加は急な右肩上がりである。橋梁が高齢化すると、人と同じように様々な箇所に傷みが発生する。平成25年に道路法が改正され、国内の道路橋は5年に1度の定期点検が義務付けられた。その結果を公表した国の資料（平成26年度に道路橋の点検実績数と管理者別内訳が図3、道路トンネルの点検実績数と管理者別内訳が図4である。）によると、平成26年度に点検した結果において、国の管理している道路橋は、5,844橋点検した

うち、図5で示すように早期措置レベルが763橋の13%、緊急措置が2橋の0.03%、高速道路会社の管理している道路橋は、3,636橋点検したうち、図6で示すように早期措置レベルが298橋の8%、緊急措置レベルが0橋であった。地方自治体となると、都道府県・政令市等は21,788橋点検し、図7で示すように早期措置レベルが3,522橋の16%、緊急措置レベルが6橋の0.03%であり、点検作業に手間のかかる市区町村は、32,451橋点検し、図8で示すように早期措置レベルが5,029橋

H26・橋梁点検実施数（63,719橋）

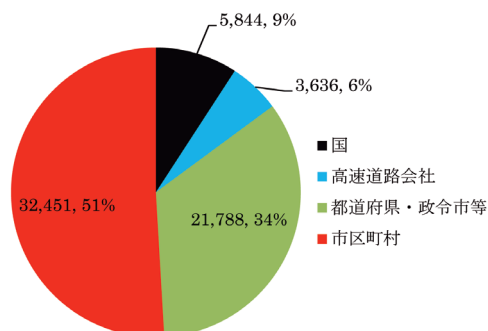


図3 管理者別道路橋点検実施内訳

診断結果（高速道路会社・橋梁）

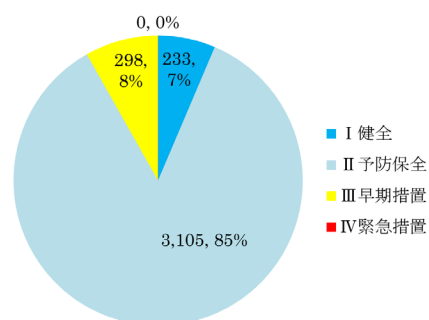


図6 H26・定期点検道路橋診断結果内訳（高速道路会社）

H26・トンネル点検実施数（1,442箇所）

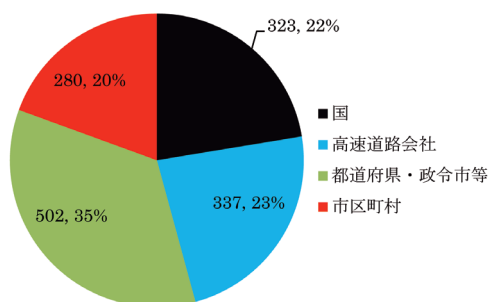


図4 管理者別道路トンネル点検実施内訳

診断結果（都道府県・政令市等・橋梁）

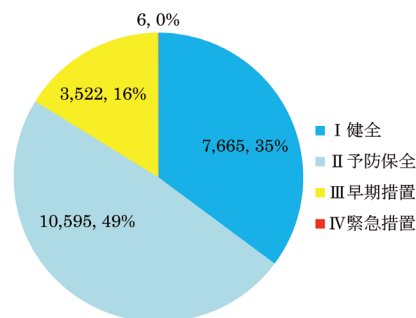


図7 H26・定期点検道路橋診断結果内訳（都道府県・政令市等）

診断結果（国・橋梁）

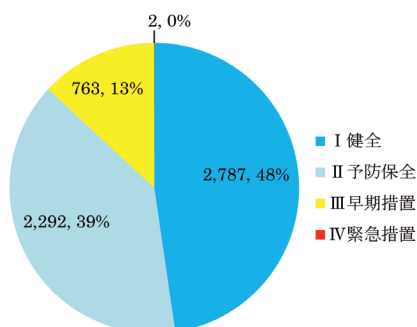


図5 H26・定期点検道路橋診断結果内訳（国土交通省）

診断結果（市区町村・橋梁）

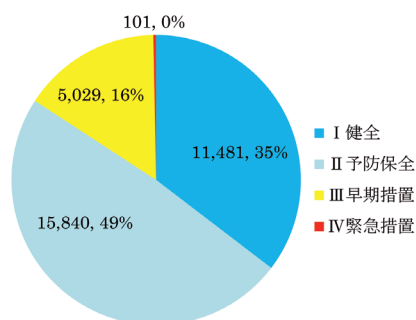


図8 H26・定期点検道路橋診断結果内訳（市区町村）

の15%、緊急措置レベルが101橋の0.3%と、十分な管理体制をとることが厳しい市区町村が大きな損傷、劣化を抱え、緊急に措置すべき状態の橋梁を数多く抱えている現状が明らかとなった。なお、今回法制度化された定期点検において使われている診断 (判定) 区分を表1に示す。それでは次に、道路橋に発生する変状、地震や車両の衝突による過荷重等によって発生する損傷と経年で徐々に進行する損傷である劣化について述べることとする。

2.1 鋼道路橋の代表的な損傷、劣化

昭和62年から5年に1度の頻度で行ってきた東京都の定期点検結果を分析すると、最も多い損傷、劣化は、写真1に示すような防食機能の喪失と腐食である。腐食損傷の多い箇所は、伸縮装置周辺、床版損傷部からの漏水、排水装置損傷部からの漏水の順で多い結果となっている。次に多いのは支承の異常や下部の移動などによって生じたと思われる写真2に示すような変形で、発見されたいずれの損傷についても部材の変形が一部にとどまらず、垂直補剛材からフランジ、横構からウェブへ変形範囲が拡大し、かなり大規模に措置せざるを得なくなった事例が多い。次に多いのが写真3に示すような疲労き裂である。疲労き裂は、これまでの事例を確認する

と、当初の設計、施工時の十分な検討が足りなかったことから発生した事例や通過交通量の変化から発生した事例もある。今後は、高齢化する橋梁が増加することから、これまでの詳細構造の検討不足などから発生する損傷だけでなく、大都市の高速道路及び主要幹線道路、大型トレーラ等が数多く走行する湾岸地域などの道路橋において、累積荷重による種々な疲労き裂が発生するなど新たな局面を迎えるものと予測している。



写真2 鋼部材の座屈



写真1 鋼部材の腐食



写真3 鋼部材の疲労き裂

表1 定期点検判定 (診断) 区分表

判定区分	判定	判定内容
I	健全	機能に支障が生じていない状態
II	予防保全段階	機能に支障が生じていないが、予防保全の観点から措置を講じることが望ましい状態
III	早期措置段階	機能に支障が生じる可能性があり、早期に措置を講ずべき状態
IV	緊急措置段階	機能に支障が生じている、又は生じる可能性が著しく高く、緊急に措置を講ずべき状態

2.2 コンクリート (PC、RC、SRC) 道路橋の代表的な損傷

コンクリート系の道路橋の代表的な損傷、劣化には、ひび割れ、遊離石灰、漏水、変色、鉄筋及びPC鋼材（シーす材が多い）の腐食及び露出・抜け出し、はく離、抜け落ち、空洞などがあり、その原因は、過荷重、塩害、中性化、アルカリシリカ反応（アルカリ骨材反応）、初期ひび割れ、かぶり不足、コールドジョイント、PCグラウトの未充填などがある。これまでの定期点検などで確認された損傷の多くは、写真4に示すようなひび割れ、写真5で示す遊離石灰析出、写真6で示すはく離である。大きな事故に繋がる損傷（かぶり不足であれば損傷、中性化や塩害であれば劣化が正しい）には、写真7で示す間詰め床版抜け落ち損傷がある。間詰め床版の抜け落ち損傷は、1971年以前のT型橋梁に発生する可能性が高く、過去に明確な分析結果が示されていないことから室内実験、現地プレストレス確認試験等を独自で行うことによってその原因を明らかにした事例である。原因は、設計当初の配慮不足とプレストレスの抜けである。アルカリシリカ反応による劣化現象は、ひび割れ幅が広く、亀甲状で方向性のないひび割れとゲルの析出を伴う事例が多く、一時期地域が限定されている

ような感があったが、近年の発生事例によると全国的にアルカリシリカ反応を原因とした劣化現象が顕著になりつつある。以上がコンクリート系道路橋の損傷、劣化の事例である。

3 対症療法型管理の課題

橋梁が建設された当初は、一般的に車両の衝突や地震、台風による洪水などの自然災害を除いて利用者や周辺の住民が安全性や使用性などに不快や危険性を感じることは少ないであろうし、当初の状態を守るための維持管理にも多額の費用はかからない。ところが、供用を開始してから数十年も経過すると、鋼材は腐食して断面が欠損し、繰り返して作用する種々の力によって疲労で亀裂が発生することもある。また、コンクリートは、ひび割れから遊離石灰が析出し、塩害や中性化によって内部の鋼材が腐食することからコンクリートが欠け落ちるなど年を経るごとにくたびれてくる。橋梁を管理する立場の技術者の一人としてこれまでの管理を考えると、全てに十分で適切な維持管理を行ってきたとは思っていないが怠っていたわけでは決していない。医者であれば臨床データから患者の状態を予測はできるが、橋梁の場合は難しい。難



写真4 コンクリート部材のひび割れ



写真6 コンクリート部材のはく離



写真5 コンクリート部材の遊離石灰析出



写真7 コンクリート部材の抜け落ち



写真8 道路橋床版抜け落ちへの緊急交通規制対応状況

しい理由は、発生する損傷や劣化について分析する橋梁の臨床データ（点検や健全度診断のデータ）が十分でなかったことやそれらを予測する技術開発が行われなかったことなどである。特に、戦後東京オリンピック開催、高度経済成長期の間は、既存の道路や河川の機能が不足していたことから更新によって橋梁に必要な各種の機能や性能を向上させてきた。また、道路網も都市計画で予定されている整備を順次行っている段階で新たな橋梁も続々と建設してきた。新しい橋梁が多くを占めている管理状況においては問題の発生も少ない。ところが戦後60数年経過すると多くの橋梁も壮年期から老年期に入り、不具合が目立つようになる。このようなことから安全を守るために管理者は、道路パトロールを頻繁に行い橋梁の異常を早期に把握し、修復が必要な場合は必要な対策を適時行ってきた。しかし、私がこれまでに発見してきた損傷や劣化を処理してきて感じたことは、たまたま紙一重で危険を回避していることが多く、幸いにして大きな事故につながらなかったという思いである。写真8に示したのは、橋梁の床版が抜けて路面に穴の開いたためその前後を急遽交通規制している状況である。この時も幸いにして日常点検を行っていたことが機能し、穴が大きく開く一歩手前の状態を運よく発見し、直ぐに規制開始の処置を行ったことから大事故とはならなかった。道路パトロール、種々の点検は確かに重要

であるが、これらを行うのは人であり、人には見落としや見逃しが無いとは言えない。

国の「道路の老朽化対策の本格実施に関する提言平成26年4月14日」によれば、国内の道路橋の70%を占める市町村が管理する橋梁においては、通行止めや車両重量の通行規制箇所が約2,000箇所に及び、その個所数は過去5年間で2倍と増加している。この提言には、国内の道路橋の現状に触れ、「今や、危機レベルは高進し、危機水域に達している。ある日突然、橋が落ち、犠牲者が発生し、経済社会が大きな打撃を受ける…、そのような事態はいつ起こっても不思議ではないのである。…『今すぐ本格的なメンテナンスに舵を切らなければ、近い将来、橋梁の崩落など人命や社会システムに関わる致命的な事態を招くであろう』と国内の社会基盤施設が危機的な状況に置かれていることを示唆している。しかし、このような提言を受ける以前にも同様な提言を国を含めた管理者側は受けている。第1回目は、平成15年4月の『道路構造物の今後の管理・更新等のあり方に関する検討委員会』であり、従来の対症療法から予防保全への転換である。第二回目は、米国・ミネアポリスの高速道路橋崩落事故発生に起因して設置された『道路橋の予防保全に向けた有識者会議』から平成20年5月に受けた提言であり、「長寿命化修繕計画策定事業費補助制度」が創設されている。しかし、これら2回の社会基盤施設の維持管理・メンテナンスに関する提言を受けていたにも拘らず、悲惨な事故、中央自動車道・笹子トンネル天井板落下事故が発生し、貴重な人命を失う結果となった。熱しやすく冷めやすい国民性を問題視することも必要ではあるが大きな改善には繋がらない。再び、先に示した道路トンネルや道路橋のメンテナンス不足に起因する悲惨な事故発生を未然に防ぐには、「絵に描いた餅」「机上のプラン」を創るのではなく、実態に即応した実行プランの策定と継続的にそれを実行する粘り強さ、唐突ではあるが技術者の想像力と倫理観が必要である。平成26年の提言の成果が実り『3度目の正直』となりたいもの、嫌、実行するべきである。

(2016年6月17日受付)