部門共通技術

道路橋のメンテナンス

Maintenance of the Road Bridges

河瀬　日吉
Kawase Hiyoshi

我が国には高速道路から市町村道に至る橋長 15 m 以上の橋梁が約 15 万橋存在し，橋長 2 m 以上では 70 万橋を数え，その多くは築後 40～50 年を迎えており今後，疲労や劣化等により損傷が多発することが懸念される。2012 年 12 月 2 日の中央自動車道笹子トンネル天井板落下事故は，インフラに対する社会の関心を集めるところとなった。2013 年をメンテナンス元年と位置付け，我が国のインフラ管理は大きく変容を遂げようとしている。

In Japan, there are about 150 000 bridges that are 15 m or longer, and about 700 000 bridges that are 2 m or longer which connect the highways or the municipal roads. However, most of them were constructed between 40 to 50 years ago and are having serious damages. Therefore, this has become a great concern to the public. On December 2, 2012, Sasago Tunnel Ceiling Collapse on the Chuo Expressway had happened. This accident had given a new interest. In 2013, it was marked as the first year of maintenance, and the infrastructure management in Japan has gone through a big transformation since then.

キーワード：メンテナンス元年，荒廃する日本，三大損傷，BMS，アセットマネジメント

1 はじめに

1.1 現状と将来 [1)]

わが国の約 70 万橋の道路橋における建設後 50 年以上の割合は 2012 年時点で 16 %，10 年後に 40 %，20 年後には 65 %となり経年変化による劣化・損傷が今以上に進むことになる。このため，従来の対処療法的な維持管理型から予防保全型に変換することにより，増大する維持管理費・更新費の平準化と橋梁の長寿命化を図る必要がある（図 1）。

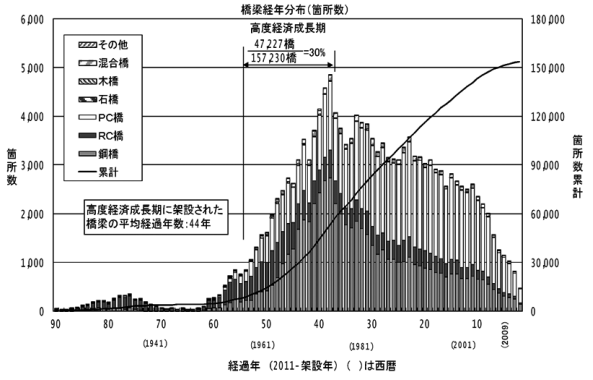


図 1　橋梁の経年分布 [2)]

全体の約 70 %の橋梁を市町村が管理しており橋梁技術者の不足を背景に非常に危惧される現状にある。このため，国土交通省（以下，国交省）では 2008 年 4 月 1 日に（独）土木研究所内に構造物メンテナンス研究センター（CAESAR）を設立し，構造物の健全性の評価と，維持管理する技術の確立と現場支援を目的に，時代のニーズに応じた調査，分析，支援，技術者育成等を行っている。

1.2 国の施策

2014 年 2 月 27 日の国交省発表によると，2014 年度から導入される定期点検の統一基準では地方自治体管理の道路橋約 65 万橋の内 10 %に当たる約 6 万 5 千橋が 5 年以内に補修などの対策が必要とされている。

同年 4 月 14 日に「道路の老朽化対策の本格実施に関する提言」が国交省社会資本整備審議会 道路分科会 基本政策部会より出され，「荒廃する日本」にしないため総力戦で取り組むことが提言された。

2 橋梁の損傷

2.1 三大損傷とは [3)]

橋梁の三大損傷として，「疲労」「塩害」「アルカリ骨材反応」が挙げられる。これら三大損傷の原因と損傷メカニズムについて説明する。

（1）疲労

疲労とは，自動車交通等による外力（荷重）の繰り返しにより構造物に損傷が累積され，コンクリートでは「ひび割れ」，鋼材であれば「き裂」となって現れ，構造物の損傷に至る現象である。

・鉄筋コンクリート床版の疲労

床版は，自動車荷重を直接支持するため，繰り返し荷重に対して，疲労が生じやすい部位である。鉄筋コンクリート床版の疲労損傷は，以下のメカニズムで生じる（図２）。

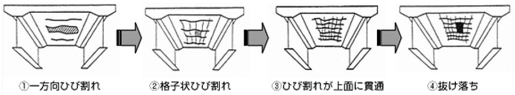


図２　床版の疲労損傷

① 乾燥収縮による一方向ひび割れの発生
② 自動車による繰り返し荷重による格子状のひび割れの発生
③ 下面から生じたひび割れの上面への進展
④ 格子状ひび割れの一部抜け落ち

・鋼部材の疲労

鋼部材はボルトや溶接によって連結されるが，溶接部等の局所的に力が集中する箇所から，き裂が発生する。

（2）塩害

塩害とは，塩化物イオンによりコンクリート中の鋼材の腐食が促進され，コンクリートのひび割れやはく離，鋼材の断面減少を引き起こす現象で，塩害による損傷は以下のメカニズムにより生じる。

① 海からの飛来塩分，凍結防止剤の散布
　海砂，添加材の塩分
② 塩分の付着，浸透
③ アルカリ環境下で安定していた鋼材表面の不動体被膜の破壊
④ 鉄筋の腐食
⑤ 錆の膨張によるコンクリートのひび割れ

（3）アルカリ骨材反応

アルカリ骨材反応とは，ナトリウム・カリウムなどのアルカリ金属イオンが，コンクリート骨材中の特定の鉱物と反応して膨張を起こし，コンクリートにひび割れを生じさせる現象であり，内部の鉄筋を破断させることもある。

アルカリ骨材反応による損傷メカニズムの一例を以下に示す。

① コンクリート中の高 pH 環境
② 骨材に含まれるシリカの反応によるアルカリシリカゲルの生成
③ 降雨などによる高湿度環境下で，ゲルの吸水・膨張
④ ゲルが膨張し，コンクリートにひび割れが発生

2.2　鋼橋（上部構造）の損傷

鋼構造物の損傷事例としては，塗膜の劣化，鋼材の腐食，鋼材のき裂，破断，変形等が上げられ，「腐食」，「き裂・破断」について概要を述べる。

（1）腐食

鋼材は自然界では化学的に不安定な状態で酸素や水と反応して安定な酸化物となる性質があり，この過程が腐食である。その対策として，塗装や亜鉛メッキにより防錆処理を行うが，雨水，塩害等により局部的な腐食が発生し断面欠損，破断に至る（図３）。

（2）き裂・破断

鋼部材に外力が繰り返し作用すると，構造的な応力集中，溶接部の欠陥，変形等により，低い応力状態にあってもき裂（疲労き裂）が発生し部材の破断に至る（図４）。

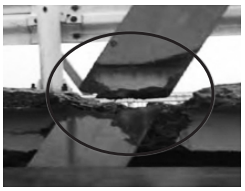


図３　トラス主部材の破断

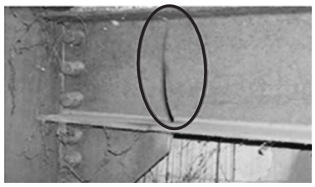


図４　横桁の破断

（3）その他

ボルトの遅れ破壊，変形（座屈）等がある。

2.3　コンクリート橋（上部構造）の損傷

コンクリート構造物の損傷事例としては，ひび割れ，剥離・剥落，遊離石灰，鉄筋等の鋼材の腐食が上げられる。劣化要因として，「塩害」「アルカリ骨材反応」「凍害」「中性化（炭酸化）」について述べる。

（1）塩害

塩害は外部から侵入した塩化物イオン，コンク

リートに内包する塩化物イオン等によって，コンクリート中の鋼材の腐食が促進され，ひび割れや剥離・剥落，鋼材の断面減少に至る現象である。外見上の特徴は，鉄筋軸方向のひび割れ，錆汁，コンクリートの剥離，鉄筋の断面減少等である（図 5，6）。



図 5　塩害による鉄筋露出



図 6　PC ケーブルの露出，破断

(2) アルカリ骨材反応

外見上の特徴は，膨張を伴うひび割れ（拘束方向，亀甲状のひび割れ），ゲルの滲出，変色である。低鉄筋比部材では亀甲状，高鉄筋比部材，PC 部材では鉄筋や PC 鋼材に沿ったひび割れを生じる。橋脚天端の曲げ加工された鉄筋が破断した事例もある（図 7〜9）。

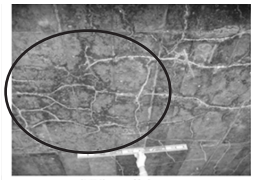


図 7　床版の亀甲状ひびわれ



図 8　鋼材に沿ったひびわれ



図 9　橋脚天端の鉄筋破断 [4]

(3) 凍害 [5]

コンクリート中の水分が 0 ℃以下になった時の凍結膨張によって発生するものであり，長年にわたる凍結と融解の繰り返しによってコンクリート組織が徐々に劣化する現象である。外見上の特徴は，コンクリート表面の微細ひび割れ，スケーリング現象，ポップアウト現象，剥離等である（図 10）。



図 10　凍害の事例（スケーリング，剥離　他）

2.4　その他の損傷 [3]

下部構造では河床洗掘による傾斜，沈下に留意するほか，支承部，付属物等の損傷によって機能劣化に至る場合が多くある。また，桁端部からの漏水，排砂により局部的に腐食が進行するなど，日常管理により防止できる劣化もある（図 11，12）。



図 11　洗掘による橋脚沈下



図 12　支承部の腐食

3　設計上の配慮

3.1　構造物の設計に対する留意点

長寿命化を目指した構造物を設計するための留意点として以下の 5 項目を示す。

① 点検作業を想定し，維持管理を容易に行える構造とする。
② 使用性，機能性，耐久性，施工性等，上流側から必然性のある構造とする。
③ 構造細目，施工・製作過程，作業性を考慮して設計内容を検証する。
④ 設計コンセプトを施行者や管理者に伝える。
⑤ 全体を俯瞰した設計者の下，最適なプロセスにより一貫性，再現性のある設計をする。

3.2　耐久性に考慮した設計 [6]

「道路設計にあたっての基本的な考え方について」の事務連絡が 2012 年 2 月に国土交通省より出され，設計においては，維持管理の容易さ，耐久性の高さ，地域，地形（構造令の柔軟な適用）等を考慮した設計を行い，新技術の活用も積極的に検討することが述べられており，橋梁に関する項から一部を紹介する。

- 検査路の設置による点検の確実性と作業の安全性確保
- 台座コンクリートの設置及び橋座面の排水勾配の確保と支承まわりへの空間の確保
- 単純桁橋から連続橋，ラーメン構造の橋梁に見直すことにより支承，伸縮継手，落橋防止構造等を省略することを検討する。

また，平成 24 年版道路橋示方書改訂では，設計の基本理念の中で，将来の劣化や損傷，被災等を念頭において，容易かつ確実に維持管理ができるよう配慮することを明文化している。

4 BMS の導入

全国の各自治体においては，大学等の学識経験者を加えた検討委員会においてアセットマネジメントの考え方を導入した「橋梁長寿命化修繕計画」を策定し，限られた人材，予算の下で老朽化する橋梁の健全な運営維持管理（BMS：Bridge Management System）を行う個所が増加している。

5 道路橋点検士の養成

5.1 人材確保に向けた取り組み

建設から維持・保全の時代へと移行する過渡期において，橋梁のメンテナンス技術の開発とともに維持管理技術を有する人材の確保が急務である。既に，前述の CAESAR を始め各自治体，関係機関では維持管理，モニタリング等に関する技術の研究開発，関連図書の整備等により，時代のニーズに即した基盤作りに着手している。また，一般財団法人橋梁調査会では定期点検に必要な技術の習得を目的に「道路橋点検技術研修会」を毎年実施し 2013 年 10 月には通算 68 回を数え 9 435 名の道路橋点検技術研修修了者（2014 年 2 月時点）を養成し，2014 年 8 月からは新たに「（橋梁調査会認定）道路橋点検士」認定制度を発足させ，「橋梁定期点検要領」（2014 年 6 月）を正しく理解できる道路管理者側の技術者の養成を目指している。

6 おわりに

本編は，CPD 教材「社会インフラ維持管理シリーズ」の一環として取り上げられた“橋梁のメンテナンス”を基に，最新の情報を補足して記載している。社会インフラ管理が「待ったなし」の状況であることを認識し，早急な対策が講じられることを望んでやまない。

橋梁を含む社会インフラに関する損傷及び維持管理についての施策に関する情報は，国総研，各自治体等のホームページを確認して戴きたい。

引用文献の他，参考文献の一例を以下に掲載する。

＜引用文献＞

1）国土交通省 道路資本整備審議会 道路分科会：道路の老朽化対策の本格実施に関する提言，2014 年 4 月 14 日
2）玉腰隆史：維持管理の時代の技術基準，第 5 回 CAESAR 講 演 会 PPT，p.4，2012 年 8 月 20 日
3）土木研究所 構造物メンテナンス研究センターホームページ
4）土木学会 アルカリ骨材反応対策小委員会：アルカリ骨材反応による鉄筋破断が生じた構造物の安全性評価，土木学会誌，Vol.88，No.9，p.83
5）土木研究所寒地土木研究所：凍害が疑われる構造物の調査・対策手引書（案），2011 年 10 月
6）国土交通省：「道路設計にあたっての基本的な考え方について」事務連絡，2012 年 2 月 20 日

＜参考文献＞

7）インフラ老朽化対策の推進に関する関係省庁連絡会議：インフラ長寿命化基本計画，2013 年 11 月
8）国土技術政策総合研究所 道路構造物管理研究室ホームページ
9）塩害橋梁維持管理マニュアル（案），2008 年 4 月
10）道路橋のアルカリ骨材反応に対する維持管理要領（案），2003 年 3 月
11）国土交通省 道路局：橋梁定期点検要領（案），2004 年 3 月
12）特集「荒廃させない日本」への道，橋梁と基礎，建設図書，2008 年 8 月
13）小特集「橋梁の劣化，補修・更新の動向と課題」，橋梁と基礎，建設図書，2012 年 11 月
14）特集「社会資本メンテナンス元年 老朽化への対策と長寿命化への挑戦」，国土交通，No.122，2013 年 10 月 11 日
15）道路の老朽化対策の本格実施に関する提言，社会資本整備審議会 道路分科会，2014 年 4 月 14 日
16）アルカリ骨材反応による劣化を受けた道路橋の橋脚・橋台躯体に関する補修・補強ガイドライン（案），ASR に関する対策検討委員会，2008 年 3 月

河瀬　日吉（かわせ　ひよし）
技術士（建設／総合技術監理部門）

八千代エンジニヤリング（株）
技術推進本部
日本技術士会　広報委員
e-mail：kawase@yachiyo-eng.co.jp

