橋梁点検の効率化に関する一考察
－損傷度を考慮した定期点検頻度の検討－

A consideration on optimal bridge inspection scheduling.

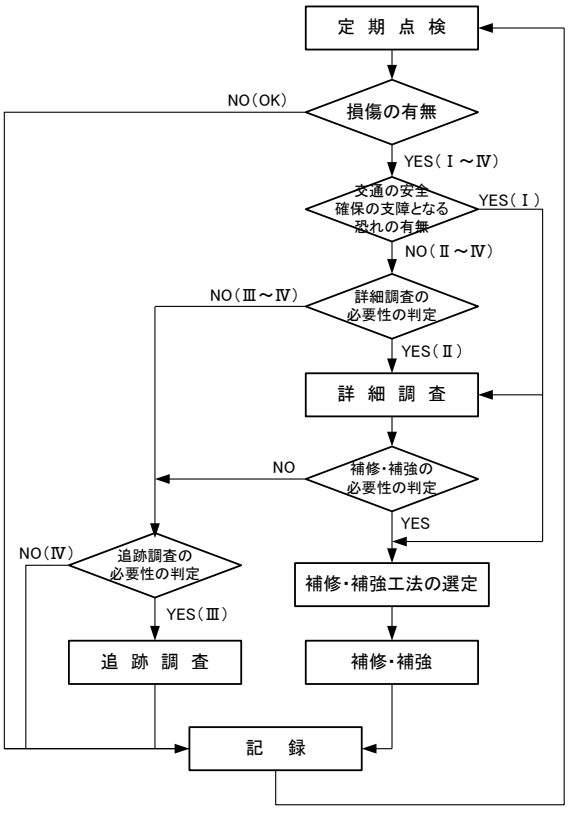
北海道電力㈱　土木部　　○正会員　植田国彦（Kunihiko Ueta）
北海道電力㈱　土木部　　正会員　中井雅司（Masashi Nakai）

１．背景・目的

我が国では，少子高齢化の進展による人口減少時代を迎えた一方で，高度成長期に建設された社会資本が逐次，耐用年を迎えつつあり，2020 年頃からこれら設備の更新投資が急増すると予想されているため，橋梁など老朽化した社会資本の長寿命化が求められている。このような状況下において設備の点検，維持管理，更新の費用や便益を総合的に評価するアセットマネジメント（以下，AM）の概念が注目されてきている。

橋梁を安全に長期間供用していくためには，点検，調査および補修など維持管理を適切に実施することが重要であり，点検が AM による長寿命化修繕計画策定にあたっての基本となるものである。

北海道の橋梁維持管理は『橋梁維持管理マニュアル（案）[1)]』（以下，道マニュアル）に従って実施されており，その中で定期点検を中心とした維持管理フロー（**図－１，表－１参照**）が定められている。



図－１　維持管理フロー

注）Ⅰ～Ⅳ，OKは表－１損傷度判定区分による

点検は，橋梁の損傷状態を把握し，維持管理方針を策定するための基礎資料を得るために行うものであり，特に定期点検を適切に実施することが維持管理の基本となり，道マニュアルでは，定期点検は一律１回/５年を標準頻度としている。なお，道マニュアルでは，定期点検のほか，通常点検および異常時点検が規定されている（**表－２参照**）。

以上のように，橋梁点検はマニュアルに則り実施されているが，実際の橋梁は，施工の良否，交通量，塩害や凍害といった架設環境の影響を受けており，その劣化進行度合には，大きなばらつきがあるため，一律の定期点検頻度を適用することは，必ずしも効率的ではない。また，損傷の進行により第三者被害を及ぼす可能性のある橋梁や，使用頻度の低い橋梁などもあり，それぞれの重要度は異なる。このため，個々の橋梁の損傷度および重要度を考慮して，定期点検頻度を定めることにより，効率的な維持管理が可能であると考えられる。

本報告は，これまで北海道電力㈱が実施した橋梁点検結果（約 2,200 橋）により作成した劣化曲線を用いて，劣化進行度合のばらつき，および橋梁の重要度を考慮した効率的な定期点検頻度についての検討結果を報告するものである。

表－１　損傷度判定区分

判定区分	内　容
Ⅰ	損傷が著しく，交通安全確保の支障となる恐れがある
Ⅱ	損傷が大きく，詳細調査を実施し補修・補強の要否の検討を行う必要がある
Ⅲ	損傷が認められ，追跡調査を行う必要がある
Ⅳ	損傷が認められ，その程度を記録する必要がある
OK	点検の結果から，損傷は認められない

表－２　点検の種類と目的

点検種類	目的および点検方法
通常点検	【目的】損傷の早期発見 パトロール車内から判断できる範囲を基本とする （必要に応じて徒歩による点検・橋下目視点検）
定期点検	【目的】橋梁の適切な保全 主に目視および簡易な点検機械・器具により行う
異常時点検	【目的】異常時（地震など）に，安全性を確認 異常事態の状況に応じた点検を行う

２．検討内容

劣化進行度合のばらつきおよび橋梁の重要度を考慮した効率的な定期点検頻度を定めるために，以下の手順で検討を行った。

① 劣化進行度合のばらつきを考慮するため橋梁の劣化曲線を整理する。
② 劣化進行の経年特性を整理する。（各損傷度が１ランク下がるまでの期間を求める）
③ 重要度（管理基準）に応じた点検頻度を検討する。

なお，検討に用いた劣化曲線の算定にあたっては，架設経過年数および点検結果（部材別の損傷度）に着目して実施しており，具体的な算定方法は以下のとおりである。

- 対象部材は主要部材（主桁・床版・橋台・橋脚・支承）とした。
- 損傷度判定区分（OK～Ⅰ）を，**表－３**に示すように劣化度（5～1）として数値化した。
- 劣化曲線作成手法は，**表－４**に示すように平均劣化度法を用いた。

２．１　劣化曲線の整理

個々の橋梁の劣化進行度合には，大きなばらつきがあることから，回帰した劣化曲線を用いた場合，劣化進行の速い橋梁や遅い橋梁では大きな誤差が生じる。このため，劣化曲線を３パターン（「劣化が速い」，「標準」，「劣化が遅い」）に分けて，個々の橋梁の実状に合った検討をすることとした。

なお，劣化曲線のパターン分けは，点検結果を「劣化が速い」，「標準」，「劣化が遅い」の３区分に分割し，それぞれのエリアを回帰した近似式を用いた。

劣化曲線の検討条件を以下に示す。

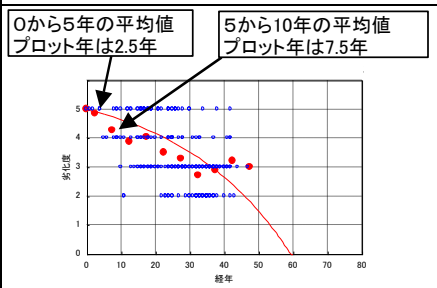
- コンクリート橋（**図－２参照**）・鋼橋（**図－３参照**）それぞれについて検討する。
- 主桁および橋脚について検討する。

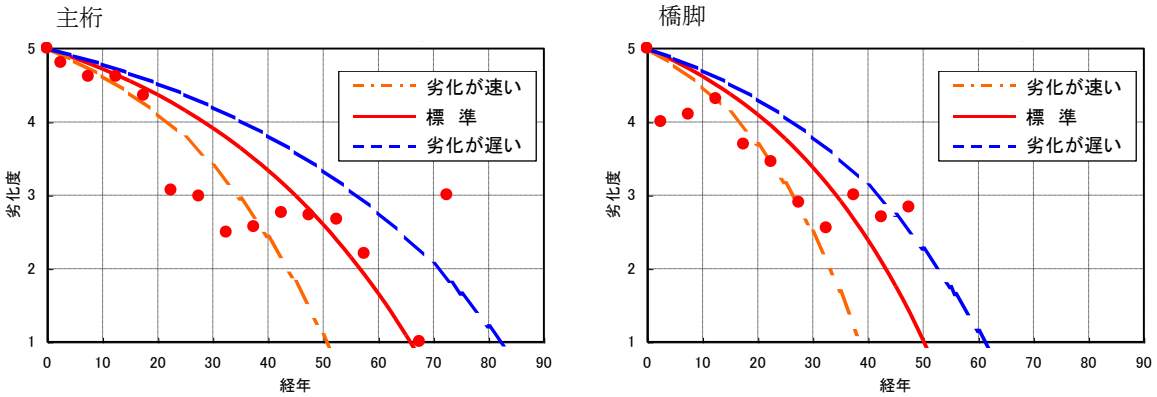
なお，床版，橋台および支承は，主桁とほぼ同一の劣化進行度合であったため，検討の対象から除外した。

表－３　損傷度判定区分の数値化

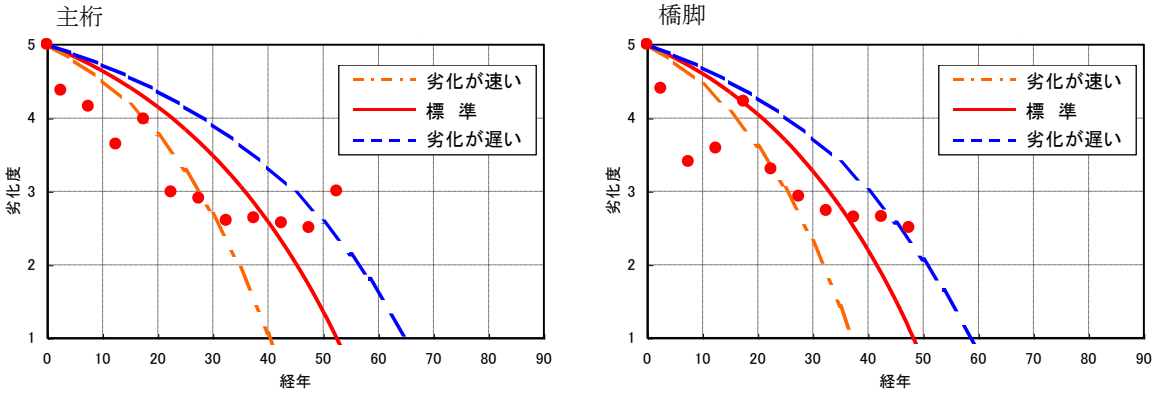
判定区分	劣化度
OK	5
Ⅳ	4
Ⅲ	3
Ⅱ	2
Ⅰ	1

表－４　劣化曲線の算定方法

作成手法	平均劣化度法
近似式	$6-a^{x}$
作成手法	点検データを経過年５年間隔で区切り、各区切りの平均値をプロットして近似する
作成例	



図－２　コンクリート橋の劣化曲線（主桁・橋脚）



図－３　鋼橋の劣化曲線（主桁・橋脚）

２．２　劣化進行の経年特性

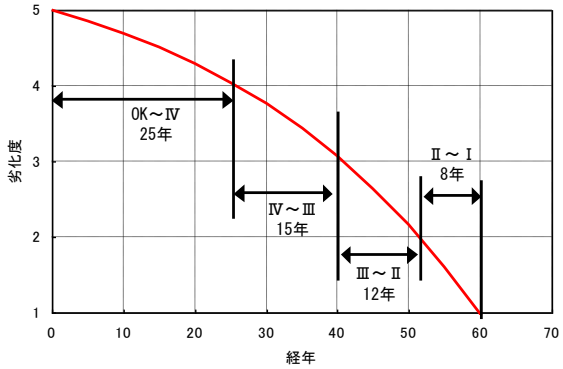
図－２，３から劣化進行の経年特性を整理した結果を**表－５**に示す。なお，**表－５**の劣化進行期間の求め方を**図－４**に示す。

表－５から得られた劣化曲線の経年特性を以下に示す。

- コンクリート橋の劣化進行期間（OK～Ⅰまでの期間）は，橋脚の方が主桁より 16 年速い（標準で主桁 66 年，橋脚 50 年）。
- 鋼橋の劣化進行期間は，主桁と橋脚でほぼ一致している（標準で主桁 52 年，橋脚 48 年）。
- コンクリート橋と鋼橋の橋脚の劣化進行期間は，ほぼ一致している（標準でコンクリート橋 50 年，鋼橋 48 年）。
- それぞれ「劣化が速い」パターンと「劣化が遅い」パターンでは，劣化進行期間に 20 年以上の相違がある。

以上の結果から，安全側を考慮し，最も劣化進行の速かった鋼橋の橋脚の劣化進行期間を基準として，定期点検頻度（コンクリート橋，鋼橋共通）を定めることとした。

なお，主桁より橋脚の劣化進行が速い原因としては，橋下面にある主桁と比較して，橋脚は直接地盤と接しており降雨，日照，河川流水，積雪などの周辺環境の影響を受けやすく，凍害や洗掘などの損傷が発生しやすいからであると考えられる。



図－４　劣化進行期間の求め方

２．３　重要度（管理水準）の検討

劣化進行度合だけではなく，個々の橋梁の重要度を考慮し，効率的な定期点検頻度を検討することとした。参考として『道マニュアル』や『札幌市橋梁点検マニュアル（案）[2)]』（以下，札幌市マニュアル）で定めている重要度（管理水準）と定期点検頻度の関係を**表－６**に示す。

表－６に示にされているとおり，重要度の高い橋梁の劣化が進行すると，第三者被害などの重大事故が起こる危険性があることから，当然，安全側を考慮し余裕を持った定期点検頻度を定めるべきである。このため，重要度の高い橋梁（管理水準１種および２種）では，劣化曲線の「劣化が速い」パターンを用いることとし，比較的重要度の低い橋梁（管理水準３種）では「標準」パターンを用いることとした。

表－５　経年特性（コンクリート橋・鋼橋）

橋の種類	部　材	劣化曲線パターン	劣化進行期間(年)				
			OK～Ⅳ	Ⅳ～Ⅲ	Ⅲ～Ⅱ	Ⅱ～Ⅰ	OK～Ⅰ
コンクリート橋	主　桁	劣化が速い	21	13	9	8	51
		標　準	28	17	11	10	66
		劣化が遅い	35	21	14	12	82
	橋　脚	劣化が速い	16	10	7	6	39
		標　準	21	13	9	7	50
		劣化が遅い	26	16	11	8	61
鋼橋	主　桁	劣化が速い	17	10	8	5	40
		標　準	22	13	10	7	52
		劣化が遅い	28	17	11	9	65
	橋　脚	劣化が速い	16	9	7	5	37
		標　準	21	11	9	7	48
		劣化が遅い	25	15	11	9	60

注）鋼橋の橋脚が最も劣化進行が早い

表－６　重要度（管理水準）と定期点検頻度の関係（道ﾏﾆｭｱﾙ・札幌市ﾏﾆｭｱﾙ）

管理水準	定　義	維持管理区分	内　容	道マニュアルの点検頻度	札幌市の点検頻度
1種	■劣化や損傷が第三者に対する影響を未然に防ぐことを目標として管理する水準	A1	・第三者被害の可能性がある橋梁 （線路や高速道路を跨ぐ橋梁など）	1回/5年 （近接目視）	1回/5年 以内
2種	■劣化や損傷が橋の機能低下を招き、交通の安全および快適なサービスに支障をきたすことを未然に防ぐことを目標とする管理の水準	A2	・緊急輸送路に架かる橋梁 ・DID地区にある橋梁 （人口密度4,000人/km2かつ人口5,000人以上の地区） ・橋長100m以上	1回/5年 （遠望目視） ※1回/10年に近接目視	1回/5年 以内
3種	■劣化や損傷が橋の機能低下を著しく招き、交通の確保に支障をきたすことを未然に防ぐことを目標とした管理の水準	B	・A1，A2以外の15m以上の橋梁	1回/5年 （遠望目視）	1回/5年 以内
		C	・A1，A2以外の15m未満の小規模橋梁(BOXカルバート除く)		1回/10年 以内
		D	・BOXカルバート橋		

３．検討結果

表－７に，コンクリート橋の橋脚の劣化進行期間を基準とし，重要度（管理水準）を考慮した定期点検頻度の検討結果を示す。

定期点検頻度は，橋梁の主要部材のうち最も劣化している部材を基準とした。(例えば，管理水準１種の橋梁では，床版が損傷度『Ⅱ』，橋脚が『Ⅲ』の場合は，損傷度『Ⅱ』として３年おきに定期点検を実施)

なお，損傷度『Ⅰ』は，落橋などの危険性があり，早急な対策を求められる水準にあることから，定期点検の対象外とした。

表－７　検討定期点検頻度

区　分	損傷度毎の定期点検頻度				備　考
	OK	Ⅳ	Ⅲ	Ⅱ	
重要な橋梁	10	7	5	3	管理水準1･2種など
それ以外の橋梁	15	10	7	5	管理水準3種など

４．検討結果の検証（効果の試算）

本検討で定めた定期点検頻度（**表－７**）の効果を確認するため，**表－８**に示すモデルケースを用いて，今回検討した定期点検頻度と道マニュアル点検頻度，それぞれについて至近 10 ヵ年の定期点検費用を算定した。それぞれの試算結果を**表－９**に示す。

本モデルケースでは，**表－９**の結果より，今回検討した点検頻度の方が，至近 10 ヵ年で道マニュアルの点検頻度を用いたケースと比較して，約 1,800,000 円の費用の効率化が図られる試算結果となった。また，至近 10 ヵ年の点検橋梁数も 160 橋から 110 橋と約 3 割縮減でき，点検の省力化が図られる試算結果となった。

表－８　比較検討モデルケース

前回点検実施時期	橋長	管理水準	橋梁数（全80橋）	損傷区分
昨年度	25m	1種	20橋	OK:5橋，Ⅳ:5橋，Ⅲ:5橋，Ⅱ:5橋
		2種	20橋	OK:5橋，Ⅳ:5橋，Ⅲ:5橋，Ⅱ:5橋
		3種	40橋	OK:10橋，Ⅳ:10橋，Ⅲ:10橋，Ⅱ:10橋

表－９　試算結果の比較

今回検討した点検頻度を用いた試算結果											
点検年次	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	合計
点検橋梁数		10		20	10	20		10	40		110
概算点検費用	¥3,960,000										
道マニュアル点検頻度を用いた試算結果											
点検年次	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	合計
点検橋梁数					80					80	160
概算点検費用	¥5,760,000										

５．おわりに

本検討では，橋梁の劣化進行度合のばらつき，および重要度を考慮した定期点検頻度を検討した。これにより点検費用の縮減が期待でき，効率的な土木構造物のマネジメント（劣化予測・予算計画など）が可能であると考えられる。

なお，今回の検討内容については，点検結果より作成した劣化曲線を基に，標準的な定期点検頻度の定めたものであり，必ずしも個々の橋梁の実状に合致するものではない。このため，橋梁管理者は，年に数回の通常点検（パトロール）を行い，橋梁の現状を把握して，その結果を反映させ,点検する橋梁を選定することが望ましい。

また，損傷度が低く，経年的な劣化進行度合も緩やかで，しばらくは補修や補強が必要ないと判断される橋梁については，長寿命化修繕計画策定を当面見送ることによって計画策定費用の効率化が図られると考えられ，これらの検討についても今後実施していきたい。

参考文献

1) 橋梁維持管理マニュアル（案）：札幌土現橋梁補修検討委員会，（財）北海道建設技術センター，平成 16 年 4 月

2) 札幌市橋梁点検マニュアル（案）：札幌市建設局管理部道路維持課，平成 19 年 2 月