

報告 既存コンクリート系構造物の調査方法に関する実務者に対するアンケート調査

長谷川 拓哉^{*1}

要旨：既存コンクリート系構造物の調査方法の現状を明らかにするため、維持管理に関わる実務者へのアンケート調査を行った。その結果、コンクリート系構造物の定期的な点検を行う主体は、構造物種類によって異なるが、土木系構造物ではコンサルタントによる場合が多く、建築物ではコンサルタントの他、診断会社、ゼネコン等、設計事務所を含め様々であること、コンクリート系構造物の定期的な点検・詳細な点検を行う場合に必要資格として、コンクリート診断士をあげる実務者が多いこと、日常的な点検では、道路、鉄道、港湾、建築で概ね共通であるが、詳細な点検では項目が異なる場合が多いこと等の知見を得た。

キーワード：既存コンクリート構造物、調査・診断、実務者、アンケート調査、定期点検、詳細点検

1. はじめに

既存コンクリート系構造物の維持管理に関し、どのような項目をどのような方法で調査されているかは重要である。近年、構造物の維持管理の重要性が多く技術者に認識されつつあり、調査方法についても一般的な方法が確立しつつあるといえる。しかし、調査項目や方法は、構造物種類や管理者によって異なる場合があることが指摘されている¹⁾。さらに、世界的にみると、国毎に環境条件や法律・基準類等の制度が異なることから、調査項目や方法が異なっていることが考えられるが、その現状は、明らかとなっていない。アジアモデルコードの維持管理関係部分や関連する ISO を検討する上で、既存コンクリート系構造物の調査項目・方法の現状を明らかとした基礎的な資料が必要と考えられる。

そこで、日本コンクリート工学会に設置された「アジアモデルコード委員会」WG3 では、ACF (旧 ICCMC) の TC3 (旧 WG3) と連携をはかり、アジア各国において、既存コンクリート系構造物の調査項目・方法に関するアンケート調査を実施している。本報告は、その一環として、日本国内において、既存コンクリート系構造物の維持管理に携わっている実務者を対象とし、その調査項目・方法等に関するアンケート調査を行った結果を報告する。なお、本学会北海道支部に設置された「コンクリート構造物のライフサイクルマネジメント研究委員会」でも同じ調査を行っており¹⁾、ここではその回答も含めて報告する。

2. 調査概要

調査は、アンケート形式とし、e-mail にて調査票の送付・回収を行なった。調査対象は、コンクリート構造物の維持管理に関わっている代表的なゼネコン、コンサル

タント、公的研究機関、JR、NEXCO 等の実務者とし、本学会アジアモデルコード委員会および本学会北海道支部コンクリート構造物のライフサイクルマネジメント研究委員会の委員を中心に、50 の対象に送付した。調査期間は、2011 年 10 月 17 日～11 月 14 日 (1 回目)、2012 年 2 月 15 日～3 月 15 日 (2 回目) とし、2013 年 1 月 1 日現在 27 件の回答を得、回収率は 54%となっている。調査の回答者の概要を表-1 に示す。

調査内容を表-2 に示す。調査内容は、調査・診断に関する一般事項、日常的な点検および詳細な点検の方法、鉄筋コンクリート構造物の維持管理に関する問題点とした。日常的な点検および詳細な点検の方法の項目については、文献^{2),3)}を参考とし、日本において一般的と考え

表-1 アンケート調査の回答者の概要

種類	件数	回答者	備考
道路	13	道路会社、ゼネコン、コンサルタント	-
鉄道	3	鉄道会社、ゼネコン	-
港湾施設	2	公的研究機関、コンサルタント	-
ダム	0	-	-
建築物	8	公的研究機関、ゼネコン、コンサルタント	-
その他	1	ゼネコン	石油備蓄基地

表-2 アンケート調査内容

1. 調査・診断に関する一般事項(いずれも複数回答可)
(1)回答者が関わっている構造物
(2)(1)の構造物に対し、一般に定期的な点検を行なっている主体
(3)定期的な点検・詳細な点検に必要な資格
(4)定期的な点検の頻度および根拠となる基準・指針類
(5)定期的な点検・詳細な点検の際に参考とする基準・指針類
2. 日常的な点検・詳細な点検の方法(いずれも複数回答可)
(1)日常的な点検の方法
・点検の際に行なっている項目
・点検の際に使用している簡単な器具
・点検の際に参照している基準・指針類
(2)詳細な点検の方法
・点検の際に行なっている項目
・点検の際に使用している方法
・点検の際に参照している基準・指針類
3. 鉄筋コンクリート構造物の維持管理に関する問題点(自由回答)

^{*1} 北海道大学大学院 工学研究院空間性能システム部門准教授 博士 (工学) (正会員)

られる項目を設定した。各項目は、複数回答可とした。

なお、用語の定義として、回答者にできるだけ共通の認識で回答してもらえるように、下記の定義を付記して調査を行なった。

- (1)定期的な点検：構造物における劣化状況を把握するため、専門的な技術者によって、目視と簡易な器具を用いて、定期的に行われる点検
- (2)詳細な点検：構造物の劣化状況に関して、より詳細な情報を得るために、専門的な技術者によって、必要に応じて試料採取や専門的な機器を使用して行われる点検

3. 調査結果

3.1 調査・診断に関する一般事項

本調査では、ダムに関わっているという回答がなかったため、以下、道路、鉄道、港湾、建築の4種類の構造物について報告する。なお、道路、鉄道では、橋梁、トンネルを含んでおり、鉄道では駅舎等の建築物は含めていない。

図-1に、回答者が対象構造物に関して、定期的な点検を行なっているのは、どのような主体と認識しているかを示す。道路、港湾では、コンサルタントが行なっているという認識が多く、診断会社、ゼネコン等がそれに続いている。建築では、診断会社、ゼネコン等、設計事務所、コンサルタントとそれぞれ認識がわかれる結果となっており、対象とする建築物のオーナーや用途によって調査主体が異なること等が考えられる。また、本調査では、鉄道は鉄道会社が自社で行うという結果となった。これは、回答者が、鉄道会社として、主にJRを想定していたためと考えられる。

図-2に、回答者が定期的な点検・詳細な点検を行うのに必要と考えている資格を示す。いずれの構造物でもコンクリート診断士が多く、次いで、道路、鉄道、港湾では技術士が、建築では建築士が多い結果となった。本学会の委員会による調査であったためとも考えられるものの、関係する技術者にとって、コンクリート診断士はコンクリート構造物の維持管理に関して重要な資格という認識になっていることがわかる。鉄道、建築では特に資格が必要ではないという回答があった。社内等で十分に教育・訓練がなされている場合は、必ずしも資格は必要ではないという認識があることがわかる。

定期的な点検を行う頻度を表-3に示す。道路では5～10年に1回、鉄道では2年に1回、港湾では1～2年に1回、建築では3年に1回が最も多い回答となった。なお、本項目は回答数が少なかったとともに、「定期的な点検」の認識として、土木学会のコンクリート標準示方書〔維持管理編〕⁴⁾における「日常点検」と「定期点検」の両方が混在していると考えられ、各構造物で同レベル

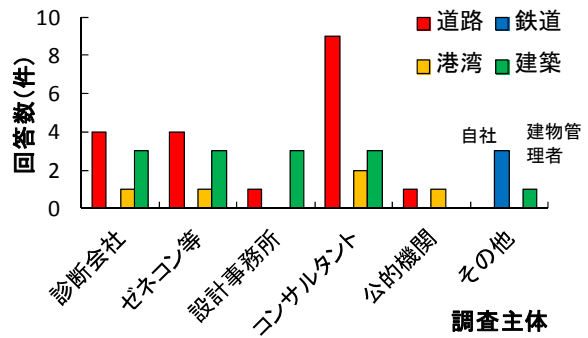


図-1 各構造物における調査主体

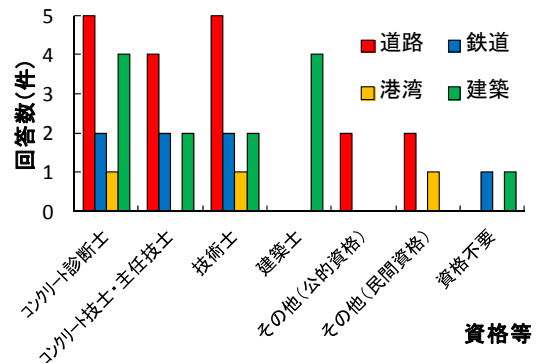


図-2 定期的な点検・詳細な点検に必要と考えられる資格

表-3 定期的な点検を行う頻度

種類	定期的な点検を行う頻度	点検頻度を策定した団体等の例
道路	5～10年に1回	NEXCO
鉄道	2年に1回	JR
港湾	1～2年に1回	(一財)沿岸開発研究センター
建築	3年に1回	UR

の点検でないことが考えられる。いずれの構造物においても、関係する実務者において、定期的な点検を行うという認識が共有されていることがわかる。

定期的な点検と詳細な点検について、参考とされる基準・指針類の代表例を表-4に示す。道路では一般に管理する団体の基準・指針類によることが考えられる⁵⁾。この表によると、道路、鉄道、港湾では、比較的参考とする基準・指針類が少なく統一されているのに対し、建築では基準・指針類が多く統一されていない傾向が伺える。これは、建築の場合、その種類や管理者が様々であるため、標準的に用いられている基準・指針類がないことが考えられる。

3.2 日常的な点検および詳細な点検の方法

表-5に日常的な点検の実施項目と使用する簡易な器具を示す。なお、実施項目は、全ての回答者が実施するとした場合は「○」を、実施する回答者と実施しないとする回答者が混在する場合は「△」を、どの回答者から実施するという回答がなかった場合は「－」を記入している。それぞれ、「○」は一般に実施されている、「△」

表-4 日常的な点検・詳細な点検で参考とする基準・指針類

構造物種類	定期的な点検	詳細な点検
道路	NEXCO「保全点検要領(構造物編)」	NEXCO「保全点検要領(構造物編)」 NEXCO「設計要領第2集(橋梁保全編)」 土木学会「コンクリート標準示方書[維持管理編]・[規準編]」
鉄道	JR社内規程 国交省鉄道局「鉄道構造物等維持管理標準」	JR社内規程 国交省鉄道局「鉄道構造物等維持管理標準」 土木学会「コンクリート標準示方書[維持管理編]・[規準編]」
港湾	(財)沿岸開発研究センター「港湾の施設の維持管理技術マニュアル」 東京港埠頭公社「土木施設維持管理マニュアル」	(財)沿岸開発研究センター「港湾の施設の維持管理技術マニュアル」 (財)沿岸開発研究センター「港湾鋼構造物防食・補修マニュアル」 JCI「コンクリート診断技術」 日本鋼構造協会「土木鋼構造物の点検・診断・対策技術」 JCI「コンクリートのひび割れ調査・補修・補強指針」
建築	日本建築防災協会「特殊建築物等定期調査業務基準」 日本建築防災協会「既存鉄筋コンクリート造建築物の耐震診断基準・同解説」 建築学会「鉄筋コンクリート造建築物の収縮ひび割れ制御設計・施工指針(案)・同解説」 建築学会「鉄筋コンクリート構造物の耐久性調査・診断および補修指針(案)・同解説」 JCI「コンクリートのひび割れ調査・補修・補強指針」 JCI「コンクリート構造物の耐久性診断・評価手法に関する基準案」 技報堂出版「鉄筋コンクリート建築物の劣化診断技術指針・同解説」 UR「巡回点検マニュアル」 BELCA「タイル外壁及びモルタル塗り外壁定期的診断マニュアル」 CHORD「技術関連資料集RC造調査編」	日本建築防災協会「既存鉄筋コンクリート造建築物の耐震診断基準・同解説」 建築学会「鉄筋コンクリート構造物の耐久性調査・診断および補修指針(案)・同解説」 建築学会「鉄筋コンクリート建築物の品質管理・維持管理のための試験方法」 JCI「コンクリート診断技術」 JCI「コンクリートのひび割れ調査・補修・補強指針」 JCI「コンクリート構造物の耐久性診断・評価手法に関する基準案」 技報堂出版「鉄筋コンクリート建築物の劣化診断技術指針・同解説」 建築研究所「既存マンション躯体の劣化度調査・診断技術マニュアル」 建築学会に基準値が示されていないもの(塩化物量、限界腐食量等)は関連する学会基準(土木学会示方書等)を必要に応じて参照

表-5 日常的な点検の実施項目と使用する簡易な器具

項目		構造物種類								備考 (5.その他の内容)
		道路		鉄道		港湾		建築		
		実施	器具等	実施	器具等	実施	器具等	実施	器具等	
ひび割れ	箇所・パターン	○	1,2,3,4	○	1,2,3,4	○	1,2	○	1,2	クラック針ゲージ
	幅および長さ	○	1,2,3,4,5	○	1,2,3,4	○	1,2,3	○	1,2,3,5	
	析出物	○	1,2,3,4	○	1,2,3,4	○	1,2,4	—	—	
スケーリング、ポップアウト等		○	1,2,4	○	1,2,3,4	○	1,2,4	○	1	
さび汁など腐食の痕跡		○	1,2,4	○	1,2,3,4	○	1,2	○	1	
漏水・漏水跡		○	1,2,4	○	1,2,3,4	○	1,2	○	1	
汚れ、エフロレッセンス、色の変化		○	1,2,4	○	1,2,3,4	○	1,2	○	1	
たわみ・変形の状況		△	1,2,4	△	1,2,3,4	△	1,2	△	1,2,5	レーザーレベル等
モルタル・仕上材の剥離・剥落		○	1,2,4	○	1,2,3,4	○	1,2,4	○	1,4	
風化・浸食の状況		○	1,2,4	○	1,2,3,4	○	1,2	△	1	
その他(堤体の移動量・沈下量)		—	—	—	—	○	1,2	—	—	
その他2(設備)		—	—	—	—	—	—	△	1	

凡例：○：一般に実施している △：一般に実施する場合もある —：一般には実施していない(必要に応じて実施)
1写真 2メジャー等 3クラックスケール 4ハンマー 5その他
網掛けは全ての構造物で行う項目

は、一般に実施する場合がある(しない場合もある)、「—」は、一般には実施していない(必要に応じて実施)ことを意味していると考えられる。当然、各項目は必要があれば実施されていると考えられ、ここでは一般的な実施項目が回答されていると考えられる。また、簡易な器具については、複数の回答者があげたものを全て記載している。網かけにした部分が、道路、鉄道、港湾、建築で共通で行われている項目となっている。

これから、日常的な点検については、構造物の種類によらず概ね同様の項目が行われており、①ひび割れ箇所・パターン、②ひび割れ幅および長さ、③スケーリング、ポップアウト等、④さび汁など腐食の痕跡、⑤漏水・漏水跡、⑥汚れ、エフロレッセンス、色の変化、⑦モルタル・仕上材の剥離・剥落が共通で行われている。ひび割れからの析出物については、道路、鉄道、港湾では行われているが、建築では行われていない結果となった。

これは、建築の場合、仕上材が施工されていることが一般的であり、析出物が明確ではない場合がある等の理由が考えられる。また港湾の場合は、堤体の移動量・沈下量が行われており、構造物種類による特徴が伺える。

使用されている器具等については、概ね同様の器具が使用されていることがわかる。しかし、建築では、他構造物に比べ、使用する器具が少なくなっており、日常的な点検は器具等は使用せず目視中心であることが伺える。これは、建築では一般にマンションの長期修繕計画を除いて、所有者に日常的な点検を行う必要があるという認識が少なく、点検を行なってもできるだけ簡単にする傾向があることが関係していると考えられる。

表-6に、詳細な点検について実施する項目とその方法を示す。表への記載方法は、表-5と共通である。この表から、各構造物で共通で行われているのは、①ひび割れの箇所・パターン、②幅および長さ、③漏水・漏水跡、

表-6 詳細な点検の実施項目とその方法

項目			構造物種類								備考(18.その他の内容)
			道路		鉄道		港湾		建築		
			実施	方法	実施	方法	実施	方法	実施	方法	
構造物の変状	ひび割れ	箇所・パターン	○	1,2,3,4,11	○	1,2,3,4	○	1,2	○	1,2,3	
		幅および長さ	○	1,2,3,4,11	○	1,2,3,4	○	1,2,3,4	○	1,2,3,4,18	クラックゲージ針
		析出物	○	1,2,3,4,11	○	1,2,3,4	○	1,2,11	△	1,2,3,4,18	XRF
		挙動	○	1,2,3,4,11,18	○	1,2,3,4,7,18	—	—	△	1,2,7	コンタクトゲージ
		汚れ、エフロレッセンス、色の変化	○	1,2,3,4,11	○	1,2,3	△	1,2	○	1,2,7	
		たわみ・変形の状況	△	1,2,3,4,7,11	△	1,2,3,7	△	1,2,3	○	1,3,7,18	レーザーレベル
		モルタル・仕上材の剥離・剥落	○	1,2,3,4,8,11	○	1,2,3,8,11	△	1,2,11	○	1,2,7,8,11	
		漏水・漏水跡	○	1,2,3,4,11	○	1,2,3	○	1,2,3	○	1,2,8,11	
	かぶり厚さ・配筋状況、鉄筋の径・種類等	○	1,2,3,4,9,11,18	○	1,2,3,9,18	○	1,3,9,12	○	1,2,9		
	鉄筋腐食の状況	○	1,2,3,4,11,18	○	1,2,3,11,12,18	○	1,2,3,12,18	○	1,2,3,9,18	自然電位	
鉄筋の付着強度等	—	—	△	12	—	—	△	12,18			
配(調)合	△	1,2,12,18	△	12	△	12,14	△	18	施工記録確認		
空気量、気泡間隔	△	5,18	○	5,12,18	△	12,5	△	18	施工記録確認		
圧縮強度・静弾性係数	○	1,12,13	○	12,13	○	12,13	○	12,13,18	圧縮強度試験		
中性化深さ、コンクリート中のpH	○	1,2,10,12	○	1,2,10,12	○	10,12	○	10,12			
含水状態	—	—	△	12	△	12	△	18	静電容量、電極		
物質透過性(気体、水分等)	—	—	△	12	△	18	—	—	トレント法		
塩化物イオン(プロファイル、浸透深さなど)	○	1,2,12,14,18	○	12	○	12,14,16	△	12,14,16			
アルカリ骨材反応	○	1,2,12,15,17,18	○	12,5,12,17	△	12,14	△	1,5,12,17,18	鉱物分析等		
材反応	○	1,2,14,15,16,17,18	○	12,15,17	△	12,14	△	1,14,18	鉱物分析等		
凍害	スケール・ポツアウト	○	1,2,3,11	○	1,2,3,11	△	1,3,11	○	1,2,3		
	動弾性係数・長さ変化	○	1,2,3,11,12	○	12	—	—	—	—		
化学的侵食	浸食深さ	○	12,16,17	○	12,16,17	△	12	△	12,16,18	試薬噴霧、EDX	
	化学成分分析	○	12,14,16,17,18	○	12,16,17	—	—	△	14,16,18	EDX	
振動など	△	1,2	△	7,18	△	1,3,7	—	—			
その他(移動量、沈下量)	—	—	—	—	△	1,2,3,18	—	—	測量		
その他(じゃんか、空洞)	—	—	—	—	—	—	△	1			

凡例：○：一般に実施している △：一般に実施する場合もある —：一般には実施していない(必要に応じて実施)

1.目視 2.写真 3.メジャー等 4.クラックスケール 5.顕微鏡 6.超音波法 7.変位測定 8.赤外線カメラ法 9.電磁波レーダー法 10.フェノールフタレイン法
11.ハンマー 12.コア採取 13.リバウンドハンマー 14.化学分析 15.SEM 16.EPMA 17.XRD 18.その他

網掛けは全ての構造物で行われているもの

表-7 鉄筋コンクリート構造物の維持管理に関する問題点に関する自由回答の例

主な自由回答
・使用材料や設計図書、過去の点検記録などが残っていない。 ・RC造構造物は、検査時点で、鋼構造と異なり、変状の定量的な判断がしにくい。 ・港湾施設はRC部材だけで構成されていないため、共通的な指針類を作成する場合、部材レベルに留まらざるを得ない。 ・学会等の指針類について、「現時点での耐荷力を評価する方法」と「耐荷力を含めた性能の経時劣化を予測する方法」が示されていない。 ・変状の進行性を判断するのが容易でない。 ・供用年数を定めることは、特に市町村の管理者にとっては判断に迷う場合がある。 ・詳細な点検は、費用や労力の面から大規模に実施することが困難。簡便に低コストで実施できる点検・調査技術の開発が望まれる。 ・建築物の場合、マンションの長期修繕計画を除き、定期点検の実施率が極めて低い。点検は、異常があってから行われるのが一般的。 ・建築物の場合、点検等に要する費用の確保と、点検結果の活用にはまだ課題がある。 ・技術者の確保とその担保が問題 ・5年に1度橋梁点検を実施し、診断結果から補修設計、補修工事を実施しているが、今後、軽微な損傷のうちから補修を行っていく、いわゆる予防保全に向けた取り組みが必要である。 ・補修工事を実施するRC構造物の損傷原因は、水の供給が大きな影響を及ぼすため、事前の排水対策等を積極的に実施する必要がある。 ・安易な補修による再変状

④かぶり厚さ・配筋状況、鉄筋の径・種類等、⑤鉄筋腐食の状況、⑥圧縮強度・静弾性係数、⑦中性化深さ、コンクリート中の pH の 7 項目という結果となった。これらの 7 項目は、コア供試体採取するコンクリート構造物の詳細な点検であれば一般的に行われている項目と考えられる。日常的な点検と異なり、網かけとなっている共通で行われる項目が少ない結果となった。これは、構造物種類によって重要視する項目が異なっていることが

理由と考えられる。例えば、道路、鉄道、港湾では、「塩化物イオン」は「一般に実施している」項目としてあげられているが、建築の場合は「一般に実施する場合もある」項目となっている。一方、「たわみ・変形の状況」については、建築のみ「一般に実施している」項目となっている。これから、同じコンクリート構造物であっても、その種類が異なる場合は、調査すべき項目が異なっているといえる。

3.3 鉄筋コンクリート構造物の維持管理に関する問題点

鉄筋コンクリート構造物の維持管理に関する問題点として、自由回答から得た代表的な回答を表-7に示す。特に各構造物に共通する技術的な課題として、簡便に低コストで実施できる点検・調査技術、構造物の各種性能の現時点および経時変化を評価する技術の開発等があげられる。特に各種劣化と構造物の性能低下をどのように結びつけるかが大きな課題といえる。さらに、補修・改修までを考えた場合、安易な補修による再変状・劣化があげられており、適切な調査・診断に基づく補修・改修を行う必要があるといえる。

また、各構造物毎の問題として、道路の場合、管理者によっては構造物の供用年数を定める際に判断に迷う場合がある点があげられている。建築の場合、定期点検の実施率が低く、その費用確保等の問題があげられる。まだ、構造物管理者に維持管理の情報や必要性が十分に行き渡っていないことが考えられ、今後の課題といえる。

4. まとめ

既存コンクリート構造物の調査方法に関する日本の実務者へのアンケート調査の結果、以下の知見を得た。

- 1)コンクリート構造物の定期的な点検を行う主体は、構造物種類によって異なるが、土木系ではコンサルタントによる場合が多く、建築系ではコンサルタントの他、診断会社、ゼネコン等、設計事務所を含め様々である。
- 2)コンクリート構造物の定期的な点検・詳細な点検を行う場合に必要資格として、コンクリート診断士をあげる実務者が多い。
- 3)定期的な点検を行う頻度は、一般に、道路、鉄道、港湾、建築で異なっている。
- 4)日常的な点検では、道路、鉄道、港湾、建築で概ね共通であり、①ひび割れ箇所・パターン、②ひび割れ幅および長さ、③スケールリング、ポップアウト等、④さび汁など腐食の痕跡、⑤漏水・漏水跡、⑥汚れ、エフロレッセンス、色の変化、⑦モルタル・仕上材の剥離・剥落がその項目である。
- 5)詳細な点検では、道路、鉄道、港湾、建築で項目が異なっているが、①ひび割れの箇所・パターン、②幅お

よび長さ、③漏水・漏水跡、④かぶり厚さ・配筋状況、鉄筋の径・種類等、⑤鉄筋腐食の状況、⑥圧縮強度・静弾性係数、⑦中性化深さ、コンクリート中のpHは、共通で行われている項目であり、これらはコア供試体採取する場合の一般的な調査項目といえる。

本報告は、日本国内の状況について行なったが、アジア各国でも同様の調査を行っており、今後その比較検討を行う予定である。

謝辞

本調査は、2011年度本学会アジアモデルコード委員会（委員長：西山峰広 京都大学教授）WG3（主査：長谷川拓哉，委員：上田多門，佐藤靖彦，杉山 隆文，横田弘（以上北海道大学），呉智深（茨城大学），兼松学（東京理科大学），七五三野茂（（株）高速道路総合技術研究所），武若耕司（鹿児島大学），肥田研一（（株）K&T こんさるたん）（順不同・敬称略））ならびに2011年度本学会北海道支部コンクリート構造物のライフサイクルマネジメント研究委員会（委員長：横田弘 北海道大学教授）の活動の一環として行なった。調査にあたり、委員各位並びに回答いただいた方には多大なご協力をいただいた。ここに記して心からの謝意を表す。

参考文献

- 1) 日本コンクリート工学会北海道支部：コンクリート構造物のライフサイクルマネジメント研究委員会報告書，2012.3
- 2) 日本コンクリート工学会：コンクリート診断技術¹¹，2011.1
- 3) ACI364:Guide for Evaluation of Concrete Structures Prior to Rehabilitation, ACI 364.1 R-94,1999
- 4) 土木学会：2007年制定 コンクリート標準示方書[維持管理編]，2008.3
- 5) 日本コンクリート工学協会北海道支部：積雪寒冷地コンクリート複合劣化要因研究委員会報告書，2010.3

