

延命化のための維持管理技術協議会(M 協議会)

【延命化のための課題抽出・整理表】

分類	キーワード	現状・課題	あるべき姿、要望、解決策
劣化	劣化要因、劣化過程（潜伏期、進展期、加速期、劣化期）、劣化因子	<ul style="list-style-type: none"> ・潜伏期と進展期を区別するための調査方法は確立されているか？ ・潜伏期と進展期との劣化顕在化リスクの違いが理解されているか？ ・複合劣化の評価方法が確立されているか？ ・複合劣化の予測が難しい。 ・複合劣化にはさまざまな劣化機構の組合せが考えられ、複雑となる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・補修・補強要否判定、補修・補強工法の選定は構造物の健全度により行い、ステージの判断は副次的である。 ・複合劣化の多い報告事例は、●塩害と中性化、●塩害と凍害、●塩害と ASR である。塩化物イオン含有量、中性化深さ、水分供給量等により複合劣化の可能性を評価。
	塩害、塩化物イオン、腐食発生限界塩化物イオン量、鉄筋腐食、不動態皮膜、水分、酸素	<ul style="list-style-type: none"> ・塩害の補修＝塩化物イオンの侵入抑制と決めつけていないか？ ・劣化過程毎に補修要求性能が異なることが理解されているか？ ・塩化物イオンの侵入経路を特定する調査方法の確立 	<ul style="list-style-type: none"> ・塩害の補修は、内在塩分と飛来塩分・凍結剤散布の影響（塩化物イオンの分析結果より判断）及び中性化等との複合劣化の可能性を考慮の上、対策工法を検討する。 ・塩害の補修は、健全度（4 段階）より対策工法を選定しており、劣化状況は考慮している。
	中性化、二酸化炭素、中性化深さ、中性化残り、鉄筋腐食、不動態皮膜、水分、酸素	<ul style="list-style-type: none"> ・中性化の補修＝二酸化炭素の侵入抑制と決めつけていないか？ ・劣化過程毎に補修要求性能が異なることが理解されているか？ ・中性化とコンクリート強度の低下との因果関係は明確ではない（ばらつきがある）。 ・中性化の進行にともなう延命化リスク評価手法の確立 	<ul style="list-style-type: none"> ・中性化の進行は穏やかであり、適切なかぶり厚さが確保されている構造物では中性化による著しい鋼材腐食が生じることは稀。塩害との複合劣化には留意する必要がある。中性化によるリスク評価は中性化残りによる。
	ASR、反応性骨材、岩種、地域性、年代、アルカリシリカゲル、水分、アルカリ総量、残存膨張性	<ul style="list-style-type: none"> ・ASR の補修＝水分の侵入抑制と決めつけていないか？ ・ASR の残存膨張性を考慮した補修設計がなされているか？ ・残存膨張性能の評価方法（岩種別、ペシマム率、促進方法） 	<ul style="list-style-type: none"> ・凍結防止剤を使用する地域では塩化ナトリウムが ASR を促進する（塩害との複合劣化）に留意する必要がある。 ・劣化の正確な進行予測を試験で行うことは困難である。
	再劣化	<ul style="list-style-type: none"> ・再劣化には、「設計または施工の不具合により、意図せず劣化が進行した補修」ものと、「再劣化を許容して再劣化と再補修を繰り返す維持管理方針のもとに実施した補修」があり、その両者は異なる。 ・再劣化の可能性に着目した点検例の整備 	<ul style="list-style-type: none"> ・再劣化の多い事例として、鋼橋の RC 床版の部分打替え工法が挙げられるが、再劣化を前提に補修工法は選択していない。交通規制の関係から現道通行への影響を極力少なくするために即日開放するのが一因である。
実構造物における劣化の評価	<ul style="list-style-type: none"> ・実構造物と実験室での条件が大きく異なるため、実際の劣化を実験室で再現できず、適切な評価方法などが示されない。 	<ul style="list-style-type: none"> ・適切な劣化予測が困難なことを踏まえ、日頃の点検・調査が重要となる。 	
対象構造物	橋梁上部工、橋梁下部工、橋梁付属物、道路橋、鉄道橋、護岸、栈橋、港湾、空港、ダム、トンネル、函渠、擁壁、建築物、上下水道	<ul style="list-style-type: none"> ・土中への埋設構造物の劣化の現状と調査状況はどうか？ ・鋼構造物とコンクリート構造物の劣化の内容と対応方法は違うので知識及び経験が沢山必要になる。 ・構造物によっては、構造物独自の劣化・損傷が生じるものがあるが、独自性が理解されているか？ ・構造物によって管理対象規準が違う（橋梁、トンネル、港湾など） ・対象構造物によって、損傷程度の評価（維持管理規準的なもの）を変えるべきである 	<ul style="list-style-type: none"> ・下水道における水中カメラ、鋼構造物の磁気検査等の調査方法がある。 ・5 年毎に実施している「定期点検」では工種毎に点検要領がまとめられており、統一された基準により点検が実施されている。点検要領に対象構造物の点検のポイントは網羅されている。
	大規模構造物、中小規模構造物、重要度	<ul style="list-style-type: none"> ・構造物の規模によって（＝管理者によって）対策に投じることのできる予算枠が異なる。 ・重要度の高い構造物（緊急輸送道路、跨道橋、跨線橋、その他）の早期対策の実施。 ・中小規模（特に小規模）の橋梁数は全体の 75%と膨大であるにも関わらず、それらを管理するのはほぼ中小の自治体であり、人材不足と予算不足の中での対応を迫られている。 	<ul style="list-style-type: none"> ・重要度の高い構造物（緊急輸送道路、跨道橋、跨線橋、その他）の早期対策は実施されている。 ・小規模構造物への対応を効率化するための手法が望まれる。

分類	キーワード	現状・課題	あるべき姿、要望、解決策
発注者・管理者・主体・制度	国、都道府県、政令指定都市、市町村、民間管理者（NEXCO、都市高速、JR、電力、ガス等）、民間	<ul style="list-style-type: none"> ・管理者によって対策に投じることのできる予算枠が異なる。 ・管理者間で維持管理に対する認識が異なる ・管理者間で維持管理業務に携わる人材の数、質が異なる ・管理者によっては独自で技術的に維持管理に対応できないこともある。 	<ul style="list-style-type: none"> ・公共施設の包括的民間委託契約の採用（実施例：下水道、道路、河川、道路河川、公園、空港、港湾）。 ・実施例はあるが、まだ一部の発注者にとどまっている。
	発注形態と発注区分、発注方式	<ul style="list-style-type: none"> ・点検調査業務と簡易な補修工事を同時に行えばもっと効率的になるのではないか。 ・調査時の変状数量と補修施工時の最終変状数量に大きな相違がみられる。 ・発注時に既設構造物の設計資料がないもしくはあっても現場と差異があることがある。 	<ul style="list-style-type: none"> ・公共施設の包括的民間委託契約の採用により、一定規模の補修工事までは契約業者が点検～補修工事まで実施する（実施例あり）。
	予算、予算執行ルール	<ul style="list-style-type: none"> ・維持管理にかけられる予算が少ない。 ・単年度で消化できる予算枠に縛られ、複数年度で計画しにくい。 ・次年度に繰り越すことができない予算枠もある。 ・設計での補修方法、範囲と施工時の再調査による補修方法と範囲の変更や数量増により金額の増額が出来ないため当初計画の補修の半分も出来ない。（変更増額に限りがある発注者とそうでない発注者または課がある。） ・各自治体とも5年に1度の定期点検に多大な費用がかかっている。維持管理費用の予算が限られる中、点検予算の確保すら容易ではない状況。当然、補修対策までとても予算が回らないという現状が続いている。 	<ul style="list-style-type: none"> ・点検業務の複数年契約による大型業務への対応が可能となる（実施例多数あり）。 ・5年に1度の定期点検は、「笹子トンネル崩落事故」を踏まえ制定されたものである。簡易施設の点検の簡素化対策は講じられているが、老朽化施設の急増等が考慮され、5年サイクルを変更する等の議論は起こっていない。 ・定期点検の第一巡目の実施結果、橋梁72万橋のうち、II予防保全段階49%、III早期措置段階10%、IV緊急措置段階0.1%となっているが、建設後50年以上経過した橋梁では、II予防保全段階51%、III早期措置段階18%、IV緊急措置段階0.2%と明らかに老朽化が進んだことが反映されている。5年サイクルの延伸にはリスクがある。
	発注者（管理者）、学識経験者、設計者、施工者、材料メーカー、商社、一般市民	<ul style="list-style-type: none"> ・共通認識の構築が必要ではないか。 ・維持管理の重要性を一般市民レベルで理解してもらう必要があるのではないか。広く社会に構造物の点検業務及び耐震補強等の実施状況を公表し、現状を認識してもらう。 ・維持管理業務において発注者（管理者）、設計者、施工者はそれぞれお互いに工事完成後にフィードバックしているか？ ・発注者によっては、追加補修、変更内容を『創意・工夫』で行わせる事がある。（補修の必要性を理解していないのでは？と思わされる。） ・市民は理解してくれないことを前提として考えると、維持管理の重要性のPRは講習会形式では困難。 	<ul style="list-style-type: none"> ・一般市民との共通認識の構築のために、貸借対照表（バランスシート）を作成する。総論として、今後の橋梁の更新の可否などの共通認識が出来上がる。負債の可視化。 ・投資等行っている人を除き貸借対照表に興味なし。 ・発注者（管理者）、学識経験者、設計者、施工者が維持管理業務に関する共通認識を構築する場を設ける（〇〇県コンクリート診断士会等）。 ・点検業務及び耐震補強等の実施状況を公表し、広く周知する方法を検討する。 ・日本経済新聞において定期点検結果、III早期措置段階と判断された橋梁・トンネルの修繕着手率が特集された（「インフラ修繕8割未着手」2020.7.29）。 ・他産業とのタイアップの可能性（郵便局、農協などのネットワークを活用できないか）
	発注内容	<ul style="list-style-type: none"> ・現場条件を反映した発注数量となっているか？（梯子、橋検車、ロープアクセス） 	<ul style="list-style-type: none"> ・点検業務の発注単価を独自に制定している自治体が一部にある。

分類	キーワード	現状・課題	あるべき姿、要望、解決策
----	-------	-------	--------------

維持管理、評価	予防保全、事後保全	<ul style="list-style-type: none"> ・ 予防保全の重要性はどこまで理解されているか？ ・ 目先の事後保全に追われ、予防保全に手が回らないのが現状ではないか？ ・ 予防保全の定義、範囲は明確にされているか？ 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 5年毎の定期点検の第一巡目の実施結果、橋梁72万橋のうち、II予防保全段階49%（35万橋）、III早期措置段階10%（6.8万橋）、IV緊急措置段階（682橋）となっている。 ・ 予防保全の重要性は意識されてもとても対応できるような橋梁数（II予防保全段階35万橋）ではないといえる。 ・ 定期点検の第一巡目の実施結果における修繕着手率は、事後保全段階（III、IV）22%、予防保全段階（II）3%となっている。 ・ 5年間でII予防保全段階35万橋の予防保全に着手すると、年間7万橋の予防保全に着手する必要がある。1橋当たりの予防保全に要する費用を2000万円と仮定すると年間1兆4千億円、5年間で7兆円の予算が必要。 ・ 予算から考慮すると5年間でII予防保全段階35万橋の予防保全に着手することは現実的ではないといえる。
	残存供用年数、LCC評価	<ul style="list-style-type: none"> ・ 発注者、管理者は構造物の残存供用年数を明確にしているか？ ・ 残存供用年数に応じた補修設計、維持管理計画がなされているか？ ・ 例えば余寿命（残存供用年数）を50年とする場合でも、構造物毎に「現時点の健全度」「荷重等の力学的条件」「材料劣化と環境の影響」などが異なるため、一律に劣化曲線を描くことはできない。 ・ 確実な状況評価ができない以上、寿命の保証ができない。 ・ LCC算定の難しさ。 ・ 再補修までの期間の推定＝補修工法の耐用年数の設定⇒劣化の進行性の大小に影響を受けるため構造物毎に異なる。 ・ 補修工法の耐用年数評価の難しさ。 ・ 材料の耐用年数だけでなく、もとの構造物の劣化程度や劣化進行性の大小によって工法の耐用年数は異なり、同一工法であっても構造物の条件がことなれば耐用年数も異なる。 ・ ひびわれ、はく離等の補修材料に対する耐用年数を把握するにはどうすべきか。補修後の耐用年数を把握したデータは数少ない。事例・各メーカーの材料把握など。 ・ 最低線を引くべきか。例えば、ひび割れ補修であれば、15年程度は延命回復になるとか？LCCの回復線（度）をいかに考えるべきか。 ・ 補修工の劣化抑制により延命化を図るのか。補強も考えるのか？ 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 構造物の残存供用年数を明確にすること自体が困難であり、多くの事例を収集し、今後の維持管理の参考にする。 ・ 現段階で、劣化の進行が予測できるのは塩害（塩化物イオン試験結果）、中性化（中性化深さ測定結果）のみの状況で、現実に構造物の残存供用年数を明確にできるのだろうか。現状は、補修・補強の上、できるだけ長く使うというのが通常行われている管理方針ではないか。 ・ 構造物の健全度を判定する主たる調査は、塩害は「塩化物イオン試験結果」、中性化は「中性化深さ測定結果」となっている。他の劣化要因は劣化進行を判断する確立された調査・試験方法がなく「目視調査」により判定している状況である。 ・ 構造物の健全度を4段階に区分し、最も損傷の甚大なIV段階は安全確保のための早急な補強対策と、更新も含めた恒久対策を検討する。それまでの段階（II、III）は補修対策で対応する。
	施工後の事後評価、有効性評価	<ul style="list-style-type: none"> ・ 補修工事を実施した後の事後評価はなされているか？ ・ 効果確認試験または追跡調査 ・ 補修しなかった場合との比較 ・ 新設との比較 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 補修後は対象コンクリート構造物の種類や施工された補修工法、補修材料の種類に応じて点検計画を作成して実施する。 ・ 補修・補強工法選定に当たっては健全度に応じ、補修・補強及び更新も含み比較設計を行い、補修・補強工法を決定している。
分類	キーワード	現状・課題	あるべき姿、要望、解決策

<p>点検、調査、診断、対策 非破壊試験</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・点検技術者と診断技術者の連携は十分とられているか？点検技術者と診断技術者が異なることもある。 ・点検は近接目視が原則であり、新規に開発された調査・点検手法の採用に制約がある。 ・ひびわれ深さは推定で補修工の注水量を計上している。 ・ひびわれについて、例えば、損傷図の表現でひびわれ幅 0.30mm、L=2.0mのひびわれはどう評価しているか。全長が幅 0.30mmではない（MAX、その内 0.5mなのか）。 ・照査、補修対象構造物の竣工図書、設計図書などが残っていない。残っていても現地状況と異なる。 ・補修履歴、補強履歴などの資料が残っていない。 ・現地踏査段階で十分に近接できない。不可視部分の確認ができない。 ・設計段階の申し送り事項が施工者に伝達されていない。 ・配筋、添架物等との取り合いで設計通りの施工ができないことがある。 	<ul style="list-style-type: none"> ・新規に開発された調査・点検手法を審査のうえ登録し、実務に使用できるような基準にする。 ・点検技術者と診断技術者が異なるのは一部の業務であり、ほとんどの業務は点検技術者と診断技術者は同一である。 ・三者会議が実施されている発注機関は設計段階の申し送り事項が施工者に伝達されているが、そうでない発注機関では設計者と施工者が相互に確認する場は少ない。 ・BIM/CIM の普及により、【測量・調査段階】（地形、地質・土質モデル）⇒ 【設計段階】（構造物モデル）⇒ 【施工段階】（施工中のデータをモデルに反映）⇒ 【維持管理段階】（点検記録の蓄積）解決される問題が多い。 ・対象構造物の竣工図書、設計図書、補修・補強履歴も BIM/CIM の一環として整理する。また、埋設物、添加物、専用物件等の資料も併せて整理することにより後々のトラブル防止にも役立つ。
<p>存置、点検強化、モニタリング、補修、補強、撤去 新設、供用制限</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・補修、補強工法の選定と撤去新設の選定は総合的に判断されているか？補修工法が前提となり、補修を繰り返しコストアップにつながっている事例も見られる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・現道通行の確保、予算面から新設に踏み切れない場合もある。現道交通の切り回しに多くの時間と経費が掛かることもある。
<p>耐荷性能、使用性能（第3者影響度、美観、変形）、 耐久性能</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・耐荷性能、使用性能（第3者影響度、美観、変形）、耐久性能の判断に当たり、現状の交通体系が加味されているか。 	<ul style="list-style-type: none"> ・基本的には現道の通行体系、技術基準が考慮される。
<p>維持管理のしやすさ</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・新設時における維持管理に有利な構造及び点検設備の設置は検討されているか？ 	<ul style="list-style-type: none"> ・桁下空間及び遊間の確保、点検設備の設置。 ・補修工事の際に使用した足場アンカー材の存置（無機系、セラミックアンカー等に限る） ・補修設計に点検経路計画を盛り込む ・設計要領に維持管理面の考慮は示されており、新設された橋梁は桁端部における遊間が広いものが多い。
<p>技術開発、技術革新、省力化、情報化</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・産・管でのニーズが異なる 	<ul style="list-style-type: none"> ・国交省では新技術・工法を積極的に採用する傾向は強い。新技術・工法の採用が以前より容易になったが、発注機関により対応は異なる傾向がある。 ・新技術・工法の採用に当たり、実績に乏しい（あるいは実績がない）、特定の企業に限定される（一社の場合もある）、コスト高、会計検査への対応等が採用を阻害する一因となっている。

分類	キーワード	現状・課題	あるべき姿、要望、解決策
人的資源	人材育成、スキルアップ	<ul style="list-style-type: none"> 維持管理業務に携わる人員が不足している。 維持管理の知識、経験に乏しい人材が業務を行わざるを得ない。 そもそも経験豊富な人材が少ないため技術継承がうまくできない。 特に市町村では維持管理業務で技術的に対応できる職員が少ない。 	<ul style="list-style-type: none"> 大学、高専等における外部講師による維持管理に関する教育の実施。 コンクリート診断士等資格にチャレンジすることで体系的な維持管理に関する技術力を身に着ける。 市町村の点検業務を県（公社）が一括して発注することも行われている。 若手技術者は新設橋梁の設計にやりがいを感じており、維持管理部門には興味を示さない傾向がある。維持管理部門と設計部門との人事交流も必要である。
	資格試験制度、技能認定制度	<ul style="list-style-type: none"> コンクリート診断士、コンクリート構造診断士、構造物診断士などの資格保有者の地位向上。 メンテナンスエキスパート制度など、産官学連携による地域に根付いた認定制度の普及。 	<ul style="list-style-type: none"> コンクリート診断士等維持管理系の資格は点検等に限られた運用になっている。技術士に比べると基礎点でも差が付くことが多いが、近年改善されつつある。実務的な資格であるという認識は持たれている。
環境	周辺環境	<ul style="list-style-type: none"> 周辺住民、漁協との協議不足等により折り合いがつかず、工事着工できないことがある。 	<ul style="list-style-type: none"> 協議不足というよりその都度協議を行っても、調整がつかないことがある。
	仮設	<ul style="list-style-type: none"> 設計時の仮設計画が現状や環境条件と合わないことがある。 	<ul style="list-style-type: none"> 設計時の仮設計画は工事発注に伴う積算を行うことを目的としており、あくまでも参考図であるが、課題もある。
その他	維持管理業務の採算性向上	<ul style="list-style-type: none"> 維持管理業務は調査・点検、設計、施工とも小規模なものが多く、採算性が悪く、維持管理業務独自の積算体系の構築が必要である。維持管理業務の採算性向上がなければ、今後の維持管理業務の技術開発・技術力向上につながらない。 	<ul style="list-style-type: none"> 調査・点検業務及び小規模な補修・補強工事における積算体系は、数量に基づく積算体系から作業日数に基づく積算体系に変更する。
	事例	<p>○自治体の技術者の現状・課題（F県の事例）</p> <ul style="list-style-type: none"> 定期点検(近接目視、たたき調査)の結果のみで設計・発注することがある。 例;判定Ⅲの橋梁の鉄筋露出・浮きの箇所のみを補修 設計時に目標とする耐久年数を設定していない。 設計時に目標とする耐久年数を設定するという概念に乏しい面もあるし、現段階で現実に全ての構造物に適切に設定できるのかという疑問もある。 <p>○表面処理(被覆・含浸)の設計基準が防食塗装に比べて不十分である。</p>	<p>○『寿命は自分がスイ(水)テイ(定)する。』</p> <ul style="list-style-type: none"> <u>自分事</u>にして仕事をする。(「この橋が自分の家だったら…」「この橋が自分のクルマだったら…」) <u>水対策</u>の徹底(排水施設、水切り形状) <u>定量値</u>を把握する調査の実施(鉄筋位置、中性化の深さ・残り、塩化物イオンの浸透深さ・濃度など)→目標とする耐久年数の検討・設定につながる。 「コンクリートの補修」と「人間の治療」を類似の観点で考えてみる。 <p>近接目視・たたき調査 — 触診・聴診 電磁波誘導法・電磁波レーダ — レントゲン検査・MRI 中性化の調査・塩化物イオンの調査 — 血液検査(対策) 水対策 — 生活改善(食事・運動) 断面修復・表面処理・電気防食 — 投薬・手術</p>