

これからの補修・補強技術

徳光 卓*

1. はじめに

現在、世界各地で橋梁の損傷や劣化が顕在化している。とくに、平成19年8月2日に米国ミネソタ州ミネアポリス市において、高速道路I-35Wのミシシッピ川に架かる鋼上路トラス橋が突然崩壊したことは記憶に新しい。本橋における落橋の主な要因はガセットプレートの厚さが薄かったためとされているが、当時実施されていた床版のオーバーレイや部分打換工事と崩落の関連の可能性も指摘されている¹⁾。1980年以前、米国では道路の維持管理に十分な予算を投下しなかった結果「荒廃するアメリカ」と呼ばれるほど社会資本が劣化していた。その反省に基づき、米国では1980年以降、維持修繕を強化していただけない、今回の崩落事故は橋梁の維持保全に重い課題を突きつけた出来事でもあった。

見通しによれば、わが国においても建設後50年を経た橋梁は2010年以降急激に増加することが予測されている²⁾。図-1にPC建協加盟各社におけるプレストレストコンクリート構造物の累計受注量と年間受注量を示す³⁾。2007年度の年間受注量は354万tと、ピークであった1999年度の679万tのおよそ半分の水準まで落ち込んでいるが、2007年における累計受注量は1.6億tあまりとなっており、今後、PC構造物においても維持管理を適切に進めることが重要な課題となる。

日本の社会資本整備は米国からおおよそ30年遅れて始まった。そのため日本では落橋のような深刻な劣化の経験がほとんどなく、これまで維持管理に対する重要性が認識されてこなかった。これは道路整備の歴史が浅いぶん深刻な劣化の発生が遅かったにすぎないともいえるが、逆にいえば、すぐに対処すれば深刻な事態を回避できる可能性が高いともいえる。このような背景のなか、道路橋の予防保全に向けた有識者会議では「早期発見・早期対策の予防保全システム」の確立を提言した⁴⁾。また、国土交通省は道路橋を対象として「長寿命化修繕計画策定事業費補助制度」を創

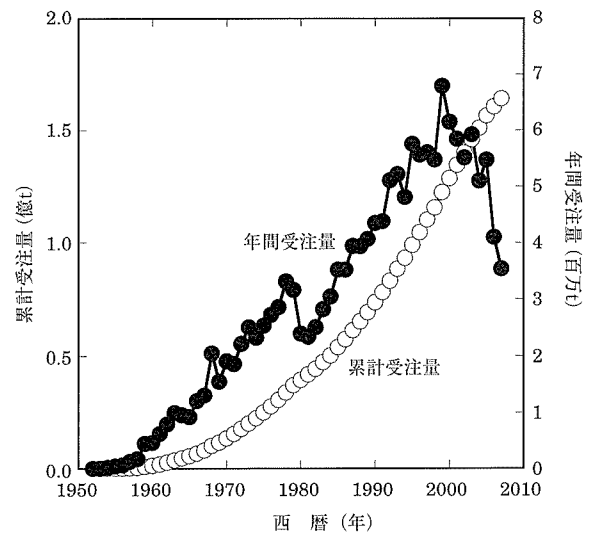


図-1 プレストレストコンクリート構造物の累計受注量と年間受注量（PC建協資料より）³⁾

設し、地方自治体による計画的な橋梁の維持保全をあと押ししている⁵⁾。この施策により、従来の対症療法的な補修工事や架け替えは行いにくくなるとともに、補修補強の主流は予防保全を主体としたものへと変貌することが予想されている。

しかしながら、国や地方自治体の財政の逼迫、サブプライムローン問題に端を発した景気後退による税収の大幅な減少が、維持管理・補修補強に必要な予算の確保を難しくしている。さらに近年、補修補強工事の入札において不調が頻発している。現在、これらの問題に対しては種々の施策が実施されつつあるが、問題が長引けば計画的な維持保全が机上の空論となる可能性もある。

このような社会情勢を考えると、道路管理者には、構造物のライフサイクルコストの最小化を図りつつ維持保全に関する予算の大幅な増加を抑制する、すなわち劣化の質や構造物の重要度、管理のシステム全体を考慮したうえで、補修補強の優先順位や実施内容の最適化などにより、維持補修工事の受注者の適正利益を確保しつつ維持補修コストを抑制する、という難しい舵取りが迫られるであろう。

本論は、前述の社会的な背景を前提とし、維持管理システム全体の中での補修補強の役割を考え、現在顕在化している劣化問題について考察を加えたうえで、補修補強のあるべき姿についての方向性を明確にするとともに、その具体化の方策を探った。なお、これまでに建設されてきたプレストレストコンクリート構造物の大半が橋梁であることから、本論では主に橋梁を念頭に置いた記述とした。



* Suguru TOKUMITSU

(株)富士ピー・エス 技術開発部
グループリーダー

2. 補修補強における問題点

2.1 顕在化しつつある問題と補修補強の課題

(1) 凍結防止剤による塩害

1980年代初頭にPC橋梁の塩害劣化問題が顕在化した。これは当時、PC橋梁は耐久性が高いため飛来塩分が多い地域でも容易には劣化しないと信じられていたため、数多くのPC橋梁が海岸線に建設され、飛来塩分の拡散浸透による塩害を生じたものであった。また、同じ時期には除塩が不十分な海砂の使用による塩害も顕在化した。現在、これらの問題に対しては飛来塩分に対する塩害対策の実施や、練混ぜ時の塩分量の総量規制が行われており、以後に建設された橋梁については耐久性が高いものとなっている。

ところが、1990年頃から進められたスパイクタイヤ規制は凍結防止剤散布量の増大を招き、橋梁の桁端部や下部工、支承の塩害劣化とともに、床版の塩害なども引き起こしつつある(写真-1, 2)。これまでの日本における塩害は海岸線や海砂の供給地域にかざられていたため、劣化の発生予測は比較的容易であった。しかし現在では、寒冷地や山間部の橋梁においても塩害に対する注意が必要となっており、定期的な点検と早期対策の重要性が増している。



写真-1 凍結防止剤によるPC桁端部の塩害



写真-2 凍結防止剤による鋼橋床版の塩害

海外における橋梁の落橋事例を見ると、凍結防止剤に含まれる塩分の浸透が原因の一部を構成している事例が比較

的多く見られる。とくにコンクリートのひび割れなどの欠陥部から浸透した塩水が内部の鋼材に直接作用した場合には、外観に表れた劣化状態より実際の性能低下が進んでいる場合もあるため、点検でいかに正確な判断を下せるか、これに対して適切に補修・補強するかが重要になる。

(2) アルカリ骨材反応による鉄筋破断

アルカリ骨材反応も塩害と同様に1980年頃から顕在化した問題である(写真-3)。米国では1930年頃にアルカリ骨材反応という劣化現象が認識されていたが、わが国では1980年頃まで、アルカリ骨材反応は特殊な骨材でのみ生じる問題であって日本には存在しないと考えられていた。近年まで、アルカリ骨材反応による劣化は、外観上の劣化状態に比べて構造物の耐荷性能の低下は少ないと考えられてきたが、下部工の隅角部において鉄筋が破断した事例が確認されたことから、耐荷性能の低下に対しても留意が必要との認識が変わってきた。また、アルカリ骨材反応により発生したひび割れへのアルカリ金属イオン(Na^+ , K^+)の浸透によるアルカリ骨材反応の促進や、塩化物イオンの浸透による塩害の進行も懸念されている。

アルカリ骨材反応を生じた構造物の調査においては、内



写真-3 PC桁下面に生じたアルカリ骨材反応によるひび割れ

部鋼材の状態の観察が困難であることや、観測が状態を決定する(コアの採取によるコンクリートの拘束応力の開放など)という困難な問題が存在することが、調査における耐荷性能の正確な判断を難しくしている。補修補強においても、耐荷性能の評価が設計上の課題となっている。

さらにコンクリートが一度アルカリ骨材反応を生じると、その進行の抑制は困難であり、確実な補修工法が存在しないことも課題となっている。

(3) グラウト充てん不良問題

PCグラウトはPC構造物における変形性能の確保とともにPC鋼材を腐食から防止する上で重要である。グラウトの充てん不良を生じた原因には、シースとPC鋼材の組合せにおけるグラウトに対する考慮の不足や、当時のグラウト材料と資機材の性能不足などが指摘されている。現在、これらの問題は大幅に改善されているが、本質的には、外

部からシースの内部が見えず、十分にグラウトが充てんできているかを確認できないことが問題である。このことは既存橋梁のPC鋼材の状態が分からないことと同義であり、とくに補強量の決定に際しての重要な課題となっている。

(4) 既存不適合の問題

既存不適合とは、建設された当時は所要の性能を保有していた構造物が法律や規格基準類の改定に伴って性能不足となることを指す。したがって、この問題は顕在化しているというより、あらゆる構造物が潜在的にもっているリスクともいえる。現在、耐震性能の問題に対しては順次補強が行われているが、いまだに数多くの橋梁が補強されないまま残されている。

また通常、既設構造物は図面や計算書が残されていないことが多いため、耐荷性能は当時の規格基準を満足していると仮定して補修補強設計を行っている。しかし、設計や施工上のミスによって、前述したミネアポリスの橋梁のように建設当初から性能が不足している場合には想定外の応力状態となっている可能性もある。今後、補修補強を検討する際には、どのように潜在的リスクを見込み、安全性を確保するのかという視点も必要になるであろう。

2.2 点検における着目点と判断の問題

2006年9月30日の昼過ぎにカナダのケベック州ラヴァル市にある州道19号線上の跨道橋(市道コンコルド線)が落橋し11名もの死傷者を出した。本橋の事故に関しては調査委員会の報告書に詳しい記述があり、落橋の予兆と考えられる事象についても報告されている⁶⁾。報告書によれば、落橋の9日前の9月21日には遊間の異常が、落橋の7日前から前日にかけては、伸縮付近における走行車両内での衝撃の感知や目視による段差の存在が通行者によって報告されている。また、落橋当日は朝からコンクリート片の落下が多数報告されていたとの記述がある。これに対して落橋の1時間前に橋梁を緊急点検したMTQの橋梁点検員は「段差、異音、振動などは認められず、コンクリート片のはく落は『普通のはく落』としか思わなかった。また、すぐに崩壊するような差し迫った危険は感じられなかった」と述べている。

本橋の落橋原因として、報告書にはせん断補強筋の欠如や施工不良、凍害劣化と不適切な補修などがあげられているが、維持管理という観点からいえば、前述の通行者や点検員が見た状態が「落橋」という事態の予測につながらなかったことが問題といえる。これは他の落橋事例にも共通する課題である。点検における異常の発見が危険性の判断に結びつかなければ、その後の調査・診断や補修補強の実施という行為にさえ至らない可能性もある。

3. これからの補修補強のあり方

3.1 先人の知恵と他業種の取組み

写真-4は世界遺産となっているフランスのポンデュガル橋(Pont du guard)であり、写真-5はその近景である。本橋は今から2000年以上前に建設されたものであるが、現在も建設当時の姿を保っている。石積みの中に四角の穴が見られるが、現地説明者の話によれば、これは「維持管理



写真-4 世界遺産ポンデュガル橋

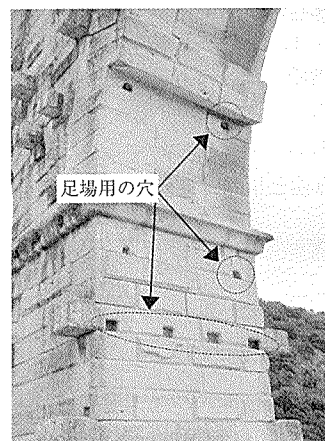


写真-5 維持管理足場用の穴

用の足場丸太を挿入するための穴」ということであった。

わが国の重要文化財となっている通潤橋は、今から約150年前に建設された水路橋であり、現在でも、付近の田畑を潤している。通潤橋の有名な放水は水路の維持管理を目的としたものである。さらに特筆すべきなのは、橋梁が地域の人々の手によって維持管理されるとともに、当時の仕法書(設計書と図面に相当)が残されていることである。二つの橋に共通するのは、石橋という耐久性に優れた構造物であるにもかかわらず、建設時点から維持管理を考えていたという事実である。

維持管理を前提とした製品としてわれわれが馴染み深いものに自動車があげられる。自動車の寿命は構造物に比べて短く、消耗部品や事故など維持管理を必要とする機会も多いことから、年々維持管理を容易にするための改良が施されている。たとえば、昔はボディの傷の修理には板金加工が必要であったが、現在はパーツを取り替えるだけで早期復旧が可能となっている。また、各種の内部部品はセンサーによって故障を運転者に知らせる仕組みが整うとともに、多少の故障では事故に至らない冗長性ももたせている。

3.2 これからの補修補強のあり方

道路橋の予防保全に向けた有識者会議の提言では、これまでの維持管理における「見ない、見過ごし、先送り」が

重大事故につながる危険な橋の増大につながると指摘している⁴⁾。これからの維持保全是「早期発見・早期対策の予防保全システム」に向けて動いてゆくものと考えられるが、ここで、なぜこのように「見ない、見過ごし、先送り」が常態化したのかを考えてみたい。

これまで述べたように、PC橋にかぎらずコンクリート構造物の維持管理の問題は、外観からの情報だけで正確な劣化状態や残存耐荷性能を判断するのが難しいこと、設計時点で維持管理のための考慮がなされていないことに集約される。この点を考慮すれば、コンクリート構造物の場合、前述の現状は「見えないから見ない」、「見えないから見過ごす」、「わからないから先送りする」という面もあるのではないかと思われる。

いかにコンクリート構造物の耐久性が高いといっても、形あるものがいつか壊れるのは自明であり、社会資本が長期間供用されることを考慮すれば、維持管理を前提とした設計思想への転換が必要であろう。具体的には、今後、新設橋は維持管理を容易にするような設計を行うことが、既設橋は維持管理を容易にするよう改良することが考えられる。また、維持管理においては、維持管理が永続的に繰り返されることを考慮する必要がある。今後の補修補強においては、その補修補強行為だけでなく、見えないものを見えるように、見過ごしがちなものを見過ごさないように、分からないものを分かるようにすることへの手当てを考え、今後の維持管理に備えることが必要である。

維持管理を容易にすることは、構造物の使命である「安全性」を確保することにつながる。それが結果的に構造物の寿命を延ばし、ライフサイクルコストを低減することになる。この考え方に立てば、これからの維持管理は「あらかじめ構造物に生じ得る性能低下の可能性を予測して、構造物の状態を知るための対策を講じ、その結果得られた構造物の情報から維持管理計画を立案して、適切な時期にあらかじめ想定していた補修や補強を実施することで、つねに構造物の状態を管理者の制御下に置く」という形が理想形になると考えられる。

そこで、これからの補修補強におけるキーワードとして"Accessibility", "Controllability", "Replaceability"を提案したい。

"Accessibility"とは構造物の見たい部位に近接可能なことであり、点検・調査を容易にするため必要な事項である。ただし、コンクリートの内部に近接することは実際上不可能であるから、この場合にはモニタリング装置の設置などで対応することになる。また、"Accessibility"は劣化部の補修を容易にするためにも重要なことである。

"Controllability"とは構造物の状態を制御可能な状態におくことである。制御するためには補修補強前後の構造物の劣化状態や耐荷性能を正しく判定するとともに、構造物の内部や外部からの作用を、想定した状態に維持することが求められる。

"Replaceability"とは文字どおり交換可能なことであり、取替えだけでなく、断面修復などの置換えを含むものである。

これからの補修補強においては、これらをいかに迅速・安全・確実・経済的に実現するかがカギとなる。

4. これからの補修補強

4.1 Accessibilityの実現

PC橋における近接困難な部位としてはコンクリート内部、桁端部の背面などがあげられる。コンクリート内部について確認が必要な項目としては、鉄筋・PC鋼材の腐食状態、塩化物イオン濃度などがある。これらに対しては点検時に既設橋に鋼材腐食感知用の参照電極を取り付ける、既設のパラペットを点検スペースを有する構造に改造するなどの対応が考えられる。また、検査路を有しない橋梁であれば新たに検査路を設置することも有効であり、鋼橋のような吊足場設置のためのアンカーを設置するという対応も考えられる。Accessibilityの実現には、このほかにもいろいろな対応が考えられるであろう。

現在、補修は第三者への影響の除去や性能の回復のように定義されている。この定義からいえば、ここで示したような予防的対策は補修ではない。筆者は「点検や補修を容易にするための改良措置」を定義する適切な用語を知らないが、ここに示したような改良措置も補修の一分野として位置づけることは今後の構造物の安全を確保するうえで非常に重要なことと考えられる。

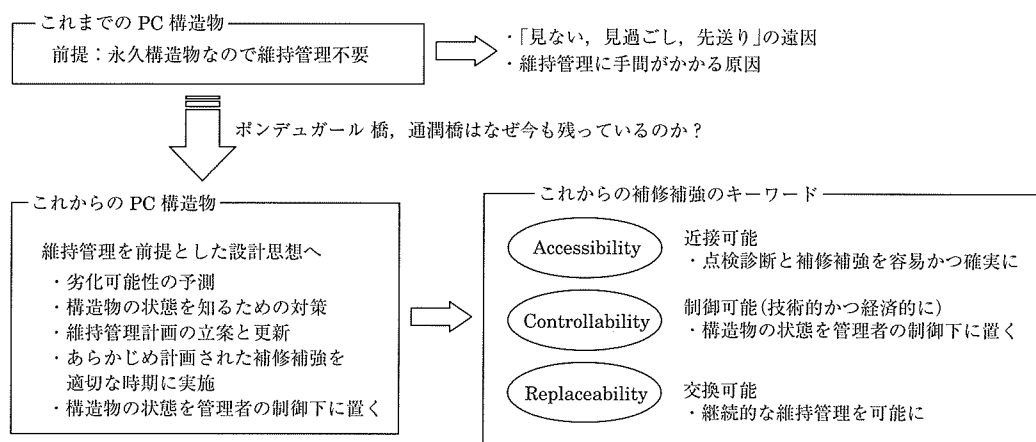


図-2 これからの補修補強の方向性とキーワード

4.2 Controllability の実現

Controllability とは構造物を管理者の制御可能な状態に置くことである。構造物の状態を制御するには、構造物の状態を正確に把握することが必要である。そのためには前述の改良と同様に補修補強の前の措置として、各種のセンサー類を取り付けることが必要と考えられる。

補修実施後においても、いずれは再補修することを考えなければならないのは当然であるが、補修後短期間で再劣化するような対応は構造物の状態を制御下に置いたことにはならない。たとえば、ある程度塩害による腐食が進行した状態から劣化の進行を管理者の制御下に置く方法としては、電気防食や電気化学的脱塩を行うなどの方法が考えられる。しかしながら、これらの工法は比較的大掛かりであり、実施には多額の費用が必要となるため、技術的に Controllability の実現が可能であっても経済的に不可能となることも考えられる。このことは塩害補修だけでなく、ほとんどの劣化に対する補修についてもいえることである。

よって、"Controllability" という定義には技術的だけでなく経済的な意味を含める必要がある。このことから、補修による Controllability の実現には、構造物の劣化状態がまだ制御可能な状態にある時点で補修する、すなわち予防保全の実施が好ましいといえる。

かぎられた予算により効率的な予防保全を行うには、個々の構造物の劣化状態とともに、外部から作用・内在する劣化因子（たとえば、塩分や水の作用状態、塩化物イオン濃度やアルカリ骨材反応性など）を当初想定した状態や条件に制御することが望まれる。しかし、自然を相手にする土木構造物では、環境自体を制御下に置くことは不可能であるから、想定外の劣化作用が構造物に及ばないようにすることで、環境を制御したと同義の効果を得よう考えなければならない。このような考え方に基づく対策としては、たとえば、塩害の発生を考慮していない山間部の橋梁においては、凍結防止剤による作用を排除するための橋面防水や桁端部塗装の実施などが考えられる。

ただし、このような考慮がなされずに建設された橋梁はすでに数多く存在するため、一度に対処するには経済的な困難を伴う。そのため理想的には、予防保全の実施時期と内容は全国一律の基準を用いるのではなく、個々の構造物について独自の基準や限界状態を設定するのが理想的である。しかしながら、現在の技術では、適切な補修時期というのはよく分からない部分が多い。今後は補修補強工法の研究の進展とともに、適切な補修補強の時期という課題についても研究の進展が望まれる。

4.3 Replaceability の実現

Replaceability の実現には、自動車のように車台とボディを分け、構造物を構成する各部を交換可能な構造とするのが理想的であるが、概してコンクリート構造物は接合が難しい。また、土木構造物は現地の状態に合わせて設計され、供用期間も長いことから、部品化には困難が伴う。したがって、自動車のような部品化による補修補強の簡素化の実現は限定的なものとならざるを得ないであろう。

PC 構造物の心臓部はいうまでもなく「PC 鋼材」である。

外ケーブルは目視可能であり、外ケーブル工法をうまく活用することで交換可能な補修補強工法の実現が可能となる。写真 - 6 は交換に配慮した外ケーブル補強の一例である。この橋梁では外ケーブルとしてエポキシ樹脂被覆 PC 鋼材の外周にポリエチレン被覆を行った鋼材を使用している。この工法における緊張作業は $\phi 15.2 \text{ mm}$ のケーブル 1 本ごとに行うため、緊張作業回数が増え、管理も煩雑となるデメリットがある。しかし、使用するジャッキが作業員 1 名で運べるほど軽いため、ケーブルの交換や緊張力の調整が必要になった際の作業性には優れている。資材材の搬出入に制約を受けることが多い補修工事の現場では、このような人力施工を前提とした構造も有効な手段と考えられる。写真 - 7 は外ケーブル工法を応用した建築物の耐震補強工法の例である。この工法では補強材を外ケーブルとすることで交換を可能としている。なお、学校建築などではクレーン等の重機の搬入が比較的容易であるため、この工事では太径のケーブルが使用されている。

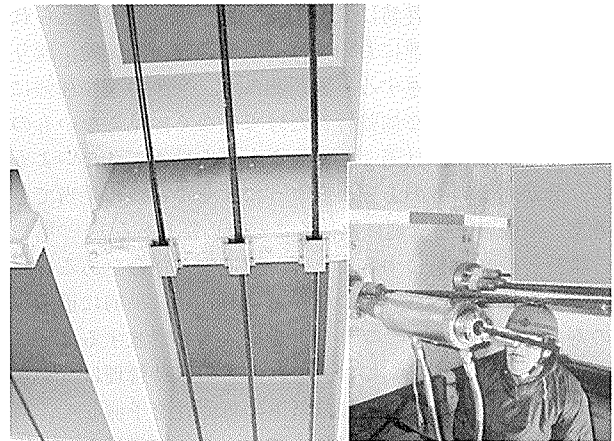


写真 - 6 交換に配慮した外ケーブル補強の一例

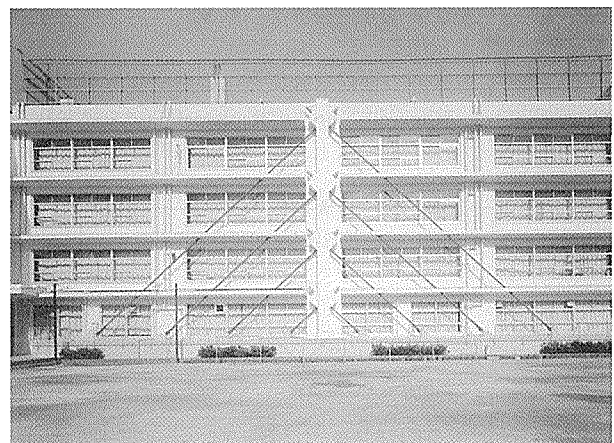


写真 - 7 外ケーブル工法を応用した耐震補強工法

内ケーブルについても交換に配慮した工法が開発されている。フランス Freyssinet 社の "Replaceable active R anchorage" における Ductless システムでは⁷⁾、シーすを用いずにアンボンドケーブルを配置することで各ケーブルの交

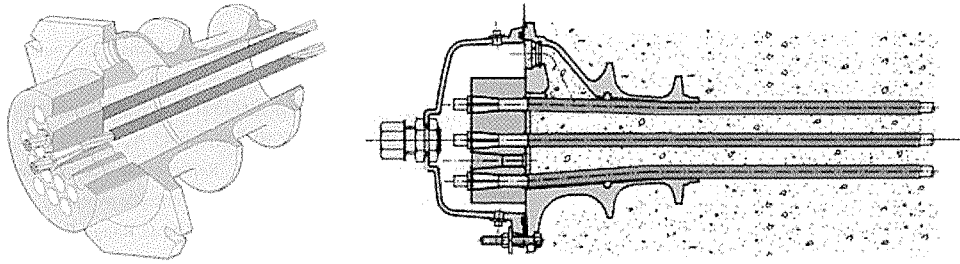


図 - 3 Replaceable active R anchorage - Ductless system

換を可能にする、という斬新なアイデアが提示されている(図-3)。

コンクリート部材そのものに関しては、ほとんどが維持管理を想定した構造となっておらず、部品交換という発想での補修補強は難しい場合が多いため、断面修復等による劣化部の置換えが行われている。現在、将来の断面修復を想定した設計は行われていないが、将来の補修補強を前提とした考え方に立つならば、今後は検討に値する課題と考えられる。同時に、はつりや断面修復などは、技術開発の余地が大きな分野であるともいえよう。

4.4 発想の転換

今後、老朽化が進むのはPC構造物だけでなく、鋼構造物や鉄筋コンクリート構造物も同様である。また、橋梁だけでなく、高度成長期に建設されたさまざまな社会資本も劣化が進んで行く。前節までに、これからの補修補強における三つのキーワードを提案した。当然ながら、前述のキーワードは今後の補修補強を語るうえで十分なものではない。むしろ、これからの補修補強では、既存の補修補強の考え方から逸脱するような、大胆な発想の転換も必要となるのではないかと考えられる。

大胆な発想の転換の例として、今から66年前に行われた岩根橋における橋梁の改修事例を紹介する。岩根橋は正式には達曾部川橋梁といい、大正4年に旧岩手軽便鉄道の鋼

鉄桁橋として建設された。その後、鉄道省の所有となり、第二次世界大戦下の昭和18年に大規模な改修が行われた。改修の方法は旧橋の鋼桁、橋台、橋脚をそのまま鉄筋コンクリート中に埋め込むというものであった。岩根橋は現在も9.8m×2連、19.2m×4連、橋長98.5mの鉄筋コンクリート製カテナリーアーチ橋として供用されている(写真-8)。なお、本橋が位置する岩手県遠野市は宮沢賢治の故郷であり、有名な童話「銀河鉄道の夜」は宮守川橋梁(別名めがね橋)ではなく本橋をモチーフにしたともいわれている。岩根橋は宮守川橋梁とともに、2002年土木学会推奨土木遺産に認定されている。

岩根橋の改修方法をそのまま活用できる橋梁は少ないと思われるが、このような自由な発想こそが、これからの補修補強に必要なものではないかと考える次第である。

5. おわりに

まえがきにも述べたように、既設構造物の維持管理・補修補強の公入札において不落が多発している。その理由としては費用の問題だけでなく、現地の制約条件が多く、施工も煩雑かつ困難であることが多いという補修補強工事特有の問題もあげられる。前述した補修補強の方向性は安全性の確保だけでなく、現地の制約条件を少なくし、施工の困難さの低減にもつながるものであり、補修補強にかかるコストの低減と平準化にも資するものと考えられる。

地方公共団体などにおいて維持管理予算が十分確保できていない理由のひとつに「補修補強工事は新規建設に比べて投資効果が見えにくい⁸⁾」という問題が指摘されている。建設経済レポートにもあるとおり「公共投資の削減は、国民生活、経済発展及び国際競争力の基盤をむしろ病現現象⁹⁾」であり、必要な社会基盤を維持することは、日本の将来にとって必要不可欠である。

少子高齢化社会において、これまでに建設し、蓄積してきた社会資本を維持し、長く使うことは社会的な合意を得やすいことであろう。今後、補修補強に必要な予算を確保するには、日本の社会資本劣化の現状や「維持管理を怠ると修繕のために維持管理の5倍の費用を要することになり、修繕を怠ると更新のために修繕の5倍の費用を要することになる(De Sitterの5倍則)」といった欧米の実例に基づく研究成果を正しく社会に伝え、維持保全に対する世論を形成することが必要と考えられる⁹⁾。



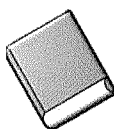
写真 - 8 岩根橋(達曾部川橋梁)
(橋体に旧橋の鋼桁、橋台、橋脚が埋まっている)

最後に、これからの補修補強技術として概念的・抽象的な事項を取り上げたため、具体的な例の紹介が少なくなり、読者の皆様にとって多分に読みにくいものとなったであろうことを推察し、お詫び申し上げる次第である。

参考文献

- 1) National Transportation Safety Board : BOARD MEETING PRESENTATIONS Highway Accident Report-Collapse of Interstate 35W Highway Bridge, Minneapolis, Minnesota, August 1, 2007 (HWY-07-MH-024), November 13-14, 2008
- 2) 西川和廣：道路橋の寿命と維持管理, 土木学会論文集 No.501/I-29, pp.1-10, 1994.10
- 3) (社)プレストレスト・コンクリート建設業協会：PRESTRESSED CONCRETE YEAR BOOK ,1959 - 2008, 用途別受注実績より,
(1959年から1973年まではプレストレストコンクリート工業協会)
- 4) 道路橋の予防保全に向けた有識者会議：道路橋の予防保全に向けた提言, 2008.5, <http://www.mlit.go.jp/road/ir/ir-council/maintenance/4pdf/teigen.pdf>
- 5) 国土交通省：長寿命化修繕計画策定事業費補助制度要綱について, 国道国防第215号 国道地環第43号, 2007.4
- 6) Pierre Marc Johnson et al : Report of the Commission of inquiry into the collapse of a portion of the de la Concorde overpass, pp.45-52, 2007.10
- 7) Freyssinet 社パンフレット：The C Range Post-tensioning System, 1999.8
- 8) 花田英尋：コンクリート構造物の維持管理と町づくり, コンクリート工学, Vol.47, No.1, pp.64-65, 2009.1
- 9) (財)建設経済研究所：建設経済レポート「日本経済と公共投資」No.48, pp.44-69, 大成出版社 2007.4

【2009年1月20日受付】



刊行物案内

プレストレストコンクリート技士試験 講習会資料

平成20年度 PC 技士試験講習会

資料のほか、過去3年間の試験問題、正解および解説が掲載されています。
現金書留または郵便普通為替にてお申込みください。

(平成20年6月)

定 価 6,000円／送料500円

会員特価 5,000円／送料500円

社団法人 プレストレストコンクリート技術協会