

J-BEC

レポート

2007 Vol.2



財団法人 海洋架橋・橋梁調査会
Japan Bridge Engineering Center

目 次

巻頭言

関西電力株式会社 顧問 萩原 浩

「既設橋梁の耐震補強工法事例集」について	1
----------------------	---

海外の橋梁保全事業 — ニューヨーク市からの報告	5
--------------------------	---

離島架橋事業 — 当調査会の実績	9
------------------	---

海外調査報告	13
--------	----

- 1) 欧州橋梁維持管理調査
- 2) 新タコマナローズ橋建設の現況
- 3) 橋梁に関する国際会議への参加

橋梁の点検、検査に関する技術講座	23
シリーズ第2回	

古（いにしえ）の橋探訪	27
平成の日本三奇橋（かずら橋・猿橋・錦帯橋）	

新着情報	29
平成19年度 橋梁点検技術研修会 開催のご案内	

橋の耐用命数に思う



関西電力株式会社 顧問 萩原 浩

1965年(昭40)、1966年(昭41)と相次いで、アメリカ、ニューヨーク市にベラザノ・ナローズ橋(中央支間長1,298mの吊橋)と、イギリス、ブリストル市近郊にセバーン橋(中央支間長988mの吊橋)が開通した。その直後、当時本州四国連絡橋公団理事をしておられた故村上永一博士が、ある専門誌に、「前者の平方米当たりの鋼重は約1.42t/m²なのに対し、後者のそれは約0.42t/m²で大差がある。その評価は20年後、30年後に明らかになるであろう。」と述べられておられた。40年経過した今日、前者は健在で12車線を有して日々交通を処理している。一方、後者は供用開始後8年で斜めハンガーが切れ始め、16年後には交通を規制し、30年後には6km下流に第二セバーン橋(中央支間長456mの斜張橋)が開通して主交通をそれに移して、現在、年平均約9,000台/日の交通を通してしている。この結果をどう評価すべきか？

話は変わるが、カナダのモントリオールとトロントの中間のセント・ローレンス川に、1937年に建設されたサウザンド・アイランズ橋(中央支間長244mの吊橋)がある。スレンダーな吊橋が流行した時代のものであるから疲労甚だしく、非常に厳重な交通規制をして、何とか通行を保っている。セバーン

橋もこのような形で供用されているのであろう。少子化社会を迎え、耐用命数が来たからといって、更新できるような時代ではなくなった時の供用形態を暗示しているような気になる。

しかし、その前にやるべきことが2つある。

1つは既存橋梁の延命策である。早めに手を打ち、維持修繕に努め、必要とあらば、過積載の取締りなどの交通規制を提言することである。

2つ目は、これから建設する橋梁への配慮である。入札問題の解決策の1つとして提案制度が採用されているが、設計段階で将来の維持修繕に累を及ぼすような設計、あるいは耐用命数が保持できない設計は採用されないように助言することである。そして、それを見分けることが出来るのは、維持修繕に習熟した技術者の技術力によって可能であることを自覚していただきたいと思う。

少子化の影響が顕著になるにはもう少し年数がある。その間にこれらの風潮が一般化されることを願っている。

「既設橋梁の耐震補強工法事例集」について

近年、兵庫県南部地震、新潟県中越地震、そして福岡県西方沖地震が発生し、宮城県沖地震、東海地震、東南海地震等の大規模地震の発生の可能性も指摘されています。このような中、「道路、新幹線の橋梁の耐震補強の推進について(国土交通省、H17.3)」が策定され、これに基づく橋梁の耐震補強工事が、現在、全国的に進められています。当財団では、これら耐震補強工事に広く活用していただくために、平成17年4月に『既設橋梁の耐震補強工法事例集』を発行いたしました。

本事例集は、個々の下部構造の耐震性能の向上を図る対策とともに、橋全体の耐震性能を考慮した補強対策を、経済的かつ効果的に行う上で参考となる考え方、設計例、新技術等の最新の知見を取りまとめたものです。平成17年10月には、この事例集に基づいて仙台、東京、名古屋、大阪、福岡の5会場で「既設橋梁の耐震補強に関するセミナー」を開催し、計780名余の御参加を頂きました。現在、既設橋梁の耐震補強における施工指針として、広く活用をい

ただいています。ここでは、本事例集の内容のうち、耐震補強の必要性や耐震補強工法の概要について紹介します。

1 既設橋梁の耐震補強の必要性

我が国の道路橋の耐震設計は、1964年(昭和39年)の新潟地震、1978年(昭和53年)の宮城県沖地震及び1995年(平成7年)の兵庫県南部地震等を契機として、逐次改訂されてきました。これらの一連の耐震設計法の内、設計方法の相違の例として、昭和55年の道路橋示方書より前と以降における鉄筋コンクリート橋脚の段落し部の設計方法の相異を図-1に示します。昭和55年の道路橋示方書の改訂においては、主鉄筋の段落し位置において影響のある損傷が生じないようにするために、計算上鉄筋が不要となる断面位置からの主鉄筋の定着長を延長、段落し部の許容せん断応力度を一般部の2/3に低減、帯鉄筋を一般部の2倍程度配置、といった改訂がなされました。

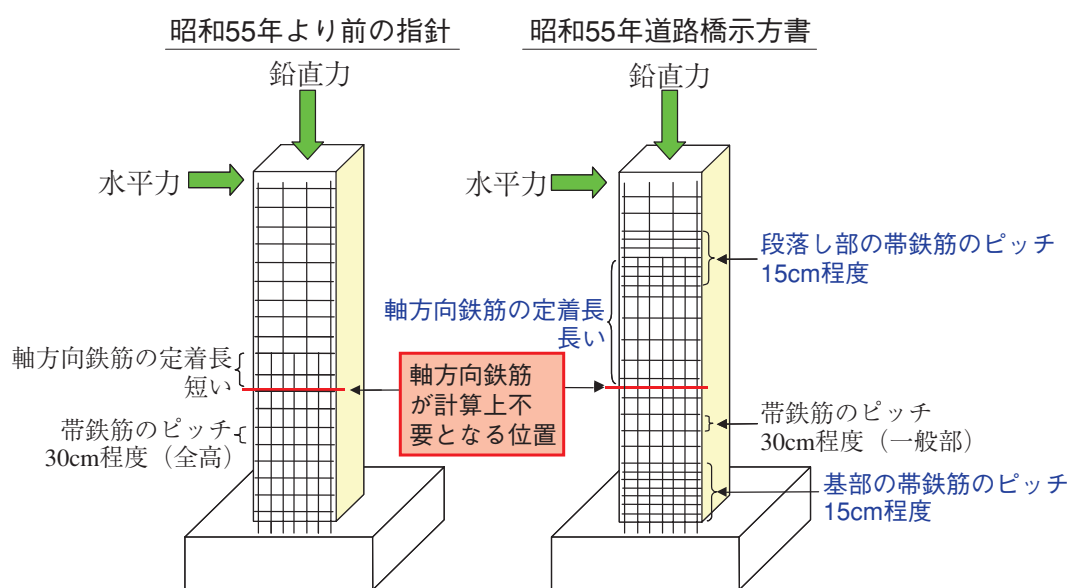


図-1 昭和55年道路橋示方書における主鉄筋段落し部の設計法の改訂

平成7年の兵庫県南部地震では、昭和55年の道路橋示方書よりも古い基準を適用した橋梁において、鉄筋コンクリート橋脚の破壊、倒壊による落橋、鋼製橋脚の局部座屈に起因する溶接部の破断による落橋といった甚大な被害を受けた事例が見られました。一方、昭和55年の道路橋示方書以降の基準を適用した橋梁においては、長大橋に隣接した単純桁において大規模橋梁の振動の影響を受けて落橋した事例1件のみでした。このため、昭和55年の道路橋示方書より古い基準を適用した橋梁に対して、優先的に耐震対策が進められています。

2 鉄筋コンクリート橋脚の耐震補強工法

2.1 鉄筋コンクリート巻立て工法(図-2)

既設橋脚の周囲を鉄筋コンクリートで巻立てて、橋脚のじん性、曲げ耐力およびせん断耐力の向上を図る工法です。軸方向鉄筋をフーチングに定着すると、橋脚基部の曲げ耐力の向上も図れます。

この工法は、経済性や維持管理の面から他の工法に比べ有利となる場合が多くなります。しかし、施工性等から橋脚断面の増加が大きくなり、既設橋梁の建築限界等から採用できない場合もあります。また、巻立てる鉄筋コンクリート部材と既設橋脚が一体として機能するよう、新旧コンクリートの付着が必要です。

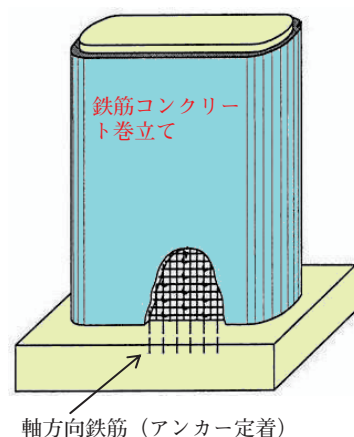


図-2 鉄筋コンクリート巻立て工法

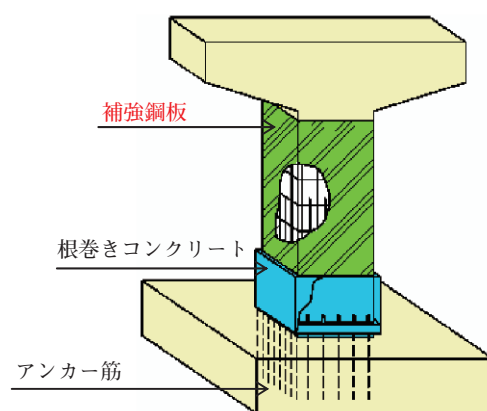


図-3 鋼板巻立て工法

2.2 鋼板巻立て工法（図-3）

既設橋脚の周囲を鋼板で巻立てて、その間隙を充填材により密実させて、橋脚のじん性、曲げ耐力およびせん断耐力の向上を図る工法です。アンカー筋を通じて鋼板をフーチングに定着すると、橋脚基部の曲げ耐力の向上も図れます。

この工法は、橋脚断面の増加が小さいため、側方余裕等が小さい場合に有利となります。防食対策としては、鋼板表面に塗装を行い、地中部はコンクリートによる根巻きを行います。

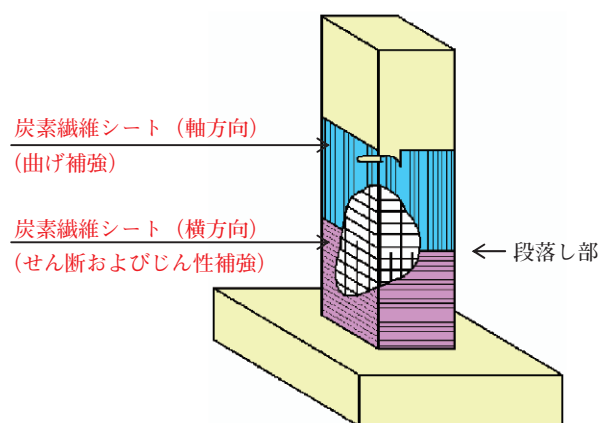


図-4 繊維材巻立て工法

2.3 繊維材巻立て工法(図-4)

既設橋脚の周囲を炭素繊維やアラミド繊維などで巻立てて、橋脚段落し部のじん性、曲げ耐力およびせん断耐力の向上あるいは橋脚全体のせん断耐力の向上を図る工法です。

この工法は、材料が軽量で、手作業による施工が可能です。しかし、下地処理やシートの貼り付け作業の良否が補強効果に大きな影響を及ぼすため、施工に注意が必要となります。

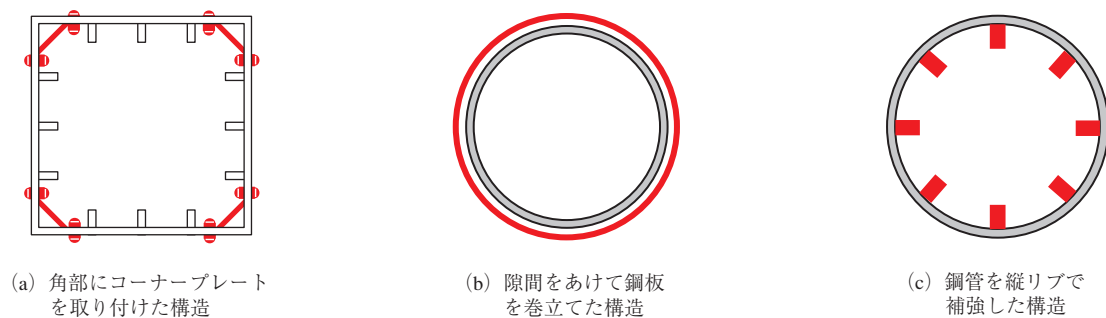


図-5 断面補強工法

3 鋼製橋脚の耐震補強工法

3.1 コンクリート充填工法

鋼製橋脚の内部をコンクリートで充填することで、座屈の防止と曲げ耐力の向上を図る工法です。コンクリートの充填により橋脚の慣性力がアンカー耐力を上回る場合には適用が困難となる場合もありますが、現場施工の容易さから、鋼製橋脚の耐震補強工法として一般的に用いられています。

3.2 断面補強工法

この工法は、コンクリート充填工法と比較すると耐力の増加を相対的に小さくすることが出来ます。アンカー部の耐力が小さい等のために、コンクリート充填工法が採用できない場合に採用する工法です。

(1) 矩形断面の場合(図-5(a))

矩形断面橋脚の角部分をコーナプレートにより補剛することにより、角溶接部が裂ける脆性的破壊を防ぐことができ、さらにじん性の向上が期待できます。

(2) 円形断面の場合

①隙間あけ鋼板巻立て補強(図-5(b))

鋼管の周りに鋼板を母材板厚の1/2程度の間隙をあけて巻立てる構造です。内側の鋼管の局部座屈変形が一定値を超えると外巻きの鋼板と接触して変形が押さえられることで、座屈波形が高さ方向に多段化し、変形領域が分散されることにより変形の集中や割れを防ぎ、かつじん性の向上が期待できます。既設断面に対して耐力を増加させずにじん性の向上が図れます。

②縦リブ補強(図-5(c))

鋼管を縦リブにより補剛することにより、提灯座屈のような変形の集中を防ぎ、かつじん性の向上が期待できます。

4 橋全体の耐震性能の向上を図る工法

個々の橋脚を対象に行う鉄筋コンクリート巻立て工法や鋼板巻立て工法などの耐震補強工法は、補強効果が確認された有効な工法ですが、河川内の橋脚などに適用した場合には、施工空間や濁水期などの河川条件等の制約、仮締切工等のための仮設費のコスト増、あるいは、河川内で作業を行う場合には河川環境への配慮が不可欠、などの施工上の制約条件やコストの条件が厳しくなることなどが課題として指摘されています。

これらの課題を有する既設橋梁に対しては、橋の全体構造系に着目して耐震性能を評価することで各橋脚の性能を確保する工法の適用が有利となる場合があります。このような、橋全体の耐震性能の向上を図る工法は、上部構造の支持条件を変更したり、橋台の抵抗を評価することで、橋全体としての耐震性能を高める工法です。この工法は主に以降に示す3方法に分類することができます。補強対象とする橋梁の条件に応じて、これらの内、最も適した方法を適用することとなります。なお、単一の方法では補強効果が十分でない場合には、これらの方法を併用することによって補強効果を高めることもできます。

また、橋全体の耐震性能の向上を図る工法と個々の橋脚の耐震補強工法を併用することで合理的な耐震補強となる場合もあります。

4.1 免震化による方法(図-6)

本方法は、免震支承、ダンパー等を併用して橋全体の長周期化を図るとともに、減衰性能を高めて、地震時に橋梁に作用する慣性力の低減あるいは遮断を図る方法です。既設支承を免震支承に交換したり、あるいは免震装置を新たに追加することにより構造系を免震構造とすることができます。なお、上部構造の連続化や連結化が必要となる場合があります。

4.2 慣性力を分散する方法(図-7)

本方法は、上部構造及び下部構造の支持条件を調整して、地震時に負担する慣性力を他の下部構造に分散することにより、橋全体として地震力に対して抵抗する方法です。各下部構造への地震時慣性力の分散方法としては、ゴム系支承による方法、多点固定による方法、地震時のみ固定として機能するダンパーストッパーによる方法等があります。なお、上部構造の連続化や連結化が必要となる場合があります。

4.3 変位拘束による方法(図-8)

本方法は、地震時に上部構造に生じる水平変位を橋台等により拘束する方法で、橋脚に作用する慣性力の低減を図る方法です。両端に橋台を有する橋においては、地震時の橋軸方向の変位は橋台との接触により拘束を受けます。このような現象は新設橋梁の設計では一般に考慮されませんが、橋台が安定している場合には、その効果を考慮できると考えられます。本方法には、橋台により橋軸方向に対する水平変位の拘束を期待する方法、あるいは、橋台の補強により変位拘束効果を増強する方法などがあります。なお、上部構造の連続化や連結化が必要となる場合があります。

(文責：研究部研究企画課長 福永 勸)

既設橋梁の耐震補強工法事例集

主な執筆者

運上	茂樹	独立行政法人	土木研究所
村越	潤	独立行政法人	土木研究所
渡辺	博志	独立行政法人	土木研究所
石田	雅博	独立行政法人	土木研究所
小林	寛	独立行政法人	土木研究所
福永	勸	(財)海洋架橋・橋梁調査会	
酒井	吉永	(財)海洋架橋・橋梁調査会	

※ 所属は発行当時のものです

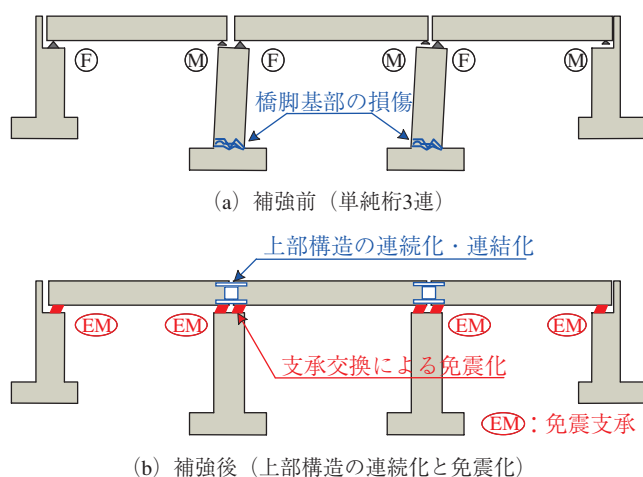


図-6 免震化による方法

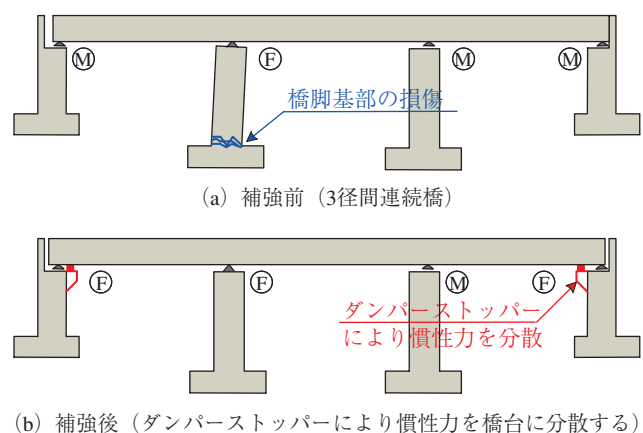


図-7 慣性力を分散する方法

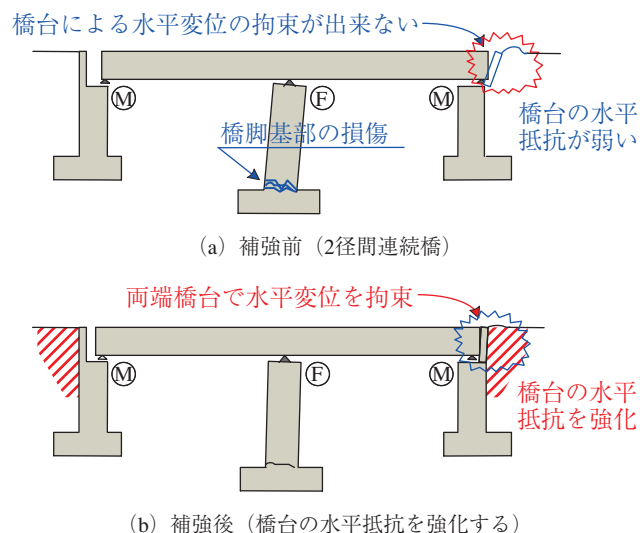


図-8 変位拘束による方法

海外の橋梁保全事業 ー ニューヨーク市からの報告

Bojidar Yanev, Dr. Sc., P.E.,

ニューヨーク市交通局 橋梁検査&マネジメント担当 局長

コロンビア大学 客員教授

1. 歴史的背景

ニューヨーク市は、アメリカ本土と3つの島(マンハッタン島、ロングアイランド島、スタテン島)からなる。1883年にブルックリン橋によってアメリカ第1と第3の都市(すなわち、ニューヨーク市とブルックリン市)が結ばれた後、ニューヨーク市は拡大を開始した。1903年、ニューヨーク市橋梁委員会は最初の年次報告書を作成し、45の橋梁は概ね良い状況にあるとの報告を行った。一部の橋梁は木製であり、多くは可動橋であった。

2006年現在、ニューヨーク市の5つの区の2,200の橋梁の上を自動車と電車が走っている。そのうちのおよそ800の橋梁はニューヨーク市が所有しており、約600の橋梁はニューヨーク州が管理している。その他、ニューヨーク・ニュージャージー港湾管理公社、ニューヨーク州都市圏交通局等の機関が橋梁の管理を行っている。20世紀は絶え間のない建設と、放置、そして衰退の時期であった。橋梁の管理者達は、当初は永遠に存在すると考えられていた構造物が実際にはそうでないことを、更には、構造物の寿命に対しては自らが責任を持っていることを理解するようになった。橋梁技術者は、橋梁の架け替えが不可避になるまで待つのではなく、維持管理のための設計を行ったり、性能を維持するための保守を行うことを学んだ。このようにしてニューヨーク市は、多数の独特な「事業」(少なくとも6つの橋が世界記録を樹立した)実施を通して、様々な機関(市交通局、州交通局、ニューヨーク・ニュージャージー港湾管理公社、都市圏交通局)が複数の重複的なネットワークを管理する都市へと変貌を遂げ、800万人以上の住民にサービスを提供している。



図-1 ニューヨーク市

ニューヨーク市と同様に、全国の橋梁ネットワークの管理も、自動車の交通需要の増加と、老朽化する構造物に対する安全対策の高まりを受けて変化してきた。橋梁の維持管理の方針決定は事業毎に行われているが、資金はネットワークレベルで分配されている。維持管理の方針は、連邦道路管理局(FHWA)が全国レベルで作成したアセットマネジメントのガイドライン(あるいは制約)に基づいて行われている。連邦道路管理局(FHWA、アメリカ)、欧州連合の各交通管理当局、IABMAS(橋梁の保守・安全・管理に関する国際会議)、およびIABSE(国際構造橋梁学会)の最近の刊行物においては、初期費用を最小限に抑制し、短期的な便益を最大限に引き出す費用対効果の高い選択肢として、ライフサイクルアセットマネジメントが提唱されている。

2. ライフサイクルを考慮した橋梁プロジェクトとネットワーク管理

ニューヨーク市などの都市部における橋梁ネットワークにおいては、ネットワークと個々のプロジェクトを合わせて管理する必要がある。人口密度の大きさ故に、ニューヨーク市における社会資本の重要性は、他の主要な首都の中心部に匹敵している。

橋梁の維持管理に関わる過去の方針は、予算支出における維持管理費用の比率によって知ることができる(ニューヨーク市の場合は6,000万ドル／6億ドルである)。その方針は、十分に検討された上でのものではなく、長期的な維持管理計画と緊急対応的な課題とを組み合わせたものが繰り返されてきたものであるが、常に予算不足であった。従って、1990年代の初期においては、6,000万ドルの大半は緊急の「安全確保的」補修(最大で3,000回／年、平均の費用は1回の補修あたり15,000ドル)によって危険を排除することに費やされたが、構造的な改善はまったく行われなかった。部分的および全面的に閉鎖された橋梁の数は80橋近くに達した(全体の約10%)。1988年からは、市交通局の橋梁担当が、6億ドルの年間予算と6,000万ドル以上の維持管理予算を管理

している。技術的な情報に関する膨大なデータバンクがあるおかげで、橋梁に関する維持管理予算の執行について、最適な決定を行うことが可能となっている。その1／10の比率は引き続き再評価されている。この10年間にわたって行われている維持管理費用削減の試みにより、「ネットワーク・レベル」でのメンテナンスの必要性が再評価され、焦点が当てられている。しかし、補修工事、交換工事、そして新規の建設工事を行っている間に、構造的な性能は極めて効果的に変化した。維持管理の費用対効果は、ネットワーク・レベルで考えられるようになったかもしれないが、ライフサイクルコストは個々の事業毎に考慮されているのみである。

3. ネットワークレベルでの維持管理の実施

ニューヨーク州の橋梁は、連邦政府の命令によって隔年に点検されている。点検は訓練を受けた資格保持者である土木技師が目視で行う。点検業務は、連邦政府が資金提供する計画に基づいて行われ、点検を行う機関は競争入札によって決定される。州政府や地方政府などの橋梁管理者は、点検計画を管理するとともに、蓄積される点検データを管理する組織を保有している。

表ー1 橋梁の構成要素と状態の評価 (ニューヨーク市およびニューヨーク州交通局)

コラム No.										
1	2		3	4	5	6	7	8	9	10
i	要素		耐用年数		評価		重み		劣化率	
			L _{i0} *)	L _{i1} **)	新設	不合格	W _i	k _i	r _{i0}	r _{i1}
①	沓、アンカーボルト等		20	120	7	1	6	0.083	0.30	0.05
②	パラペット		35	120	7	1	5	0.069	0.17	0.05
③	橋台		35	120	7	1	8	0.111	0.17	0.05
④	翼壁		50	120	7	2	5	0.069	0.12	0.05
⑤	橋台・橋脚天端		20	120	7	1	6	0.083	0.30	0.05
⑥	主要部材		30/35***)	120	7	1	10	0.139	0.20/0.17	0.05
⑦	二次的な部材		35	60	7	2	5	0.069	0.17	0.05
⑧	縁石		15	60	7	1	1	0.014	0.40	0.10
⑨	歩道		15	60	7	1	2	0.028	0.40	0.10
⑩	床版		20/35***)	60	7	2	8	0.111	0.30/0.17	0.10
⑪	舗装面	Separate course	10/15***)	20	7	1	4	0.056	0.60/0.40	0.30
		Bonded overlay	10/15***)	30	7	1				
⑫	橋脚		30	120	7	2	8	0.111	0.20	0.05
⑬	伸縮装置		10	30	7	1	4	0.056	0.60	0.20
						Σ=72		1.00	r ₀ =0.24	r ₁ =0.075

*) 維持管理が行われない状態 ***) 完全な維持管理を行った状態 ****) 伸縮装置あり／なし

W_i = 重み因子 k_i = 重み因子 W_iの正規化数

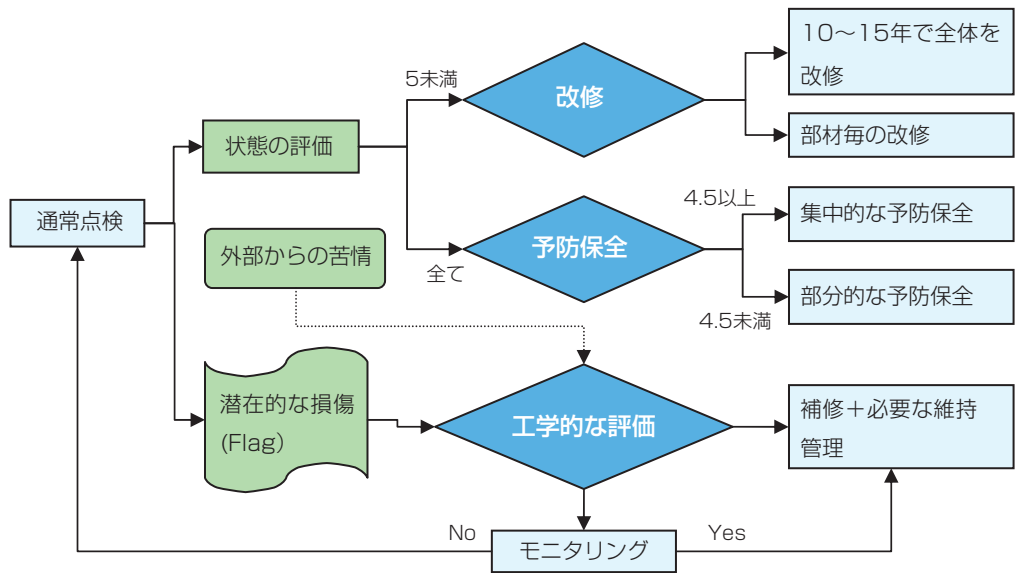
橋梁の状態は、すべてのスパンのすべての部材について「建設時」の状態と比較され、7(新設)から1(不合格)までの評価が行われる。そして最終的には、非常に重要とされる13の構成要素の評価を加重平均することにより、橋梁全体の状態評価が確定される。表－1には、それら13の構成要素と各々の評価、重み付け、劣化率を整理したものを示す。

ニューヨーク市の橋梁を対象とする維持管理プログラムは、コロンビア大学を中心としたコンソーシアムが作成したものである。このプログラムでは、排水溝や伸縮装置等の清掃、塗装、設備の維持管理等の15の維持管理作業を考慮の対象としており、各々の作業の「 m^2 当たりのコスト」や「推奨する作業頻度」、それを行うための「年間コスト」等が示されている。また非常に重要とされる橋梁の構成要素に

関して、維持管理を行わない場合と、完全な維持管理を行った場合の耐用年数が示されている。(表－1 コラム3及び4参照)

ここで提案されている年間の維持管理費用は路面 1m^2 あたり60ドルである。このうち60%は12年毎に橋梁全体を再塗装する費用と、3～4年毎にスポット塗装を行う費用である。路面の総面積がおおよそ150万 m^2 だとすると、年間の維持管理費用は約9千万ドルになり、それが全て執行されると、全体的な劣化率は r_{i0} から r_{i1} に変化するはずである。(表－1 コラム9及び10参照)

検査報告書においては、年間の平均劣化率はおおよそ0.1であることが独自に確認されているが、改修が必要となる最悪のケース、すなわち適切な維持管理が行われない状態では、劣化率が0.2を越える。 $(r_0=0.24)$ (表－1 コラム9最下段参照)



数値：評価点（7：新橋，5：よい状態，3：設計通り機能していない，1：壊れている）

図-2 ニューヨーク市交通局における橋梁の管理フロー

予算管理者にとって、推奨されている橋梁の予防保全業務は「最良のケースのシナリオ」であるため、実際の業務には部分的な予算が計上されているのみである。一方、橋梁の管理者は、削減された予算、すなわち9,000万ドルを合理的に予防保全業務に割り当てなければならない。図-2はニューヨーク市の橋梁部門が、橋梁の状態に基づいて予算の再編成を行った上で、維持管理、補修、及び検査を行うフローを示している。良い状態にある橋梁に関してはすべての維持管理のメニューを実施するが、改修を

行うべき状態に近づいている橋梁に関しては、必要不可欠なメニューに限定することも可能である。

排水溝や伸縮装置等の清掃、塗装、設備の維持管理等の15の維持管理作業を考慮の対象としているこのプログラムでは、各々の作業を「推奨されている頻度」で実施した場合、「費用に対する効果」は作業毎に大きく異なるが、「費用対効果が高い頻度」で作業を実施した場合は、「費用に対する効果」は比較的均一になる。しかしながら、この「費用対効果の高

い頻度」は現実的ではない。すなわち「費用対効果の高い」掃除はほぼ毎日(年に248.2回)実施することが提案されているが、塗装作業は0.011回／年、あるいは90.90年に1回(0.011の逆数)となるため、実質的にこの作業を行うことが出来ない。このことより、塗装作業は費用がかかり過ぎるため、その他の作業と同様には管理することが出来ない。従って、現在、橋梁の塗装作業は改良作業として扱われ、経費予算ではなく資本予算から資金が支出されている。ちなみに、クイーンズボロー橋で現在行われている再塗装作業(飛散防止を行った上で既存の鉛ベースの塗料撤去を含む)の費用は1億6,700万ドル、施工期間は5年以上である。(写真－1参照)



写真－1 クイーンズボロー橋の再塗装(飛散防止対策を行っている)

4. 結論

多様な資産と信頼性のあるネットワークが重複する都会においては、道路網の維持と個々の維持管理事業の統合が必要となっている。これらの維持管理事業の範囲は集中しており、また期間も限定的なので扱いやすい。ゆえに、個々の維持管理事業が道路網の品質を決定する。橋梁の維持管理における主要な仕事は、道路網の維持と個々の維持管理事業の各々のレベルにおいて、都市内輸送の方法と結果に関わるニーズとを関連付けることである。

過去10年間にわたって、毎年6億ドルの補修費用を注ぎ込んできたニューヨーク市の橋梁は、平均的な状態が最大評価7の中で4.5から5に改善された。かつては、かなりの数の橋梁が劣悪な状態にあったが、現在はそのような橋梁の数はゼロに近づいている。現在の優先課題は、現在の橋梁の状態と支出予算との間の最適なバランスを維持することである。

将来のメンテナンスにおいて必要となる機能を、現在の事業にいかに関与させるかが、道路網の維持という観点からの要求であり、橋梁のメンテナンスとは、橋梁のライフサイクルの過程に沿ったものでなければならない。同時に、継続的な維持管理の実施は、その成果として、例えば橋梁そのものの性能とそれによって提供されたサービス水準のように、定量的な結果として示されなければならない。

参考資料

Yanev, B. (2003) Management for the Bridges of New York City, pp. 127-135, International Journal of Steel Structures, Volume 3, Number 2, the Korean Society of Steel Construction, Seoul.

(翻訳：常務理事 加島 聡)
(企画部 企画課長代理 後藤 敦)

離島架橋事業

－ 当調査会の実績

当調査会では、旧海洋架橋調査会の時代から、本四架橋等、長大橋に関する技術の蓄積を基に、全国の離島架橋事業について、自主研究または各道路管理者からの受託に基づき、技術検討を行ってきました。旧海洋架橋調査会及び当調査会が過去に受託により

実施した離島架橋関連業務は表－1のとおりです。

これらの離島架橋に関する技術支援業務の中で、特に多くの事例を有するのが長崎県における事例です(表－2、図－1)。それらの事例の具体的な特徴を以下に紹介いたします。

表－1 離島架橋関連業務実績

橋 梁 名	発 注 者	業 務 内 容	期 間
生月大橋、若松大橋 大島大橋、女神大橋 新西海橋、鷹島肥前大橋、 伊王島大橋	長崎県	委員会運営 技術資料作成	S53～H17
内海大橋 豊島大橋	広島県	委員会運営	S54～S55 H11～H13
長島架橋(岡山県)	厚生省	委員会運営 現場支援	S57～S60 S61～S62
伊良部架橋	架橋推進協議会 沖縄県	社会経済調査、橋梁概略検討 委員会運営	H3、H7、H9、 H13～H14
離島架橋基礎調査	沖縄総合事務局	委員会運営、橋梁概略検討	H7～H9
伊王島大橋	長崎県伊王島町	社会経済調査、橋梁概略検討	H7～H9
蘭牟田瀬戸架橋	振興協議会	社会経済調査	H8
大入島架橋	大分県	橋梁概略検討	H9～H12
嫦娥三島架橋	長崎県郷ノ浦町	橋梁概略検討	H11～H13
九島架橋	愛媛県宇和島市	事前調査 橋梁概略検討、事業手法調査 橋梁概略検討	H11 H12 H14
大島大橋	宮城県気仙沼市	橋梁概略検討	H12
頭島大橋	岡山県道路公社	現場支援	H12～H15
御所浦第二架橋	熊本県	委員会運営	H13～15
伊是名・伊平屋架橋	建設促進協議会	可能性調査	H15
上島架橋	愛媛県	社会経済調査 委員会運営	H15 H16～H17
桜島架橋	架橋推進協議会	社会経済調査、橋梁概略検討	H16

※) 計画中又は事業中の橋梁名は仮称

表－2 長崎県の離島架橋橋梁一覧

橋 梁 名	現 況	橋梁形式等	検 討 期 間
生月大橋	H3年7月供用	鋼3径間連続トラス橋 (橋長960m、中央径間400m)	S53～H2
若松大橋	H3年9月供用	鋼3径間連続トラス橋 (橋長522m、中央径間235m)	S53～H2
大島大橋	H11年11月供用	3径間連続鋼斜張橋 (橋長670m、中央径間長350m)	H3～H9
女神大橋	H17年12月供用	3径間連続鋼斜張橋 (橋長880m、中央径間長480m)	H4～H12
新西海橋	H18年3月供用	鋼中路ブレースドリブアーチ橋 (橋長300m、アーチ支間230m)	H9～H14
鷹島肥前大橋	H20年度完成目標	5径間連続斜張橋 (橋長840m、中央径間長400m)	H11～H15
伊王島大橋	H22年度完成目標	3径間連続鋼床版箱桁橋 (橋長480m、中央支間長240m)	H16～H17

※) 計画中又は事業中の橋梁名は仮称

生月大橋

生月大橋は、橋長960m、中央径間長400mの3径間連続トラス橋ですが、これは当時、世界最長のトラス橋でした。また、架橋位置は強風常襲地帯であったことから、架設途中の不安定期間を最短に抑えるために、経済性、施工法、維持管理等を入念に検討した上で、主構間隔を13.5mの細長い橋にすることにより、横剛性を小さくして、耐風・耐震性、施工安定性を図っています。また、当時としては最新技術であるフッ素樹脂塗料を採用する等、維持管理の負担軽減等も考慮されています。(平成3年7月供用)



生月大橋

若松大橋

若松大橋が架かる若松瀬戸は、最大水深35m、最大潮流6ノットという自然条件であり、この厳しい条件下で施工を行わなければならない海中基礎の施工が課題でした。このため、施工性及び経済性の面からトラスと吊橋との比較が行われ、本四架橋事業で実績のある設置ケーソン工法を採用することにより、この条件下での海中基礎の施工が可能となり、トラス形式による架橋が決定されました。また、海中基礎の施工にあたっては、国内最大のヘビーグラブバケットを使用する等、最新の工法を採用しています。(平成3年9月供用)



若松大橋

女神大橋

女神大橋は、長崎港の入口に建設された橋長880m、中央径間長480mの斜張橋です。斜張橋は、上部工の架設時は非常に不安定な状態となることから、女神大橋においても風に対する対策が重要な課

題でした。このため、設計にあたっては風洞試験を行ってその影響を確認するとともに、主塔、桁、及びケーブルの振動に対して、制振装置等による対策を行っています。(平成17年12月供用)



女神大橋 (長崎県提供)



女神大橋 (長崎県提供)

新西海橋

新西海橋は、昭和30年に完成した西海橋の西側に建設された橋長300m、アーチ支間長230mの鋼中路ブレースドリブアーチ橋で、日本で初めて合成鋼管構造を採用しています。

これは、隣接するアーチ橋の西海橋との景観上の調和、及び経済性を考慮した結果です。このため、合成鋼管構造として充填するコンクリートの強度

とその施工性が課題となり、工場内での試験の実施、及び鋼管細部構造についての検討が行われました。また、複雑な構造となったトラス格点部の終局強度及び疲労強度、全体座屈検討、耐震性・耐風性の検討等、様々な技術的課題について検討が行われました。(平成18年3月供用)

(文責：技術部)



新西海橋(長崎県提供)

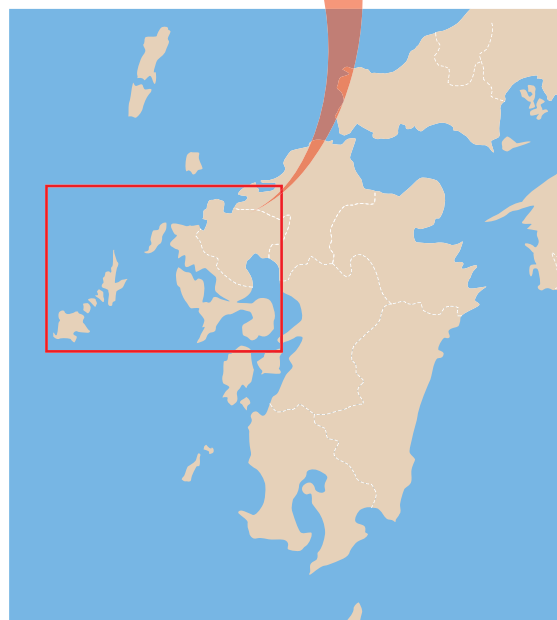


新西海橋(長崎県提供)



※) 計画中又は事業中の橋梁名は仮称

図一 1 長崎県離島架橋位置図



海外調査報告

1) 欧州橋梁維持管理調査

はじめに

海洋架橋・橋梁調査会では、海洋架橋に関する技術やその他の技術的問題について、海外の事例調査や情報収集を行うため、昭和54年度より毎年度「海外調査団」を派遣しています。

平成18年度は、東京大学の藤野陽三教授を団長として、欧州における橋梁の維持管理について事例調査を行うとともに、コペンハーゲンにおいて開催されたIABSE国際会議(Operation, Maintenance and Rehabilitation of Large Infrastructure Projects ,Bridges and Tunnels)に出席しました。

本稿では、その調査内容を報告いたします。

1. 調査概要

- ・ 日 程 平成18年5月11日～5月21日
- ・ 訪 問 国 デンマーク (IABSE会議、グレートベルト橋、オーレスン・リンク)
フランス (ミヨール橋)
- ・ 団員名簿

氏 名		会社名・所属先
団長	藤野 陽三	東京大学
団員	梶谷 幸生	清水建設(株)
〃	花村 昌治	(株)ブリッジ・エンジニアリング
〃	石原 稔也	(株)ブリッジ・エンジニアリング
〃	渡辺 憲市	八千代エンジニアリング(株)
〃	井上 剛	(株)東京建設コンサルタント
〃	桑野 忠生	(財)首都高速道路技術センター
〃	今村 利幸	(財)海洋架橋・橋梁調査会
事務局	加島 聡	(財)海洋架橋・橋梁調査会
〃	後藤 敦	(財)海洋架橋・橋梁調査会

2. IABSE国際会議(Operation, Maintenance and Rehabilitation of Large Infrastructure Projects, Bridges and Tunnels)

今回の会議は、「大規模プロジェクトとして建設された橋梁及びトンネルに関して、管理、メンテナンス、及び補修」をテーマに、コペンハーゲンにおいて2日間に亘って行われ、世界41ヶ国から総勢235名が参加しました。日本からは当調査団の団員10名を含む17名が参加しました。調査団のメンバーでは、藤野教授と加島常務理事がセッションのチェアマンを務めるとともに、藤野先生が論文発表を行いました。(写真－1、2)



写真－1 セッションの状況



写真－2 藤野先生による論文発表

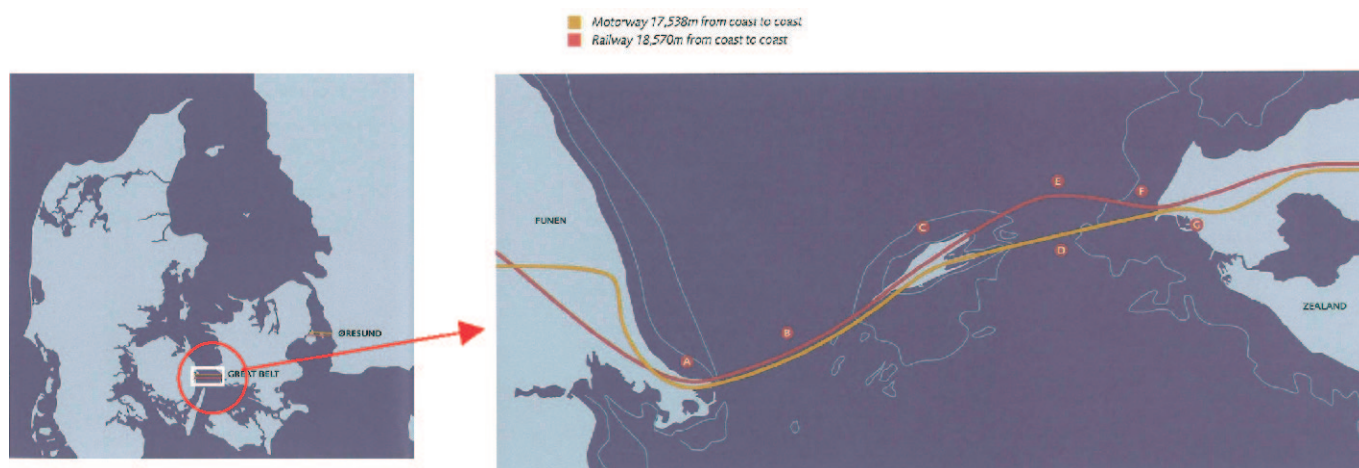


図-1 グレートベルト・リンク位置図¹⁾



写真-3 East Bridge



写真-4 East Bridge主桁外面作業車

写真の作業車の中央部分が下方向に観音開きに開くことにより、隣接する径間に移動することが可能な構造となっています。

3. グレートベルト・リンクの調査

グレートベルト・リンクは、デンマークの首都コペンハーゲンがあるシュラン島と西側に位置するフュン島との間、延長約18kmの海峡部分に橋とトンネルを建設して道路と鉄道で両島を繋ぐもので、総工事費214億DKK(約4,300億円,1988年価格)をかけて1988年に着工し、鉄道は1997年に、道路は1998年に完成しました。(図-1)

グレートベルト・リンクのEast Bridgeは、中央支間長1,624m、明石海峡大橋に次いで世界第2位の長さの吊橋です。(写真-3)

グレートベルト・リンクには、維持管理及び点検・補修用に用いられる様々な設備が、建設当初から設置されており、効率的なメンテナンス作業が行えるような配慮がなされています。(写真-4、5)



写真-5 West Bridge外面作業車

バケットを用いて点検、検査、補修作業等が行えるようになっています。

当財団の調査団が2年前に現地を調査した時に見られた、アンカレイジ底版上面のコンクリートのひび割れに関しては、今回は全て補修されていました。これは瑕疵担保工事として、アンカレイジ施工業者が補修を行ったものです。(写真-6)



(2004年6月時点)



(2006年5月時点)

写真-6 アンカレイジ底版上面の状況

4. オーレスン・リンクの調査

オーレスン・リンクは、デンマークとスウェーデンとの間にあるオーレスン海峡を、道路4車線、鉄道複線で連絡する国家プロジェクトで、1995年に着工し、総工費301億DKK(約6000億円)、工期約5年をかけて2000年に完成しました。(図-2、写真-7)

オーレスン・リンクの交通量は、供用当初は日平均交通量が8,000台／日程度だったものが、現在では14,000台／日程度まで順調に増えてきています。この増加の要因として、通勤利用の増加が挙げられています。すなわち、物価の高いデンマーク側からスウェーデン側に移り住み、橋を通して通勤するというものです。(図-3、4)



写真-7 スウェーデン側展望台より



図-2 オーレスン・リンク位置図²⁾

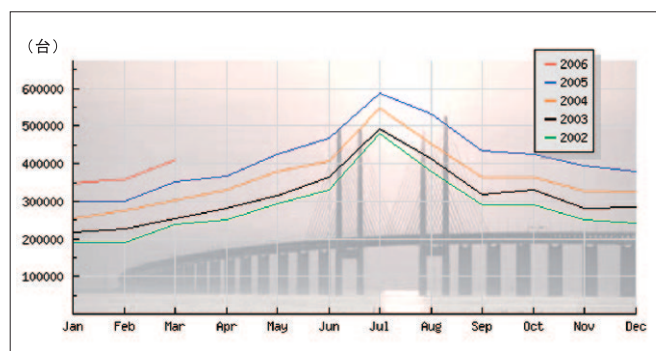


図-3 年別・月別交通量の推移⁵⁾

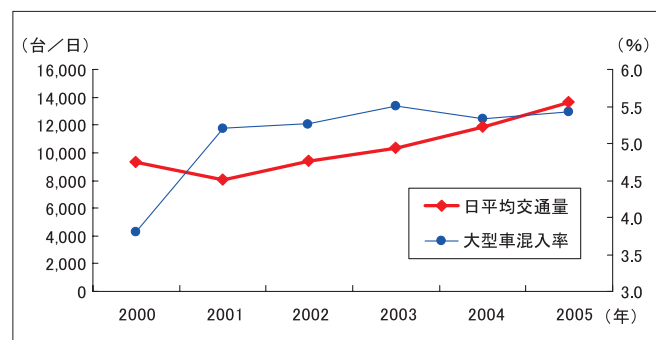


図-4 日平均交通量・大型車混入率の推移

また橋梁等を含め、全ての区間の維持管理及び交通管理は、事業主体のオーレスン公社が行っていますが、これに携わる人員は180名程度であり、そのうち道路部分の点検・補修等を行うインハウスエンジニアは12名、鉄道関連のインハウスエンジニアは6名です。それ以外の大部分の業務はアウトソーシングで行っているとのことでした。

5. ミヨー高架橋の調査

ミヨー高架橋は、フランス南部、パリから南へ約500kmの所にあるミヨー市の西方約10kmに建設された8径間連続鋼斜張橋で、総事業費3億9,400万ユーロ(約550億円)、工期38ヶ月をかけて、2004年12月に完成しました。(図-5)

この橋は、1面吊の8径間連続鋼斜張橋で、橋長は2,460m、最も高い主塔は高さが343m⁴⁾あります。(写真-8)

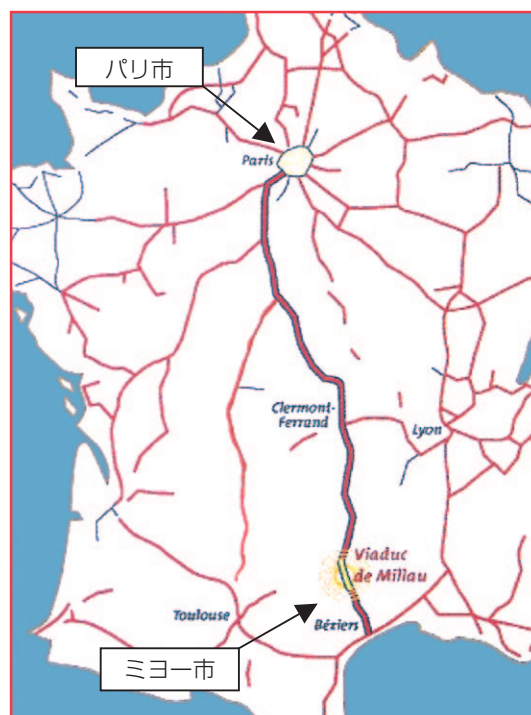


図-5 位置図⁵⁾



写真-8 ミヨー高架橋⁶⁾

ミヨー高架橋は、そのデザインにおいても特徴的ですが、その一例として、橋梁の取付区間に敢えてカーブを入れることにより、橋梁を渡るまでの間、ドライバーにもそのデザインを楽しめるように工夫されています。(写真-9)



写真-9 路面上より

また橋の下にはインフォメーションセンターが設置されており、ミヨー橋の模型やパネル等が展示され、工事中的の状況を含めてミヨー橋に関する情報を得ることが出来るようになっています。(写真-10、11)



写真-10 インフォメーションセンター

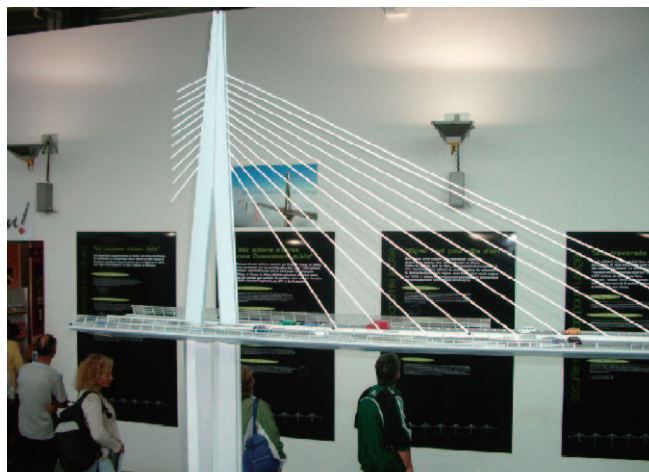


写真-11 インフォメーションセンター内の橋梁模型

【図表等の引用文献】

- 1) TWO BRIDGES AND A TONNEL, Storebalt
- 2) WELCOME TO THE ORESUND BRIDGE
- 3) Oresundsbron HP
- 4) EIFFAGE HP
- 5) Millau The all record breaking viaduct, EIFFAGE
- 6) Le viaduct de Millau, EIFFAGE

(文責：企画部 企画課長代理 後藤 敦)

2) 新タコマナロウズ橋建設の現況

2006年8月に米国で開催された第5回国際吊構造橋梁管理者会議(ICSBOC)へ参加した際、シアトルにおいてタコマナロウズ橋(以下、タコマ橋)の建設現場を調査する機会を得たのでその結果を報告します。

1. 新橋建設までの経緯

米国ワシントン州シアトルの南、タコマ海峡に架かる最初のタコマ橋は1940年に完成しました。当時、世界最長の吊橋であるこの橋が、完成4ヶ月目にして風速19m/sの風により崩壊、落橋したのはよく知られています。

これを契機に研究・開発された長大橋の耐風設計法により、1950年2番目のタコマ橋(現橋、4車線)が完成しました。以来、州道16号線の一部として多くの交通を捌いてきましたが、利用台数が1日約90,000台と当初計画(25,000台/日)を大きく上回り、交通渋滞が頻発するようになりました。



図-1 位置図



写真-1 左側が現橋、右側が新橋 (Gig Harbor側より)

こうした状況に対処するため、3番目のタコマ橋が建設されることとなり、現橋の南側に隣接して2001年から工事が進められています。(図-1、写真-1)

2. 事業概要

事業内容：タコマ橋(新橋)の建設、アプローチ部約4kmの道路改良、料金所の新設、現橋の耐震補強・補修等

総事業費：849百万ドル(約1,000億円)

工期：2001年～2007年(開通予定、全体工事終了は2008年)

事業主体：ワシントン州交通局

請負会社：ベクテル社・キウイット社JV

(日本の新日鉄と川田工業で作る現地法人NSKBが技術協力を行っている)

契約方式：デザインビルド方式

契約額：615百万ドル(価格固定)

3. 工事状況

(1) 橋梁諸元

タコマ橋の橋梁諸元を以下に示します。

橋長：1,646m(5,400フィート)

支間割：427+853+366m(1,400+2,800+1,200フィート)

幅員：3.66m×3車線+3.00mの両側路肩+自歩道

アンカレイジ：重力式アンカレイジで、コンクリート量は15,750m³(2基)

主塔基礎：ケーソン基礎で、コンクリート量は22,940m³(2基)

主塔：コンクリートタワーで、高さ155.45m、コンクリート量6,499m³(2基)

ケーブル：直径52cm、19ストランドで構成(1ストランドは5mmの素線464本で構成)、鋼重は約5,000ton、素線強度は160kg/mm²を採用

補剛桁：桁高7.2mの3径間連続鋼床版トラス構造で、鋼重は約18,000ton
(将来的には下路も通行可能な設計となっている。)

自然条件：最大潮流7ノット(時速13km)、最大風速100マイル/時(44.7m/秒)

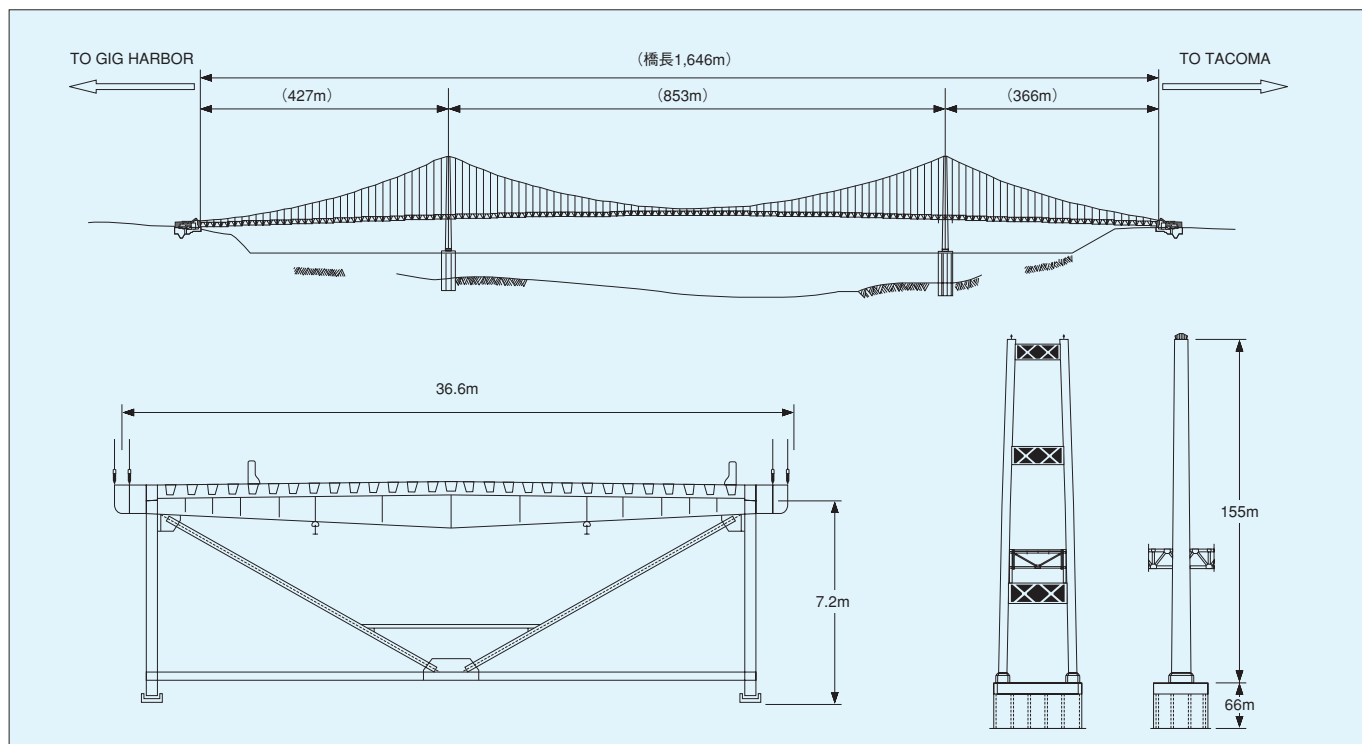


図-2 橋梁一般図

現橋に新橋が近接して架けられることから、現橋の耐風安定性が懸念されますが、風洞試験によりその安全性が十分確保されていることが確認されています。(図-2)

(2) 工事の概要

現地においては、アンカレイジ、主塔基礎、主塔、ケーブル等の工事は既に終了しており、現在補剛桁の架設中です。アンカレイジは陸上に設置されていますが、主塔基礎は海峡部に設置されています。主塔基礎のケーソンは高さ12mまでヤードで製作したあと、架設現場まで曳航し、アンカーで所定の位置に係留します。現地で上部のコンクリートを所定の高さまで打設した後、事前に平らに整形した水深30mの海底地盤に沈設し、更に15m下の支持地盤まで内部を掘削し据え付けられています。主塔は米国では珍しいコンクリートタワーが採用されています。

ケーブル及び補剛桁は韓国のメーカーで製作し、現地まで海上運搬しています。ケーブルはAS工法で架設されており、アンカレイジのケーブル定着部は非常にコンパクトにまとまっている印象を受けました(写真-2)。

補剛桁は長さ36m、重量約190tonのブロック(全46ブロック)を現地で運搬船(写真-3)から台船に積



写真-2 ケーブル定着部



写真-3 補剛桁の運搬船

み替え、ケーブルに設置したリフティングビームで直下吊り架設されています。(側径間の直下吊り架設出来ない箇所は縦取り架設されています。)補剛桁の架設では、コンクリートの主塔にひび割れが生じないように、中央径間と側径間の荷重バランスを取りながら架設が行われています。視察の際はGig Harbor側の側径間のブロックの架設中で(写真-4)、荷重バランスを取るために中央径間に水袋が吊るされていました。(写真-5)

なお、ケーブルおよび補剛桁の架設では、新日本製鐵(株)から架設機械をリースしているとのことでした。

この工事では、新日本製鐵(株)と川田工業(株)で作る現地法人NIPPON STEEL- KAWADA BRIDGE, Inc.(NSKB)が、ケーブルおよび補剛桁の架設に関するコンサルティング業務で参画されています。



写真-4 側径間補剛桁架設状況



写真-5 中央径間に吊り下げられた水袋

現場作業では、ヘルメット、防護めがね、安全チョッキの装着が義務付けられています。日本では高所作業では必ず安全帯を着用しなければなりませんが、米国ではケーブルの上等特殊な場所以外は必要ないとの事です。ただし防護めがねは必ず着用しなければなりません。また、ヘルメットにあご紐が無いのでかぶったときに若干違和感を覚えました。作業員の方の服装は皆さんジーパンにシャツ等の私服姿で、日本のように作業服を着る習慣はないようです。

当初、新タコマ橋の開通は2007年3月の予定でしたが、現時点で工事工程は少し遅れているようで、2007年の夏頃になる見込みとのことでした。

なお、米国における吊橋の建設は、1964年に完成したNYのベラザノナロウズ橋以来、近年ではNew Carquinez橋(2004年完成)に次いで本橋が2例目であり、現在建設中のものとしては唯一とのことでした。

おわりに

新タコマ橋の開通に伴い、現在は無料化されている現橋も含めて有料になります。通行料金は片側のみで往復分の3ドルを徴収するとのことでした。日本の高速道路や本四連絡橋の通行料金等から比べると非常に安い料金設定です。とは言っても、無料から有料になるのですから、利用者の理解を得るには相当の苦労があったことと推察します。

最後に、限られた視察時間であったことから、工事の細部にいたるまで詳しい報告が出来なかったこととお詫びいたします。

また、忙しい時間を割いて現場を案内いただいたNSKB現地法人の方々にこの場をお借りして感謝の意を表します。

(文責：関東支部 支部長 久保田 一郎)
中国支部 橋梁第二課長 磯江 浩

3) 橋梁に関する国際会議への参加

海洋架橋・橋梁調査会は、橋梁に関する国際会議へ、毎年、積極的に参加しています。

今年度は、表－1に示す国際会議に参加しており、

会議で得られた知見や最新の情報は、当調査会の業務を通じて、我が国の橋梁技術の進展に寄与しています。

表－1 橋梁に関する国際会議（参加分）

No.	会議名	開催場所	開催期間	出席者
1	第9回ブダペスト国際道路会議 Roads for Sustainable Development	ブダペスト (ハンガリー)	4.23～4.25	常務理事 加島 聡
2	IABSE会議 Operation, Maintenance and Rehabilitation of Large Infrastructure Projects ,Bridges and Tunnels	コペンハーゲン (デンマーク)	5.15～5.17	常務理事 加島 聡 九州支部長 今村 利幸 企画部 後藤 敦
3	第3回IABMAS会議	ポルト (ポルトガル)	7.16～7.19	関東支部 山本 和利 四国支部 山下 五月
4	第5回吊構造橋梁管理者会議	ニューヨーク (アメリカ)	8.28～8.29	関東支部長 久保田一郎 中国支部 磯江 浩
5	IABSEシンポジウム	ブダペスト (ハンガリー)	9.13～9.15	東北支部 小野寺正明 関東支部 桐原 進爾
6	第22回日米橋梁ワークショップ	シアトル (アメリカ)	10.22～10.28	研究部長 吉田 好孝
7	第12回REAAAフィリピン会議	マニラ (フィリピン)	11.20～11.24	関東支部 川村 友見

(1) IABSE会議(Operation, Maintenance and Rehabilitation of Large Infrastructure Projects ,Bridges and Tunnels)

本誌P.13～17「1）欧州橋梁維持管理調査」参照

(2) 第5回吊構造橋梁管理者会議

本誌P.18～20「2）新タコマナロウズ橋建設の現況」参照

(3) 第22回日米橋梁ワークショップ

会議に参加した研究部 吉田部長が「日本の国道における鋼桁橋の損傷分析」というテーマで論文発表を行なうとともに、発表論文に対する討議、テーマ別意見交換会にも参加しました。（写真－1）

また、ワークショップ後に開催されたスタディツアーにも参加し、新タコマ橋の建設現場、シアトル市内高架橋、大規模回転橋（Seattle Lift Turn Bridge）の稼働状況、フローティング橋の供用状況等の調査を行いました。（写真－2、3、4、5、6、7、8）



写真－1 論文発表会場における質疑応答状況



写真－2 現タコマ橋（左）と建設中の新タコマ橋



写真-3 地震被害復旧後の高架橋 (Alaskan Viaduct)



写真-4 地震被害復旧後の高架橋コンクリート橋脚 (Alaskan Viaduct)



写真-5、6 大規模PC回転橋 (Seattle Lift Turn Bridge)



左：クレーン線が通過中 右：閉合後の車両通行



写真-7、8 フローティング橋 (ワシントン湖) 左：通行状況 右：ポンツーン内部



(文責：企画部)



写真-1 車両の衝突により大きく変形した高欄



写真-2 トラス主構が損傷を受けることもあります。

橋梁の点検、検査に関する技術講座

シリーズ 第2回

第2章 点検の体系

(1) 橋梁点検

橋梁を維持管理していくために、点検は不可欠なものです。橋梁は道路の一部ですから、まず道路の点検があり、橋梁の点検はその一部を構成することになります。国土交通省の直轄国道を例に取りますと、橋梁点検は更に細分化された5つの点検からなっています(図-1)。なお、橋梁点検も道路の点検のように構造種類別に分類することは可能ですが、一般に各構造ごとに点検を行うことはありませんので、下記のような分類が自然です。

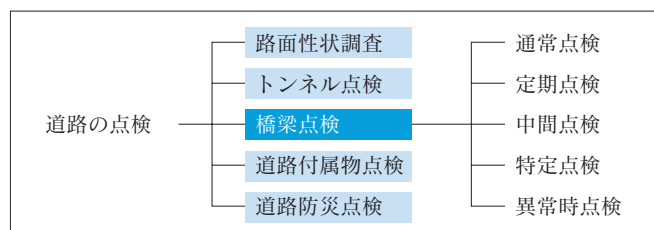


図-1 橋梁点検の構成 (直轄国道の事例)

つまり橋梁を含む道路の点検は、その対象物や目的に応じて細分化され、全体として階層(ツリー構造)をなしています。そこで「体系」という言葉を用いることができます。

橋梁点検の構成は、橋梁を管理している機関(団体)や対象とする橋梁構造によっていろいろです。例えばある自治体では、通常点検、定期点検、異常時点検の3種類で橋梁を管理しています(図-2a)。また、ある高速道路管理会社では、長大橋の点検を定期点検と不定期点検の二種類に区分しています。定期点検では特に精密点検という点検を設けて、橋梁全体の形状や、塔など大型の構成部材の形状についても計測することとしています(図-2b)。しかし名称や構成が異なっても、構造物の損傷状況を詳細に調べる点検(一般に定期点検。図-2bでは基本点検)と、それを補完する幾つかの点検とで構成されていることは概ね同じです。



写真-3 高所作業車による近接目視点検



写真-4 ボルトが緩んでいないか、ハンマーで叩いて調べます。

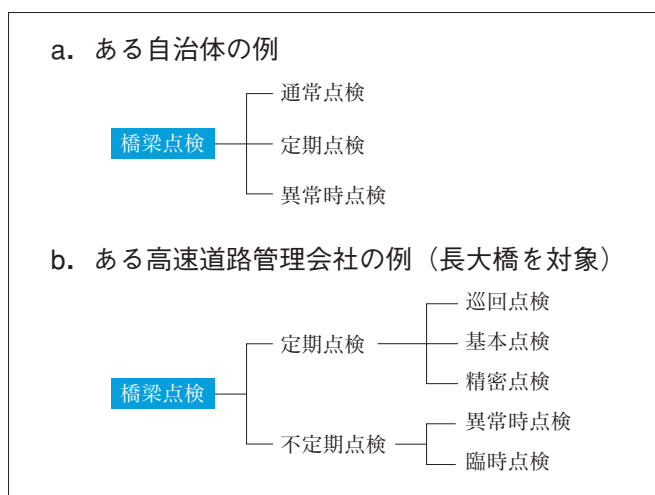


図-2 橋梁点検の構成（自治体、高速道路管理会社の例）

(2) 橋梁点検を構成する各種点検

ここでは国土交通省直轄国道で適用されている橋梁点検(図-1)について、その概要を説明します¹⁾。

1) 通常点検

パトロールカーによる道路の通常巡回の一環として橋梁を点検します。したがって主に車内からの目視を主体とした点検です。パトカーに搭乗していると路面上の落下物などに注意が向きがちですが、橋梁の上では伸縮装置や高欄の異常、下路アーチ橋の吊り材、下路トラス橋の斜材、垂直材の損傷などについてもチェックしておかなければなりません(写真-1, 2)。また目視だけでなく、伸縮装置を横断するときに感じるショック、橋面舗装の異常な凹凸や

ひびわれなどにも十分に注意する必要があります。時には大型車が伸縮装置上を通過するたびに、ガチャンなどと異常な音が発生しているかもしれません。また、橋面舗装にひびわれが生じている場合は、直下の床版に損傷を生じている可能性があります。高欄や自動車防護柵に異常がありそうなら、水平部材(笠木)の通りや支柱基部の状態などを確認する必要があります。点検に際しては、車中からの視覚情報のみでなく、体感や音などにも十分に気配りすることが大切です。

2) 定期点検

橋梁の点検の中で最も重要な点検です。橋梁の損傷状況を把握し判定を行うために、定期的を実施します。基本的には近接目視によって行い、必要に応じて簡易な器具などを用いる詳細な点検です(写真-3)。

近接目視とはどのくらいの近さを言うのでしょうか。数mほどに近寄っていれば十分じゃないかと思う人もいるかもしれません。しかしこの場合の近接とは、コンクリート部材に生じる0.1~0.2mm程度の細かいひびわれや、鋼材の腐食が単に表面錆のみなのか、または腐食が進んで鋼材に断面欠損を生じているのかといったことまで確認できる位でなければなりません。また、ボルトの緩みが疑われるようなら、ハンマーで叩いて確認できる位の距離でなければなりません(写真-4)。つまり疑わしい箇所があれば指



写真-5 必要があれば小舟を使用して点検します。



写真-6 塩害によるPC桁の損傷

で触ったり、ハンマーで叩いたりして、きちんと損傷状況を確認できる距離であることが要求されています。たとえごく細いひびわれでも、それが存在するかどうか、あるいは鋼材の断面欠損が生じているかどうかということは、部材の損傷度の判定を行う場合に大変重要な情報です。そのため定期点検に際しては、臨時の点検足場や点検作業車、時には小舟なども使用して、対象物の近くに寄って見る必要があります(写真-5)。足場のある塗替え塗装時に併せて点検を行うことは、点検費用と日数の縮減になるため大変よい方法です。

3) 中間点検

一般に5年毎に行われる定期点検の中間に行う点検という意味で、必要に応じて行います。コンクリートのひびわれやうき、鋼材の腐食や亀裂などは、自然環境や交通量の状況によって、短期間で深刻な状態にまで進行する場合があります。

また、補修・補強を行った場合、次の点検まで放置しておくのが少し心配な場合や、車両の衝突などの可能性の高い部位もあります。このように次の点検まで5年間も放置しておくには少し心配な時に、中間点検を設定して2～3年後に点検を行って安全性を確認しようというものです。

4) 特定点検

特定の損傷を引き起こす事象に着目して、予防保全的な観点から、あらかじめ点検頻度や点検方法を

定めて計画的に行う点検です。特定の事象とは塩害やアルカリ骨材反応などが挙げられます。たとえば塩害の発生が懸念される橋梁については、劣化速度に応じた点検間隔および予防に主眼をおいた点検方法を定めて、計画的かつ定期的に点検を行います。その結果、仮に塩害の兆候が見られても早めに状況を把握することができ、適切な対策が可能となります。したがって特定点検をうまく行って橋梁の長寿命化を図ることが可能となり、長期にわたる維持管理コストは低く抑えられます(写真-6)。

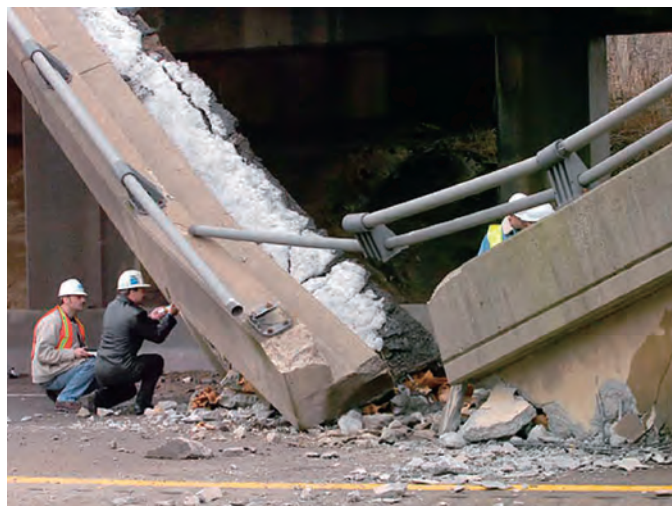
5) 異常時点検

異常時点検は、①大規模な自然災害 ②大事故 ③予期しない異常などが発生したときに行います。例えば、大地震や台風などの直後に、橋梁に異常が生じていないか、洗掘の危険がないか、などに着目して点検します。また橋桁や橋脚など橋梁本体に車両が衝突した場合、あるいは橋下で火災が生じて橋梁の部材にまで炎や熱の影響が生じた場合などでは、当該橋梁の被害状況を急いで調べなければなりません。このほか、ある特定の構造や特徴を有する橋梁に損傷が生じた場合、同種の橋梁について一斉点検を行うことがあります。これらの点検を総称して異常時点検といいます。

近年、全国規模で実施された異常時点検の例としては、コンクリート片のうき・剥離調査(写真-7)、鋼製橋脚隅角部の疲労亀裂調査、落橋防止装置のア



写真一七 壁高欄の下面に生じたうき



<http://www.post-gazette.com/pg/05363/629440.stm>
写真一八 米国のPC跨道橋の落橋²⁾

ンカーボルト長確認などがあります。

一般に、管理すべき橋梁群は様々な形式や特徴を有し、交通状態もいろいろです。また、橋梁を取り巻く自然環境や社会環境なども異なります。これらの特性をよく把握して、適切な点検システムを採用することが、ひいては橋梁の長寿命化、維持管理コストの低減につながります。

(3) 米国の落橋事故

アメリカ合衆国では、公道における橋長20ft(約6.1m)以上の橋梁に対し、2年に一度の頻度で点検を実施しています。もちろん一定の訓練を受けた人達が点検に当たっていますが、それでも時には不運な事態が発生します。

(写真一八)は昨年12月にペンシルバニア州ワシントン郡で発生した落橋事故の様子です。この橋はインターステイトI-70(州際道路)を横断していたPC跨道橋で、事故のわずか4ヶ月前に点検を終えたばかりでした。落橋の原因は、この橋梁が過去にトラックの衝突履歴があった上に、塩の散布により鋼材の腐食が進行したためと言われています。

米連邦道路庁(FHWA)のM. M. Lwin部長によると、点検員がPCケーブルのうち10本ほど(ケーブル総数の約1/3)が切れていることを発見し、管理者に報告したのですが、郡の技師がいかげんに扱ってしまい、問題なしと判断していたそうです。Lwin部

長は、「彼は何も考えなかったのだ(He thought nothing .)」と残念そうに言っていました。5名の軽傷者のみで済んだことが不幸中の幸いでした。この場合は、点検後の評価(診断)に関するシステムがうまく機能しなかったケースといえます。

(4) おわりに

わが国では、橋梁を安全かつ快適に利用し、橋梁保全計画に必要なデータを取得し、かつ第三者被害を防ぐという目的の下で、しっかりした点検の体系が作られています。これら各種の点検を適切に運用し、誠実に点検業務を遂行していかなければなりません。

橋梁の保全業務は、日々何事もなく当たり前という地味な仕事です。しかし「無事これ名馬」というすばらしい格言があります。橋梁の保全技術者は、数多くの橋梁を名馬にする大きな役割を担っているといえます。

今回は第3章「点検と検査の実務」について述べます。

[参考文献]

- 1) 道路橋マネジメントの手引き、平成16年8月、(財)海洋架橋・橋梁調査会
- 2) post-gazette com, Local News, Transportation, <http://www.post-gazette.com/pg/05363/629440.stm>

(文責：研究部長 吉田 好孝)

いにしえ 古の橋探訪

平成の日本三奇橋

(かずら橋・猿橋・錦帯橋)

シリーズ 第2回



1--三好のかずら橋



2--大月の猿橋
3--猿橋の枯木



4--岩国の錦帯橋

日本三奇橋とはその時代に人々の口伝えに名付けられたもので、時代により、地方によって異なり、色々な組み合わせが見られる。大正初めまでは名実共に、愛本の刎橋、甲斐の猿橋、周防の錦帯橋であった。橋は生きもの、時代と共に使用材料の改良や架け替えが行われ、橋の形態は徐々に変化していった。とりわけ愛本の刎橋が架け替えで形式が鋼橋に代わってから幾つもの組み合わせが発生した。

①[愛本の刎橋、甲斐の猿橋、周防の錦帯橋]

②[木曾の^{かけはし}、甲斐の猿橋、周防の錦帯橋]

③[日光の神橋、甲斐の猿橋、周防の錦帯橋]

④[祖谷のかずら橋、甲斐の猿橋、周防の錦帯橋]

狭い日本でも地方によっては類似の呼び方として、日本三橋(長崎眼鏡橋、錦帯橋、日本橋)、三大橋(三名橋とも言う。宇治橋、山崎橋、瀬田橋)などもある。

橋の構造的特徴から見て現代の、特に平成の三奇橋としては、現役の橋として④を基に[三好のかずら橋、大月の猿橋、岩国の錦帯橋]と呼びたい。現代でも彼岸と此岸を結ぶ大切な橋である。橋の規模等詳細は表参照。

<三好のかずら橋>

古くは、当地祖谷に平家の落人が隠れ棲んだという伝承が残るほど、山は険しく谷は深い。狭い土地に人々は暮らし、近隣との往来は大変な難渋であった。生活の知恵であろう当地産の蔓(シラクチカズラ)を使った橋が住民の力で架け続けられてきた。

かつては村内奥山で自生する天然材料のみであったが、現在では安全に長持ちさせるための工夫として、雲綱(吊り材)や敷綱(床材)にビニール被覆鋼より線が併用されている。吊橋というより斜張橋の原形と見られるかずら橋である。シーズンともなると鈴なりの観光客に耐えている。橋は連日載荷振動試験を受けるのである。揺れて楽しい橋である。壁綱(手摺り)に寄り掛かり、さな木(床材)を恐る恐る渡る姿は大人も子供も楽しい思い出とな

る。渡橋料は3年後の架け替えの資金となる。近くに巨大な観光物産センターが出現し、急斜面に林立するRC 栈橋が景観を一変させている。

当地のかずら橋は旧西祖谷山村のものが有名であるが、霊峰剣山の登山口に当たる市内東祖谷地区には雌雄のかずら橋が復元架設されている。他県になるが、福井県池田町にも近年になって西祖谷と同規模のものが架けられている。

<大月の猿橋>

古来、猿橋は木橋の中でも橋脚を持たない奇橋として甲州街道を往来する人々から憧憬の念で見られてきたし、地域のランドマークでもあった。

両岸から迫り出した桔木(勿木)^{はねぎ はねぎ}により橋桁を支持する構造で、長大な桔木桁の半分ほどを土中に埋め込み、この方式で順次長さを伸ばしながら積み重ねている。現橋は史実を忠実に再現する目論見で、嘉永の架け替え資料(嘉永出来形帳)に基づき1984年に架け替えられたもの。今では国内産では長大な材料が得られなくなり、例えば杉材は台湾産である。また、文化財ではあるが、耐久性を増すためにH形鋼を木装仕上げしたものを桔木に採用している。長持ちさせるために最新の溶融亜鉛メッキや薬品により防腐処理も施されている。

奇しくも取材した日は荻生徂徠が訪れた300年後であった。深い谷間に切り立った岩壁を跨ぐ姿は力強く、水墨画を見るような落ち着いた風情を醸し出している。橋一帯の自然景観が名勝に指定されているのが頷ける。

上下流に県道と国道20号の新猿橋2橋が鋼上路アーチ形式で架けられており、猿橋の展望地となって

いる。また、猿橋のすぐ下流には登録有形文化財に登録されている電力会社のRC製水路アーチ橋(現役)や煉瓦製の坑門(保存)が残されており、一帯は近代化遺産の宝庫である。

<岩国の錦帯橋>

日本三橋にも数えられる本橋は、50年振りに平成17年3月に架け替えられた。江戸時代、岩国城が一国一城令により廃城となってからは、初架から330年間、本橋は土地の人々の心の拠り所であり結節点であった。5径間の内、中央3径間が反橋(勿橋)で、端部2径間は桁橋である。

今回の架け替えでは河床の敷石、中央橋脚の石積みは健全であったためそのまま使われ、木材部の上部工が史実に基づき忠実に再現されている。平成の架け替えでは大変な苦労がなされた。史実の再現はもちろんであるが、橋の材料の調達が大変であった。長大な木材が周辺で調達し難くなっているが、何とか国産材とするべく日本中から調達されたのである。因みに主要材料はマツ、ヒノキ、ケヤキ、ヒバ、クリ、カシであった。

今回の架け替えは、腐食は部分的であったが、用材の調達性のみでなく技術の伝承という課題からも判断されたという。

なお、今回の架け替え後、左岸側の多列の柱橋脚が異常出水により流出し、再度架設されるというハプニングがあった。橋脚の橋杭が無く、1径間のアーチアクションで上部工の流出を免れたのはその技術の確かさの証明であろう。

(文責：近畿支部 技術部長 村瀬 佐太美)

平成の日本三奇橋

項目	橋名	かずら橋	猿橋	錦帯橋
① 所在地	河川	徳島県三好市西祖谷山村善徳祖谷川	山梨県大月市猿橋町猿橋桂川	山口県岩国市岩国～横山錦川
② 橋梁形式		藤橋、単径間(原始的斜張橋)	木造桔橋(勿橋)、単径間(桔木 ¹⁾ は2列4層)	木造反橋(刳木構造)3連+木桁橋2連(刳木は5列11本/列)
③ 規 模	橋長 ²⁾ (m)	47	30.9(17間)	193.3
	支間構成(m)	45	脚柱間隔 23.6(78尺)	反橋部支間 34.0、35.1、35.4
	幅員(総幅)(m)	1.7(2.0)	3.3(3.6)	4.2(5.0)
④ 現橋の主材料		シラクチカズラ(焼き工法から蒸し工法に変更。ビニール被覆鋼より線で補強、蔓鋼複合)	台湾杉(先代は秋田杉)(H形鋼で補強、ハイブリッド化 木鋼複合)	秋田杉 他(マツ、ヒノキ、ケヤキ、ヒバ、クリ、カシ 全て国産)
⑤ 初架起業者	地元住民		伝説的であるが、朝鮮百濟の造園技師 芝耆麻呂 ^{しきまろ}	三代目藩主 吉川広嘉 ^{ひろよし}
設計者	(平家落人伝説有り)		芝耆麻呂 ^{しきまろ}	中国明の僧侶・独立禪師 ^{どくりゅう}
⑥ 架け替え史		・初架は鎌倉時代か ・平成18(2006)年2月に17回目の架替え(3年毎)	・初架は推古代 620年頃 ・昭和59(1984)年7月架替え →鉄骨木装化 (SS41-H486 × 446 × 12 × 16 他)	・初架は延宝2(1674)年10月 ・昭和28(1953)年1月架替え (1950.9のキジア台風で流出) ・平成17年3月架け替え
⑦ 文化財指定等		昭和30年重要有形民俗文化財指定	昭和7年名勝指定	大正11年名勝指定

1) 桔木：刳木、刳木とも言う
2) 親柱間隔で表示

平成19年度 橋梁点検技術研修会 開催のご案内

1. 主 催 (財)海洋架橋・橋梁調査会
2. 開催予定日
 - ①第38回(民間技術者対象) 平成19年4月17日(火)～19日(木) 場所(東京)
 - ②第39回(道路管理者対象) 平成19年6月12日(火)～14日(木) 場所(東京)
 - ③第40回(民間技術者対象) 平成19年7月31日(火)～8月2日(木) 場所(東京)
3. 研修会参加者の募集時期
各研修会開催予定日の約2ヶ月前に、当調査会ホームページに「募集案内」を掲示します。研修会参加希望者は「募集案内」をご覧ください、所定の様式に従って入力を行い、申し込んでください。

ホームページアドレス <http://www.jbec.or.jp/>
問合せ TEL03(3814)8495 研究部 研修担当

連絡先

本 部 〒112-0004
東京都文京区後楽2-2-23(住友不動産飯田橋ビル2号館4階)
TEL: 03-3814-8439 FAX: 03-3814-8437
URL: <http://www.jbec.or.jp> E-Mail: info@jbec.or.jp

神戸本部 〒650-0036
神戸市中央区播磨町49番地平和ビル9F
TEL: 078-331-3241 FAX: 078-326-7118

橋の科学館 〒655-0047
神戸市垂水区東舞子町4-114
TEL: 078-784-3339 FAX: 078-787-5110
E-Mail: kagaku@jbec.or.jp

東北支部 〒980-0802
仙台市青葉区二日町16-1(二日町東急ビル3階)
TEL: 022-221-5301 FAX: 022-221-5302

関東支部 〒330-0843
さいたま市大宮区吉敷町4-262-16(マルキュービル5階)
TEL: 048-601-5055 FAX: 048-601-5056

北陸支部 〒950-0965
新潟市新光町10-2(技術士センタービル3階)
TEL: 025-281-3813 FAX: 025-281-3818

中部支部 〒451-0045
名古屋市西区名駅2-22-9(ニッセイ同和損保名古屋ビル5階)
TEL: 052-582-6030 FAX: 052-582-6038

近畿支部 〒540-0012
大阪市中央区谷町1-3-5(オグラ天満橋ビル8階)
TEL: 06-6944-8551 FAX: 06-6944-8556

中国支部 〒730-0012
広島市中区上八丁堀7-1(ハイオス広島7階)
TEL: 082-511-2203 FAX: 082-225-4745

四国支部 〒760-0023
高松市寿町2-2-10(JPR高松ビル4階)
TEL: 087-811-6866 FAX: 087-811-6867

九州支部 〒812-0013
福岡市博多区博多駅東2-5-19(サンライフ第3ビル5階)
TEL: 092-473-0628 FAX: 092-473-0629

J-BEC レポート 2007 Vol.2 平成19年2月発行

編集・発行 財団法人 海洋架橋・橋梁調査会

印刷 (株)大 應



J.BEC

橋をかける
橋をまもる

R100

光沢配合率100%再生紙を使用しています

