

社会資本構造物の寿命の評価方法に関する一考察

石田辰英¹・安藤慎一郎²・肥田研一³・玉置一清⁴
・金田 尚志⁵・藤田久和⁶・柴慶治⁷・栗田守朗⁸

¹正会員 (株) 建設技術研究所 アセットマネジメント室 (〒103-8430 東京都中央区日本橋浜町3-21-1)

²正会員 (株) 竹中土木 技術本部 (〒136-8570 東京都江東区新砂1-1-1)

³正会員 (株) K&Tこんさるたんと代表取締役 (〒277-0852 柏市旭町1-11-17)

⁴正会員 三井住友建設(株) 技術研究所 (〒329-0432 栃木県下野市仁良川1726)

⁵正会員 東京大学生産技術研究所 (〒153-8505 東京都目黒区駒場4-6-1)

⁶正会員 (株) 建設企画コンサルタント 技術本部 (〒169-0075 東京都新宿区高田馬場3-23-1)

⁷正会員 清水建設(株) 技術戦略室 (〒105-8007 東京都港区芝浦1-2-3)

⁸正会員 清水建設(株) 技術研究所 (〒135-8530 東京都江東区越中島3-4-17)

構造物の劣化メカニズムの解明および予測手法、劣化のモニタリング、補修・補強技術等の開発が盛んに行われ、メンテナンスコストまでを考慮したライフサイクルコストの概念も提案されているが、何れも実際の社会基盤ストックのメンテナンスへ適用には多くの課題を有している。

このため個々の社会資本ストックに要求される社会資本構造物の寿命を計る“ものさし”として、築約65年経って供用され続けているコンクリート道路橋「万国橋」と、築79年で架替えを実施した鋼橋「根岸橋」をケーススタディーの対象とし、社会資本ストックの維持管理規範（カルテ）を実現するために必要となる検討課題の抽出を試みた。

キーワード：構造物の劣化と寿命，耐荷力検討と非破壊検査，カルテ

1. はじめに

我が国の社会資本整備は、国土の均衡ある成長を目指し、その時々々の社会経済的ニーズに即して進められてきた。その経済発展のけん引力としての役割は、社会へ多大なる貢献を果たしてきたが、厳しい社会経済情勢を背景とした今日、膨大なストックを抱え、これまでの「スクラップandビルド」から「ストックandメンテナンス」の時代へと移行の転換期にある。

この「ストックandメンテナンス」の時代にあつて、膨大な量の老朽化構造物を適切に維持管理していくためには、各構造物の劣化現象を定量的、かつ容易に診断できることが必要とされるが、構造物の劣化現象は様々な要因によって引き起こされており、その診断には新設以上に高いレベルの技術が求められるといえる。

しかしながら、このような状況にあつて、精度の高い点検・診断を迅速に行うに足りうる経験豊富な技術者は限られているのが実情である。今後の老朽化構造物の適切な維持管理に向けて、寿命予測を可能とする簡易で精度の高い管理手法の構築が早急に

求められる状況にあると判断される。

ここでは、物理的な寿命予測や求められる機能（社会ニーズ）の変化が、老朽化構造物の運用を考える上で重要であるという視点で、社会資本の寿命に関する評価方法について検討を試みたので、その評価の過程を報告する。

2. 老朽化構造物検討のアプローチ

老朽化構造物に関して、図-1に示す4つの側面について、主として道路橋を想定しつつ広く一般の土木構造物に展開できるものとなることを念頭に検討を進めた。

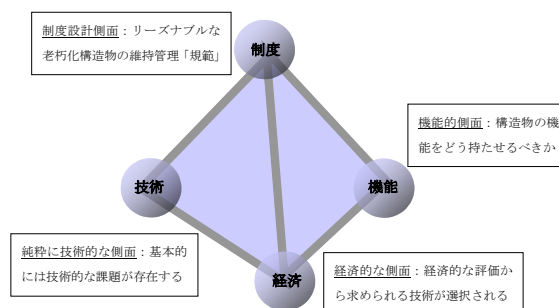


図-1 老朽化構造物研究4つの側面

検討は築約65年で、引き続き供用されているコンクリート橋「万国橋」と、築79年で架替えを実施した鋼橋「根岸橋」をケーススタディーの対象とした。

「万国橋」では「性能」を「物理的側面」、「機能的側面」、「経済的側面」に分類し寿命を評価した。

「根岸橋」では、特に「物理的側面」に着目し、架替え前における非破壊検査や、架替えによる撤去部材を活用した各種の試験に基づき評価を試みた。

3. 万国橋の調査結果

(1) 万国橋の概要

万国橋は昭和15年に竣工した橋長33.5mのコンクリートアーチ橋である。

万国橋は旧横浜税関埋立地より横浜市馬車道方面に直通する税関中央道路上に位置し、横浜港に到着した外国船の貨客が初めて渡る橋として使われた。

この場所には当初鋼橋が架けられており、大正12年の関東大震災で被災後は仮復旧の状態で運用していたが、昭和15年に予算が下り、コンクリートアーチ橋「万国橋」として架け替えられた。昭和49年には歩道幅員の拡張工事（幅員4.0m）がなされている。

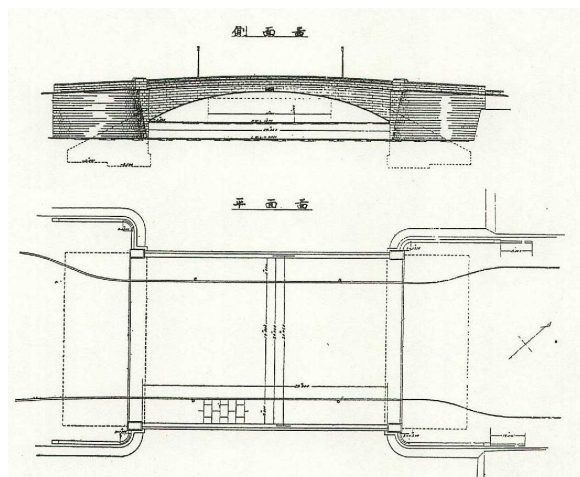


図-2 竣工時の万国橋の側面図および平面図

(2) 万国橋の現況

元来万国橋が架橋された目的であった横浜税関の保税倉庫は、昭和50年代から取引量が激減し、平成元年（1989）に用途廃止された。国鉄東海道線と新港とを結ぶ臨港線は昭和61年から62年（1987）にかけて廃止されている。また平成6年（1994）には埋立地（新港）と周辺を結ぶ幹線道路

（国際橋・国際大通り）が開通したため、埠頭に陸揚げされる貨物は万国橋を通行することなく横浜市街および国内各地に運ばれるようになった。現在では保税倉庫は赤煉瓦の商業施設および多目的ホールに模様替えされ、周辺の、みなとみらい地区と一体となって横浜を代表する港湾地域の観光名所となっている。万国橋を通行する車両等は竣工時あるいは拡張時と比較して減少しており、橋は観光名所の一つとなりつつある。

このように機能が歴史的に変遷し現在もなお残っている橋は、多くの老朽化構造物にも当てはまると思われ、機能的側面から検討するには興味深い対象である。

(3) 物理的側面からの検討

万国橋は、平成6年度に現況調査が実施され、その結果、次のことが報告されている。¹⁾

a) 外観変状調査の結果

昭和46年の外観変状調査の結果と比べた結果、22年経過したひびわれ長さの成長はごく僅かなものであった。

b) 圧縮強度試験結果

昭和46年の調査では38.5N/mm²、38.8 N/mm²であったのに対し、平成6年では47.3N/mm²、50.4N/mm²であり、圧縮強度の低下は見られなかった。

c) 中性化試験結果

中性化深さの最大値は23.6mmに対し、鉄筋かぶり厚の最小値は38mmであったことから、中性化による鉄筋腐食の可能性は低い。

d) 塩分含有量試験結果

表-1 塩分含有量試験結果

	鉄筋位置（深さ70mm）塩分含有量（kg/m ³ ）
スプリング部	6.97
アーチクラウン部	0.14
橋台	4.43

（昭和49年の歩道拡張部を除く）

調査結果からアーチクラウン部を除き鉄筋腐食の可能性がうかがえる。

以上の調査結果を基に万国橋の物理的寿命について、安全性の側面から検討を行った。

安全性からの寿命は、鉄筋腐食による安全性能の限界とし、具体的にはアーチ部材が限界に達する時の腐食率とし、安全性能の限界は、鉄筋の許容応力度、降伏応力度、終局限界とした。

万国橋は、新港の貨物取扱量が減少していることから大型車通行量も減少すると推定される。このた

め、万国橋を今後通行する荷重は、TL20もしくはTL14程度で十分と推測した。

その結果、表-2に示すように、TL20もしくはTL14荷重で、許容応力度の限界に達する寿命は、約20年、鉄筋降伏に達するのが約130年、終局状態に達するのが約150年となる。

しかし、コンクリート内部に浸透した塩化物イオン及び酸素により鉄筋腐食が進行する可能性を否定できないため、塩化物イオン及び酸素のコンクリート中への遮断する表面被覆工などにより耐久性の向上を図ることが必要であると考える。

表-2 腐食による残存寿命の推定

限界状態	残存寿命（年）		
	B活荷重	A活荷重	TL-14
許容応力度	0	9	17
降伏応力度	123	129	131
終局状態	146	149	154

また、表面被覆工等の対策工を行う場合には、観光資源である万国橋の現景のイメージを変えるような対策は好ましくなく、美観に配慮した対策の実施が必要であると考える。

昭和15年に建設された万国橋は、65年間供用されたにもかかわらず拡張部とほぼ同じ中性化深さ及び塩分浸透量となっていることから、密実なコンクリートが打設されたと推測される。また、打ち継ぎ目以外には応力ひび割れである直角方向ひび割れが発生していないことから、構造的にも安定した優れた構造であると考えられる。

以上のことから材料、施工、構造と当時の技術の集大成として建設された結果として65年経過したにも関わらず現在も健全な状態を維持していると考えられる。

したがって、万国橋の物理的寿命は、適切な時期にコンクリートは表面被覆などの劣化対策を実施すれば、使用性及び安全性も確保でき半永久的な寿命を維持することが出来ると考えられる。

(4) 機能的側面からの検討

万国橋そのものは開港以来関内地区との結節点に位置し、新港埠頭への交通の要衝であったと考えられる。

現在の新港埠頭への4つのアクセスルートの中でも最も歴史の古い橋であり、これまで人・物資輸送に大きな役割を果たして来た。

しかし、現状の万国橋の機能は状況がこれまでとは異なるようである。

表-3から分かるように、新港地区へのアクセスルートとしての機能は国際橋が最も大きく、次いで汽車道、万国橋、新港橋の順となる。

特に、国際橋・汽車道を合わせると全体の85%を占める。また、2002年に開業した赤レンガ倉庫は新港橋に近く、国際橋の架かる国際大通りへとつながる道沿いに位置する。表-3は赤レンガ倉庫開業前の調査結果である事を考え合わせると、新港橋ルートの割合上昇の可能性も考えられる。

表-3 新港地区へのアクセスルートと来場者割合²⁾

アクセスルート	割合（%）
汽車道	29
国際橋	56
万国橋	8
新港橋	7

また、新港貨物取扱量から見ても1989年までは、海上輸送の貨物輸送路として機能してきた。しかし、1989年以降は取扱貨物量の減少に伴い貨物輸送路としての機能は減少している（図-3）。

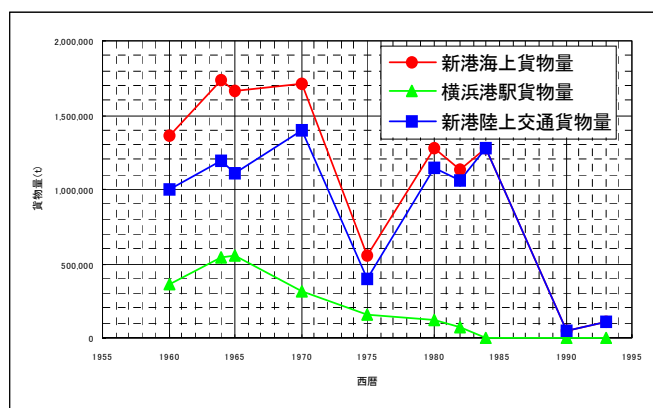


図-3 新港取扱貨物量

一方、万国橋に関しては現在の所、アクセスルートとしての機能向上のための大きな要因は見られないが、みなとみらい線のオープン後は馬車道駅から万国橋を通過して新港地区へと移動する歩行者数の増加が期待される。

また、横浜市では「戦略的な事業展開が必要なゾーン」として「新港・北仲・馬車道ゾーン」が指定されており、新港地区が都心の観光拠点として整備の方向性が示されている。

これらの事から、今後、観光資源としての万国橋の重要性が高くなる事は間違いないと考えられる。

万国橋は、戦前から1985年程度までは新港の海上輸送のための貨物輸送経路としての機能を果たしてきた。1985年以降は、観光地への経路として万国橋は、機能してきている。また、みらい線沿線の開通に伴い観光客等の通過地点としての機能が万国橋にはさらに求められるものと想定する。

したがって、万国橋の機能から考える寿命は、形態を換え半永久的であると推測される。

(5) 経済的側面からの検討

老朽化構造物として万国橋を対象とし、経済的側面からの検討を試行した。

万国橋を渡った新港地区は、横浜市により新たな街づくりを進められている。また万国橋からはみなとみらい地区への眺望がひらけており、夜景の美しいスポットとして知られ市民に親しまれている。

よってここでは、本橋の資産価値をそのような街づくりに沿って観光に資する橋として特化した場合、どのような便益が考えられるかについて検討する。



写真-1 万国橋からMM21を眺望する夜景

a) 観光に特化した便益の評価（1提案として）

万国橋の利用は、現在新港地区との通過交通が主であり、平時の利用は多くない。また、イベント時でもMM21や自動車道により桜木町駅に利用者が流れているものと予測され、山下公園や中華街へのネットワークはあまり形成されていない。これは現状では歩行者の負担がかなり大きいことが主要因であると考えられる。よって、同橋の利用はあまり改善されないと考えられ、また現状では観光に特化した場合等の、万国橋そのものに着目した利用改善の提案はないようである。

そこで、万国橋に着目した利用方法のコンセプトを提案し、投資効果の試算を試みることにする。コンセプトは、投資額を大中小の3ケースを想定し、

その活用方法、ねらいなどを示した。コンセプト案を表-4に示す。

便益の評価は、観光に特化した場合の投資金額と投資によって生じる集客効果および集客の消費金額の点から投資効果を検討する方法とした。

試算の前提条件

- ・新港地区の主要施設における年間集客見込み数約675万人（横浜港ニュース³⁾による）
- ・万国橋からの集客数8%として、54万人
- ・一人当たり消費支出1000円と仮定した場合の税収消費税5%として50円/人

これより万国橋からの集客に対し既に少なくとも2700万円程度の税収が見込めることになる。

これに対し、万国橋を観光に特化した整備を行った場合の投資金額を借入金と見なした場合の返済額を算出し、年間の返済額（＝税収増）から期待される集客数の増加について検討した（表-5）。これよりコンセプト1案および2案による投資が現実的であり、投資効果が期待できる数値であると評価できる。

課題としては、万国橋自身に消費を誘発する機能がないことから周辺及び新港地区の商業施設のあり方も併せて考える必要がある。

表-4 万国橋を利用する場合のコンセプト案

	コンセプト案	活用方法	ねらい	課題	概略事業費
1案	施設の現状保持	夜景スポットの広告を行い、イメージアップを図る。	施設に手を加えない。 費用負担小	昼間の活用増が見込みにくい。	1千万円程度
2案	施設の注目度を上げる	橋体のライトアップや橋面（舗装等）の修景	待ち合わせ場所等のランドマークとなることを期待。 費用負担中程度	照明のランニングコストがかかる。	1億円程度
3案	路線の注目度を上げる（万国橋はその中のパーツとする）	馬車道に接続するまでの路線全体を考えた修景や、歩行者天国・イベント広場等のソフト的活用	新港地区へのアクセス道路自体が利用者の目的地となるようにする。 費用負担大	道路以外の建物の所有者等、地域の協力が求められる。	10億円程度

表-5 期待される集客数の増加

	一人当たり 消費支出	1案	2案	3案
期待増加集 客数(人)	¥1,000	11,566	115,660	1,156,602
	¥2,000	5,783	57,830	578,301
	¥3,000	3,855	38,553	385,534

(6) 万国橋の検討から見えるもの

万国橋は、建設当時の材料、施工、構造に関する技術と英知の集大成として建設されたため、約65年経過したにも関わらず現在も健全な状態を維持している。このため、万国橋の物理的な寿命は、打ち継ぎ目等の初期欠陥があるにも関わらず、耐久性の向上対策等の適切な維持管理が行われれば半永久的な寿命を維持することが出来る結論となった。

したがって、十分な、設計、施工及び施工管理の基で社会資本構造物を建設し重大な初期欠陥が無ければ、最小の維持管理費で半永久的な寿命となり、物理的な側面からは寿命は定まらないことを万国橋は示唆している。

一方、将来に関しては、万国橋の役割や機能が変化することを視野に入れた場合、施設の寿命（必要性）はさらに長くなる。よって社会資本構造物の使用目的を明確にし、長寿命化かつ最小の維持管理費で半永久的な寿命を実現できるような設計、施工、施工管理、維持管理を実現していくことが重要であることが改めて確認された。

4. 根岸橋の調査結果

(1) 根岸橋の概要

根岸橋は、横浜市磯子区の東端部をほぼ南北に流れる二級河川・堀割川に架設された三径間連続鋼鈑桁RC床版橋である。根岸疎開道路⁴⁾（JR京浜東北線根岸駅方面から堀割川の右岸にある国道16号線に通じる街道）と国道16号線の交点、堀割川河口（根岸湾）から約1.5kmの位置に架設されている。

関東大震災（大正12年）によって大破した木橋の復興橋梁として完成⁵⁾し、築造後79年以上を経過し、架替えが行われている。架替えは、①著しい老朽化、②耐震性の向上、③歩道拡幅、④道路勾配等改良によるバリアフリー化、⑤上町側橋詰め交差点改良及び道路線形見直しによる交通安全対策を目的としている。

以下に、同橋の諸元等と、図-4に側面図を示す。

- ・諸元：橋長26.9m，幅員10.0m（車道6.0m，歩道2.0m×2）
- ・構造：三径間連続鋼鈑桁RC床版橋
- ・工期：大正15年3月～大正15年12月
- ・工事費：42,959.27円（大正15年3月時点）

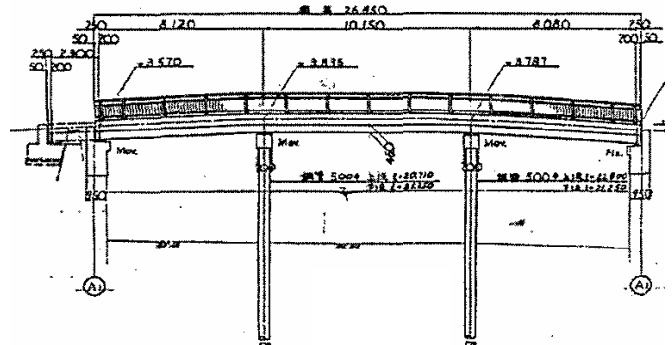


図-4 根岸橋側面図

(2) 調査結果

a) 再現設計による安全度評価

i) 設計条件

建設当時の設計基準での再現設計を行って、建設当時の安全度を推定するとともに、現行の基準（道路橋示方書・同解説（H14.3））に基づいた照査を実施して、現状の安全度を検証する。

建設時の設計図書は残っていないが、橋梁台帳及び現地実測結果から、根岸橋の諸元を以下のとおり推定した。

- ・構造形式；3径間連続鋼鈑桁橋（RC床版）
- ・橋長；26.85m（8.12+10.15+8.08）
- ・幅員；6.3m（当初），10.8m（現況）
- ・下部工；RCラーメン式橋脚

根岸橋の施工にあたっては、「横浜市橋梁設計標準（横浜市土木局）」が適用されたものと考えられる。

なお、本橋は一般図や現地の状況から二度に亘って拡幅されたものと推測できる。

- ・当初設計における設計震度

「横浜市橋梁設計標準（横浜市土木局）」（大正15年）には、地震荷重に関して「主要街路の橋台又は擁壁の土圧計算には本市地方における最強地震力の四分之三を用いるものとする。耐震計算については内務省規準によるものとする。」と記述されている。

しかし、上記設計標準には橋脚についての記述がないこと、その後の耐震基準では0.2が採用されていることから、本橋の設計震度は $k_h=0.2$ と推定

する。

・床版の応力照査

建設当時の横浜市橋梁設計標準には、床版の設計曲げモーメントの規定はないが、輪荷重の分布や鉄筋コンクリート版の有効幅については記載されているので、これらに基づいて設計曲げモーメントを求める。

ii) 照査結果

建設当時の再現設計と拡幅後の現況に対する応力照査を行った結果より以下のことが明らかとなった。

・床版

主桁間隔に比して床版がかなり厚いため、当時の約2倍の大きさの現行活荷重に対しても応力超過しない結果となった。

これは、当時のコンクリート許容応力が低く抑えられていたことに加え、輪荷重に対する床版の設計曲げモーメントをかなり安全側に求めていたのではないかと考えられる。

床版応力が小さいことは、80年を経過した現在でもほとんど損傷が認められないことの、大きな要因のひとつである。

・橋脚

橋脚の設計に際して、耐震設計が適用されたかどうか定かではない。また、耐震設計を行ったとしても、設計震度や可動支承の摩擦係数をどのように設定したのか不明である。このため本検討においては、柱の配筋状態から逆算的に設計条件を設定して再現設計を行った。

この結果、耐震設計を行ったとすれば、次の条件であったと推定する。

- ・設計水平震度・・・・・・・・・・ 0.20
- ・可動支承の摩擦係数・・・・・・・・ 0.10
- ・地震時の許容応力割増率・・・・ 60%以上

一方、現行基準での照査結果によると、建設当初からのRC柱はせん断応力及び、曲げ応力の不足はわずかであった。

b) 撤去部材を活用した調査

架け替えを行っている根岸橋から、撤去部材の一部を切り出し(写真-2)、各種の調査を行った。

i) コンクリート圧縮強度試験結果

コンクリート圧縮強度試験結果を表-6に示す。

「横浜市橋梁設計標準」(横浜市土木局)によれば、コンクリートの許容圧縮応力度は 7.9N/mm^2 となっている。ここで安全率を3とした場合、設計基準強度 24N/mm^2 で設計されたことになる。

コア試験体の圧縮強度試験の最小値は、 28.6N/mm^2 であったことから、現状で設計強度は満

足している。しかしながら、圧縮強度データには部位、試験体毎でバラツキが多い結果となった。ばらツキの原因としては、当時のコンクリート配合や施工状況等の影響が考えられる。



写真-2 切り出し部材の例 (P2橋脚)

表-6 コンクリート圧縮強度

調査対象		目視状況		コア供試体			圧縮強度 (N/mm ²)	
							コア採取	
				採取位置			No.	試験値
P2橋脚	劣化部	右岸	上部 (飛沫帯)	切断面	1	①	29.6	36.7
						②	35.3	
						③	45.2	
			側面	2	①	34.5	40.7	
					②	59.0		
					③	28.6		
	健全部		下部 (水中)	側面	3	①	60.0	56.1
						②	56.1	
						③	52.4	
P1橋脚	健全部	左岸	上部 (飛沫帯)	側面	4	①	42.6	40.3
						②	40.0	
						③	38.4	
床版	健全部	中央支間	(気中)	下面	5	①	29.8	34.3
						②	38.0	
						③	35.1	

ii) 塩分量調査

海中部にあった橋脚下部の側面表面から小型ドリルにより粉末試料を採取し、蛍光X線分析装置により塩化物量を測定した。

蛍光X線分析装置により測定した橋脚側面表面から深さ方向の塩化物量の測定結果を図-5に示す。

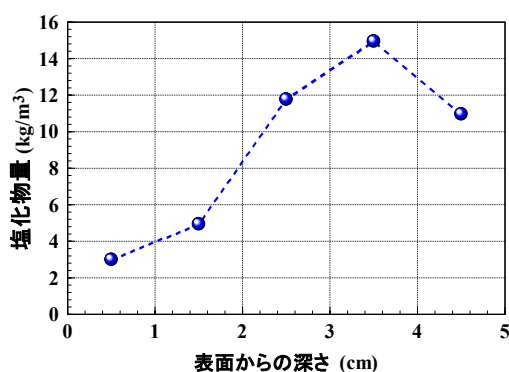


図-5 塩化物量測定結果

表面からの深さが3～4cmでピークとなり塩化物量は15kg/m³程度と非常に大きな値となっている。一方表面付近は、塩化物量が少なくなっており3kg/m³程度であった。表面付近で塩化物量が少ないのは、中性化による濃縮や海水による溶脱などの影響によるものと考えられる。

iii) 鉄筋の引張り強度

橋脚から採取した鉄筋を対象に、鉄筋の腐食によるやせの調査と、引張り試験を実施した。

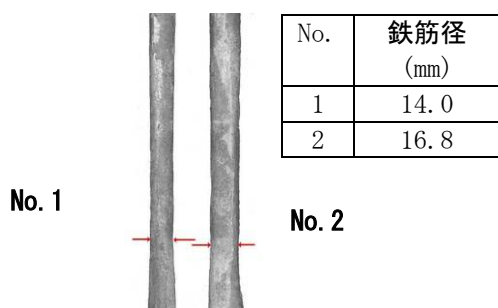


写真-3 橋脚部鉄筋Φ25

主鉄筋	降伏荷重 (kN)	引張荷重 (kN)	(参考)φ25mmであると仮定	
			降伏強度 (N/mm²)	引張強度 (N/mm²)
健全部	128.6	183.7	262	374
腐食部	71.6	108.5	146	221

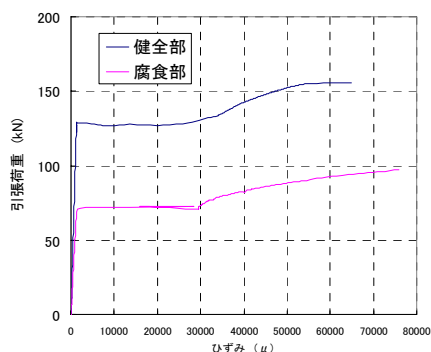


図-6 鉄筋の引張試験結果

(3) 鋼材腐食に対する橋脚の耐荷力の検討

鋼材の腐食により低下する曲げ耐力と、作用断面力の関係について検討した。

具体的には、鉄筋の腐食が影響を与える曲げ耐力と、レベル1の地震動と支承の劣化による支点条件の変化による作用断面力に着目し、評価を試みた。

a) レベル1地震時に基部に作用する断面力

レベル1の地震動により橋脚基部に作用する断面力を橋軸方向について支承形式が不明なため、可動と固定の場合について検討し、表-7に示した。

表-7 断面力総括表

	重量 (kN)	慣性力作用位置 (m)	慣性モーメント(kN・m)	
			kh=0.2 固定査と仮定	kh=0.1 可動査と仮定
上部工重量	523	5.6	586	293
下部工重量				
上梁	82	5.2	85	43
中間梁	35	2.4	17	8
橋脚(4本)	138	2.4	66	33
合計(橋脚基部)	778		754	377

b) 橋脚基部の曲げ耐力の算定

切り出し部材で確認された配筋状況に基づく有効高さと鉄筋の降伏荷重より曲げ耐力を算定した。

表-8 曲げ耐力の算定結果

基部の軸力 N=778kN	初降伏耐力 (kN・m)	終局耐力 (kN・m)
全ての鉄筋が健全部と仮定すると	656	916
全ての鉄筋が腐食部と仮定すると	421	610
全ての鉄筋が腐食し、かぶりが剥落していると仮定すると	360	504

c) 曲げに対する評価

建設当時は、可動査として設計されたものと推測されるが、仮に沓の錆等により摩擦が増大し、固定に近くなつたと仮定して検討を行い、全ての鉄筋が健全部であると仮定した場合、レベル1地震では、最外縁の鉄筋が降伏に達し、地震後に若干の残留変位が生じるものの、大きな損傷にはならない。一方全ての鉄筋が腐食部と同程度の断面欠損が生じていれば、レベル1地震で倒壊する可能性がある。

5. 万国橋と根岸橋の比較

(1) 使用目的の比較

万国橋と根岸橋は、本年度までどちらも供用されてきたが、万国橋は引き続き供用され、根岸橋は架

け替えがなされた。

これにより、根岸橋は大正15年12月の架橋後、約80年の生涯を終え、万国橋は、昭和15年の竣工後、66年を経て引き続き供用されている。

これまでの検討成果を元にこの差違がどの様に生じたかについて考察を試みる。万国橋の物理的寿命は、適切な時期にコンクリートの表面被覆などの劣化対策を実施すれば半永久的な寿命を維持することが出来る。

根岸橋では、塩害等による老朽化・施工時の品質確保の不足・要求性能の向上等により橋脚の耐震性能の低下が指摘される。

a) 万国橋の使用目的

万国橋を通行する車両等は竣工時あるいは拡幅時と比較して減少している一方で、橋は観光名所の一つとなりつつある。

b) 根岸橋の使用目的

根岸橋は、交通量の増加が予測され、地域住民の生活道路・産業道路として、歩道幅員の拡幅、耐震性能の強化、美観を含めたユーザーの橋の通行に対する信頼性の向上等、橋梁の基本的な機能強化が求められる。

すなわち、根岸橋の機能強化は、経済的には架け替えと、補修補強との比較となるが、既に一度拡幅を行った橋梁であり、劣化状態、老朽化の進行状況の異なる部材からなる複雑な構造となっている。加えて、設計・施工が古く初期からの基礎の性能に不明な点があること等から補強等による機能向上の場合、今後のLCCの評価として不明確さを残し、初期の額は僅かとしても、投資に対する長期的な信頼性が低く、架替えを図ることは十分理解できる。

(2) 寿命を評価する簡易カルテの提案

表-9に寿命を評価する簡易カルテを提案する。

寿命の判断の一例として、寿命と判断された根岸橋は該当数7個、まだ供用可能な万国橋は4個である。

6. 今後の課題

万国橋では、ひびわれの進行状況などから、コンクリートに含まれる塩分量の割には、鉄筋腐食が進んでいないと想定されており、同様の環境下で劣化の進行した根岸橋との違いがどこにあるのか、何故鉄筋腐食の進行が進んでいないのかの分析が課題である。

また、20年後に許容応力度の上限に達する鉄筋断面の減少が、現時点での予測としてなされており、今後は、その検証も重要である。

一方、根岸橋では、橋脚の腐食の進行、耐荷性能の低下に対し、床版の劣化進行がほとんど見られない。その差が何によるものかも今後の課題と考えられる。

表-9 寿命を評価する簡易カルテ（案）

	チェック項目	着眼点	万国橋	根岸橋
物理的側面	コンクリートの健全性	塩害、ASR、疲労等の劣化進行により長期的にコンクリートの健全性が損なわれ、鋼材の健全性低下に繋がる環境にある。	○	○
	鋼材の健全性（鋼部材）	疲労亀裂の有無、腐食による痩せ・断面欠損、破断の発生。	—	—
	鋼材の健全性（RC、PC部材）	PC鋼材の破断、プレストレスの極端な減少、鉄筋の痩せによる耐荷力低下、腐食膨張によるかぶりコンクリートの剥落による鉄筋コンクリートとしての機能低下。	—	○
	補修の可否	補修による機能回復を図ることが困難。（著しいASRや海砂の使用等による塩害、地震災害等による倒壊もしくはそれに準ずる損傷）	—	—
	使用材料の不具合	部材が健全であっても使用材料に欠陥が認められた場合（F11Tの使用等）	—	—
機能的側面	交通量の減少	交通量が減り続ける場合、橋の必要性は低下している。	○	—
	交通量の増加	交通量が増加し、渋滞が起きるなど幅員が不足しサービス性能が低下する。（歩道幅員も含む）	○	○
	大型車両の増加	設計荷重以上の車両通過により損傷は著しく進行する。	—	—
	設計基準の変更	最新の規程で照査した場合、機能的に不十分となる。（耐震性能、活荷重、コンクリートのせん断強度等）	—	○
経済的側面	ライフサイクルコスト	長期的な補修費用より更新費が安い。	—	○
	歴史的価値	土木遺産など歴史的価値があり、貨幣換算することが適切でない場合は寿命がある。	○	○
	経済的な価値	安く更新するより、僅かな投資で経済的価値向上する場合は寿命がある。	—	○

寿命として該当する場合に○

参考文献

- 1) 「万国橋現況調査委託」, 横浜市港湾局, 1994.
- 2) 「みなとみらい21新港地区街開き」の集客状況について, 横浜市港湾局, 1999.
- 3) 横浜港ニュース; みなとみらい21・新港地区の街開きについて, 横浜市, 1998, 10, 30
- 4) 愛称道路, 横浜市道路局, 1984
- 5) 横浜復興誌第二編, 横浜市役所, 1932