

J-BEC

レポート 2010 Vol.5



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

目次

巻頭言

芝浦工業大学 工学部 土木工学科 教授 魚本健人

委託研究

橋梁診断に係わるマネジメント技術に関する研究 1

助成研究

FRP接着による鋼構造物の補修・補強の現状と疲労き裂の補修への適用検討 4

自主研究

橋梁に発生する損傷と残存耐荷力 8

海外調査報告

PIARC TC D.3 コンクリート橋に関する国際セミナー開催報告 15

トピック

優良表彰について 17

平成21年度 橋梁研究開発助成等について 18

古（いにしえ）の橋探訪

昭和初期を代表する吊り橋 東京・清洲橋 19

新着情報

平成21年度 橋梁点検技術研修会 開催のご案内 21

橋梁技術の伝承の重要性

芝浦工業大学 工学部 土木工学科 教授 魚本健人



2008年の米国発の「リーマンショック」に代表される世界的な経済不況下にある現在の我が国では、多種多様な企業の多くが赤字に苦しみ、企業の倒産や従業員の大量リストラが行われるようになった。つい1年前までは欧米をはじめ、多くの国で急激な景気減退などは報道されてこなかったことを考えると、これからの世界および我が国の方向が急速に変化することが予想される。一方、我が国の人口は今後減少していくことが予想されており、「少子高齢化」ばかりでなく、特段の政策を実施しなければ「人口減少」に伴う我が国の「経済活力の低下」も予想されている。しかし、これからの我が国の100年、200年を考えると、毎年発生している台風などによる災害や、東海、南海、東南海地震による災害の可能性は高く、これらの災害に耐えられる国土、都市の整備・維持管理が不可欠である。

このような現状を踏まえると、土木技術者はどのような行動をすればよいであろうか？今から40-50年先の将来を予想すると次のようなことが考えられる。

- 1) 政府の方針にもよるが、我が国の国内総生産が今後伸びないことが予想される一方で、年金問題や介護問題等に手厚く対処する方針が継続されると、新規建設投資は今後大幅に減少せざるを得ない。
- 2) 仕事量が減り、相応の仕事量に対処することを考えると、企業等もリストラ等により建設技術者の数を減らさざるを得ず、さらに少子高齢化にともない若手技術者が減少する。
- 3) 今までに整備してきた沢山の社会基盤設備は、建設後50年以上の割合が増大し、劣化に伴う小規模な補修・補強業務がいろいろな構造物で増大する。
- 4) 補修・補強業務は仕事規模が小さいため技術的にも優位な大手企業は参入しにくく、より小規模な企業が実施することになる可能性が高いが、従来とは異なった技術の習得が急務である。

このような状況下においては、現在まで培った技術を次世代の技術者に伝承することが最重要課題となる。大手企業から中小企業へ、熟年層から若年層への技術の伝承が大切であるが、基礎的な技術に関しては大学等もそれなりの協力が行えよう。しかし、現場における各種の技術はある程度の経験を踏まえる必要があり、全く経験したことのない問題に関してはなかなか理解されにくい。

かつて、本州四国連絡橋のような大型橋梁の建設時には多くの新しい技術が開発され、実際に活用されてきた。下部構造もあれば上部構造も従来では不可能と考えられてきたものも、計画・設計技術ばかりでなく材料・施工、維持管理にいたるまで新しい技術が導入され多くのノウハウも蓄積されてきたことは周知の通りである。これらの技術はその後の建設で生かされてきたが、今日では本州四国連絡橋のような大規模プロジェクトは俎上に載っていない。このような現在の状況を踏まえると、今まで技術を担ってきたシニアエンジニアは若い技術者にうまく技術を伝承させることが重要で、団塊の世代が第一線を退く前に計画し、実施する必要がある。

そのひとつとして大型橋梁の架け替えの際に、技術の伝承をうまく利用することも考えられる。宮大工が行っている神社・仏閣などの改修工事における技術の伝承と同様な方法になる可能性もあるが、ひとつの企業だけで実施するのではなく、有望な人材を集めて事業を実施するという方法も十分に考えられる。また、技術者が減少することが予想される将来は、従来、社内分業で行ってきた種々の仕事を数名の技術者で判断・対処しなければならないことが多く発生する。今迄であれば新規建設の場合でも、設計、見積もり（積算）、契約、資材調達と管理、施工、工程管理などの担当が個々に対処してきた問題の多くを、一人で対処することが必要になる。このため、当然のことながら、「All Mighty」な土木技術者を育てることが必要で、このような状況をうまくリードする海洋架橋・橋梁調査会であってほしいと切に願うしだいである。

橋梁診断に係わる マネジメント技術に関する研究

筑波大学大学院 システム情報工学研究科 教授 佐藤弘史

1. はじめに

わが国ではすでに約15万橋の道路橋ストックが蓄積されており、今後はこれらのストックを適切に利用していく必要がある。これらのストックの中には、補修が必要な橋梁も少なくない。しかしながら、財政的な制約を考慮すると、補修すべき橋梁の優先度を適切に設定することが重要である。補修すべき橋梁の優先度の設定に当たっては、橋梁の重要度および健全度を考慮する必要がある。

このうち健全度については、現時点の健全度のみならず、将来の健全度も把握しておくことが重要である。すなわち、損傷の進行を予測し、今補修する場合と将来補修する場合とどちらが適切かを判断することが重要である。将来の健全度を推定するための手法の一つとして、既往の点検結果から損傷状態の推移を予測することが考えられる。

以上のような考えに従い、橋梁診断に係わるデータを評価し、効率的な維持管理業務に活用することを目的として、(財) 海洋架橋・橋梁調査会からの委託により研究を実施しているが、現在までに得られたいくつかの結果を報告する。

2. 道路橋の維持管理の概要

国土交通省及び内閣府沖縄総合事務局が管理する一般国道における橋梁（以下「直轄橋梁」と略す）の維持管理の作業は大きく「点検」、「調査」及び「維持修繕」に分類される¹⁾。「点検」のうち最も基本的なものは、定期点検²⁾である。定期点検では、主桁、横桁、縦桁、床版、主構トラス、アーチ、ラーメン、橋脚、橋台、基礎、支承等の橋梁部材について、腐食、亀裂、ゆるみ・脱落、破断、ひびわれ、剥離・鉄筋露出、漏水・遊離石灰、抜け落ち等の損傷を対象として点検を行い、その程度や範囲に応じ、a（損傷なし）からe（損傷の程度がひどい、あるいは範囲が広い）までの間で評価するとともに、部位、部材区分毎に、損傷種類毎に、対策区分をA（損傷

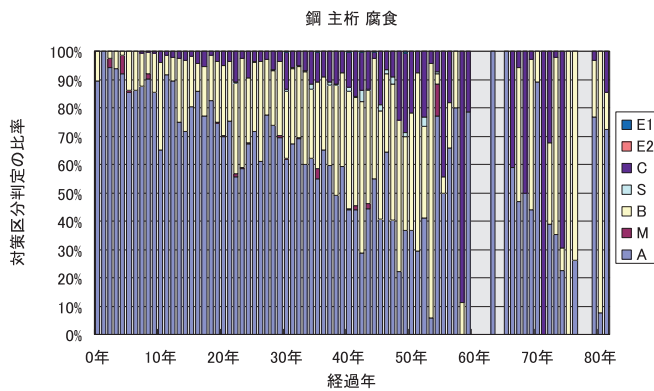
が認められないか、損傷が軽微で補修を行う必要がない。）からE1（橋梁構造の安全性の観点から、緊急対応の必要がある。）、E2（その他、緊急対応の必要がある。）までの間で判定する。

「点検」や「調査」の結果に応じ「維持修繕」が実施されるが、「維持修繕」は既設橋の機能を保持するための「維持」、損傷を直し元の機能を回復させるための「補修」、および既設橋の元の機能以上の機能向上を図るための「補強」の3種類に分類される。

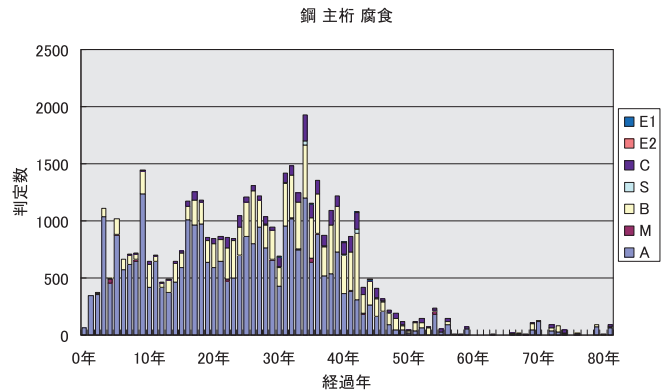
3. 橋梁マネジメントシステム

橋梁管理者は長期間にわたり橋梁の機能を効率的に確保していく必要があるが、管理すべき橋梁ストックは既に数多く蓄積されており、また各橋梁はそれぞれ多くの部材から構成されており、さらに各部材は様々な損傷を被る可能性がある。このような状況の下、近年のコンピュータシステムの発達に伴い、コンピュータシステムを活用して効率的に橋梁の維持管理を進めることが期待されている。

橋梁マネジメントシステムは、橋梁に関するデータを入力し、橋梁維持管理に係わる有用な情報を出力するコンピュータシステムであるが、必要とするデータや出力する情報については、様々なレベルがある。Vassie³⁾によれば、もっとも単純なシステムは橋梁台帳に相当するデータベースを持つものであり、次のレベルは点検を計画したりその結果を記録したりするものであり、一番進んだものはライフサイクルコストを最小にするような補修計画を立案するものである³⁾。先に述べたわが国のシステムは、Vassieのいう2番目のレベルに相当するシステムと考えられ、現在その上のレベルを目指して開発が進められている。またVassieは、高度なシステムを動かすためにはその時点では入手できないような多くの情報が必要であり、より単純なシステムを何年か稼働させることにより、次の高度なシステムを動か



図一.1 鋼主桁腐食の判定区分の比率（出典：国土交通省）



図一.2 鋼主桁腐食の判定数（出典：国土交通省）

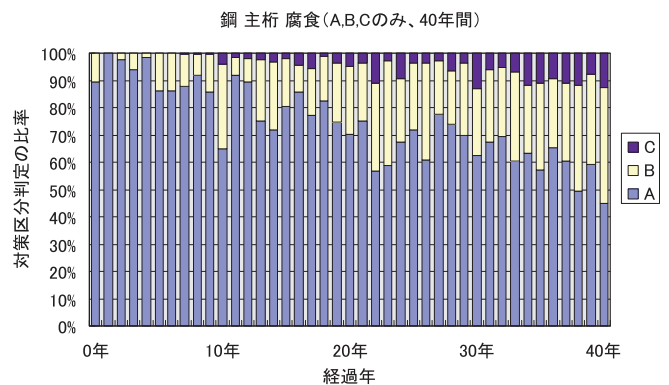
すために必要なデータが蓄積されるとしている³⁾。

わが国では2004年より「橋梁定期点検要領（案）」に従った点検が実施されており、「直轄橋梁」では、現在までに1回目の点検が終了し、一部の橋梁で2回目の点検が実施されている。現時点の点検データの蓄積状況を考慮すると、「直轄橋梁」において近い将来実現可能な次のレベルの橋梁マネジメントシステムとしては、劣化の進行を予測し、その結果を考慮しながら維持管理するシステムが考えられる。一方、ライフサイクルコストを最小にするような補修計画を立案する最も高度なシステムの開発に当たっては、補修の費用や効果に関するデータを蓄積させる必要があるため、信頼できるシステムの開発にはまだまだ時間がかかるものと思われる。

4. 道路橋の維持管理における点検結果の活用⁴⁾

部材の損傷の判定区分比率の経年データが得られている場合には、ある時点の判定区分から次の時点の判定区分に推移する確率を推定することができる。また、この推移確率が得られると、これを用いて将来の当該損傷の判定区分比率を推定することができる。

例として「直轄橋梁」の鋼主桁腐食の判定区分比率に関する経年データを図一.1.1に、判定数を図一.1.2にそれぞれ示す。A、B、C以外の判定の数は少ないこと、また40年以上経過した判定数は少なく、



図一.3 鋼主桁腐食の判定区分の比率（A、B、Cのみ）（出典：国土交通省）

その比率の信頼性は低いと考えられることから、経過年数40年までのA、B、Cの比率のみに着目し、図一.3に示す。

これを元データとし、推定誤差の2乗和が最小となるように推定した推移確率行列を、表一に示す。なお、推移確率行列の推定に当たっては、よい判定区分に推移することはないと仮定し、さらに、急に2段階先の判定区分に推移しないと仮定としている。

この推移確率行列を用い、実データからそれぞれ1年先の判定区分の比率を推定したものが図一.2.1であり、1年先から40年先までの判定区分の比率を次々に推定したものが図一.2.2である。

5. まとめおよび今後の課題

「直轄橋梁」では、現在までに1回目の点検が終了し、一部の橋梁で2回目の点検が実施されている。これらの点検結果の活用の1例として、判定区分比率の経年データから推移確率行列を推定し、さらにこれを用い、将来の判定区分の比率、すなわち劣化の進展を予測した事例を紹介した。今後は、推移確率行列の推定精度を向上させること、より高度なシステム開発を目指し補修の費用や効果に関するデー

表一 鋼主桁腐食の推移確率行列

	A	B	C
A	0.985	0.015	0
B	0	0.985	0.015
C	0	0	1

鋼主桁腐食(推定値、誤差の2乗和=0.687)

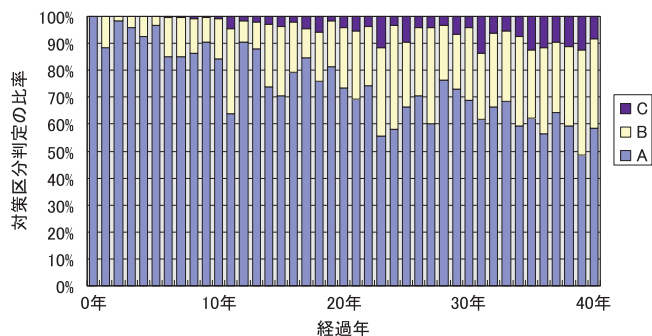


図-2.1 鋼主桁腐食の判定区分の比率1段階推定結果 (誤差の2乗和=0.687)

鋼主桁腐食(推定値、誤差の2乗和=0.357)

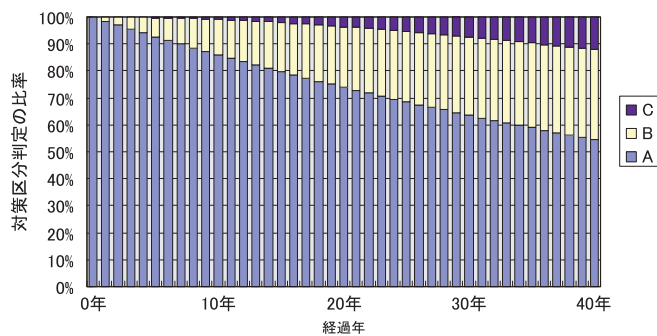


図-2.2 鋼主桁腐食の判定区分の比率連続推定結果 (誤差の2乗和=0.357)

タを蓄積させること、およびより合理的に橋梁の重要度を設定する方法を研究すること等が重要と考えられる。

<参考文献>

- 1) 国土交通省道路局国道・防災課；“橋梁の維持管理の体系と橋梁管理カルテ作成要領(案)”，2004
- 2) 国土交通省道路局国道・防災課；“橋梁定期点検要領(案)”，2004
- 3) Vassie, P. R.; “Evolution of Bridge Maintenance Management Systems” Proc. of Bridge Management 3, pp.195-202, 1996
- 4) 佐藤弘史；“道路橋の維持管理における点検結果の活用について”，交通工学、第44巻6号、2009

FRP接着による鋼構造物の補修・補強の現状と疲労き裂の補修への適用検討

首都大学東京大学院 都市環境科学研究科 都市基盤環境学域 助教 中村一史

1. はじめに

繊維強化プラスチック（Fiber Reinforced Plastic以下、FRPと呼ぶ）は、炭素繊維（Carbon Fiber）などの強化繊維を樹脂で硬化したもので、繊維方向に著しい異方性を示す複合材料である。種々の繊維を組み合わせることで目的に応じた材料設計ができることから、様々な用途に活用されている。FRPは土木構造物の補修・補強材にも適用され、例えば、コンクリート構造物を対象とした連続繊維シートの接着工法¹⁾は、主にRC橋脚の耐震補強として広く普及している。一方、軽量なFRPは現場でのハンドリングに優れるため、鋼構造物の延命化技術²⁾の一つとしても期待されている。近年、国内外で研究開発が進められ、既設鋼橋の補修・補強へも試験的に適用され始めている。本稿では、FRP接着による鋼構造物の補修・補強設計の考え方と適用事例を概説するとともに、筆者が取り組んでいる炭素繊維強化樹脂板（炭素繊維を引き抜き成形により帯板状に加工したもの、以下、CFRP板と呼ぶ）接着による疲労き裂補修の研究事例について紹介する。

2. FRP接着による鋼構造物の補修・補強設計の考え方

FRP接着による補修・補強設計では、その一例として、図-1 (a) に鋼桁の曲げ補強の概念図を示すように、FRPが鋼部材に接着された断面（図-1 (b)）を合成断面と仮定して、断面剛性を算出する。必要

なFRPの量は、作用荷重に対して照査対象の応力や変位が所要値を満足するように決定される。既設構造物の補修・補強は、通常、死荷重の作用下で行われること多く、この場合、FRPは活荷重などの後荷重の一部を分担することになる。これに対して、プレストレスを導入したFRPを適用すれば、死荷重により生じる断面力や応力を改善することも可能となる。また、FRPは軽量であるため、補修・補強に伴う荷重の増加は、鋼部材の死荷重に対して極めて小さく、設計上、無視することができる。

一方、FRPと鋼部材の接着接合においては、その端部に高いせん断応力が発生するため、設計上、はく離に対する配慮が必要である。一般に、定着長を十分に確保することで対処され、例えば、曲げモーメントを受ける部材を補強する場合、図-1 (a) に示すように、作用応力が十分に小さくなる桁端部付近まで延長して定着される。さらに、図-1 (c) のように、積層した場合、階段状に段差を付けることや、テーパ加工を施すことは、端部からのはく離に対する抵抗強度を向上させるための有効な対策である。

3. 鋼橋などへの適用事例

国内では、主桁、トラス橋の各部材、標識柱および橋脚への適用が確認されている。作用荷重により分類した適用部位²⁾を表-1に示す。これらの事例では、従来工法では施工条件が厳しくなること（例

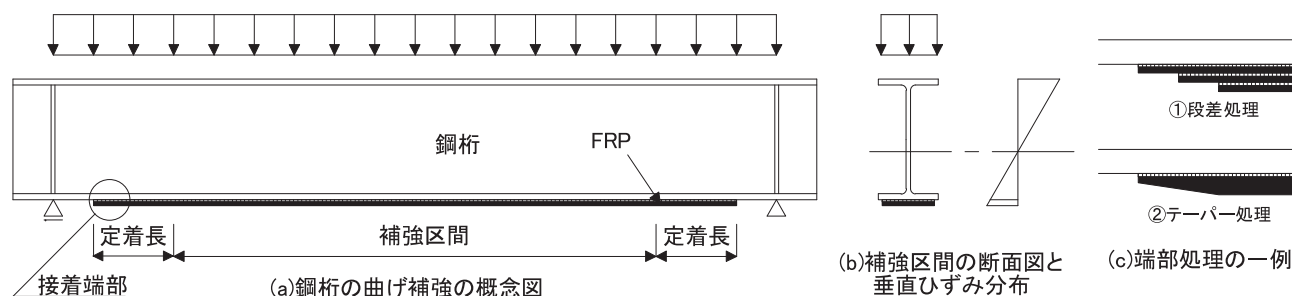


図-1 FRP接着による鋼桁の曲げ補強の概念図

表-1 作用荷重により分類した適用部位²⁾

作用荷重	適用部位（適用した補修・補強材）
①活荷重（曲げモーメント）	トラス橋の横桁の補強（CFRP板）
②活荷重（軸力）	トラス橋の腐食により部分的に断面欠損した下弦材（炭素繊維シート）、斜材（CFRPストランドシート）の補修
③死、活荷重（曲げモーメント）	I形断面主桁のプレストレス導入による補強（CFRP板）
④活荷重、風荷重による繰返し荷重（疲労）	標識柱基部の疲労き裂の補修（炭素繊維シート）
⑤地震荷重	円形、角形断面鋼製橋脚の耐震補強（炭素繊維シート）

例えば、断面寸法が小さいことや、作業スペースが限定されること）などから、FRP接着による工法が採用されている。適用した補修・補強材は、炭素繊維シート、CFRP板およびCFRPストランドシート（炭素繊維の数千本の束を1本ずつ硬化させたCFRPストランドをすだれ状に加工したもの）であり、いずれも切削工具を用いて十分に下地処理を行った鋼部材の表面に、エポキシ樹脂接着剤を用いて接着されている。また、設計、施工の指針等は、鋼製橋脚の耐震補強に関する設計ガイドライン³⁾のみであり、十分に整備されていない。したがって、これらの事例のほとんどは、事前に実験を行って性能を確認した上で、試験的に実施されている。

具体的な施工例として、CFRP板接着によって断面補強された一例⁴⁾を写真-1に示す。対象橋梁は、昭和38年に竣工した5径間ゲルバートラス橋であり、設計活荷重をTL-14からB活荷重へ対応させるために、一連の補強工事が行われた。その中で、横桁については、作業性、工期の観点からCFRP板接着による工法が採用された。CFRP板（弾性係数155 kN/mm²、引張強度2,400 N/mm²）は、予め工場において10層に積層加工された（厚さ12mm、幅200mm、長さ2,100mm、重さ約10kg）。現場では、横桁の下

フランジ下面をディスクサンダーで下地処理した後、エポキシ樹脂接着剤を均一に塗布し、積層加工されたCFRP板が接着された。横桁の補強は41箇所で行われ、取り付け作業は約1週間で完了した。鋼板をボルトで取り付ける従来工法の場合、施工に必要な日数は45日であり、工期短縮に効果的であったとされている。

4. CFRP板接着による疲労き裂補修への適用検討

近年、都市部の幹線道路などの鋼橋では、交通量の増加や車両の大型化にともなって、疲労き裂がしばしば発生し、その対策が課題となっている。典型的な疲労損傷の一例として、面外ガセット溶接継手部から発生する疲労き裂を取り上げ、現行の補修工法⁵⁾を図-3(a)、(b)に示す。疲労き裂の補修では、き裂進展の防止あるいは遅延を図るために、一般に、(a)のように、き裂の先端にボルト孔と同程度のストップホールが施工される。さらに、(b)のように、円孔に高力ボルトを挿入し締付けることで、ストップホールの効果をより高める対策が取られることがある。しかしながら、これらの補修作業は狭隘な環境下で行われることが多く、穿孔作業や高力ボルトの締結が困難な場合がある。CFRP板接着に

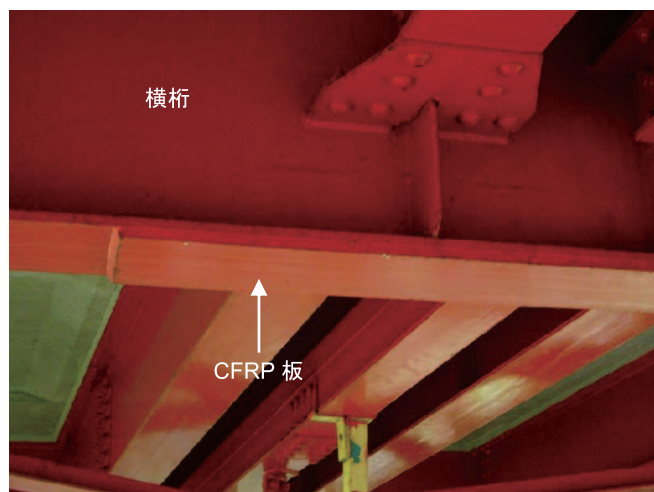


写真-1 横桁下フランジへの適用例

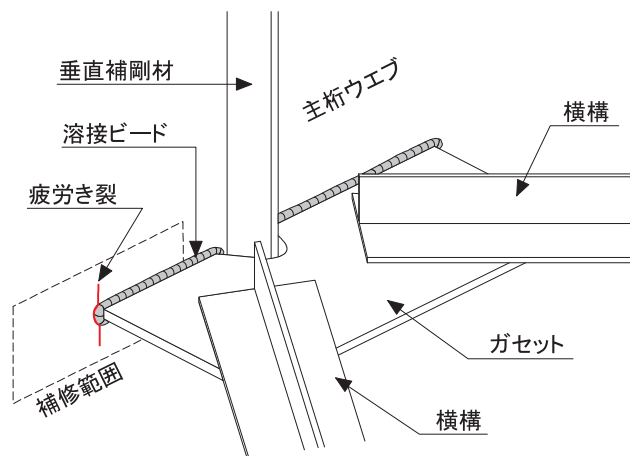


図-2 面外ガセット溶接部から発生した疲労き裂

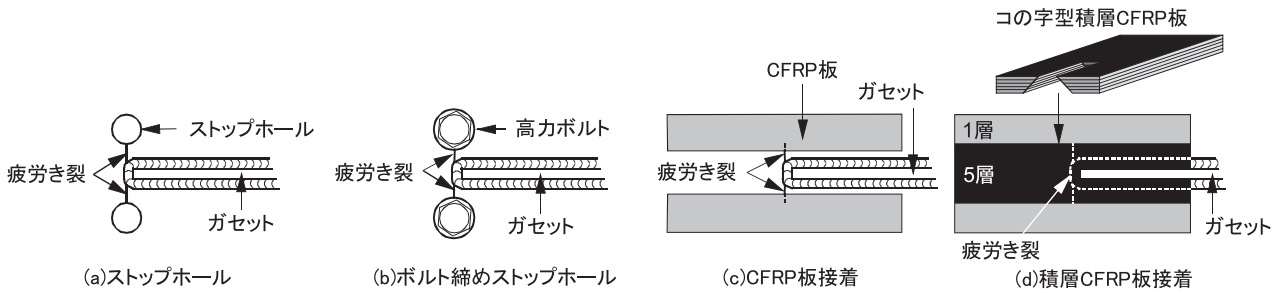


図-3 現行の補修方法とCFRP板接着による補修方法

よる補修工法は、施工時の作業性に優れるため、このような場合に有効な方法であると考えている。

図-3 (c)、(d) に、CFRP板接着による補修方法の一例を示す。(c) は、疲労き裂の先端にCFRP板を接着して応力の低減を図るものであり、(d) は、コの字型にスリットを入れた積層CFRP板を溶接ビードに密着して接着することで、き裂開口部の開口変位も抑制して、より効果的に延命化を図るものである⁶⁾。なお、ここで対象とする疲労き裂は、定期点検などで検出される初期き裂で、比較的小さいものを想定している。実験結果の一例として、図-4 に検討した補修方法を、また、図-5 に疲労試験結果をそれぞれ示す。無補修のNと比較して、いずれの補修方法でも有意な疲労寿命の増加が認められ、き裂開口部を積層接着したMシリーズの場合、積層数の増加に伴って余寿命が大幅に延びることが解る。したがって、応急的な疲労き裂の補修方法として、十分に適用可能であると考えている。

さらに、これらの研究成果を踏まえ、CFRP板接着による疲労き裂の補修工法の実用化に向けた検討を行って、以下の項目について明らかにした。

- 1) 動的な荷重作用下におけるCFRP板の接着特性と疲労き裂の補修効果
- 2) 鋼板とCFRP板の接着継手の疲労強度と繰返し載荷後の残存強度
- 3) 片面接着施工およびストップホール併用施工による疲労き裂の補修効果
- 4) 線形破壊力学に基づいた疲労き裂補修後の余寿命評価

5. おわりに

既設構造物の補修・補強工事が種々の制約条件を受けて実施される中で、軽量で施工が簡便であるこ

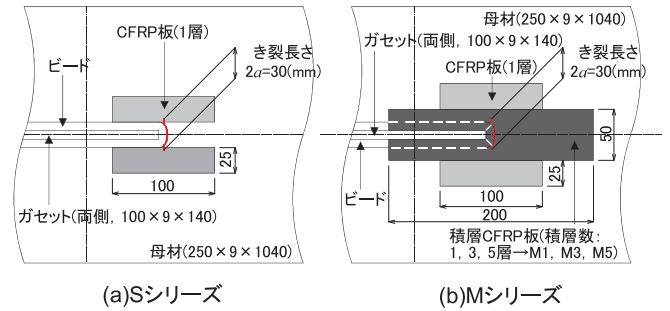


図-4 検討した補修方法

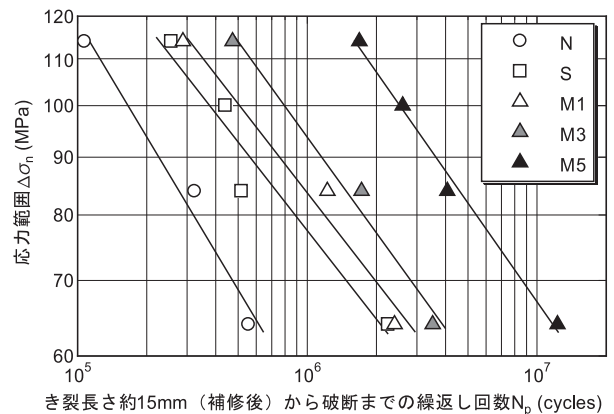


図-5 疲労試験結果 (S-N線図)

とは、FRP接着工法における最大のメリットであるといえる。現状では、FRP接着工法は試験的に実施されているが、その普及のためには、設計、施工マニュアル等の整備が望まれる。また、今回紹介した適用事例や研究事例はFRP接着工法の一例であり、その利点を活かせば様々な用途に応用できるものと思われる。今後の適用範囲の拡大にも期待したい。

謝辞

本研究の一部は、(財) 海洋架橋・橋梁調査会の橋梁技術に関する研究開発助成を受けて実施したものである。ここに記して謝意を表します。

<参考文献>

- 1) コンクリート委員会 連続繊維シート補修補強研究小委員会編：連続繊維シートを用いたコンクリート構造物の補修補強指針、土木学会、コンクリートライブラリー101号、2000.7
- 2) 複合構造委員会編：FRPによる鋼構造物の延命化技術、土木学会、平成21年度全国大会 研究討論会 研-21資料、複合構造化による土木構造物の延命化、pp.5-7、2009.9（土木学会複合構造委員会Webサイトよりダウンロード可）
- 3) 池田尚治 編：炭素繊維シートによる鋼製橋脚の補強工法ガイドライン（案）、土木研究センター、2002.7
- 4) 板垣一也、渡邊憲市、鈴木博之：炭素繊維強化樹脂板（カーボン板）による鋼橋補強の事例、日本鋼構造協会、第8回鋼構造物の補修・補強技術報告会論文集、pp.49-54、2002.6
- 5) 日本道路協会：鋼橋の疲労、丸善、pp.58-61、1997.5
- 6) 中村一史、諸井敬嘉、鈴木博之、前田研一、入部孝夫：溶接継手に発生した疲労き裂の積層CFRP板による補修効果、日本鋼構造協会、鋼構造年次論文報告集、Vol.13、pp.89-96、2005.11

橋梁に発生する損傷と残存耐荷力

1. はじめに

近年、国内国外を問わず、橋梁の維持管理に関する深刻な事故が連続して発生し、関係者に大きな衝撃を与えている。これらの中には損傷が進展し、耐荷力が次第に低減していったことが一因であると推定されるものもあり、残存耐荷力の推定の重要性を改めて再認識せざるを得ない状況である。ここでは平成16年度以降、当調査会が関わってきた橋梁の中から、残存耐荷力に関するものを取り上げ、その要約を述べる。

2. 鋼I桁橋

(1) 主桁の腐食に関する統計データ

国土交通省直轄国道において、概ね1994年から2003年までの10年間に定期点検を実施した鋼I桁橋（鋼鈹桁橋）に着目し、それらの完成年を5年毎の年代順に整理した。その結果を図-1に示す。ここで北海道と沖縄の橋梁データは含まれていない。これらの橋梁の定期点検は全て昭和63年に制定された点検要領¹⁾に基づいている。検討の対象とした橋梁としては、平成17年当時に電子データとして活用可能であったものの中から、更にデータの信頼性が低いと考えられた橋梁などを除外したため、抽出された鋼I桁橋の総数は最終的に3,059橋となった。この数は直轄国道における鋼I桁橋の全数のほぼ6割に当たる。

対象とした鋼I桁橋には、桁とRC床版が活荷重に対して非合成である形式と合成形式とがある。図-1には示していないが、合成形式は1970～1974年に完成橋梁数がピーク値（402橋）となり、それ以降1975～1979年に164橋、1980～1984年に85橋と、急速に減少している。

これらの鋼I桁橋の内、特に主桁の腐食が進んでいると判定された橋梁数を図-2に示す²⁾。ここで腐食が進んでいると判定した区分は、Ⅱ-1（早急に詳細調査を行った上で、速やかに補修する必要がある）、Ⅱ-2（速やかに補修するのが望ましい）、Ⅱ-3（早期に詳細調査を行った上で、機会を見て

補修するのが望ましい）である。すなわち、いずれも緊急もしくは早めの対応を求めているカテゴリーである。これらの判定区分は、現行の点検要領³⁾の区分判定E1及びE2（いずれも緊急対応の必要がある）、C（速やかに補修等を行う必要がある）の全てと、B（状況に応じて補修を行う必要がある）の中の状態の悪いものに該当する。

図-1と図-2を比較すると、その傾向は概ね合っており、建設橋梁の数と腐食が発生した橋梁数とは概ね比例していると言える。ただし腐食の発生比率は1965～1969年の3.8%、1970～1974年の3.0%に比べて1960～1964年のみが5.9%という高い比率を示している（図-3）。なお、より古い年代である1955～1959年については1.7%と低い値であるが、他の年代と比べ橋梁データ数が少ないため、同列には論じられないと考えた。

1960～1964年に建設された橋梁の腐食発生比率が高い理由としては、想定の外を出ないが以下の二点が挙げられる。

- 経済成長に伴い橋梁が量産され始めた時代に建設された橋梁では、耐腐食性に関する細かな配慮が不足していた可能性があり、その影響が現在、顕在化している。
- 建設後、概ね35～40年以上が経過すると、通常の維持管理を行っていても腐食等の損傷が進展し、補修等の対策が必要となる。

橋梁の残存耐荷力には、設計の考え方、部材の面

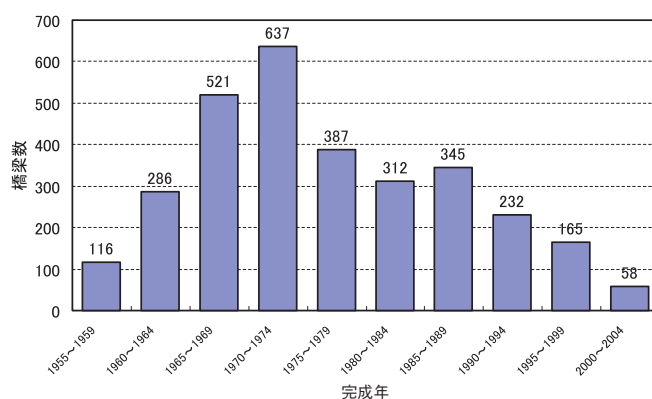


図-1 鋼I桁橋の架設数（3,059橋）（1995～2004）²⁾

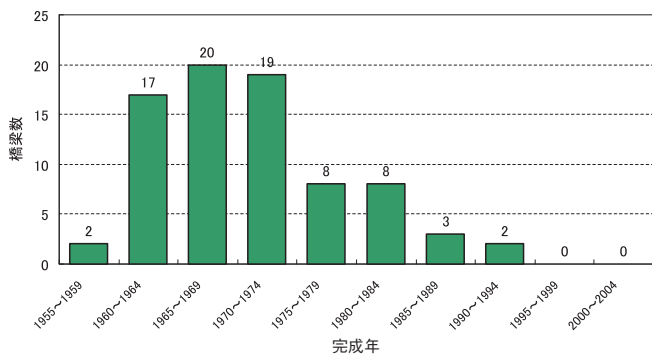


図-2 主桁の腐食が進んでいると判定された鋼I桁橋²⁾

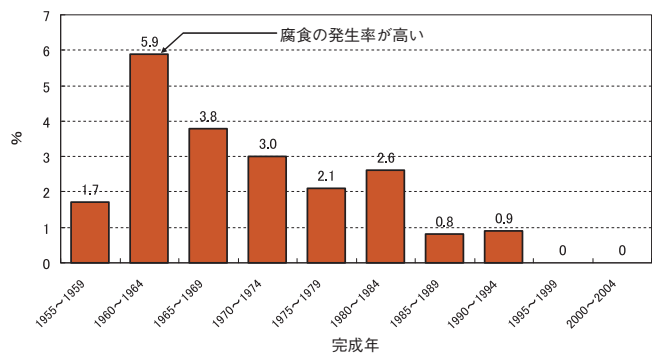


図-3 主桁腐食の発生比率²⁾

取り加工、塗装など施工の良不良、架設地点の地形、気候、大気成分、交通量、大型車混入率、維持管理の状態など様々な要因が関係する。特に腐食に関しては、自然環境以外では塗装や排水システムの状態が大きく関係することが多い。

ある年代の橋梁群が損傷に関して特異な現象を示すのには、何らかの原因があると思われる。ここでは設計上の問題なのか、または経過年（経年劣化）の問題なのかということになるが、データ数の少ない1955～1959年を除いて、概ね古い年代の橋梁ほど主桁腐食の発生率が高くなっている（図-3）。すなわち腐食に限って言えば、大局的には古い年代の橋梁ほど残存耐荷力は低下している傾向にある。

(2) 主桁腐食の発生位置



写真-1 桁端部に発生した主桁腐食の事例

図-2に示した鋼I桁橋の主桁腐食に関して、腐食の頻度が最も高い部位は外桁の桁端部であり、次いで中桁の桁端部、外桁の1/4点付近、桁中央部付近という順序であった。一方、腐食の進んだ橋梁数として抽出した橋梁の中では、桁端部の腐食発生比率は90%という高い値を示した。桁の耐荷力を長期にわたり良好な状態で確保するためには、特に桁端部のメンテナンスが欠かせないことの証左である。

(3) 斜橋

鋼I桁橋が斜橋の場合、床版上の載荷重により版の鈍角側に応力が集中する現象が見られる。1組のT荷重を橋梁のほぼ中央に載荷した場合の平面応力度分布を図-4に示す^{4) 5)}。発生している最大引張応力度は数N/mm²のオーダーであり、これ自体は高い値ではないが、発生位置は桁端部近傍で伸縮装置に隣接しており、恒常的に車両の衝撃の影響を受けやすい部位である。伸縮装置の段差あるいは近傍に不陸（凹凸）が発生すると、車両の衝撃効果が増幅され、ひびわれの発生と進展により床版の耐荷力を低下させてしまう。

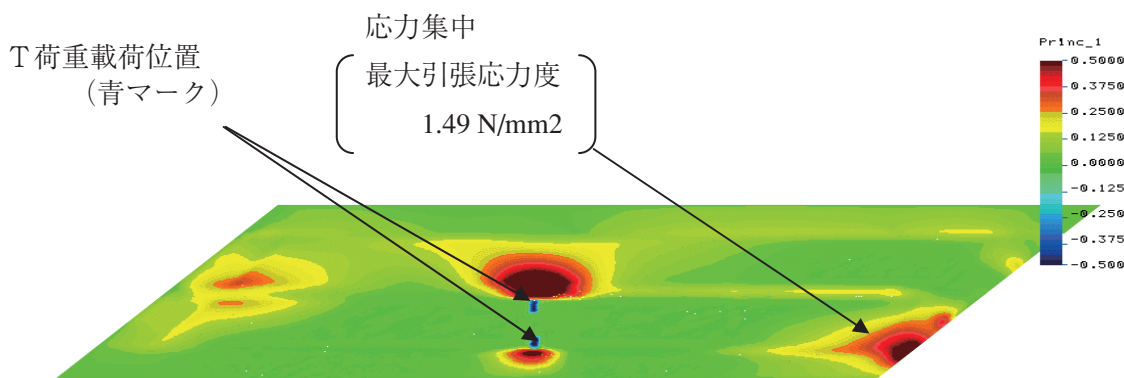


図-4 床版の応力度分布 (FEM)

斜橋のRC床版端部には、対策として設計時に補強鉄筋が設置される。しかし、通常でも床版端部付近には鉄筋や伸縮装置、支承、落橋防止装置などのために、各種の鉄筋や鋼材が多く配置されており、その上に斜橋のための補強鉄筋が密に配置されると、施工時にコンクリートを床版の細部にまで充填させることが難しくなり、返って品質の良くない床版を建設してしまうという弊害も生じる。

かつて橋梁の施工を担当した時に、斜橋の床版端部で鉄筋が図面通りに収まらず、苦心させられた経験がある。斜橋の床版端部においては一般に施工不良が生じやすく、その上に通行車両による衝撃の影響があり、更に版の鈍角部に応力が集中すると、耐荷力の低下を招きやすい。図-5はある斜橋のRC床版ひびわれの点検結果であるが、鈍角側にびびわれが集中していることが分かる。斜橋の床版の耐荷力を低下させないためには、特に床版端部の維持管理に注意を払う必要がある。

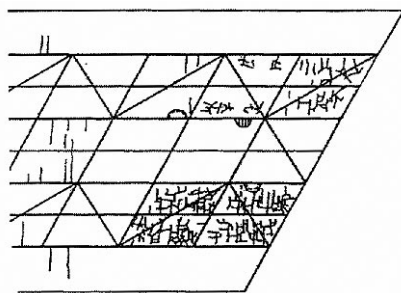


図-5 斜橋の床版ひびわれの事例

3. 鋼 I 桁橋（ゲルバー形式）

供用開始後50年以上を経た鋼ゲルバー形式I桁橋（実橋）の損傷と残存耐荷力については以下の通りである。

(1) 現状調査

上部工全体に塗装劣化が進行しており、また伸縮装置や張出し床版部の漏水により局部的な腐食が見られたが、全体的には鋼材の断面欠損までには至らず、表面錆程度であった⁶⁾。

上部工の計測結果では、一部のゲルバーヒンジ部において橋軸方向及び横断方向の遊間にやや偏りがみられたものの、夜間に実施した車両走行試験及び載荷試験などの結果によると、ゲルバー構造の機能には異常は全くなく、健全であった⁷⁾。

下部工の変位・移動はなく、コンクリート強度調

査結果においては、設計で前提とした強度を十分に超えた値が得られた。中性化深さについては、深いところで30.0～40.6mmという値であったが、耐久性に影響を与える程ではなく、残存耐荷力への影響もないことが明らかであった⁶⁾。

(2) 対策

現状調査と静的解析及び耐震解析の結果を踏まえ、上部工については局部的な腐食箇所の補修と全面的な再塗装、及び落橋防止装置の設置が、また、下部工については耐震補強対策が、技術検討委員会（委員長：藤原稔氏）により提案された⁸⁾。これらの提案に基づき、上部工の再塗装と落橋防止装置の設置は直ちに実施された。再塗装により、鋼桁の腐食の進行は鋼材の断面欠損が始まる前に止められ、落橋防止装置の設置により地震による損傷の可能性を回避することができた。上部工全体についての再塗装は、腐食の進行を食い止め、残存耐荷力の低下を防ぐために効果的であり、落橋防止装置の設置と併せて更なる長寿命化が期待できることとなった。

既設ゲルバー形式鋼I桁橋の残存耐荷力を確保するためには、鋼I桁橋としての対策の他に、構造上の弱点であるゲルバー構造部の機能を確保することが必須である。すなわち掛け違い部の支承機能の保持、掛け違い部に生じやすい亀裂や腐食の防止、掛け違い部の桁の落下防止などである。

本橋の掛け違い部においては、特に憂慮すべき亀裂や腐食は見られなかった。一部の支承に若干の偏移が見られたが、これについては今後の点検時に継続的に監視していくこととしている。



写真-2 再塗装前の主桁塗装の劣化状況
変色、剥離、割れが生じ、鋼材表面には錆が認められる。

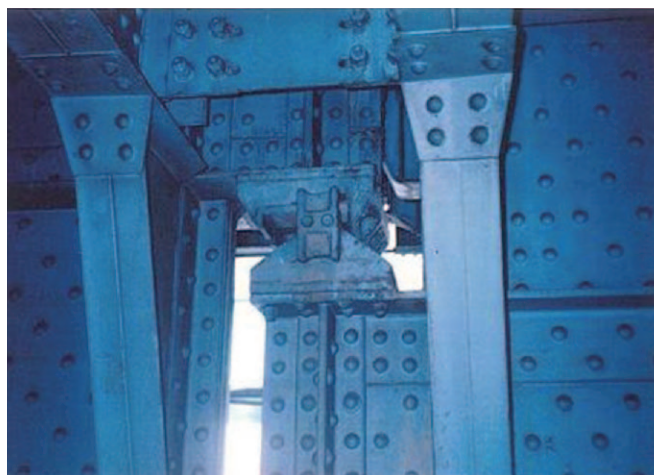


写真-3 ゲルバー構造部の支承
偏移が生じている

4. 鋼斜張橋

単独1本塔を有する仮想の鋼斜張橋を対象として、鋼桁及びケーブルの損傷が与える影響の解析結果について述べる⁹⁾。

(1) 鋼床版の断面欠損

図-6に示す3段ケーブル斜張橋 (Type-I) において、鋼床版が曲げモーメント最大位置で断面欠損率50%の損傷を生じた場合、その損傷長さが2.0m (U2) では桁の曲げモーメント分布に殆ど異常は見られず、活荷重による桁のたわみ量は下方に3mm程度である。しかし損傷長さが20.0m (U20) になると、たわみ量は25mmに増加する (図-7)。この時のたわみ量の増加率は、損傷長さ2.0mのケースに比べて8.3倍であり、桁の応力度は許容応力度を超え、耐荷力の低下が著しいと推定される。

(2) 鋼箱桁下フランジの断面欠損

桁の下フランジは腐食や亀裂などの損傷により断面欠損を生じやすく、特に桁端部においてその傾向が著しい。塔付き部の桁下フランジにおいて、断面欠損率50%の損傷が橋軸方向に2.0mの長さで存在すると仮定したケース (L2) では、塔の曲げモーメントへの影響は少ないが、損傷長さが20m (L20) になると、塔基部曲げモーメントがType-I、IIそれぞれで35%、45%も増加してしまう (図-8)。この場合には、発生断面力が塔の耐荷力をかなり超過していると想定され、橋梁の残存耐荷力は既に無いといってよい。

塔基部が固定形式の場合、一般に塔基部には大きな断面力が作用するために、設計断面には余裕が少ない。したがって残存耐荷力の余裕も大きくないと考えられるため、桁下フランジの断面欠損が大きい

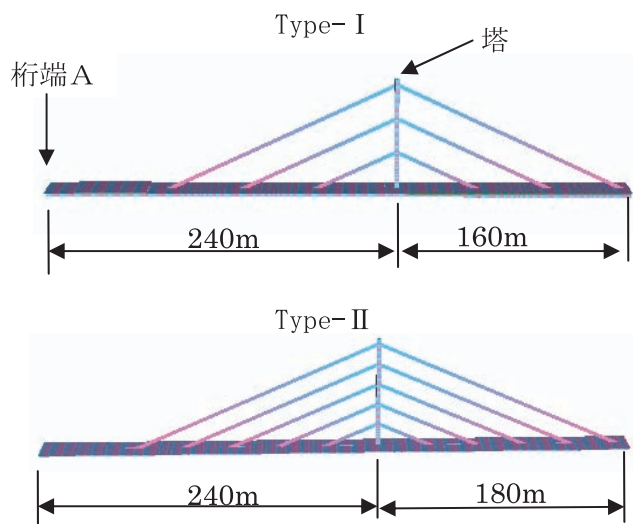


図-6 単独柱を有する斜張橋 (仮想) の解析モデル

場合には、特に塔基部の発生応力度にも注意が必要である。

(3) ケーブルの断面欠損

斜張橋の斜吊りケーブルの断面欠損の原因としては、不十分な維持管理によるケーブル素線の腐食、あるいは車両の衝突によるケーブルの損傷などが想定される。実際に橋梁上での異常な走行により、中央分離帯の斜吊りケーブルの保護管に損傷を与えた事例があり、ケーブルの断面欠損の可能性は想定しておくべきことである。

仮にType-Iにおいて最上段ケーブルの断面欠損率が30%に及ぶと、たわみ量は138mmに達し、断面欠損率10%の場合に比べて100mm程も桁の鉛直たわみが増加する。マルチケーブル形式のType-IIにおいても、断面欠損率10%でたわみ量40mm程度、

U20：桁曲げモーメント最大位置で、鋼床版が長さ20mに亘り断面欠損率50%の損傷

U2：桁曲げモーメント最大位置で、鋼床版が長さ2mに亘り断面欠損率50%の損傷

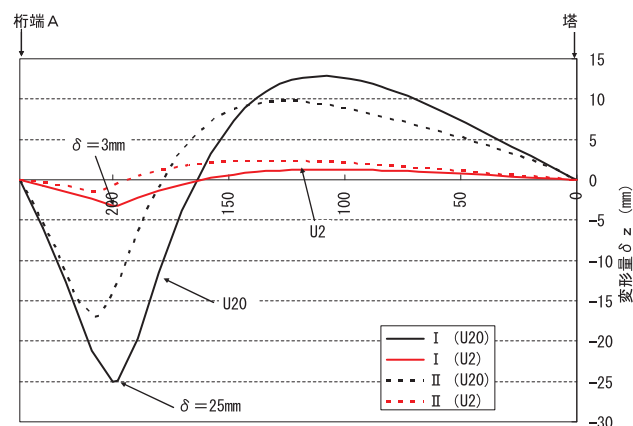


図-7 桁鉛直変位量の変化 (桁中間部の鋼床版損傷)

L20：箱桁下フランジが塔付き部で、長さ20mに亘り断面欠損率50%の損傷

L2：箱桁下フランジが塔付き部で、長さ2mに亘り断面欠損率50%の損傷

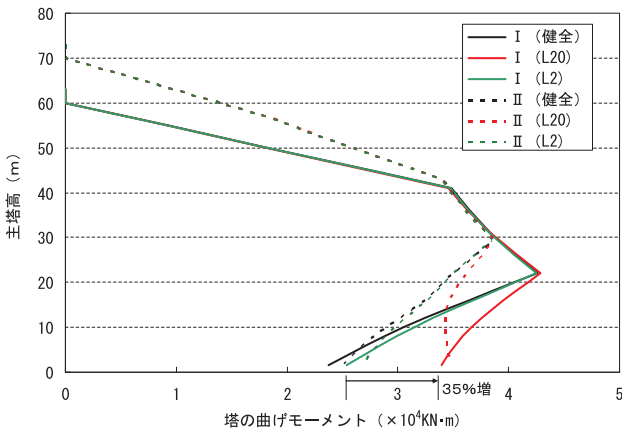


図-8 塔曲げモーメントの変化(塔付き部の桁下フランジ損傷)

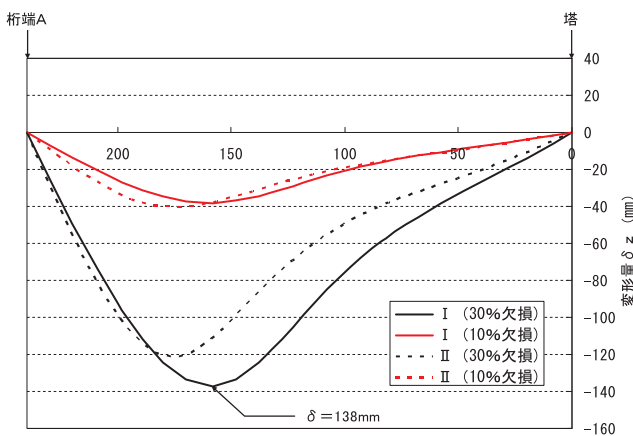


図-9 桁鉛直たわみ量の変化(長径間側最上段ケーブルの断面欠損)

断面欠損率30%でたわみ量120mm程度と、たわみ量はType-Iよりやや小さい程度である(図-9)。

ケーブルに断面欠損が生じた場合、当該ケーブル内で各素線について応力の再配分が生じるのは当然であるが、ケーブルの断面剛性が変化することにより桁のたわみが大きく増加する。このため他のケーブルや桁に関しても応力の再配分が生じ、耐荷力に大きな影響を与える。

5. 鋼下路トラス橋

鋼単純下路トラス橋(ワーレン形式)の立体解析モデルにより、斜材破断の影響を述べる¹⁰⁾。想定した橋梁は支間長70m、主構高さ10m、主構幅8.6m、2車線、主構1パネルの長さ10mの規模である。トラス部材の応力度算出にあたっては、部材軸力(P)と部材断面内のy方向、z方向の曲げ応力(My、Mz)を考慮した。この時、作用力が圧縮の場合には座屈

による低減を考慮している。床版はRC構造で、桁との結合は非合成形式を想定した。

仮に端部から2パネル目の斜材が破断した状態で設計荷重を载荷させると(図-10)、破断斜材側の主構トラスは下方に大きく変位する。また、両側の主構部材に断面の全塑性断面力($P_p + M_y + M_z$)を超える断面力が発生する。例えば斜材破断側のトラス面の下弦材において、全塑性断面力の1.40倍の断面力が作用し、斜材破断の反対側のトラス面においては、同じく1.56倍もの断面力が作用する(図-11)。これらはそれぞれ格点部の近傍に発生しており、部材の一般部よりは剛性が高い部位であるために、実橋では直ちに橋梁の崩壊には至らないかもしれない。しかし、橋梁の残存耐荷力は殆ど無いに等しく、非常に危険な状態である。

斜材破断の位置に関しては、桁中央から桁端部に近づくほど発生断面力が大きくなる傾向がある。これはせん断力の影響が現れてくるためと思われる。トラス端部斜材が破断した場合を想定すると、斜材破断の無い側の斜材に、全塑性断面力の3.35倍という大きな断面力が発生する(図-12)。同時に破断したトラス面の反対側(始点側に対し終点側)の斜材などにも大きな断面力が発生し、構造系の崩壊は

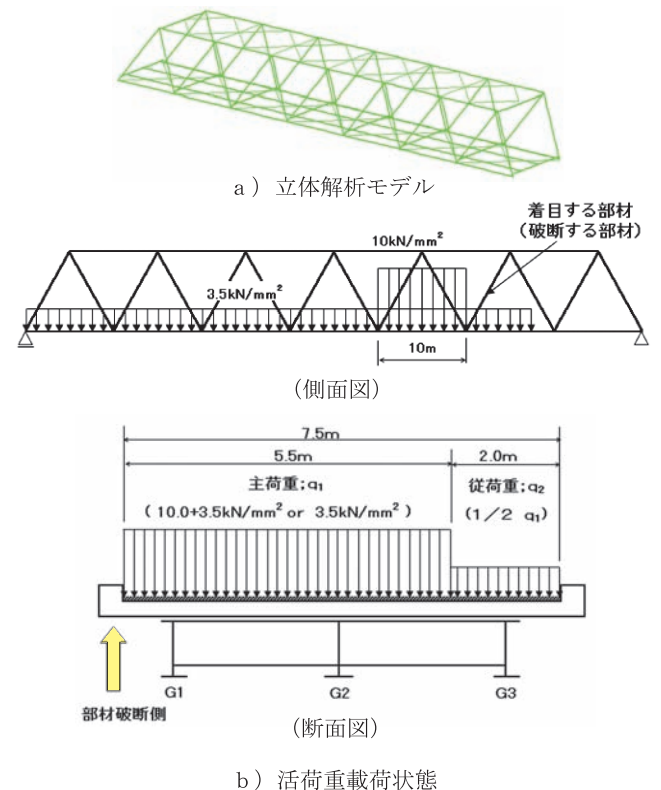
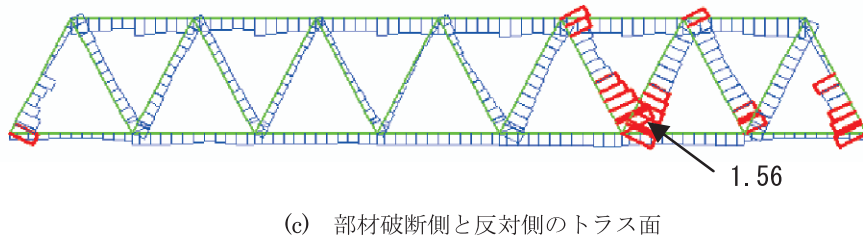
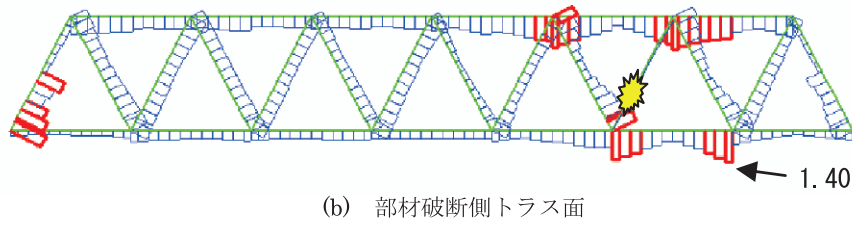
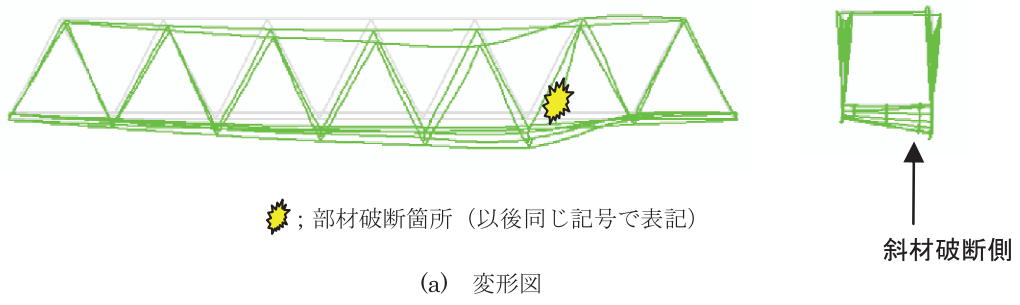
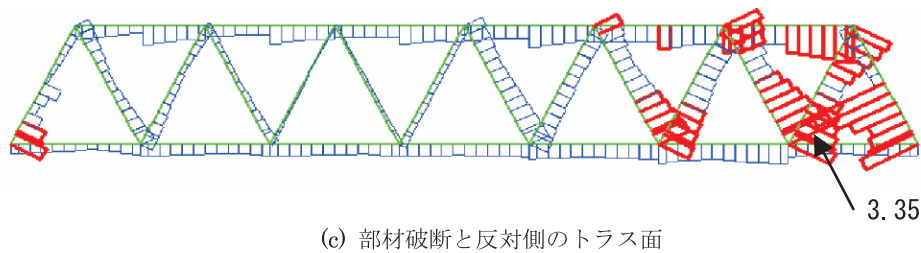
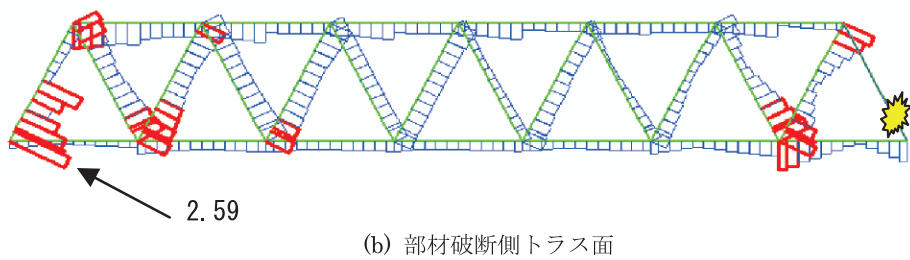
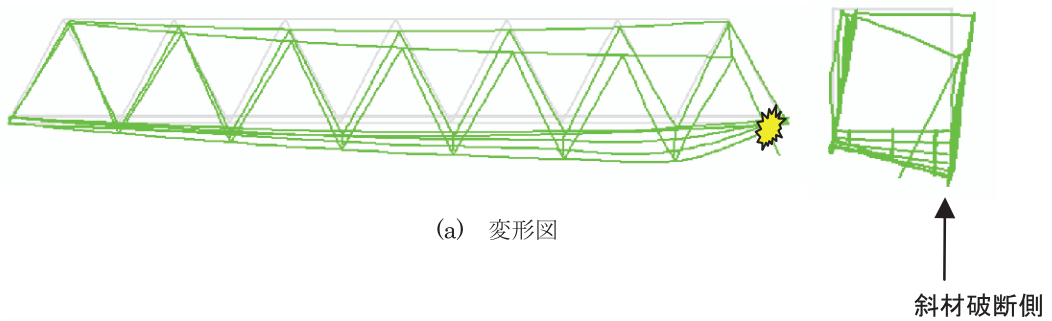


図-10 解析モデルと荷重載荷図



図一11 中間斜材破断の解析結果



図一12 端部斜材破断の解析結果

避けられないものと推定される。

RC床版が床組と合成されると、発生断面力は小さくなる。本例では発生断面力最大の箇所です約30%の断面力低下が見られた。非合成形式で設計された橋梁において、床版が合成構造として機能する場合は、残存耐荷力の向上に大きく寄与すると推定される。

トラス橋にとって斜材の破断は、残存耐荷力がゼロとなったと言えるほど危険な状態である。斜材破断後に橋梁がその機能をいくらかでも保持しているとすれば、それは橋梁全体に亘って床版などにより応力度の再分配がなされて、構造系が保たれたのであろう。過去に大型車両がトラス橋に衝突し、斜材に大きな損傷を与えるという事故も生じているため、日頃よりこのような突発的な事故を防止することも、維持管理上の重要な要点である。

6. おわりに

橋梁に各種の損傷が生じることは避けられない。しかしそれを漫然と見過ごしてしまうと、人命に関わる大事故につながってしまう。損傷を早期に発見し、上手に管理して、貴重なインフラ資産である橋梁の長寿命化を図ることが大切である。そのためには点検や検査（診断）は言うまでもなく、各種の非

破壊調査、将来を見据えたハイレベルの調査検討などが必要であり、それに応じたコストはかけざるを得ないのである。橋梁の維持管理に必要なことができる、当たり前前の社会を作っていきたいと思う。

<参考文献>

- 1) 橋梁点検要領（案）、昭和63年7月、建設省土木研究所、土木研究所資料第2651号
- 2) T.Tamakoshi, Y.Yoshida, Y.Sakai, S.Fukunaga, Analysis of Damage Occuring in Steel Plate Girder Bridges on National Roads in Japan, 23rd U.S.-Japan Bridge Engineering Workshop, Nov. 2006
- 3) 橋梁定期点検要領（案）、平成16年3月、国交省 国道・防災課
- 4) 吉田・酒井・横川・北川：斜角を有する鋼合成I桁橋の床版応力解析、土木学会第61回年次学術講演会、平成18年9月
- 5) 吉田・酒井・秋山・横川：斜角を有する鋼I桁橋の床版応力解析と損傷分析、土木学会第62回年次学術講演会、平成19年9月
- 6) 横川・塩井・福井・藤原・妹尾・柳沢：建設後50年以上を経た鋼ゲルバー桁橋梁（多摩川大橋）の現況調査、土木学会第60回年次学術講演会、平成17年9月
- 7) 酒井・村越・塩井・藤原・深沢・吉田：建設後50年以上を経た鋼ゲルバー桁橋梁（多摩川大橋）の載荷試験、土木学会第60回年次学術講演会、平成17年9月
- 8) 吉田・運上・塩井・藤原・石田・矢部：建設後50年以上を経た鋼ゲルバー桁橋梁（多摩川大橋）の耐震性評価、土木学会第60回年次学術講演会、平成17年9月
- 9) 吉田・伊勢田・山口：単独塔を有する鋼床版斜張橋の損傷が部材に及ぼす影響解析、土木学会第63回年次学術講演会、平成20年9月
- 10) K.Yamaguchi, Y.Yoshida, S.Iseida, Analysis of Influence of Breaking Members of Steel Through Truss Bridges, 24th U.S.-Japan Bridge Engineering Workshop, Sept. 2008
- 11) 道路橋示方書・同解説、「鋼橋編」、日本道路協会、平成14年3月

（研究部長 吉田 好孝）

PIARC TC D.3 コンクリート橋に関する 国際セミナー開催報告

はじめに

PIARC（Permanent International Association of Road Congress、世界道路協会）は、世界中の道路体系の発展を図ることを目的として1909年に設立された国際機関で、世界各国の政府、道路管理者、道路関係団体、個人から組織され、パリに本部があります。日本は、日本道路協会が昭和29年に加入し現在に至っています。概ね4年毎に世界道路会議が開催され2007年9月にフランスのパリにおいて第23回世界道路会議が開催されました。第24回は、2011年にメキシコのメキシコシティで開催される予定です。

TC D.3（道路橋）委員会は、PIARCの1つの技術委員会として37カ国からの合計60名ほどの委員で構成され、当調査会の加島常務理事が委員長を務めています。委員会の連絡委員を国土技術政策総合研究所の玉越室長、（社）日本橋梁建設協会の柳原国際委員長が、また、準委員を今井が務めています。

2009年10月20日から21日にかけて、TC D.3（道路橋）委員会が中国、南京市、南京国際会議大酒店で開催され、それに合わせて10月22日～24日にコンクリート橋に関する国際セミナーが開催されました。

この国際セミナーは、中国交通運輸部およびTC D.3（道路橋）委員会が主催し、江蘇省交通庁およびCCCC Highway Consultants Co., Ltd.の協賛、5つの機関の賛助、さらに7つの機関の後援によって開催されたものです。

中国の橋梁の約95%はコンクリート橋であり、コンクリート橋への関心が高く、中国全土から技術者が参加し、PIARC TC D.3委員の参加を含め約190名が参加するものとなりました（写真-1）。

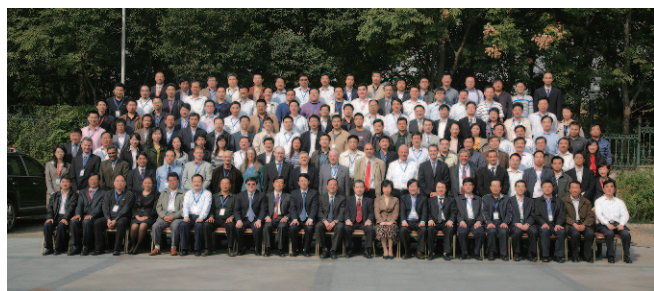


写真-1 セミナー参加者

1. 開会式

中国交通運輸部技監のZhou Haitao氏および江蘇省交通庁庁長のYou Qingzhong氏の挨拶の後、PIARCの活動およびTC D.3（道路橋）の活動報告が加島委員長より行われました（写真-2）。さらに、中国、道路技術委員会委員長のFeng Maorum氏から、中国国内の吊橋、斜張橋、アーチ橋、桁橋等の建設状況、建設計画について紹介がありました。



写真-2 開会式

2. 発表概要

発表は2つのセッションに分かれ、中国語と英語の逐次通訳で行われました。2つのセッションでは、コンクリート橋に関する建設、管理、リスク分析など、幅広い発表が行われ、活発な意見が交わされました。

中国側からは16編の発表があり、その発表内容は、以下のとおりでした。

- ・新材料を用いたプレキャストコンクリートセグメントの形状管理手法
- ・道路橋の設計仕様に考慮すべきリスク分析
- ・長支間の道路橋のリスクの体系化に関する適切な手法の検討状況
- ・高感度センサーを用いたソフトウェア起動型のモニタリング
- ・2008年に発生したWenchuan Earthquakeによる桁橋の挙動
- ・地震で損傷した橋に着目した機能評価と補強方法
- ・Sutong Bridgeに隣接するコンクリート連続桁橋で発生したひびわれの詳細調査とその対処方法

- ・箱桁のセグメントのウェブに鉛直方向のプレストレス力を与える新しい手法
- ・影響線を用いた解析に基づくプレストレス力の評価手法
- ・電磁誘導センサーによる既設橋のプレストレス力の評価手法
- ・外ケーブルと内ケーブルを組み合わせた最適な補修方法に関する解析
- ・長支間のPC橋における荷重バランスに配慮したプレストレス力の決定手法
- ・既存のPC中空床版の極限耐力
- ・球面軸受けを用いた支承設置に関する実験に基づく適切な設置方法
- ・アップリフトと極限水平耐荷力を改善する新しい基礎形式

海外からの発表内容は以下のように9編あり、コンクリート施工時の品質管理等に関して東日本高速道路株式会社の安川氏、海峡部長大橋に隣接するコンクリート橋の予防保全の取り組みについて本州四国連絡高速道路株式会社の遠藤氏から講演いただきました。

- ・本州四国連絡橋の長大吊橋に隣接するコンクリート橋の維持管理（日本）
- ・日本におけるコンクリートの製造から打設の各過程における品質管理のあり方（日本）
- ・スペインにおけるオンライン方式の動的試験によるモニタリング（スペイン）
- ・イタリアのコンクリート橋における長寿命化の取り組み（イタリア）
- ・北極圏の厳しい自然条件におけるコンクリート橋の損傷と電気化学的手法を用いた対策（ノルウェー）
- ・アルカリシリカ反応や塩害に焦点をあてたコンクリート橋に関する補修方法（日本）
- ・既存のコンクリート橋の様々な改築方法（ルーマニア）
- ・コンコルド橋の崩落後に発見された崩落原因（カナダ・ケベック）
- ・チェコの橋梁に適用したBridge Management Systemのソフトウェアに関する分析とその限界（チェコ）

でした。

3. 閉会式

閉会式では、中国、交通運輸部の技監Zhou Haitao氏から会議全体についての報告、PIARC TC D.3（道路橋）セクレタリーのPablo Diaz Simal氏（スペイン）から発表のあった全論文の概要についてまとめが行われました。最後に、交通運輸部公路局技術管理所長Li Chunfeng氏が閉会の挨拶を行いました。

4. テクニカルツアー

10月24日に、テクニカルツアーが行われました。テクニカルツアーは中国からの参加者を含めて2台のバスに分乗し、南京から上海までの約300kmを高速道路を使って移動を行いました。その途中、2005年に完成した中央支間長1,490mのRunyang Bridge（吊橋、写真-3）や2008年に完成し斜張橋では多々羅大橋を抜いて世界一の中央支間長1,088mとなったSutong Bridge（斜張橋、写真-4）がありました。



写真-3 Runyang Bridge（吊橋、中央支間長1,490m、揚子江）



写真-4 Sutong Bridge（斜張橋、中央支間長1,088m、揚子江）

おわりに

国際セミナーを通じて、中国側からは中国国内の橋梁建設に対する熱意・熱気を肌で感じるとともに、諸外国における維持管理の実態などについて、意見交換を行うことができました。今回のセミナーで得られた各国間の技術交流の輪が広がって行くことになればと考えています。

（企画課長 今井 清裕）

優良表彰の受賞について

優良表彰とは、国土交通省から発注された工事や業務等に関して、その施工や成果が特に優秀で他の模範となるものが選定され、企業又は技術者について、発注者より表彰が行われるものです。

当調査会におきましては、平成20年度に以下の業務及び職員に対して、事務所長表彰を頂きました。

(文責：企画部)

業務名	表彰者	表彰対象
平成 20 年度 鴨川大橋施工検討業務委託	関東地方整備局 大宮国道事務所長	海洋架橋・橋梁調査会
〃	〃	桐原進爾（関東支部構造課長）
20F 国道 20 号大和田橋検討業務	関東地方整備局 相武国道事務所長	20F 国道 20 号大和田橋検討業務 JBEC・日技設計共同体
〃	〃	桐原進爾（関東支部構造課長）
平成 20 年度 管内橋梁点検評価業務	中国地方整備局 中国技術事務所長	海洋架橋・橋梁調査会
〃	〃	松谷範彦（中国支部技術課長）
平成 20 年度 橋梁危険度判定・補強策提言業務委託	四国地方整備局 四国技術事務所長	海洋架橋・橋梁調査会



橋梁研究開発助成等について

当調査会では、平成17年3月の理事会において、橋梁研究開発基金（以下「基金」という）管理規程が定められ平成18年度から基金の積み立てを開始しました。

さらに、平成20年3月の理事会で基金の運営方針が決定され、平成20年度から基金の運営を開始し、「橋梁技術に関する研究開発助成」及び「国際会議等への参加に関する助成」の募集を行いました。

助成対象者の選定にあたり、橋梁研究開発助成等審査委員会（東京大学・埼玉大学 伊藤 学名誉教授、芝浦工業大学 魚本 健人教授、東京大学 藤野 陽三教授）を設け、審査委員会での審査を経て、それぞれの助成が決定されました。

この結果、平成21年度の助成対象者は以下の通りとなりました。

（文責:企画部）

橋梁技術に関する研究開発助成

橋梁技術に関する研究開発についての計画を公募し、優秀研究計画と認められる応募者に対して、当該研究開発に要する費用の一部を助成

平成21年度

勝地 弘氏（横浜国立大学工学研究院 人もの空間のシステム分野 教授）
・研究計画：「斜張橋インデントケーブルのドライギャロッピングメカニズム検討」

国際会議への参加に関する助成

橋梁技術に関する国際会議において研究等の発表のために渡航する方に対し、その渡航に係る費用等を助成

平成21年度

- ①TRAN VIET HUNG氏（早稲田大学創造理工学部社会環境工学科）
発表論文：Seismic resistance assessment of multi-span continuous bridge in Vietnam by dynamic response analysis
- ②宮本 文穂氏（山口大学大学院理工学研究科 教授）
発表論文：IT-based Bridge Health Monitoring for Sustainable Infrastructure
- ③睦好 宏史氏（埼玉大学大学院理工学研究科 教授）
発表論文：Development of New Hybrid Composite Girders
- ④山尾 敏孝氏（熊本大学大学院自然科学研究科 教授）
発表論文：Proposal of nonlinear dynamic analytical method taking account of effects of local buckling damage

東京・清洲橋

(きよすばし)

古

の橋探訪

シリーズ第5回



- 1--アイバーで作られた主索部分
- 2--デザインされた主塔部分
- 3--ニューマチックケーソン工法で構築された橋脚部分
- 4--主索と補剛桁を桁端部で直接定着

震災の復興事業として完成

清洲橋は、東京隅田川に架かる橋で、西岸の中央区日本橋中洲と東岸の江東区清澄1丁目を結んでいる。隅田川河口から約3.2km上流の位置にあり、この橋を通るのが清洲橋通り（東京都道474号浜町北砂町線）である。橋が造られた場所は、もともと「中洲の渡し」という渡船場があったところである。

大正12年、東京は関東大震災により壊滅的な被害を被った。その時に計画された帝都震災復興事業の合言葉は「復興は橋より」。その事業の一環として、清洲橋は下流に架かる永代橋と対する設計で2つの橋が計画された。当時の復興局技術者は、隅田川の第1、第2の橋梁として、また「東京の門」として恥ずかしくない橋にしようと考えた。

清洲橋は、永代橋と同じく、内務省復興局の土木部長太田圓三、田中豊らの設計指導の下、鈴木清一らによって設計された。また橋桁の製作は、神戸川崎造船所が担当している。

橋の美しい名称は公募によってつけられたもので、建設当時の両岸の町名である深川区清住町の「清」と、日本橋区中洲町の「洲」から一字ずつ採ったものである。

清洲橋のモデルは、当時、世界で最も美しい橋の一つといわれたドイツ・ケルン市のライン川に架かる吊橋「ビンデンプルグ橋」。この橋は第二次世界大戦で破壊され、その後再建されたが、現在は吊橋ではない。

こうして清洲橋は、1925（大正14）年3月に着工し、1928（昭和3）年3月、3年の歳月をかけて完成した。一方永代橋は、清洲橋の完成の前、1926（大正15）年に完成している。

当時の最先端技術の粋を集めた橋

清洲橋は、「震災復興の華」と呼ばれた優美な外観で、隅田川の橋梁の中で最も美

所在地：東京都中央区日本橋中洲から江東区清澄1丁目

構造形式：三径間自碇式（じていしき）補剛吊橋

橋長：全長：186.2m

幅員：25.9m

中央支間長：91.4m

竣工：1928（昭和3）年3月

施工主：東京市復興局

最寄駅：東京メトロ半蔵門線・水天宮駅又は清澄白河駅、都営大江戸線・清澄白河駅

しい橋といわれている。遠くから全景を眺めると、永代橋が骨太の男性的な印象を受けるのに対して、清洲橋は曲線的、優美で女性的な印象である。

昼間は、濃いブルーの塗装が周囲のビル群とマッチして、都会の風景に馴染んでおり、夜はライトアップによって一層色が冴える。この一帯の夜景の美しさは幻想的とも言えるほどで、清洲橋は夜景の見所の一つとなっている。

しかし、その優雅な印象とは裏腹に、近くで見ると橋の構造は大変な力強さを感じさせる。ガッチリとしていて重量感さえ溢れる橋である。

形式は三径間自碇式補剛吊橋であり、国内では非常に珍しい広幅員の橋である。

材料、構造形式、工法には、当時の最先端技術を駆使し、また内務省復興局の技術陣が研究した力学的合理性が生かされている。

基礎部分は、アメリカで開発されていたニューマチックケソン工法で施工され、補剛桁を吊る主索にはワイヤーではなく、アイバー（eyebars：鋼板）が使用されている。このアイバーにはデューコール鋼（高張力マンガン鋼）が採用された。この鋼材はイギリスで開発された艦船用の材料で、日本においても海軍が研究を進めていたが、従来の鋼鉄に比べて粘り強さを持っていた。また補剛桁は、鋼棒または鋼板で作られた吊材によって主索から吊り下げられている。

一般に吊橋は、橋の両側に設置されたアンカレイジと呼ばれるコンクリートの基礎に、主索を固定する構造となっている。だがこの橋は、主索であるアイバーを桁端部において補剛桁に直接定着している（自碇式吊橋）。

橋の両側に設けられた歩道はカラータイル舗装で優雅さがある。全体がシンプルながらバランス良い工夫が盛り込まれ、80年も前にこれだけの技術を駆使したことに驚きを禁じ得ない。

重要文化財の指定を受ける

清洲橋は、当時の最先端技術を駆使した、昭和初期を代表する吊橋として重要である。その

ため2000（平成12）年に、永代橋とともに土木学会の「第1回土木学会選奨土木遺産」に選定された。

さらに2007（平成19）年に、勝鬨橋や永代橋とともに国の重要文化財（建造物）に指定された。これは、都道府県が管理する道路橋として初めての指定であり、3橋が同時指定も初めてのことであった。清洲橋と永代橋は関東大震災後の帝都復興事業の象徴として、勝鬨橋は日本で最大規模の跳開橋として、我が国の橋梁技術史上、高い価値があるとされたものである。

周辺には見所が多くある

清洲橋の周辺には、名所旧跡が数多くある。橋の左岸の清澄側に位置する「清澄庭園」は、江戸時代の豪商・紀国屋文左衛門の屋敷跡といわれており、明治時代には三菱財閥の創始者である岩崎弥太郎の別邸となった。

近くには、江戸時代の俳人松尾芭蕉の移り住んだ場所（江東区常盤）があり、芭蕉稲荷神社には「芭蕉庵跡」の石碑がある。神社の向かいが芭蕉記念館・分館で、屋上は芭蕉庵史跡展望庭園がある。ここからは、清洲橋の辺り一帯が眺望出来て楽しめる。少し離れた場所には芭蕉記念館・本館があり、芭蕉関係の資料が各種展示されている。

この他、幾つもの神社仏閣が点在しており、川岸沿いの隅田川テラスとあわせて絶好の散策コースとなっている。

（文責：企画部）



カラータイル舗装された歩道部

平成22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53回 平成22年6月29日(火)～7月1日(木) 場所(東京)
 - ②第54回 平成22年7月27日(火)～29日(木) 場所(東京)
 - ③第55回 平成22年8月24日(火)～26日(木) 場所(東京)
 - ④第56回 平成22年9月28日(火)～30日(木) 場所(東京)なお、第54回は道路管理者のみの対象となります
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」をご覧になり、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/>
問合先 TEL 03(3814)8495 企画部 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

東北支部 〒980-0802

仙台市青葉区二日町1番23号
(アーバンネット勾当台ビル9階)
TEL: 022-221-5301 FAX: 022-221-5302

関東支部 〒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: 03-3814-0055 FAX: 03-3814-0155

北陸支部 〒950-0965

新潟市中央区新光町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7階)
TEL: 052-582-6030 FAX: 052-582-6038

近畿支部 〒540-6591

大阪市中央区大手前1丁目7-31
(大阪マーチャンダイズ・マートビル7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 (高松寿町プライムビル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2-10-35 (JT博多ビル5階)
TEL: 092-473-0628 FAX: 092-473-0629

J-BEC レポート 2010 Vol.5 平成22年5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

