

寄稿論説

これからも日本の橋梁技術を 発展させるために

For Developing the Japanese Bridge Engineering in Future

大阪市立大学教授, 工博
Professor of Osaka City Univ., Dr. Eng.

中 井 博
Hiroshi NAKAI



1. はじめに

ここ10年から20年の間に、わが国の橋梁技術は、衆知のとおり、目覚ましい発展を遂げてきた。たとえば、現在、北海道地方では、白鳥大橋（中央径間720 mの吊橋）が建設中である。そして、関東地方では、横浜ベイブリッジ（中央径間長460 mの斜長橋）やレインボーブリッジ（中央径間570 mの吊橋）が完成したり、東京湾横断道路内の陸上部の橋梁が現在、工事中で、開通も間近いと聞いている。また、中部地方では、名港中央大橋（中央径間長590 mの斜張橋）が建設中である。さらに、関西地方では、新関西国際空港の連絡橋（支間150 mの多連の連続トラス橋）やこれにアクセスする大阪湾岸道路内の斜張橋である天保山大橋（中央径間350 m）、および東神戸大橋（中央径間485 m）、あるいはアーチ系の橋梁である岸和田大橋（中央径間255 m）や新浜寺大橋（支間254 m）、ならびに西宮港大橋（支間252 m）などをはじめとし、枚挙に暇がないほどの新しく長大な橋梁が建設されてきた。このほか、本州と四国とを連絡する橋梁としては、世界最長の径間を誇る明石海峡大橋（1990 mの吊橋）や多々羅大橋（890 mの斜長橋）のほか、来島大橋（中央径間1030 m, 1020 m, および600 mの3つの吊橋）の建設も始まっている。

このような長大橋梁の建設を可能ならしめたのは、新材料の開発はもちろんのこと、設計業務のCAD・CAM化や製作・架設法の合理化など川田工業㈱をはじめとする各橋梁会社の日頃の絶ゆまぬ開発・研究活動に負うところが極めて大きい。企業において行われる研究・開発には、大学などの研究機関を凌ぐ立派なものも、最近、見受けられ、川田技報をはじめとする各企業の技報を拝読するのが、今日、筆者の楽しみの一つとなってきている。

ところが、こうした橋梁を設計するための規範である

わが国の『道路橋示方書』は、旧態依然たる許容応力度設計法のフォーマットに基づいており、欧米諸国の鋼橋の示方書で取り入れられている限界状態設計法に未だ書き改められていない。筆者は、1983年に大阪市立大学の姉妹校であるブラジルのサンパウロ州立大学で、大学院生を対象に日本の橋梁技術に関する講義をしたことがあるが、ハイテクの斬新な鋼橋が数多く建設されてきているのに、未だ許容応力度設計法に基づいているのかという鋭い質問を受けて、たじろいだ経験がある。ちなみに、その当時、ブラジルの橋梁設計は、英国の研究者の指導を受けて、すでに限界状態設計法に書き改められていた。

昨年、日本政府は、GATTのウルグアイラウンドの勧告を受け、米の一部市場開放に踏み切ったが、同時に土木工事そのものも、諸外国に門戸が開放された。そして、国や各公団をはじめ地方自治体においても、数億円以上の土木工事、また2～3千万円以上のコンサルタント業務は、すべて基本的に国際入札になったと聞いている。そんな時代が到来したのに、古いスタイルの設計示方書を使っていると、世界に誇るわが国の香り高い橋梁技術のレベルまでも、疑いの目で見られてしまうのではないだろうか？

それと、最近、大阪大学の堀川浩甫教授から土木学会の委員会やら講演会で拝聴した国際標準化機構 (ISO) による品質管理・品質保証のことを定めたISO 9000シリーズ^{1),2)}も、市場開放や、海外における仕事の増大に伴って、わが国でも、ぜひ早急に検討し、導入してゆくことが不可欠になってきたように思う。

そこで、本文では、周知のことと思うが、世界における鋼橋の設計示方書の動向と、わが国における検討状況とを示し、またISO 9000シリーズについて聞き及んだことに対して筆者なりに感じとった諸点を述べてみたい。ただし、筆者の浅学による考え違いのために、記載事項

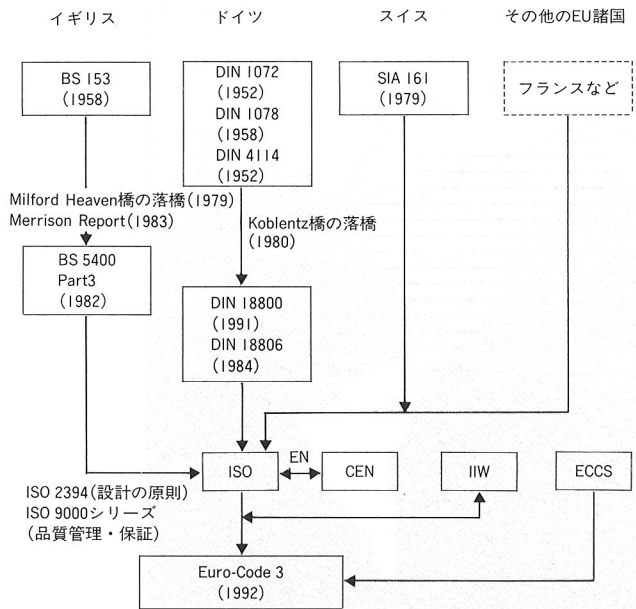


図-1 EC諸国の鋼橋の設計基準

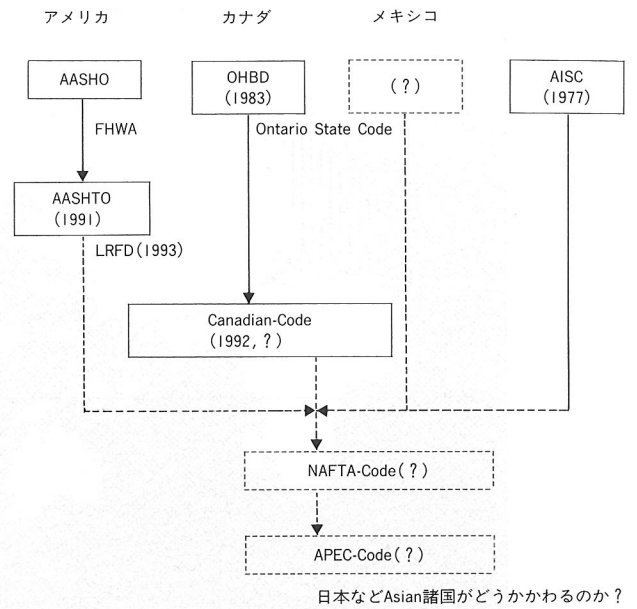


図-2 NAFTA諸国の鋼橋の設計基準

に不正確な処や、ミス、または独断による処も散見され
ると思う。読者の皆々様から、お叱りやご指摘を賜り、
今後より正確なものに加筆・修正したいということで、
ぜひお許しを戴きたい。

2. 鋼橋設計基準の動向

まず、図-1は、EC諸国の鋼橋の設計基準の動向を図化
したものである。英国では、1979年、Milford Heaven橋
の落橋事故（鋼箱桁の支点上ダイヤフラムの崩壊）以来、
Merrison委員会が設立されて鋼橋の暫定設計指針が出
されたのを契機とし、それまでの示方書BS 153が1982年
にBS 5400 Part 3³⁾として改正された。また、ドイツで
は、1980年、Koblentz橋の落橋事故（鋼箱桁の圧縮補剛

板の座屈）以来、DIN 4114の座屈関連規定がDIN 18800⁴⁾
シリーズとして改正された。その後、ECの統合（最近で
は、EU=European Unionという）に伴い、ISO（前述）
が設立され、EU諸国の共通する唯一の基準であるEuro-
Code 3⁵⁾と呼ばれる鋼橋設計指針が作られ、近い将来、
BSやDIN、あるいはSIA⁶⁾（スイス）などの個別の鋼橋の
設計示方書は、すべてEuro-Code 3に統一されてしま
うと聞いている。これは、ISOの国際基準である2394⁷⁾とい
う“構造物の信頼性に関する一般原則”の勧告に基づい
ているためである。

つぎに、図-2に示すように、米国では、連邦道路局
（FHWA）による旧式AASHTOの鋼橋設計示方書（許容
応力度設計法）が、1991年、許容応力度設計法と荷重抵

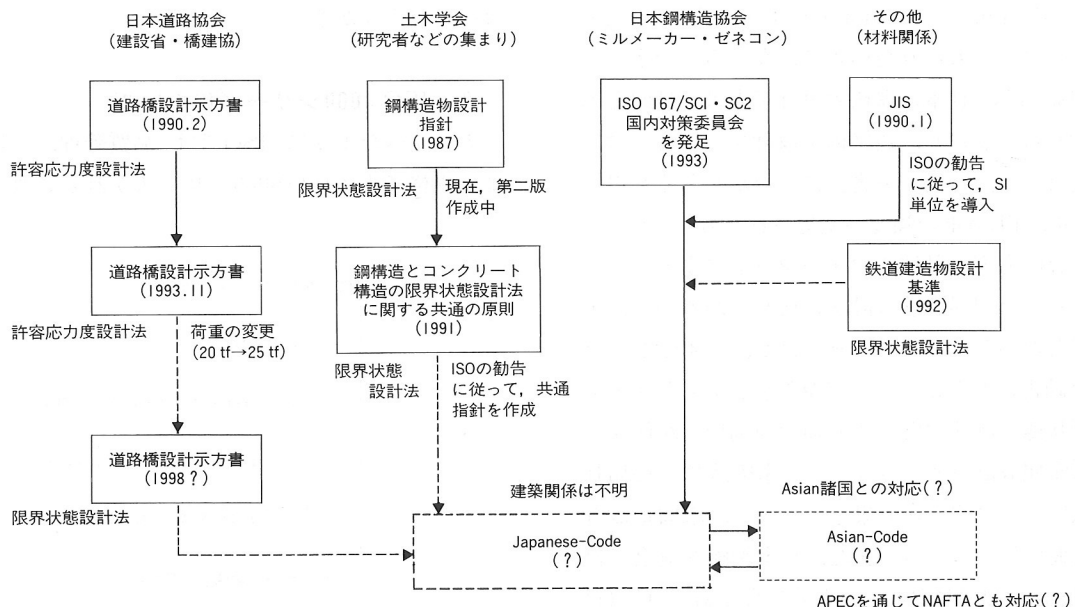


図-3 日本の鋼橋の設計基準

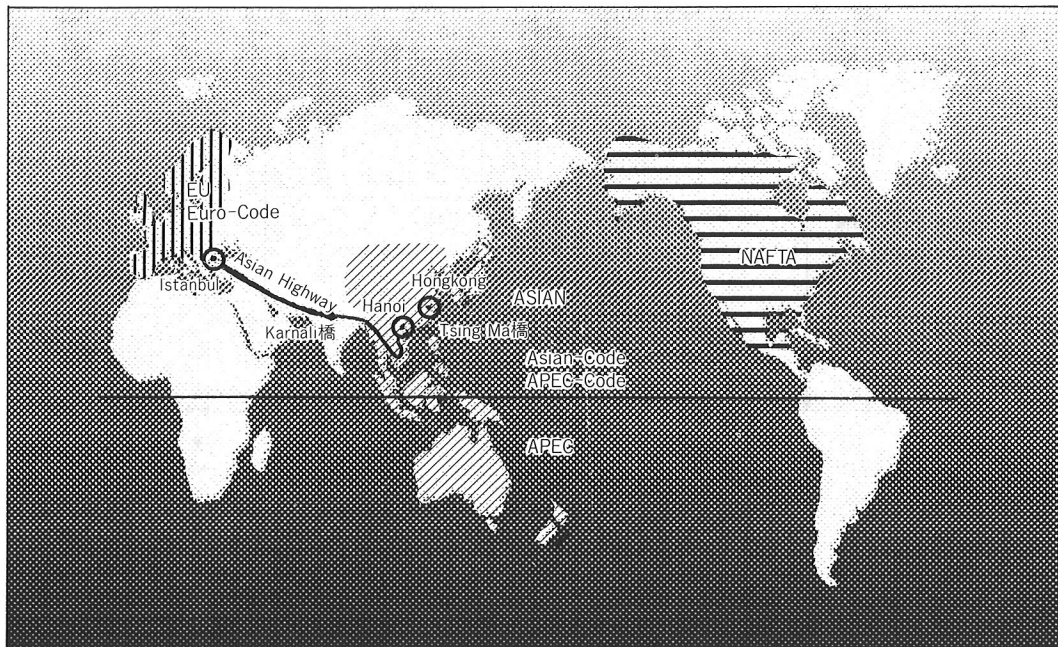


図-4 世界の鋼橋の設計基準

抗係数設計法 (LRFD) とを併用した鋼橋設計示方書 AASHTO⁸⁾に書き改められている。そして、最近、Euro-Code 3 のように、限界状態設計法を全面的に取り入れた鋼橋設計示方書の素案⁹⁾も出されている。また、カナダでは、1983年、オンタリオ州独自の鋼橋設計基準 (OHBD¹⁰⁾)が作成されていたが、これを全面的に取り入れた全カナダに共通するコードが出されていると聞いている。さらに、EUを見習い、最近、米国、カナダ、およびメキシコを統合したNAFTA (North American Free Trade Association) が結成されたので、将来、恐らく NAFTA-Codeも作られるのではないだろうか？

なお、米国の野心としては、このNAFTA-Codeに、後述するAsian-Codeも取り入れたEuro-Codeに代わるべきAPEC (Asia Pacific Economical Committee) 諸国で広く使えるコードも作りたいのではないだろうか？

さらに、図-3は、日本の鋼橋の設計示方書の動向を示したものである。やはり、道路橋を設計する場合には、日本道路協会の『道路橋示方書』にしたがわざるを得ないが、1993年、TL荷重の強度が変更されたものの¹¹⁾、まだ旧式の許容応力度設計法のフォーマットによっている。聞く処によると、限界状態設計法に切り代わるのは、平成9年以降とかいわれている。そのほか、土木学会では、ISO 2394の勧告にしたがって、『鋼構造とコンクリート構造の限界状態設計法に関する共通の原則¹²⁾』が作成され、これに座屈設計ガイドライン¹³⁾や鋼構造物の終局強度と設計法¹⁴⁾などに関する成果を取り入れ、鋼構造設計指針¹⁵⁾が改版されつつある。また、日本鋼構造協会では、ISO 167委員会¹⁾ (鉄骨構造物) の小委員会であるSC1 (材料と設計)、およびSC2 (製作と架設) を中核として、鋭

意、鋼構造物の設計と製作・架設の検討が開始された。これらを総合して考えたとき、ゆくゆくはEuro-Code 3 に見られるように、土木も建築構造物も含めたJapanese-Codeみたいなものが、わが国でも必要となってこよう。それを、さらに発展させたアジア地域に共通するAsian-Codeも、将来、必要となってくるであろう。なぜなら、アジア諸国では、欧州に見られない台風や地震による過酷な荷重が、構造物に作用するからである。

最後に、図-4には、以上に示した各コードを、筆者の独断で、世界地図の中に示してみた。これによると、世界には、3つのコードが必要となるような気がしてならない。とくに、Asian-CodeやAPEC-Codeに対しては、日本のこれからの多大な寄与や協力が期待されているのではないだろうか？

3. ISO 9000シリーズについて

先に述べたように、ISOでは、品質管理、および品質保証の規格であるISO 9000シリーズが制定されている¹⁾。

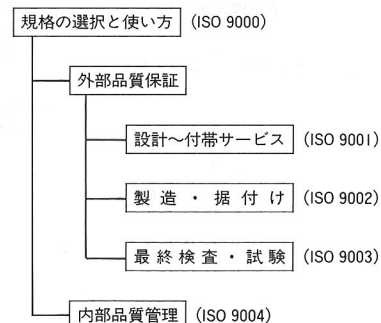


図-5 ISO 9000シリーズの概要

そして、そのシリーズは、図-5のように分けられている。ただし、この図では、原則的なことだけが示されており、たとえば鋼橋にとって重要な溶接に関する事項だけをピックアップしても、莫大な関連規定があるという¹⁶⁾。

日本では、従来より、鋼橋を製作・架設する際、道路橋示方書の製作規定にしたがい、川田工業㈱をはじめとする各企業とも自主的な品質管理のもとに、良好に品質保証された鋼橋を製作し、架設してきた。冒頭で紹介した長大橋梁すべてが、その見本である。

工業製品のひとつである鋼橋を諸外国に自由化したとき、品質の保証されたものが必ずしも製作・架設されるとは限らず、したがって厳格な品質管理が必要であるという、まず疑ってかかる欧米的な考え方は、近い将来、日本でも採り入れられることになろう。最近、筆者は、ドイツの橋梁技術者と、この件について話をする機会があった。彼らの言によれば、ドイツにおける鋼構造物の現場工事は、外国人の労働者に頼らざるを得ない面が多く、品質管理を怠ると、良好な品質のものが製作・架設できないことがしばしばあるという。四角のものはあくまでも四角に、また丸いものはあくまでも丸く作りたいので、やはりISO 9000シリーズのようなものが、ドイツにおいても不可欠になってきたとの返事であった。

4. 最近の諸外国での鋼橋建設工事

筆者は、平成5年5月のゴールデン・ウィークを利用して、図-4中に示したHanoi-Istanbulを結ぶアジア・ハイウエーの途中に位置するネパールで建設中の斜張橋であるKarnali橋¹⁷⁾（スパン175 m+325 mで、塔高125 m、また幅員9.3 mの合成桁で、60ストランドの2面ケーブル）の工事現場を川崎重工業㈱の方々の御好意により見学させてもらった。写真-1は、その完成図を示したものである。この橋梁の設計は、米国のSteinman社が行い、その上下部構造の工事を、一括して請け負われたとのこ

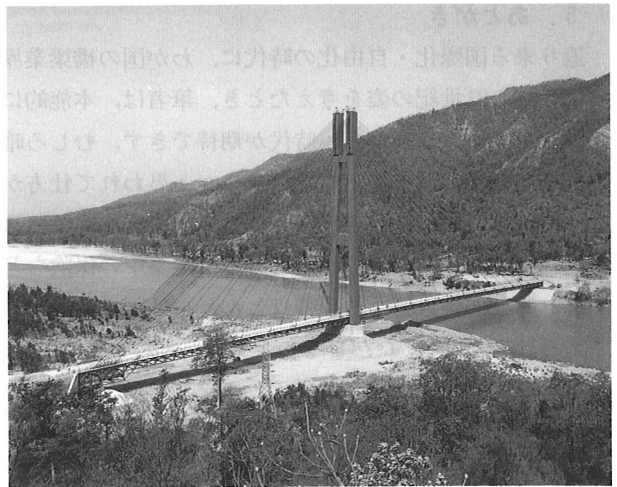


写真-1 Karnali橋の完成図¹⁹⁾

とであった。工事中は、Steinman社やインド・ネパール政府から派遣された4人ほどの主任技術者が工事現場に滞在しておられ、何から何まで、その都度、欧米式の検査を彼らから受けなければならなかったとのことである。また、設計変更を行う場合には、何回もニューヨークにあるSteinman社に出向き、先方と協議をするなど、大変な苦勞を重ねられたと伺っている。

一方、写真-2は、まだ見学をさせていただく機会に恵まれていないものであるが、香港の新国際空港を連絡するアクセス吊橋となるTsing Ma橋（スパン割り359 m+1 377 m+300 mで、主塔高さ206 m、また直径1.1 mのケーブルはエアスピニングで、主桁は3車線+3車線の偏平鋼箱桁）の完成予想図を示したものである。この吊橋は、三井造船㈱が英国の橋梁会社とAnglo Japanese ConstructionというJVを組んで工事に取りかかっておられる。橋体の製作・架設の品質管理、および品質保証については、ISO 9000シリーズが適用されており、それに対応するために、社内の組織も大幅に変更され、それに伴って相当な費用を要したと聞いている。

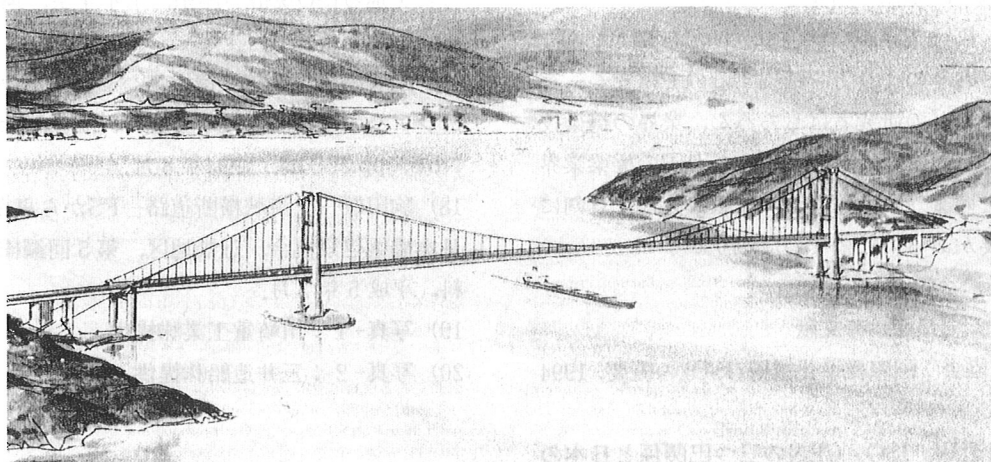


写真-2 Tsing Ma橋の完成予想図²⁰⁾

5. あとがき

迫り来る国際化・自由化の時代に、わが国の橋梁業界の来るべき21世紀の姿を考えたとき、筆者は、本能的に、これまでのような輝かしい時代が期待できず、むしろ暗くて辛い時代が到来するのではないかと考えて仕方がない。日本の橋梁業界がうかうかしていると、橋梁の基本設計や製作・架設の管理、あるいは工事中の保険などソフト的な面の重要な仕事のほとんどを外国の企業に押さえられてしまい、ただ日本の企業は3K的な製作・架設業務のみを請わされるということになり兼ねない。その場合でさえも、現在、日本の鋼橋の単価が諸外国と比べると、相当に高価で、鋼橋の規格化・合理化・省力化などあらゆる面から検討が、目下、加えられつつある。30%~40%も企業にとっての収入が減少し、それに見合った給料で社員の生活が強いられるようになれば、30年~40年も前の生活レベルに戻さなければならず、ほとんどの方々が耐え忍べないと思う。

そんなことから、本稿では、わが国の鋼橋の設計法を早急に世界的な流れである限界状態設計法のフォーマットに変更すべきこと、品質管理・品質保証のためにISO 9000シリーズを導入し、自由化の波に流されないように体質改善をしておくべきであることを示唆した。これらによって、まず国際化の準備を整え、つぎに日本の橋梁業界のパワーを活力あるものとして温存してゆく方策を立てるべきである。幸いにも、わが国では、第11次道路整備五箇年計画(平成5年度~平成9年度)にしたがう高規格幹線道路網の整備¹⁸⁾に伴って、まだかなりの鋼橋の需要があるはずである。

しかしながら、その少し後の来るべき21世紀のことを考えれば、わが国で培われた優秀な橋梁技術を携え、海外における架橋の仕事に出向くなどの出稼ぎ(鎖国も戦争もあり得ないので、平和的なものとしては、これしか残らない)の準備も、これから整えておくべきであろう。このような観点から、日本の企業が外国で建設したり、建設中の橋梁例も、本稿で紹介してみた。

あくまでも、橋梁業界がバラ色の21世紀を迎えたいならば、今までどおりのやり方を踏襲するのではなく、官界の方々や学界などの研究者はもちろん、業界の橋梁技術者も、ここらで一度だけ手を休め、わが国の橋梁業界の未来の姿をどのようにすべきか、一致協力して真剣に考えてみる必要があるのではないだろうか?

参考文献

- 1) 日本鋼構造協会: 国際標準化機構(ISO)の概要, 1994年2月.
- 2) 堀川浩甫: IIW/ISO/CENの三つ巴関係と日本の対応, 溶接技術, Vol.39, No.1, pp.134~138, 1993年1

月.

- 3) BSI・BS 5400 3編: 鋼橋の設計指針(1982年4月), (社)建設コンサルタンツ協会・近畿支部, 長大鋼橋研究委員会訳, 資料515-42, 昭和59年3月.
- 4) DIN 18800第2部: 鋼構造物の安定基準(1980年12月, 草案), (社)建設コンサルタンツ協会・近畿支部, 長大鋼橋研究委員会訳, 資料515-43, 昭和60年3月.
- 5) Euro-Code No.3: *Design of Steel Structures*, Part 1, General Rules and Rules for Buildings, 1990.
- 6) SIA 161: 鋼構造(1979年), (社)建設コンサルタンツ協会・近畿支部, 長大鋼橋研究委員会, 資料, 515-50, 平成元年8月.
- 7) ISO・International Standard 2394: *General principles on reliability for structures*, 2nd. Ed., Oct. 15, 1986.
- 8) AASHTO: *Load and Resistance Factor Design Specification for Steel Bridges*, 1991.
- 9) AASHTO: *Draft LRFD Bridge Design Specification and Commentary*, March 1993.
- 10) Ontario Ministry of Transport and Communications: *Ontario Highway Bridge Design Code*, 1983.
- 11) 日本道路協会: 道路橋示方書・同解説, I. 共通編, およびII. 鋼橋編, 丸善, 平成6年2月.
- 12) 鋼・コンクリート共通構造設計基準小委員会: 鋼構造とコンクリート構造の限界状態設計法に関する共通の原則, 土木学会論文集, No.450/I-20, pp.13~20, 1992年7月.
- 13) 土木学会編: 座屈設計ガイドライン, 土木学会, 鋼構造シリーズ2, 昭和62年10月.
- 14) 土木学会編: 鋼構造物の終局強度と設計, 鋼構造シリーズ6, 平成6年7月.
- 15) 土木学会編: 鋼構造設計指針, 土木学会, 鋼構造シリーズ3, Part A~B, 昭和62年11月.
- 16) 堀川浩甫: ISO/DIS 3834, 溶接の品質システムとこれを巡るISO規格の体系, 土木学会, 鋼構造委員会資料, 平成5年4月.
- 17) 國廣昌史・小椋雅治: ネパール王国カルナリ川橋—アジアハイウェイに架かる橋—, 土木学会誌, Vol.79, No.8, pp.22~25, 1994年8月.
- 18) 駒田敬一: 海峡横断道路—FSから事業化に向けて, 日本橋梁建設協会, 近畿地区, 第5回鋼橋技術講習会資料, 平成5年2月.
- 19) 写真-1: 川崎重工業(株)提供.
- 20) 写真-2: 三井造船(株)提供.