

◆特集：道路関係技術基準の最近の動向◆

道路橋技術基準の現状と今後の改訂への取り組み

玉越隆史* 村越 潤** 渡辺博志*** 中谷昌一**** 運上茂樹*****

1. はじめに

道路橋の設計および施工に関する技術基準としては、国土交通省道路局長・都市整備局長通達「橋、高架の道路等の技術基準」があり、この通達は、一般には道路橋示方書と呼ばれている。図-1に、道路橋示方書の位置づけを示す。道路橋に関する基準としては、道路法（法律）、道路構造令（政令）、道路構造令施行規則（省令）が定められており、道路橋示方書は省令に準じたものとして運用されている。

道路橋示方書は、以下のような特徴を有している。

- ・道路橋の性能（機能）は、すなわち道路網の性能（機能）そのものであり、基準を満足することにより全国的に一定水準が保たれる必要がある。
- ・設計において支配的となる外力条件（地震の規模、自動車荷重など）の理論的な設定が困難であり、行政目的からの与条件を付す必要がある。
- ・安全性・供用性・使用性などに対する国の保証水準の性格を帯びている。

本稿では、道路橋技術基準の現状と今後を理解していただくため、技術基準の中で中心的な役割

を果たしている道路橋示方書に関して、これまでの改訂経緯を述べた上で、次期示方書改訂の方向性、およびそれに関連して国土技術政策総合研究所（国総研）と、土木研究所（土研）で実施中の技術開発課題について述べる。

2. 道路橋示方書の改訂経緯

図-2は、道路橋示方書の変遷の概略を示したものである。我が国の道路橋に関する技術基準は、明治19年に制定された、「国道の築造標準」が最初であり、この中で設計活荷重が規定された。

以降、自動車交通の発展や橋梁技術の進歩等に対応して逐次技術基準が整備されてきた。これらの基準は道路の構造基準の一部であったが、昭和14年に「鋼道路橋設計示方書案」が道路橋単独の技術基準として初めて定められ、以降、橋梁構造別や部材別の基準が順次整備、改訂されてきた。

昭和47年から55年にかけて、これらの基準がとりまとめられ、「Ⅰ共通編」「Ⅱ鋼橋編」「Ⅲコンクリート橋編」「Ⅳ下部構造編」「Ⅴ耐震設計編」からなる現在の構成となっている。

その後、平成2年には、それまでの技術的知見の蓄積を反映するため、平成6年には道路構造令の改正に伴う設計活荷重の見直し等のため、平成8年には兵庫県南部地震を契機とする耐震設計の強化などのため、それぞれ改訂が重ねられている。

最近では、平成14年に、性能規定型の技術基準

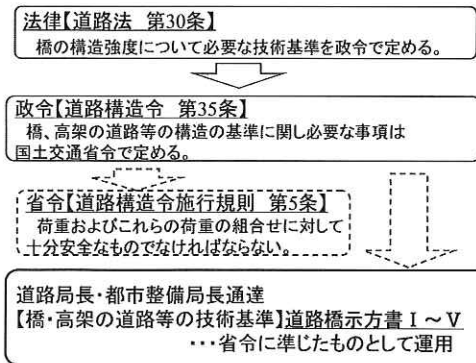


図-1 道路橋示方書の位置づけ

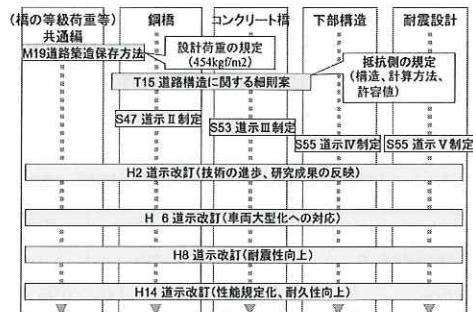


図-2 道路橋技術基準の変遷

Present Situation and Problems to be Solved of Design Specifications of Highway Bridges

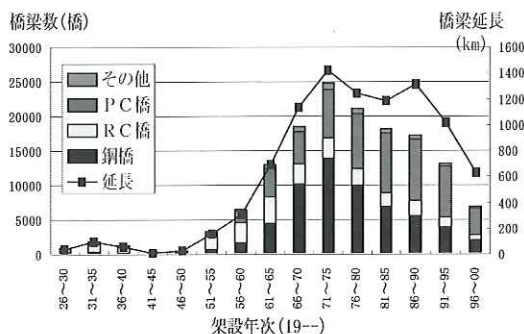


図-3 架設年次別道路橋建設数

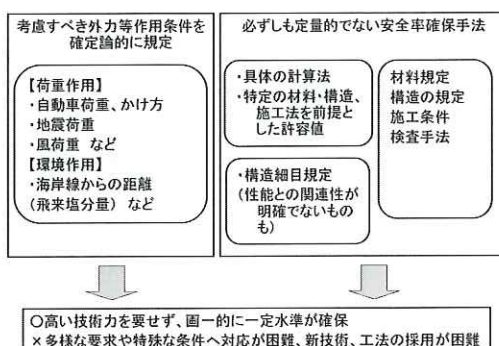


図-4 従来の道路橋示方書の性格

を目指して書式を変更すること、耐久性に係わる規定を充実させることを基本とした改訂がなされ、現在に至っている。

3. 道路橋示方書改訂の今後の方向性

3.1 これまでの道路橋示方書の課題

我が国のこれまでの道路橋の整備・管理のシステムのなかで、道路橋の技術基準は、戦後の急激なモータリゼーションの進展に対応すべく、大量にかつ効率的に一定の水準の性能と品質を満足する橋を生産するという時代の要請に適応したものと、戦後のほぼゼロに等しい整備状況の下から効果的に機能し、多くの成果を上げてきた。図-3は、架設年次毎の道路橋の建設数を示したものである。1960～70年代の高度経済成長期に建設のピークを迎えている。

すなわち、基準においては、道路橋に要求される安全性等の性能について画一的ながら高度な判断や技術力を要することなく確実に一定レベル以上のものが実現されやすいよう、要求される性能そのものを直接的に規定するよりも、むしろ性能が満足される「仕様」を定める側面が強くなってきた。

図-4は、従来の道路橋示方書の性格を模式的に表現したものである。例えば、設計時に考慮すべき外力等の作用条件についてはその多くがどのような頻度で生じることを想定して定めたものであるかについては明確でなく、確定論的な規定がなされている。また、それらの外力等の作用条件に対してとられる安全率についても、構造物やその構成要素に許容される応答値の閾値やその算出に用いることのできる計算式、とられるべき構造細目が規定されており、どのような信頼性で橋としての安全率がどの程度で確保されることになる

のかについては必ずしも明示されていない。

このような「仕様規定型」の基準では、仕様を忠実に実現することで比較的容易に一定水準以上の性能を得ることができ、基準との整合性の確認も容易であるが、その一方で、多様化する橋に対する性能や機能に対するニーズや、特殊条件への対応が困難であり、新しい技術や工法に対しても基準の要求との整合性の検証が困難なことからその導入の障害となるばかりか、新しい技術開発が促進されにくいという問題が指摘されてきた。

3.2 前回改訂の概要

以上のような背景に加えて、近年、厳しい財政事情、少子高齢化社会への備えなどからは道路橋資産の形成におけるライフサイクルコストの縮減が、国際社会のボーダレス化にともない国際的に透明性・説明性のある基準類の整備が求められてきた。そこで平成14年の道路橋示方書の改訂では(通達は平成13年12月)は、以下を改訂の基本方針に掲げて検討が行われた。

- ①技術基準類は性能に着目して定めるという国際的な潮流への対応
 - ②多様化する要求に応えるための新しい発想への柔軟な対応
 - ③ライフサイクルコストの縮減・維持管理の軽減
- そしてこれらの要求を満たす基準として「性能規定型の技術基準」への転換が目標とされたが、前回の改訂では、性能規定型の基準に対する理解を速やかに浸透させ意識改革を図る目的から、性能規定化への第一段階として、これまでの規定から要求事項を抽出してそれを規定する一方、従来規定されてきた構造細目や照査式などの多くを要求を満足できる一解法(みなし適合仕様)と位置づけて規定するスタイルをとって改訂した。これにより示方書は、「この方法でなければならない」

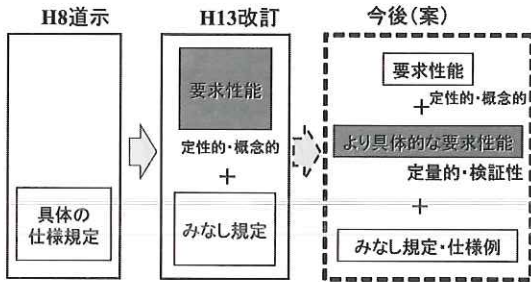


図-5 道路橋示方書における性能規定化

から、「この方法でもよい」へと、その性格が180度変わる一方、特別の検証なしに要求が満足できる「みなし適合仕様」として多くは現行規定をそのまま踏襲しており、実務上の過大な混乱を回避している。

図-5に、道路橋示方書における性能規定化の概念を示す。

3.3 次期改訂の方向性（案）

道路橋示方書の次期改訂の方向性については、現在議論されているところであり、確定したものではないが、性能規定化の完成に向けて、概ね以下のような方向性が提案されている。

①要求性能の明確化

前述の通り、平成14年の改訂では、従前の規定から要求事項を抽出した形にしているため、各個別設計項目の要求性能の多くは定性的に表現されているにとどまっている。今後は、設計の目標となる要求性能はできるだけ具体的に検証可能な定量的な表現で規定することが重要であり、それを達成する手段についてもできるだけ階層化・重層化して任意のレベルで自由に設計あるいは照査できるようにすることが必要と考えられる。

図-6に、「橋の性能」と性能規定の関係の概念を示す。

現在、国総研の道路構造物管理研究室では、橋に求められる性能について、道路ネットワークにおける橋の機能的位置づけなどの「前提とする橋の条件」、頻度や大きさの異なる様々な外力とその組合せとして表現される「想定する橋のおかれる条件」、健全性や復旧の可否あるいは容易さなどの「性能として設定する橋の状態」、それらを組み合わせ設定する「橋に対する要求性能」およびそれが満足されることの信頼性の表現である「安全率」いった極めて基本的な基準の構成要素について一から整理を行い、次期示方書の骨格に

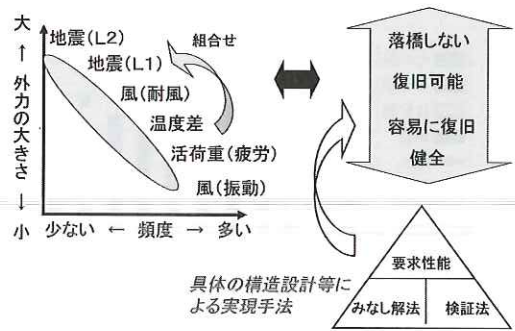


図-6 「橋の性能」と性能規定の関係

ついて検討をすすめているところである。

②部分安全係数、設計供用期間の導入

現在の道路橋示方書は、許容応力度設計法をベースにしている。この設計法は、簡便かつ過去の実績が多いといった利点がある反面、様々な不確定要因が一つの安全率に集約されていることが不合理となる場合もある。今後、性能規定化を進め、説明性向上を図る上では、部分安全係数設計法の導入を検討する必要がある。また、現在、橋の設計供用期間については基準上明確でないが、より性能を明示的に規定するためには設計供用期間についても基準で明確にすることが必要であると考えている。

③みなし仕様（検証方法）の充実

現時点では、耐久性に関する事項など、直接的に照査を行うことが技術的に困難であり、間接的な規定でしか対応できない事項も数多く存在する。また、実務の合理化の観点からも、検証が容易なみなし適合仕様の充実は重要である。したがって、国総研や土研など関連各機関での最新の技術開発動向を踏まえて、みなし仕様や検証方法の充実を図る予定である。

上記を端的にまとめると、次期改訂の基本的方向性は、「性能が満足されることを合理的に説明できる性能規定化」と表現することができる。

4. 改訂に向けた調査研究・技術開発の動向

これまで道路橋示方書の改訂は、国総研および土研の研究成果がタイムリーに反映されることにより行われてきた。例えば、平成14年の改訂では、耐久性確保を改訂の柱の一つと位置づけ、鋼橋では、疲労設計が導入され、また、コンクリート橋の塩害に対しては、従来からの「道路橋の塩害対策指針（案）」の規定を見直しつつ、塩害に

関する規定がとりこまれたが、これらは、国総研および土研において損傷の実態に則し、かつ合理的な検証方法について調査研究を行った成果が反映されたものである。

現在も、国総研および土研の橋梁関係の各室・チームにおいて、道路橋示方書をはじめとする技術基準類の性能規定化を支援するため、各種調査研究および技術開発が実施されている。本稿ではその一部を紹介する。

4.1 国総研における取り組み

4.1.1 性能規定化のあり方に関する基礎的検討

国総研においては、道路構造物管理研究室を中心に、性能規定化に基づく基準の体系化および具体的な要求性能の提案に向けた研究を実施している。また、基準類の法的位置づけ、関連する社会システム、性能規定化に対応した表現方法についても検討中である。

4.1.2 道路橋の設計活荷重に関する検討

道路橋示方書における部分安全係数設計法への移行を念頭に、実際の交通荷重や部材応答などの特性の分析を行っている。図-7は、国総研が開発した車両重量計測システム（WIM）の概念を示したものであるが、このように新しい計測技術を活用して最新の活荷重実態のデータを収集し、これらをもとに合理的な活荷重規定を検討していく予定である。

4.1.3 道路橋の新技術評価に関する検討

設計基準が性能規定化されることにより、道路橋の構造、材料、施工面からコスト縮減を目指して、現行の基準類の適用範囲を超えるような新技術の開発が進んでいくことが予想される。そのため、従来の橋梁と同等の性能を有することを適切な方法で照査できる設計手法およびその評価方法が求められている。

このような背景を踏まえ、コスト縮減効果が高い代表的な技術に関するガイドラインをとりまとめるために、各技術の評価項目と評価手法の検討を行っている。

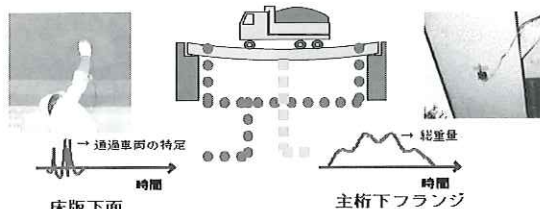


図-7 車両重量計測システム（WIM）概念図

4.1.4 鋼部材の疲労設計手法に関する調査

鋼部材の疲労に関しては、前述のように、平成14年の改訂で疲労設計が義務づけられ、具体的設計手法の例として、「鋼道路橋の設計指針」が示されている。しかしながら現在のところ、一部の代表的な構造形式以外の橋梁や応力状態が複雑な構造部位に対する疲労照査方法としては、適用性が十分ではないという問題を有している。

こうした問題に対応するため、鋼製橋脚の隅角部や鋼床版のような、応力の評価に基づく疲労照査が困難でかつ緊急度の高い課題に対しては、損傷事例の調査を行うとともに、鋼部材の構造詳細の構造最適化に適した解析手法に関する検討を実施している。また、トラス構造やアーチ構造のような鈎げた以外の構造形式の橋梁に対しても、モデル化の違いにより生じる、解析上の応力状態と実応力状態との相違を分析し、これらに対する疲労耐久性照査手法の開発をすすめている。

4.1.5 コンクリート部材の塩害対策に関する調査

平成14年の道路橋示方書の改訂において、塩害環境が特に厳しい地域では、かぶりを増加する対策に加え、別途、対策を講じることとされた。これを受けて、塗装鉄筋、コンクリート塗装、電気防食工法などの様々な塩害対策技術が開発されているが、これらの技術が本来要求されるべき性能を有することを評価、検証する手法の整備が課題となっている。

現在、塗装鉄筋を対象に、製作、施工、供用の過程における作用や外力に対して要求される性能の抽出とその評価方法の整理を行っており、従来明確でなかった塗装鉄筋の塗膜の疲労耐久性については必要な性能水準と評価方法について明らかにすべく模型供試体を用いた疲労試験を行った。（写真-1）

4.1.6 コンクリート床版の耐久性設計法に関する研究

コンクリート床版の疲労に対しては、過去の損傷に対する反省から、床版の最小厚さを制限するなどの経験的な規定がなされている他、輪荷重走行試験結果から耐久性がある程度明確になっている床版との相対比較により耐久性評価が行われている。しかし、疲労耐久性を絶対的に評価する手法が未確立であるため、床版に要求される耐久性に対して、柔軟に合理的な照査を行うことが困難な状況にある。

この課題に対応すべく、床版の損傷メカニズム

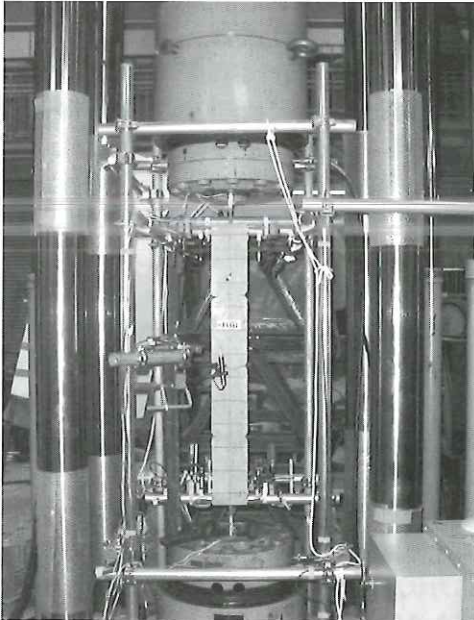


写真-1 塗装鉄筋の疲労載荷試験

を考慮した耐久性の評価、疲労損傷現象の説明に適した解析手法と説明指標に関して調査を行うため、過去に土研で実施した輪荷重走行試験結果と対比しながら、床版モデルを用いた解析的検討を実施している。

4.2 土木研究所における取り組み

土研の橋梁関係チームにおいては、本省、国総研等と連携して、部分安全係数法を含む道路橋の性能検証方法の開発を実施している。また、高強度材料を用いた構造、新形式基礎構造、免震構造設計法の提案を行うとともに、今後、設計法の検証を実施することを予定している。以下、具体的な事例をいくつか紹介する。

4.2.1 鋼材溶接部の非破壊検査法に関する研究

鋼道路橋において、溶接部の品質確保は疲労耐久性等の所要の性能を確保する上で重要である。溶接内部の品質確認は製作後の非破壊検査によって行っているが、近年、使用事例が増えている厚板の溶接部に対して適用可能な、信頼性の高い非破壊検査法が求められている。

図-8に超音波探傷法のイメージを示すが、構造が複雑で検査が難しい鋼製橋脚隅角部を主な対象として、一般的な探傷法からフェイズドアレイ法等の新技术まで含めて、性能確認試験を行うとともに、検出性能に優れた探傷法の検討を進めて

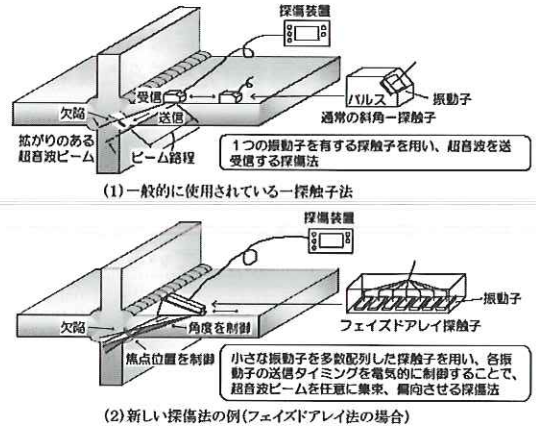


図-8 鋼橋溶接部の超音波探傷のイメージ

いる。

4.2.2 高強度材料を用いた橋脚の耐震設計法に関する調査

平成14年の改訂による性能照査型設計法への移行に伴い、構造合理化や建設コスト削減を目的として、高強度材料を採用する事例が増えつつある(図-9)。しかし、これらの材料を下部構造に用いた橋梁の地震時の耐力・変形特性に関しては、標準的な評価法が確立されていないことから、正負交番載荷実験や解析により、これらの材料を用いた耐震設計法の開発を行っている。

4.2.3 すべり系支承を用いた地震力遮断機構を有する橋梁の免震設計法の開発

従来のゴム系の免震支承を用いた免震設計の適用範囲を拡大するとともに、従来の免震設計よりもさらに地震力の遮断を図りコスト削減と耐震性の向上の両立を可能とする免震技術の開発を行うため、すべり系支承を用いた地震力遮断機構を有する免震橋梁の設計モデルと性能照査法の開発を

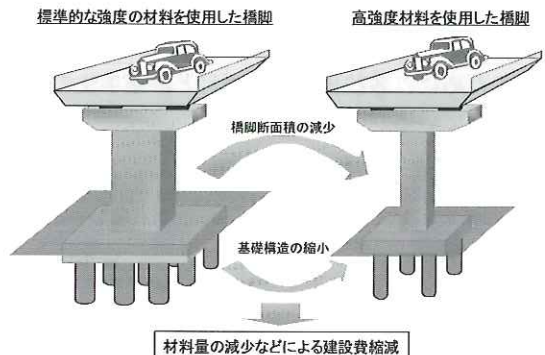


図-9 高強度材料を用いた橋梁下部工のイメージ

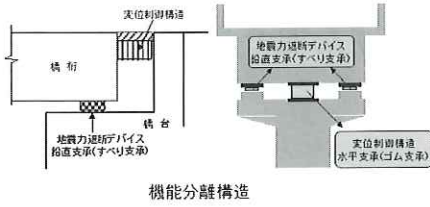


図-10 すべり系支承を用いた地震力遮断機構を有する免震構造



図-11 インテグラルアバットの概念図

行っている(図-10)。本研究は、支承メーカー及び設計コンサルタンツの民間8社と共同研究で実施しており、大型振動台を用いた検証実験を行い、今後設計ガイドラインの提案を行う予定である。

4.2.4 インテグラルアバットに関する検討

図-11には、伸縮装置・支承をなくすことでコスト削減を図ったインテグラルアバットの概念図を示す。橋台部の損傷は、伸縮装置・支承部で大半が発生しているため、維持管理を軽減するうえでも橋台部のノージョイント化が有効である。一方、インテグラルアバットの適用範囲、技術的な留意点が不明確であるため導入が躊躇されているため、インテグラルアバットの事例調査・分析と適用範囲、技術的な留意点、構造詳細の検討をおこない、技術基準に反映させる予定である。

5. おわりに

本稿では、道路橋示方書のこれまでの改訂経緯、次期示方書改訂の方向性と、それに対応して国総研と土研で実施中あるいは予定している技術開発課題について述べた。

なお、道路橋示方書の具体的な改訂方針と改訂内容については、現在、日本道路協会の橋梁委員会で議論しているところであり、本稿で記載した内容は確定したものでないことをお断りしておく。

参考文献

- 1) (社)日本道路協会：道路橋示方書・同解説，2002.3
- 2) (社)日本道路協会橋梁委員会：次期「道路橋示方書改訂の方針」：「用・強・美」に優れた橋の創造と保全、橋梁と基礎，2004.11
- 3) 中谷昌一、道路橋示方書の改訂：2002国総研アニュアルレポート，2002.3
- 4) 中谷昌一他、鋼橋の疲労設計及びコンクリート橋の塩害対策に関する基準化：2003国総研アニュアルレポート，2003.3

玉越隆史*



国土交通省国土技術政策総合研究所道路研究部道路構造物管理研究室室長
Takashi TAMAKOSHI

村越 潤**



独立行政法人土木研究所構造物研究グループ橋梁構造チーム首席研究員
Jun MURAKOSHI

渡辺博志***



独立行政法人土木研究所技術推進本部構造物マネジメント技術チーム首席研究員
Hiroshi WATANABE

中谷昌一****



独立行政法人土木研究所構造物研究グループ基礎チーム首席研究員
Syouichi NAKATANI

運上茂樹*****



独立行政法人土木研究所耐震研究グループ耐震チーム首席研究員
Shigeki UNJOH