

道路橋示方書(鋼橋編)の改訂概要

The Outline of Revision of Design Specifications for Highway Bridges (II:Steel Bridges)

中谷 昌一*

Shoichi NAKATANI

ABSTRACT This Paper presents the outline of Design Specifications for Highway Bridges, especially steel bridges, which were revised in December 27, 2001. The main points of revision are introduction of performance based design and improvement of durability.

KEYWORDS: 道路橋示方書, 鋼道路橋, 性能規定, 耐久性
Design Specifications for Highway Bridges,
Steel highway bridges, Performance based design, Durability

1. はじめに

道路橋の設計基準である、「橋、高架の道路等の技術基準(以下「道路橋示方書」)」が改訂され、平成13年12月27日に国土交通省より通達された。今回は、阪神淡路大震災を契機として耐震設計に関する事項を中心に見直しが行われた平成8年以来の改訂であり、「性能規定化への転換」と「耐久性の向上」を基本方針として全編にわたって規定が見直された。本稿では、道路橋示方書の改訂の概要と今後の課題について鋼橋編を中心に紹介する。

2. 鋼道路橋に関する技術基準の変遷

我が国の鋼道路橋に関する基準の来歴は表-1のとおりである。

道路橋示方書Ⅱ鋼橋編は、「橋、高架の道路等の技術基準」として昭和47年に建設省より通達された。これは、昭和39年の「鋼道路橋設計示方書」、「鋼道路橋製作示方書」、「溶接鋼道路橋示方書」、昭和40年の「鋼道路橋の合成ゲタ設計施工指針」、昭和41年の「鋼道路橋高力ボルト摩擦接合設計施工指針」及び昭和42、43年の「溶接鋼道路橋示方書追補」が改訂統合されたものであり、道路橋示方書の体系化の一環としてとりまとめられたものであった。

その後最近では、平成5年に車両の大型化への対応や耐久性の向上等を図るために活荷重関連規定を中心とした改訂が行われ、平成8年には兵庫県南部地震による被害を踏まえて耐震設計に関連する規定を中心とした改訂が行われた。

3. 我が国の道路橋に関する基準体系

道路橋示方書は、道路構造令第35条(橋、高架の道路等)の規定を受けて、都市・地域整備局長、道路局長より通達されている「橋、高架の道路等の技術基準」の主要な部分である。

*工修 国土技術政策総合研究所 道路研究部橋梁研究室長(〒305-0804 茨城県つくば市旭1番地)

図-1に道路橋の設計に関する基準の階層関係、法的関係を示す。

道路を新設または改築する場合における道路の構造の一般的技術基準としての道路構造令は、道路法30条により政令で定めることと規定されている。また、同じく30条の第2項において橋等の工作物はその構造強度について必要な技術基準を政令に定めることができると規定され、道路構造令第35条でこれを受けて、橋、高架の道路等の設計自動車荷重を規定し、さらに橋、高架の道路等の構造規準に関して必要な事項は省令で定めるとしている。

道路橋示方書は現在のところ省令とはなっていないが、省令に準じたものとして運用されている。なお、「道路橋示方書」は「橋、高架の道路等の技術基準」の略称であり、道路橋示方書Ⅰ共通編、Ⅱ鋼橋編、Ⅲコンクリート橋編、Ⅳ下部構造編、Ⅴ耐震設計編として集大成されている。

以上のように、道路橋の設計、施工に関する基本的事項は道路構造令に、その他の事項は技術基準としての道路橋示方書により実施されているものであるが、さらに道路橋示方書を補完する技術基準として「指針」がある。指針は、道路橋の設計、施工等に関する事項で、当該事項の日進月歩が予想されるため、または理論が未だ確立していないため、画一的な遵守事項とすることが不適当であるが、現段階ではそれによることが最も適当であると考えられる事項をとりまとめたものである。

表-1 鋼橋上部構造の設計基準の主な変遷

	年	示方書	内容
1	S14 (1939)	・鋼道路橋設計示方書案 ・鋼道路橋製作示方書案	支間120m以下 リベット接合
2	S15 (1940)	・電弧熔接道路橋設計及 製作示方書案	SS41
3	S31 (1956)	・鋼道路橋設計示方書 ・鋼道路橋製作示方書	TL-20 (一等橋、TL-14 (二等橋) 床版の活荷重曲げモーメント式
4	S32 (1957)	・溶接鋼道路橋示方書	SS41、SM41
5	S34 (1960)	・鋼道路橋の合成桁設計 施工指針	鋼単純合成桁 ずれ止め
6	S39 (1964)	・鋼道路橋設計示方書 ・鋼道路橋製作示方書	支間長150mに拡大 50kg鋼規定 衝突荷重が新たに規定
7	S39 (1964)	・溶接鋼道路橋示方書	鋼床版構造を規定 現場溶接の許容応力度 (工場の90%)
8	S40 (1965)	・鋼道路橋の合成ゲタ設計 施工指針	スタッドやプレストレス合成桁
9	S41 (1966)	・鋼道路橋高力ボルト摩擦 接合設計施工指針	F9T、F11T 継手の設計、施工、検査を規定
10	S47 (1972)	・道路橋示方書 Ⅱ鋼橋編	支間長200m以下 アーチ、ケーブル、鋼管構造、ラーメン構造を新設 耐候性鋼材・高力ボルト (F8T, F10T, F11T) TT-43 (特定路線のトレーラ荷重) 床版関係を大幅に改定整備
11	S55 (1980)	・道路橋示方書 Ⅱ鋼橋編	SM58材の許容応力度改定 板と補剛板の局部座屈の考慮
12	H2 (1990)	・道路橋示方書 Ⅱ鋼橋編	RC床版厚の改定 (k1, k2) 斜張橋ケーブル安全率 (3.5→2.5) 現場溶接部の検査と許容応力度の関係定義
13	H6 (1994)	・道路橋示方書 Ⅱ鋼橋編	B, A荷重 (自動車荷重25tf) RC床版厚の規定を改定
14	H8 (1996)	・道路橋示方書 Ⅱ鋼橋編	適用板厚 (50mm→100mm) 溶接時の余熱温度判定法をC ₆₀ →P ₆₀ に改訂 高力ボルトの耐力点法締め付けを規定

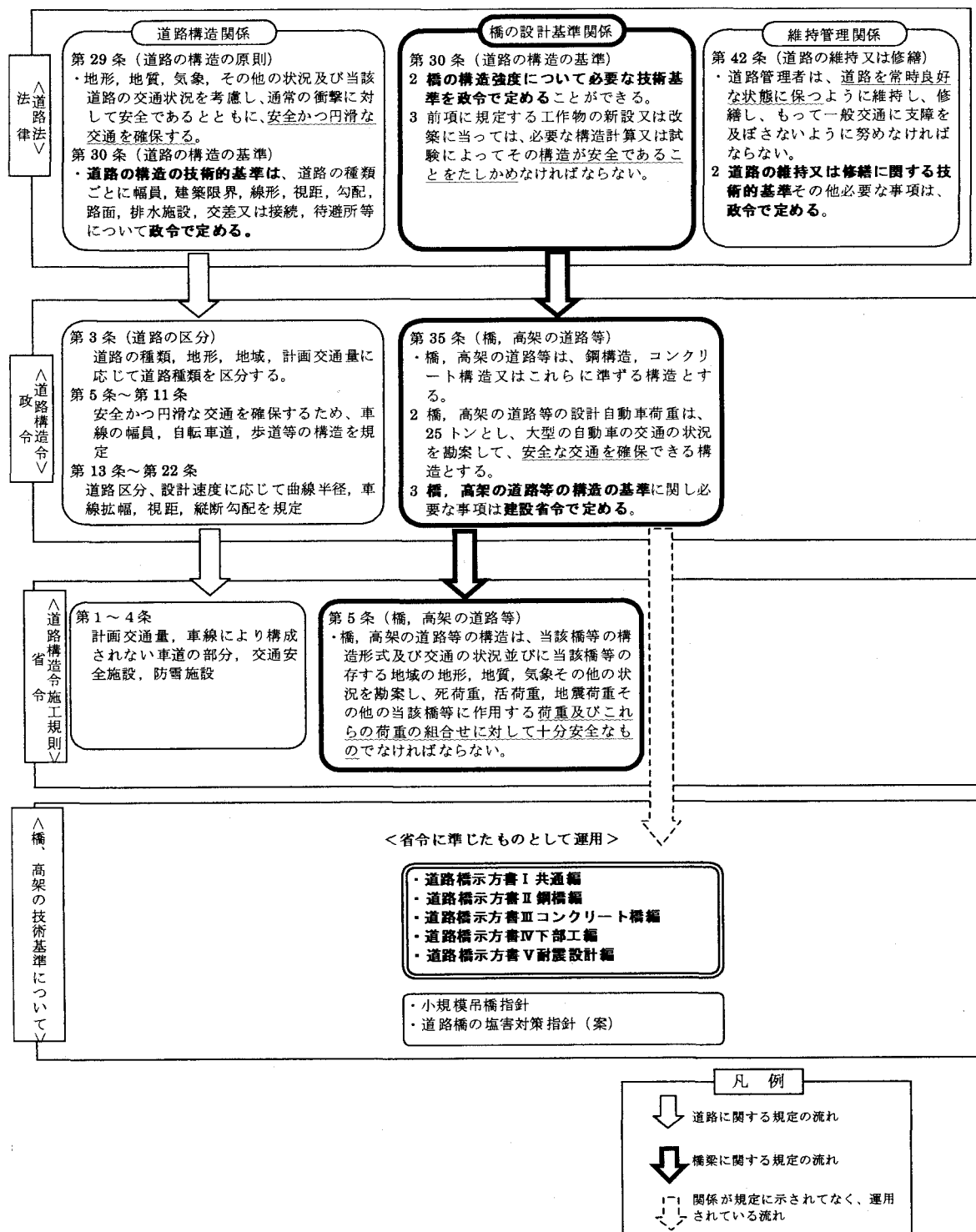


図-1 道路橋の設計基準に関する法体系

4. 改訂の基本方針

今回の改訂にあたっては、以下のような道路橋示方書を取りまく状況を踏まえ、性能規定的な基準への転換と、より耐久性向上に資するように規定を充実することを改訂の基本方針とした。

①国際化への対応

ISOに代表される技術基準の国際統一化の動きの中で、技術基準は性能に着目した記述へと変更されつつある。また、仕様規定的な技術基準は、それが実現しようとする機能や性能が不明確で、

代替案の是非の判断が困難だけでなく、国際的には基準としての透明性に欠けるとの問題点が指摘されている。¹⁾

②多様化への対応

技術の進展や価値観の多様化を背景に、橋などの土木構造物の設計においても、コスト面のみならず、構造形式、造形、景観、環境との調和等の様々な要求への対応が求められつつあり、契約方式も性能発注方式やVE方式などの新しい形態によるものが増えつつある。このとき具体の設計のよりどころとなる技術基準が仕様規定的なものであると、自由な発想による新技術の開発やその導入の妨げともなりかねず、より柔軟な対応が可能でさらには技術開発の促進が図られるような基準が待望された。

③コスト縮減、維持管理の軽減

我が国の道路橋ストックは、既に約14万橋（橋長15m以上）²⁾という膨大な量となっており、とくに高度成長期に集中的な投資が行われていることから今後それらの老朽化に伴う維持管理負担の急激な増大が懸念され、³⁾ 今後必要な道路網の整備のために建設される橋梁に対しては一層のコスト縮減と耐久性向上を図ることが不可欠となっている。一方、従来の道路橋示方書では耐久性について、必ずしも陽な形で規定されておらず、より具体的に耐久性向上につながるような規定が行われることが必要とされた。

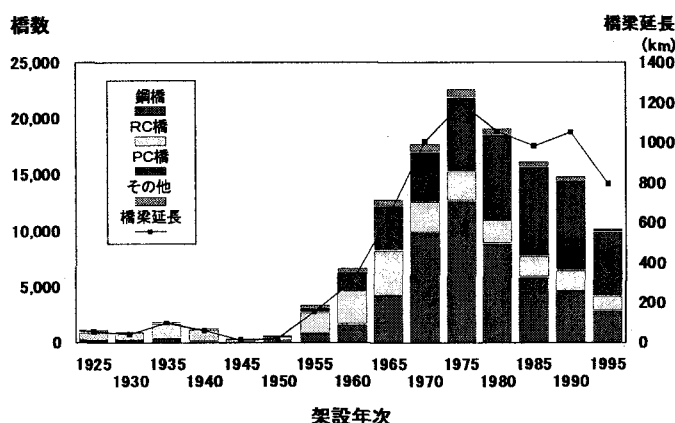


図-2 日本の道路橋の架設年次と延長の推移

これらの状況を踏まえ、今回の改訂では、より性能規定的な基準への転換と、より耐久性向上に資するように規定を充実することが目標とされた。

5. 性能規定的な基準への転換

性能規定の概念は一般に図-3のように表されるが⁴⁾、具体の橋梁設計においては照査される設計項目（性能）が内容的にも複雑な重層構造となるため、どの水準の性能をどのように定義し、規定するのかについては様々な方法が考えられる。

例えば、想定する極限状態に対して所定の機能が発揮できる状態にあること（性能）を照査することで性能規定ということもでき、限界状態設計法による設計基準が性能規定型といわれるのはこの考え方による。このとき、構造物の性能が極限状態と結びついて定義されていることは、必ずしも個々の照査法など設計自体に自由度が与えられることとは異なる次元であり、構造細目や個々の照査式に自由度がないまま限界状態設計法の体系とすることもありうる。

一方、設計にあたって用いられる構造細目や個々の照査式等について、それによることが何を目的としているのかを明確にして、その達成を要求する一方で、具体の構造細目や照査式などの解決策には自由度を与えていくというのも性能規定化の一つの姿と考えられる。この場合も前者と逆にそれら

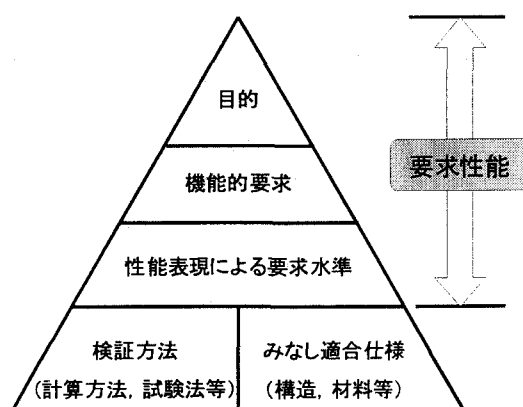


図-3 性能規定の概念

の積み重ねとして橋全体の性能をどのように規定し要求するのかという問題が別の次元で存在しており、これらの組み合わせとして性能規定化の実現には様々なアプローチが考えられる。

今回の改訂では、性能規定の円滑な浸透と、速やかに意識改革が図られることを目標として、次のような方法によって性能規定化を行うこととした。

すなわち従来の道路橋示方書の構成や設計の項目は踏襲したまま、各項の規定が要求している事項（性能）を抽出して規定化する一方、従来規定されていた構造細目や個別の照査式の多くは特別な検証を要することなく要求を満足できる一解法（みなし適合仕様）として規定した。

さらに、橋の設計全体に対する要求は、基本理念として掲げるものの、基本的には許容応力度設計法の体系を踏襲し、橋の全体的な性能が従来の道路橋示方書によった場合と同等以上に確保されるよう配慮している。したがって、自動車荷重や材料の基本的な許容応力度などに自由度を与えないものがあるが、それら例外を除く他のほとんどの設計項目については項目毎に所定の要求さえ満足されれば従来の方法によらず多様な解法がとりうるようになった。

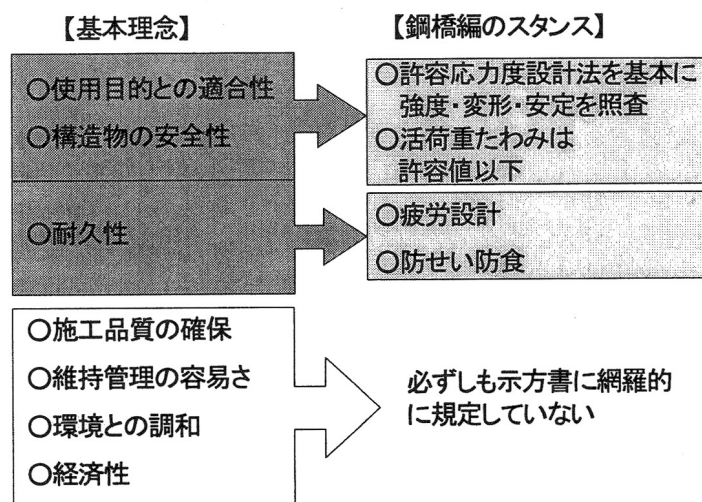


図-4 設計の基本理念と示方書の対応

6. 耐久性の向上

改訂のもう一つの柱である耐久性に関する規定については、例えば、コンクリートに対しては近年海岸地区などの環境条件が厳しい箇所では被害が顕在化している塩害について最新の研究動向も反映して従来の指針などと比べて一部対策強化となる規定化が行われた。また、鋼橋については鋼床版や軌道を設ける場合などの特別な場合を除いて一般に自動車荷重に対する疲労の影響は考慮しなくてよいとされてきたが、厳しい交通実態や近年の疲労損傷の実態等も踏まえて、その影響を考慮することを義務づけた。

7. 鋼橋編の主な改定内容

鋼橋編の主な改訂点は以下のとおりである。

- ①耐久性向上を図るため疲労の影響を考慮することを義務化。
- ②鋼橋の製作技術の進歩を踏まえて、溶接構造用耐候性鋼の標準的な板厚の上限を100mmに拡大。
- ③採用が増えつつある高力ボルト引張接合継手及びプレストレストコンクリート床版について新たに規定。
- ④鋼材の厚板化を踏まえ、超音波探傷試験による内部きず検査の規定を充実。
- ⑤耐久性向上の観点から、鋼床版の施工に関する規定を充実。
- ⑥架設完了後に対する精度を規定。

以下に改訂項目のうちのいくつかについて紹介する。

(1) 疲労の影響の考慮

従来、道路橋の設計においては、個々の車両の通行による発生応力が小さく、またL荷重に相当する活荷重の載荷頻度は小さいと考えられたこと等から鋼床版や軌道が併設される場合等を除いて一般には疲労の影響を考慮しなくてもよいとしてきた。しかし、近年、主げた部材や鋼製橋脚等、

様々な部材、部位で疲労き裂の発生が報告されており、厳しい重交通の実態等からも将来の疲労被害の増大が懸念されるため、疲労の影響を考慮することとした。

疲労設計の基本は、部材に生じる応力変動を適切に評価し、必要な耐久性が確保できることを照査することであるが、鋼床版や床組部材のように二次応力の割合が大きいなどで通常行われる設計計算では疲労設計で考慮すべき自動車荷重の通行による発生応力を必ずしも厳密に評価しないか、評価が難しい場合があること等も考慮し、今回の改訂では具体的設計法までは規定せず、別途に参考資料として「鋼道路橋の疲労設計指針」を用意し、疲労強度等級や応力度に基づく疲労照査の方法の例を構造細目等とともに示すこととした。逆に、従来道路橋示方書に規定していた、鋼床版の縦リブに対するT荷重一組載荷時の許容応力度とそれによる照査法に関する規定を削除するなどの見直しを行っている。「鋼道路橋の疲労設計指針」に示される疲労設計のフローを図-5に示す。

疲労設計の導入によって、今後より合理的に継手や構造細部の設計が行われると考えられるが、疲労耐久性の向上については、疲労強度が著しく低い継手や構造ならびに過去に疲労損傷が報告されている構造の採用を避け、逆にできるだけ疲労耐久性に優れる継手や構造を採用することが大原則であり、これらの対応によって必要な疲労耐久性が確保できることも多い。また荷重伝達機構が同じ継手でも、その形状や仕上げの有無などのわずかな違いが疲労強度に大きく影響を及ぼすため、設計にあたっては、疲労耐久性の観点から具体的にどのような継手形式を用い、どのような仕上げを要求するのかを明確にするとともに、設計での意図を製作・架設まで正確に伝達し、設計の前提として継手部に要求した品質が最終的に確保できるようにすることが重要である。

一方、過去の疲労損傷の事例によると、構造上良好な溶接施工が困難であるか、溶接部の品質確保に十分な配慮がなされなかったことに起因すると思われる劣悪な溶接品質が疲労損傷に結びついているものが存在する。

疲労設計の導入により、疲労に対する正しい知識が日本の道路橋の設計施工の現場に浸透し、溶接部が最終的に良好な品質で施工可能であることを意識した設計がなされるとともに、従来以上に品質確保に注意をはらった施工・検査が行われるようになることの効果は、鋼橋の合理化と耐久性向上に大きく寄与すると考えられる。

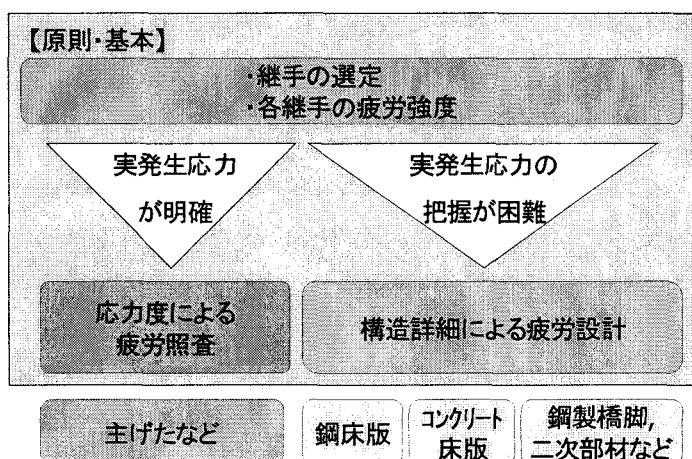


図-5 疲労設計のフロー

(2) 溶接部内部きず検査としての超音波探傷試験

鋼橋において、溶接継手部の品質確保はとくに疲労耐久性確保にとって重要であるが、溶接部内部の品質確認は事後の非破壊検査によるしかないのが現状である。

一方、近年合理化や省力化の観点から少数主げた橋にみられるように板厚が50mmを越えるような厚板の採用事例が増えつつあり、従来主として用いてきた放射線透過試験の適用範囲を超える厚板の溶接部に対する非破壊検査手法の確立が急務とされた。今回の改訂にあたっては超音波探傷試験について検査率や合否判定基準などの規定化が検討されその一部が盛り込まれた。

しかしながら、超音波自動探傷については国土交通省らで破壊試験を伴う膨大な検証実験が行われた結果、その適用範囲や検査に用いるにあたっての留意事項について一定の成果が得られたものの、検査技術者の技量や被験部の溶接品質、機器の状態や組合せ等の様々な条件により検査結果が左右されることが確認されたため、一概に道路橋示方書に規定することは現時点では困難と判断して今後の課題として残された。⁵⁾

(3)架設完了後に対する精度規定

従来の道路橋示方書では、鋼橋の製作・施工に対する精度規定として、「仮組立」を行った場合の参考値が条文に規定される一方で、最終的な架設完了後の精度に対する要求は示されておらず、本来省略も可能な「仮組立」が必須であるかのような誤解を生じたり、実務において、架設完了後に「仮組立精度」が要求されるなどの弊害があることが指摘されていた。

今回の改訂にあたっては、「仮組立」は、あくまで架設完了時に「設計の前提が満足される所定の精度」が実現される

ことを事前に確認するための一手法であることを明確にし、設計の前提が満足されていることを保証するための精度要求として、「部材の精度」と「架設完了後の組立精度」の2つを規定した。

なお、これらはあくまで設計基準として規定したものであり、決して手戻りの回避や円滑な施工等様々な必要から行われる仮組立ての実施の是非を判断したものではない。またこれらの規定は一般的な橋梁について既往の実績や後施工への配慮などを考慮して設定したものであるので、特殊な構造形式に対する管理値や施工方法に応じた架設途中の精度管理等については従来通り個別に検討し適切な管理を行う必要がある。

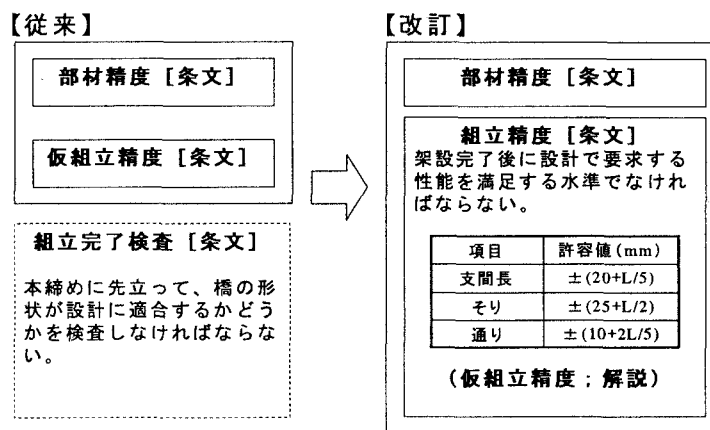


図-6 精度規定の改訂

8. おわりに

鋼橋編を中心に、道路橋示方書の改訂の概要について紹介した。改訂にあたっては従来の示方書の各規定が何を要求しているのかを抽出し分析するなど精力的な検討が行われ、道路橋示方書は性能照査型の基準へと転換されたが、設計の基本は依然許容応力度設計法であり、荷重強度や設計上想定するそれらの組合せあるいは許容応力度の考え方などは従来の規定を踏襲している。

一方、ISOにみられるように、国際的には構造物の設計にあたって統計学的に説明可能な信頼性に基づく手法によってその性能を照査する手法が一般的となりつつあり、さらにこのとき照査すべき構造物の性能を想定するいくつかの限界状態に対する安全性を評価することで検証する手法を採用する例が多い。

許容応力度設計の書式では設計で照査している状態と実現象との対比やそれによって実現する安全性などの構造物の性能が経験的かつ間接的に説明されるのに対して、後者では照査の意味するところがより直接的な表現で示されるという違いがあるだけで、実現する構造物の性能に本質的な差異を生じる理由にはならないが、担保される構造物の性能がよりわかりやすい形で説明されるという点からは後者の方が性能照査型といえ、国際的にも受け入れられやすいものと考えられる。

今後、道路橋示方書をより完成度の高い性能照査型基準としていくためには、まず第一にどのような書式で設計体系を整理するのかについての検討が必要であり、そこには前提とする荷重強度や設計供用期間の考え方など解決すべき課題が数多く残されている。

また、橋に対する基本的な要求性能として設計の基本理念に掲げられたもののうち、維持管理の容易さ、環境との調和および経済性などについては、例えば橋梁の振動に起因する低周波騒音の問題やライフサイクルコストの評価方法など具体的照査方法が確立していないものもある。

今後はこれらの課題の解決に向けて積極的に検討を行っていくことが必要である。

参考文献

- 1) 依田照彦：構造物の設計基準の国際化について，土木構造・材料論文集，第14号，1998年12月，pp15-20
- 2) 国土交通省道路局：道路統計年報2001（平成11年度）
- 3) 土木研究所資料 ミニマムメンテナンス橋に関する検討，平成9年6月，土木研究所資料第3506号
- 4) 社団法人 日本鋼構造協会：土木鋼構造物の性能設計ガイドライン，平成13年10月
- 5) 鋼道路橋溶接部の非破壊検査手法に関する共同研究報告書，平成14年，国土技術政策総合研究所資料第31号