

#007 道路橋示方書の改定について

国土交通省
道路局 国道・防災課 橋梁係長
築地 貴裕

はじめに

「橋、高架の道路等の技術基準」(道路橋示方書)を平成29年7月に改定し、国土交通省都市局長、道路局長より関係機関に通知しました。昭和47年の制定以降、技術的な知見や社会的な情勢の変化等を踏まえて改定してきましたが、今般、制定以来の大幅な改定となります。

今回の改定では、生産性を向上させ、かつ、良質で長寿命な道路橋を実現すべく、平成13年改定以来の性能規定を踏襲しつつ、照査体系の基本を従来の許容応力度設計法から部分係数設計法及び限界状態設計法へと転換しました。また、耐久性能に関する規定を充実しました。

設計供用期間

設計において常に念頭におくものとして、設計上の目標期間である設

計供用期間を、今回初めて明確に規定しました。設計供用期間は、適切な維持管理が行われることを前提に、橋が所要の性能を発揮することを設計において目標とする期間であり、100年を標準としています。

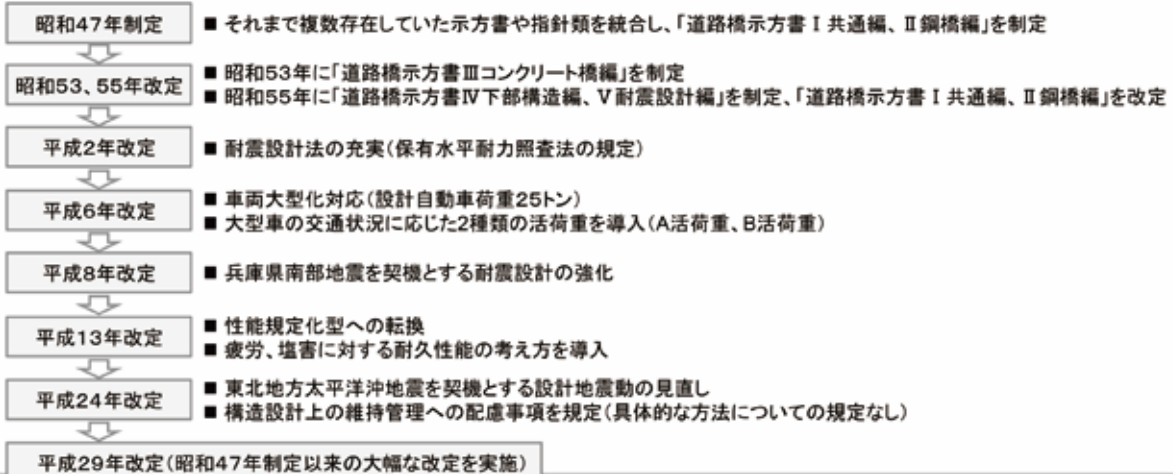
これにより、設計上考慮すべき外力や作用の位置づけが明確になるとともに、大地震等の特殊な状況を考慮する場合にも求める性能を明確にすることが可能となります。また、疲労や腐食等への対策について、用いる技術に期待される性能や設計供用期間に対する信頼性を考慮して、維持管理計画と併せて対策を具体的に設計することで、耐久性に関する信頼性の向上も期待されます。

多様な構造や新材料に対応する設計手法

今回の改定では、多様な構造や新材料に対しても的確な性能の評価が

近年の改定の経緯と今回の主な改定内容

「橋、高架の道路等の技術基準」(道路橋示方書)は、昭和47年の制定以降、技術的な知見や社会的な情勢の変化等を踏まえ、これまでに6回の改定を行っている。



① 多様な構造や新材料に対応する設計手法の導入

- 橋の安全性や性能に対しきめ細やかな設計が可能な設計手法を導入
⇒「部分係数設計法」及び「限界状態設計法」を導入

② 長寿命化を合理的に実現するための規定の充実

- 設計供用期間100年を標準とし、点検頻度や手法、補修や部材交換方法等、維持管理の方法を設計時点で考慮
- 耐久性確保の具体的な方法を規定

③ その他の改定

- 熊本地震を踏まえた対応等

行えるように、耐荷性能の照査法が、許容応力度法から限界状態設計法及び部分係数設計法へと替りました。

具体的には、部材や材料の性能を評価する尺度として、外力の増加に応じた非弾性挙動が生じ、終局状態に至るまでの過程を明らかにし、代表的な状態変化点を「限界状態」として定義したことにより、橋をどのような状態や損傷の過程にとどめたいのかを明確にすることができ、すなわち検証項目を明確にすることで、従来の構造形式や材料によらず合理的な橋の設計を行うことが可能となりました。加えて、安全率については、データの質、量が反映された部分係数に置き換えたことで、今後、新しい構造についても、知見の蓄積や品質管理に応じた照査の実現が期待されます。

■ 長寿命化の合理的な実現

橋として実質的に100年以上にわたり供用することを目標に設計するにあたっては、各部材の維持管理の方法を設計時点で具体的に考慮すること、適用性が検証されている範囲も含めて信頼性が明らかかな技術を用いることを求めることとなりました。可能かつ必要であれば、橋の設計

供用期間とは異なる部材毎の耐久性の目標期間を設け、防食の更新同様、部材そのものの更新も予め織り込んだ設計も行えることを明確にしました。

新たな発想による橋の構造の合理化、維持管理の確実性と信頼性の確かな技術の採用により、優れた耐久性を有する道路橋の創出が期待されます。

■ 熊本地震における被災を踏まえた対応等

熊本地震における被災の教訓を反映して、より被災しにくく、かつ、被災したとしても復旧しやすい橋の設計を目指して、耐震設計についても見直しを行いました。例えば、大規模な斜面崩壊の影響を避けるような架橋位置の選定や構造形式の選定について規定の充実を図っています。

■ おわりに

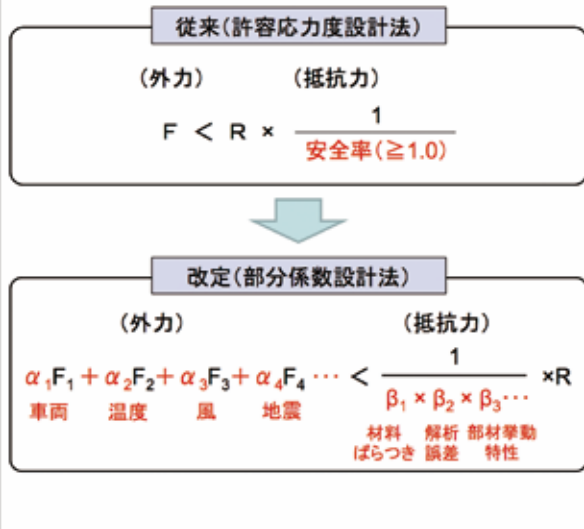
今回の改定では、性能の評価方法を大幅に見直したこともあり、改定した内容の周知期間を経て、平成30年1月1日以降、新たに着手する設計から適用しています。

① 多様な構造や新材料に対応する設計手法の導入

- 国土交通省では平成28年を「生産性革命元年」と位置づけており、建設及び維持管理コストを削減する多様な構造や新材料の開発が期待されている。
- 必要な橋の性能を確保しつつ、多様な構造や新材料の導入促進を図るため、諸外国でも運用実績を積んできている設計手法を導入。

■ 部分係数設計法の導入

外力、抵抗力それぞれに対して、安全率を要因毎に細分化して設定することで、安全性が向上するとともに、きめ細やかな設計が可能となり、構造の合理化によるコスト縮減が期待される。



■ 限界状態設計法の導入

大地震や様々な荷重に対して橋の限界状態(1~3)を定義し、複数の限界状態に対して安全性や機能を確保することで、橋に求める共通的な性能が明確となり、多様な構造や新材料の導入が可能となる。

橋の限界状態	
橋の限界状態1	橋としての荷重を支持する能力が損なわれていない限界の状態
橋の限界状態2	部分的に荷重を支持する能力の低下が生じているが、橋としての荷重を支持する能力に及ぼす影響は限定的であり、荷重を支持する能力があらかじめ想定する範囲にある限界の状態
橋の限界状態3	これを超えると構造安全性が失われる限界の状態

荷重と橋の限界状態の関係	
通常作用する荷重 (自重、自動車荷重、温度や風の影響など)	橋の限界状態1 かつ 橋の限界状態3 に対して安全性を確保
減多に作用しない荷重 (大地震)	橋の限界状態2 かつ 橋の限界状態3 に対して安全性を確保

(出典) <http://www.mlit.go.jp/common/001194306.pdf>

今回の改定では、新しい設計体系として「耐荷性能」「耐久性能」「その他の性能」それぞれを検討することが定められました。

「その他の性能」とは耐荷性能や耐久性能に区分しづらい性能を対象としています。ここでは「その他の性能」に関する説明は割愛し、「耐荷性能」および「耐久性能」の照査について概説するとともに、PC橋の計画に関連する改定ポイントを紹介します。

耐荷性能の照査

具体的な橋の耐荷性能の照査は部分係数法の照査式(図1)によります。

(1) 部分係数法

部分係数法とは、確率分布を考慮して、作用側(荷重など)と抵抗側(耐荷力など)それぞれに対して、要因ごとに安全係数を個別に設定することにより最適設計を目指すものです。

$$\sum S_i (\gamma_{qi} \gamma_{pi} P_i) \leq \xi_1 \xi_2 \Phi_R R(f_c, \Delta_c)$$

- S_i : 作用効果であり、作用の組合せに対する橋の状態
- γ_{qi} : 荷重係数であり、設計供用期間中の最大値を考慮するための係数
- γ_{pi} : 荷重組合せ係数であり、同時載荷状況を考慮するための係数
- P_i : 作用の特性値
- ξ_1 : 調査・解析係数であり、モデル化の不確実性を考慮するための係数
- ξ_2 : 部材・構造係数であり、部材の非弾性域の挙動を考慮するための係数
- Φ_R : 抵抗係数であり、材料のばらつきを考慮するための係数
- R : 部材等の抵抗に係る特性値
- f_c : 材料の特性値
- Δ_c : 寸法の特性値

図1 部分係数法の照査式

● 作用(設計荷重値)は、実際の荷重値に確率論より求めた係数を乗じて算出する。特に、死荷

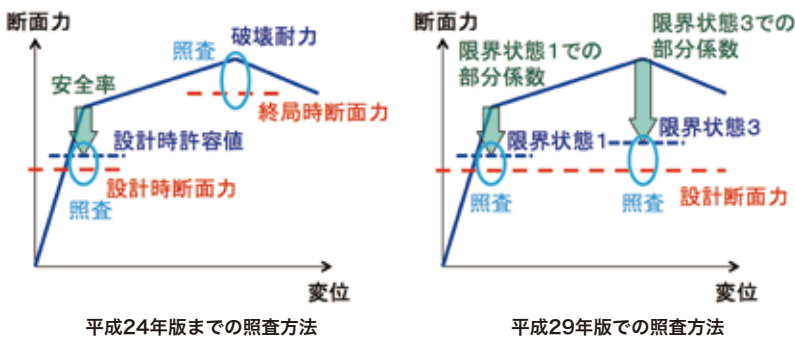


図2 新旧示方書の照査イメージ

● 重に1・05(クリープ・収縮等も含む)、活荷重に1・25を乗せることになっている。
● 抵抗は、構造物が保有する耐力に各々の状態に対して定められた部分係数を乗せることにより、限界状態での抵抗力を算出する。
● 設計荷重値と耐力値を比較して、安全性を評価する。

表1 コンクリート橋・コンクリート部材の限界状態

限界状態の定義		照査方法	
		コンクリート橋の上部構造	コンクリート部材
限界状態1	荷重を支持する能力が損なわれていない限界の状態	1) 挙動が可逆性を有する 2) 機能を低下させる変位及び振動に至らない	1) 挙動が可逆性を有する 2) 機能を低下させる変位及び振動に至らない 3) 設計で前提とする耐荷機構が成立している
限界状態2	部分的に能力の低下が生じているが、荷重を支持する能力があらかじめ想定する範囲	上部構造に損傷等が生じているものの、耐荷力が確保できる	V編24の規定による
限界状態3	構造安全性が失われる限界の状態	上部構造に損傷等が生じているものの、落橋等の致命的な状態には至らない	可逆性を失うものの、耐荷力を完全には失わない

(2) コンクリート橋・コンクリート部材の限界状態
従来の設計条件である「設計荷重時」「終局荷重時」という概念がなくなり、荷重は基本的に1種類となります。(図2)
また、「限界状態1~3」という概念が新たに取り入れられました。(表1)

耐久性性能の照査

具体的な橋の耐久性性能の照査は、以下の通りです。

(1) 経年の影響として、少なくとも次の事象については考慮する。

- ① 鋼部材及びコンクリート部材の疲労
- ② 鋼材の腐食
- ③ ゴム材料の疲労及び熱、紫外線等の環境作用による劣化

(2) 部材等の種別と設計耐久期間の組合せの標準は、表2の通りである。

PC橋の計画に関連する改定ポイント

(1) 詳細構造の具体例

既往の損傷事例などをもとに、詳細構造の具体例が示されました。

- 斜角を有する橋の定着構造(図3)
- PC箱桁の下床版に配置するPC鋼材により生じる分力の影響の考慮(図4)

(2) 鉄筋拘束

プレストレスの算出時には、PRC構造・PC構造によらず、鉄筋がプレストレス・クリップ・乾燥収縮を拘束する影響を適切に考慮する

表2 部材等の種別と設計耐久期間の組合せの標準

部材の種類	部材等の設計耐久期間
更新を前提としない部材等	橋の設計供用期間
更新を前提とする部材等	適切に定める

表3 ケーブル構造の許容値

	外ケーブル構造 エクストラード構造	斜張橋
平成24年版	0.6Pu	0.4Pu
平成29年版	活荷重比率により0.36Pu~0.63Pu	

こととなりました。

(3) セン断耐力の評価式

せん断破壊に対する安全余裕の水準が全編を通じて統一的に確保できるとなりました。

(4) PC床版の適用支間

床版が車両進行方向に直角な場合の曲げモーメント算出式の適用支間が6mから8mに拡大されました。

(5) ケーブル構造の許容値

ケーブル構造のケーブル張力の許容値について、活荷重比率により決定されることとなりました。(表3)

(6) プレキャストセグメント構造

プレキャストセグメント構造に関する記述について、以下の通り改定されました。

- ① セン断力及びねじりモーメントの作用は、せん断キーが受け持つものとし、接合面の摩擦による分担は期待しないことを原則とする。ただし、実験等により安全性を確認した範囲においては、摩擦によるせん断抵抗を見込めることとした。
- ② セグメント接合部での設計荷重を超える荷重(過載荷)に対する照査は削除された。



図3 斜角を有する部材に定着する場合の安全性に配慮した事例 (道路橋示方書 平成29年版 III編 p.111 図-解5.3.14)

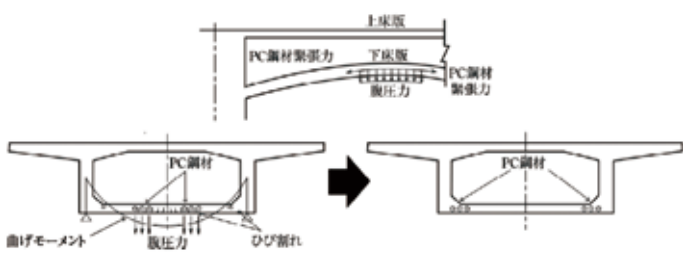


図4 下床版に配置するPC鋼材をウェブ近くに配置した例 (道路橋示方書 平成29年版 III編 p.256 図-解10.3.4)

- ③ 接合面で必要なPC鋼材のうち、内ケーブルを30%以上配置することとされた。
- ④ 接合部の耐久性性能を確保する一つの方法として、非鉄シースを用いることが明記された。

(7) 高炉セメントの取扱い

平成24年版までの解説にあった「高炉セメントを原則として使用しない」という文は削除されました。

(8) コンクリートのスランプ規定

スランプはできるだけ小さく定めるという規定が削除されました。