

鉄道構造物等設計標準・同解説（コンクリート構造物） 「第Ⅱ編 橋りょう」の要旨

渡辺 健* 池田 学** 岡本 大***

Design Standard and Commentary for Railway Structures (Concrete Structures)
Outline of “Part II: Bridge Structures”

Ken WATANABE Manabu IKEDA Masaru OKAMOTO

This paper outlines Design Standard and Commentary for Railway Structures (Concrete Structures) “Part II: Bridge”. All technology related to the design of railway bridges is summarized in this Part II, which have been described commonly into related design standards. By developing “Part II: Bridge”, the detail of bridge dimension is optimized, not optimized only beams, columns, foundations, and other members. In addition, it supports to address compatibility with society and to evaluate redundancy and robustness.

キーワード：ラーメン高架橋，桁式橋りょう，構造要素，部位・部材，コンクリート橋

1. はじめに

「鉄道構造物等設計標準（コンクリート構造物）」の通達（令和4年12月）に伴い、「鉄道構造物等設計標準・同解説（コンクリート構造物）」（以下、本標準）を、2023（令和5）年1月に発刊した。今回の改訂により、基本原則編，構造物・構造要素編，部位・部材編の3階層で構成されることとなった^{1) 2)}。本稿は，構造物・構造要素編に位置づけられる「第Ⅱ編 橋りょう」（以下、橋りょう編）について，構成や各章の概要を解説する。

2. 橋りょう編の作成方針

2.1 作成方針

「鉄道に関する技術上の基準を定める省令（平成十三年国土交通省令第百五十一号）」第二十四条（構造物）には、「土工，橋りょう，トンネルその他の構造物は，予想される荷重に耐えるものであって，かつ，列車荷重，衝撃等に起因した構造物の変位によって車両の安全な走行に支障を及ぼすおそれのないものでなければならない」とあり，この具体的な設計は設計標準によることとされている³⁾。土工とトンネルについては適用される明確な設計標準が整備されていたが，橋りょうに対しては特定の標準が存在していなかった。

そこで，橋りょう（以下，高架橋を含めて橋りょうとする）が，社会との適合性^{1) 2)}への対応や，冗長性，頑

健性に関する評価等を実現するために，梁，柱，基礎など部材の最適化ではなく，橋りょうとしての全体最適化を図ることを目的に，橋りょうに対して，関連する設計標準の記載を集約し，明確に適用対象とした設計標準を作成することとした。

橋りょう編の目次構成は，「第Ⅰ編 基本原則」（以下，基本原則編²⁾）と同様である。構造物としての橋りょう全体を意識するとともに，コンクリート（RC，PC）構造のみでなく，将来的には鋼・合成構造，複合構造，あるいはその組合せで構成される，橋りょう全てに適用される原則的な内容とした。なお，橋りょう編で新たに定義した主な用語を3.1(2)に示しているので，併せて参照頂きたい。

2.2 橋りょう編と関連する設計標準

橋りょう編には，橋りょう，あるいは橋りょうを構成する橋脚，橋台，ラーメン高架橋等の構造要素の設計に必要な内容が網羅される必要がある。例えば，コンクリート橋の設計は，鉄道構造物等設計標準・同解説（コンクリート構造物⁴⁾）（以下，H16コンクリート標準）の他，鉄道構造物等設計標準・同解説（変位制限⁵⁾）（以下，変位制限標準），鉄道構造物等設計標準・同解説（鋼とコンクリートの複合構造物⁶⁾）（以下，複合標準），鉄道構造物等設計標準・同解説（基礎構造物⁷⁾）（以下，基礎標準），鉄道構造物等設計標準・同解説（耐震設計⁸⁾）（以下，耐震標準），鉄道構造物等設計標準・同解説（鋼・合成構造物⁹⁾）（以下，鋼・合成標準），鉄道構造物等設計標準・同解説（土留め構造物¹⁰⁾）（以下，土留め標準）等に含む必要があった。今回の改訂では，表1に示すように，コンクリート橋の設計に必要な内容を新規に追加す

* 構造物技術研究部 コンクリート構造研究室
** 鉄道力学研究部 構造力学研究室
*** 構造物技術研究部 鋼・複合構造研究室

表1 橋りょう編の目次構成と関連する設計標準の記載場所について

目次	記載事項	関連する設計標準の記載場所
1章 総則	橋りょう編の適用範囲, 用語の定義, 記号	[コン]等を基に作成
2章 設計の基本	設計耐用期間, 要求性能, 構造計画及び調査, 照査, 耐久性に関する検討, 記録・保存と情報伝達に関する基本事項	2.1~2.5 [コン] [変位]より作成 2.6~2.7 [コン] [複合]を基に作成
3章 構造計画	橋りょうを計画する上で考慮・検討すべき事項として, 構造計画の方法, 要求性能, 社会との適合性, 冗長性・頑健性, 施工, 維持管理, 維持管理, に関する検討	新規作成 3.2 【解説】 [基礎]から一部転載 3.3 【解説】 [耐震]から一部転載
4章 調査	構造計画等に必要となる橋りょうの立地 (構造条件, 気象条件, 周辺条件), 施工条件に関する調査	4.1, 4.3, 4.4. 新規作成 4.2 [基礎]から一部転載
5章 作用	作用の特性値, 作用係数, 作用の種類, 組合せ	[コン] [鋼合] [複合] [基礎]から転載
6章 材料および地盤	材料の品質と特性値および設計値, 地盤の特性値および設計用値	[コン] [基礎]から転載
7章 構造解析	解析計画, 解析法の選定, 検証と妥当性の確認, 橋りょう・作用・材料・地盤のモデル化, 安全性・使用性・復旧性の照査に関する構造解析	7.1~7.4 新規作成 7.5~7.9 [コン]を基に作成, [変位]から一部転載 7.10 [耐震]の各論から一部転載
8章 安全性の照査	常時の走行安全性および地震時の走行安全性に係る変位の照査, 構造安全性, 公衆安全性の照査	8.2 [変位]から転載 8.3 [耐震]から一部転載, [コン]等を基に作成 8.4 [コン] [鋼合]から転載
9章 使用性の照査	乗り心地, 外観, 保守, 騒音・振動の照査	9.2 [変位]から転載 9.3 [コン] [鋼合]から転載 9.4 [変位]から一部転載, [コン] [耐震]を基に作成 9.5 [コン] [鋼合]を転載, 一部加筆
10章 復旧性の照査	復旧性に関する修復性の照査	10.1~10.2 [コン] [耐震]を基に作成 10.1~10.2 [変位]から一部転載
11章 コンクリート橋	コンクリート橋の設計に関する構造解析, 応答値算定, 細目に関する特有の事項	11.1~11.11 [コン]から転載 11.12 [土留]から転載 11.13~11.19 [コン]から転載

* [コン]: H16 コンクリート標準, [変位]: 変位制限標準, [複合]: 複合標準, [基礎]: 基礎標準, [耐震]: 耐震標準, [鋼合]: 鋼・合成標準, [土留]: 土留め標準

るとともに, 関連する各設計標準の内容を導入し, 橋りょう編として集約した。

変位制限標準の内容について, コンクリート橋のみならず, 鋼橋および複合構造橋の設計に係わる内容を全て転載した。その際, 橋りょう編の構成および照査体系に合わせて一部変更したが, 設計の考え方, 照査方法等は変更していない。したがって, コンクリート構造物に対する変位制限標準に関する事項は, 橋りょう編によってよい。

耐震標準の内容について, 桁式橋りょう, ラーメン高架橋の応答に関する事項として, 「10章 橋梁および高架橋の応答値の算定と性能照査」「11章 橋台の応答値の算定と性能照査」の条文解説を, 全て橋りょう編に転載した。

基礎標準の内容について, 基礎の応答値の算定については, 橋りょう全体系を対象に構造解析を実施する必要があるため, 内容を変更せずに, 橋りょう編に転載した。

2.3 橋りょう編とコンクリート構造編, 支承編の関係

図1に, 橋りょう編と部位・部材編であるコンクリート構造編および支承構造編の関係を示す。橋りょうの設計は, 橋りょう編によって行い, 部位・部材特有の設計を部位・部材編により行う。例えば, 骨組解析を用いてコンクリート橋の照査を行う場合には, 橋りょう編に

よって, 作用の設定, 構造解析および照査を行うが, コンクリート構造および支承構造特有の事項である材料の特性値や設計用値, 算定式, 構成則, 仕様等を, コンクリート構造編, 支承構造編に従い定める。

橋りょう編の5章~7章において, 選定された解析手法, モデル化の条件, 材料劣化の取扱いに必要な材料入力値, 解析モデル, 耐久性に関する事項を, 部位・部材編の3章~5章に従い定める。

橋りょう編の8章~10章において, 部位・部材の限界状態に従い橋りょうの照査を行う場合には, コンクリート構造編の6章, 7章あるいは支承構造編の6章~10章に従い照査を行う。特に, コンクリート構造編の場合, 「7章 構造計算に関する一般事項」に示す耐力算定式等は, 載荷実験や数値実験により検証された適用範囲を有している。したがって, 「6章 照査に関する基礎的事項」では, 部材の支持条件等の適用範囲が適合している算定式等を選定できるように示している。なお, 部位・部材編に従い照査を行う場合, 満足する必要がある事項を「2章 適用の要件」に定めた。

非線形有限要素解析を用いてコンクリート橋の照査を行う場合には, 設計の基本は橋りょう編によるが, 照査指標がコンクリート構造特有であるため, コンクリート構造編に従い照査指標を定める。

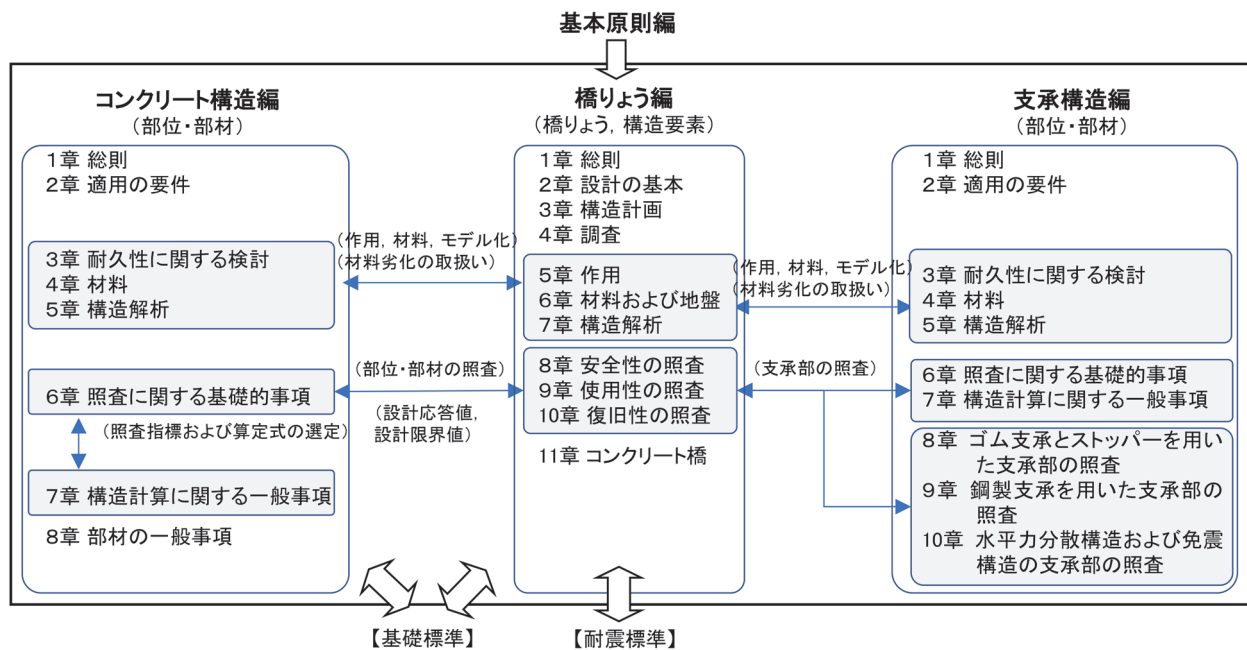


図1 橋りょう編とコンクリート構造編および支承構造編の関係

3. 橋りょう編の要旨と改訂概要

3.1 総則 (1章)

(1) 適用範囲

橋りょう編は、橋りょうを新設する場合の設計に適用するものとし、照査だけでなく、構造計画および調査を含む設計全般を対象とした。H16 コンクリート標準¹⁾では新設・既設の区分を明確に記載されていなかったが、橋りょう編に示す構造物・構造要素、部位・部材を対象とした照査は、新設構造物を対象とした標準的な方法であることから、橋りょう編の適用範囲に、新設の設計が対象であることを明示した。

(2) 用語の定義

橋りょう編に従来から追加した用語の定義のうち、主なものは以下の通りである。

橋りょう：桁、橋脚、橋台、ラーメン高架橋等で構成される列車を支持する工作物の総称 (図2)

構造計画：建設地点の環境、構造、施工および維持管理等の条件を総合的に考慮し、構造の種別、形式、形状、主要寸法および使用材料等を決定する行為

構造要素：橋りょうを構成する桁、橋脚、橋台、ラーメン高架橋等の総称 (図2)

部位・部材：スラブ、梁、柱、壁、基礎構造およびこれらの接合部、支承部等の総称 (図2)

構造の種別：鋼橋、コンクリート橋等の橋りょうの種別

構造の形式：桁式橋りょう、ラーメン高架橋等の橋りょうの形式

3.2 設計の基本 (2章)

(1) 設計

橋りょうの設計では、安全および安定的な輸送の確保を図ることを目的として、持続可能な社会の実現のため、社会との適合性に優れ、要求性能を満たし、かつ冗長性や頑健性を有するように行うことを明示することとした。なお、冗長性は設計で設定した条件を超える事象により橋りょうの一部が損傷した場合にも、急激な性能の変化を生じないための性質、であり、頑健性は作用や材料の特性が、設計において設定した条件から変化したとしても、設計で想定した性能を橋りょうが保持することのできる性質、と新たに設定した。そのうえで、H16 コンクリート標準¹⁾と同様に、橋りょうの設計では、要求性能、設計耐用期間を設定し、構造計画、調査および構造詳細の設定、照査を行う。

また、H16 コンクリート標準において耐久性は、「時間の経過に伴って生じる材料特性の変化に起因した構造物の性能の変化に対する抵抗性」と定義されていた。橋りょう編では、耐久性を「橋りょうが設計耐用期間にわたり、安全性、使用性、復旧性の各要求性能を保持する性能」と定義を変更し、独立した要求性能ではないが、安全性、使用性、復旧性のすべての要求性能に対して、材料劣化を考慮した照査を行う行為において考慮されるものとした。

(2) 照査

表2に要求性能、性能項目および限界状態を示す。橋りょうの設計では、一般に安全性、使用性、復旧性の3つの要求性能を橋りょうに対して設定する。一方、照査

造計画は、社会との適合性に優れ、かつ要求性能を満足するように橋りょうを具現化するものとした。橋りょうの構造計画では、まず、建設地点の状況や規模に応じて必要な調査を行い、構造条件、周辺条件、地形・地質・地盤条件、および気象条件に関する設計条件を設定するものとした。そして、設定した設計条件のもとで、橋りょうの設計耐用期間、種別、構造の種別、形式、形状、主要寸法および使用材料等を決定するものとした。構造計画では、要求性能のほかに、社会との適合性、冗長性・頑健性、施工、維持管理について検討を行うものとした。

要求性能に関する検討では、安全性、使用性、復旧性について、照査の段階で構造の形式や主要寸法等の変更が生じないように考慮すべき事項を、具体的な例を挙げて説明した。例えば、復旧性を確保するためには、復旧に関する技術開発や被災後の復旧資材の確保等のハード面や、復旧体制の整備等のソフト面の両面を考慮する必要があることを示し、ハード面に関して構造計画の段階で考慮すべき事項として、以下の項目を例示した。

- a) 橋りょうへの進入路および復旧作業のための作業ヤードの確保
- b) 高架橋下等の利用状況に応じて点検しやすくすることへの配慮と修復困難な個所の損傷の制御
- c) 橋りょう崩壊防止と補修困難な箇所の損傷を小さくすることへの配慮

社会との適合性に関する検討については、環境、景観、経済性について、橋りょうが与える影響として検討すべき内容を示した。

冗長性・頑健性に関する検討については、設定した設計条件を超える事象に対しても、橋りょうが急激に破局的な状態に至らないように構造の種別や構造の形式等の選定で留意すべき事項を、例を挙げて説明した。

施工に関する検討については、確実な施工を実施するために構造計画段階で配慮する事項として、工期、施工の制約条件における配慮事項を示した。

維持管理に関する検討については、適切な維持管理を実施するために構造計画段階で配慮する事項として、構造の形式や使用材料、検査設備等について説明した。

3.4 調査 (4章)

調査については、橋りょう編で新たに章を設け、地形・地質・地盤条件に関する調査について、基礎標準から転載した。調査は、以下の目的から、設計、施工および維持管理の前提となる橋りょうの立地、施工条件について行うものとした。

- a) 適切な構造の種別、形式等を選定するために必要な建設地点の周辺条件、構造条件、施工条件等の基本的な条件に関する資料を得ること
- b) 構造計画で選定した構造の種別、形式等を具体的に

設計するために必要となる建設地点の周辺条件、構造条件、施工条件等の資料を得ること

- c) 設計された橋りょうを確実に施工するために、施工条件等に関する資料を得ること
- d) 供用開始後の橋りょうの保守、補修や補強等の維持管理、または防災上必要となる資料を得ること

立地に関しては、構造条件、周辺条件、地形・地質・地盤条件、気象条件を調査項目とし、これらの調査方法等を示した。

施工条件に関しては、近接構造物や埋設物の有無、作業空間の大きさや資材の輸送経路、使用材料、施工時の給排水施設、施工時の騒音・振動の許容の程度、地下水の利用状況、排水、発生土の処理等について、資料による調査のほか、踏査や関係機関との協議等により行うものとした。

3.5 作用 (5章)

橋りょうの照査に用いられる作用を網羅的に示した。ただし、地震の影響については、耐震標準によることを基本とし、保守に関する使用性の照査に用いる地震の影響のみ設定の考え方を示した。また、材料や構造に応じた特有な扱いは、一部、他編等によることとした。例えば、収縮・クリープ、プレストレス力については、コンクリートの形状寸法、温度・湿度、材料特性、荷重・高速条件等の影響を受けるため、これらの取扱いはコンクリート構造編によることとした。また、地球環境や社会環境等、本標準では構造物が影響を及ぼすものに対して環境という用語を用いることとしたため H16 コンクリート標準で定められていた環境の影響 (Ev) に代えて、気象の影響 (CI) と名称を変更した。

以下に、H16 コンクリート標準を含め、関連する設計標準からの主な変更点を示す。

(1) 衝撃荷重

衝撃係数算定時の部材の曲げ剛性には再載荷時の有効剛性を用いることを原則とし、繰り返し荷重によるひび割れ発生や進展に伴う剛性低下がある場合や、非構造部材の剛性寄与を考慮する場合等の設定時の留意点を示した¹¹⁾。また、「鋼・合成標準」のように特有の衝撃係数の算定法がある場合は、それによってよいことを記載した。

(2) 保守用車荷重

従来は名称を「軌道作業用車荷重」としていたが、最近では多種多様な保守用車が使用されているため「保守用車荷重」に変更した。最近の代表的な保守用車について標準列車荷重の相当値の算出事例を示すとともに、保守用車荷重の設定の考え方を記載した。

(3) 水圧、流水力および波力

近年、夏場の過度な降雨量による河川増水や東日本大震災における津波等、橋りょうの流出被害や復旧に時間

を要する事例が報告されている。このような被害を事前に把握するため、コンクリート橋りょうに作用する流体力の評価や判定方について、付属資料にまとめた。

(4) 設計作用の組合せ

橋りょう、構造要素毎に作用の組合せの例を示した。従来、構造の種別や構造要素や部位・部材ごとに設計作用の組合せが示されており、同一の構造形式でも構造の種別によって設計作用の組合せが異なる場合もあった。橋りょう全体としてモデル化し、応答値を算定する場合は、複数の構造要素で構成されるため、構造の種別および構造の形式に依存しない設計作用の組合せが必要である。そこで、橋りょうに関する設計標準に記載されている設計作用の組合せを調査し、橋りょう全体としての設計作用の組合せの例を示すとともに、部位・部材、構造の種別および構造の形式別の構造要素における設計作用の組合せを再整理した。

3.6 材料および地盤 (6章)

本章は、H16 コンクリート標準の内容に基礎標準⁷⁾の地盤に関する内容を一部転載したものである。橋りょうに用いられる材料は、使用目的、気象条件、設計耐用期間、施工条件等を考慮して、適切な種類および品質のものを使用し、試験によりばらつきを明らかにするものとした。また、地盤は、段階的に実施された調査や試験に基づいて、その特性とばらつきを明らかにするものとした。

3.7 構造解析 (7章)

本章は、応答値算定だけでなく限界値の設定に関する内容も含んでいることから、H16 コンクリート標準の「応答値の算定」から「構造解析」に名称を変更した。

(1) 解析計画

橋りょうの設計における解析計画での検討事項として、解析法の選定、照査指標の設定、検証と妥当性の確認、橋りょうのモデル化、作用のモデル化、材料および地盤のモデル化等について新たに記述した。解析法としては、橋りょうを構成する部位・部材を「線材やばねにモデル化した解析」および「有限要素にモデル化した解析」について、経時変化の影響、解析モデルの線形・非線形、モデル化の次元、モデル化の範囲等の考え方について記述した。また、非線形有限要素解析など、自由度の高い解析法の活用を想定して、解析法の検証と妥当性の確認を行い、適用範囲を明確にした上で解析を実施する原則を明示した。

(2) 橋りょうのモデル化

橋りょうに関するモデル化について、H16 コンクリート標準に加え、耐震標準を基に作成した。橋りょうのモデル化では、橋りょうの応答特性に応じて挙動を適切に表現できるように、モデル化の範囲、モデル化の次元、

および境界条件を設定し、作用や橋りょうのモデル化を行うものとした。また、橋りょうは、作用に対して地盤と橋りょうが一体となって挙動するため、橋りょうのモデル化は、地盤を含めて、作用によって応答が発生する範囲を一体として解析対象の範囲とすることを原則とした。ただし、モデル化の範囲と外部との相互作用が解析結果に与える影響を無視できる場合や、境界条件によりその影響が適切に考慮できる場合には、モデル化の範囲を橋りょう、構造要素あるいは部位・部材に分離してモデル化してもよいものとした。

その他、本章では、作用、材料および地盤のモデル化について、基本的な考え方を示した。

(3) 安全性、使用性、復旧性の照査に関する構造解析

安全性、使用性、復旧性に関する構造解析は、H16 コンクリート標準に加え、耐震標準、変位制限標準を基に作成した。安全性に関する構造解析については、走行安全性、および構造安全性に関する構造解析の基本的考え方について記述した。

使用性に関する構造解析については、乗り心地、外観、および保守に関する構造解析の基本的考え方について記述した。

復旧性に関する構造解析では、修復性、軌道の損傷に関する構造解析の基本的考え方を示した。また、復旧性における橋りょうのモデル化として、地震動に対する構造解析におけるモデル化方法や応答値の算定方法等について、耐震標準の該当箇所から転載した。

3.8 安全性の照査 (8章)

安全性の照査として、走行安全性（常時の走行安全性、地震時の走行安全性に係る変位）、構造安全性および公衆安全性の照査を定めた。

走行安全性の照査については、地震時の照査の基本的な考え方を含め、変位制限標準の内容を転載した。

構造安全性の照査については、設計耐用期間中に生じるすべての作用、すなわち想定する最大の影響をもたらす作用や変動作用の繰返しに対して、構造物が耐荷能力および安定を保持することを確認する。桁式橋りょうとラーメン高架橋に分けて、橋りょうあるいは各構造要素で耐荷能力に関する照査方法を明示した。例えば、桁式橋りょうでは、図3に例示する限界状態に至らないことを、図4のようなモデルにより荷重を増分させて解析を行い、所要の作用において橋りょうあるいは構造要素としての耐荷能力や安定が保持できることを確認する。図4は、橋りょうを有限要素または線材等でモデル化し、鉛直荷重を作用させた上で、地震時慣性力のように水平荷重（荷重群）を増分する解析のイメージを示している。この照査により、例えば不静定構造物のように、一部の部位・部材が破壊しても橋りょうとしては荷重を安定して

保持でき限界状態に至らない場合には、橋りょうの抵抗機構を考慮した合理的な評価が可能となる。

また、H16コンクリート標準と同様に、橋りょうを構成するすべての部位・部材を照査することで、橋りょうの構造安全性を照査してよいものとした。この部位・部材が破壊および疲労破壊しないことの照査は、第Ⅲ編コンクリート構造や各設計標準によるものとした。安定に関する照査は、桁や橋脚等の転倒や浮上り、地盤の破壊等による基礎構造の不安定な状態等に至らないことを確認するものとし、基礎構造の変位・変形に関する安定の照査は基礎標準によることとした。

公衆安全性の照査については、H16コンクリート標準と同様に、かぶりコンクリートのはく落等に起因した公衆災害を生じないようにするために、必要に応じて行うものとした。コンクリートの材料劣化については、「耐久

性に関する検討」により満足するとみなしてよいこととした。

3.9 使用性の照査 (9章)

使用性の照査として、乗り心地、外観、保守および騒音・振動の照査を定めた。保守は、新たに性能項目として設定し、照査方法を本章に明示した。

乗り心地の照査については、変位制限標準の内容を転載した。

外観の照査については、構造物の表面に発生するひび割れや汚れ等が不安感や不快感を与えず、使用を妨げないようにするため行うものとし、コンクリートのひび割れに関する外観の照査はH16コンクリート標準と同様に行うこととした。

保守の照査については、永久作用、変動作用による橋りょうの損傷や残留変位が、想定する保守作業のもとで正常な使用が困難となる限界状態に至らないことを確認するものとした。変動作用には、しばしば生じる地震、降雨、降雪、暴風等の影響に対しても安定的な輸送の確保が求められるため、これらについても設定する必要がある。保守の照査は、橋りょうの損傷と残留変位、軌道の損傷に関して行うものとし、一般に性能レベル1以内であることを確認することとした(図5)。橋りょうの損傷に関しては、構造要素で照査する方法を示すとともに、橋りょうを構成する部位・部材の損傷レベルおよび基礎の安定レベルがともに1であること(表3)を確認することでよいものとした。この部位・部材の損傷レベルや基礎の安定レベルの照査は、各構造編や各設計標準によるものとした。損傷に関する保守の照査は、図5に示すように、主に、H16コンクリート標準等における復旧性の照査のうち、変動作用に対する性能レベル1の照査に相当する。また、橋りょうの残留変位に関しては、一般に桁の長期変形や基礎構造の支持性能に対して行うものとし、後者は基礎標準⁷⁾によることとした。

騒音・振動の照査については、H16コンクリート標準や鋼・合成標準⁹⁾等と同様であるが、騒音・振動の予

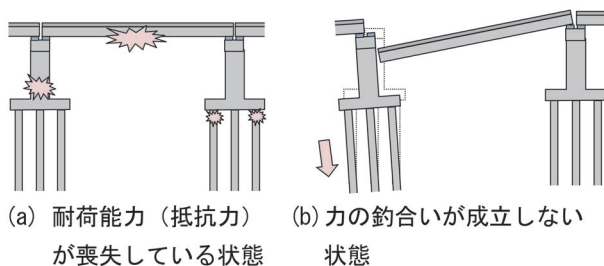


図3 桁式橋りょうの限界状態の例

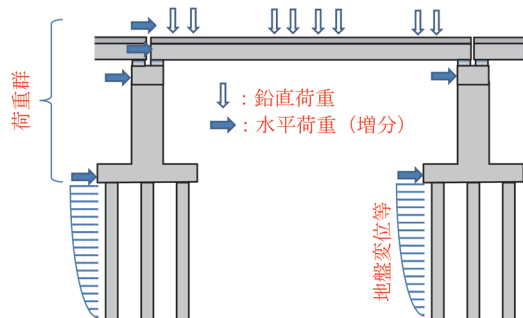


図4 桁式橋りょうのモデルの例

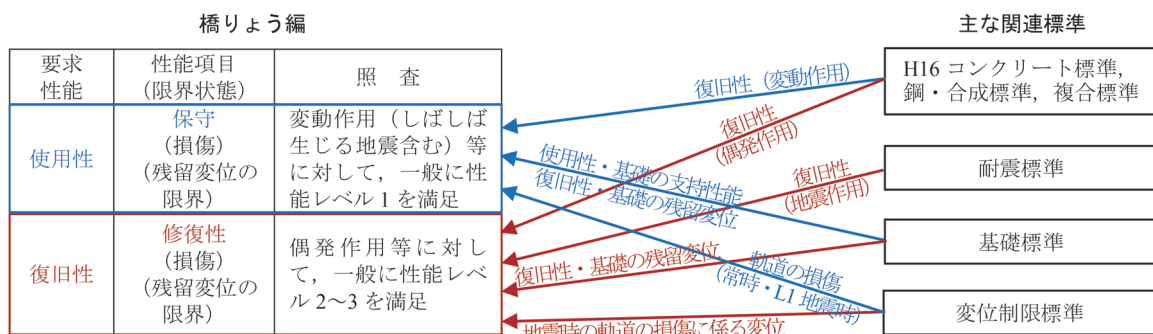


図5 保守 (使用性) および修復性の照査と主な関連標準との対応

表3 桁式橋りょうの性能レベル、部位・部材の損傷レベルおよび基礎の安定レベル

性能レベル		1	2	3	
部位・部材 の 損傷レベル	桁	梁	1	2	3
		スラブ	1	2	3
		接合部	1	1~2	2~3
	支承部		1	2~3	3
	橋脚 橋台	く体(橋脚)	1	2~3	3
		く体(橋台)	1	2	3
		基礎部材	1	1~2	2~3
接合部		1	1~2	2~3	
基礎の安定レベル		1	1~2	2~3	

測方法や、橋りょう上の電車線路設備や防音壁等の付帯設備の振動の留意点に関して加筆した^{12) 13)}。

3.10 復旧性の照査(10章)

H16コンクリート標準のうち、地震の影響等の偶発作用に対する照査に加えて、耐震標準、基礎標準、変位制限標準を基に作成した。復旧性は、損傷等に対する修復の難易度のみでなく、橋りょう周辺の状況、被災後の調査の難易度、復旧資材の確保、復旧体制等のハード・ソフト両面での検討が必要となる。橋りょうの復旧性の照査では、橋りょうの修復の難易度である修復性を性能項目として設定して照査する。図5に照査概要と主な関連標準との対応を示す。

修復性の照査については、橋りょうの損傷と残留変位、軌道の損傷に関して行うものとし、性能レベルを一般に2~3に設定(重要度の高い橋りょうは性能レベル1~2)し、表3に例示するように、部位・部材の損傷レベル、基礎の安定レベルと関連付けて評価するものとした。橋りょうの損傷に関しては、構造要素で照査する方法を示すとともに、橋りょうを構成するすべての部位・部材の損傷レベルや基礎の安定レベルで照査することでよいものとした。この部位・部材の損傷レベルや基礎の安定レベルの照査は、部位・部材編や各設計標準によるものとした。橋りょうの残留変位に関しては、一般に基礎構造に着目し、基礎標準⁷⁾によることとした。

修復性の照査に考慮する作用は、地震の影響を主たる対象としているが、それ以外の偶発作用として、自動車の衝突や津波に対しては一般に構造計画の段階で配慮すべきものとした。また火災については必要に応じて照査を行うことを示した。

3.11 コンクリート橋(11章)

橋りょうの性能を照査する際に、橋りょうの構造の形式や構造要素毎に応じて配慮する事項を示した。本章の内容は、H16コンクリート標準を踏襲し、橋台(抗土

圧橋台、補強土橋台)については、土留め標準¹⁰⁾の内容を取り込んだ。

4. おわりに

橋りょう編を策定した目的と主な記載事項をまとめると以下のとおりである。

- 1) 橋りょう編は、梁、柱、杭といった局所最適化ではなく、橋りょうの全体最適化を図ることで、冗長性・頑健性に関する評価の他、配筋や寸法の合理化、損傷部位や損傷順序の適正評価などを実現することを目的に作成した。
- 2) 橋りょうに関連する各設計標準の内容を集約したほか、構造計画および調査を追加し、橋りょうの設計に関わる一連の設計法を定めた。
- 3) 照査の対象を、橋りょう/構造要素/部位・部材に区分し、その区分に応じた作用の組合せや照査法を示した。
- 4) 津波等、地震の影響等による橋りょうの被害や最近の保守用車の実態を踏まえ、保守用車荷重や流体力等の見直しを行った。
- 5) 構造解析について、応答値算定のみならず、限界値設定へも適用することや、非線形有限要素解析等の適用を図りやすくするために、解析法の検証と妥当性確認の記載を充実した。

本標準を活用し、従来の形式にとらわれない設計に挑戦することを期待する。

文献

- 1) 渡辺健, 田所敏弥, 池田学, 岡本大: 鉄道構造物等設計標準・同解説(コンクリート構造物)の改訂概要, Vol.37, No.11, pp.1-5, 2023
- 2) 田所敏弥, 渡辺健, 池田学, 岡本大: 鉄道構造物等設計標準・同解説(コンクリート構造物)「第I編 基本原則」の要旨, Vol.37, No.11, pp.7-13, 2023
- 3) 国土交通省鉄道局監修・土木関係技術基準調査研究会編: 解説鉄道に関する技術基準(土木編)第四版, 2023
- 4) 国土交通省監修・鉄道総合技術研究所編: 鉄道構造物等設計標準・同解説(コンクリート構造物), 丸善出版, 2004
- 5) 国土交通省監修・鉄道総合技術研究所編: 鉄道構造物等設計標準・同解説(変位制限), 丸善出版, 2006
- 6) 国土交通省監修・鉄道総合技術研究所編: 鉄道構造物等設計標準・同解説(鋼とコンクリートの複合構造物), 丸善出版, 2016
- 7) 国土交通省監修・鉄道総合技術研究所編: 鉄道構造物等設計標準・同解説(基礎構造物), 丸善出版, 2012
- 8) 国土交通省監修・鉄道総合技術研究所編: 鉄道構造物等設

- 計標準・同解説（耐震設計），丸善出版，2012
- 9) 国土交通省監修・鉄道総合技術研究所編：鉄道構造物等設計標準・同解説（鋼・合成構造物），丸善出版，2009
- 10) 国土交通省監修・鉄道総合技術研究所編：鉄道構造物等設計標準・同解説（土留め構造物），丸善出版，2012
- 11) 徳永宗正，池田学：鉄道コンクリート桁におけるひび割れと非構造部材の影響を考慮した曲げ剛性の算定方法，鉄道総研報告，Vol.37，No.9，pp.17-24，2023
- 12) 徳永宗正，曾我部正道，後藤恵一，山東徹生，玉井真一，小野潔：列車通過時の鉄道構造物上防音壁の動的設計法，土木学会論文集 Vol.69，No.2，pp.392-409，2013
- 13) 常本瑞樹，松岡弘大，後藤恵一，薄広歩，以倉慶子：列車通過時の高架橋振動による電車線路設備損傷の低減対策，鉄道総研報告，Vol.34，No.9，pp.35-40，2020