

鉄道構造物等設計標準・同解説（コンクリート構造物） 「第Ⅳ編 支承構造」の要旨

池田 学* 田所 敏弥**
轟 俊太郎** 豊岡 亮洋***

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

Manabu IKEDA Toshiya TADOKORO
Shuntaro TODOROKI Akihiro TOYOOKA

This paper outlines the Design Standard and Commentary for Railway Structures (Concrete Structures) “Part IV: Bearing Structures”. Every technology related to the design of bearing structures in railway bridges is summarized in this part, which has been described in several related design standards. This part provides common design methods for bearing structures, and specific design methods for three typical bearing structures: (a) rubber bearings and stoppers, (b) steel bearings, and (c) bearings for horizontal force dispersing structures and isolation structures. This paper introduces the outline of each chapter of this part and revisions from related design standards.

キーワード：支承構造，ゴム支承，ストッパー，鋼製支承，水平力分散構造，免震構造

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）」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・構造要素編および部位・部材編の3階層で構成されることとなった^{1) 2)}。本稿では、部位・部材編に位置づけられる「第Ⅳ編 支承構造」（以下、支承構造編）について、構成や各章の要旨を解説する。

2. 支承構造編の作成方針

2.1 支承構造編の位置づけ

支承構造編は、橋りょう編に基づき、橋りょうの支承部特有の設計に関わる一連の事項をまとめたものである。コンクリート構造の橋りょうの支承部のみでなく、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の支承部全てに適用されることを想定している。

2.2 支承構造編と関連する設計標準

支承部の設計は、「鉄道構造物等設計標準・同解説（コンクリート構造物）」（平成16年4月）³⁾（以下、H16コンクリート標準）以外に、「鉄道構造物等設計標準・同解説（鋼・合成構造物）」（平成21年7月）⁴⁾（以下、鋼・合成標準）、「鉄道構造物等設計標準・同解説（耐震設計）」（平成24年9月）⁵⁾（以下、耐震標準）、「鉄道構造物等設計標準・同解説（変位制限）」（平成18年2月）⁶⁾（以下、変位制限標準）と多数の設計標準に記載されている。このうち変位制限標準における支承部の設計は、支承部自体の照査というより、支承部の変位・変形に伴う軌道面の不同変位を照査しており、橋りょう編に記載されることとなった⁷⁾。

支承構造編は、H16コンクリート標準の「16章 支承部」の内容をもとに、鋼・合成標準における鋼製支承や水平力分散支承等の照査や、耐震標準における地震時の支承部のモデル化や照査を取り込み、さらには新たな知見を導入して再整理している。

2.3 支承構造編の構成

表1に、支承構造編の目次構成と概要、およびH16コンクリート標準、鋼・合成標準、耐震標準の記載場所を示す。これまでは、支承部の照査の基本が複数の設計標準に記載されており、鉄道橋の支承部の照査の原則や、支承形式や構造物の種類によらない共通の照査の考え方が必ずしも明確ではなかった。また、設計標準間で、共

* 鉄道力学研究部 構造力学研究室
** 構造物技術研究部 コンクリート構造研究室
*** 鉄道地震工学研究センター 地震応答制御研究室

表 1 支承構造編の目次構成と概要、関連標準の記載場所について

目次	記載事項	関連標準 ^{*2}
1章 総則	設計の基本、対象、支承構造選定時に考慮すべき事項、用語や記号の定義 材料や装置の品質、照査の前提となる細目、施工や維持管理に関する条件 ゴムやコンクリートの劣化、鋼材の腐食に対する検討 ゴム、鋼材、コンクリート等の特性値および設計値 支承部のモデル化（ばね、有限要素） 各装置 ^{*1} の照査の考え方や各要求性能に対する照査の方法 各装置 ^{*1} の力、応力、変位・変形の設計応答値の算定方法や設計限界値の設定方法	[コン]16章
2章 適用の要件		[鋼]第Ⅱ編9章
3章 耐久性に関する検討		[耐震]8.4.4,9.5.2,10.3
4章 材料		
5章 構造解析		
6章 照査に関する基礎的事項		
7章 構造計算に関する一般事項		
8章 ゴム支承とストッパーを用いた支承部の照査	ゴム支承とストッパーを用いた支承部の照査の特有な事項	[コン]16章 [鋼]第Ⅱ編9章（一部） [耐震]8.4.4,9.5.2,10.3
9章 鋼製支承を用いた支承部の照査	鋼製支承を用いた支承部の照査の特有な事項	[コン]16.8 [鋼]第Ⅱ編9章 [耐震]8.4.4,9.5.2,10.3
10章 水平力分散構造および免震構造の支承部の照査	水平力分散構造、免震構造の積層ゴム支承（ゴム支承が落橋防止装置を兼ねる）、ゴム支承とダンパー式ストッパーを用いた支承部の照査の特有な事項	[コン]16章（一部） [鋼]第Ⅱ編9章 [耐震]8.4.4,9.5.2,10.3

注) *1 装置については3.1.1参照

*2 [コン]: H16 コンクリート標準, [鋼]: 鋼・合成標準, [耐震]: 耐震標準

通する内容でありながら、材料・構造種別で慣例的な照査法の違いや改訂時期の違い等により記載内容が異なる項目があるという課題もあった。

そこで、1章～7章に、支承部の設計の基本的な考え方を含め支承形式共通の一連の設計法を示した上で、8章～10章に、一般的な支承形式として、ゴム支承とストッパーを用いた支承部、鋼製支承を用いた支承部、および水平力分散構造、免震構造の支承部を対象に具体的な設計法を定めることとした。これにより、支承構造編は、内容はこれまでの設計標準を基本的に踏襲しているが、鉄道橋の支承部の設計を包括する新たな編として定めており、支承部の設計に関する事項が網羅されている。

2.4 橋りょう編との関連

支承部の設計に関連する事項は、新しい設計標準の構成の原則^{1) 2)}に従い、橋りょう編と支承構造編に跨って記載されている。このため、支承部の設計にあたっては、橋りょう編により、支承部の照査に用いる作用の設定、支承部を含む橋りょうの構造解析、性能レベルに応じた支承部の損傷レベルの設定等を行い、支承構造編によって支承部の応答値の算定や照査を行う。なお、橋りょうを設計する際の支承形式選定時の留意事項、構造解析における支承部のモデル化についても支承構造編による。

3. 支承構造編の要旨と改訂概要

3.1 総則（1章）

3.1.1 適用範囲

支承構造編は、主に、鉄道橋のゴム支承あるいは鋼製支承を用いた支承部を対象としている。

支承部は、これまでと同様に以下の装置で構成されるものとしている。

- ・支承本体：桁からの鉛直力を橋脚、橋台等に伝達する装置
- ・移動制限装置：桁からの水平力を橋脚、橋台等に伝達するとともに、桁の移動を制限する装置
- ・落橋防止装置：偶発作用による桁の橋脚、橋台等からの逸脱を防止する装置
- ・桁座・桁端：支承本体、移動制限装置、落橋防止装置の各装置の取付け部

図1にゴム支承とストッパーを用いた支承部の各装置の例を、図2に鋼製支承を用いた支承部の各装置の例を示す。ゴム支承としては、パッド型ゴム支承、積層ゴム支承、鉛プラグ入り積層ゴム支承、高減衰ゴム支承、鋼製支承としては、線支承、支承板支承、球面支承等がある。

3.1.2 支承部の設計の基本

支承部の設計の基本的な考え方として、桁からの鉛直力および水平力を確実に橋脚、橋台へ伝達できる構造とし、その役割が十分に発揮できるように設計するものとした。また、地震時における落橋を防止するため、落橋防止装置を設置するものとした。さらに、支承部の照査は、構成される各装置が、橋りょうの各要求性能から定まる支承部の限界状態に至らないことを確かめることにより行うものとした。

支承形式選定時に考慮すべき事項として、橋りょう編に示される橋りょうの構造計画時に検討すべき事項に対応して、桁および橋脚、橋台の構造、支持状態、移動量と回転量、移動方向と回転方向の関係、常時の走行安全性や乗り心地の確保等における留意事項を定めた。

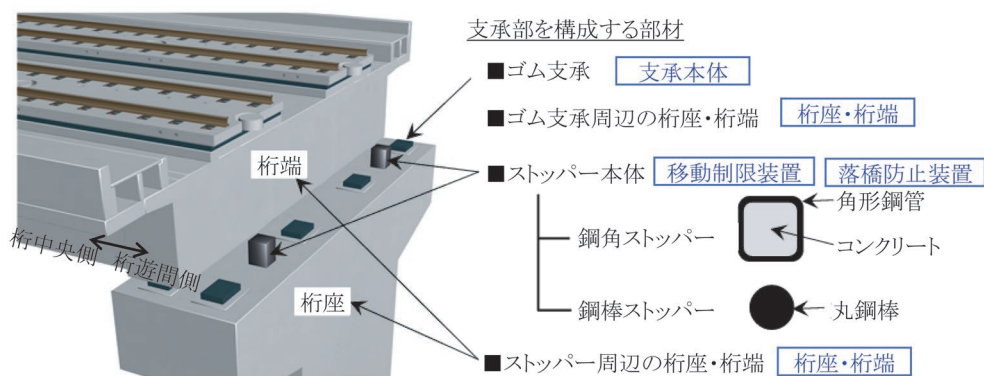


図1 ゴム支承とストッパーを用いた支承部の構造例

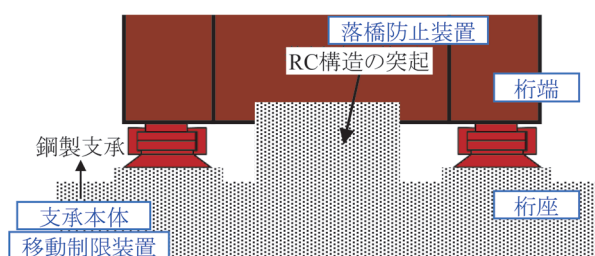


図2 鋼製支承を用いた支承部の構造例
(落橋防止装置を鋼製支承と別にした構造の例)

3.2 適用の要件 (2章)

支承構造編に記載した手法を適用する上での要件となる、材料や装置の品質、照査の前提となる細目、施工や維持管理に関する条件を示した。支承部に使用される材料として、ゴム、各種鋼材、コンクリート等の品質について定めた。また、各材料を組み立てて構成された装置としての品質管理も重要であるため、試験等により品質が確認されたものを用いること等を定めた。一例として、主に鋼橋や合成桁に用いられる、ゴム支承と鋼製支承を対象に、品質管理の方法を付属資料に示した。

3.3 耐久性に関する検討 (3章)

支承構造編の6章、7章には、材料劣化に伴う性能の経時変化を考慮しない照査法を示している。この前提として、支承部の材料について、設計耐用期間における水、飛来塩分、日射、温度、湿度、酸素、紫外線、オゾン等の気象の影響により生じる材料劣化が、橋りょうの性能に影響しない軽微な範囲に留めることが必要となる。このため、設計耐用期間における、ゴムやコンクリートの劣化、鋼材の腐食等の材料劣化が支承部の性能に影響しない範囲に留まることを確かめる必要がある。

3.4 材料 (4章)

支承部に用いる材料の特性値および設計値は、支承部の構造、材料の機械的性質の試験値やそのばらつき等を

考慮して定めるものとした。

3.5 構造解析 (5章)

設計では、一般に支承部をモデル化せずに橋りょうの構造解析を行うことが多いが、免震構造や水平力分散構造等では、特に地震時において支承部の挙動が橋りょう全体の挙動に及ぼす影響は無視できず、支承部をモデル化して橋りょうの構造解析を行う事例も増えている。支承部をモデル化することで、構造解析から支承部の応答値を直接算定することができる。この場合には、各装置、例えばゴム支承等の非線形特性や減衰特性を適切に設定する必要がある。

3.6 照査に関する基礎的事項 (6章)

支承部の照査は、設計耐用期間中に生じる設計作用に対し、橋りょうが要求性能を満足するように、各装置が、各要求性能から定まる支承部の限界状態に至らないことを確かめることにより行う。表2に、支承部の各装置について、橋りょうの要求性能、限界状態に対応する照査指標の例を示す。支承本体および移動制限装置の照査は、一般に、安全性、使用性および復旧性、落橋防止装置の照査は、安全性および復旧性、必要に応じて使用性に関して行う。桁座・桁端の照査は、取り付く装置に応じた要求性能に関して行う。

表3に、橋りょうの性能レベルと支承部の損傷レベルの関連を示す。保守や修復性の照査では、橋りょう編に基づき、表3のように、性能レベルをもとに支承部の損傷レベルが設定される。表4に支承部の各損傷レベルの定義を示すが、H16コンクリート標準または耐震標準等から定義を一部見直した。具体的には、一部の装置が損傷・破壊（このような場合は耐震標準等では損傷レベル3）しても、支承部としての耐力低下はほとんどなく早期復旧が可能な場合は、損傷レベル2とみなせるようにした。これは、最近の大規模地震でストッパーの桁座が損傷しても早期に修復可能であった事例等を踏まえた

表 2 橋りょうの要求性能, 限界状態および各装置の照査指標の例 (支承部の照査に関わる項目のみ)

要求性能	性能項目	限界状態	照査指標			
			支承本体	移動制限装置	落橋防止装置*1	桁座・桁端
安全性	構造安全性	破壊	(落橋防止装置を兼ねる場合) 力, 応力度	(落橋防止装置を兼ねる場合) 力, 応力度	力, 応力度	力, 応力度
		疲労破壊	—	—	—	—
		変位・変形の限界 (桁ずれ, 桁転倒等)	(落橋防止装置を兼ねる場合) 力, 応力度	(落橋防止装置を兼ねる場合) 力, 応力度	力, 応力度, 水平変位 (桁ずれ) *2	力, 応力度
	公衆安全性	—	— (必要に応じて)			
使用性	外観	—	— (必要に応じて)	— (必要に応じて)	— (必要に応じて)	ひび割れ幅, 応力度 (必要に応じて)
	保守	損傷	力, 応力度, 変形 (圧縮, せん断等)	力, 応力度	—	力, 応力度
復旧性	修復性	損傷	力, 応力度, 変形	力, 応力度, 変形	力, 応力度, 変形	力, 応力度
		残留変位の限界	— (必要に応じて)			

注) *1 支承本体, 移動制限装置となる装置とは別に設ける落橋防止装置を対象とする。

*2 桁座寸法の確保による落橋防止装置の場合の照査指標を表す。

表 3 橋りょうの性能レベルと支承部の損傷レベルの関連

要求性能	使用性 (保守)		復旧性 (修復性)	
性能レベル	1	1	2	3
支承部の損傷レベル	1	1	2~3	3

表 4 支承部の損傷レベルの定義

	損傷状態
損傷レベル 1	無損傷の状態
損傷レベル 2	桁ずれの少ない比較的軽微な損傷状態。場合により補修が必要な状態
損傷レベル 3	桁ずれは生じるが落橋はしない。補修が必要で, 場合によっては取替えが必要な状態

ものである。このように, 支承部の損傷レベルを, 各装置の状態から定義するのではなく, 橋りょうの要求性能を満足する状態に基づき定義するように改めた。

また, 復旧しやすい構造物の設計法を意図し¹⁾, 支承部の損傷に関する照査において, 各装置がすべて設計限界値以下であることを確かめるのではなく, 支承部として望ましい損傷形態となるように, 各装置の照査値等により損傷順序を制御することを推奨した。例えば, 支承本体とその桁座・桁端では, 支承本体が補修の容易な構造であればその損傷を先行させる, 桁座と桁端では, 一般に桁遊間側の桁端の修復は困難な場合も多いので桁座前面側の損傷を先行させる等である。

3.7 構造計算に関する一般事項 (7章)

支承部共通の構造計算として, 各装置の設計応答値と設計限界値の算定方法を定めた。例えば, 設計応答値の算定において, H16 コンクリート標準からコンクリート桁の水平移動量の算定, 鋼・合成標準から鋼桁等の可動支承の常時における設計移動量の算定方法等を示した。

3.8 ゴム支承とストッパーを用いた支承部の照査 (8章)

3.8.1 対象と構成

図 1 に示すような, 支承本体としてゴム支承を, 移動制限装置として鋼棒ストッパーまたは鋼角ストッパーを, 落橋防止装置としてストッパーまたは桁座寸法の確保を用いる場合を対象とする。図 3 にゴム支承の例を示すが, 8章では, このうち図 3 (a) のパッド型ゴム支承 (主として桁を鉛直方向に支持し, 桁座・桁端に直接固定されていない) を対象とする。短支間の鋼桁にゴム支承を用いる場合もここに含まれる。図 3 (b) の鉛プラグ入り積層ゴム支承は, 後述するように, 10章で対象とする水平力分散構造または免震構造に用いるゴム支承である。

8章は, 上記の支承部の設計について, H16 コンクリート標準を基本に, 一部鋼・合成標準から該当する内容を取り込み, 適用の要件, 材料, 構造解析, 各照査方法等を整理して示した。

なお, ゴム支承とダンパー式ストッパーを用いる支承部は, 地震時は水平力分散構造となるため 10章に記載した。

3.8.2 主な変更点

H16 コンクリート標準等からの主な変更点は以下の

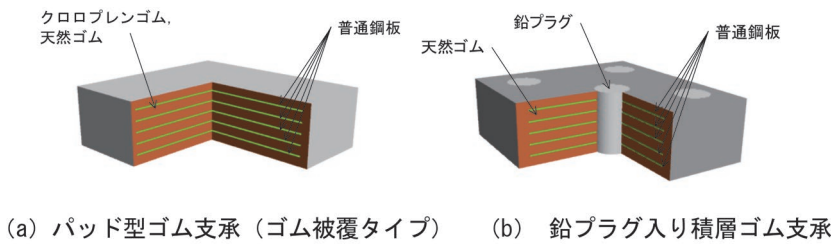


図3 ゴム支承の例



図5 鋼製支承の例
(支承板支承)

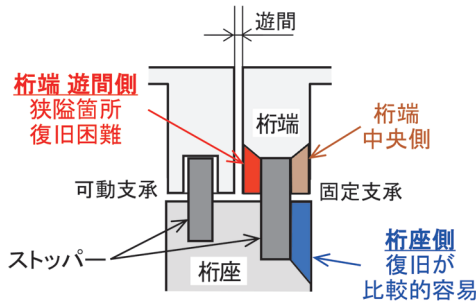


図4 地震後の支承部の修復の難易度

通りである。

- ・最近の実績を踏まえ、ゴム支承本体の細目（ゴム一層の厚さ、補強鋼板の板厚等）、支承から桁座縁端までの距離、桁座・桁端の補強鉄筋等の構造細目を見直した。
- ・桁座寸法の確保を落橋防止装置とする場合、橋軸方向の大規模地震に対するストッパー周辺の桁座・桁端は、地震後の復旧の容易さかつ確実さを踏まえ、検査用通路等の維持管理設備を有すること、桁座縁端から桁座縁端までの距離を確保すること等を前提に、損傷が生じた場合に修復することをもって、保守および修復性の照査に代えてよいとする方法も可能となるようにした。
- ・ストッパー埋込み部において、コンクリートの浮きを伴う損傷が桁端の遊間側に生じた場合には、桁座に生じた場合と比較して地上から損傷を発見しにくく、修復時には狭隘な箇所ではつり出し等を要し、修復作業が大変となる。そこで、桁座前面側を桁端の遊間側より先行して損傷させる等、修復しやすい箇所に損傷を制御することを示した（図4）。
- ・ストッパーの桁座・桁端埋込み部の水平耐力の算定式について、鉄筋量に加え、鉄筋の折り曲げ形状と配置（ストッパーとの位置関係）を考慮したより高精度の算定法を、荷重試験や非線形有限要素解析を基に構築した⁸⁾。これにより、ストッパー埋込み部の鉄筋量を増やすことなく、地震で支承部の損傷が発生する場合に、修復しやすい箇所に損傷を制御することが可能である。また、鋼角ストッパーの埋込み長、ストッパー周辺の補強鉄筋の配筋、ストッパー埋込み部のあき等の構造細目を最近の実績等も踏まえて見直した。鋼棒ス

トッパーのスパイラル筋の外径の記載を追加した。

3.9 鋼製支承を用いた支承部の照査（9章）

3.9.1 対象と構成

図2に示すような、支承本体として鋼製支承を、移動制限装置および落橋防止装置として支承本体と一体の構造または別の構造を用いる場合を対象とする。鋼製支承は、平板支承、鋳鋼の線支承、支承板支承（図5）および球面支承を対象とした。

9章は、上記の支承部の設計について、鋼・合成標準を基本に、一部をH16コンクリート標準から該当する内容を取り込み再整理して示した。

3.9.2 主な変更点

鋼・合成標準等からの主な変更点は以下の通りである。

- ・支承板支承として、鋼合金支承板支承（BP-A 支承）に、密閉ゴム支承板支承（BP-B 支承）についても記載を追加した。これは、既設鋼橋の支承取替えにおいて適用事例⁹⁾が増えており、適用のニーズが高いためである。BP-B 支承の照査は基本的にBP-A 支承と同じであり、特有な事項としてPTFE板や密閉ゴムの特性値、鋼とPTFE板の摩擦係数、構造細目等を記載した。
- ・水平地震動や鉛直地震動により、桁の転倒や浮き上がりによって支承部に上向きの鉛直力（上揚力）が働く。最近地震動レベルが増大しているが、上揚力の算定法が不明確なため上揚力に対する照査が厳しくなっており、これを満足するために鋼製支承を大型化せざるを得ない場合もある。そこで、解析による検討¹⁰⁾に基づき、地震時の支承部の上揚力の算定法や照査法について見直した。

3.10 水平力分散構造および免震構造の支承部の照査（10章）

3.10.1 対象と構成

表5に、10章で対象とする支承形式の例を示す。本章では、パッド型ゴム支承とダンパー式ストッパーを用いる支承部（表5の支承形式Ⅰ）、積層ゴム支承、鉛プラグ入り積層ゴム支承（図3（b））、高減衰積層ゴム支承等による水平力分散構造の支承部（表5の支承形式Ⅱ）、および鉛プラグ入り積層ゴム支承等のエネルギー

表5 10章で対象とする支承形式の例

構造	支承形式	支承本体	移動制限装置	落橋防止装置
水平力分散構造	I	・パッド型ゴム支承	・ダンパー式ストッパー	・ダンパー式ストッパー
	II	・積層ゴム支承 ・鉛プラグ入り積層ゴム支承、高減衰積層ゴム支承* 等	・鋼棒ストッパー ・鋼角ストッパー ・水平沓、サイドブロック等	・(橋軸方向) ゴム支承本体 ・(橋軸直角方向) ゴム支承本体、移動制限装置
免震構造	III	・鉛プラグ入り積層ゴム支承 高減衰積層ゴム支承 等	・鋼棒ストッパー ・鋼角ストッパー ・水平沓、サイドブロック等	・(橋軸方向) ゴム支承本体 ・(橋軸直角方向) ゴム支承本体、移動制限装置

注) *エネルギー吸収による減衰等の効果は考慮しないで設計する。

吸収性能を有するゴム支承を支承本体に用いた免震構造の支承部(表5の支承形式III)を対象とする。鉛プラグ入り積層ゴム支承等を用いた場合でも、エネルギー吸収による減衰等の動的な効果を考慮せずに水平力分散構造として設計する場合は、水平力分散構造(表5の支承形式II)として取り扱う。対象となる支承部にはこの他にも多様な構成が考えられるが、10章では表5に例示する、支承本体、移動制限装置および落橋防止装置で構成される3つの支承形式を対象とした。

10章は、上記の支承部の設計について、H16コンクリート標準、鋼・合成標準および耐震標準から、該当する内容を取り込み再整理して示した。

3. 10.2 主な変更点

主な変更点は以下の通りである。

- ・ゴム支承の照査項目について、8章のパッド型ゴム支承と整合するように鋼・合成標準から見直した。また、保守の照査に用いる損傷レベル1のゴム支承のせん断ひずみおよび局部せん断ひずみの限界値、保守および修復性の照査におけるゴム支承の引張応力度の限界値を追加した。
- ・ゴム支承の非線形モデルについて、鋼・合成標準および耐震標準をもとに、ハードニングの影響や低温時の剛性の変動等を考慮して設定することを追加した。また、付属資料にモデル化の例を示した。
- ・水平力分散構造や免震構造に用いるゴム支承の適用上の留意点や設計フローを付属資料に整理して示した。

4. おわりに

支承構造編の作成のポイントや主な変更点は以下の通りである。

- ・これまで多数の設計標準に記載されていた支承部の設計に関わる事項をもとに、新たな知見を取り入れ、部位・部材編の位置付けとして作成した。
- ・橋りょう編に基づき、支承部の設計の基本を含め支承形式共通の一連の設計法を構築するとともに、3つの一般的な支承形式についてより具体的な設計法を示した。
- ・ストッパー周辺の桁座・桁端の修復性の照査や鋼角ス

トッパー埋込み部の耐力算定式を見直した。

- ・鋼製の支承板支承の追加、地震時の上揚力に対する照査法を見直した。
- ・水平力分散構造および免震構造に用いるゴム支承の限界値の見直しやモデル化の留意点の追記等を図った。支承構造編は、鉄道橋の新設の支承部全てに適用されるものであり、支承構造編の制定により、今後利便性がより高まるものと考えている。

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, 鉄道総研報告, 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, 鉄道総研報告, Vol.37, No.11, pp.7-13, 2023
- 3) 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, 2004
- 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(鋼・合成構造物), 丸善, 2009
- 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(耐震設計), 丸善, 2012
- 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(変位制限), 丸善, 2006
- 7) 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II編 橋りょう」の要旨, 鉄道総研報告, Vol.37, No.11, pp.15-23, 2023
- 8) 轟俊太郎, 森勇樹, 田所敏弥, 渡辺健: 鋼角ストッパー埋込み部の設計耐力算定式, 鉄道総研報告, Vol.37, No.1, pp.1-9, 2023
- 9) 丹羽雄一郎, 木村元哉, 矢島秀治: 既設鉄道合成桁へのBP-B支承の適用, 土木学会第68回年次学術講演会, VI-463, 2013
- 10) Masamichi SAITO, Tatsuya NIHEI, Yugo DOUCHI: Characteristics of Uplifting Force Acting on Bridge Bearings during Earthquakes, 12th World Congress on Railway Research, 2019.