

道路橋支承部の 改善と維持管理技術



B1108143B
土木図書館

土木学会

道路橋支承部の 改善と維持管理技術

登録 番号	平成20年6月10日 第 56430 号
社団法人 土木学会	
附属 土木図書館	

Steel Structures Series 17

Improvement and Maintenance Technology
for
Bearing Support System
of
Highway Bridges

Edited by
Hiroshi FUJIWARA
Manager Technical Development
Nexco East Nippon Engineering Company Limited

Published by
Subcommittee of
Investigation for Bearing Support System of the Highway Bridges
Committee of Steel Structures
Japan Society of Civil Engineers

March 2008

序

橋梁の支承部は、上部構造の死荷重や活荷重、風荷重および地震時慣性力などを確実に下部構造に伝達する機能と、上部構造・下部構造間の変位、たわみ、振動および伸縮に追従して無理な応力を解消する機能を持つ構造として、上部構造と下部構造の接点に設けられる部材である。この二つの機能以外に、上部構造の下部構造からの浮き上がり防止と上部構造の橋軸直角方向へのずれ止め機能も併せ持っている。しかし、これらの機能は、橋梁構造に適した選定・設計、設置および維持管理が行われて初めて発揮されるものである。

このように、支承部は、橋梁を構成する重要な要素にも関わらず、兵庫県南部地震後の道路橋示方書改訂（1996年）で、「支承部は、橋を構成する主要構造部材のひとつ」と位置付けられるまでは、橋梁付属物として扱われてきた。そのためだけではないだろうが、橋梁の計画段階で、支承部に関する十分な検討が行われてきたとはいいい難く、橋梁設計を行うコンサルタントでも、実際に支承設計ができる技術者はごく少ない。

支承部の損傷事例を整理・分析してみると、いかに支承の特徴や機能が理解されずに使用され続けているかが分かる。支承部は、伸縮装置や排水施設からの漏水や土砂等の堆積など厳しい環境下に設置されていることから、橋梁を構成する構造要素のなかでも損傷の度合いが多く、改善の必要性が高いとされている。しかし、支承部の損傷原因は、維持管理に起因するものが多くを占め、二十数年前に指摘された維持管理上の問題については、現在でもほとんどが解決されていない。

平成7年に発生した兵庫県南部地震以降、鋼製支承からゴム支承へと急激な転換が図られた。これは、鋼製支承は、地震に対してじん性に乏しく、ぜい性的に破壊していたのに対し、ゴム支承は、ゴムの弾性によって大きな変形性能を有すことから、弾性支持による地震時衝撃力の緩和やひずみ硬化域での移動制限装置としての機能が評価され、耐震上有利とされたことが理由である。

しかし、あまりにも耐震性を重視したあげく、常時における橋梁挙動などをあまり考慮しない選定が行われてきたことも事実である。ゴム支承は、桁の回転に追従させるために鉛直ばねを柔らかく設計することから橋梁振動を助長するとともに、伸縮装置部に路面段差が生じ、車両走行による騒音や橋梁振動の原因になることが指摘されている。また、ゴム支承個々の鉛直ばねの違いによって生じる桁の相対変位が、橋梁構成部材や床版の損傷原因となることも懸念されている。

このようななか、平成16年に「鋼橋の支持機能検討小委員会」が設置され、支承部の機能改善のためのガイドラインを作成する目的で検討が進められてきた。小委員会では、四つのワーキング・グループにより、支承部の損傷事例の収集と分析、支承部の挙動調査・解析事例の収集と整理、支承部の取替事例の収集、支承の性能設計、支承部の損傷制御設計による耐震性向上策および支承部の維持管理標準について議論を重ねた。

本報告書は、上記小委員会委員各位の努力の結果、まとめられたものである。特に、委員会活動やWG活動において中心的な役割を果たしていただいた幹事各位および編集担当委員に深く感謝したい。また、本報告書を詳細に照査いただいた鋼構造委員会の宇佐美勉氏（名城大学）、

北田俊行氏（大阪市立大学）および佐々木保隆氏（（株）横河ブリッジホールディングス）にもお礼申し上げたい。

本書には、支承部の基本事項や変遷および支承の設計例など、いわゆる教科書的な内容も盛り込んでいる。本書が、橋梁の管理者をはじめ橋梁の設計、施工および維持管理に関わる技術者、そして、これから橋梁に関わる技術者にとってお役に立てば幸いであり、委員一同願っていることでもある。

平成 20 年 3 月

土木学会鋼構造委員会
鋼橋の支持機能検討小委員会
委員長 藤原 博

土木学会 鋼構造委員会
鋼橋の支持機能検討小委員会

委員名簿

(50音順・敬称略)

委員長	* 藤原 博	(株)ネクスコ東日本エンジニアリング 技術開発部
幹事長	** 比志島 康久	川口金属工業(株)
幹事	** 中村 輝美	中日本ハイウェイ・エンジニアリング東京(株) 構造技術部
〃	** 谷中 聡久	(株)横河ブリッジ 技術本部技術研究所
〃	** 姫野 岳彦	川口金属工業(株) 技術本部開発部
〃	** 香川 紳一郎	応用地質(株) 東京本社技術センター
連絡幹事	山口 栄輝	九州工業大学 工学部建設社会工学科 (2007年10月まで)
〃	館石 和雄	名古屋大学 エコトピア科学研究所 (2007年11月から)
委員	** 荒 勲	(株)復建エンジニアリング 保全技術部 (2006年1月から)
〃	石塚 宏之	(株)ドーユー大地 埼玉支社構造部
〃	出間 進一	日本鑄造(株) 大阪支社
〃	伊津野 和行	立命館大学 理工学部都市システム工学科
〃	薄井 王尚	(株)フジエンジニアリング 調査設計部
〃	貝沼 重信	九州大学 大学院工学研究院建設デザイン部門
〃	加賀山 泰一	阪神高速道路(株) 大阪管理部保全計画グループ
〃	後藤 和満	(株)建設技術研究所
〃	** 瀬田 真	川田建設(株) 保全技術部
〃	** 高木 俊輔	日本鑄造(株) 生産技術部
〃	谷倉 泉	(社)日本建設機械化協会 施工技術総合研究所
〃	半野 久光	首都高速道路(株) 技術管理室設計技術グループ
〃	増田 耕一	オイレス工業(株) 第三事業部技術部
〃	森 猛	法政大学 工学部都市環境デザイン工学科
〃	山口 栄輝	九州工業大学 工学部建設社会工学科 (2007年11月から)
〃	山口 隆司	大阪市立大学 大学院工学研究科都市系専攻橋梁工学分野
〃	** 山崎 信宏	日本鑄造(株) エンジニアリング開発部 (2005年7月から)
〃	渡部 鐘多朗	(株)サクラダ 市川工場設計部
旧委員	牛嶋 昭夫	三協オイルレス工業(株) (2006年9月まで)
〃	西田 秀明	(独)土木研究所耐震チーム (2007年4月まで)
〃	皆川 卓	(株)復建エンジニアリング (2005年12月まで)

(2008年2月1日現在)

* 編集担当主査 ** 編集担当委員

土木学会 鋼構造委員会
鋼橋の支持機能検討小委員会
ワーキング・グループ名簿

(順不同・敬称略)

WG1	支承部の損傷事例の収集と分析 (第1章, 第2章, 第3章担当)	*中村 輝美, 荒 勲, 出間 進一, 加賀山 泰一, 姫野 岳彦, 森 猛, 山口 栄輝, 山崎 信宏, 渡部 鐘多朗, (西田 秀明), (皆川 卓),
WG2	支承部の挙動および取替事例の収 集と整理 (第4章, 第5章担当)	*谷中 聡久, 荒 勲, 石塚 宏之, 高木 俊輔, 谷倉 泉, 山口 隆司, (皆川 卓)
WG3	支承部の性能設計と損傷制御設計 による耐震性向上策の検討 (第6章担当)	*姫野 岳彦, 伊津野 和行, 後藤 和満, 増田 耕一, 渡部 鐘多朗, (牛嶋 昭夫)
WG4	支承部の維持管理標準の検討 (第7章担当)	*香川 紳一郎, 薄井 王尚, 貝沼 重信, 瀬田 真, 中村 輝美, 半野 久光, 姫野 岳彦

* 主査, (旧委員)

用語の定義

本書で使用する用語は、「鋼・合成構造標準示方書」（土木学会鋼構造委員会，2007 制定）によるものとするが，同書に定義されていない用語は以下のように定義する．

支承・支承部の名称に関する用語

支持機能：支承部，伸縮装置および落橋防止システムなどが持つ機能の総称

支承部：支承，沓座モルタル，ソールプレートなど支承の性能を確保するための部分

支承：支承本体，アンカーボルト，サイドブロックおよびセットボルト等の総称

固定可動構造：一支承線が固定支持で，他の支承線はすべて可動支持とする場合の構造

多点固定構造：複数の橋脚上に固定支承を設ける構造

免震構造：支承部にアイソレータ機能と減衰機能をもたせた構造

機能分離構造：支承部として必要となる機能ごとに独立した構造体を設け，これらの集合が支承部としての役割に担うように構造を構成した支承部構造

変位制限構造：支承部と補完し合って，レベル2地震動により生じる水平力に抵抗するための構造

鋼製支承：鋼製支承の総称

ゴム支承：ゴム支承の総称

固定型ゴム支承：すべり型ゴム支承，パッド型ゴム支承の総称で，水平支持機能が固定の支承

可動型ゴム支承：すべり型ゴム支承，パッド型ゴム支承の総称で，水平支持機能が可動の支承

帯状ゴム支承：鉛直力によるゴムの膨出を抑制するための硬質ゴムまたは合成繊維で補強されたゴム支承

部材・部位の名称に関する用語

上沓：鋼製支承の上側主部材またはゴム支承のゴム本体上部に取付けるプレート

下沓：鋼製支承の下側主部材またはゴム支承のゴム本体下部に取付けるプレート

沓座：支承を下部構造に据え付けるための部材

ソールプレート：上部構造の反力を支承に均等に伝達するために上部構造に取付けるプレート

ピンチプレート：線支承などにおいて，下沓突起部に取付けられるプレート

ベースプレート：支承と下部構造とを連結するためのプレート

サイドブロック：水平力に対して抵抗する部材であり，上揚力に抵抗する場合もある．BP・A 支承やBP・B 支承などでは下沓突起部に取付けられる

ジョイントプロテクター：伸縮装置の許容伸縮量が地震時設計伸縮量よりも小さい場合に，レベル1地震動に対して伸縮装置を保護する部材

移動制限装置：可動支承において，設計で想定した以上の相対変位を防止するために設けられる装置

セットボルト：上沓と上部構造の連結部に用いるボルト

アンカーボルト：下沓あるいはベースプレートと下部構造の連結部に用いるボルト

せん断キー：摩擦接合以外で鋼部材を接合する際、せん断力を伝達する円形のプレート

ゴム本体：ゴムと補強鋼板を加硫成型する際の積層部分全体

上鋼板：ゴム本体の上端に位置する補強鋼板

下鋼板：ゴム本体の下端に位置する補強鋼板

内部鋼板：ゴム本体の中間層に位置する鋼板

被覆ゴム：ゴム本体の側面を被覆するゴム層

アンカーバー：コンクリート桁との固定装置として用いられている部材

アンカーフレーム：支承部のアンカーバーやアンカーボルトに生じる引抜き力が非常に大きい場合の対策方法に用いられる部材

アンカープレート：支承部のアンカーバーやアンカーボルトの先端付近に取付けられるプレートで、引抜き力が非常に大きい場合の対策方法に用いられる

損傷・劣化、補修・補強に関する用語

補修：建設時の機能・耐荷力・耐久性まで復元する対策。修繕ともいう

補強：建設時の機能・耐荷力・耐久性を超えて向上させる対策

維持管理に関する用語

点検：構造物の現状を把握する行為の総称

初期点検：供用直前に行う詳細点検。出来形検査とは異なる

初回点検：供用後に行う最初の詳細点検

日常点検：パトロール・巡回に相当する日常的に実施される点検で、車上からの目視点検を原則とし、点検員にとくに資格を求めない点検

定期点検：5～10年に1度または随時実施される点検で、簡易な器材を用いた近接目視を原則とし、点検員に技術者資格を求める点検。通常点検、定期検査、一般検査ともいわれる

臨時点検：自然災害や人的災害を受けた場合に臨時に実施する点検で、必要に応じて資機材を用いた遠望・近接目視を原則とし、橋梁管理者自らが実施することを基本とする点検。異常時点検、緊急点検、特別点検（検査）、不定期点検（検査）、個別点検（検査）ともいわれる

異常時点検：地震や台風などの自然災害を受けた場合に随時実施する点検で、必要に応じて資機材を用いた遠望・近接目視を原則とし、道路管理者自らが実施することを基本とする点検

緊急点検：定期点検の結果、第三者からの通報などによって緊急に、道路管理者自らが実施することを基本とする点検

詳細調査：専門技術を有する技術者が、必要に応じて専用の機器を用いて実施する定量的評価

判定：点検結果等により、状態に対してA、B、C等の健全度あるいは損傷度などの順位を付けること

評価、診断：判定の結果により、高度の技術力と経験を持つ技術者が行う提言

設計に関する用語

損傷制御設計：経済的・社会的に許容し得る範囲で、地震エネルギーを吸収する部材を付与

することにより，橋脚に作用する上部構造の慣性力を低減し，損傷を限定しようとする設計法．支承部の場合では，上部構造の慣性力を別のエネルギー吸収部材で分担させることにより，支承および他の部材に大きな損傷を与えないようにする設計法

目 次

序

委員名簿

ワーキング・グループ名簿

用語の定義

第1章 支承部の基本事項	1
1.1 支承部の概要	1
1.1.1 支承部の機能と機構	2
1.1.2 支承部の材料	6
1.1.3 支承の種類	7
1.1.4 支承の設計	17
1.2 支承選定の基本的な考え方	20
第2章 支承の変遷	23
2.1 示方書・指針・標準設計類の変遷	23
2.1.1 関東地震	23
2.1.2 高度経済成長期	23
2.1.3 宮城県沖地震	32
2.1.4 兵庫県南部地震	32
2.2 支承材料の変遷	34
2.2.1 鋼製支承	34
2.2.2 ゴム支承	35
2.3 支承構造の変遷	36
2.3.1 鋼製支承	36
2.3.2 ゴム支承	41
2.4 支承設計の変遷	42
2.4.1 道路橋示方書，道路橋支承便覧の改訂	43
2.4.2 各機関におけるゴム支承に関する設計基準	45
2.4.3 高減衰ゴム支承，鉛プラグ入りゴム支承に関する設計基準	45
2.4.4 機能分離型支承に関する設計基準	52
第3章 支承部の損傷	64
3.1 常時における支承部の損傷	64
3.1.1 支承部の損傷形態	64
3.1.2 支承の損傷形態と要因	66
3.1.3 都市内高速道路における損傷傾向	76
3.1.4 東名および名神高速道路における損傷傾向	84
3.1.5 常時における支承部の損傷と対策	87
3.2 地震時における支承部の損傷	89

3.2.1	支承部の損傷形態	89
3.2.2	支承部の損傷事例	90
3.2.3	地震時における上部構造の損傷事例	95
3.2.4	兵庫県南部地震における被害調査結果	98
3.2.5	地震時における支承部の損傷と対応	105
3.3	支承部の不具合に起因した上部構造の損傷	106
3.3.1	損傷形態	106
3.3.2	上部構造の損傷傾向と要因	107
第4章	支承取替えの施工事例と問題点	110
4.1	はじめに	110
4.2	支承取替え事例の収集	110
4.2.1	事例収集方法	110
4.2.2	事例収集結果	110
4.3	支承取替え施工の基本事項	113
4.3.1	取替え施工一般	113
4.3.2	取替え時の留意点	113
4.3.3	施工手順	114
4.3.4	補強工	117
4.3.5	仮受け工	119
4.3.6	支承撤去工	120
4.3.7	アンカーボルト工	122
4.3.8	支承設置工	123
4.4	支承の取替え事例	125
4.4.1	補強方法の工夫事例	125
4.4.2	仮受け部材の工夫事例	127
4.4.3	仮受け時の安定性確保の工夫事例	131
4.4.4	仮受け工の省力化・効率化の事例	133
4.4.5	トラス橋の取替え事例	135
4.4.6	大型免震支承の取替え事例	141
4.5	支承の取替えに関連する問題点	142
4.5.1	取替えが困難な構造	142
4.5.2	取替え計画段階での留意点	144
4.5.3	まとめ	145
第5章	支承挙動の調査事例	147
5.1	はじめに	147
5.2	挙動の調査事例の紹介	147
5.2.1	鋼製支承の挙動事例	147
5.2.2	ゴム支承の挙動事例	155
5.2.3	鋼製支承とゴム支承の挙動比較	157
5.2.4	ゴム支承を使用した支承部の応力性状検討事例	161

5.3	支承部の挙動の問題点	167
5.3.1	支承の取替えによる挙動の変化と問題点	167
5.3.2	その他支承部の問題点	168
5.3.3	まとめ	169
第6章	支承部の性能設計	171
6.1	支承部の要求性能	171
6.1.1	道路の機能	172
6.1.2	支承部の要求性能と設計概念	172
6.1.3	性能設計の考え方	174
6.2	性能設計において留意すべき事項	175
6.2.1	支承材料の違いによる性能比較	176
6.2.2	固定・可動支承における性能比較	179
6.2.3	現行設計基準の技術的背景	182
6.2.4	支承定着部の構造	191
6.2.5	性能設計のための課題	193
6.3	支承部における損傷制御設計の考え方	193
6.3.1	損傷制御設計とは	193
6.3.2	被災事例分析による損傷制御設計の有効性	194
6.4	支承部の損傷制御設計による耐震性能向上策	199
6.4.1	損傷制御設計における要求性能	199
6.4.2	損傷制御シナリオの提案	202
6.4.3	従来支承構造の問題点	206
6.4.4	支承部の損傷制御を可能とする新しい構造形式の提案	208
6.4.5	支承部周辺の構造細目に関する留意点	211
第7章	支承部の維持管理	216
7.1	維持管理の基本	216
7.1.1	一般	216
7.1.2	維持管理の手順	217
7.2	点検・調査	219
7.2.1	一般	219
7.2.2	点検・調査の目的	219
7.2.3	点検技術者に必要とされる資質	220
7.2.4	点検・調査の種類	220
7.2.5	点検調査の留意点	224
7.2.6	評価・判定	231
7.2.7	記録	235
7.3	日常管理計画	241
7.3.1	一般	241
7.3.2	日常管理	241
7.4	支承部のマネジメント	245

7.4.1	橋梁に求められるメンテナンス・マネジメント	245
7.4.2	支承部のメンテナンス・マネジメント	246
7.4.3	維持管理標準	251
7.5	支承部の改善策	258
7.5.1	一般	258
7.5.2	支承部へのアクセス	258
7.5.3	作業空間	260
7.5.4	取替えやすい支承構造	261
7.5.5	桁のジャッキアップ	263
7.5.6	維持管理しやすい支承部の構造	263
7.5.7	伸縮装置の漏水対策	264
7.5.8	維持管理の背景と問題点	266
参考資料 1	B P・B 支承（可動）の設計例	269
参考資料 2	可動・固定型ゴム支承（タイプ B）の設計例	287
参考資料 3	支承取替え事例および支承挙動事例の収集文献リスト	302