

道路橋支承便覧の改訂について

支承便覧分科会

Subcommittee on Bearing Support Design Guide

はじめに

「道路橋支承便覧」は道路橋支承の設計・製作に関する手引書として、昭和48年4月に刊行し、その後54年2月には施工に関する内容の充実を図って、「道路橋支承便覧（施工編）」を刊行した。さらに平成3年7月には、当時における技術面の進歩と維持管理に重点をおいた改訂が行われた。前回の改訂から12年が経過し、この間の橋梁建設技術は飛躍的な進歩をとげ、橋梁の大型化および施工法に代表される橋梁の多様化が進行している。

一方、道路橋に関する技術基準については、7年兵庫県南部地震による道路橋の甚大な被害の経験の踏まえ、マグニチュード7級の内陸直下で発生する地震による地震動に対しても必要な耐震性を確保するよう8年に改訂が行われ、13年には性能規定型の技術基準を目指すことを主な目的として改訂が行われた。

このようななか、支承部に求められる性能も変化し、それとともに特にゴム支承については採用の機会が増え、構造・材料ともに変化してきた。このような支承を取り巻く情勢の変化ならびに時代の経過から道路橋支承便覧の内容を見直し改訂を行ったものである。

今回の改訂の主な内容は、以下のとおりである。

- ①道路橋示方書の改訂に伴う記述の見直し
- ②材料特性、耐震設計、橋梁の長大化など最近の技術面での進歩を反映
- ③ゴム支承に関する適用範囲、規格、構造、設計、品質管理、施工の見直し
- ④維持管理、耐久性を重視した設計、施工の重要性について記述

道路橋支承便覧は「道路橋示方書」の精神、規程に準じこれを補完する支承部全般に関する手引き、指導書であり、設計・製作・施工・維持管理に携わる広い範囲の

技術者に用いられるものと考えている。

1. 改訂概要

今回の道路橋支承便覧（以下、便覧）は、前便覧が支承の標準仕様の製品を念頭においた記述であったのに対し、橋における支承部の役割、支承部の機能および求める性能を最初に記述した（図-1）。そして、橋の全体構造のなかで、支承部にどのような機能が期待されるかを説き起こし、道路橋示方書の要求を満たすなかでどのように考えて、機構、材料、構造を選定し、設計すればよいかを記述した。ゴム支承については、前便覧において記載されたが、今回の便覧ではタイプBの支承部に対応したゴム支承について追加して記述した。

支承部については（レベル2地震動により生じる地震動に対して抵抗する）タイプBの支承部が基本とされ、支承部に求められる性能が変化しており、ゴム支承については、前回の改訂以降、より合理的な設計を行うため、許容値や設計手法に関する様々な実験や検討が行われてきた。また、ゴムの材料についてもゴム支承に求められる性能を満たすべく、配合の見直しや開発が行われてきた。今回の改訂においては、それらの結果を整理し許容値や設計方法の見直しを行った。

鋼製支承については、兵庫県南部地震において損傷事例が多くあったため、それ以降行われた実験や解析によ

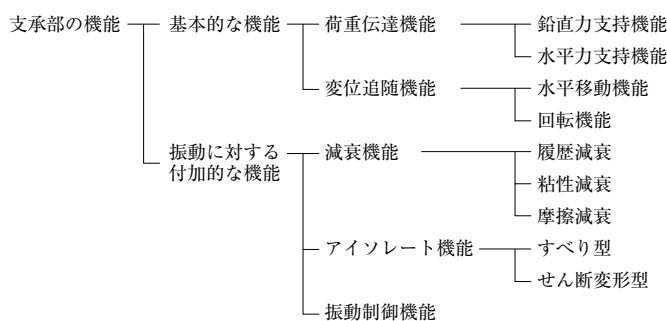


図-1 支承部の機能分類

り分析確認された事項を適切に考慮して設計を行わなければならないことを記述した。

新しい構造として、支承部に求められる荷重伝達機能や変位追従機能など複数の機能を、複数の支承の組み合わせで、常時、暴風時および地震時に保持する機能分離型支承がある。これは、機能一体型の支承部の持つ、単一の部材に複数の機能を集中させるために構造が複雑になることや大型化すること、一部の局所的な損傷や耐久性の低下による機能損失が他の機能にも影響を与えることといった、デメリットを克服することができ、合理的になる場合がある。今回、具体的な設計方法については

記述していないが、構造例を示し解説を加えた。

品質管理については、主にゴム支承の品質管理項目について、設計に使用する特性値の検証と耐久性の確認について、その目的と検証方法について詳細に記述した。また、新しい構造や材料を開発した場合に確認すべき項目についても記述した。

2. ゴム支承の設計

(1) ゴム支承の許容値および照査方法の変更

今回の便覧において変更した内容と前便覧との対比を表-1に示した。

表-1 ゴム支承の設計に関する変更対照表

項目	平成3年版	平成15年版	効果影響																													
1. 許容圧縮応力度	$\sigma_{ca} = 8.0 \text{ N/mm}^2$	一次形状係数による鉛直支持機能の向上を考慮した。 $\sigma_{ca} = 8.0 \text{ N/mm}^2$ ($S_1 \leq 8$ の場合) $\sigma_{ca} = S_1 \text{ N/mm}^2$ ($S_1 > 8$ の場合、ただし、 $\sigma_{ca} \leq 12.0 \text{ N/mm}^2$)	平面寸法 → 小																													
2. 許容圧縮応力振幅	$\Delta\sigma_a = 5.0 \text{ N/mm}^2$	一次形状係数による圧縮疲労性能の向上を考慮した。 $\Delta\sigma_a = 5.0 \text{ N/mm}^2$ ($S_1 \leq 8$ の場合) $\Delta\sigma_a = 5.0 + 0.375(S_1 - 8.0) \text{ N/mm}^2$ ($S_1 > 8$ の場合、ただし、 $\sigma_a \leq 6.5 \text{ N/mm}^2$)	平面寸法 → 小																													
3. 許容引張応力度		新たに規定(暴風時・地震時) σ_{la} (N/mm ²) <table border="1"> <tr><td>呼 び</td><td>G8</td><td>G10以上</td></tr> <tr><td>常 時</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>暴風時</td><td>1.2</td><td>1.5</td></tr> <tr><td>地震時</td><td>1.6</td><td>2.0</td></tr> </table>	呼 び	G8	G10以上	常 時	0	0	暴風時	1.2	1.5	地震時	1.6	2.0	地震時の適用範囲 → 拡大																	
呼 び	G8	G10以上																														
常 時	0	0																														
暴風時	1.2	1.5																														
地震時	1.6	2.0																														
4. 局部せん断ひずみの安全係数 $\gamma_{la} = \gamma_u / f$	<table border="1"> <tr><td colspan="2"></td><td colspan="2">f</td></tr> <tr><td></td><td></td><td>積層ゴム支承</td><td>免震支承</td></tr> <tr><td>常 時</td><td>1.5</td><td>—</td><td>—</td></tr> <tr><td>地震時</td><td>—</td><td>1.2</td><td>—</td></tr> </table>			f				積層ゴム支承	免震支承	常 時	1.5	—	—	地震時	—	1.2	—	<table border="1"> <tr><td></td><td>積層ゴム支承</td><td>免震支承</td></tr> <tr><td>常 時</td><td>1.5</td><td>1.5</td></tr> </table> <p>疲労耐久性の照査であり、地震時は問題とならないことから常時のみの照査とした。</p>		積層ゴム支承	免震支承	常 時	1.5	1.5	地震時で決定していたものは緩和							
		f																														
		積層ゴム支承	免震支承																													
常 時	1.5	—	—																													
地震時	—	1.2	—																													
	積層ゴム支承	免震支承																														
常 時	1.5	1.5																														
5. 破断伸び γ_u (%)	<table border="1"> <tr><td>呼 び</td><td>G8</td><td>G10</td></tr> <tr><td>天然ゴム</td><td>500</td><td>500</td></tr> <tr><td>クロロプレンゴム</td><td>400</td><td>400</td></tr> </table>	呼 び	G8	G10	天然ゴム	500	500	クロロプレンゴム	400	400	実績データより値を見直した。 <table border="1"> <tr><td>呼 び</td><td>G8</td><td>G10</td><td>G12</td><td>G14</td></tr> <tr><td>天然ゴム</td><td>550</td><td>550</td><td>500</td><td>450</td></tr> <tr><td>クロロプレンゴム</td><td>450</td><td>450</td><td>450</td><td>450</td></tr> <tr><td>高減衰ゴム</td><td>650</td><td>600</td><td>550</td><td>—</td></tr> </table>	呼 び	G8	G10	G12	G14	天然ゴム	550	550	500	450	クロロプレンゴム	450	450	450	450	高減衰ゴム	650	600	550	—	局部せん断ひずみ → 緩和
呼 び	G8	G10																														
天然ゴム	500	500																														
クロロプレンゴム	400	400																														
呼 び	G8	G10	G12	G14																												
天然ゴム	550	550	500	450																												
クロロプレンゴム	450	450	450	450																												
高減衰ゴム	650	600	550	—																												
6. 座屈安定性の照査	$S_2 \geq 5$	暴風時、地震時の下向きの力についても、座屈安定性を照査することとした。 $\sigma_{cra} \leq G \cdot S_1 \cdot S_2 / f_{cr}$ 許容座屈応力度の係数 f_{cr} <table border="1"> <tr><td>常 時</td><td>暴風時</td><td>地震時</td></tr> <tr><td>2.5</td><td>2.0</td><td>1.5</td></tr> </table>	常 時	暴風時	地震時	2.5	2.0	1.5																								
常 時	暴風時	地震時																														
2.5	2.0	1.5																														
7. 鉛直ばね定数	$K_v = E \cdot A / \Sigma t_e$ ここに $E = (3 + 6.58 S_1^2) G$ (服部・武井式)	左式中の弾性係数を、実績データより実験式として下記のとおりとした。 $E = \alpha \cdot \beta \cdot S_1 \cdot G$ <table border="1"> <tr><td>種類による係数 α</td><td></td><td>平面形状による係数 β</td><td></td></tr> <tr><td>積層ゴム支承</td><td>35</td><td rowspan="2">矩形</td><td>$0.5 \leq b/a \leq 2$</td><td>1.0</td></tr> <tr><td>免震支承</td><td>45</td><td>$0.5 > b/a, b/a > 2$</td><td>0.5</td></tr> <tr><td>リングプレートタイプゴム支承</td><td>20</td><td>円形</td><td></td><td>0.75</td></tr> </table>	種類による係数 α		平面形状による係数 β		積層ゴム支承	35	矩形	$0.5 \leq b/a \leq 2$	1.0	免震支承	45	$0.5 > b/a, b/a > 2$	0.5	リングプレートタイプゴム支承	20	円形		0.75	橋梁端部の平坦性確保											
種類による係数 α		平面形状による係数 β																														
積層ゴム支承	35	矩形	$0.5 \leq b/a \leq 2$	1.0																												
免震支承	45		$0.5 > b/a, b/a > 2$	0.5																												
リングプレートタイプゴム支承	20	円形		0.75																												
8. 内部鋼板の応力度	$\sigma_s = 2\sigma_c \cdot t_e / t_s \leq \sigma_{sa}$	実験およびFEM解析より、圧縮応力分布を考慮して下記のとおりとし、暴風時、地震時についても照査することとした。 $\sigma_s = f \cdot \sigma_c \cdot t_e / t_s$ 割り増し係数 f <table border="1"> <tr><td>積層ゴム支承</td><td>2.0</td></tr> <tr><td>リングプレートタイプゴム支承</td><td>1.0</td></tr> <tr><td>鉛プラグ入りゴム支承</td><td>3.0</td></tr> </table>	積層ゴム支承	2.0	リングプレートタイプゴム支承	1.0	鉛プラグ入りゴム支承	3.0																								
積層ゴム支承	2.0																															
リングプレートタイプゴム支承	1.0																															
鉛プラグ入りゴム支承	3.0																															

圧縮応力度の許容値については、その値を緩和するべく実験を行い、一次形状係数が8を超える場合は、その値を一次形状係数としてもよいこととした（ただし、最大 12 N/mm^2 ）、ゴムの破断伸びについては、最近の伸びを重視した配合のデータから、天然ゴム、合成ゴムの値を見直したほか、高減衰ゴムの値を追加した。許容引張応力度については、従来規定していなかった項目であるが、実験を行った結果から地震時および暴風時に引張応力度の許容値として新たに規定した。局部せん断ひずみは、疲労耐久性の照査を目的としたものであるが、平成8年の道路橋示方書では地震時に安全係数1.2で規定していた。しかし、地震による繰返し回数では、疲労耐久性の低下は起こらないといった判断から、常時のみの照査とし安全係数も1.5とした。鉛直ばね定数については、その試験方法および算定方法について、鉛直ばね定数を測定する範囲を明確にするとともに、最近の実績データを整理して、新しく算定式を定めた。内部鋼板の応力度の算出については、鉛プラグ入りゴム支承のように内部鋼板に孔の空いた積層ゴム支承と、孔の空いていない積層ゴム支承について、実験により確認された結果をもとに係数を見直した。

また、従来ゴム支承の鉛直変位に対する規定はなかったが、伸縮装置が設置される端支点部に、ゴム支承を設置する場合は、活荷重による鉛直変位によって伸縮装置に発生する段差を制御し、平坦性を確保するため、照査すべき鉛直変位の算出方法と許容値を記述した。

（2） 免震ゴム支承

免震ゴム支承について、現在一般的に実績のある、鉛プラグ入りゴム支承と高減衰ゴム支承について、等価剛性、等価減衰定数およびバイリニアモデルについて、算出方法を記述した。また、それら免震ゴム支承の特性値を検証する品質管理についても記述した。

（3） 変位調整

ゴム支承においては、その変位追従をゴムのせん断変形で機能するため、設置固定後に起こる、温度変化による上部構造の収縮や、コンクリート橋におけるコンクリートのクリープや乾燥収縮による上部構造の伸縮など

を予想して、鋼製支承のようにずらして設置するといった簡単な措置で対応することができない。この対策としては、ゴム支承の高さを大きくしせん断変形に余裕を持たせるか、設置固定後に変位を調整する方法がある。前者はゴム支承の寸法が大きくなり、後者は変位を調整するための設備が必要になる。便覧では、一般的な変位調整の種類と概要、施工方法および留意点について記述した。

3. 支承部の維持管理

支承部については、将来の取り替えを考え、その取り付け部構造を取り替え可能な構造とするとともに、設計時より支承部の取り替え施工のため、ジャッキアップができるよう上下部構造に補強を行うこと、また、取り替え施工のためのスペースを確保することが望ましいことを記述した。

また、橋梁全体の、ライフサイクルコストを考慮し、支承部の維持管理計画を作成することの重要性を記述し、損傷事例を紹介するとともに、支承部の点検部位、点検方法、損傷形態、補修補強のための判定の目安や留意点、新設へのフィードバックなどを記載した。

おわりに

今回の改訂においては、できるだけ新しい所見等を盛り込むよう努力検討したところであるが、機能分離型支承といった新しい構造についての具体的な設計方法や、新たなゴム材料を用いた支承などについては、十分に議論を尽くせず導入できなかった。

また、今回の便覧は、全体的に性能規定の基準を意識しながらも、仕様規定的な記述を行ってはいないが、新しい構造や材料、新しい設計手法を取り入れることを否定するものではなく、十分な検討が行われ根拠を示せば採用可能であるため、今後、更なる検討が行われより合理的な支承部構造が開発されることを望みたい。

今回の改訂にあたって、熱心に検討を行って頂いた、関係各位に厚くお礼申し上げます。

（文責：支承便覧分科会 紫桃孝一郎、岩立次郎）