

### 第 115 回

# 橋りょうの支承

## はじめに

橋りょうは、鉄道が道路や河川などをまたぐ箇所に架けられる構造物で、桁(上部工)、橋台や橋脚(下部工)、支承などで構成されます(図1)。支承は桁と下部工の間に位置し、桁からの鉛直力や水平力を下部工に伝達する機能と、桁端部の水平移動と回転に追従する機能を持つ装置です。

一般に、一方の支承は桁端部の回転に追従できますが水平移動はできない構造(固定側)であり、他方は回転と水平移動に追従できる構造(可動側)となっています。桁端部の水平移動は、

おもに温度変化やコンクリートの収縮などによる桁の伸縮にともなって生じ、回転は列車通過による桁のたわみなどにともなって生じます(図2)。

鉄道橋りょうの設計基準<sup>1)</sup>では、支承部を、支承本体、移動制限装置、落橋防止装置、桁座・桁端に分類しています(図3)。ここで述べる支承はおもに図3のうち支承本体にあたりますが、支承本体だけでなくその他の装置を兼ねているものもあります。図4と図5に材料や構造別に分類したおもな支承の種類と、おもな支承の変遷について示します。ここでは、おもな支承について地震が支承の構造や材料に及ぼし

た影響とともに、支承の構造などを紹介します。

## 鋼製支承

### ①ソールプレートとベッドプレートを組み合わせた支承(平面支承)

明治時代の初期、イギリスから来た技師、ポーナル氏が設計した鉄道橋りょうでは、桁と下部工の間に平板が挟まれていました<sup>2)3)</sup>。これは、現在では平面支承とよばれるものに相当すると考えられます。平面支承のイメージと使用例を図6に示します。

平面支承は、桁に取り付けられた平

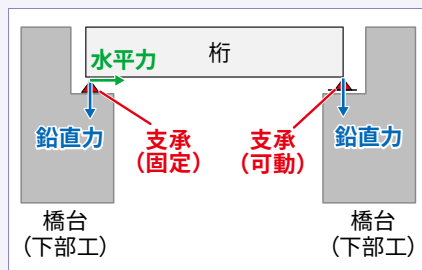


図1 橋りょうの構成の例

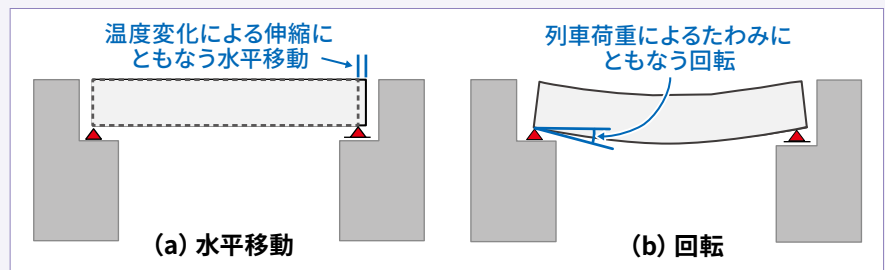


図2 桁の端部の変形の例

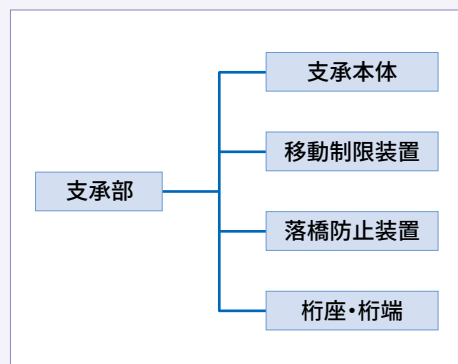


図3 支承部の構成

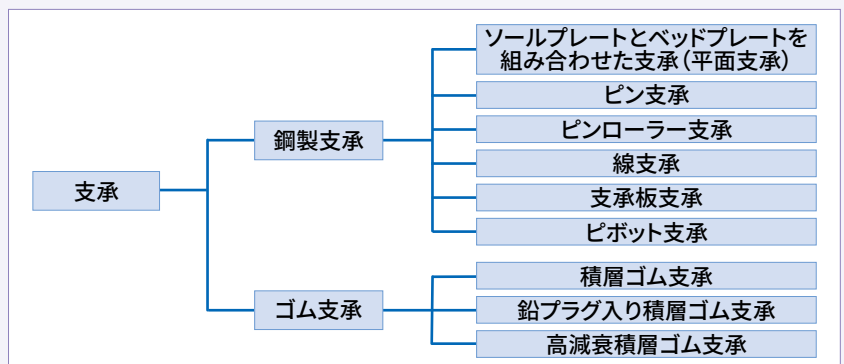
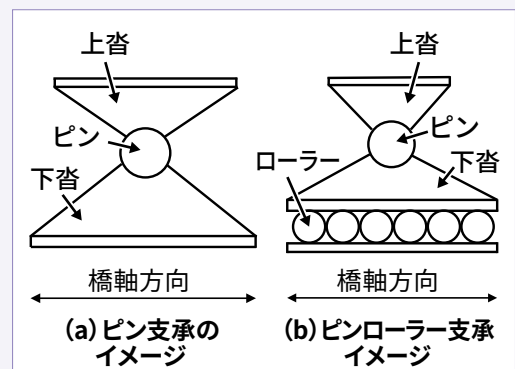


図4 おもな支承の種類

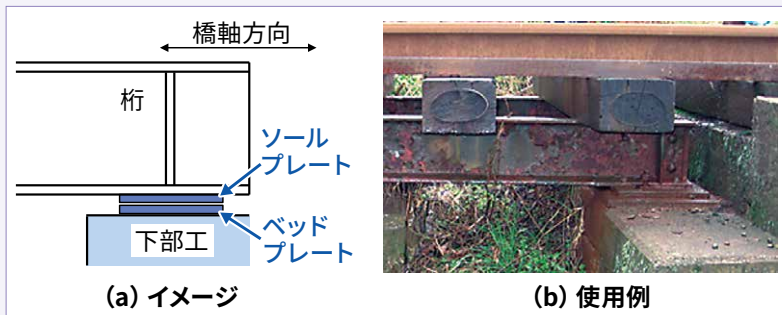
|    |              |                                |
|----|--------------|--------------------------------|
| 明治 | 明治時代初期       | 桁の端部において平板が用いられ始める             |
|    | 1890(明治23)年頃 | ピン支承が用いられ始める                   |
|    | 1916(大正5)年頃  | ピンローラー支承が用いられ始める               |
|    | 1919(大正8)年頃  | 角形の線支承が用いられ始める                 |
| 大正 | 1923(大正12)年頃 | ピン支承とピンローラー支承の上下沓をピンで連結する構造になる |
|    | 1930(昭和5)年頃  | 小判型の下沓を使った線支承が用いられ始める          |
| 昭和 | 1960(昭和35)年頃 | 支承板支承が用いられ始める                  |
|    | 1961(昭和36)年頃 | 積層ゴム支承が用いられ始める                 |
|    | 1978(昭和53)年頃 | 鋳鋼の線支承と支承板支承が用いられ始める           |
|    | 1987(昭和62)年頃 | 鉛プラグ入り積層ゴム支承が用いられ始める           |

図5 おもな支承の変遷<sup>2)~6)</sup>



(a)ピン支承のイメージ

(b)ピンローラー支承のイメージ



(a) イメージ

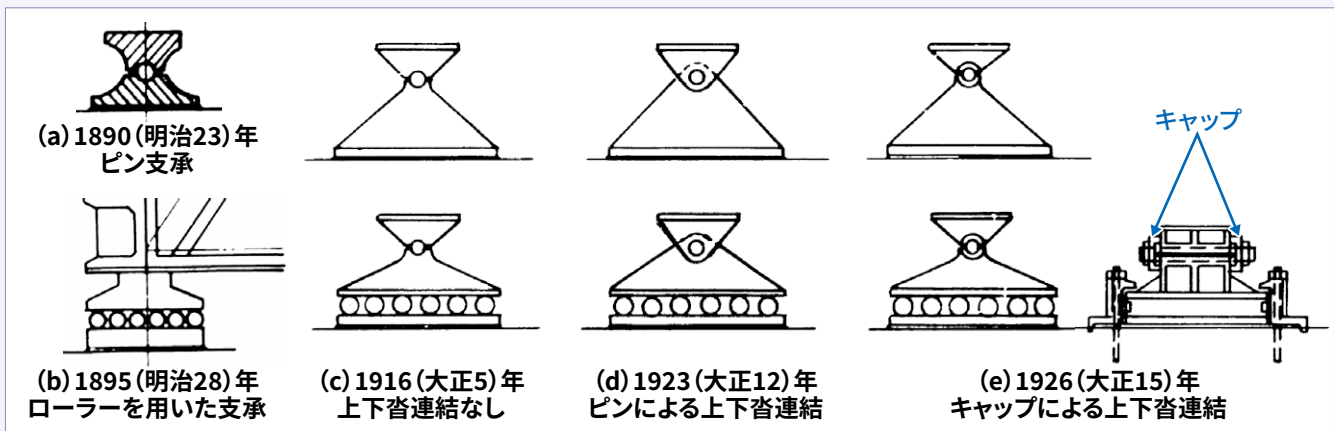
(b) 使用例

図6 平面支承



(c) ピンローラー支承の使用例

図7 ピン支承とピンローラー支承



(a) 1890(明治23)年  
ピン支承

(b) 1895(明治28)年  
ローラーを用いた支承

(c) 1916(大正5)年  
上下沓連結なし

(d) 1923(大正12)年  
ピンによる上下沓連結

(e) 1926(大正15)年  
キャップによる上下沓連結

図8 ピン支承・ピンローラー支承の構造の推移(大正時代まで)<sup>3)</sup>

板(ソールプレート)と下部工に取り付けられた平板(ベッドプレート)を重ね合わせ、平面で接触する構造になっています。平板が滑ることで水平移動に追従できますが、追従できる回転が小さいため、たわみが小さい小規模な橋りょうに用いられています<sup>4)</sup>。

## ②ピン支承とピンローラー支承

明治時代初期には比較的規模の大きい橋りょうにも平面支承に近い構造のものが用いられていましたが、次第に桁の大きな水平移動や回転に追従でき

るピン支承やピンローラー支承が用いられるようになりました<sup>2)3)</sup>。ピン支承は、図7に示すように、上沓と下沓の間にピンが挿入され、ピンが回転軸となることで回転に追従できる構造となっています。ピンローラー支承は、ピン支承の下沓と下部工の間にローラーを挟んだ構造になっており、ローラーが転がることで水平移動にも追従できます。

ピン支承は固定側の支承として用いられ、ピンローラー支承は可動側の支

承として用いられています。ピン支承とピンローラー支承は、比較的大きな水平移動や回転に追従できることから、トラス橋をはじめとした大規模な橋りょうに用いられています<sup>4)</sup>。

ピン支承は1890(明治23)年に、ピンローラー支承は1916(大正5)年に用いられた記録が残っています(図8)。初期のピン支承とピンローラー支承は、上下沓が連結されていませんでしたが、1923(大正12)年の関東地震にて多くの落橋被害が生じたことから、上下沓

をピンやキャップなどにより連結するようになりました<sup>2)3)</sup>。

### ③線支承と支承板支承

中規模の橋りょうには、**図9**に示す線支承が用いられています。線支承は、上沓の平面と下沓の円筒面が線で接触する構造となっているため、平面で接触する場合に比べて大きな回転に追従できます。線支承は、1919(大正8)年に用いられた記録が残っています<sup>2)</sup>。当時の線支承にはアンカーボルトが設置されていませんでしたが、関東地震による損傷を経て、アンカーボルトを

用いて下部工に固定されるようになりました。また、初期には下沓の平面形状が角形でしたが、1930(昭和5)年には現在と近い小判形になりました<sup>2)4)</sup>。

その後、支承板支承が開発され、1960(昭和35)年頃から用いられるようになりました。支承板支承は、**図10**に示すように、上沓と下沓の間に曲面と平面を有する摩擦の小さい支承板を挿入し、曲面で回転に追従し、平面で水平移動に追従する構造となっています。支承板支承は、上下沓と支承板が面で接触するため、線支承より

も大きな力を伝達でき、中規模から大規模の橋りょうに用いられています<sup>4)</sup>。供用中に摩擦が大きくならないように、防錆や覆いにより異物混入を防ぐなどの対策が行われました<sup>2)</sup>。

1978(昭和53)年に発生した宮城県沖地震では、線支承と支承板支承のサイドブロックなどの損傷が多数発生しました。当時の線支承や支承板支承の材料には鋳鉄が用いられていましたが、鋳鉄は硬くてもろいため、損傷の原因の1つと考えられました。以降、支承の材料にはおもに鋳鋼が用いられるよ

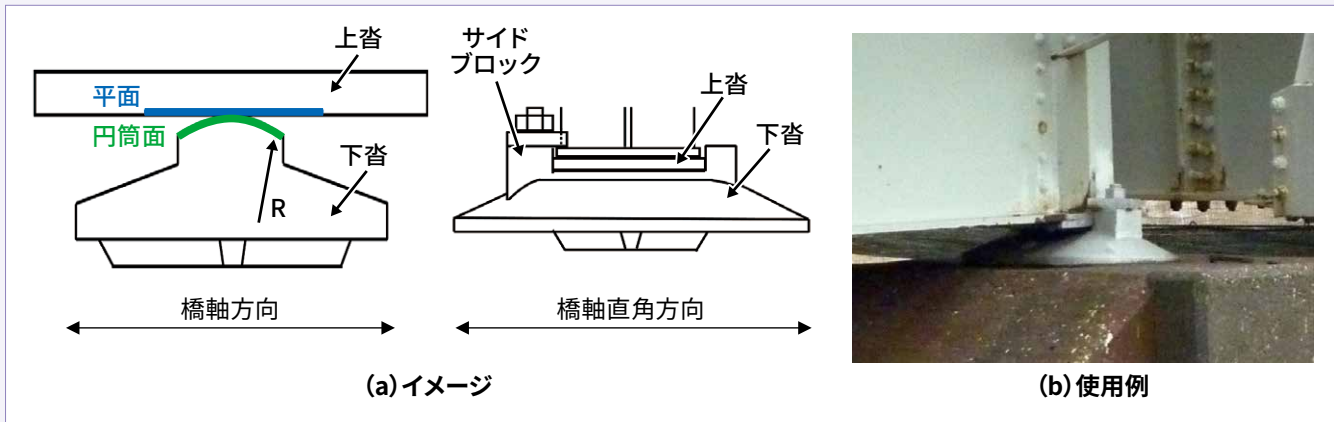


図9 線支承

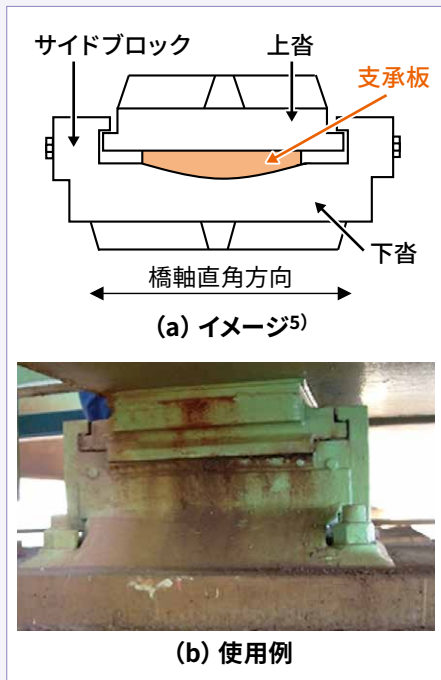


図10 支承板支承

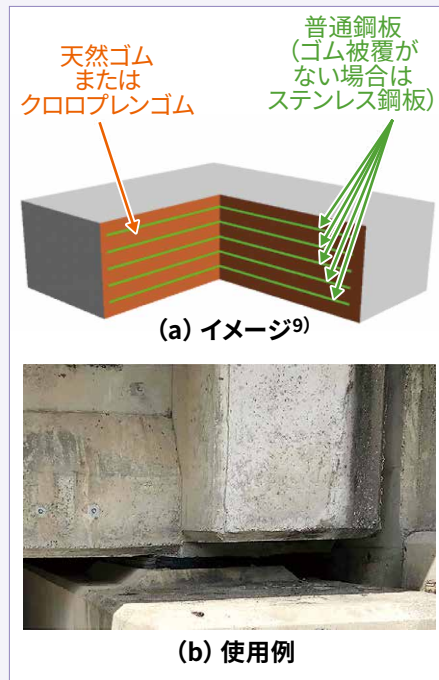


図11 積層ゴム支承

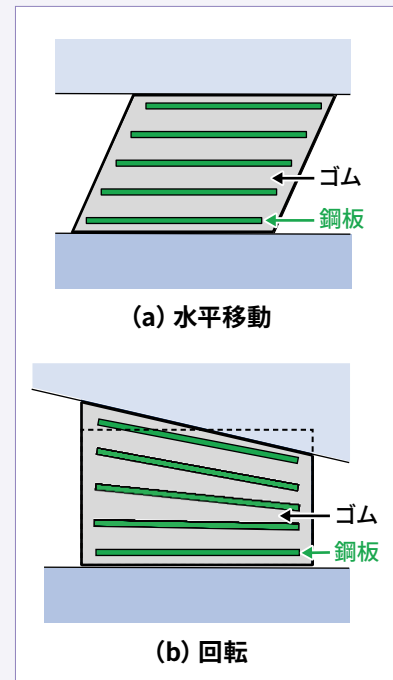


図12 変形への追従

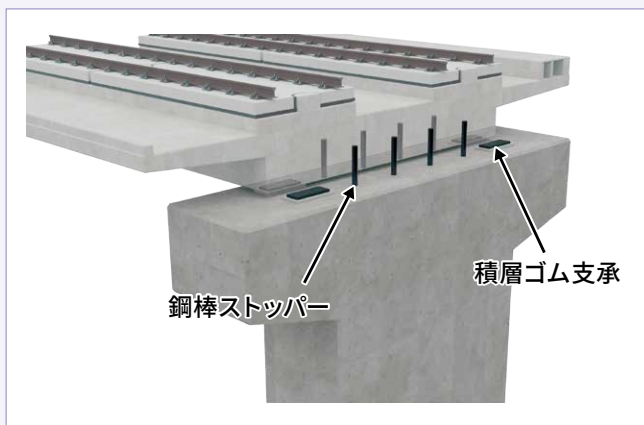


図13 積層ゴム支承設置イメージ  
(鋼棒ストッパーの場合)

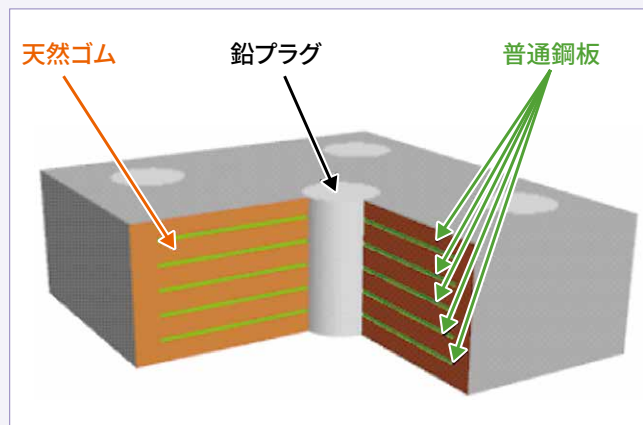


図14 鉛プラグ入り積層ゴム支承<sup>9)</sup>

うになりました<sup>5)</sup>。

また、最近の支承板支承には、下沓にはめ込んだゴムで回転に追従し、PTFE板(四ふっ化エチレン樹脂板)と鋼板(ステンレス鋼板)が滑ることによって水平方向に追従するタイプも用いられています<sup>7)</sup>。

## ゴム支承

1956(昭和31)年にフレシネーの加硫ゴム板と鋼板を接着させるアイデアにより積層ゴム支承が開発され、コンクリート橋では1961(昭和36)年頃から用いられるようになりました<sup>6)</sup>。1980(昭和55)年頃にはゴムの疲労や列車の走行性などが検討され<sup>8)</sup>、鋼橋においても用いられるようになりました。ゴム支承においては、その後、地震時の橋りょうの揺れを低減できる鉛プラグ入り積層ゴム支承や高減衰積層ゴム支承なども開発されました。

積層ゴム支承は、図11に示すように、鋼板(普通鋼板, ステンレス鋼板)とゴム(天然ゴム, クロロプレンゴム)を交互に重ね合わせた構造になっており、鋼板が露出する切断加工タイプと被覆されるゴム被覆タイプがあります。図12に示すように、ゴムが変形することで水平移動と回転に追従でき

ます。積層ゴム支承はストッパー(鋼棒や角形鋼管を下部工の桁端に埋め込んだもの)とセットで用いられることが多く、積層ゴム支承がおもに鉛直力を、ストッパーが水平力を伝達します(図13)。

鉛プラグ入り積層ゴム支承は、積層ゴム支承に鉛プラグを挿入した構造になっています(図14)。また、高減衰積層ゴム支承は、特殊な配合材を加えて作られた高減衰ゴムを用いて製作されます。いずれも、地震時に、水平方向に柔らかく支持するとともに鉛プラグや高減衰ゴムによって地震のエネルギーを吸収し、橋りょうの揺れを低減することができます。

## おわりに

おもな支承の種類と構造、変遷について紹介しました。これらの支承に関する各種研究・技術開発の成果は、当時の設計基準に反映され、現在も受け継がれてきています。

支承は製作された時代も種類も多岐にわたり、現在供用中の橋りょうには多種多様な支承が用いられています。これらの維持管理を適切に行うとともに、支承の機能を維持・向上させるための研究開発を鋭意進めていきます。

(櫛谷拓馬／構造物技術研究部  
鋼・複合構造研究室)

## 文献

- 1) 国土交通省鉄道局監修、鉄道総合技術研究所編：鉄道構造物等設計標準・同解説 鋼・合成構造物編、丸善出版、2009
- 2) 奈良一郎：鋼鉄道橋の支承構造、構造物設計資料、No.4、pp.132-139、1965
- 3) 日本国有鉄道：鉄道技術発達史 第2編(施設)III、1959
- 4) 小野田滋：トンネル、橋梁の見方・調べ方 鉄道構造物探見、JTBキャンブックス、2003
- 5) 構造物設計事務所(鋼構造)：シューの破壊試験報告、構造物設計資料、No.59、pp.4-11、1979
- 6) 橋田敏之、菊池一成、西山佳伸：コンクリート桁用ゴムシューの設計および試験、構造物設計資料、No.57、pp.2-7、1979
- 7) 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回年次学術講演会概要集、VI-463、pp.925-926、2013
- 8) 市川篤司、武友憲重：鋼桁用ゴム支承の試験、構造物設計資料、No.75、pp.24-27、1983
- 9) 鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等設計標準・同解説(鋼・合成構造物)鋼鉄道橋規格(SRS)、2010