

# 鉄道道路併用橋の鉄道桁を耐震補強する



**中田 裕喜**  
Yuki Nakata  
構造物技術研究部  
コンクリート構造研究室  
主任研究員



**斉藤 雅充**  
Masamichi Saito  
元 構造物技術研究部  
鋼・複合構造研究室  
副主任研究員



**笹岡 良治**  
Ryoji Sasaoka  
四国旅客鉄道株式会社  
工務部工事課  
主席



**菊地 佳誉**  
Yoshitaka Kikuchi  
四国旅客鉄道株式会社  
徳島保線区  
区長



**岩本 啓貴**  
Hiroki Iwamoto  
四国旅客鉄道株式会社  
工務部工事課  
副長

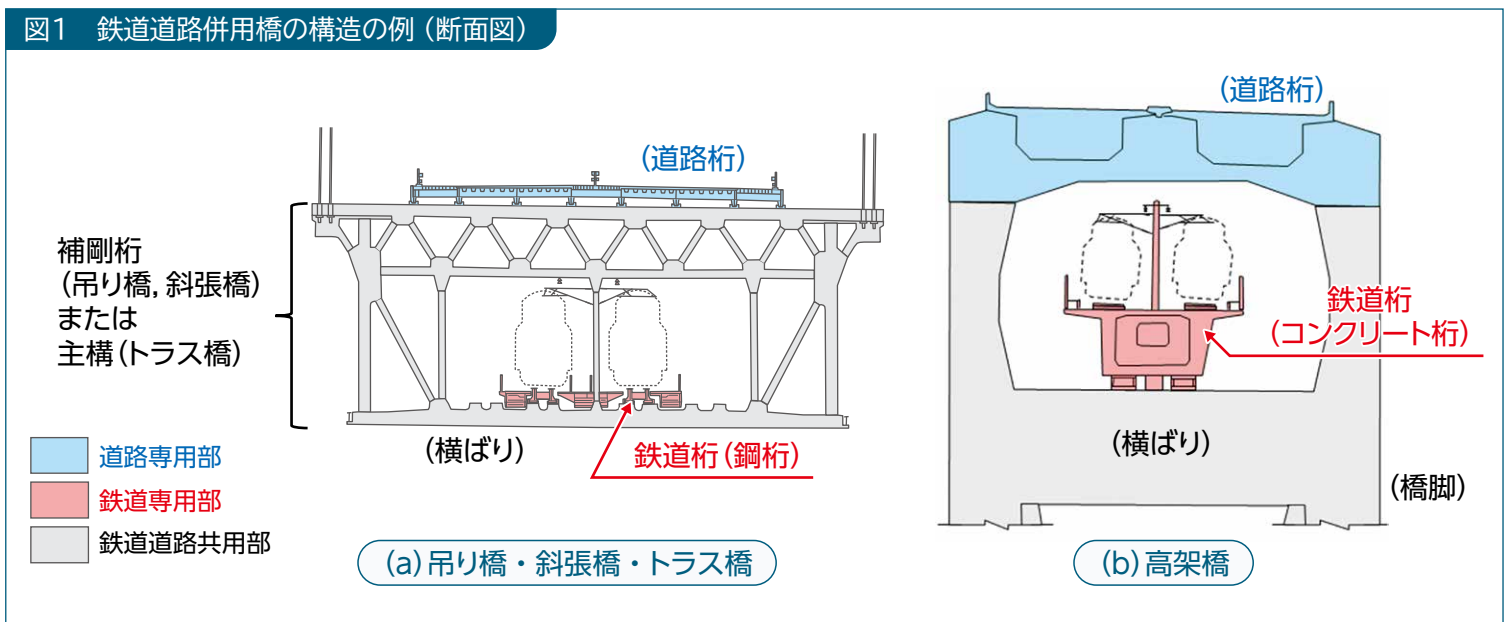
## はじめに

本四備讃線の海上部における橋りょうである瀬戸大橋は、鉄道と道路が通る構造の鉄道道路併用橋となっていますが、鉄道を直接支えている部分は鉄道桁とよばれています(図1)。鉄道桁は使用材料によって鋼桁とコンクリート桁の2種類に区分され、吊り橋、斜張橋、トラス橋

には鋼桁が(図1(a))、高架橋にはコンクリート桁が用いられています(図1(b))。いずれも道路桁が上層階、鉄道桁が下層階の2層構造となっています。

瀬戸大橋付近での巨大地震の発生を想定し、鉄道桁の耐震診断を実施したところ、一部で破壊する可能性があることが明らかになりました。

図1 鉄道道路併用橋の構造の例(断面図)



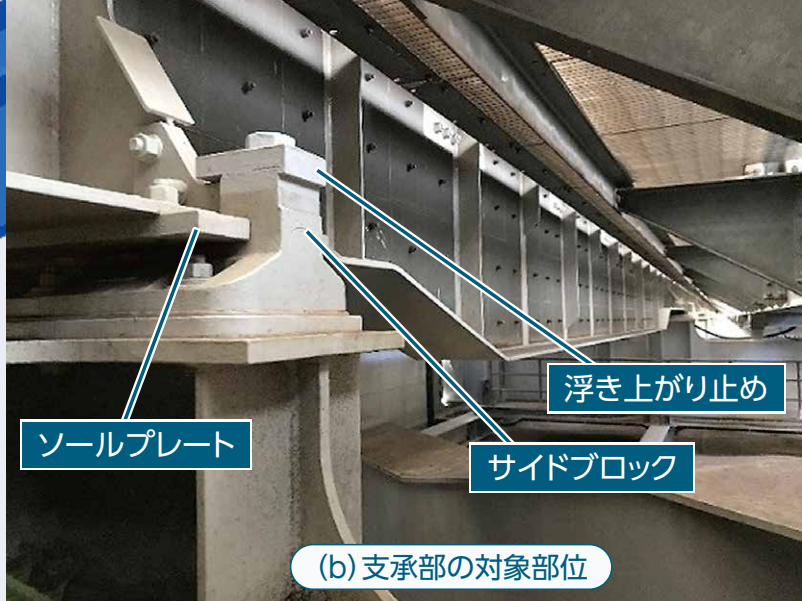
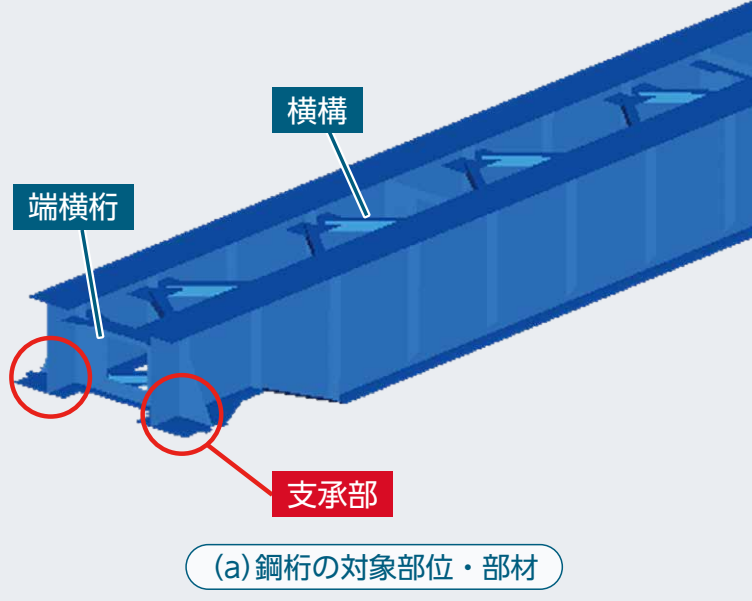


図2 鋼桁における耐震診断の対象部位・部材

巨大地震に対する安全性の向上をめざして、必要な箇所の耐震補強を行いましたので、その内容について紹介します。

### 鉄道桁の耐震診断・耐震補強の概要

鉄道桁の耐震診断は、特集記事1(本四備讃線橋りょうを耐震補強する)に示した中央構造線による地震、南海トラフ巨大地震、伏在断層の3種類の地震などを想定し、地震時の橋りょうの揺れを模擬した数値計算<sup>1)</sup>に基づいて実施しました。そして、破壊が想定される箇所に対して耐震補強を実施し、地震に対する安全性を確保することとしました。なお、補強方法は、高所や狭あいな箇所の施工になることを考慮してさまざまな工夫を行いました。

### 鋼桁の耐震診断・耐震補強

鋼桁において地震により破壊することが想定される箇所は、支承部と横構などの部材であるため、これらを対象として耐震診断を実施しました(図2)。その結果、鋼桁全体(1164連)の3%程度で耐震補強が必要と診断されました。耐震補強が必要となる鋼桁は、トラス橋の橋脚や、吊り橋の端部にあるアンカレッジ付近に集中しています(図3)。

耐震補強が必要と診断された箇所に対し、地

震による破壊を防止するための対策を施しました。耐震補強の内容は、支承部に対しては浮き上がり止めの交換、ソールプレートの補強、ストッパー取付ボルトの交換や落橋防止装置の設置であり、横構に対しては部材の交換です(表1)。

支承部は、桁を固定して支えるとともに、温度変化などにもなう桁の伸縮に対応するための部位であり、いくつかの鋼材を組み合わせで構成されています。このうち、浮き上がり止めは地震で桁が転倒(浮き上がり)することを抑制するため、ソールプレートやサイドブロックは地震で桁が水平方向に移動することを抑制するために設置されていますが(図2(b))、耐震

表1 鋼桁の補強内容

橋りょう	補強数(連)	補強内容
櫃石島高架橋(トラス橋)	2	浮き上がり止め交換
	2	横構交換
羽佐島高架橋(トラス橋)	10	ソールプレート補強
与島橋(トラス橋)	2	ストッパー取付けボルトの交換
北備讃瀬戸大橋(吊り橋)	6	浮き上がり止め交換
	2	落橋防止装置の設置
南備讃瀬戸大橋(吊り橋)	6	浮き上がり止め交換
	2	落橋防止装置の設置

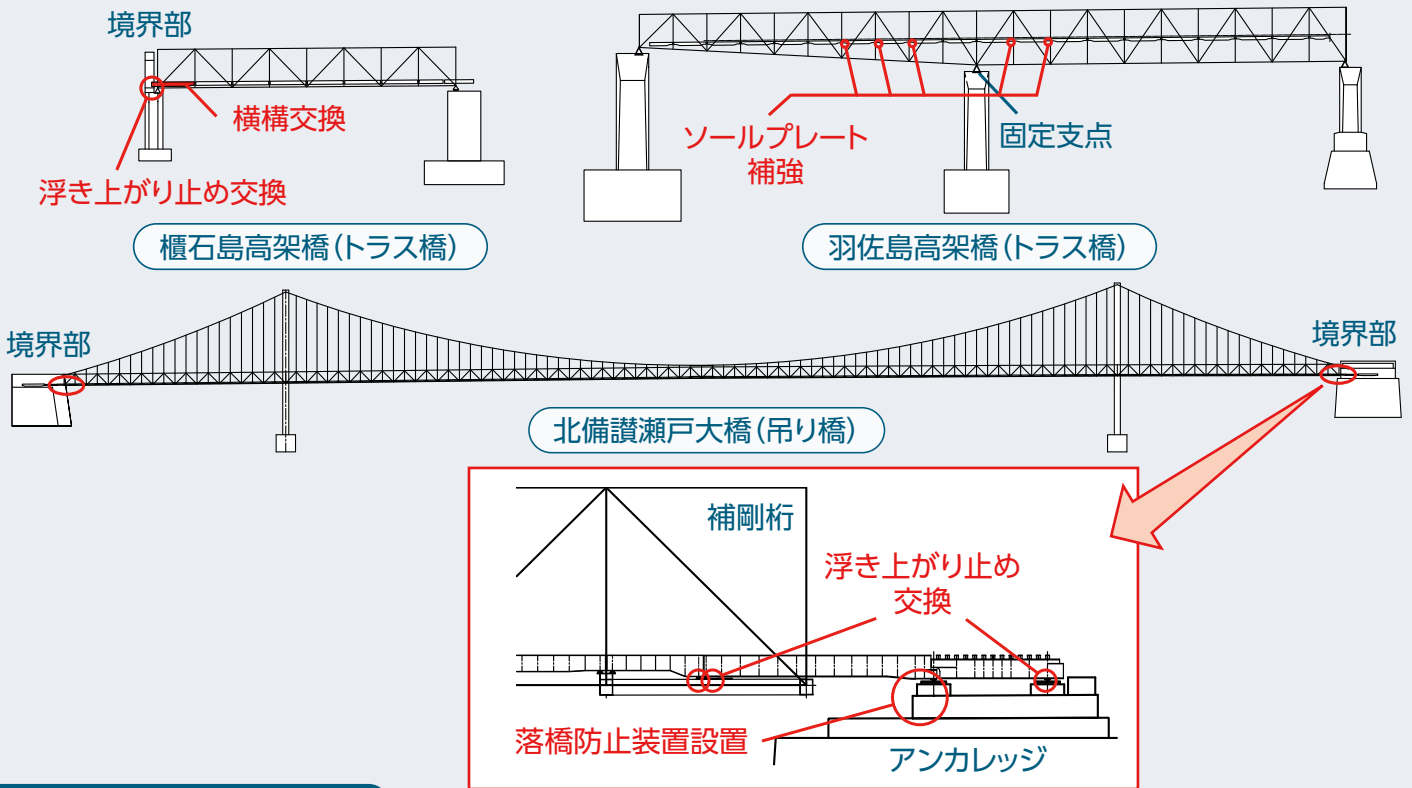


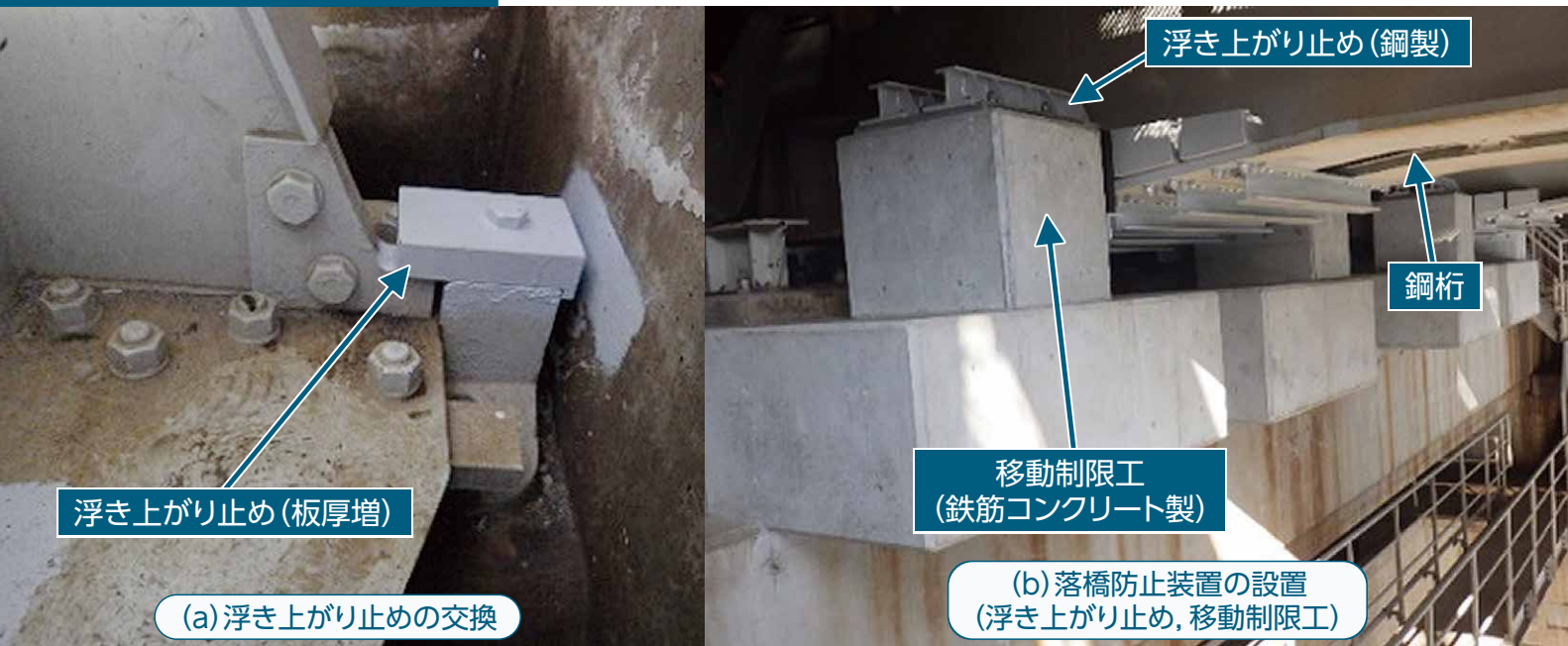
図3 鋼桁の補強位置の例

診断の結果、これらが破壊する可能性があることが明らかになりました。そこで、浮き上がり止めを厚みの大きい鋼材に交換(図4(a))するとともに、サイドブロックが破壊する可能性のある箇所では落橋防止装置を新たに設置しました(図4(b))。落橋防止装置は、サイドブロッ

クが破壊しても桁の水平移動を抑制できるようにするために設置しました。

なお、サイドブロックと浮き上がり止めは一体化しているため(図2(b))、サイドブロックが破壊すると浮き上がり止めの機能も失われます。そこで、落橋防止装置は、桁の水平移動を

図4 鋼桁に対する補強の例



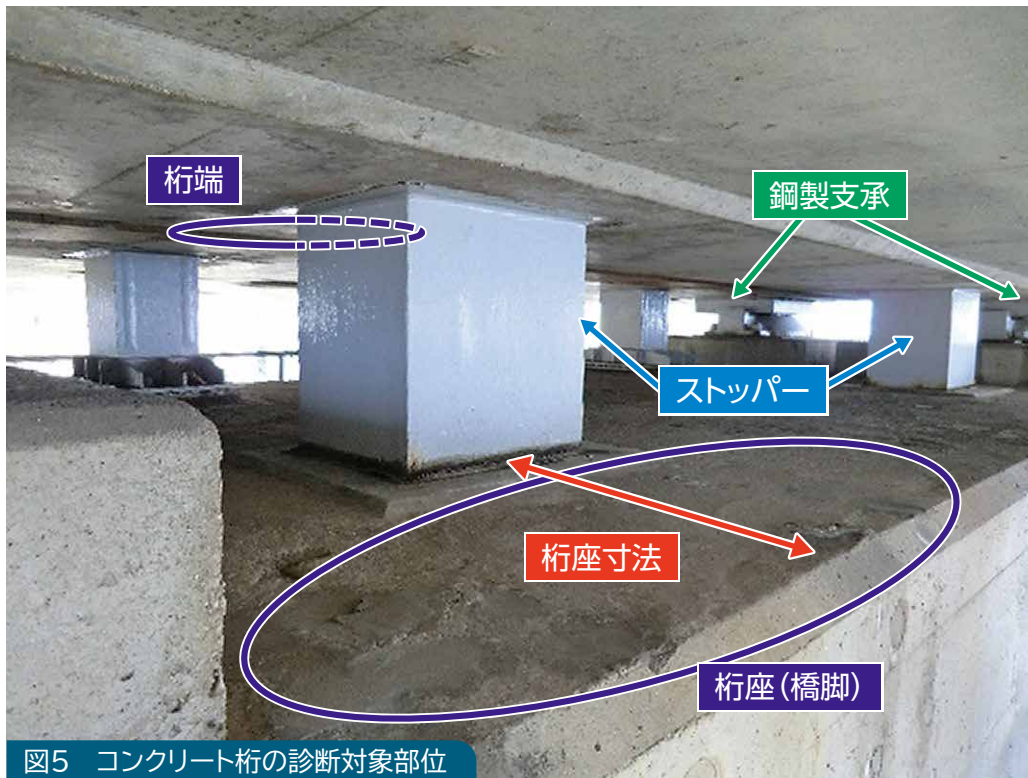


図5 コンクリート桁の診断対象部位

抑制する移動制限工に加え、浮き上がり止めで構成しました。

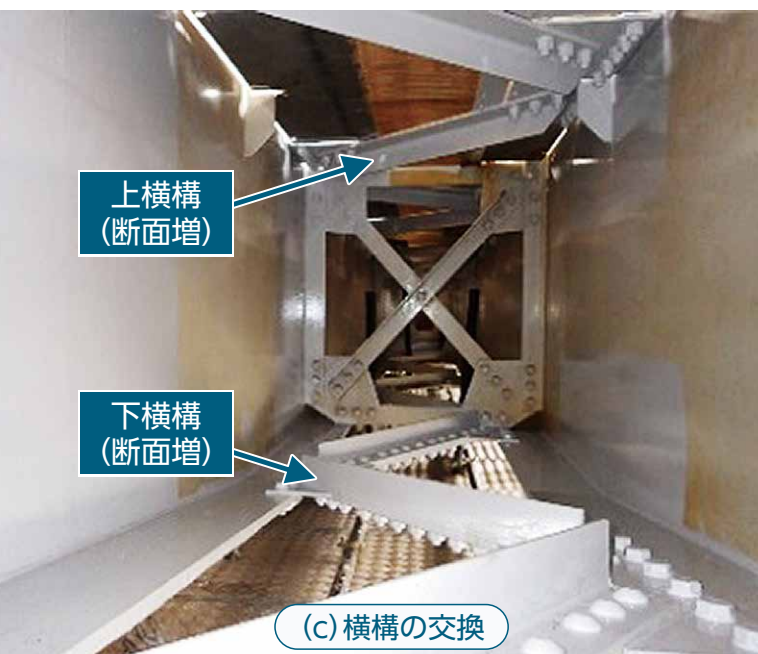
また、移動制限工は寸法が大きいため、施工箇所が高所かつ狭あいとなることを考慮し、材料の搬入が容易になるように鉄筋コンクリート製としました。

横構が破壊する可能性のある箇所では、より大きな断面の部材に交換しました(図4(c))。

### コンクリート桁の耐震診断・耐震補強

コンクリート桁においては、桁の支承部付近が地震時に破壊することが懸念されるため、この付近を対象として耐震診断を実施しました(図5)。その結果、全102支承線(同一の橋脚上で橋軸直角方向に並んだ支承を1支承線とします)のうち、番の州高架橋の20支承線が耐震補強の必要があると診断されました。これは、当該箇所の桁が長くて重いことや、地盤が軟弱であることが要因としてあげられます。

コンクリート桁の支承部の構造は鋼桁とはやや異なり、地震の揺れで桁が水平方向に移動することを抑制するために、ストッパーとよばれる鋼管にコンクリートを充填した装置が用いられています。耐震診断の結果、ストッパーが埋め込まれている周辺の桁座のコンクリートが破壊する可能性があることが明らかになりました。そこで、桁座を大きくして耐力を確保すること



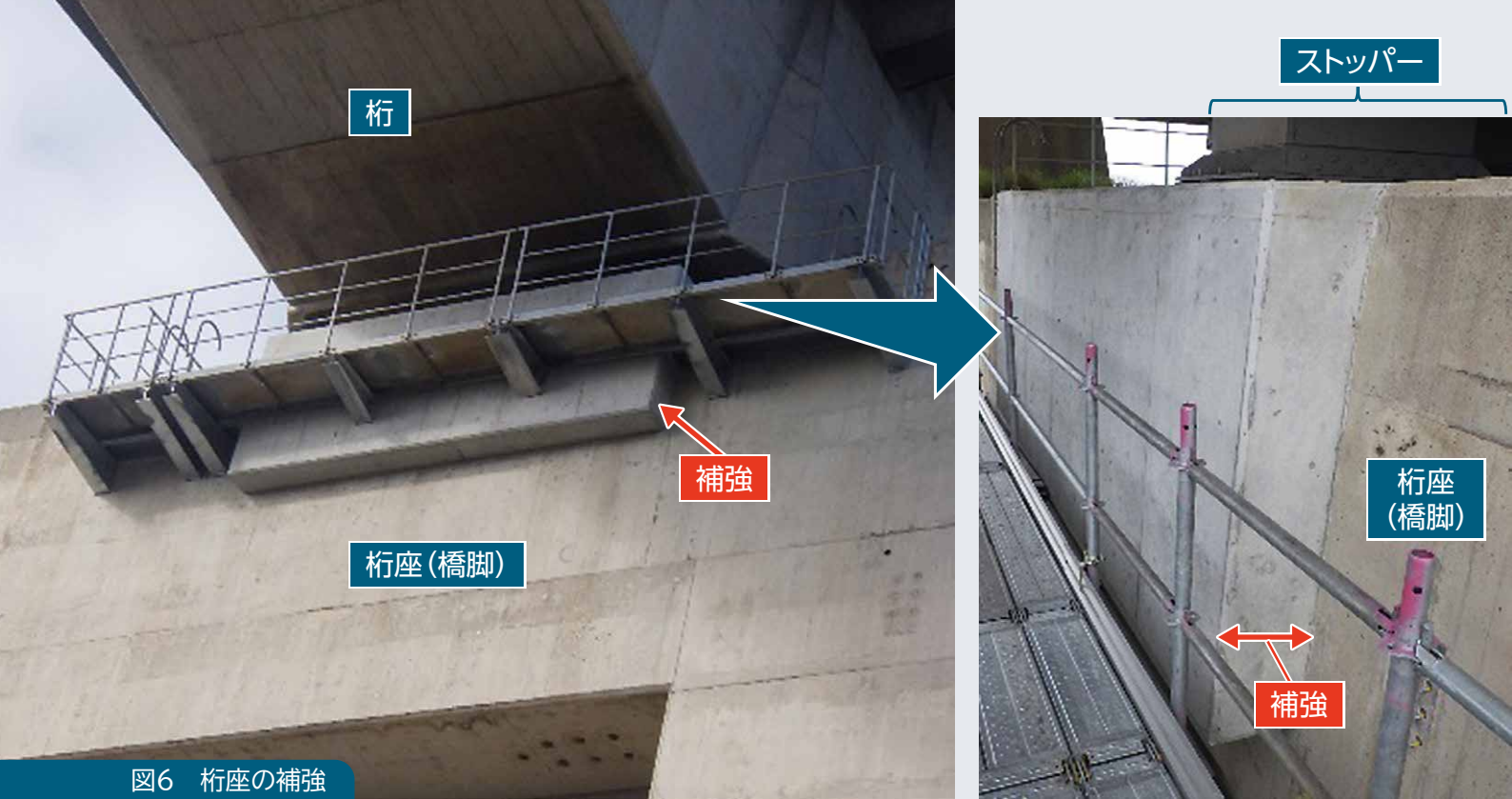


図6 桁座の補強

とし、鉄筋コンクリートで増厚補強をしました(図6)。

また、地震の揺れでストッパーが変形し、橋軸直角方向に桁が移動することによって、列車の走行性に影響する可能性があることも明らかになりました。このような場合、一般的には、

桁の両側の桁座上にコンクリートブロックを設置して桁の移動を抑制する方法(図7)が用いられます<sup>2)</sup>。しかしながら、対象とする鉄道桁の規模が大きくコンクリートブロックが巨大となり、既設橋脚への一体化等の施工が困難であること、付帯する電気設備などの移動が困難であ

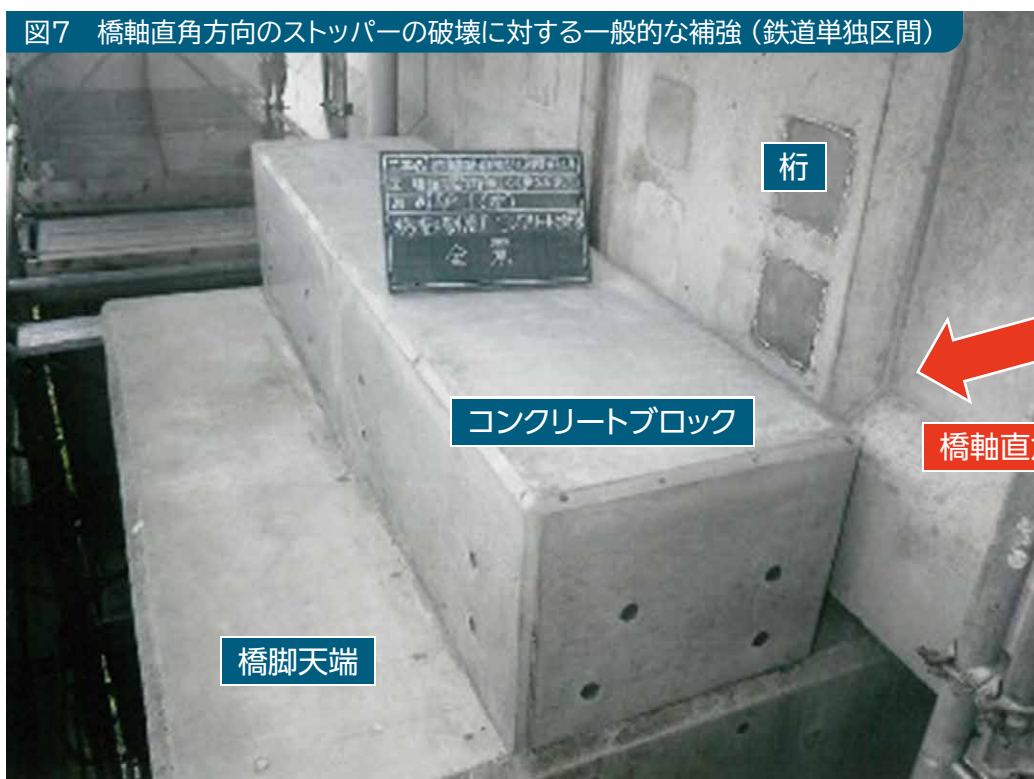
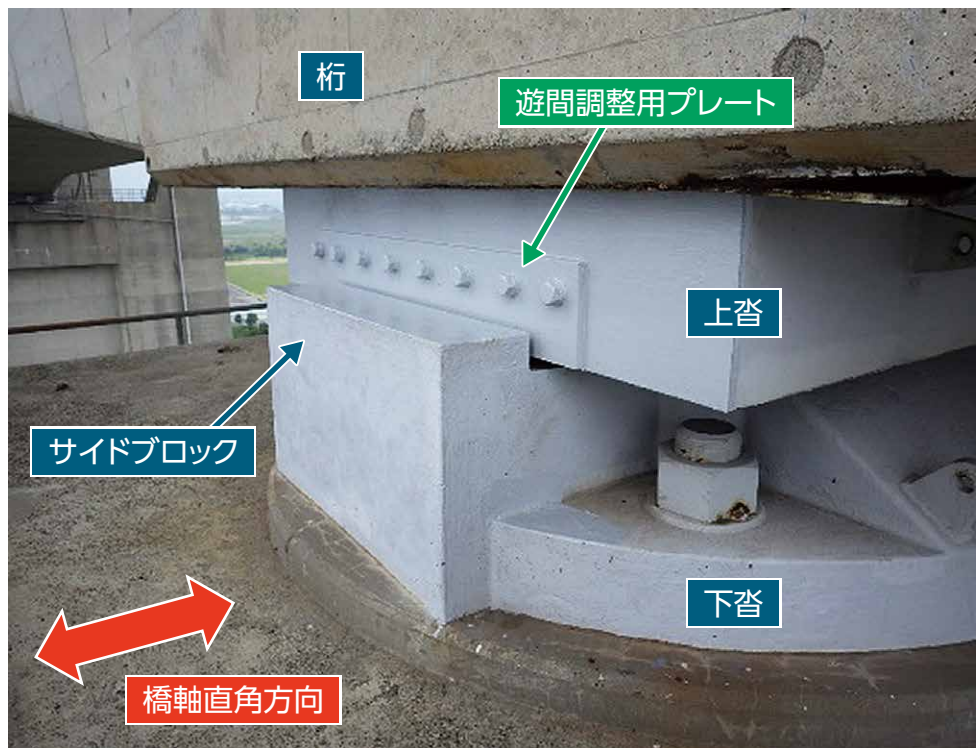


図7 橋軸直角方向のストッパーの破壊に対する一般的な補強(鉄道単独区間)

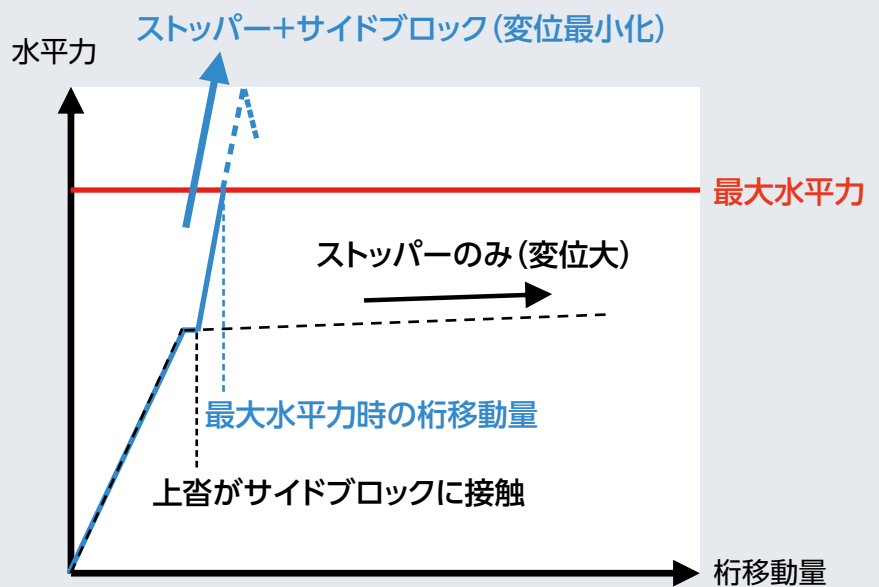
ることから、鋼製支承<sup>うわし</sup>の上沓とサイドブロックの間に遊間調整用プレートを設置して対応することとしました(図8(a))。コンクリート桁の支承部には、鋼桁と同様に鋼製支承にサイドブロックが設置されていますが、鋼桁と異なりサイドブロックと桁の間には隙間がありました。すなわち、地震の揺れによる桁の移動をただちに抑える構造にはなっておらず、地震の揺れによる桁の移動は専らストッパーで抑えるようになっていました。そこで、ストッパーとサイドブロックの両方で桁の移動を抑えられるようにするために、遊間調整用プレートによって隙間を小さくすることとしました。これにより、地震の揺れによってストッパーがある程度変形すると、上沓とサイドブロックが接触し、ストッパーとサイドブロックの両方が抵抗して桁の移動を抑制することができます(図8(b))。

### おわりに

長大橋かつ鉄道道路併用橋である瀬戸大橋の鉄道桁に対して実施した耐震診断と耐震補強について紹介しました。高所や狭あいな箇所の施工になることを考慮してさまざまな工夫を行い、無事工事を完了することができました。ここでの内容が、類似の鉄道の耐震補強の一助となれば幸いです。RRR



(a) 遊間調整用プレートの設置状況



(b) 遊間調整による水平力分担の考え方

図8 鋼製支承の遊間調整

### 文献

- 1) 金田嵩男, 西谷雅弘, 福永勲: 瀬戸大橋の耐震補強, 第24回橋に関するシンポジウム論文報告集, pp.59-72, 2021
- 2) 笹岡良治, 菊地佳誉, 角野拓真, 笠原康平, 中田裕喜: 本四備讃線鉄道構造物の耐震補強の概要, 基礎工, Vol.49, No.11, pp.91-95, 2021