

2. 調査および解析

2.1 構造の特徴と損傷状態

2.1.1 構造の特徴

図 2.1-1 に牛深ハイヤ大橋の平面図を示す。牛深ハイヤ大橋の本線部は、曲率半径 $R=460\text{m}$ を有する橋長 883.0m の 7 径間連続鋼床版曲線箱桁橋である。P3 橋脚でランプ部と接続する。「くまもとアートポリス」参加事業の一つとして計画され、周囲の自然景観に対する配慮から、設計にあたっては特に意匠デザインに重点が置かれた橋梁である。

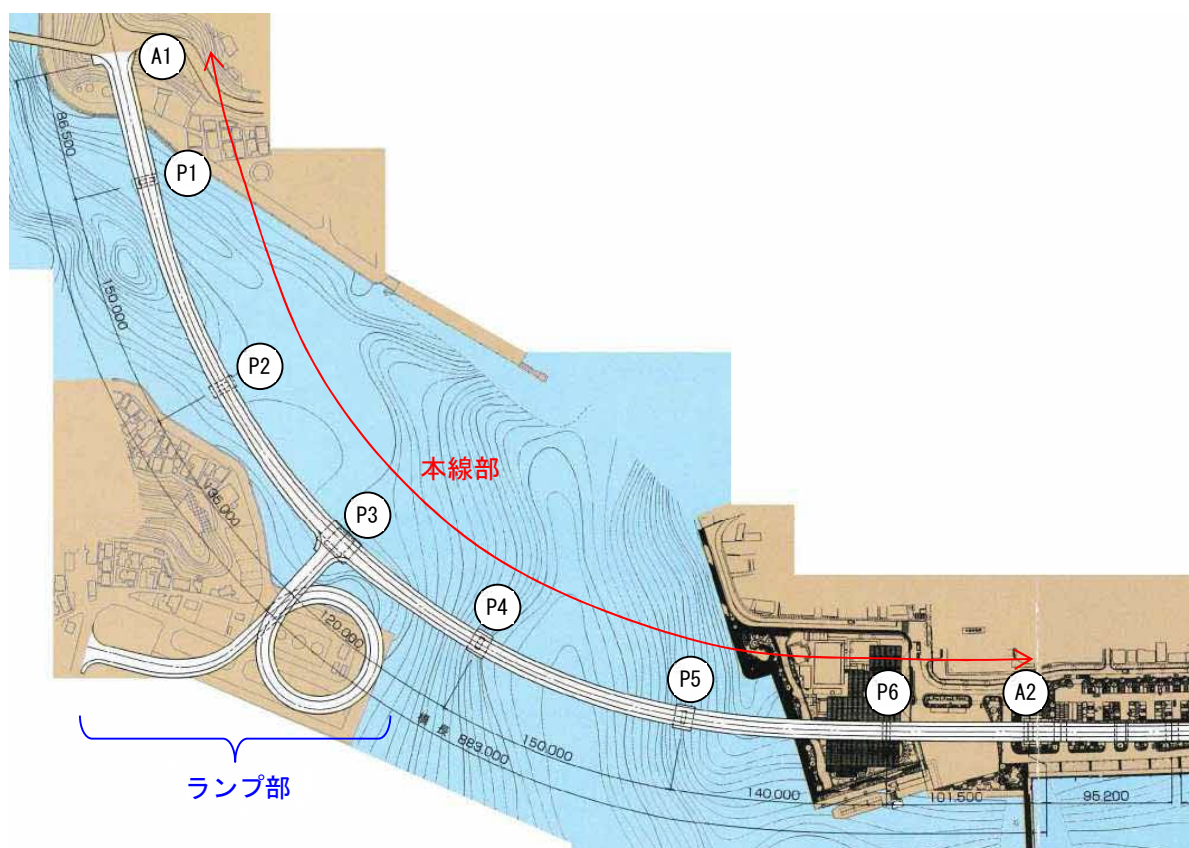


図 2.1-1 牛深ハイヤ大橋の平面図（パンフレットより）

主桁断面形状を図 2.1-2 に示す。主桁断面は上面の鋼床版、曲率半径 5.6m の舟底型の下フランジ、両サイドの垂直なウェブおよび内部の鋼床版・下フランジを補剛する縦リブから構成されている。P2 橋脚から P4 橋脚の間は拡幅されており、拡幅部分の下フランジは拡幅分のみ水平区間を設けている。桁高は 4.8m で一定である。図 2.1-3 に示すとおり、歩道部はプレキャスト床版となっており、高欄と風除板を支持するブラケットにより支持されている。ブラケットは道路縦断に対し直角である。

平面線形への対処として、5m 程度の長さで小さきみに角折りで製作されている。

両端径間は中央径間とのスパン比および平面曲線、架設時の調整等での負反力を見込んでカウンターウェイトとして箱内にコンクリートを打設しており、その荷重は A1 橋台側 150tf、A2 橋台側 100tf である。

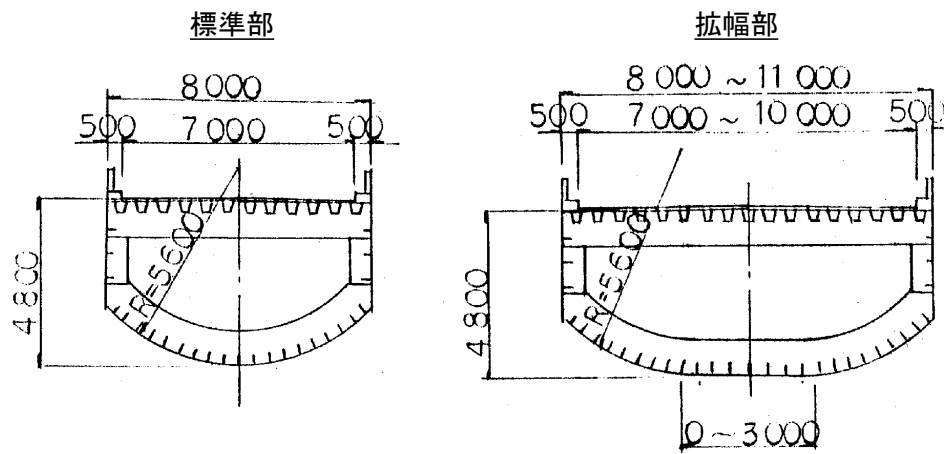


図 2.1-2 主桁断面形状

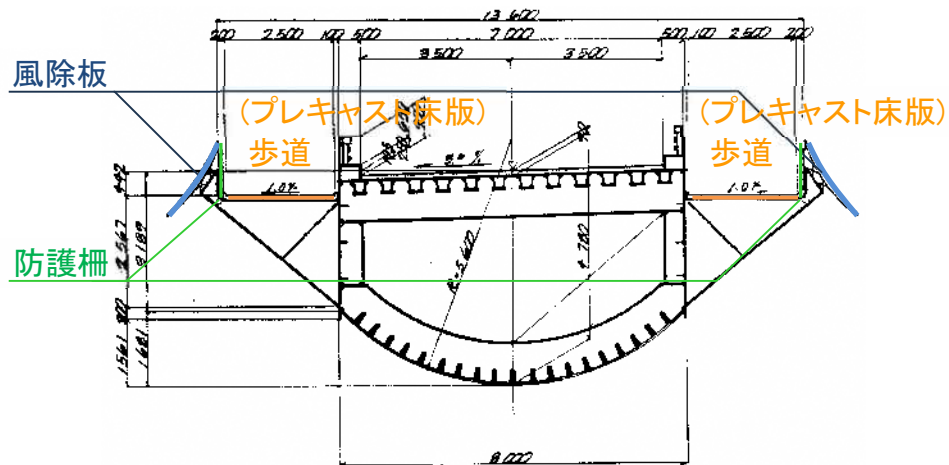


図 2.1-3 上部構造断面形状

支承形式として固定支点はピボット支承、可動支点はピボットローラー支承である。図 2.1-4 に示すとおりランプ橋と接続する P3 橋脚を固定支持、他の支持は可動支承である。支承の設置方向は主桁の接線方向である。

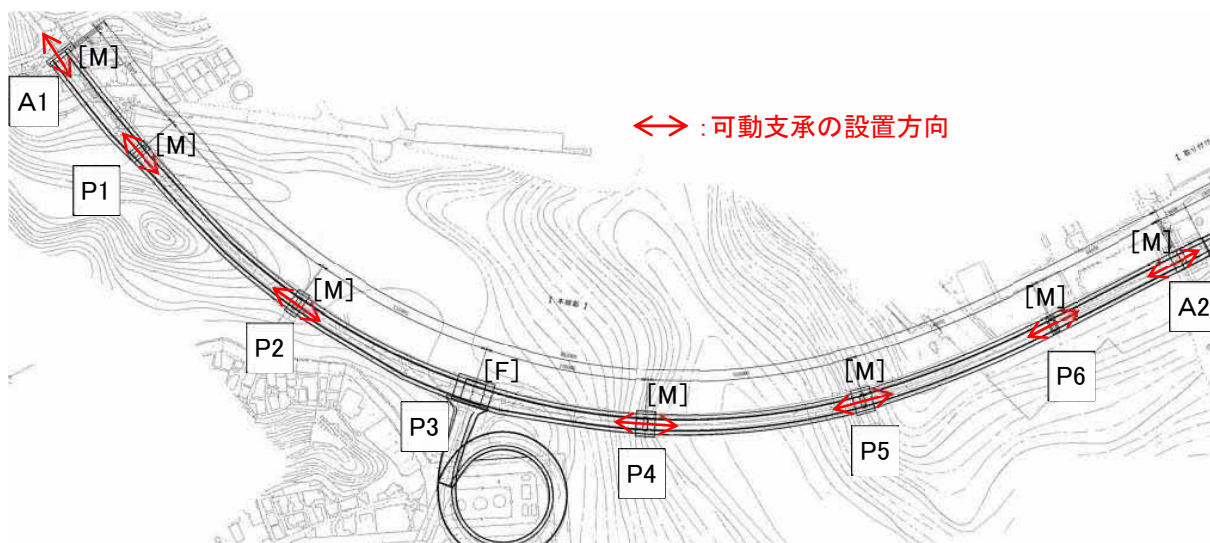


図 2.1-4 牛深ハイヤ大橋の支承配置

A1 橋台および P1 橋脚の支承はアンカーボルトで下部構造に定着されているが、その他の支承はペDESTALフレームと現場溶接されている。ローラー部にはローラー間隔を保持するための連結板が設置されている。また、ローラー部は、カバープレートにて覆われている。

下部構造、基礎構造の形式および橋脚（柱）高を表 2.1-1 に示す。下部構造形式は、橋台は逆 T 式橋台であり、橋脚は中空壁式コンクリート橋脚である。海上に位置する P1 橋脚から P5 橋脚の橋脚（柱）高は 23.3~28.1m であり、陸上に位置する P6 橋脚の橋脚（柱）高は 11.8m である。基礎構造形式は、A1 橋台は深礎杭基礎、P1 橋脚および P2 橋脚は鋼管矢板基礎、P3 橋脚、P4 橋脚、P5 橋脚、P6 橋脚、A2 橋台は場所打ち杭基礎である。

表 2.1-1 下部構造、基礎構造の形式および橋脚高

番号	A1	P1	P2	P3	P4	P5	P6	A2
下部構造	逆 T 式 橋台	中空壁式 橋脚	中空壁式 橋脚	中空壁式 橋脚	中空壁式 橋脚	中空壁式 橋脚	中空壁式 橋脚	逆 T 式 橋台
橋脚(柱) 高	-	23.4m	25.5m	23.3m	28.1m	26.0m	11.8m	-
基礎構造	深礎基礎	鋼管矢板 基礎	鋼管矢板 基礎	場所打ち 杭基礎	場所打ち 杭基礎	場所打ち 杭基礎	場所打ち 杭基礎	場所打ち 杭基礎

2.1.2 損傷位置と状態

(1) 支承の損傷状態

支承の損傷状態を把握するため、カバープレートを外し、近接目視およびファイバースコープにより内部のローラーや支圧板の損傷状態を観察した。対象は全支点 (A1・P1・P2・P3・P4・P5・P6・A2) の支承とした。

支承部の支持機能の状態を、ローラーおよび支圧板の損傷の組合せにより、以下に示す3つに区分した。全橋脚の可動支承で支持機能が失われた状態もしくは低下した状態となっていた。

- ・支持機能が失われた状態 (図 2.1-5 参照) : 支持はしているが信頼性が低い状態 (ローラー軸部の破断、支圧板の破断)
- ・支持機能が低下している状態 (図 2.1-6 参照) : 損傷が確認され、支持機能が低下している状態 (ピニオン取付軸の破断、ローラーの一部欠損、支圧板のき裂)
- ・損傷の有無が不明な状態 : 目視で点検できない

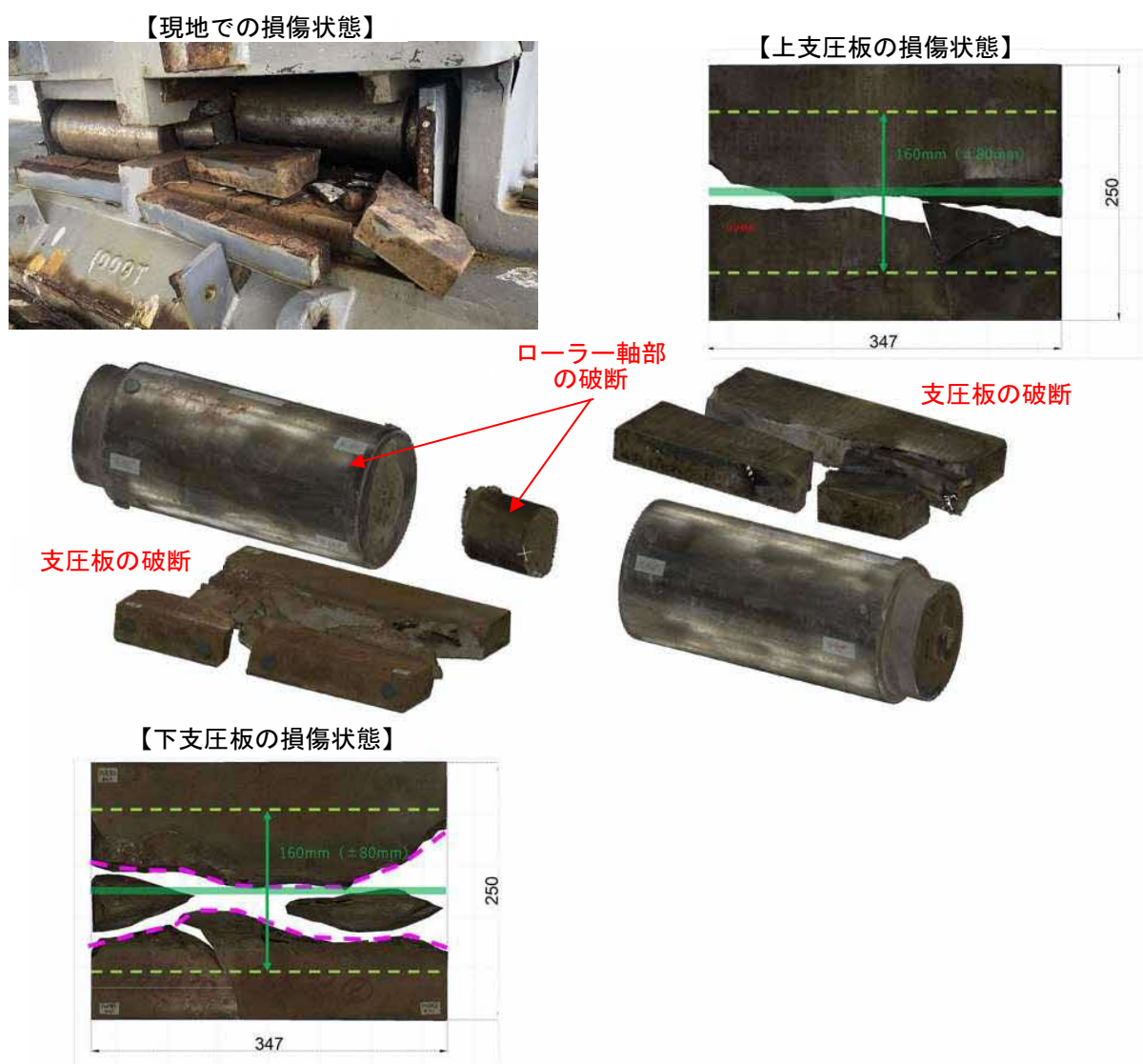


図 2.1-5 支持機能が失われた状態



図 2.1-6 支持機能が低下している状態

表 2.1-2 および図 2.1-7 に橋脚毎の支承の損傷状態を示す。P4 右側を除くすべてのピボットローラー支承で損傷を確認した。表および図の赤色で示す支持機能が失われた状態の箇所は、応急対策が実施された支承である。

図 2.1-8 に損傷概要図を示し、表 2.1-3 および表 2.1-4 にそれぞれ左右支承の損傷状態を示す。支承損傷は橋梁全体で確認できるが、支承毎に損傷部材や損傷程度が異なる。橋軸方向では、固定支承である P3 橋脚から起点側 (A1 側) より終点側 (A2 側) の方が損傷の進行が確認されており、P5・P6・A2 で支圧板の破断があり、支持機能が失われた状態となっている。また、他の橋脚に比べて剛性が高い橋台や橋脚高が低い P6 で損傷が多く発生している。左右の支承 (曲線の内側・外側) では、内側に位置する左側支承の損傷が多いという特徴がみられ、損傷はピニオンギアが設置されているローラーとされていないローラーのどちらにも発生している。

表 2.1-2 支承の損傷状態

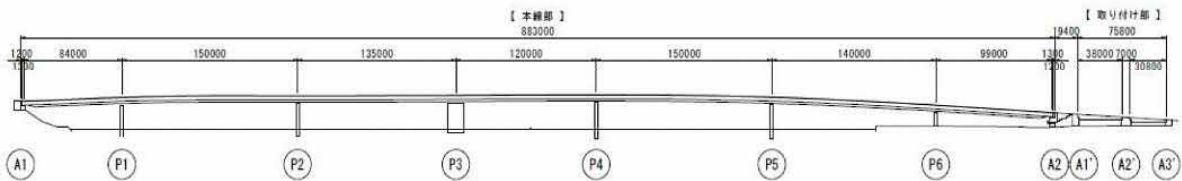
下部構造		損傷状態			
		左側支承		右側支承	
		ローラー	支圧板	ローラー	支圧板
A1 (M)	起点	—	支圧板のき裂	—	—
	終点	—	支圧板のき裂	—	支圧板のき裂
P1 (M)	起点	—	—	—	—
	終点	ピニオン取付軸の破断	—	ピニオン取付軸の破断	—
P2 (M)	起点	—	—	—	—
	終点	ピニオン取付軸の破断	支圧板のき裂	ピニオン取付軸の破断	—
P3 (F)	起点	【固定支承】			
	終点				
P4 (M)	起点	—	支圧板のき裂	—	—
	終点	—	支圧板のき裂	—	—
P5 (M)	起点	—	—	—	—
	終点	ピニオン取付軸の破断	支圧板の破断	—	支圧板のき裂
P6 (M)	起点	—	—	ローラー軸部の破断	支圧板の破断、き裂
	終点	—	支圧板のき裂	—	—
A2 (M)	起点	ローラー表面のかけ	支圧板のき裂	—	—
	終点	ローラー表面のかけ	支圧板のき裂	—	支圧板の破断

※1：赤囲み箇所は管理者により応急対策を実施した箇所

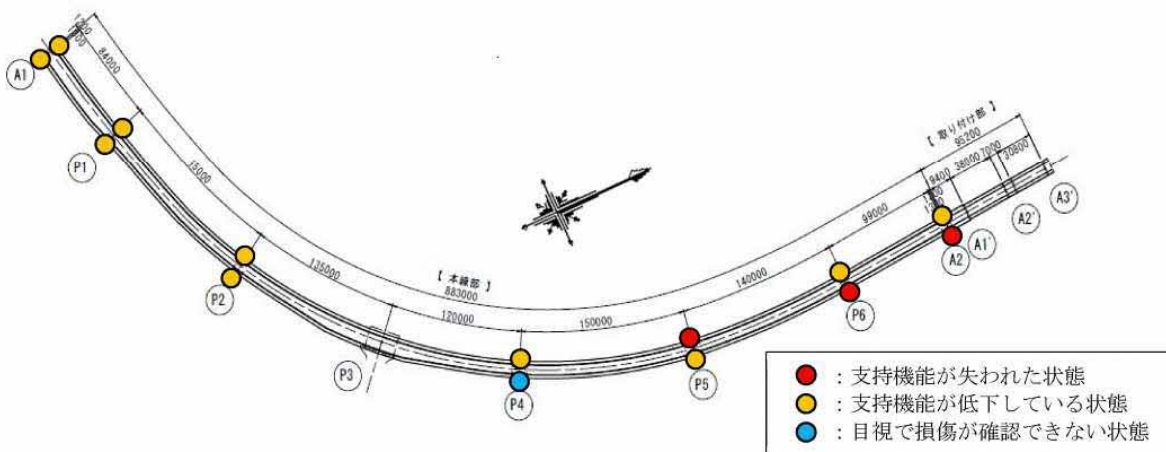
※2：『-』はカバープレートを外して目視できる範囲で損傷が確認されなかったことを示す。

※3：起点はA1側、終点はA2側を示す。

- ：支持機能が失われた状態
- ：支持機能が低下している状態
- ：目視で損傷が確認できない状態



側面図



平面図

図 2.1-7 損傷位置と損傷状態

表 2.1-3 左側支承の損傷状態

左or右	部材	損傷パターン	A1		P1		P2		P3	P4		P5		P6		A2		備考	
			起	終	起	終	起	終		起	終	起	終	起	終				
左側支承	ローラー	ローラー軸部の破断	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	ピニオン	ピニオン取付軸の破断	-	-	-	×	-	×	-	-	-	-	×	-	-	-	-		
	支圧板	表面の剥離	×	×	-	-	-	×	-	-	×	×	-	×	-	×	×	×	
		ローラー軸方向き裂	×	×	-	-	-	×	-	-	×	×	-	×	-	×	×	×	
		ローラー軸方向き裂と周辺破損・ローラー直角方向き裂	-	-	-	-	-	×	-	-	×	×	-	×	-	×	-		
	カバープレート	破断	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	×	-	-	-	-	
ボルトの脱落		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	×	-	-	-	-	H27点検で挙げられていた損傷	

※1:『-』は、近接目視では損傷が確認できなかったが、不可視部があるため不確実性が残る。
 ※2:灰色着色部は対象部材が設置されていない箇所を示す。

図 2.1-8 損傷概要図

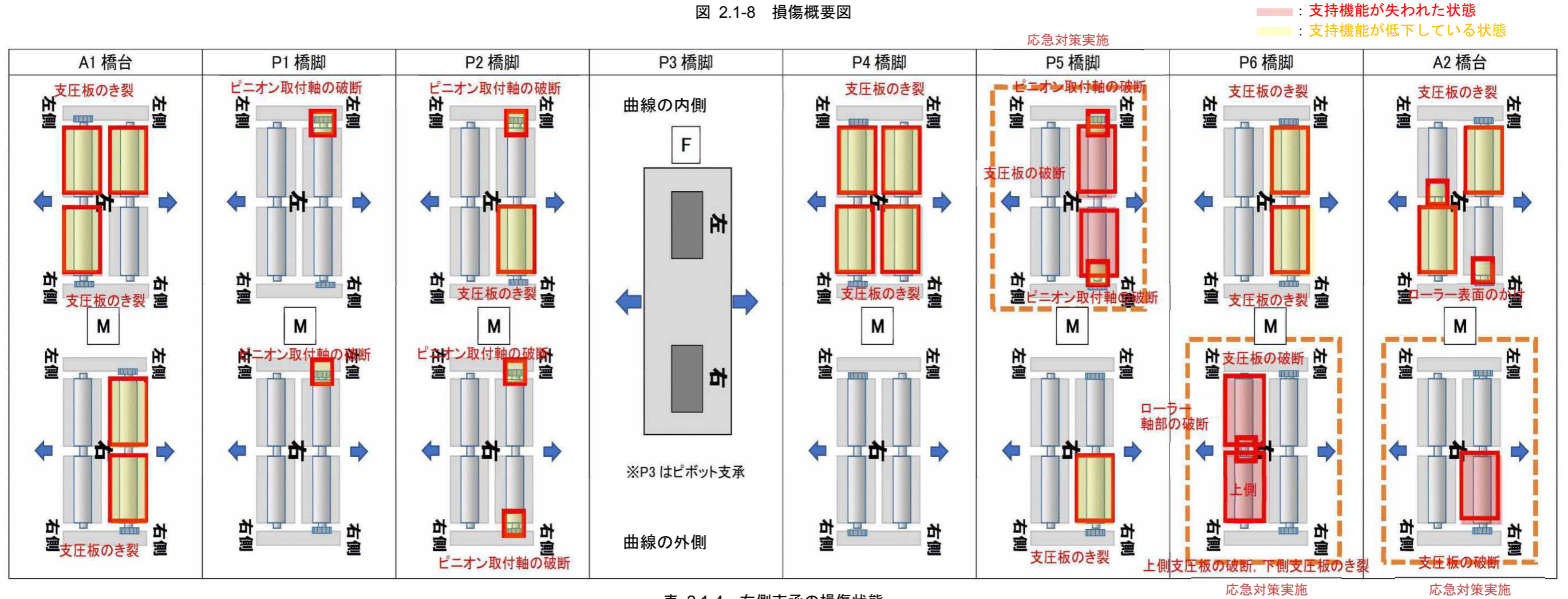


表 2.1-4 右側支承の損傷状態

左or右	部材	損傷パターン	A1		P1		P2		P3	P4		P5		P6		A2		備考	
			起	終	起	終	起	終		起	終	起	終	起	終				
右側支承	ローラー	ローラー軸部の破断	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	×	-	-	-		
	ピニオン	ピニオン取付軸の破断	-	-	-	×	-	×	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	支圧板	表面の剥離	-	×	-	-	-	-	-	-	-	-	-	×	×	-	-	×	
		ローラー軸方向き裂	-	×	-	-	-	-	-	-	-	-	-	×	×	-	-	×	
		ローラー軸方向き裂と周辺破損・ローラー直角方向き裂	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	×	-	-	-	×	
	カバープレート	破断	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	×	-	-	-	×	
ボルトの脱落		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	×	-	-	-	-	H27点検で挙げられていた損傷	

※1:『-』は、近接目視では損傷が確認できなかったが、不可視部があるため不確実性が残る。
 ※2:灰色着色部は対象部材が設置されていない箇所を示す。

(2) 支承取付部の損傷状態

全ての支承取付部周辺の桁内外を目視した。その結果、鋼材のき裂やそれが疑われる変状はなかった。目視調査箇所のうち、特に注意して観察した箇所は図 2.1-9 の赤色で示す位置である。表 2.1-5 に支承取付部の目視観察結果一覧を示し、代表して P5 橋脚の目視観察結果を図 2.1-10 に示す。

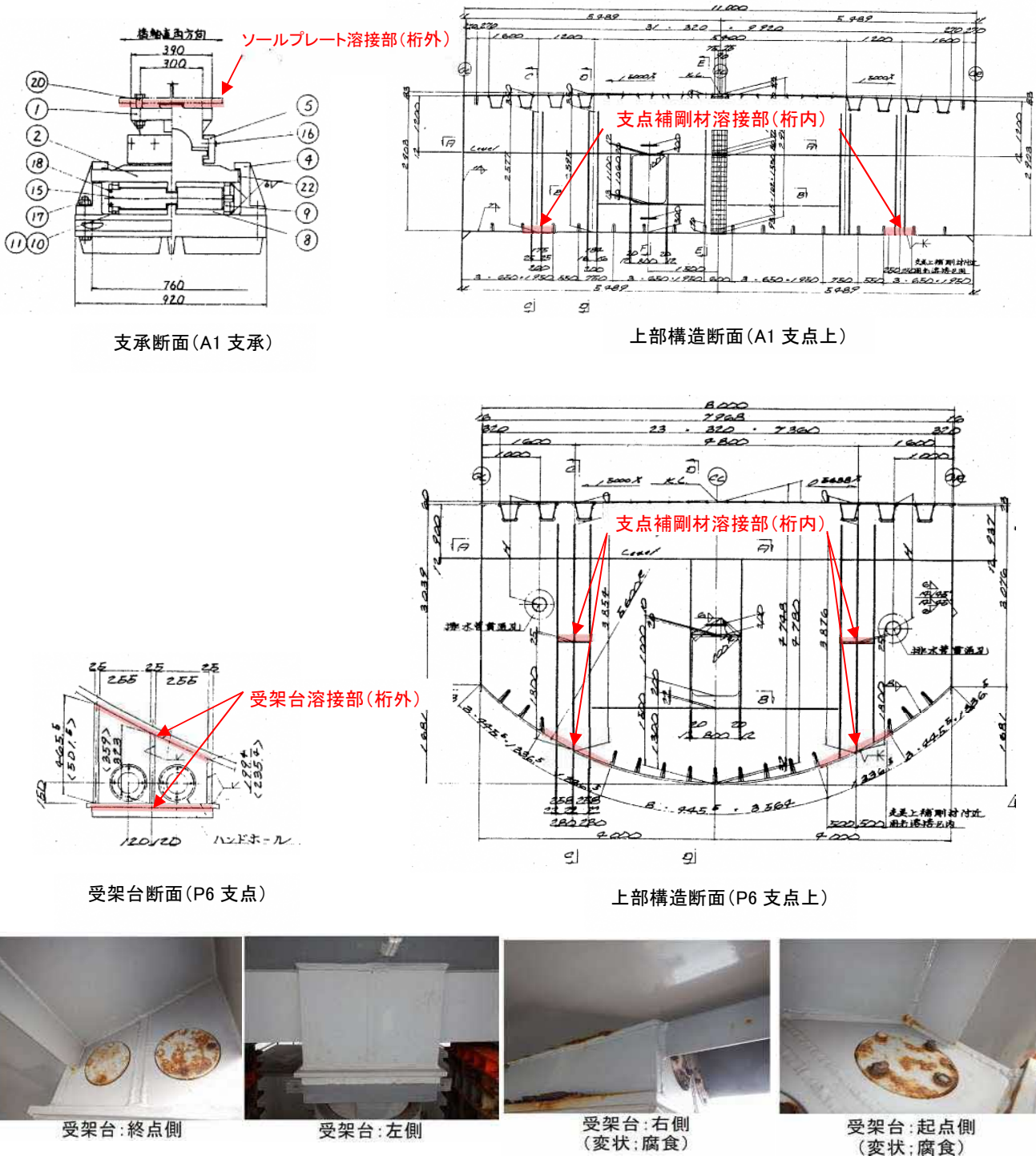


図 2.1-9 目視観察における着目箇所(P5 橋脚)

表 2.1-5 支存取付部の目視観察結果一覧


位置		起点	左側	終点	右側	
A1	右側	支点補剛材付近	変状なし	変状なし	---	
		ソールプレート付近	変状なし	変状なし	変状なし	
	左側	支点補剛材付近	変状なし	---	---	
		ソールプレート付近	変状なし	変状なし	変状なし	
P1	右側	支点補剛材上部	変状なし	---	腐食	
		支点補剛材下部	汚れ	---	汚れ	
		ソールプレート・受架台付近	変状なし	変状なし	変状なし	変状なし
	左側	支点補剛材上部	変状なし	---	変状なし	---
		支点補剛材下部	汚れ	---	汚れ	---
		ソールプレート・受架台付近	変状なし	変状なし	変状なし	変状なし
P2	右側	支点補剛材上部	変状なし	---	変状なし	
		支点補剛材下部	変状なし	---	汚れ	
		ソールプレート・受架台付近	変状なし	変状なし	変状なし	変状なし
	左側	支点補剛材上部	変状なし	---	変状なし	---
		支点補剛材下部	汚れ	---	厚膜部の軽微な塗膜割れ	---
		ソールプレート・受架台付近	変状なし	変状なし	変状なし	腐食
P3	右側	支点補剛材上部	変状なし	---	変状なし	
		支点補剛材下部	汚れ	---	変状なし	
		ソールプレート・受架台付近	腐食	腐食	変状なし	変状なし
	左側	支点補剛材上部	変状なし	---	変状なし	---
		支点補剛材下部	汚れ	---	汚れ	---
		ソールプレート・受架台付近	変状なし	変状なし	腐食	変状なし
P4	右側	支点補剛材上部	変状なし	---	変状なし	
		支点補剛材下部	変状なし	---	変状なし	
		ソールプレート・受架台付近	変状なし	変状なし	変状なし	変状なし
	左側	支点補剛材上部	変状なし	---	変状なし	---
		支点補剛材下部	変状なし	---	変状なし	---
		ソールプレート・受架台付近	腐食	変状なし	変状なし	変状なし
P5	右側	支点補剛材上部	変状なし	---	変状なし	
		支点補剛材下部	腐食	---	腐食	
		ソールプレート・受架台付近	腐食	腐食	変状なし	変状なし
	左側	支点補剛材上部	変状なし	---	変状なし	---
		支点補剛材下部	腐食	---	変状なし	---
		ソールプレート・受架台付近	腐食	変状なし	変状なし	腐食
P6	右側	支点補剛材上部	腐食	---	変状なし	
		支点補剛材下部	変状なし	---	腐食	
		ソールプレート・受架台付近	変状なし	変状なし	変状なし	変状なし
	左側	支点補剛材上部	変状なし	---	変状なし	---
		支点補剛材下部	腐食	---	変状なし	---
		ソールプレート・受架台付近	変状なし	変状なし	変状なし	変状なし
A2	右側	支点補剛材付近	ボルト腐食	---	ボルト腐食	
		ソールプレート付近	変状なし	変状なし	変状なし	変状なし
	左側	支点補剛材付近	ボルト腐食	---	変状なし	---
		ソールプレート付近	変状なし	変状なし	腐食	変状なし

※表中の「---」は、対象箇所がないことを示す。


支承取付部目視観察結果：P5橋脚

橋梁名	牛深ハイヤ大橋	調査位置	P5橋脚	調査日	2022/2/12-13	気温	-
-----	---------	------	------	-----	--------------	----	---


左




支点補剛材: 上部/終点側




支点補剛材: 上部/起点側




支点補剛材: 下部右/終点側




支点補剛材: 下部右/起点側
(変状; 腐食)



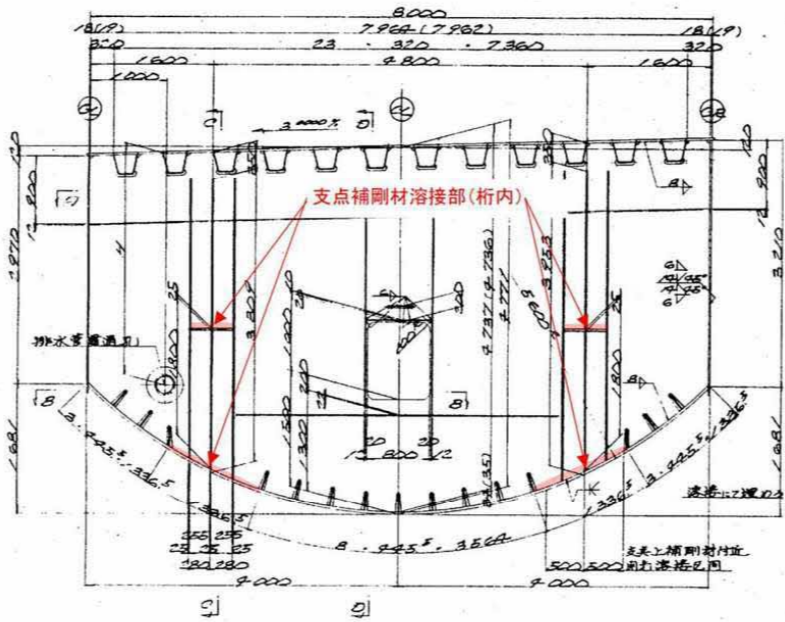
受架台: 終点側



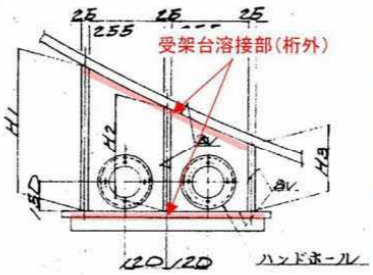
受架台: 左側



受架台: 起点側
(変状; 腐食)




支点補剛材溶接部(桁内)




受架台溶接部(桁外)


右




支点補剛材: 上部/起点側




支点補剛材: 上部/終点側




支点補剛材: 下部右/起点側
(変状; 腐食)




支点補剛材: 下部左/終点側
(変状; 腐食)



受架台: 終点側



受架台: 右側



受架台: 起点側
(変状; 腐食)

図 2.1-10 P5 橋脚の支承取付部の目視観察結果

(3) 損傷位置と状態のまとめ

損傷は支承取付部に確認されておらず、支承本体のみに集中している。また、全橋脚の可動支承で支持機能が失われた状態もしくは低下した状態となっている。起終点や左右（曲線の内側・外側）で支承部材に程度の異なる様々な損傷が生じているが、支持機能が失われた支承は固定支承である P3 橋脚より終点側であった。

なお、各支承で確認された損傷パターンを多い順に並べると表 2.1-6 および表 2.1-7 のとおりとなる。カバープレート取付けボルト脱落は支圧板の損傷と関連していると考えられる。過去にカバープレート取付けボルト脱落が生じていた時点ではすでに支圧板の損傷は進行していたと推測される。

表 2.1-6 左側支承の損傷状態

左or右	部材	損傷パターン	P5	P2	P4	P4	A2	A1	A1	P6	A2	P1	P1	P2	P5	P6	備考	
			終	終	起	終	起	起	終	終	終	終	起	起	起	起		
左側支承	ピニオン	ピニオン取付軸の破断	×	×	-	-	-	-	-	-	-	×	-	-	-	-		
	支圧板	表面の剥離	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	-	-	-	-	-	
		ローラー軸方向き裂	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	-	-	-	-	-	
		ローラー軸方向き裂と周辺破損・ローラー直角方向き裂	×	×	×	×	×	×	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		破断	×	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	カバープレート	ボルトの脱落	×	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	H27点検で挙げられていた損傷
ローラー	ローラー中央軸の破断	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		

※1:『-』は、近接目視では損傷が確認できなかったが、不可視部があるため不確実性が残る。
 ※2:灰色着色部は対象部材が設置されていない箇所を示す。

表 2.1-7 右側支承の損傷状態

左or右	部材	損傷パターン	P6	A2	A1	P5	P1	P2	A1	P1	P2	P4	P4	P5	P6	A2	備考
			起	終	終	終	終	終	起	起	起	起	終	起	終	起	
右側支承	ピニオン	ピニオン取付軸の破断	-	-	-	-	×	×	-	-	-	-	-	-	-	-	
	支圧板	表面の剥離	×	×	×	×	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		ローラー軸方向き裂	×	×	×	×	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		ローラー軸方向き裂と周辺破損・ローラー直角方向き裂	×	×	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		破断	×	×	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	カバープレート	ボルトの脱落	×	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	H27点検で挙げられていた損傷
ローラー	ローラー中央軸の破断	×	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		

※1:『-』は、近接目視では損傷が確認できなかったが、不可視部があるため不確実性が残る。
 ※2:灰色着色部は対象部材が設置されていない箇所を示す。