

2.4 支承の損傷状態調査

2.4.1 目的

現地にて近接目視を行った。カバープレートをすべて外したうえで、目視およびファイバースコープカメラを用いて調査した。また、支圧板およびローラーを取り出し、室内で破面観察と3Dスキャナにより形状寸法の計測を行った。

2.4.2 結果

(1) ローラーの損傷状態

図 2.4-1 に支承部材の損傷状態を示す。ローラーの損傷は、ピニオンギア取付部やローラー軸部（細径部）の根元の破損であった。ローラー胴部はガイドに接触し、ローラー胴部端部とガイド端部のそれぞれで金属の剥離状の損傷が見られた。表 2.4-1 にピニオンギアの損傷状態を示し、表 2.4-2 にローラー軸部の損傷状態を示す。ピニオンギア取付部ならびにローラー軸部の破断面は、ほとんどの部分で脆性的な破壊形態を呈しており、破断面ではリバーパターンも見られた。ローラーの胴部はガイドに接触していたが、一方でローラーの胴部には、へこみ、変形等は見られなかった。



図 2.4-1 支承部材の損傷状態

表 2.4-1 ピニオンギア取付け部の損傷状態

ピニオンギア取付け部破断 (P5 橋脚)	
概要図	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> R5H: 左側ローラー R5M: 右側ローラー 5H: 左側支圧板(下側) 5M: 右側支圧板(下側) </div> <div style="text-align: center;"> 左側 右側 </div> </div> <p style="text-align: center; color: red;">支圧板の破損により 変位が増大</p> <p style="text-align: center;">上支圧板</p> <p style="text-align: center;">下支圧板</p>
破断部の写真	<p>※図中の A は R5H 側のピニオンギア取付部破断面を示し、D は R5M 側のピニオンギア破断面を示す。</p> <p>※赤矢印は破壊の進行方向を示す。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 20px;"> <div style="text-align: center;"> <p>(a) ローラーのA側破面 (符号R5H)</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>(b) ギア取り付け側の破面</p> </div> </div>
説明	<p>P5 のローラーR5 では、左右とも下の支圧板が破損していた。ローラーはピニオンギア取付軸の根元から破断しており、破壊の流れ模様より破断起点の方位は R5H 側は 270°、R5M 側は 90° および 270° の 2 方位であった。破面は脆性的な破壊形態を呈している。</p>

表 2.4-2 ローラー軸部の損傷状態

ローラー軸部（くびれ）破断（P6 橋脚）

<p>概要図</p>	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 150px;"> <p>R6H: 左側ローラー R6M: 右側ローラー 6H: 左側支圧板(下側) 6M: 右側支圧板(上側)</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>左側</p> <p>右側</p> </div> </div>
<p>破断部の写真</p>	<p>※図中の B は R6H 側のローラー軸破断部を示し、C は R6M 側のローラー軸破断部を示す。</p>
<p>説明</p>	<p>P6 のローラー-R6 では、R6H 側が下の支圧板が、R6M 側は上の支圧板が破損していた。R6M の下の支圧板はき裂が生じていたものの P5 の支圧板よりも破損の程度は軽い。ローラーは胴部の中間の軸部の根元から 2 か所で破断しており、破壊の流れ模様より破断起点の方位は R6H 側が 270°、R6M 側が 90° であり、方位が 180° 変位している。破面はほとんどの部分で脆性的な破壊形態を呈している。</p>

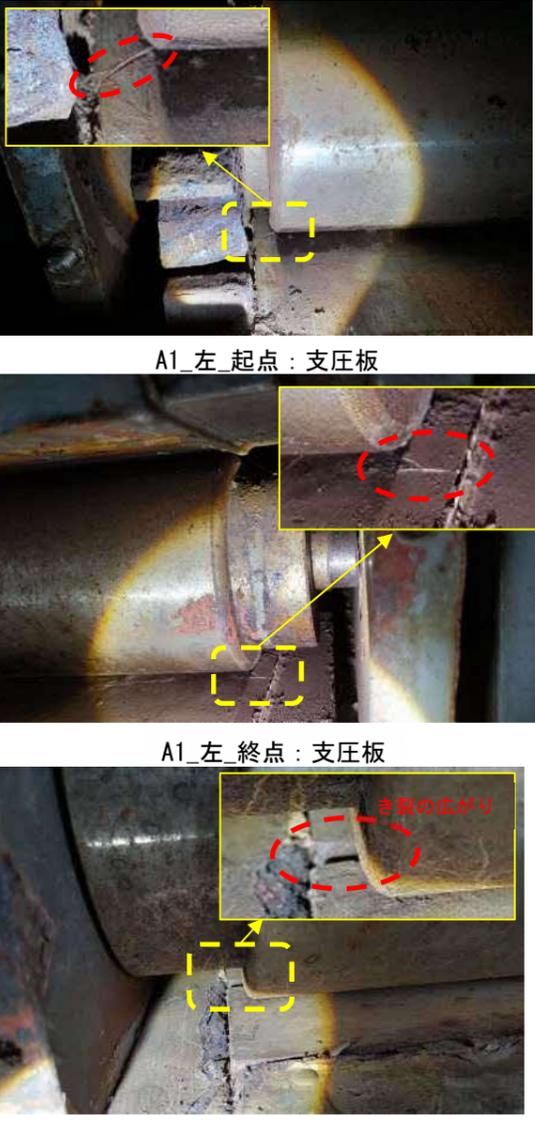
(2) 支圧板の損傷状態

支圧板の損傷の種類を表 2.4-3 に示す。支圧板は、ローラーと接触していたと考えられる中央部周辺にて破断しており、破断面はローラー軸方向に広がっていた。ローラーと接触していたと考えられる表面側では、破断面からローラーの可動方向の前後に一定の幅の範囲で層状に破壊した破片が重なった様子も見せ、摩耗というよりも金属が剥離したような破壊形態であった。

応急対策の実施に伴い取り出した P5 橋脚の左側支承の支圧板の損傷状態を図 2.4-2 に示す。破断面を観察したところ支圧板にはローラーとの接触面側を起点とするビーチマークが確認された。また、破断した支圧板の一部には、ローラー軸直角方向にもき裂が進展している様子も見られた。支圧板がローラーと接触する中央部付近からある幅の範囲で、層状に粉砕しており、また、図 2.4-3 に示すように、ローラーとガイドが接触していた様子がみられたことから、支承は可動支承として設置されているものの、実際には、可動方向（橋軸方向）にほぼ移動していなかったと考えられる。

破断面を拡大すると、ローラーとの接触面（支圧板表面）側からビーチマーク状の破面の進展も見られた。このことは支圧板表面から下面側に向かって徐々に破壊が進行した可能性を裏付ける一方で、内部の傷等が起点となり支圧板の破断が生じた可能性は低いことを示している。

表 2.4-3 支圧板の損傷の種類

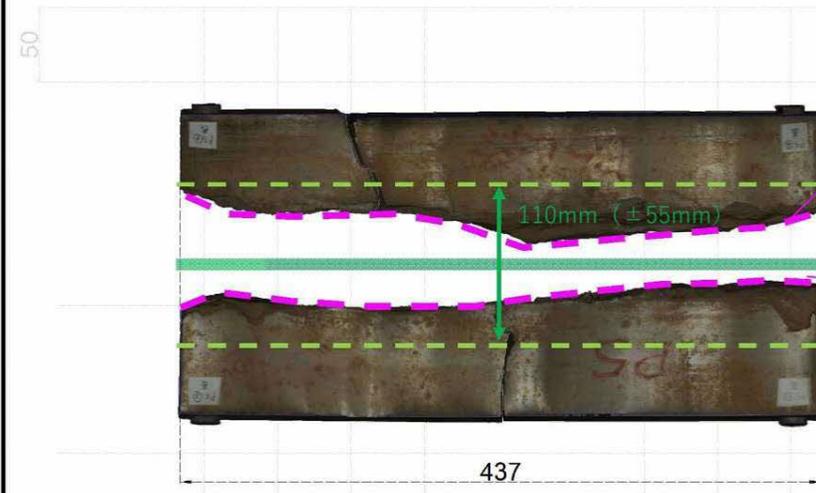
損傷種類	表面の剥離	ローラー軸方向き裂	ローラー軸方向き裂と周辺破損・ローラー直角方向き裂	破断
<p>写真</p>	 <p>ローラー位置で支圧板表面の損傷を確認</p> <p>P5_左_起点：破断が確認されていない支圧板</p> <p>表面からのビーチマーク状態</p> <p>P5_左_終点：破断した支圧板</p> <p>破断した支圧板との破断面を確認すると表面からビーチマーク状の形態が確認される。支圧板表面から損傷が進展したことが確認できる。</p>	 <p>A1_左_起点：支圧板</p> <p>A1_左_終点：支圧板</p> <p>き裂の広がり</p> <p>P4_左_終点：支圧板</p> <p>P4_左_起点：支圧板</p> <p>支圧板にき裂が確認できる。現地ではローラーを動かして確認することはできないため、ローラーが載っていないわずかな隙間でき裂を確認することができる。</p>	 <p>き裂</p> <p>P2_左_終点：支圧板</p> <p>き裂周囲の破損</p> <p>P4_左_起点：支圧板</p> <p>き裂周囲の破損</p> <p>P4_左_起点：支圧板</p> <p>支圧板に直角方向のひびわれや、き裂周囲の破損が確認できる。写真の箇所ではローラー軸方向のき裂も確認でき、損傷が広がっていることを確認できる。</p>	 <p>110mm (±55mm)</p> <p>437</p> <p>P5_左_終点：破断が確認された支圧板</p> <p>P6_右_起点：破断した支圧板</p> <p>P6_右_起点：破断した支圧板</p> <p>支圧板は完全に破断し、層状の破片が確認できる。また、細かく粉碎されて粉状となっている。撤去した支圧板では断面からの剥離も確認できる。</p>

P5橋脚

支圧板の損傷状態

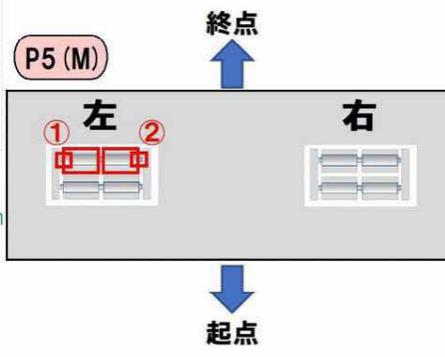
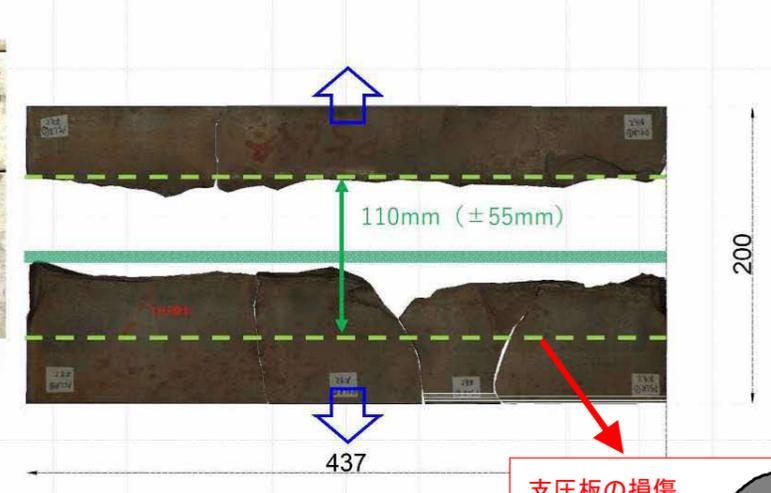
①-1

P5左支承終点側 左下側 上面 ローラー接触面



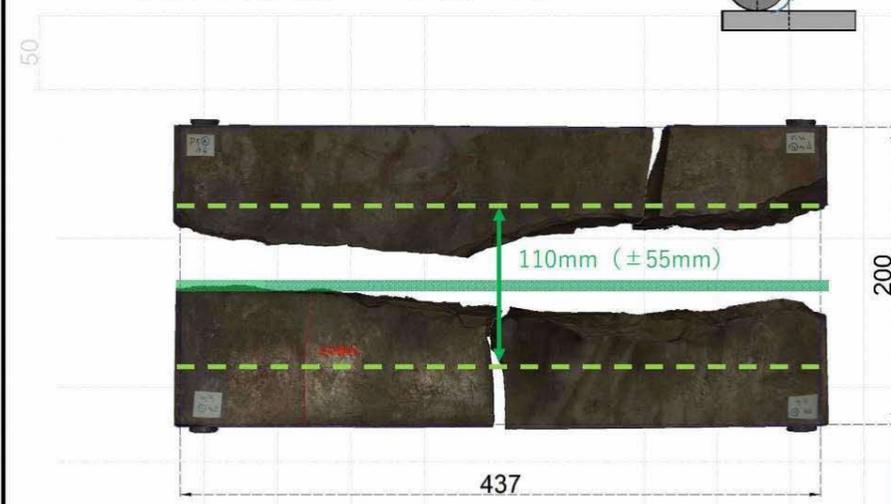
②-1

P5左支承終点側 右下側 上面 ローラー接触面



①-2

P5左支承終点側 左下側 下面



②-2

P5左支承終点側 右下側 下面



ヘルツ支圧幅 : $2b=4.4\text{mm}$
 支承設計移動量 : $220\text{mm} (\pm 110\text{mm})$

※ヘルツの支圧幅: ローラーの弾性接触領域において支圧板に接触する幅(道路橋支承便覧、昭和48年、日本道路協会)

- ・橋軸直角方向(ローラー軸方向)に破断している。←
- ・撤去時の写真から分かるように、ローラー位置では、層状や粉状に破壊されている。←
- ・橋軸方向(ローラー軸直角方向)の破断も確認される。
- ・残った支圧板では摩耗等の痕は確認できない。←

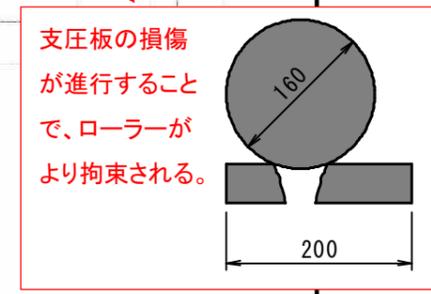
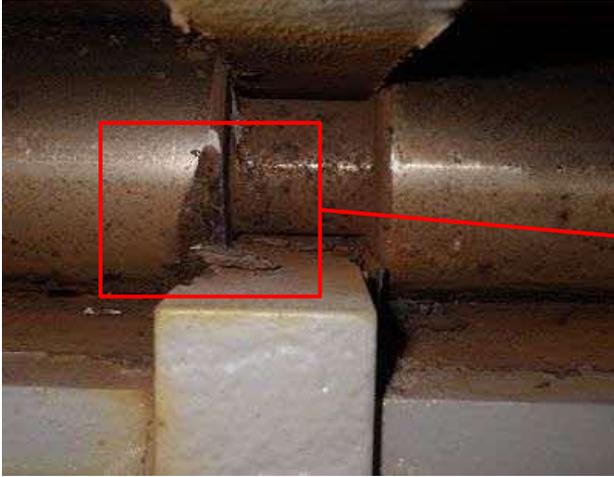


図 2.4-2 P5 橋脚の支圧板の損傷状態

A2 橋台-起点-左側



P6 橋脚-起点-右側



図 2.4-3 ローラーとガイドとの接触の痕跡

2.4.3 考察

破壊順序は、ローラーの胴部を下側から支持する支圧板が破断したことにより、ピニオンギア部で負荷を支持することになり、ローラー全体が下方に変位してピニオンギア取付軸が同一方向に脆性破壊したことなどが推察される。一方で、ローラーとガイドが接触していた痕跡がみられること、破断が確認された支圧板では、ローラーと接触する支圧板の中央部付近から破断が生じていることから、支承のローラーは実際にはほぼ移動できず、実質的に、支承は、橋接線方向にも固定点として挙動していたと考えられる。また、支圧板はローラーとの接触面側から支圧板内部方向に向かって損傷が進行していった様子も見られることから、常時作用する大きな鉛直力と偏心、傾斜荷重の繰り返しにより、ローラーが支圧板を徐々に損傷させながらめり込んでいったものと考えられる。

また、ローラーのピニオンギア取付部や胴部間の軸部（細径部）の根元の破断や P1 橋脚上の支承で見られたギアのみの破断も、実質的にローラーが可動できなかったことに関係すると考えられる。ローラーがガイド等に接触したり、支圧板の損傷が進行したことなどより負荷がかかり、脆性破壊した可能性が考えられる。