

2.5 破断面の観察調査

2.5.1 目的

損傷が確認された支承のうち、P6 橋脚上の支承より取り出したローラーおよび支圧板から試験片を切り出し、走査線電子顕微鏡（SEM）による破面観察を行い、破壊形態や破壊の起点、割れ進展方向を調べた。試験片の切り出し位置は、**図 2.5-1** のとおりである。また、参考として、損傷要因と一般的な破面性状の関係を**表 2.5-1** に示す。

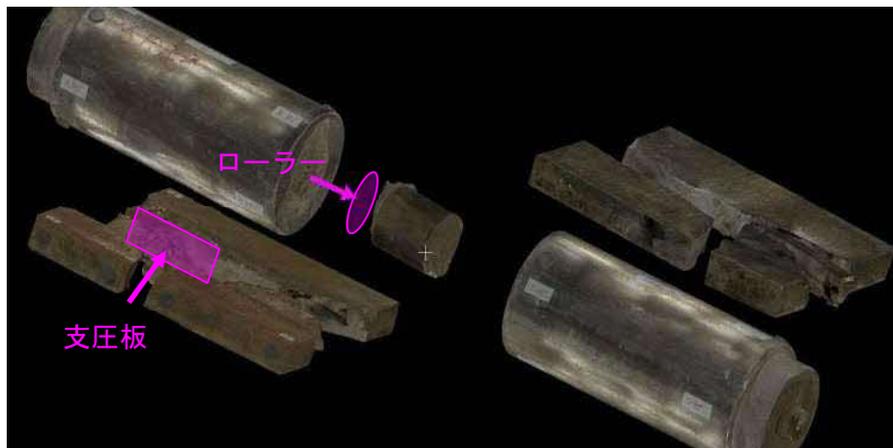
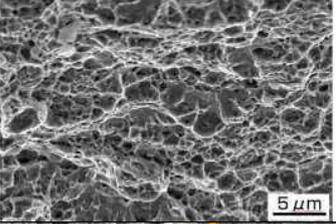
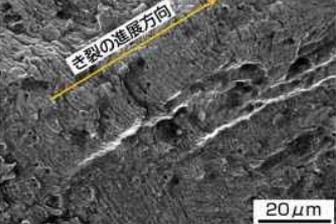
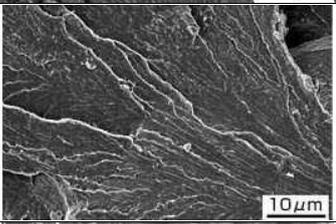
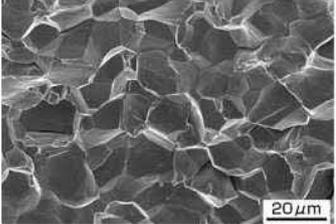


図 2.5-1 試験体取り出し位置

表 2.5-1 損傷要因と一般的な破面性状の関係

	破面性状の例	概要
延性破壊 (ディンプル)		<ul style="list-style-type: none"> ・塑性変形の進行にともない、析出物、介在物等が核となって微小空洞が生成し、合体連結した結果生じる。 ・ディンプルによる破壊は延性のある材料が過大な応力を受けて破壊したことを示している。
疲労破面 (ストライエーション)		<ul style="list-style-type: none"> ・疲労破壊では延性材料でもマクロ的には平坦な破面を示し、塑性変形は認められない。通常、材料表面からき裂が発生し、引張応力に垂直な方向に進展する。 ・き裂進展部にはストライエーションと呼ばれる応力繰返しの各サイクルに対応する縞模様が観察される。
脆性破面 1 (リバーパターン)		<ul style="list-style-type: none"> ・へき開面と呼ばれる特定の結晶面で分離破壊（粒内破壊）し、ほとんど塑性変形を伴わない。 ・破面はへき開ファセットからなり、破壊はいくつかのへき開面にまたがるので、ファセットの表面にはき裂伝搬方向に沿って段ができ、き裂伝搬につれてこれらが合流して川状の模様（リバーパターン）を形成する。
脆性破面 2 (粒界破面)		<ul style="list-style-type: none"> ・金属材料が脆性的に破壊する場合、へき開破壊が一般的であるが、水やある種の環境下、金属材料を脆化させる元素が含まれる場合、結晶粒界に沿って脆性的にき裂が進展して破壊することがある。 ・焼戻し脆化、焼割れ、応力腐食割れ、遅れ破壊（水素脆化）などの場合に認められる。

引用： https://www.monotaro.com/s/pages/readingseries/kikaibuhinhyomensyori_0806/

2.5.2 結果

ローラー軸部の破面観察結果を表 2.5-2 に示す。ローラー軸部では、表面にて腐食ピットと考えられる滑らかな形態が一部で認められ、その内部の破面ではリバーパターンが認められ、細かい分岐や屈曲がみられた。したがって、破壊の起点は表面であり、かつ、起点から一気に脆性的な破断が生じたものと考えられる。

支圧板の破面観察結果を表 2.5-3 に示す。支圧板では、実体顕微鏡によるマクロ観察において、表面側（ローラーとの接触面側）にビーチマークが見られた。ただし、支圧板表面では、細かく剥離した様相も呈している。内部の破面では、へき開を示すリバーパターンの脆性破面が認められ、細かい分岐や屈曲がみられる。したがって、表面側から漸次、破壊が内側に向かって進行し、最終的に脆性破壊につながったものと考えられる。

表 2.5-2 破面観察結果（ローラー）

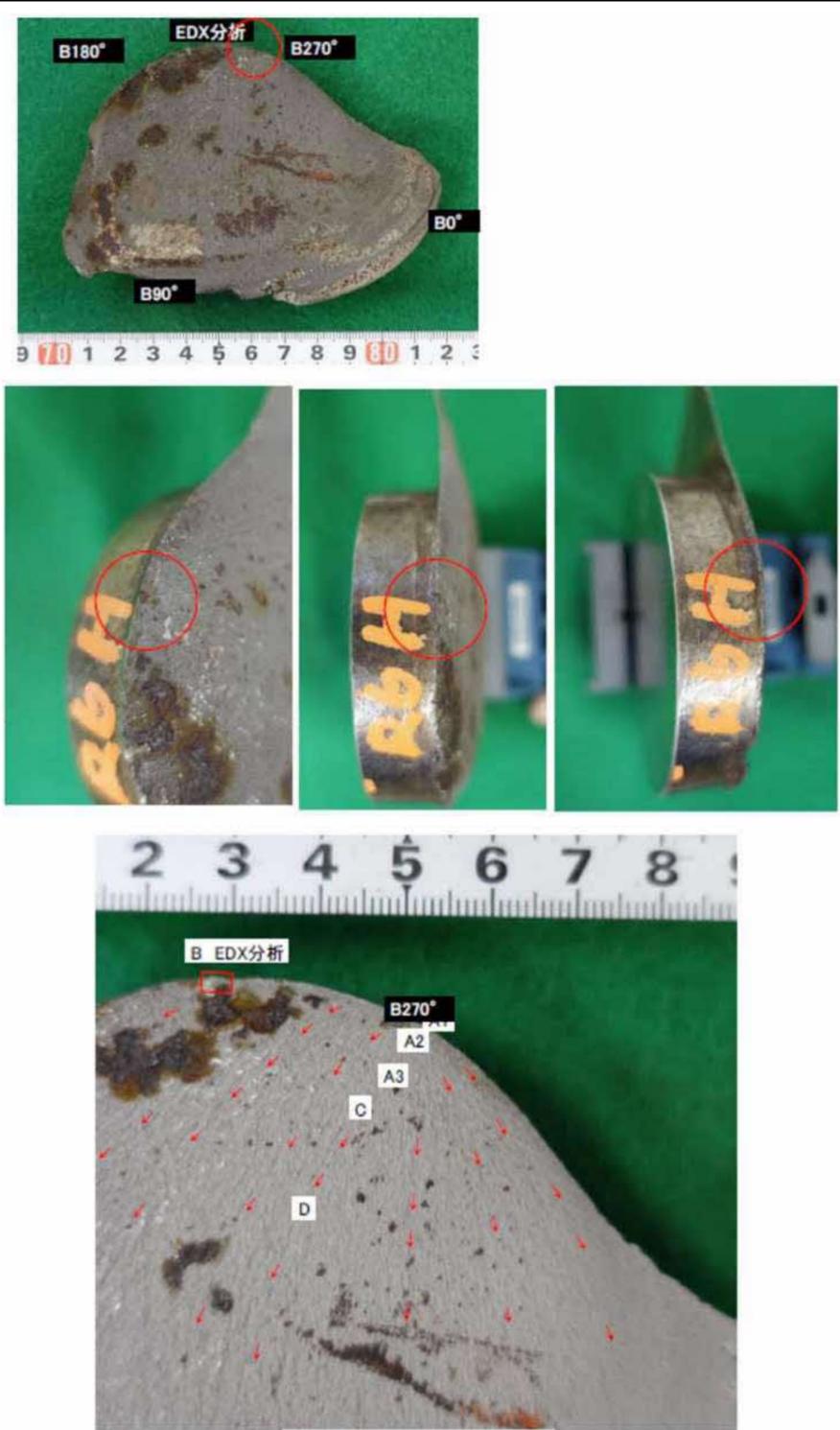
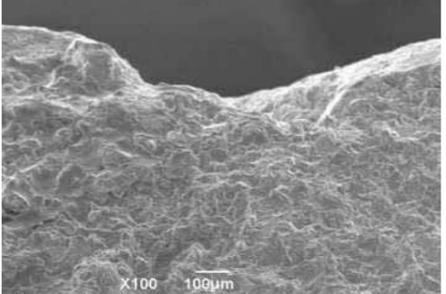
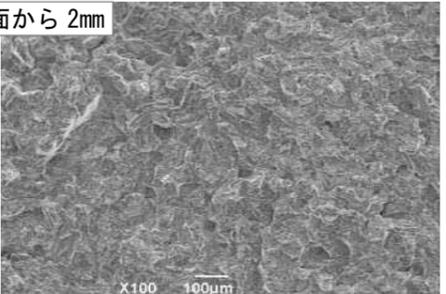
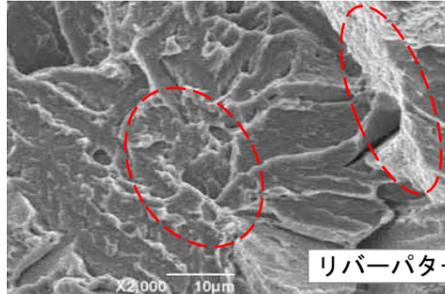
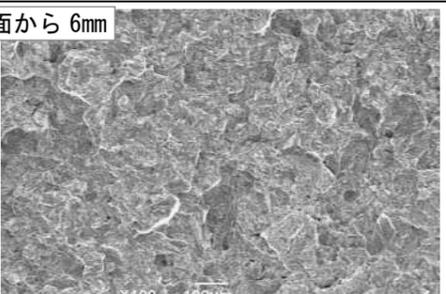
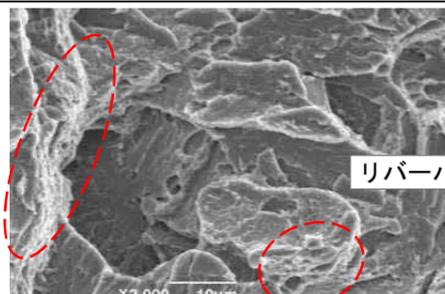
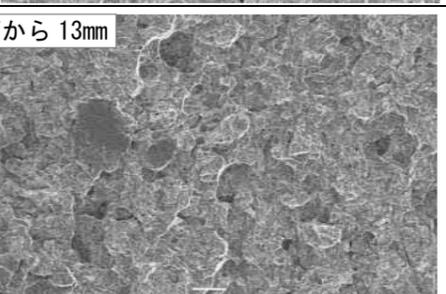
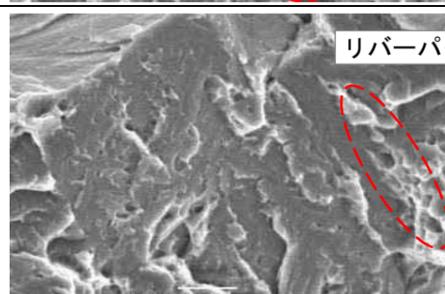
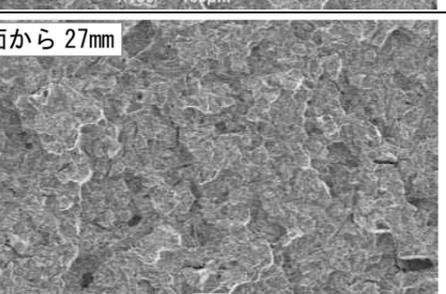
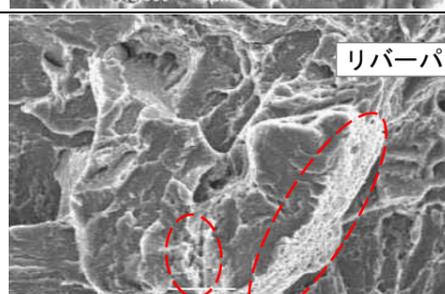
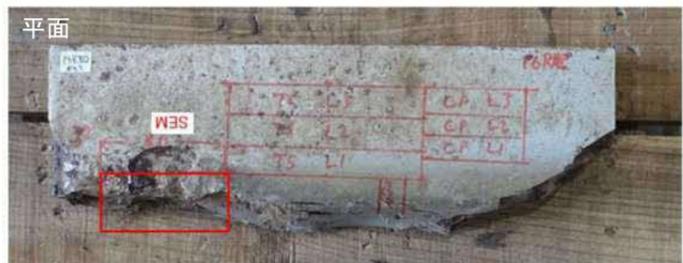
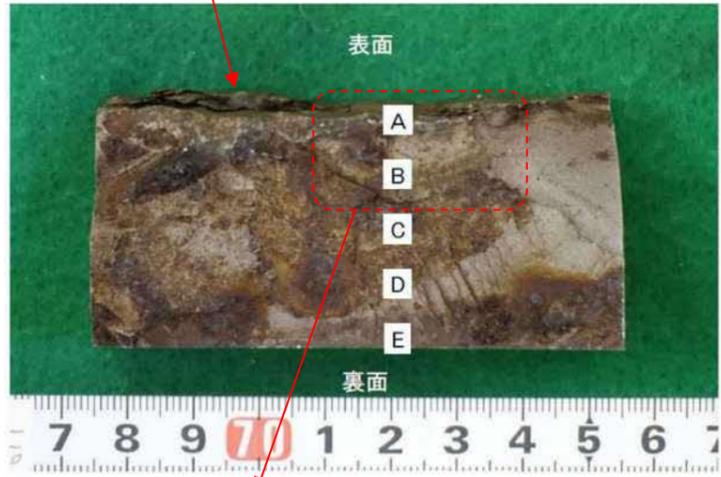
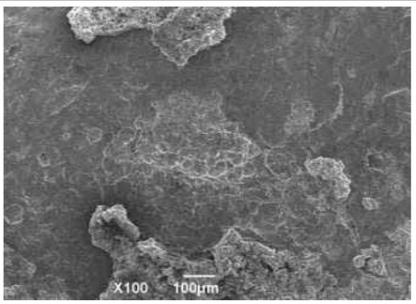
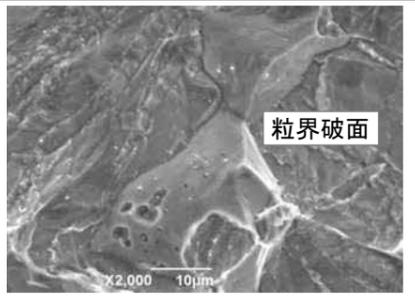
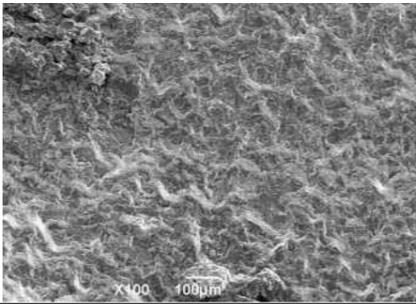
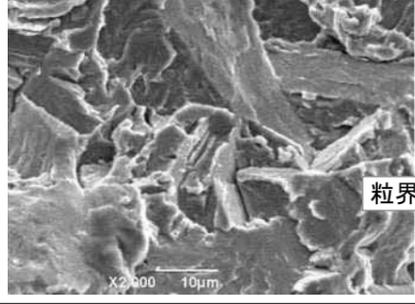
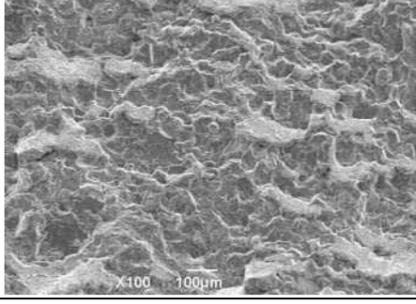
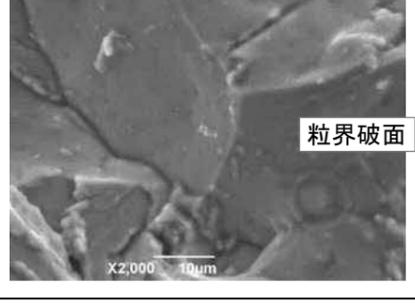
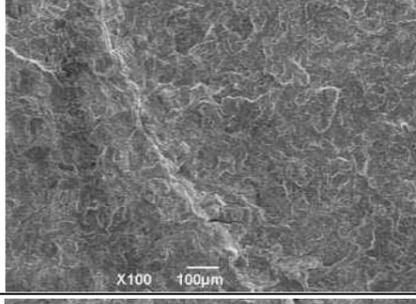
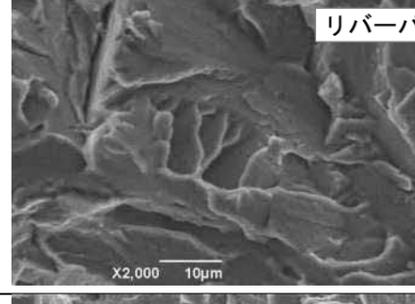
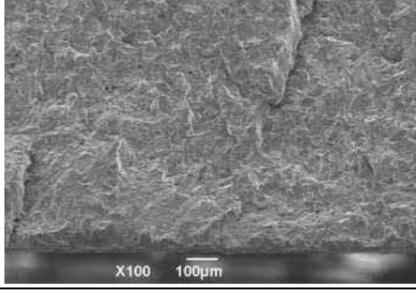
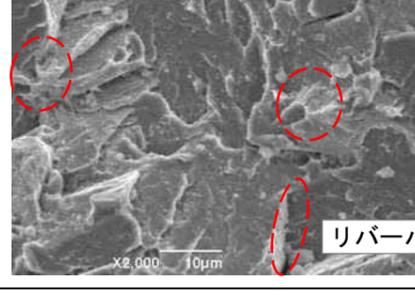
P6 橋脚 ローラー	
位置図	破面
 <p>位置図</p>	<p>A1</p>   <p>起点部はなめらかな形態が認められる</p>
	<p>A2 表面から 2mm</p>   <p>リバーパターン</p>
	<p>A3 表面から 6mm</p>   <p>リバーパターン</p>
	<p>C 表面から 13mm</p>   <p>リバーパターン</p>
	<p>C 表面から 27mm</p>   <p>リバーパターン</p>

表 2.5-3 破面観察結果（支圧板）

P6 橋脚 支圧板	
位置図	破面
<p>平面</p>  <p>側面</p>  <p>表面</p>  <p>裏面</p>	<p>A</p>   <p>粒界破面</p> <p>B</p>   <p>粒界破面</p> <p>C</p>   <p>粒界破面</p> <p>D</p>   <p>リバーパターン</p> <p>E</p>   <p>リバーパターン</p>
<p>実体顕微鏡での破面観察</p>  <p>表面、斜め上からの観察結果</p>  <p>ビーチマーク状の破面形態が認められる。 表面（接触面側）も破面であり、薄く剥離した形態を呈している。</p>	

2.5.3 考察

損傷が確認されたローラーおよび支圧板の破断面を走査型顕微鏡で観察した結果、ローラー軸部では脆性的な破壊が、支圧板は表面側（ローラー側）から破壊が進行したと考えられる。これらは2.4.3の考察を裏付けるものであった。すなわち、ローラー軸部は大きな局所応力によって脆性的に破断、支圧板はローラーとの接触面から大きな鉛直力を受けるだけでなく、繰り返し変動する作用力を受けることにより、徐々に損傷が進行し破断に至ったと考えられる。