資料1

羽田空港D滑走路破損事案の調査と再発防止策について

令和8年11月6日

国土交通省　航空局
東京航空局　関東地方整備局

目次

Ⅰ．ゴムジョイント破損メカニズムの検証

Ⅱ．D滑走路破損事案と航空機タイヤバースト事案との因果関係の検証

Ⅲ．ゴムジョイント破損の再発防止策

Ⅳ．最終とりまとめ骨子（案）

Ⅴ．本日ご議論いただきたいポイント

Ⅰ．ゴムジョイント破損メカニズムの検証

ゴムジョイント破損メカニズムの検証

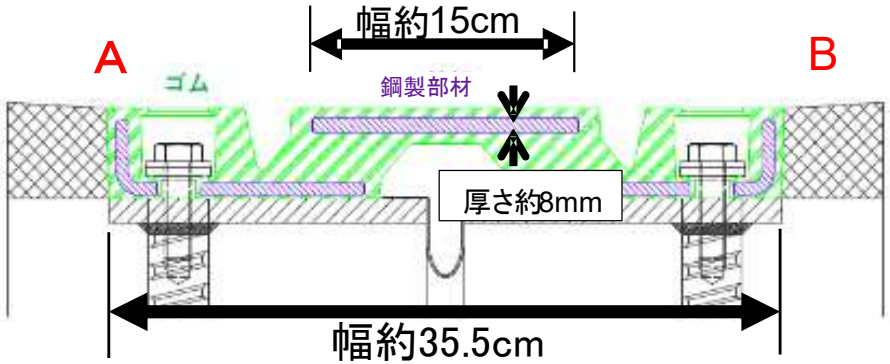
国土交通省

- 5月29日の破損確認時には、鋼製部材の端部において、めくれ上がり及びねじれが確認されており、埋立部側が上がる方向に変形していた
- また、鋼製部材の中央部では、埋立部側にめくれ上がりが確認された
- 当日深夜～早朝の飛行場面点では、鋼製部材のめくれ上がりは確認されておらず、その後、比較的短時間のうちに表層ゴムの損傷拡大や鋼製部材のめくれ上がりが生じた可能性がある
- このため、鋼製部材及びゴムの調査・分析結果を踏まえ、三次元FEM解析を実施し、航空機走行時の荷重作用と鋼製部材の変形・めくれ上がりとの関係を検証する

破損部材の位置図



ゴムジョイント断面図



破損部材（発見時）



ゴムジョイント破損メカニズムの検証方法①

国土交通省

1．鋼製部材関係

- 表面の状態を確認するため、「**外観観察**」「**三次元スキャン**」を実施
- 減肉の進展を確認するため、「**板厚測定**」を実施
- 割れや当てきずなどの外力起因で発生する表面のキズを確認するための「**浸透探傷試験**」を実施

【浸透探傷試験】

浸透液を表面きずにしみ込ませ、現像処理により割れや欠陥を目視確認するための非破壊検査手法



- 腐食の進展を確認するため、「**断面マクロ観察**」を実施

【断面マクロ観察】

試料断面を研磨して観察し、内部構造や層構成、きず等の状態を目視で広範囲に確認する観察手法



ゴムジョイント破損メカニズムの検証方法②

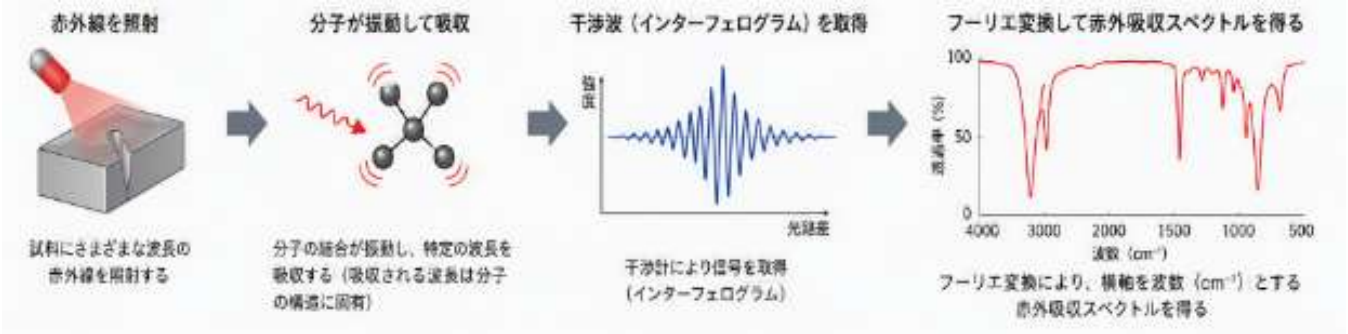
国土交通省

2．ゴム関係

- 表面の状態を確認するため、「**外観観察**」を実施
- ゴムの劣化状態を確認するため、「**硬度試験**」「**引張試験**」「**含水率調査**」「FT-IR」を実施

【FT-IR】

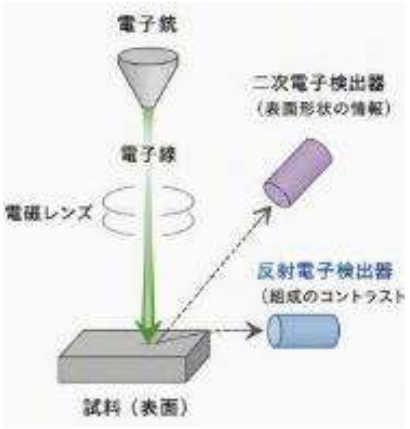
赤外線の吸収スペクトルから、物質の成分や化学構造を調べ、主に有機物の同定に用いる分析手法

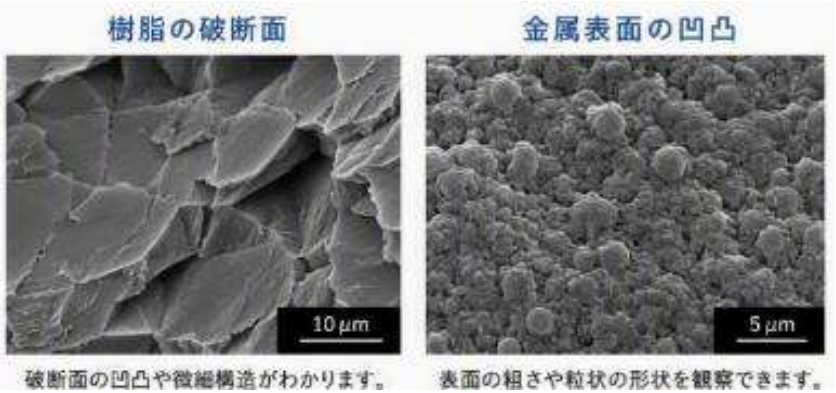


- ゴムの破断原因を分析するため、破断面の「**SEM観察**」を実施

【SEM観察】

電子線で試料表面を高倍率（数百～数万倍）観察し、微細な凹凸や破面状態を画像で詳細に確認するための観察手法





ゴムジョイント破損メカニズムの検証方法③

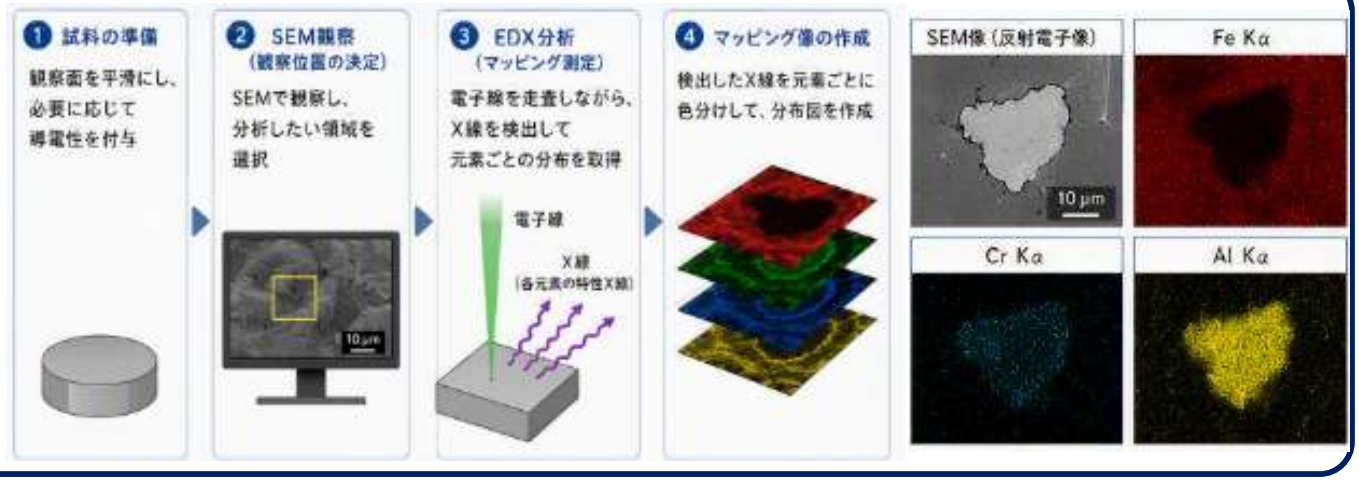
国土交通省

3．界面接着関係

- ゴムと鋼製部材の界面接着の状況を確認するため、境界面の「SEM観察」「EDXマッピング」を実施

【EDXマッピング】

顕微鏡で試料表面に含まれる元素の種類と分布を画像化し、成分の偏りや広がりを確認する分析技術

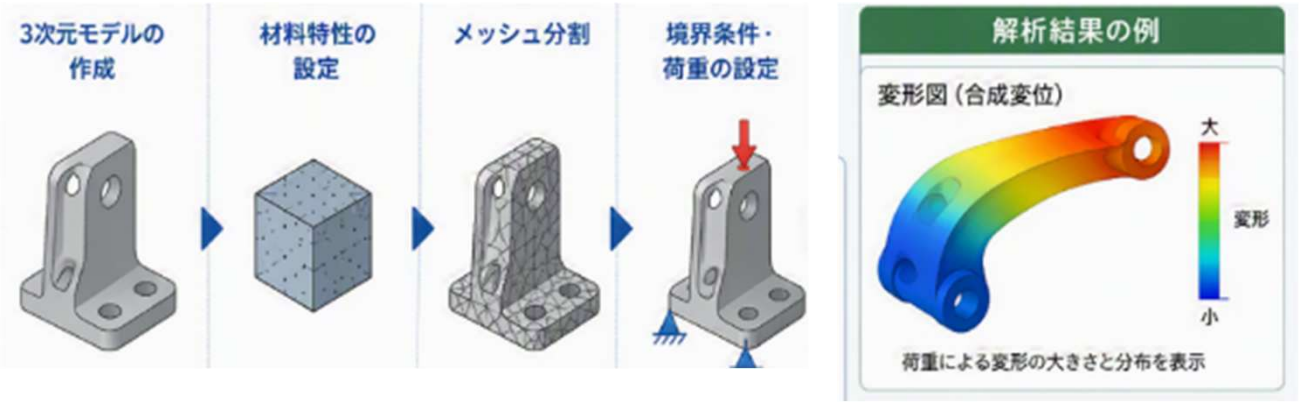


4．部材変形分析

- 航空機走行時の荷重作用と鋼製部材の変形・めくれ上がりとの関係を分析するため、上記①～③調査結果を踏まえて、「三次元FEM解析」を実施

【三次元FEM解析】

三次元モデルを有限要素に分割し、荷重時の変形や応力分布を計算して構造の安全性を評価する解析手法



1. 鋼製部材関係

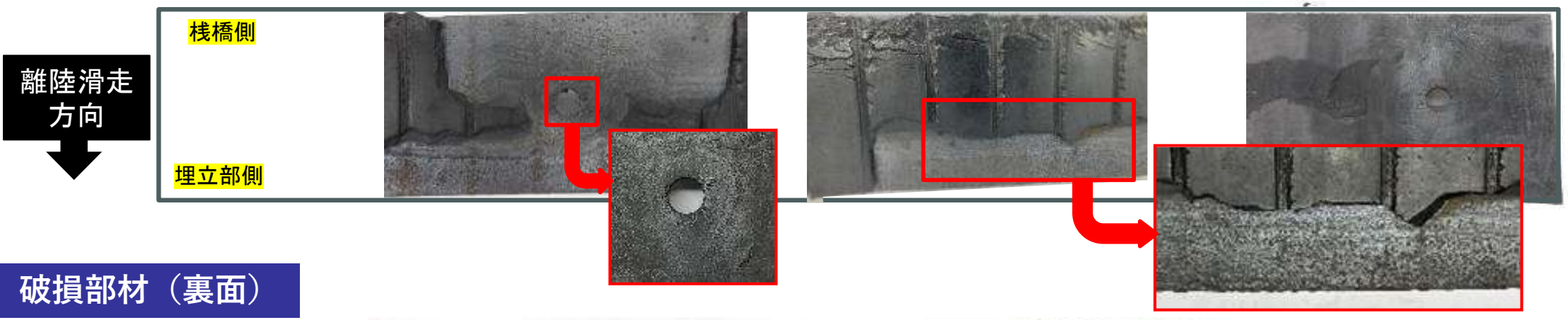
鋼製部材①（外観観察）

国土交通省

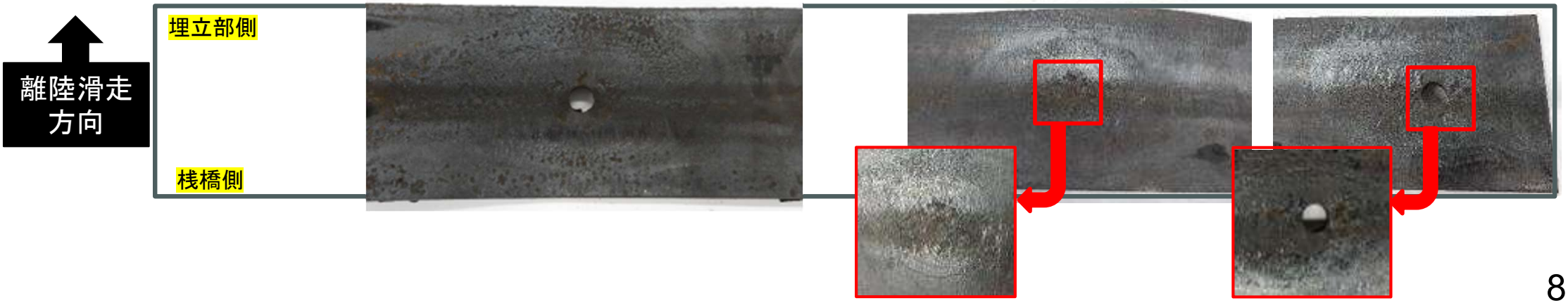
①表面
- 露出部分の多くは浅いくぼみがあり、腐食された跡あり
- 割れや当てきずなどの外力起因で発生する様なきずは確認できない

②裏面
- 露出部分では、中央のゴムの薄肉部と鋼製部材両側エッジ付近のそれぞれを起点に腐食が進展
- 特に穴近傍での腐食、ゴムの厚みが薄い部分での腐食が激しい
- 割れや当てきずなどの外力起因で発生する様なきずは確認できない

破損部材（表面）



破損部材（裏面）

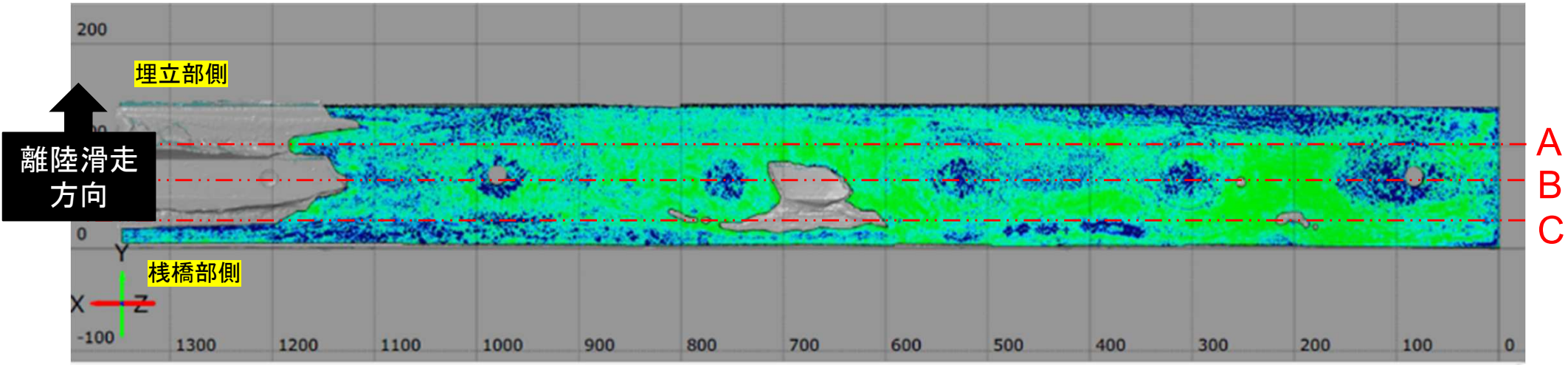


鋼製部材②（板厚測定）

国土交通省

- 超音波厚み計での測定結果、探触子径(Φ6mm)の範囲内の平均的な板厚を測定するため、局所的な凹みの検出は困難であるが、測定範囲全体にわたる顕著な減肉は確認できない

破損部材（裏面）



板厚測定結果

距離	1150	1100	1050	1000	950	900	850	800	750	700	650	600	550	500	450	400	350	300	250	200	150	100	50
A	8.3	8.3	8.2	8.2	8.1	8.3	8.1	8.3	8.1	8.0	7.9	8.1	8.2	8.0	8.1	8.0	7.9	8.0	8.1	8.2	8.0	8.0	8.1
B	8.4	8.3	8.3	8.5	8.3	8.5	8.3	8.3	8.7	ゴム	8.2	8.3	8.2	8.3	8.4	8.2	8.2	8.5	8.2	8.2	8.3	8.7	8.3
C	8.2	8.5	8.3	8.1	8.1	8.3	8.3	8.3	8.1	ゴム	ゴム	8.2	8.2	8.1	7.9	8.1	8.1	8.0	8.0	ゴム	8.1	8.1	8.2

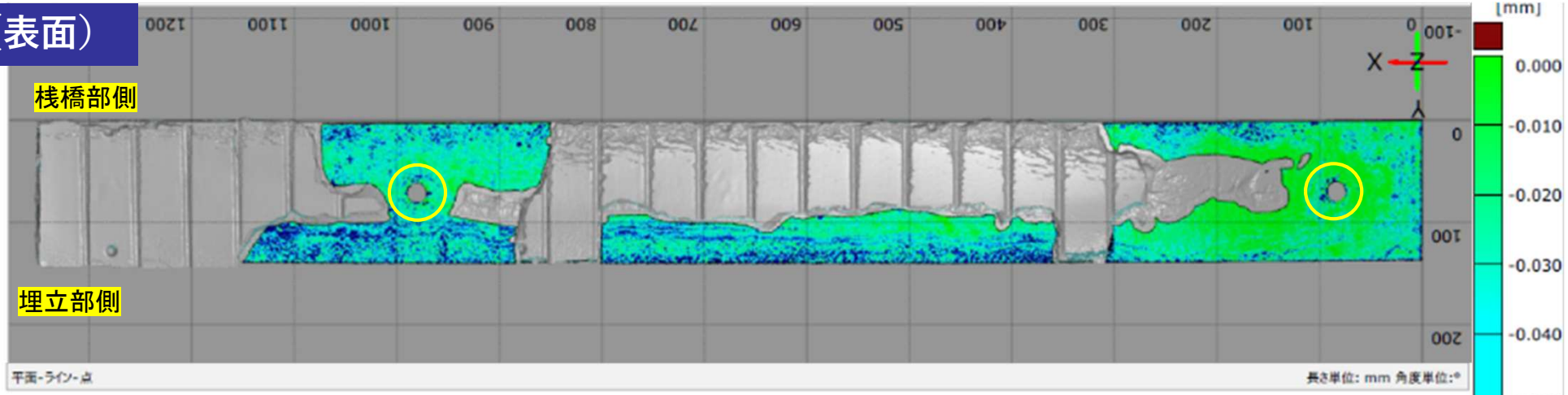
鋼製部材③（三次元スキャン）

国土交通省

- 鋼製部材の穴の周囲、鋼製部材のエッジで腐食と考えられる凹みを確認
- 裏面（地中側）は穴の周囲に加え、元々ゴムが薄い箇所（○部分）周辺にも腐食と考えられる凹みを確認
- 割れや当てきずなどの外力起因で発生する様なきずは確認できない

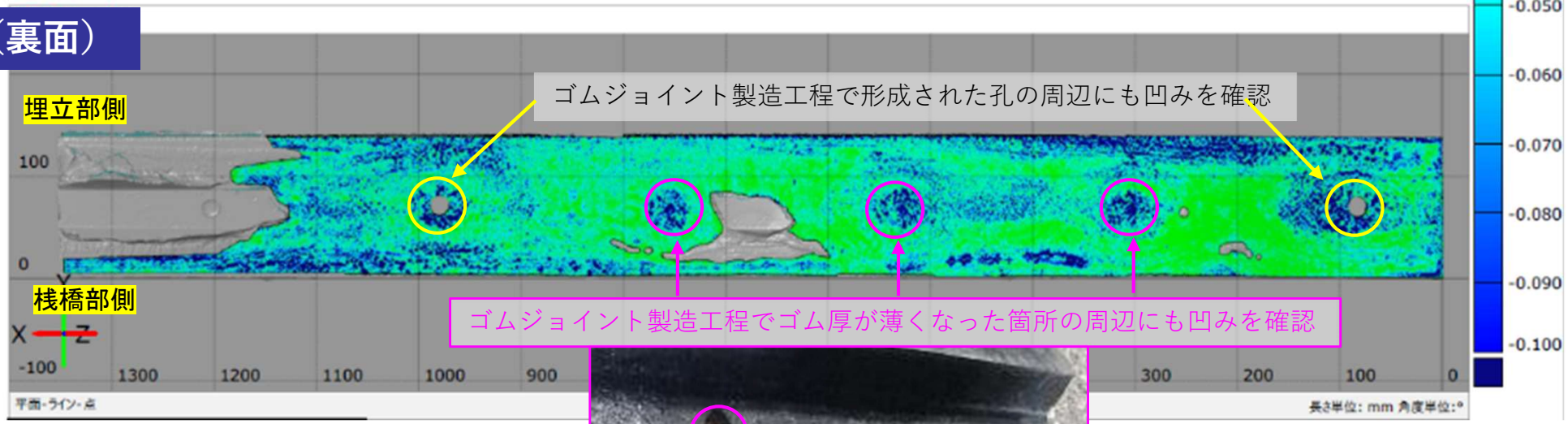
破損部材（表面）

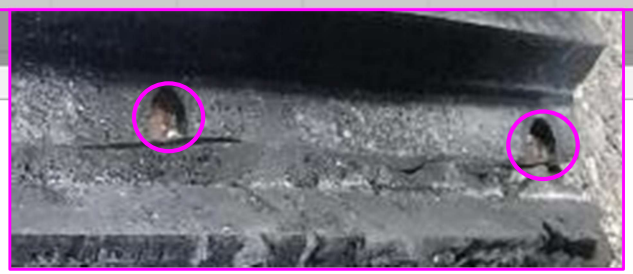
離隆滑走方向



破損部材（裏面）

離隆滑走方向





鋼製部材④（浸透探傷試験）

国土交通省

- 鋼製部材のめくれ上がり・表層ゴムの剥がれの範囲における割れや傷を確認するため、浸透探傷試験を実施
- その結果、当該試験で確認可能な範囲では、割れや線状の傷を示す「浸透指示模様」は確認されなかった
- 疲労の進展に伴う亀裂等の発生についても確認されていないため、疲労破壊は発生していないと考えられる

試験範囲



試験結果

- 割れや線状のきずを示す「浸透指示模様」は確認されなかった
- 鋼板プレートの端、穴の周囲に赤い模様が確認できるが、これは表面の凹みによって生じた「疑似模様」であり、傷ではない

【参考】浸透指示模様の例

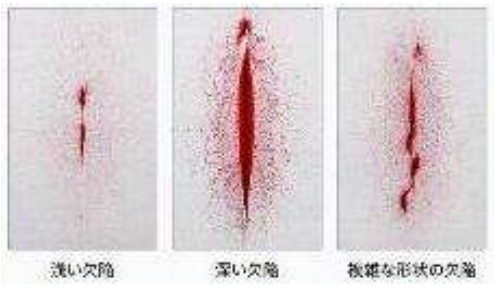






図　表面（路面側）



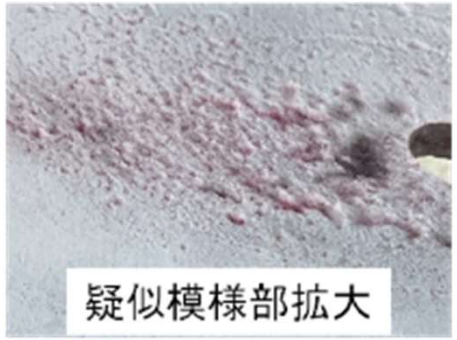


図　裏面（地中側）



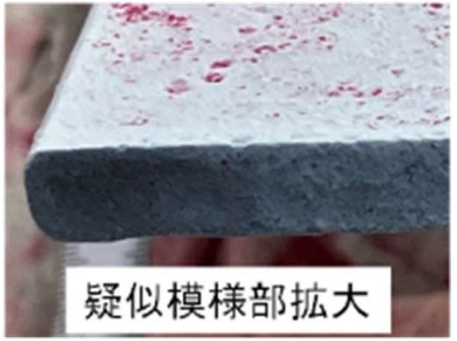
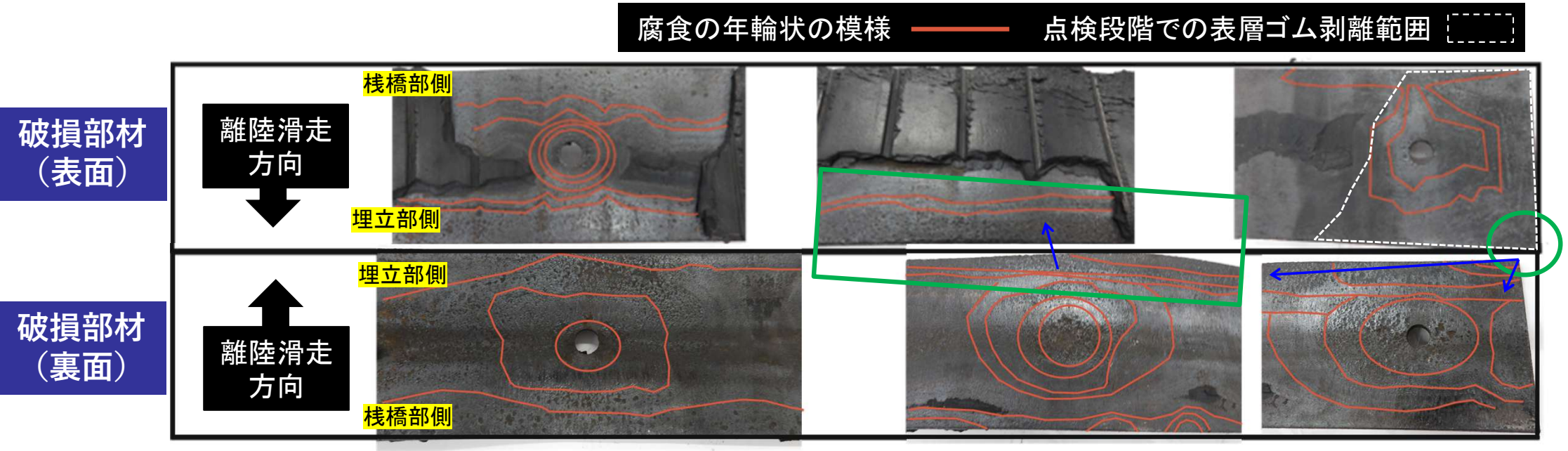


図　端側

鋼製部材⑤（鋼製部材腐食方向の観察）

国土交通省

- 鋼製部材露出部両面とも年輪状の模様が確認されたことから、腐食は同時に均一に発生したのではなく、年輪の中央側や板端部から発生し、ゴム部位との剥離を伴いながら徐々に進展したと推測される
- 年輪模様以外にも帯状に鉄の色が異なる部位が存在し、すべてゴムの厚みが周囲よりも薄い部位と重なる
- 「点検段階での表層ゴム剥離範囲」では腐食はあまり進展していないが、その裏面では角（図中○部分）から腐食が進行し、裏面の腐食が進行した先で表面への腐食へ拡大（図中□部分）（青矢印→の方向）
- 同時に裏側のゴムの薄い部分からも腐食開始（図中の同心円状模様、半径が大きくなる方向に成長）
- 裏側ではこれら腐食部が互いに合一してほぼ全面に腐食部が進展



鋼製部材⑥（断面マクロ観察）

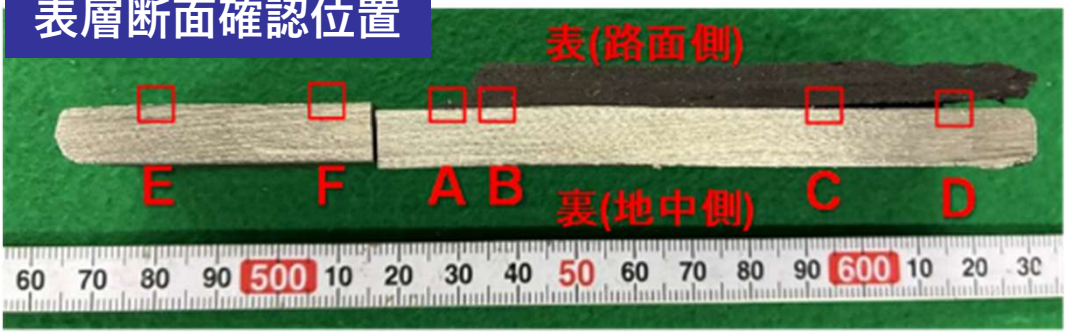
国土交通省

- 破損部材における鋼製部材の腐食の進展を確認するため、「断面マクロ観察」を実施
- 断面マクロ観察の結果、ゴムが鋼製部材に密着している箇所Aでは腐食は確認されなかった一方、ゴムと鋼製部材の剥離が確認されたその他の箇所（B～F）では全て錆が確認された
- このことから、これらの界面における腐食の発生・進展と、ゴム剥離との間には関連性があると考えられる
- 特に、剥離先端部Cやゴムが残存する部位の鋼製部材凹み部Bにも錆が確認されたことから、剥離後の単なる表面錆だけではなく、界面での腐食進行がゴム剥離を助長した可能性がある

試験片位置

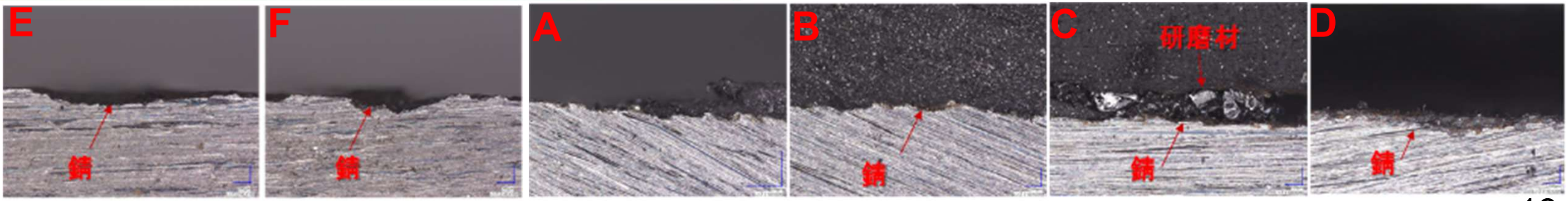


表層断面確認位置



試験結果

大区分		特徴	観察結果
ゴムが残る	A	ゴムが割れているが鋼材に密着	腐食が見られない
	B	厚いゴムが密着している箇所	鋼板の凹み部に錆を確認
	C	ゴムの剥離の先端部	錆を確認
	D	ゴムが大きく剥離	錆を確認
完全にゴムと乖離	E	先端の凹凸（腐食）部	表面に錆を確認
	F	腐食が軽微な範囲	表面に錆を確認



※位置Cの鋼製部材上に見える粒状のものは、今回の断面研磨の際に使用した「研磨材」がゴムとの隙間に入ったもの

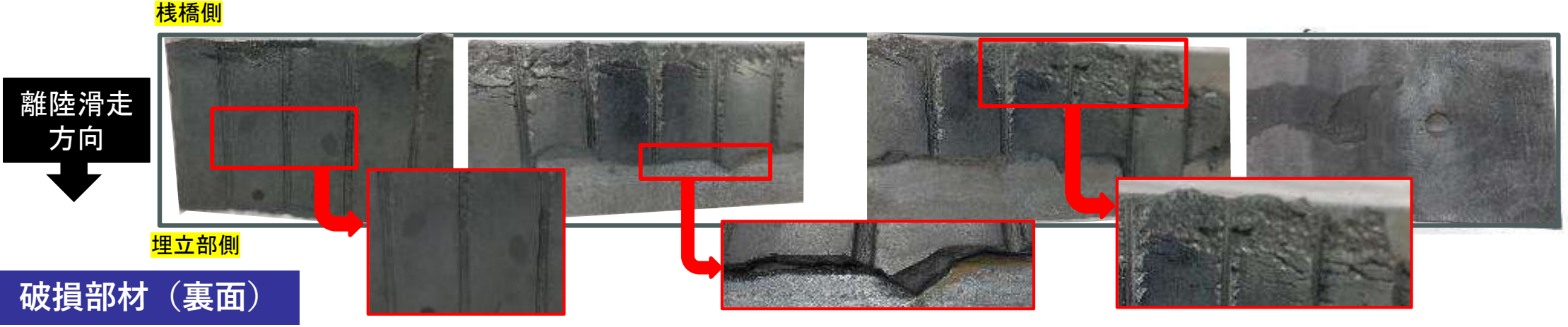
2. ゴム関係

ゴム①（外観観察）

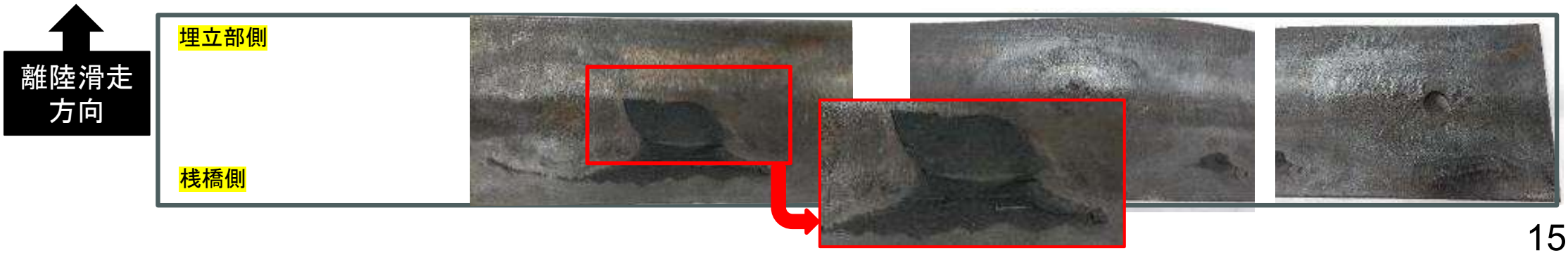
国土交通省

①表面	• ゴム厚の薄い箇所に微細なクラックが発生 • 表面は固く変質、滑走方向手前側は溶けて固まった様子 →天然ゴム系配合の表面を加圧下で大きく滑らせたときに見られる現象 • 垂直方向に対してクラックあり→表面のすべりに耐えられずに破断したと推定
②裏面	• 滑走方向手前側に少量残存しているが、ほぼ全面的にゴムは残存していない → 接着層含めてゴム側での破断による剥離ではない

破損部材（表面）



破損部材（裏面）



ゴム②（劣化状態検証）

国土交通省

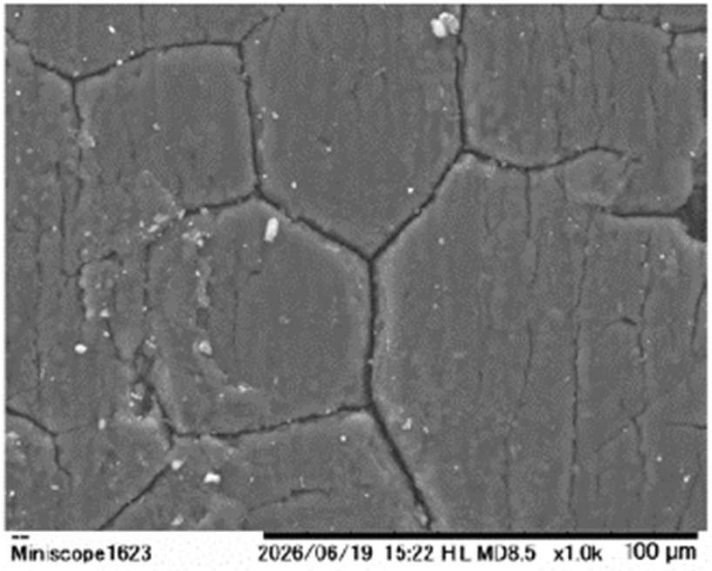
- 破損部材を含めて表層ゴムの一部欠損は航空機のタイヤ走行集中箇所で発生していたことから、タイヤ走行範囲・非走行範囲の劣化度比較を実施（ともに破損部材以外を試験体として使用）
- その結果、両範囲ともに表面側の最表面では、硬度上昇、破断強度低下、破断伸び低下が確認されており、ゴム表面の劣化が著しく進行していた
- 一方で、ゴム内部では破断強度が19.8MPa及び21.7MPa、破断伸びが403%及び432%であり、内部ゴムは比較的健全性を保持していた
- このため、ゴム全体が一様に劣化していたのではなく、紫外線、オゾン、熱等の影響を受けやすい表面側で劣化が集中的に進行していたと考えられる

試験項目	タイヤ 走行範囲	タイヤ 非走行範囲	比較結果
最表面 硬度 Hs	85	83	いずれも納入時60程度を大きく上回り、表面側で硬化が進行している。
最表面 破断強度	5.3MPa	5.6MPa	いずれも規格値15.5MPa以上を大きく下回り、表面側の強度低下が著しい。
最表面 破断伸び	32%	32%	いずれも規格値350%以上及び納入時400～560%を大きく下回り、表面側ゴムは極めて脆化している。
鉄板界面付近 破断強度	9.2MPa	10.8MPa	タイヤ走行範囲側の方がやや低い。
鉄板界面付近 破断伸び	100%	122%	タイヤ走行範囲側の方がやや低く、変形余裕が小さい。
ゴム内部 破断強度	19.8MPa	21.7MPa	内部ゴムでは強度が比較的保たれている。
ゴム内部 破断伸び	403%	432%	内部ゴムは納入時相当の伸びを保持している。
最表面 水分率	1.68	1.42	タイヤ走行範囲側の方がやや高い。
鉄板界面付近 水分率	1.22	1.06	タイヤ走行範囲側の方がやや高い。

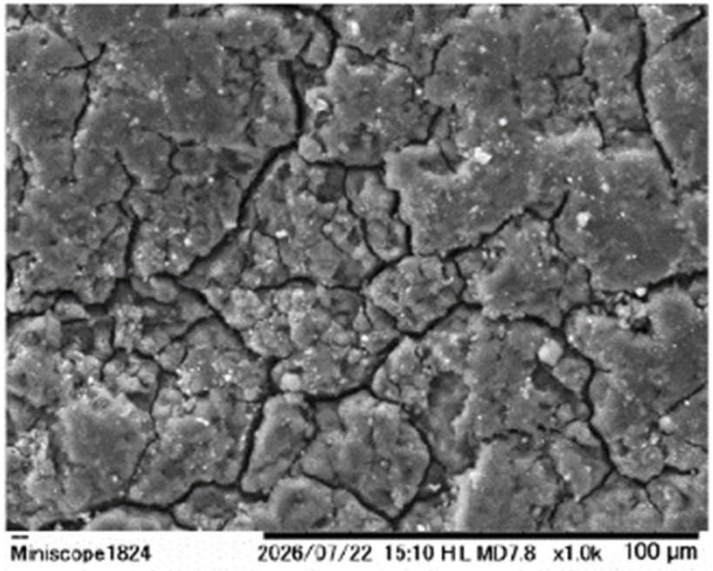
ゴム③（SEM観察・FT-IR）

国土交通省

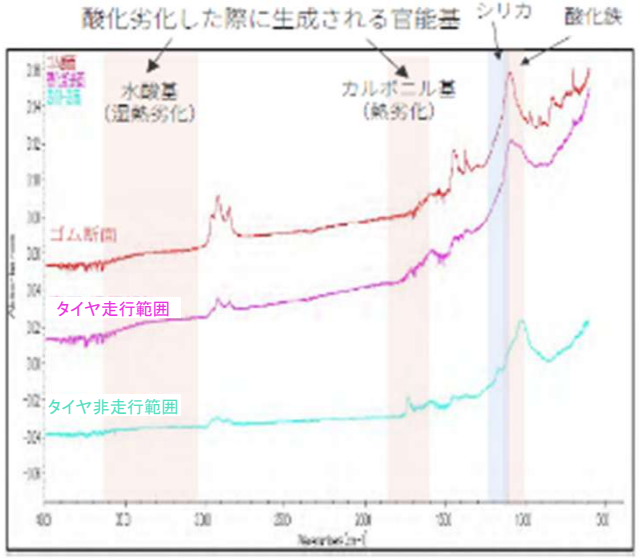
- タイヤ非走行範囲では、タイヤ走行範囲に比べて表面の細かな荒れが多く確認され、オゾン劣化の影響がより強く現れている可能性がある
- FT-IR分析では熱劣化の指標となるカルボニル基が確認され、タイヤ非走行範囲で熱劣化の影響がより強く現れている可能性がある
- タイヤ非走行範囲では航空機通過などによる摩耗はほとんど起きず、表面の更新がないために、オゾン劣化・熱劣化が蓄積しやすく、劣化がより進行したと推察される
- 一方、タイヤ走行範囲は航空機通過による摩耗が起き、表面が更新される一方で、タイヤ通過時の摩擦力・せん断力が作用するため、表層ゴムの脆化、鋼製部材腐食、界面剥離が進行している箇所では、表層ゴムの破断が顕在化する可能性がある



SEM観察（タイヤ走行範囲）



SEM観察（タイヤ非走行範囲）



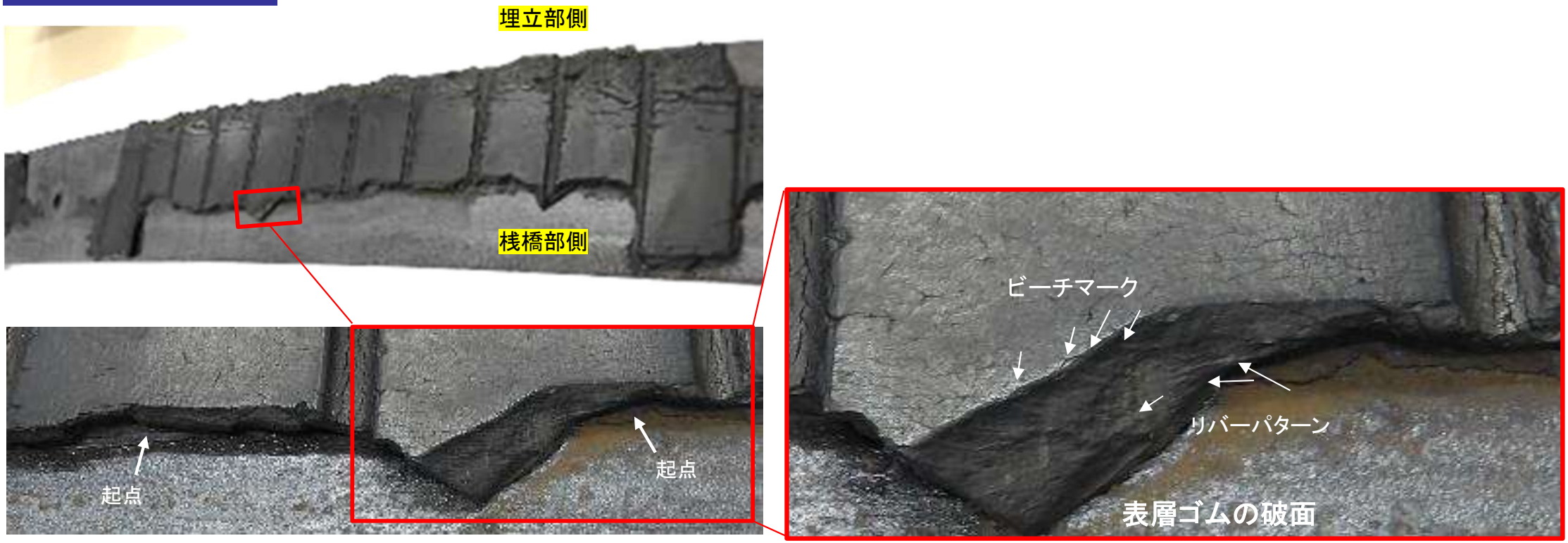
FT-IR

ゴム④（破断面の観察）

国土交通省

- 表層ゴム破面は表面にほぼ垂直で、リバーパターン等の急速なき裂進展を示す特徴が見られたことから、最終段階では疲労による緩やかな進展ではなく、比較的短時間で破断が進んだ可能性がある

表層ゴムの破面



※リバーパターン
き裂が急速に進展した際、破断面に形成される川筋状の模様で、き裂の進展方向を示す

※ビーチマーク
き裂の進展速度のゆらぎにより破断面に形成される波紋状の模様で、き裂前縁の変化を示す

3. 界面接着関係

界面接着（SEM観察・EDXマッピング）

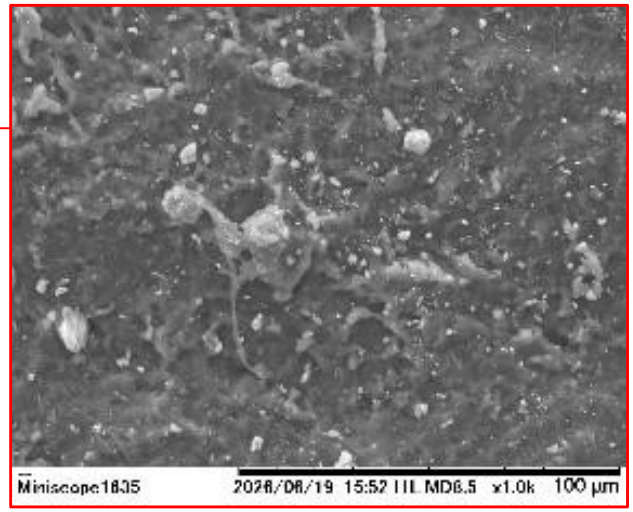
国土交通省

- 破損部材と同様にタイヤ走行箇所に設置されていた部材の表層ゴムを採取、鉄板と接していた剥離面を調査
- SEM観察およびEDXマッピングの結果、いずれの剥離面にも酸化鉄の形成が確認された
- 若干凹凸のある剥離面では酸化鉄は部分的であったのに対し、スムースな剥離面では剥離面全体を覆っていたとのことから、酸化鉄が部分的な形成から全面的な被覆へ進行している状態が読み取れる
- 以上より、剥離はゴムと鉄板の界面ではなく、鋼製部材表面に形成された腐食層内部で進行した可能性が高い

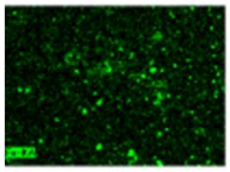
① 若干凹凸のある剥離面

- SEM観察及びEDXマッピングの結果、概ねゴムが露出しているものの、剥離面の一部には酸化鉄が被膜状に形成されていることが確認された
- この酸化鉄は、腐食生成物が水に溶出した後に再結晶化したものと推定される
- 以上より、当該剥離面は鋼製部材表面の腐食層と接触していた可能性が高い

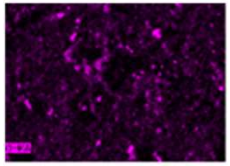




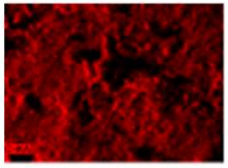
拡大写真



鉄



酸素

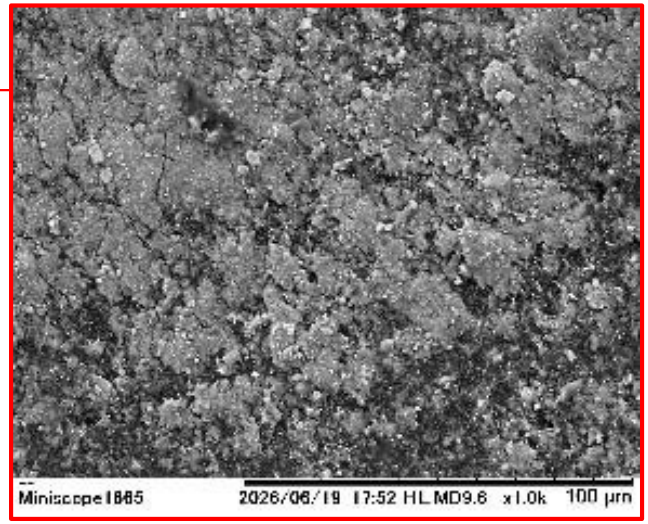


炭素＝ゴム

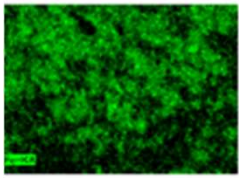
②スムースな剥離面

- SEM観察及びEDXマッピングの結果、剥離面全体が酸化鉄で覆われていることが確認された
- このことから、少なくとも当該箇所では、鉄板とゴムの界面ではなく、表面に形成された腐食層内部において剥離が進行したものと考えられる

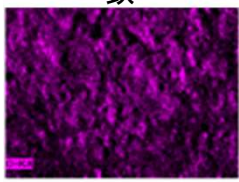




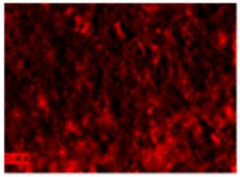
拡大写真



鉄



酸素



炭素＝ゴム

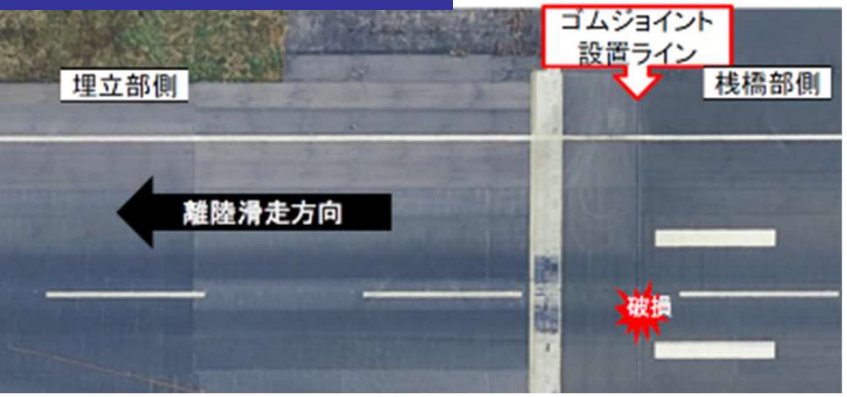
4. 部材変形分析

部材変形分析①（進め方）

国土交通省

- 鋼製部材「端部」はめくれ上がりとねじれが確認でき、埋立部側が上になる方向でねじれている
- 鋼製部材「中央部」は航空機の埋立部側がめくれ上がり
- 鋼製部材めくれ上がりは、ゴムジョイントの構造から前頁の表層ゴムの突発破損後或いは突発破損と同時に発生したものと想定される
- 今回収集した情報をもとに三次元FEM解析を実施し、航空機走行と鋼製部材のめくれ上がりの関係を検証

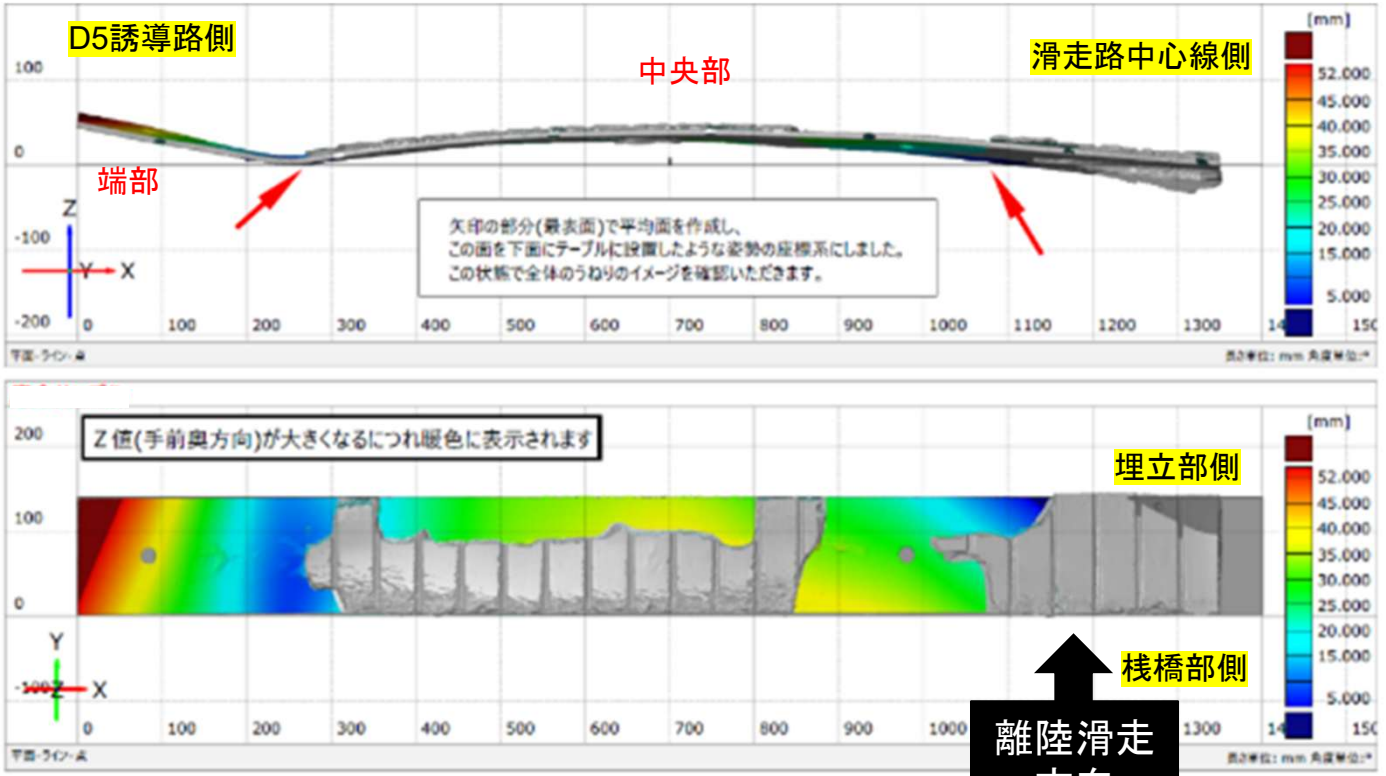
破損部材の位置図



破損部材（発見時）



破損部材の形状（三次元スキャン）



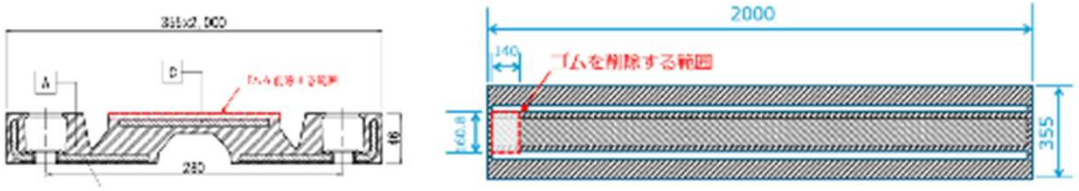
部材変形分析②（三次元FEM解析の前提条件）

国土交通省

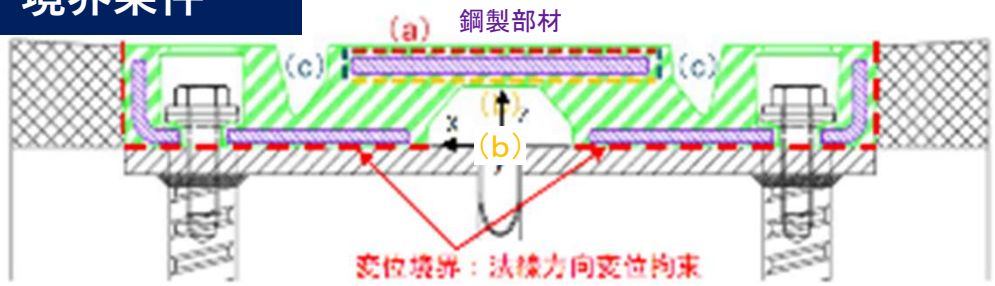
- ゴムジョイントの破損状況や試験結果を踏まえて前提条件を設定

解析モデル

- ゴムジョイント製品1本分（2.0m）を三次元ソリッドでモデル化
- パターン2～3においては事案発生時の表層ゴムの欠損を再現するため下図のようにゴム欠損領域を除いてモデル化

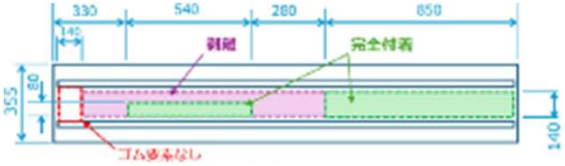


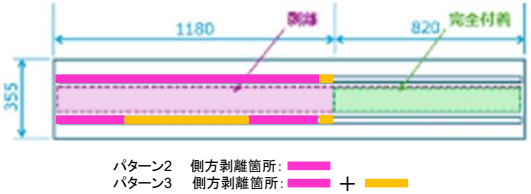
境界条件



パターン	想定する状態	上面(a)	下面(b)	側面(c)
1	健全時	接着	接着	接着
2	破損時	接着／剥離	接着／剥離	上面剥離箇所 隣接部は剥離
3	破損時	接着／剥離	接着／剥離	上面または下面剥離 箇所隣接部は剥離

※パターン2～3の上面(a)・下面(b)・側面(c)





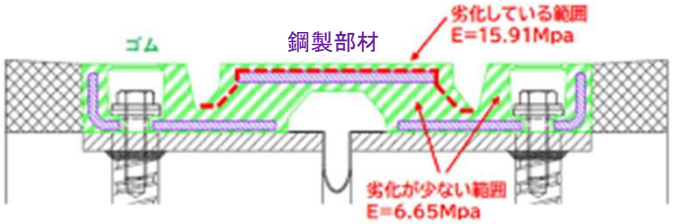
材料物性

鋼製部材	値
モデル化	弾塑性体
弾性係数	205GPa
ポアソン比	0.3
降伏後接線剛性	2.05GPa
降伏応力度	350MPa

ゴム材料	値
モデル化	弾性体
初期 弾性係数	①　3.50MPa ②15.91MPa ③　6.65MPa
破断ひずみ	①591% ②199% ③446%

※①製造時（パターン1）
②破損時劣化している範囲（パターン2～3）
③破損時劣化が少ない範囲（パターン2～3）

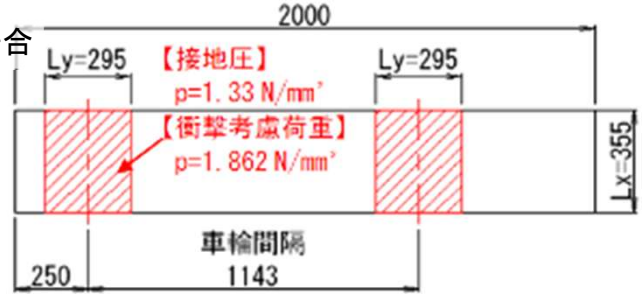
◆ゴム材の劣化を考慮する範囲



作用荷重

- 破損部材の形状から変形時に航空機車輪が載ったと想定される位置とし、タイヤが2輪載った状態を検証
- 載荷時の衝撃の影響を考慮するため、建設当時の要求水準に準拠する衝撃係数i = 0.4をもとに、接地圧の1.4倍を「衝撃考慮荷重」として定義

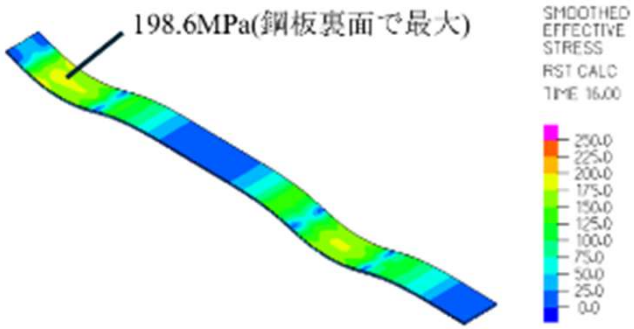
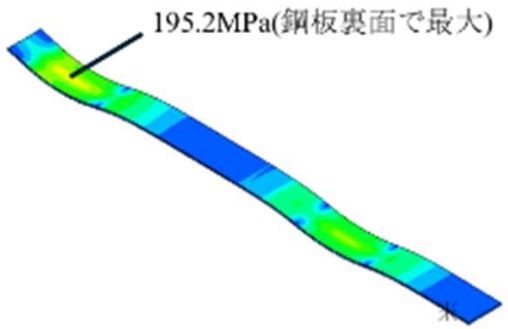
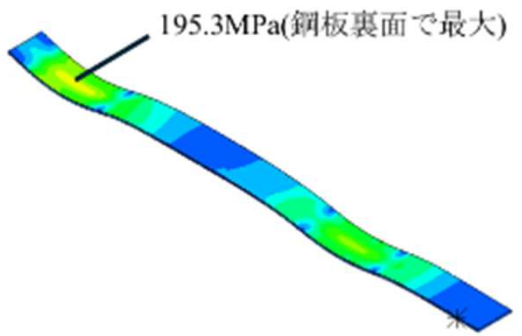
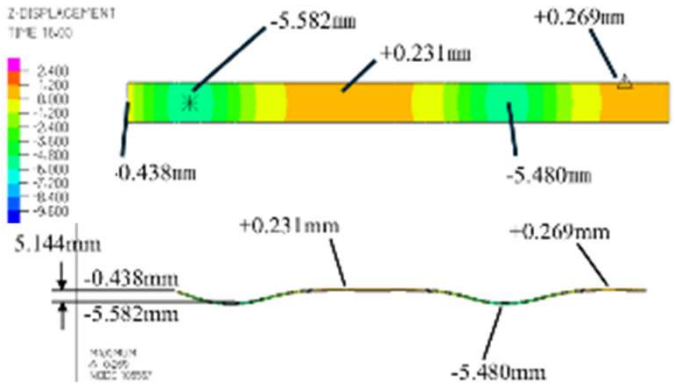
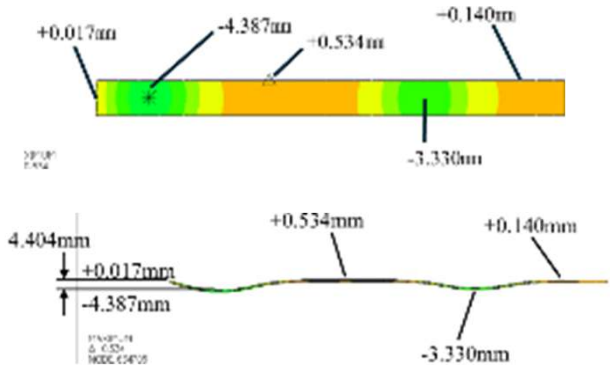
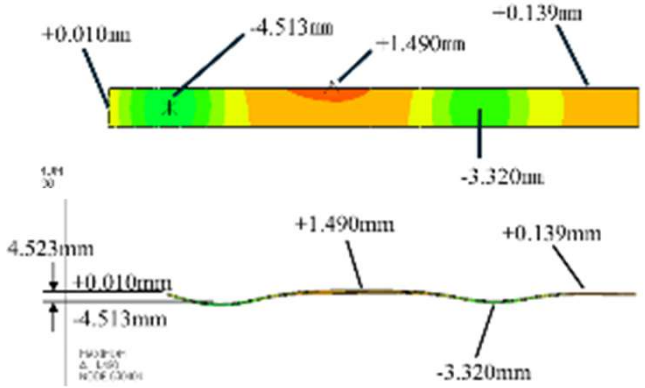
◆B767-300の場合



部材変形分析③（三次元FEM解析の結果概要）

国土交通省

- パターン1（建設当時）・パターン2（破損時）・パターン3（最も厳しい状態）ともに「降伏しない」との結果
- パターン1・2・3ともに変位・応力とも同程度になるとの結果

	パターン①（建設当時）	パターン②（破損時）	パターン③（最も厳しい状態）
鋼材の応力コンター図	 降伏なし 最大応力198.64MPa 【降伏応力度（350MPa）の57%】	 降伏なし 最大応力195.2MPa 【降伏応力度（350MPa）の56%】	 降伏なし 最大応力195.3MPa 【降伏応力度（350MPa）の56%】 ※変形は10倍で描画
鉛直変位コンター図	 下向き最大変位　-5.582mm（弾性） 上向き最大変位　+0.269mm（弾性）	 下向き最大変位　-4.387mm（弾性） 上向き最大変位　+0.534mm（弾性）	 下向き最大変位　-4.513mm（弾性） 上向き最大変位　+1.490mm（弾性）

※変形は弾性変形によるものであり、変形の大きさは10倍で描画している

部材変形分析④（三次元FEM解析の結果概要）

国土交通省

- 解析で設定したいずれの条件でも、鋼製部材の応力度は降伏応力度を下回り、変形は弾性変形の範囲内にとどまり、残留変形は生じていない
- 鉛直変位は下向き約5mm、上向き約1mmであり、破損状態を厳しく設定しても、現地で確認された最大約8cmの残留変形は再現されなかった
- また、三次元FEM解析結果を基に、弾性床上の梁としてモデル化し、降伏に至る荷重を別途解析した結果、接地圧3.71N/mm²までは降伏せず、羽田空港に就航する航空機の最大接地圧であるA350-900の1.71N/mm²の約2.2倍になるとの結果であった
- したがって、接地圧による比較では、現在羽田空港に就航している航空機の通常の走行荷重によって、鋼製部材は降伏しないと考えられる

解析モデル	実際の破損状況	解析パターン1	解析パターン2	解析パターン3
解析モデル	－	建設当時を再現	破損時の状態を再現	破損状態で最も厳しい状態
境界条件	－	健全な状態	破損時の状態 ※一部側面ゴムあり	破損状態で最も厳しい状態
荷重条件 （）は接地圧	－	①B747-400 （1.38N/mm2） ②B767-300	②B767-300 （1.33N/mm2）	
降伏の有無 ※	塑性変形あり	①無（180.3MPa） ②無（198.6MPa）	無 （195.2MPa）	無 （195.3MPa）
鋼製部材変位量	約8cmのめくれ上がり （残留変形）	①-0.58～0.03cm（弾性） ②-0.56～0.03cm（弾性）	-0.44～0.05cm（弾性）	-0.45～0.15cm（弾性）

※（ ）は鋼製部材に発生する最大応力度であり、工場試験結果より設定した鋼製部材の降伏応力度350MPaを超えた場合に降伏したとみなす

5. ゴムジョイントの破損メカニズム

ゴムジョイントの破損メカニズム

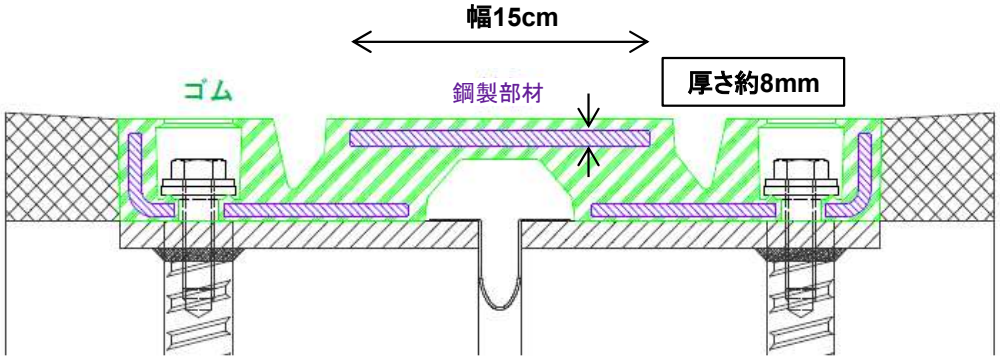
国土交通省

- 今回実施した材料調査・三次元FEM解析の結果を踏まえて、今回のゴムジョイントの破損メカニズムを分析
- 点検結果及び材料調査によると、表層ゴムの破断及び鋼製部材のめくれ上がりは、5月29日早朝の飛行場面点検後、比較的短時間のうちに顕在化した可能性がある
- 表層ゴムについては、表層ゴムの劣化、鋼製部材の腐食、ゴムと鋼製部材の剥離、航空機タイヤ通過時の力が段階的に作用して突発破損に至ったものと考えられる
- 鋼製部材については、破損発見時の形状までめくれ上がった最終的な作用を特定することはできなかった

破損部材



ゴムジョイント断面図



STEP①

①腐食層内部で剥離が進行し、鋼製部材とゴムの一体性が低下



STEP②③

②鋼製部材との付着抵抗を失った表層ゴムに、タイヤ通過時の摩擦力・せん断力が作用
③表層ゴムに引張変形が生じる



STEP④

④表層ゴムが破断し、鋼製部材が広範囲に露出



Ⅱ．D滑走路破損事案と
航空機タイヤバースト事案との因果関係の検証

D滑走路破損事案と航空機タイヤバースト事案との因果関係の検証結果

国土交通省

1 タイヤ調査

- 両便とも、タイヤ製造上の異常は確認されなかった。
- 鋭利な物体等の外的要因により、損傷が生じたと推定。
- タイヤを損傷させた個別の物体は特定できない。

タイヤバーストは外的要因と推定されるが、原因物体は特定できない

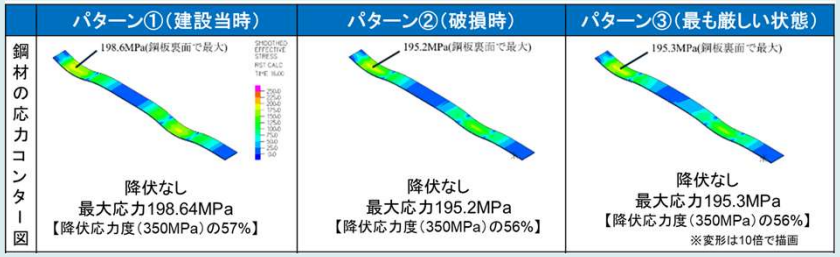
2 SKY19便・JAL645便との関係

- タイヤ走行位置とゴムジョイント破損箇所は近接し、破損箇所前後にタイヤ片が散乱。
- SKY便からJAL便までに1,035便がD滑走路を使用、その間の点検では鋼製部材のめくれ上がりは確認されなかった。
- JAL便の直前まで多数の航空機がD滑走路を使用しており、鋼製部材の破損時点は特定できない。

点検状況、バーストと破損の発生順序が特定できないことにより、因果関係は特定できない

3 ゴムジョイント破損メカニズム検証

- 材料調査の結果、紫外線、オゾン、熱等の影響による表層ゴムが硬化・脆化し、内部で腐食・剥離が進行。タイヤによる摩擦力・せん断力による引張変形でゴムが破断したと推定。
- 三次元FEM解析等の結果、通常の航空機走行荷重による変形は弾性範囲内にとどまり、鋼製部材のめくれ上がりは再現されなかった。



表層ゴムの破断過程は一定程度説明できたが、鋼製部材を大きく変形させた作用は特定できない

検証結果まとめ

- ✓ 材料調査では、事案発生前から表層ゴムの劣化、鋼製部材の腐食及び剥離が進行していたことを確認。
- ✓ 両事案が関連している可能性は否定できないが、その因果関係の特定はできなかった。
- ✓ 因果関係の特定には至らなかったものの、鋼製部材が実際に滑走路上でめくれ上がったことは、航空機運航上看過できない事象であり、鋼製部材を突出させない再発防止策を講じる必要がある。

対応方針 因果関係の特定には至らなかったものの、鋼製部材の突出によって航空機の安全運航に支障を及ぼすことがないよう、確実な再発防止策を講じる

Ⅲ. ゴムジョイント破損の再発防止策

ゴムジョイント破損の再発防止策

国土交通省

- ゴムジョイント破損の再発防止策として、①後継伸縮装置への交換、②点検方法の見直しを着実に進めていく

1．後継伸縮装置への交換

- 必要な変位追従性、耐荷性能、止水性、施工性、維持管理性及び更新の容易さを現ゴムジョイントと比較した結果、「樹脂系補修材に置き換えた構造」を後継伸縮装置として選定
- 今後の整備に当たり、航空機荷重に対する疲労耐久性、温度変化に対する変位追従性、施工性等を試験により確認し、その結果を踏まえて、材料仕様、施工方法、品質管理基準及び維持管理方法を確定
- 応急復旧や予防保全措置を実施したゴムジョイントから優先して、後継の伸縮装置への交換を進めていく

【令和8年度】　10月中旬～　各種試験の実施、仕様の最終確定
　　12月～3月末　後継伸縮装置の設置（応急復旧箇所・予防保全箇所）
【令和9年度～】その他の箇所も点検結果を踏まえて、必要なタイミングで後継伸縮装置に交換

2．点検・評価方法の見直し

- 今回の調査では、表層ゴムの劣化に加え、外観から把握しにくい鋼製部材の腐食及びゴムとの剥離が進行し、表層ゴムの破断に至ったと考えられる
- このため、現行ゴムジョイントについては内部の腐食や剥離の兆候を捉えて評価する点検・評価方法へ見直すとともに、後継伸縮装置については構造及び材料特性に応じた点検・評価方法を新たに定める
- これらの点検・評価方法は、今後の点検で得られる知見を踏まえて適時見直し、点検、補修及び更新の方法を継続的に改善する
- さらに、限られた点検時間の中で状態変化を確実に把握し、点検結果を客観的に記録できるよう、AI等最新技術を活用した点検作業の高度化に向けた検討を進める。

①後継伸縮装置への交換

後継伸縮装置の検討

国土交通省

- 後継伸縮装置の構造は、今回の破損メカニズム、荷重・変位条件、止水性、施工性、維持管理性等を踏まえ、必要な性能を確保できる仕様を検討

設計条件

①荷重条件

- 離陸時：離陸時最大荷重、衝撃荷重（i＝0.4）を考慮する
- 着陸時：着陸時最大荷重、衝撃荷重（i＝0.4）及び制動荷重（航空機荷重の0.8倍）を考慮する

※衝撃荷重及び制動荷重は、建設当初の設計条件を踏まえて設定
※最大荷重は、AIPにおける制限荷重を踏まえ、航空機重量400t、主脚荷重139.5t、輪荷重26.2t/輪を設定
※接地圧は、ICAOのPCR（舗装分類等級）における許容タイヤ圧カテゴリーXを踏まえ、1.75MPa（＝N/mm²）を設定

②設計変位量

- Fブロックの滑走路横断方向の変位量として、収縮－16.9mm、膨張＋8.4mmを考慮する

※供用後約16年が経過し、クリープ短縮の約96%、乾燥収縮の約92%が既に生じており、今後の常時の変位は温度変化が主体となる
※設計変位量には、今後発生が見込まれるクリープ及び乾燥収縮による残存変位も考慮

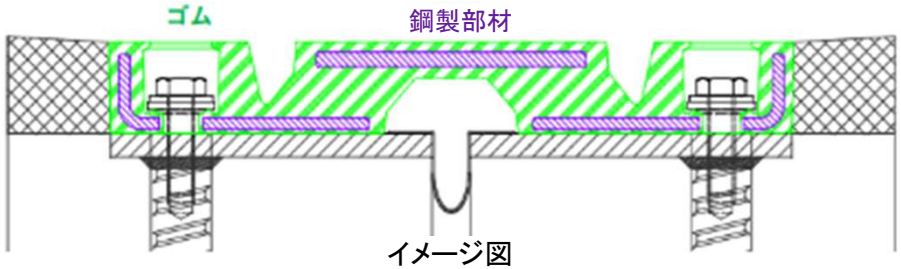
③その他

- 下部の桟橋構造への雨水浸入防止を確保すること
- 現状の設置可能スペースに収まる仕様とすること
- D滑走路閉鎖時間内、夜間23:30～翌5:30で施工可能な仕様とすること
- 点検・交換が容易な構造とすること
- 今回の検証による破損メカニズムを踏まえた条件

後継の構造

案①類似構造のゴムジョイント

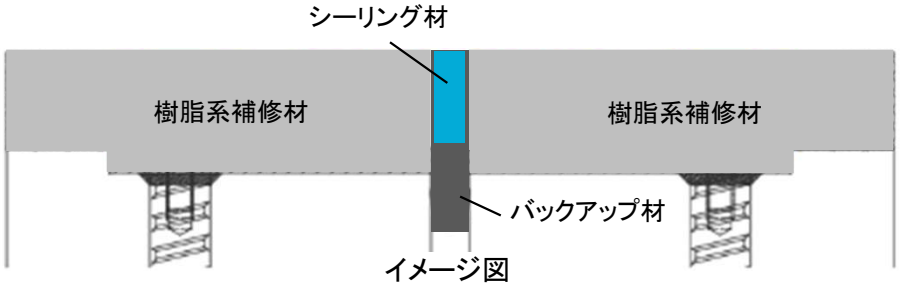
- 現構造を基本としつつ、今回破損メカニズムを踏まえた見直し



イメージ図

案②樹脂系補修材への置き換え

- エプロン補修等で実績のある樹脂系補修材に置き換え
- 遊間部には、所要変位量に対応可能な目地材を設置
- 現行構造とは異なるが、供用後約16年が経過し、今後の変位量が限定的であることを踏まえ検討



イメージ図

後継伸縮装置の選定

国土交通省

- 両案について、必要な変位追従性、耐荷性能、止水性、施工性、維持管理性及び更新の容易さを比較した結果、樹脂系補修材を活用した案②を後継伸縮装置として選定した
- 案②を構成する各材料には、空港舗装又は類似構造物での使用実績があることから、基本構造及び基本的な仕様は妥当と判断
- 今後、組み合わせ構造としての疲労耐久性、変位追従性、施工性等を試験により確認し、その結果を踏まえて、材料仕様、施工方法、品質管理基準及び維持管理方法を確定

比較項目	【案①】 類似構造のゴムジョイント	【案②】 樹脂系補修材への置き換え	【参考】 予防保全措置
荷重条件	× 既存製品では対応不可	○	○
変位量	○	○	△
止水性	○	○	○
設置スペース	× 既存製品では対応不可	○	○
短時間施工	△ 既設アンカーが活用可能な場合に限る	○	○
点検の容易さ	△	○	○
補修・交換の容易さ	△	○	○
耐久性	30年※ （表層ゴムは10年程度で劣化の可能性あり）	10年相当 （実際の更新時期は供用後の点検結果を踏まえて設定）	2～3年程度
概算費用	△	○	◎
総合評価	採用困難	選定	恒久対策には不採用

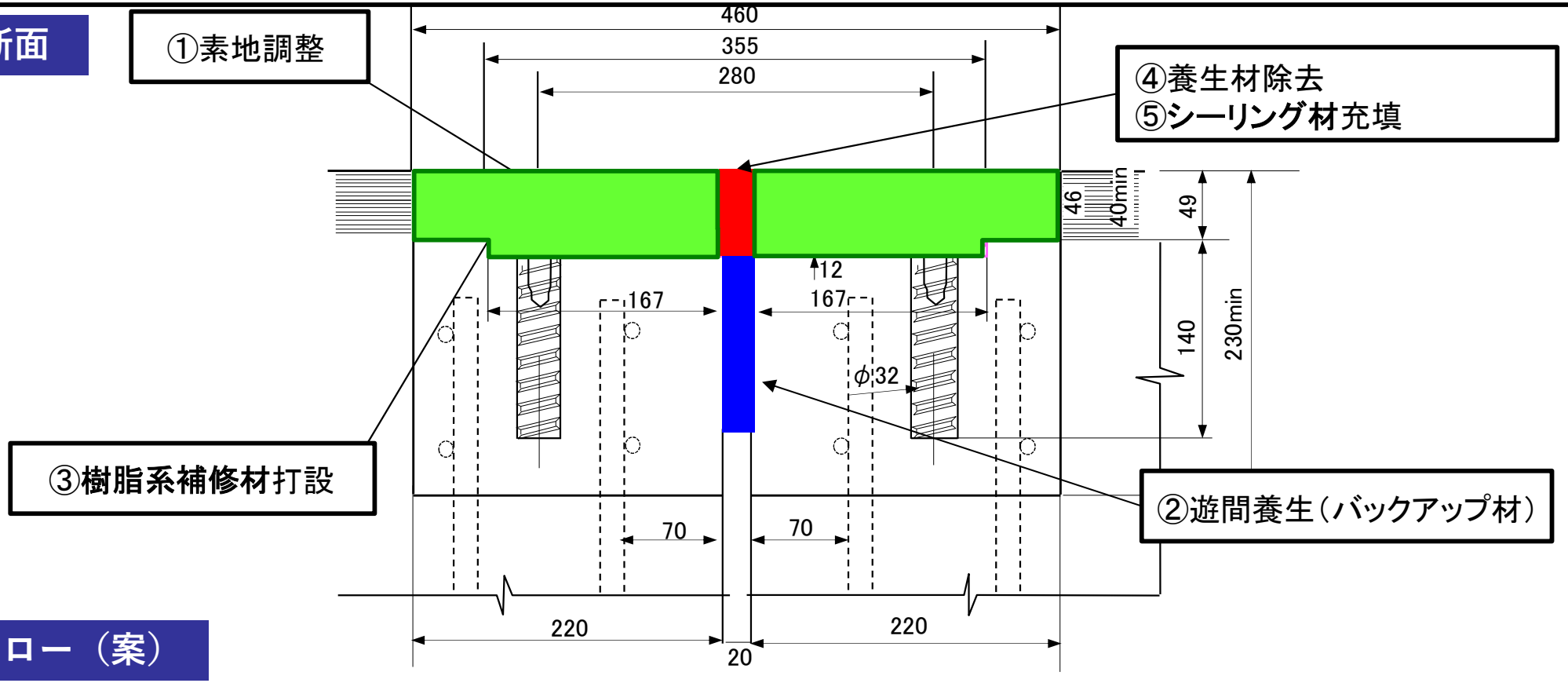
※航空荷重対応製品の耐久性ではなく、既存製品の場合の耐久性。

後継伸縮装置の施工フロー

国土交通省

- 限られた閉鎖時間内に確実に施工を完了できるよう、本施工に先立ち、滑走路及び誘導路以外の箇所で試験施工を実施する
- 施工手順、所要時間及び施工品質を検証し、施工方法を確立した上で本格導入する

想定断面



施工フロー（案）

1日目	①	破損したジョイント撤去及び素地調整。（場合によっては、下鋼板・アンカーも切断）コンクリート面があればチッピング
	②	遊間部にバックアップ材（20mm）を差し込み遊間を確保。（青色部）
	③	急速施工用樹脂系補修材打設・養生（黄緑部）
2日目	④	急速施工用樹脂系補修材硬化後に②のバックアップ材を除去 （赤色部）
	⑤	弾性シーリング材を充填。養生

後継伸縮装置を構成する材料及び候補材料

国土交通省

- 案②を構成する樹脂系補修材、シーリング材及びバックアップ材には、それぞれ空港舗装又は類似構造物での使用実績がある
- 今後、これらを組み合わせた後継伸縮装置としての疲労耐久性、変位追従性、施工性等を確認試験により確認する

①樹脂系補修材

- 航空機荷重を支持する主要材料として使用
- 航空機荷重を支持する主要材料として、メタクリル樹脂を結合材とする樹脂モルタルを基本材料に選定し、輪荷重走行試験により疲労耐久性等を確認する

②シーリング材

- 温度変化等による変位への追従と止水性を確保する材料として使用
- ポリサルファイド系は空港舗装の目地材として、ポリブタジエン系は道路橋伸縮装置の止水材として使用実績がある
- 変位追従性能試験により、後継伸縮装置として適した材料及び仕様を決定

③バックアップ材

- シーリング材の断面形状を保持し、適切な充填状態を確保するために使用
- 発泡ポリエチレン系バックアップ材は、国内空港で使用実績がある
- 具体的な寸法及び施工方法は、シーリング材の仕様と併せて確定

【参考】採用予定材料のマニュアル類での位置づけ

空港土木施設等維持管理マニュアル（案）

令和７年４月　一部改定

国土交通省　航空局

①. 樹脂系補修材

総　則
↓
留意事項
↓
舗装の劣化と変状
↓
点　検
↓
維持・修繕
アスファルト舗装
コンクリート舗装
↓
業務記録

５．２．２．２　パッチング工

（１）工法の概要

パッチング工は、コンクリート舗装に発生した段差、目地部やひび割れ部の角欠け、穴あき、座屈等の異常箇所の不具合部分を局部的に除去し、補修材を充填する工法である。

パッチング工の補修材は、アスファルト混合物、超速硬コンクリート、樹脂モルタル等を用いる。

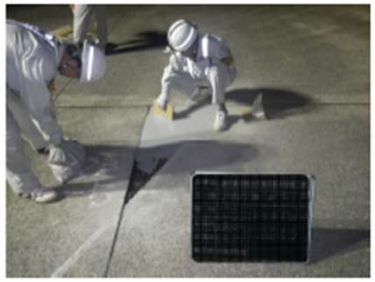


写真 5.2.2　樹脂モルタル打設状況

（２）使用材料

パッチング工の使用材料の例を表 5.2.4 に示す。

表 5.2.4　パッチング工の使用材料（例）

名　称	仕　様
密粒度アスファルト混合物	骨材（最大粒径 13mm, 20mm） アスファルト（ストレート、改質）
超速硬コンクリート	樹脂ファイバー入り、圧縮強度 40MPa（材齢 1 時間）
樹脂系補修材	エポキシ系樹脂、アクリル系樹脂

（３）使用機械

パッチング工の使用機械等の例を表 5.2.5 に示す。

表 5.2.5　パッチング工の使用機械等（例）

名　称	形　式
コンプレッサ	2.5m³/min
集塵機	バキューム式
ブロア	10～12m³/min
コンクリートカッタ	ブレード径 300mm
下地処理機	ブレーカ、電動ピック
発電機	2kVA
ダンプトラック	2t
照明機器	車載型投光機（4 灯式、6 灯式）、バルーンライト

－ 124 －

【参考】採用予定材料のマニュアル類での位置づけ

国土交通省

②. シーリング材（注入目地材）及び ③. バックアップ材

総　則
留意事項
舗装の劣化と変状
点　検
維持・修繕
アスファルト舗装
コンクリート舗装
業務記録

5．2．2．3　目地補修工

（1）工法の概要

目地補修工は、目地材のはみ出しや脱落、劣化・老化などにより破損した目地に注入目地材を再充填することで、目地から雨水等が路盤に浸入することを抑制し、舗装の構造的破損を未然に防止する工法である。

なお、目地部の角欠けが激しい箇所や、コンクリート版の隅角部ならびに目地部に生じたひび割れが開いて荷重伝達が期待できない箇所は、局部的な打換え工や内圧充填工等の適用を検討する。

（2）使用材料

目地補修工の使用材料の例を表 5.2.6 に示す。

表 5.2.6　目地補修工の使用材料（例）

名　称	仕　様
バックアップ材	高発泡ポリエチレン
プライマー	一液型ウレタン系樹脂
注入目地材	ポリサルファイド系樹脂

（3）使用機械

目地補修工の使用機械等の例を表 5.2.7 に示す。

表 5.2.7　目地補修工の使用機械等（例）

名称	形式
コンプレッサ	2.5m³/min
集塵機	バキューム式
ブロア	10～12m³/min
グラインダ	－
照明機器	車載型投光機（4 灯式、6 灯式）、バルーンライト

（4）施工のフロー

目地補修工の施工フローの例を図 5.2.2 に示す。

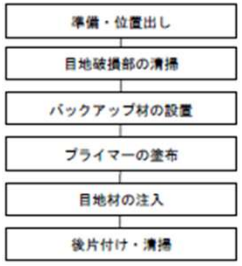


図 5.2.2　目地補修工の施工フロー（例）

総　則
留意事項
舗装の劣化と変状
点　検
維持・修繕
アスファルト舗装
コンクリート舗装
業務記録

5．2．3．5　プレキャスト鉄筋コンクリート版舗装工

（1）工法の概要

プレキャスト鉄筋コンクリート版舗装工は、工場で製作した高強度のプレキャスト鉄筋コンクリート版（以下「PRC 版」という。）を現場に運搬して路盤上に設置し、現場の施工時間の短縮を図ることで、当該施工箇所の日々の供用を可能とする工法である。



写真 5.2.31　工場内製作状況



写真 5.2.32　PRC 版の設置状況

（2）使用材料

PRC 版舗装工の使用材料の例を表 5.2.19 に示す。

表 5.2.19　PRC 版舗装工の使用材料（例）

名　称	仕　様
上層路盤	粒度調整砕石、アスファルト安定処理材、セメント安定処理材
アスファルト中間層	骨材（最大粒径 13mm）、密粒度アスファルト混合物
PRC 版	幅 2.5m、長さ 15m、厚さ 0.24m、重量 22.5t
裏込グラウト	JA ロート流下時間 60 秒以下、圧縮強度 3MPa（材齢 2 時間）、20MPa（材齢 28 日）
目地グラウト	J14 ロート流下時間 20 秒以下、圧縮強度 20MPa（材齢 3 時間）、60MPa（材齢 28 日）
コッター式継手	C 型金物、H 型金物、締込みボルト、継手蓋
ビニルフィルム	塩化ビニル
シール材	高止水性タイプ
樹脂モルタル	エポキシ系
注入目地材	常温式弾性高分子タイプ
伸縮目地材	ゴム系発泡体

【参考】空港舗装における樹脂系補修材の使用事例①

国土交通省

空港名	使用施設	使用目的	結合材	製品
東京国際空港	エプロン	角欠け補修	メタクリル樹脂	製品A
関西国際空港	滑走路・エプロン	角欠け補修	メタクリル樹脂	製品A
中部国際空港	滑走路・エプロン	角欠け補修	★ポリマーセメント	製品F
			メタクリル樹脂	製品D
スワンナプーム空港	エプロン	角欠け補修	メタクリル樹脂	製品B

（3）樹脂補修材は可撓生エポキシ樹脂（道路補修用３種）２液性無溶剤タイプとする。
（4）樹脂液と骨材の配合及び骨材の最大粒径は、使用する材料メーカーが指定するものとする。

出典）空港土木工事共通仕様書

注）★ポリマーセメントは樹脂モルタルではない。

◇事例1ー東京国際空港



■東京国際空港国際線地区エプロンでの樹脂系補修材使用事例
メタクリル樹脂使用



【角欠け補修前】　【角欠け補修後】

【参考】空港舗装における樹脂系補修材の使用事例②

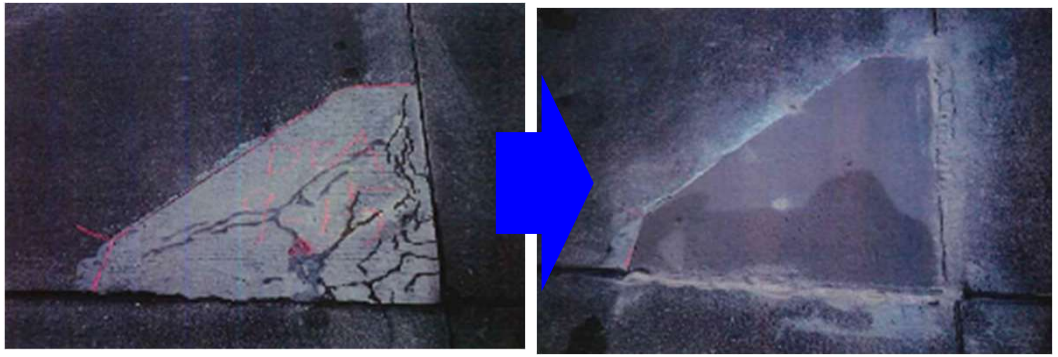
国土交通省

◇事例2ー中部国際空港



出典：中部国際空港の将来構想 2021年12月 中部国際空港将来構想推進調整会議より

■中部国際空港　エプロンでの樹脂系補修材使用事例
メタクリル樹脂使用



【角欠け補修前】　【角欠け補修後】

◇事例3ー関西国際空港



出典：関西国際空港全体構想促進協議会HPより

■関西国際空港　エプロンでの樹脂モルタル使用事例
メタクリル樹脂使用



【角欠け補修前】　【角欠け補修後】

【参考】シーリング材の空港舗装・類似構造物における使用事例

国土交通省

空港名	使用施設	使用目的	使用材料	製品
東京国際空港	エプロン	目地シール材	ポリサルファイド系	製品A
関西国際空港	滑走路	目地シール材	ポリサルファイド系	製品B
中部国際空港	滑走路	目地シール材	ポリサルファイド系	製品A
※道路橋	道路橋伸縮装置	止水材	ポリブタジエン系	製品C

表２－６　加熱型注入目地材の標準品質

試験項目	低弾性タイプ	高弾性タイプ
針入度（円錐針）	6 mm 以下	9 mm 以下
弾性（球針）	—	初期貫入量　0.5～1.5 mm 復元率 60%以上
流動	5 mm 以下	3 mm 以下
引張量	3 mm 以上	10 mm 以上

出典）空港土木工事共通仕様書

18. 注入目地材

1）注入目地材は、コンクリート版の膨張、収縮に順応し、コンクリートによく付着し、水に溶けず、水を通さず、高温時に流れ出さず、低温時にも衝撃に耐え、土砂等の異物の侵入を妨げ、耐油性があり、かつ、耐久的なものでなければならない。

2）注入目地材の種類及び品質については、設計図書の定めによる。なお、設計図書に定めのない場合は米連邦規格SS-S-200Eの規格に適合するものとする。

3）注入目地に使用するプライマーは、使用する注入目地材に適合する品質のものでなければならない。

4）バックアップ材は、目地板のはみ出しを十分吸収できるもので、注入目地材の注入により、変形又は変質しないものでなければならない。

5）バックアップ材の形状寸法及び品質については、設計図書の定めによる。

出典）空港土木工事共通仕様書－コンクリート舗装

【参考】バックアップ材の空港舗装における使用事例

国土交通省

空港名	使用施設	使用目的	使用材料	製品
東京国際空港	エプロン	土木用目地材	発泡ポリエチレン系	製品A
中部国際空港	滑走路	シーリング材 バックアップ材	発泡ポリエチレン系	製品A

（5）バックアップ材は、発泡ポリエチレン系のものとし、目地材の注入により変形、変質しないものとする。

表２－22　目地板の材質（試験結果例）

試験項目＼目地板の種類		木材系（杉板）	ゴムスポンジ・樹脂発泡体系	瀝青繊維系	瀝青質系
圧縮応力度 (注1)	(MPa)	6.3～30.4	0.1～0.5	2～10.0	0.8～5.7
復元率 (注2)	(%)	58～74	93～100	65～72	50～64
はみ出し	(mm)	1.4～5.6	1.5～4.6	1.0～3.7	50～64
曲げ剛性	(N)	140～410	0～48	2～32	2～49

〔注１〕市販されている代表的な目地板（厚さ 20 mm）の 22 ℃における試験結果を示している。

〔注２〕目地板の品質としては 100 %に近い復元率を持ち、木材系に近い曲げ剛性を持ち、かつ耐久性に優れていることが望ましい。

出典）空港土木工事共通仕様書



＜参考＞バックアップ材及び
樹脂モルタル施工状況

後継伸縮装置 樹脂系補修材試験計画①

国土交通省

- 樹脂系補修材としてメタクリル樹脂を用いて、輪荷重走行試験により耐久性の確認を行う
- 点検手法の設定にあたっては、本試験による劣化状況の確認結果を参考とする

設計条件

- 航空機荷重
  航空機重量：400t※1、主脚荷重：139.5t（1,368kN）※1、輪荷重：26.2t/輪（257kN/輪）※1、
  接地圧：1.75MPa(=1.75N/mm2)※2
- 離陸時：離陸時最大荷重、衝撃荷重(i = 0.4)※3
- 着陸時：着陸時最大荷重、衝撃荷重(i = 0.4) 、制動荷重(航空機荷重の0.8倍)※3
- 年間離発着回数：約11万回/年※4
- 耐久性確認期間：10年相当※5

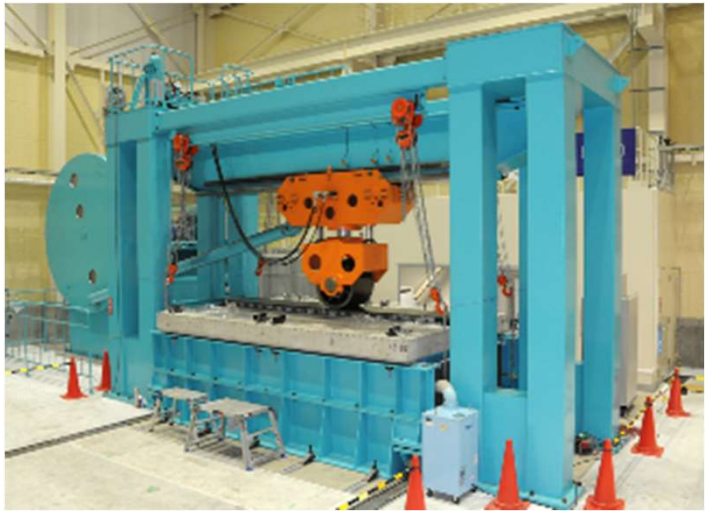
※1：AIPの制限荷重より、※2：ICAOより、※3：要求水準書より、※4：R7.6～R8.5年度の利用実績をもとに設定
※5：実際の更新時期は、本試験及び供用後の点検結果を踏まえて設定

試験計画

- 道路橋での床版の疲労耐久性の評価手法に準じ、輪荷重走行試験による航空機荷重に対する疲労耐久性の確認を行う

荷重条件	載荷条件		備考
鉛直荷重	載荷荷重	210kN	1.75MPa(接地圧)×500×200(載荷ブロック) ×荷重係数1.2(衝撃係数の50%)
	載荷回数	110万回	年間離発着回数約11万回×設計上の耐久性確認期間10年相当 試験日数：約20日間

※載荷条件はRジョイントの実機試験体による性能確認試験時の条件を基に設定
※載荷荷重210kNは、航空機タイヤの接地圧を載荷ブロック面積に換算した荷重であり、実機の輪荷重を直接置き換えたものではない



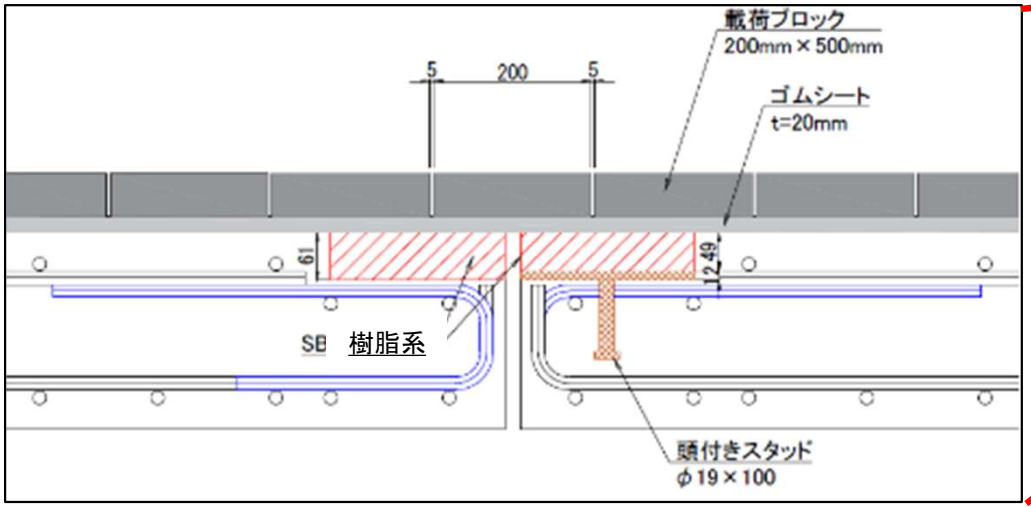
参考：鉄輪式輪荷重走行試験機
＜出典:ショーボンド建設HP＞

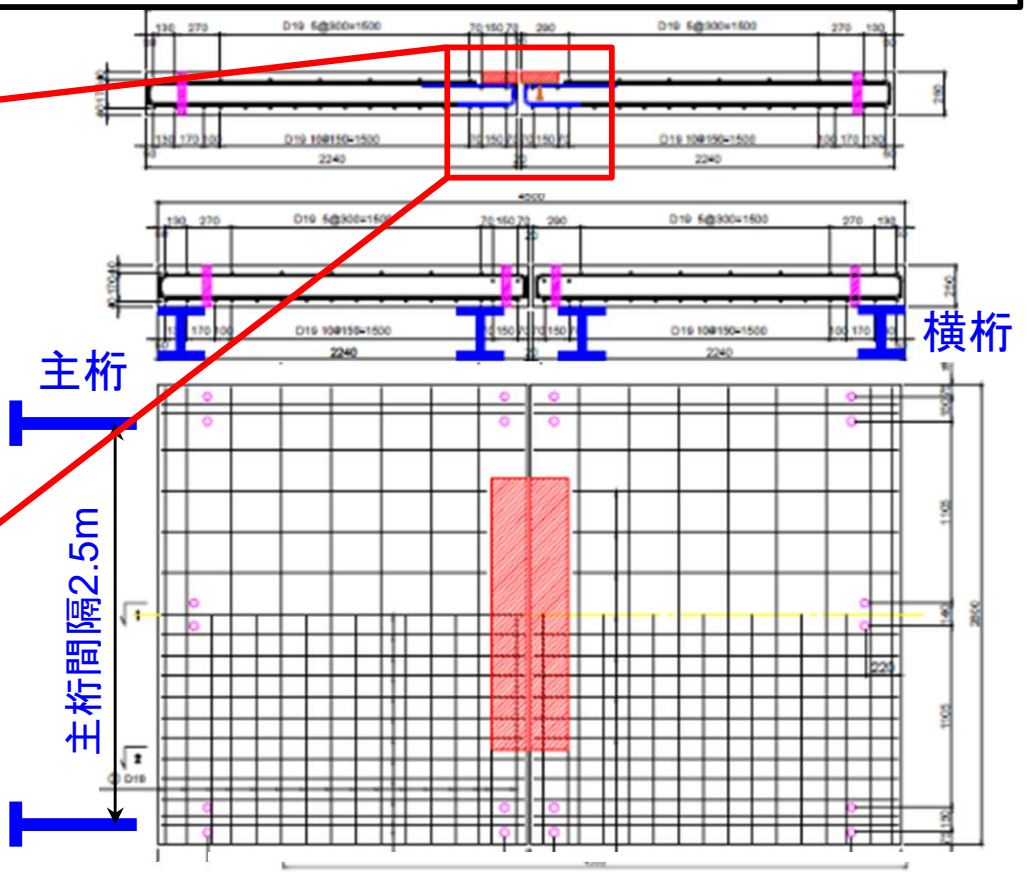
後継伸縮装置 樹脂系補修材試験計画②

国土交通省

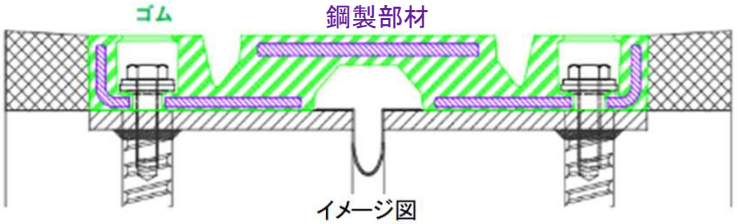
- 1650mm×220mm×厚さ61mm（49mm）の試験片で実施
- 現場状況により既設ゴムジョイントの支持鋼板を残置した場合(厚さ49mm)と、撤去した場合（厚さ61mm）の2ケースを想定して再現

試験体

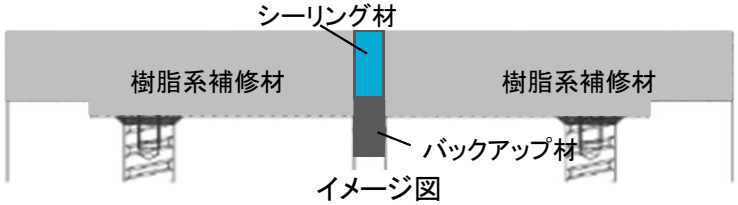


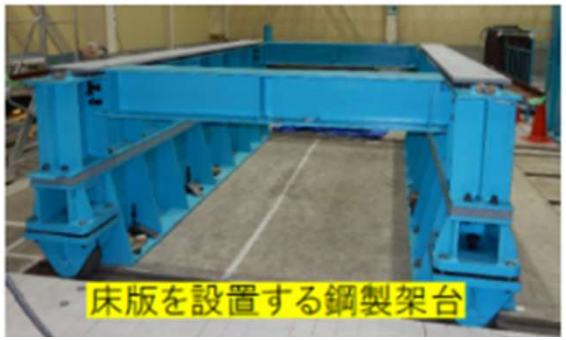


◇ 既設ゴムジョイント 断面



◇ 後継伸縮装置 断面





床版試験体
2.8mx2.24m 2体
厚さ250mm

後継伸縮装置 シーリング材の試験計画

国土交通省

- シーリング材の材料を決定するため、「変位追従性能試験」を実施
- 今回の後継伸縮装置に求められる滑走路横断方向の温度変化等による変形追従性を確認
- 試験条件は、現地の環境条件を想定して設定

試験計画

- 万能試験機を用い、目地材を上下に伸縮することで変位追従性能を確認
- 今回のシーリング材には止水性も求められるため、止水性を有する以下の2種類の材料を対象に試験を実施
  - ①ポリサルファイド系：空港のエプロンで使用実績あり
  - ②ポリブタジエン系　：道路橋の伸縮装置止水材に使用実績あり

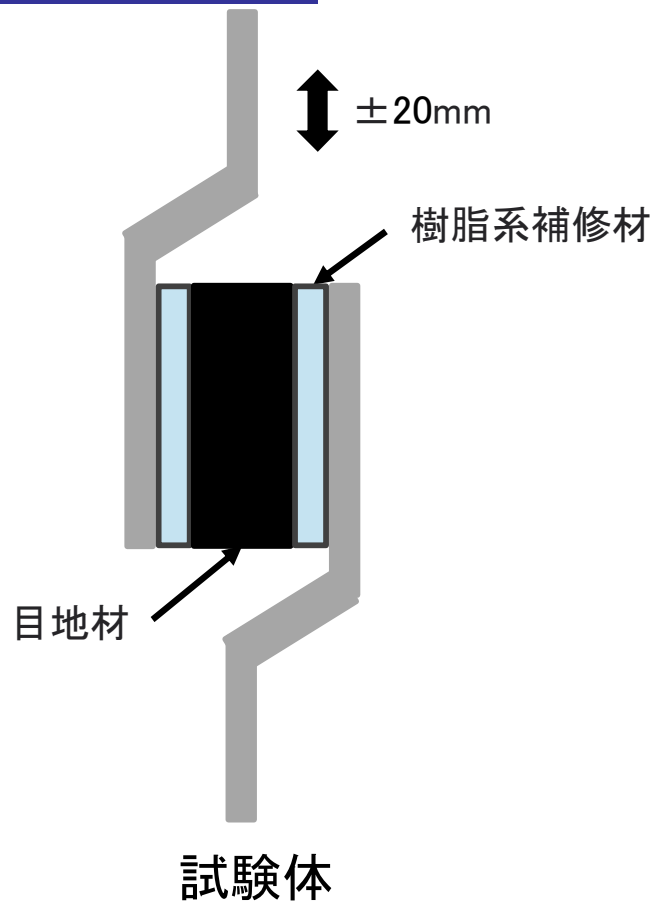


参考：ウォークインチャンバー
＜出典:ショーボンド建設＞

試験項目

温度条件	伸縮条件	伸縮回数
-10°C 3h	-20mm	10サイクル
23°C 3h	0mm	
60°C 3h	+20mm	

試験体



２．点検・評価方法見直し

D滑走路接続部ゴムジョイントの基盤施設点検状況

国土交通省

- D滑走路接続部の滑走路、高速離脱誘導路、平行誘導路のゴムジョイントは航空機が繰り返し走行するため月1回の頻度で点検し、それ以外の箇所は年1回の頻度で点検
- 点検はゴムジョイント表面を目視により、損傷、劣化、ひび割れの有無について確認
- 今回破損箇所は2022年8月に小規模な表面ゴムの損傷が最初に発見された箇所であり、2023年9月まで損傷範囲が拡大したが、それ以降は外観上の範囲に拡大が認められず、鋼製部材の浮き上がり等、航空機運航に影響を及ぼす変状も確認されなかったことから、経過観察としていた

■今回破損箇所の点検履歴

:ゴム損傷箇所



2022/8/27　　2023/3/1　　2023/9/27

これ以降は変状が進行していない

①現行ゴムジョイントとの点検・評価方法見直し

現行ゴムジョイントの点検・評価方法の見直し

国土交通省

- 今回の調査では、表層ゴムの劣化に加え、外観から把握しにくい鋼製部材の腐食及びゴムとの剥離が進行し、表層ゴムの破断に至ったと考えられる
- このため、現行ゴムジョイントについて、内部の腐食や剥離の兆候を捉える点検・評価方法に見直す

① 点 検 手 法

- 今回のゴムジョイント破損メカニズムから、表面上の損傷だけでなく、部材境界部や内部の剥離等をどのように把握するかが重要
- 目視による損傷、劣化、ひび割れ等の確認に加え、触診・打音検査による剥離・浮き上がり確認を追加

②劣化度判定

- 今回のゴムジョイント破損メカニズムを踏まえ、判定基準を拡充・明確化するとともに、管理しやすいようにブロック毎からジョイント毎の判定に細分化

③健全度評価

- 評価区分として経過観察の位置づけを明確化
  ※従来は「緊急に補修」「早急に補修」「詳細調査」「対応不要」の４区分

④ 補 修 方 法

- 補修が必要と判定されたジョイントは後継伸縮装置に交換

⑤ 経 過 観 察

- 健全度評価において経過観察対象としたジョイントについては、変状の進行の有無にかかわらず点検ごとに写真等を記録し、経過観察期間中の状態変化を比較しやすい資料を作成することで、状態監視を強化する

②後継伸縮装置の点検･評価方法

後継伸縮装置の点検・評価方法

国土交通省

- ゴムジョイントや類似構造であるコンクリート舗装目地部の点検方法を参考に、点検方法、劣化度判定、健全度評価、補修方法、経過観察方法を設定

① 点 検 手 法

- 他空港事例を踏まえ、樹脂系補修材については亀裂・剥がれ・段差の変状を、シーリング材については、はみ出し・亀裂・隙間を確認するため目視点検を基本とし、目視点検で変状が確認された場合は樹脂系補修材内部の浮き等の変状を確認するため打音検査を実施

②劣化度判定

- 既設ゴムジョイントと同間隔となる施工ブロック（2m）毎の判定とし、類似構造であるコンクリート舗装と同様に変状の範囲に応じた劣化度判定とする

③健全度評価

- 設置箇所に応じて「緊急に補修」「早急に補修」「詳細調査」「対応不要」のいずれかで評価

④ 補 修 方 法

- 「補修方法」については、補修が必要と判定された箇所について変状の形態に合わせた補修を実施

※シーリング材変状：打ち替え、樹脂系補修材亀裂：ひび割れ補修材注入、
樹脂系補修材剥がれ：欠損部打ち替え

⑤ 経 過 観 察

- 「ひび割れ補修箇所」については、補修完了後は「経過観察対象」とし、変状の有無にかかわらず点検ごとに写真等を記録し、経過観察期間中の状態変化を比較しやすい資料を作成することで、状態監視を徹底

③点検作業の高度化に向けた検討

点検作業の高度化

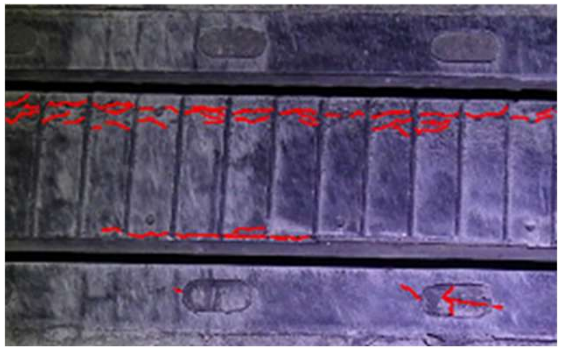
国土交通省

- 写真の自動位置補正やAIによる差分抽出等、最新の技術を活用した点検員の判断を補助する仕組みを検討
- 試行点検により検出精度、作業時間及び記録の再現性を検証
- 新技術の適用性を確認した上で、段階的な導入を検討

新技術の導入イメージ

表層ゴムの劣化や微細クラック等の状態変化を早期に把握するため、AI等を活用した表層変状の検知や、過去の点検記録との比較により、点検員の判断を補助する仕組みを検討する

【STEP1】
① ゴムジョイント設置場所(マップ)作成
② マップ登録
③ フィジカルAIによる自律移動、現況写真撮影
【STEP2】
④ 写真データから変状箇所抽出
⑤ 変状寸法計測
⑥ 変状の進行有無判定

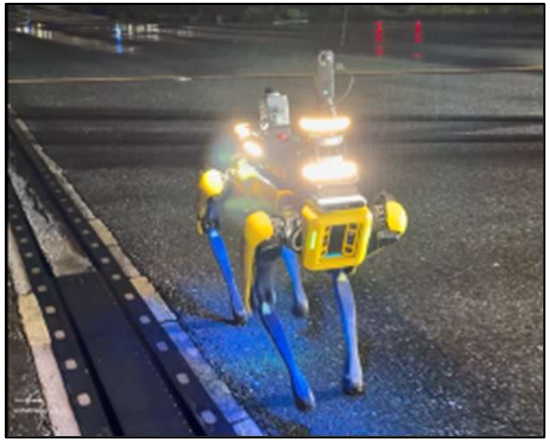


クラック自動検知イメージ

羽田空港における実証実験結果

【日時】令和8年9月16日（水）夜間
【場所】羽田空港D滑走路
【確認事項】
・自己位置推定の安定性
・撮影位置・画角の再現性
・機体搭載照明による
画像品質を検証
【実験結果、課題】
・滑走路舗装上の走行問題なし
・上記確認事項の精度について
検討の必要あり
【今後の予定】
・変状写真データ整理
(場所,種類毎)
・変状位置の地図上へのプ
ロット





Ⅳ．最終とりまとめ骨子（案）

羽田空港D滑走路破損事案対策検討委員会 最終とりまとめ骨子案①

国土交通省

事案発生の概要

- 令和8年5月25日及び29日、D滑走路を離陸した航空機でタイヤバーストが発生し、29日にはD滑走路接続部に設置していたゴムジョイントの鋼製部材のめくれ上がりが確認された

SKY19便タイヤバースト事案（5/25）

- D滑走路離陸時にタイヤから振動
- 点検でタイヤ片を回収
- 引き返し後、C滑走路に着陸し、左主脚タイヤ1本のバーストを確認
- D滑走路39分、C滑走路1時間45分閉鎖


当該機の状況（羽田空港C滑走路）

JAL645便タイヤバースト事案（5/29）

- D滑走路離陸後、タイヤ破損の可能性を認識、後続機が滑走路上のタイヤ片通報
- 接続部の滑走路中心線付近でゴムジョイントの鋼製部材のめくれ上がりを確認
- D滑走路3時間21分閉鎖、当機は成田空港に目的地変更


当該機の状況（成田空港）

ゴムジョイント破損事案（5/29）

- 鋼製部材の端部にめくれ上がり・ねじれ（最大約8cmの浮き上がり）
- 鋼製部材の中央部でもめくれ上がり
- 表層ゴムの破断と鋼製部材の露出を確認


破損発見時のゴムジョイント

点検・運航状況

- ✓ 5月25日事案の前後における飛行場面の安全点検では、鋼製部材のめくれ上がり等の異常は確認されなかった。
- ✓ 5月25日事案後から5月29日事案まで1,035便がD滑走路を離着陸し、その間の点検でも鋼製部材のめくれ上がりは確認されなかった。

緊急対策

- ✓ 破損箇所の鋼製部材を切断・撤去し、空洞部に常温補修材を充填して応急復旧を実施。
- ✓ その後、破損箇所同様に表層ゴムの一部欠損が認められた箇所及びタイヤ走行頻度の高い範囲へ予防保全措置を段階的に拡大。
- ✓ 併せて、現行ゴムジョイント及び復旧・予防保全措置箇所の点検・監視を強化。

羽田空港D滑走路破損事案対策検討委員会 最終とりまとめ骨子案②

国土交通省

D滑走路破損事案と航空機タイヤバースト事案との因果関係の検証結果

1 タイヤ調査

- 両便とも、タイヤ製造上の異常は確認されなかった。
- 鋭利な物体等の外的要因により、損傷が生じたと推定。
- タイヤを損傷させた個別の物体は特定できない。

タイヤバーストは外的要因と推定されるが、原因物体は特定できない

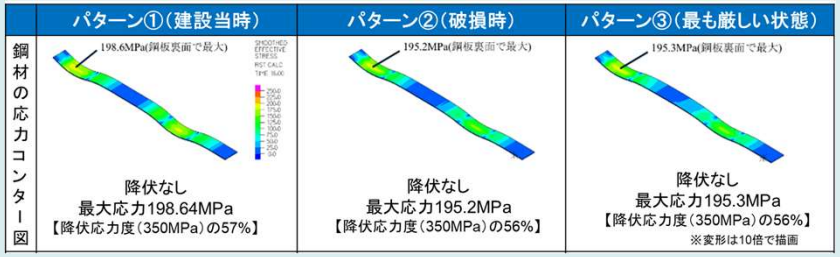
2 SKY19便・JAL645便との関係

- タイヤ走行位置とゴムジョイント破損箇所は近接し、破損箇所前後にタイヤ片が散乱。
- SKY便からJAL便までに1,035便がD滑走路を使用、その間の点検では鋼製部材のめくれ上がりは確認されなかった。
- JAL便の直前まで多数の航空機がD滑走路を使用しており、鋼製部材の破損時点は特定できない。

点検状況、バーストと破損の発生順序が特定できないことにより、因果関係は特定できない

3 ゴムジョイント破損メカニズム検証

- 材料調査の結果、紫外線、オゾン、熱等の影響による表層ゴムが硬化・脆化し、内部で腐食・剥離が進行。タイヤによる摩擦力・せん断力による引張変形でゴムが破断したと推定。
- 三次元FEM解析等の結果、通常の航空機走行荷重による変形は弾性範囲内にとどまり、鋼製部材のめくれ上がりは再現されなかった。



表層ゴムの破断過程は一定程度説明できたが、鋼製部材を大きく変形させた作用は特定できない

検証結果まとめ

- ✓ 材料調査では、事案発生前から表層ゴムの劣化、鋼製部材の腐食及び剥離が進行していたことを確認。
- ✓ 両事案が関連している可能性は否定できないが、その因果関係の特定はできなかった。
- ✓ 因果関係の特定には至らなかったものの、鋼製部材が実際に滑走路上でめくれ上がったことは、航空機運航上看過できない事象であり、鋼製部材を突出させない再発防止策を講じる必要がある。

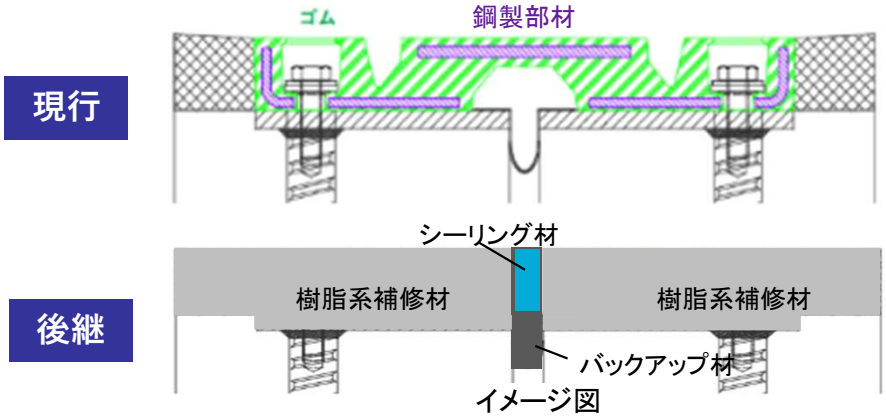
対応方針 因果関係の特定には至らなかったものの、鋼製部材の突出によって航空機の安全運航に支障を及ぼすことがないよう、確実な再発防止策を講じる

再発防止策

- 因果関係の特定には至らなかったものの、鋼製部材を突出させない再発防止策を着実に実施する必要がある。

① 後継伸縮装置への交換

- 供用後一定期間が経過し、当初より変位が収まっていることも踏まえつつ、荷重条件、施工性、点検・補修・交換の容易さ及びコスト面で優位な、樹脂系補修材とシーリング材等を組み合わせた構造を選定。
- 導入前の試験により、耐久性、変位追従性等を確認。
- タイヤ走行位置を包含する範囲（応急復旧又は予防保全措置実施箇所）から優先して交換。



イメージ図

② 点検・評価方法の見直し

- 後継伸縮装置は、構造・材料特性に応じた点検・評価方法を設定し、疲労耐久性、変位追従性、止水性を確認。また、一部残る現行ゴムジョイント部分は、内部の腐食や剥離の兆候を捉える点検・評価方法へ見直し。
- 今後の点検で得られる知見を踏まえ、点検・評価・補修・更新方法を適時見直し、継続的に改善する。
- 限られた点検時間で状態変化を確実に把握・記録できるよう、AI等最新技術を活用した点検作業の高度化に向けた検討を推進。







Ⅴ．本日ご議論いただきたいポイント

本日　ご議論いただきたいポイント

1. ゴムジョイント破損メカニズムの検証結果

2. 両事案の因果関係に関する結論

3. 後継伸縮装置の選定及び確認試験計画

4. 点検・評価方法の見直し

5. 最終報告書の取りまとめ方針