

鋼橋点検における非破壊検査技術の適用・開発事例
— 阪神高速道路での事例 —

平野 正大

阪神高速道路（株）

鋼橋点検における 非破壊検査技術の適用・開発事例 -阪神高速での事例-

阪神高速道路株式会社 管理企画部 保全技術課
平野 正大

1. 阪神高速道路の概要
2. 点検の概要
3. 定期点検で用いられる非破壊検査技術の事例
 - 鋼床版、鋼桁、鋼製橋脚
4. 臨時点検で用いられる非破壊検査技術の事例
 - 鋼床版
 - 鋼桁
 - 鋼製橋脚
 - フィンガージョイント

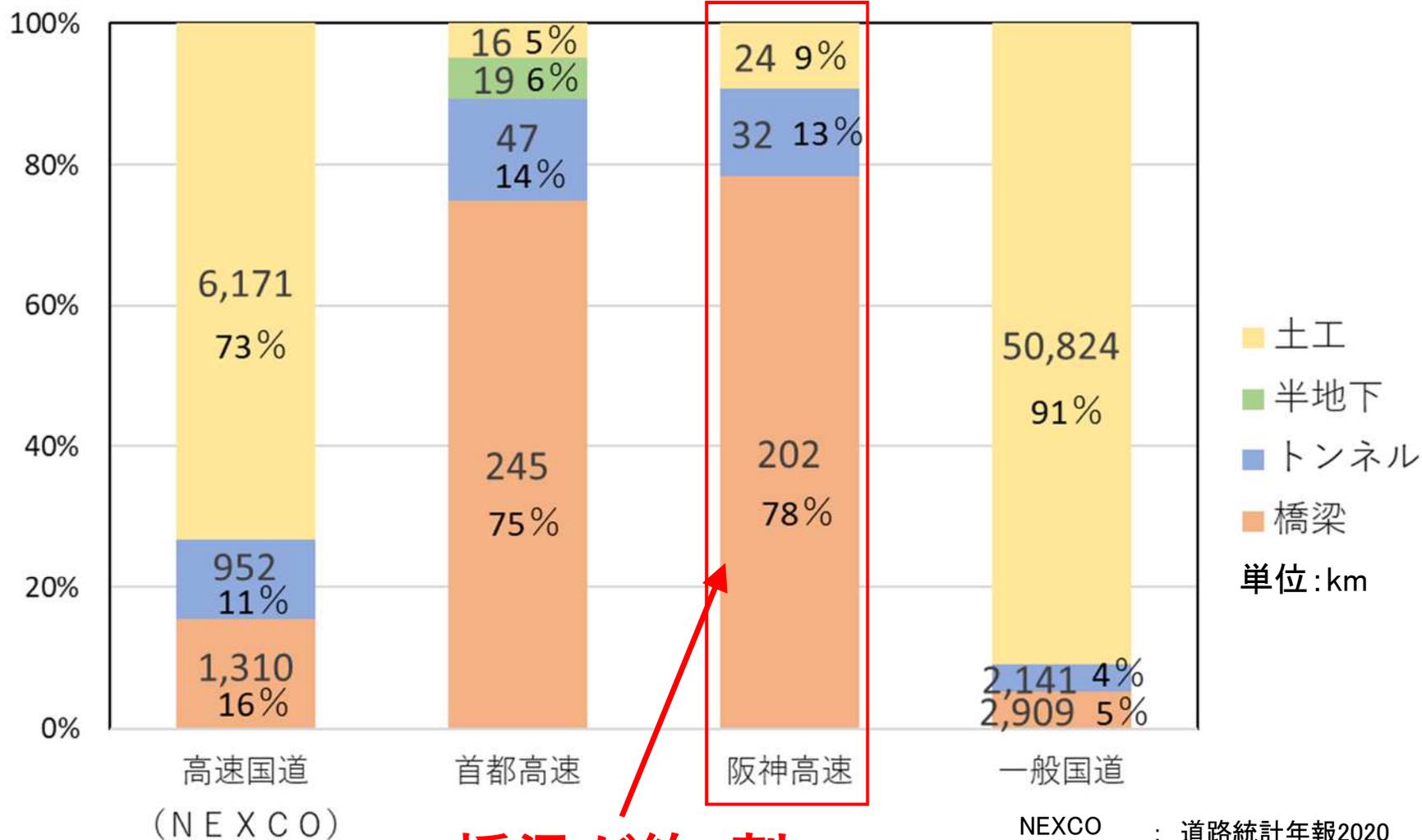
1. 阪神高速道路の概要

1962年に阪神高速道路公団が設立され、
阪神圏の都市高速として1964年に1号環状線の部分供用を開始



1. 阪神高速道路の概要

構造物比率

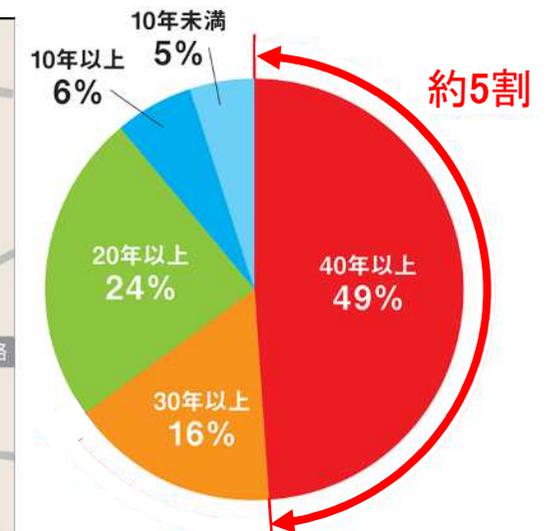


橋梁が約8割

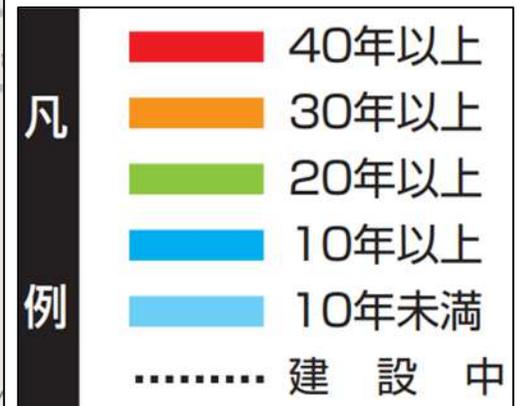
NEXCO : 道路統計年報2020
首都高速 : 2021年4月時点 (HPより)
阪神高速 : 2021年3月末時点
一般国道 : 道路統計年報2020

1. 阪神高速道路の概要

供用延長のうち約5割が開通から40年以上経過



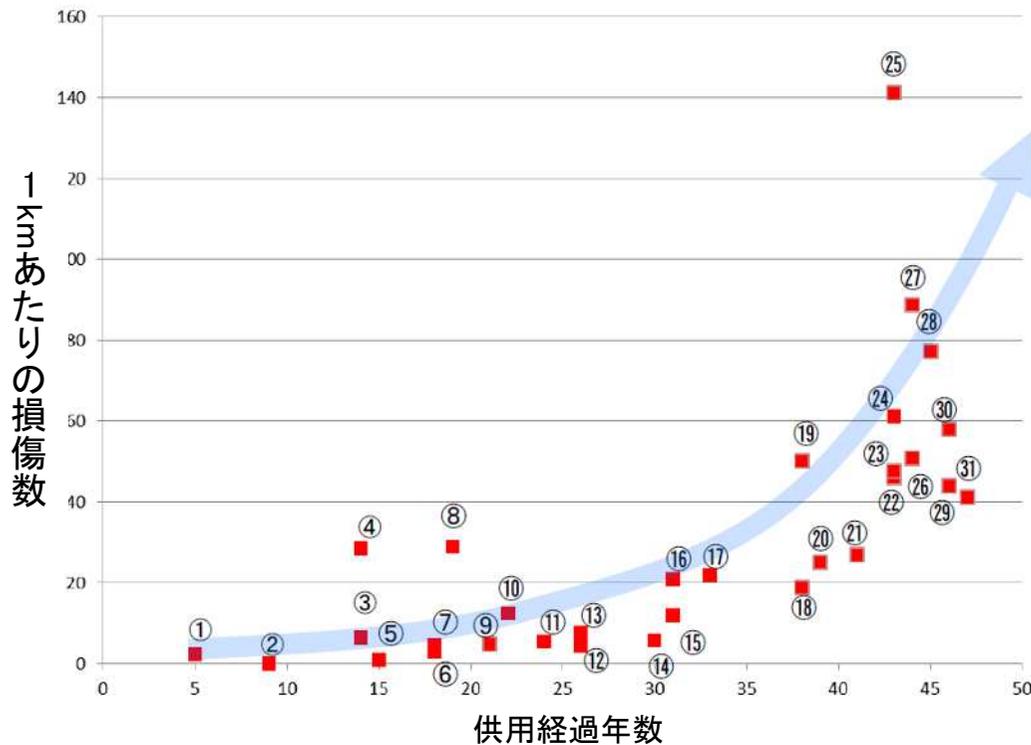
阪神高速道路の状況
令和4年4月1日現在 営業中道路:258.1km



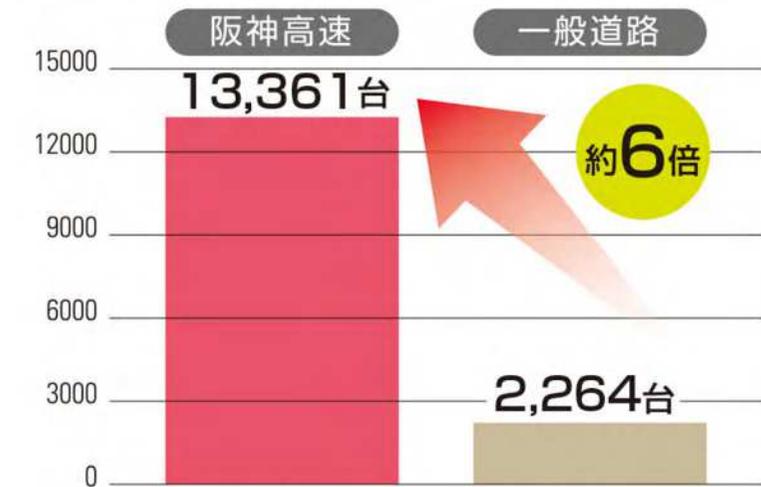
1. 阪神高速道路の概要

- 供用約40年頃から1kmあたりの損傷数が大きく増加する傾向
- 大型車利用は一般道に比べ約6倍

供用年数と損傷数



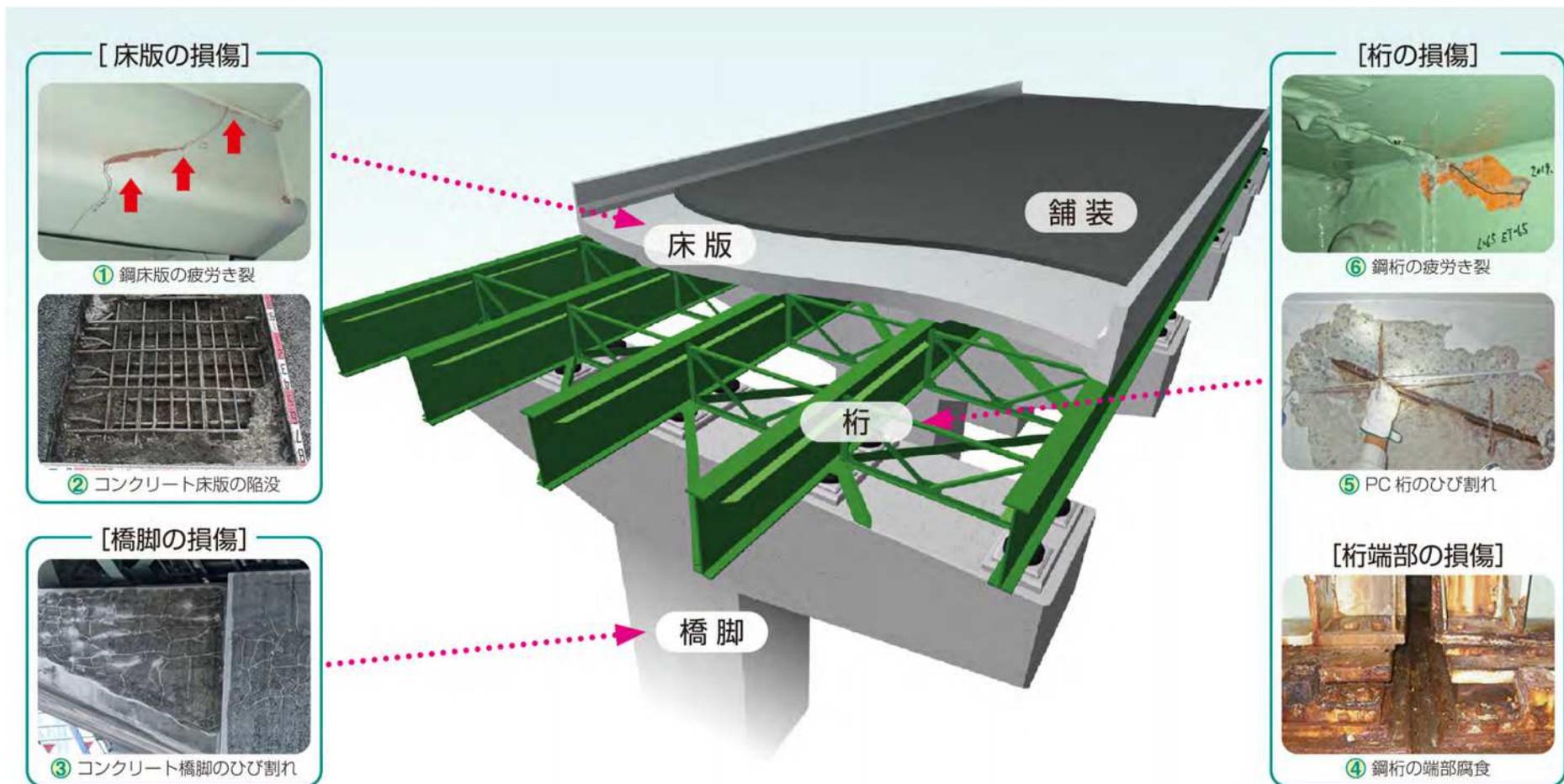
高速道路の大型車交通量



出典：平成27年度道路交通センサス
 平均交通量：各交通量調査基本区間の断面交通量を区間延長で加重平均して算出。阪神高速は全線、一般道路は大阪府内の主要地方道等を調査区間とする。

1. 阪神高速道路の概要

阪神高速道路の損傷状況



今後増大が予想される道路構造物の損傷に対して、
経済的かつ効率的に点検を実施するため、各種非破壊検査技術を適用・開発

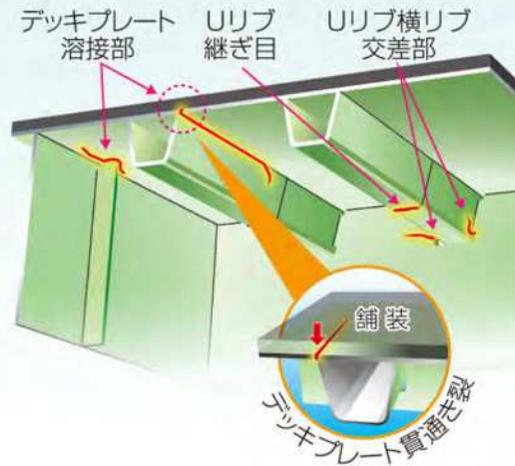
1. 阪神高速道路の概要

阪神高速道路の損傷事例(鋼床版の疲労き裂)

床版(鋼床版)の疲労き裂

損傷

鋼床版は、溶接やボルトで鋼板同士を接合して造られているが、車両の大型化や、大型車の走行により繰り返し大きな負荷を受けることで、溶接部とその周辺に疲労き裂が発生。



対策例



アスファルトと鋼床版の間に特殊繊維を混合したコンクリート「SFRC 舗装」を挟み、通過交通で鋼床版に生じる応力を抑え、疲労き裂の発生を抑制。



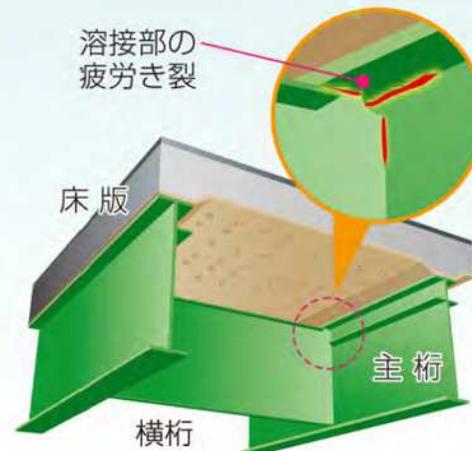
1. 阪神高速道路の概要

阪神高速道路の損傷事例(鋼桁の疲労き裂)

桁(鋼桁)の疲労き裂

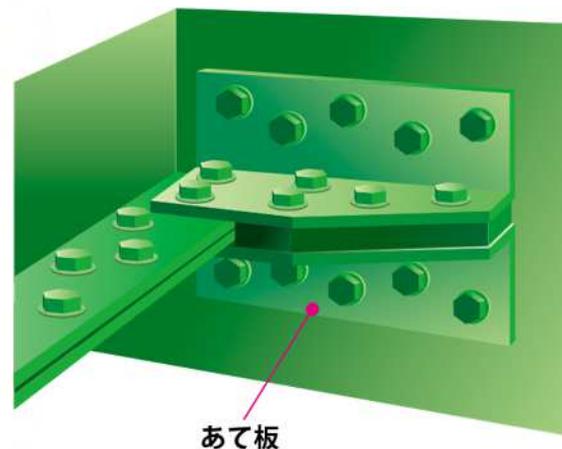
損傷

鋼桁は、溶接やボルトで鋼板同士を接合して造られているが、車両の大型化や増加する大型車の通行など大きな負荷を繰り返し受けることで、溶接部とその周辺に疲労き裂が発生。



対策例

繰り返し受けた負荷によりき裂が発生した鋼材同士の溶接部分にあて板による補強やピーニング処理などを実施。



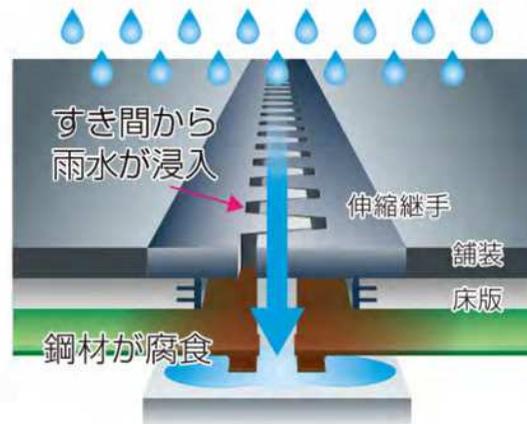
1. 阪神高速道路の概要

阪神高速道路の損傷事例(鋼桁の端部腐食)

桁(鋼桁)の端部腐食

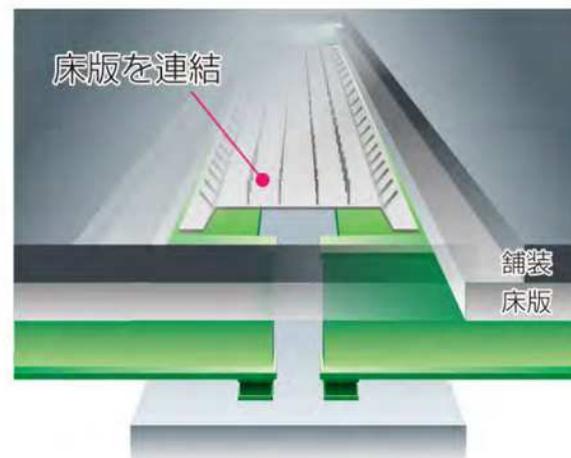
損傷

鋼桁同士の継ぎ目に設置されている「伸縮継手」には遊間(すき間)が設けられており、伸縮継手が損傷してそこから雨水が浸入することで、桁端部の鋼材に腐食が発生。



対策例

床版を連結し継ぎ目をなくすことで、雨水の浸入を抑制。また、車両が走行することで発生する騒音や振動を低減。



2. 点検の概要

点検の目的

構造物を常に適切な状態に保全するべく、**損傷の状況やその影響度を把握**し、補修あるいは補修工事の計画策定を行うために必要となる対策の要否、また、対策の内容を判断するための基礎資料を得ること

点検の体系

- 初期点検 : 構造物完成後の初期状態を把握
- 日常点検 : **定常的な巡回点検**で損傷や異常を早期に発見
- 定期点検 : **構造物および目的ごとに定めた頻度**で接近、目視、たたきおよび簡単な計測により損傷・異常を発見
- 臨時点検 : 定期点検では不十分な場合に適宜実施する点検



日常点検(定常的に実施)

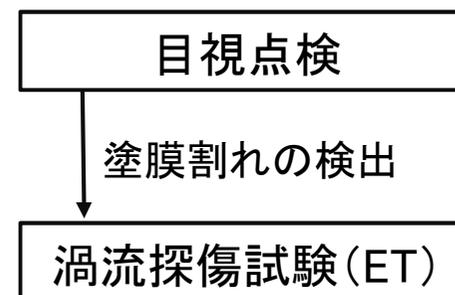


定期点検(5年に1回)

鋼床版、鋼桁、鋼製橋脚

渦流探傷試験(ET)

目視点検で検出された塗膜われ範囲に対し、
き裂の有無を確認するため、塗膜を除去せず
に検査を行う



Uリブ鋼床版溶接部での渦流探傷試験(ET)



鋼製橋脚隅角部での渦流探傷試験(ET)

鋼床版、鋼桁、鋼製橋脚

渦流探傷試験(ET)

点検員が渦流探傷試験機を携帯することにより、近接目視で塗膜われを発見した際に効率よく渦流探傷試験を実施



渦流探傷試験機

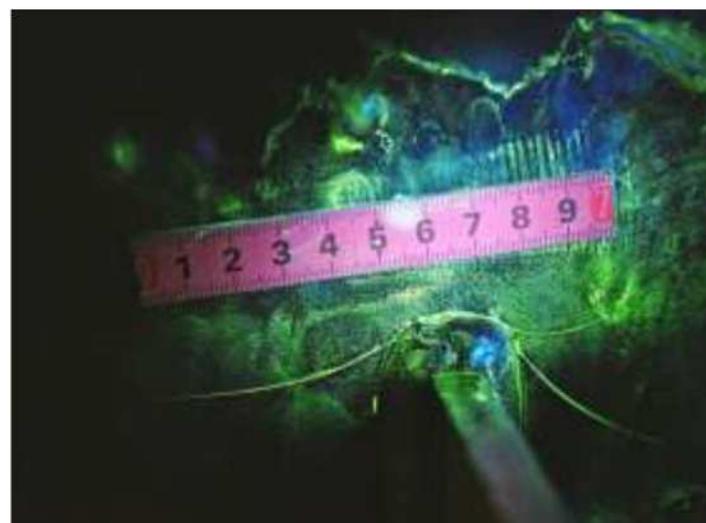
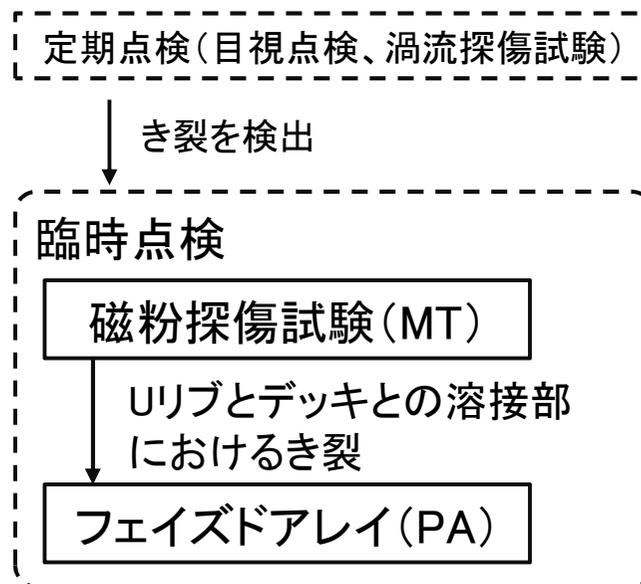


検出されたき裂と指示波形

鋼床版

磁粉探傷試験(MT)

定期点検(目視点検、渦流探傷試験)で検出されたき裂箇所、床版下面から塗膜を除去して検査を行い、き裂の位置、長さ、方向等を把握



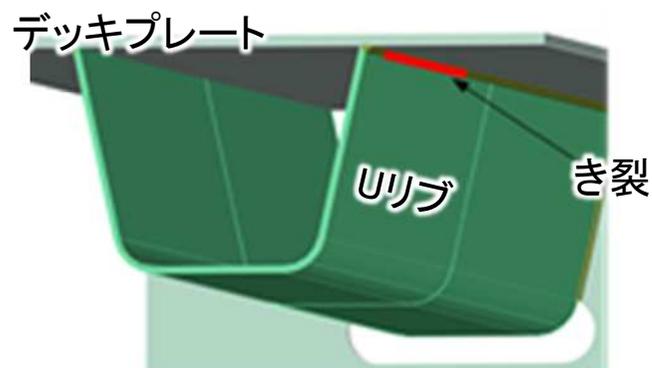
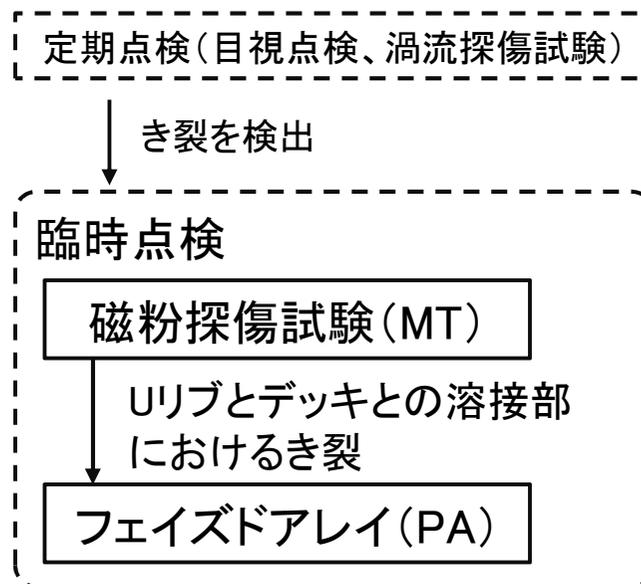
Uリブ鋼床版溶接部での磁粉探傷試験(MT)

4. 臨時点検で用いられる非破壊検査技術の事例

鋼床版

フェイズドアレイ(PA)

鋼床版デッキプレートとUリブとの溶接ルート部に発生し、通常非破壊検査(磁粉探傷試験等)では発見できないデッキプレート内に進展する疲労き裂を床版下面から検出



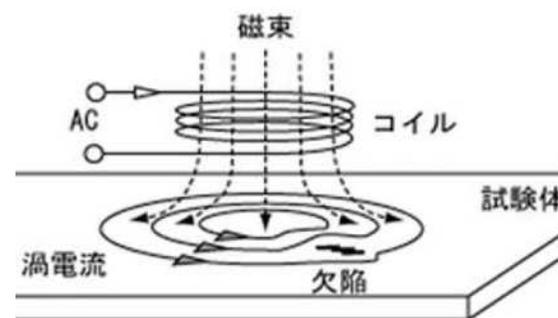
鋼床版

みつけるくんK

SFRC舗装の前に鋼床版の疲労損傷を発見し、補修を行うため、予定されている工事の2年前を目途に、SFRC舗装を行う箇所全面に対して舗装の上面から調査を実施



損傷によって変化する渦電流を検知する渦流探傷法を活用



渦流探傷技術を用いたき裂検査車(みつけるくんK)

➡ 舗装面上からの損傷のスクリーニングが可能

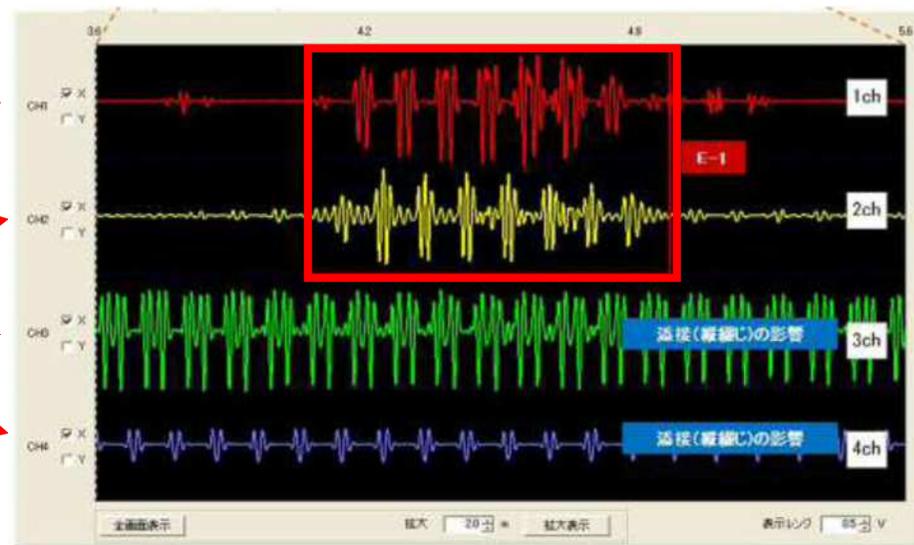
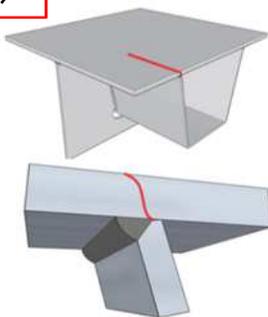
鋼床版

みつけるくんK

- 目視点検で把握することが困難な溶接部のルート部を起点としてデッキプレート上面に進展するき裂を検出
- き裂長さ100mm以上の貫通き裂を示す波形を抽出



渦流探傷コイル(4基)



測定波形のイメージ

4. 臨時点検で用いられる非破壊検査技術の事例



鋼桁

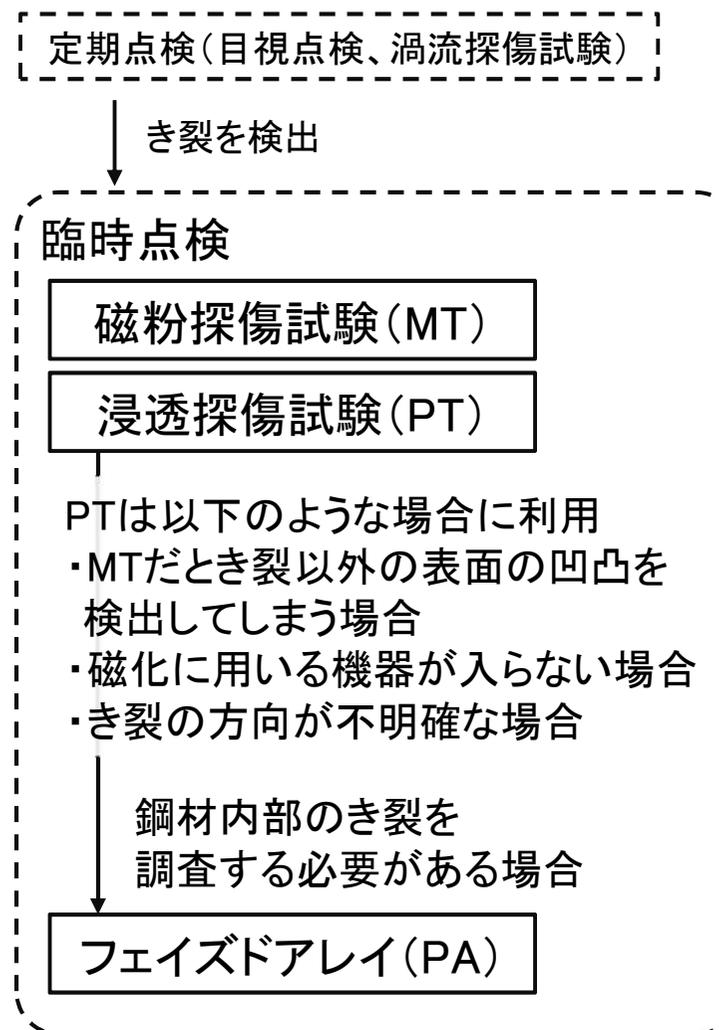
磁粉探傷試験 (MT)

浸透探傷試験 (PT)

前年度にICR処理を行った鋼桁溶接部のき裂箇所、表面の凹凸によりMTが適用できないと考えられたため、き裂の開口やき裂の進展がないか確認するために浸透探傷試験 (PT) を実施



浸透処理状況と試験結果 ※き裂の指示模様なし



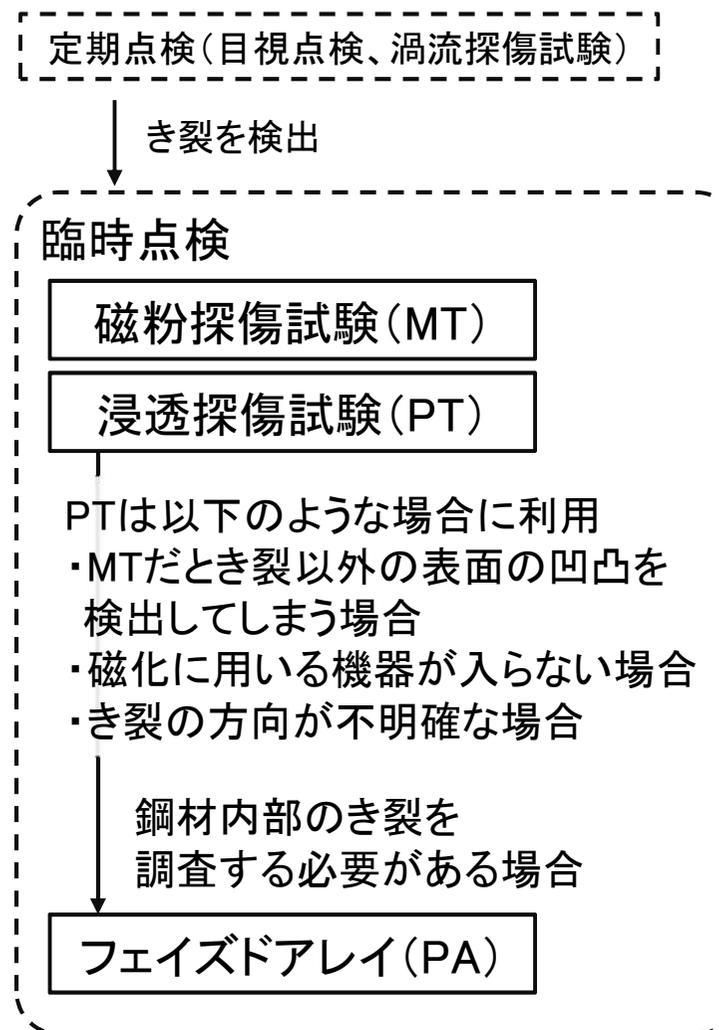
鋼桁

フェイズドアレイ(PA)

定期点検(目視点検、渦流探傷試験)で検出されたき裂箇所、鋼材内部に進展するき裂の有無等、詳細に把握するために実施



鋼桁へのフェイズドアレイ(PA)調査



鋼製橋脚

磁粉探傷試験(MT)

鋼製橋脚の隅角部の定期点検(目視点検、渦流探傷試験)により塗膜割れやき裂を検出した箇所、き裂の位置、長さ、方向を確認するために実施

フェイズドアレイ(PA)

鋼製橋脚の隅角部の定期点検(目視点検、渦流探傷試験)によりき裂を検出した箇所に対し、鋼材内部に進展するき裂の有無等、詳細に把握するために実施

定期点検
(目視点検、渦流探傷試験)

↓
き裂を検出

臨時点検

磁粉探傷試験(MT)

フェイズドアレイ(PA)

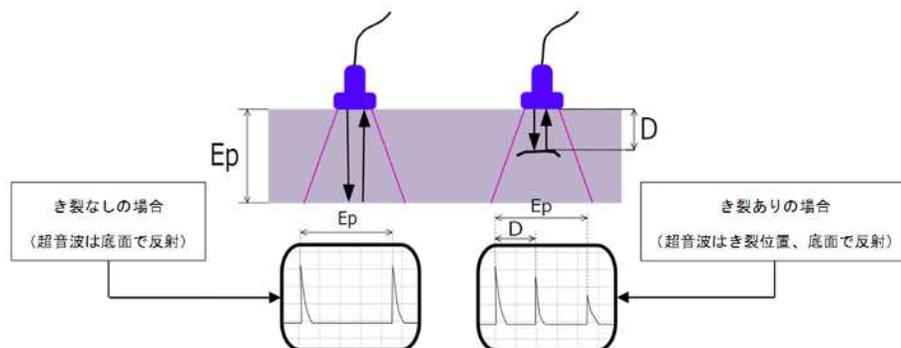


鋼製橋脚隅角部での
磁粉探傷試験(MT)

フィンガージョイント

超音波探傷試験(UT)

ボルトの破断やフィンガーのき裂等の検出を目的に実施

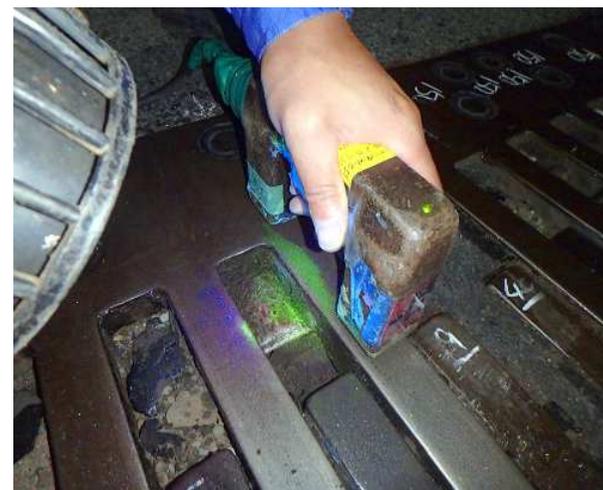


磁粉探傷試験(MT)

超音波探傷(UT)によりフィンガーにき裂が検出された場合に、き裂の位置、長さ等を把握することを目的に実施



ボルト部の超音波探傷試験
(垂直探傷)



フィンガー部の磁粉探傷試験

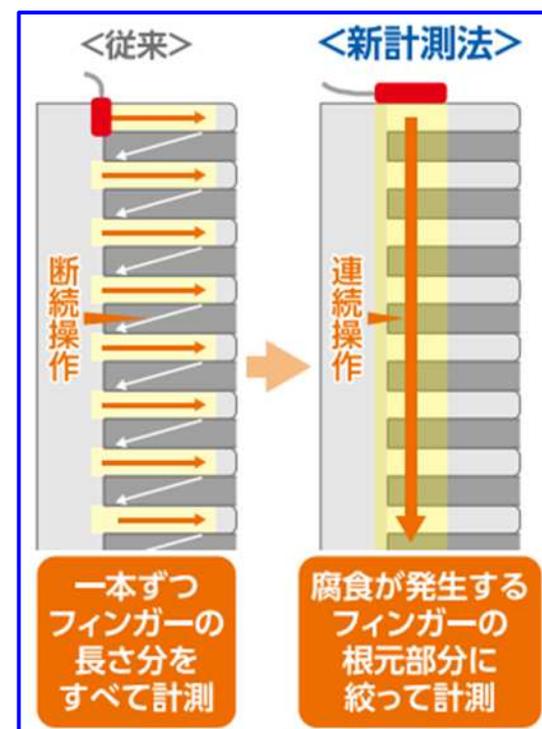
フィンガージョイント

フェイズドアレイ(PA)

腐食はフィンガークの根元部分に集中しており、き裂は腐食部から発生するケースが多いため、探触子にロングタイプセンサーを用いてフィンガークの根元部分のみを一気に計測



フィンガーク部のフェイズドアレイ(PA)調査



- 損傷の発生状況、調査目的に応じて適切な非破壊検査を実施

- 定期点検で用いられる非破壊検査技術の事例
 - 鋼床版、鋼桁、鋼製橋脚 渦流探傷試験(ET)

- 臨時点検で用いられる非破壊検査技術の事例
 - 鋼床版 磁粉探傷試験(MT)、フェイズドアレイ(PA)、みつけるくんK
 - 鋼桁 磁粉探傷試験(MT)、フェイズドアレイ(PA)、浸透探傷試験(PT)
 - 鋼製橋脚 磁粉探傷試験(MT)、フェイズドアレイ(PA)
 - フィンガージョイント 超音波探傷試験(UT)、磁粉探傷試験(MT)、フェイズドアレイ(PA)