

ICT技術による点検のVisual化

情報化技術による点検・診断支援

東京都市大学 総合研究所
都市基盤施設の再生工学研究センター
小西 拓洋

1

点検・診断の高度化

- インフラ維持管理の危機
 - 予算不足, 若年人口減(省力, 効率化)
 - それを補う技術の不足
- 高度化=情報化(デジタル化=センサー, 機器利用が前提)
 - 情報化技術を利用した点検へ
 - 点検情報の共有
 - 非破壊検査, モニタリングのIT利用(点検検査・モニタリングデータの情報処理手法)

2

内容

1. 鋼橋の点検と課題
2. 点検支援技術
 1. き裂検知への画像処理技術の応用
 2. 渦流探傷検査の高度化
 3. 点検情報支援

3

1. 橋梁の点検と課題

4

TOKYO CITY UNIVERSITY

□疲労き裂
□腐食
□変形
□ボルトの緩み, 抜け

①橋の点検

メモ 2016.2
マグネット板
はけ
マスク
マグネット定規
コンベック
金尺
カメラ
テストハンマ
筆記具
野帳

5

TOKYO CITY UNIVERSITY

1. 点検の基本

- ①手で触れる距離まで近づく
- ②明るい光のもとで観察すること
- どこにどのような損傷が生じるかを事前に知っていれば発見が容易
- 損傷が生じる理由がわかっているならば、調べるべき場所がわかる

図-1 鋼床版の近接目視調査

事例・原因の理解 → 効率向上

6

TOKYO CITY UNIVERSITY

③近接目視点検

点検のための清掃必要

④見落とし(点検漏れ)の防止

点検箇所をチェックマーク, チェックリストの利用

1. 重大損傷の見逃しがないか
2. 点検漏れ, 見逃しがないか
3. 前回との変化は?

7

TOKYO CITY UNIVERSITY

③ 高所作業車

④ 梯子, 作業台の利用

街路規制

⑤ 河川上点検(船からの点検) ⑥ 特殊点検

高倍率, 高解像度ビデオ, カメラによる点検が可能か

8

2. 点検支援技術

9

情報化技術による点検高度化

・ 目視点検と判定

腐食, 部材変形, 疲労き裂, 床版, 支承, 足場, 高所作業車などを
利用し, 専門家が手が届く距離まで近づいて点検する。(義務)

– 利点

- ・ 総合性, 適用性, コスト, **柔軟性**

– 欠点

- ・ 見ない(アクセスできない, 危険, 非効率)
- ・ 見えない(不可視, 気づかない)
- ・ 先送り(客観性, 記録性)

10

日常点検の課題

・ 近接目視点検

- 接近困難な部位には機器点検(ロボット, ポールカメラなど)やモニタリングが利用できる
- 目視で見えない損傷に対して非破壊検査を実施

・ 遠望目視点検

- 双眼鏡, 車からの点検
- コンクリート剥落: **赤外線**
- 落下物の点検
- 路面上の異常発見(ポットホール, 伸縮, 標識・照明柱)



図-2 遠望目視点検

11

目視点検の課題と情報技術

– 見ない:

- ・ 画像利用(ポールカメラなど), モニタリング(緊急点検), ①**点検情報支援, 育成**

– 見えない:

- ・ 非破壊検査: ②**画像処理を利用した亀裂検知**, ③**非破壊検査の高度化**

– 先送り:

- ・ **点検・診断の数値化**

– 問題点: **客観性, 信頼性**

12

I. き裂検知への画像処理技術の応用

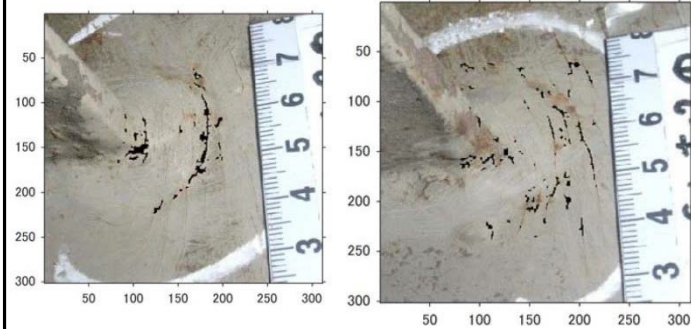
- 欠陥の画像判定
 - 部材表面に現れたパターンから、欠陥の可能性を分類する手法を開発する。
- 適用対象
 - コンクリートひび割れ判定
 - 鋼部材の疲労亀裂判定(今回報告)
 - 疲労き裂の点検方法: **塗膜割れ**にMTを実施。塗膜割れ数が非常に多く、点検のコストの大きな部分を占める。
 - 塗膜割れから**一次判定**により、非破壊検査箇所を絞り込みたい。
 - このための**き裂判定システム**を開発する。



13

塗膜割れからの疲労き裂判定システム

下:塗膜割れを画像処理して、着色した画像
塗膜割れ下にき裂があるのは?

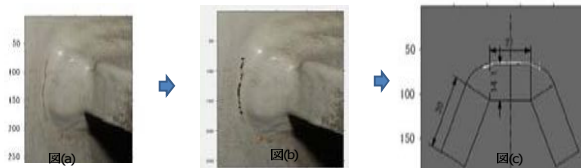


ウェブガセット返し溶接の割れ

14

塗膜割れからの疲労き裂判定システム

- 塗膜割れ下の、疲労き裂の有無を推定するシステム
- 推定手法:
 - 危険な損傷を中心に選定した損傷部位の塗膜割れをパターン化
 - 同様の手法にて疲労き裂DBを作成
 - DBと塗膜割れパターンのマッチングを利用した判定アルゴリズムの構築した



15

画像からの塗膜割れの抽出

輪郭抽出フィルタとノイズ除去フィルタを適用して画素強度の変化部分を抽出した画像と、HSV色空間を用いた色フィルタを適用して錆や下塗りの色を抽出した画像を生成し、2つの共通部分を抽出する。

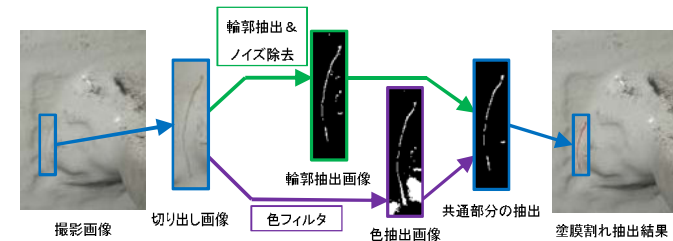


図-1 フィルタによる塗膜割れ抽出の流れと抽出例

16

き裂のパターン抽出

写真からでは撮影時の方向、距離、寸法などの三次元情報が得られない

画像上の特徴点とテンプレート上の対応点が一致するように射影変換を行うことで投影する

溶接ビードを二次元に展開したテンプレート上に抽出画像を投影する

- 画像上の特徴点とテンプレート上の対応点が一致するように射影変換を行うことで投影する
- 一括で形状を合わせる事が困難な場合は、領域を分割して射影変換を行う

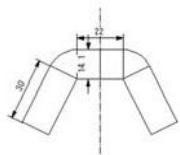
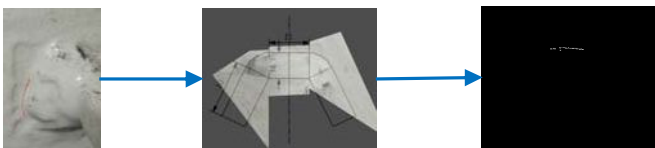


図-2 溶接ビードテンプレート



塗膜割れ抽出画像

テンプレート投影後

抽出されたパターン画像

図-3 テンプレートへの投影とパターン画像生成

き裂DBとのマッチング評価

- き裂DB: 抽出割れ画像をテンプレートに投影, 以下の画像をき裂パターンデータベースに登録する.
- (a) 塗膜の下に疲労き裂が存在することが分かっている塗膜割れ画像
- (b) 磁粉探傷試験の結果画像
- マッチング評価: 評価ロジックに基づき, DB全データとの一致度D(0~1)を計算, Dの最大値で評価

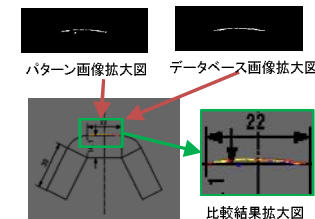


図-4 塗膜割れとデータベースの比較

評価値D	判定	判定結果記号
$D \geq 0.30$	き裂あり	○
$0.15 \leq D < 0.30$	き裂の疑いあり	△
$D < 0.15$	き裂なし	×

評価結果

	疲労亀裂	判定
A9	○	△
A10	○	○
A11	○	○
A12	○	○
A13	○	△
A14	○	○
A15	○	△
A16	○	○
A17	○	×
A18	○	○
A19	○	○
A20	○	○
A21	○	△
B1	×	○
B2	×	△
B3	×	×
B4	×	△
B5	×	×
B6	×	△
B7	×	×
B8	×	×
B9	×	○
B-10	×	×

き裂あり		○△を正解とした場合				○を正解			
		あり	なし	検出率	検知率	あり	なし	検出率	検知率
あり	あり	○△	10	91%	○	8	73%		
あり	なし	×	1		△×	3			
なし	あり	○△	5	50%	○	2	20%		
なし	なし	×	5		△×	8			

画像判定を1次判定に用いた場合のNDT箇所数

重要度の高いき裂: (○, △) → 非破壊検査

→ 検知率91% 空振り50% 検査箇所数54カ所*

重要度の低いき裂: ○のみ検査, △ → 経過観察

→ 検知率73% 空振り20% 検査箇所数20カ所*

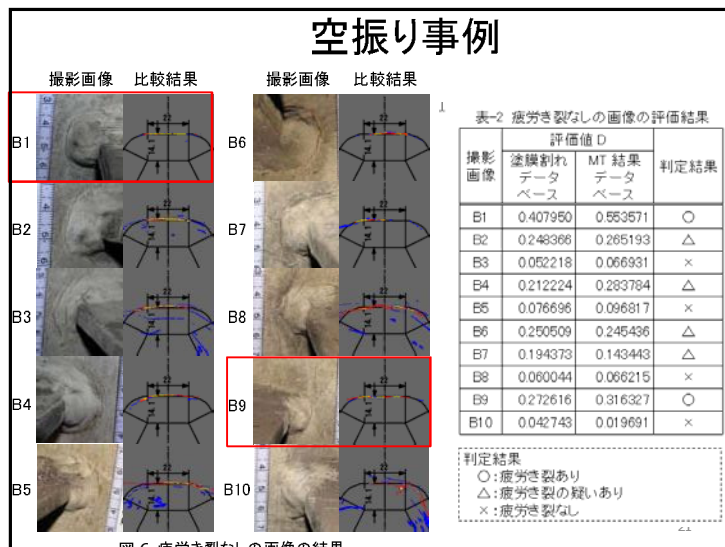
* 塗膜割れ100, うちき裂10個の場合 19

誤判定事例(見逃し)



塗膜割れが薄い

割れが上下にあるが、き裂に例が少ない。→ 別個に判定する。



(3)非破壊検査

- 亀裂検査
 - 磁粉探傷試験 (MT)
 - 表面き裂
 - 超音波探傷試験
 - 内部欠陥, き裂深さ
 - 渦流探傷試験 (ET)
 - 表面き裂, 塗膜上から検査
 - 浸透探傷試験 (PT)

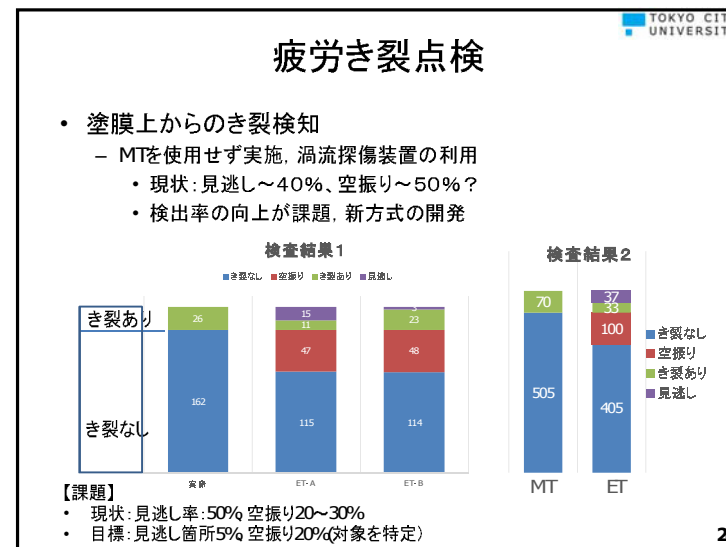
22

II. 渦流探傷の高度化

- き裂検知=MTによる塗膜割れ探傷(現状)
 - 低効率(発見率<10~20%)
 - 高コスト(足場, 塗膜除去, 電源)
- 渦流探傷
 - 高効率, 低コスト
 - 高い見逃し率, 空振り率(10~50%)
 - 誤検出の原因:
 - 探傷結果の判定の難しさ
 - **客観性**(誰がやっても同じ結果)の低さ
 - ビード不整ノイズの影響

画像化による検出性能向上

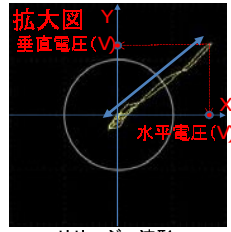
23



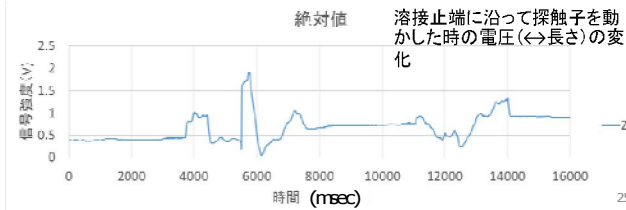
渦流探傷装置による亀裂検知



探傷電圧の時間変化(下記)



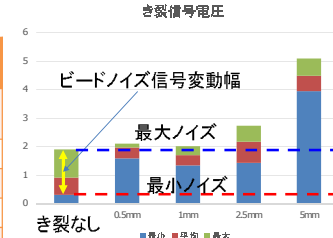
リサージュ波形



試験体を用いた渦流探傷装置の探傷性能評価

探傷結果 (信号電圧)

き裂深さ (mm)	最小値 (V)	最大値 (V)	最小値 /A
0(ビードノイズ)	0.31	1.91(≒A)	
0.5	1.50	2.21	0.79
1.0	1.35	2.03	0.71
2.5	1.44	2.75	0.75
5.0	3.96	5.10	2.07



最大ノイズとき裂の最小振幅の比較

き裂ありでの最小電圧 >> 最小ノイズ(0.31V) 良好状態
 き裂ありでの最大電圧 ≈ 最大ノイズ(1.91V) 劣悪状態
 き裂深さ2.5mm以下は見逃す可能性がある。
 検出限界深さ=1mm(三木ら)

→ 電圧絶対値のみではき裂の誤検出は発生する ← 放電加工試験体の場合

従来型ETの問題点

なぜ見落としが起きるのか

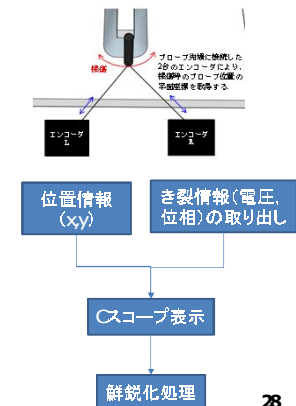
- 探傷走査
 - 探触子による走査(スキャン): 走査速度、角度により信号強度が変化する。
 - 鋼板との距離により電圧が変化(リフトアップ)→溶接部ノイズ
- リサージュ波形による検知
 - 高速で変化するリサージュ波形から欠陥の兆候を見逃しやすい。
 - 検出に位相信号を利用できるが、走査自体によっても変化する。
 - 探傷結果が記録できない。(再現性、客観性に欠ける)
- き裂開口: 非常に小さい、先端は0(放電加工と大きく異なる)、ET信号強度が小さい

27

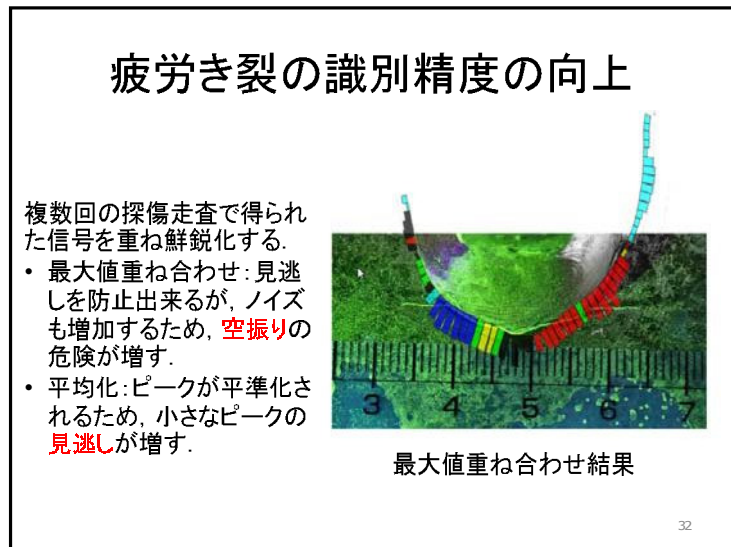
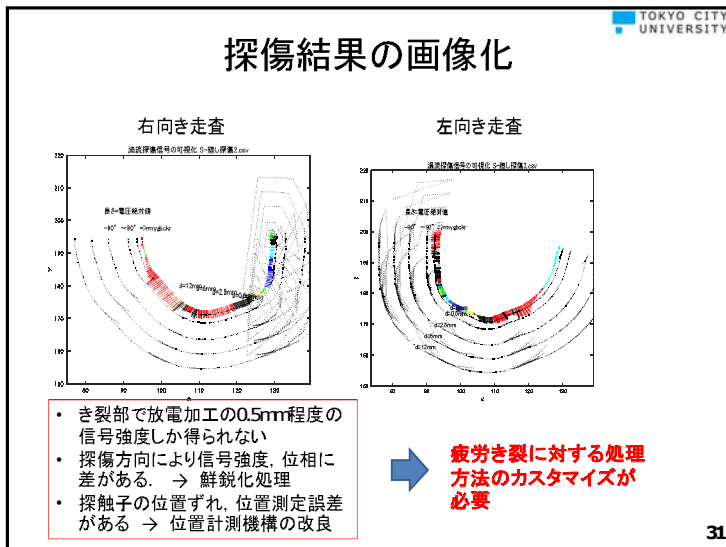
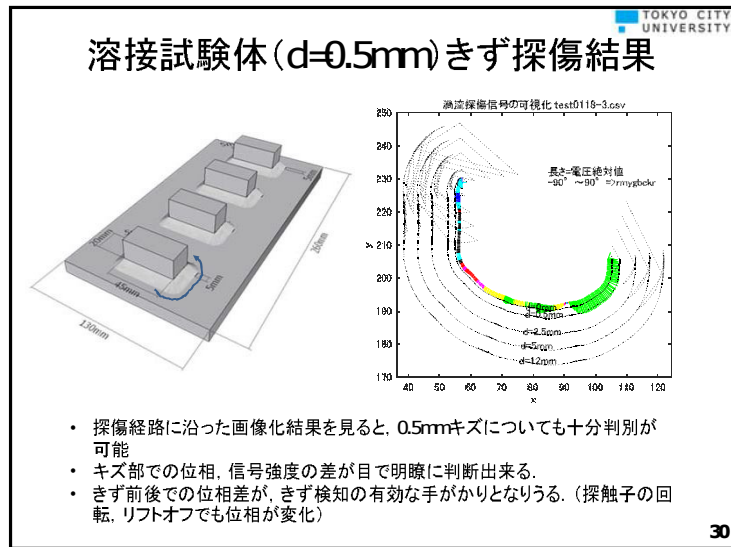
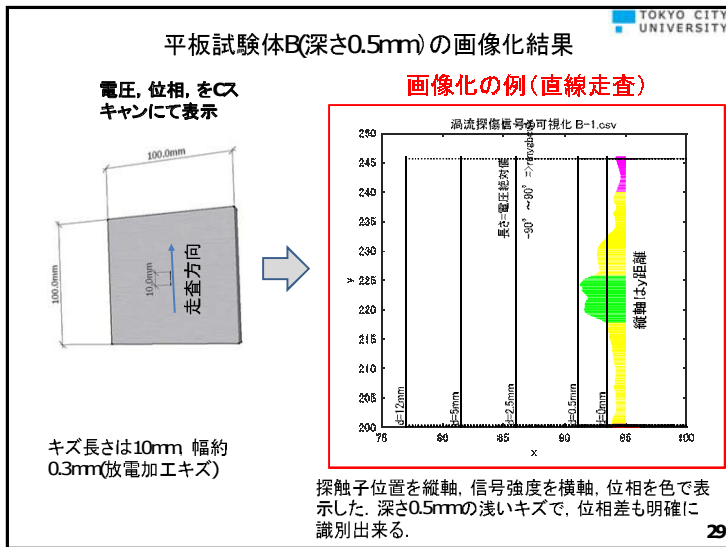
開発

塗膜上から疲労亀裂を見逃しなく検知する。

- 記録性、客観性(誰がやっても同じ結果が得られる)
 - 画像表示(スコープ化)
- ビードノイズの除去・識別力:
 - クロスポイント方式の採用+画像化により向上
- 位相情報:
 - 走査による位相と、き裂による位相差の識別
- 疲労き裂の識別:
 - 信号処理、鮮明化



28

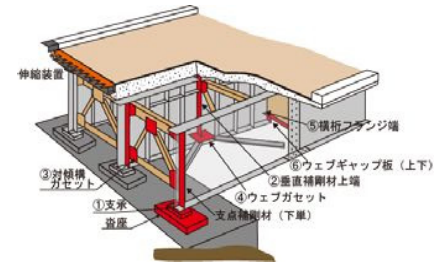


Ⅲ. 点検情報支援

- 点検橋梁に対する情報
 - 橋梁形状: 点検設備, アクセス手段
 - 既往損傷情報(カルテ→マップ)
- 点検損傷の情報
 - 損傷情報(損傷パタン, 点検ポイント)
 - 損傷DB

橋梁情報

- 損傷発生箇所は予測が可能
 - 供用年とともに発見数は急増する.
 - 点検員によって, 発見数は大きく変動する.
 - 塗膜割れ≠疲労亀裂



既往損傷情報・点検マップ

損傷DB 橋の構造データ

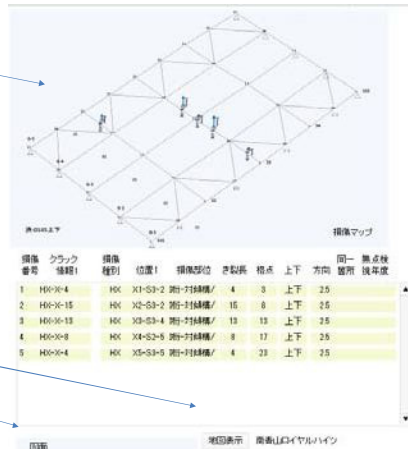
・損傷位置図

- 点検結果の記録
 - 橋名、損傷番号
 - 写真
 - 損傷のない場合
 - 無線

・損傷情報

・地図、周辺写真

・図面



点検情報

- 【見えない】
 - 不適切な点検方法
 - 困難箇所, 狭隙部
- 【見過ごし・見落とし】
 - 情報不足
 - 疲労亀裂(目視不可, 塗膜割れ≠亀裂)
 - 判定自由度が大きすぎる
- 危険損傷
 - 見逃してはいけない損傷
 - 橋を使用不可にする損傷
 - ・限界状態移行のメカニズム
 - ・点検手法



点検支援システム

- 近接目視点検を支援する
 - 見えない損傷の検知→非破壊検査 (MT→ET)
 - 見逃しの防止 (ソールPL部材裏, スカラップ内)
 - 目視点検補助 (ポールカメラ)
損傷情報の提供
- 点検結果の記録, 診断
 - 画像からの損傷検知 (き裂, ひび割れ)
 - 3次元計測技術による位置情報提供
 - 非破壊検査データとの照合
 - 点検情報のビジュアル化 (点検員への情報提供)



37

点検シミュレータ

- 橋梁点検の現場を再現
 - 点検員教育、熟達度評価、点検事前検討要シミュレーション



38

情報化技術による点検・診断の高度化

- インフラ維持管理の危機
 - 予算不足, 若年人口減 (省力, 効率化)
 - それを補う技術の不足
- 高度化: 情報化技術 (点検情報のデジタル化・センサー, 機器利用が前提)
 - 情報化技術を利用した点検へ
 - 点検情報の共有
 - 非破壊検査, モニタリングへのIT利用 (点検検査・モニタリングデータの情報処理手法)

39