

2016年2月29日  
道路の老朽化対策に関する講演会

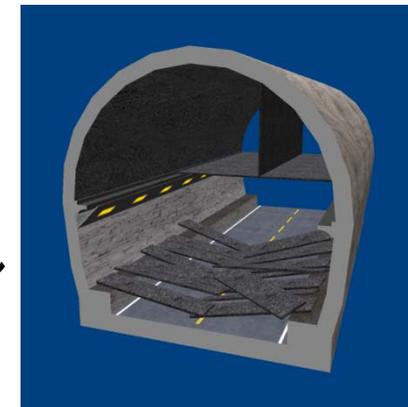
# 構造物の維持管理における課題と展望

(本格的な維持管理の時代を迎えて)

山梨大学工学部土木環境工学科  
地域防災・マネジメント研究センター  
齊藤成彦

## 笹子トンネル天井板落下事故

2012年12月2日 中央自動車道上り線笹子トンネル  
天井板のコンクリート板が約130mにわたって崩落  
死亡者9名 負傷者2名



Wikipediaより

原因:複合的な要因  
ずさんな点検  
天井板の設計の未熟さ  
施工不良



山梨県警より

老朽化したインフラ施設に対する  
維持管理の重要性が改めて浮き彫りに

2013年道路法改正



道路構造物の維持管理が本格化

# 建造物の維持管理とは？



現状を保存したい・・・。

既設建造物の維持管理は未知なる領域

## 構造物の維持管理とは？



供用して大丈夫？  
いつまで使える？  
どんな対策が必要？

構造物の現在の状態(現有性能)とこれからの状態(性能予測)

問いかけに対して適切に答えることができるか？

# 構造物の維持管理とは？



対策の実施

どの性能がどのように治ったのか？

# 道路橋の損傷事例



床版の水平ひび割れ

外観変状では把握が困難

鋼桁の腐食

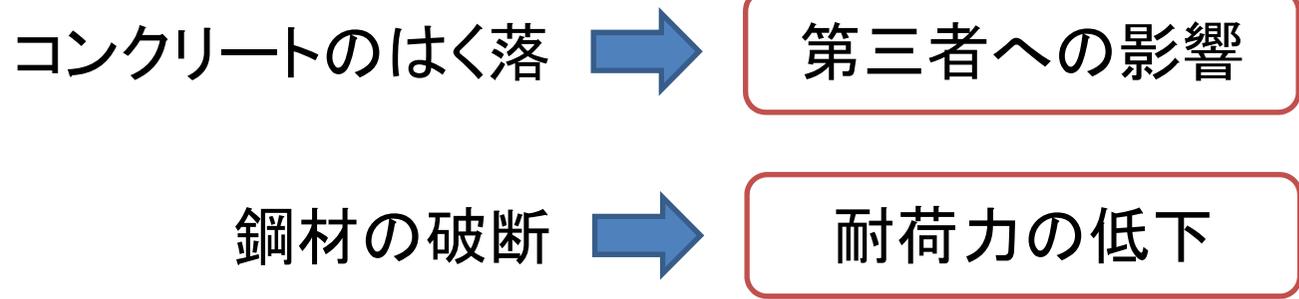
外観変状では最も悪い評価



国交省HPより

実は耐荷力は十分にある  
なぜ補修が必要なのか？

# 道路橋の損傷事例



(独)日本高速道路保有・債務返済機構HPより

変状によって構造物の性能への影響が異なる

## 道路橋の損傷事例

PCケーブルの損傷を確認

はく落部分の補修を実施

損傷が局所的であることを確認



現況の評価

鋼材の全数・全位置の調査は困難

抜本的な対策

通行止め・車線規制が困難(もちろん架け替えも・・・)



モニタリングにより損傷の進行を検知

維持管理の方法は正しいのか？

# 現状の維持管理における課題

## 現状の維持管理の課題

材料の劣化現象に着目（構造物の性能は？）  
点検主体で性能評価があいまい（点検→対策）  
対策で性能がどのように回復しているのか不明  
予防保全なのか問題の先送りなのか？

## 土木学会・示方書の目標

点検に過度に依存した維持管理法からの脱却  
構造性能評価の具体的方法の提示  
性能評価に基づく効果的な対策の実施  
構造性能に立脚した合理的な維持管理の実現へ

2014年版 土木学会・複合構造標準示方書[維持管理編]

# 構造物の維持管理サイクル

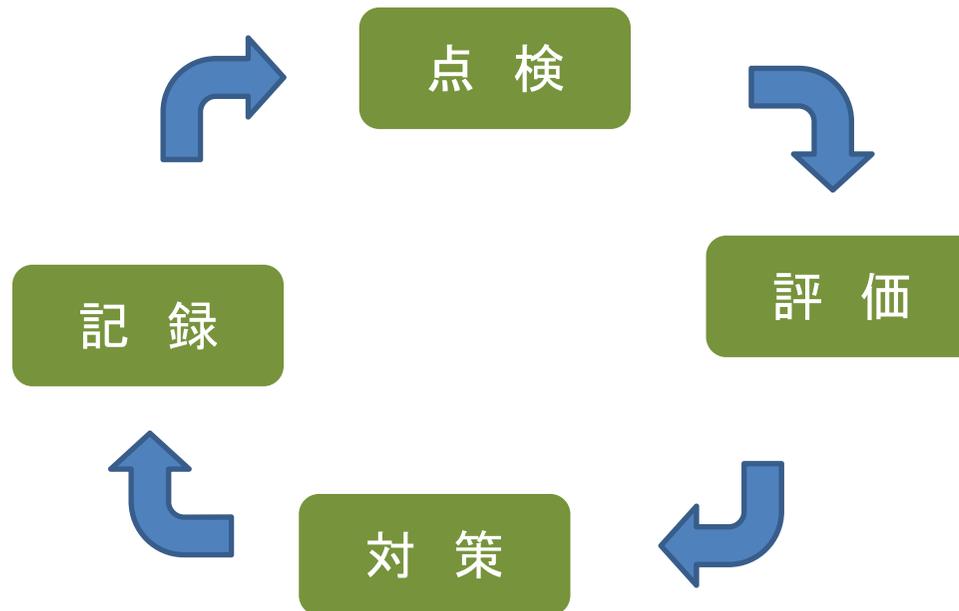
計 画

定期点検: 定期健康診断

30年以上経過した構造物: より詳細な健康診断(人間ドック)

設計耐用期間が明確でない(構造物をいつまで使うの?)

サイクルを回すことは大事



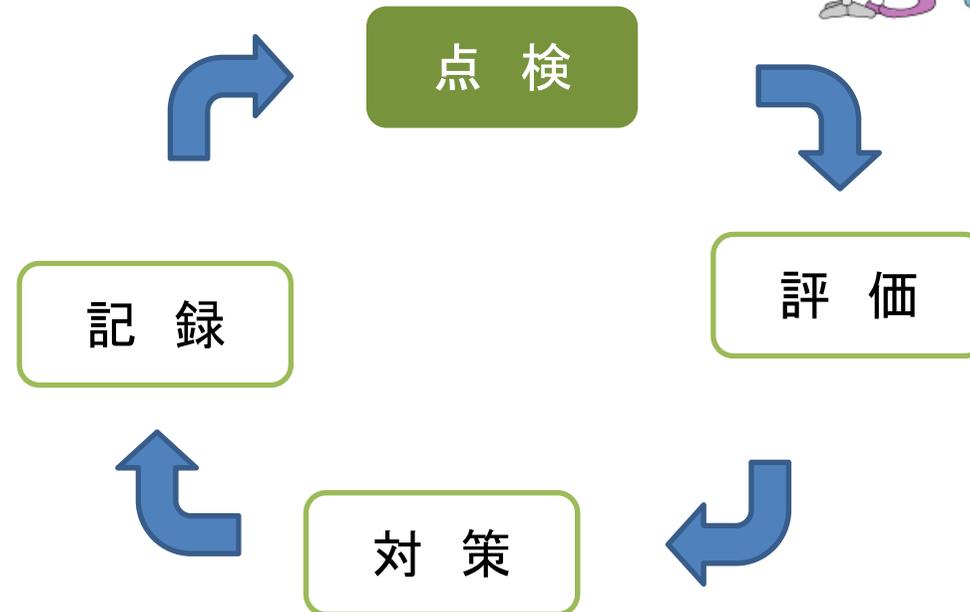
構造物の保守が一番大事



各行為の実質化

# 構造物の維持管理サイクル

## 各維持管理行為の課題と展望



構造性能に基づいた点検とは？

たとえば  
鉄筋コンクリート構造物のひび割れ要因

交通荷重  
コンクリートの収縮(乾燥, 温度)  
アルカリシリカ反応(骨材の膨張)  
塩害(鋼材腐食によるひび割れ)  
凍害 など

ひび割れは全て悪い？

鉄筋コンクリート構造物は  
ひび割れの発生が前提

設計で想定しているひび割れ  
or  
設計で想定していないひび割れ



## 構造性能に基づいた点検とは？

現在の主目的：構造物の異常を検知  
問題があれば早めに対処

老朽化が進むと  
構造物の性能(構造性能)を把握したい

あるべき姿：構造物の性能を評価するための情報を取得

まず性能評価の方法が決まる  
点検で性能評価に必要な情報を取得する

評価の対象となる性能(走行性？第三者影響？耐荷力？)

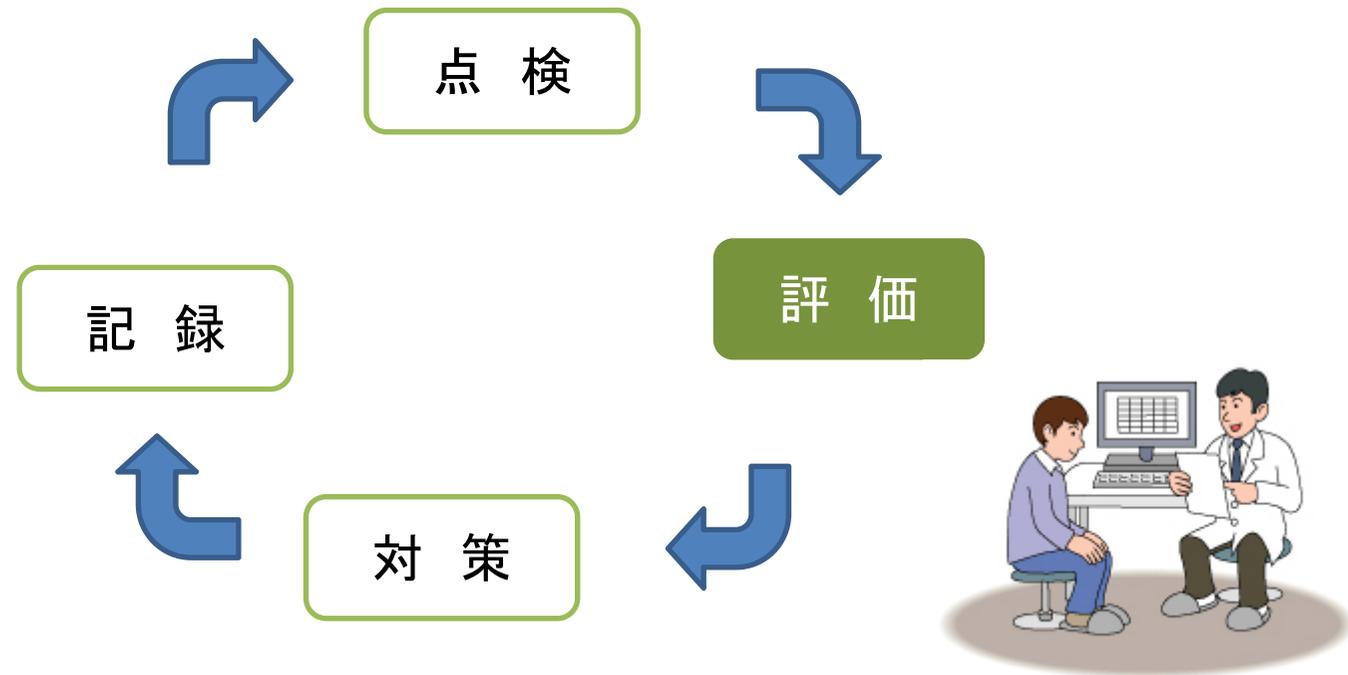
➡ 評価の指標(たわみ？ひび割れ？応力・ひずみ？)

➡ 必要な情報(環境・荷重条件？材料の状態？)

➡ 調査方法・項目(目視？コア採取？非破壊試験？)

# 構造物の維持管理サイクル

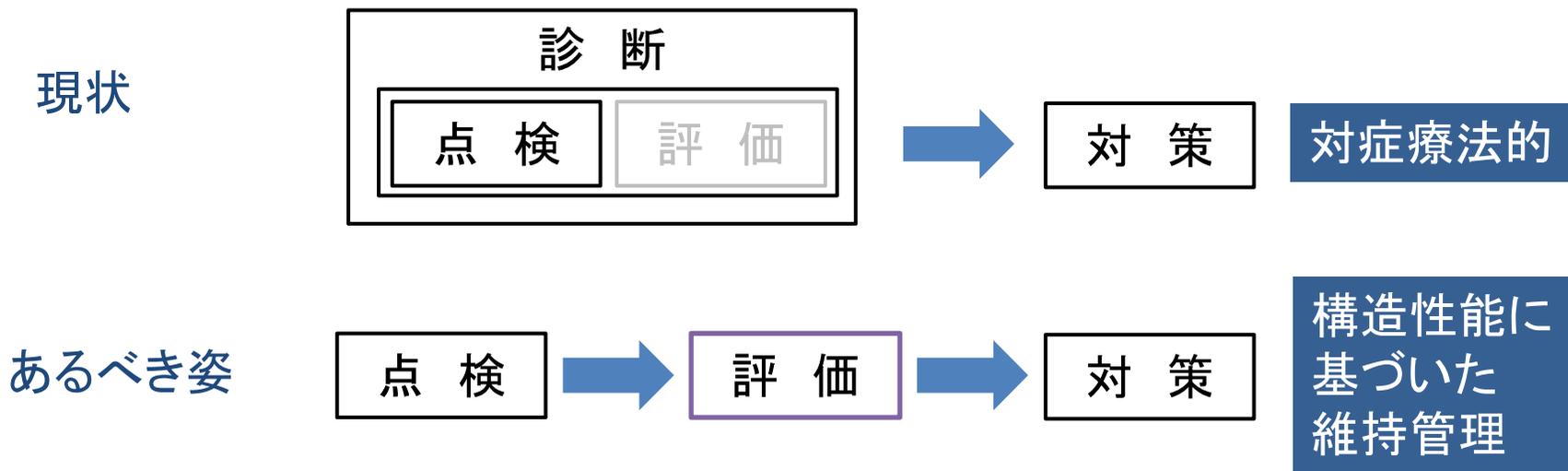
## 各維持管理行為の課題と展望



構造性能に基づいた評価とは？

# 構造性能に基づいた評価とは？

維持管理の目的：構造物の要求性能を確保すること



## 長崎大学 道守養成ユニット

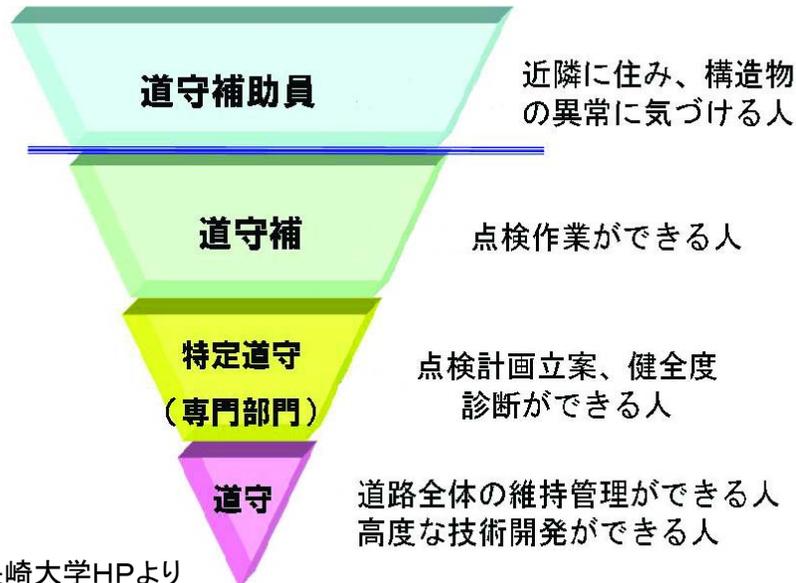
自治体との連携・地域再生の観点

(対象)

- ・道守補助員コース(講習, 現場実習) 地域住民
- ・道守, 特定道守, 道守補コース(実験, 研究開発) 自治体・企業の職員やOB

(2014年実績)

道守:12名 特定道守:36名 道守補:154名 道守補助員:286名



点検と評価  
真に必要な人材とは？

点検

構造物の異常を察知  
評価に必要な情報を取得

訓練の実施  
マニュアルの整備



必要とする技術レベルが異なる

評価

構造物の保有する性能を判断  
構造物の将来を予測  
適切な対策の判断

設計・施工に精通  
高度な知識と経験

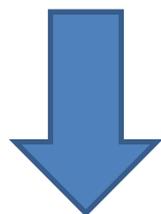
評価を実施可能な技術者の育成は容易でない

- 看護師による応急処置



風邪やすり傷の治療

点検依存



構造物の老朽化が進行  
老朽化した構造物の増加

- 医師による診断



患者やその病状に応じた適切な処置

構造性能評価の実施

高度な知識と豊富な経験

評価

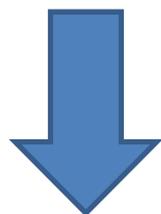
## 維持管理に関する人材育成

町医者で触診による定期健康診断

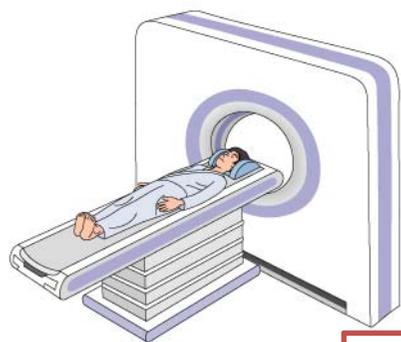


トライアージ的

グレーディング



町医者で判断できない症状



総合病院(専門医)の整備

定量的評価

(MRI, CTスキャンに基づく診断)

技術革新の必要性

設計(人間と違って設計図がある)  
施工(どのように造られたか記録がある)

## グレーディング

点検や評価にかかる労力が比較的小さい

外観の変状のみから性能を評価するのは容易ではない



かなり安全側の判断が必要  
経験の蓄積が必要

## 定量的評価手法

非線形数値解析(コンピュータシミュレーション)

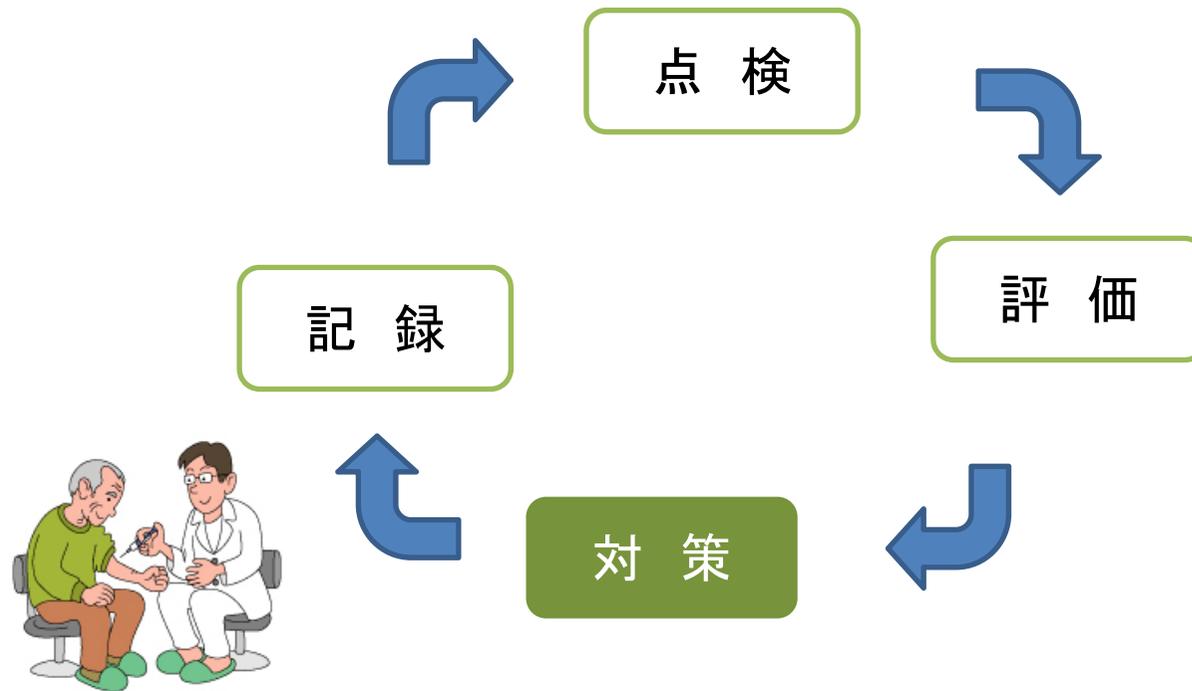
容易でない評価には高度な技術が必要



力学的根拠に基づく客観的手法  
高度な技術的判断

# 構造物の維持管理サイクル

## 各維持管理行為の課題と展望



適切な対策を実施するには？

対策

適切な対策を実施するには？

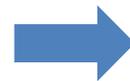
現状



対症療法的

見かけの損傷を補修

あるべき姿



構造性能に  
基づいた  
維持管理

性能の回復を図る

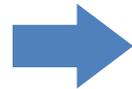


ひび割れの補修

樹脂注入

ひび割れの種類によって効果が変わる

構造性能評価に基づく対策



どの性能(対象となる性能を明確に)  
どの程度(補修・補強設計と性能照査)  
どのくらいの期間(対策の設計耐用年数)

ライフサイクルコストを考慮して合理的に

構造物の設計耐用期間を明確に意識

構造物の延命化



構造物の更新

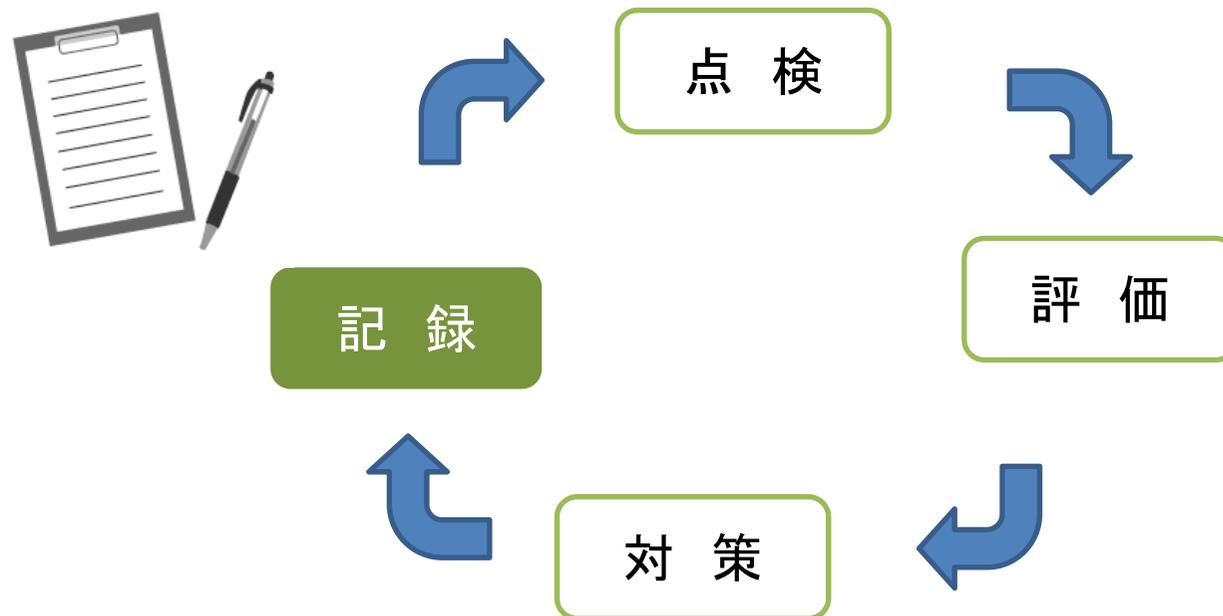
構造性能評価に基づく維持管理

通行止め, 車線規制...

地域住民や使用者の理解を得るために根拠を持って説明

# 構造物の維持管理サイクル

## 各維持管理行為の課題と展望



意味のある情報とは？

長寿命化計画  
5年に一度の定期点検

2m以上の橋梁で全国70万橋  
山梨県内だけでも約8000橋

➡ 膨大なデータが蓄積されるが活用できない

利用可能なデータに(誰がいつどんな情報を必要とするか)  
意味のあるデータを記録(構造性能評価のためのデータ)  
公開による情報の共有(経験値の共有)

機能的なデータベースの構築

利用者が必要な情報にアクセスしやすいように  
情報の一般化や知識化が必要

## 笹子トンネル天井板落下事故

2015年12月22日 賠償命じる判決

天井板を固定するボルトが劣化したことなどが、崩落の原因と認定。建設から35年が経過しており、「打音や触診といった適切な点検をしなければ、不具合を見過ごし、事故が起きると予見できた」と指摘した。さらに、こうした点検をしていれば事故は防げたと述べ、中日本高速と子会社に道路管理上の過失があったと結論づけた。(朝日新聞)

点検の問題だけ？

1977年12月供用開始  
2012年12月事故

35年間

なぜ適切な時期に更新できなかったのか？

## まとめ

- 設計耐用期間の明確化

いつまで使うのか？使えるようにするのか？

- 点検と性能評価の関係

何のための点検か？この橋は落ちるのか落ちないのか？

- 対策の課題

何が直ったのか？いつまで効果があるのか？使用者の理解は？

- 技術者・予算不足への対応

どんな能力を持った技術者と何のための予算が必要なのか？

維持管理システムの高度化

おわり