

橋梁の老朽化と対策

国内外の損傷事例に学ぶ

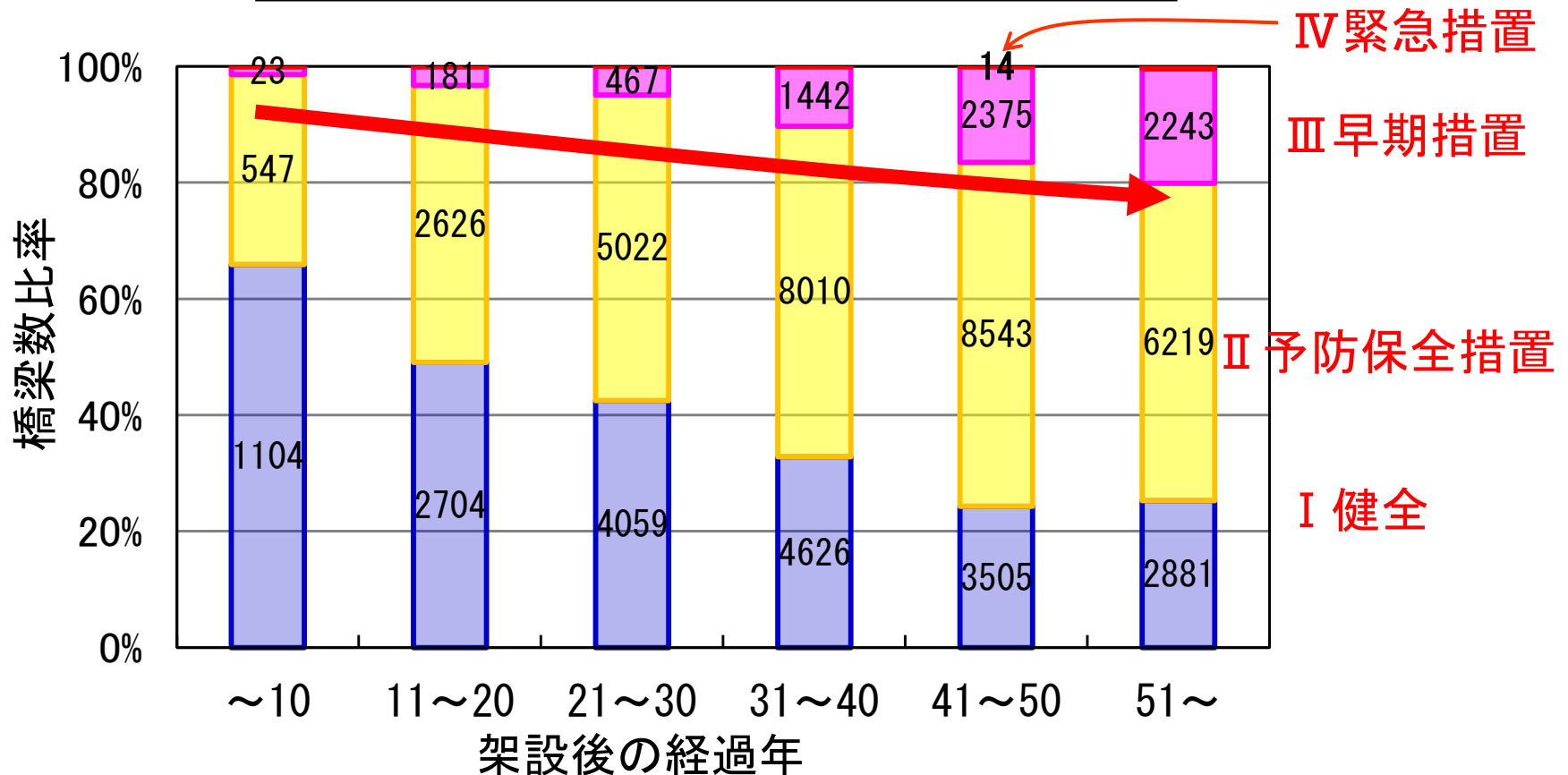
首都大学東京

村越 潤

定期点検からわかる状況～古くなるほど橋の状態は悪化～

○高度経済成長期に建設された道路橋の急速な高齢化が進行
高齡橋ほど、損傷が発生する割合は増加

市町村管理の道路橋における定期点検結果

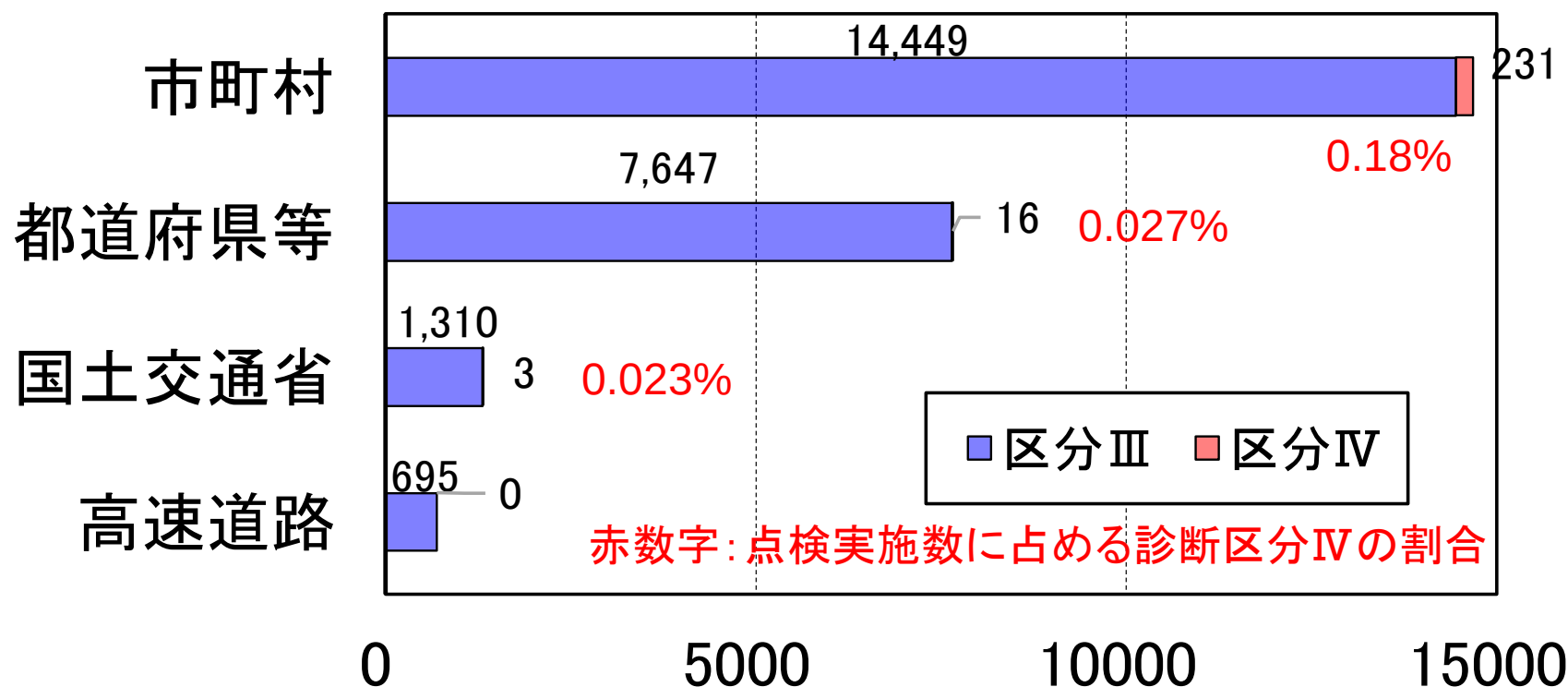


出典：国土交通省資料（平成27年度点検結果）

定期点検からわかる状況～市町村の橋は厳しい状況～

○市町村が管理する橋は、区分Ⅳの比率も高く厳しい状況

道路管理者別のH26, 27の点検結果(区分Ⅲ、Ⅳ)

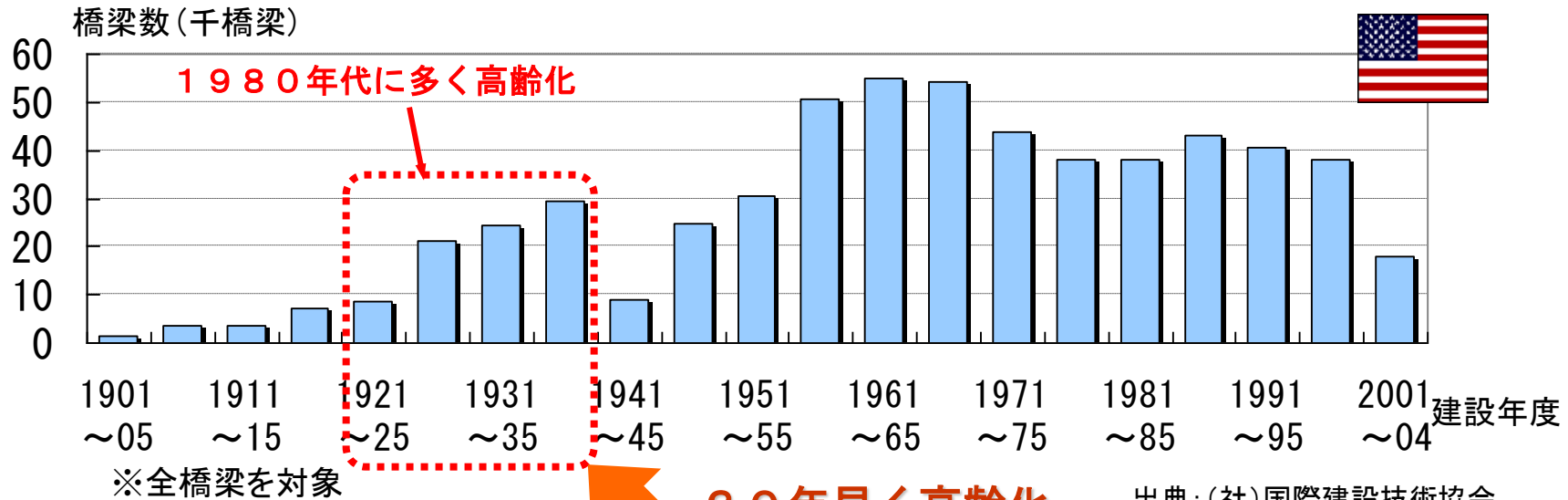


※平成26,27年度の点検結果の合計

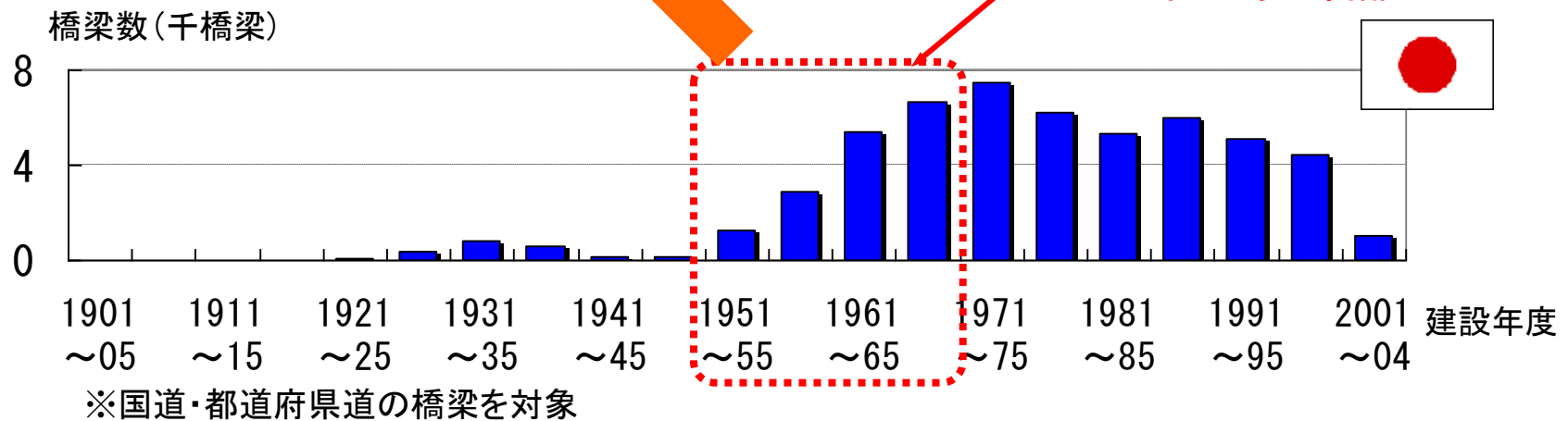
出典: 国土交通省資料(平成27年度点検結果)

日米の橋梁の建設年次の比較

【米国の橋梁の建設年】



【日本の橋梁の建設年】



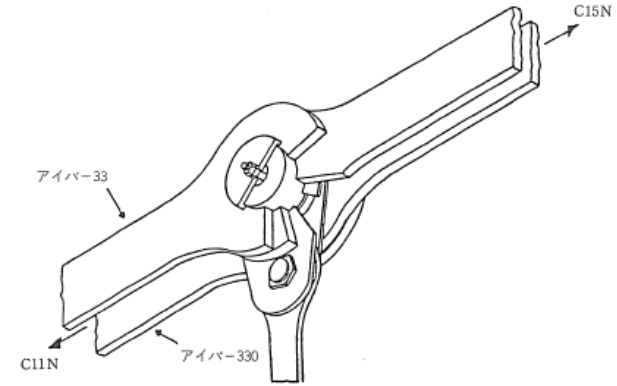
Silver橋の崩落

形式:アイバーチェーン吊橋

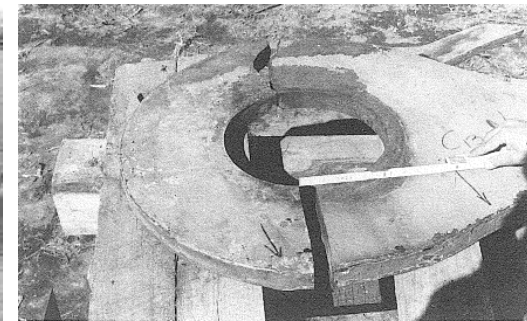
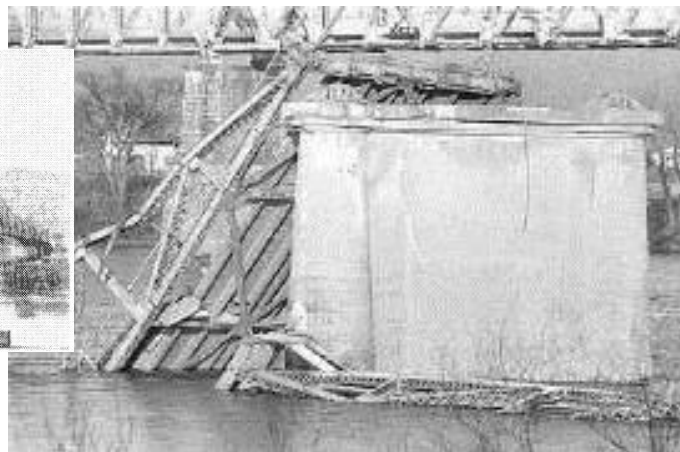
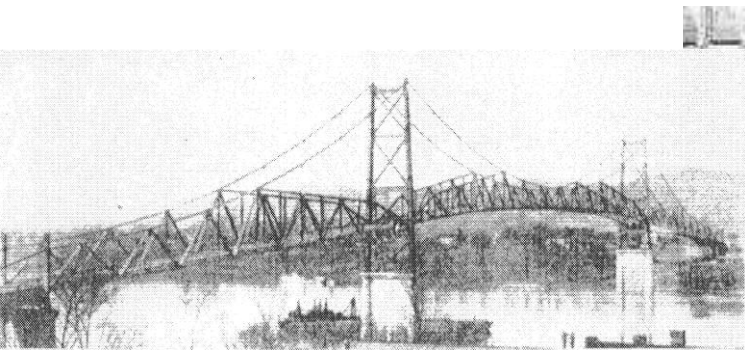
橋長:670m(支間長120m、吊桁長48m)

竣工:1928年(供用後39年)

概要:1967年12月、崩落。アイバーのピン孔の2箇所に応力腐食によって発生したき裂からの脆性破壊と推測



崩壊したジョイント構造
(アイバーと接合ピンにより構成)



崩壊したアイバー
(材質は応力腐食に敏感)

全景と崩落状況

出典: Fatigue And Fracture In Steel Bridges Case Studies, John W. Fisher, 1984

- ・1971年 全米橋梁点検基準(NBIS)施行
(支間6m以上の60万全橋に2年以内の定期点検の義務付け)

Mianus River橋の崩落

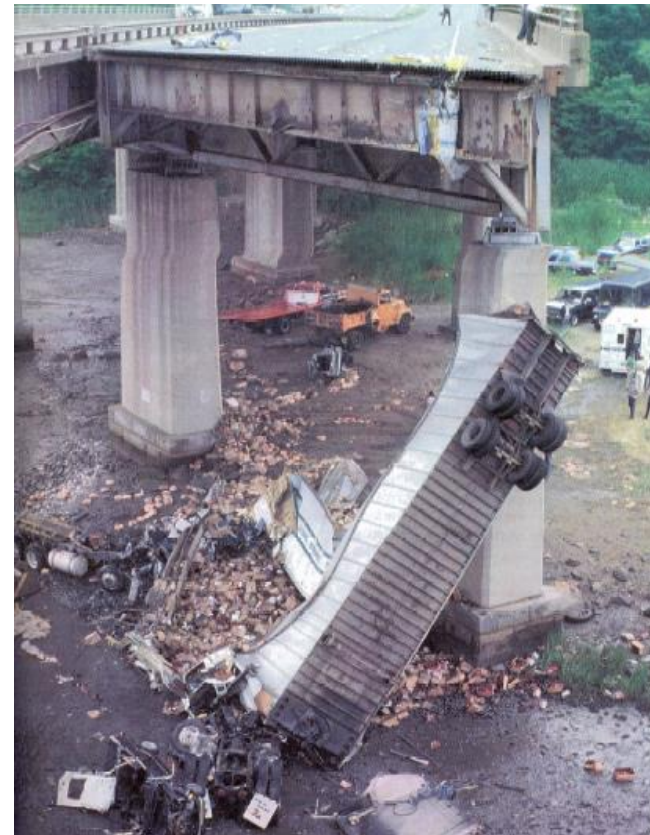
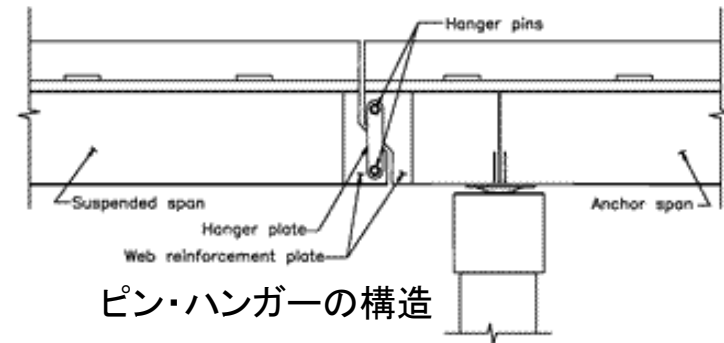
形式:ゲルバー I 桁

橋長:吊桁部31m(斜橋)

竣工:1958年 (供用後25年)

概要:1983年6月、支間30mの吊桁部分が落下。腐食に伴う横方向変位により1枚のハンガーがピンよりはずれ、ピンに疲労き裂が発生

・1988年 Fracture Critical Member点検の義務付け
(近接目視点検、非破壊検査手法の適用)



ピン・ハンガー部の脱落

出典:NTSB:Highway Accident Report

CONNOR, R.J. et al., Inspection and Management of Bridges with Fracture-Critical Details, NCHRP SYN. 354, 2005

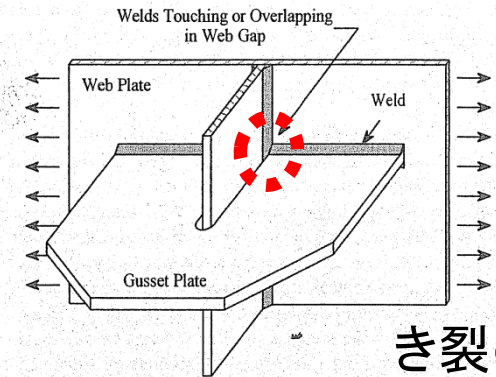
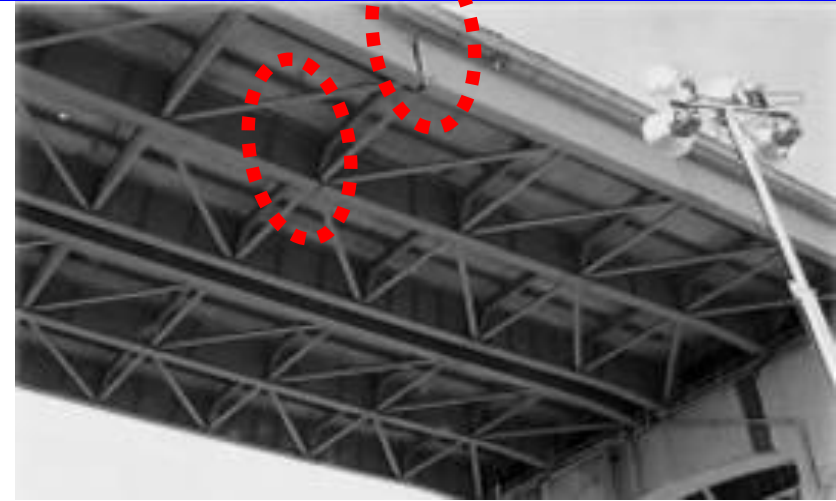
Hoan橋の主桁破断

形式：3径間連続 I 桁橋

橋長：195m(支間長65m)

竣工：1977年開通(供用後23年)

概要：2000年12月、横部材ガセット
溶接部からき裂が進展し、2主
桁を破断



き裂の起点

《調査結果》

- ・ガセットと垂直補剛材間の、高い拘束応力状態の交差部から発生。
- ・鋼材の機械的性質は基準を満足。通常の使用状態では十分なじん性を確保。
- ・脆性破壊前のき裂は微小で、発見困難。

I-35W橋の崩落事故

形式：上路トラス橋

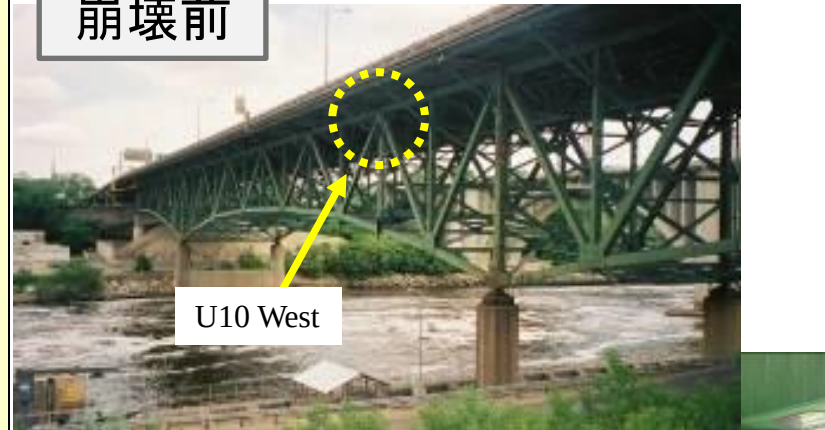
橋長：581m(中央径間長139m)

竣工：1967年（供用後40年）

日交通量14万台/8車線

概要：2007年8月、突然崩壊。落橋の
起点となったガセットプレートの
設計の誤りが主因

崩壊前

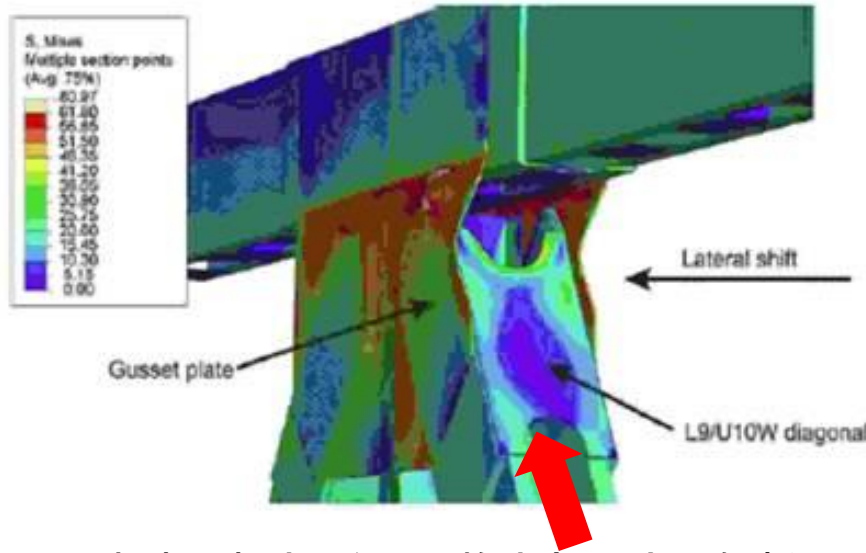


破壊起点とされた
ガセットプレート



板厚が不足していたガセット

崩壊後

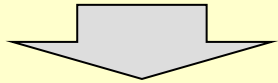


崩壊の起点となった格点部の応力解析
(拡幅等による死・活荷重の増加、工事死荷重の影響等)

維持管理の課題が明らかに

《維持管理に係わる指摘事項》

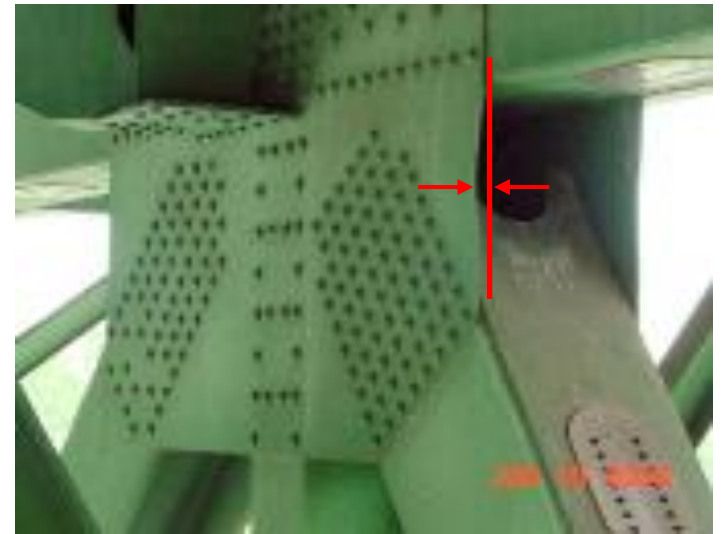
格点部の腐食や変形等の損傷に対する点検・状態評価の重要性を指摘



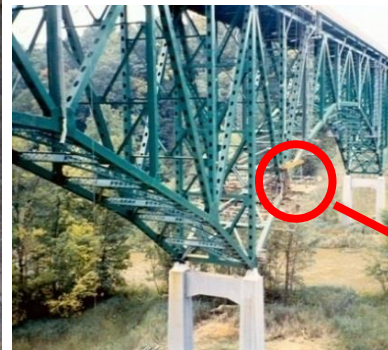
点検研修、マニュアル等への反映を勧告



ガセットプレートの局所腐食欠損の例



崩壊起点の格点部



過去のガセットプレートの座屈事例

海外の損傷事例からの教訓

○点検・診断の質の継続的な向上が重要

米国での橋梁の現況

・・・制度が整備されても、重大損傷は発生する可能性

トラス等格点部の腐食

○腐食状況や格点部の構造諸元によっては、斜材接合部の破壊がクリティカルとなる可能性

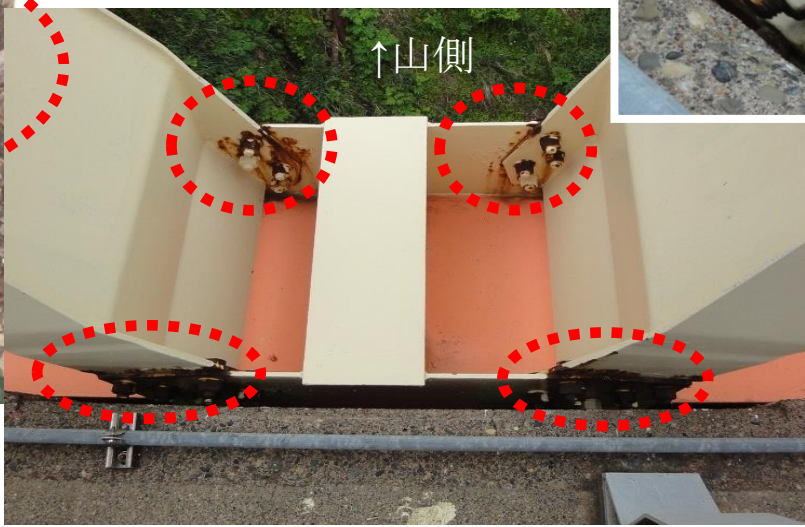


ガセットの腐食

断面急変部の
腐食による減肉



土砂堆積と腐食



地覆側の腐食が
進行

鋼 I 桁橋の疲労損傷事例

形式: 3径間連続非合成鋼 I 桁橋

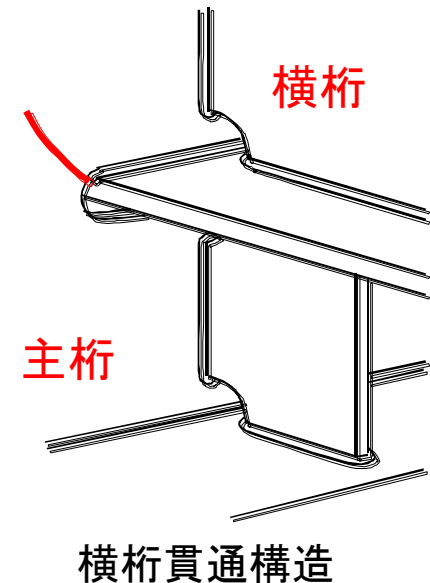
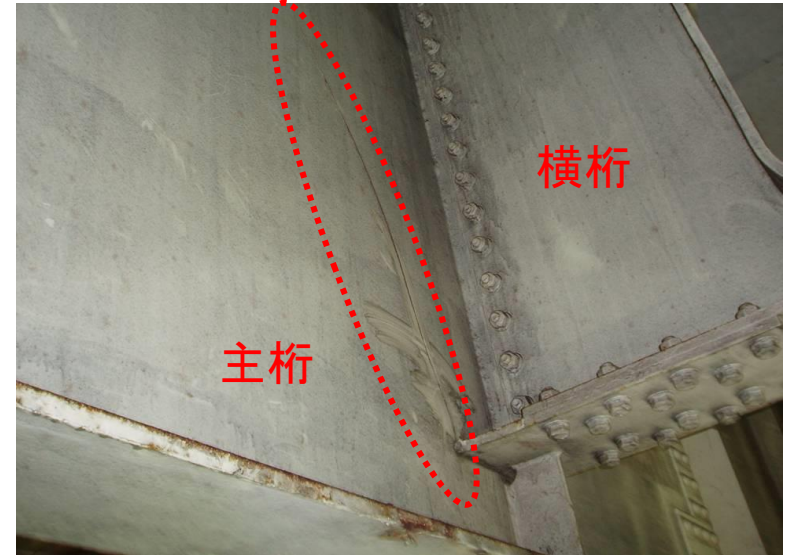
橋長: 38m+51m+38m 幅員9.9m

竣工: 1972年(供用後34年)

交通量: 約3万台/日

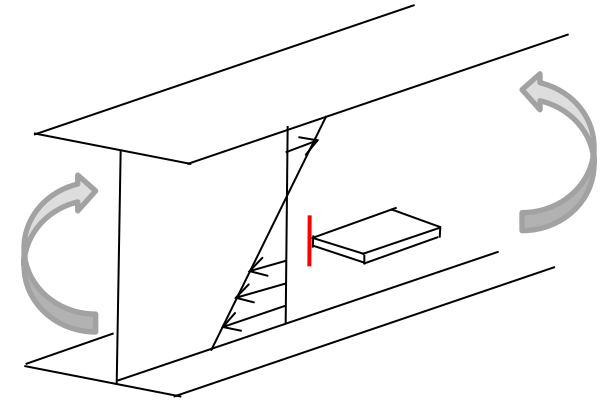
大型車混入率約45%

概要: 2006年10月、主桁ウェブの
横桁取付け部からの約1.1m
のき裂を発見



主桁の溶接継手の疲労強度

- 疲労設計では、継手の形状等により、疲労強度(9等級)を設定
- 疲労強度の相対的に低い等級の継手は、使用しない方が良い継手とされている。



面外ガセット継手

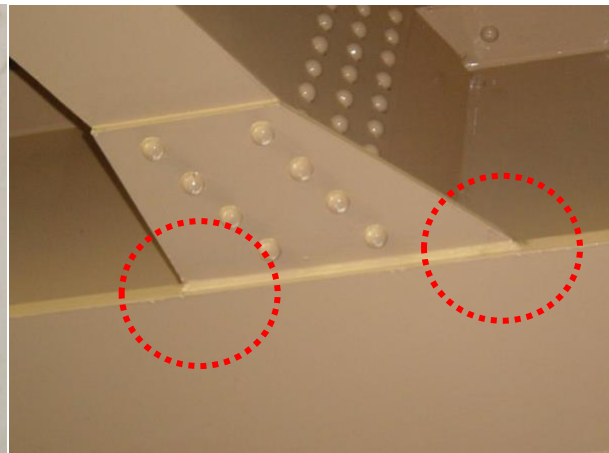
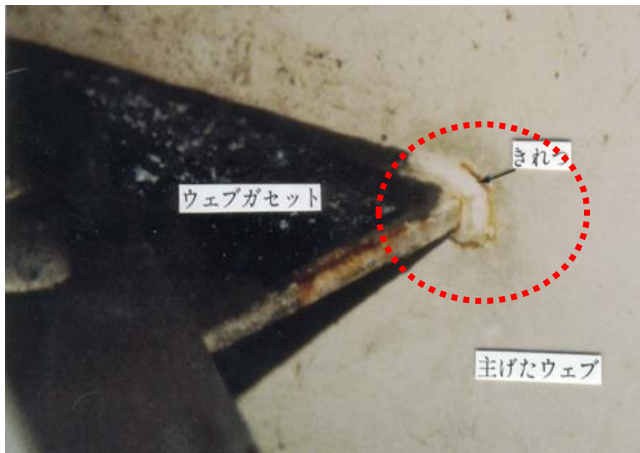
疲労強度等級
G等級(50MPa) 寿命比1

面内ガセット継手

疲労強度等級
H等級(40MPa) 約1/2

面外ガセット継手

(主桁にガセットを貫通)
疲労強度等級
H'等級(30MPa) 約1/4.6

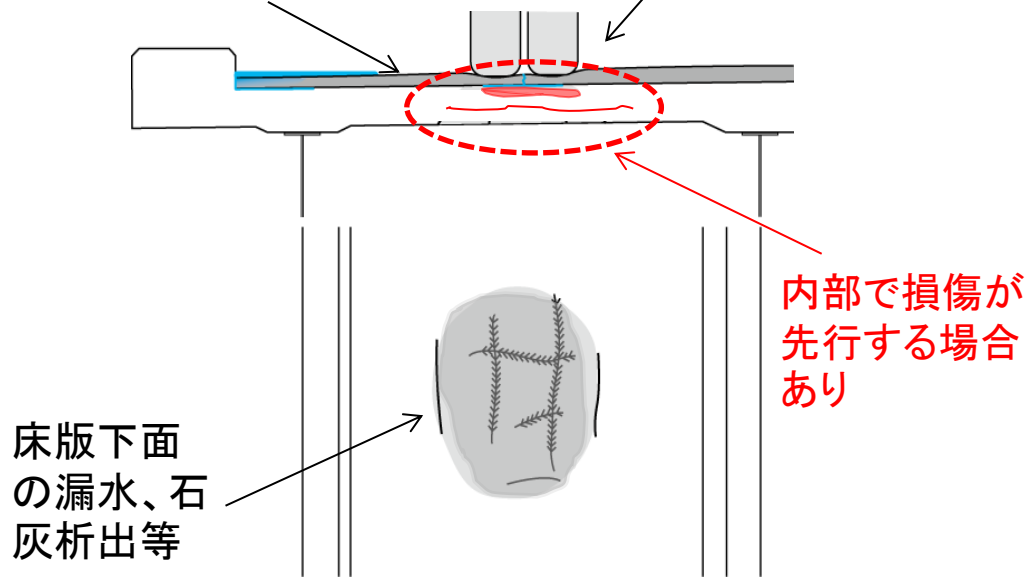


外観だけでは状態を把握しにくい床版の損傷事例

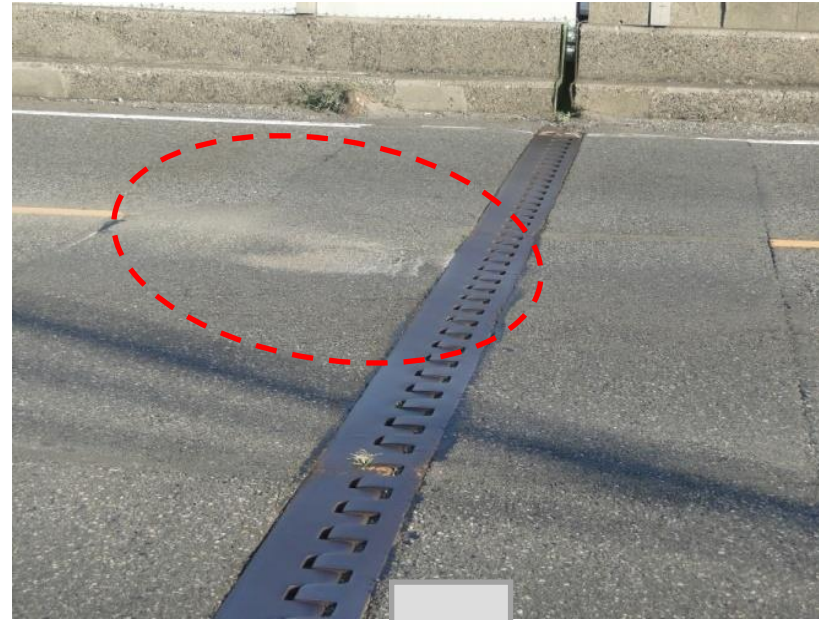
- 床版内部のひび割れ、土砂化の進行
- 道路巡回時の路面状態に注意

舗装のひび割れ、目地、部分補修箇所から水が浸入

疲労、凍害など、様々な要因の可能性

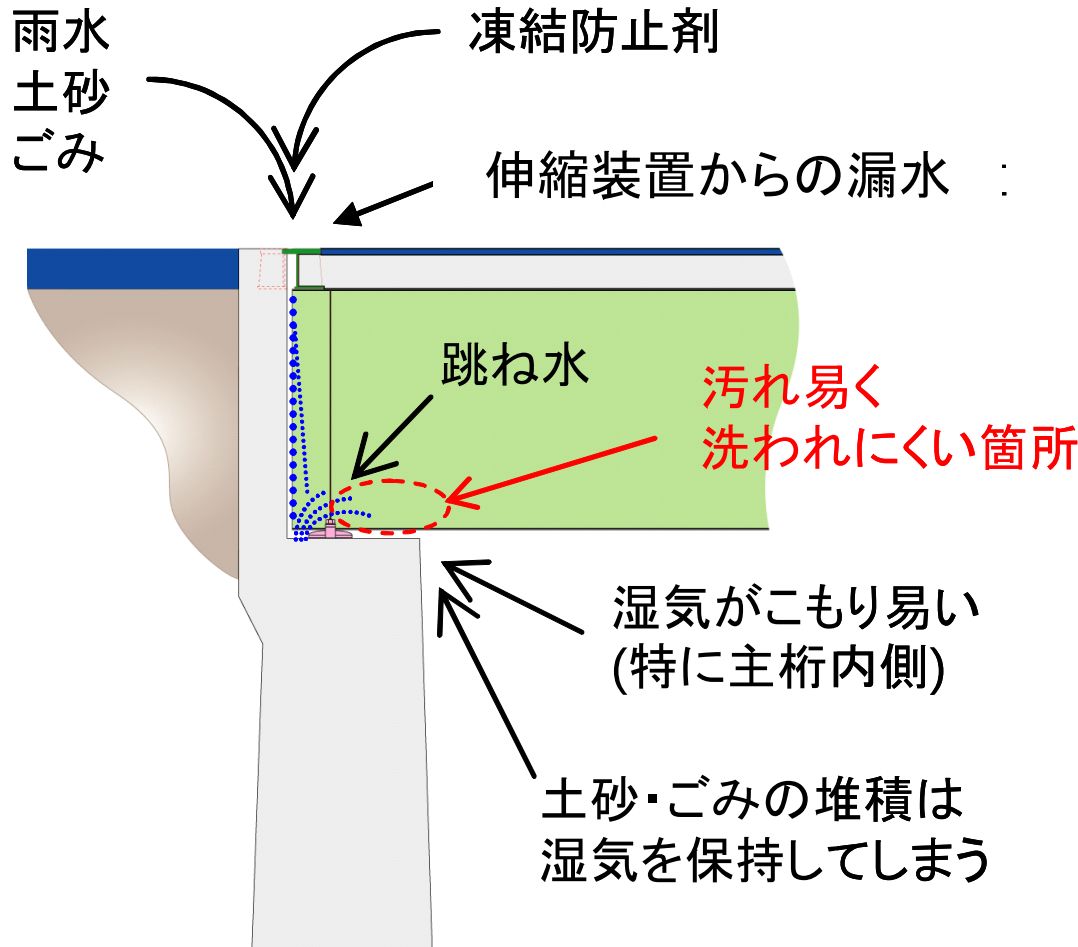


はつったところ、上面主鉄筋の下側まで土砂化



桁端の腐食事例 ～桁端対策は鋼橋の延命化の鍵～

○点検結果によれば、一般に桁端部に腐食が集中する傾向
⇒局部的に進行し、耐力喪失に至った事例も
地震時の損傷要因に

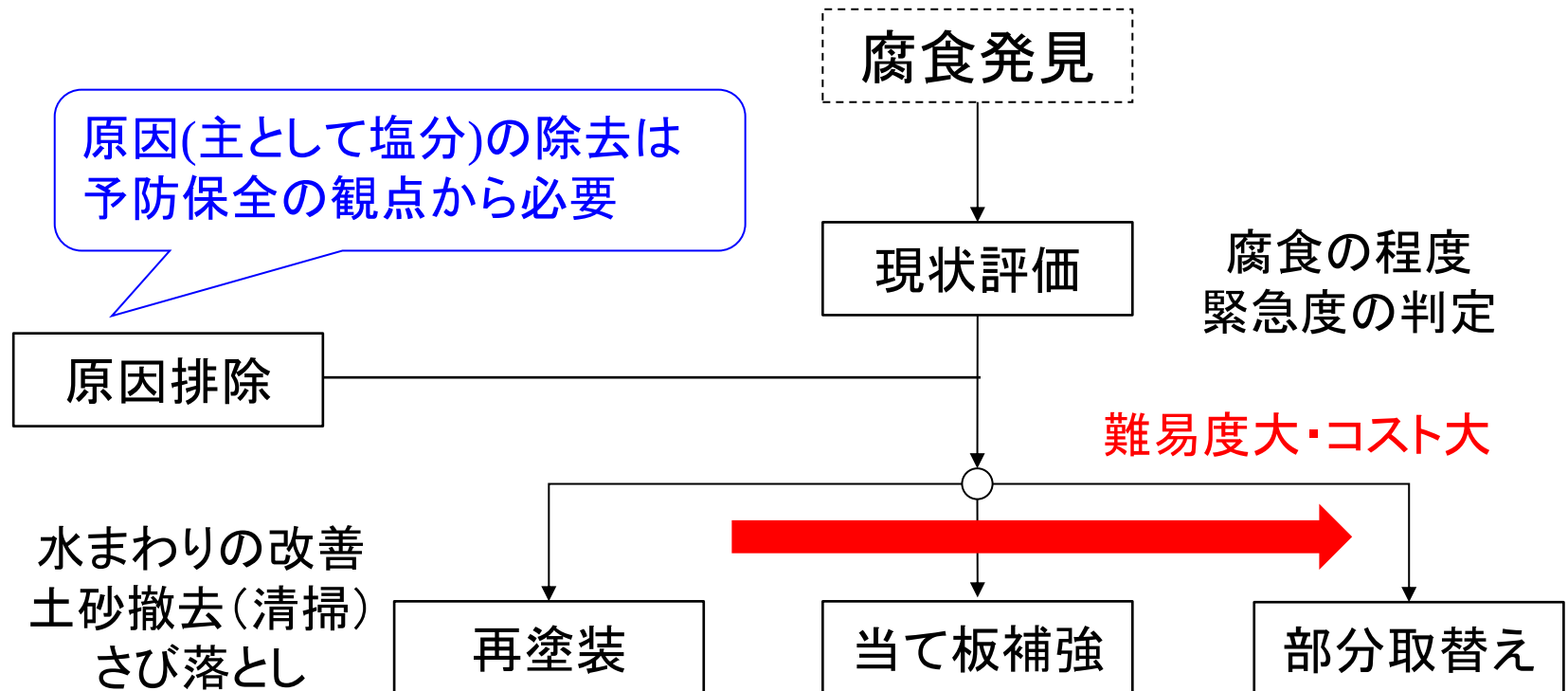


断面欠損と座屈



局部的な腐食

早期対策の重要性



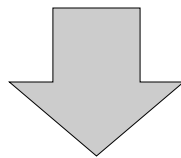
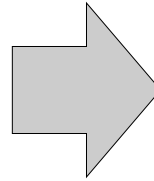
腐食原因の排除



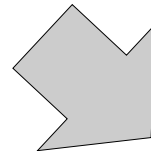
○桁端の水処理は深刻、改善できれば負担軽減は可能
⇒現場ニーズに対応した技術の充実



補修・補強の信頼性



補修補強の
信頼性？



維持管理における留意点

○橋梁の診断・措置を行う上で留意すべき点

- ・作られ方、使われ方で、損傷の発生・進行形態は変わる。
- ・同種の損傷でも、発生部位・形態で橋への影響度は異なる。
- ・損傷の進行性や耐荷力への影響はわからないことも多い。
 - ・外観の変状が明確になった時点で、損傷が相当進行
 - ⇒間接的な兆候を見逃さない
 - ⇒目視困難な損傷への非破壊調査の効果的活用
 - ・施工要因など、想定しにくい部位からも損傷は発生
 - ⇒あらゆる部位の近接目視が重要

まとめ

- 高齡橋の増加に伴い、安全性が脅かされる事例も
 - ・これまで目立たなかった損傷の顕在化
 - ・目視だけでは状態把握・評価に限界のある事例も
- 設計・施工方法(つくられ方)、供用中の外力・環境作用(つかわれ方)は個別の橋(部材、部位)毎に様々。変状や劣化損傷の性能への影響は異なる



- 点検・診断の質の継続的な向上
 - ・橋梁情報や維持管理技術の知見、経験より総合的に判断
 - ・既存事例の知見を学ぶ
 - (良い例、悪い例の情報共有、専門家の助言も)
- 非破壊調査技術の効果的活用
- 対策の信頼性の確保のための、対策技術の標準化