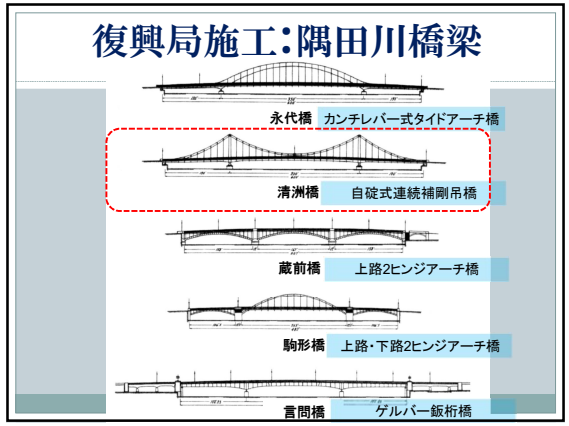
道路橋メンテナンスへの提言

1. 田中豊と清州橋
2. 鈴木俊男と葛西橋
3. 技術者への道
4. 海外から学んだこと

田中豊と清州橋

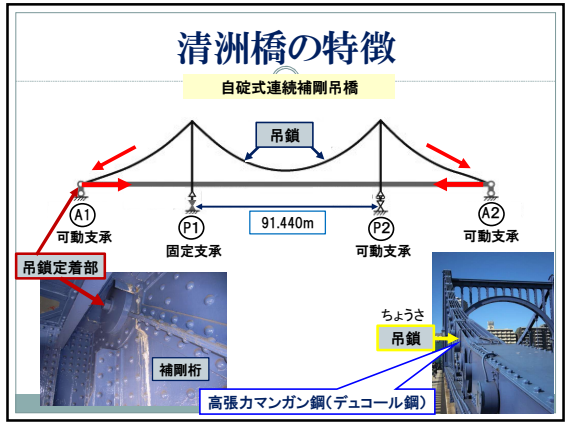
名誉ある土木学会・田中賞をいただきました！

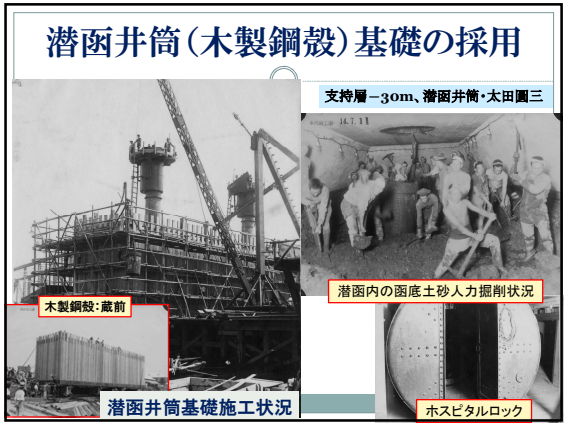
大正関東地震『震災復興事業』 | 復興の礎



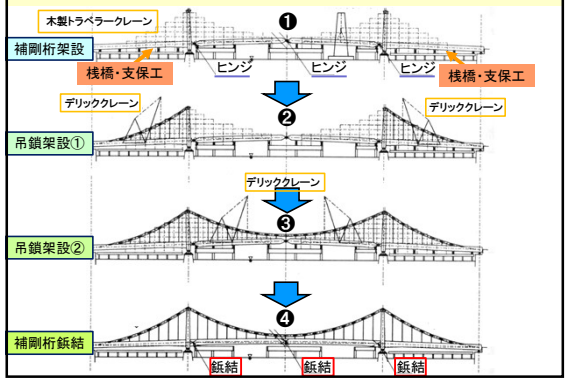
日本国重要文化財

清洲橋

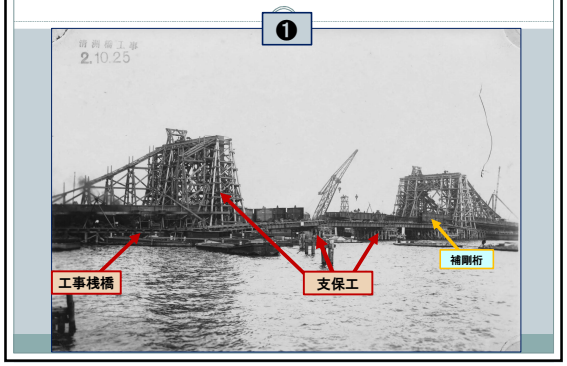




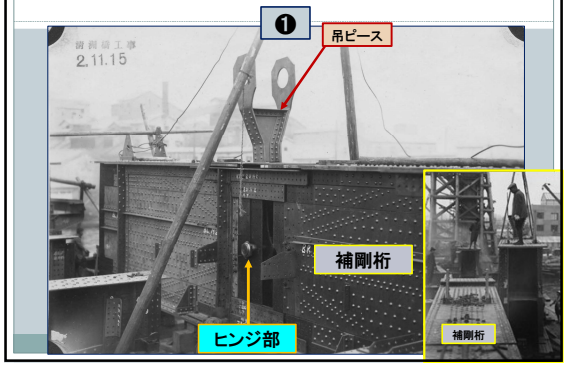
上部工（自碇式連続補剛吊橋）架設工程



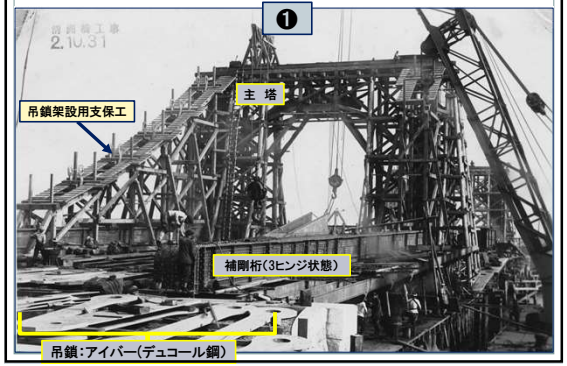
桟橋・支保工を使った補剛桁・主塔架設



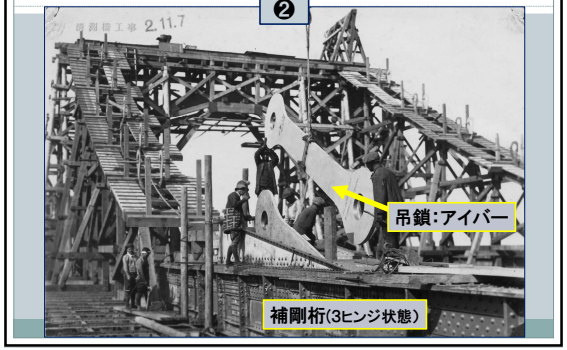
デリッククレーンによる補剛桁架設



補剛桁架設完了、吊鎖（ちょうさ）架設前

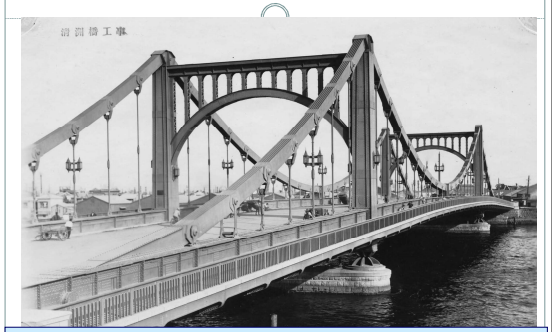


デリッククレーンによる吊鎖（ちょうさ）架設



吊鎖（アイバー）架設完了状況

清洲橋供用開始（昭和3年3月）



鋼鉄製　自碇式連続補剛吊橋

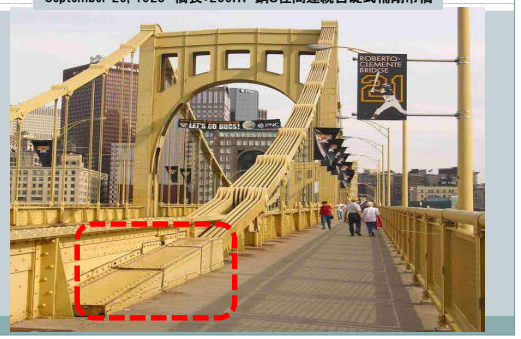
中長期計画に基づく長寿命対策

日本国重要文化財・清洲橋も長寿命化へ

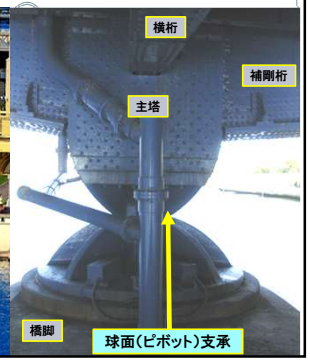
既存部材の交換よりも、既存部材を残し、新たな部材を追加する「足し算補強」

Roberto Clemente Bridge（Sixth Street Bridge）

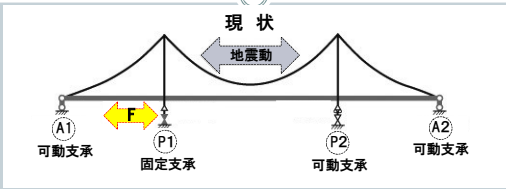
September 29, 1928　橋長：269m　鋼3径間連続自碇式補剛吊橋



Roberto Clemente Bridge と 清洲橋



地震時の挙動：補強前予測



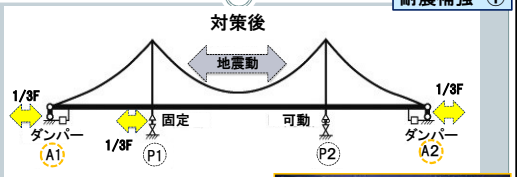
1点固定であることから、地震力（慣性力）FがP1橋脚に集中する

大地震発災時には、P1橋脚の支承が大変状の可能性大

自碇式吊橋の安定性が損なわれ、崩落の可能性大

全体構造で機能させる：地震力を分散

耐震補強　①



両橋台（可動支承）に制震装置を設置し、地震力（慣性力）を分散する。

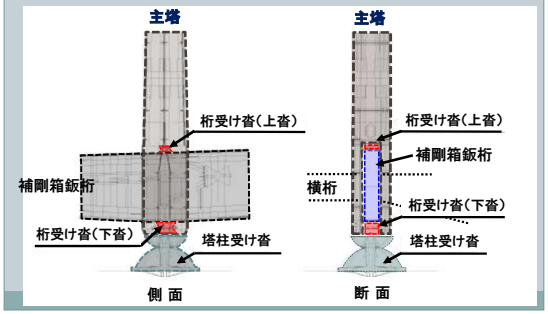
*規模：1,500kN×8基/1橋台

優れた施工が助ける

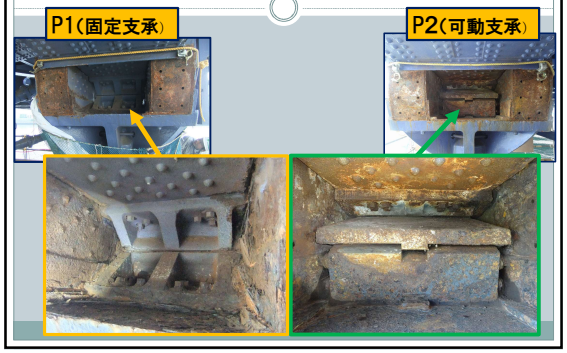
躯体圧縮強度：40N/㎟（当時12.6N/㎟）

新設制震装置（ダンパー）

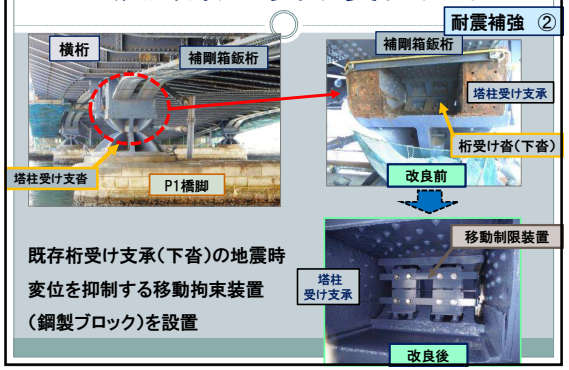
主塔部の支承詳細



清洲橋・主塔部の桁受け下支承



耐震対策：支承変位拘束



既存桁受け支承(下沓)の地震時
変位を抑制する移動拘束装置
(鋼製ブロック)を設置

鈴木俊男と葛西橋

橋梁の神様とも思っていた『 鈴木俊男 』

鈴木俊男の眼力と考え方

葛西橋：突桁式補剛桁橋

葛西橋：突桁式補剛桁橋

架設工事状況 ： 新葛西橋

大黒ふ頭大橋：横浜市港湾局　1974年10月完成

鈴木俊男さんに連れられて始めて見た斜張橋
昔は、確か主塔が朱色だった？

鋼斜張橋　橋長：736.6m(最大支間長165.4m)

新大橋：昭和52年（1977年）

鈴木俊男、青木重雄コンビ

隅田川には、他にない

前新大橋(レリーフ)

RC合成床版を鋼床版に変更説明：鈴木先生に

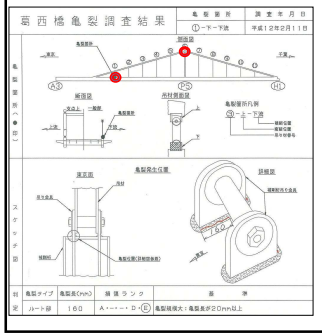
交換した床版と縦桁補強

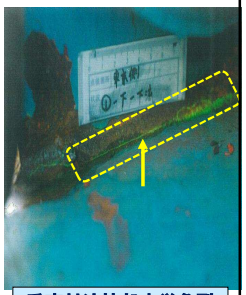
アップリフトに注意しろ！！

気になって疲労損傷があるのか調べてみた

想像通り疲労亀裂があった

塔頂部と垂直材下端溶接部





垂直材溶接部疲労亀裂

メンテナンスは誰が行うのだろうか？

技術者への道

主要幹線道路橋の定期点検

始めて見た疲労亀裂

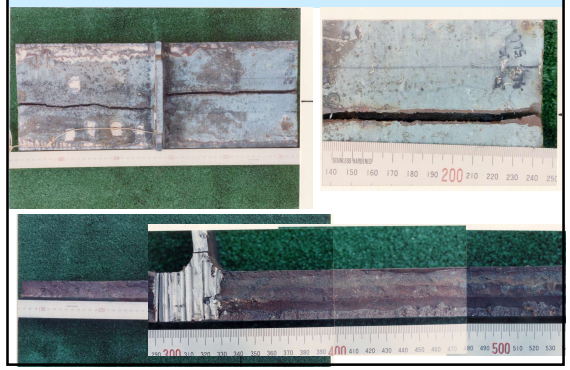
想定外の箇所に亀裂発生

東京工業大学・三木千寿教授

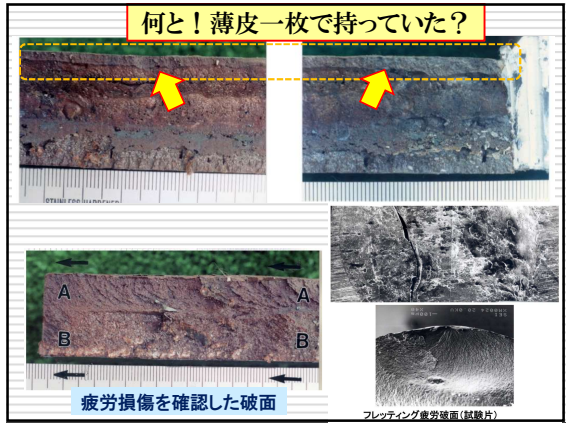
『 三木先生 』 助けてください！

主桁疲労損傷（完全溶け込み溶接部）

問題の箇所を抜き取り調査



何と！薄皮一枚で持っていた？



現在は、何事も無かったように供用中

ようやっと独り立ちし始めた

大きな疑問を持ったPCT桁

不安になって桁下を確認、背筋が寒くなった

桁下から路面陥没個所を確認！！

空が見える陥没個所　緊急措置：覆工鉄板敷設

室内実験で明らかになったこと

同じ形状で抜け落ちた！

プレストレス量＝1.5～0.2N、破壊荷重＝174KN

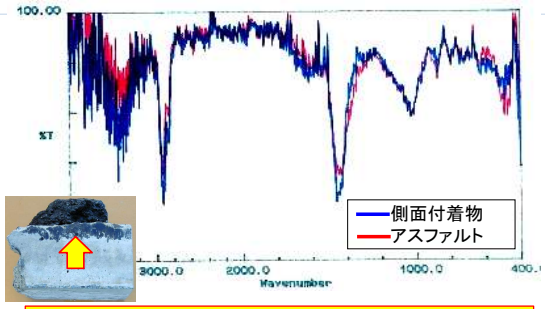
プレストレス量が不足すると抜け落ちる

プレストレス量＝3.0N、破壊荷重＝860KN

プレストレス量が設計値の場合

協会、業者に対して逃げ道をふさぐ

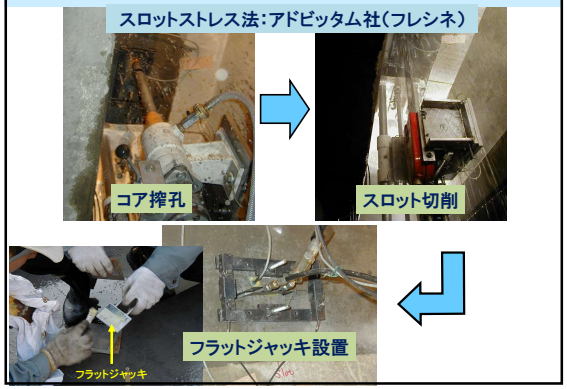
アスファルト舗装と側面付着物の比較検査結果



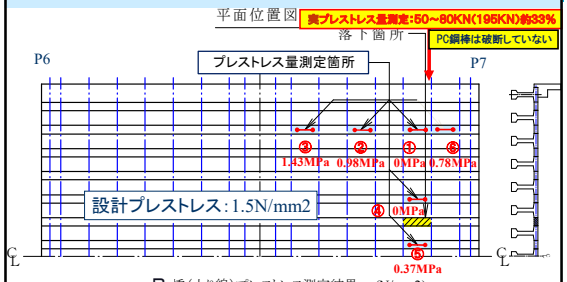
スペクトル分析結果：抜け落ち片側面の付着物は、アスファルト

海外の計測技術を初めて採用

スロットストレス法：アドビッタム社（フレシネ）



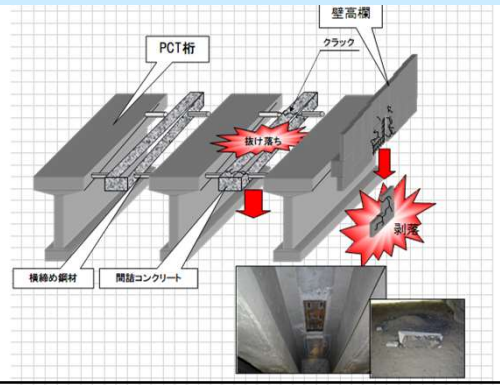
始めてPC既設橋のプレストレス量を測定



B 橋（上り線）プレストレス測定結果　(N/mm2)

フラットジャッキ係数 $K_f \times A_{total} / A_{active}$	①	②	③	④	⑤	⑥
5.22	0	0.98	1.43	0	0.37	0.78
3.76	0	1.36	1.99	0	0.51	1.08

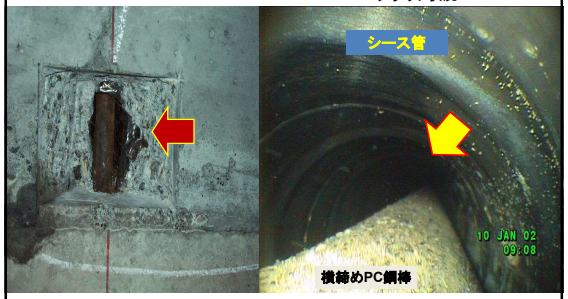
結論：昔のPCT桁橋の設計には配慮が欠けている



心配になってシース管を露出させ、グラウト確認

PCグラウトは充填不良であった

シース管露出状況　　グラウト状況



メンテナンスに重要『ハインリッヒの法則』

330件を分析

∞

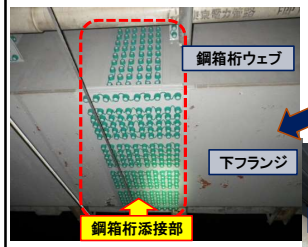
メンテナンスの鉄則“妥協は絶対ダメ！”

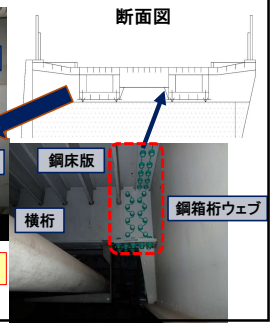
全箇所抜け落ち防止対策実施：計画事業化

ボーと生きてんじゃないよ！！

何が「メンテナンスは重要だ」

なぜ！添接ボルトに落下防止キャップ





「遅れ破壊」のF11Tでした。

架設後一度も点検していない箱桁

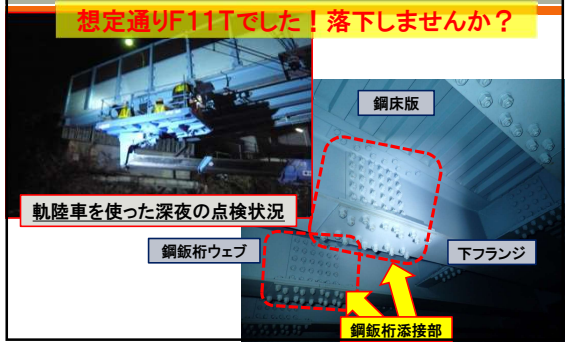
ボルト数本が落下し、転がっていた

抜け落ち数本、可能性大約30%

鋼箱桁内に転がっていたボルト

私は心配なので調査した！

想定通りF11Tでした！落下しませんか？



勇気を出して真の専門家に

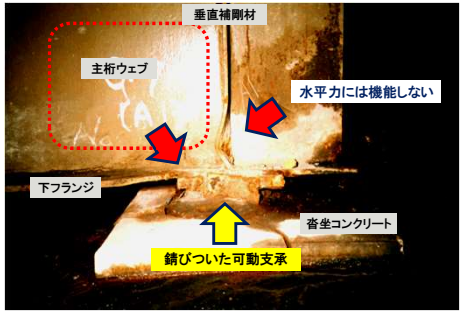
分からなければ聞きましょう

主桁が座屈した原因は？

支承は正常に機能していますか

この現象に何も思わない点検コンサル

下部の移動による作用力は大きい



放置すると、最悪 上部工 を更新

上部工を交換せざるを得なかった跨線橋

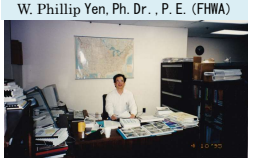
移動、不同沈下した橋台

海外から学んだこと

米国での生活と貴重な技術者との出会い

New York Forest Hills のアパートメント

W. Phillip Yen, Ph. Dr. , P. E. (FHWA)



CA サンデェゴ校Frieder Seible 教授

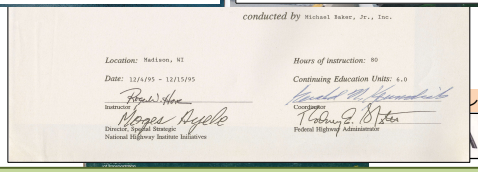
海外から学ぶことは多い

点検、メンテナンス：米国

米国・ニューヨーク州で学んだこと

ニューヨーク州の橋梁点検車両

ニューヨーク州の橋梁点検リフト車両



conducted by Michael Baker, Jr., Inc.

Location: Madison, WI

Hours of instruction: 80

Date: 12/4/95 - 12/15/95

Continuing Education Units: 6.0

Instructor

Director, Special Strategic National Highway Institute Initiatives

Coordinator

Federal Highway Administrator

日本人初のBRIDGE INSPECTORに合格・認定：ウィスコンシン州マディソンで受験

工事は同じでも、新たな材料や技術を採用

既設橋の橋台付近

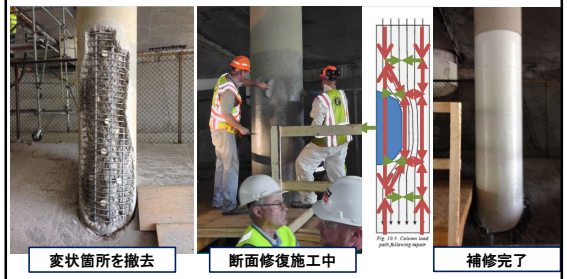
締め切り矢板による工事

既設橋架替状況

エポキシ塗料塗布鉄筋

既設橋架替状況

鉄筋コンクリート橋脚のFRPを併用した断面修復工法



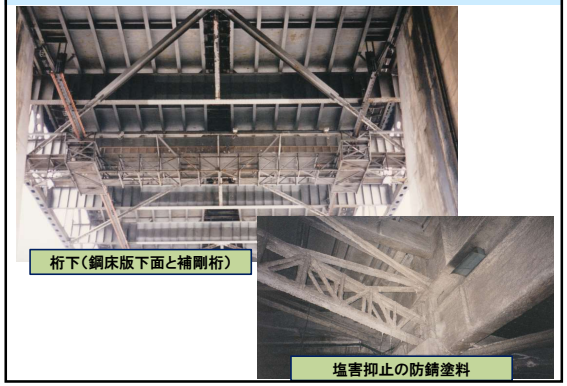
始めて見た、米国の補修・補強工事

積極的にアドバイスを受けようとする米国の技術者

ジョージワシントンブリッジ

ハドソン川を跨ぐ　ジョージワシントンブリッジ

飛来塩分と凍結防止剤（岩塩）による腐食



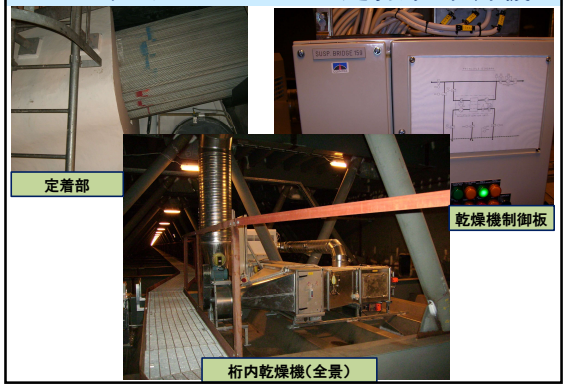
アンカーレッジ内の主ケーブル（ストランド）の腐食

勉強になった北欧の技術

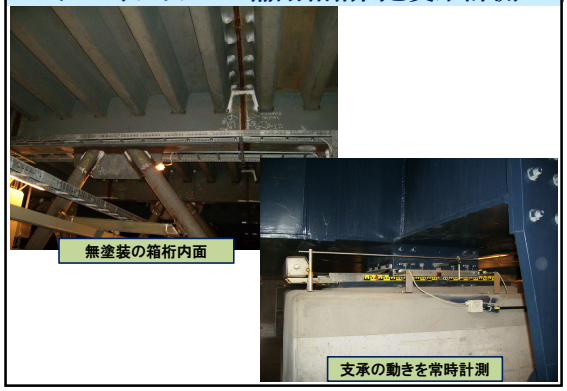
デンマーク・グレートベルト

Great Belt Link・イーストブリッジとウェストブリッジ

イーストブリッジのケーブル定着部と乾燥機



イーストブリッジの補剛箱桁内と支承計測



成田先生から聞いていた

英国・第一セバーン

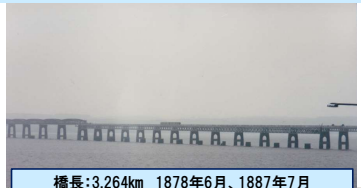
成田信之教授とセバーン橋

Severn Bridgeのケーブルバイブレーション対策と路面清掃車

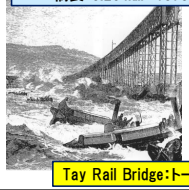
メンテナンスのポイントが分かる

英国・テイブリッジ

スコットランド・ダンディにあるテイブリッジ



橋長:3.264km　1878年6月、1887年7月



2代目　60フィート上流再架橋

Tay Rail Bridge:トーマス・バウチの設計、1879年12月28日の夜崩落事故

テイブリッジ鋼桁下面はタールエポキシ樹脂塗料

テイブリッジ取り付け部側面

テイブリッジの鋼床版

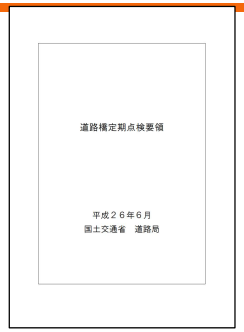
管理責任者(橋守)は、「日々のメンテナンスが重要」

飾られている昔のテイブリッジ

テイブリッジの管理事務所:訪れたら橋守がいた！

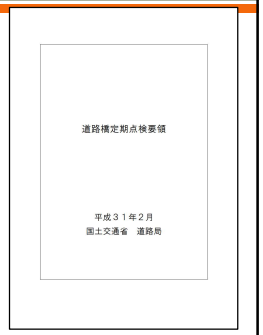
何度私が言っても

道路橋定期点検要領



道路橋定期点検要領

平成２６年６月
国土交通省　道路局



道路橋定期点検要領

平成３１年２月
国土交通省　道路局

健全性の診断評価基準

区 分		状 態
Ⅰ	健全	構造物の機能に支障が生じていない状態
Ⅱ	予防保全段階	構造物の機能に支障が生じていないが、予防保全の観点から措置を講じることが望ましい状態
Ⅲ	早期措置段階	構造物の機能に支障が生じる可能性があり、早期に措置を講ずべき状態
Ⅳ	緊急措置段階	構造物の機能に支障が生じている、又は生じる可能性が著しく高く、緊急に措置を講ずべき状態

高知県・犬吠橋

日本国重要文化財・犬吠橋

定期点検結果報告書

部材単位の診断詳細

部材単位の診断(各部材毎に最悪値を記入)　点検者　株式会社　長ラ

部材名		判定区分（Ⅰ～Ⅳ）	変状の種類（Ⅱ以上の場合に記載）	備考(写真番号、位置等が分かるように記載)
上部構造	主桁	Ⅱ	腐食、防食機能の劣化	写真1,2-主桁2-0103、写真3,4-主桁3-0101
	横桁	Ⅱ	腐食、防食機能の劣化	写真1,2-横桁2-0104
	床版	Ⅱ	剥離・鉄筋露出	写真5-床版1-0101、写真6,7-床版2-0407、写真8-床版3-0404
下部構造		Ⅱ	剥離・鉄筋露出、うき	写真9-橋脚[梁部]2-0102
支承部		Ⅲ	腐食、防食機能の劣化、支承部の機能障害	写真10-支承本体3-0101、ア.カ-ギ3-1-9999、写真11-支承本体3-0101、ア.カ-ギ3-5-9999、写真12-ア.カ-ギ3-3-9999

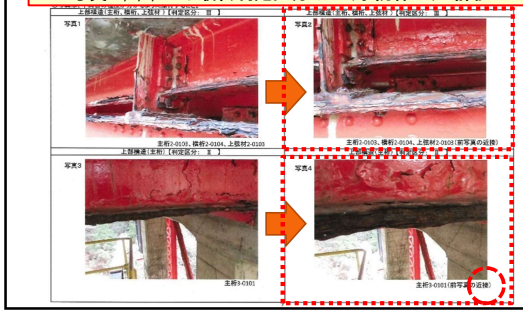
点検時に記録

主桁、横桁と床版の判定：Ⅱランク

損傷程度の評価は、できるだけ正確かつ客観的となるように行わなければならない。

定期点検・診断結果資料

写真-1,2,3,4から最終判定区分はⅡ（予防保全）と評価



住民からの通報、異常事態

2016年9月22日

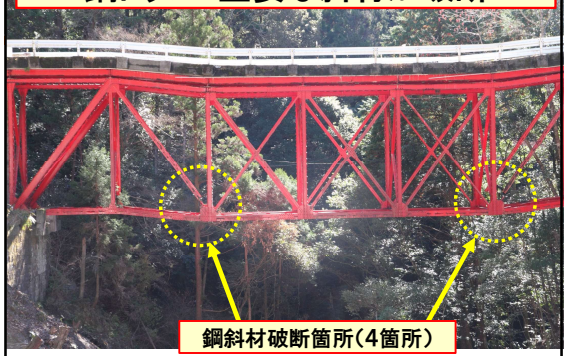
国重文の森林鉄道の遺構、欠け落ちる　老朽化で　高知

根岸敦生　2016年9月22日21時45分

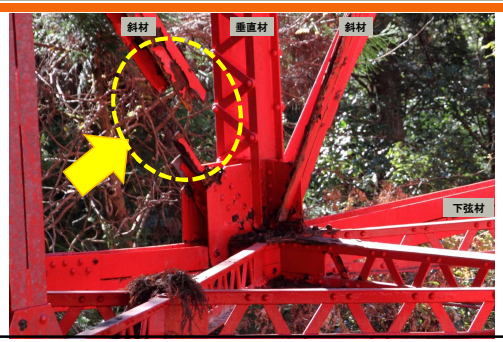
県の技術者は異常を確認、緊急通行止め

【動画】鉄骨の構造材が欠け落ち、通路が約50センチ沈み込んだ犬吠橋＝根岸敦生撮影

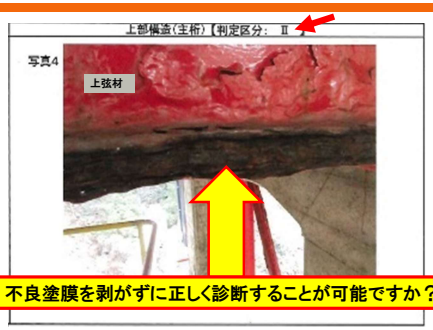
鋼トラス・重要な斜材が破断



定期点検６カ月後に破断した箇所



予防保全段階（Ⅱ）と診断？



不良塗膜を剥がずに正しく診断することが可能ですか？

犬吠橋修復・活用計画策定協議会

犬吠橋の状況について

（斜材破断及び犬吠橋の概要）

高知県土木部道路課

平成31年２月19日

犬吠橋	（イヌボウハシ）	県道安田東洋線	1961	41	4	高知県	高知県	北川村	Ⅱ
鶴小橋	（ツルコハシ）	県道安田東洋線	1932	10	6	高知県	高知県	北川村	Ⅱ

公開資料には

斜材破断及び犬吠橋の概要

犬吠橋の概要

橋梁断面図

奥地で伐採した杉を大量に積載したトラックが定期的に通るため，過積載による破断が想像される

路線バスも通っているのに？

破断箇所

○鋼材損壊の原因

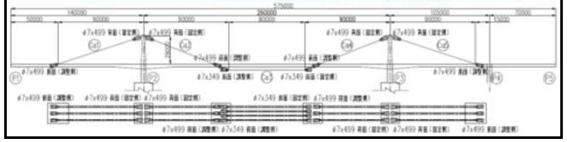
・鋼材が４箇所同時に破断していることや部材の引張強度試験の結果から、想定を超える重量の車両が通行したことが原因で鋼材が破断したと推定。

5

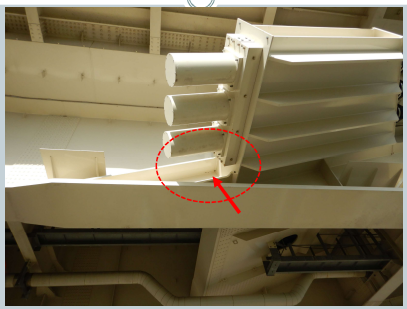
徳島県・阿波しらさぎ大橋

田中賞を受賞した阿波しらさぎ大橋

ケーブルイグレット構造



供用開始後いつ変状が発生したのか？



疲労亀裂ではないですよね！

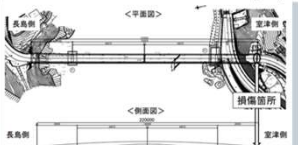
供用開始後7年でⅡランク(要予防保全)ですか？

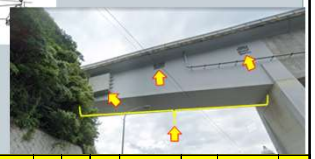
阿波しらさぎ大橋	(ｱﾜｼﾗｻｷﾞｵｵﾊｼ)	県道徳島環状線	2011	1291	25.5	徳島県	徳島県	徳島市	Ⅱ
橋本跨線橋(本橋)	(ﾊｼﾓﾄｺｾﾝｷｮｳ(ﾎﾝｷｮｳ))	県道徳島引田線	1970	9.4	17.3	徳島県	徳島県	徳島市	Ⅲ

山口県・上関大橋

山口県・上関大橋

山口県・上関大橋



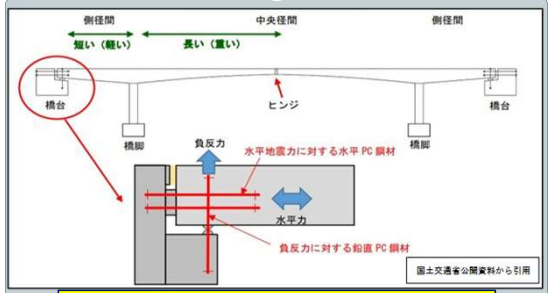


上関大橋	ｶﾐｾｷｵｵﾊｼ	主要地方道光上関線	1969	220	9	山口県	山口県	上関町	Ⅱ
殿後稲積２号橋	ﾄﾉｺﾞｲﾅﾂﾐﾆｺﾞｳｷｮｳ	町道殿後稲積線	不明	4	2	上関町	山口県	上関町	Ⅰ

約 20 cm の段差発生で車両事故に

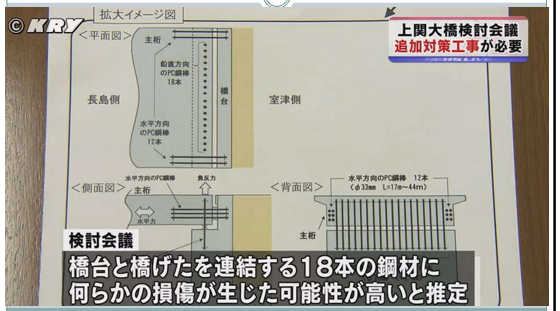
側径間端部にカウンターウェイト

PC箱型断面3径間有ヒンジ片持ち梁・ドゥルックバンド構造



イタリア・モランディ橋崩落事故（2018年）発生後教訓生かされず

なぜ補修・補強7年後に異常事態に？

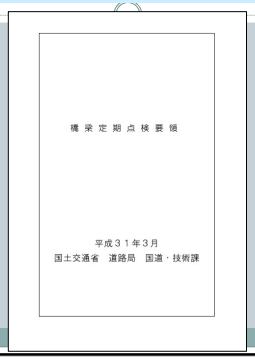


橋台と橋げたを連結する18本の鋼材に
何らかの損傷が生じた可能性が高いと推定

定期点検は機能しているのか？

点検・診断の責任はだれが？

法制度化された定期点検と点検要領



記録様式作成にあたっての参考資料

地方自治体版

平成26年6月

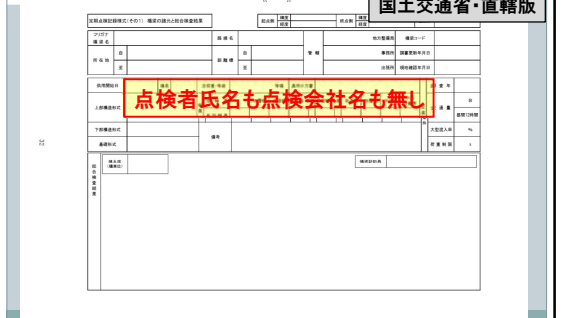
記録様式作成にあたっての参考資料

地方自治体版

平成31年2月

橋梁定期点検要領 ： 直轄 H16.3

国土交通省・直轄版

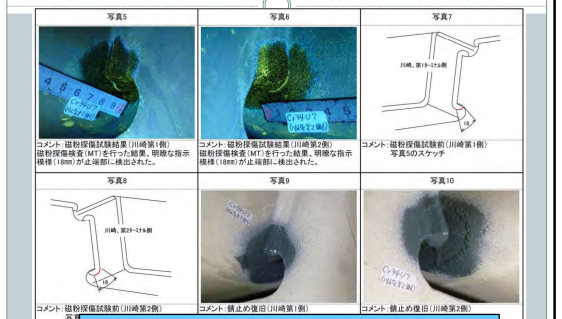


橋梁定期点検要領 H26.6：直轄

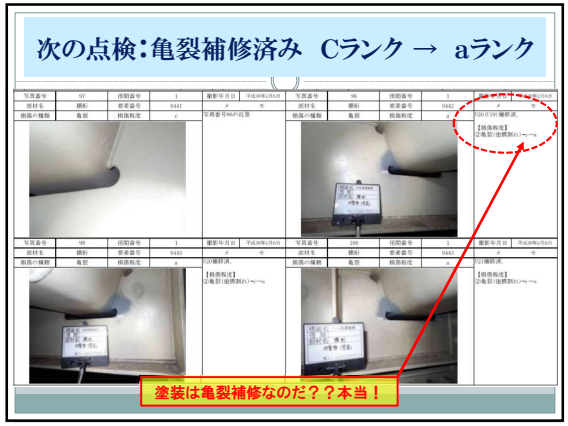
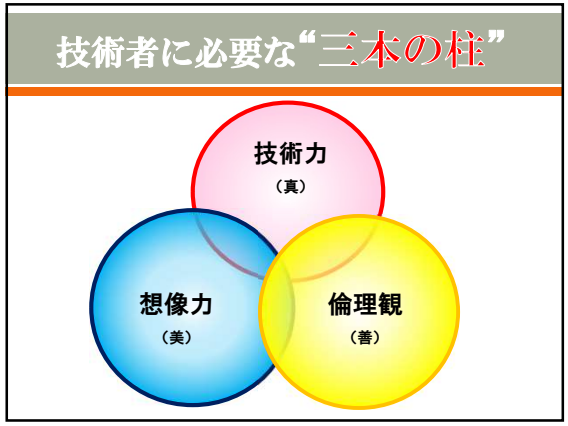
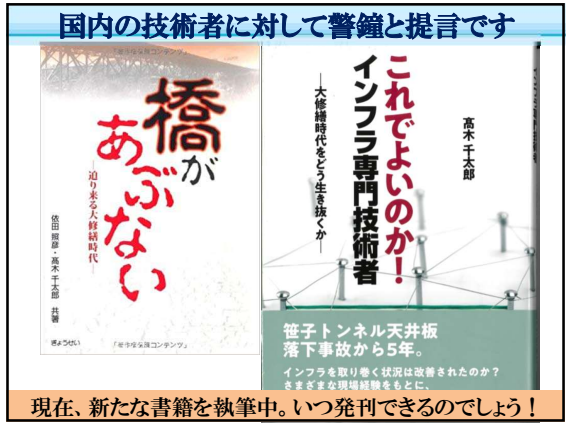
他方で，**橋梁検査員**が行う**判定**は，**道路管理者による最終判断ではなく**，あくまでも 橋梁検査員が与えられた情報から行う**一次的な評価**としての**所見，助言的**なものであり，**措置の意思決定**は，**別途，道路管理者**が行わなければならない。

結局駄目かも

Uリブスリット部に亀裂を発見・磁粉探傷



近接目視点検 → 磁粉探傷 → 腐食防止対策



想像力と倫理観を養おう