

TOKYO TECH Pursuing Excellence 国立大学法人 東京工業大学

鋼橋の臨床成人病学のすすめ

東京工業大学
三木千壽

TOKYO TECH Pursuing Excellence 国立大学法人 東京工業大学

1. はじめに

- 現状の認識の共有
- メンテナンスの重要性
- 現在のメンテナンスの問題点：失敗に学ぶうまくいっているか？

TOKYO TECH Pursuing Excellence 国立大学法人 東京工業大学

ミニマムなコストで安全・安心な社会資本の確保。全ての橋梁をプラス100年、使えるように。

CURRENT PROGRAM

PROVIDING PREVENTIVE MAINTENANCE

TOKYO TECH Pursuing Excellence

橋やダムなどの社会資本

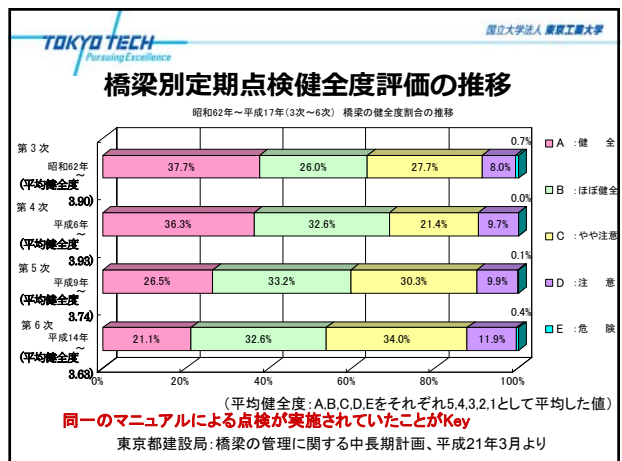
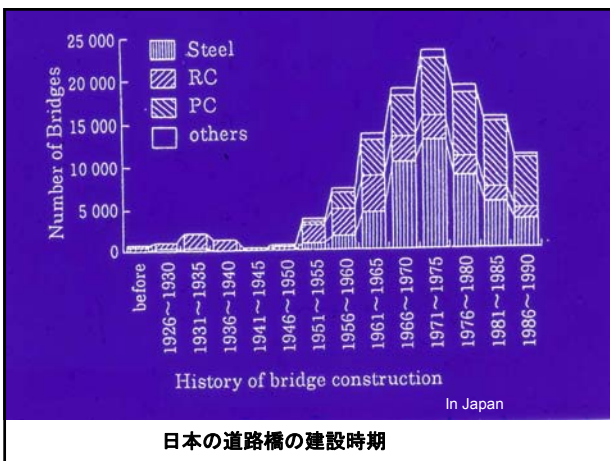
橋	2009年度	2019年度	2029年度
河川管理施設	8	25	51
港湾岸壁	5	19	48
下水道管など	3	7	22

国交省試算「50年で190兆円必要」

37年度新規事業の財源ゼロも

まずは現状認識から→

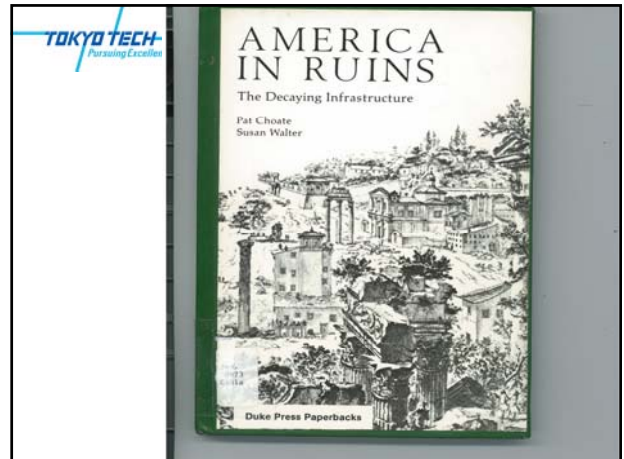
これを實現するにはどのように？
アセットマネージメント的な考え方



TOKYO TECH Pursuing Excellence 国立大学法人 東京工業大学

2. America in Ruins

日本の現状はAmerica in Ruinsが発表された1980年の米国より酷いのでは。
その理由は、管理側、国民、いずれも認識が無いこと。



TOKYO TECH Pursuing Excellence 国立大学法人 東京工業大学

きっかけはPoint-Pleasant Bridgeの事故

At 5:00 PM on December 15, 1967
Overload due to Christmas Rush
Brittle Fracture of Eye Bars
(corrosion cracking)

全国調査
点検マニュアル
点検員の資格
疲労設計
材料規格
など

TOKYO TECH Pursuing Excellence 国立大学法人 東京工業大学

Brooklyn Bridge Open on May 24, 1883 (120 years)

TOKYO TECH Pursuing Excellence 国立大学法人 東京工業大学

Cable breaks close Brooklyn Bridge walkway

1979 August

Brooklyn Bridge

TOKYO TECH Pursuing Excellence 国立大学法人 東京工業大学

Williamsburg Bridge Open on December 19, 1903 (110 years)




Williamsburg Bridge

3. 日本はどうするのか

社会資本の宿命

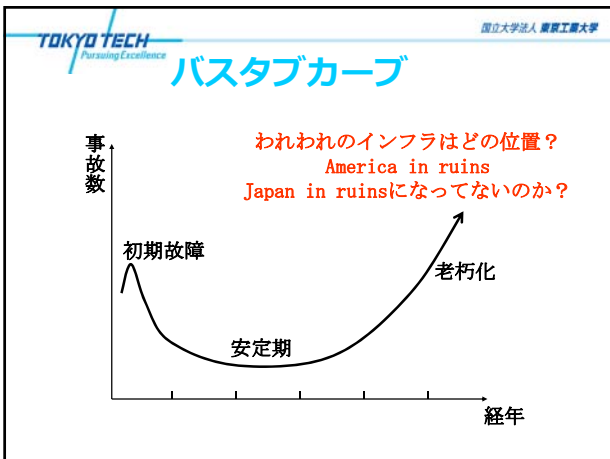
需要の高い順に整備する。
これは技術的な経験の乏しい順を意味する。
使用条件の厳しい順とも一致する。
1960-1970年に集中的に整備。



この時期にリベットから溶接に。
FIX/SCRAP
の選択を迫られている
本当に取り替えられますか？

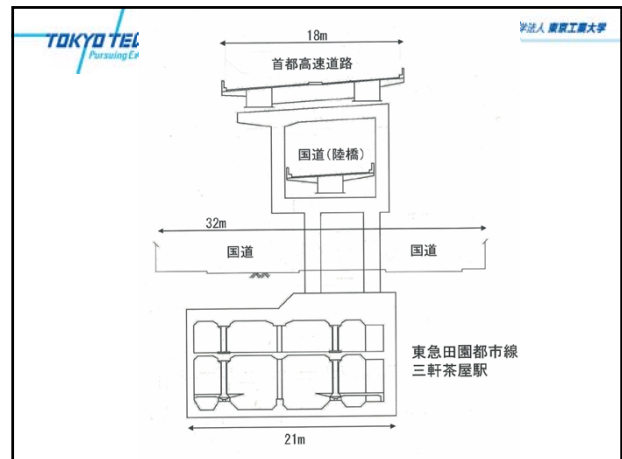
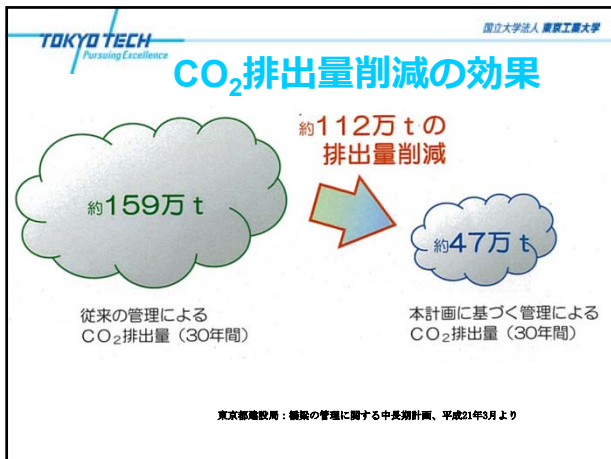
最初に考えること

- 構造物の寿命はどれくらい？
 - 新設の構造物
 - 100年を想定
 - 100年後での所定の性能を発揮すること
 - 既設の構造物
 - プラス100年、健全に使えるようにRetrofit



社会的便益のイメージ

東京都市局：橋梁の管理に関する中長期計画、平成21年3月より



TOKYO TECH Pursuing Excellence 国立大学法人 東京工業大学

これからの取組

構造物の寿命をどのように考えるか

- 財産管理上の寿命は50年程度
- この期間が過ぎたら取替え？
- 廃棄と新設——通行止め——膨大な社会的損出
- 建設廃材と新規の材料——新たな環境問題

——> 都市部では取替えの選択は困難
——> Repair /Retrofit技術が必要

物理的な老朽化とは100年以上
50年を100年としたらシナリオが変わる
そもそも50年で取り替えなければならないような構造物を作ってきたのか、また、今も作っているのか？

プラス100年プロジェクトを立ち上げる時期
メンテナンスの発想の転換

TOKYO TECH Pursuing Excellence 国立大学法人 東京工業大学

What's maintenance?

- Inspection 点検
- Evaluation 評価、診断
- Rating 判定、措置
- Repair 補修
- Retrofit 構造改善、補強
- Reinforcement 補強

Against ???, なにに対しての対策？
Modes of damage 損傷のモード
Limit states in design: ultimate, service,

TOKYO TECH Pursuing Excellence 国立大学法人 東京工業大学

メンテナンス

- 計画—設計—製作—架設—これまでのメンテナンスのすべての履歴を抱えての仕事
- 医療における成人病。
- その対応には技術の新たな体系が必要。

ただし
日本の橋：老朽化しているとの認識は間違い（欧米の橋との比較で）。

TOKYO TECH Pursuing Excellence 国立大学法人 東京工業大学

設計は
 供用期間中に生じる様々な出来事を予測することから始まる。そのために解析や実験を行う：
 これらはシミュレーションであり、バーチャルな事象。
製作・架設：設計どおりに構造体を作ること。
 設計/製作/架設での品質のレベルを確保する目的でのSpec.

メンテナンスは
 対象とする構造体は存在する
 設計/製作/架設とは根本的に異なる。
 Specを含めた別の体系化が必要

TOKYO TECH Pursuing Excellence 国立大学法人 東京工業大学

対象：物理的な劣化と損傷

- 鋼構造では疲労と腐食
- コンクリート構造ではアルカリ骨材反応
- 現行の点検、診断、補修・補強技術面、運用面とも課題が多い
対応が出来ないとの問題意識

対症療法型から予防保全型への転換
 すなわち
 アセットマネージメントの導入

TOKYO TECH Pursuing Excellence 国立大学法人 東京工業大学

提案したいこと(医療との対比で考える)

- 定期点検の仕組み—人間ドック
 人間ドックは認可された医療機関で実施
 人間ドックの質、信頼度の確保
 人材と実施マニュアル
- ホームドクター：点検結果の評価
- 地域の総合技術センター：地域がんセンター
- 高度専門チーム：重症治療のための専門病院

疲労などの重大事故につながるDamageの情報を全員が共有できるようなシステムの構築

TOKYO TECH Pursuing Excellence 国立大学法人 東京工業大学

橋のレトロフィットは人間の成人医療と同じ

点検 Who, When, Where, How (検査技師) ↔ 診断 Who (医師:ドック)(専門医) ↔ 措置: 放置、補修、補強 Who, How (内科医、外科医、看護師)

TOKYO TECH Pursuing Excellence 国立大学法人 東京工業大学

**道路橋の予防保全に向けた有識者会議
 国レベルでの基本方針 (H19・10-20・5)**

- 点検の制度化：
全ての道路橋で点検を実施
- 保全の制度化：
技術基準、資格制度、人材育成を充実
- 技術開発の推進：
信頼性を高め、負担（労力、コスト）を軽減する技術開発を推進
- 技術拠点の整備：
損傷事例の集積と発信、高度な専門技術者の育成
- データベースの構築と活用：
効率的な維持管理とマネージメントサイクルの確立

この答申は前の答申を前提とし、具体的なアクションを記述したものの、しかし、だれが、どのように実現していくのが問題

TOKYO TECH Pursuing Excellence 国立大学法人 東京工業大学

4. 点検とその評価

現状の評価：問題が多い
 Why, Where, Who, When, How

TOKYO TECH Pursuing Excellence 国立大学法人 東京工業大学

そうは言っても

- 日本では橋は落ちていないではないか
- 今の技術でなにか問題があるのか
- われわれはきちんとした仕事をしている
- 無理なことを注文している、無視してしまえ

- 疲労設計の導入は2002年
そのとき時期尚早
コストが上がる
対応できる技術者がいない

TOKYO TECH Pursuing Excellence 国立大学法人 東京工業大学

点検の質の確保

同レベルの点検の実施が必須

- Why, Who, When, Where,
- 1. 点検のマニュアル化
箇所、アクセス、点検方法、報告など
- 2. 点検員の養成と資格化
キズの種類のパターンが判別出来ることが最初の一步
疲労亀裂を見たことがあるか？
養成のプログラム作り、トレーニングをどうするのか？

TOKYO TECH Pursuing Excellence 国立大学法人 東京工業大学

When:定期点検の考え方 (人間ドック受診の内容と間隔)

定期点検

同レベルの定期点検

重みをつけた定期点検

定期点検の周期の決め方
1回(対象による)の見落としがあっても安全なように決定する。
—> 通常の点検で見逃し可能な亀裂が脆性破壊に至る長さにまで進展する時間の1/2 よりも短く設定する。

TOKYO TECH Pursuing Excellence 国立大学法人 東京工業大学

Who, How:点検はどのように？

- 接近目視が原則 on hand inspection
- 非破壊検査
どの程度有効か？
プロによる目視が一番
ありやすい場所にそれらしい指示模様

TOKYO TECH Pursuing Excellence 国立大学法人 東京工業大学

5. 疲労亀裂を見つける (非破壊検査)

プロの目視が一番、

- しかしプロは少ない。
- 疲労亀裂を見たことが無い。
- どこを見たらよいか分からない。

支援するためのシステムあり,on Web。
非破壊検査。しかし、現状は使えるものが少ない。
Needsにより新しい非破壊検査の開発を。
UT, サーモグラフィ、New Tech.

TOKYO TECH Pursuing Excellence 国立大学法人 東京工業大学

Radiographic Test (RT)

Transmit X-rays to a specimen and a film

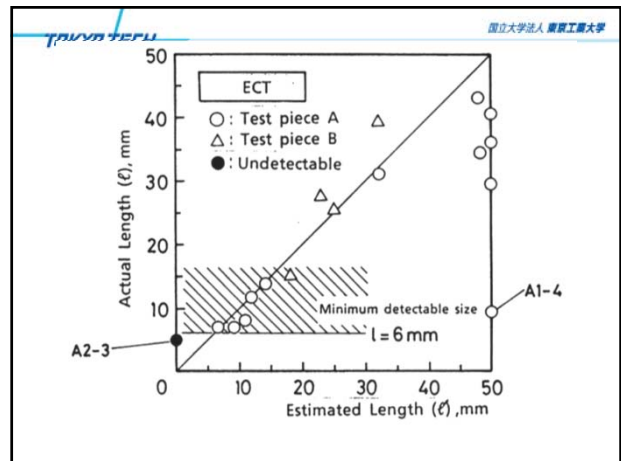
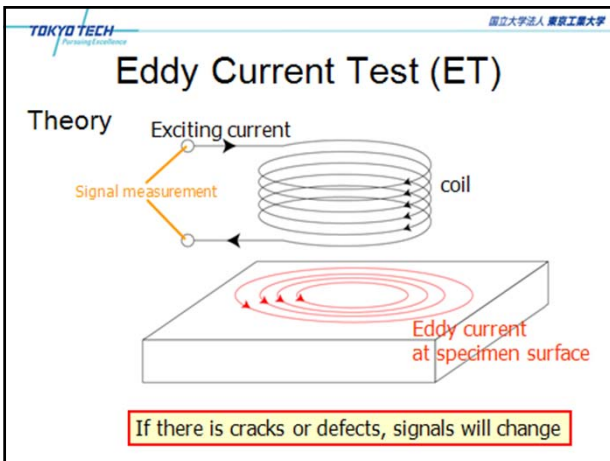
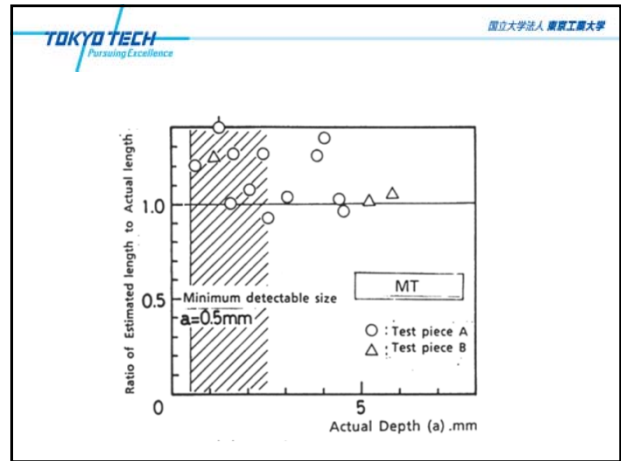
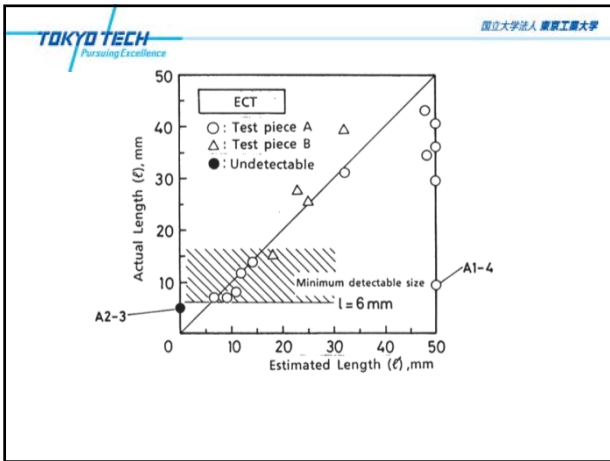
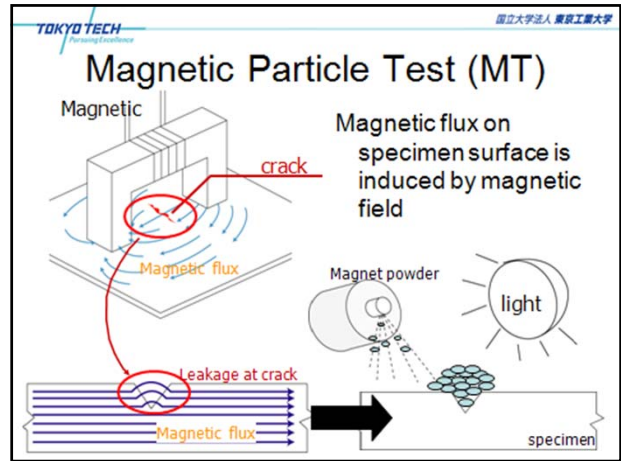
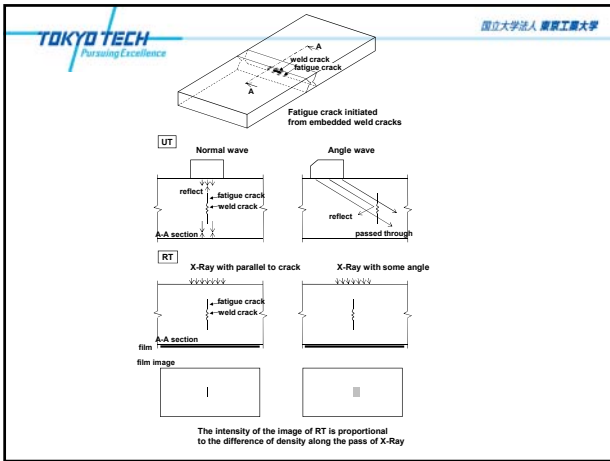
Radiation source

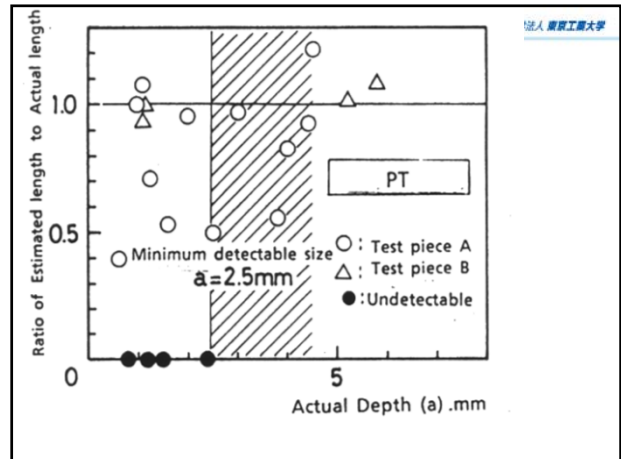
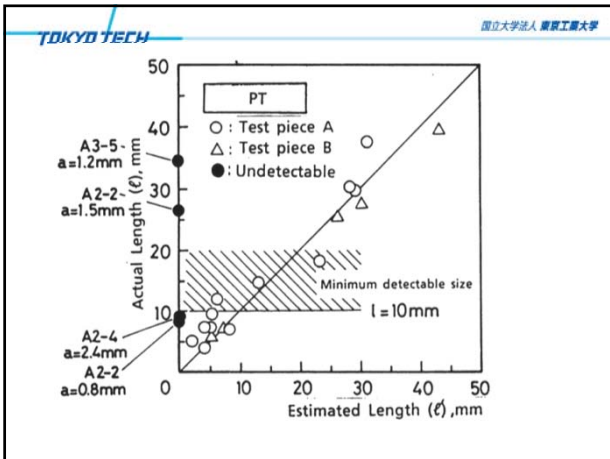
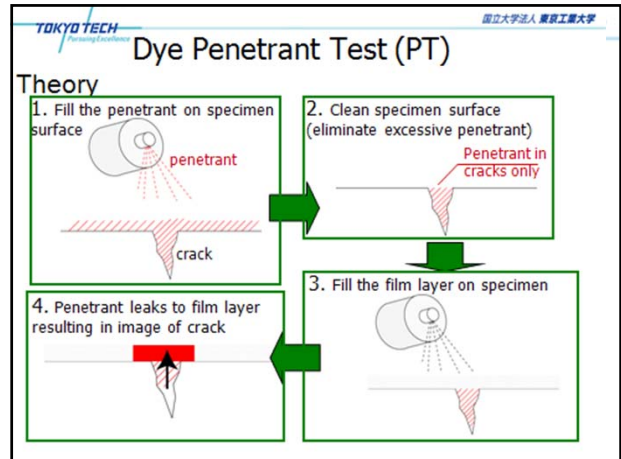
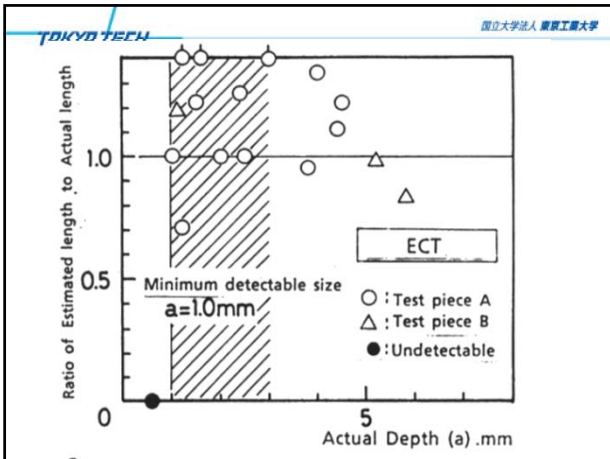
X-ray beams

crack

specimen

Film

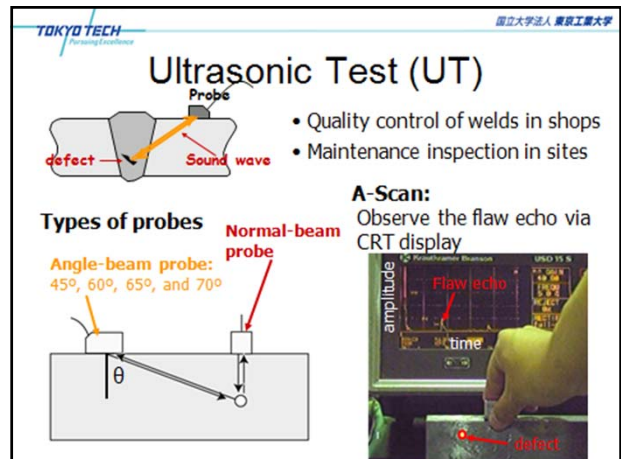


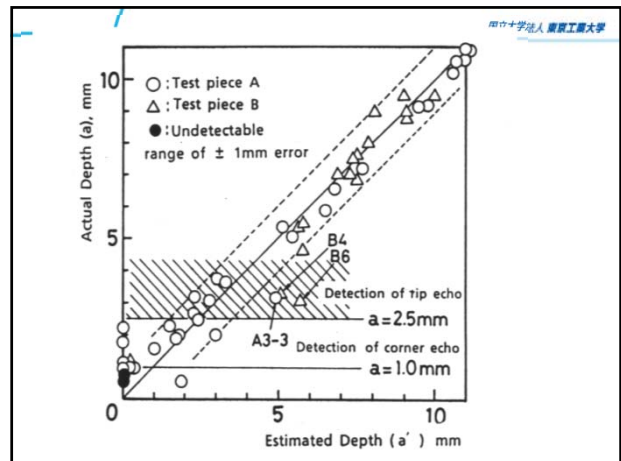
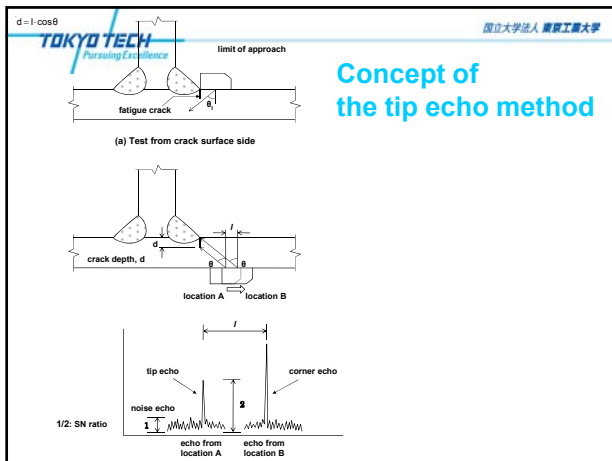


TOKYO TECH 国立大学法人 東京工業大学

Minimum detectable size of non-destructive test methods

	Size		Detection of crack ($a \geq 5\text{mm}$)
	ℓ	a	
MT	5mm	0.5mm	Overestimated
ECT	6mm	1.0mm	Overestimated
PT	10mm	2.5mm	Underestimated





国立大学法人 東京工業大学

	Minimum Detectable Depth	Accuracy
Corner Echo	1mm	-----
Tip Echo	2.5mm	± 1 mm

国立大学法人 東京工業大学

Drawbacks of UT

- 1. Presentation of results**
UT lacks reliability and objectivity in the result presentation.

To improve: Visualization of defects
- 2. Detection of 3D defects**
Difficult to detect waves reflected by planar defects.

To improve: New type of probes

国立大学法人 東京工業大学

Visualization System

Synthetic Aperture Focusing Technique (SAFT)

Recorded wave signals

Image of defects

probe

Simulation in Computer

Actual defects

Reliability increased

Our target

- Three dimensions
- Multi-channel array probes

国立大学法人 東京工業大学

Detection by Planar Tandem Array Probe

Weld defect in cruciform joint

Cruciform Joint

Setup

Top view

Side view

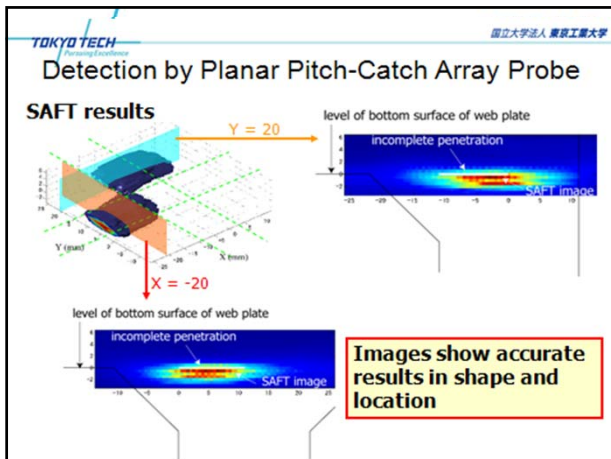
Incomplete penetration

Geometry

1.5 mm

6 mm

50 mm



TOKYO TECH Pursuing Excellence 国立大学法人 東京工業大学

点検の判断基準

定期点検の判断基準 (部材単位)

判定区分		状況
a	健全	損傷が特に認められない
b	ほぼ健全	損傷が小さい
c	やや注意	損傷がある
d	注意	損傷が大きい
e	危険	損傷が著しい。又は、第三者への影響を与える可能性がある

東京都建設局：橋梁の管理に関する中長期計画、平成21年3月より

TOKYO TECH Pursuing Excellence 国立大学法人 東京工業大学

点検の判断基準

定期点検の総合判定基準 (径間・橋梁単位)

判定区分		状況
A	健全	総合健全度判定式による
B	ほぼ健全	
C	やや注意	
D	注意	
E	危険	

TOKYO TECH Pursuing Excellence 国立大学法人 東京工業大学

点検結果の評価

部材単位の評価
構造物としての評価

ランク付け

適切か？

TOKYO TECH Pursuing Excellence 国立大学法人 東京工業大学

5. 詳細調査

損傷の原因調査：措置を考える上で必須
橋梁の真の性能を知る

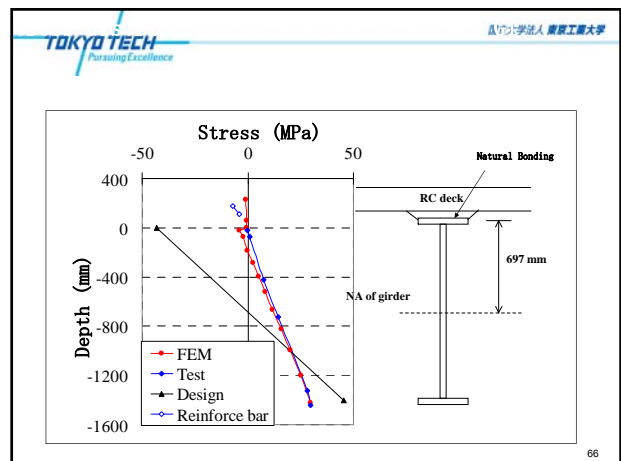
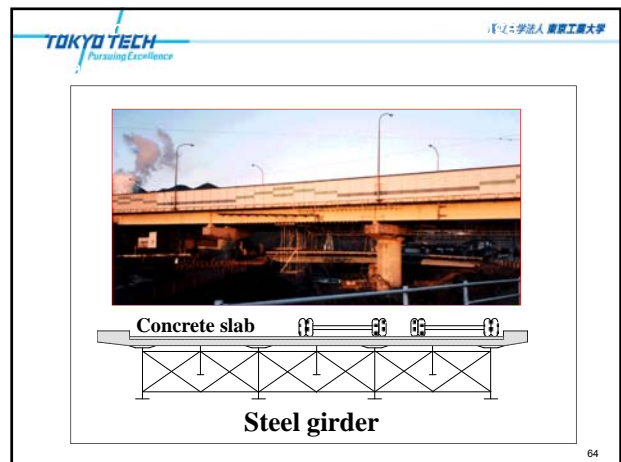
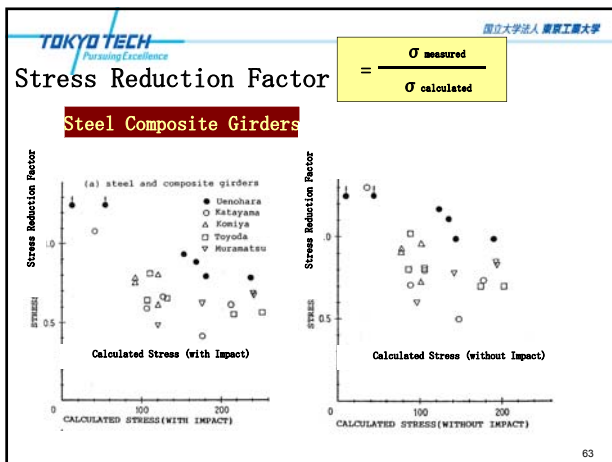
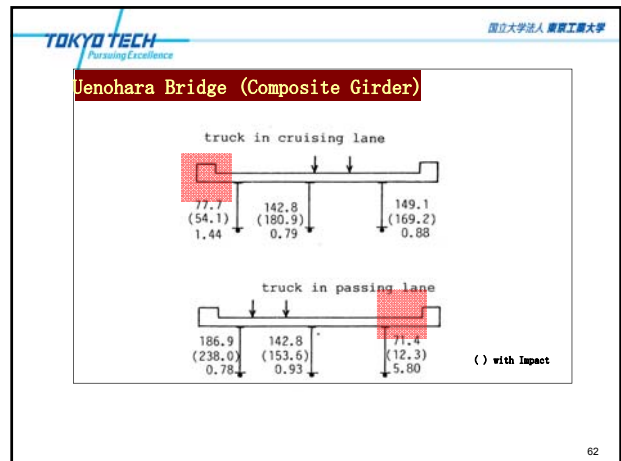
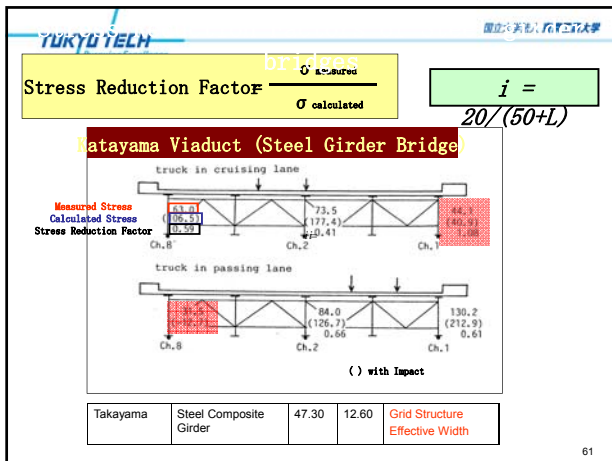
構造応答
荷重の実態
材料特性：CVN
溶接：割れ特性

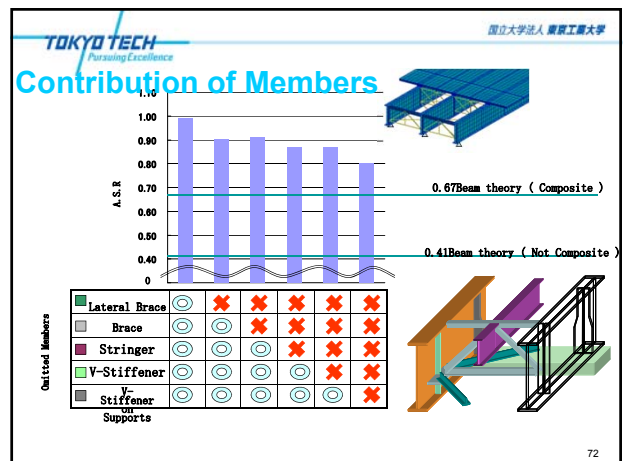
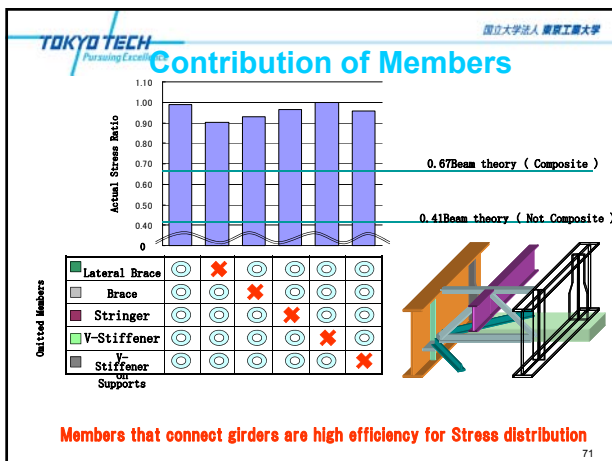
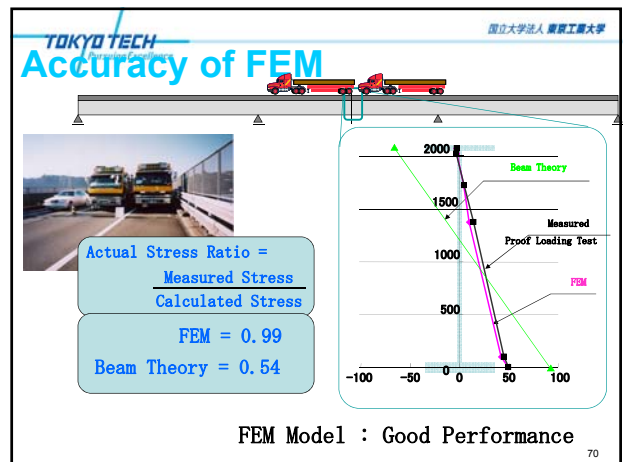
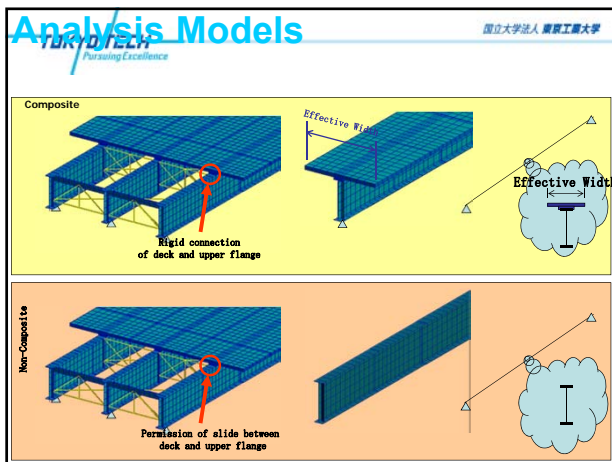
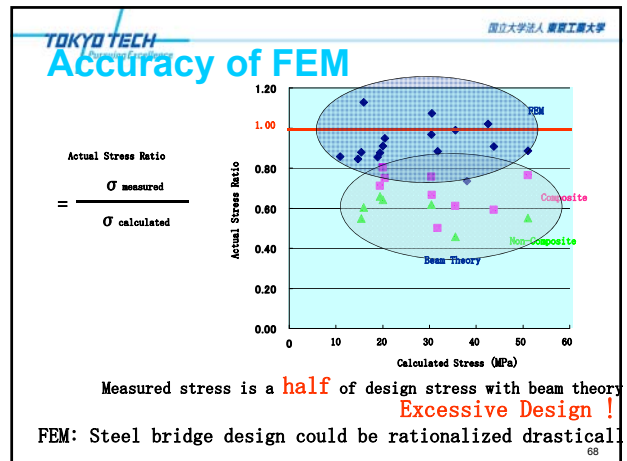
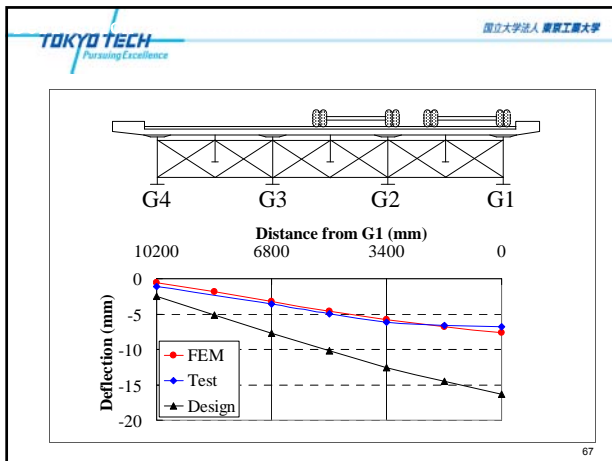
TOKYO TECH Pursuing Excellence 国立大学法人 東京工業大学

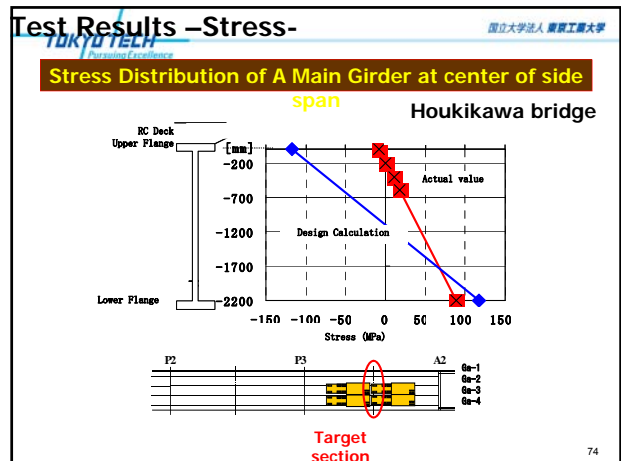
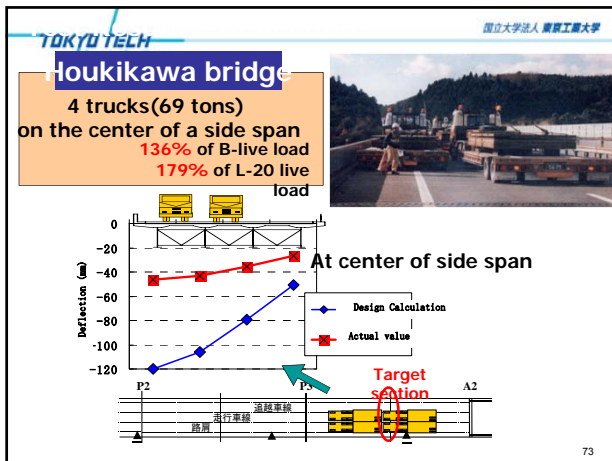
はり理論ベースの設計計算から別れよう。

- ・ 実応力比：実測応力/設計計算応力 (同一の荷重条件下) は0.5-
- ・ 残りはどこが負担しているのか？ → 疲労の原因
- ・ 疲労を考える上では実際の応力が重要。
- ・ 特に疲労に対する補修・補強においては必須。
- ・ FEMでは容易に合うような解析が可能。

FEMなどを使えば精度よく予測可能

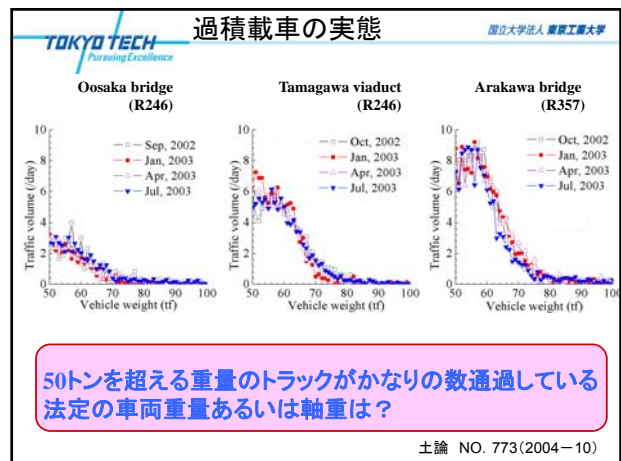
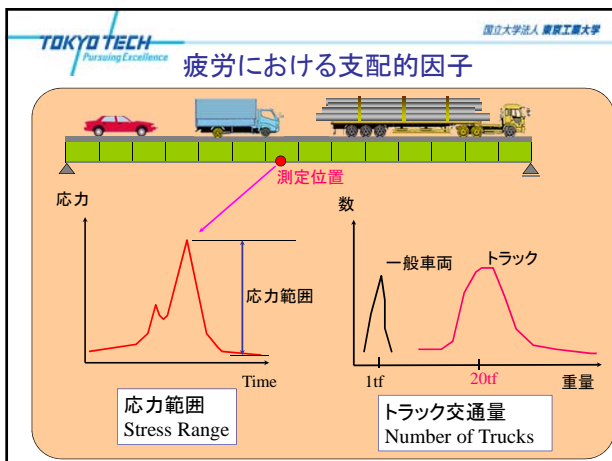


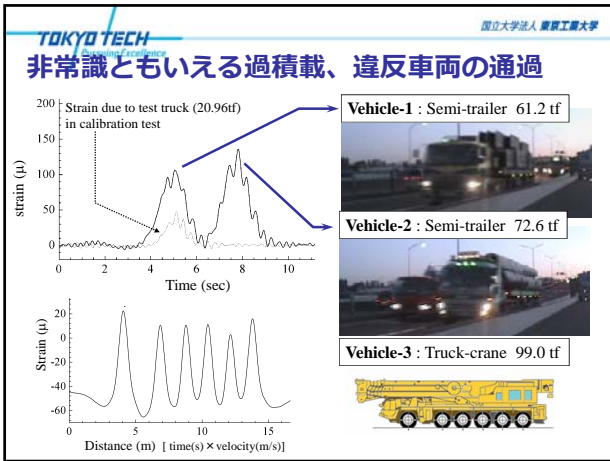




- TOKYO TECH 国立大学法人 東京工業大学
- ### 鋼橋の疲労損傷の原因
- 溶接時に残された欠陥 :
驚くほど多い。道路橋示方書の品質規定は無視?
不溶着部、割れなど
 - 疲労強度の低いディテールの採用
日本の道路橋は2002年まで疲労設計をしていない。
全ての道路橋。
 - 設計では想定していない力の集中点
設計仮定と異なる挙動。支承部など
 - 部材の継手部
直交する部材
 - 構造物の想定外の挙動
風や列車・自動車による振動など

- TOKYO TECH 国立大学法人 東京工業大学
- ### 荷重の実態
- 疲労の原因である荷重の実態を知ることがアセットマネジメント、ブリッジマネジメントの最初のアクション
 - 活荷重についてはNo Control状態であることの認識

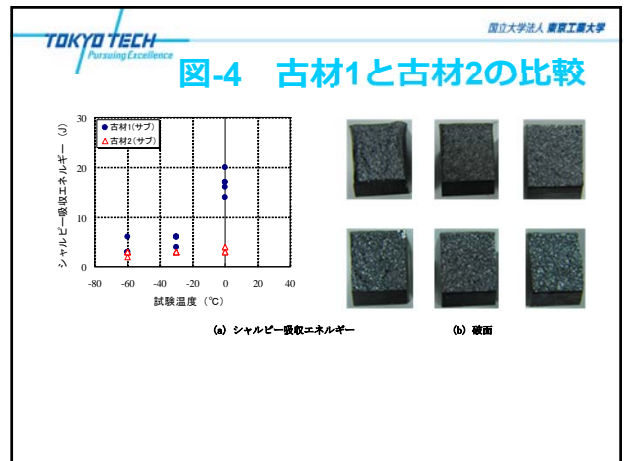
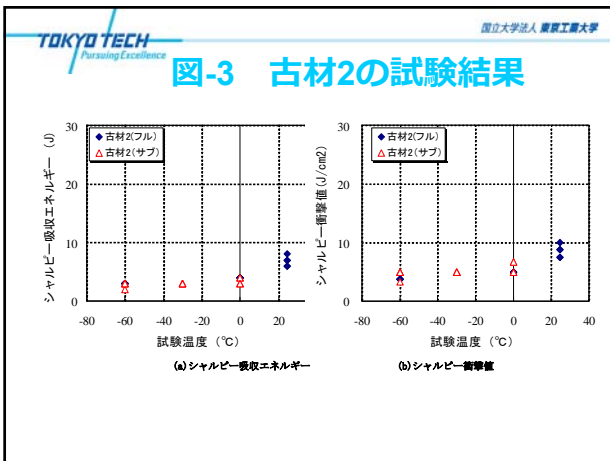
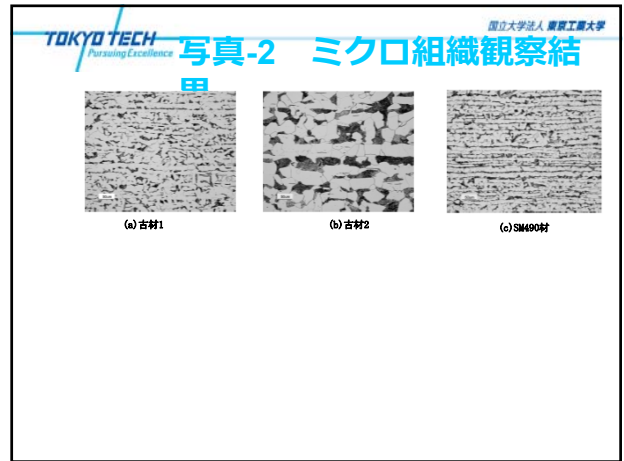
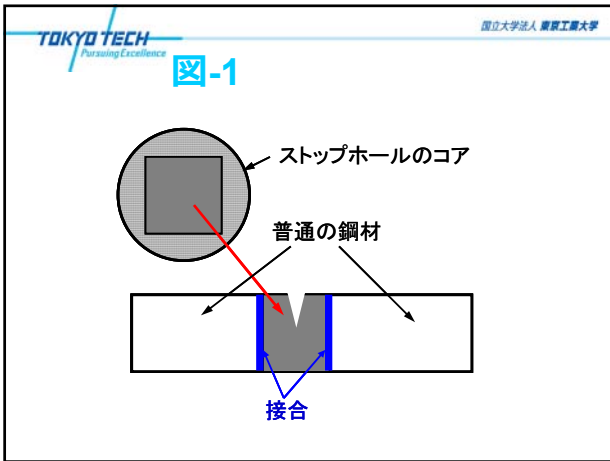


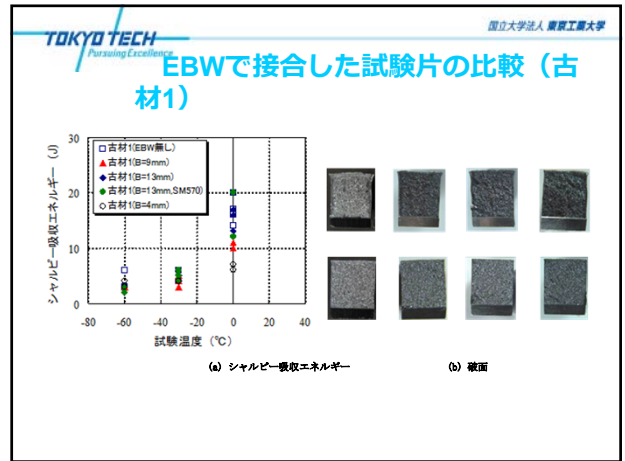
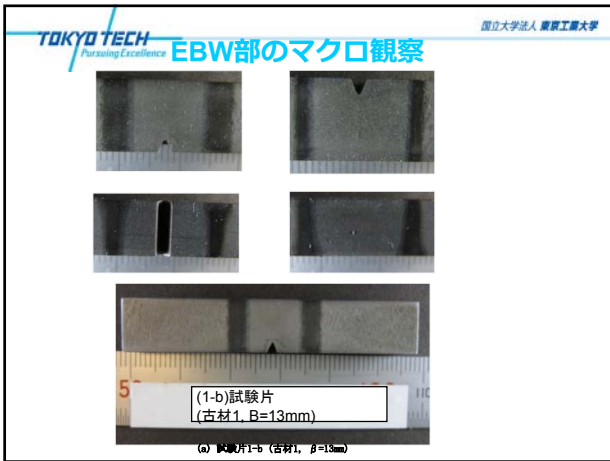
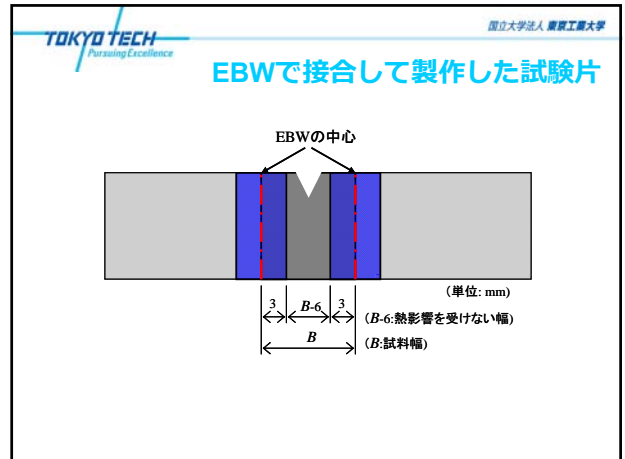
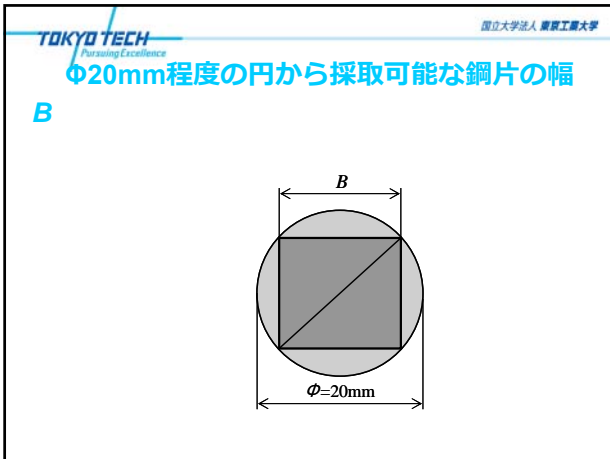


TOKYO TECH Pursuing Excellence 国立大学法人 東京工業大学

材料特性の把握

微小なサンプルからの材料特性の試験方法の確立

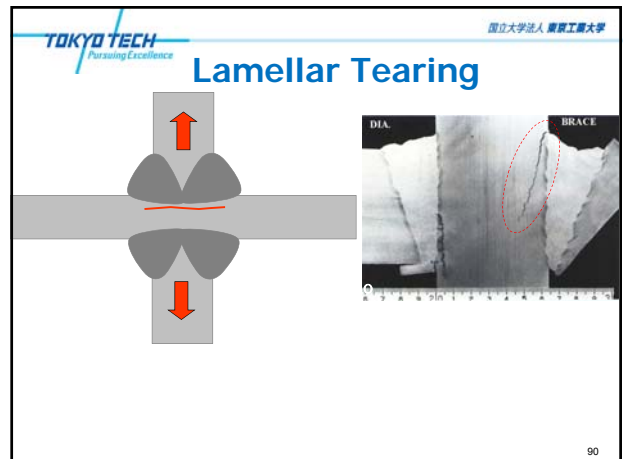


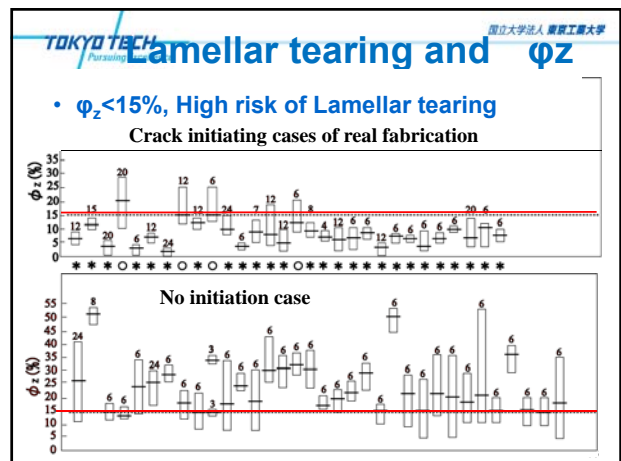
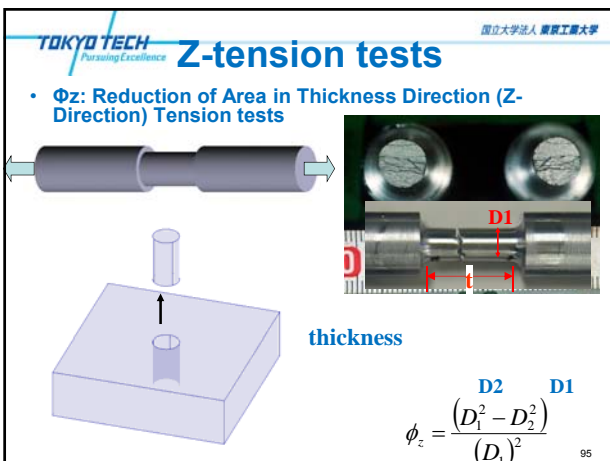
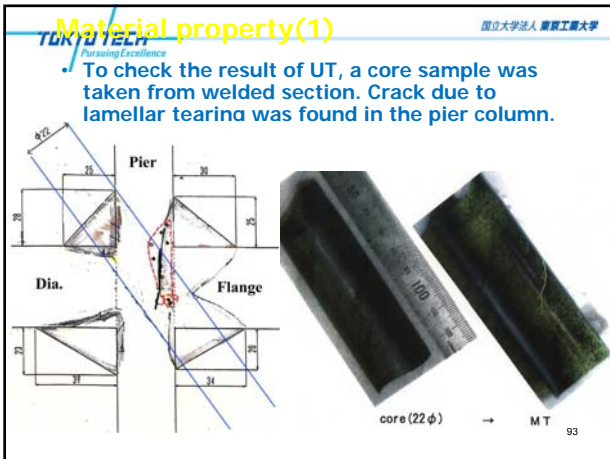
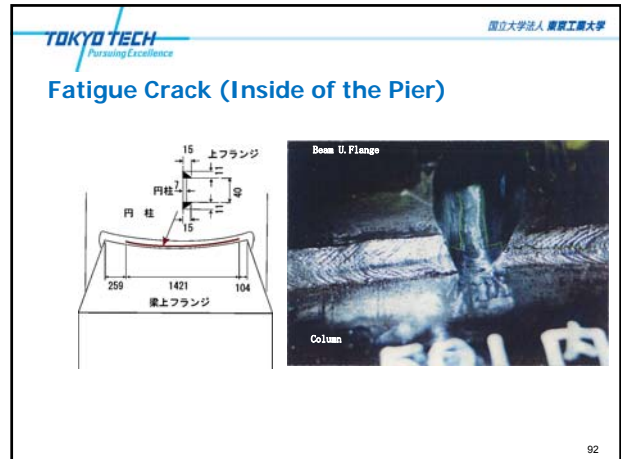
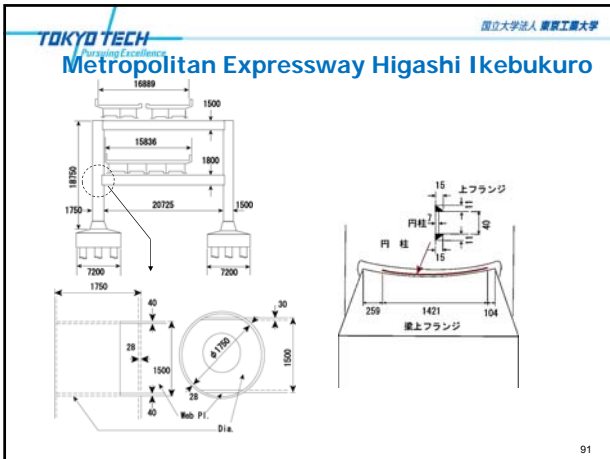


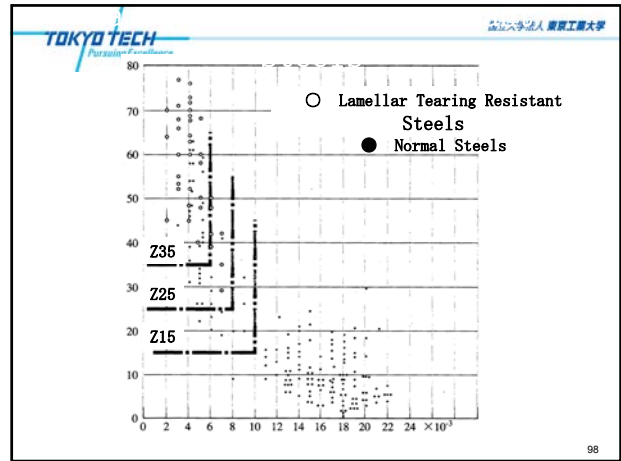
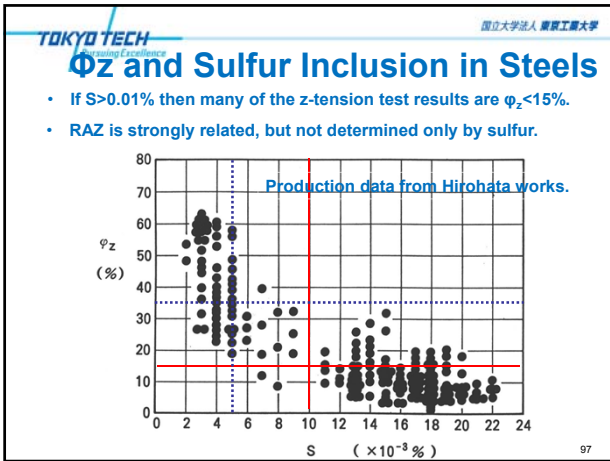
TOKYO TECH Pursuing Excellence 国立大学法人 東京工業大学

溶接：
 1960-1970年代の鋼材と溶接

- Hot Cracks
- Cold Cracks
- Lamellar Tearing







TOKYO TECH Pursuing Excellence 国立大学法人 東京工業大学

Sulfur level is not so high, compared to contemporary steels.

- Some samples show very low RAZ.

Chemical compositions

sample No.	chemical composition(mass %)											parameters	
	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cu	Cr	Mo	V	Ceq	Pcm	
No.1	0.16	0.29	1.36	0.012	0.012	0.017	0.04	0.018	0.012	0.003	0.406	0.242	
No.2	0.17	0.29	1.36	0.012	0.01	0.017	0.04	0.018	0.012	0.003	0.416	0.252	
No.3	0.17	0.29	1.35	0.012	0.009	0.016	0.04	0.017	0.012	0.003	0.414	0.251	

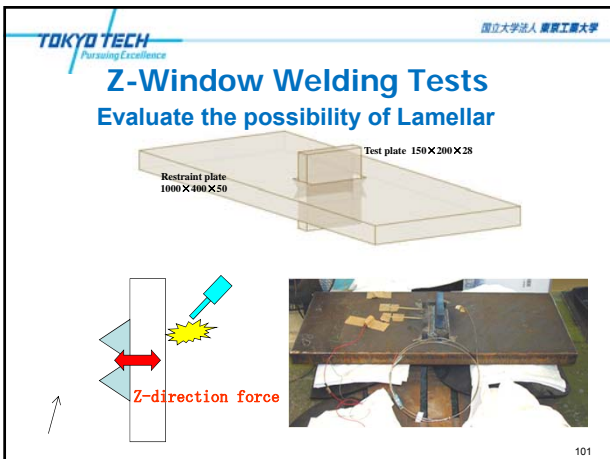
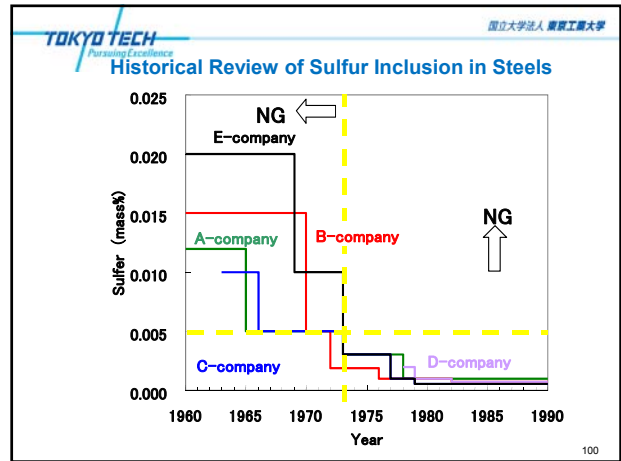
Z-direction tensile test result

sample No.	diameter (mm)	0.2% load		tensile stress		elongation (%)	RAZ (%)	break point
		Load(kN)	N/mm ²	Load(kN)	N/mm ²			
No.1a	9.99	26.81	342	27.89	356	3	0.2	connection
No.1b	9.99	28.34	362	39.78	508	12	8	A
No.1c	9.99	27.57	352	40.13	512	10	12	A
No.2a	10.00	26.49	337	39.41	502	18	20	A
No.2b	10.00	26.39	336	40.16	511	10	19	A
No.2c	9.99	24.92	318	36.84	470	6	10	A

Bolt hole core sample

JIS G3199 type C sample

100



TOKYO TECH Pursuing Excellence 国立大学法人 東京工業大学

6. 診断と措置

TOKYO TECH Pursuing Excellence 国立大学法人 東京工業大学

提案：高度専門家によるチームの構成

医療分野での高度治療のためのチーム

- 問題となる現象：疲労、破壊、腐食、応力腐食割れ
橋梁の成人病、老人病
心臓、脳、癌などの難病
- 1. 高度の専門家チーム
- 点検/診断/処置/観察の高度な知識の統合
検査技師、医師（多くの分野）、看護師
- 2. 集中的な対処：レベルアップには経験の積み重ね
専門病院と執刀数、処置数、
- 委員会やWGで対応することは不可能！！

TOKYO TECH Pursuing Excellence 国立大学法人 東京工業大学

なぜチームが必要か

- 出現する障害、損傷
 - 設計：疲労設計、構造ディテール、溶接設計、
 - 製作：組み立て、溶接施工、品質管理、
 - 架設：精度、キャンパー、手直し、ミス、
 - メンテナンス：点検、補修、
- などのすべてに係わる。
- 点検、診断、補修補強設計、事後モニタリングには、広範囲の高度の専門知識の統合が必要であり、それは一同に会してのコンファレンスにより実現。

TOKYO TECH Pursuing Excellence 国立大学法人 東京工業大学

山添橋の疲労損傷

【出典：九州地整 記者発表資料（平成19年12月6日）】

疲労損傷の事例① 【資料-1】

【一般国道25号(名阪国道)山添橋における損傷】



主桁ウェブと面外ガセットの継手 面外ガセットの継手

【H18.11.10 近畿地方整備局 記者発表資料より】

TOKYO TECH Pursuing Excellence 国立大学法人 東京工業大学

鋼橋に生じた疲労事例



TOKYO TECH Pursuing Excellence 国立大学法人 東京工業大学

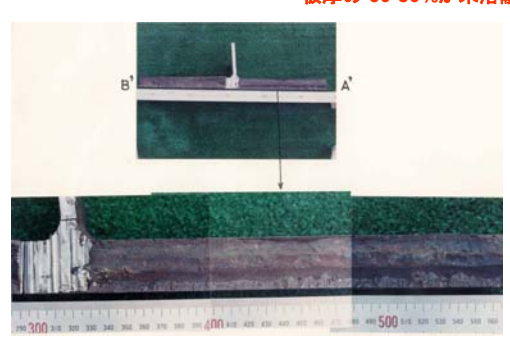


See: 1997. 5 鋼橋の疲労、日本道路協会

TOKYO TECH Pursuing Excellence 国立大学法人 東京工業大学

切り出しての破面の観察

板厚の 60-80%が未溶融




同一工場で同時期に溶接された継ぎ手の検査により多くの欠陥とそれから発生した疲労亀裂が発見された

TOKYO TECH Pursuing Excellence 国立大学法人 東京工業大学

設計応力計算法
初等はり理論 + せん断遅れ
(奥村ら, 1968)

道路橋であり、また、
橋脚ということから
疲労設計がなされて
いなかった。

柱の断面形状、
様々な板の集成方法
施工不良：99.9%

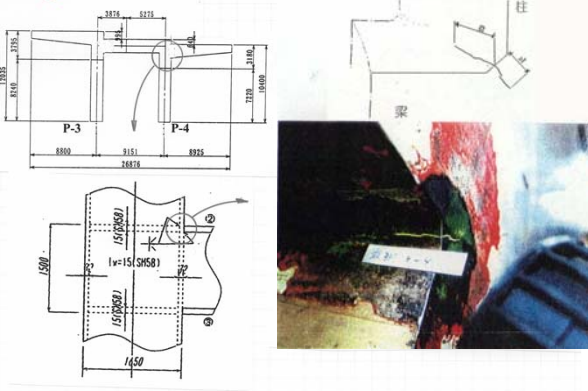


TOKYO TECH Pursuing Excellence 国立大学法人 東京工業大学

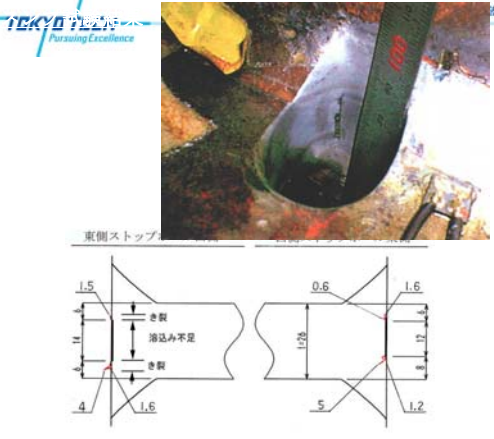
首都高速3号池尻ランプ



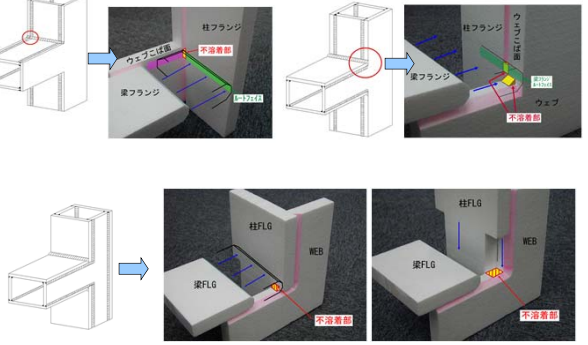
TOKYO TECH Pursuing Excellence 国立大学法人 東京工業大学



TOKYO TECH Pursuing Excellence 国立大学法人 東京工業大学

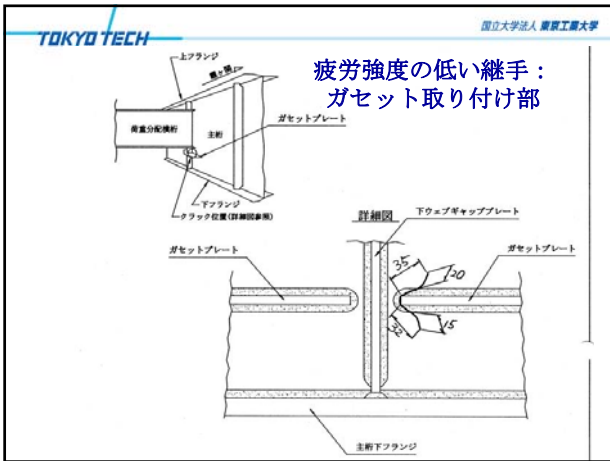
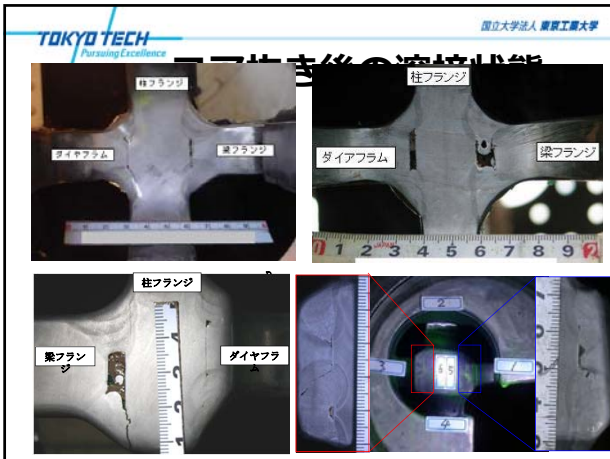


TOKYO TECH Pursuing Excellence 国立大学法人 東京工業大学



国立大学法人 東京工業大学





TOKYO TECH Pursuing Excellence 国立大学法人 東京工業大学



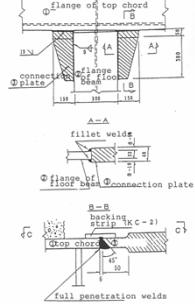

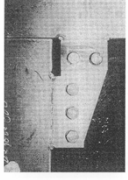
Retrofit work

モーメントを伝達できるように構造改善



TOKYO TECH Pursuing Excellence 国立大学法人 東京工業大学

Retrofitting works: 固定端のモーメントに耐えられるように改善、床桁のフランジをトラスの上弦材に Connection Plate で連結した。

TOKYO TECH Pursuing Excellence 国立大学法人 東京工業大学

Up grading

- 日本ではあまり経験がない
若戸、名神蟬丸

TOKYO TECH Pursuing Excellence 国立大学法人 東京工業大学



TOKYO TECH Pursuing Excellence 国立大学法人 東京工業大学

大規模な改築：
ブルックリン、マンハッタン、ウィリアムスバーグなどのNYの吊橋が有名

**Huey P. Long Bridge
ルイジアナ**

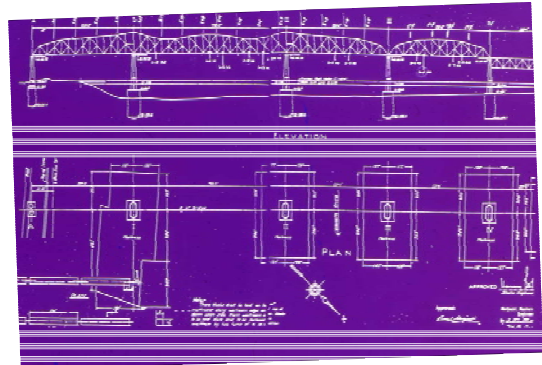
1935: Open
4.35 miles

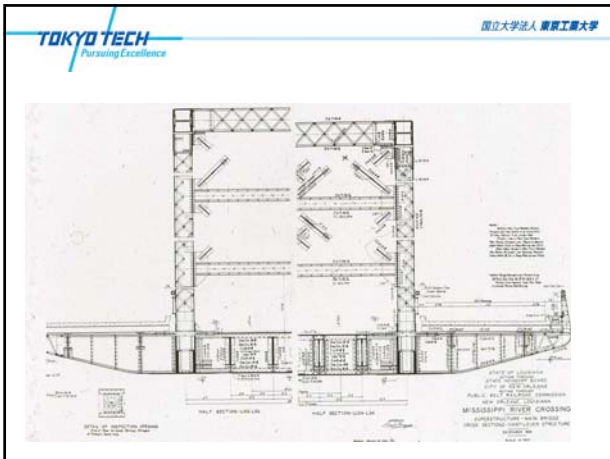
1984年に疲労対策に参加





TOKYO TECH Pursuing Excellence 国立大学法人 東京工業大学





TOKYO TECH Pursuing Excellence

Widening project
 2006-2012
 50000 → 70000

HOW THE BRIDGE WILL BE WIDENED

1. WIDE BRIDGE: A wide bridge is built on the existing bridge structure. The bridge is widened by adding a new deck on top of the existing one. The new deck is supported by the existing bridge structure.

2. WIDENING THE BRIDGE: The bridge is widened by adding a new deck on top of the existing one. The new deck is supported by the existing bridge structure.

3. WIDENING THE BRIDGE: The bridge is widened by adding a new deck on top of the existing one. The new deck is supported by the existing bridge structure.

4. WIDENING THE BRIDGE: The bridge is widened by adding a new deck on top of the existing one. The new deck is supported by the existing bridge structure.

5. WIDENING THE BRIDGE: The bridge is widened by adding a new deck on top of the existing one. The new deck is supported by the existing bridge structure.



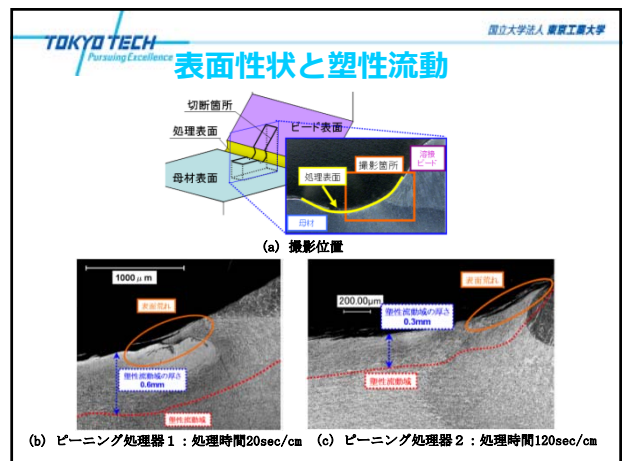
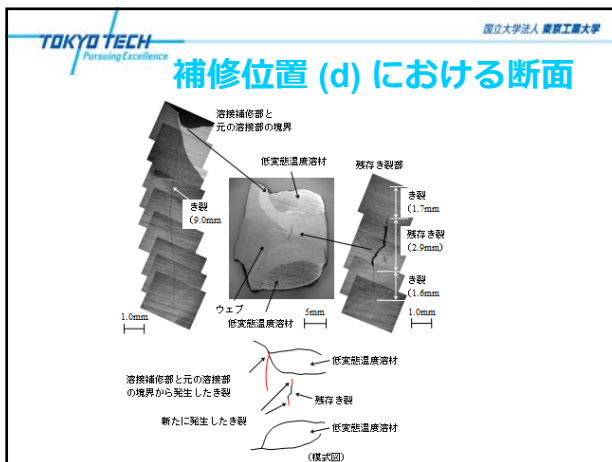
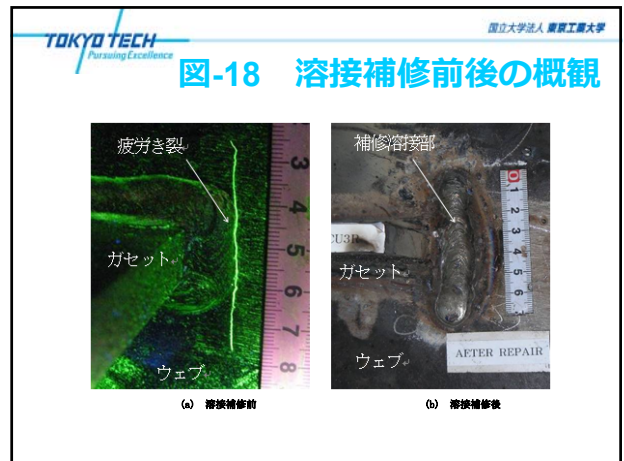
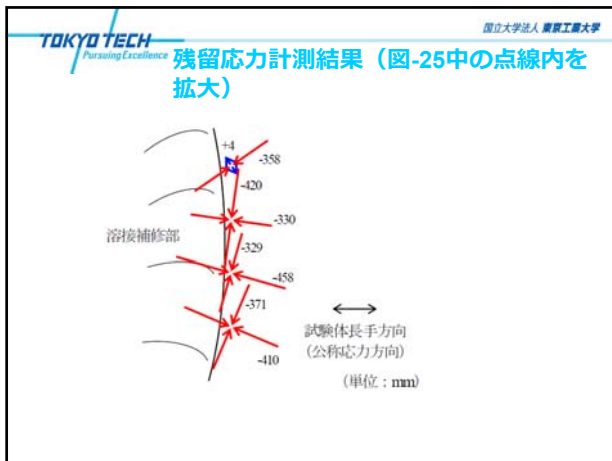
TOKYO TECH Pursuing Excellence 国立大学法人 東京工業大学

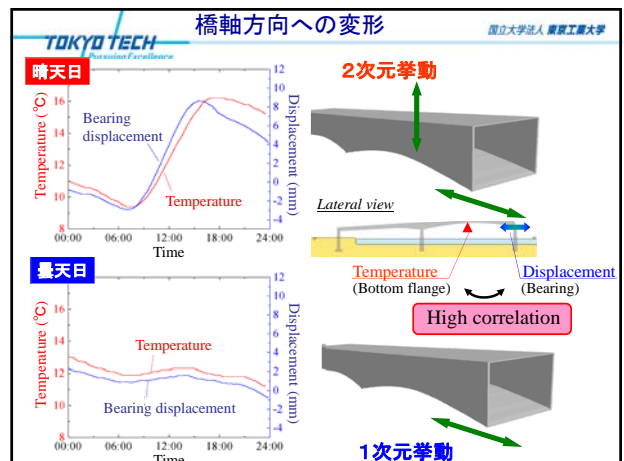
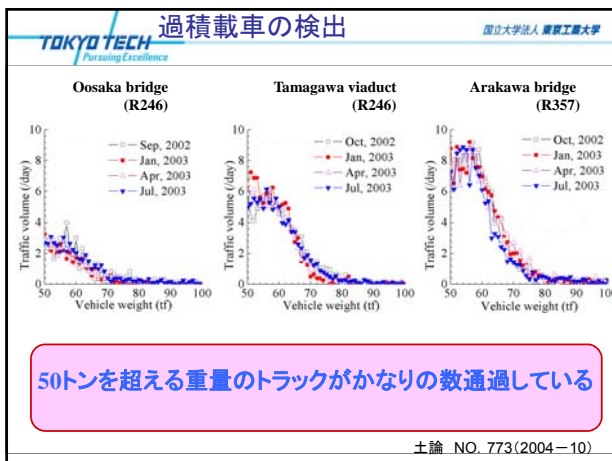
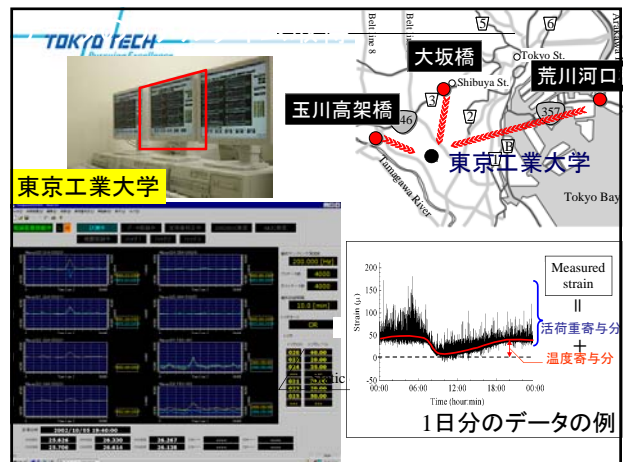
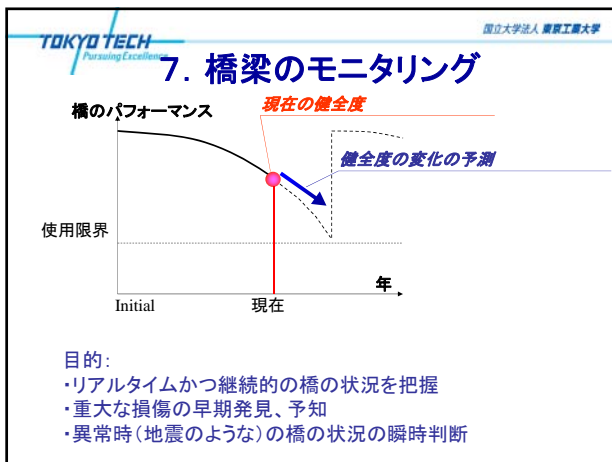
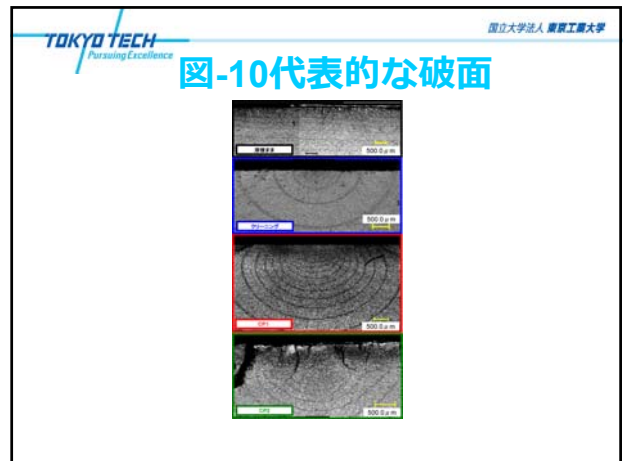
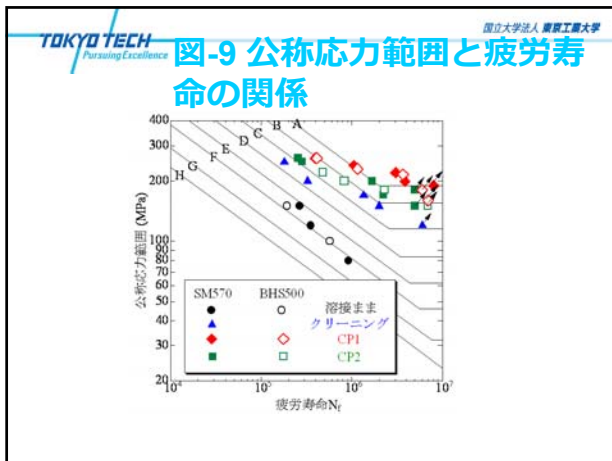
・ 補修・補強の研究

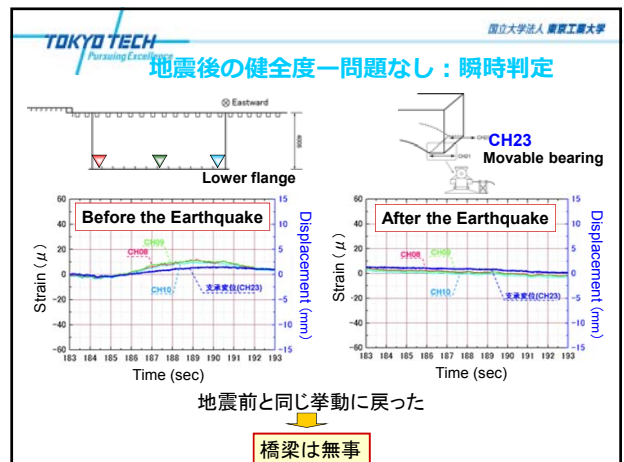
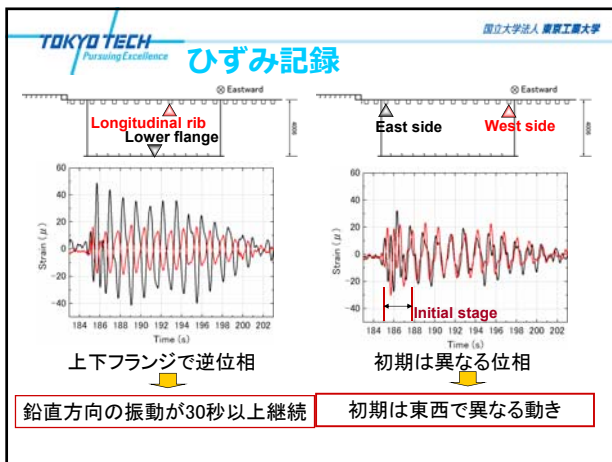
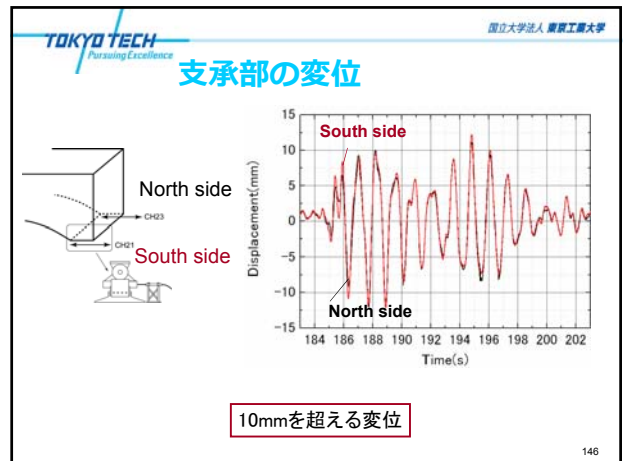
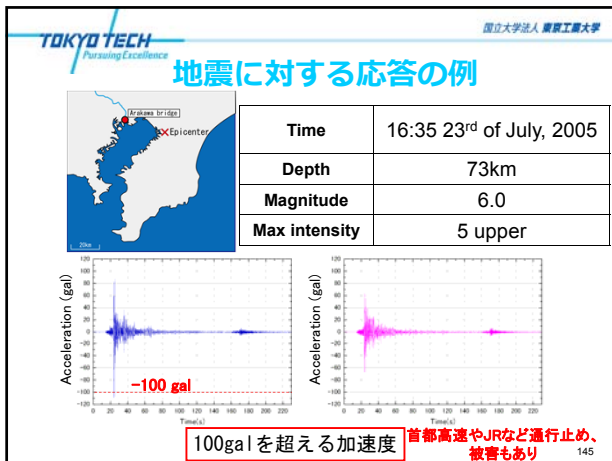
TOKYO TECH Pursuing Excellence 国立大学法人 東京工業大学

溶接補修方法の模式図 (ガセットの板厚中央での断面図を示している)

(a) 溶接補修タイプ A、位置 (a)
 (b) 溶接補修タイプ B、位置 (b)
 (c) 溶接補修タイプ C、位置 (c)
 (d) 溶接補修タイプ D、位置 (d)







TOKYO TECH Pursuing Excellence 国立大学法人 東京工業大学

最も進んだモニタリングシステム

センサー、通信のすべてを光ファイバーで構成・実証

橋梁の状態を瞬時・継続的にモニタリングする仕組みの開発

- 地震発生時における被害状況の迅速な把握の実現
- 平常時における橋梁異常の早期発見の実現
- 疲労損傷予測に必要な重量車両の継続的把握の実現

共同研究の目的

- 複数種のセンサからリアルタイムでデータを集約し、被害情報を表示
- 重量車両の運行状況を常時収集し、統計情報として提供

実験システムの特徴

2009年2月25日
新橋4号線(首都3線)
中央環状線(環状)を通知

実験橋梁(渋谷3号線)

情報センター(大手町)

首都高本舗(虎ノ門)

監視カメラ(既設)

道路図 (a) 首都高速道路網

TOKYO TECH Pursuing Excellence 国立大学法人 東京工業大学

統計情報 (通過車両重量情報)

・ひずみデータから通過直後に車重を算出し重量車両のみをリストアップ
・統計情報として路線毎に長期的傾向を把握可能

重量車両検知システム ver.1.0

監視地点 XX

重量車両検知画面

時間推移

重量分布

車両検知画面 (監視映像が利用可能な場合)

TOKYO TECH Pursuing Excellence 国立大学法人 東京工業大学

～異常検知情報～

- 計測データを閾値判定し、リアルタイムに異常を一覧表示
- 異常検知結果のメール配信も可能

TOKYO TECH Pursuing Excellence 国立大学法人 東京工業大学

8. ブリッジマネジメント

TOKYO TECH Pursuing Excellence 国立大学法人 東京工業大学

平成15年4月：道路構造物の今後の管理・更新等のあり方に関する検討委員会

- 道路を資産として捉え、道路構造物の状態を客観的に把握・評価し、中長期的な資産の状態を予測するとともに、予算制約の下で、いつどのような対策をどの行つのが最適であるかを決定できる総合的なマネジメントシステムの構築が必要である。

→ アセットマネジメントの導入
しかし、現在までに具体的な形にはなっていない

TOKYO TECH Pursuing Excellence 国立大学法人 東京工業大学

予防保全型管理による効果 (橋梁関連経費試算例)

30年間橋梁総事業費 1兆6000億円 → 縮減額: 1兆円 → 30年間橋梁総事業費 6000億円

東京都建設局：橋梁の管理に関する中長期計画、平成21年3月より

TOKYO TECH Pursuing Excellence 国立大学法人 東京工業大学

社会的便益と損失

- Life Cycle Cost (LCC) = 初期建設費 + 維持管理費 + 更新費、ここには社会的な便益や損失が入っていない。
- 考慮すべき社会的便益と社会的損失：走行時間、走行費用、交通事故、大気汚染、騒音、地球温暖化 (CO₂) など。費用原単位は道路投資の評価と同様に考える。
- アセットマネジメントによる投資判断基準。道路の管理レベル、補修・補強、更新のレベルと優先度など

TOKYO TECH Pursuing Excellence 国立大学法人 東京工業大学

アセットマネジメントとは

Asset(資産)をManagement(運用・管理する)

依頼者の資産・負債状況の分析
収入・リスク許容力・意向の反映

目的 ↓
純資産の増加

証券会社や不動産会社の場合は利潤の追求
公共事業ではVFM(Value for Money: 国民の税金 (Money) の使用価値 (Value) の増大) サービス水準が一定であれば橋梁の負担するコストを低減すること
コストが一定であればサービス水準を上げること

TOKYO TECH Pursuing Excellence 国立大学法人 東京工業大学

さて、橋梁のメンテナンス計画へのアセットマネジメントの導入をどうするのか

具体的なシステム、ソフトはない。
しかし、ポンチイスではないだろう。
これから目指す方向は

- 新技術
- ユビキタス社会のメンテナンス

経年の進んだ日本の膨大な数の橋梁をどの様にメンテナンスしていくのか
医療分野での成人病への対応に当たる
場当たり的対応（対症療法型）から予防保全型メンテナンスへ
予算も限られている

TOKYO TECH Pursuing Excellence 国立大学法人 東京工業大学

提案: 社会インフラのスマート化!

スマートグリッド、スマーター・プラネット、スマートシティ
社会インフラのメンテナンスに存在する無駄を切る——アセットマネジメント

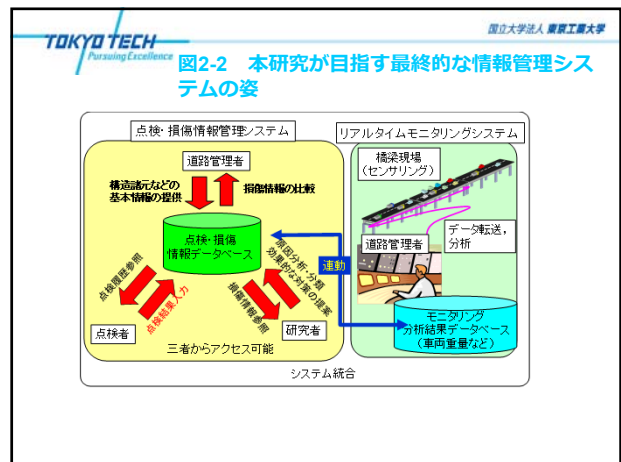
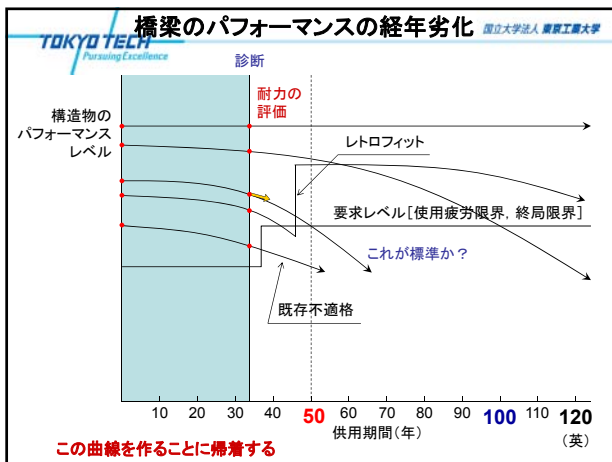
- ① 実世界の情報をデジタル化
- ② インターネットなどで相互接続して集約
- ③ 集まったデータを分析

点検—診断—措置

情報の見える化 → データの集約 (Data integration) → データ分析 (Data mining) → 意思決定 (Decision making)

橋梁緒元
定期点検
モニタリング
補修・補強

目指すは
日本中の全ての橋梁で、
最高レベルのメンテナンスを実現すること



TOKYO TECH Pursuing Excellence 国立大学法人 東京工業大学

図3-7 詳細データ検索画面

橋梁損傷情報管理システム

検索を続ける 検索を終わる

詳細データ検索結果

詳細データシート

検索結果の増減

検索条件

検索結果

TOKYO TECH Pursuing Excellence 国立大学法人 東京工業大学

その2. アメリカと日本との状況は本当に同じか?

America in ruinsのシナリオの真似をする必要はない。

America in Ruins

1981年FHWA : 524,966橋のうち2/5が大幅な補修あるいは架け替えが必要。98,000橋は構造上の強度不足。橋梁の寿命は50年程度、アメリカの橋梁の3/4は使用開始後45年以上、1900年以前に竣工した25,000橋がいまだに使われている。1935年までは材料、設計、製作などの標準化はされていなかった。

TOKYO TECH Pursuing Excellence 国立大学法人 東京工業大学

9. 今後の展開

- 日本では、この分野に対する大きなFunding, Projectはなし。小規模な研究のみ。
- メンテナンスのビジネスモデルが見えない：提案すべき
- 新しい技術の導入に対する理解意欲が低い：人材の育成
- 受益者は国民であることの認識。
- 社会的損失、便益から考えるべき。

- どこの機関で、誰が、どのような予算で、推進するのか？
- いまのままでは何も進まない。
- 知識、技術に相応な対価を払う仕組みの実現（いまは物にのみへの対価、質が測れないから？）

TOKYO TECH Pursuing Excellence 国立大学法人 東京工業大学

3Kビジネスから高度知識集約型ビジネスへ

- 問題は技術者がいない、特に臨床医的技術者がいないこと。
- 今のままでは技術者は出現しない。理由は、おいしくない分野だから。――典型的3Kビジネス
- 点検と診断に正当な対価を払うことが意欲的で優秀な技術者の参入には必須条件
- 正しい点検と診断により、メンテナンスのコストはドラスティックに下がる。工事量で稼ぐ世界ではない。
- 放置、穴あけがBestであるケースも多い。自信がないから大規模補修・補強工事に行く。

どこから着手すればよいのか？ -- 3現主義
 「現場に行き、現物に触れ、現物と直接対話する」

TOKYO TECH Pursuing Excellence 国立大学法人 東京工業大学

+100年P

橋梁の有する真の耐力を知るための技術、劣化を予測する技術。

鋼橋の疲労対策P、橋梁の長寿命化修繕策定Pなどで見てきたこと

- 点検と診断：老朽化した、荒廃したというが、実際の耐力(疲労、終局)をきちんと把握しているか？
- 疲労を知っている技術者がどれくらいいるのか？管理者、コンサルタント、橋梁会社。
- 「点検結果から劣化曲線を設定します(ソフト)」そのようなことは可能か？
- 疲労を破壊の防止からは現在の点検および診断は NO
- 新しい技術、理解できないことに対する拒絶反応。

橋梁の診断は人間の診断と同じレベルの重要性であることの認識が薄い。民間に関連技術の開発意欲は無い。(ビジネスモデルが成立しないことから)

この課題に対してどこが主体的に取り組むかを考えなければならない。

国立大学法人 東京工業大学

At Turner Fairbank Lab, FHWA
Dr. W. Wright

At Lehigh University,
with Prof. J. W. Fisher

At Univ. of Minnesota
With Prof. T. Galambos and Dr. T. Okazaki

