

第 3 回 定 期 研 究 会

平成 22 年度 SGST 総会・第 3 回定期研究会 議事録

日時：平成 22 年 8 月 20 日(金) 16:00 ~ 17:30

場所：愛知工業大学 本山キャンパス 多目的室

出席者：後藤，永田，奥村（名工大），伊藤，館石，北根（名大），木下（岐阜大），宇佐美，葛，小塩，鈴木（名城大），鈴木（愛工大），村瀬，中野（愛知県），山田健，中村，下地（中日本 HW.E），柴田（名公社），加藤（海洋架橋），中本（中部復建），泉野（玉野 C），林（協和 C），原田，杉本（創建），加藤（中日本 C），鷺見（八千代 C），岡本（パシ C），川瀬（日中 C），長谷部（長谷部応用力研），穠山（コベルコ科研），山本（サクラダ），小西（日橋），小川（篠田），神頭，林，加納，吉嶺（日車），安藤，織田，中川，亀山，坂部，小林，高地，岩田，森田，松村（瀧上）

47 名(敬称略)

1. 定期研究会 (16:00 ~ 17:30)(織田幹事長)

講演者：東京工業大学 教授 三木 千壽 先生

講演項目：「鋼橋の疲労研究の課題と目指すべき方向」

土木学会 CPD プログラム認定番号 JSCE10-0272

講演内容

講演「鋼橋の疲労研究の課題と目指すべき方向」：

鋼橋技術の課題と目指す方向として、橋梁造形の広がり、橋梁計画、構造設計における構造合理化とコスト縮減への寄与、膨大なストックへの対応やメンテナンス、メンテナンス分野での新技术、についてご講演頂いた。

国際競争の点で日本の橋が海外に比べて重たくて高い点、従来の設計式に依存し最新技術・研究との乖離が生じている点の指摘、FEM での設計との比較等のご紹介を頂いた。

膨大なインフラストックの老朽化が技術競争のビジネスの場であることへの発想、予防保全型への転換の必要性のご指摘とともに、橋梁の最新モニタリング技術のご紹介を頂いた。

本発表については参加者の関心も高く、活発な質疑応答が行われた。

以上//

平成 22 年 8 月 20 日 H22.SGST 第 3 回定期研究会

講演題目：「鋼橋の疲労研究の課題と目指すべき方向」

土木学会 CPD プログラム認定番号 JSCE10-0272

講演者：東京工業大学 教授

三木千壽 先生

会場：愛知工業大学 本山キャンパス（愛知県名古屋市）

講演日時：平成 22 年 8 月 20 日（金） 16:00 ~ 17:30

講演要旨：

鋼橋技術の課題と目指す方向として、橋梁造形の広がり、橋梁計画、構造設計における構造合理化とコスト縮減への寄与、膨大なストックへの対応やメンテナンス、メンテナンス分野での新技术について紹介する。

鋼橋技術の課題と目指す方向

東京工業大学 三木千壽

背景

力学の結晶としての橋梁
瀬戸大橋から20年、明石海峡大橋から10年。

日本の長大橋技術は世界をリードできているか？
一般の橋梁の設計の世界は昔のまま？
(1970年代で停止しているよう)

ひょっとしてガラバコス？

2

話題

- ・ 橋梁造形の広がり
- ・ 橋梁計画、構造設計における構造合理化、コスト縮減への寄与
- ・ 膨大なストックへの対応：メンテナンス
- ・ メンテナンス分野での新技術

3

1. 造形の広がり：意匠設計への関心

- Designへの関心
- Architect と Structural Engineer とのCollaboration

» 建築分野では普通
» 海外での橋梁でも普通

橋は「はりの力学」が支配する世界とのスリコミから脱却できない
橋梁技術者（業界）の挿他的な行動
建築分野、欧米の橋梁：意匠サイドからの難しい要求に応えることで
構造技術者も進歩している

・ 橋のデザインはある時期にブームとなった。いまは？

4



Bach de Roda bridge
in Barcelona, Spain

5



Bedford Butterfly bridge
in UK

6

1



Griffiths Drive Pedestrian bridge
in Canada

7



Bridge over the Hoofdvaart
in Haarlemmermeer, Netherlands

8



Lyon Airport Station
in France

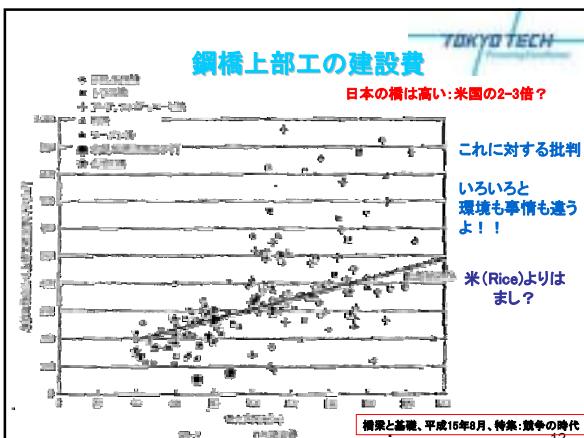
9



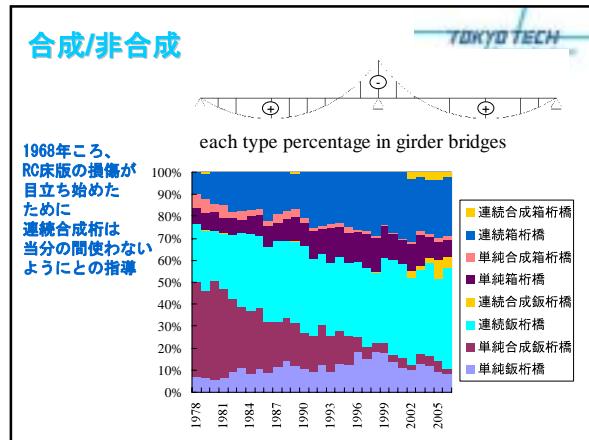
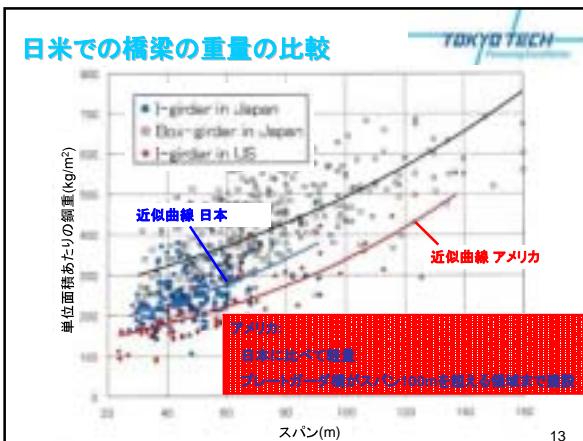
2. 橋梁計画、構造設計における構造合理化、コスト縮減への寄与

- 実績の調査と日米比較

11



2



日本の橋を評価すれば

重たくて高い
なぜそうなったのか
活荷重はほとんど変わらない
上部構造には地震は関係しない
いまだに非合成構造が支配的(増える傾向)

なぜ?
どのようにすれば良いのか?
そもそも、誰がこのような設計をやっているのか?

17

このような状況になるのか。
要求はなく、したがって変える必要が無いから。
この環境はこれからも続くか? No.
それではどうするのか。

Cost縮減が歓迎されるような環境にする
技術競争がビジネスにつながる環境にする
示方書や便覧を無視する勇気(PBDの実現)と説明努力
技術的な根拠の提示、保証などがKey Issue
構造技術者が関与する余地(マニュアルではなく)
海外に目を向けよう。
国際的な競争的環境の世界に参入しよう。

18

TOKYO TECH 問題提起: 使われている設計式は正しいか?

- 昔は力学分野の最新の成果を設計に取り入れてきた。
- しかし一度取り入れると直すことをしない。
- コンサーバティブ側はすぐに導入。逆側は極めて消極的。

FEMベースでの設計。他分野では当たり前。実際の挙動とは合わない解析結果をベースとしての設計

たとえば

1. ラーメン隅角部の設計
奥村先生らの研究: Thin Wall Structure, Shear lag
2. 中間ダイアフラム
坂井・長井らの研究: Warping Stress
3. トラス格点
など

技術のガラパゴス化?

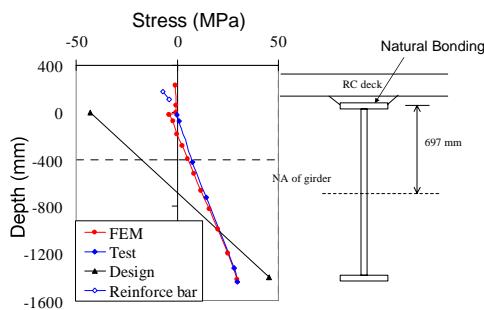
最新の研究との乖離。技術開発への無関心。

19



重たいトラック荷重(B活荷重のレベル)での試験
土論NO.647(2000)

TOKYO TECH スパン中央断面でのG1桁内の応力分布



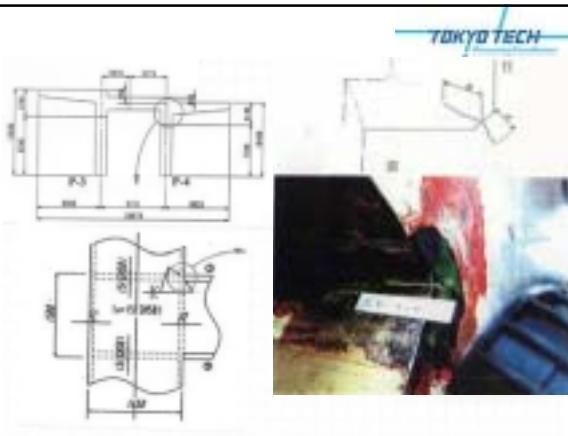
21

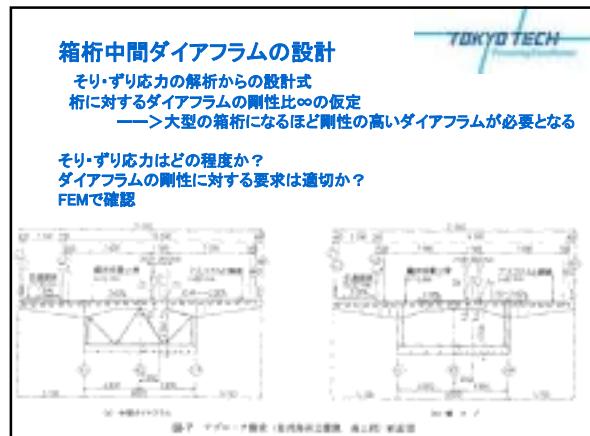
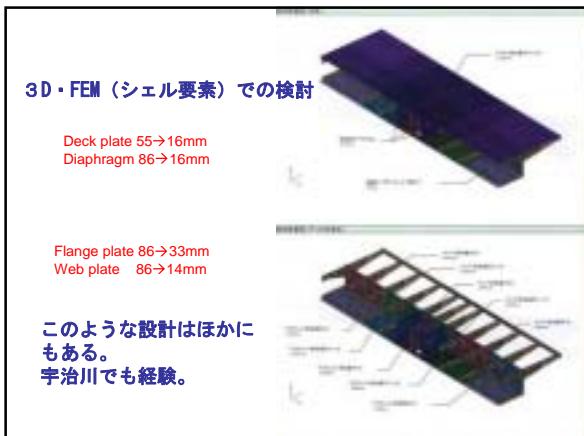
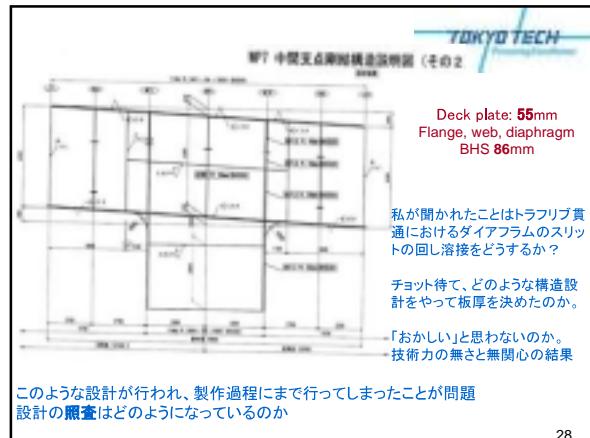
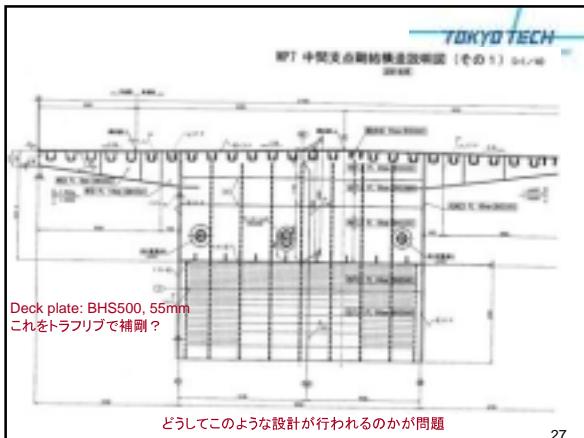
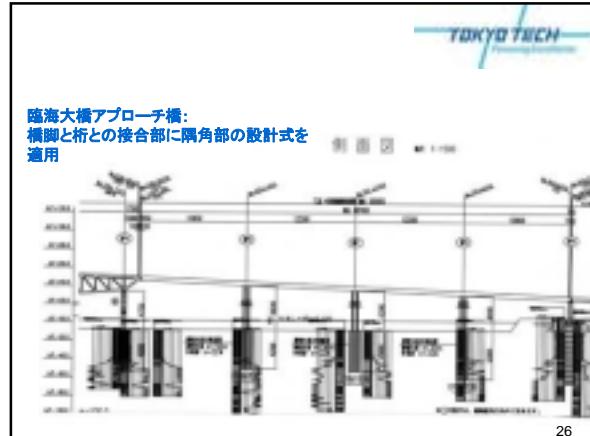
ラーメン隅角部の設計

奥村先生の研究(1960年代)が設計式となっている

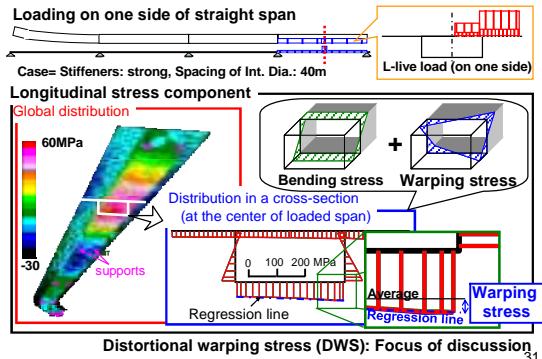


12

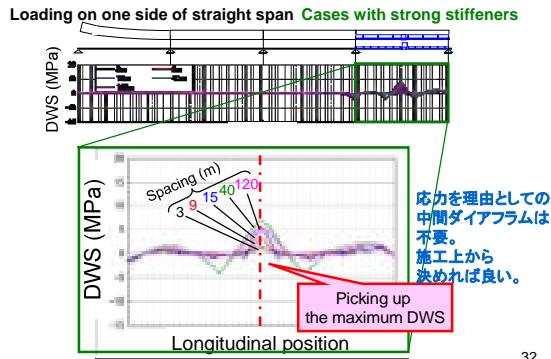




Stress distribution



Distortional warping stress



トラス格点構造の設計

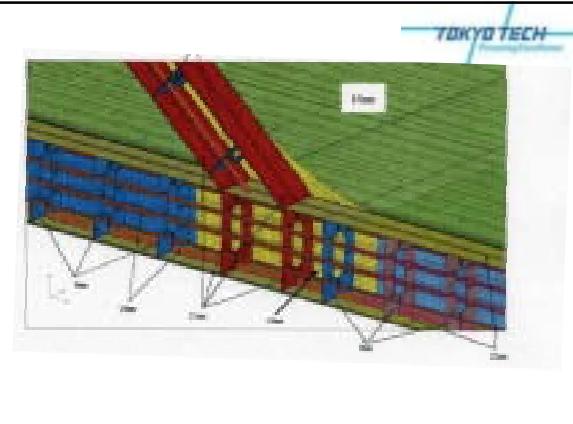
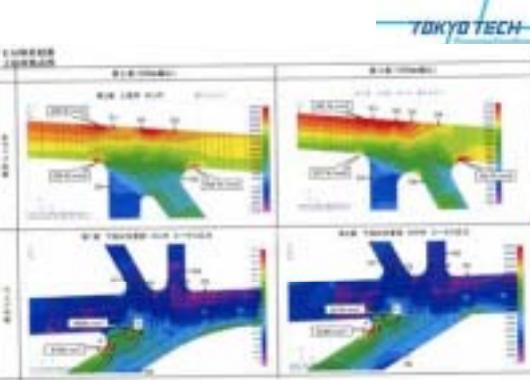
1. 根拠のハッキリしない設計式(Dimension?)を無視するところから出発(このような設計式の存在が恥ずかしい)
 $t=20 \times (P/b)$
2. トラスはピン結合と仮定。実際は?
そのためにトラスの骨組み軸線と構造部材の軸をあわせている。
そんなことは必要か?
施工性を考えた内面ダイアフラムの配置
局部応力の低減
3. そもそもガセットの概念は?

33

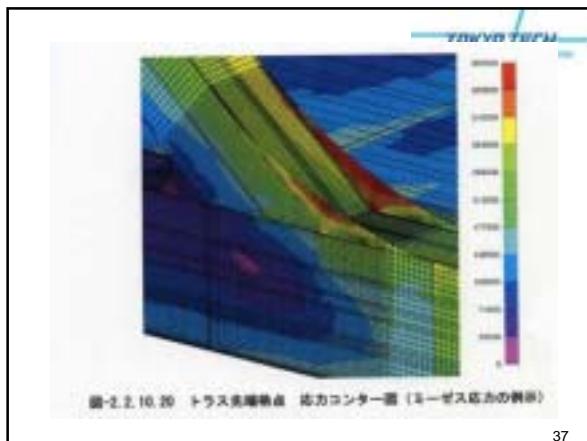
対象橋梁



34



36



37



3. 膨大なインフラのストックとその老朽化はまさに技術競争ビジネスの場

多くの取り組みが始まっているが
ムード先行的な提案になっていないか？

点検・診断・措置についての技術の確立には深い、
しっかりした研究が不可欠

国レベルでの取り組みが始まっている。
長寿命化策定プログラムもその一つ。実態は？

39

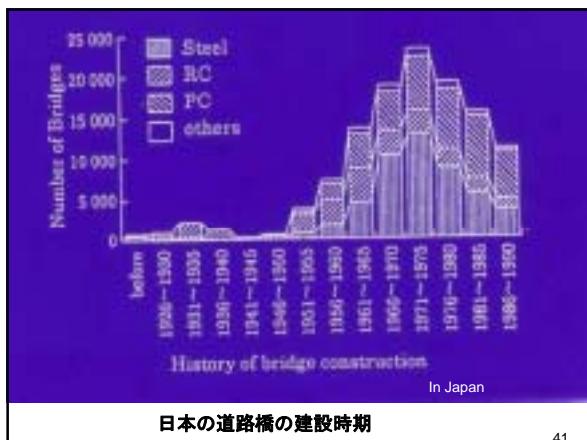
まずは現状認識から→

→これを実現するには
どのように？
アセットマネージメント的な考え方

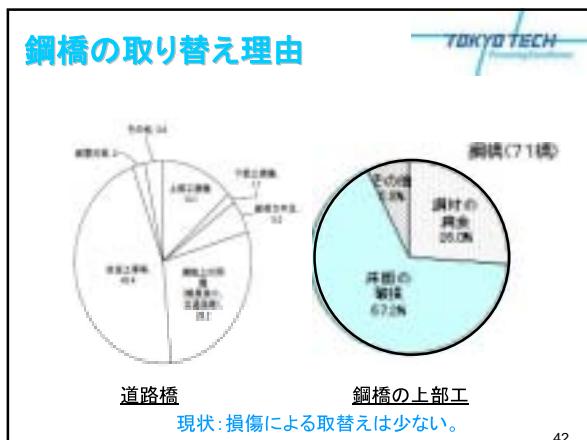
老朽化で更新・維持費急増

橋やダムなどの社会資本

37年度、新規事業の財源ゼロも



41



42

TOKYO TECH

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
対応が出来ないと問題意識

対症療法型から予防保全型への転換
アセットマネジメントの導入

43

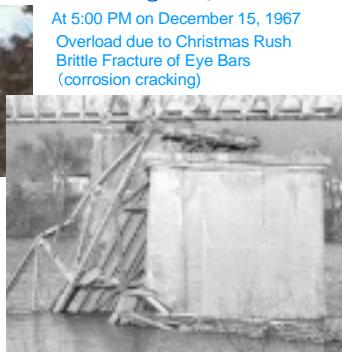
America in Ruins → Japan in Ruins

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、業界いずれも認識が低い
こと。
米国ではきっかけとなった1967年のPoint Pleasant橋
の事故の直後から様々なアクションがとられた。

44

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

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。

46



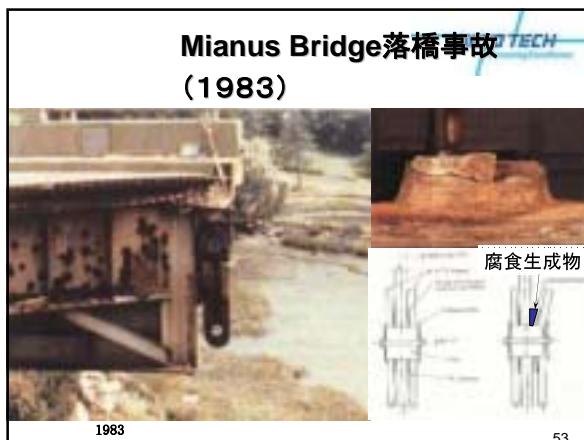
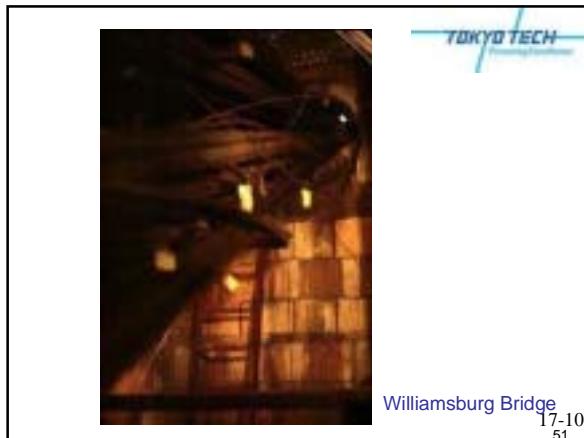
写真-2 重量制限された橋¹³（ペンシルベニア州）
道路1982-11、三木

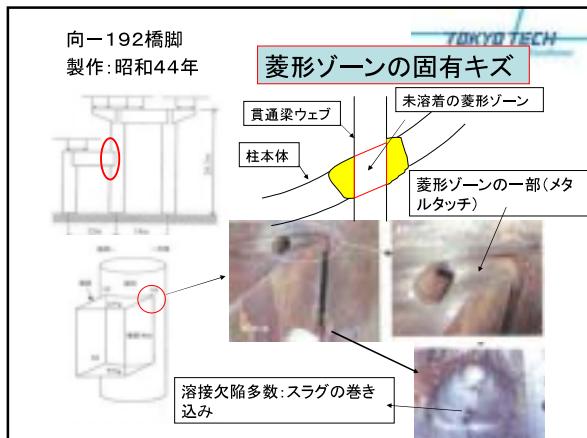
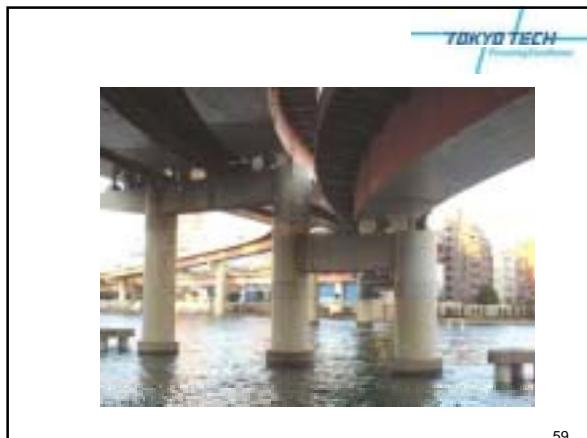
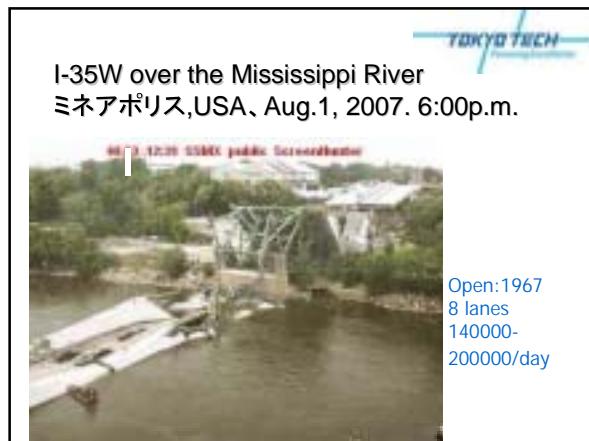
47



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

48







61



侧面マクロ



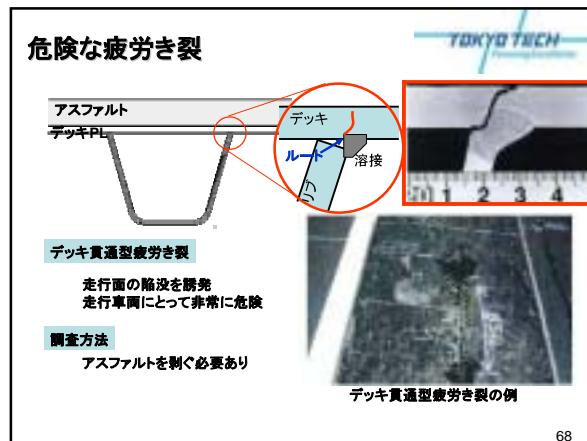
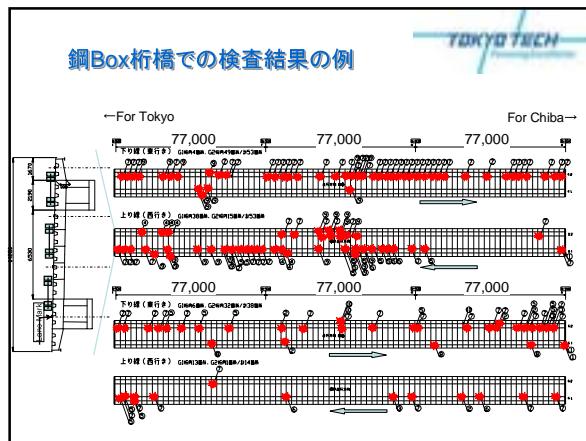
63

添接板 支圧型高力ボルト
64

65



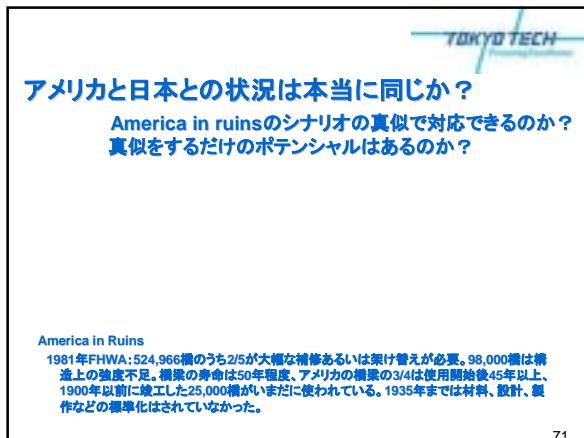
66



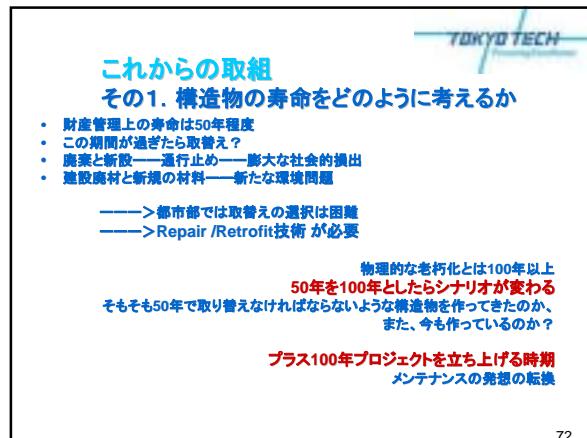
68



69



71



72

+100年P

TOKYO TECH

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。

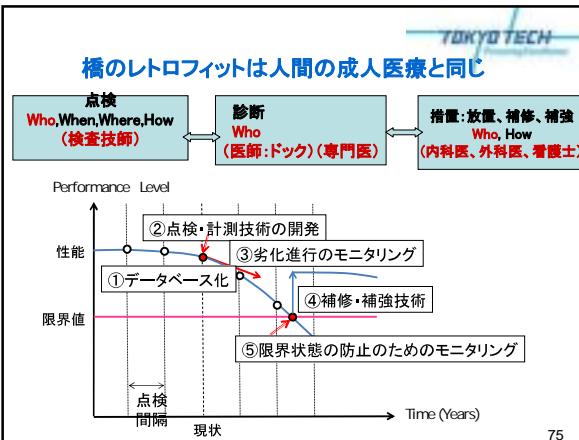
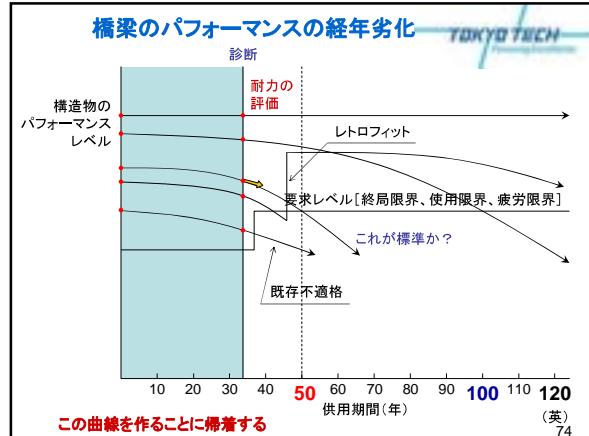
橋梁の疲労対策P、橋梁の長寿命化修繕策定Pなどで見えてきたこと

- 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？
- 疲労を基礎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。

73



5. 疲労亀裂を見つける(非破壊検査)

TOKYO TECH

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。
- どこを見たらよいのかがわからない。

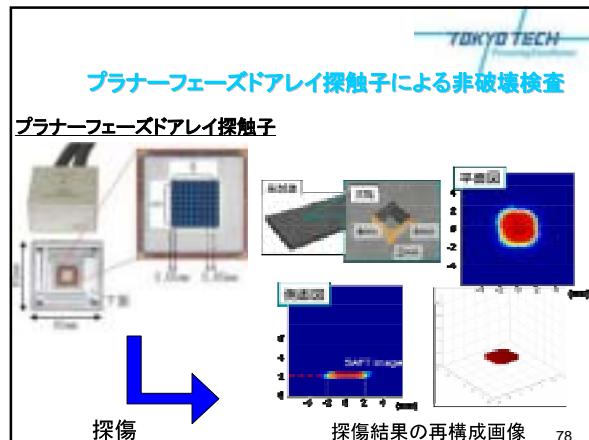
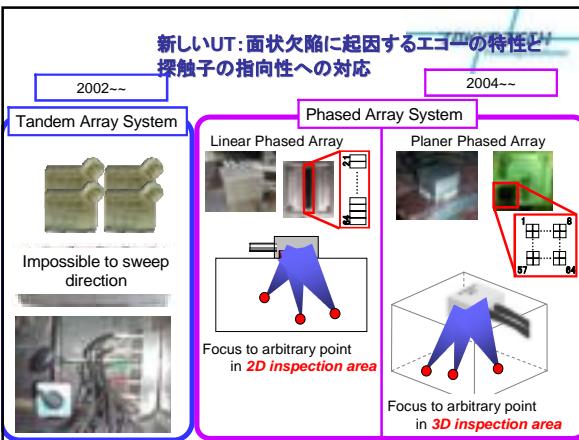
支援するためのシステムあり, on Web。

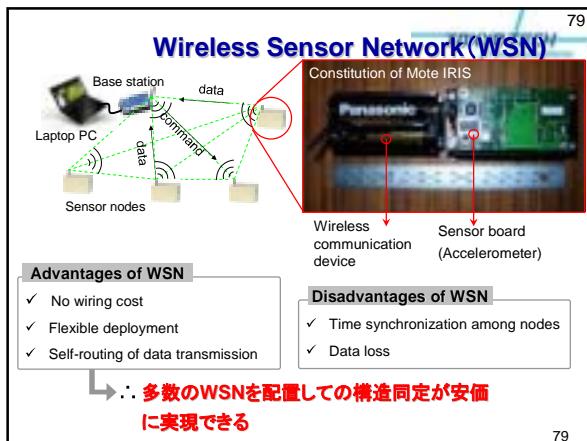
非破壊検査。しかし、現状は使えるものが少ない。

Needsにより新しい非破壊検査の開発を。

UT, サーモグラフィー、New Tech.

76





モニタリングへのMEMS技術の利用

現場計測デバイスの一つである加速度計の単価を比較する

- 一般的な有線の加速度計
3軸加速度計 約150,000円/個
- MEMS加速度センサ
Crossbow ネットワークノード(センサ基盤含む) 約50,000円/個
- Wiiリモコン + Wiiモーションプラス
3軸加速度計 + ジャイロセンサ 3,800円 + 1,500円/set

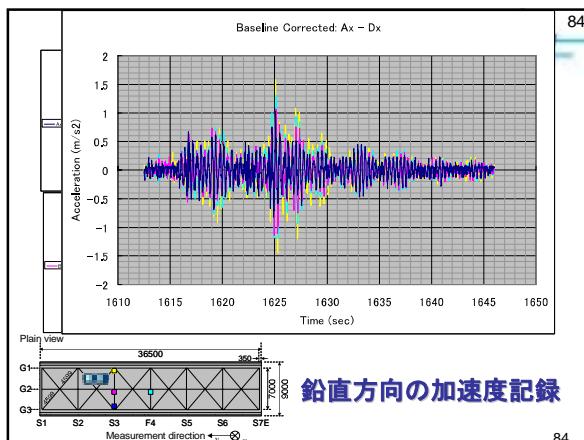
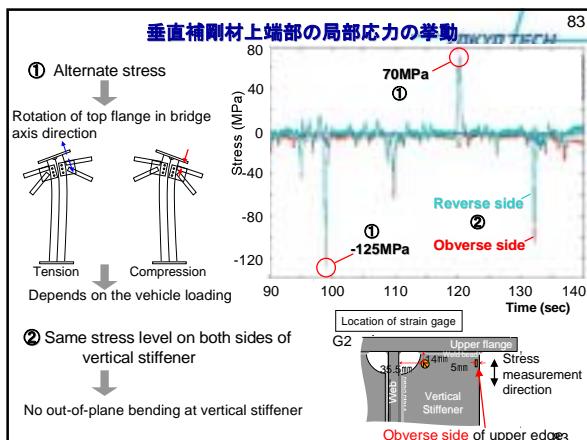
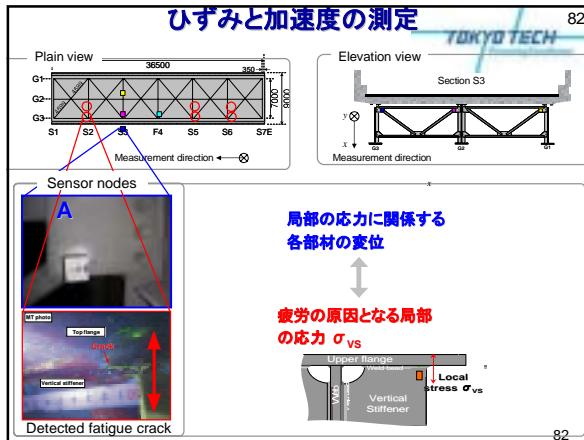
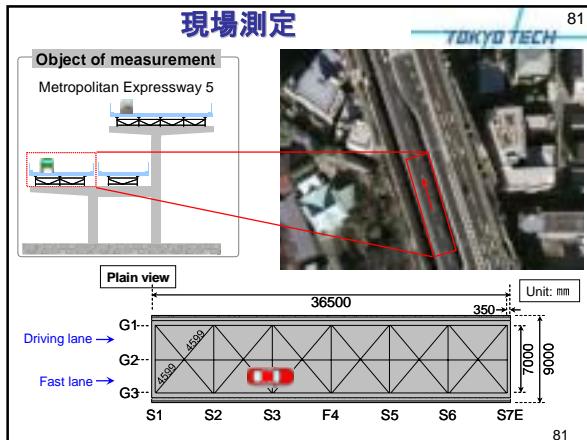
MEMSセンサは非常に低コストである

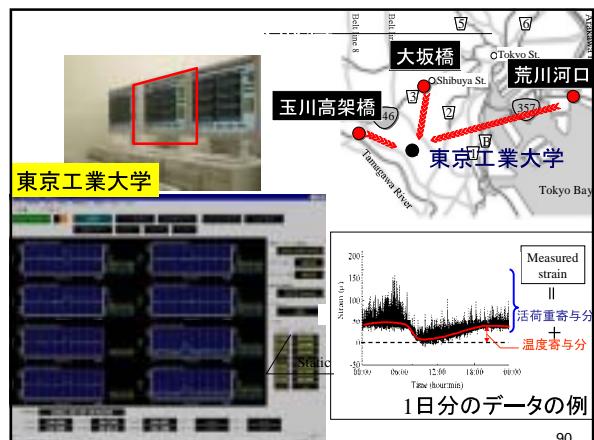
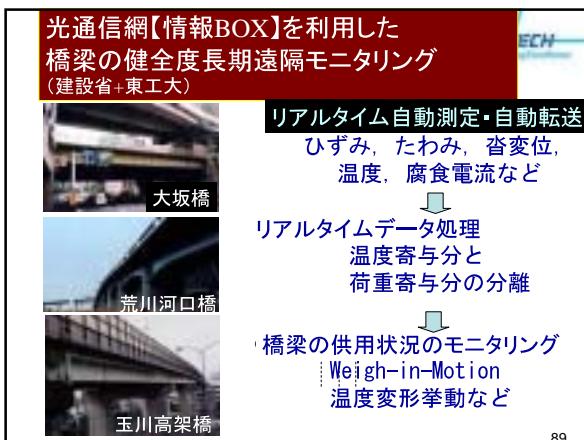
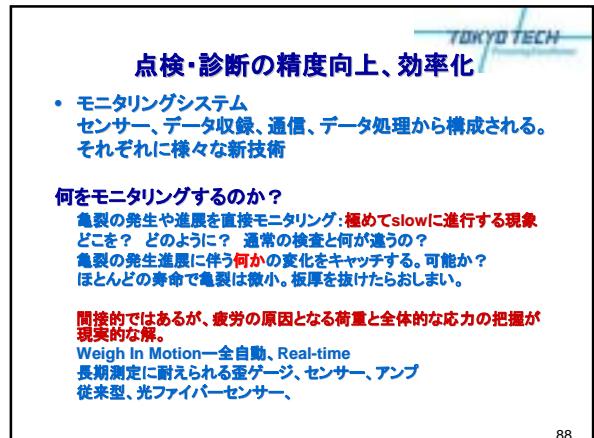
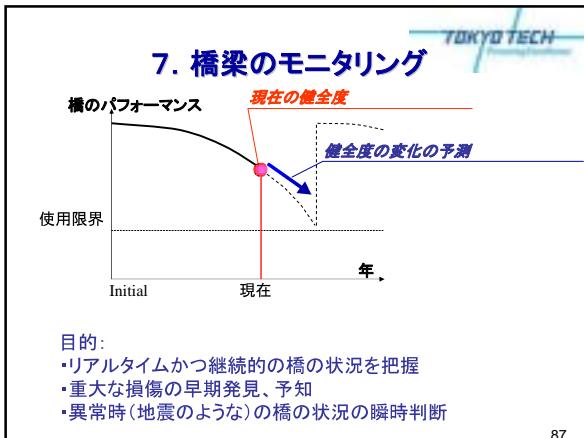
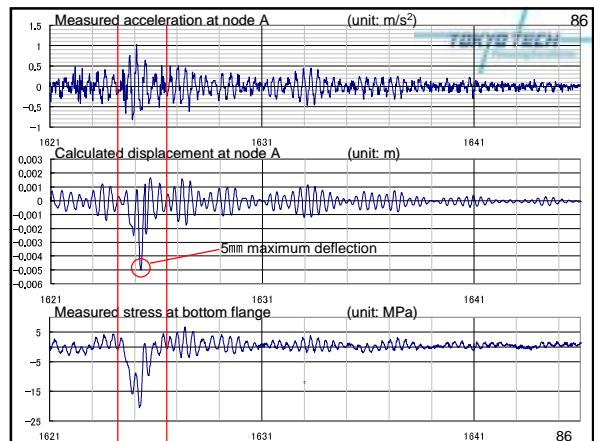
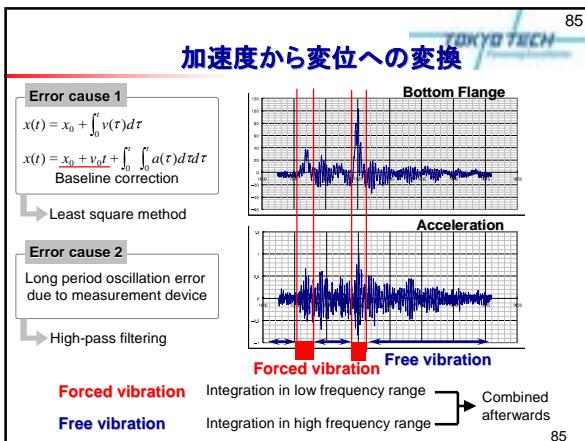
ちなみに自動車には1台あたり約50から100個のセンサ(embedded system:マイクロコンピュータ)を搭載

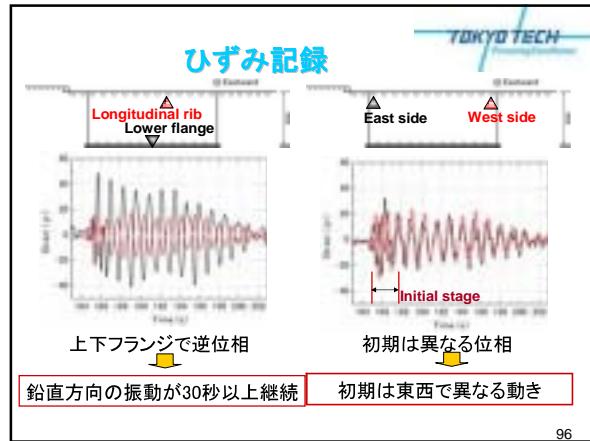
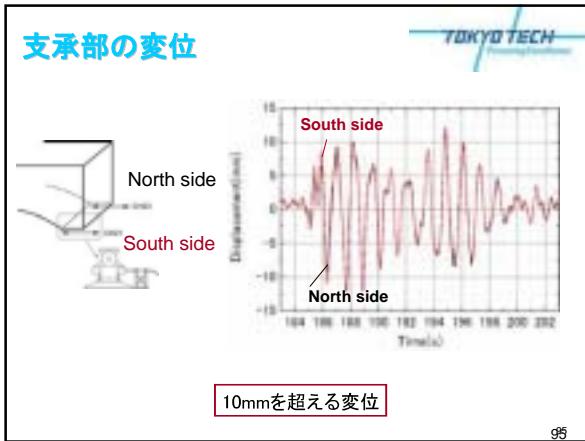
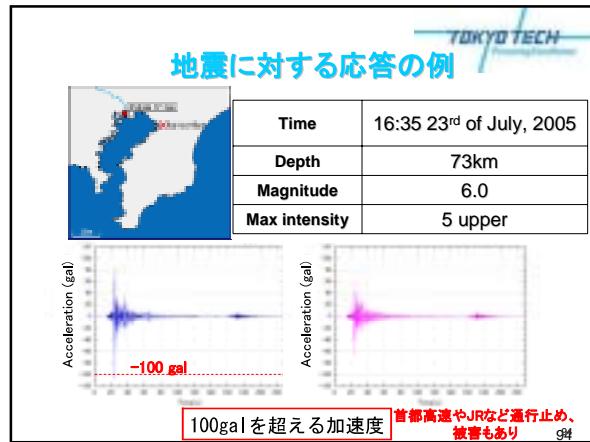
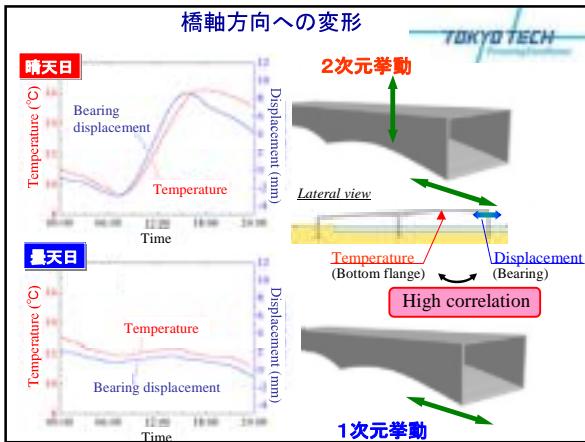
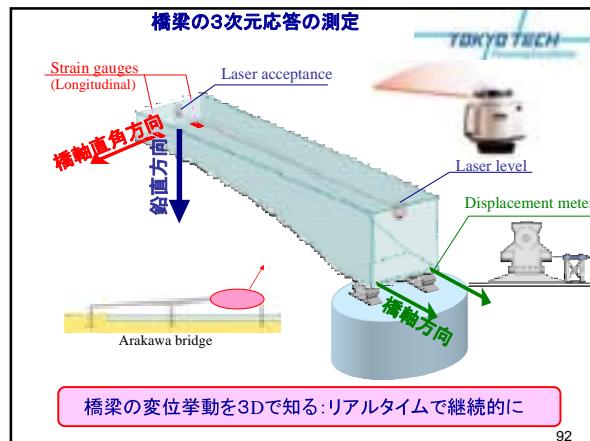
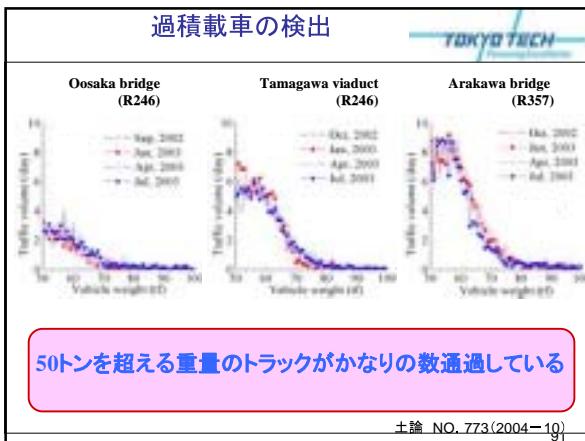
- エアバック作動スイッチ用加速度センサ
- 各種姿勢制御用センサ
- 障害物探知用のレーザーレーダー等

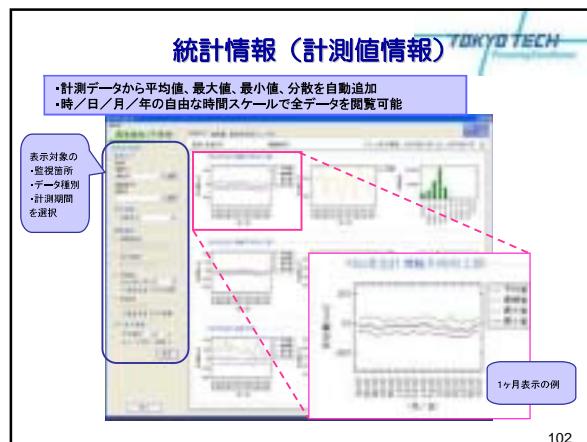
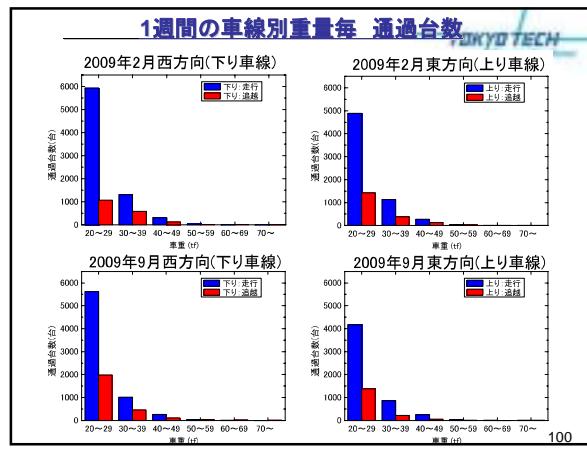
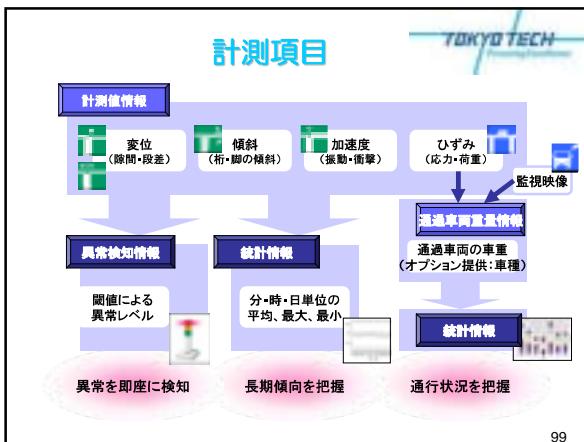
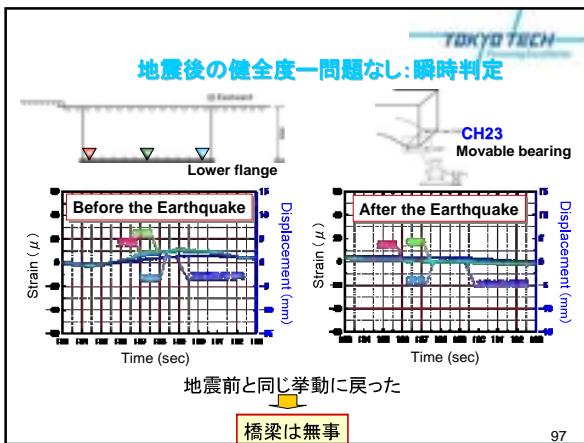
車体価格が200万円として、その全てがセンサに費やされるとしても1個あたり約2万円程度である:
実際のプライスは100円/個以下とのこと

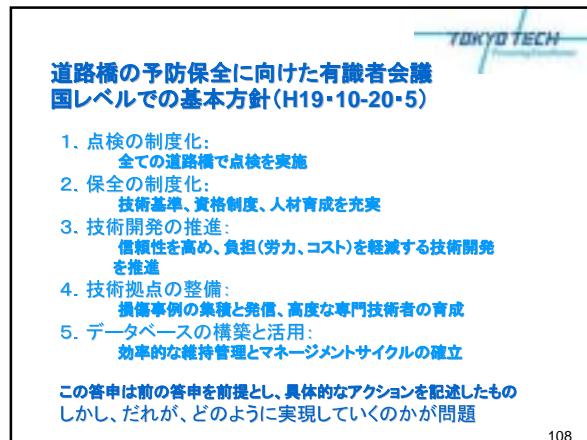
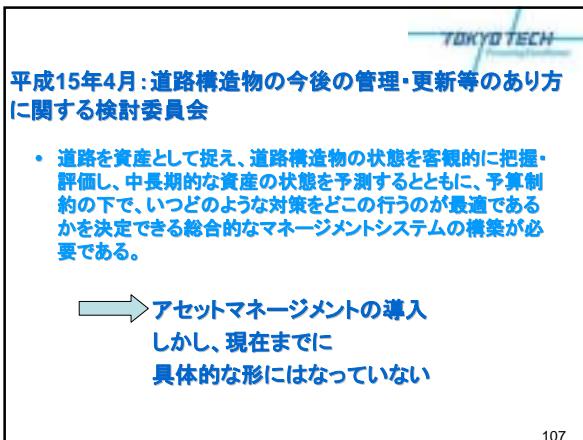
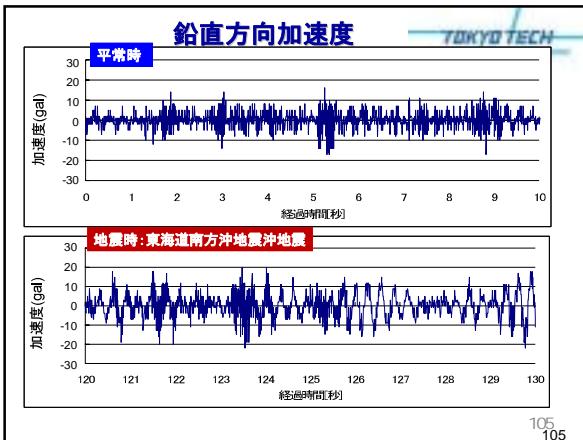
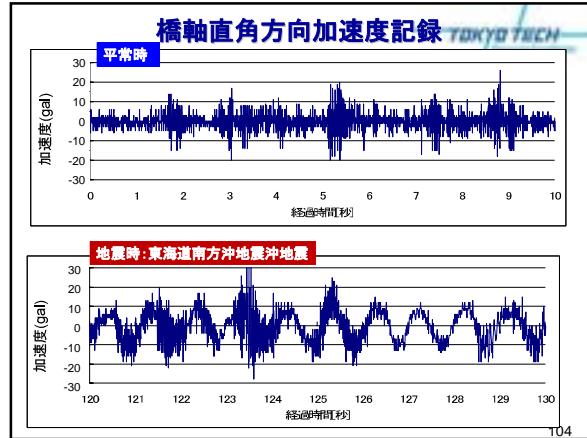
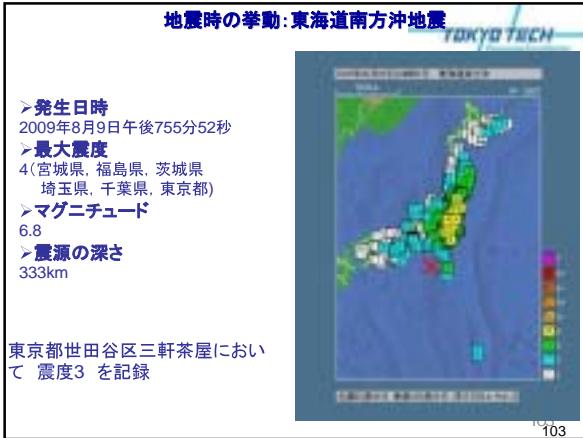
80







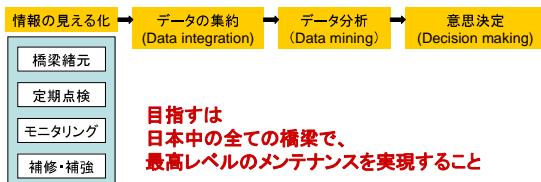




提案:社会インフラのスマート化！

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——アセットマネージメント
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



109

メンテナンスは技術の世界

• 知識、技術を評価し、対価を支払う世界。

- 放置がBestの措置との診断に対してどれくらいの対価を支払うか？
- 診断を評価するあるいは照査する仕組みが必要。
- 新たなビジネスモデルが必要。弁護士のフィービジネスと同じ
- いまのままであれば財政的にも破綻
- 海外からの技術導入

これこそが脱ガラパゴスであり、新しい展開につながるKey。

110

最後に:橋梁技術の目指す方向

橋の世界:材料と解析の進歩によりスパンを伸ばしてきた

製造業の世界では技術の進歩 →性能の向上
→コストダウン

結果として国際競争力のある技術、産業へ:産業進化論
(生物におけるダーウィンの進化論と同じ)

長期的なインフラのありかた、たとえば
安心・安全・快速(環境適合性)について考え方があるのでは?
Sustainable Designへの指向
たとえばSkelton Infill Systemなど

Excitingな技術の世界の復活を目指して。

111