第　2　回　定　期　研　究　会

平成２４年度 SGST 第 2 回定期研究会　議事録

日時　：平成 24 年 6 月 15 日(金)　 16：00～17：30
場所　：日本車輌製造株式会社　本社　研修センター
出席者：安藤，原田（ー），伊藤，北根，舘石，判治，廣畑（名大），
岡本（パシフィック C），奥村（名工大），葛，小塩，近藤，久保（名城大），
松村，森田，尾関，織田，日下部，家田，中田，上田，石原，細田，
大倉，有冨，種丘，岩田（瀧上），加藤，佐藤（中日本 C），川瀬（日中 C），
山田，吉嶺，三輪（日車），山田，行友（中日本ハイウェイ），小枝，
萬谷（川田工業），佐光，古市（維持管理），園部，紅林（JIP），永冨（八千代 E），
村瀬，中野，佐藤（愛知），渡邉　（岐阜工業），大冨（近代設計），三浦（名高），
長谷川(セントラル C)，原田(玉野 C)

以上 50 名(敬称略)

１．定期研究会(16:00～17:30)

講演者：舞鶴高専　建設システム工学科 玉田和也様
講演項目：【市町村の橋梁長寿命化】

講演内容
講演：【市町村の橋梁長寿命化】：

国土交通省では全国の道路管理者に対して，早急に橋の点検を実施しており，その実態を把握すると共に，「橋の長寿命化修繕計画」を策定し，橋の維持管理を事後保全から予防保全に切り替える方針を打ち出した．これに関して，都道府県では平成 23 年度末を，市町村では平成 25 年度末を期限として「長寿命化修繕計画」を策定し，「計画」に則った補修・補強を行えば，これに要する費用の 50～55%を補助するとの方針を示している．

そのため市町村では「橋の長寿命化修繕計画」の策定と運用体制の立ち上げが喫緊の課題であるが，技術職員の人数不足，技術力不足等の問題を抱えている．その支援策として京都府中丹広域振興局建設部と舞鶴工業高等専門学校は，市町の技術職員を対象とした橋の維持管理に関する研修会を設立した．本研究会では，この研修会を通して見えてきた市町村の橋の長寿命化修繕計画策定における問題点と展望について紹介された．

以上.

SGST　第2回定期研究会（２０１２）

市町村の橋梁長寿命化

平成24年６月１５日

国立舞鶴工業高等専門学校
建設システム工学科
玉田　和也

目　次

京都府北部・橋梁維持管理研修会
市町村の現状
固有振動数による健全度評価

京都府北部地域の概要

- 北部地域は開発が進んでいない地域も多く、橋歴の**古い橋梁**が現役で使用されている。
- 市町村の技術職員は、橋梁の建設や補修工事を経験するチャンスが少ない。
- 海岸沿、凍結防止剤を散布する橋梁が比較的多い。
- 大型車交通量は少ない。

市町名	人口	面積	管理橋梁数（橋長2m以上）	管理橋梁数（橋長15m以上）				交通規制橋梁数（橋長2m以上）
	（人）	（Km^2）		総数	50年以上	40～50年	30～40年	
綾部市	36,443	347.11	478	118	12	21	35	1
舞鶴市	89,301	342.27	915	114	10	15	42	1
福知山市	79,811	552.57	1,090	179	10	23	47	7
中丹合計	205,555	1,242	2,483	411	32	59	124	9
宮津市	19,942	169.32	145	8	0	1	3	3
京丹後市	59,760	501.84	874	117	14	14	59	1
与謝野町	23,870	107.04	154	35	0	1	6	0
伊根町	2,441	62.00	54	9	2	0	1	6
丹後合計	106,013	840	1,227	169	16	16	69	10
北部合計	311,568	2,082	3,710	580	48	75	193	19
京都府	2,631,441	4,613	7,067	1,177	102	157	330	27
中丹	7.8%	26.9%	35.1%	34.9%	31.4%	37.6%	37.6%	33.3%
丹後	4.0%	18.2%	17.4%	14.4%	15.7%	10.2%	20.9%	37.0%

研修会の内容

- 座学＋現場実習の組み合わせ
- 橋の損傷とその原因、補修方法・・・座学
- 橋の点検実習・・・後日、成果を報告
- 技術相談・・・橋の相談・検討
- 技術紹介・・・点検アイテム等の紹介
- アンケートで出た質問に対するリプライ

研修会の状況

研修会の状況

研修会の状況

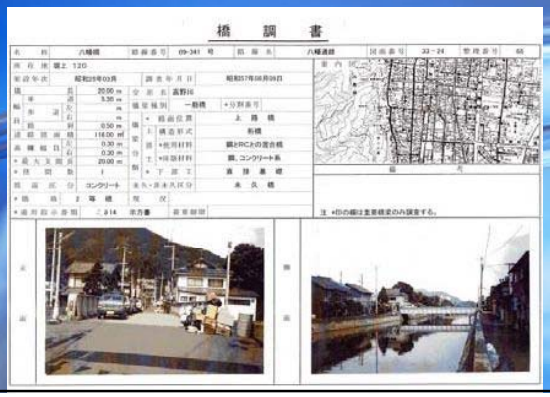
研修会の状況

研修会の状況

研修会の状況

目　次
京都府北部・橋梁維持管理研修会
市町村の現状
固有振動数による健全度評価

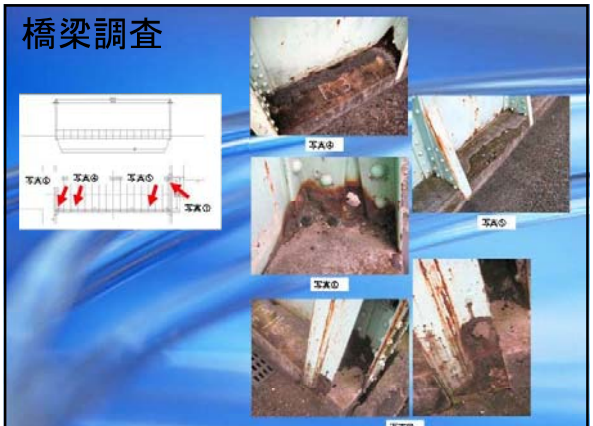
橋梁調査



橋梁調査

橋梁調査

橋梁調査



橋梁調査

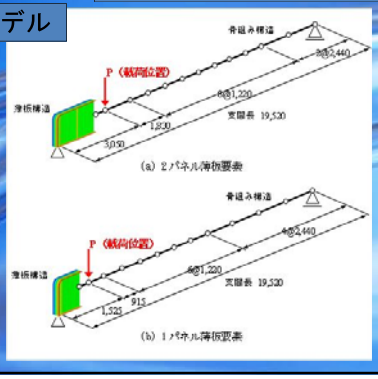
下フランジは全般的に錆びによる断面損傷有

橋梁調査

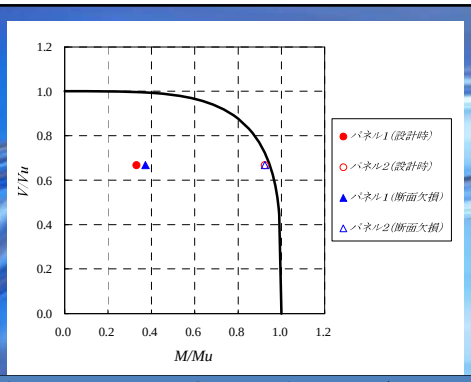
FEM解析

弾塑性有限変位解析（FEM解析）を行って、八幡橋の桁端部の耐荷性能を照査する.

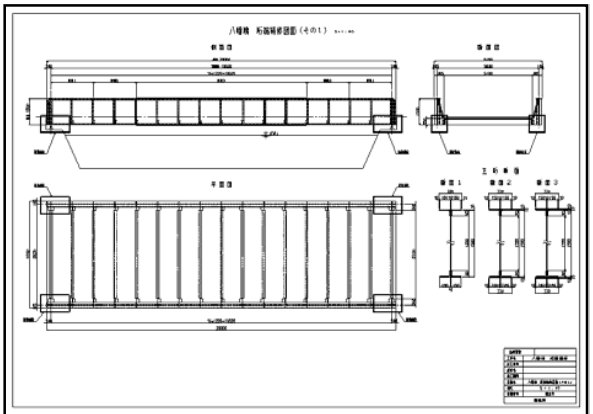
解析モデル

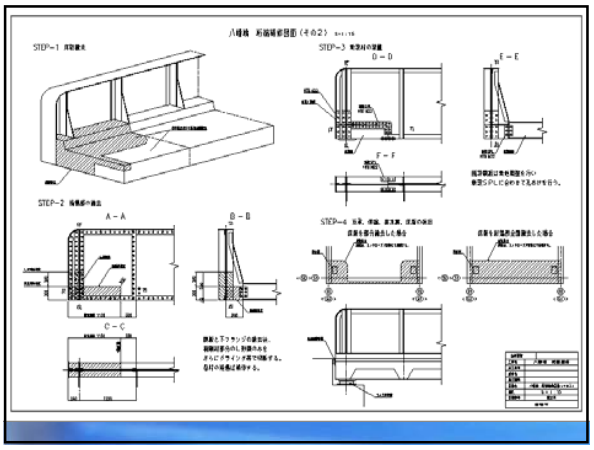


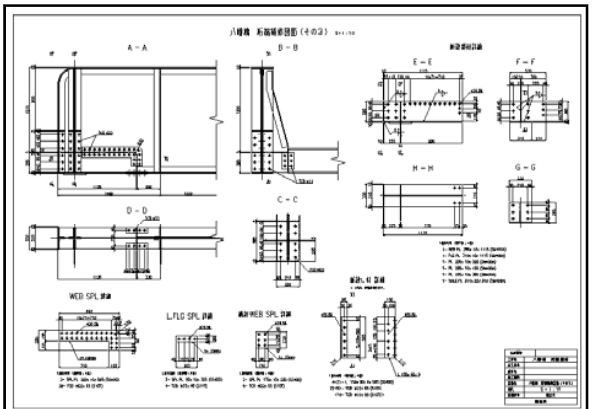
FEM

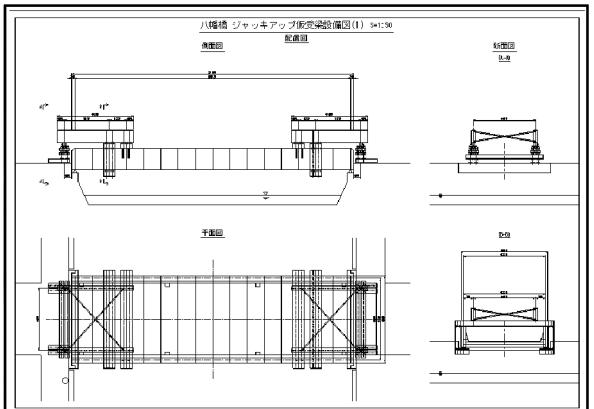


FEM解析結果の相関強度図（2パネルモデル）









京都府北部・橋りょう維持管理研修会

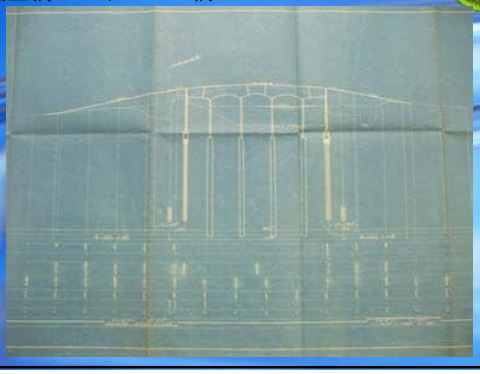
相生橋　RCゲルバー橋

京都府北部・橋りょう維持管理研修会

相生橋　RCゲルバー橋

京都府北部・橋りょう維持管理研修会

相生橋　RCゲルバー橋



京都府北部・橋りょう維持管理研修会

第二径間

影響の大きいひび割れ②

損傷区分 d で妥当か？

床版の鉄筋露出⇒分類不能

床版に漏水がみられる

京都府北部・橋りょう維持管理研修会

第三径間

主桁の縦方向のひび割れ

ゲルバーの受け縦側の鉄筋露出

横桁の下フランジ側の鉄筋露出

床版の損傷 C

京都府北部・橋りょう維持管理研修会

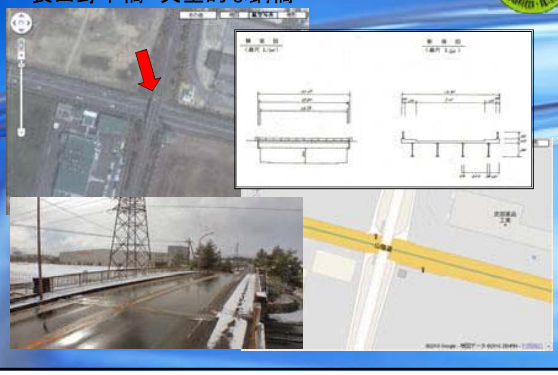
床版の鉄筋の部分露出

ゲルバーヒンジ部からの漏水？

この下部工も鉄筋露出は無し，ひび割れ損傷 b と判定⇒耐震設計上マズイ！！剥離の状況を確認

京都府北部・橋りょう維持管理研修会

長田野中橋　典型的な鋼橋



京都府北部・橋りょう維持管理研修会

長田野中橋　橋面を見ましょう

京都府北部・橋りょう維持管理研修会

長田野中橋　橋面を見ましょう

京都府北部・橋りょう維持管理研修会

長田野中橋　伸縮装置

京都府北部・橋りょう維持管理研修会

長田野中橋　橋歴板，塗装記録を調べましょう

昭和50年に京都府によって建造された

設計規準は昭和39年版の道示一等橋

材質はSMA50材⇒耐候性鋼材の塗装仕様なので，塗装の塗替えは不要？

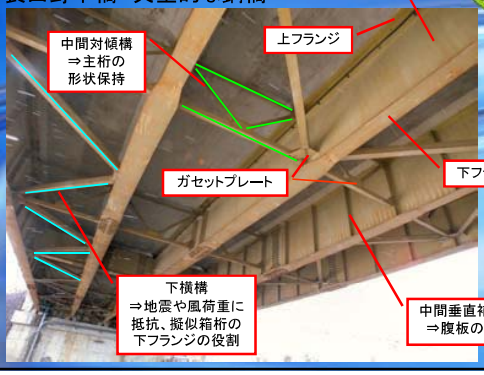
⇒耐荷性への影響を見極める必要あり

京都府北部・橋りょう維持管理研修会

長田野中橋　橋は下から見るのが基本です

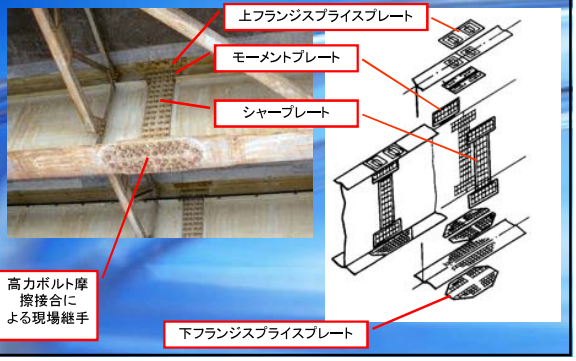
京都府北部・橋りょう維持管理研修会

長田野中橋　典型的な鋼橋



京都府北部・橋りょう維持管理研修会

長田野中橋　典型的な鋼橋



京都府北部・橋りょう維持管理研修会

長田野中橋　近接による調査（北側）

京都府北部・橋りょう維持管理研修会

野笹橋　75年経過したRC橋

京都府北部・橋りょう維持管理研修会

野笹橋　75年経過したRC橋

上の写真は，西側からG2桁の東面を見ています．
主鉄筋の露出が見える．遊離石灰はひびわれから派生したものでは無いと思われるものが多い．床版縁端と高欄との取合い，化粧モルタル等による．

京都府北部・橋りょう維持管理研修会

野笹橋　75年経過したRC橋

先ほどの主鉄筋の露出部はもともとジャンカが発生していたと思われる．
主桁間の床版には，砂の層があり，施工時の不良がこの橋の損傷の原因であろう．⇒その割には75年間でこの程度におさまっていると考えるべきか？

京都府北部・橋りょう維持管理研修会

野笹橋　75年経過したRC橋

主桁に曲げによるひびわれが発生している.

近接して観察すると結構見つけることができる.

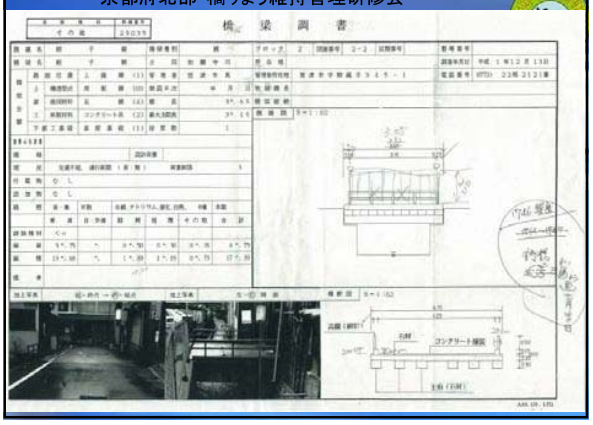
調査時の天候・時刻に左右される可能性大.

京都府北部・橋りょう維持管理研修会

野笹橋　75年経過したRC橋

他の径間も同様の損傷が見られる.

京都府北部・橋りょう維持管理研修会



京都府北部・橋りょう維持管理研修会

技術相談

京都府北部・橋りょう維持管理研修会

技術相談

木桁橋(55号橋)の検討

木桁橋における通行車両の限度荷重の計算方法について検討する.

現地状況

- 丸太6本の上に木床版を載せた構造になっている.
- 丸太，床板の腐食が進行しており，照査が必要.
- 通行車両の大きさと通行量によっては架け替えるべき.

木床版橋(二ノ宮橋)の検討

木床版における通行車両の限度荷重の計算方法について検討する.

昭和24年，安住勝著，橋梁工学

許容應力度は木道路橋設計示法書第15條に定めてあるが次の如くである。

種別	材種	軸方向引張（純断面）はつき 繊維に平行 kg/cm²	軸方向圧縮（総断面）につき 繊維に平行 kg/cm² $l/r<100$*	曲げ 引張（純断面）圧縮（総断面） 繊維に平行 kg/cm²	支圧** 繊維に平行 kg/cm²	支圧** 繊維に直角 kg/cm²	剪断 繊維に平行 kg/cm²	剪断 繊維に直角 kg/cm²
針葉樹	杉松檜ひばの類	80	$70-0.48\,l/r$	90	80	20	8	12
濶葉樹	櫟椎檜の類	110	$80-0.58\,l/r$	120	110	35	12	18

* $l/r \geqq 100$ の場合は種別に拘わらず次式による。

$$\frac{220,000}{(l/r)^2}$$

l 部材の長さ cm

r 部材断面の最小回轉半径

** 繊維に斜方向の支圧應力

研修会の成果

- 人員不足、技術力不足の再認識
  - ⇒苦手意識
- 市町村が管理する橋梁の劣化状況
- 国、府からの移管橋梁の取り扱い
  - ⇒図面が無い
- 財政面での課題
- 重要度は低いが、生活道路としての必要性
  - ⇒現行の道示を外れたところでの判断

浮かび上がった問題点

- 橋梁に関する専門知識を有する技術者が近隣に不在
  - ⇒国・府・研究機関がバックアップ
- 診断と修繕計画に対する知識不足
  - ⇒道路管理者としてのポリシー
- 補修・補強工法と積算知識の不足
  - ⇒施工ノウハウ・事例収集の共有化

研修会を踏まえて

・専門性の高い案件は別として、**地域産業の育成**の観点からも地域の土木職員、コンサル、建設業への**技術支援や啓蒙活動を実施する主体**を構築する必要がある。

⇒地元業界への技術研修（地域防災の観点）

・維持修繕計画における**現実との乖離**の解消

⇒国・府の修繕計画とは異なる取組が必要

地方自治体の技術職員

- 市町村合併の影響
- 街路樹の害虫駆除から橋の管理まで広い守備範囲
- 町村では事務系職員が担当の可能性
- 都道府県の指導待ち
- モチベーションの２極化

- 地域に密着、橋の周辺環境等に詳しい

中小橋梁向けの対策

中小橋梁を対象とした
- 損傷発生事例の集積・共有化
- 補修・補強工事事例の集積・共有化

⇒工法選定、積算、施工管理のポイント
- 発注方法の工夫
- 地元施工業者の育成

- 重要橋梁、特殊橋梁は都道府県に逆移管？

鋼橋というストック

- 鋼橋、PC橋を見守る技術者集団は・・
- 鉄筋コンクリート橋の面倒を見守る技術者集団は居ない？
- 市町村レベルではプレキャストPC桁をチョイスすることがベストという風潮
- 橋梁技術者として市町村の橋梁にどう関与できるのか？（鋼橋の信頼性、有意性を不当に低く評価されないために）

目　次

京都府北部･橋梁維持管理研修会

市町村の現状

固有振動数による健全度評価

市町村の橋梁点検の簡略化をめざして

長寿命化修繕計画を実効的に実施するための一助として、市町村が管理する橋梁の簡易点検手法を開発（客観的･省力化）

損傷による動特性変化に着目し，振動を利用した橋梁の健全度診断に関する研究をスタート

理論的には可能であり橋梁振動の研究も盛んであるが実質的な実用化はされていない

撤去する実橋梁に段階的に損傷を与え，実橋梁における損傷と動特性変化の相関関係の把握を目的として研究を行った

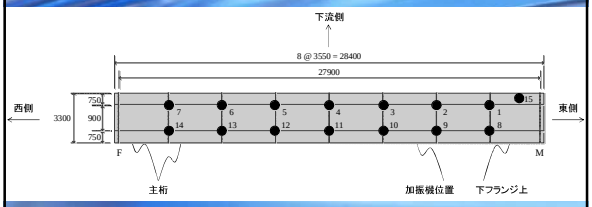
対象橋梁

- 橋梁名　大宮橋歩道橋（舞鶴市与保呂川）
- 構造形式　単純活荷重合成2主鈑桁橋
- 支間長　27.9m
- 幅員　3.3m
- 竣工年　1985年

- 伸縮装置：撤去済
- 舗装：撤去済
- 高欄：未撤去

センサ配置１

- 舗装を撤去し，図のように14台のサーボ型加速度計を主桁直上の床板に設置し，常時微動と衝撃加振を計測
- サンプリング周波数は200Hz，測定時間は約20分，測定日時は2010年9月8日～9月11日



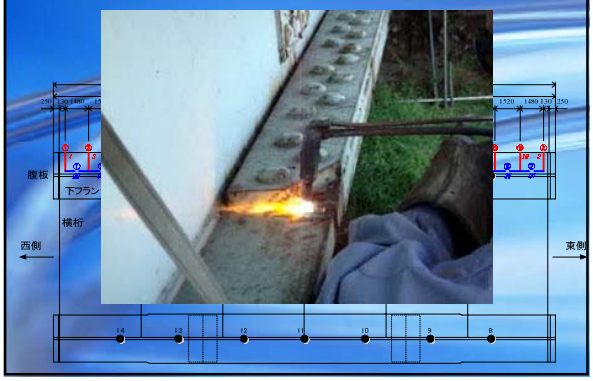
センサ配置２

損傷ケース

- 損傷シリーズ
  - 下フランジ自由突出版に等間隔(1.5m)にガス切断でスリットを与える（損傷シリーズ1）
  - 断面欠損を想定し，ウェブの溶接線に沿って既存のスリット間に新しいスリットを与える.（損傷シリーズ2）
  - 桁端部ウェブに穴をあける（損傷シリーズ3）

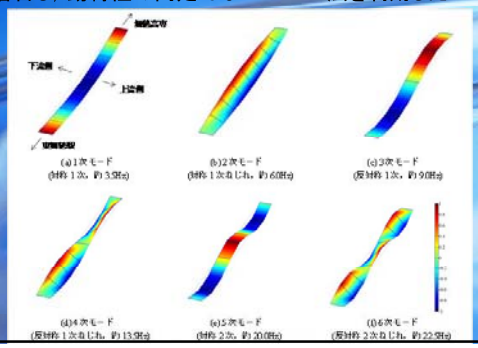
  損傷ケースの総数は34

損傷ケース



同定された固有振動モード形（健全時）

今回は，各損傷ケースで計測された常時微動データに着目し，動特性の同定ではNExT-ERA法を利用した.



損傷ケースに対する各振動モードの相対変化

- グラフの縦軸は固有振動数の相対変化を表す

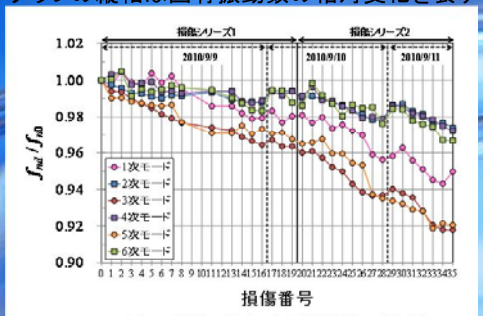
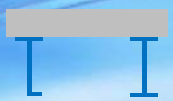


図-6　損傷に対する固有振動数の低下率
(o：ねじれを伴わないモード，□：ねじれを伴うモード)

断面2次モーメントの変化

- 健全時断面2次モーメント
  - 602370cm^4

- 下フランジ除去後断面2次モーメント
  - 504727cm^4

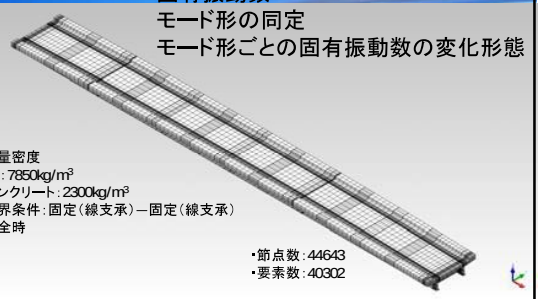


$$\sqrt{\frac{I_n}{I_0}} = 0.915 \propto \frac{f_n}{f_0}$$

$$1-\sqrt{\frac{I_n}{I_0}} = 0.085$$

ＦＥＡモデル

◆計測結果の妥当性の検証
固有振動数
モード形の同定
モード形ごとの固有振動数の変化形態

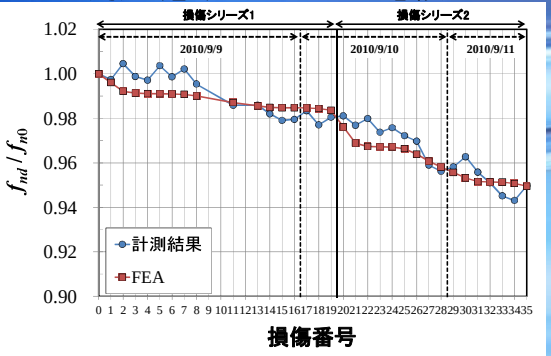


- 質量密度
  鋼：7850kg/m^3
  コンクリート：2300kg/m^3
- 境界条件：固定（線支承）－固定（線支承）
- 健全時

- 節点数：44643
- 要素数：40302

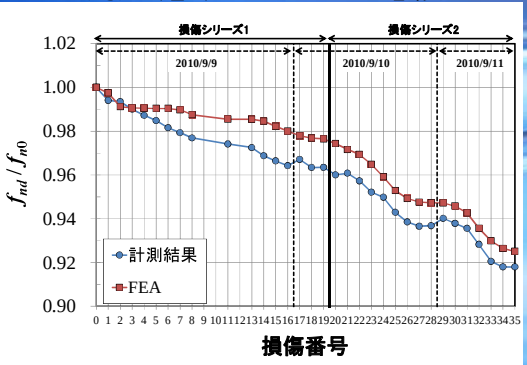
- 要素：トラス，シェル，ソリッド
- Diana 9.3

測定結果とFEAの比較



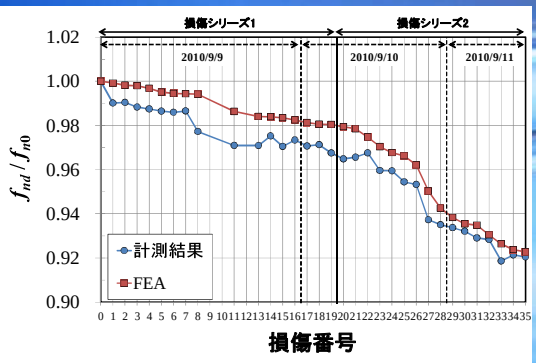
(a) 1 次モード (対称 1 次)

測定結果とFEAの比較



(c) 3 次モード (反対称 1 次)

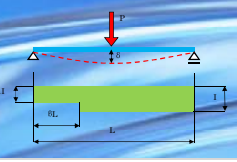
測定結果とFEAの比較



(e) 5 次モード (対称 2 次)

部分的な断面欠損とたわみの関係

- 1次モード形
  桁端からβLの区間が
  αＩだけ断面欠損した
  場合の支間中央のたわみの変化

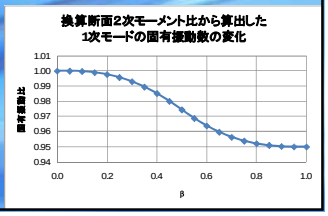


$\beta = 0 \sim 0.5$

$$\delta = \frac{PL^3}{48EI} + \frac{PL^3\beta^3}{12EI}\left(\frac{1}{\alpha}-1\right)$$

$\beta = 0.5 \sim 1$

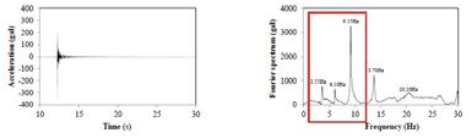
$$\delta = \frac{PL^3}{48EI\alpha} - \frac{PL^3(1-\beta)^3}{12EI}\left(\frac{1}{\alpha}-1\right)$$



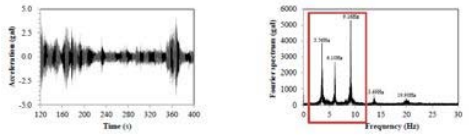
衝撃加振と常時微動の比較

■計測結果

・衝撃加振 (加速度)

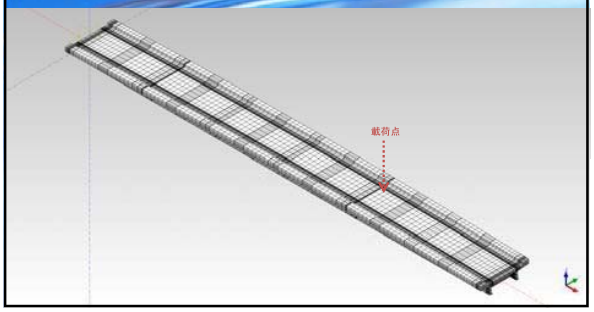


・常時微動 (加速度)



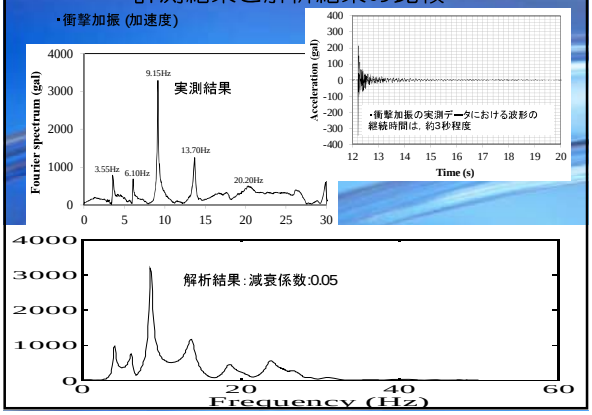
衝撃加振の再現解析

土質用陥入試験機による載荷試験を参考にして，下図位置に-10kNのインパルス荷重を与える．



計測結果と解析結果の比較

・衝撃加振 (加速度)



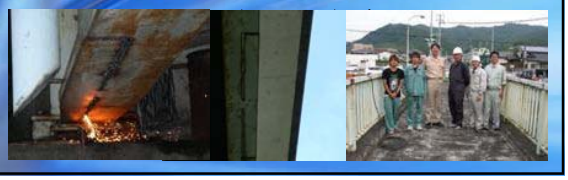
まとめ

本研究では橋梁の合理的な健全度診断手法の確立に向けて，実橋梁における損傷と動特性変化の相関把握を目的とした．

具体的には，撤去する歩道橋に対して，段階的に損傷を与え，その都度振動計測を実施した．

その結果，損傷に応じた段階的な固有振動数の有意な低下を計測データより確認することができた．

⇒固有振動数と健全度の関連性は今後の課題



ご清聴ありがとうございました
m(..)m