

鋼橋の維持管理全体の高度化に関するワークショップ



主催：土木学会関西支部
鋼橋の維持管理全体の高度化に関する共同研究グループ

道路橋では 2014 年から全橋梁に対する 5 年毎の近接目視点検が義務付けられ、点検の効率化や省力化に的を絞った研究に衆目が集まっていますが、点検は目的ではなく、あくまでも手段であり、対策を含めた維持管理サイクル全体の効率化・高度化が重要です。一方、鉄道橋では、以前から 2 年毎の定期検査が義務付けられており、検査結果に基づいて様々な補修補強対策が施されていますが、損傷が再発した事例も報告されています。

本共同研究グループでは、鉄道事業者や道路管理者、コンサルタント、施工業者、大学の研究者、弁護士等で構成し、鋼橋の維持管理全体の高度化に関する調査研究を行って参りました。

このたび、その成果を踏まえ、下記の要領でワークショップを開催し、研究成果をご報告いたします。

- 開催日時：平成 28 年 7 月 29 日（金）13:30～17:30
- 会 場：建設交流館 7F 会議室 702（〒550-0012 大阪市西区立売堀 2-1-2）

プログラム

13：30－13：50（20 分）開会の挨拶 共同研究グループ代表 坂野 昌弘（関西大学）

13：50－15：20（90 分）道路構造物に関する事例紹介

- | | | |
|-------------------------------|---------------|-------|
| ・土木構造物の瑕疵に対する発注者，施工者，設計者の法的責任 | 匠総合法律事務所 | 江副 哲 |
| ・大阪府の橋梁維持管理計画について | 大阪府 | 富山 久男 |
| ・実橋計測に基づく支承の挙動確認と機能評価 | 川金コアテック(株) | 柴崎 奈穂 |
| ・新型ワンサイドボルトを用いた鋼床版の下面補修工法 | 本州四国連絡高速道路(株) | 溝上 善昭 |

15：20－15：35（休 憩 15 分）

15：35－17：25（110 分）鉄道構造物に関する事例紹介

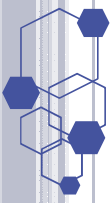
- | | | |
|------------------------------|--------------------|-------|
| ・鋼/合成構造物の設計および維持管理の合理化 | 前橋工科大学 | 谷口 望 |
| ・鉄道アンダーパス工事仮工事桁の構造変更に伴う対策と計測 | 阪急設計コンサルタント(株) | 室屋 信彦 |
| ・鋼鉄道橋の実応力測定による健全度診断 | 京阪電気鉄道(株) | 高橋 真矢 |
| ・サンプリングモアレカメラを用いた鋼桁の健全度診断 | ジェイアル西日本コンサルタンツ(株) | 矢島 秀治 |
| ・I ビーム桁支点首部の疲労損傷対策について | 西日本旅客鉄道(株) | 池頭 賢 |

17：25－17：30（5 分）閉会の挨拶 共同研究グループ幹事 田辺篤史（(株)日建設計シビル）
司会：共同研究グループ連絡担当幹事 松本 健太郎（(株)レールテック）

本講習会は、土木学会 CPD(ポイント 3.8 単位)のプログラムです。

memo

土木構造物の瑕疵に対する 発注者、施工者、設計者の法的責任



大阪市中央区今橋2-3-16 MID今橋ビル8階
 電話 06-6180-6001 FAX 050-3730-0141
 弁護士法人匠総合法律事務所大阪事務所
 弁護士・技術士(建設部門) 江 副 哲
 E-mail: ezoe@takumilaw.com

弁護士法人匠総合法律事務所

建設業界にまつわるトラブル事例とその対策

- ◆工事現場における施工中のトラブル事例
 - 設計の瑕疵と施工の瑕疵
 - 構造計算上は問題のない範囲の寸法違い
- ◆発注者の4つの責任
 - 行政的責任
 - 刑事的責任
 - 民事的責任
 - 社会的責任

2

弁護士法人匠総合法律事務所

建設業界にまつわる トラブル事例とその対策



◆事故現場における
施工中のトラブル事例

3

弁護士法人匠総合法律事務所

○設計の瑕疵と施工の瑕疵

鋼橋の上部工の施工を設計図どおりに進めたところ、発注者に引渡し後、RC床版に過大なひび割れが発生。施工業者は何らかの責任を負うのでしょうか？



4

弁護士法人匠総合法律事務所

設計ミスに起因する瑕疵に対する 施工業者の法的責任

設計図どおりの施工した場合、施工業者の法的責任は？

施工業者は請負契約に基づき契約内容に合う目的物を完成させる必要がある。

↓

課せられる義務は「設計図どおりに施工すればよい」ということではない。

↓

漫然と施工し瑕疵が生じた場合、施工業者は瑕疵担保責任を免れられない。

5

弁護士法人匠総合法律事務所

なぜなら、

民法636条ただし書の趣旨
 「請負人は、注文主の指図どおりに施工し、その結果、瑕疵が生じた場合であっても、その指図が不適当であることを知りながら告げなかった場合、瑕疵担保責任は免責されない」

↓

契約内容や設計図に違法な点や誤り、矛盾等があり、土木工事の専門家としてそのとおり施工すれば瑕疵が生じると認識できる場合、施工業者はそれを発注者に報告し、是正を促す必要がある。

6

弁護士法人匠総合法律事務所

福岡高等裁判所平成24年1月10日判決
(不法行為に該当する瑕疵の基準を定立した最高裁判
所平成23年7月21日判決の差戻し控訴審)

「民法636条ただし書は請負者の専門性を踏まえたものであり、設計者の指示等に不備があった場合の過失の有無の判断についても適用するのが相当」

「施工業者は設計者の指示が不適切と知りながらこれを告げなかったか」または「設計の瑕疵に気付けたが気付かず施工したか」という基準で施工業者の過失を判断(神戸地方裁判所平成15年2月25日判決も同旨)

7

考えられるひび割れ発生の原因

コンクリート床版に生じるひび割れの原因
曲げモーメントやせん断力によって生じる構造クラック
乾燥収縮によって生じるひび割れ
温度応力によって生じるひび割れ
クリープによって生じるひび割れ等...

さまざまな原因が考えられる。

施工業者の責任の有無を一律に論じることはいできない。
あくまでも、ひび割れの発生を施工業者が土木工事の専門家として予見できたかどうかの問題となる。

8

施工業者が責任を負うべき コンクリートのひび割れ

例:設計者の計算間違いで鉄筋量が不足した場合

施工業者は具体的な構造計算に間違いがあっても、通常、それに気付くことはできない。

施工業者は瑕疵担保責任を負わない。

9

施工業者が責任を負うべき コンクリートのひび割れ

例:設計で地覆コンクリートの誘発目地の入れ忘れがあった場合

施工業者でも容易に気付くはずである。

施工業者も瑕疵担保責任あるいは不法行為責任を負う可能性が高い。

10

結 論

施工業者は、契約内容や設計図等に不備があった場合、土木工事の専門家として、それを認識できたのであれば、設計図どおりに施工しても、瑕疵担保責任を免れることはできない。



11

トラブルの未然防止策

- 設計図を鵜呑みにせず、法令適合性、構造安全性、設計図と他の資料との整合性等について、十分に精査する必要がある。
- 精査の結果、設計図どおりに施工すると瑕疵の生じる可能性がある場合には、発注者に指摘して設計の是正を促すべき。



12

○構造計算上は問題のない範囲の寸法違い
鋼橋の下部工において、橋脚の実際の配筋が設計図とは違うものの耐震設計上は問題のない鉄筋量で配筋をしました。これは瑕疵にあたるのでしょうか？



弁護士法人経総合法律事務所

13

最高裁平成15年10月10日判決

概要 請負契約の約定に反する太さの鉄骨が使用された建物建築工事に瑕疵があるとされた事例

建設会社に対し、特に南棟の主柱については、断面の寸法300mm×300mmの太い鉄骨を使用することを求め、建設会社は了解した。

しかし、建設会社は施工主の了解を得ないで、250mm×250mmの鉄骨を南棟の主柱に使用した。

施工主の主張
「柱が契約書記載の径よりも細い」
・約定と違うので瑕疵にあたる。
・建設会社に瑕疵修補に代わる損害賠償を請求します

「工事の残欠金は損害賠償請求権で相殺します」

施工業者の主張
「構造計算上問題ない」
・約定と異なる、250mm×250mmの鉄骨を使用したという契約の違反があるのは認める。
・構造計算上、本件建物の安全性に問題はない。

「構造計算上建物の安全に問題はなく、南棟の主柱に関する工事に瑕疵はない」

弁護士法人経総合法律事務所

14

**構造上安全なのに瑕疵？
～判決と解説～**

判決
「瑕疵と判断」

南棟の主柱につき断面の寸法300mm×300mmの鉄骨を使用することが、特に約定され、これが契約の重要な内容になっていたものというべきである。

解説
瑕疵修補に代わる損害賠償に同意したものと推定される。契約の重要な内容に反して、瑕疵修補に代わる損害賠償に同意したものと推定される。

【補足】
施工主は阪神・淡路大震災で被災しており、建物の安全性の確保に神経質となっていたため、本件請負契約を締結する際に、わざわざ当初の設計内容を変更していた。

弁護士の視点
「コンプライアンスの精神から言えば、工事の際に請け負い業者が遵守すべき契約図書及び建築基準法令を遵守するのは当然であり、無断で破ることは断じて許されない」
「やむを得ず不具合が発生した場合には、まず構造計算等で、契約や法令で予定される性能からどの程度減殺されるのかを十分に確認し、施工主に対して誠意ある対応で紛争を解決することが必要。」

弁護士法人経総合法律事務所

15

発注者の4つの責任

行政的責任	是正、勧告処分等を受けるか？
刑事的責任	刑罰の対象となるか？
民事的責任	損害賠償義務が生じるか？
発注者としての社会的責任を問われないか？	

弁護士法人経総合法律事務所

16

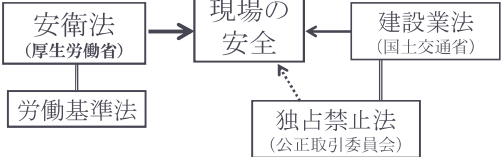
**現場の安全の基準となる
法令・ガイドライン**

発注者の行政的責任

17

弁護士法人経総合法律事務所

法令の適用関係



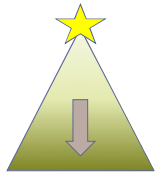
18

弁護士法人経総合法律事務所

現場の安全を脅かすと言われる要素

厳しい工期

厳しい予算



重層的下請構造

発注者の示す条件や指示が、請負人の労働災害防止活動に影響を及ぼすことがある

19

発注者の行為・適否の判断基準

労働安全衛生法(安衛法)の規制

建設業法・独禁法上の問題点

公共工事と民間工事の違い？

20

労働安全衛生法上の責任

- 事故に関する安衛法上の責任
 - ⇒ 元請・各下請が問われる。
 - (作業を管理・監督する者、注文者として下請の安全管理に影響を及ぼす者)
 - ⇒ 自ら工事を行わない発注者は除外。
 - 但し、指導・要請を受ける場合がある。

21

法令・通達にみる発注者の責任

- 安衛法3条3項
- 注文者(発注者を含む)は、**施工方法、工期等について、安全で衛生的な作業の遂行をそこなうおそれのある条件**を附さないように配慮しなければならない。

22

建設業法・独禁法上の問題点

発注者が施工業者との交渉力格差を利用して「**厳しい工期**」「**厳しい予算**」で発注した場合には・・・



建設業法・独占禁止法の問題が生じる可能性がある。

23

建設業法と独禁法の関係

建設業法19条の3

不当に安い請負代金の禁止

⇒ 発注者に対する「勧告」(同法19条の3)

※ 独禁法の対象となる民間事業者は対象外

⇒ **大臣・知事から公正取引委員会**への措置請求等(同法42条1項) ※ 建設業者を対象

24

工期に関する発注者の責任

不適切な工期設定(短工期)



手抜き・瑕疵、公衆災害、労働災害等



発注者及び受注者は、十分に協議を行った上で、

適正な工期を設定する必要がある。

25

弁護士法人総合法律事務所

公共工事と民間工事の違い

公共工事の違い

- 会計法、地方自治法の監督・検査義務
- 「工事安全対策要綱」等、民間工事に適用されない各種通達が存在する
- 「指導・要請事例」の多くは、公共工事

26

弁護士法人総合法律事務所

現場事故で 刑罰を受けるか？

発注者の刑事的責任



27

弁護士法人総合法律事務所

刑事責任・検討のポイント

- * 業務上過失致死傷罪における過失
- * 発注者の刑事責任を認めた裁判例
- * 公共工事と民間工事の違い

28

弁護士法人総合法律事務所

過失の有無

⇒ 工期不足・予算不足から**事故の発生が具体的に予見できたか？**

⇒ 発注者が回避しなければならなかった事故か(元請が回避すべき事故では)？

29

弁護士法人総合法律事務所

発注者は、工事を注文するのみ

⇒ 労働者に労働災害事故が発生したとしても、施工業者側の問題

⇒ 注文者に責任が発生し、刑罰を受けるなどということは**全くないと、従来は考えられていた。**

30

弁護士法人総合法律事務所

発注者の刑事責任を認めた裁判例

- 天六ガス爆発事件
- 国分川分水路トンネル事件

31

天六ガス爆発事件

- 事故:昭和45年4月8日
→ 判決:平成3年3月22日
- 地下鉄工事中のガス爆発で、79人が死亡、379人が負傷
- 元請の現場監督員と発注者(大阪交通局)の工事監督員らに、執行猶予付禁錮刑

☆

32

国分川分水路トンネル事件

- 事故:平成3年9月19日
→高裁平成10年4月27日
- 県職員は、掘削中のトンネル内の作業員らを緊急退避させる義務を負うとされた事例(安全配慮義務違反)。
- 監督権限の具体的内容は、個別的な請負契約の内容によって決められる。

☆

33

公共工事と民間工事の違い

国分川トンネル事件判決(高裁)

- 地方自治法234条の2(監督・検査義務)は、一般的な目的、指針
- 監督権限の具体的内容は、個別的な契約内容による
⇒民間の発注者責任も契約次第?

34

民事責任・検討のポイント

法律構成(適用条文)

発注者の民事責任を認めた裁判例

公共工事と民間工事の違い

契約上の注意点

35

民事的責任の法律構成

- 元請業者(契約の相手方)との関係
⇒ **債務不履行責任**(契約約款)
- 第三者(近隣・通行人、作業員・その家族など)との関係
⇒ **不法行為責任**(民法709条, 716条)
⇒ **工作物責任**(民法717条)
国家賠償責任(国家賠償法1条, 2条)

36

発注者の民事責任を認めた裁判例

- 選果場の倒壊(民間工事)
- 地山崩壊による作業員圧死(公共工事)
- 橋桁落下による通行人死亡(公共工事)

37

選果場の倒壊(近隣被害)

(最高裁S43.12.24.判決)

(事案)

- 「建物を補強せよ」という行政の指導に従わず、強度不足のまま、請負業者に工事を急がせた。
- ⇒ 建物が倒壊し、近隣住民に被害

38

(裁判所の判断)

- 行政指導により、発注者は補強すべきことを認識していた。
- ⇒補強か、工事を中止させる義務あり
- あえて工事続行を黙認した発注者には、注文または指図に過失あり
- ⇒ 近隣に対する損害賠償義務を負う

39

判例のポイント

【発注者の損害賠償責任】

危険性の
具体的認識

素人だが
補強工事をしないとまずい工事計画
と危険性を具体的に認識していた。

工事の施工を
急がせた

工事の施工を急がして
工事の危険性を助長した。

損害賠償責任
の発生

発注者として危険性を防止すべき
義務が発生する場合があります、
損害賠償責任を負うリスクが生じる。

40

地山崩壊(作業員死亡)

仙台高裁S60.4.24.判決

(裁判所の判断)

- 発注者(町)管理の土地の性状に存する危険により、崩落が発生
 - 発注者に専門的知識と経験あり
- ⇒ 元請業者に対し、事故の防止措置を指示すべき注意義務あり
- ⇒ 遺族に対し損害賠償義務を負う

☆

41

(裁判所の判断)補足

発注者の注意義務

- 注文者においても、請負人に対し安全上の措置を講ずべきことを求める等の注意義務がある
- 請負人が一次的な危険回避の責任を負うことの故に、注文者の注意義務が皆無になるものではない

☆

42

橋桁落下(第三者死亡)

広島地裁H10.3.24.判決

(裁判所の判断)

- 発注者が事故を予見可能である場合、元請に対し指示すべき義務あり
- 契約や共通仕様書、監督規程等に基づき、**注文者(市)は監督体制を整備**
- ⇒ 指示を行うべき**注意義務あり**
- ⇒ 被害者の遺族に対し損害賠償義務

43

(裁判所の判断)補足

- 発注者の「注文・指図」の過失とは、積極的指示に限らない(**何もしないことも過失**)
- 市の第三者災害に関する**予見可能性**
- 市は、建設事務所の技師らを通じ、工事の安全性を含めて本件工事の監督をしていた
- ジャッキ架台の組み方を誤れば、**橋桁が転落する状況**であり、施工者に対して安全対策を確認し、転倒防止ワイヤーを取り付ける等の**安全対策を取り得た**

☆

44

公共工事と民間工事の違い

公共工事の特殊性

- 工事費(税金)の使途は厳格である必要
- ⇒ 会計法・地方自治法に定める監督・検査義務
- ⇒ 公共工事の品質確保の促進に関する法律(発注者責任の規定)

45

一方で、多くの裁判例は、

- 公共工事の発注者としての責任は、会計法・地方自治法の監督責任の範囲に限定されない
 - 行政には、専門的知識と経験がある(事故の予見が可能である)
- と述べて、発注者の責任を肯定する。

46

民間の発注者であっても、

- 高い専門的知識と経験**によって、事故の発生を具体的に予見でき、
- 指示監督等の**役割分担**から、事故の発生を防止すべき立場にある場合
- ⇒ 不法行為の要件を満たし、損害賠償義務を負う。

47

契約書の意義

- 国分川トンネル事故(刑事)
「監督権限の具体的内容は、...結局個別的な請負契約の内容によって決められる」
- 橋桁落下事故(民事)
「契約約款、共通仕様書、監督規程等を具体的に検討」
- ⇒ 裁判例は、**発注者の責任を、契約等の内容を考慮**し個別に判断している。

48

契約に関する注意点

- 発注者と元請の役割分担において、管理・監督など発注者の役割が大きいほど法的責任が認められ易くなる。

49

弁護士法人松尾合法律事務所

リスクヘッジの方法は？

- 実態に応じたリスク分担自体は、やむを得ない。
- しかし、実態以上の役割を定めることによる過大なリスク負担は避ける。



- 実態以上の役割を分担するかのような契約条項がないか、確認・修正する。

50

弁護士法人松尾合法律事務所

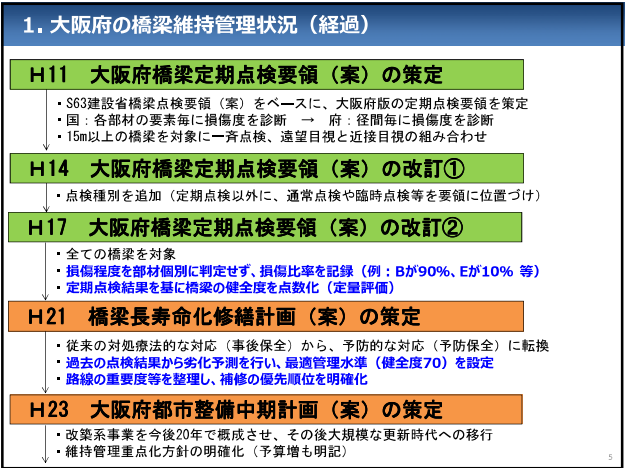
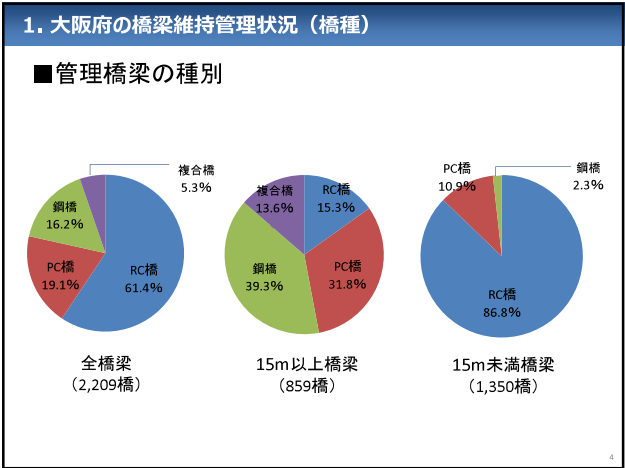
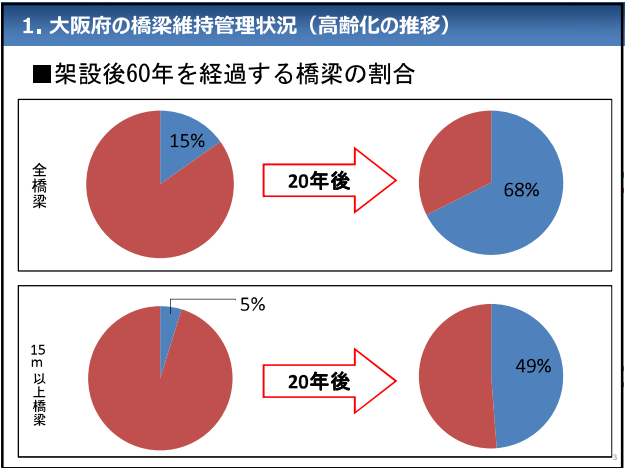
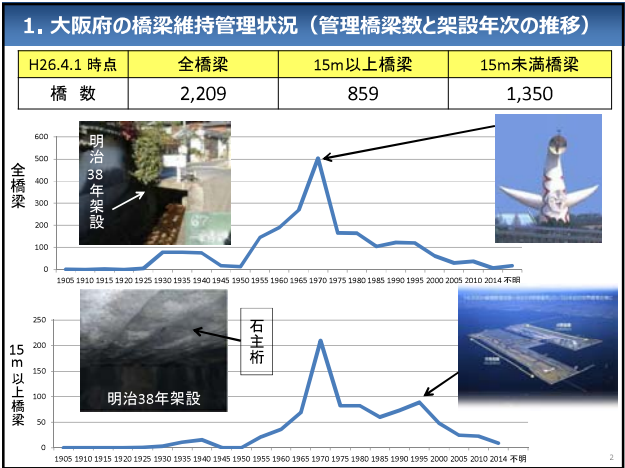
大阪府の橋梁維持管理計画について

平成28年 7月 29日

大阪府 都市整備部 交通道路室 道路環境課

目次

- 1. 大阪府の橋梁維持管理状況について
- 2. 橋梁定期点検要領について
- 3. 大阪府の橋梁維持管理の特徴
(損傷判定・健全度評価手法など)
- 4. 損傷事例
- 5. その他



1. 大阪府の橋梁維持管理状況（経過）

H24 大阪府橋梁維持管理「アドバイザー」制度の締結

- NPO法人 関西橋梁維持管理—大学コンソーシアムと協定締結
- 技術的助言指導、職員のスキルアップ研修等

H25 大阪府橋梁定期点検要領（案）の改訂③

- 遠望目視を廃止し、すべて近接目視
- 第三者被害の懸念があるものは応急措置を施す

H25 学識者による維持管理技術審議会の立ち上げ

<大阪府都市基盤施設維持管理技術審議会の検討テーマ>

■効率的・効果的な維持管理手法の確立

■持続可能な維持管理の仕組みづくり

- 最適な補修タイミングの検討
- 更新時期の考え方
- 持続可能な仕組みづくり

【道路・橋梁部門】学識者委員

- 井上 晋教授（大工大）
- 山口 隆司教授（大阪市大）
- 貝戸清之准教授（大阪大）
- 西藤 潤准教授（京都大）

H27.3月 施設更新の視点を加味した、新たな「都市基盤施設長寿命化計画」を策定

2. 定期点検の法制化と市町村担当者会議アンケート結果

定期点検の法制化

(国土交通省資料より)

道路法

H25. 9. 2施行

政令

〇維持、点検、措置を講ずることを規定

省令・告示

〇定期点検の規定

- 橋・トンネル等は、国が定める統一の基準により、5年に1回の頻度で近接目視により点検を行うことを基本
- 健全性の診断結果を、4段階に区分

H26. 3. 31 告示

H26. 7. 1 施行

定期点検要領

〇自治体向け「技術的助言」として定期点検要領を策定

⇒ 最小限の方法、記録項目を具体的に規定

H26. 6. 25策定

〇道路橋

〇道路トンネル

〇シェッド・大型カルバート等

〇横断歩道橋

〇門型橋梁等

〇国管理（直轄版）定期点検要領の策定

省令に基づき点検する施設

2. 橋梁定期点検要領について					
要 領	国土交通省	国土交通省	国土交通省	国土交通省	大阪府
	橋梁定期点検要領（直轄版）	道路橋定期点検要領（自治体版）	道路橋に関する基礎データ収集要領	総点検実施要領【橋梁編】	橋梁定期点検要領
	平成26年6月	平成26年6月	平成19年5月	平成25年2月	平成25年8月
位置付け	国交省等が管理する道路橋の定期点検のために策定	法改正に合わせ、自治体向けに技術的助言として策定	簡易に道路橋の健全度の概略を把握するために策定	主に市町村が総点検する際の参考のために策定	大阪府が管理する道路橋の定期点検のために策定
内 容	道路橋の定期点検について詳細な内容や方法を規定。	道路橋の定期点検について、最小限の内容や方法を規定。	最低限必要と考えられる基礎的情報収集の内容や方法を規定。	道路利用者・第三者の被害防止の観点から、安全性を確認するための内容や方法を規定。	国交省点検要領をベースに、点検手法の簡略化や独自の健全度評価手法などを規定。
定期点検への適用	○	○	×	×	○

2. 橋梁定期点検要領について					
項目	国土交通省（直轄版）	国土交通省（自治体版）	国土交通省（基礎データ収集）	国土交通省（総点検）	大阪府（定期点検）
点検対象	橋梁（桁橋、連続橋、拱橋、斜張橋、吊橋、橋脚、橋台、橋梁附属施設等）	橋梁（桁橋、連続橋、拱橋、斜張橋、吊橋、橋脚、橋台、橋梁附属施設等）	橋梁（桁橋、連続橋、拱橋、斜張橋、吊橋、橋脚、橋台、橋梁附属施設等）	橋梁（桁橋、連続橋、拱橋、斜張橋、吊橋、橋脚、橋台、橋梁附属施設等）	橋梁（桁橋、連続橋、拱橋、斜張橋、吊橋、橋脚、橋台、橋梁附属施設等）
点検方法	近接目視（必要に応じて遠望目視）	近接目視（必要に応じて遠望目視）	近接目視（必要に応じて遠望目視）	近接目視（必要に応じて遠望目視）	近接目視（必要に応じて遠望目視）
点検項目	橋梁本体（桁、橋脚、橋台、橋梁附属施設等）の損傷状況、健全性の評価	橋梁本体（桁、橋脚、橋台、橋梁附属施設等）の損傷状況、健全性の評価	橋梁本体（桁、橋脚、橋台、橋梁附属施設等）の損傷状況、健全性の評価	橋梁本体（桁、橋脚、橋台、橋梁附属施設等）の損傷状況、健全性の評価	橋梁本体（桁、橋脚、橋台、橋梁附属施設等）の損傷状況、健全性の評価
点検頻度	5年	5年	5年	5年	5年
点検記録	点検記録簿（点検項目、点検結果、点検者、点検日）	点検記録簿（点検項目、点検結果、点検者、点検日）	点検記録簿（点検項目、点検結果、点検者、点検日）	点検記録簿（点検項目、点検結果、点検者、点検日）	点検記録簿（点検項目、点検結果、点検者、点検日）
点検結果の評価	健全（A）、劣化（B）、重大劣化（C）、危険（D）	健全（A）、劣化（B）、重大劣化（C）、危険（D）	健全（A）、劣化（B）、重大劣化（C）、危険（D）	健全（A）、劣化（B）、重大劣化（C）、危険（D）	健全（A）、劣化（B）、重大劣化（C）、危険（D）
点検結果の活用	点検結果に基づき、橋梁の健全性の評価、点検計画の策定、点検実施の指導	点検結果に基づき、橋梁の健全性の評価、点検計画の策定、点検実施の指導	点検結果に基づき、橋梁の健全性の評価、点検計画の策定、点検実施の指導	点検結果に基づき、橋梁の健全性の評価、点検計画の策定、点検実施の指導	点検結果に基づき、橋梁の健全性の評価、点検計画の策定、点検実施の指導

2. 橋梁定期点検要領について					
【例】主桁（G1）					
主桁（G2）					
主桁（G3）					
P1					
P2					
要素					
主桁					
横桁					
床版					
自治体版					
直轄版					

3. 大阪府の橋梁維持管理の特徴（損傷判定・健全度評価手法）

健全度の算出例【部材別損傷評価点】

①点検で得られた損傷点に、損傷の種類毎に重大性を評価して設定した補正係数を乗じて、**部材の損傷評価点**を算出する。

（部材の損傷評価点算出例）主桁の腐食のみ発生。**B等級：90%、D等級：10%**

主桁（G1）

主桁（G2）

主桁（G3）

損傷評価点（DG）=0.67×（25×0.9+75×0.1）=20.1

損傷の種類	補正係数	A	B	C	D	E
01 腐食	0.67	0	25	50	75	100
02 亀裂	1.00	0	0	0	0	0
03 浮き	0.05	0	0	0	0	0
04 陥没	0.17	0	0	0	0	0
05 剥離	1.00	0	0	0	0	0
14 異常な音・振動・たわみ	0.17	0	0	0	0	0
15 変形・欠損	0.33	0	0	0	0	0

3. 大阪府の橋梁維持管理の特徴（損傷判定・健全度評価手法）

健全度の算出例【工種・径間の損傷評価点】

②部材別の損傷評価点に、部材・工種の重要性を評価した補正係数を基に、統合法により**工種・径間の損傷評価点**を算出する。

表 3.1 損傷評価点の算出例

部位	工種別評価		部材別評価		損傷
	損傷評価点	補正係数	損傷評価点	補正係数	
上部工	床版	1.00	31	0.80	床版ひびわれ(A:80%, C:20%)
	主部材		20	1.00	腐食(B:90%, D:10%)
	二次部材		22	0.20	腐食(B:50%, D:50%)
下部工	躯体	0.60	3	0.67	ひびわれ(A:80%, C:20%)
	基礎		0	1.00	損傷なし
支保部	本体	0.40	8	1.00	腐食(A:70%, C:30%)
	モルタル		22	0.25	ひびわれ(C:100%)

3. 大阪府の橋梁維持管理の特徴（損傷判定・健全度評価手法）

健全度の算出例【健全度の算定】

③全く損傷がなく健全な状態(100)から損傷評価点を減点したものを**健全度(HI; Health Index)**としている。

$$\text{健全度 (HI)} = 100 - \Sigma \text{損傷評価点 (DG)}$$

・**上部工健全度**
 $= 100 - (31 \times 1.00) = 69 \text{ 点}$

・**下部工健全度**
 $= 100 - (3 \times 0.60) = 98 \text{ 点}$

・**支保部健全度**
 $= 100 - (13 \times 0.40) = 95 \text{ 点}$

・**橋梁健全度**
 $= 100 - 38 = 62 \text{ 点}$

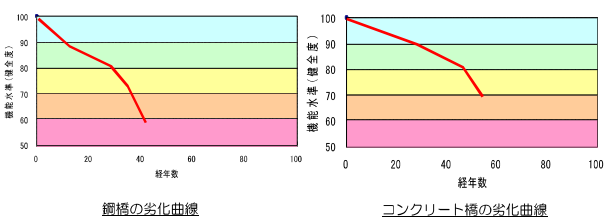
※健全度は径間毎に算出し、
 複数径間の橋梁は最小値を対象橋梁の健全度とする。

部位	工種別評価		部材別評価	
	損傷評価点	補正係数	損傷評価点	補正係数
上部工	床版	1.00	31	0.80
	主部材		20	1.00
	二次部材		22	0.20
下部工	躯体	0.60	3	0.67
	基礎		0	1.00
支保部	本体	0.40	8	1.00
	モルタル		22	0.25

3. 大阪府の橋梁維持管理の特徴（優先順位の考え方）

劣化曲線の設定

・「橋梁長寿命化修繕計画(H21.3)」策定時に、
 過去に大阪府が実施した橋梁点検データを基に算出した。
 （京都大学経営管理大学院 小林教授に意見聴取）



3. 大阪府の橋梁維持管理の特徴（優先順位の考え方）

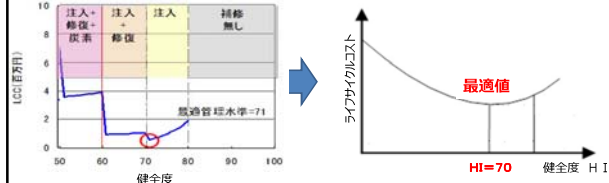
最適管理水準の設定

・過去の補修実績等より定めた「補修工法」及び「補修単価」を基に、
最適管理水準を設定した。

■主部材：コンクリートの場合

健全度	補修工法	補修単価
80~100	補修なし	—
70~80	ひび割れ注入工法	10,000 円/m ²
60~70	ひび割れ注入工法+断面修復工	20,000 円/m ²
50~60	ひび割れ注入工法+断面修復工+炭素繊維接着工(2層)	82,800 円/m ²
40~50	外ケーブル補強	165,200 円/m ²
0~40	大規模修繕	550,000 円/m ²

■主部材：コンクリート LCC計算結果



3. 大阪府の橋梁維持管理の特徴（優先順位の考え方）

補修の優先順位の考え方

・当面は重要度に応じた**目標管理基準を設定**し、乖離値の大きいものから補修を実施することとしている。

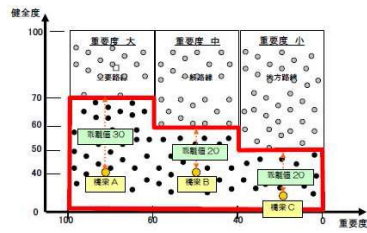
【重要度と目標管理水準】

◆**重要度**
 路線や架橋位置に応じて、「大」「中」「小」に分類。

〔路線の重要度〕
 交通量、広域緊急交通路、バス路線等

〔架橋位置の重要度〕
 大河川渡河橋、跨線橋、緊急路跨ぎ等

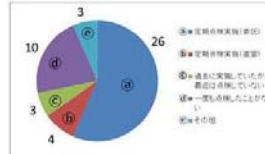
◆**目標管理水準（健全度）**
 ・重要度大：健全度70点
 ・重要度中：健全度60点
 ・重要度小：健全度50点



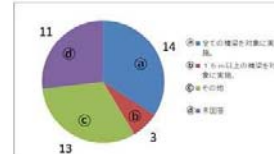
将来的には、すべての橋梁を
目標管理基準の健全度70点で対策を実施。

5. その他（市町村担当部会アンケート結果）

Q1. これまで、橋梁の定期点検(5年に一回など頻度を決めて定期的に実施している点検)を実施していましたか？



Q2. 定期点検の対象橋梁は？

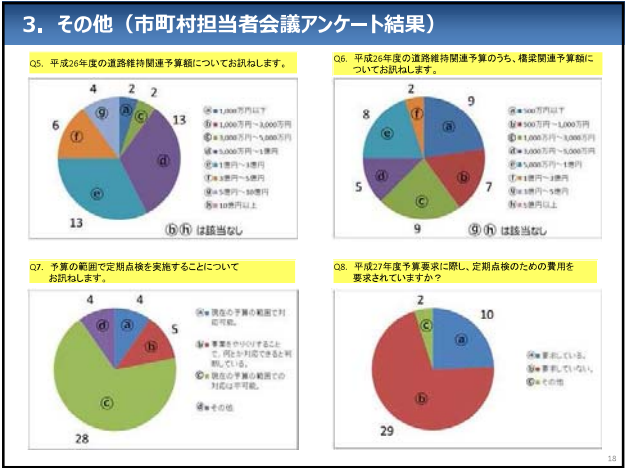


Q3. 現在、定期点検の要領は何を役立てていますか？



Q4. 道路法改正により定期点検が義務化されましたが、今後、定期点検の実施にあたり、要領は何を役立てますか？





実橋計測に基づく 支承の挙動確認と機能評価

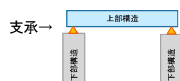
株式会社 川金コーポレーション 柴崎 奈穂
鹿島建設株式会社 池田 真理子
関西大学 坂野 昌弘

1. 目的

支承の機能と本研究の目的について

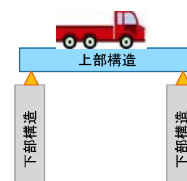
1. 目的（支承の機能について）

- ▶ 支承は上部構造と下部構造の接合部に設けられる構造部材
- ▶ 上部構造に作用する荷重を確実に下部工に伝達し、上部構造と下部構造の相対変位を吸収する
- ▶ 構造部材としての支承の機能を維持することが重要



1. 目的（支承の機能）

1. 鉛直支持機能
2. 回転機能
3. 水平移動機能



1. 目的（支承の維持管理の現状）

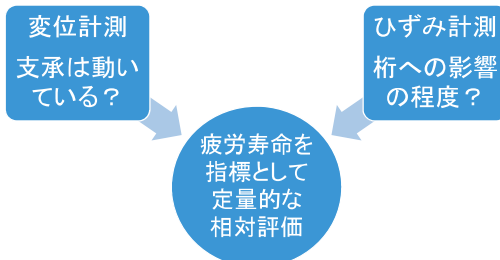
- ▶ 国土交通省の「橋梁定期点検要領」
支承の点検の標準的な方法 : 目視
必要に応じて採用できる方法の例 : 移動量測定
- ▶ 目視により機能が維持されているか評価するのは困難
- ▶ 移動量測定の具体的方法も確立されていない



この支承は
健全？

1. 目的（本研究では...）

- ▶ 支承機能についての評価方法及び計測方法の提案



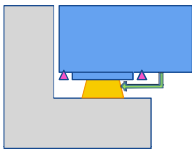
2. 方法

評価方法と計測方法

2. 方法（評価方法と計測方法）

変位の計測

評価する機能	評価	計測方法
鉛直支持機能	支承全体が上下動していないか	鉛直変位
回転機能	桁のたわみによる回転に追従できているか	鉛直変位
移動機能	桁の移動・伸縮に追従できているか	上下部の相対変位



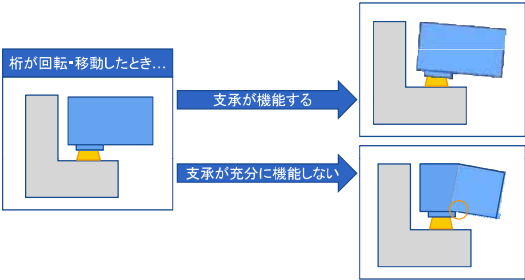
2. 方法（評価方法と計測方法）

下フランジ下面のひずみの計測

桁が回転・移動したとき...

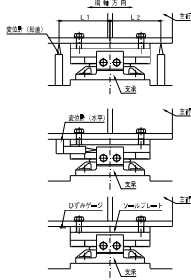
→ 支承が機能する →

→ 支承が十分に機能しない →



2. 方法（計測方法）

計測箇所



計測状況



2. 方法（計測方法）

短期計測

着目 : 活荷重

計測時間 : 20分

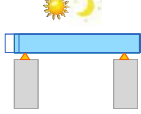
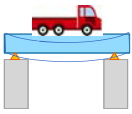
周波数 : 200Hz

長期計測

着目 : 温度変化

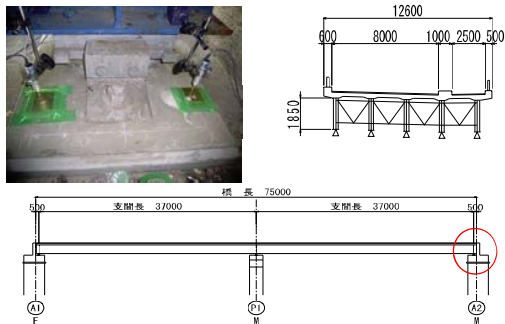
計測時間 : 1日

周波数 : 0.5Hz



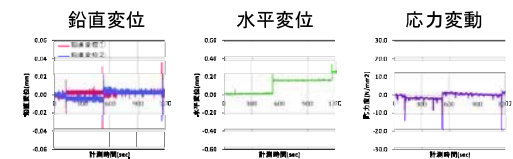
3. 結果と考察

3. 計測結果 ～支承板支承①～



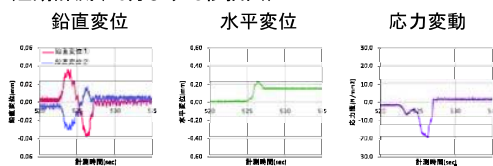
3. 計測結果 ～支承板支承①～

▶ 短期計測(20分)



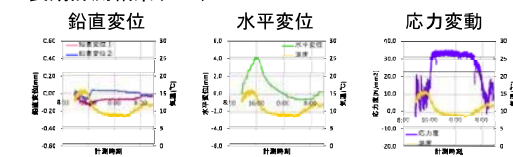
3. 計測結果 ～支承板支承①～

▶ 短期計測(20分より15秒抽出)

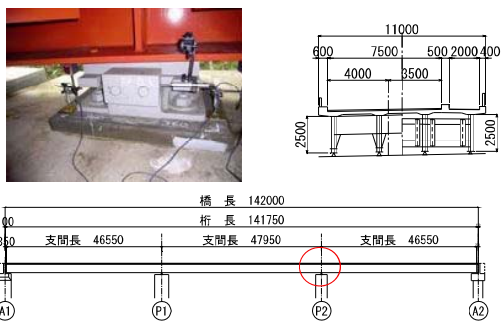


3. 計測結果 ～支承板支承①～

▶ 長期計測結果(1日)

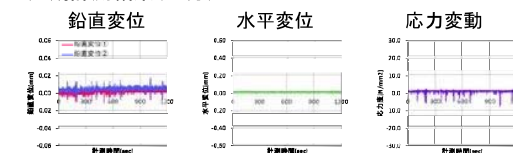


3. 計測結果 ～支承板支承②～



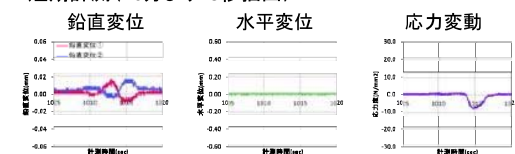
3. 計測結果 ～支承板支承②～

▶ 短期計測結果(20分)



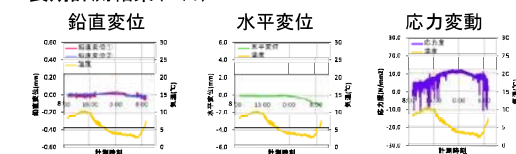
3. 計測結果 ～支承板支承②～

▶ 短期計測(20分より15秒抽出)

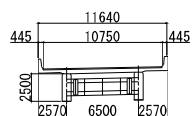


3. 計測結果 ～支承板支承②～

▶ 長期計測結果(1日)

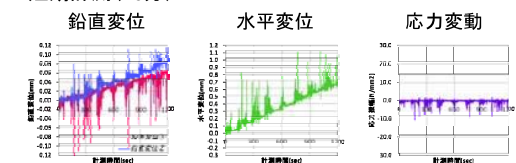


3. 計測結果 ～ゴム支承①～



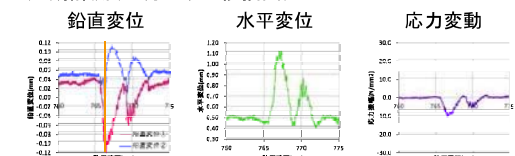
3. 計測結果 ～ゴム支承①～

▶ 短期計測(20分)



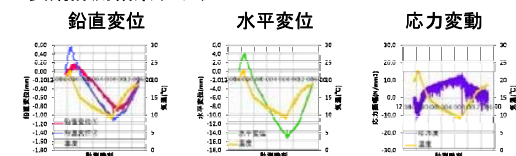
3. 計測結果 ～ゴム支承①～

▶ 短期計測(20分より15秒抽出)

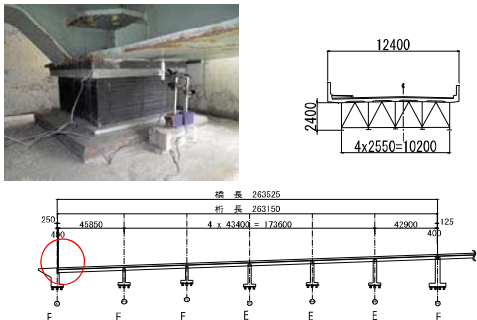


3. 計測結果 ～ゴム支承①～

▶ 長期計測結果(1日)

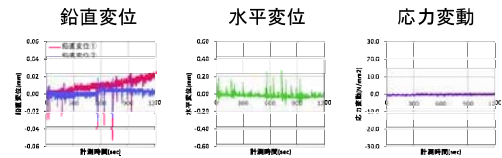


3. 計測結果 ～ゴム支承②～



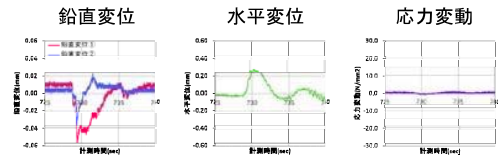
3. 計測結果 ～ゴム支承②～

▶ 短期計測 (20分)



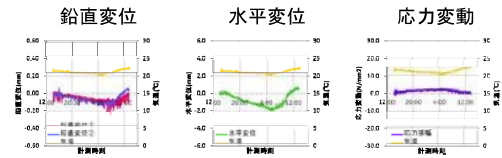
3. 計測結果 ～ゴム支承②～

▶ 短期計測 (20分より15秒抽出)



3. 計測結果 ～ゴム支承②～

▶ 長期計測結果 (1日)



3. 計測結果 ～支承機能評価～

▶ 機能評価

	支承板支承 ①	支承板支承 ②	ゴム支承 ①	ゴム支承 ②
短期				
回転機能	○	○	○	○
移動機能	△	×	○	○
最大応力範囲 (MPa)	22.5	10.3	12.6	1.9
疲労寿命 (年)	38	182	75	∞
長期				
回転機能	○	×	○	○
移動機能	○	×	○	○
最大応力範囲 (MPa)	38.8	23.0	26.9	4.0
疲労寿命 (年)	462	628	843	∞
大型車交通量 (台/日)	2724	416	7800	2036

4. まとめ

4. まとめ①

鉛直及び水平変位を
20分間計測

鉛直及び水平変位を
1日計測

活荷重に対する
回転及び移動機能の
評価が可能になる

温度変化に対する
回転及び移動機能の
評価が可能になる

4. まとめ②

支承が回転及び移動していても
下フランジに応力変動が発生する場合がある

応力を計測することで
相対的な健全度評価が可能となる

参考文献

- ▶ 柴崎, 新名, 池田, 橋元, 坂野: 実橋計測による支承機能評価手法の確立, 土木学会第69 回年次学術講演会, CS5-011, 平成26 年9 月
- ▶ 柴崎, 池田, 和田, 佐藤, 大橋, 坂野: 実橋計測による支承の機能評価手法の確立(その2), 土木学会第69 回年次学術講演会, CS4-009, 平成27 年9 月
- ▶ 柴崎, 池田, 大橋, 坂野: 実橋計測に基づく支承の挙動確認と機能評価, 鋼構造シンポジウム2015, 平成27年11月

内容

1. はじめに
2. 既存の補修方法
3. 開発した鋼床版下面補修法
4. 疲労試験
5. 疲労試験結果
6. 実橋での試験施工
7. まとめ



 本四喜速 Honshu-Shikoku Bridge Expressway Co., Ltd

1. はじめに

- 鋼床版は、デッキプレートとそれを補剛するUリブ、横リブで構成され、デッキプレートを上フランジとする縦桁で支持する構造
- 特徴は、①軽量、②架設工期が短い、③設計の自由度が高い
 - (1)長大橋、(2)軟弱地盤地域の湾岸部や渡河部の橋梁、(3)架設の制約が多い都市高速などに多く採用
- 今回の開発した補修法は、**ビード亀裂を対象とした補修法**

本四高橋 本四高橋株式会社

3. 開発した下面補修法(当て板工法)

The diagram illustrates the '当て板工法' (bottom repair method). It includes three parts: a cross-section of the repair process, a cross-section of the completed repair, and a 3D perspective view of the bridge deck. The repair involves placing a '当て板' (support plate) under the existing deck, supported by 'スリブ' (ribs). The repair is secured with '削孔' (drilled holes) and bolts. The 3D view shows the bridge deck with the repair area highlighted in red and green.

削孔とボルト首下長さは、舗装に入らないようにコントロール

【施工法と特徴】

- 当て板とデッキプレートの接合は、下面から削孔し、タップボルト(TB)やスレッドローリングねじ(TRS)により支圧接合
- TRSは鋼板にめねじ加工の必要がなく、TBより施工性が高い

■ 交通規制や舗装切削が不要

■ 鋼床版下面からのみ施工可能

IBR 本町豊満 Honshu-Shikoku Bridge Expressway Co., Ltd.

4. 疲労試験（試験体と載荷荷重）

載荷荷重：260kN/軸
載荷パターン：
(a) 直上載荷
(b) 挟み込み載荷

試験体	特徴
L1 (HTB)	摩擦接合 評価基準（既住の補修法） 上下面からの施工
L2 (TB)	支圧接合 下面のみで施工が可能 めねじ加工が必要
L3・L4 (TRS)	支圧接合 下面のみで施工が可能 めねじ加工が不要

本四高速 Honshu-Shikoku Bridge Expressway Co., Ltd.

4. 疲労試験

No.	試験ケース	説明	載荷パターンと繰り返し回数
1	事後保全	ビード亀裂を再現し、亀裂発生後に当て板	ビード亀裂再現時： 直上載荷 × 300万回 当て板後： 直上載荷 × 200万回
2	予防保全	ビード亀裂がない状態から当て板	
	(1) ビード存置	溶接は残したまま当て板	試験体No.2： 直上載荷 × 300万回 挟み込み載荷 × 200万回
	(2) ビード切削	亀裂の起点となるルート部を無くするため、溶接を切削し当て板	試験体No.1： 直上載荷 × 300万回 試験体No.2： 直上載荷 × 300万回 挟み込み載荷 × 200万回

本四高速 Honshu-Shikoku Bridge Expressway Co., Ltd.

5. 疲労試験結果

■ 事後保全（試験体No.2）

亀裂や溶接を残したまま当て板した場合、ビード亀裂やデッキ亀裂が進展

本四高速 Honshu-Shikoku Bridge Expressway Co., Ltd.

5. 疲労試験結果

■ 予防保全（試験体No.2）

溶接ビードは取り除く方が良い

本四高速 Honshu-Shikoku Bridge Expressway Co., Ltd.

5. 疲労試験結果

■ 予防保全（試験体No.1）

● 亀裂発生は全く認められない。

本四高速 Honshu-Shikoku Bridge Expressway Co., Ltd.

6. 実橋での試験施工

施工マニュアル(案)作成
・疲労試験結果を反映
・施工に必要な治具の開発を、東大阪橋梁維持管理研究会が実施

施工試験(工場)
・施工手順の確認、作業員の習熟訓練
・ビード切削手順やデッキ削孔など施工治具の性能確認

試験施工(実橋:1箇所)
・実環境での施工性や施工能力の確認
・1, 3, 6, 9, 12ヶ月を目安に経過観察

施工マニュアルを見直し、順次補修

本四高速 Honshu-Shikoku Bridge Expressway Co., Ltd.

6. 実橋での施工試験



本四高速 Honshu Shikoku Bridge Expressway Co., Ltd

13

6. まとめ (疲労試験)

- 事後保全対策効果
 - 溶接ビードを残し当て板補修をした場合、ビード亀裂もデッキ亀裂も発生・進展した。
 - 当て板補修時には、ビードを切削する必要がある。
- 予防保全対策効果
 - 溶接ビードを切削することによりデッキ亀裂を防止できる。
 - 切削端部に亀裂が生じるケースがあった。亀裂発生・進展抑止のための処置や補修後の監視を行うための配慮が必要である。

本四高速 Honshu Shikoku Bridge Expressway Co., Ltd

14

6. まとめ

- 接合方法の評価
 - HTB, TB, TRSの3種類の接合方法とも、ボルトの緩みやボルト孔からの亀裂発生などない。
 - 接合方法による優劣の差はなく、実験を行った繰り返し載荷荷重と回数の範囲内では同等である。
 - TBとTRSは下面からのみの作業で当て板施工が可能である。
 - 特にTRSはタップを立てる作業が省略でき、有利な施工法である。
- 試験施工での評価
 - ビード切削、舗装を傷めないデッキ削孔、TRS打設など上向き施工などいずれの工種も、大きなトラブルなく施工完了。

本四高速 Honshu Shikoku Bridge Expressway Co., Ltd

15



16

鋼・合成構造物の
設計および維持管理の合理化

前橋工科大 谷口 望

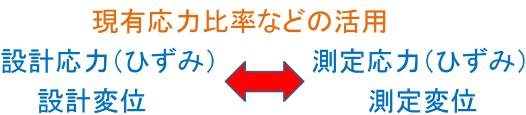


研究背景

近年の鋼鉄道橋: 合成桁が多い

設計手法: 安全側の思想: 設計剛性<実剛性

モニタリング技術: 維持管理(健全度, 延命化指標)



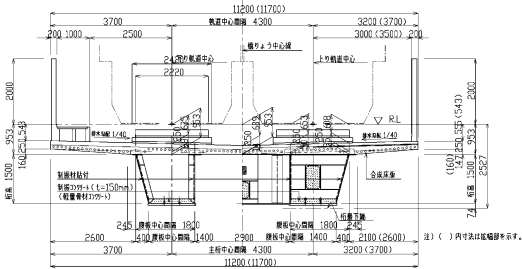
目的

新設合成桁の実測結果より, 設計よりもかなり高い剛性を有していることが判明

今後のモニタリングによる維持管理判断に適用することを想定して, 実剛性を算定してみる

状況に応じて, 設計の合理化にも役立つ
終局時では考慮できなくても,
使用時や疲労時に考慮可か?

検討対象



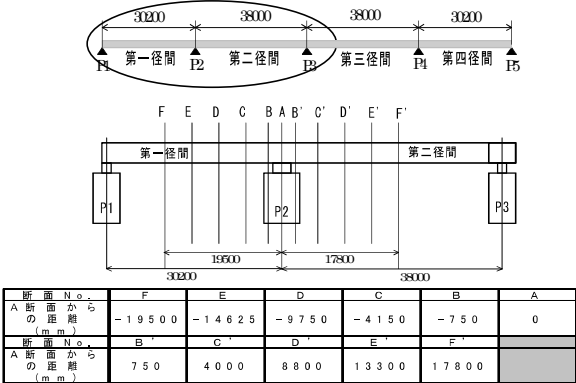
構造形式: プレストレスしない4径間連続完全合成桁
支承構造: ゴム支承を有する地震時水平力分散構造
支間: (30.2+38.0+38.0+30.2)m R=∞(直線)
軌道構造: スラブ軌道直結式
主桁: 2主桁断面(U型断面)桁
床版: 鋼・コンクリート合成床版(高力ボルトを使用した鉄道用パワースラブ)
設計列車荷重: P=16, 設計列車速度: 260km/h

検討対象



構造形式: プレストレスしない4径間連続完全合成桁
支承構造: ゴム支承を有する地震時水平力分散構造
支間: (30.2+38.0+38.0+30.2)m R=∞(直線)
軌道構造: スラブ軌道直結式
主桁: 2主桁断面(U型断面)桁
床版: 鋼・コンクリート合成床版(高力ボルトを使用した鉄道用パワースラブ)
設計列車荷重: P=16, 設計列車速度: 260km/h

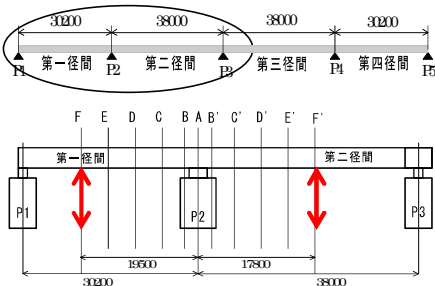
検討対象



計測方法(ひずみ)



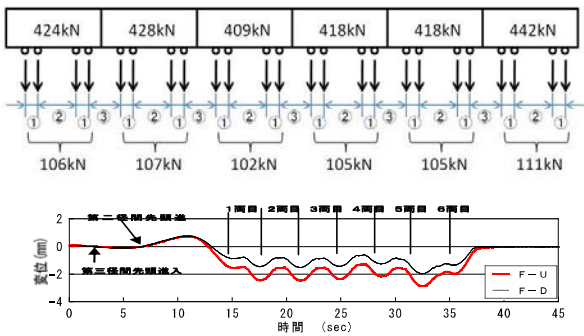
計測方法(変位)



F断面: 上り線桁(F-U), 下り線桁(F-D)
F'断面: 上り線桁(F'-U)

列車荷重(試運転列車)

軸距, ①: 2500mm, ②: 15000mm, ③: 5000mm, ④: 3700mm



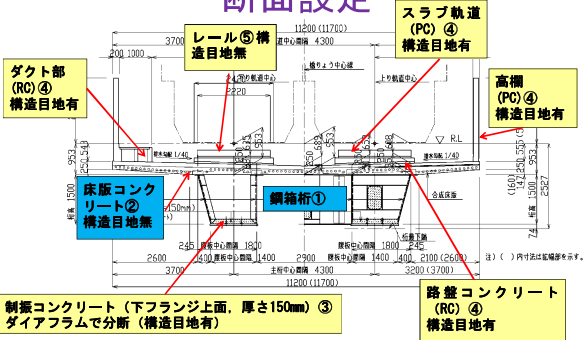
測定結果(変位)mm

計測位置	載荷線	計測結果	設計計算	比%
F-U	上り線載荷	2.9	4.5	64.4
F-D	下り線載荷	3.0	4.5	66.7
F'-U	上り線載荷	3.3	4.4	75.0

設計計算は格子解析
(床版は上り線・下り線で分割)

実際の剛性は設計よりもかなり大きい

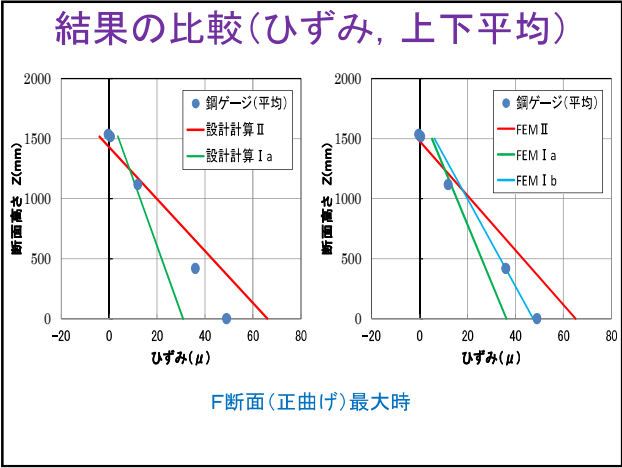
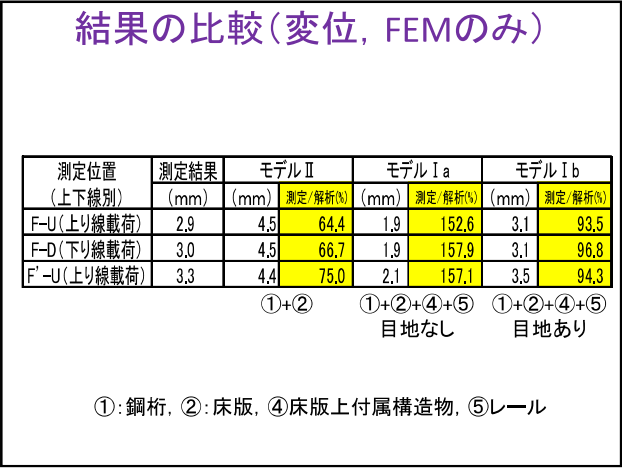
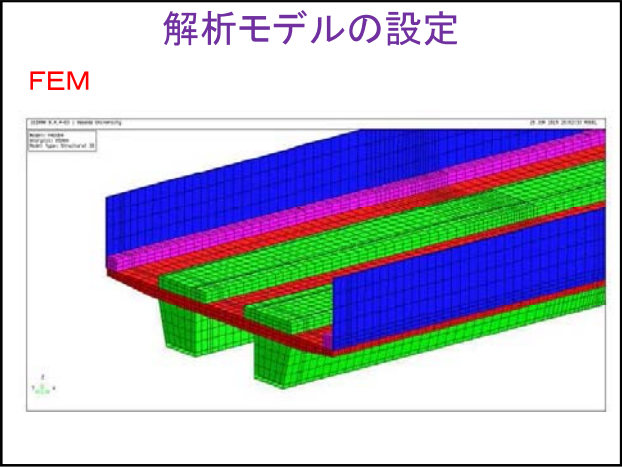
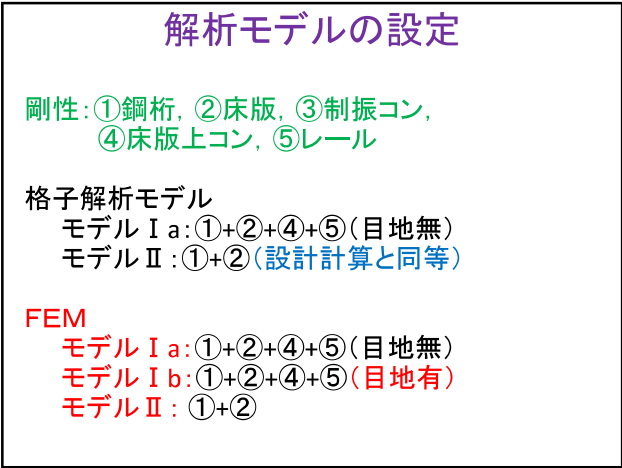
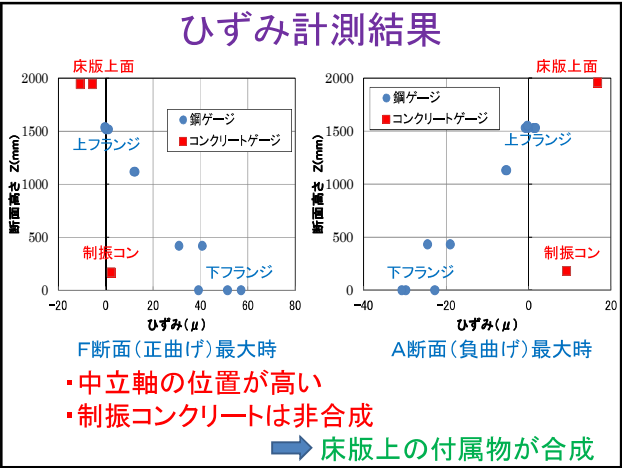
断面設定



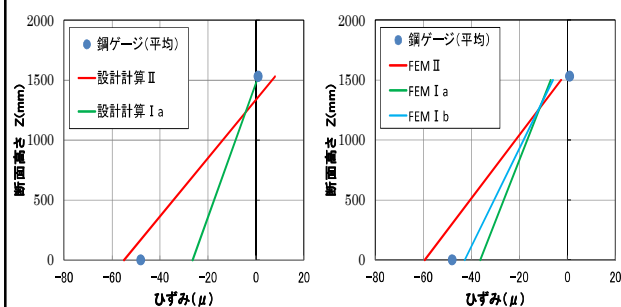
設計で考慮されるのは①と②のみ

床版上の写真



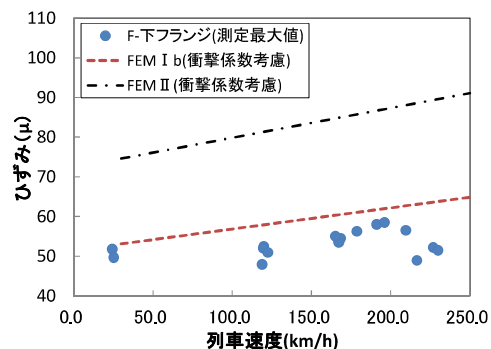


結果の比較(ひずみ, 上下平均)



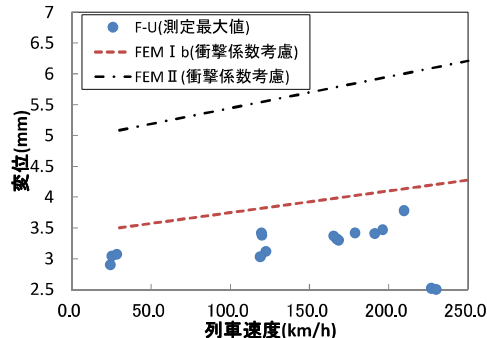
A断面(負曲げ)最大時のB断面分布

複数走行回, 速度の影響



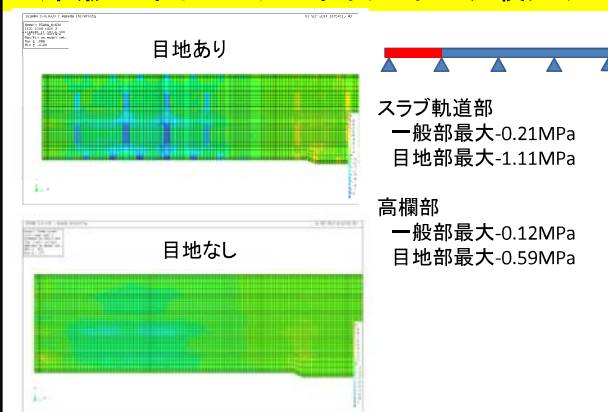
F断面下フランジひずみ平均(34本列車通過)

複数走行回, 速度の影響

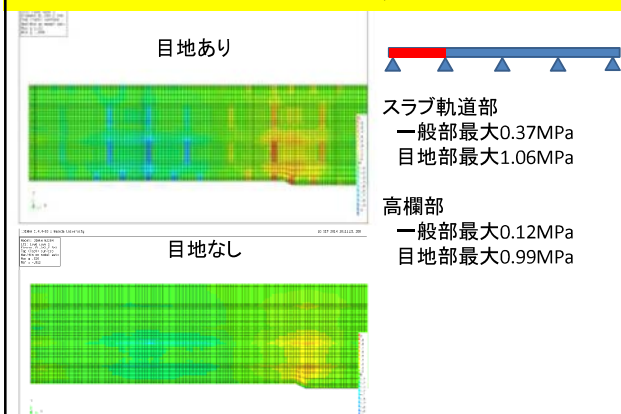


F-U最大変位(34本列車通過)

床版上面コンター図(正曲げ最大)



床版上面コンター図(負曲げ最大)



まとめ

実際の合成桁の剛性は設計よりも大きい。この剛性の差は、床版上に設置されているコンクリート製付属物の影響が大きいと考えられる。

鉄道用合成桁の実剛性を算定する場合、構造目地を無視して床版上のコンクリート製付属物の剛性を考慮すると、剛性を過大評価する。

床版上のコンクリート製付属物の構造目地を再現した場合、全体としての剛性はある程度大きくなるものの、一方で目地部の剛性急変の影響により、局部的に大きな応力が生じる可能性がある。

2016.07.29 鋼橋の維持管理全体の高度化に関するワークショップ

鉄道営業線アンダーパス工事における
仮工事桁の構造変更に伴う対策と計測結果

2016年 7月29日(金)

阪急設計コンサルタント(株) 都市土木部 室屋 信彦

本日の内容

1. はじめに

2. 工事の概要(施工手順)

3. 工事桁の構造変更に伴う対応

3-1. 骨組みモデル

3-2. 解析の結果

4. 計測結果

4-1. デジタルビデオカメラを用いた変位計測

4-2. サーモグラフィーを用いた応力測定

5. 考察

6. 課題と今後の展開について

1. はじめに

逆瀬川駅

阪急今津線

小林駅

都市計画道路

工事箇所

阪急今津線小林駅～逆瀬川駅間の軌道を横断するように、道路幅員27.0mの都市計画道路が計画された。

横断部には軌道の直下に5径間ボックスカルバートが築造された。

鉄道交差部のイメージパース

宝塚方

西宮北口方

当該箇所は閑静な住宅街の中心に位置し、工事箇所周辺には幅員の狭い道路が多く、工事期間中の生活道路を確保する必要があることから、ボックスカルバートを分割施工して工事を進めることになった。

着目点としては！！

①営業線直下に5径間ボックスカルバートを構築する。

→開削工法を用い、営業線の軌道には工事桁を採用

②工事ヤードが生活道路を遮断する。

→工事中、安全な生活道路を確保するために
先行施工部に迂回路を確保

本工事で採用した工事桁とは

断面図

1500

650 850 650

350

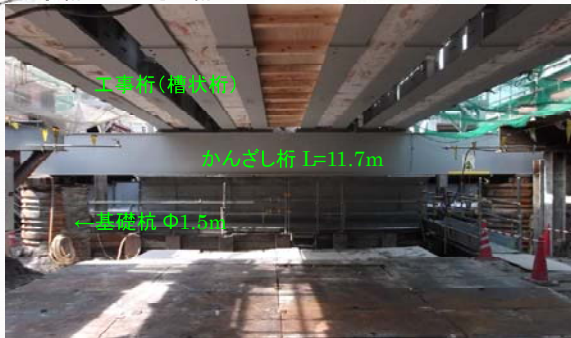
700

かんざし桁
H=1.0m、B=1.3m

2本の1断面の桁2組で1列車荷重を支持する。

構造型式	鋼単純槽状桁
橋長	17.0m+16.0m
桁高	0.70m
列車重量	400kN/1両
車両編成	6両

工事桁とかんざし桁

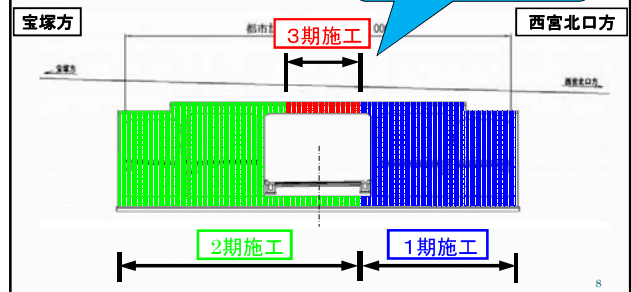


7

2. 工事の概要(施工手順)

本工事の完成形としては、下記に示す5径間ボックスカルバートの新設構造物になる。

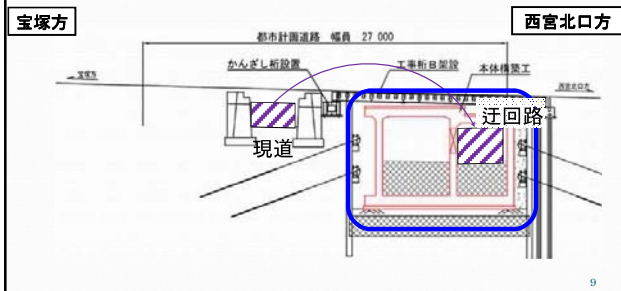
構造的、施工的制約のため、分割施工が避けられない。



8

施工手順①

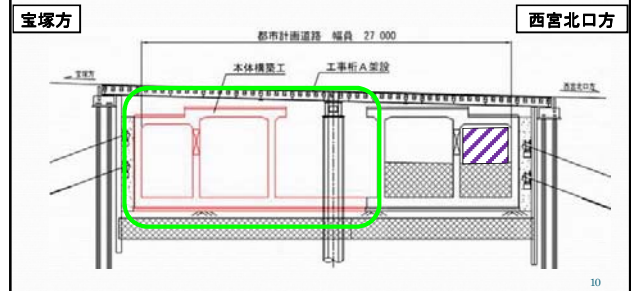
- ・西宮北口方の仮設橋台、かんざし桁、工事桁等を随時施工
- ・西宮北口方に新設構造物を構築(1期施工)
- ・迂回路に通行を振り替え



9

施工手順②

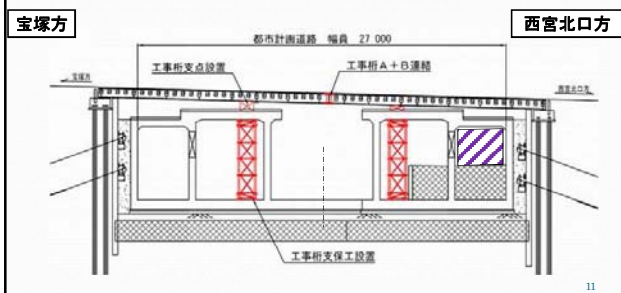
- ・既設橋梁の撤去
- ・宝塚方の仮設橋台と工事桁を随時施工
- ・西宮北口方と同様にボックスカルバートを構築(2期施工)



10

施工手順③

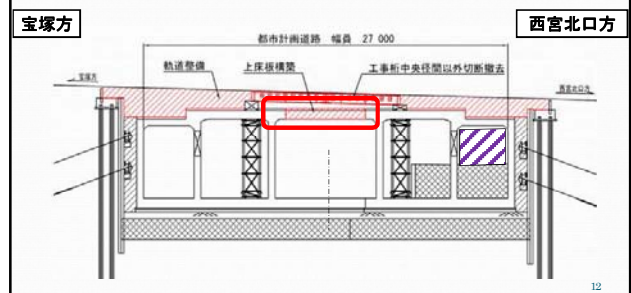
- ・次ステップに向けての支点の設置及び工事桁の連結
- ・支点設置に伴い、施工済み頂版を保護するための支保工設置
- ・かんざし桁の撤去



11

施工手順④

- ・中央径間以外の工事桁撤去、軌道整備
- ・残った上床版を施工(3期施工)しボックスカルバートを完成



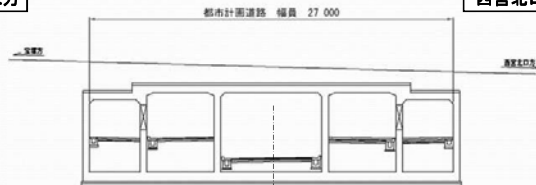
12

施工手順－⑤

- ・支保工及び工事桁を撤去
- ・路盤整備、軌道整備を行い完成、供用開始

宝塚方

西宮北口方



13

ところが、施工手順－②から③への過程で工事桁の盛替、連結が1夜間で施工ができないことが明らかとなり、想定外の支持状態が生じ、当初設計で予期しなかった負反力が発生する事態となったため、安全対策が必要となった。

その対策を検討し、対策が機能しているのか確認するため、下記の検討を行った。

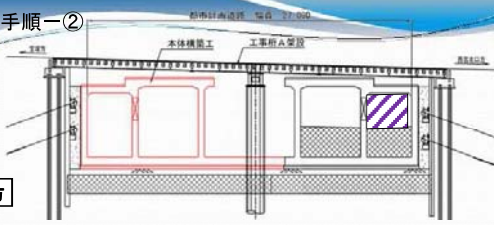
- 1) 列車の連行荷重によるフレーム解析
- 2) 解析結果に対する対策
- 3) 計測による検証
 - ・デジタルビデオカメラによる変位計測
 - ・サーモグラフィを用いた応力測定の見測

14

施工手順－②

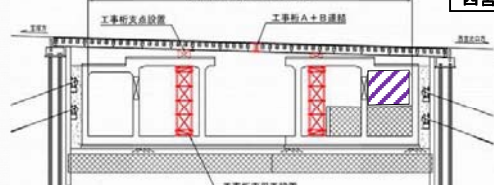
宝塚方

西宮北口方



15

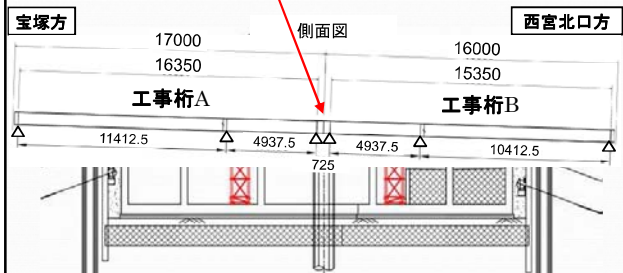
施工手順－③



想定外の支持状態とは

ここが想定外！！

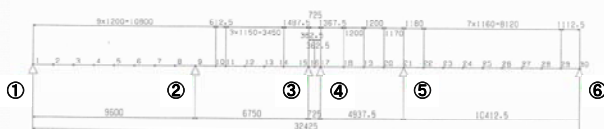
この2支点が残るため支間比が2:1以下の連続桁が2連残ることになった。



16

3. 工事桁の構造変更に伴う対応

3-1. 骨組みモデル



支点位置は、①～⑥となる。
支点：①～⑤→可動
⑥→固定
また、節点16の結合条件は、ピンとする。

17

支点③－④間の添接部をピン構造としたのは？

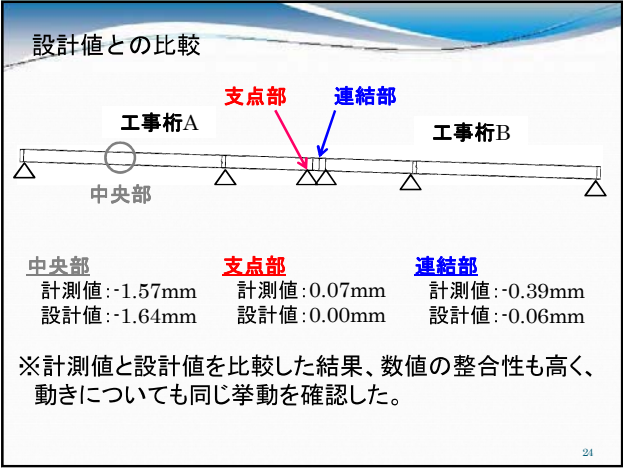
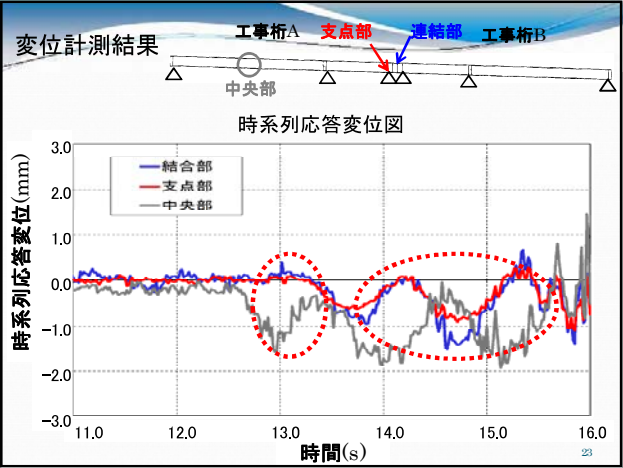
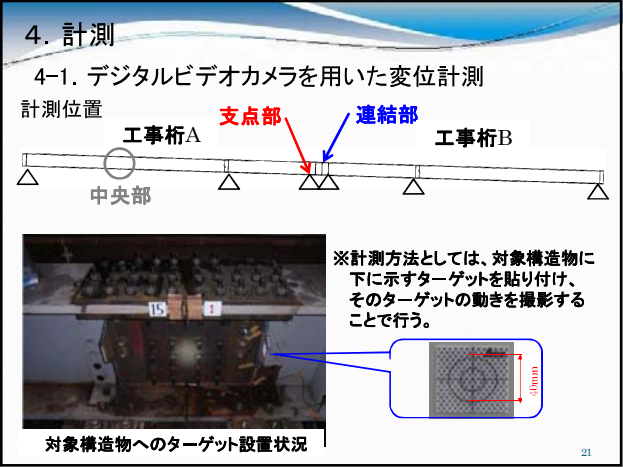
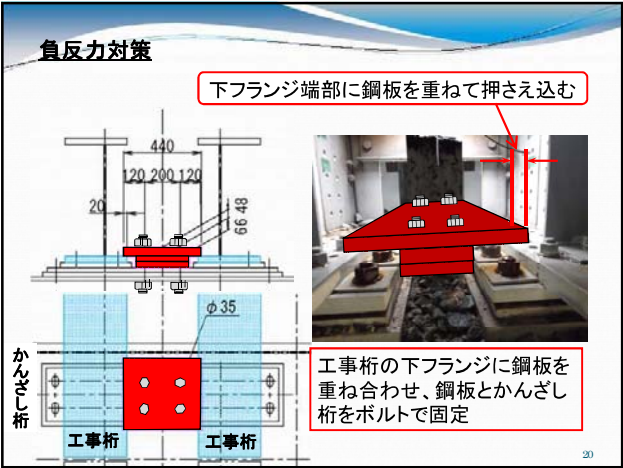
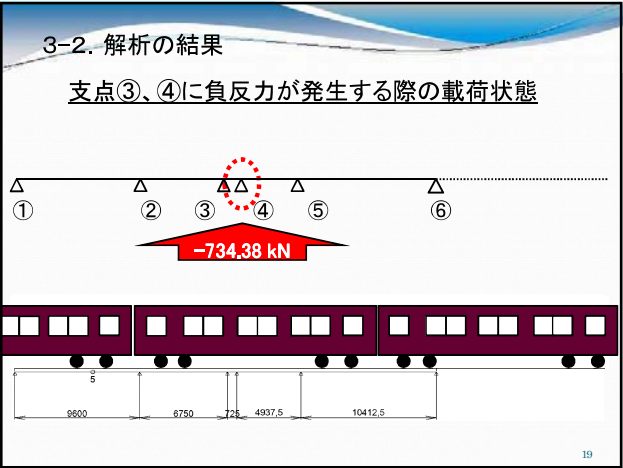
ピン構造

添接板をボルトで仮締め



時間的な制約もあり下フランジの添接が行えず、これを次施工とすることにした。
上フランジと腹板の添接は一部のボルトで所定のトルクを導入せずに仮締め状態とした。

18



4-2. 赤外線サーモグラフィーを用いた応力測定

添接板に作用する応力の変化を捉えることを目的に赤外線サーモグラフィーを用いて測定を行った。



赤外線サーモグラフィーによる撮影状況

赤外線サーモグラフィーとは？

物体表面から放射される赤外線エネルギー分布を赤外線センサーにより計測し、これを温度分布に換算・画像化して表示する装置である。

作用応力の変動に伴う熱弾性効果により物体に生じる温度変化を、赤外線サーモグラフィーを用いて計測することが目的である。

固体は、気体と同様に、圧縮すると発熱、引張ると吸熱の温度変化が生じる。

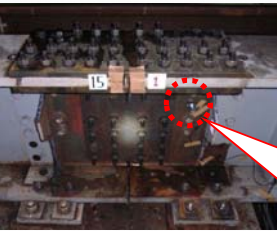
温度変化から応力変化を求めることができる。

赤外線サーモグラフィーの特長

- 1)面の温度分布として捉え、可視化情報として表示できる。
- 2)広い範囲の表面温度の分布を相対的に比較できる。
- 3)動いているものや、危険で近付けないものでも、対象物から離れたところから、非接触で簡単にリアルタイムで温度測定ができる。
- 4)温度変化の激しい対象物や、短時間の現象でも計測が可能である。

また、赤外線サーモグラフィーで確認できる応力値を照査するために応力聴診器を設置した。

応力聴診器の設置状況



応力聴診器とは？

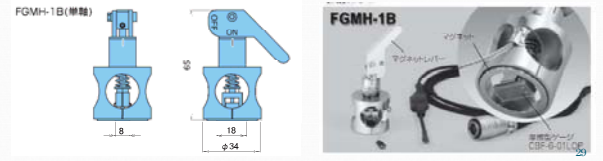
構造物にマグネットで吸着し、受感部を押し当てることで、界面に発生する摩擦によってひずみを測定できる。

応力聴診器

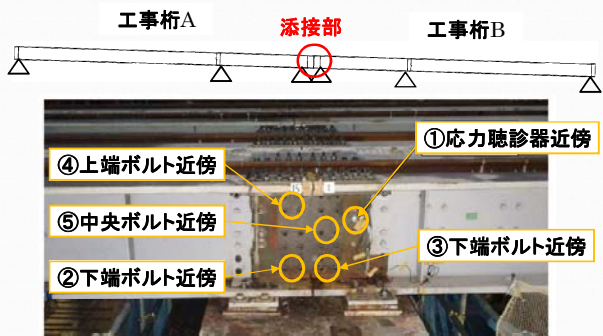


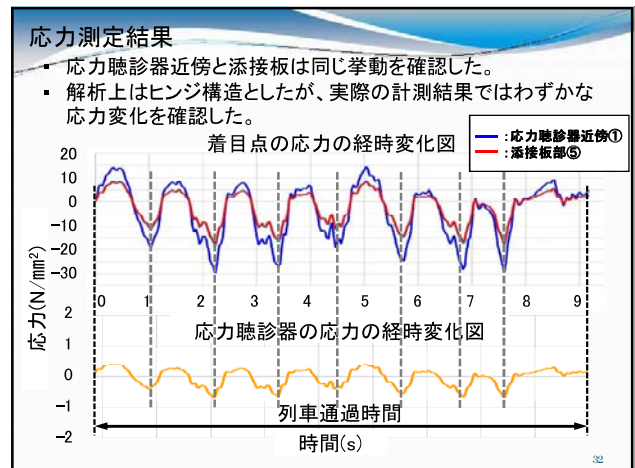
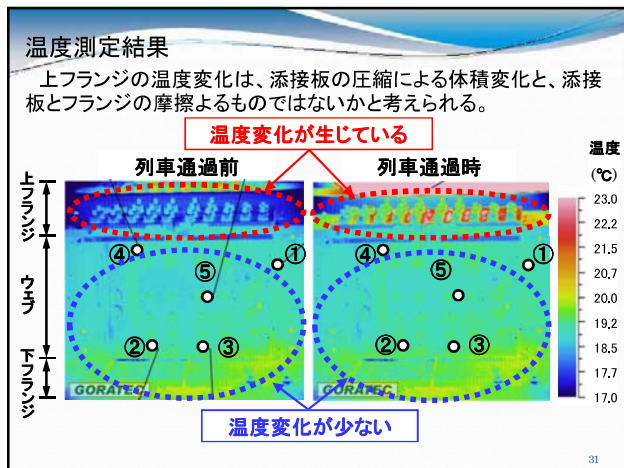
応力聴診器の仕様

仕様	FGMH-1B	FGMH-2A	FGMH-3A New
種別	単軸	単軸	3軸
ゲージ長	6mm	3mm	3mm
使用温度範囲	0～+60℃	0～+60℃	0～+60℃
温度補償範囲	0～+60℃	0～+60℃	0～+60℃
測定対象材料	合金・鋼材（線膨張係数 11ppm/℃）		
ゲージ率	約2		
入出力抵抗値	約120Ω		
測定モード	イゲージ		
入出力ケーブル	—	φ3mm 0.05mm ² 4芯シールドクロロレン 2m 先端NDISプラグ	—
付属ケーブル	ブリッピン図説を添付リード線2m 先端NDISプラグ		
質量（ケーブル除く）	約60g		約200g



サーモグラフィーによる撮影着目点





5. 考察

施工途中に2連の単純支持から想定外の5径間連続の支持状態となったことに伴い、解析、対策、計測を実施した結果、以下のことを確認した。

1) 浮上がり対策について

支点の変位を抑えることができた。

2) 連結部の挙動について

ボルトの仮締め状態にもかかわらず、応力聴診器の値や連結部の温度変化が見られたことで一定の連結状態にあったとみられる。

以上より、今回採用した対策は有効に機能していると考えている。

33

6. 課題と今後の展開について

サーモグラフィーの計測による作用応力の絶対値の精度については、まだまだ実績が乏しく、複数の計測方法を併用し、計測結果を検証していく必要がある。

ただし、今回計測した方法により、応力が集中する箇所がこれまでの知見とほぼ合致していることを確認でき、今後の鋼構造物の維持管理にも有効活用できればと考えている。

34

ご清聴有難うございました。

35



鋼鉄道橋の実応力測定による健全度診断

京阪電気鉄道株式会社
高橋 真矢

報告の概要



平成22年度にトラス桁の各部材にかかる実応力を測定し、
桁の耐荷力診断、耐疲労性の評価を実施した報告

なぜ応力測定が必要か？

鉄道橋の維持管理

1回/2年の法定検査において、目視にて変状の確認



- 長い供用期間を経た橋梁では、腐食による部材断面の減少などにより架設当初から応力状態が変化していることがある
- 疲労が問題となるような応力集中部に関しては、設計計算によりその応力状態を把握することが困難

報告の流れ



1. 応力測定
2. 桁の耐荷力診断
3. 耐疲労性の評価

対象橋梁



名 称 京阪本線 宇治川橋梁
架設年 1927年(S.2)
形 式 複線鋼下路式プラットトラス桁
橋 長 7径間 262M728 (33M940, 37M890 × 5, 33M940)



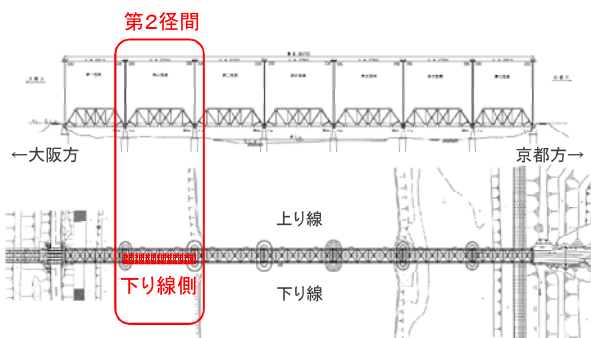
対象橋梁

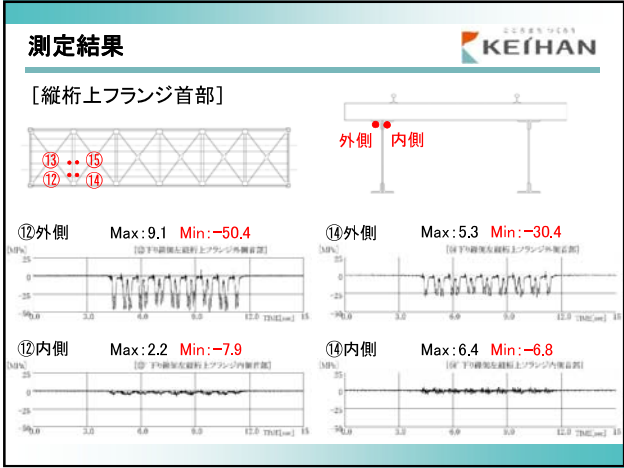
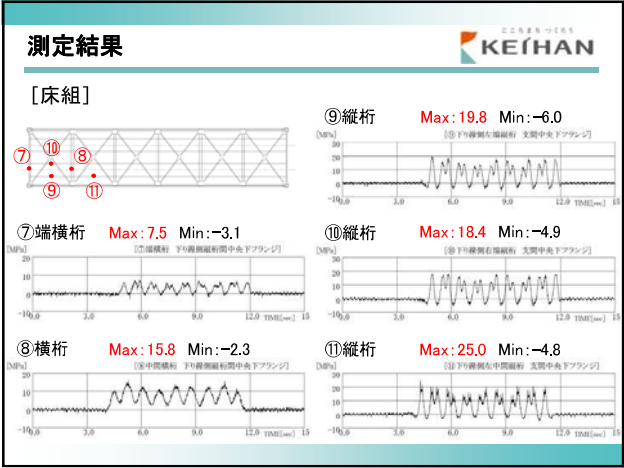
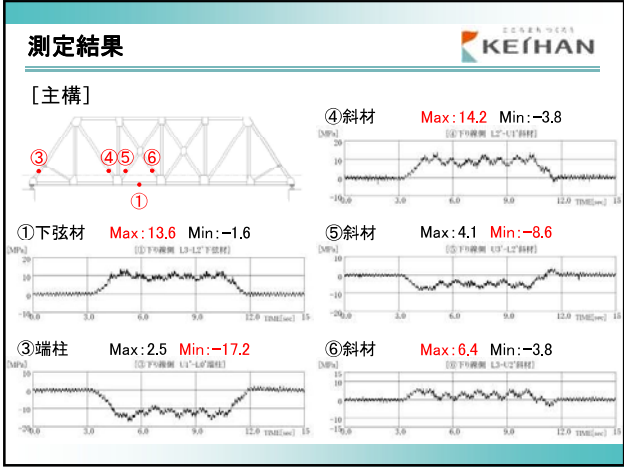
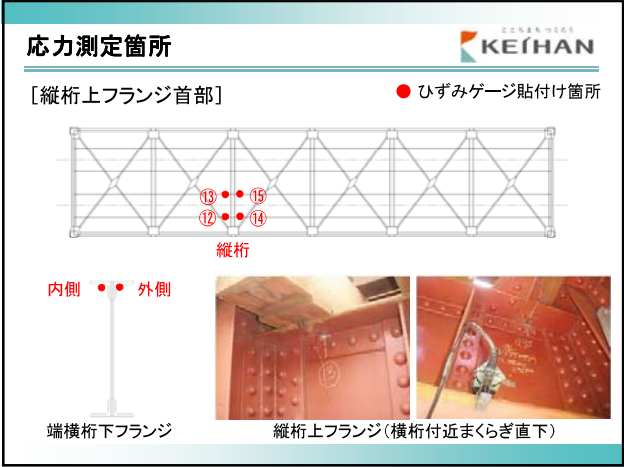
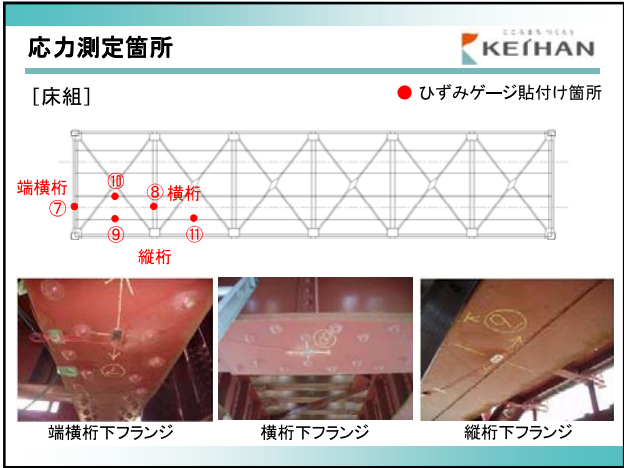
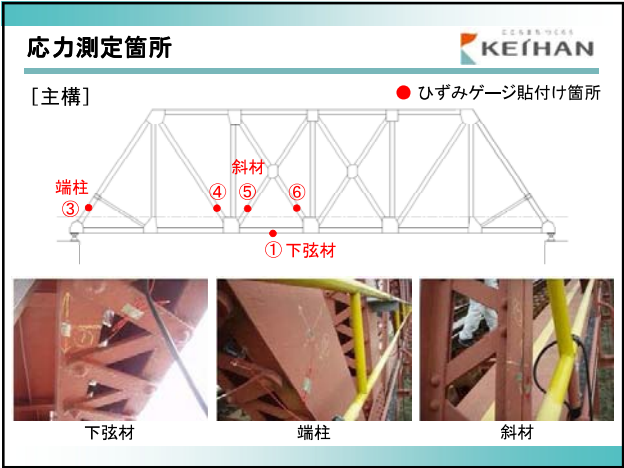


名 称 京阪本線 宇治川橋梁
架設年 1927年(S.2)
形 式 複線鋼下路式プラットトラス桁
橋 長 7径間 262M728 (33M940, 37M890 × 5, 33M940)



応力測定箇所





耐力診断の指標

KEIHAN

現有耐力比率(SR) = $\frac{\text{保守限度耐力}(\sigma_m)}{\text{実働荷重による最大耐力度}(\sigma)} \times 100(\%)$

σ_m : 既存構造物の耐力評価に用いる許容耐力度

健全度判定区分の目安

健全度判定区分	現有耐力比率 SR (%)	措置
A A	$SR \leq 100$	詳細調査or補強
A 1	$100 < SR \leq 110$	詳細調査or補修(補強)
A 2	$110 < SR \leq 120$	
B	$120 < SR \leq 150$	重点検査(監視)
C または S	$SR > 150$	腐食あり 検査時の着目箇所
		腐食なし 通常検査

現有耐力比率の算出

KEIHAN

橋りょう諸元(既設からの記入項目)

橋名	区間	形式	規格	設計者
〇〇橋	〇〇区間	〇〇形式	〇〇規格	〇〇設計者

橋りょう諸元(新設からの記入項目)

橋名	区間	形式	規格	設計者
〇〇橋	〇〇区間	〇〇形式	〇〇規格	〇〇設計者

橋りょう諸元(新設からの記入項目)

橋名	区間	形式	規格	設計者
〇〇橋	〇〇区間	〇〇形式	〇〇規格	〇〇設計者

橋りょう諸元(新設からの記入項目)

橋名	区間	形式	規格	設計者
〇〇橋	〇〇区間	〇〇形式	〇〇規格	〇〇設計者

腐食量調査結果

KEIHAN

横桁: 上フランジ上面に腐食が見られ、部分的に最大2mm程度

縦桁: 上フランジ上面に腐食が見られ、最大1mm程度



横桁上フランジの腐食

縦桁上フランジの腐食

➡ 耐力評価が安全側となるよう

上記腐食がフランジ全幅かつ支間中央に存在するものと仮定

桁の耐力診断結果

KEIHAN

耐力診断結果

部材・条件	引張(下フランジ)		圧縮(上フランジ)	
	現有耐力比 SR (%)	健全度判定区分	現有耐力比 SR (%)	健全度判定区分
横桁	60t連結荷重 163.0	C or S	180.1	C or S
	100%乗車 239.7	C or S	264.9	C or S
縦桁	60t連結荷重 319.4	C or S	322.7	C or S
	100%乗車 433.9	C or S	438.4	C or S

□ 設計荷重(60t)、現行の列車荷重(100%乗車)いずれに対しても健全度判定区分がCまたはSとなり、耐力に問題がないことが確認された。

□ 腐食がほとんど発生していないため、通常検査を行えばよい

耐疲労性評価の指標

KEIHAN

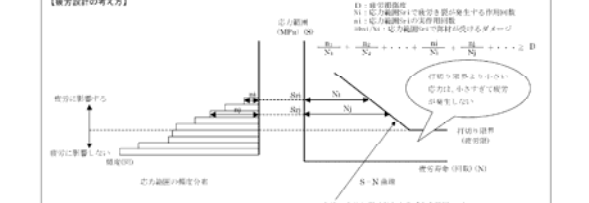
疲労損傷度(D) = $N_{eq} / 2 \times 10^6$

D: 単位荷重当りの疲労上の消耗量。累積値が1を超すと疲労き裂が発生とする

N_{eq} : 単位荷重当りの継手等級に対する等価繰返し数

疲労き裂発生可能年数 = $1 / (D \times \text{列車本数} \times 365)$

【疲労設計の考え方】



耐疲労性評価の指標

KEIHAN

疲労損傷度(D) = $N_{eq} / 2 \times 10^6$

D: 単位荷重当りの疲労上の消耗量。累積値が1を超すと疲労き裂が発生とする

N_{eq} : 単位荷重当りの継手等級に対する等価繰返し数

疲労き裂発生可能年数 = $1 / (D \times \text{列車本数} \times 365)$

健全度判定区分の目安

累積疲労損傷度(D)	判定区分	検査への反映
$D \geq 1.0$	A 1	個別検査の実施
$1.0 > D \geq 0.8$	A 2	
$0.8 > D \geq 0.5$	B	重点検査項目へ
$0.5 > D \geq 0.2$	C	
$D < 0.2$	S	通常通りの検査

KEIHAN

表 2.2-3 継手の種類と検査等級

(a) 非圧力継手

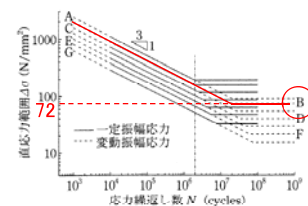
継手の種類	検査等級	備	考
① 帯 鉄	A	(1) 表面および断面検査 実施し、そのうち断面検査 は1箇所につき、 ①は圧縮側、②は引張側となる 位置で検査するもの であるが、50%以下のもの	① ②
② 針 刺	B	(1) 表面のみ(100%)検査 するもの、また引張り試験 も行うもの	① ②
③ 内孔を有する母材 (圧縮側のみ)	C		① ②
④ フォトリソ (1) 1.5σ/σ _{0.2} 試験値 の $\sigma_{0.2}$ の $\sigma_{0.2}$ の $\sigma_{0.2}$ よりする 針	B	(1) 1.5σ/σ _{0.2} 試験値 の $\sigma_{0.2}$ の $\sigma_{0.2}$ の $\sigma_{0.2}$ よりする 針	① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨ ⑩ ⑪ ⑫ ⑬ ⑭ ⑮ ⑯ ⑰ ⑱ ⑲ ⑳ ㉑ ㉒ ㉓ ㉔ ㉕ ㉖ ㉗ ㉘ ㉙ ㉚ ㉛ ㉜ ㉝ ㉞ ㉟ ㊱ ㊲ ㊳ ㊴ ㊵ ㊶ ㊷ ㊸ ㊹ ㊺ ㊻ ㊼ ㊽ ㊾ ㊿
⑤ 1.5σ/σ _{0.2} 試験値 の $\sigma_{0.2}$ の $\sigma_{0.2}$ の $\sigma_{0.2}$ よりする 針	C	(1) 1.5σ/σ _{0.2} 試験値 の $\sigma_{0.2}$ の $\sigma_{0.2}$ の $\sigma_{0.2}$ よりする 針	① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨ ⑩ ⑪ ⑫ ⑬ ⑭ ⑮ ⑯ ⑰ ⑱ ⑲ ⑳ ㉑ ㉒ ㉓ ㉔ ㉕ ㉖ ㉗ ㉘ ㉙ ㉚ ㉛ ㉜ ㉝ ㉞ ㉟ ㊱ ㊲ ㊳ ㊴ ㊵ ㊶ ㊷ ㊸ ㊹ ㊺ ㊻ ㊼ ㊽ ㊾ ㊿
⑥ 1.25σ/σ _{0.2} 試験値 の $\sigma_{0.2}$ の $\sigma_{0.2}$ の $\sigma_{0.2}$ よりする 針	D	(1) 1.25σ/σ _{0.2} 試験値 の $\sigma_{0.2}$ の $\sigma_{0.2}$ の $\sigma_{0.2}$ よりする 針	① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨ ⑩ ⑪ ⑫ ⑬ ⑭ ⑮ ⑯ ⑰ ⑱ ⑲ ⑳ ㉑ ㉒ ㉓ ㉔ ㉕ ㉖ ㉗ ㉘ ㉙ ㉚ ㉛ ㉜ ㉝ ㉞ ㉟ ㊱ ㊲ ㊳ ㊴ ㊵ ㊶ ㊷ ㊸ ㊹ ㊺ ㊻ ㊼ ㊽ ㊾ ㊿
⑦ 鋼材の厚さ (引張側の母材 (引張側のみ))	B	1.5σ/σ _{0.2}	① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨ ⑩ ⑪ ⑫ ⑬ ⑭ ⑮ ⑯ ⑰ ⑱ ⑲ ⑳ ㉑ ㉒ ㉓ ㉔ ㉕ ㉖ ㉗ ㉘ ㉙ ㉚ ㉛ ㉜ ㉝ ㉞ ㉟ ㊱ ㊲ ㊳ ㊴ ㊵ ㊶ ㊷ ㊸ ㊹ ㊺ ㊻ ㊼ ㊽ ㊾ ㊿
⑧ 鋼材の厚さ (引張側の母材 (引張側のみ))	C	1.5σ/σ _{0.2}	① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨ ⑩ ⑪ ⑫ ⑬ ⑭ ⑮ ⑯ ⑰ ⑱ ⑲ ⑳ ㉑ ㉒ ㉓ ㉔ ㉕ ㉖ ㉗ ㉘ ㉙ ㉚ ㉛ ㉜ ㉝ ㉞ ㉟ ㊱ ㊲ ㊳ ㊴ ㊵ ㊶ ㊷ ㊸ ㊹ ㊺ ㊻ ㊼ ㊽ ㊾ ㊿
⑨ 鋼材の厚さ (引張側の母材 (引張側のみ))	D	1.5σ/σ _{0.2}	① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨ ⑩ ⑪ ⑫ ⑬ ⑭ ⑮ ⑯ ⑰ ⑱ ⑲ ⑳ ㉑ ㉒ ㉓ ㉔ ㉕ ㉖ ㉗ ㉘ ㉙ ㉚ ㉛ ㉜ ㉝ ㉞ ㉟ ㊱ ㊲ ㊳ ㊴ ㊵ ㊶ ㊷ ㊸ ㊹ ㊺ ㊻ ㊼ ㊽ ㊾ ㊿
⑩ 鋼材の厚さ (引張側の母材 (引張側のみ))	B	1.5σ/σ _{0.2}	① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨ ⑩ ⑪ ⑫ ⑬ ⑭ ⑮ ⑯ ⑰ ⑱ ⑲ ⑳ ㉑ ㉒ ㉓ ㉔ ㉕ ㉖ ㉗ ㉘ ㉙ ㉚ ㉛ ㉜ ㉝ ㉞ ㉟ ㊱ ㊲ ㊳ ㊴ ㊵ ㊶ ㊷ ㊸ ㊹ ㊺ ㊻ ㊼ ㊽ ㊾ ㊿
⑪ 鋼材の厚さ (引張側の母材 (引張側のみ))	C	1.5σ/σ _{0.2}	① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨ ⑩ ⑪ ⑫ ⑬ ⑭ ⑮ ⑯ ⑰ ⑱ ⑲ ⑳ ㉑ ㉒ ㉓ ㉔ ㉕ ㉖ ㉗ ㉘ ㉙ ㉚ ㉛ ㉜ ㉝ ㉞ ㉟ ㊱ ㊲ ㊳ ㊴ ㊵ ㊶ ㊷ ㊸ ㊹ ㊺ ㊻ ㊼ ㊽ ㊾ ㊿
⑫ 鋼材の厚さ (引張側の母材 (引張側のみ))	D	1.5σ/σ _{0.2}	① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨ ⑩ ⑪ ⑫ ⑬ ⑭ ⑮ ⑯ ⑰ ⑱ ⑲ ⑳ ㉑ ㉒ ㉓ ㉔ ㉕ ㉖ ㉗ ㉘ ㉙ ㉚ ㉛ ㉜ ㉝ ㉞ ㉟ ㊱ ㊲ ㊳ ㊴ ㊵ ㊶ ㊷ ㊸ ㊹ ㊺ ㊻ ㊼ ㊽ ㊾ ㊿
⑬ 鋼材の厚さ (引張側の母材 (引張側のみ))	B	1.5σ/σ _{0.2}	① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨ ⑩ ⑪ ⑫ ⑬ ⑭ ⑮ ⑯ ⑰ ⑱ ⑲ ⑳ ㉑ ㉒ ㉓ ㉔ ㉕ ㉖ ㉗ ㉘ ㉙ ㉚ ㉛ ㉜ ㉝ ㉞ ㉟ ㊱ ㊲ ㊳ ㊴ ㊵ ㊶ ㊷ ㊸ ㊹ ㊺ ㊻ ㊼ ㊽ ㊾ ㊿
⑭ 鋼材の厚さ (引張側の母材 (引張側のみ))	C	1.5σ/σ _{0.2}	① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨ ⑩ ⑪ ⑫ ⑬ ⑭ ⑮ ⑯ ⑰ ⑱ ⑲ ⑳ ㉑ ㉒ ㉓ ㉔ ㉕ ㉖ ㉗ ㉘ ㉙ ㉚ ㉛ ㉜ ㉝ ㉞ ㉟ ㊱ ㊲ ㊳ ㊴ ㊵ ㊶ ㊷ ㊸ ㊹ ㊺ ㊻ ㊼ ㊽ ㊾ ㊿
⑮ 鋼材の厚さ (引張側の母材 (引張側のみ))	D	1.5σ/σ _{0.2}	① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨ ⑩ ⑪ ⑫ ⑬ ⑭ ⑮ ⑯ ⑰ ⑱ ⑲ ⑳ ㉑ ㉒ ㉓ ㉔ ㉕ ㉖ ㉗ ㉘ ㉙ ㉚ ㉛ ㉜ ㉝ ㉞ ㉟ ㊱ ㊲ ㊳ ㊴ ㊵ ㊶ ㊷ ㊸ ㊹ ㊺ ㊻ ㊼ ㊽ ㊾ ㊿
⑯ 鋼材の厚さ (引張側の母材 (引張側のみ))	B	1.5σ/σ _{0.2}	① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨ ⑩ ⑪ ⑫ ⑬ ⑭ ⑮ ⑯ ⑰ ⑱ ⑲ ⑳ ㉑ ㉒ ㉓ ㉔ ㉕ ㉖ ㉗ ㉘ ㉙ ㉚ ㉛ ㉜ ㉝ ㉞ ㉟ ㊱ ㊲ ㊳ ㊴ ㊵ ㊶ ㊷ ㊸ ㊹ ㊺ ㊻ ㊼ ㊽ ㊾ ㊿
⑰ 鋼材の厚さ (引張側の母材 (引張側のみ))	C	1.5σ/σ _{0.2}	① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨ ⑩ ⑪ ⑫ ⑬ ⑭ ⑮ ⑯ ⑰ ⑱ ⑲ ⑳ ㉑ ㉒ ㉓ ㉔ ㉕ ㉖ ㉗ ㉘ ㉙ ㉚ ㉛ ㉜ ㉝ ㉞ ㉟ ㊱ ㊲ ㊳ ㊴ ㊵ ㊶ ㊷ ㊸ ㊹ ㊺ ㊻ ㊼ ㊽ ㊾ ㊿
⑱ 鋼材の厚さ (引張側の母材 (引張側のみ))	D	1.5σ/σ _{0.2}	① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨ ⑩ ⑪ ⑫ ⑬ ⑭ ⑮ ⑯ ⑰ ⑱ ⑲ ⑳ ㉑ ㉒ ㉓ ㉔ ㉕ ㉖ ㉗ ㉘ ㉙ ㉚ ㉛ ㉜ ㉝ ㉞ ㉟ ㊱ ㊲ ㊳ ㊴ ㊵ ㊶ ㊷ ㊸ ㊹ ㊺ ㊻ ㊼ ㊽ ㊾ ㊿

※ ①～③継手の引張り試験の
位置と回数

縦桁首部→
トラス部材、横桁→

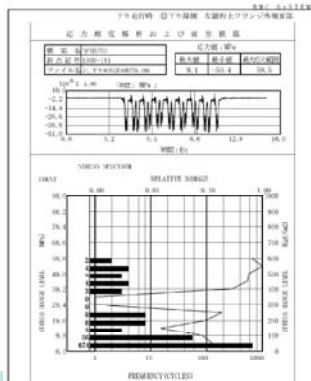
KEIHAN

強度等級		応力範囲の 切り取り限界	
名称	2×10 ³ 円 基準許容 応力範囲 (N/mm ²)	一定範囲 応力 (N/mm ²)	変動範囲 応力 (N/mm ²)
A	100	100	88
B	155	155	72
C	125	115	53
D	100	84	39
E	80	62	29
F	65	46	21
G	50	32	15



測定箇所	最大値 (MPa)	最小値 (MPa)	応力範囲 (MPa)	疲労損傷度 ($\times 10^{-6}$)	き裂発生寿命 (年)
⑫外側	9.1	-50.4	59.5	0	き裂発生の可能性なし
⑬外側	4.5	-32.3	36.8	0	き裂発生の可能性なし
⑭外側	5.3	-30.4	35.7	0	き裂発生の可能性なし
⑮外側	5.0	-14.1	19.1	0	き裂発生の可能性なし

KEIHAN



KEIHAN

測定箇所	応力範囲 (MPa)	疲労損傷度 ($\times 10^{-6}$)	列車本数 (本/日)	1日当りの 疲労損傷度	き裂発生 寿命(年)
⑫外側	59.5	0.274	130	35.620	77
⑬外側	36.8	0.069	130	8.970	305
⑭外側	35.7	0.057	130	7.410	370
⑮外側	19.1	0.001	130	0.130	21075

累積疲労損傷度（D）		判定区分	検査への反映
D ≧ 1.0		A 1	個別検査の実施
1.0 > D ≧ 0.8		A 2	
0.8 > D ≧ 0.5		B	
0.5 > D ≧ 0.2	D ≧ 経年/設計寿命		
	D < 経年/設計寿命	C	検査の着目箇所へ
D < 0.2		S	通常通りの検査

KEIHAN

- 桁の耐荷力診断
腐食状態を安全側に仮定しても、桁の耐荷力には問題はない
- 耐疲労性の評価
腐食がほとんどないため、打ち切り限界を考慮しても問題ないと考えられる。この場合、発生応力は疲労限以下であり、疲労き裂が発生することはない。
腐食が発生した場合を想定し、打ち切り限界を無視すると縦桁上フランジ首部における疲労損傷度が高いため、検査時の着目箇所として確認するのが望ましい。

今後も通常の検査を続ければ問題ないが、縦桁上フランジが維持管理の要所であることが明らかとなった。

矢島 秀治

1. SMCの開発の背景・目的
2. SMCの精度向上策について
3. SMCと従来機器との精度検証
4. たわみ, たわみ角を用いた管理指標の提案

(橋)

60年前

総数 102,293

設計耐用年数(概値)

新耐線 70年
在来線 60年

出典: 鉄道構造物等設計標準・同規格・合成構造物

第二次世界大戦1939～1945

日本万国博覧会1970

東京オリンピック1964

山陽新幹線
1967～1972(山)
1970～1975(多)

東海道新幹線
1959～1964

高度成長期

~1970 1971~1975 1976~1980 1981~1985 1986~1990 1991~1995 1996~2000 2001~2005 2006~2010 2011~2012

(暦年)

注:このほかに、施設整備年度が古データが確認できなかった施設が880個ある
出典:第5回社会資本メンテナンス戦略小委員会

効率的な検査手法に対するニーズ

課題		ニーズ
対象数量	簡易な計測手法	
安全性	非接触式	
作業性	支分部	遠隔・非接触の検査手法の構築
	経間部	
技術者・技術力	経験が少ない技術者でも評価可能な客観的指標の提案	
計測精度	経時管理に資する計測精度	
評価手法	橋りょう支分部等の経時変化評価手法の確立	

・小さな変位量でも遠隔・非接触で計測できるサンプリングモアレカメラを開発

・支分部等に対する客観的指標として「たわみ角」を提案

・同期可能な計測システム構築

・経時管理に資するための所要計測精度

ターゲット

左支点 中央 右支点

橋梁

河川や道路

サンプリング
モアレカメラ

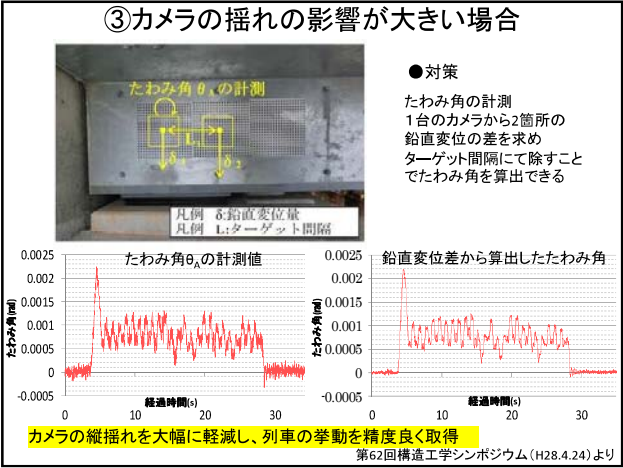
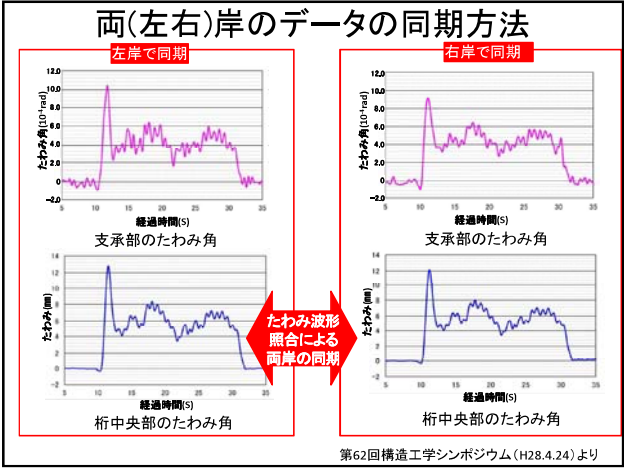
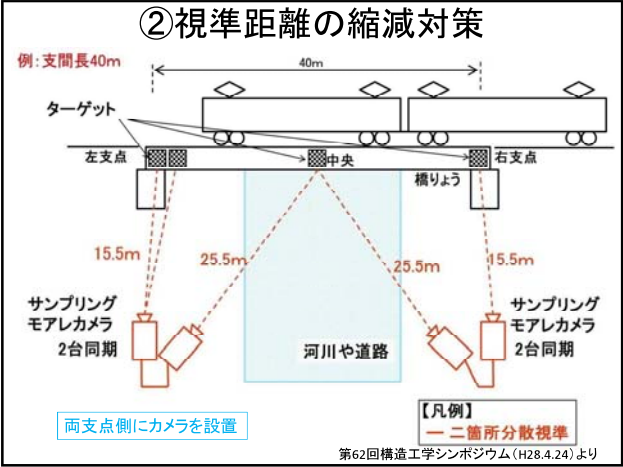
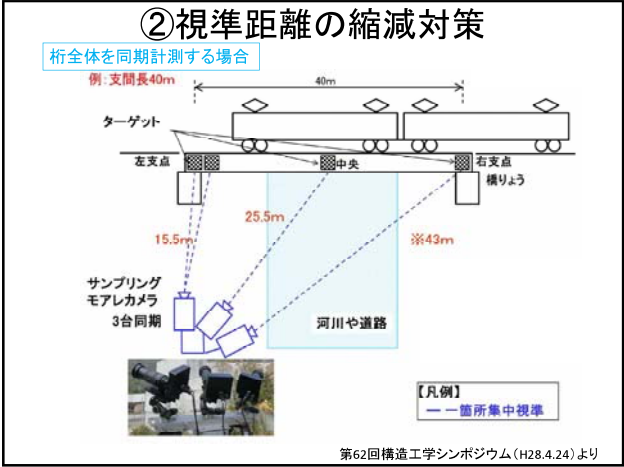
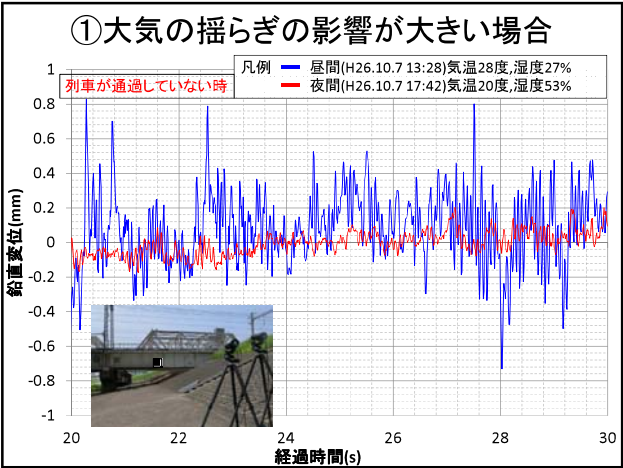
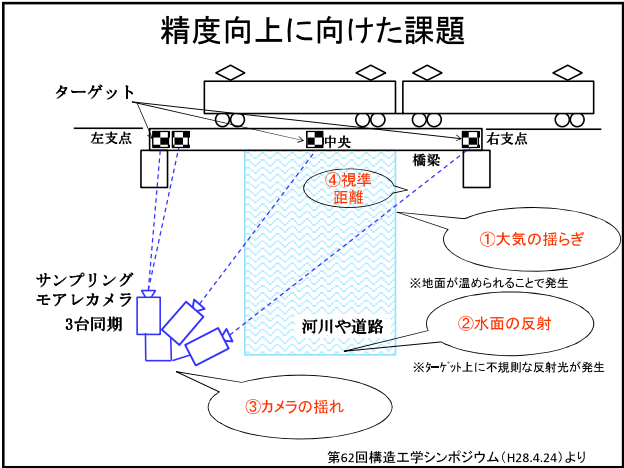
3台同期計測

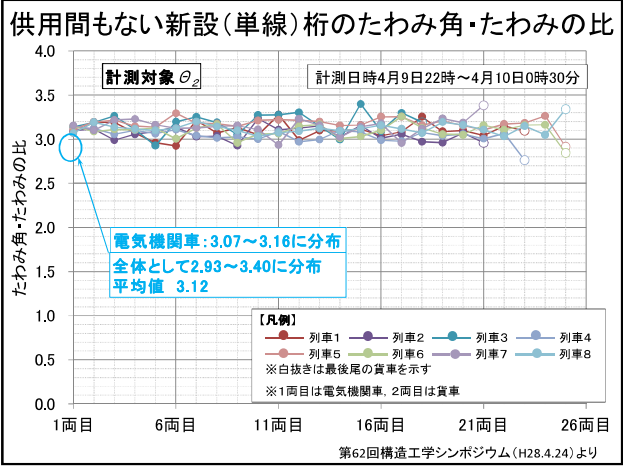
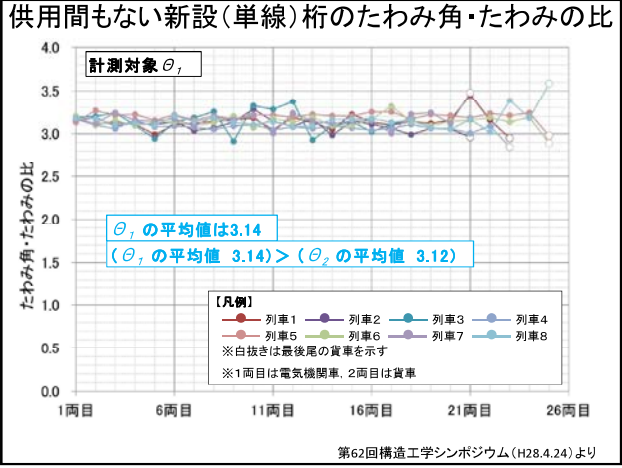
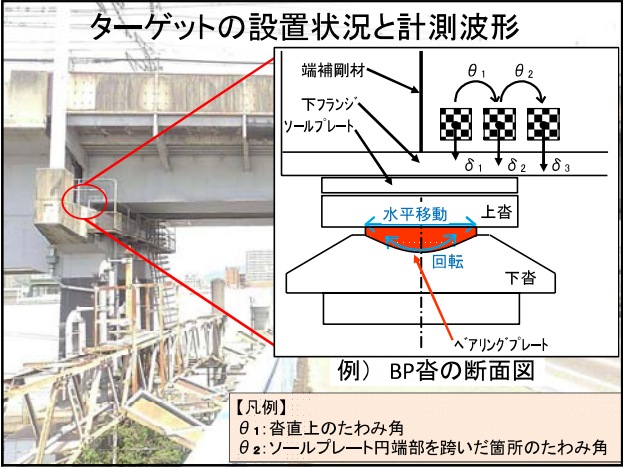
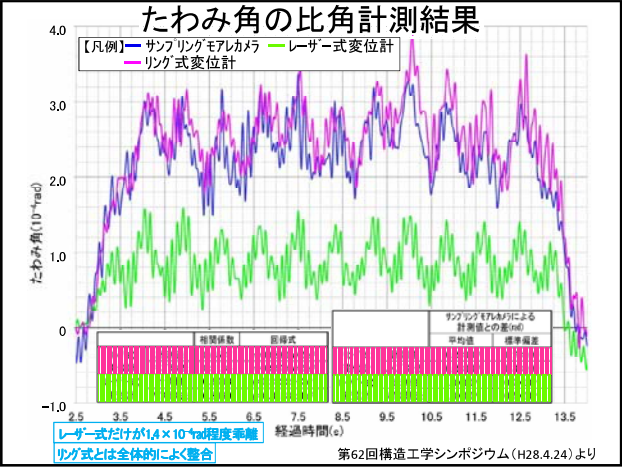
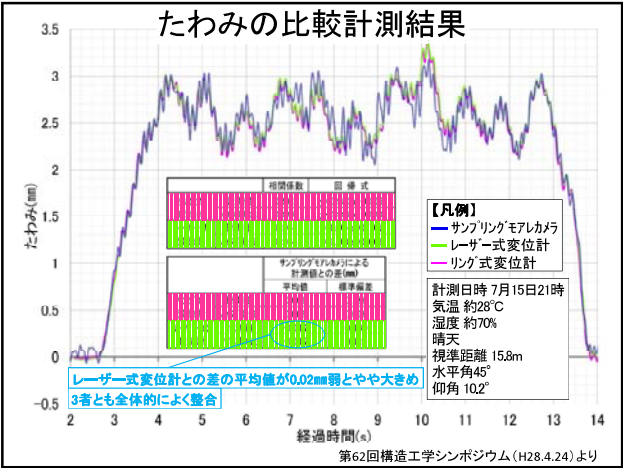
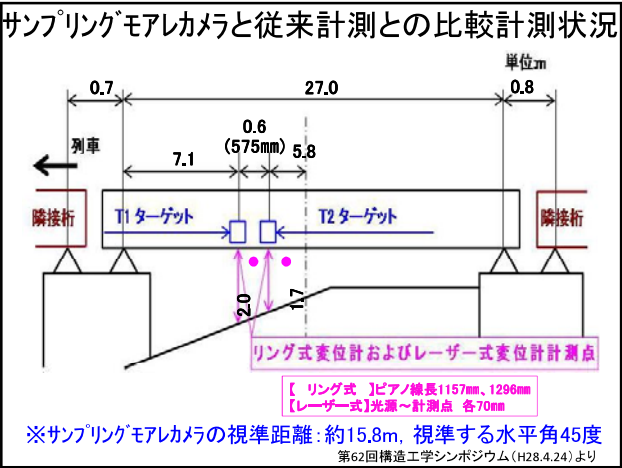
既往のたわみ角計測成果

- 標準距離 3.0m の室内計測
- 計測誤差 3/10,000rad
- 実構造物 3/10,000rad

課題

- ① 外乱の影響
- ② 標準距離の影響





ま と め

1. SMCを用いた計測のための精度向上策
 - ・ 大気の揺らぎ → 温度, 夜間計測等
 - ・ 視準距離の低減 → 複数台のSMC同期
 - ・ 機器の振動 → ターゲット設置と計測方法を工夫
 - ・ その他 → ノイズ除去のためのデータ処理
2. SMC計測の精度
 - ・ 従来計測機器と同等以上の計測精度
3. たわみ, たわみ角を用いた管理指標
 - ・ たわみ角 : 支承の回転機能評価が可能
 - ・ たわみ/たわみ角 : 管理指標となり得る

I 梁桁支点首部の疲労損傷対策について

西日本旅客鉄道（株） 池頭 賢

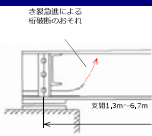
取り組み概要

■ 支点首部のき裂

- ・ 支点首部にき裂が発生することがある。
- ⇒ 放置すると、主桁ウェブに進展し桁破断に至る可能性がある。

※ I 梁桁支点首部のき裂に対して、当板補修は恒久対策として一般的ではない。

⇒ 桁取替が容易に実施できる施工条件であれば問題ないが、桁取替が困難、あるいは、コストが著しく大きくなる場合は、**桁取替に代わる対策**が望まれる。



き裂進展による桁破断のおそれ

支間 1.3m - 6.7m



I 梁桁



支点首部のき裂



き裂断面

取り組み概要

■ 簡易な(?) 対策事例

- ・ 当板補修やストップホールなど簡易な対策が施され、供用されている事例もある。
- ⇒ 現状では、今後の **き裂再発の可能性を否定できない**。
- ⇒ しかし、応力レベルの低減などについて検証できれば、**妥当な対策工法となりうるか**。

■ 取り組みの目的

I 梁桁支点首部のき裂に対し、効率的かつ効果的な疲労対策を確立する。

簡易な対策例



ストップホール + HITB 締め

き裂 250mm

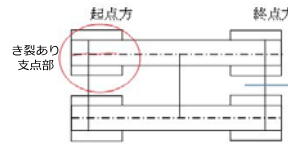


当板

き裂

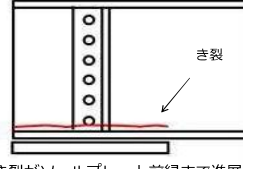
対象橋りょう

I 梁桁 支間 6.7m



起点方 終点方

き裂あり 支点部



き裂

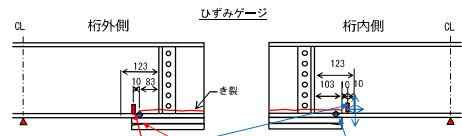
き裂がソールプレート前縁まで進展



端補剛材隙：(最大3mm)

測定結果

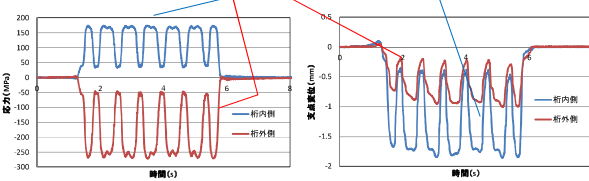
き裂あり支点部



ひずみゲージ

桁外側 桁内側

き裂



変位 (mm)

時間 (s)

き裂先端10mm

ソールプレート前縁支点変位

き裂の発生原因

き裂あり側 桁外側 桁内側

き裂なし側

-272N/mm² 174N/mm² -19N/mm² 16N/mm²

1.00mm 1.85mm 0.59mm 0.51mm

⇒ 首振り極めて軽微

約2倍

桁内側と桁外側で顕著な不等沈下 = 首振り発生
(+ 端補剛材下端の隙 ⇒ 首振りを助長)

対策の方針

①ストップホール



■き裂先端の応力集中の緩和

②沓座補修



■首振りの抑制

③当板（端補剛材付き）



■当板による応力分担＋端補剛材による首振りの抑制

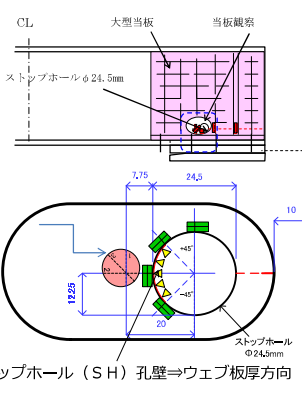
測定位置

対策前



対策後





ストップホール（SH）孔壁⇒ウェブ板厚方向

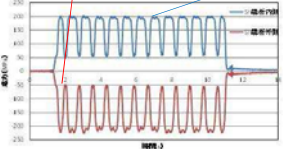
測定結果①

ストップホール後

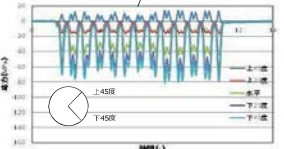
桁外側



SH線鉛直方向応力



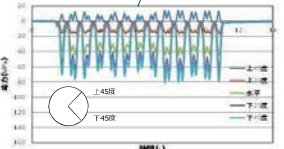
SH孔壁 5 連ゲージ



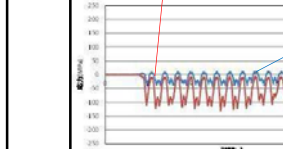
桁内側



SH線鉛直方向応力



SH孔壁 5 連ゲージ



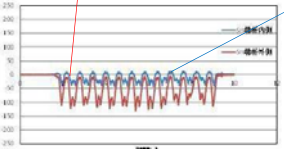
測定結果②

沓座補修後

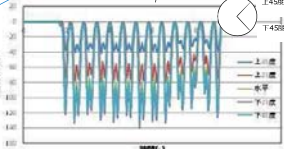
桁外側



SH線鉛直方向応力



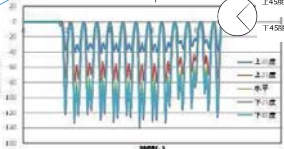
SH孔壁 5 連ゲージ



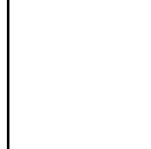
桁内側



SH線鉛直方向応力



SH孔壁 5 連ゲージ



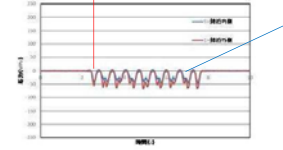
測定結果③

当板後

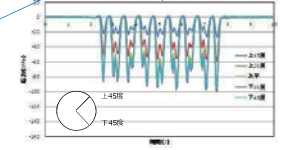
桁外側



SH線鉛直方向応力



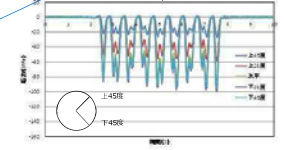
SH孔壁 5 連ゲージ



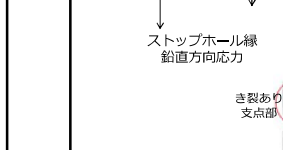
桁内側



SH線鉛直方向応力



SH孔壁 5 連ゲージ



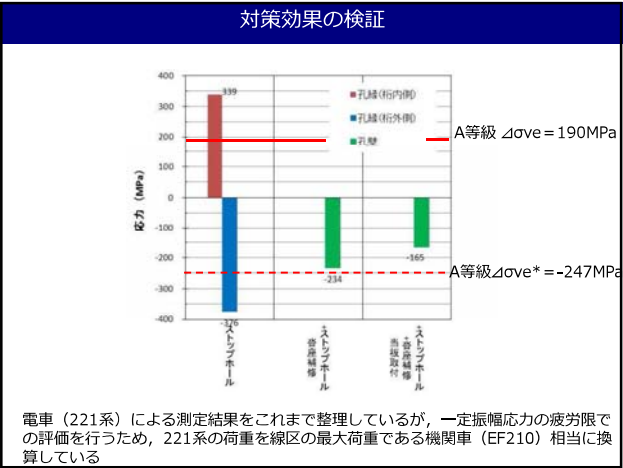
対策効果の比較

■ピークの応力値

測定結果は221系電車（ ）の中はEF210機関車相当値に換算

対策前	ストップホール後	沓座補修後	当板後
	桁内側 (339MPa) 203MPa	桁内側 (-376MPa) -225MPa	桁内側 (-165MPa) -99MPa
	桁外側 (-376MPa) -225MPa	桁外側 (-234MPa) -140MPa	桁外側 (-165MPa) -99MPa





まとめ

ストップホール

支点のバタつきを残したままき裂先端にストップホール (φ24.5) を設けた場合、将来的にストップホール縁からき裂が生じ、進展する恐れがある。

ストップホール+沓座補修

ストップホールを設け沓座補修をした場合、200MPaを超える応力が出ており、き裂の開閉によりさらに応力が高まることも予想される。

ストップホール+沓座補修+当板

沓座補修により首振りを解消し、ストップホールおよびウェブ両側の端補剛材付き大型当板を設置することで、疲労上の問題は解消できる。