

鋼・コンクリート合成床版の実橋調査

— 鋳橋の載荷実験と非破壊検査 —

技術委員会 床版小委員会

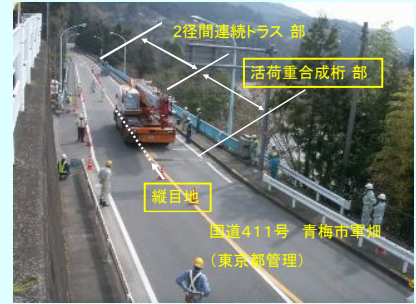
- 倉田幸宏
- 春日井俊博
- 大久保宣人
- 橋 吉宏

1 鋳橋(よろいばし)

検査対象
活荷重合成桁部
昭和60年(1985年)

鋼・コンクリート合成床版に打替え
調査時点で24年経過

交通量(H17年調査)
3000台/日・1方向
大型車混入率8.5%



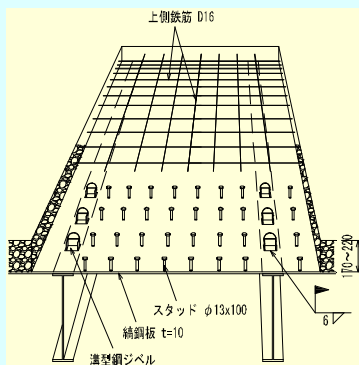
1-1 合成床版の構造

1. ロビンソン型合成床版

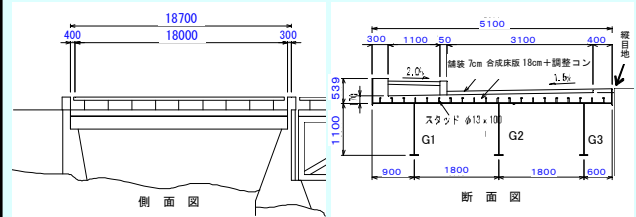
- 床版厚18cm 底鋼板厚10mm
- 縞鋼板(材質SM41A)
- スタッド φ13×100mm
- 補強リブなし

2. コンクリート

- 設計基準強度:300kgf/cm²
- 早強セメント
- 膨張コンクリート(単位膨張材量は30kg/m³)



1-2 鋳橋の概要



- 単純活荷重合成桁:支間長18.0m
- 3主桁橋・床版支間1.8m
- 鋼コンクリート合成床版;床版厚18cm

1-3 鋳橋で実施した調査項目

1 合成床版の維持管理における点検・調査・評価

- ① 外観調査
- ② 合成床版に対する非破壊検査法の適用
- ③ 床版たわみ計測と床版剛性の評価

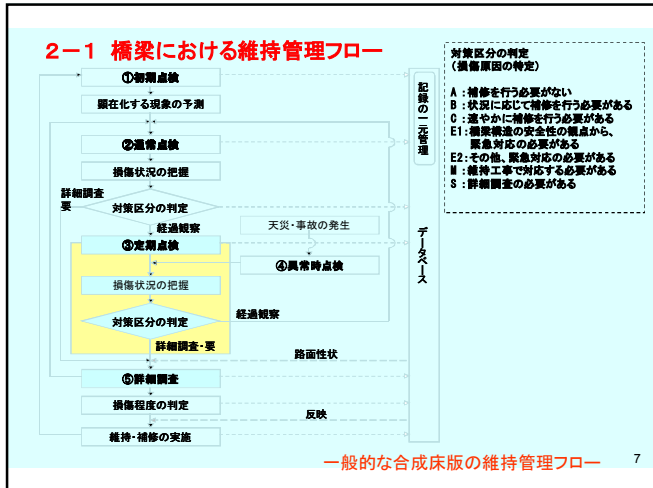
2 「鋳橋」の経年変化

- ① 竣工時の載荷試験のFEM再現解析による経年変化の推定

2 合成床版の維持管理における点検・調査・評価



- 第1章 序説
- 第2章 合成床版の要求性能
- 第3章 合成床版の変状と疲労損傷
- メカニズム
- 第4章 合成床版の維持管理方針
- 第5章 点検および調査の方法
- 第6章 評価および判定
- 第7章 合成床版の補修・補強
- 添付資料 I 合成床版の非破壊検査
- 適用事例
- 添付資料 II 点検調書(案)



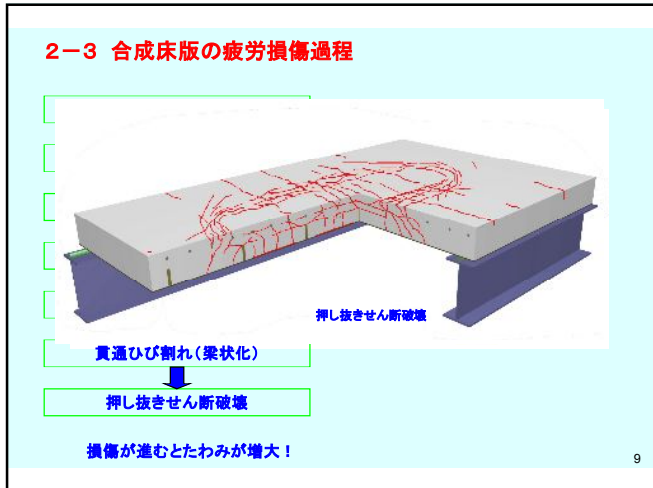
2-2 点検調査の基本方針

◎ まず、どのように壊れるのかが明らかになっていることが点検調査の方針を検討するうえで重要！

輪荷重走行試験等から予測される劣化の状況

- ① 疲労損傷⇒剛性低下⇒床版たわみ増加
- ② ⇒舗装ひび割れ・ポットホール発生
- ③ 貫通ひび割れ発生⇒雨水等の浸入
- ④ 鋼板継手やモニタリング孔から漏水

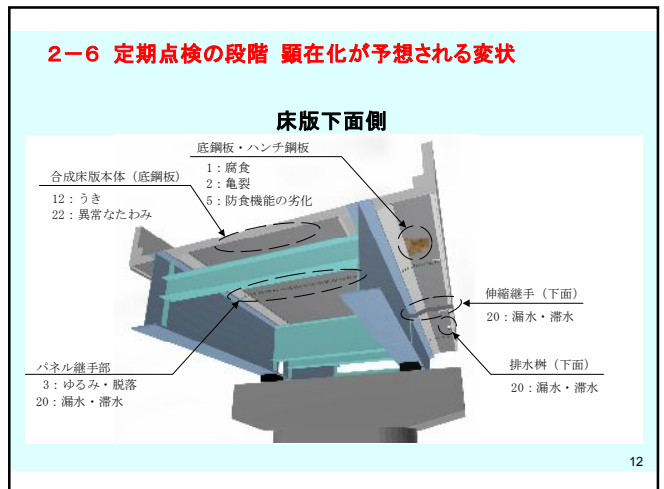
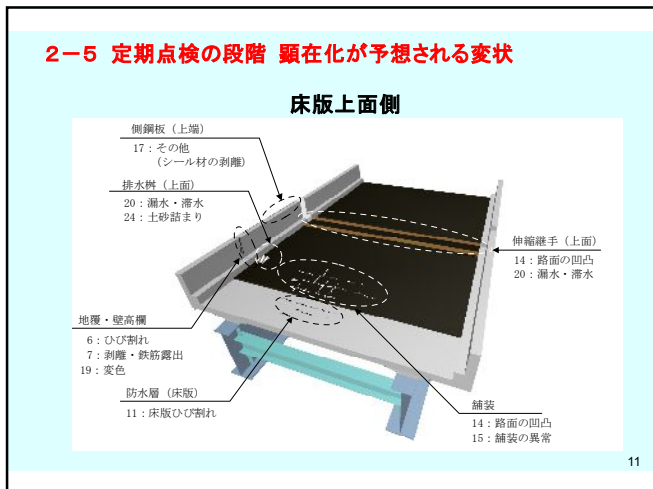
8



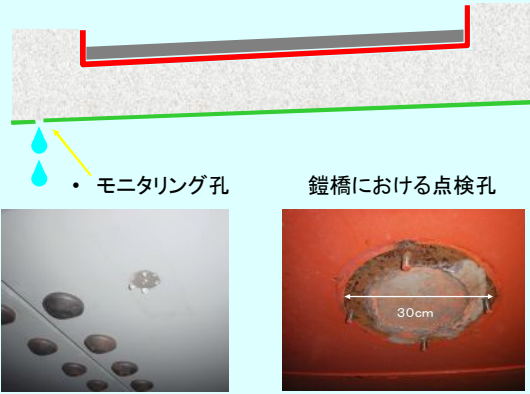
2-4 基本方針

- 1 定期点検の段階
 - ・ 舗装路面の異常と床版下面モニタリング孔などからの漏水の有無を重点的に点検する。
- 2 詳細調査の段階
 - ・ 各種非破壊検査法を適用して調査する。
 - ・ 床版のたわみで損傷状態を評価する。

10



2-7 モニタリング孔・点検孔の観察



13

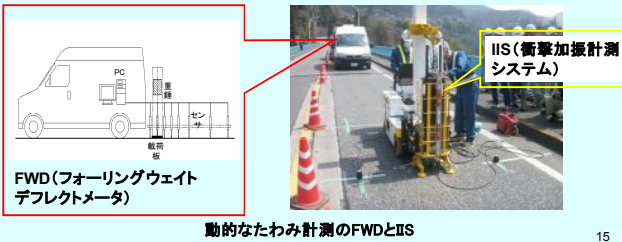
2-8 詳細調査段階 各種非破壊検査の適用

<ul style="list-style-type: none"> 圧縮強度の推定 <ul style="list-style-type: none"> 打撃法 表面硬度法 反発硬度法 局部破壊法 貫入抵抗法 引き抜き法 弾塑性係数の測定 <ul style="list-style-type: none"> 超音波法 厚さの測定、内部キズの検出 <ul style="list-style-type: none"> 超音波法 衝撃弾性波法 放射線透過試験 電磁波法 空洞・浮きの検出 <ul style="list-style-type: none"> 打撃法 超音波法 赤外線法 	<ul style="list-style-type: none"> ひび割れの長さ・幅 ひび割れの深さの測定 敷着履歴・品質 鉄筋位置・径・かぶりの測定 鉄筋腐食の状況 配合・アルカリ骨材反応 中性化深さ・塩分含有量 	<ul style="list-style-type: none"> 目視法 赤外線法 レーザー法 写真顕像法 超音波法 音響(AE)法 電磁誘導試験 放射線透過試験 電磁波法 電気法 <ul style="list-style-type: none"> 自然電位法 分極抵抗法 放射線透過試験 放射線検査法
--	--	---

14

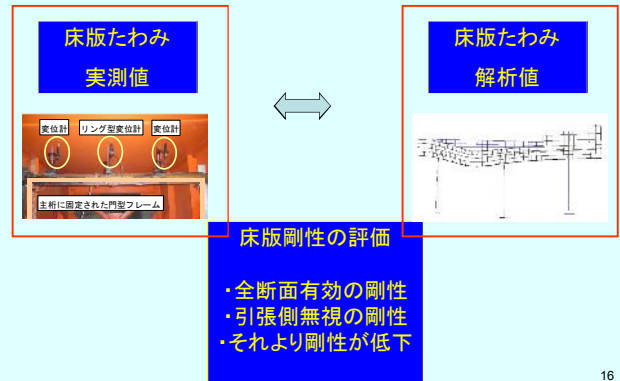
2-9 詳細調査の段階 たわみ計測

- 荷重車を用いて静的なたわみを計測する。
⇒荷重車のための交通規制・足場が必要
- 衝撃加振装置を用いて動的なたわみを計測する。
⇒路面から床版たわみが計測可能



15

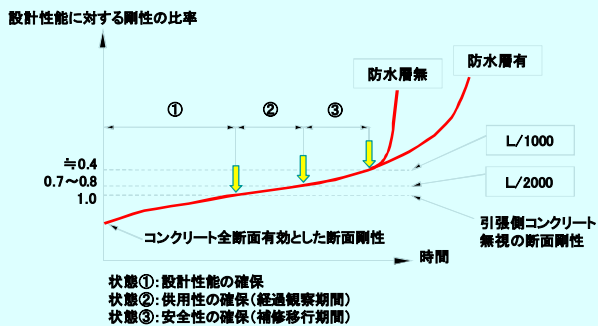
2-9 詳細調査の段階 床版剛性の評価



16

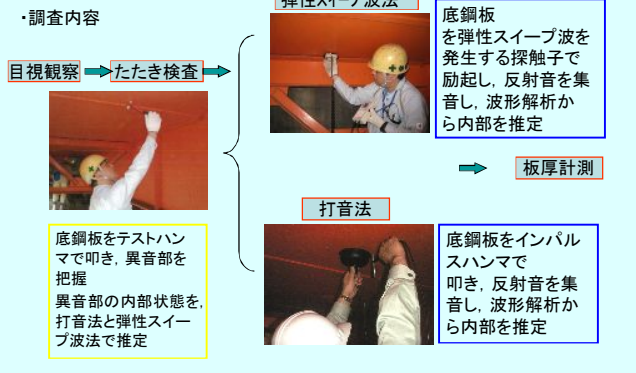
2-10 詳細調査の段階 損傷程度の評価

- 合成床版のたわみ変化の概念



17

3 鈹橋に適用した非破壊検査法



青森高架橋 鋼・コンクリート合成床版の経年調査

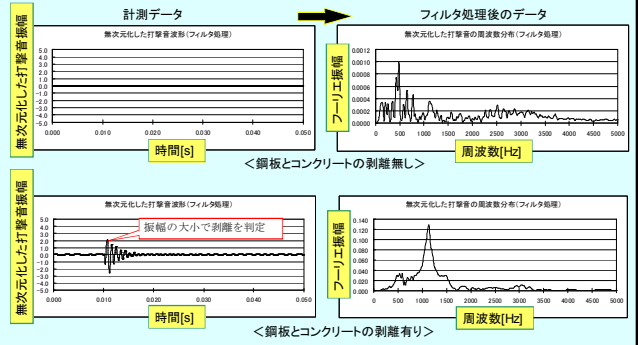
18

3-1 打音法の検査装置



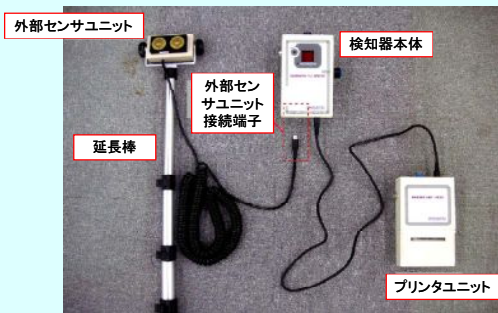
19

3-2 打音法の検知パターン



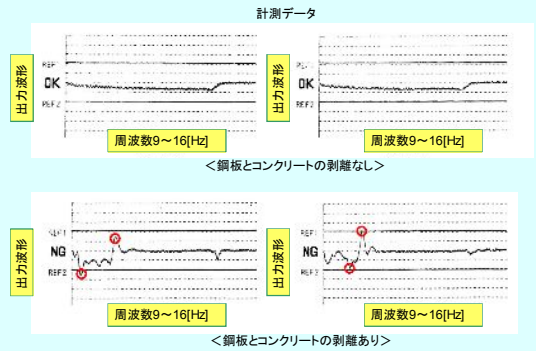
20

3-3 弾性スイープ波法の検査装置



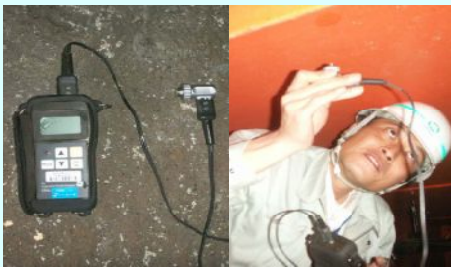
21

3-4 弾性スイープ波法の検知パターン



22

3-5 超音波板厚計測



塗膜の上から測定可能な超音波板厚計測器(ゼネラルエレクトリック社)

23

3-6 非破壊検査法適用のまとめ

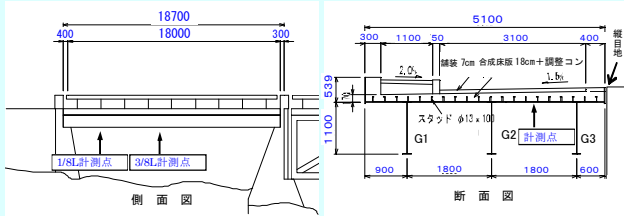
24年経過した鎧橋の合成床版に対して

- ① たたき検査: 異音部なし
- ② 打音法・弾性スイープ波法: 異常なし
- ③ 板厚測定: 減厚なし

24

4 鍍橋床版たわみの測定

－ 床版たわみ計測点



25

4-1 衝撃加振による計測(方法1)

東京都開発のIISIによる床版たわみ計測

重錘質量100kgの衝撃加振

↓
荷重計からのデータ
速度センサーからのデータ

↓
パソコンで演算処理(主桁の振動成分をキャンセルする演算も組み込んでいる)

↓
床版たわみの算出



26

4-1 衝撃加振による計測(方法1)

IISの最大載荷荷重は50kN
衝撃力不足を補うために
FWDの重錘を利用

FWD重錘による衝撃加振

↓
FWD荷重計からのデータ
速度センサーからのデータ

↓
パソコンで演算処理(主桁の振動成分をキャンセルする演算も組み込んでいる)

↓
床版たわみの算出



27

IIS (Impulse Input System Apparatus)



28

Kuab社 FWD



29

Carl Bro社 FWD



30

4-2 衝撃加振による計測(方法2)

IIS/FWDによる衝撃加振時に変位計を用いて計測



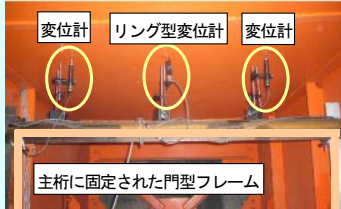
IIS/FWD重錘による衝撃加振



IIS/FWD荷重計からのデータ
変位計からのデータ



床版たわみの測定



31

4-3 荷重車による計測(方法3)

50tラフタークレーン+変位計を用いて計測

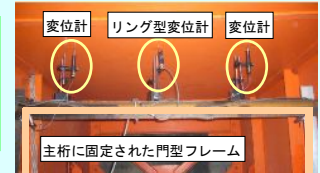


前輪
タイヤ接地面積: 39 × 35cm
輪重: 92.8kN
後輪
タイヤ接地面積: 39 × 37cm
輪重: 93.4kN

後輪を計測点に載荷

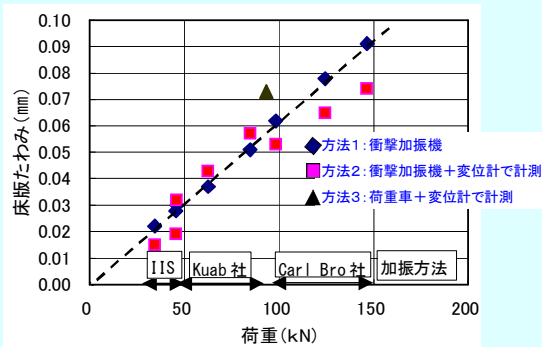


床版たわみの測定



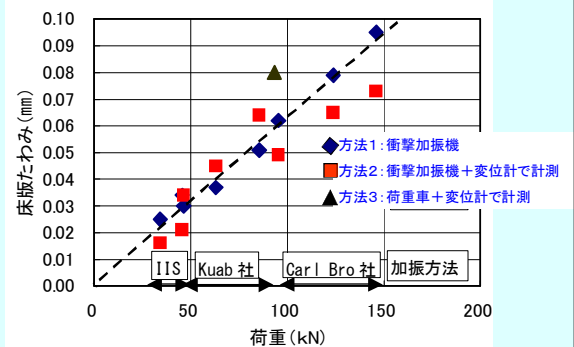
32

4-4 たわみ計測結果(計測点1)



33

4-5 たわみ計測結果(計測点2)



34

4-6 たわみ計測のまとめ

- ① 計測値は 方法1(衝撃加振) < 方法3(静的載荷)
- ② 方法1(衝撃加振)では、安定してたわみ計測ができる。
- ③ 主桁振動の影響が小さい計測点1の方が、方法1と方法3の差が小さい。
⇒ 主桁振動の影響排除のプログラムの修正が必要 (RC床版用に開発されたプログラムの修正が今後の課題)
- ④ 方法2では、衝撃加振の方法により傾向が異なる。
⇒ ダンパーの特性による最大荷重持続時間の影響

路面上からの合成床版たわみ計測法として、方法1の実用化が期待できる。

35

5 床版剛性の評価

5-1 コンクリートヤング係数の推定

・当時のコンクリートのヤング係数の推定

目安

昭和53年道示 設計基準強度300kg/cm²



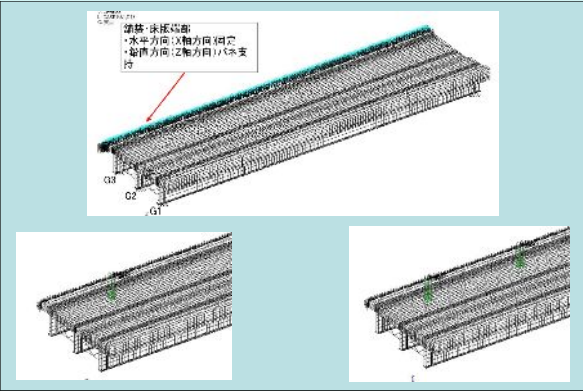
3.0 × 10⁵ kg/cm² (3.0 × 10⁴ N/mm²)

当時のコンクリート品質管理記録: 実施工では340kg/cm²

当時の施工記録: 床版打設時に底鋼板が最大10mmのたわみヤング係数をパラメータに解析を実施

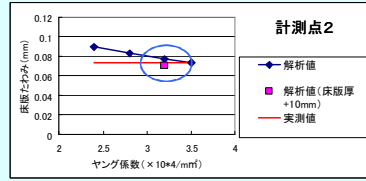
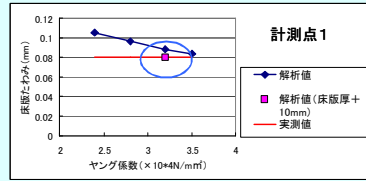
36

5-2 FEM解析



37

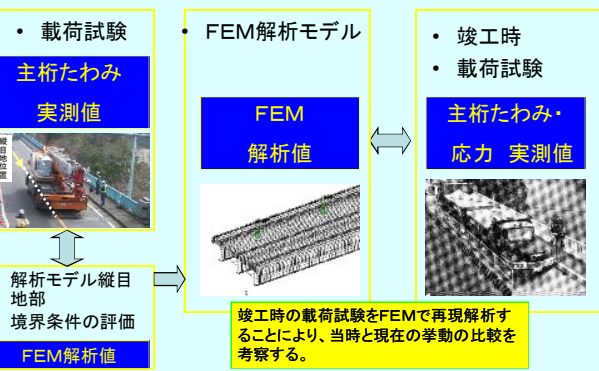
5-3 FEMによる解析値



全断面有効の剛性を保っている
↓
健全と判断される

38

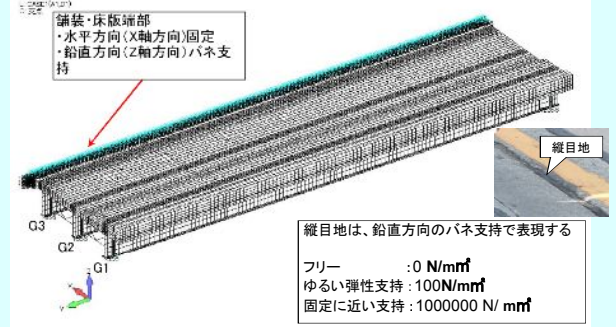
6 「鏝橋」構造としての経年変化の調査



39

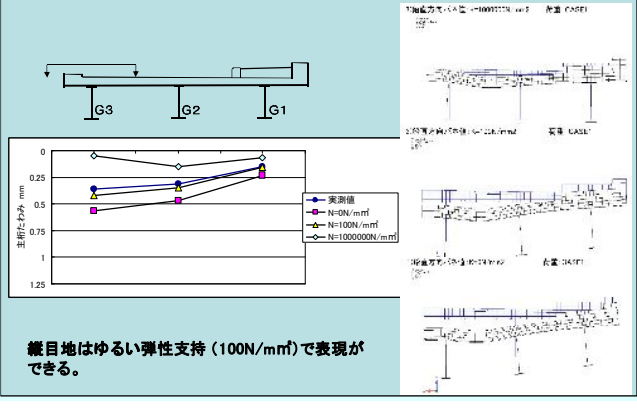
6-1 境界条件としての縦目地の評価

目地のバネ定数を変化させた場合の実測値との比

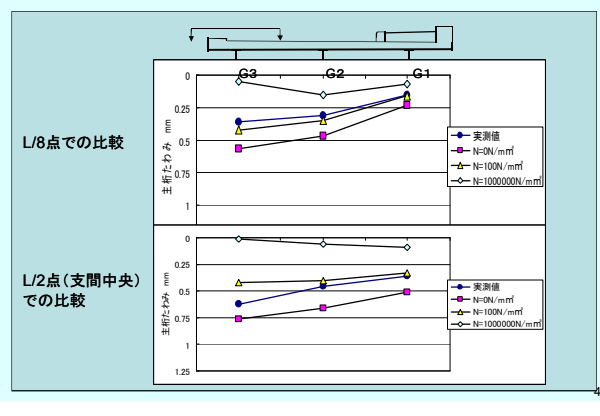


40

6-2 境界条件の評価(CASE1 L/8点)



6-3 境界条件の評価(CASE1 L/8点, L/2点)



42

6-4 境界条件の評価のまとめ

① 解析値

・縦目地の境界条件(鉛直方向のバネ係数)で、主桁たわみが大きく影響される。

② 解析値

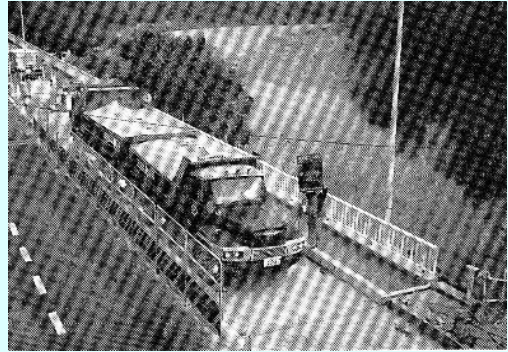
・固定に近いと G3桁のたわみが極端に小さくなり、全部の桁のたわみが小さくなる。

③ 実測値とFEMの結果

・現在は、ゆるい弾性支持状態になっていると推定できる。

43

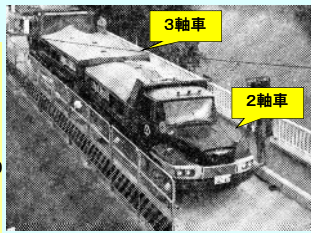
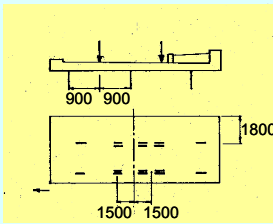
6-5 竣工時の載荷試験



44

6-6 荷重条件

・荷重条件 (文献より抜粋)



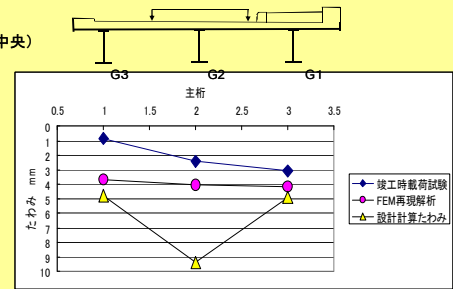
荷重車種別	前輪荷重	後輪荷重	全重量
2軸車	45.0kN	153.9 kN	198.9 kN
3軸車	60.3kN	140.1 kN	200.4 kN

FEMの荷重条件とする。

45

6-7 たわみの経年変化・FEMによる推定

L/2点(支間中央)での比較

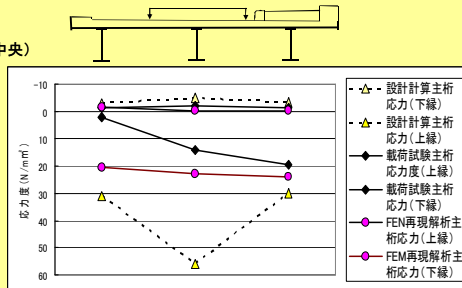


・竣工時の載荷試験では、縦目地部が固定に近い挙動を示していたことが推定される。
・再現解析においても設計計算たわみ以下である=安全性を保つことが検証された。

46

6-8 応力度の経年変化・FEMによる推定

L/2点(支間中央)での比較



たわみと対応した挙動

・竣工時の載荷試験では、縦目地部が固定に近い挙動を示していたことが推定される。
・再現解析においても設計計算応力以下である=安全性を保つことが検証された。

47

6-9 経年変化のまとめ

① 縦目地は、竣工時には固定支持状態であったが、現在はゆるい弾性支持状態になっていることが推定された。

② FEM再現解析結果から、鎧橋は安全性に問題ないことが確認された。

48

7 総括

- ・ 供用後24年経過した鋼・コンクリート合成床版合成桁橋「鎧橋」の点検調査

- ・ 合成床版に対する詳細調査の実施
- ・ 各種非破壊検査法の適用
- ・ 床版たわみの計測および剛性評価
- ・ (路面からのたわみ計測が可能な衝撃加振法の実用化)

- ・ 載荷試験とFEMによる構造としての経年変化の調査

- ・ ⇒健全性を保っていることが検証された。

49

8 おわりに

- ・ 過去の2回の調査においても、合成床版の健全性は検証されておりますが、引き続き今後の技術開発や維持管理の実践を通じてより良い合成床版の技術の蓄積に努めたいと考えています。

・ 9号深川線枝川ランプ



昭和55年2月から供用され、27年が経過した首都高速道路9号深川線枝川ランプ橋を平成19年10月に調査した。

九州電力葦北発電所・葦陽橋



平成2年5月から供用され、18年が経過した葦北発電所・葦陽橋を平成20年10月に調査した。

50