

50th Anniversary

平成25年度 橋梁技術発表会

船舶衝突による合成桁斜張橋の損傷と補修

— ベトナム・ビン橋における主桁部分取替えとケーブル取替えの実施報告 —

企画委員会 国際小委員会
【 井谷達哉 】

社団法人 日本橋梁建設協会
Japan Bridge Association



発表内容

- ①はじめに
- ②損傷概要・損傷度評価
- ③設計・解析・補修工程
- ④調達
- ⑤主桁取替
- ⑥ケーブル取替
- ⑦応力モニタリング
- ⑧損傷ケーブルの解放調査
- ⑨まとめ

①はじめに - 事故概要 -

- ・ 所在地 : ベトナム社会主義共和国ハイフォン市
- ・ 損傷橋梁 : ビン橋
- ・ 損傷原因 : 2010年7月台風1号が襲来し、ビン橋下流1kmに位置する造船所に係留されていた船舶3隻が流され衝突





位置図 ビン橋全景 船舶衝突状況



①はじめに - ビン橋概要 -

橋梁形式: 17径間連続RC床版合成桁橋
(中央3径間は合成桁斜張橋)

橋長: 1280m
竣工: 2005年
施工業者: IHI・清水建設・三井住友建設JV(特別円借款案件)





位置図 ビン橋全景 船舶衝突状況

①はじめに - ビン橋概要 -

橋梁形式: 17径間連続RC床合成鉄桁橋
(中央3径間は合成桁斜張橋)
橋長: 1280m
竣工: 2005年
施工業者: IHI・清水建設・三井住友建設JV(特別円借款案件)



緊急対応としてベトナム当局からの協力要請により
当協会会員会社に対応
→ODAの緊急援助対象となり、2012年着工

ベトナム社会主義共和国

- 首都: ハノイ
- 最大都市: ホーチミン
- 人口: 約9000万人
- 公用語: ベトナム語
- 平均年齢: 27.4歳(日本は44.6歳)
- 主食: フォー、白米、パン



フォー(80円程度)



昼ごはん(250円程度)

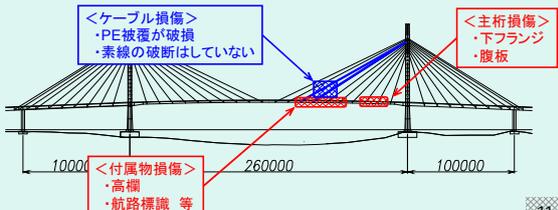


発表内容

- ①はじめに
- ②損傷概要・損傷度評価
- ③設計・解析、補修工程
- ④調達
- ⑤主桁取替
- ⑥ケーブル取替
- ⑦応力モニタリング
- ⑧損傷ケーブルの開放調査
- ⑨まとめ

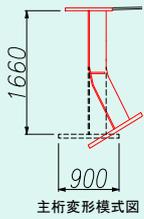
②損傷概要 - 損傷箇所 -

- 主桁(下フランジ、腹板変形)
- ケーブル(PE被覆破損)
- 付属物(高欄、航路標識)



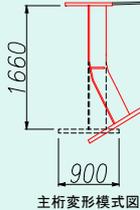
②損傷概要 - 損傷箇所 -

- 主桁(下フランジ、腹板変形)
- ケーブル(PE被覆破損)
- 付属物(高欄、航路標識)



② 損傷概要 - 損傷箇所 -

- 主桁(下フランジ、腹板変形)
- ケーブル(PE被覆破損)
- 付属物(高欄、航路標識)



13

② 損傷概要 - 損傷箇所 -

- 主桁(下フランジ、腹板変形)
- ケーブル(PE被覆破損)
- 付属物(高欄、航路標識)



14

② 損傷概要 - 損傷箇所 -

- 主桁(下フランジ、腹板変形)
- ケーブル(PE被覆破損)
- 付属物(高欄、航路標識)

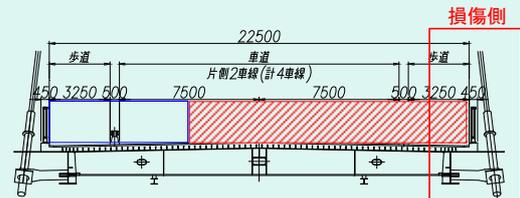


15

② 損傷度評価 - 緊急交通規制 -

損傷していない側の歩道と車道1車線のみ開放

- 事故直後 : 2輪車のみ
- 安全性確認後 : 2t以内の乗用車及び2輪車
- 工事期間中 : 2輪車のみ



16

② 損傷度評価 - 緊急交通規制 -

損傷していない側の歩道と車道1車線のみ開放

- 事故直後 : 2輪車のみ
- 安全性確認後 : 2t以内の乗用車及び2輪車
- 工事期間中 : 2輪車のみ

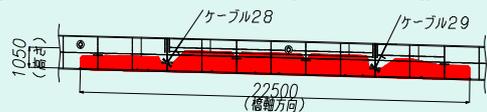


② 損傷度評価 - 主桁の損傷評価 -

- 鋼材のじん性確保の観点から曲げ半径を計測
- 道路橋示方書にある冷間曲げ半径5t(ε=10%)を目安として評価
→大半の部分は問題ないレベルであった



- しかし、残留変形が目立つ部分も補修することとした。
(橋軸方向: 約22.5m、高さ方向: 1.05m(桁高の半分程度))



損傷主桁を切断し、新設部材を現場溶接

18

② 損傷度評価 - ケーブルの損傷評価 -

- PE被覆が剥き出しになった部分に、爪が引っ掛かる程度の傷と白錆が観察された。
→素線は破断しておらず引張強度に問題はないが、ケーブル下部に雨水が溜まっていると考えられた。
- ケーブルの耐久性評価は難しく、品質保証が出来ないため損傷ケーブルは取替えることとなった。
- ケーブル取替まではナイロンシートとテープにて応急処置



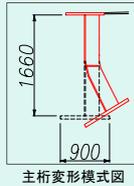
発表内容

- ①はじめに
- ②損傷概要・損傷度評価
- ③設計・解析、補修工程
- ④調達
- ⑤主桁取替
- ⑥ケーブル取替
- ⑦応力モニタリング
- ⑧損傷ケーブルの開放調査
- ⑨まとめ

③ 設計・解析 - 設計方針 -

＜主桁取替＞

- どの程度剛性が低下し、どのような応力再配分が起きたのか推定するのは困難
→健全時の主桁断面剛性以上の断面性能を確保したパイパス材を追加



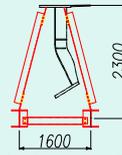
＜ケーブル取替え＞

- 主桁補修が完了したとし、ケーブルを1段取り外した状態での施工中の安全性を確認

③ 設計・解析 - 主桁補強構造 -

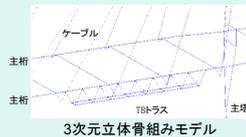
- 損傷主桁の直上に設置可能なクレーンは1000kN吊り油圧クレーン程度が限界
- 路面から桁下に部材を降ろすには、ケーブル間を通す必要がある

→ 1部材が小さく軽い構造(3角形断面のトラス構造。以降、パイパストラス)とした。

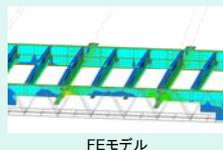


③ 設計・解析 - 解析モデル -

- 3次元立体骨組みモデル
→施工ステップを考慮したステップ解析を行い、断面力を抽出



- FEモデル
→桁の切断形状や床版の有効幅などを考慮するためFEモデルを作成し、3次元立体骨組みモデルから得られた断面力を作用させ、局所的な応力評価。



③ 補修工程

	6月	7月	8月	9月	10月	11月
足場設置						
TBトラス設置						
書き						
切断						
部材製作						
取付・溶接						
塗装						
足場撤去						
ケーブル						
24B撤去						
24B取付						
23B撤去						
23B取付						
ダンパー取付						
足場撤去						
付属物補修						

主桁取替完了後、ケーブル取替を行う

発表内容

- ①はじめに
- ②損傷概要・損傷度評価
- ③設計・解析・補修工程
- ④調達
- ⑤主桁取替
- ⑥ケーブル取替
- ⑦応力モニタリング
- ⑧損傷ケーブルの開放調査
- ⑨まとめ

25

④調達

- 人材
Engineer: 日本人5名 架設SV: 日本人1名
Worker: ベトナム人7名(直庸)
- 材料
鋼板: 日本から輸送 形鋼: マレーシアから入手
ケーブル: 日本から輸送 グラウト: 現地調達
ボルト: 日本から輸送 ケミカルアンカー: 現地調達
- 機材
日本から輸送: 電気工具等
レンタル(ベトナム法人の日本企業): 足場材等
現地調達: 単管、コンパネ、ネット等

26

④調達

- 人材
Engineer: 日本人5名 架設SV: 日本人1名
Worker: ベトナム人7名(直庸)



土木作業の経験も少なく、素人同然。
ただし、とても器用で、教えればすぐ覚える。

27

発表内容

- ①はじめに
- ②損傷概要・損傷度評価
- ③設計・解析・補修工程
- ④調達
- ⑤主桁取替
- ⑥ケーブル取替
- ⑦応力モニタリング
- ⑧損傷ケーブルの開放調査
- ⑨まとめ

28

⑤主桁取替 - バイパストラス設置 -



バイパストラス設置状況(施工中)

29

⑤主桁取替 - 部材移動用滑車設置 -



部材移動用レール設置状況

30

⑤主桁取替 - 追加水平補剛材設置 -

- 腹板を切断することにより、腹板下側が自由端となることから、局部座屈防止の水平補剛材を追加した。



追加水平補剛材設置状況

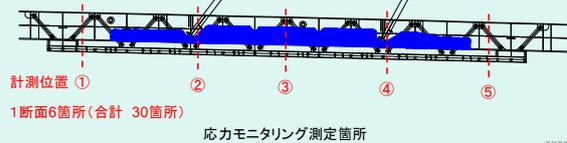
31

⑤主桁取替 - 応力モニタリング -

- 主桁上下フランジ、パイパストラス下弦材に一軸ひずみゲージを貼付
→ 施工ステップ毎に安全性を確認



ひずみ計測状況



応力モニタリング測定箇所

32

⑤主桁取替 - 桁切断・開先加工 -



桁切断・開先加工状況

33

⑤主桁取替 - 新設部材の製作・取付 -



新設部材製作、設置状況

34

発表内容

- ①はじめに
- ②損傷概要・損傷度評価
- ③設計・解析・補修工程
- ④調達
- ⑤主桁取替
- ⑥ケーブル取替
- ⑦応力モニタリング
- ⑧損傷ケーブルの開放調査
- ⑨まとめ

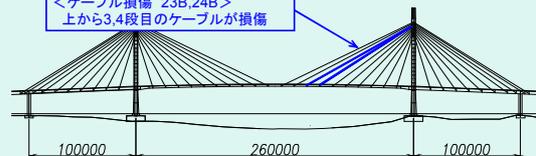
35

⑥ケーブル取替 - 制約条件 -

- 主桁(下フランジ、腹板変形)
- ケーブル(PE被覆破損)
- 付属物(高欄、軌路標識)



<ケーブル損傷 23B,24B>
上から3,4段目のケーブルが損傷

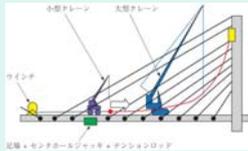


36

⑥ケーブル取替 - 制約条件 -

<計画当初>

通常のケーブル架設の逆手順をたどる

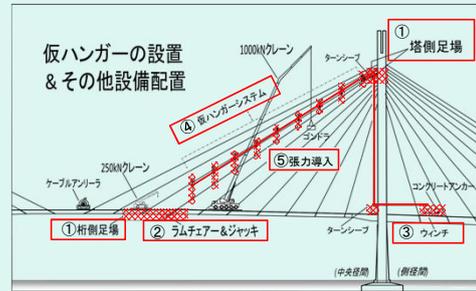


ケーブルソケットを抜く小型クレーン、サグ取り用の大型クレーンが必要

しかし、本工事は上から3,4段目のケーブルを取替えるため、取替えケーブルの上段に健全なケーブルが存在し、施工できない。

37

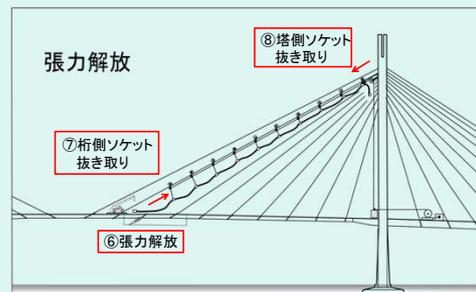
⑥ケーブル取替 - 取替手順 -



38



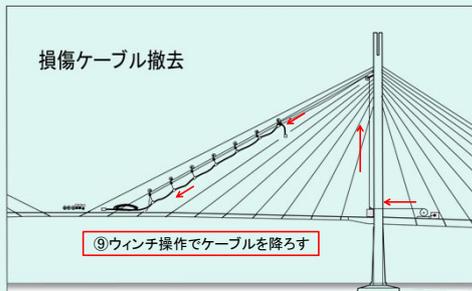
⑥ケーブル取替 - 取替手順 -



40

⑥ケーブル取替 - 取替手順 -

損傷ケーブル撤去

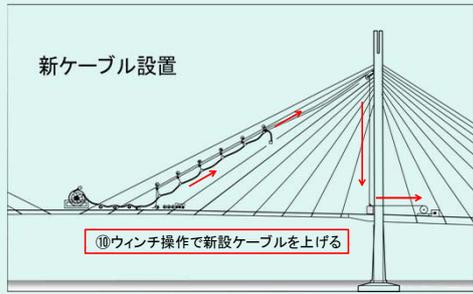


⑨ウインチ操作でケーブルを降ろす

41



⑥ケーブル取替 - 取替手順 -



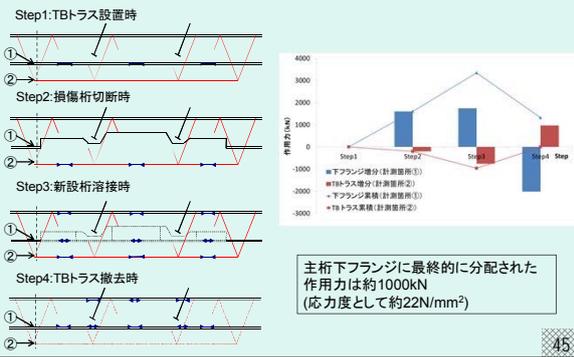
43

発表内容

- ①はじめに
- ②損傷概要・損傷度評価
- ③設計・解析、補修工程
- ④調達
- ⑤主桁取替
- ⑥ケーブル取替
- ⑦応力モニタリング
- ⑧損傷ケーブルの開放調査
- ⑨まとめ

44

⑦応力モニタリング



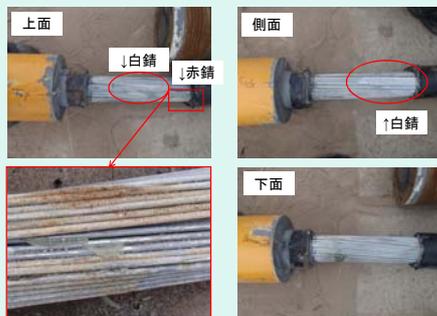
45

発表内容

- ①はじめに
- ②損傷概要・損傷度評価
- ③設計・解析、補修工程
- ④調達
- ⑤主桁取替
- ⑥ケーブル取替
- ⑦応力モニタリング
- ⑧損傷ケーブルの開放調査
- ⑨まとめ

46

⑧損傷ケーブルの開放調査



損傷ケーブル開放調査の様子

47

発表内容

- ①はじめに
- ②損傷概要・損傷度評価
- ③設計・解析、補修工程
- ④調達
- ⑤主桁取替
- ⑥ケーブル取替
- ⑦応力モニタリング
- ⑧損傷ケーブルの開放調査
- ⑨まとめ

48

⑨まとめ

ODAの緊急援助として、ベトナムにて船舶衝突事故による補修工事を行った。日越政府機関の協力によって補修工事を行えたことは両国の信頼関係維持・発展に大いに役立ったと考える。

<主桁取替>

施工時の補強部材としてTBトラスを用い安全性を確保した。また、施工ステップ毎に応力モニタリングを行うことで、構造物の応力挙動・変形挙動を把握し安全に施工することができた。

<ケーブル取替>

移動滑車を用いた仮ハンガーシステムを採用し、安全に精度よく取替えることができた。今後、老朽化した斜張橋のケーブル取替工事等に活用できるものとする。

49

