

施工計画

箱根西麓・三島大吊橋（三島スカイウォーク）の建設

～日本一の人道大吊橋～

日本橋梁建設土木施工管理技士会

川田工業株式会社

長尾 悠太郎[○]

Yutaro Nagao

田口 吉彦

Yoshihiko Taguchi

田中 寛泰

Hiroyasu Tanaka

1. はじめに

箱根西麓・三島大吊橋（図-1）は、静岡県三島市（図-2）に位置する人道吊橋であり、主径間長400mを有する国内最大規模の人道吊橋である。本橋の架設地点からは北西に富士山を一望でき、南西方向には駿河湾を見通せる風光明媚な立地であることから、多くの観光客の来訪が期待される。橋梁形式は幅員1.6mの無補剛吊橋であり、谷底からの高さ約70mに架かる可撓性に富む構造で、海からの強い風を頻繁に受ける環境であることから、風洞実験による耐風検討が行われ、その結果が設計に反映されている。

本稿では、施工段階での課題克服、耐風検討結果の実橋への反映および実橋振動試験について報告する。

工事概要

(1) 工事名：箱根西麓・三島大吊橋橋梁建設工事



図-1 箱根西麓・三島大吊橋

- (2) 発注者：株式会社フジコー
- (3) 工事場所：静岡県三島市笹原新田地内
- (4) 工期：平成23年7月2日～平成27年9月30日
- (5) 吊橋形式：単径間無補剛吊橋
- (6) 主径間長：400.0m (7)幅員：1.6m

2. 現場における課題・問題点

- (1) 主径間400mを有する長大な無補剛吊橋であ

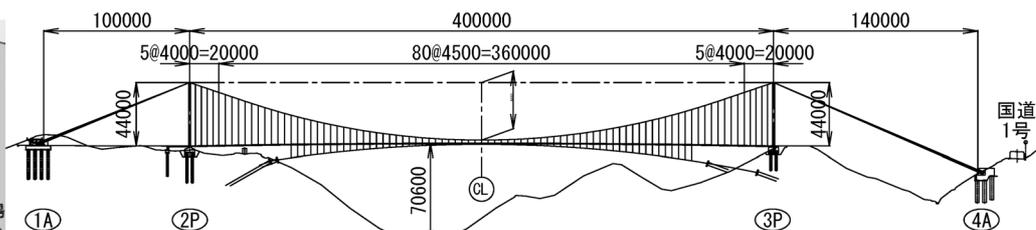


図-2 箱根西麓・三島大吊橋 架設位置および一般図

り、可撓性に富む構造であるため、架設の各段階において吊橋形状が大きく変化し、現場での形状管理が課題となった。

- (2) 架設各段階において、主塔の傾斜が大きく変化することから、主塔と架設足場の挙動を追随させる必要があった。
- (3) 主塔架設において、周辺地形が急峻で架設途中の主塔の自立を支持するための仮控え索の設置が困難であった。
- (4) 本橋の耐風索は、平面的に非対称な配置であるため、橋体の出来形精度の確保が課題であった。
- (5) 耐風検討結果の実橋反映に対し、現場での妥当性の検証が課題であった。

3. 対応策・工夫と適用結果

(1) 有限変位理論に基づいた大変形解析の実施

架設の進捗に伴い刻々と変化する吊橋の全体形状を把握するため、完成系解析モデルから架設ステップを遡り部材を除去していく「解体計算」により、ステップ毎の変形を事前に算定した。解体計算の流れを図-4に示す。全ての部材が設置された完成時から部材を除去していき、図-4(e)は主索架設完了時に該当する。図中の数値は主塔頂部の変形量を示しており、主塔は側径間方向に傾斜している。よって、完成時に正規の形状とす

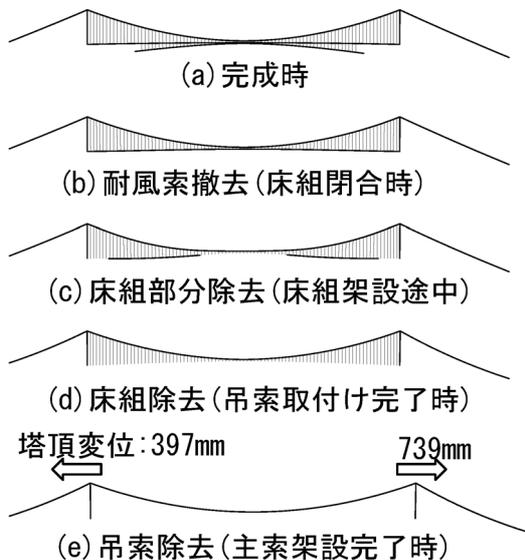


図-4 解体計算の主な流れ

るため、主索架設前に塔頂変位をセットバック量として反映した。

なお、吊橋のように荷重载荷による変形が大きい構造物では、変形後の形状を用いてつり合いを立てる有限変位理論に基づいた解析（大変形解析）により変形量を算定する必要があり、本橋の設計および解体計算に適用した。また、この解析を行うに際し、完成時に主塔を直立させることや主索のサグ値等の設計条件を満足させるため、主索および耐風索のケーブル形状と張力を事前に算定し、各節点座標および部材の無応力長（ケーブルの伸びを考慮しない長さ）を決定している。主索、吊索、耐風索、耐風支索の製作に、ここで得られた無応力長を反映した。

(2) 主塔と架設足場の挙動を追随させる工夫

主塔は外形1433.4mmの鋼管で構成されており、主塔の基部には回転自由のピボット支承が設置される。主塔の外面には景観性への配慮から吊金具等の突起物の設置が認められなかったため、主塔自体への架設足場の設置が困難であった。そこで、架設足場は橋台から立ち上げることとし、以下の対応により、主塔と架設足場の挙動を追随させた。

- ① 架設足場基部をヒンジ構造として主塔ピボット支承の両脇に仮設ヒンジを設置し、その上に架設足場を構築した（図-5）。
- ② 主塔に仮設バンドを取付け、主塔と架設足場を固定した（図-6）。

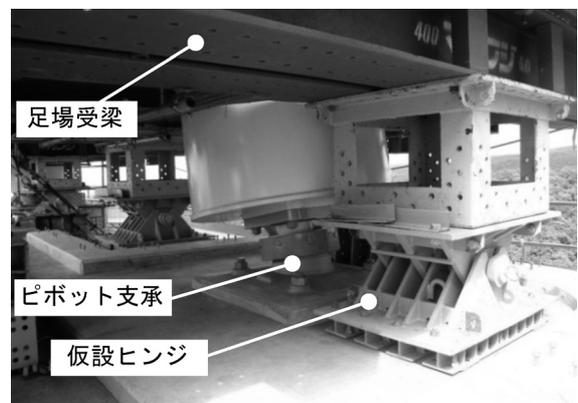


図-5 架設足場基部のヒンジ構造

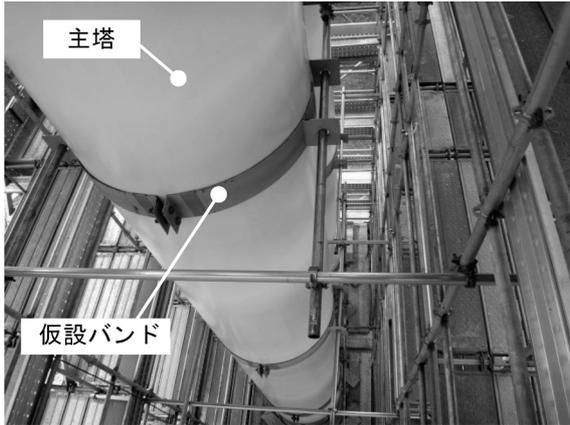


図-6 主塔と架設足場をつなぐ仮設バンド

(3) 主塔を支持する架台の設置

3P主塔は、周辺地形が急峻で架設途中の主塔の自立を支持するための仮控え索の設置が出来なため、図-7のとおり主塔背面に支持架台を設置した。また、主塔と支持架台をつなぐ連結部に油圧ジャッキを設置し、架設時の主塔の鉛直度を調整・管理した(図-8)。

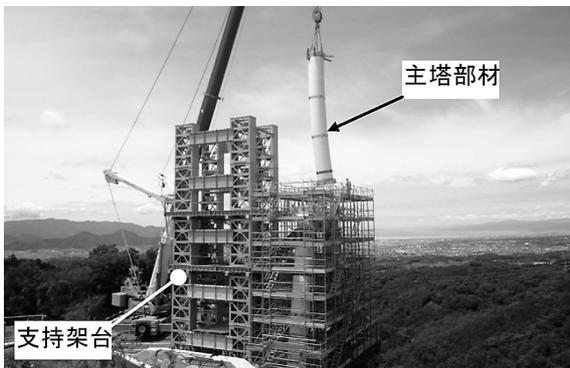


図-7 3P主塔の架設状況



図-8 主塔と支持架台をつなぐ連結部材

(4) 耐風索の展開と架設

耐風索は、橋体の側面(吊索より外側)に耐風索展開足場を設置し、その上に配置した引出しローラーを介して、ケーブルクレーンにて引出し展開を行った。両側4本の耐風索を展開完了後、ケーブルバンドおよび耐風支索を取付けた。耐風索の吊下しは、耐風索を約20m間隔で主索からチルホールにて吊り上げ、耐風索展開足場から浮かせながらケーブルクレーンにて2Pから3Pに向けて行った(図-9)。本橋の耐風索は、図-10のとおり平面的に非対称な配置であるため、橋体の出来形精度の確保が課題となったが、以下の対応により、橋体に計画値からの大きな誤差は見られず、所定の出来形を確保することができた。

- ① 前述の有限変位解析に基づいた主索・耐風索等のケーブル長への製作反映
- ② 解体計算による架設時の形状管理
- ③ 展開時に生じるケーブルの「より」はケーブル長に影響を及ぼすため、製作段階で主索・耐風索全数に天頂マークを設置し、「より」の有無を確認した。

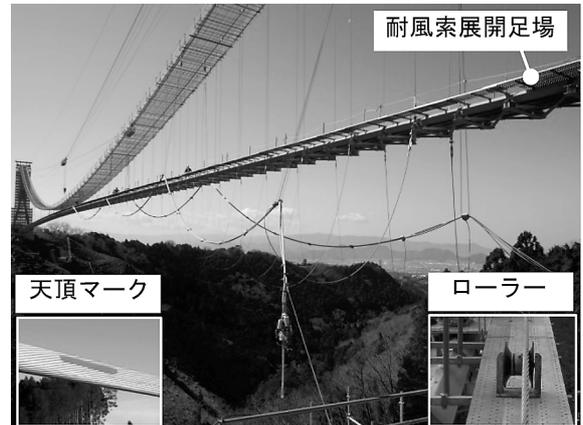


図-9 耐風索架設状況

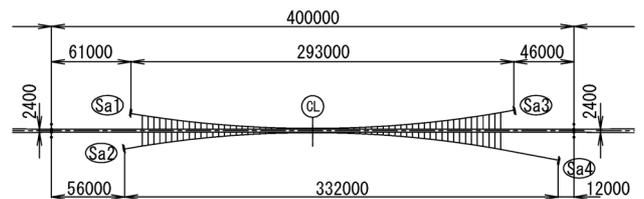


図-10 耐風索の配置平面図

表-1 耐風検討の断面形状

名称	断面
基本断面	
改良断面	

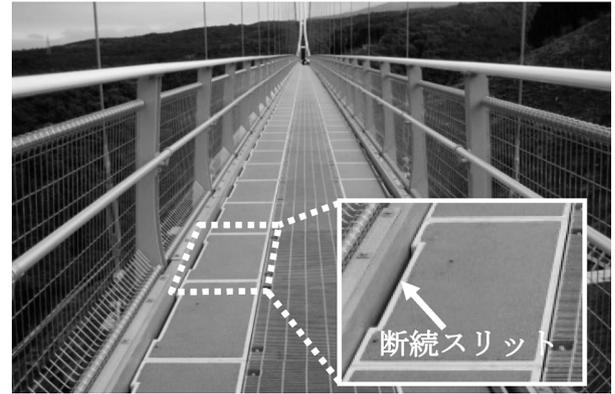


図-11 プレキャストRC床版のスリット構造

(5) 耐風検討結果の実構造への反映および振動特性の把握

①地覆部スリット構造の実構造への反映

耐風検討は、当社所有の水平回流式ゲッチング型風洞にて、縮尺1/9の2次元剛体模型を用いてバネ支持試験（ばねにて支持された模型に風を作用させ模型の挙動を観察する試験）を実施した。耐風検討の断面形状を表-1に示す。

風洞試験の結果、基本断面では実橋換算風速 $V_p = 7 \sim 8 \text{m/s}$ という低い風速域でフラッター（ねじり振動が発達し振幅が低下しない現象）が発生した。基本断面のフラッターを制御するため、改良断面として床版開口部のグレーチング幅を500mmから630mmまで拡大し、さらに床版の地覆付近に幅20mmのスリットを橋軸方向に断続的に設けることで開口部を増加させた。その結果、照査風速 ($U_a = 42 \text{m/s}$) 域以下でフラッターが発生しないことを確認した。よって、この断面を本橋の断面として決定し、設計に反映するに至った。

本橋の床版には、耐風安定性の向上および歩行者によって誘起される振動を制御するため、質量付加の観点からプレキャストRC床版が採用され、縦桁とはボルトにて固定する構造としている。図-11のとおり、プレキャスト部材には20mm幅の断続スリットを設け、風洞試験の結果を実構造に反映した。

②実橋振動試験による振動特性の把握



図-12 実橋振動試験状況

本橋の設計に際しては、構造解析により算定された固有振動数に基づき、耐風挙動に関する安定性の検討を行っている。開通前に実橋振動試験を行い、事前検討時に仮定した振動諸元の妥当性を確認した。振動試験では加振要員約60人での歩行試験や強制加振（図-12）を行い、固有振動数と減衰特性を直接計測した。

実橋振動試験により、耐風安定性に関する検討が妥当であったこと、施工において設計条件を満足できたことを確認できた。

4. おわりに

本報告が今後の同形式の橋梁にとって、有用な一資料となれば幸いである。

最後に、本工事の施工にあたり、ご助言・ご指導いただきました関係者の皆様に厚く御礼申し上げます。