

平成29年度 橋梁技術発表会

トルコ・イズミット橋の工事報告 ～上下部一括デザインビルドによる長大吊橋の建設～

海外事業委員会

[高井祐輔 / 關真二郎 / 島宜範 / 田中剛]



本日の発表内容

| | |
|-----------------|----|
| ・1 トルコ共和国概要 | 03 |
| ・2 プロジェクト概要 | 05 |
| ・3 新規性 | 11 |
| ・4 創意工夫 | 21 |
| ・5 技術伝承/社会貢献 | 30 |
| ・6 工事記録ビデオ (6分) | 34 |

1. トルコ共和国概要

親日国, イスラム教国, 高成長国, 地震国



人口 : 7,874 万人 (2015年推計)
 面積 : 780,576平方キロ (日本の約2倍)
 名目GDP : 7,179億ドル (2015年)
 1人当たりGDP : 9,186ドル(2015年)
 GDP成長率 : 3.99%(2015年)



経常赤字縮小、インフレ抑制→金融引き締め政策
 2010年から続いた8~9%台の高成長率がSTOP



ヴァン地震 (2011年)
 コジャエリ地震M7.4 (1999年)
 エルジンジャン地震 (1992年)



世界有数の地震国



2016.7.15 : トルコ軍によるクーデター未遂事件

1. トルコ共和国概要

建国100周年(2023年)に向けインフラ整備を加速中



出典 : トルコ運輸海運通信省「トルコ運輸通信戦略プラン : 2023年に向けて」

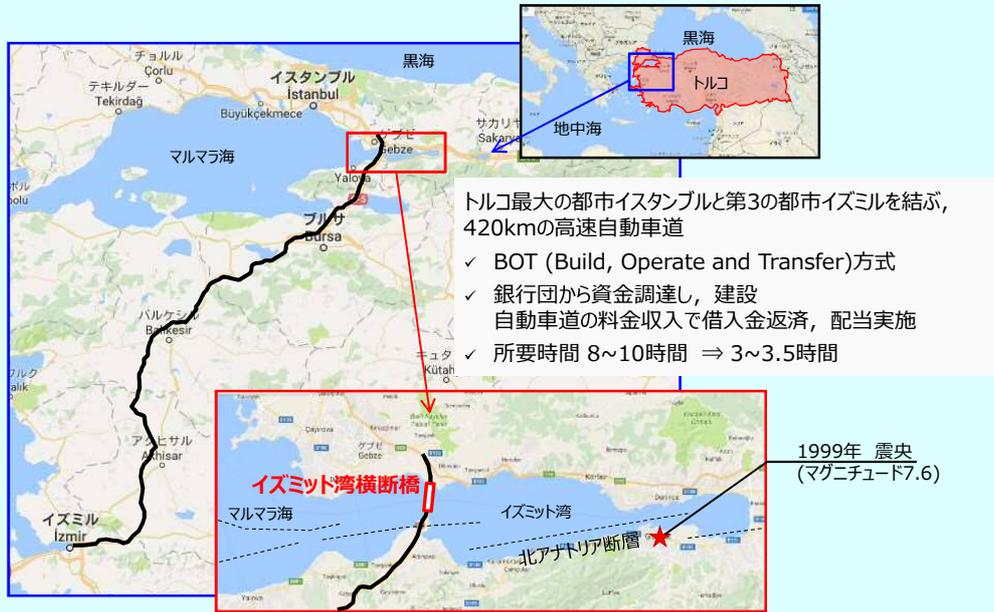
高速道路総延長を2012年の2,236 kmに加え, 9,380 kmを建設する。

既存国道の拡幅・高規格化を引き続き推進 (17,477 km → 29,000 kmへ)

この他, イスタンブル第3空港, イスタンブル運河, 地下鉄延伸等の大型工事の計画が目白押し

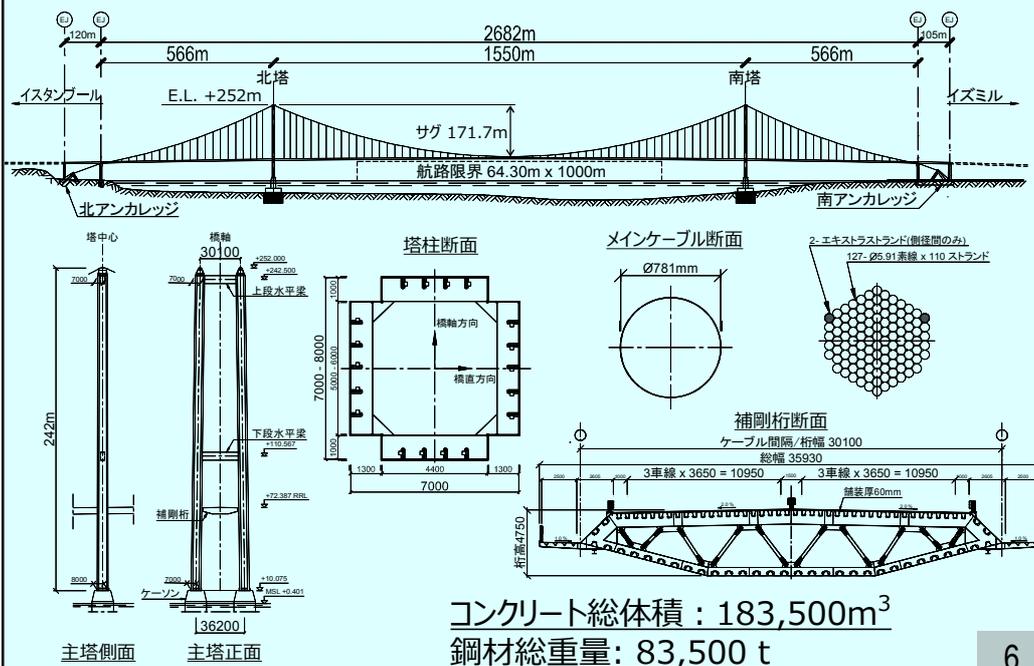
高速鉄道を現在より更に10,000 km 追加

2. プロジェクト概要 - プロジェクト位置



5

2. プロジェクト概要 - 吊橋一般図



6

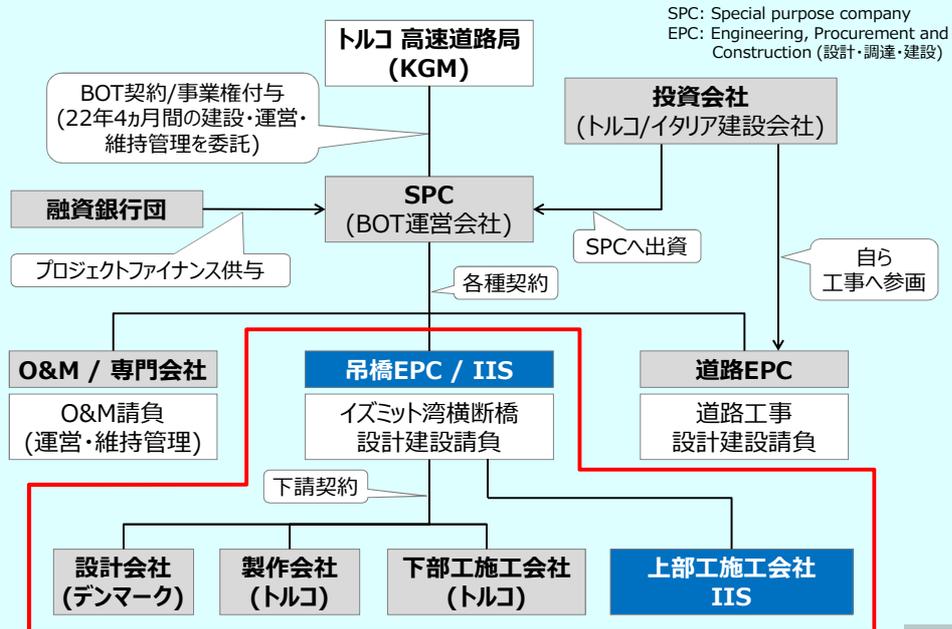
2. プロジェクト概要 - 吊橋完成時の航空写真



2. プロジェクト概要 - 世界の長大吊橋ランキング



2. プロジェクト概要 - プロジェクトの契約関係



9

2. プロジェクト概要 - 最低交通量保証



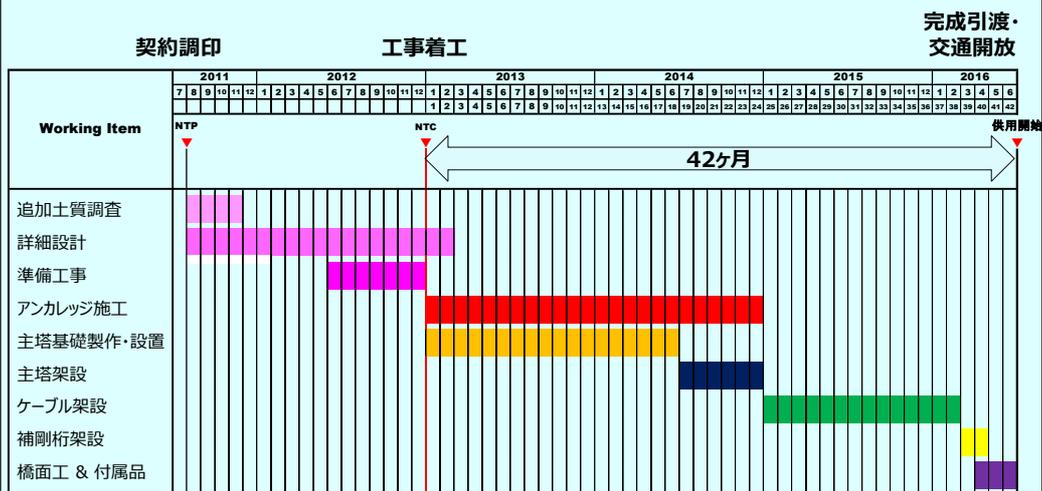
10

3. 新規性 – EPC契約による短期間での吊橋建設

| 吊橋名称 | 第2ボスボラス | イズミット湾横断橋 | 将来案件 |
|------------------|-------------------------|------------------------------|-----------------------------|
| 完成年 | 1988 | 2016 | XXXX |
| 資金調達 | ODA (円借款) | BOT | BOT |
| IHI Group の立場 | EPC コンソーシアム リーダー | EPC 単独請負者 | SPC/EPCメンバー |
| IHI Group の役割 | 吊橋上部工 一式請負 到来図付工事 | 吊橋上下部工 一式請負 デザイン & ビルド | 吊橋・道路の 設計・建設・ 運営・維持管理 |

11

3. 新規性 – EPC契約による短期間での吊橋建設

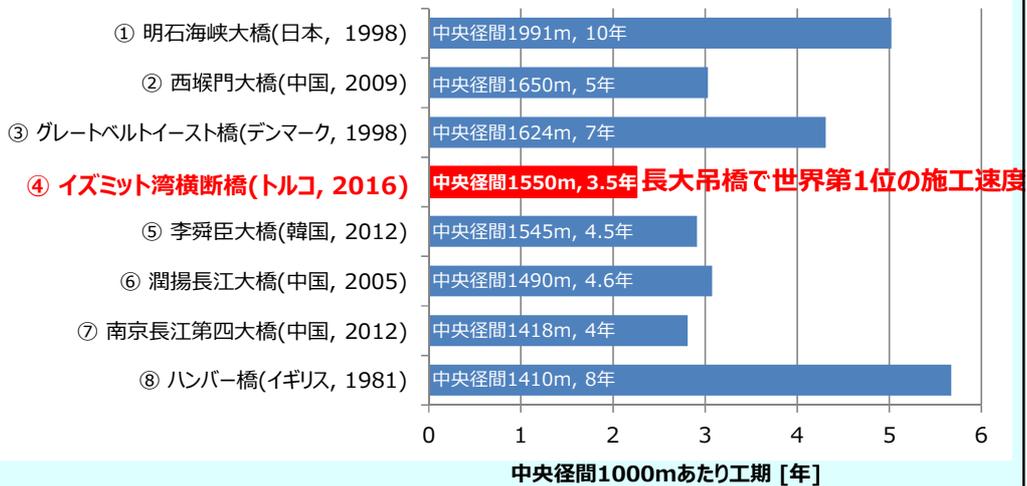


全体工程：42ヶ月，工事着工～交通供用開始

契約金額：11億USD

12

3. 新規性 – EPC契約による短期間での吊橋建設

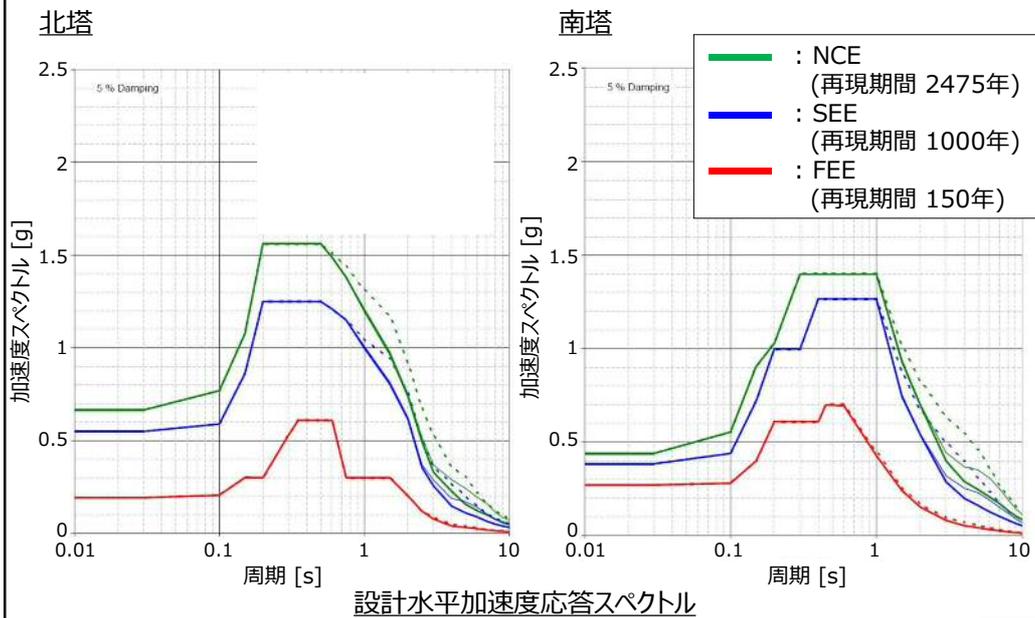


3. 新規性 – 免震構造の主塔基礎

地震荷重の設定（性能照査型設計法）

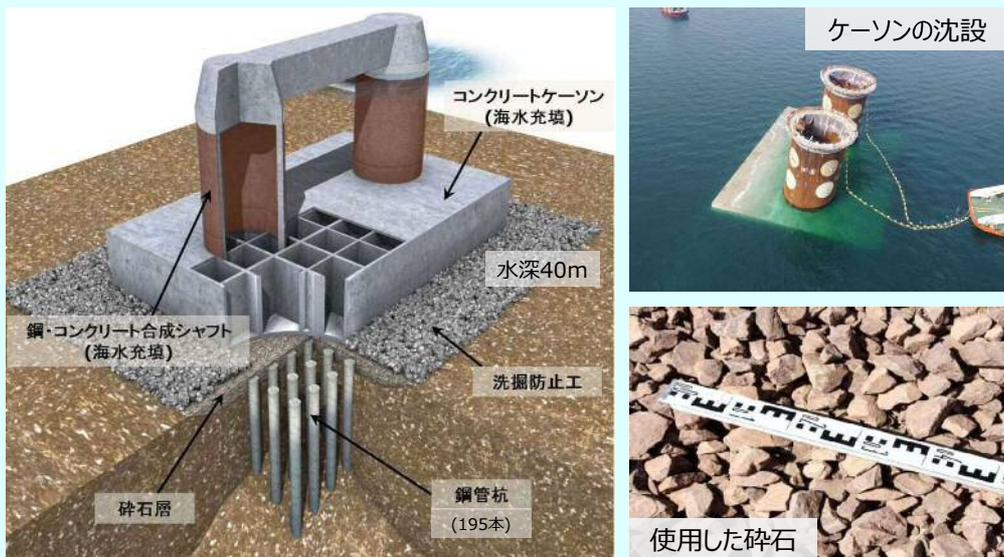
| 地震区分 | 再現期間 | 1999年地震との比較 | 供用状態 | 橋梁の損傷状態 |
|--|-------------------------------------|-------------|---------------------------|------------|
| FEE (Functional Evaluation Earthquake) | 150 年 (100年間に起こる確率: 50%) | ほぼ同等 | 地震後すぐの供用開始 | 損傷無し |
| SEE (Safety Evaluation Earthquake) | 1000 年 (100年間に起こる確率: 10%) | 2.5倍 | 限定された供用 (車線規制, 時間規制など) | 補修可能な損傷 |
| NCE (No Collapse Earthquake) | 2475 年 (100年間に起こる確率: 4%) | 3.5倍 | - | 橋梁が崩壊しないこと |

3. 新規性 – 免震構造の主塔基礎



15

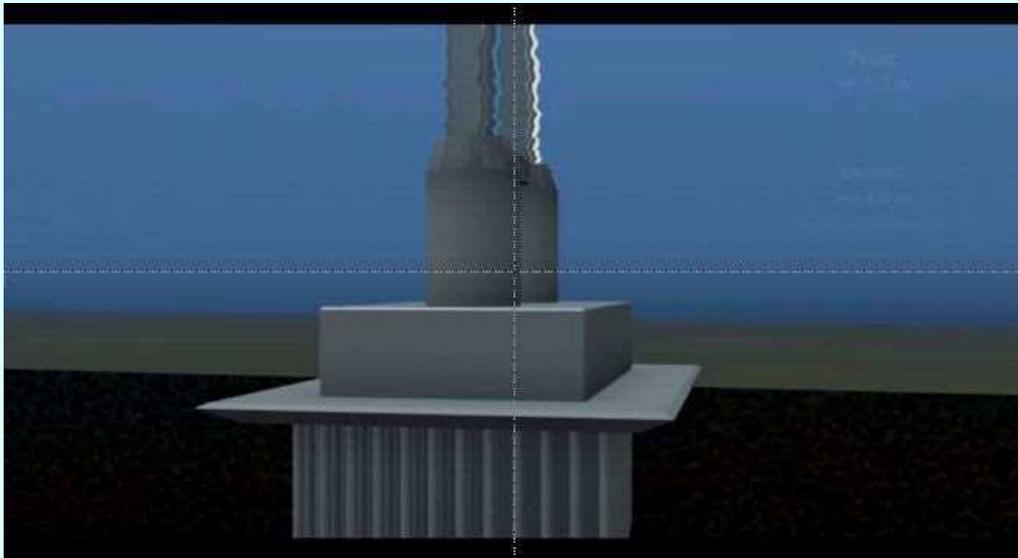
3. 新規性 – 免震構造の主塔基礎



16

16

3. 新規性 – 免震構造の主塔基礎

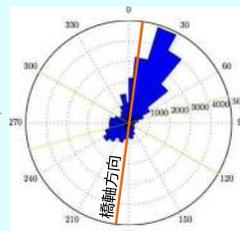


Copyright © 2017 IHI Infrastructure Systems Co., Ltd. All Rights Reserved.

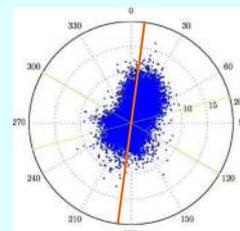
17

3. 新規性 – AMDによる主塔の振動制御

現地の風特性と設計風速

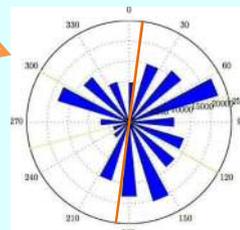


風向-発生頻度

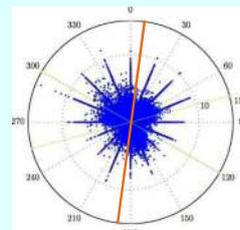


風向-風速

吊橋北側



風向-発生頻度



風向-風速

吊橋南側

- 再現期間：100年
- 設計風速：25.4m/s
(地上10m, 10分間平均風速)
- 設計風速：38.6m/s (桁高さ, 77m)
43.8m/s (塔頂, 252m)

EN 1991-1-4, PD 6688-1-4に準拠

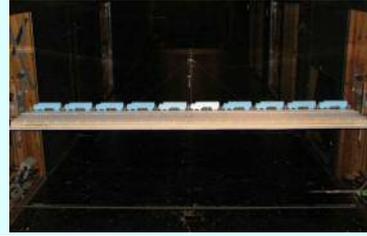
18

3. 新規性 – AMDによる主塔の振動制御

各種風洞試験



- 補剛桁モデル 1:65
- 主塔モデル 1:200
- 全橋モデル 1:220



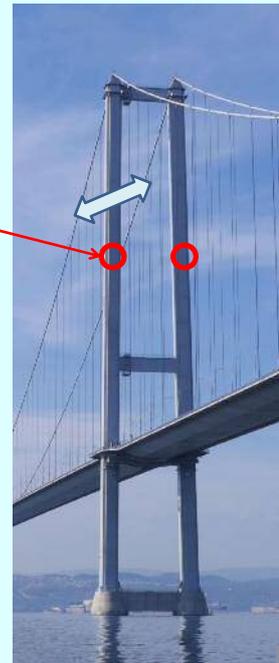
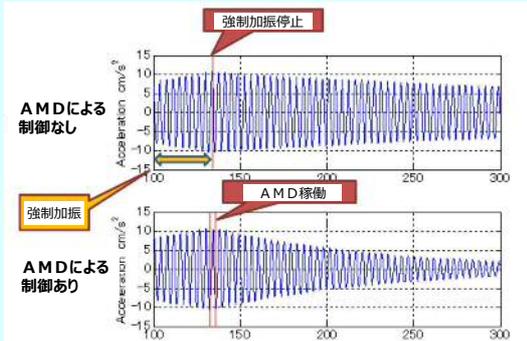
19

3. 新規性 – AMDによる主塔の振動制御

AMD: Active Mass Damper

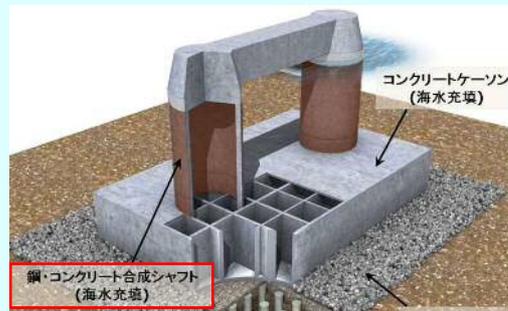


主塔橋軸方向 加速度の時刻歴応答波形



20

4. 創意工夫 - 主塔基礎シャフトのコンパクト設計



- ✓ 外径16m, 厚さ1.2m
- ✓ 鋼・コンクリート合成構造
- ✓ 船舶衝突荷重を考慮した設計
- ✓ 高流動性コンクリートの鋼殻への充填
- ✓ ICCP (加電流カソード式防食)による電気防食, 飛沫部はステンレス板貼付

21

4. 創意工夫 - 側塔の採用によるアンカレッジの小型化



- ✓ 側塔が無い場合に比べて, 30~60%の大きさのアンカレッジを実現
⇒ コンクリート打設期間短縮
コスト削減

22

4. 創意工夫 – 細部構造の最適化

主塔部桁下水平梁の省略

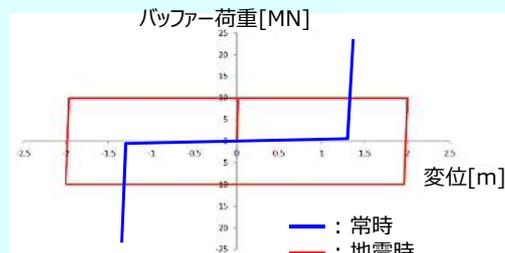


- ✓ 景観性の向上
- ✓ 主塔部の鉛直脊を省略
⇒ 維持管理箇所(コスト)の削減

バッファ:

- ✓ 交通等による速い速度の常微振動抑制
- ✓ 非線形拳動性による地震エネルギーの低減

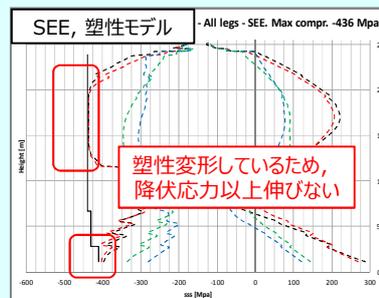
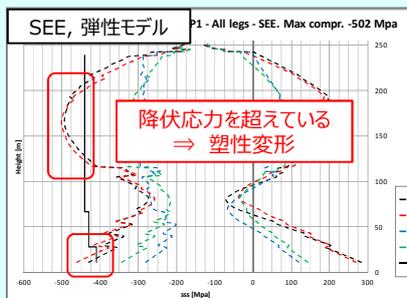
桁端部の油圧バッファ



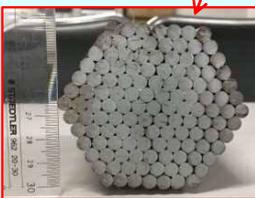
4. 創意工夫 – 塑性変形を許容した経済設計



- ✓ SEE・NCEにおいて、北塔の基部及びE.L. 115~200mの範囲において、塑性変形を許容する。(南塔とは異なる地盤条件)
- ✓ 全体的な崩壊に至らない(全体・局部座屈が生じない)ことを確認。
- ✓ 残留変位は1/2500以内に収まる。



4. 創意工夫 - スtrand架設における工期短縮



ストランド断面

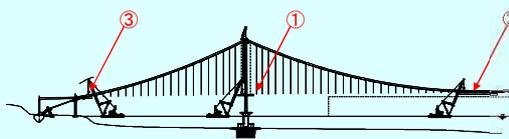
✓ 過去最大径5.91mmのめっき鋼線をストランドに適用

⇒ 架設工程の短縮
アンカレッジ寸法の最小化

25

4. 創意工夫 - 桁ブロック架設における工期短縮

1. FCによる架設



26

4. 創意工夫 – 桁ブロック架設における工期短縮



- ✓ 中央径間の桁架設は、工場にて、25mブロックを2個ずつ事前に溶接し、50mブロックとした
⇒ 架設回数の削減、現場溶接日数の低減

- ✓ 現場溶接日数の低減により
⇒ 桁架設完了後、2ヵ月で交通開放を行った

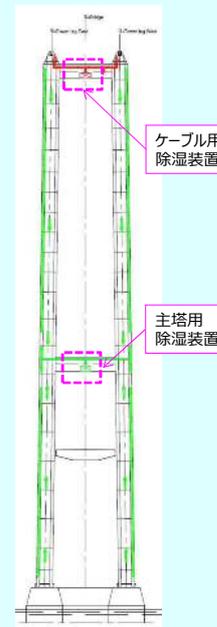
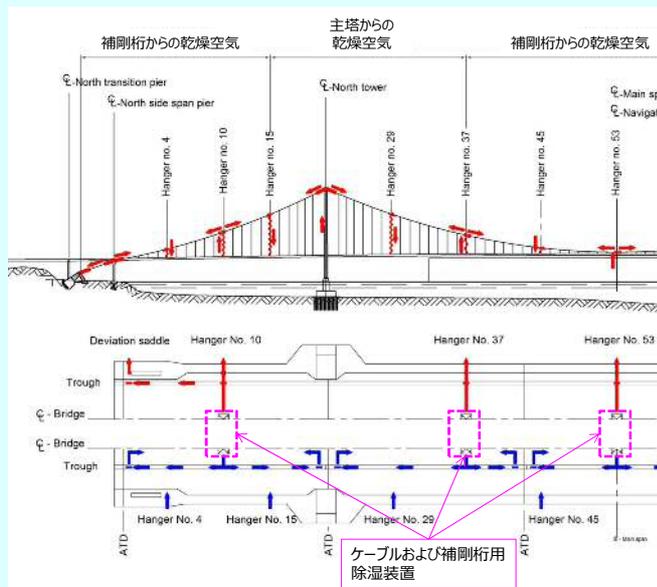


113 ブロック ⇒ 87 ブロック

1日最大175m架設

27

4. 創意工夫 – 環境への配慮：内面塗装の簡略化



主塔・ケーブル・補剛桁内部に乾燥送気システムを導入

- ケーブル用空気の流れ
- 補剛桁用空気の流れ
- 主塔用空気の流れ

28

4. 創意工夫 - 環境への配慮：内面塗装の簡略化



- ✓ 内面塗装を省略
 - ✓ システム稼働までの一時防錆として、無機ジンクリッチペイント1層塗布
- ⇒ 製作・施工時の塗料飛散軽減
将来の塗装補修作業軽減

29

5. 技術伝承/社会貢献 - 日本/トルコの技術発展



最大100名の日本人技術者を派遣



30

5. 技術伝承/社会貢献 - 国際交流・教育への貢献



技術伝承・文化交流・社会貢献



31

5. 技術伝承/社会貢献 - 国際交流・教育への貢献



補剛桁閉合式典

32

5. 技術伝承/社会貢献 - 国際交流・教育への貢献



開通式典・大統領との会食



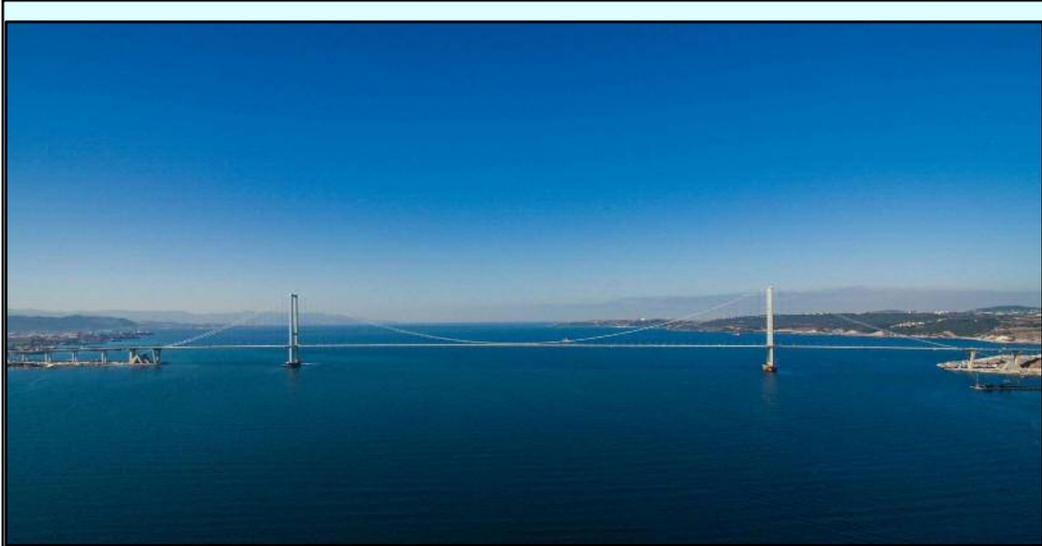
33

6. 工事記録ビデオ



Copyright © 2017 IHI Infrastructure Systems Co., Ltd. All Rights Reserved.

34



ご清聴ありがとうございました



一般
社団法人

日本橋梁建設協会

Japan Bridge Association Inc.

35